GMT **中文手册**

v6.5

GMT 中文社区

2025 年 7 月 5 日

目　录

第 1 章　简介 **18**
- 1.1 GMT 是什么 . . . 18
- 1.2 GMT 的历史 . . . 18
- 1.3 GMT 开发者 . . . 18
- 1.4 GMT 的特点 . . . 19
- 1.5 GMT 版本号 . . . 20
- 1.6 引用 . . . 20
- 1.7 学习资源 . . . 21

第 2 章　安装 **23**
- 2.1 Windows 下安装 GMT . . . 23
  - 2.1.1 安装 GMT . . . 23
  - 2.1.2 安装可选软件 . . . 24
  - 2.1.3 安装 Bash 环境 . . . 24
- 2.2 macOS 下安装 GMT . . . 25
  - 2.2.1 使用 Homebrew 安装 . . . 25
  - 2.2.2 使用 GMT 安装包 . . . 26
  - 2.2.3 使用 MacPorts 安装 . . . 27
- 2.3 Fedora 下安装 GMT . . . 27
  - 2.3.1 使用 Fedora 官方源安装 GMT 28
  - 2.3.2 使用 GMT 官方 RPM 仓库安装 GMT . . . 28
- 2.4 Ubuntu/Debian 下安装 GMT . . . 29
- 2.5 使用 conda 安装 GMT . . . 30
  - 2.5.1 安装 conda . . . 30
  - 2.5.2 安装 GMT . . . 30
  - 2.5.3 升级 GMT . . . 30
  - 2.5.4 卸载 GMT . . . 31
- 2.6 Linux/macOS 下编译 GMT 源码 . . . 31
  - 2.6.1 安装依赖软件 . . . 31
  - 2.6.2 下载源码及数据 . . . 32
  - 2.6.3 安装 GMT . . . 32
  - 2.6.4 修改环境变量 . . . 34
  - 2.6.5 测试是否安装成功 . . . 35
  - 2.6.6 升级/卸载 GMT . . . 35
- 2.7 Windows 下编译 GMT 源码 . . . 35
  - 2.7.1 安装编译工具 . . . 35
  - 2.7.2 安装 vcpkg 及依赖软件 . . . 36
  - 2.7.3 下载源码及数据 . . . 36
  - 2.7.4 安装 GMT . . . 37
  - 2.7.5 修改环境变量 . . . 39
  - 2.7.6 测试是否安装成功 . . . 39
  - 2.7.7 升级/卸载 GMT . . . 39

第 3 章　入门教程 **40**
- 3.1 GMT 初探 . . . 40
  - 3.1.1 GMT 初探: Linux 篇 . . . 40
  - 3.1.2 GMT 初探: macOS 篇 . . . 42
  - 3.1.3 GMT 初探: Windows 篇 . . . 45
- 3.2 命令初探 . . . 47
  - 3.2.1 GMT 绘图脚本模板 . . . 47
  - 3.2.2 绘制第一张图 . . . 48
  - 3.2.3 GMT 命令格式 . . . 49
- 3.3 脚本编程 . . . 49
  - 3.3.1 Bash 编程基础知识 . . . 50
  - 3.3.2 Batch 编程基础知识 . . . 51
- 3.4 绘制底图 . . . 53
  - 3.4.1 全球地图 . . . 53
  - 3.4.2 区域地图 . . . 54
  - 3.4.3 线性坐标轴 . . . 57
  - 3.4.4 三维线性坐标轴 . . . 58
- 3.5 绘制海岸线 . . . 59
  - 3.5.1 绘制海岸线和湖岸线 . . . 59
  - 3.5.2 设置要绘制的对象的最小面积 . 62
  - 3.5.3 填充陆地与水体 . . . 62
  - 3.5.4 绘制国界/州界 . . . 63
  - 3.5.5 添加比例尺 . . . 64
- 3.6 绘制线段和多边形 . . . 65
  - 3.6.1 绘制一条线段 . . . 65
  - 3.6.2 绘制一个多边形 . . . 67
  - 3.6.3 绘制多条线段 . . . 69
  - 3.6.4 绘制多个多边形 . . . 70
  - 3.6.5 大圆弧路径 . . . 71
- 3.7 绘制符号 . . . 72
  - 3.7.1 符号一览 . . . 72
  - 3.7.2 绘制简单符号 . . . 72
  - 3.7.3 大小变化的符号 . . . 73
  - 3.7.4 颜色变化的符号 . . . 74

3.7.5 绘制不同的符号 75
3.7.6 大小、颜色和符号类型都变化的符号 76
3.8 添加文字 77
3.8.1 最简单的示例 77
3.8.2 文字属性 78
3.8.3 文本框 79
3.8.4 对齐方式 79
3.8.5 文本偏移量 80
3.8.6 变化的文字属性 80
3.9 添加图例 81
3.9.1 自动图例 81
3.9.2 设置图例属性 82
3.9.3 手动设置图例 83
3.10 绘制地形起伏 84
3.10.1 全球地形起伏数据 84
3.10.2 绘制全球地形起伏图 85
3.10.3 绘图区域地形起伏图 85
3.10.4 增加光照效果 86
3.10.5 添加色标 87
3.10.6 制作 CPT 文件 90
3.11 理解图层 90
3.11.1 图件分析与拆解 91
3.11.2 绘制底图 91
3.11.3 绘制震中和台站位置 92
3.11.4 绘制射线路径 93
3.11.5 添加台站名 94
3.11.6 图层的先后顺序 96

第 4 章 进阶教程 98
4.1 绘制直方图 98
4.1.1 垂直直方图 98
4.1.2 增加修饰 99
4.1.3 水平直方图 100
4.1.4 百分比直方图 100
4.2 设置配置参数 101
4.2.1 确定配置参数的名称 102
4.2.2 配置参数的设置方法 103
4.3 GMT 单行模式 104
4.4 GMT 图中图模式 104
4.4.1 用矩形框标记研究区域 104
4.4.2 用颜色标记研究区域 105
4.5 GMT 子图模式 106
4.5.1 子图布局 106
4.5.2 第一张子图 107
4.5.3 共用 X/Y 轴 108
4.5.4 复杂布局 109
4.6 GMT 多图模式 109

第 5 章 社区绘图实例 111
5.1 绘制点线图及图例 111
5.2 绘制地球内部主要界面 112
5.3 使用地形起伏数据对其他非地形起伏数据进行明暗调制 114
5.4 以地图和卫星图为底图 116
5.5 双 Y 轴图 117
5.6 绘制颜色渐变的线段 118
5.6.1 参考链接 120
5.7 绘制自定义符号 120
5.8 绘制缓冲区 122
5.9 根据震级大小绘制不同大小的圆点并进行统计 125
5.10 根据发震时刻绘制不同颜色的圆点 . . 126
5.11 地震台站为中心的地震分布图 127
5.12 绘制地震 M-T 图 128
5.13 绘制区域地形图 129
5.14 绘制 GPS 速度场 131
5.15 绘制矢量场 132
5.16 绘制地形起伏剖面图 133
5.17 绘制三维地形图 135
5.18 绘制三维有限断层模型 137
5.19 绘制三维速度模型的任意垂直切片 . . 139

第 6 章 外部绘图实例 142

第 7 章 基础知识 143
7.1 画布 143
7.1.1 图片格式 143
7.1.2 画布白边 144
7.1.3 画布大小 144
7.1.4 画布颜色 144
7.1.5 绘图原点 144
7.2 单位 145
7.2.1 长度单位 146
7.2.2 距离单位 146
7.2.3 小练习 147
7.3 颜色 147
7.3.1 颜色名 147
7.3.2 RGB 148
7.3.3 HSV 149
7.3.4 CMYK 149

7.3.5 灰色 . . . 149
7.3.6 透明色 . . . 149
7.3.7 颜色小结 . . . 150
7.3.8 小练习 . . . 150
7.4 画笔 . . . 150
7.4.1 画笔线宽 . . . 150
7.4.2 画笔颜色 . . . 151
7.4.3 画笔线型 . . . 151
7.4.4 小练习 . . . 152
7.5 填充 . . . 152
7.5.1 填充颜色 . . . 153
7.5.2 填充图案 . . . 153
7.5.3 小练习 . . . 153
7.5.4 附录: GMT 预定义填充图案 . 154
7.6 文字 . . . 155
7.6.1 文字大小 . . . 155
7.6.2 字体 . . . 155
7.6.3 填充色 . . . 156
7.6.4 描边 . . . 157
7.6.5 小练习 . . . 157
7.7 特殊字符 . . . 157
7.7.1 八进制码指定特殊字符 . . . 157
7.7.2 使用 12 号或 34 号字体输入特殊字符 . . . 159
7.7.3 特殊字符小结 . . . 160
7.7.4 小练习 . . . 160
7.8 转义序列 . . . 161
7.8.1 转义字符 . . . 161
7.8.2 小练习 . . . 162
7.8.3 注意事项 . . . 162
7.9 LaTeX 表达式 . . . 162
7.9.1 语法 . . . 162
7.9.2 GMT 字体和 LaTeX . . . 163
7.9.3 技术细节 . . . 164
7.10 矢量/箭头 . . . 164
7.10.1 控制矢量外观 . . . 165
7.10.2 控制矢量输入格式 . . . 167
7.11 线条属性 . . . 168
7.11.1 端点偏移量 . . . 168
7.11.2 线条平滑 . . . 169
7.11.3 端点箭头 . . . 169
7.11.4 其它属性 . . . 170
7.12 锚点 . . . 170
7.13 修饰物 . . . 171
7.13.1 定位 . . . 172
7.13.2 背景面板 . . . 173
7.14 数据类型 . . . 174
7.14.1 地理坐标 . . . 174
7.14.2 绝对时间坐标 . . . 174
7.14.3 相对时间坐标 . . . 175
7.14.4 一般浮点数 . . . 175
7.15 输入文件的搜索目录 . . . 176
7.15.1 搜索目录顺序 . . . 176
7.15.2 其他目录 . . . 176

第 8 章 表数据 177
8.1 ASCII 表 . . . 177
8.1.1 ASCII 表简介 . . . 177
8.1.2 文件头记录 . . . 177
8.1.3 多段数据与数据段头记录 . . . 178
8.1.4 数据段头记录中的额外属性 . . 179
8.2 二进制表 . . . 179
8.3 netCDF 表 . . . 179
8.4 Shapefile 格式 . . . 180
8.5 OGR/GMT 矢量数据格式 . . . 180
8.5.1 简介 . . . 180
8.5.2 OGR/GMT 格式 . . . 180
8.5.3 OGR/GMT 元数据 . . . 181
8.5.4 OGR/GMT 数据 . . . 182
8.5.5 示例 . . . 183

第 9 章 网格文件 185
9.1 网格文件格式 . . . 185
9.1.1 netCDF 格式 . . . 187
9.1.2 GMT 自定义二进制文件 . . . 187
9.1.3 其它网格文件格式 . . . 188
9.2 网格配准 . . . 188
9.2.1 网格配准方式 . . . 189
9.2.2 配准方式转换 . . . 189
9.3 边界条件 . . . 190
9.3.1 默认边界条件 . . . 190
9.3.2 周期边界条件 . . . 190
9.3.3 地理边界条件 . . . 190
9.4 读 netCDF 文件 . . . 191
9.4.1 读二维单变量 netCDF 文件 . . 191
9.4.2 读取二维多变量 netCDF 文件 191
9.4.3 读取三维单/多变量 netCDF 文件 . . . 192
9.4.4 读取四维单/多变量 netCDF 文件 . . . 193

9.4.5 读取一维单/多变量 netCDF 文件 . . . 193
9.4.6 修改坐标单位 . . . 194
9.5 写 netCDF 文件 . . . 194
9.5.1 文件名格式 . . . 194
9.5.2 分块与压缩 . . . 194
9.6 查看 netCDF 文件 . . . 195

第 10 章 颜色表 CPT **196**
10.1 CPT 类型 . . . 196
10.1.1 分类 CPT . . . 196
10.1.2 常规 CPT . . . 197
10.2 内置 CPT . . . 199
10.3 制作 CPT . . . 203
10.3.1 周期性 CPT 文件 . . . 204
10.3.2 动态 CPT . . . 205
10.4 使用 CPT . . . 206
10.5 当前 CPT . . . 206

第 11 章 标准选项 **207**
11.1 -R 选项 . . . 208
11.1.1 -R 选项的多种方式 . . . 208
11.1.2 支持六种坐标 . . . 209
11.2 -J 选项 . . . 210
11.2.1 GMT 投影代码 . . . 210
11.2.2 GMT + PROJ . . . 212
11.3 -B 选项 . . . 213
11.3.1 边框设置 . . . 214
11.3.2 轴设置 . . . 216
11.3.3 地理底图 . . . 218
11.3.4 笛卡尔线性轴 . . . 218
11.3.5 笛卡尔 $\log_{10}$ 轴 . . . 219
11.3.6 笛卡尔指数轴 . . . 220
11.3.7 时间轴 . . . 220
11.3.8 弧度轴 π 的标注 . . . 223
11.3.9 自定义轴 . . . 223
11.4 -U 选项 . . . 224
11.5 -V 选项 . . . 225
11.6 -X 和 -Y 选项 . . . 226
11.7 -a 选项 . . . 227
11.7.1 以 OGR/GMT 为输入时使用 **-a** 选项 . . . 228
11.7.2 以 OGR/GMT 为输出时使用 **-a** 选项 . . . 228
11.8 -b 选项 . . . 228
11.9 -c 选项 . . . 229
11.10 -d 选项 . . . 230
11.11 -e 选项 . . . 230
11.12 -f 选项 . . . 232
11.13 -g 选项 . . . 232
11.14 -h 选项 . . . 233
11.15 -i 和 -o 选项 . . . 234
11.16 -j 选项 . . . 235
11.16.1 平面距离 . . . 235
11.16.2 大圆路径距离 . . . 235
11.16.3 测地线距离 . . . 236
11.17 -l 选项 . . . 236
11.18 -n 选项 . . . 237
11.19 -p 选项 . . . 238
11.20 -q 选项 . . . 239
11.21 -r 选项 . . . 241
11.22 -s 选项 . . . 241
11.23 -t 选项 . . . 242
11.24 -w 选项 . . . 243
11.25 -x 选项 . . . 248
11.26 -: 选项 . . . 248

第 12 章 地图投影 **249**
12.1 -JX: Linear, logarithmic, power, and time . . . 250
12.1.1 笛卡尔线性坐标 . . . 251
12.1.2 笛卡尔对数投影 . . . 253
12.1.3 笛卡尔指数投影 . . . 253
12.2 -JP: Polar/Cylindrical . . . 254
12.3 -JA: Lambert azimuthal equal area . . . 255
12.3.1 矩形地图 . . . 255
12.3.2 半球地图 . . . 256
12.3.3 震源辐射花样 . . . 256
12.4 -JB: Albers conic equal area . . . 257
12.5 -JC: Cassini cylindrical . . . 258
12.6 -JCyl_stere: Cylindrical stereographic 259
12.7 -JD: Equidistant conic . . . 260
12.8 -JE: Azimuthal equidistant . . . 260
12.9 -JF: Azimuthal gnomonic . . . 261
12.10 -JG: Azimuthal orthographic/General perspective . . . 262
12.11 -JH: Hammer equal area . . . 264
12.12 -JI: Sinusoidal equal area . . . 265
12.13 -JJ: Miller cylindrical . . . 267
12.14 -JK: Eckert equal area . . . 267
12.15 -JL: Lambert conic conformal . . . 269

12.16 -JM: Mercator cylindrical 270
12.17 -JN: Robinson 271
12.18 -JO: Oblique Mercator 271
12.19 -JPoly: (American) polyconic 273
12.20 -JQ: Equidistant cylindrical 274
12.21 -JR: Winkel Tripel 275
12.22 -JS: General stereographic 276
12.22.1 极区立体地图 276
12.22.2 矩形立体地图 277
12.22.3 一般立体地图 277
12.23 -JT: Transverse Mercator 278
12.24 -JU: Universal Transverse Mercator (UTM) 280
12.25 -JV: Van der Grinten 281
12.26 -JW: Mollweide 282
12.27 -JY: Cylindrical equal area 283

第 13 章 配置参数 285

13.1 配置参数简介 286
13.1.1 查看配置参数的值 286
13.1.2 修改配置参数的值 286
13.2 FONT 参数 287
13.3 MAP 参数 288
13.3.1 边框相关参数 288
13.3.2 标注相关参数 290
13.3.3 标签相关参数 291
13.3.4 刻度相关参数 291
13.3.5 网格线相关参数 292
13.3.6 标题相关参数 293
13.3.7 其它参数 293
13.4 COLOR 参数 294
13.4.1 CPT 相关参数 294
13.4.2 光照相关参数 294
13.5 DIR 参数 295
13.6 FORMAT 参数 295
13.6.1 日期的输入/输出/绘图格式 . . 295
13.6.2 时间的输入/输出/绘图格式 . . 296
13.6.3 地理坐标的输出/绘图格式 . . . 296
13.6.4 浮点数的输出/绘图格式 297
13.6.5 其它数据的绘图格式 298
13.7 IO 参数 298
13.7.1 表数据相关参数 298
13.7.2 网格文件相关参数 299
13.7.3 其它 IO 参数 300
13.8 PROJ 参数 300
13.9 PS 参数 301
13.10 TIME 参数 305
13.11 其他参数 307
13.11.1 数据下载相关参数 307
13.11.2 算法选择相关参数 307
13.11.3 其它参数 308

第 14 章 主题 310

第 15 章 地学数据集 312

15.1 GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据 . . 312
15.1.1 数据分辨率 313
15.1.2 数据内容 313
15.1.3 使用示例 314
15.2 DCW: 世界数字图表 317
15.2.1 区域代码 318
15.2.2 使用说明 319
15.2.3 使用示例 320
15.3 GMT 远程数据 322
15.3.1 使用方式 324
15.3.2 参数设置 324
15.3.3 离线使用 325
15.3.4 工作原理及技术细节 325
15.4 CN-border: 中国国界省界数据 326
15.4.1 数据下载 327
15.4.2 示例图 327
15.4.3 绘制中国及临国国界 329
15.4.4 数据来源与处理 330
15.4.5 数据引用 330
15.5 CN-faults: 中国断层数据 330
15.5.1 数据下载 331
15.5.2 示例图 331
15.5.3 数据来源 334
15.5.4 数据处理说明 334
15.5.5 数据属性说明 334
15.5.6 数据引用 335
15.6 CN-block: 中国大陆及周边活动地块数据 335
15.6.1 数据下载 336
15.6.2 示例图 336
15.6.3 数据来源与处理 337
15.6.4 数据引用 337
15.7 geo3al: 中国及邻区地质图数据 337
15.7.1 数据下载 337
15.7.2 示例图 338
15.7.3 数据来源与处理 339

15.7.4 扩展阅读 . . . 340
15.7.5 数据引用 . . . 340
15.8 GADM: 全球行政区划数据库 . . . 340
15.8.1 数据下载 . . . 340
15.8.2 数据格式及转换 . . . 341
15.8.3 数据分级 . . . 342
15.8.4 使用示例 . . . 342
15.8.5 许可协议 . . . 344
15.9 PB2002: 全球板块边界数据 . . . 344
15.9.1 数据下载 . . . 344
15.9.2 使用示例 . . . 345
15.9.3 引用信息 . . . 345
15.10 global_tectonics: 全球地质构造数据 . 345
15.10.1 数据简介 . . . 346
15.10.2 使用示例 . . . 346
15.10.3 引用信息 . . . 349
15.11 WSM_2016: 全球地应力数据 . . . 349
15.11.1 数据简介 . . . 349
15.11.2 使用示例 . . . 350
15.11.3 引用信息 . . . 351

第 16 章 中文支持 353
16.1 Linux/macOS 下的 GMT 中文支持 . . 353
16.1.1 ghostscript 的中文支持 . . . 353
16.1.2 GMT 的中文支持 . . . 353
16.1.3 GMT 中文测试 . . . 354
16.2 Windows 下的 GMT 中文支持 . . . 355
16.2.1 ghostscript 的中文支持 . . . 355
16.2.2 GMT 的中文支持 . . . 356
16.2.3 GMT 中文测试 . . . 357
16.3 GMT 中文效果演示 . . . 359
16.3.1 中文文字 . . . 359
16.3.2 中文月份 . . . 360
16.3.3 中文星期 . . . 360
16.3.4 中文玫瑰图 . . . 361

第 17 章 API 363
17.1 GMT C API . . . 363
17.2 GMT/Matlab Toolbox . . . 363
17.2.1 安装 . . . 363
17.2.2 使用方法 . . . 365
17.2.3 常见问题 . . . 366
17.2.4 引用 . . . 366
17.3 GMT.jl . . . 366
17.4 PyGMT . . . 366

第 18 章 模块手册 367
18.1 basemap . . . 373
18.2 begin . . . 378
18.3 blockmean . . . 381
18.4 blockmedian . . . 384
18.5 blockmode . . . 387
18.6 clear . . . 391
18.7 clip . . . 392
18.8 coast . . . 396
18.9 colorbar . . . 403
18.10 contour . . . 406
18.11 coupe . . . 409
18.12 dimfilter . . . 415
18.13 docs . . . 419
18.14 end . . . 421
18.15 figure . . . 422
18.16 filter1d . . . 424
18.17 fitcircle . . . 427
18.18 gmt . . . 429
18.19 gmt-config . . . 430
18.20 gmtbinstats . . . 431
18.21 gmtconnect . . . 434
18.22 gmtconvert . . . 436
18.23 gmtdefaults . . . 441
18.24 gmtget . . . 442
18.25 gmtinfo . . . 444
18.26 gmtlogo . . . 446
18.27 gmtmath . . . 448
18.28 gmtregress . . . 461
18.29 gmtselect . . . 466
18.30 gmtset . . . 469
18.31 gmtsimplify . . . 471
18.32 gmtspatial . . . 473
18.33 gmtsplit . . . 478
18.34 gmtswitch . . . 480
18.35 gmtvector . . . 483
18.36 gmtwhich . . . 486
18.37 grd2cpt . . . 487
18.38 grd2xyz . . . 490
18.39 grdblend . . . 493
18.40 grdclip . . . 496
18.41 grdcontour . . . 497
18.42 grdconvert . . . 502
18.43 grdcut . . . 504
18.44 grdedit . . . 506

18.45 grdfft . . . 510
18.46 grdfill . . . 514
18.47 grdfilter . . . 516
18.48 grdgdal . . . 519
18.49 grdgradient . . . 522
18.50 grdimage . . . 526
18.51 grdinfo . . . 532
18.52 grdinterpolate . . . 536
18.53 grdlandmask . . . 542
18.54 grdmask . . . 545
18.55 grdmath . . . 547
18.56 grdpaste . . . 560
18.57 grdproject . . . 561
18.58 grdsample . . . 562
18.59 grdselect . . . 564
18.60 grdshake . . . 568
18.61 grdtrack . . . 571
18.62 grdtrend . . . 577
18.63 grdvector . . . 578
18.64 grdview . . . 582
18.65 grdvolume . . . 585
18.66 grdvs30 . . . 587
18.67 gshhg . . . 588
18.68 histogram . . . 592
18.69 image . . . 595
18.70 img2google . . . 597
18.71 img2grd . . . 599
18.72 inset . . . 603
18.73 kml2gmt . . . 606
18.74 legend . . . 608
18.75 makecpt . . . 614
18.76 mapproject . . . 621
18.77 mask . . . 629
18.78 meca . . . 632
18.79 movie . . . 638
18.80 nearneighbor . . . 652
18.81 plot . . . 655
18.82 plot3d . . . 674
18.83 polar . . . 678
18.84 project . . . 683
18.85 psconvert . . . 688
18.86 rose . . . 691
18.87 sac . . . 693
18.88 sample1d . . . 698
18.89 segy . . . 705
18.90 segy2grd . . . 708
18.91 solar . . . 709
18.92 spectrum1d . . . 713
18.93 sph2grd . . . 717
18.94 sphdistance . . . 719
18.95 sphinterpolate . . . 723
18.96 sphtriangulate . . . 725
18.97 subplot . . . 728
18.98 surface . . . 736
18.99 ternary . . . 741
18.100 text . . . 745
18.101 trend1d . . . 749
18.102 trend1d . . . 752
18.103 triangulate . . . 753
18.104 velo . . . 757
18.105 wiggle . . . 762
18.106 xyz2grd . . . 767
18.107 earthtide . . . 770
18.108 gpsgridder . . . 775
18.109 x2sys_init . . . 779
18.110 x2sys_binlist . . . 785
18.111 x2sys_cross . . . 787
18.112 x2sys_datalist . . . 790
18.113 x2sys_get . . . 793
18.114 x2sys_list . . . 794
18.115 x2sys_merge . . . 797
18.116 x2sys_put . . . 798
18.117 x2sys_report . . . 799
18.118 x2sys_solve . . . 801
18.119 gmtflexure . . . 803
18.120 gmtgravmag3d . . . 806
18.121 gravfft . . . 809
18.122 grdflexure . . . 814
18.123 grdgravmag3d . . . 822
18.124 grdredpol . . . 825
18.125 grdseamount . . . 827
18.126 gravprisms . . . 835
18.127 talwani2d . . . 839
18.128 talwani3d . . . 844
18.129 mgd77manage . . . 847
18.130 mgd77convert . . . 853
18.131 mgd77header . . . 856
18.132 mgd77info . . . 859
18.133 mgd77list . . . 861
18.134 mgd77magref . . . 870

18.135 mgd77path 873
18.136 mgd77sniffer 875
18.137 mgd77track 882

第 19 章 相关工具 **886**
19.1 GDAL 886
19.1.1 ogr2ogr 886
19.1.2 gdal_translate 887

第 20 章 等值线标注和“线条标注” **888**
20.1 标注的位置 888
20.2 标注的属性 889
20.3 等值线标注位置实例 891
20.3.1 等距离放置标注 891
20.3.2 给定标注个数 891
20.3.3 给定标注位置 892
20.3.4 线段与等值线交点处放置标注 . 893
20.3.5 广义的线段与等值线相交算法 . 893
20.4 标注属性实例 894
20.4.1 按照沿大圆弧距离放置标注-不透明文本框 894
20.4.2 按照沿大圆弧距离放置标注-反色圆角矩阵 894
20.4.3 使用不同数据集定义标注的内容和位置 895
20.5 综合实例 895

第 21 章 版本迁移 **897**
21.1 GMT4 → GMT5 897
21.2 GMT5 → GMT6 898
21.3 经典模式 → 现代模式 899
21.3.1 经典模式的问题 899
21.3.2 现代模式的优点 899
21.3.3 从经典到现代 900

第 22 章 贡献指南 **901**
22.1 维护与更新 901
22.2 文档风格 901
22.2.1 文件风格 901
22.2.2 文件命名 902
22.2.3 示例风格 902
22.3 新增绘图实例 903
22.4 添加图片到图库 903
22.5 构建文档 903

图目录

1 GMT 部分核心开发者及指导委员会部分成员 19

1 全球地图（无边框版） 53
2 全球地图（有边框版） 54
3 使用国家代码指定绘图区域 55
4 使用经纬度范围指定绘图区域 56
5 为区域地图添加标题 57
6 线性坐标轴 58
7 三维线性坐标轴 59
8 美国海岸线 60
9 绘制海岸线 61
10 绘制海岸线和湖岸线 61
11 设置要绘制的对象的最小面积 62
12 填充颜色 63
13 绘制国界与州界 64
14 添加比例尺 65
15 全球地形起伏图 85
16 台湾区域地形图 86
17 带光照效果的台湾区域地形图 87

1 垂直直方图 99
2 添加选项的垂直直方图 99
3 水平直方图 100
4 添加选项的垂直直方图 101
5 标题字体的全局设置 103
6 标题字体的临时设置 103

1 绘制点线图及其图例 112
2 海岸线缓冲区 124

1 GMT 绘图原点（红色圆圈）相对于画布的位置 145
2 GMT 内置位图图案 154
3 ISOLation1+ 和 Standard+ 编码下的八进制码 158
4 Symbol 和 Pifont 字体八进制码 159
5 在轴标签、标题以及 *text* 模块中使用 LaTeX 表达式 163
6 三种矢量：（左）笛卡尔矢量；（中）地理矢量；（右）弧形矢量 165
7 左图使用了 **+n** 并指定了参数，矢量头随长度变化而变化；右图未使用 **+n** ，除过短矢量外，其它矢量头大小保持一致。 166
8 不同长度的矢量使用不同颜色绘制。 167
9 线段起点偏移示意图 169

10 线条自动样条插值示意图 . . . 169
11 线条端点箭头示意图 . . . 170
12 GMT 修饰物背景面板 . . . 174

1 GMT 网格配准方式 . . . 188

1 SCM/acton . . . 200
2 SCM/actonS . . . 200
3 SCM/bam . . . 200
4 SCM/bamO . . . 200
5 SCM/bamako . . . 200
6 SCM/bamakoS . . . 200
7 SCM/batlow . . . 200
8 SCM/batlowK . . . 200
9 SCM/batlowS . . . 200
10 SCM/batlowW . . . 200
11 SCM/berlin . . . 200
12 SCM/bilbao . . . 200
13 SCM/bilbaoS . . . 200
14 SCM/broc . . . 200
15 SCM/brocO . . . 200
16 SCM/buda . . . 200
17 SCM/budaS . . . 200
18 SCM/bukavu . . . 200
19 SCM/cork . . . 200
20 SCM/corkO . . . 200
21 SCM/davos . . . 200
22 SCM/davosS . . . 200
23 SCM/devon . . . 200
24 SCM/devonS . . . 200
25 SCM/fes . . . 200
26 SCM/grayC . . . 200
27 SCM/grayCS . . . 200
28 SCM/hawaii . . . 201
29 SCM/hawaiiS . . . 201
30 SCM/imola . . . 201
31 SCM/imolaS . . . 201
32 SCM/lajolla . . . 201
33 SCM/lajollaS . . . 201
34 SCM/lapaz . . . 201
35 SCM/lapazS . . . 201
36 SCM/lisbon . . . 201
37 SCM/nuuk . . . 201
38 SCM/nuukS . . . 201
39 SCM/oleron . . . 201
40 SCM/oslo . . . 201

41 SCM/osloS . . . 201
42 SCM/roma . . . 201
43 SCM/romaO . . . 201
44 SCM/tofino . . . 201
45 SCM/tokyo . . . 201
46 SCM/tokyoS . . . 201
47 SCM/turku . . . 201
48 SCM/turkuS . . . 201
49 SCM/vanimo . . . 201
50 SCM/vik . . . 201
51 SCM/vikO . . . 201
52 cmocean/algae . . . 201
53 cmocean/amp . . . 201
54 cmocean/balance . . . 201
55 cmocean/curl . . . 201
56 cmocean/deep . . . 201
57 cmocean/delta . . . 201
58 cmocean/dense . . . 201
59 cmocean/diff . . . 201
60 cmocean/gray . . . 201
61 cmocean/haline . . . 201
62 cmocean/ice . . . 201
63 cmocean/matter . . . 201
64 cmocean/oxy . . . 201
65 cmocean/phase . . . 201
66 cmocean/rain . . . 201
67 cmocean/solar . . . 201
68 cmocean/speed . . . 201
69 cmocean/tarn . . . 201
70 cmocean/tempo . . . 202
71 cmocean/thermal . . . 202
72 cmocean/topo . . . 202
73 cmocean/turbid . . . 202
74 cpt-city/cubhelix . . . 202
75 cpt-city/dem1 . . . 202
76 cpt-city/dem4 . . . 202
77 cpt-city/elevation . . . 202
78 gmt/abyss . . . 202
79 gmt/bathy . . . 202
80 gmt/categorical . . . 202
81 gmt/cyclic . . . 202
82 gmt/dem2 . . . 202
83 gmt/dem3 . . . 202
84 gmt/drywet . . . 202
85 gmt/earth . . . 202

86 gmt/etopo1 . . . 202
87 gmt/gebco . . . 202
88 gmt/geo . . . 202
89 gmt/globe . . . 202
90 gmt/gray . . . 202
91 gmt/haxby . . . 202
92 gmt/ibcso . . . 202
93 gmt/mag . . . 202
94 gmt/nighttime . . . 202
95 gmt/no_green . . . 202
96 gmt/ocean . . . 202
97 gmt/paired . . . 202
98 gmt/rainbow . . . 202
99 gmt/red2green . . . 202
100 gmt/relief . . . 202
101 gmt/seafloor . . . 202
102 gmt/sealand . . . 202
103 gmt/seis . . . 202
104 gmt/split . . . 202
105 gmt/srtm . . . 202
106 gmt/terra . . . 202
107 gmt/topo . . . 202
108 gmt/world . . . 202
109 gmt/wysiwyg . . . 202
110 google/turbo . . . 202
111 matlab/cool . . . 202
112 matlab/copper . . . 203
113 matlab/hot . . . 203
114 matlab/jet . . . 203
115 matlab/polar . . . 203
116 matplotlib/inferno . . . 203
117 matplotlib/magma . . . 203
118 matplotlib/plasma . . . 203
119 matplotlib/viridis . . . 203
120 panoply/panoply . . . 203

1 **-R** 选项指定数据范围。 . . . 209
2 GMT 坐标轴中的标注、刻度和网格线 . . . 217
3 地理底图示例 1 . . . 218
4 地理底图示例 2 . . . 218
5 笛卡尔线性轴 . . . 219
6 笛卡尔线性轴的倾斜标注 . . . 219
7 对数坐标轴 . . . 219
8 指数投影坐标轴 . . . 220
9 时间轴示例 1 . . . 221

10 时间轴示例 2 . . . 222
11 时间示例 3 . . . 222
12 时间轴示例 4 . . . 222
13 时间轴示例 5 . . . 222
14 时间轴示例 6 . . . 223
15 时间轴示例 7 . . . 223
16 自定义坐标轴 . . . 224
17 **-U** 选项加时间戳 . . . 225
18 **-X** 和 **-Y** 移动绘图原点 . . . 226
19 密西西比河日流量时间序列图 . . . 244
20 归一化年份下的密西西比河日流量时间序列图 . . . 244
21 10 年间的密西西比河月流量 (以 9 月为起点) . . . 245
22 a) 归一化后一年内的密西西比河日流量, b) 10 年的密西西比河月流量, 以 9 月为起点 . . . 246
23 归一化年份下的密西西比河日流量 . . . 246
24 (a) Verrazano-Narrows 大桥原始车流量时间序列; (b) 周流量时间序列; (c) 周流量直方图; (d) 小时流量直方图 . . . 247

1 极坐标用法示例 . . . 254
2 使用 Lambert 方位等面积投影绘制矩形地图 . . . 255
3 使用 Lambert 方位等面积投影绘制半球地图 . . . 256
4 震源球投影: 等面积的 Schmidt 网和等角度的 Wulff 网 . . . 256
5 Albers 圆锥等面积投影 . . . 257
6 Cassini 投影绘制 Sardinia 岛 . . . 258
7 使用 Gall 立体投影绘制世界地图 . . . 259
8 等距圆锥地图投影 . . . 260
9 使用等距方位投影绘制全球图 . . . 261
10 球心方位投影 . . . 262
11 使用正射投影绘制半球 . . . 263
12 透视投影 . . . 264
13 使用 Hammer 投影绘制全球地图 . . . 265
14 使用正弦曲线投影绘制世界地图 . . . 266
15 使用间断正弦曲线投影绘制世界地图 . . . 266
16 使用 Miller 圆柱投影绘制世界地图 . . . 267
17 Eckert IV 投影绘制全球图 . . . 268
18 Eckert VI 投影绘制全球图 . . . 268
19 Lambert 保角圆锥投影 . . . 269
20 Mercator 投影 . . . 270
21 使用 Robinson 投影绘制全球地图 . . . 271
22 使用 **-Joc** 倾斜 Mercator 投影 . . . 272
23 使用 **-JOa** 倾斜 Mercator 投影 . . . 272
24 使用 **-Joc** 倾斜 Mercator 投影 . . . 273
25 多圆锥投影 . . . 274
26 使用 Plate Carrée 投影绘制全球地图 . . . 275
27 使用 Winkel Tripel 投影绘制全球地图 . . . 276
28 极区立体保角投影 . . . 277

29 矩形边界下的极区立体保角投影 . . . 277
30 一般立体投影 . . . 278
31 矩形横向 Mercator 地图 . . . 279
32 全球横向 Mercator 地图 . . . 280
33 使用 Van der Grinten 投影绘制全球图 . . . 282
34 使用 Mollweide 投影绘制全球地图 . . . 283
35 使用 Behrman 圆柱等面积投影绘制地图 . . . 284

1 配置参数示例 1 . . . 285
2 配置参数示例 2 . . . 285
3 配置参数示例 3 . . . 286
4 **PS_LINE_CAP** 控制线段端点绘图效果 . . . 302
5 **PS_LINE_JOIN** 控制线段拐点绘制效果 . . . 303

1 GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据 . . . 312
2 DCW: 世界数字图表 . . . 317
3 PB2002 全球板块边界 . . . 345

1 Matlab PATH 设置 . . . 364

1 方向玫瑰图 . . . 376
2 磁场玫瑰图 . . . 377
3 fitcircle 示例 . . . 429
4 在正向和反向的 X, Y 方向下, 使用 **-T**（蓝线）和不使用 **-T**（红线）的结果。 . . . 580
5 legend 示例图 1 . . . 614
6 倾斜投影区域（红框范围）和常规区域（黑框范围）。 . . . 624
7 **MOVIE_WIDTH** 和 **MOVIE_HEIGHT** 代表了画布尺寸, 用户可使用 **-X** 和 **-Y** 来设置绘图原点 [72p, 72p] 并使用投影参数 **-J** 来指示选择用于绘图的区域（图中绿色区域）。 . . . 647
8 六种进度指示器。它们都有默认的大小、位置、颜色和笔（如图所示）, 但这些都可以被相应的子选项覆盖（见下文）。 . . . 649
9 整个动画的淡化水平 (0 为全黑, 100 为全部可见）, 包含一个可选的片头。 . . . 650
10 算法示意图。R 为搜索半径, 其限制了考虑的点和扇区的数量, 只有每个扇区中最近的点（红色点）参与估计 . . . 652
11 plot -A 选项示意图 . . . 656
12 -L 和 -G 选项不同搭配方式的效果 . . . 659
13 围绕线条的包络 . . . 660
14 到指定位置的包络 . . . 661
15 plot -S 选项示意图 . . . 663
16 plot -Sf 示意图 . . . 665
17 plot -Sm 示意图 . . . 667
18 plot -Sw 示意图。 . . . 670
19 plot -F 选项示意图 . . . 673
20 立方体和柱体符号都是 3D 的, 其颜色可以根据视角进行调节（小写 **u** 和 **o**）, 也可以为统一颜色（大写 **U** 和 **O**）。柱体还可以通过 **+v|i** 修饰符表示多波段符号。 . . . 676
21 polar 示例 . . . 682
22 project 示意图 . . . 684

23 **-F** 选项允许您在多个插值方法中选择，包括一个近似方法（平滑样条）。你也可以指定选项来计算导数。 700
24 曙暮光区的多种定义（图片来自于 https://en.wikipedia.org/wiki/Twilight） 711
25 段落模式示意图 748
26 velo 示例图 1 761
27 velo 示例图 2 762

1 通过指定 **-Gd** 选项的参数，确定了标注的位置 (等值线上相距 1.5 英寸的点) 891
2 通过指定 **-Gn** 选项的参数，确定了标注的位置 (每条长度超过 1 英寸的等值线的中心位置) . . 892
3 通过指定 **-Gf** 选项的参数，确定了标注的位置 (等值线上与给定点距离最小的点) 892
4 通过指定 **-GL** 选项的参数确定了标注的位置 (大圆弧与等值线的交点) 893
5 通过指定 **-GX** 选项的参数 (多段数据文件 *cross.txt*)，确定了标注的位置 893
6 通过指定 **-Sq** 选项的参数控制标注属性. 894
7 另一个标注属性实例 894
8 标注的位置和内容来自不同的数据集 895
9 Canary Islands 到大西洋沿岸的海啸走时图，特别是纽约。当发生灾难性滑坡时，纽约将在 8 小时后遭遇大海啸。 896

表目录

1 GMT 预定义画笔宽度名 150
2 Word 字号与 GMT 中字号 (p) 对应关系 155
3 GMT 转义字符 161
4 欧洲特殊字母 161

1 GMT 支持的网格文件格式 185
2 GMT 中 netCDF 格式的属性 187

1 GMT 标准选项列表 207
2 GMT 投影代码 211
3 GMT 时间单位 220
4 标准时间循环代码 243

1 GMT 投影代码 249

1 GMT 预定义纸张大小 303



欢迎来到 Generic Mapping Tools (GMT) 的世界。GMT 是地球科学里使用最广泛的制图软件之一。

本文档是由 GMT 中文社区 维护整理的 GMT 中文手册。手册详尽地介绍了 GMT 的用法并提供了大量的实用示例。其既可以作为初学者的入门读物，也可以作为日常使用的参考书。

手册学习指南

本手册主要包含如下三个部分：

1. **GMT 入门**：介绍 GMT 的历史、版本以及安装方法等，并为初学者提供了入门和进阶教程。初学者应完整阅读“GMT 入门”，也可观看配套的《GMT6 初学者视频教程》，并通过练习掌握 GMT 的基本用法。
2. **GMT 实例**：包含丰富的 GMT 实用脚本，可以作为日常科研绘图参考。
3. **GMT 进阶**：详细介绍 GMT 中的全部细节和用法，可以作为参考书查阅。

快速链接

- 标准选项
- 地图投影
- 配置参数
- 模块列表
- 颜色名列表
- 内置 *CPT*
- 内置字体列表
- 特殊字符一览
- 地学数据
- 学习资源
- GMT 官方文档
- 引用 *GMT*

文档下载

- GMT 中文手册源码
- GMT 中文手册 PDF
- GMT 中文手册 HTML ZIP

第 1 章　简介

1.1 GMT 是什么

GMT, 全称 Generic Mapping Tools, 中文一般译为“通用制图工具”。

GMT 是地球科学领域使用最广泛的制图软件之一, 具有强大的绘图功能和数据处理功能。

绘图方面, GMT 支持绘制多种类型的底图, 包含 30 多种地图投影、笛卡尔坐标轴（线性坐标轴、对数轴、指数轴）、极坐标轴; 支持绘制统计直方图、等值线图、2D 网格图以及 3D 视角图等; 也支持绘制线段、海岸线、国界、多种符号、图例、色标、文字等。

数据处理方面, GMT 具有数据筛选、重采样、时间序列滤波、二维网格滤波、三维网格插值、多项式拟合、线性回归分析等功能。

1.2 GMT 的历史

- 1988 年, Paul Wessel 和 Walter H.F. Smith 开发了 GMT 的最原始版本 GMT 1.0
- 1991 年 8 月 10 日, GMT2 发布
- 1998 年 11 月 8 日, GMT3 发布
- 2005 年 10 月 1 日, GMT4 发布
- 2013 年 11 月 5 日, GMT5 发布
- 2019 年 11 月 1 日, GMT6 发布（目前最新版本 GMT 6.5.0 发布于 2024 年 01 月 07 日）

想了解更多关于 GMT 的历史故事, 可以观看/收听下面的视频/音频:

- Don’t Panic Geocast 对 Paul Wessel 和 Leonardo Uieda 的采访: https://www.dontpanicgeocast.com/166
- Don’t Panic Geocast 对 Walter Smith 的采访: https://www.dontpanicgeocast.com/195
- Paul Wessel 在 GMT 20 周年的演讲: https://av.tib.eu/media/19869 或 https://youtu.be/2D_UlEZpxbU
- Paul Wessel 关于 GMT 发展史的文章: The origins of the generic mapping tools: From table tennis to geoscience

1.3 GMT 开发者

GMT 的核心开发者有 8 位: Paul Wessel、Walter H. F. Smith、Remko Scharroo、Joaquim F. Luis、Leonardo Uieda、Florian Wobbe、Dongdong Tian 和 Max Jones。

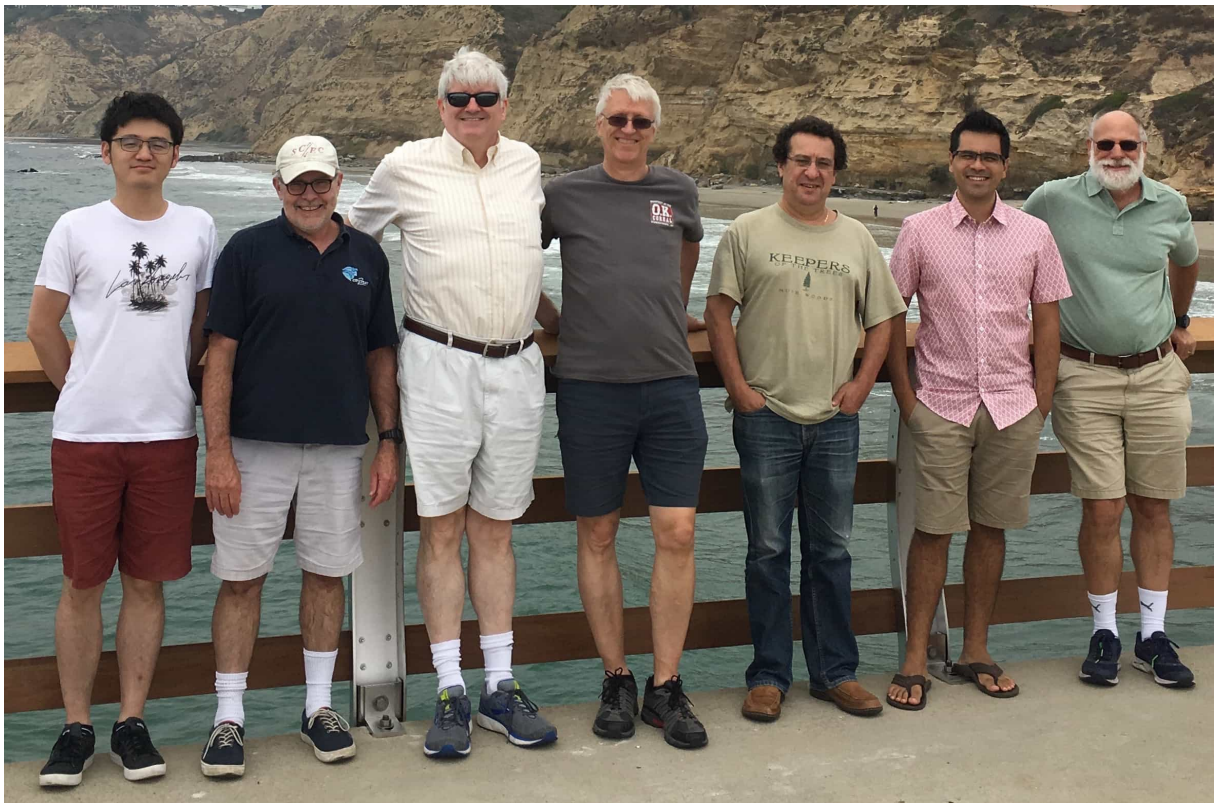


图 1: GMT 部分核心开发者及指导委员会部分成员

从左至右依次为 Dongdong Tian、David Sandwell（指导委员会主席）、Walter H.F. Smith、Paul Wessel、Joaquim Luis、Leonardo Uieda 和 Dave Caress（指导委员会成员）。照片拍摄于 2019 年 7 月 29 日至 8 月 2 日在加州 La Jolla 举办的 GMT 开发者峰会。

1.4 GMT 的特点

为什么选择 GMT 软件来绘图呢? 因为 GMT 有如下特点：

1. 专注于地学制图

   GMT 是一个专业的地学制图软件。在绘制地图方面，GMT 不仅可以更高效地绘制地图，而且可以更简单地实现制图过程所需的数据处理等操作。

2. 开源免费

   GMT 是免费的开源软件，源码遵循 GNU LGPL 协议。任何人均可免费获得软件源码并自由复制、分发及修改。

3. 跨平台

   GMT 源码由高度可移植的 C 语言写成，其完全兼容于 POSIX 标准，可以运行在 Linux、macOS 等类 UNIX 系统及 Windows 上。GMT 不仅公开了软件源代码，还提供了 Windows 和 macOS 下的二进制安装包，各大 Linux 发行版中也提供了预编译的二进制包。

4. 模块化

   GMT 遵循 UNIX 的模块化设计思想，将不同的绘图功能和数据处理功能划分到不同的模块中。这样的模块化设计有很多优点：

   - 只需要少量的模块
   - 各个模块之间相互独立且代码量少，易于更新和维护
   - 可以在脚本中调用一系列模块以绘制复杂图件

5. 支持多种格式的高精度矢量图和位图

   GMT 支持多种高精度的矢量图片格式（如 PDF、PS 和 EPS）和位图图片格式（如 BMP、JPG、PNG、PPM 和 TIFF ）。矢量图片格式具有任意放大缩小而不失真的特性，可直接投稿到学术期刊；位图图片格式可用于日常的文档及演示。

6. 软件开发过程透明且活跃

   GMT 的开发（修改、讨论与决议）都在 GitHub 上公开进行。所有用户均可向 GMT 提交 bug 报告、申请增加新功能、参与讨论等，并可以通过多种不同方式（改进文档、修改源码等）向 GMT 做贡献。

1.5 GMT 版本号

GMT 版本号遵循 "语义化版本号规范"，其版本号格式为 *major.minor.patch*。其中，*major* 为主版本号，*minor* 为次版本号，*patch* 为补丁版本号，如 6.2.0。

根据 "语义化版本号规范" 的要求：

- 有大更新时（如重写底层代码），会增加主版本号 *major*。*major* 不同的两个版本的语法、功能以及 API 接口可能有差异
- 有较大更新时（如新增模块或者新增功能），会增加次版本号 *minor*
- 若只是修复代码 BUG 或改进文档，则增加补丁版本号 *patch*

因而，GMT 6.x.x 与 5.x.x 在底层存在很大差异，两个版本的语法不一定完全兼容；GMT 6.2.x 相对于 6.1.x 增加了更多的功能；GMT 6.1.1 相对于 6.1.0 则主要是修复了一些 BUG。

备注

GMT 开发版的版本号略有不同，其格式为：

major.minor.patch_hash_yyyy.mm.dd

其中，*hash* 和 *yyyy.mm.dd* 是开发版中最新提交的 hash 值和日期。例如，6.1.0_267ce55_2020.01.21 表示更新于 2020 年 1 月 21 日、hash 值为 267ce55 的 6.1.0 开发版。

1.6 引用

若你发表的文章中包含了利用 GMT 制作的图件或利用 GMT 数据处理功能得到的结果，可以考虑在文中引用 GMT 的如下文章来回报 GMT 开发者。

GMT6 用户:

Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F., & Tian, D. (2019). The Generic Mapping Tools version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20, 5556–5564. https://doi.org/10.1029/2019GC008515

GMT 发展史:

Wessel, P. (2024). The origins of the generic mapping tools: From table tennis to geoscience. *Perspectives of Earth and Space Scientists*, 5, e2023CN000231. https://doi.org/10.1029/2023CN000231

GMT5 用户:

Wessel, P., Smith, W. H. F., Scharroo, R., Luis, J., & Wobbe, F. (2013). Generic Mapping Tools: Improved version released. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 94(45), 409–410. https:

//doi.org/10.1002/2013EO450001

GMT4/GMT3 用户:

Wessel, P., & Smith, W. H. F. (1998). New, improved version of Generic Mapping Tools released. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 79(47), 579. https://doi.org/10.1029/98EO00426

GMT/MATLAB 工具箱用户:

Wessel, P., & Luis J. (2017). The GMT/MATLAB Toolbox. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 18, 811–823. https://doi.org/10.1002/2016GC006723

GMT 的某些模块基于 GMT 团队单独发展并发表的算法。算法相关文章包括:

movie 模块

Wessel, P., Esteban, F., & Delaviel-Anger, G. (2024). The Generic Mapping Tools and Animations for the Masses. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 25(6). https://doi.org/10.1029/2024GC011545

dimfilter **模块**

Kim, S.-S., & Wessel, P. (2008). Directional median filtering for regional-residual separation of bathymetry. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 9, Q03005. https://doi.org/10.1029/2007GC001850

grdredpol **模块**

Luis, J. F. & Miranda, J. M. (2008). Reevaluation of magnetic chrons in the North Atlantic between 35°N and 47°N: Implications for the formation of the Azores Triple Junction and associated plateau. *Journal of Geophysical Research*, 113, B10105. https://doi.org/10.1029/2007JB005573

surface **模块**

Smith, W. H. F., & Wessel, P. (1990). Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*, 55(3), 293–305. https://doi.org/10.1190/1.1442837

x2sys 相关模块

Wessel, P. (2010). Tools for analyzing intersecting tracks: The x2sys package. *Computers & Geosciences*, 36, 348–354. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2009.05.009

greenspline **模块**

Wessel, P. (2009). A general-purpose Green's function-based interpolator. *Computers & Geosciences*, 35, 1247–1254. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2008.08.012

Wessel, P. & Becker, J. M. (2008). Interpolation using a generalized Green's function for a spherical surface spline in tension. *Geophysical Journal International*, 174, 21–28. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2008.03829.x

1.7 学习资源

本节列出网络上可免费获取的 GMT 学习资源。各个学习资源的质量以及维护程度不同, **建议用户以英文官方文档以及本中文手册为主, 其余学习资源仅供参考**。

入门教程

1. GMT6 初学者视频教程 (刘珠妹、陈箫翰)
2. GMT 中文手册: 入门教程、进阶教程
3. GMT 官方入门教程
4. GMT 教學手🄵 (鄭懷🄵)

参考手册

1. GMT 中文手册
2. GMT 官方参考手册
3. GMT 官方模块手册

论坛/讨论组

1. 地学 GMT 中文社区 QQ 群 [**请勿重复加群！**入群前请先阅读“入群须知”]:
   - QQ 1 群: 218905582
   - QQ 2 群: 791856541
2. GMT 官方论坛

第 2 章　安装

这一章介绍如何安装 GMT。不同的操作系统下，GMT 的安装方式不同。同一操作系统下，GMT 也有多种不同的安装方式。用户可以根据需求选择适合的安装方式。

不同操作系统下，通过 GMT 安装包或软件包管理器安装 GMT：

2.1 Windows 下安装 GMT

GMT 为 Windows 用户提供了安装包，可以直接下载安装使用。

警告

- 安装前请检查你的 Windows 登录用户名：(1) 是否包含空格；(2) 是否包含中文。以上两种情况都可能导致 GMT 运行出错。如果用户名不符合要求，请新建一个用户，然后使用新用户登录 Windows，再安装 GMT。
- 360 等安全软件会在 GMT 安装过程中拦截 **PATH** 环境变量的修改。请务必关闭安全软件之后再安装。
- GMT 提供的安装包不支持 Windows XP。

2.1.1 安装 GMT

1. 下载 GMT 安装包 gmt-6.5.0-win64.exe

   GMT 安装包中不仅包含了 GMT，还包含了运行 GMT 所需的如下软件：

   - GDAL：用于多种地学数据格式的转换
   - FFmpeg：用于生成 mp4 或 webm 格式的动画
   - Ghostscript：用于生成 PDF、JPG 等图片格式

2. 安装 GMT

   双击安装包即可安装。在 “Choose components” 页面应勾选全部选项。

   备注

   安装过程中可能会出现如下警告：

   ```
   Warning! Failed to add GMT to PATH. Please add the GMT bin path to PATH manually.
   ```

   出现此警告的原因是系统的环境变量 **PATH** 太长，GMT 安装包无法直接修改。解决办法是，先忽略这一警告，待安装完成后按照如下步骤手动修改系统环境变量 **PATH**。

   1. 点击 “计算机” → “属性” → “高级系统设置” → “环境变量” 打开 “环境变量” 编辑工具
   2. 在 “系统变量” 部分中，选中 “Path” 并点击 “编辑”

3. 在 “变量值” 的最后加上 GMT 安装目录下的 `bin` 目录的路径, 如 `C:\programs\gmt6\bin`。需要注意 **PATH** 变量值中多个路径之间用英文分号分隔

3. 测试安装

   安装完成后, 点击 “开始” → “所有程序” → “附件” → “命令提示符” 以启动 CMD。在 CMD 窗口中敲入 `gmt --version`, 若出现 GMT 版本号则表示 GMT 安装成功。

4. 升级 GMT

   GMT 目前不具备自动更新功能。如果想要升级新版本, 通常需要先卸载旧版本。卸载完成后, 再下载并安装新版安装包以完成升级。

5. 卸载 GMT

   若想要卸载 GMT, 可以进入系统的设置 -> 应用, 或控制面板 -> 卸载程序进行卸载。偶尔会遇到卸载不干净的情况, 可以等卸载程序执行完成后再手动删除 GMT 安装目录即可。

2.1.2 安装可选软件

GraphicsMagick

GMT 的*movie* 模块在制作 GIF 格式的动画时需要使用 GraphicsMagick。如有制作 GIF 动画的需求, 则可以安装这个软件, 并将其 `bin` 目录加入到系统环境变量 **PATH** 中, 以保证 GMT 可以找到其提供的 `gm` 命令。

2.1.3 安装 Bash 环境

GMT 可以直接在 Windows 下的 Batch 脚本中使用, 但由于 Batch 脚本自身功能的局限性, 无法完全发挥 GMT 的强大功能。因而, 建议 Windows 用户安装 Bash 环境并编写 Bash 脚本来使用 GMT。

使用 Bash 环境的优势在于:

1. Bash 语法比 Batch 语法更丰富, 提供了更多的功能
2. Bash 环境提供了多个可用于数据处理的命令行工具, 为 GMT 数据处理和进一步绘图提供了支撑
3. 本教程中所有脚本均为 Bash 语法, 读者可不做修改直接在 Bash 环境中执行

在 Windows 下使用 Bash 环境的方式有很多, 如:

1. Git for Windodws
2. Cygwin
3. MSYS2
4. Windows Subsystem for Linux (WSL)

用户可以根据自己的喜欢选择合适的 Bash 环境。对于不熟悉 Bash 环境的用户, 可以直接安装 Git for Windows。

2.2 macOS 下安装 GMT

macOS 下安装 GMT 有多种方式:

1. *使用 Homebrew 安装* [**推荐**]
2. *使用 GMT 安装包*
3. *使用 MacPorts 安装*
4. *使用 conda 安装 GMT*

2.2.1 使用 Homebrew 安装

Homebrew 是 macOS 下的第三方软件包管理工具。未安装 Homebrew 的用户, 可以参考《macOS 配置指南》了解如何安装与使用。

1. 安装 GMT

   更新 Homebrew 以及软件包描述文件, 并更新所有已安装的软件包:

   ```
   $ brew update && brew upgrade
   ```

   安装最新的 GMT 稳定版本:

   ```
   $ brew install gmt
   ```

   也可以安装 GMT 开发版本 (即 GMT 源码的 master 分支):

   ```
   $ brew install gmt --HEAD
   ```

2. 安装 GMT 依赖的其它软件

   生成 PDF、JPG 等图片格式需要 Ghostscript (**必须**):

   ```
   $ brew install ghostscript
   ```

   制作 GIF 格式的动画需要 GraphicsMagick (**可选**):

   ```
   $ brew install graphicsmagick
   ```

   制作 MP4、WebM 格式的动画需要 FFmpeg (**可选**):

   ```
   $ brew install ffmpeg
   ```

3. 测试安装

   重新打开一个终端, 键入如下命令, 若正确显示 GMT 版本号, 则表示安装成功:

   ```
   $ gmt --version
   6.5.0
   ```

4. 升级 GMT

   GMT 新版本发布后, 执行如下命令升级 GMT:

```
$ brew upgrade gmt
```

5. 卸载 GMT

   可以执行如下命令卸载 GMT:

```
$ brew uninstall gmt
```

2.2.2 使用 GMT 安装包

GMT 为 macOS 用户提供了 dmg 安装包，其不仅包含了 GMT，还包含了运行 GMT 所需的 Ghostscript、GDAL、GraphicsMagick 和 FFmpeg，可以直接双击安装使用。

> **备注**
>
> GMT 的 dmg 安装包只支持 macOS >= 12。

1. 下载

   - Intel：gmt-6.5.0-darwin-x86_64.dmg
   - ARM：gmt-6.5.0-darwin-arm64.dmg

2. 双击 dmg 包，在弹出的 Finder 窗口中，将 `GMT-6.5.0.app` 拖动到 `Applications` 目录

3. 在 Finder 的左侧边栏中点击 **Applications**，找到 GMT 图标并右键点击，按下 `option` 键的同时鼠标点击“Open”选项。此时 macOS 系统会弹出警告窗口：“无法打开 GMT。因为 Apple 无法检测其是否为恶意软件”。在弹出的警告窗口中点击“Open”以忽略这一警告，并直接打开 GMT。

4. GMT 会启动一个终端并显示欢迎信息。根据欢迎信息中的提示将如下语句添加到 `~/.zshrc` 中以修改环境变量:

```
export GMTHOME=/Applications/GMT-6.5.0.app/Contents/Resources
export PATH=${GMTHOME}/bin:${PATH}
export PROJ_LIB=$GMTHOME/share/proj
export GS_LIB=$GMTHOME/share/ghostscript/Resource/Init
export MAGICK_CONFIGURE_PATH=$GMTHOME/lib/GraphicsMagick/config
```

> **备注**
>
> 以上 `export` 语句仅供参考，请务必根据你看到的 GMT 欢迎信息中的提示修改环境变量。

5. 打开一个终端，输入如下命令，检测安装是否成功:

```
$ gmt --version
6.5.0
```

6. 卸载 GMT

   若想要卸载 GMT，可直接到 `/Applications` 目录下找到 GMT，直接删除即可。

7. 升级 GMT

   GMT 包不支持自动升级，因而要先删除旧 GMT 包，再下载新版安装包并按照上面的步骤重新安装，即

实现升级 GMT。

2.2.3 使用 MacPorts 安装

MacPorts 是 macOS 下的第三方软件包管理工具。

1. 安装 GMT:

```
$ sudo port install gdal +hdf5 +netcdf +openjpeg
$ sudo port install gmt6
```

2. GMT 会安装在 `/opt/local/lib/gmt6/` 目录下, 需要将其 `bin` 目录添加至环境变量 **PATH** 中:

```
$ echo 'export PATH=/opt/local/lib/gmt6/bin:$PATH' >> ~/.zshrc
```

3. 安装 GMT 依赖的其他软件

   制作 GIF 格式的动画需要 GraphicsMagick (**可选**):

```
$ sudo port install graphicsmagick
```

   制作 MP4、WebM 格式的动画需要 FFmpeg (**可选**):

```
$ sudo port install ffmpeg
```

4. 重新打开一个终端, 检测安装是否成功:

```
$ gmt --version
6.5.0
```

5. 升级 GMT。当有新版本发布时, 可以执行如下命令升级 GMT:

```
$ sudo port selfupdate
$ sudo port upgrade gmt6
```

6. 如果需要卸载 GMT, 可以执行如下命令:

```
$ sudo port uninstall gmt6
```

2.3 Fedora 下安装 GMT

Fedora 官方源提供了 GMT 二进制包, 可直接使用 `dnf` 安装, 但官方源提供的可能不是 GMT 最新版本。为解决此问题, GMT 官方制作了一个 RPM 仓库, 可用于安装 GMT 最新版本。

用户可以使用 `dnf info GMT` 命令查看官方源提供的 GMT 的版本。

2.3.1 使用 Fedora 官方源安装 GMT

安装 GMT:

```
$ sudo dnf install GMT GMT-common GMT-dev GMT-doc
```

安装 GMT 所需的 GSHHG 和 DCW 数据:

```
$ sudo dnf install dcw-gmt gshhg-gmt-nc4 gshhg-gmt-nc4-full gshhg-gmt-nc4-high
```

生成 PDF、JPG 等图片格式需要 Ghostscript [**必须**]:

```
$ sudo dnf install ghostscript
```

制作 GIF 格式的动画需要 GraphicsMagick [**可选**]:

```
$ sudo dnf install GraphicsMagick
```

制作 MP4、WebM 格式的动画需要 FFmpeg [**可选**]:

```
$ sudo dnf install https://download1.rpmfusion.org/free/fedora/rpmfusion-free-release-`rpm -E %fedora`.noarch.rpm
$ sudo dnf install ffmpeg
```

2.3.2 使用 GMT 官方 RPM 仓库安装 GMT

若 Fedora 官方源提供的 GMT 版本不是最新版, 则可以启用 GMT 官方 RPM 仓库 以安装 GMT 最新版本。

备注

如果已经通过 Fedora 官方源安装了 GMT 软件包, 则必须先使用以下命令卸载, 然后再使用 GMT 官方仓库提供的 GMT 安装包:

```
$ sudo dnf remove GMT dcw-gmt gshhg-gmt-nc4 gshhg-gmt-nc4-full gshhg-gmt-nc4-high
```

1. 启用 GMT 官方 RPM 仓库:

   ```
   $ sudo dnf copr enable genericmappingtools/gmt
   ```

2. 安装最新版 GMT:

   ```
   $ sudo dnf install gmt
   ```

3. 安装 GMT 相关工具以增强 GMT 功能

   地理空间数据格式转换工具 GDAL [**必须**]:

   ```
   $ sudo dnf install gdal
   ```

   制作 GIF 格式的动画需要 GraphicsMagick [**可选**]:

   ```
   $ sudo dnf install GraphicsMagick
   ```

   制作 MP4、WebM 格式的动画需要 FFmpeg [**可选**]:

```
$ sudo dnf install https://download1.rpmfusion.org/free/fedora/rpmfusion-free-release-`rpm -E %fedora`.noarch.rpm
$ sudo dnf install ffmpeg
```

4. GMT 新版本发布后, 执行如下命令升级 GMT:

```
$ sudo dnf update gmt
```

5. 可以执行如下命令卸载 GMT:

```
$ sudo dnf remove gmt dcw-gmt gshhg-gmt
```

2.4 Ubuntu/Debian 下安装 GMT

Ubuntu/Debian 官方源提供了 GMT 二进制包, 可直接使用 `apt` 安装, 但官方源提供的可能不是 GMT 最新版本。针对这种情况, 有如下几种选择:

1. 使用老版本 GMT
2. *使用 conda 安装 GMT* [**推荐**]
3. *Linux/macOS 下编译 GMT 源码* [**推荐**]

下面是使用 Ubuntu/Debian 官方源安装 GMT 的步骤:

1. 更新软件包列表:

```
$ sudo apt update
```

2. 安装 GMT:

```
$ sudo apt install gmt gmt-dcw gmt-gshhg
```

3. 安装 GMT 相关工具

   生成 PDF、JPG 等图片格式需要 Ghostscript [**必须**]:

```
$ sudo apt install ghostscript
```

   自动打开生成的图片需要 `xdg-utils`:

```
$ sudo apt install xdg-utils
```

   地理空间数据格式转换工具 GDAL [**必须**]:

```
$ sudo apt install gdal-bin
```

   制作 GIF 格式的动画需要 GraphicsMagick [**可选**]:

```
$ sudo apt install graphicsmagick
```

   制作 MP4、WebM 格式的动画需要 FFmpeg [**可选**]:

```
$ sudo apt install ffmpeg
```

跨平台软件包管理器 **conda** 为 Linux、macOS 和 Windows 提供了 GMT 二进制包:

2.5 使用 conda 安装 GMT

conda 是一个跨平台的包管理管理工具, 其可以用于安装 GMT。

2.5.1 安装 conda

`conda` 一般无法直接安装。Miniforge 是一个轻量级的 Python 发行版, 其内置了 `conda` 包管理器。因而可以通过安装 Miniforge 来安装 `conda`。

用户可以参考《conda 教程》安装 Miniforge 并学习使用 `conda` 的基本功能。

2.5.2 安装 GMT

1. 安装 GMT

   安装最新的 GMT 稳定版本:

   ```
   $ conda install gmt
   ```

   也可以安装 GMT 开发版本 (该开发版本会每隔几周更新一次) :

   ```
   $ conda install gmt -c conda-forge/label/dev
   ```

   制作 GIF 格式的动画需要 GraphicsMagick [**可选**]:

   ```
   $ conda install graphicsmagick
   ```

   制作 MP4、WebM 格式的动画需要 FFmpeg [**可选**]:

   ```
   $ conda install ffmpeg
   ```

2. 测试安装

   ```
   $ gmt --version
   6.5.0
   ```

2.5.3 升级 GMT

GMT 新版本发布后, 执行如下命令升级 GMT:

```
$ conda update gmt
```

2.5.4 卸载 GMT

执行如下命令可以卸载 GMT:

```
$ conda remove gmt
```

当你的 Linux 发行版没有提供 GMT 最新版本的二进制包, 或者你想要使用 GMT 开发版源码, 你可以选择自行编译 GMT 源码:

2.6 Linux/macOS 下编译 GMT 源码

这一节介绍如何在 Linux 或 macOS 下编译 GMT 源代码。仅供需要自行编译 GMT 最新版本或开发版本的读者参考。

2.6.1 安装依赖软件

GMT 的编译及运行依赖于其他软件。

必须的依赖软件包括:

- CMake (>=2.8.12)
- netCDF (>=4.0 且支持 netCDF-4/HDF5)
- curl
- Ghostscript: 生成 PDF、JPG 等格式的图片
- GDAL: 读写多种格式的地理空间数据

可选的依赖软件包括:

- Ninja: 快速的构建系统 [可选但推荐]
- GEOS: 地理信息系统的几何算法库
- PCRE: 正则表达式支持
- FFTW: 快速傅里叶变换库 (>=3.3, macOS 下不需要)
- GLib: GTHREAD 多线程支持 (>=2.32)
- LAPACK: 快速矩阵反演库 (macOS 下不需要)
- BLAS: 快速矩阵运算库 (macOS 下不需要)
- GraphicsMagick: 生成 GIF 格式的动画
- FFmpeg: 生成 MP4 格式的动画

Fedora:

```
# 安装必须软件包
$ sudo dnf install gcc cmake ninja-build glibc netcdf-devel libcurl-devel gdal gdal-devel
$ sudo dnf install geos-devel lapack-devel openblas-devel glib2-devel pcre-devel fftw-devel
$ sudo dnf install ghostscript xdg-utils
# 安装可选软件包
$ sudo dnf install https://download1.rpmfusion.org/free/fedora/rpmfusion-free-release-`rpm -E %fedora`.noarch.rpm
$ sudo dnf install GraphicsMagick ffmpeg
```

Ubuntu/Debian:

```
# 更新软件包列表
$ sudo apt update
# 安装必须软件包
$ sudo apt install build-essential cmake ninja-build libcurl4-gnutls-dev libnetcdf-dev gdal-bin libgdal-dev
```

(续下页)

(接上页)

```
$ sudo apt install libgeos-dev libglib2.0-dev libpcre3-dev libfftw3-dev liblapack-dev
$ sudo apt install ghostscript xdg-utils
# 安装可选软件包
$ sudo apt install graphicsmagick ffmpeg
```

macOS 用户可以使用 Homebrew 安装依赖（未安装 Homebrew 的用户，可以参考《macOS 配置指南》了解如何安装与使用）：

```
# 安装必须软件包
$ brew install cmake ninja curl netcdf
$ brew install ghostscript gdal geos pcre2 glib fftw
# 安装可选软件包
$ brew install graphicsmagick ffmpeg
```

2.6.2 下载源码及数据

编译 GMT 需要下载如下三个文件：

1. GMT 6.5.0 源码：gmt-6.5.0-src.tar.xz
2. 全球海岸线数据 GSHHG：gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz
3. 全球数字图表 DCW：dcw-gmt-2.1.2.tar.gz

备注

如果想编译 GMT 开发版，可以使用如下命令获取 GMT 最新开发版源码：

```
$ git clone --depth 50 https://github.com/GenericMappingTools/gmt
```

其余操作与编译 GMT 正式版基本没有区别。

2.6.3 安装 GMT

将下载的三个压缩文件放在同一个目录里，按照如下步骤进行安装：

```
# 解压三个压缩文件
$ tar -xvf gmt-6.5.0-src.tar.xz
$ tar -xvf gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz
$ tar -xvf dcw-gmt-2.1.2.tar.gz

# 将 gshhg 和 dcw 数据复制到 gmt 的 share 目录下
$ mv gshhg-gmt-2.3.7 gmt-6.5.0/share/gshhg-gmt
$ mv dcw-gmt-2.1.2 gmt-6.5.0/share/dcw-gmt

# 切换到 gmt 源码目录下
$ cd gmt-6.5.0

# 用文本编辑器新建并打开 CMake 用户配置文件
# Linux 用户
$ gedit cmake/ConfigUser.cmake
# macOS 用户
$ touch cmake/ConfigUser.cmake
$ open -a TextEdit cmake/ConfigUser.cmake
```

向 cmake/ConfigUser.cmake 文件中加入如下语句：

```
set (CMAKE_INSTALL_PREFIX "/opt/GMT-6.5.0")
set (GMT_USE_THREADS TRUE)
```

- **CMAKE_INSTALL_PREFIX** 用于设置 GMT 的安装路径，上面的语句会将 GMT 安装在 /opt/GMT-6.5.0 目录下，用户可以自行修改为其他路径。没有 root 权限的一般用户，可以将安装路径设置为 /home/xxx/opt/GMT-6.5.0 等有可读写权限的路径
- **GMT_USE_THREADS** 设置为 **TRUE** 会为 GMT 的某些模块增加多线程并行功能以加速计算，也可以不设置

小技巧

此处为了便于一般用户理解，只向 cmake/ConfigUser.cmake 中写入了必要的语句。用户可以将 GMT 提供的配置模板 cmake/ConfigUserTemplate.cmake 复制为 cmake/ConfigUser.cmake 并根据配置文件中的大量注释说明信息自行修改配置文件。也可以进一步将高级配置模板 cmake/ConfigUserAdvancedTemplate.cmake 复制为 cmake/ConfigUserAdvanced.cmake 并根据注释说明信息修改高级配置。

继续执行如下命令以检查 GMT 的依赖是否满足：

备注

以下的 mkdir build 命令新建的 build 文件夹位于 GMT 源码压缩包解压出来的 gmt-6.5.0 目录下。不是 gmt-6.5.0/cmake 目录下，更不是 /opt/GMT-6.5.0。

```
$ mkdir build
$ cd build/
$ cmake .. -G Ninja
```

cmake .. -G Ninja 会检查系统软件是否满足 GMT 的依赖关系，过程中会输出大量信息，并在最后汇总输出检查结果。我们只需要关注检查结果是否正确即可。正常情况下结果结果如下，若存在一些差异也没有问题。只要过程中不出现报错，即可。如果出现报错，则需要检查之前的步骤是否有误，检查完成后删除原 build 目录再新建 build，继续执行 cmake .. -G Ninja，直到出现类似的检查结果：

```
*
*  GMT Version:               : 6.5.0
*
*  Options:
*  Found GSHHG database       : /home/user/GMT/gmt-6.5.0/share/gshhg (2.3.7)
*  Found DCW-GMT database     : /home/user/GMT/gmt-6.5.0/share/dcw-gmt (2.1.2)
*  Found GMT data server      : oceania
*  NetCDF library             : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libnetcdf.so
*  NetCDF include dir         : /usr/include
*  Curl library               : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libcurl.so
*  Curl include dir           : /usr/include/x86_64-linux-gnu
*  GDAL library               : /usr/lib/libgdal.so
*  GDAL include dir           : /usr/include/gdal
*  GEOS library               : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libgeos_c.so
*  GEOS include dir           : /usr/include
*  FFTW library               : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libfftw3f.so
*  FFTW threads library       : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libfftw3f_threads.so
*  FFTW include dir           : /usr/include
*  Accelerate Framework       :
*  Regex support              : PCRE (/usr/lib/x86_64-linux-gnu/libpcre.so)
```

(续下页)

(接上页)

```
*  ZLIB library               : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libz.so
*  ZLIB include dir           : /usr/include
*  LAPACK library             : yes
*  BLAS library               : yes
*  License restriction        : no
*  Triangulation method       : Shewchuk
*  OpenMP support             : disabled (GMT_ENABLE_OPENMP not set)
*  GLIB GTHREAD support       : enabled (2.64.6)
*  Build generator            : Unix Makefiles
*  Build GMT core             : always [libgmt.so]
*  Build PSL library          : always [libpostscriptlight.so]
*  Build GMT supplements      : yes [supplements.so]
*  Build GMT for developers   : yes
*  Build proto supplements    : none
*  Build module links         : no
*  Found Ghostscript (gs)     : yes (9.50)
*  Found GraphicsMagick (gm)  : yes (1.3.35)
*  Found ffmpeg               : yes (4.2.4)
*  Found open                 : no
*  Found ogr2ogr              : yes (3.0.4)
*  Found gdal_translate       : yes (3.0.4)
*
*  Locations:
*  Installing GMT in          : /opt/GMT-6.5.0
*  GMT_DATADIR                : /opt/GMT-6.5.0/share
*  GMT_DOCDIR                 : /opt/GMT-6.5.0/share/doc
*  GMT_MANDIR                 : /opt/GMT-6.5.0/share/man
-- Configuring done
-- Generating done
```

警告

Anaconda 用户请注意! 由于 Anaconda 中也安装了 FFTW、GDAL、netCDF 等库文件, GMT 在配置过程中可能会找到 Anaconda 提供的库文件, 进而导致配置、编译或执行过程中出错。

解决办法是, 在 Shell 配置文件 (`~/.bashrc` 或 `~/.zshrc`) 中将 Anaconda 相关的环境变量注释掉, 以保证 GMT 在配置和编译过程中找到的不是 Anaconda 提供的库文件。待 GMT 安装完成后, 再将 Anaconda 相关环境变量改回即可。

检查完毕后, 开始编译和安装:

```
$ cmake --build .
$ sudo cmake --build . --target install
```

2.6.4 修改环境变量

打开终端, 使用如下命令用文件编辑器打开 Shell 配置文件:

```
# Linux 用户
$ gedit ~/.bashrc

# macOS 用户
$ open ~/.zshrc
```

然后向文件末尾加入如下语句以修改环境变量。修改完成后保存文件并退出, 然后重启终端使其生效:

```
export GMT6HOME=/opt/GMT-6.5.0
export PATH=${GMT6HOME}/bin:$PATH
export LD_LIBRARY_PATH=${LD_LIBRARY_PATH}:${GMT6HOME}/lib64
```

说明:

- 第一个命令添加了环境变量 **GMT6HOME**
- 第二个命令修改 GMT6 的 `bin` 目录加入到 **PATH** 中, 使得在终端或脚本中可以找到 GMT 命令
- 第三个命令将 GMT6 的 `lib` 目录加入到动态链接库路径中。通常, 32 位系统的路径为 `lib`, 64 位系统的路径为 `lib64`

2.6.5 测试是否安装成功

重新打开一个终端, 键入如下命令, 若正确显示 GMT 版本号, 则表示安装成功:

```
$ gmt --version
6.5.0
```

2.6.6 升级/卸载 GMT

按照上面的配置, GMT 会被安装到 `/opt/GMT-6.5.0` 目录下。若想要卸载 GMT, 可以直接删除整个 `/opt/GMT-6.5.0` 即可。

GMT 不支持自动更新, 因而若想要升级 GMT, 通常建议先卸载 GMT, 然后再下载新版源码并按照上面的步骤重新编译安装。

当然, 高级用户也可以同时安装多个版本的 GMT, 但需要注意环境变量 **PATH** 的设置。

2.7 Windows 下编译 GMT 源码

这一节介绍如何在 Windows 系统下编译 GMT 源码, 仅供需要自行编译 GMT 源码的读者参考。

2.7.1 安装编译工具

在 Windows 下编译 GMT 源码, 需要先自行下载并安装如下软件:

- Visual Studio（安装时需要勾选 Desktop development with C++ 相关工具）
- Git
- CMake
- Ninja: 快速的构建系统 [可选但推荐]
- Ghostscript: 生成 PDF、JPG 等格式的图片 [**必须**]
- GraphicsMagick: 生成 GIF 格式的动画 [**可选**]
- FFmpeg: 生成 MP4 格式的动画 [**可选**]

2.7.2 安装 vcpkg 及依赖软件

GMT 的编译及运行依赖于其他库文件, 包括:

- netCDF (>=4.0 且支持 netCDF-4/HDF5) [**必须**]
- curl: 下载网络数据 [**必须**]
- GDAL: 读写多种格式的地理空间数据 [**推荐**]
- PCRE: 正则表达式支持 [**可选**]
- FFTW: 快速傅里叶变换库 (>=3.3) [**可选**]
- LAPACK: 快速矩阵反演库 [**可选**]
- BLAS: 快速矩阵运算库 [**可选**]

Windows 下可以通过 C++ 库管理器 vcpkg 安装这些依赖软件。

首先, 需要安装 vcpkg。打开 CMD 窗口, 执行如下命令即可将 vcpkg 安装到 `C:\vcpkg` 目录下:

```
$ cd C:\
$ git clone https://github.com/microsoft/vcpkg
$ cd C:\vcpkg
$ .\bootstrap-vcpkg.bat
```

备注

以下假定使用的是 64 位 Windows 系统。对于 32 位 Windows 系统, 需要将 `x64-windows` 改成 `x86-windows`。

先打开一个 CMD 窗口, 执行如下命令:

```
$ vcpkg install netcdf-c gdal[core,tools,geos,netcdf] pcre2 fftw3[core,threads] clapack openblas --triplet x64-windows
$ vcpkg integrate install
```

备注

由于 vcpkg 会从源码编译 GMT 所需的全部依赖库, 因而这一步会耗时约 1 小时。

安装完成后, 还需要将 GDAL 的 bin 目录 `C:\vcpkg\installed\x64-windows\tools\gdal` 添加到环境变量 **PATH** 以保证 GMT 可以调用 GDAL 提供的命令。

2.7.3 下载源码及数据

编译 GMT 需要下载如下三个文件:

1. GMT 6.5.0 源码: gmt-6.5.0-src.tar.gz
2. 全球海岸线数据 GSHHG: gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz
3. 全球数字图表 DCW: dcw-gmt-2.1.2.tar.gz

备注

如果想编译 GMT 开发版, 可以使用如下命令获取 GMT 最新开发版源码:

```
$ git clone --depth 50 https://github.com/GenericMappingTools/gmt
```

其余操作与编译 GMT 正式版基本没有区别。

2.7.4 安装 GMT

将下载的三个压缩文件放在同一个目录里。打开 Git Bash, 并按照如下步骤进行安装:

```
# 解压三个压缩文件
$ tar -xvf gmt-6.5.0-src.tar.gz
$ tar -xvf gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz
$ tar -xvf dcw-gmt-2.1.2.tar.gz

# 将 gshhg 和 dcw 数据复制到 gmt 的 share 目录下
$ mv gshhg-gmt-2.3.7 gmt-6.5.0/share/gshhg-gmt
$ mv dcw-gmt-2.1.2 gmt-6.5.0/share/dcw-gmt

# 切换到 gmt 源码目录下
$ cd gmt-6.5.0
```

打开 cmake 目录, 在其中创建文件 cmake/ConfigUser.cmake, 并向文件中加入如下语句:

```
set (CMAKE_INSTALL_PREFIX "C:/programs/gmt6")
```

- **CMAKE_INSTALL_PREFIX** 用于设置 GMT 的安装路径, 上面的语句会将 GMT 安装在 C:/programs/gmt6 目录下。用户也可以自行修改为其他路径, 但路径中不可以有空格

小技巧

此处为了便于一般用户理解, 只向 cmake/ConfigUser.cmake 中写入了必要的语句。用户可以将 GMT 提供的配置模板 cmake/ConfigUserTemplate.cmake 复制为 cmake/ConfigUser.cmake 并根据配置文件中的大量注释说明信息自行修改配置文件。也可以进一步将高级配置模板 cmake/ConfigUserAdvancedTemplate.cmake 复制为 cmake/ConfigUserAdvanced.cmake 并根据注释说明信息修改高级配置。

继续执行如下命令以检查 GMT 的依赖是否满足:

备注

以下的 mkdir build 命令新建的 build 文件夹位于 GMT 源码压缩包解压出来的 gmt-6.5.0 目录下。不是 gmt-6.5.0/cmake 目录下, 更不是 /opt/GMT-6.5.0。

```
$ mkdir build
$ cd build/
# 64 位系统
$ cmake .. -G Ninja -DCMAKE_TOOLCHAIN_FILE=C:\vcpkg\scripts\buildsystems\vcpkg.cmake -DCMAKE_GENERATOR_PLATFORM=x64
# 32 位系统
$ cmake .. -G Ninja -DCMAKE_TOOLCHAIN_FILE=C:\vcpkg\scripts\buildsystems\vcpkg.cmake -DCMAKE_GENERATOR_PLATFORM=x86
```

cmake .. 会检查系统软件是否满足 GMT 的依赖关系, 过程中会输出大量信息, 并在最后汇总输出检查结果。我们只需要关注检查结果是否正确即可。正常情况下结果结果如下, 若存在一些差异也没有问题。只要过程中不出现报错, 即可。如果出现报错, 则需要检查之前的步骤是否有误, 检查完成后删除原 build 目录再新建 build, 继续执行 cmake .., 直到出现类似的检查结果:

```
*
*  GMT Version:              : 6.5.0
*
*  Options:
*  Found GSHHG database      : D:/a/gmt/gmt/coastline/gshhg (2.3.7)
*  Found DCW-GMT database    : D:/a/gmt/gmt/coastline/dcw (2.1.2)
*  Found GMT data server     : oceania
*  NetCDF library            : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/netcdf.lib
*  NetCDF include dir        : C:/vcpkg/installed/x64-windows/include
*  Curl library              : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/libcurl.lib
*  Curl include dir          :
*  GDAL library              :
*  GDAL include dir          : C:/vcpkg/installed/x64-windows/include
*  GEOS library              : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/geos_c.lib
*  GEOS include dir          : C:/vcpkg/installed/x64-windows/include
*  FFTW library              : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/fftw3f.lib
*  FFTW threads library      : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/fftw3f.lib
*  FFTW include dir          : C:/vcpkg/installed/x64-windows/include
*  Accelerate Framework      :
*  Regex support             : PCRE (C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/pcre.lib)
*  ZLIB library              : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/zlib.lib
*  ZLIB include dir          : C:/vcpkg/installed/x64-windows/include
*  LAPACK library            : yes
*  BLAS library              : yes
*  License restriction       : no
*  Triangulation method      : Shewchuk
*  OpenMP support            : enabled
*  GLIB GTHREAD support      : disabled
*  Build generator           : Ninja
*  Build GMT core            : always [gmt.dll]
*  Build PSL library         : always [postscriptlight.dll]
*  Build GMT supplements     : yes [supplements.dll]
*  Build GMT for developers  : yes
*  Build proto supplements   : none
*  Build module links        : no
*  Found Ghostscript (gs)    : yes
*  Found GraphicsMagick (gm) : yes
*  Found ffmpeg              : yes
*  Found open                : yes
*  Found ogr2ogr             : yes (3.2.2)
*  Found gdal_translate      : yes (3.2.2)
-- Configuring done
*
*  Locations:
*  Installing GMT in         : C:/programs/gmt6
*  GMT_DATADIR               : C:/programs/gmt6/share
*  GMT_DOCDIR                : C:/programs/gmt6/share/doc
*  GMT_MANDIR                : C:/programs/gmt6/share/man
-- Generating done
```

检查完毕后, 开始编译和安装:

```
$ cmake --build . --config Release
$ cmake --build . --target install --config Release
```

2.7.5 修改环境变量

安装完成后, 需要将 GMT 的 bin 目录 `C:/programs/gmt6/bin` 添加到环境变量 **PATH** 中。

2.7.6 测试是否安装成功

启动 CMD, 键入如下命令, 若正确显示 GMT 版本号, 则表示安装成功:

```
$ gmt --version
6.5.0
```

2.7.7 升级/卸载 GMT

按照上面的配置, GMT 会被安装到 `C:/programs/gmt6/` 目录下。若想要卸载 GMT, 可以直接删除整个 `C:/programs/gmt6` 即可。

GMT 不支持自动更新, 因而若想要升级 GMT, 通常建议先卸载 GMT, 然后再下载新版源码并按照上面的步骤重新编译安装。

第 3 章　入门教程

《入门教程》通过一系列简单的示例介绍如何使用 GMT 实现最基本的绘图功能，如绘制底图、海岸线、线段、符号、文字等。初学者应仔细阅读《入门教程》，并掌握 GMT 的基本用法。

3.1 GMT 初探

这一节将介绍如何开始使用 GMT。本节分为三个小节，分别针对 Linux、macOS 和 Windows 系统。用户应根据自己当前的操作系统阅读相应的小节。

3.1.1 GMT 初探: Linux 篇

启动终端

GMT 是一个纯命令行软件，没有任何的图形界面。所有的绘图操作都需要通过在终端和脚本中执行命令来完成。终端是 Linux 系统的标配，通常你可以在系统的“应用程序”中找到并启动它。

运行 GMT

启动终端后，敲入 `gmt` 以执行 GMT 命令。你将看到 GMT 的欢迎界面信息，类似于：

```
        GMT - The Generic Mapping Tools, Version 6.5.0 [64-bit] [8 cores]
        (c) 1991-2021 The GMT Team (https://www.generic-mapping-tools.org/team.html).

        Supported in part by the US National Science Foundation (http://www.nsf.gov/)
        and volunteers from around the world.

        GMT is distributed under the GNU LGPL License (http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html).
        Dependencies: netCDF, GDAL, PCRE, FFTW, LAPACK, ZLIB, Ghostscript, GraphicsMagick, FFmpeg.

usage: gmt [options]
       gmt <module name> [<module-options>]

options:
  --help              List descriptions of available GMT modules.
  --new-script[=L]    Write GMT modern mode script template to stdout.
                      Optionally specify bash|csh|batch [Default is current shell].
  --new-glue=name     Write C code for external supplements to glue them to GMT.
  --show-bindir       Show directory with GMT executables.
  --show-citation     Show the most recent citation for GMT.
  --show-classic      Show all classic module names.
  --show-classic-core Show all classic module names (core only).
  --show-cores        Show number of available cores.
  --show-datadir      Show directory/ies with user data.
  --show-dataserver   Show URL of the remote GMT data server.
  --show-doi          Show the DOI for the current release.
  --show-library      Show path of the shared GMT library.
  --show-modules      Show all modern module names.
  --show-modules-core Show all modern module names (core only).
  --show-plugindir    Show directory for plug-ins.
  --show-sharedir     Show directory for shared GMT resources.
  --show-userdir      Show full path of user's ~/.gmt dir
  --version           Print GMT version number.

if <module-options> is '=' we call exit (0) if module exist and non-zero otherwise.
```

生成脚本模板

继续在终端中敲入:

```
gmt --new-script > myplot.sh
```

该命令会在当前目录生成一个 GMT 模板脚本, 并保存到 Bash 脚本文件 `myplot.sh` 中。

> **备注**
>
> 本手册中所有示例均使用 Bash 脚本, 要求读者对 Bash 脚本及 Unix 命令行有最基本的了解。不了解的用户请阅读网络上 Bash 相关教程, 或本手册中脚本编程 一节。

查看并编辑脚本文件

Bash 脚本文件是一个纯文本文件, 可以直接用文本编辑器打开。比如, 可以使用大多数 Linux 都自带了的文本编辑器 **gedit** 打开该脚本文件:

```
gedit myplot.sh
```

打开脚本文件后会看到如下内容:

```
#!/usr/bin/env -S bash -e
# GMT modern mode bash template
# Date:    2019-09-10T00:44:39
# User:    seisman
# Purpose: Purpose of this script
export GMT_SESSION_NAME=$$  # Set a unique session name
gmt begin figurename
    # Place modern session commands here
gmt end show
```

其中, 以 # 开头的行尾注释行, **export GMT_SESSION_NAME=$$** 这一行属于高级用法, 可以忽略。因而核心内容只有两行, 即 **gmt begin** 和 **gmt end** 这两行。

编辑脚本, 在 **gmt begin** 和 **gmt end** 中间添加 GMT 命令, 将脚本修改如下:

```
#!/usr/bin/env -S bash -e
# GMT modern mode bash template
# Date:    2019-09-10T00:44:39
# User:    seisman
# Purpose: Purpose of this script
export GMT_SESSION_NAME=$$  # Set a unique session name
gmt begin figurename
    gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
gmt end show
```

编辑完成后记得保存文件。

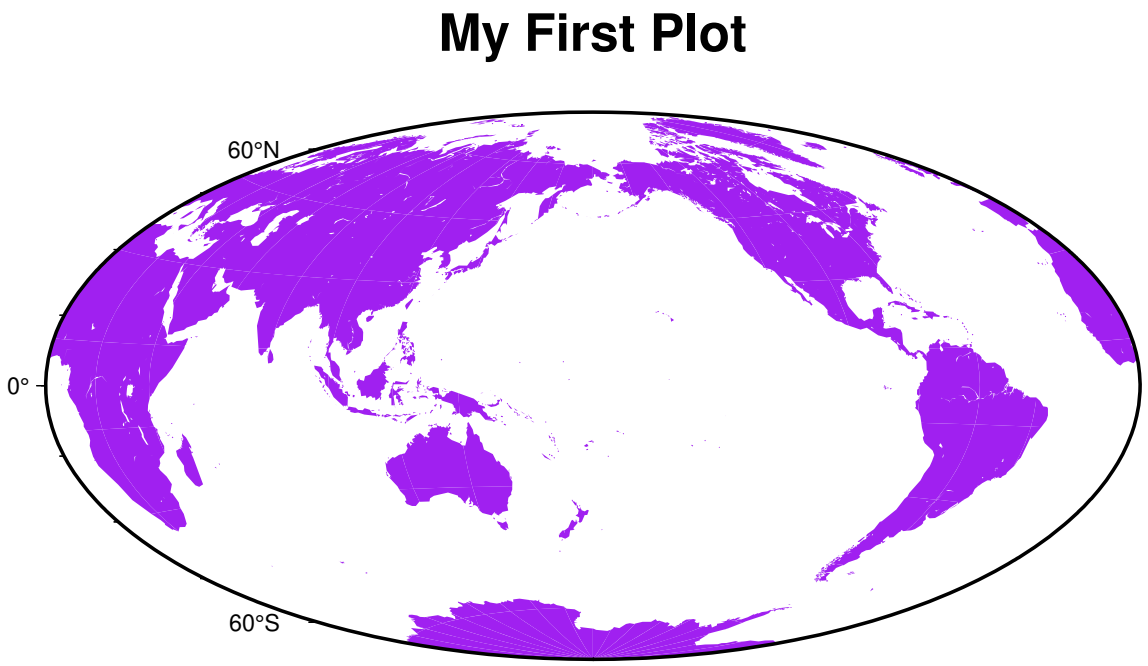
执行脚本以绘图

回到终端, 运行 Bash 脚本:

```
bash myplot.sh
```

待脚本执行完成后, 会自动用阅读器 (通常是 evince) 打开生成的 PDF 格式的图片文件。你将看到如下图所示的图片。

Source Code



这基本上就是运行 GMT 脚本的基本流程, 即:

- 生成脚本模板
- 编辑脚本, 添加 GMT 绘图命令
- 运行脚本并查看绘图效果

3.1.2 GMT 初探: macOS 篇

启动终端

GMT 是一个纯命令行软件, 没有任何的图形界面。所有的绘图操作都需要通过在终端和脚本中执行命令来完成。

macOS 下可以使用 `Command + 空格键` 启动 Spotlight, 在弹出的搜索框中输入 "terminal" 再按回车即可打开终端。

运行 GMT

启动终端后, 敲入 `gmt` 以执行 GMT 命令。你将看到 GMT 的欢迎界面信息, 类似于:

```
GMT - The Generic Mapping Tools, Version 6.5.0 [64-bit] [8 cores]
(c) 1991-2021 The GMT Team (https://www.generic-mapping-tools.org/team.html).

Supported in part by the US National Science Foundation (http://www.nsf.gov/)
and volunteers from around the world.

GMT is distributed under the GNU LGPL License (http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html).
```

(续下页)

(接上页)

```
       Dependencies: netCDF, GDAL, PCRE, FFTW, LAPACK, ZLIB, Ghostscript, GraphicsMagick, FFmpeg.

usage: gmt [options]
       gmt <module name> [<module-options>]

options:
  --help              List descriptions of available GMT modules.
  --new-script[=L]    Write GMT modern mode script template to stdout.
                      Optionally specify bash|csh|batch [Default is current shell].
  --new-glue=name     Write C code for external supplements to glue them to GMT.
  --show-bindir       Show directory with GMT executables.
  --show-citation     Show the most recent citation for GMT.
  --show-classic      Show all classic module names.
  --show-classic-core Show all classic module names (core only).
  --show-cores        Show number of available cores.
  --show-datadir      Show directory/ies with user data.
  --show-dataserver   Show URL of the remote GMT data server.
  --show-doi          Show the DOI for the current release.
  --show-library      Show path of the shared GMT library.
  --show-modules      Show all modern module names.
  --show-modules-core Show all modern module names (core only).
  --show-plugindir    Show directory for plug-ins.
  --show-sharedir     Show directory for shared GMT resources.
  --show-userdir      Show full path of user's ~/.gmt dir
  --version           Print GMT version number.

if <module-options> is '=' we call exit (0) if module exist and non-zero otherwise.
```

生成脚本模板

继续在终端中敲入:

```
gmt --new-script > myplot.sh
```

该命令会在当前目录生成一个 GMT 模板脚本, 并保存到 Bash 脚本文件 `myplot.sh` 中。

> **备注**
>
> 本手册中所有示例均使用 Bash 脚本, 要求读者对 Bash 脚本及 Unix 命令行有最基本的了解。不了解的用户请阅读网络上 Bash 相关教程, 或本手册中脚本编程 一节。

查看并编辑脚本文件

Bash 脚本文件是一个纯文本文件, 可以直接用文本编辑器打开。比如, 可以使用 macOS 自带的文本编辑器打开该脚本文件:

```
open myplot.sh
```

打开脚本文件后会看到如下内容:

```
#!/usr/bin/env -S bash -e
# GMT modern mode bash template
# Date:    2019-09-10T00:44:39
# User:    seisman
# Purpose: Purpose of this script
export GMT_SESSION_NAME=$$  # Set a unique session name
gmt begin figurename
    # Place modern session commands here
```

(续下页)

(接上页)

```
gmt end show
```

其中, 以 # 开头的行尾注释行, **export GMT_SESSION_NAME=$$** 这一行属于高级用法, 可以忽略。核心内容只有两行, 即 **gmt begin** 和 **gmt end** 这两行。

编辑脚本, 在 **gmt begin** 和 **gmt end** 中间添加 GMT 命令, 将脚本修改如下:

```
#!/usr/bin/env -S bash -e
# GMT modern mode bash template
# Date:    2019-09-10T00:44:39
# User:    seisman
# Purpose: Purpose of this script
export GMT_SESSION_NAME=$$  # Set a unique session name
gmt begin figurename
    gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
gmt end show
```

编辑完成后记得保存文件。

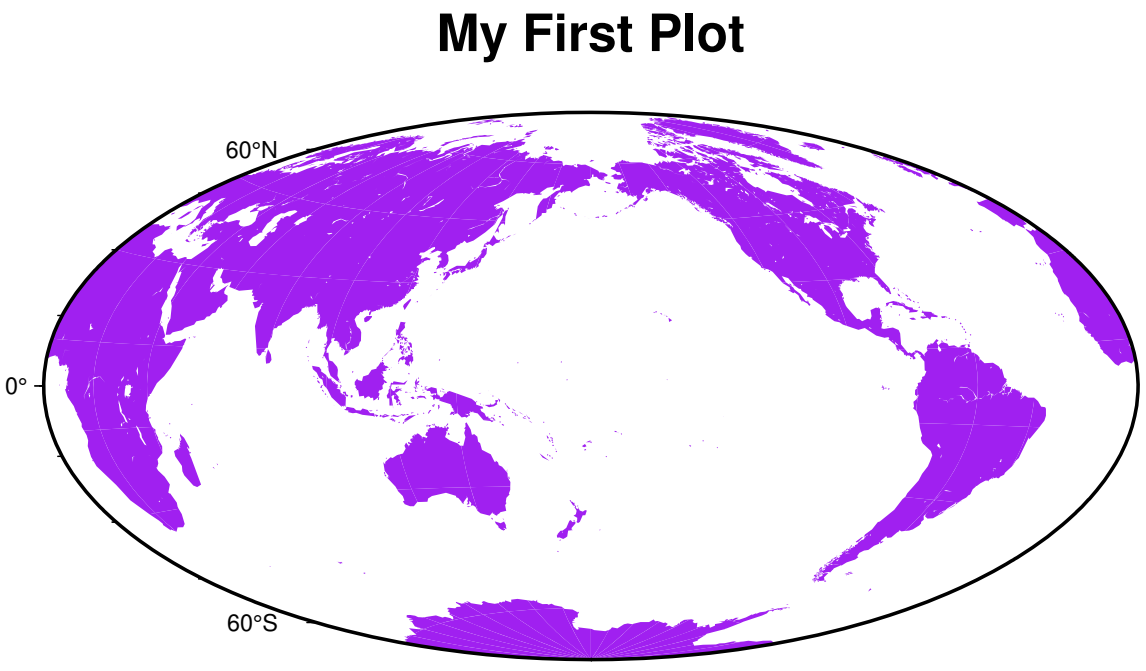
执行脚本以绘图

回到终端, 运行 Bash 脚本:

```
bash myplot.sh
```

待脚本执行完成后, 会自动用 macOS 自带的 PDF 阅读器 (即 Preview) 打开生成的 PDF 格式的图片文件。你将看到如下图所示的图片:

Source Code



这基本上就是运行 GMT 脚本的基本流程, 即:

- 生成脚本模板
- 编辑脚本, 添加 GMT 绘图命令
- 运行脚本并查看绘图效果

3.1.3 GMT 初探: Windows 篇

启动 CMD 命令行

GMT 是一个纯命令行软件, 没有任何的图形界面。所有的绘图操作都需要通过在终端和脚本中执行命令来完成。Windows 下的默认终端是 "命令提示符", 也就是 CMD 命令行。

点击 "开始" → "附件" → "命令提示符" 即可启动 CMD, 也可以直接在开始按钮中的搜索框中搜索 "CMD" 并启动。

运行 GMT

启动 CMD 后, 敲入 `gmt` 以执行 GMT 命令。你将看到 GMT 的欢迎界面信息, 类似于:

```
       GMT - The Generic Mapping Tools, Version 6.5.0 [64-bit] [8 cores]
       (c) 1991-2021 The GMT Team (https://www.generic-mapping-tools.org/team.html).

       Supported in part by the US National Science Foundation (http://www.nsf.gov/)
       and volunteers from around the world.

       GMT is distributed under the GNU LGPL License (http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html).
       Dependencies: netCDF, GDAL, PCRE, FFTW, LAPACK, ZLIB, Ghostscript, GraphicsMagick, FFmpeg.

usage: gmt [options]
       gmt <module name> [<module-options>]

options:
  --help              List descriptions of available GMT modules.
  --new-script[=L]    Write GMT modern mode script template to stdout.
                      Optionally specify bash|csh|batch [Default is current shell].
  --new-glue=name     Write C code for external supplements to glue them to GMT.
  --show-bindir       Show directory with GMT executables.
  --show-citation     Show the most recent citation for GMT.
  --show-classic      Show all classic module names.
  --show-classic-core Show all classic module names (core only).
  --show-cores        Show number of available cores.
  --show-datadir      Show directory/ies with user data.
  --show-dataserver   Show URL of the remote GMT data server.
  --show-doi          Show the DOI for the current release.
  --show-library      Show path of the shared GMT library.
  --show-modules      Show all modern module names.
  --show-modules-core Show all modern module names (core only).
  --show-plugindir    Show directory for plug-ins.
  --show-sharedir     Show directory for shared GMT resources.
  --show-userdir      Show full path of user's ~/.gmt dir
  --version           Print GMT version number.

if <module-options> is '=' we call exit (0) if module exist and non-zero otherwise.
```

生成脚本模板

继续在终端中敲入:

```
gmt --new-script > myplot.bat
```

该命令会在当前目录生成一个 GMT 模板脚本, 并保存到 Batch 脚本文件 `myplot.bat` 中。

> **备注**
>
> Batch 是 Windows 自带的脚本语言, 但本教程中所有示例均使用 Unix 下常用的 Bash 脚本。因而 Windows

用户有两种选择:

1. 安装 Git for Windows 并使用其提供的 Bash, 本手册中的所有命令都将可以直接使用。要求读者对 Bash 脚本及 Unix 命令行有最基本的了解。不了解的用户请阅读网络上 Bash 相关教程, 或本手册中脚本编程 一节。
2. 继续使用 Windows 的 Batch 脚本。要求读者对 Batch 脚本和 Bash 脚本均有所了解, 并知道二者用法的差异, 以便于将手册中的 Bash 脚本转换为 Batch 脚本。不了解的用户请阅读网络上 Bash 和 Batch 相关教程, 或本手册中脚本编程 一节。

查看并编辑脚本文件

Batch 脚本文件是一个纯文本文件, 可以直接用文本编辑器打开。例如, Windows 下自带的记事本即可打开该脚本文件。

打开脚本文件后会看到如下内容:

```
REM GMT modern mode batch template
REM Date:    2019-09-02T23:34:25
REM User:    seisman
REM Purpose: Purpose of this script
REM Set a unique session name:
@echo off
set GMT_SESSION_NAME=7492
gmt begin figurename
    REM Place modern session commands here
gmt end show
```

其中, 以 **REM** 开头的行尾注释行, **set GMT_SESSION_NAME=7492** 这一行属于高级用法, 可以忽略。核心内容只有两行, 即 **gmt begin** 和 **gmt end** 这两行。

编辑脚本, 在 **gmt begin** 和 **gmt end** 中间添加 GMT 命令, 将脚本修改如下:

```
REM GMT modern mode batch template
REM Date:    2019-09-02T23:34:25
REM User:    seisman
REM Purpose: Purpose of this script
REM Set a unique session name:
@echo off
set GMT_SESSION_NAME=7492
gmt begin figurename
    gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
gmt end show
```

编辑完成后记得保存文件。

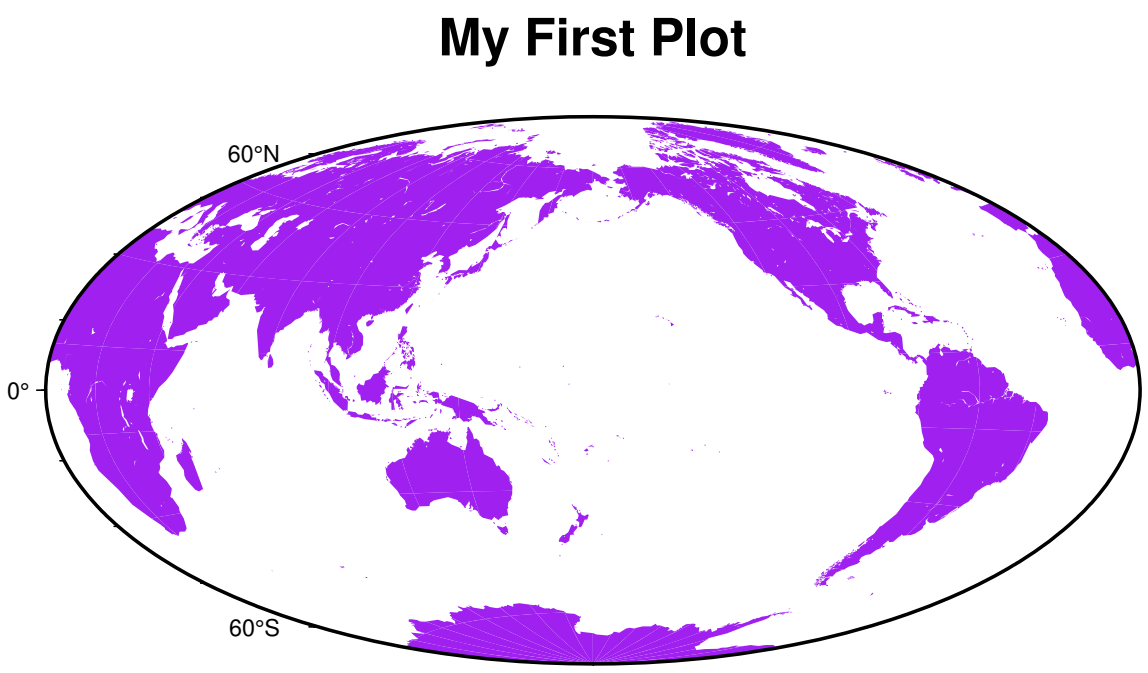
执行脚本以绘图

回到 CMD, 直接输入 Batch 脚本名以运行该脚本:

```
myplot.bat
```

待脚本执行完成后, 会自动用 PDF 阅读器打开生成的 PDF 格式的图片文件。你将看到如下图所示的图片。

Source Code



这基本上就是运行 GMT 脚本的基本流程, 即:

- 生成脚本模板
- 编辑脚本, 添加 GMT 绘图命令
- 运行脚本并查看绘图效果

3.2 命令初探

上一节我们使用 GMT 绘制了第一张图, 但是没有对其中的细节做任何介绍。这一节我们将简单介绍一下 GMT 的命令。

3.2.1 GMT 绘图脚本模板

GMT 在绘图时, 总是以*begin* 开始, 并以*end* 结束。所有的**绘图命令**都放在 **begin** 与 **end** 之间, 而非绘图命令可以放在任何地方。

> **备注**
>
> GMT 老用户可能会对此比较陌生。
>
> GMT 自 6.0.0 版本开始, 引入了一种全新的绘图命令执行模式, 称之为现代模式。GMT5 及之前的命令风格称之为经典模式。GMT6 既支持经典模式也支持现代模式。现代模式与经典模式可以完成相同的绘图功能, 但现代模式大大简化了绘图代码, 并极大避免了用户最容易出错的地方, 因而推荐用户使用现代模式而非经典模式。
>
> 本手册将只使用现代模式, 而不介绍经典模式。GMT 新用户只需要按照本手册直接学习现代模式即可; 对于 GMT 老用户, 建议阅读经典模式 → 现代模式 或者观看视频教程 GMT6 新特性, 并开始使用现代模式进行绘图。

在前一节中我们使用 `gmt --new-script` 命令生成一个绘图模板。忽略掉绘图模板中的注释语句, 一个最最基本的 GMT 绘图脚本的模板是:

```
gmt begin
#
# 其它命令, 包括 GMT 绘图命令、数据处理命令以及其它 UNIX 命令
#
gmt end show
```

你可以直接执行这个脚本, 但是因为这里什么命令也没用, 所以这个脚本不会生成任何图片。

绘图时我们通常需要指定图片文件名和图片格式, 因而更实用的绘图脚本模板为:

```
gmt begin FigureName pdf
#
# 其它命令, 包括 GMT 绘图命令、数据处理命令以及其它 UNIX 命令
#
gmt end show
```

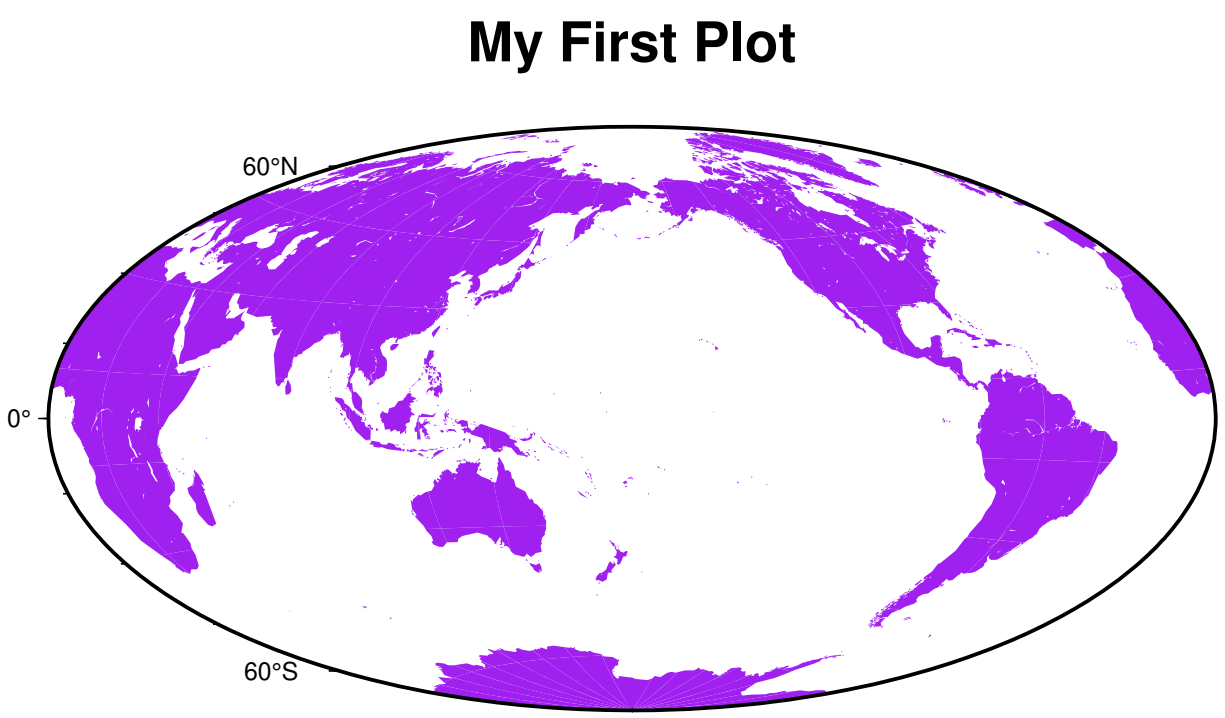
- *FigureName* 指定了要生成的图片文件名, 你可以指定任意文件名, 但最好避免在文件名中使用特殊符号和空格。若不给定文件名, 则默认文件名为 `gmtsession`
- 紧跟在图片文件名后的 **pdf** 指定了要生成的图片格式 (若不指定格式, 则默认图片格式为 PDF)。GMT 支持多种图片格式, pdf、ps、eps、jpg、png、bmp 等等。若想要一次性生成多种格式的图片, 则可以使用逗号将多种格式连接起来, 如 **pdf,png** 会同时生成 PDF 和 PNG 格式的图片
- **gmt end** 后面加上 **show**, 则 GMT 会在绘图完成后, 使用系统自带的阅读器软件自动打开生成的图片文件, 供用户预览绘图效果

3.2.2 绘制第一张图

在 GMT 绘图脚本模板的基础上, 向 **begin** 和 **end** 语句中间加入正确的 GMT 绘图命令, 即可实现用 GMT 绘图。

下面的脚本使用 *coast* 绘制了一张全球地图。执行该脚本, 会生成文件名为 `GlobalMap`、格式为 PNG 和 PDF 的图片文件, 并且 GMT 会在绘图结束后自动打开生成的图片文件。

```
gmt begin GlobalMap
    gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
gmt end show
```



小技巧

不理解 **gmt coast** 这一行命令的含义? 没关系, 稍后会详细介绍。

小技巧

想了解 **gmt coast** 的具体用法? 打开终端, 敲入 `gmt docs coast`, GMT 会自动帮你打开 **coast** 模块的说明文档。

3.2.3 GMT 命令格式

一个 GMT 命令通常由 **gmt** + **模块名** + **选项** + **参数**构成。比如上面的例子中:

```
gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
```

- 所有的 GMT 命令都需要以 **gmt** 开头
- **coast** 是模块名, 这个模块可以用于绘制海岸线
- **-R**、**-J**、**-G**、**-B** 等以 **-** 开头的是模块的选项
- **-Baf** 中 **af** 是 **-B** 选项的参数
- **-B+t**" My First Plot" 中 **+t** 为 **-B** 的子选项," My First Plot" 则是子选项 **+t** 的参数

关于 GMT 命令的几点说明:

- 若模块名以 **gmt** 开头, 则模块名中的 **gmt** 可省略。比如 **gmt gmtset xxx xxx** 可简写为 **gmt set xxx xxx**
- 模块名、选项等均区分大小写
- 选项以 **-** 开头, 后接**单个字符**表示某个选项, 字符后接选项的参数以及子选项
- 子选项以 **+** 开头, 后接**单个字符**以及子选项的参数
- 不以 **-** 开头的参数, 通常都会被当做文件, GMT 会尝试去读取
- 各选项间以空格分隔, 选项内部不能有空格。选项内部的字符串中若存在空格, 在 Bash 下可以使用单引号或双引号括起来, 而在 Windows 的 Batch 下则只能使用双引号。

3.3 脚本编程

本手册中的所有示例及代码都使用 Bash 脚本实现, 要求读者对 Bash 脚本语言有最基本的了解。Windows 用户若使用 Batch 脚本, 则需要同时了解 Bash 和 Batch 的语法, 并了解如何将本手册中的 Bash 脚本正确转换为 Batch 脚本。

这一节介绍本手册中或 GMT 使用过程中最常用的 Bash 和 Batch 语法, 而不涉及不常用或更复杂的语法。

3.3.1 Bash 编程基础知识

Bash 基础

用文本编辑器创建一个后缀名为 **.sh** 的文件，向其中写入 Bash 命令并保存，即得到一个 Bash 脚本。

打开终端，在终端中输入 `bash script.sh`，即可执行 Bash 脚本 `script.sh`。也可以执行命令 `chmod +x script.sh` 给脚本可执行权限，然后即可在终端输入 `./script.sh` 运行“可执行”的脚本。

下面的 Bash 脚本展示并解释了 Bash 中常用的语法：

```
#!/usr/bin/env bash
# 脚本的第一行叫 shebang，用来告知系统如何执行该脚本：
# 参见： http://en.wikipedia.org/wiki/Shebang_(Unix)
# 以 # 开头的行是注释行，在脚本执行时会被忽略

# echo 命令用于显示后面的字符
echo Hello world!

# 声明一个变量
# 注意：= 两边不能有空格！ projection="X10c/10c"
region="0/10/0/10"

# 在变量名前加上 $ 符号即可引用该变量的值
echo $projection $region

# 执行 GMT 命令
gmt begin map
gmt basemap -J$projection -R$region -Baf

# 输入数据
# 有些命令需要读入数据。Bash 中有多种方法可以将数据传递给一个命令：
# 1. 将数据保存到文件中，并在命令中指定数据文件名
#    下面的命令会读取文件 input.dat 中的数据
gmt plot input.dat -W1p

# 2. 通过管道符号 | 将前一个命令的输出作为后一个命令的输入
#    下面的命令中，echo 命令输出了 5 5，该输出通过管道被传递给了 GMT 命令作为输入
echo 5 5 | gmt plot -Sc0.5c

# 3. 使用 heredoc 将两个 EOF 之间的数据传给命令
#    下面的命令中，<< EOF 表示将接下来到 EOF 为止的内容传递给命令
gmt plot -Sc0.5c << EOF
1 2
3 4
5 6
EOF

# 输出数据
# 很多命令都会输出一些数据或信息。默认情况下，输出会在终端显示。为了将数据保存到文件中，需要使用重定向符号。
# 常用的重定向符号主要有两个： > 和 >>
#   > 表示将数据输出到文件中。若文件不存在，则创建该文件；若文件已存在，则覆盖该文件的原内容；
#  >> 表示将数据追加到文件中。若文件不存在，则创建该文件；若文件已存在，则将数据追加到原内容的后面；
echo 1 3 Point1 > tmp.txt
echo 2 5 Point2 >> tmp.txt
echo 4 2 Point3 >> tmp.txt
# 此时文件中有三行内容

# 倒引号
# 倒引号的作用是将一个命令的输出保存到一个变量中，供后面的命令使用
# 下面将 gmt info 的输出保存到变量 new_region 中，并在接下来的命令中使用了该变量的值
new_region=`gmt info input.dat -I1/1`
gmt plot input.dat -J$projection $new_region

# 长命令续行符
```

(续下页)

(接上页)

```
# 当一个命令较长时，可以将命令拆分为多行，每行行末用续行符 \ 表示下一行命令
# 需要接在当前命令的后面
gmt coast -A1000 -Dc -ECN -W1/1p \
        -Glightblue -Slightred

gmt end show

# rm 命令删除文件
rm tmp.txt
```

Linux 常用命令

Bash 脚本本身功能有限，因而经常需要与 Linux 下的命令结合在一起使用。

- 《地震“学”科研入门教程：Linux 常用命令》

3.3.2 Batch 编程基础知识

Batch 基础

新建一个文本文件，将后缀改为 **.bat**，向文件中写入 Batch 命令并保存，即得到一个 Batch 脚本。

双击该 Batch 脚本即可直接运行，也可以打开 CMD 窗口，再输入 Batch 脚本名以运行脚本。

下面的 Batch 脚本展示并解释了 Batch 脚本中常用的语法：

```
REM 以 REM 开头的行是注释行，在脚本执行时会被忽略

REM echo 命令用于显示后面的字符
echo Hello world!

REM 使用 set 命令声明一个变量
set projection="X10c/10c"
set region="0/10/0/10"

REM 在变量名前后加上 % 即可引用该变量的值
echo %projection% %region%

REM 执行 GMT 命令
gmt begin map
gmt basemap -J%projection% -R%region% -Baf

REM 输入数据
REM 有些命令需要读入数据。Bash 中有多种方法可以将数据传递给一个命令：
REM 1. 将数据保存到文件中，并在命令中指定数据文件名
REM    下面的命令会读取文件 input.dat 中的数据
gmt plot input.dat -W1p

REM 2. 通过管道符号 | 将前一个命令的输出作为后一个命令的输入
REM    下面的命令中，echo 命令输出了 5 5，该输出通过管道被传递给了 GMT 命令作为输入
echo 5 5 | gmt plot -Sc0.5c

REM 输出数据
REM 很多命令都会输出一些数据或信息。默认情况下，输出会在终端显示。为了将数据保存到文件中，需要使用重定向符号。
REM 常用的重定向符号主要有两个： > 和 >>
REM   > 表示将数据输出到文件中。若文件不存在，则创建该文件；若文件已存在，则覆盖该文件的原内容；
REM  >> 表示将数据追加到文件中。若文件不存在，则创建该文件；若文件已存在，则将数据追加到原内容的后面；
echo 1 3 Point1 > tmp.txt
echo 2 5 Point2 >> tmp.txt
echo 4 2 Point3 >> tmp.txt
REM 此时文件中有三行内容
```

(续下页)

(接上页)

```
REM 将命令的输出保存到变量中
REM Batch 中可以将命令的输出写到文件中，然后用 set /p var=<file 的方式将文件中的内容作为变量的值
gmt info input.dat -I1/1 > tmp.dat
set /p new_region=<tmp.dat
gmt plot input.dat -J%projection% %new_region%

REM 长命令续行符
REM 当一个命令较长时，可以将命令拆分为多行，每行行末用续行符 ^ 表示下一行命令
REM 需要接在当前命令的后面
gmt coast -A1000 -Dc -ECN -W1/1p ^
        -Glightblue -Slightred

gmt end show

REM del 命令用于删除文件
del tmp.txt

REM pause 命令用于暂停命令的执行
REM 双击执行 Batch 脚本，脚本会在结束后自动退出。
REM 为了查看脚本执行过程中是否报错，通常在 Batch 文件最后一行加上 pause
pause
```

将 Bash 脚本转换为 Batch 脚本

Bash 语法和 Batch 语法不同。本手册中所有脚本均使用 Bash 实现，Batch 用户需要根据需求自行将 Bash 脚本转换为 Batch 脚本。转换主要注意如下几点：

- 注释符号：`#` 改成 `REM`
- 定义变量的方式：`var=value` 改成 `set var=value`
- 引用变量的方式：`$region` 改成 `%region%`
- 删除文件的命令：`rm` 改成 `del`
- Bash 中可以使用倒引号 `` var=`cmd1` `` 将命令 cmd1 的输出作为变量 var 的值。Batch 不支持这一语法，需要使用下面的命令实现类似功能:

```
cmd1 > tmp.dat
set /p var=<tmp.dat
```

- Bash 中可以使用 EOF 将多行数据传递给一个命令。例如:

```
gmt plot << EOF
1 2
3 4
5 6
EOF
```

Batch 不支持这一语法，只能多次使用 echo 命令将数据输出到同一文件中，再将文件传递给命令使用:

```
echo 1 2 >  tmp.dat
echo 3 4 >> tmp.dat
echo 5 6 >> tmp.dat
gmt plot tmp.dat
```

3.4 绘制底图

GMT 可以绘制多种不同类型的底图，包括全球地图、区域地图，以及线性坐标轴、对数轴、指数轴、极坐标轴，甚至 3D 坐标轴。

这一节我们将通过使用*coast* 和*basemap* 模块绘制不同类型的底图，并了解 GMT 中 **-J**、**-R** 和 **-B** 选项的基本用法。

3.4.1 全球地图

要绘制地图，就需要将地球的三维球面投影到一个二维面上，投影的过程需要指定投影方式。GMT 中使用 **-J** 选项指定地图投影参数以及地图的尺寸。同时，我们还需要使用 **-R** 选项指定要绘制的区域范围（即经纬度范围）。

下面用最简单的命令绘制了一张全球地图。

```
gmt begin GlobalMap
    gmt coast -JH180/12c -R0/360/-90/90 -W0.5p -A10000
gmt end show
```



图 1: 全球地图（无边框版）

先忽略后面的 **-W0.5p -A10000**（后面章节会介绍到），这里只关注 **-J** 和 **-R** 选项。此示例中：

1. **-JH180/12c** 指定地图投影参数，**H** 表示使用 Hammer 投影，地图中心位于经度 180° 处，地图宽度为 12 厘米（**12c**，**c** 表示单位厘米）；

2. **-R0/360/-90/90** 指定要绘制的区域范围，即经度 0° 到 360°，纬度 -90° 到 90°，四个数字之间用斜杠 / 分隔。

上面使用了非常简单的 GMT 命令即绘制出了一张全球地图的底图，但其跟我们常见的全球地图比还缺了个底图边框。GMT 中可以使用 **-B** 选项为地理底图加上边框并绘制经纬线。

```
gmt begin GlobalMap
    gmt coast -JH180/12c -Rg -Bg -W0.5p -A10000
gmt end show
```

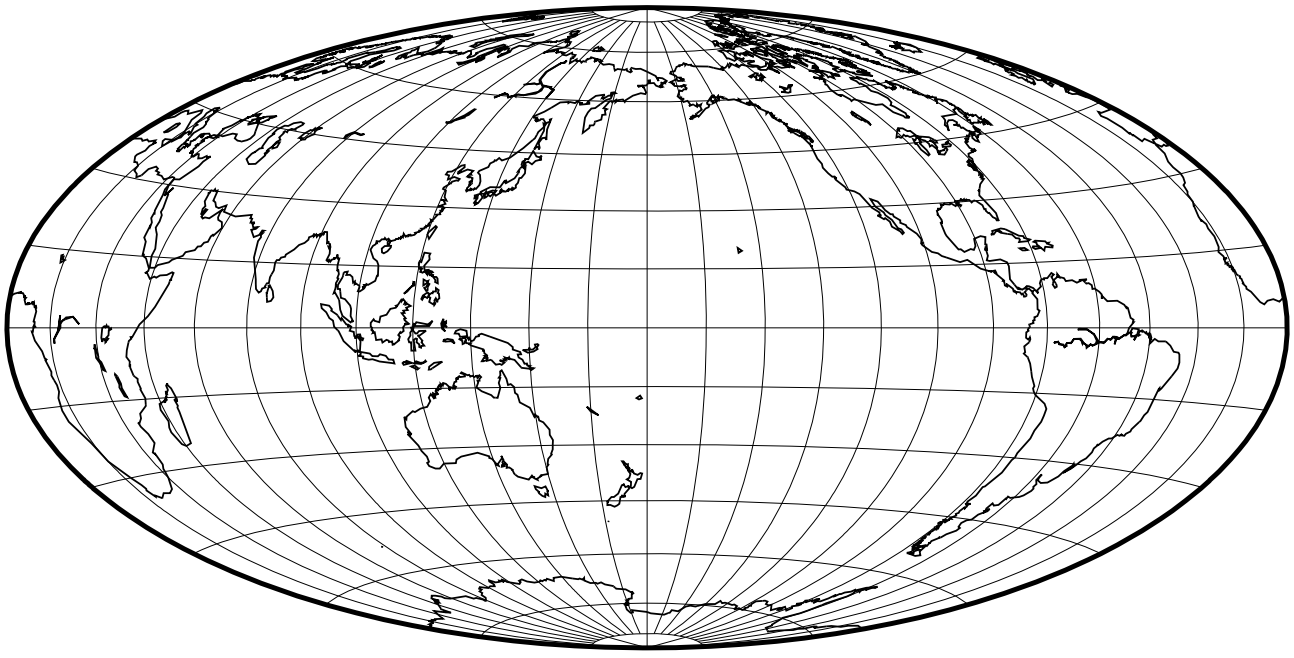


图 2: 全球地图（有边框版）

跟上一个脚本相比，此处我们做了两点修改：

1. 使用 **-Rg** 代替了 **-R0/360/-90/90**。这二者是完全等效的。由于绘制全球地图是很常见的需求，因而 GMT 为其设计了一个更简单的写法。**-Rg** 中 **g** 代表 **g**lobal。

2. 增加了 **-Bg** 选项。**-B** 用于给底图加上边框，其中的 **g** 则用于向底图中加入网格线（**g** 代表 **g**rid）。

> **小技巧**
>
> GMT 支持 30 多种不同的地图投影方式，详情见地图投影 一章。将上面的示例脚本中 **-JH180/12c** 修改为下面列出的一些值以了解不同投影方式之间的差异：
>
> - **-JA280/30/12c**
> - **-JI180/12c**
> - **-JK180/12c**
> - **-JN180/12c**
> - **-JR180/12c**

3.4.2 区域地图

绘制区域地图与绘制全球地图没有本质区别，我们依然需要使用 **-J** 指定投影方式，使用 **-R** 指定绘图区域范围，使用 **-B** 指定底图边框。

下面的 GMT 命令绘制了一张新西兰地图。

```
gmt begin NewZealandMap
    gmt coast -JM12c -RNZ -Ba -W0.5p -A10000
gmt end show
```

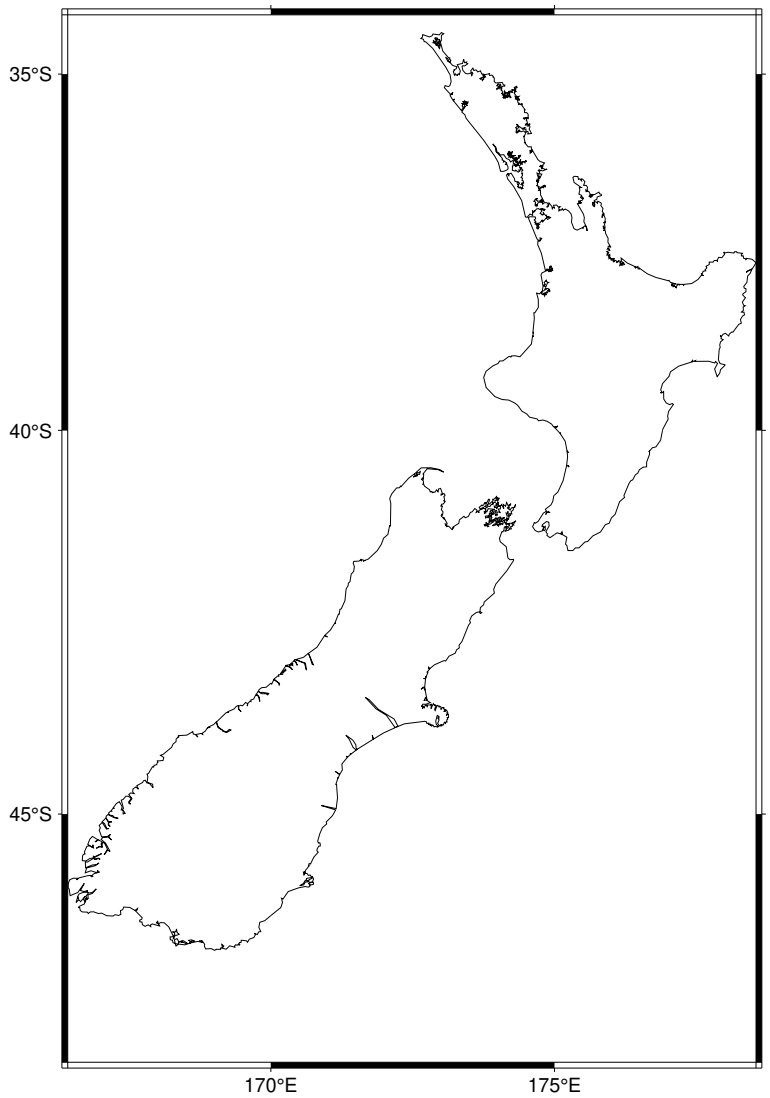


图 3: 使用国家代码指定绘图区域

这里我们使用了:

- **-JM12c** 指定了使用墨卡托投影 (绘制区域地图最常用的投影方式), 地图宽度为 12 厘米;
- **-RNZ** 指定了绘图区域范围, 此处 **NZ** 是新西兰的国家代码, GMT 会自动根据国家代码提取该国家的区域范围并用于绘图;
- **-Ba** 用于给底图添加边框。对于某些地图投影, GMT 默认使用图中所示的黑白相间的底图边框。**a** 用于添加标注 (**a**nnotation, 即图中的经纬度数字)。

如果对于根据国家代码自动确定的区域范围不太满意, 我们也可以使用 **-R** 选项最原始的方式来指定区域范围。 即依次给定绘图区域的最小经度、 最大经度、 最小纬度和最大纬度。 记起来也很容易, 可以记为 *xmin/xmax/ymin/ymax*, 或者直接记 "西东南北"。

通过上面的图, 我们大概知道了新西兰的经纬度范围。我们可以直接使用 **-R165/180/-48/-32** 指定绘图区域。

```
gmt begin NewZealandMap
    gmt coast -JM12c -R165/180/-48/-32 -Bafg -W0.5p -A10000
gmt end show
```

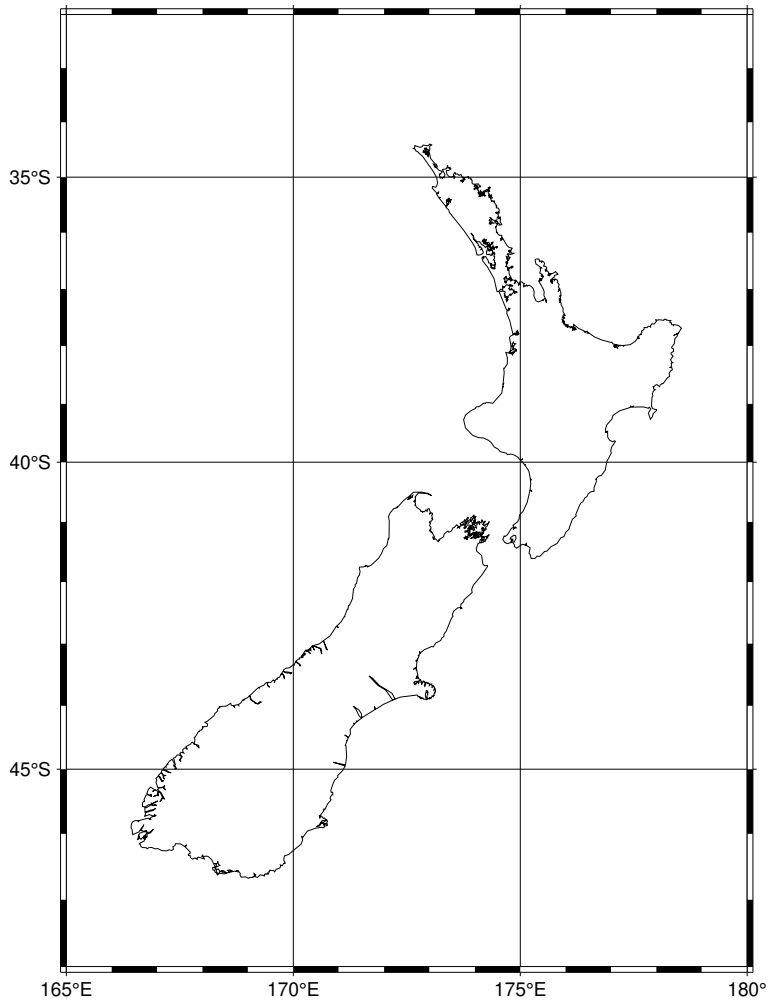


图 4: 使用经纬度范围指定绘图区域

上面的例子中我们还调整了 **-B** 选项，**-Bafg** 表示绘制底图边框的标注（**a**nnotation）、刻度线（**f**rame，即图中黑白线段的间隔）和网格线（**g**rid）。标注、刻度线以及网格线的间隔由 GMT 算法自动决定。

对 GMT 自动算法确定的间隔不满意？你还可以任意指定自己想要的间隔。下面例子中，我们对底图进行了进一步的自定义，为 X 轴和 Y 轴分别指定了间隔，并给底图添加了标题：

- **-Bxa4g2** 表示设置 X 轴（**x**）的标注间隔为 4 度、网格线间隔为 2 度（**a4g2**）
- **-Bya3g3** 表示设置 Y 轴（**y**）的标注间隔为 3 度、网格间隔为 3 度（**a3g3**）
- **-BWSen** 中 WSEN 分别是西南东北四个方向的英文单词首字母，用于控制四条边的属性。大写的 **WS** 表示给西边和南边添加标注，而小写的 **en** 则表示对于东边和北边只绘制边框但不显示标注
- **-BWSen+t" New Zealand"** 中 **+t** 用于给整张图添加标题（**t**itle）。由于标题 New Zealand 中含有空格，我们需要使用引号将其括起来

```
gmt begin NewZealandMap
    gmt coast -JM12c -R165/180/-48/-32 -Bxa4g2 -Bya3g3 -BWSen+t"New Zealand" -W0.5p -A10000
gmt end show
```

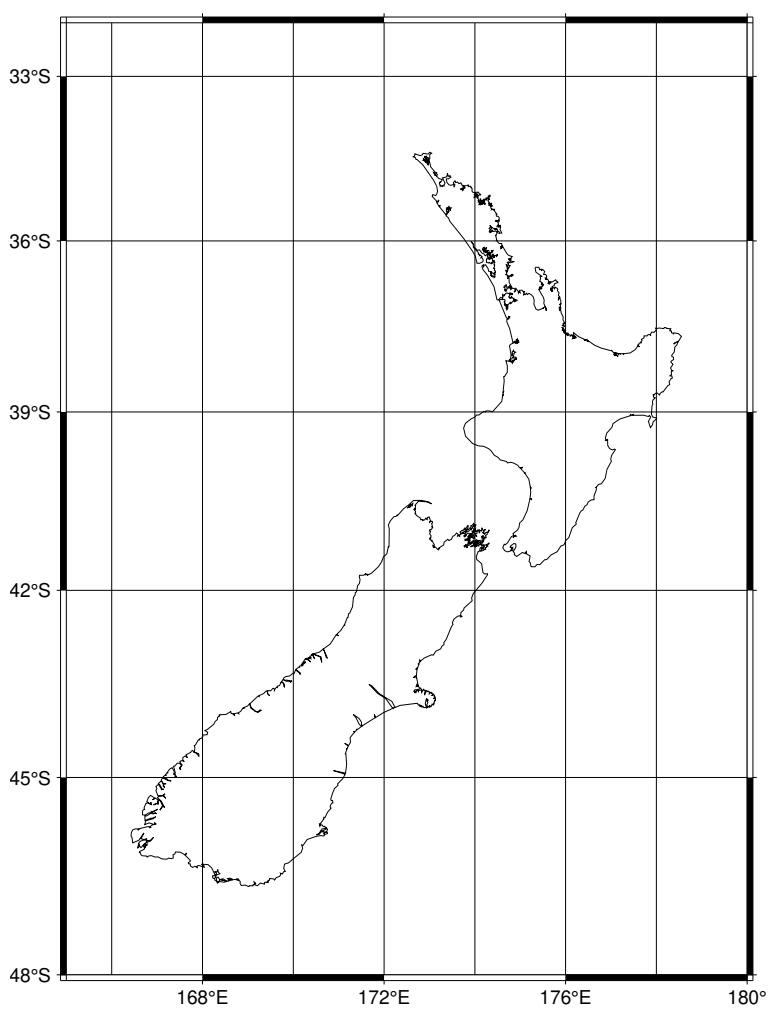


图 5: 为区域地图添加标题

3.4.3 线性坐标轴

GMT 最擅长绘制地图, 同时也适合绘制最简单的线性坐标轴。同样的, 要想绘制线性坐标轴, 我们依然需要使用 **-R** 指定坐标轴范围, 使用 **-B** 绘制边框并指定边框和坐标轴属性, 同时, 我们还需要使用 **-JX** 指定线性坐标轴的宽度和高度。

下面的示例中, 我们使用了:

- **-JX8c/5c** 表明线性坐标轴的宽度为 8 厘米, 高度为 5 厘米
- **-R10/70/-4/8** 表明 X 轴范围为 10 到 70, Y 轴范围为 -4 到 8
- **-Bxa10f5g10+l"X Label"** 设置了 X 轴的属性, **a10f5g10** 分别设置了标注 (**a**nnotation) 间隔为 10, 刻度 (**f**rame) 间隔为 5, 网格线 (**g**rid) 间隔为 10; **+l"X Label"** 则为 X 轴添加了标签; 对于 Y 轴同理;

```
gmt begin linearXY
    gmt basemap -R10/70/-4/8 -JX8c/5c -Bxa10f5g10+l"X Label" -Bya4f2g2+l"Y Label" -BWSen+t"Linear X-Y Plot"
gmt end show
```

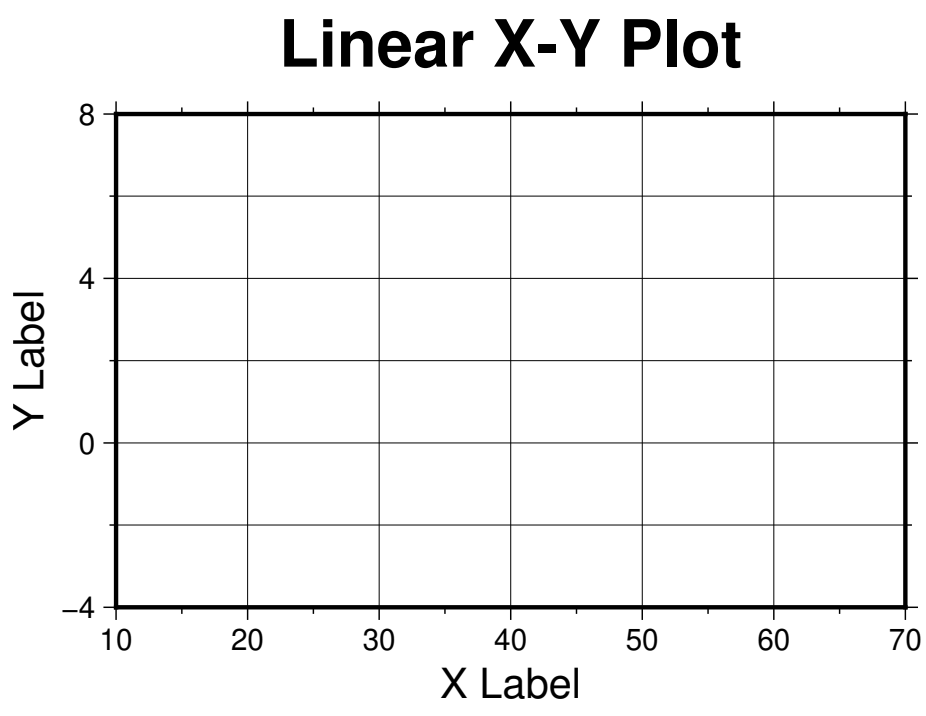


图 6: 线性坐标轴

GMT 同样也可以绘制对数轴、指数轴以及极坐标轴, 在这一节中不再介绍。

3.4.4 三维线性坐标轴

三维坐标轴相对于二维坐标轴多了一个 Z 轴。与二维线性坐标轴类似, 我们需要针对 Z 轴指定 Z 轴的范围、Z 轴的高度以及三维视角。

下面的命令绘制了一个三维线性坐标轴, 相比于传统的二维线性坐标轴, 其不同之处在于:

- **-R** 选项中有 6 个数字, 后面两个数字表示 Z 轴最小值和最大值
- **-JZ5c** 指定了 Z 轴的高度为 5 厘米
- **-Bzaf** 指定了 Z 轴的标注和刻度属性
- **-BSEwnZ+b** 中 **Z+b** 表示绘制一条 Z 轴, 并绘制出整个长方体的所有边
- **-p130/30** 指定了看这个长方形的视角。130 和 30 分别为三维视角的方位角和高度角。这个解释起来稍复杂, 读者可以自己试试修改这两个参数并查看效果。方位角的取值范围为 0 到 360 度, 高度角的取值范围为 0 到 90 度。

```
gmt begin 3DMap
    gmt basemap -R10/70/-4/8/-10/10 -JX8c/5c -JZ5c -Bxa10+lX -Bya4+lY -Bzaf+lDepth -BSEwnZ+b+t"3D Plot" -p130/30
gmt end show
```

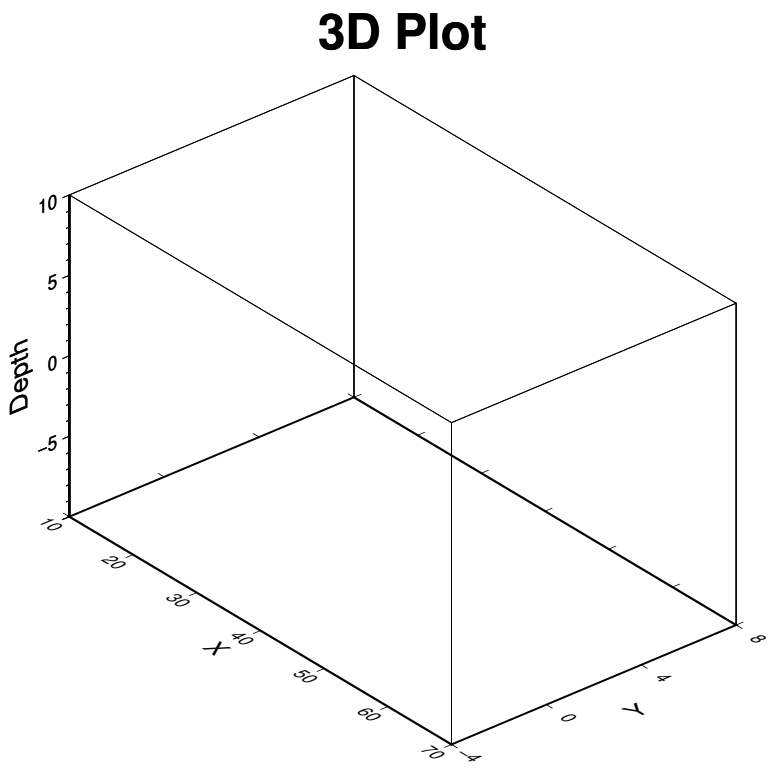


图 7: 三维线性坐标轴

3.5 绘制海岸线

GMT 中使用*coast* 模块绘制海岸线。**coast** 模块, 顾名思义是海岸线、湖岸线的意思。该模块不仅可以绘制这些岸线, 还可以绘制比例尺和行政边界等。

这一节我们将通过绘制一张美国地图来介绍 **coast** 模块的基本用法。

3.5.1 绘制海岸线和湖岸线

下面的脚本用最简单的命令绘制了一张美国地图。其中 **-R** 选项设置了绘图区域, **-JM15c** 设置投影方式和图片尺寸, **-Baf** 设置底图边框属性, 这些在前一节都已经做了介绍。

coast 模块的选项 **-W0.5p,black** 表示绘制岸线, 并设置岸线为 0.5p 宽的黑色线条。

```
gmt begin coastline
    gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -W0.5p,black
gmt end show
```

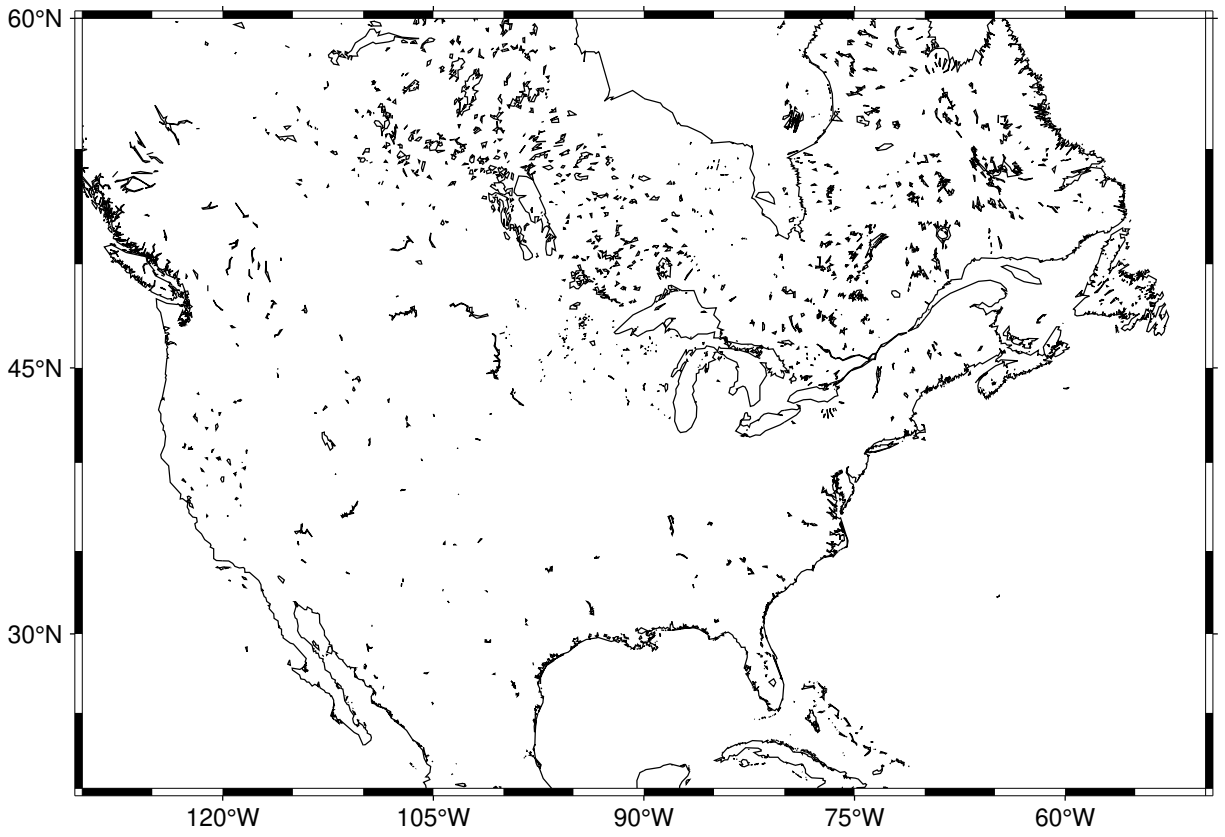


图 8: 美国海岸线

上图看上去有些复杂。这是因为默认情况下 **-W** 选项会绘制所有水体与陆地的界限, 包括海岸线、湖岸线、湖中岛的边界等。根据水体或陆地的不同, **coast** 模块将岸线分为从 1 到 4 的四个级别, 依次指海岸线、湖岸线、湖中岛, 以及湖中岛内的湖边界。

因而, 我们可以在使用 **-W** 选项时指定要绘制哪一个等级的岸线。下面的脚本中, 我们使用 **-W1/0.5p,black** 表示用 0.5p 宽的黑色线条绘制 1 级海岸线。

```
gmt begin coastline
    gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -W1/0.5p,black
gmt end show
```

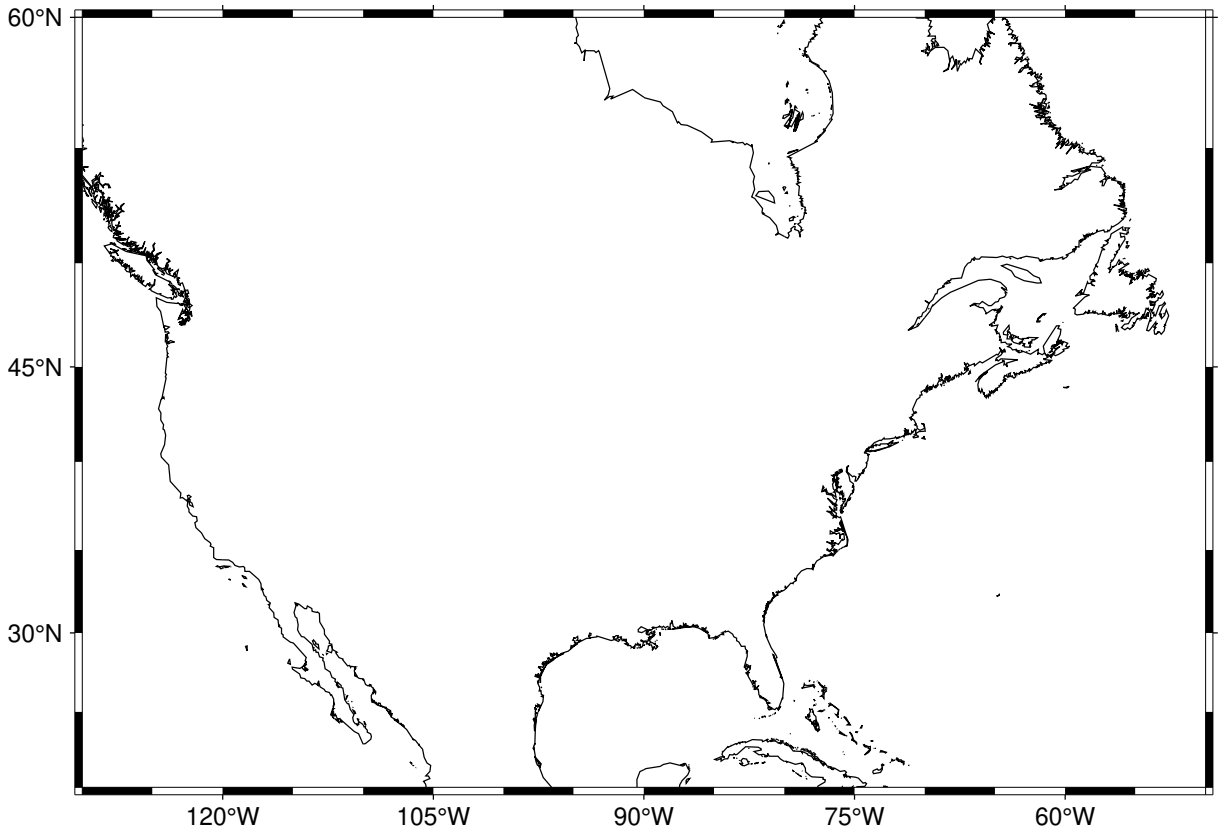


图 9: 绘制海岸线

可以在一个命令中多次使用 **-W** 选项，分别用不同的线条绘制不同等级的岸线。这里我们使用 **-W1/0.5p,black** 绘制 0.5p 黑色的海岸线，同时使用 **-W2/1p,lightred** 绘制 1p 宽的浅红色湖岸线。

```
gmt begin coastline
    gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -W1/0.5p,black -W2/1p,lightred
gmt end show
```

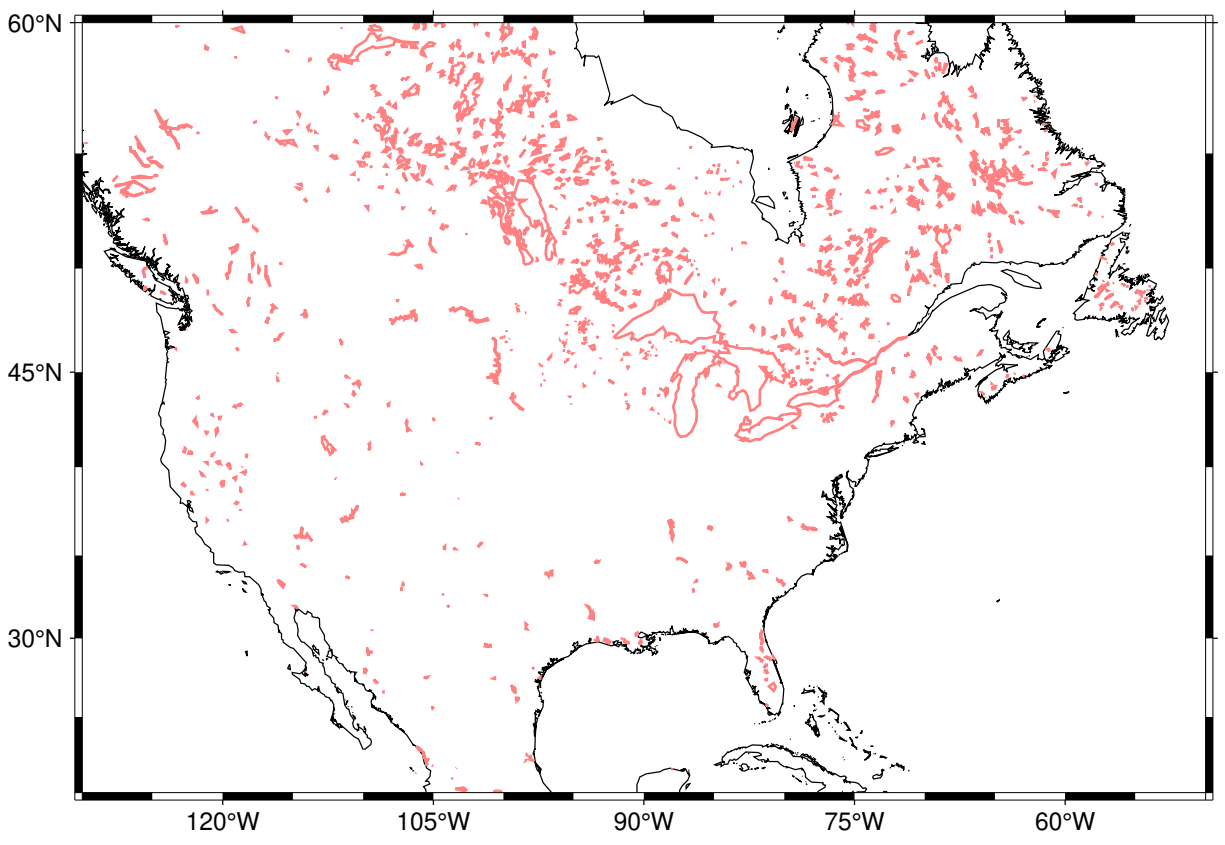


图 10: 绘制海岸线和湖岸线

3.5.2 设置要绘制的对象的最小面积

上图看上去依然有些乱。主要是因为美国有大大小小的很多岛屿和湖泊，GMT 默认会把这些岛屿和湖泊都画出来。如果能够只绘制比较大的岛屿或湖泊就好了，我们可以通过 **-A** 选项设置要绘制的对象的最小面积（单位为平方千米）。

```
gmt begin coastline
    gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -W1/0.5p,black -W2/1p,lightred -A5000
gmt end show
```

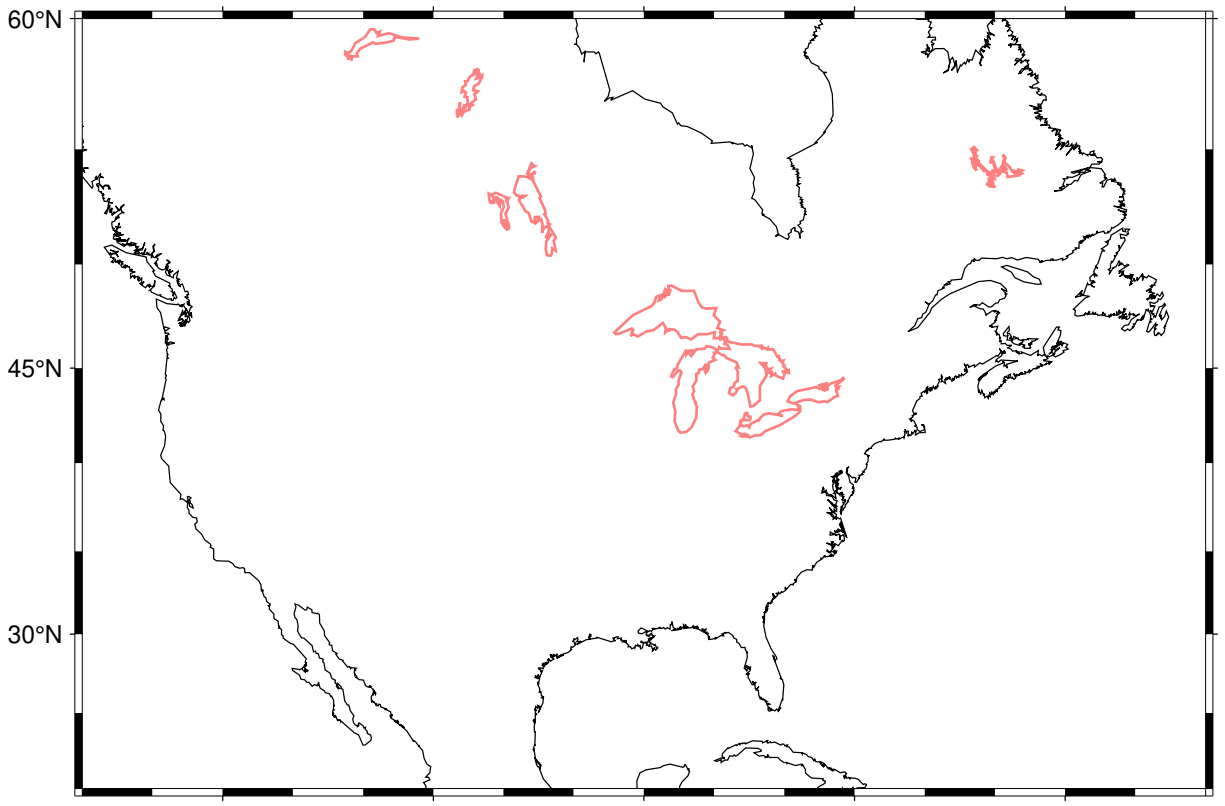


图 11: 设置要绘制的对象的最小面积

这里我们使用 **-A5000** 表示只绘制面积大于 5000 平方千米的湖泊或岛屿。这样子得到的图看上去更加干净简洁。

3.5.3 填充陆地与水体

上面介绍了如何使用 **-W** 绘制海岸线和湖岸线。我们还可以不绘制岸线，而是为陆地和水体设置不同的填充色。

```
gmt begin coastline
    gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -A5000 -Gred -Slightblue -Clightred
gmt end show
```

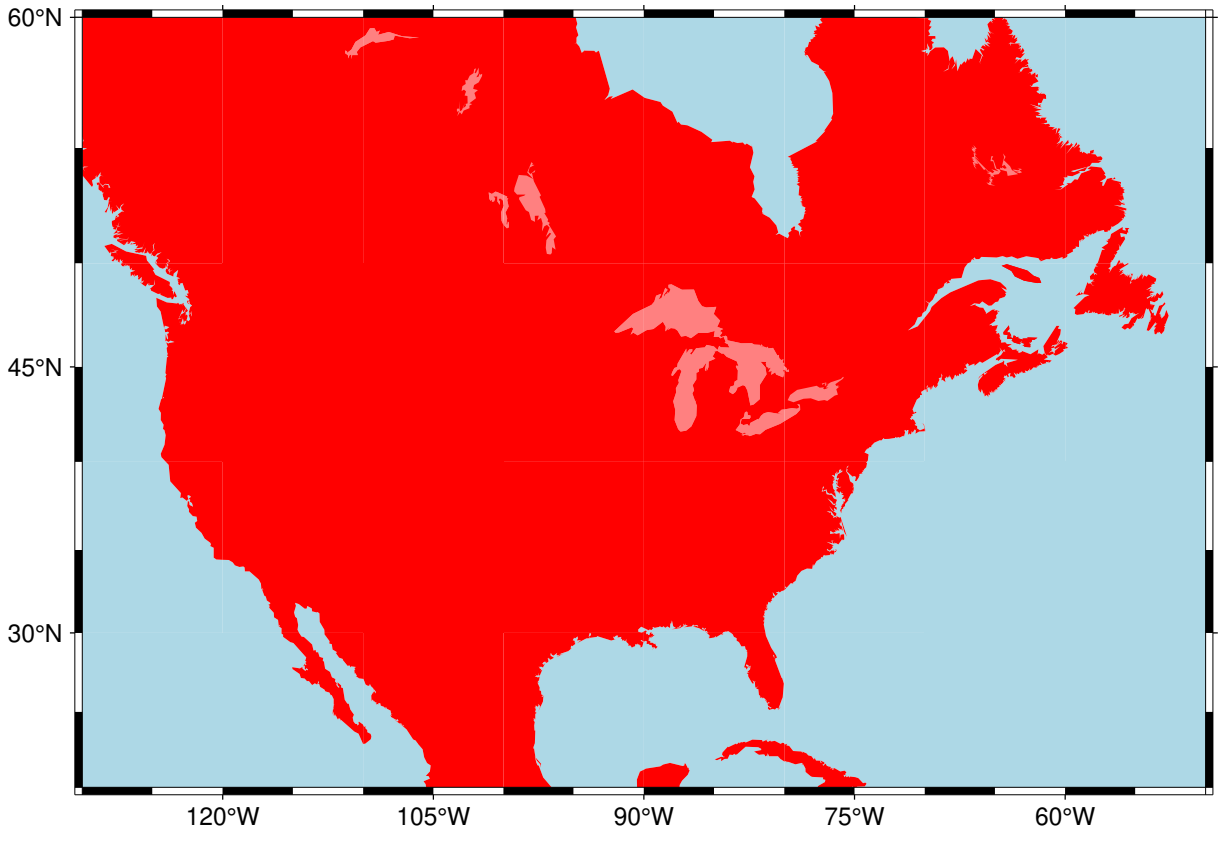


图 12: 填充颜色

其中，**-G** 设置了陆地区域的填充色，**-S** 设置水体的颜色，**-C** 则设置湖泊的颜色（若不指定 **-C**，则湖泊颜色由 **-S** 控制）。

当然，你也可以同时使用 **-W** 选项和 **-G** 选项，即绘制岸线并填充颜色。

3.5.4 绘制国界/州界

使用 **-N** 选项可以绘制国界、州界/省界等行政边界。**-N1** 表示绘制国界线，**-N2** 表示绘制州界/省界线。该选项绘制的行政边界来自*GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据*，目前只有美洲各国以及澳大利亚有州界/省界线。

```
gmt begin coastline
    gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -A5000 -Gred -Slightblue -Clightred -N1/1p -N2/0.25p
gmt end show
```

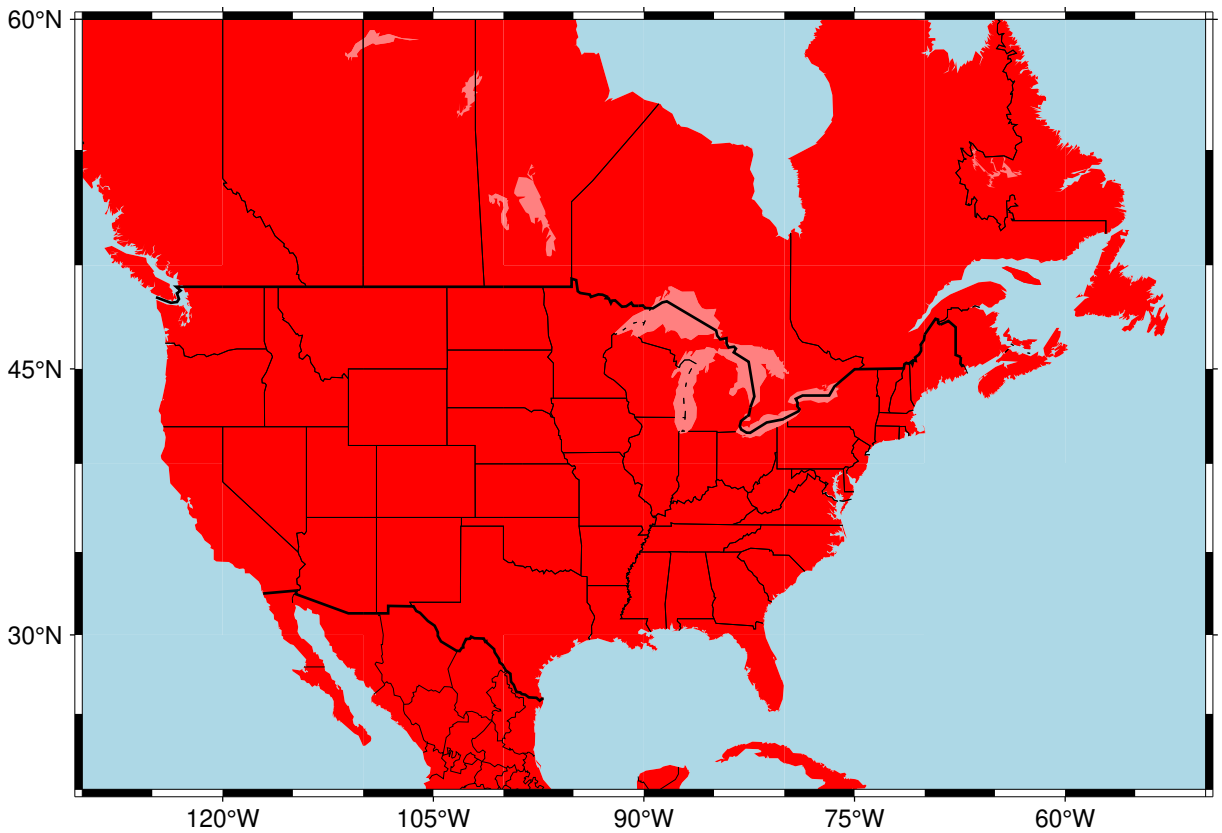


图 13: 绘制国界与州界

备注

除了 **-N** 选项之外，还有其他方法使用 GMT 绘制洲界、国界、州界/省界等行政区划边界：

- **-E** 选项可以用于绘制洲界、国界以及省界/州界。详细用法请参考*DCW: 世界数字图表* 小节。
- 使用*GADM: 全球行政区划数据库* 绘制全球所有国家和地区的国界、省界、市界、区界等多个级别的行政区划边界
- 使用*CN-border: 中国国界省界数据* 绘制中国国界和省界等行政区划边界

3.5.5 添加比例尺

最后，我们还需要为地图添加比例尺。为了绘制比例尺，我们需要提供如下参数：

- 要绘制哪个纬度的比例尺
- 比例尺在图中的位置
- 比例尺的长度

在下面的例子中，我们使用了 **-Lg-60/25+c25+w1000k+f+u** 增加比例尺，其中：

- **+w1000k** 表示比例尺长度为 1000 千米
- **+c25** 表示绘制纬度为北纬 25° 处的比例尺
- **g-60/25** 则表示将比例尺画在北纬 25° 西经 60° 处
- **+f** 表示比例尺的风格为图中所示黑白相间的铁轨形式
- **+u** 表示显示比例尺对应的单位

```
gmt begin coastline
gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -A5000 -Gred -Slightblue -Clightred -Lg-60/25+c25+w1000k+f+u
gmt end show
```

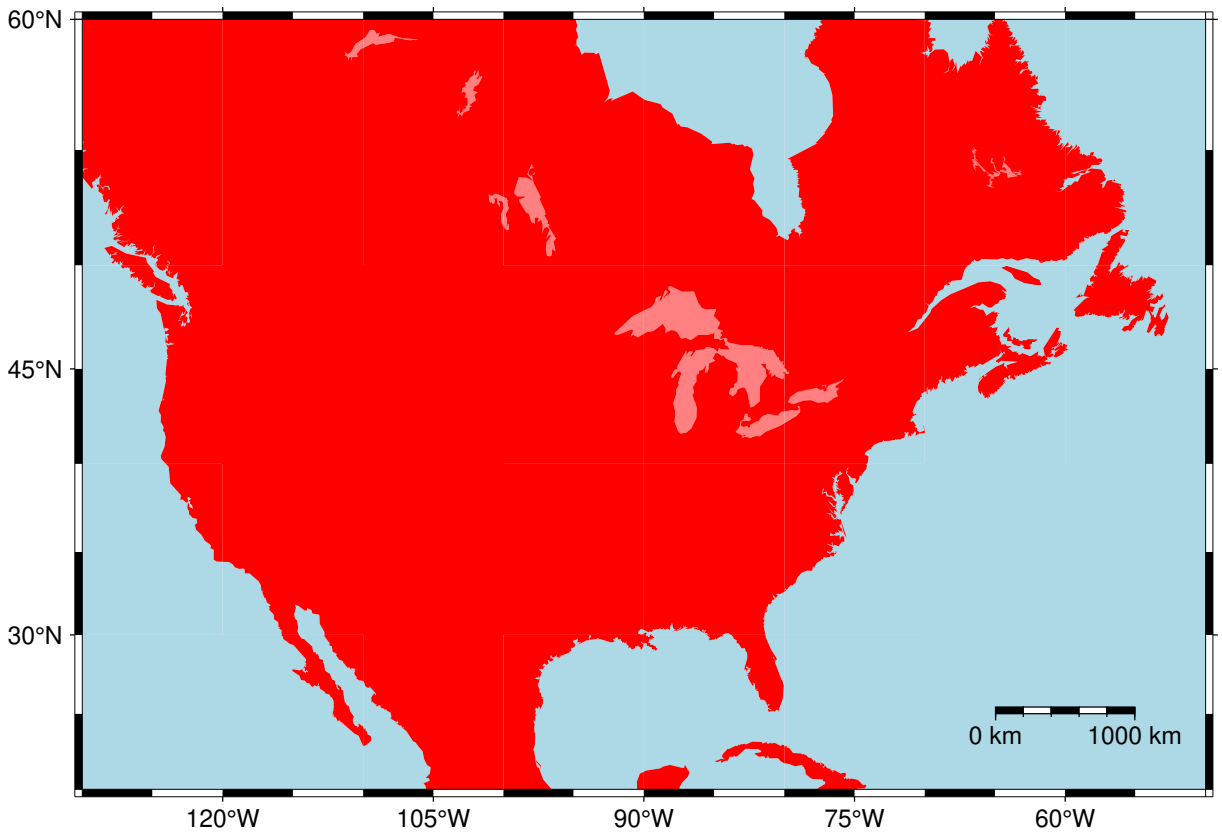


图 14: 添加比例尺

3.6 绘制线段和多边形

绘制线条和多边形是日常绘图最常见的需求之一，也是所有绘图软件必备的功能。这一节我们将学习如何使用 GMT 的*plot* 模块绘制线段和多边形。

3.6.1 绘制一条线段

要绘制一条线段，就必须提供线段上数据点的信息，即数据的 X 坐标和 Y 坐标。*plot* 会自动将输入数据中相邻的两点连接起来。

以下面的数据为例，这个数据中包含了三个坐标点 (2,2)、(8,2) 和 (5,7):

```
2   2
8   2
5   7
```

下面的例子中，我们首先使用 UNIX 下的 `cat` 命令将数据写入到文件 `points.dat` 中，然后使用 **basemap** 模块绘制了一张底图，并使用 **plot** 模块绘制输入文件 `points.dat` 中的数据。

警告

下面的几行代码的作用是将两个 EOF 中间的三行数据保存到文件 `points.dat` 中:

```
cat > points.dat << EOF
2   2
8   2
5   7
EOF
```

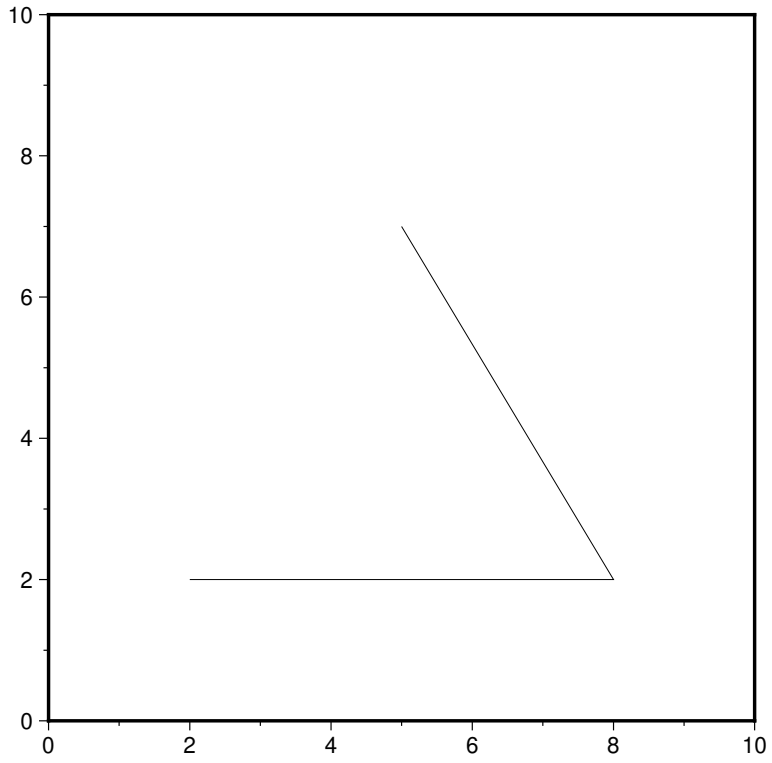
需要注意: Windows Batch 不支持 EOF 语法! 因而 Batch 用户需要使用:

```
echo 2 2  > points.dat
echo 8 2 >> points.dat
echo 5 7 >> points.dat
```

将数据写到文件 points.dat。其它示例也有相同的问题, Batch 用户自行修改, 不再专门解释。

图中, **plot** 模块在绘图时自动将三个点连接起来, 绘制出了一条线段。

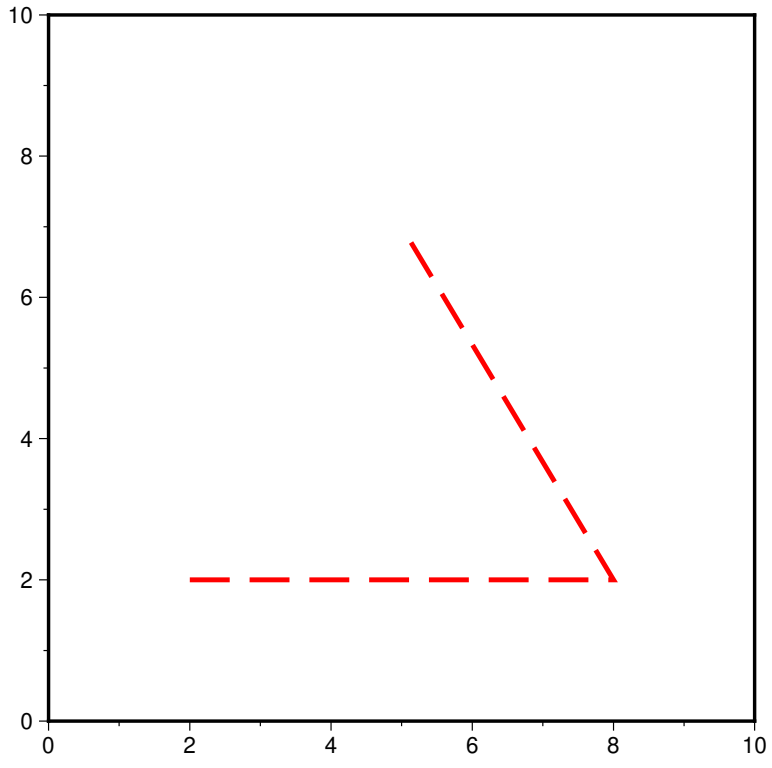
```
cat > points.dat << EOF
2   2
8   2
5   7
EOF

gmt begin SimpleLine
    gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
    gmt plot points.dat
gmt end show
```



想要修改线段的粗细或颜色? 很简单, 可以使用 **plot** 模块的 **-W** 选项设置画笔属性。画笔属性包括三个部分: 线宽、颜色以及线型, 三者之间用逗号隔开。

下面的脚本中, 我们给 **plot** 模块添加了 **-W2p,red,-** 选项, 即设置了画笔属性为 **2p** 宽的红色虚线。**p** 是 GMT 中的一个长度单位。

```
cat > points.dat << EOF
2   2
8   2
5   7
EOF

gmt begin SimpleLine
    gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
    gmt plot points.dat -W2p,red,-
gmt end show
```

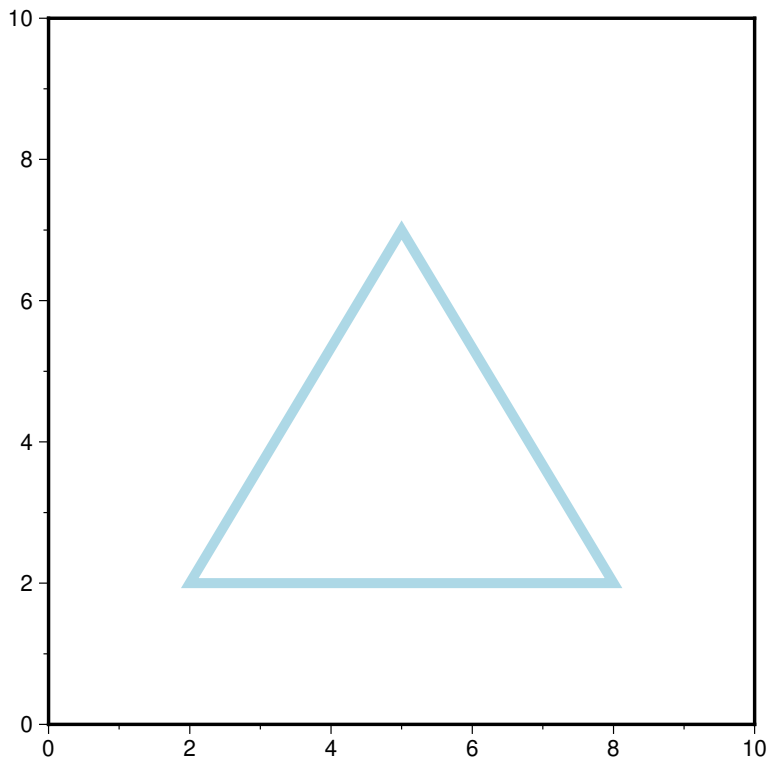


你可以尝试修改线宽、颜色和线型，并查看绘图效果。几种常见的线型包括 -、.、.-和 -.。

3.6.2 绘制一个多边形

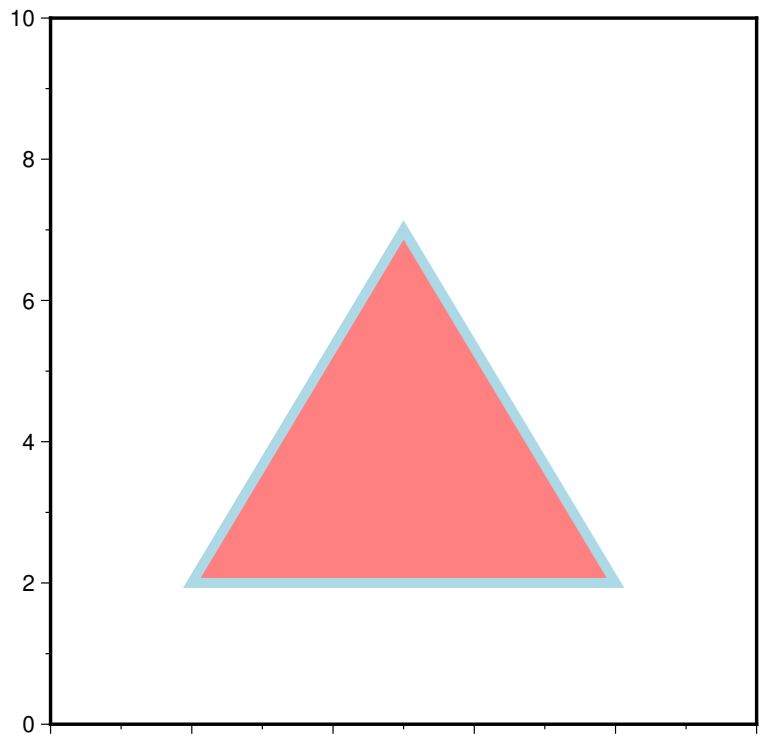
plot 在绘制线段时默认是不将线段首尾连接起来的，可以使用 **-L** 选项将线段的首尾连接起来，构成了一个闭合多边形。

```
cat > points.dat << EOF
2   2
8   2
5   7
EOF

gmt begin polygon
    gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
    gmt plot points.dat -W4p,lightblue -L
gmt end show
```



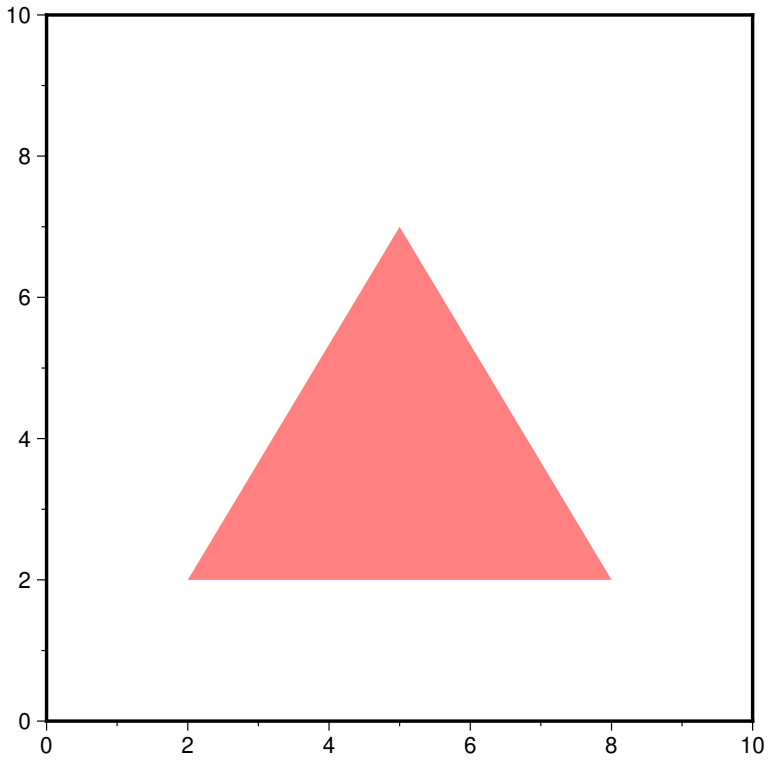
我们还可以使用 **-G** 选项为闭合多边形填充颜色。

```
cat > points.dat << EOF
2   2
8   2
5   7
EOF

gmt begin polygon
    gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
    gmt plot points.dat -W4p,lightblue -Glightred -L
gmt end show
```



这样我们就得到了一个内部为浅红色、轮廓为浅蓝色的多边形了。如果只想要填充颜色而不绘制轮廓，只需要使用 **-G** 而不使用 **-W** 即可。

```
cat > points.dat << EOF
2   2
8   2
5   7
EOF

gmt begin polygon
    gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
    gmt plot points.dat -Glightred -L
gmt end show
```



3.6.3 绘制多条线段

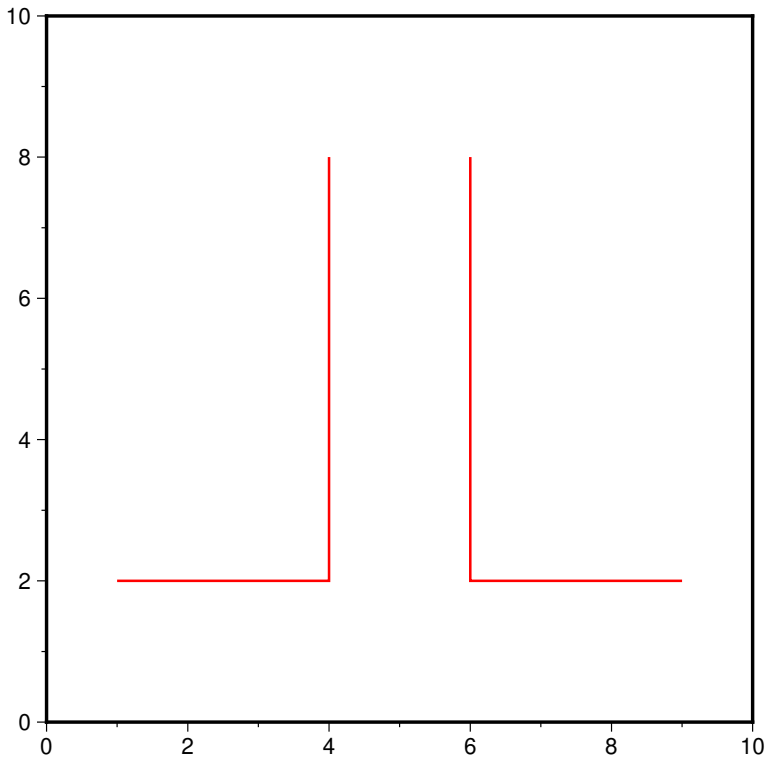
学会了如何绘制一条线段，下面介绍如何一次性绘制很多条线段。可以将所有线段的数据点都保存到一个输入文件中，例如:

```
>
1   2
4   2
4   8
>
9   2
6   2
6   8
```

每个线段都包含了若干个数据点，在第一个数据点之前有一个 > 用于标记新的一段数据的开始。这种数据称之为**多段数据**。

与绘制一条线段的命令完全相同，由于输入数据中有两段数据，**plot** 模块为我们绘制出了两条线段。同样的，两条线段均为线宽为 **1p** 的红色实线。

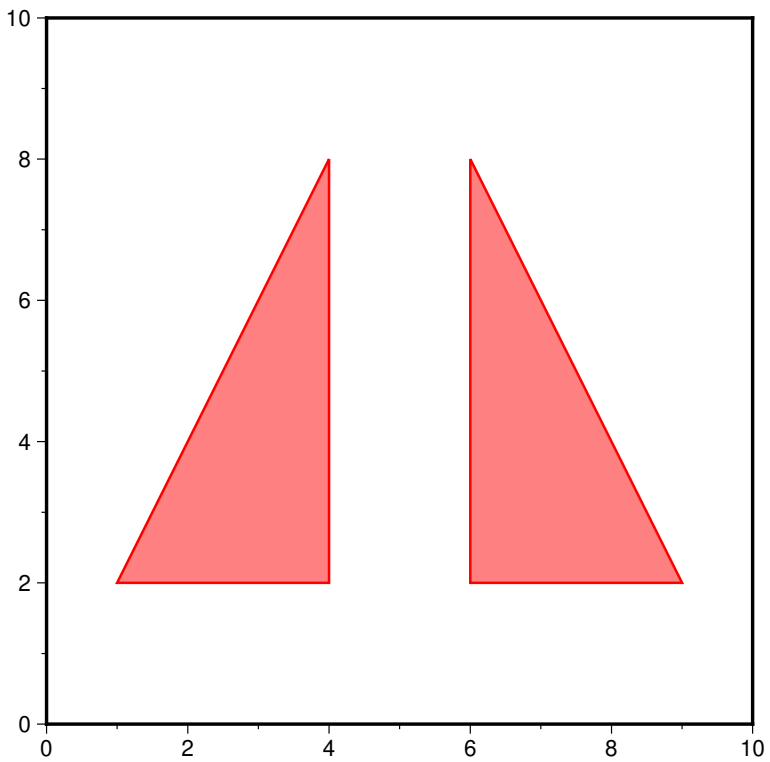
```
cat > lines.dat << EOF
>
1   2
4   2
4   8
>
9   2
6   2
6   8
EOF

gmt begin MultiLines
    gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
    gmt plot lines.dat -W1p,red
gmt end show
```



3.6.4 绘制多个多边形

使用相同的输入数据，通过加上 **-L** 可以构成闭合多边形，加上 **-G** 为多边形设置填充色。

```
cat > lines.dat << EOF
>
1   2
4   2
4   8
>
9   2
6   2
6   8
EOF

gmt begin MultiPolygons
    gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
    gmt plot lines.dat -W1p,red -L -Glightred
gmt end show
```

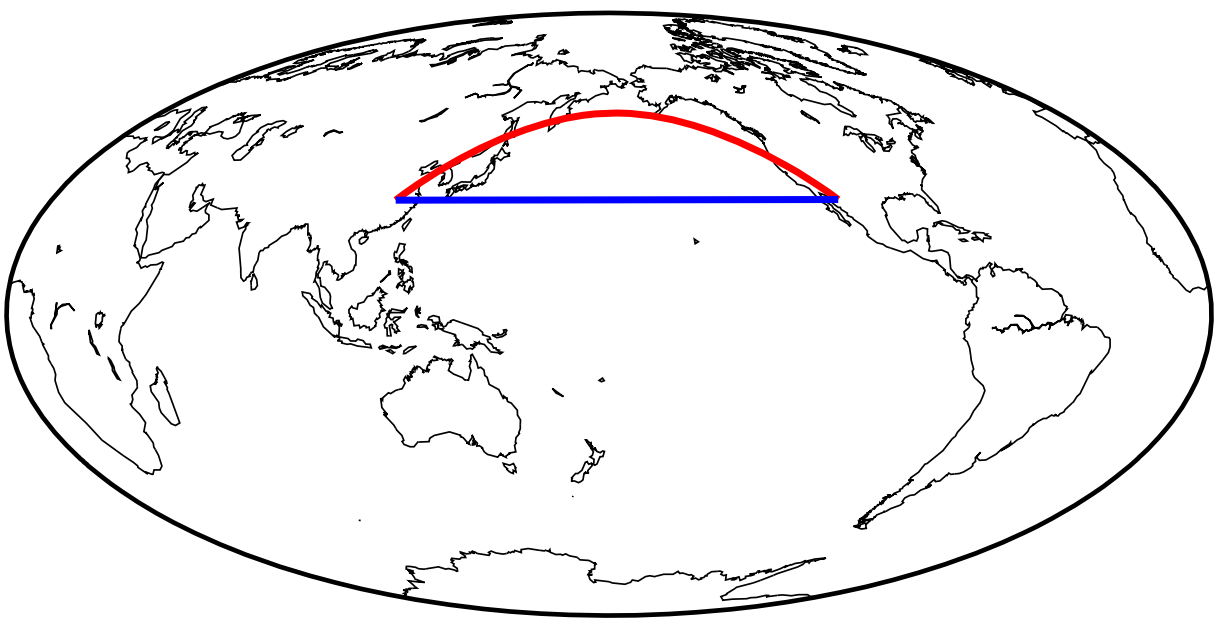


3.6.5 大圆弧路径

在笛卡尔坐标系下，绘制线段时，任意两点之间会以直线方式连接；而在地理投影下，任意两点之间则使用大圆弧路径方法会连接。如果想要在地理投影下也是要直线连接两点，则需要使用 **-A** 选项。

下面的命令中，我们首先使用 **coast** 绘制了一张全球地图，接着使用 **plot** 模块绘制了地球上两点之间的连线（红色，以大圆弧路径方式连接），然后，我们加上了 **-A** 选项再次绘制了这两点之间的连线（蓝色，以直线方式连接）。从中可以看到 **-A** 选项的效果。

```
cat > twopoints.dat << EOF
115         30
250         30
EOF

gmt begin map
    gmt coast -JH180/12c -Rg -B0 -W0.5p -A10000
    gmt plot twopoints.dat -W2p,red
    gmt plot twopoints.dat -W2p,blue -A
gmt end show
```



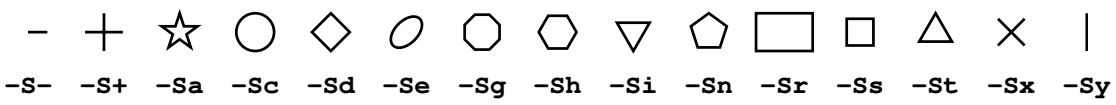
3.7 绘制符号

绘制各种类型的符号也是常见的绘图需求之一。GMT 支持绘制十几种常见的符号类型，还支持自定义复杂的符号类型，足以满足日常的科研绘图需求。这一节将介绍如何使用*plot* 模块绘制多样的符号。

3.7.1 符号一览

plot 模块绘制符号需要使用 **-S** 选项。**-S** 选项后面紧跟着符号类型代码，以及符号大小。GMT 中常见的十几种简单符号及其对应的符号类型代码如下图所示。比如 **c** 代表圆（**c**ircle），**t** 代表三角形（**t**riangle）。

Source Code

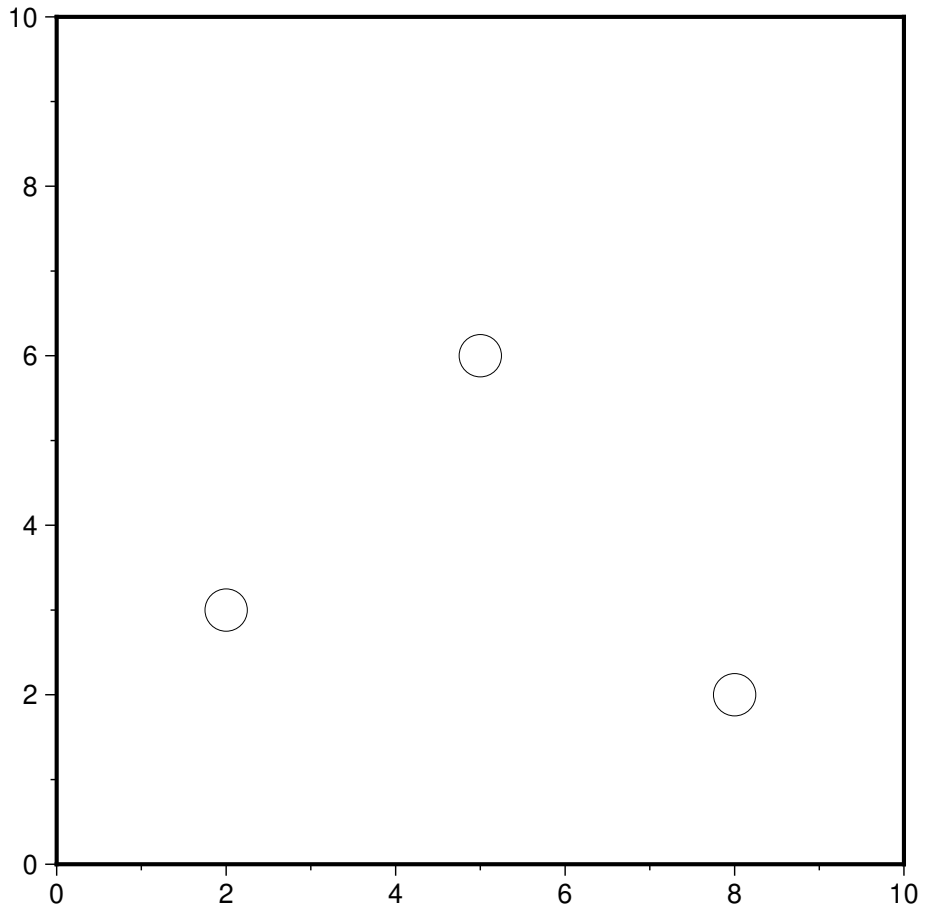


3.7.2 绘制简单符号

以绘制圆圈为例，通过查询文档或者看上图可知，圆圈对应的符号类型代码为 **c**。**-Sc0.5c** 则表示绘制直径为 0.5 厘米的圆圈。为了绘制圆圈，我们需要给定圆圈的位置，因而输入数据中需要提供圆圈的 X 和 Y 坐标。

下面的示例中在 (2,3)、(5,6)、(8,2) 三个点绘制了三个直径为 0.5 厘米的圆圈。

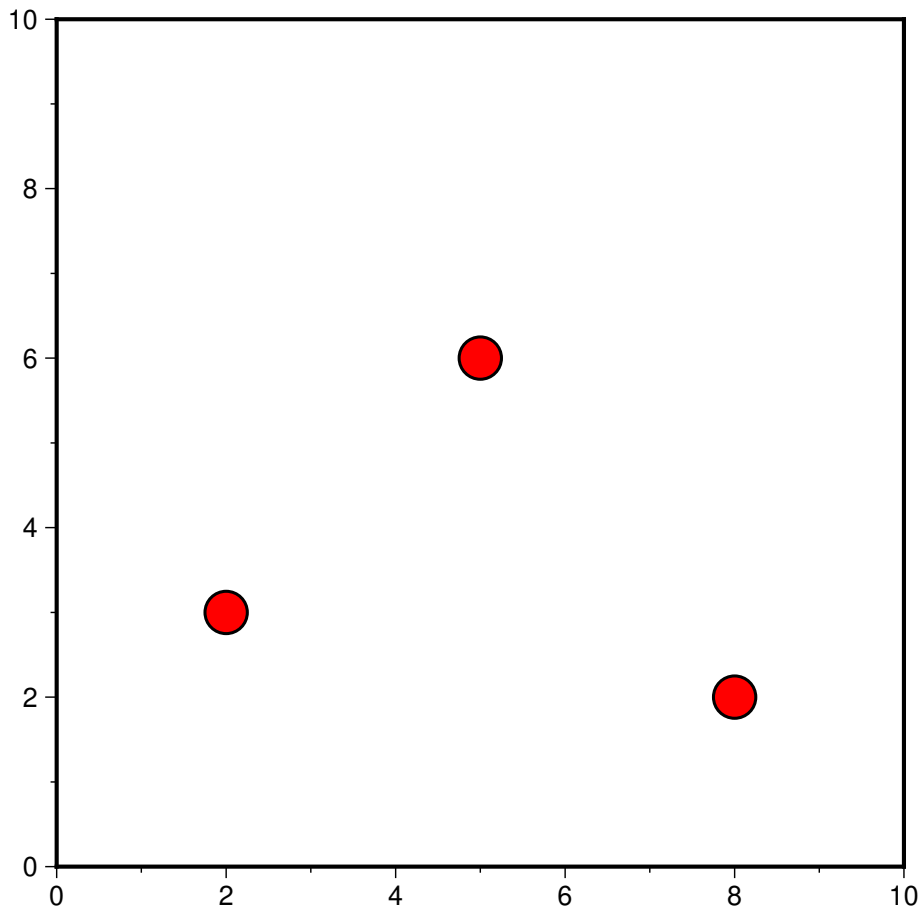
```
gmt begin symbols
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf -Sc0.5c << EOF
2 3
5 6
8 2
EOF
gmt end show
```



与绘制线段和多边形类似，我们可以使用 **-W** 选项控制符号轮廓的画笔属性，使用 **-G** 选项为符号设置填充

色。下面的命令就绘制了三个黑边红色圆圈。

```
gmt begin symbols
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf -Sc0.5c -W1p,black -Gred << EOF
2 3
5 6
8 2
EOF
gmt end show
```



若想要绘制其它符号，则只需要使用对应的符号类型代码即可。例如，将 **-Sc0.5c** 改成 **-St0.5c** 则会绘制三角形。

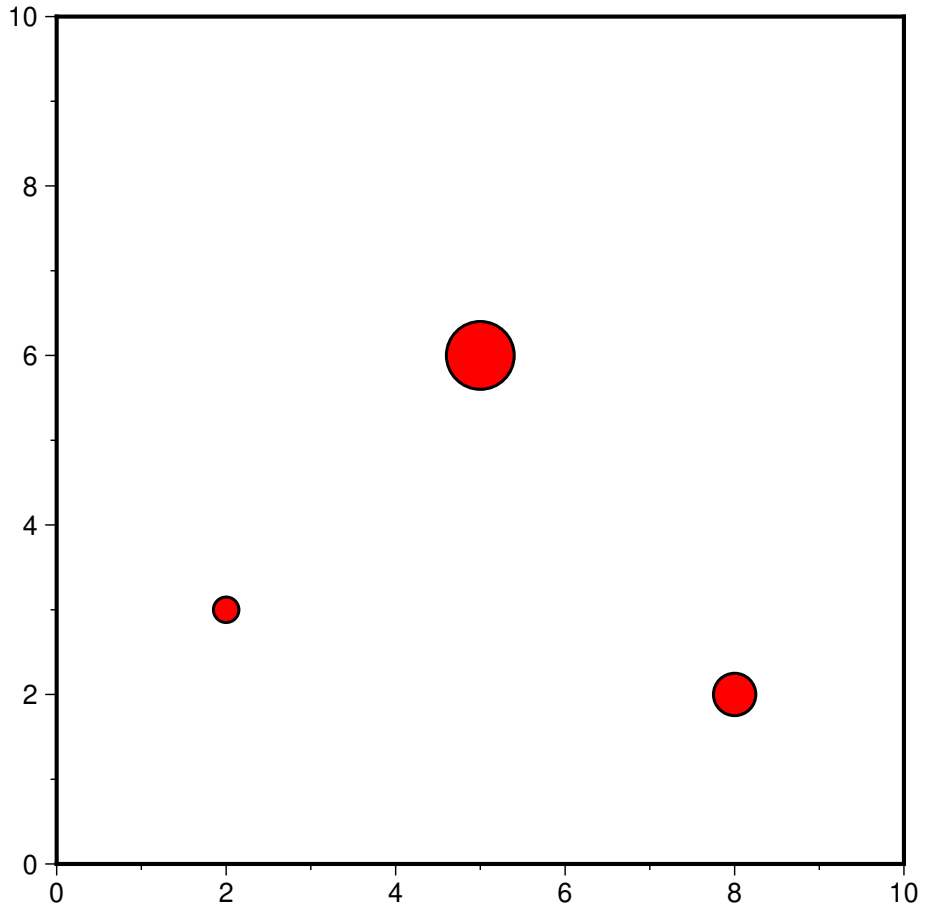
当然，某些符号类型可能需要额外的输入数据。比如 **-Sr** 表示绘制长方形，此时输入数据中除了需要长方形的 X 和 Y 坐标之外，还需要长方形的宽和高，因而输入数据需要四列。对于这些输入数据稍复杂的符号，可以阅读文档以了解其输入数据的格式。

3.7.3 大小变化的符号

若想要绘制大小变化的符号，则需要在输入数据中额外加上一列以控制每个符号的大小，同时，在 **-S** 选项中则不再需要指定符号大小。

下面的示例中，**-Sc** 中没有指定圆圈大小，此时输入数据的第三列控制圆圈大小。由此，我们即得到了大小变化的符号。

```
gmt begin symbols
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf -Sc -W1p,black -Gred << EOF
2 3 0.3
5 6 0.8
8 2 0.5
EOF
gmt end show
```



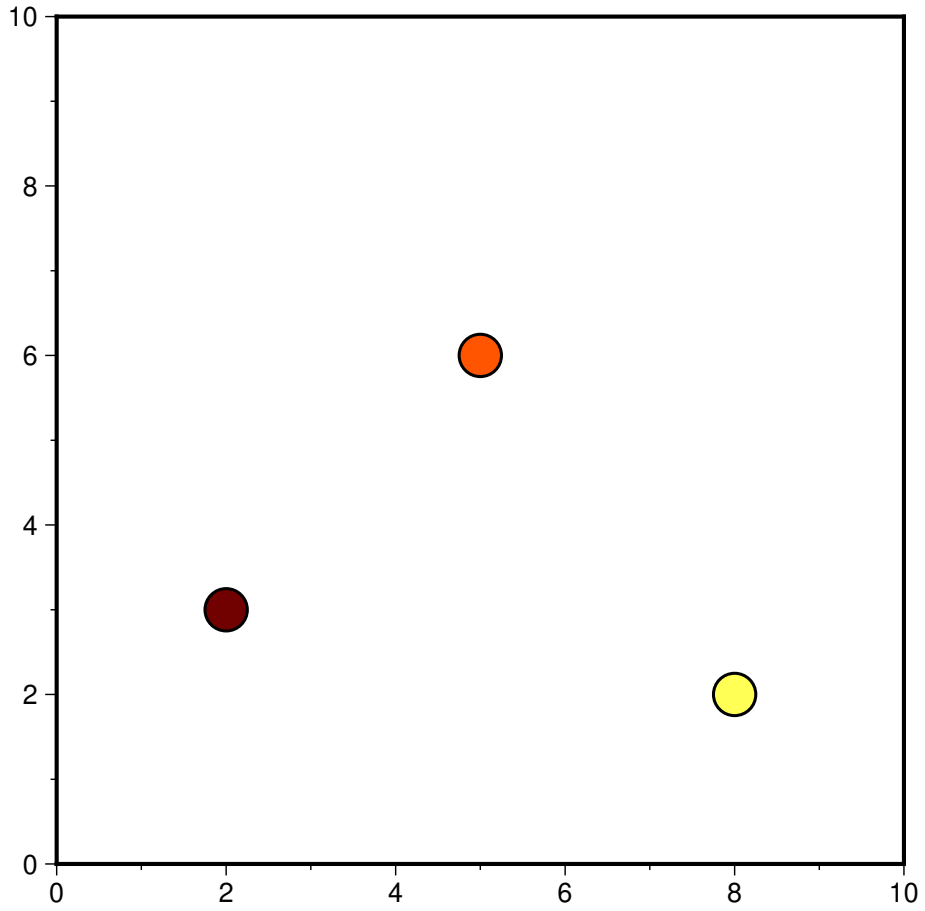
3.7.4 颜色变化的符号

前面提到, 使用 **-G** 选项可以为符号填充颜色, 但其只能同时为所有符号指定单一的颜色。如果想要让符号的颜色根据某个数值的不同而使用不同的颜色, 则需要使用 **-C** 选项。**-C** 选项表示符号的填充色由某个数值以及 CPT 颜色表所控制。CPT 颜色表给出了数值与颜色之间的对应关系。因而对于任意一个符号, 我们都可以给其一个数值, GMT 会根据该数值从 CPT 颜色表中找到对应的颜色作为该符号的填充色。因而, 在输入数据中, 我们需要在 X 和 Y 坐标的基础上额外加一列 Z 值, 用于控制符号的填充色。

下面的示例中, 我们首先使用 **makecpt** 模块, 以 GMT 内置 CPT 颜色表 **hot** 为基础, 生成了一个新的 CPT 颜色表。关于 CPT 颜色表的具体细节在后面会介绍到。此处, 读者只需要知道, 我们制作了一个 CPT 文件供后面的命令使用。该 CPT 颜色表为 0 到 3 之内的每个数值都对应了一个颜色。

同时, 对于输入数据, 我们额外增加一列 (通常称这一列为 Z 值), 该列的值决定了符号的填充色。

```
gmt begin symbols
gmt makecpt -Chot -T0/3/1
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf -Sc0.5c -W1p,black -C << EOF
2   3   0
5   6   1
8   2   2
EOF
gmt end show
```

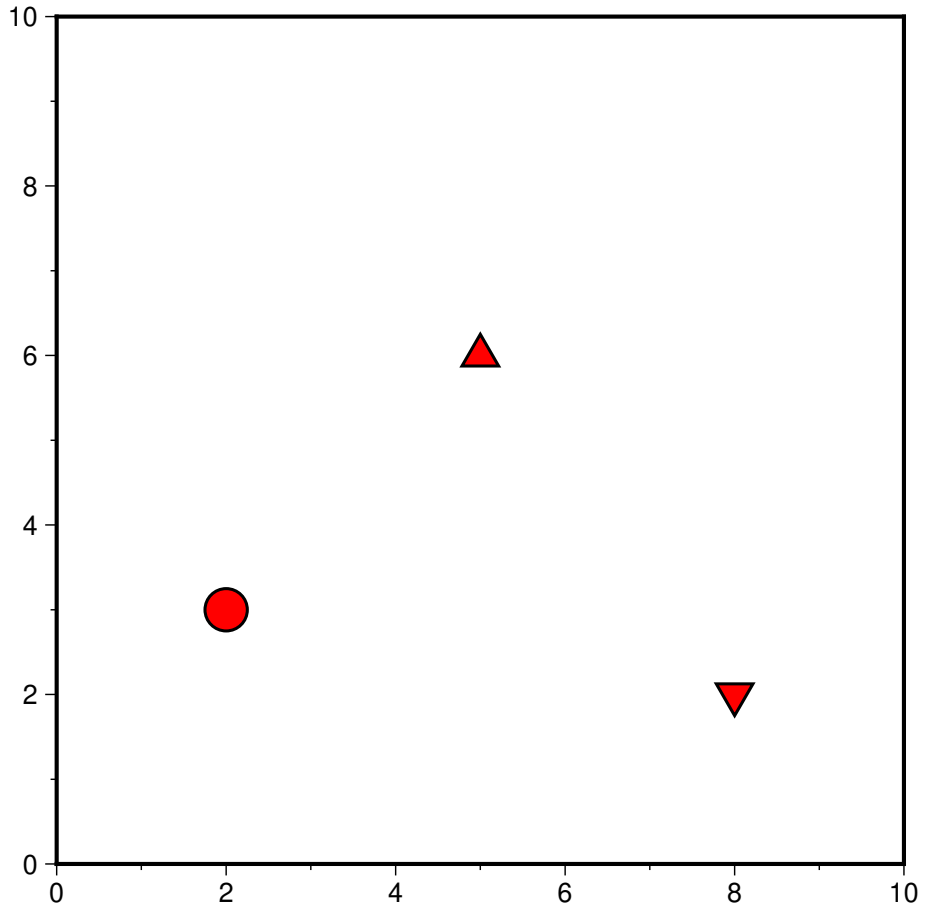


3.7.5 绘制不同的符号

前面说到, **-S** 选项中指定不同的符号类型代码则代表绘制不同的符号, 但每次只能指定一种符号类型代码。如果想要不同的数据使用不同的符号绘制, 则可以只指定符号大小而不指定符号类型代码, 并在输入数据的最后一列指定符号类型代码。

下面的示例中, 我们使用 **-S0.5c** 指定了符号的大小, 但是没有指定符号类型。输入数据的最后一列中 **c**、**t** 和 **i** 则分别为三个数据指定了各自的符号类型。

```
gmt begin symbols
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf
gmt plot -S0.5c -W1p,black -Gred << EOF
2 3 c
5 6 t
8 2 i
EOF
gmt end show
```



3.7.6 大小、颜色和符号类型都变化的符号

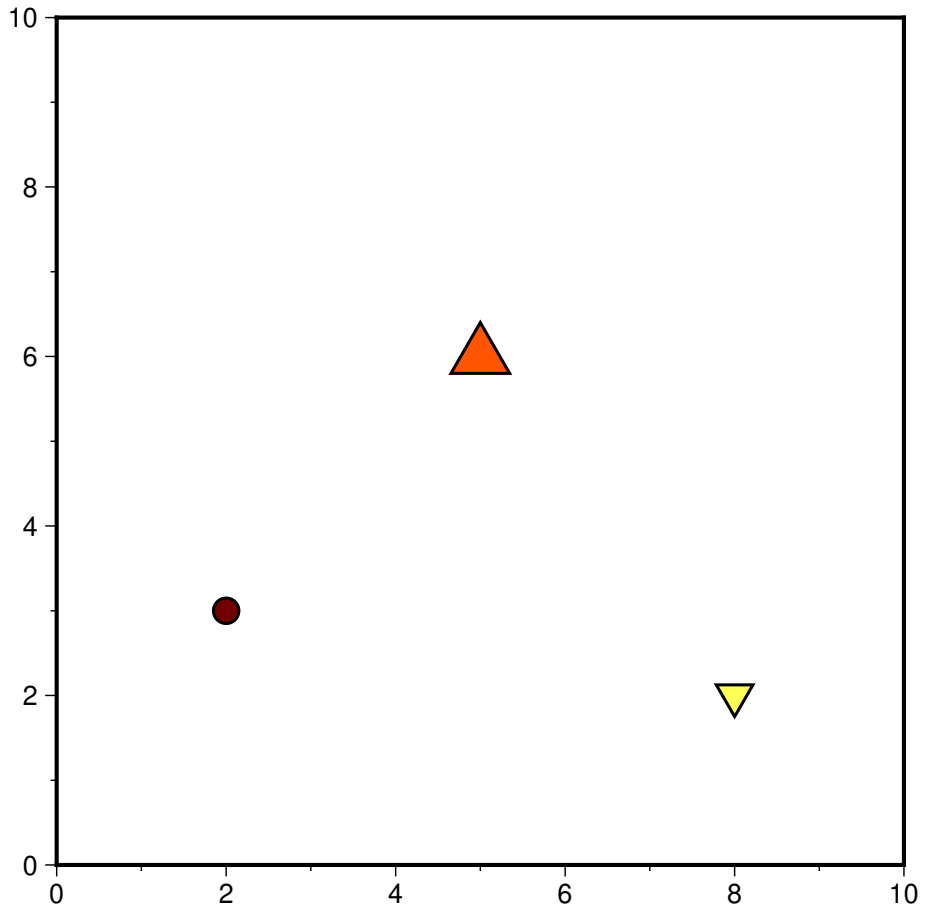
前面介绍了如何绘制大小变化或颜色变化或符号类型变化的符号。那么如何实现颜色、大小以及符号三者都变化的符号呢? 可以使用 **-S** 但不指定符号类型以及符号大小, 同时使用 **-C** 选项。

关键问题在于, 此时的数据数据格式是怎样的。根据 GMT 的规定, 此时输入数据的格式为:

```
X   Y   Z   size    symbol
```

即第三列控制符号填充色, 第四列为符号大小, 最后一列为符号类型代码。

```
gmt begin symbols
gmt makecpt -Chot -T0/3/1
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf -S -W1p,black -C << EOF
2   3   0   0.3 c
5   6   1   0.8 t
8   2   2   0.5 i
EOF
gmt end show
```



3.8 添加文字

GMT 的*text* 模块可以用于添加文字。

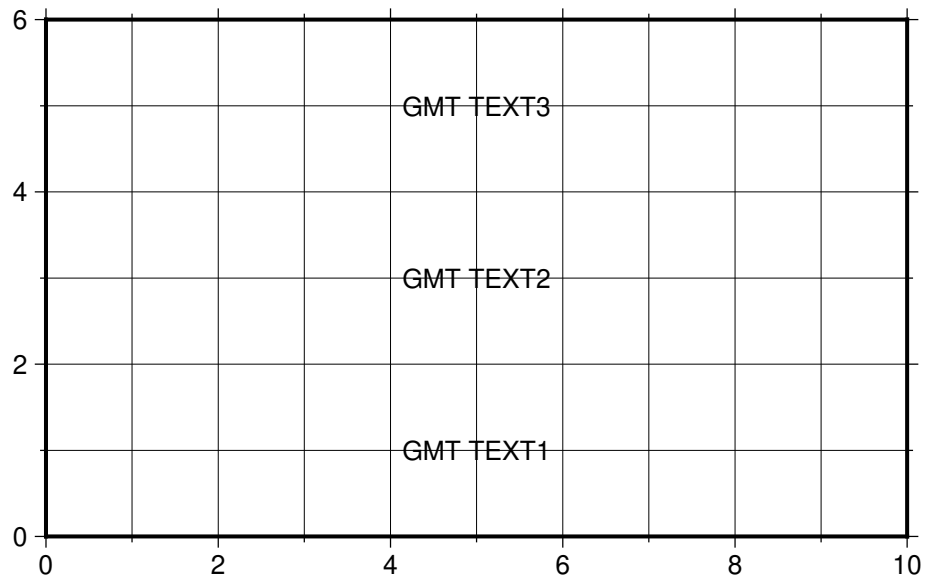
3.8.1 最简单的示例

若需要添加文字, 则输入数据中必须给出文字的 X 和 Y 坐标以及具体的文字。因而, 输入数据有三列:

```
X   Y   text
```

下面的示例首先用 **basemap** 模块绘制了一张底图, 然后使用 **text** 模块在底图的不同位置添加了文字。

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text << EOF
5 1 GMT TEXT1
5 3 GMT TEXT2
5 5 GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```



3.8.2 文字属性

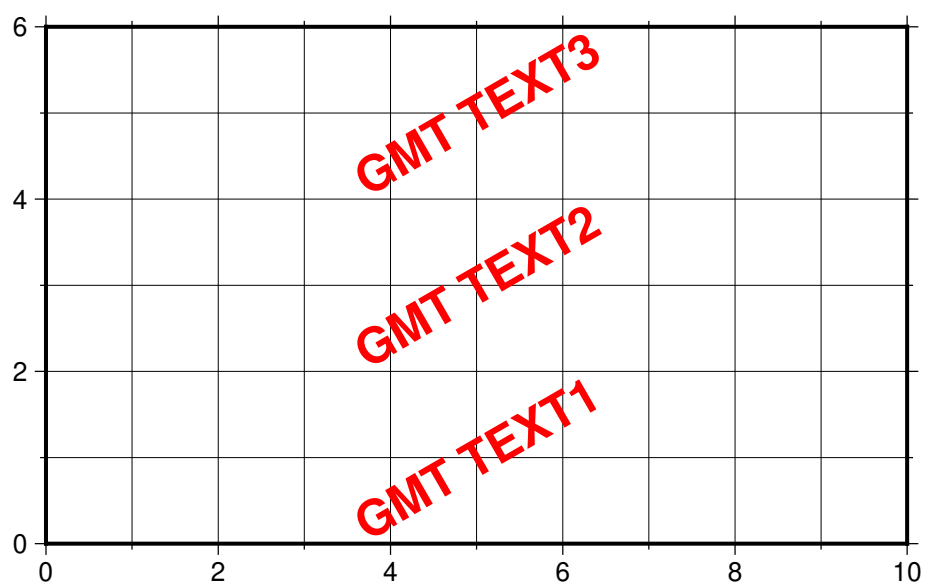
当然，我们可以为文字设置更丰富的属性，比如文字大小、字体、文字颜色以及文字旋转角度等。这可以通过 **-F** 选项来实现。

-F+**f***font* 可以设置文字的属性，包括文字大小、字体和颜色，三者之间用逗号分隔。**-F**+**a** 则可以设置文字的旋转角度。

> **备注**
>
> GMT 默认支持 35 种字体，可以使用 `gmt text -L` 查看 GMT 支持的字体名及其对应的字体编号。

下面的示例中，**-F+f16p,1,red+a30** 即表示文字大小为 16p，字体为 1 号字体，颜色为红色，文字旋转角度为 30 度。

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text -F+f16p,1,red+a30 << EOF
5 1 GMT TEXT1
5 3 GMT TEXT2
5 5 GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```

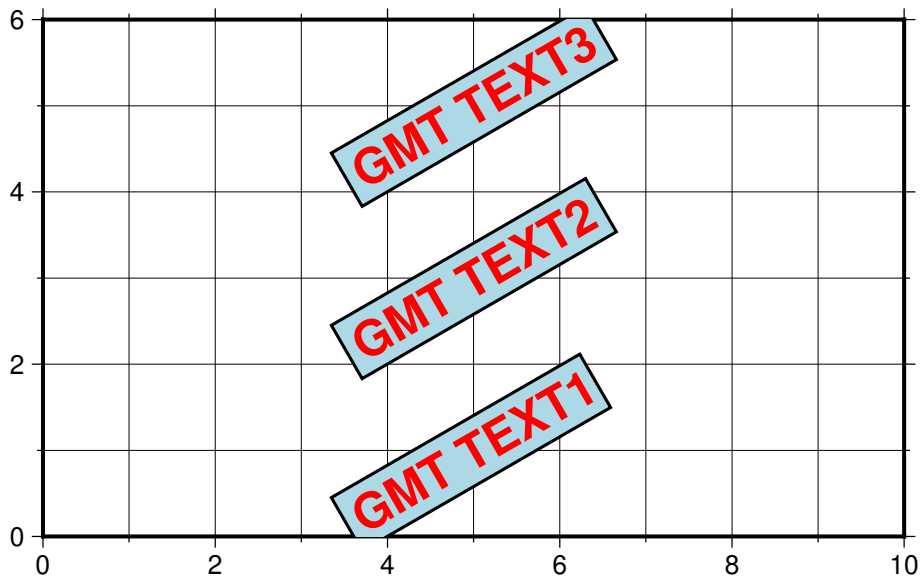


3.8.3 文本框

对于每个文本字符串, 我们还可以为其加上文本框。

- **-W** 选项控制文本框的画笔属性
- **-G** 选项控制文本框的填充色
- **-C** 选项控制文字与文本框之间的空白

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text -F+f16p,1,red+a30 -W1p -Glightblue -C25%/25% << EOF
5 1 GMT TEXT1
5 3 GMT TEXT2
5 5 GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```



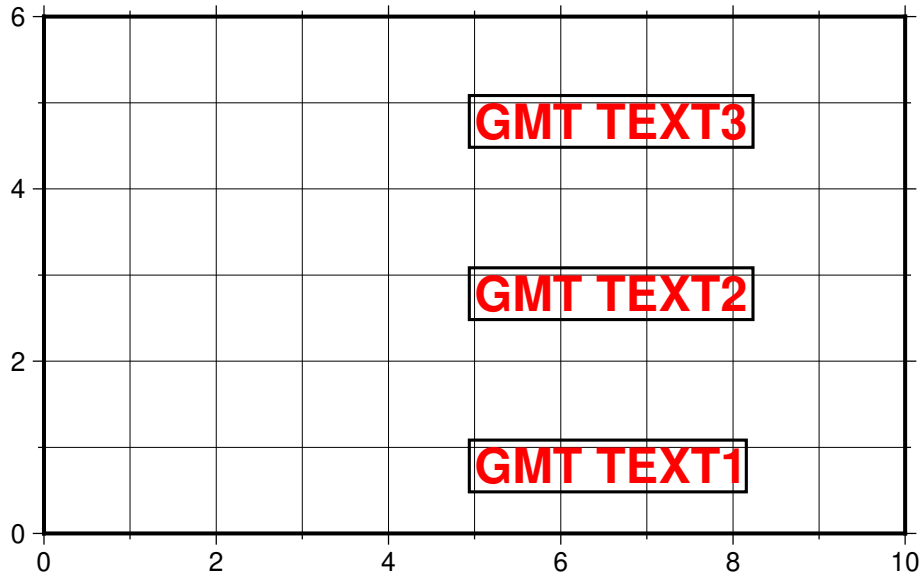
3.8.4 对齐方式

对于任意一个文本, 我们还可以设置其对齐方式与偏移量。GMT 中文本的默认对齐方式为居中对齐, 即将整个文本的中心放在指定的 X 和 Y 坐标处。当然, 用户也可以自行指定文本的对齐方式。

文本的对齐方式由水平对齐方式和垂直对齐方式共同决定。水平对齐方式有三种: 左对齐 (**L**eft)、居中对齐 (**C**enter) 和右对齐 (**R**ight)。垂直对齐方式有三种: 顶部对齐 (**T**op)、居中对齐 (**M**iddle) 和底部对齐 (**B**ottom)。三种水平对齐方式和三种垂直对齐方式, 构成了文本的 9 种对齐方式。

-F+j 用于指定文本对齐方式。下面的示例中, **-F+jTL** 表示文本对齐方式为 **TL** (Top + Left), 即表示以左上角方式对齐。从下图中可以看到, 三个文本框的左上角被放在了 (5,1)、(5,3) 和 (5,5) 处。

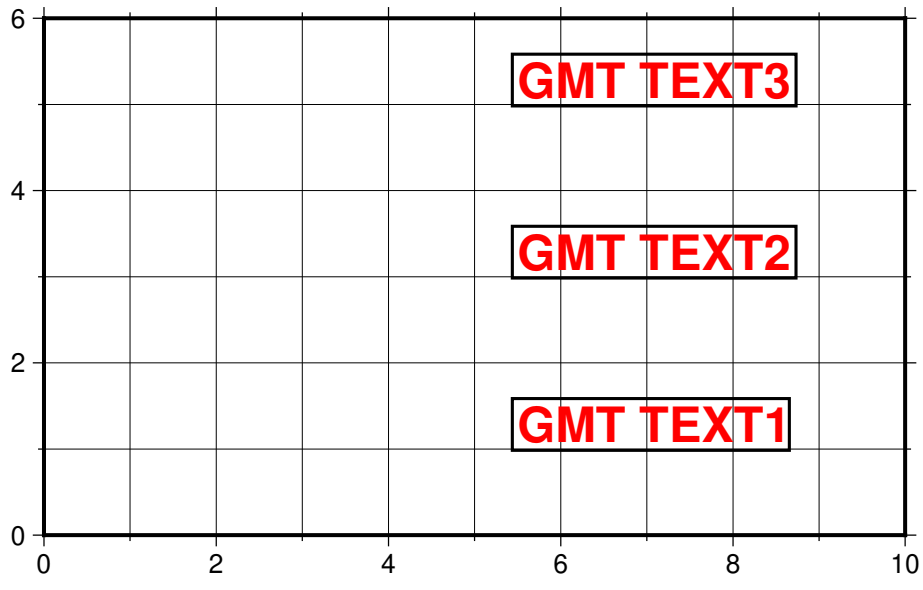
```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text -F+f16p,1,red+jTL -W1p << EOF
5 1 GMT TEXT1
5 3 GMT TEXT2
5 5 GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```



3.8.5 文本偏移量

使用 **-D** 选项还可以对文本设置额外的偏移量。下面的示例中, **-D0.5c/0.5c** 分别设置了文本在 X 方向和 Y 方向的偏移量。

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text -F+f16p,1,red+jTL -D0.5c/0.5c -W1p << EOF
5 1 GMT TEXT1
5 3 GMT TEXT2
5 5 GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```



3.8.6 变化的文字属性

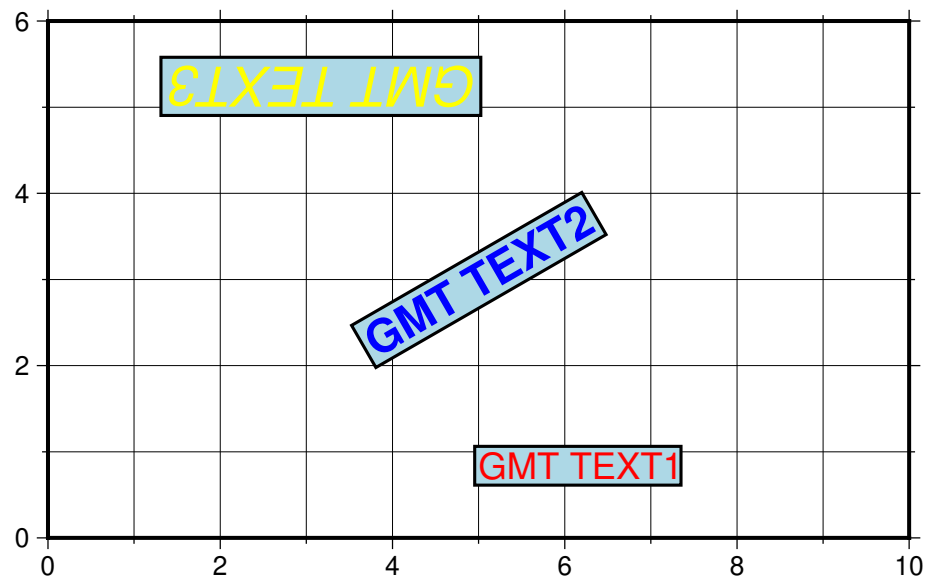
如果想要不同的文字有不同的文本属性, 可以多次调用 **text** 模块, 每次设置不同的文本属性。当然, 还有更加灵活的办法, 可以一个命令中实现变化的文字属性。

下面的例子中, 使用了 **-F+f+a+j** 选项。上面已经介绍到, **+f** 设置文本属性, **+a** 设置文本旋转角度, **+j** 设置文本对齐方式。但我们并没有指定具体的属性值, 因而需要在输入数据中增加额外的数据列。输入数据的格式由 **+f**、**+a** 和 **+j** 的顺序决定, 因而此时输入数据的格式为:

```
X   Y   font    angle   justification   text
```

下面的示例中，第三列为字体属性，第四列为文本旋转角度，第五列为文本对齐方式。

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text -F+f+a+j -W1p -Glightblue << EOF
5 1 12p,0,red       0   TL GMT TEXT1
5 3 15p,1,blue      30  MC GMT TEXT2
5 5 18p,2,yellow    180 TL GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```



3.9 添加图例

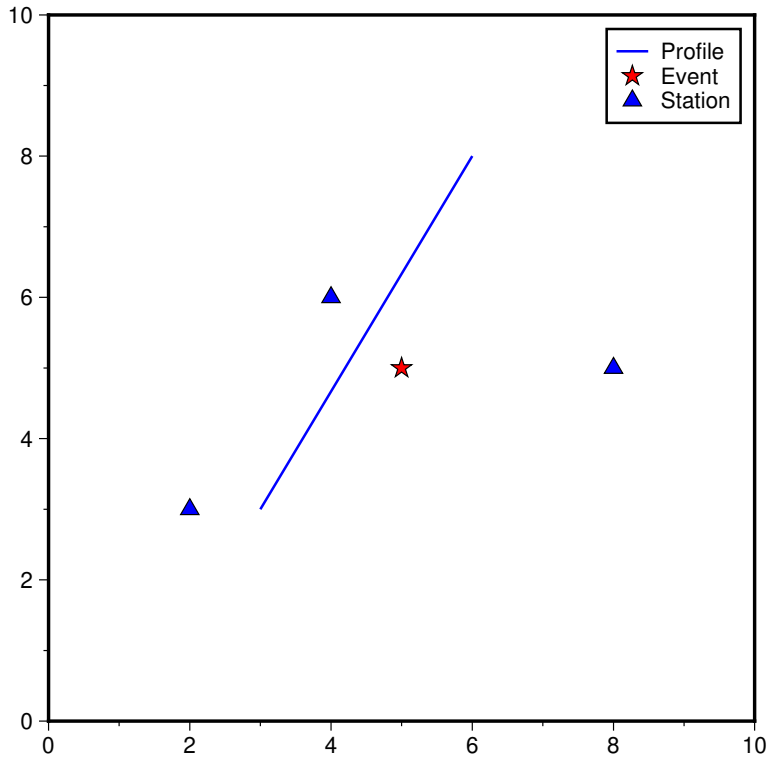
绘制了线条与符号后，通常还需要添加图例，以解释不同数据的含义。GMT 中使用*legend* 模块添加图例。

3.9.1 自动图例

在使用*plot* 模块绘制线条或符号时，可以额外加上 **-l***label* 选项以指定当前线段或符号的图例标签。

下面的示例中，我们利用前面学到的知识绘制了线段和两种符号，同时使用了 **-l** 选项为线段和符号均添加了标签。在绘图结束时，GMT 会自动根据命令中提供的信息在右上角绘制了图例。

```
gmt begin auto-legend
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt plot -W1p,blue -l"Profile" << EOF
3 3
6 8
EOF
gmt plot -Gred -Sa0.3c -W0.5p -l"Event" << EOF
5  5
EOF
gmt plot -Gblue -St0.3c -W0.5p -l"Station" << EOF
2 3
4 6
8 5
EOF
gmt end show
```

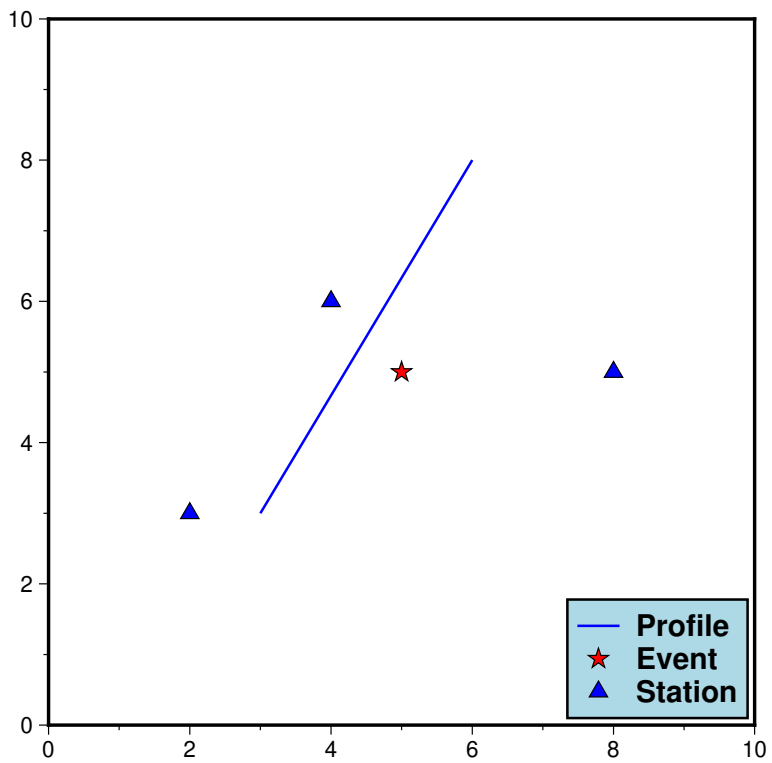


还可以为 **-l** 选项加上其它子选项以控制图例的位置、大小以及其它显示效果, 在本教程中不再赘述。

3.9.2 设置图例属性

GMT 使用 **legend** 模块添加图例。上面的示例中我们并没有调用 **legend** 模块, 而是 GMT 在绘图结束时自动调用了 **legend** 添加图例。我们也可以显式调用 **legend** 模块, 并设置图例的更多属性。

```
gmt begin auto-legend
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt plot -W1p,blue -l"Profile" << EOF
3 3
6 8
EOF
gmt plot -Gred -Sa0.3c -W0.5p -l"Event" << EOF
5  5
EOF
gmt plot -Gblue -St0.3c -W0.5p -l"Station" << EOF
2 3
4 6
8 5
EOF
# 设置图例宽的属性, 并修改图例里文字的字体
gmt legend -DjBR+o0.1c/0.1c -F+p1p+glightblue --FONT_ANNOT_PRIMARY=12p,1,black
gmt end show
```



这个示例中, 我们显式调用了 **legend** 选项, 并设置了 **-D** 和 **-F** 选项。

- **jBR** 表示将图例放在底图的右下角 (BottomRight)
- **+o0.1c/0.1c** 表示将图例在右下角的基础上再加上额外的偏移量
- **-F+p1p+glightblue** 则设置了图例框的轮廓和填充色

3.9.3 手动设置图例

如果对于自动生成的图例不满意, 还可以使用*legend* 模块绘制更复杂的图例, 其输入文件有自己的一套规则, 详情见*legend* 模块的说明文档。这节只介绍最简单也最常用的图例, 即符号和线条的图例。针对绘制符号和线条, *legend* 的输入格式为:

S *dx1 symbol size fill pen dx2 text*

- **S** 表明这一行用于绘制符号或线段。
- *dx1* 是符号或线段与图例左边框的距离
- *symbol* 是要绘制的符号类型代码; 若想要绘制线段, 则设置 *symbol* 为 **-**
- *size* 符号尺寸或线段长度
- *fill* 符号填充色; 若不需要填充色, 则可设置为 **-**
- *pen* 符号轮廓的画笔颜色; 若不需要绘制符号轮廓, 则可设置为 **-**
- *text* 符号对应的文字说明
- *dx2* 文字与左边框之间的距离

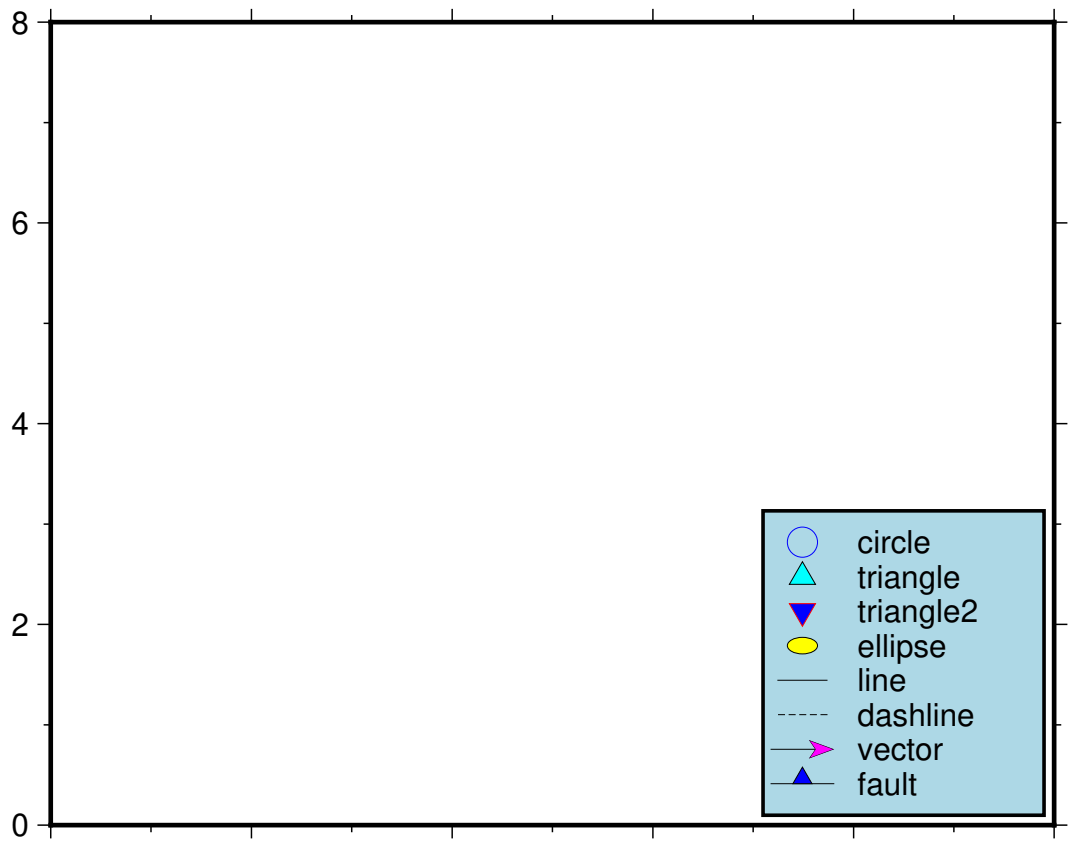
下面的示例中, 我们绘制了四种符号, 以及线段、矢量线和断层线。

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/8 -JX10c/8c -Baf -BWSen
cat > legend.txt << EOF
# symbols
S 0.25c c 0.3c -      0.25p,blue 0.8c circle
S 0.25c t 0.3c cyan   0.25p      0.8c triangle
S 0.25c i 0.3c blue   0.25p,red  0.8c triangle2
S 0.25c e 0.3c yellow 0.25p      0.8c ellipse
# lines
S 0.25c - 0.5c - 0.25p 0.8c line
```

(续下页)

（接上页）

```
S 0.25c - 0.5c - 0.25p,- 0.8c dashline
S 0.25c v0.1i+a40+e 0.25i magenta 0.25p 0.8c vector
S 0.25c f0.1i+l+t 0.25i blue 0.25p 0.8c fault
EOF
gmt legend legend.txt -DjBR+w2.8c+o0.1c/0.1c -F+p1p+glightblue
gmt end show
```



3.10 绘制地形起伏

绘制地图时另一个常见的需求是绘制全球或者区域的地形起伏作为底图。

GMT 中*grdimage* 模块可以绘制二维网格，其原理是建立 Z 值与颜色之间的映射关系，每个坐标点不同的 Z 值用不同的颜色表征。地形起伏，即不同经纬度处的高程或海深数据，也是一种二维数据，因而我们可以使用 **grdimage** 模块绘制地形起伏。

3.10.1 全球地形起伏数据

要绘制全球或区域地形起伏图，首先需要拥有地形起伏数据，即不同经纬度处的高程或海深数据。GMT 收集整理并提供了一套全球地形起伏数据，供用户直接使用。这套地形起伏数据分为包含了从 60 分到 1 秒的多种不同精度的全球地形起伏数据，以满足不同的绘图区域大小的需求。

GMT 用户可以通过给定文件名 `@earth_relief_xxx` 的方式来指定要使用某个精度的地形。*xxx* 用于指定数据精度，例如 **15m**、**01m** 和 **15s** 分别表示数据分辨率为 15 分、1 分和 15 秒。1 秒约为 30 米，1 分约为 2 千米。

备注

不同尺度的图件可以使用不同分辨率的地形起伏数据，满足所需清晰度的同时，又尽量保证绘图不会太慢、图片不过太大。这里根据经验，做以下推荐（用户需要根据自身实际情况调整）：

- 绘制全球尺度地形起伏时，推荐先尝试 **30m** 分辨率

- 绘制整个中国或者美国的地形起伏时, 推荐先尝试 **05m** 分辨率
- 绘制 3 度 x 3 度~10 度 x 10 度大小的区域地形起伏, 推荐先尝试 **30s** 分辨率
- 绘制更小区域的地形起伏, 推荐先尝试 **03s**

文件名前的 @ 表示该数据是由 GMT 官方提供并维护的数据, 当第一次使用该文件时, GMT 会自动从服务器下载该数据并保存到本地的 GMT 数据目录中, 当以后再使用该文件时, 则直接读取本地文件, 而无需重新下载该数据。

关于全球地形起伏数据的详细介绍见 earth-relief 。

3.10.2 绘制全球地形起伏图

下面我们将使用 **grdimage** 模块绘制 30 分精度的全球地形起伏数据 (`@earth_relief_30m`)。不同的高程用不同的颜色表示, 从中我们很容易看出不同地区的地形变化。

```
gmt begin global_relief
gmt grdimage @earth_relief_30m -JH180/10c
gmt end show
```

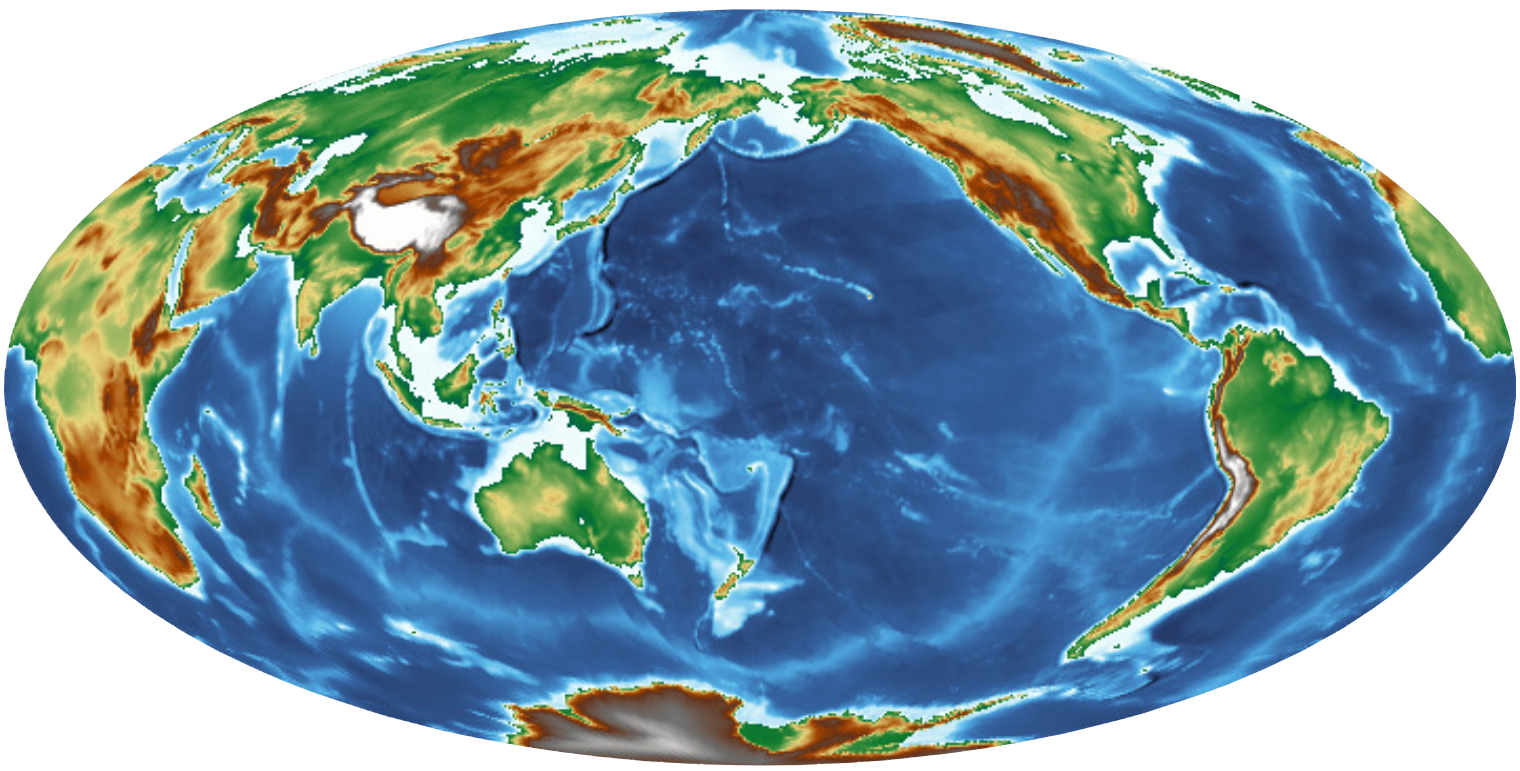


图 15: 全球地形起伏图

3.10.3 绘图区域地形起伏图

想要绘制区域地形起伏? 只需要在 **grdimage** 模块中使用 **-R** 选项指定区域经纬度范围即可。这里我们设置了绘图区域为 118°E 至 125°E、20°N 至 26°N。由于绘图区域比较小, 所以我们选用了更高精度的 1 分的地形起伏数据。

```
gmt begin taiwan_relief
gmt grdimage @earth_relief_01m -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen
gmt end show
```

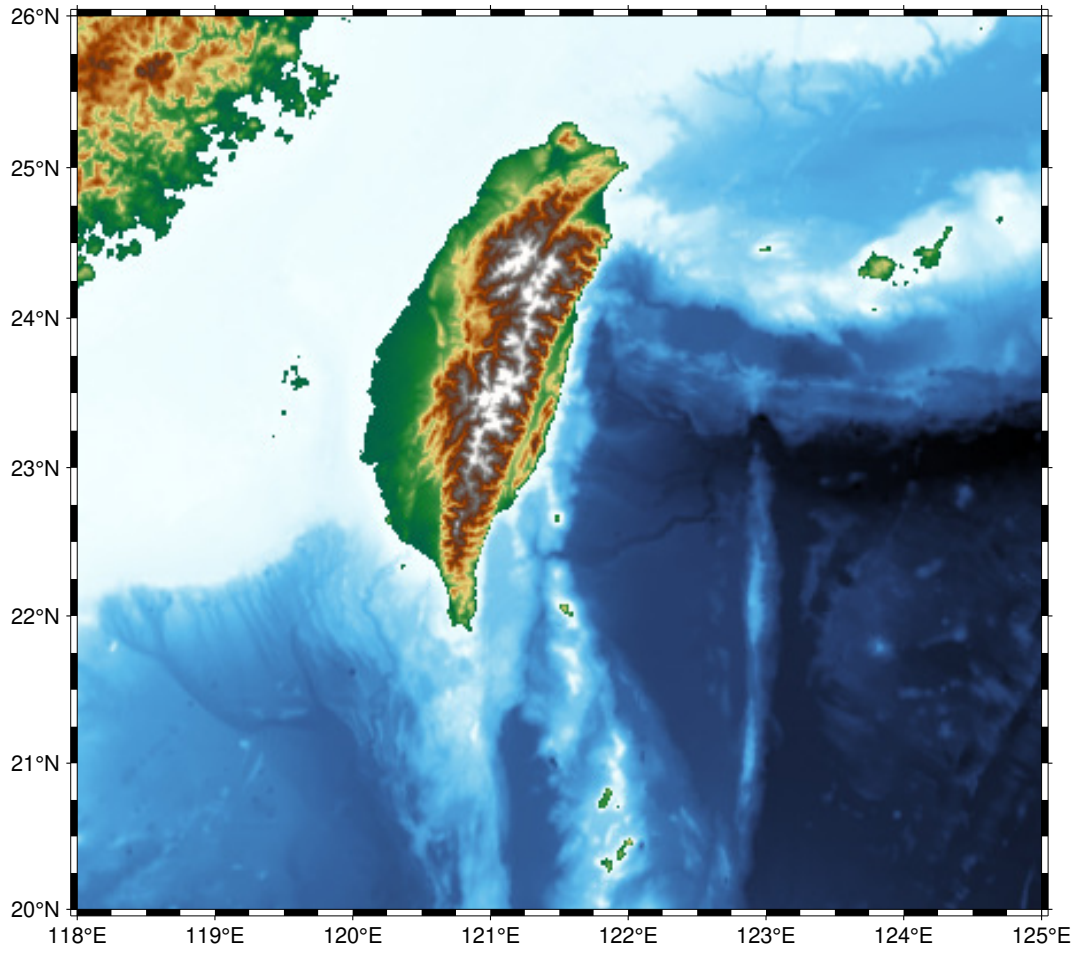


图 16: 台湾区域地形图

3.10.4 增加光照效果

为了让地形起伏图更加立体，我们可以为图幅加上光照效果。我们可以指定光照的方向、强度等参数，也可以直接使用 **-I+d** 以使用默认的光照效果。

下面的示例中，我们加上了 **-I+d** 以增加光照效果。跟上图比一比，是否图片更加立体也更加美观了呢?

```
gmt begin taiwan_relief
gmt grdimage @earth_relief_01m -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen -I+d
gmt end show
```

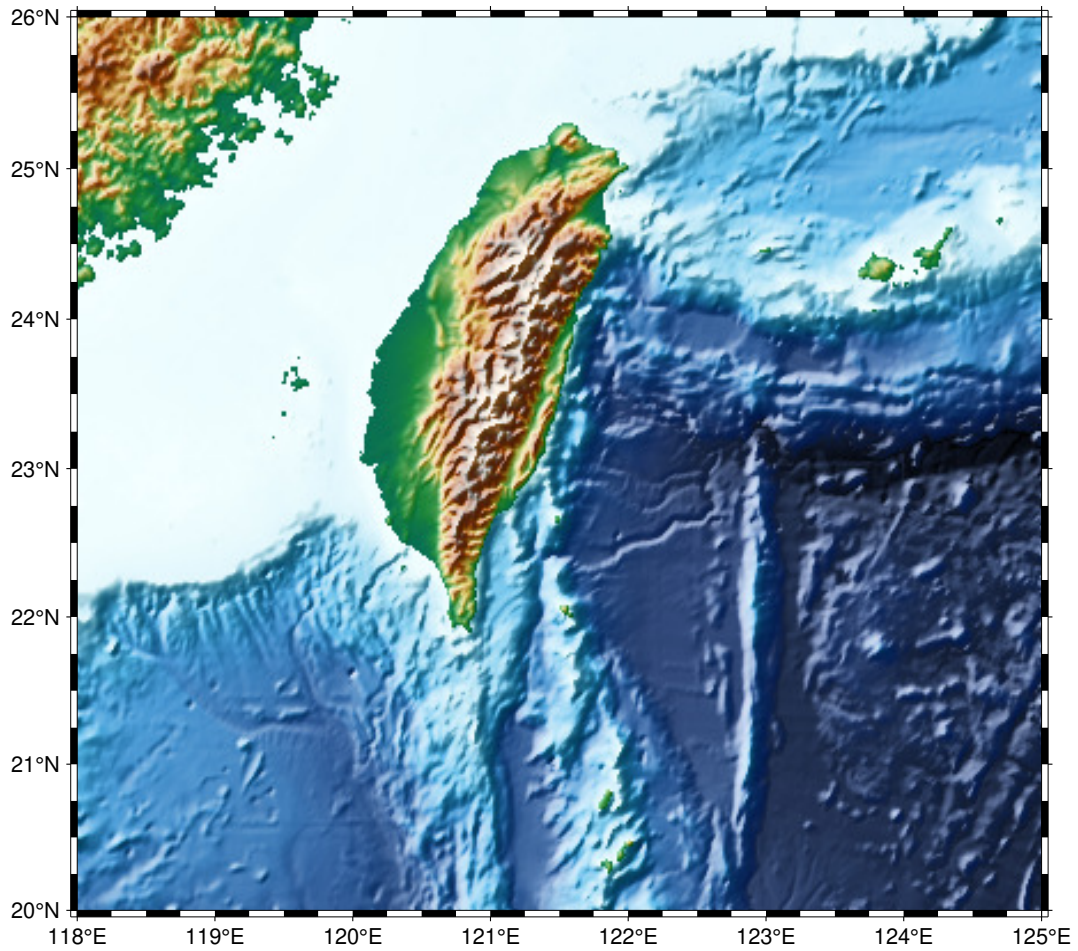


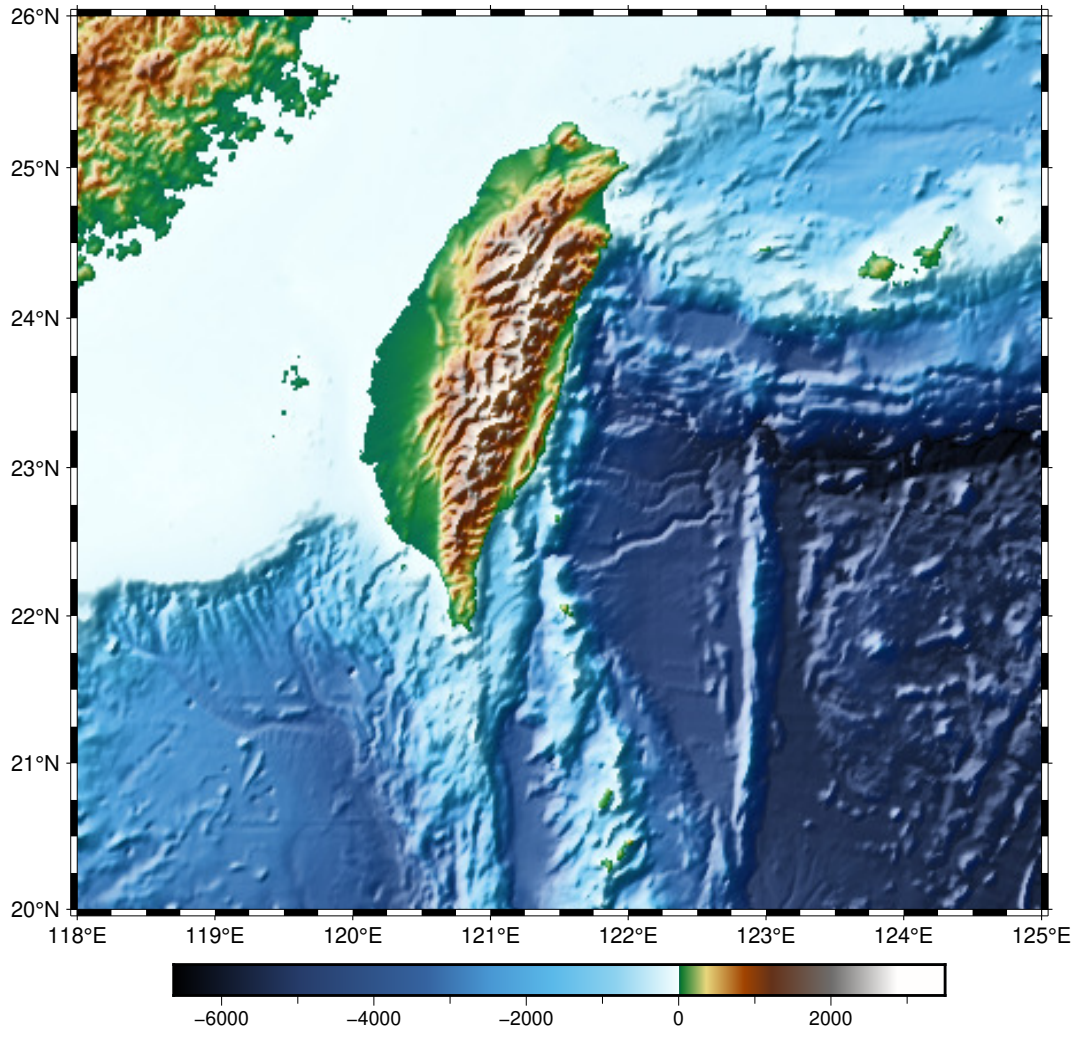
图 17: 带光照效果的台湾区域地形图

增加光照效果本质上是计算了每个点沿着某个方位角的方向梯度，然后根据每个点的方向梯度的正负以及振幅调节该点颜色的亮度值。对于向阳处，其方向梯度为正值，则增加该点颜色的亮度；对于背阴处，其方向梯度为负值，则降低该点颜色的亮度。由此达到增加光照效果、增强立体感的目的。

3.10.5 添加色标

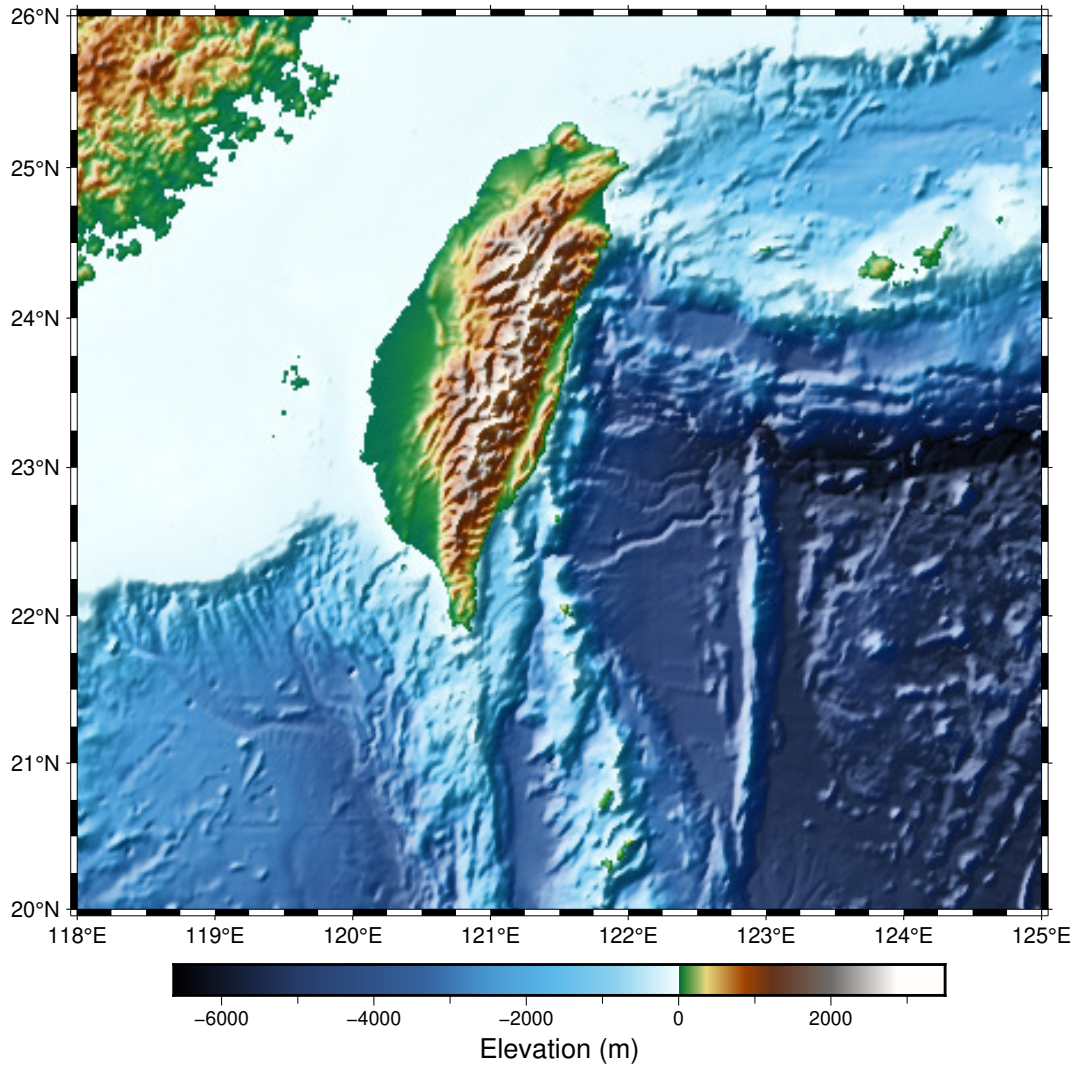
前面提到，**grdimage** 绘制地形起伏数据本质上就是将高程的数值与颜色之间对应起来。二者之间的对应关系由色标文件（即 CPT 文件）决定。那么，上图使用的是怎么样的 CPT 呢？高程数值与颜色之间的对应关系又是怎样的呢？不同的颜色代表的具体数值又是多少呢？这就需要用*colorbar* 向图中添加色标。

```
gmt begin taiwan_relief
gmt grdimage @earth_relief_01m -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen -I+d
gmt colorbar
gmt end show
```



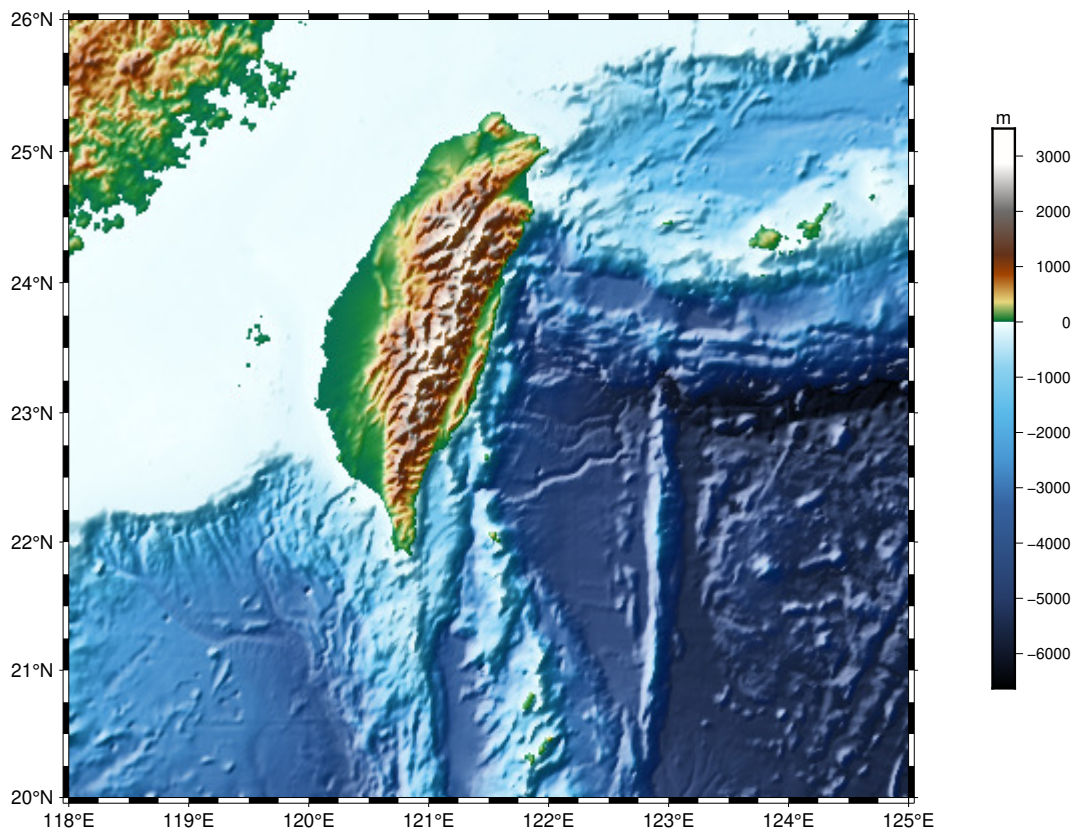
我们可以进一步使用 **-B** 选项设置色标的标注间隔，并为色标添加一个标签。

```
gmt begin taiwan_relief
gmt grdimage @earth_relief_01m -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen -I+d
gmt colorbar -Bxaf+l"Elevation (m)"
gmt end show
```



当然，我们还可以更进一步调整色标的位置、长度等属性。下面的脚本中，我们使用了 **-D** 选项将色标放在了地形起伏图的右侧中间（**JMR**）向右偏移 1.5 厘米，色标长度为 10 厘米，并将标签放在了色标左侧（**+ml**）。

```
gmt begin taiwan_relief
gmt grdimage @earth_relief_01m -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen -I+d
gmt colorbar -DJMR+w10c+o1.5c/0c+ml -Bxa1000f -By+l"m"
gmt end show
```

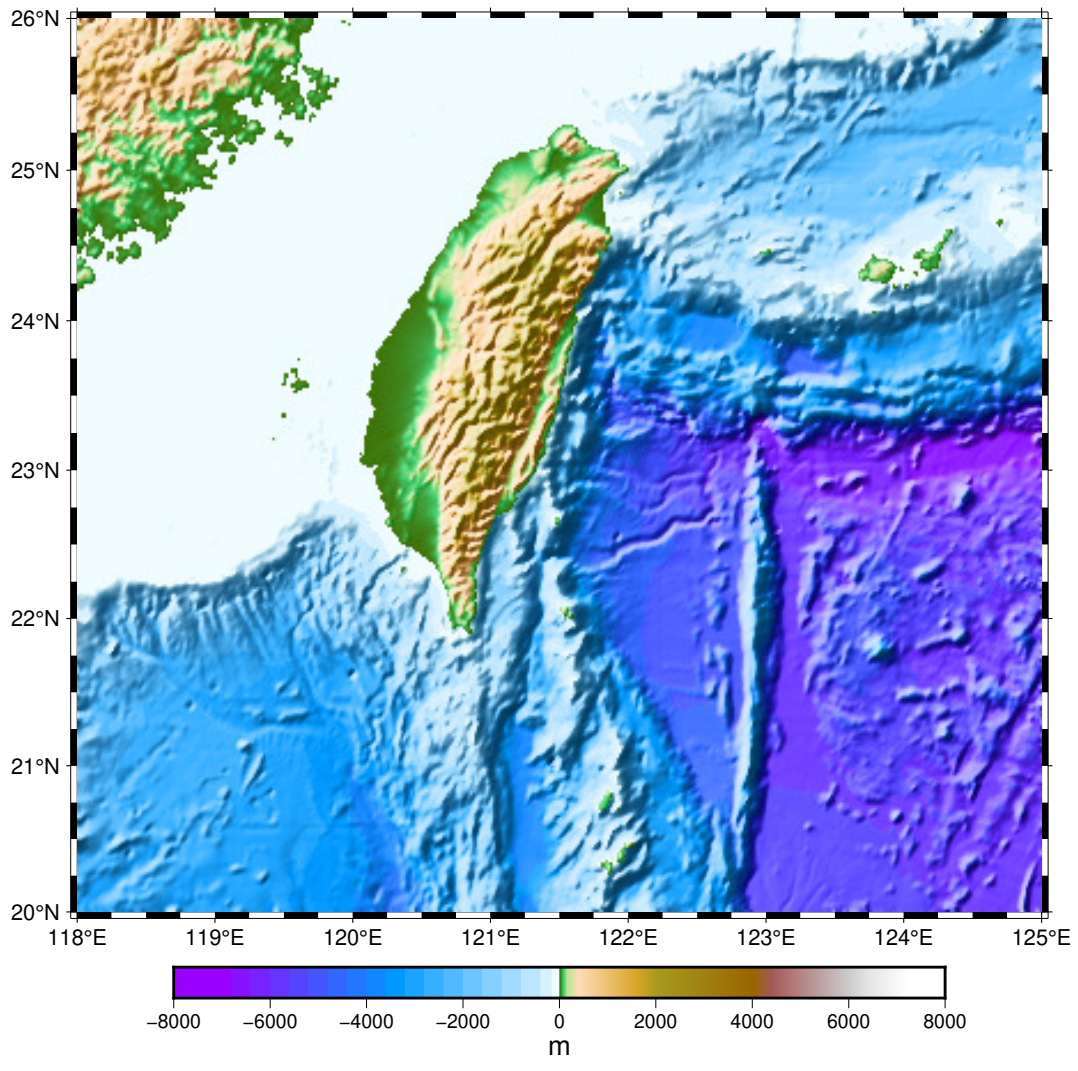


3.10.6 制作 CPT 文件

上面的示例中使用的是 GMT 的默认 CPT 文件。用户也可以使用*makecpt* 或 grd2cpt 制作 CPT 文件。

下面的示例中, 我们使用*makecpt* 模块在 GMT 内置 CPT **globe** 的基础上生成了一个 -8000 到 8000 范围内的新 CPT 文件。生成的 CPT 文件将作为当前 CPT 文件, 供接下来的 **grdimage** 和 **colorbar** 命令使用。

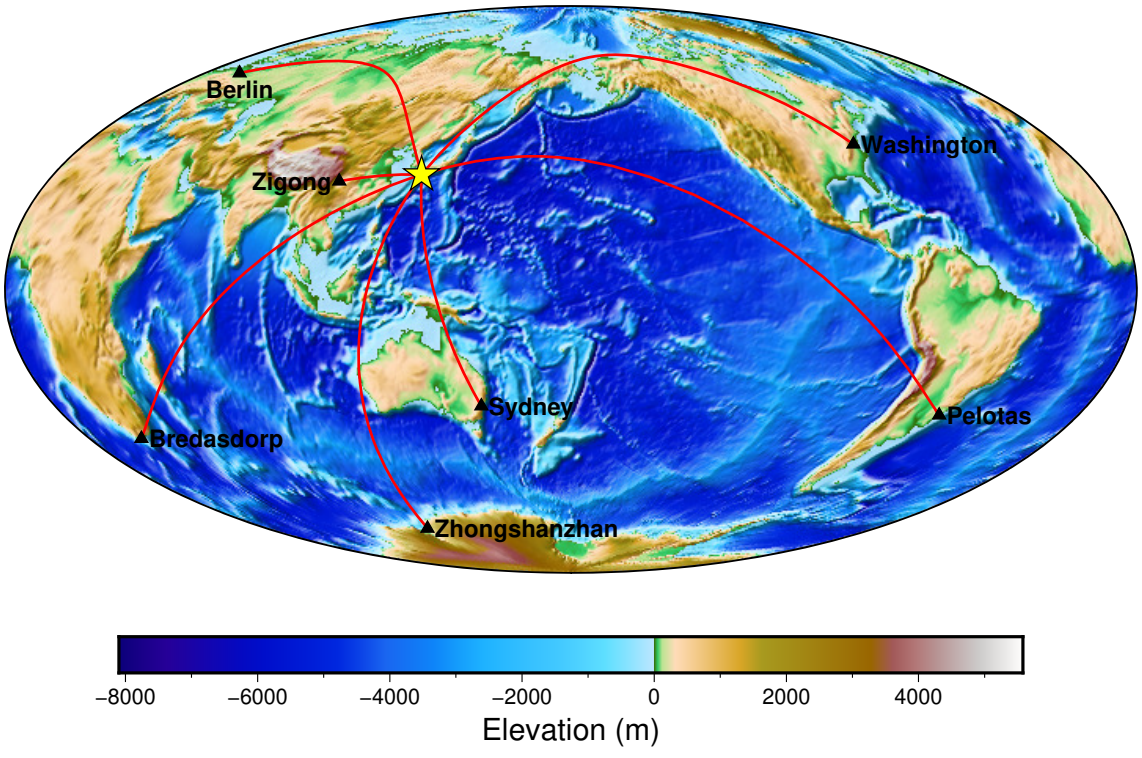
```
gmt begin taiwan_relief
gmt basemap -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen
gmt makecpt -Cglobe -T-8000/8000
gmt grdimage @earth_relief_01m -I+d
gmt colorbar -Bxa2000 -B+l"m"
gmt end show
```



3.11 理解图层

在前面几节中, 我们已经学会了如何使用 GMT 绘制底图、海岸线、线段、符号、文字、地形起伏等等。这一节我们将把前面学到的内容综合起来, 试着去绘制下面这张地震学经常见到的大圆弧路径图。在这一过程中, 我们将试着去理解 GMT 中图层的概念。

Source Code



3.11.1 图件分析与拆解

上面这张图看上去有些复杂，实际上是由很多部分构成的。将整张图拆解一下可知，上图由如下几个部分构成：

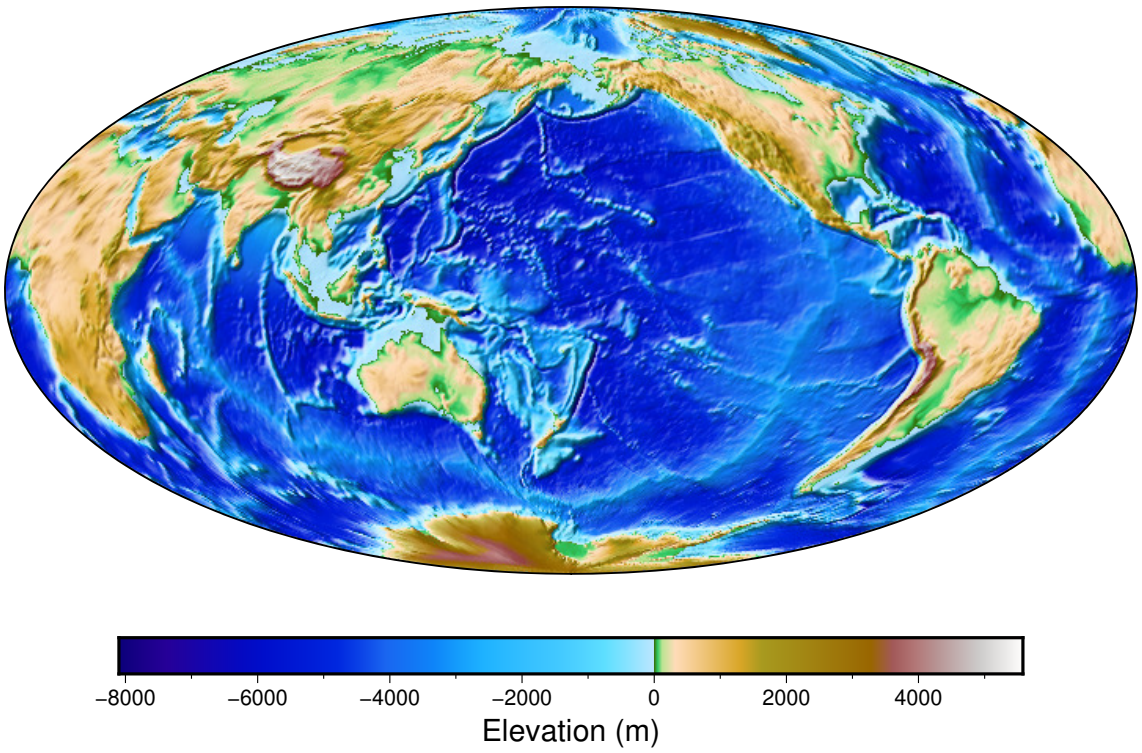
1. 地形起伏作为底图
2. 震中位置（五角星）
3. 台站位置（三角形）
4. 射线路径（图中大圆弧）
5. 台站名（文字）

这几个部分，在教程的前几节都已经做过介绍，因而只需要将前几节的内容综合起来即可。

3.11.2 绘制底图

我们首先使用*grdimage* 模块绘制底图，并使用*colorbar* 模块添加色标：

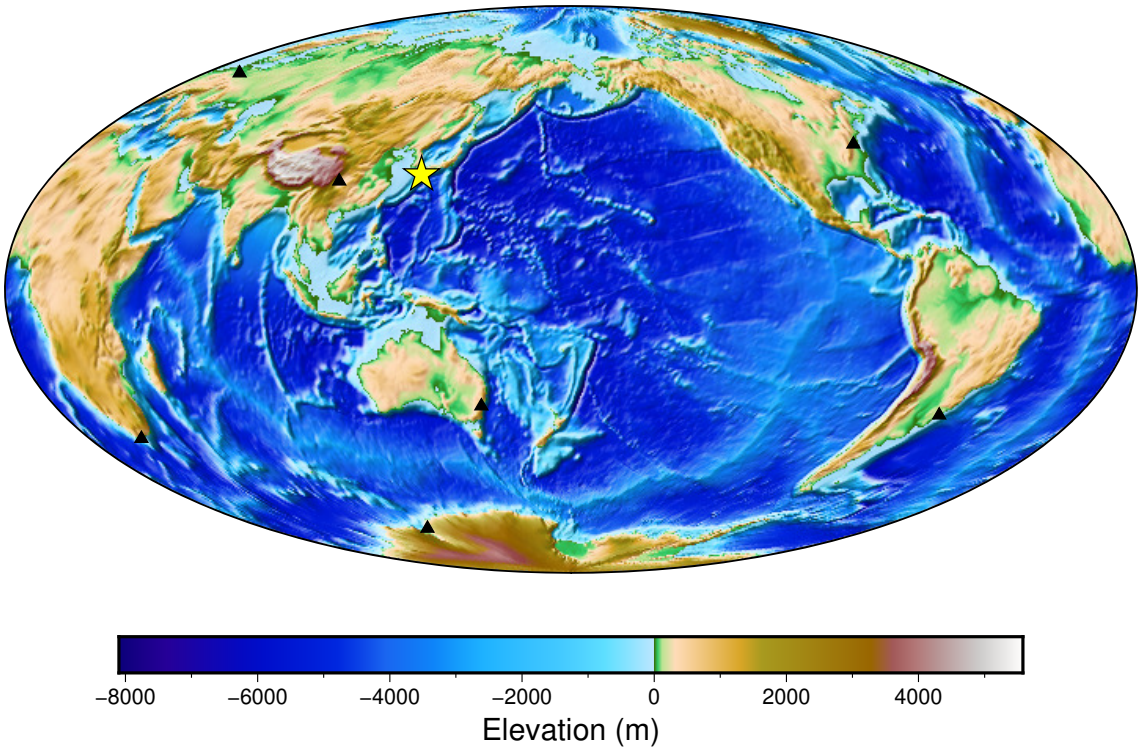
```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin layers

# Plot basemap and Earth relief
gmt basemap -JH180/15c -Rg -B0
gmt grdimage @earth_relief_30m -Cetopo1 -I+d
gmt colorbar -Bxa2000f+l"Elevation (m)"
gmt end show
```



3.11.3 绘制震中和台站位置

接下来，使用*plot* 模块绘制五角星和三角形。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin layers

# Plot basemap and Earth relief
gmt basemap -JH180/15c -Rg -B0
gmt grdimage @earth_relief_30m -Cetopo1 -I+d
gmt colorbar -Bxa2000f+l"Elevation (m)"

# Plot epicenter
gmt plot -Sa0.5c -W0.5p,black,solid -Gyellow << EOF
130.72 32.78
EOF

# Plot station locations
gmt plot -St0.2c -W0.5p,black,solid -Gblack << EOF
104.39 29.90
13.14 52.50
19.99 -34.52
-77.15 38.89
-52.47 -31.62
150.36 -33.79
76.22 -69.22
EOF

gmt end show
```



3.11.4 绘制射线路径

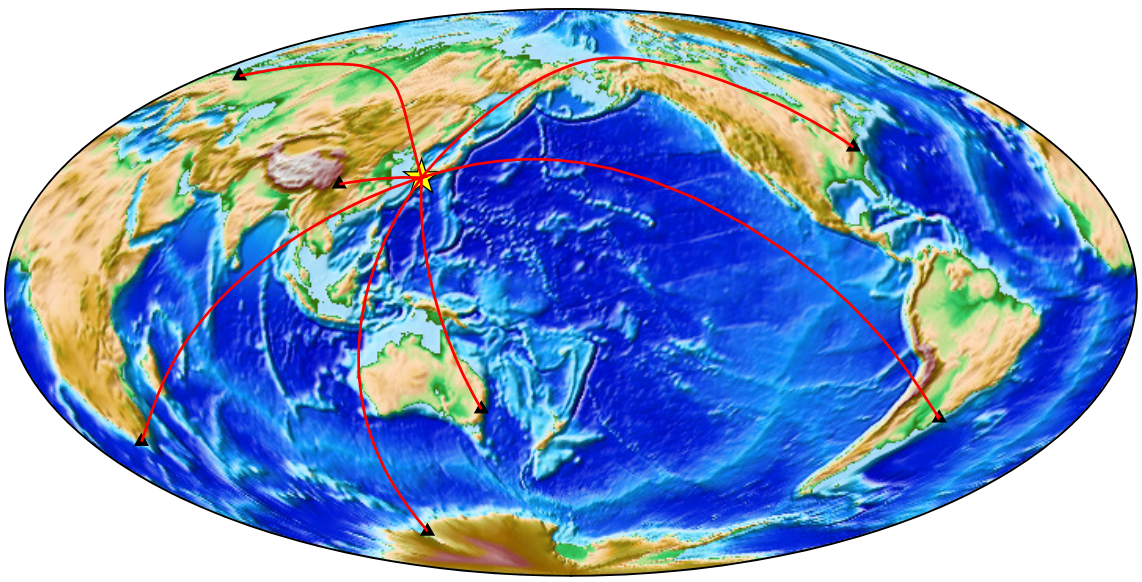
再使用*plot* 模块绘制线段。默认情况下，**plot** 会自动用大圆路径连接地球上的两个位置，因而我们只需要用 > 分隔多个线段，每个线段给定两个坐标点（即地震位置和台站位置）即可。

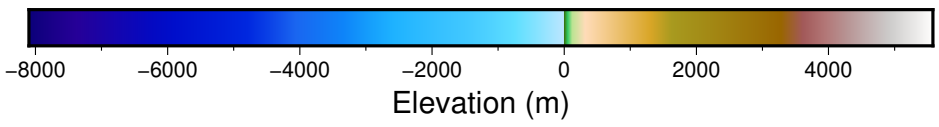
```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin layers

# Plot basemap and Earth relief
gmt basemap -JH180/15c -Rg -B0
gmt grdimage @earth_relief_30m -Cetopo1 -I+d
gmt colorbar -Bxa2000f+l"Elevation (m)"

# Plot epicenter
gmt plot -Sa0.5c -W0.5p,black,solid -Gyellow << EOF
130.72 32.78
EOF

# Plot station locations
gmt plot -St0.2c -W0.5p,black,solid -Gblack << EOF
104.39 29.90
13.14 52.50
19.99 -34.52
-77.15 38.89
-52.47 -31.62
150.36 -33.79
76.22 -69.22
EOF

# Plot great-circle path
gmt plot -W1p,red << EOF
>
130.72 32.78
104.39 29.90
>
130.72 32.78
13.14 52.50
>
130.72 32.78
19.99 -34.52
>
```

(续下页)

(接上页)

```
130.72 32.78
-77.15 38.89
>
130.72 32.78
-52.47 -31.62
>
130.72 32.78
150.36 -33.79
>
130.72 32.78
76.22 -69.22
EOF

gmt end show
```





3.11.5 添加台站名

最后还需要往图画里添加台站所在地区的名字。添加文字使用*text* 模块。这里我们使用了 **-F+f9p,1,black+j** 选项，因而输入数据是 4 列:

```
X   Y   对齐方式    TEXT
```

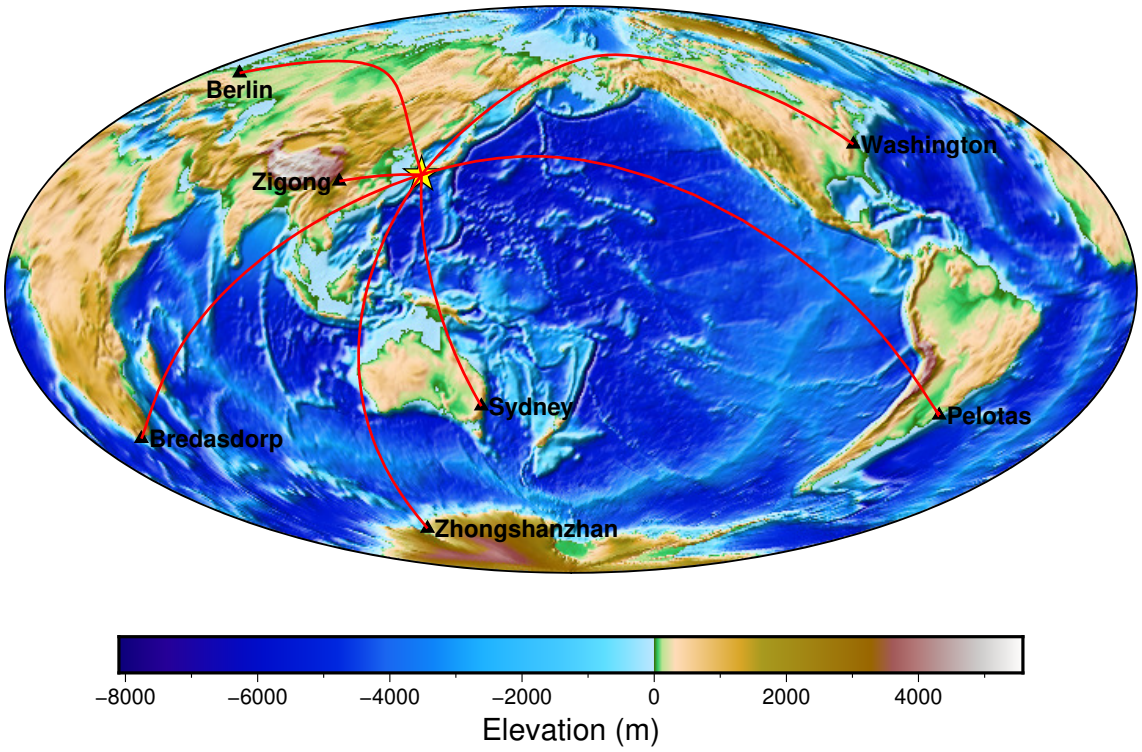
-Dj0.1c/0.1c 则是将文本在对齐方式的基础上做进一步的偏移以避免文字覆盖线段或符号。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin layers

# Plot basemap and Earth relief
gmt basemap -JH180/15c -Rg -B0
gmt grdimage @earth_relief_30m -Cetopo1 -I+d
gmt colorbar -Bxa2000f+l"Elevation (m)"

# Plot epicenter
gmt plot -Sa0.5c -W0.5p,black,solid -Gyellow << EOF
130.72 32.78
EOF

# Plot station locations
```

(续下页)

(接上页)

```
gmt plot -St0.2c -W0.5p,black,solid -Gblack << EOF
104.39 29.90
13.14 52.50
19.99 -34.52
-77.15 38.89
-52.47 -31.62
150.36 -33.79
76.22 -69.22
EOF

# Plot great-circle path
gmt plot -W1p,red << EOF
>
130.72 32.78
104.39 29.90
>
130.72 32.78
13.14 52.50
>
130.72 32.78
19.99 -34.52
>
130.72 32.78
-77.15 38.89
>
130.72 32.78
-52.47 -31.62
>
130.72 32.78
150.36 -33.79
>
130.72 32.78
76.22 -69.22
EOF

# Add text
gmt text -F+f9p,1,black+j -Dj0.1c/0.1c << EOF
-77.15  38.89 ML Washington
76.22  -69.22 ML Zhongshanzhan
104.39  29.90 MR Zigong
13.14   52.50 TC Berlin
19.99  -34.52 ML Bredasdorp
150.36 -33.79 ML Sydney
-52.47 -31.62 ML Pelotas
EOF

gmt end show
```



3.11.6 图层的先后顺序

上面的绘图脚本已经基本绘制出我们最初想要的图件了。细细看会发现，还有一些不完美的地方：比如黄色五角星和三角形被线段盖住了。

这是因为，GMT 的每一个绘图命令都会产生一个图层，后绘制的图层会覆盖在先绘制的图层的上面，即后来者居上。解决办法也很简单，先绘制线段，再绘制三角形和五角星即可。

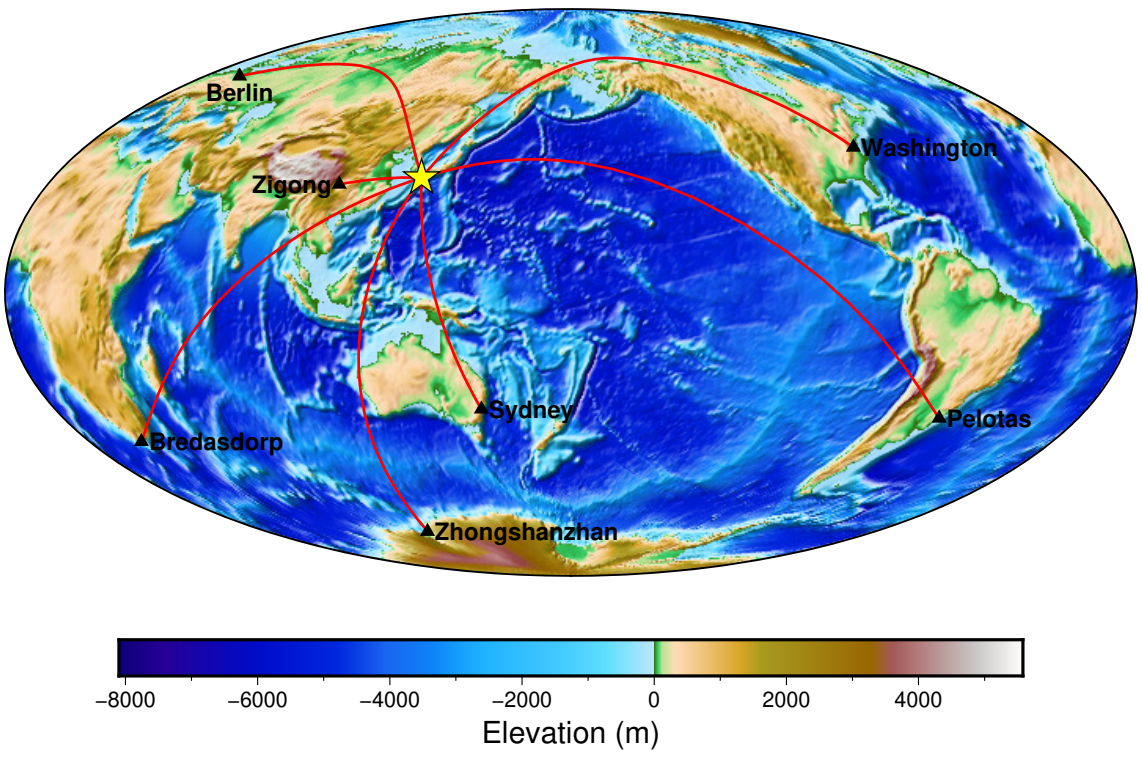
对脚本中命令的先后顺序进行微调，如下所示：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin layers

# Plot basemap and Earth relief
gmt basemap -JH180/15c -Rg -B0
gmt grdimage @earth_relief_30m -Cetopo1 -I+d
gmt colorbar -Bxa2000f+l"Elevation (m)"

# Plot great-circle path
gmt plot -W1p,red << EOF
>
130.72 32.78
104.39 29.90
>
130.72 32.78
13.14 52.50
>
130.72 32.78
19.99 -34.52
>
130.72 32.78
-77.15 38.89
>
130.72 32.78
-52.47 -31.62
>
130.72 32.78
150.36 -33.79
>
130.72 32.78
```

(续下页)

(接上页)

```
76.22 -69.22
EOF

# Plot epicenter
gmt plot -Sa0.5c -W0.5p,black,solid -Gyellow << EOF
130.72 32.78
EOF

# Plot station locations
gmt plot -St0.2c -W0.5p,black,solid -Gblack << EOF
104.39 29.90
13.14 52.50
19.99 -34.52
-77.15 38.89
-52.47 -31.62
150.36 -33.79
76.22 -69.22
EOF

# Add text
gmt text -F+f9p,1,black+j -Dj0.1c/0.1c << EOF
-77.15  38.89 ML Washington
76.22  -69.22 ML Zhongshanzhan
104.39  29.90 MR Zigong
13.14   52.50 TC Berlin
19.99  -34.52 ML Bredasdorp
150.36 -33.79 ML Sydney
-52.47 -31.62 ML Pelotas
EOF

gmt end show
```



这样我们就通过组合一系列简单的 GMT 命令, 得到了一个复杂的 GMT 图件。

第 4 章　进阶教程

《进阶教程》展示如何使用 GMT 实现更复杂的绘图功能。

4.1 绘制直方图

GMT 中*histogram* 模块用于统计并绘制直方图。直方图可以直观地展现样本的分布情况。一个直方的宽度表示它的数据范围，长度表示位于该范围内的样本的数量或者比例。

这一节中，我们通过绘制地震震源深度直方图来介绍直方图的绘制。以下示例使用的数据为 `eq.dat`，数据包含了三列，分别是地震的经度、纬度和深度。

直方图根据直方的方向可以分为垂直直方图和水平直方图，也可以根据直方的长度的意义不同分为计数直方图和百分比直方图。

4.1.1 垂直直方图

GMT 中默认绘制垂直直方图。绘制直方图只需要一列数据，而上面的示例数据有三列。我们需要使用 **-i2** 选项将输入数据的第三列（GMT 中列号从 0 开始）传递给 **histogram**。

直接使用下面的命令:

```
gmt histogram eq.dat -i2 -png map
```

会得到如下报错信息:

```
histogram [ERROR]: Required argument for bin width not set
histogram [ERROR]: Option -T: Must specify bin width
histogram [ERROR]: Must specify either fill (-G) or lookup colors (-C), outline pen attributes (-W), or both.
```

报错信息告诉我们，**histogram** 需要使用 **-T** 选项指定直方的宽度。同时还需要使用 **-G** 指定直方的填充色，或使用 **-W** 指定直方边框的画笔属性。根据错误信息，我们向上面的命令增加了几个额外的选项：

- **-T5** 设置了统计时每一个直方的宽度是 5。该选项还可以更灵活地设置直方的最大最小值等属性，详见*histogram* 模块文档
- **-W1p** 设置直方的边框宽度为 1p
- **-Baf** 则为整张图加了一个自动的边框

```
gmt histogram eq.dat -Baf -T5 -W1p -i2 -png hist1
```

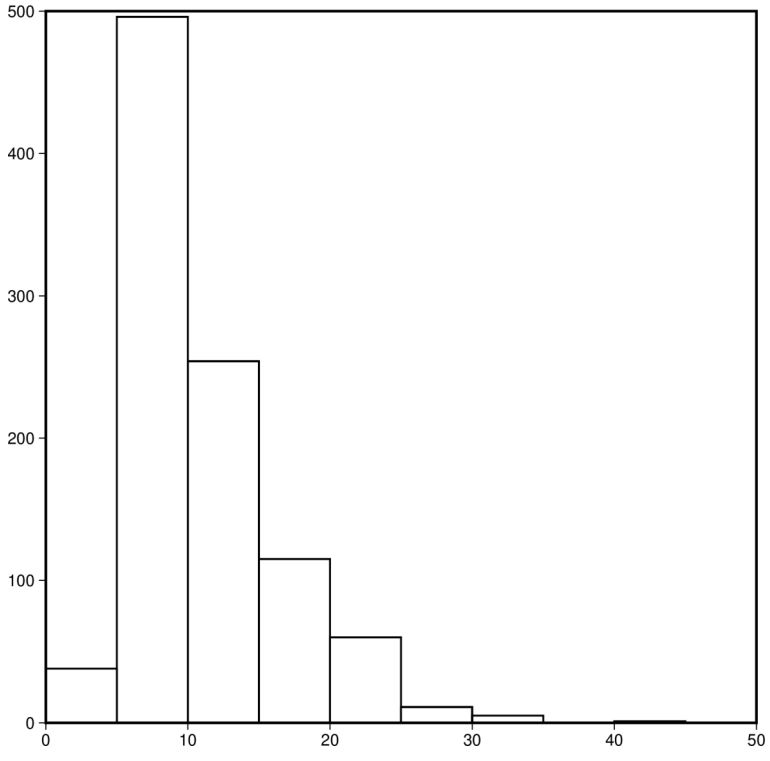


图 1: 垂直直方图

由此, 我们得到了一张非常简单的直方图。从直方图中我们对数据也有了基本的认识。直方图中横轴表示数据中地震深度范围集中在 0-40 千米。

4.1.2 增加修饰

为了让图形更加的美观, 我们可以添加一些选项:

```
gmt histogram eq.dat -JX15c/9c -R0/40/0/600 -Bxaf+l"Depth" -Byaf+l"Counts" -BWSen -D -W1p -Gred -T5 -i2 -png hist2
```

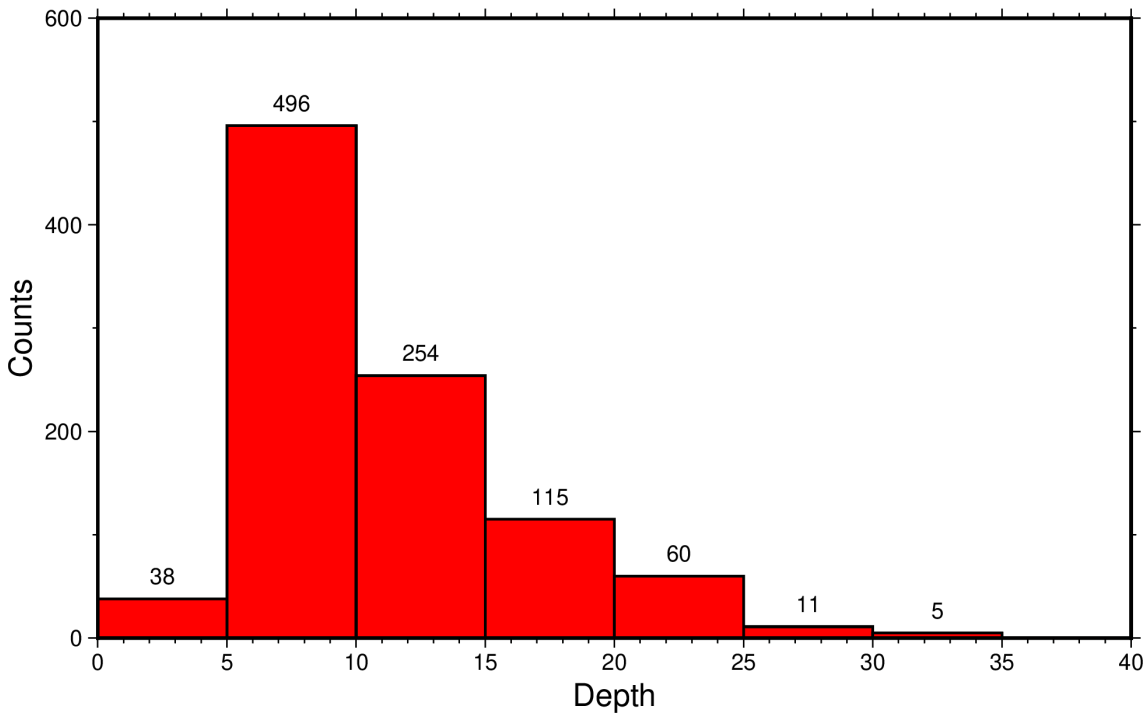


图 2: 添加选项的垂直直方图

- **-JX15c/9c** 指定了整张直方图的宽度和高度。若不指定, GMT 会自动指定一个合适的值
- **-R0/40/0/600** 设置了直方图的数据范围。若不指定, **histogram** 会自动确定最适合的数据范围。这里我们根据前图的统计结果指定了新的 **-R** 范围

- **-B** 选项用于指定底图边框和坐标轴属性
- **-Gred** 表示为直方填充红色
- **-D** 会在每个直方的上方标注该直方中的数量。该选项还可以接更多的子选项以控制标注的位置、字体和角度等

4.1.3 水平直方图

如果想要绘制水平直方图，只需要增加 **-A** 选项。需要注意的是，尽管水平直方图中横轴是地震数量，纵轴是地震深度，**-R** 选项中依然是深度在前、统计值在后，即与垂直直方图时保持一致。

```
gmt histogram eq.dat -JX15c/9c -R0/40/0/600 -Bxaf+l"Depth" -Byaf+l"Counts" -BWSen -A -D -W1p -Gred -T5 -i2 -png hist3
```

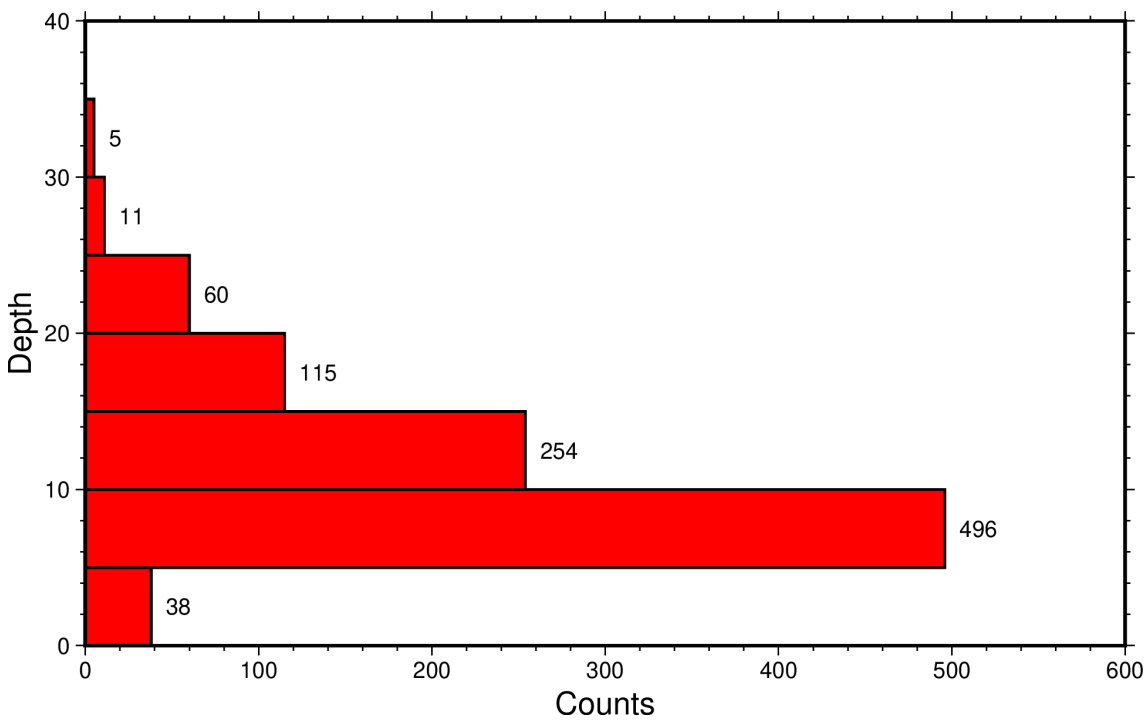


图 3: 水平直方图

4.1.4 百分比直方图

histogram 的 **-Z** 选项可以进一步控制统计图的类型。默认纵轴为统计数目。**-Z1** 表示绘制百分比直方图。

```
gmt histogram eq.dat -JX15c/9c -Bxaf+l"Depth" -Byaf+l"Counts"+u"%" -BWSen -Z1 -W1p -Gred -T5 -i2 -png hist4
```

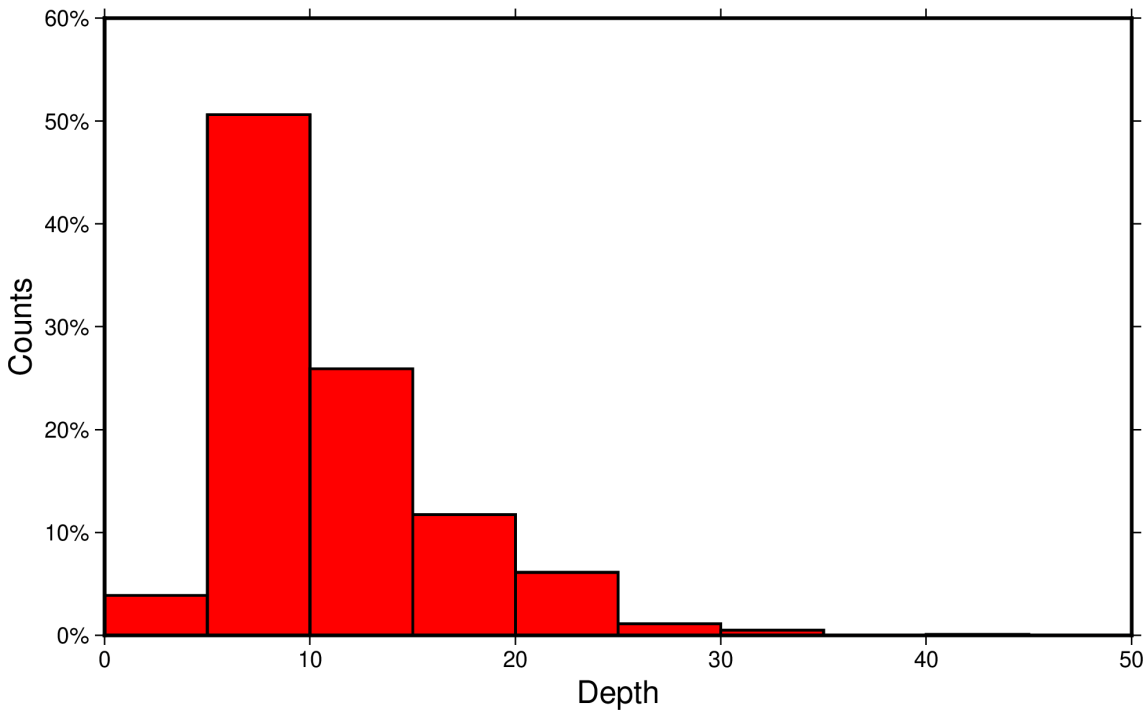


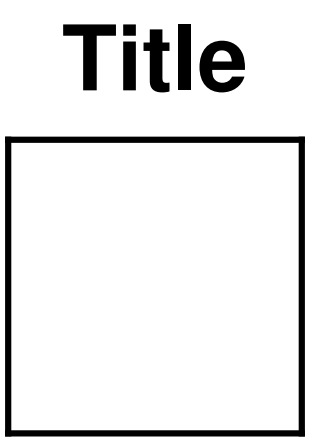
图 4: 添加选项的垂直直方图

这个命令中，由于纵轴的含义变了，之前的 **-R** 选项就不再合适了，因而我们去除了 **-R** 选项让 GMT 自动确定最佳数据范围。

4.2 设置配置参数

本节介绍 GMT 的配置参数及其设置方法。GMT 提供了 150 多个配置参数，用于控制图形的外观和数据的处理方式。这些配置参数一般都有默认值。有时，这些默认值并不合适。例如，下面这幅图的标题相对于底图大了一些，显得不协调。遇到类似的情况，可以自行设置相关配置参数，以细致地调节图形的外观或数据的处理方式。

```
gmt begin conf0
    gmt basemap -JX2c -R0/1/0/1 -Bwsen+t'Title'
gmt end show
```



要设置配置参数，就需要依次解决两个问题：第一个问题是确定需要修改的配置参数的名称，第二个问题是如何修改。所以，本节先介绍如何确定配置参数的名称，再介绍配置参数的设置方法。

4.2.1 确定配置参数的名称

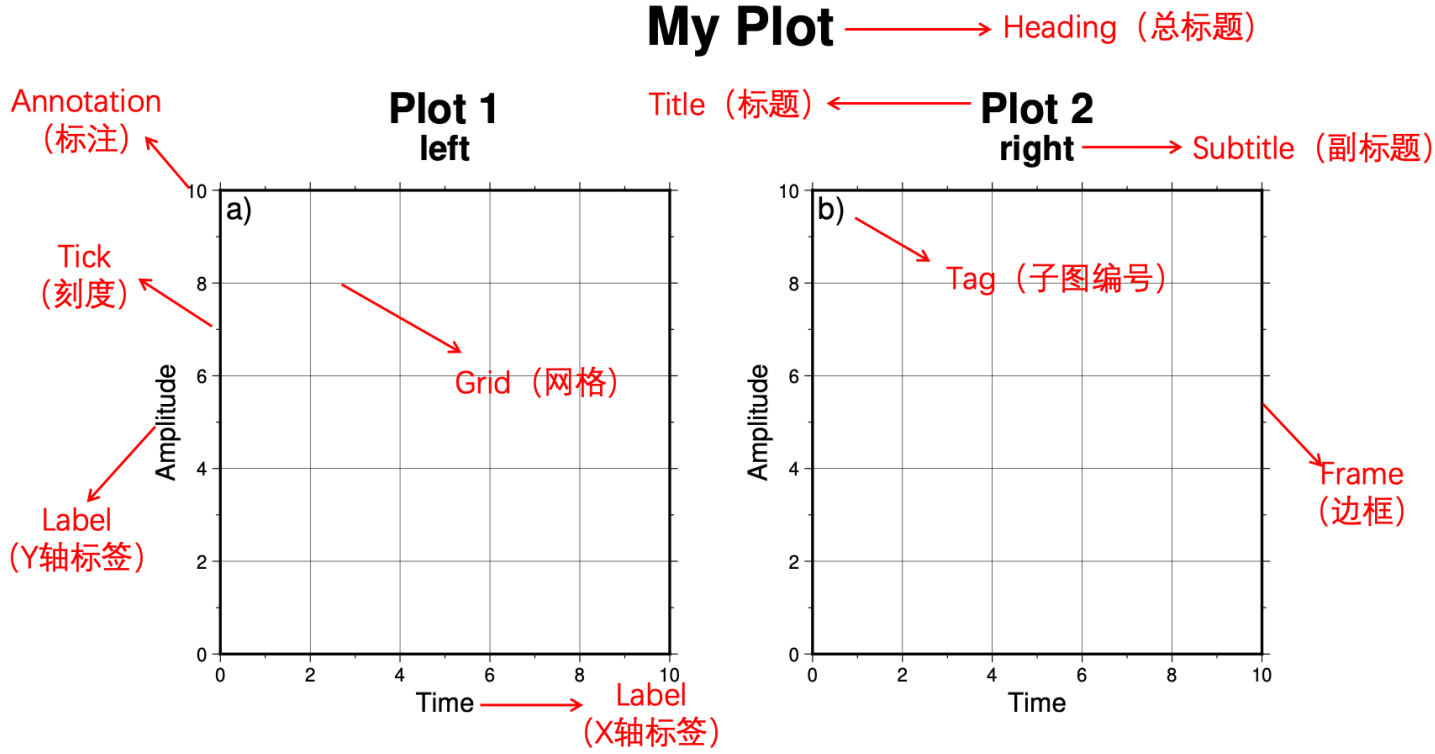
使用*gmtdefaults*模块可以列出所有配置参数及其默认值。配置参数的名称是由它控制的元素的属性决定的，所以根据元素或属性的名称，即可找到对应的配置参数。上面的例子中的问题是标题的字体太大，因此需要修改的配置参数的元素是标题（TITLE），而属性是字体（FONT）。执行 `gmt defaults` 命令并用 `grep` 命令进行筛选，可以找到所有与标题（TITLE）有关的参数:

```
$ gmt defaults | grep TITLE
FONT_TITLE                      = 24p,Helvetica,black
MAP_TITLE_OFFSET                = 14p
```

下面的命令可以找到和字体（FONT）有关的参数:

```
$ gmt defaults | grep FONT
# FONT Parameters
FONT_ANNOT_PRIMARY              = 12p,Helvetica,black
FONT_ANNOT_SECONDARY            = 14p,Helvetica,black
FONT_HEADING                    = 32p,Helvetica,black
FONT_LABEL                      = 16p,Helvetica,black
FONT_LOGO                       = 8p,Helvetica,black
FONT_TAG                        = 20p,Helvetica,black
FONT_TITLE                      = 24p,Helvetica,black
```

下图展示了 GMT 绘图时底图中各个元素的英文名称以及本手册中对应的中文名称。建议读者记住底图各个元素的中英文名称以方便查找和修改。



4.2.2 配置参数的设置方法

配置参数的设置有两种方法：一种为全局设置，对设置以后的所有命令都有效。另一种为临时设置，只对该条命令有效。下面以配置参数*FONT_TITLE* 为例，介绍全局和临时设置标题（TITLE）的字体（FONT）的方法。

全局设置需要使用*gmtset* 模块。用*gmtset* 模块做的设置对之后的所有命令都有效。在下面的例子中，使用*gmtset* 模块全局设置了标题的字体为 `12p,Times-Bold,red`，所以两个标题的字体都发生了相应的改变。

```
gmt begin conf1
    gmt set FONT_TITLE 12p,Times-Bold,red # 全局设置标题的字体
    gmt basemap -JX5c -R0/1/0/1 -Bwsen+t'Title One'
    gmt basemap -JX5c -R0/1/0/1 -Bwsen+t'Title Two' -X6c
gmt end show
```

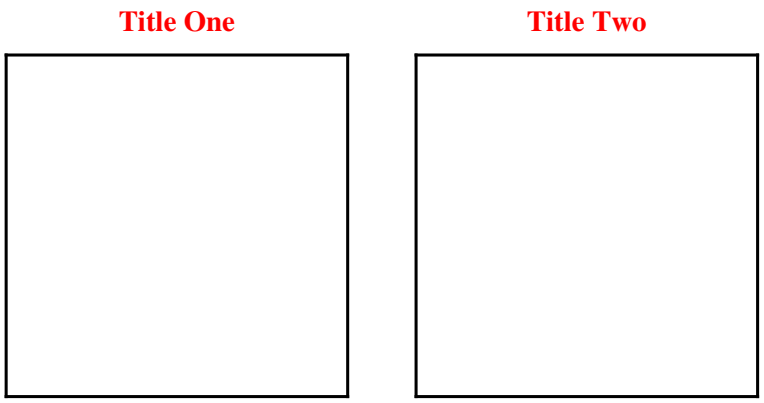


图 5: 标题字体的全局设置

临时设置则是通过为命令添加选项 **--KEY**=*value* 的形式实现的，其中 **KEY** 是配置参数的名称，*value* 是配置参数的值。在下面的例子中，在绘制左边的底图时使用了选项 `--FONT_TITLE=12p,Times-Bold,red`，所以该底图的标题的字体是红色的。由于临时设置仅对当前命令有效，其不会影响到接下来的其它命令。因而右边的底图的标题属性依然是*FONT_TITLE* 的默认值。

```
gmt begin conf2
    gmt basemap -JX5c -R0/1/0/1 -Bwsen+t'Title One' --FONT_TITLE=12p,Times-Bold,red
    gmt basemap -JX5c -R0/1/0/1 -Bwsen+t'Title Two' -X6c
gmt end show
```

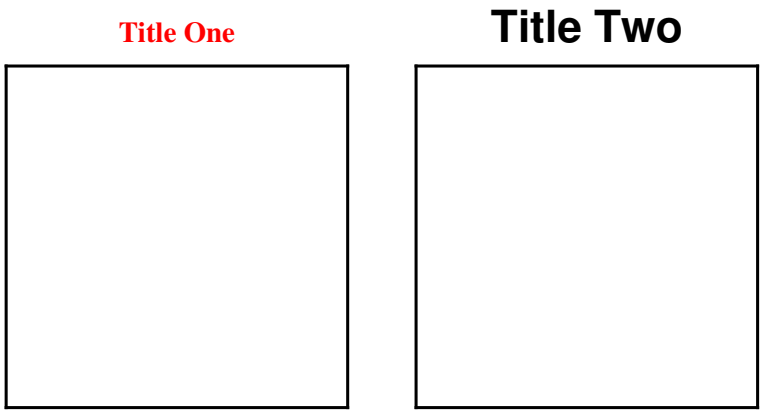


图 6: 标题字体的临时设置

4.3 GMT 单行模式

在之前的教程中, 有很多示例都只需要一个 GMT 命令即可完成绘图。比如:

```
gmt begin GlobalMap
    gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
gmt end show
```

在这种简单的情况下, 每次都需要写 **gmt begin** 和 **gmt end** 未免有些麻烦。

针对这种简单情况, GMT 提供了“单行模式”。即当绘图只需要一个 GMT 命令时, 可省略 **gmt begin** 和 **gmt end**, 只需要在绘图命令后加上 **-***format figname* 即可。

例如, 上面的三行命令可以用单行模式写成一行命令:

```
gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot" -pdf,png GlobalMap
```

命令一下子就简单了很多, 也可以直接将命令复制粘贴到终端执行。

显然, 单行模式只适用于单个命令成图的情况, 而大部分实际绘图都需要多个命令才能实现。

> **备注**
>
> GMT 官方文档以及本手册中, 很多示例都只需使用单个 GMT 命令来展示某个模块的用法或某个选项的绘图效果。
>
> 出于简化代码的考虑, 本手册中的很多演示示例都采用了 GMT 单行模式。读者应理解其中的差异, 并了解如何修改单行模式的命令并应用到自己的实际绘图脚本中。

4.4 GMT 图中图模式

在绘制区域地图时, 为了更清晰地显示研究区域的地理位置, 通常会额外绘制一个更大区域范围的地图, 并在大区域地图中标记出研究区域的位置。这种图称之为 inset map。中文没有统一的翻译, 大家一般称之为图中图、小图、插页图或区位图。

GMT 中*inset* 模块用于管理图中图模式。图中图模式以 **inset begin** 开始, 并以 **inset end** 结束。

使用 **inset begin** 进入图中图模式, 其作用是在纸张上规划出一个矩形区域, 并将绘图原点移动到该矩形区域的左下角。接下来的所有绘图命令均只在该区域内进行操作。当使用 **inset end** 结束图中图模式时, 绘图原点会自动恢复到图中图模式之前的位置, 且所有设置参数都将回到之前的状态。

4.4.1 用矩形框标记研究区域

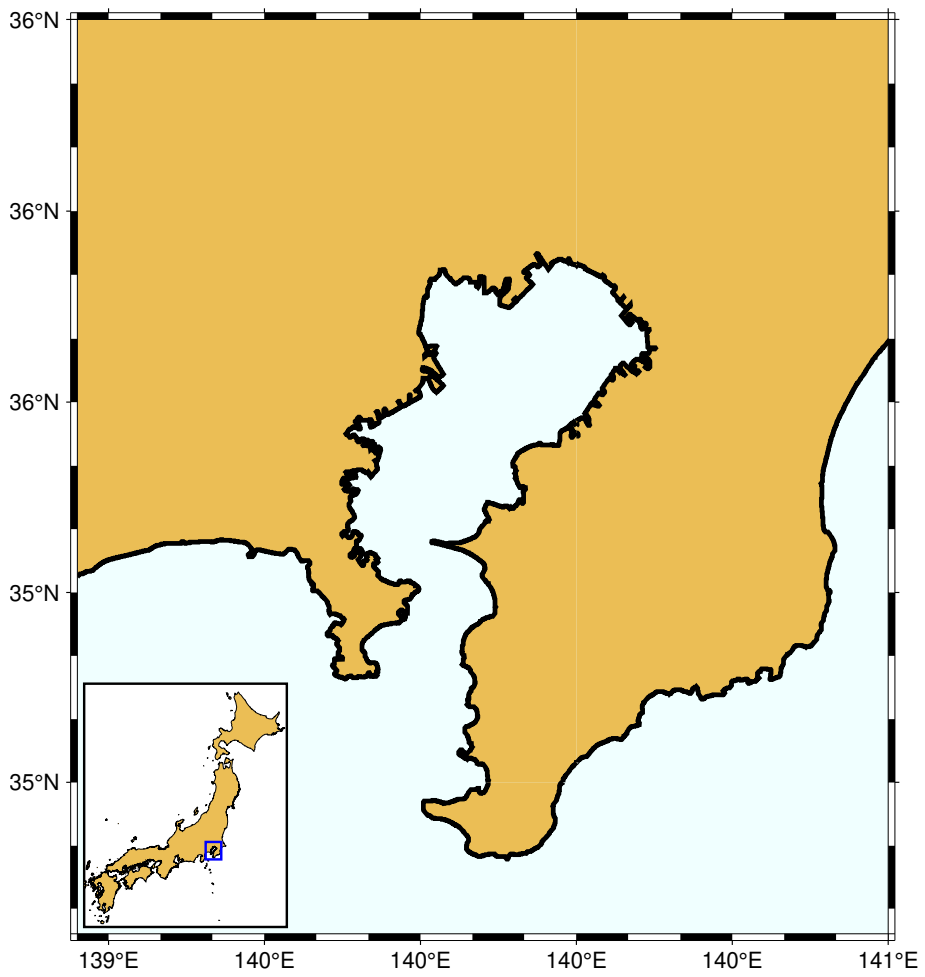
下面的示例中研究区域为日本东京周围的一个小区域。为了展示其地理位置, 我们在大图的左下角的小图中绘制了日本全图, 同时在小图中用矩形框出了大图中的研究区域范围。

inset begin 定义了小图的位置位于大图左下角（**-DjBL**）, 小图区域的宽度为 3 厘米, 高度为 3.6 厘米（**+w3c/3.6c**）, 并且相对大图左下角偏移 0.1 厘米（**+o0.1c**）。同时还设置了小图区域的背景色为白色（**+gwhite**）, 并绘制了小图区域的边框（**+p1p**）。

在小图区域内, 我们使用 **coast** 模块绘制了日本全图, 小图投影参数为 **-JM?**, 其中 **?** 表示根据 **inset begin** 中 **-D** 选项指定的宽度自动决定小图宽度。同时我们使用 **plot** 模块的 **-Sr+s** 选项在小图中绘制了一个对应于

大图区域的矩形框，该命令需要输入矩形区域的两个对角顶点的经纬度。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin inset-map
    gmt coast -R139.2/140.5/34.8/36 -JM12c -Baf -BWSne -W2p -A1000 -Glightbrown -Sazure1 --FORMAT_GEO_MAP=dddF
    gmt inset begin -DjBL+w3c/3.6c+o0.1c -F+gwhite+p1p
        gmt coast -R129/146/30/46 -JM? -EJP+glightbrown+p0.2p -A10000
        # Plot a rectangle region using -Sr+s
        echo 139.2 34.8 140.5 36 | gmt plot -Sr+s -W1p,blue
    gmt inset end
gmt end show
```

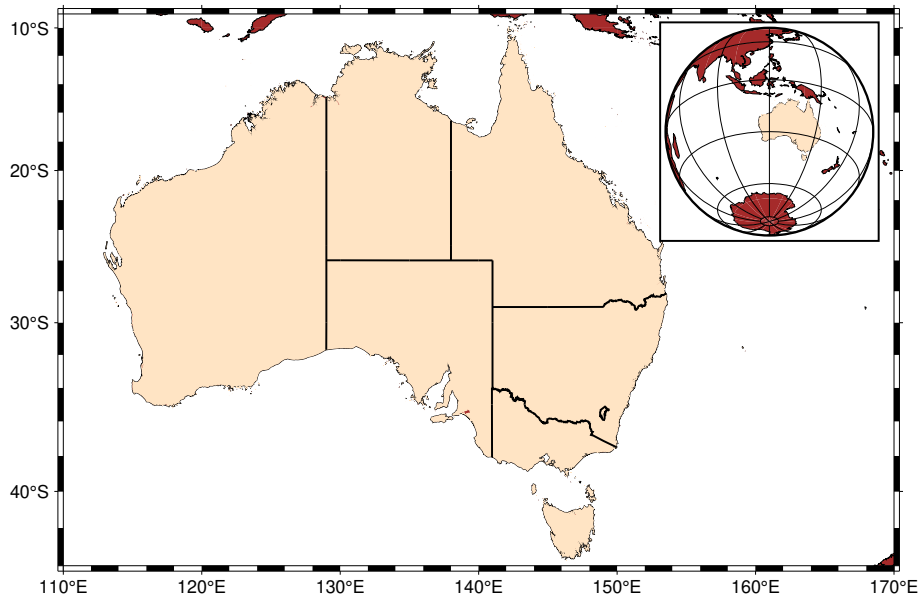


4.4.2 用颜色标记研究区域

下面的示例中研究区域为澳大利亚。为了展示其地理位置，我们在大图的右上角区域绘制了全球地图，并用特殊的颜色将澳大利亚区域标记出来。

inset begin 定义了小图的位置位于大图右上角（**-DjTR**），小图区域宽度为 1.5 英寸（**+w1.5i**）。同样的，在小图内部我们在需要指定地图宽度的地方使用了 **?** 让 GMT 自动帮我们决定小图的宽度。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin inset-example
    gmt coast -R110E/170E/44S/9S -JM6i -B -BWSne -Wfaint -N2/1p -Gbrown -EAU+gbisque
    gmt inset begin -DjTR+w1.5i+o0.15i/0.1i -F+gwhite+p1p+c0.1c
        gmt coast -JG120/30S/? -Rg -Bg -Wfaint -Gbrown -EAU+gbisque -A5000
    gmt inset end
gmt end show
```



4.5 GMT 子图模式

有些时候, 尤其是发表文章时, 需要将多张独立的图放在一张图中, 并编号 abcd, 一般称这些独立的图为子图。

GMT 中有两种方式可以绘制多子图:

- 常规方式: 在绘图时使用*-X 和 -Y 选项* 手动移动每个子图的原点
- 现代方式: 使用*subplot* 模块提供的子图模式来布局和管理多子图

现代方式更加简洁易用, 建议使用现代方式。仅当图片非常复杂或不规则时, 才推荐使用常规方式。

4.5.1 子图布局

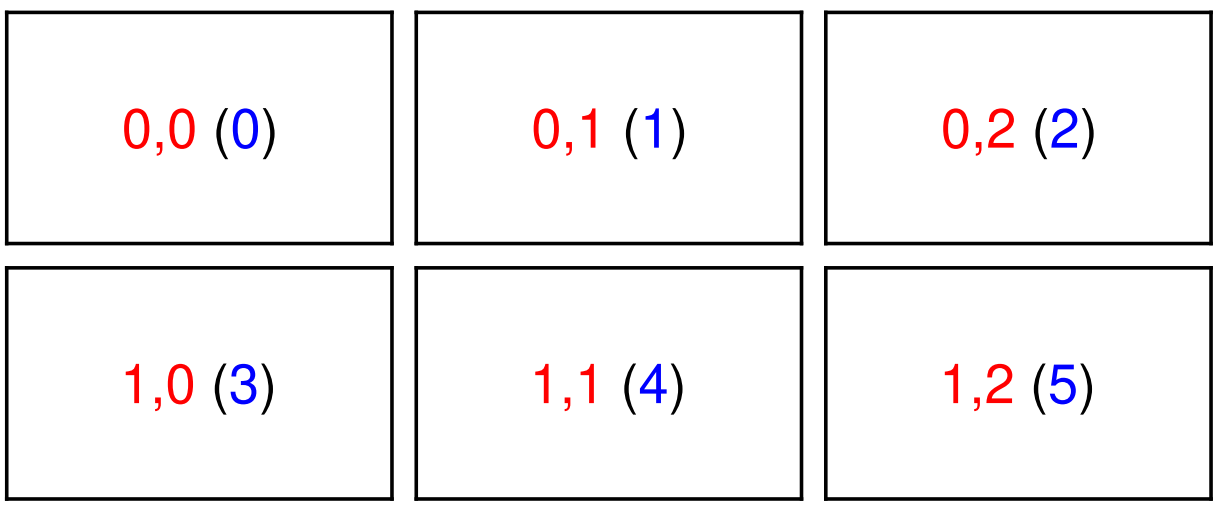
subplot 模块提供的子图模式可以非常方便地绘制多子图。

subplot begin 用于设计子图的布局、尺寸以及其它属性。其将整张画布划分为 N 行 M 列的规则网格区域, 每个网格区域内都可以包含一张独立的子图。例如:

```
gmt subplot begin 2x3 -Fs5c/3c
```

定义了一个 2 行 3 列的子图布局, 注意中间为小写英文字母 **x**, 不是星号或其他符号。**-Fs5c/3c** 则指定了每个子图区域的宽度为 5 厘米, 高度为 3 厘米。相邻子图之间的间隔则可以用 **-M** 选项控制。最终得到的子图布局如下图所示:

Source Code



subplot set 用于激活指定的子图，接下来的所有绘图命令都将在该子图内进行绘制。为了指定某个子图，则需要知道每个子图的编号。GMT 中可以通过 **行号**, **列号**或者 **索引号**（即第几个子图）的方式来指定子图。

> **备注**
>
> 行号、列号和索引号，均从 0 开始起算。因而对于一个 N 行 M 列的子图布局而言，行号为 0 到 N-1，列号为 0 到 M-1，索引号为 0 到 N*M-1。

上图中同样给出了每个子图的编号，图中红色数字为子图的行列号，而括号中的蓝色数字则是子图的索引号。因而，你可以使用如下命令中的任意一个来激活第三个子图，接下来的所有绘图命令均只在第三个子图内进行:

```
gmt subplot set 1,0

gmt subplot set 3
```

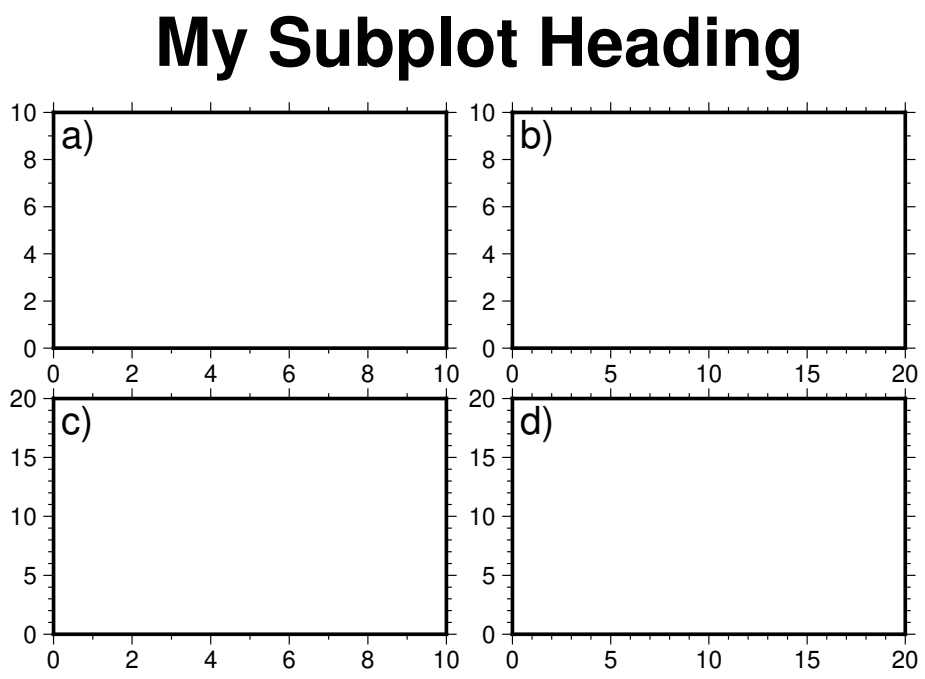
最后记得使用 **subplot end** 退出子图模式:

```
gmt subplot end
```

4.5.2 第一张子图

下面就利用上面学到的知识绘制一张 2 行 2 列的子图。

```
gmt begin map
  gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/3c -A -M0.2c/0.1c -T"My Subplot Heading"
    gmt subplot set 0
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX? -Baf -BWSen

    gmt subplot set 1
    gmt basemap -R0/20/0/10 -JX? -Baf -BWSen

    gmt subplot set 2
    gmt basemap -R0/10/0/20 -JX? -Baf -BWSen

    gmt subplot set 3
    gmt basemap -R0/20/0/20 -JX? -Baf -BWSen
  gmt subplot end
gmt end show
```



在这个例子中, 我们用 **subplot begin** 定义了一个 2 行 2 列 (**2x2**) 的子图布局, 每个子图区域宽 5 厘米高 3 厘米 (**-Fs5c/3c**)。除此之外, 我们还使用了一些可选选项对图的细节进行微调:

- **-A**: 对每个子图进行自动编号 abcd
- **-M0.2c/0.1c**: 调整相邻子图之间的空白距离, X 方向间隔为 0.2 厘米, Y 方向间隔为 0.1 厘米
- **-T"My Subplot Heading"**: 为整张图加上一个总标题
- 调整子图编号的大小 (*FONT_TAG*)、总标题文字大小 (*FONT_HEADING*) 以及总标题相对于底图的偏移量 (*MAP_HEADING_OFFSET*)

在子图模式内, 我们使用 **subplot set 0** 的方式依次激活每个子图。在每个子图内绘图时, 我们使用了线性投影方式 **-JX?**。通常我们需要指定图片的宽度或高度, 这里我们使用了 **?** 让 GMT 根据子图区域的大小自动帮我们选择最合适的子图宽度。

小技巧

本示例中使用了如下命令来依次激活四个子图:

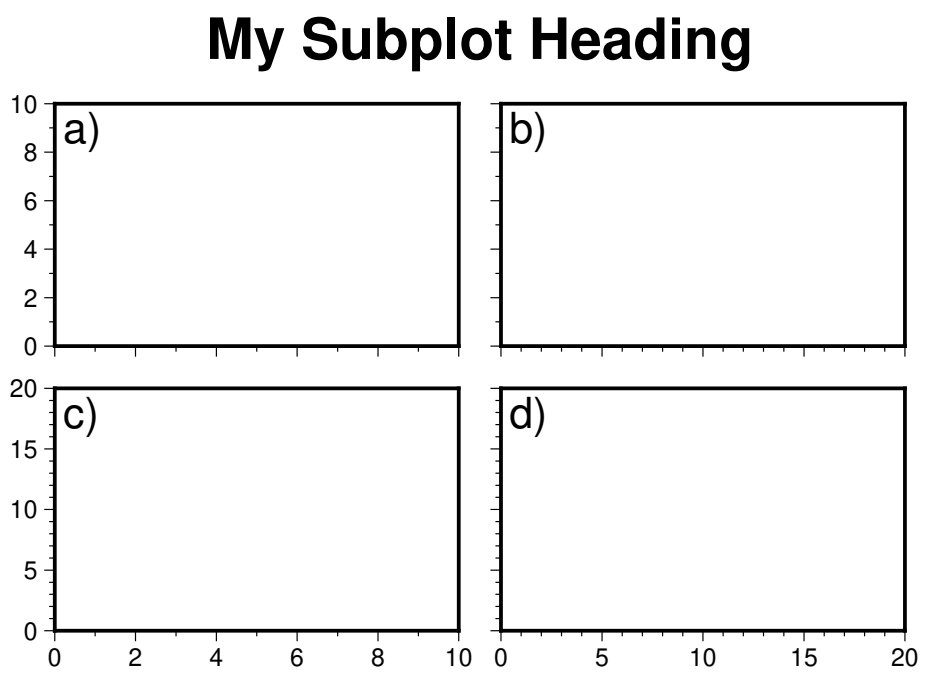
```
gmt subplot set 0
gmt subplot set 1
gmt subplot set 2
gmt subplot set 3
```

实际上, 我们可以直接使用 **subplot set** 而不指定子图编号, GMT 会自动为我们激活 "下一个" 子图。

4.5.3 共用 X/Y 轴

上面示例中的四张子图, 每行的两张子图有相同的 Y 轴范围, 每列的两张子图有相同的 X 轴范围。此时可以使用 **-S** 选项设置各子图之间共用 X 或 Y 轴。

```
gmt begin map
  gmt set FONT_TAG 15p FONT_HEADING 20p MAP_HEADING_OFFSET 10p
  gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/3c -A -M0.2c/0.2c -T"My Subplot Heading" -Srl -Scb -BWSrt
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX? -c
    gmt basemap -R0/20/0/10 -JX? -c
    gmt basemap -R0/10/0/20 -JX? -c
    gmt basemap -R0/20/0/20 -JX? -c
  gmt subplot end
gmt end show
```



-Srl 表示一行内 (row) 的子图共用 Y 轴, 且只在左边 (l) 轴显示标注, **-Scb** 表示一列内 (column) 的子图共用 X 轴, 且只在底部 (b) 轴显示标注。

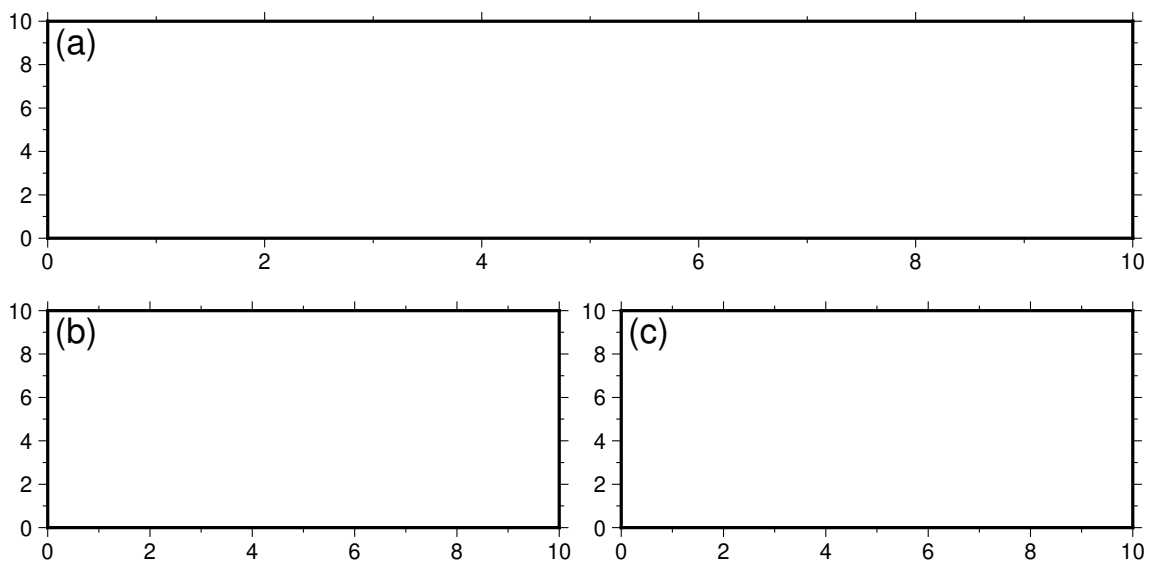
当然你也可以不使用 **-S** 选项, 而是在每个子图中使用不同的 **-B** 选项分别为每个子图设置不同的轴属性。

4.5.4 复杂布局

subplot 目前尚不支持嵌套。如果想要使用更复杂的子图布局, 可以多次调用 **subplot** 并进行人工的调整。

下面的示例中线绘制了一个一行两列的子图布局, 然后在其上方绘制了一个等宽的一行一列的子图布局。

```
gmt begin complex-subplot
  gmt subplot begin 1x2 -Ff15c/3c -A'(b)' -BWSen
    gmt subplot set 0
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX?
    gmt subplot set 1
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX?
  gmt subplot end

  gmt subplot begin 1x1 -Ff15c/3c -A'(a)' -Yh+1c
    gmt subplot set 0
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX? -BWSen -Bxa2f1 -Bya2f1
  gmt subplot end
gmt end show
```



备注

小括号 () 在 Bash 中有特殊含义, 所以子图标签 (a) 两边加了单引号, 避免 Bash 对小括号进行解释。编写 Batch 脚本的 Windows 用户不可以使用单引号, 但是可以使用双引号, 或者不使用引号。

4.6 GMT 多图模式

如果你想要在一个脚本中同时绘制多张图, 并且想要在多张图之间来回切换, 则需要使用*figure* 模块。

figure 的用法与*begin* 相同, 唯一的区别在于, 你可以在 **gmt begin** 和 **gmt end** 中多次使用 **gmt figure** 来创建新图, 或激活已有的图。

下面的示例中, 我们使用 **figure** 模块在一个脚本中指定了两张图, 并不断在两张图之间来回切换:

```
gmt begin
    # Create Fig1 and plot a base map in Fig1
    gmt figure Fig1 png
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf

    # Create Fig2 and plot a base map in Fig2
    gmt figure Fig2 png
    gmt basemap -R0/5/0/5 -JX10c -Baf

    # Switch back to Fig1 and plot a circle
    gmt figure Fig1
    echo 5 5 | gmt plot -Sc1c -W2p

    # Switch back to Fig2 and plot a triangle
    gmt figure Fig2
    echo 1 2 | gmt plot -St1c -W1p
gmt end show
```

最终会生成两张图, 第一张图中在底图中绘制了圆圈, 第二张图中则在底图中绘制了三角形。

第 5 章　社区绘图实例

5.1 绘制点线图及图例

示例贡献者

liaoweiyang2017、田冬冬

---

plot 模块可以绘制散点图也可以绘制线段，但不直接支持绘制点线图。

想要绘制点线图，则需要对同一数据两次调用*plot* 模块。第一次调用使用 **-S** 选项绘制符号，第二次调用不使用 **-S** 选项绘制线段。

若要绘制图例，则需要手动准备图例文件。图例文件的具体语法见*legend* 模块。准备图例文件主要是如下三个步骤：

1. 生成符号对应的图例条目
2. 使用图例文件的 `G` 记录将接下来的图例条目上移 N 行，N 为符号图例条目的数目
3. 生成线段对应的图例条目

下面的示例中在绘制三个数据时使用了不同属性的点线，并绘制对应的图例。

```
#!/usr/bin/env bash
#
# 绘制点线图及图例
#
gmt begin legend_ex2
gmt basemap -R-0.2/4.2/0/7 -JX16c/8c -Bxa1+l"Number of iterations" -Bya1+l"Normalized RMS" -BWSrt

# data 1
cat > 1.txt << EOF
0 6.680
1 1.18
2 0.861
3 0.533
4 0.374
EOF
gmt plot 1.txt -Ss0.4c -W1p,DEEPSKYBLUE
gmt plot 1.txt -W1p,DEEPSKYBLUE

# data 2
cat > 2.txt << EOF
0 6.458
1 2.423
2 0.789
3 0.523
4 0.304
EOF
gmt plot 2.txt -Sc0.4c -W1p,BROWN1
gmt plot 2.txt -W1p,BROWN1

# data 3
```

(续下页)

(接上页)

```
cat > 3.txt << EOF
0 6.627
1 3.223
2 0.650
3 0.507
4 0.289
EOF
gmt plot 3.txt -Sa0.4c -W1p,PURPLE
gmt plot 3.txt -W1p,PURPLE

# 制作图例文件
# 设置不同的符号
# symbol space legend type length (-) thickness,color space LegendName
echo S 0.2c s 0.3c - 0.8p,DEEPSKYBLUE 0.8c Line1 >> legends.txt
echo S 0.2c c 0.3c - 0.8p,BROWN1 0.8c Line2 >> legends.txt
echo S 0.2c a 0.3c - 0.8p,PURPLE 0.8c Line3 >> legends.txt
# 上移 3 行
echo G -3l >> legends.txt
# 设置不同的线段
echo S 0.2c - 0.6c - 0.8p,DEEPSKYBLUE 0.8c >> legends.txt
echo S 0.2c - 0.6c - 0.8p,BROWN1 0.8c >> legends.txt
echo S 0.2c - 0.6c - 0.8p,PURPLE 0.8c >> legends.txt
gmt legend legends.txt -DjTR+l1.2+o0.2c/0.2c -F+p1p

rm legends.txt 1.txt 2.txt 3.txt
gmt end show
```

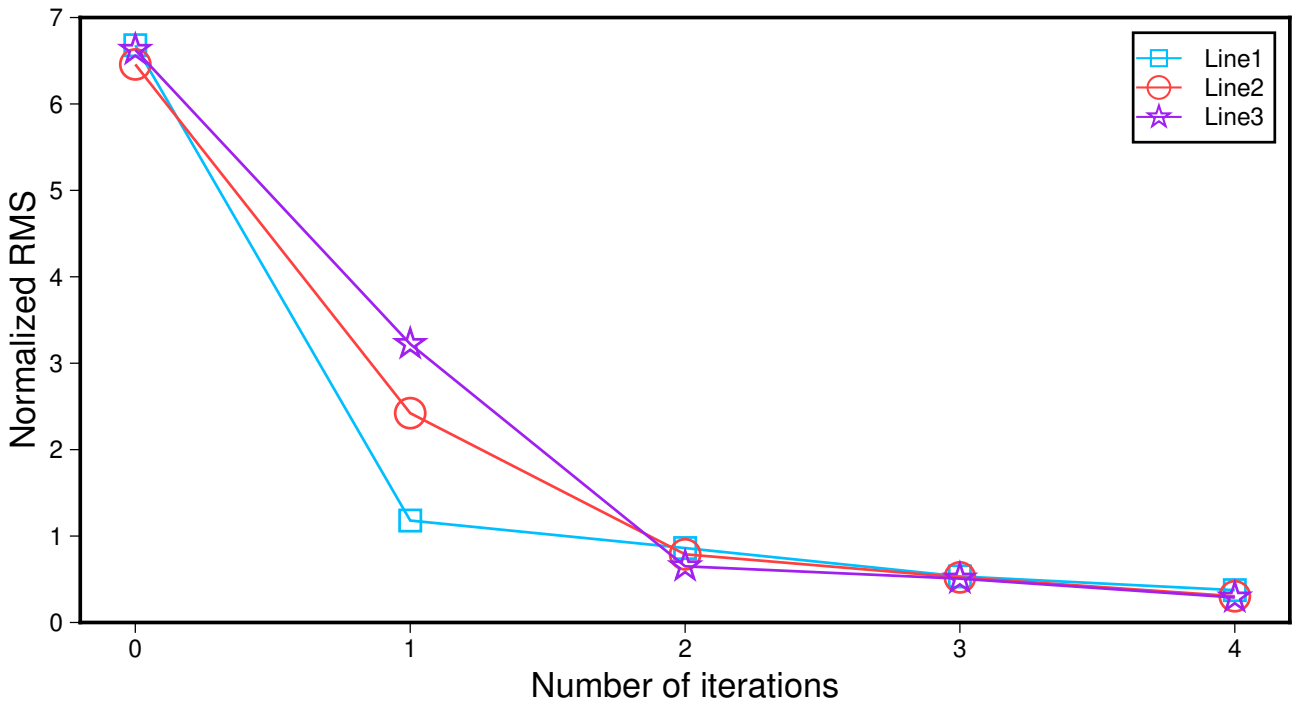


图 1: 绘制点线图及其图例

5.2 绘制地球内部主要界面

示例贡献者

田冬冬 (作者)、姚家园 (修订)

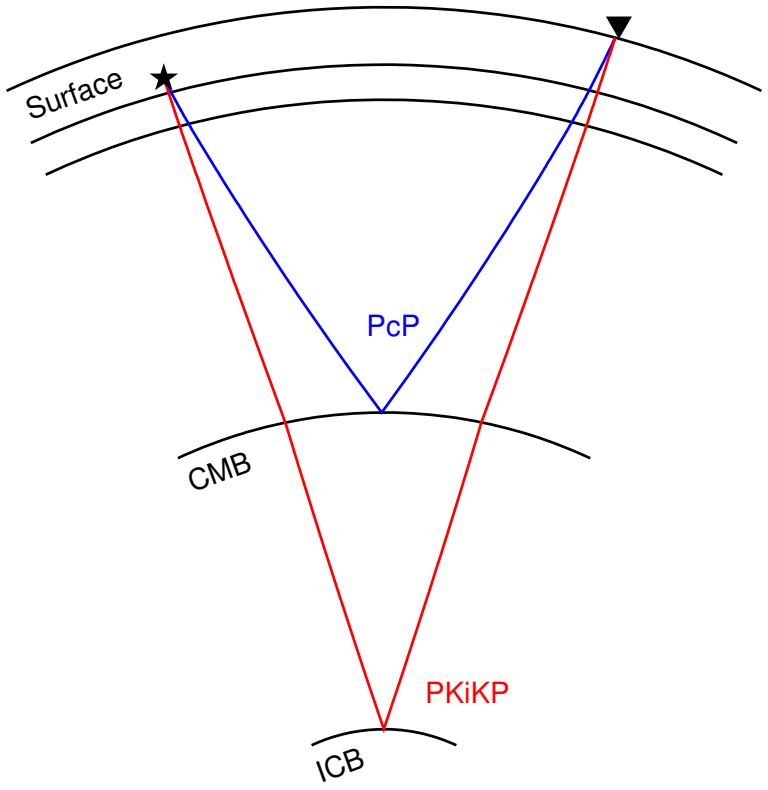
在利用地震波研究地球深部结构时，经常需要绘制震相在深度剖面下的射线路径，同时也需要绘制地球内部的主要界面。

震相的射线路径可以用 TauP 提供的 `taup_path` 命令计算得到，然后在极坐标系 `-JP` 中绘制。难点在于如何绘制几个主要界面。

本示例将展示如何绘制震中距为 30 度的 PcP 和 PKiKP 震相的射线路径，同时绘制地球内的 410、660 界面以及 CMB 和 ICB。脚本中调用 TauP 计算射线路径。没有安装 TauP 的用户可以直接下载示例射线路径数据 PKiKP.raypath.gmt 和 PcP.raypath.gmt。

绘图脚本如下：

```
#!/usr/bin/env bash
#
# 绘制地球内部主要界面
#

gmt begin earth-discontinuities
gmt set MAP_GRID_PEN_PRIMARY 1p
# 绘制地表
gmt basemap -JP10c+a+t15 -R-10/40/0/6371 -Byg6371 -BS
# 绘制 410 界面
gmt basemap -Byg6371+5961 -BS
# 绘制 660 界面
gmt basemap -Byg6371+5711 -BS
# 绘制 CMB
gmt basemap -Byg6371+3480 -BS
# 绘制 ICB
gmt basemap -Byg6371+1221 -BS

# 计算震相的射线路径，用户需安装 TauP，并取消以下注释
# taup_path -mod prem -ph PcP -h 300 -deg 30 -o PcP.raypath
# taup_path -mod prem -ph PKiKP -h 300 -deg 30 -o PKiKP.raypath

# 绘制震相的射线路径
gmt plot PcP.raypath.gmt -W1p,blue
gmt plot PKiKP.raypath.gmt -W1p,red

# 绘制震源和台站位置
gmt plot -S -Gblack -N << EOF
0 6071 0.4c a
30 6471 0.4c i
EOF

# 添加标注
gmt text -F+f11p+a -N << EOF
-6 6170 20 Surface
-6 3280 20 CMB
-3 1020 20 ICB
16 4100 0 @;blue;PcP@;;
37 1600 0 @;red;PKiKP@;;
EOF
gmt end show
```



脚本使用了五次 basemap 命令, 分别绘制五个界面:

- 第一次用于绘制地表: -Byg6371 表明要在 Y 方向 (极坐标下即 R 方向) 以 6371 为间隔绘制网格线, 由于地球半径是 6371, 所以理论上会在 R=0 和 R=6371 两处绘制网格线。-BS 的作用是只绘制 R=6371 处的网格线, 且只绘制网格线而不绘制刻度
- 第二次用于绘制 410 界面: 与前一命令基本相同, 唯一的区别是 -Byg6371+5961 中多了 +5961, 其作用是定义网格线的起算点, 即此时将在 R=5961 (即 410 界面) 处绘制网格线
- 其他同理

5.3 使用地形起伏数据对其他非地形起伏数据进行明暗调制

在使用*grdimage* 绘制非地形起伏的网格数据时, 有时会想要给绘制的图件加上地形起伏的效果, 使得图件在展示原始数据的同时还能显示地形变化, 且使得图片更加有立体感。

要实现这一需求, 通常需要两步走:

1. 使用*grdgradient* 模块对地形起伏数据生成地形起伏梯度文件
2. 使用*grdimage* 模块绘制网格数据, 同时 **-I** 选项指定前一步生成的地形起伏梯度文件

伪代码为:

```
gmt grdgradient earth-relief-data.nc -Gearth-relief-gradient.nc ...
gmt grdimage other-data.nc -Iearth-relief-gradient.nc ...
```

这一操作要求地形起伏数据、地形起伏梯度数据、要绘制的原始网格数据, 三者必须有相同的区域范围、网格间隔和网格配准 。因而, 实际应用时, 用户可能需要对地形起伏数据做裁剪 (*grdcut* 模块) 和重采样 (*grdsample* 模块)。

当要绘制的原始网格数据与地形起伏数据具有相同的区域范围、网格间隔和网格配准 时, 上面的伪代码可以简化为如下伪代码:

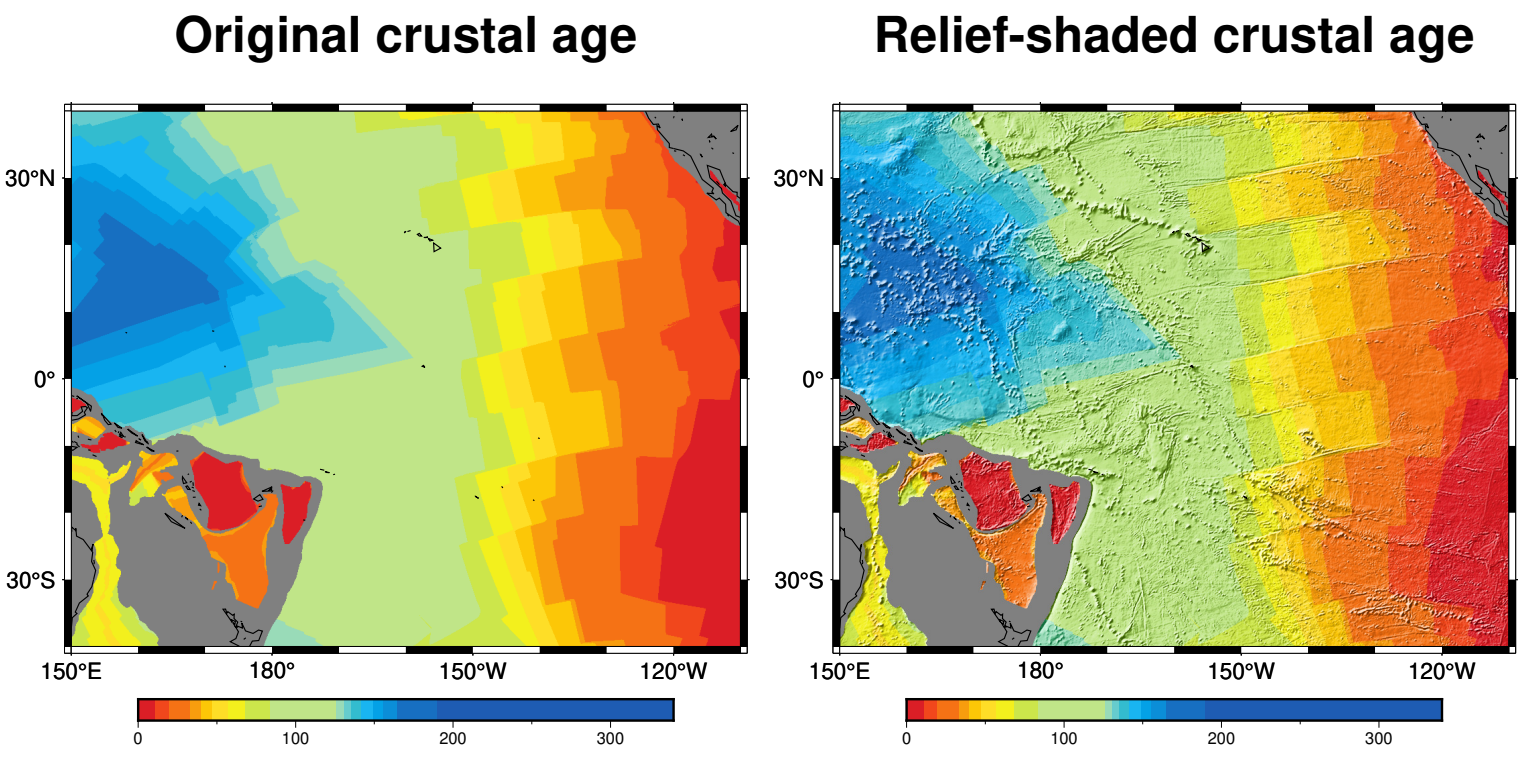
```
gmt grdimage other-data.nc -Iearth-relief-data.nc+d ...
```

在 -I 末尾加上 +d ，GMT 会自动计算地形起伏数据 earth-relief-data.nc 的梯度，并在绘制原始网格数据 other-data.nc 用自动计算出的梯度数据进行明暗调制。

下面的示例展示了在绘制洋壳年龄数据时如何增加地形起伏效果。原始洋壳年龄数据 @earth_age_06m 和地形起伏数据 @earth_relief_06m 具有相同的区域范围、网格间隔和配准方式，因而可以用上面提到的第二种方式直接绘制。

下图中，左图和右图分别是未加地形起伏效果和添加地形起伏效果的图件。

```
#!/usr/bin/env bash
#
# 以地形起伏进行明暗处理绘制其它数据
#
gmt begin relief-shaded-image
    gmt subplot begin 1x2 -Fs10c/10c -M0.5c

    # 未经地形起伏调制的洋壳年龄数据
    gmt subplot set 0
    gmt grdimage @earth_age_06m -R150/250/-40/40 -B+t"Original crustal age"
    gmt coast -W0.5p -Baf
    gmt colorbar -Baf50

    # 使用地形起伏进行明暗处理的洋壳年龄数据
    gmt subplot set 1
    gmt grdimage @earth_age_06m -R150/250/-40/40 -I@earth_relief_06m+d -B+t"Relief-shaded crustal age"
    gmt coast -W0.5p -Baf
    gmt colorbar -Baf50

    gmt subplot end
gmt end show
```



5.4 以地图和卫星图为底图

示例贡献者
陈箫翰

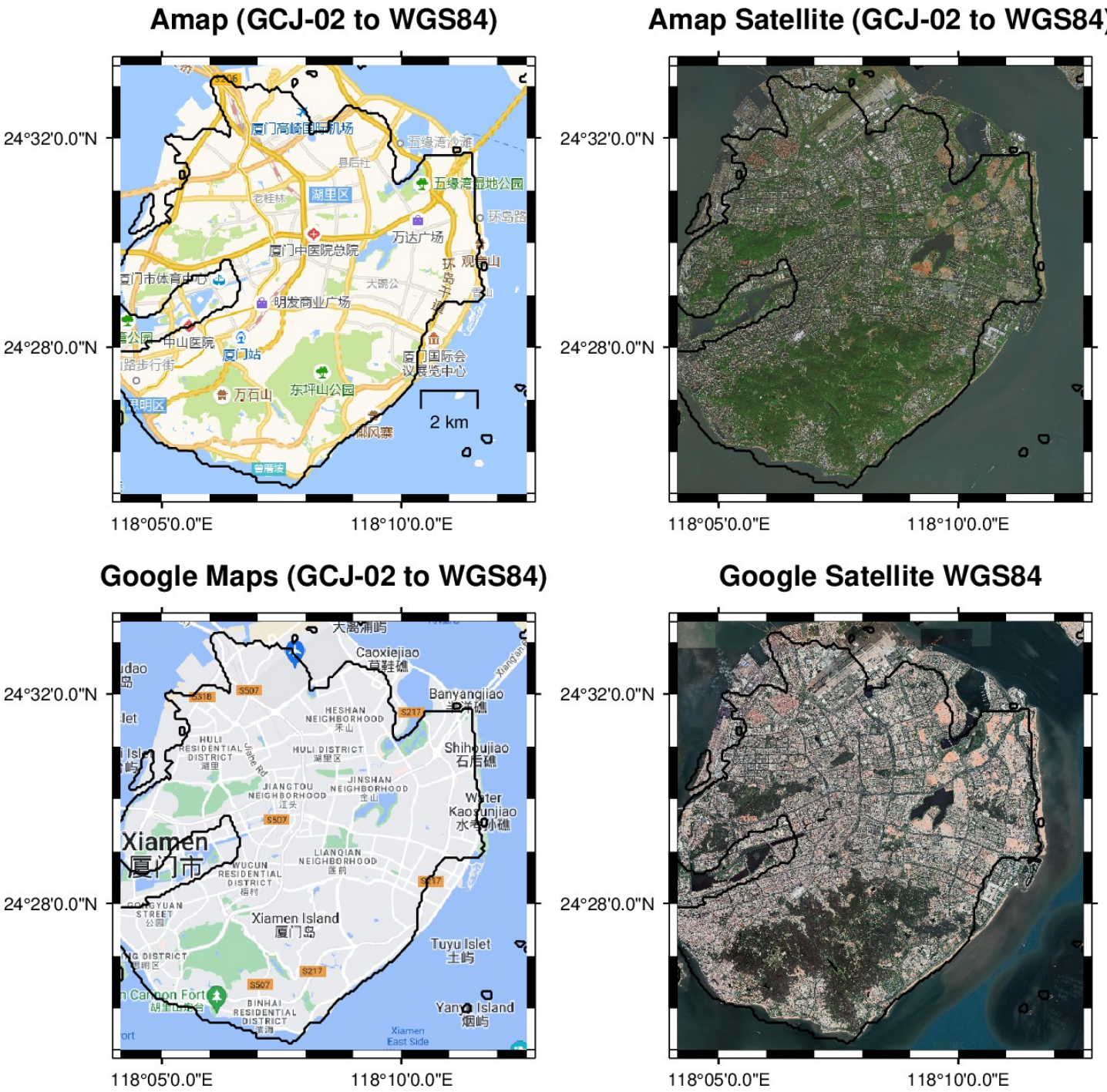
当绘图区域非常小时, GMT 自带的海岸线数据与地形数据精度较差, 不适宜用来绘制底图。对于这种情况, 读者可以使用公开的地图或卫星图接口（例如高德地图、谷歌地图等）绘制底图。GMT 没有下载此类地图的功能。google-map-downloader 中的 `downloader_gmtchina.py` 脚本支持可以下载高德地图及卫星图以及谷歌地图及卫星图。详细用法见 `google-map-downloader` 的官方说明文档。

以厦门市为例, 使用如下参数下载四种地图:

```
$ python downloader_gmtchina.py 118.055917 118.244753 24.399450 24.559724 12 google.tif google
$ python downloader_gmtchina.py 118.055917 118.244753 24.399450 24.559724 16 google_sat.tif google_sat
$ python downloader_gmtchina.py 118.055917 118.244753 24.399450 24.559724 12 amap.tif amap
$ python downloader_gmtchina.py 118.055917 118.244753 24.399450 24.559724 16 amap_sat.tif amap_sat
```

当绘图区域非常小时, 在 GMT 中可以使用“度: 分: 秒”的格式表示地理坐标, 避免计算小数。例如 `121:52:38.3` 表示东经 121 度 52 分 38.3 秒。下面的例子展示了绘制厦门市四种地图的示例。通过对比可见 GMT 自带的海岸线数据在绘图区域较小时准确性较差。

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin map
    # 设置绘图时以“度:分:秒”的格式显示坐标
    gmt set FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ss.xF
    # 设置标注、标题格式
    gmt set FONT_ANNOT 5p
    gmt set FONT_TITLE 8p
    gmt set MAP_TITLE_OFFSET 0p

    # 指定作图区域为东经118度4分9.1秒到118度12分36秒，北纬24度25分12.6秒到24度33分23秒
    # -Bxa5mf 设置经度标注间隔5分，-Bya4mf 设置纬度标注间隔4分
    gmt basemap -R118:04:09.1/118:12:36.0/24:25:12.6/24:33:23.0 -JM4c -Bxa5mf -Bya4mf -B+t"Amap (GCJ-02 to WGS84)"
    # 加载高德地图
    gmt grdimage amap.tif -Ve
    # 以最高精度绘制 GMT 自带的海岸线数据，并绘制比例尺
    gmt coast -W0.5p -Lg118:11:00/24:27:00+c118:11:00/24:27:00+w2k+u -Df

    # -X5.5c 将绘图原点右移5.5厘米
    gmt basemap -R118:04:09.1/118:12:36.0/24:25:12.6/24:33:23.0 -JM4c -Bxa5mf -Bya4mf -B+t"Amap Satellite (GCJ-02 to WGS84)" -X5.5c
    # 加载高德卫星图
    gmt grdimage amap_sat.tif -Ve
    gmt coast -W0.5p -Df

    # -X-5.5c 将绘图原点左移5.5厘米，-Y-5.5c 将绘图原点下移5.5厘米
    gmt basemap -R118:04:09.1/118:12:36.0/24:25:12.6/24:33:23.0 -JM4c -Bxa5mf -Bya4mf -B+t"Google Maps (GCJ-02 to WGS84)" -X-5.5c -Y-
↪5.5c
    # 加载谷歌地图
    gmt grdimage google.tif -Ve
    gmt coast -W0.5p -Df

    gmt basemap -R118:04:09.1/118:12:36.0/24:25:12.6/24:33:23.0 -JM4c -Bxa5mf -Bya4mf -B+t"Google Satellite WGS84" -X5.5c
    # 加载谷歌卫星图
    gmt grdimage google_sat.tif -Ve
    gmt coast -W0.5p -Df
gmt end show
```



5.5 双 Y 轴图

示例贡献者

陈箫翰

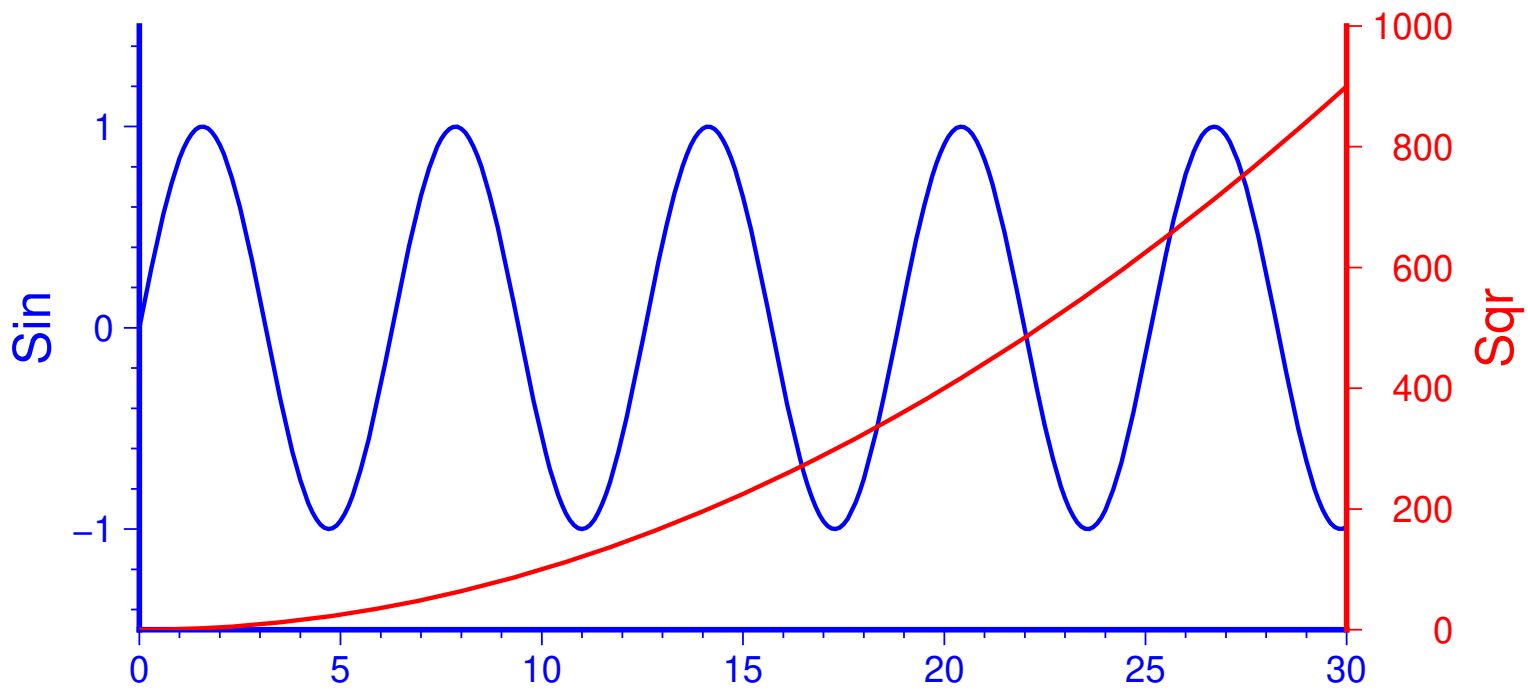
GMT 自身并没有绘制双 Y 轴图的功能，读者可以在相同位置绘制两个不同坐标系的图层，叠加在一起成为双 Y 轴图。示例如下：

```
gmt begin ex005
    # 用 gmt math 命令生成示例数据供接下来使用
    gmt math -T0/30/0.1 T SIN = sin.txt
    gmt math -T0/30/0.1 T SQR = sqr.txt

    # 首先绘制 Sin 函数图层
    # 设置坐标轴边框颜色、标注字体、刻度线、标签字体为蓝色
    gmt set MAP_FRAME_PEN blue MAP_TICK_PEN_PRIMARY blue
    gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY blue FONT_LABEL blue
    # 设置x轴，y轴自动间隔，只绘制下边框(S)和左边框(W)
    gmt basemap -R0/30/-1.5/1.5 -JX10c/5c -Bxaf -Byaf+lSin -BWS
```

(续下页)

(接上页)

```
    gmt plot sin.txt -W1p,blue

    # 然后绘制 sqr 函数图层，直接在相同位置叠加
    # 设置坐标轴边框颜色、标注字体、刻度线、标签字体为红色
    gmt set MAP_FRAME_PEN red FONT_ANNOT_PRIMARY red
    gmt set MAP_TICK_PEN_PRIMARY red FONT_LABEL red
    # -R选项中改变y轴的范围
    # x轴设置相同，y轴标注间隔100，只绘制右边框(E)
    gmt basemap -R0/30/0/1000 -JX10c/5c -Bxaf -Bya200+lSqr -BE
    gmt plot sqr.txt -W1p,red

    rm sin.txt sqr.txt
gmt end show
```



5.6 绘制颜色渐变的线段

示例贡献者

陈箫翰

绘制颜色渐变的线段，需要使用 `gmt convert` 进行数据处理，之后再使用 `gmt plot -Sv+s -W+cl -C` 绘图。

假设有一个飞机飞行跟踪数据，格式如下:

```
# 经度 纬度 高度
10.016 49.5493 18825
10.0032 49.5554 18700
10.0032 49.5554 18575
9.98304 49.5649 18531
9.97812 49.5673 18425
...
```

示例数据下载：`data.txt`

我们首先使用 `gmt convert` 命令将其变换为矢量格式:

```
gmt convert data.txt -Fv -o0:4
```

选项 `-Fv` 将原始的三列数据变换为向量起点终点格式:

```
# 原始数据的xyz值     原始数据里下一个点的xyz值
10.016  49.5493 18825   10.0032 49.5554 18700
10.0032 49.5554 18700   10.0032 49.5554 18575
10.0032 49.5554 18575   9.98304 49.5649 18531
...
```

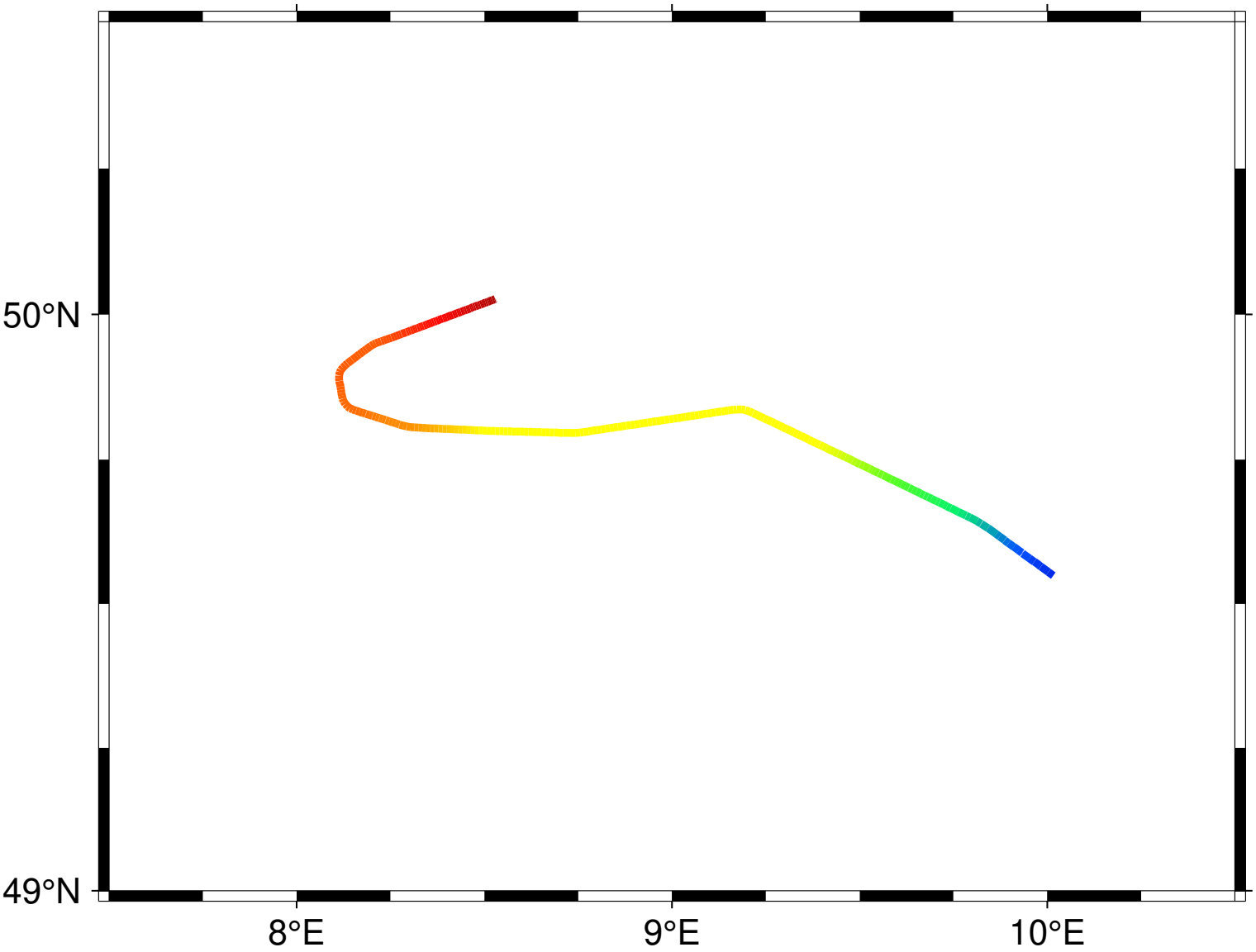
我们只需要前 5 列数据进行绘图, 选项 -o0:4 即为只保留前 5 列输出:

```
# 原始数据的xyz值     原始数据里下一个点的xy值
10.016  49.5493 18825   10.0032 49.5554
10.0032 49.5554 18700   10.0032 49.5554
10.0032 49.5554 18575   9.98304 49.5649
...
```

经过处理, 这样格式的数据就可以使用 gmt plot -Sv+s , 将每一行的两个点连接起来绘制出线段。而 -W+cl 选项则利用第三列的 z 值, 将每一小段的颜色由 CPT 文件控制。

示例代码如下:

```
gmt begin ex006
    # 绘制底图
    gmt basemap -R7.5/10.5/49/50.5 -JM10c -Baf

    # 将原始数据处理为需要的格式
    gmt convert data.txt -Fv -o0:4 > trackv.txt
    # 根据飞行的高度范围生成cpt
    gmt makecpt -T0/20000/1 -Z -Cseis
    # 根据飞行高度, 绘制颜色渐变的线段
    gmt plot trackv.txt -Sv1p+s -W2p+cl -C

    rm trackv.txt
gmt end show
```



5.6.1 参考链接

https://forum.generic-mapping-tools.org/t/how-to-color-line-segments-according-z-value/2832/7

5.7 绘制自定义符号

示例贡献者

陈箫翰，赵志远

某些地学绘图中常用的符号（例如指北针符号）GMT 默认没有提供，如果需要绘制此类符号，就需要读者制作和使用自定义符号 ，编写自定义符号的配置文件，之后再使用 `gmt plot -Sk` 绘制。

以指北针符号为例，它的配置文件如下：

```
# N: 1 意思是本符号需要一个附加参数（经纬度坐标之后的参数）
# a 意思是该附加参数是地理方位角（从正北开始顺时针角度）
N: 1 a
# $1 代表第一个附加参数的值（本例中仅有一个），0 代表进行旋转
# $1 0 表示先顺时针旋转 $1 角度
$1 0
# 以下宏命令绘制指北针的黑色右半边
# 设置一个位于(0,0.5)的新绘图锚点(M)，并设置填充色为黑色(-Gblack)
0 0.5 M -Gblack
# 从上一个点绘制一条线(D)到(0.25,-0.5)
0.25 -0.5 D
```

(续下页)

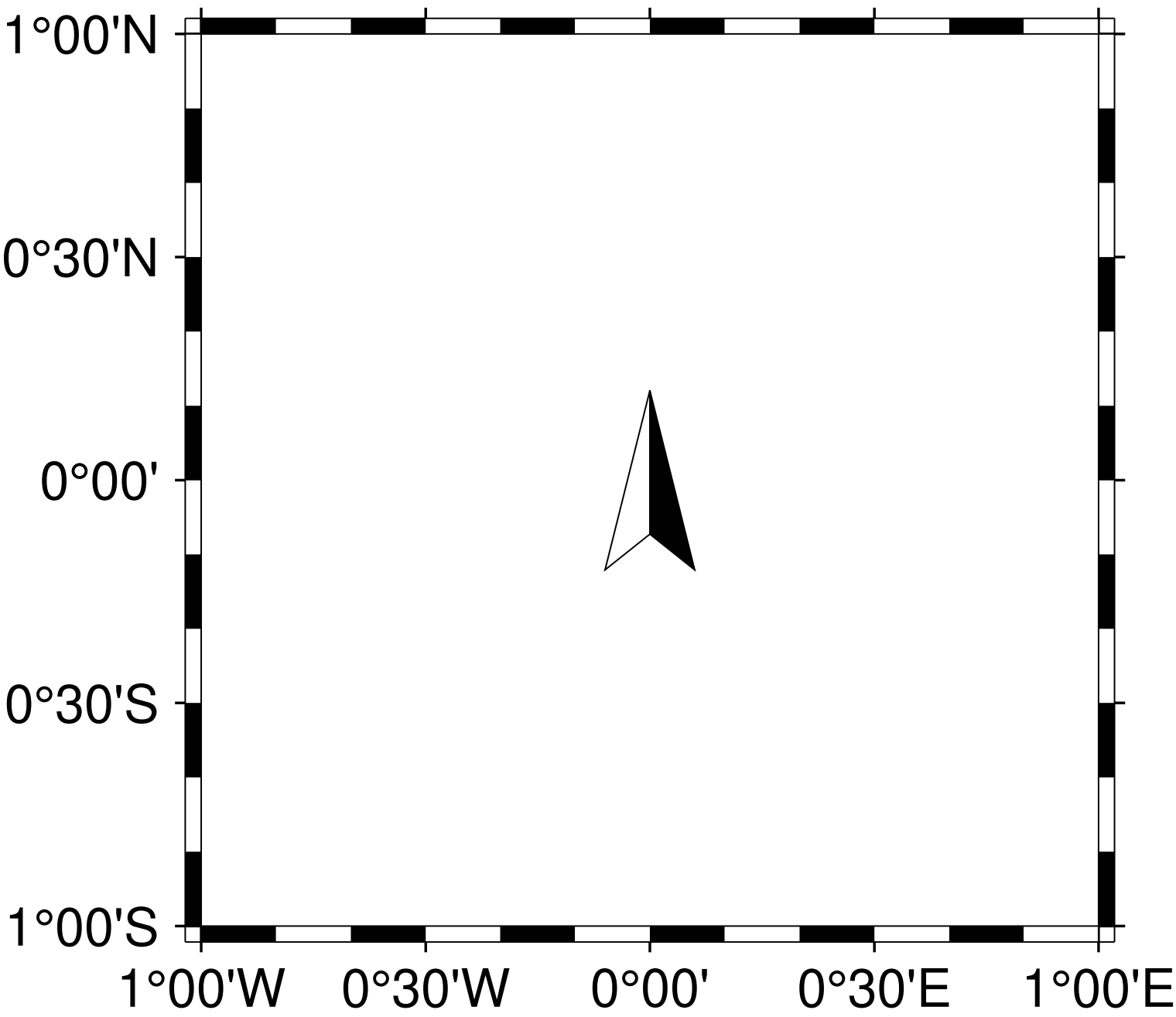
(接上页)

```
# 从上一个点绘制一条线(D)到(0,-0.3)
0 -0.3 D
# 以下宏命令绘制指北针的白色左半边
# 设置一个位于(0,-0.3)的新绘图锚点(M)
0 -0.3 M
# 从上一个点绘制一条线(D)到(-0.25,-0.5)
-0.25 -0.5 D
# 从上一个点绘制一条线(D)到(0,0.5)
0 0.5 D
```

将以上配置文件的内容保存为 compass.def 的文件，之后即可使用 gmt plot -Skcompass/符号大小绘制。

示例代码如下：

```
gmt begin custom
    # 生成指北针符号自定义文件
    cat > compass.def << 'EOF'
N: 1 a
$1 0
0 0.5 M -Gblack
0.25 -0.5 D
0 -0.3 D
0 -0.3 M
-0.25 -0.5 D
0 0.5 D
EOF

    # 绘制底图
    gmt basemap -R-1/1/-1/1 -JM5c -Baf

    # 在(0,0)位置绘制大小为1c的compass符号，旋转角0度
    echo 0 0 0 | gmt plot -Skcompass/1c

gmt end show
```



5.8 绘制缓冲区

示例贡献者

周茂

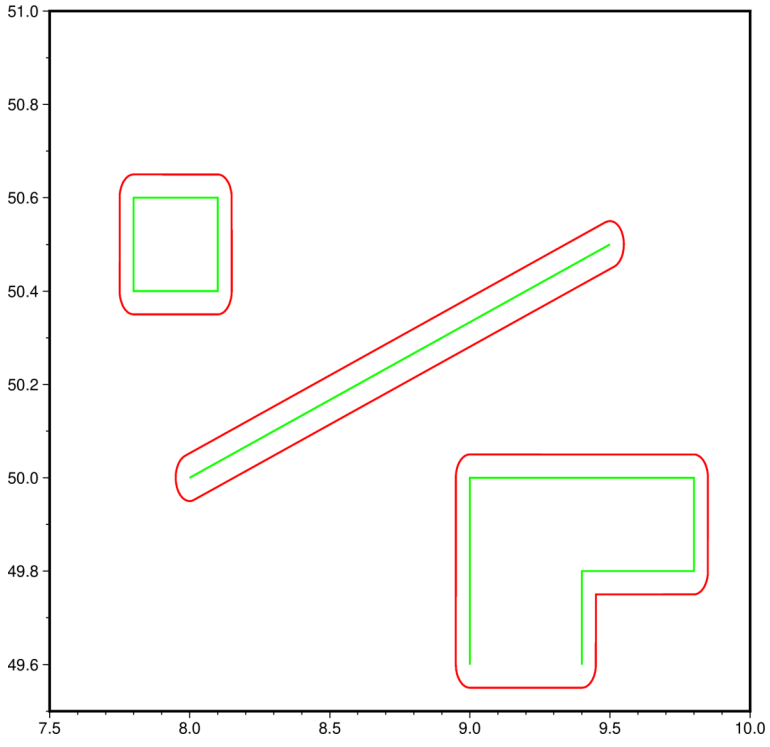
GMT 的*gmtspatial* 通过调用 Geos 库 可实现部分 GIS 分析功能，包括生成缓冲区。下面对笛卡尔坐标多边形/线数据生成缓冲区。

```
#!/usr/bin/env bash

cat > testline1.txt << EOF
>
7.8 50.4
7.8 50.6
8.1 50.6
8.1 50.4
7.8 50.4
EOF

cat > testline2.txt << EOF
>
```

(续下页)

(接上页)

```
8   50
9.5 50.5
EOF

cat > testline3.txt << EOF
>
9   49.6
9   50
9.8 50
9.8 49.8
9.4 49.8
9.4 49.6
EOF

gmt spatial testline1.txt -Sb0.05 > testline1_buffer.txt
gmt spatial testline2.txt -Sb0.05 > testline2_buffer.txt
gmt spatial testline3.txt -Sb0.05 > testline3_buffer.txt

gmt begin buffer png
  gmt basemap -R7.5/10/49.5/51 -JX15c -B

  gmt plot testline1.txt -W1p,green
  gmt plot testline1_buffer.txt -W1p,red

  gmt plot testline2.txt -W1p,green
  gmt plot testline2_buffer.txt -W1p,red

  gmt plot testline3.txt -W1p,green
  gmt plot testline3_buffer.txt -W1p,red
gmt end show
```



从上图看出，在某些生成的缓冲区中，存在一些异常点。经过分析，推测该 bug 生成原因为：GMT 调用 GEOS 生成缓冲区多边形后，又调用取最大外部环函数将其从多边形转换为线数据导致部分点丢失，丢失的部分点即图中出现的异常点。目前该 bug 还未精确定位和修复。在实际使用中，如果生成缓冲区不是明显的凹多边形，且该部分丢失的区域不影响显示或后续分析，用户可手动删除位于缓冲区文件尾部的异常点。更加稳健的做法为使用 GEOS 的 julia/python 库实现上述功能，上述封装无需多边形到线数据的转换，因此不存在该 bug。此外，还可使用 GMT 的 julia 封装 GMT.jl 中的 *buffer* 函数，该函数通过 GDAL 调用 GEOS，同样不存在上述 bug。

目前，缓冲区生成算法是基于笛卡尔坐标实现的，因此会将输入的地理坐标假定为笛卡尔坐标，这在使用地理坐标时，通常是不合适的。正常的做法是，先将多边形坐标投影，然后计算缓冲区，最后再将缓冲区做投影逆变换得到地理坐标，其中的投影变换或逆变换可通过*mapproject* 实现，选择的投影最好为等面积投影。下面分别展示不使用投影和使用投影的地理坐标缓冲区计算。

```
gmt begin coast_buffer

    # 提取边界
    gmt coast -ETW -M -Dc > tw.geo
    # 适当删除面积太小的岛屿等特征，以防生成缓冲区计算太慢
    gmt spatial -Qc1000+h tw.geo -fg > tw_temp.geo
    # 生成缓冲区，宽度为 0.5 度
    gmt spatial tw_temp.geo -Sb0.5 > tw_buffer.geo

    # 坐标投影
    gmt mapproject -R116/124/20/26 -Jh1:1 -C -F tw_temp.geo > tw_temp.car
    # 生成缓冲区，0.5 度约为 56 km
    gmt spatial tw_temp.car -Sb56000 > tw_buffer.car
    # 逆投影
    gmt mapproject -R116/124/20/26 -Jh1:1 -C -F -I tw_buffer.car > tw_buffer_proj.geo

    gmt plot -R116/124/20/26 -JQ5i tw.geo -W0.5p,black -B
    gmt plot tw_buffer.geo -W0.5p,red
    gmt plot tw_buffer_proj.geo -W0.5p,blue

gmt end show
```

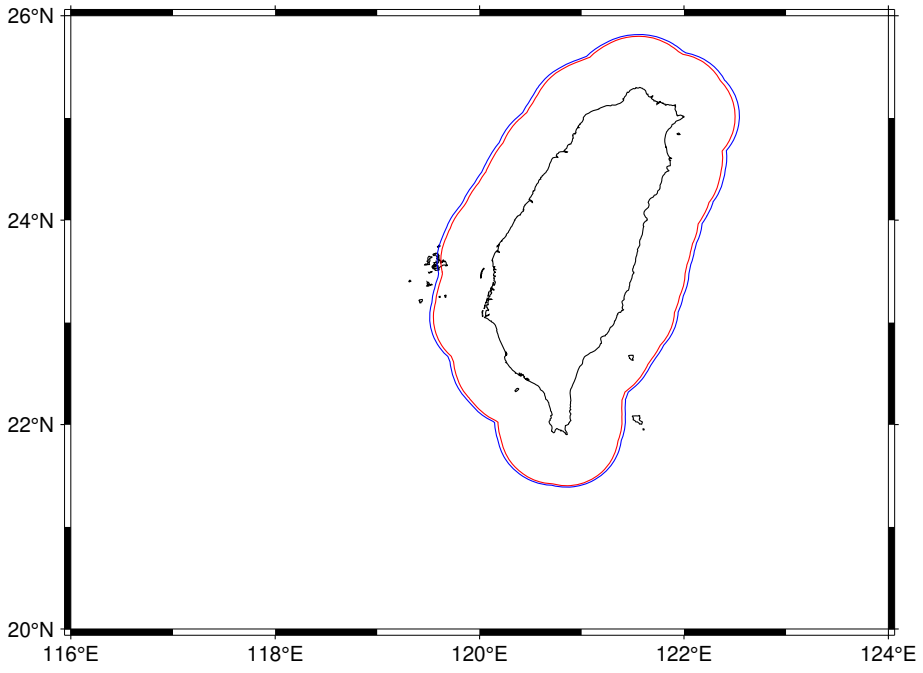
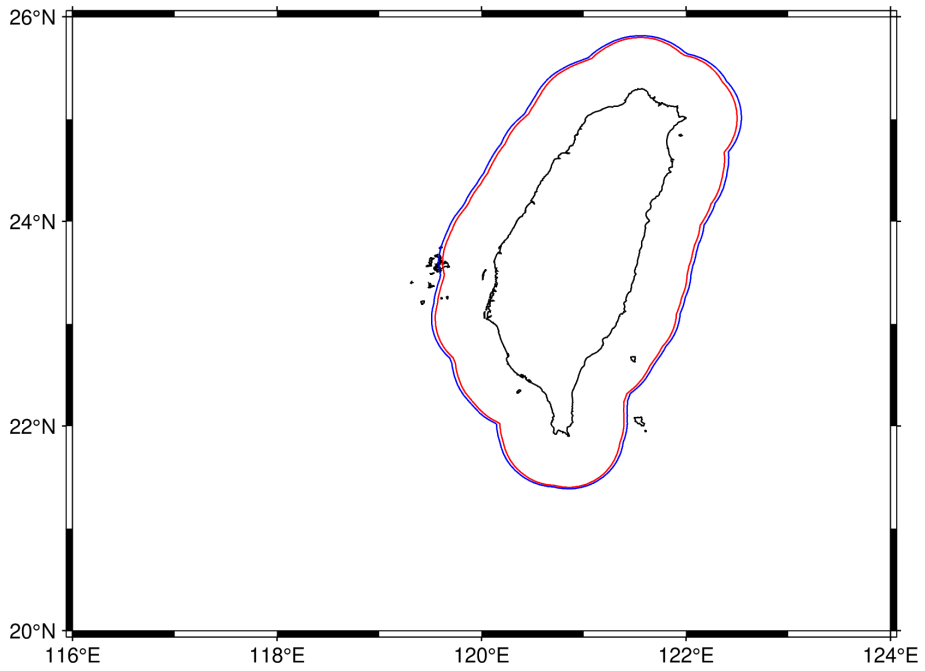


图 2: 海岸线缓冲区

通过手动编辑缓冲区文件，可得到下图。



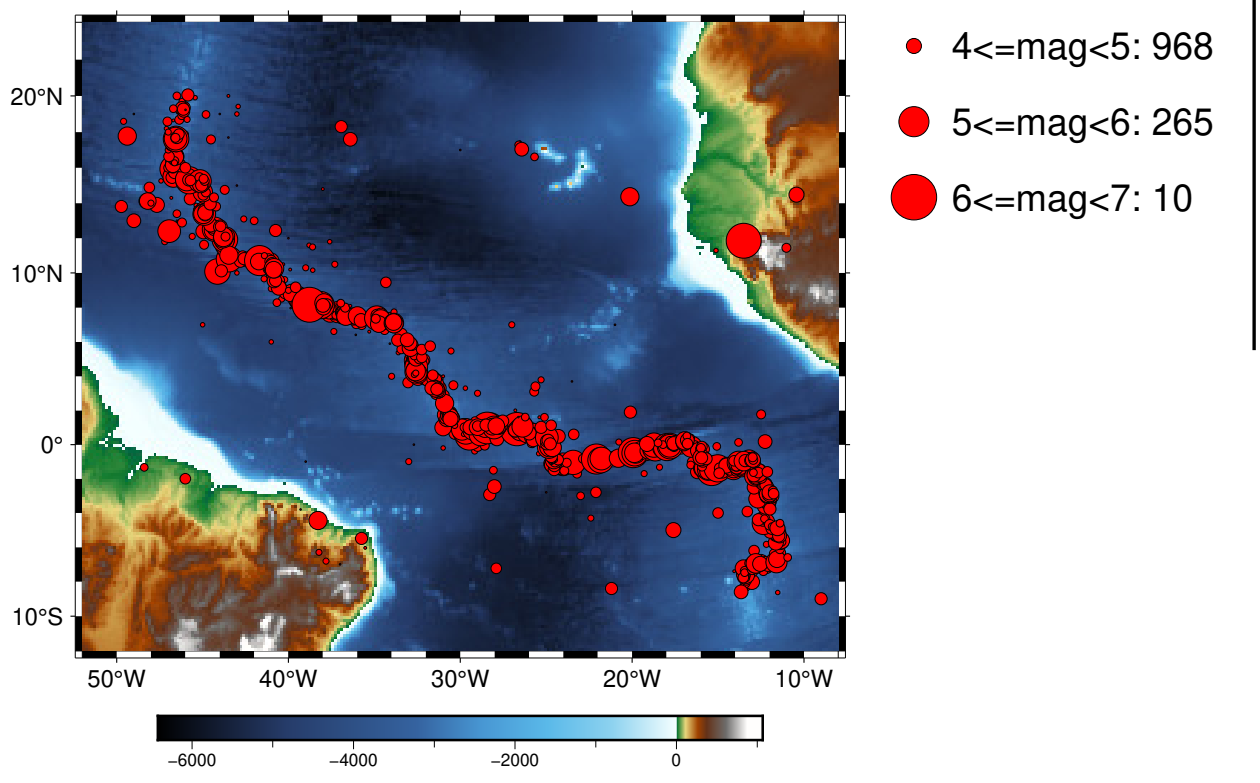
5.9 根据震级大小绘制不同大小的圆点并进行统计

示例贡献者

陈箫翰

GMT 配合使用 Bash 脚本命令，可以实现相当强大的功能（参考*Bash 编程基础知识*）。例如本例根据地震震级大小进行地震数量统计，并计算合适的直径绘制不同大小的圆。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin ex009
        # 从GMT远程服务器下载示例地震目录文件
        gmt which -Gl @quakes_07.txt

        gmt basemap -JM10c -R308/352/-12/24 -Baf
        gmt grdimage @earth_relief_10m_p -Cgeo
        gmt colorbar -Bxaf -C
        # 示例文件三列分别为经度、纬度、震级。
        # 根据震级绘制不同大小的圆点。用户可以根据自己数据震级的最大最小值，调整圆点直径的计算参数
        gawk '{print $1, $2, 0.2*($3-4.0)}' quakes_07.txt | gmt plot -Scc -Gred -W0.1

        # 统计不同震级
        c4=$(gawk '4<=$3 && $3<5 {count++}END{print count}' quakes_07.txt | tr -d '\n\r')
        c5=$(gawk '5<=$3 && $3<6 {count++}END{print count}' quakes_07.txt | tr -d '\n\r')
        c6=$(gawk '6<=$3 && $3<7 {count++}END{print count}' quakes_07.txt | tr -d '\n\r')

        # 输出统计结果
        gmt basemap -JX5c/-5c -R0/10/0/10 -Y4c -X10.5c -Brt
        #
        echo 1 2 | gmt plot -Sc0.2c -Gred -W0.1p
        echo 2 2 '4<=mag<5:' ${c4} | gmt text -F+f14p+jML

        echo 1 4 | gmt plot -Sc0.4c -Gred -W0.1p
        echo 2 4 '5<=mag<6:' ${c5} | gmt text -F+f14p+jML

        echo 1 6 | gmt plot -Sc0.6c -Gred -W0.1p
        echo 2 6 '6<=mag<7:' ${c6} | gmt text -F+f14p+jML
gmt end show
```



5.10 根据发震时刻绘制不同颜色的圆点

示例贡献者

陈箫翰

本例根据地震发震时刻绘制不同颜色的圆，这个例子展示了 GMT 拥有强大的时间格式处理能力。

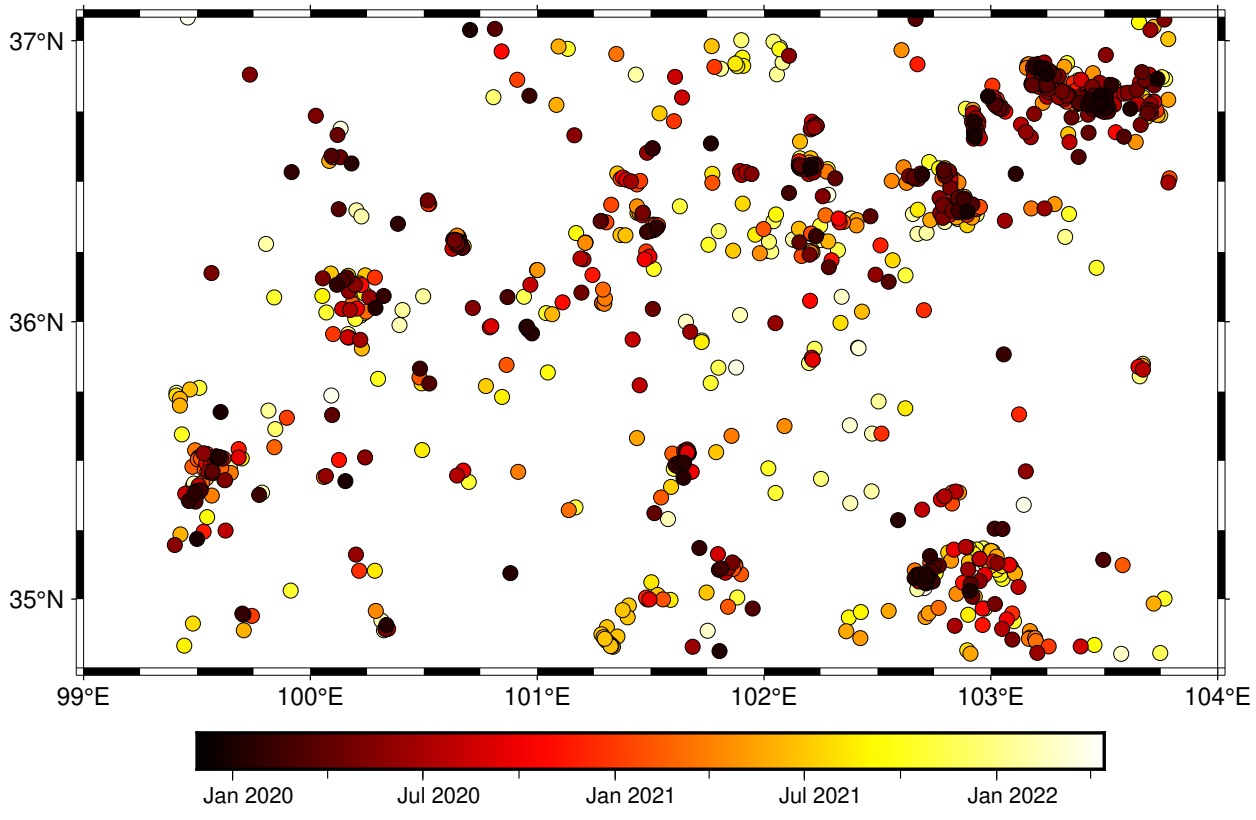
示例数据：`data.txt`

数据格式如下：

```
2022-04-03T01:25:11.530 99.459 37.082  9.0 1.4 0.0 0.0 0.0 1
2022-04-02T18:09:7.260 103.417 36.829  10.0 1.6 0.0 0.0 0.0 2
2022-03-29T15:37:0.570 103.373 36.882  10.0 1.7 0.0 0.0 0.0 3
...
```

前三列分别为发震年月日时分秒、经纬度

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin ex010
    # 获取发震时刻最大最小值
    # 以 -Tzmin/zmax/dz 的形式报告第一列，每四周一个间隔 dz
    T_cpt=$(gmt info data.txt -T4w+c0)

    # 根据发震时刻绘制不同颜色的圆点
    gmt makecpt -Chot ${T_cpt} -Z -Di
    gmt plot data.txt -Sc0.2c -W -C -JM15c -Baf -i1,2,0
    gmt colorbar -Bxaf -C
gmt end show
```



5.11 地震台站为中心的地震分布图

示例贡献者

lxrat（作者）、陈箫翰（修订）

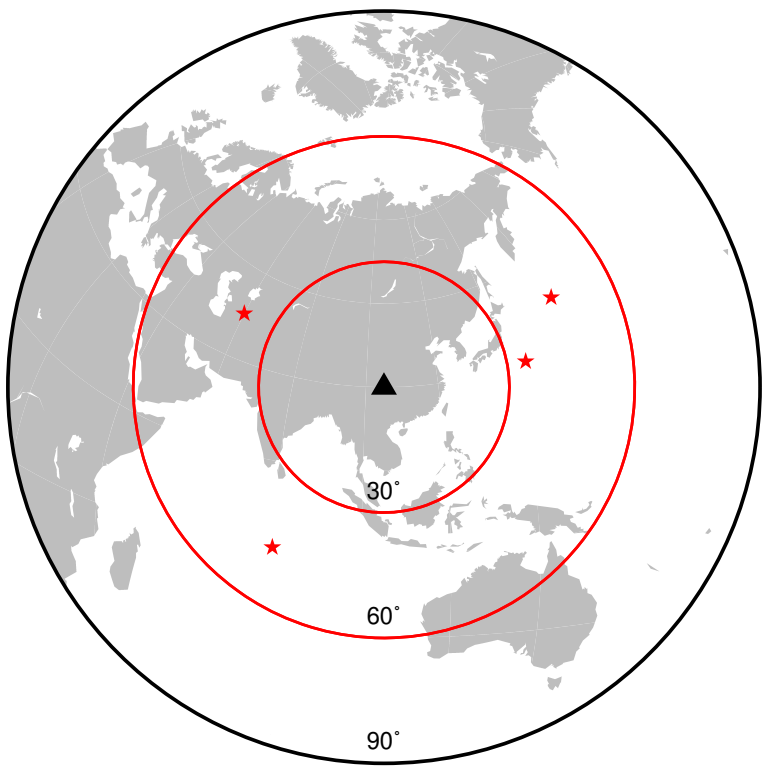
在接收函数、S 波分裂等地震学研究中，经常需要绘制以台站为中心的地震分布图。下面的例子展示了如何绘制这种分布图：

```
#!/usr/bin/env bash
#
# 地震台站为中心的地震分布图
#

# 假定台站位于 105E, 30N 处
stlo=105
stla=30
# 使用 -JE 投影（四个参数：中心经度/中心纬度/最大震中距/图片宽度）
J=E$stlo/$stla/90/10c

gmt begin map
gmt set FORMAT_GEO_MAP=+D
gmt coast -J$J -Rg -A10000 -Ggrey

# 绘制台站位置（三角形）
echo $stlo $stla | gmt plot -St0.4c -Gblack -Bya180
# 绘制地震位置（五角星）
gmt plot -Sa0.25c -Gred << EOF
145 30
160 40
60 40
80 -10
EOF

# 绘制等震中距线：30度（直径 60 度）、60 度（直径 120 度）
echo $stlo $stla 60d | gmt plot -SE- -W1p,red
echo $stlo $stla 120d | gmt plot -SE- -W1p,red
```

（续下页）

(接上页)

```
# 添加文字：30、60、90 度处
gmt text -D0c/0.3c << EOF
$stlo 0 30\232
$stlo -30 60\232
$stlo -59.9 90\232
EOF

gmt end show
```



5.12 绘制地震 M-T 图

示例贡献者

戴宗辉（作者）、王亮（作者）、陈箫翰（修订）

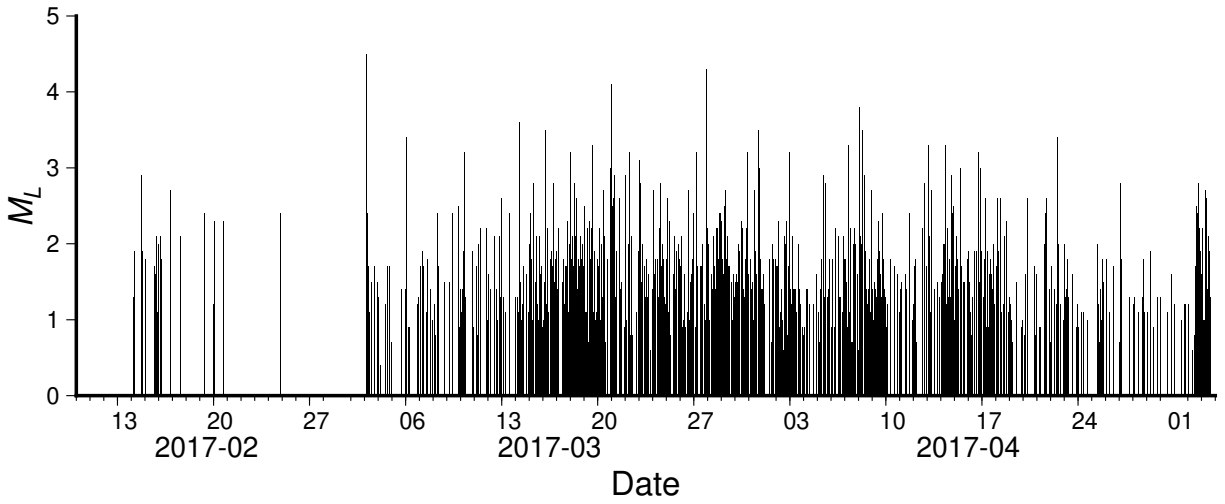
绘制地震 M-T 图的前提条件是要学会利用*-B 选项* 选项绘制时间轴底图。关于时间轴底图的绘制方法请参考时间轴。此外，用户还必须按照如下格式准备好绘制地震 M-T 图所用的数据:

```
# 日期T时间      震级
2017-02-14T04:19:49     1.3
2017-02-14T06:22:05     1.9
2017-02-14T17:31:24     2.9
2017-02-14T17:42:41     1.8
2017-02-14T19:46:05     1.9
2017-02-15T01:38:02     1.8
2017-02-15T16:58:43     1.7
...
```

数据文件为两列，第一列是以 “YYYY-mm-ddThh:mm:ss” 格式给出的地震发震时刻，第二列是地震震级。使用*plot* 模块的 **-Sb** 选项可以将以上格式的数据绘制为地震 M-T 图。

示例数据：`mt.txt`

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin mt
    # 设置 SECONDARY TICK 长度为 0
    gmt set MAP_TICK_LENGTH_SECONDARY 0p
    # 设置地图上的时间只显示年份和月份
    gmt set FORMAT_DATE_MAP yyyy-mm

    # -BSW 只显示左边和下边坐标
    # -Bsxa1O 设置X轴次级标注的间隔为1个月，注意最后一个字符是大写字母O不是数字0
    # -Bpxa7Rf1d 设置X轴主级标注的间隔为7天，刻度间隔为1天
    # -B+l"Date" 设置X轴标签
    # -Bya1+l 设置Y轴标注间隔为1，并设置Y轴标签，标签使用斜体（2号字体），L 为下标
    gmt basemap -R2017-02-10T00:00:00/2017-05-04T00:00:00/0/5 -JX15c/5c -BSW -Bsxa1O -Bpxa7Rf1d -Bx+l"Date" -Bya1+l@%2%M@-L@-@%%

    # -Sb0.005c 中 0.005c 代表每条线的宽度
    gmt plot mt.txt -Sb0.005c -Gblack
gmt end show
```



5.13 绘制区域地形图

示例贡献者

田冬冬（作者）

使用 GMT 内置的行政区划边界裁剪出区域并绘制地形图。

警告

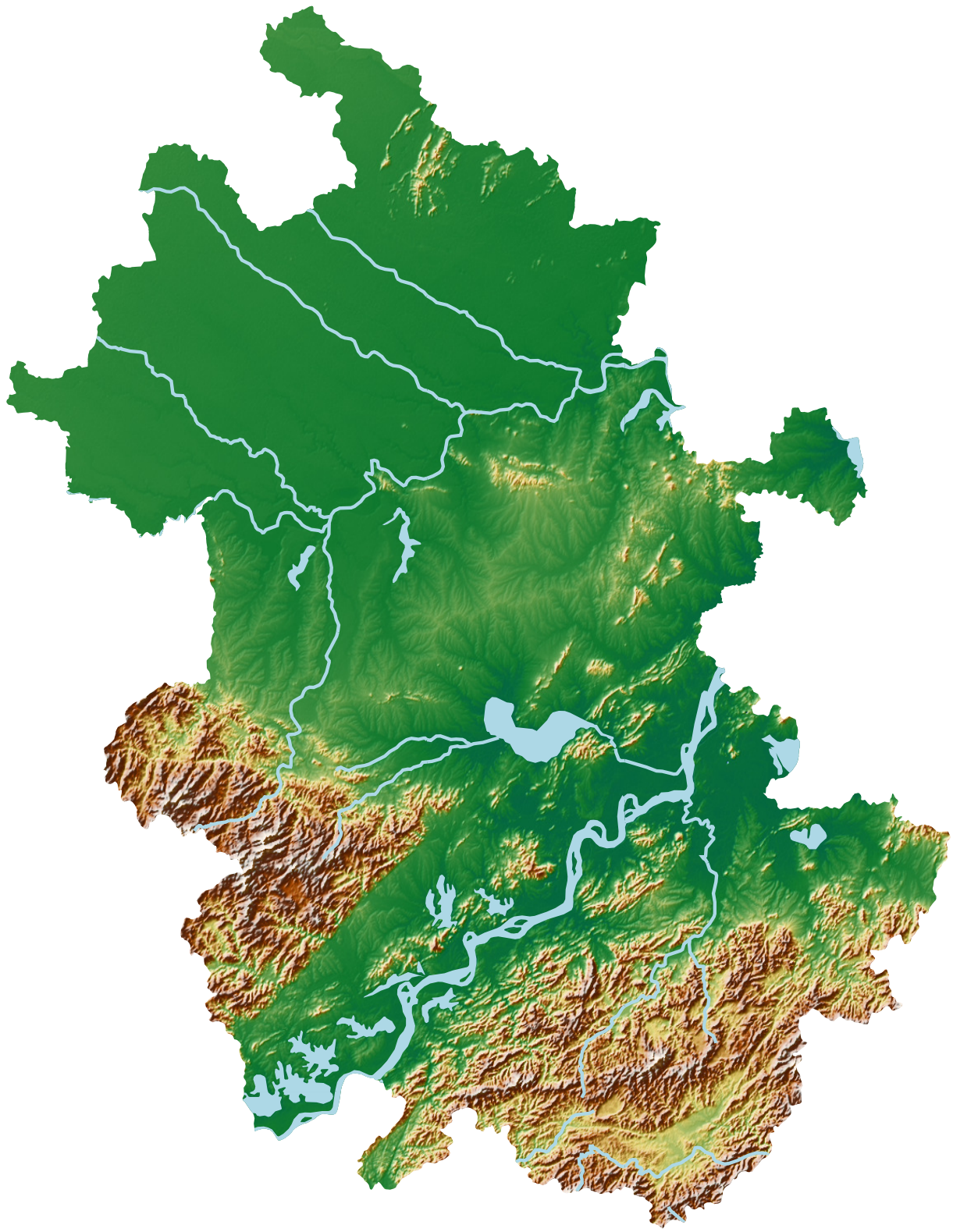
GMT 内置数据提供的中国国界数据不符合中国的领土主张，在正式刊物中发表使用此类数据的图件时都可能存在问题。

```
#!/usr/bin/env bash
#
# Earth relief in Anhui, China
#

gmt begin ex013
    # Clip the Anhui province
    gmt coast -ECN.AH+c -RCN.AH -JM10c
    # Plot the earth relief
    gmt grdimage @earth_relief_15s -I+d
```

(续下页)

(接上页)

```
    # Add rivers and lakes
    gmt coast -Ia/1p,lightblue -Slightblue
    # Undo the clipping
    gmt clip -C
gmt end show
```



5.14 绘制 GPS 速度场

示例贡献者
李黎明

本示例展示如何使用*velo* 模块绘制 GPS 速度场。

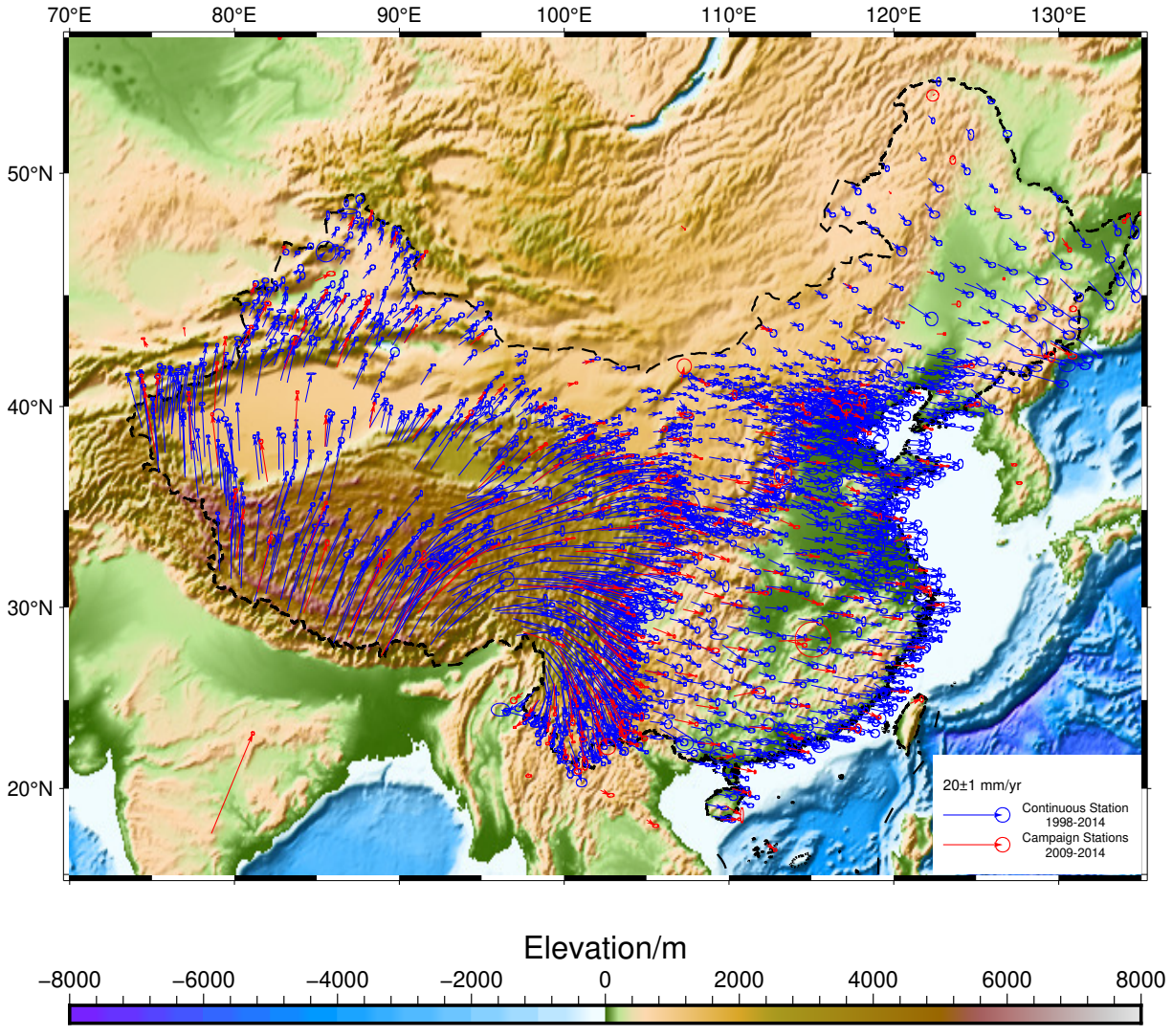
示例中所使用的 GPS 数据来自于 Zhao et al. (2015) 的补充材料，根据*velo* 模块的要求做简单修改。

本示例仅用于演示，不保证数据的完整性与可靠性。需要使用相关数据的用户请自行到文章主页下载相关数据。

数据下载：

- `gps_campagin.txt`: Velocities of campagin stations with respective to EURASIA plate from 1999-2014
- `gps_continuous.txt`: Velocities of continuous stations with respective to EURASIA plate from 1999-2014

```
#!/usr/bin/env bash
#
# 绘制 GPS 速度场
#

gmt begin gps
# 绘制底图
gmt set FORMAT_GEO_MAP=ddd:mm:ssF
gmt basemap -R70/135/15/55 -JM18c -Bf5a10 -BWesN
gmt makecpt -Cglobe -T-10000/10000/200 -Z -D
gmt grdimage @earth_relief_06m -I+d
gmt colorbar -DjCB+w18c/0.3c+o0/-2.5c+h -BWSEN -Bxa2000f400+l"Elevation/m" -G-8000/8000

# 绘制国界
gmt plot CN-border-L1.gmt -W1p,-

# 绘制 GPS 速度场
# -Se 后面两个参数表示：
#    速度值为 1 的矢量的长度（0.05c）/置信度（0.95）
#    +f 设置文本的大小，0 表示不显示标注
# -A 控制矢量的属性，0.15c 是矢量头的大小，+e 表示在矢量尾端绘制箭头，+p0.75p,blue 设置矢量箭头轮廓的属性
# -W 控制矢量线及误差椭圆的轮廓的宽度,颜色,线型
# -G 矢量头的填充色
gmt velo gps_campagin.txt -Se0.05c/0.95+f0 -A0.15c+e+p0.5p,blue -W0.5p,blue -Gblue
gmt velo gps_continuous.txt -Se0.05c/0.95+f0 -A0.15c+e+p0.5p,red -W0.5p,red -Gred

# 添加图例
# 此处在底图右下角，设置了一个宽 3.5c 高 2c 的底图
# 底图范围为 0/1/0/1，矢量箭头和文字的位置需对应该小图中的位置
gmt inset begin -R0/1/0/1 -JX3.5c/2c -DjBR -F+gwhite
echo 0.05 0.75 '20\2611 mm/yr' | gmt text -F+f7p+jML
echo 0.05 0.50 20 0 1 1 0 | gmt velo -Se0.05c/0.95+f0 -A0.15c+e+p0.5p,blue -Gblue -W0.5p,blue
echo 0.05 0.25 20 0 1 1 0 | gmt velo -Se0.05c/0.95+f0 -A0.15c+e+p0.5p,red -Gred -W0.5p,red
gmt text -F+f6p+jML -M << EOF
> 0.4 0.50 0.25 2c c
Continuous Station
1998-2014
> 0.4 0.25 0.25 2c c
Campaign Stations
2009-2014
EOF
gmt inset end
gmt end show
```



5.15 绘制矢量场

贡献者

SeisPider

使用*grdvector* 模块绘制矢量场，需要提供矢量场的 X 分量和 Y 分量。

本文所使用的示例数据，包含四列信息:

```
X位置   Y位置    矢量X分量   矢量Y分量
```

示例中使用*xyz2grd* 模块分别生成矢量 X 分量和 Y 分量的网格文件，再使用*grdvector* 模块进行绘制，最后生成图例。

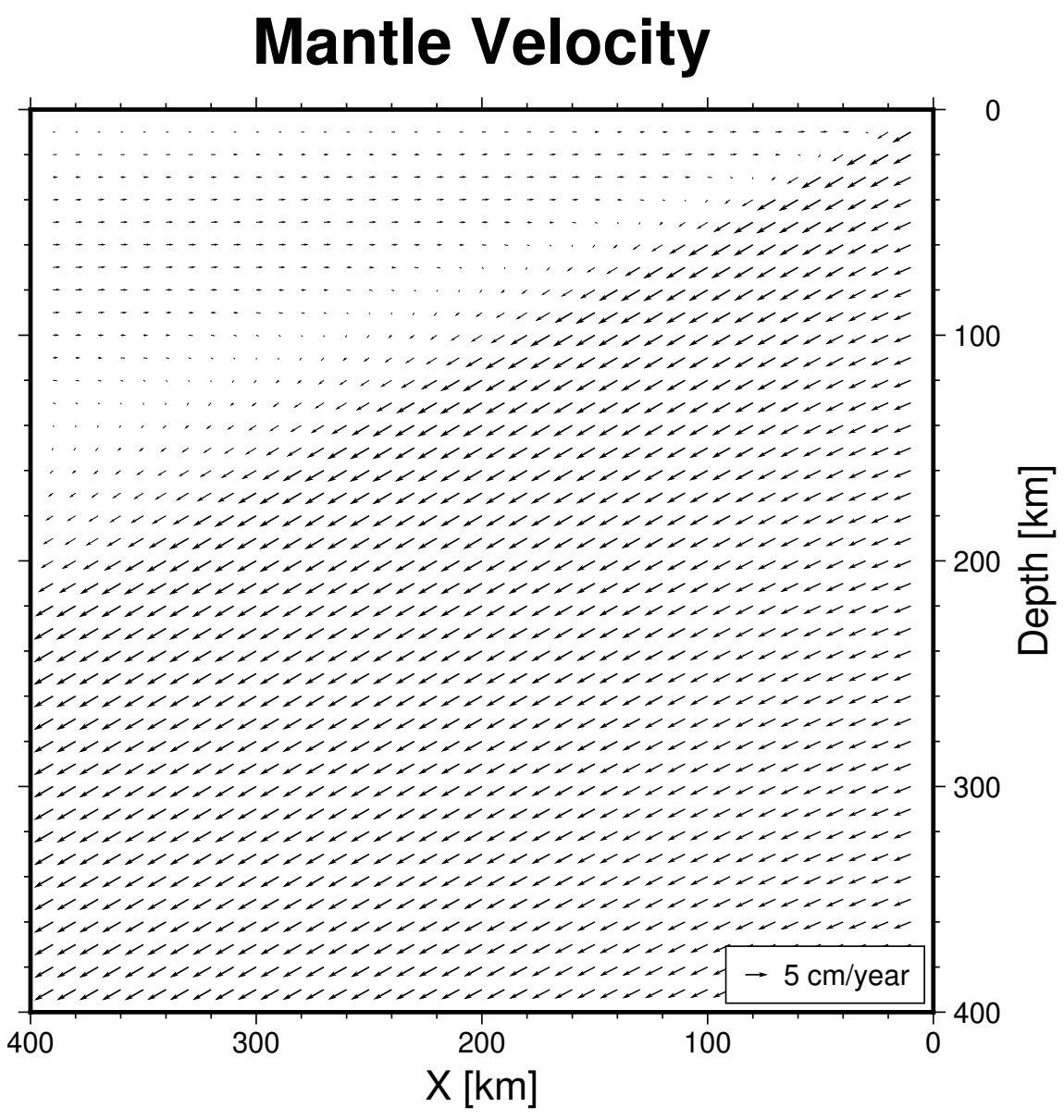
示例数据下载 `velocity.dat`

```
#!/usr/bin/env sh
#
# 绘制矢量场
#
gmt begin vector-fields
gmt basemap -R0/400/0/400 -JX-10c/-10c -Bxaf+l"X [km]" -Byaf+l"Depth [km]" -BEnSw+t"Mantle Velocity"

# 将速度矢量的 X 分量和 Y 分量分别转换成网格文件
gmt xyz2grd velocity.dat -R0/400/0/400 -I10/10 -i0,1,2 -GU.nc
gmt xyz2grd velocity.dat -R0/400/0/400 -I10/10 -i0,1,3 -GV.nc

# 绘制矢量
```

(续下页)

(接上页)

```
# -Q 设置矢量属性
# -G 设置矢量内部颜色填充
# -W 设置绘制矢量外边画笔的属性
# -S 设置矢量值和图上距离的换算关系：20c表示长度为20的矢量在图上的长度为1 cm
gmt grdvector U.nc V.nc -I10/10 -Q0.2c+e+n0.5c+h0.5 -Gblack -W1p -S20c

# 绘制图例
# 长度为 5 cm/year 的矢量对应的长度为 0.25 cm
gmt legend -F+gwhite+p0.5p,black -DjBR+w2.2c+o0.1c/0.1c << EOF
S 0.2c v0.2c+e+n0.5c+h0.5 0.25c black 1p 0.5c 5 cm/year
EOF

rm U.nc V.nc
gmt end show
```



5.16 绘制地形起伏剖面图

示例贡献者

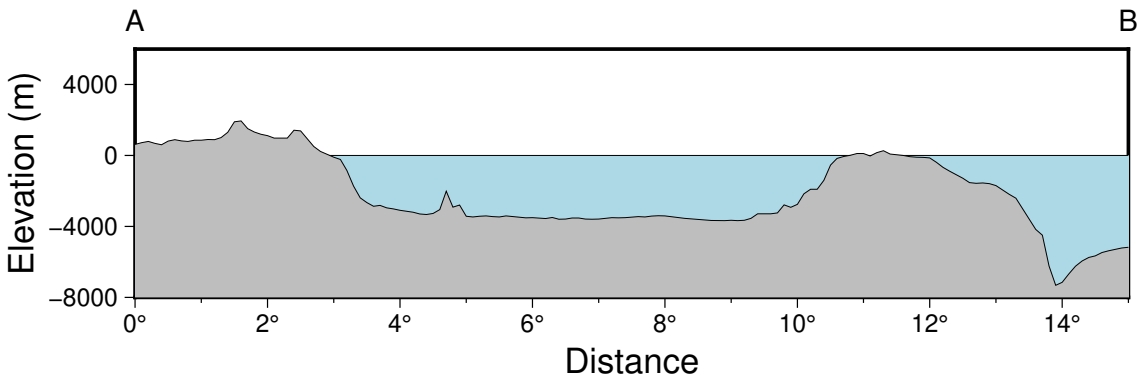
赵志远（作者）、陈箫翰（修订）

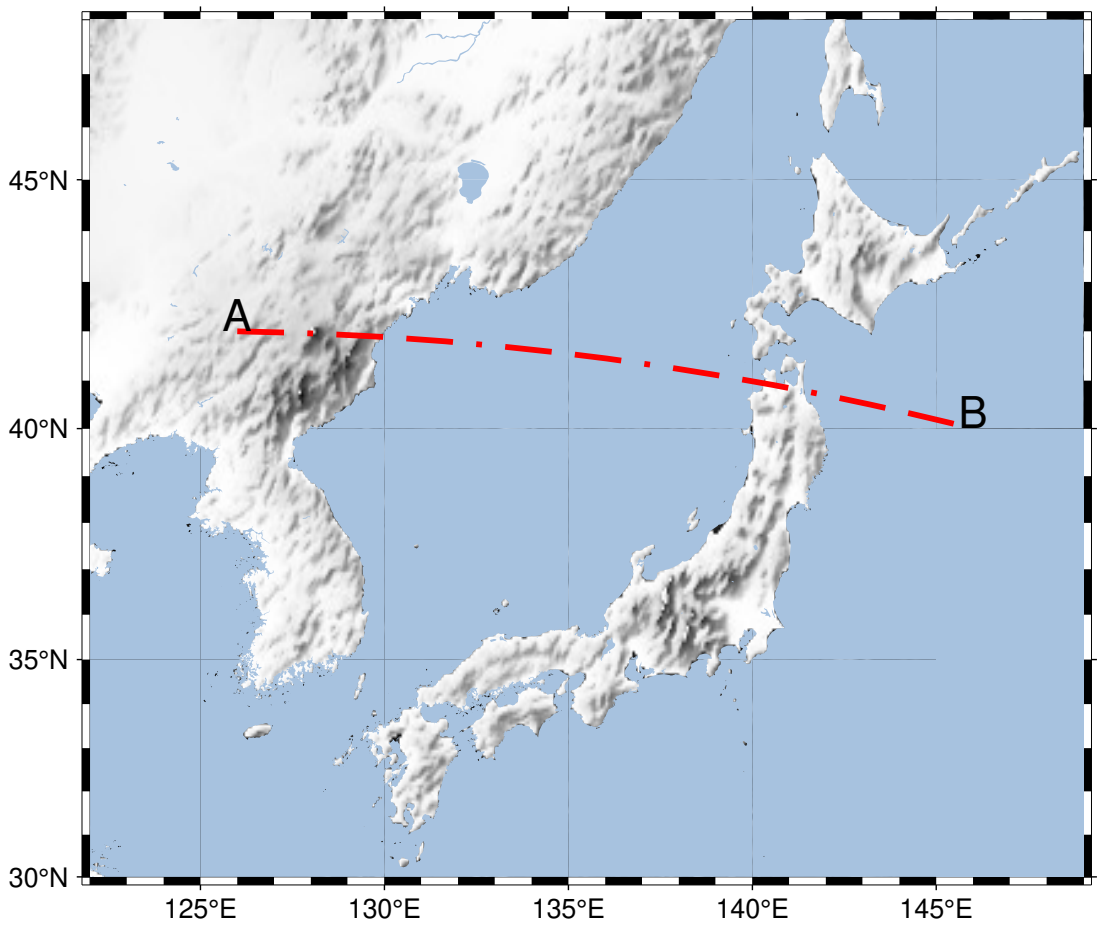
使用 GMT 绘制地形起伏剖面图的过程，可以简要概括为先利用 `project` 命令生成测线，然后使用 `grdtrack` 命令读取该测线上的地形数据起伏，最后使用 `plot` 命令绘制出地形剖面图。

下面的例子展示了如何基于以上方法绘制一条地形起伏剖面。例子中使用了精度为 4 弧分的地形数据，生成测

线的数据点间隔为 0.1 度。读者应当根据自己的实际情况进行修改。

```
#!/usr/bin/env bash
#
# 绘制地形起伏剖面图

gmt begin profile

    gmt basemap -JM12c -R122/149/30/48 -Baf
    # 让0到2000m海拔的颜色从白，灰再到黑色渐变，生成cpt
    gmt makecpt -Cwhite,gray,black -T0/2000 -Z
    # 绘制灰度地形底图
    gmt grdimage @earth_relief_04m -C -I+d
    # 用蓝色填充海洋
    gmt coast -S167/194/223
    # 选取测线AB
    echo 126 42 A > tmp1
    echo 146 40 B >> tmp1
    # 绘制测线AB
    gmt plot tmp1 -W2p,red,-.-
    # 标注AB
    gmt text tmp1 -F+f15p -D0c/0.2c

    # 沿测线AB绘制地形高度
    gmt basemap -R0/15/-8000/6000 -JX12c/3c -Bya4000+l"Elevation (m)" -Bxa2f1+l"Distance"+u"\260" -BWSrt -Y12c
    # 标注AB位置
    echo 0 7000 A | gmt text -F+f10p+jBC -N
    echo 15 7000 B | gmt text -F+f10p+jBC -N
    # 沿测线提取地形高度
    gmt project -C126/42 -E146/40 -G0.1 | gmt grdtrack -G@earth_relief_04m > tmp2
    # 将海平面以下填充为淡蓝色
    echo 0 0 > tmp3
    echo 15 0 >> tmp3
    gmt plot tmp3 -Wblack -Glightblue -L+y-8000
    # 将地形填充为灰色
    gmt plot tmp2 -i2,3 -Wblack -Ggray -L+y-8000

    # 删除临时文件
    rm tmp*
gmt end show
```





5.17 绘制三维地形图

示例贡献者

刘珠妹（作者）、陈箫翰（修订）

视频讲解

https://www.bilibili.com/video/BV1Xh411e7fi/

绘制三维地形图的核心是*grdview* 模块以及 **-JZ** 选项。使用 **-JZ** 选项设置 Z 方向上的缩放比例，同时也必须在 **-R** 选项中设置 Z 方向上的最小值和最大值。此外，**-p** 选项用于设置三维观察的视角。

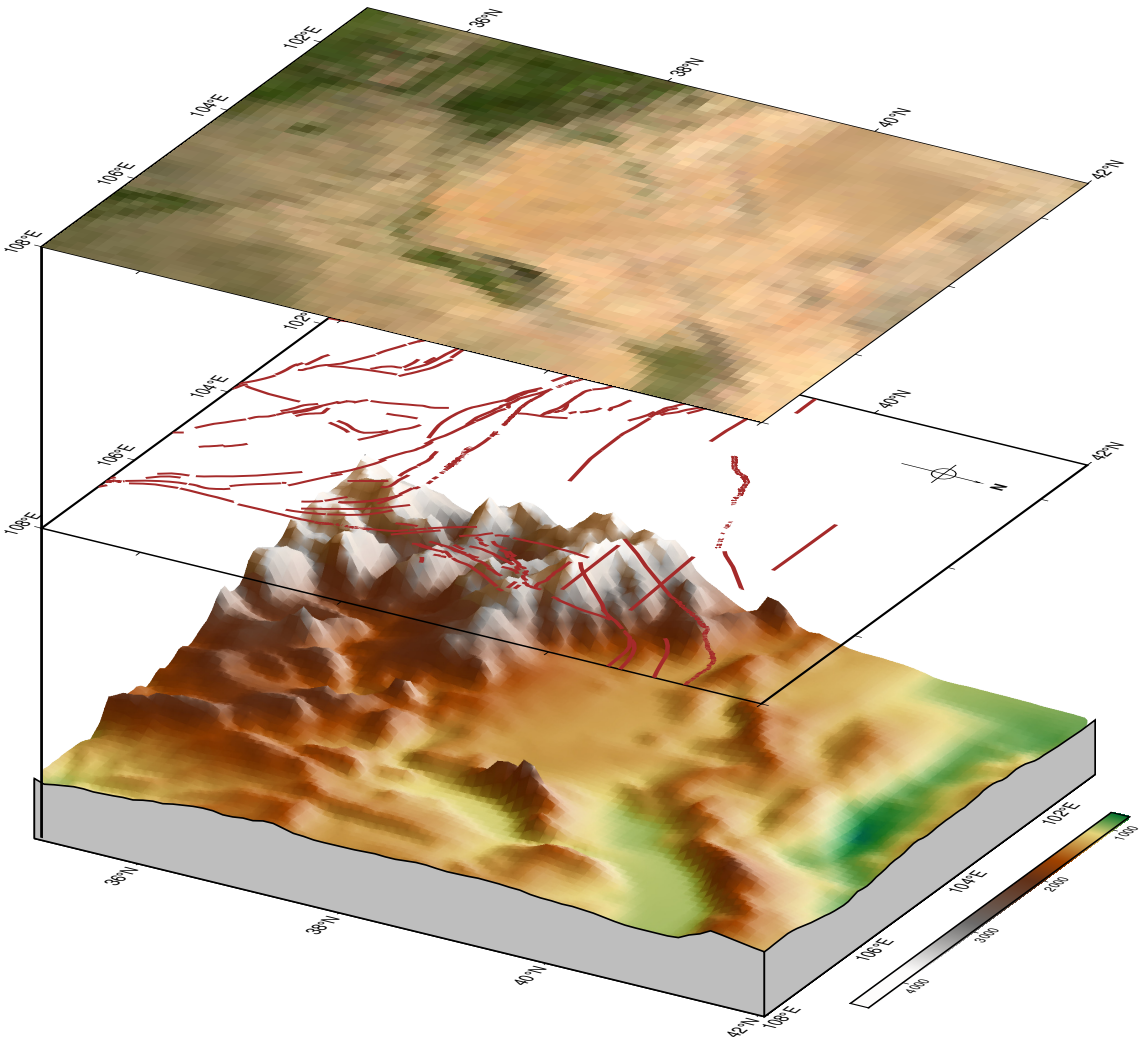
本例将展示如何绘制三维起伏地形图，并叠加卫星图像图层与地震断层图层，用于对比研究。请点击观看视频学习代码的详细讲解。

示例中使用到的数据包括：

- `@earth_relief_06m`：earth_relief
- `@earth_day_06m`：earth_day & earth_night
- `CN-faults.gmt`：*CN-faults: 中国断层数据*

下面的绘图脚本将三维地形、卫星图片以及断层线绘制在不同高度：

```
#!/usr/bin/env bash
# 将三维地形、卫星图片以及断层线绘制在不同高度

gmt begin 3D_earth_relief_1
    gmt set MAP_FRAME_TYPE plain
    # 1. 绘制地形图形，图层默认位于 z 轴底部（此例中即 -1000 的高度）
    gmt grdview @earth_relief_06m -R101/108/35/42/-1000/20000 -JM10c -JZ10c -N-1000+ggray -Qi -I -Ba -BwsENZ -p60/25
    gmt colorbar -C -Ba -DJTC+o0/1c -p

    # 2. 绘制断层线图层，-p 设置图层抬高到10000
    gmt plot CN-faults.gmt -W2p,brown -p60/25/10000 -Ba -BWSen
    gmt basemap -TdjLT+w1.5c+l+o1c -p

    # 3. 绘制卫星图片图层，-p 设置图层抬高到20000
    gmt grdimage @earth_day_06m -p60/25/20000 -Ba -BWSen
gmt end show
```



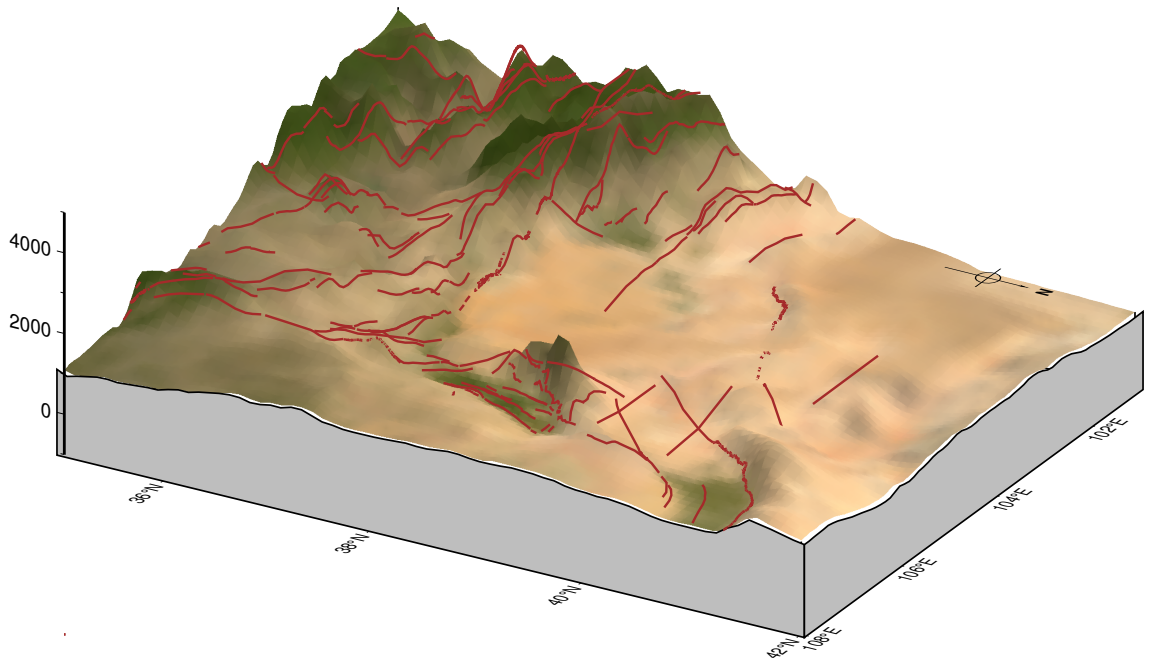
下面的脚本将卫星图片和断层线直接绘制在三维地形上：

```
#!/usr/bin/env bash
# 将卫星图片和断层线直接绘制在三维地形上

gmt begin 3D_earth_relief_2
    gmt set MAP_FRAME_TYPE plain
    # 预处理1：生成断层的三维采样，输出数据为断层的经度、纬度以及对应的地形高程
    # 断层数据有第三列深度，所以grdtrack默认会将高程输出到第4列，因此需要使用 -o0,1,3 让第三列输出为高程。
    gmt grdtrack -R101/108/35/42 -G@earth_relief_06m CN-faults.gmt -o0,1,3 > faults.xyz

    # 绘制卫星图片，-G 表示在 DEM 上贴卫星图片
    gmt grdview @earth_relief_06m -R101/108/35/42/-1000/5000 -JM10c -JZ4c -N-1000+ggray -G@earth_day_06m_p -Qi -Ba -Bz -BwsENZ -p60/
```

（续下页）

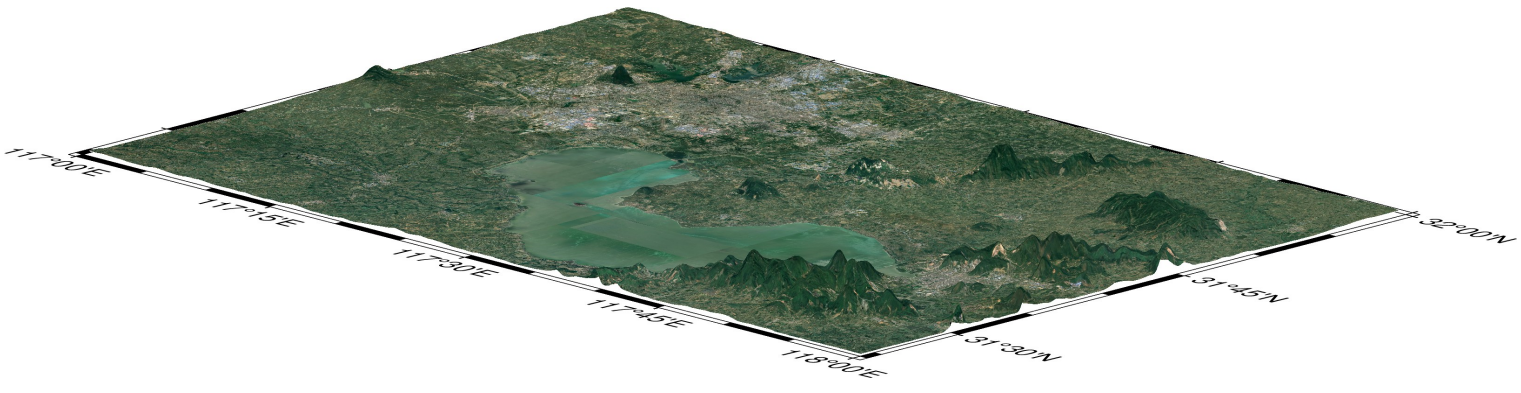
(接上页)

```
↪25
    # 绘制断层线
    gmt plot3d faults.xyz -W1p,brown -p
    # 绘制指北针
    gmt basemap -TdjLT+w1.5c+l+o1c -p60/25/2000

    rm faults.xyz
gmt end show
```



除了 GMT 自带的卫星图像数据以外，读者还可以使用开源工具导出精度更高的谷歌卫星图像，并用于 GMT 绘图。导出方法可以参考*以地图和卫星图为底图* 。在下面的例子中，*grdview* 模块将合肥地区卫星图像 `Hefei.tiff` 叠加在三维地形图上，绘制出了清晰度更高的图片。卫星图像适用于作图范围较小的情况。

```
gmt begin Hefei jpg E600
    gmt grdview @earth_relief_30s -R117/118/31.4/32/0/2000 -JM10c -JZ2c -Qi600 -GHefei.tiff -p135/15 -Baf
gmt end
```



5.18 绘制三维有限断层模型

示例贡献者

菲林可乐（作者）、李水平（作者）、陈箫翰（修订）

使用 GMT 绘制有限断层模型的关键，是利用 `plot3d -C -L` 命令选项绘制一个个小多边形并填充颜色。这就要求用户在绘图之前必须以特定的格式准备数据。以绘制三维有限断层模型为例，用户必须准备好如下格式的多段数据:

```
# 数据头段
>  -Z1.800000e-01
 # 经度 纬度 深度
 99.3785  34.5324  -0.0010
 99.3574  34.5279  -0.0010
 99.3569  34.5297  -1.9900
 99.3779  34.5342  -1.9900
>  -Z5.000000e-02
 99.3574  34.5279  -0.0010
 99.3363  34.5233  -0.0010
 99.3358  34.5252  -1.9900
 99.3569  34.5297  -1.9900
...
```

不同小多边形的数据以 > 符号分开，每段数据给出这个小多边形的所有顶点坐标，按顺时针或逆时针顺序排列。> 符号后面以 -Z 选项给出这个小多边形对应的 Z 值。绘图时将根据这个 Z 值对多边形填充不同的颜色。这种多段数据格式的详细说明请参考数据段头记录中的额外属性 。

有些三维有限断层反演程序给出的不是以上格式的数据，而是给出每一个小矩形中心坐标、矩形长宽、走向倾向倾角。例如:

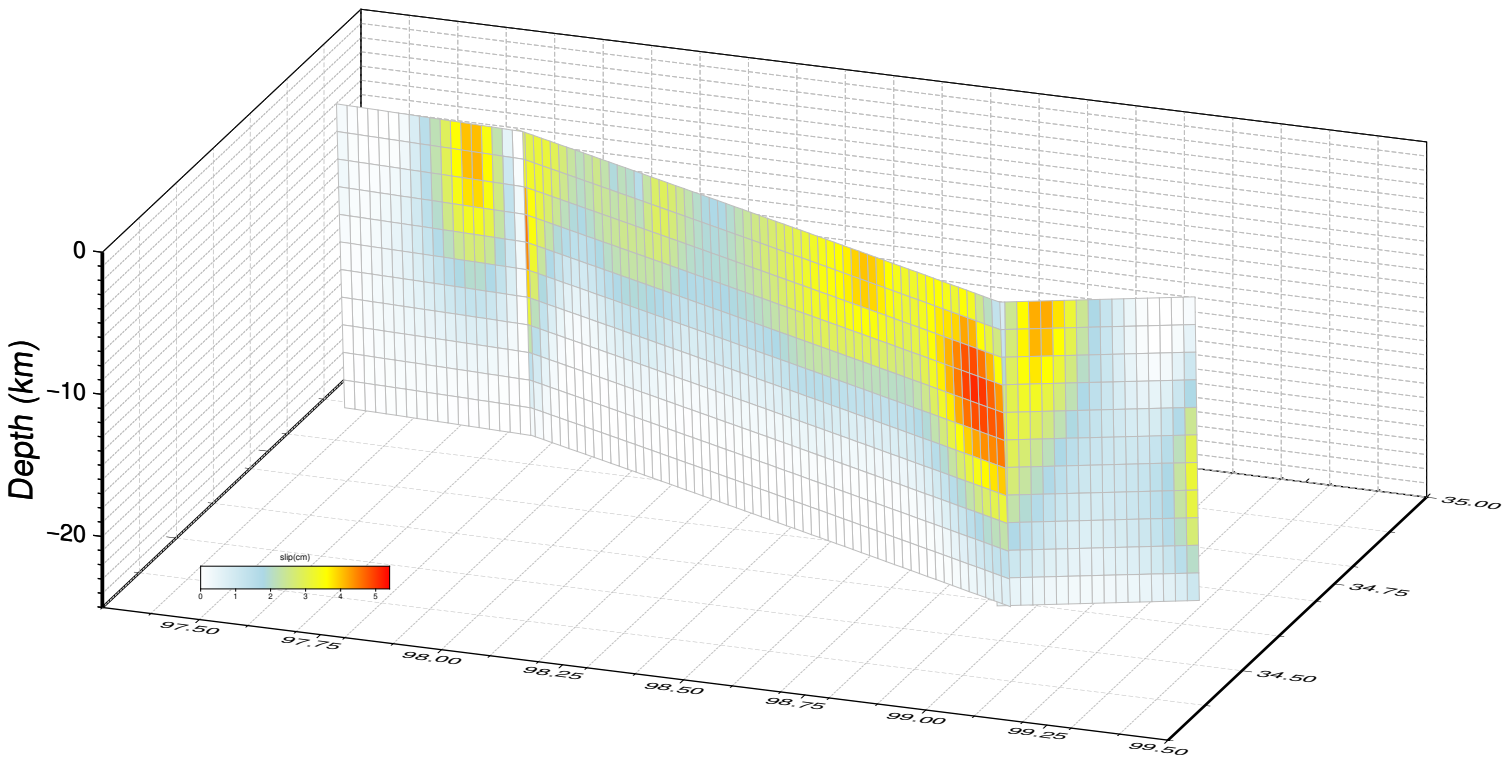
```
    lat_deg     lon_deg    depth_km   length_km    width_km  slp_strk_m  slp_ddip_m    slp_am_m  strike_deg     dip_deg    rake_deg␣
↪sig_stk_MPa sig_ddi_MPa sig_nrm_MPa
    34.7982     97.5406      0.8874      1.9546      1.8890      0.2690     -0.3206      0.4186    102.8566     69.9500     50.0000␣
↪     1.7759     -1.5403      0.2174
    34.7925     97.5389      2.6611      1.9548      1.8890      0.2156     -0.2569      0.3354    102.8566     69.8445     50.0000␣
↪     0.8002     -0.7488      0.0076
    34.7868     97.5372      4.4338      1.9549      1.8890      0.2255     -0.2688      0.3508    102.8567     69.7391     50.0000␣
↪     0.7526     -0.8695     -0.0233
...
```

对于这种数据可以参考 plotting_3D_FFM 进行转换。

下面的示例展示了如何基于以上方法绘制三维有限断层模型。

断层示例数据下载：slip_3dgrid.gmt

```
#!/usr/bin/env bash
#
# 绘制三维有限断层模型

gmt begin 3d_faultslip
    gmt set MAP_FRAME_TYPE plain #设置边框类型
    gmt set MAP_GRID_PEN 0p,gray,- #设置网格线

    gmt basemap -R97.3/99.5/34.3/35/-25/0 -JX15c/10c -JZ5c -Bxa0.25fg -Bya0.25fg -Bza10fg+l"Depth (km)" -BwSEnZ -p160/20
    # 为滑移位错量制作 CPT。滑移位错量最小值为 0，  最大值为 5.5
    gmt makecpt -Cwhite,lightblue,yellow,red -T0/5.5/0.2 -Z
    # 绘制有限断层模型
    gmt plot3d slip_3dgrid.gmt -C -L -W0p,gray -p

    # 绘制 colorbar
    gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 7p FONT_LABEL 8p
    gmt set MAP_ANNOT_OFFSET_PRIMARY 2p MAP_FRAME_PEN thinner MAP_TICK_LENGTH 2p
    gmt colorbar -C -DjBL+w2.5c/0.3c+h+o1.3c/2c+ml -Ba1 -Bx+l"slip(cm)"
gmt end show
```



5.19 绘制三维速度模型的任意垂直切片

grdinterpolate 模块从三维网格中计算任意点位下方不同层处的值。以地震学中的三维速度模型为例，三维网格水平方向为 $(lon,\ lat)$，深度方向为 $depth$ ，其中沿深度方向网格分为 nz 层，网格节点值以速度为例，*grdinterpolate* 模块采样流程为

1. 通过 **-S** 给定地表某点位坐标 $(lon0,\ lat0)$ ，使用*grdtrack* 模块采样每层二维网格中该点位的值，共得到 nz 个值。
2. 如果使用了 **-T** 自定义深度范围和间距，则使用*sample1d* 模块将上一步得到的数据采样到自定义深度。
3. 使用 **-E** 定义测线则切片输出为网格文件，使用 **-S** 定义点位则切片输出为 ASCII 表格文件。

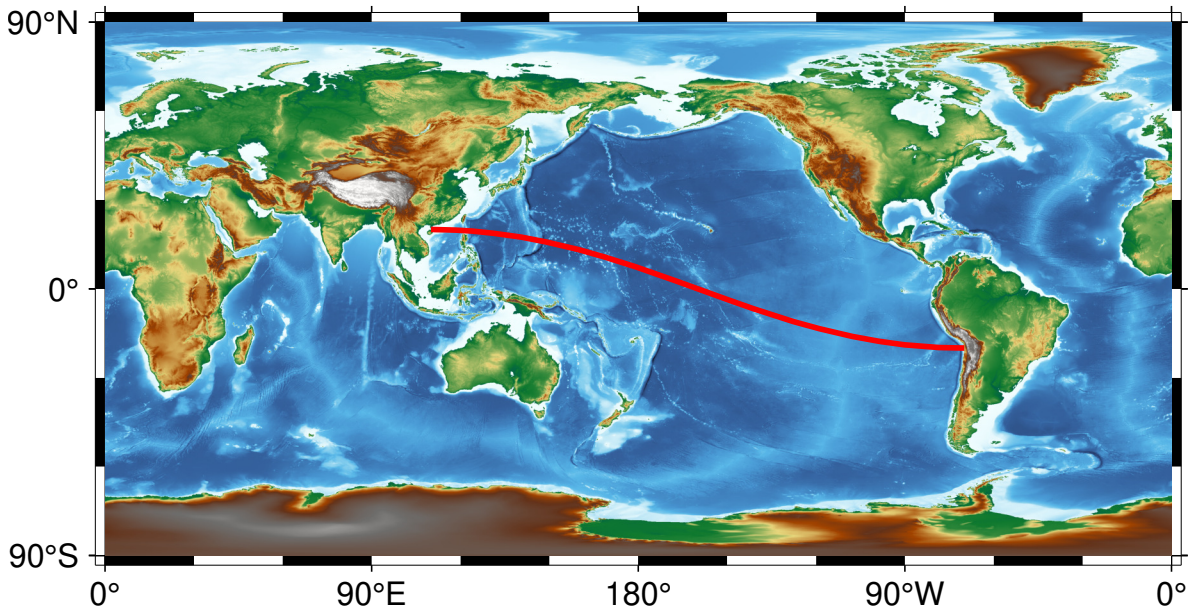
由于目前难以导出通过 **-E** 选项生成的测线，为了更灵活地自定义测线，这里使用*project* 模块先生成测线，使用 **grdinterpolate -S** 计算切片，再使用*xyz2grd* 模块将结果转为网格文件。

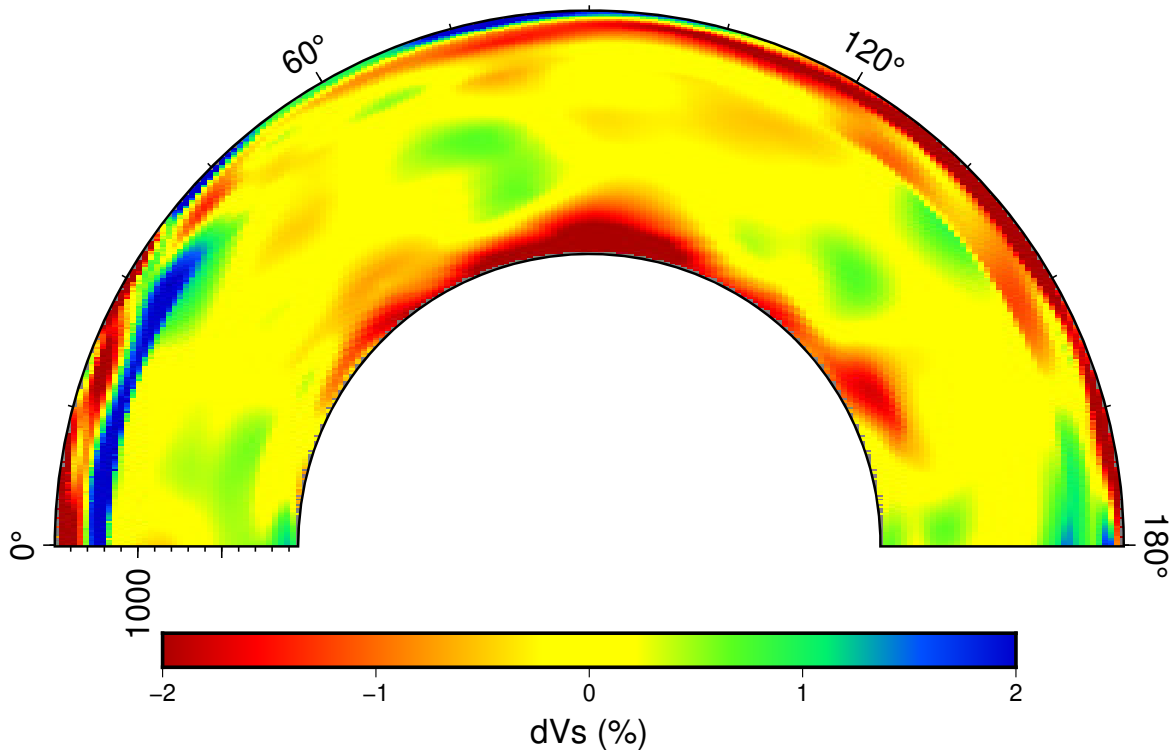
```
#!/usr/bin/env bash
#
# 绘制三维速度模型的任意垂直切片

# 下载示例模型文件
wget "https://ds.iris.edu/files/products/emc/emc-files/S362ANI_percent.nc"

gmt begin 3d_vert_slice png,pdf
    # 构建底图
    gmt basemap -Rg -JQ10c -Baf
    # 绘制地形
    gmt grdimage @earth_relief_05m

    # 创建测线，点距为1度
    D1=0
    D2=180
    dD=1
    gmt project -C110/20 -A90 -L$D1/$D2 -G$dD > prof
    # 绘制测线
    gmt plot prof -W1.5p,red

    # 定义沿深度方向的插值
```

(续下页)

(接上页)

```
    T1=25
    T2=2890
    dT=10
    T="-T$T1/$T2/$dT"

    # 计算该测线下的垂直切片
    # 在当前 GMT 6.5 版本下，grdinterpolate -S 和 -T 同时使用存在 bug，
    # gmt grdinterpolate S362ANI_percent.nc?dvs -Sprof $T > samp
    # 以上命令可暂时替换为下方命令来回避此 bug
    gmt grdinterpolate S362ANI_percent.nc?dvs -Sprof | gmt sample1d $T -N2 > samp

    # 将表数据转为网格文件
    gmt xyz2grd samp -Gvs_slice.nc -i3,2,4 -R$D1/$D2/$T1/$T2 -I$dD+e/$dT+e

    # 创建色标
    gmt makecpt -Cseis -D -T-2/2

    # 构建底图，横坐标的距离为角度，故可使用极坐标投影
    gmt basemap -Rvs_slice.nc -JP10c+fp+a+t90 -Baf -Y-7c
    # 绘制切片
    gmt grdimage vs_slice.nc
    # 绘制色标棒
    gmt colorbar -Bxa1+l"dVs (%)"

gmt end show
```


90°N
0°
90°S
0°
90°E
180°
90°W
0°


60°
120°
0°
180°
1000
−2
−1
0
1
2
dVs (%)

第 6 章　外部绘图实例

- GMT 官方示例
- GMT 官方动画示例
- GMT YouTube Channel
- PyGMT Gallery
- GMT and PyGMT plotting examples
- NZ Antarctic Science Conference 2021 poster

第 7 章　基础知识

这一章介绍使用 GMT 所需要了解的通用基础知识。用户应通读本章所有内容，了解和掌握这些 GMT 基础。

7.1 画布

要画一张图，首先需要准备一个画布。GMT 默认的画布是一个 PDF 文件。

7.1.1 图片格式

GMT 支持多种矢量图片格式和位图图片格式：

- 矢量图片格式包括 PDF [**推荐**]、PS 和 EPS 格式
- 位图图片格式包括 PNG [**推荐**]、JPG [**推荐**]、BMP、PPM 和 TIFF 格式

在使用 GMT 绘图时，默认会生成 PDF 格式的图片，且会自动去除图片四周的白边。例如，下面的示例使用*basemap* 模块绘制了底图，执行该脚本会生成名为 `figname.pdf` 的图片文件:

```
gmt begin figname
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

可以显式指定生成其他格式的图片。例如，下面的示例会生成 PNG 格式的图片:

```
gmt begin figname png
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

也可以同时指定生成多种图片格式，多种图片格式之间用逗号分隔开。例如，下面的示例指定同时生成 PDF 和 PNG 格式的图片:

```
gmt begin figname
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

小技巧

如无特殊需求，不建议使用 PS 图片格式。PS 图片格式具有如下缺点（在后面会提到）:

1. 不支持透明色
2. 默认画布大小为 A4，而其它格式默认画布大小均为 11.6 米 x11.6 米（允许的最大尺寸）
3. PS 图片格式不支持裁剪白边，而其它图片格式均支持自动裁剪白边
4. PS 阅读器只有一两款，不如 PDF 或其它图片格式选择性多

7.1.2 画布白边

默认情况下, GMT 会对生成的图片进行裁剪以去除四周的白边。如果想要在图片周围保留部分白边, 可以在指定图片格式后额外使用 **I+m***margins* 参数, 其中 *margins* 可以取:

- 一个数, 表示图片四周有相同的白边区域, 如 `I+m0.5c`
- 两个数字, 表示图片 X 方向和 Y 方向有不同的白边边距, 如 `I+m0.5c/1c`
- 四个数字, 表示图片的左右下上四个方向有不同的白边边距, 如 `I+m0.5c/0.25c/1.0c/1.5c`

下面的示例在图片四周分别加上了 0.5 厘米的白边区域:

```
gmt begin figname pdf I+m0.5c
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

7.1.3 画布大小

GMT 中默认使用宽 11.6 米、高 11.6 米的画布, 在最终生成图片文件时会自动将未使用的白色区域裁减掉, 因而用户无需关心画布大小。若需要生成特定尺寸的图片, 而不裁剪周边的白色区域, 可以修改 GMT 参数*PS_MEDIA* 来指定纸张尺寸:

```
gmt begin figname
    gmt set PS_MEDIA A4
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

PS 图片格式是一个例外。若选择 PS 作为图片格式, 则默认画布大小为 A4 纸大小。当用户需要更大的画布时, 则必须修改 GMT 参数*PS_MEDIA* 来修改画布尺寸。

7.1.4 画布颜色

默认的画布颜色为白色, 可以通过修改 GMT 参数*PS_PAGE_COLOR* 来修改画布颜色:

```
gmt begin figname
    gmt set PS_PAGE_COLOR lightred
    gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

7.1.5 绘图原点

GMT 在绘图时, 默认的绘图原点 (即底图边框左下角) 位于画布 (11.6 米宽、11.6 米高) 的左下角 (40 inch, 40 inch) (约 100 cm, 100 cm) 处 (下图中红色圆圈)。因而绘图时, 如果需要移动绘图原点, 只能向右和向上移动, 而不能向左或向下移动。向左或向下移动绘图原点超过 100 厘米, 均可能使得部分图件超过画布左边界或下边界, 导致图件被部分截断。

Source Code

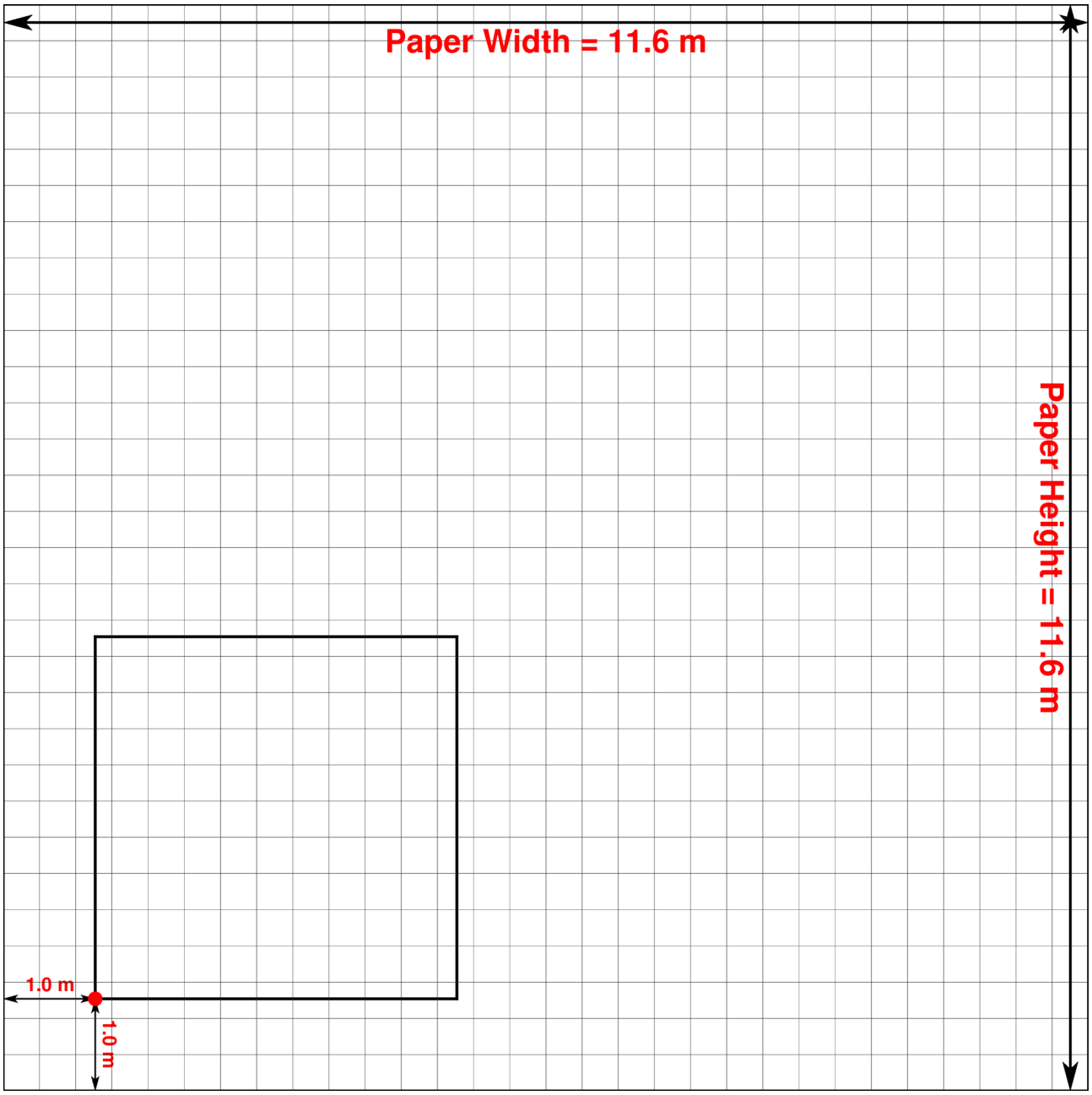


图 1: GMT 绘图原点（红色圆圈）相对于画布的位置

7.2 单位

GMT 中的单位有两类：长度单位和距离单位。

> **备注**
>
> 本手册中，长度单位专用于度量纸张上的距离，而距离单位则用于度量真实地球上的距离。

7.2.1 长度单位

GMT 中的长度量（如宽度、偏移量、符号大小等）可以使用厘米（**c**m）、英寸（**i**nch）或点（**p**oint）为单位，它们之间的关系为 $1inch = 2.54cm = 72point$。

厘米、英寸和点，在 GMT 中分别用 **c**、**i** 和 **p** 表示。例如 **5c** 表示 5 厘米，**3i** 表示 3 英寸，**2p** 表示 2 点。

GMT 有两种方式可以指定长度量的单位，即显式指定单位和隐式指定单位。

显式指定单位
: 在长度量后直接加上单位以显式地指定当前长度量的单位。比如 **-X4c** 意味着传给 **-X** 选项的长度量是 4 厘米

隐式指定单位
: 若长度量后没有给定长度单位，则 GMT 会根据参数*PROJ_LENGTH_UNIT* 所指定的默认长度单位对该长度量进行解释。比如 **-X4** 中的长度量 4 会根据*PROJ_LENGTH_UNIT* 取值的不同而被解释为 4 厘米、4 英寸或 4 点。

小技巧

使用长度单位时，建议遵循如下几条：

- 始终显式指定长度量的单位，不依赖于*PROJ_LENGTH_UNIT* 的值，以免导致同一脚本在不同机器上由于 GMT 参数配置的差异而导致结果不同
- 长度单位 **p** 用于指定较小的长度量，比如线宽、文字大小等
- 长度单位 **c** 和 **i** 用于指定较大的长度量，比如底图宽度、圆圈大小等
- 尽量使用 SI 单位制（**c**）而不用 US 单位制（**i**），因为国人对于 1 厘米要比 1 英寸更有概念

7.2.2 距离单位

对于真实地球上的距离量而言，常用单位包括：

- **d**：度（**d**egree of arc）
- **m**：分（**m**inute of arc）
- **s**：秒（**s**econd of arc）
- **k**：千米（**k**ilometer）
- **e**：米（m**e**ter）**默认单位**

还有几个不常用的单位：

- **f**：英尺（**f**oot）
- **M**：Statute mile
- **n**：Nautical mile
- **u**：US Survey foot

对于一个距离量而言，若不指定单位，则默认其单位为 **e**（即“米”）。当然还是建议为每个距离量显式指定其单位，使得命令更加清晰。比如在地球上以某点为中心画一个特定半径的圆，半径取 30 等效于 **30e** 表示 30 米，半径取 **30k** 则表示 30 千米。

7.2.3 小练习

1. 执行命令 `gmt get PROJ_LENGTH_UNIT` 查看 GMT 的默认长度单位。
2. 如下命令在一个长宽均为 10 厘米（由 `-JX10c/10c` 控制）的矩形底图中心，绘制了一个直径为 3 厘米（由 `-Sc3c` 控制）的圆:

```
echo 5 5 | gmt plot -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Baf -Sc3c -W1p -pdf units
```

   将 `-Sc3c` 改成 `-Sc3i` 或 `-Sc3` 并绘图，比较圆圈的大小差异以理解单位的作用。

7.3 颜色

既然是绘图，丰富的颜色是必须的。GMT 中可以通过五种不同的方式来指定颜色，即:

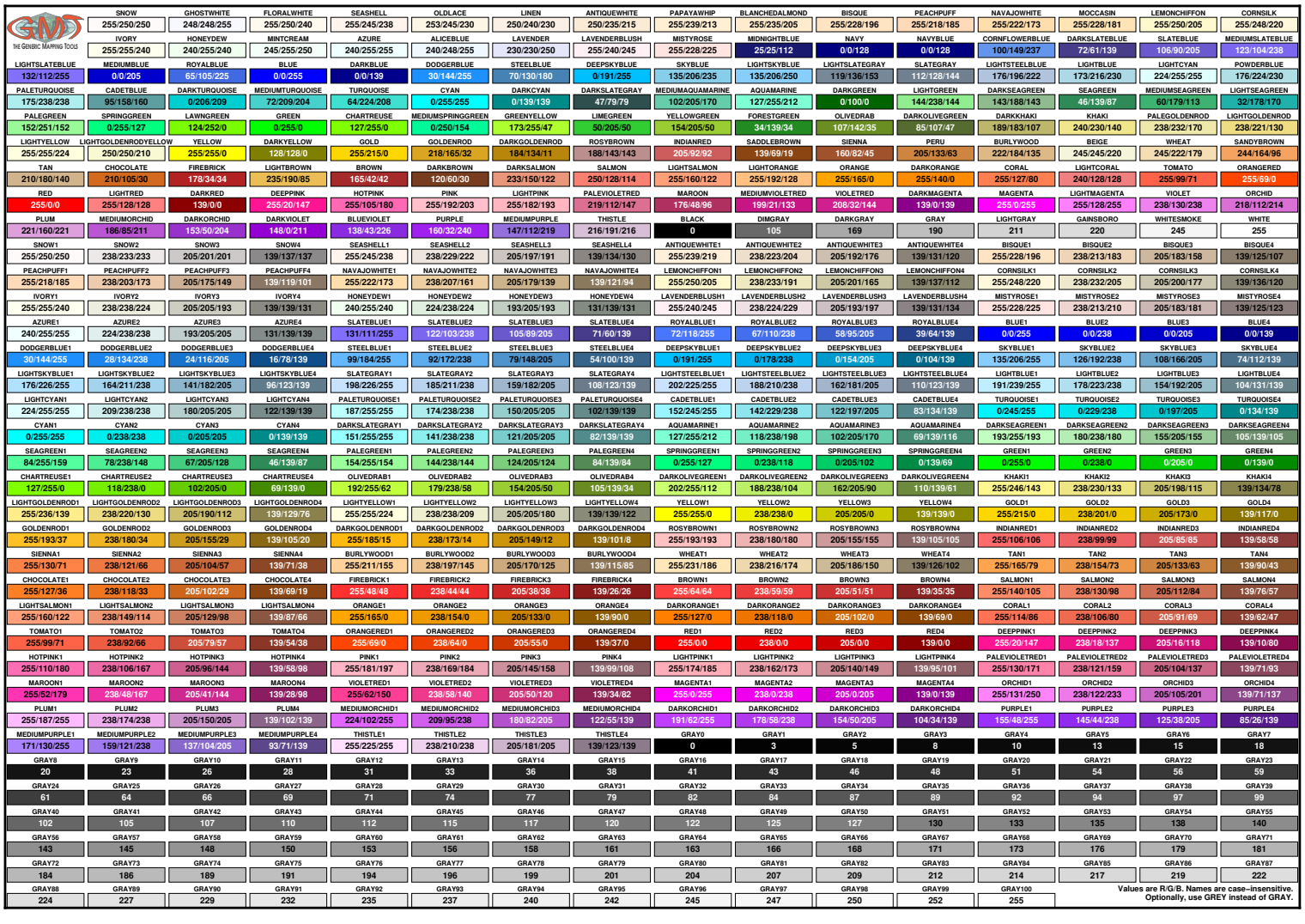
1. 颜色名
2. RGB 值
3. HSV 值
4. CMYK 值
5. 灰度值

7.3.1 颜色名

通过颜色名指定颜色是最直观的方式了。常见的颜色如 **white**、**black**、**red**、**orange**、**yellow**、**green**、**cyan**、**blue**、**magenta**、**gray**（或 **grey**）和 **brown** 等。除 **white** 和 **black** 之外，其余的几种常见颜色名还可以加上前缀 **light** 或 **dark**，以表示浅色和深色。比如 **lightblue**、**blue**、**darkblue** 分别表示浅蓝、蓝色和深蓝。

所有的颜色名都是不区分大小写的，所以 **lightblue**、**LIGHTBLUE** 或者 **LightBlue** 都是合法的颜色名。

GMT 支持通过颜色名指定 663 种颜色。下图中列出了 GMT 支持的所有颜色名及其对应的 RGB 值。



GMT 颜色表下载： A4 PNG 格式 | A4 PDF 格式 | USLetter PNG 格式 | USLetter PDF 格式

在以下色标上悬停可显示颜色名称和 RGB 值，单击可复制到剪贴板。

7.3.2 RGB

即三原色光模型，或又称 RGB 颜色模型，是一种加色模型，将红（**R**ed）、绿（**G**reen）、蓝（**B**lue）三原色的色光以不同的比例相加，以产生多种多样的色光。

GMT 中可以通过 $r/g/b$ 的格式来指定 RGB 颜色，其中 r、g、b 的取值范围都是 0 到 255，三者用斜线 **/** 分开。

RGB 颜色示例：

- **0/0/0**：黑色；
- **255/255/255**：白色；
- **255/0/0**：红色；
- **0/255/0**：绿色；
- **0/0/255**：蓝色；

RGB 颜色除了可以用上面的表示法之外，还可以用 HTML 中常用的表示法 *#RRGGBB*，即分别用两位的十六进制数字表示每个颜色通道，0 对应的 16 进制是 **00**，255 对应的 16 进制是 **FF**。例如 **#000000** 即黑色，**#FF0000** 即红色。十六进制数用大小写表示均可。

7.3.3 HSV

通过 *h-s-v* 格式指定颜色, 其中 HSV 分别代表色相 (**H**ue)、饱和度 (**S**aturation) 和明度 (**V**alue), 三者之间用连字号 - 分开。

- 色相 (**H**) 是色彩的基本属性, 就是平常所说的颜色名称 (如红色、黄色等), 取值范围为 0 到 360。
- 饱和度 (**S**) 是指色彩的纯度, 越高色彩越纯, 低则逐渐变灰, 取值范围为 0 到 1。
- 明度 (**V**) 是色彩的亮度, 取值范围为 0 (dark) 到 1 (light)。

例如 **200-0.1-0.1**。

7.3.4 CMYK

印刷四分色模式, 是彩色印刷时采用的一种套色模式, 利用色料的三原色混色原理, 加上黑色油墨, 共计四种颜色混合叠加, 形成所谓“全彩印刷”。四种标准颜色是:

- **C**yan: 青色, 又称为天蓝色或是湛蓝
- **M**agenta: 品红色, 又称为洋红色
- **Y**ellow: 黄色
- blac**K**: 定位套版色 (黑色)

GMT 中可以通过 $c/m/y/k$ 的方式指定 CMYK 格式的颜色。c、m、y、k 的取值范围均为 0 到 100, 用斜线 / 分开, 例如 **20/30/40/40**。

7.3.5 灰色

灰色是常见的一种颜色, 而灰色又可以根据灰的不同程度细分为不同的灰色。指定灰色的办法很简单, 用一个数值表示灰度即可, 其取值范围为 0 到 255。例如 0 表示黑色, 255 表示白色, 128 表示灰色。

除了用灰度表示之外, 灰色还可以用前面提到的几种形式表示:

1. 用 RGB 表示灰度

   灰色本质上就是 R=G=B 的一种颜色。因而 **128/128/128** 代表灰度为 128 , **200/200/200** 代表灰度是 200。

2. 用 GMT 颜色名表示灰度

   GMT 自定义了多个颜色名来表示不同程度的灰色。除了前面说过的 **gray**、**lightgray** 和 **darkgray** 之外, 还有 **gray0**、**gray1** 一直到 **gray100**。其中 **gray0** 即黑色, **gray100** 即白色。

7.3.6 透明色

每一种颜色, 都可以额外指定其透明度。

GMT 中可以通过在颜色后加上 @ 再加上透明度来得到不同程度的透明色。透明度的取值范围是 0 到 100, 0 表示不透明, 100 表示全透明。

例如: **red@25**、**30/25/128@60**。

> **备注**
>
> PS 格式不支持透明色。

7.3.7 颜色小结

GMT 中可以用五种方法指定颜色, 分别是:

- 颜色名: **red**
- RGB 值: **30/25/128** 或 **#00FA84**
- HSV 值: **200-0.1-0.1**
- CMYK 值: **0.2/0.3/0.4/0.5**
- 灰度: **30**

7.3.8 小练习

下面的命令在底图中心绘制了一个红色圆圈, 试着将 `-Gred` 中的 **red** 改为其它颜色以理解这一节的内容:

```
echo 5 5 | gmt plot -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Baf -Sc3c -Gred -pdf colors
```

7.4 画笔

有画笔才能画线条、三角形、圆形等各种复杂的形状。

GMT 中的画笔有三个属性: 笔宽、颜色和线型, 三者用逗号分隔, 即 *width*,*color*,*style*。

在 GMT 模块的语法介绍中, 一般用 *pen* 表示画笔属性, 读者在见到 *pen* 时应自行脑补成 *width*,*color*,*style*。

在指定画笔属性时, 可以指定三个属性中的任意一个或多个属性, 但要保证属性的相对顺序。

7.4.1 画笔线宽

GMT 中可以通过两种方式指定画笔宽度:

1. 宽度值 + 单位, 即 *width*[**c**|**i**|**p**]

   在不指定线宽单位时, GMT 使用的默认线宽单位为 **p**。除了 **p** 之外, 还可以使用 **c** 或 **i** 指定线宽单位为厘米或英寸。

   推荐只使用 **p** 作为线宽单位, 毕竟多数情况下线条的宽度都比较小, 用 "小" 单位 **p** 作为单位更方便些。且建议总是显式指定线宽单位, 以使得命令的参数更加易读, 比如 **1p**、**0.25p**。

2. 预定义画笔宽度名

   对于一些常用的画笔宽度, GMT 将其定义为特定的名字, 以方便用户使用。下表中列出了 GMT 预定义画笔宽度名及其对应的线宽。

表 1: GMT 预定义画笔宽度名

线宽名	线宽	线宽名	线宽
faint	0	**thicker**	1.5p
default	0.25p	**thickest**	2p
thinnest	0.25p	**fat**	3p
thinner	0.50p	**fatter**	6p
thin	0.75p	**fattest**	10p
thick	1.0p	**obese**	18p

备注

指定线宽为 **0p** 或者 **faint** 并不表示不绘制线段，而是指定了画笔的宽度为最细宽度。画笔的实际最细宽度由具体的设备来决定。通常情况下，线宽为 **0p** 的线条在图片缩放时线条宽度总是保持最小值。

7.4.2 画笔颜色

在颜色 中已经介绍了如何指定颜色，所有的颜色均可用于指定画笔的颜色。

7.4.3 画笔线型

画笔线型属性 *style* 控制了线条的外观，可以用四种方式表示：

1. 简单符号

   - . 表示点线
   - - 表示虚线

2. 组合符号

   通过对简单符号的任意组合可以获得更多的线型，比如 .- 表示点划线，..- 表示两个点号与一个连字号交替出现。

3. 预定义线型名

   GMT 预定义了几种线型名，包括：

   - **solid**：即实线
   - **dashed**：即虚线，等效于 -
   - **dotted**：即点线，等效于 .
   - **dashdot**：划点线，等效于 -.
   - **dotdash**：点划线，等效于 .-

备注

. 和 - 的绝对长度由画笔宽度来决定。. 的长度等于画笔宽度；- 的长度为 8 倍画笔宽度；点线或虚线中段间空白的长度为 4 倍画笔宽度。

4. 复杂线型

   通过 *string*[**:***offset*] 的形式可以自定义任意复杂的线型。

   string 是一系列由下划线 _ 分隔的数字组成。这一系列数字中，第奇数个数字表示实线的长度，第偶数个数字表示空白的长度。通过实线和空白的长度的不同组合，即可构成多种复杂的线型。*offset* 表示线段开始处整个线型的初始相位移动（默认值为 0）。

   例如，**4_8_5_8:2p** 表示线型首先是长度为 **4p** 的实线，然后是长度为 **8p** 的空白，紧接着长度为 **5p** 的实线和长度为 **8p** 的空白，然后按照该模式不断重复。此处的 *offset* 值为 **2p**，因而线段的最开始处，第一条实线的长度 **4p** 经过相移后长度为 **2p**。

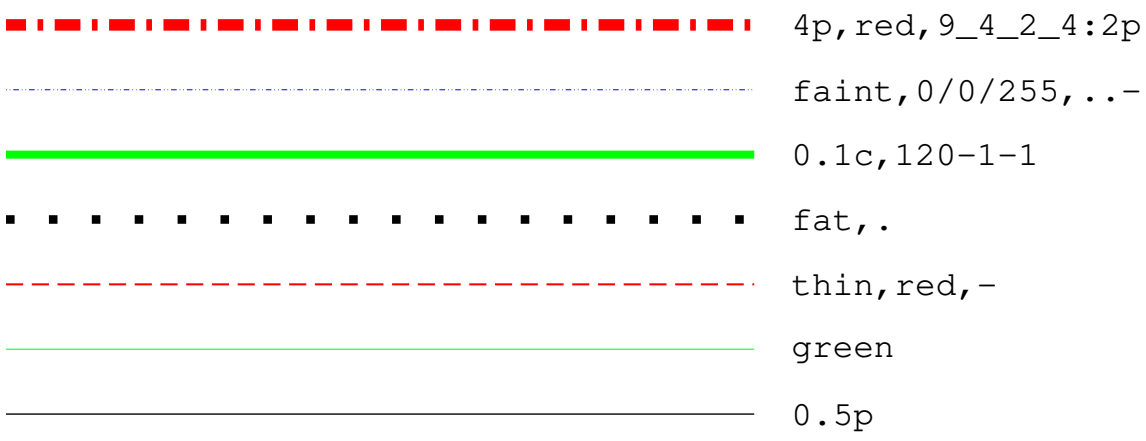
   线型中的这些数值，默认单位是 **p**，也可以使用 **c** 或 **i**。

7.4.4 小练习

下面的命令用*plot* 模块绘制了一条线段。读者可以将命令中 **-W***pen* 中的 *pen* 修改为不同的值来理解如何指定不同的画笔属性:

```
gmt plot -R0/10/0/5 -JX10c/5c -Wpen -pdf pens << EOF
0 2
10 2
EOF
```

Source Code



发挥你的想象力, 想想如何绘制如下图所示的黑白相间的铁轨线? 点击 “Source Code” 可以查看下图对应的绘图脚本。

Source Code



7.5 填充

用画笔绘制了圆形或多边形之后, 还可以为其填充颜色。在 GMT 模块的语法介绍中, 一般用 *fill* 表示需要指定填充属性, 读者在见到 *fill* 时应自动联想到本节介绍的内容。

填充 *fill* 有两种方式/形式: 填充颜色和填充图案。

最常见的情况是使用 **plot** 模块绘制一个多边形区域或一个符号, 然后使用 **-G***fill* 选项为其填充颜色。为了方便描述, 这一节以 **-G***fill* 为例。

7.5.1 填充颜色

给多边形或符号填充颜色很简单，直接用 **-G***color* 即可。颜色在颜色 一节已经介绍过了。比如 **-Gred** 表示填充色为红色，**-G230/200/0** 表示填充色为 **230/200/0**。

7.5.2 填充图案

除了可以填充颜色之外，还可以使用填充图案（pattern）。比如地质图里经常会给不同区域填充不同的图案以区分不同的地质结构。其语法为：**-GP**|**p***pattern*[+**b***color*][+**f***color*][+**r***dpi*]

pattern 有两种取法：

- 取 1 到 90 内的整数，表示使用 GMT 提供的*GMT 预定义填充图案*
- 取文件名，表示使用一个 1、8 或 24 位 Sun 光栅文件作为位图图案

+**r***dpi* 设置了用于填充的位图图案的分辨率。*dpi* 越大，则填充区域内位图重复的次数越多。*dpi* 的默认值为 1200。

若使用 **-GP** 而不是 **-Gp**，则图案会发生位反转，即白色区域变成黑色，黑色区域变成白色（仅对 1 位位图或 GMT 预定义位图图案有效）。

对于 GMT 预定义的图案以及用户自定义的 1 位位图来说，可以用 +**b***color* 和 +**f***color* 分别设置图案的前景色和背景色，以分别替换默认的黑色和白色像素点。若只给 +**b** 和 +**f** 而不指定颜色，则视为前景色或背景色为透明。

备注

1. 使用的光栅图片必须小于 146x146 像素；若要使用更大的图像，需要使用*image* 模块
2. 默认只能使用 Sun 光栅文件。若 GMT 在编译时链接了 GDAL，则也可以使用其它格式的图片作为填充图案
3. 图案填充是通过使用多边形做路径裁剪实现的。复杂的裁剪路径会需要更多的内存，因而可能导致某些 PS 解释器由于内存不足而退出。在这种情况下，建议使用灰度填充区域

7.5.3 小练习

下面使用*plot* 模块在底图中心绘制了一个直径为 4 厘米的圆，并填充颜色：

```
echo 5 5 | gmt plot -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Baf -Sc4c -Gfill -pdf test
```

请尝试将命令中的 **-G***fill* 中的 *fill* 修改为以下不同的值并查看效果以理解这一节的内容：

- **-G128**
- **-G127/255/0**
- **-G#00ff00**
- **-G25-0.86-0.82**
- **-GDarkOliveGreen1**
- **-Gp7+r300**
- **-Gp12+r300**
- **-Gp7+r1000**

- **-GP7+r1000**
- **-Gp7+bred+r300**
- **-Gp7+bred+f-+r300**

7.5.4 附录: GMT 预定义填充图案

下图列出了 GMT 中预定义的 90 种位图图案(右键查看大图并放大才能看到差异), 所有图案都是使用默认的黑白色在 *dpi*=300 的环境下生成的。每张小图中左半部分使用 **-Gp** 绘制, 右半部分使用 **-GP** 绘制。

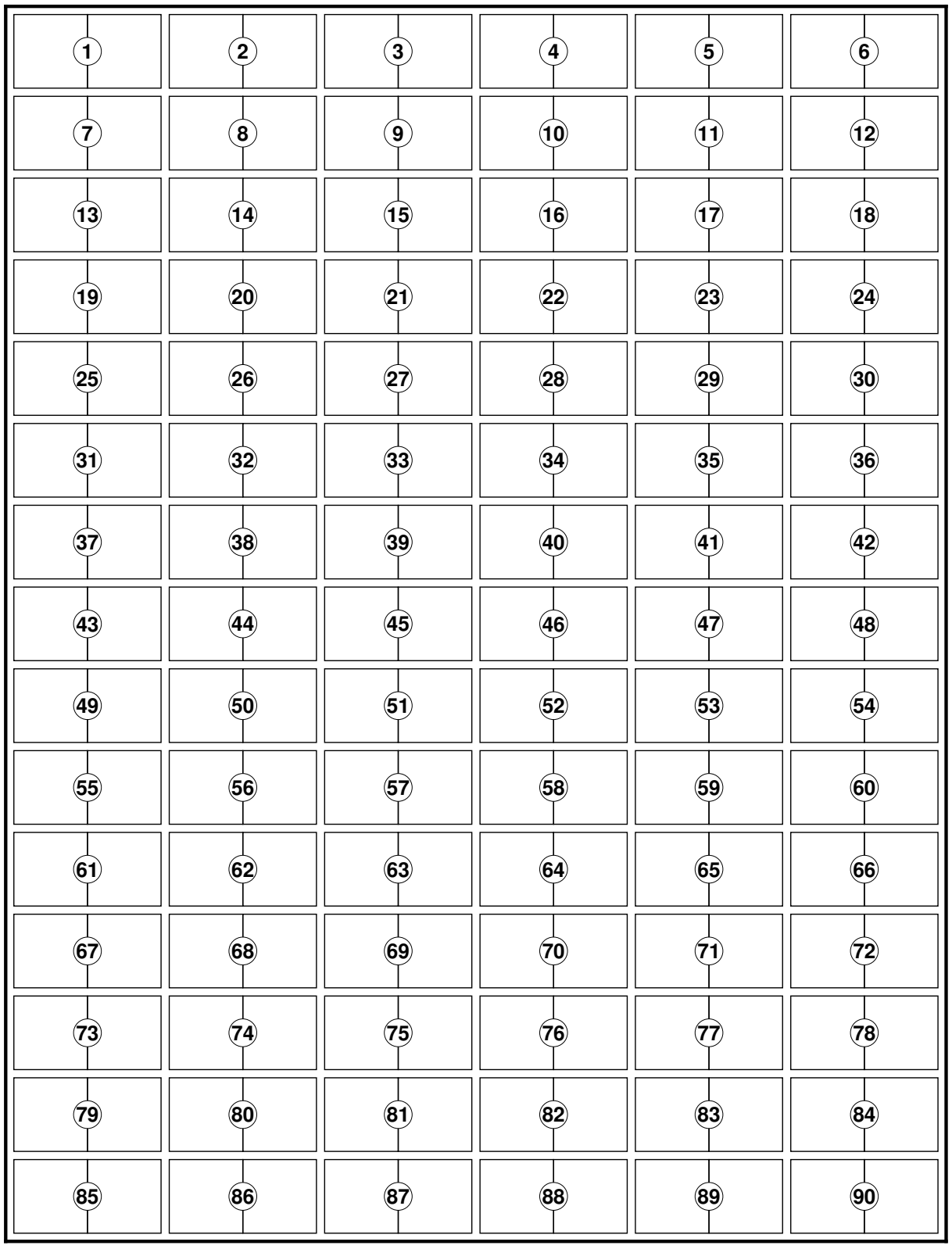


图 2: GMT 内置位图图案

下载: PDF 格式 | PNG 格式

7.6 文字

文字，也称文本或字符串。主要由三个属性控制：文字大小、字体、颜色。三个属性之间用逗号分隔，即：*size*,*fonttype*,*fill*。

在模块的语法介绍中，通常使用 *font* 表示需要用户指定文字属性，用户应自行将其脑补为 *size*,*fonttype*,*fill*。

三者均是可选的，但先后顺序不可乱。若其中任意一个属性被省略，则使用该属性的默认值。

7.6.1 文字大小

文字大小，即常说的字号，可以用数字加单位表示。在不指定单位的情况下默认单位为 **p**，也可加上 **c**、**p** 或者 **i** 显式指定单位，比如 **15p**。

有些中文期刊可以会有类似“图片标题是四号字”这样的要求，这就需要知道 GMT 中的字体大小与 Microsoft Word 中字号大小的对应关系。如下表所示：

表 2: Word 字号与 GMT 中字号 (p) 对应关系

字号	p	字号	p
初号	42	小初	36
一号	26	小一	24
二号	22	小二	18
三号	16	小三	15
四号	14	小四	12
五号	10.5	小五	9
六号	7.5	小六	6.5
七号	5.5	八号	5

7.6.2 字体

GMT 默认支持 35 种标准字体。下图给出了 GMT 支持的 35 种字体的名字及对应的编号:

Source Code

#	Font Name	#	Font Name
0	Helvetica	**17**	**Bookman-Demi**
1	**Helvetica-Bold**	***18***	***Bookman-DemiItalic***
2	*Helvetica-Oblique*	19	Bookman-Light
3	***Helvetica-BoldOblique***	*20*	*Bookman-LightItalic*
4	Times-Roman	21	Helvetica-Narrow
5	**Times-Bold**	**22**	**Helvetica-Narrow-Bold**
6	*Times-Italic*	*23*	*Helvetica-Narrow-Oblique*
7	***Times-BoldItalic***	***24***	***Helvetica-Narrow-BoldOblique***
8	Courier	25	NewCenturySchlbk-Roman
9	**Courier-Bold**	*26*	*NewCenturySchlbk-Italic*
10	*Courier-Oblique*	**27**	**NewCenturySchlbk-Bold**
11	***Courier-BoldOblique***	***28***	***NewCenturySchlbk-BoldItalic***
12	Σψμβολ (Symbol)	29	Palatino-Roman
13	AvantGarde-Book	*30*	*Palatino-Italic*
14	*AvantGarde-BookOblique*	**31**	**Palatino-Bold**
15	**AvantGarde-Demi**	***32***	***Palatino-BoldItalic***
16	***AvantGarde-DemiOblique***	*33*	*ZapfChancery-MediumItalic*
		34	✺❁❒❄✤❇■✳✪❁▼▲ (ZapfDingbats)

GMT 中可以用字体名（**区分大小写**）或对应的字体编号来指定字体（比如 **Helvetica-Bold** 或者 **1**）。上图中给出了每种字体的字体编号以及字体名称。每个字体名称使用的是自己相对应的字体，所以可以从图中直观地看出不同字体的区别。

小技巧

使用 `gmt text -L` 可以在命令行查看 GMT 所支持的字体及其编号。

图中大多数字体都很直观，比较特别的字体有两个，Symbol（12 号）和 ZapfDingbats（34 号），前者常用于输出希腊字母，后者则用于输出特殊图案，详情见特殊字符。

7.6.3 填充色

可以为文字指定填充色或填充图案，也就是常说的文字颜色。

在颜色 和填充 一节中我们已经介绍了如何设置填充色和填充图案，其中介绍的内容均可用于设置文本颜色。

7.6.4 描边

在给文字指定填充色的同时，还可以在填充色 *fill* 后加上 =*pen* 以指定文本轮廓（即描边）的画笔属性。画笔属性 *pen* 的用法见画笔 一节。比如 **red=2p,blue** 表示将文字填充为红色，并使用宽度为 **2p** 的蓝色线条给文字描边。若填充色 *fill* 为 **-**，则不对文字做填充，即实现空心文字的效果。

使用 =*pen* 语法绘制文本轮廓时，轮廓线条有一半宽度位于文字外部，另一半宽度会遮住字体。为了避免这一现象，可以使用 =~*pen* 语法，此时在绘制文字轮廓时只绘制文字外部的半个线宽的线条。

7.6.5 小练习

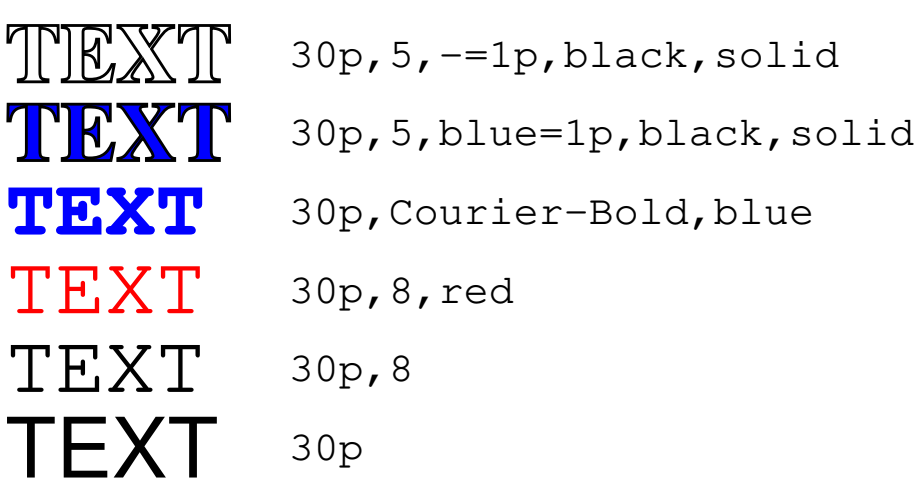
text 模块可以用于添加文字。下面的命令在图上写了文字 **TEXT**:

```
echo 2.5 0.5 TEXT | gmt text -R0/5/0/1 -JX15c/2c -F+ffont -pdf text
```

将 **-F+f***font* 中的 *font* 修改为不同的值并查看绘图效果以理解这一节的内容。

下图给出了 *font* 取不同值的效果：

Source Code



7.7 特殊字符

除了键盘上可以直接输入的一般字符之外，GMT 还可以打印一些常用的特殊字符，如大小写的希腊字母、加减号、大于等于号等。

这些特殊字符无法通过键盘直接输入，GMT 中可以通过输入八进制码的方式指定特殊字符。

7.7.1 八进制码指定特殊字符

GMT 中可以用一个三位的八进制码指定一个特殊字符。八进制码与特殊字符之间的对应关系，可以通过查询下表得到：

ISOLatin1+

octal	0	1	2	3	4	5	6	7
\03x		•	…	™	—	–	fi	ž
\04x		!	"	#	$	%	&	’
\05x	(	)	*	+	,	−	·	/
\06x	0	1	2	3	4	5	6	7
\07x	8	9	:	;	<	=	>	?
\10x	@	A	B	C	D	E	F	G
\11x	H	I	J	K	L	M	N	O
\12x	P	Q	R	S	T	U	V	W
\13x	X	Y	Z	[	\	]	^	–
\14x	‘	a	b	c	d	e	f	g
\15x	h	i	j	k	l	m	n	o
\16x	p	q	r	s	t	u	v	w
\17x	x	y	z	{	|	}	~	š
\20x	Œ	†	‡	Ł	⁄	‹	Š	›
\21x	œ	Ÿ	Ž	ł	‰	„	“	”
\22x	ı	`	´	ˆ	˜	¯	˘	·
\23x	¨	¸	°	˛	'	˝	˙	ˇ
\24x		¡	¢	£	¤	¥	¦	§
\25x	¨	©	ª	«	¬	-	®	¯
\26x	°	±	2	3	´	µ	¶	·
\27x	¸	1	º	»	¼	½	¾	¿
\30x	À	Á	Â	Ã	Ä	Å	Æ	Ç
\31x	È	É	Ê	Ë	Ì	Í	Î	Ï
\32x	Đ	Ñ	Ò	Ó	Ô	Õ	Ö	×
\33x	Ø	Ù	Ú	Û	Ü	Ý	Þ	ß
\34x	à	á	â	ã	ä	å	æ	ç
\35x	è	é	ê	ë	ì	í	î	ï
\36x	ð	ñ	ò	ó	ô	õ	ö	÷
\37x	ø	ù	ú	û	ü	ý	þ	ÿ

Standard+

octal	0	1	2	3	4	5	6	7
\03x		¾	³	™	²	ý	ÿ	ž
\04x		!	"	#	$	%	&	’
\05x	(	)	*	+	,	-	·	/
\06x	0	1	2	3	4	5	6	7
\07x	8	9	:	;	<	=	>	?
\10x	@	A	B	C	D	E	F	G
\11x	H	I	J	K	L	M	N	O
\12x	P	Q	R	S	T	U	V	W
\13x	X	Y	Z	[	\	]	^	–
\14x	‘	a	b	c	d	e	f	g
\15x	h	i	j	k	l	m	n	o
\16x	p	q	r	s	t	u	v	w
\17x	x	y	z	{	|	}	~	*f*
\20x	Ã	Ç	Đ	Ł	Ñ	Õ	Š	Þ
\21x	Ý	Ÿ	Ž	ã	¦	ç	©	°
\22x	÷	ð	¬	ł	−	µ	×	ñ
\23x	½	¼	ı	õ	±	®	š	þ
\24x		¡	¢	£	⁄	¥	*f*	§
\25x	¤	'	“	«	‹	›	fi	fl
\26x	Á	–	†	‡	·	Â	¶	•
\27x	¸	„	”	»	…	‰	Ä	¿
\30x	À	`	´	ˆ	˜	¯	˘	·
\31x	¨	É	°	¸	Ê	˝	˛	ˇ
\32x	—	Ë	È	Í	Î	Ï	Ì	Ó
\33x	Ô	Ö	Ò	Ú	Û	Ü	Ù	á
\34x	â	Æ	ä	ª	à	é	ê	ë
\35x	è	Ø	Œ	º	í	î	ï	ì
\36x	ó	æ	ô	ö	ò	1	ú	û
\37x	ü	ø	œ	ß	ù	Å	å	ÿ

图 3: ISOLation1+ 和 Standard+ 编码下的八进制码

下载： 八进制码表 PDF 版 | 八进制码表 PNG 版

左右两张表分别是什么？该用哪一张？ GMT 支持多种字符编码，其中最常用的编码是 **Standard+** 和 **ISOLation1+**。通常，GMT 的默认字符编码是 **ISOLatin1+**，所以只需要看左表即可；如果当前字符编码是 **Standard+**，则需要查询右表。可以通过 `gmt get PS_CHAR_ENCODING` 命令查到你所安装的 GMT 的默认字符编码方式。

这张表如何查询呢？假如你的 GMT 的默认字符编码方式为 **ISOLation1+** 编码。假如想要输入加减号 ±，查左表可知，加减号位于第 **26x** 行、第 1 列，因而其八进制码为 `\261`。而如果你的 GMT 默认字符编码为 **Standard+** 编码，则 ± 对应的八进制码则是 `\234`。因而，当你需要输入某个特殊字符时，只需要输入其对应的八进制码即可。

7.7.2 使用 12 号或 34 号字体输入特殊字符

如果文本使用了 12 号字体 (Symbol) 或 34 号字体 (ZapfDingbats)，则此时八进制码具有不同的含义。需要查询下表:

Symbol

octal	0	1	2	3	4	5	6	7
\04x		!	∀	#	∃	%	&	∍
\05x	(	)	*	+	,	−	·	/
\06x	0	1	2	3	4	5	6	7
\07x	8	9	:	;	<	=	>	?
\10x	≅	A	B	X	Δ	E	Φ	Γ
\11x	H	I	ϑ	K	Λ	M	N	O
\12x	Π	Θ	P	Σ	T	Y	ς	Ω
\13x	Ξ	Ψ	Z	[	∴	]	⊥	–
\14x	‾	α	β	χ	δ	ε	ϕ	γ
\15x	η	ι	φ	κ	λ	μ	ν	ο
\16x	π	θ	ρ	σ	τ	υ	ϖ	ω
\17x	ξ	ψ	ζ	{	|	}	~	

\24x	€	ϒ	′	≤	⁄	∞	*f*	♣
\25x	♦	♥	♠	↔	←	↑	→	↓
\26x	°	±	″	≥	×	∝	∂	•
\27x	÷	≠	≡	≈	⋯	|	—	↵
\30x	ℵ	ℑ	ℜ	℘	⊗	⊕	∅	∩
\31x	∪	⊃	⊇	⊄	⊂	⊆	∈	∉
\32x	∠	∇	®	©	™	∏	√	·
\33x	¬	∧	∨	⇔	⇐	⇑	⇒	⇓
\34x	◊	〈	®	©	™	∑	⎛	⎜
\35x	⎝	⎡	⎢	⎣	⎧	⎨	⎩	⎪
\36x		〉	∫	⌠	⎮	⌡	⎫	⎪
\37x	⎭	⎤	⎥	⌡	⎫	⎬	⎭	

ZapfDingbats

octal	0	1	2	3	4	5	6	7
\04x		✁	✂	✃	✄	☎	✆	✇
\05x	✈	✉	☛	☞	✌	✍	✎	✏
\06x	✐	✑	✒	✓	✔	✕	✖	✗
\07x	✘	✙	✚	✛	✜	✝	✞	✟
\10x	✠	✡	✢	✣	✤	✥	✦	✧
\11x	★	✩	✪	✫	✬	✭	✮	✯
\12x	✰	✱	✲	✳	✴	✵	✶	✷
\13x	✸	✹	✺	✻	✼	✽	✾	✿
\14x	❀	❁	❂	❃	❄	❅	❆	❇
\15x	❈	❉	❊	❋	●	❍	■	❑
\16x	❒	❑	❒	▲	▼	◆	❖	◗
\17x	❘	❙	❚	❛	❜	❝	❞	

\24x		❡	❢	❣	❤	❥	❦	❧
\25x	♣	♦	♥	♠	①	②	③	④
\26x	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	❶	❷
\27x	❸	❹	❺	❻	❼	❽	❾	❿
\30x	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
\31x	⑨	⑩	❶	❷	❸	❹	❺	❻
\32x	❼	❽	❾	❿	➔	→	↔	↕
\33x	➘	➙	➚	➛	➜	→	➝	➞
\34x	➟	➠	➢	➢	➤	➥	➦	➧
\35x	➨	➩	➪	➫	➬	➭	➮	➯
\36x		➱	➲	➳	➴	➵	➶	➷
\37x	➸	➹	➺	➻	➼	➽	➾	

图 4: Symbol 和 Pifont 字体八进制码

当文本字体为 12 号字体 (Symbol 字符集) 时，应查询左表，例如字符 ∍ 对应的八进制码为 `\154`。当文本字体为 34 号字体 (Pifont ZapfDingbats) 时，应查询右表。

下载: 特殊字体八进制码 PDF 版 | 特殊字体八进制码 PNG 版

7.7.3 特殊字符小结

GMT 中特殊字符可以通过八进制码的方式输入。想要输入特殊字符，首先需要找到该字符对应的八进制码。从上面四张表中找到自己需要的特殊符号的八进制码及其位于哪张表内。总共分四种情况：

1. 字符在 **ISOLatin1+** 表内：可以直接使用该字符对应的八进制码
2. 字符在 **Standard+** 表内：该表内的字符是与 **ISOLatin1+** 中的字符完全重合的，建议在 **ISOLatin1+** 表中找到自己需要的字符，然后使用其对应的八进制吗
3. 字符在 **Symbol** 表内：将文本字体设置为 12 号字体，并使用该字符对应的八进制码
4. 字符在 **ZapfDingbats** 表内：将文本字体设置为 34 号字体，并使用该字符对应的八进制码

7.7.4 小练习

使用 **ISOLatin1+** 表中的八进制码输入字符 ± 234:

```
echo 5 2 \261 234 | gmt text -Jx1c -R0/10/0/4 -Baf -pdf test
```

试验之后会发现，图上显示的是 261 234 而不是 ± 234。产生这一现象的原因是因为反斜杠在很多脚本语言里有特殊的含义，此处反斜杠首先被 bash 所解释，真正传给 GMT 的是 5 2 261 234。针对这种情况，有四种解决办法:

```
# 1. 使用两个反斜杠来代替一个反斜杠
echo 5 2 \\261 234 | gmt text -Jx1c -R0/10/0/4 -Baf -pdf test

# 2. 使用单引号将字符串括起来
echo 5 2 '\261 234' | gmt text -Jx1c -R0/10/0/4 -Baf -pdf test

#. 3. 使用EOF输入字符串
gmt text -Jx1c -R0/10/0/4 -Baf -pdf test << EOF
5 2 \261 234
EOF

#. 4. 从文本文件中读取字符串
gmt text input.txt -JX10c/10c -R0/10/0/10 -F+f15p,12 -pdf test
```

输入希腊字母，此时需要指定文本使用 12 号字体（即 **-F+f15p,12** 选项）:

```
echo 5 5 '\141' | gmt text -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Baf -F+f15p,12 -pdf test
```

如果需要在一堆正常字符中插入一个 Symbol 表中的特殊字符，可以使用转义字符（下一节会详细介绍）@~ 或 **@%12%** 临时将字体 Symbol 字体。例如:

```
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c/10c -BWSne -Bx2+l"T@~\161@~t" -pdf test
```

7.8 转义序列

前面介绍了如何设置文字的文字大小、字体和颜色以及如何输入特殊字符。在此基础上, GMT 提供了转义字符, 以实现上标、下标等功能, 并可以在一个字符串内随意切换字体、字号和颜色, 给文本加入了更丰富的效果。

7.8.1 转义字符

GMT 用 @ 符号实现转义的功能。将 @ 符号与某些字符结合起来, 即构成了一系列可以实现特殊效果的转义字符。

GMT 可以识别的转义字符在下表列出:

表 3: GMT 转义字符

转义字符	说明
@+	打开/关闭上标
@-	打开/关闭下标
@_	打开/关闭下划线
@#	打开/关闭小型大写字母 (small caps)
@%*fontno*%	切换至另一字体; **@%%** 重置回前一字体
@:*size*:	切换至另一文本尺寸; **@::** 重置回前一尺寸
@;*color*;	切换至另一文本颜色; **@;;** 重置回前一颜色
@~	打开/关闭 Symbol (12 号) 字体
@!	用接下来的两个字符创建组合字符
@.	输出 ° 符号
@@	输出 @ 符号自身

除此之外, GMT 还为一些常用的欧洲字母专门定义了转义字符。如下表:

表 4: 欧洲特殊字母

代码	效果	代码	效果
@E	Æ	**@e**	æ
@O	Ø	**@o**	ø
@A	Å	**@a**	å
@C	Ç	**@c**	ç
@N	Ñ	**@n**	ñ
@U	Ü	**@u**	ü
@s	ß	**@i**	í

7.8.2 小练习

下面给出了一些使用转义字符的示例，左边 Input 是命令中的输入，右边 Output 是图上显示的效果：

Source Code

Input	Output
abc@~def@~ghi	abcδεϕghi
2@~p@~r@+2@+h@-0@-	$2\pi r^2 h_0$
S@#mall@# C@#aps@#	SMALL CAPS
Thi is @_underline@_	This is underline
@%1%Use@%% @%23%different@%% @%8%fonts@%%	**Use** *different* `fonts`
@:10:Use@:: @:20:different@:: @:15:size@::	Use different size
@;red;Colorful@;; @;blue;text@;;	Colorful text
@!CV @@	𝕍@
Stresses are @~s@~@+*@+@-xx@- MPa	Stresses are σ^*_{xx} MPa

读者可以将下面命令中的 *TEXT* 和 *Label* 修改为不同的值，以体验转义字符的效果：

```
echo 5 2 TEXT | gmt text -R0/10/0/3 -Jx1c -Bxaf+l"Label" -BWSen -F+f20p -pdf test
```

7.8.3 注意事项

1. 上标/下标不支持嵌套，即只支持一层上标/下标
2. *text* 命令中有选项可以在文本周围加上文本框，该选项对转义序列无效
3. 转义序列需要成对存在，与括号类似，开启转义之后必须关闭转义
4. 在 Windows 下，由于 bat 脚本中 % 表示变量，因此当你需要在 GMT 中使用百分号时，应使用 %% 来表示一个百分号，即 bat 脚本中的 %% 相当于字符 %；切换字体时 @%%15%% 相当于正常情况下的 @%15%。

7.9 LaTeX 表达式

贡献者

周茂

绘图过程中，用户可能会需要特殊字符标注或者显示公式。GMT 已经可以实现打印简单的特殊字符和转义序列，但如果想实现更加复杂的特殊字符和公式，则需要借助功能强大的 LaTeX。

7.9.1 语法

GMT 自 6.2 开始支持在文本字符串中嵌入 LaTeX 表达式，这些文本字符串包括使用*-B* 选项 在标题、子标题或标签中指定的字符串，也包括通过*text* 模块添加的单行文本。GMT 中 LaTeX 表达式可以用两种不同的写法表示：

1. 使用 `@[ ... @[`，如 `Plotting @[\Delta \sigma_{xx}^2@[`
2. 使用 `<math> ... </math>`，如 `Plotting <math>\Delta \sigma_{xx}^2</math>`

备注

1. 若要在 GMT 6.2 以前的版本使用 LaTeX，请参考 https://blog.seisman.info/gmt-latex/
2. LaTeX 数学符号可参考：《一份（不太）简短的 LaTeX2 ε 介绍》中的符号表章节

下面展示了一个在 GMT 中使用 LaTeX 表达式的例子

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_latex
    gmt basemap -R-200/200/0/50 -JX15c/4c \
        -BSwen+t"Use <math>\Delta g = 2\pi\rho Gh</math>" \
        -Bxaf+l"@[\nabla^4 \psi - \Delta \sigma_{xx}^2@[ (MPa)"
    gmt text -F+f15p << EOF
0 15 Newton's integral: <math>V = \int_{v} \frac{\mathrm{d}m}{l}</math>
0 30 Euler's formula: @[e^{ix} = \cos x + i \sin x@[
EOF
gmt end show
```

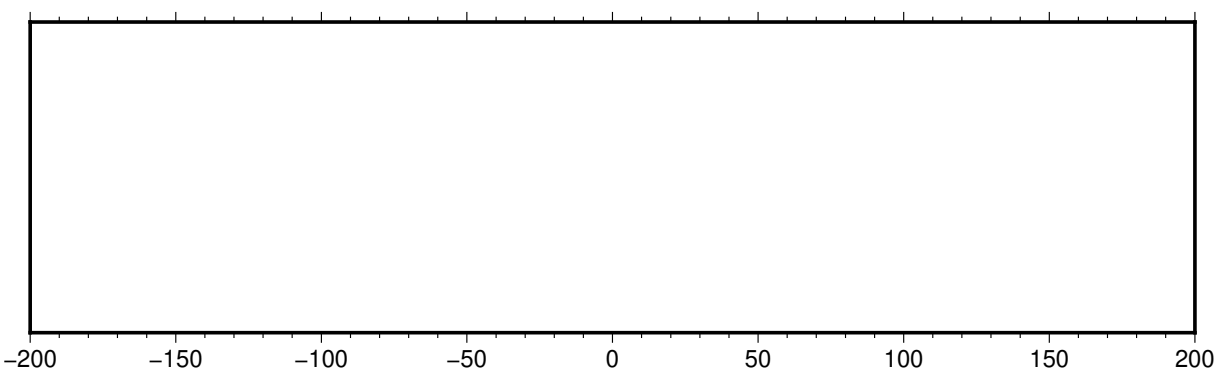


图 5: 在轴标签、标题以及*text* 模块中使用 LaTeX 表达式

7.9.2 GMT 字体和 LaTeX

LaTeX 是一个庞大且复杂的排版系统，有许多可选包，用户安装的 LaTeX 需包括所有 GMT 必须的包。通过包管理器安装 LaTeX 的方法请见 GMT Wiki。其中，GMT 必须的包和字体包括：

- 必需包：fontenc 和 inputenc
- 必需字体：helvet、mathptmx、courier、symbol、avantgar、bookman、newcent、mathpazo、zapfchan 和 zapfding

上述必需包已经默认包含在所有的 LaTeX 发行版中，必需字体则可以在终端中执行如下命令安装：

```
tlmgr install collection-fontsrecommended
```

上述字体列表中的字体均可以匹配 GMT 中的字体。因此，如果用户通过*FONT_TITLE* 修改了标题默认的字体，GMT 将在后台生成的 LaTeX 脚本中把该字体设置为默认字体。这种设置可以确保标题最终渲染的字体和用户设置的字体一致。

7.9.3 技术细节

GMT 中显示 LaTeX 表达式的原理：如果在文本字符串中发现特殊标识（即 `@[` 对或 `<math> </math>` 对），GMT 将使用 `latex` 和 `dvips` 命令（需提前安装 LaTeX 环境）把整行转换为 EPS 文件。然后，将该 EPS 文件放置在对应的位置。

这里通过一个实例来帮助用户排查 LaTeX 安装中可能存在的问题。假设用户使用*basemap* 制作的图的标题为 `-B+t"Use @[\Delta g = 2\pi\rho Gh@["`。GMT 会为该 LaTeX 表达式创建一个临时目录，其中包含一个名为 `gmt_eq.tex` 的文件：

```
\documentclass{article}
\usepackage[T1]{fontenc} \usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage{helvet}
\begin{document}
\thispagestyle{empty}
\fontfamily{phv}\selectfont
Use $\Delta g = 2\pi\rho Gh$
\end{document}
```

由于*FONT_TITLE* 设置为 Helvetica，LaTeX 文件将默认字体修改为 Helvetica（*helvet* 包，代码为 *phv* ），该 tex 文件会被转换为 DVI 文件:

```
latex -interaction=nonstopmode gmt_eq.tex > /dev/null
```

接着，进一步将结果转换为 EPS 文件:

```
dvips -q -E gmt_eq.dvi -o equation.eps
```

这两个命令通过 `gmt_eq.sh` 脚本（在 windows 下为 `gmt_eq.bat`）执行。如果命令成功执行，GMT 将读取 EPS 文件 `equation.eps` 并放置在标题的位置。如果脚本由于某些原因执行失败，GMT 将报错并指导用户在临时目录中进行进一步排查。此时，用户可以运行 `latex` 命令来查看报错信息（但要去除重定向 `> /dev/null`）。通常情况下，报错信息会显示问题出现的原因，即缺少某种字体或其他信息。如果用户不能独立解决报错，请在 GMT 官方 GitHub 上提 issue 并提供 LaTeX 脚本和报错信息。

7.10 矢量/箭头

矢量是一个有大小和方向的量，通常用箭头 表征矢量。一个矢量由两个独立的部分组成：矢量线和矢量头。矢量线与一般的线没有区别，通常由画笔属性（画笔）控制。这一节则主要介绍矢量头的属性及控制方式。

GMT 中能够绘制矢量的模块有*plot*、*plot3d*、*grdvector*、*velo* 等。其中最常见的绘制矢量的模块是*plot*。

GMT 提供了三种矢量（对应*plot* **-S** 参数）：

- 笛卡尔矢量（**-Sv|V**）：矢量起点到终点的矢量线以直线方式连接
- 地理矢量（**-S=**）：矢量起点到终点之间的矢量线以大圆弧路径连接
- 弧形矢量（**-Sm|M**）：矢量线是以某一点为中心的一段圆弧

`Source Code`

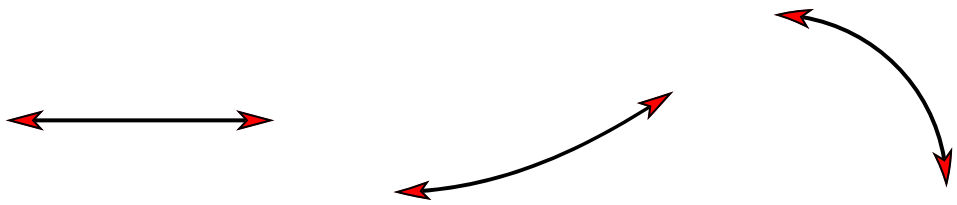


图 6: 三种矢量:(左) 笛卡尔矢量;(中) 地理矢量;(右) 弧形矢量

下面的命令使用*plot* 的 **-Sv** 选项绘制了一个最简单的矢量。

```
echo 1 1 0 3 | gmt plot -R0/5/0/2 -JX5c/2c -Sv0.5c+e -W1.5p -Gred -png vector
```



我们可以在绘制矢量的主选项(如*plot* 的 **-S** ,*grdvector* 的 **-Q**)后面增加更多的**子选项**来进一步修改矢量头的属性。

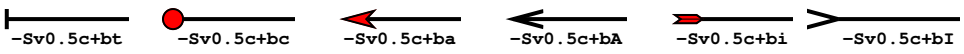
7.10.1 控制矢量外观

在绘制矢量时,默认只绘制矢量线而不绘制矢量头。

- **+b**[**t**|**c**|**a**|**A**|**i**|**I**][**l**|**r**] - 在矢量线的起点加上矢量头
- **+e**[**t**|**c**|**a**|**A**|**i**|**I**][**l**|**r**] - 在矢量线的终点加上矢量头
- **+m**[**f**|**r**][**t**|**c**|**a**][**l**|**r**] - 在矢量线的中间加上矢量头

t|**c**|**a**|**A**|**i**|**I** 用于控制矢量头的形状。地理矢量仅能使用 **a**|**A** 。取不同值所对应的矢量头形状如下图所示:

Source Code



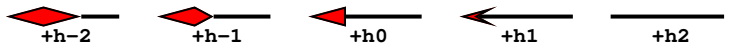
- **l**|**r** 表示只绘制矢量头的左半边或右半边(默认两边都绘制)。其中左定义为从矢量起点看向终点时的左侧
- **f**|**r** 在 **+m** 中用于指定矢量头的方向沿着正方向或逆方向(默认为正方向,即从起点指向终点)

> **备注**
>
> **+m** 不能与 **+b** 或 **+e** 一起使用。

- **+l** - 只绘制左半个矢量头。
- **+r** - 只绘制右半个矢量头。
- **+a***argument* - 用于控制矢量箭头的顶端的夹角,默认值为 30 度。若矢量头形状为 **t** 或 **c** 则表示端点线或端点圆圈的大小。
- **+h***shape* - 进一步控制矢量头 **a** 的形状,其中 *shape* 可以取-2 到 2 之间的浮点数。设置该子选项的值等效于修改参数*MAP_VECTOR_SHAPE*(默认值为 0)。

  下面展示了 **+h** 后取不同值的矢量箭头的形状:

  Source Code



- +**p**[*pen*] - 设置矢量头的画笔属性。若不指定 *pen* 则表示不绘制矢量头的轮廓。默认绘制矢量头轮廓，画笔宽度为矢量线宽度的一半。矢量线属性由模块的 **-W** 选项控制。
- +**g**[*fill*] - 设置矢量头的填充色。若不指定 *fill* 则表示不填充。一些模块的 **-G***fill* 选项也可指定矢量头的填充色。
- +**n**[*norm[/min]*] - 默认情况下，矢量头的大小不随着矢量线的长度变化而变化，这可能会出现矢量线很短而矢量头过大，或者矢量线很长而矢量头过小的情况。该子选项使得矢量长度小于 *norm* 时，矢量头的属性（画笔宽度，箭头大小）会根据矢量长度按照 *length*/*norm* 缩放（其它属性不变）。可以指定最小缩放比例 *min*（0-1，默认 0.25）。若使用 +**n** 但无参数，则不论长度如何，矢量将始终绘制，不做缩放（默认不绘制矢量头长度超过线长度的矢量）。对于笛卡尔矢量，*norm* 使用绘图单位 **c**|**i**|**p**；对于地理矢量，*norm* 可以使用距离单位（默认 **k**）。可以使用单位 **q** 表示使用的用户数据单位（如速率 mm/yr），此时用户必须使用 +**v** 或 +**z** 选择用户数据单位到绘图/距离单位的缩放系数。

  Source Code

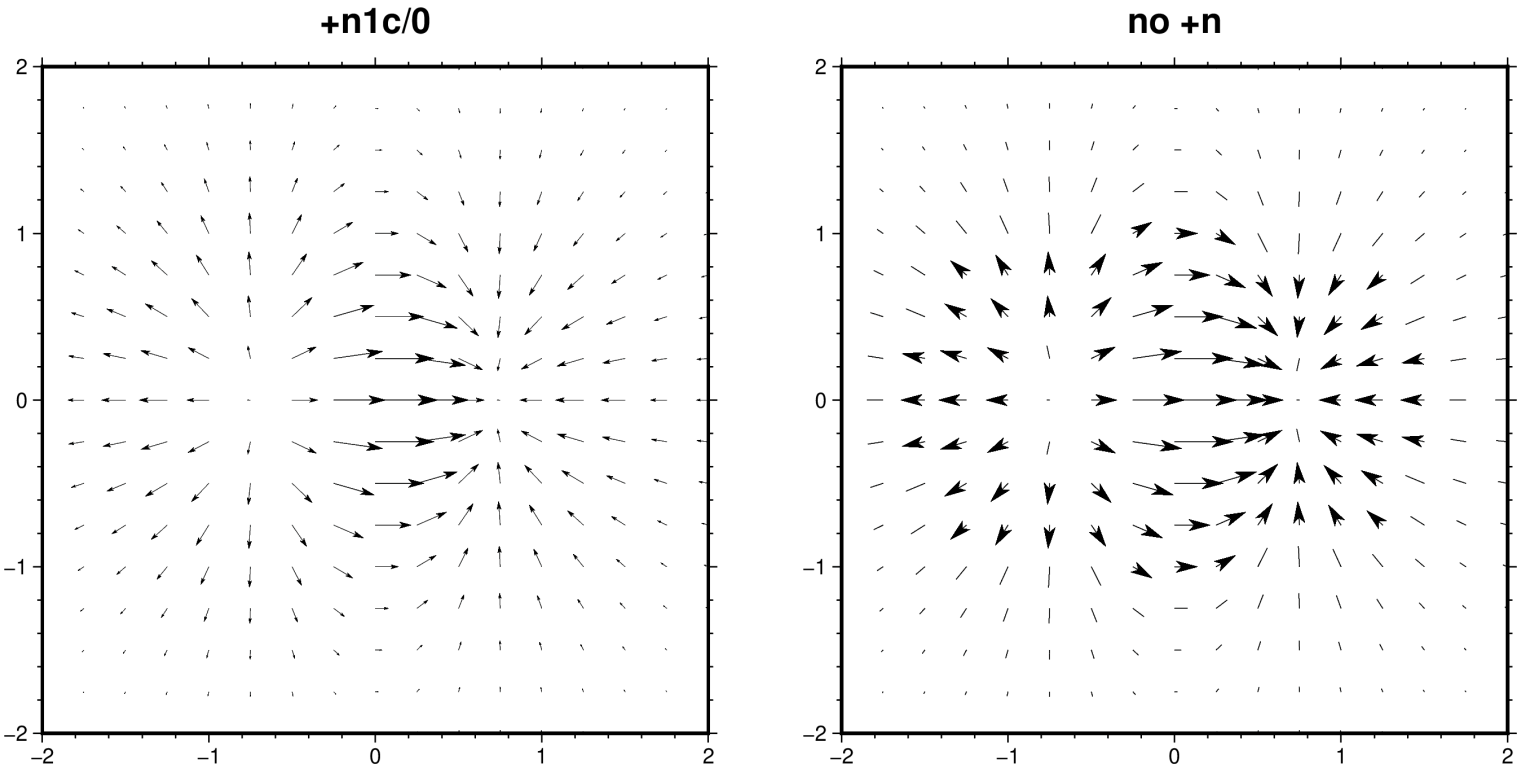


图 7: 左图使用了 +**n** 并指定了参数，矢量头随长度变化而变化；右图未使用 +**n**，除过短矢量外，其它矢量头大小保持一致。

- +**t**[**b**|**e**]*trim* - 用于增加或缩短矢量线首端或尾端的长度 *trim*，后跟单位 **c**|**i**|**p**。其中 **b** 表示首端，**e** 表示尾端。*trim* 为正值表示缩短矢量线，为负值表示增长矢量线。也可以直接使用 +**t***trim1*/*trim2* 分别为首端和尾端指定增长/缩短量。
- +**c** - 使用矢量长度从 CPT 中查找颜色。要求指定数据缩放（在 +**v** 或 +**z** 中使用单位 **q**），且已指定 CPT。

  Source Code

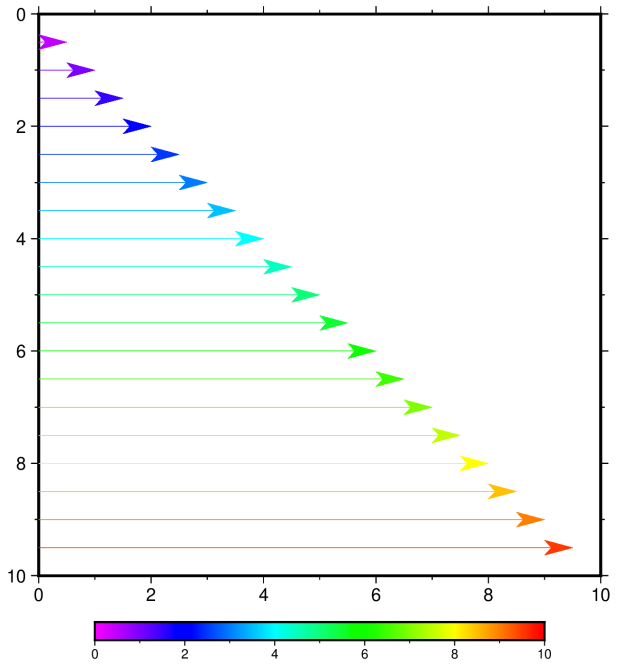


图 8: 不同长度的矢量使用不同颜色绘制。

7.10.2 控制矢量输入格式

对于笛卡尔矢量和地理矢量, 输入数据的格式为:

```
X    Y   [Z]   angle  length
```

其中 X 和 Y 是矢量起点坐标, *angle* 为矢量方向 (对于 **-Sv**, *angle* 表示相对于水平方向逆时针旋转的角度; 对于 **-SV** , *angle* 表示相对于北向顺时针的方位角), *length* 为矢量线长度 (长度单位为 **c**|**i**|**p** 或 km)。

对于圆弧矢量, 输入数据中需要给定圆弧对应的圆心坐标、半径, 以及圆弧起始和结束的角度, 即:

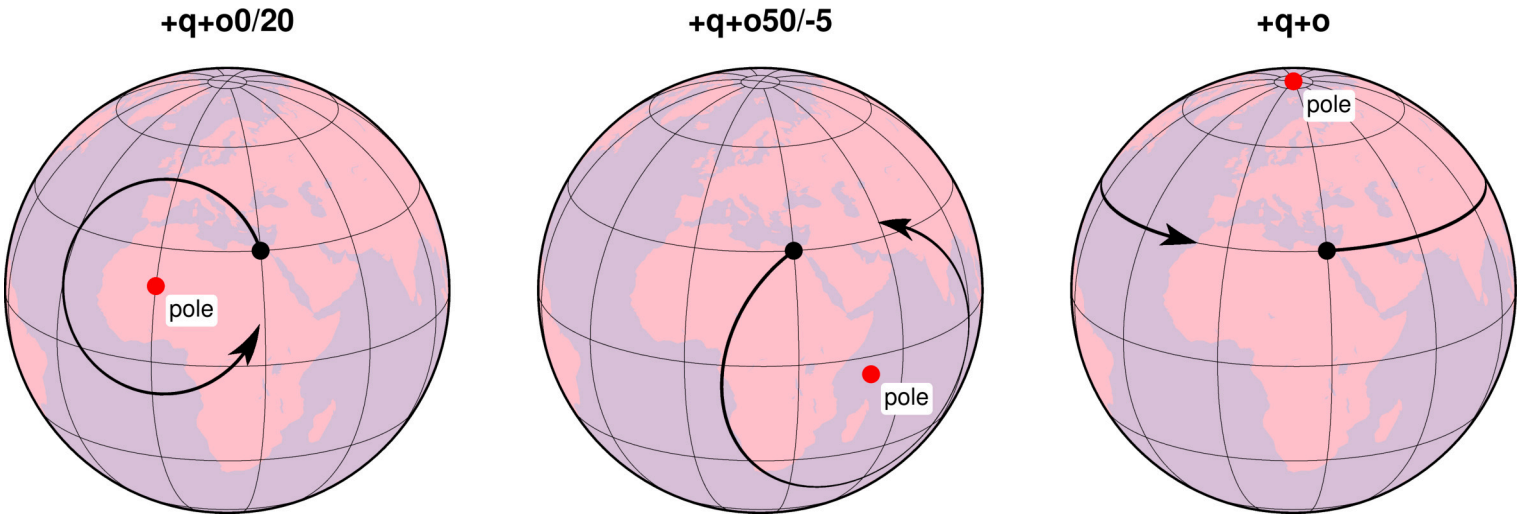
```
X   Y   [Z]   radius  angle0  angle1
```

如果模块中使用 **-C** 指定了 CPT, 则输入数据第三列需指定 Z 值用于从 CPT 中查找颜色。

使用如下子选项可调整输入数据格式 (**不支持圆弧矢量**, **+v** 和 **+z** 不可用于*grdvector* 模块):

- **+s** - 输入数据的中的 *angle* 和 *length* 变更为矢量的终点坐标 *Xe, Ye*。
- **+j**[**b**|**c**|**e**] - 将输入数据中的 X 和 Y 坐标解释为矢量的起点坐标 (**b**)、中点坐标 (**c**) 或终点坐标 (**e**)。
- **+q** - 输入数据中的 *angle* 和 *length* 变更为以某个指定极点作为旋转轴, 旋转路径的起始角度 *angle0* 和结束角度 *angle1*。该极点默认为北极, 可以使用 **+o** 修改该点的位置。
- **+o**[*plon*/*plat*] - 指定 **+q** 中大圆路径中的倾斜极点, 默认为北极。

  Source Code



- **+v**[**i**|**l**]*scale* - 在给定单位下, 将矢量长度放大 *scale* 倍。**+vi** 表示缩小 *scale* 倍, **+vl** 表示使用统一固定长度而忽略输入的矢量长度。
- **+z**[*scale*] - 表示输入数据中的 *angle* 和 *length* 被解释为矢量的 X 分量 dx 和 Y 分量 dy, 然后计算出对应的极坐标下的方向和长度, 并将矢量长度乘以 *scale* (默认 1)。

  对于 **+v** 和 **+z** 中的 *scale* 参数, 如果输入的矢量长度单位为用户数据单位 (如速率 mm/yr) 则用户需使用单位 **q** , 此时程序假定将长度放大 *scale* 倍可转为当前绘图单位 (见*PROJ_LENGTH_UNIT*) 的笛卡尔矢量或单位为 km 的地理矢量。另外如果使用 **+c** 则矢量长度将用于从 CPT 中确定颜色 (此时 **-C** 不再要求额外的 *Z* 列)。

7.11 线条属性

对于线条而言, 其基本的画笔属性由三个: 线宽、颜色和线型, 在画笔 中已经做过介绍。除此之外, 某些模块还可以为线条设置额外的属性, 这些额外的属性可以通过在画笔属性后加上子选项来是实现。

线条的额外属性包括: 端点偏移量、线条平滑和端点箭头。

7.11.1 端点偏移量

在给定若干个数据点绘制线条时, 一般都是从起点 (第一个点) 一直画到终点 (最后一个点)。可以使用 **+o** 子选项为线段两端指定偏移量, 使得绘制线段时的起点和终点与输入数据中指定的起点和终点间存在一定的偏移量。该子选项的语法是: **+o***offset*[*u*]

- 若只给了一个 *offset*, 则表示起点和终点共用同一个偏移量
- 也可以用 *offset*/*offset* 分别为起点和终点指定不同的偏移量
- 对于每个偏移量, 都可以使用长度单位 **c**|**i**|**p** 或距离单位

下面的示例展示了 **+o** 子选项的用法和使用效果。图中, 细线和粗线使用了相同的输入数据, 其中细线没有使用 **+o**, 此时线段的起点和终点与数据指定的点重合; 粗线在绘制线条时使用了 **-W2p+o1c/500k** 选项, 即在起点处偏移 1 厘米, 在终点处偏移 500 千米。

Source Code

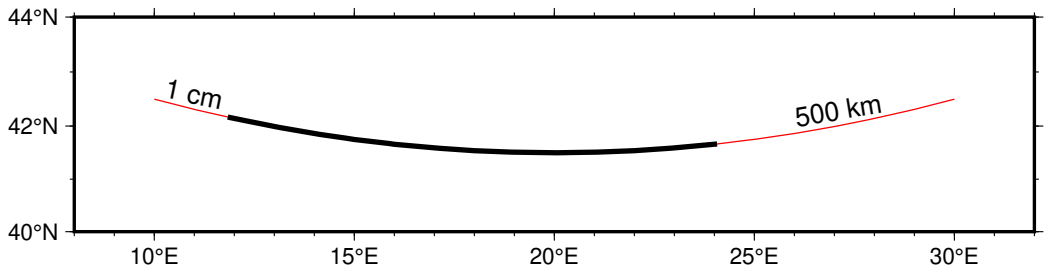


图 9: 线段起点偏移示意图

7.11.2 线条平滑

通常情况下, 在绘制线条时, 两点之间是用直线连接的 (地图上两点之间默认用大圆弧连接)。使用 **+s** 子选项会使用 Bezier splines 在两点之间做样条插值以得到更光滑的曲线。需要注意的是: 该样条平滑是对投影后的 2D 坐标进行处理的, 并不针对原始坐标 (即其不是一个球面样条插值)。

下图中, 左图使用了 **-W2p** 选项, 右边使用了 **-W2p+s**。

```
cat << EOF > line.txt
0       0
1   1
2   0.5
4   2
2   1.5
EOF

gmt begin line_bezier
gmt plot line.txt -R-0.25/4.25/-0.2/2.2 -JX3i/1.25i -W2p
gmt plot line.txt -Sc0.1i -Gred -Wfaint
gmt plot line.txt -W2p+s -X3i
gmt plot line.txt -Sc0.1i -Gred -Wfaint
rm line.txt
gmt end show
```

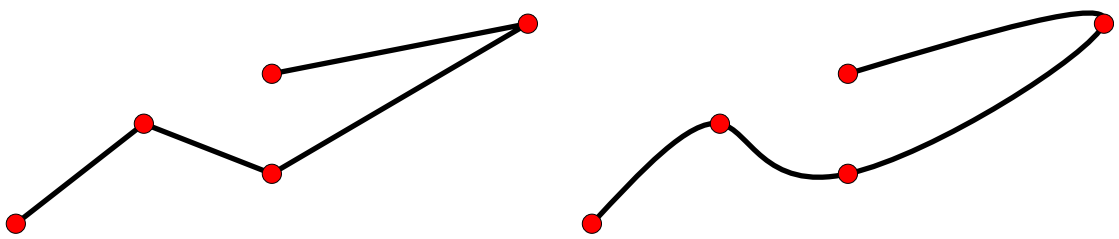


图 10: 线条自动样条插值示意图

7.11.3 端点箭头

默认情况下, 在绘制线段时, 线段的两个端点并没有什么特别的。使用 **+v** 子选项, 可以在线段的一端或两段绘制端点箭头。该子选项的语法为: **+v**[**b**|**e**]*vspecs*

- 默认会在线段两端都加上箭头, **b**|**e** 表示只绘制开头或结尾的箭头
- *vspecs* 用于指定端点箭头的属性, 详见矢量/箭头

下图中细线是通常绘制的线段,粗线使用的选项是 **-W2p+o1c/500k+vb0.2i+gred+pfaint+bc+ve0.3i+gblue**

Source Code

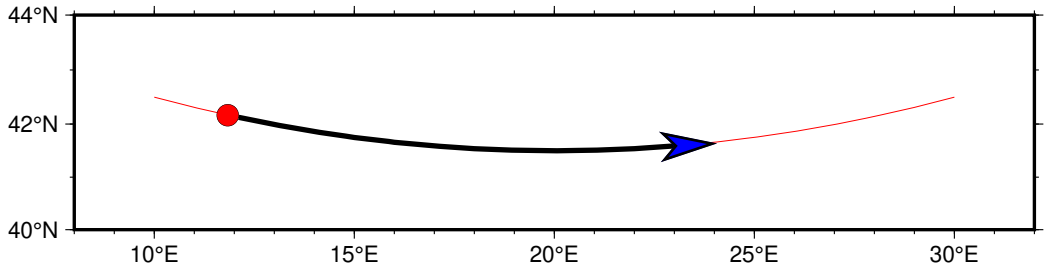


图 11: 线条端点箭头示意图

7.11.4 其它属性

除了上面提到的属性之外, GMT 中还有一些参数可以影响线段的外观。这些参数包括:

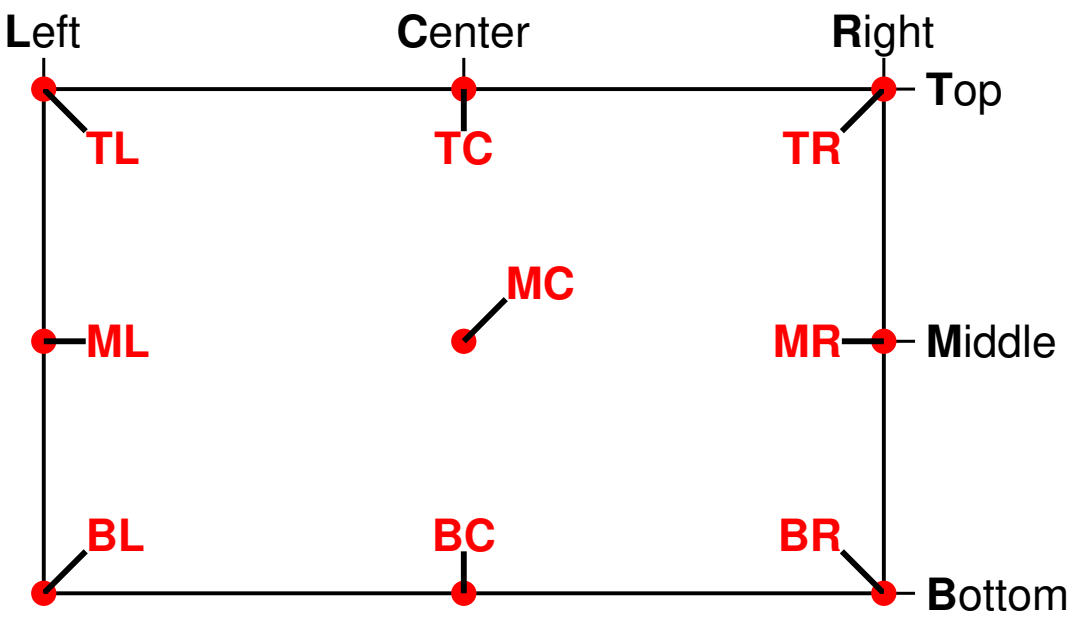
- *PS_LINE_CAP*: 控制线段顶端的绘制方式
- *PS_LINE_JOIN*: 控制线段拐点/交点的绘制方式
- *PS_MITER_LIMIT*: 控制线段拐点在 `miter` 模式下的阈值

7.12 锚点

锚　是船舶停泊时固定船只使之不能漂走的工具。GMT 中的锚点也具有类似的作用, 用于将某个元素固定在图中的某个位置。这一节将介绍 GMT 中锚点的概念, 具体的使用场景及使用方法将在下一节介绍。

对于任意一个矩形元素, GMT 为其定义了 9 个锚点。每个锚点的位置用一个水平位置代码和一个垂直位置代码组合定义得到。水平位置代码可以取 **L**|**C**|**R**, 分别表示左 (Left) 中 (Center) 右 (Right); 垂直位置代码可以取 **T**|**M**|**B**, 分别表示上 (Top) 中 (Middle) 下 (Bottom)。3 个水平位置代码与 3 个垂直位置代码自由组合, 得到 9 个锚点, 每个锚点均对应矩形元素的某个特定位置, 如下图中红点和红字所示。例如, 锚点 **BL** 位于矩形元素的左下角, 而锚点 **MC** 则位于矩形元素的中心。

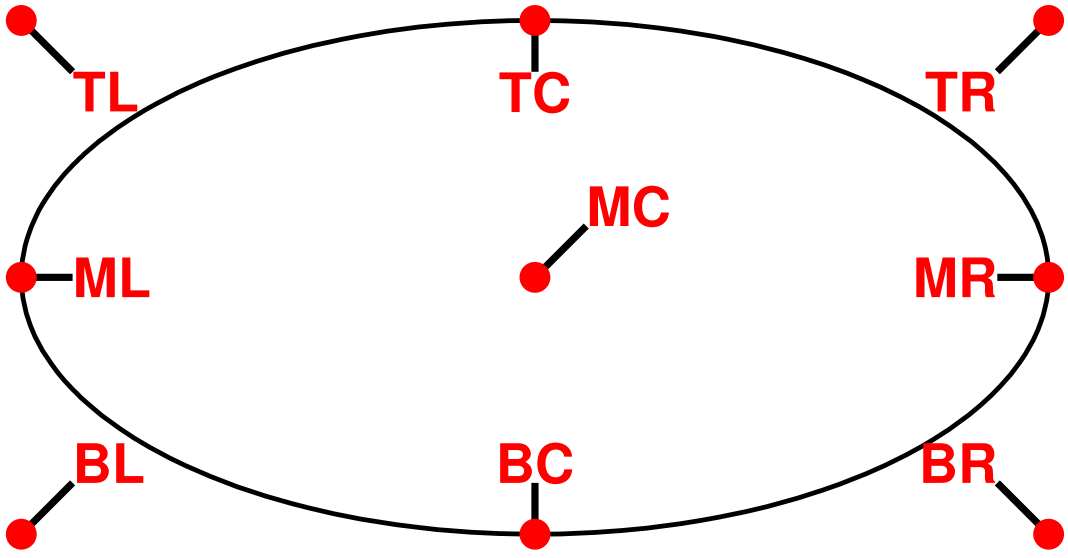
Source Code



此处的矩形元素并不一定是一个真正的矩形, GMT 中很多绘图元素都可以抽象为一个矩形元素。例如常规的矩形底图、非矩形的地理底图、比例尺、色标、指南针、文本字符串等, 都可以抽象为一个矩形元素。

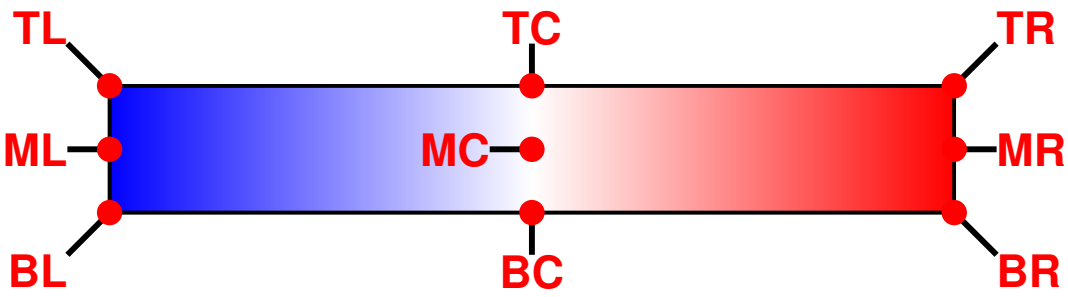
例如, 对于一个非矩形的地理底图来说, 其 9 个锚点的位置如下图所示:

Source Code



指南针、比例尺、图例、色标、文本字符串等也可以抽象为一个矩形，也有自己的锚点。下图展示了色标的 9 个锚点的位置：

Source Code



7.13 修饰物

GMT 除了可以绘制线段、符号、矢量外，还可以绘制如下修饰物：

1. 地图比例尺
2. 色标
3. 图例
4. 方向玫瑰
5. 磁场玫瑰
6. 叠加图片
7. GMT logo
8. 小图（map inset）
9. 垂直比例尺

这些修饰物可以用不同的模块绘制，且有各自的语法。所有这些修饰物都可以抽象为一个矩形元素。这一节介绍一种通用的机制，以指定这些修饰物在图上的位置以及修饰物的背景面板。

7.13.1 定位

绘制修饰物的模块大多有一个选项用于指定修饰物在底图上的位置, 其基本语法为:

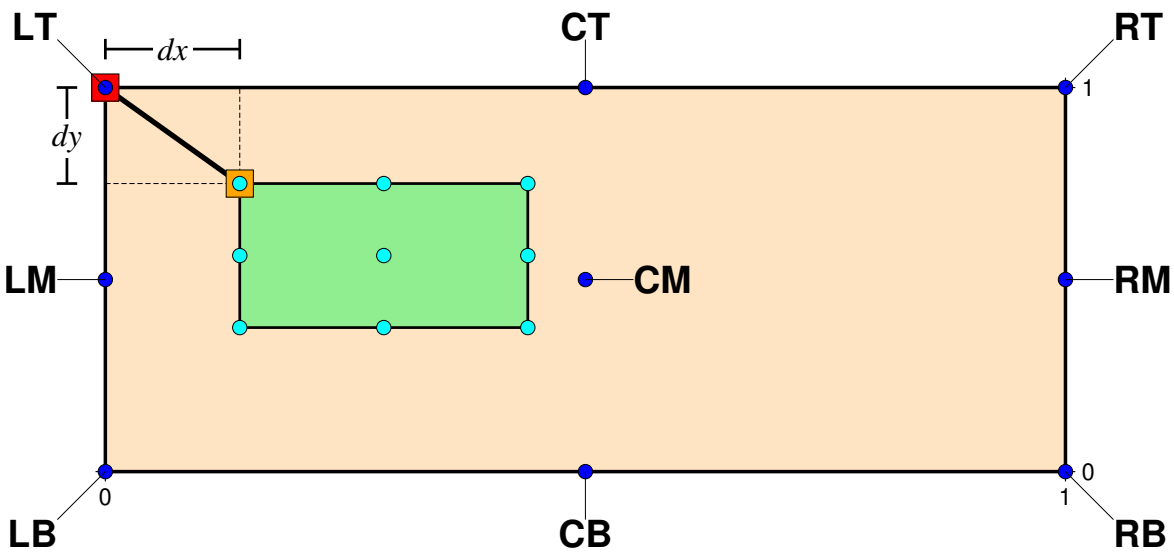
[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*[+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

为了精确地将修饰物放在底图上的任意一点, GMT 需要做四件事:

1. 通过 [**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint* 语法指定底图上的一个**参考点**
2. 通过 +**j***justify* 指定修饰物上的一个**锚点**
3. 通过 +**o***dx*[/*dy*] 对修饰物的锚点做偏移
4. 将修饰物的偏移后的锚点与底图上的参考点重合以实现修饰物的放置

下图展示了 GMT 如何实现修饰物的精确放置。其中大矩形代表底图, 小矩形代表修饰物。本示例中首先指定了底图左上角为参考点, 并指定了修饰物的左上角为锚点, 通过 +**o***dx*[/*dy*] 对修饰物锚点进行微调。

Source Code



底图参考点

GMT 提供了 5 种方法用于指定底图的参考点, 使得用户可以灵活地指定底图内/外的任意一点作为参考点。五种方法分别以 **g**|**j**|**J**|**n**|**x** 开头。若未指定使用何种方式, 则默认使用 **x** 方式指定参考点。

通过坐标指定参考点

数据坐标

用 **g***lon*/*lat* 指定参考点的数据坐标。例如 **g135/20** 表示参考点的坐标为 135/20

绘图坐标

用 **x***X*/*Y* 指定参考点的绘图坐标, 即给出参考点相对于绘图原点的偏移距, 例如 **x4c/2c** 表示参考点位于底图原点的右侧 4 厘米, 上方 2 厘米处

归一化坐标

用 **n***X*/*Y* 指定参考点的归一化坐标。归一化坐标是指, 底图所对应的矩形的 X 轴范围为 0 到 1, Y 轴同理。使用负值或者大于 1 的值则可以指定底图外的一点为参考点。比如 **n0.2/0.1**

通过锚点指定参考点

可以用 **j***anchor* 或 **J***anchor* 的方式指定底图的某个锚点作为底图参考点。其中锚点 *anchor* 有 9 个可能的取值, 在锚点 一节中已经详细介绍过。例如 **j**TL 指定了底图左上角为参考点。

使用 **j***anchor* 或 **J***anchor* 方式指定底图参考点的同时, 也设置了修饰物上默认使用的锚点位置。使用 **j***anchor* 方式修饰物的默认锚点与参考点锚点相同。例如 **jTL** 指定底图左上角为参考点, 同时也指定了修饰物左上角为其锚点, 即底图左上角与修饰物左上角重合, 则修饰物位于底图左上角的**内部**。当需要将修饰物放在底图内部某个角落、某条边的中心或图的中心时, 建议使用 **j**。

使用 **J***anchor* 方式, 修饰物的默认锚点是与底图参考点锚点呈镜像相反。例如 **JTL** 指定底图的左上角作为参考点, 同时指定了修饰物的默认锚点是 **BR** 即右下角 (镜像对称)。因而底图的左上角与修饰物的右下角重合, 则修饰物位于底图左上角的**外部**。当需要将修饰物放在底图的外部时, 建议使用 **J**。

修饰物锚点

在指定底图参考点后, 可以进一步用 **+j***anchor* 指定修饰物上的锚点。

若未使用 **+j***anchor* 指定锚点, 则修饰物的锚点按如下规则取默认值:

1. 若使用 **j***anchor* 方式指定底图参考点, 则修饰物锚点与底图锚点相同
2. 若使用 **J***anchor* 方式指定底图参考点, 则修饰物锚点使用与底图参考点镜像相反的锚点
3. 若使用其它三种方式指定参考点, 对于玫瑰图和比例尺而言, 锚点默认为 **MC**, 其他修饰物锚点默认为 **BL**

修饰物锚点偏移量

指定底图参考点和修饰物锚点后, 即可将二者重合起来, 实现修饰物在底图上的定位。在此基础上, 可以额外使用 **+o***dx*/*dy* 指定修饰物锚点的偏移量。尤其是在使用 **j** 和 **J** 指定底图参考点时, 由于底图只能指定某个锚点作为参考点, 因而就需要为修饰物锚点指定额外的偏移量以增加定位的灵活性。偏移量为正值表示沿着与指定锚点所使用的对齐代码同一方向作偏移。

比如使用 **jTL** 指定底图左上角为参考点, 同时修饰物的左上角锚点也被选中, 此时使用 **+o2c/1c** 表示将修饰物的左上角锚点向左移动 2 cm、向上移动 1 cm, 最后将底图参考点与偏移后的锚点对齐。

7.13.2 背景面板

对于任意一个修饰物, GMT 都可以为其绘制一个背景面板。背景面板的位置和大小由修饰物直接决定。除此之外, 背景面板还有一些其他属性。背景面板的属性由 **-F** 选项的子选项决定:

-F[**+c***clearance*][**+g***fill*][**+i**[[*gap*/]*pen*]][**+p**[*pen*]][**+r**[*radius*]][**+s**[*dx*/*dy*/][*fill*]]

- **+g***fill* 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- **+p***pen* 绘制面板边框。*pen* 为边框的画笔属性, 若不指定 *pen*, 则默认使用*MAP_DEFAULT_PEN*
- **+r**[*radius*] 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- **+i**[[*gap*/]*pen*] 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用*MAP_DEFAULT_PEN*]
- **+c***clearance* 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离

  - *xgap*/*ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap*/*rgap*/*bgap*/*tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]] 设置面板背景阴影。*dx*/*dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p**/**-4p**/**gray50**]

Source Code

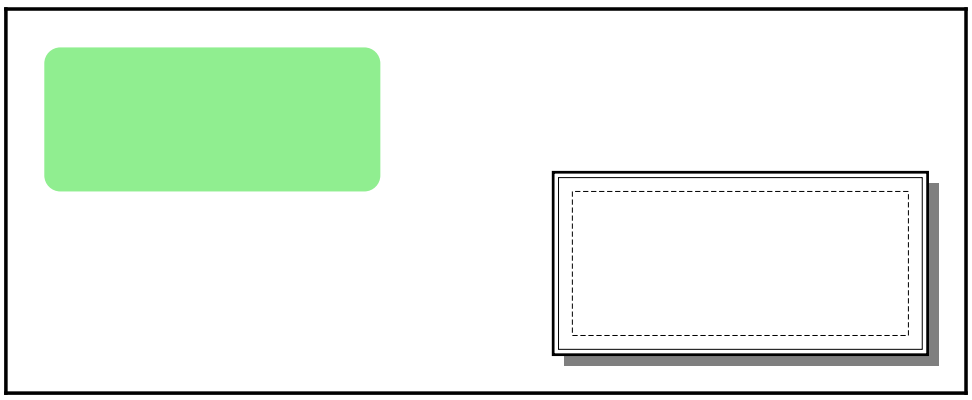


图 12: GMT 修饰物背景面板

左图使用了 **-F+glightgreen+r**, 右图使用了 **-F+p1p+i+s+gwhite+c0.1i** (不包含最内侧虚线框)

7.14 数据类型

GMT 可以绘制地图的经纬度轴、绝对时间轴、相对时间轴以及笛卡尔坐标轴, 具体请参考*-B 选项*。不同的坐标轴需要的数据类型也不同。GMT 所支持的数据类型主要分为四大类: 地理坐标、绝对时间坐标、相对时间坐标、一般浮点数。

7.14.1 地理坐标

地理坐标 (即经纬度) 有两种表示方式:

1. 浮点型的度数, 如 **-123.45** 代表–123.45 度
2. 度分秒:

   [±]*ddd*[**:***mm*[**:***ss*[.*xxx*]]][**W**|**E**|**S**|**N**]

   - *ddd*、*mm*、*ss*、*xxx* 分别表示度、分、秒以及秒的小数部分
   - **W**、**E**、**S**、**N** 分别代表西经、东经、南纬、北纬

   例如, **123:27W** 代表西经 123 度 27 分, **123:27:15.120W** 表示西经 123 度 27 分 15.12 秒。

7.14.2 绝对时间坐标

绝对时间由日期 (*date*) 和时间 (*clock*) 两部分构成, 格式为:

*date***T***clock*

其中, **T** 是关键字, 用于分隔日期和时间。

日期可以是如下格式的一种:

1. 年–月–日: *yyyy*[**-***mm*[**-***dd*]], 如 **2013**、**2015-10**、**2015-01-02**
2. 年–—年中的第几日: *yyyy*[**-***jjj*], 如 **2015-040**

3. 年–一年中的第几周–该周内第几天: *yyyy*[**-W***ww*[**-***d*]], 如 **2014-W01-3**、**2014-W01**

时间是 24 小时制, 其格式为 *hh*:[*mm*:[*ss*[.*xxx*]]], 如 **10:10:35.120**。

举几个绝对时间的例子:

- **2014-02-10T10:00:00.000**
- **2014-040T23:23:54.330**
- **2015-01-02** 表示 2015 年 1 月 2 日 00:00:00
- **T10:20:44.234** 表示今天早晨 10 点多

备注

1. GMT 的时间数据的默认输入/输出格式为 *yyyy-mm-dd*T*hh:mm:ss.xxx*。若想要输入其它格式的时间数据, 需要修改配置参数*FORMAT_DATE_IN* 和*FORMAT_CLOCK_IN*; 若想要输出其它格式的时间数据, 需要修改配置参数*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT*
2. 若未指定 *date*, 则默认 *date* 是今日
3. 若未指定 *clock*, 则默认是 **00:00:00**
4. 若指定了 *clock*, 则必须要加 **T**, 如 **T10:20:34** 表示今天早晨 10 点多
5. GMT 在程序内部会将所有绝对时间转换成相对于特定时刻的秒数

7.14.3 相对时间坐标

相对时间坐标表示某个时刻相对于参考时刻的秒数、小时数、天数或年数。因而使用相对时间时需要指定两个参数, 即参考时刻与相对时间所使用的单位。

默认参考时刻为 1970 年 1 月 1 日午夜, 默认相对时间单位为秒。但可以分别用配置参数*TIME_EPOCH* 和*TIME_UNIT* 来指定参考时刻和相对时间的单位, 也可以用配置参数*TIME_SYSTEM* 同时指定这两个参数。

指定了参考时刻之后, 相对时间跟一般浮点数就没什么区别了。那么, 如何区分一般浮点数与相对时间呢? 有以下两种方式:

1. 在数据后加上小写的 **t**, 如 **30t** 表示相对于*TIME_EPOCH* 间隔了 30 个*TIME_UNIT* 时刻
2. 在命令行中使用 **-ft** 选项 (不需要在数据后加 **t**), 表明当前数据是相对时间坐标

7.14.4 一般浮点数

绘制常规的笛卡尔坐标轴时 (即输入数据不是地理坐标、绝对时间或相对时间), 输入数据可以直接用浮点数来表示。此时, 不需要在意数据的物理含义及单位。例如, 在 GMT 看来, 5 牛顿的力或 5 千克的质量都只是浮点数 **5**。

浮点数坐标可以用两种方式表示:

1. 一般表示: [±]*xxx.xxx*, 如 **123.45**
2. 指数表示: [±]*xxx.xx*[**E**|**e**|**D**|**d**[±]*xx*], 如 **1.23E10**

7.15 输入文件的搜索目录

7.15.1 搜索目录顺序

GMT 命令行经常需要读入文件。如果指定了文件的完整路径, GMT 会直接读入。否则, GMT 会**依次**到以下目录中去寻找文件, 直到找到文件为止:

1. 当前目录: `./`
2. GMT 用户目录: 环境变量 **$GMT_USERDIR** 所定义的目录
3. GMT 数据目录: 配置参数*DIR_DATA* 或环境变量 **$GMT_DATADIR** 所定义的目录
4. GMT 缓存目录: 配置参数*DIR_CACHE* 或环境变量 **$GMT_CACHEDIR** 所定义的目录

这些配置参数或环境变量的具体用途如下:

- 环境变量 **$GMT_USERDIR**: 指定用户自定义配置文件的存放目录。例如, 用户自定义的 `gmt.conf` 文件、自定义符号、CPT 文件、网格文件后缀文件等。若该环境变量未定义, 则用户目录默认为 `~/.gmt` 目录 (Linux 和 macOS) 或 `C:\Users\`*用户名*`\.gmt` 目录 (Windows)。
- 配置参数*DIR_DATA* 或环境变量 **$GMT_DATADIR**: 指定一个或多个存放常用数据文件的数据目录。若该配置参数和环境变量均未定义, 则数据目录默认为空; 多个目录之间用逗号分隔; 以斜杠 `/` 结尾的目录都会被递归搜索 (Windows 不支持此功能)。配置参数的值优先于且会**覆盖**环境变量的值, 也就是说若同时设置了*DIR_DATA* 和 **$GMT_DATADIR**, 则 GMT 只会在*DIR_DATA* 指定的目录中寻找。
- 配置参数*DIR_CACHE* 或环境变量 **$GMT_CACHEDIR**: 指定存放从 GMT 服务器上下载的临时数据 (以 @ 开头, 如 `@hotspots.txt`) 的缓存目录。若该配置参数和环境变量均未定义, 则默认缓存目录为 `~/.gmt/cache`。可以使用 `gmt clear cache` 命令清空缓存目录。配置参数的值优先于且会**覆盖**环境变量的值, 也就是说若同时设置了*DIR_CACHE* 和 **$GMT_CACHEDIR**, 则 GMT 只会使用*DIR_CACHE* 指定的目录。

7.15.2 其他目录

还有一些目录相关的 GMT 配置参数或环境变量:

- 配置参数*DIR_DCW*: 指定*DCW 数据* 所在目录。该数据的默认目录为 **$GMT_SHAREDIR**/dcw 目录。
- 配置参数*DIR_GSHHG*: 指定*GSHHG 数据* 所在目录。该数据的默认目录为 **$GMT_SHAREDIR**/coast 目录。
- 环境变量 **$GMT_SHAREDIR**: 指定 GMT 的 `share` 目录。若未设置, GMT 自动猜测其所在位置 (如 GMT 安装目录下的 `share` 目录)。此环境变量通常不需设置, 且推荐仅在特殊需求时设置。

第 8 章　表数据

表数据 (table data) 用于表征点、线以及多边形等, 也称列数据或多列数据。GMT 支持多种格式的表数据:

8.1 ASCII 表

8.1.1 ASCII 表简介

ASCII 表是最常见的数据形式, 可以用编辑器直接编辑。ASCII 表常用于表示点、线或多边形。表数据中有 N 行 M 列, 每行称为一个记录, 每列称为一个字段。一个记录内的字段之间用空格、制表符、逗号或分号分隔。每个字段可以是整数 (如 **12**)、浮点数 (如 **20.34**)、地理坐标 (如 **12:23:44.5W**)、绝对时间 (如 **2010-10-20T10:30:53.250**)、相对时间 (如 **30t**)。此外, GMT 还可以处理大多数 CVS (Comma-Separated Values) 文件, 包括被双引号扩起来的数字。以如下文件为例,

```
# This is a comment line
# lon      lat  evdp
# This is another comment line
133.949  34.219  20
133.528  34.676  15
130.233  33.410  43
135.133  35.313  35
131.377  34.398  22
132.792  34.457  34
133.620  34.936  6
131.101  32.811  23
129.435  33.212  55
133.144  33.647  67
```

记录中以 # 开头的行, 即第一列是 # 的记录, 会被当做注释行直接忽略, 不算在 N 个记录之内。所以这个 ASCII 表可以认为有 10 行 3 列, 三列数据分别代表经度、纬度和深度。

不同的模块和选项的组合通常会对数据的列数有不同的要求, 每列数据的含义也会不同。因而需要根据具体情况去准备数据。准备数据的过程中可能会用到 GMT 的*-i 和 -o 选项* 以及 **gawk** 等工具。

在输出 ASCII 表时, 字段之间默认用 TAB 键分隔, 可以通过修改*IO_COL_SEPARATOR* 来设置字段的分隔符,

8.1.2 文件头记录

在第一个记录前, 可以有一个或多个与数据无关的记录, 称为文件头记录 (file header records)。以 # 开头的注释行也算作是文件头记录的一部分, 只是其会被自动忽略。其它不以 # 开头但与数据无关的行, 也是文件头记录。当存在这些非注释行的文件头记录时, 则需要使用*-h 选项* 选项或设置参数*IO_N_HEADER_RECS* 跳过这些文件头记录。

下面的 ASCII 表中有四个文件头记录 (3 个注释行和 1 个非注释行), 需要使用 **-h4** 选项跳过该文件头段记录:

```
# This is a comment line
# lon      lat  evdp
# This is another comment line
```

(续下页)

(接上页)

```
2015-01-05 10:20:30.456 15 45 60 6.0
133.949  34.219  20
133.528  34.676  15
130.233  33.410  43
135.133  35.313  35
131.377  34.398  22
132.792  34.457  34
133.620  34.936  6
131.101  32.811  23
129.435  33.212  55
133.144  33.647  67
```

8.1.3 多段数据与数据段头记录

以绘制断层为例，在绘制断层的时候，可以将每条断层线的经纬度信息分别放在单独的文件中。但当断层数量很多时，这样做会导致目录下有太多数据文件而混乱不堪。为了解决类似的问题，GMT 引入了多段数据的概念。

多段数据，顾名思义，就是一个文件中包含了多个数据段。为了区分每个数据段，需要在每段数据的开头加上一个额外的数据段头记录 (segment header records) 来标记一段新数据的开始。

数据段头记录总是以某个特定的字符作为开头，GMT 默认的段头记录的标识符为 >，即所有以 > 开头的行都会被认为是一个段头记录，其标志着新一段数据的开始。

下面是一个包含两个数据段的多段数据，每段数据分别构成一个多边形:

```
>
10  20
15  30
5   25
>
20  20
35  30
40  40
35  40
```

可以使用如下命令绘制上面的多段文件:

```
gmt plot input.dat -JX10c -R0/50/0/50 -Baf -W1p -Gred -pdf lines
```

用户可以通过设置*IO_SEGMENT_MARKER* 将段头记录的标识符修改为任意字符，例如 @、___%___ 等。*IO_SEGMENT_MARKER* 可以取两个特殊的值:

- 取 **B** 表示用空行作为数据段的分隔符
- 取 **N** 表示用一个所有列都是 NaN 的记录作为数据段分隔符

同样，可以将*IO_SEGMENT_MARKER* 设置为两个以逗号分隔的字符，则为输入和输出指定了不同的段分隔符。

8.1.4 数据段头记录中的额外属性

数据段头记录不仅用于标记数据段的开始, 还可以额外指定该段数据的其它属性。比如在绘制线段时, 可以在段头记录中加上如下一系列选项, 以分别控制每段线段的属性:

- **-W** 指定当前数据段的画笔颜色
- **-G** 指定当前数据段的填充色
- **-Z** 设置当前数据段对应的 Z 值, 并从 CPT 文件中获取 Z 值对应的颜色作为其颜色
- **-L** 设置当前数据段的标签信息
- **-T** 设置当前数据段的一般描述信息
- **-Ph** 表明当前数据段构成的闭合多边形位于另一个闭合多边形的内部
- …

下面的多段数据, 分别设置两段数据拥有不同的画笔颜色和填充色:

```
> -W2p,red -Glightred
10  20
15  30
12  25
> -W2p,blue -Glightblue
22  20
30  30
40  50
35  44
```

可以使用如下命令绘制上面的多段数据:

```
gmt plot input.dat -JX10c -R0/50/0/50 -Baf -W1p -Gred -pdf lines
```

查看绘图结果可以发现, 数据段头记录中的选项参数会覆盖命令行中相应选项的值。

8.2 二进制表

简单地说, ASCII 表与二进制表的区别在于前者使用 `fprintf` 输出而后者使用 `fwrite` 输出。二进制表的文件大小通常比对应的 ASCII 表小很多, 且读写速度更快。对于有大量输入输出需求的任意而言, 可以将表数据以二进制表的形式保存, 以提高数据文件的读写效率。

在写表数据时, 可以使用*-b 选项* 告诉 GMT 要将数据以二进制格式写出, 并指定二进制文件的具体数据格式。同理, 在读取二进制表数据时, GMT 是无法猜测数据的具体格式的。因而需要使用*-b 选项* 告诉 GMT 要读入的数据中有多少个字段, 每个字段的数据类型等。

二进制表中也可以有文件头记录, 用*-h 选项* 可以指定要跳过的字节数。二进制表中通常用一个值为 NaN 的记录作为数据段头记录来标记每段数据的开始。

8.3 netCDF 表

表数据也可以用 netCDF 格式保存。该格式的好处在于通用性。比如 GMT 自带的海岸线数据就是 netCDF 的表数据。

netCDF 表数据中包含了一个或多个一维数组, 每个一维数组都有对应的变量名 (比如 **lon**、**lat**、**vel** 等等), 由于 netCDF 格式的数据中包含了很多元数据 (metadata), 所以读取就变得很容易。

默认情况下, GMT 在读入 netCDF 表时会从第一个一维数组开始读, 并将其作为输入的第一列, 然后再读入第二个一维数组, 将其作为输入的第二列, 依次循环下去, 直到读完自己所需要的字段数。

若需要手动指定要从 netCDF 表中读入哪些变量，可以在 netCDF 表文件名后加上后缀 **?***var1*/*var2*/…或使用选项 **-bic***var1*/*var2*/…以指定要读入的变量，其中 *var1* 等是要从 netCDF 表中读入的变量名。比如 **file.nc?lon/lat** 表示要从文件中读入 **lon** 和 **lat** 两个一维数组作为输入数据。

目前，GMT 只支持读取 netCDF 表数据，不支持写 netCDF 表数据。

8.4 Shapefile 格式

Shapefile 格式是由 ESRI 开发的一种空间数据开放格式，其可以描述点、线与多边形等。

需要注意的是，一个 Shapefile 文件通常至少包含三个文件，分别是.shp、.shx 和.dbf 文件，此外还可能包含其它可选的文件。

GMT 可以直接读取 Shapefile 文件格式（严格说，是先利用*ogr2ogr* 命令将 Shapefile 文件转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式再读入）。默认情况下，只读入地理坐标数据。若想要读入其它非空间字段，则需要使用*-a 选项*。

8.5 OGR/GMT 矢量数据格式

8.5.1 简介

地理空间数据有多种格式，按照类型划分，可以大致分为光栅型（raster）和矢量型（vector）。

- 光栅型数据格式不完整列表：https://gdal.org/drivers/raster/index.html
- 矢量型数据格式不完整列表：https://gdal.org/drivers/vector/index.html

简单的说，在 GMT 中，netCDF 格式的网格文件属于光栅型地理空间数据，而一般的表数据则属于矢量型地理空间数据。

GDAL 是一个可以实现多种光栅型或矢量型地理空间数据格式间互相转换的库/工具，其全称为 Geospatial Data Abstraction Library。历史上，GDAL 仅用于处理光栅型数据格式，而 OGR 则仅用于处理矢量型数据格式。从 GDAL 2.0 开始，二者相互集成在一起，即 GDAL 已经具备了处理光栅型和矢量型地理空间数据格式的能力。本文中，提到 OGR 时，仅表示地理空间矢量数据格式。

一个矢量数据中，不仅仅有地理空间数据（地理坐标数据，点、线、多边形等），也可以有非地理空间数据（城市名等）。老版本的 GMT 只能处理地理空间数据，而不能利用非地理空间数据。GMT5 定义了一种兼容 OGR 的 GMT 矢量数据格式，通常称为 OGR/GMT 格式。这种格式中包含了地理空间和非地理空间数据，所有的非地理空间数据都以注释的形式写到文件中，因而 GMT4 也可以正常读取 OGR/GMT 格式的数据。OGR/GMT 格式中包含了非空间数据，使得 GMT 的输出可以很容易地被其他 GIS 或绘图软件所使用。

8.5.2 OGR/GMT 格式

OGR/GMT 格式的一些重要性质列举如下：

- 所有非空间数据都以注释行的形式写到文件中，这些注释行在 GMT4 中会被直接忽略
- 非空间数据的各个字段之间用空格分隔，每个字段均以字符 @ 作为前缀，紧接着一个用于表征该字段内容的字符。每个字段内部的多个字符串之间用字符 | 分隔
- 字符 \ 作为转义字符，比如字符串内 \n 表示换行
- 文件中，非空间数据均保存在空间数据之前。因而 GMT 在处理地理空间数据之前，已经解析了非地理空间信息，这些非地理空间信息可能会影响到地理空间数据的处理
- 数据文件的第一个注释行必须指定 OGR/GMT 格式的版本号，即 **@VGMT1.0**

- 为了兼容其他 GIS 格式（比如 shapefiles），OGR/GMT 格式中显式包含了一个字段，用于指定接下来的地理空间数据是点、线还是多边形
- 每个文件有一个头段注释，其中指定了当前文件所包含的地理特征，以及每个特征所对应的非地理属性（比如区域范围，投影方式等）
- 同一个 OGR/GMT 格式的文件中，所有数据段必须具有相同类型的特征（都是点或线或多边形）

8.5.3 OGR/GMT 元数据

在 OGR/GMT 格式的文件头部，需要包含一系列元数据信息。元数据用于描述整个文件的共同信息，比如版本号、几何类型、区域范围、投影方式、非空间数据的格式等信息。

格式版本号 @V

OGR/GMT 格式的版本号用 **@V** 来指定。因而 OGR/GMT 格式的文件的第一行的内容必须是:

```
# @VGMT1.0
```

其中 **GMT1.0** 是 OGR/GMT 格式的版本号。

几何类型 @G

@G 用于指定当前数据文件的几何类型，其后接的参数可以是:

- **POINT**: 包含多个数据点（每个点都可以有自己的头段记录）
- **MULTIPOINT**: 多点数据（所有的点共用同一个头段记录）
- **LINESTRING**: 包含多个独立的线段（即 GMT 中的多段数据，每条线段可以有自己的头段记录）
- **MULTILINESTRING**: 多线数据（文件中的所有线段是一个特性，共用同一个头段记录）
- **POLYGON**: 包含多个闭合多边形（每个多边形可以有自己的头段记录）
- **MULTIPOLYGON**: 多个多边形数据（所有多边形共用同一个头段记录）

例如:

```
# @VGMT1.0 @GPOLYGON
```

区域范围 @R

@R 用于指定区域范围，其格式与 **-R** 选项一致。例如:

```
# @R150/190/-45/-54
```

投影信息 @J

投影信息用四个可选的字符串表示，每个字符串以 **@J** 开头。

- **@Je**: 投影的 EPSG 代码
- **@Jg**: GMT 中所使用的投影参数
- **@Jp**: 投影参数的 Proj.4 表示
- **@Jw**: 投影参数的 OGR WKT (well known text) 表示

示例:

```
# @Je4326 @JgX @Jp"+proj=longlat +ellps=WGS84+datum=WGS84 +no_defs"
# @Jw"GEOGCS[\"WGS84\",DATUM[\"WGS_1984\",SPHEROID\"WGS84\",6378137,\
298.257223563,AUTHORITY[\"EPSG\",\"7030\"]],TOWGS84[0,0,0,0,0,0,0],
```

(续下页)

(接上页)

```
AUTHORITY[\"EPSG\",\"6326\"]],PRIMEM[\"Greenwich\",0,\
AUTHORITY[\"EPSG\",\"8901\"]],UNIT[\"degree\",0.01745329251994328,\
AUTHORITY[\"EPSG\",\"9122\"]],AUTHORITY[\"EPSG\",\"4326\"]]"
```

声明非空间字段 @N

@N 后接一个用于描述非空间字段名称的字符串，各个字段名称之间用 | 分隔。若字段名称中有空格，则必须用引号括起来。**@N** 必须有一个与之对应的 **@T**。其中 **@T** 用于指定每个字段名称的数据类型。可取的数据类型包括 **string**、**interger**、**double**、**datetime** 和 **logical**。

示例:

```
# @VGMT1.0 @GPOLYGON @Nname|depth|id @Tstring|double|integer
```

表明数据文件中包含了多个多边形，每个多边形都可以有独立的头段记录以指定非空间信息，非空间信息有三个，分别是 name、depth 和 id，三个字段分别是字符串、浮点型和整型。

8.5.4 OGR/GMT 数据

元数据之后即是真正的数据，包括非空间数据和空间数据。

非空间数据

非空间数据用 **@D** 表示，紧跟着一系列以 | 分隔的字符串，每个字段的含义以及格式由 **@N** 和 **@T** 决定。

非空间数据所在的注释行应放在每段数据的坐标数据前。对于几何类型为 **LINE**、**POLYGON**、**MULTILINE** 或 **MULTIPOLYGON** 的数据而言，每段数据之间用特定的字符分隔，默认分隔符是 >。非空间数据紧跟在 > 行之后。对于几何类型为 **POINT** 或 **MULTIPOINT** 的数据而言，则不需要分隔符。

@N 和 **@D** 中的字符串中若包含空格，则必须用双引号括起来。若字符串中本身包含双引号或 |，则需要使用转义字符进行转义。若两个 | 之间为空，则表示对应的字段为空值。

一个点数据的头段示例:

```
# @VGMT1.0 @GPOINT @Nname|depth|id @Tstring|double|integer
# @D"Point 1"|-34.5|1
```

一个多边形数据的头段示例:

```
# @VGMT1.0 @GPOLYGON @Nname|depth|id @Tstring|double|integer
>
# @D"Area 1"|-34.5|1
```

多边形拓扑

旧版本的 GMT 只支持常规的多边形，不支持一个多边形内有个洞的情况。

GMT 通过在多边形数据前加上 **@P** 和 **@H** 来指定当前的数据段是外环还是内环，即是真正的多边形，还是多边形内的洞。**@H** 必须紧跟在对应的 **@P** 之后。

@H 所指定的洞不应该有任何 **@D** 值，因为非空间数据适用于整个特性，而 **@H** 所指定的多边形只是多边形的一部分，并不是一个新的多边形。

8.5.5 示例

点数据示例:

```
# @VGMT1.0 @GPOINT @Nname|depth|id
# @Tstring|double|integer
# @R178.43/178.5/-57.98/-34.5
# @Je4326
# @Jp"+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84+no_defs"
# FEATURE_DATA
# @D"point 1"|-34.5|1
178.5 -45.7
# @D"Point 2"|-57.98|2
178.43 -46.8
...
```

线数据示例:

```
# @VGMT1.0 @GLINESTRING @Nname|depth|id
# @Tstring|double|integer
# @R178.1/178.6/-48.7/-45.6
# @Jp"+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84+no_defs"
# FEATURE_DATA
> -W0.25p
# @D"Line 1"|-50|1
178.5 -45.7
178.6 -48.2
178.4 -48.7
178.1 -45.6
> -W0.25p
# @D"Line 2"|-57.98|$
178.43 -46.8
...
```

多边形数据示例:

```
# @VGMT1.0 @GPOLYGON @N"Polygon name"|substrate|id @Tstring|string|integer
# @R178.1/178.6/-48.7/-45.6
# @Jj@Jp"+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84+no_defs"
# FEATURE_DATA
> -Gblue -W0.25p
# @P
# @D"Area 1"|finesand|1
178.1 -45.6
178.1 -48.2
178.5 -48.2
178.5 -45.6
178.1 -45.6
>
# @H
# First hole in the preceding perimeter, so is technically still
# part of the same geometry, despite the preceding > character.
# No attribute data is provided, as this is inherited.
178.2 -45.4
178.2 -46.5
178.4 -46.5
178.4 -45.4
178.2 -45.4
>
# @P
...
```

ASCII 表格式最常用, 因为其较直观, 且可直接编辑。二进制表和 netCDF 表相对不直观, 但文件大小更小。

备注

GDAL 提供的*ogr2ogr* 命令可以将其它格式的表数据转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式。

第 9 章　网格文件

GMT 可以读取、处理并绘制 2D 网格数据。通常, 2D 网格文件的 X 方向代表经度、Y 方向代表纬度, Z 值可以表示高程、重力值、温度、速度等。

本章首先会介绍网格文件的格式与基础知识:

9.1 网格文件格式

GMT 支持的网格数据格式主要分为四大类, 这四大类也可细分为更多的数据格式:

1. netCDF4 标准网格文件格式
2. netCDF3 “旧” 网格文件格式
3. GMT 自定义二进制文件
4. 其它网格文件格式

netCDF4 标准网格文件格式是最常见的, 也最推荐使用的网格数据格式。它也是 GMT 默认的网格数据格式, 一般以 `.nc` 或 `.grd` 作为文件后缀。本章也将只对 netCDF 格式做重点介绍。

GMT 所支持的所有网格文件格式在下表列出, 每种网格文件格式均对应一个两字符 ID。

表 1: GMT 支持的网格文件格式

ID	说明
	GMT netCDF4 标准格式
nb	GMT netCDF format (8-bit integer, COARDS, CF-1.5)
ns	GMT netCDF format (16-bit integer, COARDS, CF-1.5)
ni	GMT netCDF format (32-bit integer, COARDS, CF-1.5)
nf	GMT netCDF format (32-bit float, COARDS, CF-1.5)
nd	GMT netCDF format (64-bit float, COARDS, CF-1.5)
	GMT netCDF3 "旧" 格式
cb	GMT netCDF format (8-bit integer, depreciated)
cs	GMT netCDF format (16-bit integer, depreciated)
ci	GMT netCDF format (32-bit integer, depreciated)
cf	GMT netCDF format (32-bit float, depreciated)
cd	GMT netCDF format (64-bit float, depreciated)
	GMT 自定义二进制格式
bm	GMT native, C-binary format (bit-mask)
bb	GMT native, C-binary format (8-bit integer)
bs	GMT native, C-binary format (16-bit integer)
bi	GMT native, C-binary format (32-bit integer)
bf	GMT native, C-binary format (32-bit float)
bd	GMT native, C-binary format (64-bit float)
	其他网格文件格式
rb	SUN raster file format (8-bit standard)
rf	GEODAS grid format GRD98 (NGDC)
sf	Golden Software Surfer format 6 (32-bit float)
sd	Golden Software Surfer format 7 (64-bit float)
af	Atlantic Geoscience Center AGC (32-bit float)
ei	ESRI Arc/Info ASCII Grid Interchange format (ASCII integer)
ef	ESRI Arc/Info ASCII Grid Interchange format (ASCII float)
gd	Import/export via GDAL

除了上面列出的网格文件格式之外, 有 C 编程经验的高级用户还可以自己自定义网格文件格式, 并将读写该格式的子程序链接到 GMT 函数库中, 使得 GMT 可以支持自定义网格文件格式的读取。详情见 GMT 源码中的 `gmt_customio.c`。

9.1.1 netCDF 格式

GMT 保存 2D 网格时默认使用与 COARDS 兼容的 netCDF 格式。COARDS，全称为 Cooperative Ocean/Atmosphere Research Data Service，是一个海洋和大气科学相关机构分发网格数据时所采用的一个共同标准。GMT 的网格数据兼容 COARDS 标准，因而 GMT 可以读取这些机构分发的网格数据，同时，GMT 生成的网格数据也可以被其它软件所读取。

netCDF 格式中除了包含数据外，还包含了很多其它属性。

表 2: GMT 中 netCDF 格式的属性

属性	说明
	全局属性
Conventions	COARDS, CF-1.5 (可选)
title	标题 (可选)
source	文件是如何创建的 (可选)
node_offset	网格配准方式，0 表示网格线配置（默认值），1 表示像素配准
	X 和 Y 变量属性
long_name	坐标名称 (如 “Longitude” 和 “Latitude”)
units	坐标单位 (如, “degrees_east” 和 “degrees_north”)
actual range (or valid range)	x 和 y 的最小最大值
	Z 变量属性
long_name	Z 变量名称 (默认为 “z”)
units	Z 变量单位
scale_factor	z 值要乘以的因子 (默认值: 1)
add_offset	z 值乘以因子后的额外偏移量 (默认值: 0)
actual_range	Z 值的最小最大值
_FillValue (or missing_value)	数据缺失或无效数据对应的值。若未指定，则根据数据类型自动设置该值

9.1.2 GMT 自定义二进制文件

GMT 在老版本中并没有使用 netCDF 作为其网格文件标准格式，而是自定义了一种网格文件格式。该格式已不推荐使用。该格式的文件包含了一个 892 个字节的头段，以及数据。下标列出了头段中所保存的所有信息。

参数	描述
int *n_columns*	Number of nodes in the x-dimension
int *n_rows*	Number of nodes in the y-dimension
int *registration*	0 for grid line registration, 1 for pixel registration
double *x_min*	Minimum x-value of region
double *x_max*	Maximum x-value of region
double *y_min*	Minimum y-value of region
double *y_max*	Maximum y-value of region
double *z_min*	Minimum z-value in data set
double *z_max*	Maximum z-value in data set
double *x_inc*	Node spacing in x-dimension
double *y_inc*	Node spacing in y-dimension
double *z_scale_factor*	Factor to multiply z-values after read
double *z_add_offset*	Offset to add to scaled z-values
char *x_units*[80]	Units of the x-dimension
char *y_units*[80]	Units of the y-dimension
char *z_units*[80]	Units of the z-dimension
char *title*[80]	Descriptive title of the data set
char *command*[320]	Command line that produced the grid file
char *remark*[160]	Any additional comments
TYPE *z*[n_columns*n_rows]	1-D array with z-values in scanline format

9.1.3 其它网格文件格式

除了 netCDF 和 GMT 自定义格式外，GMT 还支持其它几种网格文件格式。更重要的是，GMT 支持通过 GDAL 读取数据，因而几乎可以读取任意格式的网格文件。

GDAL 所支持的光栅格式列表见: https://gdal.org/drivers/raster/index.html

9.2 网格配准

GMT 中的 2D 网格文件，在确定了网格范围和网格间隔后，网格线会出现在 $x = x_{min}, x_{min} + x_{inc}, x_{min} + 2 \cdot x_{inc}, \ldots, x_{max}$ 和 $y = y_{min}, y_{min} + y_{inc}, y_{min} + 2 \cdot y_{inc}, \ldots, y_{max}$ 处。而节点的位置有两种选择，即网格线配准 (gridline registration) 和像素配准 (pixel registration)。GMT 默认使用的是网格线配准方式。

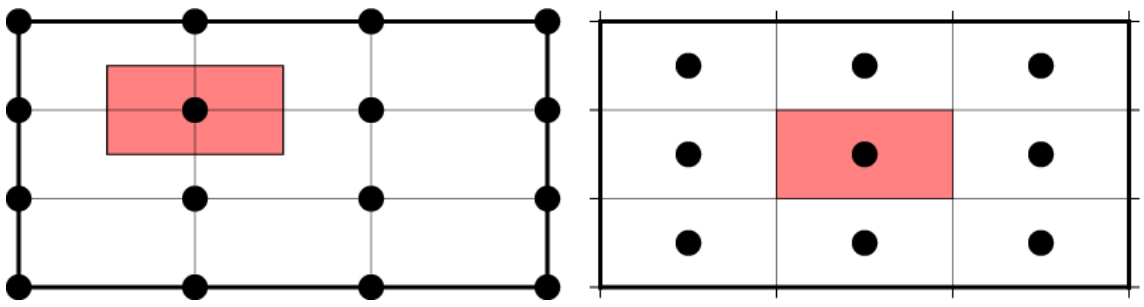


图 1: GMT 网格配准方式

(左) 网格线配准; (右) 像素配准。

备注

大多数原始观测数据都采样网格线配准方式，而有时经过处理的数据会以像素配准方式发布。尽管两种配准方式可以互相转换，但转换过程中会降低 Nyquist 采样率，压制一些高频信息。因而如果你可以控制，应尽量避免配准转换。

9.2.1 网格配准方式

网格线配准

在网格线配准方式下，节点（图中黑色圆圈）中心位于网格线的交叉点处，节点的值代表了长宽为 $x_{inc} \cdot y_{inc}$ 的单元（图中红色区域）内的平均值。这种情况下，节点数目与网格范围和间隔的关系为：

$$\begin{aligned} nx &= (x_{max} - x_{min})/x_{inc} + 1 \\ ny &= (y_{max} - y_{min})/y_{inc} + 1 \end{aligned}$$

左图中 nx=ny=4。

像素配准

在像素配准方式下，节点（图中黑色圆圈）位于网格单元的中心，即网格点之间的区域，节点的值代表了每个单元（图中红色区域）内的平均值。在这种情况下，节点数目与网格范围和间隔的关系为：

$$\begin{aligned} nx &= (x_{max} - x_{min})/x_{inc} \\ ny &= (y_{max} - y_{min})/y_{inc} \end{aligned}$$

因而，对于相同的网格区域和网格间隔而言，像素配准比网格线配准要少一列和一行数据。右图中 nx=ny=3。

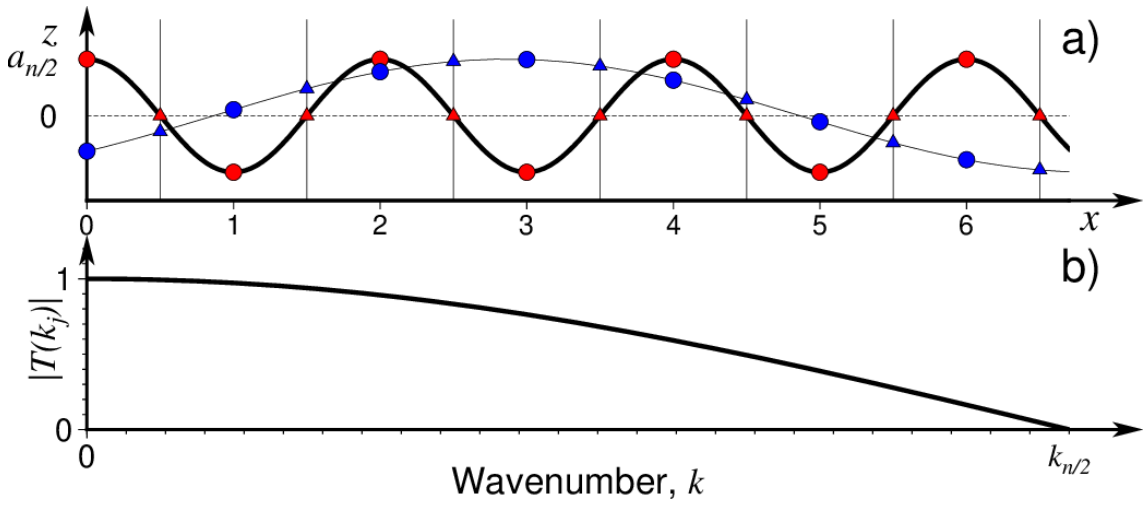
9.2.2 配准方式转换

GMT 提供了多种方式实现像素配准与网格配准的互相转换。

一种是使用*grdedit* **-T** 选项将网格区域调整半个网格间隔并修改配准方式，该方法不改变原有数据点，但改变了网格区域。

另一种方式是使用 grdsample **-T** 对原始数据做重采样。这种方法保留了网格的区域范围，但在重采样时会丢失数据中的高频信息。

下图展示了为何在重采样过程中会丢失高频信息。图 a 中展示了一个沿着 X 轴的剖面。粗黑线为 Nyquist 频率下的 X 分量，在每个离散网格点处的值用红色圆圈表示。为了对配准方式进行转换，需要在相隔的网格节点中间（即红色三角形）进行重采样。显然，红色三角形的值始终为 0，因而 Nyquist 频率所对应的高频信息在重采样的过程中丢失了。而对于低频信息而言（图中细线），蓝色圆圈为原始数据，蓝色三角为重采样时的采样点，因而低频信息得到了有效保留。图 b 给出了将像素配准转换为网格配准时重采样的转换函数，其显示了在重采样过程中，低频部分会保留，而高频部分振幅会被衰减。



9.3 边界条件

GMT 中的某些模块在对网格文件做某些操作（比如插值或计算偏导）时，在网格边界处需要指定网格的边界条件。边界条件的选取会影响到区域边界处的计算结果。GMT 中可以通过*-n 选项* 选项指定网格的边界条件。

GMT 中网格文件的边界条件有三类：

9.3.1 默认边界条件

默认的边界条件是：

$$\nabla^2 f = \frac{\partial}{\partial n}\nabla^2 f = 0$$

其中 $f(x, y)$ 是网格文件内的值，$\partial/\partial n$ 是垂直于这个方向的偏导。

$$\nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)$$

是二维 Laplace 操作符。

9.3.2 周期边界条件

X 方向的周期边界条件表明数据是以周期 $x_{max} - x_{min}$ 重复的，数据每 $N = (x_{max} - x_{min})/x_{inc}$ 个点重复一次。Y 方向同理。

- 对于网格线配准的网格文件，共 N+1 列数据。第一列数据位于 $x = x_{min}$ 处，最后一列（N+1 列）数据位于 $x = x_{max}$ 处，周期边界条件意味着数据的第一列和最后一列是完全相同的
- 对于像素配准的网格文件，有 N 列数据，第一列位于 $x_{min} + x_{inc}/2$，最后一列（第 N 列）位于 $x_{max} - x_{inc}/2$，第一列和最后一列的数据是不同的。

9.3.3 地理边界条件

地理边界条件表明：

1. 若 $(x_{max} - x_{min}) \geq 360$ 且 180 是 x_{inc} 的整数倍，则在 X 方向使用周期为 360 的周期边界条件，否则使用默认边界条件
2. 若条件 1 为真，且 $y_{max} = 90$ 则 Y 方向上使用 “北极边界条件”，否则使用默认边界条件
3. 若条件 1 为真，且 $y_{min} = -90$ 则 Y 方向上使用 “南极边界条件”，否则使用默认边界条件

然后介绍如何利用 GMT 或其他软件读写和查看 netCDF 网格文件：

9.4 读 netCDF 文件

netCDF 格式的设计相当灵活, 单个 netCDF 文件中可以包含**多个多维变量**。而 GMT 只能直接处理包含单个二维变量的 netCDF 文件。因而, 对于单变量二维 netCDF 文件, 直接给出文件名即可; 而对于复杂的多变量多维 netCDF 文件, 则需要用户在指定文件名时给出额外的信息。

9.4.1 读二维单变量 netCDF 文件

日常见到的大多数 netCDF 文件都是二维单变量 netCDF 文件。此时, 用户只需要直接给出网格文件的文件名即可, GMT 可以自动检测其格式并读入。

更进一步, 也可以在文件名后直接指明数据格式, 并控制读入数据的缩放和偏移。具体来说, 可以按照如下格式指定网格文件文件名:

name[=*ID*][+**s***scale*][+**o***offset*][+**n***invalid*]

其中

- *name* 是网格文件名, 必须指定, 其它均是可选项
- *ID* 显式告诉 GMT 当前文件的格式 ID
- *scale* 将数据乘以比例因子 *scale*, 默认值为 1
- *offset* 将数据加上一个常数 *offset*, 默认值为 0
- *invalid* 表明将文件中值为 *invalid* 认为是 NaN

scale 和 *offset* 都可以取为 **a**, 表明由程序自动决定比例因子和偏移量的值。在读入网格文件时, 会先乘以比例因子再加上偏移量。

举几个例子:

1. 读入 Golden 软件公司的 surfer 软件生成的网格文件, GMT 可以自动识别, 故而直接用 `file.grd`
2. 读一个二进制短整型网格文件, 先将所有值为 32767 的值设置为 NaN, 再将数据乘以 10 并加上 32000, 可以用 `myfile.i2=bs+s10+o32000+n32767`
3. 将一个二进制短整数网格文件减去 32000 再除以 10, 然后写到标准输出, 可以用 `=bs+s0.1+o-3200`
4. 读一个 8 字节标准 Sun 光栅文件 (其原始范围为 0 到 255), 并将其归一化到正负 1 范围内, 可以用 `rasterfile+s7.84313725e-3+o-1`, 即先乘以因子使得数据范围从 0 到 255 变成 0 到 2, 再减去 1, 则数据范围变成-1 到 1

9.4.2 读取二维多变量 netCDF 文件

对于包含多个二维变量的 netCDF 网格文件, GMT 默认会读取第一个二维变量作为 Z 值, 并忽略其余的二维变量。用户可以通过在网格文件名后加上后缀 **?***varname* 的方式指定要读取某个特定的二维变量, 即:

*filename***?***varname*

其中 *varname* 是 netCDF 文件中包含的变量名, 其可以通过 netCDF 提供的命令 `ncdump -c file.nc` 得到。

比如想要从文件中获取名为 **slp** 的二维变量的信息, 可以用:

```
gmt grdinfo "file.nc?slp"
```

备注

Linux 下问号会被解析为通配符, 因而在命令行或 Bash 中使用时需要将问号转义, 或者将整个文件名放在单引号或双引号内。

9.4.3 读取三维单/多变量 netCDF 文件

最常见的三维单/多变量 netCDF 文件是地震成像得到的三维地球参考模型。三个维度分别是经度、纬度和深度, 变量通常是 P 波速度、S 波速度等。

在遇到三维单/多变量 netCDF 文件时, GMT 默认只读取第一个变量的第一层数据 (通常是深度值最小的那一层)。此时, 可以将其当做一个变量数组, 并通过如下两种方式指定读取特定层的数据。

1. 变量名后加上 [*index*] 以指定某一层的索引值。第一层的索引值为 0, 第二层的索引值为 1, 依次类推。
2. 变量名后加上 (*level*) 以指定获取深度为 *level* 处值。若网格文件中在 *level* 指定的深度处并不存在数据, 则 GMT 会找到离 *level* 最近的有数据的那一深度的值, 而不会去做插值。

假设有一个地球模型文件, `ncdump -c file.nc` 的结果为 (下面只列出与深度有关的部分):

```
# 前面省略部分内容
dimensions:
    depth = 32 ;
variables:
    float depth(depth) ;
    depth:long_name = "depth below earth surface" ;
    depth:units = "km" ;
    depth:positive = "down" ;
data:
    depth = 50, 100, 200, 300, 400, 400, 500, 600, 600, 700, 800, 900, 1000,
        1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200,
        2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2850 ;
```

从中可以看到, 该模型在深度方向上有 32 层, 分别对应 50 千米、100 千米, 一直到 2850 千米。则可以使用如下命令:

```
# 读取第二层 (即深度100km) 处的P波速度
gmt grdinfo "file.nc?vp[1]"

# 读取深度200千米处的P波速度
gmt grdinfo "file.nc?vp(200)"
```

备注

Linux 下问号、中括号和小括号有特殊含义, 因而在命令行或 Bash 中使用时需要进行转义, 或者将整个文件名放在单引号或双引号内

9.4.4 读取四维单/多变量 netCDF 文件

对于四维单/多变量 netCDF 文件, 处理方法类似。假设有一个四维单变量 netCDF 文件, 四个维度分别是纬度、经度、深度、时间, 变量为压强。利用 `ncdump` 可以查看四个纬度的取值范围:

```
lat(lat): 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
lon(lon): 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
depth(depth): 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90
time(time): 0, 12, 24, 36, 48
pressure(time,depth,lat,lon): 共10x10x10x5=5000个值
```

此时可以将变量 *pressure* 当成一个二维数组。

为了得到 depth=10, time=24 处的变量值, 可以用:

```
gmt grdinfo "file.nc?pressure[2,1]"
```

或者:

```
gmt grdinfo "file.nc?pressure(24,10)"
```

在本例中, 时间维度在前, 深度维度在后。

9.4.5 读取一维单/多变量 netCDF 文件

一维单/多变量 netCDF 文件, 即前面所说的以 netCDF 格式保存的表数据。即表数据中的每一列分别保存为 netCDF 文件中的一个变量。GMT 自带的 GSHHG 数据和 DCW 数据就是一维多变量 netCDF 文件。

同样的, 可以使用 `ncdump -c file.nc` 来查看 netCDF 文件所包含的变量名。然后即可通过在文件名后加上一系列用斜杠分隔的变量名来使用这些一维变量。例如:

```
# 将文件中的lon变量和lat变量作为输入数据的第1和2列
gmt plot "file.nc?lon/lat" ...
gmt plot "file.nc?lon/lat" ...

# 将文件中的变量time、lat和lon分别作为输入数据的三列
gmt convert "file.nc?time/lat/lon" ...
```

如果要使用的变量是一个二维变量, 并且其优先维度与其他被选变量相同, 则该变量整体会被输出。例如, 一个 netCDF 文件中包含 6 个时间步, 其记录了 4 个点的温度。则变量 **temp** 是一个 6x4 的数组, 因而使用如下命令会输出如下信息:

```
$ gmt convert "file.nc?time/temp
2012-06-25T00:00:00 20.1 20.2 20.1 20.3
2012-06-25T12:00:00 24.2 23.2 24.5 23.5
2012-06-26T00:00:00 16.1 16.2 16.1 16.3
2012-06-26T12:00:00 22.1 23.0 23.9 23.5
2012-06-27T00:00:00 17.5 16.9 17.2 16.8
2012-06-27T12:00:00 27.2 27.2 27.5 27.5
```

如果只需要某个点的温度, 例如第二列数据, 则可以使用:

```
$ gmt convert "file.nc?time/temp[1]
```

9.4.6 修改坐标单位

某些 GMT 模块要求网格中的两个维度的单位必须是米, 若输入数据中的维度的单位不是米, 则需要对网格坐标做一些变换。例如, **grdfft** 模块在计算 2D 网格的傅里叶变换时要求网格是以米为单位。

1. 如果使用的是地理网格数据 (即两个维度是经度和纬度), 可以加上 **-fg** 选项, 则网格坐标会根据展平地球近似, 自动转换成以米为单位。

2. 若使用的是笛卡尔坐标下的网格, 但维度的单位不是米 (比如是千米), 则可以在网格文件名后加上 **+u***unit* 选项来指定当前网格的维度单位, 程序会在内部自动转换成以米为单位。比如, 要读入一个维度单位为千米的网格文件, 可以通过 **filename+uk** 将其转换成以米为单位。在输出网格时, 会自动使用输入数据的原始单位, 除非输出网格文件名中有额外的 **+u** 选项。也可以使用 **+U***unit* 实现逆变换, 将以米为单位的网格坐标变成以 *unit* 为单位。

9.5 写 netCDF 文件

9.5.1 文件名格式

GMT 生成网格数据时默认使用 **nf** 格式 (默认网格文件格式由 GMT 参数*IO_GRIDFILE_FORMAT* 控制)。可以通过在网格文件名后加上额外的信息以指定网格文件的格式。网格文件的文件名格式为:

name[=*ID*][+**s***scale*][+**o***offset*][+**n***invalid*]

- *name* 是网格文件名
- *ID* 是写网格文件时要使用的网格文件格式
- *offset* 将数据加上一个常数 *offset*, 默认值为 0
- *scale* 将数据乘以比例因子 *scale*, 默认值为 1
- *invalid* 表明将文件中值为 *invalid* 认为是 NaN

scale 和 *offset* 都可以取为 **a**, 表明由程序自动决定比例因子和偏移量的值。在写网格文件时, 会先加上偏移量, 再乘以比例因子。

9.5.2 分块与压缩

出于性能的考虑, GMT 在输出超过 16384 个网格单元的网格文件时, 会启用分块功能。所谓分块, 即数据不是按照一行一行序列存储的, 而是将整个网格分成若干个区块, 然后依次存储每个区块的数据。

在读取数据时, 若只需要读取数据的一部分, netCDF 只需要读取相应的区块即可, 无需读取整个数据。

由于数据的压缩和解压比磁盘 IO 要快, 因而可以对 netCDF 数据进行压缩, 使得磁盘占用更少, IO 负载更少。netCDF 的压缩可以分为若干等级, 压缩级别越高, 文件越小, 读写数据越快, 但压缩/解压越耗时。通常, 压缩级别取 1 到 3 效果比较好。

GMT 参数*IO_NC4_CHUNK_SIZE* 可以控制分块的大小, *IO_NC4_DEFLATION_LEVEL* 可以控制压缩等级。

9.6 查看 netCDF 文件

使用 NetCDF 库自带的 `ncdump` 命令可以很方便地查看 NetCDF 文件内容。由于 NetCDF 库为 GMT 必需依赖库, 因此安装好 GMT 后, 通常已成功安装该库及 `ncdump` 等命令, 如果无法直接执行该命令, 可尝试通过添加环境变量解决。

此外, 某些带图形界面的软件也可以直接用于查看 netCDF 文件的内容, 甚至做简单图示:

- ncview
- Panoply

更多相关工具, 见 netCDF 网站上的列表。

备注

尽管大多数程序都可以读取 netCDF 文件, 但某些不支持 netCDF4 格式。

第 10 章　颜色表 CPT

CPT 全称 Color Palette Table, 也称为颜色表、调色板或色标文件。CPT 定义了数值与颜色之间的映射关系, 每一个数值都可以从 CPT 中查找到该数值对应的颜色。因而, CPT 常用于绘制随着数值变化颜色的符号、线条、多边形以及 2D 网格数据等。

本章较全面地介绍有关 CPT 的大部分基础知识, 主要包括以下内容:

10.1 CPT 类型

CPT 文件可以分成两类, 一种适用于分类数据, 一种适用于常规数据。下面会逐一介绍两种类型的 CPT 文件的格式, 以及其如何实现数值与颜色之间的映射。

10.1.1 分类 CPT

分类 CPT 文件适用于分类数据。所谓分类数据, 是指数据只能取有限个离散的值。比如将陆地分为不同的类型: 沙漠、森林、冰川等等。定义 1 代表沙漠, 2 代表森林, 3 代表冰川。显然值取 1.5 是没有意义的。

分类 CPT 中, 对于每个分类要指定唯一的 key, 对应的颜色以及一个可选的标签。分类 CPT 文件的格式为 (中括号表示该项是可选项):

```
key1      fill1     [;label1]
key2      fill2     [;label2]
...
keyn      filln     [;labeln]
B         fill_background
F         fill_foreground
N         fill_nan
```

其中:

- *key* 是分类数据的可能取值。如果 *key* 取数值, 则必须单调递增但可不连续
- *fill* 是相应数据的填充色。可以是颜色, 也可以是图案, 见填充 一节
- *label* 则是数据的标签 (可选), *label* 前需要一个分号。通常设置为类型名, 其主要有两个用途: 让用户知道每一个可能取值代表的具体类型; 在使用 *colorbar* 绘制色标时可以将标签显示到色标旁边。

key 还可以取以下特殊值:

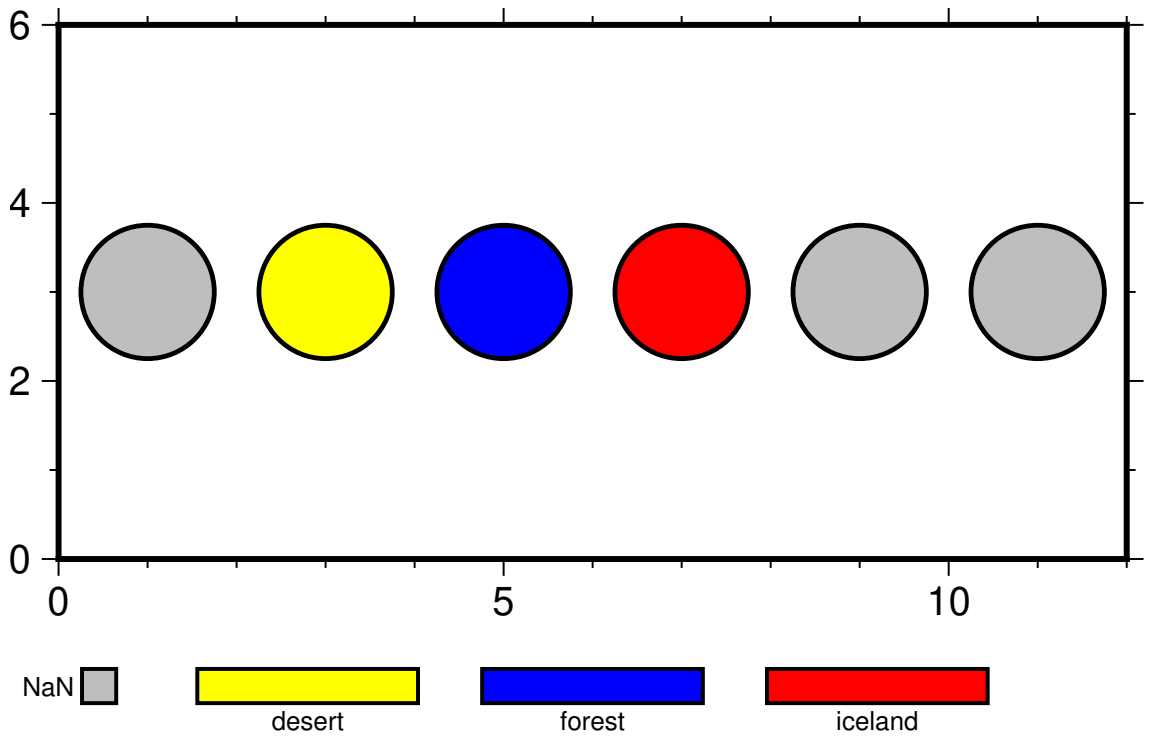
- **B**: 定义小于 *key1* 的值的填充色, 即背景色, 默认值由 *COLOR_BACKGROUND* 控制
- **F**: 定义大于 *keyn* 的值的填充色, 即前景色, 默认值由 *COLOR_FOREGROUND* 控制
- **N**: 定义值为 NaN 时使用的填充色, 默认值由 *COLOR_NAN* 控制

备注

分类 CPT 中即使设置了 **B** 和 **F**, GMT 也不会使用前景色和背景色; 对于未出现在 *key* 定义列表中的值, 使用 **N** 对应的填充色。

下面是一个分类 CPT 文件的示例，从中可以看出分类 CPT 文件是如何完成数据与颜色之间的映射。

```
gmt begin categorical-cpt

# 写一个分类CPT到文件 types.cpt
cat > types.cpt << EOF
0   yellow   ;desert
1   blue     ;forest
2   red      ;iceland
B   white
F   black
N   gray
EOF

# 绘制圆，其中第三列Z值以及CPT中颜色的对应关系决定了圆的颜色
gmt plot -R0/12/0/6 -JX8c/4c -Baf -BWSen -Sc1c -W1p -Ctypes.cpt << EOF
1  3  -1
3  3  0
5  3  1
7  3  2
9  3  3.1
11 3  NaN
EOF

# 绘制色标
gmt colorbar -Ctypes.cpt -DJBC+e+n
gmt end show
```



10.1.2 常规 CPT

常规 CPT 文件适用于连续变化的数据。对于连续变化的数据，无法为每个可能的数据值都指定颜色，通常的做法是为某些特定值指定颜色，其它值的颜色则通过插值得到。

常规 CPT 文件的格式为（中括号表示该项为可选项）：

```
z0     color_min_1  z1   color_max_1    [L|U|B]    [;label1]
z1     color_min_2  z2   color_max_2    [L|U|B]    [;label2]
...
zn-1   color_min_n  zn   color_max_n    [L|U|B]    [;labeln]
B   fill_background
```

(续下页)

(接上页)

```
F   fill_foreground
N   fill_nan
```

常规 CPT 文件中的每一行均定义了一个 Z 值范围所对应的颜色范围。以第一行为例，其定义了数据值为 *z0* 时的颜色为 *color_min_1*，数据值为 *z1* 时的颜色为 *color_max_1*，而数据值位于 *z0* 到 *z1* 之间时颜色则通过对 *color_min_1* 和 *color_max_1* 线性或非线性插值得到。由此即定义了任意数值与颜色之间的映射关系。

在每一行后面，还可以加上两个可选项：

- *label* 是 Z 值范围所对应的标签，在标签前需要加一个分号 **;**。使用 *colorbar* 模块绘制色标时加上 **-L** 选项则会将 *label* 作为色标的标注
- **L**|**U**|**B** 也是可选项，用于控制绘制色标时标注的放置位置。**L**、**U**、**B** 分别表示标注每个 Z 值范围的下限、上限或者同时标注 Z 值上下限。当然，也可以使用标准选项 **-B** 控制色标的标注和刻度

Z 值还可以取以下特殊值：

- **B**：定义小于 *z0* 的值的填充色，即背景色，默认值由 *COLOR_BACKGROUND* 控制
- **F**：定义大于 *zn* 的值的填充色，即前景色，默认值由 *COLOR_FOREGROUND* 控制
- **N**：定义值为 NaN 时使用的填充色，默认值由 *COLOR_NAN* 控制

GMT 对于常规 CPT 文件的格式由如下要求：

1. Z 值必须单调递增
2. Z 值不能存在间断，即每行的最大 Z 值必须与下一行的最小 Z 值相同
3. **B**、**F**、**N** 语句要放在 CPT 文件的开头或结尾
4. 可以指定颜色也可以指定填充图案，若 *color_min_1* 指定了填充图案，则 *color_max_1* 必须设置为 **-**

常规 CPT 文件的格式是很灵活的，其又可以进一步细分为连续型 CPT 和间断性 CPT：

连续型 CPT

当每一行的最大 Z 值与下一行的最小 Z 值对应同一个颜色。例如，下面的示例 CPT 文件中在 Z 取 1 处颜色是连续的:

```
0    black      1  red
1    red        2    yellow
```

间断型 CPT

即某一行的最大 Z 值与下一行的最小 Z 值对应不同的颜色。例如，下面的示例 CPT 文件中，第一行表明 Z 取 1 时为红色，第二行表明 Z 取 1 时为蓝色，即在 Z 取 1 处颜色存在间断:

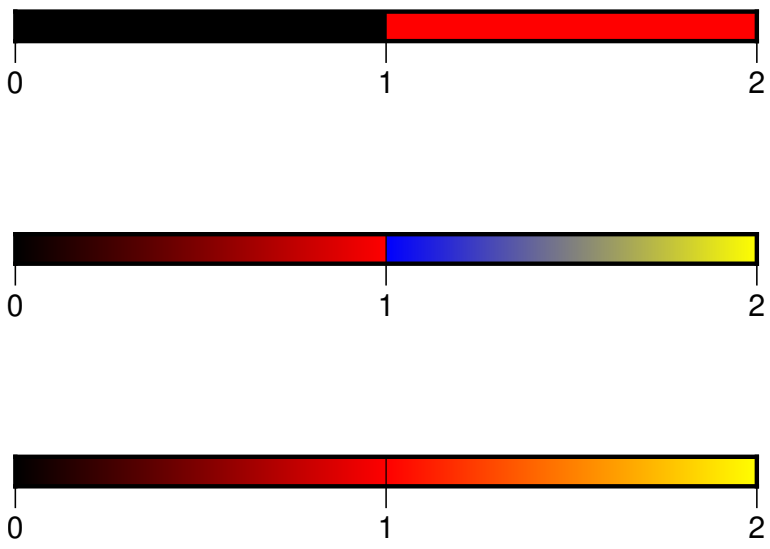
```
0        black   1    red
1        blue    2    yellow
```

进一步，当某一行内最小 Z 值和最大 Z 值对应相同的颜色时则构成了单色间断型 CPT。例如，下面的示例 CPT 文件中，第一行指定了 Z 取 0 和 0.5 均定义为黑色，意味着 Z 取 0 到 1 之间的任意数值均为黑色。第二行则指定了 Z 取 1 到 2 之间的任意数值均为红色:

```
0       black   1       black
1       red     2       red
```

下图展示了上面提到的三种常见的常规 CPT：

```
gmt begin regular-cpt

# 连续型CPT
cat > continuous.cpt << EOF
0    black      1    red
1    red        2    yellow
EOF
gmt colorbar -Ccontinuous.cpt -Dx0c/0c+w5c+h

# 间断型CPT
cat > discontinuous.cpt << EOF
0      black   1    red
1      blue    2    yellow
EOF
gmt colorbar -Cdiscontinuous.cpt -Dx0c/0c+w5c+h -Y1.5c

# 单色间断型CPT
cat > discontinous-2.cpt << EOF
0       black   1     black
1       red     2     red
EOF
gmt colorbar -Cdiscontinous-2.cpt -Dx0c/0c+w5c+h -Y1.5c

gmt end show
```



10.2 内置 CPT

GMT 内置了一个分类型 CPT 和几十个常规型 CPT 文件。这一节仅展示 GMT 内置 CPT 的配色，具体如何使用这些内置 CPT 文件会在后面做进一步介绍。

下面列出了 GMT 内置的 CPT 文件的具体配色以及 CPT 文件名（位于图下方）。用户可以参阅 官方手册 了解更多内置 CPT 配色文件。内置 CPT 根据其来源可以分为以下几个大类（以下称为 `section` ）：

- **gmt**: GMT 开发者制作的 CPT 文件;
- **SCM**: 由 Fabio Crameri 制作的科学配图用 CPT 文件;
- **cmocean**: 由 Kirsten Thyng 制作的海洋专用 CPT 文件;
- **cpt-city**: 从 cpt-city 引入的 CPT 文件;
- **google**: 由 Google 开发的 CPT 文件;
- **matlab**: 从 Matlab 引入的 CPT 文件;
- **matplotlib**: 从 matplotlib 引入的 CPT 文件;
- **panoply**: 从 Panoply 引入的 CPT 文件.

使用某个内置 CPT 文件时，完整的引用格式是 **-C**[*section*/] *cpt* 。其中 *cpt* 是某个 *section* 以下具体的 CPT

名字（注意不需要 **.cpt** 扩展名）。如果省略 *section* 则会自动遍历查找，使用第一个找到的 *cpt* 。例如 **-Cglobe** 等同于 **-Cgmt/globe** 。

每张图中有两个色标，上面的色标是原始的 CPT 文件，可以使用如下命令绘制得到（将选项 **-C***section/cpt* 中的 *section/cpt* 替换为相应的 CPT 即可）：

```
gmt colorbar -Dx0c/0c+w10c/1c+h -B0 -Csection/cpt -pdf CPT
```

下面的色标是利用*makecpt* 对原始 CPT 文件做离散处理得到的单色型 CPT 文件，可以用如下命令绘制得到（将选项 **-C***section/cpt* 中的 *section/cpt* 替换为相应的 CPT 即可）

```
gmt begin CPT
gmt makecpt -Csection/cpt -T-1/1/0.25
gmt colorbar -Dx0c/0c+w10c/1c+h -B0
gmt end show
```

图中黑色三角和白色三角分别表示该 CPT 拥有一个 HARD HINGE 或 SOFT HINGE。关于 HARD 和 SOFT HINGE 的定义会在下一节详细介绍。

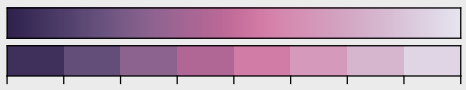


图 1: SCM/acton

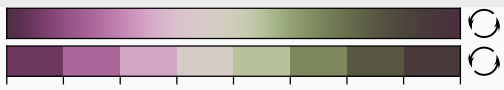


图 4: SCM/bamO

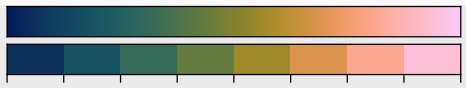


图 7: SCM/batlow

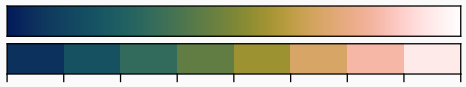


图 10: SCM/batlowW

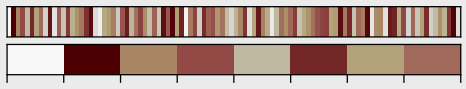


图 13: SCM/bilbaoS

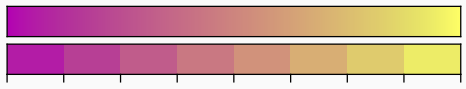


图 16: SCM/buda

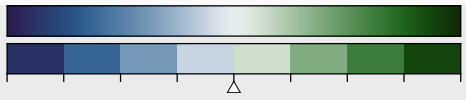


图 19: SCM/cork

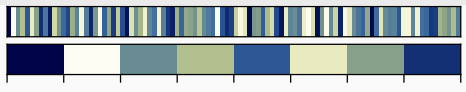


图 22: SCM/davosS

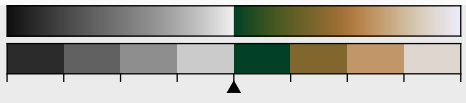


图 25: SCM/fes

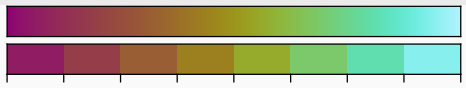


图 28: SCM/hawaii

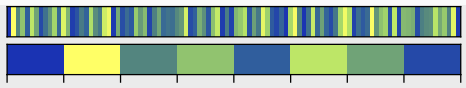


图 31: SCM/imolaS

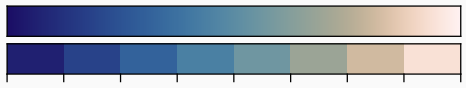


图 34: SCM/lapaz

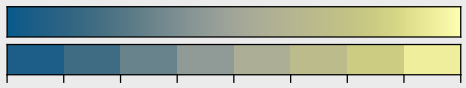


图 37: SCM/nuuk

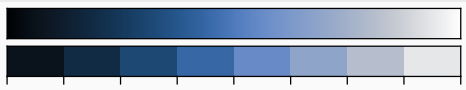


图 40: SCM/oslo

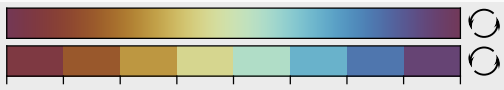


图 43: SCM/romaO

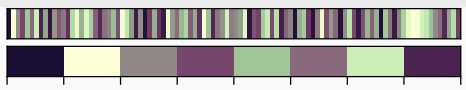


图 46: SCM/tokyoS

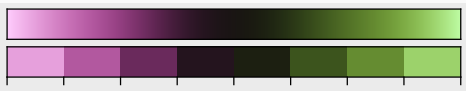


图 49: SCM/vanimo



图 52: cmocean/algae

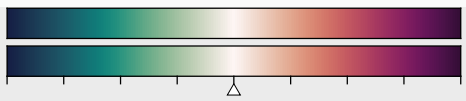


图 55: cmocean/curl

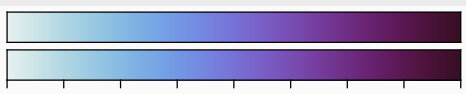


图 58: cmocean/dense

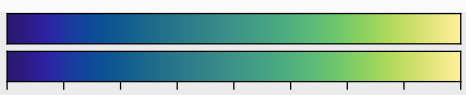


图 61: cmocean/haline



图 64: cmocean/oxy

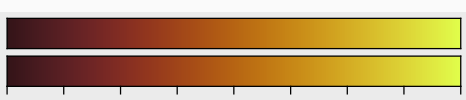


图 67: cmocean/solar

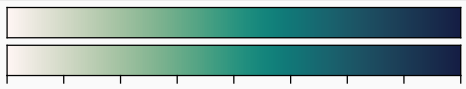


图 70: cmocean/tempo

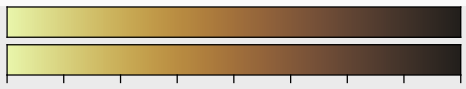


图 73: cmocean/turbid

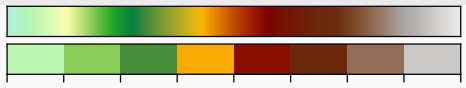


图 76: cpt-city/dem4

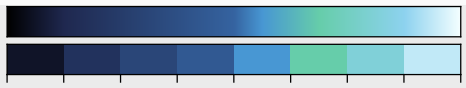


图 79: gmt/bathy

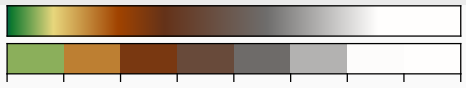


图 82: gmt/dem2

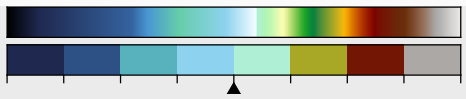


图 85: gmt/earth



图 88: gmt/geo

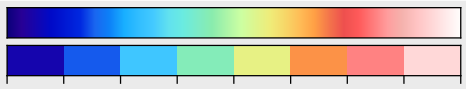


图 91: gmt/haxby

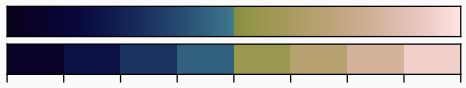


图 94: gmt/nighttime

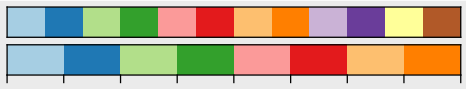


图 97: gmt/paired

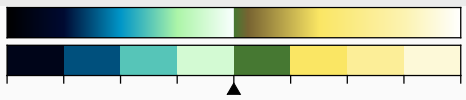


图 100: gmt/relief

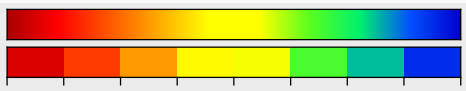


图 103: gmt/seis

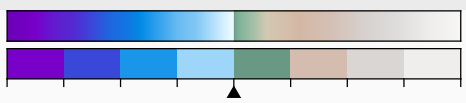


图 106: gmt/terra

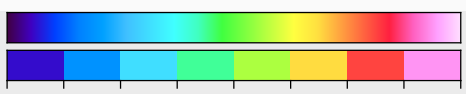


图 109: gmt/wysiwyg

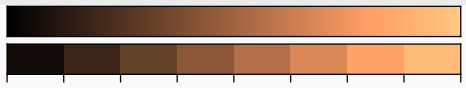


图 112: matlab/copper

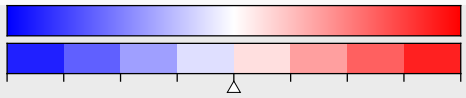


图 115: matlab/polar

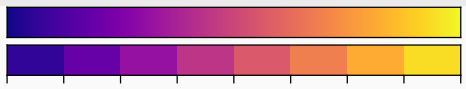


图 118: matplotlib/plasma

GMT 内置 CPT 文件中, 某些是针对特定的需求设计的, 因而常用于特定的图件中:

1. 海深: abyss、bathy、gebco、ibcso
2. 陆地高程: elevation
3. 全球地形起伏: dem1、dem2、dem3、dem4、earth、etopo1、geo、globe、oleron relief、terra、topo、world
4. 地震成像: seis、polar
5. 分类型数据: categorical

10.3 制作 CPT

GMT 模块*makecpt* 和 grd2cpt 可以内置 CPT 文件为基础, 针对用户自己的数据制作专门的 CPT 文件; 也可以将用户自定义 CPT 重新调整为一个新的范围、颜色倒转甚至屏蔽部分颜色的新色标文件。比如某个内置 CPT 文件定义了从 0 到 1 颜色从蓝色变成红色, 用*makecpt* 可以制作一个从 1000 到 3000 颜色从蓝色变成红色的 CPT 文件。不同的是, *makecpt* 常用于已知极值范围的表数据, 而 grd2cpt 常用于将 cpt 适用于一个或多个格网数据。此外, 两者均可通过以下方式翻转颜色:

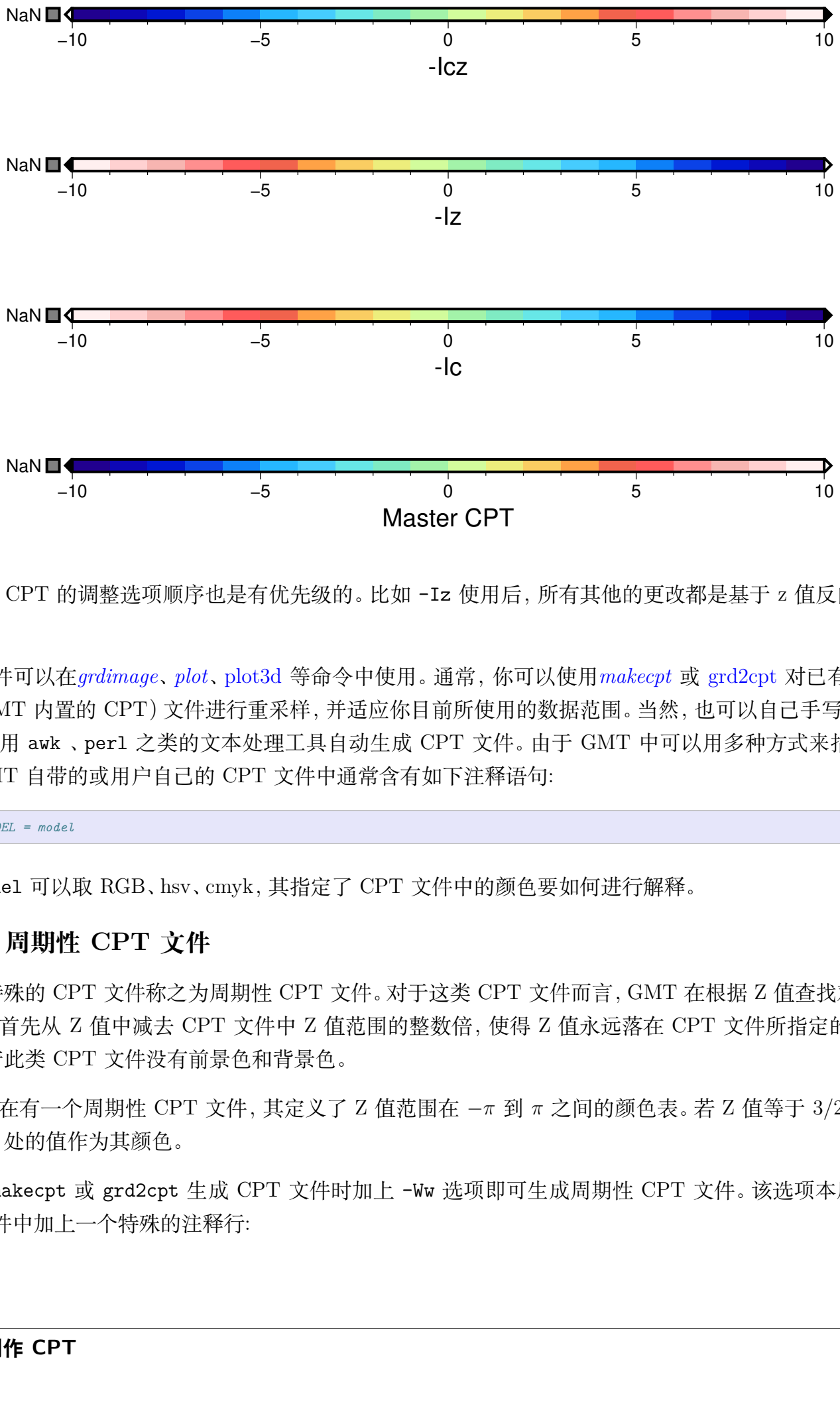
1. 利用 `-Iz` 选项倒转 CPT 的 z 值指向 (不包括前景色、背景色)。用于数据的正负颜色表示和惯例不符的情况 (比如用正值表示海平面以下的深度, 而不是惯常的负高程)。
2. 利用 `-Ic` 选项翻转颜色的顺序, 包括前景色和背景色 (与 `colorbar` 的宽度设为负值效果一致)。
3. `-Icz` 表示以上两种效果的叠加, 即颜色顺序不变, 只调转了前景色和背景色
4. 利用 `-G` 选项提取主 CPT 的一部分颜色
5. 最后, 将初始的内置 CPT 或修改后的 CPT 拉伸为自定义数据范围

```
#!/usr/bin/env bash
SIZE=w15c/0.25c

gmt begin cpt_4
gmt makecpt -Chaxby -T-10/10/1 -H > Icpt.cpt
gmt makecpt -Chaxby -T-10/10/1 -H -Iz > Icpt_z.cpt
gmt makecpt -Chaxby -T-10/10/1 -H -Ic > Icpt_c.cpt
gmt makecpt -Chaxby -T-10/10/1 -H -Icz > Icpt_cz.cpt

gmt plot -R1/10/1/10 -JX20c -T

gmt colorbar -CIcpt.cpt   -Dn0.5/0.25+jCM+$SIZE+h+e+n -B+l"Master CPT"
```

(续下页)

(接上页)

```
gmt colorbar -CIcpt_c.cpt -Dn0.5/0.4+jCM+$SIZE+h+e+n  -B+l"-Ic"
gmt colorbar -CIcpt_z.cpt -Dn0.5/0.55+jCM+$SIZE+h+e+n -B+l"-Iz"
gmt colorbar -CIcpt_cz.cpt -Dn0.5/0.7+jCM+$SIZE+h+e+n -B+l"-Icz"

rm Icpt*.cpt
gmt end show
```



注: 这些 CPT 的调整选项顺序也是有优先级的。比如 `-Iz` 使用后, 所有其他的更改都是基于 z 值反向的前提进行的。

CPT 文件可以在*grdimage*、*plot*、plot3d 等命令中使用。通常, 你可以使用*makecpt* 或 grd2cpt 对已有的 CPT (比如 GMT 内置的 CPT) 文件进行重采样, 并适应你目前所使用的数据范围。当然, 也可以自己手写 CPT 文件, 或使用 `awk` 、`perl` 之类的文本处理工具自动生成 CPT 文件。由于 GMT 中可以用多种方式来指定颜色, 因而 GMT 自带的或用户自己的 CPT 文件中通常含有如下注释语句:

```
# COLOR_MODEL = model
```

其中 `model` 可以取 RGB、hsv、cmyk, 其指定了 CPT 文件中的颜色要如何进行解释。

10.3.1 周期性 CPT 文件

有一类特殊的 CPT 文件称之为周期性 CPT 文件。对于这类 CPT 文件而言, GMT 在根据 Z 值查找对应的颜色时, 会首先从 Z 值中减去 CPT 文件中 Z 值范围的整数倍, 使得 Z 值永远落在 CPT 文件所指定的范围内。这意味着此类 CPT 文件没有前景色和背景色。

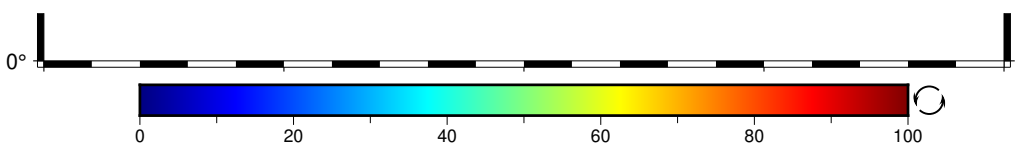
比如, 现在有一个周期性 CPT 文件, 其定义了 Z 值范围在 $-\pi$ 到 π 之间的颜色表。若 Z 值等于 $3/2\pi$, 则会取 $-\pi/2$ 处的值作为其颜色。

在使用 `makecpt` 或 `grd2cpt` 生成 CPT 文件时加上 `-Ww` 选项即可生成周期性 CPT 文件。该选项本质上是在 CPT 文件中加上一个特殊的注释行:

```
# CYCLIC
```

GMT 在 CPT 中看到这一注释行时就会将该 CPT 当作时周期性 CPT 文件。

`Source Code`



10.3.2 动态 CPT

GMT 内置的 CPT 文件都是动态的。

所有动态 CPT 文件都按照两种方式中的一种进行了归一化:

1. 如果为存在分界 (hinge) 的区域填色 (如地形颜色在高程为 0 的海岸线处发生非连续的分界) 那么 CPT 的 z 值在一侧为-1 到 0; 另一侧为 0 到 1; 分界线上为 0。CPT 文件中对分界线的值注释如下:

   ```
   # HINGE = <hinge-value>
   ```

   按照这种方式归一化的内置 CPT 包括 `earth etopo1 geo globe polar red2green relief sealand split terra topo world`

2. 如果不存在颜色的分界, 则 CPT 的 z 值归一化为 0 到 1 之间。实际使用中, CPT 的 z 值会拉伸到用户指定的范围, 包括两种拉伸模式:

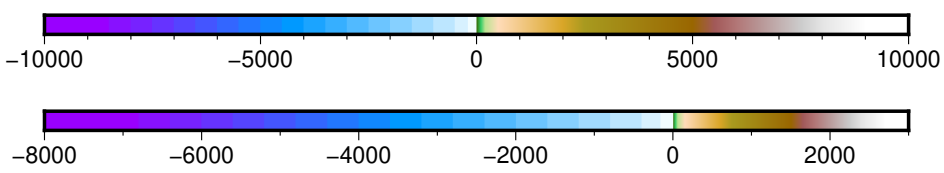
   1. 默认指定一个数值范围, 实际应用中 (如地形渲染) 再拉伸到真实值。见 CPT 文件中的 RANGE 注释:

      ```
      # RANGE = <zmin/zmax>
      ```

   2. 若未给定范围, 则扩展到数据的极限值

下图展示了动态的内置 CPT 如何拉伸适用于用户自定义数据, 绘制命令如下:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin cpt_3
gmt makecpt -Cglobe -T-8000/3000
gmt colorbar -C -Baf -Dx0/0+w4.5i/0.1i+h
gmt colorbar -Cglobe -Baf -Dx0/0+w4.5i/0.1i+h -Y0.5i
gmt end show
```



原始的内置 CPT (globe, 上图) 的初始范围为-10000 至 10000, 颜色不连续处的分界值 (hinge) 为 0, 小于 0 的部分为海蓝色系, 大于 0 的部分为大地色系。但实际上, 我们要绘制的区域高程值是非对称的, 从-8000 米到 3000 米 (下图)。由于 hinge 值的存在, 负高程依旧由海蓝色拉伸填充, 正高程则由大地色压缩填充。

注: 若要实现 hinge 分界效果, *makecpt* 命令中的 **-T** 选项不可设置 *inc*。

10.4 使用 CPT

命令行指定 CPT 文件名后, GMT 会依次在当前目录、`~/.gmt` 和 `$GMTHOME/share/cpt/` 目录下寻找 CPT 文件, 如果找不到还会加上后缀 `.cpt` 寻找。

在文件名后加上后缀 **+u**|**U***unit* 还可以对 CPT 文件中的 Z 值进行缩放。

- *filename.cpt*+**u***unit* 可以将 Z 值从 *unit* 变换为以米为单位
- *filename.cpt*+**U***unit* 可以将 Z 值从以米为单位变换成 *unit*

10.5 当前 CPT

在现代模式下, 几乎不需要显式命名 CPT。当某个模块创建 CPT 时, 例如 grd2cpt, makecpt, 或者没有颜色表可用时的 grdimage, GMT 会将 CPT 写入会话目录中的隐藏文件中。

当模块需要 CPT 时, 例如, 当 grdimage 未提供-C, 或提供-C 但没指定名称) 时, GMT 会读取此隐藏的 CPT。该文件称为当前 CPT。

实际上, 当前的 CPT 有几个级别, 可能全部不同, 有些可能不存在。如果在绘制图中图时创建 CPT, 则只能在绘制该图中图期间访问该 CPT。因此, 它只能将图中图作为其使用范围。

如果在某个特定子图中时创建 CPT, 则该 CPT 同样只能由该子图访问。如果在子图开始之后但在绘图开始之前创建 CPT, 则该 CPT 可用于所有子图 (但可以被上述子图特定的 CPT 局部覆盖)。

每次调用图形, 都应该创建特定于图形的 CPT。如果不存在, 则使用会话 CPT。gmt 遵循的规则是, 始终使 CPT 具有最受限制的范围, 该范围处于绘图层次结构中。

如果在本绘图层次结构中找不到, GMT 会将层次结构扩展到范围更广的结构中去寻找 CPT。如果最终没有找到 CPT (并且绘图模型不同于 grdimage, 无法单独创建 CPT 时), 会提示出错。

在现代模式下, 有些情况下必须使用-H 选项以显式创建命名 CPT。一种情况是, 在制作动图时, 因为需要创建一次 CPT 并多次访问它。由于每个电影帧都是一个单独的会话, 因此不能跨会话共享当前 cpt。

除了以上各小节介绍的 CPT 资源, 还可以访问以下链接获取更多 CPT 资源:

1. http://seaviewsensing.com/pub/cpt-city/index.html
2. http://www.fabiocrameri.ch/colourmaps.php

第 11 章　标准选项

GMT 有 100 多个模块，每个模块的具体功能由模块的众多选项决定。模块的选项都是以 - 加一个字符的形式构成。这些字符是经过精心挑选的，用户很容易根据字符记住该选项的作用。

GMT 的众多模块有不同的选项，也有标准选项。标准选项在所有模块中具有完全相同的意义，故而本章将单独介绍这些通用的标准选项的用法。在模块手册中，将不再详细介绍标准选项，而主要介绍每个模块特有的选项。

表 1: GMT 标准选项列表

选项	说明
-B	定义底图边框和轴的刻度、标注、标签等属性
-J	选择地图投影方式或坐标变换
-R	指定区域范围
-U	在图上绘制时间戳
-V	详细报告模式
-X	移动 X 方向上的绘图原点
-Y	移动 Y 方向上的绘图原点
-a	将非空间数据与某些列联系在一起
-b	控制二进制的输入或输出
-c	选择特定的子图
-d	将输入或输出中的 *nodata* 替换成 NaN
-e	仅处理与指定 pattern 匹配的数据
-f	设置 ASCII 输入或输出的格式
-g	根据数据间断对数据进行分段
-h	跳过数据的文件头段记录
-i	选择输入列
-j	确定球面距离的计算方式
-l	为当前绘制的符号或线条添加图例记录
-n	设置网格插值方式
-o	选择输出列
-p	控制 3D 视角图
-q	对输入/输出数据做行选择或数据范围选择
-r	设置网格配准方式
-s	控制 NaN 记录的处理方式
-t	设置图层透明度
-w	将输入坐标转换为循环坐标
-x	设置并行的核数（仅限于支持并行的模块）
-:	输入数据是 y/x 而不是 x/y

11.1 -R 选项

-R 选项用于指定要绘制的数据范围或地图区域。该选项的参数可以用多种方式指定，同时支持六种不同类型的数据坐标。

11.1.1 -R 选项的多种方式

可以用以下多种方式指定数据范围。

1. **-R***xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+u***unit*]

   通过给定 X 方向和 Y 方向的最大最小值来指定数据范围，是最常见的指定数据范围的方式。常用于指定笛卡尔数据的范围以及经线和纬线是直线的投影方式下的地理区域。例如 **-R0/360/-90/90** 表示 X 方向范围是 0 到 360，Y 方向范围是-90 到 90。

   如果使用了 **+u***unit* 指定距离单位，则 *xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax* 为投影后坐标，投影方式和投影中心由*-J 选项* 指定。对于中心为 *(0,0)* 的投影区域，该用法可简化为 **-R***halfwidth*[*halfheight*]**+u***unit*，其中 *halfheight* 默认和 *halfwidth* 一致，这种简化写法必须指定 **+u***unit*。

2. **-R***xlleft*/*ylleft*/*xuright*/*yuright***+r**

   通过给定矩形区域的左下角坐标 (*xlleft*, *ylleft*) 和右上角坐标 (*xuright*, *yuright*) 来指定数据范围。例如 **-R-90/20/-65/30+r**。这种形式通常用于倾斜的地图投影中，此时不适合将经线和纬线作为地图边界。使用这种形式可以保证底图为矩形，尽管经线和纬线可能不是直线。

3. **-R***gridfile*

   该方式会直接从 2D 网格文件 *gridfile* 中提取数据范围信息。对于某些模块，该方式不仅会从网格中读取范围信息，还会读入网格间隔和网格配准信息（见*-r 选项*）。

4. **-R***code1*,*code2*,⋯[**+e**|**r**|**R**[*incs*]]

   通过直接指定区域代码 *code1*、*code2* 等间接指定研究区域范围。区域代码可以表示某个大洲、某个国家、某个州或省，详情见*DCW: 世界数字图表* 一节。

   +e|**+r**|**+R***incs* 用于对通过区域代码得到的研究区域范围进一步扩张或缩减。其中 **+r** 表示调整区域范围使得范围是 *incs* 的整数倍，**+e** 与 **+r** 类似，但其保证了至少向外扩展 0.25 倍的 *incs*，**+R** 表示 *incs* 被解释为区域范围向外扩展的增量。其中 *incs* 有三种形式：

   1. *inc*：四个边具有相同的增量
   2. *xinc*/*yinc*：X 和 Y 方向具有不同的增量
   3. *winc*/*einc*/*sinc*/*ninc*：上下左右四个边具有不同的增量

   例如 **-RFR+r1** 表示取法国国界对应的区域范围并将其调整到最近的整数度数。

5. **-R***anchorx0*/*y0*/*nx*/*ny*

   该方法仅可用于创建新的网格文件。通过指定网格文件中某个特定点（由 *anchor* 决定，见锚点 一节）的坐标（由 *x0*/*y0* 决定），X 和 Y 方向的网格点数（由 *nx*/*ny* 决定），以及 X 和 Y 方向的网格间隔（通常由 **-I***xinc*/*yinc* 选项决定），即可指定网格文件的区域范围。

6. **-Ra**[**uto**] 或 **-Re**[**xact**]

在现代模式下，仅对于绘图模块，可以根据所使用的数据自动确定区域。可以使用 **-Re**（如果没有使用 **-R** 则为默认值）指定确切的区域，或者使用 **-Ra** 指定略大的区域，这些区域适当向外扩展，大致到数据范围的下一个增量倍数。

Source Code

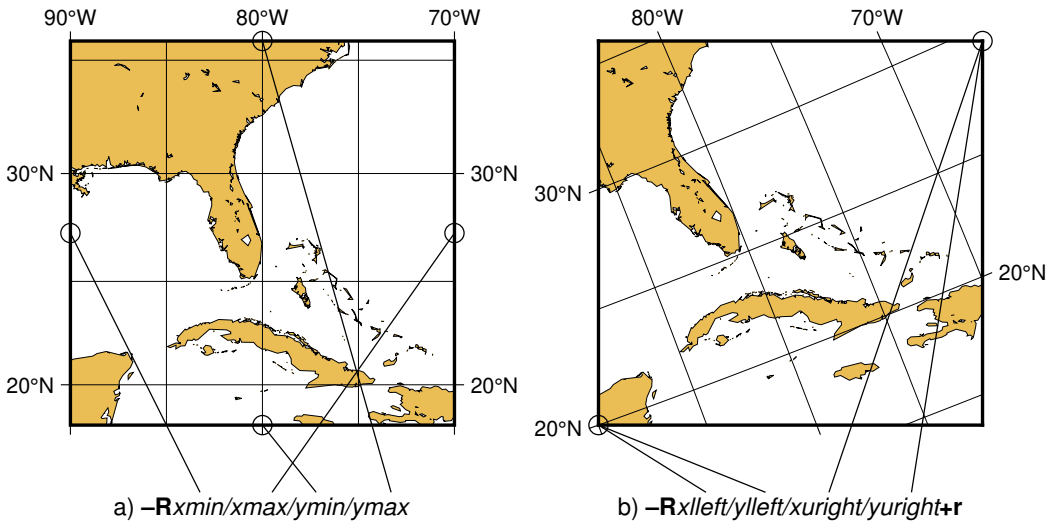


图 1: -R 选项指定数据范围。

(左) 指定每个维度的极值；(右) 指定左下角和右上角的坐标。

11.1.2 支持六种坐标

GMT 支持绘制多种类型的坐标轴，如地理坐标轴（即经纬度轴）、时间轴（绝对时间轴和相对时间轴）以及笛卡尔轴等，具体请参考*-B 选项*。不同的坐标轴需要的数据类型也不同，主要分为以下四大类：

1. 地理坐标
2. 绝对时间坐标
3. 相对时间坐标
4. 一般浮点坐标

以上四种数据类型都可以用在 **-R** 选项中，用来指定数据范围。数据类型中已经详细介绍过这四种数据类型，本节不再赘述，但会简要介绍 **-R** 选项中指定地理坐标数据范围的一些特殊方式。

除了以上四种方式，**-R** 选项还支持使用以下两种方式来指定数据范围：

1. 投影后坐标
2. 弧度坐标

地理坐标

对于常用的地图范围，GMT 提供了两个简化写法：

- **-Rg** 等效于 **-R0/360/-90/90**
- **-Rd** 等效于 **-R-180/180/-90/90**

GMT 对于地理投影和线性投影的默认设置有很大区别。有些时候数据是地理坐标，但是因为某些原因不能选择地理投影，只能选择线性投影（**-JX** 或 **-Jx**），此时可以通过如下几种方式表明当前数据是地理坐标下的数据，而不是简单的笛卡尔坐标：

1. 使用 **-Rg** 而不是 **0/360/-90/90**
2. 使用 **-Rd** 而不是 **-180/180/-90/90**
3. 使用 **-Rg***xmin/xmax/ymin/ymax* 表明是某个有限范围的地理区域
4. 在范围后加后缀 **W|E|S|N** 或更通用的 **D|G**, 如 **-R0/360G/-90/90N**
5. 使用 **-fg** 选项表明输入数据是地理坐标, 见*-f 选项*

> **备注**
>
> 推荐使用 **-fg** 这种方式来指定输入数据的类型。

投影后坐标

地理坐标可以通过选择投影方式投影成笛卡尔坐标, 通过在区域范围后加上 **+u***unit* 来表明这是一个经过投影的地理坐标。

例如 **-R-200/200/-300/300+uk** 表示位于投影中心 **(0,0)** 处的一个 **400km x 600km** 的矩形区域, 也可简写为 **-R200/300+uk**。这些坐标在 GMT 内部会被转换成区域左下角和右上角的地理坐标。当你想要用投影单位指定区域时用这种方式会比较方便 (例如 UTM meters)。

弧度坐标

对于以弧度为单位的数据而言, 通常会需要指定数据范围是 π 的倍数或分数, 此时可以使用 [+|-][*s*]**pi**[*f*] 形式, 其中 s 和 f 可以是任意整数或浮点数, s 表示 **scale** 即倍数, f 表示 **fraction** 即分数。

例如 **-2pi/2pi3/0/1** 表示 X 轴的数据范围是 -2π 到 $2/3\pi$, 即相当于-360 度到 120 度。

当使用这种形式时, 程序只在 π 相关的值处进行标注, 即 n 倍的 π, 1.5π 以及 3/4, 2/3, 1/2, 1/3, 1/4 倍的 π。

11.2 -J 选项

-J 选项用于指定坐标变换方式或地图投影方式, 即将数据投影到画布上所采用的函数。

-J 选项后接投影代码以及投影参数。GMT 目前支持两种不同的方式指定投影代码和投影方式:

- GMT 投影代码
- GMT + PROJ 投影代码

11.2.1 GMT 投影代码

-J 选项有两种写法:

-Jδ[*parameters*/]*scale*

-JΔ[*parameters*/]*width*

其中, δ 和 Δ 用于指定投影代码, 前者为小写字母, 后者为大写字母。*parameters* 是零个或多个由斜杠分隔的投影参数, 参数数目由投影方式决定。

投影代码使用小写字母时, **-J** 的最后一个参数 *scale* 表示底图比例尺, 即图上距离与真实地球距离之间的换算关系。*scale* 可以有两种格式:

- 单个数字加单位, 例如 **2c**, 表示真实地球距离的 1 度投影到画布上为 2 厘米
- **1:xxxx** 格式, 例如 **1:10000000** 表示画布上的 1 厘米对应真实地球距离的 10000000 厘米

投影代码为大写字母时, **-J** 的最后一个参数 *width* 表示底图宽度。还可以加上子选项还进一步控制 *width* 的含义:

- **+dw** 表示 *width* 为底图的宽度 [默认值]
- **+dh** 表示 *width* 为底图的高度
- **+du** 表示 *width* 为底图维度中最大的那个维度的长度
- **+dl** 表示 *width* 为底图维度中最小的那个维度的长度

备注

几乎所有地图投影方式, 都只能指定底图宽度或高度中的任一个, 而不能同时指定二者, 因为地图高度会由地图宽度和投影方式自动决定。

画图时通常建议使用大写投影代码以直接指定图片宽度, 除非需要明确指定比例尺。

例如:

- **-Jm1c** 表示使用墨卡托投影, 地图上的 1 度距离投影到画布上为 1 厘米
- **-Jm1:10000000** 表示使用墨卡托投影, 画布上的 1 cm 代表实际距离中的 10000000 cm, 即 100 km
- **-JM15c** 也表示使用墨卡托投影, 整个地图的宽度是 15 厘米, 地图的高度由 **-R** 和 **-J** 自动确定
- **-JM15ch** 表示整个地图的高度是 15 厘米
- **-JX10c/5c** 使用线性投影, 地图的宽度是 10 厘米, 高度为 5 厘米

下表列出了 GMT 所支持的全部投影方式, 详细介绍见地图投影。

表 2: GMT 投影代码

-J 代码	说明
-JA*lon0/lat0*[*/horizon*]*/width*	*Lambert azimuthal equal area*
-JB*lon0/lat0/lat1/lat2/width*	*Albers conic equal area*
-JC*lon0/lat0/width*	*Cassini cylindrical*
-JCyl_stere[*lon0/*[*lat0/*]]*width*	*Cylindrical stereographic*
-JD*lon0/lat0/lat1/lat2/width*	*Equidistant conic*
-JE*lon0/lat0*[*/horizon*]*/width*	*Azimuthal equidistant*
-JF*lon0/lat0*[*/horizon*]*/width*	*Azimuthal gnomonic*
-JG*lon0/lat0*[*/horizon*]*/width*	*Azimuthal orthographic*
-JG*lon0/lat0/ alt/azim/tilt/twist/W/H/width*	*General perspective*
-JH[*lon0/*]*width*	*Hammer equal area*
-JI[*lon0/*]*width*	*Sinusoidal equal area*
-JJ[*lon0/*]*width*	*Miller cylindrical*
-JKf[*lon0/*]*width*	*Eckert IV equal area*
-JKs[*lon0/*]*width*	*Eckert VI equal area*
-JL*lon0/lat0/lat1/lat2/width*	*Lambert conic conformal*
-JM[*lon0/*[*lat0/*]]*width*	*Mercator cylindrical*

续下页

表 2 – 接上页

-J 代码	说明
-JN[*lon0*/]*width*	*Robinson*
-JOa*lon0*/*lat0*/*azim*/*width*[+**v**]	*Oblique Mercator, 1: origin and azim*
-JOb*lon0*/*lat0*/*lon1*/*lat1*/*width*[+**v**]	*Oblique Mercator, 2: two points*
-JOc*lon0*/*lat0*/*lonp*/*latp*/*width*[+**v**]	*Oblique Mercator, 3: origin and pole*
-JP*width*[+**a**][+**f**[**e**|**p**|*radius*]][+**k***kind*][+**r***offset*][+**t***origin*][+**z**[**p**|*radius*]]	*Polar/Cylindrical*
-JPoly[*lon0*/[*lat0*/]]*width*	*(American) polyconic*
-JQ[*lon0*/[*lat0*/]]*width*	*Equidistant cylindrical*
-JR[*lon0*/]*width*	*Winkel Tripel*
-JS*lon0*/*lat0*[/*horizon*]/*width*	*General stereographic*
-JT[*lon0*/[*lat0*/]]*width*	*Transverse Mercator*
-JU*zone*/*width*	*Universal Transverse Mercator (UTM)*
-JV[*lon0*/]*width*	*Van der Grinten*
-JW[*lon0*/]*width*	*Mollweide*
-JX*width*[**l**|**p***exp*|**T**|**t**] [/*height*[**l**|**p***exp*|**T**|**t**]] [**d**]	Linear, logarithmic, power, and time
-JY*lon0*/*lat0*/*width*	*Cylindrical equal area*

11.2.2 GMT + PROJ

从 GMT6 开始, GMT 支持使用 PROJ 库来实现坐标和基准面的转换。这一特性是通过 GDAL 实现的。详细的 PROJ 语法见 https://proj.org/en/latest/apps/index.html。

在 GMT 中使用 PROJ 和单独使用 PROJ 提供的 **proj** 和 **cs2cs** 命令非常相似。在 PROJ 中, 投影一般有很多参数, 多个参数之间用空格分隔。在 GMT 中, 可以将所有参数用双引号括起来:

```
-J"+proj=merc +ellps=WGS84 +units=m"
```

或直接将所有参数连在一起:

```
-J+proj=merc+ellps=WGS84+units=m
```

也可以直接使用 EPSG codes。例如 **-JEPSG:4326** 表示使用 WGS-84 系统。

对于*mapproject* 和*grdproject* 模块, 可以直接使用 **+to** 关键字直接指定要将 A 参考系统转换为 B 参考系统, 而不需要中间步骤。例如:

```
-JEPSG:4326+to+proj=aeqd+ellps=WGS84+units=m
```

对于使用*mapproject* 和*grdproject* 进行点和网格文件的转换, GMT 可以使用所有的 PROJ 投影。但对于绘图而言, 其用处却很有限。一方面, 只有一部分 PROJ 的投影方式可以被映射到 GMT 的投影语法中, 只能使用这些投影绘图; 另一方面, 由于 PROJ 不是一个绘图库, 其不支持设置地图比例尺或地图大小, 因而, GMT 为 PROJ 语法引入了两个扩展: **+width=***size* 和 **+scale=1:xxxx** 使得其与经典的 GMT 中的工作方式相似。此外, 也可以在投影参数的最后加上字符串 **/1:xxx** 来指定比例尺。

下面将给出一些示例:

高斯投影

虽然高斯投影可以用 GMT 自带的 UTM 投影做一定的修改近似实现，但由于分带和轴平移等设置的不同，使用多有不变，同时近似导致在某些情况下精度不足。下面介绍在 GMT 中使用 PROJ 做高斯投影。

假定存在一点经纬度坐标 (87, 0)，现将其转换为西安 80 坐标系，西安 80 坐标系为投影坐标系，为减小变形，使用 3 度或者 6 度高斯投影分带分别用于大比例尺和中比例尺应用。上述坐标在 3 度分带中的代号为 29，通过 EPSG codes 可以查询到其对应的 EPSG 代码为 2353，因此，可用如下代码投影:

```
$ echo 87 0 | gmt mapproject -J"EPSG:2353"
29500000    0
```

结果中横轴坐标 2950000 中 29 为带号，根据投影规则，为防止投影后的横轴坐标出现负值，投影后需将横坐标加 500 km，由于经度 87 度刚好位于该投影带的中央经线上，所以其横坐标为 500000；纬度为 0 度，位于赤道上，其纵坐标也为 0。在上述 EPSG 代码查询中，同时可获得其 PROJ 投影语法为 `+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=87 +k=1 +x_0=29500000 +y_0=0 +a=6378140 +b=6356755.288157528 +units=m +no_defs`，因此，将有下面的等价语句:

```
$ echo 87 0 | gmt mapproject -J"+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=87 +k=1 +x_0=29500000 +y_0=0 +a=6378140 +b=6356755.288157528 +units=m␣
↪+no_defs"
29500000    0
```

上述仅给出 3 度带投影的例子，6 度带投影类似:

```
$ echo 87 0 | gmt mapproject -J"EPSG:2329"
15500000    0
```

投影转换

下面使用 **+to** 来实现投影转换，将上述 3 度带投影转换为 6 度带投影:

```
$ echo 29500000    0 | gmt mapproject -J"EPSG:2353 +to EPSG:2329"
15500000    0
```

将其中的 EPSG 代码替换为对应的代码则可实现任意投影的转换。

11.3 -B 选项

-B 选项用于设置底图边框和轴的属性。

- 边框设置 包括: 绘制哪条边、画布填充以及图标题
- 轴设置 包括: 标注、刻度、网格线间隔、轴标签以及标注单位

-B 选项有两套语法，分别用于设置底图边框以及每条边（轴）的属性，因而在一个命令中可能需要多次使用 **-B** 选项。

1. 若命令中没有出现 **-B** 选项，则不绘制底图边框。
2. 若命令中仅出现 **-B**，后面没有任何子选项或字符，则默认绘制上下左右四个轴，只在左轴和下轴绘制刻度并标注；其效果等效于 `-BWSrt`，具体参数含义见下文。

11.3.1 边框设置

-B 选项在设置边框属性时的语法为:

-B[*axes*][+**b**][+**g***fill*][+**i**[*val*]][+**n**][+**o***lon/lat*][+**s***subtitle*][+**t***title*][+**w**[*pen*]][+**x***fill*][+**y***fill*][+**z***fill*]

其中:

- *axes* 控制显示底图的哪几条边, 具体用法在下面进一步介绍
- +**t***title* 指定当前底图的标题。该标题位于底图上方的中间位置。标题的文本属性由*FONT_TITLE* 控制, 标题与上边框之间的距离由*MAP_TITLE_OFFSET* 控制
- +**s***subtitle* (需要 +**t***title* 子选项) 指定底图副标题, 位于标题下方。副标题的文本属性由*FONT_SUBTITLE* 控制
- +**g***fill* 为底图内部填充颜色, 见填充; 在 3-D 图中可用于填充两个背景墙
- +**n** 表示不绘制边框
- +**i**[*val*] 对于某些投影方式, 某条轴可能不会被绘制或标注 (比如 360 度的方位投影地图没有纬度轴, 全球 Hammer 投影没有经度轴), 使用该子选项可以强制标注一个 *val* 经线或纬线。[*val* 默认值为 0]
- +**o***lon/lat* 指定网格线的参考点。默认情况下, 网格线是以北极点作为参考的, 如果你想要以另一个点作为参考绘制倾斜的网格线, 则可以使用 +**o** 子选项

以下子选项仅用于绘制 3-D 图:

- +**b** 使用该子选项则会绘制 3-D 底图的 12 条边
- +**w**[*pen*] 绘制 x-z 和 y-z 平面轮廓, *pen* 可以指定轮廓画笔属性 [默认使用*MAP_GRID_PEN_PRIMARY*]
- +**x**[*fill*] 填充 y-z 平面
- +**y**[*fill*] 填充 x-z 平面
- +**z**[*fill*] 填充 z-y 平面

通常情况下, 绘图时只需要使用 *axes* 和 +**t***title* 选项。

备注

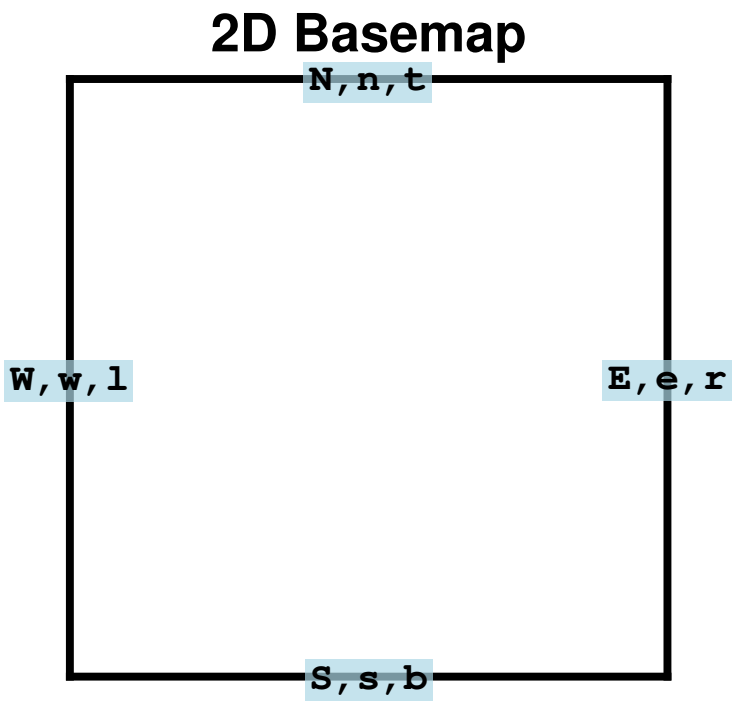
- +**t***title* 以及 +**s***subtitle* 设置的 (副) 标题可以是任意字符串, 如果是字符串中有空格, 则必须用引号将字符串括起来
- 使用 `@^` 或者 `<break>` 标记可以将 (副) 标题分为多行
- (副) 标题中可以使用 LaTeX 表达式, 详见*LaTeX 表达式*

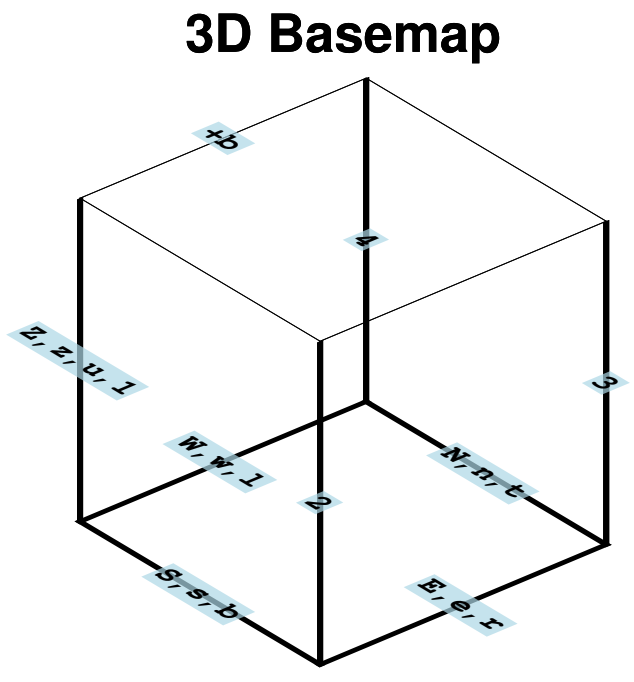
axes

axes 用于控制要绘制哪些边以及这些边是否有刻度或标注。*axes* 的格式为:

```
WSENZ[1234]wsenz[1234]lrbtu
```

Source Code





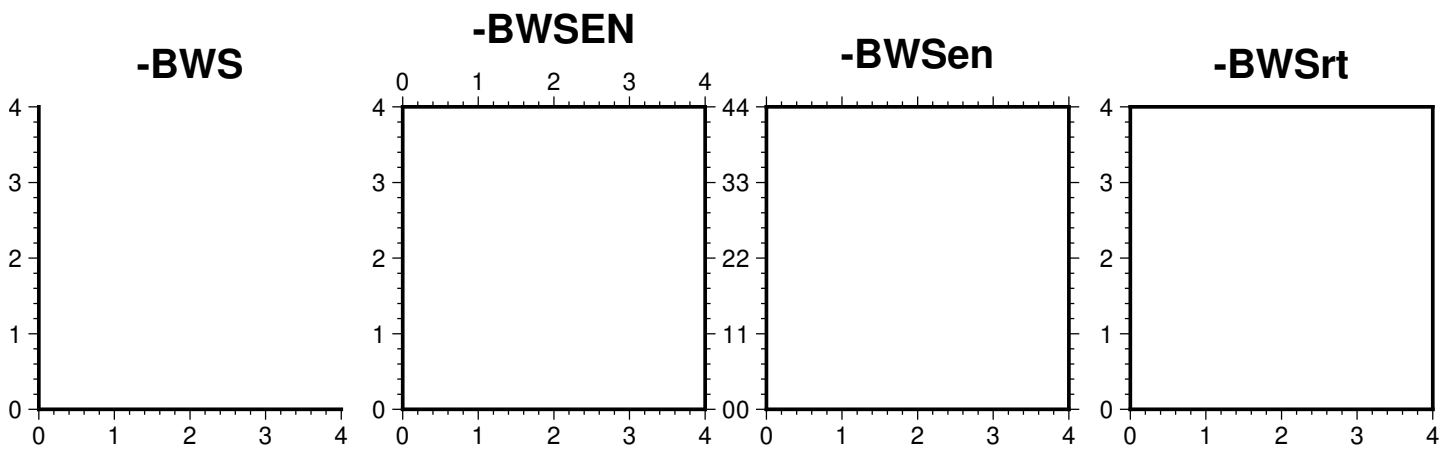
二维底图 (上图中的左图) 有四条边, 分别用东西南北 (WSEN 或 wsen) 或左右上下 (lrtb) 的单词首字母表示。每条边都有四种状态:

1. 不出现某个字母 => 不绘制该字母所对应的边
2. 出现大写字母 WSEN => 绘制某条边, 该边有刻度、有标注
3. 出现小写字母 wsen => 绘制某条边, 该边有刻度、无标注
4. 出现小写字母 lrtb => 绘制某条边, 该边无刻度、无标注

下图给出了不同的 **-B** 选项绘制出来的效果图。读者可以修改如下命令中的 **-B** 选项来尝试不同搭配的效果:

```
gmt basemap -R0/4/0/4 -JX10c -BWS -pdf axes
```

Source Code



3-D 底图有 12 条边 (上图中的右图)。对于 3-D 底图而言, **Zzu** 用于控制 Z 轴的绘制

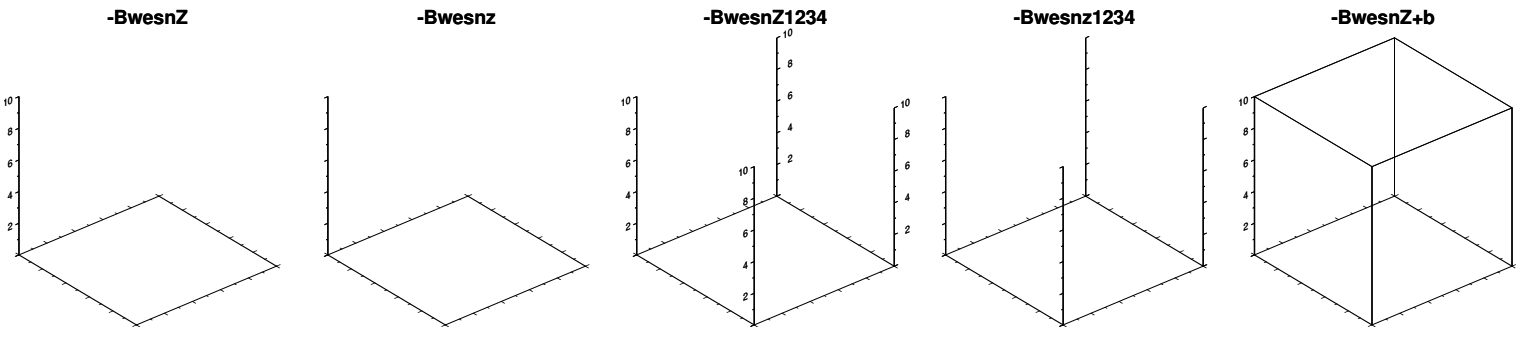
- **Z** 表示有刻度和标注
- **z** 表示有刻度无标注
- **u** 表示无刻度无标注

默认只绘制一条 Z 轴, 可以额外加上 **1234** 的任意组合来表示要绘制哪些 Z 轴。其中 **1** 始终表示位于左下角的 Z 轴, 其他 Z 轴按逆时针顺序编号。加上 **+b** 子选项则绘制全部 12 条边。

下图展示了 3-D 绘图中 **-B** 选项的不同用法。读者可以修改如下命令中的 **-B** 选项来实现不同搭配的效果:

```
gmt basemap -R0/10/0/10/0/10 -JX5c -JZ5c -Bxaf -Byaf -Bzaf -BwesnZ+t"-BwesnZ" -p130/30 -pdf map
```

Source Code



11.3.2 轴设置

X 轴、Y 轴、Z 轴, 每条轴都有很多属性, 包括刻度间隔、网格线间隔、轴标签以及标注的间隔、前缀和单位。轴属性可以用如下语法控制:

-B[**p**|**s**][**x**|**y**|**z**]*intervals*[+**a***angle*|**n**|**p**][+**e**[**l**|**u**]][+**f**][+**l**|**L***label*][+**s**|**S***seclabel*][+**p***prefix*][+**u***unit*]

以上语法也可以被拆分为两部分:

-B[**p**|**s**][**x**|**y**|**z**]*intervals* 和 **-B**[**p**|**s**][**x**|**y**|**z**][+**a***angle*|**n**|**p**][+**e**[**l**|**u**]][+**f**][+**l**|**L***label*][+**s**|**S***seclabel*][+**p***prefix*][+**u***unit*]

其中,

- **p**|**s** 表示一级属性 (primary) 和二级属性 (secondary), 具体用法下面会进一步介绍
- **x**|**y**|**z** 表示设置哪一条轴的属性, 具体用法下面会进一步介绍
- *interval* 设置刻度、网格线、标注的间隔, 具体用法下面会进一步介绍
- +**a***angle*|**n**|**p** (仅用于笛卡尔轴) 用于设置标注的倾斜角度, 其中 *angle* 是相对于水平方向的旋转角度, 取值范围为 -90 到 90 度。+**an** 等效于 +**a90** 即垂直标注 [y 轴默认标注方式], +**ap** 等效于 +**a0** 即平行标注 [x 轴默认标注方式]。默认设置可以使用*MAP_ANNOT_ORTHO* 修改
- +**l***label* (仅用于笛卡尔轴) 用于给指定的轴加标签。默认情况下, X 轴标签文字方向平行于 X 轴, Y 轴标签文字方向平行于 Y 轴。对于 Y 轴, 可以使用 +**L***label* 使得 Y 轴标签文字方向平行于 X 轴
- +**s***label* (仅用于笛卡尔轴)与 +**l***label* 类似,也用于给指定的轴添加标签。当同时使用 +**l***label* 和 +**s***secabel* 时, 前者用于指定左轴或下轴的标签, 而后者用于指定右轴和上轴的标签。同样, +**S** 使得 Y 轴标签文字平行于 X 轴
- +**p***prefix* (仅用于笛卡尔轴) 在选中的轴的标注加前缀
- +**u***unit* (仅用于笛卡尔轴) 给选中的轴的标注加单位。对于地理图而言, 标注的单位为度, 该符号是自动添加的, 由*FORMAT_GEO_MAP* 控制
- +**f** (仅用于地理坐标轴) 在轴标注后增加 W|S|E|N 标志
- +**e**[**l**|**u**] 不显示轴末端的标注 (该选项可避免在轴相交的地方不同轴的标注重合)。**l** 和 **u** 分别表示较小的标注和较大的标注。

备注

- 如果 *label* 、*prefix* 或 *unit* 中包括空格或特殊字符, 则必须用引号将字符串括起来。特殊字符的使用见特殊字符 章节
- 轴标签 *label* 可以使用 LaTeX 表达式, 详见*LaTeX 表达式*

- 对于非地理投影 (如线性投影), 指定负的比例尺或底图长度, 可以改变坐标轴正方向的指向

x|**y**|**z**

x|**y**|**z** 用于指明要设置哪条边的属性, 默认值为 **xy**, 即同时设置 X 轴和 Y 轴的属性。可以指定单个轴 (比如只有 **x**), 也可以同时指定多个轴 (比如 **xy** 和 **xyz**)。如果想要不同轴有不同的设置, 则需要多次使用 **-B** 选项, 每个指定不同的轴。例如:

```
-Bxaf -Byaf
-Bxyzaf
```

interval

每个轴都有三个属性, 分别是标注 (annotation)、刻度 (frame) 和网格线 (grid)。下图展示了这三个名词在绘图时的具体含义。

Source Code

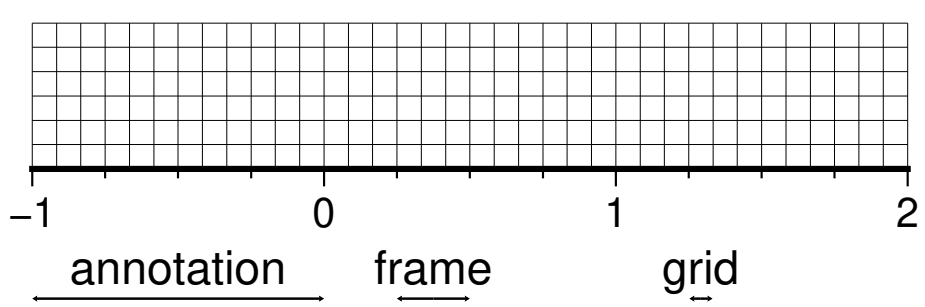


图 2: GMT 坐标轴中的标注、刻度和网格线

interval 用于设置这三个属性的间隔, 它是一个或多个 [**a**|**f**|**g**]*stride*[*phase*][*unit*] 的组合。

- **a** 表示标注、**f** 表示刻度、**g** 表示网格线
- *stride* 用于设置间隔的具体值, *stride* 为 0, 表示不绘制
- *phase* 可以用于控制标注的偏移量, 需要在前面使用正号或者负号来表示偏移方向
- *unit* 是间隔的单位, 通常只在绘制时间轴时才使用, 具体见时间轴

使用 **c***intfile* 可以用来实现用户自定义的标注和间隔, 详见自定义轴

-B 选项还有一个可以自动计算间隔的功能, **-Bafg** 会根据当前的区域大小等信息自动计算合适的间隔, **-Bxafg -Byafg** 则会对 X 轴和 Y 轴分别计算合适的间隔。

用户可以将命令:

```
gmt basemap -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Ba2f1g1 -pdf test
```

中的 **-B** 选项替换成如下不同的值并查看绘图效果以理解各个参数的含义:

- **-Ba2f1g1**
- **-Bxa2 -Bya1**
- **-Bxafg -Byafg**
- **-Ba2+1f1g1**

p|s

对于每个轴来说，都有两个等级的属性可以设置，分别称为 p（Primary，一级属性）和 s（Secondary，二级属性）。

对于地理坐标而言，通常只需要使用默认的 Primary 属性即可，而 Secondary 则主要用于坐标轴为时间轴的情况下，此时 **p** 和 **s** 分别用于指定不同尺度的时间间隔。在 GMT 默认的情况下，**p** 属性的标注比较靠近坐标轴，而 **s** 属性的标注离坐标轴稍远。因此，为了更好的显示，相比于 **s** 属性，通常情况下，**p** 属性的标注、刻度线以及网格线间隔都较短，间隔也较小。**p** 和 **s** 的具体用法与区别，可以参考后面给出的例子。

11.3.3 地理底图

地理底图与一般的坐标轴不同， 其底图类型支持使用*MAP_FRAME_TYPE* 设置为 **fancy** 形式。 使用*FORMAT_GEO_MAP* 以及*MAP_DEGREE_SYMBOL* 参数可以修改标注的形式。

Source Code

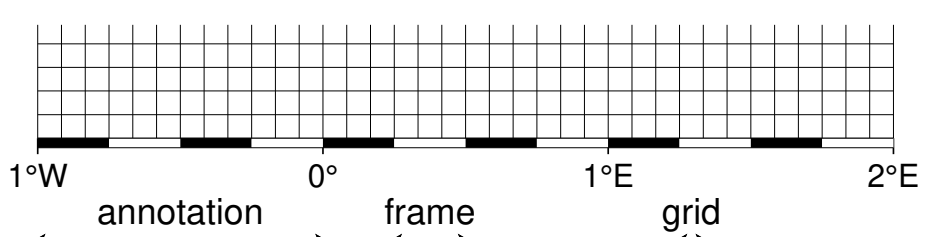


图 3: 地理底图示例 1

图中轴和边框属性设置为 `-Ba1f15mg5m -BS`

下图同时使用了 **p** 和 **s** 两级属性。这里 **p** 属性用于显示度，**s** 属性用于显示分。

Source Code

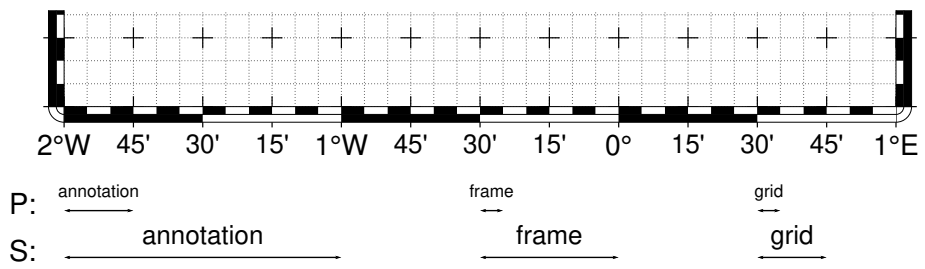


图 4: 地理底图示例 2

图中轴和边框属性设置为 `-Bpa15mf5mg5m -BwSe -Bs1f30mg15m`

11.3.4 笛卡尔线性轴

对于非地理坐标轴，*MAP_FRAME_TYPE* 隐式地设置为 **plain** 。除此之外，笛卡尔轴和地理坐标轴非常类似。对于一般的线性轴而言，标注的格式由*FORMAT_FLOAT_OUT* 决定，其默认值为 `%g` ，即根据数据的大小决定用一般表示还是指数表示，小数位的数目会根据 *stride* 自动决定。若设置*FORMAT_FLOAT_OUT* 为其他值，则会严格使用其定义的格式，比如 `%.2f` 表示显示两位小数。对于笛卡尔线性轴，使用 **+u***unit* 子选项可以为每个标注添加单位。

Source Code

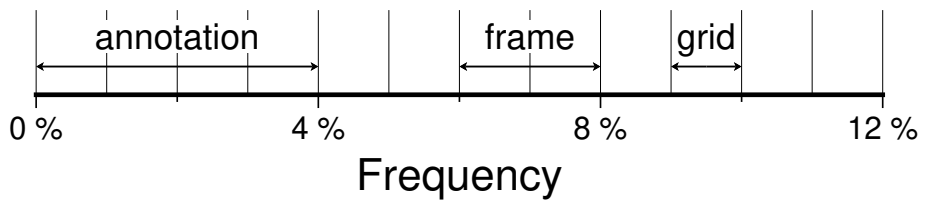


图 5: 笛卡尔线性轴

上图对应的选项设置为 `-R0/12/0/0.95 -JX3i/0.3i -Ba4f2g1+lFrequency+u" %" -BS`

某些情况下, 标注的长度太长导致水平放置时会形成重叠或标注太少, 此时, 可以使用 +**a***angle* 子选项将标注适当倾斜 (如下图所示)。

```
gmt basemap -R2000/2020/35/45 -JX12c -Bxa2f+a-30 -BS -png GMT_-B_slanted
```

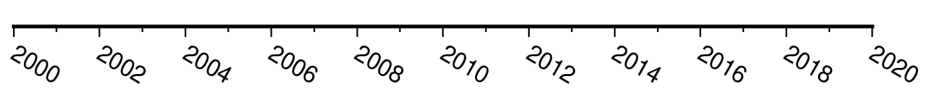


图 6: 笛卡尔线性轴的倾斜标注

11.3.5 笛卡尔 $\log_{10}$ 轴

由于对数坐标的特殊性, *stride* 参数具有特殊的含义。下面说明 *stride* 在对数坐标下的特殊性:

- *stride* 必须是 1、2、3 或负整数 -n。数字用来设置要素 (标注/刻度/网格线) 出现的位置。
  - **1**: 表示要素出现在所有 10 的整次幂的位置
  - **2**: 表示要素出现在所有 10 的整次幂的 1、2、5 倍的位置
  - **3**: 表示要素出现在所有 10 的整次幂的 1、2、3、4、…、9 倍的位置
  - **-n**: 表示要素出现在 10 的 n 次幂的位置
- 在 *stride* 后加 **l**, 则标注会以 $\log_{10}$ 的值显示, 比如 100 会显示成 2
- 在 *stride* 后加 **p**, 则标注会以 10 的 n 次方的形式显示, 比如 10^{-5}

Source Code

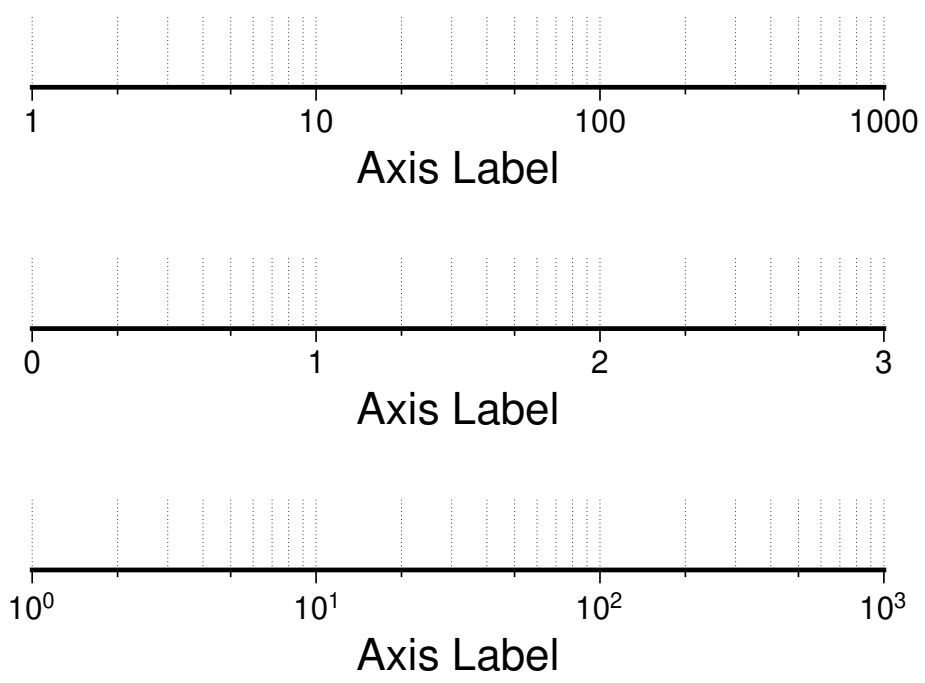


图 7: 对数坐标轴

上图分别为 -R1/1000/0/1 -JX3il/0.25i -Ba1f2g3、-R1/1000/0/1 -JX3il/0.25i -Ba1f2g3l 和 -R1/1000/0/1 -JX3il/0.25i -Ba1f2g3p 三种情况下的结果, 请用户仔细分辨其中的差别。

11.3.6 笛卡尔指数轴

正常情况下, *stride* 用于生成等间隔的标注或刻度, 但是由于指数函数的特性, 这样的标注会在坐标轴的某一端挤在一起。为了避免这个问题, 可以在 *stride* 后加 **p**, 则标注会按照转换后的值等间隔出现, 而标注本身依然使用未转换的值。比如, 若 stride = 1, power = 0.5 (即 sqrt), 则在 1、4、9、···处会出现标注。

Source Code

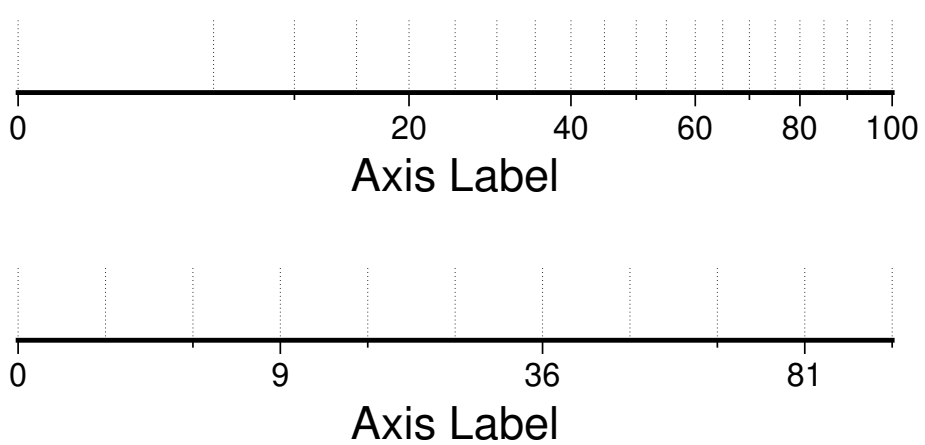


图 8: 指数投影坐标轴

图中分别使用 -R0/100/0/0.9 -JX3ip0.5/0.25i -Ba20f10g5 和 -R0/100/0/0.9 -JX3ip0.5/0.25i -Ba3f2g1p 设置轴属性

11.3.7 时间轴

时间轴与其他轴不同的地方在于, 时间轴可以有多种不同的标注方式。下面会用一系列示例来演示时间轴的灵活性。在下面的例子中, 尽管只绘制了 X 轴 (绘图时使用了 **-BS**), 实际上时间轴标注的各种用法可以用于全部轴。

在绘制时间轴时, 需要指定时间间隔, 时间间隔的单位可以取如下值:

表 3: GMT 时间单位

Flag	Unit	Description
Y	year	Plot using all 4 digits
y	year	Plot using last 2 digits
O	month	Format annotation using *FORMAT_DATE_MAP*
o	month	Plot as 2-digit integer (1--12)
U	ISO week	Format annotation using *FORMAT_DATE_MAP*
u	ISO week	Plot as 2-digit integer (1--53)
r	Gregorian week	7-day stride from start of week (see *TIME_WEEK_START*)
K	ISO weekday	Plot name of weekday in selected language
k	weekday	Plot number of day in the week (1--7) (see *TIME_WEEK_START*)
D	date	Format annotation using *FORMAT_DATE_MAP*
d	day	Plot day of month (1--31) or day of year (1--366) (see *FORMAT_DATE_MAP*)
R	day	Same as **d**; annotations aligned with week (see *TIME_WEEK_START*)
H	hour	Format annotation using *FORMAT_CLOCK_MAP*
h	hour	Plot as 2-digit integer (0--24)
M	minute	Format annotation using *FORMAT_CLOCK_MAP*
m	minute	Plot as 2-digit integer (0--60)
S	seconds	Format annotation using *FORMAT_CLOCK_MAP*
s	seconds	Plot as 2-digit integer (0--60)

备注

- 时间轴的标注（月、周以及天的名字）可能会同时受*GMT_LANGUAGE*, *FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP* 以及*FORMAT_TIME_SECONDARY_MAP* 参数的影响。

第一个例子展示了 2000 年春天的两个月，将这两个月的每周的第一天的日期标注出来：

```
gmt begin GMT_-B_time1
    gmt set FORMAT_DATE_MAP=-o FONT_ANNOT_PRIMARY +9p
    gmt basemap -R2000-4-1T/2000-5-25T/0/1 -JX5i/0.2i -Bpxa7Rf1d -Bsxa1O -BS
gmt end show
```

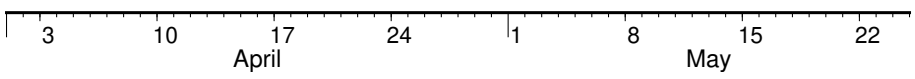


图 9: 时间轴示例 1

需要注意，**-Bsa1O** 指定了次级标注的间隔为一个月，由于此处使用的是大写的 **O**，因而具体的显示方式由*FORMAT_DATE_MAP* 决定。根据*FORMAT_DATE_MAP* 的说明可知，其值为 **-o**，表明以月份名格式显式。破折号表示要去掉日期前面的前置零（即 02 变成 2）。

下面的例子用两种不同的方式标注了 1969 年的两天。图中下面的例子使用周来标注，上面的例子使用日期来标注。

```
gmt begin GMT_-B_time2
    gmt set FORMAT_DATE_MAP "o dd" FORMAT_CLOCK_MAP hh:mm FONT_ANNOT_PRIMARY +9p
    gmt basemap -R1969-7-21T/1969-7-23T/0/1 -JX5i/0.2i -Bpxa6Hf1h -Bsxa1K -BS
```

(续下页)

(接上页)

```
    gmt basemap -Bpxa6Hf1h -Bsxa1D -BS -Y0.65i
gmt end show
```

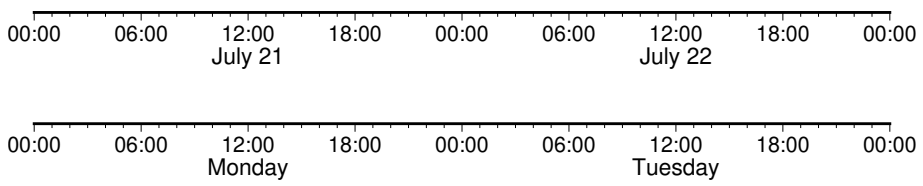


图 10: 时间轴示例 2

第三个例子展示了两年的时间, 并标注了每年以及每三个月。年标注位于一年间隔的中间, 月标注位于对应月的中间而不是三个月间隔的中间。

```
gmt begin GMT_-B_time3
    gmt set FORMAT_DATE_MAP o FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP Character FONT_ANNOT_PRIMARY +9p
    gmt basemap -R1997T/1999T/0/1 -JX5i/0.2i -Bpxa3Of1o -Bsxa1Y -BS
gmt end show
```

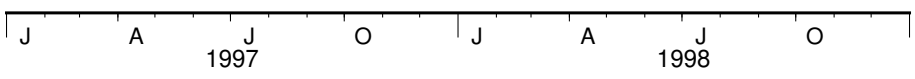


图 11: 时间示例 3

第四个例子展示了一天中的几个小时, 通过在 **-R** 选项中指定 **t** 来使用相对时间坐标。这里使用了 **p** 属性和 **s** 属性, 12 小时制, 时间从右向左增加:

```
gmt begin GMT_-B_time4
    gmt set FORMAT_CLOCK_MAP=-hham FONT_ANNOT_PRIMARY +9p TIME_UNIT d
    gmt basemap -R0.2t/0.35t/0/1 -JX-5i/0.2i -Bpxa15mf5m -Bsxa1H -BS
gmt end show
```

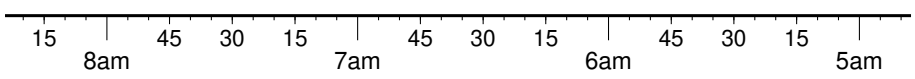


图 12: 时间轴示例 4

第五个例子用两种方式展示了几周的时间:

```
gmt begin GMT_-B_time5
    gmt set FORMAT_DATE_MAP u FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP Character \
        FORMAT_TIME_SECONDARY_MAP full FONT_ANNOT_PRIMARY +9p
    gmt basemap -R1969-7-21T/1969-8-9T/0/1 -JX5i/0.2i -Bpxa1K -Bsxa1U -BS
    gmt set FORMAT_DATE_MAP o TIME_WEEK_START Sunday FORMAT_TIME_SECONDARY_MAP Chararacter
    gmt basemap -Bpxa3Kf1k -Bsxa1r -BS -Y0.65i
gmt end show
```

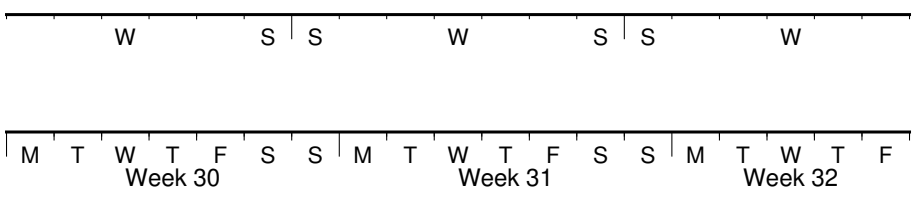


图 13: 时间轴示例 5

第六个例子展示了 1996 年的前 5 个月, 每个月用月份的简写以及两位年份标注:

```
gmt begin GMT_-B_time6
    gmt set FORMAT_DATE_MAP "o yy" FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP Abbreviated
    gmt basemap -R1996T/1996-6T/0/1 -JX5i/0.2i -Bxa1Of1d -BS
gmt end show
```

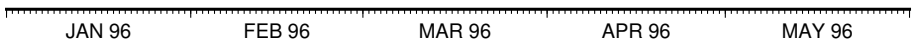


图 14: 时间轴示例 6

第七个例子展示了 2000 年末, 2001 年初的部分时段, 天用年积日 (一年中第几天) 的形式标注:

```
gmt begin GMT_-B_time7
    gmt set FORMAT_DATE_MAP jjj TIME_INTERVAL_FRACTION 0.05 FONT_ANNOT_PRIMARY +9p
    gmt basemap -R2000-12-15T/2001-1-15T/0/1 -JX5i/0.2i -Bpxa5Df1d -Bsxa1Y -BS
gmt end show
```

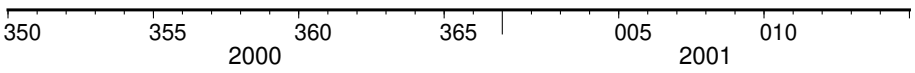
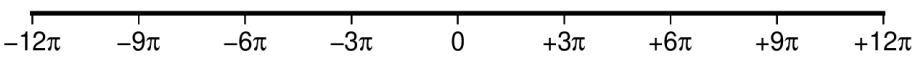


图 15: 时间轴示例 7

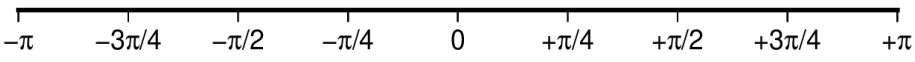
11.3.8 弧度轴π 的标注

如果坐标轴以弧度为单位, 用户可以直接指定 π 的整数倍或分数倍作为标注间隔, 其格式为 [*s*]**pi**[*f*], 其中 s 表示标注间隔是 π 的 s 倍, 而 f 表示标注间隔为 π 的 f 分之一。

```
gmt basemap -JX10c/5c -R-12pi/12pi/-1/1 -Bxa3pi -BS -png test1
```




```
gmt basemap -JX10c/5c -R-pi/pi/-1/1 -Bxapi4 -BS -png test2
```



11.3.9 自定义轴

GMT 允许用户定义标注来实现不规则间隔的标注, 用法是 **-Bc** 后接标注文件名。

标注文件中以 "#" 开头的行为注释行, 其余为记录行, 记录行的格式为:

```
coord   type   [label]
```

- *coord* 是需要标注、刻度或网格线的位置
- *type* 是如下几个字符的组合
  - **a** 或 **i** 前者为 annotation, 后者表示 interval annotation, 在一个标注文件中, **a** 和 **i** 只能出现其中的任意一个
  - **f** 表示刻度, 即 frame tick
  - **g** 表示网格线, 即 gridline
- *label* 默认的标注为 *coord* 的值, 若指定 *label*, 则使用 *label* 的值

备注

coord 必须按递增顺序排列

下面的例子中展示了自定义标注的用法, **xannots.txt** 和 **yannots.txt** 分别是 X 轴和 Y 轴的标注文件:

```
cat << EOF >| xannots.txt
416.0       ig      Devonian
443.7       ig      Silurian
488.3       ig      Ordovician
542 ig      Cambrian
EOF
cat << EOF >| yannots.txt
0   a
1   a
2   f
2.71828     ag      e
3   f
3.1415926   ag      @~p@~
4   f
5   f
6   f
6.2831852   ag      2@~p@~
EOF

gmt begin GMT_-B_custom
    gmt basemap -R416/542/0/6.2831852 -JX-12c/6c -Bpx25f5g25+u" Ma" \
        -Bpycyannots.txt -Bsxcxannots.txt -BWS+glightblue \
        --MAP_ANNOT_OFFSET_SECONDARY=10p --MAP_GRID_PEN_SECONDARY=2p
gmt end show
```

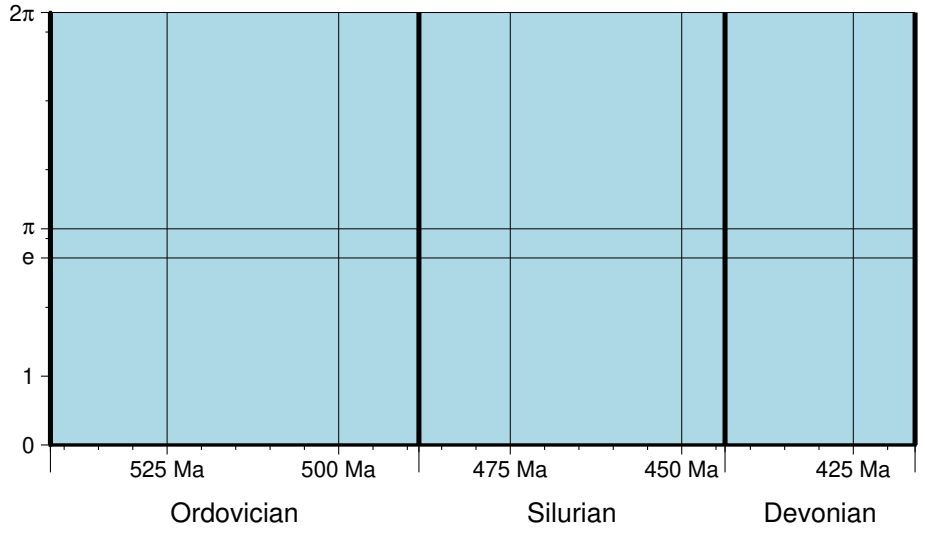


图 16: 自定义坐标轴

11.4 -U 选项

-U 选项用于在图上绘制一个带有 GMT 标识的时间戳。其语法为:

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*]

- **-U** 不加任何参数时会在当前图的左下角添加一个带 GMT 标识的时间戳
- **-U***label* 会在时间戳后打印字符串 *label*, 比如 `-U"This is string"`
- **-U+c** 会在时间戳后打印当前命令
- **-U+j***just*+**o***dx*/*dy* 用于控制将时间戳的哪个锚点 与当前底图的左下角对齐, 以及其偏移量。例如,

`-U+jBL+o0/0` 表示将时间戳的左下角与底图左下角对齐

GMT 参数中有一些可以控制时间戳：

- *MAP_LOGO* 控制是否绘制时间戳，默认值为 **FALSE**
- *MAP_LOGO_POS* 用于控制时间戳的位置
- *FORMAT_TIME_STAMP* 用于控制时间戳的显示格式
- *FONT_LOGO* 时间戳中文本字体

```
gmt basemap -R0/10/0/5 -JX10c/3c -Bx1 -By1 -U"This is a GMT logo" -png GMT_-U
```

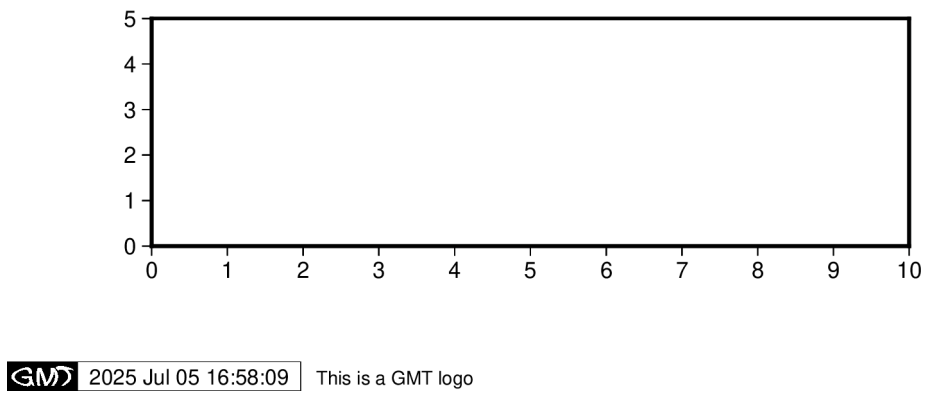


图 17: -U 选项加时间戳

重要

每个带有 **-U** 选项的绘图命令都会绘制一遍时间戳，因而一张图中只需要在一个绘图命令中使用 **-U** 即可。

备注

修改 UNIX 环境变量 **TZ** 可以控制时间戳中时间所使用的时区，默认为当地时区。例如，使用 `export TZ=Asia/Shanghai` 可以将时区设置为东八区。

11.5 -V 选项

-V 选项控制命令的 verbose 等级，以输出不同等级的命令执行信息，比如正在读取的文件名、读入的数据行数等。输出这些信息可以帮助用户判断命令是否执行正确。

verbose 共有 7 个等级，等级越高输出的信息越多，高等级会在低等级的基础上输出更多的信息。7 个等级从低到高分别为：

- **-Vq**：**q**uiet 模式，不输出任何错误和警告信息
- **-Ve**：**e**rror 模式，仅输出错误信息
- **-Vw**：**w**arning 模式，输出警告信息。GMT 默认使用该模式
- **-Vt**：**t**iming 模式，对于某些计算量极大的算法会输出其运行耗时
- **-Vi**：**i**nformation 模式，输出 GMT 运行信息，与只使用 **-V** 等效
- **-Vc**：**c**ompatibility 模式，输出 GMT 兼容性相关的警告信息。仅当*GMT_COMPATIBILITY* 值为 **4**（即兼容模式）时才有效
- **-Vd**：**d**ebug 模式，会输出大量调试信息

-V 选项仅对当前命令有效，若希望所有命令都具有某个 verbose 级别，可以通过修改 GMT 参数*GMT_VERBOSE* 的值来实现。

11.6 -X 和 -Y 选项

-X 和 **-Y** 选项用于控制绘图原点在 X 和 Y 方向的偏移量。

当需要在一张图上绘制多个子图时，通常可以使用 GMT 提供的子图模式。若子图的布局不规则，或对于子图原点有更复杂的需求，则需要使用 **-X** 和 **-Y** 选项移动子图的底图原点的位置。

-X 和 **-Y** 的用法类似。下面仅以 **-X** 选项为例介绍其用法。其语法为：

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

其中 *xshift* 是新原点相对于当前原点的 X 方向偏移量，*u* 为偏移量的单位。

在偏移量之前加上不同的字符表示不同的含义：

- **-X2i** 或 **-Xr2i**：在**原底图原点**的基础上沿 X 方向偏移 2 英寸得到新底图原点
- **-Xa5c**：在**原底图原点**的基础上沿 X 方向偏移 5 厘米得到临时底图坐标，当前命令执行完成后，底图原点复原到**原底图原点**
- **-Xc**：将底图中心放在整张纸的中心
- **-Xc3c**：将底图中心放在**纸张中心**，在此基础上沿 X 方向偏移 3 厘米
- **-Xf4c**：在**纸张左下角**的基础上沿着 X 方向偏移 4 厘米得到新底图原点
- **-X** 不接任何额外参数，则继承前一个 GMT 命令使用该选项时的参数值

-X 和 **-Y** 选项的用法介绍起来有些难度，多试试就好。下面举个简单的例子：

```
gmt begin test pdf
gmt basemap -JX5c/2c -R0/5/0/2 -B1
gmt basemap -B1 -X7c
gmt basemap -B1 -X-7c -Y4c
gmt basemap -B1 -X7c
gmt end show
```

上图用四个*basemap* 命令绘制了四张底图，绘图效果如下：

Source Code

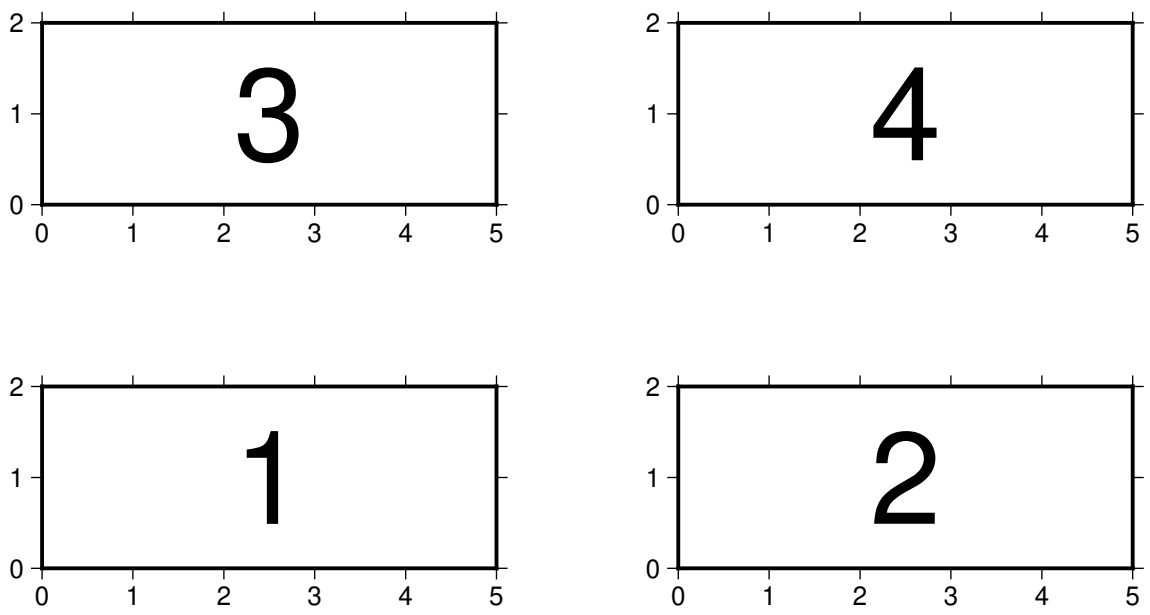


图 18: -X 和 -Y 移动绘图原点

解释:

1. 第一个命令的绘图原点位于纸张左下角, 绘制底图 1
2. 第二个将绘图原点右移了 7 cm, 绘制底图 2
3. 为了绘制底图 3, 第三个命令将底图左移了 7 cm, 并上移 4 cm
4. 第四个命令在底图 3 的基础上右移 7 cm, 绘制底图 4

实际绘图时会发现一些不方便的地方。比如 **-X** 和 **-Y** 的偏移量与前一张底图的大小息息相关。若修改了前一张底图的大小, 则下一张底图的偏移量也需要相应修改。为解决这一问题, GMT6 引入了一种新的语法:

-X[+|-]**w**[[+|-|/]*xshift*[*u*]]

-Y[+|-]**h**[[+|-|/]*xshift*[*u*]]

其中 **w** 和 **h** 分别表示前一底图的宽度和高度。

看上去语法很复杂, 举几个例子:

- **-Yh+2c**: 沿着 Y 轴上移, 上移距离为**前一底图高度 +2 厘米**
- **-Xw-2c**: 沿着 X 轴右移, 右移距离为**前一底图宽度-2 厘米**
- **-Xw/2**: 沿着 X 轴右移, 右移距离为**前一底图宽度/2**
- **-Y-h-2c**: 沿着 Y 轴下移, 下移距离**前一底图高度 +2 厘米**
- **-X-w+2c**: 沿着 X 轴左移, 左移距离**前一底图宽度-2 厘米**

因而, 上面的示例可以改写为更灵活的版本:

```
gmt begin test pdf
gmt basemap -JX5c/2c -R0/5/0/2 -B1
gmt basemap -B1 -Xw+2c
gmt basemap -B1 -X-w-2c -Yh+2c
gmt basemap -B1 -Xw+2c
gmt end show
```

11.7 -a 选项

语法

-a[[*col*=]*name*][,···]

该选项用于控制输入或输出为 OGR/GMT 格式时对非空间元数据的处理方式。

描述

GMT 内部依赖 GDAL 将地理空间文件转换为 GMT 可读的格式, 因此, 通常情况下, 可直接在 GMT 命令中使用 GDAL 所支持的文件格式, 格式转换在 GMT 内部实施, 是不被用户感知的。除此外, GDAL 提供的*ogr2ogr* 命令同样可以将 GMT 不支持地理空间数据格式转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式, 详见*OGR/GMT 矢量数据格式*。转换过程中保留了地理空间数据的非空间元数据。对于这些非空间数据, 即可使用 **-a** 选项控制。

-a 选项后接一个或多个用逗号分隔的 *col*=*name*, 其作用在于将 OGR/GMT 格式的数据文件中非空间元数据 *name* 字段作为输入/输出数据的第 *col* 列。如果 *col* 列已被赋值, 则会被本选项覆盖。*col* 从 0 开始起算。

11.7.1 以 OGR/GMT 为输入时使用 -a 选项

使用非空间数据的字段填充 GMT 的数据列, 例如: `-a2=depth` 会从数据文件中读取 X 和 Y 列信息, 并从非空间数据的 *depth* 字段中读取值作为输入的第三列。也可以通过将 *col* 设置成如下值将非空间数据与其它属性联系起来:

- **D**: 距离
- **G**: 填充色
- **I**: ID
- **L**: 标签
- **T**: 文字
- **W**: 画笔属性
- **Z**: Z 值, 例如用于根据 CPT 确定颜色

该机制与在多段数据的段头记录中加上参数是等效的。若不给定 *col=* , 则默认列数从第二列开始。若只使用 **-a** 而不加任何参数, 则所有非空间记录都会被读入。

11.7.2 以 OGR/GMT 为输出时使用 -a 选项

GMT 也可以输出 OGR/GMT 格式的数据文件, 此时可以使用 *col*=*name*[:*type*] 来指定将输出数据的第 *col* 列以 *type* 数据类型保存到非空间字段 *name* 中。*type* 可以是 double, float, integer, char, string, logical, byte 或者 datetime [默认为 double]。

与输入类似, *col* 也可以取 **D**|**G**|**L**|**T**|**W**|**Z** 中的一个, 表示将头段记录中的对应信息 (例如 **-W***pen*) 保存到非空间字段, 对于这些字段, GMT 会自动设置合适的数据类型。对于输出而言, 还需要加上 **+g***eometry* 来指定数据的几何类型, *geometry* 可以取 [**M**]**POINT**|**LINE**|**POLY**, 三种类型即如字面含义, **M** 表示输出中含有上面三个类型中的多个。若加上 **+G**, 则程序会自动将跨越国际日期变更线的线段或多边形分成多段。

11.8 -b 选项

-b 选项用于控制二进制文件的输入/输出格式。

在表数据 一章中已经介绍过, 表数据可以是 ASCII 格式、二进制格式或 netCDF 格式。ASCII 格式很直观, 可以直接看到有多少列数据。而二进制格式的数据, GMT 在读入数据时无法数据有多少列, 也无法知道每一列的格式。因而需要使用 **-b** 选项告诉 GMT 输入或输出数据的具体格式。

-b 的语法是:

-b[**i**|**o**][*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**]

-bi 表示对输入有效, **-bo** 表示对输出有效。后面紧跟着指定有 *ncols* 列个 *type* 类型的数据, 多个 *ncols* *type* 之间可以用逗号分隔。**w** 表示对这些列数据强制做字节序转换。**+l** 或 **+b** 表示整个数据按照 little-endian 或 big-endian 字节序读入。

GMT 支持的数据类型 *type* 可以取:

- **c**: 即 **int8_t**, 字符型
- **u**: 即 **uint8_t**, 无符号字符型
- **h**: 即 **int16_t**, 两字节有符号整型
- **H**: 即 **uint16_t**, 两字节无符号整型
- **i**: 即 **int32_t**, 四字节有符号整型
- **I**: 即 **uint32_t**, 四字节无符号整型

- **l**: 即 **int64_t**, 八字节有符号整型
- **L**: 即 **uint64_t**, 八字节无符号整型
- **f**: 四字节单精度浮点型
- **d**: 八字节双精度浮点型
- **x**: 不代表某种数据类型, 表示跳过 *ncols* 个字节

若未指定 *ncols*, 则假定 *ncols* 为程序所期望的数据列数, 所有列均为 *type* 所指定的数据类型。

还可以使用*-h 选项* 跳过二进制文件开头的若干个字节。

举几个例子:

1. **-bi2f,1i** 表示要读入的二进制数据中有 3 列, 前两列是单精度浮点型, 最后一列为四字节有符号整型

11.9 -c 选项

在子图模式 下, **-c** 选项用于控制绘图命令在哪一个子图中进行绘制。所有绘图模块均可以使用该选项, 该选项使得当前及之后的一系列绘图命令均在指定的子图中绘制, 直到某个绘图命令再次使用该选项为止。

-c 选项的语法为:

-c[*row*,*col*|*index*]

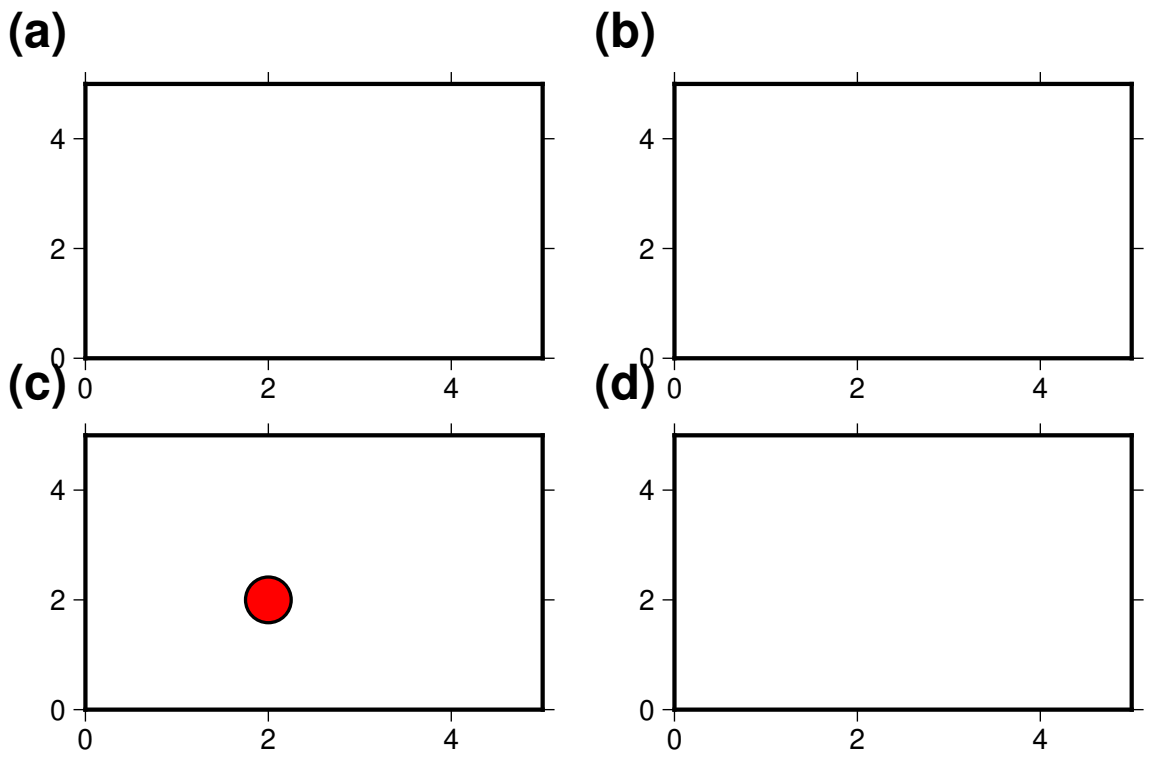
其主要有三种用法:

- 使用 **-c** 则 GMT 会自动激活 "下一个" 子图面板
- **-c***row*/*col* 表示当前及接下来的绘图命令在第 *row* 行、第 *col* 列子图中绘制
- **-c***index* 当前及接下来的绘图命名在第 *index* 个子图内进行

需要注意, *row*、*col*、*index* 均从 0 开始起算。

以下示例展示了该选项的基本用法, 其等效于在绘图命令前使用 **gmt subplot set** 命令。

```
gmt begin subplot
    gmt set FONT_TAG 15p,1
    gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/3c -A'(a)'+JTL+o0.2c/0.4c -M0.5c/0.2c -R0/5/0/5
        # 在第一个子图内绘图
        gmt basemap -Ba -BWSen -c
        # 移动到第二个子图
        gmt basemap -Ba -BWSen -c
        # 移动到第三个子图
        gmt basemap -Ba -BWSen -c
        # 下面的命令未使用 -c 选项, 但依然在第三个 (2行1列) 子图中绘制
        echo 2 2 | gmt plot -Sc0.5c -Gred -W1p
        # 移动到第四个子图
        gmt basemap -Ba -BWSen -c
    gmt subplot end
gmt end show
```



关于子图模式的更多细节, 见子图模式 一节。

11.10 -d 选项

-d 选项用于将某些特定值当作 NaN。

GMT 中用 NaN 表示数据缺失。某些情况下, 用户可能会用类似-99999 这样的数据表示数据缺失, 而 GMT 并不知道-99999 是特殊值。因而需要在将数据传递给 GMT 时告诉 GMT 某个特定值表示数据缺失。

-d 选项的语法是:

-d[**i**|**o**]*nodata*

- **-d***nodata* 将输入数据中的 *nodata* 替换成 NaN; 同时, 将输出数据中的 NaN 替换成 *nodata*
- **-di***nodata* 对于输入数据, 将数据中的 *nodata* 替换成 NaN
- **-do***nodata* 对于输出数据, 将数据中的 NaN 在输出时替换成 *nodata*

11.11 -e 选项

GMT 命令在读入数据时默认会处理读入的所有数据记录。**-e** 选项的作用是筛选或排除匹配某个字符串或者正则表达式的数据记录。

-e 选项的用法有两种:

- 匹配某个字符串: **-e**[~]" *pattern*"
- 匹配某个正则表达式: **-e**[~]/*regexp*/[**i**]

在匹配字符串或正则表达式前加上 ~ 表示**反向操作**, 即排除匹配字符串或正则表达式的数据记录。如果数据记录中本身就包括字符 ~, 则需要使用 ~ 对其进行转义。对于匹配正则表达式而言, 还可以加上 **i** 表示忽略大小写。

如果需要指定多个可能的匹配字符串或表达式, 则可以加上 **+f***file*。其中 *file* 中每行列出一个匹配字符串或表达式。如果某个匹配字符串以 **+f** 开头, 则会被 GMT 当作是 **-e** 的子选项, 因而需要使用 **+f** 以实现转义。

以一个常见的应用场景举例。假如文件 *input.dat* 中有一堆数据点, 每个数据都对应某个分类, 文件内容如下:

```
1 1 type1
2 2 type1
3 3 type1
4 4 type2
5 5 type2
6 6 type2
7 7 type3
8 8 type10
9 9 type10
10 10 null
```

可以使用 **-e** 选项筛选出自己需要的数据记录。

筛选出所有匹配 *type* 的记录:

```
$ gmt select input.dat -e"type"
1   1       type1
2   2       type1
3   3       type1
4   4       type2
5   5       type2
6   6       type2
7   7       type3
8   8       type10
9   9       type10
```

排除所有匹配 *null* 的记录:

```
$ gmt select input.dat -e~"null"
1   1       type1
2   2       type1
3   3       type1
4   4       type2
5   5       type2
6   6       type2
7   7       type3
8   8       type10
9   9       type10
```

筛选所有匹配 *type2* 的记录:

```
$ gmt select input.dat -e"type2"
4   4       type2
5   5       type2
6   6       type2
```

筛选所有匹配 *type1* 的记录:

```
# 错误写法, 因为 type1 也包含在字符串 type10 中
$ gmt select input.dat -e"type1"
1   1       type1
2   2       type1
3   3       type1
8   8       type10
9   9       type10

# 正确写法
# 此处使用了正则表达式, 符号 $ 表示行末匹配
$ gmt select input.dat -e/type1$/
1   1       type1
2   2       type1
```

(续下页)

(接上页)

```
3   3       type1
```

正则表达式的具体用法不在本手册的范围之内, 用户请自行搜索 "正则表示式"。

11.12 -f 选项

-f 选项用于显式指定当前输入或输出数据中每一列的数据类型。其基本语法为:

-f[**i**|**o**]*colinfo*

默认情况下, 该选项对输入输出同时有效, **-fi** 表明该选项仅对输入数据有效, **-fo** 表明该选项仅对输出数据有效。

colinfo 是一系列用逗号分隔的字符串。每个字符串包含两个部分: 列号和数据类型, 其指定了输入/输出数据中每一列的含义。

列号是一个从零开始起算的整数 (比如第 6 列的列号为 5); 当多个连续的列有相同的数据类型时, 也可以指定一个列号的范围。列号范围的格式为 *start*[:*inc*]:*stop*, 若未给定 *inc* 则默认为 1。比如 **0:2:5** 表示第 1、3、5 列数据; **1:5** 表示第 2 至 6 列数据。

数据类型可以取:

- **x** 表示这一列是经度
- **y** 表示这一列是纬度
- **f** 表示这一列是一般的浮点数
- **T** 表示这一列是绝对时间
- **t** 表示这一列是相对时间 (相对时间由 *TIME_UNIT* 和 *TIME_EPOCH* 控制)
- **p**[*unit*] 表示这一列是投影后坐标 [默认单位为 m], 在读入数据时投影后坐标值会自动转换为经纬度值

对于两种常见的数据类型, GMT 提供了缩写形式:

- **-f**[**i**|**o**]**g** 等效于 **-f**[**i**|**o**]0**x**,1**y**, 表明输入/输出是地理坐标
- **-f**[**i**|**o**]**c** 等效于 **-f**[**i**|**o**]0:1**f**, 表明输入/输出是笛卡尔坐标

例如, **-fi0y,1x,3:4T** 表明输入数据中第一列是纬度, 第二列是经度, 第 4、5 列是绝对时间, 其他列数据则假定是默认的浮点数类型。

11.13 -g 选项

在处理多段数据时, GMT 提供了三种机制来决定文件中数据的分段情况:

1. 使用数据段头记录来标记一段数据的开始, 详见 *ASCII 表*
2. 若输入数据中, 某个记录的某个关键列的值为 NaN, 则也可以用于将该记录作为数据段的开始标识
   - 当 *IO_NAN_RECORDS* 为 **skip** 时, 这些包含 NaN 值的记录会被自动跳过
   - 当 *IO_NAN_RECORDS* 为 **pass** 时, 这些包含 NaN 值的记录会被当做数据段的开始标识
3. 也可以使用 **-g** 选项, 通过判断两个相邻的数据点是否符合某个准则来决定数据分段

-g 选项的完整语法为:

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[**u**][+**n**|**p**]

- **-gx** 表示两点的 X 坐标跳变超过 *gap* 则分段
- **-gy** 表示两点的 Y 坐标跳变超过 *gap* 则分段
- **-gd** 表示两点的距离超过 *gap* 则分段
- **-gX**、**-gY**、**-gD** 类似, 表示数据投影到纸上后 X 坐标、Y 坐标和纸上距离的跳变

若想要检查特定列是否满足分段准则, 可以用 *col***z** 指定具体的列, *col* 的默认值为 2, 即第三列。

u 用于指定 *gap* 的单位:

- 对于 **-gx**|**y**|**d**, *u* 可以取距离单位 [默认为 m]
- 对于 **-gX**|**Y**|**D**, *u* 可以取长度单位 [默认为*PROJ_LENGTH_UNIT*]
- 对于 **-gx**|**y**|**z**, 若输入是时间数据, 则单位由*TIME_UNIT* 控制

一般而言, 当两点间的 X 坐标、Y 坐标或距离的绝对值超过 *gap* 即分段。可以进一步控制两点的差的计算方式。*gap*+**n** 表示用前一数据减去当前数据作为 *gap*; *gap*+**p** 表示用当前数据减去前一数据作为 *gap*。

该选项可重复多次, 以指定多个分段准则。默认情况下, 若符合任意一个准则则分段, 可以使用 **-ga** 选项, 表明仅当所有准则都满足时才分段。

11.14 -h 选项

-h 选项用于在读/写数据时跳过文件开头的若干个记录。其语法为:

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*]

- *n* 表示要跳过的记录数 [若不指定, 则默认值为*IO_N_HEADER_RECS*]
- **i** 和 **o** 分别表示仅对读数据或写数据时有效

对于输出数据, 默认会将输入文件中的头段信息原样输出。使用如下子选项可以修改这一行为:

- +**c** 将列名写到输出的头段记录中
- +**d** 删除之前的头段信息
- +**m***segheader* 在输出的头段记录的后面加上一个新的段记录 *segheader*
- +**r***remark* 加一个 remarke 注释语句到输出文件的开头
- +**t***title* 加一个 title 语句到输出文件的开头

几点注意事项:

1. 输入文件中的空行以及以 "#" 开头的行都会被自动当做头段记录, 因而会被自动跳过。但当使用 **-h** 选项时, 这些行也会被算在 *n* 行之内。

2. 对于二进制输入文件, *n* 表示输入数据中要跳过的字节数, 或输出数据中用空白字符补充的字节数。

几种常见的用法:

- **-h**: 使用 GMT 参数*IO_N_HEADER_RECS* 的值作为头段记录数 (默认值为 0)
- **-h3**: 表示跳过 3 个头段记录

11.15 -i 和 -o 选项

-i 和 **-o** 选项分别用于对输入和输出的数据进行列选择以及简单的代数运算。

经常遇到的情况是, 已有的数据有很多列, 而某个命令只需要其中的某几列; 或者某个命令的默认输出有很多列, 却只想要输出其中的某几列。

-i 选项可以从输入数据中选择任意列, 并对其进行四则运算以及取对数操作。其语法为:

-i*cols*[**+l**][**+d***divisor*][**+s***scale*|**d**|**k**][**+o***offset*][,···][,**t**[*word*]]

-o 选项用于输出指定的列。其基本语法为:

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]]

-i 和 **-o** 选项后接以逗号分隔的列号 (列号从 0 开始) 或列号范围, 以指定输入/输出数据中需要保留的列及其顺序。列号范围的格式为 *start*[:*inc*]:*stop*, 若省略 *inc* 则默认其值为 1; 若 *stop* 省略则一直读到最后一列。每一列均可重复多次出现。

若输入数据中既包含数值列也包含文本列, 在不使用 **-i** 选项时, 默认会读入所有列; 而使用 **-i** 选项时, 默认会丢弃所有尾部文本列。可以加上 **t** 以保留文本列, 进一步可以指定 *word* 以指定保留文本列的第几列。

- **-in** 表示只读入数值列, 而忽略所有尾部文本列
- **-on** 表示只输出数值列, 而忽略所有尾部文本列
- **-ot** 表示只输出文本列, 而忽略所有数值列

对于 **-i** 选项而言, 每个列号后还可以加上子选项以对每列数据进行简单的代数运算:

- **+l** 表示对当前列取 $\log_{10}$
- **+d***divisor* 表示将当前列除以 *divisor* [默认为 1]
- **+s***scale* 表示将当前列乘以比例因子 *scale* [默认为 1]。可将 *scale* 替换为 **d** 将单位从千米转换为度; 替换为 **k** 则使用*PROJ_MEAN_RADIUS* 将度转换为千米。
- **+o***offset* 表示将当前列的值加上 *offset* [默认为 0]

备注

1. 上述子选项的执行顺序为: (1) 取 log10, (2) 缩放, (3) 添加偏移 *offset*
2. 如果同时使用了 **-i** 和 **-o** 选项, 则 **-o** 选项使用 **-i** 选择后的列

举几个例子:

- **-i3,6,2** 表示读入数据中的第 4、7、3 列
- **-o3,1,3** 表示输出数据中的第 4、2、4 列, 即第四列会被输出两次
- **-i1:3,5** 表示读入数据中的 2-4 列和第 6 列
- **-i2+s2+o10,6,3** 表示读入数据的第 3、7、4 列, 并对第 3 列数据乘以 2 再加上 10

下面再举几个具体的实例:

取输入的 1-3 列:

```
$ echo 0 1 2 3 4 TEXT0 TEXT1 TEXT2 | gmt convert -i1:3
1   2       3
```

取输入的第 2 列并乘以 10 加上 5, 并取第三列之后的所有列:

```
$ echo 0 1 2 3 4 TEXT0 TEXT1 TEXT2 | gmt convert -i1+s10+o5,2:
15  2       3       4
```

在上例基础上, 取输入的所有文本列:

```
$ echo 0 1 2 3 4 TEXT0 TEXT1 TEXT2 | gmt convert -i1+s10+o5,2:,t
15  2       3       4       TEXT0 TEXT1 TEXT2
```

在上例基础上, 只取文本列的第 2 列:

```
$ echo 0 1 2 3 4 TEXT0 TEXT1 TEXT2 | gmt convert -i1+s10+o5,2:,t1
15  2       3       4       TEXT1
```

11.16 -j 选项

-j 选项用于控制球面上两点间距离的计算方式。其语法为:

-je|f|g

在计算地球或其它星体上任意两点间的距离时, GMT 提供了三种不同的计算方式: 平面距离、大圆路径距离和测地线距离。用户可以根据自己的需求选择适合的距离计算方式。

- **-jg** 将地球当做球体, 用大圆路径公式计算球面距离 [GMT 默认使用此方式]
- **-jf** 使用展平地球公式计算球面距离。此种方式计算速度快但精度低
- **-je** 使用测地线公式计算球面距离, 计算距离时考虑了地球椭率。此种方式计算速度慢但精度最高。

11.16.1 平面距离

地球上任意两点 A 和 B 的平面距离计算公式:

$$d_f = R\sqrt{(\theta_A - \theta_B)^2 + (\cos\left[\frac{\theta_A + \theta_B}{2}\right]\Delta\lambda)^2}$$

其中 R 是地球平均半径 (由参数*PROJ_ELLIPSOID* 和*PROJ_MEAN_RADIUS* 控制), θ 是纬度, $\Delta\lambda = \lambda_A - \lambda_B$ 是经度差。式中地理坐标的单位均是弧度, 且需要考虑到跨越经度的周期性问题。

该方法的特点是计算速度快但精度不高, 适用于纬度相差不大且对计算效率要求不高的情况。

11.16.2 大圆路径距离

该方法将地球近似为一个半径为 R 的球, 地球上任意两点 A 和 B 的大圆路径距离可以用 Haversine 公式 计算:

$$d_g = 2R\sin^{-1}\sqrt{\sin^2\frac{\theta_A - \theta_B}{2} + \cos\theta_A\cos\theta_B\sin^2\frac{\lambda_A - \lambda_B}{2}}$$

该方法是 GMT 默认使用的距离计算方法, 适用于大多数情况。

如下 GMT 参数可以控制大圆路径距离的计算细节, 分别是:

- *PROJ_ELLIPSOID* 设置地球椭圆
- *PROJ_MEAN_RADIUS* 设置地球平均半径的计算方式
- *PROJ_AUX_LATITUDE* 指定将大地纬度转换为多个适合球状近似的辅助纬度中的其中一个 (仅当*PROJ_ELLIPSOID* 不为 **sphere** 时有效)

11.16.3 测地线距离

地球上两点间的精确距离可以用 Vincenty (1975) 的完全椭球公式计算。该方法计算得到的距离精度最高精确到 0.5 毫米, 同时也是计算速度最慢的方式。

如下参数可以控制大圆路径的计算细节:

- *PROJ_ELLIPSOID* 设置地球椭圆
- *PROJ_MEAN_RADIUS* 设置地球平均半径的计算方式
- *PROJ_AUX_LATITUDE* 指定将大地纬度转换为多个适合球状近似的辅助纬度中的其中一个 （仅当*PROJ_ELLIPSOID* 不为 **sphere** 时有效）
- *PROJ_GEODESIC*: 设置完全椭球公式。默认为 Vincenty, 还可以设置为 **Rudoe**（GMT4 所使用的计算公式）或 **Andoyer**（近似公式, 精确到 10 米量级）。

11.17 -l 选项

legend 模块会读入一个图例文件, 并根据图例文件中的内容绘制图例。图例文件的格式相对复杂, 可以实现复杂的图例效果。

-l 选项的作用是为当前绘制的符号或线条自动增加一个图例记录到图例文件中。在绘图结束时 GMT 会自动调用*legend* 会生成图例, 用户也可以显式调用*legend* 以进一步控制图例的更多属性。

-l 选项的基本语法是:

-l[*label*][+**D***pen*][+**G***gap*][+**H***header*][+**L**[*code*/]*txt*][+**N***cols*][+**S***size*[/*height*]][+**V**[*pen*]][+**f***font*][+**g***fill*][+**j***just*][+**o***off*][

最简单的就是直接使用 **-l** 选项, 不加任何东西, 但是通常会为当前图例记录添加一个 *label*。

还可以增加更多子选项, 下面的每个子选项均对应图例文件中的一个记录:

- +**D***pen*：在图例记录前绘制一条画笔属性为 *pen* 的水平线
- +**G***gap*：增加垂直空白 [0]
- +**H***header*：添加图例标题 [默认无标题]
- +**L***code*/*txt*: 添加一个字符串, *code* 可以取 **L**、**C**、**R** 分别表示左对齐、居中对齐、右对齐 [默认为居中对齐]
- +**N***ncols* 设置接下来图例的列数 [默认为 1 列]
- +**S***size* 强制修改当前图例符号的符号大小或线段的长度 [默认与当前绘制的符号大小相同]
- +**V***pen* 绘制一条从前一水平线到当前水平线的垂直线

除此之外, 还可以使用其它子选项:

- +**f***font*：设置图例标题所使用的字体 [默认为*FONT_TITLE*]
- +**g***fill*：设置图例框的填充色
- +**j***just*：设置图例在底图中的位置 [默认为 TR, 即右上角]
- +**o***off*：设置图例相对于锚点的额外偏移量
- +**p***pen*：图例边框的画笔属性
- +**s***scale*：对图例中的所有符号和长度乘以一个比例因子以实现缩放
- +**w***width* 设置图例宽度 [默认为自动宽度]

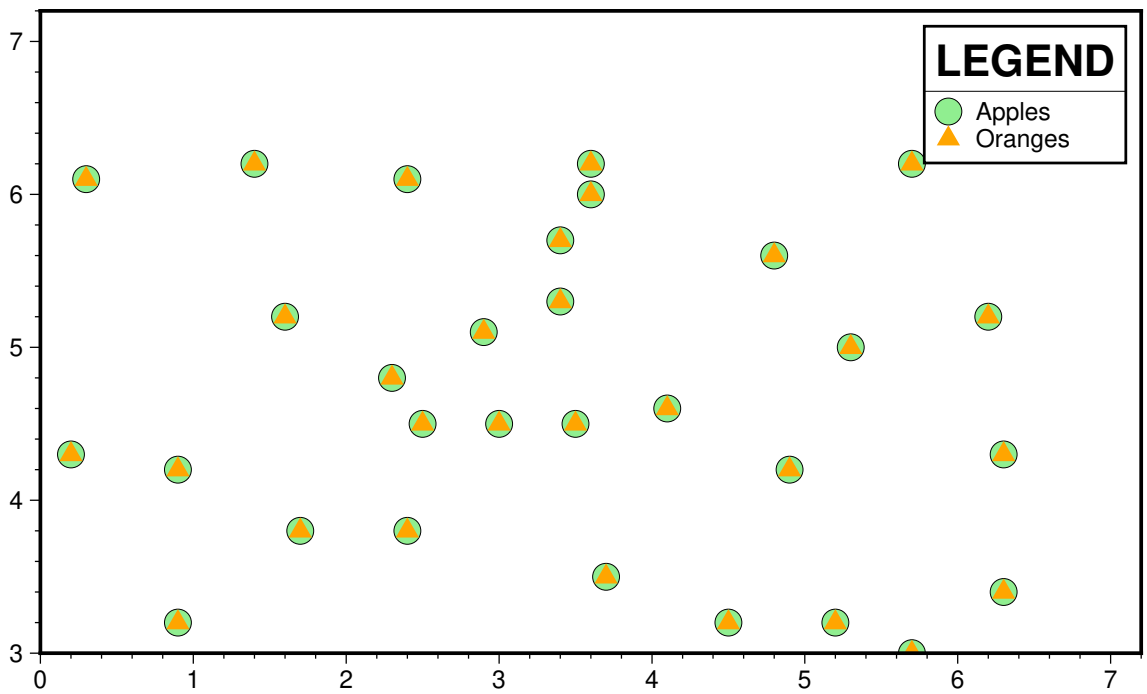
需要注意:

- +**H**, +**g**, +**j**, +**o**, +**p**, +**w** 和 +**s** 仅当第一次使用 **-l** 选项时有效
- +**N** 用于设置图例列数。若在第一次使用 **-l** 选项加上 +**N** 子选项, 会自动、调整图例的宽度, 否则, +**N**

子选项只能将当前图例进一步拆分为多列而无法再调整图例宽度。

示例：

```
gmt begin fruit
  gmt plot -R0/7.2/3/7.2 -Jx2c @Table_5_11.txt -Sc0.35c -Glightgreen -Wfaint -lApples+H"LEGEND"+D+jTR+f16p
  gmt plot @Table_5_11.txt -St0.35c -Gorange -B -BWStr -lOranges
gmt end show
```



11.18 -n 选项

-n 选项用于控制网格数据重采样过程中的插值算法。其语法为：

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][**+a**][**+b***BC*][**+c**][**+t***threshold*]

网格插值的四种算法：

- **b** 表示 B-sphine 平滑算法
- **c** 表示 bicubic 插值算法（默认插值方式）
- **l** 表示 bilinear 插值算法
- **n** 表示最近节点的值

其它子选项：

- **+a**：关闭抗混淆（仅在算法支持的前提下有效），默认打开抗混淆选项
- **+b***BC* 设置网格的边界条件。*BC* 可以取 **g**、**p**、**n**，分别代表地理边界条件、周期边界条件和自然边界条件。对于后两种边界条件，可以进一步加上 **x** 或 **y** 表示边界条件仅对一个方向有效。比如 **-nb+bnxpy** 表明 X 方向使用自然边界条件，Y 方向使用周期边界条件
- **+c**：假设原网格的 Z 值范围为 *zmin* 到 *zmax*，插值后的 Z 值范围可能会超过这一范围，使用 **+c** 则将超过 *zmin* 和 *zmax* 的部分裁剪掉，以保证插值后的网格数据的范围不超过输入网格数据的范围
- **+t***threshold* 用于控制值为 NaN 的网格点在插值时的影响范围 [默认值为 0.5]。*threshold* 设置为 1.0 时，表示插值中的所有节点（4 或 16 个）都要为非 NaN；0.5 表示距非 NaN 值的大约一半处进行插值；0.1 表示距非 NaN 值的大约 90% 处进行插值；依此类推。

11.19 -p 选项

-p 选项用于控制 2D 底图或 3D 底图的透视视角。

对于一个 2D 底图（比如二维平面内的矩形）或者一个 3D 底图（比如三维空间内的立方体），从不同的方向看时会看到不同的形态。该选项用于控制从怎样的透视视角去看一张图。其语法为：

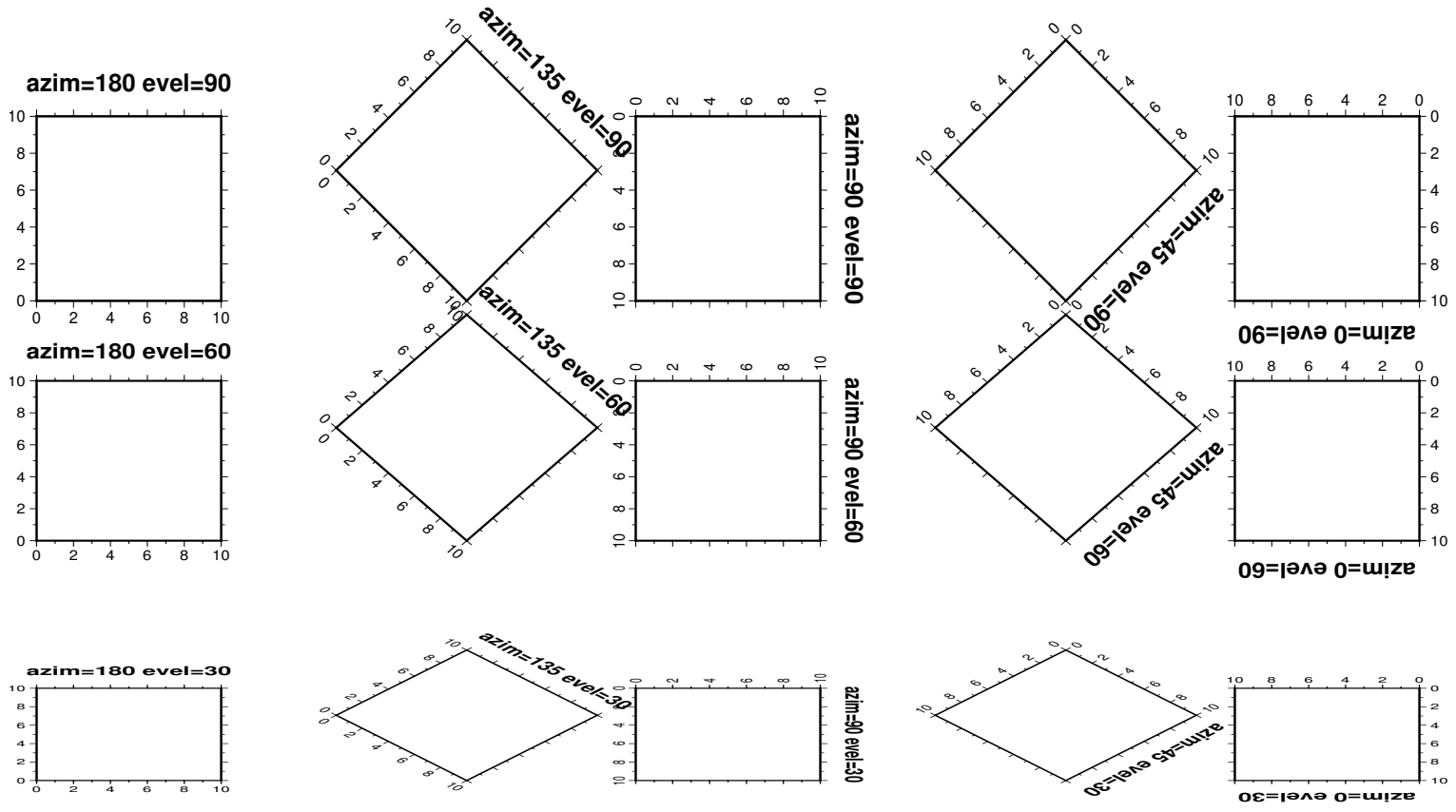
-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*]

azim 指定视角的方位角，即相对于北方向顺时针旋转的角度，默认值为 180。

elev 指定视角的海拔，即视角相对于纸张平面向上旋转的角度，其取值范围为 0 到 90（不含 0），其中 0 表示视角与纸张平面平行，90 表示视角垂直于纸张平面，默认值为 90。

下图给出了 2D 底图下透视视角取不同值时所看到的底图。

Source Code



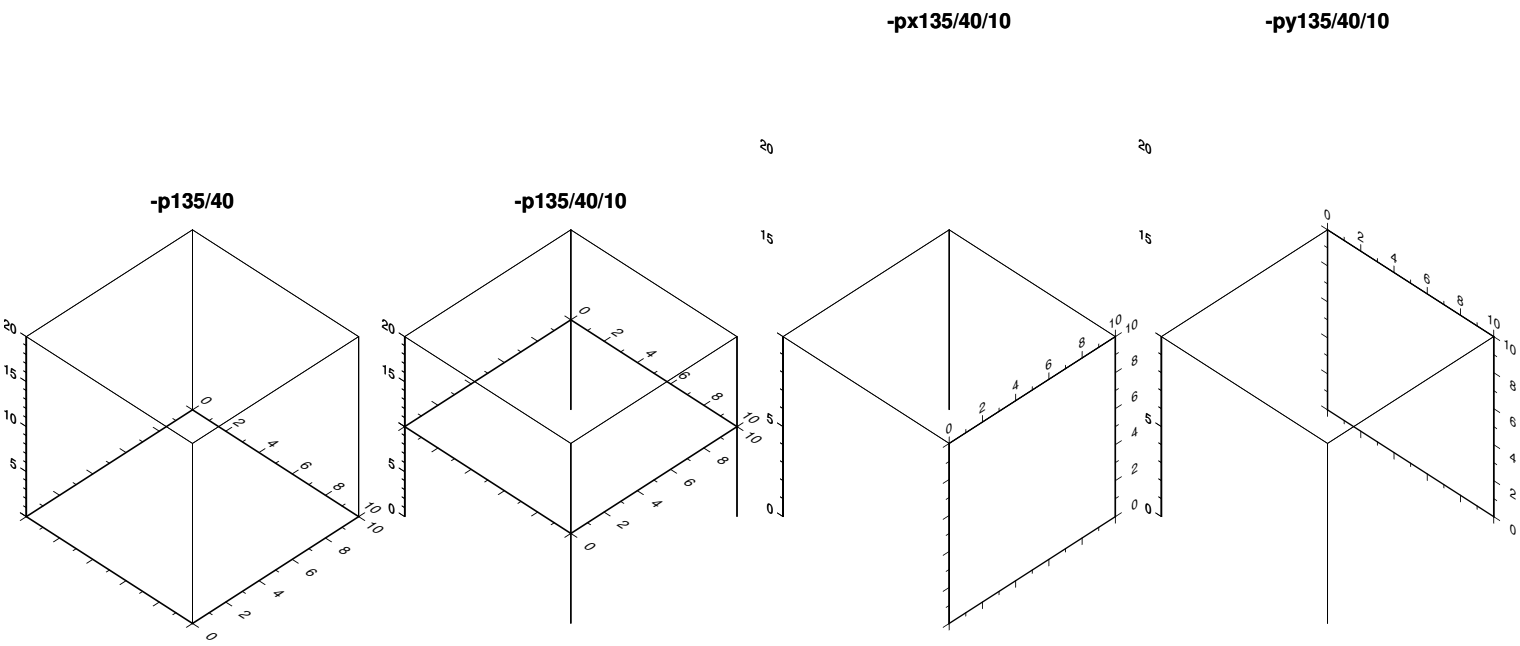
对于 3D 底图而言（使用了 **-JZ** 选项），默认会在 Z 轴底部绘制 XY 平面的边框。

- 设置 *zlevel* 则可以指定在 **Z**=*zlevel* 平面内绘制边框
- **-px**|**y**|**z** 则分别用于指定绘制 YZ 平面、XZ 平面或 XY 平面。默认为 **-pz** 即绘制 XY 平面

下图给出了 3D 底图上使用不同的 **-p** 选项绘制出来的效果图。绘制底图使用的命令为：

```
gmt basemap -R0/10/0/10/0/20 -JX3c -JZ3c -Baf -Bzaf -BwsENZ1+b -p135/40 -pdf 3D-map
```

Source Code



警告

-px 和 **-py** 存在已知 BUG，会导致 YZ 平面或 XZ 平面无法放置到正确的位置处，目前这一 BUG 尚未解决。

在绘制动画时，如果不同帧使用的 **-p** 透视参数不同，则由于投影的问题可能会导致底图在纸上的位置出现不规则运动。可以有三种方式解决：

1. 加上 **+** 使得数据范围的中心点固定在纸张的中心
2. 加上 **+w***lon0*/*lat0*/*z* 将地图上的某个点固定在纸张的中心
3. 加上 **+v***x0*/*y0* 使得数据范围的中心点或地图上的某个点，在投影后的位置始终固定在纸张上的 *x0*/*y0* 处

除此之外，若 **-p** 选项后不接任何参数，则其会继承前一 GMT 绘图命令的 **-p** 参数。

11.20 -q 选项

-q 选项用于对输入或输出的**行**进行筛选，该选项在一定程度上可以代替 **gawk** 的某些功能。其基本语法为：

-q[**i**|**o**][~]*rows*[**+c***col*][**+a**|**f**|**s**]

i 和 **o** 分别表示只作用于输入或输出。

rows 用于指定要读入的行号或行号范围，多个行号或行号范围间用逗号分隔。行号范围的格式为 *start*[:*inc*]:*stop*，若未指定 *inc* 则默认为 1。

默认情况下（即 **+a**），行号是在整个数据集（多个文件算作一个数据集）中不断递增的；使用 **+f** 表示对每个文件分别计算行号；使用 **+s** 表示对每个数据段分别计算行号。需要注意的是，文件头段记录或数据段记录不算在行号内，只有数据记录才计算行号。

也可以加上 **+c***col* 以限制第 *col* 列的范围。此时，*rows* 的格式为 *start*/*stop*，即这一列的最小范围和最大范围。若省略 *stop*（但不省略 /），则表示从 *start* 起一直读或写到最后一行。

在 **-q** 选项开始处加上 ~ 可实现**反向操作**，即只输入或输出不符合 *rows* 限制的范围的数据。

举几个例子, 假如输入数据是一个包含两段的数据:

```
>
0  0  0
1  1  1
2  2  2
3  3  3
4  4  4
>
5  5  5
6  6  6
7  7  7
8  8  8
9  9  9
```

只读入数据的第 1 和第 4 行:

```
$ gmt convert input.dat -q0,3
0   0       0
3   3       3
```

读入数据的第 2-4 行以及第 8 行之后的行:

```
$ gmt convert input.dat -q1:3,7
>
1   1       1
2   2       2
3   3       3
>
7   7       7
```

对于多段数据, 每段单独计算行号, 读入每段数据的第 2 至 4 行:

```
$ gmt convert input.dat -q1:3+s
>
1   1       1
2   2       2
3   3       3
>
6   6       6
7   7       7
8   8       8
```

检查第 3 列数据, 只保留其值在 4 到 8 之间的记录:

```
$ gmt convert input.dat -q4:8+c2
>
4   4       4
>
5   5       5
6   6       6
7   7       7
8   8       8
```

11.21 -r 选项

GMT 中的网格文件有网格线配准和像素配准两种配准方式, 详情见网格配准 一节。

默认情况下, GMT 认为输入/输出的网格文件都采用网格线配准方式。使用 **-r** 选项则可以显式指定输入/输出的网格文件的配准方式。其语法为:

-r[**g**|**p**]

其中,

- **-rg** 表示网格线配准
- **-r** 或 **-rp** 表示像素配准

对于相同的网格区域 (**-R**) 和网格间隔 (**-I**) 而言, 像素配准会比网格线配准少一列和一行数据。

11.22 -s 选项

-s 选项用于控制是否输出含有 NaN 的记录。

默认情况下, GMT 命令会输出所有记录, 包括那些某列值为 NaN 的记录。使用 **-s** 选项可以控制是否输出含 NaN 的记录。其语法为:

-s[*cols*][**+a**][**+r**]

- 只使用 **-s**, 则不输出 Z 值 (即第三列) 为 NaN 的记录
- *cols* 用于指定要检查的列, 即只有指定的所有列都为 NaN 时, 才输出或不输出该记录。*cols* 是一系列用逗号分隔的列号或者列号范围。列号范围的格式为 *start*[:*inc*]:*stop*。若省略 *inc* 则默认其值为 1。比如 **2,5,7** 表示检查第 3、6、8 列 (列号从 0 开始); **0,2:3** 表示检查第 1、3、4 列。
- **+a** 表示任意一列有 NaN 则不输出
- **+r** 表示反操作, 即只输出某列有 NaN 的记录

举几个例子。输入数据 *input.dat* 的内容为:

```
1 1 1   0
2 2 NaN 0
3 3 3   NaN
4 4 NaN NaN
```

不使用 **-s** 选项则会输出所有记录:

```
$ gmt convert input.dat
1   1       1       0
2   2       NaN     0
3   3       3       NaN
4   4   NaN NaN
```

使用 **-s** 选项则会压制第三列为 NaN 的记录的输出:

```
$ gmt convert input.dat -s
1   1       1       0
3   3       3       NaN
```

使用 **-s+a** 选项则只有任意一列有 NaN 则不输出该记录:

```
$ gmt convert input.dat -s+a
1   1       1       0
3   3       3       NaN
```

使用 **-s3** 选项则检查第四列 (列号从 0 开始) 是否为 NaN:

```
$ gmt convert input.dat -s3
1   1       1       0
2   2       NaN     0
```

使用 **-s2,3** 则压制第 3 和 4 列均为 NaN 的记录的输出:

```
$ gmt convert input.dat -s2,3
1   1       1       0
2   2       NaN     0
3   3       3       NaN
```

使用 **-s2,3+a** 压制第 3 列或第四列为 NaN 的记录:

```
$ gmt convert input.dat -s2,3+a
1   1       1       0
```

使用 **-s2,3+a+r** 反向操作输出第三列或第三列为 NaN 的记录:

```
$ gmt convert input.dat -s2,3+a+r
2   2       NaN     0
3   3       3       NaN
4   4       NaN     NaN
```

11.23 -t 选项

-t 选项用于设置**当前图层**的透明度。其语法为:

-t*transp*

其中 *transp* 表示透明度, 可以取 0 到 100 内的数字。默认值为 0, 即不透明, 50 表示半透明, 100 则表示完全透明。

GMT 支持的多种图片格式中, PS 和 EPS 格式均不支持透明效果。若想要看到透明效果, 需要指定生成 PDF、PNG 或 JPG 格式。

需要注意, 该选项设置的是整个图层的透明度。若想要设置单个特征 (符号、文字等) 的透明度, 则需要在指定颜色时设置透明度, 详情见颜色。

对于*plot*、plot3d和*text* 模块, 若指定了 **-t** 选项但未指定透明度, 则可以在输入数据的数值列的最后一列指定可变的透明度。

11.24 -w 选项

贡献者

周茂, 姚家园, 田冬冬

-w 选项用于将输入坐标转换为循环坐标, 其语法为:

-wy|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*]

-w 选项默认将输入的 x 坐标转换为循环坐标。可以使用 +**c***col* 子选项选择其他输入列进行转换, *col* 的默认值为 0(第一列), 即 x 坐标。可以使用*spectrum1d* 或者 grdfft 等模块提供的标准谱分析工具来分析时间序列数据的周期, 但也经常会在时域中分析各种周期性。为了进行此类时域分析, 我们需要将时间序列的时间坐标转换为循环的时间坐标, 以便进行多周期堆叠、网格化以及直方图展示等操作。将输入的 x、y 或者 z 坐标转换为循环坐标的公式为:

$$t' = (t - \tau) \bmod T,$$

式中, t 为输入坐标, τ 为相移 (通常为 0), T 为生成循环坐标 t' 的周期, mod 为取模运算。

GMT 提供了很多规定单位的标准时间循环以及用于其他笛卡尔坐标的自定义循环。下表给出了每种循环的单位、周期以及相移。用户在使用时, 只需指定相应的代码 **y**、**a**、**w**、**d**、**h**、**m**、**s**、**c***period*[/*phase*]:

表 4: 标准时间循环代码

代码	含义 (单位)	周期	相位	范围
y	年循环 (归一化)	1 年	0	0–1
a	年循环 (月)	1 年	0	0–12
w	周循环 (天)	1 周	0	0–7
d	天循环 (小时)	1 天	0	0–24
h	小时循环 (分钟)	1 小时	0	0–60
m	分钟循环 (秒)	1 分	0	0–60
s	秒循环 (秒)	1 秒	0	0–1
c	自定义循环 (归一化)	T	τ	0–1

使用自定义循环 **c** 时, 必须指定其周期 (*period*), 也可以指定相位 (*phase*) [默认为 0], 周期和相位的单位与原始数据相同, **-w** 选项不能包含单位。

备注

- 使用年循环 (**a** 代码) 或周循环 (**w** 代码) 时, 横轴为时间轴。因此, 可以使用与月份和工作日相关的配置参数, 如*GMT_LANGUAGE*、*FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP* 以及*TIME_WEEK_START*
- 周循环 (**w** 代码) 中范围为 0-1 的坐标代表一周的第一天 (即星期一), 但可以通过*TIME_WEEK_START* 进行修改
- 使用 **-w** 选项时, 除非已经单独设置, 否则 GMT 会自动设置 **-f** 选项来表明使用的是绝对时间

下面将通过密西西比河在 1930–1940 年期间的日流量来演示 **-w** 选项的使用方法。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_1
    gmt plot @mississippi.txt -JX15cT/7c -W0.25p,red -Bxaf -Byaf+l"10@+3@+ m@+3@+/s" \
        -BWSrt+t"Mississippi river daily discharge" -i0,1+s1e-3
gmt end show
```

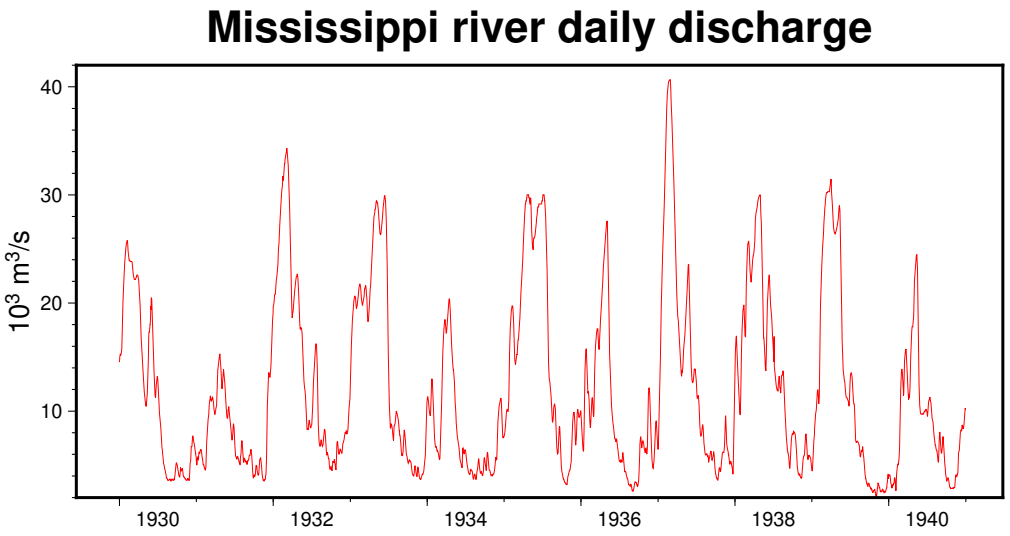


图 19: 密西西比河日流量时间序列图

上图绘制了密西西比河日流量的时间序列，可以看出有明显的周年特征。因此，可以使用归一化年坐标（**-wy**）将所有年份的日流量绘制在单个归一化年份中（范围为 0–1）。下图中，常规年和闰年都按自身长度进行了归一化：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_2
    gmt plot @mississippi.txt -R0/1/0/50 -JX15c/7c -W0.25p,red -Bxaf -Byaf+l"10@+3@+ m@+3@+/s" \
        -BWSrt+t"Mississippi river annual discharge" -i0,1+s1e-3 -wy
gmt end show
```

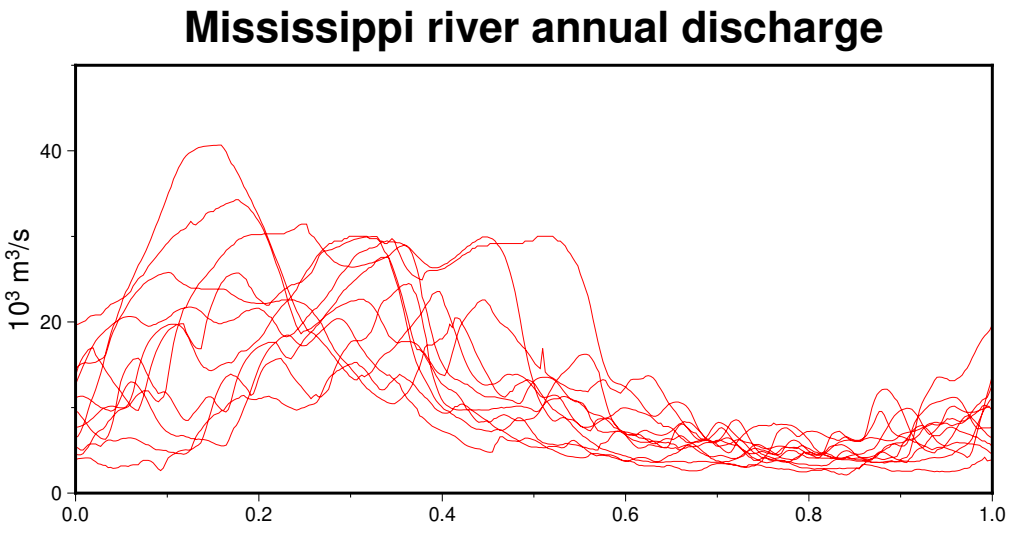


图 20: 归一化年份下的密西西比河日流量时间序列图

如果想看不同月份的流量变化，则需要将同一月份的数据归入同一区间（每个区间的长度不同，即 28-31 天）。这种情况可以使用 **-wa** 选项，它会归一化每月的数据，并加上整数的月份编号。以三月份为例：该选项会将所有年份的三月份数据的 x 坐标（以三月的起点起算）按三月份的时间长度归一化，然后再加 2（三月份的编号），最终所有年份的三月份数据的 x 坐标的范围便为 2.00000-2.99999…。这样一来，我们便能很容易地绘制月流量直方图：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_3
    gmt histogram @mississippi.txt -R-3/9/0/8 -JX15c/7c -T1 -Gred -W1p -Bxaf -Byaf+l"10@+6@+ m@+3@+/s" \
        -BWSrt+t"Average monthly discharge" -Z0+w -i0,1+s1e-6 -wa
gmt end show
```

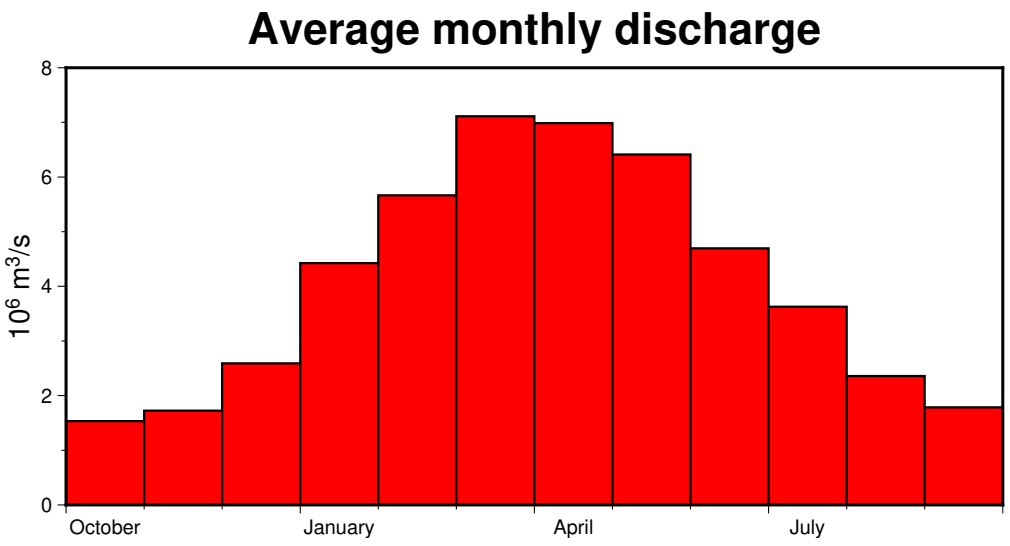


图 21: 10 年间的密西西比河月流量（以 9 月为起点）

将*histogram* 模块的 **-T1** 参数改为 **-T3**，则可以绘制类似的季度流量直方图。

通过设置 **+c***col* 子选项，**-w** 选项同样可以应用于 y 坐标或者任意坐标。下例读入数据时，将时间设为 y 坐标。两个子图与上面的两个例子类似，但横纵坐标相反。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_4
    gmt subplot begin 1x2 -Fs8c/10c -BWSrt -T"Mississippi river annual discharge" -A+jTR
    gmt plot @mississippi.txt -i1+s1e-3,0 -R0/50/0/1 -W0.25p,blue -Byaf+l"Normalized year" \
        -Bxaf+l"10@+3@+ m@+3@+/s" -wy+c1 -c
    gmt histogram @mississippi.txt -R-3/9/0/8 -T1 -Gblue -W1p -Bxaf -Byaf+l"10@+6@+ m@+3@+/s" -Z0+w \
        -i0,1+s1e-6 -A -wa -c --FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP=a
    gmt subplot end
gmt end show
```

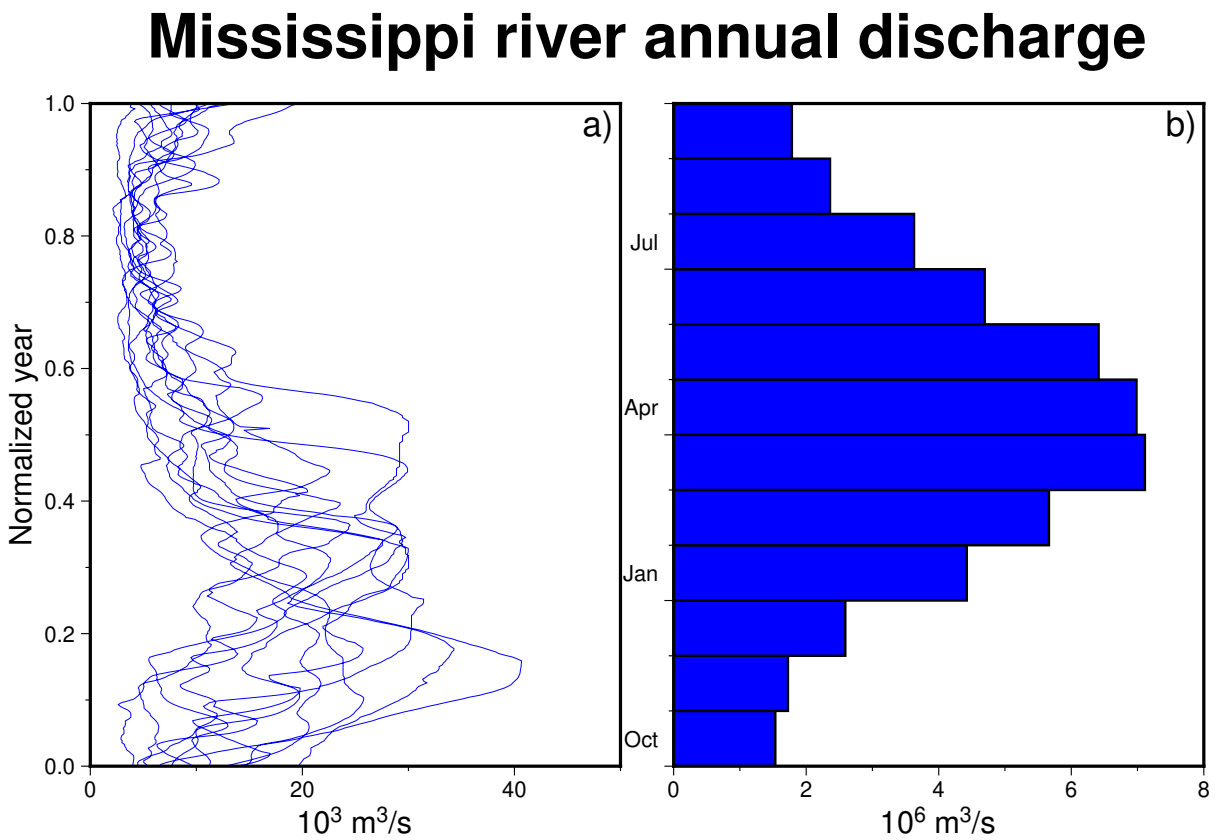


图 22: a) 归一化后一年内的密西西比河日流量, b) 10 年的密西西比河月流量, 以 9 月为起点

-w 选项为 GMT 全局选项, 因而可以在所有可以读取表数据的模块中使用该选项。例如, 下例使用*xyz2grd* 模块将密西西比河日流量数据转换成网格文件, 然后使用*grdimage* 模块绘图 (使用默认 CPT, 即 turbo)。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_5
    gmt xyz2grd @mississippi.txt -i0,1+s1e-3,1+s1e-3 -wy -R0/1/0/50 -I50+n -r -Gtmp.grd
    gmt grdimage tmp.grd -JX15c/8c -BWSen -Bxaf+l"Normalized year" -Byaf+l"Discharge (10@+3@+ m@+3@+/s)"
    gmt colorbar -DJRM -Baf
gmt end show
```

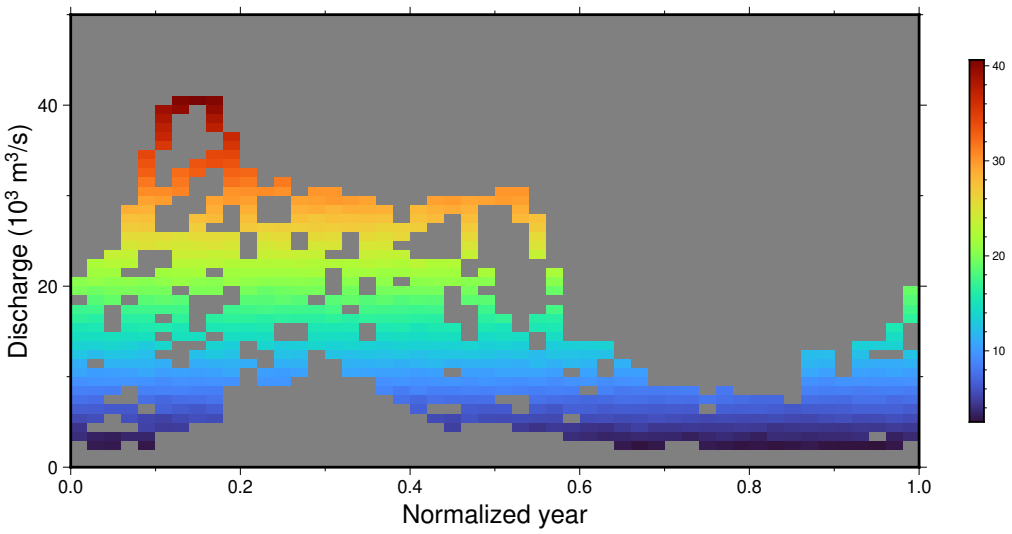


图 23: 归一化年份下的密西西比河日流量

最后一个示例将展示周循环和日循环的使用。使用的数据是 Verrazano-Narrows 大桥的 3 年的车流量数据 (单位是**辆/小时**)。下例的四张子图分别表示原始车流量时间序列、周流量时间序列、周流量直方图以及小时流量直方图:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_6
  gmt set TIME_WEEK_START Monday
  gmt subplot begin 2x2 -Fs15c/8c -M14p/6p -A \
    -T"Verrazzano-Narrows Bridge @%34%\337@%% Brooklyn Traffic [2018-2020]" -BWSrt
    # Raw time-series
    gmt plot @NY_traffic.txt -Wfaint,red -By+l"Vehicles/hour" -gx21600 -c
    # Weekly wrapped time-series
    gmt plot @NY_traffic.txt -R0/7/0/17000 -Wfaint,red -ww -gx0.25 -c
    # Weekly histogram normalized for number of hours for a weekday in the 3-year data
    n_week_hours=$(gmt convert @NY_traffic.txt -ww | gmt select -Z0/0.999+c0 | gmt info -Fi -o2)
    gmt histogram @NY_traffic.txt -R0/7/2000/4000 -Wthick -Gred -T1 -Z0+w -By+l"Vehicles/hour" \
        -i0,1+d${n_week_hours} -ww -c
    # Daily histogram normalized for number of days in the 3-year data
    n_mondays=$(gmt convert @NY_traffic.txt -wd | gmt select -Z-0.5/0.5+c0 | gmt info -Fi -o2)
    gmt histogram @NY_traffic.txt -R0/24/0/8000 -Wthick -Gred -T1 -Z0+w -i0,1+d${n_mondays} -wd -c
  gmt subplot end
gmt end show
```

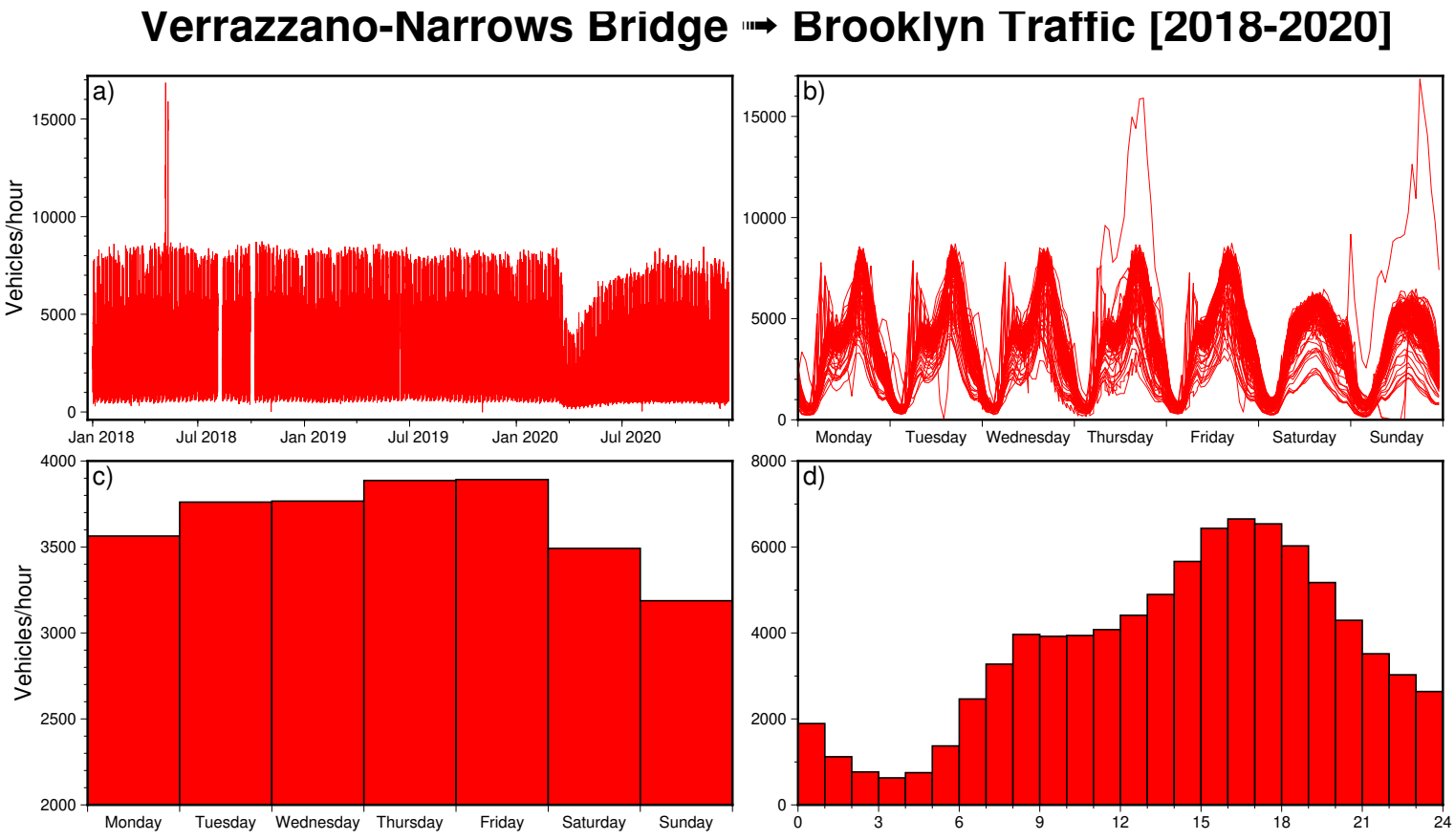


图 24: (a) Verrazano-Narrows 大桥原始车流量时间序列；(b) 周流量时间序列；(c) 周流量直方图；(d) 小时流量直方图

上图中，(a) 图绘制了三年期间的车流量时间序列。图中一些需要注意的点有：Covid-19 导致了 2020 年 3 月中旬车流量的急剧下降；某些时间段存在数据缺失；2018 年 5 月可能出现了一个尖峰。使用 **-g** 选项以避免绘制数据缺失超过 6 小时的时窗。

(b) 图绘制了周车流量时间序列 (**-ww**)。可以看出，工作日存在明显的早晚高峰，周末与工作日的特征则有所不同。图 (a) 中的尖峰来自某个异常的周四和周日，这两天的数据可能有问题。同样，使用 **-g** 选项以避免绘制数据缺失超过 6 小时的时窗。

(c) 图绘制了车周流量直方图。可以看出，车流量在周中缓慢增加，在周末下降。绘图脚本计算了数据中属于第一个工作日 (**-Z0/0.999+c0**) 的所有小时数，用于归一化车流量数据 (**+d${n_week_hours}**)，使最终单位为**辆/小时**。

(d) 图绘制了小时车流量直方图 (**-wd**)。绘图脚本计算了数据中属于第一个小时 (**-Z-0.5/0.5+c0**) 的数目 (即

天数), 用于归一化车流量数据 (**+d${n_mondays}**), 使最终单位为**辆/小时**。

11.25 -x 选项

在编译 GMT 时若打开了 OpenMP 选项, 则 GMT 中某些模块在运行时可以通过 OpenMP 加快计算速度。默认情况下, 这些模块会尝试使用所有可用的核。

-x 选项用于限制所使用的核数, 其语法为:

-x[[-]*n*]

例如:

- **-x8** 表示仅使用 8 个核, 若计算机的最大核数小于 8, 则使用计算机的全部核
- **-x-4** 表示使用 all-4 个核, 也就是说给其它程序留下四个核。若 all-4<1, 则使用 1 个核

小技巧

UNIX 用户使用命令 `gmt-config --has-openmp` 检测当前 GMT 是否支持 OpenMP。

11.26 -: 选项

-: 选项用于交换输入或输出数据的前两列。其语法为:

-:[**i**|**o**]

GMT 在读入数据时, 会默认第一列是 X 值, 第二列是 Y 值。对于地理数据而言, 即第一列是经度、第二列是纬度。若要读入的数据中第一列是纬度、第二列是经度, 则需要先交换第一列和第二列再读入, 可以使用 **-:** 选项实现前两列数据的交换。

默认情况下, 该选项同时对输入和输出生效:

- **-:i** 表明该选项仅交换输入数据的前两列
- **-:o** 表明该选项仅交换输出数据的前两列

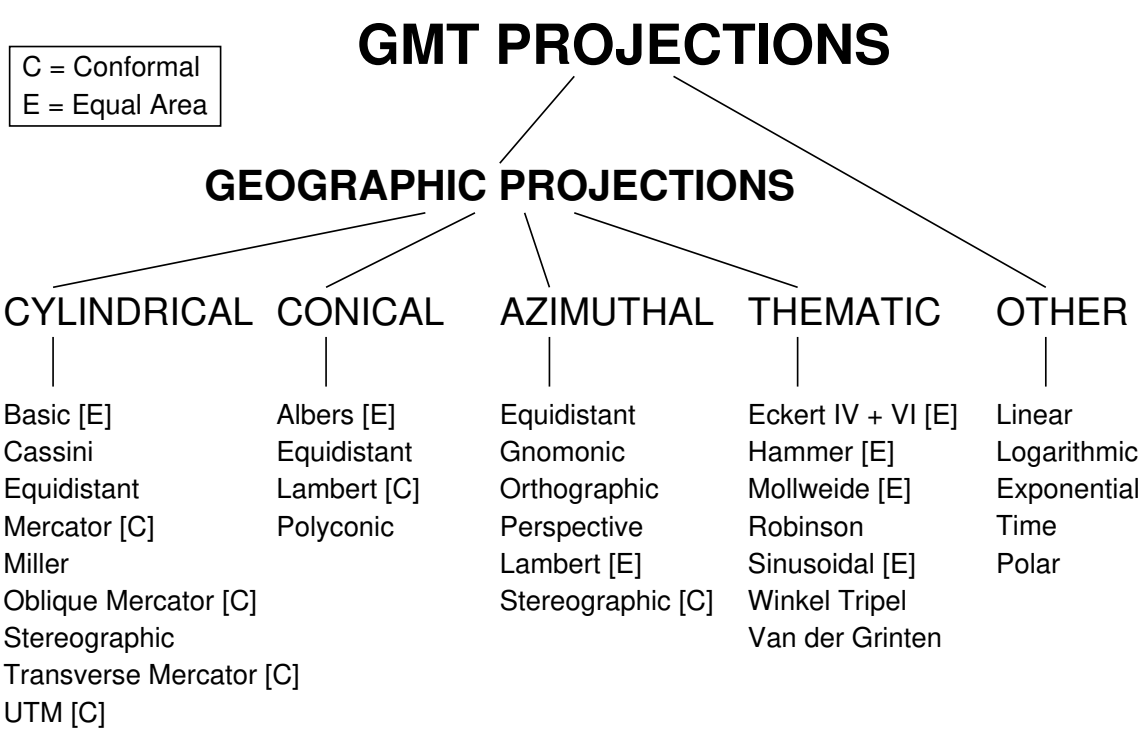
需要注意, 该选项仅用于交换输入/输出的前两列数据, **-R** 选项指定绘图区域时始终是经度在前, 网格文件中经度始终是第一维度。

第 12 章　地图投影

GMT 读取数据的实际坐标, 并将其转换或者投影到图片的对应位置。当前, GMT 支持 30 多种坐标变换或投影方式。这些投影方式可以分为三类, 每一类又可以细分为几个小类:

1. 笛卡尔投影: 细分为三类 (位于下图的 OTHER 分类)
    - 笛卡尔线性投影
    - 笛卡尔对数投影
    - 笛卡尔指数投影
2. 极坐标投影 (位于下图的 OTHER 分类)
3. 地图投影: 细分为四类
    - 圆柱地图投影 (cylindrical projection)
    - 圆锥地图投影 (conic projection)
    - 方位地图投影 (azimuthal projection)
    - 其它地图投影 (miscellaneous projection, 即下图的 THEMATIC 分类)

Source Code



-J 选项 这一节简要介绍了 GMT 中指定投影方式的三种不同格式。下表列出了 GMT 所支持的全部投影方式。

表 1: GMT 投影代码

-J 代码	说明
-JA*lon0*/*lat0*[/*horizon*]/*width*	*Lambert azimuthal equal area*

续下页

表 1 – 接上页

-J 代码	说明
-JB*lon0/lat0/lat1/lat2/width*	*Albers conic equal area*
-JC*lon0/lat0/width*	*Cassini cylindrical*
-JCyl_stere[*lon0/*[*lat0/*]]*width*	*Cylindrical stereographic*
-JD*lon0/lat0/lat1/lat2/width*	*Equidistant conic*
-JE*lon0/lat0*[*/horizon*]*/width*	*Azimuthal equidistant*
-JF*lon0/lat0*[*/horizon*]*/width*	*Azimuthal gnomonic*
-JG*lon0/lat0*[*/horizon*]*/width*	*Azimuthal orthographic*
-JG*lon0/lat0/ alt/azim/tilt/twist/ W/H/width*	*General perspective*
-JH[*lon0/*]*width*	*Hammer equal area*
-JI[*lon0/*]*width*	*Sinusoidal equal area*
-JJ[*lon0/*]*width*	*Miller cylindrical*
-JKf[*lon0/*]*width*	*Eckert IV equal area*
-JKs[*lon0/*]*width*	*Eckert VI equal area*
-JL*lon0/lat0/lat1/lat2/width*	*Lambert conic conformal*
-JM[*lon0/*[*lat0/*]]*width*	*Mercator cylindrical*
-JN[*lon0/*]*width*	*Robinson*
-JOa*lon0/lat0/azim/width*[**+v**]	*Oblique Mercator, 1: origin and azim*
-JOb*lon0/lat0/lon1/lat1/width*[**+v**]	*Oblique Mercator, 2: two points*
-JOc*lon0/lat0/lonp/latp/width*[**+v**]	*Oblique Mercator, 3: origin and pole*
-JP*width*[**+a**][**+f**[**e**|**p**|*radius*]][**+k***kind*][**+r***offset*][**+t***origin*][**+z**[**p**|*radius*]]	*Polar/Cylindrical*
-JPoly[*lon0/*[*lat0/*]]*width*	*(American) polyconic*
-JQ[*lon0/*[*lat0/*]]*width*	*Equidistant cylindrical*
-JR[*lon0/*]*width*	*Winkel Tripel*
-JS*lon0/lat0*[*/horizon*]*/width*	*General stereographic*
-JT[*lon0/*[*lat0/*]]*width*	*Transverse Mercator*
-JU*zone/width*	*Universal Transverse Mercator (UTM)*
-JV[*lon0/*]*width*	*Van der Grinten*
-JW[*lon0/*]*width*	*Mollweide*
-JX*width*[**l**|**p***exp*|**T**|**t**] [*/height*[**l**|**p***exp*|**T**|**t**]] [**d**]	Linear, logarithmic, power, and time
-JY*lon0/lat0/width*	*Cylindrical equal area*

12.1 -JX: Linear, logarithmic, power, and time

GMT 中笛卡尔坐标变换分为三类:

- Linear (线性坐标)
- Logarithmic ($\log_{10}$ 坐标)
- Power (指数坐标)

在开始之前, 先用 gmtmath 生成两个数据以供接下来示例使用:

```
gmt math -T0/100/1  T SQRT = sqrt.txt
gmt math -T0/100/10 T SQRT = sqrt10.txt
```

12.1.1 笛卡尔线性坐标

笛卡尔线性坐标可以通过四种方式指定:

- **-Jx***scale* X 轴和 Y 轴拥有相同的比例尺 *scale*
- **-JX***width* X 轴和 Y 轴拥有相同的长度 *width*
- **-Jx***xscale*/*yscale* 分别为 X 轴和 Y 轴指定不同的比例尺
- **-JX***width*/*height* 分别为 X 轴和 Y 轴指定不同的长度

笛卡尔线性坐标的使用场景可以分为三类:

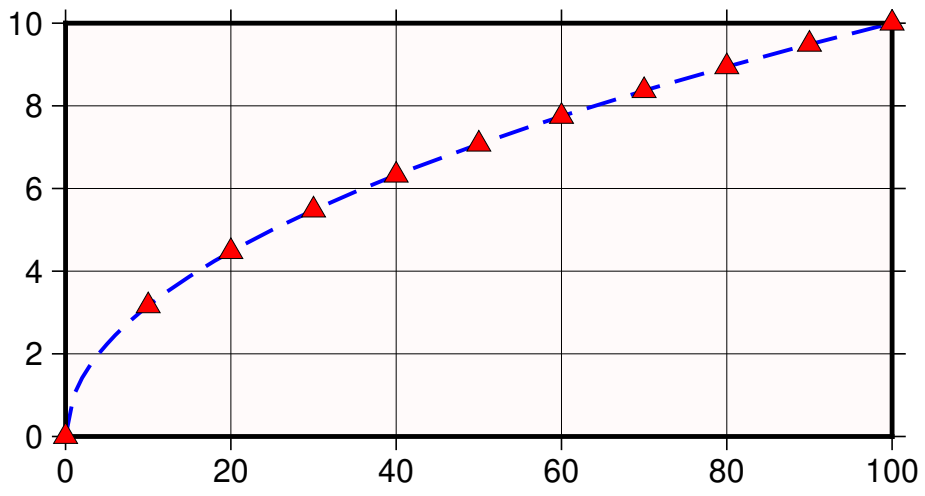
1. 常规的浮点数坐标
2. 地理坐标
3. 日期时间坐标

常规浮点数坐标

对于常规的浮点型数据而言, 选择笛卡尔线性坐标意味着对输入坐标做简单的线性变换 $u' = au + b$, 即将输入坐标 u 投影到纸张坐标 u'。

下面的命令将函数 $y = \sqrt{x}$ 用笛卡尔线性变换画在图上。

```
gmt begin GMT_linear
    gmt plot -R0/100/0/10 -JX3i/1.5i -Bag -BWSne+gsnow -Wthick,blue,- sqrt.txt
    gmt plot -St0.1i -N -Gred -Wfaint sqrt10.txt
gmt end show
```



说明:

- 正常情况下, X 轴向右递增, Y 轴向上递增。有些时候可能需要 X 轴向左递增或者 Y 轴向下递增 (比如 Y 轴是深度时), 只要将轴的比例尺或者轴长度设置为负值即可。
- 若指定 X 轴的长度, 并设置 Y 轴的长度为 0, 则会根据 X 轴的长度和范围计算出 X 轴的比例尺, 并对 Y 轴使用相同的比例尺, 进而计算出 Y 轴的长度, 即 **-JX10c/0c**, **-JX0c/10c** 同理。

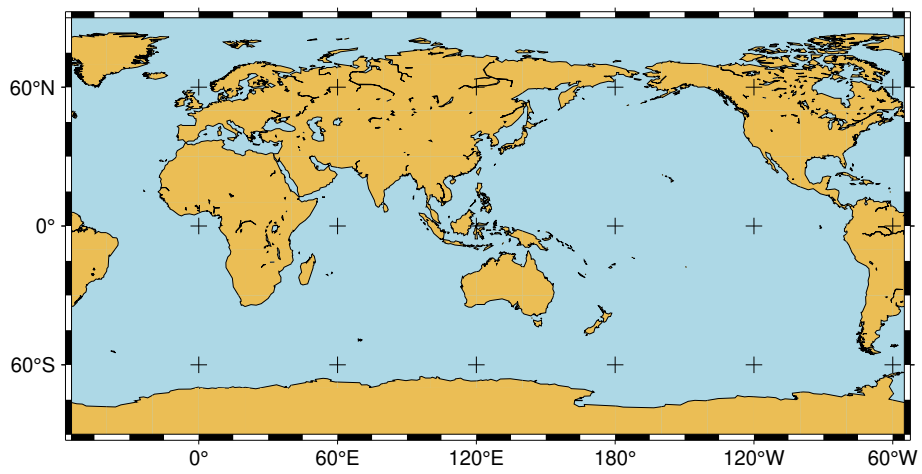
地理坐标

理论上地理坐标应该用地理投影画，而不应该用线性投影，但是有时候可能的确需要使用线性投影。用线性投影绘制地理坐标时会碰到一个问题，即经度有一个 360 度的周期性。因而在使用线性投影时需要通知 GMT 数据实际上是地理坐标。有三种办法：

1. 在 **-R** 后、数据范围前加上 **g** 或 **d**，比如 **-Rg-55/305/-90/90**
2. 在 **-Jx** 或 **-JX** 选项的最后加上 **g** 或 **d**，比如 **-JX10c/6cd**
3. 使用 **-fg** 选项

下面的例子用线性投影绘制了一个中心位于 125°E 的世界地图。

```
gmt begin linear-geo
    gmt set MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0.1i MAP_FRAME_TYPE FANCY FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ssF
    gmt coast -Rg-55/305/-90/90 -Jx0.014i -Bagf -BWSen -Dc -A1000 -Glightbrown -Wthinnest -Slightblue
gmt end show
```

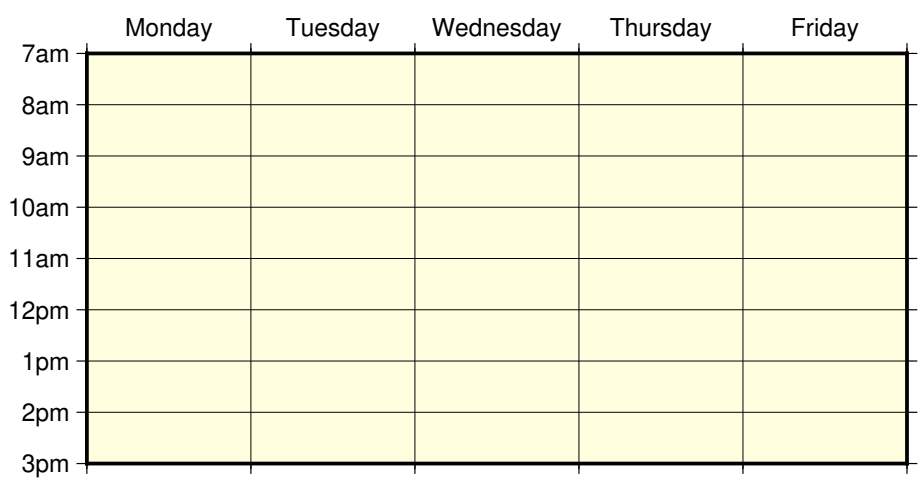


日期时间坐标

Time（时间日期坐标）也可以用线性投影绘制，此时需要告诉 GMT 输入坐标是绝对时间还是相对时间。

可以通过在 **-Jx** 或 **-JX** 的最后加上 **T** 或 **t**，不过实际上 **-R** 选项中已经指定了时间范围，所以没有必要在 **-J** 和 **-R** 选项中都指定。当 **-R** 和 **-J** 选项给出的坐标类型相冲突时，GMT 会给出警告，并以 **-JX** 选项为准。

```
gmt begin linear-time
    gmt set FORMAT_DATE_MAP o TIME_WEEK_START Sunday FORMAT_CLOCK_MAP=-hham FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP full
    gmt basemap -R2001-9-24T/2001-9-29T/T07:0/T15:0 -JX4i/-2i -Bxa1Kf1kg1d -Bya1Hg1h -BWsNe+glightyellow
gmt end show
```

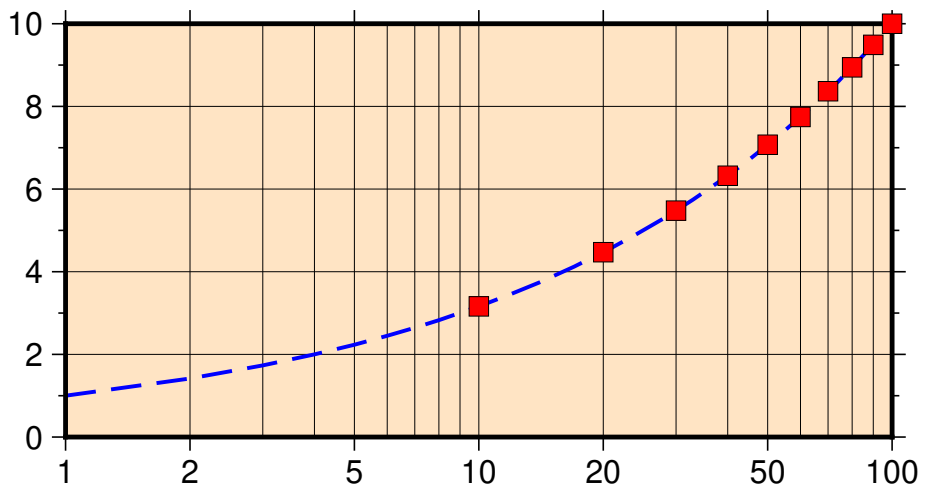


12.1.2 笛卡尔对数投影

对数变换 $\log_{10}$ 的数学表示是 $u' = a\log_{10}(u) + b$, 可以通过在比例尺或轴长度后加上 l 指定。

下面的命令绘制了一个 X 轴为对数轴 Y 轴为线性轴的图。

```
gmt begin log
    gmt plot -R1/100/0/10 -Jx1.5il/0.15i -Bx2g3 -Bya2f1g2 -BWSne+gbisque -Wthick,blue,- -h sqrt.txt
    gmt plot -Ss0.1i -N -Gred -W -h sqrt10.txt
gmt end show
```



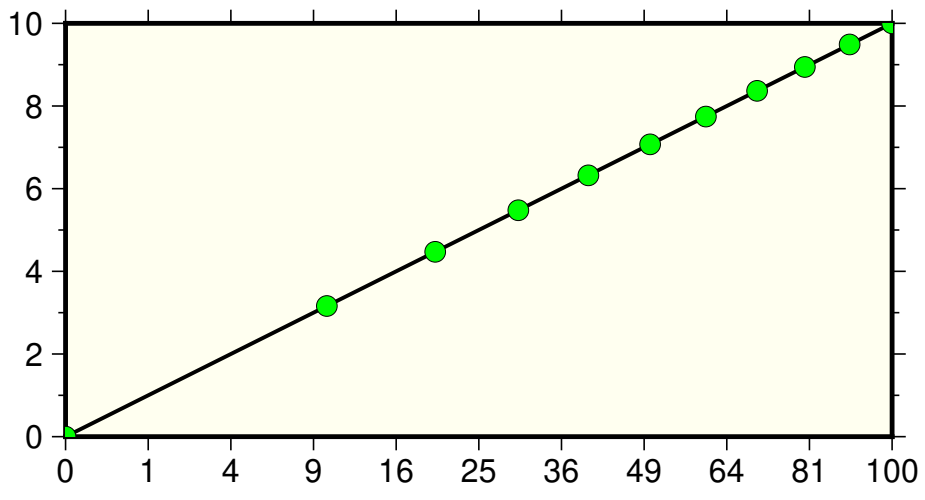
注意: 若想要 X 轴和 Y 轴都使用对数投影, 且 X 轴和 Y 轴比例尺不同, 则必须在指定每个轴的比例尺时分别加上 l, 例如 **-JX10cl/6cl**。

12.1.3 笛卡尔指数投影

指数投影的函数表示是 $u' = au^b + c$, 使得用户可以绘制类似 x^p - y^q 这样的函数关系。如果选 p=0.5、q=1 则相对于绘制 **x** 与 $\sqrt{x}$ 的函数曲线。

要使用指数投影, 需要在比例尺或轴长度后加上 **p***exp*, 其中 *exp* 是要使用的指数。

```
gmt begin power
    gmt plot -R0/100/0/10 -Jx0.3ip0.5/0.15i -Bxa1p -Bya2f1 -BWSne+givory -Wthick sqrt.txt
    gmt plot -Sc0.075i -Ggreen -W sqrt10.txt
gmt end show
```



12.2 -JP: Polar/Cylindrical

Polar (极坐标投影) 用于绘制极坐标数据 (即角度 θ 和半径 r)。

指定极坐标投影的语法为:

-Jp*scale*[+**a**][+**f**[**e**|**p**|*radius*]][+**r***offset*][+**t***origin*][+**z**[**p**|*radius*]]

-JP*width*[+**a**][+**f**[**e**|**p**|*radius*]][+**r***offset*][+**t***origin*][+**z**[**p**|*radius*]]

- **-Jp***scale* 表示指定比例尺, **-JP***width* 表示指定整张图的宽度
- 默认情况下, 角度 θ 是指相当于东方向逆时针旋转的角度 (标准定义); 加上 **+a** 则表明输入数据是相对于北方向顺时针旋转的角度 (地理学中的方位角)
- **+r***offset* 表示 r 轴的偏移量, 即不将 r=0 放在圆心处
- **+t***origin* 设置东方向对应的角度, 相当于对整个坐标轴做顺时针旋转; 若使用了 **+a** 选项, 则设置北方向对应的角度, 相当于将整个坐标轴逆时针旋转。
- **+f** 表示将径向方向反转
  - 加上 **e** 表示 r 轴为高程角, 此时 r 轴范围应在 0 到 90 之间
  - 加上 **p** 表示在 r 轴反转时设置当前地球半径 (由*PROJ_ELLIPSOID* 决定) 为 r 轴的最大值
  - 加上 *radius* 设置 r 轴的最大值
- **+z** 表示将 r 轴标记为深度而不是半径, 即 $r = radius - z$
  - 加上 **p** 表示将 radius 设置为当前地球半径
  - 加上 *radius* 表示设置 *radius* 的值

下面给出了一些极坐标的示例以展示极坐标的用法:

```
gmt begin Jp
gmt set FORMAT_GEO_MAP +D FONT_TITLE 14p,1,red
gmt basemap -JP5c  -R0/360/0/1 -Bxa45f -B+t"-JP5c -R0/360/0/1" -Y10c
gmt basemap -JP5c+a -R0/360/0/1 -Bxa45f -B+t"-JP5c+a -R0/360/0/1" -X8c
gmt basemap -JP5c+a -R0/90/0/1 -Bxa45f -Bya0.2 -BWNe+t"-JP5c+a -R0/90/0/1" -X8c
gmt basemap -JP5c+a+t45 -R0/90/0/1 -Bxa45f -Bya0.2 -BWNse+t"-JP5c+a+t45 -R0/90/0/1" -X-16c -Y-6.5c
gmt basemap -JP5c+a+t45 -R0/90/3480/6371 -Bxa45f -Bya -BWNse+t"-JP5c+a+t45 -R0/90/3480/6371" -X8c -Y1c
gmt basemap -JP5c+a+t45+z -R0/90/3480/6371 -Bxa45f -Bya -BWNse+t'-JP5c+a+t45\053z -R0/90/3480/6371' -X8c
gmt end show
```

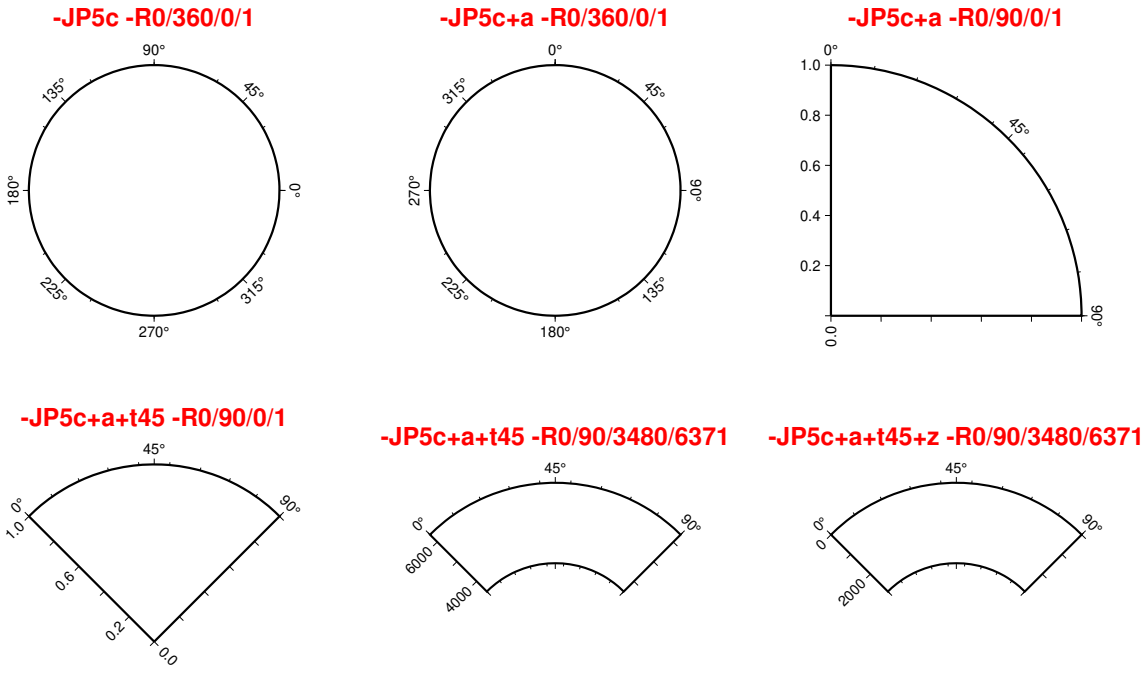


图 1: 极坐标用法示例

12.3 -JA: Lambert azimuthal equal area

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert_azimuthal_equal-area_projection

Lambert azimuthal equal area (Lambert 方位等面积投影) 由 Johann Heinrich Lambert 于 1772 年发展得到。通常用于绘制大区域地图 (例如整个大洲或半球), 该投影是方位等面积投影。在投影的中心畸变为 0, 离投影中心越远畸变越大。该投影的参数为:

-JA*lon/lat/*[*distance*/]*width* 或 **-Ja***lon/lat/*[*distance*/]*scale*

- *lon/lat* 投影中心坐标
- *distance* 投影中心到边界的角度, 默认值为 90, 即距离投影中心各 90°, 即整个半球
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 可以取 1:*xxxx* 格式 (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米), 也可以是 *radius/latitude* (表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*)

12.3.1 矩形地图

此投影下, 经线和纬线通常不是直线, 因而不适合直接用经纬线指定地图边界。本例中通过指定区域的左下角 (0°E/40°S) 和右上角 (60°E/10°S) 的坐标来指定区域范围。**-R** 中 **+r** 用于告诉 GMT 此处指定的是左下角和右上角的坐标。

```
gmt begin GMT_lambert_az_rect
gmt set FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ssF MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0
gmt coast -R0/-40/60/-10+r -JA30/-30/12c -Bag -Dl -A500 -Gp10+r300 -Wthinnest
gmt end show
```

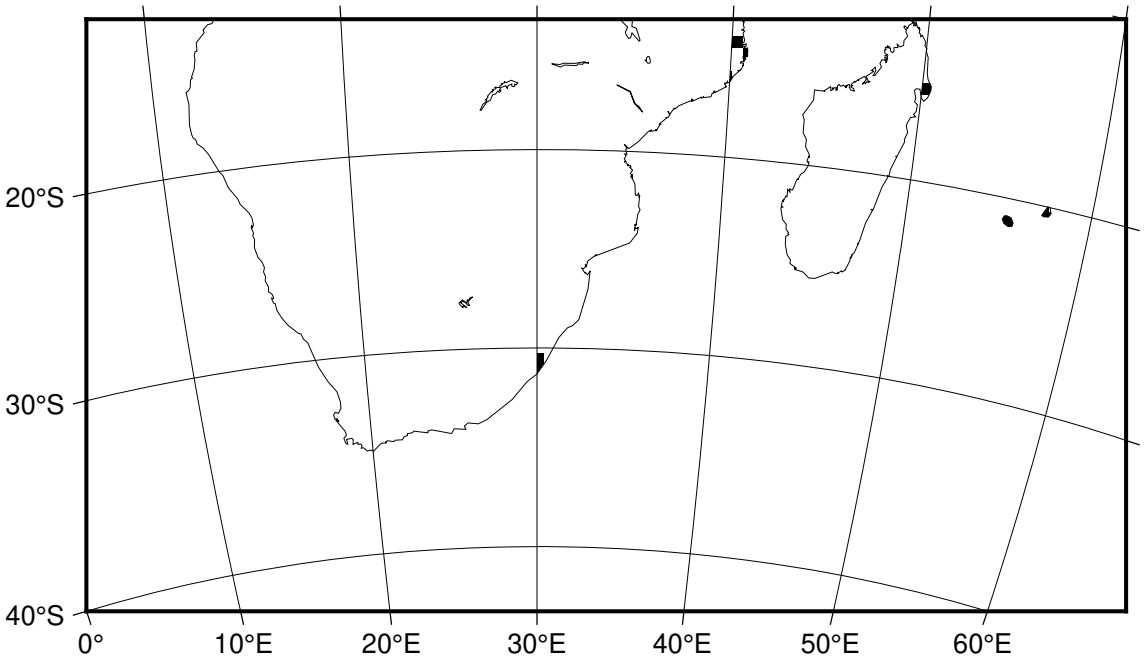


图 2: 使用 Lambert 方位等面积投影绘制矩形地图

12.3.2 半球地图

要绘制半球地图，需要指定区域范围为整个地球，此时可以使用 **-Rg** 或 **-Rd**。下图绘制了以南美洲为中心的半球图。

```
gmt coast -Rg -JA280/30/12c -Bg -Dc -A1000 -Gnavy -png GMT_lambert_az_hemi
```



图 3: 使用 Lambert 方位等面积投影绘制半球地图

12.3.3 震源辐射花样

地震学在绘制震源机制解时，就是将三维的辐射花样信息投影到一个水平面内。投影的方式有两种：Schmidt 网和 Wulff 网。其中 Schmidt 网使用的就是 Lambert 方位等面积投影（中心经纬度为 0/0），Wulff 网使用的则是等角度的立体投影（**-JS**）。两种震源球投影方式如下图所示：

Source Code

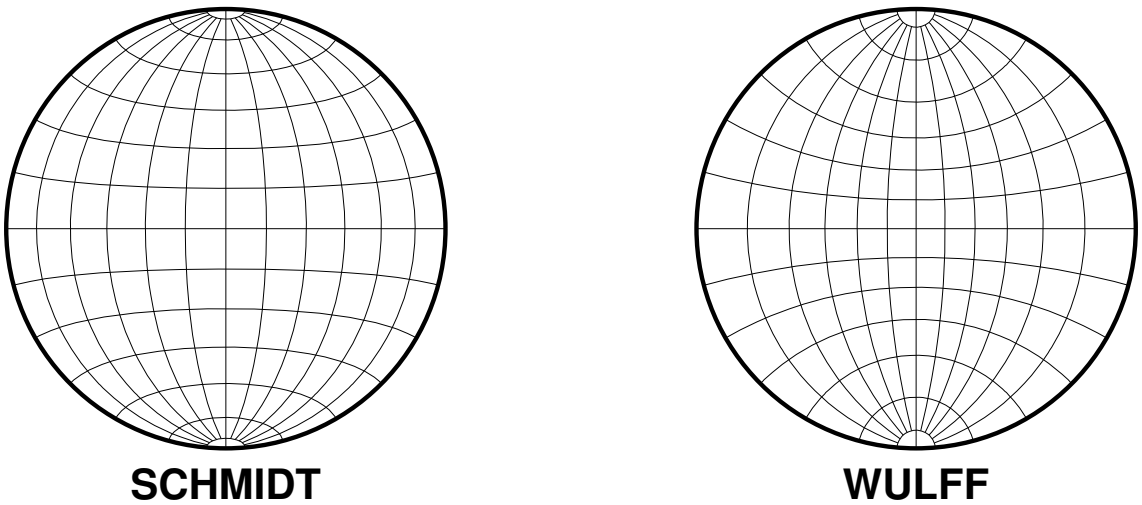


图 4: 震源球投影：等面积的 Schmidt 网和等角度的 Wulff 网

12.4 -JB: Albers conic equal area

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Albers_projection

Albers conic equal area (Albers 圆锥等面积投影) 由 Heinrich C. Albers 于 1805 年提出, 主要用于绘制东西方向范围很大的地图, 尤其是美国地图。

此投影是圆锥、等面积投影。纬线是不等间隔分布的同心圆, 在地球南北极处分布较密。经线则是等间隔分隔, 并垂直切割纬线。

在两条标准纬线处, 比例尺和形状的畸变最小; 在两者之间, 沿着纬线的比例尺偏小; 在两者外部, 沿着经线的比例尺则偏大。沿着经线, 则完全相反。

该投影方式的参数为:

-JB*lon*/*lat*/*lat1*/*lat2*/*width* 或 **-Jb***lon*/*lat*/*lat1*/*lat2*/*scale*

- *lon* 和 *lat* 是投影中心的位置
- *lat1* 和 *lat2* 是两条标准纬线
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

下图绘制了台湾附近的区域, 投影中心位于 125°E/20°N, 25 度和 45 度纬线是两条标准纬线。

```
gmt begin GMT_albers
gmt set MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0
gmt coast -R110/140/20/35 -JB125/20/25/45/12c -Bag -Dl -Ggreen -Wthinnest -A250
gmt end show
```

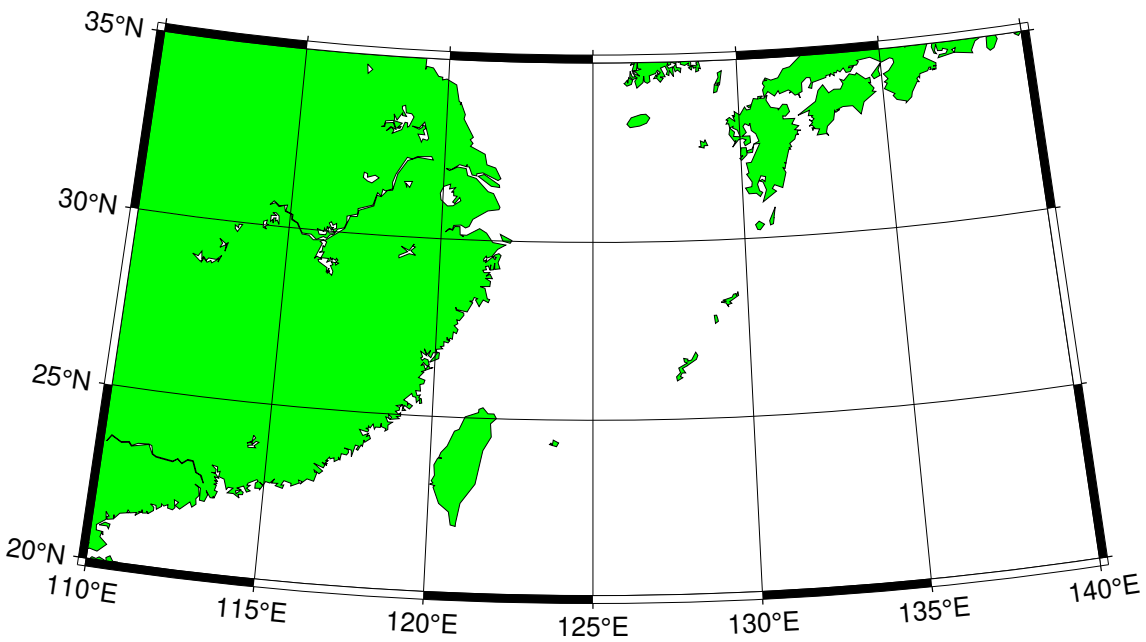


图 5: Albers 圆锥等面积投影

12.5 -JC: Cassini cylindrical

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Cassini_projection

Cassini cylindrical (Cassini 圆柱投影) 由 César-François Cassini de Thury 于 1745 年在调查法国时提出。其偶尔也被称为 Cassini-Soldner 投影, 因为后者提供了更加精确的数学分析得到了椭球下的公式。

此投影既不保角也不等面积, 而是介于二者之间的一种投影方式。沿着中心经线的畸变最小, 适合绘制南北方向区域范围较大的地图。其中, 中心经线、距离中心经线 90 度的两条经线以及赤道是直线, 其余经线和纬线都是复杂的曲线。

该投影方式的参数为:

-JC*lon*/*lat*/*width* 或 **-Jc***lon*/*lat*/*scale*

- *lon*/*lat* 为中心的经纬度
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -R7:30/38:30/10:30/41:30+r -JC8.75/40/6c -Bafg -LjBR+c40+w100+f+o0.4c/0.5c -Dh \
    -Gspringgreen -Sazure -Wthinnest -Ia/thinner --FONT_LABEL=10p -png GMT_cassini
```

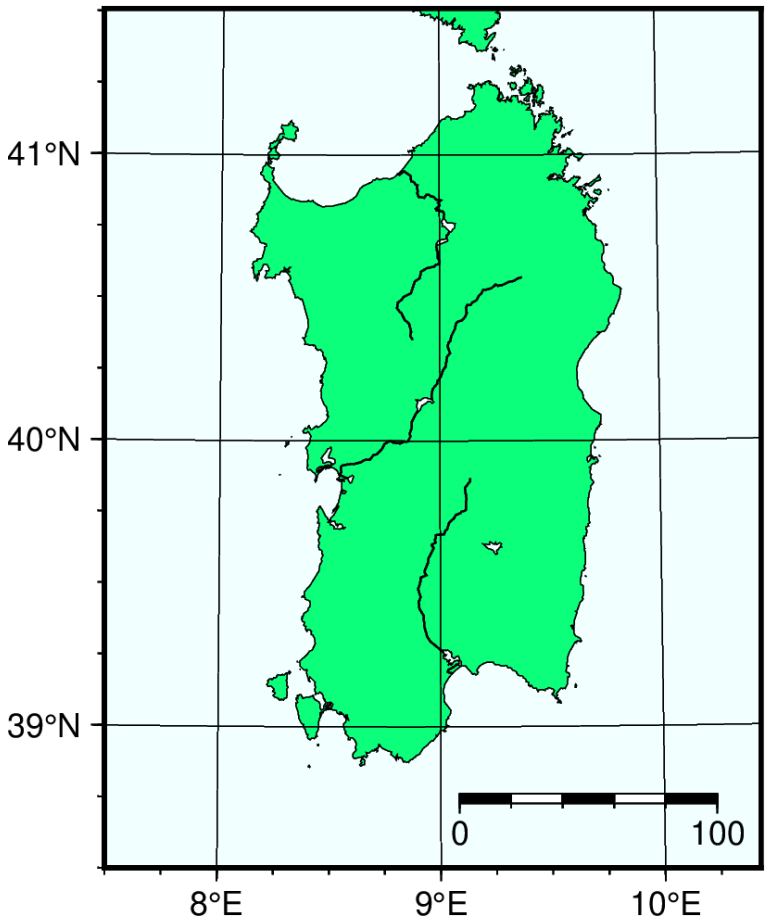


图 6: Cassini 投影绘制 Sardinia 岛

12.6 -JCyl_stere: Cylindrical stereographic

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Gall_stereographic_projection

Cylindrical stereographic (圆柱立体投影) 不像其它的圆柱投影那样令人关注, 但由于其相对简单且能够克服其它圆柱投影的缺点 (比如高纬度的畸变), 故而仍然被使用。立体投影是透视投影, 将整个球沿着赤道上的对跖点投影到一个圆柱上。该圆柱于两条距赤道等间距的标准纬线处穿过球体。

该投影的参数为:

-JCyl_stere/[*lon*[/*lat*]]/*width* 或 **-Jcyl_stere**/[*lon*[/*lat*]]/*scale*

- *lon* 中心经线 [默认为绘图区域的中心经线]
- *lat* 标准纬线 [默认是赤道。若使用, 则必须指定中心经线]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

一些比较流行的标准纬线的选择如下:

Miller' s modified Gall	66.159467°
Kamenetskiy' s First	55°
Gall' s stereographic	45°
Bolshoi Sovietskii Atlas Mira or Kamenetskiy' s Second	30°
Braun' s cylindrical	0°

```
gmt begin GMT_gall_stereo
gmt set FORMAT_GEO_MAP dddA
gmt coast -R-180/180/-60/80 -JCyl_stere/0/45/12c -Bxa60f30g30 -Bya30g30 -A5000 -Wblack -Gseashell4 -Santiquewhite1
gmt end show
```

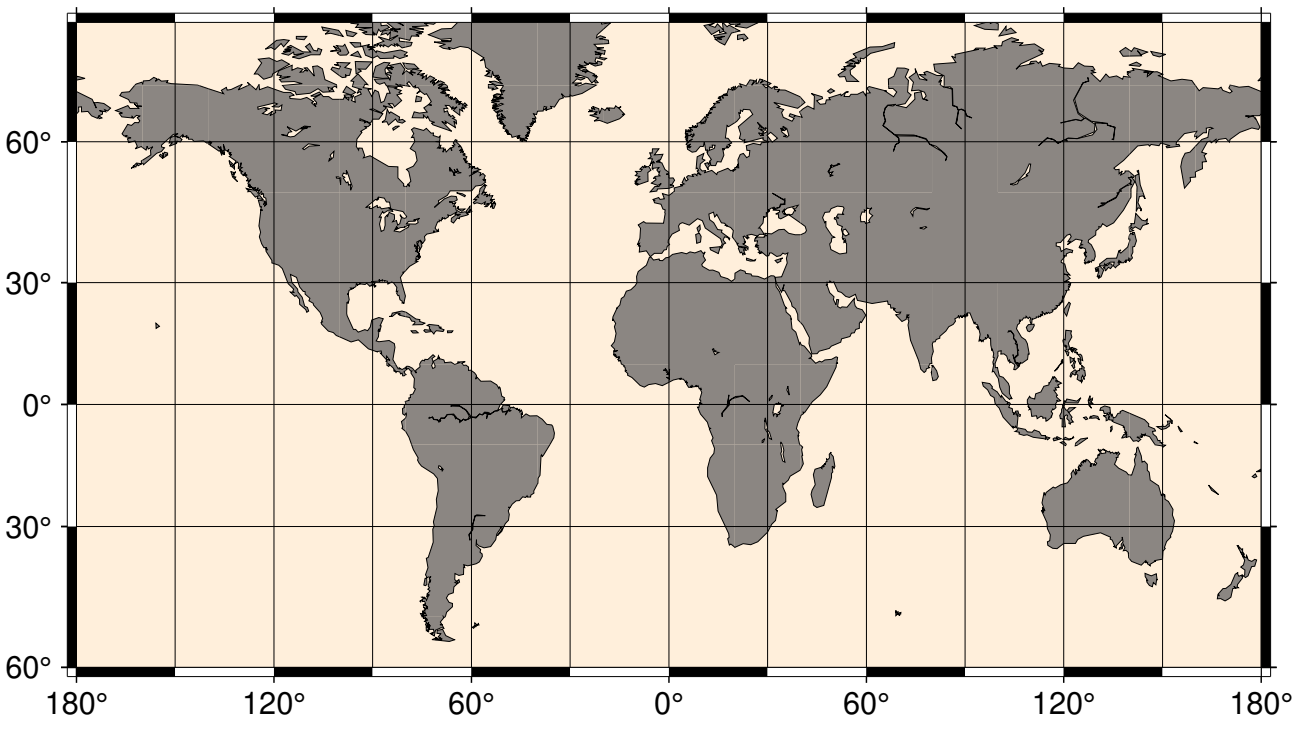


图 7: 使用 Gall 立体投影绘制世界地图

12.7 -JD: Equidistant conic

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Equidistant_conic_projection

Equidistant conic (等距圆锥投影) 由希腊哲学家 Claudius Ptolemy 于公元 150 年提出。其既不是保角也不是等面积, 而是两种的折衷。在所有经线以及标准纬线上比例尺没有畸变。

该投影的参数为:

-JD*lon0/lat0/lat1/lat2/width* 或 **-Jd***lon0/lat0/lat1/lat2/scale*

- *lon/lat* 投影中心位置
- *lat1/lat2* 两条标准纬线
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

等距圆锥投影常用于绘制小国家的地图集。

```
gmt begin GMT_equidistant_conic
gmt set FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ssF MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0.15c
gmt coast -R-88/-70/18/24 -JD-79/21/19/23/12c -Bag -Di -N1/thick,red -Glightgreen -Wthinnest
gmt end show
```

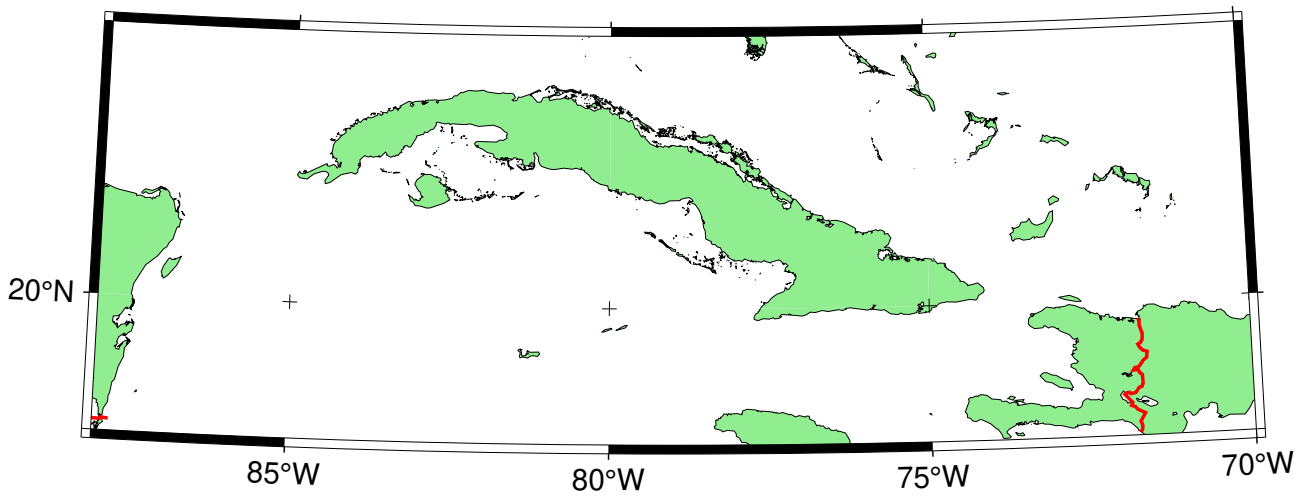


图 8: 等距圆锥地图投影

12.8 -JE: Azimuthal equidistant

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Azimuthal_equidistant_projection

Azimuthal equidistant (方位等距投影) 最显著的特征是在图上测量的从中心到任意一点的距离是真实的。因而, 地图上以投影中心为圆心的圆在真实地球上与投影中心是等距离的。同时, 从中心出发的任意方向也是真实的。该投影常用于展示多个地理位置与指定点的距离图。

该投影的参数为:

-JE*lon0/lat0*[*/distance*]*/width* 或 **-Je***lon0/lat0*[*/distance*]*/scale*

- *lon/lat* 投影中心的经纬度
- *distance* 是边界距离投影中心的度数, 默认值为 180, 即绘制全球图
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 可以取 1:*xxxx* 格式 (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米), 也可以是 *radius/latitude*

（表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*）

下图中，投影中心为 100°W/40°N，离投影中心 180 度的点在图中的最外边界处。

```
gmt coast -Rg -JE-100/40/12c -Bg -Dc -A10000 -Glightgray -Wthinnest -png GMT_az_equidistant
```

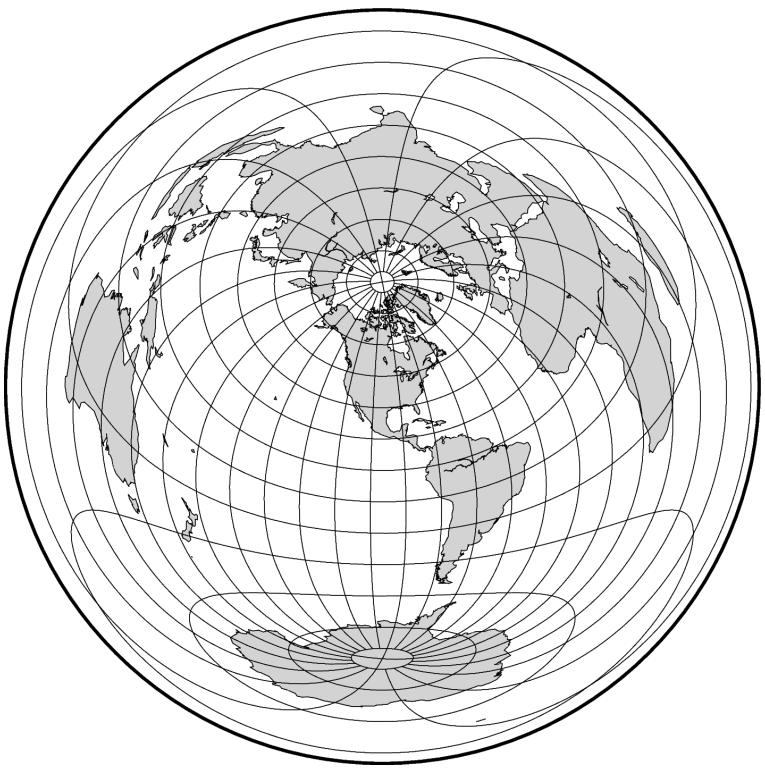


图 9: 使用等距方位投影绘制全球图

12.9 -JF: Azimuthal gnomonic

维基链接：https://en.wikipedia.org/wiki/Gnomonic_projection

Azimuthal gnomonic（球心方位投影）是一个从中心投影到与表面相切的一个平面的透视投影。此投影既不等面积也不保角，且在半球的边界处有很大畸变。事实上，对于指定的中心而言，只能绘制不超过半球的区域。但从投影中心出发的方向是真实的。大圆弧会被投影成直线。

该投影的参数为：

-JF*lon*/*lat*[/*distance*]/*width* 或 **-Jf***lon*/*lat*[/*distance*]/*scale*

- *lon*/*lat* 投影中心的经纬度
- *distance* 地图边界到投影中心的角度，默认值为 60 度
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，可以取 1:*xxxx* 格式（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米），也可以是 *radius*/*latitude*（表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*）

```
gmt coast -Rg -JF-120/35/60/12c -B30g15 -Dc -A10000 -Gtan -Scyan -Wthinnest -png GMT_gnomonic
```

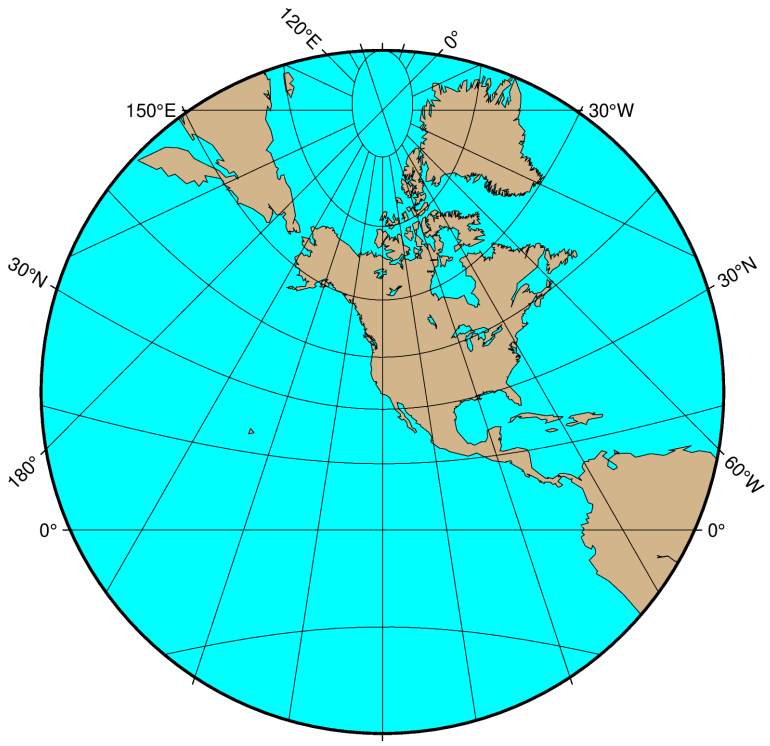


图 10: 球心方位投影

12.10 -JG: Azimuthal orthographic/General perspective

Azimuthal orthographic (正射方位投影) 是一种从无穷远距离处的透视投影, 因而常用于绘制从外太空看地球。与 Lambert 等面积投影以及立体投影类似, 一次只能看到一个半球。该投影既不是等面积也不是保角, 在半球边界处有较大畸变。从投影中心出发的任意方向是真实的。

该投影的参数为:

-JG*lon*/*lat*[/*distance*]/*width* 或 **-Jg***lon*/*lat*[/*distance*]/*scale*

- *lon*/*lat* 是投影中心位置
- *distance* 是边界离投影中心的度数 [<=90, 默认值为 90]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 可以取 1:*xxxx* 格式 (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米), 也可以是 *radius*/*latitude* (表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*)

```
gmt coast -Rg -JG-75/41/12c -Bg -Dc -A5000 -Gpink -Sthistle -png GMT_orthographic
```

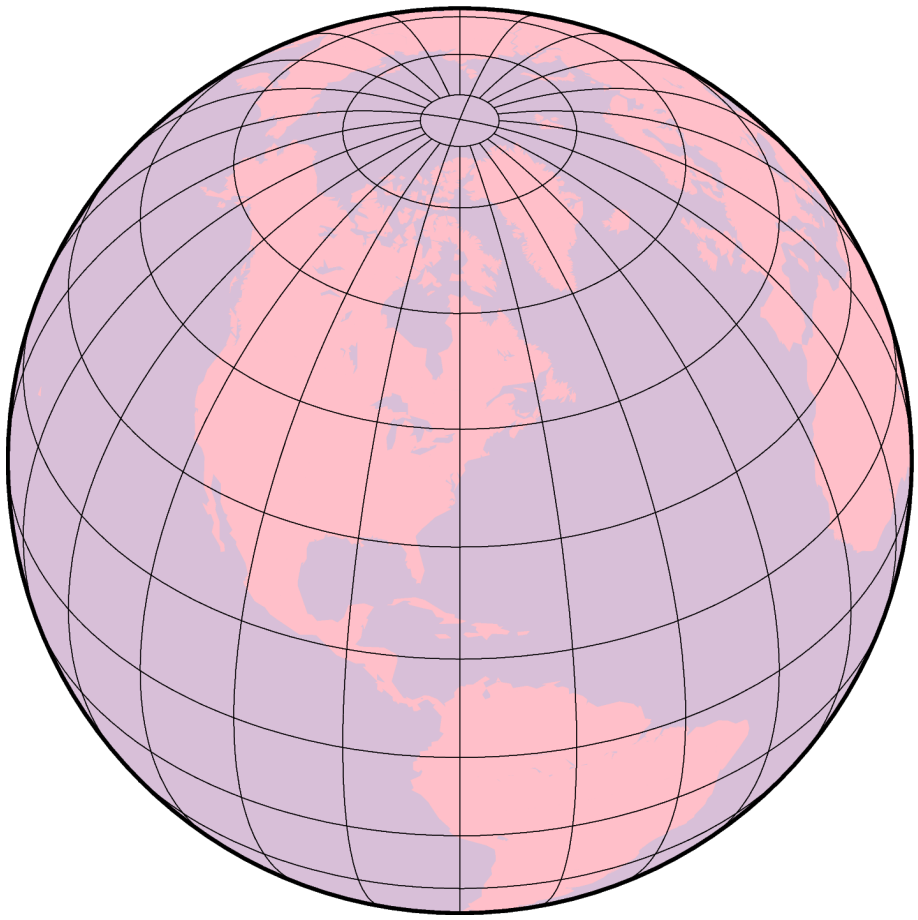


图 11: 使用正射投影绘制半球

-Jg 加上更多的参数时还可以用于绘制 General perspective（透视投影），以在二维平面内模拟从太空看三维的地球。该投影与正射投影类似，都是从空间进行透视投影。不同之处在于，正射投影的透视点在无穷远处，而透视投影可以指定透视点的位置，因此整体效果类似于从飞行器拍摄地球。

该投影的参数为：

-JG*lon*/*lat*/*altitude*/*azimuth*/*tilt*/*twist*/*Width*/*Height*/*width* 或 **-Jg***lon*/*lat*/*altitude*/*azimuth*/*tilt*/*twist*/*Width*/*Height*/*scale*

- *lon*/*lat* 投影中心的经纬度
- *altitude* 是观察者所处的海拔，单位为 km，默认值为 230 km。若该值小于 10，则假定是观察者相对于地心的距离，若距离后加了 **r**，则表示观察者与地心的距离（单位为 km）。
- *azimuth* 观察者的方位角（相对于北向顺时针旋转的角度）。默认值为 90 度，即从东向观测
- *tilt* 倾角（单位为度）。即相对于天顶的角度，默认值为 60 度。若值为 0 则表示在天顶直接向下看，值为 60 则表示在天顶处沿着水平方向 30 度角的方向观察
- *twist* 扭转角度，即投影图像视轴的顺时针旋转。180° 的扭转（如下图）模仿了飞行器倒挂飞行的情形。
- *Width*/*Height* 是视角的角度，单位为度，默认值为 60。该值取决于你是否是使用裸眼观看（裸眼的角度一般是 60 度宽），或使用其它设备（如望远镜）
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，可以取 1:*xxxx* 格式（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米），也可以是 *radius*/*latitude*（表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*）

备注

由于透视投影类似从空间的飞行器中观察地球，*azimuth*，*tilt* 以及 *twist* 可以从飞行器姿态的角度理解，分别对应航偏角、俯仰角以及翻滚角。*twist* 为 180° 时，可以看作“头朝下”观察地球。

```
gmt coast -Rg -JG4/52/230/90/60/180/60/60/12c -Bx2g2 -By1g1 -Ia -Di -Glightbrown \
    -Wthinnest -Slightblue --MAP_ANNOT_MIN_SPACING=0.6c -png GMT_perspective
```

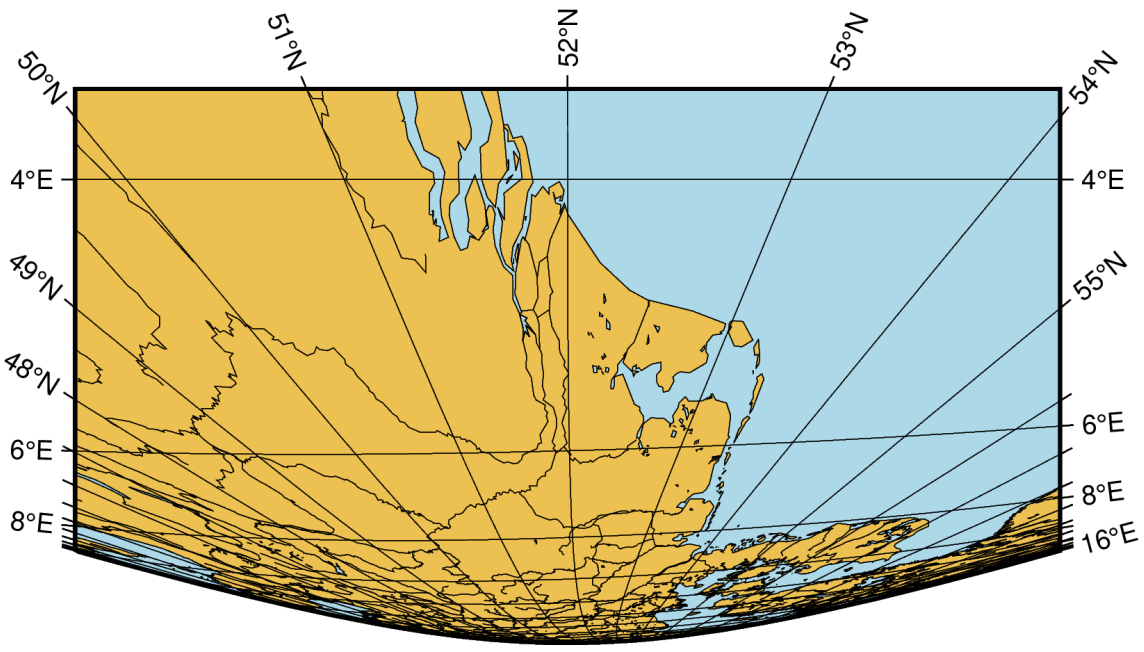


图 12: 透视投影

12.11 -JH: Hammer equal area

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Hammer_projection

Hammer equal area (等面积 Hammer 投影) 由德国数学家 Ernst von Hammer 于 1892 年提出, 也被称为 Hammer-Aitoff 投影 (Aitoff 投影与之看起来相似, 但不等面积)。投影后的边界是一个椭圆, 赤道和中心经线是直线, 其余纬线和经线都是复杂曲线。

该投影的参数为:

-JH[*lon*/]*width* 或 **-Jh**[*lon*/]*scale*

- *lon* 是中心经线 [默认位于地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -Rg -JH12c -Bg -Dc -A10000 -Gblack -Scornsilk -png GMT_hammer
```

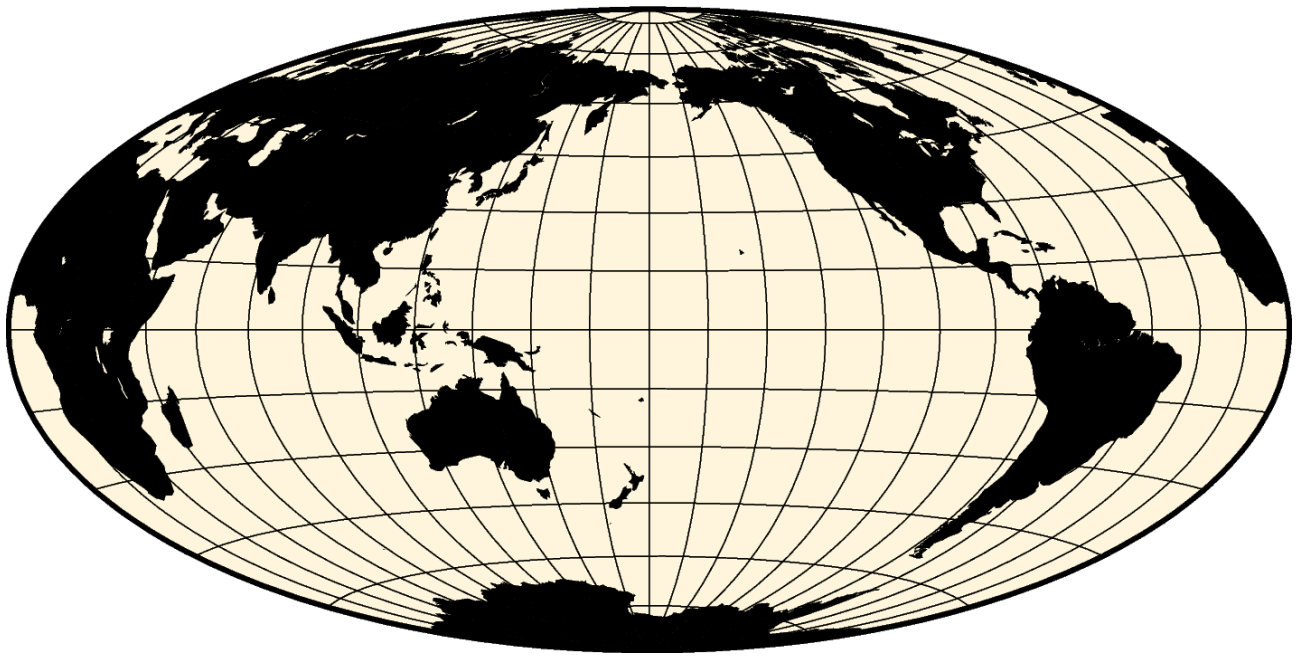


图 13: 使用 Hammer 投影绘制全球地图

12.12 -JI: Sinusoidal equal area

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Sinusoidal_projection

Sinusoidal equal area (正弦曲线投影) 是等面积投影, 是已知的最古老的投影之一, 也被称为等面积 Mercator 投影。其中心经线是直线, 其余经线是正弦曲线, 纬线是等间距的直线。在所有纬线和中心经线处比例尺是真实的。

该投影的参数为:

-JI[*lon*/]*width* 或 **-Ji**[*lon*/]*scale*

- *lon* 是中心经线 [默认值为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -Rd -JI12c -Bg -Dc -A10000 -Gcoral4 -Sazure3 -png GMT_sinusoidal
```

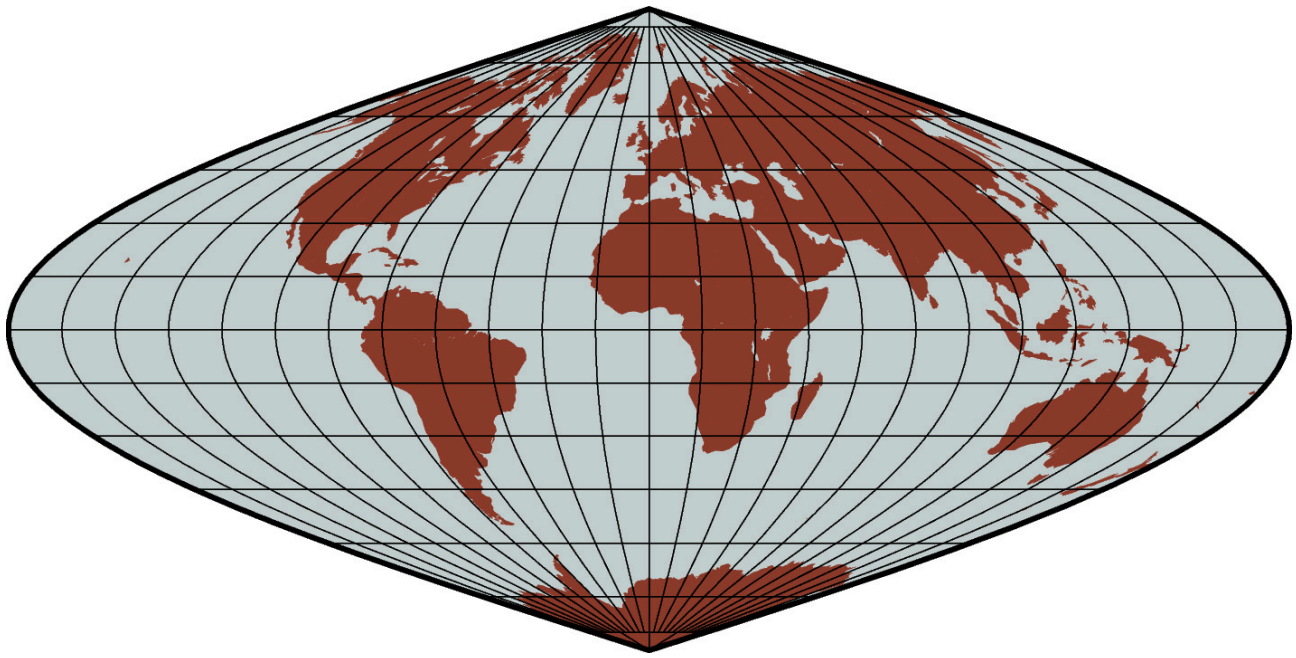


图 14: 使用正弦曲线投影绘制世界地图

为了减少形状的畸变, 1927 年引入了间断正弦曲线投影, 即用三个对称的段来覆盖全球。传统上, 间断出现在 160°W、20°W 和 60°E 处。为了生成间断地图, 必须调用 *coast* 三次以分别绘制每段地图并叠加起来。间断正弦曲线投影一般仅用于显示全球不连续数据分布。

为了生成一个宽度为 14.4 cm 英寸的间断世界地图, 需要设置比例尺为 14.4/360 = 0.04, 并将每段图沿水平方向偏移其对应的宽度 (140 x 0.04 和 80 x 0.04)。

```
gmt begin GMT_sinus_int
gmt coast -R200/340/-90/90 -Ji0.04c -Bg -A10000 -Dc -Gdarkred -Sazure
gmt coast -R-20/60/-90/90 -Bg -Dc -A10000 -Gdarkgreen -Sazure -X5.6c
gmt coast -R60/200/-90/90 -Bg -Dc -A10000 -Gdarkblue -X3.2c
gmt end show
```

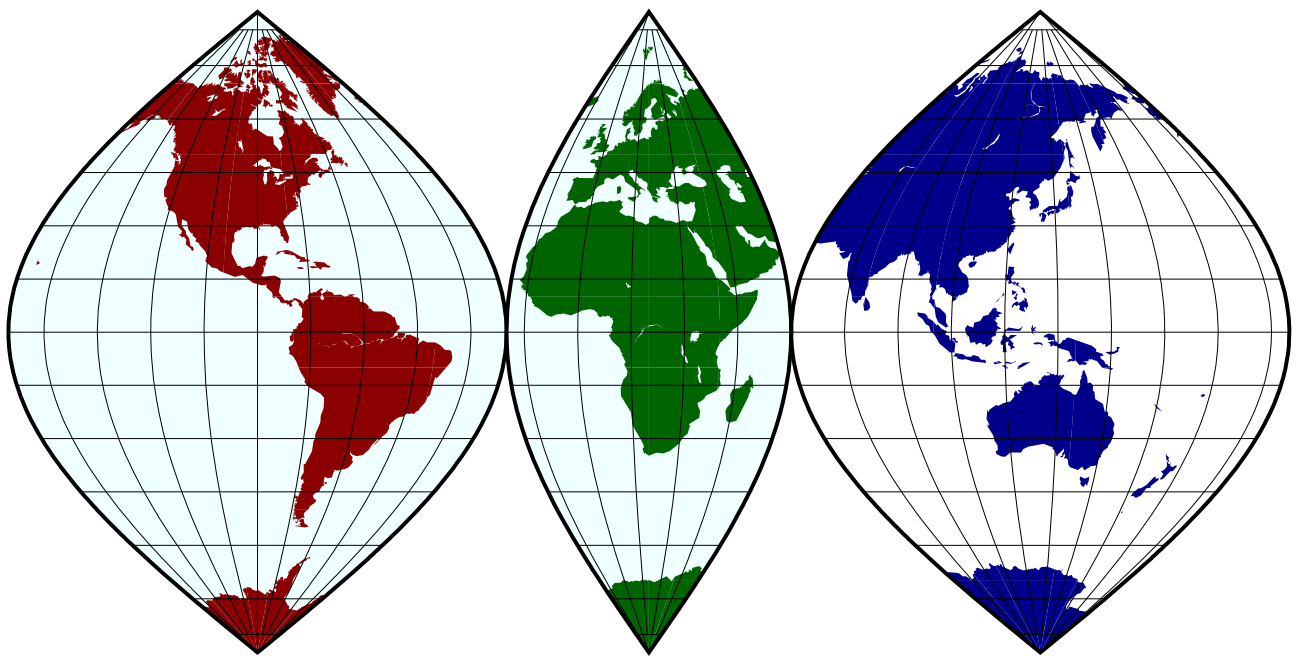


图 15: 使用间断正弦曲线投影绘制世界地图

12.13 -JJ: Miller cylindrical

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Miller_cylindrical_projection

Miller cylindrical (Miller 圆柱投影) 由 Osborn Maitland Miller 于 1942 年提出, 该投影既不是保角也不是等面积。所有的经线和纬线都是直线。该投影是 Mercator 与其他圆柱投影之间的折衷。在此投影中, 纬线之间的间距使用了 Mercator 公式并乘以 0.8 倍的真实纬度, 因而避免了极点的奇点, 然后再将结果除以 0.8。

该投影的参数为:

-JJ*lon*/*width* 或 **-Jj***lon*/*scale*

- *lon* 为中心经度 [默认为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -R-90/270/-80/90 -Jj1:400000000 -Bx45g45 -By30g30 -Dc -A10000 -Gkhaki -Wthinnest -Sazure -png GMT_miller
```

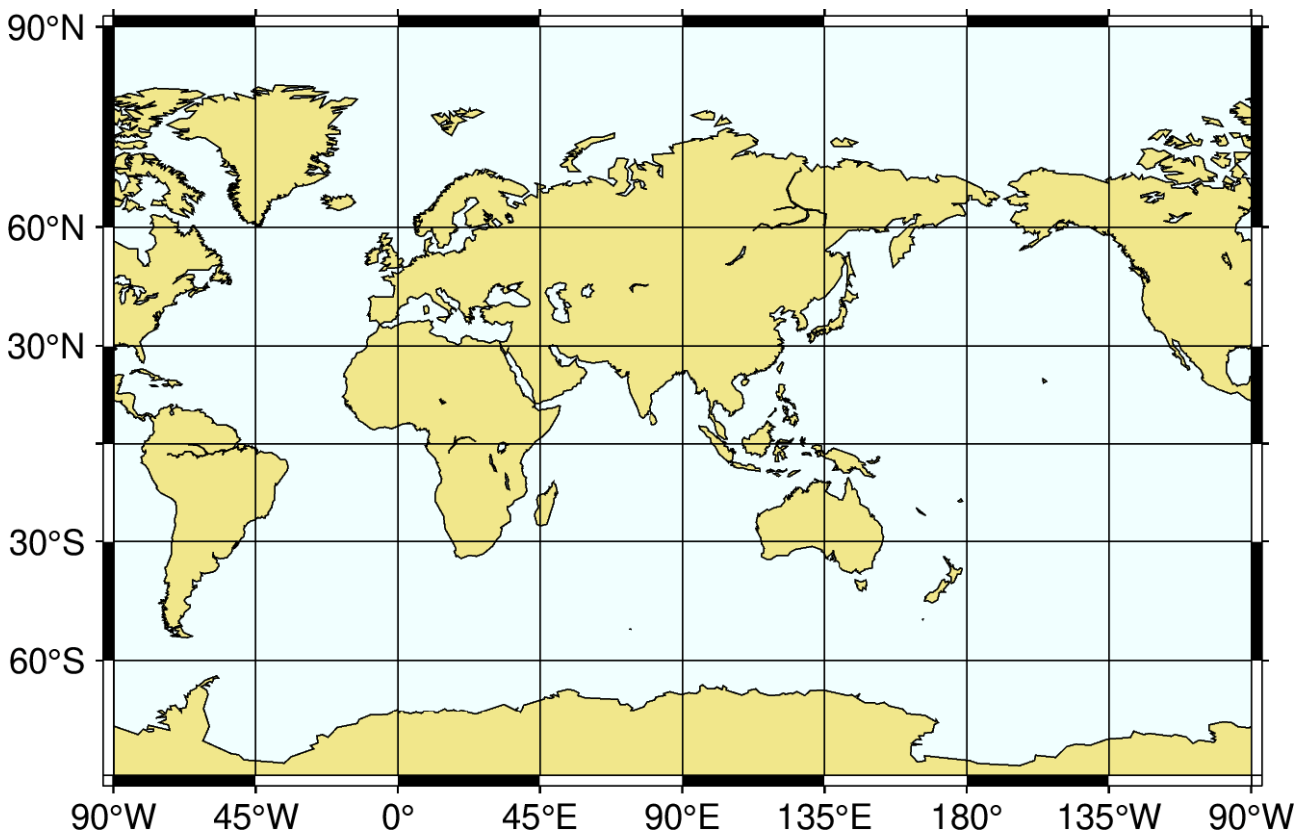


图 16: 使用 Miller 圆柱投影绘制世界地图

12.14 -JK: Eckert equal area

维基链接:

- https://en.wikipedia.org/wiki/Eckert_IV_projection
- https://en.wikipedia.org/wiki/Eckert_VI_projection

Eckert IV/VI equal area (Eckert IV/VI 等面积投影) 由 Max Eckert-Greiffendorff 于 1906 年提出, 是伪圆柱等面积投影。中心经线以及所有的纬线都是直线, 其余经线是等间隔分布的椭圆弧 (IV) 或正弦曲线 (VI)。比例尺在纬线 40°30' (IV) 和 49°16' (VI) 是真实的。**-JKf** (f 代表 four) 表示使用 Eckert IV 投影, **-JKs** (s 代表 six) 表示使用 Eckert VI 投影。若不指定 **f** 或 **s**, 则默认使用 Eckert VI 投影。

该选项的参数为:

-JK[**f**|**s**][*lon*/]*width* 或 **-Jk**[**f**|**s**][*lon*/]*scale*

- *lon* 为中心经度 [默认为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx*（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米）

Eckert IV 示例:

```
gmt coast -Rg -JKf12c -Bg -Dc -A10000 -Wthinnest -Givory -Sbisque3 -png GMT_eckert4
```

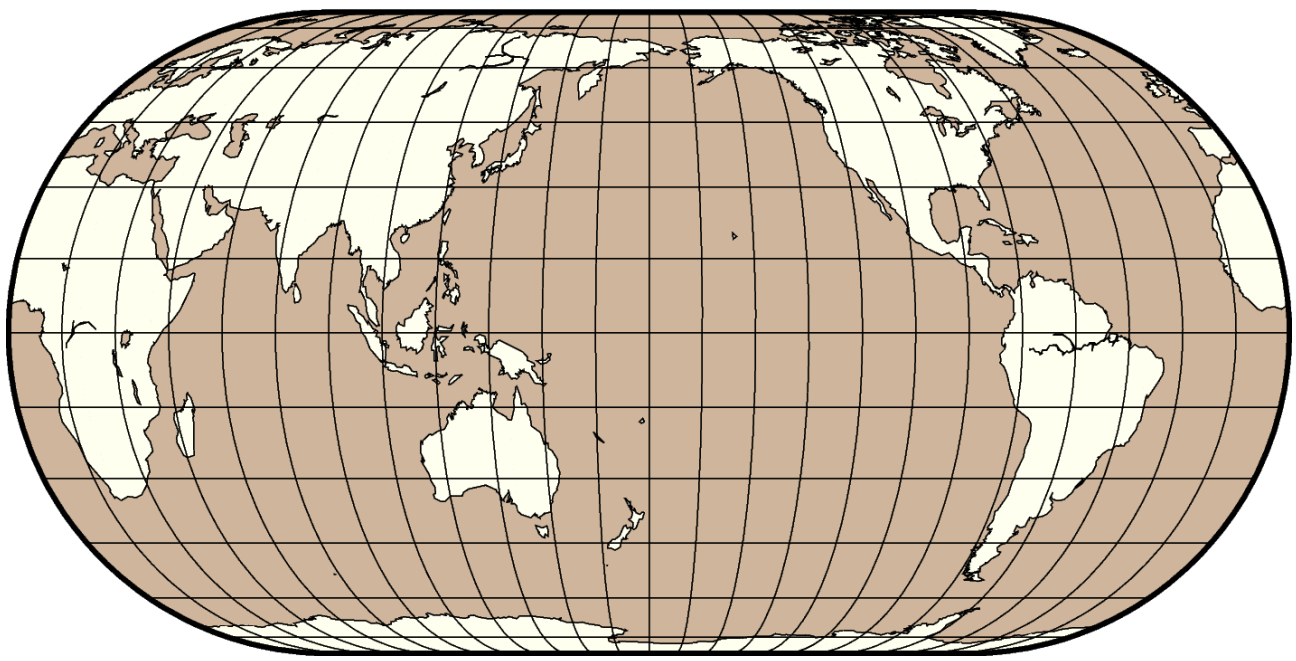


图 17: Eckert IV 投影绘制全球图

Eckert VI 示例:

```
gmt coast -Rg -JKs12c -Bg -Dc -A10000 -Wthinnest -Givory -Sbisque3 -png GMT_eckert4
```

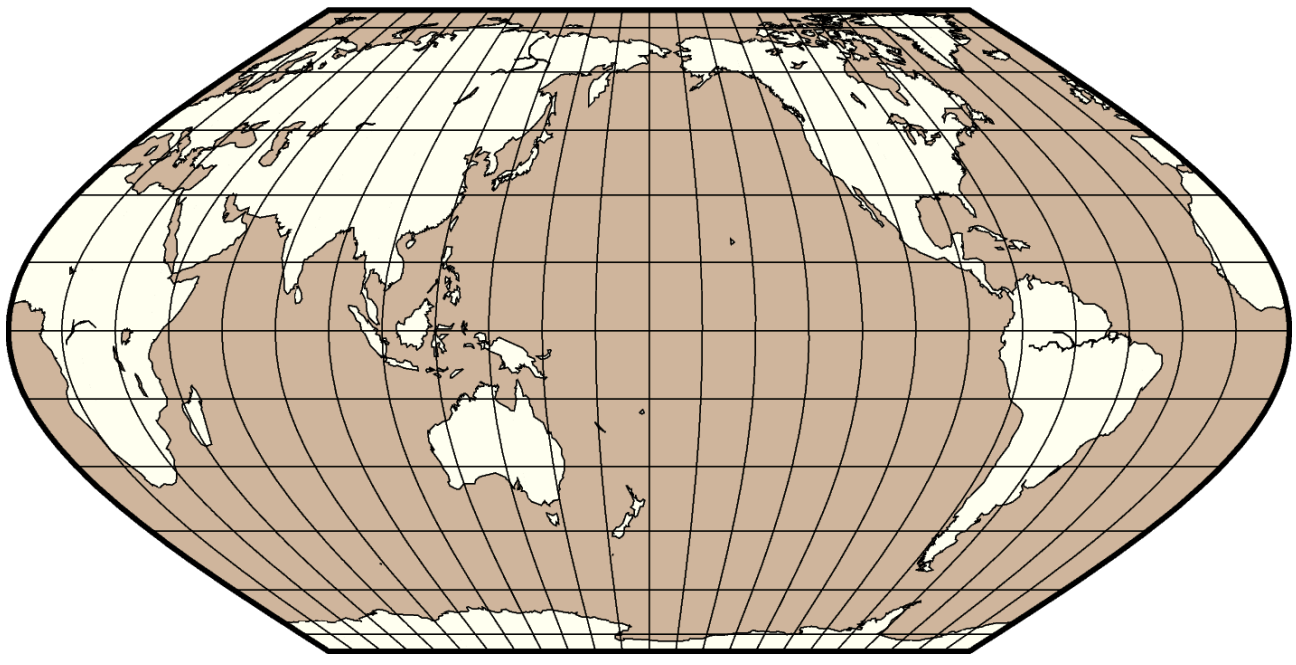


图 18: Eckert VI 投影绘制全球图

12.15 -JL: Lambert conic conformal

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert_conformal_conic_projection

Lambert conic conformal (Lambert 圆锥保角投影) 由 Johann Heinrich Lambert 于 1772 年提出, 主要用于绘制东西方向范围很大的地图。与 Albers 投影不同的是, Lambert 投影不是等面积的。纬线是共圆心的圆弧, 经线是这些圆的等间隔分布的半径。与 Albers 投影类似, 只有两条标准纬线是无畸变的。投影中心的选取并不影响投影, 但其指定了哪一条经线垂直于地图。

该投影的参数为:

-JL*lon0*/*lat0*/*lat1*/*lat2*/*width* 或 **-Jl***lon0*/*lat0*/*lat1*/*lat2*/*scale*

- *lon0* 和 *lat0* 是投影中心的位置
- *lat1* 和 *lat2* 是两条标准纬线
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

Lambert 保角投影场用于绘制美国地图, 两个固定的标准纬线是 33°N 和 45°N。

```
gmt begin GMT_lambert_conic
gmt set MAP_FRAME_TYPE fancy FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ssF MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0.15c
gmt coast -R-130/-70/24/52 -JL-100/35/33/45/12c -Bag -Dl -N1/thick,red -N2/thin -A500 -Gtan -Wthinnest,white -Sblue
gmt end show
```

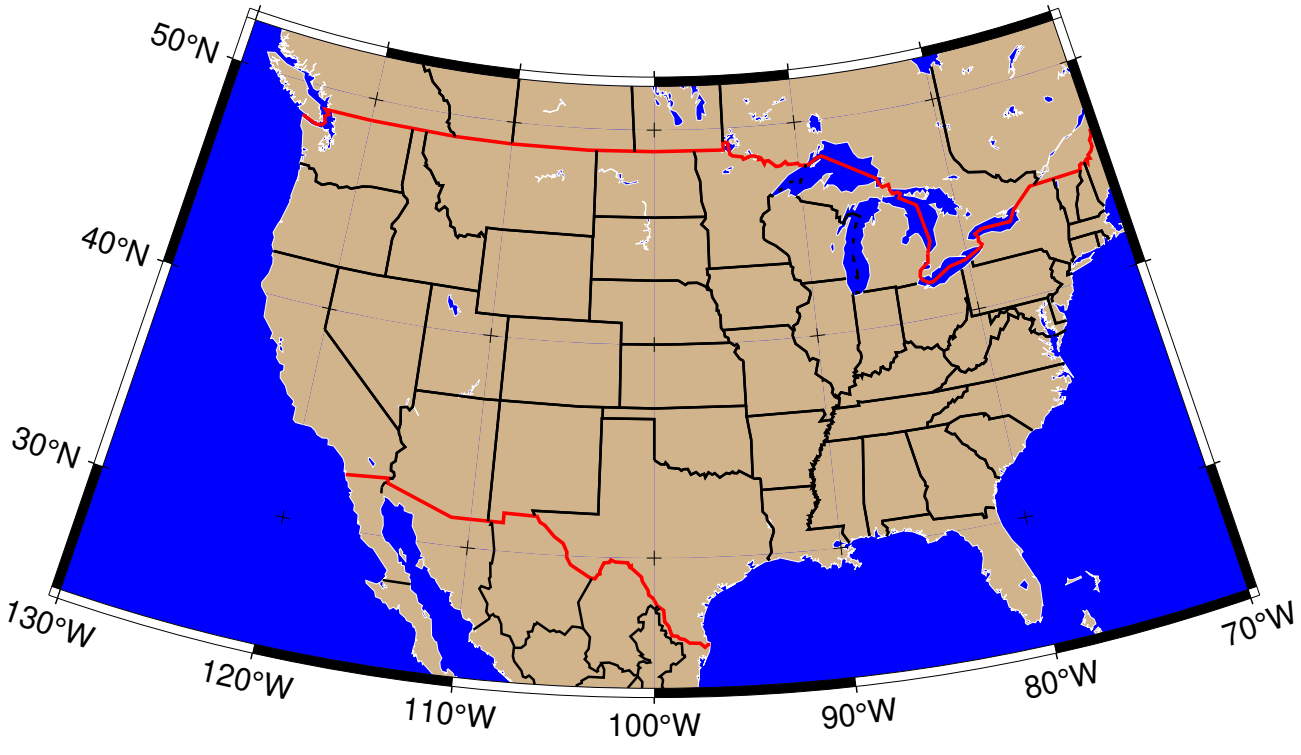


图 19: Lambert 保角圆锥投影

12.16 -JM: Mercator cylindrical

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Mercator_projection

Mercator 投影是各种地图投影中最著名的一个, 其由 Gerardus Mercator 于 1569 年提出。此投影是圆柱保角投影, 沿着赤道无畸变, 但两极畸变严重。此投影的主要特点是等方位角的线是一条直线, 这样一条线称为 rhumb 线或 loxodrome。

在常规 Mercator 投影中, 圆柱与赤道相切。若圆柱沿着其他方向与地球相切, 则称为横向 Mercator 投影或倾斜 Mercator 投影。

常规的 Mercator 投影需要的参数如下:

-JM[*lon*[/*lat*]/]*width* 或 **-Jm**[*lon*[/*lat*]/]*scale*

- *lon* 中心经线, 默认为地图区域的中心
- *lat* 标准纬线, 默认值为赤道。若要指定标准纬线, 则必须同时指定中心经线
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt begin GMT_mercator
gmt set MAP_FRAME_TYPE fancy+
gmt coast -R0/360/-70/70 -Jm0.03c -Bxa60f15 -Bya30f15 -Dc -A5000 -Gred
gmt end show
```

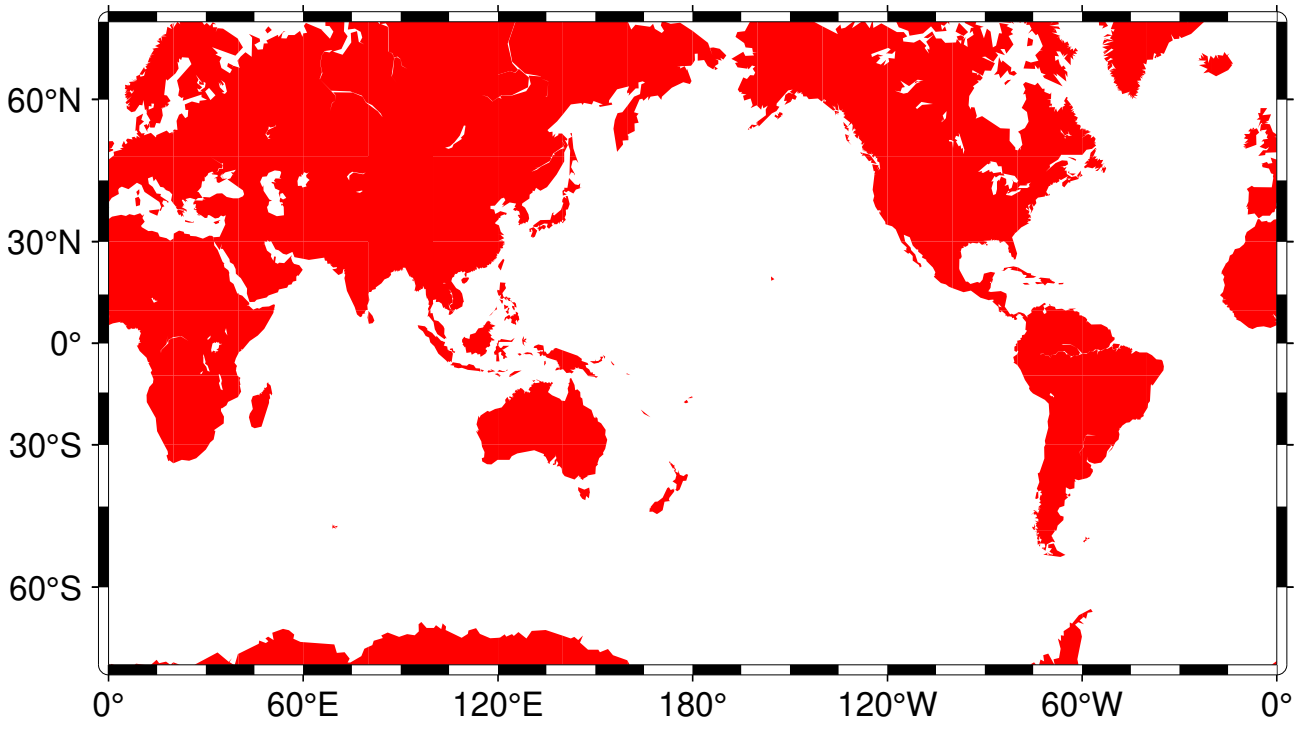


图 20: Mercator 投影

12.17 -JN: Robinson

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Robinson_projection

Robinson 投影由 Arthur H. Robinson 于 1963 年提出, 是一个修改后的圆柱投影, 既不是保角也不是等面积。中心经线以及所有纬线都是直线, 其余经线都是曲线。其使用查找表的方式而不是解析表达式来使得全球看上去比较正常。比例尺在经线 38° 是真实的。

该投影的参数为:

-JN[*lon*/]*width* 或 **-Jn**[*lon*/]*scale*

- *lon* 是中心经线 [默认值为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -Rd -JN12c -Bg -Dc -A10000 -Ggoldenrod -Ssnow2 -png GMT_robinson
```

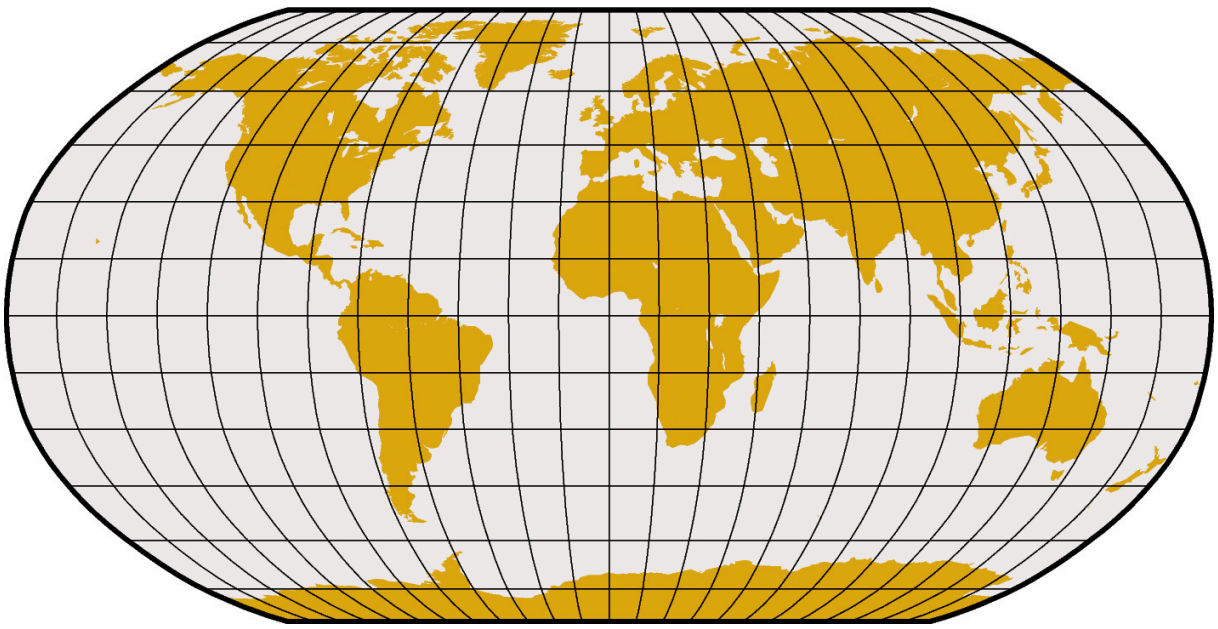


图 21: 使用 Robinson 投影绘制全球地图

12.18 -JO: Oblique Mercator

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Space-oblique_Mercator_projection

Oblique Mercator (倾斜 Mercator 投影) 常用于绘制沿着倾斜方向横向范围较大的地图, 其经线和纬线都是复杂曲线。

其有多种定义方式:

- **-JO**[**a**|**A**]*lon*/*lat*/*azi*/*width*
- **-Jo**[**a**|**A**]*lon*/*lat*/*azi*/*scale*
- **-JO**[**b**|**B**]*lon*/*lat*/*lon2*/*lat2*/*width*
- **-Jo**[**b**|**B**]*lon*/*lat*/*lon2*/*lat2*/*scale*
- **-JO**[**c**|**C**]*lon*/*lat*/*lonp*/*latp*/*width*
- **-Jo**[**c**|**C**]*lon*/*lat*/*lonp*/*latp*/*scale*
- *lon*/*lat* 投影中心的经纬度
- *azi* 倾斜赤道的方位角

- *lon2/lat2* 倾斜赤道上另一个点的经纬度
- *lonp/latp* 投影极点的经纬度

在三种定义中, 大写的 **A|B|C** 表示允许投影极点位于南半球。

```
gmt coast -R270/20/305/25+r -JOc280/25.5/22/69/12c -Bag -Di -A250 -Gburlywood -Wthinnest \
    -TdjTR+w1c+f2+l+o0.4c -Sazure --FONT_TITLE=8p --MAP_TITLE_OFFSET=4p -png GMT_obl_merc
```

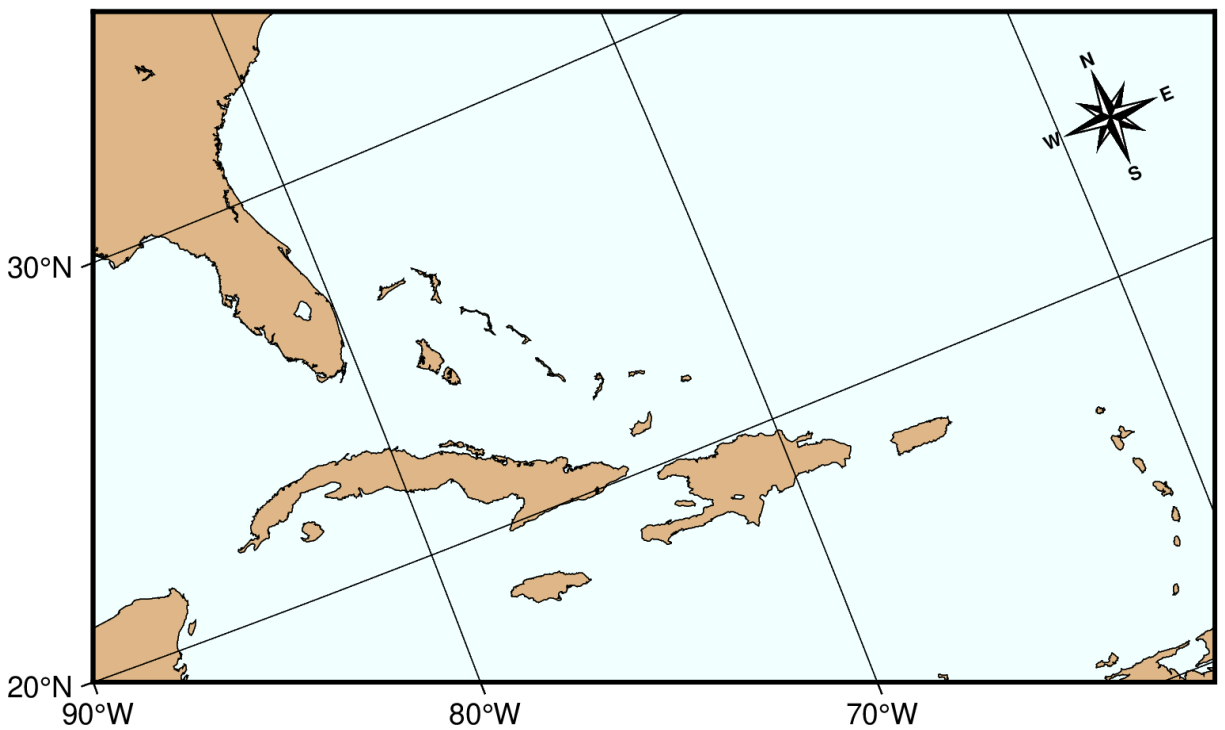


图 22: 使用 **-Joc** 倾斜 Mercator 投影

在使用倾斜投影时，直接指定整个区域相对地图中心的相对投影坐标更为方便，下面的示例中使用了 **-R-1000/1000/-500/500+uk** 来指定相对投影坐标。这里 **k** 表示 km。GMT 将自动确定对角顶点的地理坐标。

Source Code

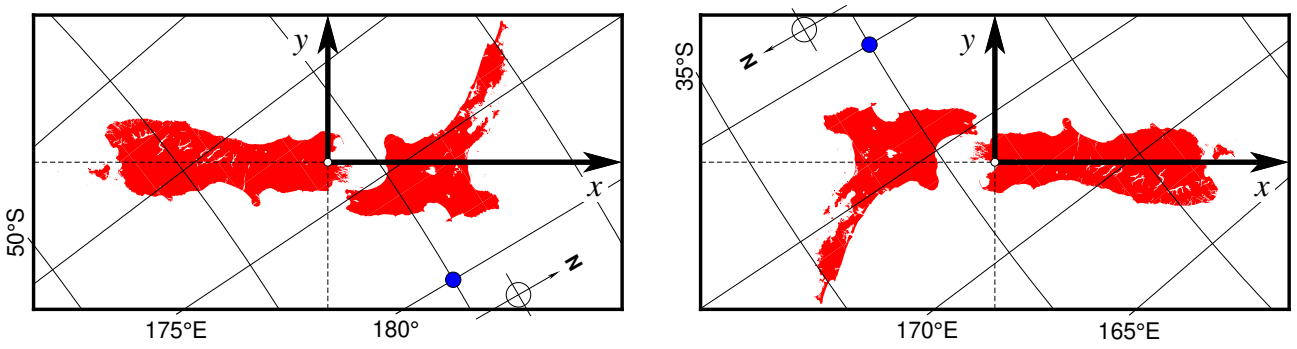


图 23: 使用 **-JOa** 倾斜 Mercator 投影

上图中，左图使用了 **-JOa173:17:02E/41:16:15S/35/3i**。图的尺寸为 2000 km X 1000 km。图中黑色轴表示投影后的笛卡尔坐标系。图中蓝点的地理坐标为 40S,180E，投影后坐标为 (426.2, -399.7)。右图使用了 **-JOA173:17:02E/41:16:15S/215/3i**。与左图相比，其它参数相同，但方位角为 215°，生成了一个投影极点位于南半球的地图（因而这里使用 **-JOA** 来覆盖这一限制）。投影后的坐标系依然像左图那样，但整个地球旋转了 180°。蓝色点投影后的坐标为 (-426.2,399.7)。

倾斜 Mercator 投影默认使得倾斜的赤道成为新的 X 轴。若想要使倾斜赤道变为垂直方向，即成为新的 Y 轴，

可以在投影参数后加上 +v 选项。需要注意的是，如果在指定绘图区域 **-R** 时没有使用子选项 +r，则 **-R** 后的参数会被认为是相对于投影中心的倾斜角度，而非经纬度范围。

```
gmt begin GMT_obl_baja
gmt set MAP_ANNOT_OBLIQUE lon_horizontal,lat_horizontal,tick_extend
gmt coast -R122W/35N/107W/22N+r -JOa120W/25N/-30/6c+v -Gsienna -Ba5g5 -B+f \
    -N1/1p -EUS+gburlywood -Smintcream -TdjBL+w0.5i+l
gmt end show
```

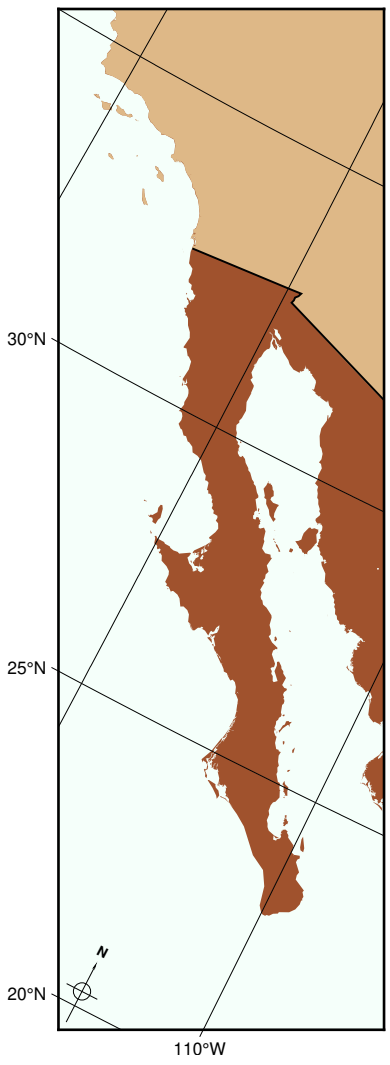


图 24: 使用 **-Joc** 倾斜 Mercator 投影

12.19 -JPoly: (American) polyconic

维基链接：https://en.wikipedia.org/wiki/Polyconic_projection

(American) polyconic (多圆锥投影) 既不是等面积也不是保角投影，沿着中心经线处畸变为 0。所有纬线的比例尺都是真实的，但其余经线则存在畸变。

```
gmt coast -R-180/-20/0/90 -JPoly/10c -Bx30g10 -By10g10 -Dc -A1000 -Glightgray -Wthinnest -png GMT_polyconic
```

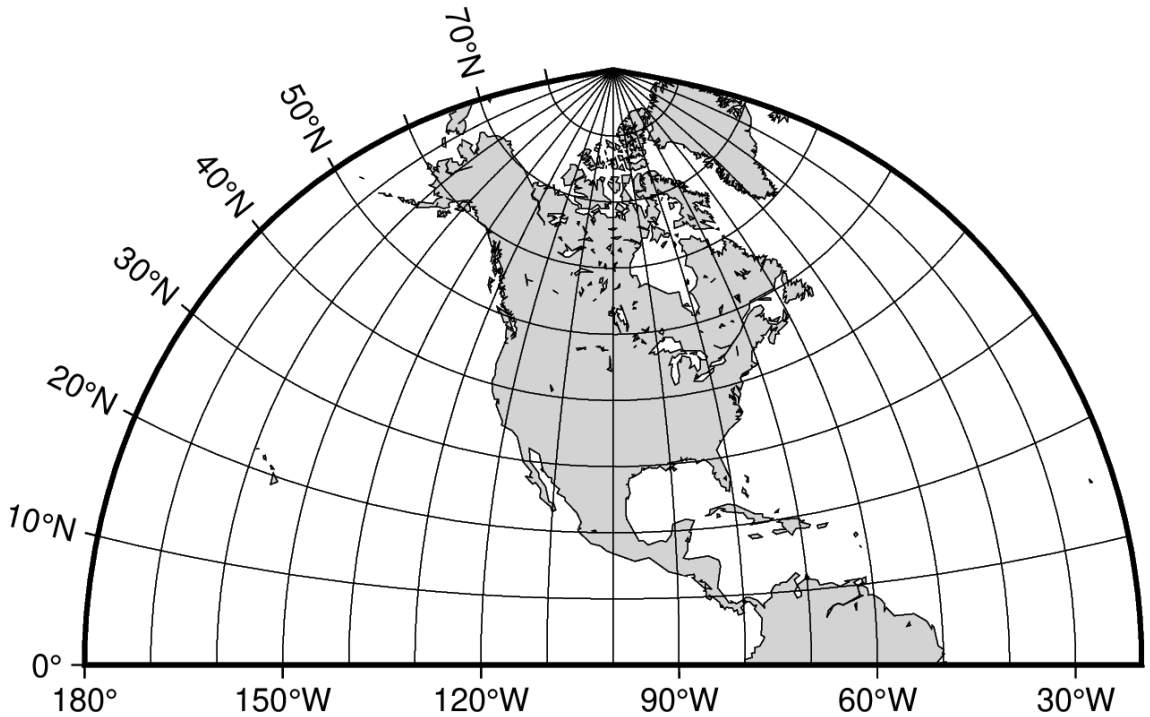


图 25: 多圆锥投影

12.20 -JQ: Equidistant cylindrical

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Equirectangular_projection

Equidistant cylindrical (圆柱等距投影) 是一个经度和纬度的线性缩放。最常用的形式是 Plate Carrée 投影, 其中对经线和纬线的缩放比例是相同的。所有的经纬线都是直线。

该投影的参数为:

-JQ[*lon*/[*lat*]/]*width* 或 **-Jq**[*lon*/[*lat*]/]*scale*

- *lon* 是中心经线, 默认为地图区域的中心
- *lat* 是标准纬线, 默认为赤道, 若指定了标准纬线, 则必须指定中心经线
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -Rg -JQ12c -B60f30g30 -Dc -A5000 -Gtan4 -Slightcyan -png GMT_equi_cyl
```

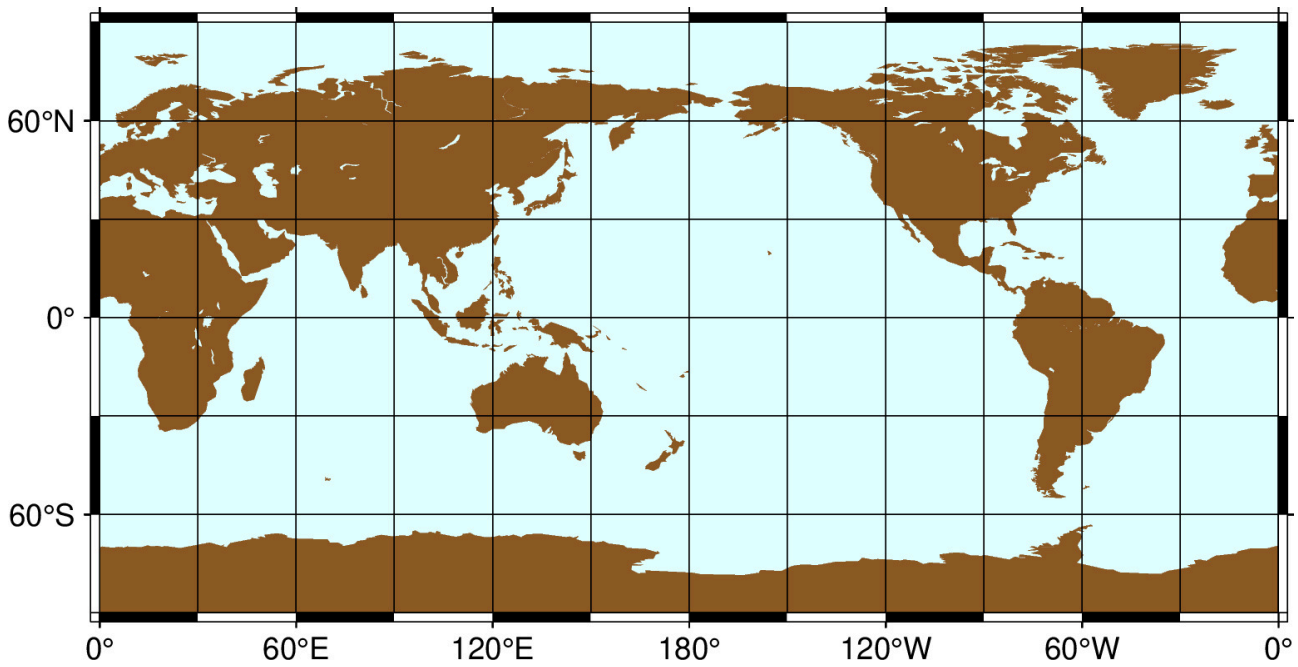


图 26: 使用 Plate Carrée 投影绘制全球地图

选择不同的标准纬线, 则可以获取经度和纬度的不同缩放比例。流行的几个标准纬线如下:

Grafarend and Niermann, minimum linear distortion	61.7°
Ronald Miller Equirectangular	50.5°
Ronald Miller, minimum continental distortion	43.5°
Grafarend and Niermann	42°
Ronald Miller, minimum overall distortion	37.5°
Plate Carrée, Simple Cylindrical, Plain/Plane	0°

12.21 -JR: Winkel Tripel

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Winkel_tripel_projection

1921 年 Oswald Winkel 设计了 Winkel Tripel 投影, 以在三个元素 (面积、角度、距离) 之间折衷, 在绘制全球地图时, 这三个元素的畸变最小。此投影不是保角也不是等面积投影。中心经线和赤道是直线, 其他经线和纬线是曲线。该投影取等距圆柱投影和 Aitoff 投影的坐标的平均值。极点处投影为 0.4 倍赤道长度的直线。

该投影的参数为:

-JR[*lon*/]*width* 或 **-Jr**[*lon*/]*scale*

- *lon* 是中心经线 [默认值为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -Rd -JR12c -Bg -Dc -A10000 -Gburlywood4 -Swheat1 -png GMT_winkel
```

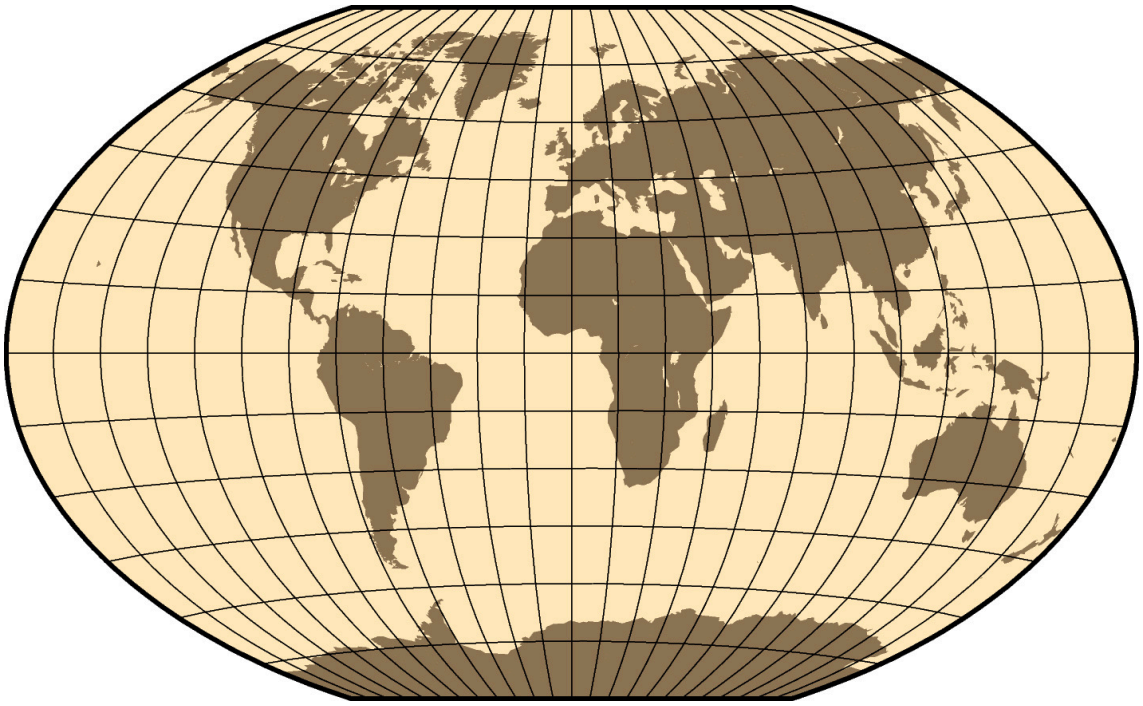


图 27: 使用 Winkel Tripel 投影绘制全球地图

12.22 -JS: General stereographic

维基链接：https://en.wikipedia.org/wiki/Stereographic_projection

General stereographic（立体等角投影）是保角方位投影，主要用于绘制南北极区域。在两极，所有经线都是直线，纬线则是圆弧。

该投影的参数：

-JS*lon*/*lat*[/*distance*]/*width* 或 **-Js***lon*/*lat*[/*distance*]/*scale*

- *lon*/*lat* 投影中心的经纬度
- *distance* 地图边界到投影中心的角度，默认值为 90 度
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，可以取 1:*xxxx* 格式（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米），也可以是 *radius*/*latitude*（表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*）

默认情况下使用的地图比例因子为 0.996。尽管你可以通过*PROJ_SCALE_FACTOR* 修改地图比例因子，然而，当标准纬线被指定后，该比例因子则会被自动计算。

12.22.1 极区立体地图

下面的示例中，投影中心为北极，地图边界与经线和纬线完全重合。

```
gmt coast -R-30/30/60/72 -Js0/90/12c/60 -B10g -Dl -A250 -Groyalblue -Sseashell -png GMT_stereographic_polar
```

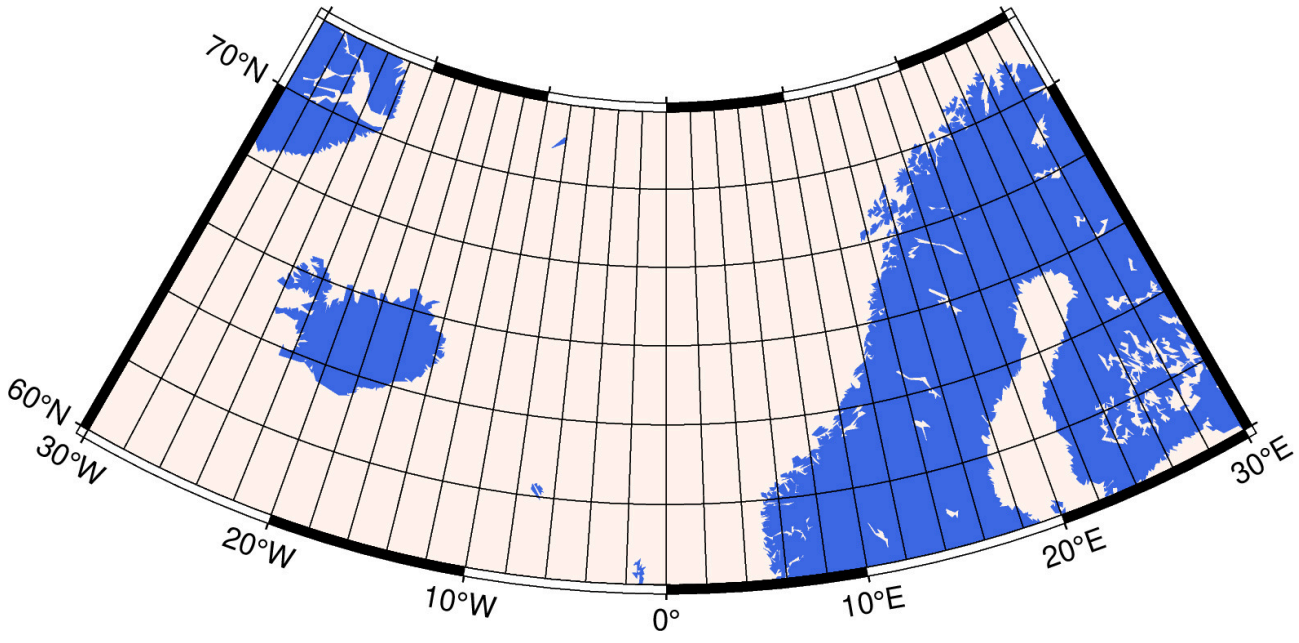


图 28: 极区立体保角投影

12.22.2 矩形立体地图

与 Lambert 方位等面积投影类似, 也可以通过指定地图区域左下角和右上角的坐标来绘制一个矩形区域。

```
gmt begin GMT_stereographic_rect
gmt set MAP_ANNOT_OBLIQUE lon_horizontal,lat_horizontal,tick_extend,tick_normal
gmt coast -R-25/59/70/72+r -JS10/90/11c -B20g -Dl -A250 -Gdarkbrown -Wthinnest -Slightgray
gmt end show
```

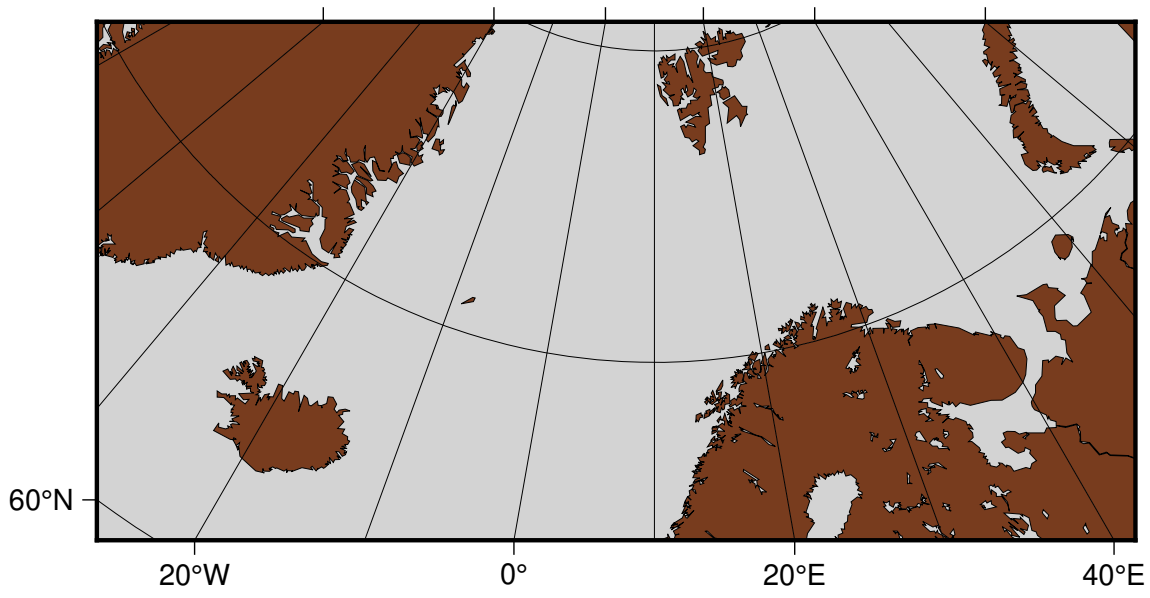


图 29: 矩形边界下的极区立体保角投影

12.22.3 一般立体地图

```
gmt begin GMT_stereographic_general
gmt set MAP_ANNOT_OBLIQUE separate
gmt coast -R100/-42/160/-8+r -JS130/-30/12c -Bag -Dl -A500 -Ggreen -Slightblue -Wthinnest
gmt end show
```

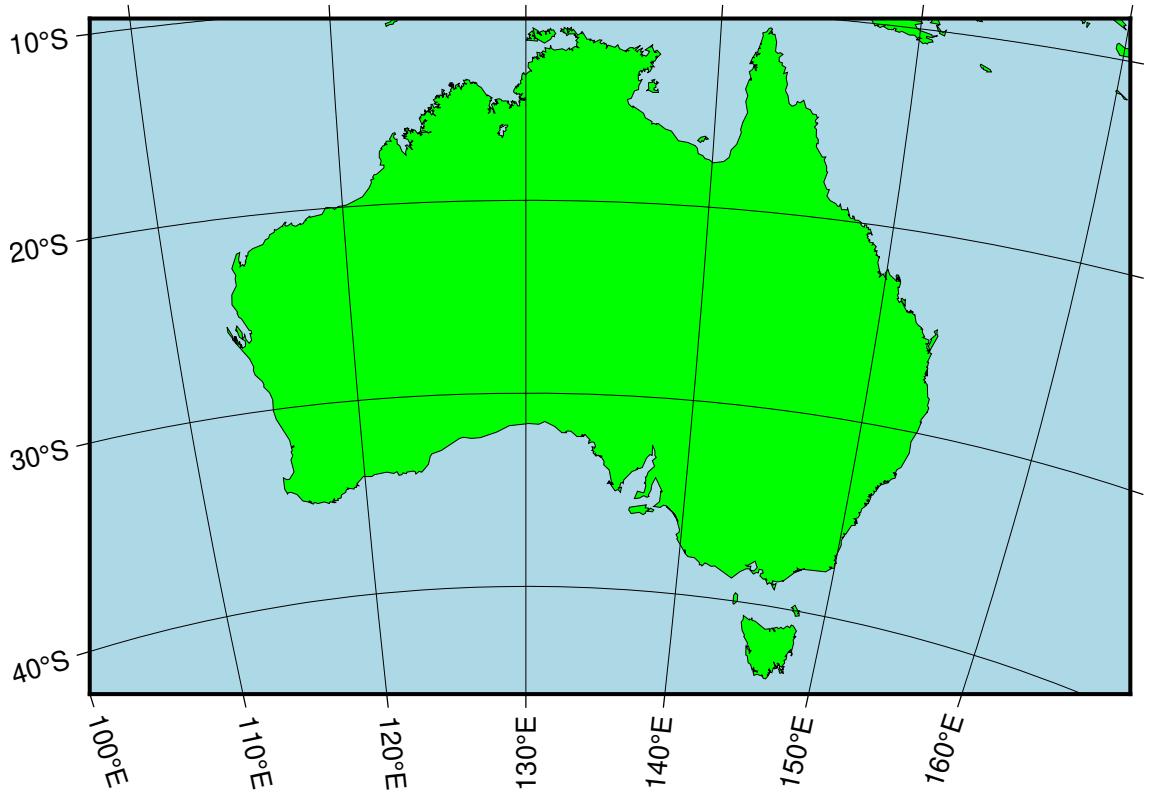


图 30: 一般立体投影

12.23 -JT: Transverse Mercator

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Transverse_Mercator_projection

Transverse Mercator (横轴 Mercator 投影) 由 Johann Heinrich Lambert 于 1772 年提出。该投影中, 圆柱与某条经线相切。在该经线处无畸变, 离中心经线越远畸变越大, 距离中心经线 90 度处的经线畸变达到无穷。中心经线和赤道都是直线, 其余经线和纬线则是复杂曲线。

该投影的参数:

-JT*lon*[/*lat*]/*width* 或 **-Jt***lon*[/*lat*]/*scale*

- *lon* 中心经线
- *lat* 原点的纬度 [默认为赤道]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

地图缩放因子默认值为 1, 可以通过修改参数*PROJ_SCALE_FACTOR* 以自定义。

```
gmt coast -R20/30/50/45+r -Jt35/0.5c -Bag -Dl -A250 -Glightbrown -Wthinnest -Sseashell -png GMT_transverse_merc
```

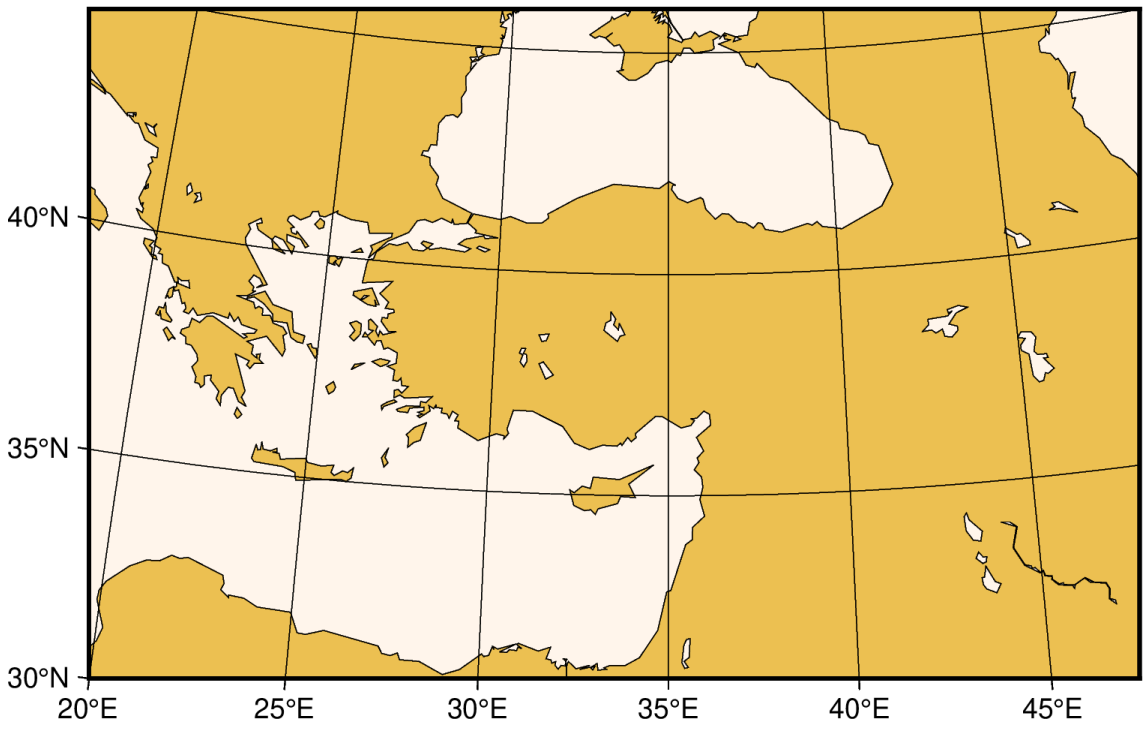


图 31: 矩形横向 Mercator 地图

```
gmt coast -R0/360/-80/80 -JT330/-45/10c -Ba30g -BWSne -Dc -A2000 -Slightblue -G0 -png GMT_TM
```

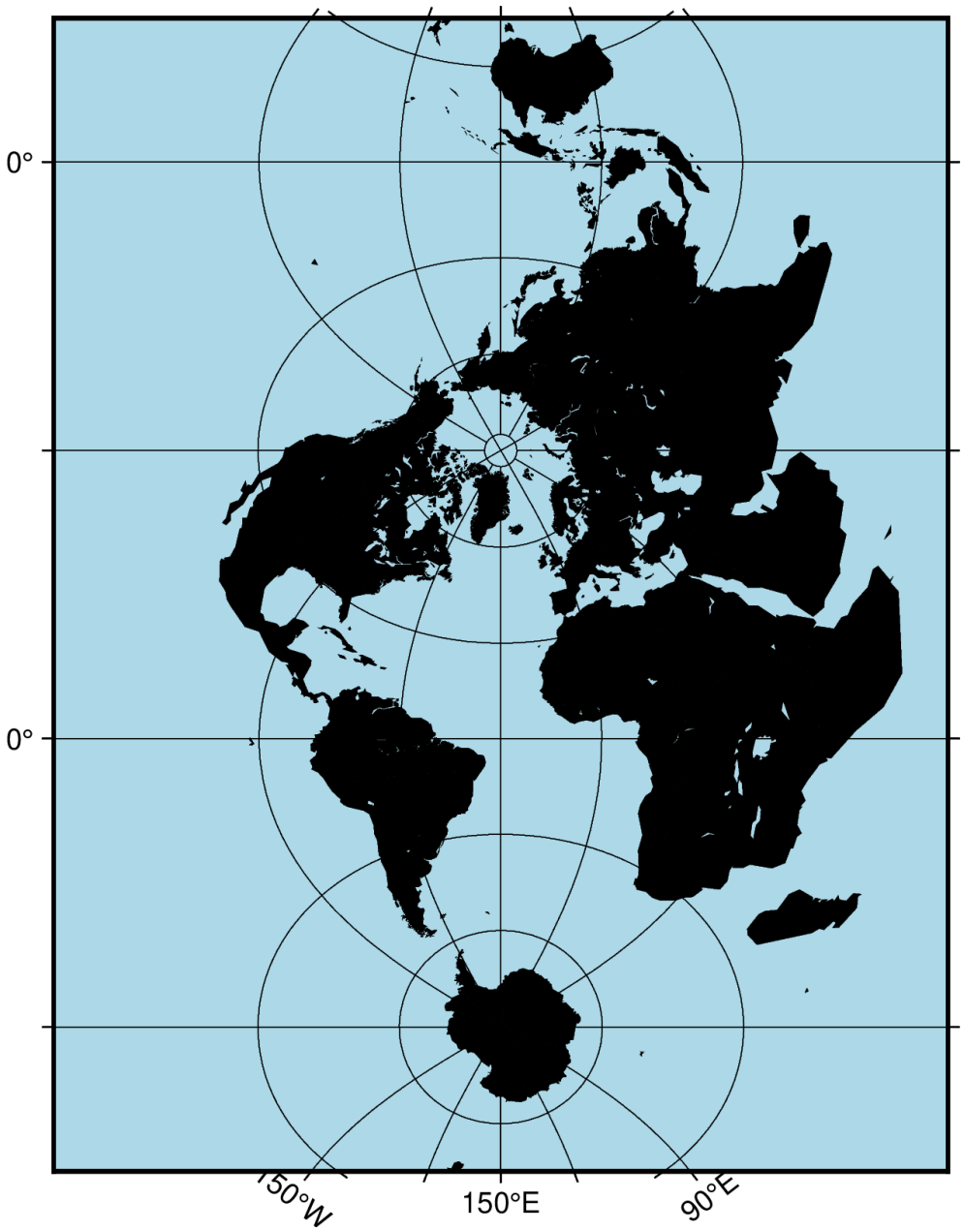


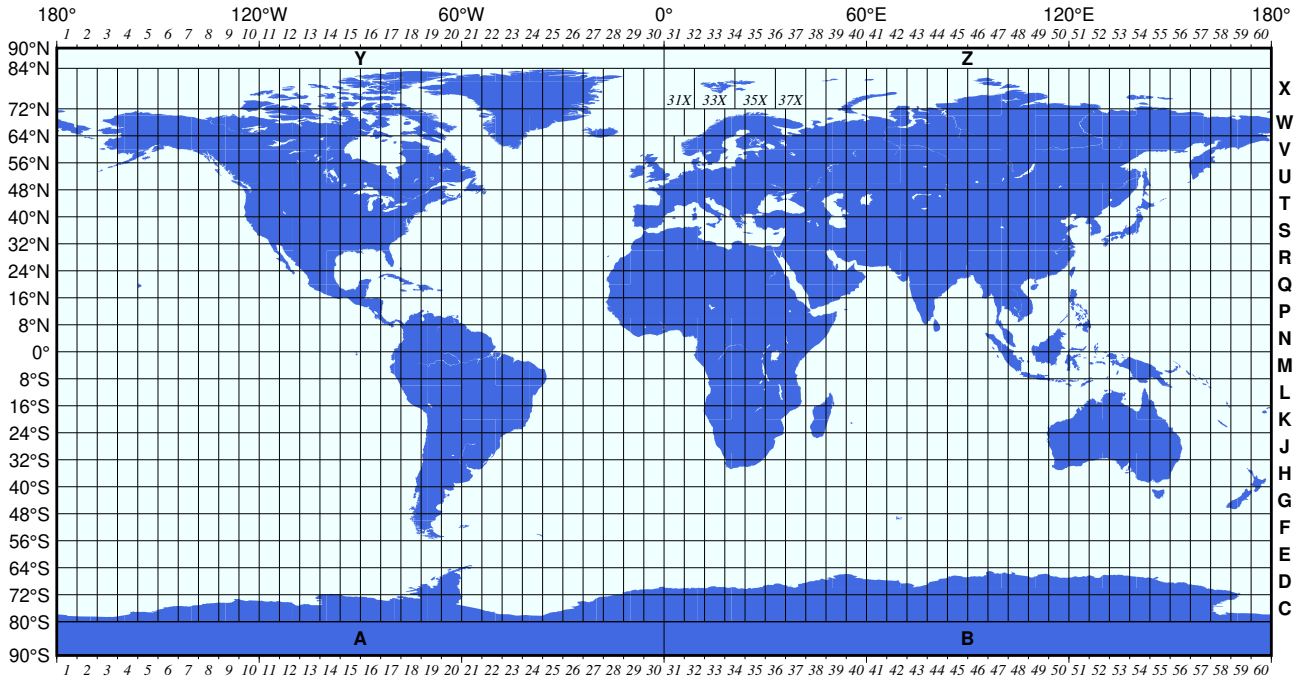
图 32: 全球横向 Mercator 地图

12.24 -JU: Universal Transverse Mercator (UTM)

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system

Universal Transverse Mercator（通用横轴 Mercator 投影, UTM）是横轴 Mercator 投影的一个特殊子集。此投影将全球的南纬 80 到北纬 84 度之间被划分为多个区域, 大多数区域的宽度（即经度间隔）都是 6 度, 以 1-60 表示经度区间编号; 大多数区域的高度（即纬度间隔）为 8 度, 在最北的纬度区间（北纬 74 度以北）则被延伸至北纬 84 度, 以覆盖所有陆地区域, 纬度区域编号为 C-X, 但其中不包含 I 和 O, 以避免与数字 0 和 1 混淆。在南纬 80 度以南以及北纬 84 度以北, 则为划分为单独的 4 个区块, 这四个区域不包含经纬度编号, 直接使用 A、B、Y、Z 分别代表四个区域; 详细分区见下图。

Source Code



该投影的参数为：

-JU*zone*/*width* 或 **-Ju***zone*/*scale*

- *zone* 可以取 1-60[C-X]、A、B、Y、Z，编号含义见上文描述，其中纬度编号是可选的，如果不指定，则可以在经度编号数字前分别加 - 或 + 以表示南半球和北半球，但无法进一步精确到某个区块
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，即每度在图上的长度或 1:*xxxx*（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米）

为了让任意指定区域的畸变最小化，公式中乘以了比例因子 0.9996，这个值可以通过修改*PROJ_SCALE_FACTOR* 以自定义。这是的 UTM 投影是割线投影而不是切线投影，在赤道处比例尺的畸变只有千分之一。在中心经线附近 10 度范围内的椭球投影表达式都是精确的。对于更大的区域，则在一般球状公式中使用保角纬度作为代替。

12.25 -JV: Van der Grinten

维基链接：https://en.wikipedia.org/wiki/Van_der_Grinten_projection

Van der Grinten 投影由 Alphons J. van der Grinten 于 1904 年提出，其既不等面积也不保角。中心经线和赤道都是直线，其余经线则是圆弧，仅在赤道处比例尺是真实的，主要用于在一个圆内展示整个世界地图。

该投影的参数为：

-JV*lon*/*width* 或 **-Jv***lon*/*scale*

- *lon* 是投影中心经线 [默认为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，即每度在图上的长度或 1:*xxxx*（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米）

```
gmt coast -Rg -JV10c -Bg -Dc -Glightgray -Scornsilk -A10000 -Wthinnest -png GMT_grinten
```



图 33: 使用 Van der Grinten 投影绘制全球图

12.26 -JW: Mollweide

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Mollweide_projection

Mollweide 投影是伪圆柱等面积投影, 由 Karl Brandan Mollweide 于 1805 年提出。纬线是不等间隔分布的直线, 经线是等间隔分布的椭圆弧。比例尺仅在南北纬 40 度 44 分纬线上才是真实的。此投影主要用于绘制全球的数据分布图。

该投影的参数为:

-JW[*lon*/]*width* 或 **-Jw**[*lon*/]*scale*

- *lon* 是投影中心经线 [默认为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -Rd -JW12c -Bg -Dc -A10000 -Gtomato1 -Sskyblue -png GMT_mollweide
```

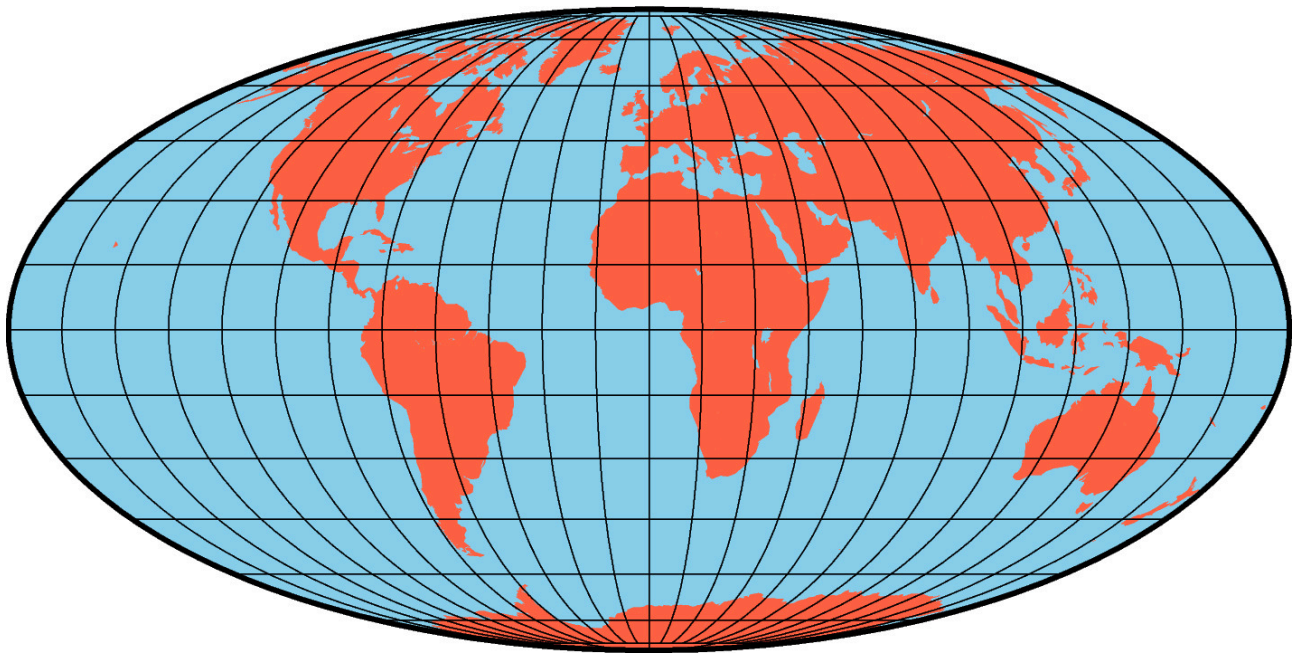


图 34: 使用 Mollweide 投影绘制全球地图

12.27 -JY: Cylindrical equal area

维基链接: https://en.wikipedia.org/wiki/Cylindrical_equal-area_projection

Cylindrical equal area (圆柱等面积投影) 选择不同的标准纬线, 则对应不同的圆柱投影。所有的这些圆柱投影都是等面积且不保角的。所有经线和纬线都是直线。在高纬度处畸变很大。

该投影的参数为:

-JY*lon*/*lat*/*width* 或 **-Jy***lon*/*lat*/*scale*

- *lon* 是中心经线
- *lat* 是标准纬线。
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

标准纬线可以取任意值, 下面列出了一些比较流行的标准纬线的选择:

Balthasart	50°
Gall	45°
Hobo-Dyer	37°30' (= 37.5°)
Trystan Edwards	37°24' (= 37.4°)
Caster	37°04' (= 37.0666°)
Behrman	30°
Lambert	0°

```
gmt coast -R-145/215/-90/90 -JY35/30/12c -B45g45 -Dc -A10000 -Sdodgerblue -Wthinnest -png GMT_general_cyl
```

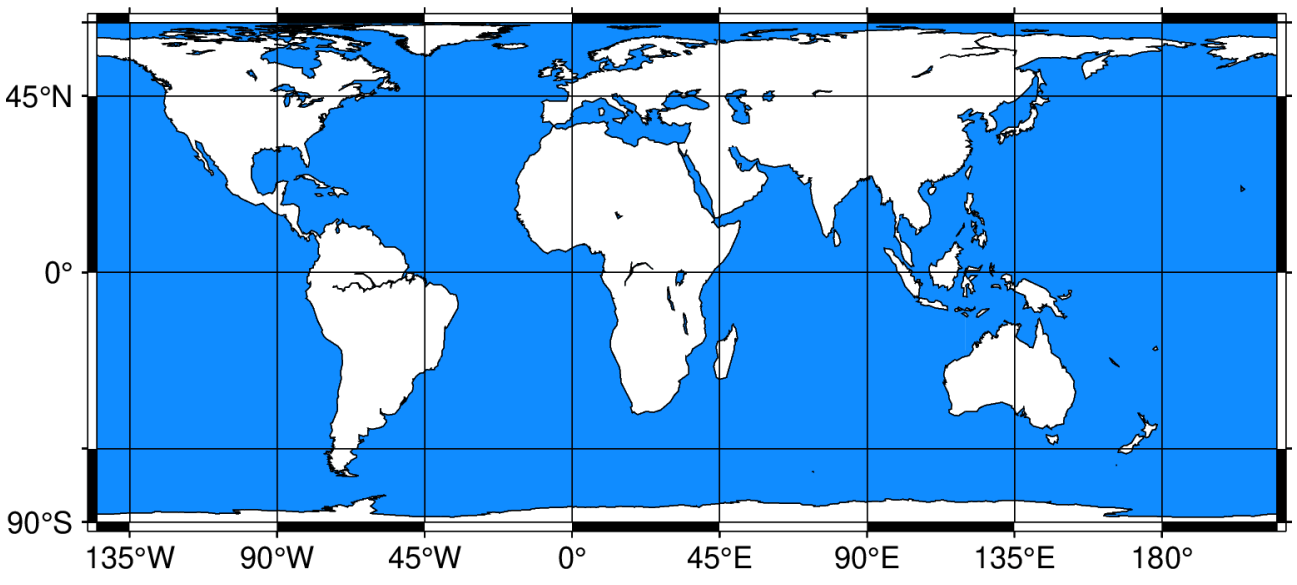


图 35: 使用 Behrman 圆柱等面积投影绘制地图

第 13 章　配置参数

除了丰富的模块选项之外，GMT 还提供了 120 多个配置参数，可以用于控制图像的外观（如底图边框的画笔粗细与颜色、文字标注的字体、大小与颜色等）和数据的处理方式（如默认的插值方式、地图投影使用的椭球等）等。例如，下面的图例展示了常用的用于控制绘图效果的配置参数。

Source Code

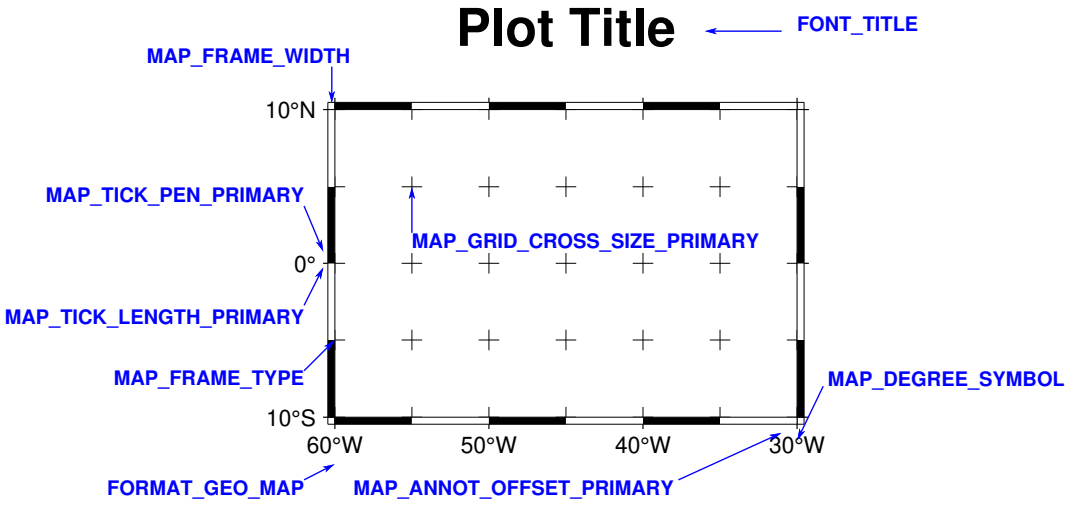


图 1: 配置参数示例 1

Source Code

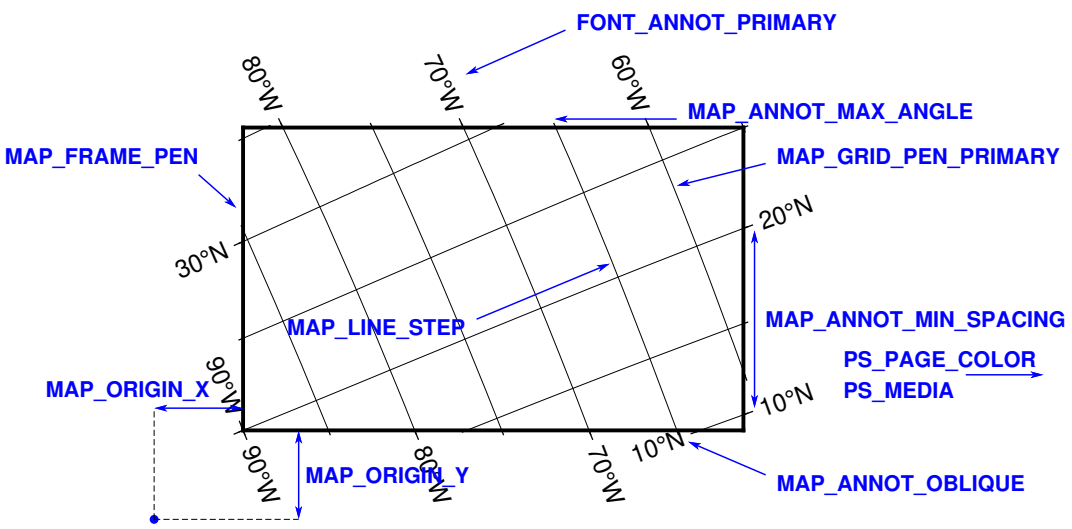


图 2: 配置参数示例 2

Source Code

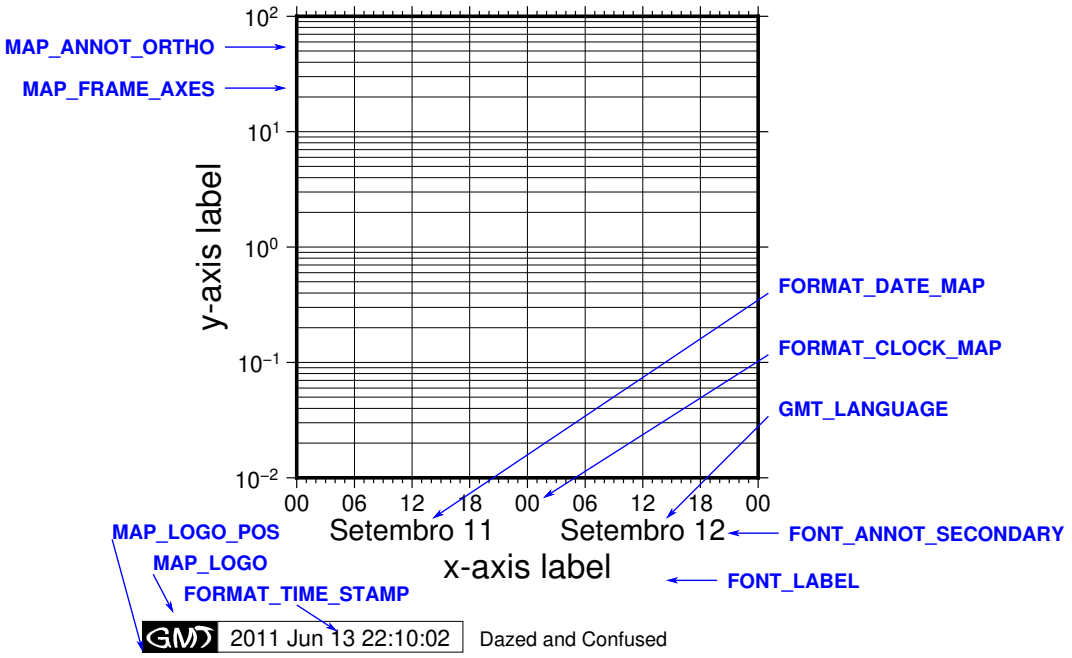


图 3: 配置参数示例 3

本章将详细介绍这些 GMT 配置参数:

13.1 配置参数简介

13.1.1 查看配置参数的值

每个配置参数都有一个系统默认值。使用:

```
gmt defaults
```

即可查看所有 GMT 配置参数及其默认值。

使用:

```
gmt get FORMAT_GEO_MAP
```

可以查看单个配置参数*FORMAT_GEO_MAP* 的当前值。

13.1.2 修改配置参数的值

GMT 提供了多种方法来控制或修改配置参数的值。

设置全局参数

用*gmtset* 模块可以为 GMT 设置全局参数，此类参数会影响到接下来所有 GMT 命令的执行，直到绘图结束或者被*gmtset* 再次修改为其他值为止。例如:

```
gmt begin map png
# 设置全局参数 FONT_ANNOT_PRIMARY 的值为 12p,Times-Bold,red
gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 12p,Times-Bold,red
gmt basemap ...
gmt end show
```

设置临时参数

在单个命令上加上 **--KEY**=*value* 可以临时设置配置参数的值。此类参数仅对当前命令有效，而不影响接下来其他命令的执行效果。例如:

```
gmt begin map png
# 使用默认参数绘制底图
gmt basemap ...
# 该底图的 FONT_ANNOT_PRIMARY 为 12p,Times-Bold,red
gmt basemap ... --FONT_ANNOT_PRIMARY=12p,Times-Bold,red
# 使用默认参数绘制底图
gmt basemap ...
gmt end show
```

使用配置文件设置全局参数

可以将需要配置的一系列参数值写到 GMT 配置文件 `gmt.conf` 中。当 GMT 在执行时，会在当前目录->`~/.gmt/` 以及家目录下寻找 GMT 配置文件 `gmt.conf`。若找到该配置文件，则会读取该配置文件中参数的值作为全局参数。

此种方式通常用于制作某个特定风格的图件（比如黑底白线）或者某个符合某个期刊特定要求的图件。可以使用:

```
gmt defaults > gmt.conf
```

生成一个包含所有参数的配置文件，然后手动修改。

13.2 FONT 参数

这一节列出所有字体相关的参数，参数的默认值在中括号内列出。

FONT

同时设置所有 FONT 类参数（*FONT_LOGO* 除外）的字体

FONT_ANNOT

同时设置*FONT_ANNOT_PRIMARY* 和*FONT_ANNOT_SECONDARY* 的值。

FONT_ANNOT_PRIMARY

一级（Primary）标注的字体 [**12p,Helvetica,black**]

若在该参数的值前加上 +，则其它元素（如标题）的字体大小、偏移量、刻度长度等参数值会相对于*FONT_ANNOT_PRIMARY* 的成比例缩放。

FONT_ANNOT_SECONDARY

二级（Secondary）标注的字体 [**14p,Helvetica,black**]

FONT_HEADING

子图模式下总标题的字体 [**32p,Helvetica,black**]

FONT_LABEL

轴标签的字体 [**16p,Helvetica,black**]

FONT_LOGO

GMT 时间戳中字符串的字体 [**8p,Helvetica,black**]

该参数中仅字体 ID 有效，字号及颜色均无效。

FONT_TITLE

图上方标题的字体 [**24p,Helvetica,black**]

FONT_SUBTITLE

图上方副标题的字体 [**18p,Helvetica,black**]

FONT_TAG

子图模式下每个子图编号（如 `a)`、`ii)` 等）的字体 [**20p,Helvetica,black**]

13.3 MAP 参数

13.3.1 边框相关参数

MAP_FRAME_TYPE

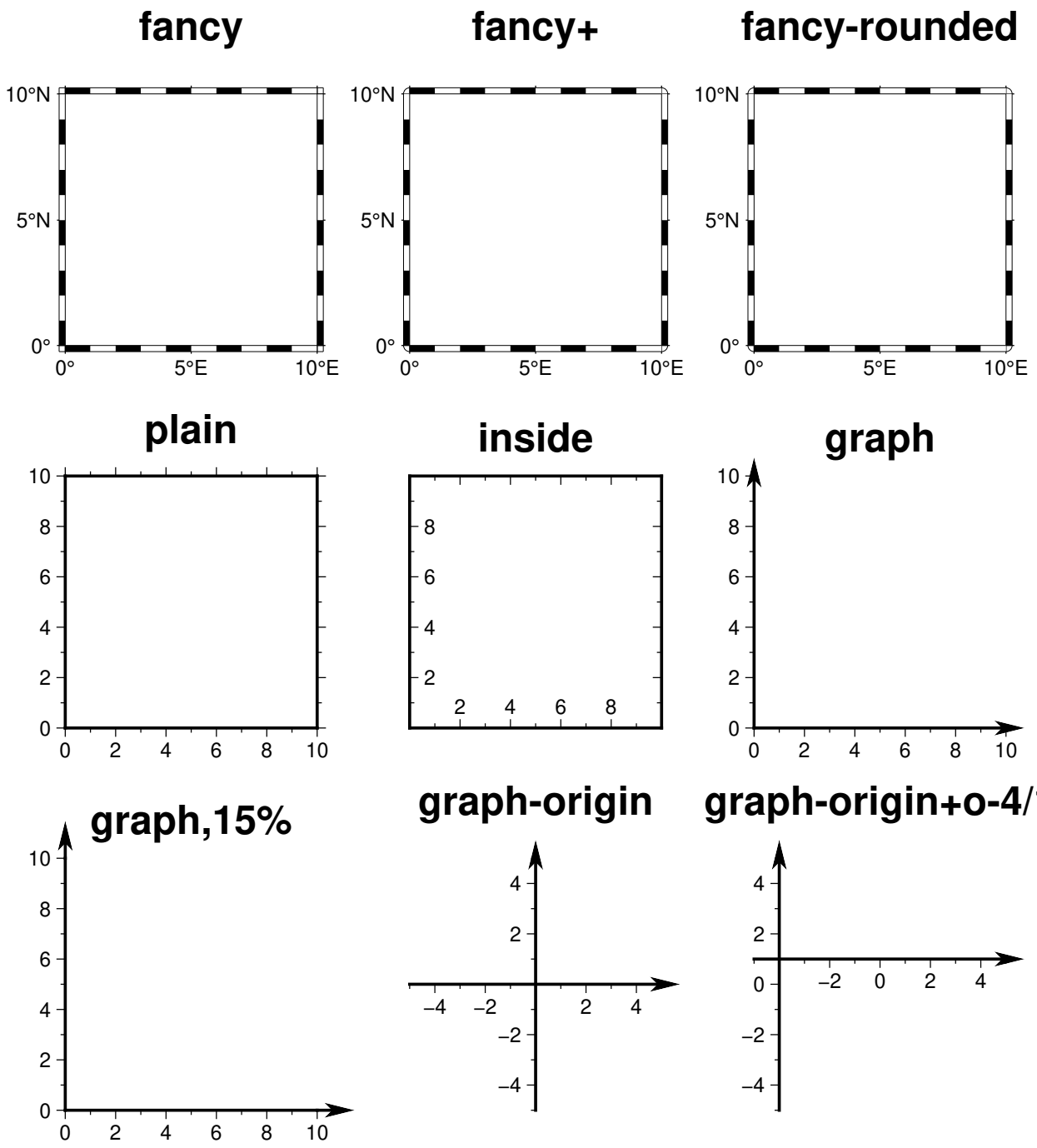
底图边框类型 [**fancy**]

可选值包括 **inside**|**plain**|**graph**|**graph-origin**|**fancy**|**fancy+**|**fancy-rounded**。

- 通常, 地理投影默认使用 **fancy** 边框类型, 而笛卡尔投影则默认使用 **plain** 边框类型。但某些地理投影比较特殊, 例如倾斜墨卡托投影 (Oblique Mercator), 只能使用 **plain** 边框类型。
- 对于所有边界刻度和标注必须在地图内部的情况 (例如, 准备输出 GeoTIFF), 使用 **inside**。
- **fancy+** 相对于 **fancy** 的区别在于, 边框的拐角为圆角。与 **fancy-rounded** 效果一致。
- 对于 **graph** 类型, 默认箭头的顶端超过坐标轴顶点 7.5%。可以通过使用 **graph,***length*[%] 的方式指定超过的长度 (**c**|**i**|**p**) 或百分比 (%)。坐标轴的宽度由*MAP_FRAME_WIDTH* 决定, 箭头的长度和宽度则分别是该宽度的 10 倍和 5 倍。箭头的形状还可以由*MAP_VECTOR_SHAPE* 控制。
- **graph-origin** 类型在 **graph** 类型基础上将 **W** 轴和 **S** 轴移动到数据原点 [0/0]。在该类型下, 仅可选择 **W** 和 **S** 轴 (或 **w,s,l,b** 轴), 而忽略 **E** 和 **N** 轴 (或 **e,n,r,t** 轴)。轴交点处不作刻度标注。可使用 **+o***xorig/yorig* 自定义数据原点作为轴交点, 或者简写为 **+oc** 选择当前数据范围的中点。

下图给出了不同的底图边框类型的效果:

Source Code



MAP_FRAME_PEN

底图为笛卡尔坐标系或边框类型为 **plain** 的地理坐标系时，边框的画笔属性 [**thicker,black**]

MAP_FRAME_PERCENT

设置底图类型为 **fancy** 时边框内部粗线条的宽度占*MAP_FRAME_WIDTH* 的百分比 [**100**]

MAP_FRAME_WIDTH

设置底图类型为 **fancy** 时的边框宽度 [**5p**]

注意：该参数对笛卡尔坐标系底图无效。对于 **fancy** 底图类型，*MAP_FRAME_PEN* 自动设置为*MAP_FRAME_WIDTH* 的 0.1 倍。

MAP_FRAME_AXES

使用 **-B** 选项时默认要绘制/标注的轴 [**WSENZ**]

默认值 **WSENZ** 表示 2D 底图下绘制并标注四条边，3D 底图下则绘制四条边和一条 Z 轴。加上 + 则 3D 底图下会绘制完整的长方体边框。

备注

不建议设置该参数。建议使用 **-B** 选项控制实际绘制的边，详情见*-B 选项*。

13.3.2 标注相关参数

MAP_ANNOT_OFFSET

同时设置*MAP_ANNOT_OFFSET_PRIMARY* 和*MAP_ANNOT_OFFSET_SECONDARY* 的值

MAP_ANNOT_OFFSET_PRIMARY

一级标注的开始位置与刻度尾端间的距离 [5p]

MAP_ANNOT_OFFSET_SECONDARY

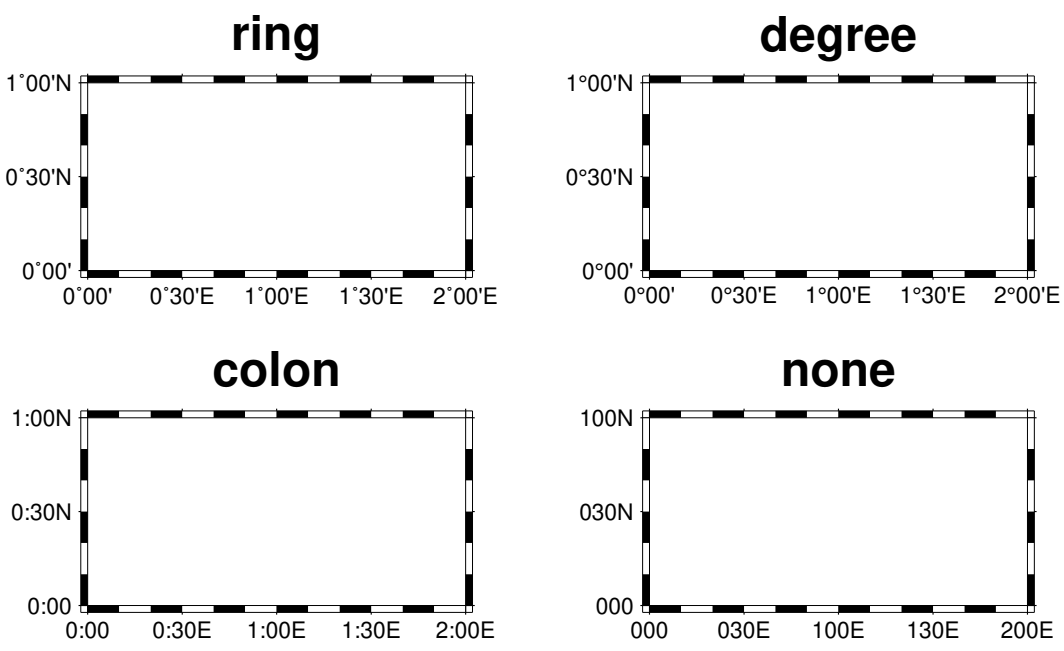
二级标注的顶部与一级标注的底部之间的距离 [5p]

MAP_DEGREE_SYMBOL

在地图上绘制 “度” 时所使用的符号 [degree]

可以取 **ring**|**degree**|**colon**|**none**。下图给出了取不同值时的绘图效果：

Source Code



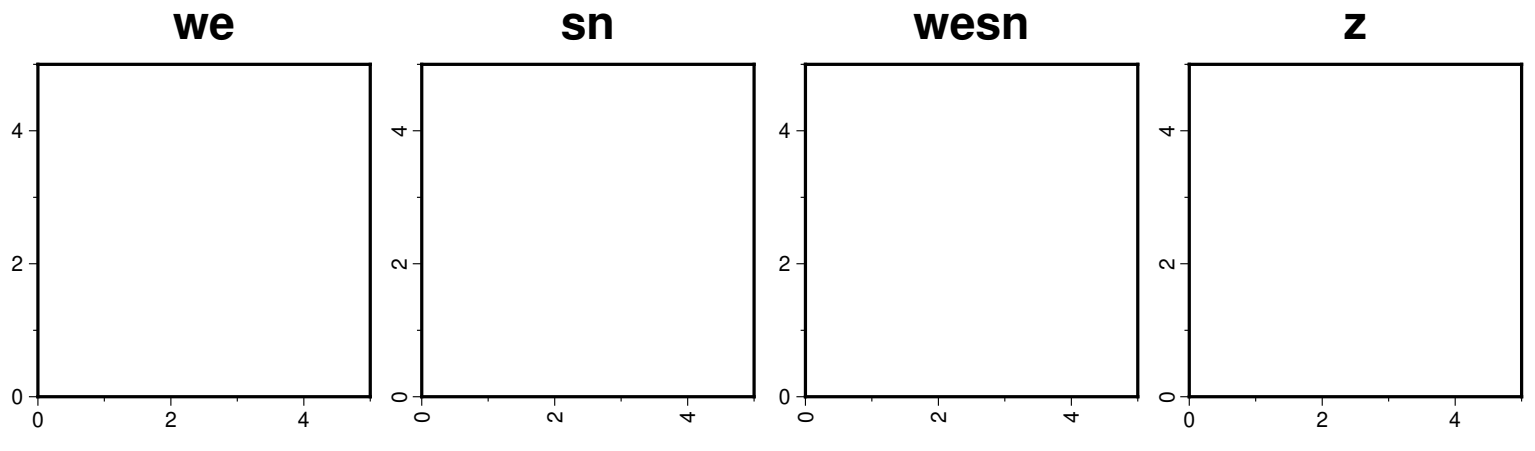
MAP_ANNOT_ORTHO

控制笛卡尔投影下哪些轴的标注垂直于轴 [**we**]

该参数可以将 **wesnz** 做任意组合，以设置每个轴的标注是否垂直于轴。该参数的效果可以被 **-B** 选项的 **+a** 子选项所覆盖。

下图给出了取不同值时的绘图效果：

Source Code



> **备注**
>
> 此参数仅对笛卡尔投影有效。对于地理投影，可使用*MAP_ANNOT_OBLIQUE*。

MAP_ANNOT_OBLIQUE

控制倾斜地理投影下标注和刻度的显示 [**anywhere**]

该参数可以取如下几个关键词的任何组合，关键词之间以逗号分隔：

- **separate** 表示经度仅标注在上边界和下边界，纬度仅标注在左边界和右边界
- **anywhere** 表示在任何一个假想的网格线穿过地图边界时均标注
- **lon_horizontal** 表示将经度标注水平绘制
- **lat_horizontal** 表示将纬度标注水平绘制
- **tick_extend** 倾斜的刻度线会扩展使得其长度等于指定刻度线长度
- **tick_normal** 忽略网格线与边框的夹角，刻度线总是垂直于底图边框
- **lat_parallel** 纬度标注平行于底图边框

MAP_ANNOT_MIN_ANGLE

对于某些倾斜投影方式而言，如果标注的基线与地图边界间的夹角小于该值，则不绘制标注。合理的取值范围为 0 到 90 [20]

MAP_ANNOT_MIN_SPACING

在某些倾斜投影中，相邻两个标注之间的最小距离，若标注的距离小于该值，则不绘制 [0p]

13.3.3 标签相关参数

MAP_LABEL_OFFSET

MAP_LABEL_MODE 位置与轴标签间的偏移距离 [8p]

MAP_LABEL_MODE

指定从何处测量标签偏移量：

- **annot**：从轴标注开始测量
- **axis**：从轴开始测量

使用斜线分隔可为 x 轴和 y 轴设置不同的模式 [**annot/axis**]

13.3.4 刻度相关参数

MAP_TICK_PEN

同时设置*MAP_TICK_PEN_PRIMARY* 和*MAP_TICK_PEN_SECONDARY* 的值

MAP_TICK_PEN_PRIMARY

一级刻度的画笔属性 [thinner,black]

MAP_TICK_PEN_SECONDARY

二级刻度的画笔属性 [thinner,black]

MAP_TICK_LENGTH

同时设置*MAP_TICK_LENGTH_PRIMARY* 和*MAP_TICK_LENGTH_SECONDARY* 的值

MAP_TICK_LENGTH_PRIMARY

一级刻度的主刻度和次刻度的长度 [5p/2.5p]

若只给定一个长度值，则次刻度的长度假定为主刻度的一半

MAP_TICK_LENGTH_SECONDARY

二级刻度的主刻度和次刻度的长度 [15p/3.75p]

若只给定一个长度值, 则次刻度的长度假定为主刻度的 25%

13.3.5 网格线相关参数

MAP_GRID_PEN

同时设置*MAP_GRID_PEN_PRIMARY* 和*MAP_GRID_PEN_SECONDARY* 的值

MAP_GRID_PEN_PRIMARY

一级网格线的线条属性 [0.25p,black]

MAP_GRID_PEN_SECONDARY

二级网格线的线条属性 [thinner,black]

MAP_GRID_CROSS_SIZE

同时设置*MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY* 和*MAP_GRID_CROSS_SIZE_SECONDARY* 的值

MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY

一级网格十字线的大小 [0p]

- 0 表示绘制连续的网格线
- 非零值表示绘制对称的网格十字线
- 负值表示非对称网格十字线, 即只绘制远离赤道和本初子午线的刻度

MAP_GRID_CROSS_SIZE_SECONDARY

二级网格十字线的大小 [0p]

- 0 表示绘制连续的网格线
- 非零值表示绘制对称的网格十字线
- 负值表示非对称网格十字线, 即只绘制远离赤道和本初子午线的刻度

MAP_POLAR_CAP

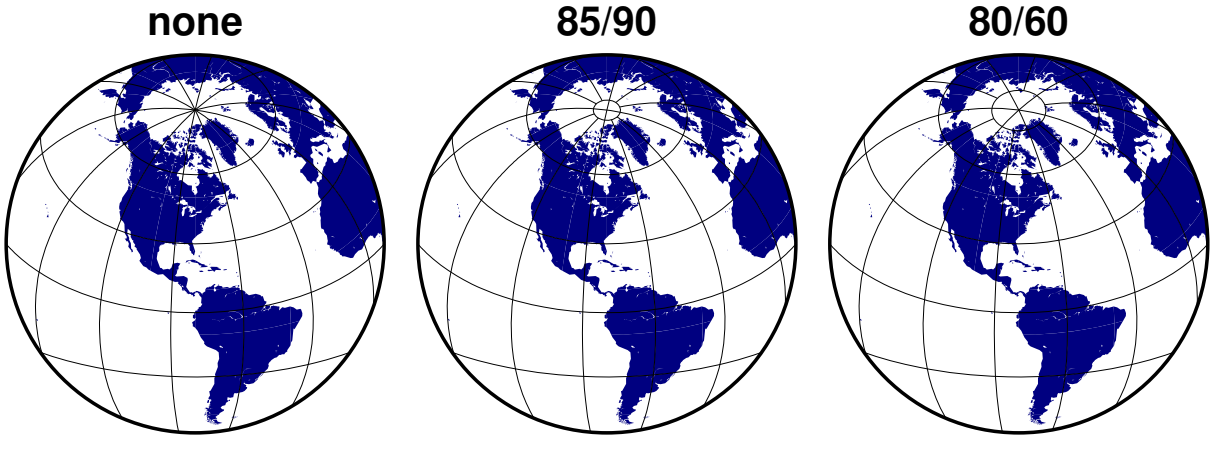
控制某些投影下两极附近网格线的显示 [85/90]

在某些投影下, 由于极点是单个点, 常规的网格线绘制方法会导致极点处网格线非常密且不美观。该选项则用于解决这一问题。

若取值为 **none**, 则表示不对极点附近的网格线做特殊处理。否则可以指定 *pc_lat*/*pc_dlon*, 表示在 -*pc_lat* 到 +*pc_lat* 纬度范围内正常绘制网格线; 在大于 +*pc_lat* 和小于 -*pc_lat* 纬度区域内, 则按照 *pc_dlon* 指定的经线间隔绘制网格线。GMT 会在 ±*pc_lat* 纬度处绘制一个圈圈以分隔这两个纬度区间。

下图展示了该参数取不同值时的绘图效果:

```
Source Code
```



13.3.6 标题相关参数

MAP_TITLE_OFFSET

图标题的底部与轴标注（或轴标签）的顶部之间的距离 [14p] 。可以设置为负数进一步减小距离。

MAP_HEADING_OFFSET

子图标题的顶部与总标题的底部之间的距离 [18p]

13.3.7 其它参数

MAP_DEFAULT_PEN

设置所有与 **-W** 选项相关的画笔属性的默认值 [**0.25p,black**]

在参数值的前面加上 + 可以覆盖其他 **MAP_*_PEN** 相关参数中的颜色。

MAP_ORIGIN_X

新绘图在纸张上的原点的 X 坐标（仅适用于 GMT 经典模式）[72p]

MAP_ORIGIN_Y

新绘图在纸张上的原点的 Y 坐标（仅适用于 GMT 经典模式）[72p]

MAP_LOGO

是否在左下角绘制 GMT 时间戳 [**false**]

可以取 **true**|**false**, 等效于在命令行中使用*-U 选项*。

> **备注**
>
> 该参数存在已知 BUG, 见 https://github.com/GenericMappingTools/gmt/issues/3902

MAP_LOGO_POS

GMT 时间戳相对于当前绘图原点的对齐方式与位置 [**BL/-54p/-54p**]

MAP_SCALE_HEIGHT

地图比例尺的高度 [5p]

MAP_LINE_STEP

绘制线段时所使用的最大步长 [0.75p]

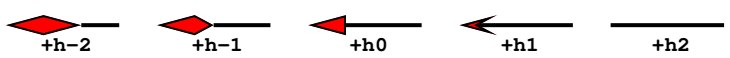
地理投影下, 两点之间会用大圆路径连接, 因而 GMT 需要先计算大圆路径上的其他中间点的坐标, 并将这些点用直线连起来。若该步长太大, 会导致大圆路径看上去很不光滑; 若太小, 则会导致数据点太密, 图片太大。

MAP_VECTOR_SHAPE

矢量箭头的形状 [0]

可以取-2 到 2 之间的任意实数。下面展示了取-2、-1、0、1 和 2 时的矢量箭头的形状:

Source Code



MAP_EMBELLISHMENT_MODE

确定地图修饰物（如方向或磁场玫瑰图、地图比例尺或垂直数据比例尺）是否应该具有随特征大小缩放的属性（**auto**）或完全使用手动设置（**manual**）。[**auto**]

MAP_SYMBOL_PEN_SCALE

指定一个 0-1 之间的比例或百分比, 用于将不可填充的符号（**x**, **y**, + 和 **-**）大小转换为用于描划这些符

号的笔的宽度 [**15%**]。如果设置为 0, 则不做此类转换, 并且画笔设置必须依赖于 **-W** 或模块默认值。

13.4 COLOR 参数

这一节列出所有与颜色相关的配置参数, 参数的默认值在中括号内列出。

13.4.1 CPT 相关参数

COLOR_BACKGROUND

数据 Z 值小于 CPT 文件中最小值时使用的背景色 [**black**]

COLOR_FOREGROUND

数据 Z 值大于 CPT 文件中最大值时使用的前景色 [**white**]

COLOR_CPT

不指定 CPT 时的默认 CPT。当网格文件有默认 CPT 时将忽略此设置。[**turbo**]

COLOR_NAN

数值 Z 值为 NaN 时使用的颜色 [127.5]

COLOR_MODEL

对 CPT 文件中的颜色做插值生成新 CPT 时所使用的色彩模型 [**none**]

可以取如下值:

- **none**: 使用 CPT 文件中指定的 **COLOR_MODEL**
- **rgb**: 在 RGB 色彩空间中插值
- **hsv**: 在 HSV 色彩空间中插值
- **cmyk**: 假定颜色是 CMYK 色彩空间, 但在 RGB 空间内插值

COLOR_SET

默认的以逗号分隔的颜色列表 (或分类 CPT 名称), 用于自动、顺序的颜色分配。[**#0072BD,#D95319,#EDB120,#7E2F8E,#77AC30,#4DBEEE,#A2142F**]

13.4.2 光照相关参数

某些绘图模块 (如*grdimage*、*colorbar*) 可以利用强度文件模拟光照效果。光照效果的实现, 本质上是先将任意颜色转换成 HSV 模型, 然后根据强度的正负, 增大/减小 HSV 模型中的 S (饱和度) 和 V (明度), 以达到模拟光照的效果。下面的四个参数控制了模拟光照过程中 S 和 V 变化的极限值, 以避免模拟的光照过亮或过暗。

COLOR_HSV_MIN_S

负强度最小值对应的 S 值, 取值范围 0 到 1 [1.0]

COLOR_HSV_MAX_S

正强度最大值对应的 S 值, 取值范围 0 到 1 [0.1]

COLOR_HSV_MIN_V

负强度最小值对应的 V 值, 取值范围 0 到 1 [0.3]

COLOR_HSV_MAX_V

正强度最大值对应的 V 值, 取值范围 0 到 1 [1.0]

13.5 DIR 参数

可以使用*gmtset* 设定一些专用的目录位置, 如数据文件和程序设置的目录。这时, 我们只需指定文件名, GMT 会自动去这些目录中找同名文件。下面列出所有与目录相关的配置参数:

DIR_CACHE

指定从 GMT 服务器下载的临时文件 (以 @ 开头, 如 `@hotspots.txt`) 的缓存目录。

也可用环境变量 **$GMT_CACHEDIR** 指定。若同时设置了 **DIR_CACHE** 和 **$GMT_CACHEDIR**, 则 GMT 只会使用 **DIR_CACHE** 指定的目录。若该配置参数和环境变量均未定义, 则默认缓存目录为 `~/.gmt/cache`。

可以使用 `gmt clear cache` 命令清空缓存目录。

DIR_DATA

指定一个或多个存放常用数据文件的数据目录。

也可用环境变量 **$GMT_DATADIR** 指定。若同时设置了 **DIR_DATA** 和 **$GMT_DATADIR**, 则 GMT 只会使用 **DIR_DATA** 指定的目录。若该配置参数和环境变量均未定义, 则数据目录默认为空。

多个目录之间用逗号分隔; 以斜杠 / 结尾的目录都会被递归搜索 (Windows 不支持此功能)。

DIR_DCW

DCW 数据 所在目录。该数据的默认目录为 **$GMT_SHAREDIR**/dcw 目录。

DIR_GSHHG

GSHHG 数据 所在目录。该数据的默认目录为 **$GMT_SHAREDIR**/coast 目录。

可以参考*输入文件的搜索目录*了解搜索目录的顺序以及相关环境变量的定义。

13.6 FORMAT 参数

下面列出所有与格式相关的参数, 通常包括输入格式、输出格式和绘图格式三类, 参数的默认值在中括号内列出。

13.6.1 日期的输入/输出/绘图格式

FORMAT_DATE_IN

输入数据中日期字符串的格式模板 [**yyyy-mm-dd**]

日期字符串可以用公历表示, 也可以用 ISO 周历表示。

对于公历而言, 可以将如下模板做合理组合:

- **yyyy**: 四位年份
- **yy**: 两位年份 (见*TIME_Y2K_OFFSET_YEAR*)
- **mm**: 两位月份
- **o**: 月份的名称简写
- **dd**: 两位日期
- **jjj**: 一年中的第几天

比如 **ddmmyyyy**、**yy-mm-dd**、**dd-o-yyyy**、**yyyy/dd/mm**、**yyyy-jjj** 等。

对于 ISO 周历而言, 其模板格式为 **yyyy**[-]**W**[-]**ww**[-]**d**, 表示某年的第 ww 周的第 d 天。比如 **yyyy-Wwwd** 或 **yyyy-Www** 等。

FORMAT_DATE_OUT

输出日期字符串时所使用的格式 [**yyyy-mm-dd**]

参考*FORMAT_DATE_IN* 的相关说明。除此之外:

- 若模板开头有一个 **-**, 则所有的整数年月日在输出时会省略前置零。比如若使用模板 **-yyyy-mm-dd** 则输出类似于 2012-1-3 而不是 2012-01-03
- 若模板为 **-**, 则输出时省略日期, 日期和时间中的 **T** 也会被省略

FORMAT_DATE_MAP

绘制日期字符串时所使用的格式 [**yyyy-mm-dd**]

参考*FORMAT_DATE_IN* 和*FORMAT_DATE_OUT* 的相关说明。除此之外,

- 绘制月份名时的 **mm** 可以用 **o** 替代, 即图上显示 Jan 而不是 01
- 用 **u** 代替 **W**[-]**ww**, 即图上显示 Week 10 而不是 W10

所有的日期文本字符串都由*GMT_LANGUAGE*、*FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP* 和*FORMAT_TIME_SECONDARY_MAP* 控制。

13.6.2 时间的输入/输出/绘图格式

FORMAT_CLOCK_OUT

输出时间字符串时所使用的格式 [**hh:mm:ss**]

- **hh**、**mm**、**ss** 分别表示时、分、秒
- 若想要以浮点数输出最小单位 (比如秒), 可以加上 **.xxx**, 比如 **hh:mm:ss.xxx** 或者 **hh:mm.xxx**; 否则只输出最小单位的整数部分。即输出为 01:02:03 而不是 01:02:03.456。
- 默认使用 24 小时制。若要使用 12 小时制, 可以在字符串的最后加上 **am**、**AM**、**a.m.**、**A.M.**。比如 **hha.m.** 等等。
- 若时间格式模板以 **-** 开头, 则输出时间字符串时不会输出前置 0
- 若时间格式模板为 **-**, 则在输出日期时间时不输出时间字符串

FORMAT_CLOCK_IN

输入数据中时间数据的格式 [**hh:mm:ss**]

见*FORMAT_CLOCK_OUT* 的说明。

FORMAT_CLOCK_MAP

图上绘制时间字符串时所使用的格式 [**hh:mm:ss**]

见*FORMAT_CLOCK_OUT* 的说明。

13.6.3 地理坐标的输出/绘图格式

FORMAT_GEO_OUT

控制地理坐标数据的输出格式 [**D**]

格式的通用形式有两类:

- [±]**D**: 表示将地理数据以浮点数的形式输出, 浮点数的格式由*FORMAT_FLOAT_OUT* 决定
  - **D**: 经度输出范围为 -180 到 180
  - **+D**: 经度输出范围为 0 到 360
  - **-D**: 经度输出范围为 -360 到 0
- [±]ddd[:mm[:ss]][.xxx][F|G]

- **ddd**: 固定格式的整型度
- **:**: 分隔符
- **mm**: 固定格式的整型分
- **ss**: 固定格式的整型秒
- **.xxx**: 前一个量的小数部分
- **F**: 用 WSEN 后缀来表示正负号
- **G**: 与 F 相同, 但后缀前有一空格
- **±**: 默认经度范围为-180 到 180, 若加正号则范围为 0 到 360, 加负号则范围为-360 到 0

示例及效果:

- `ddd:mmF` => `35:45W`
- `ddd:mmG` => `35:45 W`
- `ddd:mm:ss` => `40:34:24`
- `ddd.xxx` => `36.250`

FORMAT_GEO_MAP

绘图时地理坐标的显示格式 [**ddd.mm.ss**]

格式的具体定义参考*FORMAT_GEO_OUT*, 但具体格式会进一步由 **-B** 选项控制。除此之外, 还可以在格式后面加上 **A** 表示绘制坐标的绝对值。

13.6.4 浮点数的输出/绘图格式

FORMAT_FLOAT_OUT

双精度浮点数在输出时所使用的格式 [**%.12lg**]

具体的格式遵循 C 语言 `printf` 函数的格式定义, 比如 **%.3lf**。

若需要为不同列指定不同的输出格式, 可以使用多个逗号分隔的 *cols*:*format* 形式。其中, *cols* 可以是列号 (比如 5 代表数据的第六列), 也可以是列范围 (比如 3-7 表示第 4 到 8 列), 不指定 *cols* 的格式将用于其他余下的列。比如 `0:%.3lf,1-3:%.12lg,%lf`。

也可以列出 N 个用空格分隔的格式, 这些格式分别应用到数据的前 N 列中, 比如 `%.3lf %.2lf %lf` 。

备注

1. 由于 GMT 内部将所有数字以浮点型保存, 因而若使用整型格式 `%d` 显示则会出错
2. 若设置为 `%'lg`, 则 10000 会显示成 10,000。由于单引号的特殊意义, 因而可能需要转义, 即写成 `%\'lg`
3. 百分号 % 在 Windows 的 Batch 下有特殊含义, 在使用时需要使用两个百分号代替一个百分号, 例如 `%%.3lf` :

FORMAT_FLOAT_MAP

以双精度浮点数形式绘制地图边框标注或等值线标注时所使用的格式 [**%.12lg**]

见*FORMAT_FLOAT_OUT* 中的相关说明。

13.6.5 其它数据的绘图格式

FORMAT_TIME_MAP

同时设置*FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP* 和*FORMAT_TIME_SECONDARY_MAP* 的值

FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP

一级标注中月份、周名的格式 [**full**]

可以取如下值:

- **full**: 显示全称, 比如 January
- **abbreviate**: 显示简称, 比如 Jan
- **character**: 显示单个字符, 比如 J

还可以使用 **Full**、**Abbreviate**、**Character** 表示所有名字均大写。

全称、简称以及单字符的定义见 GMT 安装目录下 `share/localization` 目录中的语言定义文件。

FORMAT_TIME_SECONDARY_MAP

二级标注中月份、周名的格式 [**full**]

见*FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP* 中的相关说明。

FORMAT_TIME_STAMP

GMT 时间戳中时间信息的显示格式 [**%Y %b %d %H:%M:%S**]

该选项的值用 C 函数 **strftime** 解析, 故而理论上可以包含任意文本。

13.7 IO 参数

13.7.1 表数据相关参数

IO_HEADER

指定输入/输出的表文件中是否有文件头记录 [**false**]

可以取 **true**|**false**。若值为 **true**, 则等效于使用*-h 选项*

IO_HEADER_MARKER

输入 ASCII 表文件中文件头记录的标识符 [#%!;"']

即所有以这些字符开头的行都将被当做文件的头记录。若希望输入和输出数据中使用不同的文件头标识符, 则可以使用逗号分隔输入和输出数据的文件头标识符, 比如若想要输出时使用冒号作为文件头记录则可以设置为 #%!;"' ,:。

> **备注**
>
> 最多支持 7 个字符。

IO_N_HEADER_RECS

在使用*-h 选项* 时, 要跳过的文件头记录的数目 [0]

见*-h 选项* 和*ASCII 表*。

IO_FIRST_HEADER

当整个数据文件中只有一个数据段时, 是否要写这个数据段的文件头记录。默认情况下, 只有当这个单独段的头段记录中有额外的内容时才会写该头记录。可选的值包括 **always**、**never** 和 **maybe** [**maybe**]

IO_COL_SEPARATOR

GMT 输出 ASCII 表数据时列与列之间的分隔符 [tab]

可以取 **tab**、**space**、**comma** 和 **none**

IO_SEGMENT_MARKER

多段数据中每段数据开始的标识符 [>]

见*ASCII 表* 中的相关介绍。若希望输入和输出数据中使用不同的数据段标识符, 则可以使用逗号分隔输入和输出数据的段标识符, 比如 **>,:**。

有两个特殊的标识符:

- **B** 表示将空行作为数据段开始的标识符
- **N** 表示将一个 NaN 记录作为数据段开始的标识符

若想要将字符 **B** 或 **N** 作为段数据标识符, 而不是使用上面提到的特殊含义, 则必须使用 **B** 或 **N**。

IO_SEGMENT_BINARY

二进制数据中, 某个记录的所有值都是 NaN 时该如何解释 [2]

默认情况下, 当二进制数据中某个记录的值为 NaN 的列数超过了 **IO_SEGMENT_BINARY** 的值时, 则将该记录解释为二进制数据中的数据段头记录。将该参数赋值为 0 或 off 可以关闭这一特性。

13.7.2 网格文件相关参数

IO_NC4_CHUNK_SIZE

控制写 netCDF 文件时 Y 方向和 X 方向的分块大小 [**auto**]

分块过大或小于 128 通常会导致读写低性能, 应尽量避免。Y 方向和 X 方向的分块大小用逗号分隔。若取 **auto**, 则 GMT 会自动在 128 到 256 之间选取合适的值。

IO_NC4_DEFLATION_LEVEL

输出 netCDF4 格式的数据时所使用的压缩等级 [3]

可以取 0 到 9 的整数, 0 表示不压缩, 9 表示最大压缩。低压缩率可以提高性能并减少文件尺寸, 而高压缩率虽然可以进一步减小文件尺寸, 但却需要更多的处理时间。

IO_GRIDFILE_SHORTHAND

是否支持自动识别网格文件后缀的功能 [false]

GMT 中也可以将网格文件的后缀与网格文件格式关联起来这样 GMT 就可以直接根据文件后缀确定网格文件的格式了。

该特性通过名为 `gmt.io` 的文件来实现。GMT 会依次在当前目录、家目录或 **~/.gmt** 目录下寻找 `gmt.io`。

`gmt.io` 的示例格式如下:

```
# GMT i/o shorthand file

# It can have any number of comment lines like this one anywhere
# suffix format_id scale offset NaN Comments
grd       nf       -     -      -    Default format
b         bf       -     -      -    Native binary floats
i2        bs       -     -    32767  2-byte integers with NaN value
ras       rb       -     -      -    Sun raster files
byte      bb       -     -    255    Native binary 1-byte grids
bit       bm       -     -      -    Native binary 0 or 1 grids
mask      bm       -     -      0    Native binary 1 or NaN masks
```

(续下页)

(接上页)

```
faa         bs        0.1     -     32767  Native binary gravity in 0.1 mGal
ns          ns         a      a       -    16-bit integer netCDF grid with auto-scale and auto-offset
```

要使用这一特性, 需要将参数*IO_GRIDFILE_SHORTHAND* 设置为 **true**。此时, 文件名 file.i2 等效于 file.i2=bs///32767, wet.mask 等效于 wet.mask=bm+n0。

IO_GRIDFILE_FORMAT

GMT 默认使用的网格文件格式 [nf]

该参数的取值格式为 *ff*[+**s***scale*][+**o***offset*][+**n***invalid*]。见网格文件格式 一节。

13.7.3 其它 IO 参数

IO_LONLAT_TOGGLE

数据的前两列是纬度、经度而不是经度、纬度 [false]

该参数的作用与*-: 选项* 功能相同。其可以取如下值:

- **false** 默认值, 输入/输出数据均为 (x, y)
- **true** 输入/输出数据均为 (y, x)
- **IN** 仅输入数据为 (y, x)
- **OUT** 仅输出数据为 (y, x)

IO_NAN_RECORDS

控制当读入的记录中的 X、Y 或 Z 包含 NaN 记录时的处理方式 [**pass**]

可以取如下值:

- **skip**: 直接跳过 NaN 记录, 并报告 NaN 记录的数目
- **pass**: 将所有记录传递给程序

13.8 PROJ 参数

本节列出投影相关参数, 参数的默认值在中括号内列出。

PROJ_LENGTH_UNIT

长度量的默认单位 [**c**]

当长度量未显式给定单位时所使用的默认单位, 可以取 **c**|**i**|**p**。见单位。

PROJ_ELLIPSOID

地图投影中使用的地球椭球 [**WGS-84**]

GMT 支持几十种地球椭球 (此处不列举, 详见 官方文档)。除此之外, GMT 还支持自定义椭球, 用户只需按照固定的格式对椭球命名, GMT 会从椭球名字中提取半长轴以及扁率。可用的格式如下:

- *a*: 球半径为 a, 单位为 m, 扁率为零。比如 6378137
- *a*,*inv_f* : *inv_f* 为扁率的倒数, 比如 6378137,298.257223563
- *a*,*b*=*b* : *b* 为半短轴长度, 单位为 m, 比如 6378137,b=6356752.3142
- *a*,**f**=*f* : *f* 为扁率, 比如 6378137,f=0.0033528

需要注意, 对于某些全球投影, GMT 会对选中的地球椭球做球状近似, 将扁率设为零, 并使用其平均半径。当 GMT 做此类近似时, 会给出警告信息。

PROJ_AUX_LATITUDE

以大圆弧方式计算球面距离时球体近似的辅助纬线 [**authalic**]

在使用大圆弧距离计算方式时, 需要将真实地球近似为一个半径为*PROJ_MEAN_RADIUS* 的球体, 在做球体近似时需要选择合适的辅助纬线。可选值包括

- **authalic**
- **geocentric**
- **conformal**
- **meridional**
- **parametric**
- **none**

当设置为除 **none** 外的其他值时, GMT 会在计算距离前, 将大圆弧距离计算时使用的两点中任意一点的纬度转换成辅助纬度。

PROJ_MEAN_RADIUS

地球/行星的平均半径 [**authalic**]

在计算两点间的大圆弧距离或区域的表面积时才会被使用。可选值包括

- **mean (R_1)**
- **authalic (R_2)**
- **volumetric (R_3)**
- **meridional**
- **quadratic**

PROJ_SCALE_FACTOR

修改某些投影的地图缩放因子以减小面积失真

- Polar Stereographic: 默认值为 0.9996
- UTM: 默认值为 0.9996
- Transverse Mercator: 默认值为 1

PROJ_GEODESIC

指定大地测量距离中所使用的算法 [Vincenty]

可以取:

- **Vincenty** 默认值, 精确到 0.5mm
- **Rudoe** GMT4 所使用的计算方式
- **Andoyer** 精度为 10 米量级, 比 Vincenty 快 5 倍

13.9 PS 参数

本节列出所有与 PS 相关的参数, 参数的默认值在中括号内列出。

PS_CHAR_ENCODING

设置文本字符集编码方式 [**ISOLatin1+**]

GMT 使用的字符集编码方式。可选值包括:

- **Standard**
- **Standard+**
- **ISOLatin1**

- **ISOLatin1+**
- **ISO-8859-***x* (x 取值为 1-10 或 13-15)

若安装 GMT 时使用 SI 单位制, 则默认值为 **ISOLatin1+** 编码; 否则使用 **Standard+** 编码。

> **备注**
>
> 字符集信息是写在 PS 文件头中的, 因而若需要临时修改字符集, 则需要使用 **--PS_CHAR_ENCODING==***encoding* 临时修改字符集, 而不能使用 gmt set 修改。

PS_COLOR_MODEL

生成 PS 代码时颜色所使用的色彩模型 [**rgb**]

可以取 RGB、HSV、CMYK 或 GRAY。若设置为 HSV, 其不会影响绘图过程中使用 RGB 指定的颜色; 若设置为 GRAY, 则所有的颜色都将使用 YIQ 方法转换成灰度。

PS_COMMENTS

生成的 PS 代码中是否包含注释信息 [**false**]

若为 **true**, 则生成的 PS 文件中会包含注释, 用于解释文件中操作的逻辑, 当你需要手动编辑 PS 文件时比较有用。默认情况下, 其值为 **false**, 即 PS 文件中不会包含注释, 此时生成的 PS 文件更小。

PS_CONVERT

现在模式下在执行 `gmt end` 命令时 GMT 会自动调用*psconvert* 生成用户指定格式的图片。该选项用于控制调用 **psconvert** 时的默认参数, 多个参数之间以逗号分隔 [**A**]

PS_IMAGE_COMPRESS

设置 PS 中的图像压缩算法 [**deflate,5**]

可以取值为:

- **rle**: Run-Length Encoding scheme
- **lzw**: Lempel-Ziv-Welch compression
- **deflate**[,*level*]: DEFLATE 压缩, *level* 可以取 1 到 9
- **none**: 不压缩, 相当于 **deflate,5**

PS_LINE_CAP

控制线段的**端点**的绘制方式 [**butt**]

可以取如下值:

- **butt**: 不对端点做特殊处理, 即端点是矩形 (默认值)
- **round**: 端点处为直径与线宽相等的半圆弧
- **square**: 端点处为边长与线宽相等的半个正方形

下图展示了该参数取不同值时线段端点的区别。需要注意, 图中三条线段的长度是相同的, 但因参数设置不同而导致线段看上去长度不同。

Source Code



图 4: PS_LINE_CAP 控制线段端点绘图效果

PS_LINE_JOIN

控制线段拐点的绘制方式 [**miter**]

可以取 **miter**、**round**、**bevel**。

下图展示了 **PS_LINE_JOIN** 取不同值时线段拐点的绘图效果。当线宽较小时, 几乎看不出来区别, 这里为了显示的效果, 将线宽设置为 20p。

Source Code

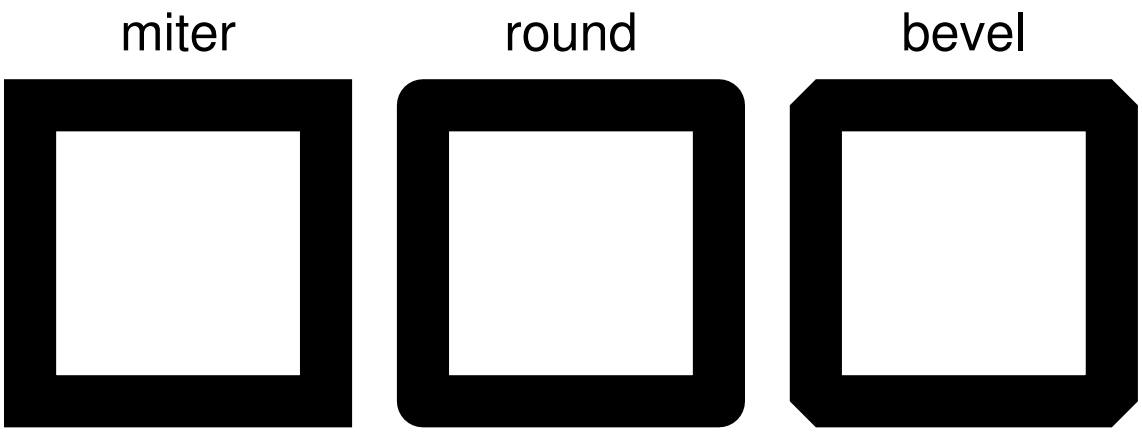


图 5: PS_LINE_JOIN 控制线段拐点绘制效果

PS_MITER_LIMIT

设置*PS_LINE_JOIN* 取 **miter** 时拐点的角度阈值 [35]

当两个相交的线段之间的夹角小于该阈值时, 则该拐角会被 bevelled 而不是被 mitered。该参数的取值范围为 0 到 180。若设置为 0, 则使用 PS 的默认值 (11 度), 若设置为 180, 则所有拐角都会被 beveled。

PS_MEDIA

设置当前纸张的尺寸 [a4]

下表列出了 GMT 预定义的若干种纸张尺寸及其对应的宽度和高度 (单位为 points)。

表 1: GMT 预定义纸张大小

Media	width	height	Media	width	height
A0	2380	3368	archA	648	864
A1	1684	2380	archB	864	1296
A2	1190	1684	archC	1296	1728
A3	842	1190	archD	1728	2592
A4	595	842	archE	2592	3456
A5	421	595	flsa	612	936
A6	297	421	halfletter	396	612
A7	210	297	statement	396	612
A8	148	210	note	540	720
A9	105	148	letter	612	792
A10	74	105	legal	612	1008
B0	2836	4008	11x17	792	1224
B1	2004	2836	tabloid	792	1224
B2	1418	2004	ledger	1224	792
B3	1002	1418			
B4	709	1002			
B5	501	709			

用户还可以用 *W*x*H* 的格式完全自定义纸张尺寸, 其中 *W* 和 *H* 分别为纸张的宽度和高度。比如 12cx12c 表示纸张为宽度和高度都为 12 厘米。

若某些尺寸经常使用, 用户还可以自定义纸张格式, 只需要新建或编辑 `~/.gmt/gmt_custom_media.conf` 即可, 文件格式也很简单:

```
# 纸张格式名   宽度   高度
paper1         2000   3000
paper2         3000   0
```

纸张高度为 0, 表示纸张可以向上无限延展。

PS_PAGE_COLOR

设置纸张的背景色 [**white**]

PS_PAGE_ORIENTATION

设置纸张方向 [**landscape**]

> **备注**
>
> 仅 GMT 经典模式下有效, 现代模式下纸张始终是 portrait 模式。

可以取 **portrait** 或 **landscape**。

PS_SCALE_X

绘图时 X 方向的全局比例 [1.0]

用于实现图像的整体缩放。

PS_SCALE_Y

绘图时 Y 方向的全局比例 [1.0]

用于实现图像的整体缩放。

PS_TRANSPARENCY

设置生成 PS 文件所使用的透明模式 [Normal]

可取值包括 Color、ColorBurn、ColorDodge、Darken、Difference、Exclusion、HardLight、Hue、Lighten、Luminosity、Multiply、Normal、Overlay、Saturation、SoftLight、Screen

13.10 TIME 参数

本节列出所有时间相关参数, 参数的默认值在中括号内列出。

TIME_EPOCH

指定所有相对时间的参考时刻 [1970-01-01T00:00:00]

其格式为 yyyy-mm-ddT[hh:mm:ss] 或 yyyy-Www-ddTT[hh:mm:ss]

TIME_UNIT

指定相对时间数据相对于参考时刻的单位 [**s**]

可以取:

- **y**：年; 假定一年 365.2425 天;
- **o**：月; 假定所有月是等长的;
- **d**：天;
- **h**：时;
- **m**：分钟;
- **s**：秒;

TIME_SYSTEM

TIME_EPOCH 和*TIME_UNIT* 的合并版

即指定*TIME_SYSTEM* 相当于同时指定了*TIME_EPOCH* 和*TIME_UNIT*。可取如下值:

- **JD**: 等效于-4713-11-25T12:00:00 d
- **MJD**: 等效于 1858-11-17T00:00:00 d
- **J2000**: 等效于 2000-01-01T12:00:00 d
- **S1985**: 等效于 1985-01-01T00:00:00 s
- **UNIX**: 等效于 1970-01-01T00:00:00 s
- **RD0001**: 等效于 0001-01-01T00:00:00 s
- **RATA**: 等效于 0000-12-31T00:00:00 d

该参数并不存在于 `gmt.conf` 中, 当指定该参数时, 其会被自动转换为*TIME_EPOCH* 和*TIME_UNIT* 对应的值。

TIME_WEEK_START

指定周几是一周的第一天, 可取值为 Monday 或 Sunday [Monday]

TIME_Y2K_OFFSET_YEAR

当用两位数字表示四位数字的年份时, *TIME_Y2K_OFFSET_YEAR* 给定了 100 年序列的第一年 [1950]

比如, 若 TIME_Y2K_OFFSET_YEAR=1729, 则数字 29 到 99 分别表示 1729 到 1799, 而数字 00 到

28 则表示 1800 到 1828。默认值为 1950, 即 00 到 99 表示的年份范围为 1950 到 2049。

TIME_REPORT

控制 GMT 运行进度报告中是否显示时间戳 [**none**]

可以取三个值:

- **none** 不显示时间戳
- **clock** 显示绝对时间
- **elapsed** 显示自会话开始所经历的时间

TIME_IS_INTERVAL

控制输入的日期时间数据截断和微调 [**off**]

其可以取如下三类值:

- **off**: 即不对输入数据做任何截断和调整
- +*nunit*: *n* 为某个整数, *unit* 为某个时间单位。其表示将输入的日期时间数据截断为 *nunit* 的整数倍, 并将其放在紧接着的时间间隔的中间
- -*nunit*: 同样, 但将该输入数据放在前一个时间间隔的中间

时间间隔单位 *unit* 可以取如下值:

- **y** 年
- **o** 月
- **u** 周
- **h** 小时
- **m** 分钟
- **s** 秒

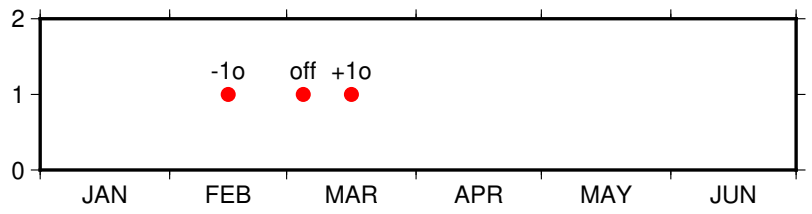
下面的示例在时间坐标系下绘制了三个红点, 每个红点的输入数据都是:

```
1997-03-05 1
```

图中展示了 **TIME_IS_INTERVAL** 取不同值时的效果:

- **off**: 1997-03-05 解释为 1997-03-05T00:00:00.00.0
- **+1o**: 1997-03-05 解释为 1997-03-15T12:00:00.0
- **-1o**: 1997-03-05 解释为 1997-02-15T12:00:00.0

Source Code



TIME_INTERVAL_FRACTION

确定时间轴开头和结尾的部分时间间隔是否需要标注 [0.5]

对于时间轴而言, 若开头/结尾部分的时间间隔大于指定的时间间隔的某个比例, 则绘制开头/结尾部分的标注并将标注置于时间间隔的中间。

13.11 其他参数

本节介绍 GMT 中的其他参数, 参数的默认值在中括号内列出。

13.11.1 数据下载相关参数

GMT_AUTO_DOWNLOAD

是否允许自动从 GMT 服务器 (由*GMT_DATA_SERVER* 控制) 下载数据文件到用户目录 `~/.gmt` 下。可以取 **on** 或者 **off** [**on**]

GMT_DATA_SERVER

GMT 数据服务器地址, 默认使用 SOEST 官方镜像 [https://oceania.generic-mapping-tools.org/]

GMT 数据服务器目前在全球范围内有多个镜像。详细的镜像列表见 https://www.generic-mapping-tools.org/mirrors 页面。

对于国内用户, 建议直接使用中科大 LUG 提供的国内镜像。修改方式为:

```
gmt set GMT_DATA_SERVER http://china.generic-mapping-tools.org
```

然后将生成的 `gmt.conf` 文件复制到 GMT 用户目录 `~/.gmt` (Linux/macOS) 或 `C:\Users\XXX\.gmt` (Windows) 下。

GMT_DATA_SERVER_LIMIT

从 GMT 服务器上下载的单个文件的大小上限, 默认无限制。可以给定文件大小上限的字节数, 也可以加上 **k**、**m** 或 **g** 表示 KB、MB 或 GB。

GMT_DATA_UPDATE_INTERVAL

指定远程数据目录文件的更新频率, 默认为 1 天 [1d]。时间单位可以取 **d** (天)、**w** (周) 或 **o** (月)。

13.11.2 算法选择相关参数

GMT_TRIANGULATE

设置*triangulate* 模块中算法代码的来源 [**Shewchuk**]

triangulate 模块的核心源码有两个版本, Watson 的版本遵循 GPL, Shewchuk 的版本不遵循 GPL。该选项用于控制要使用哪个版本, Shewchuk 版本拥有更多功能。

GMT_FFT

要使用的 FFT 算法 [auto]

可以取:

- **auto**: 自动选择合适的算法
- **fftw**[,*planner_flag*]: FFTW 算法, 其中 *planner_flag* 可以取 **measure**|**patient**|**exhaustive**
- **accelerate** : macOS 下使用系统自带的 Accelerate Framework (该算法要求采样点数必须为 2 的 n 次方)
- **kiss**: kiss FFT
- **brenner**: Brenner Legacy FFT

GMT_INTERPOLANT

程序中一维插值所使用的算法 [**akima**]

- **linear**: 线性插值
- **akima**: akima' s spline
- **cubic**: natural cubic spline

- **none**: 不插值

GMT_EXTRAPOLATE_VAL

外插时超过数据区时如何处理 [NaN]

可选值包括:

- **NaN**: 区域范围外的值一律为 NaN
- **extrap**: 使用外插算法计算的区域外的值
- **extrapval**,*val*: 设置区域外的值为 *val*

13.11.3 其它参数

GMT_EXPORT_TYPE

控制表数据的数据类型, 仅被外部接口使用 [**double**]

可以取 **double**、**single**、[**u**]**long**、[**u**]**int**、[**u**]**short**、[**u**]**char**。

GMT_CUSTOM_LIBS

要链接的自定义 GMT 库文件, 默认值为空

GMT 支持自定义模块。用户可以写一个 GMT 模块, 并将其编译成动态函数库。通过设置该参数告知 GMT 该函数库的位置, 即可通过 **gmt xxx** 的语法调用自定义模块, 以实现扩充 GMT 功能的目的。

该参数用于指定自定义动态库函数的路径, 多个路径之间用逗号分隔。路径可以是共享库文件的绝对路径, 也可以是其所在的目录。若路径是一个目录名, 该目录必须需斜杠或反斜杠结尾, 表明使用该目录下的全部共享库文件。在 Windows 下, 若目录名是 /, 则表示在 GMT 的 bin 目录下的 **gmt_plugins** 子目录下寻找库文件。

GMT_LANGUAGE

设置 GMT 绘图时使用的语言 [**us**]

不同的语言中, 月份、星期几、东西南北的表达方法是不同的。该参数用于设置 GMT 绘图时所使用的语言。GMT 支持多种语言, 各语言的定义文件位于 GMT 安装目录中 `share/localization` 目录下的文件。

此处仅列举几个常见语言如下:

- **cn1** 简体中文
- **cn2** 繁体中文
- **uk** 英式英语
- **us** 美式英语
- **jp** 日语
- **kr** 韩语
- ...

实际使用时, 除了需要修改该参数外, 可能还需要修改相应的字符编码和字体。

若设置语言为 **cn1** 即简体中文并正确设置中文字体, 则 GMT 在绘制时可以显式“一月”、“星期一”、“周一” 等中文。相关示例见*GMT 中文效果演示*。

GMT_COMPATIBILITY

是否开启兼容模式 [4]

- 若值为 4, 表示兼容 GMT4 语法并给出警告
- 若值为 5, 则表示不兼容 GMT4 语法, 严格遵守 GMT5 语法, 遇到 GMT4 语法时直接报错

- 若值为 6, 表示不兼容 GMT5 语法

GMT_VERBOSE

控制 GMT 命令的 verbose 级别 [warning]

可选值包括

- **quiet**
- **error**
- **warning**
- **timings**
- **information**
- **compatibility**
- **debug**

也可以直接使用每个级别的第一个字母。每个级别的具体含义见*-V 选项* 一节。

GMT_HISTORY

GMT 历史文件 **gmt.history** 的处理方式 [true]

- **true** 可以读写
- **readonly** 只能读不能写
- **false** 不显示历史文件

GMT_GRAPHICS_DPU

在不指定分辨率的情况下请求远程网格数据集时(例如, *@earth_relief*), 图像的默认 dpu (dots-per-unit, 每单位大小中的像素点数), 后跟 "i" 表示为 dpi, "c" 表示 dpc。[**300i**]

GMT_GRAPHICS_FORMAT

现代模式下默认的图片文件格式 [pdf]

GMT_MAX_CORES

多进程并行程序所最多能使用的核数 [0]

默认值 0 表示尽可能使用所有核

GMT_THEME

覆盖 GMT 默认主题。可从 *classic* [经典模式默认主题], *modern* [现代模式默认主题], 和 *minimal* 中选择。用户也可选择自己的主题, 创建自己主题的方法以及上述内置主题参数具体情况请见主题。

第 14 章　主题

用户在多次使用 GMT 的过程中，可能会使用同样的配置参数以使所有图件的风格一致。手动复制配置参数仍稍显麻烦，GMT 提供了主题这一功能可在一定程度简化上述操作。

GMT 内置了 3 个主题，分别为：**classic**，**modern**，以及 **minimal**。**classic** 主题为经典模式的默认主题，**modern** 主题为现代模式的默认主题。用户可创建并使用自己的主题，将其放置在 GMT 用户主题目录下（通常为 `~/.gmt/themes`），并将主题命名为 *theme.conf*，*theme* 可以为任何有效字符串。主题文件中可设置任何用户需要设置的参数。使用 *GMT_THEME* 参数可设置使用 GMT 内置或用户自己的主题。下面列表中显示了上述三个内置主题的默认设置。

参数	Classic	Modern	Minimal
FONT_ANNOT_PRIMARY	12p,Helvetica,blac	auto,Helvetica,black	auto,AvantGarde-Book,black
FONT_ANNOT_SECONDARY	14p,Helvetica,blac	auto,Helvetica,black	auto,AvantGarde-Book,black
FONT_HEADING	32p,Helvetica,blac	auto,Helvetica-Bold,black	auto,AvantGarde-Book,black
FONT_LABEL	16p,Helvetica,blac	auto,Helvetica,black	auto,AvantGarde-Book,black
FONT_SUBTITLE	18p,Helvetica,blac	auto,Helvetica-Bold,black	auto,AvantGarde-Book,black
FONT_TAG	20p,Helvetica,blac	auto,Helvetica,black	auto,AvantGarde-Book,black
FONT_TITLE	24p,Helvetica,blac	auto,Helvetica-Bold,black	auto,AvantGarde-Book,black
FORMAT_GEO_MAP	ddd:mm:ss	ddd:mm:ssF	ddd:mm:ss
MAP_ANNOT_MIN_SPACING	0p	auto	auto
MAP_ANNOT_OFFSET_PRIMARY	5p	auto	auto
MAP_ANNOT_OFFSET_SECONDA	5p	auto	auto
MAP_EMBELLISHMENT_MODE	manual	auto	auto
MAP_FRAME_AXES	WESNZ	auto	auto
MAP_FRAME_PEN	thicker,black	auto	auto
MAP_FRAME_TYPE	fancy	fancy	plain
MAP_FRAME_WIDTH	5p	auto	n/a
MAP_GRID_PEN_PRIMARY	default,black	auto	thinner,lightgrey
MAP_GRID_PEN_SECONDARY	thinner,black	auto	thinnest,lightgrey
MAP_HEADING_OFFSET	18p	auto	auto
MAP_LABEL_OFFSET	8p	auto	auto
MAP_POLAR_CAP	85/90	auto	auto
MAP_TICK_LENGTH_PRIMARY	5p/2.5p	auto	auto
MAP_TICK_LENGTH_SECONDAI	15p/3.75p	auto	auto
MAP_TICK_PEN_PRIMARY	default,black	auto	auto
MAP_TICK_PEN_SECONDARY	thinner,black	auto	auto
MAP_TITLE_OFFSET	14p	auto	auto
MAP_VECTOR_SHAPE	0	0.5	0.5

第 15 章　地学数据集

使用 GMT 绘图时，经常用到一些特定的地学数据，如国界线、地形起伏数据等。这些数据一般不需要任何改动即可用在多种图件中。为方便用户，GMT 已提供了一些内置数据，对于占用空间较大的无法内置的数据，则提供了远程数据。GMT 内置数据和远程数据并不能满足所有用户的需求，GMT 中文整理了一些中国和全球的地学数据集。数据由 GMT 用户提供，并由 GMT 中文社区收集和维护。所有数据列表如下所示：

15.1 GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据

撰写

田冬冬, 姚家园

最近更新日期

2021-07-16

Source Code

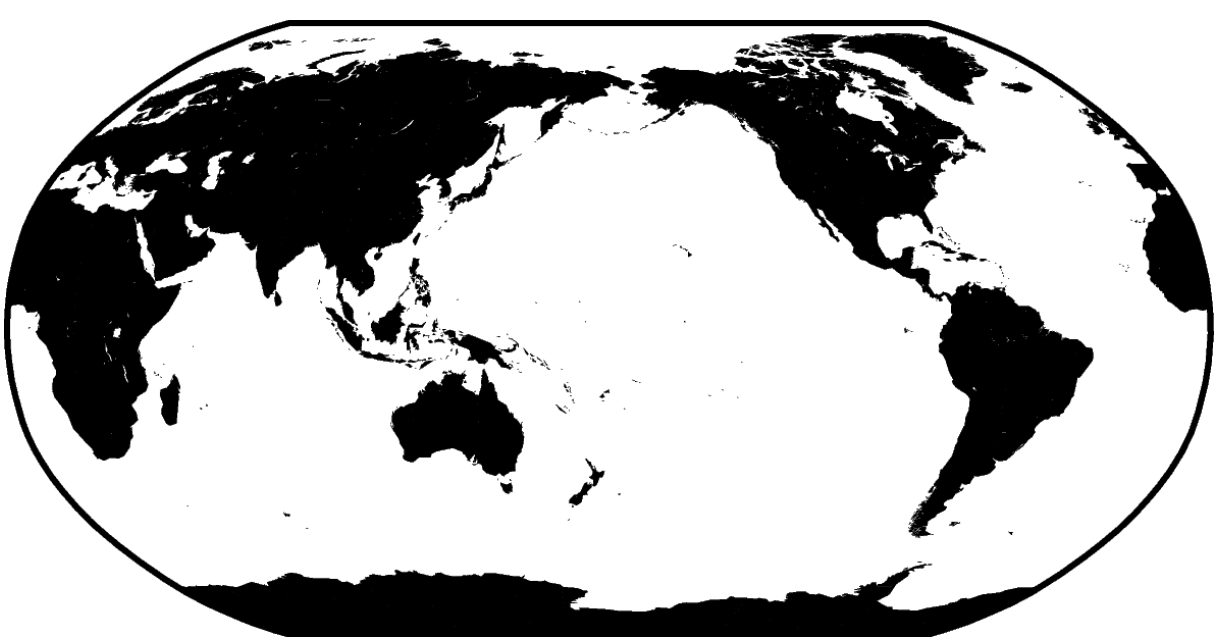


图 1: GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据

- **数据主页**: https://github.com/GenericMappingTools/gshhg-gmt
- **版本**: v2.3.7 (2020-02-16)

GSHHG，全称为 A Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database。GMT 提供的 GSHHG 数据中包含了海岸线、河流和国界等数据。

> **警告**
>
> GSHHG 提供的中国国界数据不符合中国的领土主张，在正式刊物中发表使用此类国界数据的图件时都可能存在问题。

GMT 的*coast* 模块可以直接绘制 GSHHG 中的数据，也可以使用 **coast** 的 **-M** 选项将数据导出为纯文本文件供其它程序使用。这一节将利用 **coast** 模块介绍 GSHHG 数据。

15.1.1 数据分辨率

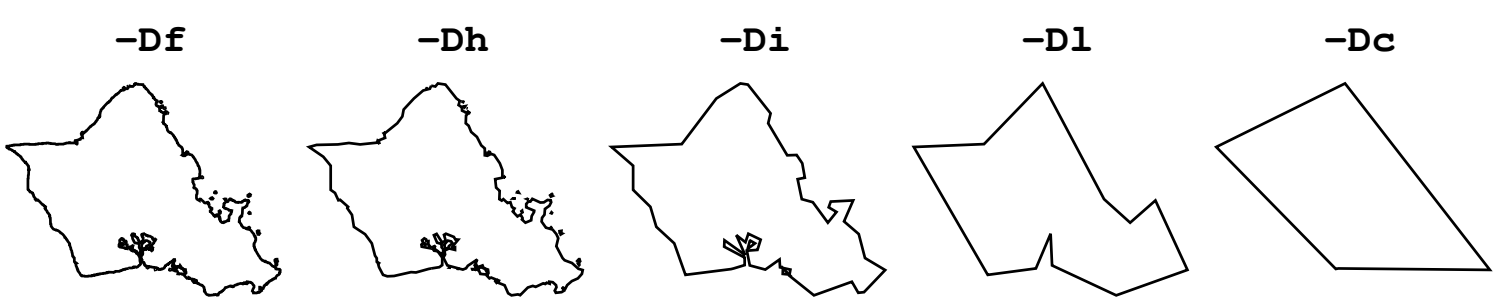
GSHHG 提供了五种不同分辨率的数据，以满足不同的需求。五种分辨率从高到低分别为：

full > **h**igh > **i**ntermediate > **l**ow > **c**rude

coast 模块的 **-D** 选项加上每种分辨率的单词首字母即可指定使用何种分辨率的数据。在绘制全球地图时，可以用 **-Dc** 指定使用最低分辨率的数据，以避免绘制了大量细节而导致绘图速度慢且文件太大；在绘制几度范围的小区域地图时，则可以使用 **-Df** 指定使用最高分辨率的数据。GMT 现代模式下，默认使用 **-Da** 选项，**a** 表示 **a**uto，即 GMT 会根据当前绘图区域的大小自动选择合适的数据分辨率。

下面的示例绘制了一个小区域的海岸线边界，可以看到 **-D** 取不同分辨率时边界精细程度的差异：

Source Code



15.1.2 数据内容

GSHHG 数据中包含了海岸线数据、河流数据和国界数据。

海岸线

海岸线数据可以进一步细分为 4 个不同的等级：

- **1**: 陆地和海洋的分界线，即真正意义上的海岸线
- **2**: 陆地与湖泊的分界线
- **3**: 湖泊中的岛屿与湖泊的分界线
- **4**: 湖泊中的岛屿里的池塘与岛屿的分界线

coast 模块中有如下几个与海岸线相关的选项：

- **-W**[*level*/]*pen* 绘制不同等级的海岸线
- **-G***fill* 设置陆地、岛屿等陆区的填充色
- **-S***fill* 设置海洋、湖泊等水区的填充色
- **-C***fill*+**l** 设置湖泊的填充色
- **-C***fill*+**r** 设置河流湖的填充色

河流

河流进一步可以细分为 10 个等级:

- **0**: Double-lined rivers (river-lakes).
- **1**: Permanent major rivers.
- **2**: Additional major rivers.
- **3**: Additional rivers.
- **4**: Minor rivers.
- **5**: Intermittent rivers - major.
- **6**: Intermittent rivers - additional.
- **7**: Intermittent rivers - minor.
- **8**: Major canals.
- **9**: Minor canals.
- **10**: Irrigation canals.

coast 模块的 **-I** 选项可以用于绘制不同等级的河流, 其基本语法为 **-I***level*/*pen*。其中 *level* 除了可以取 1 至 10 之外, 还可以取:

- **a**: 所有河流和运河, 即包含 0-10 等级的所有河流
- **A**: 除了河流湖之外的所有河流和运河, 即包含 1-10 等级的河流
- **r**: 所有永久河流, 即 0-4 等级
- **R**: 除了河流湖之外的永久河流, 即 1-4 等级
- **i**: 所有间歇性河流, 即 5-7 等级
- **c**: 所有运河, 即 8-10 等级

该选项可以重复多次使用, 为不同等级的河流设置不同的画笔属性。

国界线

国界线进一步细分为三个等级

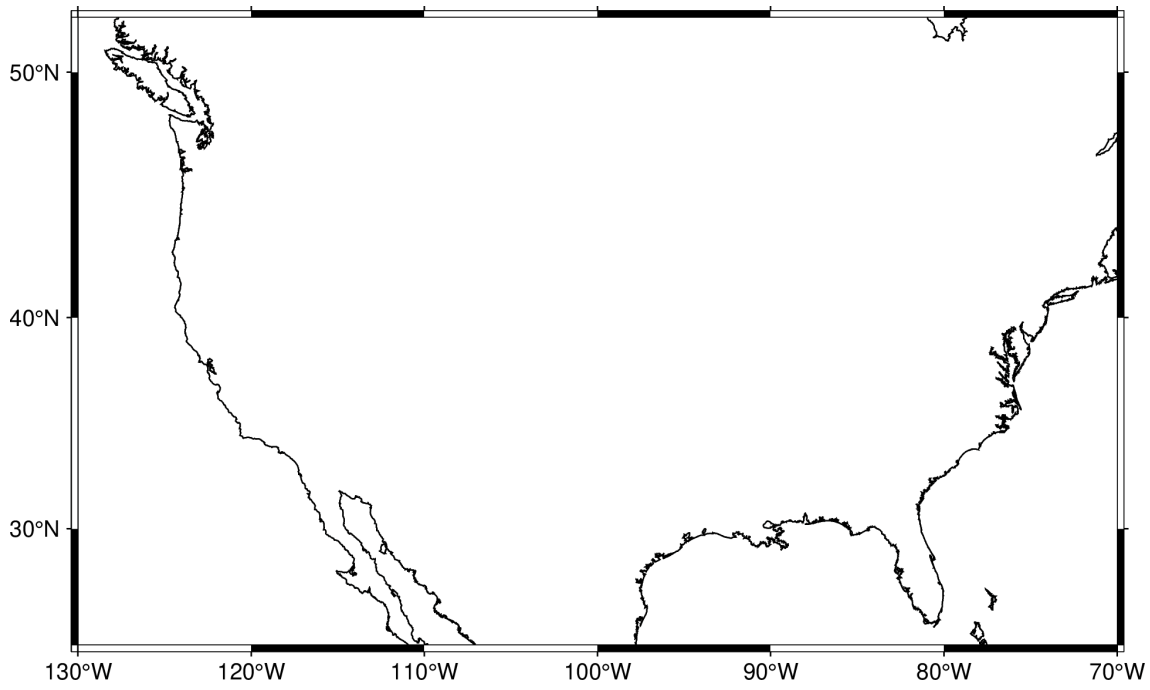
- **1**: 国界
- **2**: 美洲各国以及澳大利亚的州界/省界
- **3**: 海洋边界

coast 模块的 **-N** 选项可以用于绘制不同等级的国界线, 其基本语法为 **-N***level*/*pen*。其中 *level* 可以取 1 至 3, 也可以取 **a**（表示所有边界)。该选项可以重复多次使用, 为不同等级的国界设置不同的画笔属性。

15.1.3 使用示例

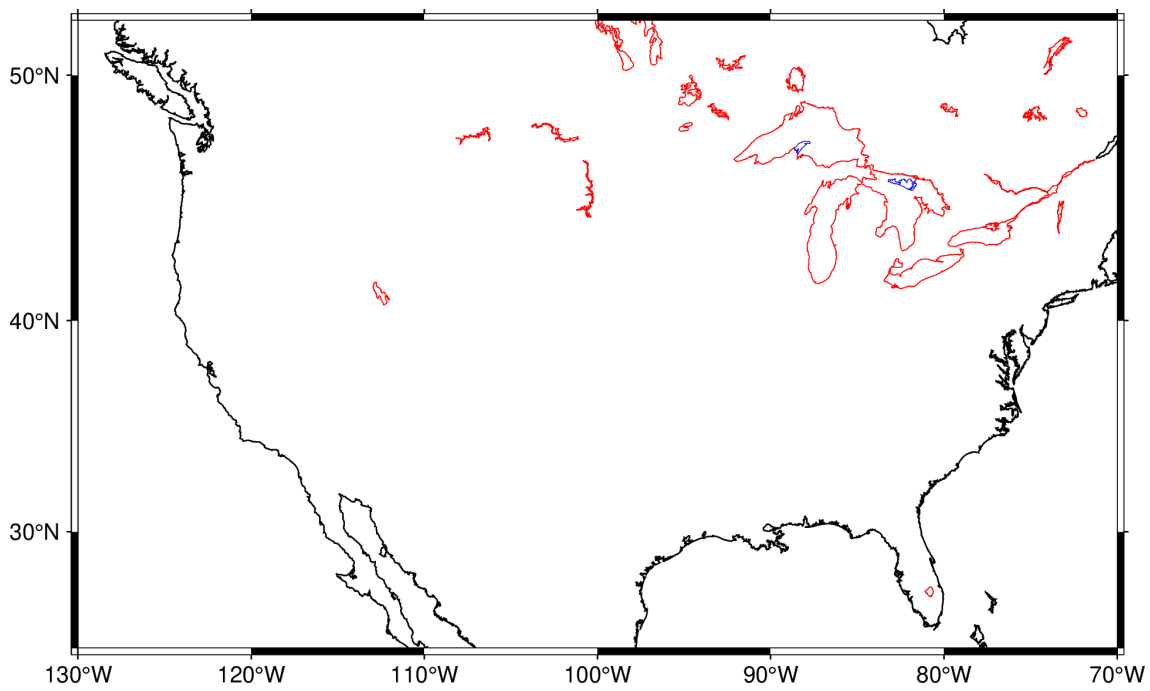
绘制 1 级海岸线:

```
gmt coast -R-130/-70/24/52 -JM15c -Ba -A1000 -W1/0.5p -png map
```



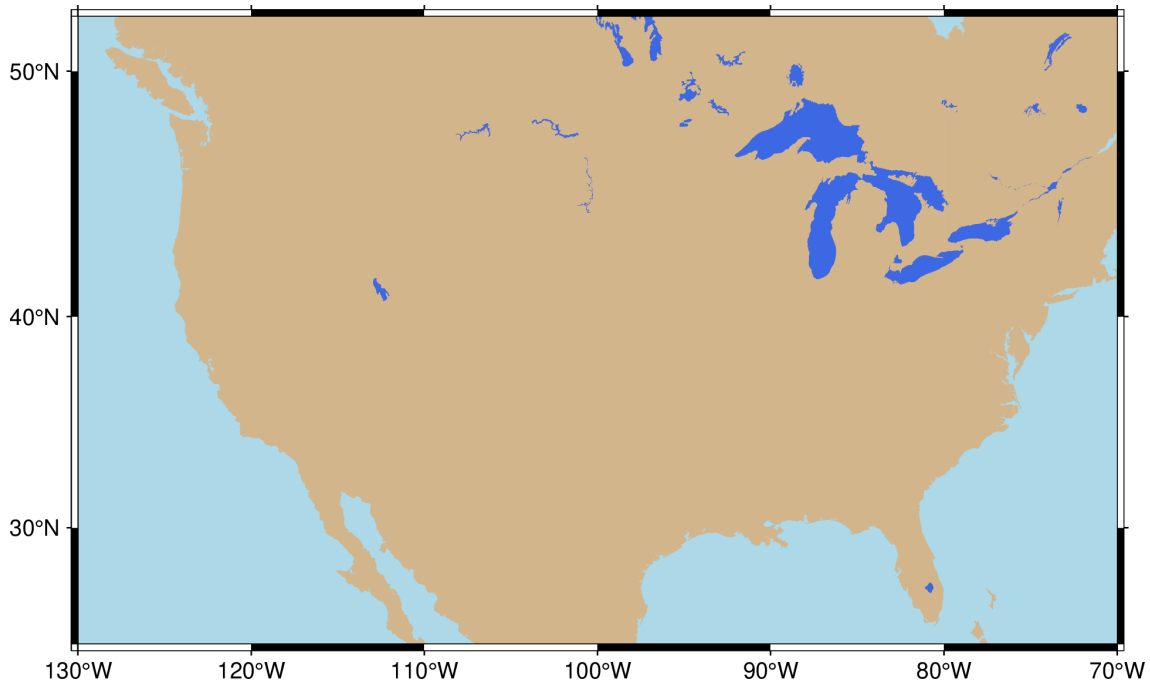
同时绘制 1-3 级海岸线，黑色的为 1 级海岸线，红色的为 2 级湖泊线（图中的大面积红色区域为五大湖），蓝色的为 3 级岛屿线（即五大湖内部的岛屿）：

```
gmt coast -R-130/-70/24/52 -JM15c -Ba -A1000 -W1/0.5p -W2/0.3p,red -W3/0.2p,blue -png map
```



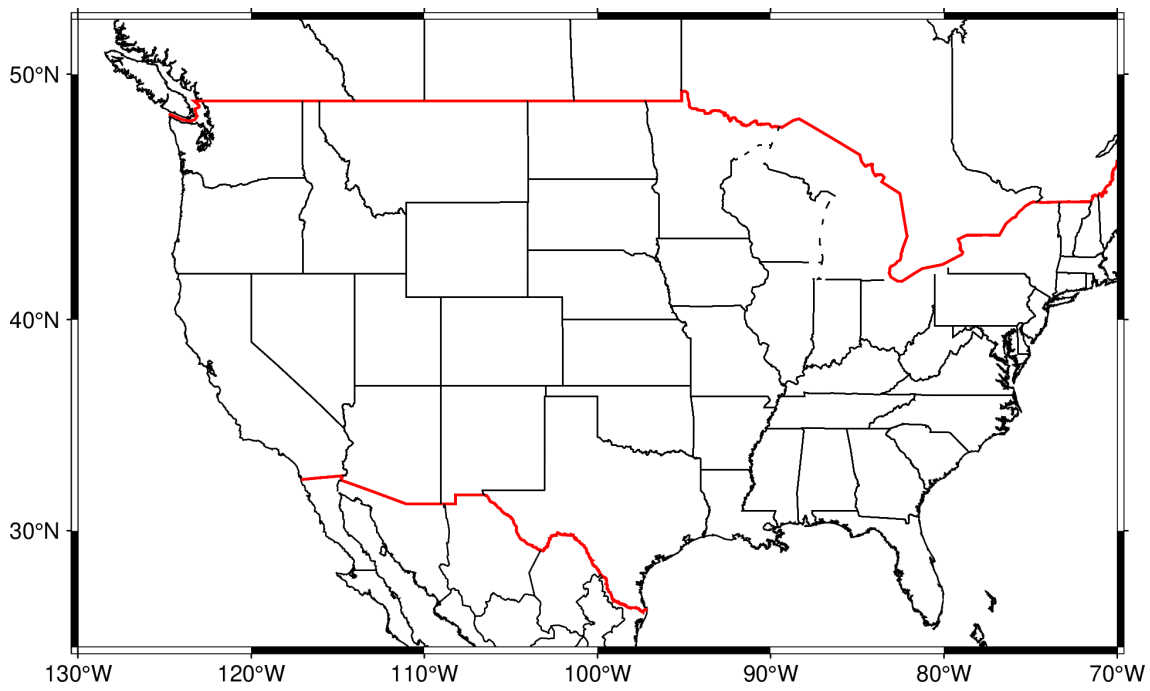
绘制 1-3 级海岸线，并为陆地、海洋、湖泊填充不同的颜色：

```
gmt coast -R-130/-70/24/52 -JM15c -Ba -A1000 -Gtan -Slightblue -Croyalblue+l -png map
```



绘制海岸线、国界和美国州界：

```
gmt coast -R-130/-70/24/52 -JM15c -Ba -Dh -A1000 -W1/0.5p -N1/thick,red -N2/thinner -png map
```



15.2 DCW: 世界数字图表

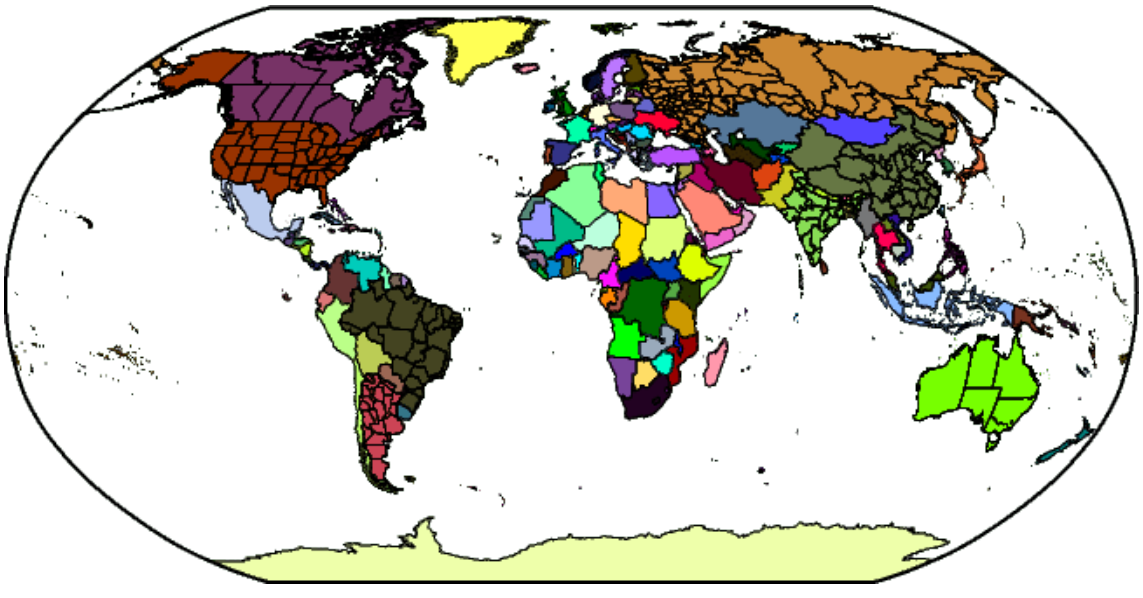


图 2: DCW: 世界数字图表

DCW 数据主页: http://www.soest.hawaii.edu/wessel/dcw/

DCW, 全称为 Digital Chart of the World, 即世界数字图表。GMT 提供的 DCW 数据是在原始 DCW 数据的基础上修改得到的, 其中包含了如下行政边界数据:

1. 七大洲的洲界
2. 全球 250 个国家或地区的边界
3. 8 个大国的省界/州界

> **警告**
>
> DCW 数据提供的中国国界数据不符合中国的领土主张, 在正式刊物中发表使用此类国界数据的图件时都可能存在问题。

GMT 的*coast* 模块可以直接绘制 DCW 数据中提供的行政边界数据, 也可以使用*coast* 的 **-M** 选项将边界数据导出为纯文本文件供其它程序使用。除此之外, DCW 数据中的信息也可以直接用在 **-R** 选项中以通过区域代码的方式指定绘图范围。

GMT 提供的 DCW 数据默认位于 GMT 安装目录下的 **share/dcw** 下, 其中主要包含了三个文件:

- `dcw-gmt.nc`: netCDF 格式的 DCW 数据
- `dcw-countries.txt`: 辅助文件, 内含国家代码
- `dcw-states.txt`: 辅助文件, 内含省界代码

15.2.1 区域代码

为了绘制某个特定行政区域的边界, 首先需要知道这些行政区域的代码。

洲代码

七大洲都有各自的代码, 其代码分别为:

- **AF**: 非洲 (Africa)
- **AN**: 南极洲 (Antarctica)
- **AS**: 亚洲 (Asia)
- **EU**: 欧洲 (Europe)
- **OC**: 大洋洲 (Oceania)
- **NA**: 北美洲 (North America)
- **SA**: 南美洲 (South America)

国家代码

每个国家都有一个国家代码, 国家代码可以从如下三个途径查找:

1. 在维基百科页面 ISO Country Codes 中查找
2. 使用命令 `gmt coast -E+l` 查看国家代码列表
3. 从 DCW 辅助文件 `dcw-countries.txt` 中查找, 其文件格式为:

```
洲代码 国家代码 国家名
```

该文件共计约 250 个国家。文件内容大致如下:

```
AS BH Bahrain
AS BN Brunei
AS BT Bhutan
AS CN China
AS CX Christmas Island
AS GE Georgia
AS HK Hong Kong
AS HM Heard Island and McDonald Islands
AS ID Indonesia
AS IL Israel
AS IN India
```

其中可以看到, 中国的国家代码为 **CN**。

省/州代码

目前有如下八个国家的省界/州界数据:

- **AR**: 阿根廷
- **AU**: 澳大利亚
- **BR**: 巴西
- **CA**: 加拿大
- **US**: 美国
- **CN**: 中国
- **IN**: 印度
- **RU**: 俄罗斯

省代码可以从 DCW 辅助文件 `dcw-states.txt` 中查找到, 其文件格式为:

```
国家代码 省代码 省名
```

使用 `gmt coast -E+L` 命令可以列出 DCW 数据中的所有省代码。如果想进一步筛选出某个国家 (以中国 **CN** 为例) 的省代码, 则可以使用 `gmt coast -E+L | grep CN` 命令。

以中国的数据为例, 其包括全部 34 个省级行政区域: 23 个省 (包括台湾省), 5 个自治区、4 个直辖市以及 2 个特别行政区 (香港、澳门)。每个省用两个字符表示 (如 AH 表示安徽):

```
CN.AH       Anhui
CN.BJ       Beijing
CN.CQ       Chongqing
CN.FJ       Fujian
CN.GD       Guangdong
CN.GS       Gansu
CN.GX       Guangxi
CN.GZ       Guizhou
CN.HA       Henan
CN.HB       Hubei
CN.HE       Hebei
CN.HI       Hainan
CN.HK       Xianggang (Hong Kong)
CN.HL       Heilongjiang
CN.HN       Hunan
CN.JL       Jilin
CN.JS       Jiangsu
CN.JX       Jiangxi
CN.LN       Liaoning
CN.MO       Aomen (Macao)
CN.NM       Nei Mongol
CN.NX       Ningxia
CN.QH       Qinghai
CN.SC       Sichuan
CN.SD       Shandong
CN.SH       Shanghai
CN.SN       Shaanxi
CN.SX       Shanxi
CN.TJ       Tianjin
CN.TW       Taiwan
CN.XJ       Xinjiang
CN.XZ       Xizang
CN.YN       Yunnan
CN.ZJ       Zhejiang
```

15.2.2 使用说明

GMT 中至少有两处会使用 DCW 数据:

1. *-R 选项* 中可以直接使用区域代码以间接指定绘图范围
2. *coast* 模块 **-E***code1*,*code2*,… 选项调用 DCW 数据绘制或导出国界/省界

洲代码、国家代码和省代码都由两个字符构成, 为了避免可能的冲突, GMT 通过如下方式区分:

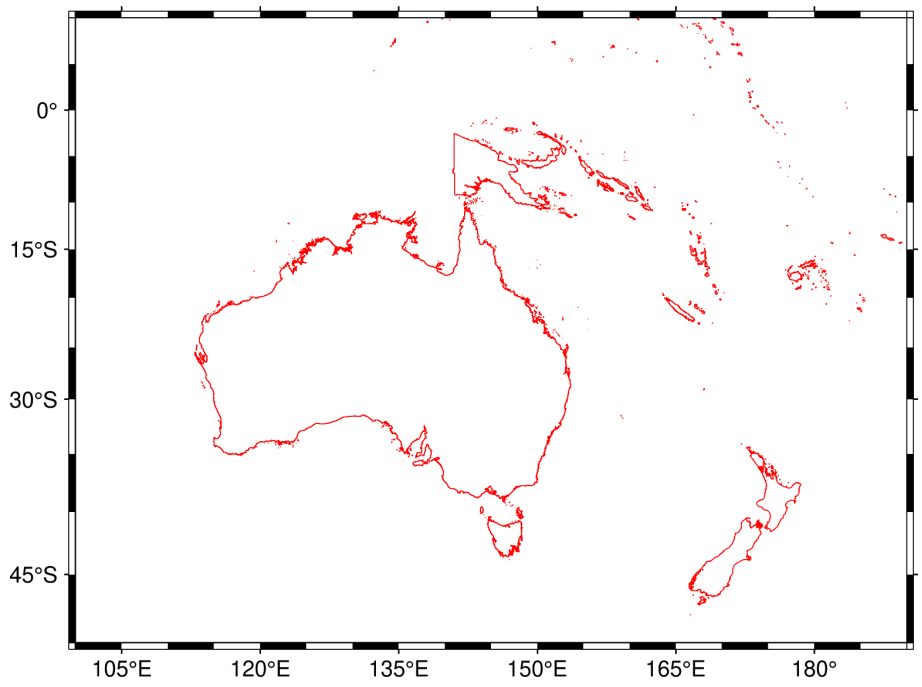
- 在洲代码前加上 = 号表示某个大洲, 比如 **=AS** 表示亚洲
- 国家代码不需要做任何处理格式, 比如 **GB** 表示英国
- 省代码的格式为 *country.state*, 即必须在省代码前加上国家代码才可以, 比如 **US.TX** 表示美国 Texas 州

15.2.3 使用示例

绘制洲界

绘制主要大洋洲国家的边界：

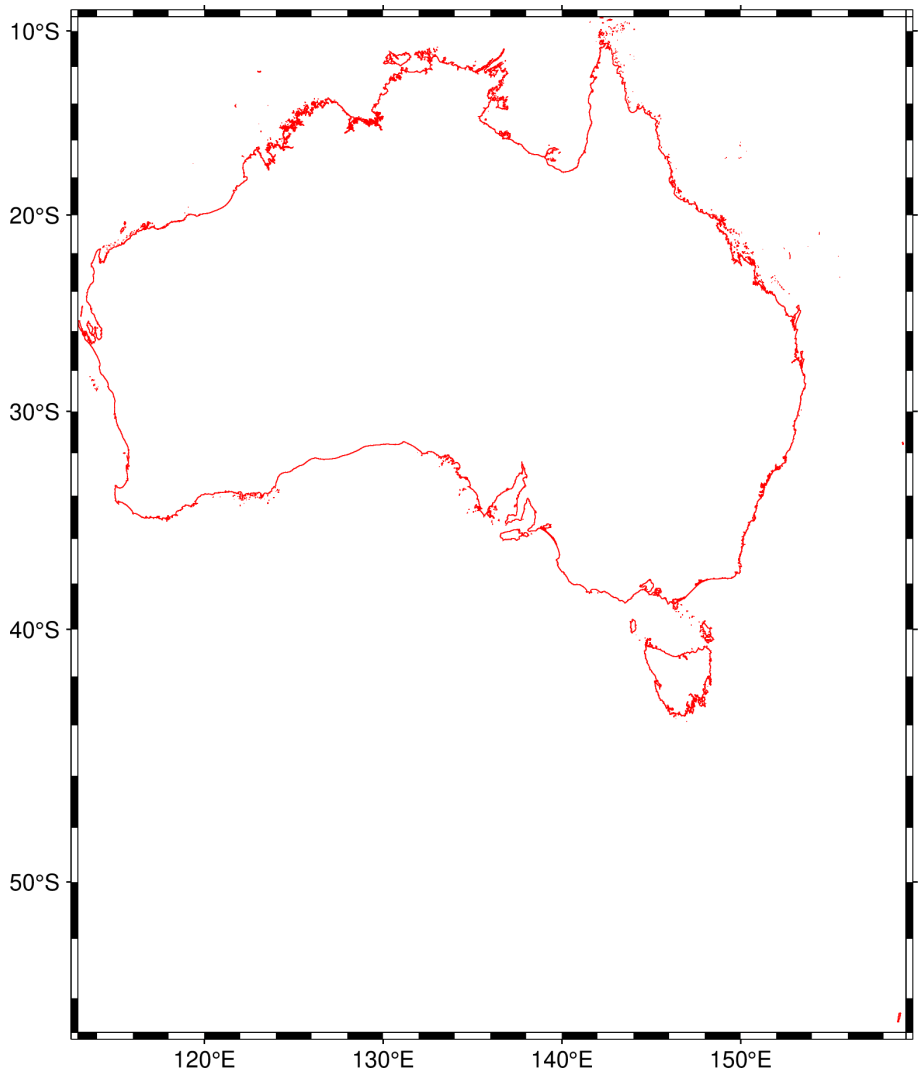
```
gmt coast -R100/190/-50/10 -JM12c -Baf -E=0C+p0.25p,red -png dataset_dcw_01
```



绘制国界

绘制澳大利亚边界：

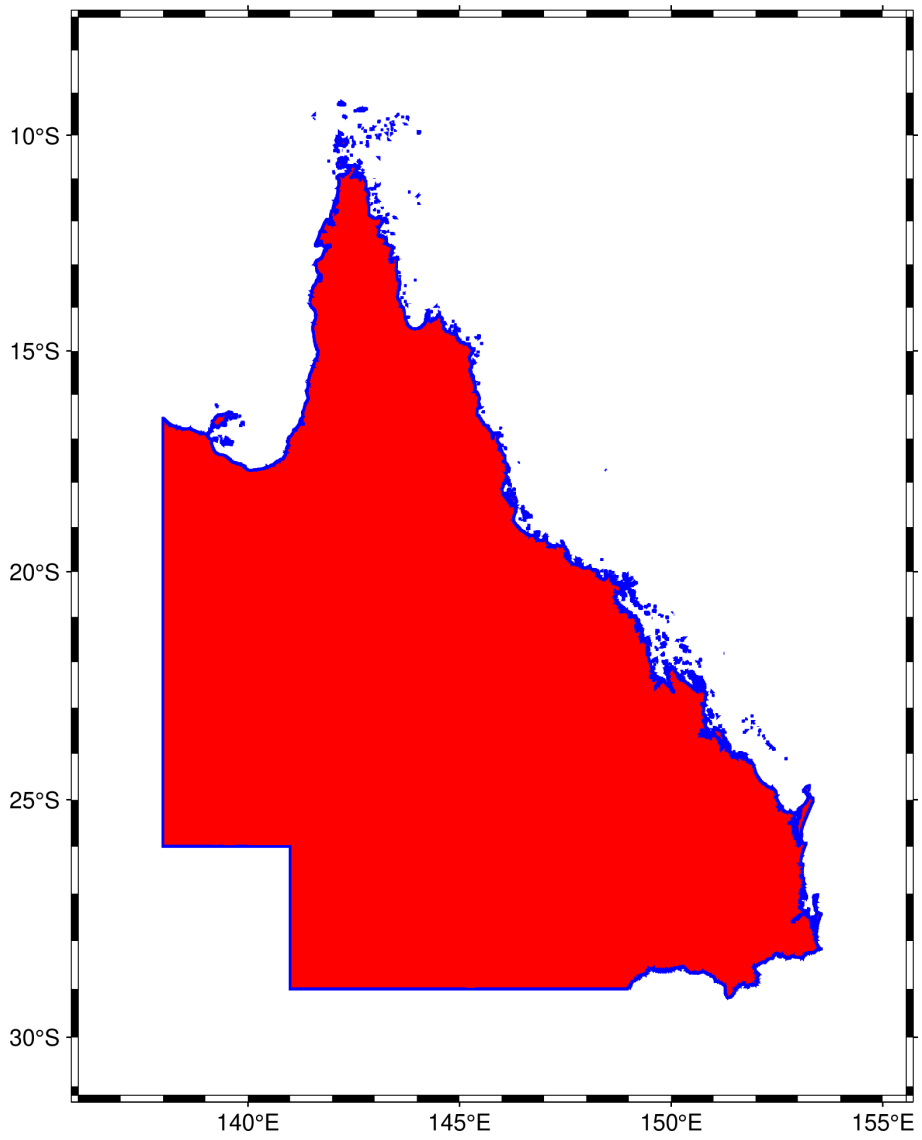
```
gmt coast -JM12c -Baf -EAU+p0.25p,red -png dataset_dcw_02
```



绘制省/洲界

绘制澳大利亚昆士兰州 (Queensland)，并设置边界颜色和填充颜色。其中 **-R** 选项后跟区域代码 **AU.QLD** 可间接指定该区域范围，**+R2** 表示在原有范围外扩大 2 度:

```
gmt coast -RAU.QLD+R2 -JM12c -Baf -EAU.QLD+p1p,blue+gred -png dataset_dcw_03
```



导出省/洲界数据

导出昆士兰州的边界数据:

```
gmt coast -EAU.QLD -M > Queensland.dat
```

这里只需要使用 **-M** 选项即可。

15.3 GMT 远程数据

GMT 远程数据位于 GMT 数据服务器，在 GMT 中使用时会自动下载。以下列出了 GMT 提供的所有远程数据类型。默认情况下，所有数据均为最新版本，但在原始数据发布新版本时，GMT 提供数据可能会稍有延迟。

数据类型	数据名称		默认 CPT	说明
地球地形起伏	earth_relief earth_synbath	或	geo	由 IGPP 对 Scripps SRTM15+V2.6 重采样得到
地球 GEBCO 地形起伏	earth_gebco earth_gebcosi	或	geo	海底地形部分来自 GEBCO 项目
地球大地水准面	earth_geoid		无	来自 NGA 发布的 EGM2008 超高阶重力场模型
地球自由空气重力异常	earth_faa		@earth_faa	来自 IGPP, 范围: ±80 °
地球自由空气重力异常误差	earth_faaerror		@earth_faa	为 earth_faa 的伴随数据
地球垂直重力梯度异常	earth_vgg		@earth_vgg	来自 IGPP, 范围: ±80 °
地球垂线偏差东西向分量	earth_edefl		@earth_defl	来自 IGPP, 范围: ±80 °
地球垂线偏差南北向分量	earth_ndefl		@earth_defl	来自 IGPP, 范围: ±80 °
地球磁异常	earth_mag earth_mga4km	或	@earth_mag	EMAG2 模型
地球数字磁异常	earth_wdmam		@earth_wdma	来自 WDMAM 项目
地球洋壳年龄	earth_age		@earth_age	来自 EarthByte
地球平均稳态海面地形	earth_mdt		@earth_mdt	CNES 发布, IGPP 重处理
地球平均海平面	earth_mss		@earth_mss	CNES 发布, IGPP 重处理
地球水陆掩膜	earth_mask			由*grdlandmask* 计算得到
地球到海岸线距离	earth_dist		@earth_dist	由*grdmath* 计算得到
地球昼夜卫星影像	earth_day earth_night	或		来自 NASA
火星地形起伏	mars_relief		@mars_relief	来自 NASA
水星地形起伏	mercury_relief		@mercury_relief	来自 USGS
月球地形起伏	moon_relief		@moon_relief	来自 USGS
冥王星地形起伏	pluto_relief		@pluto_relief	来自 USGS
金星地形起伏	venus_relief		@venus_relief	来自 NASA

15.3.1 使用方式

上述 GMT 数据均为网格形式， GMT 为每种远程数据都提供了不同的分辨率和配准方式的数据， 具体信息在查阅各个数据对应的文档。 所有 GMT 远程数据都可以通过指定特殊文件名的方式来使用: **@***remote_name_rru_reg*

- **@** 符号用于告诉 GMT 这是一个远程数据
- *remote_name* 是远程数据的具体名字
- *rr* 是一个两位整数, 用于指定要使用的数据分辨率, 单位由 *u* 指定。单位 *u* 可以取为 **d**、**m** 或 **s** 分别表示度、分和秒
- *reg* 指定了数据的网格配准方式, 可以取 **g** 或 **p**, 分别表示网格线配准或像素配准。该项是可选的, 若不指定 *reg*, 则默认返回网格线配准的网格数据 (除非不存在网格线配准的数据)。

除此之外, 某些远程数据还有一个默认的 CPT 文件, 若用户不指定 CPT 文件, 则在绘制数据时会使用该默认 CPT 文件。

> **备注**
>
> 关于每个数据的具体名称、分辨率、默认配准方式, 在各个数据的官方网页中会详细列出。

例如, 若需要使用 30 分的网格线配准的地形数据, 则可以直接指定文件名:

```
gmt grdimage @earth_relief_30m_g -pdf map
```

如果想要将某个区域的数据以单个文件的形式保存, 并供其它软件或命令使用, 可以使用*grdcut* 命令实现。例如:

```
gmt grdcut @earth_relief_02m_g -Gearth_at_2m.grd
```

15.3.2 参数设置

你可以通过多个参数和命令进一步控制远程数据的获取过程以及数据在本地所占据的硬盘空间:

1. 通过参数*GMT_DATA_SERVER* 设置使用离你最近的 GMT 数据服务器以加快下载速度
2. 通过参数*GMT_DATA_SERVER_LIMIT* 设置允许下载的远程数据的文件大小, 默认无限制
3. 使用参数*GMT_AUTO_DOWNLOAD* 彻底关闭数据自动下载功能。若关闭, 你将无法再下载或更新远程数据, 但已下载到本地的数据依然可以使用。
4. 通过参数*GMT_DATA_UPDATE_INTERVAL* 控制检查远程数据是否更新的频率 [默认为每天检查一次]
5. 通过*clear* 命令清理整个 *server* 目录下的远程数据或部分数据

> **备注**
>
> GMT 数据服务器目前在全球范围内有多个镜像。详细的镜像列表见 https://www.generic-mapping-tools.org/mirrors 页面。
>
> 对于国内用户, 建议直接使用中科大 LUG 提供的国内镜像。修改方式为:

```
gmt set GMT_DATA_SERVER https://mirrors.ustc.edu.cn/gmtdata
```

然后将生成的 `gmt.conf` 文件复制到 GMT 用户目录 `~/.gmt` (Linux/macOS) 或 `C:\Users\XXX\.gmt` (Windows) 下。

请注意 GMT 6.4 及其之前的版本，都无法正常使用科大镜像下载数据。因此强烈建议国内用户使用 GMT 6.5 及其以上版本。

15.3.3 离线使用

如果你即将有一段无网络或低网速的时间，或者你不希望在第一次需要某个数据等待数据的下载，你可以使用*gmtget* 模块将数据提前下载到本地。

你可以下载所有远程数据:

```
gmt get -Ddata
```

也可以只下载地球相关数据:

```
gmt get -Ddata=earth
```

或者只下载某一类或某几类数据:

```
gmt get -Ddata=earth_relief,earth_mask
```

高分辨率数据的数据量大，你也可以只下载低分辨率的数据。比如只需要低于 1 分分辨率的地形数据:

```
gmt get -Ddata=earth_relief -I1m
```

更多功能，见*gmtget* 模块文档。

15.3.4 工作原理及技术细节

经过一些数据处理，GMT 官方把一些公开数据处理成不同分辨率、不同配准方式的数据，并保存在 GMT 专门的数据服务器上。当用户**第一次**使用某个分辨率的某个数据时，GMT 会自动从服务器上下载该数据文件，并保存到 GMT 用户目录下的特定子目录下 (默认为 `~/.gmt/server` 目录的子目录)，然后再读取该文件。当用户再次使用该数据时，GMT 会自动从本地 GMT 用户目录下读取该数据文件，而无需再次从服务器下载。

数据分辨率

通常，公开数据提供者只提供一个原始分辨率版本。但有些时候用户不需要原始分辨率。GMT 对原始数据做笛卡尔高斯滤波以进行减采样，提供了多种不同分辨率以及不同配准方式的版本，以满足不同的用户需求。

数据分块

通常, 一个分辨率、一个配准方式的数据以单个文件的形式保存在 GMT 服务器中。但, 对于高分辨率的数据, 这会导致单个文件的大小变得很大, 使得网络下载变得困难。为了解决这一问题, 对于高分辨率的数据, GMT 官方将其分割成若干个小区块, 每个区块以单独的文件保存在服务器上, 通常每个区块对应的文件大小约 5 MB 或更小。当用户需要某个区域的高分辨率数据时, 可以通过 **-R** 选项指定区域, GMT 会自动下载该区域的所有区块的数据, 然后自动合并成单个网格数据供用户使用。这样可以极大减小数据下载量。例如, 想要用 3 秒的数据绘制 2 度 x2 度的区域, GMT 只需要下载该区域几 MB 的网格数据, 而无需下载整个 7 GB 的 3 秒数据, 极大的节省了下载时间。

数据压缩

GMT 以无损且高压缩率的 netCDF-4 短整型格式保存单个网格数据, 使得 GMT 提供的数据比原始数据占据更小的硬盘空间, 而不丢失任何分辨率信息。对于分区块的高分辨率数据, GMT 将数据以 JPEG2000 格式保存在 GMT 服务器中。该格式具有超高的压缩率, 因而可以极大减小数据下载量。当将这些 JPEG2000 格式的数据下载到本地后, GMT 会自动将其转换为短整型 netCDF4 格式。转换过程中使用了 GDAL 的功能, 因而要求 GMT 支持 GDAL。

数据更新

当原始数据发布了新版本, 或 GMT 提供的数据被发现存在问题时, GMT 会对数据服务器上的数据进行不定时的更新。GMT 只提供数据的最新版本。如果你需要老版本的数据, 需要自行到数据提供者的官方网站下载数据并自行处理。

GMT 检查数据更新的机制是:

1. 第一次使用任一远程数据时, GMT 会从数据服务器下载一个几十 KB 的文本文件 `gmt_data_server.txt` 并保存到用户的 `~/.gmt/server` 目录下
2. 当再次使用任一远程数据时, GMT 会检查本地文件 `gmt_data_server.txt` 的日期, 若其日期比当前时间差一天 (该时间阈值用户可自行控制) 以上, 则再次从 GMT 服务器下载文件 `gmt_data_server.txt` 并替换本地的老文件
3. 读取 `gmt_data_server.txt` 文件的内容, 根据其内容确定 GMT 数据服务器上的远程数据是否有更新。若本地的数据文件比 GMT 数据服务器上的数据老, 则 GMT 会自动将本地已下载的数据文件删除, 并重新从 GMT 服务器下载。由此使用远程数据的更新。

15.4 CN-border: 中国国界省界数据

贡献者

刘珠妹, 田冬冬, 陈箫翰

GMT 自带的国界线数据不符合中国领土主张。例如, 阿克赛钦地区、藏南地区边界均存在明显差异, 其他地方也存在微小差异。在正式出版的中外期刊上发表带有中国国界的地图时需要格外注意。2017 年国家测绘地理信息局发布的《"问题地图"清查工作指南》中列出了绘图中应避免的若干错误。下面列出了绘制中国全图时的常见注意事项:

- 阿克赛钦地区正确表示
- 藏南地区正确表示
- 钓鱼岛、赤尾屿位置正确

- 南海诸岛各岛点位置正确
- 台湾省底色设置与大陆一致

为了避免绘制错误国界带来的一系列问题，最简单的方法就是只绘制海岸线不绘制国界。若必须绘制国界，用户需要自己准备符合要求的国界数据。CN-border 是 GMT 中文社区为用户提供的一套基本准确的数字化的国界、省界数据。即便正确绘制了国界、省界，所绘地图如果要在境内公开展示，依然需要审图。个人没有提交审图申请的资格，需要付费，委托给有资质的企事业单位代为提交审图申请。

免责声明

本数据仅供科研用途使用。GMT 中文社区不保证数据完全准确或可通过地图审核。欢迎用户共享更准确的国界数据。

15.4.1 数据下载

- 项目主页：https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data
- 下载地址：https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data/releases

macOS/Linux 用户请下载数据 `china-geospatial-data-UTF8.zip`（UTF8 编码），Windows 用户请下载数据 `china-geospatial-data-GB2312.zip`（GB2312 编码）。

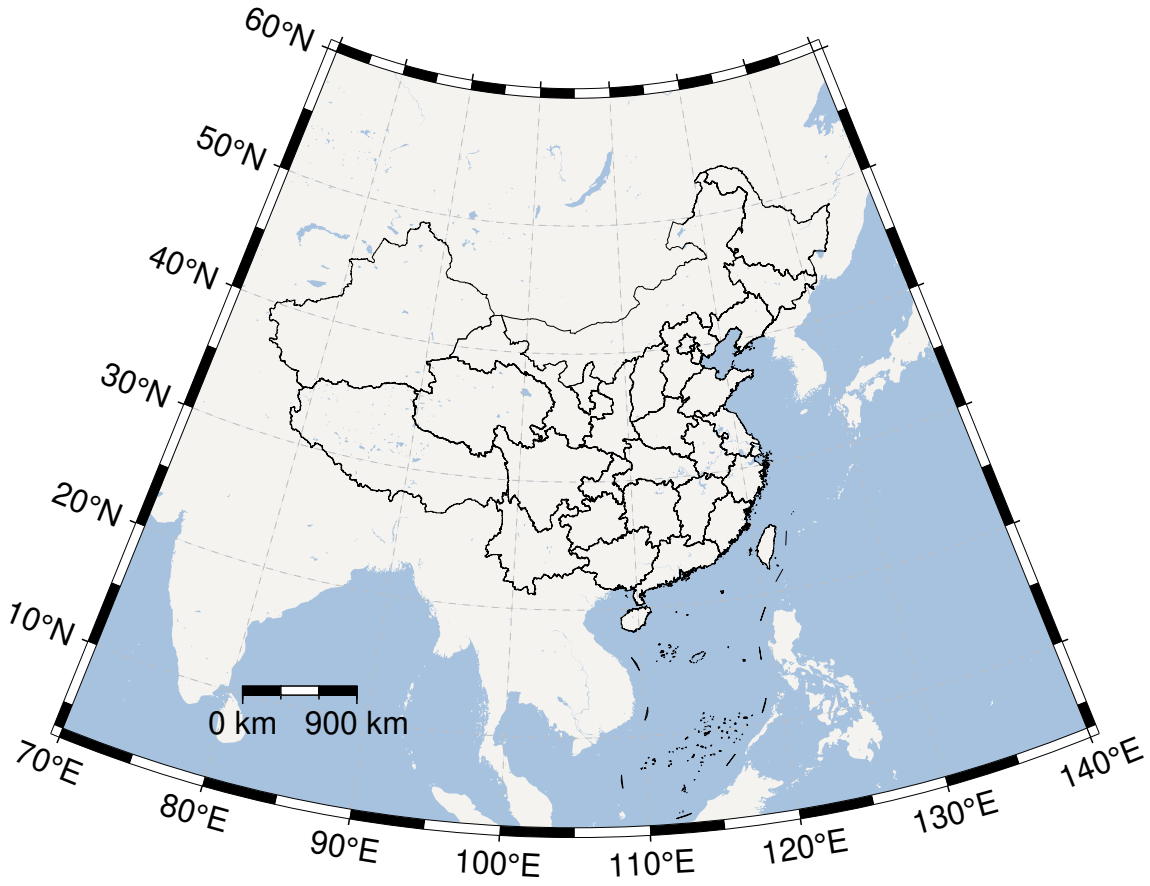
数据包中提供了三个数据文件：

- `CN-border-La.gmt`：中国国界、省界、十段线以及南海诸岛数据
- `CN-border-L1.gmt`：中国国界、十段线以及南海诸岛数据，不含省界数据
- `ten-dash-line.gmt`：仅十段线数据

15.4.2 示例图

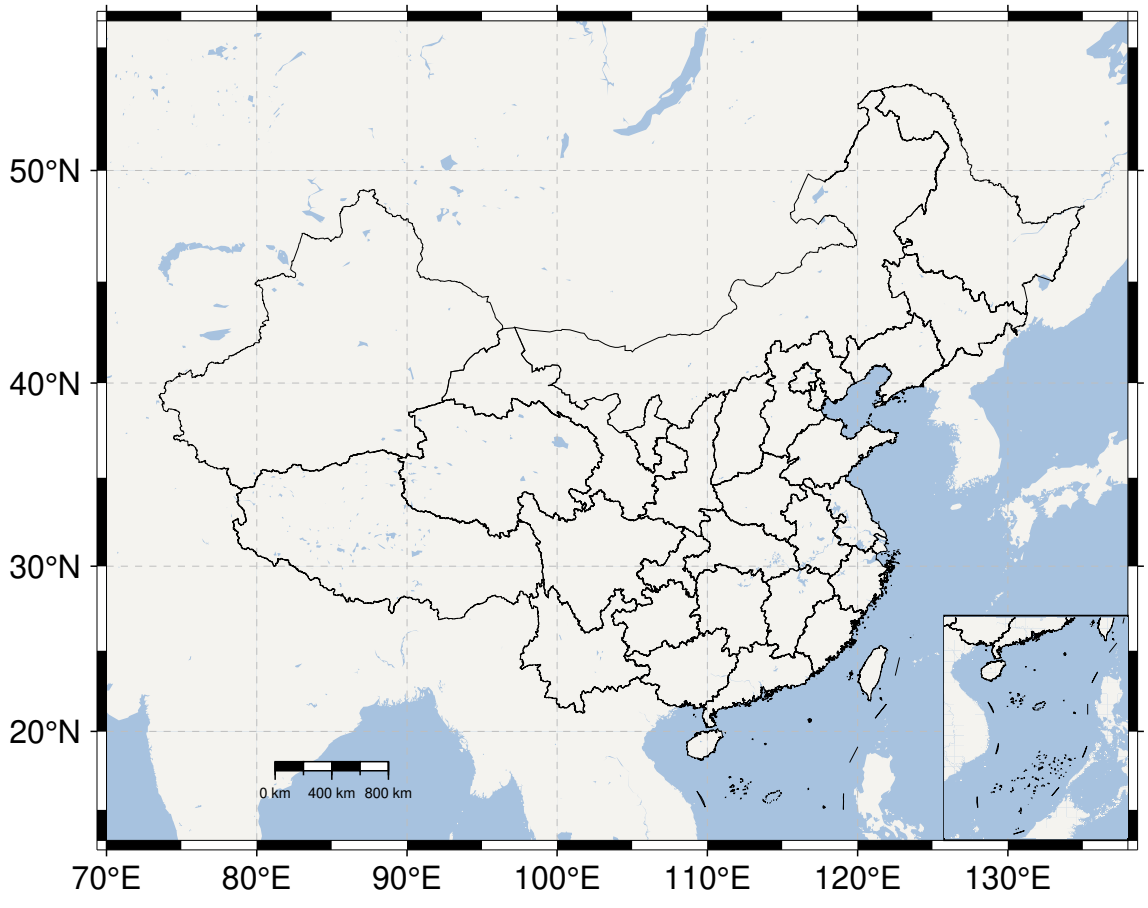
使用等距圆锥投影（**-JD**）绘制中国国界省界数据：

```
gmt begin CN-border-JD
    gmt set MAP_GRID_PEN_PRIMARY 0.25p,gray,2_2
    gmt coast -JD105/35/36/42/10c -R70/140/3/60 -G244/243/239 -S167/194/223 -Ba10f5g10 -Lg85/11+c11+w900k+f+u
    gmt plot CN-border-La.gmt -W0.1p
gmt end show
```



使用墨卡托投影（**-JM**）绘制中国国界省界数据：

```
gmt begin CN-border-JM
    gmt set MAP_GRID_PEN_PRIMARY 0.25p,gray,2_2
    # 绘制中国地图
    gmt coast -JM105/35/10c -R70/138/13/56 -Ba10f5g10 -G244/243/239 -S167/194/223
    gmt basemap -Lg85/17.5+c17.5+w800k+f+u --FONT_ANNOT_PRIMARY=4p
    gmt plot CN-border-La.gmt -W0.1p

    # 绘制南海区域
    gmt inset begin -DjRB+w1.8c/2.2c -F+p0.5p
        gmt coast -JM? -R105/123/3/24 -G244/243/239 -S167/194/223 -Df
        gmt plot CN-border-La.gmt -W0.1p
    gmt inset end
gmt end show
```

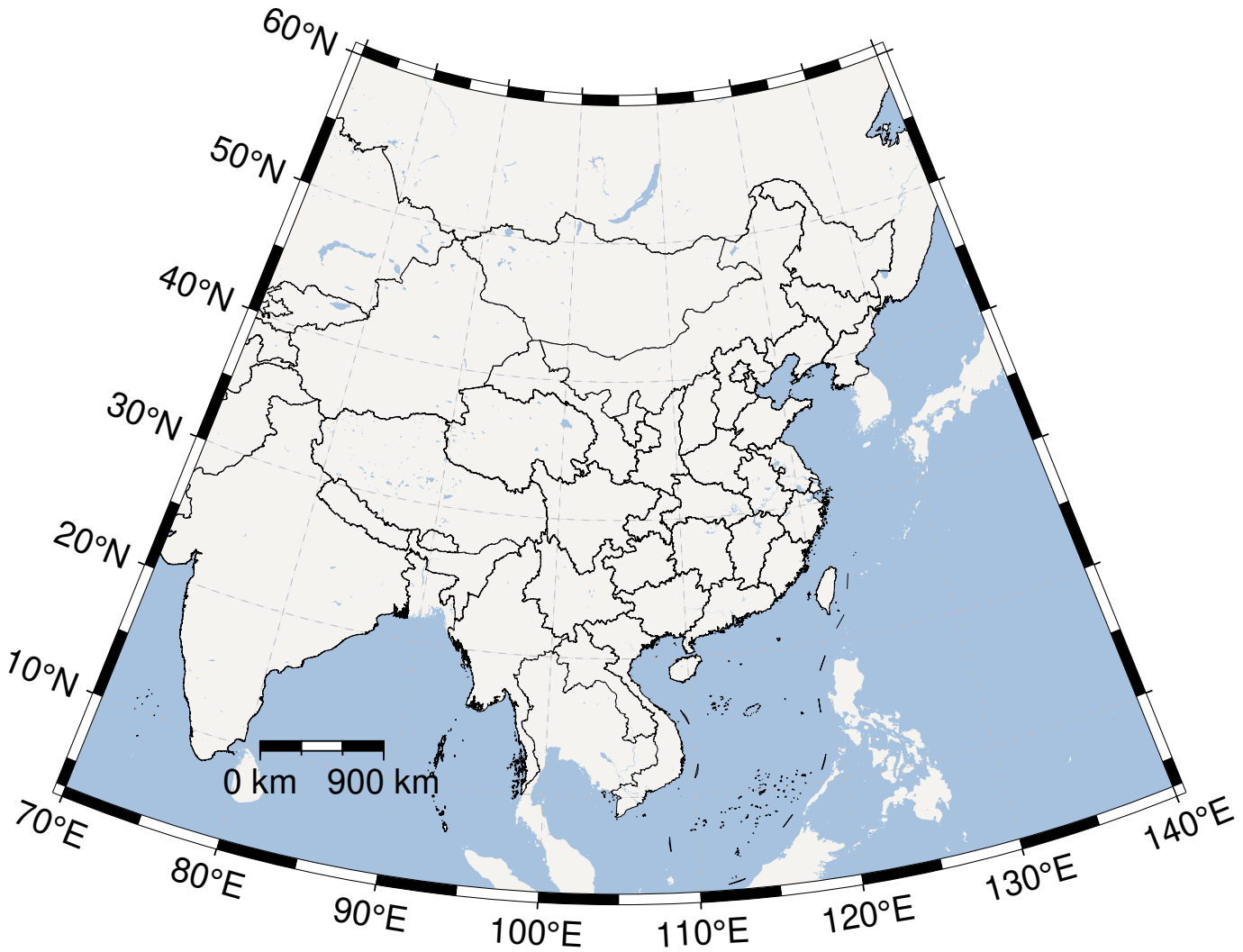


15.4.3 绘制中国及临国国界

中国国界数据 CN-border-La.gmt 和 CN-border-L1.gmt 只提供了中国的国界和省界信息。若需要同时绘制中国以及邻国国界，则由于 CN-border 数据与 GMT 内置的 DCW 数据的国界不一致而出现问题。

为了同时绘制中国以及邻国国界，需要先使用 CN-border 数据将中国区域裁剪出来，在使用 GMT 内置 DCW 数据时只绘制中国区域以外的部分。具体示例脚本如下：

```
gmt begin CN-border-neighbouring-countries
    gmt set MAP_GRID_PEN_PRIMARY 0.25p,gray,2_2
    gmt coast -JD105/35/36/42/10c -R70/140/3/60 -G244/243/239 -S167/194/223 -Ba10f5g10 -Lg85/11+c11+w900k+f+u

    # 使用 clip 命令和 CN-border-L1.gmt 数据将中国区域裁剪出来
    gmt clip CN-border-L1.gmt -N
        # 绘制中国邻国国界，AF 至 VN 是中国的 14 个邻国的国界代码
        gmt coast -EAF,BT,IN,KZ,KG,LA,MN,MM,NP,KP,PK,RU,TJ,VN+p0.1p
    gmt clip -C

    # 绘制中国国界
    gmt plot CN-border-La.gmt -W0.1p
gmt end show
```



15.4.4 数据来源与处理

CN-border 原始数据来自于 1:100 万全国基础地理数据库 (2021 版), 并由刘珠妹处理得到 GMT 可使用的数据。**具体数据处理方式待补充**。

15.4.5 数据引用

CN-border 原始数据来自于全国地理信息资源目录服务系统, 其版权声明中要求:

> 转载或引用本网站所有之内容须注明“转自 (或引自) 全国地理信息资源目录服务系统”字样, 并标明本网网址 www.webmap.cn。

15.5 CN-faults: 中国断层数据

贡献者

刘珠妹, 田冬冬, 陈箫翰

CN-faults 数据来自于中国活断层数据库 2023 版 (CAFDv2023), 于 2024 年 7 月由中国地震局地质研究所徐锡伟研究团队发布。该数据库基于约 110 个活动断层测绘项目和 20 个城市地区活动断层勘探项目成果汇编更新而成, 反映了中国及邻区活断层调查综合成果。CAFD (2023) 是对第五代区划图成果 CAFD(2015) 的更新版本。

15.5.1 数据下载

- 项目主页：https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data
- 下载地址：https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data/releases

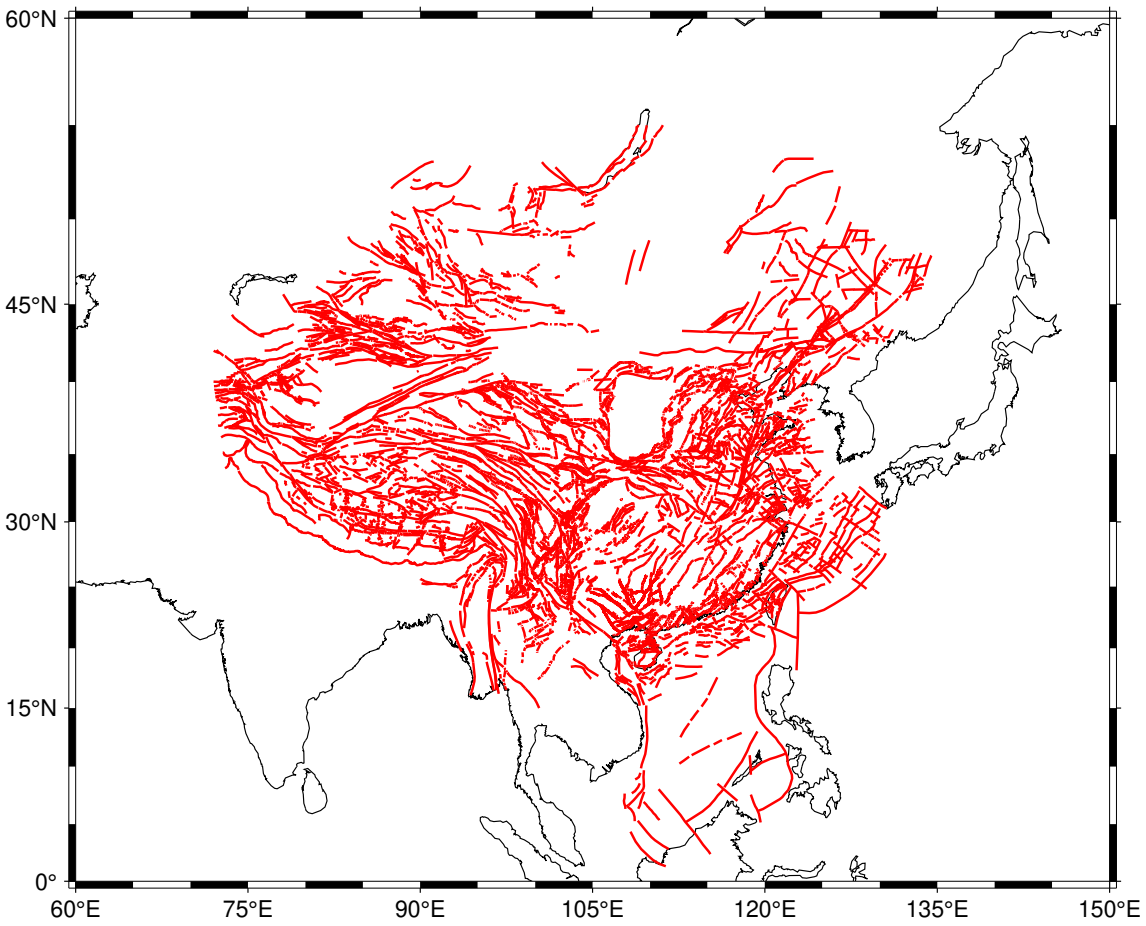
macOS/Linux 用户请下载数据 `china-geospatial-data-UTF8.zip`（UTF8 编码），Windows 用户请下载数据 `china-geospatial-data-GB2312.zip`（GB2312 编码）。

数据包中的数据文件 `CN-faults.gmt` 即为中国区域主要断层。

15.5.2 示例图

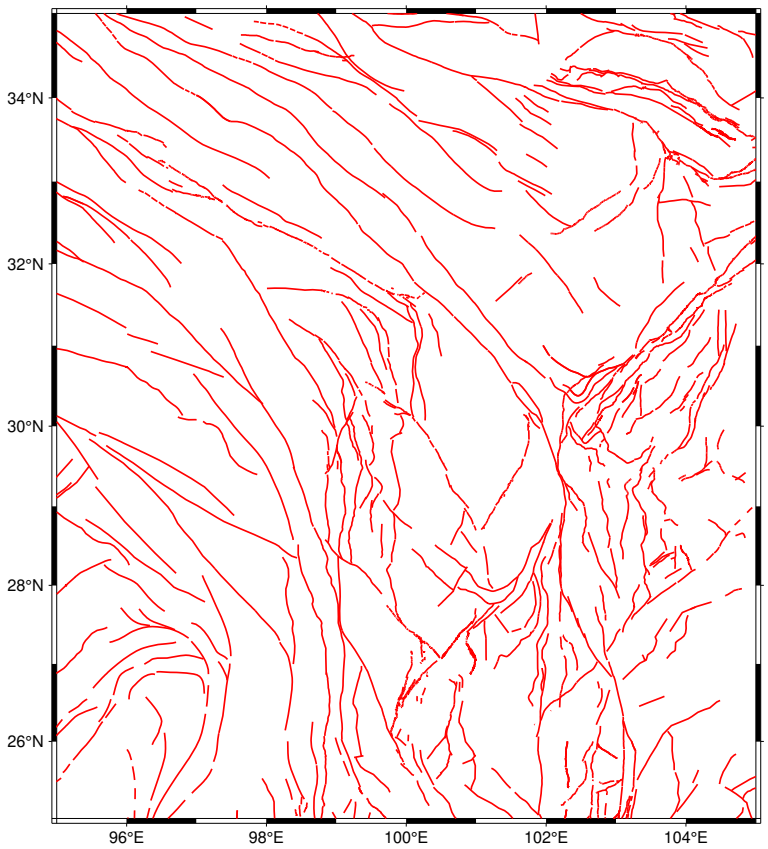
绘制全国断层

```
gmt begin CN-faults
    gmt coast -JM15c -R60/150/0/60 -Baf -W0.5p,black -A10000
    gmt plot CN-faults.gmt -W1p,red
gmt end show
```



绘制区域断层

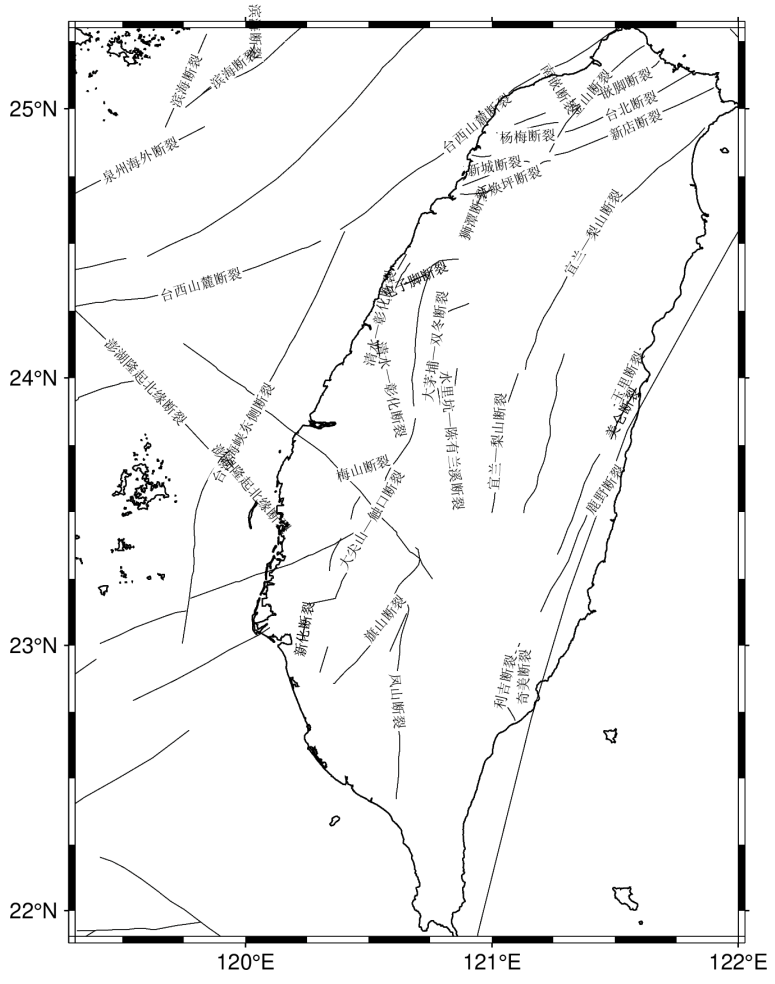
```
gmt begin CN-regional-faults
    gmt basemap -JM15c -R95/105/25/35 -Baf
    gmt plot CN-faults.gmt -W1p,red
gmt end show
```



标注断层名

可以使用*plot* 模块的 **-Sq** 选项标注断层名。

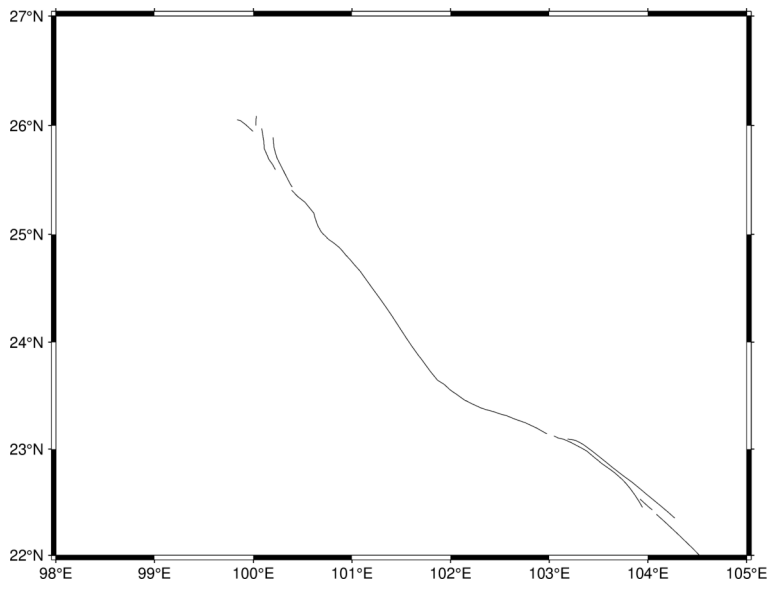
```
gmt begin CN-faults-labeling png
    # 设置中文字体配置文件 cidfmap 的目录，Windows 下无需此设置
    gmt set PS_CONVERT="C-I${HOME}/.gmt"
    # GMT 处理中文存在一些已知 BUG
    # 需要设置 PS_CHAR_ENCODING 为 Standard+ 以绕过这一BUG
    gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
    gmt coast -JM10c -RTW -Baf -W0.5p,black
    # -aL="FN_Ch": set the "L" value (i.e., label) in segment headers using "FN_Ch"
    # :+Lh: take the label text from the "L" value in the segment header
    gmt convert CN-faults.gmt -aL="FN_Ch" | gmt plot -Sqn1:+Lh+f6p,39
gmt end show
```



根据属性信息提取数据

可以使用 **convert** 模块的 **-S** 选项提取指定属性的数据。例如，下例中提取出“断层名称”为“红河断裂”的断层数据。

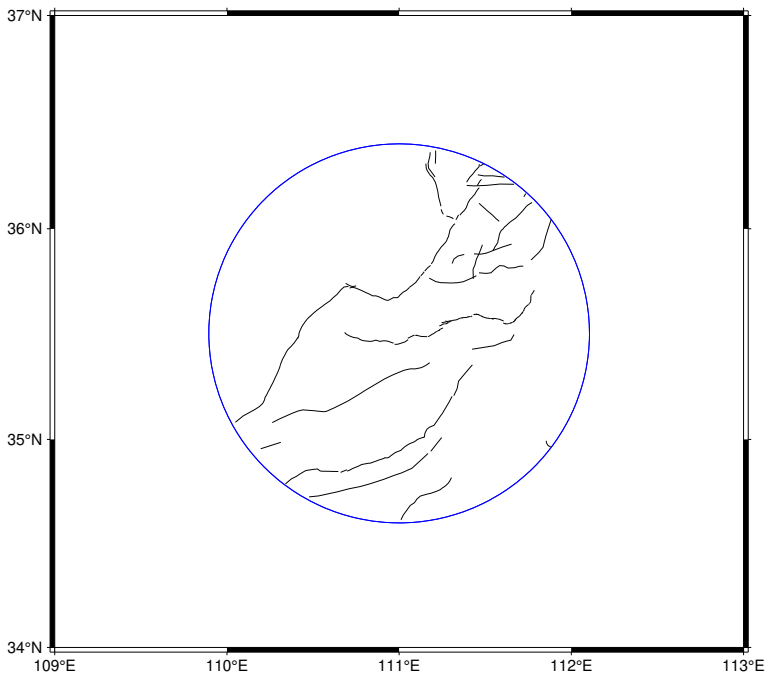
```
gmt begin CN-single-fault png
    gmt basemap -R98/105/22/27 -JM15c -Ba
    # -S: output record contains specified field attribute
    gmt convert CN-faults.gmt -S"FN_Ch=红河断裂" | gmt plot
gmt end show
```



根据空间范围提取数据

gmtselect 模块, 可实现矩形范围、缓冲区范围和多边形范围内空间数据的提取。此处仅以缓冲区范围为例。

```
gmt begin CN-buffer-fault
    gmt basemap -R109/113/34/37 -JM15c -Ba
    # draw a circle with a radius of 100 km
    echo 111 35.5 200k | gmt plot -SE- -Wblue -fg
    # extract faults within the circle
    gmt select CN-faults.gmt -C111/35.5+d100k -fg | gmt plot
gmt end show
```



15.5.3 数据来源

https://doi.org/10.12031/activefault.china.400.2023.db

15.5.4 数据处理说明

由于原始数据存在少量几何要素为空的错误记录, gmt 在直接读取 shp 文件时会中断报错, 导致绘图数据不完整。因此本社区提供的数据文件经过了如下处理步骤:

1. 在 gis 软件中剔除 3 个几何错误要素 (FID 编号分别为 5784、6429、8424)
2. 通过 ogr2ogr 命令, 将原始 shp 文件转为 OGR_GMT 格式:

```
ogr2ogr -f "OGR_GMT" CAFD400_V2023_1.gmt CAFD400_V2023_1.shp
```

15.5.5 数据属性说明

- FZN_Ch: 中文断裂带名称
- FZN_En: 英文断裂带名称
- FN_Ch: 中文断层名称
- FN_En: 英文断层名称
- FSN_Ch: 中文断层分段
- FSN_En: 英文断层分段
- Fea_Ch: 中文断层分段运动学性质和可探测性
- Fea_En: 英文断层分段运动学性质和可探测性

- AGE: 最近活动时代 (代码)
- AGE_Des: 最近活动时代
- RefE: 数据来源, 包括参考文献、工作内容或参考规模。

15.5.6 数据引用

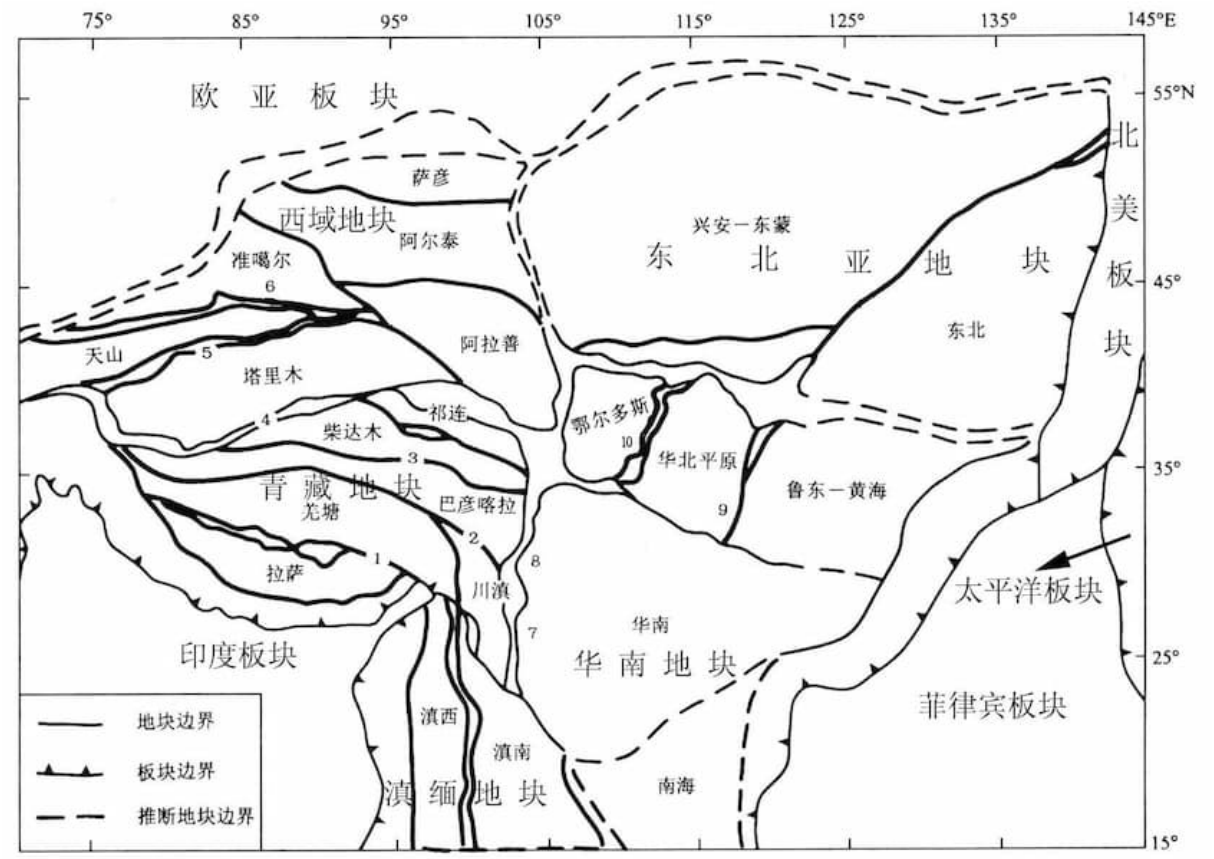
Wu, X., Xu, X., Yu, G., Ren, J., Yang, X., Chen, G., Xu, C., Du, K., Huang, X., Yang, H., Li, K., and Hao, H.: The China Active Faults Database (CAFD) and its web system, Earth Syst. Sci. Data, 16, 3391–3417, https://doi.org/10.5194/essd-16-3391-2024, 2024.

15.6 CN-block: 中国大陆及周边活动地块数据

贡献者

王杰, 刘珠妹, 邓山泉, 陈箫翰

CN-block 数据提供了中国大陆及周边活动地块数据, 是 GMT 中文社区由 中国大陆及周边地区活动地块划分图 (王辉等 (2003) 中的图 1, 即下图) 矢量化而成, 并做了一定的格式转换。



中国大陆及周边地区活动地块划分图(据张培震等,2003)

Active crustal-block on the Chinese mainland

1. 黎嘉断裂带;2. 玉树-鲜水河断裂带;3. 东昆仑断裂带;4. 阿尔金断裂带;5. 南天山断裂带;
6. 北天山断裂带; 7. 安宁—则木河断裂带;8. 龙门山断裂带;9. 郯庐断裂带;10. 山西断裂带.

15.6.1 数据下载

- 项目主页: https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data
- 下载地址: https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data/releases

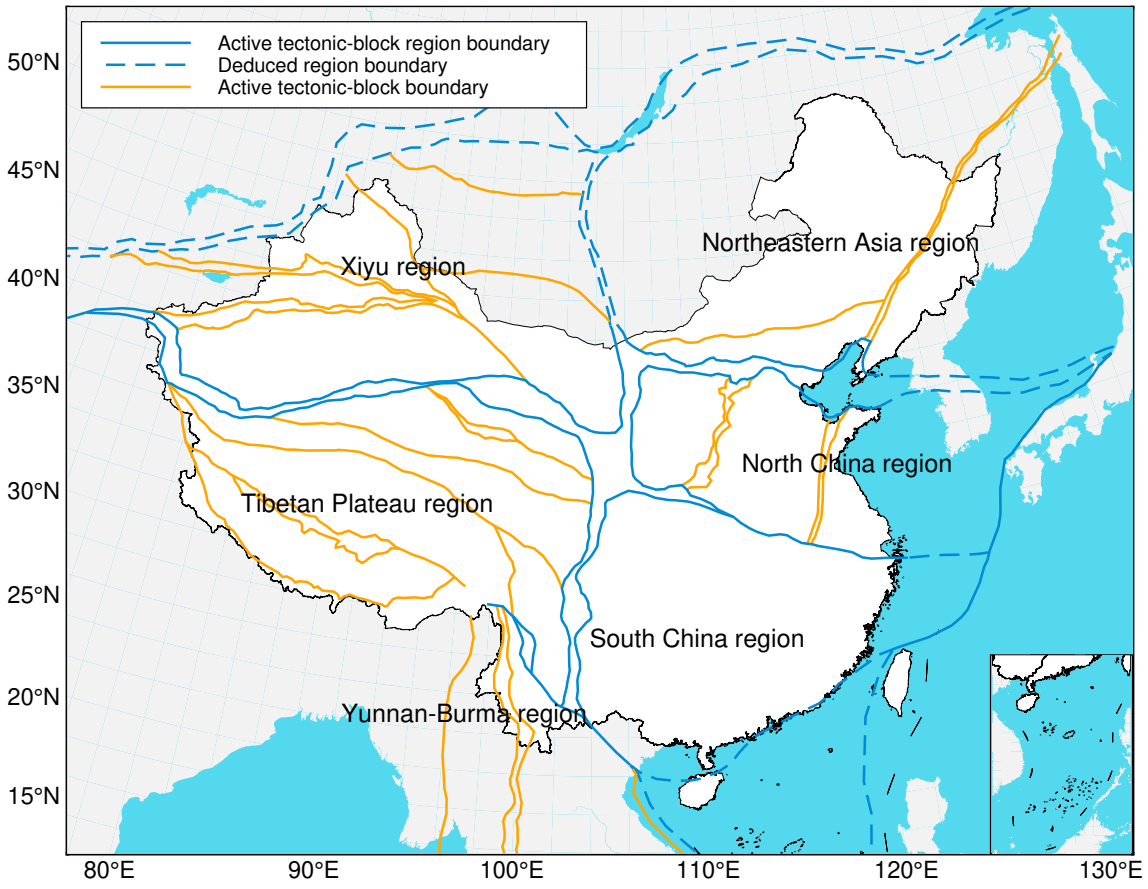
macOS/Linux 用户请下载数据 `china-geospatial-data-UTF8.zip` (UTF8 编码), Windows 用户请下载数据 `china-geospatial-data-GB2312.zip` (GB2312 编码)。

数据包中提供了三个地块有关的数据文件:

- `CN-block-L1.gmt`: 一级地块边界数据
- `CN-block-L1-deduced.gmt`: 一级地块推断边界数据
- `CN-block-L2.gmt`: 二级地块边界数据

15.6.2 示例图

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin BLOCK
    gmt gmtset MAP_ANNOT_OBLIQUE 6
    gmt gmtset MAP_TICK_LENGTH_PRIMARY 0
    gmt gmtset MAP_FRAME_TYPE plain

    # 底图和海岸线
    gmt basemap -R78/12/149/53+r -JB105/10/25/47/15 -Bx10 -By5 -BneWS
    gmt coast -Ggray95 -S83/216/238 -A5000 -Dh

    # 中国国界
    gmt plot CN-border-L1.gmt -W0.2p -Gwhite

    # 绘制推断地块边界
    gmt plot CN-block-L1-deduced.gmt -W1.0p,2/138/210,-
    # 绘制二级地块边界
    gmt plot CN-block-L2.gmt -W1.0p,orange
    # 绘制一级地块边界
    gmt plot CN-block-L1.gmt -W1.0p,2/138/210

    # 活动地块标注
    gmt text -F+f10p << EOF
90 45 Xiyu region
122 46 Northeastern Asia region
120 35 North China region
110 27 South China region
90 33 Tibetan Plateau region
97 23 Yunnan-Burma region
EOF

    # 边界图例
    gmt legend -DjTL+w2.8i+jTL+o0.2c/0.2c -F+gwhite+p0.5p --FONT_ANNOT_PRIMARY=8p << EOF
S 0.3i - 0.50i 2/138/210 1.0p,2/138/210 0.7i Active tectonic-block region boundary
S 0.3i - 0.44i - 1.0p,2/138/210,- 0.7i  Deduced region boundary
S 0.3i - 0.50i orange 1.0p,orange 0.7i Active tectonic-block boundary
EOF

    # 南海诸岛
    gmt inset begin -DjBR+w2c/2.8c -F+p0.5p
        gmt coast -JM? -R106/121/3/24 -Ggray95 -S83/216/238 -Df
        gmt plot CN-border-La.gmt -W0.2p -Gwhite
    gmt inset end
gmt end show
```



15.6.3 数据来源与处理

该数据由用户王杰利用王辉等 (2003) 中的图 1 矢量化得到。

15.6.4 数据引用

- 张培震, 邓起东, 张国民, 等. 中国大陆的强震活动与活动地块. 中国科学 D 辑, 2003, 33(z1):12-20.
- 张国民, 马宏生, 王辉, 等. 中国大陆活动地块边界带与强震活动. 地球物理学报, 2005, (03):602-610.
- 王辉, 张国民, 吴云, 等. 中国大陆活动地块变形与地震活动的关系. 中国地震, 2003, (03):243-254.

15.7 geo3al: 中国及邻区地质图数据

贡献者

徐弥坚, 陈箫翰, 刘珠妹, 田冬冬, 姚家园

---

geo3al 数据是由 U.S. Geological Survey (USGS) 提供的中国及邻区地质图数据，是“世界地质地图”的一部分，数据分辨率为 1:5,000,000。

15.7.1 数据下载

下载数据

- 项目主页：https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data
- 下载地址：https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data/releases

macOS/Linux 用户请下载数据 `china-geospatial-data-UTF8.zip`（UTF8 编码），Windows 用户请下载数据 `china-geospatial-data-GB2312.zip`（GB2312 编码）。

数据包中提供了可供 GMT 直接使用的数据文件：

- geo3al.gmt：中国及邻区地质图数据

数据中包含了如下非空间元信息（可以参考 geo3al.shp.xml 以获取元信息的更多细节）：

- AREA：地层多边形区域的面积（单位 m^2）
- PERIMETER：地层多边形区域的周长（单位 m）
- TYPE：岩性
- GLG：原始地图上显示地表露头的地质年代
- GEN_GLG：编者从 GLG 中计算得到的地质年代，在单元年龄跨越一个以上地质年龄的情况下用“代”表示

15.7.2 示例图

下面的示例图使用 geo3al.gmt 数据绘制了中国大陆及邻区地质图：

- 地质年代从数据的 GEN_GLG 属性中提取，用不同的颜色表示
- 岩性从数据的 TYPE 属性中提取，用不同的填充图案表示

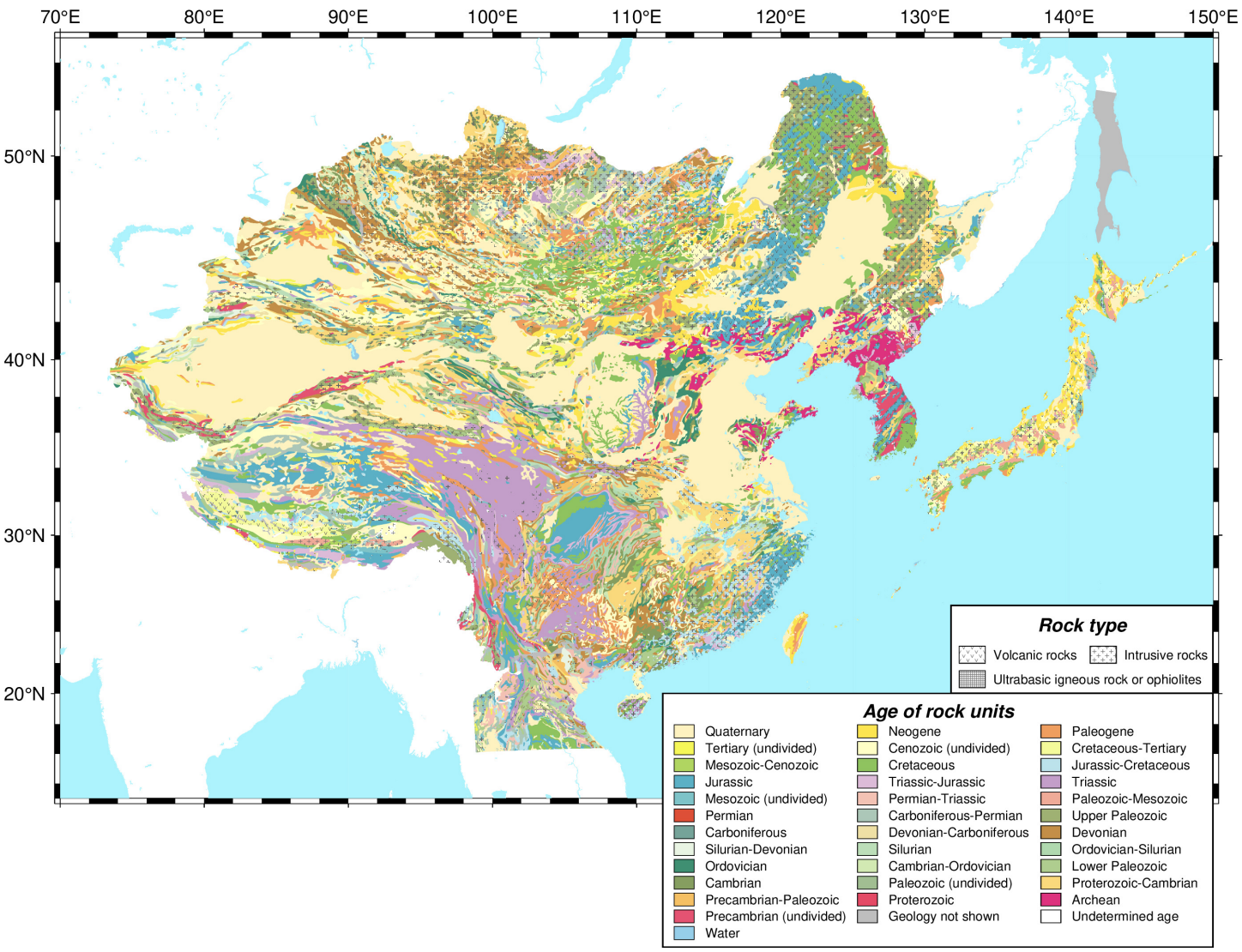
示例代码中使用的地质年代 CPT 色标文件 geoage.cpt 修改自 GTS2012_epochs。

```
#!/usr/bin/env bash
#
# Geological map of China and adjacent regions
#

data=geo3al.gmt
cpt=geoage.cpt

gmt begin geo3al
    # Paint the land using white color
    gmt coast -R70/150/13/55 -JM22c -Gwhite -Baf -BWsNe

    # Plot the geological map, colored by geologic ages
    # -aZ="GEN_GLG": use the "GEN_GLG" metadata as the Z value
    # -G+z -C$cpt: the fill color is determined by the Z value and the CPT file
    gmt plot $data -C$cpt -aZ="GEN_GLG" -G+z

    # Plot rock types using diffenrent patterns (28, 29 and 44)
    # -aI="TYPE": using the "TYPE" metadata as ID
    # -S"-Iv": only keep data segments that matches "-Iv" (v means "Volcanic rocks")
    # -S"-Ii": only keep data segments that matches "-Ii" (i means "Intrusive rocks")
    # -S"-Iw": only keep data segments that matches "-Iw" (w means "Ultrabasic igneous rock or ophiolites")
    # -Gp28+r500+f100+b-: fill with pattern 28, dpi=500, foreground color=100 (gray), background color=- (transparent)
    gmt convert $data -aI="TYPE" -S"-Iv" | gmt plot -Gp28+r500+f100+b-
    gmt convert $data -aI="TYPE" -S"-Ii" | gmt plot -Gp29+r500+f100+b-
    gmt convert $data -aI="TYPE" -S"-Iw" | gmt plot -Gp44+r500+f100+b-

    # Paint the ocean and lake using color "cadetblue1"
    gmt coast -SCADETBLUE1

    # Plot geologic age legend
    gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 7p  # font for legend labels
    cat > age_legend.txt << EOF
H 10 3 Age of rock units
N 3
EOF
    # Output non-empty lines that don't start with "B", "F", "N" or "#"
    gawk '!/^($|B|F|N|#)/' $cpt | while read label color period
    do
        echo "S 0.3c r 0.38c $color 0.3p 0.7c $period" >> age_legend.txt
    done
    gmt legend age_legend.txt -DJBR+w10.5c+jTR+o0c/-2c+l1.3 -F+p0.7p+g255 -C3p/3p
    rm age_legend.txt
```

（续下页）

(接上页)

```
    # Plot rock type legend
    gmt legend -DJBR+w5.0c+jBR+o0c/2c+l1.9 -F+p0.7p+g255 -C3p/1p <<EOF
H 10 3 Rock type
N 2
S 0.3c r 0.5c p28+r500+f100+b255 0.3p 0.7c Volcanic rocks
S 0.3c r 0.5c p29+r500+f100+b255 0.3p 0.7c Intrusive rocks
S 0.3c r 0.5c p44+r500+f100+b255 0.3p 0.7c Ultrabasic igneous rock or ophiolites
EOF
gmt end show
```



15.7.3 数据来源与处理

以下内容仅供数据维护者参考，一般用户无需关心。

1. 从 "World Geologic Maps" 下载 "Generalized Geology of the Far East" 对应的 Shapefile 压缩文件
2. 使用 *ogr2ogr* 将 Shapefile 格式转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式:

```
$ ogr2ogr -t_srs EPSG:4326 -f OGR_GMT geo3al.gmt geo3al.shp
```

   - 原始数据使用的是以米为单位的投影坐标，而非以经纬度表示的地理坐标。因而在使用 `ogr2ogr` 时需要加上 `-t_srs EPSG:4326` 参数进行坐标转换
   - 转换时 `.dbf`、`.prj`、`.shx` 等文件必须和 `shp` 文件放在同一目录下

数据转换与处理参考了如下博文:

- Mijian Xu 的博客: 用 GMT 绘制中国大陆及邻区地质年代图
- Po-Chin Tseng 的 GMT5 教程: 地质图

15.7.4 扩展阅读

World Geologic Maps 提供了几乎所有区域的地质图数据。本文只提供了中国及邻区地质图（即 Generalized Geology of the Far East）。需要绘制其他地区地质图的用户可以参考本文的数据处理方式和绘图脚本，但需要注意：

- 部分原始数据使用的是经纬度坐标，因此格式转换时不需要使用 `-t_srs EPSG:4326`
- 每个数据提供的属性可能不同，因而用户应查阅从源文件中解压得到的 `.xml` 文件以了解数据提供的元信息，并相应地修改绘图脚本。

15.7.5 数据引用

- Steinshouer, D.W., Qiang, J., McCabe, P.J., and Ryder, R.T, 1999, Maps showing geology, oil and gas fields, and geologic provinces of the Asia Pacific region: U.S. Geological Survey Open-File Report 97-470-F, 16 p., https://doi.org/10.3133/ofr97470F.

15.8 GADM: 全球行政区划数据库

GADM 主页：https://gadm.org/

GADM，全称 Database of Global Administrative Areas，是一个高精度的全球行政区划数据库。其包含了全球所有国家和地区的国界、省界、市界、区界等多个级别的行政区划边界数据。

警告

GADM 提供的中国国界数据不符合中国的领土主张，省界、市界、区界等数据也不一定是最新的版本。在正式刊物中发表使用此类数据的图件时需格外谨慎。

15.8.1 数据下载

GADM 提供了两种下载方式：

1. 下载全球所有国家和地区的所有数据 https://gadm.org/download_world.html
2. 按国家下载 https://gadm.org/download_country_v3.html

由于全球数据量巨大，建议根据需要按照国家下载数据。

需要说明的是，GADM 中对 country 的定义为“any entity with an ISO country code”。因而如果想要下载完整的中国数据，实际上需要下载 China、Hong Kong、Macao 和 Taiwan 四个数据。

由于 GADM 提供的中国国界数据不符合我国领土主张，本文以美国数据为例介绍数据下载及使用。

15.8.2 数据格式及转换

对于每个数据, GADM 提供了 5 种不同的格式:

- Geopackage: 可以被 GDAL/OGR、ArcGIS、QGIS 等软件读取
- Shapefile: 可直接用于 ArcGIS 等软件
- KMZ: 可直接在 Google Earth 中打开
- R (sp): 可直接用于 R 语言绘图
- R (sf): 可直接用于 R 语言绘图

如果在安装 GMT 时, GMT 已经正确链接了 GDAL 库, 则 Shapefile 格式的数据可以直接用于绘图。实际绘图时, 可能只想要一小部分数据 (比如某个省/州的界线), 这种情况下, 则需要将数据转换成纯文本文件, 以方便从数据中提取出需要的部分。

GDAL 的*ogr2ogr* 命令可以实现多种地理数据格式之间的互相转换。

下面的示例使用了 GADM v3.6, 在 GDAL 2.4.2 和 3.1.2 下测试通过, 其它版本的 GDAL 也许用法略有不同。

Geopackage 转 GMT

以 United States 数据为例, 解压得到文件 `gadm36_USA.gpkg`。使用如下命令查看文件的信息:

```
$ ogrinfo gadm36_USA.gpkg
INFO: Open of `gadm36_USA.gpkg'
      using driver `GPKG' successful.
1: gadm36_USA_2 (Multi Polygon)
2: gadm36_USA_1 (Multi Polygon)
3: gadm36_USA_0 (Multi Polygon)
```

可以看到 Geopackage 文件中包含了三个文件, 分别是 3 个不同等级的边界。使用如下命令 (注意其中的一对单引号不可省略) 将其转换为 GMT 可识别的格式:

```
ogr2ogr -f OGR_GMT '' gadm36_USA.gpkg gadm36_USA_0
ogr2ogr -f OGR_GMT '' gadm36_USA.gpkg gadm36_USA_1
ogr2ogr -f OGR_GMT '' gadm36_USA.gpkg gadm36_USA_2
```

最终得到以 `.gmt` 结尾的数据 3 个。

Shapefile 转 GMT

以 United States 数据为例, 将下载的 ZIP 压缩包解压会得到 `gadm36_USA_[012].shp` 3 组 Shapefile 数据文件。

使用如下命令即可将 Shapefile 转换为 GMT 可识别的格式:

```
ogr2ogr -f OGR_GMT gadm36_USA_0.gmt gadm36_USA_0.shp
ogr2ogr -f OGR_GMT gadm36_USA_1.gmt gadm36_USA_1.shp
ogr2ogr -f OGR_GMT gadm36_USA_2.gmt gadm36_USA_2.shp
```

最终得到以 `.gmt` 结尾的数据 3 个。

15.8.3 数据分级

提取得到的数据文件的文件名类似 gadm36_USA_0.gmt, 其中 **USA** 为国家/地区代码, **0** 表示行政等级。

以美国数据为例, 其数据包含了三个等级:

- 0 级: 即国界
- 1 级: 即州界
- 2 级: 即县界

15.8.4 使用示例

美国本土地图

绘制美国本土地图需要前面提取出的 0 级数据。

```
gmt plot -JM15c -R-132/-64/23/51 gadm36_USA_0.gmt -png,pdf gadm_level0
```

绘图效果如下:

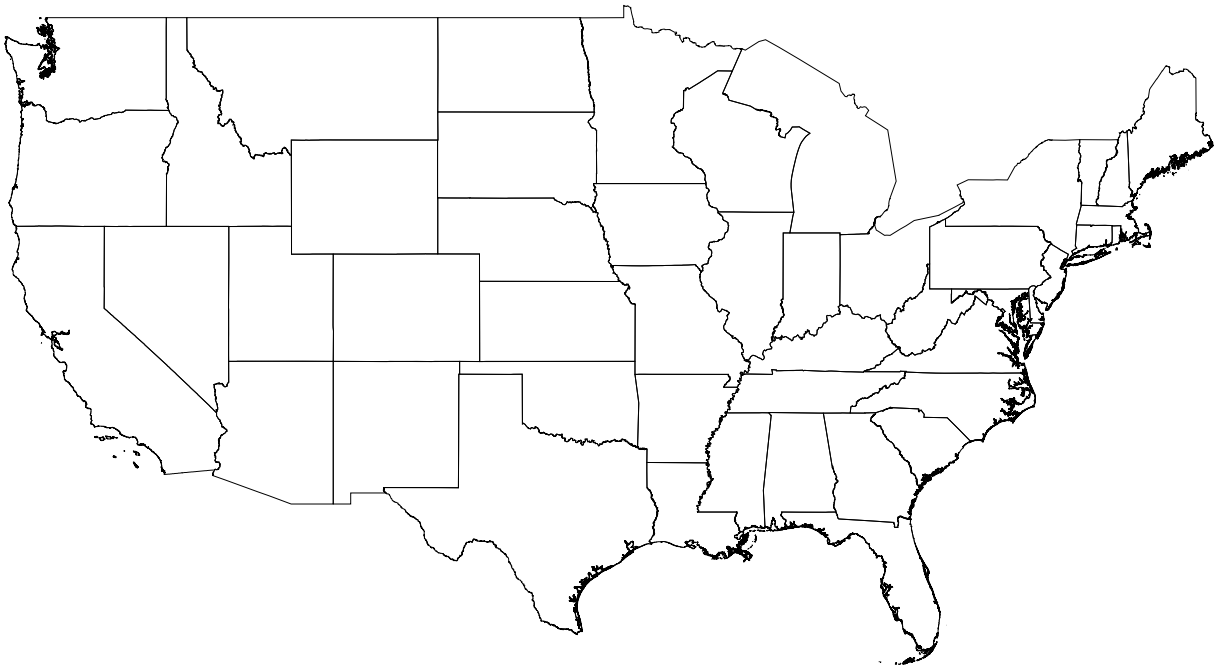


美国 1 级行政区划/州界

代码与上面的代码几乎一样, 此处使用了美国本土的 1 级数据。

```
gmt plot -JM15c -R-132/-64/23/51 gadm36_USA_1.gmt -png,pdf gadm_level1
```

绘图效果如下:



此处绘制了美国本土 48 个州的州界数据。如果只想要绘制某个州, 可以用文本编辑器打开 USA 的 1 级数据文件, 在注释行中有清晰地标记出每段数据是哪个州的边界, 因而可以很方便地提取出来。

也可以利用如下命令将某个州界从 Shapefile 中提取出来:

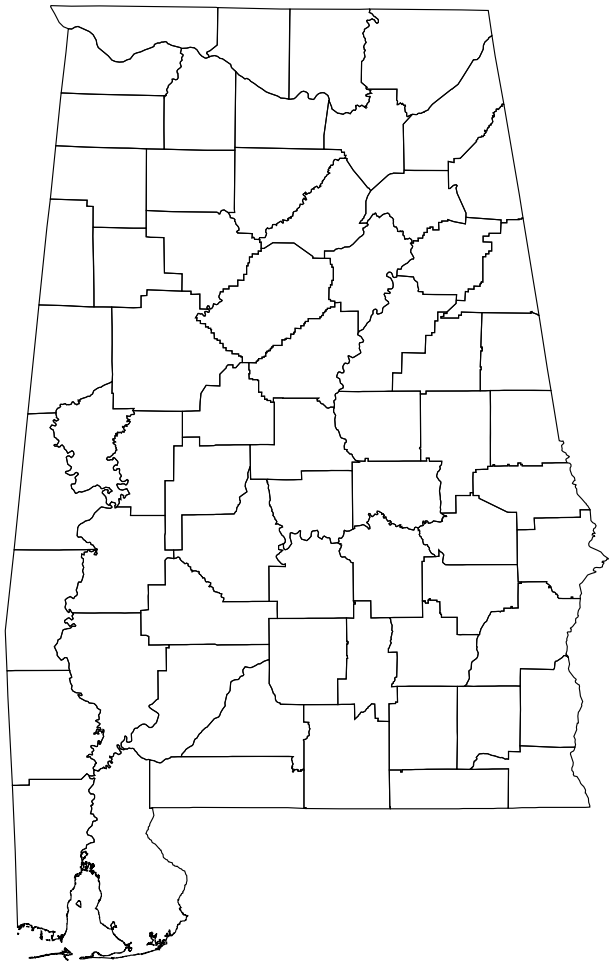
```
ogr2ogr -f OGR_GMT Alabama.gmt gadm36_USA_1.shp -where "NAME_1 = 'ALABAMA'"
```

美国 2 级行政区划/县界

2 级数据中包含了美国所有的县级边界。此处以 Alabama 州为例, 用上述方法在 USA 的 2 级数据文件中提取该州的州界和县界 `Alabama.gmt`, 绘图效果如下:

```
gmt plot -JM10c -R-90/-82/29/37 Alabama.gmt -png,pdf gadm_level2
```

绘图效果如下:



15.8.5 许可协议

GADM 的许可协议 表明该数据可以免费用于学术和非商业用途, 可以利用该数据绘制学术出版物的地图, 但禁止重新分发或商业用途。

15.9 PB2002: 全球板块边界数据

撰写

田冬冬

最近更新日期

2021-05-24

PB2002 是常用的一个全球板块边界数据, 其包含了 14 个大板块和 38 个小板块, 共计 52 个板块的边界数据。

- 官方网站: http://peterbird.name/publications/2003_PB2002/2003_PB2002.htm
- 原始数据下载地址: http://peterbird.name/oldFTP/PB2002/
- 数据格式说明: http://peterbird.name/oldFTP/PB2002/2001GC000252_readme.txt

15.9.1 数据下载

原始数据的格式无法直接用于 GMT 绘图。 这里我们从官方网站下载了 `PB2002_plates.dig.txt` 和 `PB2002_boundaries.dig.txt` 数据, 并将其段头记录做了修改以供 GMT 用户使用。

可供 GMT 直接使用的数据下载地址:

- `PB2002_plates.dig.txt`
- `PB2002_boundaries.dig.txt`

两个数据是等效的, 区别在于:

- PB2002_plates.dig.txt: 数据分为 52 段, 每段数据对应一个板块边界闭合多边形, 每段数据的段头记录为该段数据的板块名称缩写。
- PB2002_boundaries.dig.txt: 数据分为 229 段, 其将相邻板块的共同边界分为不同的段列出来。段头记录中包含了两个板块的名称缩写, 以及板块数据来源的参考文献。

15.9.2 使用示例

在绘图方面, 两个数据没有区别。

```
gmt begin PB2002
    gmt coast -JH20c -Rg -B0 -B+tPB2002 -W1/0.1p,black -A1000
    gmt plot PB2002_boundaries.dig.txt -W0.5p,red
gmt end show
```

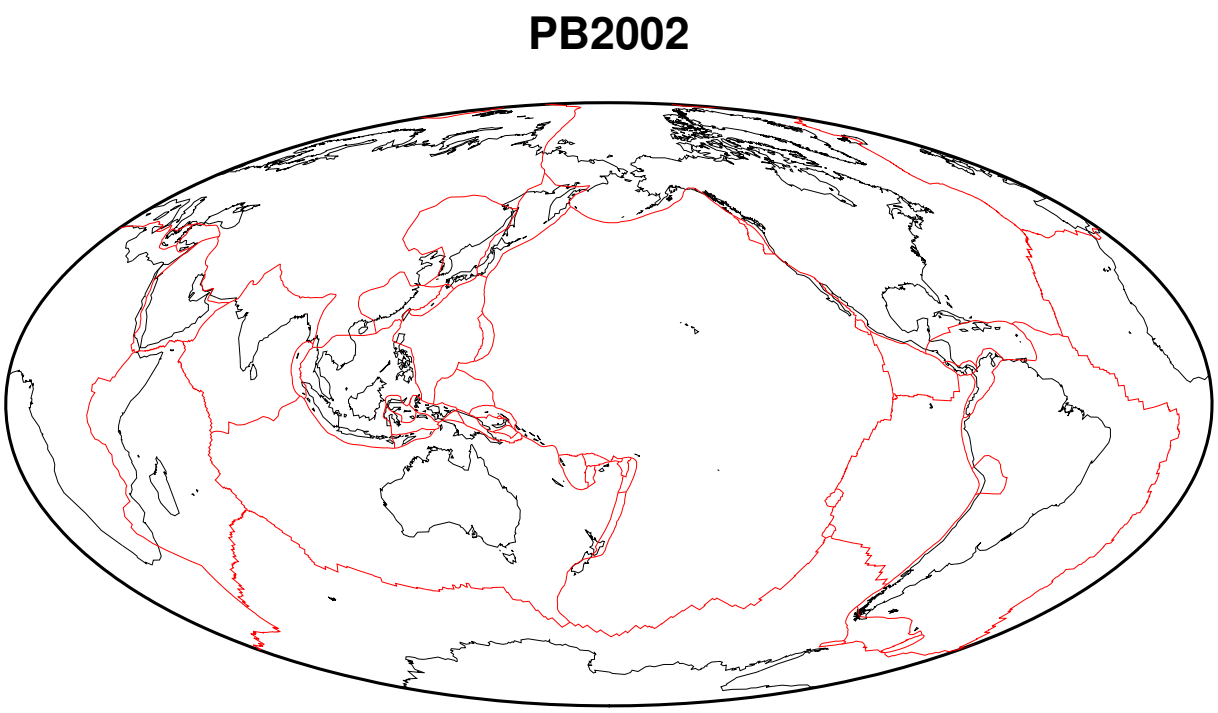


图 3: PB2002 全球板块边界

15.9.3 引用信息

Bird, P. (2003). An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4(3). https://doi.org/10.1029/2001GC000252

15.10 global_tectonics: 全球地质构造数据

撰写

陈箫翰, 田冬冬

最近更新日期

2023-10-04

---

global_tectonics 是一个全球地质构造数据集, 提供 Shapefile、GMT、KML 格式数据的下载。

- 官方网站: https://github.com/dhasterok/global_tectonics
- GMT 格式数据下载: https://github.com/dhasterok/global_tectonics/tree/main/plates%26provinces/gmt

15.10.1 数据简介

global_tectonics 数据集中提供了四个数据文件：

- `boundaries.gmt`: 板块边界数据
- `plates.gmt`: 板块数据
- `global_gprv.gmt`: 地质块体数据
- `oc_boundaries.gmt`: 海陆边界线

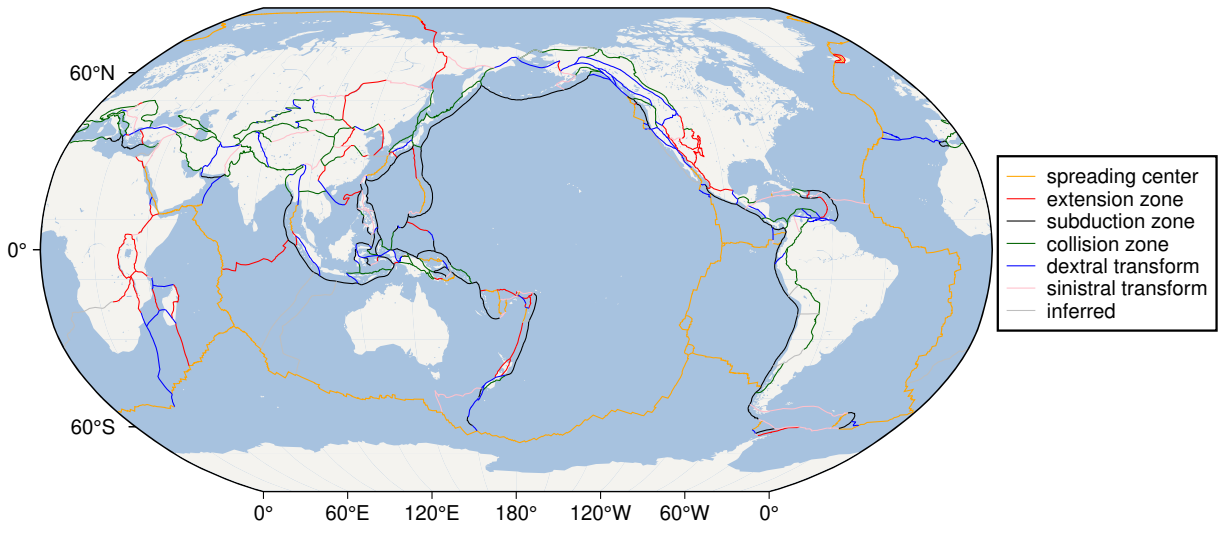
更详细的数据说明请阅读数据的参考文献。

15.10.2 使用示例

boundaries.gmt

数据文件 `boundaries.gmt` 包含了 7 种类型的板块边界数据。每段数据的头段记录中包含了板块边界的名称、板块边界类型、相邻的两个板块名以及长度等信息。下面的示例使用*gmtconvert* 模块的 **-S** 选项提取不同类型的板块边界并分别绘制：

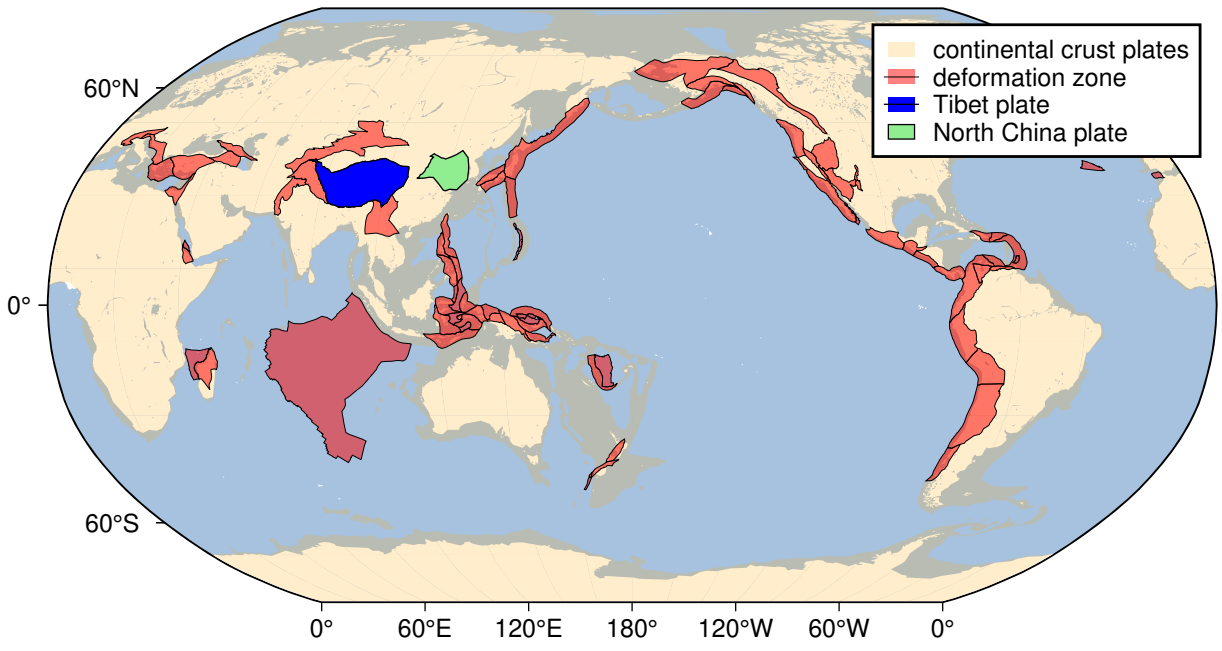
```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin boundaries
    gmt basemap -JN15c -Rg -Ba60
    gmt coast -G244/243/239 -S167/194/223

    # 提取数据头段中不同类型的边界数据并绘图
    gmt convert boundaries.gmt -S"type=spreading center" | gmt plot -W0.5p,orange -l"spreading center"
    gmt convert boundaries.gmt -S"type=extension zone" | gmt plot -W0.5p,red -l"extension zone"
    gmt convert boundaries.gmt -S"type=subduction zone" | gmt plot -W0.5p,black -l"subduction zone"
    gmt convert boundaries.gmt -S"type=collision zone" | gmt plot -W0.5p,darkgreen -l"collision zone"
    gmt convert boundaries.gmt -S"type=dextral transform" | gmt plot -W0.5p,blue -l"dextral transform"
    gmt convert boundaries.gmt -S"type=sinistral transform" | gmt plot -W0.5p,pink -l"sinistral transform"
    gmt convert boundaries.gmt -S"type=inferred" | gmt plot -W0.5p,gray -l"inferred"

    # 设置图例属性
    gmt legend -DJMR+o0.1c -F+p1p+gwhite
gmt end show
```



plates.gmt

数据文件 plates.gmt 包含了各个板块的多边形数据。每段数据的头段记录中包含了板块名字、属性、性质、面积等数据。使用*gmtconvert* 模块可以提取出特定板块的数据进行绘图。下面的例子展示了如何根据头段记录提取大陆地壳板块、变形带板块，以及提取青藏高原板块、华北板块。

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin plates
    gmt basemap -JN15c -Rg -Ba60
    gmt coast -Gwhite -S167/194/223

    # 从crust_type头段中提取出所有大陆地壳板块，并填充橘黄色，设置透明度80%
    gmt convert plates.gmt -S"crust_type=continental" | gmt plot -Gorange@80 -l"continental crust plates"

    # 从plate_type头段中提取出所有变形带板块，并填充红色，设置透明度50%
    gmt convert plates.gmt -S"plate_type=deformation zone" | gmt plot -W0p -Gred@50 -L -l"deformation zone"

    # 从poly_name头段中提取出青藏高原板块、华北板块，并分别填充蓝色和淡绿色
    gmt convert plates.gmt -S"poly_name=Tibet" | gmt plot -W0.5p -L -Gblue -l"Tibet plate"
    gmt convert plates.gmt -S"poly_name=North China" | gmt plot -W0.5p -Glightgreen -l"North China plate"
gmt end show
```



global_gprv.gmt

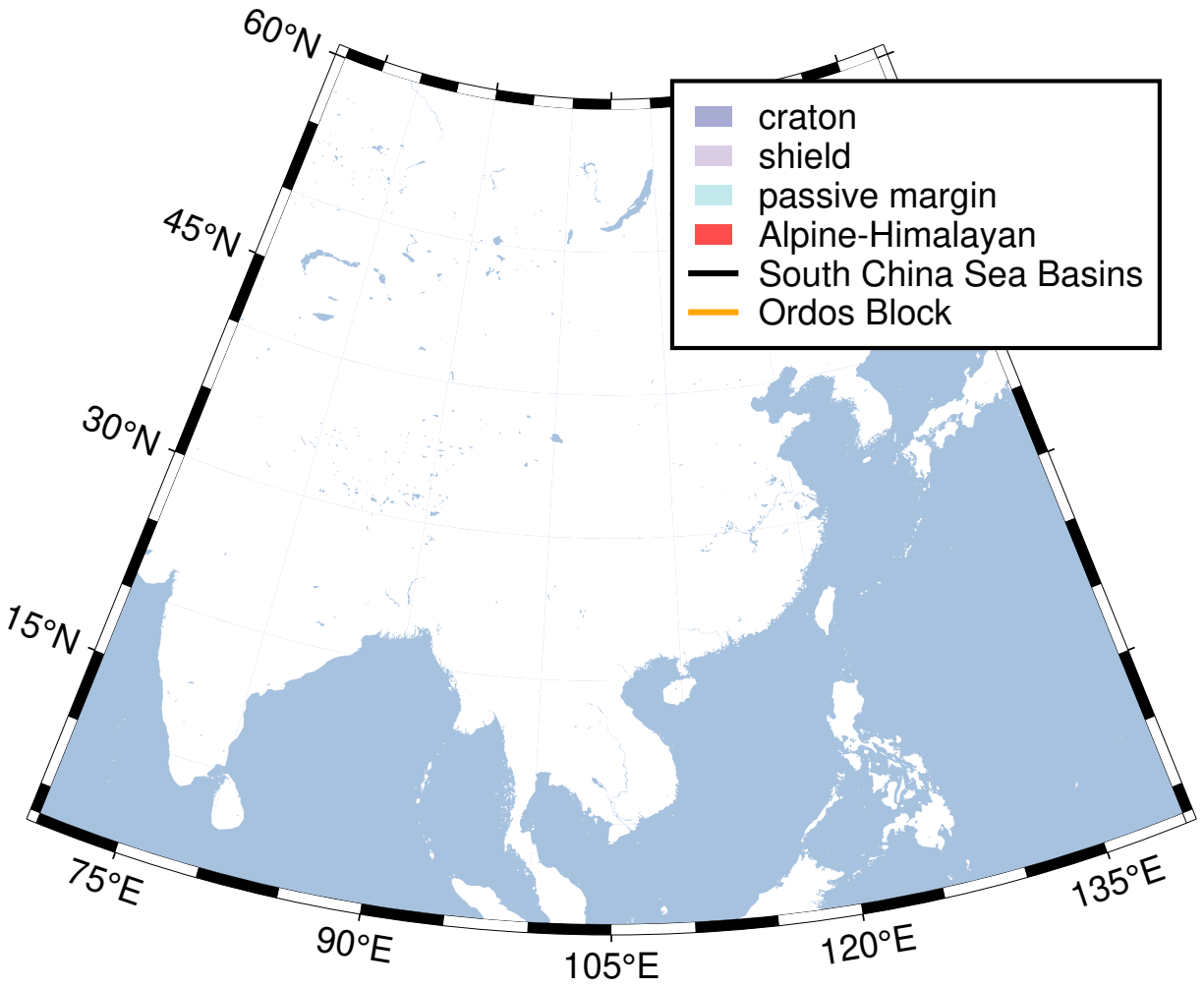
数据文件 global_gprv.gmt 的头段记录中包含了不同地质区域的名字、属性、地质历史事件、面积等数据。使用*gmtconvert* 模块可以提取出特定地质区域的数据进行绘图。下面的例子展示了如何根据从头段记录 prov_type 提取克拉通、地盾、被动边缘，从 lastorogen 提取阿尔卑斯-喜马拉雅造山事件的区域，以及从 prov_name 中提取南海盆地和鄂尔多斯地块的数据。

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin global_gprv
    gmt basemap -JD105/35/36/42/10c -R70/140/3/60 -Baf
    gmt coast -Gwhite -S167/194/223

    # 提取出所有克拉通、地盾、被动板块边缘的边界数据，并填充颜色，设置30%透明度
    gmt convert global_gprv.gmt -S"prov_type=craton" | gmt plot -G168/171/210 -t30 -l"craton"
    gmt convert global_gprv.gmt -S"prov_type=shield" | gmt plot -G217/205/228 -t30 -l"shield"
    gmt convert global_gprv.gmt -S"prov_type=passive margin" | gmt plot -G196/233/236 -t30 -l"passive margin"
```

(续下页)

(接上页)

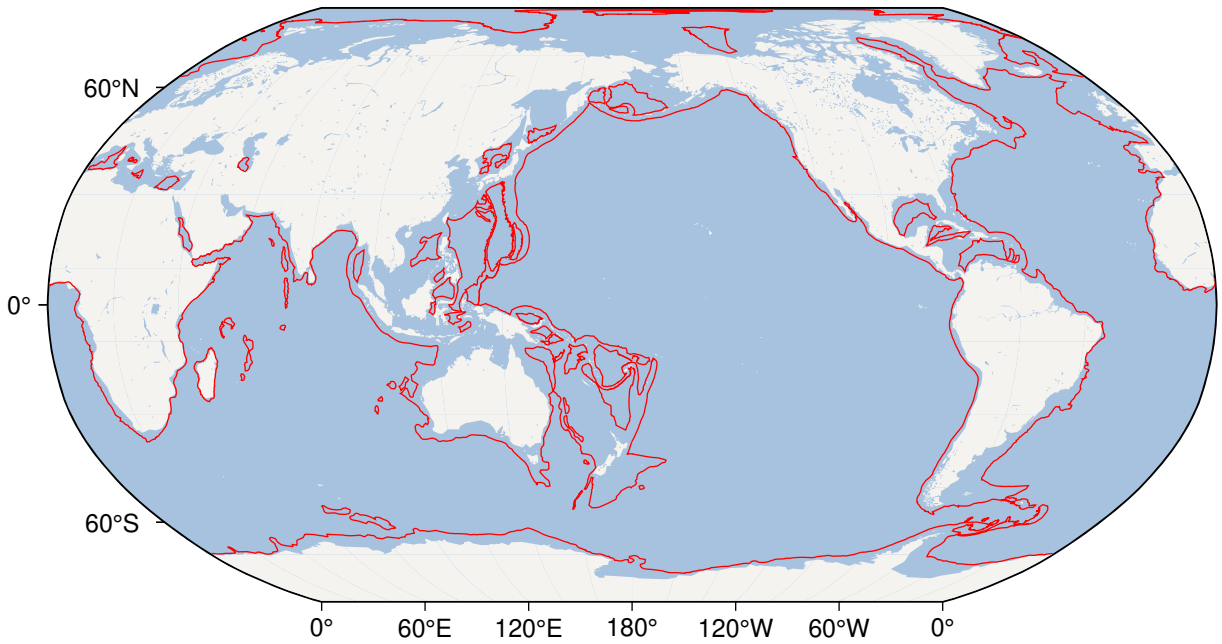
```
    # 提取出所有和阿尔卑斯-喜马拉雅造山事件相关的地质区域边界数据，并填充红色，设置30%透明度
    gmt convert global_gprv.gmt -S"lastorogen=Alpine-Himalayan" | gmt plot -Gred@30 -l"Alpine-Himalayan"

    # 提取出南海盆地的边界数据，绘制出黑色轮廓；提取出鄂尔多斯地块的边界数据，绘制出橘黄色轮廓
    gmt convert global_gprv.gmt -S"prov_name=South China Sea Basins" | gmt plot -W1.5p -l"South China Sea Basins"
    gmt convert global_gprv.gmt -S"prov_name=Ordos Block" | gmt plot -W1.5p,orange -l"Ordos Block"
gmt end show
```



oc_boundaries.gmt

数据文件 oc_boundaries.gmt 包含了全球的海陆边界线。

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin oc_boundaries
    gmt basemap -JN15c -Rg -Ba60
    gmt coast -G244/243/239 -S167/194/223
    gmt plot oc_boundaries.gmt -W0.5p,red
gmt end show
```



15.10.3 引用信息

Hasterok, D., Halpin, J. A., Collins, A. S., Hand, M., Kreemer, C., Gard, M. G., & Glorie, S. (2022). New Maps of Global Geological Provinces and Tectonic Plates. Earth-Science Reviews, 231, 104069. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104069

15.11 WSM_2016: 全球地应力数据

撰写

陈箫翰, 田冬冬

最近更新日期

2024-03-24

World Stress Map Database Release 2016 是一个全球地应力数据库, 提供 csv、xlsx、KML 格式数据的下载。

- 官方网站: https://doi.org/10.5880/WSM.2016.001
- 数据下载: https://datapub.gfz-potsdam.de/download/10.5880.WSM.2016.001/

15.11.1 数据简介

WSM_2016 数据集包含了地壳上部 40 km 的 42870 条数据记录, 提供了三个数据文件:

- `wsm2016.csv`: 以逗号分割的文本格式
- `wsm2016.xlsx`: Excel 格式数据
- `wsm2016_google.zip`: 用于导入谷歌地球的格式

更详细的数据说明请阅读相同目录下的数据格式说明 PDF 文件。

15.11.2 使用示例

wsm2016.csv

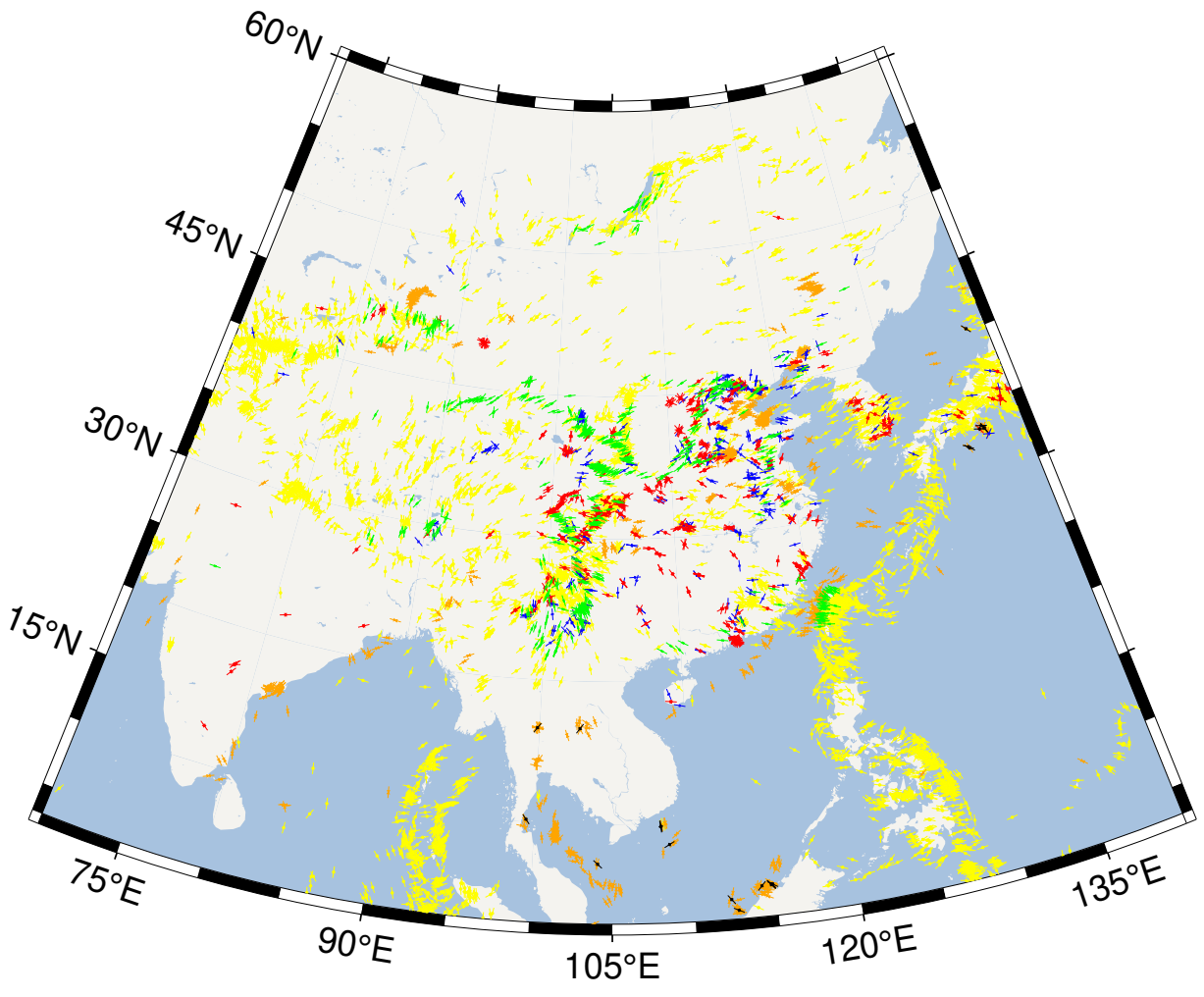
数据文件 wsm2016.csv 是可以直接使用 GMT 或 Shell 命令处理的数据格式，最为方便。包含了数据点经纬度、深度、破裂类型等信息。不同列所代表的含义请阅读数据格式说明 PDF 文档。下面的示例使用 awk Shell 命令提取需要的不同类型数据并分别绘制：

```
#!/usr/bin/env bash

# 下载数据文件
wget -q --no-check-certificate https://datapub.gfz-potsdam.de/download/10.5880.WSM.2016.001/wsm2016.csv

gmt begin wsm2016
    # 绘制底图
    gmt set MAP_GRID_PEN_PRIMARY 0.25p,gray,2_2
    gmt coast -JD105/35/36/42/10c -R70/140/3/60 -G244/243/239 -S167/194/223 -Baf

    # 生成震源机制符号自定义文件
    cat > focal_mec.def << 'EOF'
N: 1 a
$1 0
0 0 1 y
0 0 0.2 c
EOF
    # 生成钻孔崩落符号自定义文件
    cat > borehole_collapse.def << 'EOF'
N: 1 a
$1 0
0 0 1 y
0 -0.0866 0.2 t
0 0.0866 0.2 i
EOF
    # 生成应力解除符号自定义文件
    cat > stress_relief.def << 'EOF'
N: 1 a
$1 0
0 0 1 y
0 -0.05 0.25 -
0.02 0.05 0.25 -
EOF
    # 生成水压致裂符号自定义文件
    cat > hydra_fract.def << 'EOF'
N: 1 a
$1 0
0 0 1 y
0 0 0.25 t
0 0 0.25 i
EOF
    # 生成断层滑动符号自定义文件
    cat > fault_slip.def << 'EOF'
N: 1 a
$1 0
0 0 1 y
0 0 0.1 0.2 r
EOF
    # 生成钻孔槽(BS)符号自定义文件
    cat > BS.def << 'EOF'
N: 1 a
$1 0
0 0 1 y
0 0 0.25 x
0 0 0.25 -
EOF
    # 生成钻孔诱发张裂隙(DIF)符号自定义文件
```

(续下页)

(接上页)

```
    cat > DIF.def << 'EOF'
N: 1 a
$1 0
0 0 1 y
0 0 0.25 d
EOF

    # 使用 gawk 命令提取该类型的测点数据并绘制
    gawk -F, '($6 == "FMF" || $6 == "FMS" || $6 == "FMA") {print $4, $3, $5}' wsm2016.csv | gmt plot -Skfocal_mec/0.1c -W0p,yellow -
↪Gyellow
    gawk -F, '($6 == "BO" || $6 == "BOC" || $6 == "BOT") {print $4, $3, $5}' wsm2016.csv | gmt plot -Skborehole_collapse/0.1c -W0p,
↪orange -Gorange
    gawk -F, '$6 == "OC" {print $4, $3, $5}' wsm2016.csv | gmt plot -Skstress_relief/0.1c -W0p,blue
    gawk -F, '($6 == "HF" || $6 == "HFG" || $6 == "HFM" || $6 == "HFP") {print $4, $3, $5}' wsm2016.csv | gmt plot -Skhydra_fract/0.
↪1c -W0p,red -Gred
    gawk -F, '($6 == "GFI" || $6 == "GFM" || $6 == "GFS") {print $4, $3, $5}' wsm2016.csv | gmt plot -Skfault_slip/0.1c -W0p,green -
↪Ggreen
    gawk -F, '($6 == "BS") {print $4, $3, $5}' wsm2016.csv | gmt plot -SkBS/0.1c -W0p,pink -Gpink
    gawk -F, '($6 == "DIF") {print $4, $3, $5}' wsm2016.csv | gmt plot -SkDIF/0.1c -W0p,black -Gblack

gmt end show
```



15.11.3 引用信息

Heidbach, Oliver; Rajabi, Mojtaba; Reiter, Karsten; Ziegler, Moritz; WSM Team (2016): World Stress Map Database Release 2016. V. 1.1. GFZ Data Services. https://doi.org/10.5880/WSM.2016.001

用户还可以在网上找到更多其他地学相关数据。可根据需求自行下载，并使用 GDAL 提供的*ogr2ogr* 或*gdal_translate* 命令转换为 GMT 可识别的数据格式。下面列出了其他未经整理的地学数据集，用户可从对应网址中下载并使用：

- 中国区域地表热流：https://doi.org/10.1016/j.tecto.2019.01.006

- 1:100 万全国标准基础地理数据: https://gmt-china.org/blog/national-geographic-database/
- 美国地质图: https://mrdata.usgs.gov/geology/state/
- 全球布格重力异常: https://bgi.obs-mip.fr/grids-and-models-2/

建立数据库

对于 GMT 中文社区维护的或用户自有的数据, 用户可选择创建数据库以方便使用。使用自定义数据 (即建立 GMT 数据库) 的方法很简单, 只要将数据集中放在任意一个目录下, 然后修改环境变量 **GMT_DATADIR** 使得其包含该目录即可。在使用数据库里的数据时, 就可以直接指定数据文件名, GMT 会自动到 **GMT_DATADIR** 所指定的目录中寻找该数据, 而无需指定数据文件的完整路径。

Linux 和 macOS 用户可以把数据放在 `~/GMTDB` 目录下, 然后在 `~/.bashrc` 中添加如下语句:

```
export GMT_DATADIR=~/GMTDB
```

Windows 用户可以把数据放在 **D:\GMTDB** (路径最好不要有空格) 目录下, 然后打开"我的电脑" -> "属性" -> "高级" -> "环境变量", 添加环境变量, 变量名为 **GMT_DATADIR**, 值为 **D:\GMTDB**, 最后可能需要重启电脑使得环境变量生效。

如果喜欢将不同的数据分类放在不同的目录下, 则可以向 **GMT_DATADIR** 添加多个目录。多个目录之间用逗号 , 分隔。例如:

```
export GMT_DATADIR=~/GMTDB/data1,~/GMTDB/data2
```

Linux 和 macOS 用户, 可以进一步简化为:

```
export GMT_DATADIR=~/GMTDB/
```

GMT_DATADIR 中的目录若以 / 结尾, GMT 则会在 `~/GMTDB` 及其子目录下递归地寻找文件。注意, Windows 不支持这一功能。

第 16 章　中文支持

GMT 中国用户经常会绘制带中文的图片, 本章主要介绍 GMT 的中文支持。

不同操作系统下 GMT 中文支持的配置:

16.1 Linux/macOS 下的 GMT 中文支持

本文介绍如何让 GMT 在 Linux/macOS 下支持中文。

16.1.1 ghostscript 的中文支持

Linux 的中文字体较少, 这里使用 Windows 下提供的四个基本字体: 宋体、仿宋、黑体和楷体。对于 Windows 和 Linux/macOS 的其他中文字体甚至日韩字体来说, 方法类似。

首先在 `~/.gmt` 新建一个目录, 用于存放字体文件和配置文件:

```
$ mkdir -p ~/.gmt/winfonts
```

从 Windows 的系统字体目录（通常是 `C:\Windows\Fonts` ）中，找到以下四种基本字体的字体文件：宋体 (`simsun.ttc`)、仿宋 (`simfang.ttf`)、黑体 (`simhei.ttf`) 和楷体 (`simkai.ttf`) 并复制到刚才新建的 `~/.gmt/winfonts/` 目录下。

在 `~/.gmt` 目录下创建字体配置文件 `cidfmap`（ghostscript 无法直接识别 `${HOME}` 变量, 所以请将下列语句复制粘贴到终端中执行）:

```
cat > ~/.gmt/cidfmap << EOF
/STSong-Light <</FileType /TrueType /Path (${HOME}/.gmt/winfonts/simsun.ttc) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/STFangsong-Light <</FileType /TrueType /Path (${HOME}/.gmt/winfonts/simfang.ttf) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/STHeiti-Regular <</FileType /TrueType /Path (${HOME}/.gmt/winfonts/simhei.ttf) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/STKaiti-Regular <</FileType /TrueType /Path (${HOME}/.gmt/winfonts/simkai.ttf) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
EOF
```

16.1.2 GMT 的中文支持

在 `~/.gmt` 下创建字体配置文件 `PSL_custom_fonts.txt`:

```
$ touch ~/.gmt/PSL_custom_fonts.txt
# Linux系统
$ gedit ~/.gmt/PSL_custom_fonts.txt
# macOS系统
$ open ~/.gmt/PSL_custom_fonts.txt
```

打开 GMT 字体配置文件, 在文件中加入如下语句:

```
STSong-Light--UniGB-UTF8-H  0.700    1
STFangsong-Light--UniGB-UTF8-H  0.700    1
STHeiti-Regular--UniGB-UTF8-H   0.700   1
STKaiti-Regular--UniGB-UTF8-H   0.700   1
STSong-Light--UniGB-UTF8-V  0.700    1
```

(续下页)

(接上页)

```
STFangsong-Light--UniGB-UTF8-V  0.700    1
STHeiti-Regular--UniGB-UTF8-V   0.700   1
STKaiti-Regular--UniGB-UTF8-V   0.700   1
```

这几句话分别添加了宋体、仿宋、黑体和楷体四种字体的横排 (**H**) 和竖排 (**V**) 两种方式。

用 `gmt text -L` 命令查看 GMT 当前的字体配置:

```
$ gmt text -L
Font #  Font Name
-----------------------------------
0   Helvetica
1   Helvetica-Bold
...    ......
39 STSong-Light--UniGB-UTF8-H
40 STFangsong-Light--UniGB-UTF8-H
41 STHeiti-Regular--UniGB-UTF8-H
42 STKaiti-Regular--UniGB-UTF8-H
43 STSong-Light--UniGB-UTF8-V
44 STFangsong-Light--UniGB-UTF8-V
45 STHeiti-Regular--UniGB-UTF8-V
46 STKaiti-Regular--UniGB-UTF8-V
```

其中 39-46 号字体为新添加的中文字体。以后要用中文字体时, 需要用这些编号来指定字体, 也许你的机器上的编号和这里不同。

16.1.3 GMT 中文测试

备注

凡是使用到中文字体的画图脚本, 都应该设置字体配置文件 cidfmap 所在的目录:

```
gmt set PS_CONVERT="C-I字体配置文件cidfmap所在的目录"
```

此外 GMT 6.x 目前在处理中文时存在 BUG, 可能会出现某些中文正常显示, 某些不正常显示的情况。需要使用如下命令来避免这一 BUG:

```
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
```

请自行确认你的中文字体编号。如果编号不是 39 到 46, 请自行修改以下测试脚本。

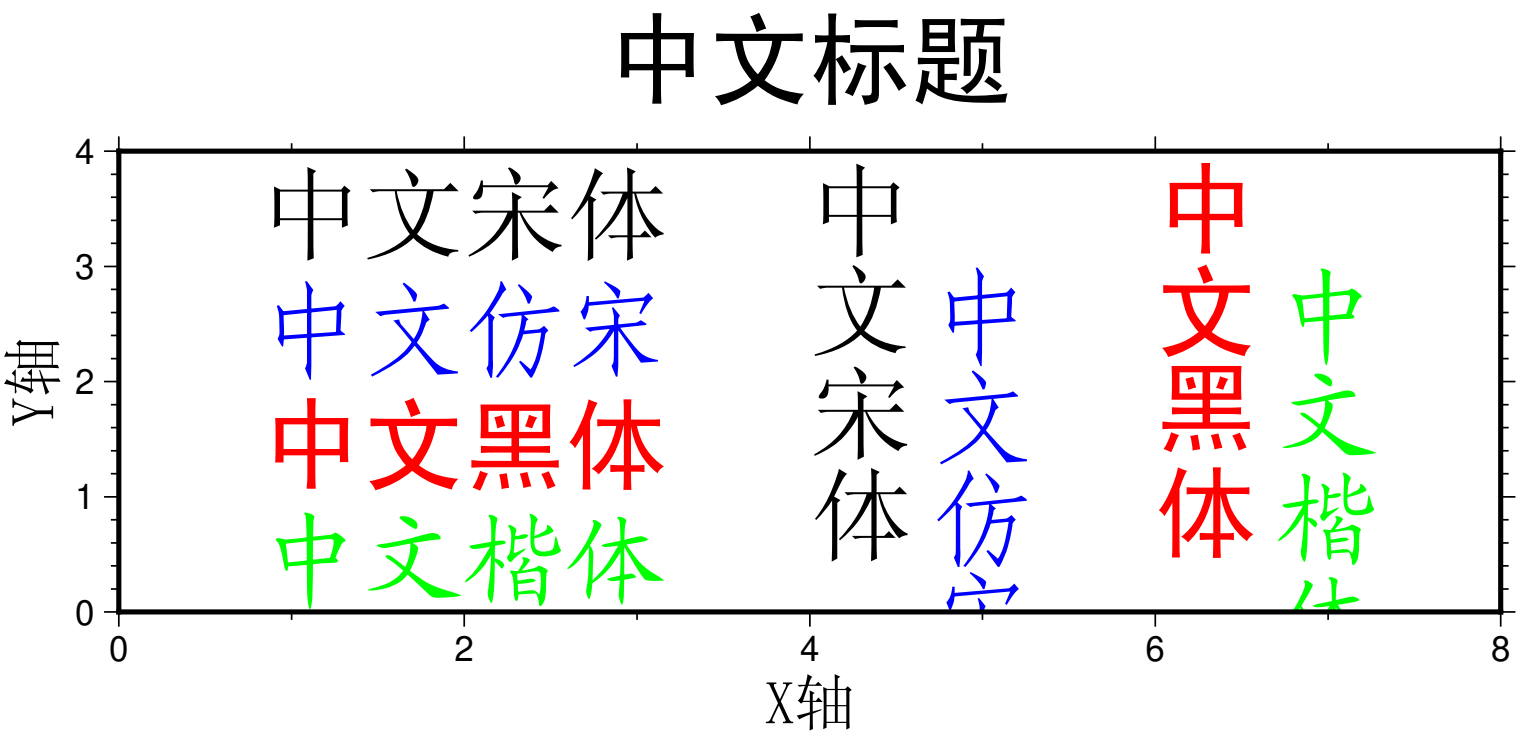
测试脚本和成图效果如下:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_Chinese png,pdf
# 设置中文字体配置文件 cidfmap 的目录
gmt set PS_CONVERT="C-I${HOME}/.gmt/"

# GMT 处理中文存在一些已知BUG
# 需要设置 PS_CHAR_ENCODING 为 Standard+ 以绕过这一BUG
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
gmt set FONT_TITLE 25p,41,black
gmt set FONT_LABEL 15p,39,black

gmt text -R0/8/0/4 -JX12c/4c -Bxaf+l"X轴" -Byaf+l"Y轴" -BWSen+t"中文标题" -F+f << EOF
2 3.5 25p,39,black 中文宋体
2 2.5 25p,40,blue  中文仿宋
2 1.5 25p,41,red   中文黑体
```

(续下页)

(接上页)

```
2 0.5 25p,42,green 中文楷体
4 3.5 25p,43,black 中文宋体
5 3.5 25p,44,blue  中文仿宋
6 3.5 25p,45,red   中文黑体
7 3.5 25p,46,green 中文楷体
EOF
gmt end show
```



备注

生成的 PNG、JPG 格式的图片中可正常显示中文。对于 PDF 格式，macOS 自带的预览工具无法正常显示中文，Adobe PDF Reader 可以正常显示中文，但竖排字体可能出现错位。

16.2 Windows 下的 GMT 中文支持

最近更新日期

2022-06-21

贡献者

田冬冬, 陈箫翰

16.2.1 ghostscript 的中文支持

GMT 需要使用 Ghostscript 生成 PDF、JPG 等格式的图片。如果没有正确配置 Ghostscript 的中文支持，GMT 生成的图片中的中文将会出现乱码。因此必须首先配置 Ghostscript 的中文支持，但 GMT 安装包中内置的 Ghostscript **不支持**中文。

若需要 GMT 支持中文，则需要在安装 GMT 时不勾选 Ghostscript 组件，待安装完成后再自行安装 Ghostscript。对于已安装 GMT 的用户，建议先卸载 GMT，再按照《*Windows 下安装 GMT*》一节的步骤重新安装 GMT，安装过程中注意不勾选 Ghostscript。

Ghostscript 安装包下载地址:

- gs10030w64.exe (64 位)

警告

请注意 Ghostscript 的版本! 由于 Ghostscript 自身的 bug, 请勿使用 9.27、9.51 和 9.52 版本的 Ghostscript。此外 GMT 6.4 以及之前的版本有 bug, 与 Ghostscript 10.0.0 不兼容, 导致 GMT 6.4 + Ghostscript 10.0.0 的组合无法绘制出半透明效果的图片, 请使用 GMT 6.5 + Ghostscript 10.03.0。

备注

安装 Ghostscript 的过程中记得勾选 `Generate cidfmap for Windows CJK TrueType fonts` 以生成中文字体配置文件。

在安装 ghostscript 的过程中, 会有一个生成 cidmap 的选项, 选中该选项则表示会为当前系统自动生成中文所需的 cidmap 文件。默认该选项是被选中的, 一定 **不要**将该选项取消。

为了能够在将 PS 文件转换为其他图片格式时也支持中文, 需要设置环境变量 `GS_FONTPATH`。具体步骤如下:

1. 点击 “计算机” -> “属性” -> “高级系统设置” -> “环境变量” 打开 “环境变量” 编辑工具
2. 在 “系统变量” 部分中, 新建变量 `GS_FONTPATH` 并设置其值为 `C:\Windows\fonts`

16.2.2 GMT 的中文支持

新建 GMT 自定义字体配置文件 `C:\Users\用户名\.gmt\PSL_custom_fonts.txt` (注意 用户名应该替换为实际的用户名。若不存在 `C:\Users\用户名\.gmt` 目录则需新建该目录。Win10 用户可以直接新建文件夹。Win7 的文件管理器无法新建以 `.` 开头的文件夹, 因而需要打开 CMD, 然后执行命令 `mkdir .gmt` 以创建该文件夹)。

备注

Windows 默认隐藏文件的扩展名。 新手在新建这个字体配置文件时, 常常将文件名错误写成 `PSL_custom_fonts.txt.txt`, 导致中文字体添加失败。因此强烈建议在**资源管理器** -> **查看**中开启显示文件扩展名:



向 GMT 自定义字体配置文件 `C:\Users\用户名\.gmt\PSL_custom_fonts.txt` 中加入如下语句:

```
STSong-Light--GB-EUC-H  0.700    1
STFangsong-Light--GB-EUC-H  0.700    1
STHeiti-Regular--GB-EUC-H   0.700   1
STKaiti-Regular--GB-EUC-H   0.700   1
STSong-Light--GB-EUC-V  0.700    1
STFangsong-Light--GB-EUC-V  0.700    1
```

(续下页)

(接上页)

```
STHeiti-Regular--GB-EUC-V   0.700   1
STKaiti-Regular--GB-EUC-V   0.700   1
```

用 gmt text -L 查看 GMT 字体:

```
$ gmt text -L
Font #  Font Name
-----------------------------------
0   Helvetica
1   Helvetica-Bold
...    ......
39 STSong-Light--GB-EUC-H
40 STFangsong-Light--GB-EUC-H
41 STHeiti-Regular--GB-EUC-H
42 STKaiti-Regular--GB-EUC-H
43 STSong-Light--GB-EUC-V
44 STFangsong-Light--GB-EUC-V
45 STHeiti-Regular--GB-EUC-V
46 STKaiti-Regular--GB-EUC-V
```

可以看到，新添加的四种中文字体对应的字体编号为 39 到 46。其中 STSong-Light-GB-EUC-H 即为宋体，GB-EUC 是文字编码方式，H 表示文字水平排列，V 表示竖排文字。强烈建议在执行测试脚本前确认自己的中文字体编号。

16.2.3 GMT 中文测试

备注

请自行确认你的中文字体编号。如果编号不是 39 到 46，请自行修改以下测试脚本。

警告

目前发现 **Git Bash** 运行 Bash 脚本时，echo 生成文件使用的是 UTF8 编码，从而可能会导致中文乱码。建议在有中文需求时使用 bat 脚本，或者避免在 Bash 脚本中使用 echo 。

使用**记事本**和 **Notepad++** 的用户，应注意含中文的 bat 文件和输入数据文件都应以 **ANSI** 编码保存，使用其他编码方式则极可能出现乱码。Notepad++ 除了注意要选择“编码 -> 使用 ANSI 编码”以外，还应该选中“设置 -> 首选项 -> 新建 -> 编码 -> ANSI ”。

Visual Studio Code 用户，应注意确保含中文的 bat 文件和输入数据文件都采用 **GB2312** 编码方式。在 Visual Studio Code 右下角状态栏中可以查看并修改当前文件的编码方式。

```
gmt begin map pdf,png
REM GMT处理中文存在一些已知BUG
REM 需要设置 PS_CHAR_ENCODING 为 Standard+ 以绕过这一BUG
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
gmt set FONT_TITLE 25p,41,black
gmt set FONT_LABEL 15p,39,black

REM GMT 6.3 及之后的版本连续使用echo命令输出含中文的文件时，必须在开始设置 chcp 936
chcp 936
echo 2 3.5 25p,39,black 中文宋体  > tmp
echo 2 2.5 25p,40,blue  中文仿宋 >> tmp
```

(续下页)

(接上页)

```
echo 2 1.5 25p,41,red   中文黑体 >> tmp
echo 2 0.5 25p,42,green 中文楷体 >> tmp
echo 4 3.5 25p,43,black 中文宋体 >> tmp
echo 5 3.5 25p,44,blue  中文仿宋 >> tmp
echo 6 3.5 25p,45,red   中文黑体 >> tmp
echo 7 3.5 25p,46,green 中文楷体 >> tmp

REM GMT 6.3 及之后的版本每句使用中文的命令之前必须设置 chcp 936
chcp 936
gmt text tmp -R0/8/0/4 -JX12c/4c -Bxaf+l"X轴" -Byaf+l"Y轴" -BWSen+t"中文标题" -F+f
del tmp
gmt end
```

备注

GMT 6.x 目前在 Windows 下处理中文时存在 BUG，可能会出现某些中文正常显示，某些不正常显示的情况。使用:

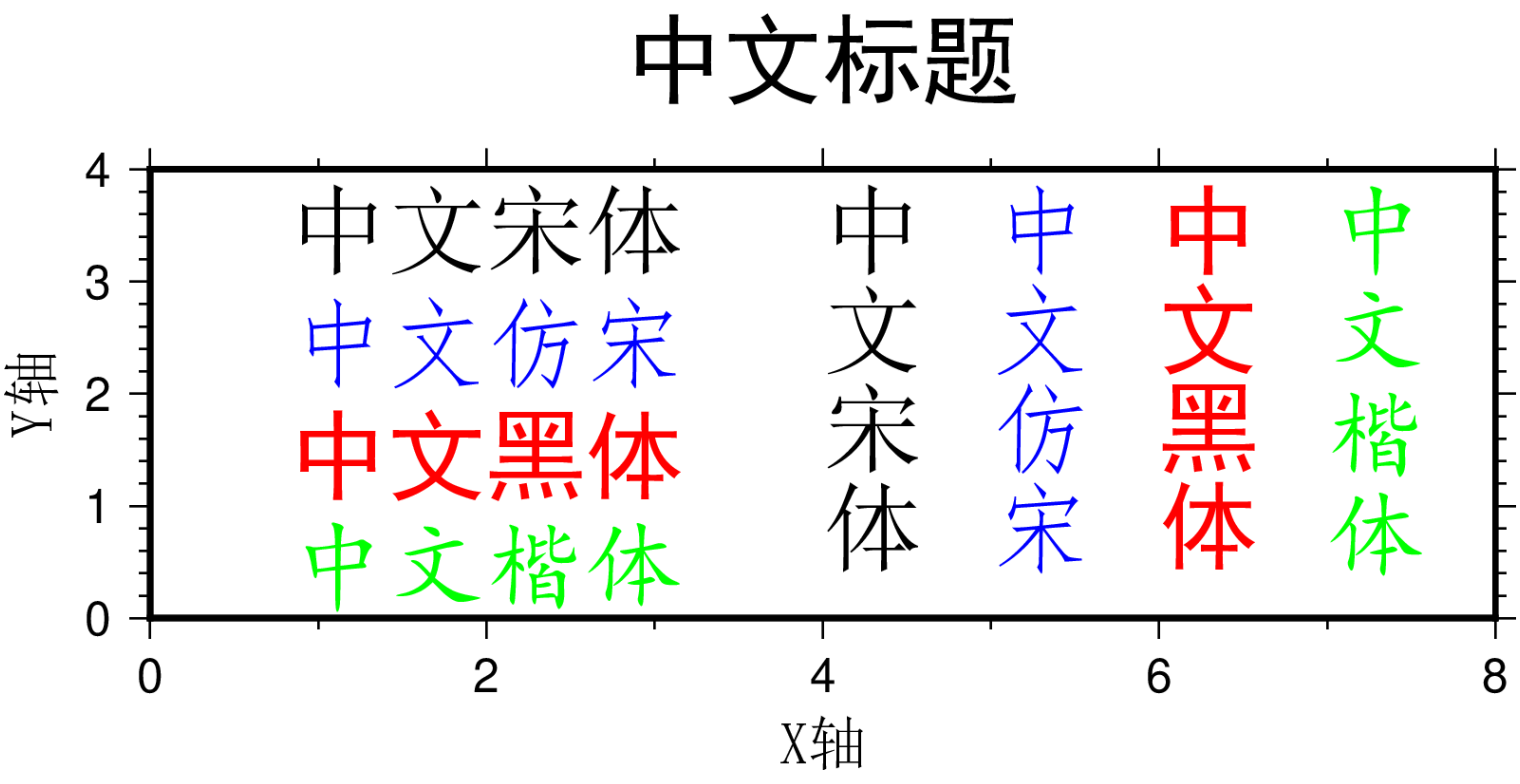
```
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
```

可临时避免这一 BUG。

此外，GMT 6.3 及之后的版本每句使用中文的命令之前，以及使用 echo 命令输出含中文的文件之前，必须设置 chcp 936 ，否则将出现乱码:

```
chcp 936
```

成图效果如下:



GMT 中文支持实例:

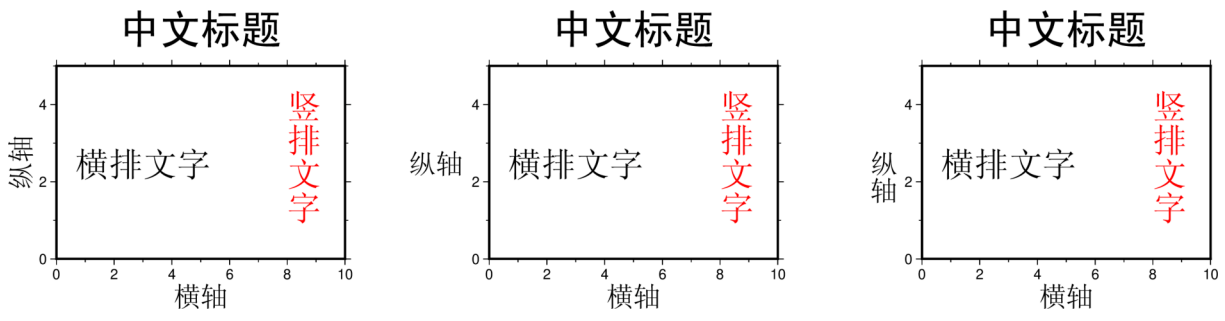
16.3 GMT 中文效果演示

16.3.1 中文文字

本例中展示了如何在绘图时使用中文标签和中文标题，以及如何打印横排和竖排的中文。

- 左图中 Y 轴标签与纵轴平行
- 中图中 Y 轴标签与 X 轴平行
- 右图中 Y 轴标签单独绘制并使用了竖排中文字体。

```
gmt begin chinese-texts png

# 设置中文字体配置文件 cidfmap 的目录，Windows 下无需此设置
gmt set PS_CONVERT="C-I${HOME}/.gmt"

# 左图
gmt set FONT_TITLE 24p,41,black FONT_LABEL 16p,39,black
gmt basemap -R0/10/0/5 -JX6c/4c -Bxaf+l"横轴" -Byaf+l"纵轴" -BWSen+t"中文标题"
gmt text -F+f << EOF
3 2.5 20p,39,black 横排文字
8 4.0 20p,43,red   竖排文字
EOF

# 中图
gmt set FONT_TITLE 24p,41,black FONT_LABEL 16p,39,black
gmt basemap -R0/10/0/5 -JX6c/4c -Bxaf+l"横轴" -Byaf+L"纵轴" -BWSen+t"中文标题" -X9c
gmt text -F+f << EOF
3 2.5 20p,39,black 横排文字
8 4.0 20p,43,red   竖排文字
EOF

# 右图
gmt set FONT_TITLE 24p,41,black FONT_LABEL 16p,39,black
gmt basemap -R0/10/0/5 -JX6c/4c -Bxaf+l"横轴" -BWSen+t"中文标题" -X9c
gmt basemap -Byaf+L"纵轴" -BW --FONT_LABEL=16p,43,black --MAP_LABEL_OFFSET=20p
gmt text -F+f << EOF
3 2.5 20p,39,black 横排文字
8 4.0 20p,43,red   竖排文字
EOF

gmt end show
```



16.3.2 中文月份

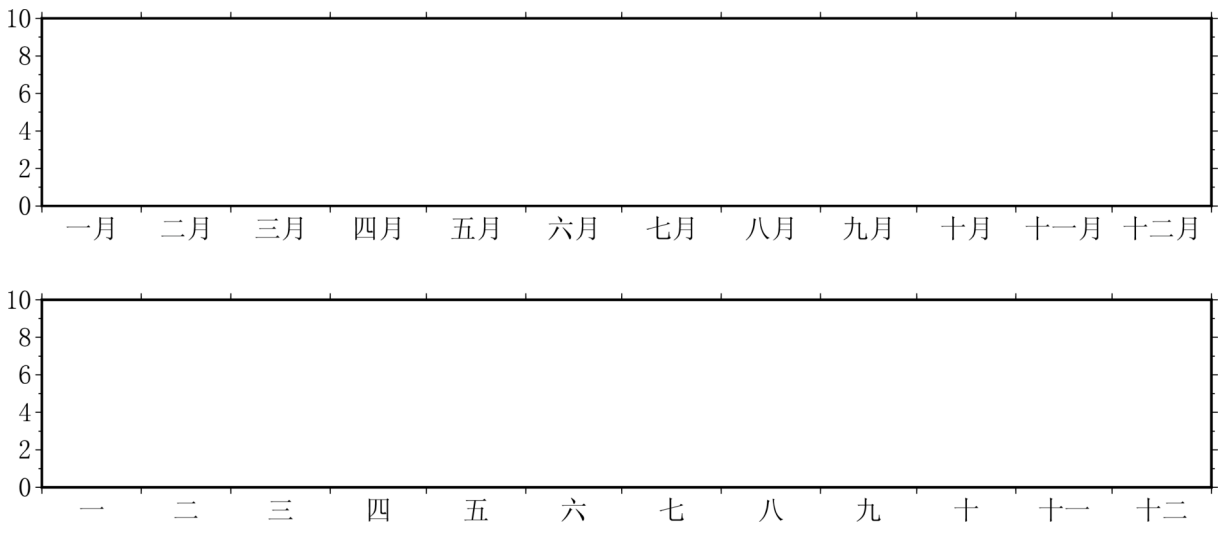
GMT 可以绘制中文的月份。

Linux 和 macOS 用户需要先修改 GMT 中文语言文件的字符编码（Windows 用户不需要）：

```
# 进入 GMT 语言定义文件所在目录
cd `gmt --show-sharedir`/localization

# 备份中文语言文件
cp gmt_cn1.locale gmt_cn1.locale_old

# 将中文编码方式从默认的 GB2312 修改为 UTF8 编码，这样才能正常显示中文月份，星期，指南针等
iconv -f GBK -t UTF8 gmt_cn1.locale_old > gmt_cn1.locale
```

设置*GMT_LANGUAGE* 为中文（即 cn1），并设置标注字体为中文。

```
gmt begin chinese-months png

    # 设置中文字体配置文件 cidfmap 的目录，Windows 下无需此设置
    gmt set PS_CONVERT="C-I${HOME}/.gmt"
    # 设置 GMT 语言为中文
    gmt set GMT_LANGUAGE cn1
    # 设置标注的字体为中文字体
    gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 16p,39,black

    # FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP 为 full 表示显示“一月”
    gmt set FORMAT_DATE_MAP o FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP full
    gmt basemap -R1997T/1998T/0/10 -JX25c/4c -Bpxa1O -Byaf -BWSen
    # FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP 为 abbreviated 表示显示“一”
    gmt set FORMAT_DATE_MAP o FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP abbreviated
    gmt basemap -R1997T/1998T/0/10 -JX25c/4c -Bpxa1O -Byaf -BWSen -Y-6c

gmt end show
```



16.3.3 中文星期

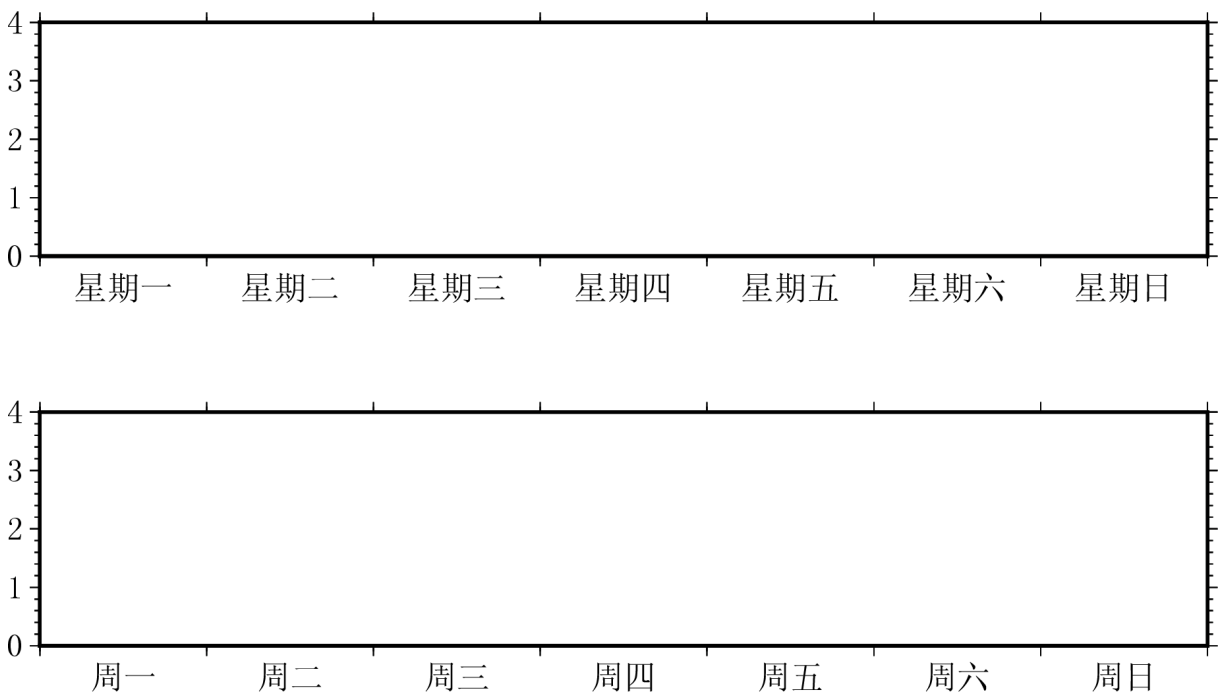
GMT 支持中文的星期。要想使用中文表示星期几，需要设置*GMT_LANGUAGE* 为中文，即 cn1，并设置标注的字体为中文。

```
gmt begin chinese-weeks png

    # 设置中文字体配置文件 cidfmap 的目录，Windows 下无需此设置
    gmt set PS_CONVERT="C-I${HOME}/.gmt"
```

（续下页）

(接上页)

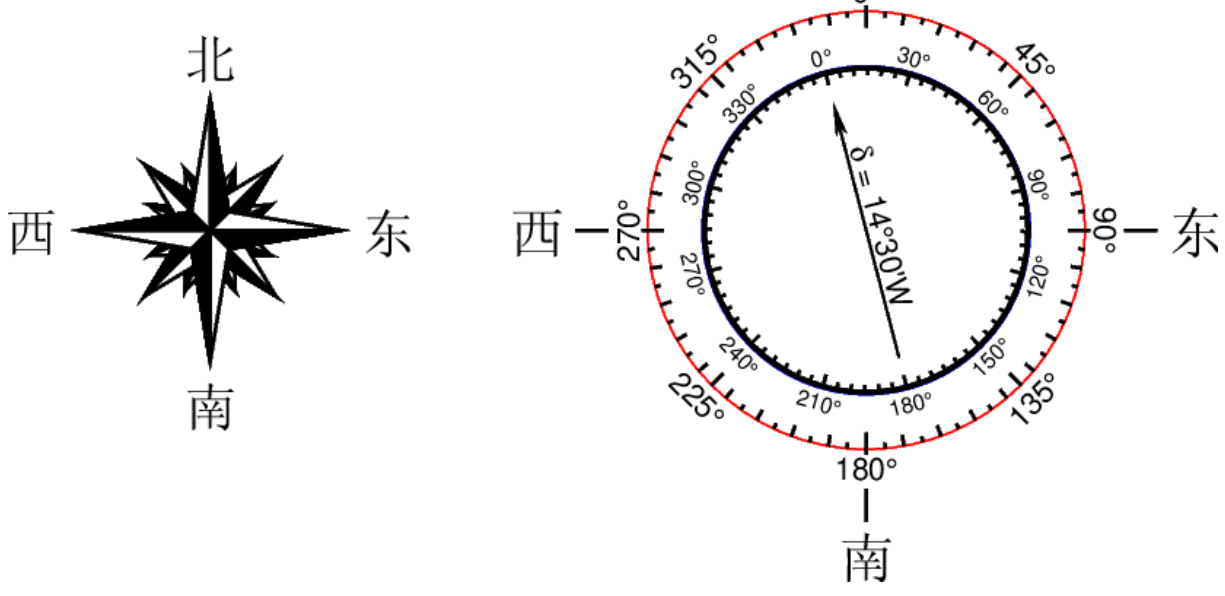
```
    # 设置 GMT 语言为中文
    gmt set GMT_LANGUAGE cn1
    # 设置标注的字体为中文字体
    gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 12p,39

    # FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP 为 full 表示显示“星期一”
    gmt set FORMAT_DATE_MAP u FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP full
    gmt basemap -R1969-7-21T/1969-7-28T/0/4 -JX15c/3c -Bpxa1K -Byaf -BWSen

    # FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP 为 abbreviated 表示显示“周一”
    gmt set FORMAT_DATE_MAP u FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP abbreviated
    gmt basemap -R1969-7-21T/1969-7-28T/0/4 -JX15c/3c -Bpxa1K -Byaf -BWSen -Y-5c

gmt end show
```



16.3.4 中文玫瑰图

GMT 绘制的玫瑰图同样支持中文。

```
gmt begin chinese-compass png

    # 设置中文字体配置文件 cidfmap 的目录，Windows 下无需此设置
    gmt set PS_CONVERT="C-I${HOME}/.gmt"
    # 设置 GMT 语言为中文
    gmt set GMT_LANGUAGE cn1
    # 设置标注的字体为中文字体
    gmt set FONT_TITLE 12p,39
    # 方向玫瑰图
    gmt basemap -R-7/7/-5/5 -Tdg0/0+w0.6i+f3+l+jCM
    # 磁场玫瑰图
    gmt basemap -R-7/7/-5/5 -Tmg0/0+w1i+d-14.5+t45/10/5+i0.25p,blue+p0.25p,red+l+jCM -X1.5i

gmt end show
```


北
西
东
南
北
0°
45°
90°
135°
180°
225°
270°
315°
西
东
δ = 14°30'W

第 17 章　API

GMT 提供了 API (Application Program Interface, 即应用程序接口), 因而用户可以在 C/Fortran、MATLAB、Julia 以及 Python 程序中直接调用 GMT。

17.1 GMT C API

GMT 为 C/Fortran 程序提供了两套 API, 包括 GMT API 和 PostScriptLight 绘图库。C/Fortran 用户可以在自己的程序中直接调用这两套 API, 以实现在程序中调用 GMT 模块或底层绘图库的功能。

这部分内容涉及到底层 API, 通常只有高级用户才会涉及到。本手册不会翻译整理相关内容。有需要的用户请自行阅读官方文档。

- GMT API
- PostScriptLight

17.2 GMT/Matlab Toolbox

GMT 的 Matlab 接口提供了在 Matlab 中调用 GMT 命令的功能。通过该接口, GMT 的所有模块命令都可以在 Matlab 脚本中嵌入执行。GMT 命令生成的结果 (grid 格网数据、table 表格数据、CPT 颜色表、文本文件、图片等) 都可以作为 Matlab 变量进行运算; Matlab 中的矩阵变量也可以直接作为 GMT 的输入。

17.2.1 安装

Windows 平台

GMT5.3 以后的用户在 GMT 执行路径（默认为 `C:\programs\gmt5\bin` ）下已经存在 `gmt.m` 和 `gmtmex.mexw64|32` 两个文件, 只要确保如下两点即可在 Windows 下使用该接口了。

- GMT 的执行路径已经加入了系统环境变量 path 中, 保证系统可调用 GMT 命令;
- GMT 的执行路径已经加入 Matlab 的搜索路径下, 保证 Matlab 可调用 GMT 命令, 如下图所示。

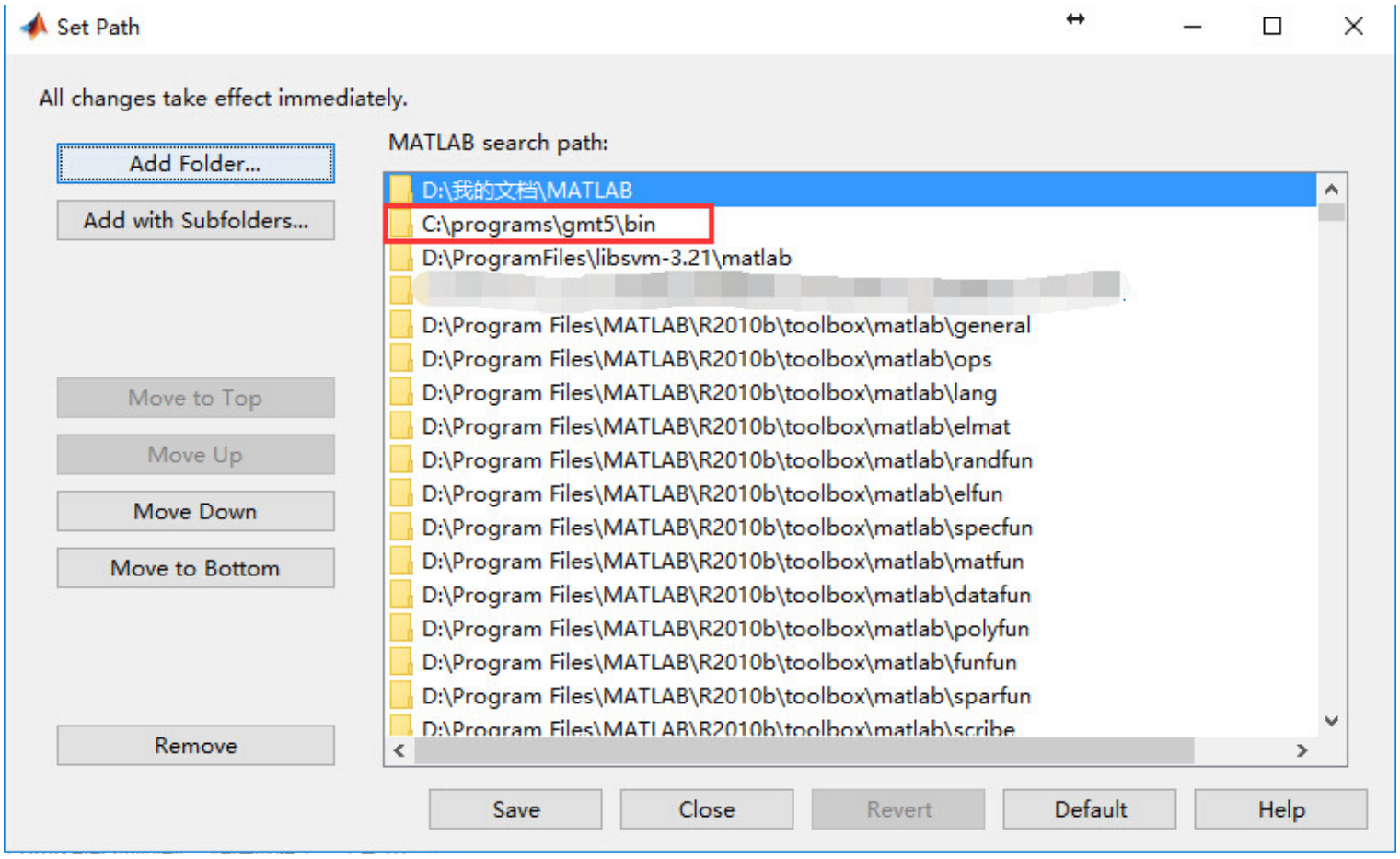


图 1: Matlab PATH 设置

测试安装是否正确: 在 Matlab 的命令行窗口直接敲入 `gmt`, 若出现 GMT 的版本及使用方法介绍, 则安装成功。

macOS 平台

在 macOS 上按照如下流程可以成功编译 GMT 的 Matlab 接口。但由于 Matlab 处理动态链接库的方式很特别, 因而该接口可能不太稳定。GMT 开发者正试图与 MathWorks 合作以解决这个问题, 将来以下编译方法可能会修改:

1. 安装 macOS 平台下最新版本的 GMT;
2. 运行安装目录下 `share/tools` 下的 `gmt_prepmex.sh` 文件。此操作会复制 GMT 的已安装文件到 `/opt/gmt` 目录下, 并且会重新检查所有的共享库;
3. 使用 `gmtswitch` 切换当前使用的 GMT 版本, 确保 `/opt/gmt` 下的 GMT 为当前激活版本;
4. 获取 `gmt-mex` 项目文件到本地:

```
git clone https://github.com/GenericMappingTools/gmtmex
```

5. 进入 `get-mex` 目录并编译生成 `gmtmex.mexmaci64`

```
cd gmt-mex/
autoconf
./configure --enable-matlab
make
```

6. 将 `gmt.m` 和 `gmtmex.mexmaci64` 所在目录添加到 MTATLAB 路径中
7. 确保 `gmt.conf` 文件中包含选项: `GMT_CUSTOM_LIBS=/opt/gmt/lib/gmt/plugins/supplements.so`

经测试, 该项目在 2015a、2015b 的 MATLAB 版本中可使用, 对于更老版本的 MATLAB, 还未进行测试。

Unix/Linux 平台

正在努力开发中, 还望有志之士加入…

17.2.2 使用方法

GMT 接口完全模仿了传统的 matlab 命令, 可以在命令行、m 文件或 IDE 中使用。形式是:

```
返回参数 = gmt('<module> <module-options>', 输入数据)
```

其中 **输入数据**可以为 Matlab 的矩阵、结构体或数组等; **返回参数**可直接在 Matlab 中参与后续的计算。调用 GMT 完毕后, 清空缓存:

```
gmt('destroy')
```

入门级示例

在 matlab 环境中调用 `pscoast` 绘制地图:

```
gmt('pscoast -Rg -JA280/30/3.5i -Bg -Dc -A1000 -Gnavy -P > GMT_lambert_az_hemi.ps')
```

上例中, 并不存在输入数据, 也就是不存在与 Matlab 变量的交互, 生成的 ps 文件在 Matlab 当前路径下。

进阶级示例

在 Matlab 环境中, 绘制文字:

```
%创建字符串数组
lines = {'5 6 Some label', '6 7 Another label'};
% 绘制
gmt('pstext -R0/10/0/10 -JX6i -Bafg -F+f18p -P > text.ps ', lines);
gmt('destroy');
```

上例中, 字符串数组 `lines` 可以直接作为 `pstext` 的输入参数。

以上为单个输入参数, 若需要多个输入参数, 如何确定参数的先后顺序?

高手级示例

对一个矩阵数组进行格网化并绘图:

```
% 创建一个100*3矩阵, xyz值均为0~150之间的随机数
t= rand(100,3)*150
% 利用GMT的surface命令对t进行格网化, 输出为结构体G, 数组结构见附录
G = gmt('surface -R0/150/0/150 -I1', t );
% 利用grd2cpt创建颜色表文件, 输出为颜色表结构体cpt
cpt = gmt('grd2cpt -Cjet', G);
% 利用grdimage绘制格网化结果
gmt('grdimage -JX8c -Ba -P -C -G > crap_img.ps', G, cpt);
gmt('destroy');
```

上例中, `grdimage` 命令需要两个输入参数: 颜色表 `cpt` 和格网数据 `G`, 两者先后顺序不可交换。强制性输入参数 (本例中的 `G`) 要在所有可选参数 (本例中的 `cpt`) 之前。若有多个选项参数, 强制性输入参数写在最前, 然后按顺序给出可选参数。

大神级示例

另一个多参数的例子:

```
x = linspace(-pi, pi)';            % 创建x值
seno = sin(x);                     % 创建y值
xyz  = [x seno seno];              % 创建xyz三列数据, 其中y=z
cpt  = gmt('makecpt -T-1/1/0.1');  % 创建rainbow颜色表
%绘制函数曲线, 以z值赋颜色。cpt和xyz先后顺序不可交换。
gmt('psxy -R-3.2/3.2/-1.1/1.1 -JX12c -Sc0.1c -C -P -Ba > seno.ps', xyz, cpt);
gmt('destroy');
```

敲黑板, 上例 psxy 一句中, -C 为可选参数, 因此引号外 cpt 要在强制性输入数据 xyz 之后。

17.2.3 常见问题

- 使用完 GMT 接口后要记得 gmt('destroy') 释放内存, 不然有可能出现不可预知错误。
- gmt 括号内直接写 module 名, 看似 GMT4 语句, 实际只支持 GMT5 的语法。
- 绘制地理投影时, 经纬度标注可能会出现 %s 乱码 (即使设置为不显示任何度分秒符号), 目前已知 Matlab2016 存在该问题, 其他版本还未有此类反馈。

17.2.4 引用

GMT/MATLAB 工具包用户请引用如下文章:

- Wessel, P., and J. F. Luis The GMT/MATLAB Toolbox, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **18(2)**, 811-823, 2017. doi:10.1002/2016GC006723

17.3 GMT.jl

Julia 是一种为高性能计算设计的高级通用动态编程语言。其与 Matlab、Python 等编程语言都有相似之处。GMT 提供了 Julia 接口, 使得 Julia 用户可以直接在 Julia 脚本中调用 GMT 的相关模块以实现绘图功能。

- 源码地址: https://github.com/GenericMappingTools/GMT.jl
- 官方文档: https://www.generic-mapping-tools.org/GMTjl_doc

17.4 PyGMT

从 GMT 6.0 开始, GMT 提供了 Python 接口, 用户可以在 Python 中直接调用 GMT 绘图。

- 项目地址: https://github.com/GenericMappingTools/pygmt
- 官方文档: https://www.pygmt.org

第 18 章　模块手册

GMT 主程序与脚本

- *gmt*
- *gmt-config*
- *gmtswitch*

GMT 模块 (已翻译整理)

- *basemap*
- *begin*
- *blockmean*
- *blockmedian*
- *blockmode*
- *clear*
- *clip*
- *coast*
- *colorbar*
- *contour*
- *coupe*
- *dimfilter*
- *docs*
- *end*
- *figure*
- *filter1d*
- *fitcircle*
- *gmtbinstats*
- *gmtconnect*
- *gmtconvert*
- *gmtdefaults*
- *gmtget*
- *gmtinfo*
- *gmtlogo*
- *gmtmath*
- *gmtregress*
- *gmtselect*
- *gmtset*
- *gmtsimplify*
- *gmtspatial*
- *gmtsplit*
- *gmtvector*
- *gmtwhich*
- *grd2cpt*
- *grd2xyz*
- *grdblend*
- *grdclip*
- *grdcontour*
- *grdconvert*
- *grdcut*
- *grdedit*
- *grdfft*
- *grdfill*
- *grdfilter*
- *grdgdal*
- *grdgradient*
- *grdimage*
- *grdinfo*
- *grdinterpolate*
- *grdlandmask*
- *grdmask*
- *grdmath*
- *grdpaste*
- *grdproject*
- *grdsample*
- *grdselect*
- *grdtrack*
- *grdtrend*
- *grdvector*
- *grdview*
- *grdvolume*
- *grdvs30*
- *grdshake*
- *gshhg*
- *histogram*
- *image*
- *img2google*
- *img2grd*
- *inset*
- *kml2gmt*
- *legend*
- *makecpt*
- *mapproject*
- *mask*
- *meca*
- *movie*
- *nearneighbor*
- *plot*
- *plot3d*
- *polar*
- *project*
- *psconvert*
- *rose*
- *sac*
- *sample1d*
- *segy*
- *segy2grd*
- *solar*
- *spectrum1d*
- *sph2grd*
- *sphdistance*
- *sphinterpolate*
- *sphtriangulate*
- *subplot*
- *surface*
- *ternary*
- *text*
- *trend1d*
- *trend1d*
- *triangulate*
- *velo*
- *wiggle*
- *xyz2grd*
- *earthtide*
- *gpsgridder*
- *x2sys_init*
- *x2sys_binlist*
- *x2sys_cross*
- *x2sys_datalist*
- *x2sys_get*
- *x2sys_list*
- *x2sys_merge*
- *x2sys_put*
- *x2sys_report*
- *x2sys_solve*
- *gmtflexure*
- *gmtgravmag3d*
- *gravfft*
- *grdflexure*
- *grdgravmag3d*
- *grdredpol*
- *grdseamount*
- *gravprisms*
- *talwani2d*
- *talwani3d*
- *mgd77manage*
- *mgd77convert*
- *mgd77header*
- *mgd77info*
- *mgd77list*
- *mgd77magref*
- *mgd77path*
- *mgd77sniffer*
- *mgd77track*

GMT 模块 (尚未翻译整理, 欢迎贡献)

- batch
- events
- gmt2kml
- grd2kml
- grdhisteq
- grdmix
- greenspline
- segyz
- backtracker
- gmtpmodeler
- grdpmodeler
- grdrotater
- grdspotter
- hotspotter
- originater
- polespotter
- rotconverter
- rotsmoother
- psbarb
- grdbarb
- fzanalyzer
- fzblender
- fzinformer
- fzmapper
- fzmodeler
- fzprofiler
- mlconverter

GMT 模块 (按功能分类) [包含了尚未翻译模块]

- 主程序/脚本
- 现代模式会话管理
- 绘图相关模块
- *1D* 数据处理
- *2D* 数据处理
- 参数设置
- 信息提取
- 格式转换
- *mgd77* 相关模块
- *x2sys* 相关模块
- *SPOTTER* 相关模块
- *POTENTIAL* 相关模块
- *seis* 相关模块
- *windbarbs* 相关模块
- *GSFML* 相关模块
- 其他模块
- 其他脚本

模块类别和模块名	功能
主程序/脚本	
gmt	GMT 主程序
gmt-config	返回 GMT 动态函数库的基本信息
现代模式会话管理	
begin	初始化一个新的 GMT 现代模式会话
clear	删除缓存目录、数据目录、会话目录以及当前配置文件
docs	打开指定模块的 HTML 文档
end	结束现代模式会话, 生成并显示图片
figure	设置当前图片的属性
inset	管理和设置图中图模式
subplot	管理和设置子图模式
绘图相关模块	
basemap	绘制底图
coast	在地图上绘制海岸线、河流、国界线
plot	在图上绘制线段、多边形和符号
plot3d	在三维视角绘制线段、多边形和符号
text	在图上写文本
colorbar	在图上绘制色标
legend	绘制图例
histogram	统计并绘制直方图
rose	绘制极坐标下的直方图 (sector 图、rose 图或 windrose 图)
events	绘制特定时刻的事件符号和标签信息
image	将 EPS 或光栅图片放在图上

续下页

表 1 – 接上页

模块类别和模块名	功能
solar	计算或/和绘制晨昏线以及民用、航海用以及天文用曙暮光区域
clip	打开或关闭多边形裁剪路径
velo	在地图上绘制速度矢量、十字线、楔形图
ternary	绘制三角图解
mask	将没有数据覆盖的区域裁剪或覆盖住
contour	使用直接三角化法对数据进行等值线绘制
wiggle	沿着测线绘制 z = f(x,y) 数据
segy	在图上绘制 SEGY 文件
segyz	在 3D 图上绘制 SEGYZ 文件
gmtlogo	在图上绘制 GMT 图形 logo
grdvector	根据两个网格文件绘制矢量场
grdimage	在图上绘制网格数据
grdcontour	根据网格文件绘制等值线
grdview	利用网格文件绘制 3D 视角图或表面网格图
movie	制作动画
1D 数据处理	
makecpt	生成 CPT 文件
gmtselect	根据多个准则筛选数据
project	将数据点投影到线或大圆路径上, 生成测线, 坐标转换
gmtconvert	表数据格式转换、列提取、列粘贴
trend1d	一维数据的多项式拟合
fitcircle	拟合球面上数据点的平均位置及圆弧
gmtsimplify	使用 Douglas-Peucker 算法对线段做简化
filter1d	对 1D 表数据做时间域滤波
gmtconnect	将端点接近的线段连接起来
sample1d	对 1D 表数据进行重采样
spectrum1d	计算一个时间序列的自功率谱, 或两个时间序列的互功率谱
gmtmath	对表数据进行数学计算操作
mapproject	地图变换的正变换和逆变换
gmtspatial	点、线段和多边形的地理空间操作
gmtvector	2D 和 3D 下笛卡尔矢量操作
gmtregress	1D 数据的线性回归
2D 数据处理	
grdcut	从一个网格文件中裁剪出一个矩形子区域生成新的网格文件
grdpaste	将两个网格沿着其共同边界拼接成一个文件
grdblend	将多个部分重叠的网格文件合并成一个网格文件
grdtrack	获取指定地理位置处的网格值
grdgradient	计算网格的方向梯度
grdclip	对网格文件的 Z 值进行截断
grd2xyz	将网格文件转换成表数据
grdconvert	在不同的网格格式之间互相转换

续下页

表 1 – 接上页

模块类别和模块名	功能
grdedit	修改网格文件的头段或内容
grdinfo	从网格文件中提取基本信息
grdinterpolate	插值三维网格
grdsample	对网格文件做重采样
grdselect	根据多个空间标准选择网格数据
grdlandmask	根据海岸线数据创建陆地-海洋的 mask 网格文件
grdvolume	计算网格数据中某个等值线所包围的表面积和体积
grdtrend	拟合网格的趋势面并计算残差
grdproject	对网格数据做地图变换和逆变换
grdmask	根据多边形数据或点数据创建 mask 网格文件
grdmath	对网格文件做数学计算操作
grdfilter	对网格文件做空间域或时间域滤波
grdfft	对网格文件在波数域或频率域做操作
grdfill	对网格文件中的无值区域进行插值
grdhisteq	对网格做直方图均衡
grd2cpt	根据网格文件的值生成 CPT 文件
blockmean	使用均值估计对 (x,y,z) 数据做区块处理
blockmedian	使用中位数估计对 (x,y,z) 数据做区块处理
blockmode	使用众数估计对 (x,y,z) 数据做区块处理
gmtbinstats	统计落入网格节点的数据
surface	使用可调节张量连续曲率样条插值法对数据进行网格化
gmtsplit	将表数据拆分为单独的数据段
triangulate	对表数据做三角剖分、Voronoi 图计算和网格化
nearneighbor	使用 “Nearest neighbor” 算法对数据进行网格化
trend1d	二维数据的多项式拟合
greenspline	使用格林函数样条进行插值
sph2grd	根据球谐系数计算网格
sphdistance	计算球面上的 Voronoi 距离、节点或自然最邻近网格
sphinterpolate	球面数据的网格化
sphtriangulate	球面数据的 Delaunay 三角网或 Voronoi 图构建
dimfilter	在空间域对网格数据做方向中值滤波
参数设置	
gmtdefaults	列出所有 GMT 参数的当前值
gmtset	修改单个或多个 GMT 参数的值
gmtget	列出单个或多个 GMT 参数的当前值
信息提取	
grdinfo	从网格文件中提取基本信息
gmtinfo	从表数据中提取信息
gmtwhich	返回指定文件的完整路径
格式转换	
xyz2grd	将 XYZ 数据或 Z 数据转换成网格文件

续下页

表 1 – 接上页

模块类别和模块名	功能
grd2xyz	将网格文件转换成表数据
kml2gmt	将 Google Earth 的 KML 文件转换为 GMT 表数据
gmt2kml	将 GMT 表数据转换为 Google Earth 的 KML 文件
grdconvert	在不同的网格格式之间互相转换
psconvert	将 GMT 生成的 PS 文件转换为其他图片格式
mgd77 相关模块	
mgd77manage	管理 MGD77+ 文件
mgd77convert	将 MGD77 数据转换为其他格式
mgd77header	从 A77 文件创建 MGD77 头部信息
mgd77info	提取 MGD77 文件信息
mgd77list	提取 MGD77 文件中的数据
mgd77magref	计算 IGRF 或 CM4 磁场模型
mgd77path	返回 MGD77 测线路径
mgd77sniffer	MGD77 测线沿轨质量控制
mgd77track	绘制 MGD77 测线轨迹
x2sys 相关模块	
x2sys_binlist	从轨迹观测文件创建网格索引列表
x2sys_cross	计算轨迹观测数据之间的交叉点
x2sys_datalist	提取轨迹数据文件中的内容
x2sys_get	从轨迹网格索引列表中筛选轨迹列表
x2sys_init	初始化 x2sys 轨迹数据库
x2sys_list	从交叉点计算结果中提取子集
x2sys_merge	合并交叉带你列表
x2sys_put	从轨迹网格索引文件更新轨迹数据库
x2sys_report	统计交叉点信息
x2sys_solve	使用最小二乘平差改正系统误差
SPOTTER 相关模块	
backtracker	Generate forward and backward flowlines and hotspot tracks
gmtpmodeler	Evaluate a plate motion model at given locations
grdpmodeler	Evaluate a plate motion model on a geographic grid
grdrotater	Finite rotation reconstruction of geographic grid
originater	Associate seamounts with nearest hotspot point sources
rotconverter	Manipulate total reconstruction and stage rotations
rotsmoother	Get mean rotations and covarience from set of finate rotations
grdspotter	Create CVA image from a gravity or topography grid
hotspotter	Create CVA image from seamount locations
POTENTIAL 相关模块	
gmtflexure	计算 2-D 载荷产生的力, 弯矩以及形变
grdflexure	计算 3-D 载荷在不同流变基础下产生的形变
gmtgravmag3d	计算 3-D 实体产生的重力/磁异常
grdgravmag3d	计算一个或者两个网格的重力/磁异常

续下页

表 1 – 接上页

模块类别和模块名	功能
gravfft	网格重力的谱计算, 均衡, 导纳, 以及相干性计算
grdredpol	计算连续化极 (Reduction To the Pole, RTP)
grdseamount	创建合成海山
gravprisms	计算三维垂直棱柱 (可变密度海山) 产生的位异常
talwani2d	计算 2-D 实体产生的位异常
talwani3d	计算 3-D 实体产生的位异常
seis 相关模块	
coupe	绘制震源机制解的剖面图
meca	在地图上绘制震源机制解
polar	在震源球上绘制台站极性
sac	在地图上绘制 SAC 格式的地震波形数据
grdshake	计算地表峰值加速度、速度、烈度
grdvs30	计算 Vs30 速度模型
windbarbs 相关模块	
psbarb	Plot wind barbs in 2-D and 3-D
grdbarb	Plot wind barb field from two component grids
GSFML 相关模块	
fzanalyzer	Analysis of fracture zones using crossing profiles
fzblender	Produce a smooth blended FZ trace
fzinformer	Bash script to plot statistical information related to fracture zones
fzmapper	Bash script to plot fracture zone cross-profiles on a Mercator map
fzmodeler	Bash script to build fracture zone cross-profile model
fzprofiler	Bash script to plot fracture zone cross-profiles
mlconverter	Convert chrons to ages using selected magnetic timescale
其他模块	
segy2grd	将 SEGY 文件转换为网格文件
grdgdal	在 GMT 中运行 GDAL 命令
gshhg	从 GSHHG 或 WDBII 数据文件中提取数据
img2google	由测深墨卡托 img 网格创建谷歌地球 KML 文件
img2grd	从墨卡托 img 格式文件中提取网格数据
gpsgridder	使用格林函数内插 GPS 速度向量
earthtide	计算固体地球潮汐网格或者时间序列
其他脚本	
gmtswitch	GMT 多版本之间切换

18.1 basemap

官方文档

basemap

简介

绘制底图及边框

该命令用于绘制:

- 绘制底图边框 (标注、刻度、标签等)、网格线和标题
- 绘制比例尺
- 绘制方向玫瑰、磁场玫瑰图

语法

gmt basemap -J*parameters* **-R***west*/*east*/*south*/*north*[/*zmin*/*zmax*][+**r**][+**u***unit*] [**-A**[*file*]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-F***box*] [**-Jz**|**Z***parameters*] [**-L***scalebar*] [**-U**[*stamp*]] [**-T***rose*] [**-T***mag_rose*] [**-V**[*level*]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-f**flags] [**-p**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-B -L -T 三个选项中必须至少使用一个。

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

对于三维透视图 (*-p 选项*), 可以加上 */zmin*/*zmax* 指定 Z 轴的范围。

-B*parameters* *(more ···)*

设置底图边框和轴属性。

-

L[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**c**[*slon*/]*slat*+**w***length*[**e**|**f**|**k**|**M**|**n**|**u**][+**a***align*][+**f**][+**j***justify*][+**l**[*label*]][+**o***dx*[/*dy*]][+**u**][+**v**]
在地图上指定位置绘制比例尺

简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

- **g**|**j**|**J**|**n**|**x***refpoint* 指定地图上的参考点
  - **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点
  - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
- +**j***justify* 指定比例尺上的锚点 (默认锚点为比例尺的中心)
- +**o***dx*/*dy* 在参考点的基础上设置比例尺的额外偏移量
- +**c**[*slon*/]*slat* 要绘制哪一个点的比例尺, 对于倾斜投影, *slon* 默认取中央经线
- +**w***length*[**e**|**f**|**k**|**M**|**n**|**u**] 指定比例尺长度及其单位 [默认为 km]
- +**a***align* 修改比例尺标签的对齐方式。标签默认位于比例尺上方中部, 可以取 **l**|**r**|**t**|**b** 分别代表左右上下

- +**f** 默认是简单的比例尺, 使用该选项则绘制 fancy 比例尺, 即黑白相间的火车轨道比例尺
- +**l***label* 为比例尺添加标签; 若不指定 *label*, 默认的标签是比例尺所使用的长度单位
- +**u** 比例尺的标注默认只有值没有单位, 该选项会给所有标注加上单位
- +**v** 垂直比例尺 (仅限于笛卡尔坐标系)

以下 GMT 配置参数可以控制比例尺的外观:

- *FONT_LABEL* 控制比例尺的标签字体
- *FONT_ANNOT_PRIMARY* 控制比例尺的标注字体
- *MAP_SCALE_HEIGHT* 控制比例尺的高度
- *MAP_TICK_PEN_PRIMARY* 控制比例尺的线及刻度属性

-Td[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**w***width*[+**f**[*level*]][+**j***justify*][+**l***w,e,s,n*][+**o***dx*[/*dy*]]

在指定位置绘制方向玫瑰图

简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

- **g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint* 指定地图上的参考点
  - **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点
  - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
- +**j***justify* 指定比例尺上的锚点 [**MC**]
- +**o***dx*/*dy* 在参考点的基础上设置方向玫瑰图的额外偏移量
- +**w***width* 玫瑰图宽度
- +**f***level* 绘制 fancy 玫瑰图。*level* 取不同值代表不同类型的玫瑰图。*level* 可以取:
  - `1` 绘制 E-W 和 N-S 四个方向
  - `2` 绘制 8 个方向
  - `3` 绘制 16 个方向
- +**l***w,e,s,n* 为四个方向分别指定标签。默认标签是四个方向的单字母代码 (英文语言下是 W、E、S、N), 四个方向的标签之间用逗号分隔, 若留空则表示不添加标签。比如 `+lw,e,s,n` 或 `+l",,Down,Up"`。标签的文字属性由*FONT_TITLE* 控制, 而文字相对于方向箭头的位置偏移则由*MAP_TITLE_OFFSET* 控制。

-Tm[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**w***width*[+**d***dec*[/*dlabel*]][+**i***pen*][+**j***justify*][+**l***w,e,s,n*][+**p***pen*][+**t***ints*][+**o***dx*[/*dy*]]

在指定位置绘制磁场玫瑰图

磁场玫瑰包括两个同心圆环, 其中外环用于展示方向信息, 内环用于显示磁场方向。

简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

- **g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint* 指定地图上的参考点
  - **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点
  - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
- +**j***justify* 指定比例尺上的锚点 [**MC**]
- +**o***dx*/*dy* 在参考点的基础上设置玫瑰图的额外偏移量
- +**w***width* 玫瑰图宽度
- +**p***pen* 绘制外环并设置其画笔属性

- +**i***pen* 绘制内环并设置其画笔属性
- +**d***dec*/*dlabel* 设置磁倾角以及罗盘指针上的磁倾角标签。若 *dlabel* 为空, 则使用默认标签 **d** = *dec*; 若 *dlabel* 为 **-**, 则不绘制标签。当使用 +**d** 子选项时, 会同时绘制地理方向和磁场方向
- +**l***w,e,s,n* 为四个方向分别指定标签。默认标签是四个方向的单字母代码（英文语言下是 W、E、S、N）, 四个方向的标签之间用逗号分隔, 若留空则表示不添加标签; 若 *n* 取值为 *, 则会在北方向标签处绘制星代表北极星。比如 `+lw,e,s,n` 或 `+l",,Down,Up"` 或 `+l,,,*`。标签的文字属性由*FONT_TITLE* 控制
- 内外环都可以设置标注、刻度和网格的间隔。内外环的间隔默认值都是 `30/5/1`。可以使用 +**t***ints* 选项, 后面接 6 个斜杠分隔的值, 以分别指定两个圆环的 3 种刻度值, 其中前三个值控制内环属性, 后三个值控制外环属性

可选选项

-A[*file*]

不绘制图形, 仅输出矩形底图的边框坐标。

该选项会将矩形底图的边框坐标输出到标准输出或文件中。使用该选项时, 必须通过 **-J** 和 **-R** 指定绘图区域, 且不能再使用其他选项。若不指定 *file* 则默认输出到标准输出, 否则输出到文件 *file* 中。

说明:

- 该选项似乎仅适用于矩形底图边框, 非矩形边框会输出一堆 NaN
- 边框的采样间隔由参数*MAP_LINE_STEP* 决定

-F[**l**|**t**][+**c***clearances*][+**g***fill*][+**i**[[*gap*/]*pen*]][+**p**[*pen*]][+**r**[*radius*]][+**s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]]]

控制比例尺和方向玫瑰的背景面板属性

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在比例尺或方向玫瑰的周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见修饰物

- +**g***fill* 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- +**p***pen* 绘制面板边框。*pen* 为边框的画笔属性, 若不指定 *pen*, 则默认使用*MAP_DEFAULT_PEN*
- +**r**[*radius*] 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- +**i**[[*gap*/]*pen*] 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用*MAP_DEFAULT_PEN*]
- +**c***clearance* 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap*/*ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap*/*rgap*/*bgap*/*tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- +**s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]] 设置面板背景阴影。*dx*/*dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p**/**-4p**/**gray50**]

该选项默认会同时控制比例尺和方向玫瑰的背景边框。加上 **l**|**t** 则表示只控制 **-L** 或 **-T** 选项绘制的特征。

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more …)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度（百分比）。取值范围为 0（不透明）到 100（全透明）

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

下图展示了绘制方向玫瑰图时 **+f** 取不同值的效果：

```
#!/usr/bin/env bash
# Showing map directional roses
gmt begin basemap_ex3
gmt set FONT_LABEL 10p FONT_TITLE 12p MAP_ANNOT_OBLIQUE 34 MAP_TITLE_OFFSET 5p \
        MAP_FRAME_WIDTH 3p FORMAT_GEO_MAP dddF FONT_ANNOT_PRIMARY 10p
gmt basemap -R-5/5/-5/5 -Jm0.15i -Ba5f -BWSne+t"-Tdg0/0+w1i+l" -Tdg0/0+w1i+l -X1i
gmt basemap -Ba5f -BwSne+t"-Tdg0/0+w1i+l+f1" -Tdg0/0+w1i+l+f1 -X2i
gmt basemap -R-7/7/-5/5 -Ba5f -BwSnE+t"-Tdg0/0+w1i+l+f3" -Tdg0/0+w1i+l+f3 -X2i
gmt end show
```

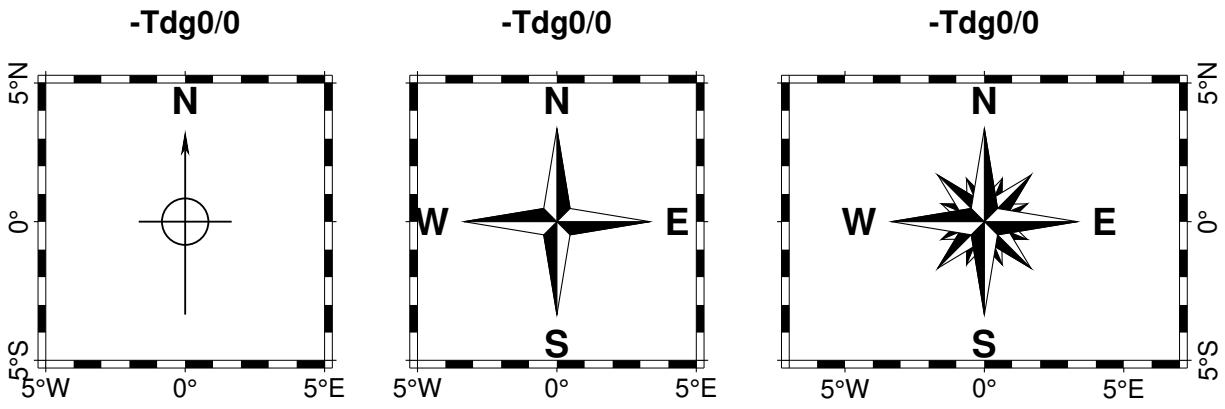


图 1: 方向玫瑰图

下图展示了磁场玫瑰图以及相关配置参数：

```
#!/usr/bin/env bash
# Magnetic rose with a specified declination
gmt begin basemap_ex4
```

(续下页)

(接上页)

```
gmt basemap -R-10/-2/12.8812380332/0.661018975345+r -JOc0/0/50/60/7i -Baf -BWSne -X1.25i \
        --MAP_ANNOT_OBLIQUE=34 --FONT_ANNOT_PRIMARY=12p
gmt basemap -Tmg-2/0.5+w2.5i+d-14.5+t45/10/5+i0.25p,blue+p0.25p,red+l+jCM \
        --FONT_ANNOT_PRIMARY=9p,Helvetica,blue --FONT_ANNOT_SECONDARY=12p,Helvetica,red \
    --FONT_LABEL=14p,Times-Italic,darkgreen --FONT_TITLE=24p --MAP_TITLE_OFFSET=7p \
    --MAP_FRAME_WIDTH=10p --COLOR_BACKGROUND=green --MAP_DEFAULT_PEN=2p,darkgreen \
    --COLOR_BACKGROUND=darkgreen --MAP_VECTOR_SHAPE=0.5 --MAP_TICK_PEN_SECONDARY=thinner,red \
    --MAP_TICK_PEN_PRIMARY=thinner,blue
gmt inset begin -DjTR+w2.9i/3.9i+o0.05i -F+p+ggray95
gmt inset end
echo "5.5 3.8 GMT DEFAULTS" | gmt text -R0/7/0/4 -Jx1i -F+f14p,Helvetica-Bold+jCM
gmt text -F+f12p+jLM << EOF
4.1 3.50 FONT_TITLE
4.1 3.25 MAP_TITLE_OFFSET
4.1 3.00 MAP_DEGREE_SYMBOL
4.1 2.75 @;blue;FONT_ANNOT_PRIMARY@;;
4.1 2.50 @;blue;MAP_TICK_PEN_PRIMARY@;;
4.1 2.25 @;blue;MAP_ANNOT_OFFSET_PRIMARY@;;
4.1 2.00 @;blue;MAP_TICK_LENGTH_PRIMARY@;;
4.1 1.75 @;red;FONT_ANNOT_SECONDARY@;;
4.1 1.50 @;red;MAP_TICK_PEN_SECONDARY@;;
4.1 1.25 @;red;MAP_ANNOT_OFFSET_SECONDARY@;;
4.1 1.00 @;red;MAP_TICK_LENGTH_SECONDARY@;;
4.1 0.75 @;darkgreen;FONT_LABEL@;;
4.1 0.50 @;darkgreen;MAP_DEFAULT_PEN@;;
4.1 0.25 @;darkgreen;COLOR_BACKGROUND@;;
EOF
gmt end show
```

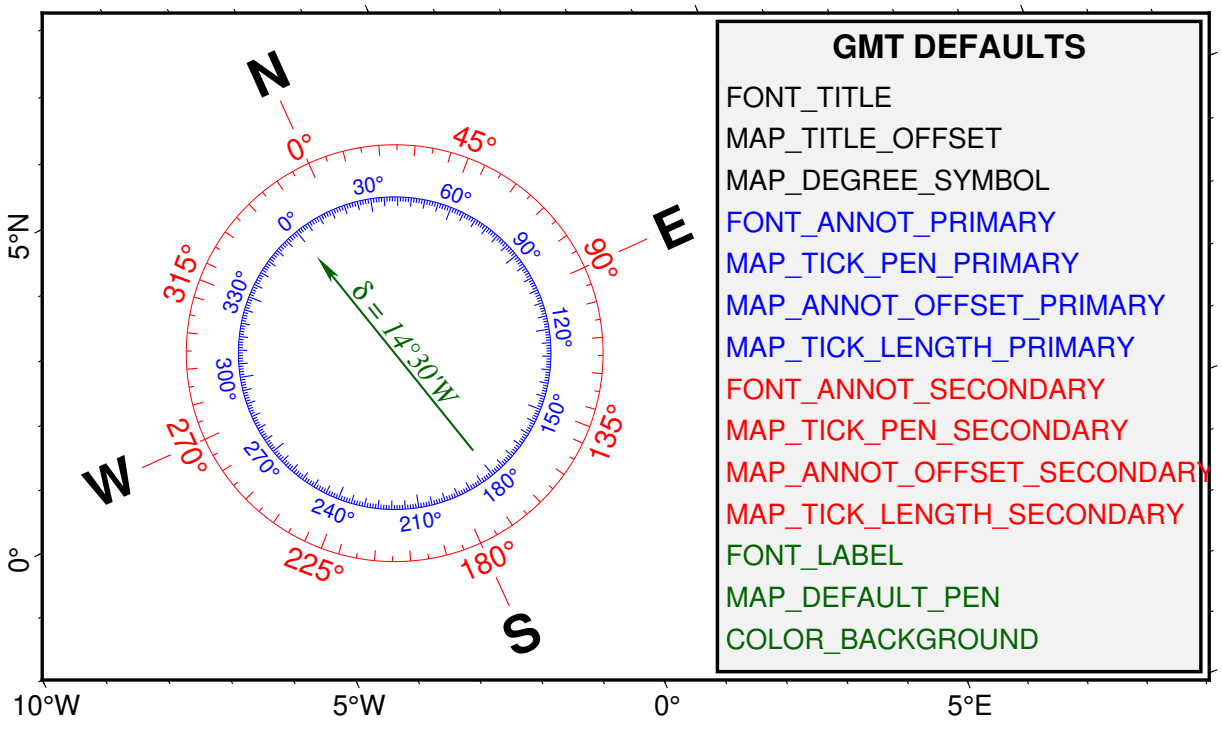


图 2: 磁场玫瑰图

18.2 begin

官方文档

begin

简介

初始化一个新的 GMT 现代模式会话

在 GMT 现代模式下, 一个 GMT 绘图总是以 **gmt begin** 开始, 以 **gmt end** 结束。

begin 模块告诉 GMT 要开始一个新的现代模式会话。如果你的脚本只绘制一张图, 那么你可以直接指定要生成的图片的文件名和文件格式。如果你的脚本绘制多张图, 则你需要使用*figure* 来分别为每张图指定文件名和文件格式。现代会话模式下, 每个会话互相独立, 每个会话负责管理各自的配置参数、命令历史等, 因而可以同时执行多个 GMT 会话而不会互相干扰。

除了可以指定图片文件名和文件格式之外, 还可以通过 *options* 指定生成图片过程中所使用的*psconvert* 选项。

语法

gmt begin [*prefix*] [*formats*] [*options*] [**-C**] [**-V**[*level*]]

可选选项

prefix

图片文件名前缀, 默认值为 **gmtsession**。图片文件名后缀由 *formats* 自动决定。

如果一个 GMT 会话只用于进行计算而不绘图, 或者需要绘制多张图, 则不需要指定该参数。

> **备注**
>
> 文件名中应尽量避免出现空格。若存在空格, 则文件名必须用单引号括起来。

formats

图片文件格式。多个格式之间可以用逗号分开。默认图片格式为 **pdf**, 由参数*GMT_GRAPHICS_FORMAT* 控制。

GMT 支持输出如下矢量图片格式:

- `pdf`: Portable Document Format [默认格式]
- `ps`: Plain PostScript
- `eps`: Encapsulated PostScript

GMT 支持输出如下位图图片格式:

- `bmp`: Microsoft Bit Map
- `jpg`: Joint Photographic Experts Group Format
- `png`: Portable Network Graphics（不透明背景）
- `PNG`: Portable Network Graphics（透明背景）
- `ppm`: Portable Pixel Map
- `tif`: Tagged Image Format File

options

GMT 现代模式本质上是先生成 PS 文件, 再通过调用*psconvert* 自动转换成用户指定的图片格式。此处

可以设置要传递给模块*psconvert* 的选项, 多个选项之间用逗号分隔。

默认值为 **A**, 表示将 **-A** 选项传给*psconvert*。

其他可选的选项包括:

- **A**[*args*]: 裁剪图片
- **C***args*: 额外传递给 Ghostscript 的选项
- **D***dir*: 指定图片的输出目录
- **E***dpi*: 设置图片分辨率
- **H***factor*: 对图片做平滑以避免混叠
- **M***args*: 为当前图片叠加前景图片或背景图片
- **Q***args*: 设置图像和文本的抗锯齿选项
- **S** : 把 Ghostscript 命令输出到标准错误输出, 且不删除所有中间文件

详细解释见*psconvert* 的说明文档。

-C

启动一个 "干净" 的会话。所有已存在的 gmt.conf 都会被忽略, 而不会影响到该会话。

默认情况下, 若当前目录或 `~/.gmt` 等目录下存在 gmt.conf 文件, 启动的会话会继承 gmt.conf 文件中的设置, 使用该选项则忽略所有已存在的设置。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

示例

开始一个会话, 并使用默认值。此时会生成名为 gmtsession.pdf 的图片文件:

```
gmt begin
gmt ...
gmt end show
```

开始一个 GMT 会话, 并指定图片名为 *Figure_2*, 图片格式为 PDF 和 PNG 格式:

```
gmt begin Figure_2 pdf,png
gmt ...
gmt end show
```

设置额外的参数以控制生成图片时的额外空白:

```
gmt begin map pdf,png I+m1c
gmt ...
gmt end show
```

PS 文件注意事项

如果用户想要输出 PS 格式的图片，则应额外留意画布尺寸。对于其他图片格式而言，GMT 默认使用无穷大（10 米 x10 米）的画布。而对于 PS 格式而言，GMT 则默认使用 A4 大小的画布。若用户绘制的图片超过 A4 纸张的大小，则可能会造成显示不完全。针对这种情况，建议用户修改参数*PS_MEDIA* 以显式指定纸张大小。例如:

```
gmt begin map ps
gmt set PS_MEDIA A3
gmt ...
gmt end show
```

UNIX shell 注意事项

现代模式的工作原理是，在使用 **gmt begin** 时利用父进程 ID 创建唯一的会话目录，并将很多信息保存到该会话目录中。脚本中接下来的命令拥有共同的父进程 ID，因而接下来的命令可以向唯一会话目录中写入信息或读取信息，以实现多个命令之间的互相通信。然而，UNIX 下某些 shell 的实现不完全统一，脚本执行过程中父进程 ID 可能出现变化，后面执行的命令无法正确获取前面命令的父进程 ID，因而导致命令之间的信息交流出现错误。最常见的情况是在使用 UNIX 管道时，可能会生成子 shell 进而导致父进程 ID 出现变化。

如果你在 GMT 现代模式脚本中使用了管道，执行过程中出现了类似无法找到目录 `gmt6.#####` 这样的错误，这极有可能是你所使用的 UNIX shell 存在此类问题。解决办法是，在脚本开始的地方设置环境变量 **GMT_SESSION_NAME** 为进程 ID。

在 Bash shell 应该是（其中，`$$` 是特殊变量，用于表示当前进程 ID）:

```
export GMT_SESSION_NAME=$$
gmt begin
gmt ...
gmt end show
```

在 C shell 中应该是:

```
setenv GMT_SESSION_NAME $$
gmt begin
gmt ..
gmt end show
```

在 Batch 脚本中应该是（Batch 中无法直接获取进程 ID，此时可以随便给 **GMT_SESSION_NAME** 一个数字）:

```
set GMT_SESSION_NAME=97401
gmt begin
gmt ..
gmt end show
```

相关模块

clear, *docs*, *end*, *figure*, *inset*, *subplot*, *gmt*

18.3 blockmean

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-10-23

官方文档

blockmean

简介

使用均值估计对表数据做区块平均

blockmean 读取 xyz 形式的表数据（或可在最后加一列权重），并对 **-R** 和 **-I** 定义的每个区块输出一个平均的位置和值到标准输出。使用 **-G** 可直接输出为网格文件。在进行*surface* 模块时，为避免短波信号混淆，应提前使用 **blockmean** ，*blockmedian* ，或*blockmode* 。这些操作在用来抽稀数据或者平均数据时很有用。用户可通过设置*FORMAT_FLOAT_OUT* 参数设置输出数据有效数字以避免精度损失。

语法

gmt blockmean [*table*] **-I***increment* **-R***region* [**-A***fields*] [**-C**] [**-E**[**+p**|**P**]] [**-G**[*grdfile*]] [**-S**[**m**|**n**|**s**|**w**]] [**-V**[*level*]] [**-W**[**i**|**o**][**+s**|**w**]] [**-a**flags] [**-b**binary] [**-d**nodata[**+c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-r**reg] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

-I*xinc*[**+e**|**n**][/*yinc*[**+e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若 *yinc* 设置为 0，则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

可选选项

-A*field*

指定写入每个网格中的字段, 该选项需要 **-G** 选项。其中字段通过字符设置:

- **z**：z 值的平均值, 见 **-S**
- **s**：标准差
- **l**：最小值
- **h**：最大值
- **w**：权重, 见 **-W**

s|**l**|**h** 需要同时设置 **-E** 选项; 默认字符为 **z**

-C

使用区块的中心作为输出位置, 默认使用平均位置

-E[**+p**|**P**]

输出额外的报告, 见 **-A** 。输出顺序为 x,y,z,s,l,h[,w] 。使用 **-W** 可设置输出权重。使用 **-E+p**|**P** 时, 则表明输入数据中包含不确定度, **s** 将变为加权后的值 (**+p**) 或者 (**+P**) z 的平均值的传播误差。

-G*grdfile*

将结果输出为网格; 使用该选项时, 将不会输出到标准输出。如果输出网格中的字段超过一个 (**-A**), 则网格名必须包含 **%s** 以便将字段名写入到网格文件名中来区别不同的输出网格。**注**: 使用该选项时不能使用 **-C** 选项。

-S[**m**|**n**|**s**|**w**]

- **n** 报告落入每个区块中的输入点的个数
- **s** 报告落入每个区块中的输入点的 z 值的和
- **w** 报告落入每个区块中的输入点的权重的和
- **m** 报告落入每个区块中的输入点的均值 [默认]

-W[**i**|**o**][**+s**|**w**]

计算加权结果。加权结果的输入和输出都为 4 列, 输入数据的第 4 列为权重, 输出数据的第四列为权重的和。使用 **i** 和 **u** 分别表示用于加权输入和加权输出 [默认不使用不加权的输入和输出]。如果数据权重为不确定度, 即一倍中误差, 则可以追加 **+s** , 则在程序内部, 权重定义为 weight = 1/sigma^2 。否则, 直接使用第四列作为权重。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-a*col*=*name*[,…] *(more …)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-w[**y**|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c**]*period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

ASCII 格式精度

ASCII 格式输出数据通过 gmt.conf 配置文件控制。控制经纬度格式的参数为*FORMAT_GEO_OUT*；控制绝对时间的的参数包括*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT*；普通浮点数通过参数*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制。上述格式控制可能会导致精度损失, 这会在下游计算中导致一些问题。如果用户需要保证数据精度, 则应考虑将数据写为二进制文件, 或者使用*FORMAT_FLOAT_OUT* 指定更多的有效数字。

示例

从 ship_15.txt 文件中获取 5 分区块的平均值

```
gmt blockmean @ship_15.txt -R245/255/20/30 -I5m > ship_5x5.txt
```

确定每个 5 分的区块中数据点的个数

```
gmt blockmean @ship_15.txt -R245/255/20/30 -I5m -Sn > ship_5x5_count.txt
```

确定 10 分的区块中数据的均值和标准差, 并将结果保存到两个文件中

```
gmt blockmean @ship_15.txt -I10m -R-115/-105/20/30 -E -Gfield_%s.nc -Azs
```

相关模块

blockmedian, *blockmode*, greenspline, *nearneighbor*, *sphtriangulate*, *surface*, *triangulate*

18.4 blockmedian

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-10-23

官方文档

blockmedian

简介

使用中值估计对表数据做区域处理

blockmedian 读取 xyz 形式的表数据 (或可在最后加一列权重), 并对 **-R** 和 **-I** 定义的每个区块输出一个中间的位置和值到标准输出。使用 **-G** 可直接输出为网格文件。在进行*surface* 模块时, 为避免短波信号混淆, 应提前使用*blockmedian* , **blockmedian** , 或*blockmode* 。这些操作在用来抽稀数据或者平均数据时很有用。用户可通过设置*FORMAT_FLOAT_OUT* 参数设置输出数据有效数字以避免精度损失。

语法

gmt blockmedian [*table*] **-I***increment* **-R***region* [**-A***fields*] [**-C**] [**-E**[**b**|**r**|**s**[+**l**|**h**]]] [**-G**[*grdfile*]] [**-Q**] [**-T***quantile*] [**-V**[*level*]] [**-W**[**i**|**o**][+**s**|**w**]] [**-a**flags] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-r**reg] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]

- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

可选选项

-A*field*

指定写入每个网格中的字段, 该选项需要 **-G** 选项。其中字段通过字符设置:

- **z** : z 值的中值, 见 **-T**
- **s** : 中值的 L1 范数 (即 1.4826 * 中位数绝对偏差)
- **l** : 最小值
- **h** : 最大值
- **q25** : 25% 分位数
- **q75** : 75% 分位数
- **w** : 权重, 见 **-W**

l|**q25**|**q75**|**h** 需要同时设置 **-Eb** 选项; 默认字符为 **z**

-C

使用区块的中心作为输出位置, 默认使用中间位置

-E[**b**]

输出额外的报告, 见 **-A** 。输出顺序为 *x*,*y*,*z*,*s*,*l*,*h*[,*w*], 默认输出为 *x*,*y*,*z*[,*w*] 。使用 **-W** 可设置输出权重。使用 **-Eb** 时, 输出顺序为 *x*,*y*,*z*,*l*,*q25*,*q75*,*h*[,*w*]

-Er|**s**[**+l**|**h**]

s 输出原数据 id; **r** 输出数据个数; 上述数据将会追加到中值后; **+h** 输出前述字段中的最大值 [默认]; **+l** 输出前述字段的最小值; **E** 选项可以重复使用, 因此可以同时指定 **-E**[**b**] 和 **-Er**[**+l**|**h**]。**-Es** 设置时, 输入数据的最后一列必须为无符号整数, 表示数据的 id。

-G*grdfile*

将结果输出为网格; 使用该选项时, 将不会输出到标准输出。如果输出网格中的字段超过一个 (**-A**), 则网格名必须包含 **%s** 以便将字段名写入到网格文件名中来区别不同的输出网格。**注**: 使用该选项时不能使用 **-C** 和 **-Q** 选项。

-Q

(更快的方法) 获取中值 z 及其对应的位置 [默认分别独立地计算 x 和 y 以及 z 的中值, 三者都是独立的]。参见 **-C**

-T*quantile*

设置分位数 [默认为 0.5, 及中值], *quantile* 必须大于 0 小于 1

-W[**i**|**o**][+**s**|**w**]

计算加权结果。加权结果的输入和输出都为 4 列，输入数据的第 4 列为权重，输出数据的第四列为权重的和。使用 **i** 和 **u** 分别表示用于加权输入和加权输出 [默认不使用不加权的输入和输出]。如果数据权重为不确定度，即一倍中误差，则可以追加 +**s** ，则在程序内部，权重定义为 weight = 1/sigma^2 。否则，直接使用第四列作为权重。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-a*col*=*name*[,…] *(more …)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata (more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN，或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo (more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列，**t** 表示文本列)

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列，**t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-wy|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

ASCII 格式精度

ASCII 格式输出数据通过 gmt.conf 配置文件控制。控制经纬度格式的参数为*FORMAT_GEO_OUT*；控制绝对时间的的参数包括*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT*；普通浮点数通过参数*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制。上述格式控制可能会导致精度损失, 这会在下游计算中导致一些问题。如果用户需要保证数据精度, 则应考虑将数据写为二进制文件, 或者使用*FORMAT_FLOAT_OUT* 指定更多的有效数字。

示例

从 `ship_15.txt` 文件中获取 5 分区块的中值, 输出二进制表数据, double 类型精度

```
gmt blockmedian @ship_15.txt -R245/255/20/30 -I5m -bo3d > ship_5x5.b
```

计算箱线图所需的分位数, 计算结果为 5 度分辨率, 输出结果为文本文件

```
gmt blockmedian @mars370.txt -Rg -I5 -Eb -r > mars_5x5.txt
```

在 10 分的区块中计算中值和 L1 范数 (MAD), 并将结果保存为两个网格文件

```
gmt blockmedian @ship_15.txt -I10m -R-115/-105/20/30 -E -Gfield_%s.nc -Azs
```

相关模块

blockmean, *blockmode*, greenspline, *nearneighbor*, *sphtriangulate*, *surface*, *triangulate*

18.5 blockmode

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-10-23

官方文档

blockmode

简介

使用众数估计对表数据做区块处理

blockmode 读取 xyz 形式的表数据 (或可在最后加一列权重), 并对 **-R** 和 **-I** 定义的每个区块输出一个位置和值的众数估计到标准输出。使用 **-G** 可直接输出为网格文件。在进行*surface* 模块时, 为避免短波信号混淆, 应提前使用 **blockmode**, *blockmedian*, 或*blockmean*。这些操作在用来抽稀数据或者平均数据时很有用。用户可通过设置*FORMAT_FLOAT_OUT* 参数设置输出数据有效数字以避免精度损失。

语法

gmt blockmode [*table*] **-I***increment* **-R***region* [**-A***fields*] [**-C**] [**-D**[*width*][+**c**][+**a**|**l**|**h**]] [**-E**[**r**|**s**[+**l**|**h**]]] [**-G**[*grdfile*]] [**-Q**] [**-V**[*level*]] [**-W**[**i**|**o**][+**s**|**w**]] [**-a**flags] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-r**reg] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-A*field*

指定写入每个网格中的字段, 该选项需要 **-G** 选项。其中字段通过字符设置:

- **z** : z 值的众数
- **s** : 众数的 L1 范数
- **l** : 最小值
- **h** : 最大值
- **w** : 权重, 见 **-W**

s|**l**|**h** 需要同时设置 **-E** 选项; 默认字符为 **z**

-C

使用区块的中心作为输出位置, 默认使用位置的众数 (见 **-Q**)。**-C** 选项会覆盖 **-Q**

-D[*width*][+**c**][+**a**|+**l**|+**h**]

通过直方图来计算众数, 需设置直方图每个间隔的宽度 *width* 。+**c** 将直方图的每个区间放在中间, 一遍中间点是 *width* 的倍数。如果发现多个众数, 通过设置 +**a** 可取其平均。+**l** 和 +**h** 分别返回较大的众数和较小的众数。如果 *width* 未设置, 则默认设置为 1。对于整数数据和整数的 *width* , 默认使用 +**c** 和 +**l** 。众数默认使用 Least Median of Squares 统计。

-E

输出额外的报告, 见 **-A** 。输出顺序为 x,y,z,s,l,h[,w] 。使用 **-W** 可设置输出权重。默认输出为 x,y,z[,w] 。

-Er|**s**[+**l**|**h**]

s 输出原数据 id; **r** 输出数据个数; 上述数据将会追加到众数后; +**h** 输出前述字段中的最大值 [默认]; +**l** 输出前述字段的最小值; **E** 选项可以重复使用, 因此可以同时指定 **-E**[**b**] 和 **-Er**[+**l**|**h**]。**-Es** 设置时, 输入数据的最后一列必须为无符号整数, 表示数据的 id。

-G*grdfile*

将结果输出为网格; 使用该选项时, 将不会输出到标准输出。如果输出网格中的字段超过一个 (**-A**), 则网格名必须包含 **%s** 以便将字段名写入到网格文件名中来区别不同的输出网格。**注**: 使用该选项时不能使用 **-C** 和 **-Q** 选项。

-Q

(更快的方法) 获取 z 的众数及其对应的位置 [默认分别独立地计算 x 和 y 以及 z 的众数, 三者都是独立的]。参见 **-C**

-W[**i**|**o**][+**s**|**w**]

计算加权结果。加权结果的输入和输出都为 4 列, 输入数据的第 4 列为权重, 输出数据的第四列为权重的和。使用 **i** 和 **u** 分别表示用于加权输入和加权输出 [默认不使用不加权的输入和输出]。如果数据权重为不确定度, 即一倍中误差, 则可以追加 +**s** , 则在程序内部, 权重定义为 weight = 1/sigma^2 。否则, 直接使用第四列作为权重。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-a*col*=*name*[,…] *(more …)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-wy|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

ASCII 格式精度

ASCII 格式输出数据通过 gmt.conf 配置文件控制。控制经纬度格式的参数为*FORMAT_GEO_OUT*；控制绝对时间的的参数包括*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT*；普通浮点数通过参数*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制。上述格式控制可能会导致精度损失, 这会在下游计算中导致一些问题。如果用户需要保证数据精度, 则应考虑将数据写为二进制文件, 或者使用*FORMAT_FLOAT_OUT* 指定更多的有效数字。

示例

从 `ship_15.txt` 文件中获取 5 分区块的众数, 输出二进制文件, double 精度

```
gmt blockmedian @ship_15.txt -R245/255/20/30 -I5m -bo3d > ship_5x5.b
```

计算每个 2 分的区块中的众数, 使用直方图统计得到

```
gmt blockmode @ship_15.txt -R245/255/20/30 -I2  -r -C -D
```

计算 10 分网格中每个网格点的众数以及 L1 范数 (MAD), 将结果输出为两个网格文件

```
gmt blockmode @ship_15.txt -I10m -R-115/-105/20/30 -E -Gfield_%s.nc -Azs
```

相关模块

blockmedian, *blockmean*, greenspline, *nearneighbor*, *sphtriangulate*, *surface*, *triangulate*

18.6 clear

官方文档

clear

简介

删除缓存目录、数据目录或会话目录, 以及当前配置文件

语法

gmt clear all | **cache** | **data**[=*planet*] | **sessions** | **settings** [**-V**[*level*]]

可选选项

> **备注**
>
> 除 `gmt clear settings` 以外, 本页面其它命令都不应该在脚本里使用。否则可能会出现各种报错。应当单独打开一个终端窗口执行这些命令。

all

删除所有项目, 包括缓存目录 (~/**.gmt/cache**)、数据目录 (~/**.gmt/server**)、会话目录 (~/**.gmt/sessions**) 以及当前配置文件

cache

删除 GMT 缓存目录 (默认为 ~/**.gmt/cache**) 及其内容

data[=*planet*]

删除 GMT 数据目录 (默认为 ~/**.gmt/server**) 及其内容。加上 =*planet* 则只删除特定星球的数据。目前 *planet* 只可以取 **earth**。

sessions

删除 GMT 会话目录 (默认为 ~/**.gmt/sessions**) 及其内容。

> **备注**
>
> 正常情况下, GMT 在执行 **gmt end** 时会自动删除当前会话目录。但若 GMT 由于各种原因意外退出导致 **gmt end** 没有执行, 则可能会导致残留会话目录。
>
> 因而可以不定期地执行 **gmt clear sessions** 删除残留的会话目录。

settings

现代模式下删除当前会话的 GMT 配置参数文件 (即 gmt.conf), 使得所有参数回到 GMT 系统默认值。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +
: 显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数
: 显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

示例

清空 GMT 缓存目录:

```
gmt clear cache
```

删除现代模式会话下的当前配置参数文件:

```
gmt clear settings
```

删除所有地球相关数据:

```
gmt clear data=earth
```

相关模块

begin, *docs*, *end*, *figure*, *inset*, *subplot*, *gmt*

18.7 clip

官方文档
: clip

简介
: 打开或关闭多边形裁剪路径

该模块会从输入文件中读取 XY 数据，由此构成一个或多个多边形，进而构建出一个或多个裁剪路径。接下来的所有绘图命令中，只有在多边形内部的部分才会被绘制。

为了判断某个点是在裁剪区域内还是在裁剪区域外，clip 使用了“奇偶规则”。从任意一点绘制一条任意方向的射线，若该射线穿过裁剪路径线段奇数次，则该点位于裁剪区域内；若穿过偶数次，则该点位于裁剪区域外。**-N** 选项可以颠倒内外的定义。

最后，记得再次调用 **gmt clip -C** 以关闭裁剪区域。

语法

gmt clip [*table*] **-J***parameters* **-C**[*n*] **-R***west*/*east*/*south*/*north*[/*zmin*/*zmax*][+**r**][+**u***unit*] [**-A**[**m**|**p**|**x**|**y**]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] **-Jz**|**Z***parameters*] [**-N**] [**-T**] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W**[*pen*]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-p**flags] [**-t**transp] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-C[*n*]

结束当前裁剪路径。

默认会关闭所有已开启的裁剪路径。使用 **-C***n* 则仅关闭当前所有处于激活状态下的裁剪路径中的其中 *n* 个。

若在开启裁剪后有使用 **-X** 或 **-Y** 移动过坐标原点, 则在关闭裁剪路径时也需要使用 **-X** 或 **-Y** 选项。

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

对于三维透视图 (*-p 选项*), 可以加上 /*zmin*/*zmax* 指定 Z 轴的范围。

可选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-A[**m**|**p**|**x**|**y**]

修改两点间的连接方式

地理投影下, 两点之间默认沿着大圆弧连接。

- **-A**: 忽略当前的投影方式, 直接用直线连接两点
- **-Am**: 先沿着经线画, 再沿着纬线画
- **-Ap**: 先沿着纬线画, 再沿着经线画

笛卡尔坐标下, 两点之间默认用直线连接。

- **-Ax** 先沿着 X 轴画, 再沿着 Y 轴画
- **-Ay** 先沿着 Y 轴画, 再沿着 X 轴画

-B*parameters* *(more ···)*

设置底图边框和轴属性。

-N

反转“区域内”和“区域外”的概念, 即只有在多边形外的部分才是裁剪区域, 绘图时只有在多边形外的才会被绘制。该选项不能与 **-B** 选项连用。

-T

不需要任何输入数据。根据 **-R** 选项将整个地图区域裁剪出来, 该选项不能与 **-B** 选项连用。

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*pen*

绘制裁剪路径的轮廓 [默认不绘制]

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more ···)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more ···)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-:[**i**|**o**] *(more ···)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

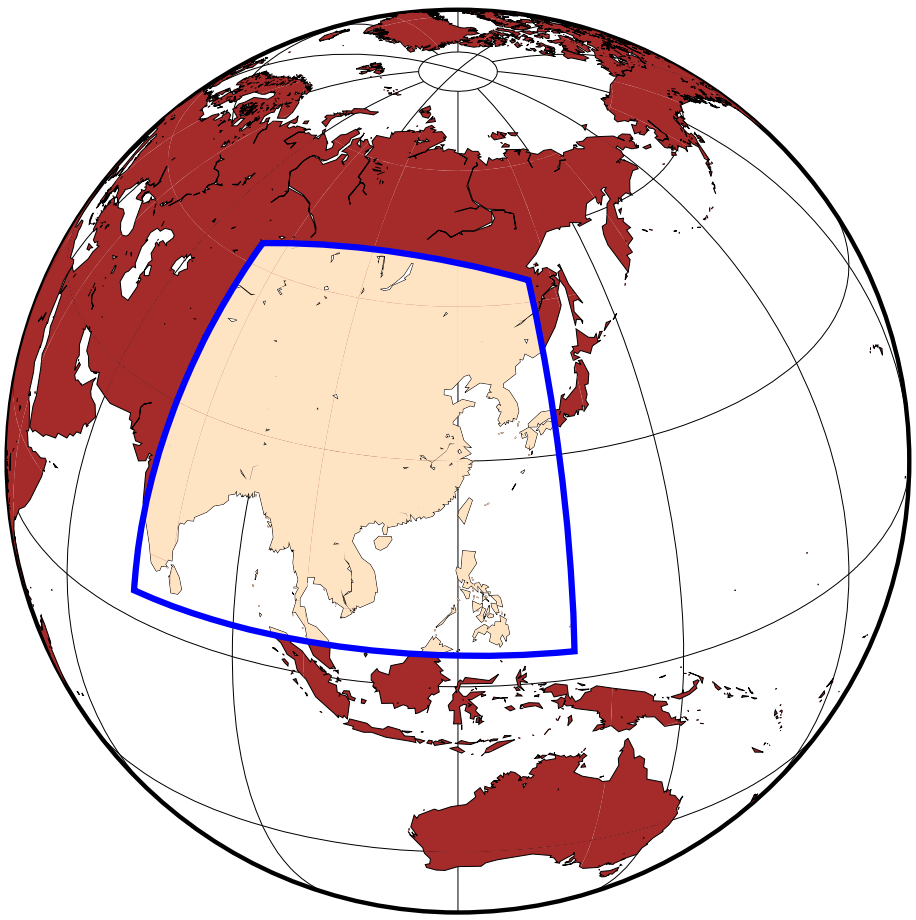
--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

限制作图范围，仅在指定范围内对陆地填色

```
gmt begin example2
   gmt basemap -Rg -JG120/30N/10c -Bg
   gmt coast -Gbrown -Wfaint
   # 创建多边形边界数据文件，按逆时针顺序给出各个顶点坐标
   echo 74 4 > tmp.txt
   echo 135 4 >> tmp.txt
   echo 135 53 >> tmp.txt
   echo 74 53 >> tmp.txt
   # 打开裁剪
   gmt clip tmp.txt
   # 画图命令仅在多边形范围内有效：只对范围内陆地填色
   gmt coast -Gbisque
   # 关闭裁剪路径
   gmt clip -C
   # 绘制边界轮廓
   gmt plot tmp.txt -W2p,blue -L
gmt end show
```



相关模块

basemap, *grdmask*, *mask*

18.8 coast

官方文档

coast

简介

在地图上绘制海岸线、河流、国界线

coast 模块利用 GMT 自带的*GSHHG 数据* 和*DCW 数据* 绘制海岸线、河流、政治边界，还可以裁剪陆地区域或水域，也可以将数据导出到文件中。

语法

gmt coast -J*parameters* **-R***region* [**-A***min_area*[/*min_level*/*max_level*][+**a**[**g**|**i**][**s**|**S**]][+**l**|**r**][+**p***percent*]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***fill*[+**l**|+**r**]] [**-D***resolution*[+**f**]] [**-E***dcw*] [**-F***box*] [**-G**[*fill*]] [**-I***river*[/*pen*]] [**-Jz**|**Z***parameters*] [**-L***scalebar*] [**-M**] [**-N***border*[/*pen*]] [**-Q**] [**-S**[*fill*]] [**-T***rose*] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W**[*level*/]*pen*] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-bo**binary] [**-p**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

对于三维透视图（*-p 选项*），可以加上 /*zmin*/*zmax* 指定 Z 轴的范围。

可选选项

-A*min_area*[/*min_level*/*max_level*][+**a**[**g**|**i**][**s**|**S**]][+**l**|**r**][+**p***percent*]

不绘制面积过小的区域（湖泊或岛屿），或不绘制某个级别的湖泊边界。

在绘制湖泊时，若不管湖泊的面积大小而把所有湖泊的边界都画上去，可能导致图看上去比较乱，该选项用于对湖泊进行筛选。面积小于 *min_area* 平方千米或者湖泊级别不在 [*min_level*,*max_level*] 范围的边界都不会被绘制。默认值为 **0/0/4**，即绘制所有湖泊边界，即绘制 0 到 4 级所有级别的面积大于 0 的湖泊。

对于 level=2，即湖岸线，包括常规的湖以及很宽的河流。加上 **+r** 则只绘制河流，加上 **+l** 则只绘制常规湖。

对于南极洲而言，因为有冰层的存在，所以海岸线有多种处理方式：

- **+ai** 用 ice shell boundary 作为南极洲的海岸线，默认值
- **+ag** 以 ice grounding line 作为海岸线
- **+as** 忽略南纬 60 度以南的海岸线，用户可以使用*plot* 绘制自己的南极洲海岸线
- **+aS** 忽略南纬 60 度以北的海岸线

+p*precent*：一个多边形，降低精度后，边数减少，面积变化，当面积变化过大时再绘制这个多边形就不合

适了, 该子选项用于去除那些面积与最高精度面积之比小于 *percent* 的多边形。

-B*parameters (more …)*

设置底图边框和轴属性。

-C*fill*[**+l**|**+r**]

设置湖泊与河流湖的颜色。

默认情况下, 湖泊与河流湖会被当做 wet 区域, 直接使用 **-S** 指定的填充值。使用 **+l** 或 **+r** 可以为湖泊或河流湖单独指定颜色。

-D*resolution*[**+f**]

选择海岸线数据精度。

GMT 自带的 GSHHG 海岸线数据有 5 个不同精度的版本, 从高到低依次为: full、high、intermediate、low 和 crude。GMT 默认使用低精度数据。该选项可以指定要使用的数据精度, 其中 **f**|**h**|**i**|**l**|**c** 分别代表 5 种不同的数据精度。也可以用 **-Da** 选项, 此时 GMT 会根据当前绘图区域的大小自动选择合适的数据精度 [默认使用 **-Da**]

默认情况下, 若找不到指定精度的海岸线数据, 程序会自动报错退出。该选项中加上 **+f** 则命令在找不到当前指定的精度数据时, 自动寻找更低精度的数据。

-E*code1,code2,…*[**+l**|**L**][**+g***fill*][**+p***pen*][**+z**]

利用 DCW 数据绘制或导出行政区划边界 (洲界、国界、省界)

GMT 自带了 DCW (Digital Chart of World) 数据, 即全球的行政区划数据。其包含了全球各国国界和省界数据。该数据独立于 GSHHG 数据, 因而 **-A** 和 **-D** 选项对该数据无效。关于 DCW 数据及其用法的详细介绍见*DCW: 世界数字图表*。

通过指定一个或多个以逗号分隔的区域代码 *code* 即可指定一个或多个行政区域。*code* 可以取如下几种形式:

- 洲代码前加上 = 则绘制整个洲内所有国家边界。比如 **=AS** 会绘制所有亚洲国家的边界
- 直接使用国界代码, 则绘制国界边界。比如 **US** 绘制美国边界
- 使用 国家代码.* 州代码 * 则绘制州 (省) 边界。比如 **US.TX** 绘制美国 Texas 州的边界

可以使用如下子选项列出可使用的 *code*:

- **+l** 仅列出所有国家及其对应代码, 不绘制边界也不提取数据
- **+L** 列出部分国界的省及其代码
- **+z** 表示将地区代码以 **-Z***code* 的形式写到数据的段头记录中

通过加上子选项, 可以进一步设置指定区域的边界属性或填充属性:

- **+p***pen* 表示绘制多边形轮廓 [默认无轮廓]
- **+g***fill* 表示设置多边形的填充色 [默认无填充色]

若想要不同的区域有不同的画笔或填充属性, 则需要多次使用 **-E** 选项, 每次指定不同的区域以及不同的画笔或填充属性。

若使用了 **-E** 但不指定 **-J** 和 **-M** 则会以 **-R***w/e/s/n* 的形式输出对应行政区域的区域范围。

-F[**l**|**t**][**+c***clearances*][**+g***fill*][**+i**[[*gap*/]*pen*]][**+p**[*pen*]][**+r**[*radius*]][**+s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]]]

控制比例尺和玫瑰图的背景边框

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在比例尺或方向玫瑰的周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见修饰物

- +**g***fill* 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- +**p***pen* 绘制面板边框。*pen* 为边框的画笔属性, 若不指定 *pen*, 则默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*
- +**r**[*radius*] 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- +**i**[[*gap*/]*pen*] 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*]
- +**c***clearance* 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap*/*ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap*/*rgap*/*bgap*/*tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- +**s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]] 设置面板背景阴影。*dx*/*dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p**/**-4p**/**gray50**]

该选项默认会同时控制比例尺和方向玫瑰的背景边框。加上 **l**|**t** 则表示只控制 **-L** 或 **-T** 选项绘制的特征。

-G[*fill*]

设置 dry 区域的填充色或裁剪 dry 区域

-G*fill* 设置 dry 区域 (一般指陆地) 的填充色。若不指定 *fill* 则会将 dry 区域裁剪出来, 使得接下来的绘图只有 dry 区域内的才会被绘制。

-I*river*[/*pen*]

绘制河流。

河流 *river* 可以取:

- 0 = Double-lined rivers (river-lakes)
- 1 = Permanent major rivers
- 2 = Additional major rivers
- 3 = Additional rivers
- 4 = Minor rivers
- 5 = Intermittent rivers - major
- 6 = Intermittent rivers - additional
- 7 = Intermittent rivers - minor
- 8 = Major canals
- 9 = Minor canals
- 10 = Irrigation canals
- a = All rivers and canals (0-10)
- A = All rivers and canals except river-lakes (1-10)
- r = All permanent rivers (0-4)
- R = All permanent rivers except river-lakes (1-4)
- i = All intermittent rivers (5-7)
- c = All canals (8-10)

pen 的默认值为 **default,black,solid**, 该选项可重复使用多次以分别指定不同等级河流的画笔属性。

-

L[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**c**[*slon*/]*slat*+**w***length*[**e**|**f**|**k**|**M**|**n**|**u**][+**a***align*][+**f**][+**j***justify*][+**l**[*label*]][+**o***dx*[/*dy*]][+**u**][+**v**]
在地图上指定位置绘制比例尺

简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

- **g**|**j**|**J**|**n**|**x***refpoint* 指定地图上的参考点
  - **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点
  - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
- +**j***justify* 指定比例尺上的锚点 (默认锚点为比例尺的中心)
- +**o***dx*/*dy* 在参考点的基础上设置比例尺的额外偏移量
- +**c**[*slon*/]*slat* 要绘制哪一个点的比例尺, 对于倾斜投影, *slon* 默认取中央经线
- +**w***length*[**e**|**f**|**k**|**M**|**n**|**u**] 指定比例尺长度及其单位 [默认为 km]
- +**a***align* 修改比例尺标签的对齐方式。标签默认位于比例尺上方中部, 可以取 **l**|**r**|**t**|**b** 分别代表左右上下
- +**f** 默认是简单的比例尺, 使用该选项则绘制 fancy 比例尺, 即黑白相间的火车轨道比例尺
- +**l***label* 为比例尺添加标签; 若不指定 *label*, 默认的标签是比例尺所使用的长度单位
- +**u** 比例尺的标注默认只有值没有单位, 该选项会给所有标注加上单位
- +**v** 垂直比例尺 (仅限于笛卡尔坐标系)

以下 GMT 配置参数可以控制比例尺的外观:

- *FONT_LABEL* 控制比例尺的标签字体
- *FONT_ANNOT_PRIMARY* 控制比例尺的标注字体
- *MAP_SCALE_HEIGHT* 控制比例尺的高度
- *MAP_TICK_PEN_PRIMARY* 控制比例尺的线及刻度属性

-M

将边界数据以多段 ASCII 表或二进制表的形式导出到标准输出

使用该选项, 则只导出数据而不绘图。该选项需要与 **-E**, **-I**, **-N** 或 **-W** 选项一起使用。

-N*border*[/*pen*]
绘制政治边界。

该选项在某些地方与 **-E** 选项有重叠。边界类型 *border* 可以取:

- `1` : 国界
- `2` : 州界; (目前只有美国、加拿大、澳大利亚以及南美各国的数据)
- `3` : Marine boundaries
- `a` : 1-3 的全部边界;

pen 的默认属性为 **default,black,solid**。该选项可重复多次使用, 以指定不同级别边界的不同画笔属性。

-Q

关闭区域裁剪。

使用 **-G** 和 **-S** 可以分别裁剪出 dry 区域和 wet 区域, 接下来的其他绘图命令中只有在裁剪区域内的部分才会被绘制。在绘图结束后, 需要关闭裁剪, 就需要再次调用 **coast**, 并加上 **-Q** 选项。若在开启裁剪后使用了 **-X** 和 **-Y** 选项, 则在关闭时也要记得使用 **-X** 和 **-Y**。

-S[*fill*]

设置 wet 区域的填充色或裁剪 wet 区域

-S*fill* 设置 wet 区域 (一般指海洋或湖泊) 的填充色。若不指定 *fill* 则将 wet 区域裁剪出来, 使得接下来的绘图只有 wet 区域内的才会被绘制。

-Td[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**w***width*[+**f**[*level*]][+**j***justify*][+**l***w,e,s,n*][+**o***dx*[/*dy*]]

在指定位置绘制方向玫瑰图

简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

- **g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint* 指定地图上的参考点
  - **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点
  - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
- +**j***justify* 指定比例尺上的锚点 [**MC**]
- +**o***dx*/*dy* 在参考点的基础上设置方向玫瑰图的额外偏移量
- +**w***width* 玫瑰图宽度
- +**f***level* 绘制 fancy 玫瑰图。*level* 取不同值代表不同类型的玫瑰图。*level* 可以取:
  - 1 绘制 E-W 和 N-S 四个方向
  - 2 绘制 8 个方向
  - 3 绘制 16 个方向
- +**l***w,e,s,n* 为四个方向分别指定标签。默认标签是四个方向的单字母代码 (英文语言下是 W、E、S、N), 四个方向的标签之间用逗号分隔, 若留空则表示不添加标签。比如 `+lw,e,s,n` 或 `+l",,Down,Up"`。标签的文字属性由*FONT_TITLE* 控制, 而文字相对于方向箭头的位置偏移则由*MAP_TITLE_OFFSET* 控制。

-Tm[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**w***width*[+**d***dec*[/*dlabel*]][+**i***pen*][+**j***justify*][+**l***w,e,s,n*][+**p***pen*][+**t***ints*][+**o***dx*[/*dy*]]

在指定位置绘制磁场玫瑰图

磁场玫瑰包括两个同心圆环, 其中外环用于展示方向信息, 内环用于显示磁场方向。

简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

- **g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint* 指定地图上的参考点
  - **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点
  - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
- +**j***justify* 指定比例尺上的锚点 [**MC**]
- +**o***dx*/*dy* 在参考点的基础上设置玫瑰图的额外偏移量
- +**w***width* 玫瑰图宽度
- +**p***pen* 绘制外环并设置其画笔属性
- +**i***pen* 绘制内环并设置其画笔属性
- +**d***dec*/*dlabel* 设置磁倾角以及罗盘指针上的磁倾角标签。若 *dlabel* 为空, 则使用默认标签 **d** = *dec*; 若 *dlabel* 为 **-**, 则不绘制标签。当使用 +**d** 子选项时, 会同时绘制地理方向和磁场方向
- +**l***w,e,s,n* 为四个方向分别指定标签。默认标签是四个方向的单字母代码 (英文语言下是 W、E、S、N), 四个方向的标签之间用逗号分隔, 若留空则表示不添加标签; 若 *n* 取值为 *, 则会在北

方向标签处绘制星代表北极星。比如 `+lw,e,s,n` 或 `+l",,Down,Up"` 或 `+l,,,*`。标签的文字属性由*FONT_TITLE* 控制

- 内外环都可以设置标注、刻度和网格的间隔。内外环的间隔默认值都是 `30/5/1`。可以使用 **+t***ints* 选项, 后面接 6 个斜杠分隔的值, 以分别指定两个圆环的 3 种刻度值, 其中前三个值控制内环属性, 后三个值控制外环属性

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W[*level*/]*pen*

绘制岸线 (shoreline)

shore 指水与陆地交界的 "岸" (如: 海岸、湖岸、河岸等), 是一个较为笼统的说法。

GMT 中岸线分成四个等级 (*level* 取 1-4):

1. coastline: 海岸线
2. lakeshore: 湖泊与陆地的岸线
3. island-in-lake shore: 首先要有陆地, 陆地中有个湖, 湖里有个岛。即岛的岸线
4. lake-in-island-in-lake shore: 首先有陆地, 陆地中有个湖, 湖中有个岛, 岛里又有个湖。这里指的是湖的岸线

使用时需要注意:

- 不使用 **-W** 选项, 则不绘制任何 shore
- 使用 **-W**, 给定画笔属性 *pen*, 但不给出 *level*, 则绘制四个 level 的 shore
- 在同一个命令中可以多次使用 **-W**, 以指定不同 *level* 的 shore 的画笔属性
- **-W** 选项中 *level* 是可选的, 而 *pen* 是必须的! 因而 **-W2** 会被解释为所有 level 的画笔属性, 而不是 level 2

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][**+w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][**+v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

在入门教程绘制海岸线 和*GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据* 均提供了一些 **coast** 的使用实例。

绘制非洲地图, 并绘制河流、国界, 以及设置不同的填充色:

```
gmt coast -R-30/30/-40/40 -Jm0.1i -B5 -I1/1p,blue -N1/0.25p,- \
       -I2/0.25p,blue -W0.25p,white -Ggreen -Sblue -png africa
```

绘制 Iceland 地图, 使用 pattern #28 做填充:

```
gmt coast -RIS+r1 -Jm1c -B -Wthin -Gp28+r100 -pdf iceland
```

将非洲区域裁剪出来, 并在其中的陆地部分绘制地形:

```
gmt begin map png
    gmt coast -R-30/30/-40/40 -Jm0.1i -B -G
    gmt grdimage @earth_relief_05m
    gmt coast -Q
gmt end show
```

绘制部分国家的国界线:

```
gmt coast -JM6i -Baf -EGB,IT,FR+gblue+p0.25p,red -EES,PT,GR+gyellow -pdf map
```

提取冰岛的高精度海岸线数据:

```
gmt coast -RIS -Dh -W -M > iceland.txt
```

FAQ

1. 错误消息:

   ```
   coast: low resolution shoreline data base not installed.
   ```

   出现该错误的原因有如下几种:

   1. 未安装 GSHHG 海岸线数据
   2. 安装了但路径不正确 (建议的做法是把所有 GSHHG 的文件放在 `$GMTHOME/share/coast` 目录下)
   3. 安装的 netCDF 版本号为 3.x 而不是 4.x
   4. 自行编译了 netCDF 4.x, 且编译时使用了 `--disbale-netcdf4` 选项

相关模块

grdlandmask, *basemap*

18.9 colorbar

官方文档

colorbar

简介

在地图上绘制灰色或彩色色条

GMT 在使用 `colorbar` 绘制色条时, 本质上是绘制了一个在 x 或 y 方向被 "拍扁" 的新的笛卡尔坐标系底图。如果想要修改色条刻度的字体大小、刻度线粗细、边框粗细等属性, 应当把色条看成一个新的笛卡尔坐标底图, 使用 **--PAR**=*value* 语法临时修改 GMT 参数的值。参数列表见配置参数。

gmt colorbar [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***cpt*] [**-D***refpoint*] [**-F***panel*] [**-G***zlo*/*zhi*] [**-I**[*max_intens*|*low_i*/*high_i*]] [**-J***parameters*] [**-Jz**|**Z***parameters*] [**-L**[**i**][*gap*]] [**-M**] [**-N**[**p**|*dpi*]] [**-Q**] [**-R***region*] [**-S**] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W***scale*] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-Z***zfile*] [**-p**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

必选选项

无

可选选项

-B[**p**|**s**]*parameters*

设置 colorbar 的标注、刻度和网格线间隔。

在不使用 **-B** 选项或不指定标注间隔时, 默认会根据 CPT 文件中每一行的内容对 colorbar 进行标注, 具体见颜色表 *CPT*。**-B** 选项的具体说明见*-B 选项*。

默认情况下, 对于水平 colorbar 而言, X 轴的标签会放在 colorbar 的下边, Y 轴标签放在 colorbar 的右边; 对于垂直 colorbar 而言, X 轴的标签放在 colorbar 的右边, Y 轴标签放在 colorbar 的上边。除非在 **-D** 选项中使用了 **+m** 子选项。

-C[*cpt*]

要绘制的 CPT 文件。

若 CPT 中 Z 值范围单位为米, 而实际绘图时想使用其它单位, 则可在文件名后加上 **+U***unit*。若 CPT 中 Z 值范围单位不为米, 而实际绘图中想使用米为单位, 则可在文件名后加上 **+u***unit*。

对于现代模式, 若未指定 *cpt* 或者未使用 **-C** 选项, 则使用当前 CPT。经典模式下, 若未指定 **-C** 则从标准输入中读入 CPT。

-D[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*[**+w***length*[/*width*]][**+e**[**b**|**f**][*length*]][**+h**|**v**][**+j***justify*][**+m**[**a**|**c**|**l**|**u**]][**+n**[*txt*]][**+o***dx*[/*dy*]]

指定色标的尺寸和位置。

简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

- **g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint* 指定地图上的参考点
  - **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点

  - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
- **+j***justify* 指定色标上的锚点, 默认锚点是 **BL**
- **+o***dx*/*dy* 在参考点的基础上设置色标的额外偏移量
- **+w***length*[/*width*] 指定色标的长度和宽度。若未指定宽度, 则默认为长度的 4%; 若长度为负值则会反转色标。
- **+h** 绘制水平色标
- **+v** 绘制垂直色标
- **+e**[**b**|**f**][*length*] 在 CPT 中为前景色和背景色加一个三角形。**+ef** 表示只加前景色三角形, **+eb** 表示只加背景色三角形 *length* 是三角的高度, 默认为色标宽度的一半。
- **+m**[**a**|**c**|**l**|**u**] 将标注、标签和单位放在色标的另一边。**a** 代表标注, **l** 代表标签, **u** 代表单位。**c** 表示将标签以单列字符垂直打印。
- **+n***text* 在色标开始处绘制一个矩形, 并用 NaN 的颜色填充

几种常用的放置色标的方式:

- 放在左边: **-DjML+w2c/0.5c+o-1c/0c+m**
- 放在右边: **-DjMR+w2c/0.5c+o-1c/0c**
- 放在上方: **-DjTC+w2c/0.5c+o0c/-1c+m**
- 放在下方: **-DjBC+w2c/0.5c+o0c/-1c+m**
- 放在左上角: **-DjTL+w2c/0.5c+o-1c/0c+m**
- 放在左下角: **-DjBL+w2c/0.5c+o-1c/0c+m**
- 放在右上角: **-DjTR+w2c/0.5c+o-1c/0c**
- 放在右下角: **-DjBR+w2c/0.5c+o-1c/0c**

-F[**+c***clearances*][**+g***fill*][**+i**[[*gap*/]*pen*]][**+p**[*pen*]][**+r**[*radius*]][**+s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]]]

控制色标后的背景边框

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在色标周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见修饰物

- **+g***fill* 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- **+p***pen* 绘制面板边框。*pen* 为边框的画笔属性, 若不指定 *pen*, 则默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*
- **+r**[*radius*] 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- **+i**[[*gap*/]*pen*] 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*]
- **+c***clearance* 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap*/*ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap*/*rgap*/*bgap*/*tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]] 设置面板背景阴影。*dx*/*dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p**/**-4p**/**gray50**]

-G*zlow*/*zhigh*

对 CPT 文件做截断, 即只绘制 *zlow* 到 *zhigh* 之间的部分。若其中某个值等于 NaN, 则不对 CPT 的那一端做处理。

-I[*max_intens*|*low_i*/*high_i*]

为色标加上光照效果

- **-I***max_intens* 设置光照强度为 [-*max_intens*, +*max_intens*], 默认值为 [-1,+1]
- **-I***low_i*/*high_i* 指定非对称的光照强度范围

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-L[**i**][*gap*]

生成等大小的颜色矩形。

默认情况下, 会根据 CPT 文件中 Z 值的范围决定颜色矩形的大小。若使用该选项, 则会忽略 **-B** 选项设置的间隔。若指定了 *gap* 且 CPT 文件是离散的, 则使用每个矩形的 Z 值下边界作为标注且将标注放在矩形的正中间。若使用了 **i** 则标注每个间隔范围。若使用了 **-I** 选项, 则每个矩形有自己的颜色以及自己的光照强度。

-M

使用 YIQ 变换将色标变成单调灰度色标

-N[**p**|*dpi*]

控制色标的图形表示方式

- **-Np** 用颜色矩形来表示 (比如离散的颜色)
- **-N** 用图形表示 (比如连续的颜色), 可以加上 *dpi* 指定绘制色标时的等效 DPI, 默认值为 600

-Q

使用对数坐标, 刻度表示为 10 的次幂

CPT 文件中所有的 Z 值都会被转换成 $p = \log 10(z)$, 其中整数的 p 会以 10^p 的格式标注。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S

去除不同色块之间的黑色网格线

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*scale*

将 CPT 文件中所有的 Z 值乘以比例因子 *scale*

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-Z*zfile*

zfile 文件用于指定每个颜色块的宽度。

默认情况下, 颜色块的宽度由颜色的 Z 值范围决定, 比如 Z=0-100 对应的色块宽度是 Z=100-150 的色块宽度的两倍。

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

MacOS Preview 警告

在 macOS 系统下, PDF 或 PostScript 文件中出现的低分辨率栅格图像在使用 Preview 应用程序查看时可能会显得模糊。这是因为 Preview 会对非常粗糙 (低像素密度) 的图像进行重新采样, 而不是保持其原样; 目前我们尚未找到一种简单的方法来关闭这一功能。这种现象在离散 CPT 的*colorbar* (我们现在将此类 CPT 的默认设置设为 **-Np**) 以及使用*grdimage* 或*grdview* **-Qi**|**c** 绘制非常小的网格时最为明显。然而, 如果选择光栅格式 (如 JPG 或 PNG) 则不会出现这种模糊现象。其他 PDF 查看器 (例如 Adobe Acrobat) 似乎没有受到类似的影响。

示例

```
gmt begin map
gmt makecpt -T-200/1000/100 -Crainbow
gmt colorbar -C -Dx8c/1c+w12c/0.5c+jTC+h -Bxaf+l"topography" -By+lkm
gmt end show
```

相关模块

makecpt, *gmtlogo*, *grd2cpt*, *image*, *legend*

18.10 contour

官方文档

contour

简介

使用直接三角化法对数据进行等值线绘制

语法

gmt contour [*table*] **-J***parameters* **-R***west*/*east*/*south*/*north*[/*zmin*/*zmax*][+**r**][+**u***unit*] [**-A**[**n**|*contours*][*labelinfo*]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***contours*] [**-D**[*template*]] [**-E***indexfile*] [**-G**[**d**|**f**|**n**|**l**|**L**|**x**|**X**]*params*] [**-I**] [**-Jz**|**Z***parameters*] [**-L***pen*] [**-N**] [**-Q**[*cut*][+**z**]] [**-S**[*p*|*t*]] [**-T**[**h**|**l**][+**a**][+**d***gap*[/*length*]][+**l**[*labels*]]] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W**[*type*]*pen*[+**c**[**l**|**f**]]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-l**flags] [**-p**flags] [**-qi**flags] [**-t**transp] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

描述

读取一个 ASCII 或二进制格式的输入数据文件 *table* 并绘制出等值线。

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

对于三维透视图 (*-p 选项*), 可以加上 /*zmin*/*zmax* 指定 Z 轴的范围。

可选选项

-A[**n**|*contours*][*labelinfo*]

-A*contours* 设置标注间隔, 如果在 **-C** 选项中指定标注间隔的话, 这里的设置会被覆盖。**-An** 则为不进行标注。也可以用 `-A20,80,100` 类似的用法, 对指定的等值线进行标注。如果只想要标注一条等值线, 需要在末尾加上逗号, 例如 `-A20,` , 这样 20 就不会被认为是标注间隔。*labelinfo* 代表可以在最后追加下列额外选项:

+**a***angle*

设置标注的旋转角度 *angle* 。也可以写成 `+an` 表示标注垂直于等值线。默认设置为 `+ap` 表示标注平行于等值线。`+apu` 和 `+apd` 表示设置方向朝向山顶还是山底。

+**c***dx*[/*dy*]

设置标签和文本框之间的间隙。后面加上 **c**|**i**|**p** 来指定单位或% 来表示标签字体大小的百分比 [15%]。

+**e**

延迟标注。这用于基于文本构建裁剪路径, 在该裁剪路径生效时放置其他图层, 使用*clip* **-C** 关闭裁剪后再标注文本, 这样使标注文本不被裁剪。请注意, 裁剪路径可能会截断没有文本重叠的其他区域。反复检查以确保得到预期的正确结果。建议每次使用 +**e** 后, 选择合适的位置手动运行*clip* 。

+**f***font*

设置字体。默认会使用*FONT_ANNOT_PRIMARY* 设定的字体, 但字体大小会变成 9p。

+**g**[*color*]

设置标注文本的背景颜色, 默认使用*PS_PAGE_COLOR* 颜色, 不设置本项时标注文本的背景是透明的。

+i

隐藏等值线 (默认绘制等值线)。如果你只想看标注而非等值线, 可以使用它。

+j[*just*]

设置标注相对于等值线中点的对齐方式, 默认使用 **MC** 。

+n*dx*[/*dy*]

设置标注位置的偏移, 后面加上 **c|i|p** 来指定单位。偏移增量设定在由等值线方向定义的坐标系中 (沿等值线方向为 x , 垂直等值线方向为 y)。将 **+n** 改为 **+N** 则所有标注在整个绘图坐标系 x/y 中整体偏移。不能和 **+v** 一起使用。

+o

将文本框形状设置为圆角矩形。不能和 **+v** 一起使用。

+p[*pen*]

设置文本框轮廓的线型, 不设置本项时无轮廓。默认宽度 0.25p, 颜色 black, 风格 solid。

+r*min_rad*

等值线的曲率半径小于 *min_rad* 处不作标注。默认 *min_rad* 设置为 0。

+t[*file*]

将等值线标注文本的坐标 x, 坐标 y, 旋转角度 *angle* 和文本保存到文件 *file*。默认文件名为 Contour_labels.txt。

+u*unit*

在所有标注后面加上单位 *unit* , 默认无单位。如果设置为 **z**, 则使用输入文件的 z 值单位。

+v

将标注文本顺着等值线弯曲。

+w*n*

指定使用多少个 *(x,y)* 点来估计标注旋转角度, 默认由程序自动指定。

+=*prefix*

在所有标注前面加上前缀 *prefix* 。

-B*parameters (more ···)*

设置底图边框和轴属性。

-C*contours*

指定绘制等值线的形式, 具体说明如下:

(1) 如果 *contours* 是一个以 ".cpt" 结尾的文件名, GMT 会查找对应的 CPT 文件, 把 CPT 文件中的颜色块的边界绘制为等值线, 并进行标注。如果使用了 `-An` 选项则只绘制等值线不标注。

(2) 如果 *contours* 是一个不以 ".cpt" 结尾的文件名, GMT 会读取其中的内容作为等值线设置。每行为一条等值线的设置, 以如下格式给出: *contour-level* [*angle*] **C**|**c**|**A**|**a** [*pen*], 中括号表示可选项。**C** 或 **c** 表示绘制等值线但不标注, 而 **A** 或 **a** 表示绘制等值线并进行标注。*angle* 设置标注的旋转角。*pen* 设置等值线的线型。

(3) 如果 *contours* 是一串用逗号隔开的数字, 例如 `-C20,80,100` , 则绘制对应的等值线。如果只想要绘制一条等值线, 需要在末尾加上逗号, 例如 `-C20,` 。

(4) 如果没有指定 *contours* , 则默认使用当前 CPT 文件。

(5) 如果 *contours* 是一个常数, 则以这个常数为间隔绘制等值线。

如果 **-C** 和 **-A** 都没有指定的话, 则自动计算合适的间隔绘制标注等值线。

> **警告**
>
> 某些时候等值线图会出现标注数字消失不见的情况。这是由于数字被标注在绘图范围外所致。这种情况应该使用下面的 **-G** 选项手动设置标注在等值线上的位置。

-Gd*dist*[**c**|**i**|**p**] 或 **-GD***dist*[**d**|**e**|**f**|**k**|**m**|**M**|**n**|**s**]

该选项控制标注在等值线上的位置。使用小写的 **d**，并指定标注之间的距离 *dist* 和单位 **c** (cm)、**i** (inch) 或 **p** (points)。如果使用大写的 **D**，则表示距离 *dist* 是地图上的距离，单位也应该从以下几个地理距离单位中选择：**e** (m), **f** (foot), **k** (km), **M** (mile), **n** (nautical mile), **u** (US survey foot), **d** (arc degree), **m** (arc minute), **s** (arc second)。

-W[*type*]*pen*[**+c**[**l**|**f**]] (more ···)

设置等值线的线型。默认情况下，有标注的等值线线型 *pen* 为 `0.75p,black`，无标注的等值线线型 *pen* 为 `0.25p,black`。如果要设置有标注的等值线线型，*type* 应该设置为 **a**，例如 `-Wa1.75p,red`。无标注的等值线线型，*type* 应该设置为 **c**，例如 `-Wc1.25p,red`。如果加上 **+cl**，则使用 **-C** 选项所指定的 CPT 文件为不同的等值线设置颜色；如果使用 **+cf**，则为标注设置颜色；使用 **+c** 则同时为等值线和标注设置颜色。

示例

使用数据文件 Table_5.11.txt，以 25 为间隔绘制等值线，以 50 为间隔标注：

```
gmt contour Table_5_11.txt -Wthin -C25 -A50 -B
```

只绘制并标注 750 和 800 两条等值线：

```
gmt contour Table_5_11.txt -A750,800 -W0.5p -B
```

使用 CPT 文件 temp.cpt 定义的间隔绘制等值线

```
gmt contour temp.xyz -R0/150/0/100 -Jx0.1i -Ctemp.cpt -W0.25p
```

18.11 coupe

官方文档

coupe

简介

绘制震源机制解的剖面图

meca 在绘制震源球时，本质上是取了一个水平剖面，并将三维震源球的下半球投影到该水平剖面上。而*coupe* 则更灵活一些，可以将三维震源球投影到任意一个剖面上（例如垂直平面）。

- 对于一个水平剖面，会将下半球投影到平面上（即*meca* 的做法）
- 对于一个垂直剖面，会将垂直平面**后方**的半球投影到平面上
- 对于任意一个非水平的平面而言：
  - 北方向为平面的最速下降方向
  - 东方向为平面的走向方向
  - 下方向则根据右手定则确定

语法

gmt coupe [*files*] **-J***parameters* **-R***region* **-A***parameters* **-S**<*format*><*scale*>[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-E***fill*] [**-F***mode*[*args*]] [**-G***fill*] [**-L***[pen]*] [**-M**] [**-N**] [**-Q**] [**-T***nplane*[/*pen*]] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W***pen*] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-Z***cpt*] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-p**flags] [**-t**transp] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必须选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

-A

以多种方式指定剖面

-Aa*lon1/lat1/lon2/lat2/[**+d*dip*][+**w***width*]

- *lon1/lat1* 剖面起点的经纬度
- *lon2/lat2* 剖面终点的经纬度
- *dip* 剖面所在平面的倾角 (0 表示水平剖面, 90 表示垂直剖面)
- *width* 剖面的宽度, 单位为 km (即剖面不是一个平面, 而是一个有厚度的长方体)

-Ab*lon1/lat1/strike/p_length/[**+d*dip*][+**w***width*]

- *lon1/lat1* 剖面起点的经纬度
- *strike* 是剖面的走向的方位角
- *p_length* 是剖面的长度, 单位 km
- 其他参数与 **-Aa** 相同

-Ac*x1/y1/x2/y2/[**+d*dip*][+**w***width*]

与 **-Aa** 选项相同, 只是 *x/y* 为笛卡尔坐标而不是地理坐标

-Ad*x1/y1/strike/p_length/[**+d*dip*][+**w***width*]

与 **-Ab** 选项相同, 只是 *x/y* 为笛卡尔坐标而不是地理坐标

-S<*format*><*scale*>[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

指定输入数据的格式、震源球大小等属性。

format 用于指定输入的震源机制解的格式。

scale 指定了 5 级地震 (地震矩为 4.0E23 dynes-cm) 的震源球的直径。默认情况下, 震源球的直径与震级大小成正比, 即实际直径为 *size* = M / 5 * *scale*。若使用 **-M** 选项, 则所有震源球大小相同。

每个震源球都可以有一个可选的标签。标签默认位于震源球的上方。

- +**f***font* 设置震源球标签的文本属性
- +**j***justify* 标签相对于震源球的位置 [默认为 **BC**, 即正上方]

- +o*dx*[/*dy*] 标签的额外偏移量

备注

请注意，下面的各个震源机制解格式中，设置新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 必须另外再加上 **-A** 选项后才可生效。

-Sa*scale*[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

Aki and Richards 约定的震源机制解格式。输入文件的具体格式为:

```
X  Y  depth  strike  dip  rake  mag  [newX  newY]  [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度，单位为 km
- *strike*、*dip*、*rake* 为断层的三个基本参数，单位为度
- *mag* 为地震震级
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处，指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

-Sc*scale*[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

Global CMT 约定的震源机制解格式。输入文件的具体格式为:

```
X Y depth strike1 dip1 rake1 strike2 dip2 rake2 mantissa exponent [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度，单位为 km
- 两组 *strike*、*dip*、*rake* 为两个断层面的基本参数
- *mantissa* 和 *exponent* 是地震标量矩的尾数和指数部分。例如，地震标量矩为 9.56e+26 dyne-cm，则 *mantissa*=9.56，*exponent*=26
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处，指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

-Sm|d|z*scale*[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

地震矩张量。输入数据格式为:

```
X Y depth mrr mtt mff mrt mrf mtf exp [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度，单位为 km
- *mrr* 等是地震矩的 6 个分量，单位是 10^{exp} dyne-cm
- *exp* 地震矩的指数部分。例如 *mrr*=2.5，*exp*=26 ，则真实 $mrr = 2.0e26$
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处，指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

地震矩张量可以分解成各向同性部分 (ISO)、双力偶部分 (DC) 和补偿线性向量偶极部分 (CLVD)。

- **m** 表示绘制完整的地震矩张量 (ISO+DC+CLVD)
- **d** 表示仅绘制地震矩的双力偶部分 (DC)

- **z** 表示仅绘制地震矩的各向异性部分 (DC+CLVD)

说明:

- 6 个分量使用的坐标系为 USE 坐标系, 与 Global CMT 的坐标系一致
- Global CMT 的矩张量解不包含各向同性部分, 因而 **-Sm** 和 **-Sz** 的效果相同。

-Sp*scale*[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

由两个断层平面的部分数据构成的机制解。输入数据格式为:

```
X Y depth strike1 dip1 strike2 fault mag [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度, 单位为 km
- *strike1* 和 *dip1* 平面 1 的断层参数, *strike2* 是平面 2 的断层参数
- *fault* 取-1 或 +1, 表示正断层和逆断层
- *mag* 地震震级
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处, 指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

-Sx|y|t*scale*[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

指定 T、N、P 轴的方位和大小。输入数据格式为:

```
X Y depth Tvalue Tazim Tplunge Nvalue Nazim Nplunge Pvalue Pazim Pplunge exp [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度, 单位为 km
- *Tvalue* 等 9 个量定义了 T、N、P 轴的大小和方向
- *exp* 是 *Tvalue* 等的指数部分
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处, 指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

地震矩张量可以分解成各向同性部分 (ISO)、双力偶部分 (DC) 和补偿线性向量偶极部分 (CLVD)。

- **x** 绘制完整的地震矩张量 (ISO+DC+CLVD)
- **y** 只绘制地震矩的双力偶部分 (DC)
- **t** 只绘制地震矩的各向异性部分 (DC+CVLD)

可选选项

-B*parameters* *(more …)*

设置底图边框和轴属性。

-E*fill*

扩张部分的填充色 [默认为白色]

-F*mode*[*args*]

设置多个属性, 可重复使用多次

-Fs*symbol*[*size*][+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

不绘制震源球, 仅绘制一个符号。

symbol 为符号类型, 可以选择 **c**|**d**|**i**|**s**|**t**|**x**, 符号的具体含义见*plot* 模块的 **-S** 选项。*size* 为符号大小。

输入数据的格式为:

```
longitude latitude depth [event_label]
```

若未指定 *size*, 则需要从输入数据的第四列读入符号大小, 其余列向后移动。

event_label 默认位于震源球上方。使用 **+f** 控制其字体, **+j** 控制其位置, **+o** 进一步控制其偏移量。

-Fa[*size*[/*Psymbol*[*Tsymbol*]]]

计算并在震源球上 P 轴和 T 轴处绘制符号。*size* 是符号大小; *Psymbol* 和 *Tsymbol* 符号可以取 **c**|**d**|**h**|**i**|**p**|**s**|**t**|**x**, 具体含义见*plot* **-S** 选项 [默认值为 6p/cc]

-Fe*fill*

设置 T 轴符号的填充色

-Fg*fill*

设置 P 轴符号的填充色

-Fp*pen*

设置 P 轴符号的画笔属性

-Ft*pen*

设置 T 轴符号的画笔属性

-Fr[*fill*]

在震源球标签后加一个方框 [默认填充色为白色]

-G*color*

指定压缩部分的填充色 [默认为黑色]

-L[*pen*]

设置震源球外部轮廓的线条属性

-M

所有震级使用相同的大小, 具体大小由 **-S** 选项的 *scale* 参数决定。

-N

地图区域外的震源球也要绘制, 默认不绘制。

-Q

默认会生成一些临时文件, 其中包含了剖面和剖面上的震源机制的信息, 供调试时使用。使用该选项, 则不会生成这些临时文件。

-T[*nplane*][/*pen*]

绘制断层平面。

nplanes 可以取:

- *0** 绘制两个断层面
- **1** 绘制第一个断层面
- **2** 绘制第二个断层面

pen 为画笔属性。

对于双力偶机制解而言, **-T** 选项只绘制震源球的圆周和断层平面, 不填充颜色; 对于非双力偶机制解而言, **-T0** 在震源球的基础上覆盖上透明的断层平面。

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more …)*
在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more …)*
设置 verbose 等级 [**w**]

-W[*pen*]
设置断层平面的画笔属性 [默认为 default,black,solid]

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more …)*
移动绘图原点

-Z*cpt*
指定 CPT 文件, 根据数据文件中第三列的值 (即地震深度) 确定震源球的压缩部分的颜色。

-di*nodata* *(more …)*
将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*
筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-h[**i**|**o**][*n*][**+c**][**+d**][**+m***segheader*][**+r***remark*][**+t***title*] *(more …)*
跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[**+l**][**+s***scale*][**+o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*
设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][**+w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][**+v***x0*/*y0*] *(more …)*
设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more …)*
设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-:[**i**|**o**] *(more …)*
交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**
显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*
临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

矩张量形式的震源机制解, 剖面的起点为 130E 43N, 终点为 140E 36N, 90 度剖面, 即垂直剖面。压缩部分为黑色。建议使用上 **-N**, 这样可以防止漏画:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin profile
gmt coupe -JX15c/-6c -Sd0.8 -Aa130/43/140/36+d90+r -Gblack -Q -N << EOF
131.55 41.48 579  1.14 -0.10 -1.04 -0.51 -2.21 -0.99 26 X Y
133.74 41.97 604  6.19 -1.14 -5.05 -0.72 -9.03 -4.24 25 X Y
135.52 37.64 432  0.95  0.11 -1.06 -0.20 -2.32  0.90 25 X Y
138.37 42.85 248 -2.49  3.40 -0.91  3.09  0.83 -3.64 25 X Y
EOF
gmt basemap -BWS -Byaf+l"Focal depth (km)" -Bxaf+l"Distance (km)"
gmt end show
```

相关模块

meca, *polar*, *basemap*, *plot*

18.12 dimfilter

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-07-16

官方文档

dimfilter

简介

在空间域对网格进行方向中值 (DIrectional Median, DIM) 滤波

dimfilter 对空间域 (或时间域) 中的网格滤波。该模块将滤波范围 (圆) 划分为多个扇区, 对每个扇区进行一级或者二级滤波, 并根据二级滤波选择最终的结果。这种划分多个扇区的做法与普通中值滤波的区别在于可以避免在具有一定倾斜趋势的区域中某些特征 (以对海底地形滤波为例, 特征可能为海山) 导致的中值偏离的情况。输出网格可以使用 **-R** 进行裁剪, 或者使用 **-I** 设置新的网格间隔; 裁剪可以避免边缘效应。**-Q** 选项用于误差分析模式并且输入文件中包含滤波深度。**dimfilter** 不会向其他滤波一样产生平滑的输出, 因为其返回 N 个扇区中的 N 个中值中的最小值。除非数据数据中无噪声, 否则输出结果可能很不平滑。因此, 通常建议对网格进行一次额外的滤波 (例如, 使用*grdfilter*)。

语法

gmt dimfilter *ingrid* **-D***0-4* **-Fx***width*[*modifier*] **-G***outgrid* **-Nx***sectors*[*modifier*] [**-L**] [**-Q**] [**-I***increment*] [**-R***region*] [**-T**] [**-V**[*level*]] [**-f**flags] [**-h**headers] [**--PAR**=*value*]

必选选项

ingrid[=*ID*|?*varname*][+**b***band*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*][+**s***scale*]

输入网格名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式 [默认为 =nf]; 追加?*varname* 可指定 NetCDF 变量 [默认为 GMT 找到的第一个 2-D 网格]。对网格追加子选项可进行额外设置:

- +**b** 选取一个波段 *band* (仅用于图片) [默认为 0]
- +**d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- +**n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- +**o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset* [默认为 0]
- +**s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale* [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前。

-D*flag*

距离 *flag* 用来设置滤波相关的宽度的单位和类型等信息:

- *flag* = 0 : 网格 (x,y) 的单位和 *width* 相同, 使用笛卡尔距离
- *flag* = 1 : 网格 (x,y) 的单位为度, *width* 单位为千米, 使用笛卡尔距离
- *flag* = 2 : 网格 (x,y) 的单位为度, *width* 单位为千米, dx 乘以 cos(lat), lat 为所有纬度中值, 使用笛卡尔距离

上述计算都狠快, 因为只需计算一次权重矩阵。下面的三个选项相对较慢, 因为对于每个纬度都需重新计算权重矩阵

- *flag* = 3 : 网格 (x,y) 的单位为度, *width* 单位为千米, dx 乘以 cos(lat), lat 为对应的纬度, 使用笛卡尔距离
- *flag* = 4 : 网格 (x,y) 的单位为度, *width* 单位为千米, 使用球面距离计

-Fx*width*[+**l**|**u**]

设置一级滤波类型, 可从卷积和非卷积滤波中选择。**x** 为滤波类型代码, 后面的 *width* 为滤波直径。

其中卷积滤波对应的代码包括:

- **b** : Boxcar, 即滤波窗口内所有点等权
- **c** : Cosine Arch, 滤波窗口内的权中为 Cosin 曲线
- **g** : Gaussion, 权重通过高斯函数给出

非卷积滤波对应的代码包括:

- **m** : Median, 返回中值
- **p** : Maximum likelihood probability (一种众数估计), 返回众数; 如果存在多个众数, 则返回其平均数。追加 +**l** 和 +**u** 可分别选择多个众数中的最小值和最大值

-Nx*sectors*[+**l**|**u**]

设置二级滤波类型, 以及扇区的个数 *sectors* , 扇区个数必须为整数并大于 0; 当扇区格式为 0 时, 则不使用二级滤波。

其中滤波对应的代码包括:

- **l**：返回最小值
- **u**：返回最大值
- **a**：返回平均值
- **m**：Median, 返回中值;
- **p**：Maximum likelihood probability（一种众数估计), 返回众数; 如果存在多个众数, 则返回其平均数。追加 **+l** 和 **+u** 可分别选择多个众数中的最小值和最大值

-G*outgrid*[=*ID*][**+d***divisor*][**+n***invalid*][**+o***offset*|**a**][**+s***scale*|**a**][:*driver*[*dataType*][**+c***options*]]

输出网格文件名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式。对网格追加子选项可进行额外设置:

- **+d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- **+n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- **+o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset*, 或使用 **a** 自动对值进行调整以保证整数网格的精度 [默认为 0]
- **+s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale*, 或使用 **a** 自动对网格缩放以保证整数网格的精度 [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前; **+sa** 将会同时设置 **+oa**。如果需使用 GDAL 指定网格格式, 则 *ID* 应设置为 *gd*, 并指定:*driver* 和可选的数据类型 *dataType*, 以及 **+c***options* 选项传递给 GDAL 的 **-co** 选项。

可选选项

-I*xinc*[**+e**|**n**][/*yinc*[**+e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-L

使用此选项将 dim.template.sh 脚本内容写到标准输出, 不与其他选项组合使用

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-T

转换输出网格的配准方式, 使其与输入网格相反

-Q

该模式输入数据不是常见的网格格式, 而是*grd2xyz* 的 **-Z** 选项输出的形式作为输入。使用该模式输出的

结果为均值, MAD 以及中值, 可用于进一步的误差分析, 可见脚本模版

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

地理坐标和时间坐标

当输出文件为 netCDF 格式时, 根据输入数据、网格或者 **-f** 以及 **-R** 选项, 会自动将输出坐标命名为 "longitute", "lattitude" 或者 "time"。例如: **-f0x -f1t** 和 **-R**90w/90e/0t/3t 都会生成 longitude/time 网格。当 x, y 或者 z 坐标为时间时, 在网格中将会存储为相对时间, 其相对于*TIME_EPOCH* 和*TIME_UNIT* 指定的历元。其中时间变量的单位属性将会默认与上述两个参数一致。

示例

远程文件 @earth_relief_05m 是一个 5 分分辨率的测深网格, 对其使用 300 km 半径的中值滤波, 设定范围为 150E ~ 250E, 10N ~ 40N, 输出结果分辨率为 0.5 度。为了防止中值被地形坡度影响, 将滤波窗口划分为 6 个扇形, 从 6 个扇形中的中值中选择最小值, 使用球面距离计算

```
gmt dimfilter @earth_relief_05m -Gfiltered_pacific.nc -Fm600 -D4 -N16 -R150/250/10/40 -I0.5 -V
```

假定文件 cape_verde.nc 是一个范围为 32W ~ 15W, 8N ~ 25N, 分辨率为 0.5 分才到测深文件, 如果要去除该文件中的小尺度特征以观察 swell, 为防止边缘效应的影响, 将输出结果限定为 27.5W ~ 20.5W, 12.5N ~ 19.5N, 分辨率为 2 分。使用笛卡尔距离计算

```
gmt dimfilter cape_verde.nc -Gt.nc -Fm220 -N18 -D2 -R-27.5/-20.5/12.5/19.5 -I2m -V
gmt grdfilter t.nc -Gcape_swell.nc -Fg50 -D2 -V
```

假定对某一区域的测深文件进行一系列的滤波, 结果为 fxxx.nc, 其中 xxx 表示滤波半径, 可对这一系列文件进行趋势分析, 并得到每个点的 MAD(median absolute devuation)

```
gmt grd2xyz f100.nc -Z > f100.txt
gmt grd2xyz f110.nc -Z > f110.txt
gmt grd2xyz f120.nc -Z > f120.txt
gmt grd2xyz f130.nc -Z > f130.txt
paste f100.txt f110.txt f120.txt f130.txt > depths.txt
gmt dimfilter depths.txt -Q > output.z
```

上述 **paste** 为 Unix/Linux 命令, 用于在水平方向合并多个文件。

注意事项

当输入为地理坐标网格时, 卷积滤波都会对滤波权重进行归一化, 以使用滤波窗口大小的随纬度的变化。并能在跨越 360 度或者包含极点时进行正确的处理。但是非卷积滤波器, 不使用权重, 因此只能在笛卡尔坐标网格使用。如果要使用这些滤波, 则应先进行投影后使用。

脚本模版

dim.template.sh 是一个脚本框架, 可在其中进行完整的 dim 分析, 包括 MAD 分析, 通过 **-L** 选项可以获取。

参考文献

Kim, S.-S., and Wessel, P. (2008), Directional Median Filtering for Regional-Residual Separation of Bathymetry, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **9**, Q03005, https://doi.org/10.1029/2007GC001850.

相关模块

grdfilter

18.13 docs

官方文档
: docs

简介
: 打开指定模块的 GMT 官方 HTML 文档

docs 用系统默认浏览器打开指定模块的 HTML 文档。若本地存在 HTML 文档, 则优先使用本地文档; 否则则打开 GMT 文档网站。除了可以指定模块外, 还支持打开一些常用的文档页面 (下面会详细列出)。

语法

gmt docs [**-Q**] [**-S**] [**-V**[*level*]] *module-name* [*-option*]

必须参数

module-name
: 要查看文档的模块名。

  除了模块名之外, 还支持几个特殊的页面:

  - **gmt**: 打开 GMT 命令的说明文档
  - **api**: 打开 GMT API 手册
  - **colors**: 打开 GMT 颜色列表文档
  - **cookbook**: 打开 GMT 参考手册
  - **data**: 打开 GMT 数据集页面
  - **gallery**: 打开 GMT 图库
  - **home**: 打开 GMT 文档手册
  - **settings**: 打开 GMT 配置参数文档
  - **tutorial**: 打开 GMT 入门教程
  - **forum**: 打开 GMT 官方论坛网站
  - **website**: 打开 GMT 官方网站

可选选项

-Q

仅显示文档的网页链接而不打开文档, 适用于没有安装图形界面的服务器。若使用该选项, 则其必须是 **docs** 的第一个选项。

-S

docs 默认优先打开本地文档, 若本地文档不存在, 则打开 GMT 文档网站。该选项强制 **docs** 使用浏览器打开 GMT 文档网站上的网页。

-*option*

指定选项 (例如 **-R**), 则 **docs** 会打开模块文档并定位到模块文档的该选项处。

注意, 该功能对本地文档无效, 因而当使用该功能时 GMT 会默认添加 **-S** 选项以打开远程文档。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

示例

查看*grdimage* 的文档:

```
gmt docs grdimage
```

查看*grdimage* 的文档链接:

```
gmt docs -Q grdimage
```

查看*grdimage* 在 GMT 文档网站上的链接:

```
gmt docs -Q -S grdimage
```

查看*coast* 的 **-B** 选项:

```
gmt docs coast -B
```

查看 GMT 配置参数列表:

```
gmt docs settings
```

查看图库:

```
gmt docs gallery
```

相关模块

begin, *clear*, *end*, *figure*, *inset*, *subplot*, *gmt*

18.14 end

官方文档

end

简介

结束现代模式会话, 生成并显示图片

end 模块用于结束由 **begin** 模块创建的 GMT 当前会话, 并在当前目录生成指定格式的图片文件, 还支持使用系统默认图片阅读器自动打开生成的图片。

语法

gmt end [**show**] [**-V**[*level*]]

可选参数

show

用系统默认图片阅读器自动打开所有当前会话生成的图片文件。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

示例

用 **begin** 创建一个会话, 绘图, 并用 **end** 结束当前会话:

```
gmt begin
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

禁用自动显示

对于单行模式的命令以及以 **gmt end show** 结尾的脚本, GMT 会自动显示生成的图片。如果想不修改脚本但禁用自动显示图片, 则可以设置为环境变量 **GMT_END_SHOW** 为 **off**。

相关模块

begin, *clear*, *docs*, *figure*, *inset*, *subplot*, *gmt*

18.15 figure

官方文档

figure

简介

设置当前图片的属性

一个 GMT 现代模式会话下可以绘制一张或多张图件。对于一个会话中绘制多张图件的情况, **figure** 模块可以指定当前图件的文件名和格式。

该模块必须在你开始向当前图件绘图之前执行, 且每次调用 **figure** 模块都会开启一张新的图件。你也可以再次使用 **figure** 模块在多个图件之间来回切换, 但此时不能再指定 *formats* 或 *options* 等选项。一个会话中的每张图都有各自的历史记录和配置参数, 因而不同图之间的 **-R** 和 **-J** 选项等信息不会出现错乱。

语法

gmt figure *prefix* [*formats*] [*options*] [**-V**[*level*]]

必须选项

prefix

图片文件名前缀, 默认值为 **gmtsession**。图片文件名后缀由 *formats* 自动决定。

> **备注**
>
> 文件名中应尽量避免出现空格。若存在空格, 则文件名必须用单引号括起来。

可选选项

formats

图片文件格式。多个格式之间可以用逗号分开。默认图片格式为 **pdf**, 由参数*GMT_GRAPHICS_FORMAT* 控制。

GMT 支持输出如下矢量图片格式:

- `pdf`: Portable Document Format [默认格式]
- `ps`: Plain PostScript
- `eps`: Encapsulated PostScript

GMT 支持输出如下位图图片格式:

- `bmp`: Microsoft Bit Map
- `jpg`: Joint Photographic Experts Group Format
- `png`: Portable Network Graphics (不透明背景)
- `PNG`: Portable Network Graphics (透明背景)
- `ppm`: Portable Pixel Map

- `tif`: Tagged Image Format File

options

GMT 现代模式本质上是先生成 PS 文件, 再通过调用*psconvert* 自动转换成用户指定的图片格式。此处可以设置要传递给模块*psconvert* 的选项, 多个选项之间用逗号分隔。

默认值为 **A**, 表示将 **-A** 选项传给*psconvert*。

其他可选的选项包括:

- **A**[*args*]: 裁剪图片
- **C***args*: 额外传递给 Ghostscript 的选项
- **D***dir*: 指定图片的输出目录
- **E***dpi*: 设置图片分辨率
- **H***factor*: 对图片做平滑以避免混叠
- **M***args*: 为当前图片叠加前景图片或背景图片
- **Q***args*: 设置图像和文本的抗锯齿选项
- **S** : 把 Ghostscript 命令输出到标准错误输出, 且不删除所有中间文件

详细解释见*psconvert* 的说明文档。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

PS 文件注意事项

如果用户想要输出 PS 格式的图片, 则应额外留意画布尺寸。对于其他图片格式而言, GMT 默认使用无穷大 (10 米 x10 米) 的画布。而对于 PS 格式而言, GMT 则默认使用 A4 大小的画布。若用户绘制的图片超过 A4 纸张的大小, 则可能会造成显示不完全。针对这种情况, 建议用户修改参数*PS_MEDIA* 以显式指定纸张大小。例如:

```
gmt begin
gmt figure map ps
gmt set PS_MEDIA A3
gmt ...
gmt end show
```

示例

在当前的现代模式下开启一个新绘图, 图片名为 Regional, 格式为 PDF 和 EPS 格式:

```
gmt begin
gmt figure Regional pdf,eps
gmt ...
gmt end show
```

开启一个新绘图, 名为 GlobalMap, 图片格式为 JPEG, 并对图片进行裁剪, 四边均保留 1 厘米的空白:

```
gmt begin
gmt figure GlobalMap jpg I+m1c
gmt ...
gmt end show
```

在一个会话中绘制两张图, 并在两张图之间来回切换:

```
gmt begin

# 在 Fig1 中绘制
gmt figure Fig1 png
gmt ...

# 在 Fig2 中绘制
gmt figure Fig2 png
gmt ...

# 切换回 Fig1
gmt figure Fig1
gmt ...

# 切换回 Fig2
gmt figure Fig2
gmt ...

gmt end show
```

技术细节

如果你在为 GMT 设计外部接口并且你不希望在会话结束时自动转换并生成图片, 你可以指定图片文件名或图片格式为 -。

相关模块

begin, *clear*, *docs*, *end*, *inset*, *subplot*, *gmt*

18.16 filter1d

官方文档

filter1d

简介

对 1D 表数据做时间域滤波

filter1d 用于对多列时间序列数据做时间域滤波。用户需要指定哪一列数据代表时间 (即自变量)。若输入的时间序列是等间隔且无间断或 outliers 则滤波速度较快。对于有间断的不等间隔数据, 需要使用 **-L -Q** 或 **-S** 选项。

对于空间序列数据, 提供了一个选项用于计算沿着测线的距离, 并以此作为滤波的自变量。

语法

gmt filter1d [*table*] **-F***type*<*width*>[*modifier*] [**-D***increment*] [**-E**] [**-L***lack_width*] [**-N***t_col*] [**-Q***q_factor*] [**-S***symmetry_factor*] [**-T**[*min/max/*]*inc*[**+e**|**+a**|**n**] |**-T***file*|*list*] [**-V**[*level*]] [**-b**binary] [**-d**nodata[**+c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-j**flags] [**-o**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-Ftype*width*[*modifier*]

设置滤波器类型

滤波器分为两大类, 卷积滤波器和非卷积滤波器。*type* 用于指定滤波器类型, *width* 指定滤波器宽度 (单位与时间数据相同)。

对于卷积滤波器, *type* 可以取:

- **b** Boxcar: 所有权重相同
- **c** Cosine Arch: 权重为 cosine 曲线
- **g** Gaussian: 权重为高斯函数
- **f** Custom: 不指定 *width* 而是给定一个含单列数据的文件, 以指定权重系数

对于非卷积滤波器, *type* 可以取:

- **m** Median: 返回中位数
- **p** Maximum likelihood probability (a mode estimator): Return modal value. If more than one mode is found we return their average value. Append - or + to the filter width if you rather want to return the smallest or largest of the modal values.
- **l** Lower: 返回所有值中的最小值
- **L** Lower: 返回所有正值中的最小值
- **u** Upper: 返回所有值中的最大值
- **U** Upper: 返回所有负值中的最大值

大写的 **B**|**C**|**G**|**M**|**P**|**F** 会使用健壮滤波器。即在滤波时会将 outliers 替换为中位数。outliers 定义为偏离中位数 2.5 倍的 L1 sacle (1.4826 倍的 Median absolute deviation)。

对于 **L**|**U** 可能会出现没有数据大于或小于 0, 此时滤波器会返回 0.0。

该模块默认对数据进行低通滤波, 加上 **+h** 选项则对数据进行高通滤波。

选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-D*increment*

当输入的时间序列是不等间隔采样时, 需要使用该选项设置输出数据的分辨率 *increment*。所有横坐标 (时间) 都会被 rounded off 到 *increment* 的整数倍。当然, 也可以使用*sample1d* 对时间序列做重采样。

-E

输出时间序列的首尾端数据。默认情况下, 首尾两端都会丢失半滤波器宽度的数据点

-L*lack_width*

检查数据间断。若输入数据存在超过 *lack_width* 的间断, 则该数据点不输出值。

-N*t_col*

指定哪一列数据包含自变量（即时间）。默认值为 0，即第一列。

-Q*q_factor*

通过检查卷积过程中的平均权重以评估输出值的质量因子。

q_factor 的取值为 0 到 1，若某点的卷积的平均权重小于 *q_factor* 则不输出该点。

-S*symmetry_factor*

检查数据关于时间窗中心的对称性。

symmetry_factor 的取值范围为 0 到 1。若 ((abs(n_left - n_right)) / (n_left + n_right)) > factor，则该点不输出值。

-T[*min/max/*]*inc*[**+e**|**+a**|**n**] |**-T***file*|*list*

生成时间序列

生成从 *min* 到 *max* 间隔为 *inc* 的等间隔数列。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata (more ···)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN，或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo (more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[**+n**|**p**] *(more ···)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][**+c**][**+d**][**+m***segheader*][**+r***remark*][**+t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[**+l**][**+s***scale*][**+o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换（0 表示第一列，**t** 表示文本列）

-je|**f**|**g** *(more ···)*

设置球面距离的计算方式

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输出数据列（0 表示第一列，**t** 表示文本列）

-:[**i**|**o**] *(more ···)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

相关模块

gmt , *sample1d*, *gmtsplit*

18.17 fitcircle

官方文档

fitcircle

简介

拟合球面上数据点的平均位置及圆弧

该命令从输入数据的前两列读取经纬度数据, 将其转换为单位球面上的笛卡尔三维矢量, 然后计算输入坐标数据的平均位置以及可以拟合这些坐标点的大圆路径的 pole。

必选选项

table

输入数据

-L*norm*

- `-L1` 解法 1
- `-L2` 解法 2
- `-L` 或 `-L3` 同时输出解法 1 和解法 2 的结果

在计算输入坐标的均值和大圆弧 pole 时有两种计算方法, 分别用 `-L1` 和 `-L2` 表示。当数据沿着某个大圆弧且距离接近时, 两组解结果相似。若数据较分散, 则大圆弧的 pole 要比均值不精确得多。此时可以比较两组结果以作为相互的验证。

The **-L1** solution is so called because it approximates the minimization of the sum of absolute values of cosines of angular distances. This solution finds the mean position as the Fisher average of the data, and the pole position as the Fisher average of the cross-products between the mean and the data. Averaging cross-products gives weight to points in proportion to their distance from the mean, analogous to the "leverage" of distant points in linear regression in the plane.

The **-L2** solution is so called because it approximates the minimization of the sum of squares of cosines of angular distances. It creates a 3 by 3 matrix of sums of squares of components of the data vectors. The eigenvectors of this matrix give the mean and pole locations. This method may be more subject to roundoff errors when there are thousands of data. The pole is given by the eigenvector corresponding to the smallest eigenvalue; it is the least-well represented factor in the data and is not easily estimated by either method.

选项

-Ff|m|n|s|c

控制输出格式。

正常情况下, 该命令会将计算结果以较复杂的形式输出。使用 `-F` 选项, 则只返回简单的坐标。`-F` 后可以加上其他修饰符以指定要返回的坐标:

- `f` Flat Earth mean location
- `m` mean location
- `n` north pole of great circle
- `s` south pole of great circle
- `c` pole of small circle and its colatitude, which requires `-S`

-S*lat*

拟合小圆弧而不是大圆弧

The pole will be constrained to lie on the great circle connecting the pole of the best-fit great circle and the mean location of the data. Optionally append the desired fixed latitude of the small circle [Default will determine the latitude].

示例

如下命令, 用两种计算方法拟合了数据的大圆弧路径和小圆弧路径, 并借助*project* 生成路径坐标。

```
#!/usr/bin/env bash
# test/fitcircle/circles.sh
#
# Tests gmt fitcircle on spherical data points

ps=fitcircle_ex1.ps

# Fit great circle to red points and small circle to green points
# Plot the best-fitting great and small circles as well as the
# location of the mean locations and pole locations for both
# the -L1 and -L2 options (i.e., -L3).

gmt fitcircle gcircle.txt -L3 > g.txt
gmt fitcircle scircle.txt -L3 -S > s.txt
gpole1=`grep "L1 N Hemisphere" g.txt | gawk '{printf "%s/%s\n", $1, $2}'`
gpole2=`grep "L2 N Hemisphere" g.txt | gawk '{printf "%s/%s\n", $1, $2}'`
spole1=`grep "L1 Small Circle Pole" s.txt | gawk '{printf "%s/%s\n", $1, $2}'`
spole2=`grep "L2 Small Circle Pole" s.txt | gawk '{printf "%s/%s\n", $1, $2}'`
slat1=`grep "L1 Small Circle" s.txt | gawk '{print 90-$NF}'`
slat2=`grep "L2 Small Circle" s.txt | gawk '{print 90-$NF}'`
gmt psxy -Rg -JG-30/40/7i -P -Bg -K gcircle.txt -Sc0.04i -Gred -Xc -Yc > $ps
gmt psxy -R -J -O -K scircle.txt -Sc0.04i -Ggreen >> $ps
gmt project -G1 -T$gpole1 -L-180/180 | gmt psxy -R -J -O -K -W3p >> $ps
gmt project -G1 -T$gpole2 -L-180/180 | gmt psxy -R -J -O -K -W1p,- >> $ps
gmt project -G1/$slat1 -T$spole1 -L-180/180 | gmt psxy -R -J -O -K -W3p >> $ps
gmt project -G1/$slat2 -T$spole2 -L-180/180 | gmt psxy -R -J -O -K -W1p,- >> $ps
grep "Great Circle Pole" g.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Gred -W0.25p >> $ps
grep "Small Circle Pole" s.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Ggreen -W0.25p >> $ps
grep "L1 Average" g.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Gyellow -W0.25p >> $ps
grep "L2 Average" g.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Gyellow -W0.25p >> $ps
grep "L1 Average" s.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Gyellow -W0.25p >> $ps
grep "L2 Average" s.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Gyellow -W0.25p >> $ps
gmt psxy -R -J -O -T >> $ps
rm g.txt s.txt gmt.*
```

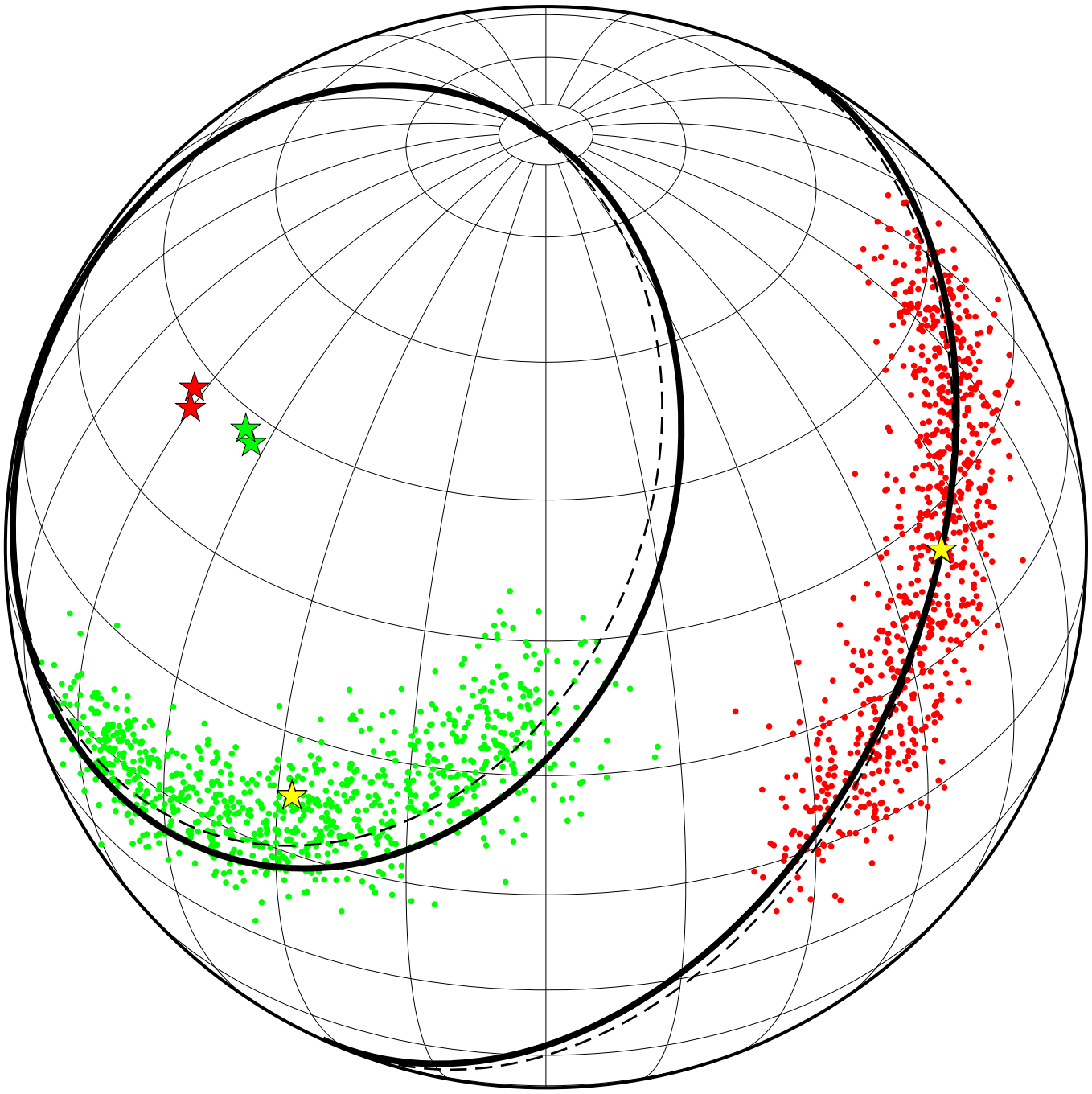


图 3: fitcircle 示例

18.18 gmt

官方文档

gmt

说明

GMT 主程序

GMT 的数据处理和绘图功能均通过使用 **gmt** 调用相应模块来实现，其基本语法为：

gmt *module module-options*

其中 *module* 是 GMT 模块名，*module-options* 是模块所支持的选项。

除了调用模块外，GMT 还有自己的一些选项可以使用：

- **gmt --help**：列出 GMT 提供的所有模块名及其功能
- **gmt --new-script**[=*L*]：生成现代模式模板脚本。默认会根据当前 Shell 环境确定脚本语言，用户也可以

自行指定脚本语言 *L*（可以取 **bash**、**csh** 或 **batch**）

- **gmt --show-bindir**: 显示 GMT 的 bin 目录
- **gmt --show-citation**: 显示 GMT 的参考文献引用信息
- **gmt --show-cores**: 显示当前计算机可以使用的核数
- **gmt --show-datadir**: 显示 GMT 的数据目录, 默认为空
- **gmt --show-dataserver**: 显示 GMT 远程数据服务器的网址
- **gmt --show-doi**: 显示当前版本的 DOI
- **gmt --show-library**: 显示 GMT 共享库文件的路径
- **gmt --show-modules**: 列出 GMT 的所有模块名
- **gmt --show-plugindir**: 显示 GMT 的插件目录
- **gmt --show-sharedir**: 显示 GMT 的 share 目录
- **gmt --version**: 显示 GMT 版本
- **gmt** *module* **=**: 检测模块 *module* 是否存在, 若存在则返回 0, 否则返回非零值

示例

使用 **gmt --new-script** 会根据用户当前使用的 SHELL 环境生成对应的模板脚本。例如, 在 Bash 环境下可以使用如下命令生成模板脚本:

```
gmt --new-script > plot.sh
```

在 Windows DOS 下默认会生成 batch 脚本。可以直接指定要生成某种脚本语言的模板:

```
gmt --new-script=bash > plot.sh
```

18.19 gmt-config

gmt-config 是 GMT 的 bin 目录下的一个 bash 脚本, 主要用于返回 GMT 编译安装过程中的相关信息, 以供其他开发者使用。

语法

gmt-config [*options*]

可选选项

--help
显示此帮助信息并退出

--all
显示全部选项的值

--bits
库文件是 32 位还是 64 位

--cc
编译过程中使用的 C 编译器

--cflags
C 预处理器和编译器的 CFLAGS, 例如 `-I/opt/GMT/include/gmt`

--datadir
GMT 数据目录, 默认为空

--dataserver
GMT 数据服务器网址
--dcw
DCW 数据的位置 (可能为空)
--dep-libs
GMT 函数库依赖的其它函数库
--gshhg
GSHHG 数据的位置
--has-fftw
编译过程中是否链接了 FFTW
--has-gdal
编译过程中是否链接了 GDAL
--has-pcre
编译过程中是否链接了 PCRE
--has-lapack
编译过程中是否链接了 LAPACK
--has-openmp
编译过程中是否开启了 OpenMP 支持
--includedir
include 目录所在位置
--libdir
library 目录所在位置
--libs
链接 GMT 函数库所需的信息, 例如 `-L/opt/GMT/lib64 -lgmt`
--plugindir
GMT 插件目录
--prefix
GMT 安装目录
--version
GMT 版本

18.20 gmtbinstats

官方文档
gmtbinstats
简介
对落入网格节点内的空间数据进行统计

gmtbinstats 将表数据放到网格中, 对给定半径的每个节点的数据进行统计, 例如: 面积归一化, 密度估计等操作。网格的节点可以为矩形或六边形。

语法

gmt gmtbinstats [*table*] **-G***outgrid* **-I***increment* **-Ca**|**d**|**g**|**i**|**l**|**L**|**m**|**n**|**o**|**p**|**q**[*quant*]|**r**|**s**|**u**|**U**|**z** **-R***region* **-S***search_radius* [**-E***empty*] [**-N**] [**-T**[**h**|**r**]] [**-V**[*level*]] [**-W**[+**s**]] [**-a**flags] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-n**flags] [**-qi**flags] [**-r**reg] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

2-4 列的表数据, 当包含第四列时, 其为权重, 必须使用 **-W** 选项来表明数据带权。**-Cn** 将会只接收两列数据。

-Ca|**d**|**g**|**i**|**l**|**L**|**m**|**n**|**o**|**p**|**q**[*quant*]|**r**|**s**|**u**|**U**|**z**

对每个网格节点进行数据统计, 下面将展示各选项含义:

- **a** 均值
- **d** 绝对中位差 (median absolute deviation, MAD)
- **g** 数据范围 (max-min)
- **i** 25-75% 的四分位数范围
- **l** 最小值
- **L** 最小的正值
- **m** 中位数
- **n** 数据个数
- **o** for LMS scale,
- **p** for mode (maximum likelihood)
- **q** *quant* 分位数, 0 <= *quant* <= 100, 默认值为 50
- **r** RMS
- **s** STD
- **u** 最大值
- **U** 最大的负值
- **z** 求和

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*] [+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**] [:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格名。各子选项含义见 网格文件

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选参数

-E*empty*

设置空节点值为 *empty* , 默认为 NaN

-N

以节点的面积对节点值进行归一化

-S*search_radius*

设置搜索范围, 可追加单位。使用此选项时不能使用 **-T** 选项

-T[**h**|**r**]

设置网格节点形状:

- **h** 六边形, 仅适用于笛卡尔坐标。将六边形的中心和统计结果写到标准输出或 **-G** 指定的文件中; **-I** 设置仅针对 Y 坐标的增量, X 方向增量会自动计算, **-R** 设定的范围会被调整以适应整数个六边形
- **r** 矩形, 使用 **-I** 可设置该矩形大小, 将计算结果写到 **-G** 指定的网格中

-W[**+s**]

加权计算统计量, 使用该选项计数将变为权重的和而不是数据的个数。如果权重是由不确定度(一倍中误差 sigma) 决定的, 使用 **+s** 选项可计算权重 weight = 1/sigma

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-a*col*=*name*[,···] *(more ···)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more ···)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[**+n**|**p**] *(more ···)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][**+c**][**+d**][**+m***segheader*][**+r***remark*][**+t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[**+l**][**+s***scale*][**+o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*
　　筛选输入的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more …)*
　　设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-wy|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*
　　将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*
　　交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**
　　显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**
　　显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数
　　显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*
　　临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j 选项*。

示例

远程文件 `capitals.gmt` 中包含了人口数据, 在 5 度分辨率的网格中, 统计半径 1000 km 内的人口, 使用默认投影和颜色绘制网格

```
gmt begin map
gmt gmtbinstats @capitals.gmt -a2=population -Rg -I5 -Cz -Gpop.nc -S1000k
    gmt grdimage pop.nc -B
gmt end show
```

对文件 `mydata.txt` 中的数据进行六边形网格的分选, 计算每个节点中点的个数

```
gmt gmtbinstats mydata.txt -R0/5/0/3 -I1 -Th -Cn > counts.txt
```

相关模块

blockmean, blockmedian, blockmode, *nearneighbor*, *triangulate*, *xyz2grd*

18.21 gmtconnect

官方文档
　　gmtconnect

简介
　　将端点接近的线段连接起来

该命令会读入一个或多个多段数据, 并检查所有线段的两个端点。若某对端点完全相同或者二者的距离在可容忍的范围内, 则将两段线段连接成一条线段。该进程会一直重复, 直到剩余的端点均不在可容忍的范围内。最

终连接得到的线段会被写到终端或特定的输出文件中。

若不清楚该如何确定可容忍范围值, 可以使用 `-L` 选项, 获得所有端点之间的距离的列表, 通过分析该列表来得到合适的值。

选项

-C[*closed*]

将所有闭合多边形写到文件 *closed*（默认文件名为 `gmtconnect_closed.txt` ）i 中并将其他数据段写到标准输出。

使用该选项不会对线段做连接。

-D[*template*]

对于多段数据文件, 将每段数据分别输出到不同的数据文件中。

template 是文件名的模板, 该模板中必须包含一个整型参数的格式, 比如 `%d` 或 `%08d` , 也可以在整型参数格式前加上字符参数格式 `%c` , 实际输出时会被 C 或 O 代替, 分别表示 closed 和 open。

默认的模板为 `gmtconnect_segment_%d.txt` 。

-L[*linkfile*]

将连接信息写到指定的文件中, 默认文件名为 `gmtconnect_link.txt` 。

对于每段数据而言, 会写入原始的数据段 ID; 对于线段的起始点和终点而言, 会报告离得最近的线段的 ID, 以及两个线段端点之间的距离。

-Q[*template*]

Used with **-D** to a list file with the names of the individual output files. Optionally, append a filename template for the individual file names; this template **may** contain a C format specifier that can format an character (C or O for closed or open, respectively). [Default is gmtconnect_list.txt].

-T[*cutoff*[+**s***sdist*]]

Specifies the separation tolerance in the data coordinate units [0]; append distance unit (see UNITS). If two lines has end-points that are closer than this cutoff they will be joined. Optionally, append */nn_dist* which adds the requirement that a link will only be made if the second closest connection exceeds the *nn_dist*. The latter distance must be given in the same units as *cutoff*. However, if no arguments are given then we close every polygon regardless of the gap between first and last point.

示例

```
gmt connect segment_*.txt -Tf0.1 > new_segments.txt
```

```
gmt connect my_lines.txt -T150e -DMap_segment_%04d.dat
```

18.22 gmtconvert

贡献者
周茂
最近更新日期
2022-06-30

官方文档
gmtconvert
简介
对表数据进行格式转换, 粘贴以及提取列等操作

convert 模块读取文件 (或从标准输入读取) 并将所需信息输出到标准输出。该模块可完成如下任务及其组合:

1. 在二进制数据和 ASCII 数据之间转换
2. 将多个文件中的数据记录在水平方向合并 (类似于类 Unix 系统下的 paste 命令)
3. 提取某些列
4. 在多段数据记录中, 根据头段信息的匹配结果提取数据记录
5. 只列出段头信息, 不显示数据记录
6. 提取每个数据段的第一个和/或最后一个数据记录
7. 将输出数据记录进行反转
8. 仅输出段编号的范围
9. 根据数据段中数据记录个数输出相匹配的段

输入以及输出都可能包含多个头部信息。

语法

gmt convert [*table*] [**-A**] [**-C**[+**l***min*][+**u***max*][+**i**]] [**-D**[*template*[+**o***orig*]]] [**-E**[**f**|**l**|**m**|**M***stride*]] [**-F**[**c**|**n**|**p**|**v**][**a**|**t**|**s**|**r**|*refpoint*]] [**-I**[**tsr**]] [**-L**] [**-N***col*[+**a**|**d**]] [**-Q**[~]*selection*] [**-S**[~] "*search string*" |+**f**|*file*[+**e**] | **-S**[~]/*regexp*/[**i**][+**e**]] [**-T**[**h**][**d**[[~]*selection*]]] [**-V**[*level*]] [**-W**[+**n**]] [**-a**flags] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

可选选项

-A

对输入输出进行水平合并 [默认使用垂直合并]。所有文件的数据段数以及每个数据段内的行数必须是相同的。对于二进制文件输入, 则所有文件必须具有相同的列数; 对于 ASCII 文件输入, 则数据列数可以不同。

-C[**+l***min*][**+u***max*][**+i**]

仅输出记录数与给定条件匹配的数据段。以下的子选项含义分别为:

- **+l***min* 数据段中的数据个数大于 *min* [默认为 0]
- **+u***max* 数据段中的数据个数小于 *max* [默认为无穷大]
- **+i** 对选择进行反转

-D[*template*[**+o***orig*]]

对于多段数据, 将每个段输出到一个单独的文件中 [默认输出到一个单独的文件]。*template* 为输出文件的格式模版, 该模版由 C 语言格式定义: %d 为整数, %08d 为 8 位整数, 位数不够则在前面补 0。默认输出模版为 gmtconvert_segment_%d.{txt|bin}。**+o***orig* 表示从 *orig* 开始编号而不是从 0 开始编号。或者可以使用带有两个 C 语言格式说明符的模版, 分别为表数据的编号以及段数据的编号。**+o***torig*/*sorig* 则用来设置表数据和段数据编号的起始值。

-E[**f**|**l**|**m**|**M***stride*]

仅提取选定的数据段的第一条和最后一条数据记录 [默认输出所有记录]。

- **f** 只提取第一条数据记录
- **l** 只提取最后一条数据记录
- **m***stride* 表示每 *stride* 个提取一个数据, 如果为 **M** , 则还包括最后一个数据记录

-F[**c**|**n**|**p**|**v**][**a**|**t**|**s**|**r**|*refpoint*]

改变点的连接方式以及数据分组的方式。点的连接方式分为:

- **c** 每组数据都形成连续的线作为单独的数据段 [默认]
- **p** 在每组数据中以参考点和每个点组成单独的线段
- **n** 将每组数据中的点都互相连接构成网
- **v** 将每组数据中的点构成向量, 以方便*plot* **-Sv+s** 选项使用

数据分组的方式包括:

- **a** 忽略所有段头信息, 直接将所有数据段合并, 将参考点设置为第一个文件的第一个点
- **t** 将同一个文件中的所有数据段合并, 参考点设置为每个组的第一个点
- **s** 每个数据段都作为一个单独的组, 参考点为第一个点
- **r** 与 **s** 相同, 但是参考点设置为每个点

除上述的参考点设置方式外, 还可指定一个参考点 *refpoint* 替换程序内部参考点。

-I[**tsr**]

将 “item” 的顺序进行反转。

- **t** 表示对输出的多个表文件进行反转
- **s** 将每个表文件中数据段进行反转
- **r** 将每个数据段中的数据记录反转 [默认]

-L

只输出所有段头信息, 不输出数据记录 (仅用于 ASCII 文件)

-N*col*[+**a**|**d**]

每个数据段中的 *col* 列按数值大小进行排序。+**a** 升序 [默认], +**d** 降序。**-N** 选项与 **-F** 选项不能同时使用, 可与其他选项同时使用。与其他选项同时使用时, **-N** 选项将放在最后应用

-Q[~]*selection*

只输出指定的编号的数据段。该选项不能和 **-S** 选项同时使用。*selection* 的语法为 *range*[,*range*,···] , 其中 *range* 是单个段号或者为一个 *start*[:*step*:]:*stop* 格式指定的一系列段号, *step* 为增量, 是可选的, 在不指定的情况下默认为 1。~ 表示反转选择。还可使用 +**f***file* 指定一个段号文件, 其中每行均包含一个段号。

-S[~] "*search string*" |+**f**|*file*[+**e**] | **-S**[~]/*regexp*/[**i**][+**e**]

只输出头段记录中包含指定字符串的数据段, 使用 ~ 可以用来反转选择, 即输出不包含指定字符串的数据段。如果指定的字符串刚好以 ~ 开头, 则需要使用反斜杠进行转义。该选项不能和 **-Q** 选项同时使用。对于 OGR/GMT 格式的文件, 可以使用 *varname*=*value* 的形式提取数据段。如果存在多个字符串, 可使用 +**f***file* 选项, 将字符串存放在一个文件 *file* 中, 每行均为一个单独的字符串。**注**: 如果数据段的属性为多边形, 且多边形中间有孔, 则输出时会同时输出孔。该选项还可使用正则表达式 *regrexp* 提取数据段, 为与字符串提取的方式区别, 正则表达式必须置于斜杠中。**i** 选项表示匹配时不区分大小写。+**e** 字符串表示完全匹配字符串, 即字符串完全相等, 而不包括作为子字符串匹配的结果 [默认包含子字符串的结果]。

-T[**h**][**d**[[~]*selection*]]

禁止输出某些信息。

- **h** 禁止输出段头 [默认]
- **d** 对于重复的数据, 只输出一次。

上述两个子选项可以同时使用。默认情况下, 两条记录的所有列都相同才被认为是重复的数据, 但可通过 *selection* 来设置只比较选定的列, 若这些列相同, 即被认为是重复的数据。*selection* 的格式为 *range*[,*range*,···], *range* 可以为单独的列号, 或者为 *start*[:*step*:]:*stop* 定义的一组列号, *step* 为步长, 默认为 1。~ 用来反转选择。如果要考虑数据后的文本的比较, 则在 *selection* 的最后添加 *t* , 如果不指定数字列, 则只考虑最后的文本比较。

-W[+**n**]

将每个数据记录中最后的本文中的词转换为数字, 并将这些数字追加到输出结果中。无法转换的词将设置为 NaN。使用 +**n** 可禁止输出包含 NaN 的数据行。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-a*col*=*name*[,···] *(more ···)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*

设置 NaN 记录的处理方式

-w[**y**|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

ASCII 格式精度

ASCII 格式输出数据通过 gmt.conf 配置文件控制。控制经纬度格式的参数为*FORMAT_GEO_OUT*；控制绝对时间的的参数包括*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT*；普通浮点数通过参数*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制。上述格式控制可能会导致精度损失，这会在下游计算中导致一些问题。如果用户需要保证数据精度，则应考虑将数据写为二进制文件，或者使用*FORMAT_FLOAT_OUT* 指定更多的有效数字。

示例

将二进制文件 `test.b`（单精度）转换为 4 列的 ASCII 文件

```
gmt convert test.b -bi4f > test.dat
```

将多段 ASCII 表数据 `test.txt` 转换为双精度二进制文件

```
gmt convert test.txt -bo > test.b
```

将 `left.txt`（共两列）的第二列和 `right.txt` 的第一列作为坐标输入并绘制。这里的思路是：先使用 **-A** 选项将两个文件水平方向合并，在合并后的结果中提取数据

```
gmt convert left.txt right.txt -A -o1,2 | gmt plot ...
```

在文件 `big_file.txt` 中提取头段中包含字符串 “RIDGE AXIS” 的所有数据段

```
gmt convert big_file.txt -S"RIDGE AXIS" > subset.txt
```

在上述文件中提取头段中包含 “Spitsbergen” 的数据段，且必须完全匹配

```
gmt convert big_file.txt -SSpitsbergen+e > subset.txt
```

选区所有不存在以 “profile” 开头，且后面为整数和 g 到 l 的任意字符的段头的数据段

```
gmt convert -S~"/^profile [0-9]+[g-l]$/"
```

对表数据文件中的段的顺序反转，但反转段中数据的顺序

```
gmt convert lots_of_segments.txt -Is > last_segment_first.txt
```

以 2 为步长，提取段号为 20 到 40，以及段号为 0 的数据段

```
gmt convert lots_of_segments.txt -Q0,20:2:40 > my_segments.txt
```

假定存在如下 OGR/GMT 格式的文件

```
# @VGMT1.0 @GPOINT
...
# @NELEVATION|DISPX|DISPY
# @Tdouble|double|double
# FEATURE_DATA
# @D4.945000|-106500.00000000|-32700.00000000
-9.36890245902635 39.367156766570389
```

对上述文件，使用 **-a**flags 提取属性 ELEVATION 的数据（下述两种等价）

```
gmt convert file.gmt -a2=ELEVATION > xyz.dat
gmt convert file.gmt -aELEVATION > xyz.dat
```

将文件 sensors.txt 中的所有点与指定的远点 23.5/19 相连

```
gmt convert sensors.txt -F23.5/19 > lines.txt
```

将文件 A.txt 与 B.txt 中的所有数据段写到 profile_005000.txt, profile_005001.txt …等单独的文件中:

```
gmt convert A.txt B.txt -Dprofile_%6.6d.txt+o5000
```

从文件中提取 100-200 以及 500-600 行

```
gmt convert junk.txt -q100-200,500-600 > subset.txt
```

提取除了 1000-2000 行以外的所有行

```
gmt convert junk.txt -q~1000-2000 > good.txt
```

相关模块

gmtinfo, *gmtselect*

18.23 gmtdefaults

官方文档

gmtdefaults

简介

列出所有 GMT 配置参数的当前值或系统默认值

语法

gmt defaults [**-D**[**u**|**s**]]

必选选项

无

可选选项

-D[**u**|**s**]

打印系统默认参数值

- 不使用 **-D** 选项: 打印 GMT 参数当前值
- **-D**: 列出 GMT 系统默认参数值
- **-Du**: 列出 GMT 的 US 单位制下的默认参数值
- **-Ds**: 列出 GMT 的 SI 单位制下的默认参数值

-^ 或 -

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

在当前目录生成一份 GMT 系统默认配置:

```
gmt defaults -D > gmt.conf
```

搜索与 LABEL 有关的参数的值:

```
gmt defaults -D | grep LABEL
```

相关模块

gmtget, *gmtset*

18.24 gmtget

官方文档

gmtget

简介

列出单个或多个 GMT 配置参数的当前值、下载数据集

语法

gmt get [*PARAMETER1 PARAMETER2 PARAMETER3* ···] [**-D***selection*] [**-G***defaultsfile*] [**-I***inc[m/s]*] [**-L**] [**-N**] [**-Q**] [**-V**[*level*]]

必选选项

PARAMETER

要查看的 GMT 配置参数名。GMT 中配置参数列表见配置参数

可选选项

-D*selection*

从 GMT 服务器下载一个或多个数据目录

参数 *selection* 可以是 **cache** (在 GMT 示例或测试中使用的文件的整个缓存目录), 也可以是 **data** (服务器上的整个数据目录), 或者 **all** (缓存和数据)。也可以通过添加 =*planet* 或 =*datasetlist* 进一步限定数据。

-G*defaultsfile*

读取指定的 GMT 配置文件

默认情况下, 该模块会依次在如下目录中寻找配置文件 **gmt.conf** 直到找到位置:

- 当前目录
- `home` 目录

- ~/.gmt 目录
- ~/.gmt/server 目录
- ~/.gmt/cache 目录
- 系统默认配置

-I*inc*[**m**|**s**]

与 **-D** 结合使用。下载网格间距大于或等于 *inc* 的网格数据。默认无限制。

-L

输出时一行只输出一个返回值

一次指定多个参数名时, 默认会将所有返回值输出在一行, 各值之间以空格分隔。该选项会一行只输出一个返回值。

-N

与 **-D** 结合使用, 使得下载的 **JP2000** 压缩格式文件在本地不会自动转化为 **netCDF** 网格文件。这种操作可以加快下载数据的速度, 等到需要使用数据时再进行格式转换。

-Q

与 **-D**（和 **-I** ）结合使用, 提供一个可下载数据集的列表。输出格式为:

```
planet group dataset size nitems remark
```

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

示例

列出一个参数的当前值:

```
$ gmt get MAP_FRAME_TYPE
fancy
```

列出多个参数的当前值:

```
$ gmt get MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY MAP_GRID_CROSS_SIZE_SECONDARY
24p,Helvetica,black 16p,Helvetica,black
```

使用 **-L** 选项一行显示一个参数值:

```
$ gmt get FONT_TITLE FONT_LABEL MAP_FRAME_TYPE -L
24p,Helvetica,black
16p,Helvetica,black
fancy
```

下载所有的地球网格数据, 并保持数据文件为 **JP2000** 格式:

```
gmt get -Ddata=earth -N
```

只下载大于或等于 **1X1** 分的地球掩膜数据和白昼影像数据:

```
gmt get -Ddata=earth_mask,earth_day -I1m
```

下载整个缓存目录:

```
gmt get -Dcache
```

相关模块

gmtdefaults, *gmtset*

18.25 gmtinfo

官方文档

gmtinfo

简介

从表数据中提取极值信息

最小示例

提取文件中各列的极值:

```
$ gmt info input.dat
input.dat: N = 6    <1/2>   <1/3>   <0/3.2>
```

从输出中可以看到, 输入文件中有 6 行 3 列, 三列数据的范围分别是 1 到 2、1 到 3 和 0 到 3.2。

可选选项

-Aa|t|s

输入数据为多段数据或多文件时的处理方式 (默认为 `-Aa`):

1. `-Aa` : 报告所有文件的总最值
2. `-Af` : 分别报告各个文件自己的最值
3. `-As` : 分别报告各段数据自己的最值

-C

输出时, 每列的最大最小值分别占一列

在输出每一列的最大最小值时, 默认会用 `<min/max>` 的格式输出, 不易于脚本处理。该选项会将每列的最大最小值分别输出为一列:

```
$ gmt info input.dat -C
1   2   1   3   0   3.2
```

该选项经常与 `-i` 及 `-o` 选项一起使用, 以提取部分列的最值信息。

-D[*dx*[/*dy*]]

对 **-I** 选项的结果做整体偏移, 使得区域范围的中心与原数据的中心对齐。

比如数据的真实范围是 `0/3` , 使用 `-I2` 选项会得到 `0/4` , 在此基础上使用 **-D** 选项, 则变成 `-0.5/3.5` 。

-EL|l|H|h[*col*]

返回第 *col* 列最值所在的记录行。

1. `l|h` 表示返回最小、最大值所在的记录行

2. L|H 表示返回绝对值最小、最大值所在的记录行

若有多行均满足要求, 则只返回第一行。若 *col* 未指定, 则默认是最后一列。

-F[**i**|**d**|**t**]

返回记录统计数据

- -Fi 返回总文件数、总数据段数、总数据记录数、总头段记录数、总记录数
- -Fd 返回每个数据段的信息: 表号、段号、行数、开始记录号、结束记录号
- -Ft 与 -Fd 类似, 但会对每个输入文件重置段号、开始记录号和结束记录号

-I[**b**|**e**|**f**|**p**|**s**]*dx*[/*dy*[/*dz*···]][+**e**|**r**|**R**]

调整最大/小值使得其是给定的增量的最近倍数, 返回的格式为 -Rw/e/s/n

```
$ gmt info input.dat -I2/2
-R0/2/0/4
```

如果设置 <dx> 的值为 - , 则表示以 -Rw/e/s/n 的格式输出真实的 -R 范围:

```
$ gmt info input.dat -I-
-R1/2/1/3
```

当 -I 选项和 -C 选项一起使用时, 输出不再是 -Rw/e/s/n 格式:

```
$ gmt info input.dat -C -I2
0   2   0   4   0   3.2
```

上面的例子中, -I 选项后只接了一个增量, 此时第二列数据也会使用同样的增量(出于向后兼容性考虑)。若只想要为第一列指定增量, 第二列不指定, 可以使用 -Ip 选项:

```
$ gmt info input.dat -C -Ip2
0   2   1   3   0   3.2
```

对于某些算法, 比如 FFT 或者 surface 命令, -R 选项的不同取值会影响到运算的速度, -If 会输出优化后的 -R 以得到最快 FFT 结果, -Is 会输出优化后的 -R 以得到最快的 surface 结果。

-L

确定多个表数据 (-Af) 或多段数据 (-As) 的共同范围。若与 -I 选项连用, 则最终的结果会向内近似以使得极值位于真实数据范围内。

-S[**x**][**y**]

为绘制误差棒增加额外的列, 与 **-I** 选项一起使用生成数据并直接用于接下来 plot -E 绘制误差棒。

- -Sx 将数据的第三列 (2) 作为水平误差棒的数据
- -Sy 将数据的第四列 (3) 作为垂直误差棒的数据
- -Sxy 将数据的第三 (2) 和第四 (3) 列作为水平和垂直误差棒的数据

-T*dz*[**w**|**d**|**h**|**m**|**s**][+**c***col*]

以 -Tzmin/zmax/dz 的形式报告第 *col* 列的最值, *col* 的默认值为 0。该选项不能与 **-I** 选项连用。

18.26 gmtlogo

官方文档

gmtlogo

说明

在图上绘制 GMT 的图形 logo

该模块将 GMT 的图形 logo 绘制在图上。默认情况下, GMT 的图形 logo 默认宽 2 英寸, 高 1 英寸, 将放在当前的绘图原点处。

Source Code



语法

gmt logo [**-D**[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**w***width*[+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]] [**-F**[+**c***clearances*][+**g***fill*][+**i**[[*gap*/]*pen*]][+**p**[*pen*]][+**r**[*radius*
] [**-J***parameters*] [**-Jz**|**Z***parameters*] [**-R***west*/*east*/*south*/*north*[/*zmin*/*zmax*][+**r**][+**u***unit*]] [**-S**[**l**|**n**|**u**]] [
-U[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

必须选项

无

可选选项

-D[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**w***width*[+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

设置 logo 在图中的位置

简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

- **g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint* 指定地图上的参考点
  - **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点
  - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
- +**j***justify* 指定 logo 上的锚点 (默认锚点为 logo 的左下角 (BL))
- +**o***dx*/*dy* 在参考点的基础上设置 logo 的额外偏移量
- +**w***width* 设置 logo 的宽度

-F[+**c***clearances*][+**g***fill*][+**i**[[*gap*/]*pen*]][+**p**[*pen*]][+**r**[*radius*]][+**s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]]]

控制 GMT logo 的背景面板属性

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在 GMT logo 周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见修饰物

- +**g***fill* 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- +**p***pen* 绘制面板边框。*pen* 为边框的画笔属性, 若不指定 *pen*, 则默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*

- **+r**[*radius*] 绘制圆角边框，*radius* 为圆角的半径
- **+i**[[*gap*/]*pen*] 在边框内部绘制一个内边框，*gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*]，*pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用*MAP_DEFAULT_PEN*]
- **+c***clearance* 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定，使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况：
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap*/*ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap*/*rgap*/*bgap*/*tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]] 设置面板背景阴影。*dx*/*dy* 为阴影区相对于面板的偏移量，*shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p**/**-4p**/**gray50**]

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

对于三维透视图（*-p 选项*），可以加上 /*zmin*/*zmax* 指定 Z 轴的范围。

-S[**l**|**n**|**u**]

控制 GMT logo 中地图下方的文字

- **l** 添加文字 “The Generic Mapping Tools” [默认值]
- **n** 不添加文字
- **u** 添加 GMT 网站链接

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度（百分比）。取值范围为 0（不透明）到 100（全透明）

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

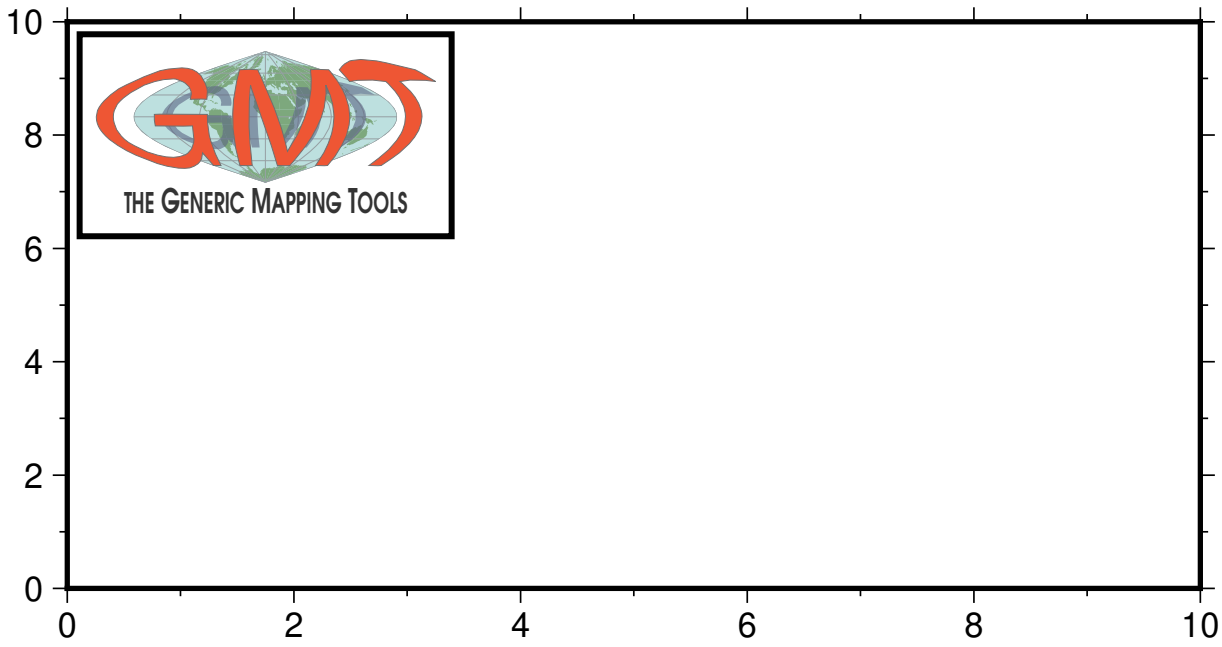
示例

单独绘制一个 2 英寸宽的 GMT logo:

```
gmt logo -pdf map
```

将 GMT logo 作为一个图层放在当前底图的右上角:

```
gmt begin logo
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c/5c -Baf -BWSen
gmt logo -DjTL+w3c+o0.25c -F
gmt end show
```



注意

若想要绘制链接到 GMT 官网的二维码, 可以使用*plot* 提供的自定义符号 **QR** 和 **QR_transparent**。

相关模块

legend, *image*, *colorbar*, *plot*

18.27 gmtmath

贡献者

周茂

官方文档

gmtmath

简介

表数据的逆波兰表示法 (RPN) 计算

gmtmath 使用逆波兰表示法 (Reverse Polish Notation) 对一个或多个表数据文件或者常量进行加减乘除等操作。逆波兰表示法是一种后缀表示法, 即将运算符写在操作数之后。该模块可以计算任意复杂的运算。模块默认逐元素进行计算操作。其中某些运算符仅需要一个参数。如果输入中不含表文件, 则可以使用 **-T** 或 **-N** 选项。默认情况下, 除了时间以外的列, 所有的列都参与运算 (见 **-C**)。如果多个运算整体非常复杂或者频繁出现, 可以编写为宏以便后续使用。

语法

gmt math [**-A***t_f(t)*[**+e**][**+r**][**+s**|**w**]] [**-C***cols*] [**-E***eigen*] [**-I**] [**-N***n_col*[/*t_col*]] [**-Q**[**c**|**i**|**p**|**n**]] [**-S**[**f**|**l**]] [**-T**[*min*/*max*/*inc*[**+b**|**i**|**l**|**n**]|*file*|*list*]] [**-V**[*level*]] [**-b**binary] [**-d**nodata[**+c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-w**flags] [**--PAR**=*value*] *operand* [*operand*] **OPERATOR** [*operand*] **OPERATOR** ···= [*outfile*]

必选选项

operand

如果 *operand* 是一个文件, GMT 将试着以表文件的形式读取该文件。如果非文件, 将被解析为其他符号。若为 **STDIN** , 表示将读取标准输入并放入堆栈中。如果有必要, **STDIN** 参数可以多次出现。

= *outfile*

输出表数据文件名, 不指定的情况下写到标准输出

可选选项

-A*t_f(t)*[**+e**][**+r**][**+s**|**w**]

建立并求解线性方程。该选项需要 **-N***n_col*[/*t_col*] 选项, 用来从给定的 *t_f(t)* 文件中进行初始化解方程所需的增广矩阵, 其中 *t_f(t)* 文件只包含 *t* 和 *f(t)* 两列。在增广矩阵中, *t* 变量于编号为 *t_col* 指定的列, *f(t)* 位于编号为 *n_col* - 1 的列。

- **+e** 使用 **LSQFIT** 或 **SVDFIT** 操作符时, 使用该选项, 可以求解拟合系数。结果包括 4 列: t, f(t), t 位置的计算值, t 位置的残差 [默认只输出系数]
- **+r** 选项只输出 *f(t)*
- **+s** 指定 *t_f(t)* 的第三列为 1 倍中误差
- **+w** 指定 *t_f(t)* 的第三列为权重

具体使用方法见倒数第二个示例。

-C*cols*

选择要运算的列 *cols* 。多列以逗号分隔, 类似 1,3-5,7 的表达形式也是允许的; 此外, -Cx 等效于 -C0, -Cy 等效于 -C1。使用不带任何参数的 **-C** 选项可用来重置, 即选择除时间列外的所有列 (见 **-N**)。**-Ca** 选择所有的列, 包括时间列, **-Cr** 的作用是反向选择, 即选择除当前已选定的列以外的其他列。

-E*eigen*

设置 **LSQFIT** 和 **SVDFIT** 运算符的特征值, 默认为 1e-7。比 1e-7 更小的特征值将被重置为 0 , 并在求解中不考虑。

-I

将输出数据从升序变为降序 [默认为升序]

-N*n_col*[/*t_col*]

设置列数和时间所在的列, 列从 0 开始计数, 默认输入列最大编号 *n_clo* 为 2 , 时间列 *t_col* 位于第 0 列。

-Q[**c**|**i**|**p**|**n**]

实现不同长度单位之间的快速计算, **-Ca -N**1/0 **-T**0/0/1 的简写。在进行不同单位的长度计算时, 在计算前都转换为 *inch* , 然后计算, 并将结果转换为*PROJ_LENGTH_UNIT* 设置的单位。使用 **c** , **i** , **p** 可设置对应的输出长度单位。**n** 表示输出结果无量纲。

-S[**f**|**l**]

仅输出结果的第一行 [默认为所有行]。这在输出统计结果的时候可能会有用 (比如 **MODE** 运算)。**l** 和 **f** 分别表示第一行和最后一行。

-T[*min*/*max*/*inc*[+**b**|**i**|**l**|**n**]|*file*|*list*]

不加任何选项和文件, 表明没有输入文件。其他详见生成一维数组

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*

设置 NaN 记录的处理方式

-w[**y**|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c**]*period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

生成一维数组

下面将展示如何使用*gmtmath* 生成一维数组 (其中大部分操作也可通过 linux 中的 seq 命令方便地实现)

不使用任何子选项

以 0.1 为步长, 生成 3.1 到 4.2 等等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.1/4.2/0.1 T =
3.1
3.2
...
4.2
```

+a 选项

该选项不对生成的数列进行运算操作, 而是将该数列以列的形式追加到输出表数据, 类似 linux 中的 paste 命令。

+b 选项

以 3 和 20 分别为起点和终点, 创建一个 2 的整数幂的列表, 将生成的整数幂以 1 为步长取值 **-T**3/20/1**+b**

```
gmt math -o0 -T3/20/1+b T =
4
8
16
```

+l 选项

以 7 和 135 分别为起点和终点, 先创建一个 10 的整数幂的列表, 当 *inc* 为 1 时, 输出该列表; 当 *inc* 为 2 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, 5 倍值 (不包括超出原始数据范围的部分); 当 *inc* 为 3 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, ⋯, 9 倍值 (同样不包括超出原始数据范围的部分)。**-T**7/135/2**+l** 将会生成如下数列

```
gmt math -o0 -T7/135/2+l T =
10
20
50
100
```

inc 为负整数时, 将实现如下效果

```
gmt math -o0 -T1e-4/1e4/-2+l T =
0.0001
0.01
1
100
10000
```

+i 选项

该选项将以 1 作为默认步长, 第三个数字做为每步长中的数字个数 *length*。假设需要在 1 分钟内每 24 秒生成一帧

```
gmt math -o0 -T0/60/24+i T =
0
0.0416666666667
0.0833333333333
0.125
0.166666666667
...
60
```

+n 选项

生成固定长度的数列。以 3.44 和 7.82 为起点和终点, 生成长度为 5 的等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.44/7.82/5+n T =
3.44
4.535
5.63
6.725
7.82
```

-T 后直接加文件或逗号分隔的数列

-T 后可以直接加文件, 文件中即为要生成的列表; 另外, 可以直接使用逗号分隔, 将列表附加到 **-T** 选项后, 如下为 Fibonacci 数列前 6 项

```
gmt math -o0 -T0,1,1,2,3,5 T =
0
1
1
2
3
5
```

注: 如果数列只包含一个值, 必须在其后加逗号以表明仍是一个数列

+u 选项

如果文件或者逗号分隔的数列中有重复数字或未排序, 可以使用 **+u** 选项去重并排序。

+t 选项

生成绝对时间序列。在 *inc* 后分别添加 **y** , **o** , **d** , **h** , **m** 和 **s** 表示时间步长的单位为年, 月, 日, 时, 分, 秒。在其后附加 **+t** 选项, 可以进一步强调生成时间序列, 也可以不加

```
gmt math -o0 -T2020-03-01T/2020-03-07T/1d T =
2020-03-01T00:00:00
2020-03-02T00:00:00
2020-03-03T00:00:00
2020-03-04T00:00:00
2020-03-05T00:00:00
2020-03-06T00:00:00
2020-03-07T00:00:00
```

生成距离序列

如果输入文件中包含两列以上的数据, 可以使用前两列计算距离, 并生成等距序列。在 *inc* 后分别添加 **d**, **m**, **s**, **e**, **f**, **M**, **n** 和 **u** 表示距离步长的单位为度, 分, 秒, 米, 英尺, 公里, 英里, 海里, 英尺。如果为笛卡尔坐标, 使用 c 作为距离步长单位。

+e 选项

如果只给定 *inc* 而从数据中获取最大值和最小值, 则 (*max* - *min*)/*inc* 可能不是整数, GMT 讲会自动对 *inc* 进行一定的调整。如果不想调整 *inc* , 则可以使用 **+e** 选项, GMT 会固定最小值, 适当调整最大值。

运算符

Operator 为运算符名称; **args** 分别表示输入参数和输出参数个数; **Returns** 中的 A B C …等字符表示输入参数。所有的三角函数运算符默认输入为弧度, 若运算符最后一个字母为 D 表示使用角度计算。

Operator	args	Returns
ABS	1 1	abs (A)
ACOS	1 1	acos (A)
ACOSD	1 1	acosd (A)
ACOSH	1 1	acosh (A)
ACSC	1 1	acsc (A)
ACSCD	1 1	acscd (A)
ACOT	1 1	acot (A)
ACOTD	1 1	acotd (A)
ADD	2 1	A + B
AND	2 1	B if A == NaN, else A
ASEC	1 1	asec (A)
ASECD	1 1	asecd (A)
ASIN	1 1	asin (A)
ASIND	1 1	asind (A)
ASINH	1 1	asinh (A)
ATAN	1 1	atan (A)
ATAND	1 1	atand (A)
ATAN2	2 1	atan2 (A, B)
ATAN2D	2 1	atan2d (A, B)
ATANH	1 1	atanh (A)
BCDF	3 1	Binomial cumulative distribution function for p = A, n = B, and x = C
BPDF	3 1	Binomial probability density function for p = A, n = B, and x = C
BEI	1 1	Kelvin function bei (A)
BER	1 1	Kelvin function ber (A)
BITAND	2 1	A & B (bitwise AND operator)
BITLEFT	2 1	A « B (bitwise left-shift operator)
BITNOT	1 1	~A (bitwise NOT operator, i.e., return two' s complement)
BITOR	2 1	A | B (bitwise OR operator)
BITRIGHT	2 1	A » B (bitwise right-shift operator)
BITTEST	2 1	1 if bit B of A is set, else 0 (bitwise TEST operator)
BITXOR	2 1	A ^ B (bitwise XOR operator)
CEIL	1 1	ceil (A) (smallest integer >= A)
CHICRIT	2 1	Chi-squared distribution critical value for alpha = A and nu = B
CHICDF	2 1	Chi-squared cumulative distribution function for chi2 = A and nu = B
CHIPDF	2 1	Chi-squared probability density function for chi2 = A and nu = B

续下页

表 2 – 接上页

COL	1 1	Places column A on the stack
COMB	2 1	Combinations n_C_r, with n = A and r = B
CORRCOEFF	2 1	Correlation coefficient r(A, B)
COS	1 1	cos (A) (A in radians)
COSD	1 1	cos (A) (A in degrees)
COSH	1 1	cosh (A)
COT	1 1	cot (A) (A in radians)
COTD	1 1	cot (A) (A in degrees)
CSC	1 1	csc (A) (A in radians)
CSCD	1 1	csc (A) (A in degrees)
DDT	1 1	d(A)/dt Central 1st derivative
D2DT2	1 1	d^2(A)/dt^2 2nd derivative
D2R	1 1	Converts degrees to radians
DEG2KM	1 1	Converts spherical degrees to kilometers
DENAN	2 1	Replace NaNs in A with values from B
DILOG	1 1	dilog (A)
DIFF	1 1	Forward difference between adjacent elements of A (A[1]-A[0], A[2]-A[1], ···, NaN)
DIV	2 1	A / B
DUP	1 2	Places duplicate of A on the stack
ECDF	2 1	Exponential cumulative distribution function for x = A and lambda = B
ECRIT	2 1	Exponential distribution critical value for alpha = A and lambda = B
EPDF	2 1	Exponential probability density function for x = A and lambda = B
ERF	1 1	Error function erf (A)
ERFC	1 1	Complementary Error function erfc (A)
ERFINV	1 1	Inverse error function of A
EQ	2 1	1 if A == B, else 0
EXCH	2 2	Exchanges A and B on the stack
EXP	1 1	exp (A)
FACT	1 1	A! (A factorial)
FCDF	3 1	F cumulative distribution function for F = A, nu1 = B, and nu2 = C
FCRIT	3 1	F distribution critical value for alpha = A, nu1 = B, and nu2 = C
FLIPUD	1 1	Reverse order of each column
FLOOR	1 1	floor (A) (greatest integer <= A)
FMOD	2 1	A % B (remainder after truncated division)
FPDF	3 1	F probability density function for F = A, nu1 = B, and nu2 = C
GE	2 1	1 if A >= B, else 0
GT	2 1	1 if A > B, else 0
HSV2LAB	3 3	Convert h,s,v triplets to l,a,b triplets, with h = A (0-360), s = B and v = C (0-1)
HSV2RGB	3 3	Convert h,s,v triplets to r,g,b triplets, with h = A (0-360), s = B and v = C (0-1)
HSV2XYZ	3 3	Convert h,s,v triplets to x,t,z triplets, with h = A (0-360), s = B and v = C (0-1)
HYPOT	2 1	hypot (A, B) = sqrt (A*A + B*B)
I0	1 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order 0)
I1	1 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order 1)

续下页

表 2 – 接上页

IFELSE	3 1	B if A != 0, else C
IN	2 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order B)
INRANGE	3 1	1 if B <= A <= C, else 0
INT	1 1	Numerically integrate A
INV	1 1	1 / A
ISFINITE	1 1	1 if A is finite, else 0
ISNAN	1 1	1 if A == NaN, else 0
J0	1 1	Bessel function of A (1st kind, order 0)
J1	1 1	Bessel function of A (1st kind, order 1)
JN	2 1	Bessel function of A (1st kind, order B)
K0	1 1	Modified Kelvin function of A (2nd kind, order 0)
K1	1 1	Modified Bessel function of A (2nd kind, order 1)
KM2DEG	1 1	Converts kilometers to spherical degrees
KN	2 1	Modified Bessel function of A (2nd kind, order B)
KEI	1 1	Kelvin function kei (A)
KER	1 1	Kelvin function ker (A)
KURT	1 1	Kurtosis of A
LAB2HSV	3 3	Convert l,a,b triplets to h,s,v triplets
LAB2RGB	3 3	Convert l,a,b triplets to r,g,b triplets
LAB2XYZ	3 3	Convert l,a,b triplets to x,y,z triplets
LCDF	1 1	Laplace cumulative distribution function for z = A
LCRIT	1 1	Laplace distribution critical value for alpha = A
LE	2 1	1 if A <= B, else 0
LMSSCL	1 1	LMS (Least Median of Squares) scale estimate (LMS STD) of A
LMSSCLW	2 1	Weighted LMS scale estimate (LMS STD) of A for weights in B
LOG	1 1	log (A) (natural log)
LOG10	1 1	log10 (A) (base 10)
LOG1P	1 1	log (1+A) (accurate for small A)
LOG2	1 1	log2 (A) (base 2)
LOWER	1 1	The lowest (minimum) value of A
LPDF	1 1	Laplace probability density function for z = A
LRAND	2 1	Laplace random noise with mean A and std. deviation B
LSQFIT	1 0	Let current table be [A | b] return least squares solution x = A \ b
LT	2 1	1 if A < B, else 0
MAD	1 1	Median Absolute Deviation (L1 STD) of A
MADW	2 1	Weighted Median Absolute Deviation (L1 STD) of A for weights in B
MAX	2 1	Maximum of A and B
MEAN	1 1	Mean value of A
MEANW	2 1	Weighted mean value of A for weights in B
MEDIAN	1 1	Median value of A
MEDIANW	2 1	Weighted median value of A for weights in B
MIN	2 1	Minimum of A and B
MOD	2 1	A mod B (remainder after floored division)

续下页

表 2 – 接上页

MODE	1 1	Mode value (Least Median of Squares) of A
MODEW	2 1	Weighted mode value (Least Median of Squares) of A for weights in B
MUL	2 1	A * B
NAN	2 1	NaN if A == B, else A
NEG	1 1	-A
NEQ	2 1	1 if A != B, else 0
NORM	1 1	Normalize (A) so max(A)-min(A) = 1
NOT	1 1	NaN if A == NaN, 1 if A == 0, else 0
NRAND	2 1	Normal, random values with mean A and std. deviation B
OR	2 1	NaN if B == NaN, else A
PCDF	2 1	Poisson cumulative distribution function for x = A and lambda = B
PERM	2 1	Permutations n_P_r, with n = A and r = B
PPDF	2 1	Poisson distribution P(x,lambda), with x = A and lambda = B
PLM	3 1	Associated Legendre polynomial P(A) degree B order C
PLMg	3 1	Normalized associated Legendre polynomial P(A) degree B order C (geophysical convention)
POP	1 0	Delete top element from the stack
POW	2 1	A ^ B
PQUANT	2 1	The B' th quantile (0-100%) of A
PQUANTW	3 1	The C' th weighted quantile (0-100%) of A for weights in B
PSI	1 1	Psi (or Digamma) of A
PV	3 1	Legendre function Pv(A) of degree v = real(B) + imag(C)
QV	3 1	Legendre function Qv(A) of degree v = real(B) + imag(C)
R2	2 1	R2 = A^2 + B^2
R2D	1 1	Convert radians to degrees
RAND	2 1	Uniform random values between A and B
RCDF	1 1	Rayleigh cumulative distribution function for z = A
RCRIT	1 1	Rayleigh distribution critical value for alpha = A
RGB2HSV	3 3	Convert r,g,b triplets to h,s,v triplets, with r = A, g = B, and b = C (in 0-255 range)
RGB2LAB	3 3	Convert r,g,b triplets to l,a,b triplets, with r = A, g = B, and b = C (in 0-255 range)
RGB2XYZ	3 3	Convert r,g,b triplets to x,y,x triplets, with r = A, g = B, and b = C (in 0-255 range)
RINT	1 1	rint (A) (round to integral value nearest to A)
RMS	1 1	Root-mean-square of A
RMSW	1 1	Weighted root-mean-square of A for weights in B
RPDF	1 1	Rayleigh probability density function for z = A
ROLL	2 0	Cyclicly shifts the top A stack items by an amount B
ROTT	2 1	Rotate A by the (constant) shift B in the t-direction
SEC	1 1	sec (A) (A in radians)
SECD	1 1	sec (A) (A in degrees)
SIGN	1 1	sign (+1 or -1) of A
SIN	1 1	sin (A) (A in radians)
SINC	1 1	sinc (A) (sin (pi*A)/(pi*A))
SIND	1 1	sin (A) (A in degrees)
SINH	1 1	sinh (A)

续下页

表 2 – 接上页

SKEW	1 1	Skewness of A
SQR	1 1	A^2
SQRT	1 1	sqrt (A)
STD	1 1	Standard deviation of A
STDW	2 1	Weighted standard deviation of A for weights in B
STEP	1 1	Heaviside step function H(A)
STEPT	1 1	Heaviside step function H(t-A)
SUB	2 1	A - B
SUM	1 1	Cumulative sum of A
TAN	1 1	tan (A) (A in radians)
TAND	1 1	tan (A) (A in degrees)
TANH	1 1	tanh (A)
TAPER	1 1	Unit weights cosine-tapered to zero within A of end margins
TN	2 1	Chebyshev polynomial Tn(-1<A<+1) of degree B
TCRIT	2 1	Student' s t distribution critical value for alpha = A and nu = B
TPDF	2 1	Student' s t probability density function for t = A, and nu = B
TCDF	2 1	Student' s t cumulative distribution function for t = A, and nu = B
UPPER	1 1	The highest (maximum) value of A
VAR	1 1	Variance of A
VARW	2 1	Weighted variance of A for weights in B
VPDF	3 1	Von Mises density distribution V(x,mu,kappa), with angles = A, mu = B, and kappa = C
WCDF	3 1	Weibull cumulative distribution function for x = A, scale = B, and shape = C
WCRIT	3 1	Weibull distribution critical value for alpha = A, scale = B, and shape = C
WPDF	3 1	Weibull density distribution P(x,scale,shape), with x = A, scale = B, and shape = C
XOR	2 1	B if A == NaN, else A
XYZ2HSV	3 3	Convert x,y,z triplets to h,s,v triplets
XYZ2LAB	3 3	Convert x,y,z triplets to l,a,b triplets
XYZ2RGB	3 3	Convert x,y,z triplets to r,g,b triplets
Y0	1 1	Bessel function of A (2nd kind, order 0)
Y1	1 1	Bessel function of A (2nd kind, order 1)
YN	2 1	Bessel function of A (2nd kind, order B)
ZCDF	1 1	Normal cumulative distribution function for z = A
ZPDF	1 1	Normal probability density function for z = A
ZCRIT	1 1	Normal distribution critical value for alpha = A
ROOTS	2 1	Treats col A as f(t) = 0 and returns its roots

其他符号

以下符号具有特殊的含义:

PI	3.1415926…
E	2.7182818…
EULER	0.5772156…
PHI	1.6180339…(golden ratio)
EPS_F	1.192092896e-07 (sgl. prec. eps)
EPS_D	2.2204460492503131e-16 (dbl. prec. eps)
TMIN	Minimum t value
TMAX	Maximum t value
TRANGE	Range of t values
TINC	t increment
N	The number of records
T	Table with t-coordinates
TNORM	Table with normalized t-coordinates
TROW	Table with row numbers 1, 2, …, N-1

上述符号均可以作为变量使用, 当其为多个数时, 逐元素操作。以生成一维数组 中第一个实例中的 **T** 符号为例, 其含义为将 **-T** 选项生成的序列转换为表, 以便后续使用 = 输出。

运算符注意事项

1. **PLM** 和 **PLMg** 运算符用来计算 L 阶 M 次 x 的缔合勒让德函数; 各参数的范围应该满足 -1 <= x <= +1 、0 <= M <= L。**PLM** 运算符没有经过标准化, 并且乘以 phase (-1)^M。**PLMg** 使用大地测量/地球物理常见的标准化。使用 **-M** 参数可以附加输出球谐系数 C 和 S。**PLM** 在较高的阶次就会出现溢出, 具体和纬度相关, **PLMg** 则可以保证在 3000 阶以下都不会溢出
2. 不同参数文件名相同时, 应给定相对路径或绝对路径以区分不同文件
3. 该模块计算过程保存在堆栈中, 栈中保存结果最大为 100, 即不能叠加太多的操作以防溢出
4. 所有需要半径的运算符为保证其为正值, 均自动取绝对值后计算
5. **DDT** 和 **DDT2** 函数仅适用于等间隔数据
6. 所有导数都基于 central finite differences 和 natural boundary conditions
7. **ROOTS** 必须是栈上最后一个操作, 后面只能加 =
8. 位运算符 **BITAND**, **BITLEFT**, **BITNOT**, **BITOR**, **BITRIGHT**, **BITTEST** 和 **BITXOR** 会将表数据中的双精度数转换为无符号的 64 位整数, 然后按位运算。因此, 可储存在双精度数中的最大整数为 2^53 , 更大的数都会被截断。如果被比较的数中包括 NaN , 则最终结果也为 NaN
9. **TAPER** will interpret its argument to be a width in the same units as the time-axis, but if no time is provided (i.e., plain data tables) then the width is taken to be given in number of rows.
10. 颜色转换函数, 例如 **RGB2HSV** 等, 不仅包括 rgb 到 hsv 等三元数的转换, 还包括 lab 到 sRGB 等四元数的转换。这些函数在是否使用 **-Q** 选项下的表现不同。使用 **-Q** 时, 输入应该为三元数, 并将三个输

出结果放在栈中。由于只有栈顶的元素被打印, 必须使用 **POP** 或 **ROLL** 等操作符来获取其他感兴趣的项。如果没有 **-Q** , GMT 将三元素视为整体, 转换后, 同样以整体的方式返回到堆栈中。

11. **VPDF** 运算符的输入数据单位为角度

存储、调用和清空

用户可以将中间计算结果储存到一个变量中, 并在后续计算中调用该变量。这在需要对某部分进行多次重复计算时可以提高效率和可读性。保存结果需要使用特殊的运算符 **STO**@*label* , 其中 *label* 是变量的名称。调用该变量时, 使用 [**RCL**]@*label* , **RCL** 是可选的。使用后要清除该变量, 可以使用 **CLR**@*label* , **STO** 和 **CLR** 均不影响计算中的堆栈。

宏

用户可以将特定的运算符组合保存为宏文件 *gmtmath.macros* 。文件中可以包含任意数量的宏, # 开头的行为注释。宏的格式为

```
name = arg1 arg2 ... arg2[ : comment]
```

其中, *name* 是宏名, 当此运算符出现在命令中时, 则将其简单替换为参数列表。宏不可以互相调用。下面将给出一个宏的例子: 宏 *DEPTH* 将在时间列以 Myr 为单位给出海底构造的年龄, 并计算预测的 half-space 海深

```
DEPTH = SQRT 350 MUL 2500 ADD NEG : usage: DEPTH to return half-space seafloor depths
```

由于在宏中可能使用地理或时间常数, 因此可使用 : 后加一个空格的形式作为注释的开端。下面是一个 **GPSWEEK** 宏, 用于确定给定的时间处于的 GPS 周数 (相对于某个参考时刻):

```
GPSWEEK = 1980-01-06T00:00:00 SUB 86400 DIV 7 DIV FLOOR : usage: GPS week without rollover
```

参与运算列的选择

-C*cols* 设置后, 任何操作, 包括从文件中加载数据都会受到影响。因此, 当 **-C***cols* 放在数据加载前时, 只有设定的列会更新, 其他的列会置为 0, 若不想其他列置为 0, 则需把文件放在 **-C***cols* 前。

绝对时间列

如果输入数据有多列并且包含绝对时间列 (通过 **-N** [0] 设置 id), 则时间输出为相对时间。在标量计算模式 (**-Q**) 中, 同样会将绝对时间转换为相对时间。如果 **-C** 选定的列中包含绝对时间, 同样会转换为相对时间。用户可以设置合适的 **-f** 或 **-fo** 选项来避免这种转换。例如: 如果需要计算时间差, 则相对时间更加合适; 如果要计算绝对时间, 则需要使用 **-fo** 选项设置输出时间格式为绝对时间。

对单位进行缩放

使用 **-Q** 计算时, 请注意 GMT 内部将 c、i 或 p 等长度单位转换为 inch 计算, 并对结果进行缩放到设置的单位, 但这仅在线性运算能得到正确的结果。例如 `gmt math -Qp 1c 0.5i ADD =`, 其中 1c = 28.364p , 0.5i = 36p, 且 **ADD** 为线性运算, 因此会得到正确的结果 64.346p。考虑另外一个例子: `gmt math -Qc 1c 1c MUL =` , 结果却不是 1, 而是 0.393。原因是在非线性运算时, **math** 模块无法跟踪计算栈上单位, 因此在内部均假定以英寸为单位, 在最后将结果缩放为 cm。这里在 **math** 内部计算的结果是 1 英寸的平方, **math** 将其转换为 0.3937 厘米 * 英寸作为单位, 因此结果是错误的。

示例

将两种不同单位的长度相减, 并赋值给 *length* 变量

```
length=`gmt math -Q 15c 2i SUB =`
```

计算不同单位的长度之间的比, 输出无量纲

```
ratio=`gmt math -Qn 15c 2i DIV =`
```

对 process1 产生的数据进行开方, 然后使用管道传递给 process3

```
process1 | gmt math STDIN SQRT = | process3
```

对两个数据文件进行平均, 并对结果取 log10

```
gmt math file1.txt file2.txt ADD 0.5 MUL LOG10 = file3.txt
```

对包含海底地形年代 (以 m.y. 为单位) 和深度 (以 m 为单位) 的数据文件 `samples.txt` , 使用公式 depth(单位为 m) = 2500 + 350 * sqrt (age) 计算正常深度, 并最终获得深度异常

```
gmt math samples.txt T SQRT 350 MUL 2500 ADD SUB =
```

取三个文件对应列 (第 1 列, 第 4 到 6 列) 的平均值

```
gmt math -C1,4-6 sizes.1 sizes.2 ADD sizes.3 ADD 3 DIV = ave.txt
```

从含有一列数据的 `ages.txt` 文件中计算模值, 并赋值给变量

```
mode_age=`gmt math -S -T ages.txt MODE =`
```

计算 `t.txt` 中坐标的 dilog(x) 函数值

```
gmt math -Tt.txt T DILOG = dilog.txt
```

下面展示一个使用存储变量的例子。将 (2*pi*T/360) 作为变量储存, 对该变量分别乘以 2 和 3 , 并对上述结果求余弦, 然后加和

```
gmt math -T0/360/1 2 PI MUL 360 DIV T MUL STO@kT COS @kT 2 MUL COS ADD @kT 3 MUL COS ADD = harmonics.txt
```

使用 **gmtmath** 实现标量计算 (不含输入文件) 可以使用 **-Q** 选项, 计算 kei(((1 + 1.75)/2.2) + cos (60)) 并将结果赋值给 shell 中的变量 z

```
z=`gmt math -Q 1 1.75 ADD 2.2 DIV 60 COSD ADD KEI =`
```

将黄色的 RGB 值转换为 HSV 并保存为 hue

```
set hue=`gmt math -Q 255 255 0 RGB2HSV POP POP =`
```

下面将展示使用 **gmtmath** 求解方程组。假设当前存在一个增广矩阵 [A | b], A 为系数矩阵, b 为等号右边的常数列, 求解的方程组为 A * x = b 。**LSQFIT** 操作符可实现方程的求解, 但前提是使用 **-A** 选项正确放置参数。假定表数据文件 `ty.txt` 包含 t 和 y(t) 两列, 拟合模型为 y(t) = a + b*t + c*H(t-t0) , 其中 H 为给定 t0 = 1.55 的 Heaviside 阶跃函数。这时, 需要四列的增广矩阵, 第二列为 t , 第四列为 y(t) (或者说 b), 则计算

命令为

```
gmt math -N4/1 -Aty.txt -C0 1 ADD -C2 1.55 STEPT ADD -Ca LSQFIT = solution.txt
```

上面的例子中使用了 **-C** 选项来激活操作的列, 并在 **LSQFIT** 求解前激活了所有列 (**-Ca**); 第二列和第四列 (列编号为 1 和 3) 被设置为 t 和 y(t)。如果用户自己已经准备了增广矩阵文件 `lsqsys.txt` , 求解将更加简单

```
gmt math -T lsqsys.txt LSQFIT = solution.txt
```

下面展示 **-C** 选项的位置对于数据加载的影响

```
echo 1 2 3 4 | gmt math STDIN -C3 1 ADD =
1    2    3    5
```

```
echo 1 2 3 4 | gmt math -C3 STDIN 1 ADD =
0    0    0    5
```

参考文献

Abramowitz, M., and I. A. Stegun, 1964, *Handbook of Mathematical Functions*, Applied Mathematics Series, vol. 55, Dover, New York.

Holmes, S. A., and W. E. Featherstone, 2002, A unified approach to the Clenshaw summation and the recursive computation of very high degree and order normalized associated Legendre functions. *Journal of Geodesy*, 76, 279-299.

Press, W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery, 1992, *Numerical Recipes*, 2nd edition, Cambridge Univ., New York.

Spanier, J., and K. B. Oldman, 1987, *An Atlas of Functions*, Hemisphere Publishing Corp.

相关模块

grdmath

18.28 gmtregress

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-10-23

官方文档

gmtregress

简介

一维数据线性回归

regress 读取一个或多个表数据 (也可从标准输入读取), 确定每个分段最佳的线性 [加权] 回归模型 $y(x) = a + bx$ 。用户可自己指定输出哪些数据和模型。默认情况下, 将所有的输入数据作为一个整体来确定模型, 但也可将数据分为等间距的数据段, 在每段分别确定模型。除了确定最贴近的模型外, 该模块还可以输出所有可能的不同斜率的回归模型, 这在分析居于很多离群数据时非常有用。

备注

如果用户需要对 x 和 y 坐标的对数结果做拟合，可以使用 **-i**flags 选项在读数据后将其转换为对数坐标

语法

gmt regress [*table*] [**-A**[*min*/*max*/*inc*][+**f**[**n**|**p**]]] [**-C***level*] [**-Ex**|**y**|**o**|**r**] [**-F***flags*] [**-N1**|**2**|**r**|**w**] [**-S**[**r**]] [**-T**[*min*/*max*/]*inc*[+**i**|**n**] |**-T***file*|*list*] [**-V**[*level*]] [**-W**[**w**][**x**][**y**][**r**]] [**-Z**[+|-]*limit*] [**-a**flags] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-w**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

前两列为分别为 *x* 和 *y*。在设置 **-W** 和 **-E** 时，需要另外的 1-3 列作为数据的误差估计，或他们之间的相关系数（见 **-W**）。

可选选项

-A[*min*/*max*/*inc*][+**f**[**n**|**p**]]

该选项存有两种用法：(1) 使用该选项计算一个回归模型的范围，而不是计算最优的模型。即以 *inc* 计算线段斜率角度在 *min* 到 *max*

-W[**w**][**x**][**y**][**r**]

-Z[±]*limit*

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

-a*col*=*name*[,…] *(more …)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*

设置 NaN 记录的处理方式

-wy|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

ASCII 格式精度

ASCII 格式输出数据通过 gmt.conf 配置文件控制。控制经纬度格式的参数为*FORMAT_GEO_OUT*；控制绝对时间的的参数包括*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT*；普通浮点数通过参数*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制。上述格式控制可能会导致精度损失, 这会在下游计算中导致一些问题。如果用户需要保证数据精度, 则应考虑将数据写为二进制文件, 或者使用*FORMAT_FLOAT_OUT* 指定更多的有效数字。

生成一维数组

下面将展示如何使用*gmtmath* 生成一维数组（其中大部分操作也可通过 linux 中的 seq 命令方便地实现）

不使用任何子选项

以 0.1 为步长，生成 3.1 到 4.2 等等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.1/4.2/0.1 T =
3.1
3.2
...
4.2
```

+a 选项

该选项不对生成的数列进行运算操作，而是将该数列以列的形式追加到输出表数据，类似 linux 中的 paste 命令。

+b 选项

以 3 和 20 分别为起点和终点，创建一个 2 的整数幂的列表，将生成的整数幂以 1 为步长取值 **-T**3/20/1**+b**

```
gmt math -o0 -T3/20/1+b T =
4
8
16
```

+l 选项

以 7 和 135 分别为起点和终点，先创建一个 10 的整数幂的列表，当 *inc* 为 1 时，输出该列表；当 *inc* 为 2 时，同时输出该列表中每个元素的 1, 2, 5 倍值（不包括超出原始数据范围的部分）；当 *inc* 为 3 时，同时输出该列表中每个元素的 1, 2, ⋯, 9 倍值（同样不包括超出原始数据范围的部分）。**-T**7/135/2**+l** 将会生成如下数列

```
gmt math -o0 -T7/135/2+l T =
10
20
50
100
```

inc 为负整数时，将实现如下效果

```
gmt math -o0 -T1e-4/1e4/-2+l T =
0.0001
0.01
1
100
10000
```

+i 选项

该选项将以 1 作为默认步长，第三个数字做为每步长中的数字个数 *length*。假设需要在 1 分钟内每 24 秒生成一帧

```
gmt math -o0 -T0/60/24+i T =
0
0.0416666666667
0.0833333333333
```

(续下页)

(接上页)

```
0.125
0.166666666667
...
60
```

+n 选项

生成固定长度的数列。以 3.44 和 7.82 为起点和终点, 生成长度为 5 的等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.44/7.82/5+n T =
3.44
4.535
5.63
6.725
7.82
```

-T 后直接加文件或逗号分隔的数列

-T 后可以直接加文件, 文件中即为要生成的列表; 另外, 可以直接使用逗号分隔, 将列表附加到 **-T** 选项后, 如下为 Fibonacci 数列前 6 项

```
gmt math -o0 -T0,1,1,2,3,5 T =
0
1
1
2
3
5
```

注: 如果数列只包含一个值, 必须在其后加逗号以表明仍是一个数列

+u 选项

如果文件或者逗号分隔的数列中有重复数字或未排序, 可以使用 **+u** 选项去重并排序。

+t 选项

生成绝对时间序列。在 *inc* 后分别添加 **y** , **o** , **d** , **h** , **m** 和 **s** 表示时间步长的单位为年, 月, 日, 时, 分, 秒。在其后附加 **+t** 选项, 可以进一步强调生成时间序列, 也可以不加

```
gmt math -o0 -T2020-03-01T/2020-03-07T/1d T =
2020-03-01T00:00:00
2020-03-02T00:00:00
2020-03-03T00:00:00
2020-03-04T00:00:00
2020-03-05T00:00:00
2020-03-06T00:00:00
2020-03-07T00:00:00
```

生成距离序列

如果输入文件中包含两列以上的数据, 可以使用前两列计算距离, 并生成等距序列。在 *inc* 后分别添加 **d**, **m**, **s**, **e**, **f**, **M**, **n** 和 **u** 表示距离步长的单位为度, 分, 秒, 米, 英尺, 公里, 英里, 海里, 英尺。如果为笛卡尔坐标, 使用 c 作为距离步长单位。

+e 选项

如果只给定 *inc* 而从数据中获取最大值和最小值, 则 (*max* - *min*)/*inc* 可能不是整数, GMT 讲会自动对 *inc* 进

行一定的调整。如果不想调整 *inc* , 则可以使用 **+e** 选项, GMT 会固定最小值, 适当调整最大值。

注意事项

1. 输出段的头部信号包含计算得到的所有统计信息, 这些信息的顺序为: 点的个数、x 坐标的平均值、y 坐标的平均值、拟合直线的角度、misfit、斜率、截距、斜率的标准差、截距的标准差。对于 **-Ey** 的情况, 同时输出
2. 对于直线拟合之外的更一般的线性模型的回归, 请参阅*gmtmath* 的 **-A** 选项以及 **LSQFIT** 或者 **SVDFIT** 操作符。

示例

参考文献

Bevington, P. R., 1969, *Data reduction and error analysis for the physical sciences*, 336 pp., McGraw-Hill, New York.

Draper, N. R., and H. Smith, 1998, *Applied regression analysis*, 3rd ed., 736 pp., John Wiley and Sons, New York.

Rousseeuw, P. J., and A. M. Leroy, 1987, *Robust regression and outlier detection*, 329 pp., John Wiley and Sons, New York.

York, D., N. M. Evensen, M. L. Martinez, and J. De Basebe Delgado, 2004, Unified equations for the slope, intercept, and standard errors of the best straight line, *Am. J. Phys.*, 72(3), 367-375.

相关模块

gmtmath, *trend1d*, *trend1d*

18.29 gmtselect

官方文档

gmtselect

简介

筛选符合某个特定准则的数据

该命令会从输入文件中读取前两列作为经度和纬度, 并判断该点是否符合一定的空间准则, 以筛选出符合条件的记录。输入文件中仅前两列会被使用。

七个空间准则包括:

1. 在矩形区域内 (`-R` 和 `-J`)
2. 与点文件中的每个点的距离在一定范围之内
3. 与线文件中的每条线的距离在一定范围之内
4. 在多边形文件所指定的多边形内
5. 在某个地理区域内 (需要海岸线数据)
6. Z 值在某个范围内

7. 该点所在的网格单元内具有有效值(即非零和非 NaN 的值)

七个空间准则

准则 1

使用 -R 和 -J 筛选出在该区域内的点:

```
gmt select points.xy -R0/5/0/5
```

准则 2

筛选所有与点文件中的每个点的距离在一定范围内的点。

-C*pointfile*|*lon*/*lat*+**d***dist*

该准则会筛选出与文件 *pointfile* 中的每个点的距离在 *dist* 之内的记录。

若 *dist* 等于 0, 则 *pointfile* 中的第三列是每个数据点各自的影响半径, 即筛选出不在任何一个数据点的影响半径内的点。默认情况下 *dist* 是笛卡尔坐标系下的距离, 单位为用户单位。若指定 -fg 选项, 则表明 *dist* 为球面距离。若使用了 **-R** 和 **-J** , 则 *dist* 表示投影后的纸面距离, 单位由参数*PROJ_LENGTH_UNIT* 决定。

准则 3

筛选所有与线文件中的每条线的距离在一定范围之内的点。

-L*linefile*+**d***dist*[+**p**]

linefile 中包含了一系列线段, 该准则会筛选出与这些线段的距离不超过 *dist* 的记录。

若 *dist* 等于零, 则可以在 *linefile* 中每段数据的段头记录中使用 -D<dist> 参数, 为每个线段分别指定距离值。

默认情况下 *dist* 是笛卡尔坐标系下的距离, 单位为用户单位。若指定 -fg 选项, 则表明 *dist* 为球面距离。若使用了 **-R** 和 **-J** , 则 *dist* 表示投影后的纸面距离, 单位由*PROJ_LENGTH_UNIT* 决定。

使用 +p 则会将数据点垂直投影到线段上, 只有投影位置在线段的两个端点内的记录才会被保留, 即只有线段左右一定距离内的点才会被保留, 超过线段两端点的点不会被保留。

准则 4

筛选出在某个多边形内的点。

-F*polygonfile*

polygonfile 中可以包含一个或多个多边形, 该选项筛选出所有在多边形内的记录。

准则 5

根据地理特征信息筛选数据。

-N*wet*/*dry*

跳过或保留陆地 (dry) /海湖 (wet) 区域内的点。

wet 和 *dry* 可以取 s 或 k , 分别表示 skip 和 keep。默认值为 -Ns/k , 即保留所有位于陆地上的记录, 并跳过所有海洋、湖泊中的记录。

-N*ocean/land/lake/island/pond*

进一步细分地理特征, 五项分别表示海洋、陆地、湖泊、岛屿、池塘 (?)。每一项均可以取 `s` 或 `k` , 分别表示 skip 和 keep。默认值为 `-Ns/k/s/k/s` , 等效于 `-Ns/k`, 即仅保留所有陆地上的记录。

-D*resolution*[**+f**]

选择海岸线数据的精度, 仅与 **-N** 选项一起使用有效。见*coast* 中 **-D** 选项的介绍。

-A*min_area*[/*min_level*/*max_level*][**+a**[**g**|**i**][**s**|**S**]][**+l**|**r**][**+p***percent*]

不绘制面积过小的区域 (湖泊或岛屿), 或不绘制某个级别的湖泊边界。

在绘制湖泊时, 若不管湖泊的面积大小而把所有湖泊的边界都画上去, 可能导致图看上去比较乱, 该选项用于对湖泊进行筛选。面积小于 *min_area* 平方千米或者湖泊级别不在 [*min_level*,*max_level*] 范围的边界都不会被绘制。默认值为 **0/0/4**, 即绘制所有湖泊边界, 即绘制 0 到 4 级所有级别的面积大于 0 的湖泊。

对于 level=2, 即湖岸线, 包括常规的湖以及很宽的河流。加上 **+r** 则只绘制河流, 加上 **+l** 则只绘制常规湖。

对于南极洲而言, 因为有冰层的存在, 所以海岸线有多种处理方式:

- **+ai** 用 ice shell boundary 作为南极洲的海岸线, 默认值
- **+ag** 以 ice grounding line 作为海岸线
- **+as** 忽略南纬 60 度以南的海岸线, 用户可以使用*plot* 绘制自己的南极洲海岸线
- **+aS** 忽略南纬 60 度以北的海岸线

+p*precent*: 一个多边形, 降低精度后, 边数减少, 面积变化, 当面积变化过大时再绘制这个多边形就不合适了, 该子选项用于去除那些面积与最高精度面积之比小于 *percent* 的多边形。

准则 6

筛选 Z 值在某个范围内的点

-Z*min*[/*max*][**+a**][**+c***col*][**+i**]

判断记录的 Z 值是否在 *min* 到 *max* 之间或等于 NaN。

若省略 *max* 则判断 Z 值是否等于 *min* 。若不限制范围的上限或下限, i 可以使用 - 代替。

若第三列 Z 值代表时间, 想要判断 Z 值是否在某个时间范围内, 需要使用 `-f2T` 选项。

可以使用 **+c***col* 指定记录中的某一列作为 Z 值, 默认以第三列 (col=2) 作为 Z 值。若想要对多列做类似的测试, 可以重复使用 **-Z** 选项, 每次指定不同的列号。注意: 当多次使用 **-N** 选项时, 不可使用 `-Iz` 选项。

准则 7

根据数据点所在的网格单元内具有有效值 (即非零和非 NaN 的值) 来筛选数据。

-G*gridmask*

使用 **-G***gridmask* 指定一个网格文件。对于每个数据点而言, 判断其对应的网格单元是否具有有效值 (即非零或非 NaN 的值), 若该网格单元有有效值, 则保留该数据点。

其他选项

-E[**f**][**n**]

在判断点是否在一个多边形内时, 默认会将恰好在多边形边界线上的点也认为是在多边形内, 使用该选项会将多边形上的点认为是在多边形外部。`f` 和 `n` 分别修改 **-F** 和 **-N** 选项的行为。

-I[**cflrsz**]

对七个准则取反, 即筛选出不符合准则的记录。c、f、g、l、r、s、z 分别对应于 `-C` 、`-F` 、`-G` 、`-L` 、`-R` 、`-S` 和 `-Z` 。

示例

筛选与 `pts.txt` 中所有点的距离在 300 km 以内, 与 `lines.txt` 中线段的距离在 100 km 以外的点:

```
gmt select lonlatfile -fg -Cpts.txt+d300k -Llines.txt+d100k -Il > subset
```

此处需要使用 `-fg` 以告知程序正在处理地理数据。

筛选某个区域内所有不在陆地上的点:

```
gmt select data.txt -R120/121/22/24 -Dh -Nk/s > subset
```

筛选 `quakes.txt` 中所有位于多边形区域内的点:

```
gmt select quakes.txt -Flonlatpath.txt -fg > subset
```

`stations.txt` 中的点投影后与 `origin.txt` 的距离在 5 cm 之内的点:

```
gmt select stations.txt -Corigin.txt+d5 -R20/50/-10/20 -JM20c \
    --PROJ_LENGTH_UNIT=cm > subset
```

18.30 gmtset

官方文档

gmtset

简介

修改单个或多个 GMT 配置参数的值

该模块用于修改 GMT 配置参数的值以调整接下来的绘图或者命令的运行。

该模块修改的参数将对接下来的命令一直有效, 直到 GMT 参数再次被修改或覆盖。若想要参数修改仅对某个命令有效, 可以在该命令中使用 **--***PARAMETER*=*value* 语法。

语法

gmt set [**-C** | **-D**[**s**|**u**] | **-G***defaultsfile*] [**-**[**BJRXxYycp**]*value*] PARAMETER1 *value1* PARAMETER2 *value2* PARAMETER3 *value3*

必选选项

PARAMETER value

要修改的 GMT 配置参数名 *PARAMETER* 以及想要设置的值 *value*

参数名和值必须成对存在。GMT 配置参数见配置参数。

可选选项

-C

将 GMT4 创建的 GMT4 配置文件 `.gmtdefaults4` 转换为 GMT5 及之后版本所使用的 `gmt.conf` 文件，并保留原 GMT4 配置文件。

-D[**s**|**u**]

在系统默认配置的基础上修改参数值

- **-D**：使用 GMT 编译过程中指定的默认参数文件（通常是 SI 单位制配置文件）
- **-Du**：使用 US 单位制下的默认参数文件
- **-Ds**：使用 SI 单位制下的默认参数文件

-G*defaultsfile*

指定要读取并修改的配置文件名 *defaultsfile*

-[**BJRXxYycp**]*value*

强行修改 GMT 命令历史文件 **gmt.history** 中的值。

GMT 在执行一个命令时会在命令历史文件 **gmt.history** 中记录一些选项的参数值，使得接下来的命令可以不用再提供这个选项的参数值。该选项用于在不执行其他绘图命令的前提下强行修改命令历史，但用处不大。

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 +

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

修改主标注字体为 Helvetica, 字号为 12p, 设置网格交叉线的尺寸为 0.2 厘米:

```
gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 12p,Helvetica MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0.2c
```

FAQ

1. 错误消息:

   ```
   gmtset: Warning: parameter xxxx is deprecated. Use xxx instead.
   ```

   GMT5 对所有的配置参数进行了重命令, 以使得参数名更容易记忆。出现该报错的原因是, 当前命令使用的是 GMT4 的老参数名。解决办法是根据警告信息替换为新的 GMT5 配置参数名。

相关模块

gmtdefaults, *gmtget*

18.31 gmtsimplify

官方文档
: gmtsimplify

简介
: 使用 Douglas-Peucker 算法对线段做简化

gmtsimplify 模块读取一个或多个数据文件, 并使用 Douglas-Peucker 算法对复杂多边形进行简化, 用曲线近似表示为一系列点并减少点的数量, 并保证每个点与直线的偏离都在可容忍的范围内。

语法

gmt simplify [*table*] **-T***tolerance* [**-V**[*level*]] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必须选项

-T*tolerance*
: 指定最大所能容忍的误差, 即任意数据点与简化后的线段间的距离小于该值。默认单位为用户单位。对于地理数据 (例如海岸线) 可以指定其它 距离单位。

可选选项

table
: 一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-V[*level*] *(more ···)*
: 设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*
: 设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*
设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*
将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*
筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*
指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*
确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*
跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*
设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*
设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*
筛选输入或输出的行或数据范围

-:[**i**|**o**] *(more …)*
交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**
显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*
临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j* 选项。

示例

将澳大利亚的高精度海岸线数据简化, 容忍误差为 500km:

```
gmt simplify @GSHHS_h_Australia.txt -T500k
```

将笛卡尔线段简化, 可容忍误差为 0.45:

```
gmt simplify xylines.d -T0.45 > new_xylines.d
```

注意事项

gmtsimplify 对于线段和闭合多边形的处理方式略有区别。显式闭合的线段（即线段的首尾坐标相同）会被认为是闭合多边形，否则视为线段。被当作多边形的线段可以被简化为无面积的 3 点多边形，其不会被输出。

BUGS

Douglas-Peucker 算法的已知问题是交叉点的处理，即其无法保证简化后的线段不自我交叉，多个线段也可能互相交叉。此外，当前的算法实现只支持平面距离。

参考文献

Douglas, D. H., and T. K. Peucker, Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line of its caricature, *Can. Cartogr.*, **10**, 112-122, 1973.

相关模块

gmtconnect, gmtconvert, *gmtselect*

18.32 gmtspatial

贡献者

周茂

官方文档

gmtspatial

简介

对点，线和多边形进行地理空间操作

gmtspatial 读取一个或者多个文件，文件中包含线或多边形等特征，对这些特性进行操作，包括：面积计算，多边形相交等。

语法

gmt spatial [*table*] [**-A**[**a***min_dist*][*unit*]] [**-C**] [**-D**[+**a***amax*][+**c**|**C***cmax*][+**d***dmax*][+**f***file*][+**p**][+**s***fact*]] [**-E+p**|**+n**] [**-F**[**l**]] [**-I**[**e**|**i**]] [-L|*dist*/*noise*/*offset*] [**-N***pfile*[+**a**][+**p***start*][+**r**][+**z**]] [**-Q**[*unit*][+**c***min*[/*max*]][+**h**][+**l**][+**p**][+**s**[**a**|**d**]]] [**-R***region*] [**-Sb***width*|**h**|**i**|**u**|**s**|**j**] [**-T**[*clippolygon*]] [**-V**[*level*]] [**-W***dist*[*unit*][+**f**|**l**]] [**-a**flags] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-j**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

可选选项

-A[**a***min_dist*][*unit*]

空间最邻近分析: 计算每个点的最邻近点, 并报告点对之间的距离和 ID（ID 是以输入顺序从 0 开始计数)。**-Aa** 选项用来筛选距离大于 *min_dist* 的点对, 输出数据可能会进行一定的平均。如果输出的 ID 为负数, 则表示原始的点被平均, 这里的 ID 的绝对值为取平均过程中第一个点的 ID。

注: 输入数据中假定包含 (*lon, lat*) 或者 (*x, y*), 此外还可以包括 z 值和权重两列, 在进行平均时, 会同时计算位置和 z 值的加权平均值。

-C

和 **-R** 选项同时使用, 以 **-R** 确定的范围裁剪多边形, 输出结果为闭合的多边形 (**-T** 选项可以使用多边形裁剪多边形)

-D[+**a***amax*][+**c**|**C***cmax*][+**d***dmax*][+**f***file*][+**p**][+**s***fact*]

检查输入线或者多边形之间是否存在重复, 若使用 +**f** 则检查该选项给定的文件中的元素是否与输入文件中的元素存在重复。在确定是否重复的时候, GMT 会自动考虑精确匹配 (相同的个数和坐标), 近似匹配 (两个特征之间最近点之间的平均小于阈值) 以及某些特征是否反转。

- +**a***amax* 设置多边形之间面积差的阈值, 若大于 *amax* , 认为不想等, 小于 *amax* , 则认为近似想等, 默认值为 0.01
- +**c**|**C***cmax* 两特征之间的平均距离处除平均长度称为相近比, 设置两条线之间的相近比阈值 *cmax* , 若两条线的平均相近比大于该值认为两条线为重复, 反之; 默认值为 0.01 。**C** 选项则使用中值而非平均值
- +**d***dmax* 设置点距阈值 *dmax* , 大于该值认为为重复点, 默认值为 0
- +**p** 默认情况下会计算一条线和另一条线上所有点之间的距离, 如果使用 +**p** 选项, 则只考虑在另一条线 (非延长线) 有垂直投影的点, 这样会减小一定的计算量
- +**s***fact* 设置两条线的长度比值的阈值为 *fact* , 默认为 2, 若大于值, 则两条线分别为子集和超集。

在进行重复检查时, 根据特征的种类, GMT 将会自动选取上述选项中的几项进行判断

-E+**p**|**n**

重置所有多边形顶点的顺序。+**p** 改为顺时针, +**n** 改为逆时针。

-F[**l**]

强制输入数据变为多边形, 如果输入为多边形, 则自动实现闭合。使用 **l** 选项来确保输入的线段不被识别为多边形

-I[**e**|**i**]

确定所有多边形对之间的相交点的位置。**i** 只计算自相交的多边形的相交点的位置, **e** 只计算不同多边形之间的相交点的位置 [默认为都计算]。输出将包括相交点的坐标, 相对于整段线长度的位置以及两个多边形的名称。

-L*dist*/*noise*/*offset*

删除经数字化得到的多边形在 **-R** 边界上的线, 通过设置 *dist* (单位为 m , 默认值为 0), 坐标误差 *noise* [1e-10] 以及最大的偏移量 *offset* [1e-10] 等参数的极限值来判断是否位于边界上。

-N*pfile*[**+a**][**+p***start*][**+r**][**+z**]

确定点是否在多边形内。如果在多边形的内部, 则报告对应的多边形的 ID, *pfile* 为报告的多边形结果。

- **+a** 表示某条线或多边形的所有点均位于多边形内
- **+r** 不输出表数据, 只报告对应的多边形
- **+p** 设置初始运行的多边形的 ID 为 *start* , 并在运行中对多边形 ID 进行递增, 默认 *start* 为 0。除 **+p** 选项为, 还可使用 **-Z** 选项或者 **-L** 选项在头段信息中设置多边形的 ID
- **+z** 将 ID 作为一列输出, 默认只写到头部信息中

-Q[*unit*][**+c***min*[/*max*]][**+h**][**+l**][**+p**][**+s**[**a**|**d**]]

测量多边形的面积或者线的长度。对于多边形, 还计算其中心位置; 对于线, 则计算其一半长度的位置。面积的计算取决于投影参数*PROJ_ELLIPSOID* , 应该使用最贴合的椭球以获得准确的结果。

- **+h** 将多边形面积写到段信息中 [默认输出到标准输出]
- **+c***min*[/*max*] 筛选线长度或多边形的面积为 *min* 到 *max* 的目标; 如果不指定 *max* , 则默认为无穷大
- **+s**[**a**|**d**] 对线长度或多边形面积进行排序, **a** 为升序, **d** 为降序, 默认为升序
- **+p** 将多边形闭合从而将所有的输入视为多边形
- **+l** 将输入视为线而不是多边形, 即使是闭合的多边形也视为线

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-Sb*width*|**h**|**i**|**j**|**s**|**u**

对多边形进行一定处理。

- **-Sb***width* 计算缓冲多边形, *width* 为缓冲区的宽度
- **-Sh** 对带孔的多边形进行标记并重置其顶点顺序 (只是为了方便绘制)
- **-Si** 返回多边形的交集, 结果是闭合的
- **-Su** 返回多边形的并, 结果也是闭合的
- **-Ss** 使用日期变更线 (180 度经线) 剖分多边形
- **-Sj** 将使用日期变更线剖分后的多边形合并

注 1 : 只有 **-Sb**, **-Sh** 和 **-Ss** 已经实现, 其他选项还未实现。

注 2 : **-Sb** 是纯笛卡尔运算, 因此 *width* 的单位和数据单位相同。对地理坐标而言, *width* 必须是以度为单位; 或者将坐标投影后进行该操作, 再转换为地理坐标。

-T[*clippolygon*]

使用给定的多边形 *clippolygon* 裁剪多边形, 结果可能不是闭合的多边形。与 **-R** 选项同时使用时, 同时参与裁剪。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*dist*[*unit*][**+f**|**+l**]

对多段线的第一段和最后一段以其原本的方位角进行延长, *dist* 为延长距离, *unit* 为单位 (仅限地理坐标)。对于地理坐标, 可以使用 distf[*unit*]/distl[*unit*] 语法分别设置起始段和结尾段延长的距离和单位。**+f** 和 **+l** 分别表示只在起始段或者结尾段延长, 默认在两端都延长。

-a*col*=*name*[,···] *(more ···)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*
设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*
设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*
将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*
筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*
指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*
确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*
跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*
设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-je|**f**|**g** *(more …)*
设置球面距离的计算方式

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*
设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*
筛选输入或输出的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*
设置 NaN 记录的处理方式

-:[**i**|**o**] *(more …)*
交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**
显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*
临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和-*j* 选项。

点位于多边形内/外

为了确定点在多边形内, 外或在边界上, GMT 会平衡数据类型以及多边形形状等因素来确定算法。对于笛卡尔坐标, GMT 使用 non-zero winding 算法, 该算法非常快。对于地理坐标, 如果多边形不包括两极点且多边形的经度范围不超过 360 度, 同样使用该算法。否则, GMT 会采用 full spherical ray-shooting 方法。

示例

确定远程澳大利亚国界线构成的多边形的中心点和面积

```
gmt spatial @GSHHS_h_Australia.txt -fg -Qk
```

将 `lines.txt` 文件中的线转换为闭合的多边形

```
gmt spatial lines.txt -F > polygons.txt
```

计算 `polygons.txt` 文件中的所有多边形的面积

```
gmt spatial polygons.txt -Q > areas.txt
```

使用与上例同样的文件, 将面积写到段头信息中, 同时将所有的多边形的顶点顺序转换为逆时针

```
gmt spatial polygons.txt -Q+h -E+p > areas.txt
```

计算 `janmayen_land_full.txt` 文件中所有多边形的面积, 并把面积写到头段信息中, 以面积对这些多边形从大到小排列, 并只保留面积大于 1000 平方米的多边形

```
gmt spatial -Qe+h+p+c1000+sd -V janmayen_land_full.txt > largest_pols.txt
```

计算文件 `A.txt` 和文件 `B.txt` 的相交点

```
gmt spatial A.txt B.txt -Ie > crossovers.txt
```

以多边形文件 `B.txt` 裁剪多边形文件 `A.txt` , 输出结果为线

```
gmt spatial A.txt -TB.txt > line.txt
```

如果某多边形中存在有孔的多边形, 首先对其中的有孔多边形进行标记并重置顶点顺序, 以便后续的绘图或填充

```
gmt spatial file.txt -Sh > organized_file.txt
```

注意事项

GDAL/GMT 格式的文件被认为是完整的数据集, 因此在使用该模块时, 不能同时输入多个该格式的文件。正确的做法是先使用 gmtconvert 模块转换为普通的表数据, 然后再使用该模块。

相关模块

gmtconvert, *gmtselect*, *gmtsimplify*,

18.33 gmtsplit

官方文档

gmtsplit

简介

将表数据拆分成单独的段

gmtsplit 将表数据拆分以使每段数据都具有近乎恒定的方位角。该模块可认为是数据提取和*wiggle* 模块之间的一个数据过滤模块, 也可以用来将一个大的数据集分割成小段。

语法

gmt gmtsplit [*table*] [**-A***azimuth/tolerance*] [**-C***course_change*] [**-D***minimum_distance*] [**-F***xy_filter/z_filter*] [**-N***template*] [**-Q***flags*] [**-S**] [**-V**[*level*]] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

输入表文件, 可以为 2 列, 3 列或者 5 列, 数据值为 (x,y,[z[,d,h]])。默认情况下认为输入只包含 3 列, 若输入数据为 5 列, 使用 **-S** 选项确保 d 不是递减的

可选选项

-A*azimuth/tolerance*

计算方位角, 只输出和方位角 *azimuth* 相差小于 *tolerance* 的段

-C*course_change*

当检测到航向发生变化且超过 *course_change* 时, 结束该航段

-D*minimum_distance*

输出总长度大于 *minimum_distance* 的段, 默认值为 0

-F*xy_filter/z_filter*

对数据进行滤波, 假定数据为 d 列 (x 的增量) 的函数。*xy_filter* 和 *z_filter* 分别为 x, y 值和 z 值的滤波的长度, 单位和距离单位相同 (见 **-S**)。如果长度为 0 , 即不进行滤波。滤波长度的绝对值的是余弦滤波总的窗口宽度, 如果长度为正值, 则数据为低通滤波, 如果为负值, 则为高通滤波。如果 *z_filter* 不为 0, 则在拆分之前对数据滤波, 因此边缘效应只会发生在整体数据的开始和结尾处, 在每段数据的头尾则不会有。如果 *xy_filter* 不为 0, 数据将先被拆分, 然后对每段的 x 和 y 值滤波, 即在每段首尾都可能存在边缘效应, 但是可以避免低通滤波将测线拐弯处舍入。

-N*template*

将拆分后的每段都单独输出到文件 [默认在一个文件输出所有段]。可以追加一个格式化的文件模版，必须使用 C 语言格式的语法，例如%d 表示整数，%08d 表示宽度为 8 的整数，位数不够则在前面补 0 [默认模版为 gmtsplit_segment_%d.{txt|bin}，后缀与输出文件格式有关]。或者给出一个带有两个 C 语言格式的模版，使用表数据的编号和段号生成文件名。

-Q*flags*

设置输出列包含 *xyzdh* 中的哪些列以及其顺序，中间不需要使用空格，且必须使用小写字母，默认为 **-Q***xyzdh* ；如果输入只包含两列，则为 **-Q***xydh* 。

-S

支持包含 d 和 h 的列，这时输入数据为 x,y,z,d,h。其中 d 和 h 分别表示 x 的增量和 y 的增量。使用 **-fg** 时，数据为地理坐标，x 和 y 的坐标单位为度，增量的单位均为 km，角度为方位角。若为笛卡尔坐标，距离的单位和 x 以及 y 相同，角度从水平方向开始顺时针计算。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata (more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN，或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo (more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列，**t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*

设置 NaN 记录的处理方式

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

使用 NCEI 提供的 JA020015 航次中 -R300/315/12/20 范围内东西方向的测线绘制磁异常的*wiggle* 图, 并对测线进行 100 km 的低通滤波和 500 km 的高通滤波

```
gmt mgd77list JA020015 -R300/315/12/20 -Flon,lat,mag,dist,azim |\
    gmt split -A90/15 -F100/-500 -D100 -S -V -fg |\
    gmt wiggle -R300/315/12/20 -Jm0.6i -Baf -B+tJA020015 -T1 \
    -W0.75p -Ggray -Z200 -pdf JA020015_wiggles
```

原始测量数据为 MGD77 格式, 因此建议使用*mgd77list* 模块提取 dist 和 azim 而不是使用 **gmtsplit** 计算。

将一个包含经纬度以及重力观测值的二进制双精度文件, 拆分为 survey_xxxx.txt 形式的一系列文件, 拆分原则为间隙大于 100 km

```
gmt split survey.bin -Nsurvey_%03d.txt -V -gd100k -D100 -: -fg -bi3d
```

相关模块

filter1d, *mgd77list*, *wiggle*

18.34 gmtswitch

贡献者

周茂

官方文档

gmtswitch

说明

在不同的 GMT 版本之间切换

gmtswitch 用来实现在多个已经安装 GMT 版本中切换环境。其实现方式为, 在家目录下维护一个版本配置文件 `~/.gmtversions` , 其中包含每个版本的目录列表, 通过一个建立符号链接来指向不同版本的可执行文件目录实现。Windows 下的工作方式请参见*Windows*

语法

gmtswitch [D | *version*]

必选选项

无。如果不指定任何参数, 运行该命令将会看到一个已经安装的 GMT 版本的列表, 从 1 到 n, 可指定想切换的版本。

可选选项

D

切换到 GMT 默认版本, 即 `~/.gmtversions` 中的第一个条目指向的版本

version

在 `~/.gmtversions` 中执行搜索, 获取匹配的版本, 如果只搜索到一个条目, 则切换到对应的环境, 否则, 报错。

设置

如果用户已经安装了官方版本, 则第一次运行 **gmtswitch** 时, 会默认从根目录开始检索, 寻找 GMT4, GMT5 等版本, 但不会检索子文件夹或其他指定目录。也可在执行中指定检索的顶层目录。

正常情况下, 应按如下步骤进行设置:

1. 编辑/创建 `~/.gmtversions` 文件, 并将所有的 GMT 安装目录添加到文件中。其中每个版本占一行, 为安装的顶层文件夹, 例如

   /Users/pwessel/UH/RESEARCH/PROJECTS/GMTdev/gmt-4.5.18

2. 在.bashrc 或其他正在使用的 shell resource 文件中, 删除环境变量 PATH 中已经添加的 GMT 的路径, 并添加新的路径 `$HOME/this_gmt/bin` (在 csh 中为 HOME 为 home), 需要注意的是, this_gmt 会在 **smgswitch** 执行过程中, 被替换为对应的版本的路径, 因此这里只需直接添加上述字符串到 PATH 中即可。此外, 用户可能通过 conda 或者 brew 等包管理器已经安装了 GMT, 删除其环境变量较为复杂, 因此, 在将 `$HOME/this_gmt/bin` 添加到 PATH 中时, 应放在前面, 即 `export PATH=$HOME/this_gmt/bin:${PATH}` 以保证 **gmtswitch** 设置的版本为优先版本。

3. 确保新的 PATH 可工作, 即重启终端或执行 `source ~/.bashrc` 以更新 PATH

4. 运行 **gmtswitch** , 并选择对应的版本

注意事项

GMT 会记住第一次安装的位置, 并使用该目录寻找默认的 GMT share directory。如果在编译后移动了 GMT 的安装位置, 则必须设置 **GMT_SHAREDIR** 指向对应的 share directory。因此, 最好不要在安装后移动东西。

示例

切换到 GMT 4.5.18 (假定已安装, 且非包管理器安装):

```
gmtswitch gmt-4.5.18
```

切换为默认 GMT 版本:

```
gmtswitch D
```

Windows

在 Windows 下, GMT 使用 gmtswitch.bat 批处理脚本来修改 Windows 的 PATH 变量, 使 gmtswitch 切换的版本总是位于最前面。该脚本运行方式包括两种:

1. **永久模式**

永久模式使用开源的可执行程序 **EditPath** 来修改注册表中的用户路径。之所以被称为永久模式, 是因为这些修改会一直保持到下一次修改, 请见

https://www.softpedia.com/get/Tweak/Registry-Tweak/EditPath.shtml

其中 *editpath.exe* 必须已经添加到 Windows 的路径中。

> **备注**
>
> 路径的修改在当前 cmd 中是不可见的, 必须打开一个新的 cmd 使其生效

2. **临时模式**

该模式通过脚本将 GMT 的二进制文件路径添加到以前的路径中, 当 cmd 窗口关闭时, 修改就会失效

用户还必须将下述的 G4_32 到 G5_64 的内容设置为安装不同 GMT 版本的二进制文件所在的路径, 但这四个文件并不是强制要求必须存在的, 对于不存在的条目, 则指向空即可, 例如:

```
set G4_32=
set G4_64=
set G5_32=xxxx
set G5_64=xxxx
```

> **备注**
>
> 目前 gmtswitch.bat 脚本中并未包含 GMT6 版本, 用户可手动编辑 `gmt --show-bindir` 下的该文件, 添加相应的变量并做一定其他修改

永久模式是默认模式, 运行临时模式需要指定第二个参数。例如, 永久切换为 GMT5 64 位版本:

```
gmtswitch g5_64
```

临时切换为 GMT4 32 位版本, 2 为临时模式, 1 或者不指定均为永久模式:

```
gmtswitch g4_32 2
```

不指定任何参数, 可以查看帮助手册。

18.35 gmtvector

官方文档

gmtvector

简介

操作二维和三维笛卡尔坐标向量

gmtvector 读取含有 (x, y), (x, y, z), (r, theta) 或 (lon, lat) 等坐标的表文件。给定 **-fg** 时, 将坐标假定为地理坐标并只包含两列, 将其转换到单位球上的三维笛卡尔坐标; 使用 **-Ci** 选项时, 则表明输入数据为 (x, y) 或 (x, y, z); 默认情况下, 输入文件的坐标为 (r, theta) 形式的极坐标。如果不给定输入文件, 则可以通过 **-A** 选项传递单个向量。可对向量进行的操作包括求夹角, 叉乘, 相加以及旋转等, 其中需要第二个向量时可由 **-S** 指定。输出向量将会被转换为 (lon, lat) 或者 (r, theta) 的形式, 除非使用 **-Co** , 该选项将输出指定为笛卡尔坐标形式。

语法

gmt vector [*table*] [**-Am**[*conf*]|*vector*] [**-C**[**i**|**o**]] [**-E**] [**-N**] [**-S***vector*] [**-Ta**|**d**|**D**|**p***azim*|**r**[*arg*]|**R**|**s**|**t**[*arg*]|**x**] [**-V**[*level*]] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-j**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

输入表数据文件名。**-fg** 表明输入坐标为 (lon, lat); **-Ci** 表明输入数据为 (x, y) 或 (x, y, z), 其他情况下, 坐标为 (r, theta) 形式。

可选选项

-Am[*conf*]|*vector*

指定单个向量, 而不从文件中读取。**m** 选项可以对输入文件中的向量平均, 得到一个向量作为主向量 (即对所有点的平均), 并可计算该向量的置信椭圆 (长轴以及方位角, 地理坐标的轴单位为 km)。可使用百分比的形式添加置信水平 *conf* [95]。这三个参数将在输出的最后三列。

-C[**i**|**o**]

将输入和输出设置笛卡尔坐标。**i** 和 **o** 分别表示输入和输出。默认情况下, 二维向量为极坐标, 三维向量为地理坐标。

-E

将输入的地理坐标从大地坐标转换为地心坐标, 并将输出的地理坐标从地心坐标转换为大地坐标。该选项只有 **-fg** 设置时, 才会生效。

-N

在输出前, 将向量进行归一化 (仅在 **-Co** 设置时有效)

-S[*vector*]

指定第二个向量, 格式与第一个向量相同。**-T** 选项可以实现两向量之间的运算。

-Ta|**b**|**d**|**D**|**p***azim*|**s**|**r**[*arg*]|**R**|**s**|**t**[*arg*]||**x**

对向量进行变换

- **a** 平均位置
- **b** 经过两向量（点）的大圆的中点
- **d** 点积
- **D** 两向量之间的角度
- **p***azim* 求大圆的极点，该大圆的极点必须以 *azim* 方位角经过设定的点
- **s** 相加
- **r***par* 向量旋转，*par* 对二维笛卡尔数据表示旋转角度，对三维向量，则为 *lon/lat/angle* 中的角度
- **R** 通过输入的文件指定旋转的角度
- **t**[args] *args* 表示 *azimuth/distance*[*unit*] ；给定距离 *distance* 和方位角 *azimuth* 计算其对应方位角上的点，同时可以追加单位，默认距离单位为 m。如果不指定距离和方位角，则 GMT 默认从文件读取方位角和距离
- **x** 计算两个向量的叉乘

不设置 **-T** 选项，则不实施转换，对于 **-Tt** ，不设置 **-je** 时，使用大圆计算，设置时则使用大地线/测地线计算（即大地测量学中的大地主题正算）

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata (more ···)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN，或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo (more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more ···)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换（0 表示第一列，**t** 表示文本列）

-je|**f**|**g** *(more ···)*

设置球面距离的计算方式

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输出数据列（0 表示第一列，**t** 表示文本列）

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

确定 `ship_15.txt` 文件中所有点的平均位置, 并计算该点 95% 置信椭圆

```
gmt vector @ship_15.txt -Am -fg
```

计算 `points.txt` 中的点与 133/34 点的球面夹角

```
gmt vector points.txt -S133/34 -TD -fg > angles.txt
```

将相同的文件以 133/34 为极点旋转 35 度, 并输出笛卡尔坐标

```
gmt vector points.txt -Tr133/34/35 -Co -fg > reconstructed.txt
```

使用文件 `rot.txt` 给出的角度将 65/33 旋转对应的角度

```
gmt vector rots.txt -TR -S64/33 -fg > reconstructed.txt
```

计算两个笛卡尔向量 0.5/1/2 和 1/0/0.4 之间的叉乘

```
gmt vector -A0.5/1/2 -Tx -S1/0/0.4 -N -C > cross.txt
```

旋转二维向量 r = 2, theta = 35, 旋转角度为 120 度

```
gmt vector -A2/35 -Tr120 > rotated.txt
```

确定连接 123/35 和 -155/-30 的大圆的中点

```
gmt vector -A123/35 -S-155/-30 -Tb -fg > midpoint.txt
```

确定 `points.txt` 中点的平均位置, 并确定其 99% 的置信椭圆

```
gmt vector points.txt -Am99 -fg > centroid.txt
```

寻找以 105 度方位角通过点 -30/60 的大圆对应的极点

```
gmt vector -A-30/60 -Tp105 -fg > pole.txt
```

将地理坐标文件 `points.txt` 中的所有位置在球面上以东北方向平移 65 km

```
gmt vector points -Tt45/65k -fg > shifted.txt
```

确定距离 (8E,50N) 23 海里 310 度方位角方向上的点, 距离使用大地线/测地线长度衡量

```
echo 8 50 | gmt vector -Tt310/23n -je
```

旋转

关于板块构造重建中的更高级的三维旋转, 参见 Spotter 相关模块

相关模块

project, *mapproject*

18.36 gmtwhich

官方文档
: gmtwhich

简介
: 返回指定文件的完整路径

该模块会报告文件的完整路径, 使得用户可以确认自己在使用的究竟是哪个数据文件。

GMT 会依次在如下目录中去寻找命令行中指定的文件: 当前目录 > GMT 用户目录 > GMT 数据目录 > GMT 缓存目录。可以参考输入文件的搜索目录 了解每个目录的具体指定方式。

语法

gmt which *files* [**-A**] [**-C**] [**-D**] [**-G**[**a**|**c**|**l**|**u**]] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

files
: 任意一个或多个数据文件名

可选选项

-A
: 仅考虑用户有读权限的文件 [默认不考虑权限问题]

-C
: 不报告完整路径, 只打印 **Y** 或 **N** 以表示是否找到文件

-D
: 不报告完整路径, 仅打印包含该文件的目录名

-G[**a**|**c**|**l**|**u**]
: 自动下载指定的文件。指定下载文件的方式有:

- URL 链接形式指定的文件: 下载到当前目录
- **@***filename* 形式指定的文件: 从 GMT 数据服务器上下载到缓存目录
- **@earth_relief_***xxy* 形式指定的文件 (即 GMT 提供的地学数据集): 从 GMT 数据服务器上下载到用户目录下的 `server` 子目录

使用该选项时, GMT 会先按照输入文件的搜索目录 中指定的搜索顺序寻找文件, 若未找到文件, 才会尝试下载该文件:

- **-Gl**: 下载到当前目录 [默认选项]
- **-Ga**: 下载到用户目录的子目录中, 如 `server`、`cache` 子目录
- **-Gu**: 下载到数据目录
- **-Gc**: 下载到缓存目录

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

查看某个文件的路径:

```
gmt which myjunk.txt
```

下载并返回 GMT 提供的 10 分精度的全球地形起伏数据:

```
gmt which -Ga @earth_relief_10m
```

从 GMT 数据服务器下载 GMT 示例数据。该数据会被下载到 GMT 缓存目录中 (默认为 `~/.gmt/cache`):

```
gmt which -Gc @hotspots.txt
```

18.37 grd2cpt

官方文档

grd2cpt

简介

根据 grid 文件生成 CPT

语法

gmt grd2cpt *grid* [**-A***transparency*[+**a**]] [**-C***cpt*] [**-D**[**i**|**o**]] [**-E**[*nlevels*][+**c**][+**f***file*]] [**-F**[**R**|**r**|**h**|**c**][+**c**[*label*]]] [**-G***zlo/zhi*] [**-H**] [**-I**[**c**][**z**]] [**-L***minlimit/maxlimit*] [**-M**] [**-N**] [**-Q**[**i**|**o**]] [**-R***region*] [**-Sh**|**l**|**m**|**u**] [**-T***start/stop/inc*] [**-V**[*level*]] [**-W**[**w**]] [**-Z**] [**-bo**binary] [**-h**headers] [**-o**flags] [**--PAR**=*value*]

描述

grd2cpt 读取一个或多个 grid 文件，并生成对应的 CPT 文件。在经典模式中，CPT 文件的内容会输出到屏幕标准输出中。而在现代模式中，该命令不会生成显式的 CPT 文件，而是隐式地将其自动设置为后面的绘图命令的默认 CPT 文件。因此无法使用经典的 `gmt grd2cpt grid > cpt` 方式生成 CPT 文件。如果需要在现代模式中生成 CPT 文件，则可以使用 **-H** 选项：`gmt grd2cpt grid -H > cpt` 。关于经典模式和现代模式的语法区别，建议阅读《经典模式 → 现代模式 》。

grid 文件的 z 值范围以外的数值，将分别使用 3 种颜色来表示，分别是：背景色 (B，background color，表示低于最小 z 值时所对应的颜色)、前景色 (F，foreground color，表示高于最大 z 值时所对应的颜色)、以及 NaN 颜色 (N，表示 z 值被定义为 NaN 时对应的颜色，即 z 值未定义的情况)。默认情况下，这三种颜色会沿用 **-C** 选项所指定的主 CPT 文件的设置，但也可以使用 **-D** 选项进行修改。或者使用*gmtset* 命令对*COLOR_BACKGROUND*、*COLOR_FOREGROUND* 与*COLOR_NAN* 进行自定义修改。

颜色模式 (RGB，HSV，CMYK) 会沿用 **-C** 选项所指定的主 CPT 文件的设置。或者使用*gmtset* 命令对*COLOR_MODEL* 进行自定义修改。

必选选项

grid

grid 文件的文件名。*grd2cpt* 将根据 grid 文件的 z 值范围生成对应的 CPT 文件。

可选选项

-A*transparency*[+**a**]

设置透明度，*transparency* 的取值范围是 0 到 100。加上 +**a** 则该透明度同时应用于前景色、背景色和 NaN 颜色。默认不透明，即 0。

-C*cpt*

指定主 CPT 文件，默认值是 GMT 自带的 **rainbow**。*grd2cpt* 根据主 CPT 文件的配色方案，将 z 值范围拉伸至 grid 文件的 z 值范围，生成新的 CPT。GMT 自带的 CPT 文件的配色方案列表，请参见《内置 *CPT* 》。

除了 GMT 自带的 CPT 文件，也可以设为用户自定义的 CPT 文件，也可以是通过 **-C***color1*,*color2*[,*color3*] 语法指定一个线性连续变化的颜色列表。

-D[**i**]

将背景色和前景色分别设置为输出的 CPT 文件中最低值和最高值对应的颜色。不设置本项时，GMT 默认使用主 CPT 文件规定的背景色与前景色，或是采用配置参数*COLOR_BACKGROUND*、*COLOR_FOREGROUND* 与*COLOR_NAN* 的设置。加上 **i** 则设置为主 CPT 文件中最低值和最高值对应的颜色。

-E*nlevels*

生成的 CPT 文件会被重采样为 *nlevels* 个等间距的切片。

-F[**R**|**r**|**h**|**c**][**+c**]

使用默认选项 **-FR** , 输出的 CPT 以 r/g/b, 灰度值, 或名称指定颜色; 使用 **-Fr** , 输出的 CPT 以 r/g/b 方式指定颜色; 使用 **-Fh** , 输出的 CPT 以 h-s-v 方式指定颜色; 使用 **-Fc** , 输出的 CPT 以 c/m/y/k 方式指定颜色; 附加 **+c** 以分类格式编写离散型调色板。

-G*zlo*/*zhi*

截断主 CPT 文件, 将主 CPT 的最小和最大 z 值分别限制为 *zlo* 与 *zhi*。

-H

仅限现代模式: 默认情况下是将 CPT 保存为隐藏的当前 CPT, 加上 **-H** 命令会显式地将 CPT 写入标准输出。在写制作动画的脚本时, 需要传递显式命名的 CPT 文件, 因此需要使用本功能。建议阅读《经典模式 → 现代模式 》。

-I[**c**][**z**]

利用 **-Iz** 选项倒转 CPT 的 z 值指向 (不包括前景色、背景色)。利用 **-Ic** 选项翻转颜色的顺序, 包括前景色和背景色。详细用法和说明见《制作 *CPT* 》。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-Sh|**l**|**m**|**u**

强制生成 0 对称的 CPT (范围从 -*R* 到 +*R*)。**-Sl** : R =|zmin|, **-Su** : R = |zmax|, **-Sm** : R = min(|zmin|, |zmax|), **-Sh** : R = max(|zmin|, |zmax|).

-T*start*/*stop*/*inc*

定义要生成的 CPT 文件的 Z 值范围 (*start* to *stop*) 及 Z 值间隔 (*inc*)。

-Z

强制生成连续的 CPT 文件 (默认为离散不连续的 CPT)。

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

示例

根据 0/60/0/60 范围内的 5 分精度的地形起伏数据, 以 GMT 自带的 geo 为主 CPT 文件, 生成对称的 CPT:

```
gmt grd2cpt @earth_relief_05m -R0/60/0/60 -Cgeo -Su
```

根据用户自己的数据 mydata.nc, 以 GMT 自带的 relief 为主 CPT, 以 20 为间隔生成 0 - 200 范围内的 CPT 文件:

```
gmt grd2cpt mydata.nc -Crelief -T0/200/20
```

18.38 grd2xyz

官方文档

grd2xyz

简介

将网格文件转换成表数据

grd2xyz 读取一个或多个二进制 2D 网格文件, 并将 XYZ 数据以 ASCII 或二进制格式写到标准输出中。ASCII 输出的格式由参数*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制, 也可以以单精度或双精度浮点数的形式储存为二进制格式, 还可以只输出 Z 值而不包含 XY 坐标数据。

语法

gmt grd2xyz *grid* [**-C**[*section/*]*master*|*cpt*|*color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,…][**+h**[*hinge*]][**+i***dz*][**+u**|**U***unit*][**+s***fname*]] [**-F**[**f**|**i**]] [**-R***region*] [**-V**[*level*]] [**-W**[**a**|*weight*]] [**-Z**[*flags*]] [**-bo**binary] [**-d**nodata[**+c***col*]] [**-f**flags] [**-ho**[*n*]] [**-o**flags] [**-qo**flags] [**-s**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

grid

要转换的 2D 网格文件

可选选项

-C[*section/*]*master*|*cpt*|*color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,…][**+h**[*hinge*]][**+i***dz*][**+u**|**U***unit*][**+s***fname*]

基于 z 值确定颜色分量。通过指定主 CPT 名称, CPT 文件或用逗号分割的多个颜色, 以创建一个 CPT。如果不指定参数, 则在现代模式下使用当前 CPT (如果可用)。支持以下多种输入:

1. 主 CPT 名称, 例如 *earth* (详见内置 *CPT*), 可使用 CPT 名称 *master* 或包括相对路径的 *section/master* 来指定 (内置 CPT 不可添加 **.cpt** 扩展名)。
2. 自定义 CPT 文件 *cpt* , 例如 *my_colors.cpt* 。
3. 自动从多个颜色 *color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,…] 中创建线性连续的 CPT, 其中 z 值从 0 开始, 每添加一种颜色 z 值加 1。在这种情况下, *color*$_i$ 可以是 *r/g/b* (e.g. 255/100/75), *h-s-v* (e.g. 180-0.8-1), *c/m/y/k* (e.g. 80/50/40/30), HTML 十六进制 (e.g. #aabbcc) 或颜色名称。逗号之间不能有空格。

支持以下选项:

- **+h** - 对于有软铰链 (soft hinge) 的主 CPT, 可指定 *hinge* 值启用铰链, 而对于有硬铰链 (harde hinge) 的 CPT, 可以修改铰链位置 *hinge* , 但不能禁用。

- **+i** - 指定 *dz* 使网格 z 值范围分层, 默认使用精确范围。
- **+s** - 将创建的 CPT 保存到文件 *fname*。当 CPT 是自动创建时这很有用, 但必须用于 **-C** 的末尾。
- **+u** - 对于任何其他主 CPT, 可以通过指定其原始单位 *unit* 将其 z 值单位转换为米。
- **+U** - 与 **+u** 类似, 但是将 z 值单位从米转换为指定单位 *unit* 。

注: 我们将在原始输出后新增四列, 分别为 red、green 和 blue 的颜色分量 (均在 0-255 范围内) 以及透明度 (0-100%, 0 表示不透明)。如果颜色表为灰度表, 则输出灰度 (0-255) 而非三原色。

-F[**f**|**i**]

输出的 XY 坐标值用对应的列、行号替代

默认输出的三列数据是: X 坐标、Y 坐标和 Z 值。使用该选项, 则输出的三列数据为: 列号、行号和 Z 值。其中, 行号和列号从 0 开始算起。使用 **-Ff** 则行号和列号从 1 开始算起。若使用 **-Fi** 会输出两列数据: 索引值和 Z 值。索引值相当于是将二维数组用一维数组表示。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

使用 **-R** 选项指定只对网格数据的一个子区域进行操作。若该子区域超过网格边界, 则只输出二者共同的区域

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W[**a**|*weight*]

输出四列数据 XYZW, 其中 W 为 *weight* [*weight* 默认值为 1]

若使用 **-Wa** 则权重为每个节点所占据的面积。

-Z[*flags*]

以 ASCII 或二进制形式输出 Z 值

使用该选项, 则输出时只有 Z 值, 没有 XY 信息。输出 Z 值的顺序由 *flags* 决定。若是行优先, *flags* 的第一个字符可以取:

- **T** 表示第一行是 y=ymax
- **B** 表示第一行是 y=ynin

flags 的第二个字符可以取:

- **L** 表示每一行的第一个元素是 x=xmin
- **R** 表示每一行的第一个元素是 x=xmax

若是列优先, 则 **L**|**R** 为第一个字符, **B**|**T** 为第二个字符。

对于网格线配准的网格文件而言:

- 若网格在 X 方向是周期的, 输出数据时不需要包含 x=xmax 所在的列, 则加上 **x**
- 若网格在 Y 方向是周期的, 输出数据时不需要包含 y=ymax 所在的行, 则加上 **y**

若数据需要做字节交换, 则加上 **w**。最后需要指定数据以何种数据类型保存:

- a ASCII 表, 每行输出一个 Z 值
- c int8_t, signed 1-byte character
- u uint8_t, unsigned 1-byte character

- `h` int16_t, short 2-byte integer
- `H` uint16_t, unsigned short 2-byte integer
- `i` int32_t, 4-byte integer
- `I` uint32_t, unsigned 4-byte integer
- `l` int64_t, long (8-byte) integer
- `L` uint64_t, unsigned long (8-byte) integer
- `f` 4-byte floating point single precision
- `d` 8-byte floating point double precision

默认值为 **-ZTLa**。

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

该选项只适用于以二进制格式输出 XYZ 数据。若需要只输出 Z 值, 可以使用 **-Z** 选项。

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more ···)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-qo[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more ···)*

筛选输出的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more ···)*

设置 NaN 记录的处理方式

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

非等间隔 XY 坐标

几乎所有 GMT 模块只能处理 XY 等间隔的网格文件, **grd2xyz** 是个例外。**grd2xyz** 可以输出非等间隔网格文件的原始 x y z 值。

时间坐标

GMT 可以识别 netCDF 网格文件中的时间坐标。netCDF 变量的 **unit** 属性会被解析以确定网格文件中时间坐标的起算点和单位。这些时间坐标值会被进一步根据*TIME_UNIT* 和*TIME_EPOCH* 转换为 GMT 内部时间值。输出时, 默认以相对时间的形式输出, 也可以使用 **-f** 选项指定以绝对时间方式输出。

示例

将一个 netCDF 网格文件转换为 XYZ 文件:

```
gmt grd2xyz @AFR.nc > AFR.xyz
```

将一个 netCDF 文件以单精度二进制格式输出其 Z 值:

```
gmt grd2xyz @AFR.nc -ZTLf > AFR.b
```

相关模块

grdedit, *grdconvert*, *xyz2grd*

18.39 grdblend

官方文档
: grdblend

简介
: 将多个部分重叠的网格文件合并成一个网格文件

grdblend 模块会读取多个网格文件以及一个合并参数文件, 并将多个网格文件合并成一个网格文件。

合并过程中会遇到如下几种情况:

- 某个节点只有一个值: 使用该值填充该节点
- 某个节点有多个值: 对多个值计算其权重均值并赋值给该节点
- 某个节点没有值: 该节点的值由 **-N** 选项控制, 默认为 NaN

输入网格数据中, 若网格节点配准方式或网格间隔与输出数据不同, 则会自动调用*grdsample* 对这些网格数据进行重采样。

语法

gmt grdblend [*blendfile* | *grid1 grid2* ···] **-G***outgrid* **-I***increment* **-R***region* [**-Cf**|**l**|**o**|**u**[+**n**|**p**]] [**-N***nodata*] [**-Q**] [**-Z***scale*] [**-V**[*level*]] [**-W**[**z**]] [**-f**flags] [**-n**flags] [**-r**reg] [**--PAR**=*value*]

必选选项

grid1 grid2
: 要合并的网格文件

-G*outgrid*
: 输出的网格文件名

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]
: 指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

blendfile

合并参数文件。

文件中包含了要合并的网格文件的文件名列表, 其格式为:

```
网格文件名 (必须)  -R选项 (可选)  相对权重 (可选)
```

- 在考虑权重的情况下, **-R** 范围外的部分会给零权重, **-R** 范围内的部分则会使用指定的相对权重, 在边界处会加上 2D 余弦 taper 权重。
- 若相对权重为负值, 则整个反过来, 即范围内的会给零权重, 范围外的会给权重的绝对值。
- **-R** 选项可以取值 **-**, 此时会直接使用该网格文件的数据范围。
- 若未指定权重, 则默认权重为 1
- 也可以不指定 *blendfile* 而只将所有网格文件名列在命令行中, 此时会使用网格数据的真实范围, 且所有网格文件的权重都是 1

-Cf|**l**|**o**|**u**[**+n**|**p**]

合并网格文件时, 若多个网格出现重叠, 则忽略权重并按照下面的规则设置重叠区域的值:

- **-Cf** 将第一个访问该节点的网格数据作为该节点的值
- **-Co** 将最后一个访问该节点的网格数据作为该节点的值
- **-Cl** 将所有网格文件在该节点的值的最小值作为该节点的值
- **-Cu** 将所有网格文件在该节点的值的最大值作为该节点的值

对于 **-Cf** 和 **-Co** 而言, 网格文件的顺序决定了这些节点的值。在这种模式下, 权重和余弦 tapering 会被忽略。

使用 **+n** 或 **+p** 则首先将网格节点值初始化为第一个网格文件的值, 对于接下来的其它网格文件, 仅当其值小于等于 0 或大于等于 0 时才考虑是否更新该节点的值。

-N*nodata*

将无数据的节点的值设置为 *nodata*, 默认值为 NaN

-Q

创建一个无头段的二进制网格文件 (非 netCDF 格式) 以供其它程序使用

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W[**z**]

不合并数据, 仅输出每个节点所使用的权重。

-Wz 表示输出 Z 值乘以权重的和。

-Z*scale*

在输出前先将数据乘以比例因子 *scale*, 默认值为 1

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][+**a**][+**b***BC*][+**c**][+**t***threshold*] *(more …)*

设置网格文件的插值方式

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

假设要合并几个网格文件, 则可以设置合并参数文件 *blend.job* 的内容为:

```
piece_1.nc -R0/30/-90/90 1
piece_2.nc -R25/50/-90/90 1.5
piece_3.nc -R45/80/-90/90 0.9
piece_4.nc -R80/160/-90/90 1
```

执行如下命令即可实现数据合并:

```
gmt grdblend blend.job -Gblend.nc -R0/160/-90/90 -I1m/1m -V
```

将所有网格文件 MB_*.nc 以相同权重合并:

```
gmt grdblend MB_*.nc -Gblend.nc -R0/360/-90/90 -I1m/1m -V
```

相关模块

grd2xyz, *grdconvert*, *grdedit*, *grdsample*

18.40 grdclip

官方文档

grdclip

简介

对网格文件的 Z 值进行截断

语法

gmt grdclip *ingrid* **-G***outgrid* [**-R***region*] [**-Sa***high/above*] [**-Sb***low/below*] [**-Si***low/high/between*] [**-Sr***old/new*] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必须选项

ingrid

输入网格文件名

-G*outgrid*

输出网格文件名

可选选项

-R*xmin/xmax/ymin/ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

指定要截取的网格区域。若该选项指定的范围超过了网格文件的边界, 则仅提取二者公共的区域。

-Sa*high/above*

将所有大于 *high* 的值设置为 *above*

-Sb*low/below*

将所有小于 *low* 的值设置为 *below*

-Si*low/high/between*

将所有在 *low* 和 *high* 范围内的值设置为 *between*。该选项可多次使用

-Sr*old/new*

将所有等于 *old* 的值设置为 *new*。该选项可以多次使用

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

将所有大于 0 的值设置为 NaN, 并将小于 0 的值设置为 0:

```
gmt grdclip @AFR.nc -Gnew_AFR.nc -Sa0/NaN -Sb0/0 -V
```

将所有 25 到 30 范围内的值设置为 99, 35 到 39 范围内的值设置为 55, 将 17 换成 11, 将所有小于 10 的值设置为 0:

```
gmt grdclip classes.nc -Gnew_classes.nc -Si25/30/99 -Si35/39/55 -Sr17/11 -Sb10/0 -V
```

相关模块

grdfill, *grdlandmask*, *grdmask*, *grdmath*, *grd2xyz*, *xyz2grd*

18.41 grdcontour

官方文档

grdcontour

简介

根据网格文件绘制等值线

语法

gmt grdcontour *grid* **-J***parameters* [**-A**[**n**|*contours*][*labelinfo*]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***contours*|*cpt*] [**-D***template*] [**-F**[**l**|**r**]] [**-G**[**d**|**f**|**n**|**l**|**L**|**x**|**X**]*params*] [**-L***low/high*|**n**|**N**|**P**|**p**] [**-N**[*cpt*]] [**-Q**[*n*|*length*[*unit*]][+**z**]] [**-R***west/east/south/north*[/*zmin*/*zmax*][+**r**][+**u***unit*]] [**-S***smoothfactor*] [**-T**[**h**|**l**][+**a**][+**d***gap*[/*length*]][+**l**[*labels*]]] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W**[*type*]*pen*[+**c**[**l**|**f**]]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-Z**[+**o***shift*][+**s***factor*][+**p**]] [**-bo**binary] [**-do**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-ho**[*n*]] [**-l**flags] [**-p**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

描述

grdcontour 读取一个二维 grid 网格文件, 并绘制等值线。或者将等值线的 x、y、z 位置保存到一个或多个输出文件 (或标准输出), 不绘制图像。

必选选项

grid

二维 grid 网格文件

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

可选选项

-A[**n**]|[*contours*][*labelinfo*]

-A*contours* 设置标注间隔，如果在 **-C** 选项中指定标注间隔的话，这里的设置会被覆盖。**-An** 则为不进行标注。也可以用 `-A20,80,100` 类似的用法，对指定的等值线进行标注。如果只想要标注一条等值线，需要在末尾加上逗号，例如 `-A20,`，这样 `20` 就不会被认为是标注间隔。*labelinfo* 代表可以在最后追加下列额外选项:

+a*angle*

设置标注的旋转角度 *angle* 。也可以写成 `+an` 表示标注垂直于等值线。默认设置为 `+ap` 表示标注平行于等值线。`+apu` 和 `+apd` 表示设置方向朝向山顶还是山底。

+c*dx*[/*dy*]

设置标签和文本框之间的间隙。后面加上 **c**|**i**|**p** 来指定单位或% 来表示标签字体大小的百分比 [15%]。

+e

延迟标注。这用于基于文本构建裁剪路径，在该裁剪路径生效时放置其他图层，使用*clip* **-C** 关闭裁剪后再标注文本，这样使标注文本不被裁剪。请注意，裁剪路径可能会截断没有文本重叠的其他区域。反复检查以确保得到预期的正确结果。建议每次使用 **+e** 后，选择合适的位置手动运行*clip* 。

+f*font*

设置字体。默认会使用*FONT_ANNOT_PRIMARY* 设定的字体，但字体大小会变成 9p。

+g[*color*]

设置标注文本的背景颜色，默认使用*PS_PAGE_COLOR* 颜色，不设置本项时标注文本的背景是透明的。

+i

隐藏等值线 (默认绘制等值线)。如果你只想看标注而非等值线，可以使用它。

+j[*just*]

设置标注相对于等值线中点的对齐方式，默认使用 **MC** 。

+n*dx*[/*dy*]

设置标注位置的偏移，后面加上 **c**|**i**|**p** 来指定单位。偏移增量设定在由等值线方向定义的坐标系中 (沿等值线方向为 *x* ，垂直等值线方向为 *y*)。将 **+n** 改为 **+N** 则所有标注在整个绘图坐标系 *x/y* 中整体偏移。不能和 **+v** 一起使用。

+o

将文本框形状设置为圆角矩形。不能和 **+v** 一起使用。

+p[*pen*]

设置文本框轮廓的线型，不设置本项时无轮廓。默认宽度 0.25p，颜色 black，风格 solid。

+r*min_rad*

等值线的曲率半径小于 *min_rad* 处不作标注。默认 *min_rad* 设置为 0。

+t[*file*]

将等值线标注文本的坐标 *x*，坐标 *y*，旋转角度 *angle* 和文本保存到文件 *file*。默认文件名为 Contour_labels.txt。

+u*unit*

在所有标注后面加上单位 *unit* ，默认无单位。如果设置为 **z**，则使用输入文件的 z 值单位。

+v

将标注文本顺着等值线弯曲。

+**w***n*

指定使用多少个 *(x,y)* 点来估计标注旋转角度, 默认由程序自动指定。

+=*prefix*

在所有标注前面加上前缀 *prefix* 。

-B*parameters (more …)*

设置底图边框和轴属性。

-C*contours*

指定绘制等值线的形式, 具体说明如下:

(1) 如果 *contours* 是一个以 ".cpt" 结尾的文件名, GMT 会查找对应的 CPT 文件, 把 CPT 文件中的颜色块的边界绘制为等值线, 并进行标注。如果使用了 `-An` 选项则只绘制等值线不标注。

(2) 如果 *contours* 是一个不以 ".cpt" 结尾的文件名, GMT 会读取其中的内容作为等值线设置。每行为一条等值线的设置, 以如下格式给出: *contour-level* [*angle*] **C**|**c**|**A**|**a** [*pen*], 中括号表示可选项。**C** 或 **c** 表示绘制等值线但不标注, 而 **A** 或 **a** 表示绘制等值线并进行标注。*angle* 设置标注的旋转角。*pen* 设置等值线的线型。

(3) 如果 *contours* 是一串用逗号隔开的数字, 例如 `-C20,80,100` , 则绘制对应的等值线。如果只想要绘制一条等值线, 需要在末尾加上逗号, 例如 `-C20,` 。

(4) 如果没有指定 *contours* , 则默认使用当前 CPT 文件。

(5) 如果 *contours* 是一个常数, 则以这个常数为间隔绘制等值线。

如果 **-C** 和 **-A** 都没有指定的话, 则自动计算合适的间隔绘制标注等值线。

-D*template*

将等值线转存为线段文件, 不绘制图像。后面可以加上 C 语言的 printf 函数的格式说明符作为输出文件名模板。如果不指定文件名模板则全部打印到标准输出。如果文件名不含格式说明符则全部输出到单个文件。

- 如果有浮点数格式 (e.g., %6.2f), 其被替换为等值线的 z 值。
- 如果有整数格式 (e.g., %06d), 其被替换为等值线的计数索引。
- 如果有字符格式 (%c), 其被替换为 C 或 O , 分别代表闭合等值线和开放等值线。

这 3 个说明符可以任何顺序组合在一起, 以定义输出的文件名。

例如, 只给定%c 则输出两个文件, 只给定%f 则等值线的每一级输出为一个文件, 给定%d 则每条等值线输出到独立文件中。

-F[**l**|**r**]

使用 **-D** 时, 设置按顺序输出等值线的线段。**-Fl** (默认值) 表示沿着高 z 值在左侧的等值线方向, **-Fr** 表示沿着高 z 值在右侧的等值线方向, 不使用 **-F** 则为任意方向。

> **警告**
>
> 某些时候等值线图会出现标注数字消失不见的情况。这是由于数字被标注在绘图范围外所致。这种情况应该使用下面的 **-G** 选项手动设置标注在等值线上的位置。

-Gd*dist*[**c**|**i**|**p**] 或 **-GD***dist*[**d**|**e**|**f**|**k**|**m**|**M**|**n**|**s**]

该选项控制标注在等值线上的位置。使用小写的 **d** , 并指定标注之间的距离 *dist* 和单位 **c** (cm)、**i** (inch) 或 **p** (points)。如果使用大写的 **D**, 则表示距离 *dist* 是地图上的距离, 单位也应该从以下几个地理距离单位中选择: **e** (m), **f** (foot), **k** (km), **M** (mile), **n** (nautical mile), **u** (US survey foot), **d** (arc degree), **m** (arc minute), **s** (arc second)。

-L*low/high*|**n**|**N**|**P**|**p**

不绘制小于 *low* 大于 *high* 的等值线。也可以设置为 **-Ln** 只绘制负值, 或 **-Lp** 只绘制正值。使用大写的 **-LN** 或 **-LP** 表示包括 0 等值线。

-N[*cpt*]

指定 *cpt* 文件, 对等值线之间的区域填充颜色。

-Q[*n*|*length*[*unit*]][+**z**]

不绘制少于 *n* 个点的等值线 (默认绘制所有等值线)。或者, 以距离 *unit* 为单位给出最小等值线长度 *length* , 其中 *unit* 可使用地理距离单位 **d**|**m**|**s**|**e**|**f**|**k**|**M**|**n**|**u** , 也可使用 **c** (用户坐标的笛卡尔距离) 和 **C** (坐标投影后的笛卡尔距离)。可加上 +**z** 以去除零等值线。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

对于三维透视图 (*-p 选项*), 可以加上 /*zmin*/*zmax* 指定 Z 轴的范围。

-S*smoothfactor*

在 网格尺寸/*smoothfactor* 间隔下重采样等值线。

-T[**h**|**l**][+**a**][+**d***gap*[/*length*]][+**l**[*labels*]]

在最内层闭合等值线上每隔一段 *gap* 距离向着下降方向的刻度。用户可以加上 **h** 或 **l** 来选择分别只在极大值区域或极小值区域绘制。还支持以下选项:

- +**a** - 对所有闭合等值线绘制刻度, 而不只是最内层。
- +**d** - 后面加上 *gap*[/*length*] 来设置刻度间的距离 *gap* 以及刻度线长度 *length* (可加上单位 **c**, **i** 或 **p**), 默认 15**p**/3**p** 。
- +**l** - 在极小值和极大值区域中的最内层闭合等值线中心进行标注。如果不设置 *label* 则使用 **-** 和 **+** 作为标注。如果正好为两个字符, 例如 +**l***LH* , 则极小值和极大值区域各取一个字符作为标注 (*L* 和 *H*)。对于更复杂的标签, 用逗号分隔字符串 (例如, +**l***lo,hi*)。如果使用 **-C** 给定了文件, 且设置了 **-T** , 则只有被标记为大写字母 C 或 A 的等值线才会有刻度和极大极小值标注。**注意:** 极大极小值标注有时可能在最内层等值线的外面, 因为仅使用了等值线坐标的平均值来确定标注坐标。

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W[*type*]*pen*[+**c**[**l**|**f**]] (more ···)

设置等值线的线型。默认情况下, 有标注的等值线线型 *pen* 为 `0.75p,black` , 无标注的等值线线型 *pen* 为 `0.25p,black` 。如果要设置有标注的等值线线型, *type* 应该设置为 **a** , 例如 `-Wa1.75p,red` 。无标注的等值线线型, *type* 应该设置为 **c** , 例如 `-Wc1.25p,red` 。如果加上 +**cl** , 则使用 **-C** 选项所指定的 CPT 文件为不同的等值线设置颜色; 如果使用 +**cf** , 则为标注设置颜色; 使用 +**c** 则同时为等值线和标注设置颜色。

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more …)*

移动绘图原点

-Z[+**o***shift*][+**s***factor*][+**p**]

在计算等值线之前，从数据中减去 *shift* 再乘以 *factor*（默认-o0+s1）。在 **-A**，**-C** 和**-L** 中指定的值是缩放之后的。后面加上 **-p** 表明网格数据的 z 值是 360 度周期循环的（例如相位数据，角度分布），这要求零等值线必须特殊处理。

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-do*nodata* *(more …)*

将输出数据中值为 NaN 列替换为 *nodata*

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-

l[*label*][+**D***pen*][+**G***gap*][+**H***header*][+**L**[*code*/]*txt*][+**N***cols*][+**S***size*[/*height*]][+**V**[*pen*]][+**f***font*][+**g***fill*][+**j***just*][+**o***off*][+**p***pen*][
(more …)

为当前绘制的符号或线段增加一个自动图例记录

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more …)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more …)*

设置图层透明度（百分比）。取值范围为 0（不透明）到 100（全透明）

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

使用网格文件 AK_gulf_grav.nc，以 25 为间隔绘制等值线，以 50 为间隔标注，标注文字大小 10p:

```
gmt grdcontour @AK_gulf_grav.nc -JM16c -C25 -A50+f10p -B -pdf alaska_grav1
```

只绘制 50 和 150 两条等值线，只标注 100 等值线:

```
gmt grdcontour @AK_gulf_grav.nc -JM16c -C50,150 -A100,+f10p -B -pdf alaska_grav2
```

以 10 为间隔绘制等值线，以 50 为间隔标注，设置图标题为" Gravity Anomalies"。将有标注的等值线设置为粗

红线, 将无标注的等值线设置为蓝色的细短划线:

```
gmt grdcontour @AK_gulf_grav.nc -C10 -A50 -B -B+t"Gravity Anomalies" -Wathick,red -Wcthinnest,blue,- -pdf alaska_grav3
```

将负值等值线设置为蓝色, 正值等值线设置为红色, 0 等值线设置为黑色:

```
gmt begin alaska_grav4
  gmt grdcontour @AK_gulf_grav.nc -C10 -A50 -B -B+t"Gravity Anomalies" -Ln -Wathick,blue -Wcthinnest,blue,-
  gmt grdcontour @AK_gulf_grav.nc -C10 -A50 -Lp -Wathick,red -Wcthinnest,red,-
  gmt grdcontour @AK_gulf_grav.nc -A0,
gmt end show
```

分两个文件 contours_C.txt 和 contours_O.txt 保存闭合等值线和开放等值线:

```
gmt grdcontour @AK_gulf_grav.nc -C150 -S4 -DAK_contours_%c.txt
```

18.42 grdconvert

官方文档

grdconvert

简介

将网格文件转换为其它网格文件格式

语法

gmt grdconvert *ingrdfile* **-G***outgrdfile* [**-N**] [**-R***region*] [**-V**[*level*]] [**-Z**[+**s***factor*][+**o***offset*]] [**-f**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

ingrid[=*ID*|?*varname*][+**b***band*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*][+**s***scale*]

输入网格名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式 [默认为 =nf]; 追加?*varname* 可指定 NetCDF 变量 [默认为 GMT 找到的第一个 2-D 网格]。对网格追加子选项可进行额外设置:

- +**b** 选取一个波段 *band* (仅用于图片) [默认为 0]
- +**d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- +**n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- +**o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset* [默认为 0]
- +**s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale* [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前。

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**][:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格文件名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式。对网格追加子选项可进行额外设置:

- +**d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- +**n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- +**o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset*, 或使用 **a** 自动对值进行调整以保证整数网格的精度 [默认为 0]
- +**s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale*, 或使用 **a** 自动对网格缩放以保证整数网格的精度 [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前; **+sa** 将会同时设置 **+oa**。如果需使用 GDAL 指定网格格式, 则 *ID* 应设置为 *gd*, 并指定:*driver* 和可选的数据类型 *dataType*, 以及 **+c***options* 选项传递给 GDAL 的 **-co** 选项。

可选选项

-N

在生成 native 二进制文件时, 不将 GMT 网格文件头段写到文件中。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Z[**+s***factor*][**+o***offset*]

在写网格文件前, 从数据中减去 *offset* 并将结果乘以 *factor*。

注意: 该选项功能与 **+s** 和 **+o** 子选项的功能不同。使用 **+s** 和 **+o** 子选项, 数据也会进行缩放和偏移, 修改后的数据会被写入到网格文件中, 但同时缩放因子和偏移量会写入到网格文件的元信息中。因而, 在读取这些新生成的网格时, 会自动根据元信息中的值恢复数据的原始值。而使用该选项则永久修改了网格文件中的数据值。

-f[**i**|**o**]*colinfo (more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

注意事项

GMT 默认只能读取并处理 2D 单变量网格。对于多变量、多维度网格文件, 需要使用额外的语法指定要读取的变量或维度, 详情见*读 netCDF 文件*。

网格值精度

不管输入数据的精度如何, 创建网格文件的 GMT 程序将在内部以 4 字节浮点数组的形式保存网格。这样做是为了节省内存, 而且大多数实际数据都可以使用 4 字节浮点值存储。具有更高精度的数据 (即双精度值) 将在 GMT 操作网格或写入新网格时失去该精度。为了限制处理数据时的精度损失, 用户应该始终考虑在处理之前对数据进行归一化。

示例

从一个含有红绿蓝三个波段数据的 tif 文件中分别抽出三个波段的数据:

```
gmt grdconvert map.tif+b0 -Gred.nc
gmt grdconvert map.tif+b1 -Ggreen.nc
gmt grdconvert map.tif+b2 -Gblue.nc
```

将网格文件转换成四字节 native 浮点型网格:

```
gmt grdconvert data.nc ras_data.b4=bf -V
```

将网格文件转换成二字节短整型文件, 将其乘以 10 并减去 32000, 并设置无数据节点的值为-9999:

```
gmt grdconvert values.nc shorts.i2=bs/10/-32000/-9999 -V
```

从一个三维网格文件中提取第二层数据:

```
gmt grdconvert climate.nc?temp[1] temp.nc -V
```

相关模块

grdmath

18.43 grdcut

官方文档
: grdcut

简介
: 从一个网格文件中裁剪出一个子区域的网格文件

grdcut 模块可以从一个网格文件中根据条件裁剪出一个新的网格文件。子区域的选择有如下几种方式:

- **-R** 选项: 直接指定子区域的范围
- **-Z** 选项: 通过检查网格点的值间接限定子区域的范围
- **-S** 选项: 通过指定与特定点的距离间接限定子区域的范围
- **-J** 和 **-R** 选项: 对于倾斜投影, 可以使用这两个选项获得覆盖整个倾斜区域的子区域

语法

gmt grdcut *ingrid* **-G***outgrid* **-R***region* [**-J***parameters*] [**-N**[*nodata*]] [**-S***lon/lat/radius*[+**n**]] [**-V**[*level*]] [**-Z**[*min/max*][+**n**|**N**|**r**]] [**-f**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

ingrid

输入网格文件名

-G*outgrid*

输出网格文件名

可选选项

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-N[*nodata*]

允许新网格的区域范围超过原网格的区域范围。

一般情况下, 若指定的区域范围大于输入网格的区域范围, 超出的部分会被自动忽略, 实际的输出网格的区域范围会自动适应输入网格的区域范围。使用 **-N** 选项, 则超出的区域范围内, 网格节点会被赋以指定的值, 默认赋值为 NaN, 也可以自己指定其值为 *nodata*。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

指定要截取的网格子区域的范围。

-S*lon*/*lat*/*radius*[**+n**]

指定圆心位置 (*lon*/*lat*) 及其半径 (*radius*, 可指定距离单位), 程序会自动计算出一个包含了圆上及圆内所有网格点的矩形区域。**+n** 表示将所有矩形区域内但不在圆内的节点的值设为 NaN。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Z[*min*/*max*][**+n**|**N**|**r**]

确定一个新的矩形区域, 使得所有该区域外的节点值都在指定的 Z 值范围 *min*/*max* 外。*min* 和 *max* 默认值为正负无穷, 可以用 **-** 表示无穷。

默认情况下, 值为 NaN 的节点会被自动忽略。

- **+n** 表示将 NaN 节点视作在给定的 Z 值范围之外, 则保证了新生成的子区域内是无 NaN 的
- **+r** 表示将 NaN 节点视作在给定的 Z 值范围之内, 因而子区域的外部是无 NaN 的
- **+N** 若新生成的子区域的某条边界上的所有节点都是 NaN, 则去除该条边界上的这一行或列

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j 选项*。

示例

使用 **-R** 选项直接指定子区域的范围:

```
gmt grdcut @earth_relief_02m -Gregion_0_30_-30_30.nc -R0/30/-30/30
```

使用 **-S** 选项生成一个包含了原点 (45,30) 周围 500 km 以内的所有点的矩形区域, 并设置矩形区域内圆外的节点值为 NaN:

```
gmt grdcut @earth_relief_06m -Goutput.nc -S45/30/500k+n
```

对于一个倾斜投影的地图, 由于 **grdcut** 获得的区域是由经线、纬度划分出来的矩形区域, 而倾斜投影地图的边界不是由经纬线构成的, 所以需要使用 **-J** 和 **-R** 选项指定一个更大的矩形区域以包含倾斜投影地图的研究区域:

```
gmt grdcut @earth_relief_02m -R160/20/220/30+r -Joc190/25.5/292/69/1 -Gdata.nc
```

相关

- *grdclip*
- *grdfill*
- *grdinfo*
- *grdpaste*
- surface

18.44 grdedit

官方文档

grdedit

简介

修改网格文件的头段或内容

grdedit 模块具有如下功能:

- 从 2D 网格文件中读入头段信息, 并使用命令行中的值替换头段信息
- 对全球地理网格文件沿着东西方向旋转
- 可以用 x y z 值替换网格文件中特定节点的值

语法

gmt grdedit *grid* [**-A**] [**-C**] [**-D**[+**x***xname*][+**y***yname*][+**z***zname*][+**s***scale*][+**o***offset*][+**n***invalid*][+**t***title*][+**r***remark*]] [**-E**[**a**|**h**|**l**|**r**|**t**|**v**]] [**-G***outgrid*] [**-J***parameters*] [**-L**[+**n**|**p**]] [**-N***table*] [**-R***region*] [**-S**] [**-T**] [**-V**[*level*]] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必须选项

grid

要修改的 2D 网格文件

可选选项

-A

如有必要, 则对网格间隔做微调使得其与数据的范围相兼容。仅用于处理 GMT 3.1 之前版本生成的网格文件。

-C

清除网格文件头段区中生成该网格所使用的命令历史

-D[+**x***xname*][+**y***yname*][+**z***zname*][+**s***scale*][+**o***offset*][+**n***invalid*][+**t***title*][+**r***remark*]

给定网格文件头段中的基本信息:

- +**x***xname* X 变量名及其单位, 格式为 *varname* [*unit*], 比如 "distance [km]"
- +**s***scale* 读入网格数据后要乘以的因子, 默认值为 1
- +**o***offset* 读入数据后并乘以因子后要加的常数, 默认值为 0
- +**n***invalid* 指定值 *invalid* 用于表示该节点处无有效值, 默认为 NaN
- +**t***title* 网格文件的标题
- +**r***remark* 网格文件的注释信息

其它说明:

- 未指定的项其值保持不变
- 可以给一个空值以重置某一项, 比如使用 +**t** 而不指定标题则设置标题为空
- 若字符串中包含空格则需要用引号括起来
- 若字符串中包含加号 +, 需要使用 + 对其进行转义。或者可以使用单引号套双引号的方式, 例如 '"title with + inside"'
- 若字符串中使用了 shell 变量, 且变量值中包含加号, 则需要使用 `${variable/+/\\+}`
- 对于地理数据 (比如 **-fg**), *xname* 和 *yname* 会自动设置

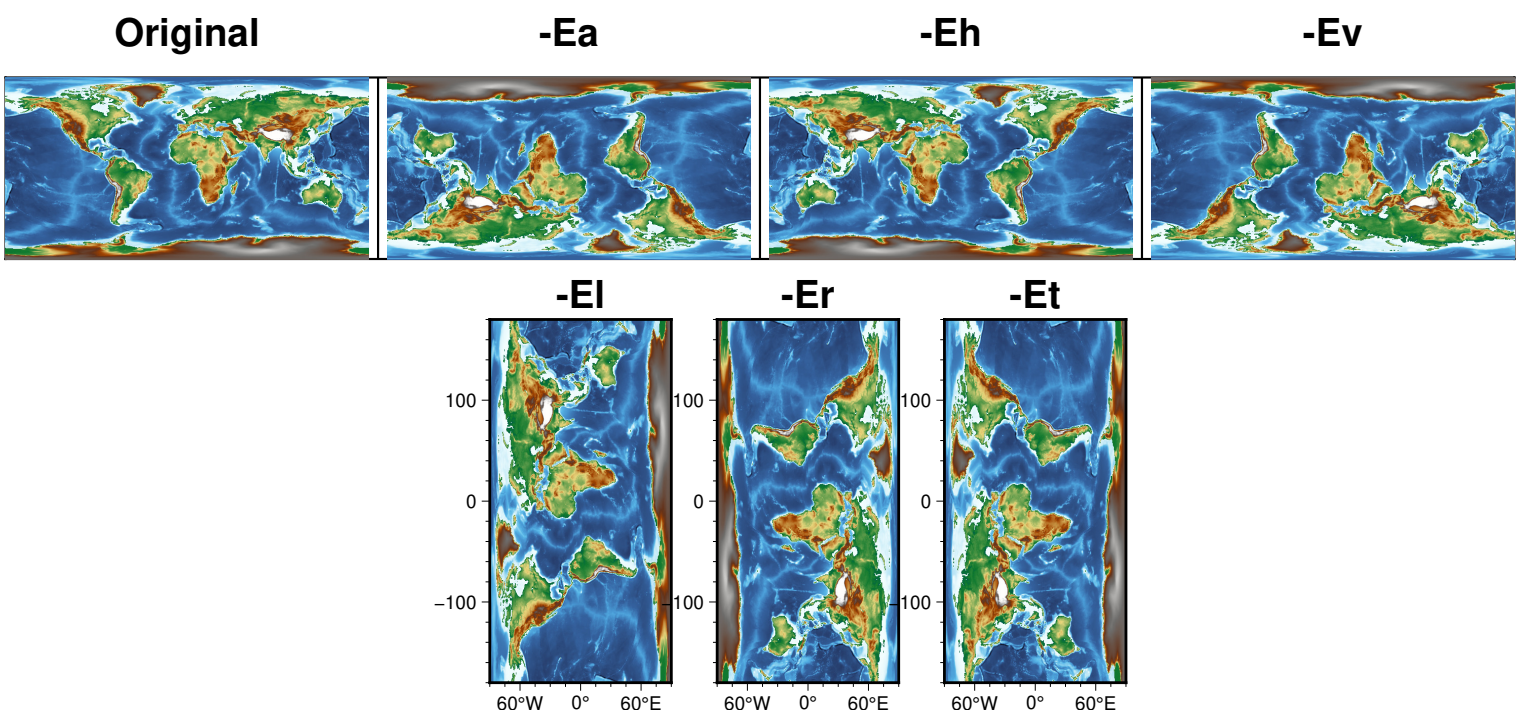
-E[**a**|**h**|**l**|**r**|**t**|**v**]

对网格做变换。该选项与除 **-G** 外的其它选项不兼容

- **-Ea** 旋转 180 度
- **-Eh** 水平翻转网格 (从左到右)
- **-Ev** 垂直旋转网格 (从上到下)
- **-El** 逆时针将网格旋转 90 度
- **-Er** 顺时针将网格旋转 90 度
- **-Et** 对网格进行转置 (想象成一个二维矩阵), 默认使用该变换

下图展示了不同变换的具体效果:

Source Code



-G*outgrid*

默认情况下, **grdedit** 模块会直接修改并覆盖原始网格文件。使用该选项则将修改后的网格写到新的文件中。

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

使用 **-J** 选项则将地理相关信息以 CF-1 兼容的元数据形式 (可被 GDAL 识别) 保存到 netCDF 文件中。

-L[**+n**|**p**]

调整地理网格文件的经度

默认情况下会调整 *west* 和 *east* 使得 *west*>=-180 或 *east* <= 180。**+n** 则强制经度为负值, **+p** 则强制经度为正值。

-N*table*

从文件 *table* 中读入 XYZ 数据, 并用这些 XYZ 数据替换网格中对应节点的值。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

修改网格文件的范围。同时, 网格间隔会做相应修改。

-S

将网格沿着经度范围整体偏移, 使得其满足 **-R** 定义的新范围。仅用于全球地理网格数据。

例如, 原数据范围是 **0/360/-72/72**, 现将数据整体偏移 180 度使得数据范围是 **-180/180/-72/72**:

```
gmt grdedit world.nc -R-180/180/-72/72 -S
```

-T

将一个网格线配准的文件变成像素配准的文件, 或反之。

使用该选项后, 网格线配准的数据的范围将在四个方向上扩大半个网格间隔, 像素点配置的数据的范围将在四个方向上缩小半个网格间隔。

注意: 修改网格配准方式会导致高频信息丢失, 详情见网格配准。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more …)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

假定数据文件 data.nc 的范围为 300/310/10/30。下面的命令修改了其数据范围并修改了标题:

```
gmt grdedit data.nc -R-60/-50/10/30 -D+t"Gravity Anomalies"
```

数据文件 world.nc 的范围为 0/360/-72/72, 下面的命令对数据做了移动, 使得数据范围为 -180/180/-72/72:

```
gmt grdedit world.nc -R-180/180/-72/72 -S
```

GMT 4.1.3 之前的网格文件不包含足够的信息表明某个网格文件是地理网格。为了添加这一信息, 可以使用:

```
gmt grdedit junk.nc -fg
```

将网格文件 oblique.nc 逆时针旋转 90 度, 并输出到新文件:

```
gmt grdedit oblique.nc -El -Goblique_rot.nc
```

为了确保文件 depths.nc 的经度始终为正值:

```
gmt grdedit depths.nc -L+p
```

相关模块

grd2xyz, *grdfill*, *grdinfo xyz2grd*

18.45 grdfft

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-06-29

官方文档

grdfft

简介

在谱域中对网格进行数学运算

grdfft 将会对输入网格实施 2-D FFT 并在频域中进行一种或多种数学运算。在将新的数值写入到输出文件前，可以使用选项对数据进行缩放。网格的水平维度单位假定为米。地理坐标网格可以使用 **-f**flags 选项来将单位从度缩放为米。如果输入网格的单位为千米，可以使用*grdedit* 转换为米，或使用 grdmath 缩放结果。

备注

如果输入文件为 netCDF 格式，另一种更加方便的方法是使用 **+s**[scale] 对网格文件进行缩放。

语法

gmt grdfft *ingrid* [*ingrid2*] [**-G***outfile*|*table*] [**-A***azimuth*] [**-C***zlevel*] [**-D**[*scale*|**g**]] [**-E**[**r**|**x**|**y**][**+w**[**k**]][**+n**]] [**-F**[**r**|**x**|**y**]*params*] [**-I**[*scale*|**g**]] [**-N***params*] [**-Q**] [**-S***scale*] [**-V**[*level*]] [**-f**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

ingrid

输入网格。对于交叉谱计算，必须同时给定第二个网格文件 *ingrid2*。

-G*outfile*|*table*

输出网格文件名或一维谱的表数据文件名（见 **-E** ）。该选项对 **-E** 选项是可选的，因为其默认输出到标准输出。但如果输出网格，则该选项是必须的。

可选选项

-A*azimuth*

计算方位角为 *azimuth* 方向的导数。方位角单位为度, 从北向顺时针度量

-C*zlevel*

将数据向上 (*zlevel* > 0) 或向下 (*zlevel* < 0) 延拓 *zlevel* 米

-D[*scale*|**g**]

对场求垂直梯度, 即 d(field)/dz, 等价于在频域中乘以 kr (kr 为径向波数)。若指定 *scale* 参数, 则用 (kr * *scale*) 代替 kr。可选的 **g** 参数表明输入数据为大地水准面, 单位为米, 输出结果为重力异常, 单位为毫伽 [默认没有 *scale*]。

-E[**r**|**x**|**y**][+**w**[**k**]][+**n**]

计算径向 [**r**] 谱。将 **x** 或者 **y** 直接跟在 **-E** 后表示计算 x 或者 y 方向的谱。该选项不产生网格文件。如果输入网格文件数为 1, 则 f (即频率或波数), power[f], 以及 power[f] 的 1 倍标准差将通过 **-G** 选项写到输出文件中 [默认为标准输出]。如果输入网格数为 2, f 和其他 8 个量将被写入到文件中, 分别为 Xpower[f], Ypower[f], coherent power[f], noise power[f], phase[f], admittance[f], gain[f], coherency[f]。每个量后面还包括其 1 倍标准差估计值, 因此最终的输出将有 17 列。+**w** 参数将输出波长而不是频率。如果输入格网为地理坐标, **k** 参数将波长单位从米 [默认] 缩放到千米。+**n** 参数用来对谱进行归一化。

-F[**r**|**x**|**y**]*params*

对输入网格滤波。**x** 和 **y** 表示分别只在 x 和 y 方向滤波, 默认为 **r** , 即网格具有各向同性, 在 x 和 y 方向同时滤波。滤波方法包括:

Cosin-taper 滤波:

指定 4 个波长 *lc*/*lp*/*hp*/*hc* (单位设置见 **-f**flags) 设计一个带通滤波: 大于 *lc* 以及小于 *hc* 波长的部分将被截断; 大于 *lp* 以及小于 *hp* 波长的部分则会通过, 波长位于中间的部分则被 cos tapering。例如: **-F**1000000/250000/50000/10000 **-f**flags 将会滤掉波长大于 1000 km 以及小于 10 km 的部分; 大于 50 km 以及小于 250 km 波长的部分则会被留下。如果想设计为高通或者低通滤波, 则分别将 *hp*/*hc* 或者 *lc*/*lp* 中的值设置为 (-)。例如: **-Fx**-/-/50/10 将会对 x 方向进行低通滤波, 其中大于 50 的部分将保持不变, 小于 10 的部分被滤除, 10~50 中间的部分则被 taper。**-Fy**1000/250/-/- 将会对 y 方向进行高通滤波, 小于 250 的部分将被保留, 大于 1000 的部分被滤除。

高斯滤波:

包含两个参数 *lo*/*hi* , 波长的单位见 **-f**flags 。在给定的波长处, 高斯滤波的权重为 0.5。设计高通或者低通滤波即将对应的参数设置为 (-)。例如: **-F**-/30 将对数据进行低通滤波, 在 30 处权重设置为 0.5。**-F**400/- 为高通滤波。

巴特沃斯滤波:

包含三个参数 *lo*/*hi*/*order* , 波长单位见 **-f**flags , *order* 为滤波的阶数, 必须为整数。在给定的截止频率处, 权重设置为 0.707 (the power spectrum will therefore be reduced by 0.5)。设计高通或者低通滤波即将对应的参数设置为 (-)。例如: **-F**-/30/2 将会使用 2 阶巴特沃斯低通滤波, 在波长为 30 处设置为一般权重, **-F**400/-/2 为 2 阶巴特沃斯高通滤波。

-I[*scale*|**g**]

对场进行积分, 即 (field * dz)。该操作相当于在频域中除以 kr (kr 为径向波数)。追加 *scale* 时则会除以 (kr * scale)。**g** 选项表明输入数据为以 mGal 为单位的重力异常, 并且输出结果为以米为单位的大地水准面。

-N[**a**|**f**|**m**|**r**|**s**|*nx/ny*][**+a**|**d**|**h**|**l**][**+e**|**n**|**m**][**+t***width*][**+v**][**+w**[*suffix*]][**+z**[**p**]]

选择或查询适合 FFT 的网格尺寸并设置可选参数。FFT 维度选取：

-Na 以得到最准确的结果来选择 FFT 的维度

-Nf 将 FFT 维度设置为数据实际长度

-Nm 以最小的运行内存来选择 FFT 的维度

-Nr 以最快的计算速度来选择 FFT 的维度

-Ns 列出所有可选的维度, 然后退出

-N*nx/ny* 将会设置 FFT 的维度为 *nx* 和 *ny*（维度必须大于等于网格范围）。默认情况下, **-N** 同样会选择大于网格范围的维度, 在此情况下会对 FFT 的速度和精度进行优化。如果 FFT 的维度大于网格的范围, 对网格进行扩展并 taper（两端尖灭）到 0。

设置移去数据的趋势：

+d: 移去趋势, 即去除符合程度最好的线性趋势 [默认]

+a: 移去均值

+h: 移去中值, 即 0.5 * (max + min).

+l: 不做任何处理

为避免边缘效应, 设置对数据边界的处理：

+e 在数据边界使用边界点对称来扩展网格 [默认]

+m 在数据边界使用镜像对称来扩展数据

+n 不使用任何数据扩展

+t 从数据的边界到 FFT 网格边界使用 taper 使数据趋近于 0 [100%]。使用 **+t***width* 可以修改扩展的范围。当设置了 **+n** 选项时, 不进行数据扩展, 且将 taper 用于数据内部, 而不是扩展的范围。(译注: 100% 的含义为在网格四周分别扩展数据范围的 50%, 然后使用 taper 来填充新扩展的区域。Taper 或可译为两端尖灭, 是一种加窗方法, 且窗为平顶, 这里默认使用的 cos 函数形状, 即 Tukey 窗。将数据边界上的值逐渐减小到 0 , 以避免谱泄漏)

+v 在处理中报告适合的维度

中间结果的设置, 用来保存中间结果, 以便用户可以使用中间结果自行进行某步骤：

+w[*suffix*] 设置去趋势/数据扩展/taper 的网格后缀, 即最终生成 xxx_suffix.ext 的结果。

+z 可用来保存执行 FFT 后的复数结果, 包括两个网格, 文件名将为 xxx_real.ext 和 xxx_imag.ext。追加 **p** 可以设置为 polar 形式, 即幅度和相位, 文件名为 xxx_mag.ext 和 xxx_phase.ext 。

-Q

不进行波数操作。当只需输出二维谱时和 **-N** 选项同时使用, 通常用于输出中间结果。

-S*scale*|**d**

在空间域中将每个元素乘以 *scale*（频域操作后）[默认值为 1.0]。可选的 **d** 参数可以将垂线偏差从弧度转换为微弧。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格距离单位

如果网格在水平方向的单位不为米, 则使用 **+u***unit* 指定输入单位, 并在计算中自动转换为米。如果网格为地理坐标, 使用 **-f**flags 将单位转换为米。

注意事项

NetCDF 网格将被自动识别为地理网格。如果数据靠近极点, 则应考虑使用*grdproject* 将其投影后再进行本模块操作。

谱归一化

默认情况下, **-E** 返回的谱只是简单地加和, 即对于 x 或 y 方向谱, 将另一个方向上的谱相加。对于径向谱, 则意味着在二维谱中, 将所有方向的对应频率的值相加。这种加和做法对于白噪声过程来说, 会得到一个与波数正相关的线性径向谱。通过 **+n** 选项则计算每个频率的平均结果, 这样会保证白噪声过程最终仍能得到一个白化的径向谱 (即在谱图中为一条平行于频率轴的直线)。

示例

备注

下面展示了本模块的一些示例。其中使用远程文件 (文件名以 @ 开头) 的示例可以直接复制并粘贴到终端运行。其他需要输入文件的示例仅用于展示模块用法, 由于未提供输入文件, 不能执行。

从远程 @white_noise.nc 文件中去均值, 并计算归一化后的径向谱:

```
gmt grdfft @white_noise.nc -Er+n -N+a > spectrum.txt
```

将文件 mag_0.nc 中位于海平面的磁异常向上延拓到海拔 800 米的面:

```
gmt grdfft mag_0.nc -C800 -V -Gmag_800.nc
```

将以米为单位的大地水准面地理网格 (geoid.nc) 转换到自由空气重力异常, 结果单位为毫伽:

```
gmt grdfft geoid.nc -Dg -V -Ggrav.nc
```

将重力异常(faa.nc)转换为 38 方位角方向上的垂线偏差, 重力异常单位为毫伽, 垂线偏差单位为微弧。首先要将重力积分计算大地水准面, 然后计算方向梯度, 最后缩放弧度到微弧:

```
gmt grdfft faa.nc -Ig -A38 -S1e6 -V -Gdefl_38.nc
```

重力异常的二阶导数和重力场的曲率有关, 可以通过下面命令得到, 结果单位为 mGal/m^2

```
gmt grdfft gravity.nc -D -D -V -Ggrav_2nd_derivative.nc
```

计算同样配准方式的海底地形和海洋重力场网格的交叉谱, 并将结果以波长(单位: 千米)的形式输出:

```
gmt grdfft bathymetry.nc gravity.grd -E+wk -fg -V > cross_spectra.txt
```

将 topo.nc 进行去均值, 边界点镜像对称 padding 以及 tapering, 进行 FFT 后, 在 topo.nc 中保存计算的谱的实部和虚部:

```
gmt grdfft topo.nc -N+w+z -fg -V -Q
```

接下来可以使用 topo_taper.nc, topo_real.nc 以及 topo_imag.nc 绘图。

相关模块

grdedit, grdfilter, *grdmath*, *grdproject*, *gravfft*

18.46 grdfill

官方文档

grdfill

简介

grdfill 模块读入一个文件数据, 并向数据中的 "洞" 填充数据。"洞" 通常指值为 NaN 的节点, 但用户也可以使用其它准则指定 "洞"。

语法

gmt grdfill *ingrid* **-A***mode*[*arg*] **-G***outgrid* [**-R***region*] [**-L**[**p**]] [**-V**[*level*]] [**-f**flags] [**--PAR**=*value*]

必须选项

ingrid

输入网格文件

-A*mode*[*arg*]

填充 "洞" 所使用的算法

目前支持两种算法:

- **c***value* 使用某个常数填充 "洞"
- **n**[*radius*] 使用最近的非 NaN 值填充 "洞", 默认的搜索半径为半径默认取 $r^2 = \sqrt{X^2 + Y^2}$, 其中 X

和 Y 分别是 X 方向和 Y 方向的网格数目。也可以指定 *radius* 为搜索半径（单位是节点数）。

-G*outgrid*

输出网格文件

可选选项

-N[*nodata*]

所有值等于 *nodata* 的节点都被认为为 "hole", 默认值为 NaN

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

该选项定义了要处理了子区域范围。

-L[**p**]

不填充 "洞", 仅列出每个 "洞" 所处的子区域的范围

-G 选项会被忽略。**-Lp** 表示输出每个子区域对应的闭合多边形。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

检测网格文件中所有包含 NaN 的区域, 并列出这些矩形区域的边界坐标:

```
gmt grdfill data.grd -L > wesn_listing.txt
```

检测网格文件中所有包含 NaN 的区域, 并以多段文件的形式输出这些矩形区域对应的闭合多边形:

```
gmt grdfill data.grd -Lp > NaN_regions.txt
```

将网格文件中所有 NaN 值替换为 999.0:

```
gmt grdfill data.grd -Ac999 -Gno_NaNs_data.grd
```

将网格文件中所有 NaN 值用最近的非 NaN 值替代:

```
gmt grdfill data.grd -An -Gno_NaNs_NN_data.grd
```

相关模块

grdcut, *grdclip*, *grdedit*, *grdinfo*

18.47 grdfilter

贡献者
周茂
最近更新日期
2022-07-18

官方文档
grdfilter
简介
在空间（或时间）域中对网格滤波

grdfilter 使用卷积、非卷积各向同性或矩形滤波器对网格进行滤波。输出网格可以设置新的区域（**-R**），间隔（**-I**）或者配准方式（**-T**）。这样可以在数据足够大的情况下，可去掉网格边缘以避免滤波的边缘效应。如果滤波器为低通滤波，则输出结果的频率可能低于输入的采样频率。**注**：频域（或称波数域）滤波，见*grdfft*。

语法

gmt grdfilter *ingrid* **-D***distance_flag* **-Fx***width*[/*width2*][*modifiers*] **-G***outgrid* [**-I***increment*] [**-Ni**|**p**|**r**] [**-R***region*] [**-T**] [**-V**[*level*]] [**-f**flags] [**-r**reg] [**--PAR**=*value*]

必选选项

ingrid[=*ID*|?*varname*][+**b***band*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*][+**s***scale*]

输入网格名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式 [默认为 =nf]；追加?*varname* 可指定 NetCDF 变量 [默认为 GMT 找到的第一个 2-D 网格]。对网格追加子选项可进行额外设置：

- **+b** 选取一个波段 *band*（仅用于图片）[默认为 0]
- **+d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- **+n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- **+o** 将网格中的值进行一定的偏移，即加一个数 *offset* [默认为 0]
- **+s** 将网格中的值缩放，即乘以 *scale* [默认为 1]

注：*offset* 操作位于 *scale* 之前。

-D*flag*

距离 *flag* 用来设置滤波相关的宽度的单位和类型等信息：

- *flag* = p：网格 (px,py) 的单位为像素（*width* 为奇数），使用笛卡尔距离
- *flag* = 0：网格 (x,y) 的单位和 *width* 相同，使用笛卡尔距离
- *flag* = 1：网格 (x,y) 的单位为度，*width* 单位为千米，使用笛卡尔距离
- *flag* = 2：网格 (x,y) 的单位为度，*width* 单位为千米，dx 乘以 cos(lat)，lat 为所有纬度中值，使用笛卡尔距离

上述计算都很快, 因为只需计算一次权重矩阵。下面的三个选项相对较慢, 因为对于每个纬度都需重新计算权重矩阵

- *flag* = 3：网格 (x,y) 的单位为度, *width* 单位为千米, dx 乘以 cos(lat), lat 为对应的纬度, 使用笛卡尔距离
- *flag* = 4：网格 (x,y) 的单位为度, *width* 单位为千米, 使用球面距离计算
- *flag* = 5：网格 (x,y) 的单位为墨卡托 **-Jm1** img 单位, *width* 为千米, 使用球面距离计算

-Fx*width*[/*width2*][*modifiers*]

设置滤波类型, 可从卷积和非卷积滤波中选择。**x** 为滤波类型代码, 后面的 *width* 为滤波直径, 此时进行各向同性滤波; 追加 *width2* 以实现不同方向不同的滤波长度 (需要 **-Dp** 和 **-D0**)。默认情况下, 执行低通滤波。追加 **+h** 选项选择高通滤波。对于各向同性滤波, *width* 可以是一个网格, 用来提供权重, 这种情况下, 网格必须与输出网格具有相同的配准。

其中卷积滤波对应的代码包括:

- **b**：Boxcar, 即滤波窗口内所有点等权
- **c**：Cosine Arch, 滤波窗口内的权中为 Cosin 曲线
- **g**：Gaussion, 权重通过高斯函数给出, 其中宽度是传统高斯标准差的 6 倍
- **f**：Custom, 权重由网格文件 *width* 给出, 维度必须为奇数, 且需 **-D0** , 输出网格的间隔必须与输入一致或为其整数倍
- **o**：Operator, 权重由网格文件 *width* 给出, 维度必须为奇数, 且需 **-D0** , 输出网格的间隔必须与输入一致或为其整数倍。不同之处在于, 假定权重总和为 0, 因此不会进行归一化

非卷积滤波对应的代码包括:

- **m**：Median, 返回中值; 追加 **+q***quantile* 可选择其他的分位数, *quantile* 范围必须在 0-1 之间, 默认为 0.5, 即中位数
- **p**：Maximum likelihood probability (一种众数估计), 返回众数; 如果存在多个众数, 则返回其平均数。追加 **+l** 和 **+u** 可分别选择多个众数中的最小值和最大值
- **h**：Histogram mode (另一种众数估计), 返回直方图主峰的中心值, 追加 */binwidth* 来指定直方图每个分区的间隔。如果存在多个众数, 则返回其平均数。追加 **+l** 和 **+u** 可分别选择多个众数中的最小值和最大值。
- **l**：返回最小值
- **L**：返回正值中的最小值
- **u**：返回最大值
- **U**：返回负值中的最大值

在 **L**|**U** 情况下, 可能最终的结果不存在数据, 则范围 NaN。

-G*outgrid*[=*ID*][**+d***divisor*][**+n***invalid*][**+o***offset*|**a**][**+s***scale*|**a**][:*driver*[*dataType*][**+c***options*]]

输出网格文件名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式。对网格追加子选项可进行额外设置:

- **+d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- **+n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- **+o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset*, 或使用 **a** 自动对值进行调整以保证整数网格的精度 [默认为 0]
- **+s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale*, 或使用 **a** 自动对网格缩放以保证整数网格的精度 [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前; **+sa** 将会同时设置 **+oa**。如果需使用 GDAL 指定网格格式, 则 *ID* 应设置为 *gd*, 并指定:*driver* 和可选的数据类型 *dataType*, 以及 **+c***options* 选项传递给 GDAL 的 **-co** 选项。

可选选项

-I*xinc*[**+e**|**n**][/*yinc*[**+e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-Ni|p|r

确定输入网格中的 NaN 值如何处理。

- **i** 计算过程中忽略所有 NaN 值 [默认]
- **r** 与 **i** 相同, 但如果输出网格与输入配准相同, 则在输入网格的 NaN 值出现的位置将输出网格对应值也设置为 NaN
- **p** 如果在滤波搜索范围内出现 NaN 值, 则将最终网格点设置为 NaN

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-T

转换网格配准方式。或者使用 **-r**[**g**|**p**] 显式指定输出网格的配准方式

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-r[**g**|**p**] *(more ···)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

地理坐标和时间坐标

当输出文件为 netCDF 格式时, 根据输入数据、网格或者 **-f** 以及 **-R** 选项, 会自动将输出坐标命名为 "longitute", "lattitude" 或者 "time"。例如: **-f0x -f1t** 和 **-R**90w/90e/0t/3t 都会生成 longitude/time 网格。当 x, y 或者 z 坐标为时间时, 在网格中将会存储为相对时间, 其相对于*TIME_EPOCH* 和*TIME_UNIT* 指定的历元。其中时间变量的单位属性将会默认与上述两个参数一致。

注意事项

1. 使用 **-D5** 选项时, 输入墨卡托网格必须由*img2grd* 的 **-C** 选项生成, 因此 y 值的原点为赤道 (即 x = y = 0 对应于 lon = lat = 0)
2. **-I** 选项设置的新的 *x_inc* , *y_inc* 如果不是输入数据的间隔的整数倍, 则滤波会非常慢

示例

@earth_relief_05m 为 5 分分辨率的远程 DEM 文件, 对该文件使用 300 km 为半径的中值滤波; 输出范围为 150 E 到 250 E, 10 N 到 40 N, 输出网格大小设置为 0.5 度; 计算过程中使用球面距离

```
gmt grdfilter @earth_relief_05m -Gfiltered_pacific.nc -Fm600 -D4 -R150/250/10/40 -I0.5 -V
```

如果想执行高通滤波

```
gmt grdfilter @earth_relief_05m -Gresidual_pacific.nc -Fm600+h -D4 -R150/250/10/40 -I0.5 -V
```

使用自定义的各向同性滤波器 exp (-0.5*r^2) 对 ripple.nc 滤波, 其中距中心的距离 r 为 (2x^2 + y^2 -2xy)/6

```
gmt grdmath -R-10/10/-10/10 -I1 X 2 POW 2 MUL Y 2 POW ADD X Y MUL 2 MUL \
        SUB 6 DIV NEG 2 DIV EXP DUP SUM DIV = gfilter.nc
gmt grdfilter ripples.nc -Ffgfilter.nc -D0 -Gsmooth.nc -V
```

相关模块

grdfft, *img2grd*

18.48 grdgdal

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-07-02

官方文档

grdgdal

简介

从 gmt 执行 GDAL 光栅相关的程序

grdgdal 封装了一部分*GDAL* 程序 (当前包含 gdalinfo, gdaldem, gdal_grid, gdal_translate, gdal_rasterize 以及 gdalwarp), 因此可以在该模块中实现上述命令的功能。考虑到 gmt 和 GDAL 的语法差异较大, 本模块仅提供了较少的 GMT 风格的选项, 而是使用 **-F** 选项将 GDAL 风格的语法传递给 GDAL。因此, 要使用该模块的用户可能需要查阅 GDAL 文档来了解其用法。

本模块在输出网格时, 提供了一个选项来设置使用 GMT 或 GDAL 来写网格文件。两种方式各有优缺点。使用 GMT 写网格时会将数据从 GDAL 拷贝到 GMT, 因此可能会稍慢, 但网格文件可以直接被 Matlab, Julia, Python 等使用。使用 GDAL 写网格可能会稍为快一些, 但网格可能不能直接被上述编程语言使用。

语法

gmt grdgdal *infile* **-A***prog*[+**m***method*+**c***cpt*] **-G***outfile* [**-F** "*gd opts*"] [**-M**[+**r**[+**w**]]] [**-R***region*] [**-V**[*level*]] [**-bi**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-g**gaps] [**-hi**] [**-i**flags] [**-qi**flags] [**-r**reg] [**--PAR**=*value*]

必选选项

infile

ASCII, 二进制表数据, OGR 数据或 2—D 网格文件名。具体 **-A** 使用的程序有关

-A*prog*[+**m***method*+**c***cpt*]

选择要运行的 GDAL 程序, *prog* 可选的值包括: *info*, *dem*, *grid*, *rasterize*, *translate*, *warp*。如果为 *dem*, 则需追加选项 +**m***method*, *method* 可设置为: hillshade, color-relief, slope, TRI, TPI 或 roughness; 使用 color-relief 时还需使用 +**c***cpt_name* 指定 cpt。

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**][:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格文件名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式。对网格追加子选项可进行额外设置:

- +**d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- +**n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- +**o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset*, 或使用 **a** 自动对值进行调整以保证整数网格的精度 [默认为 0]
- +**s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale*, 或使用 **a** 自动对网格缩放以保证整数网格的精度 [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前; +**sa** 将会同时设置 +**oa**。如果需使用 GDAL 指定网格格式, 则 *ID* 应设置为 *gd*, 并指定:*driver* 和可选的数据类型 *dataType*, 以及 +**c***options* 选项传递给 GDAL 的 **-co** 选项。

可选选项

-F "*gdal opts*"

传递给 **-A** 指定的程序的选项列表, 用双引号扩起来

-M[+**r**[+**w**]]

-M 后不加任何选项时, 使用 GDAL 读和写数据。

- +**r** 使用 GDAL 读数据, 使用 GMT 写数据, 当读 OGR 格式数据时, 该选项为必须
- +**w** 与 **-M** 相同

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

将 VRT 文件使用最邻近算法网格化, 网格分辨率为 0.05, 结果保存为 NetCDF 格式

```
gmt grdgdal lixo.vrt -Agrid -R0/10/0/10 -Gjunk.nc -I0.05 -F"-a nearest" -M+r
```

与上述功能相同, 但使用 CSV 文件并使用 GDAL 保存网格

```
gmt grdgdal lixo.csv -Agrid -R0/10/0/10 -Gjunk.nc -I0.05 -F"-a nearest" -M+w
```

相关模块

grdconvert

18.49 grdgradient

官方文档

grdgradient

简介

从网格文件中计算方向导数（光照强度）或梯度

语法

gmt grdgradient *ingrid* **-G***outgrid* [**-A***azim*[/*azim2*]] [**-D**[**a**][**c**][**n**][**o**]] [**-E**[**m**][**s**][**p**]*azim*/*elev*[+**a***ambient*][+**d***diffuse*][+**p***specular*][+**s***shine*]] [**-N**[**e**][**t**][*amp*][+**a***ambient*][+**s***sigma*][+**o***offset*]] [**-Qc**|**r**|**R**[+**f***file*]] [**-R***west*/*east*/*south*/*north*[/*zmin*/*zmax*][+**r**][+**u***unit*]] [**-S***slopfile*] [**-V**[*level*]] [**-f**flags] [**-n**flags] [**--PAR**=*value*]

描述

grdgradient 从网格文件中计算给定方向的方向导数 (**-A**), 或梯度的方向 (**-D**) 和大小 (**-S**)。

边界的梯度计算取决于网格的边界条件（详见中文文档-*n* 选项 或官方文档 **-n**flags ）。

必选选项

ingrid[=*ID*|?*varname*][+**b***band*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*][+**s***scale*]

输入网格名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式 [默认为 =nf]; 追加?*varname* 可指定 NetCDF 变量 [默认为 GMT 找到的第一个 2-D 网格]。对网格追加子选项可进行额外设置:

- +**b** 选取一个波段 *band*（仅用于图片）[默认为 0]
- +**d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- +**n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- +**o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset* [默认为 0]
- +**s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale* [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前。

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**][:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格文件名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式。对网格追加子选项可进行额外设置:

- +**d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- +**n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- +**o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset*, 或使用 **a** 自动对值进行调整以保证整数网格的精度 [默认为 0]
- +**s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale*, 或使用 **a** 自动对网格缩放以保证整数网格的精度 [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前; +**sa** 将会同时设置 +**oa**。如果需使用 GDAL 指定网格格式, 则 *ID* 应设置为 *gd*, 并指定:*driver* 和可选的数据类型 *dataType*, 以及 +**c***options* 选项传递给 GDAL 的

-co 选项。

可选选项

-A*azim*[/*azim2*]

给定光源方位角，计算方向导数。*azim* 为方位角（度），在 *x*-*y* 平面从正北 (+*y*) 向着正东 (+*x*) 顺时针方向测量。实际计算的是方向导数的相反数，$-\left(\frac{dz}{dx}\sin(a)+\frac{dz}{dy}\cos(a)\right)$，其中 *a* 为方位角 *azim* 。这使得 $z(x,y)$ 在沿着 *a* 方向下降时能输出正值，这符合在 *x*-*y* 平面上方从 *a* 方向对图像照明产生的阴影（见*grdimage* 和*grdview* ）。你也可以指定两个方位角，**-A***azim*[/*azim2*]，此时计算两个方向的方向导数，每个节点取方向导数幅值较大的方向导数。这对于照明具有两个方向的线性结构的数据是有用的，例如 **-A***0/270* 表示从正北 (top) 和正西 (left) 两个方向照明。最后，如果 *azim* 是一个和 *ingrid* 相同区域、间隔、配准的网格文件，则计算方向导数时每个节点有各自的方位角。

-D[**a**][**c**][**n**][**o**]

不指定方向 (**-A**)，而是计算每个节点的正梯度（上升）的方向。支持以下选项：

- **a** - 计算负梯度（下降）的方向。
- **c** - 使用传统的笛卡尔角度，从正东 (+*x*) 方向逆时针测量。默认从正北顺时针测量 (**-A** 中的 *azim* 一致)。
- **n** - 对所有输出角度增加 90 度（例如获得表面的局部走向）。
- **o** - 输出角度范围使用半圆定向（0~180 度）而不是默认的全圆定向（0~360 度）。例如全圆定向的 30° 和 210° 在半圆定向中均为 30°，因为其位于同一延长线上。

-E[**m**][**s**][**p**]*azim*/*elev*[+**a***ambient*][+**d***diffuse*][+**p***specular*][+**s***shine*]

计算朗伯辐射 (Lambertian radiance) 以用于*grdimage* 和*grdview* 。朗伯反射 (Lambertian Reflection) 又称理想散射，其假设一个理想的表面，它能反射所有照射到它的光，并且从各个方向看，表面亮度不变。*azim* 和 *elev* 分别为光照的方位角和仰角。以下选项可控制表面反射性质，中括号内为默认值，

- +**a***ambient* - 环境光系数 [0.55]。
- +**d***diffuse* - 漫反射系数 [0.6]。
- +**p***specular* - 镜面反射系数 [0.4]。
- +**s***shine* - 镜面高光度 [10]。

s|**p**|**m** 指令可使用简化算法：

- **s** - 简易朗伯算法（只要求 *azim* 和 *elev* ）。
- **p** - 普克 (Peucker) 分段线性近似（简易但高效），此时 *azim* 和 *elev* 分别固定为 315 和 45，忽略用户设置。
- **m** - 与 ESRI 的 hillshade 算法类似，但更快。

-N[**e**][**t**][*amp*][+**a***ambient*][+**s***sigma*][+**o***offset*]

归一化（默认不做归一化）。实际梯度 *g* 被偏移和缩放成 g_n ，幅值为 *amp* 。如果 *amp* 未给定，默认 *amp* = 1。如果偏移 *offset* 未给定，则设置为 *g* 的平均值。支持以下选项，其中 *o* 为 *offset* ，*a* 为 *amp* ，

- **-N** - 根据 $g_n = a \cdot \frac{g-o}{\max|g-o|}$ 进行归一化。
- **-Ne** - 使用类似于拉普拉斯分布的累积分布函数 $g_n = a \cdot \left(1-\exp\left(\sqrt{2}\frac{g-o}{\sigma}\right)\right)$ 进行归一化，其中 σ 为 *sigma* ，如果未给定则使用 $(g-o)$ 的 L1 范数。
- **-Nt** - 使用类似于柯西分布的累计分布函数 $g_n = \frac{2a}{\pi}\tan^{-1}\left(\frac{g-o}{\sigma}\right)$ 进行归一化，其中 σ 为 *sigma* ，如果未给定则使用 $(g-o)$ 的 L2 范数。

为了继续使用之前运行该命令计算的 *o* 和/或 σ，可不指定对应的具体数值，详见 **-Q** 。最后，可使用

+a*ambient* 给归一化之后的梯度整体加上 *ambient* 。

-Qc|r|R[**+f***file*]

控制 **-N** 的归一化。当需要对多个网格进行相同的归一化处理(即相同的偏移 *offset* 和标准差 *sigma*), 用户必须使用 **-N** 传入这些值。然而, 用户从网格中计算出这些值并不方便。可使用 **-Qc** 将计算的 *offset* 和 *sigma* 保存到一个统计文件中, 如果这时不需要输出网格文件, 可不指定 **-G** 。后续运行该命令时, 可只使用 **-Qr** 来读取这些值。使用 **-QR** 则读取后删除该统计文件。也可以加上 **+f***file* 来指定读/写特定文件(默认为当前系统 TMP 目录下的 grdgradient.stat 文件)。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S*slopfile*

将梯度矢量的大小输出到网格文件 *slopfile* 。要求和 **-D** 使用, 此时 **-G** 变为可选项。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][**+a**][**+b***BC*][**+c**][**+t***threshold*] *(more ···)*

设置网格文件的插值方式

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格距离单位

详见官方文档关于 +u 的说明。

- 对于笛卡尔坐标系的网格, 如果网格在水平方向的单位不为米, 则使用 **+u***unit* 指定输入单位, 并在计算中自动转换为米。
- 对于地理坐标系的网格, 使用 **-fg** 根据当前的椭球参数的 "展平地球" 将网格单位转换为米。

提示

- 如果你不知道怎么设置 **-N** 来为*grdimage* 和*grdview* 创建光照强度文件, **-Ne**0.6 是一个不错的尝试。
- 通常, 255 个色调对于可视化的目的来说已经足够了。可在输出文件名 *outgrid* 后面加上 *=nb/a* , 这可以节省 75% 的磁盘空间。*=nb/a* 效果是输出网格文件格式为 8-bit 的整数, 包含缩放因子。
- 如果你想为一个大数据集的子区域制作多个光照图, 且要求在所有地图上保持一致的照明效果, 使用 **-N** 选项并为每个地图提供相同的 *sigma* 和 *offset* 。一个不错的尝试是 $offset = 0$, *sigma* 通过*grdinfo* **-L2** 或 **-L1** 应用于未归一化的梯度网格得到。
- 如果您只需要网格的 x 或 y 导数, 请使用*grdmath* 。

分块处理

针对超大规模数据集(或超大尺寸绘图), 您可能需要将任务分解为多个区块处理。此时需特别注意: 每个区块的光照强度归一化处理应保持一致。默认情况下, 程序会为每个区块单独重新计算偏移量 (*offset*) 和标准差 (*sigma*)。这会导致同一大型网格中的不同区块计算出不同的偏移量和标准差, 最终使得相同方向的光照强度值在整张地图上呈现不一致。此类问题可能导致区块拼接处出现肉眼可见的色差/明暗变化。有以下两种解决方法:

(1) 手动指定参数。使用 **-N** 强制指定相同的 *offset* 和 *sigma* , 这适用于已知标准化参数的情况。

(2) 自动传递参数(推荐工作流)。首先对完整网格(或计算机能处理的最大网格分区)运行*grdgradient* **-Qc** , 该操作会生成包含全局 *offset* 和 *sigma* 的隐藏统计文件。然后在后续各区块计算时, 在 **-N** 后添加无参数的 **+o** 和/或 **-s** , 同时指定 **-Qr** 以从统计文件中读取参数。在处理最后一个区块时可改用 **-QR** 使程序读取统计文件后自动删除。

环境光

环境光 *ambient* 偏移用于使光照强度整体变暗或变亮。这个设置通常用于通过从所有光照强度中减去一个常数来使整个图像变暗。例如, 如果你使用 **+a**-0.5, 那么你从所有光照强度中减去 0.5, 使它们更负, 从而使图像变暗。

特效

如果用户希望只突出显示网格的一个区域， 我们鼓励创造性地使用*grdmath* 中的大量运算符和*grdmask* 和*grdclip* 中的网格裁剪方案。通过*grdmath* 中的各种网格代数和布尔运算符, 可以将多个独立的光照强度网格组合成一个网格。天空才是极限。

示例

注: 下面是该模块的一些有效语法示例。使用远程文件(文件名以 **@** 开头)的示例可以剪切并粘贴到您的终端中进行测试。其他需要输入文件的命令只是常见的使用类型的虚拟示例, 但不能按编写的原样运行。

在远程文件 @earth_relief_05m 中使用指数归一化梯度在 [-0.6,0.6] 范围内模拟北、西方向的光源, 制作一个文件来照亮部分数据:

```
gmt grdgradient @earth_relief_05m -R0/20/0/20 -A0/270 -Ggradients.nc -Ne0.6 -V
```

基于地形文件 topo.nc 确定海底构造 (seafloor fabric) 的走向:

```
gmt grdgradient topo.nc -Dno -Gazimuths.nc -V
```

保存对 topo.nc 的光照强度值进行归一化的 *offset* 和 *sigma*

```
gmt grdgradient topo.nc -A30 -Nt0.6 -Qc -V
```

其中没有指定 **-G** , 不会有网格文件输出, 仅创建隐藏的统计文件。

使用先前确定的 *offset* 和 *sigma* 对 tile_3.nc 的光照强度进行归一化:

```
gmt grdgradient tile_3.nc -A30 -Nt0.6+o+s -Qr -V -Gtile_3_int.nc
```

参考文献

Horn, B.K.P., Hill-Shading and the Reflectance Map, Proceedings of the IEEE, Vol. 69, No. 1, January 1981, pp. 14-47. (https://www.researchgate.net/publication/2996084_Hill_shading_and_the_reflectance_map)

相关模块

gmt, grdhisteq, *grdinfo*, *grdmath*, *grdimage*, *grdview*, *grdvector*

18.50 grdimage

官方文档

grdimage

简介

绘制网格数据或图片

语法

gmt grdimage *grid* | *image* **-J***parameters* [**-A***out_img*[=*driver*]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C**[*section*/]*master*|*cpt*|*color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,⋯][+**h**[*hinge*]][+**i***dz*][+**u**|**U***unit*][+**s***fname*]] [**-D**[**r**]] [**-E**[**i**|*dpi*]] [**-G***color*[+**b**|**f**]] [**-I**[*file*|*intens*|+**a***azimuth*][+**d**][+**m***ambient*][+**n***args*]] [**-M**] [**-N**] [**-Q**[*color*][+**i**][+**t**][+**z***value*]] [**-R***west*/*east*/*south*/*north*[/*zmin*/*zmax*][+**r**][+**u***unit*]] [**-T**[+**o**[*pen*]][+**s**]] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-f**flags] [**-n**flags] [**-p**flags] [**-t**transp] [**-x**[[-]n]] [**--PAR**=*value*]

描述

grdimage 读取一个二维网格文件，并通过构建一个矩形图像并根据 z 值和 CPT 文件为像素分配灰度（或颜色）来生成灰度阴影（或彩色）地图。可以通过提供一个强度值在 ±1 范围内的文件或指令从输入数据网格中推导强度值来添加光照。超出此范围的值将被裁剪。此类光照强度文件可使用*grdgradient* 从网格创建，并可使用*grdmath* 或 grdhisteq 进行修改。或者，传入 *image* ，它可以是一个图片文件（带地理参考或不带）。此时也可使用通过 **-I** 选项提供的文件进行光照。这里，如果图片没有坐标，则使用强度文件的坐标。

使用地图投影时，网格首先会在具有相同尺寸的新矩形网格上重新采样。使用 **-E** 选项设置一个较大的 dpi 值，获得更高分辨率的图像。为了获取每个地图像素的重采样值（从而确定其阴影或颜色），会将其位置反向投影回输入网格，然后在输入网格周围进行插值。默认情况下使用双三次插值 (bi-cubic interpolation)。为了避免混叠，还会将输入网格节点正向投影。如果两个或多个节点投影到同一个像素上，则使用它们的平均值。插值和混叠通过*-n 选项* 进行控制。

请注意，在使用地图投影绘图时，每个网格节点上绘制的小矩形并不会根据所选的投影方式进行变形。因此当网格间距较大时，绘制出的图像会产生一定的失真与变形。此时可以使用 **-E** 选项设置一个较大的 dpi 值，将图像重采样成较高的分辨率缓解这一问题。当然最根本的解决方式是使用分辨率更高的数据，生成网格间距更小的 grd 网格文件进行绘图。

-R 选项可用于选择比网格范围更大或更小的地图区域。**-A** 允许直接输出到光栅文件，而不是通过 PostScript 绘图。

备注

当前 GMT 6.5 版本不支持 **-Q** 和 **-I** 同时使用, 可切换到 GMT 6.4 或 GMT 开发版本, 详见 PR #8643 。

必选选项

grid | *image*

2D 网格 *grid* 或图片 *image* 。

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

可选选项

-A*out_img*[=*driver*]

将图片以光栅格式保存, 而非默认的 PostScript 格式, 后跟 *out_img* 以选择图像文件名和扩展名。如果扩展名为.bmp, .gif, .jp[e]g, .png, 或.tif 之一, 则不需要驱动 *driver* 信息, 对于其它格式则必须指定。*driver* 是 GDAL 程序使用的驱动代码, 详见*GDAL* 。可以添加 +**c***options* 指定一个或多个拼接的 **GDAL -co** 选项的列表 *options* 。例如, 输出 GeoPDF 并启用 TerraGo 格式, 使用 *=PDF+cGEO_ENCODING=OGC_BP* 。

注: (1) 如果选择了 tiff 文件 (.tif), 具体输出格式需根据实际情况——如果指定的 GMT 投影语法可以转换到 PROJ 语法, 则输出为带有地理坐标信息的 GeoTIFF 图片, 否则输出为普通 tiff。(2) 会丢失所有矢量元素。(3) **-B** 不能和 **-A** 同时使用, 因为不输出 PostScript 。

-B*parameters* *(more …)*

设置底图边框和轴属性。

-C[*section/*]*master*|*cpt*|*color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,…][+**h**[*hinge*]][+**i***dz*][+**u**|**U***unit*][+**s***fname*]

指定主 CPT 名称, CPT 文件或用逗号分割的多个颜色, 以创建一个 CPT。如果不指定参数, 则在现代模式下使用当前 CPT (如果可用)。支持以下多种输入:

1. 主 CPT 名称, 例如 *earth* (详见内置 *CPT*), 可使用 CPT 名称 *master* 或包括相对路径的 *section/master* 来指定 (内置 CPT 不可添加 **.cpt** 扩展名)。
2. 自定义 CPT 文件 *cpt* , 例如 *my_colors.cpt* 。
3. 自动从多个颜色 *color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,…] 中创建线性连续的 CPT, 其中 z 值从 0 开始, 每添加一种颜色 z 值加 1。在这种情况下, *color*$_i$ 可以是 *r/g/b* (e.g. 255/100/75), *h-s-v* (e.g. 180-0.8-1), *c/m/y/k* (e.g. 80/50/40/30), HTML 十六进制 (e.g. #aabbcc) 或颜色名称。逗号之间不能有空格。

支持以下选项:

- +**h** - 对于有软铰链 (soft hinge) 的主 CPT, 可指定 *hinge* 值启用铰链, 而对于有硬铰链 (harde hinge) 的 CPT, 可以修改铰链位置 *hinge* , 但不能禁用。
- +**i** - 指定 *dz* 使网格 z 值范围分层, 默认使用精确范围。
- +**s** - 将创建的 CPT 保存到文件 *fname*。当 CPT 是自动创建时这很有用, 但必须用于 **-C** 的末尾。
- +**u** - 对于任何其他主 CPT, 可以通过指定其原始单位 *unit* 将其 z 值单位转换为米。
- +**U** - 与 +**u** 类似, 但是将 z 值单位从米转换为指定单位 *unit* 。

-D[**r**]

GMT 会自动检测输入的标准图片格式 (GeoTIFF, TIFF, JPG, PNG, GIF 等), 然后使用 GDAL 程序读

取。对于一些可能未知的图片格式用户需要显式设置 **-D** ，以表明输入文件为图片格式，需用 GDAL 程序读取。后跟 **r** 表明范围由 **-R** 指定。例如，用户使用了 **-Rd** 表明图片的全部范围。此模式允许用户投影原始图片（即没有参考坐标的图片）。

-E[**i**|*dpi*]

设置创建投影网格的分辨率（仅当选择的投影方式不是线性或墨卡托投影时），默认 100。默认情况下，投影网格的大小（行数和列数）与输入文件相同。指定 **i** 可使用 PostScript 图像操作符在设备分辨率下对图像进行插值。

-G*color*[**+b**|**+f**]

该选项仅当想生成黑白图（1-bit 图像）时才可用。此时将输入作为透明掩码，并用指定的颜色 *color* 填充该掩码。**+b** 表示绘制背景像素，**+f** 表示绘制前景像素（默认）。

-I[*file*|*intens*|**+a***azimuth*][**+d**][**+m***ambient*][**+n***args*]

增加光照效果 [默认不做照明]。可使用多种方法：

- 给定一个 Z 值范围为 ±1 的网格文件 *file* ，要求和输入网格相同配准。
- 给定一个常数 *intens* 作为全局光照强度（会影响环境光）。
- 通过调用*grdgradient* 模块，设置子选项，从输入网格 *grid* 中计算光照强度。此时可指定 **+a***azimuth*, **+n***args* 和 **+m***ambient* 传入*grdgradient* 模块的 **-A**, **-N** 和 **-E** 选项，或直接指定 **+d** 使用默认值 [**+a**-45**+nt**1**+m**0]。对于具体的光照场景，建议先单独运行*grdgradient* 。

如果希望从另一个文件而非输入网格中计算光照强度，则可将该文件指定为 *file* 然后设置合适的子选项。如果输入文件 *grid* 实际是一个图片，则必须指定 *file* 或 *intens* ，因为无法从图片中计算导数作为光照强度。

-M

使用 YIQ 转换（老式电视）强制将其转换为灰度图。不可与 **-Q** 共用。

-N

对于非矩形地图，在地图边界处不对图片做裁剪。

-Q[*color*][**+i**][**+t**][**+z***value*]

处理网格或图片的透明度或不透明度。通常有以下几种情况：

- 网格：**-Q**[**+z***value*]

  无参数的 **-Q** 将值为 NaN 的节点处设置为透明色，使用 PostScript Level 3 的 color-masking 功能（PS 设备需支持 PS Level 3）。可使用子选项 **+z***value* 将 NaN 值替换为 *value* 。此时每个像素点要么是不透明的颜色，要么是完全透明的。
- RGB 图片：**-Q**[*color*]

  后跟 *color* 来将指定颜色 *color*（默认为白色）的像素设为完全透明。输出图像中的每个像素要么是不透明的，要么是透明的。
- Alpha 通道仅为 0 或 255 的 RGBA 图片：**-Q**

  将 Alpha=0 的像素设为完全透明，Alpha=255 为不透明。
- 渐变 Alpha 通道的 RGBA 图片：**-Q**[*color*][**+i**][**+t**]

  将渐变透明度转换为模拟透明，此时每个像素点的颜色 *r,g,b* 转换公式为 $r' = tR + (1-t)r$ ，其中 t 为透明度，R 为透明色 *color*（默认为白色）。这种转换本质是颜色混合，而非真透明，产生的文件体积较小。可使用 **+t** 表明生成真透明效果，但 PostScript 无法直接支持，此时将通过 PositScript

的微小色块模拟渐变透明, 文件体积激增。如果 Alpha 值存储的是不透明度而非透明度, 可使用 **+i** 反转 Alpha 值 (网格文件不能使用 **+i**)。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

对于三维透视图 (*-p 选项*), 可以加上 /*zmin*/*zmax* 指定 Z 轴的范围。

-T[**+o**[*pen*]][**+s**]

不做任何插值绘制数据网格, 其中将每个以节点为中心的格子转换成一个多边形, 然后分别绘制。此选项适用于值之间的插值没有意义的分类数据, 并且通过 **-C** 提供了分类 CPT。加上 **+o**[*pen*] 可绘制每个小块的轮廓并自定义画笔属性 *pen* 。加上 **+s** 跳过 z=NaN 的节点。

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][**+a**][**+b***BC*][**+c**][**+t***threshold*] *(more ···)*

设置网格文件的插值方式

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][**+w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][**+v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-x[[-]*n*] *(more ···)*

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位，以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j 选项*。

绘制有 NaN 的网格

请注意，如果用户的输入网格中存在 NaN 区域，那么由于大多数地图投影所必须进行的重采样操作，这些 NaN 块的范围可能会扩大。因为 **grdimage** 使用的是 PostScript 彩色图像操作符，所以对于大多数非线性投影，GMT 必须将用户的网格重采样到等距的矩形格网上。如果用户发现这些 NaN 区域未得到妥善处理，建议 (a) 采用线性投影，或者 (b) 使用 **-T+s** 参数来绘制格子多边形。

网格重采样的后果

除了笛卡尔坐标系的情况外，GMT 需要将用户的地理网格重新采样到等距投影网格上。在此过程中，会使用各种算法将数据从一个格点投影到另一个格点且避免出现模糊效果，但可能会导致一定程度的变形。使用样条进行重采样的一个预期效果是，新的重采样网格可能会略微超出原始网格的全局最小值/最大值范围。如果这种情况与严格的 CPT 限制相结合，用户可能会发现某些地图区域由于重采样而呈现出前景色或背景色。在这种情况下，用户有两个选择：(1) 修改 CPT 以适应重采样的极值（通过 **-V** 参数报告）；(2) 对重新采样值施加限制，使其不超过输入的最小值/最大值（在 **-n** 选项中添加 **+c** ）。注意：如果未设置 **-n** 且未给出 CPT（或之前已定义的隐藏 CPT），GMT 将自动设置 **-nc+c** 。

绘制分类网格

地理分类网格在节点处的数值不应进行插值（例如，类别 4 和 5 不能平均得到新的类别 4.5）。然而，使用地图投影来呈现这样的网格需要将其重采样到等距的笛卡尔网格，这通常会导致这种融合现象。此时程序不知道该网格是否为分类网格，但如果通过 **-C** 提供的分类图谱是分类的，程序将用 **-nn+a**（开启最近邻网格化并关闭抗锯齿）来覆盖用户所选择的（可能是隐含的）**-n** 设置。或者，可以使用 **-T** 来绘制每个节点为中心的单独多边形。

绘制分类图片

如果给定的是一个单字节的单层图片，并且该文件没有颜色映射，那么 GMT 将把字节值视为类别，并且需要通过参数 **-C** 来指定一个分类的 CPT。如果没有给出参数 **-C** ，那么 GMT 假定该图像是一个灰度图像，其值在 0 到 255 的范围内。

透明度的限制

PostScript 图像模型不支持任何形式的透明度。然而，Adobe 添加了 pdfMark ，它使得 PostScript 能够指定透明度，但只有在使用 Adobe Distiller 或 GhostScript 将 PostScript 或 EPS 转换为 PDF 时才会激活。每个图形（例如多边形、线条、文本、图像）都可以指定透明度。然而，对于图像来说，这一点非常有限：GMT 可以选择图像的特定特征来表示透明度，例如特定的 $r/g/b$ 颜色或 *alpha* 通道级别（0 - 255）。因此，在复杂的 RGBA 图像（颜色 + 透明度）中，像素级别的可变透明度最多只能是单一颜色的可见形式。GMT 绘制透明的 RGBA 图像的近似方法是模拟颜色的透明效果，但图像本身仍然是不透明的（可通过 **-Q** 参数实现除单一颜色外的透明效果）。由于多边形可以有不同的透明度，因此 GMT 可以通过带有可单独设定颜色和透明度的正方形符号来模拟图像（通过（最多）255 个值的 alpha 通道实现）。

识别图片格式

GMT 通过图片文件的特殊字节来自动识别图像格式。对于可能包含图片或数据集的格式（例如 GeoTIFF），GMT 会判断其属于哪种类型，并相应地进行处理。如果用户最喜欢的图像格式未被自动识别，那么请告知 GMT 它的特殊字节，以便添加支持。

网格重采样的后果

除了笛卡尔坐标系的情况外，GMT 需要将用户的地理网格重新采样到等距投影网格上。在此过程中，会使用各种算法将数据从一个格点投影到另一个格点且避免出现模糊效果，但可能会导致一定程度的变形。使用样条进行重采样的一个预期效果是，新的重采样网格可能会略微超出原始网格的全局最小值/最大值范围。如果这种情况与严格的 CPT 限制相结合，用户可能会发现某些地图区域由于重采样而呈现出前景色或背景色。在这种情况下，用户有两个选择：(1) 修改 CPT 以适应重采样的极值（通过 **-V** 参数报告）；(2) 对重新采样值施加限制，使其不超过输入的最小值/最大值（在 **-n** 选项中添加 **+c** ）。注意：如果未设置 **-n** 且未给出 CPT（或之前已定义的隐藏 CPT），GMT 将自动设置 **-nc+c** 。

MacOS Preview 警告

在 macOS 系统下，PDF 或 PostScript 文件中出现的低分辨率栅格图像在使用 Preview 应用程序查看时可能会显得模糊。这是因为 Preview 会对非常粗糙（低像素密度）的图像进行重新采样，而不是保持其原样；目前我们尚未找到一种简单的方法来关闭这一功能。这种现象在离散 CPT 的*colorbar*（我们现在将此类 CPT 的默认设置设为 **-Np**）以及使用*grdimage* 或*grdview* **-Qi|c** 绘制非常小的网格时最为明显。然而，如果选择光栅格式（如 JPG 或 PNG）则不会出现这种模糊现象。其他 PDF 查看器（例如 Adobe Acrobat）似乎没有受到类似的影响。

示例

注：下面是该模块的一些有效语法示例。使用远程文件（文件名以 **@** 开头）的示例可以剪切并粘贴到您的终端中进行测试。其他需要输入文件的命令只是常见的使用类型的虚拟示例，但不能按编写的原样运行。

绘制远程文件 *@AK_gulf_grav.nc* 并设置照明:

```
gmt grdimage @AK_gulf_grav.nc -I+d -B -pdf quick
```

在一个自定义的 Lambert 地图上绘制 *@AK_gulf_grav.nc* 的灰度图:

```
gmt begin alaska_gray
    gmt grd2cpt -Cgray @AK_gulf_grav.nc
    gmt grdimage @AK_gulf_grav.nc -Jl142W/55N/18/24/1.5c -B
gmt end show
```

指定光照强度文件:

```
gmt grdimage image.nc -Jx10i -Ccolors.cpt -Iintens.nc -B5 -pdf image
```

以正弦投影绘制远程图片 *@needle.jpg*

```
gmt grdimage -JI15c -Rd @needle.jpg -pdf needle
```

相关模块

grdcontour, *grdview*, *grdgradient*, grdhisteq

18.51 grdinfo

官方文档

grdinfo

简介

提取网格文件的基本信息

grdinfo 模块读取一个 2D 网格文件并报告网格文件的相关信息。能提取的信息包括:

- X、Y、Z 的最大和最小值
- 最大/最小 Z 值所在的位置
- X、Y 的网格间隔
- X 和 Y 方向节点数目
- 均值、标准差
- 中位数、绝对中位差 (median absolute deviation)
- the mode (Least Median of Squares; LMS), LMS scale of z
- 值为 NaN 的节点数
- 网格配准方式
- 网格类型 (笛卡尔数据或地理数据)

语法

gmt grdinfo *grdfiles* [**-C**[**n**|**t**]] [**-D**[*xoff*[/*yoff*]][+**i**]] [**-E**[**x**|**y**][+**h**|**H**|**l**|**L**]] [**-F**] [**-I**[*dx*[/*dy*]|**b**|**i**|**r**]] [**-L**[**0**|**1**|**2**|**p**|**a**]] [**-M**] [**-R***region*] [**-T**[*dz*][+**a**[*alpha*]][+**s**]] [**-V**[*level*]] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-o**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

grdfile

一个或多个网格文件名

可选选项

-C[**n**|**t**]

将输出信息以 Tab 分隔显示在一行中。输出格式为:

```
name w e s n z0 z1 dx dy nx ny [x0 y0 x1 y1] [med scale] [mean std rms] [n_nan] registration gtype
```

默认只输出前 13 列。方括号中的信息仅当使用 **-M**、**-L1**、**-L2**、**-M** 选项时才会输出。

使用 **-Ct** 则将文件名 *name* 放在最后一列; 使用 **-Cn** 则只输出数值列。

registration 为网格的配准方式, 0 表示网格线配准, 1 表示像素配准; *gtype* 表示数据类型, 0 表示笛卡尔数据, 1 表示地理数据。

若与 **-I** 选项一起使用, 则输出格式为:

```
NF w e s n z0 z1
```

其中 *NF* 是总网格数目。

-D[*xoff*[/*yoff*]][**+i**]

将网格区域划分为多个子区域, 并报告子区域的范围。

子区域大小为 *dx* 乘 *dy*, 由 **-I** 选项控制。*xoff/yoff* 用于指定多个子区域之间的重叠区域。**+i** 子选项表明若该子区域内无数据则忽略该区域。若使用 **-C** 选项则以 *w e s n* 格式输出每个子区域的区域范围, 使用 **-Ct** 则在最后一列以 **-R***w/e/s/n* 格式输出子区域数据范围。

-D 选项示例:

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -D -I180/90
-R-180/0/-90/0
-R0/180/-90/0
-R-180/0/0/90
-R0/180/0/90
```

-D 与 **-C** 一起使用:

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -D -I180/90 -C
-180    0       -90     0
0       180     -90     0
-180    0       0       90
0       180     0       90
```

-E[**x**|**y**][**l**|**L**|**u**|**U**]

报告每一列 (**-Ex**) 或每一行 (**-Ey**) 的极值。

- **+u**|**U** : 寻找每一列的极大值 [默认行为]
- **+l**|**L** : 寻找每一列的极小值

其中, 大写的 **+L** 表示寻找正值中最小的一个; 大写的 **+U** 表示寻找负值中最大的一个。

-F

以每行输出一个信息的方式的输出信息。该选项不得与 **-C** 一起使用。

-I[*dx*[/*dy*]]|**b**|**i**|**r**]

报告网格数据的区域范围

使用 **-I***dx/dy* 会先获取网格的区域范围, 并对该范围做微调使得其是 *dx* 和 *dy* 的整数倍, 并以 **-R***w/e/s/n* 的形式输出。

- **-Ir** 以 **-R***w/e/s/n* 输出真实的网格区域范围
- **-Ii** 以 **-R***w/e/s/n* 输出 **img** 补充包生成的网格文件的精确范围
- **-Ib** 输出区域范围对应的四个顶点的坐标
- **-I** 不加任何选项以 **-I***xinc*[/*yinc*] 形式输出网格间隔

-I 选项示例:

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -I
-I30m

$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -Ir
-R-180/180/-90/90
```

(续下页)

(接上页)

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -Ib
-180    -90
180     -90
180     90
-180    90
-180    -90
```

-L[**0**|**1**|**2**|**p**|**a**]

报告 Z 值的其他信息。该选项可多次使用。

- **-L0**: 扫描整个数据并报告 Z 值的范围, 而不仅仅只是从网格的头段中读取 Z 值范围
- **-L1**: 输出中位数以及 L1 scale（L1 scale= 1.4826*Median Absolute Deviation）
- **-L2**: 输出均值、标准差以及均方根
- **-Lp**: 输出 mode (Least Median of Squares; LMS) 和 LMS scale
- **-La**: 输出以上全部信息

注意, 对于像素配准的地理网格数据而言, 每个节点代表的区域面积随着纬度的增加而减小, 此时 GMT 报告的是网格文件在球面平均下的统计值。

-M

寻找并报告 Z 值最小和最大值所对应的坐标, 以及值为 NaN 的网格点的数目

-R*w/e/s/n*

从网格文件中取出一个子区域, 并报告该子区域的信息。若指定的区域范围超过了网格边界, 则只提取公共区域内的为网格信息。

-T[*dz*][+**a**[*alpha*]][+**s**]

以 **-T***zmin/zmax* 或 **-T***zmin/zmax/dz* 的格式输出 Z 值范围

若只使用 **-T** 选项, 则以 **-T***zmin/zmax* 格式输出 Z 值范围; 若使用 *dz* 则先提取 Z 的最小最大值, 并做微调使得最值是 *dz* 的整数倍, 并以 **-T***zmin/zmax/dz* 格式输出。

其它子选项:

- +**a***alpha* 对网格文件中的值进行排序, 并去除极值两端的部分数据。*alpha* 为要去除的数据的百分比, 默认值为 2。即去除数据 0.5**alpha* 和 100 - 0.5**alpha* 的数据, 并据此修改 Z 值范围。
- +**s** 根据 Z 值的绝对最大值, 输出一个关于 0 对称的范围

示例:

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -T
-T-9458/5888

$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -T100
-T-9500/5900/100

$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -T100+s
-T-9500/9500/100
```

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m.grd
earth_relief_30m.grd: Title: Earth Relief at 30 arc minutes
earth_relief_30m.grd: Command: grdfilter SRTM15+V2.nc -Fg55.6 -D1 -I30m -rg -Gearth_relief_30m.grd=ns --IO_NC4_DEFLATION_LEVEL=9 --
↪PROJ_ELLIPSOID=Sphere
earth_relief_30m.grd: Remark: Obtained by Gaussian Cartesian filtering (55.6 km fullwidth) from SRTM15+V2.nc [Tozer et al., 2019;␣
↪https://doi.org/10.1029/2019EA000658]
earth_relief_30m.grd: Gridline node registration used [Geographic grid]
earth_relief_30m.grd: Grid file format: ns = GMT netCDF format (16-bit integer), CF-1.7
earth_relief_30m.grd: x_min: -180 x_max: 180 x_inc: 0.5 (30 min) name: longitude n_columns: 721
earth_relief_30m.grd: y_min: -90 y_max: 90 y_inc: 0.5 (30 min) name: latitude n_rows: 361
earth_relief_30m.grd: z_min: -9458 z_max: 5888 name: elevation (m)
earth_relief_30m.grd: scale_factor: 1 add_offset: 0
earth_relief_30m.grd: format: netCDF-4 chunk_size: 145,181 shuffle: on deflation_level: 9
```

从输出中可以看到很多信息:

- 网格文件中的标题信息;
- 生成该网格文件的命令;
- 网格文件的配准方式, 此处为 Gridline 配准;
- 数据格式为 **ns** 即 16 位整型;
- 数据中 X 维度的最小值 x_min、最大值 x_max、网格间隔 x_inc 以及数据点数 nx;
- 数据中 Y 维度的最小值 y_min、最大值 y_max、网格间隔 y_inc 以及数据点数 ny;
- 数据中 Z 值的最小值 z_min 和最大值 z_max 以及其他信息;

相关模块

grd2cpt, *grd2xyz*, *grdedit*

18.52 grdinterpolate

官方文档

grdinterpolate

简介

从一个 3D 网格 (cube) 或堆叠的一系列 2D 网格 (layer) 中采样一个 3D 网格, 或一系列 2D 网格, 或 1D 序列。

语法

gmt grdinterpolate *cube* | *grd1 grd2* ⋯ **-G***outfile* [**-D**[+**x***xname*][+**y***yname*][+**z***zname*][+**v***vname*][+**s***scale*][+**o***offset*][+**n***inv*] [**-E***line*] [**-Fa**|**c**|**e**|**l**|**n**|**s***p*[+**d1**|**2**]] [**-R***region*] [**-S***x/y*|*pointfile*[+**h***header*]] [**-T**[*min/max/*]*inc*[+**i**|**n**] |**-T***file*|*list*] [**-V**[*level*]] [**-Z**[*levels*]] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-n**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

描述

grdinterpolate 读取一个 netCDF 格式的 3D 网格 (以下称之为 cube) 或一系列 2D 网格层 (以下称每个 2D 网格层为 layer, 按顺序堆叠形成第三个维度), 沿着第三个维度 (以下称之为 level) 对一个或多个 level 做插值。要求 cube 的数据维度包含两个共有的 x 和 y 维度, 第三个维度通常为距离或时间。输出的插值结果可以保存为一个 cube 或者一系列 layer。或者, 可以在一个或多个任意点位 (x/y) 沿着 level 轴插值 (**-S**) , 输出的表数据包含一个或多个 level 系列; 也可以沿着任意垂直切片 (**-E**) 做插值, 输出为 2D 网格形式。

必选选项

cube

指定 netCDF 格式的 3D 输入网格。或者使用 **-Z** 时, 此处可指定一系列 2D 网格层 (layer)。

-G*outfile*

输出的 cube 插值结果。如果通过 **-T** 仅指定单一 level, 则退化为常规的 2D 网格。如果 *outfile* 包含 C 语言浮点数格式 (e.g., layer_%6.6f.grd), 则插值结果输出为一系列包含每个 level 的 2D 网格 (layer)。使用 **-S** 则插值结果输出为 ASCII 格式的表数据。

可选选项

-D[+**x***xname*][+**y***yname*][+**z***zname*][+**s***scale*][+**o***offset*][+**n***invalid*][+**t***title*][+**r***remark*]

给定网格文件头段中的基本信息:

- +**x***xname* X 变量名及其单位, 格式为 *varname* [*unit*], 比如 "distance [km]"
- +**s***scale* 读入网格数据后要乘以的因子, 默认值为 1
- +**o***offset* 读入数据后并乘以因子后要加的常数, 默认值为 0
- +**n***invalid* 指定值 *invalid* 用于表示该节点处无有效值, 默认为 NaN
- +**t***title* 网格文件的标题
- +**r***remark* 网格文件的注释信息

其它说明:

- 未指定的项其值保持不变
- 可以给一个空值以重置某一项, 比如使用 +**t** 而不指定标题则设置标题为空
- 若字符串中包含空格则需要用引号括起来

- 若字符串中包含加号 +，需要使用 + 对其进行转义。或者可以使用单引号套双引号的方式，例如 '"title with + inside"'
- 若字符串中使用了 shell 变量，且变量值中包含加号，则需要使用 `${variable/+/\\+}`
- 对于地理数据（比如 **-fg** ），*xname* 和 *yname* 会自动设置

-E*table*|*origin*|*line*[,*line*,…][+**a***az*][+**c**][+**d**][+**g**][+**i***inc*][+**l***length*][+**n***np*][+**o***az*][+**p**][+**r***radius*][+**x**]

创建一条或多条测线。有以下几种方式：

- 给定 *table* 文件，其中包含点位。
- 给定起点 *origin*（和方位角 *azimuth* ，长度 *length* ，和下方相关选项）。
- 给定一条或多条测线 *line* 。每条 *line* 的格式为 *start/stop* ，其中 *start* 和 *stop* 格式为 *lon/lat* 或者两个字母指定地图上（或者使用 **-R** 指定的范围内）的位置（例如 BL,TR 等，详见锚点 ），你也可以使用 Z-,Z+ 代表网格（或多维网格的顶层，仅限 grdinterpolate ）的全局最小值位置和最大值位置。

支持以下选项：

- **+a** - 设置测线走向 *azimuth*（配合 **+l** 指定长度），测线始于起点 *origin* 。
- **+c** - 当多条测线首尾重合时，将其连接起来合并成一条测线。
- **+d** - 输出结果增加沿测线的距离。
- **+g** - 当测线起始点位于同一经度/纬度时，报告沿测线的纬度/经度变化而不是大圆弧距离。
- **+i** - 指定采样间隔 *inc* ，若不指定则默认为网格最小间距的一半。
- **+l** - 指定测线长度 *length* ，与 **+a**（或 **+o** ）以及 *origin* 一起使用。
- **+n** - 指定采样点数 *np*（这间接确定了采样间隔）。
- **+o** - 与 **+a** 类似，但将 *origin* 作为测线中点，指定测线走向 *az*。
- **+p** - 当测线起始点位于同一纬度时，沿着纬线采样而不是大圆弧。
- **+r** - 创建圆形测线，将 *origin* 作为圆心，指定 *radius* 作为半径。要求使用 **+n** 或 **+i** 。
- **+x** - 地理距离的测量沿着恒向线（rhumb lines 或 loxodromes，即沿着该方向行进时行进方向始终与经线保持相同夹角）而不是默认的大圆弧。

注：

- 对于设置长度的选项，仅能设置一种单位，设置不同单位的结果错误。地理坐标下若不指定 **-E** 中的长度单位默认为千米 (**k**)。
- 对于地理坐标，可使用 **-j** 指定距离计算方式（默认计算大圆弧路径）。

> **备注**
>
> 当前 GMT 6.5 版本无法在 **-E** 中正确设置距离单位，该 bug 会在下个版本修复，详见 PR #8734 。

-Fa|c|e|l|n|s*p*[+**d1**|**2**]

选择 1-D 插值方式:

- **a** - Akima 样条（默认）
- **e** - 阶梯曲线
- **c** - 自然三次样条 (Natural cubic spline)
- **l** - 线性插值
- **n** - 不插值，取最近的数据点作为插值后的值
- **s** - 平滑三次样条，指定拟合因子 *p* 以权衡样条拟合和曲率

用户也可以更改 GMT 默认的插值方式，见*GMT_INTERPOLANT* 。可以加上 **+d1** 或 **+d2** 来计算样

条的一阶导或二阶导。**注:** 如果使用 **e** 或 **n** 的插值方法来计算导数, 则结果恒为 0。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S*x*/*y*|*pointfile*[**+h***header*]

在给定点位 (*x*/*y*) 或 *pointfile* 文件中的多个点位处沿 level 轴插值, 输出空间或时间序列。如果需要由起点和终点或类似点定义的一系列点位, 可以首先使用*project* 制作这样的点位文件。默认将采样 cube 的每个 level。使用 **-T** 可自定义 level。在输出的插值结果中, level 值将插入点位文件的第 3 列, 后跟其它输入列, 最后一列为每个 level 对应的采样值。加上 **+h** 可在输出的每段序列段头后增加头段注释 *header*。在输出时, 输入的每个点位的尾随文本将作为每个点位输出序列的段头。默认情况下, 表数据输出到标准输出。使用 **-G** 可指定输出文件名。或者如果希望每个点位的序列输出到单独文件, 可在 **-G** 指定的文件名中包含 C 语言的整数格式 (e.g., %d), 此时将根据点数创建单独的输出文件。

备注

当前 GMT 6.5 版本 **-S** 无法与 **-T** 同时使用 (会报错), 该 bug 会在下个版本修复, 详见 PR #8733 。对于 **-T** 选项, 程序内部是使用*sample1d* 模块对 level 之间进行插值, 因此可将 **-S** 和 **-T** 拆分成 **grdinterpolate -S** 和 **sample1d -T -N2** 分开执行, 以暂时回避此 bug。

-T[*min*/*max*/]*inc*[**+a**][**+i**|**n**][**+u**] | [**-T***file*|*list*]

定义要等距采样的 level 范围 (从 *min* 到 *max*) 和步长 *inc* (默认使用输入 cube 的每个 level)。具体详见生成一维数组 。

注:

- 如果使用了 **-Z** , 且 **-E**, **-S** 和 **-T** 均未使用, 则相当于将一系列 layer 组合成一个 cube 文件。
- 对于 **-E** 和 **-S** , 可仅设置 **-T***min*/*max* 来限制 level 范围, 而对原有的 level 之间不做插值。
- 如果 **-E**, **-S** 和 **-T** 均未使用, 则将输入的 cube 拆分, 输出为一系列的 layer, 这要求 **-G** 文件名中包含 C 语言浮点数格式, 可使用 **-R** 指定范围。

-Z[*levels*]

读取命令行中传入的所有 2D 网格作为一个 cube 的每个 layer (默认读取一个 cube 文件)。可指定 *levels* 来控制这些 2D 网格如何组合成一个 cube, 即为这些 2D 网格分配其所在 level。*levels* 的设置方式和 **-T** 一致, 若不设置则默认 level 为从 0 开始的整数。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-:[**i**|**o**] *(more ···)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more ···)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*
筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*
指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*
确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*
跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*
设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][+**a**][+**b***BC*][+**c**][+**t***threshold*] *(more …)*
设置网格文件的插值方式

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*
设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*
筛选输入或输出的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*
设置 NaN 记录的处理方式

-^ 或 **-**
显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*
临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

生成一维数组

下面将展示如何使用*gmtmath* 生成一维数组 (其中大部分操作也可通过 linux 中的 seq 命令方便地实现)

不使用任何子选项

以 0.1 为步长, 生成 3.1 到 4.2 等等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.1/4.2/0.1 T =
3.1
3.2
...
4.2
```

+a 选项

该选项不对生成的数列进行运算操作, 而是将该数列以列的形式追加到输出表数据, 类似 linux 中的 paste 命令。

+b 选项

以 3 和 20 分别为起点和终点, 创建一个 2 的整数幂的列表, 将生成的整数幂以 1 为步长取值 **-T**3/20/1**+b**

```
gmt math -o0 -T3/20/1+b T =
4
8
16
```

+l 选项

以 7 和 135 分别为起点和终点, 先创建一个 10 的整数幂的列表, 当 *inc* 为 1 时, 输出该列表; 当 *inc* 为 2 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, 5 倍值 (不包括超出原始数据范围的部分); 当 *inc* 为 3 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, ⋯, 9 倍值 (同样不包括超出原始数据范围的部分)。**-T**7/135/2**+l** 将会生成如下数列

```
gmt math -o0 -T7/135/2+l T =
10
20
50
100
```

inc 为负整数时, 将实现如下效果

```
gmt math -o0 -T1e-4/1e4/-2+l T =
0.0001
0.01
1
100
10000
```

+i 选项

该选项将以 1 作为默认步长, 第三个数字做为每步长中的数字个数 *length*。假设需要在 1 分钟内每 24 秒生成一帧

```
gmt math -o0 -T0/60/24+i T =
0
0.0416666666667
0.0833333333333
0.125
0.166666666667
...
60
```

+n 选项

生成固定长度的数列。以 3.44 和 7.82 为起点和终点, 生成长度为 5 的等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.44/7.82/5+n T =
3.44
4.535
5.63
6.725
7.82
```

-T 后直接加文件或逗号分隔的数列

-T 后可以直接加文件, 文件中即为要生成的列表; 另外, 可以直接使用逗号分隔, 将列表附加到 **-T** 选项后, 如下为 Fibonacci 数列前 6 项

```
gmt math -o0 -T0,1,1,2,3,5 T =
0
1
1
2
3
5
```

注: 如果数列只包含一个值, 必须在其后加逗号以表明仍是一个数列

+u 选项

如果文件或者逗号分隔的数列中有重复数字或未排序, 可以使用 **+u** 选项去重并排序。

+t 选项

生成绝对时间序列。在 *inc* 后分别添加 **y** , **o** , **d** , **h** , **m** 和 **s** 表示时间步长的单位为年, 月, 日, 时, 分, 秒。在其后附加 **+t** 选项, 可以进一步强调生成时间序列, 也可以不加

```
gmt math -o0 -T2020-03-01T/2020-03-07T/1d T =
2020-03-01T00:00:00
2020-03-02T00:00:00
2020-03-03T00:00:00
2020-03-04T00:00:00
2020-03-05T00:00:00
2020-03-06T00:00:00
2020-03-07T00:00:00
```

生成距离序列

如果输入文件中包含两列以上的数据, 可以使用前两列计算距离, 并生成等距序列。在 *inc* 后分别添加 **d**, **m**, **s**, **e**, **f**, **M**, **n** 和 **u** 表示距离步长的单位为度, 分, 秒, 米, 英尺, 公里, 英里, 海里, 英尺。如果为笛卡尔坐标, 使用 c 作为距离步长单位。

+e 选项

如果只给定 *inc* 而从数据中获取最大值和最小值, 则 (*max* - *min*)/*inc* 可能不是整数, GMT 讲会自动对 *inc* 进行一定的调整。如果不想调整 *inc* , 则可以使用 **+e** 选项, GMT 会固定最小值, 适当调整最大值。

文件顺序

如果用户在命令行提供一系列的 2D 网格, 并使用 **-Z** 分配各自的 level, 则用户必须确保输入的 2D 网格顺序和 **-Z** 分配的 level 顺序相匹配。除非文件名是按照词典顺序排列, 否则应谨慎使用通配符来列举所有网格 (e.g., *.nc)。

时间坐标

GMT 可以识别 netCDF 网格文件中的时间坐标。网格文件中变量的 **unit** 属性会被解析以确定网格文件中时间坐标的起算点和单位。这些时间坐标值会被进一步根据 *TIME_UNIT* 和 *TIME_EPOCH* 转换为 GMT 内部时间值。输出时, 默认以相对时间的形式输出, 也可以使用 *-f 选项* 指定以绝对时间方式输出。

创建序列

-S 选项涉及表格的读取和输出, 因此 **grdinterpolate** 模块也可以使用和表格输入输出相关的标准选项, 例如*-b 选项* , *-i 和 -o 选项* 等。由于使用 **-S** 提供的点位坐标不要求正好位于网格节点, 本模块内部会使用*grdtrack* 模块对每个 layer 做采样, 故*-n 选项* 也可使用。

示例

从 cube 文件 *temperature.nc* 中使用三次样条插值提取一个 level=3400 的新 layer:

```
gmt grdinterpolate temperature.nc -T3400 -Fc -Gtemp_3400.nc
```

从一系列的 2D 网格文件 *layers_*.nc* 中使用线性插值提取一个 level=3400 的新 layer, 其中每个网格文件对应的 level 值按照 *z.txt* 文件分配:

```
gmt grdinterpolate layers_*.nc -Zz.txt -T3400 -Fl -Gtemp_3400.nc
```

从 cube 文件 *temperature.nc* 中使用 Akima 样条对所有 level 重新采样, 输出一个新 cube , 其中新 level 从 1500 到 2500, 间隔 50:

```
gmt grdinterpolate temperature.nc -T1500/2500/50 -Gtemperature_1500_2500.nc -Fa
```

与上面相同, 但是每个 level 输出为一个单独的 2D 网格:

```
gmt grdinterpolate temperature.nc -T1500/2500/50 -Gtemperature_%4.0f.nc -Fa
```

从一系列的 2D 网格文件 *deformation_*.nc* 提取出一个点位的时间序列 (此处 level 为时间), 其中每个网格文件对应的时间点按照 *dates.txt* 文件分配, 在输出序列的段头添加 “Some like it hot” :

```
gmt grdinterpolate deformation_*.nc -Zdates.txt -S115W/33N+h"Some like it hot" > record.txt
```

从 cube 文件 *S362ANI_kmps.nc* 中提取穿过夏威夷热点的垂直切片, 采样 vs (各向同性剪切波速度), 测线起始点位于同一纬度, 测线距离以经度度数表示:

```
gmt grdinterpolate S362ANI_kmps.nc?vs -E180/20/220/20+i1d+g+p -T25/500/25 -Gslice.nc
```

相关模块

grdedit, *grdcut*, *project*

18.53 grdlandmask

官方文档

grdlandmask

简介

根据海岸线数据创建陆地-海洋的 mask 网格文件

grdlandmask 模块读取指定的海岸线数据, 用于确定网格内的每个节点是位于陆地还是水域, 并给不同类型的节点赋予不同的值, 以生成掩膜文件。生成的掩膜文件可进一步用在*grdmath* 中以掩盖掉位于陆地或水域中的数据点。

语法

gmt grdlandmask **-G***mask_grd_file* **-I***increment* **-R***region* [**-A***min_area*[/*min_level*/*max_level*][+**a**[**g**|**i**][**s**|**S**]][+**l**|**r**][+**p***perc*
] [**-D***resolution*[+**f**]] [**-E**[*bordervalues*]] [**-N***maskvalues*] [**-V**[*level*]] [**-r**reg] [**-x**[[-]n]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-G*mask_grd_file*

生成的掩膜网格文件的文件名

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-A*min_area*[/*min_level*/*max_level*][+**a**[**g**|**i**][**s**|**S**]][+**l**|**r**][+**p***percent*]

不绘制面积过小的区域 (湖泊或岛屿), 或不绘制某个级别的湖泊边界。

在绘制湖泊时, 若不管湖泊的面积大小而把所有湖泊的边界都画上去, 可能导致图看上去比较乱, 该选项用于对湖泊进行筛选。面积小于 *min_area* 平方千米或者湖泊级别不在 [*min_level*,*max_level*] 范围的边界都不会被绘制。默认值为 **0/0/4**, 即绘制所有湖泊边界, 即绘制 0 到 4 级所有级别的面积大于 0 的湖泊。

对于 level=2, 即湖岸线, 包括常规的湖以及很宽的河流。加上 +**r** 则只绘制河流, 加上 +**l** 则只绘制常规湖。

对于南极洲而言, 因为有冰层的存在, 所以海岸线有多种处理方式:

- +**ai** 用 ice shell boundary 作为南极洲的海岸线, 默认值
- +**ag** 以 ice grounding line 作为海岸线
- +**as** 忽略南纬 60 度以南的海岸线, 用户可以使用*plot* 绘制自己的南极洲海岸线
- +**aS** 忽略南纬 60 度以北的海岸线

+**p***precent*: 一个多边形, 降低精度后, 边数减少, 面积变化, 当面积变化过大时再绘制这个多边形就不合适了, 该子选项用于去除那些面积与最高精度面积之比小于 *percent* 的多边形。

-D*resolution*[+**f**]

选择海岸线数据精度。

GMT 自带的 GSHHG 海岸线数据有 5 个不同精度的版本, 从高到低依次为: full、high、intermediate、low 和 crude。GMT 默认使用低精度数据。该选项可以指定要使用的数据精度, 其中 **f**|**h**|**i**|**l**|**c** 分别代表 5 种不同的数据精度。也可以用 **-Da** 选项, 此时 GMT 会根据当前绘图区域的大小自动选择合适的数据精度 [默认使用 **-Da**]

默认情况下, 若找不到指定精度的海岸线数据, 程序会自动报错退出。该选项中加上 **+f** 则命令在找不到当前指定的精度数据时, 自动寻找更低精度的数据。选项海岸线数据的精度, 见*coast* 中的介绍。

-E[*bordervalues*]

恰好落在海岸线多边形边界上的数据的处理方式。

默认情况下, 恰好位于海岸线多边形边界上的节点当作是在多边形的内部, 使用该选项则会将其认为是在多边形的外部。

此外, 还可以在 **-E** 选项后加上四个值 *cborder/lborder/iborder/pborder* 或一个值 *bordervalue*（表示四个值具有相同的值), 以启用线段追踪模式。在根据 **-N** 设置掩膜值之后, 会进一步修改所有线段穿过的网格单元的值。例如, 海岸线穿过的网格单元值将被修改为 *cborder*; 同理, 岛边界、湖内岛、湖内岛中的小湖边界穿过的网格单元值会被依次修改为 *lborder*、*iborder*、*pborder* 的值。

-N*maskvalues*

设置网格节点的值。可以是数字, 也可以是 NaN。该选项可以取两种格式:

- **-N***wet/dry*：分别为水域和陆地设置不同的值
- **-N***ocean/land/lake/island/pond*：分别为海洋、陆地、湖泊、岛屿、池塘设置不同的值

默认值为 **0/1/0/1/0**（即 **0/1**), 即将水域内的网格设置为 0, 将陆地内的网格设置为 1。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-x[[-]*n*] *(more …)*

限制多核算法中能使用的核数（需要 GMT 开启 OpenMP 支持）

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

注意事项

grdlandmask 生成的掩膜网格文件属于 **分类型**数据，即所有数据只能取几个固定的值，比如 **-N0/1** 会将水域内的网格值设置为 0，将陆地内的网格值设置为 1。在这种情况下，对这种数据用标准方法（比如样条）进行插值通常会得到无意义的结果，使用时需要小心。

然而，当你直接绘制该掩膜网格文件时，网格数据会被重新投影使得在投影后的坐标下变成一个矩形。这个过程中涉及到了网格插值，默认使用的插值算法是样条插值，因而可能会在图中产生假象。因而建议在使用*grdimage* 绘制此类数据时使用 **-nn** 选项即 nearest neighbor 插值算法以避免这一问题。

earth_mask 远程数据

用 **grdlandmask** 模块生成高分辨率、全精度的掩膜数据会非常耗时。GMT 官方提供了计算好的掩膜数据供用户直接使用。该数据分不同的分辨率，从 15 秒到 1 度不等。详情见 earth_mask 。

示例

将所有陆地上的节点设置为 NaN，水域上的节点设置为 1:

```
gmt grdlandmask -R-60/-40/-40/-30 -Dh -I5m -N1/NaN -Gland_mask.nc -V
```

生成全球 1x1 度的网格，并将不同性质的区域设置成不同的值:

```
gmt grdlandmask -R0/360/-90/90 -Dl -I1 -N0/1/2/3/4 -Glevels.nc -V
```

相关模块

grdmath, *grdclip*, *mask*, *clip*, *coast*

18.54 grdmask

官方文档

grdmask

简介

根据多边形数据或点数据创建 mask 网格文件

必选选项

`<pathfiles>`

一个或多个 ASCII 数据文件，其中包含了多边形或数据点

`-G<mask_grd_file>`

生成的 mask 网格文件的文件名

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

可选选项

`-A[m|p|x|y]`

控制两点之间的连接方式, 见*plot* 命令中对 `-A` 选项的介绍

`-N[z|Z|p|P]<values>`

设置位于多边形外部、边界和内部的节点值, 默认值为 `0/0/1` , 即多边形内部节点值为 1, 其他节点值为 0。

`<values>` 的形式为 `<out>/<edge>/<in>` , 可以是任意数值, 也可以是 NaN。

- `-Nz` 将多边形内的节点设置为从多段数据的段头记录中获取的 Z 值, 比如多边形段头记录中的 `-Z<zval>` 、`-L<header>` 或 `-aZ=<name>`
- `-NZ` 与 `-Nz` 类似, 只是其会将多边形的边界也当做是多边形的内部
- `-Np` 使用一个从 0 递增的数字作为多边形的 ID, 也可以在其后加上一个数字以指定序列的起始值
- `-NP` 与 `-Np` 类似, 只是其会将多边形的边界当做多边形的内部

需要注意, `-Nz|Z|p|P` 不能与 `-S` 连用。

`-S<search_radius>[<unit>]`

对所有数据点设置一个搜索半径, 设置圆内、圆边界、圆外部的节点值。

若 `<search_radius>` 为 `z` , 则取输入数据的第三列作为半径。对于地理数据而言, 可以在 `-Sz` 后加上距离单位。

若未使用 `-S` 选项, 则认为输入数据是一个或多个闭合多边形。

注意事项

`grdlandmask` 生成的网格文件属于 **分类型**数据, 即所有数据只能取几个固定的值, 比如 `-N0/1` 会将水域内的网格值设置为 0, 将陆地内的网格值设置为 1。在这种情况下, 对这种数据用标准方法 (比如样条) 进行插值通常会得到无意义的结果, 使用时需要小心。

然而, 当你使用该网格文件绘制地图时, 网格数据会被重新投影使得在投影后的坐标下变成一个矩形。这个过程中涉及到了网格插值, 默认使用的插值算法是样条插值, 因而可能会在图中产生假象。因而建议在使用 `grdimage` 绘制此类数据时使用 `-nn` 选项即 nearest neighbor 插值算法以避免这一问题。

示例

多边形内和边界上的节点值为 0, 外部值为 1:

```
gmt grdmask coastline_*.xy -R-60/-40/-40/-30 -I5m -N1/0/0 -Gland_mask.nc=nb -V
```

数据点周围 50 千米范围的节点值为 1, 其余为 NaN:

```
gmt grdmask data.xyz -R-60/-40/-40/-30 -I5m -NNaN/1/1 -S50k -Gdata_mask.nc=nb -V
```

将多边形的 ID 作为多边形内部节点的值:

```
gmt grdmask plates.gmt -R-40/40/-40/40 -I2m -Nz -Gplate_IDs.nc=ns -aZ=POL_ID -V
```

将多边形的 ID 作为多边形内部节点的值, 但多边形 ID 从 100 开始:

```
gmt grdmask plates.gmt -R-40/40/-40/40 -I2m -Np100 -Gplate_IDs.nc=ns -V
```

18.55 grdmath

贡献者

Caesar (自然资源部第一海洋研究所), 周茂

官方文档

grdmath

简介

网格数据的逆波兰表示法 (RPN) 计算

grdmath 使用逆波兰表示法对网格文件或常量进行逐元素运算, 最终结果写入到新的网格文件。若不给定网格文件, 则必须使用 **-R** 与 **-I** 选项生成网格文件。= **outgrid** 可在计算中多次使用以保存中间结果。复杂的或频繁使用的运算可赋值给变量或使用宏。

语法

gmt grdmath [**-A***min_area*[/*min_level*/*max_level*][+**a**[**g**|**i**][**s**|**S**]][+**l**|**r**][+**p***percent*]] [**-D***resolution*[+**f**]] [**-I***increment*] [**-M**] [**-N**] [**-R***region*] [**-S**] [**-V**[*level*]] [**-a**flags] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-n**flags] [**-r**reg] [**-x**[[-]n]] [**--PAR**=*value*] *operand* [*operand*] **OPERATOR** [*operand*] **OPERATOR** ···= *outgrid*

必选选项

operand

如果 *operand* 是一个文件, GMT 将试着以网格文件的形式读取该文件。如果非文件, 将被解析为其他符号 或数字常量。

= *outgrid*

输出网格文件名

可选选项

-A*min_area*[/*min_level*/*max_level*][+**a**[**g**|**i**][**s**|**S**]][+**l**|**r**][+**p***percent*]

不绘制面积过小的区域 (湖泊或岛屿), 或不绘制某个级别的湖泊边界。

在绘制湖泊时, 若不管湖泊的面积大小而把所有湖泊的边界都画上去, 可能导致图看上去比较乱, 该选项用于对湖泊进行筛选。面积小于 *min_area* 平方千米或者湖泊级别不在 [*min_level*,*max_level*] 范围的边界都不会被绘制。默认值为 **0/0/4**, 即绘制所有湖泊边界, 即绘制 0 到 4 级所有级别的面积大于 0 的湖泊。

对于 level=2, 即湖岸线, 包括常规的湖以及很宽的河流。加上 +**r** 则只绘制河流, 加上 +**l** 则只绘制常规湖。

对于南极洲而言, 因为有冰层的存在, 所以海岸线有多种处理方式:

- **+ai** 用 ice shell boundary 作为南极洲的海岸线, 默认值
- **+ag** 以 ice grounding line 作为海岸线
- **+as** 忽略南纬 60 度以南的海岸线, 用户可以使用*plot* 绘制自己的南极洲海岸线
- **+aS** 忽略南纬 60 度以北的海岸线

+p*precent*: 一个多边形, 降低精度后, 边数减少, 面积变化, 当面积变化过大时再绘制这个多边形就不合适了, 该子选项用于去除那些面积与最高精度面积之比小于 *percent* 的多边形。

备注

该选项仅适用于 **LDISTG** 运算符

-D*resolution*[**+f**]

设置 **LDISTG** 运算符使用的数据集的分辨率: (**f**)ull, (**h**)igh, (**i**)ntermediate, (**l**)ow 和 (**c**)rude。默认的 **l** 选项将数据集缩减为原本的 20%。如果请求的分辨率不存在, 使用 **+f** 选项会自动选择一个较低的分辨率。

备注

该选项仅适用于 **LDISTG** 运算符。

-I*xinc*[**+e**|**n**][/*yinc*[**+e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-M

默认的导数计算单位为 z_units/x(或 y)_units。使用该选项, 可以将 dx 和 dy 的单位从度变为平地球近似下的米, 因此最终单位变为 z_units/meter

-N

操作多个网格时, 关闭严格的范围匹配检查 [默认情况下, 要求每个网格的范围和第一个网格的范围不能超过阈值, 该阈值为第一个网格间隔的 10^-4]

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S

将下一个运算应用到所有的网格中, 使最终结果为一个网格。必须在列出所有网格后才能使用该选项。

注: 仅能在改选项后使用 reduce 运算符, 包括 ADD, AND, MAD, LMSSCL, MAX, MEAN, MEDIAN, MIN, MODE, MUL, RMS, STD, SUB, VAR 或 XOR

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-a*col*=*name*[,…] *(more …)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more …)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][+**a**][+**b***BC*][+**c**][+**t***threshold*] *(more …)*

设置网格文件的插值方式

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-x[[-]*n*] *(more …)*

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

运算符

Operator 为运算符名称; **args** 分别表示输入参数和输出参数个数; **Returns** 中的 A B C …等字符表示输入参数。

Operator	Args	Returns
ABS	1 1	abs (A)
ACOS	1 1	acos (A)
ACOSD	1 1	acosd (A)
ACOSH	1 1	acosh (A)
ACOT	1 1	acot (A)
ACOTD	1 1	acotd (A)
ACSC	1 1	acsc (A)
ACSCD	1 1	acscd (A)
ADD	2 1	A + B
AND	2 1	B if A == NaN, else A
ARC	2 1	Return arc(A,B) on [0 pi]
AREA	0 1	Area of each gridnode cell (in km^2 if geographic)
ASEC	1 1	asec (A)
ASECD	1 1	asecd (A)
ASIN	1 1	asin (A)
ASIND	1 1	asind (A)
ASINH	1 1	asinh (A)
ATAN	1 1	atan (A)
ATAND	1 1	atand (A)
ATAN2	2 1	atan2 (A, B)
ATAN2D	2 1	atan2d (A, B)
ATANH	1 1	atanh (A)
BCDF	3 1	Binomial cumulative distribution function for p = A, n = B, and x = C
BPDF	3 1	Binomial probability density function for p = A, n = B, and x = C
BEI	1 1	Kelvin function bei (A)
BER	1 1	Kelvin function ber (A)
BITAND	2 1	A & B (bitwise AND operator)
BITLEFT	2 1	A « B (bitwise left-shift operator)
BITNOT	1 1	~A (bitwise NOT operator, i.e., return two' s complement)
BITOR	2 1	A | B (bitwise OR operator)
BITRIGHT	2 1	A » B (bitwise right-shift operator)
BITTEST	2 1	1 if bit B of A is set, else 0 (bitwise TEST operator)
BITXOR	2 1	A ^ B (bitwise XOR operator)
BLEND	3 1	Blend A and B using weights in C (0-1 range) as A*C + B*(1-C)
CAZ	2 1	Cartesian azimuth from grid nodes to stack x,y (i.e., A, B)
CBAZ	2 1	Cartesian back-azimuth from grid nodes to stack x,y (i.e., A, B)
CDIST	2 1	Cartesian distance between grid nodes and stack x,y (i.e., A, B)
CDIST2	2 1	As CDIST but only to nodes that are != 0

表 3 – 接上页

CEIL	1 1	ceil (A) (smallest integer >= A)
CHICRIT	2 1	Chi-squared critical value for alpha = A and nu = B
CHICDF	2 1	Chi-squared cumulative distribution function for chi2 = A and nu = B
CHIPDF	2 1	Chi-squared probability density function for chi2 = A and nu = B
COMB	2 1	Combinations n_C_r, with n = A and r = B
CORRCOEFF	2 1	Correlation coefficient r(A, B)
COS	1 1	cos (A) (A in radians)
COSD	1 1	cos (A) (A in degrees)
COSH	1 1	cosh (A)
COT	1 1	cot (A) (A in radians)
COTD	1 1	cot (A) (A in degrees)
CSC	1 1	csc (A) (A in radians)
CSCD	1 1	csc (A) (A in degrees)
CUMSUM	2 1	Cumulative sum of each row (B=±1|3) or column (B=±2|4) in A. Sign of B gives direction of su
CURV	1 1	Curvature of A (Laplacian)
D2DX2	1 1	d^2(A)/dx^2 2nd derivative
D2DY2	1 1	d^2(A)/dy^2 2nd derivative
D2DXY	1 1	d^2(A)/dxdy 2nd derivative
D2R	1 1	Converts Degrees to Radians
DDX	1 1	d(A)/dx Central 1st derivative
DAYNIGHT	3 1	1 where sun at (A, B) shines and 0 elsewhere, with C transition width
DDY	1 1	d(A)/dy Central 1st derivative
DEG2KM	1 1	Converts spherical degrees to kilometers
DENAN	2 1	Replace NaNs in A with values from B
DILOG	1 1	dilog (A)
DIV	2 1	A / B
DOT	2 1	2-D (Cartesian) or 3-D (geographic) dot products between nodes and stack (A, B) unit vector(s)
DUP	1 2	Places duplicate of A on the stack
ECDF	2 1	Exponential cumulative distribution function for x = A and lambda = B
ECRIT	2 1	Exponential distribution critical value for alpha = A and lambda = B
EPDF	2 1	Exponential probability density function for x = A and lambda = B
ERF	1 1	Error function erf (A)
ERFC	1 1	Complementary Error function erfc (A)
EQ	2 1	1 if A == B, else 0
ERFINV	1 1	Inverse error function of A
EXCH	2 2	Exchanges A and B on the stack
EXP	1 1	exp (A)
FACT	1 1	A! (A factorial)
EXTREMA	1 1	Local Extrema: +2/-2 is max/min, +1/-1 is saddle with max/min in x, 0 elsewhere
FCDF	3 1	F cumulative distribution function for F = A, nu1 = B, and nu2 = C
FCRIT	3 1	F distribution critical value for alpha = A, nu1 = B, and nu2 = C
FISHER	3 1	Fisher probability density function at nodes for center lon = A, lat = B, with kappa = C
FLIPLR	1 1	Reverse order of values in each row

表 3 – 接上页

FLIPUD	1 1	Reverse order of values in each column
FLOOR	1 1	floor (A) (greatest integer <= A)
FMOD	2 1	A % B (remainder after truncated division)
FPDF	3 1	F probability density function for F = A, nu1 = B, and nu2 = C
GE	2 1	1 if A >= B, else 0
GT	2 1	1 if A > B, else 0
HSV2RGB	3 3	Convert h,s,v triplets to r,g,b triplets, with h = A (0-360), s = B and v = C (both in 0-1)
HSV2RGB	3 3	Convert h,s,v triplets to r,g,b triplets, with h = A (0-360), s = B and v = C (0-1)
HSV2XYZ	3 3	Convert h,s,v triplets to x,t,z triplets, with h = A (0-360), s = B and v = C (0-1)
HYPOT	2 1	hypot (A, B) = sqrt (A*A + B*B)
I0	1 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order 0)
I1	1 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order 1)
IFELSE	3 1	B if A != 0, else C
IN	2 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order B)
INRANGE	3 1	1 if B <= A <= C, else 0
INSIDE	1 1	1 when inside or on polygon(s) in A, else 0
INV	1 1	1 / A
ISFINITE	1 1	1 if A is finite, else 0
ISNAN	1 1	1 if A == NaN, else 0
J0	1 1	Bessel function of A (1st kind, order 0)
J1	1 1	Bessel function of A (1st kind, order 1)
JN	2 1	Bessel function of A (1st kind, order B)
K0	1 1	Modified Kelvin function of A (2nd kind, order 0)
K1	1 1	Modified Bessel function of A (2nd kind, order 1)
KEI	1 1	Kelvin function kei (A)
KER	1 1	Kelvin function ker (A)
KM2DEG	1 1	Converts kilometers to spherical degrees
KN	2 1	Modified Bessel function of A (2nd kind, order B)
KURT	1 1	Kurtosis of A
LAB2HSV	3 3	Convert l,a,b triplets to h,s,v triplets
LAB2RGB	3 3	Convert l,a,b triplets to r,g,b triplets
LAB2XYZ	3 3	Convert l,a,b triplets to x,y,z triplets
LCDF	1 1	Laplace cumulative distribution function for z = A
LCRIT	1 1	Laplace distribution critical value for alpha = A
LDIST	1 1	Compute minimum distance (in km if -fg) from lines in multi-segment ASCII file A
LDIST2	2 1	As LDIST, from lines in ASCII file B but only to nodes where A != 0
LDISTG	0 1	As LDIST, but operates on the GSHHG dataset (see -A, -D for options).
LE	2 1	1 if A <= B, else 0
LOG	1 1	log (A) (natural log)
LOG10	1 1	log10 (A) (base 10)
LOG1P	1 1	log (1+A) (accurate for small A)
LOG2	1 1	log2 (A) (base 2)
LMSSCL	1 1	LMS (Least Median of Squares) scale estimate (LMS STD) of A

表 3 – 接上页

LMSSCLW	2 1	Weighted LMS (Least Median of Squares) scale estimate (LMS STD) of A for weights in B
LOWER	1 1	The lowest (minimum) value of A
LPDF	1 1	Laplace probability density function for z = A
LRAND	2 1	Laplace random noise with mean A and std. deviation B
LT	2 1	1 if A < B, else 0
MAD	1 1	Median Absolute Deviation (L1 STD) of A
MAX	2 1	Maximum of A and B
MEAN	1 1	Mean value of A
MEANW	2 1	Weighted mean value of A for weights in B
MEDIAN	1 1	Median value of A
MEDIANW	2 1	Weighted median value of A for weights in B
MIN	2 1	Minimum of A and B
MOD	2 1	A mod B (remainder after floored division)
MODE	1 1	Mode value (Least Median of Squares) of A
MODEW	2 1	Weighted mode value (Least Median of Squares) of A for weights in B
MUL	2 1	A * B
NAN	2 1	NaN if A == B, else A
NEG	1 1	-A
NEQ	2 1	1 if A != B, else 0
NORM	1 1	Normalize (A) so max(A)-min(A) = 1
NOT	1 1	NaN if A == NaN, 1 if A == 0, else 0
NRAND	2 1	Normal, random values with mean A and std. deviation B
OR	2 1	NaN if B == NaN, else A
PCDF	2 1	Poisson cumulative distribution function for x = A and lambda = B
PDIST	1 1	Compute minimum distance (in km if -fg) from points in ASCII file A
PDIST2	2 1	As PDIST, from points in ASCII file B but only to nodes where A != 0
PERM	2 1	Permutations n_P_r, with n = A and r = B
PLM	3 1	Associated Legendre polynomial P(A) degree B order C
PLMg	3 1	Normalized associated Legendre polynomial P(A) degree B order C (geophysical convention)
POINT	1 2	Compute mean x and y from ASCII file A and place them on the stack
POP	1 0	Delete top element from the stack
POW	2 1	A ^ B
PPDF	2 1	Poisson distribution P(x,lambda), with x = A and lambda = B
PQUANT	2 1	The B' th Quantile (0-100%) of A
PQUANTW	3 1	The C' th weighted quantile (0-100%) of A for weights in B
PSI	1 1	Psi (or Digamma) of A
PV	3 1	Legendre function Pv(A) of degree v = real(B) + imag(C)
QV	3 1	Legendre function Qv(A) of degree v = real(B) + imag(C)
R2	2 1	R2 = A^2 + B^2
R2D	1 1	Convert Radians to Degrees
RAND	2 1	Uniform random values between A and B
RCDF	1 1	Rayleigh cumulative distribution function for z = A
RCRIT	1 1	Rayleigh distribution critical value for alpha = A

表 3 – 接上页

RGB2HSV	3 3	Convert r,g,b triplets to h,s,v triplets, with r = A, g = B, and b = C (all in 0-255 range)
RGB2LAB	3 3	Convert r,g,b triplets to l,a,b triplets, with r = A, g = B, and b = C (in 0-255 range)
RGB2XYZ	3 3	Convert r,g,b triplets to x,y,x triplets, with r = A, g = B, and b = C (in 0-255 range)
RINT	1 1	rint (A) (round to integral value nearest to A)
RMS	1 1	Root-mean-square of A
RMSW	1 1	Root-mean-square of A for weights in B
RPDF	1 1	Rayleigh probability density function for z = A
ROLL	2 0	Cyclicly shifts the top A stack items by an amount B
ROTX	2 1	Rotate A by the (constant) shift B in x-direction
ROTY	2 1	Rotate A by the (constant) shift B in y-direction
SDIST	2 1	Spherical (Great circle|geodesic) distance (in km) between nodes and stack (A, B)
SDIST2	2 1	As SDIST but only to nodes that are != 0
SAZ	2 1	Spherical azimuth from grid nodes to stack lon, lat (i.e., A, B)
SBAZ	2 1	Spherical back-azimuth from grid nodes to stack lon, lat (i.e., A, B)
SEC	1 1	sec (A) (A in radians)
SECD	1 1	sec (A) (A in degrees)
SIGN	1 1	sign (+1 or -1) of A
SIN	1 1	sin (A) (A in radians)
SINC	1 1	sinc (A) (sin (pi*A)/(pi*A))
SIND	1 1	sin (A) (A in degrees)
SINH	1 1	sinh (A)
SKEW	1 1	Skewness of A
SQR	1 1	A^2
SQRT	1 1	sqrt (A)
STD	1 1	Standard deviation of A
STDW	2 1	Weighted standard deviation of A for weights in B
STEP	1 1	Heaviside step function: H(A)
STEPX	1 1	Heaviside step function in x: H(x-A)
STEPY	1 1	Heaviside step function in y: H(y-A)
SUB	2 1	A - B
SUM	1 1	Sum of all values in A
TAN	1 1	tan (A) (A in radians)
TAND	1 1	tan (A) (A in degrees)
TANH	1 1	tanh (A)
TAPER	2 1	Unit weights cosine-tapered to zero within A and B of x and y grid margins
TCDF	2 1	Student' s t cumulative distribution function for t = A, and nu = B
TCRIT	2 1	Student' s t distribution critical value for alpha = A and nu = B
TN	2 1	Chebyshev polynomial Tn(-1<t<+1,n), with t = A, and n = B
TPDF	2 1	Student' s t probability density function for t = A, and nu = B
TRIM	3 1	Alpha-trim C to NaN if values fall in tails A and B (in percentage)
UPPER	1 1	The highest (maximum) value of A
VAR	1 1	Variance of A
VARW	2 1	Weighted variance of A for weights in B

表 3 – 接上页

VPDF	3 1	Von Mises density distribution P(x,mu,kappa), with x = A, mu = B, and kappa = C
WCDF	3 1	Weibull cumulative distribution function for x = A, scale = B, and shape = C
WCRIT	3 1	Weibull distribution critical value for alpha = A, scale = B, and shape = C
WPDF	3 1	Weibull density distribution P(x,scale,shape), with x = A, scale = B, and shape = C
WRAP	1 1	wrap A in radians onto [-pi,pi]
XOR	2 1	0 if A == NaN and B == NaN, NaN if B == NaN, else A
XYZ2HSV	3 3	Convert x,y,x triplets to h,s,v triplets
XYZ2LAB	3 3	Convert x,y,x triplets to l,a,b triplets
XYZ2RGB	3 3	Convert x,y,x triplets to r,g,b triplets
Y0	1 1	Bessel function of A (2nd kind, order 0)
Y1	1 1	Bessel function of A (2nd kind, order 1)
YLM	2 2	Re and Im orthonormalized spherical harmonics degree A order B
YLMg	2 2	Cos and Sin normalized spherical harmonics degree A order B (geophysical convention)
YN	2 1	Bessel function of A (2nd kind, order B)
ZCDF	1 1	Normal cumulative distribution function for z = A
ZPDF	1 1	Normal probability density function for z = A
ZCRIT	1 1	Normal distribution critical value for alpha = A

其他符号

以下符号都具有特殊意义:

PI	3.1415926···
E	2.7182818···
EULER	0.5772156···
PHI	1.6180339···(golden ratio)
EPS_F	1.192092896e-07 (single precision epsilon
XMIN	Minimum x value
XMAX	Maximum x value
XRANGE	Range of x values
XINC	x increment
NX	The number of x nodes
YMIN	Minimum y value
YMAX	Maximum y value
YRANGE	Range of y values
YINC	y increment
NY	The number of y nodes
X	Grid with x-coordinates
Y	Grid with y-coordinates
XNORM	Grid with normalized [-1 to +1] x-coordinates
YNORM	Grid with normalized [-1 to +1] y-coordinates
XCOL	Grid with column numbers 0, 1, ···, NX-1
YROW	Grid with row numbers 0, 1, ···, NY-1
NODE	Grid with node numbers 0, 1, ···, (NX*NY)-1
NODEP	Grid with node numbers in presence of pad

上述符号均可以作为变量使用，当其为多个数时，逐元素操作。

运算符注意事项

1. 对于笛卡尔坐标，运算符 **MEAN**, **MEDIAN**, **MODE**, **LMSSCL**, **MAD**, **PQUANT**, **RMS**, **STD** 和 **VAR** 将返回基于给定网格的值。对于地理坐标，GMT 将施行球面加权运算，其中每个节点的值都由该点代表的地理区域加权得到。

2. **SDIST** 计算堆栈上的点 (lon,lat) 与所有网格点的球面距离，单位为 km。网格范围和点的坐标单位均为度。类似地，**SAZ** 和 **SBAZ** 分别用来球面方位角以及球面反方位角，单位也为度。如果设置了 **-fg** 或隐含该选项，**LDIST** 和 **PDIST** 以 km 为单位计算球面距离，否则返回笛卡尔距离。**注**: 如果*PROJ_ELLIPSOID* 为椭球，则计算结果为大地线（测地线）的长度。这可能导致计算比较慢，但可以通过*PROJ_GEODESIC* 中设置使用其他算法以平衡精度和效率。

   LDISTG 和 **LDIST** 作用类似，但是 **LDISTG** 使用 GSHHG 数据运算。其中 GSHHG 数据来自 **-D** 和 **-A** 选项。

3. **POINT** 读取一个 ASCII 文件，计算 x 和 y 的平均值并放在堆栈中。如果输入数据为地理坐标，使用平均 3D 向量来确定平均位置。

4. **PLM** 和 **PLMg** 运算符用来计算 L 阶 M 次的缔合勒让德函数；M 参数的范围应该满足 0 <= M <= L，参数为纬度的正弦值。**PLM** 运算符没有经过标准化，并且乘以 phase (-1)^M。**PLMg** 使用大地测量/地球物理常见的标准化。使用 **-M** 参数可以附加球谐系数 C 和 S。**PLM** 在较高的阶次就会出现溢出，具

体和纬度相关, **PLMg** 则可以保证在 3000 阶以下都不会溢

5. **YLM** 和 **YLGM** 用于计算网格所有位置的 L 阶 M 次标准化后的球谐函数, 0 <= M <= L。结果返回两个网格, 一个为球谐函数的实部网格, 一个为虚部网格。使用 **POP** 可保存其中的任意一个, 也可以使用两个连续的 *= file.nc* 同时保存。

   正交归一化的复数谐函数主要用于物理学和地震学, **YLM** 的平方在球面上的积分为 1。在大地测量学中, **YLMG** 积分后的结果为 4pi。相位 (-1)^M 不包含在 **YLM** 和 **YLMg** 中。

6. 所有导数都基于 central finite differences 和 natural boundary conditionsi, 并且为笛卡尔坐标下的导数

7. 不同参数文件名相同时, 应给定相对路径或绝对路径以区分不同文件

8. 不允许使用管道

9. 该模块计算过程保存在堆栈中, 栈中保存结果最大为 100, 即不能叠加太多的操作以防溢出

10. 所有需要半径的运算符为保证其为正值, 均自动取了绝对值后计算

11. 当使用 OpenMP 后, 某些运算符将使用该能力。目前包括 **LDIST**, **LDIST2**, **PDIST**, **PDIST2**, **SAZ**, **SBAZ**, **SDIST**, **YLM**, 和 **grd_YLMg**

12. **DEG2KM** 和 **KM2DEG** 只有当设置*PROJ_ELLIPSOID* 为球形时才准确

13. **DOT** 在点积计算之前对二维向量进行归一化, 对于三维向量, 则不需要。

14. 颜色转换函数, 例如 **RGB2HSV** 等, 不仅包括 rgb 到 hsv 等三元数的转换, 还包括 lab 到 sRGB 等四元数的转换

15. **DAYNIGHT** 返回一个网格, 在给定太阳位置为 (A,B) 时, 面向太阳的网格点为 1, 其他为 0, 如果过渡宽度 C 为 0, 则结果为 0 和 1 两种, 如果 C 不为 0, 则使用 atan 函数近似求解, 因此值不为 0 或 1。

16. **VPDF** 运算符的输入数据单位为角

17. **CUMSUM** 运算符通常在行或者列结束时重置累计的值, 使用 ±3 或 ±4 可以使累积的值在下一行或者列继续

18. 位运算符 **BITAND**, **BITLEFT**, **BITNOT**, **BITOR**, **BITRIGHT**, **BITTEST** 和 **BITXOR** 会将网格数据中的单精度数转换为无符号的 32 位整数, 然后按位运算。因此, 可储存在双精度数中的最大整数为 2^24 , 更大的数都会被截断。如果被比较的数中包括 NaN , 则最终结果也为 NaN

网格值精度

不管输入数据的精度如何, 创建网格文件的 GMT 程序将在内部以 4 字节浮点数组的形式保存网格。这样做是为了节省内存, 而且大多数实际数据都可以使用 4 字节浮点值存储。具有更高精度的数据 (即双精度值) 将在 GMT 操作网格或写入新网格时失去该精度。为了限制处理数据时的精度损失, 用户应该始终考虑在处理之前对数据进行归一化。

储存、调用和清除

用户可以将中间计算结果储存到一个变量中, 并在后续计算中调用该变量。这在需要对某部分进行多次重复计算时可以提高效率和可读性。保存结果需要使用特殊的运算符 **STO**@*label* , 其中 *label* 是变量的名称。调用该变量时, 使用 [**RCL**]@*label* , **RCL** 是可选的。使用后要清除该变量, 可以使用 **CLR**@*label* , **STO** 和 **CLR** 均不影响计算中的堆栈。

GSHHG 信息

GSHHG (The Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database) 最初为 GSHHS, 是一个海岸线数据库, 主要有三个来源: World Vector Shorelines (WVS, 不包括南极洲), CIA World Data Bank II (WDBII), 和 Atlas of the Cryosphere (AC, 只包含南极洲)。除了南极洲, 所有的 1 级多边形 (海陆边界) 都来自更准确的 WVS, 所有的更高级别的多边形 (2-4 级, 湖泊边界、湖中岛边界和湖中岛中湖边界) 来自 WDBII。南极洲的海岸线有两种: 冰盖的边界和陆地的边界, 可以使用 **-A** 选项选择。为了将 WVS 、WDBII 和 AC 数据转换为 GMT 可用的格式, GMT 已经进行了多种处理, 包括: 由线段组建多边形, 去重, 以及校正多边形之间的交叉等。每个多边形的面积已经被计算出来, 因此, 用户可以自己选择不绘制小于最小面积的多边形, 还可以限制绘制的多边形的级别, 见 **-A** 选项。绘制海岸线时, 还可以使用不同的精细程度, 其中低分辨率的海岸线是由 Douglas-Peucker 算法简化得到的。河流和边界的分类遵循 WDBII。详细细节见 GSHHG 。

点位于多边形内/外

为了确定点在多边形内, 外或在边界上, GMT 会平衡数据类型以及多边形形状等因素来确定算法。对于笛卡尔坐标, GMT 使用 non-zero winding 算法, 该算法非常快。对于地理坐标, 如果多边形不包括两极点且多边形的经度范围不超过 360 度, 同样使用该算法。否则, GMT 会采用 full spherical ray-shooting 方法。

宏

用户可以将特定的运算符组合保存为宏文件 *gmtmath.macros* 。文件中可以包含任意数量的宏, # 开头的行为注释。宏的格式为

```
name = arg1 arg2 ... arg2[ : comment]
```

其中, *name* 是宏名, 当此运算符出现在命令中时, 则将其简单替换为参数列表。宏不可以互相调用。下面给出一个宏例子: **INCIRCLE** 宏需要三个参数: 半径, x0 和 y0, 并将在圆内的点设置为 1, 外部设置为 0

```
INCIRCLE = CDIST EXCH DIV 1 LE : usage: r x y INCIRCLE to return 1 inside circl
```

由于在宏中可能使用地理或时间常数, 因此可使用 : 后加一个空格的形式作为注释的开端。

示例

计算网格点到北极的距离

```
gmt grdmath -Rg -I1 0 90 SDIST = dist_to_NP.nc
```

求两个文件的均值以及结果的 log10 函数值

```
gmt grdmath file1.nc file2.nc ADD 0.5 MUL LOG10 = file3.nc
```

给定含有海底地形年代 (单位 m.y.) 和深度 (单位 m) 网格文件 `agrs.nc` , 使用公式 depth(单位为 m) = 2500 + 350 * sqrt (age) 估计正常深度

```
gmt grdmath ages.nc SQRT 350 MUL 2500 ADD = depths.nc
```

从 s_xx.nc, s_yy.nc 和 s_xy.nc 三个文件包含的应力张量中, 根据 tan (2*a) = 2 * s_xy / (s_xx - s_yy) 求出最大主应力的角度, 单位为度

```
gmt grdmath 2 s_xy.nc MUL s_xx.nc s_yy.nc SUB DIV ATAN 2 DIV = direction.nc
```

计算 1 度分辨率的网格上完全正则化的 8 阶 4 次球谐函数, 实数和虚数的振幅分别为 0.4 和 1.1

```
gmt grdmath -R0/360/-90/90 -I1 8 4 YLM 1.1 MUL EXCH 0.4 MUL ADD = harm.nc
```

提取文件:file:*faa.nc* 中超过 100 mgal 的局部最大值的位置

```
gmt grdmath faa.nc DUP EXTREMA 2 EQ MUL DUP 100 GT MUL 0 NAN = z.nc
gmt grd2xyz z.nc -s > max.xyz
```

变量的使用: consider this radial wave where we store and recall the normalized radial arguments in radians

```
gmt grdmath -R0/10/0/10 -I0.25 5 5 CDIST 2 MUL PI MUL 5 DIV STO@r COS @r SIN MUL = wave.nc
```

创建一个保存 32 位浮点型 GeoTiff 文件

```
gmt grdmath -Rd -I10 X Y MUL = lixo.tiff=gd:GTiff
```

计算地理网格 data.grd 中网格点到 trace.txt 的距离, 单位为 km

```
gmt grdmath -Rdata.grd trace.txt LDIST = dist_from_line.grd
```

-S 选项的使用: 计算所有以 model_*.grd 为名的网格对应节点的标准差

```
gmt grdmath model_*.grd -S STD = std_of_models.grd
```

创建 0.5 度分辨率的 geotiff 网格文件, 网格值为离海岸线的距离, 单位为 km

```
gmt grdmath -RNO,IS -Dc -I.5 LDISTG = distance.tif=gd:GTIFF
```

参考文献

Abramowitz, M., and I. A. Stegun, 1964, *Handbook of Mathematical Functions*, Applied Mathematics Series, vol. 55, Dover, New York.

Holmes, S. A., and W. E. Featherstone, 2002, A unified approach to the Clenshaw summation and the recursive computation of very high degree and order normalized associated Legendre functions. *Journal of Geodesy*, 76, 279-299.

Press, W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery, 1992, *Numerical Recipes*, 2nd edition, Cambridge Univ., New York.

Spanier, J., and K. B. Oldman, 1987, *An Atlas of Functions*, Hemisphere Publishing Corp.

相关模块

gmtmath, *grd2xyz*, *grdedit*, *grdinfo*, *xyz2grd*

18.56 grdpaste

官方文档

grdpaste

简介

将两个网格文件沿着其共同边界拼接成一个文件

grdpaste 用于将两个网格文件沿着共同的边界拼接为一个网格文件。要合并的两个网格文件必须拥有相同的网格间隔以及一条共同的边。可以使用*grdinfo* 查看两个网格文件是否满足条件。若不满足，则需要使用*grdcut* 或*grdsample* 命令对网格数据做处理再拼接。对于地理网格数据而言，可能需要使用 **-f** 选项以正确处理经度的周期性。

语法

gmt grdpaste *file_a.nc file_b.nc* **-G***outfile.nc* [**-V**[*level*]] [**-f**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

file_a.nc file_b.nc

要进行拼接的两个网格文件名

-G*outfile.nc*

拼接后生成的网格文件名

可选选项

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-f[**i**|**o**]*colinfo (more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

假如 file_a.nc 的范围为 150E-180E 和 0-30N, file_b.nc 的范围为 150E-180E 和-30S-0, 则使用如下命令拼接得到的 outfile.nc 的范围为 150E-180E 和 -30S 到 30N:

```
gmt grdpaste file_a.nc file_b.nc -Goutfile.nc
```

相关模块

grdblend, *grdclip*, *grdcut*, *grdinfo*, *grdsample*

18.57 grdproject

官方文档

grdproject

简介

对网格数据做地图变换和逆变换

该命令可以将地理坐标下的网格数据投影到一个矩形网格中, 也可以将一个矩形坐标系下的网格数据反投影到地理坐标下。

必选选项

`<in_grdfile>`

要进行变换的 2D 网格数据

`-G<out_grdfile>`

输出的网格文件名

可选选项

`-C[<dx>/<dy>]`

默认投影后的坐标是相对于区域的左下角, 该选项使得投影后的坐标相对于投影的中心。`<dx>/<dy>` 是要加到投影后坐标的偏移量。

`-D<xinc>[<unit>][+e|n][/<yinc>[<unit>][+e|n]]`

指定新网格的网格间隔。

`-E<dpi>`

设置新网格的分辨率, 即每英寸的点数。

`-F[c|i|p|e|f|k|M|n|u]`

强制 1:1 比例, 即输出数据的单位是真实的投影长度, 默认单位为 m。也可以指定为其他单位。

`-I`

逆变换, 将矩形区域变换成地理区域。

`-Mc|i|p`

指定投影后的测量单位, 默认值由参数*PROJ_LENGTH_UNIT* 决定。

示例

将地理网格数据变换成 Mercator 网格, 分辨率为 300dpi:

```
gmt grdproject dbdb5.nc -R20/50/12/25 -Jm0.25i -E300 -r -Gdbdb5_merc.nc
```

将网格数据逆变换为地理网格:

```
gmt grdproject topo_tm.nc -R-80/-70/20/40 -Jt-75/1:500000 -I -D5m -V -Gtopo.nc
```

将 UTM (以米为单位) 下的网格数据逆变换为地理网格:

```
gmt grdproject topo_utm.nc -R203/205/60/65 -Ju5/1:1 -I -Mm -Gtopo.nc -V
```

18.58 grdsample

官方文档
: grdsample

简介
: 对网格文件做重采样

grdsample 模块读取一个网格文件, 并对其做插值以生成一个新的网格文件。新旧网格文件可能的区别在于:

- 不同的配准方式 (**-r** 或 **-T**)
- 不同的网格间隔或网格节点数 (**-I**)
- 不同的网格范围 (**-R**)

网格文件插值方式有多种, 默认使用 bicubic 插值, 可以使用 **-n** 选项设置其它插值方式。该模块可以安全地将粗网格插值为细网格; 反之, 将细网格插值为粗网格时, 则可能存在混叠效应, 因而需要在插值前使用 grdfft 或 grdfilter 对网格文件做滤波。

若省略 **-R** 选项, 则输出网格与输入网格的区域范围相同; 若省略 **-I** 选项, 则输出网格间距与输入网格间距相同。**-r** 和 **-T** 均可用于修改网格配准方式。若省略这两个选项, 则输出网格的配准方式与输入网格相同。

语法

gmt grdsample *in_grdfile* **-G***out_grdfile* [**-I***increment*] [**-R***region*] [**-T**] [**-V**[*level*]] [**-f**flags] [**-n**flags] [**-r**reg] [**-x**[[-]n]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

in_grdfile
: 要重采样的 2D 网格文件

-G*out_grdfile*
: 输出的网格文件名

可选选项

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

若只使用 **-R** 选项, 则等效于使用*grdcut* 或*grdedit* **-S**。

-T

交换网格文件的配准方式。即若输入是网格线配准, 则输出为像素点配准; 若输入是像素点配准, 则输出为网格线配准。注意, 转换配准方式会导致高频信息的丢失, 详情见网格配准。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][+**a**][+**b***BC*][+**c**][+**t***threshold*] *(more ···)*

设置网格文件的插值方式

-r[**g**|**p**] *(more ···)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-x[[-]*n*] *(more ···)*

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格值精度

不管输入数据的精度如何，创建网格文件的 GMT 程序将在内部以 4 字节浮点数组的形式保存网格。这样做是为了节省内存，而且大多数实际数据都可以使用 4 字节浮点值存储。具有更高精度的数据（即双精度值）将在 GMT 操作网格或写入新网格时失去该精度。为了限制处理数据时的精度损失，用户应该始终考虑在处理之前对数据进行归一化。

注意事项

- 网格插值过程中可能会导致插值后的值出现失真或意外值。例如，使用样条插值可能会导致插值后的数据的最大最小值超过原始数据的最大最小值。若这一结果不可接受，可以通过给 **-n** 选项加上 **+c** 以对超过原始数据最值的部分做裁剪。
- 若某个插值点不在输入数据的网格节点上，则插值时若该节点周围的节点值为 NaN，则该节点的值也会被插值为 NaN。默认的 bicubic 插值算法会生成连续的一阶导数但需要周围 4x4 个节点。bilinear 插值算法只需要周围的 2x2 个节点，但其只是零阶连续。若光滑性很重要，则使用 bicubic 算法；若需要尽量避免 NaN 值的传播，则使用 bilinear 算法。
- 除了插值之外，还可以使用*grd2xyz* 将网格数据转换为表数据，然后将输出交给*surface* 或 greenspline 重新网格化。

示例

将 5x5 分的数据采样成 1x1 分:

```
gmt grdsample @earth_relief_05m -R0/20/0/20 -I1m -Gtopo_1m.nc
```

将网格线配准的网格文件修改为像素配准的网格文件:

```
gmt grdsample @earth_relief_05m -T -Gpixel.nc
```

参考文献

Marks, K. M., and W. H. F. Smith, 2007, Some remarks on resolving seamounts in satellite gravity, *Geophys. Res. Lett., 34 (L03307)*, https://doi.org/10.1029/2006GL028857.

相关模块

grdedit, grdfft, grdfilter, greenspline, *surface*

18.59 grdselect

贡献者

周茂

最近更新时间

2022-12-11

官方文档

grdselect

简介

使用一定的空间标准对 2—D 网格、图像或 3-D 网格进行范围筛选或者确定并集

grdselect 读取一个或者多个图像或者网格, 可对数据数据 xxx

语法

gmt grdselect *source1 source2* ··· [**-Ai**|**u**[+**il**|**h**|*inc*]] [**-C***pointfile*] [**-D***inc*] [**-E**[**b**]] [**-F***polygonfile*[+**i**|**o**]] [**-G**] [**-I**[**C**][**D**][**F**][**L**][**N**][**R**][**W**][**Z**][**r**]] [**-L***linefile*] [**-M***margins*] [**-Nl**|**h**[*n*]] [**-R***region*] [**-V**[*level*]] [**-W**[*wmin*/*wmax*]] [**-Z**[*zmin*/*zmax*]]] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-o**flags] [**-r**reg] [**--PAR**=*value*]

必须选项

ingrid[=*ID*|?*varname*][+**b***band*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*][+**s***scale*]

输入网格名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式 [默认为 =nf]; 追加?*varname* 可指定 NetCDF 变量 [默认为 GMT 找到的第一个 2-D 网格]。对网格追加子选项可进行额外设置:

- **+b** 选取一个波段 *band* (仅用于图片) [默认为 0]
- **+d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- **+n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- **+o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset* [默认为 0]
- **+s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale* [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前。

备注

不可将 2—D 和 3—D 文件融合

可选选项

-Ai|**u**[+**il**|**h**|*inc*]

- **i** 求交集
- **u** 求并集

可追加 +**i** 子选项, 将经纬度方向的间隔进行一定程度的舍入以应用到最终的区域。**l** 和 **h** 分别采用最小的网格间隔或者最大的网格间隔, 或者可以指定间隔 *inc* 。如果不使用 **-A** , 则只列出所有通过以下选项 **-C -D -F -L -N -R -W -Z** 设置的测试的文件名, 与 **-I** 同时使用, 则列出未通过测试的文件名

-C*pointfile*

指定一个多段点文件 *pointfile* , 列出至少包含文件中一个点的网格。如果输入网格为 3-D, 则会检查 *pointfile* 中的点是否包含 z 坐标, 然后检查其是否位于网格中

-D*inc*

只列出网格间隔为 *inc* 的网格

-E[**b**]

格式化输出数据, 所有字段以制表符分隔置于同一行。其格式为: *w e s n {b t} v0 v1* 。只有输入数据为 3-D 网格时, 才输出括号中的字段。默认输出 -Rw/e/s/n{/b/t} 字符串。追加 **b** 选项可输出区域范围的闭合多边形。*v0 v1* 为区域内所有数据的数值范围。如果输入网格的分辨率不同, 则需要使用 **-A+i** 指定输出分辨率, 若使用 **Eb** , 则无需 **-A+i** 选项

-F*polygonfile*[+**i**|**o**]

指定一个多段闭合多边形文件。列出所有至少与其中一个多边形有交集的网格。使用 +**i** 和 +**o** 分别列出完全位于多边形内和外的网格。如果输入数据为 3-D, 则忽略 z 方向。

-G

为了列出所有信息, 强制下载所有可能的的远程文件的区块

-I[**C**][**D**][**F**][**L**][**N**][**R**][**W**][**Z**][**r**]

反转选择结果:

- **C** 列出不包含 **-C** 设置的任何点的网格
- **D** 列出和 **-D** 指定的分辨率不匹配的网格
- **F** 列出不与 **-F** 指定多边形存在交集的网格
- **N** 列出不满足 **-N** 选项的网格
- **R** 列出不与 **-R** 相交的网格
- **W** 列出不在 **-W** 范围内的网格
- **Z** 列出不在 **-Z** 范围内的网格
- **r** 列出不与 **-r**reg 指定的配准方式相同的网格

-L*linefile*

指定一个多段线文件, 列出至少被其中的一条线穿过的网格。如果输入网格为 3-D, 则忽略 z 方向

-M*margins*

扩展通过 **-A** 输出的网格范围, 扩展大小为 *margins* , 其可以设置为单个值, 即在所有方向均使用相同大小的扩展; 也可设置为斜杠分隔的两个值, 即分别设置 x 和 y 方向的扩展; 也可设置为斜杠分隔的 4 个值, 分别设置西东南北四个方向的扩展。默认不使用扩展。对于地理坐标网格, 可使用 **d** , **m** 或 **s** 分别表示度分秒。

-Nl|**h**[*n*]

- **h** 只列出至少含有 *n* 个 NaN 值的网格
- **l** 只列出最多含有 *n* 个 NaN 值的网格

n 默认为 0。该选项不能用于图片

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

列出与 **-R** 选项设置的范围重合的网格

-W[*wmin*]/[*wmax*]

只列出数据范围在 *wmin* 到 *wmax* 的网格, 如果没给出 *wmin*, 则默认为 -infinity, 没给出 *wmax* , 则默认为 +infinity

-Z[*zmin*]/[*zmax*]

与 **-W** 相同, 但用于 z 值

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

寻找所有网格的并集, 并在最终结果中扩展 2 度:

```
gmt grdcut @earth_relief_01d -R1/3/1/3 -Gsubset1.nc
gmt grdcut @earth_relief_01d -R2/5/2/5 -Gsubset2.nc
gmt grdselect *.nc -Au -M2
```

寻找所有网格的交集:

```
gmt grdselect *.nc -Ai
```

寻找所有网格的交集, 并将结果扩展 2 度, 然后输出边界多边形:

```
gmt grdselect *.nc -Ai -M2 -Eb > wesn_polygon.txt
```

列出所有至少包含 10 个 NaN 值的像素配准方式的网格:

```
gmt grdselect *.nc -Nh10 -rp
```

列出完全位于 wesn_polygon.txt 中包含的多边形内的网格:

```
gmt grdselect *.nc -Fwesn_polygon.txt+i
```

相关模块

gmtselect, *grd2xyz*, *grdedit*, *grdinfo*

18.60 grdshake

官方文档

grdshake

简介

使用 Vs30 速度模型计算地表峰值速度、加速度、烈度。

语法

gmt grdshake *ingrid* **-G***outgrid* **-L***fault.dat* **-M***mag* [**-C***a,v,i*] [**-F***mecatype*] [**-R***region*]

必选选项

ingrid

Vs30 速度模型网格文件

-G*outgrid*

输出文件名。如果通过 **-C** 设置了多个分量, 则 <outgrid> 必须包含%%s 以格式化分量代码。

-L*fault.dat*

发生滑动的断层, 它的迹线经纬度坐标文件。内容格式与表示线段的格式相同, 也可以是多段数据表示的多条线段, 表示多个断层同时发生滑动。

-M*mag*

地震事件的震级

可选选项

-C*a,v,i*

以逗号隔开的需要计算的分量 (多个分量要求在 **-G** 有对应设置)。可以选择 *a*(cceleration, 加速度), *v*(elocity, 速度), *i*(ntensity, 烈度) [默认为 *i*]。

-F*1|2|3|4*

选择震源机制类型 (**-F**1 或 **-F**2 ···)

- 1 未知 [默认值]
- 2 走滑
- 3 正断层
- 4 逆冲

-R*xmin/xmax/ymin/ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

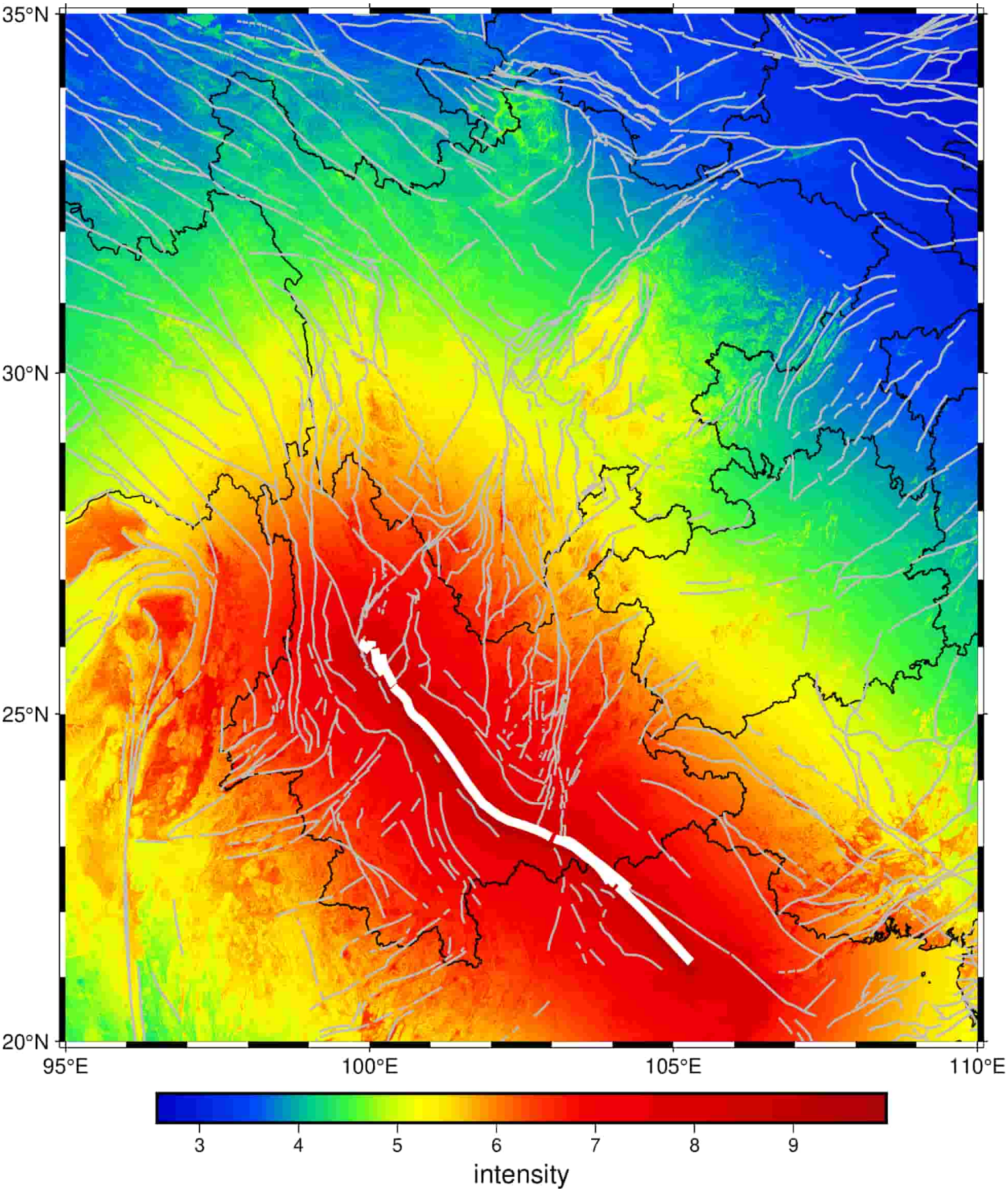
示例

使用计算好的 Vs30 速度模型，针对一次发生在断层上的地震事件（震级为 7），计算地表峰值烈度。其断层迹线坐标保存在 *line.dat* 文件中:

```
gmt grdshake vs30.grd -Gshake_intensity.grd -Lline.dat -Ci -M7
```

计算并绘制发生在红河断裂的一个 9 级地震，在云贵川三省造成的地表峰值烈度:

```
gmt begin grdshake-example
    gmt basemap -R95/110/20/35 -JM15c -Baf
    # global_vs30.grd是USGS计算好的全球Vs30速度模型网格文件
    # 具体可以参考 https://earthquake.usgs.gov/data/vs30/ 自行下载，并获取更多信息
    gmt grdcut global_vs30.grd -R95/110/20/35 -Gvs30.grd
    # 提取红河断裂的数据，保存在line.dat文件中
    gmt convert CN-faults.gmt -S"FN_Ch=红河断裂" -o0,1 > line.dat
    # 计算地表峰值烈度
    gmt grdshake vs30.grd -Gintensity.grd -Lline.dat -Ci -M9
    # 绘制地表峰值烈度
    gmt grd2cpt -Cseis -I -Z -D intensity.grd
    gmt grdimage intensity.grd -C
    gmt colorbar -C -Ba1+lintensity
    # 绘制省界，断层
    gmt plot CN-border-La.gmt -W0.5p
    gmt plot CN-faults.gmt -W1p,gray
    gmt plot line.dat -W4p,white

    rm vs30.grd line.dat intensity.grd
gmt end show
```



相关模块

grdvs30

18.61 grdtrack

官方文档

grdtrack

简介

在指定位置对一个或多个网格插值

语法

gmt grdtrack [*table*] **-G***grd1* [**-G***grd2* ···] [**-A**[**f**|**p**|**m**|**r**|**R**][+**l**]] [**-C***length*/*ds*[/*spacing*][+**a**|**v**][**d**|**f***value*][**l**|**r**]] [**-D***dfile*] [**-E***table*|*origin*|*line*[,*line*,···][+**a***az*][+**c**][+**d**][+**g**][+**i***inc*][+**l***length*][+**n***np*][+**o***az*][+**p**][+**r***radius*][+**x**]] [**-F**[+**b**][+**n**][+**r**][+**z***z0*]] [**-N**] [**-R***region*] [**-S**[**a**|**l**|**L**|**m**|**p**|**u**|**U**][+**a**][+**c***fact*][+**d**][+**r**][+**s**[*file*]]] [**-T**[*radius*][+**e**|**p**]] [**-V**[*level*]] [**-Z**] [**-a**flags] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-j**flags] [**-n**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

描述

grdtrack 读取一个或多个网格文件以及一个前两列 (支持更多列) 为点位 *(x, y)* 或 *(lon, lat)* 的表数据 (来自文件或标准输入, 但 **-E** 例外)。**grdtrack** 会在表数据提供的位置上插值网格值, 并将插值结果输出到新的一列 (或多列)。或者使用 **-C** 选项, 可将表数据认作线段, 然后在每个线段节点上 (或者沿着线段等距地) 创建与之垂直的交叉测线, 再沿着这些测线插值网格。对于插值方法 (见*-n 选项*), 可选择双三次 (bicubic) (默认), 双线性 (bilinear), B 样条 (B-spline) 和最近邻 (nearest-neighbor), 且要求 **-n** 指定网格的边界条件, 默认使用自然边界条件 (即边界法向二阶导数为 0), 除非网格被自动识别为有周期性。

必选选项

table

ASCII 格式文件 (或者二进制, 见*-b 选项*), 前两列为用户设置的插值位置 *(x, y)* 或 *(lon, lat)* 。如果不提供 *table* , 则从标准输入读取。如果设置了 **-E** 则不会读取输入表数据, 因为 **-E** 会创建。

-G*gridfile*

gridfile 为一个 2-D 网格。你可以多次使用 **-G** 或者使用 **-G+l***list* 来传入多个网格, 其中 *list* 为一个文本文件, 网格名称在每行的第一个非数值列。网格插值结果顺序按照输入顺序。

注: 如果 *gridfile* 是一个远程文件, 且未指定网格配准, **grdtrack** 默认使用网格线配准 (而非像素点配准) 以确保所有输入点都在网格区域内。

可选选项

-A[**f**|**p**|**m**|**r**|**R**][+**l**]

关于沿测线进行采样 (如果设置了 **-C** 或 **-E**) 的一些选项, 在 **-A** 后追加:

- **f** - 沿测线采样, 保留原始点位, 按需会适当插值线段中点 (默认)。
- **m** - 类似 **f** , 但测线变为阶梯状, 先沿经度采样, 再沿纬度采样。
- **p** - 类似 **f** , 但测线变为阶梯状, 先沿纬度采样, 再沿经度采样。
- **r** - 等距采样, 此时输入的点位 (尤其是端点) 可能不会严格包括在输出结果中。
- **R** - 类似 **r** , 但会适当调整采样点间距使输入点位都在输出结果中。

最后, 可以加上 **+l** 使地理距离的测量沿着恒向线 (rhumb lines 或 loxodromes , 即沿着该方向行进时行进方向始终与经线保持相同夹角) 而不是默认的大圆弧。**+l** 仅可与 **-C** 同时使用。

-C*length*/*ds*[/*spacing*][+**a**|**v**][**d**|**f***value*][**l**|**r**]

基于输入线段, 创建一组等距采样点并插值。另外, 可以计算与线段相交的交叉线段并插值。等距采样点以及交叉线段的设置包含如下三个参数, 三者单位一致, 但仅能在 *length* 后指定单位:

- *length* - 交叉线段的长度, 后跟单位。地理坐标下默认米 (**e**), 在地理坐标下强烈建议手动指定单位。
- *ds* - 交叉线段的采样间隔。
- *spacing* - (可选) 交叉线段间的距离, 此时将沿着线段等距 *spacing* 创建交叉测线 [默认在每个线段节点上创建]。

另外, 可追加如下子选项:

- +**a**, 默认情况下, 沿着线段前进方向看, 所有交叉测线的点位顺序保持一致 (从左到右), 该选项使多条交叉测线的点位顺序交替变化。
- +**v**, 同上, 但使点位顺序根据交叉测线走向, 大致呈现自西向东或自南向北。
- +**l**, 默认情况下, 输出整条交叉测线, 使用该选项仅保留左半支。
- +**r**, 同上, 仅保留右半支。
- +**d***value* 为交叉测线的走向加上偏离角 *value*
- +**f***value* 指定所有交叉测线为固定走向 *value* 。

输出结果中每列为 *lon, lat, dist, azimuth, z1, z2, ···, zn* , 其中 *zi* 表示第 *i* 个网格在 *(lon, lat)* 位置的采样值。

注:

- 如果使用了 **-C** 且设置了 *spacing* , 则 **-E** 设置的测线采样间隔将被覆盖。
- 在地理坐标下, **-C** 和 **-E** 使用不同单位会存在 bug (详见 PR #8728), 如果同时使用, 请手动指定相同的距离单位。

-D*dfile*

与 **-C** 一起使用, 将原始线段 (可能被重采样) 保存到 *dfile* 文件中, 否则仅输出交叉测线的结果到标准输出。输出 *dfile* 格式为 *lon, lat, dist, azimuth, z1, z2, ···, zn* , 其中 *zi* 表示第 *i* 个网格在 *(lon, lat)* 位置的采样值。

-E*table*|*origin*|*line*[,*line*,···][+**a***az*][+**c**][+**d**][+**g**][+**i***inc*][+**l***length*][+**n***np*][+**o***az*][+**p**][+**r***radius*][+**x**]

创建一条或多条测线。有以下几种方式:

- 给定 *table* 文件, 其中包含点位。
- 给定起点 *origin* (和方位角 *azimuth* , 长度 *length* , 和下方相关选项)。
- 给定一条或多条测线 *line* 。每条 *line* 的格式为 *start/stop* , 其中 *start* 和 *stop* 格式为 *lon/lat* 或者两个字母指定地图上 (或者使用 **-R** 指定的范围内) 的位置 (例如 BL,TR 等, 详见锚点), 你也可以使用 Z-,Z+ 代表网格 (或多维网格的顶层, 仅限 grdinterpolate) 的全局最小值位置和最大值位置。

支持以下选项:

- +**a** - 设置测线走向 *azimuth* (配合 +**l** 指定长度), 测线始于起点 *origin* 。
- +**c** - 当多条测线首尾重合时, 将其连接起来合并成一条测线。
- +**d** - 输出结果增加沿测线的距离。
- +**g** - 当测线起始点位于同一经度/纬度时, 报告沿测线的纬度/经度变化而不是大圆弧距离。
- +**i** - 指定采样间隔 *inc* , 若不指定则默认为网格最小间距的一半。
- +**l** - 指定测线长度 *length* , 与 +**a** (或 +**o**) 以及 *origin* 一起使用。
- +**n** - 指定采样点数 *np* (这间接确定了采样间隔)。

- **+o** - 与 **+a** 类似, 但将 *origin* 作为测线中点, 指定测线走向 *az*。
- **+p** - 当测线起始点位于同一纬度时, 沿着纬线采样而不是大圆弧。
- **+r** - 创建圆形测线, 将 *origin* 作为圆心, 指定 *radius* 作为半径。要求使用 **+n** 或 **+i** 。
- **+x** - 地理距离的测量沿着恒向线 (rhumb lines 或 loxodromes, 即沿着该方向行进时行进方向始终与经线保持相同夹角) 而不是默认的大圆弧。

注:

- 对于设置长度的选项, 仅能设置一种单位, 设置不同单位的结果错误。地理坐标下若不指定 **-E** 中的长度单位默认为千米 (**k**)。
- 对于地理坐标, 可使用 **-j** 指定距离计算方式 (默认计算大圆弧路径)。

-F[**+b**][**+n**][**+r**][**+z***z0*]

搜索每条交叉测线的 z 值临界点作为沿测线距离的函数。该选项只能与 **-C** 以及单个网格同时使用。一条交叉测线的对应结果输出一行, 每列按顺序包括

- *dist, lonc, latc, distc, azimuthc, zc* - 最大 z 值的位置及相关量。
- *lonl, latl, distl* - 交叉测线从左至右首个大于 *z0* 值的位置 (左临界点)。
- *lonr, latr, distr* - 交叉测线从右至左首个大于 *z0* 值的位置 (右临界点)。
- *width* - 左右临界点的间距。

其中 *dist* 为该条交叉测线与主测线的交点在主测线上的距离 (该交点也定义为交叉测线上测量距离的原点), 其余 12 项为沿测线距离 *dist* 的函数。

使用以下子选项可计算不同类型的临界点:

- **+z***z0* 上述默认计算的最大值为不受约束的最大值, 设置 *z0* 为非负数可搜索不超过该值的最大值。
- **+n** 搜索最小值, 而不是最大值, 与上述 **+z***z0* 同时使用将输出受限制的最小值, 其中 *z0* 仍为非负数, GMT 内部将取反处理。
- **+b** 将交叉测线上的 z 值作为权重, 计算交叉测线上距离的加权平均值所在位置 (*lonc, latc*) (相当于将 z 值当作砝码, 计算平衡点), 左右临界点则为一倍标准差的位置, 计算公式为 $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i z_i \cdot \sum_i z_i d_i^2 - (\sum_i z_i d_i)^2}{(n-1/n)(\sum_i z_i)^2}}$。
- **+r** 与 **+b** 类似, 但此时 (*lonc, latc*) 为交叉测线距离原点 (*distc*==0), 左右临界点为一倍距离加权 RMS 的位置, 计算公式为 RMS $= \sqrt{\frac{\sum_i z_i d_i^2}{\sum_i z_i}}$ 。

注: 以上临界点的位置取交叉测线上符合条件的最近节点位置, 并未新增采样点。

-N

不跳过超过网格范围的点 (默认仅处理网格范围内的点)。

-R*xmin/xmax/ymin/ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ⋯)*

指定数据范围。

-S[**a**|**l**|**L**|**m**|**p**|**u**|**U**][**+a**][**+c***fact*][**+d**][**+r**][**+s**[*file*]]

配合 **-C** 使用, 根据所有交叉测线计算一条叠加测线。可指定以下叠加方法:

- **a** - 计算平均数
- **m** - 计算中位数
- **p** - 使用半样本法估计连续数据的众数
- **l** - 计算最小值
- **L** - 计算最小正值
- **u** - 计算最大值

- **U** - 计算最大负值

支持使用以下多个选项, 在 **-C** 输出的所有交叉测线基础上在行末增加输出内容:

- **+a** - 输出叠加结果
- **+d** - 输出叠加偏差 (统计意义上的 *deviation*)
- **+r** - 输出数据相对叠加值的残差 (*data* - *stack*)
- **+s** - 将叠加测线结果单独保存到 *file* 文件 (默认为 stacked_profile.txt)
- **+c** - 在叠加测线结果文件 *file* 中输出叠加测线的置信区间 *stack* ± *fact***deviation* , 默认 *fact* = 2

注:

- 偏差值 *deviation* 取决于使用哪种叠加方法, **a** 使用标准差, **m|p** 使用 L1 范数, 即 1.4826 乘以中位数绝对偏差 (Median Absolute Deviation, MAD), **l|L|u|U** 使用最高值与最低值的差的一半。
- 叠加测线结果可使用 **+s** 单独保存到文件 *file* 中, 第一列为交叉测线在主测线上的距离, 后面每一个网格结果形成 4 列 (或 6 列), 分别为叠加结果, 叠加偏差, 最小值和最大值, 如果叠加方法为 **a|m|p** , 则再加上置信区间的下界和上界。
- 对于在 **-C** 输出的基础上新增的列, 始终按照叠加结果 (**+a**), 叠加偏差 (**+d**) 和残差 (**+r**) 的顺序, 实际输出几列取决于是否使用对应选项。当输入多个网格时, 结果按照该顺序为一组进行重复。

该选项较为复杂, 关于该选项的的使用示例见 官方示例 (33) 。

-T[*radius*][**+e**|**p**]

用于常规网格采样过程 (即读取 *table* 表数据, 不使用 **-C** 和 **-E**), 仅限于单个网格文件。采样过程中如果最近节点值为 NaN, 则向外扩展搜索最近的非 NaN 值。可设置 *radius* 作为搜索半径, 地理坐标下默认单位为度 (**d**), 设置 *radius*=0 (默认) 则不限制半径。

- **+p** 表示将输出点位替换为最近非 NaN 节点的位置
- **+e** 则增加三列输出, 报告最近非 NaN 节点的位置及其与输入点位的距离。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Z

用于常规网格采样过程, 只输出采样的 z 值 (默认输出所有列)。**注:** 如果和*-s 选项* 一起使用, **-s** 中的默认列变为 0 而不是 2。如果在 **-s** 中指定列索引, z 值所在列从 0 开始编号而不是 2。

-a*col*=*name*[,…] *(more …)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata (more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-je|**f**|**g** *(more …)*

设置球面距离的计算方式

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][+**a**][+**b***BC*][+**c**][+**t***threshold*] *(more …)*

设置网格文件的插值方式

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*

设置 NaN 记录的处理方式

-wy|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j* 选项。

ASCII 格式精度

ASCII 格式输出数据通过 gmt.conf 配置文件控制。控制经纬度格式的参数为*FORMAT_GEO_OUT*；控制绝对时间的的参数包括*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT*；普通浮点数通过参数*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制。上述格式控制可能会导致精度损失，这会在下游计算中导致一些问题。如果用户需要保证数据精度，则应考虑将数据写为二进制文件，或者使用*FORMAT_FLOAT_OUT* 指定更多的有效数字。

网格重采样的后果

网格采样过程中可能会使用各种算法（见*-n 选项*），导致采样值出现失真或意外值。例如，使用样条插值可能会导致插值后的数据的最大最小值超过原始数据的最大最小值。若这一结果不可接受，可以通过给 **-n** 选项加上 **+c** 以对超过原始数据最值的部分做裁剪。

提示

如果采样点不在输入网格的节点上，则在该点周围的任何邻近节点上的 NaN 将导致插值结果为 NaN。双三次插值（默认方法）产生连续的一阶导数，但需要 4 × 4 节点的邻域。双线性插值只使用 2 × 2 邻域，但只产生零阶连续性。当平滑性很重要时，使用双三次插值。使用双线性插值可最小化 NaN 的传播，或 **-n** 中的 *threshold* 。

示例

注: 下面是该模块的一些有效语法示例。使用远程文件（文件名以 @ 开头）的示例可以剪切并粘贴到您的终端中进行测试。其他需要输入文件的命令只是常见的使用类型的虚拟示例，但不能按编写的原样运行。

要从远程网格 @earth_relief_05m 采样 (0, 0) 到 (20, 20) 之间的大圆测线，并且只输出 (dist, topo) 记录:

```
gmt grdtrack -G@earth_relief_05m -R0/20/0/20 -EBL/TR+d -o2,3 -fg > profile.txt
```

从网格 hawaii_topo.nc 中沿着 track_4.xyg 采样（一个 ASCII 格式的表数据，包括经度、纬度和基于 SEASAT 卫星的重力数据，包含一行头段记录）:

```
gmt grdtrack track_4.xyg -Ghawaii_topo.nc -h > track_4.xygt
```

沿着文件 cruise_track.xy 中提供的（ *lon, lat* ）坐标，对 Sandwell/Smith 海深文件 topo_19.1.nc 和年龄网格文件 age.3.2.nc (Muller et al.) 进行采样:

```
gmt grdtrack cruise_track.xy -Gtopo_19.1.nc -Gage.3.2.nc > depths-age.txt
```

沿着文件 track.xy 定义的测线，每隔 25km 创建与之垂直的交叉测线，采样间隔为 3km，对 Sandwell/Smith 重力异常文件 grav_32.1.nc 采样:

```
gmt grdtrack track.xy -Ggrav_32.1.nc -C100k/3/25 -Ar > xprofiles.txt
```

与上面类似，但确定沿测线的中心异常位置，阈值为 25 mGal

```
gmt grdtrack track.xy -Ggrav_32.1.nc -C100k/3/25 -F+z25 > locations.txt
```

沿着网格文件 data.nc 的左下角到右上角进行采样，使用间距 1km 的测地线，输出包括距离:

```
gmt grdtrack -ELB/RT+i1k+d -Gdata.nc -je > profiles.txt
```

相关

gmtconvert, *text*, *sample1d*, *project*, *surface*

18.62 grdtrend

官方文档

grdtrend

简介

拟合网格的趋势面并计算残差

该命令会读取一个 2D 网格文件, 并用最小二乘方法拟合一个低阶多项式趋势面。多项式趋势面的定义为:

$$m_1 + m_2x + m_3y + m_4xy + m_5x^2 + m_6y^2 + m_7x^3 + m_8x^2y + m_9xy^2 + m_{10}y^3.$$

必选选项

`<gridfile>`

2D 网格文件名

`-N<n_model>[+r]`

指定要拟合的模型。

`<n_model>` 指定要拟合的模型的参数个数。例如 `-N3` 表示 bilinear 趋势, `-N6` 表示 quadratic 趋势面。加上 `+r` 表示 robust 拟合, 此时, 程序会根据 robust scale estimate 多次迭代, 给数据重新赋予权重, 以得到一个对 outliers 不敏感的解。

可选选项

`-D<diff.nc>`

将残差 (输入减去拟合) 结果写到网格文件中

`-T<trend.nc>`

将拟合得到的趋势文件写到网格文件 `<trend.nc>` 中

`-W<weight.nc>`

若 `<weight.nc>` 存在, 则读取该文件, 并求解一个有权重的最小二乘问题。默认为常规的最小二乘拟合。

若 `-N` 选项中指定了 robust 拟合, 则 robust 拟合中所使用的权重会写到文件 `<weight.nc>` 中。

示例

从网格文件中移除线性趋势, 并将残差结果写到网格文件中:

```
gmt grdtrend hawaii_topo.nc -N3 -Dhawaii_residual.nc
```

对网格文件做 bicubic 面的 robust 拟合:

```
gmt grdtrend hawaii_topo.nc -N10r -Thawaii_trend.nc -Whawaii_weight.nc -V
```

18.63 grdvector

官方文档

grdvector

简介

根据两个网格文件绘制矢量场

语法

gmt grdvector *grid1 grid2* **-J***parameters* [**-A**] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C**[*section/*]*master*|*cpt*|*color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,⋯][+**h**[*hinge*]][+**i***dz*][+**u**|**U***unit*][+**s***fname*]] [**-G***fill*] [**-I**[**x**]*dx*[/*dy*]] [**-N**] [**-Q***parameters*] [**-R***region*] [**-S**[**i**|**l**]*scale*[+**c**[[*slon/*]*slat*]][+**s***refsize*]] [**-T**] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W***pen*[+**c**]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-Z**] [**-f**flags] [**-l**flags] [**-p**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

描述

该命令会读取两个 2D 网格文件并绘制矢量场。两个网格文件分别代表 (x, y) 平面内矢量场的 X 分量和 Y 分量, 最终矢量场用不同长度和方向的箭头表示。两个网格文件, 也可以分别是极坐标下 (r, θ) 的分量 (见 **-A** 和 **-Z**)。

必选选项

grid1

矢量场的 X 分量网格文件

grid2

矢量场的 Y 分量网格文件

两个网格文件顺序很重要, 对于 (x, y) , 两个文件分别为 X 分量和 Y 分量。对于 (r, θ) , 两个文件分别为大小 r 和角度 θ , 其中角度可以是方向角 (**-A** , 从东向逆时针测量) 或方位角 (**-Z** , 从北向顺时针测量)。

可选选项

-A

输入数据为极坐标表示。即网格文件包含的是 (r, θ) 分量而不是 (x, y) 分量。

-B*parameters (more ⋯)*

设置底图边框和轴属性。

-C[*section/*]*master*|*cpt*|*color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,⋯][+**h**[*hinge*]][+**i***dz*][+**u**|**U***unit*][+**s***fname*]

指定主 CPT 名称, CPT 文件或用逗号分割的多个颜色, 以创建一个 CPT。如果不指定参数, 则在现代模式下使用当前 CPT (如果可用)。支持以下多种输入:

1. 主 CPT 名称, 例如 *earth* (详见内置 *CPT*), 可使用 CPT 名称 *master* 或包括相对路径的 *section/master* 来指定 (内置 CPT 不可添加 **.cpt** 扩展名)。
2. 自定义 CPT 文件 *cpt* , 例如 *my_colors.cpt* 。
3. 自动从多个颜色 *color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,⋯] 中创建线性连续的 CPT, 其中 z 值从 0 开始, 每添加一种颜色 z 值加 1。在这种情况下, *color*$_i$ 可以是 *r/g/b* (e.g. 255/100/75), *h-s-v* (e.g. 180-0.8-1), *c/m/y/k* (e.g. 80/50/40/30), HTML 十六进制 (e.g. #aabbcc) 或颜色名称。逗号之间不能有空格。

支持以下选项:

- **+h** - 对于有软铰链 (soft hinge) 的主 CPT, 可指定 *hinge* 值启用铰链, 而对于有硬铰链 (harde hinge) 的 CPT, 可以修改铰链位置 *hinge* , 但不能禁用。
- **+i** - 指定 *dz* 使网格 z 值范围分层, 默认使用精确范围。
- **+s** - 将创建的 CPT 保存到文件 *fname*。当 CPT 是自动创建时这很有用, 但必须用于 **-C** 的末尾。
- **+u** - 对于任何其他主 CPT, 可以通过指定其原始单位 *unit* 将其 z 值单位转换为米。
- **+U** - 与 **+u** 类似, 但是将 z 值单位从米转换为指定单位 *unit* 。

-G*fill*

设置矢量头填充色 *fill* (默认不填充)。*fill* 也可通过 **-Q** 指定。

-I[**x**]*dx*[/*dy*]

每隔 *dx* 和 *dy* 绘制一个矢量。其中 *dx* 和 *dy* 必须是原始网格间隔的整数倍, *dx* 和 *dy* 后加上 **m** 表示分, 加上 **s** 表示秒。也可以使用 **-Ix***multx*[/*multy*] , 此时 *multx* 和 *multy* 表示倍数。默认绘制每个节点上的矢量。

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-N

不裁剪地图边界外的矢量 (默认裁剪)。

-Q*parameters*

修改矢量的属性, 使用 **-Q***size* 指定矢量头的大小*size* (默认为 0 , 即仅绘制线条)。更多矢量属性控制详见矢量/箭头 一节。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S[**i**|**l**]*scale*[**+c**[[*slon*/]*slat*]][**+s***refsize*]

设置矢量长度的缩放比例 *scale* 。

对于笛卡尔数据而言, 缩放比例 *scale* 即单位绘图距离所对应的实际数据的多少。可以加上 **c**|**i**|**p** 以指定绘图单位, 若不指定则使用*PROJ_LENGTH_UNIT* 。通过绘图单位缩放转换的矢量长度将绘制为直线笛卡尔矢量, 其长度不受地图投影和坐标位置的影响。例如 **-S5c** 表示大小为 5 的矢量在图上为 1 cm。

对于地理数据而言, 缩放比例 *scale* 表示单位地理距离 (见距离单位) 所对应的实际数据的多少。矢量大小 (即实际数据) 被缩放到给定距离单位中的地理距离, 最后投影到地球上以给出绘图距离。这些是沿着大圆路径的地理矢量, 它们的长度可能受到地图投影及坐标的影响。例如 **-S10k** 表示大小为 10 的矢量在地图为 1 km。

- **-Si***scale* - 缩放比例 *scale* 表示单位实际数据所对应的绘图距离或地理距离。
- **-Sl***length* - 所有矢量拥有固定的绘图长度 *length*。

更详细的解释见矢量缩放与单位的影响 。

使用 **-V** 可以报告所有绘制矢量的最小值、最大值和平均值, 以及所有绘制矢量的绘制长度。如果使用*-l* 选项 自动生成图例, 则需要以下一到两个子选项:

- **+c**[[*slon*/]*slat*] - 控制地图上地理矢量的参考长度。笛卡尔矢量不可用该选项。参考长度选择在纬度 *slat* 位置, 也可指定经度 *slon* 作倾斜投影 (默认为中央经线)。如果使用 **+c** 但无参数, 则选择地图

中点的矢量长度作为参考长度。

- +s*refsize* - 使用实际数据作为矢量的参考大小。例如，选择板块运动速率 25 mm/yr 作为参考，使用 **+s25** ，对应*-l 选项* 指定 **-l** "Velocity (25 mm/yr)"。如果不指定 *refsize* ，则默认为上述的 *scale* 参数。

-T

该选项意味着笛卡尔数据的方位角会根据 X 和 Y 方向符号而改变（默认不改变）。这个选项对于坐标反向时很有用，例如 **-JX5c/-2.5c** ，Y 轴向下为正，只有使用 **-T** 才能正确处理矢量的方位角，见下方示例。

```
Source Code
```

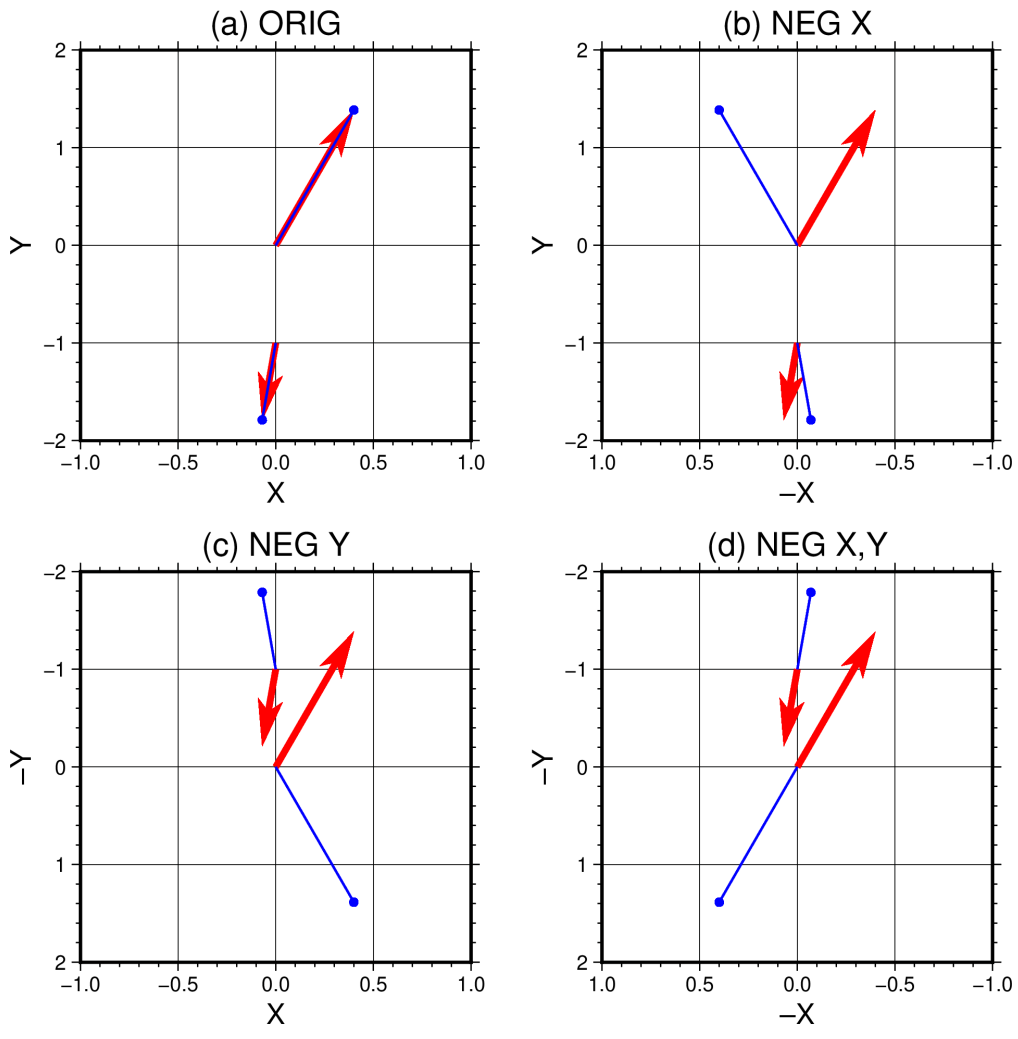


图 4: 在正向和反向的 X, Y 方向下，使用 **-T**（蓝线）和不使用 **-T**（红线）的结果。

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more …)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*pen*[+**c**]

设置矢量轮廓的画笔属性。如果加上 +**c** ，则矢量头颜色和线条由 CPT 指定（见 **-C** ）。

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more …)*

移动绘图原点

-Z

输入的 θ 分量数据表示方位角而不是方向信息，自动使用 **-A**。

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-
l[*label*][+**D***pen*][+**G***gap*][+**H***header*][+**L**[*code*/]*txt*][+**N***cols*][+**S***size*[/*height*]][+**V**[*pen*]][+**f***font*][+**g***fill*][+**j***just*][+**o***off*][+**p***pen*][
(more …)

为当前绘制的符号或线段增加一个自动图例记录

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more …)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more …)*

设置图层透明度（百分比）。取值范围为 0（不透明）到 100（全透明）

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位，以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j* 选项。

示例

注: 下面是该模块的一些有效语法示例。使用远程文件（文件名以 @ 开头）的示例可以剪切并粘贴到您的终端中进行测试。其他需要输入文件的命令只是常见的使用类型的虚拟示例，但不能按编写的原样运行。

对矢量长度进行缩放，使得图上 1 英寸代表实际的 10 个数据单位:

```
gmt grdvector r.nc theta.nc -Jx5c -A -Q0.1i+e+jc -S10i -pdf gradient
```

绘制地理数据，缩放比例为每个数据单位对应 200 km，每隔 3 个网格点绘制一个矢量:

```
gmt grdvector comp_x.nc comp_y.nc -Ix3 -JH0/20c -Q0.1i+e+jc -S200 -pdf globe
```

矢量缩放与单位的影响

使用 **-S** 指定矢量缩放需要仔细思考，因为看起来可能有些反直觉。如 **-S** 中所解释的，其指定的是每个绘图单位或地理距离单位所对应的实际数据多少。所选择的绘图或距离单位将影响所选择的矢量类型。通常，程序会首先计算每个节点上矢量的大小 r （极坐标数据直接提取）。矢量大小可以是任何单位，这里假设我们的网格记录地球水平磁场的长期变化，单位为 nTesla/year，在某特定节点上，其值为 28 nTesla/year（在某个方向上）。如果你指定缩放因子 *scale* 的单位为绘图单位 **c|i|p** 则表明你选择了 **笛卡尔矢量**。我们进一步假设你设置了 **-S***10c* ，这表明你希望 10 nTesla/year 的数据对应绘制 1 cm 长度。在程序内部，模块会将该缩放因子转为绘图比例 1/10 = 0.1 每 nTesla/year。对于大小为 28 nTesla/year 的矢量，模块会将其乘以绘图比例，最终得到

图上 2.8 cm 长的矢量。最终不会加入实际数据单位。如果我们希望在图例中绘制一条 10 nTesla/year 的参考矢量, 则其绘制长度 10 x 0.1 = 1 cm , 因为笛卡尔矢量缩放后的长度是恒定的, 不依赖于投影和矢量位置, 即 10 nTesla/year 的矢量在图上各处均为 1 cm。

让我们将这种效果与使用地理距离单位的情况进行对比, 假设使用 **-S***0.5k* (0.5 nTesla/year 每千米), 这表明你选择了 **地理矢量**。在程序内部, 模块会将该缩放因子转为地图比例 2 km 每 nTesta/year。对于大小为 28 nTesla/year 的矢量, 其在地图上的长度为 28 x 2 km = 56 km。同样, 最终不会加入实际数据单位。现在, 需要将这 56 km 长的矢量投影到地球上, 而由于地图投影产生的扭曲, 56 km 长的矢量长度在绘图上将是地图投影、地图比例和矢量位置的函数。例如在墨卡托地图上, 赤道正东 56 公里的矢量基本等于 0.5 度经度, 但在北纬 60 度, 它更像是 1 度经度。这种影响的结果是, 当用户想要在图例中添加 10 nTesla/year 的参考向量时, 就会面临该问题: 绘制的长度通常取决于纬度, 因此参考比例尺只在对应纬度附近有用。

也可以使用相反的设置, **-Si***scale* 。当提供 *scale* 倒数更方便时, 这个变式很有用。对于笛卡尔矢量, 我们可替换为 **-Si***0.1c* 表明想绘制 0.1 cm 每 nTesta/year。同样的, 对于地理矢量, 我们也可替换为 **-Si***2k* 表明想绘制 2 km 每 nTesta/year。随着 **-Si** 的参数变大, 绘制的矢量也变长, 而随着 **-S** 的参数变大, 绘制的矢量变短。

注意

请注意, 使用 **-I** 可能会导致混叠, 除非网格在新的间隔上平滑变化。通常最好对网格进行滤波, 并以更大的网格间隔重新采样, 再使用这些网格而不是原始网格。

相关模块

grdcontour, *plot*

18.64 grdview

官方文档

grdview

简介

利用网格文件绘制 3D 视角图或表面网格图

语法

gmt grdview *reliefgrid* **-J***parameters* [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C**[*cpt*]] [**-G***drapegrid* | **-G***grd_r* **-G***grd_g* **-G***grd_b*] [**-I**[*intensgrid*|*intensity*|*modifiers*]] [**-Jz**|**Z***parameters*] [**-N***level*[+**g***fill*]] [**-Q***args*[+**m**]] [**-R***west*/*east*/*south*/*north*[/*zmin*/*zmax*][+**r**][+**u***unit*]] [**-S***smooth*] [**-T**[+**o**[*pen*]][+**s**]] [**-U**[*stamp*]] [**-Wc**|**m**|**f***pen*] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-f**flags] [**-n**flags] [**-p**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

描述

grdview 读取一个二维 grid 网格文件, 绘制出三维视角图。可以实现的效果有: 根据数据大小对表面进行拉伸, 形成起伏效果、在表面绘制等值线、三维表面贴图、应用光照效果等等。

必选选项

reliefgrid

二维 grid 网格文件文件名。

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

-Jz|**Z***parameters*

设置 Z 轴的缩放比例, 设置方式与 -Jx|X 相同。若忽略此选项将生成平面图。

可选选项

-B*parameters* *(more …)*

设置底图边框和轴属性。

-C[*section/*]*master*|*cpt*|*color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,…][+**h**[*hinge*]][+**i***dz*][+**u**|**U***unit*][+**s***fname*]

指定主 CPT 名称, CPT 文件或用逗号分割的多个颜色, 以创建一个 CPT。如果不指定参数, 则在现代模式下使用当前 CPT (如果可用)。支持以下多种输入:

1. 主 CPT 名称, 例如 *earth* (详见内置 *CPT*), 可使用 CPT 名称 *master* 或包括相对路径的 *section/master* 来指定 (内置 CPT 不可添加 **.cpt** 扩展名)。
2. 自定义 CPT 文件 *cpt* , 例如 *my_colors.cpt* 。
3. 自动从多个颜色 *color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,…] 中创建线性连续的 CPT, 其中 z 值从 0 开始, 每添加一种颜色 z 值加 1。在这种情况下, *color*$_i$ 可以是 *r/g/b* (e.g. 255/100/75), *h-s-v* (e.g. 180-0.8-1), *c/m/y/k* (e.g. 80/50/40/30), HTML 十六进制 (e.g. #aabbcc) 或颜色名称。逗号之间不能有空格。

支持以下选项:

- +**h** - 对于有软铰链 (soft hinge) 的主 CPT, 可指定 *hinge* 值启用铰链, 而对于有硬铰链 (harde hinge) 的 CPT, 可以修改铰链位置 *hinge* , 但不能禁用。
- +**i** - 指定 *dz* 使网格 z 值范围分层, 默认使用精确范围。
- +**s** - 将创建的 CPT 保存到文件 *fname*。当 CPT 是自动创建时这很有用, 但必须用于 **-C** 的末尾。
- +**u** - 对于任何其他主 CPT, 可以通过指定其原始单位 *unit* 将其 z 值单位转换为米。
- +**U** - 与 +**u** 类似, 但是将 z 值单位从米转换为指定单位 *unit* 。

-I[*file*|*intens*|+**a***azimuth*][+**d**][+**m***ambient*][+**n***args*]

增加光照效果 [默认不做照明]。可使用多种方法:

- 给定一个 Z 值范围为 ±1 的网格文件 *file* , 要求和输入网格相同配准。
- 给定一个常数 *intens* 作为全局光照强度 (会影响环境光)。
- 通过调用*grdgradient* 模块, 设置子选项, 从输入网格 *grid* 中计算光照强度。此时可指定 +**a***azimuth*, +**n***args* 和 +**m***ambient* 传入*grdgradient* 模块的 **-A**, **-N** 和 **-E** 选项, 或直接指定 +**d** 使用默认值 [+**a**-45+**nt**1+**m**0]。对于具体的光照场景, 建议先单独运行*grdgradient* 。

如果希望从另一个文件而非输入网格中计算光照强度, 则可将该文件指定为 *file* 然后设置合适的子选项。如果输入文件 *grid* 实际是一个图片, 则必须指定 *file* 或 *intens* , 因为无法从图片中计算导数作为光照强度。

-N*level*[+**g***fill*]

在 *z=level* 位置处绘制一个平面，+**g** 设置平面和数据曲面之间截面的填充色。

-G*drapegrid* | **-G***grd_r* **-G***grd_g* **-G***grd_b*

在三维表面上贴图。该贴图可以是一个彩色图片，也可以是三个单波段文件，分别代表 R、G、B 的强度值，每个文件像素值范围是 0-255。

-Q*args*[+**m**]

1. **-Qm** 表示生成网格线图（mesh，默认）。也可以用 **-Qm***color* 的形式生成不同底色的网格线。
2. **-Qmx** 或 **-Qmy** 生成仅有 x 或 y 方向线条的瀑布图（waterfall）。同样可以指定底色。
3. **-Qs** 生成表面图（surface），颜色由 **-C** 选项指定。**-Qsm** 则在表面图上叠加格网线。
4. **-Qi** 生成图像（image），与 **-G** 选项一同使用绘制三维贴图。后面可加 dpi 参数（默认 dpi=100）。
5. **-Qc** 与 **-Qi** 类似，不同的是 **-Qc** 将 Z=NaN 的节点透明化。

+**m** 表示强制转化为灰度图像，适用于 **-Qs**。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

对于三维透视图（*-p 选项*），可以加上 /*zmin*/*zmax* 指定 Z 轴的范围。

-W[**c**|**m**|**f**]*pen*

-Wc

在顶部绘制等值线，*pen* 设置等值线的线型。[默认: width = 0.75p, color = black, style = solid]。

-Wm

设置 mesh 网格的线型。[默认: width = 0.25p, color = black, style = solid]。只有使用了 **-Qm** 或 **-Qsm** 才会绘制 mesh 网格线。

-Wf

如果设置了 **-N** 绘制平面，该选项设置平面和数据曲面之间截面的轮廓的线型。[默认: width = 0.25p, color = black, style = solid]。

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

网格重采样的后果

除了笛卡尔坐标系的情况外，GMT 需要将用户的地理网格重新采样到等距投影网格上。在此过程中，会使用各种算法将数据从一个格点投影到另一个格点且避免出现模糊效果，但可能会导致一定程度的变形。使用样条进行重采样的一个预期效果是，新的重采样网格可能会略微超出原始网格的全局最小值/最大值范围。如果这种情况与严格的 CPT 限制相结合，用户可能会发现某些地图区域由于重采样而呈现出前景色或背景色。在这种情况下，用户有两个选择：(1) 修改 CPT 以适应重采样的极值（通过 **-V** 参数报告）；(2) 对重新采样值施加限制，使其不超过输入的最小值/最大值（在 **-n** 选项中添加 +**c** ）。注意：如果未设置 **-n** 且未给出 CPT（或之前已定义的隐藏 CPT），GMT 将自动设置 **-nc+c** 。

MacOS Preview 警告

在 macOS 系统下, PDF 或 PostScript 文件中出现的低分辨率栅格图像在使用 Preview 应用程序查看时可能会显得模糊。这是因为 Preview 会对非常粗糙 (低像素密度) 的图像进行重新采样, 而不是保持其原样; 目前我们尚未找到一种简单的方法来关闭这一功能。这种现象在离散 CPT 的*colorbar* (我们现在将此类 CPT 的默认设置设为 **-Np**) 以及使用*grdimage* 或*grdview* **-Qi|c** 绘制非常小的网格时最为明显。然而, 如果选择光栅格式 (如 JPG 或 PNG) 则不会出现这种模糊现象。其他 PDF 查看器 (例如 Adobe Acrobat) 似乎没有受到类似的影响。

示例

将数据文件 hawaii_grav.nc 绘制成 mesh 网格, 并根据 CPT 文件 hawaii.cpt 绘制等值线。并以西南方向、高度 30 度的视角观察图像。

```
gmt grdview hawaii_grav.nc -Jl18/24/1.5c -Chawaii.cpt -Jz0.05c -Qm -N-100 -p225/30 -Wc
```

将数据文件 image.nc 绘制为起伏表面, 使用 CPT 文件 color.cpt, 并利用 intens.nc 加光照。

```
gmt grdview image.nc -Jx10c -Ccolor.cpt -Qs -p135/30 -Iintens.nc
```

To make the same plot using the rastering option with dpi = 50, use

```
gmt grdview image.nc -Jx10c -Ccolor.cpt -Qi50 -p135/30 -Iintens.nc
```

18.65 grdvolume

官方文档

grdvolume

简介

计算网格数据中某个等值线所包围的表面积和体积

grdvolume 模块读取一个 2D 网格文件, 通过指定某条等值线确定一个 Z 值平面, 并计算由该等值线约束的区域网格表面积、网格表面到该平面所包围的体积, 以及最大平均高度 (体积/面积)。也可以指定一系列等值线, 此时该模块会分别计算每个等值线范围内的表面积和体积。

语法

gmt grdvolume *grdfile* [**-C***cval* or **-C***low/high/delta* or **-Cr***low/high* or **-Cr***cval*] [**-L***base*] [**-R***region*] [**-S**[*unit*]] [**-T**[**c**|**h**]] [**-V**[*level*]] [**-Z***fact*[/*shift*]] [**-f**flags] [**-o**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

grdfile

输入的 2D 网格文件名

可选选项

-C*cval* or **-C***low/high/delta* or **-Cr***low/high* or **-Cr***cval*

指定等值线 (Z 值平面) 以计算由该等值线所包含的表面积、体积以及平均高度 (体积/面积)。若不使用该选项, 则返回整个网格文件的表面积、体积和平均高度。

该选项有四种不同的语法:

- **-C***cval* 指定单个等值线并计算等值线内的区域面积、体积和平均高度
- **-C***low/high/delta* 指定多条等距等值线并计算每个等值线所包含的区域面积、体积和平均高度
- **-Cr***low/high* 计算两个 Z 值平面之间的体积
- **-Cr***cval* 计算 *cval* 到网格最小值范围内的体积

-L*base*

计算体积时加上从 z=*base* 到等值线的体积

-S[*unit*]

对于地理网格, 默认会将度转换为平面距离, 默认单位为米。使用该选项指定其它长度单位, 则输出的表面积单位为 $unit^2$, 输出的体积单位则是 z_unit * $unit^2$。

-T[**c**|**h**]

找到最大平均高度所对应的等值线

- **-Th** 找到最大平均高度 (体积/面积) 所对应的等值线
- **-Tc** 找到最大曲率 (高度 vs 等值线值) 所对应的等值线

-R*xmin/xmax/ymin/ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Z*fact*[/*shift*]

将数据减去 *shift* 再乘以比例因子 *fact*

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

计算夏威夷岛中所有陆地部分（高于 0 等值线）部分的面积（km^2）、体积（km^3）和平均高度（km）：

```
gmt grdvolume @earth_relief_05m -R190/210/15/25 -C0 -Sk -Z0.001
```

计算网格表面与等值线 $Z = 250m$ 之间的体积:

```
gmt grdvolume peaks.nc -Se -C250
```

在等值线 100 到 300 范围内，以 10 为间隔，计算所有等值线所约束的表面积和体积:

```
gmt grdvolume peaks.nc -Sk -C100/300/10 > results.d
```

在等值线 100 到 300 范围内，以 10 为间隔，搜索最大平均高度（即体积与表面积的比）所对应的等值线值:

```
gmt grdvolume peaks.nc -Sk -C100/300/10 -Th > results.d
```

计算湖内从表面到 300 米深度范围内水的体积:

```
gmt grdvolume lake.nc -Cr-300/0
```

参考文献

Wessel, P., 1998, An empirical method for optimal robust regional-residual separation of geophysical data, *Math. Geol.*, **30**(4), 391-408.

相关模块

grdfilter, *grdmask*, *grdmath*

18.66 grdvs30

官方文档

grdvs30

简介

计算 Vs30 速度模型

Vs30，即上部 30 米内的时间平均剪切波速度，是地震工程领域用来评估地震场地条件的关键指标。**grdvs30** 模块通过地形数据计算某个范围的 Vs30 速度模型。

输入一个地理坐标系的地形网格文件，以及一个常量克拉通值或一个克拉通文件作为权重，范围从 0（对应稳定的地盾区，即克拉通）到 1（对应活动构造区）。

一个可选参数 **water_vel** 表示水覆盖区域的速度值，默认值为 600。

语法

gmt grdvs30 *ingrid* **-G***outgrid* **-C***val*|*fname*[+**g**] [**-R***region*] [**-W***water_vel*]

必选选项

ingrid

地形网格文件作为输入数据

-G*outgrid*

输出的 Vs30 速度模型网格文件名

-C*val*|*fname*[+**g**]

参数可以是以下三种之一:

- 一个介于 0 和 1 之间的值 *val* , 其中 0 表示稳定的克拉通区, 1 表示活动构造区。实际上由于程序 bug, 目前版本的 GMT 不能使用这个数字选项。
- 一个克拉通区域多边形的多段文件的名称 *fname* 。
- 一个包含克拉通/活动构造区域的网格文件的名称 *fname* 。在这种情况下, 必须使用 +**g** 后缀来表明正在读取的是网格文件。

可选选项

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-W*water_vel*

设置水域区域的 Vs30 值 [默认值 =600]

示例

计算 **topo.grd** 网格的 Vs30 估计值, 并将克拉通值设为 0:

```
gmt grdvs30 topo.grd -C0 -Gvs30.grd
```

18.67 gshhg

官方文档

gshhg

简介

从 GSHHG 或 WDBII 数据文件中提取数据

gshhg 读取海岸线文件 (GSHHG) 或者政治边界和河流 (WDBII), 并输出结果。该模块会自动处理不同数据集之间的差异。可以设置是否显示段头部信息, 头部信息的格式为

```
ID npoints hierarchical-level source area f_area west east south north container ancestor
```

- *hierarchical-level* 海岸线多边形的级别, 从 1 (海岸线) 到 4 (湖中岛等)。
- *source* 来源为 W (World Vector Shoreline) 或者 C (CIA World Data Bank II), 如果湖泊是河流中的湖泊, 将使用小写字母。
- *west east south north* 是矩形边界。

- *area* 是多边形区域的面积, 单位为 km^2
- *f_area* 为其父多边形的面积。
- *container* 为包含此多边形 ID 的 ID, 如果没有, 设置为 -1
- *ancestor* 是 full 分辨率数据集中多边形的 ID, 通过该分辨率数据产生当前多边形。如果当前多边形也为 full 分辨率数据, 则没有祖先, 因此设置为 -1

对于线数据, 其头部信息格式为

```
ID npoints hierarchical-level source west east south north
```

更详细的信息见技术细节

语法

gmt gshhg *binaryfile.b* [**-A***min*] [**-G**] [**-I***id*] [**-L**] [**-N***level*] [**-Qe**|**i**] [**-bo**binary] [**-do**nodata[+**c***col*]] [**-o**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

binaryfile.b

GSHHG 或 WDBII 二进制数据文件, 随 GSHHG 数据补充文件一起分发。可以使用 5 种标准分辨率 (full, high, intermediate, low, crude)。

可选选项

-A*min*

输出面积大于等于 *min* 的特征 [默认输出所有多边形]

-G

在数据段前加% , 后加 NaN 以便输出数据可以被 Matlab 或和 Octave 导入

-I*id*

只输出 ID 为 *id* 的特征信息。使用 **-Ic** 仅输出所有的大陆, 见下面的特定多边形

-L

只输出多边形或者线段的段头部信息 [默认同时输出段信息和数据]

-N*level*

只输出 *level* 级别的数据特征 [默认输出所有的级别]

-Qe|**i**

控制如何处理河流中的湖泊 (即河流足够大, 中间形成湖泊)。**-Qe** 排除这些湖泊; **-Qi** 为 **-Qe** 的相反操作, 即只包含这种湖泊 [默认输出所有多边形]。

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-do*nodata* *(more ···)*

将输出数据中值为 NaN 列替换为 *nodata*

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

示例

将整个 intermediate 分辨率的 GSHHG 二进制文件转换为 Matlab 可使用的格式

```
gmt gshhg gshhs_i.b -G > gshhs_i.txt
```

在 full 分辨率河流数据集中提取段头部信息

```
gmt gshhg wdb_rivers_f.b -L > riverlisting.txt
```

从 high 分辨率数据中提取湖泊, 但不包含河流形成的湖泊

```
gmt gshhg gshhs_h.b -Qe -N2 > all_lakes.txt
```

特定多边形

全球范围内的较大的多边形:

ID	Landmass
0	Eurasia
1	Africa
2	North America
3	South America
4	Antarctica (AC grounding line)
5	Antarctica (AC ice line)
6	Australia
7	Greenland
8	New Guinea
9	Borneo
10	Madagascar
11	Baffin Island
12	Indonesia

数据文件

gshhg 读取的文件为原始的二进制多边形文件, 可通过 NCEI Shoreline Coastline Resources 或 SOEST GSHHG Site 获得。需要注意的是, 这里的数据和 gmt 中*gmtselect*, *grdlandmask*, 以及*coast* 模块用的 NetCDF 格式的数据是不同的

技术细节

希望使用自己程序访问 GSHHG 和 WDBII 数据的用户可以查看 gmt 源码中的 `gshhg.c` 和 `gshhg.h` 并熟悉他们的数据格式。GMT 并没有用来读取这些文件的 MATLAB 代码, 但 Mathworks 和 IDL 都存在此类工具。但是, 这些工具一般都不频繁更新, 因此, 随着数据文件的更新, 这些工具可能已经失效。因此, 在这里给出一些技术细节。

GSHHG

GSHHG (The Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database) 最初为 GSHHS, 是一

个海岸线数据库。其中包含大陆和岛屿 (1 级)、湖泊 (2 级)、湖中岛 (3 级) 以及湖中岛中湖 (4 级) 共 4 个等级的封闭多边形, 使用 **-N** 选项可以提取对应级别的数据。

一级数据: 大陆的 ID 序号在最前面, 可以通过 **-Ic** 选项提取, 其中欧亚大陆、非洲、北美、南美、南极和澳大利亚的 ID 分别为 0 到 5, 按面积大小排序。

二级数据有两组: 常规的湖和河流内的湖泊; 后者中湖泊是河流的一部分, 这只有在河流特别宽的时候才出现, 使用 **-Q** 选项可以操作这些多边形。

所有分辨率数据均没有自相交。并且对所有的多边形计算了面积, 面积计算的方法为: 以多边形的中心使用兰伯特等积投影, 椭球设置为 WGS-84, 然后计算投影后的面积。

GMT 使用 GSHHG 作为背景数据, 然后使用与分辨率有关的网格将多边形分块, 在程序运行中需要这些多边形时, 则将不同块中的数据重新组成封闭的多边形。有关其他更多的 GSHHG 处理方法, 见 Wessel & Smith (1996)。

WDBII

WDBII 数据集主要包含河流和各类边界, 其中的线段没有任何顺序, 因此, 不能只提取与一条河流或者国家相关的信息。该数据集使用 Douglas-Peucker 算法从 full 分辨率的数据中派生出了其他 4 个较低分辨率的数据, 因此, 随着分辨率的降低, 自相交的可能性变大。WDBII 和 GSHHG 中都含有河流中的湖泊数据, 想要访问这两个数据集的用户可以使用段标题的结构来识别这些特征, 并且这些河流中湖泊也是 WDBII 中唯一的封闭多边形。

河流文件中有很多级别:

- 河流中的湖泊 (0)
- 永久主要河流 (1), 其他主要河流 (2), 更小的主要河流 (3),
- 次要河流 (4)
- 主要间歇性河流 (5), 其他主要间歇性河流 (6), 更小的间歇性河流 (7)
- 主要运河 (10), 次要运河 (11), 灌溉类型运河 (12)

边界文件分为三个级别:

- 国家边界 (1)
- 国内边界 (2)
- 国际海洋边界 (3)

通过 **-N** 选项可提取对应类别的数据。

参考文献

Douglas, D. H., and T. K. Peucker, 1973, Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line of its caricature, *Can. Cartogr., 10*, 112–122.

Gorny, A. J., 1977, *World Data Bank II General User GuideRep. PB 271869*, 10pp, Central Intelligence Agency, Washington, DC.

Soluri, E. A., and V. A. Woodson, 1990, World Vector Shoreline, *Int. Hydrograph. Rev., LXVII(1)*, 27–35.

Wessel, P., and W. H. F. Smith, 1996, A global, self-consistent, hierarchical, high-resolution shoreline database, *J. Geophys. Res., 101(B4)*, 8741–8743.

相关模块

coast

18.68 histogram

官方文档

histogram

简介

统计并绘制直方图

histogram 模块会读取数据中的一列, 对其进行统计, 并绘制直方图或累积直方图。

语法

gmt histogram [*table*] **-Jx**|**X***parameters* **-T**[*min/max/*]*inc*[+**n**] |**-T***file*|*list* [**-A**] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***cpt*] [**-D**[+**b**][+**f***font*][+**o***off*][+**r**]] [**-F**] [**-G***fill*] [**-Jz**|**Z***parameters*] [**-I**[**o**|**O**]] [**-Ll**|**h**|**b**]] [**-N**[*mode*][+**p***pen*]] [**-Qr**] [**-R***region*] [**-S**] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W***pen*] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-Z**[*type*][+**w**]] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-p**flags] [**-qi**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-Jx|**X***parameters*

指定直方图的宽度和高度

-T[*min/max/*]*inc*[+**n**] |**-T***file*|*list*

指定统计直方

有多种方式可以指定统计直方:

- **-T***min/max/inc* 指定统计区间的最小值、最大值和直方间隔
- **-T***inc* 只指定统计直方的间隔。统计区别最大和最小值由 **-R** 选项决定

可选选项

-A

绘制水平直方图, 默认绘制垂直直方图

-B*parameters (more …)*

设置底图边框和轴属性。

-C*cpt*

指定 CPT 文件, 将每个直方的中间值作为 Z 值查询 CPT 中的颜色

-D[+**b**][+**f***font*][+**o***off*][+**r**]

为每个直方 (bar) 添加标注, 其内容是每个直方的统计数目

- +**b** 将标注放在直方的底部 (默认为顶部)
- +**f***font* 设置标注的字体
- +**o***offset* 修改标注与直方的距离 (默认值为 6p)
- +**r** 将标注从水平方向旋转为垂直方向

-F

center bin on each value (默认是左边界)

假设数据范围是 0 到 100, 长条的宽度为 10。默认情况下, 会将 0 到 10 作为第一个 bin, 10 到 20 作为第二个 bin, 以此类推。若使用该选项, 则第一个 bin 以 0 为中心, 即 0 到 5 是第一个 bin, 5 到 15 是第二个 bin, 以此类推。

-G*fill*

设置直方的填充色

-I[**o**|**O**]

返回计算结果不绘图。

- **-I** 返回 *xmin xmax ymin ymax*, 即数据的最小值、最大值和统计数量的最小值、最大值
- **-Io** 输出各个直方的的 X 值和 Y 值
- **-IO** 输出各个直方的的 X 值和 Y 值, 即使 Y=0

-Ll|**h**|**b**

设置超过统计范围的数据的处理方式。

- **-Ll** 小于第一个直方的统计范围的数据算入第一个直方
- **-Lh** 大于最后一个直方的统计范围的数据算入最后一个直方
- **-Lb** 小于第一个直方的统计范围的数据算入第一个直方, 并且大于最后一个直方的统计范围的数据算入最后一个直方

-N[*mode*][+**p***pen*]

绘制等效的正态分布曲线

mode 用于设定正态分布的中间位置及比例:

- mode=0: 平均值和方差 (默认)
- mode=1: 平均值和 L1 范数
- mode=2: 最小二乘

pen 用于指定曲线的属性。该选项可以使用多次以绘制多条曲线。

-Qr

绘制累计直方图, **r** 绘制反向的累计直方图

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

对于三维透视图 (*-p 选项*), 可以加上 /*zmin*/*zmax* 指定 Z 轴的范围。

-S

绘制阶梯状直方图, 并且不包含直方内部的线条。

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*pen*

设置直方边框的画笔属性

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-Z[*type*][+**w**]

选项直方图的种类

- type=0: 数量 (默认值)
- type=1: 百分比
- type=2: e 为底对数 (1.0 + 数量)
- type=3: e 为底对数 (1.0 + 百分比)
- type=4: 10 为底对数 (1.0 + 数量)
- type=5: 10 为底对数 (1.0 + 百分比)

若要使用第二列数据而不是 count 数作为权重, 可以加上 `+w` 选项。

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more ···)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

访问绘制直方图 以查看更多示例。

18.69 image

官方文档

image

简介

将图片或 EPS 文件放在图上

image 模块可以读取 EPS 文件或任意一个光栅图片文件, 并将其画在图上。

该模块的几个主要用途:

- 将多张图合并到一张图上
- 将自己单位的 logo 放在 GMT 生成的图上
- 将一般图片放在图上

必须选项

imagefile

EPS 文件或其他光栅图片格式 (GIF、PNG 等) 的文件

- EPS 文件必须包含合适的 BoundingBox
- 光栅文件的颜色深度可以是 1、8、24、32 位
- 光栅文件是通过 GDAL 读入的, 若安装 GMT 时未配置 GDAL, 则该命令只支持 EPS 文件

可选选项

-D[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**r***dpi*+**w**[**-**]*width*[/*height*][+**j***justify*[+**n***nx*[/*ny*]][+**o***dx*[/*dy*]]

指定图片的尺寸和位置

简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

- **g**|**j**|**J**|**n**|**x***refpoint* 指定地图上的参考点
  - **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点
  - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
- +**j***justify* 指定 logo 上的锚点 (默认锚点为 logo 的左下角 (BL))
- +**o***dx*/*dy* 在参考点的基础上设置图片的额外偏移量
- +**r***dpi* 指定图片的 DPI 以间接指定图片的尺寸
- +**w**[**-**]*width*[/*height*] 直接指定图片的尺寸。若未给定 *height* 则按照 *width* 以及原图的横纵比进行缩放; 若 *width* 为负值, 则使用其绝对值作为宽度, 并使用 PS 的图片操作符将图片插值到设备的分辨率
- +**n***nx*[/*ny*] 使图片在水平方向重复 *nx* 次, 垂直方向重复 *ny* 次。若省略 *ny* 则默认其与 *nx* 相等 [默认值为 **1/1**]

-F[+**c***clearances*][+**g***fill*][+**i**[[*gap*/]*pen*]][+**p**[*pen*]][+**r**[*radius*]][+**s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]]]

控制图片的背景面板属性

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在 GMT logo 周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见修饰物

- **+g***fill* 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- **+p***pen* 绘制面板边框。*pen* 为边框的画笔属性, 若不指定 *pen*, 则默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*
- **+r**[*radius*] 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- **+i**[[*gap*/]*pen*] 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*]
- **+c***clearance* 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap*/*ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap*/*rgap*/*bgap*/*tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]] 设置面板背景阴影。*dx*/*dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p**/**-4p**/**gray50**]

-G[*color*][**+b**|**+f**|**+t**]

修改特定像素值为其它颜色或透明 (该选项可重复使用)

对于 1-bit 光栅图片, 可以通过 **+b** 或 **+f** 指定背景色或前景色为 *color*。若不给 *color* 则表示设置背景色或前景色为透明色。对于其它图片而言, 还可以使用 **-G***color***+t** 将颜色 *color* 设置为透明。

-I

绘图前对 1-bit 图片进行反转, 即黑色变白色, 白色变黑色

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-M

使用 YIQ 变换将彩图转换成灰度图

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

对于三维透视图 (*-p 选项*), 可以加上 /*zmin*/*zmax* 指定 Z 轴的范围。

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][**+w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][**+v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

注意事项

-G 和 **-I** 选项仅适用于光栅图片文件, 对于 EPS 文件无效。

示例

绘制 GMT 示例图片 needle.jpg, 其宽度为 7 厘米:

```
gmt image @needle.jpg -Dx0/0+w7c -pdf plot
```

绘制相同的文件, 但是反转其 RGB 带:

```
gmt image @needle.jpg+b2,1,0 -Dx0/0+w7c -pdf plot
```

相同的文件, 只绘制其红色带, 但以灰度方式绘制:

```
gmt image @needle.jpg+b0 -Dx0/0+w7c -pdf plot
```

绘制 EPS 文件:

```
gmt image @gallo.eps -Dx2i/1i+jTR+w3i -png image
```

以一个 1-bit 光栅图片为模板, 设其背景色为 darkgray、前景色为 yellow, 并设置重复 6x12 次, 宽度为 2.5 厘米:

```
gmt image @vader1.png -Gdarkgray+b -Gyellow+f -Dx0/0+w2.5c+n6/12 -pdf image
```

相关模块

gmtlogo legend, *colorbar plot*, *psconvert*

18.70 img2google

贡献者

周茂

官方文档

img2google

简介

由测深墨卡托 img 网格文件创建谷歌地球 KML 文件

img2google 是一个 shell 脚本。脚本读取 1x1 分的墨卡托 img 文件, 并为指定区域创建一个谷歌地球 KML

文件和相关的 PNG 切片。如果没有给定输入文件, 该模块自动使用 topo.18.1.img。

语法

img2google **-R***region* [*imgfile*] [**-A***mode*[*altitude*]] [**-C**] [**-F***fademin/fademax*] [**-G***prefix*] [**-L***LODmin/LODmax*] [**-N***layername*] [**-T***doctitle*] [**-U***URL*] [**-V**[*level*]] [**-Z**[+]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-R*xmin/xmax/ymin/ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

imgfile

Img 格式的测深/地形文件, 比如由 Sandwell 和 Smith 创建的海底地形文件。如果当前文件夹中不存在该文件并且用户已经设置了环境变量 **$GMT_DATADIR**, img2grd 将从 **$GMT_DATADIR** 中寻找 *imgfile*。

-A*mode*[*altitude*]

从谷歌地球可识别的 5 种高度模式中选择一种来确定生成的图像的高度 (单位为 m): **G** 为固定到地面, **g** 为相对地面一定高度, **a** 为绝对高度, **s** 为相对于海底的高度, **S** 为固定到海底 [默认]。

-C

打开裁剪以在图像中只显示在海平面以下的部分。

-F*fademin/fademax*

设置几何体渐变从不透明到完全透明的距离。斜率值用屏幕像素表示, 并分别应用于 LOD (可见度) 限制的最小值和最大值。

-G*prefix*

设置输出的图像的前缀 (扩展名为自动设置)。默认使用命名方式为 topoN|S<*north*>E|W<*west*>。

-L*LODmin/LODmax*

以像素为单位设置细节 (LOD, 可见度) 的级别。以屏幕像素为单位的测量值, 可以用来确定给定区域的最小可见范围, 以设置细节的级别。当投影到屏幕上的时候, 谷歌地球会计算给定区域的大小。然后计算区域面积的平方根 (如果区域是正方形, 视角在区域的正上方, 并且区域没有倾斜, 这个测量值就等于投影区域的宽度)。如果这个测量值在 *LODmin* 和 *LODmax* 定义的范围内 (并且该区域处于视野中), 则该区域处于激活状态。如果测量值不在上述范围内, 相关的几何体就会被认为离用户的视角太远而不能被绘制。*LODmax* 表示一个给定的区域的可视范围的最大极限。默认值为 1, 表示 "激活区域为无限大"。

-N*layername*

指定图层名 (如果字符串中包含空格, 使用双引号括起来) [默认为 topoN|S<*north*>E|W<*west*>]。

-T*doctitle*

指定文档标题 (如果字符串中包含空格, 使用双引号括起来) [默认为 "Predicted bathymetry"]。

-U*URL*

指定图像的远程 URL。默认图像和本地的 KML 文件对应。使用 **-U** 可以设置图像的远程 URL。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Z[+]

使用 zip（需预先安装）创建一个 *.kmz 文件以方便分发；追加 + 可以在压缩后删除对应的 KML 和 PNG 文件。

示例

使用 *topo.18.1.img*, 在 **-R**170/180/20/30 区域创建一个 10x10 度的谷歌地球 KML 切片, 输出文件名为默认:

```
img2google -R170/180/20/30
```

使用早期的墨卡托测深文件, 例如 topo.15.1.img, 在详细模式中生成相同的切片, 通过裁剪以仅显示海洋, 将输出命名为 *oldimage*, 直接设置 KML 文件元数据 (包括设置图像高度为 10km), 并制作单个 *.kmz 文件:

```
img2google topo.15.1.img -R170/180/20/30 -Aa10000 -C -Goldimage \
-N"My KML title" -T"My KML title" -Uhttp://my.server.com/images -V -Z
```

数据集

topo.18.1.img 和其他由 Sandwell/Smith 使用卫星测高数据构建的墨卡托格网, 参见 https://topex.ucsd.edu

相关模块

img2grd, *psconvert*

18.71 img2grd

贡献者

周茂

官方文档

img2grd

简介

从墨卡托 img 格式文件中提取网格数据

img2grd 读取 img 格式的文件, 提取数据并写入到网格文件中。**-M** 选项用来设置在提取的网格文件中保留球墨卡托投影, 如果不使用该选项, 则取消保留球墨卡托投影, 结果为地理坐标网格。

img 格式是一种二进制网格文件, 数据为球墨卡托投影后的结果。球墨卡托投影原理决定其纬度间隔在转换为地理坐标时不是等间距的, 因此导致了下述两个坐标系统下的区域范围轻微的差异。球墨卡托投影原理还决定了 img 文件在纬度方向并不是全球覆盖的, 在极区有空白, 即 **-D** 选项设置的最大纬度 80.738 ；在经度方向则是全覆盖的。虽然该模块可以处理任何 img 格式文件, 但目前较少的产品或模型以 img 格式发布。Sandwell 和 Smith 基于卫星测高数据创建的海洋重力场（包括重力异常、垂线偏差和垂直重力梯度）和海底地形模型采用了该格式发布。由于测高卫星轨道倾角的限制, 在不同时期, 上述模型的纬度范围不同, 早期最大纬度为 72.006, 当前最大纬度范围为 80.738 。

Sandwell 和 Smith 模型的大小和文件名有一定规律, 用于在 GMT 中自动设置参数并处理, 文件名在不同时期的命名方式不同, 但规律类似, 例如: world_grav.img.7.2 和 grav_28.1.img

- grav 表示该文件为自由空气重力异常
- img 表示文件格式为 img
- 7.2 表示该模型版本号为 7, 分辨率为 2 分; 28.1 表示版本号为 28, 分辨率为 1 分

语法

gmt img2grd *imgfile* **-G***grdfile* **-R***region* [**-D**[*minlat/maxlat*]] [**-E**] [**-I***inc*] [**-F**] [**-M**] [**-N***navg*] [**-S**[*scale*]] [**-T***type*] [**-V**[*level*]] [**-W***maxlon*] [**-n**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

imgfile

输入墨卡托 img 格式文件名, 例如: Sandwell 和 Smith 创建的海洋重力场或海底地形文件。

-G*grdfile*

输出网格文件名。

-R*xmin/xmax/ymin/ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-D[*minlat/maxlat*]

设置纬度范围为 -80.738/+80.738。附加 *minlat/maxlat* 可以指定输入的 img 文件的纬度范围 [默认为 -72.006/72.006]。该选项通常不必使用, 因为本模块可以自动确定输入文件的纬度范围。

-E

当输出网格为地理坐标时, 即未设置 **-M** 选项时, 使用 **-E** 选项可以强制地理坐标格网符合纬度范围并强制经纬度间隔相等。默认情况下, 本模块首先从输入文件中提取 **-R** 指定范围内的网格, 网格的坐标形式和原始文件相同, 即球墨卡托投影。因此, 当输出网格为地理坐标时, 需将球墨卡托投影转换为地理坐标。在转换过程中, 通常会稍微超出指定的纬度范围, 且在纬度方向的间隔和经度方向不匹配。但是, 这种强制经纬度范围等间隔的重采样会导致内插误差。因此, 只有强制输出网格为指定范围内, 且经纬度间隔相同时才建议使用。在这种情况下, **-R** 设置的区域必须为经纬度间隔的整数倍。

-F

平移 x 和 y 墨卡托坐标, 使其位于左下角, 即 (0,0)

-I

指定输入的 img 文件纬度间隔 *inc* [默认为 2]。添加 **m** [默认] 或 **s** 来指定单位。该选项通常不必使用, 因为本模块可以根据输入 img 文件大小自动判断。

-M

输出球墨卡托网格 [默认为地理 lon/lat 网格]。输入文件的的球墨卡托投影被保留, 因此 **-R** 指定的区域被轻微地调整, 调整后的区域对应于像素的边界。设置输出网格文件的头部信息, x 和 y 轴方向的距离相对于使用 **-Jm1** 投影下的投影中心。使用 **-F** 选项可以将 x 和 y 轴的距离设置为相对于输出范围 **-R** 的西南角, 距离单位为用户默认的单位。

-N*navg*

对输入的墨卡托像素在 *navg* x *navg** 的范围内平均, 并创建平均后的像素点。如果和 *-T3** 同时使用, 输出网格值为平均约束值, 范围为 0 到 1。如果和 **-T2** 同时使用, 输出网格值为像素平均值或 NaN, 平均约束值 > 0.5 时, 为像素平均值, 平均约束值 < 0.5 时, 为 NaN。*navg* 的单位为像素 [默认值为 1, 表示不进行平均]。

-S[*scale*]

对输出的网格文件进行 *scale* 比例缩放, 以保证结果单位正确 [默认是 1.0]。对于目前的 img 文件: 海底

地形, 单位为米, 因此设置为 **-S**1 得到米; 自由空气重力异常, 单位为 mGal*10 , 因此设置为 **-S**0.1 得到 mGal ; 垂线偏差, 单位为 micro-radians*10 , 因此设置为 **-S**0.1 得到 micro-radians ; 垂直重力梯度, 单位为 Eotvos*10 , 因此设置为 **-S**0.1 得到 Eotvos 或者设置为 **-S**0.01 得到 mGal/km。如果不给定 *scale*, 则将通过文件名来自动确定。

-T*type*

type 处理约束信息的编码 (译注: 约束信息可理解为数据可靠性的一种衡量标准)。*type* = 0 表明没有约束信息编码到 img 文件 (1995 年前的重力场模型) 中, 并获取所有数据。*type* > 0 表明有约束信息编码到 img 文件 (1995 以后以及当前版本的 img 文件)。**-T1** 获取所有数据; **-T2** 获得约束点的数据值, 内插点的数值设置为 NaN ; **-T3** 约束点的数据值设置为 1, 内插点设置为 0 [默认值为 1]。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*maxlon*

指定输入 img 文件的最大经度 *maxlon*。从 1995 年开始, Sandwell 和 Smith 的模型的 *maxlon* = 360.0 , 但是某些早期的模型 *maxlon* = 390.0 [默认为 360.0]。

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][+**a**][+**b***BC*][+**c**][+**t***threshold*] *(more ···)*

设置网格文件的插值方式

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

地理坐标示例

如果需要输出地理坐标网格, 则不能使用 **-M** 选项。从 *grav_28.1.img* 文件中提取数据并转换为地理坐标:

```
gmt img2grd grav_28.1.img -Gmerc_grav.nc -R-40/40/-70/-30 -V
```

由于在 img 文件的墨卡托单位中, 纬度间隔是相等的, 转换为地理坐标时导致纬度间隔不相等, 因此最终提取的网格并不能严格匹配 **-R** 选项指定的纬度范围。使用 **-E** 选项可以精确的匹配 **-R** 指定的范围, 并且强制经度和纬度的间隔相同:

```
gmt img2grd grav_28.1.img -Gmerc_grav.nc -R-40/40/-70/-30 -E -V
```

墨卡托示例

数据处理示例

由于 img 格式为墨卡托投影，因此如果最终数据处理结果为墨卡托地图，不建议使用该模块提取地理坐标，而是直接使用墨卡托投影坐标处理。如果强行从 img 提取到地理坐标再转换为墨卡托投影会导致丢失短波信息。因此，最好使用 **-M** 选项并与所需的墨卡托投影设置一定的线性比例缩放（见 GMT 例 29）。从 *world_grav.img.7.2* 中提取 **-R**-40/40/-70/-30 范围内的数据:

```
gmt img2grd -M world_grav.img.7.2 -Gmerc_grav.nc -R-40/40/-70/-30 -V
```

注意到 **-V** 选项告诉用户区域范围被调整为 **-R**-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754 。如果在脚本编写中需要使用该范围，可以使用 **grdinfo -Ii**。此外，用户也可以从 **grdinfo** 的信息中看到，网格文件头部信息显示区域范围调整为 **-R**-40/40/-99.4333333333/-31.4666666667。该纬度范围为使用 **-Jm**1 和 **-R**-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754 经过球墨卡托投影的结果。使用 ship.lonlatgrav 对 merc_grav.nc 进行采样的代码为:

```
gmt set PROJ_ELLIPSOID Sphere

gmt mapproject -R-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754 -Jm1i -C ship.lonlatgrav | \
gmt grdtrack -Gmerc_grav.nc | \
gmt mapproject -R-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754 -Jm1i -I -C > ship.lonlatgravsat
```

如上述代码，建议对数据投影和重投影，而不是对 img 文件进行类似的操作。因为对数据处理只进行一次插值（即 grdtrack），对 img 文件操作会进行两次插值（分别在转换和重采样中）。

如果想从上面的墨卡托网格中提取地理坐标网格，可以使用:

```
gmt grdproject merc_grav.nc -R-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754 -Jm1i -I -D2m -Ggrav.nc
```

在某些情况下，上述操作中的两个坐标的范围不能很好的对齐。这种情况下，可以使用下面的代码:

```
gmt grd2xyz merc_grav.nc | \
gmt mapproject -R-40/40/-70.0004681551/-29.994581075 -Jm1i -I | \
gmt surface -R-40/40/-70/70 -I2m -Ggrav.nc
```

绘图示例

如果要获取上述区域的墨卡托地图，假定用户的 gmt.conf 中的 **PROJ_LENGTH_UNIT** 是 inch 。因为上面的 merc_grav.nc 是使用 **-Jm**1i 投影得到的，1 度对应地图 1 英寸，因此为 80 英寸宽。可以通过使用 **-Jx**0.1i 投影来制作 8 英寸宽的地图以在其他程序中应用（例如：grdcontour，grdimage，grdview），如果要叠加地理坐标图，可以使用上面的 **-R** 和 **-Jm**0.1 来使两个坐标系统匹配，避免导致移位。

除了上述的方法，还有更加方便的方法。注意到输入的 img 文件的像素宽为 2 分（可以通过 `grdinfo mercgrav.nc` 查看），merc_grav.nc 有 2400 x 2039 个像素。如果图的宽度为 8 英寸，每英寸中包含 300 个像素。但实际绘图中不需要这么高的分辨率，每英寸 100 个像素即可满足，因此可以把原始数据平均为 3 x 3 的像素。（如果想绘制等值线图的话，可能需要更多的平均保证等值线光滑，例如：6 x 6）由于 2039 不能被 3 整除，因此实际的 **-R** 会被调整:

```
gmt img2grd -M world_grav.img.7.2 -Gmerc_grav_2.nc -R-40/40/-70/-30 -N3 -V
```

调整以后的区域为 **-R**-40/40/-70.023256525/-29.9368261101 ，输出结果为 800 x 601 个像素。下面可以生成一个可以使用*grdgradient* 生成一个光照文件:

```
gmt grdgradient merc_grav_2.nc -Gillum.nc -A0/270 -Ne0.6
```

如果已经有一个 “grav.cpt” 文件, 可以使用下面的命令生成阴影图:

```
gmt begin
    gmt grdimage merc_grav_2.nc -Iillum.nc -Cgrav.cpt -Jx0.1i
    gmt basemap -R-40/40/-70.023256525/-29.9368261101 -Jm0.1i -Ba10
gmt end show
```

如果要从 img 文件中只获取地理坐标的约束数据值, 则需要同时使用 **-T**2 选项, 使用 grd2xyz 输出数据值, 通过管道和 “grep -v NaN“ 可以消除 NaN 值。

相关模块

gmt, img2google

18.72 inset

官方文档
: inset

简介
: 管理和设置图中图模式

inset 模块用于管理图中图模式。即在纸张上规划出一小片区域, 并限制接下来的绘制操作均只在该小区域内操作。

inset 模块包含两个命令:

- **inset begin** 用于设置图中图模式, 其定义了图中图区域的位置和大小
- **inset end** 用于结束图中图模式, 所有的操作都会回到原大图中。

在图中图中, 用户可以使用任意的投影方式和投影区域。若投影方式中底图宽度或比例用 ? 表示, 则会根据 **-D** 选项设置的小图尺寸自动确定小图的投影参数。

inset begin 语法

gmt inset begin -D*inset-box* [**-C**[*side*]*clearance*] [**-F***box*] [**-N**] [**-R***region*] [**-J***parameters*] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必须选项

-D*xmin/xmax/ymin/ymax*[**+r**][**+u***unit*]
: 类似于*-R* 选项, 通过指定大图中的一个矩形区域作为小图的绘图区域。

  - **+r**: 与*-R* 选项类似, 表明坐标为矩形区域的左下角和右上角坐标。
  - **+u***unit*: 与*-R* 选项类似, 表明此时的坐标为投影后坐标

-D[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**w***width*[/*height*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]
: 指定小图区域的尺寸和位置

  简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

  - **g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint* 指定地图上的参考点

  - **g***lon/lat* 指定数据坐标为参考点
  - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **n***xn/yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **x***x/y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
- +**j***justify* 指定小图区域的锚点
- +**o***dx/dy* 在参考点的基础上设置小图区域的额外偏移量
- +**w***width*[/*height*] 指定小图区域的宽度和高度。

可选选项

-F[+**c***clearances*][+**g***fill*][+**i**[[*gap*/]*pen*]][+**p**[*pen*]][+**r**[*radius*]][+**s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]]]

设置小图区域的背景面板属性。

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在小图周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见修饰物

- +**g***fill* 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- +**p***pen* 绘制面板边框。*pen* 为边框的画笔属性, 若不指定 *pen*, 则默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*
- +**r**[*radius*] 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- +**i**[[*gap*/]*pen*] 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*]
- +**c***clearance* 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap*/*ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap*/*rgap*/*bgap*/*tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- +**s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]] 设置面板背景阴影。*dx*/*dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p**/**-4p**/**gray50**]

-C*clearance*

小图区域内部的额外空白区域 [默认值没有空白]。其可以取三种形式:

- 一个值, 表示四个边的空白相同
- 两个用斜杠分隔的值, 分别设置水平和垂直方向的空白
- 四个用斜杠分隔的值, 分别设置左右下上四条边的空白

-N

不裁剪超过小图区域边界的部分。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

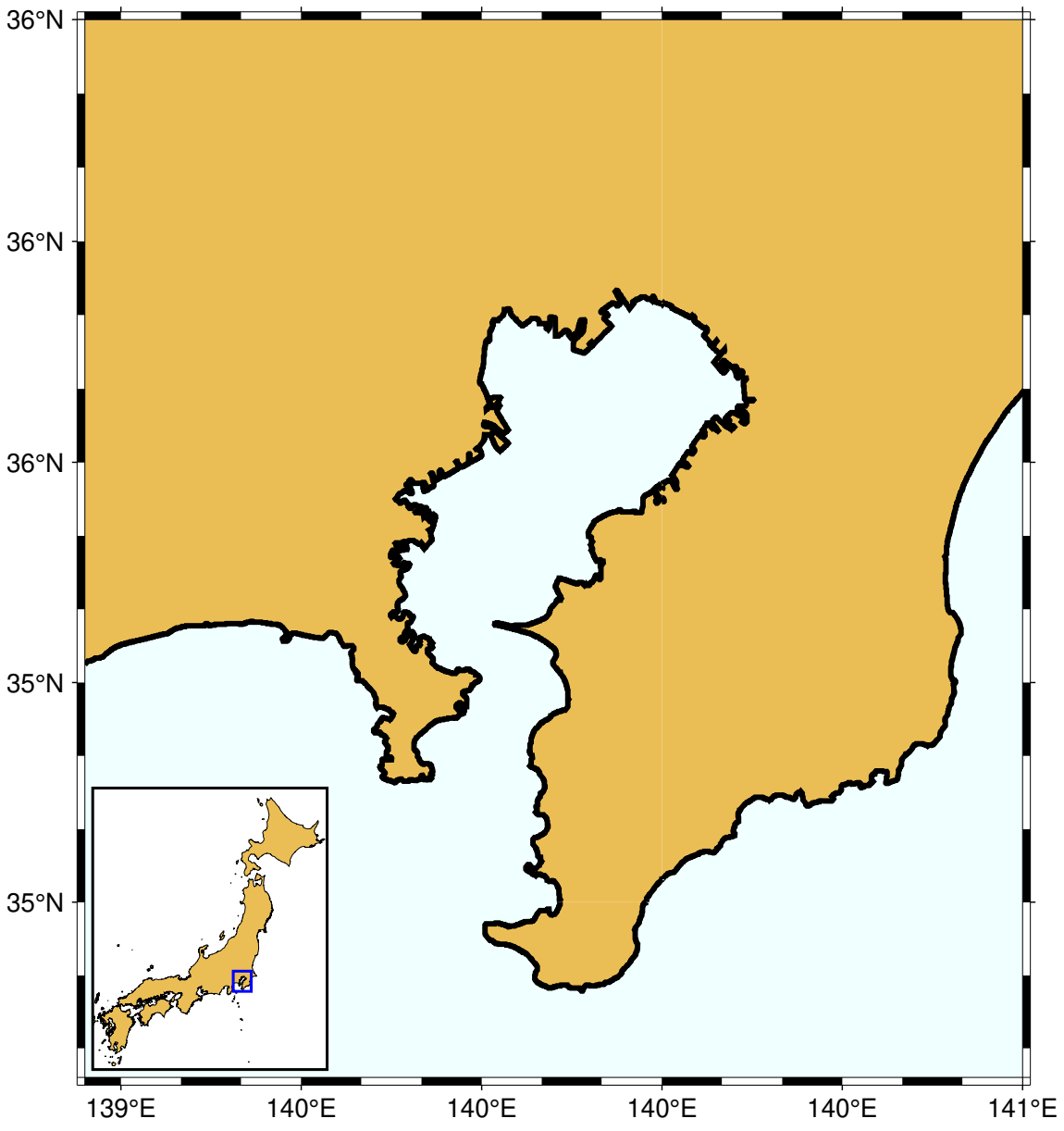
显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

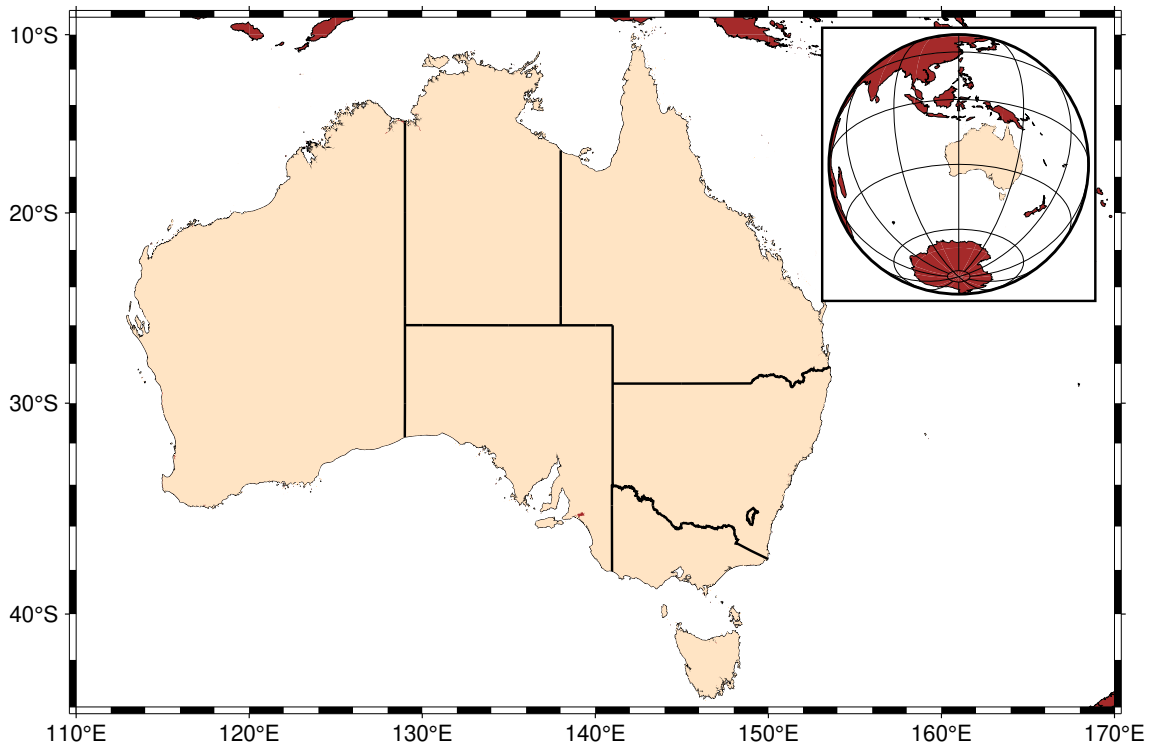
显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

示例

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin inset-map
    gmt coast -R139.2/140.5/34.8/36 -JM12c -Baf -BWSne -W2p -A1000 -Glightbrown -Sazure1 --FORMAT_GEO_MAP=dddF
    gmt inset begin -DjBL+w3c/3.6c+o0.1c -F+gwhite+p1p
        gmt coast -R129/146/30/46 -JM? -EJP+glightbrown+p0.2p -A10000
        # Plot a rectangle region using -Sr+s
        echo 139.2 34.8 140.5 36 | gmt plot -Sr+s -W1p,blue
    gmt inset end
gmt end show
```




```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin inset-example
    gmt coast -R110E/170E/44S/9S -JM6i -B -BWSne -Wfaint -N2/1p -Gbrown -EAU+gbisque
    gmt inset begin -DjTR+w1.5i+o0.15i/0.1i -F+gwhite+p1p+c0.1c
        gmt coast -JG120/30S/? -Rg -Bg -Wfaint -Gbrown -EAU+gbisque -A5000
    gmt inset end
gmt end show
```



相关模块

begin, *clear*, *docs*, *end*, *figure*, *subplot*

18.73 kml2gmt

官方文档

kml2gmt

简介

将 Google Earth 的 KML 文件转换为 GMT 表数据

kml2gmt 模块读取 Google Earth KML 文件，并输出 GMT 可识别的表数据。仅支持包含点、线或多边形的 KML 文件。

> **备注**
>
> KMZ 文件本质上是一个 ZIP 压缩包，其中包含了一个 KML 文件以及若干个辅助文件。可以将 KMZ 文件解压得到 KML 文件，再使用该模块进行转换。

语法

gmt kml2gmt [*kmlfiles*] [**-E**] [**-Fs**|**l**|**p**] [**-V**[*level*]] [**-Z**] [**-bo**binary] [**-do**nodata[+**c***col*]] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

kmlfiles

要转换的 KML 文件

可选选项

-E

从 *ExtendData* 属性中获取高程信息, 且忽略 *z* 坐标。

KML 提供了多种机制来通过 *ExtendData* 储存信息, 但 GMT 只实现了 *<SimpleData name=" string" >* 一种。该选项会自动启动 **-Z** 选项。

-Fs|l|p

指定要输出的特征类型。默认会输出 KML 中包含的所有点、线或多边形

- **-Fs** 只输出点
- **-Fl** 只输出线
- **-Fp** 只输出多边形

-Z

默认只输出经纬度信息, 若使用该选项, 则输出坐标的高程信息作为 GMT 的 Z 值

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-do*nodata* *(more ···)*

将输出数据中值为 NaN 列替换为 *nodata*

-:[**i**|**o**] *(more ···)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

从 KML 文件中提取所有经纬度信息:

```
gmt kml2gmt google.kml -V > google.txt
```

从一个 KML 文件中分别提取点和多边形到不同的文件:

```
gmt kml2gmt google.kml -Fp -V > polygons.txt
gmt kml2gmt google.kml -Fs -V > points.txt
```

也可直接用 GDAL 提供的命令 **ogr2ogr** 实现转换:

```
ogr2ogr -f "GMT" somefile.gmt somefile.kml
```

相关模块

img2google, *psconvert*, gmt2kml, *gmtspatial*

18.74 legend

官方文档
: legend

简介
: 在图上添加图例

legend 模块用于绘制图例, 图例由图例文件控制。如无特别说明, 标注的字体由*FONT_ANNOT_PRIMARY* 控制。若图例中含有中文, 必须将*FONT_ANNOT_PRIMARY* 设置为中文字体。

语法

gmt legend [*specfile*] **-D***refpoint* [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***dx*/*dy*] [**-F***box*] [**-J***parameters*] [**-R***region*] [**-S***scale*] [**-T***file*] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-p**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

必须选项

-D[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**w***width*[/*height*][+**j***justify*][+**l***spacing*][+**o***dx*[/*dy*]]
: 指定图例框的尺寸和位置

  简单介绍各子选项的含义, 详情见修饰物

  - **g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint* 指定地图上的参考点
    - **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点
    - **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
    - **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
    - **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位
  - +**j***justify* 指定图例框的锚点 (默认锚点在左下角 (BL))
  - +**o***dx*/*dy* 在参考点的基础上设置图例框的额外偏移量
  - +**w***width*[/*height*] 指定图例框的尺寸。若 *height* 为 0 或未指定, 则根据图例内容自动估算图例框高度。

- +l*spacing* 设置图例里的行间距 [默认值 1.1, 即当前字体大小的 1.1 倍]

该选项几个比较有用的用法是:

- 将图例放在左下角: **-DjBL+w4c+o0.2c/0.2c**
- 将图例放在左上角: **-DjTL+w4c+o0.2c/0.2c**
- 将图例放在右下角: **-DjBR+w4c+o0.2c/0.2c**
- 将图例放在右上角: **-DjTR+w4c+o0.2c/0.2c**

可选选项

-B*parameters* *(more ···)*

设置底图边框和轴属性。

-C*dx*/*dy*

设置图例边框与内部图例之间的空白 [默认值 4p/4p]

-F[**+c***clearances*][**+g***fill*][**+i**[[*gap*/]*pen*]][**+p**[*pen*]][**+r**[*radius*]][**+s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]]]

控制图例的背景面板属性

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则绘制图例框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见修饰物

- +g*fill* 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- +p*pen* 绘制面板边框。*pen* 为边框的画笔属性, 若不指定 *pen*, 则默认使用*MAP_DEFAULT_PEN*
- +r[*radius*] 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- +i[[*gap*/]*pen*] 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用*MAP_DEFAULT_PEN*]
- +c*clearance* 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap*/*ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap*/*rgap*/*bgap*/*tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- +s[[*dx*/*dy*/][*shade*]] 设置面板背景阴影。*dx*/*dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p/-4p/gray50**]

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S*scale*

对图例中的所有符号大小乘以 *scale* [默认值为 1]

-T*file*

将隐藏的图例文件输出到文件中 [仅适用于现代模式]

现代模式下, 某些模块 (如*plot*) 可以使用 **-l** 选项自动编辑一个隐藏的图例文件。在最终成图时, 会根据这一图例文件绘制图例。该选项可将该隐藏图例文件的内容保存到新文件中, 使得用户可以在自动图例文件的基础上做进一步自定义。

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more …)*
在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more …)*
设置 verbose 等级 [**w**]

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more …)*
移动绘图原点

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more …)*
设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more …)*
设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-^ 或 **-**
显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*
临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

图例文件格式

图例文件用于控制图例中各项的布局。图例文件中的每个记录对应图例中的一项, 图例中每项的顺序由记录的先后顺序决定。每个记录的第一个字符决定了当前记录的图例类型。GMT 中共有 14 种图例类型, 列举如下:

comment
以 # 开头的行或空行是注释行, 会被跳过

A *cptname*
指定 CPT 文件, 使得某些记录可以通过指定 Z 值来设定颜色, 可以多次使用该记录以指定不同的 CPT 文件

B *cptname offset height* [*optional arguments*]
绘制水平 colorbar

- *offset* 是 colorbar 相对于图例框左边界的距离
- *height* 是 colorbar 高度, 其后可以加上子选项 [+**e**[**b**|**f**][*length*]][+**h**][+**m**[**a**|**c**|**l**|**u**]][+**n**[*txt*]]
- *optional arguments* 为*colorbar* 模块的其它选项, 如 **-B -I -L -M -N -S -Z -p**

C *textcolor*
接下来的文本所使用的颜色

可以直接指定颜色, 也可以用 z=*val* 指定 Z 值, 以从 CPT 文件中查找相应的颜色 (CPT 文件由 **A** 记录指定)。若 *textcolor* 为 **-**, 则使用默认颜色。

D [*offset*] *pen* [-|+|=]
绘制一条水平线

- *offset* 为线条左右顶端与图例边框的空白距离 [默认为 0]

- *pen* 为线条的画笔属性。若未指定 *pen*, 则使用*MAP_GRID_PEN_PRIMARY*。若 *pen* 设置为 **-**, 则绘制一条不可见的线 (供 **V** 记录使用)
- 默认情况下, 线条上下各留出四分之一的行间距, **-**|**+**|**=** 分别表示线条上方无空白、线条下方无空白和线条上下均无空白。

F *fill1 fill2 ···filln*

指定单元的填充色。

可以直接指定颜色, 也可使用 z=*value* 形式指定从 CPT 文件 (由 **A** 记录指定) 中查找颜色。若只给定了一个 *fill*, 则整行都使用相同的填充色, 否则依次为当前行的每列应用不同的 *fill* (列数由 **N** 记录控制)。若 *fill* 为 **-**, 则不填充。

G *gap*

给定一个垂直空白

空白的高度由 *gap* 决定, *gap* 可以用 **i**|**c**|**p** 单位, 也可以用 **l** 作为单位表示几倍行距的空白, *gap* 也可以取负值, 表示将当前行上移。

H *font*|**-** *header*

为图例指定一个居中的标题。

header 为标题, *font* 为文字属性。若字体为 **-** 则使用默认字体*FONT_TITLE*。

I *imagefile width justification*

将 EPS 或光栅文件放在图例中

width 为图片宽度; *justification* 为图片的对齐方式。

L *font*|**-** *justification label*

在某一列增加指定的文字

label 为显示的文本, *font* 为字体。若 *font* 为 **-** 则使用默认字体*FONT_LABEL*。*justification* 为对齐方式, 可以取 **L**|**C**|**R**, 分别表示左对齐、居中对齐和右对齐

M *slon*|**-** *slat length*[**+f**][**+l**[*label*]][**+u**] [**-F***param*] [**-R***w/e/s/n* **-J***param*]

在图例中绘制比例尺。

slon 和 *slat* 用于指定绘制哪一点的比例尺。*slon* 仅对特定的倾斜投影有效。对于一般投影, 应设置为 **-**。

length 为比例尺长度, 其后可以接长度单位, 以及多个子选项。子选项的具体含义见*basemap* 模块的 **-L** 选项。

若想要为比例尺加上背景面板, 则可以使用*basemap* 的 **-F** 选项。此外, 还可以加上 **-R** 和 **-J** 指定比例尺所使用的投影参数。

N [*ncolumns* or *relwidth1 relwidth2 ···relwidthn*]

修改图例中的列数 [默认为 1 列]

该记录仅对 **S** 和 **L** 记录有效。该记录指定的列数会一直有效直到再次使用 **N** 记录。*ncolumns* 用于指定若干个等宽的列, *relwidth1 relwidth2 ···relwidthn* 用于指定每列所占的相对宽度, 所有宽度的和应等于 **-D** 选项所设置的宽度相等。

P *paragraph-mode-header-for-pstext*

在图例中添加文本段落, 参考*text* 命令中的段落模式

S [*dx1 symbol size fill pen* [*dx2 text*]]

在图例中绘制符号或线段

- *dx1* 符号中心与左边框的距离。若为 **-** 则自动设置为最大的符号大小的一半。*dx1* 除了可以指定距离, 还可以使用 **L**|**C**|**R** 表示符号在当前列的对齐方式

- *symbol* 指定要绘制的符号类型, 见*plot* 命令的 **-S** 选项。*symbol* 为 **-** 表示绘制线段
- *size* 符号大小
- *fill* 符号的填充色。使用 **-** 表示不填充。*fill* 也可以用 z=*val* 的形式从 CPT 文件中根据 Z 值查找颜色
- *pen* 对于符号设置其轮廓属性, 对于线段设置其画笔属性。使用 **-** 表示不绘制轮廓
- *dx2* 是 *text* 与左边框的距离。使用 **-** 则自动设置为最大符号大小的 1.5 倍
- *text* 是符号的文字说明, 字体由*FONT_ANNOT_PRIMARY* 控制

若只有 **S** 而不接其它任何信息, 则直接跳至下一列。若 *symbol* 取 **f q** 或 **v**, 可以在符号后加上更多的子选项, 详情见*plot* 模块 **-S** 选项。某些符号 (例如矩形、椭圆等) 需要指定多个 *size*, 应将多个 *size* 用逗号分隔作为 *size* 即可。如果只给了一个 *size*, 则其余 *size* 由 GMT 默认值决定。

T *paragraph-text*

打印一段文本, 字体由*FONT_ANNOT_PRIMARY* 控制

V [*offset*] *pen*

V 使用画笔属性 *pen* 在列之间 (如果有多个列) 绘制一条垂直线。偏移量 *offset* 类似于 **D** 的偏移量, 但方向是垂直的 [默认为 0]。第一次使用 **V** 时, 会记住最后一条 **D** 线的垂直位置; 第二次使用 **V** 时, 会从之前的位置绘制到最近一次 **D** 线的位置。因此, **D** 必须用来标记垂直线的起点和终点 (因此 **V** 必须紧跟 **D**, 也就是说它们都必须使用两次, 成对出现)。如果不需要绘制水平线, 只需为 **D** 提供 "-" 作为画笔即可。

默认值

对于如下符号, 若用户不显式指定属性, 绘制图例时使用如下默认值:

- front 符号 **f**: front 符号位于左侧, 其大小为指定符号大小的 30%
- 矢量符号 **v**: 箭头大小为符号大小的 30%
- 椭圆符号 **e|E**: 主轴长度为符号大小, 次轴长度是符号大小的 65%, 方位角为 0
- 矩形符号 **r**: 宽度为符号大小, 高度为宽度的 65%
- 旋转矩形符号 **j|J**: 宽度为符号大小, 高度为宽度的 65%, 旋转角度为 30 度
- 圆角矩形符号 **R**: 宽度为符号大小, 高度为宽度的 65%, 角半径为宽度的 10%
- 数学圆弧符号 **m|M**: 角度在-10°-45°, 箭头大小为符号大小的 30%
- 楔形符号 **w**: 角度为-30° 到 30°

示例

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin legend
gmt makecpt -Cpanoply -T-8/8/1 -H > tt.cpt
gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 12p
gmt legend -R0/10/0/10 -JM6i -Dx0.5i/0.5i+w5i+jBL+l1.2 -C0.1i/0.1i -F+p+gazure1+r -B5f1 << EOF
# Legend test for gmt pslegend
# G is vertical gap, V is vertical line, N sets # of columns, D draws horizontal line,
# H is ps=legend.ps
#
G -0.1i
H 24p,Times-Roman My Map Legend
D 0.2i 1p
N 2
V 0 1p
S 0.1i c 0.15i p300/12 0.25p 0.3i This circle is hachured
S 0.1i e 0.15i yellow 0.25p 0.3i This ellipse is yellow
S 0.1i w 0.15i green 0.25p 0.3i This wedge is green
S 0.1i f 0.25i blue 0.25p 0.3i This is a fault
```

(续下页)

(接上页)

```
S 0.1i - 0.15i - 0.25p,- 0.3i A contour
S 0.1i v 0.25i magenta 0.5p 0.3i This is a vector
S 0.1i i 0.15i cyan 0.25p 0.3i This triangle is boring
D 0.2i 1p
V 0 1p
N 1
M 5 5 600+u+f
G 0.05i
I @SOEST_block4.png 3i CT
G 0.05i
B tt.cpt 0.2i 0.2i -B0
G 0.05i
L 9p,Times-Roman R Smith et al., @%5%J. Geophys. Res., 99@%%, 2000
G 0.1i
T Let us just try some simple text that can go on a few lines.
T There is no easy way to predetermine how many lines may be required
T so we may have to adjust the height to get the right size box.
EOF
rm -f tt.cpt
gmt end show
```

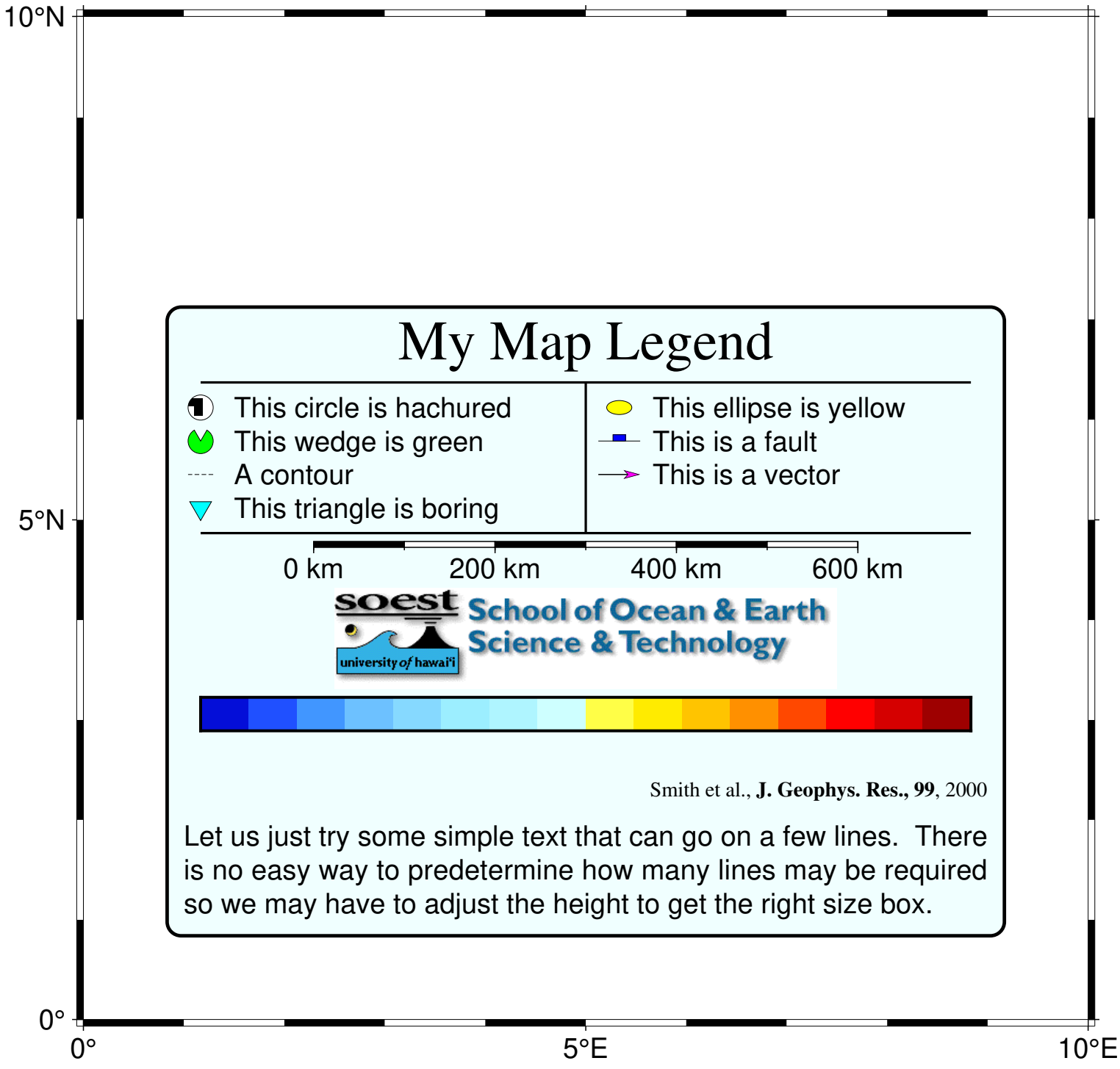


图 5: legend 示例图 1

相关模块

gmtlogo, *basemap*, *text*, *plot*

18.75 makecpt

贡献者

周茂, 田冬冬, 陈箫翰, Liming Li

最近更新日期

2023-11-07

官方文档

makecpt

简介

制作 GMT CPT 文件

在经典模式中, CPT 文件的内容会输出到屏幕标准输出中。而在现代模式中, 该命令不会生成显式的 CPT 文件, 而是隐式地将其自动设置为后续命令的默认 CPT 文件。因此无法使用经典的 `gmt makecpt xxx > cpt` 方式生成 CPT 文件。如果需要在现代模式中生成 CPT 文件, 则可以使用 **-H** 选项: `gmt makecpt xxx -H > cpt` 。关于经典模式和现代模式的语法区别, 建议阅读经典模式 → 现代模式 章节。

该命令基于主 CPT 创建用户所需的 CPT, 获得的 CPT 可以是离散或连续的, 颜色也可相对主 CPT 反转。如果需使用 GMT 之外的 CPT 作为主 CPT, 可在 cpt-city 中查询。

-T 选项所指定的 z 值范围以外的数值, 分别使用 3 种颜色来表示, 分别为:

- 背景色 (B, background color), 表示低于最小 z 值时所对应的颜色
- 前景色 (F, foreground color), 表示高于最大 z 值时所对应的颜色
- 以及 NaN 值颜色 (N), 表示 z 值被定义为 NaN 时对应的颜色, 即 z 值未定义的情况

默认情况下, 这三种颜色会沿用 **-C** 选项所指定的主 CPT 文件的设置, 但也可以使用 **-D** 、**-M** 以及 **-N** 选项修改。或者使用*gmtset* 命令对*COLOR_BACKGROUND*、*COLOR_FOREGROUND* 与*COLOR_NAN* 进行自定义修改。需注意, 选项总会覆盖自定义参数值。

颜色模式 (RGB, HSV, CMYK) 会沿用 **-C** 选项所指定的主 CPT 文件的设置。或者使用*gmtset* 命令对*COLOR_MODEL* 进行自定义修改。

语法

gmt makecpt [**-A***transparency*[**+a**]] [**-C***cpt*] [**-D**[**i**|**o**]] [**-E**[*nlevels*]] [**-F**[**R**|**r**|**h**|**c**|**x**][**+c**[*label*]][**+k***keys*]] [**-G***zlo*/*zhi*] [**-H**] [**-I**[**c**][**z**]] [**-M**] [**-N**] [**-Q**] [**-S***mode*] [**-T**[*min*/*max*/*inc*[**+b**|**i**|**l**|**n**]|*file*|*list*]] [**-V**[*level*]] [**-W**[**w**]] [**-Z**] [**-bi**binary] [**-di**nodata[**+c***col*]] [**-h**headers] [**-i**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

无。

可选选项

-A*transparency*[**+a**]

设置透明度, *transparency* 的取值范围是 0 到 100。加上 **+a** 则将该透明度同时应用于前景色、背景色和 NaN 颜色 [默认不透明, 即 *transparency* 为 0]。

-C[[*section*/] *master_cpt*[**+h**[*hinge*]][**+u**|**U***unit*]|*local_cpt*|*color1*,*color2*[,*color3*,…]]

输入主 CPT 文件名。一般情况下, 输入文件为 GMT 内置 CPT (请见内置 *CPT*) 之一, 可通过 *master_cpt* 或 *section*/*master_cpt* 的形式指定, 但不能带有 **.cpt** 后缀。如果主 CPT 中存在软铰链 (soft-hinge), 则可使用 **+h** 激活铰链, 其铰链值为 0。如果 CPT 中存在硬铰链 (hard-hinge), 则使用 **+h**[*hinge*] 激活铰链, 并可修改铰链值为 *hinge* 。对于不存在铰链的内置 CPT, 用户可使用 **+U***unit* 将 z 值从其他单位转换为米, 或使用 **+u***unit* 将米转换为其他单位, *unit* 可以从 **e**|**f**|**k**|**M**|**n**|**u** 中取值, 详见单位。

主 CPT 也可以为用户自己的 CPT 文件, 这时, CPT 必须带有 **.cpt** 后缀。

此外, 除设置主 CPT 文件名外, 也可指定一个颜色序列 *color1*,*color2*[,*color3*,…] 创建线性连续 CPT, 其中 *z* 值从 0 开始, 每种颜色递增 1。这种情况下, *color***n** 可以为 r/g/b 三元数 (见颜色) 或者 HTML 16 进制颜色 (例如, #aabbcc)。

-D[**i**|**o**]

将背景色和前景色分别设置为 CPT 文件中最小值和最大值对应的颜色，**i** 和 **o** 分别表示使用输出 CPT 或者输入 CPT [默认为 **-D** 或 **-Do**，即输出 CPT 的背景色和前景色]。不设置本项时，GMT 默认使用主 CPT 文件规定的背景色与前景色，或是采用配置参数*COLOR_BACKGROUND*、*COLOR_FOREGROUND* 与*COLOR_NAN* 的设置。

-E[*nlevels*]

从命令行或者标准输入中读取表数据文件，使用最后一列决定数据的范围，*nlevels* 表示生成的 CPT 文件会被重采样为 *nlevels* 个等间距的切片，上述两者即等同于 **-T** 选项作用。使用 **-i** 选项可选择其他列决定数据范围，二进制文件则需同时使用 **-bi** 。如果不给定 *nlevels* 参数，则默认其等于主 CPT 中切片数。

-F[**R**|**r**|**h**|**c**|**x**][+**c**[*label*]][+**k***keys*]

- **-FR** ，输出的 CPT 以 r/g/b 灰度值，或名称指定颜色 [默认]；
- **-Fr** ，输出的 CPT 以 r/g/b 方式指定颜色；
- **-Fh** ，输出的 CPT 以 h-s-v 方式指定颜色；
- **-Fc** ，输出的 CPT 以 c/m/y/k 方式指定颜色；

附加 +**c** 以分类格式输出离散型 CPT。如果追加 *label* ，则在绘制 CPT 时，每个分类均创建标签。标签的格式可以是逗号分隔的列表（中间可通过不指定名称来跳过类别），也可以通过 *start*[-] 来指定以 *start* 为首，依次递增的标签。追加 **-** 则表示标签的范围为 *start* 到 *start+1*。注意，存在以下特殊情况：

- 如果使用 +**cM** 且类别数为 12，则 GMT 会自动创建月份名称列表
- 如果使用 +**cD** 且类别数为 7，则创建一周内每天名称列表

上述两种情况，标签的格式受*FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP*，*GMT_LANGUAGE* 和*TIME_WEEK_START* 参数影响。

附加 +**k***keys* 选项表示使用字符而不是数字设置分类 CPT 的键值。*keys* 可以是一个文件，其中包含键值列表；*keys* 也可以是单个字符，例如：D，则键值列表为 D、E、F…。如果是逗号分隔的键值列表，则应使用 **-T** 选项，而不是该选项。

-G*zlo*/*zhi*

截断主 CPT 文件，将主 CPT 的最小和最大 z 值分别限制为 *zlo* 与 *zhi*。上述两值若设置为 NaN，则仍旧使用原本的最值。截断的操作发生在重采样之前。译注：该选项通常用于地形、深度等具有实际意义的 CPT。

-H

仅限现代模式。默认情况下是将 CPT 保存为隐藏的当前 CPT，加上该选项会显式地将 CPT 写入标准输出。在写制作动画的脚本时，需要传递显式命名的 CPT 文件，因此需要使用本功能。建议阅读经典模式 → 现代模式 。

-I[**c**][**z**]

- **-Ic** 选项翻转颜色的顺序，包括前景色和背景色以及*COLOR_BACKGROUND* 和*COLOR_FOREGROUND* 参数设置的前景色和背景色 [默认]。详细用法和说明见制作 *CPT* 。
- **-Iz** 选项翻转 CPT 的 *z* 值（不包括前景色、背景色）。该操作发生于 **-G** 和 **-T** 选项之前，因此使用上述两选项时，需先考虑 **-Iz** 操作后的 *z* 值的实际范围。

-M

使用 gmt.conf 文件或者命令行中设置的*COLOR_BACKGROUND* , *COLOR_FOREGROUND* 和*COLOR_NAN* 覆盖 CPT 中的前景色、背景色和 NaN 值的颜色。如果和 **-D** 同时使用, 则前景色和背景色均被 **-D** 覆盖。

-N

不在生成的 CPT 中写入前景色, 背景色和 NaN 值的颜色 [默认写入]。

-Q

-T 选项输入为对数值 log10(z) 时, 通过对数值分配颜色, 但是输出结果仍为原值 *z*。

-S*mode*

从命令行或者标准输入中读取表数据文件, 使用 **-i** 选项可调整输入列, 从该文件中确定适合 **-T** 选项的范围。下述选项给出确定范围的类型:

- **-Sr** 使用 min/max 作为范围
- **-S***inc*[**+d**] 使用 min/max 作为范围, 但四舍五入到最近的 *inc*, 以 *inc* 为间隔, 追加 **+d** 生成离散 CPT
- **-Sa***scl* 以平均值为对称中心, *scl* * *sigma* 为单边宽度生成范围
- **-Sm***scl* 以中值为对称中心, *scl* * *sigma* 为单边宽度生成范围
- **-Sp***scl* 以众数 (通过 Least Median of squares 获取) 为对称中心, *scl* * *LMS_scale* 为单边宽度生成范围
- **-Sq***low/high* 设置低分位数和高分位数为范围 (百分比格式)

-T[*min*/*max*/*inc*[**+b**|**i**|**l**|**n**]|*file*|*list*]

定义要生成的 CPT 文件的 z 值范围及 z 值间隔。该选项可有如下几种形式:

- 若使用了 **-C** 选项且 *inc* 未指定, 则 z 值间隔的数目与输入的主 CPT 文件相同
- 若 *inc* 后有 **+n** , 则将 *inc* 解释为 z 值间隔的数目而不是 z 值间隔
- 使用一个文件给定数值列表
- 使用一个数值列表

详见生成一维数组 。

-W[**w**]

不对输入主 CPT 内插, 而是从 CPT 的开始选取输出颜色, 直到所有区间的颜色都被分配完。这在与分类 CPT 同时使用时非常有用。使用 **-Ww** 可生成一个无限重复范围的循环 CPT。

-Z

生成连续 CPT 文件。默认生成不连续 CPT 文件, 即每个 Z 值切片内为同一颜色。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more …)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-h[**i**|**o**][*n*][**+c**][**+d**][**+m***segheader*][**+r***remark*][**+t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

生成一维数组

下面将展示如何使用*gmtmath* 生成一维数组 (其中大部分操作也可通过 linux 中的 seq 命令方便地实现)

不使用任何子选项

以 0.1 为步长, 生成 3.1 到 4.2 等等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.1/4.2/0.1 T =
3.1
3.2
...
4.2
```

+a 选项

该选项不对生成的数列进行运算操作, 而是将该数列以列的形式追加到输出表数据, 类似 linux 中的 paste 命令。

+b 选项

以 3 和 20 分别为起点和终点, 创建一个 2 的整数幂的列表, 将生成的整数幂以 1 为步长取值 **-T**3/20/1+**b**

```
gmt math -o0 -T3/20/1+b T =
4
8
16
```

+l 选项

以 7 和 135 分别为起点和终点, 先创建一个 10 的整数幂的列表, 当 *inc* 为 1 时, 输出该列表; 当 *inc* 为 2 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, 5 倍值 (不包括超出原始数据范围的部分); 当 *inc* 为 3 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, …, 9 倍值 (同样不包括超出原始数据范围的部分)。**-T**7/135/2+**l** 将会生成如下数列

```
gmt math -o0 -T7/135/2+l T =
10
20
50
100
```

inc 为负整数时, 将实现如下效果

```
gmt math -o0 -T1e-4/1e4/-2+l T =
0.0001
0.01
1
100
10000
```

+i 选项

该选项将以 1 作为默认步长, 第三个数字做为每步长中的数字个数 *length*。假设需要在 1 分钟内每 24 秒生成一帧

```
gmt math -o0 -T0/60/24+i T =
0
0.0416666666667
0.0833333333333
0.125
0.166666666667
...
60
```

+n 选项

生成固定长度的数列。以 3.44 和 7.82 为起点和终点, 生成长度为 5 的等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.44/7.82/5+n T =
3.44
4.535
5.63
6.725
7.82
```

-T 后直接加文件或逗号分隔的数列

-T 后可以直接加文件, 文件中即为要生成的列表; 另外, 可以直接使用逗号分隔, 将列表附加到 **-T** 选项后, 如下为 Fibonacci 数列前 6 项

```
gmt math -o0 -T0,1,1,2,3,5 T =
0
1
1
2
3
5
```

注: 如果数列只包含一个值, 必须在其后加逗号以表明仍是一个数列

+u 选项

如果文件或者逗号分隔的数列中有重复数字或未排序, 可以使用 **+u** 选项去重并排序。

+t 选项

生成绝对时间序列。在 *inc* 后分别添加 **y** , **o** , **d** , **h** , **m** 和 **s** 表示时间步长的单位为年, 月, 日, 时, 分, 秒。在其后附加 **+t** 选项, 可以进一步强调生成时间序列, 也可以不加

```
gmt math -o0 -T2020-03-01T/2020-03-07T/1d T =
2020-03-01T00:00:00
2020-03-02T00:00:00
```

(续下页)

(接上页)

```
2020-03-03T00:00:00
2020-03-04T00:00:00
2020-03-05T00:00:00
2020-03-06T00:00:00
2020-03-07T00:00:00
```

生成距离序列

如果输入文件中包含两列以上的数据, 可以使用前两列计算距离, 并生成等距序列。在 *inc* 后分别添加 **d**, **m**, **s**, **e**, **f**, **M**, **n** 和 **u** 表示距离步长的单位为度, 分, 秒, 米, 英尺, 公里, 英里, 海里, 英尺。如果为笛卡尔坐标, 使用 c 作为距离步长单位。

+e 选项

如果只给定 *inc* 而从数据中获取最大值和最小值, 则 (*max* - *min*)/*inc* 可能不是整数, GMT 讲会自动对 *inc* 进行一定的调整。如果不想调整 *inc* , 则可以使用 **+e** 选项, GMT 会固定最小值, 适当调整最大值。

颜色铰链

某些 GMT 动态 CPT 是两个独立的 CPT 合成的, 合成位置称为铰链值。铰链两侧的颜色通常会有较大的变化, 用于两个不同的方面 (例如, 陆地和海洋的高程和深度)。一般情况下, 颜色的动态变化不受铰链的影响, 将整个颜色范围拉伸得到最终的 CPT。但激活铰链值时, CPT 铰链两侧的部分将分别拉伸到所需的范围。铰链分为硬铰链和软铰链, 铰链必须通过在 CPT 后追加 **+h**[*hinge*] 激活。如果设定的拉伸范围不包括铰链值, 则只在 CPT 中选取与范围相关的一半重新采样颜色。

离散 CPT 和连续 CPT

所有的 CPT 都可以拉伸, 但只建议使用连续 CPT 在 **-T** 指定的新节点上采样, 如果使用离散 CPT 采样, 则会警告, 但仍可使用。GMT 这样做的原因是防止重采样原始 CPT 导致混叠。

示例

以 polar CPT 为主 CPT, 创建一个范围为 -200 到 200, 间距为 25 的离散 CPT

```
gmt makecpt -Cpolar -T-200/200/25 > colors.cpt
```

使用默认的 turbo CPT 为主 CPT, 创建一个范围为 -2 到 6 的等距 CPT

```
gmt makecpt -T-2/6 > colors.cpt
```

在 gebco 的基础上, 创建一个适用于 v3206_06.txt 数据文件的 CPT, 颜色区间个数为 24 个

```
gmt makecpt -Cgebco @v3206_06.txt -E24 > my_depths.cpt
```

创建一个震源深度 CPT 文件, 红色表示深度为 0-100 km, 绿色表示 100-300 km, 蓝色表示 300-1000 km

```
gmt makecpt -Cred,green,blue -T0,80,300,1000 -N > seis.cpt
```

创建一个连续 CPT, 从 3-10 变化时, 颜色从白色过度到蓝色

```
gmt makecpt -Cwhite,blue -T3/10 > cold.cpt
```

创建一个 0-500 范围的循环 CPT, 如果值范围超过 500 或小于 0, 则使用循环后的值, 而不是 NaN 对应的颜

色

```
gmt makecpt -Cjet -T0/500 -Ww > wrapped.cpt
```

创建一个拥有三个类别的分类 CPT, 并指定类别名

```
gmt makecpt -Ccubhelix -T0/2/1 -F+cClouds,Trees,Water > cat.cpt
```

创建一个拥有 10 个类别的分类 CPT, 类别名从 A、B、C 等开始编号

```
gmt makecpt -Cjet -T0/10/1 -F+cA
```

使用字符串键值创建一个分类 CPT

```
gmt makecpt -Ccategorical -Twood,water,gold
```

相关模块

grd2cpt

18.76 mapproject

贡献者

@cugliming, 周茂

最近更新日期

2022-12-05

官方文档

mapproject

简介

地图投影的正反变换、数据转换以及大地测量计算

mapproject 可完成如下计算功能:

1. 地图投影, 读取经纬度数据, 并使用指定的地图投影和比例尺计算投影坐标 (x,y)
2. 地图投影逆变换, 读取 (x,y), 计算经纬度; 此功能可以将已知投影类型的地图数字化, 再将其变换为地理坐标
3. 坐标反算/大地主题反算, 计算沿轨点列之间的距离与方位角, 或到固定点的距离和方位角
4. 计算点到最近线段的距离
5. 基准转换, 用于将某基准/椭球下的坐标转换为另一基准/椭球
6. 不同纬度之间的转换, 包括大地纬度、地心纬度等
7. 大地坐标与空间直角坐标的转换
8. 确定地图范围/绘图范围

语法

gmt mapproject [*table*] **-J***parameters* **-R***region* [**-Ab**|**B**|**f**|**F**|**o**|**O**[*lon0/lat0*][**+v**]] [**-C**[*dx/dy*][**+m**]] [**-Dc**|**i**|**p**] [**-E**[*datum*]] [**-F**[**e**|**f**|**k**|**M**|**n**|**u**|**c**|**i**|**p**]] [**-G**[*lon0/lat0*][**+a**][**+i**][**+u***unit*][**+v**]] [**-I**] [**-L***table*[**+p**][**+u***unit*]] [**-N**[**a**|**c**|**g**|**m**]] [**-Q**[**d**|**e**]] [**-S**] [**-T**[**h**]*from*[/*to*]] [**-V**[*level*]] [**-W**[**e**|**E**|**g**|**h**|**j**|**n**|**o**|**O**|**r**|**R**|**w**|**x**][**+n**[*nx*[/*ny*]]]] [**-Z**[*speed*][**+a**][**+i**][**+f**][**+t***epoch*]] [**-b**binary] [**-d**nodata[**+c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-j**flags] [**-o**flags] [**-p**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必须选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-R*xmin/xmax/ymin/ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

UTM 投影比较特殊: 如果使用 **-C** 选项且未指定 **-R** 范围, 则将区域设置为给定的 UTM 区域, 以保留完整的椭球解

可选选项

-Ab|**B**|**f**|**F**|**o**|**O**[*lon0/lat0*][**+v**]

计算沿着某轨迹, 或到某固定点 (lon0/lat0) 的方位角。

- **-Af** 计算每个数据点的 (前向) 方位角
- **-Ab** 计算数据点到固定点的反方位角
- **-Ao** 可获得 (-90/90) 方向, 而非方位角 (0/360)

大写的 **F**, **B**, **O**, 表示从大地纬度转换为地心纬度, 然后再计算方位角 (假设当前的椭球体不是球体)。如果没有给出固定点, 则从上一个点开始计算方位角 (或反方位角)。或者, 通过输入文件中的 3-4 列, 利用 **+v** 选项以获得可变的第二个点 (lon0/lat0)。有关 **-A** 如何影响输出记录, 请参见 。如果指定了 **-R** 和 **-J** 选项, 则先进行投影, 然后再计算投影后笛卡尔坐标下的方位角。

-C[*dx/dy*][**+m**]

将投影坐标的中心设置为地图投影中心 [默认为左下角]。也可以通过指定 *dx/dy* 来设置投影中心在东方向和北方向的偏移量, 投影结果将加上该偏移量, 详见示例 中的高斯投影和 UTM 投影; 如果和 **-I** 选项同时使用, 则先减去该偏移量, 然后再进行逆投影变换。偏移量的单位是有效的绘图距离单位 (请参阅*PROJ_LENGTH_UNIT*), 但如果指定了 **-F** 选项, 则偏移量单位为米。对于 Mercator 投影, 追加 **+m** 选项可设置投影坐标的原点与标准纬线重合 [默认为赤道]。

-Dc|**i**|**p**

临时覆盖*PROJ_LENGTH_UNIT*, 并改用 **c** (cm), **i** (inch) 或 **p** (points) 为单位。该选项不能与 **-F** 一起使用。

-E[*datum*]

将大地坐标 (lon,lat,height) 转换为以地球为中心的地球固定坐标 (ECEF) (x,y,z), 使用 **-I** 选项可实现逆向转换。追加基准的 ID *datum* (见 **-Qd** 选项) 或者通过 *ellipsoid*:*dx*,*dy*,*dz* 可指定基准, 其中 *ellipsoid* 为椭球名称 (见 **-Qe**)。*ellipsoid* 除可用 **-Qe** 列出的椭球外, 还可使用 *a*[,*inv_f*] 的形式通过给定椭球长半

轴和扁率的倒数来指定椭球, 其中扁率的倒数默认为 0。不指定基准时, 默认使用 WGS-84。

-F[**e**|**f**|**k**|**M**|**n**|**u**|**c**|**i**|**p**]

强制使用 1:1 比例尺, 即输出数据 (或输入, 参见 **-I**) 为真实投影下的米数。如果要指定其他单位, 请附加所需的单位 (请参阅单位)。如果没有 **-F** , 则输出 (或输入, 请参见 **-I**) 使用*PROJ_LENGTH_UNIT* 指定的单位 (参见 **-D**)。

-G[*lon0/lat0*][**+a**][**+i**][**+u***unit*][**+v**]

计算沿某轨迹的距离, 或到某固定点 *lon0/lat0* 的距离。在距离后可通过 **+u** 指定单位及距离计算方式, 参见单位 , 默认使用大圆距离。例如, 其中 *unit* 也可使用如下字符, **c** 表示使用输入坐标的笛卡尔距离, **C** 表示使用投影坐标的笛卡尔距离, **C** 需要设置 **-R** 和 **-J** 。如果没有给出固定点, 将计算沿输入点定义的轨迹的累积距离, 指定 **+a** 也表示计算累积距离; 附加 **+i** 可获取连续点之间的增量距离。或者同时使用 **+a** 和 **+i**, 以同时获得累积距离及增量距离。若指定 **+v**, 则通过输入文件中的 3-4 列, 以获得可变的第二个点 *lon0/lat0* 。关于 **-G** 如何影响输出记录的信息, 参见

-I

进行逆变换, 例如: 从 (x,y) 数据获取经纬度。

-L*table*[**+p**][**+u***unit*|*c*|*C*]

获取输入点到 *table* 中的线的最短距离。距离和最近点的坐标将追加到输出的最后三列。追加 **+u** 可指定距离的单位和距离计算方式, 见单位 , 默认使用大圆距离。例如, 其中 *unit* 也可使用如下字符, **c** 表示使用输入坐标的笛卡尔距离, **C** 表示使用投影坐标的笛卡尔距离, **C** 需要设置 **-R** 和 **-J** 。追加 **+p** 选项可以报告线段 ID 和最近点编号, 而不是最近点的坐标。**-L** 选项对输出记录的信息顺序的影响, 请参见 。**注**: 对于地理坐标来说, 距离的计算使用球模型, 因此不能与 **-je** 选项同时使用。

-N[**a**|**c**|**g**|**m**]

从大地纬度 (使用当前的椭球, 参阅*PROJ_ELLIPSOID*) 转换为其他辅助纬度, 经度不受影响。

- **a** authalic 纬度
- **c** conformal 纬度
- **g** 地心纬度, 地心坐标系下的纬度, 默认
- **m** meridional

与 **-I** 选项同时使用, 可实现反向变换。

-Q[**d**|**e**]

列出所有投影参数。**-Qd**, 仅列出基准; **-Qe** 仅列出椭球

-S

不转换区域之外的点

-T[**h**]*from*[*/to*]

使用标准的 Molodensky 转换将基准从 *from* 转换到 *to*。如果使用 **-Th** , 则表明除坐标转换外, 还进行大地高转换, 若输入数据包含 3 列, 则最后一列为高度, 若不含第三列, 则默认高度为 0, 即点位于椭球面上。基准可通过基准 ID (参见 **-Qd**) 指定或通过 *ellipsoid*:*dx*,*dy*,*dz* 指定; 其中 *ellipsoid* 为椭球, dx, dy, dz 为椭球中心和地心在三个方向的差异。其中椭球可以是椭球 ID (参见 **-Qe**), 也可以指定为 *a*[,*inv_f*], 其中 a 是椭球长半轴, inv_f 是椭球扁率的倒数, 如果省略, 则为 0)。若不指定转换后的基准, 则假定为 WGS84。**-T** 和 **-R** 以及 **-J** 同时使用时, 会先做基准转换, 然后投影。用户在使用时需注意*PROJ_ELLIPSOID* 设置的椭球是否正确。

-W[**e**|**E**|**g**|**h**|**j**|**n**|**o**|**O**|**r**|**R**|**w**|**x**][**+n**[*nx*[/*ny*]]]

将地图的宽度和高度等信息输出到标准输出。该选项不需要输入文件。输出的绘图的维度的单位可通过 **-D** 修改。

- **w** 输出地图高度
- **h** 输出地图宽度
- **g***lon*/*lat* 输出 *lon*/*lat* 对应的绘图坐标
- **j***code* 输出参考点 (绘图坐标) 对应的地图坐标, 参考点请见锚点
- **r** 在使用 **-R** 和 **-J** 定义倾斜区域时, 输出其覆盖的矩形范围
- **R** 与 **r** 相同, 但输出 -Rw/e/s/n 形式
- **o** 在使用 **-R***xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*+**u***unit* 将地理坐标投影为笛卡尔坐标时, 返回对角点地图坐标, 单位为度, 输出顺序为 llx urx lly ury
- **O** 与 **o** 相同, 但以 **-R** 的形式输出
- **e** 返回由 **-R** 和 **-J** 定义的非矩形区域覆盖的矩形区域
- **E** 与 **e** 相同, 但以 **-R** 的形式输出

其中, **e** 或 **r** 选项后追加 **+n** 时, 可以设置输出区域的每条边的点数 *nx*/*ny* , 然后输出所有点构成多边形, 而不是只输出四个角点

Source Code

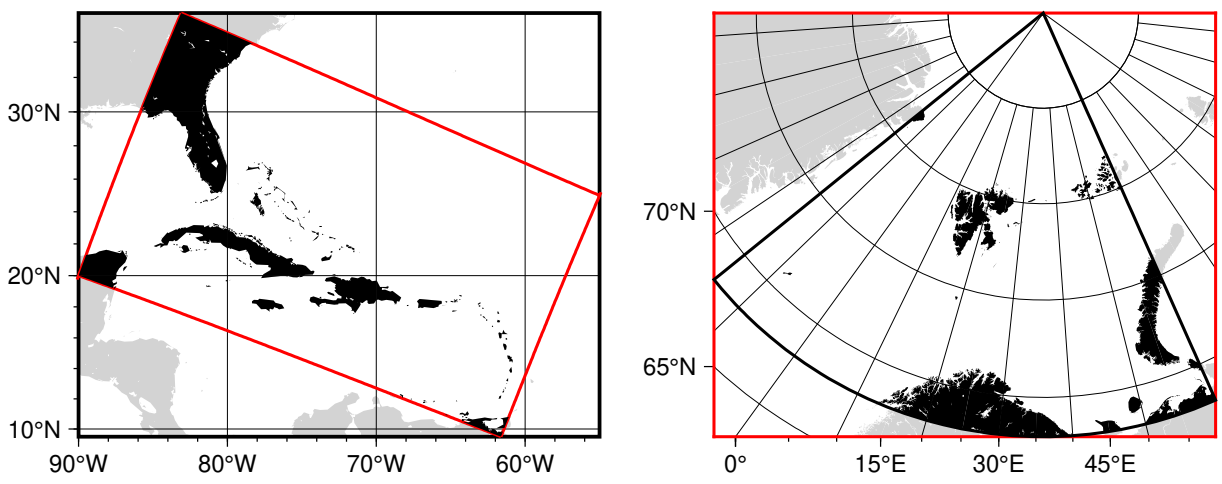


图 6: 倾斜投影区域 (红框范围) 和常规区域 (黑框范围)。

左图中红色区域为倾斜的, 可以使用 **-Wr**|**R** 获取对应的整个范围的矩形经纬度范围。右图中黑色框是立体投影的范围, 红色框为其对应的矩形范围, 使用 **-We**|**E** 可获取红色框范围

-Z[*speed*][**+a**][**+i**][**+f**][**+t***epoch*]

指定行进速度 *speed* , 计算沿 **-G** 指定轨迹的行进时间, 如果不指定速度, 则会从第 3 列读取。速度为单位时间 (单位由 *TIME_UNIT* [m/s] 指定) 内通过的距离。附加 **+i** 可以输出每两个相邻点之间的行进时间, **+a** 可以获取累积的行进时间, 同时使用则获取两种时间信息。使用 **+f** 将累积的行进时间转换为 ISO 8601 规定格式。时间中秒的小数位数, 默认使用 *FORMAT_CLOCK_OUT* 设置的值。附加 **+t** 以设置一个时间历元 *epoch* , 最终输出其中每个点的绝对时间。由于上述操作需要点之间的距离, 因此需要在 **-G** 选项中使用 **+i** 。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-je|**f**|**g** *(more …)*

设置球面距离的计算方式

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more …)*

设置 3D 透视视角

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*

设置 NaN 记录的处理方式

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

存在的限制

使用 **-R** 指定的矩形区域在经过投影后, 范围变成了非矩形。除非使用 **-C**, 否则投影后的网格的最左边的坐标将为 0, 最下面的坐标也为 0。因此, 在对地图数字化前, 应该使用 **mapproject** 对地图的几个角点的坐标极值进行一定的计算, 以确定适合的比例尺和地图左下角的坐标。在数字化时, 使用这些值以保证正反算结果正确; 或者, 可以使用类 Unix 系统中的 **awk** 命令将比例尺和偏移添加到坐标中。

对于某些投影, 即使设置了参考椭球为某个椭球, 仍然会使用球解法。一般只有 **-R** 设置范围超出椭球展开的有效范围时会出现这种情况。包括下面几种投影:

1. Lambert Conformal Comic (**-JN**) 和 Albers Equal-Area (**-JB**) 将会在地图比例尺超过 1.0E7 时使用球解法。

2. Transverse Mercator (**-JT**) 和 UTM (**-JU**) 当 **-R** 指定的范围的东西边界超过中央子午线 10 度以上时, 使用球解法;

3. Cassini (**-JC**) 与上面相同, 但超过 4 度就使用球解法;

4. 所有的圆锥投影, 在经度范围小于 90 度时, 使用球解法。

椭球和球

上述计算中, 如果用户选择的椭球不为球, 且基于椭球的公式已经实现, 则 GMT 使用相应的椭球公式, 椭球选择见*PROJ_ELLIPSOID*。用户需要注意的一些隐患如下:

1. 对于某些投影, 如横轴墨卡托投影, Albers, 以及 Lambert 投影, 当计算区域较小时, 使用椭球公式, 当计算区域较大时, 则使用球面公式, 同时将纬度替换为对应的辅助纬度; 具体情况在存在的限制 章节中已经介绍;

2. 当用户想检查一些历史数据时, 可能会发现 GMT 给出的计算结果和历史数据有轻微的不同, 其中一个原因是, 早期的 GMT 计算使用的有效数字位数比较少, 例如, Clarke 1866 椭球的扁率为 1/294.98, GMT 对扁率做平方后使用, 值为 0.00676862818, 但是早期的版本为 0.00676866。这会导致十几个厘米的差异。如果用户需要复现以前的计算结果, 则需要自己指定椭球扁率。另一个原因可能是, 早期的数据使用了和现在不同的基准面, 这可能会导致几十甚至几百米的差异。

3. *PROJ_SCALE_FACTOR* 对于某些投影来说有特定的默认值, 用户若想实现某些设置需手动设置该参数, 见示例 中的高斯投影。

输出顺序

选项 **-A**、**-G**、**-L** 和 **-Z** 生成的数据一律按这几个选项的字母顺序排序。因此, 这些选项在命令中出现的顺序无关紧要。当然, 输出顺序也可以用 **-o** 选项调整。

示例

Mercator 投影

将经纬度坐标使用 Mercator 投影转换为平面坐标, 1 度对应画布上 0.5 cm:

```
gmt mapproject @waypoints.txt -R-180/180/-72/72 -Jm0.5c -:
```

UTM 投影与高斯投影及其逆变换

将经纬度坐标使用 UTM 投影转换为平面坐标, 下面经纬度坐标位于 UTM 的 51 投影带, 投影中心的坐标为 (0,0), 投影后坐标单位为米:

```
$ echo 121 32 | gmt mapproject -Ju51/1:1 -C -F
311072.361931       3542183.49115
```

GMT 中并无高斯投影 (Gauss-Kruger), 但其与 UTM 投影都是横轴墨卡托投影的变种, 因此可用 UTM 投影经过一定的设置近似实现, 其中 UTM 和高斯投影的主要不同在于带号和中央经线投影的比例因子, 高斯投影为切椭圆柱投影, 因此其比例因子为 1, UTM 为割椭圆柱投影, 其比例因子为 0.9996, 因此上述经纬度的 6 度带高斯投影为:

```
$ echo 121 32 | gmt mapproject -Ju51/1:1 -C -F --PROJ_SCALE_FACTOR=1
310996.760635       3543600.93152
```

此外, 可以使用横轴墨卡托投用实现 UTM 和高斯投影:

```
$ echo 121 32 | gmt mapproject -Jt123/0/1:1 -C500000/0 -R120/126/30/40 -F --PROJ_SCALE_FACTOR=0.9996
311072.361931       3542183.49115
$ echo 121 32 | gmt mapproject -Jt123/0/1:1 -C500000/0 -R120/126/30/40 -F --PROJ_SCALE_FACTOR=1
310996.760635       3543600.93152
```

需要注意的是, 上述的代码均基于默认椭球 (WGS-84), 若需其他椭球, 需手动设置, 也可通过 PROJ 的形式指定 EPSG 代码实现, 详见*-J 选项*。

将平面坐标使用 UTM 投影逆变换转换为经纬度坐标, 平面坐标单位为 m, 对应的带号为 51

```
$ echo 311072.4 3542183.5 | gmt mapproject -Ju51/1:1 -C -F -I
121.000000401   32.0000000858

# 将高斯坐标转换为经纬度
$ echo 310996.760635 3543600.93152 | gmt mapproject -Ju51/1:1 -C -F -I --PROJ_SCALE_FACTOR=1
121 31.9999999997
```

不同纬度的转换

```
# 将大地纬度转换为地心纬度
$ echo 0 45 | gmt mapproject -Ng
0   44.807576784

# 将地心纬度转换为大地纬度
$ echo 0 44.807576784 | gmt mapproject -Ng -I
0   45
```

笛卡尔坐标反算与大地主题反算

假定一平面坐标 (0,0), 计算其与坐标 (1,1) 之间的距离和方位角:

```
$ echo 0 0 | gmt mapproject -Ab1/1 -G1/1+uc
0   0       45      1.41421356237
```

输出信息分别为横纵坐标, 方位角以及距离; 设置输出单位为 km, 距离计算方式 (这里使用椭球面距离), 可计算两个经纬度坐标之间的方位角和距离:

```
$ echo 0 0 | gmt mapproject -Ab1/1 -G1/1+uk -jg
0   0       44.9956364553   156.898594962
```

基准转换

将点 (0,0) 从香港使用的 1924 年国际椭球转换为 WGS-84 椭球:

```
$ echo 0 0 | gmt mapproject -T
-0.00243433862099   -0.00170923972985
```

对于带有大地高的坐标 (0,0,0), 将其从 CGCS2000 椭球转换为 WGS-84 椭球, 由于 GMT 中没有 CGCS2000 的 ID, 因此需通过参数指定:

```
$ echo 0 0 0 | gmt mapproject -Th6378137,298.257222101:0,0,0/219
0 0 0
```

由于 CSCS2000 椭球与 WGS-84 椭球极为接近, 因此其转换后的经纬度和大地高均未有明显变化

大地坐标和经纬度的转换

```
$ echo 10 10 10 | gmt mapproject -E219
6186446.76449       1090837.4793    1100250.28422

$ echo 6186446.76449        1090837.4793    1100250.28422 | gmt mapproject -E219 -I
10  10      9.99999782909
```

点到线段的距离

计算 `quakes.txt` 中的点到 `coastline.txt` 中每段线的最短距离, 距离单位为 km

```
gmt mapproject quakes.txt -Lcoastline.txt+uk > quake_dist.txt
```

计算沿轨累计距离和时间

假定船速度为 12 Knots, 计算沿轨迹累计距离和航行时间:

```
gmt mapproject track.txt -G+un+a+i -Z12+a --TIME_UNIT=h > elapsed_time.txt
```

|-W| 选项的使用

1. 确定横轴墨卡托投影地图的中点的地图坐标:

   ```
   gmt mapproject -R-80/-70/20/40 -Jt-75/1:500000 -WjCM > mid_point.txt
   ```

2. 确定倾斜墨卡托投影覆盖的矩形区域:

   ```
   gmt mapproject -R270/20/305/25+r -JOc280/25.5/22/69/2c -WR
   ```

3. 确定矩形绘图范围对应的实际地图坐标范围:

   ```
   gmt mapproject -R-2800/2400/-570/630+uk -Joc190/25/266/68/1:1 -WO
   ```

4. 获取矩形绘图范围对应的实际地图范围的多边形, 坐标为地理坐标:

   ```
   gmt mapproject -R-2800/2400/-570/630+uk -Joc190/25/266/68/1:1 -Wr+n > polygon.txt
   ```

5. 确定立体投影确定的非矩形区域对应的矩形范围:

   ```
   gmt mapproject -JS36/90/30c -R-15/60/68/90 -WE
   ```

参考文献

Bomford, G., 1952, Geodesy, Oxford U. Press.

Snyder, J. P., 1987, Map Projections - A Working Manual, U.S. Geological Survey Prof. Paper 1395.

Vanicek, P. and Krakiwsky, E, 1982, Geodesy - The Concepts, North-Holland Publ., ISBN: 0 444 86149 1.

相关模块

project grdproject

18.77 mask

官方文档

mask

简介

将没有数据的区域裁剪或者覆盖

mask 读取 (x,y,z) 形式的数据并判断哪些网格中哪些节点是可靠的。只有包含一个或者多个数据的节点被认为是可靠的。另外, 可以指定影响半径, 在数据点半径内的所有节点都是可靠的。同时还可对上述结果取反, 即寻找不可靠的节点。在得到可靠/不可靠的节点后, 该模块将使用 **-T** 选项覆盖这些节点, 或者使用轮廓创建多边形以剪除不感兴趣的区域。当使用裁剪后, 直到第二次该模块调用 **-C** 选项才可以关闭。

语法

gmt mask [*table*] **-I***increment* **-J***parameters* **-R***region* [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C**] [**-D***dumpfile*] [**-F**[**l**|**r**]] [**-G***fill*] [**-Jz**|**Z***parameters*] [**-L***nodegrid*[**+i**|**o**]] [**-N**] [**-Q***cut*] [**-S***search_radius*] [**-T**] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-bi**binary] [**-di**nodata[**+c***col*]] [**-e**regexp] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-p**flags] [**-qi**flags] [**-r**reg] [**-t**transp] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-I*xinc*[**+e**|**n**][/*yinc*[**+e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-B*parameters* *(more ···)*

设置底图边框和轴属性。

-C

终结裁剪; 使用该选项后不需要输入文件

-D*dumpfile*

将每个裁剪多边形的 (x,y) 坐标输出到 *dumpfile* 文件, 不给定文件则输出到标准输出。该选项不进行绘图。如果 *dumpfile* 包含 C 语言格式的说明符 (例如, %5d 或者%05d), 多边形将被写入不同的文件, 否则都写入到 *dumpfile* 文件中。**-Q** 选行可用来排除小多边形。

-F[**l**|**r**]

设置裁剪多边形的方向, 与 **-D** 选项同时使用。**-Fl** 为向左 (逆时针); **-Fr** 为向右 (顺时针)。

-G*fill*

对裁剪多边形进行填充

-L*nodegrid*[**+i**|**o**]

将计算过程中包含 1 和 0 的网格储存到 *nodegrid* , 1 和 0 分别为选定和不被选定的标记。**+o** 选项将无数据的节点转换为 NaN, **+i** 选项将有数据的节点转转为 NaN

-N

反转选择, 即裁剪有数据覆盖的区域

-Q*cut*

不输出少于 *cut* 点数的多边形, 仅能和 **-D** 选项共同使用

-S*search_radius*

设置影响半径。网格节点在数据的影响半径内, 就被认为是可靠的, 默认半径为 0, 即只有数据落入的网格是可靠的, 可在半径后追加单位

-T

绘制数据而不是多边形轮廓, 使用 **-G** 选项可以用来设置其中的填充。不能和 **-D** 选项同时使用

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more …)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more …)*

设置 3D 透视视角

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-t[*transp*] *(more …)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-w[**y**|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c**]*period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j 选项*。

示例

假设数据的影响范围为 5 度, 对其中影响的网格范围填充为黄色

```
gmt begin mask
gmt math -T-90/90/10 -N2/1 0 = | gmt mask -Gyellow -I30m -R-75/75/-90/90 -JQ0/7i \
    -S5d -T -Bafg10 -BWSne+t"Mask for points with r = 5 degrees"
gmt end show
```

使用裁剪多边形制作 mask, 将其中没有控制数据的部分覆盖

```
gmt mask africa_grav.xyg -R20/40/20/40 -I5m -JM10i -pdf mask
```

使用和上面的例子相同的数据, 但这次将裁剪多边形保存到文件 `all_pols.txt`

```
gmt mask africa_grav.xyg -R20/40/20/40 -I5m -Dall_pols.txt
```

类似第二个例子, 但这次对数据覆盖的部分进行填充

```
gmt mask africa_grav.xyg -R20/40/20/40 -I5m -JM10i -T -Gwhite -pdf mask
```

相关模块

grdmask, *surface*, *basemap*, *clip*

18.78 meca

官方文档

meca

简介

绘制震源机制解

语法

gmt meca [*table*] **-J***parameters* **-R***region* **-S***format*[*scale*][+**a***angle*][+**f***font*][+**j***justify*][+**l**][+**m**][+**o***dx*[/*dy*]][+**s***reference*] [**-A**[+**p***pen*][+**s***size*]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***cpt*] [**-D***depmin*/*depmax*] [**-E***fill*] [**-F***mode*[*args*]] [**-G***fill*] [**-H**[*scale*]] [**-I**[*intens*]] [**-L**[*pen*]] [**-N**] [**-T***nplane*[/*pen*]] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W***pen*] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-p**flags] [**-qi**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必须选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S<*format*><*scale*>[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

指定输入数据的格式、震源球大小等属性。

format 用于指定输入的震源机制解的格式。

scale 指定了 5 级地震 (地震矩为 4.0E23 dynes-cm) 的震源球的直径。默认情况下, 震源球的直径与震级大小成正比, 即实际直径为 *size* = M / 5 * *scale*。若使用 **-M** 选项, 则所有震源球大小相同。

每个震源球都可以有一个可选的标签。标签默认位于震源球的上方。

- +**f***font* 设置震源球标签的文本属性
- +**j***justify* 标签相对于震源球的位置 [默认为 **BC**, 即正上方]

- +o*dx*[/*dy*] 标签的额外偏移量

> **备注**
>
> 请注意，下面的各个震源机制解格式中，设置新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 必须另外再加上 **-A** 选项后才可生效。

-Sa*scale*[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

Aki and Richards 约定的震源机制解格式。输入文件的具体格式为:

```
X  Y  depth  strike  dip  rake  mag  [newX  newY]  [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度，单位为 km
- *strike*、*dip*、*rake* 为断层的三个基本参数，单位为度
- *mag* 为地震震级
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处，指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

-Sc*scale*[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

Global CMT 约定的震源机制解格式。输入文件的具体格式为:

```
X Y depth strike1 dip1 rake1 strike2 dip2 rake2 mantissa exponent [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度，单位为 km
- 两组 *strike*、*dip*、*rake* 为两个断层面的基本参数
- *mantissa* 和 *exponent* 是地震标量矩的尾数和指数部分。例如，地震标量矩为 9.56e+26 dyne-cm，则 *mantissa*=9.56，*exponent*=26
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处，指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

-Sm|d|z*scale*[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

地震矩张量。输入数据格式为:

```
X Y depth mrr mtt mff mrt mrf mtf exp [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度，单位为 km
- *mrr* 等是地震矩的 6 个分量，单位是 10^{exp} dyne-cm
- *exp* 地震矩的指数部分。例如 *mrr*=2.5，*exp*=26 ，则真实 *mrr* = 2.0e26
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处，指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

地震矩张量可以分解成各向同性部分 (ISO)、双力偶部分 (DC) 和补偿线性向量偶极部分 (CLVD)。

- **m** 表示绘制完整的地震矩张量 (ISO+DC+CLVD)
- **d** 表示仅绘制地震矩的双力偶部分 (DC)

- **z** 表示仅绘制地震矩的各向异性部分 (DC+CLVD)

说明:

- 6 个分量使用的坐标系为 USE 坐标系, 与 Global CMT 的坐标系一致
- Global CMT 的矩张量解不包含各向同性部分, 因而 **-Sm** 和 **-Sz** 的效果相同。

-Sp*scale*[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

由两个断层平面的部分数据构成的机制解。输入数据格式为:

```
X Y depth strike1 dip1 strike2 fault mag [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度, 单位为 km
- *strike1* 和 *dip1* 平面 1 的断层参数, *strike2* 是平面 2 的断层参数
- *fault* 取-1 或 +1, 表示正断层和逆断层
- *mag* 地震震级
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处, 指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

-Sx|y|t*scale*[+**f***font*][+**j***justify*][+**o***dx*[/*dy*]]

指定 T、N、P 轴的方位和大小。输入数据格式为:

```
X Y depth Tvalue Tazim Tplunge Nvalue Nazim Nplunge Pvalue Pazim Pplunge exp [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度, 单位为 km
- *Tvalue* 等 9 个量定义了 T、N、P 轴的大小和方向
- *exp* 是 *Tvalue* 等的指数部分
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处, 指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

地震矩张量可以分解成各向同性部分 (ISO)、双力偶部分 (DC) 和补偿线性向量偶极部分 (CLVD)。

- **x** 绘制完整的地震矩张量 (ISO+DC+CLVD)
- **y** 只绘制地震矩的双力偶部分 (DC)
- **t** 只绘制地震矩的各向异性部分 (DC+CVLD)

可选选项

-B*parameters* *(more …)*

设置底图边框和轴属性。

-A[+**p***pen*][+**s***size*]

在 (*newX*,*newY*) 处绘制震源球

默认会在数据输入所指定的 (*X*, *Y*) 坐标处绘制震源球。使用 **-A** 选项, 则将震源球绘制在 (*newX*,*newY*) 处, 在震源位置绘制一个小圆, 并将 (*X*, *Y*) 和 (*newX*,*newY*) 连线。

pen 控制连线的画笔属性, +**s***size* 指定圆的大小。[默认使用 **-W** 选项的 *pen* 属性, *size* 为 0]

-C*cpt*

指定 CPT 文件, 根据数据文件中第三列的值 (即地震深度) 确定震源球的压缩部分的颜色。

-D*depmin/depmax*

只绘制震源深度在 *depmin* 和 *depmax* 之间的地震。

-E*fill*

震源球拉伸部分的填充色 [默认为白色]

-F*mode*[*args*]

设置多个属性, 可重复使用多次。

-Fa[*size*[/*Psymbol*[*Tsymbol*]]]

计算并在震源球上 P 轴和 T 轴处绘制符号。*size* 是符号大小; *Psymbol* 和 *Tsymbol* 符号可以取 **c**|**d**|**h**|**i**|**p**|**s**|**t**|**x**, 具体含义见*plot* **-S** 选项 [默认值为 6p/cc]

-Fe*fill*

设置 T 轴符号的填充色

-Fg*fill*

设置 P 轴符号的填充色

-Fp*pen*

设置 P 轴符号的画笔属性

-Ft*pen*

设置 T 轴符号的画笔属性

-Fo

使用旧版本的 **psvelomeca** 命令的输入数据格式, 即不需要第三列的深度信息

-Fr[*fill*]

在震源球标签后加一个方框 [默认填充色为白色]

-Fz[*pen*]

覆盖零迹矩张量的画笔属性

-G*fill*

指定压缩部分的填充色 [默认值为黑色]

-L[*pen*]

设置震源球外部轮廓的线条属性 [默认由 **-W** 选项决定]

-M

所有震级使用相同的大小。震源球大小由 **-S** 选项的 *scale* 参数决定。

-N

地图区域外的震源球也要绘制, 默认不绘制

-T[*nplane*][/*pen*]

绘制断层平面。

nplanes 可以取:

- **0** 绘制两个断层面
- **1** 绘制第一个断层面
- **2** 绘制第二个断层面

pen 为画笔属性。

对于双力偶机制解而言, **-T** 选项只绘制震源球的圆周和断层平面, 不填充颜色; 对于非双力偶机制解而言, **-T0** 在震源球的基础上覆盖上透明的断层平面。

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more ···)*
在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*
设置 verbose 等级 [**w**]

-W*pen*
同时设置所有线条以及符号轮廓的画笔属性以及标题颜色。

该选项设置的属性可以被 **-C**、**-L**、**-T**、**-Fp**、**-Ft** 或 **-Fz** 指定的属性替代。

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*
移动绘图原点

-di*nodata* *(more ···)*
将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*
筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*
跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*
设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more ···)*
设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more ···)*
设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-:[**i**|**o**] *(more ···)*
交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**
显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

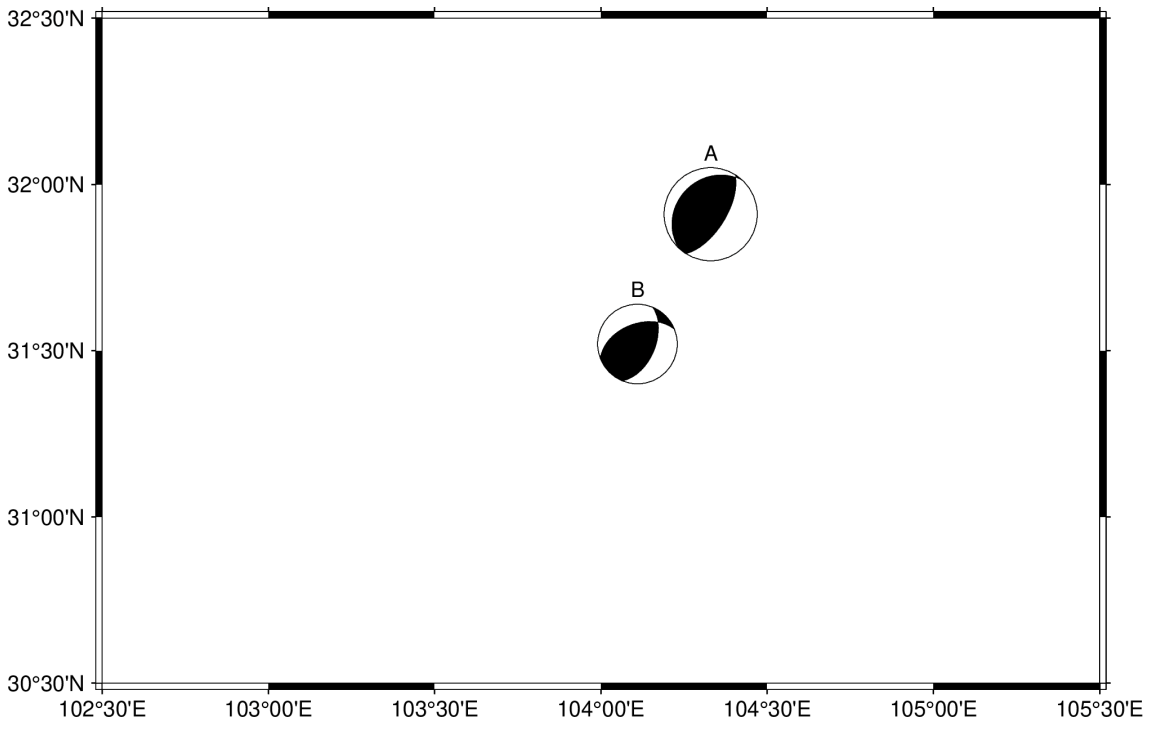
-? 或无参数
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*
临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

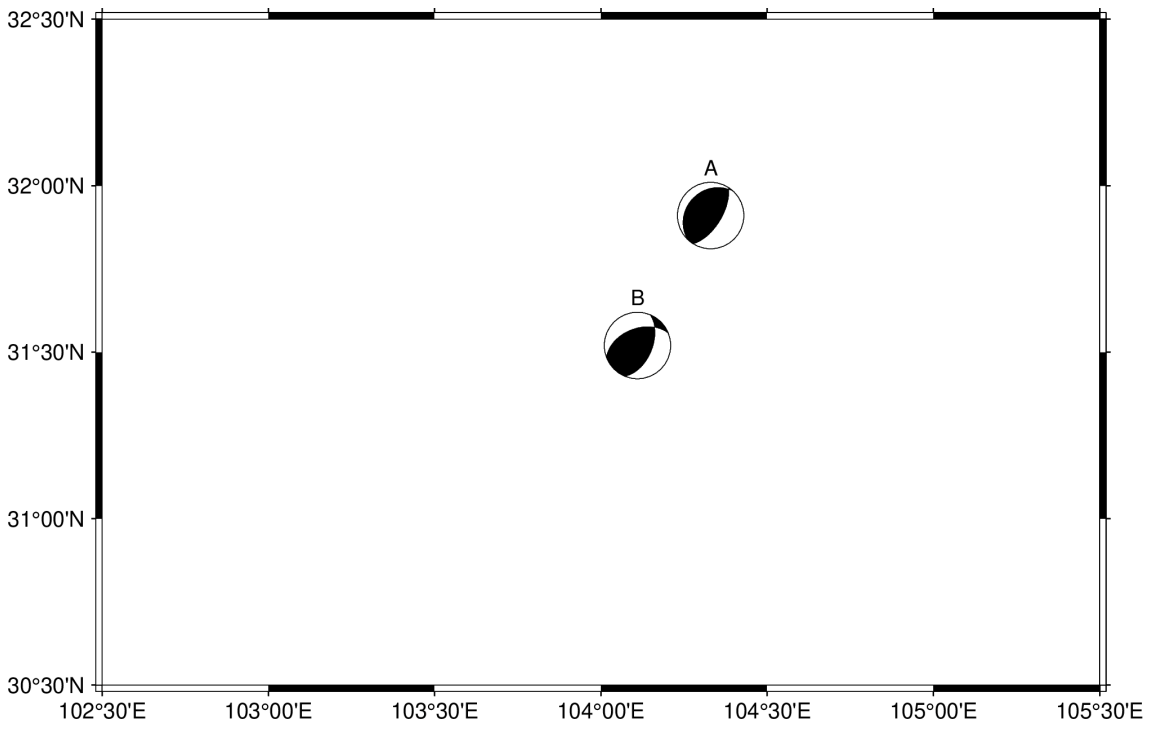
绘制了两个震源球，位置在其震中处。震源球的大小随震级变化：5 级地震的震源球大小为 1 厘米:

```
gmt meca -JQ104/15c -R102.5/105.5/30.5/32.5 -Ba -Sa1c -png beachball_1 << EOF
# 经度 纬度 深度(km) strike dip rake 震级 newX newY ID
104.33 31.91 39.8 32 64 85 7 0 0 A
104.11 31.52 27.1 22 53 57 6 0 0 B
EOF
```



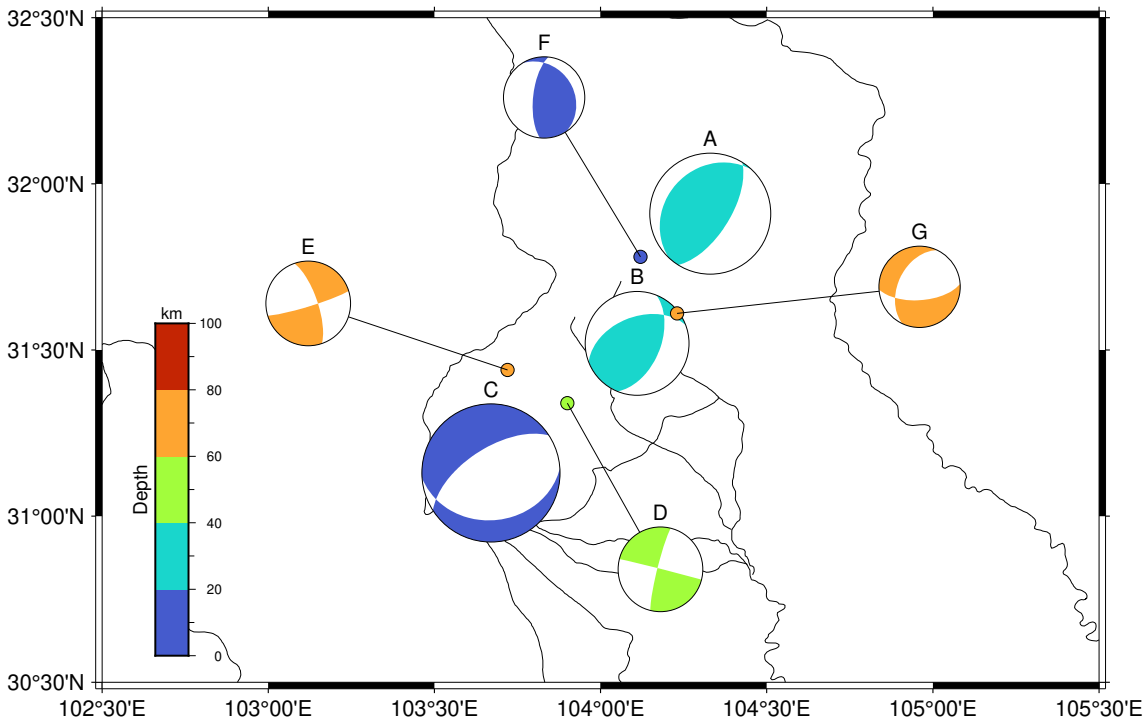
绘制了两个震源球，位置在其震中处。震源球的大小固定:

```
gmt meca -JQ104/15c -R102.5/105.5/30.5/32.5 -Ba -Sa1c -M -png beachball_2 << EOF
# 经度 纬度 深度(km) strike dip rake 震级 newX newY ID
104.33 31.91 39.8 32 64 85 7 0 0 A
104.11 31.52 27.1 22 53 57 6 0 0 B
EOF
```



震源球大小随震级变化，颜色随深度变化:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin beachball_3
gmt basemap -JQ104/15c -R102.5/105.5/30.5/32.5 -Ba -BWSen
gmt coast -Da -Ia/0.05,black
gmt makecpt -T0/100/20
gmt meca -A+s0.2c -Sa1.3c -C << EOF
# 经度 纬度 深度(km) strike dip rake 震级 newX newY ID
104.33 31.91 39.8  32 64   85 7.0      0     0 A
104.11 31.52 27.1  22 53   57 6.0      0     0 B
103.67 31.13  6.4  86 32  -65 8.0      0     0 C
103.90 31.34 43.6 194 84  179 4.9 104.18 30.84 D
103.72 31.44 67.3  73 84 -162 4.9 103.12 31.64 E
104.12 31.78 12.7 186 68  107 4.7 103.83 32.26 F
104.23 31.61 62.0  86 63  -51 4.7 104.96 31.69 G
EOF
gmt colorbar -DjBL+w5c/0.5c+ml+o0.8c/0.4c -Bx+lDepth -By+lkm
gmt end show
```



相关模块

polar, *coupe*, *basemap*, *plot*

18.79 movie

官方文档

movie

简介

制作动画

语法

gmt movie *mainscript* **-C***canvassize*[+**c**|**i**] **-N***prefix* **-T***nframes*|*min*/*max*/*inc*[+**n**]|*timefile*[+**p***width*][+**s***first*][+**w**[*str*]|**W**] [**-A***audiofile*[+**e**]] [**-D***displayrate*] [**-E***titlepage*[+**d**[*duration*[**s**]]][+**f**[**i**|**o**][*fade*[**s**]]][+**g***fill*]] [**-F***gif*|*mp4*|*webm*|*png*[+**i***options*][+**l**[*n*]][+**o***options*][+**s***stride*][+**t**][+**v**]] [**-G**[*fill*][+**p***pen*]] [**-H***scale*] [**-I***includefile*] [**-K**[+**f**[**i**|**o**][*fade*[**s**]]][+**g***fill*][+**p**[**i**|**o**]]] [**-L***labelinfo*] [**-M**[*frame*],[*format*][+**r***dpu*][+**v**]] [**-P***progress*] [**-Q**[**s**]] [**-Sb***background*] [**-Sf***foreground*] [**-V**[*level*]] [**-W**[*dir*]] [**-Z**[**s**]] [**-f**flags] [**-x**[[-]n]] [**--PAR**=*value*]

描述

movie 模块能够使用单个绘图脚本生成 GMT 动画, 该脚本会重复应用于所有帧, 同时通过特定帧变量进行一些变化。该模块简化 (并隐藏) 了通常设置完整动画任务所需的大部分步骤。相反, 用户可以专注于构建主帧绘图, 而让帧的并行执行以及图片到动画的组合在后台进行。单个帧会从 *PostScript* 绘图转换为无损、不透明的 *PNG* 图片, 并可选择组合成动画 (这最后一步需要外部工具, 这些工具必须存在于用户的路径中; 请参阅下面的技术细节)。用户可以根据需要添加片头、淡入淡出效果、标签和进度指示器。

必选选项

mainscript

一个独立的 GMT 现代模式主脚本, 用于生成帧。该脚本可以访问帧变量, 例如帧号等, 并且可以使用 Bourne shell (.sh)、Bourne again shell (.bash)、csh (.csh) 或 DOS 批处理语言 (.bat) 编写。脚本语言根据文件扩展名推断, 然后 GMT 使用相同脚本语言构建隐藏的 movie 脚本。可访问的参数将在下文讨论。
注: 如果最终的 **gmt end** 语句以 **show** 结尾, 则会展示动画主帧 (仅当使用了 **-M** 时)。

-C*canvassize*[+**c**|**i**]

指定组合帧时的画布大小。支持两种指定方式:

- 使用专有名称指定预设格式 (见下方表格*Presets* 第一列的名称)。
- 用户可指定自定义布局 *width*x*height*x*dpu* , 其中画布宽度 *width* 和画布高度 *height* 后可接单位 **c**|**i** , 像素密度 *dpu* (dots-per-unit) 为每单位大小内的像素点数 (在预设格式中像素密度会自动计算)。*width* 和 *height* 也可以指定为像素级宽度和长度, 此时需在 *dpu* 后面加上 +**c** 或 +**i** 以表明 *dpu* 的单位大小为每厘米 (cm) 或每英寸 (inches) 。

注: 用户设定的*PROJ_LENGTH_UNIT* 将决定 **movie** 模块使用 SI 或 US 单位。

16:9 (24x13.5 cm or 9.6x5.4 inch)

Preset format (alias)	Pixel dimensions	DPC	DPI
4320p (8k and uhd-2)	7680 x 4320	320	800
2160p (4k and uhd)	3840 x 2160	160	400
1080p (fhd and hd)	1920 x 1080	80	200
720p	1280 x 720	53.3333	133.3333
540p	960 x 540	40	100
480p	854 x 480	35.5833	88.9583
360p	640 x 360	26.6667	66.6667
240p	426 x 240	17.75	44.375

4:3 (24x18 cm or 9.6x7.2 inch)

Preset format (alias)	Pixel dimensions	DPC	DPI
uxga	1600 x 1200	66.6667	166.6667
sxga+	1400 x 1050	58.3333	145.8333
xga	1024 x 768	42.6667	106.6667
svga	800 x 600	33.3333	83.3333
dvd	640 x 480	26.6667	66.6667

-N*prefix*

指定最终动画文件的名称以及包含帧图片的子目录（例外情况见 **-W** ）。**注：** 如果该子目录已存在，则 GMT 将立即退出。因此，用户需要先删除以该名称命名的任何旧目录。这样做是为了防止意外丢失重要数据。用户可以通过使用 **-Z** 在成功运行后删除该目录来避免此问题。

-T*nframes*|*min*/*max*/*inc*[+**n**]|*timefile*[+**p***width*][+**s***first*][+**w**[*str*]|**W**]

创建一个包含从 *min* 到 *max* 每隔 *inc* 变化的一列数据集以指定要生成多少帧，或提供一个数据集文件 *timefile* ，一个记录（即一行）对应一帧。列中的值将作为命名变量 **MOVIE_COL0** 、**MOVIE_COL1** 等的形式提供给主脚本 *mainscript* ，而每行任何尾部文本都可以通过变量 **MOVIE_TEXT** 进行访问。文件行数即为帧数。注意 *timefile* 文件可以在 *background* 脚本中创建（见 **-Sb** ），因此在 *background* 脚本执行前后 GMT 都会查找 *timefile* 是否存在。如果仅指定帧数 *nframes* ，则只有变量 **MOVIE_FRAME** 可用，因为没有数据文件。对于数组生成的一些细节参数，详见生成一维数组 。还支持以下子选项：

- +**n** - *inc* 变为 *min* 到 *max* 之间的帧数。
- +**p** - 设置每帧图片命名的帧号格式的标签宽度 *width* ，例如 *name_000010.png* 的帧号标签宽度为 6 。默认自动设置 *width* ，但如果用户将大型任务分布在多台计算机上的话（通过 +**s** ），用户必须确保所有帧名称的标签宽度一致。
- +**s** - 输出帧起始编号从 0 改为 *first* 。注意这仍然包括所有帧，该子选项仅影响输出编号。
- +**w** - 将尾部的文本字符串拆分成单个单词，可通过变量 **MOVIE_WORD0**, **MOVIE_WORD1** 访问。默认将空格符 (spaces) 或制表符 (tabs) 作为分隔符，可自定义 *str* 作为有效分隔符。使用 +**W** 则将 TAB 作为唯一分隔符。

可选选项

-A*audiofile*[+**e**]

添加音轨（例如旁白解说），大概与动画长度相同，但可以更短或更长。GMT 将音轨与第一帧对齐。使用 +**e** 可将拉伸音轨以精确适配动画长度（前提是缩放比例不小于 0.5 或大于 2.0）。

-D*displayrate*

设置最终动画帧率（每秒）[默认 24]。

-E*titlepage*[+**d**[*duration*[**s**]]][+**f**[**i**|**o**][*fade*[**s**]]][+**g***fill*]

指定脚本 *titlepage* 以创建静态页面作为动画片头 [默认无片头]。或者，*titlepage* 可以是尺寸与 **-C** 中设置的画布大小完全匹配的 *PostScript* 或 *EPS* 图（文件扩展名为.ps）。支持以下子选项控制片头：

- +**d** - 设置片头持续长度，后跟 *duration* 表示持续帧数，有单位 **s** 表示持续秒数 [默认 4 秒]。
- +**f** - 为片头添加以帧号或秒数（带单位 **s** ）为单位的淡入淡出长度 *fade* [默认 1s] 。使用 +**fi** 或 **fo** 可分别指定单边的淡入或淡出长度，或者都使用以指定长度不等的淡入淡出 [默认淡入淡出长度一

致]。淡入淡出效果会影响片头持续时间 *duration* 。
- +**g***fill* - 设置淡入前和淡出后的颜色 [默认 black]。

关于淡入淡出效果, 详见片头和淡入淡出 , **-K** 也有相关用法。

-F*gif*|*mp4*|*webm*|*png*[+**i***options*][+**l**[*n*]][+**o***options*][+**s***stride*][+**t**][+**v**]

选择动画输出类型, 可多次使用 **-F** 以生成多种类型。可选类型包括 *gif* , *mp4* , *webm* , 或只是 *png* 图片。其中 *mp4* 和 *webm* 为电影格式, 需使用 FFmpeg 工具将多个图片组合成电影。如果只选择 *png* 则不会组合。不使用 **-F** 则不会输出任何与动画相关的文件 (但要求使用 **-M**)。支持以下子选项:

- +**i** - 为输入文件添加额外的 FFmpeg 编码设置 (多个词用引号括住)。
- +**l** - 循环播放 *gif* 动画, 或者可指定循环次数 *n* [默认一直循环] 。
- +**o** - 为输出文件添加额外的 FFmpeg 编码设置 (*mp4* 或 *webm* , 多个词用引号括住)。
- +**s** - 当输出类型为 *mp4* 或 *webm* 时, 指定步长 *stride* 可创建帧率低的 gif 图, 其中 *stride* 可取 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 和 500 。
- +**t** - 选择生成透明的 *PNG* 图片 [默认不透明]。详见透明图片 。
- +**v** - 使用默认预览工具打开 *mp4* 或 *webm* 。

-G[*fill*][+**p***pen*]

在绘制开始前, 设置画布填充色 [默认无填充], 使用 +**p** 指定画布轮廓画笔属性 [默认无轮廓]。

-H*scale*

由于在将 *PostScript* 图形栅格化为 *PNG* 图像时所使用的每单位像素点是有限的, 因此将特征量化为离散像素会导致舍入误差。部分这种误差可以通过抗锯齿设置来减轻。然而, 不同帧之间的变化不受单个帧的栅格化操作控制, 特别是移动的文本在最终动画中可能会显得抖动。用户可以通过选择一个整数缩放比例 *scale* 来减轻这种影响, 该比例实际上会暂时将每单位有效点数增大 *scale* 倍, 然后对帧进行栅格化处理, 最后以相同的比例对图像进行降采样。*scale* 越大, 过渡就越平滑。由于处理时间会随着缩放比例的增加而增加, GMT 建议用户尝试 2 到 5 之间的值。请注意, 当原始数据的分辨率远高于最终帧的像素尺寸时, 图片也可能因量化而受到影响。此时也可以使用 **-H** 选项来平滑结果以避免锯齿现象 [默认不进行降采样]。这种影响被称为亚像素渲染 (subpixel rendering)。

-I*includefile*

将 *includefile* 的内容插入所有 movie 脚本都会访问的 movie_init.sh 脚本中。这种机制用于添加信息 (通常是常量赋值), 这些信息是主脚本 *mainscript* 和 **-S** 指定的脚本所依赖的。

-K[+**f**[**i**|**o**]*fade*[**s**]][+**g***fill*][+**p**[**i**|**o**]]

为动画添加淡入淡出效果 [默认不添加]。支持以下子选项:

- +**f** - 设置淡入淡出长度 *fade* [默认 1s] 。使用 +**fi** 或 **fo** 可分别指定单边的淡入或淡出长度, 或者都使用以指定长度不等的淡入淡出 [默认淡入淡出长度一致]。
- +**g***fill* - 设置淡入前和淡出后的颜色 [默认 black]。
- +**p** - 保留所有帧。通常情况下, 淡入淡出将被覆盖在动画的前几帧和后几帧上。使用 +**p** 进行复制来保留这些帧。添加 **i** 或 **o** 分别只保留淡入或淡出的帧。

关于淡入淡出效果, 详见片头和淡入淡出 , **-E** 也有相关用法。

-L*labelinfo*[*modifiers*]

为每帧自动添加标签。最多可重复添加 32 个标签。将选定的标签放置在帧边缘, 支持以下几种标签类型:

- **e** - 持续时间 (秒), 可加上 +**s***scale* 指定每帧对应时长 (秒) [默认为帧率倒数]。
- **s***string* - 固定字符串 *string* 。

- **f** - 当前帧号 [默认标签]。
- **p** - 当前进度百分比。
- **c***col* - 使用 *timefile* 文件中列索引为 col 的值（首列索引为 0 ）。
- **t***col* - 使用 *timefile* 文件中尾部文本列的列索引为 col 的单词（第一个单词索引为 0 ）。

注： 如果用户使用 **-Lc** 指定的列元素为绝对时间， 则时间戳的格式依赖*FORMAT_DATE_MAP* 和*FORMAT_CLOCK_MAP* 这两个参数。默认情况下，日期 *date* 和时间 *time* 都会显示（中间空格隔开），将其中一个参数设置为 "-" 即可跳过该项。标签的外观属性可用以下子选项控制：

- +**c***dx*[/*dy*] - 设置标签和其边界框的间距，仅在设置了 +**g** 或 +**p** 时使用。附加单位 **c**|**i**|**p** 或字体大小的百分比 [15%]。
- +**f** - 设置字体 [*FONT_TAG*] 。
- +**g***fill* - 设置标签边界框的填充色 [默认不填充] 。
- +**h**[*dx*/*dy*/][*shade*] - 在标签边界框后添加下拉式阴影。用户可指定偏移量 *dx*/*dy* [4p/-4p] 和阴影颜色 [gray50]，要求使用 +**g** [默认无阴影] 。
- +**j***refpoint* - 设置标签位置 [TL] 。
- +**o***dx*[/*dy*] - 根据 +**j** 指定的位置做偏移。附加单位 **c**|**i**|**p** 或字体大小的百分比 [20%]。
- +**p***pen* - 指定标签边界框的画笔属性 [默认不绘制] 。
- +**r** - 与 +**g** 或 +**p** 一起使用，设置圆角矩形标签边界框 [默认直角]。
- +**t***format* - 设置标签显示格式 [默认无特殊格式] 。

注： 如果使用了 **-Lt** ，则标签显示格式必须包含类似%s 的格式。其它标签类型则可能包含整数 (%d) 或浮点数 (%e, %f, %g) 。格式详见 C 语言的 printf 函数。

-M[*frame*|**f**|**m**|**l**],[*format*][+**r***dpu*][+**v**]

除了制作动画序列，还可以单独绘制自定义主帧 *frame* [默认第 0 帧]。该帧将被保存到当前目录中，文件名命名为 *prefix.format* ，其中 *format* 为 GMT 允许的图形格式 [pdf]。除了指定主帧 *frame* ，还会使用 **f**irst, **m**iddle, 和 **l**ast 代表对应帧。**注：** 对于栅格帧格式，用户还可以通过 +**r** 指定该帧新的 *dpu* [默认与动画帧的 *dpu* 相同]。最后，添加 +**v** 可以默认查看器打开主帧。

-P*progress*[*modifiers*]

自动添加进度指示器。最多可重复添加 32 个指示器。根据选定的对齐方式将选定的指示器放置在帧边缘。指示器可从 **a-f** 中选择 [**a**] 。**a-c** 是不同类型的圆形指示器，而 **d-f** 是线性（轴状）指示器。详见进度指示器 。支持以下子选项控制外观：

- +**a** - 对进度指示器 **b-f** 进行标注，后加 **e**|**f**|**p**|**s**|**c***col*|**t***col* 之一，以指示应该标注的内容（对应含义详见 **-L** ）。
- +**f** - 指定字体 [*FONT_ANNOT_SECONDARY*] 。
- +**g***fill* - 设置活动项的填充色。
- +**G***fill* - 设置静止项的填充色。
- +**j***refpoint* - 设置指示器位置 [默认圆形指示器在 TR ，轴状指示器在 BC] 。
- +**o***dx*[/*dy*] - 根据 +**j** 指定的位置做偏移。
- +**p***pen* - 设置活动项的画笔属性。
- +**P***pen* - 设置静止项的画笔属性。
- +**s***scale* - 用帧号乘以比例 *scale* 来计算经过的时间。
- +**t***format* - 设置标注显示格式 [默认无特殊格式] 。
- +**w***width* - 设置指示器大小 [对于圆形指示器，默认大小为画布最大边长的 5% ；对于轴状指示器，默认长度为 +**j** 指定画布边的边长的 60%%]。

-Q[**s**]

用于调试: 保留 GMT 创建的所有文件和目录以供检查。或者, 添加 **s** 只构建 movie 脚本, 但不做任何运行。一个例外是从 **-Sb** 指定后台脚本总是被执行, 因为它可能在构建 movie 脚本时产生所需的数据。

-Sb*background*

指定一个 GMT 现代模式脚本 *background* (使用与 *mainscript* 相同的脚本语言编写), 其可用于以下两个目的:

1. 它可以生成一些文件 (例如 *timefile*), 这些文件是 *mainscript* 制作动画时所需的;
2. 它可以生成一个静态背景图, 该图应作为所有帧的背景。此时脚本必须确保其使用与 *mainscript* 相同的绘图原点 (即 **-X** 和 **-Y**), 以便图层能够正确堆叠 (除非用户确实希望有不同的偏移量)。

另外, *background* 可以是与画布尺寸完全匹配的 *PostScript* 或 *EPS* 图。

-Sf*foreground*

指定一个 GMT 现代模式脚本 *foreground* (使用与 *mainscript* 相同的脚本语言编写), 用来制作静态前景图, 该前景图会覆盖在所有帧上。确保其使用与 *mainscript* 相同的绘图原点 (即 **-X** 和 **-Y**), 以便图层能够正确堆叠。另外, *foreground* 可以是与画布尺寸完全匹配的 *PostScript* 或 *EPS* 图。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W[*dir*]

默认情况下, 所有临时文件和帧的 PNG 文件都会在通过参数 **-N** 设置的子目录 *prefix* 中创建。用户可以通过提供另一个目录 *dir* (相对路径或完整路径) 来覆盖此选择。如果未给出 *dir* , 则会在系统临时文件夹中创建一个名为 *prefix* 的工作目录。工作目录的主要优点是避免像 Dropbox 或 TimeMachine 这样的代理程序产生的无休止的同步问题, 或者避免由于主目录空间不足而产生的相关问题。

-Z[**s**]

在合成动画后, 将整个 *prefix* 目录删除 [默认情况下会保留包含所有图片的目录、临时脚本文件、参数文件和图层 *PostScript* 文件都会被删除 (例外情况见 **-Q**)] 。如果用户希望同时删除 *mainscript* 以及通过 **-E** 、**-I** 和 **-S** 选项传入的所有输入脚本, 则添加 **s** 。

-f[**i**|**o**]*colinfo (more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-x[[-]*n*] *(more ···)*

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

movie 模块是例外, 其并行不需要 OpenMP。**注:** 一个核被 **movie** 使用, 所以实际上 n-1 个核被用于帧生成。

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

生成一维数组

下面将展示如何使用*gmtmath* 生成一维数组（其中大部分操作也可通过 linux 中的 seq 命令方便地实现）

不使用任何子选项

以 0.1 为步长，生成 3.1 到 4.2 等等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.1/4.2/0.1 T =
3.1
3.2
...
4.2
```

+a 选项

该选项不对生成的数列进行运算操作，而是将该数列以列的形式追加到输出表数据，类似 linux 中的 paste 命令。

+b 选项

以 3 和 20 分别为起点和终点，创建一个 2 的整数幂的列表，将生成的整数幂以 1 为步长取值 **-T**3/20/1**+b**

```
gmt math -o0 -T3/20/1+b T =
4
8
16
```

+l 选项

以 7 和 135 分别为起点和终点，先创建一个 10 的整数幂的列表，当 *inc* 为 1 时，输出该列表；当 *inc* 为 2 时，同时输出该列表中每个元素的 1, 2, 5 倍值（不包括超出原始数据范围的部分）；当 *inc* 为 3 时，同时输出该列表中每个元素的 1, 2, ⋯, 9 倍值（同样不包括超出原始数据范围的部分）。**-T**7/135/2**+l** 将会生成如下数列

```
gmt math -o0 -T7/135/2+l T =
10
20
50
100
```

inc 为负整数时，将实现如下效果

```
gmt math -o0 -T1e-4/1e4/-2+l T =
0.0001
0.01
1
100
10000
```

+i 选项

该选项将以 1 作为默认步长，第三个数字做为每步长中的数字个数 *length*。假设需要在 1 分钟内每 24 秒生成一帧

```
gmt math -o0 -T0/60/24+i T =
0
0.0416666666667
0.0833333333333
```

(续下页)

(接上页)

```
0.125
0.166666666667
...
60
```

+n 选项

生成固定长度的数列。以 3.44 和 7.82 为起点和终点, 生成长度为 5 的等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.44/7.82/5+n T =
3.44
4.535
5.63
6.725
7.82
```

-T 后直接加文件或逗号分隔的数列

-T 后可以直接加文件, 文件中即为要生成的列表; 另外, 可以直接使用逗号分隔, 将列表附加到 **-T** 选项后, 如下为 Fibonacci 数列前 6 项

```
gmt math -o0 -T0,1,1,2,3,5 T =
0
1
1
2
3
5
```

注: 如果数列只包含一个值, 必须在其后加逗号以表明仍是一个数列

+u 选项

如果文件或者逗号分隔的数列中有重复数字或未排序, 可以使用 **+u** 选项去重并排序。

+t 选项

生成绝对时间序列。在 *inc* 后分别添加 **y** , **o** , **d** , **h** , **m** 和 **s** 表示时间步长的单位为年, 月, 日, 时, 分, 秒。在其后附加 **+t** 选项, 可以进一步强调生成时间序列, 也可以不加

```
gmt math -o0 -T2020-03-01T/2020-03-07T/1d T =
2020-03-01T00:00:00
2020-03-02T00:00:00
2020-03-03T00:00:00
2020-03-04T00:00:00
2020-03-05T00:00:00
2020-03-06T00:00:00
2020-03-07T00:00:00
```

生成距离序列

如果输入文件中包含两列以上的数据, 可以使用前两列计算距离, 并生成等距序列。在 *inc* 后分别添加 **d**, **m**, **s**, **e**, **f**, **M**, **n** 和 **u** 表示距离步长的单位为度, 分, 秒, 米, 英尺, 公里, 英里, 海里, 英尺。如果为笛卡尔坐标, 使用 c 作为距离步长单位。

+e 选项

如果只给定 *inc* 而从数据中获取最大值和最小值, 则 (*max* - *min*)/*inc* 可能不是整数, GMT 讲会自动对 *inc* 进

行一定的调整。如果不想调整 *inc* , 则可以使用 **+e** 选项, GMT 会固定最小值, 适当调整最大值。

参数

以下参数是自动分配的, 可以在编写 *mainscript* 和可选的 *background* 和 *foreground* 脚本时使用。有两组参数: 一组是常量, 另一组随帧号变化。

所有脚本都可以访问这些常量:

- **MOVIE_WIDTH** - 画布宽度
- **MOVIE_HEIGHT** - 画布高度
- **MOVIE_DPU** - 当前 *dpu*（每单位大小内的像素点数）
- **MOVIE_RATE** - 当前帧率（每秒展示多少帧）
- **MOVIE_NFRAMES** - 总帧数

此外, 如果使用了 **-I** , 那么其内列出的任何静态参数也将对所有脚本可用。

mainscript 还可访问随帧号变化的参数:

- **MOVIE_FRAME** - 当前帧号（整数, e.g., 136）
- **MOVIE_ITEM** - 格式化的帧号（字符串, e.g., 000136）
- **MOVIE_NAME** - 当前帧的名称（即 *prefix*_**MOVIE_ITEM**）
- 此外, 如果提供了 *timefile* 文件, 还可访问:
  - **MOVIE_COL0** , **MOVIE_COL1** , ···- *timefile* 文件中每行的各列值
  - **MOVIE_TEXT** - *timefile* 文件中每行的尾部文本
  - **MOVIE_WORD0** , **MOVIE_WORD1** , ···- 当使用 **-T+w** 对尾部文本进行分割或在 **-L** 或 **-P** 中隐式地做了分割后, 可使用该参数访问每个词。

数据文件

在执行 **movie** 时, movie 脚本能够找到起始目录中现有的任何文件, 以及由 *mainscript* 生成的任何新文件, 或者通过 **-S** 参数设置的任何附加脚本所生成的文件。无需指定路径即可访问这些文件。其他文件可能需要完整的路径, 除非其所在的目录已在*DIR_DATA* 设置中包含。

自定义 gmt.conf 文件

在执行 **movie** 前, 如果在主脚本 *mainscript* 所在目录下有 gmt.conf 文件, 那么它将在所有创建和执行的脚本中被共享使用, 除非用户的脚本在启动新的现代模式会话时使用了 **-C** 选项。更改 GMT 默认设置的首选方式是在输入脚本中使用*gmtset* 命令。**注:** 每个脚本都是在独立的现代模式下运行的, 因此试图通过在运行时创建一个 gmt.conf 文件以供其他脚本使用是徒劳的。

绘制时间变化

如果动画没有任何变化, 那就没意思了。要让动画动起来, 用户需要确保主脚本 *mainscript* 能够随着帧号变化而访问不同的数据集, 或者只需绘制数据集中的一个变化的子集, 从而只在每一帧中显示应该显示的部分。用户可以采用多种策略来实现这些效果:

1. 用户传递给 **-T** 的 *timefile* 可能包含特定数据文件的名称, 用户只需在主脚本中使用相应的 **MOVIE_TEXT** 或 **MOVIE_WORD** 来访问特定帧的文件名即可。

2. 用户有一个数据表格 *timefile* , 其中包含了每条记录的绝对时间。用户希望随着时间的推移来展示这些记录, 但不显示未来发生的记录。此效果可通过设置*-q 选项* 来选择输入行, 或使用 events 模块来实现。

3. 用户有一个三维网格（或者是一系列二维网格的堆叠）并且想要沿着垂直轴进行插值（例如深度轴）。在这种情况下，用户将使用*grdinterpolate* 模块，让主脚本获取对应于正确动画时刻的切片（这可能是两个不同深度之间的插值），并使用这个临时网格文件来制作帧图。

4. 用户可能正在使用*gmtmath* 或*grdmath* 动态地创建数据，并显示这些数据；或者可能每帧稍微不同地处理数据（使用 *timefile* 中的参数），并展示不同处理的帧之间的变化。

画布

Source Code

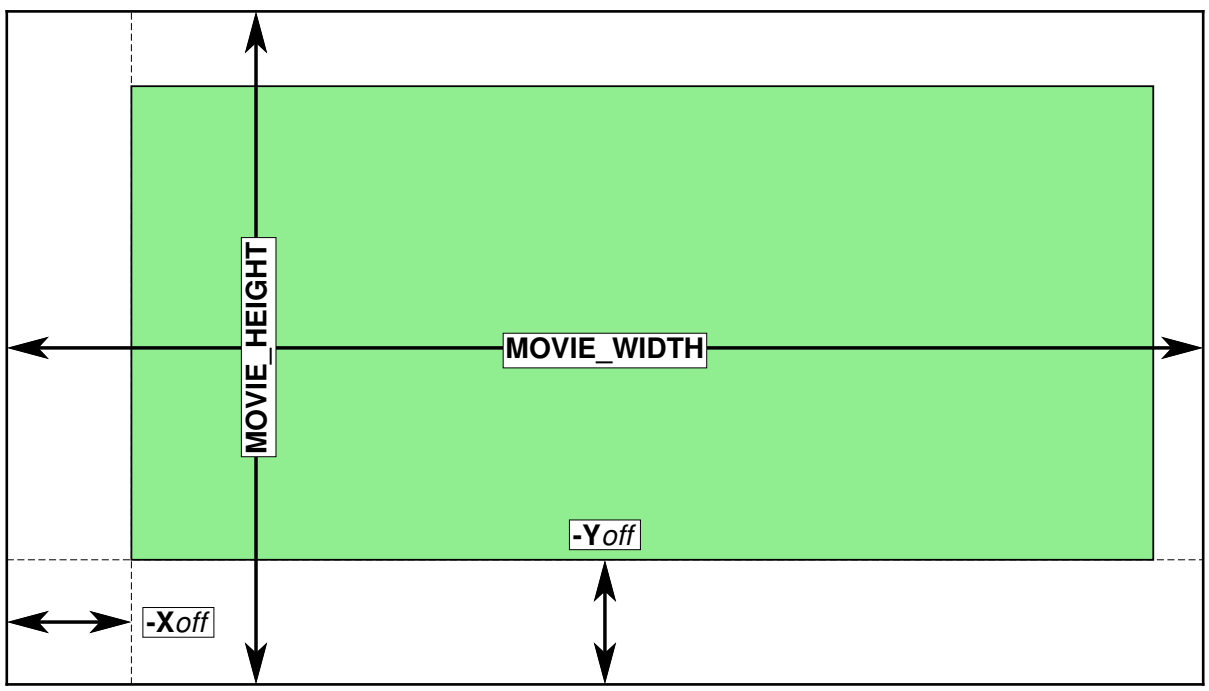


图 7: MOVIE_WIDTH 和 **MOVIE_HEIGHT** 代表了画布尺寸，用户可使用 **-X** 和 **-Y** 来设置绘图原点 [72p, 72p] 并使用投影参数 **-J** 来指示选择用于绘图的区域（图中绿色区域）。

如 **-C** 所述，除非用户指定了自定义布局，否则用户获得的画布尺寸要么是 24 x 13.5 厘米 (16:9)，要么是 24 x 18 厘米 (4:3)。如果用户的*PROJ_LENGTH_UNIT* 设置为英寸，那么画布尺寸 (9.6 x 5.4 英寸或 9.6 x 7.2 英寸) 仅比相应的国际单位制尺寸略大 (1.6%)；这不会对动画尺寸产生影响，但允许用户使用与所选 *dpu* 相配合的合适尺寸。用户应使用给定的画布尺寸来绘制图层，而 **movie** 会做适当转换将画布转换为图像像素尺寸。用户有责任使用 **-X** 和 **-Y** 来留出合适的边距以及在画布上对各绘图元素进行任何定位。为了减少处理时间，建议将动画的任何静态部分视为静态背景（由 *background* 脚本一次性生成；见 **-Sb**）和/或静态前景（由 *foreground* 一次性生成；见 **-Sf**）；然后 **movie** 会按帧组装这些层。此外，任何在帧循环中使用的静态数据文件的计算都可以由 *background* 脚本完成。任何依赖帧号的数据或变量都必须通过主脚本计算或设置，或者按照上述方式通过参数提供。**注：** 使用变量 **MOVIE_WIDTH** 或 **MOVIE_HEIGHT** 来设定绘图尺寸可能会导致图形被裁剪到画布之外，因为这些值正是画布的实际尺寸。

外部 *PostScript* 图层

除了将 GMT 现代脚本传递给 **-S** 外，用户还可以提供 *PostScript* 图层文件的名称。注意，这些图层必须与画布尺寸完全匹配。举个简单的例子，如果用户正在制作一个使用 US 单位尺寸的 HD 电影，那么一个背景粉色图层将由以下方式创建:

```
gmt basemap -R0/9.6/0/5.4 -Jx1i -B+gpink -X0 -Y0 --PS_MEDIA=9.6ix5.4i -ps background
```

其中注意通过*PS_MEDIA* 进行的画布选择、匹配的区域和投影以及绘图原点在 (0,0)。

底图边框

某些地图投影默认会绘制出一个 *fancy* 地图边框；此功能受*MAP_FRAME_TYPE* 控制。然而，实际绘制的是 *fancy* 边框还是 *plain* 框架还取决于投影中心纬度。因此，如果用户的影片通过改变视角来改变投影中心纬度，那么用户在设置时应将边框类型设为 *plain* 。

透明图片

默认情况下，**movie** 会生成不透明的 PNG 图片，这些图片随后可以组合成动画。大多数动画很可能会以这种方式制作。使用 **-F** 选项的实验性选项 **+t** 可以生成透明的 PNG 图像。目前，很少有视频编解码器支持透明度。据称 H.265 (HECV) 和 VP9 (Webm) 都具备这一功能；GMT 团队只能通过在 Chrome 中观看透明的 Webm 文件来验证后者。GIF 也可以由透明的 PNG 图像构建而成，这里每个额外的帧都会累积到最终的动画中。专家可能会创建透明的 PNG 图像，并使用支持透明通道的专业工具来制作动画。

添加音轨

使用 **-A**[**+e**] 选项，用户可以添加音频轨道，比如为动画配音、添加音乐，或者添加任何内容。最终的动画长度将与音频或动画中最长的部分长度相匹配，所以用户可能需要对音频文件进行处理以适应动画。由于动画的长度已知为 帧数/帧率，因此用户可以对音频轨道进行预处理以使其具有匹配的长度。或者，如果音频轨道的长度与动画长度大致相同 (动画长度的 ±50% 范围内)，则可以添加 **+e** 选项将音频轨道缩放至与动画完全相同的长度。

技术细节

movie 模块会创建若干隐藏的脚本文件，这些文件用于图像的生成 (由于文件扩展名取决于所使用的脚本语言，此处未列出扩展名):

- *movie_init* (初始化与画布大小和每单位点数相关的变量，并包含可选 *includefile* 的内容)
- *movie_preflight* (可选，因为它源自 **-Sb** 并计算所需的数据文件以及可能的背景层)
- *movie_postflight* (可选，因为它源自 **-Sf** 并构建前景层)
- *movie_frame* (接受帧计数参数并构建帧图像)
- *movie_cleanup* (在运行结束时删除临时文件)

对于每个帧，都有一个单独的名为 *movie_params_######* 脚本提供了特定帧的变量 (例如，帧号以及通过 **-T** 给出的任何内容)。*preflight* 和 *postflight* 脚本可以访问 *movie_init* 中的信息，而 *frame* 脚本在此基础上还能访问这个帧参数文件。使用 **-Q** 选项会生成这些脚本，然后用户可以对其进行查看。**注:** 主脚本会按帧复制，并且每个副本都会同时在所有可用内核上运行。因此，多线程的 GMT 模块也将只能使用单个核心。

将 PNG 图帧转换为动画 GIF (使用选项 **-F***gif*) 需要使用 GraphicsMagick 工具。因此，**gm** 必须能通过标准搜索路径访问到。同样，将 PNG 图帧转换为 MP4 (使用选项 **-F***mp4*) 或 WebM (使用选项 **-F***webm*) 的视频文件也依赖于 FFmpeg 。

Shell 局限性

由于无法控制 shell (例如 bash 或 csh) 在两个进程之间实现管道操作的方式 (这通常涉及 sub-shell), 因此 GMT 建议不要在主脚本中使用涉及将一个 GMT 模块的结果传递到另一个模块的命令 (例如, gmt blockmean …. | gmt surface …)。因为 **movie** 会同时运行主脚本的多个副本, 当涉及 sub-shell 时可能会出现奇怪的情况。根据经验, 在 movie 脚本中使用管道可能会损坏 GMT 历史文件, 导致某些帧出现诸如区域未设置之类的错误消息。在编写 movie 主脚本时, 可以使用临时文件将这样的管道结构拆分为两个部分。**注:** 从非 GMT 模块到 GMT 模块或与之相反的管道操作是没问题的 (例如, echo …. | gmt plot …)。

制作动画的提示

制作动画相对简单, 但用户需要从变量的角度去思考问题。仔细研究以下所描述的示例。然后, 先制作一个单一的绘图脚本 (即主脚本), 并确定哪些内容会随时间变化 (即随着帧号的变化)。为这些值创建变量。如果它们属于 **movie** 创建的参数, 则使用这些名称。除非只需要帧号, 否则用户还需要创建一个可以传递给 **-T** 的文件。这个文件应包含用户所需的所有数值, 这些数值会按帧 (即行) 排列, 且涵盖了用户所需的所有列中的数值。如果用户需要分配一些不随时间变化的固定变量, 则将这些赋值任务转移到单独的 *includefile* (**-I**) 文件中会使得主脚本看起来更简洁、更清晰。要测试输出动画, 可首先使用选项 **-Q** 和 **-M** 以确保主帧页面看起来正确。这个页面会显示动图的一个帧 (可以通过 **-M** 参数选择要显示的帧)。修复在使用变量和选项时出现的任何问题, 直到一切正常为止。然后用户可以尝试删除 **-Q**。GMT 建议用户制作一个非常简短 (**-T**) 且尺寸较小 (**-C**) 的影片, 这样就能很快看到结果。一旦一切正常运行, 用户就可以增加帧数和提高影片质量了。

颜色表的使用

因为 **movie** 将不同帧的绘制作为单独的会话并行运行, 所以用户无法使用当前的 CPT (即由*makecpt* 或*grd2cpt* 直接创建的最后一个 CPT, 或者通过*grdimage* 或*grdview* 间接创建的)。因此, 用户必须使用明确的文件来创建 CPT, 并将这些文件名传递给需要 CPT 信息的模块。在现代模式下, 这意味着用户需要在*makecpt* 或*grd2cpt* 中使用 **-H** 选项, 以便将它们的输出重定向到指定的文件中。

进度指示器

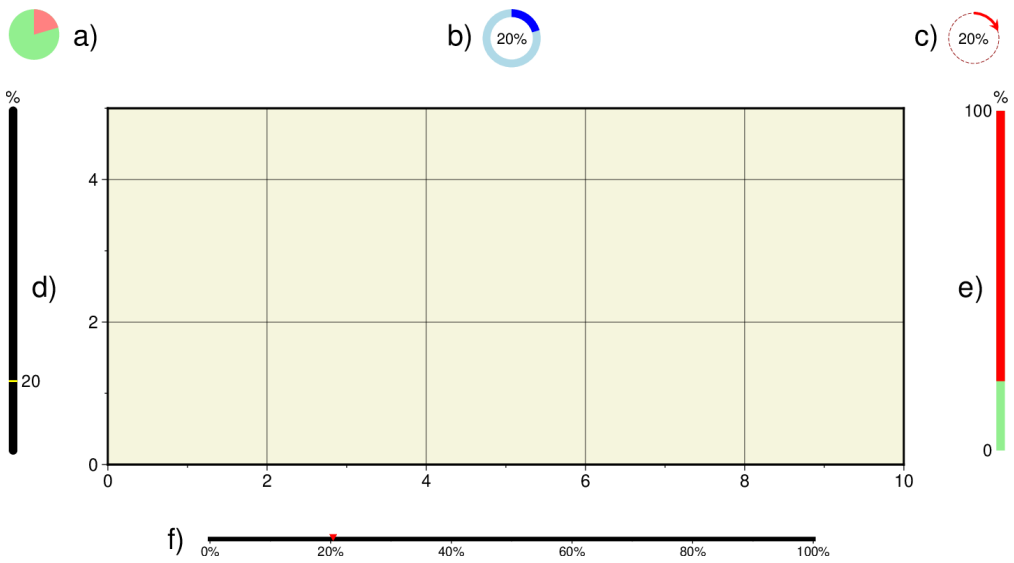


图 8: 六种进度指示器。它们都有默认的大小、位置、颜色和笔 (如图所示), 但这些都可以被相应的子选项覆盖 (见下文)。

使用字母 **a-f** 选择上述六个进度指示器中的一个; 每个都有默认的属性, 可以通过子选项来改变:

- **a** - 需要指定静止项填充色 (**+G**) [lightgreen] 和活动项填充色 (**+g**) [lightred] , 没有标注选项。
- **b** - 可指定静止项画笔 (**+P**) [lightblue] 和活动项画笔 (**+p**) [blue] , 如果使用了 **+a** , 则在中心添加一

个标注, 大小为指示器大小的 30% (除非使用了 **+f** 自定义字体大小)。

- **c** - 可指定静止项画笔 (**+P**) [dashed darkred, 宽度为指示器大小的 1%] 和弧形矢量的活动项画笔 (**+p**) [red, 宽度为指示器大小的 5%] , 其箭头大小为指示器大小的 20% 。如果使用了 **+a** , 则在中心添加一个标注, 大小为指示器大小的 30% (除非使用了 **+f** 自定义字体大小)。
- **d** - 可指定静止项画笔 (**+P**) [black] 和活动项画笔 (**+p**) [yellow, 宽度为指示器大小的 0.5%] , 如果使用了 **+a** , 则标注字体大小为静态画笔宽度的两倍 (除非使用了 **+f** 自定义字体大小)。
- **e** - 可指定静止项画笔 (**+P**) [red] 和活动项画笔 (**+p**) [lightgreen] , 如果使用了 **+a** , 则标注字体大小为静止画笔宽度的两倍 (除非使用了 **+f** 自定义字体大小)。
- **f** - 可指定静止轴的画笔 (**+P**) [black] 和滑动三角的填充色 (**+g**) [red] , 三角大小为轴宽的两倍, 字体大小为轴宽的三倍。

关于 **d-f** 指示器: 如果使用百分比标注 (**+ap**), 则轴上显示标注, 否则无标注。这些指示器对所有 *justify* 代码均保持水平, 除了 **ML** 和 **MR** 。对于静止线条, 其默认线宽为指示器大小的 2.5% 和 8p 的二者较小值 (指示器 **f** 为 1.5% 和 3p)。

如果不指定指示器大小 (**+w**), 对于圆形指示器, 默认大小为画布最大边长的 5% ; 对于轴状指示器, 默认长度为 **+j** 指定画布边的边长的 60% 。

片头和淡入淡出

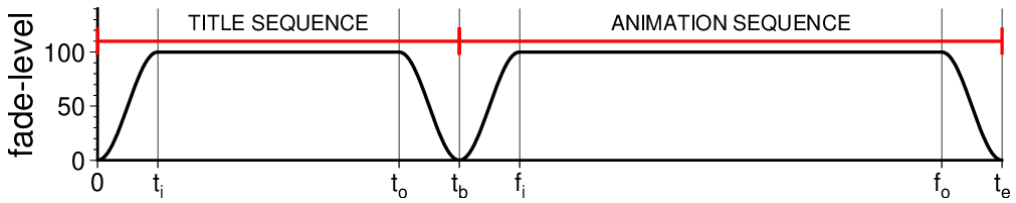


图 9: 整个动画的淡化水平 (0 为全黑, 100 为全部可见) , 包含一个可选的片头。

整个动画可以有一个可选的片头 (**-E**), 其时长 *duration* 由用户设定。在该时长的开头和/或结尾部分, 可以指定使用指定的淡化颜色 [black] 进行淡入/淡出处理。主动画部分也可以有可选的淡入/淡出部分 (**-K**), 在此选项中, 用户可以选择在动画上进行淡入/淡出处理, 或者可以将第一个和/或最后一个动画帧冻结, 仅对这些静态图像进行渐隐处理 (通过子选项 **+p**) 以保留整个动画序列。

其它电影格式

按照设置, 对于电影格式, **movie** 模块仅提供了 MP4 和 WebM 格式。转换工作由工具 FFmpeg 完成, 该工具拥有海量的编码器和处理选项。如果用户希望使用其他选项运行 FFmpeg, 请使用两种视频格式之一来运行 **movie**。最后它会打印出使用的 FFmpeg 命令。用户可以复制、粘贴并修改此命令以选择其他编码器、比特率和参数。用户还可以将生成的 PNG 序列作为输入传递给诸如 QuickTime Player、iMovie、MovieMaker 等商业程序或其他工具, 从而以这种方式制作电影。

基于已有的 PNG 帧重新制作电影

当用户在制作好电影后, 决定改变帧率, 或者调整电影中所有静止图像的组合方式。如果用户保留了所有的帧图像, 那么不必重新运行整个渲染过程。假设用户想要一个 MP4 电影, 并且只是想要重新运行 ffmpeg 命令, 这里有一个例子:

```
ffmpeg -loglevel warning -f image2 -framerate 24 -y -i "mydir/myimages_%04d.png" -vcodec libx264 -pix_fmt yuv420p mymovie.mp4
```

当 **movie** 执行时, 也会打印此命令。对于其他电影格式, 需要查阅 FFmpeg 文档。**注:** 在 Windows 上, 百分比

符号是特殊字符 (就像 shell 下的美元符号), 所以用户需要输入两个 (%%)。

操作多个电影

如果用户正在制作一系列相似的电影, 可以使用 FFmpeg 在空间上将它们拼成一部电影。假设有四个电影片段, 分别名为 movie_1.mp4、movie_2.mp4、movie_3.mp4 和 movie_4.mp4, 而用户希望将它们组合成一个 2x2 的面板, 以便同时展示这四个影片。首先, 需要将片段 (1,2) 和 (3,4) 水平拼接在一起, 然后将这两个拼接后的片段垂直拼接起来:

```
ffmpeg -i movie_1.mp4 -i movie_2.mp4 -filter_complex hstack=inputs=2 top.mp4
ffmpeg -i movie_3.mp4 -i movie_4.mp4 -filter_complex hstack=inputs=2 bottom.mp4
ffmpeg -i top.mp4 -i bottom.mp4 -filter_complex vstack=inputs=2 four_movies.mp4
```

有关此类操作的更多信息, 请参阅 FFmpeg 文档。

macOS 问题

在 macOS 系统中, 默认情况下限制同时打开文件的数量相对较小。当同时构建大量帧时, 出现 "打开文件过多" 错误而导致影片制作失败的情况并不罕见。GMT 建议用户参考这篇有用的 文章 以获取各种解决方案。

示例

注: 下面是该模块的一些有效语法示例。使用远程文件 (文件名以 @ 开头) 的示例可以剪切并粘贴到您的终端中进行测试。其他需要输入文件的命令只是常见的使用类型的虚拟示例, 但不能按编写的原样运行。

以下是通过不断改变中心经度以实现制作旋转地球的简单示例, 其中自定义一个像素大小为 600x600 的方形区域, 帧数为 360 帧, 在左上角放置一个帧计数器, 在右上角放置一个进度指示器。该示例不需要自定义输入数据文件, 可在本地运行。

首先创建主脚本 *globe.sh*

```
gmt begin
    gmt coast -Rg -JG${MOVIE_FRAME}/20/${MOVIE_WIDTH} -Gmaroon -Sturquoise -Bg -X0 -Y0
gmt end
```

再使用 **movie** 模块生成 GIF 动图:

```
gmt movie globe.sh -Nglobe -T360 -Fgif -C6ix6ix100 -Lf -P
```

在执行过程结束时, 用户会发现了 GIF 文件 *globel.gif* 以及一个目录 *glob* , 其中包含了全部 360 张 PNG 图片。请注意, *globe.sh* 脚本中没有包含任何反映图表名称、画布大小、栅格化 *PostScript* 的尺寸等信息的内容。这些信息对用户是隐藏的; 实际执行的 movie 脚本是根据用户提供的脚本生成的, 并提供了额外的机制。**movie** 模块会自动使用所有可用的核心来管理对所有帧的并行执行循环。

更多示例

- GMT 官方动画示例
- GMT YouTube Channel

弃用

- 6.3.0: Consolidate -A into -F for a more unified option. #5613

参考文献

Wessel, P., Esteban, F., & Delaviel-Anger, G. (2024). The Generic Mapping Tools and Animations for the Masses. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 25(6). https://doi.org/10.1029/2024GC011545

相关模块

gmtmath, *grdinterpolate*, *grdmath*, events

18.80 nearneighbor

官方文档

nearneighbor

简介

使用最邻近算法网格化表数据

nearneighbor 读取 (*x*,*y*,*z*[,*w*]) 形式的数据，并使用最邻近算法计算网格点的加权平均值。计算原理为

$$w(r_i) = \frac{w_i}{1 + d(r_i)^2}, \quad d(r) = \frac{3r}{R}, \quad \bar{z} = \frac{\sum_i^n w(r_i) z_i}{\sum_i^n w(r_i)}$$

其中 n 为满足筛选标准的数据点数，r_i 为网格点到第 i 个数据点的距离，如果不给定输入点的权重，则假定其为等权，即 $w_i = 1$

Source Code

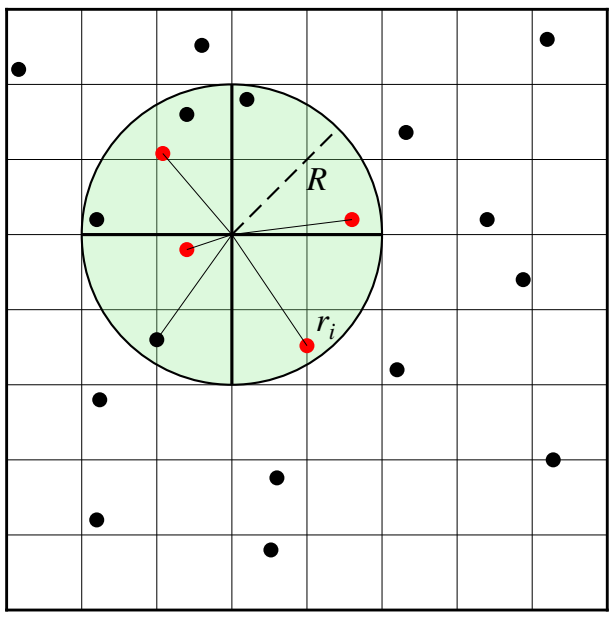


图 10: 算法示意图。R 为搜索半径，其限制了考虑的点和扇区的数量，只有每个扇区中最近的点（红色点）参与估计

语法

gmt nearneighbor [*table*] **-G***outgrid* **-I***increment* **-R***region* **-S***search_radius* [**-E***empty*] [**-N***sectors*[**+m***min_sectors*]|**n**] [**-V**[*level*]] [**-W**] [**-a**flags] [**-bi**binary] [**-di**nodata[**+c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-n**flags] [**-qi**flags] [**-r**reg] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

输入表数据, 包含三列或四列 (*x*,*y*,*z*[,*w*]) 形式的数据 (见 **-W** 选项)

-G*outgrid*[=*ID*][**+d***divisor*][**+n***invalid*] [**+o***offset*|**a**][**+s***scale*|**a**] [:*driver*[*dataType*][**+c***options*]]

输出网格名。各子选项含义见 网格文件

-I*xinc*[**+e**|**n**][/*yinc*[**+e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S*search_radius*

设置 *search_radius* , 即上图中的 R, 可在后面追加单位

可选选项

-E*empty*

指定空节点的值为 *empty* , 默认为 NaN

-N*sectors*[**+m***min_sectors*]|**n**

以每个网格节点为中心可以将圆形的搜索区域划分为扇区 *sectors* 。**+m** 选项用来设置最少搜索的扇区 *min_sectors* , 即至少 *min_sectors* 个扇区至少含有一个数据时, 才计算最终的加权值; 未通过此测试的节点值被设置为 NaN, 见 **-E** 。如果不设置该选项, GMT 至少设置 50% 的扇区来计算加权值, 默认情况下, sectos = min_sectors = 4。每个扇区最接近的值才会被用来计算加权值, 远处的点则被忽略。使用 **-Nn** 可以调用 GDAL 的最邻近算法, 而不是用 GMT 的该算法。

-W

表明输入数据的第四列为权重, 该权重与距离权重因子相乘即为最终权重

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-a*col*=*name*[,…] *(more …)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more …)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-wy|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j 选项*。

网格值精度

不管输入数据的精度如何, 创建网格文件的 GMT 程序将在内部以 4 字节浮点数组的形式保存网格。这样做是为了节省内存, 而且大多数实际数据都可以使用 4 字节浮点值存储。具有更高精度的数据 (即双精度值) 将在 GMT 操作网格或写入新网格时失去该精度。为了限制处理数据时的精度损失, 用户应该始终考虑在处理之前对数据进行归一化。

示例

将文件 `ship_15.txt` 格网化成 5 分分辨率的网格, 搜索半径设置为 15 分, 绘制最终的网格

```
gmt begin map
    gmt nearneighbor @ship_15.txt -R245/255/20/30 -I5m -Ggrid.nc -S15m
    gmt grdimage grid.nc -B
gmt end show
```

使用 `seaMARCII_bathy.lon_lat_z` 文件创建 0.5 分分辨率的网格, 设置搜索半径为 5 km, 将搜索圆范围分为八个扇区, 每个扇区必须有数据, 并将最终的空节点设置为 -9999

```
gmt nearneighbor seaMARCII_bathy.lon_lat_z -R242/244/-22/-20 -I0.5m -E-9999 -Gbathymetry.nc -S5k -N8+m8
```

使用 `geoid.xyz` 数据创建全球 1 度分辨率的网格, 搜索半径为 200 km, 距离计算使用球面距离, 将搜索范围分为 4 个扇区, 至少 2 个扇区包含数据时计算加权值

```
gmt nearneighbor geoid.xyz -R0/360/-90/90 -I1 -Ggeoid.nc -S200k -N4
```

相关模块

blockmean, blockmedian, blockmode, greenspline, *sphtriangulate*, *surface*, *triangulate*

18.81 plot

官方文档

plot

简介

在图上绘制线段、多边形和符号

该命令既可以绘制线段和多边形 (多边形是闭合的线段), 也可以绘制符号。唯一的区别在于是否使用了 **-S** 选项:

- 不使用 **-S** 选项, 默认将所有的数据点连成线, 即绘制线段或多边形
- 使用 **-S** 选项, 则仅在数据点所在位置绘制符号

可选选项

-A[**m**|**p**|**x**|**y**]

修改两点间的连接方式。

地理投影下, 两点之间默认沿着大圆弧连接。

1. `-A` ：忽略当前的投影方式, 直接用直线连接两点
2. `-Am` ：先沿着经线画, 再沿着纬线画
3. `-Ap` ：先沿着纬线画, 再沿着经线画

笛卡尔坐标下, 两点之间默认用直线连接。

1. `-Ax` 先沿着 X 轴画, 再沿着 Y 轴画
2. `-Ay` 先沿着 Y 轴画, 再沿着 X 轴画

下图中, 黑色曲线为默认情况; 红线为使用 `-A` 的效果; 蓝线为使用 `-Ap` 的效果; 黄线为使用 `-Am` 的效果:

Source Code

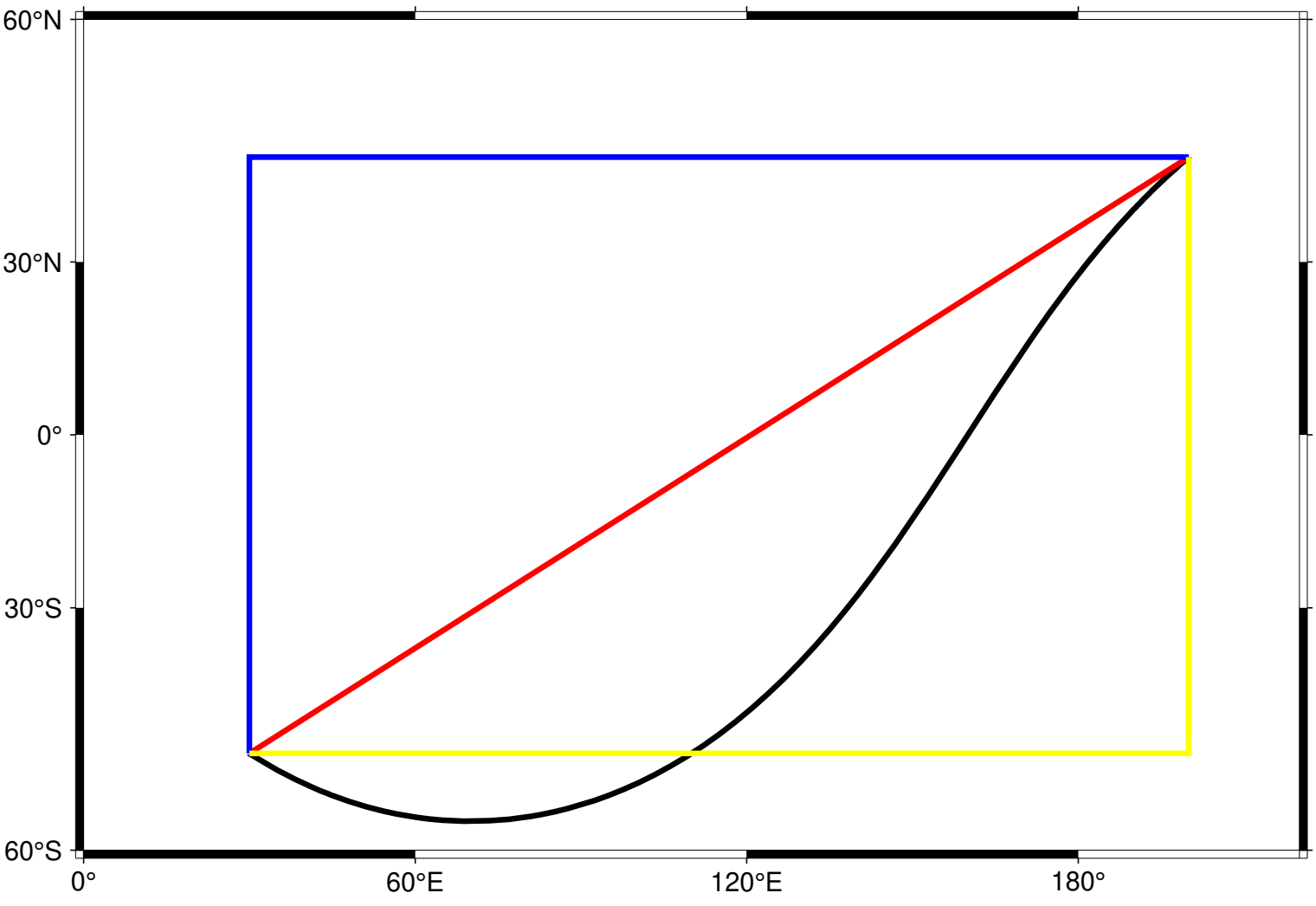


图 11: plot -A 选项示意图

注: 由于这里投影比较特别, 所以沿着经线的线和沿着纬线的线, 看上去都是直线, 在其他投影方式下可能不会是这样。

-C*cpt*

指定 CPT 文件或颜色列表

该选项后跟一个 CPT 文件名, 使符号和多边形的填充颜色、线段和多边形的线条颜色由 Z 值决定。

1. 若绘制符号 (即使用 **-S** 选项), 则符号的填充色由数据的第三列 Z 值决定, 其他数据列依次后移一列。

2. 若绘制线段或多边形 (即未使用 **-S** 选项), 则需要在多段数据的数据段头记录中指定 **-Z***val* (参见数据段头记录中的额外属性), CPT 文件中 *val* 所对应的颜色, 即为线段或多边形的线条颜色。如果要设置为多边形的填充色, 注意应该要额外使用 **-L** 选项构建闭合多边形。

除此以外, 也可以使用 `-C<color1>,<color2>,...` 语法在命令行上临时构建一个颜色列表, 其中 `<color1>` 对应 Z 值为 0 的颜色, `<color2>` 对应 Z 值为 1 的颜色, 依次类推。

下面的例子展示了 `-C<color1>,<color2>..` 用法:

```
gmt plot -JX10c/10c -R0/10/0/10 -B1 -Cblue,red -W2p -png test << EOF
> -Z0
1 1
2 2
> -Z1
3 3
4 4
EOF
```

-D*dx*/*dy*

设置符号的偏移量。

该选项会将要绘制的符号或线段在给定坐标的基础上偏移 *dx*/*dy* 距离。若未指定 *dy*, 则默认 *dy*=*dx*。

-E[**x**|**y**|**X**|**Y**][+**a**][+**cl**|**f**][+**n**][+**w***cap*][+**p***pen*]

绘制误差棒。

默认会绘制 X 和 Y 两个方向的误差棒。`x|y` 表示只绘制 X 方向和/或 Y 方向的误差棒, 此时输入数据的格式为 (具体格式由选项决定):

```
X  Y   [size]     [X_error]    [Y_error]  [others]
```

例如, X 方向误差为 1:

```
echo 5 5 1 | gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -Sc0.1c -Ex -W2p -png test
```

X 方向误差为 1, Y 方向误差为 0.5:

```
echo 5 5 1 0.5 | gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -Sc0.1c -Exy -W2p -png test
```

使用 +**a** 表示 X 方向和/或 Y 方向为非对称误差棒, 此时输入数据的格式为:

```
X  Y   [size]   [X_left_error X_right_error]  [Y_left_error Y_right_error] [others]
```

例如:

```
echo 5 5 1 0.4 0.5 0.25 | gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -Sc0.1c -Exy+a -W2p -png test
```

使用 `X` 和 `Y` 则绘制 box-and-whisker (即 stem-and-leaf) 符号。以 `-EX` 为例, 此时数据数据格式为:

```
X中位数  Y  0%位数 25%位数 75%位数 100%位数
```

25% 到 75% 之间的方框内可以用 `-G` 选项填充颜色:

```
echo 5 5 4 4.25 5.4 7 | gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -Sc0.1c -EX -Gred -W2p -png test
```

- 若使用 -EXY，则输入数据中至少需要 10 列;
- 若在 X 或 Y 后加上了 +n，则需要在额外的第 5 列数据指定中位数的不确定性。
- +**w***cap* 控制误差棒顶端帽子的长度, 默认值为 7p
- +**p***pen* 控制误差棒的画笔属性, 默认值为 defalut,black,solid
- 在使用 -C 选项时, 可以从 CPT 文件中查找到符号所对应的颜色
  - +c 表明将颜色应用于符号填充色和误差棒画笔属性
  - +cf 表明仅将颜色用于填充符号
  - +cl 表面仅将颜色用于设置误差棒画笔属性, 并关闭符号填充色

-F[**c**|**n**|**r**][**a**|**f**|**s**|**r**|*refpoint*]

修改数据点的分组和连接方式。

数据的分组方式有三种:

1. a 忽略所有数据段头记录, 即将所有文件内的所有数据点作为一个单独的组, 并将第一个文件的第一个数据点作为该组的参考点
2. f 将每个文件内的所有点分在一个组, 并将每一组内的第一个点作为该组的参考点
3. s 每段数据内的点作为一组, 并将每段数据的第一个点作为该组的参考点
4. r 每段数据内的点作为一组, 并将每段数据的第一个点作为该组的参考点, 每次连线后将前一个点作为新的参考点, 该选项仅与 -Fr 连用 (似乎与 -Fcs 等效?)
5. *refpoint* 指定某个点为所有组共同的参考点

在确定分组后, 还可以额外定义组内各点的连接方式:

- c 将组内的点连接成连续的线段
- r 将组内的所有点与组内的参考点连线
- n 将每个组内的所有点互相连线

在不使用 -F 选项的情况下, 默认值为 -Fcs 。该选项的具体示例在后面给出。

-G*fill*

设置符号或多边形的填充色。多段数据中数据段头记录中的 -G 选项会覆盖命令行中的设置。

-I*intens*

模拟光照效果

<intens> 的取值范围为-1 到 1, 用于对填充色做微调以模拟光照效果。正值表示亮色, 负值表示暗色, 零表示原色。

-L[+**b**|**d**|**D**][+**xl**|**r**|*x0*][+**yb**|**t**|*y0*][+**p***pen*]

将第一个和最后一个数据点连接起来。

plot 在绘制线条时, 默认只将输入文本中相邻的数据点用线条连接起来。使用 **-L** 选项后, plot 会额外地再将第一个和最后一个数据点连接起来, 形成封闭的图形。如果第一个和最后一个数据点的连线和其它连线交叉, 就会形成不止一个封闭图形。**-L** 选项常常和 **-G** 选项同时使用以进行颜色填充。下面看不同搭配的画图效果:

```
#!/usr/bin/env bash
cat << EOF > t.txt
```

(续下页)

(接上页)

```
1 1
2 3
3 2
4 4
EOF
cmd='t.txt -R0/5/0/5 -JX4c -W1p -Ba1f1'
gmt begin plot_-L_1
gmt plot $cmd -BWStr+t'No -G or -L'
gmt plot $cmd -BWStr+t'-G Only' -Gorange -X5c
# -L选项中的+p子选项对画笔的外观设置一律无效
# 没有-G选项时，使用-L选项必须使用+p子选项，但相关设置无效
gmt plot $cmd -BWStr+t'-L Only' -L+p10p,blue -X5c
gmt plot $cmd -BWStr+t'both -G and -L' -Gorange -L+p10p,blue -X5c
gmt end show
rm t.txt
```

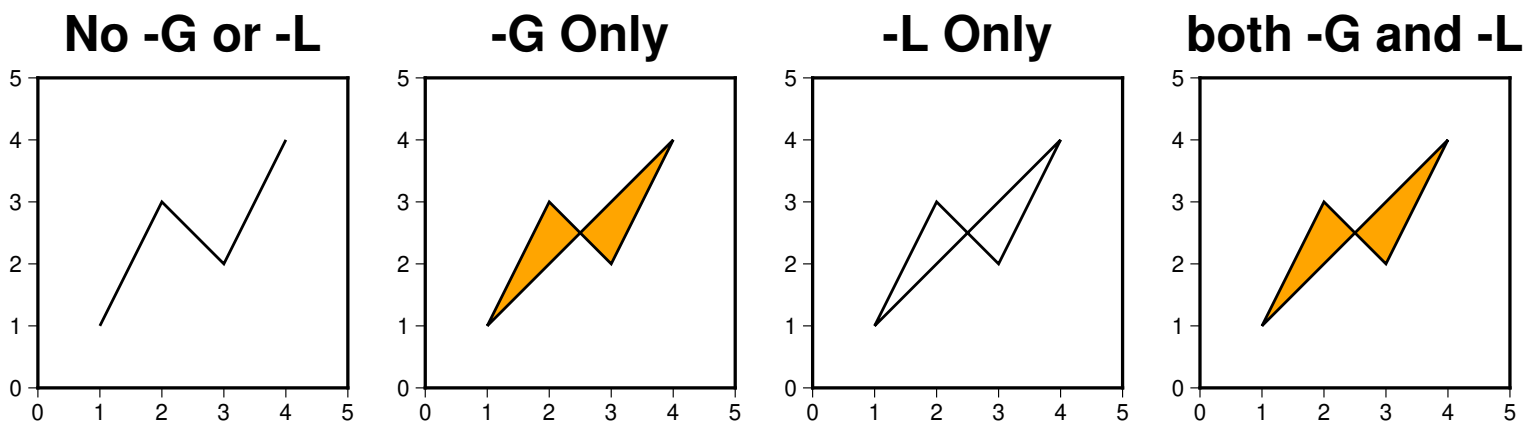


图 12: -L 和 -G 选项不同搭配方式的效果

-L 选项还可以绘制两类包络：一类是围绕线条的包络，另一类是到指定位置的包络。首先来看围绕线条的包络：

1. +d 围绕线条绘制对称的包络，包络相对于线条的 y 轴幅度由数据文件内的第三列给出
2. +D 围绕线条绘制不对称的包络，包络相对于线条的 y 轴幅度由数据文件内的第三、四列给出
3. +b 围绕线条绘制不对称的包络，包络的 y 轴范围由数据文件内的第三、四列给出

下面的例子分别绘制了上述三种情形。第一幅图使用 +d 选项，数据的第三列分别是 2、2、3 和 1，所以包络的上下范围在线条的每一个数据点处距离线条的距离就是 2、2、3 和 1。第二幅图使用 +D 选项，数据的第三列分别是 2、2、3 和 1，所以包络的下范围在线条的每一个数据点处距离线条的距离就是 2、2、3 和 1，也就是和第一幅图完全相同。但是，上范围的距离使用的是数据文件的第四列，也就是 4、3、2 和 1。第三幅图使用 +b 选项，包络的范围与线条的位置无关。第三、四列数据分别决定了包络的上下范围。当第三、四列数据交叉的时候，包络图形随之出现打结的现象。

```
#!/usr/bin/env bash
cat << EOF > t.txt
1 1 2 4
2 3 2 3
3 2 3 2
4 4 1 1
EOF
cmd='t.txt -R0/5/-2/8 -JX5c -W2p -Ba1f1 -Glightred'
gmt begin plot_-L_2
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053d" -L+d
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053D" -L+D -X6c
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053b" -L+b -X6c
```

(续下页)

(接上页)

```
gmt end show
rm t.txt
```

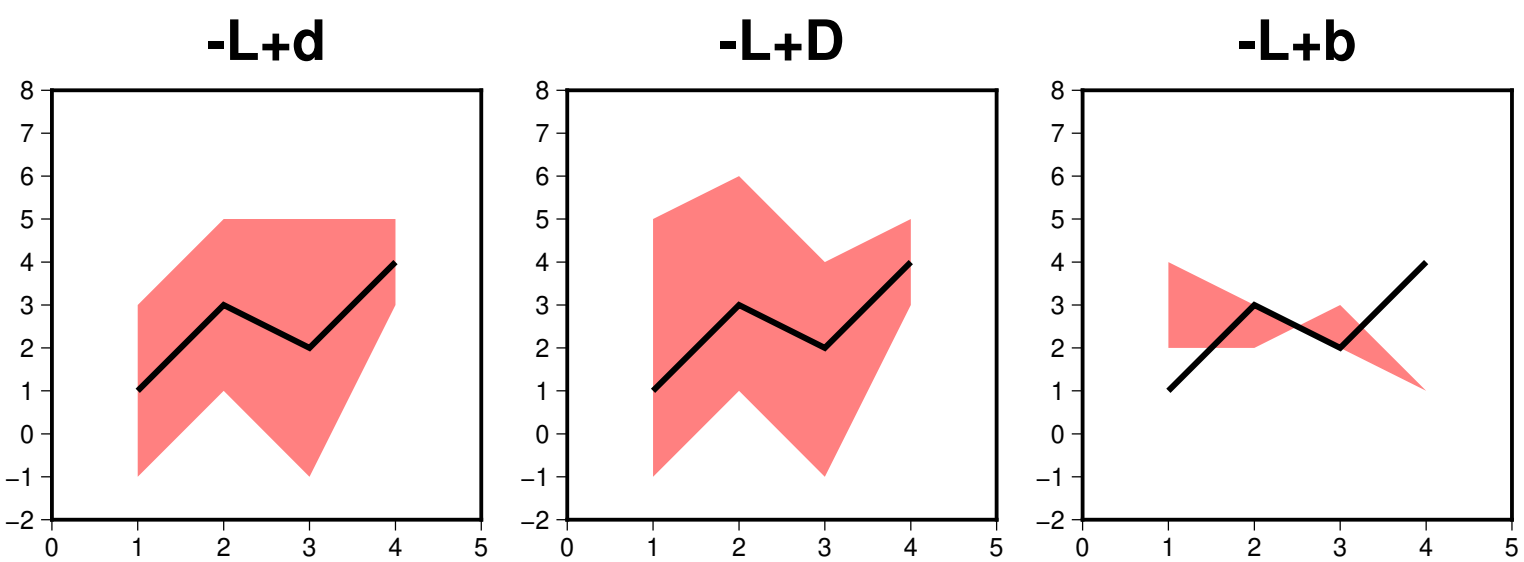


图 13: 围绕线条的包络

再来看指定位置的包络：

1. **+xl|r**|*x0* 包络范围是从线条到线条的点的 x 轴最小、大值和固定值
2. **+yb|t**|*y0* 包络范围是从线条到线条的点的 y 轴最小、大值和固定值

例子如下：

```
#!/usr/bin/env bash
cat << EOF > t.txt
1 1
2 3
3 2
4 4
EOF
cmd='t.txt -R0/5/0/5 -JX5c -W2p -Ba1f1 -Glightred'
gmt begin plot_-L_3
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053xl" -L+xl
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053xr" -L+xr -X6c
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053x4.5" -L+x4.5 -X6c
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053yt" -L+yt -X-12c -Y6.5c
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053yb" -L+yb -X6c
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053y4" -L+y4 -X6c
gmt end show
rm t.txt
```

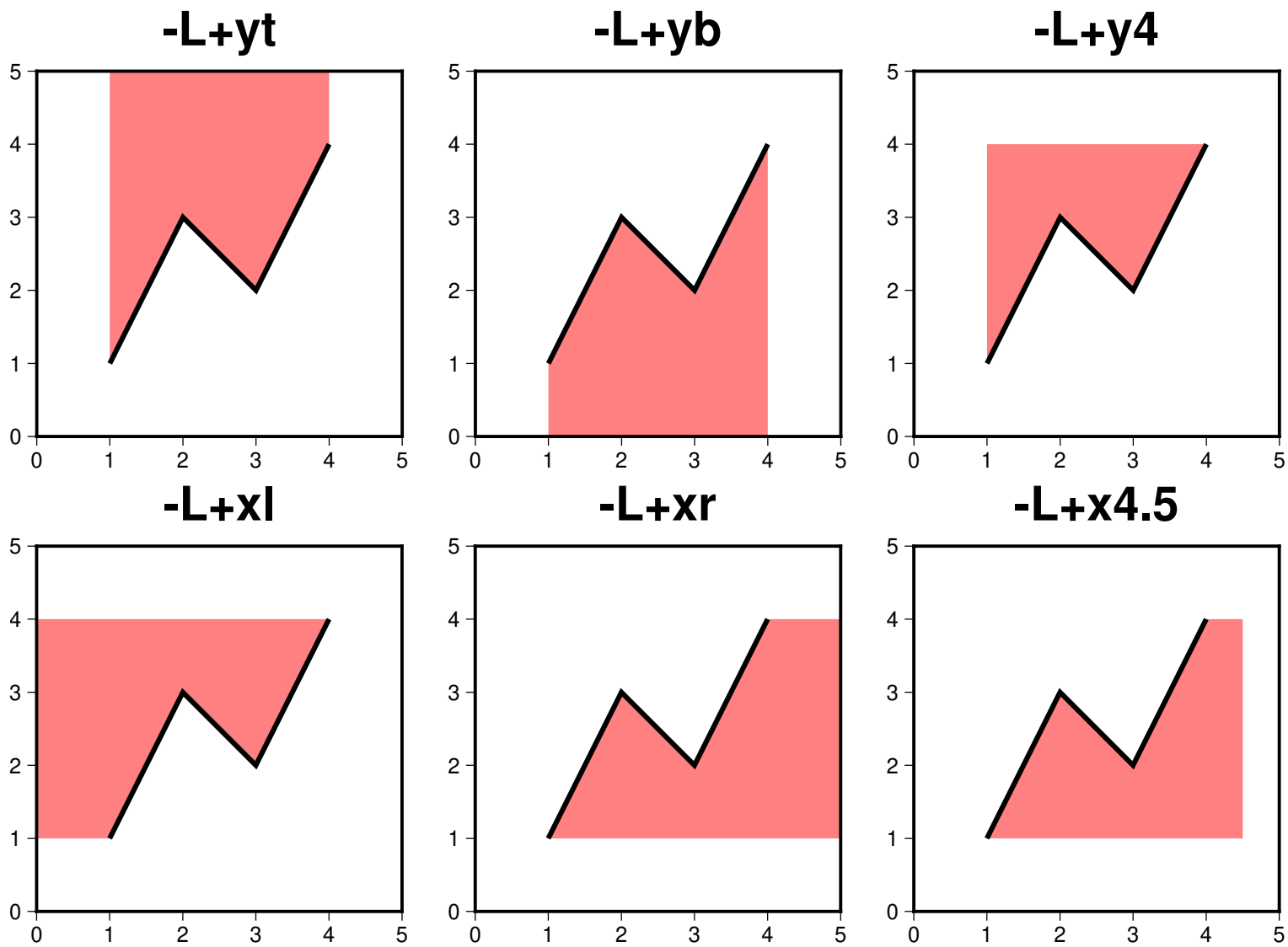


图 14: 到指定位置的包络

-N[**c**|**r**]

区域范围外的符号不会被裁剪，而会被正常绘制。

默认情况下，位于 -R 范围外的符号不会被绘制的。使用该选项使得即便符号的坐标位于 -R 指定的范围外，也会被绘制。需要注意的是，该选项对线段或多边形无效，线段和多边形总会被区域的范围裁剪。

对于存在周期性的地图而言，若符号出现在重复边界上，则会被重复绘制两次。比如:

```
gmt plot -R0/360/-60/60 -JM10c -Bx60 -By15 -Sc2c -png test << EOF
360 0
EOF
```

会在地图的左右边界处分别两个半圆，该行为可以通过 -N 选项修改:

1. -N 关闭裁剪，符号仅绘制一次
2. -Nr 关闭裁剪，但符号依然绘制两次
3. -Nc 不关闭裁剪，但符号仅绘制一次

-W[*pen*][**+cl**|**+cf**|**+c**]

设置线段或符号轮廓的画笔属性。

1. *pen* 具体设置见画笔 一节，用于修改线条的宽度、颜色、线型 (例如点线、虚线、点划线等)
2. 若使用了 +cl 则表示线条颜色由 CPT 文件控制

3. 若使用了 +cf 则符号的填充色由 CPT 文件控制
4. 若使用了 +c 则表示线条颜色和符号填充色同时由 CPT 文件控制
5. -W 选项后还可以加上额外的选项, 可以指定线条的额外属性, 见线条属性 一节

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-S 选项

使用 -S 选项, 则表示要绘制符号。-S 选项的基本语法是:

```
-S[<symbol>][<size>[<u>]]
```

其中 <symbol> 指定了符号类型, <size> 为符号的大小, <u> 为 <size> 的单位。

不同的符号类型, 需要的输入数据格式也不同, 但可以统一写成 (用 ... 代表某符号特有的输入列):

```
X   Y   ...
```

-S-|+|a|c|d|g|h|i|n|s|t|x|y|p

绘制一些简单的符号。

这几个符号比较简单, 输入数据中不需要额外的列:

- -S- : 短横线, <size> 是短横线的长度;
- -S+ : 加号, <size> 是加号的外接圆的直径;
- -Sa : 五角星 (st**a**r), <size> 是外接圆直径;
- -Sc : 圆 (**c**ircle), <size> 为圆的直径;
- -Sd : 菱形 (**d**iamond), <size> 为外接圆直径;
- -Sg : 八边形 (octa**g**on), <size> 为外接圆直径;
- -Sh : 六边形 (**h**exagon), <size> 为外接圆直径;
- -Si : 倒三角 (**i**nverted triangle), <size> 为外接圆直径;
- -Sn : 五边形 (pe**n**tagon), <size> 为外接圆直径;
- -Sp : 点, 不需要指定 <size> , 点的大小始终为一个像素点;
- -Ss : 正方形 (**s**quare), <size> 为外接圆直径;
- -St : 三角形 (**t**riangle), <size> 为外接圆直径;
- -Sx : 叉号 (cross), <size> 为外接圆直径;
- -Sy : 短竖线, <size> 为短竖线的长度;

对于小写符号 acdghinst , <size> 表示外接圆直径; 对于大写符号 ACDGHINST, <size> 表示符号的面积与直径为 <size> 的圆的面积相同。

下图给出了上面所给出的 symbol 所对应的符号:

Source Code

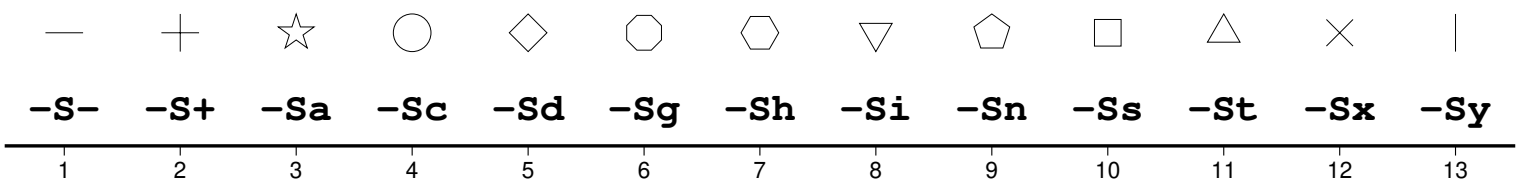


图 15: plot -S 选项示意图

除了上述简单的符号之外, 还有更多复杂的符号。

`-Sb|B[<size>[<u>]][b[<base>]]`

绘制垂直 bar。

`-Sb` 用于在 X 坐标处绘制一个从 `<base>` 到 Y 位置的垂直 bar。

1. `<size>` 是 bar 宽度, 其单位可以是长度单位 `c|i|p` , 也可以用 `u` 表示 X 方向单位
2. 若不指定 `b<base>` , 其默认值为 ymin
3. 指定 `b<base>` , 为所有数据点指定 base 值
4. 加上 `b` 但未指定 `<base>` , 则需要额外的一列数据来指定 base 的值
5. `-SB` 与 `-Sb` 类似, 区别在于 `-SB` 绘制水平 bar

```
gmt plot -R0/10/0/5 -JX15c/5c -B1 -Sb1cb -png test << EOF
2 3 1 0.5
4 2 1 1.5
8 4 1 2.5
EOF
```

`-Se|E`

绘制椭圆

`-Se` 用于绘制椭圆。对于椭圆而言, `<size>` 是不需要的。此时输入数据的格式为:

```
X   Y   方向    长轴长度     短轴长度
```

其中方向是相对于水平方向逆时针旋转的角度, 两个轴的长度都使用长度单位, 即 `c|i|p`

`-SE` 选项与 `-Se` 类似, 区别在于:

- 第三列为方位角 (相对于正北方向旋转的角度)。该角度会根据所选取的地图投影变换成角度
- 对于线性投影, 长短轴的长度单位为数据单位, 即与 `-R` 中数据范围的单位相同
- 对于地理投影, 长轴和短轴的长度单位可以设置为千米或度

用长度单位指定一个椭圆:

```
echo 180 0 45 5c 3c | gmt plot -R0/360/-90/90 -JN15c -B60 -Se -png test
```

线性投影下 `-SE` 的长短轴的单位为数据单位:

```
echo 180 0 45 300 100 | gmt plot -R0/360/-90/90 -JX10c -B60 -SE -png test
```

地理投影下 `-SE` 的长短轴的单位是地理单位, 默认长度单位为千米:

```
echo 80 0 45 22200 11100 | gmt plot -R0/360/-90/90 -JN15c -B60 -SE -png test
echo 80 0 45 200d  100d  | gmt plot -R0/360/-90/90 -JN15c -B60 -SE -png test2
```

若长短轴长度相等，则椭圆退化成圆，可以用于绘制直径以千米为单位的圆，从而解决了 -Sc 只能用长度单位而不能用距离单位画圆的不足。这一特性可以用于绘制等震中距线。比如如下命令可以绘制 30 度等震中距线:

```
echo 80 0 0 60d 60d | gmt plot -R0/360/-90/90 -JN15c -B60 -SE -png test
```

上面示例的输入数据中，方向和短轴长度都是多余的，所以 GMT 提供了 -SE-[<size>] 选项用于绘制直径为 <size> 的圆，若未指定 <size> ，则需要在数据中指定圆的直径。比如 30 度和 60 度等震中距线可以用如下命令绘制:

```
gmt plot -R0/360/-90/90 -JN15c -B60 -SE- -png test << EOF
180 0 60d
180 0 120d
EOF
```

-Sf<gap>[/<size>][+l|+r][+b+c+f+s+t][+o<offset>][+p[<pen>]]

绘制 front，即在线段上加上符号以表示断层等 front

1. <gap> 线段上符号之间的距离，若 <gap> 为负值，则解释为线段上符号的个数
2. <size> 为符号大小
    1. 若省略了 <size> ，则默认为 <gap> 的 30%
    2. 若 <gap> 为负值，则 <size> 是必须的
3. +l 和 +r 分别表示将符号画在线段的左侧还是右侧，默认是绘制在线段中间
4. +b 符号为 box
5. +c 符号为 circle
6. +t 符号为 triangle
7. +f 符号表示断层 (fault)，默认值。
8. +s 符号表示断层的滑动 (slip)，用于表示左旋或右旋断层。其可以接受一个可选的参数来控制绘制矢量时的角度。也可以用 +S 绘制一个弧形箭头
9. +o<offset> 将线段上的第一个符号相对于线段的起点偏离 <offset> 距离，默认值为 0
10. 默认符号的颜色与线段颜色相同 (-W 选项)，可以使用 +p<pen> 为符号单独指定颜色，也可以使用 +p ，即不绘制符号的轮廓。

下面的例子分别绘制了 +b 、+c 、+f 、+s 、+t 所对应的符号:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin plot_-Sf
gmt basemap -R150/200/20/50 -JM15c -B10
gmt plot -Sf2c/0.1i+l+b -Gblack -W << EOF
155 30
160 40
EOF
gmt plot -Sf2c/0.1i+l+c -Gblue -W << EOF
```

(续下页)

(接上页)

```
165 30
170 40
EOF
gmt plot -Sf2c/0.1i+l+f -Gred -W << EOF
175 30
180 40
EOF
gmt plot -Sf2c/0.3i+l+s+o1 -Gyellow -W << EOF
185 30
190 40
EOF
gmt plot -Sf1c/0.1i+l+t -Gwhite -W -B10 << EOF
195 30
200 40
EOF
gmt end show
```

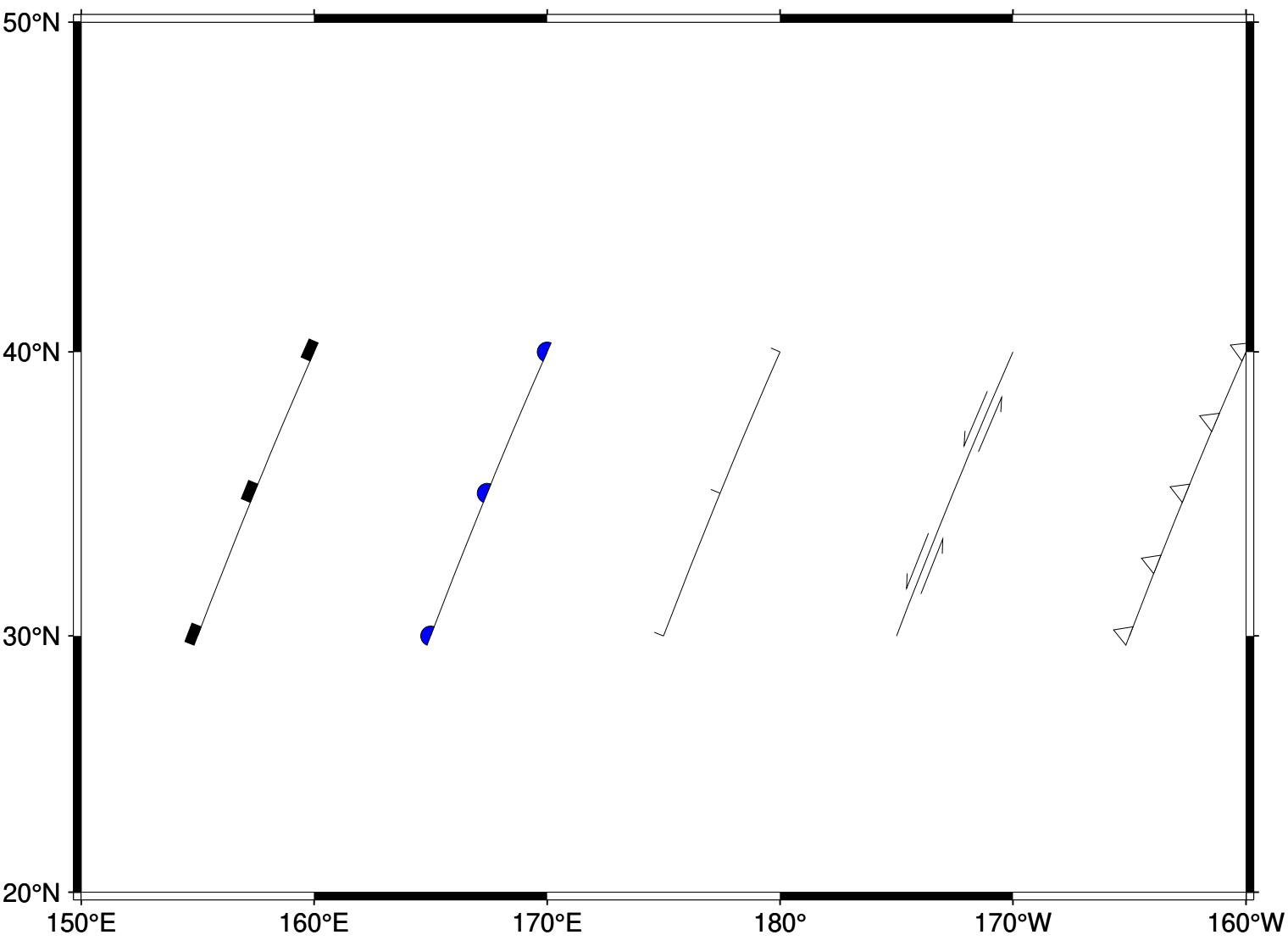


图 16: plot -Sf 示意图

`-Sj|J`

绘制旋转矩形

其输入数据为:

```
X   Y   方向    X轴长度   Y轴长度
```

方向为相对于水平方向逆时针旋转的角度。

`-SJ` 与 `-Sj` 类似，区别在于：

1. 输入的第三列是方位角

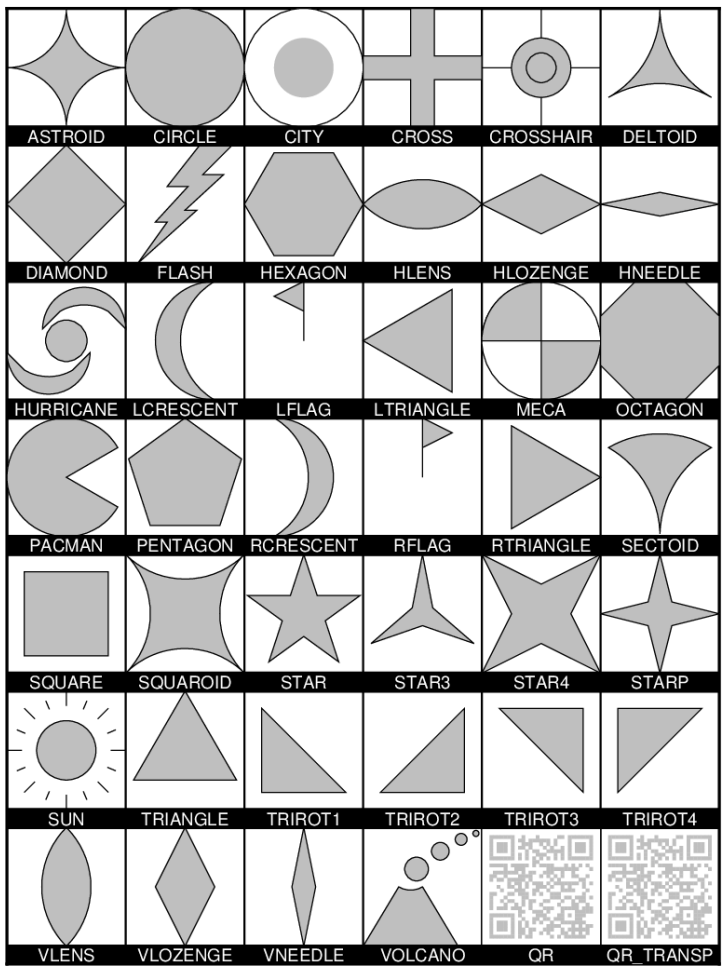
2. 对于地理投影, X 轴和 Y 轴长度的单位为地理单位, 默认为 km

3. 对于线性投影, X 轴和 Y 轴长度的单位与 `-R` 选项中数据范围的单位相同

若矩形的长宽相等, 则矩形退化成正方形, 此时可以使用 `-SJ-<size>` 。`<size>` 是正方形的长度, 若未指定 `<size>` 则需要在输入数据的第三列指定长度。

`-Sk<name>/<size>`

绘制自定义的符号。目前, GMT 官方内置了 40 个自定义符号, 如下所示:



如果这些内置自定义符号无法满足需求, 用户可以自行制作自定义符号文件并使用。详细使用方法见制作和使用自定义符号。

`-Sl<size>+t<string>+j<justify>`

绘制文本字符串

该选项的功能与*text* 类似, 不知道为何要设计这个选项。

1. `<size>` 文本串的大小

2. `+t<string>` 指定文本串

3. `+j<justify>` 修改文本串的对齐方式, 默认为 `CM`

`-Sm|M<size>`

绘制数学圆弧

输入数据的格式为:

```
X  Y  radius_of_arc  start_direction  stop_direction
```

1. `<size>` 为矢量箭头的长度

2. 圆弧的线宽由 -W 选项设定

3. -SM 选项与 -Sm 完全相同, 只是当圆弧的夹角恰好是 90 度是, -SM 会用直角符号来表示

4. 圆弧的两端可加上额外的箭头, 见矢量/箭头 一节

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin plot_-Sm
gmt basemap -R0/4/0.5/1.5 -JX6c/3c -Bxa1g1 -Bya0.5g0.5 -BWSen
gmt plot -Sc0.15c -Gblack << EOF
1 1
3 1
EOF
gmt plot -Sm0.2c+b+e+g -Gblack -W0.5p,red << EOF
1 1 1 10 60
EOF
gmt plot -Sm0.2c+b+l -Gblack -W0.5p,blue << EOF
3 1 1 10 150
EOF
gmt end show
```

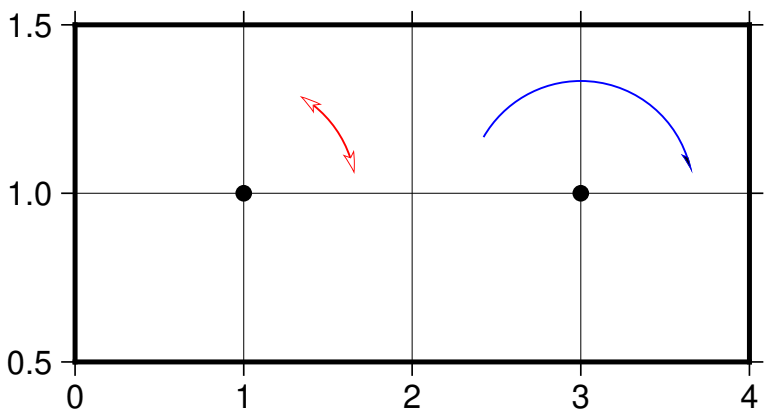


图 17: plot -Sm 示意图

-Sq[<type>]<info>[:<labelinfo>]

绘制 quoted lines, 即带标注的线段, 比如等值线、带断层名的断层线等

<type> 有 6 种可选的方式:

1. d<dist>[<u>]/[<frac>] 指定标签之间的距离, 单位 <u> 为 c|i|p ; <frac> 表示将第一个标签放在距离 quoted lines 起点 <frac>*<dist> 处

2. D<dist>[<u>]/[<frac>] 指定标签之间的距离, 单位 <u> 可以取 e|f|k|M|n|u|d|m|s

3. f<ffile.d> 根据 ASCII 文件 <ffile.d> 的内容确定标签的位置。仅当 <ffile.d> 中指定的标签位置与 quoted lines 上数据点的位置完全匹配时才会被绘制

4. l<line1>[,<line2>,...] 指定一个或多个以逗号分隔的线段, 标签会放在线段与 quoted line 相交的地方。<line> 的格式为 start_lon/start_lat/stop_lon/stop_lat , 其中 start_lon/start_lat 以及 stop_lon/stop_lat 可以用锚点中的两字符替换。

5. L<line1>[,<line2>,...] 与 l 类似, 只是将线段解释为两点之间的大圆路径

6. n<n_label> 指定等间隔标签的数目, 见官方文档

7. N<n_label> 见官方文档

8. s<n_label> 见官方文档

9. S<n_label> 见官方文档
10. x<xfile.d> 见官方文档
11. X<xfile.d> 见官方文档

<labelinfo> 用于控制标签的格式, 其可以是下面子选项的任意组合, 详情见官方文档:

1. +a<angle>
2. +c<dx>/<dy>
3. +d
4. +e
5. +f<font>
6. +g<color>
7. +j<just>
8. +l<label>
9. +L<label>
10. +n<dx>/<dy>
11. +o
12. +p<pen>
13. +r<min_rad>
14. +t[<file>]
15. +u<unit>
16. +v
17. +w
18. +x[<first>,<last>]

-Sr[+s]

绘制矩形

使用 **-Sr** 时无需指定 *size*, 其输入格式为:

```
X   Y   X轴长度   Y轴长度
```

若加上 +s 选项, 则输入数据分别为矩形的两个对角顶点的 X 和 Y 坐标。

-SR

绘制圆角矩形

size 对该符号无用。其输入格式为:

```
X   Y   X轴长度     Y轴长度     圆角半径
```

`-Sv|V|=`

绘制矢量

-Sv 用于绘制矢量, 输入数据格式为:

```
X   Y   方向     长度
```

1. 方向定义为以水平/正东为起点, 逆时针旋转的角度
2. *size* 为矢量箭头的长度
3. 矢量宽度由 `-W` 控制
4. 更多箭头的属性见矢量/箭头 一节
5. `-SV` 与 `-Sv` 类似, 区别在于第三列是方位角而不是方向, 即以正北为起点顺时针旋转的角度
6. `-S=` 与 `-SV` 类似, 区别在于第四列长度的单位是地理单位

```
echo 2 2 45 5c | gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -Sv1c+e -W2p -png test
```

`-Sw|W[+a|+r]`

绘制楔形饼图 (pie **w**edge), 即饼图中的一个切片。加上 `+a` 表示只绘制弧线, `+r` 表示只绘制径向线。

楔形饼图所需要的输入数据格式为:

```
X   Y   start_direction     stop_direcrion
```

1. *size* 是楔形饼图所对应的圆的**直径**
2. 对于 `-Sw` , 第三、四列是楔形的开始和结束方向, 其中方向定义为相对于 X 轴正方向 (即东向) 逆时针旋转的角度
3. 对于 `-SW` , 第三、四列是楔形的开始和结束方位角, 其中方位角定义为相对于北向顺时针旋转的角度。对于地理楔形而言, `<size>` 代表径向地理距离而不是

下面的示例分别用 `-SW` 和 `-Sw` 画了两个不同大小的楔形饼图:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin plot_-Sw
gmt basemap -R0/10/0/5 -Jx1c -Ba1g1
gmt plot -Sw2c -Glightblue << EOF
2 2 0 45
EOF
gmt plot -SW3c -Glightblue << EOF
6 2 0 45
EOF
gmt end show
```

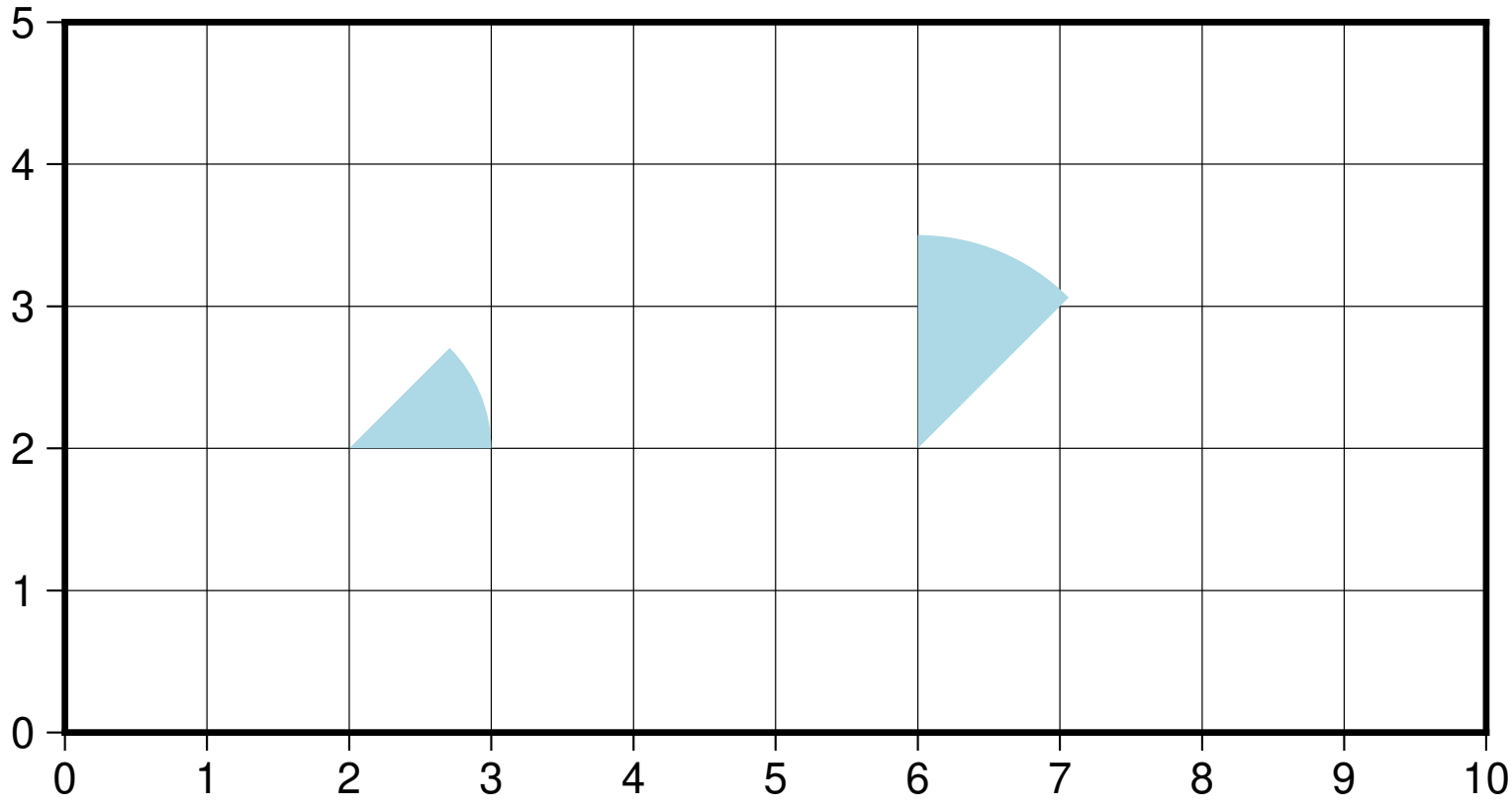


图 18: plot -Sw 示意图。

左边-Sw, 右边-SW; 图中 1 格表示 1cm。

`-S~[d|D|f|l|L|n|N|s|S|x|X]<info>[:<symbolinfo>]`

绘制 decorated line, 即带有符号的线段。详见官方文档。

输入数据格式

-S 选项相对复杂, 与不同的选项连用, 或者后面接不同的参数, 所需要的输入数据的格式也不同。不管是什么符号, 至少都需要给定符号的位置, 即 X 和 Y 是必须的:

```
X   Y
```

不同的符号, 可能还需要额外的信息, 统一写成 (用 ... 代表某符号特有的输入列):

```
X   Y   ...
```

若 -S 指定了符号类型但未指定大小, 即 -S<symbol> , 若该符号类型需要指定大小, 则需要将符号大小放在输入数据的**第三列**, 其他输入数据的列号延后, 此时数据格式为:

```
X   Y   size    ...
```

若 size<=0, 则跳过该记录行。

若 -S 选项后未指定符号代码, 则符号代码必须位于输入文件的**最后一列**

```
X   Y   ...   symbol
```

若使用了 -C 和 -S 选项, 则符号的填充色由数据的第三列决定, 其他字段依次后移:

```
X   Y  [Z]   ...  symbol
```

因而总结一下输入数据的格式为:

```
x  y  [Z]  [size]  ...  [symbol]
```

其中 ... 为某些符号所要求的特殊的数据列, symbol 是未指定符号时必须的输入列, size 是未指定大小时的输入列。

制作和使用自定义符号

如果 GMT 内置的自定义符号无法满足用户的需求, 用户可以根据 GMT 自定义符号文件 的格式要求自行制作自定义符号文件。

使用自定义符号时, GMT 会依次按照如下顺序去搜索自定义符号的定义文件 name.def:

1. 当前目录, 即运行脚本所在目录
2. ~/.gmt/custom 目录(Linux 和 macOS 用户)或 C:\Users\你的当前用户名\.gmt\custom 目录(Windows 用户)
3. $GMT_SHAREDIR/custom 目录

用户可以将自己制作的自定义符号复制到以上任一路径即可正常使用。建议放在 ~/.gmt/custom 目录 (Linux 和 macOS 用户) 或 C:\Users\你的当前用户名\.gmt\custom 目录 (Windows 用户) 下。

多段数据

对于多段数据而言, 每段数据的头段记录中都可以包含一些选项, 以使得不同段数据拥有不同的属性。头段记录中的选项会覆盖命令中选项的参数:

- -Gfill : 设置当前段数据的填充色
- -G- : 对当前数据段关闭填充
- -G : 恢复到默认填充色
- -W<pen> : 设置当前段数据的画笔属性
- -W : 恢复到默认画笔属性*MAP_DEFAULT_PEN*
- -W- : 不绘制轮廓
- -Z<zval> : 从 cpt 文件中查找 Z 值 <zval> 所对应的颜色作为填充色
- -ZNaN : 从 cpt 文件中获取 NaN 颜色

详情及示例参见*数据段头记录中的额外属性*

示例

最简单的命令, 绘制线段或多边形, 此时数据输入需要两列, 即 X 和 Y:

```
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c -B1 -png test << EOF
3 5
5 8
7 4
EOF
```

下面的脚本展示了 -F 选项的用法:

```
#!/usr/bin/env bash

# 此处定义了函数plotpts, 用于绘制图中绿色和蓝色的圆圈, 并加上文字
function plotpts
```

(续下页)

(接上页)

```
{
    # Plots the two data tables and places given text
    gmt plot -Sc0.2c -Ggreen -Wfaint t1.txt
    gmt plot -Sc0.2c -Gblue -Wfaint t2.txt
    echo $* | gmt text -F+cTL+jTL+f12p -Dj0.05i
}
# 生成测试用的第一个数据文件
cat << EOF > t1.txt
10 10
48 15
28 20
>
40 40
30  5
5  15
EOF
# 生成测试用的第二个数据文件
cat << EOF > t2.txt
7  20
29 11
8   4
EOF
# -Fcs: 默认的连接方式
gmt begin plot_-F
gmt basemap -R0/50/0/45 -Jx0.06i -Ba10 -BWSne
gmt plot -W1p t[12].txt
plotpts TWO DATA TABLES

# -Fra
gmt plot -W1p t[12].txt -Fra -X3.25i
plotpts DATASET ORIGIN

# -Frf
gmt plot -W1p t[12].txt -Frf -X-3.25i -Y3.15i
plotpts TABLE ORIGIN

# -Frs
gmt plot -W1p t[12].txt -Frs -X3.25i
plotpts SEGMENT ORIGIN

# -Fr10/35
gmt plot -W1p t[12].txt -Fr10/35 -X-3.25i -Y3.15i
plotpts FIXED ORIGIN
echo 10 35 | gmt plot -Sa0.4c -Gred -Wfaint

# -Fna
gmt plot -W1p t[12].txt -Fna -X3.25i
plotpts NETWORK

gmt end show
rm t[12].txt
```

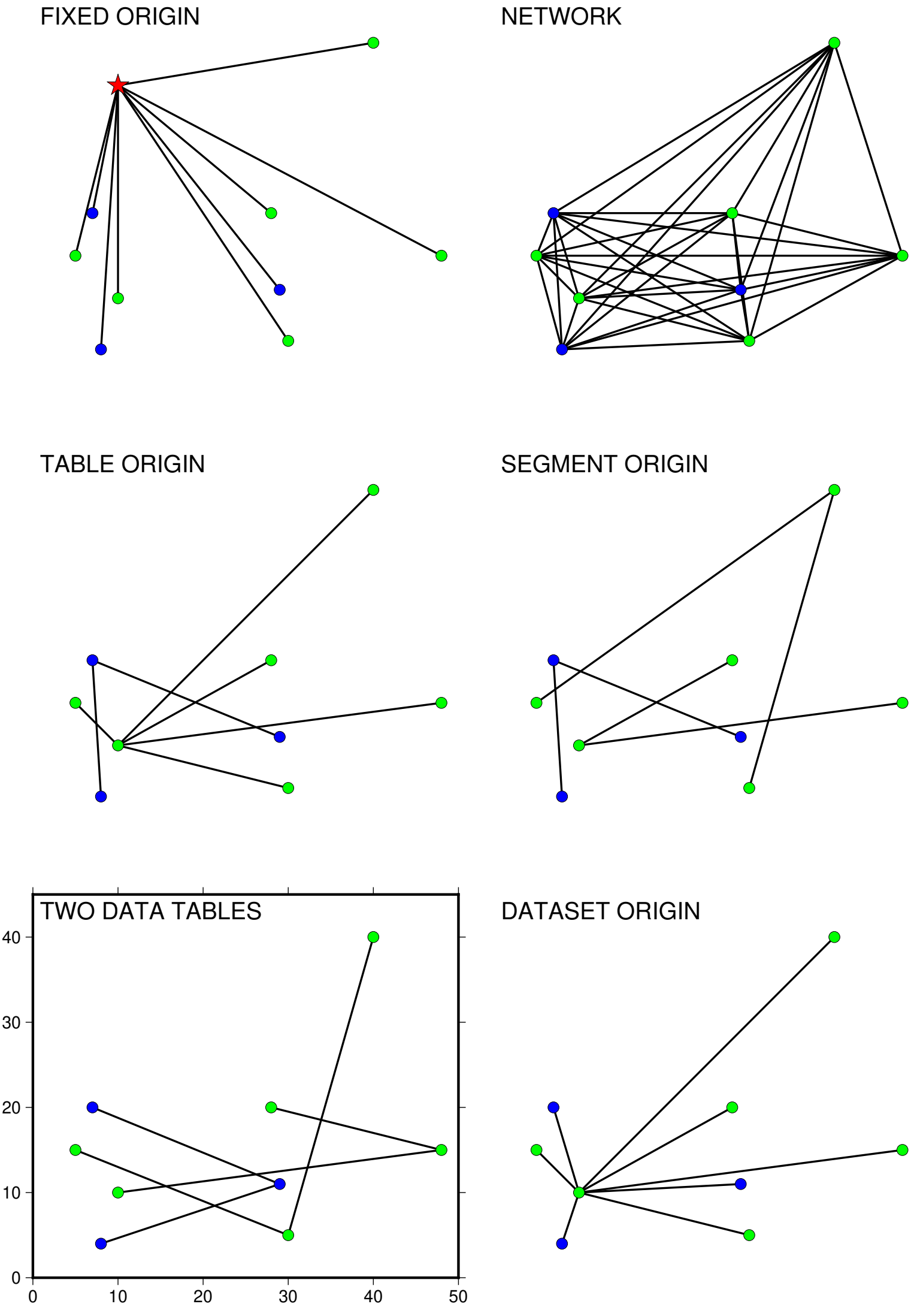


图 19: plot -F 选项示意图

18.82 plot3d

官方文档

plot3d

简介

在 3D 视角图中绘制符号、线段或多边形

语法

gmt plot3d [*table*] **-J***parameters* **-Jz**|**Z***parameters* **-R***west*/*east*/*south*/*north*[/*zmin*/*zmax*][+**r**][+**u***unit*] [**-A**[**m**|**p**|**x**|**y**|**r**|**t**]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***cpt*] [**-D***dx*/*dy*[/*dz*]] [**-G***fill*|+**z**] [**-L**[+**b**|**d**|**D**][+**xl**|**r**|*x0*][+**yl**|**r**|*y0*][+**p***pen*]] [**-N**] [**-Q**] [**-S**[*symbol*][*size*][/*size_y*]] [**-W**[*pen*][*attr*]] [**-Z***value*|*file*][+**t**|**T**]]

描述

从文件或标准输入读取至少 (*x, y, z*) 三列数据, 并在 3D 空间中绘制线条、多边形或符号。如果选择了符号但未指定符号大小, 则将第四列数据解释为符号大小。符号大小小于或等于 0 的数据将被跳过。如果未指定符号, 则输入数据的最后一列必须包含符号代码 (参见下方 **-S** 选项)。如果未使用 **-S** 选项, 将绘制连接数据点的线条。要显式闭合多边形, 请使用 **-L** 选项。使用 **-G** 选择填充颜色。如果设置了 **-G** , **-W** 将控制是否绘制多边形的边框。如果选择了绘制符号, **-G** 和 **-W** 分别决定填充颜色和是否显示边框。

必须选项

table

输入数据文件文件名。

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

-Jz|**Z***parameters*

设置 Z 轴的缩放比例, 设置方式与 -Jx|X 相同。

可选选项

-A[**m**|**p**|**x**|**y**|**r**|**t**]

默认情况下, 地理线段以大圆弧的形式绘制。使用 **-A** 将以直线绘制。对于笛卡尔坐标数据, 点将直接进行连接。附加选项:

- **m** - 按照先经线后纬线的顺序绘制线条。
- **p** - 按照先纬线后经线的顺序绘制线条。
- **r** - 对于极地投影, 绘制阶梯曲线, 第一步沿径向 (r) 移动。
- **t** - 同样为阶梯曲线, 但第一步沿角度 (theta) 移动。
- **x** - 对于笛卡尔数据, 绘制阶梯曲线, 第一步沿 x 方向移动。
- **y** - 同样为阶梯曲线, 但第一步沿 y 方向移动。

注意: 在 **plot3d** 中, **-A** 选项要求 z 坐标为常数。

-C*cpt*

提供一个 CPT 文件或使用 **-C***color1*,*color2*[,*color3*,…] 来自动从这些颜色生成线性连续的 CPT。如果使

用了 **-S**, 符号的填充颜色将由第四列的值决定。其他字段依次向后移动一列 (符号大小将位于第 5 列而不是第 4 列, 以此类推)。如果未使用 **-S**, 则需要提供一个多段数据文件, 其中每个段的头部包含 **-Z***value*, 该值通过 CPT 控制线条或多边形 (如果设置了 **-L**) 的颜色。

另外, 可以参阅 -Z 选项了解如何分配 z 值。

-D*dx*/*dy*[/*dz*]

将绘图符号或线的位置按指定的偏移量 *dx*/*dy*[/*dz*] 偏移 [默认无偏移]。可以为每个值附加尺寸单位, 例如 **c** (厘米)、 **i** (英寸) 或 **p** (点)。

-G*fill*

选择符号或多边形的填充颜色或图案 [默认无填充]。请注意, 本命令会首先在输入数据文件的所有段头中搜索 **-G** 和 **-W** 字符串, 任何找到的值都会覆盖本设置。如果设置了 **-Z**, 可以使用 **-G+z** 通过 **-Ccpt** 和获取的 z 值指定填充颜色。

-L[**+b**|**d**|**D**][**+xl**|**r**|*x0*][**+yb**|**t**|*y0*][**+p***pen*]

强制闭合多边形。或者附加以下选项从线段构建多边形:

- **+d** - 使用额外的第 3 列中提供的偏差值 **dy(x)**, 围绕 **y(x)** 构建对称包络。
- **+D** - 使用额外的第 3-4 列中的偏差值 **dy1(x)** 和 **dy2(x)**, 围绕 **y(x)** 构建非对称包络。
- **+b** - 使用额外的第 3-4 列中提供的边界值 **yl(x)** 和 **yh(x)**, 围绕 **y(x)** 构建非对称包络。
- **+x** - 将首点和末点连接到锚点 **xmin** (附加 **l**)、**xmax** (附加 **r**) 或 **x0** (附加 **it**)。
- **+y** - 将首点和末点连接到锚点 **ymin** (附加 **b**)、**ymax** (附加 **t**) 或 **y0** (附加 **it**)。

这些多边形可以通过 **-G** 着色, 并可通过添加修饰符 **+ppen** 来描边 [默认无描边]。

注意: 如果数据段头使用了 **-Z** 选项, 则需要使用 **-L** 以确保数据被解释为多边形, 否则它们将被视为线段。

-N[**c**|**r**]

不要裁剪落在地图边界外的符号 [默认仅绘制坐标严格位于地图边界内的点]。对于周期性 (360 度经度) 的地图, 可能需要将所有符号绘制两次, 以防它们被重复的边界裁剪。

- 使用 **-N** 可关闭裁剪, 并且不绘制重复的符号。
- 使用 **-Nr** 可关闭裁剪, 同时保留重复符号的绘制。
- 使用 **-Nc** 可保留裁剪, 但关闭重复符号的绘制。

-Q

关闭基于与观察者距离的自动排序。默认情况下, 会对项目进行排序, 使前景中的项目在背景中的项目之后绘制。

-S[*symbol*][*size*]

本命令可以绘制所有*plot* 命令支持的二维符号, 但注意在视觉效果上仅仅是从三维视角观察平面符号。例如只能绘制出三维视角观察的平面圆点, 而无法绘制一个三维球体。

此外还支持以下真正的三维符号绘制:

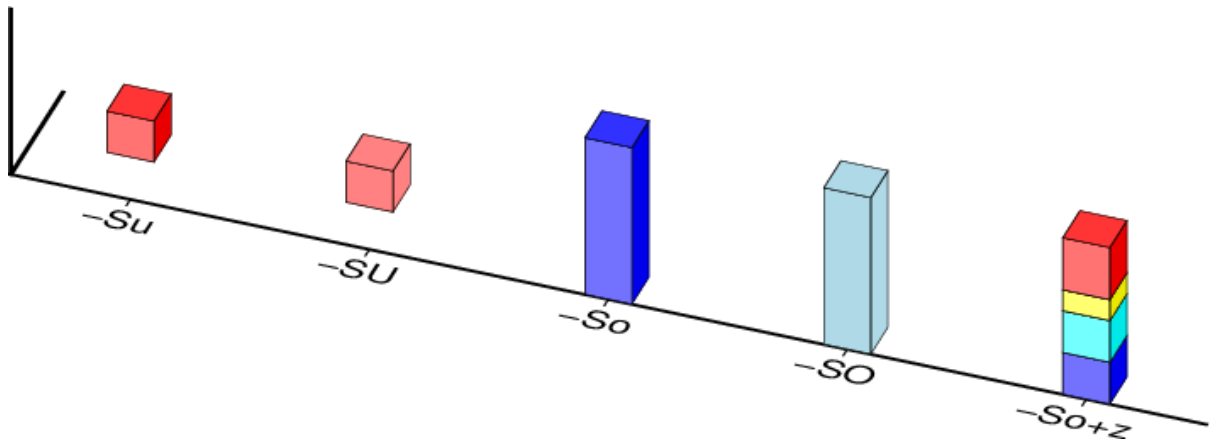


图 20: 立方体和柱体符号都是 3D 的, 其颜色可以根据视角进行调节 (小写 **u** 和 **o**), 也可以为统一颜色 (大写 **U** 和 **O**)。柱体还可以通过 **+v|i** 修饰符表示多波段符号。

-So*size*[**c**|**i**|**p**|**q**][**+b**|**B**[*base*]][**+v**|**i***nz*]

柱体 (3D) 从基底延伸到 z 坐标。*size* 设置基底宽度 (如果 **xsize** 和 **ysize** 不相同, 则分别使用它们)。可以用 **xsize** 和 **ysize** 作为两个额外的数据列。默认情况下, 基底 *base* 为 0。附加 **+b***base* 来更改此值。如果未附加 *base* , 则从最后一列输入数据中读取该值。如果柱体的高度是相对于基底来测量的, 请使用 **+B**[*base*] [相对于原点]。为了模拟阴影, 面颜色将会修改。使用 **-SO** 来禁用 3D 照明。通常情况下, 只有一个 z 值会被考虑。对于多段柱体, 可以附加 **+v***nz* (并输入相对于基底的 **nz** 个完整的 z 值), 或者附加 **+i***nz* (并提供 **nz** 个增量 **dz** , 这些增量的总和为实际的 z 值)。多段柱体修饰符需要 **-C**, 其 z 值必须等于波段号 (0, 1, ···, nz-1), 以分配段颜色。因此, 输入记录可以是 **(x y z1 z2 ···zn)** 或 **(x y dz1 dz2 ···dzn)**。

-Su*size*[**c**|**i**|**p**|**q**]

绘制三维立方体。*size* 参数设定所有边的长度。如果 *size* 是以 x 单位表示的数量, 则在后面添加 **q** [默认使用绘图距离单位]。立方体各个面的颜色会被调整以模拟阴影效果。使用 **-SU** 可以禁用三维光照效果。

-W[*pen*][*attr*]

设置线条或符号轮廓的画笔属性 [默认值: *width* (宽度) = 0.25p, *color* (颜色) = 黑色, *style* (样式) = 实线]。可以使用以下修饰符来改变线条的外观:

- **+c** - 将从 cpt 文件查找的颜色应用到符号或填充。添加 **l** 表示线条颜色将从 CPT 获取 (参见 **-C**)。如果添加 **f**, 则 cpt 文件中的颜色将应用于符号填充。如果未给出参数, 则颜色同时用于画笔和填充。
- **+o** - 添加 *offset*[*unit*], 将在距离端点给定 *offset* 距离处开始和停止绘制线条。
  添加 **c** | **i** | **p** 中的一个 *unit* 表示地图上的绘图距离偏移, 或者添加地图距离单位 [默认是笛卡尔距离]。如果线条的起点和终点需要不同的偏移量, 请将 *offset* 写作 *b_offset*/*e_offset* 的形式。
- **+s** - 使用贝塞尔样条绘制线条 [默认是线性样条]。
- **+v** - 给定 [**b**|**e**]*vspecs*, 在线条端点添加矢量箭头。在前面添加 **b** (起点) 或 **e** (终点) 可以仅在一端添加矢量 [默认对线条两端都添加]。
  注意: 由于 **+v** 可能需要额外的修饰符, 因此它必须放在画笔规格的最后。更多关于此类修饰符的信息, 请参见矢量属性。
- **+z** - 如果设置了 **-Z**, 则通过 **-C***cpt* 和获得的 *z* 值分配画笔颜色 (如果通过 **-Z** 设置透明度也是如此)。

-Z*value*|*file*[**+t**|**T**]

控制线条和多边形的颜色或透明度。本选项需要使用 **-C** 指定 cpt, 然后选择以下两种模式之一:

1. 添加一个 *value*, 颜色通过 CPT 查找。
2. 提供一个文件 *file* 的名称, 该文件为输入数据中的每个多边形或线条提供一个 z 值 (从最后一列读取)。

要应用颜色, 我们必须将 **-G** 或 **-W** 选项与 **-Z** 结合使用:

-G+z 将颜色应用于多边形填充。

-W+z 将颜色应用于画笔。

使用两个修饰符来同时处理透明度或颜色:

+t 改为调节多边形或线条的透明度; z 值将被假定为 0-100% 范围内的透明度。

+T 通过 *file* 提供两列数据: 最后一列必须是 z 值, 倒数第二列必须是透明度值 (范围为 0-100%)。

示例

在三维空间 (0-10)、(0-10)、(0-100) 的投影上, 按照 heights.xyz 文件中列出的位置绘制蓝色柱状图 (宽度 = 1.25 厘米), 刻度间隔分别为 2、2、10, 从东南方向以 30 度仰角进行观察:

```
gmt plot3d heights.xyz -R0/10/0/10/0/100 -Jx1.25c -Jz0.125c -So1.25c \
        -Gblue -Bx2+lXLABEL -By2+lYLABEL -Bz10+lZLABEL -B+t"3-D PLOT" -p135/30 \
        -U+c -W -pdf heights
```

根据 *level* 值 65, 使用 *t.cpt* 文件指定的颜色和轮廓来绘制一个点:

```
echo 175 30 0 | gmt plot3d -R150/200/20/50 -JM15c -B -Sc0.5c -Z65 -G+z -Ct.cpt -pdf map
```

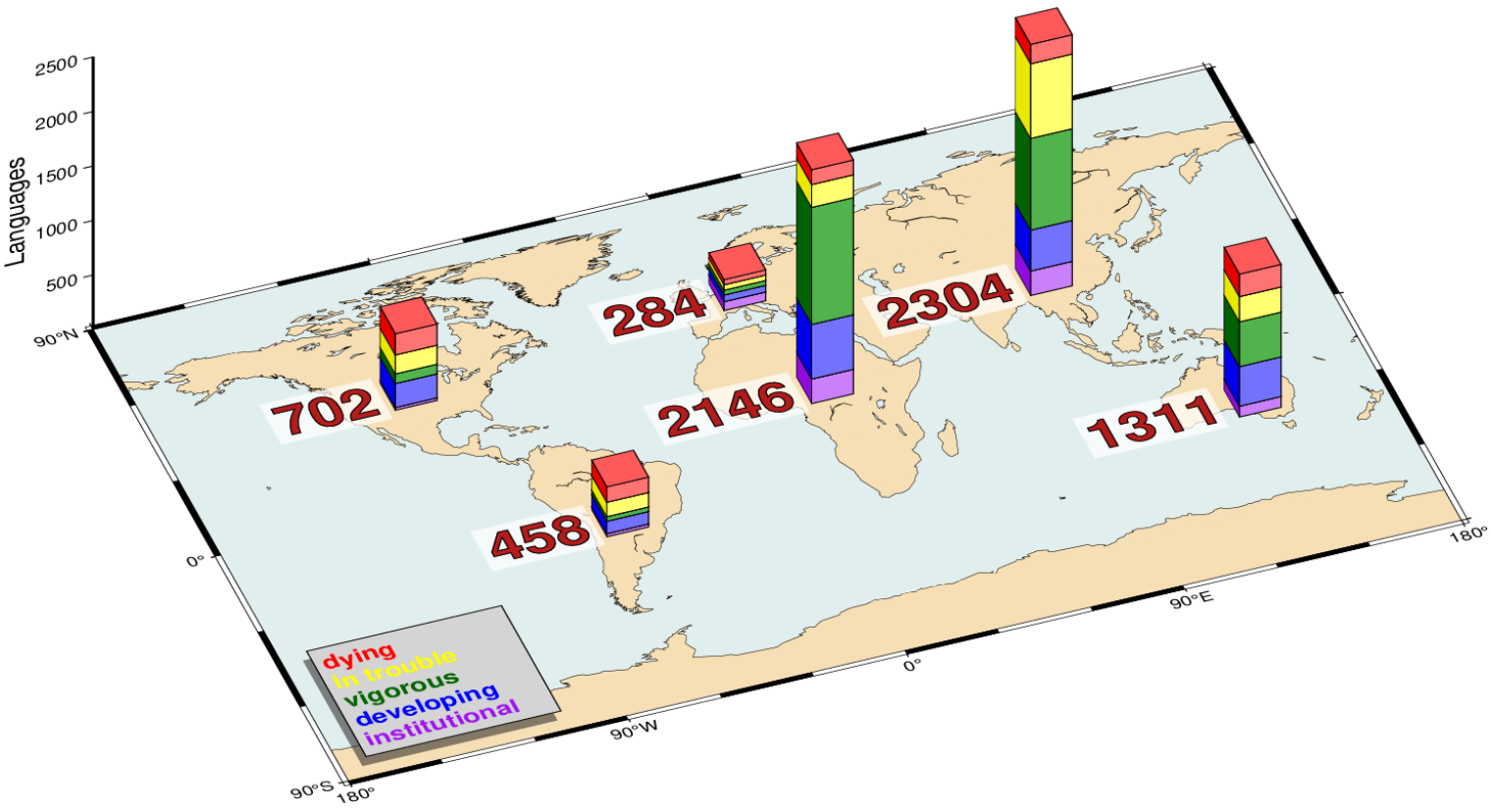
社区绘图示例

绘制三维地形图, 绘制三维有限断层模型

官方绘图示例

https://docs.generic-mapping-tools.org/latest/gallery/ex10.html

```
#!/usr/bin/env bash
#               GMT EXAMPLE 10
#
# Purpose:      Make 3-D bar graph on top of perspective map
# GMT modules:  coast, text, plot3d, legend, makecpt, math
#
gmt begin ex10
        gmt coast -Rd -JQ0/37.5/20c -Sazure2 -Gwheat -Wfaint -A5000 -p200/40
        gmt makecpt -Cpurple,blue,darkgreen,yellow,red -T0,1,2,3,4,5
        gmt math -T @languages_10.txt -o0:2 -C2 3 COL ADD 4 COL ADD 5 COL ADD 6 COL ADD = \
                | gmt text -p -Gwhite@30 -D-0.6c/0 -F+f30p,Helvetica-Bold,firebrick=thinner+jRM+z
        gmt plot3d @languages_10.txt -R-180/180/-90/90/0/2500 -JZ6c -So0.75c+Z5 -C -Wthinner \
                --FONT_TITLE=30p,Times-Bold --MAP_TITLE_OFFSET=-2c -p --FORMAT_GEO_MAP=dddF \
                -B -Bza500+lLanguages -BWSneZ+t"World Languages By Continent"
        gmt legend -JZ -DjLB+o0.5c+w3.5c/0+jBL --FONT=Helvetica-Bold \
                -F+glightgrey+pthinner+s-4p/-6p/grey20@40 -p @legend_10.txt
gmt end show
```



18.83 polar

官方文档

polar

简介

将台站的极性信息画在震源球上

通常可以使用*meca* 模块绘制震源球, 再使用*polar* 模块将每个台站的震相极性信息画在相应的震源球上。

语法

gmt polar [*table*] **-D***lon/lat* **-J***parameters* **-R***region* **-M***size*[**+m***mag*] **-S**<*symbol*><*size*> [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***lon/lat*[**+p***pen*][**+s***pointsize*]] [**-E***fill*] [**-F***fill*] [**-G***fill*] [**-N**] [**-Q***mode*[*args*]] [**-T***angle/form/justify/fontsize*] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W***pen*] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-di**nodata[**+c***col*]] [**-e**regexp] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-t**transp] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必须选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

输入数据的格式为:

```
station_code  azimuth  take-off_angle polarity
```

- *station_code* 台站名或其它任意字符串
- *azimuth* 震相从源到台站的方位角
- *take-off_angle* 震相从源出发时的出射角

- *polarity* 震相极性
  - 压缩部分 (正极性) 可以用 **c**, **C**, **u**, **U**, + 表示
  - 拉伸部分 (负极性) 可以取 **d**, **D**, **r**, **R**, **-** 表示
  - 未定义: 其他字符

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-D*longitude*/*latitude*

震源球的位置, 需要与*meca* 模块输入数据中震源球的位置相同

-M*size*[+**m***mag*]

震源球尺寸, 需要与*meca* 模块中 **-S** 选项的参数保持一致

+**m***mag* 可以用于指定当前地震的震级, 此时 *size* 表示 5 级地震震源球的大小, 当前地震的实际大小为 *mag* / 5.0 * *size*。

-S<*symbol_type*><*size*>

选择符号以及符号的大小。

符号可以取 **a**, **c**, **d**, **h**, **i**, **p**, **s**, **t**, **x**。符号的具体含义见*plot* 模块的 **-S** 选项。

可选选项

-C*lon*/*lat*[+**p***pen*][+**s***pointsize*]

将震源球放在新的位置上, 并将新位置与老位置之间连线。

-E*color*

拉伸象限内台站的符号填充色 [默认为 250]

-F*fill*

设置震源球的背景色 [默认不填充]

-G*color*

压缩象限内台站的符号填充色 [默认为黑色]

-N

不跳过地图边界外的符号

-Q*mode*[*args*]

设置多个属性, 该选项可重复使用。

-Qe[pen]

拉伸象限内符号的轮廓属性

-Qf[pen]

震源球的轮廓属性

-Qg[pen]

压缩象限内符号的轮廓属性

-Qh

使用 HYPO71 输出的特殊格式

-Qs*half-size*[+**v***v_size*[*vecspecs*]]

绘制 S 波偏振方位角。S 波偏振信息位于最后一列。

+**v** 用于设置箭头。*v_size* 为箭头大小，后可接其它箭头相关属性，详见矢量/箭头 一节。。

-Qt*pen*

station_code 的字体颜色

-T*angle*/*form*/*justify*/*fontsize*

将 *station_code* 写到图上，其余参数字符串的角度、形式、对齐方式和字体大小。

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*pen*

设置画笔属性

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-di*nodata* *(more ···)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换（0 表示第一列，**t** 表示文本列）

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度（百分比）。取值范围为 0（不透明）到 100（全透明）

-:[**i**|**o**] *(more ···)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin polar_ex1
gmt set PROJ_LENGTH_UNIT inch MAP_TICK_LENGTH_PRIMARY 0.075i MAP_FRAME_WIDTH 0.1i \
    MAP_ORIGIN_X 2.5c MAP_ORIGIN_Y 1.3i FONT_TITLE 18p

# this is Harvard CMT for tibethan earthquake (1997)
gmt meca -Fo -R85/89/25/50 -JX7i -M -Sm4i -N  -L -G150 -T0 << EOF
# lon  lat  mrr   mtt  mff   mrt   mrf  mtf ex nlon nlat
 87  35 -0.26 -0.71 0.97 -0.20 -0.61 2.60 27  0    0
EOF

# and polarities observed
gmt polar -D87/35 -M4i -N -Sc0.3i -Qe -B0 -B+t"Tibet earthquake (1997) - polarities distribution" << EOF
1 147.8 53 c
2 318.6 53 c
3 311.9 53 c
4 122.5 45 c
5 87.1 44 c
6 259.9 44 c
7 358.0 43 d
8 32.3 40 d
9 144.5 40 c
10 206.2 40 d
11 30.0 36 d
12 88.3 31 c
13 326.5 31 c
14 298.4 29 c
15 298.3 29 c
16 316.2 28 c
17 301.5 27 c
18 300.7 27 c
19 303.0 27 d
20 302.7 26 c
21 301.7 26 c
22 302.3 26 c
23 302.2 26 c
24 314.1 26 c
25 296.2 26 c
26 302.3 26 c
27 146.8 26 c
28 145.7 26 d
29 145.7 26 c
30 307.0 26 c
31 311.9 26 c
32 136.4 25 c
33 297.6 25 c
34 306.1 25 c
35 306.8 25 c
36 307.6 25 c
37 346.5 25 c
39 306.5 24 c
40 317.3 24 c
41 305.2 24 c
42 305.9 24 c
43 311.9 24 c
44 307.5 24 c
45 138.7 24 d
46 322.4 24 c
47 305.3 24 c
48 304.9 24 c
49 309.3 24 c
50 307.6 24 c
51 315.5 24 d
52 310.3 24 c
```

(续下页)

(接上页)

```
53 308.5 24 c
54 307.4 24 c
55 307.5 24 c
56 307.4 24 c
57 307.6 24 c
58 307.1 24 c
59 311.5 23 d
61 243.5 23 d
63 345.2 23 c
64 117.0 21 d
65 133.1 20 c
66 116.0 20 c
67 231.3 17 d
68 139.9 16 c
69 131.7 15 d
70 114.1 15 c
EOF
gmt end show
```

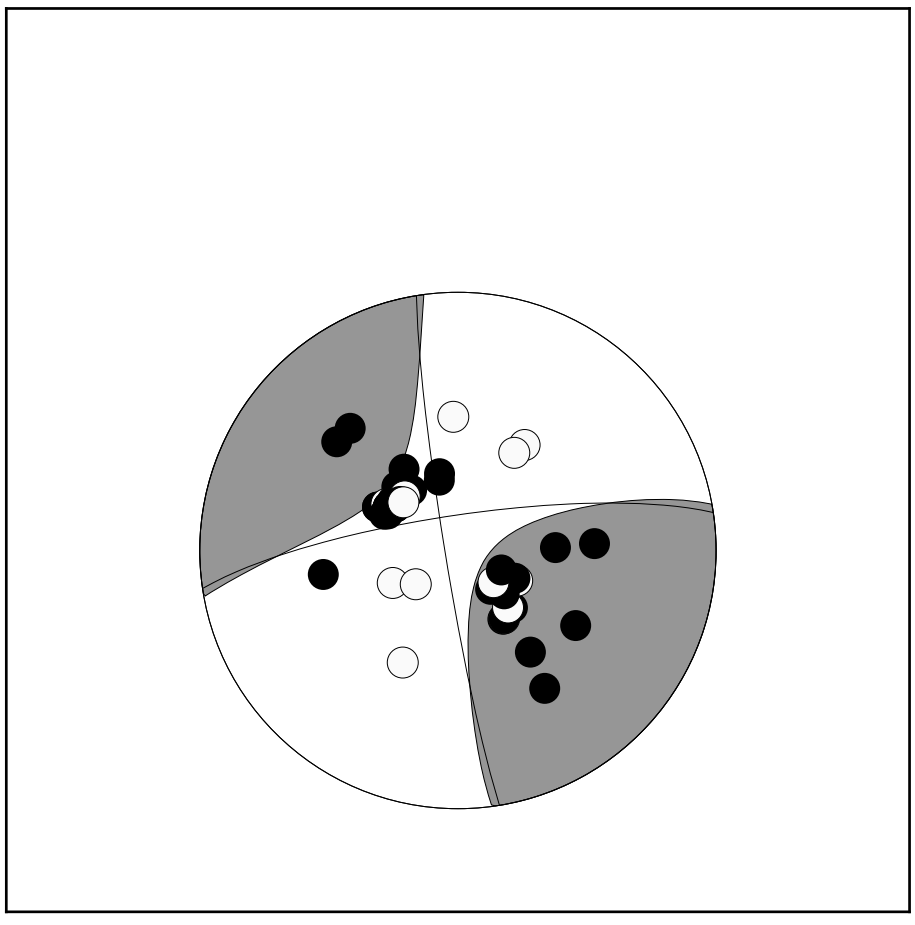


图 21: polar 示例

相关模块

meca, *coupe*, *basemap*, *plot*

18.84 project

官方文档

project

简介

生成测线、将数据点投影到测线上

该模块具有三个主要功能:

1. 生成测线
2. 指定测线和数据点, 得到该点在测线坐标系下的坐标, 即下文中提及的 `p` 和 `q`
3. 指定测线和数据点, 得到该点在测线上的投影点的坐标, 即下文中提及的 `r` 和 `s`

以上三个功能均要求用户首先定义测线, 测线可以用如下三种方式中的任意一种来定义:

1. 用 `-C` 选项定义测线的起点, 并用 `-A` 定义测线方位角
2. 用 `-C` 选项定义测线的起点, 并用 `-E` 选项定义测线的结束点
3. 用 `-C` 选项定义测线的中心, 并用 `-T` 选项定义 rotation pole 的位置

在指定测线后, 如果要生成测线, 输出测线上的点的坐标, 可以使用 `-G` 选项。在指定测线后, 用户再给出一个点 (x,y) , 可以得到该点在测线的投影点以及该点在测线坐标系下的坐标:

```
x  y  z  p  q  r  s
```

其中:

- `x` 和 `y` 是数据在原坐标系下的坐标
- `z` 是输入数据中的其余所有列
- `p` 和 `q` 是数据点 (x,y) 在测线坐标系下的坐标
- `r` 和 `s` 是数据点 (x,y) 在测线上的投影点在原坐标系下的坐标

可以使用 `-F` 选项设置要输出哪些变量。

下面详细解释一下这些变量的物理意义。

Source Code

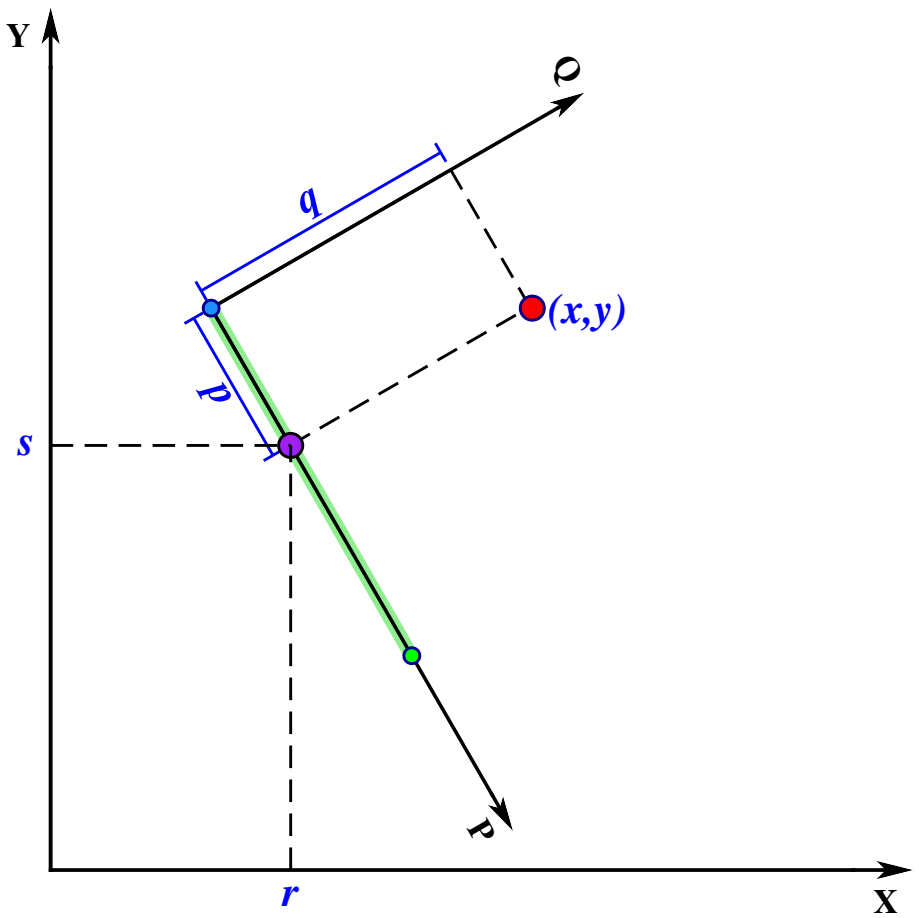


图 22: project 示意图

图中的红点就是给出的点 (x,y)。绿色粗线为测线。测线上有 3 个点, 蓝色和绿色两个点为测线的起点和终点。以测线起点为原点, 以测线为 P 轴, 在测线起点按右手螺旋法则做垂直于 P 轴的 Q 轴, 构成测线坐标系。点 (x,y) 在测线坐标系的坐标即为 (p,q)。紫色点为点 (x,y) 在测线上的投影点, 坐标为 (r,s)。

必选选项

`-C<cx>/<cy>`

对于定义 1 和 2 而言, 该选项指定测线的起点坐标; 对于定义 3 而言, 该选项指定了旋转坐标下零经线所穿过的点

可选选项

`table`

由一系列的数据列构成的 ASCII 文本格式的表格数据文件, 每行的格式为 `x y z`（意义同上)。

`-A<azimuth>`

定义 1 中用于指定测线的方位角

`-E<bx>/<by>`

定义 2 中用于指定测线的终点

`-F<flags>`

指定输出格式, `flags` 可以是 `xyzpqrs` 的任意组合。

默认输出格式为 `xyzpqrs` 。若使用 `-G` 选项, 则输出格式为 `rsp`

`-G<dist>[/<colat>][+h]`

生成测线模式。

该选项用于生成测线, 此时不需要输入文件 `table` 。`<dist>` 的单位规定见 `-Q` 选项。输出数据有三列: 经

度、纬度以及当前点离测线起点的距离。默认情况下, 会按照大圆路径生成测线, 当使用定义 2 指定测线的两个端点时, 可以通过指定 <colat> 来生成小圆。

若使用 +h 则会在段头记录中报告 pole 的位置。

-L[w][<l_min>/<l_max>]

仅坐标 p 在 <l_min> 和 <l_max> 之间的数据会被投影到测线上。<l_min> 和 <l_max> 的单位规定见 -Q 选项。如果是负数则表示反方向的数据范围。若使用了 -E 选项, 则可以使用 -Lw 来限制只绘制能投影到测线起点和终点之间的数据。

-N

指定展平地球。在平面内使用笛卡尔坐标变换。默认使用球面三角。

-Q

使用地图单位。即投影假设 x、y、r、s 的单位是度 (degree), p、q、<dist> 、<l_min> 、<l_max> 、<w_min> 、<w_max> 的单位是千米。若不使用该选项, 则所有量都假设为相同的单位。

-S

将输出按照 p 增序排列。

-T<px>/<py>

定义 3 中用于指定 rotation pole 的位置

-W<w_min>/<w_max>

仅坐标 q 在 <w_min> 和 <w_max> 范围内的数据才会被投影到测线上。

示例

把数据文件 ship_03.txt (格式为 lon,lat,depth) 投影到由两点 (330,-18)、(53,21) 定义的大圆路径上, 并进行排序, 只输出距离和深度:

```
gmt project ship_03.txt -C330/-18 -T53/21 -S -Fpz -Q > ship_proj.txt
```

指定测线的起点和终点, 在测线上每隔 10 千米生成一个点:

```
gmt project -C-50/10 -E-10/30 -G10 -Q > great_circle_points.xyp
```

指定测线的起点和终点, 沿着 colatitude=60 的小圆上, 每隔 10 千米生成一个点:

```
gmt project -C-50/10 -E-10/30 -G10/60 -Q > small_circle_points.xyp
```

利用 -F 选项指定输出哪些坐标来得到某点在某测线上的投影点:

```
echo 102 30 | gmt project -C103/31 -A225 -L0/500 -Frs -Q
```

已知某点, 根据方位角和大圆距离计算另一点。已知一点 (120, 25), 根据方位角 45 度, 大圆距离 123 千米的点位置

```
gmt project -C120/25 -A45 -L0/123 -G123 -Q | tail -1
```

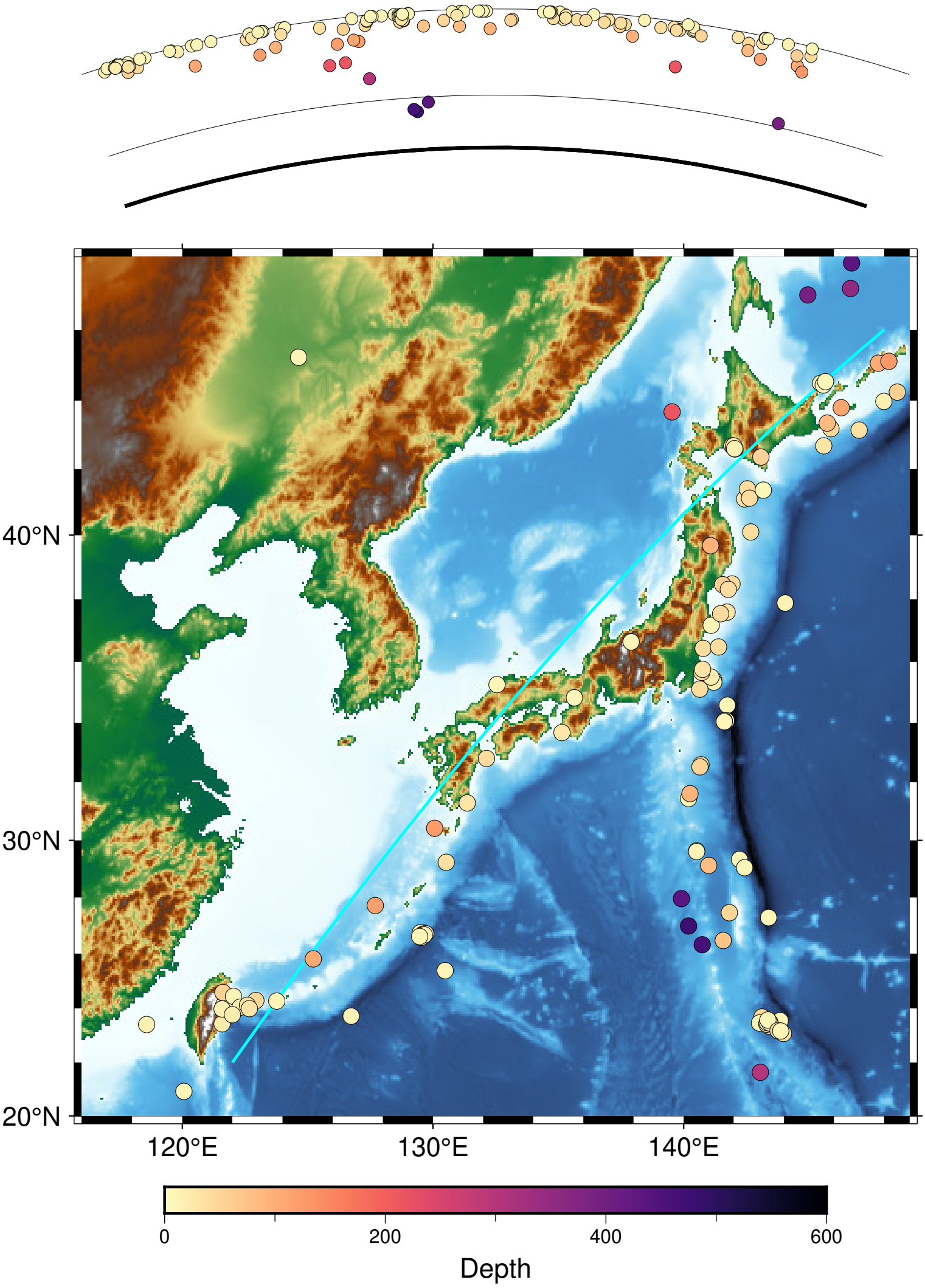
根据地震目录数据, 将地震事件投影到深度剖面并绘制:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin ex
    a=122/22
    ap=148/46
    # 从GMT远程服务器下载示例地震目录文件
    gmt which -Gl @quakes_2018.txt
```

(续下页)

(接上页)

```
    gmt basemap -JM10c -R116/149/20/48 -Baf
    gmt grdimage @earth_relief_04m_p -Cgeo
    # 绘制剖面
    gmt project -C${a} -E${ap} -G0.1 | gmt plot -W1p,cyan
    # 示例文件前三列分别为经度、纬度、深度
    # 根据深度绘制不同颜色的圆点
    gmt makecpt -Cmagma -T0/600/1 -I
    gmt colorbar -Bxaf+lDepth -C
    gmt plot quakes_2018.txt -Sc0.2c -C -W0.1

    # 绘制地表
    gmt basemap -JP10c+a+t18 -R0/36/5711/6371 -Byg6371 -BS -Y11c
    # 绘制 410 界面
    gmt basemap -Byg6371+5961 -BS
    # 绘制 660 界面
    gmt basemap -Byg6371+5711 -BS
    # 把数据投影到 a-ap 剖面，限制为剖面两侧30度范围的数据
    gmt project quakes_2018.txt -C${a} -E${ap} -Fpz -Lw -W-30/30 | gawk '{print $1,6371-$2,$2}' | gmt plot -Sc0.15c -C -W0.1p -N
gmt end show
```


40°N
30°N
20°N
120°E
130°E
140°E
0
200
400
600
Depth

18.85 psconvert

官方文档

psconvert

简介

将 GMT 生成的 PS/EPS 文件转换为其它图片格式

psconvert 模块通过调用 Ghostscript 将 PS/EPS 文件转换为其它图片格式, 包括 BMP、EPS、JPEG、PDF、PNG、PPM、SVG、TIFF 格式。

语法

gmt psconvert *psfile(s)* [**-A**[+**r**][+**u**]] [**-C***gs_option*] [**-D***outdir*] [**-E***resolution*] [**-F***out_name*] [**-G***ghost_path*] [**-H***factor*] [**-I**[+**m***margins*][+**s**[**m**]*width*[/*height*]][+**S***scale*]] [**-L***listfile*] [**-Mb**|**f***pslayer*] [**-Q**[**g**|**p**|**t**][1|2|4]] [**-S**] [**-Tb**|**e**|**E**|**f**|**F**|**j**|**g**|**G**|**m**|**s**|**t**[+**m**]] [**-V**[*level*]] [**-W***params*] [**-Z**] [**--PAR**=*value*]

必须选项

psfiles

要转换格式的 PS 文件名

默认会在当前目录下生成与与原始 PS 文件相同文件名的新格式文件, 文件后缀由文件格式决定。可以使用 **-F** 设置文件名, 使用 **-D** 设置文件后缀。

可选选项

-A[+**r**][+**u**]

根据图片内容的大小对画布做裁剪

- +**r** 使得在计算图片大小时使用 `round` 函数而不是 `ceil` 函数, 这会对裁剪造成极其微小的区别, 仅当要处理非常小的图片时才需要使用。
- +**u** 先去掉 GMT 绘制的时间戳再裁剪

-C*gs_option*

额外传递给 Ghostscript 的选项

该选项用于在调用 Ghostscript 时传给 Ghostscript 额外的选项, 若要额外给 Ghostscript 增加多个选项, 可重复使用 **-C** 命令。

在 Windows 下, 若 PS 文件中含中文, 则可能需要使用 **-C** 选项告诉 Ghostscript 字体路径:

```
gmt psconvert -C-sFONTPATH=C:\Windows\Fonts chinese.ps
```

-D*outdir*

设置输出目录

默认情况下, 会在 PS 文件同一目录中生成其他图片文件, 使用 **-D** 选项可以指定输出目录。**-D.** 表示在当前目录输出。

-E*dpi*

设置图片精度

值越大, 图片越清晰, 文件也越大。PDF 格式默认值为 720, 其他格式默认值为 300, 单位为 dpi。

-F*out_name*

指定输出的文件名

默认使用使用输入的 PS 文件名, 并修改其后缀作为输出文件的文件名。比如 *test.ps* 转换出的 JPG 格式的图片则为 *test.jpg*。

-F 选项可强制指定输出文件名, 文件后缀由输出的文件格式自动决定。

-G*ghost_path*

指定 Ghostscript 可执行文件的路径

psconvert 底层调用了 Ghostscript 来实现 PS 到其他格式的转换, 因而成功转换的前提是必须能够找到 Ghostscript 的可执行文件。**-G** 选项即用于显式指定 ghostscript 可执行文件的路径。

说明:

- Linux 下一般不需要设置 Ghostscript 的路径, 除非你自己重新编译并安装到了非标准路径下
- Windows 下, 一般也不需要使用该选项, 程序会自动从注册表里获取路径信息
- 如果从注册表中获取路径失败, 则必须使用 **-G** 选项指定路径, 如 `-GC:\programs\gs\gs9.02\bin\gswin64c`

-H*factor*

在生成光栅格式图片时, 先将图片精度 DPI 提高 *factor* 倍, 然后进行光栅化, 再减采样 *factor* 倍, 以此来提升光栅图片的平滑度, 避免锯齿现象。

factor 越大, 最终的光栅图片越平滑。但 *factor* 太大也会使得图片转换变慢。建议的取值范围是 2 到 5。

-I[**+m***margins*][**+s**[**m**]*width*[/*height*]][**+S***scale*]

默认情况下, 转换得到的图片的大小由 PS 文件的纸张尺寸决定。通常画图的时候是不会把一张 A4 纸画满的, 所以在图片周围就会出现多余的白色部分。

-A 选项会对 PS 文件进行裁剪, 仅保留其中有绘图的部分, 即裁去白边:

```
gmt psconvert -A test.ps
```

默认的裁剪方式会将图片裁剪到尽可能小。如果想要图片周围有额外的白色区域, 可以使用 **+m***margins* 指定额外的空白量。其中 *margins* 可以取:

- 一个数, 表示四条边的额外边距相同, 如 `-I+m0.5c`
- 两个数字, 表示分别指定 X 和 Y 方向的额外边距, 如 `-I+m0.5c/1c`
- 四个数字, 表示分别指定左右下上四条边的边距, 如 `-I+m0.5c/0.5c/0.5c/0.5c`

-I+s 可以直接指定最终图片的尺寸:

- **-I+s***width* 指定最终生成的图片的宽度, 高度自动决定。程序会对图片做插值以保证 **-E** 设置的 DPI 值
- **-I+S***scale* 指定图片的缩放比例
- **-I+sm***width*/*height* 设置图片所允许的最大尺寸。若原始图片的宽度不大于 *width* 则使用图片的原始尺寸, *height* 同理。

-L*listfile*

listfile 中列出要转换的所有 PS 文件名

-Mb|**f***pslayer*

将 PS 文件 *pslayer* 作为背景或前景 PS 图层。

-N[**+f***fade*][**+g***paint*][**+i**][**+p**[*pen*]]

为裁剪后的图片增加填充色、阴影以及绘制边框

- **+f***fade* 为整张图添加阴影。*fade* 取值为 0 到 100, 默认值为 0
- **+g***paint* 为图片增加背景填充色
- **+p***pen* 绘制图片边框, 并指定画笔属性, 默认画笔为 `0.25p,black`
- **+i** 将图片转换为灰度图

-P

强制转换后的图片为 Portrait 模式。

-Q[**g**|**p**|**t**][1|2|4]

设置图片 (**g**) 或文字 (**t**) 的抗锯齿选项。

对于矢量格式, 默认不做抗锯齿处理。对于光栅格式, 默认参数为 **-Qt4**; 对于透明 PNG 格式而言, 默认参数是 **-Qt4 -Qg2**。

-Qp 表示打开生成 GeoPDF 开头 (需要使用 **-Tf** 选项)。

-S

在执行 Ghostscript 命令后, 将具体的命令打印到标准错误流中, 且保留转换过程中的所有临时文件。该选项主要用于调试。

-Tb|**e**|**E**|**f**|**F**|**j**|**g**|**G**|**m**|**s**|**t**[**+m**]

指定要转换的图片格式。

可以取值:

- **b** : BMP;
- **e** : EPS;
- **E** : 带有 PageSize 命令的 EPS;
- **f** : PDF;
- **F** : 多页 PDF;
- **j** : JPEG (默认值);
- **g** : PNG (不透明背景);
- **G** : PNG (透明背景);
- **m** : PPM;
- **s** : SVG;
- **t** : TIFF;

说明:

- **g** 和 **G** 的区别在于前者背景色为白色, 后者背景色为透明;
- 对于 **bjgt** 格式可以在其后加 **+m** 将 PS 文件转换为灰度图;
- EPS 格式可以与其他格式合在一起使用。比如 **-Tef** 会同时生成 EPS 和 PDF 文件。除此之外, 该模块一次只能转换一种格式, 比如 **-Tbf** 则只会生成 PDF 格式
- **-TF** 会将多个 PS/PDF 文件转换并合并成一个多页的 PDF 文件, 需要使用 **-F** 选项指定输出的文件名

转换为 PDF 格式:

```
gmt psconvert -Tf test.ps
```

利用一堆 PS 文件生成一个多页 PDF:

```
gmt psconvert -TF -Fout *.ps
```

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W

生成 geoTIFF 或 KML 文件

该选项很复杂, 见官方文档的说明。

-Z

转换完成后删除输入的 PS 文件。若转换失败, 输入的 PS 文件不会被删除。

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

18.86 rose

官方文档

rose

简介

绘制极坐标下的直方图 (sector 图、rose 图或 windrose 图)

必须选项

table

输入文件, 数据格式为:

```
length  azimuth
```

此时绘制的是 windrose 图。若输入文件中只有 azimuth 一列数据, 则此时需要使用 **-i0** 选项。如果使用 **-A** 选项可以绘制 sector 图或 rose 图。

可选选项

-A*sector_width*[+**r**]

指定扇页宽度, 单位为度

- 默认扇页宽度为 0, 即 windrose 图
- 若扇页宽度不为 0, 则表示绘制 sector 图
- 若扇页宽度不为 0 且使用了 +**r**, 则表示绘制 rose 图

-B

此模块中, X 表示径向距离, Y 表示方位角。Y 轴的标签是图片的标题, 比例尺长度由径向网格间隔决定。

`-Em|[+w]mode_file`

绘制矢量以显示 `mode_file` 中指定的主方向。

使用 `-Em` 则计算并绘制平均方向。使用 `-Em+w<mode_file>` 则将计算得到的平均方向及其他统计结果以如下格式保存到文件中:

```
mean_az, mean_r, mean_resultant, max_r, scaled_mean_r, length_sum, n, sign@alpha
```

其中最后一项可以取 0 或 1, 取决于平均结果是否 significant at the level of confidence set via **-Q**.

-D

对扇页对偏移, 使得其位于每个间隔的中间, 即第一个扇页的中心在 0 度处

-F

不绘制 scale length bar, 默认会在右下角绘制

-G*fill*

绘制扇页的填充色

-I

不绘制图形, 只计算 `-R` 选项所需要的参数。

以下统计信息会输出到标准输出:

```
n, mean az, mean r, mean resultant length, max bin sum, scaled mean, linear length sum
```

-JX*diameter*

设置 rose 图的直径。本模块只能使用这种投影方式。如果不设置, 直径默认为 7.5cm。

`-L[<wlabel>,<elabel>,<slabel>,<nlabel>]`

指定 0、90、180、270 度处的标签。

1. 对于 full-circle 图而言, 默认值为 `WEST,EAST,SOUTH,NORTH`
2. 对于 half-circle 图而言, 默认值为 `90W,90E,-,0` , 其中 `-` 表示不显示标签
3. 只使用 `-L` 但无其他参数表示不显示所有标签

`-M<parameters>`

与 `-E` 选项一起使用以修改矢量的属性。具体属性见矢量/箭头 一节

`-Q[<alpha>]`

设置置信水平, 用于决定平均结果是否显著, 默认值为 0.05。

注意: 临界值是近似结果且需要至少 10 个数据点; the critical resultants are accurate to at least 3 significant digits. 对于更小的数据集, 需要查询准确的统计表。

`-R<r0>/<r1>/<az_0>/<az_1>`

指定绘图的半径和方位角范围。

- `r0` 取 0
- `r1` 取最大长度
- 方位角范围取 `-90/90` 或 `0/180` 以绘制 half circle plot
- 方位角范围取 `0/360` 以绘制 full circle

-S[**+a**]

将输入的半径归一化到 0 到 1。如果使用 **+a** 则进一步将绘制出的面积归一化。

-T

指定输入数据为 orientation 数据（即数据范围在 0-180 度范围内）而不是 0-360 度范围的 direction 数据。We compensate by counting each record twice: First as *azimuth* and second as *azimuth + 180*. Ignored if range is given as -90/90 or 0/180.

-W*pen*

设置扇区边框的画笔属性。

`-Wv<pen>` 可用于设置绘制矢量时所需的画笔属性。此时需要设置 `-E` 选项。

`-Zu|<scale>`

将数据的半径乘以 `<scale>` ，比如 `-Z0.001` 会将数据的单位从 m 变成 km。

若不考虑半径，可以通过 `-Zu` 将所有的半径设置为单位长度。

-:

输入数据为 `azimuth, radus` 而不是 `radius, azimuth`

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度（百分比）。取值范围为 0（不透明）到 100（全透明）

18.87 sac

官方文档

sac

简介

绘制 SAC 格式的地震波形数据

sac 模块可以读取 SAC 文件并绘制波形数据。

> **备注**
>
> **sac** 模块修改自原 pssac 与 pssac2，其功能类似，但语法不同。

sac 模块实现波形绘制的步骤是：

1. 读入 SAC 文件列表
2. 根据 **-T** 选项确定参考时间
3. 根据 **-C** 选项和参考时间读入指定的波形数据段
4. 根据 **-F** 选项对数据进行预处理
5. 根据 **-M** 选项确定 Y 方向的缩放因子并对波形振幅进行缩放

6. 根据 **-Q** 决定是否交换 X 和 Y
7. 根据 **-E** 以及其他信息确定波形在地图上的位置
8. 根据 **-W** 选项绘制波形
9. 根据 **-G** 选项为波形涂色

语法

gmt sac [*saclist*|*SACfiles*] **-J***parameters* **-R***region* [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C**[*t0/t1*]] [**-D***dx*[/*dy*]] [**-Ea**|**b**|**k**|**d**|**n**[*n*]|**u**[*n*]] [**-F**[**i**][**q**][**r**]] [**-G**[**p**|**n**][+**g***fill*][+**z***zero*][+**t***t0/t1*]] [**-M***size*[*u*][/*alpha*]] [**-Q**] [**-S**[**i**]*scale*[*unit*]] [**-T**[+**t***n*][+**r***reduce_vel*][+**s***shift*]] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W***pen*] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-h**headers] [**-p**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

必选选项

SACfiles

要绘制在图上的一系列 SAC 文件名, 目前仅支持等间隔 SAC 数据

saclist

SAC 文件列表, 每行包含一个 SAC 文件名及其对应的控制参数。

文件格式为:

```
filename [X  Y [pen]]
```

- *filename* 是要绘制的 SAC 文件名
- *X* 和 *Y* 控制 SAC 波形的第一个数据点在地图上的位置。若省略 *X* 和 *Y* , 则使用其默认值, 否则此处指定的 *X* 和 *Y* 将具有最高优先级
  - 对于线性投影而言, *X* 默认是 SAC 文件的开始时间。使用 **-T** 选项会调整 *X* 的默认值, *Y* 值则由 *-E* 选项控制;
  - 对于地理投影而言, *X* 和 *Y* 默认是台站的经度和纬度。
- *pen* 控制当前 SAC 波形的线条属性

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-B*parameters* *(more ···)*

设置底图边框和轴属性。

-C[*t0/t1*]

只读取并绘制时间窗 *t0* 到 *t1* 范围内的波形。

t0 和 *t1* 均是相对于参考时间的秒数, 参考时间由 **-T** 选项决定。若未使用 **-T** 选项, 则使用 SAC 头段中的参考时间 (kzdate 和 kztime)。

若只使用了 **-C** 但未指定时间窗, 则 *t0*/*t1* 由 **-R** 选项的 *xmin*/*xmax* 决定。

-D*dx*[/*dy*]

使得波形偏离指定位置 *dx*/*dy*。若未指定 *dy* 则默认与 *dx* 相同。

-Ea|**b**|**k**|**d**|**n**[*n*]|**u**[*n*]

选择剖面类型（即 Y 轴类型）

- **a** 方位角剖面
- **b** 反方位角剖面
- **k** 震中距剖面（单位 km）
- **d** 震中距剖面（单位 degree）
- **n** 波形编号剖面, 第一个波形的编号为 *n* [*n* 默认值为 0]
- **u** 用户自定义剖面, SAC 波形的 Y 位置由 SAC 头段变量 **user***n* 决定 [默认使用 user0]

-F[**i**][**q**][**r**]

绘图之前的数据预处理

- **i** 积分
- **q** 平方
- **r** 去均值

i|**q**|**r** 可以重复多次, 比如 **-Frii** 会将加速度转化为位移。**i**|**q**|**r** 出现的顺序决定了数据预处理的流程。

-G[**p**|**n**][+**g***fill*][+**z***zero*][+**t***t0/t1*]

为波形的正/负部分涂色。

- 若 **-G** 后不接任何参数, 则默认将正值部分填充为黑色
- **p**|**n** 控制是要填充正值区域还是负值区域, 重复使用 **-G** 选项以分别为正/负部分设置不同的填充属性
- +**g***fill* 设置填充色
- +**t***t0/t1* 只填充 *t0*/*t1* 时间范围内的波形。参考时间由 **-T** 选项决定。
- +**z***zero* 定义 “零” 参考线。从 “零” 到顶部为正值区域, 从 “零” 到底部为负值区域

-M*size*[*u*][/*alpha*]

控制 Y 方向的缩放。不使用的话, Y 方向即为振幅

- *size*[*u*] 将所有波形在地图上的高度缩放到 *size*[*u*], 其中 *u* 可以取 **i**|**c**|**p**, 默认单位由*PROJ_LENGTH_UNIT* 控制。
- *size*/*alpha*
  - 若 *alpha* 小于 0, 则所有波形使用相同的比例因子。比例因子由第一个波形决定, 第一个波形将被缩放到 *size*[*u*]
  - 若 *alpha* 等于 0, 则将所有波形乘以 *size* , 此时不允许有单位
  - 若 *alpha* 大于 0, 则将所有波形乘以 *size**r^*alpha*, 其中 r 是以 km 为单位的距离

-Q

垂直绘制波形, 即 Y 轴是时间, X 轴是振幅

-S[**i**]*scale*[*unit*]

指定时间比例尺。

对于地理投影而言, 即表示图上一个单位距离所代表的波形描述。其中单位 *unit* 可以取 **c**|**i**|**p**。若未指定 *unit*, 则默认使用*PROJ_LENGTH_UNIT* 所指定的单位。

在 *scale* 前加上 **i** 则时间比例尺的含义反过来, 即 *scale* 表示 1 秒长度的波形在图上的实际长度。

-T[**+t***n*][**+r***reduce_vel*][**+s***shift*]

指定参考时间及偏移量

- **+t***tmark* 指定参考时间 (即将所有波形沿着参考时间对齐), 其中 *tmark* 可以取-5(b), -4(e), -3(o), -2(a), 0-9(t0-t9)
- **+r***reduce_vel* 设置 reduce 速度, 单位 km/s
- **+s***shift* 将所有波形偏移 *shift* 秒

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*pen*

设置波形的画笔属性

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-h[**i**|**o**][*n*][**+c**][**+d**][**+m***segheader*][**+r***remark*][**+t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][**+w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][**+v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

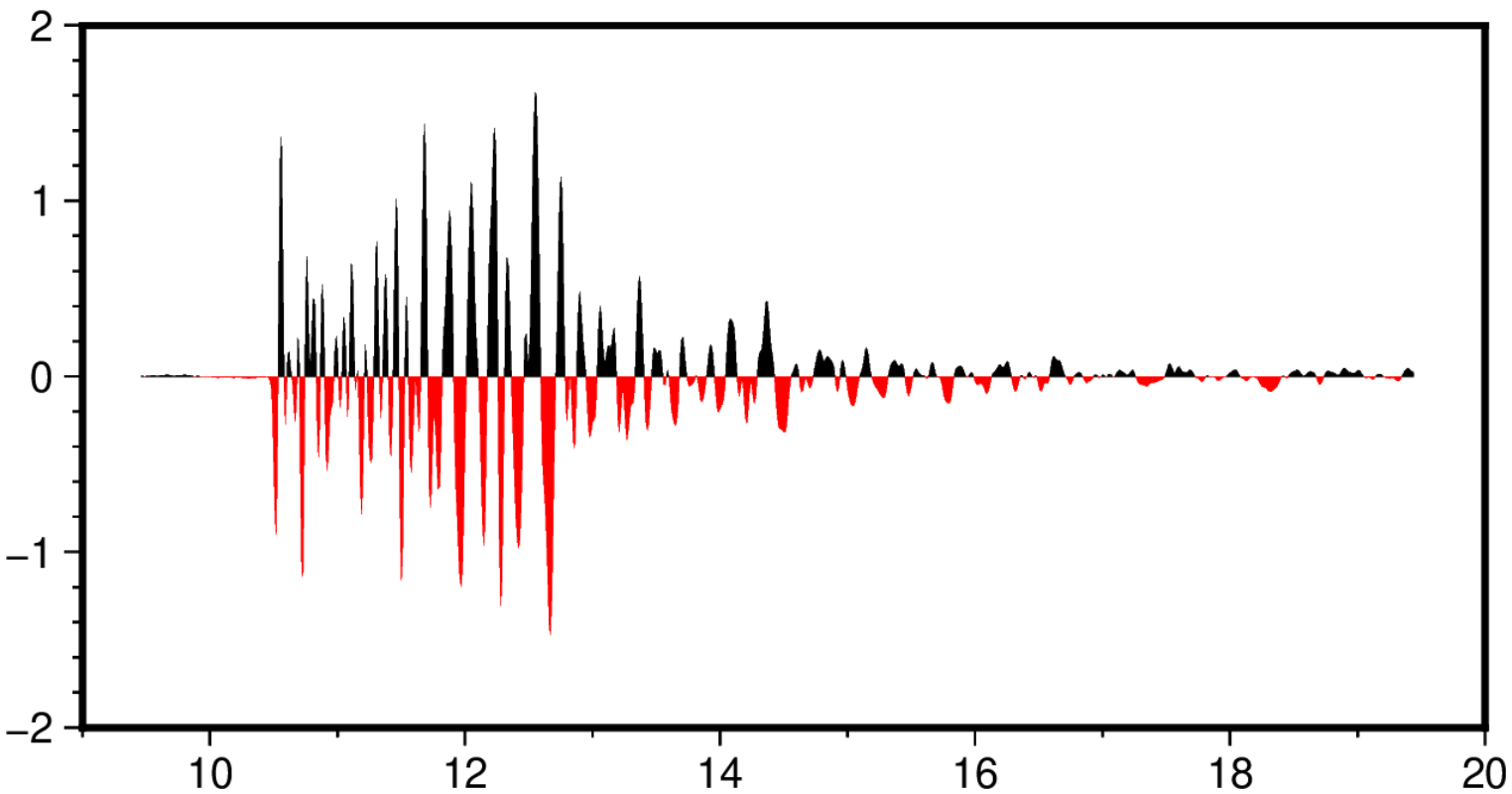
--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

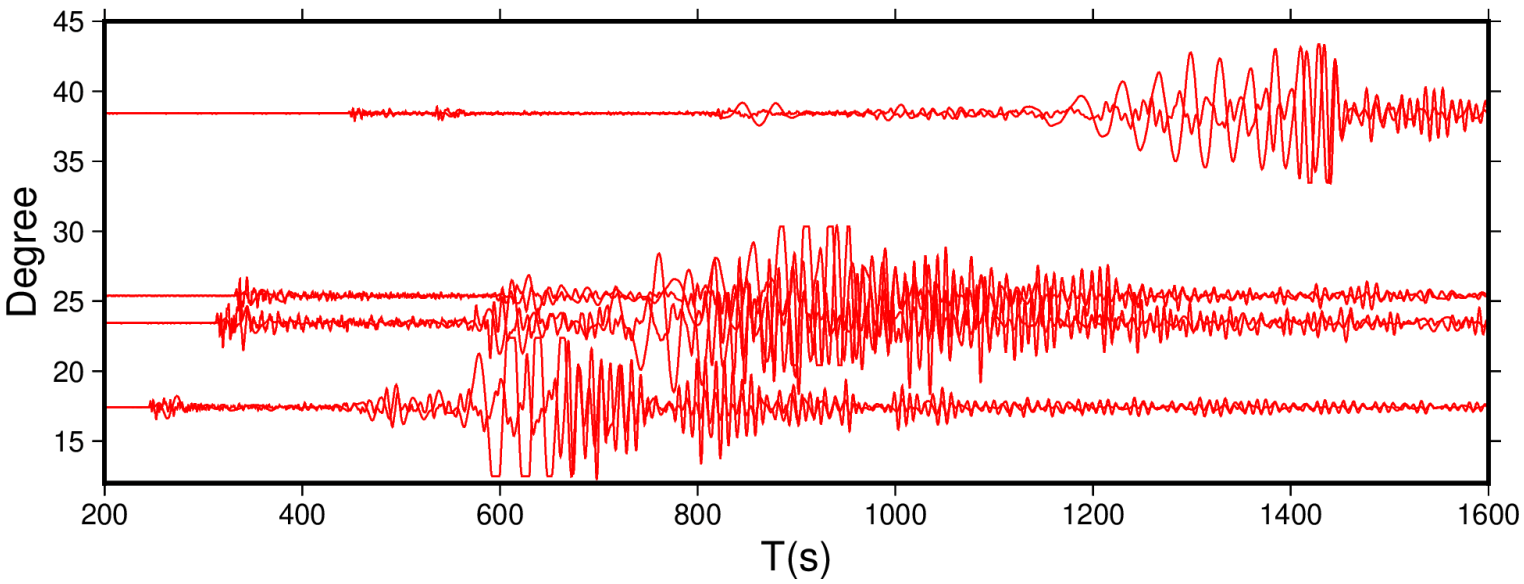
利用 SAC 的命令 **funcgen seismogram** 生成单个波形文件 *seis.SAC* 并绘制, 分别为正负部分涂色:

```
gmt sac seis.SAC -JX10c/5c -R9/20/-2/2 -Baf -Fr -Gp+gblack -Gn+gred -png single
```



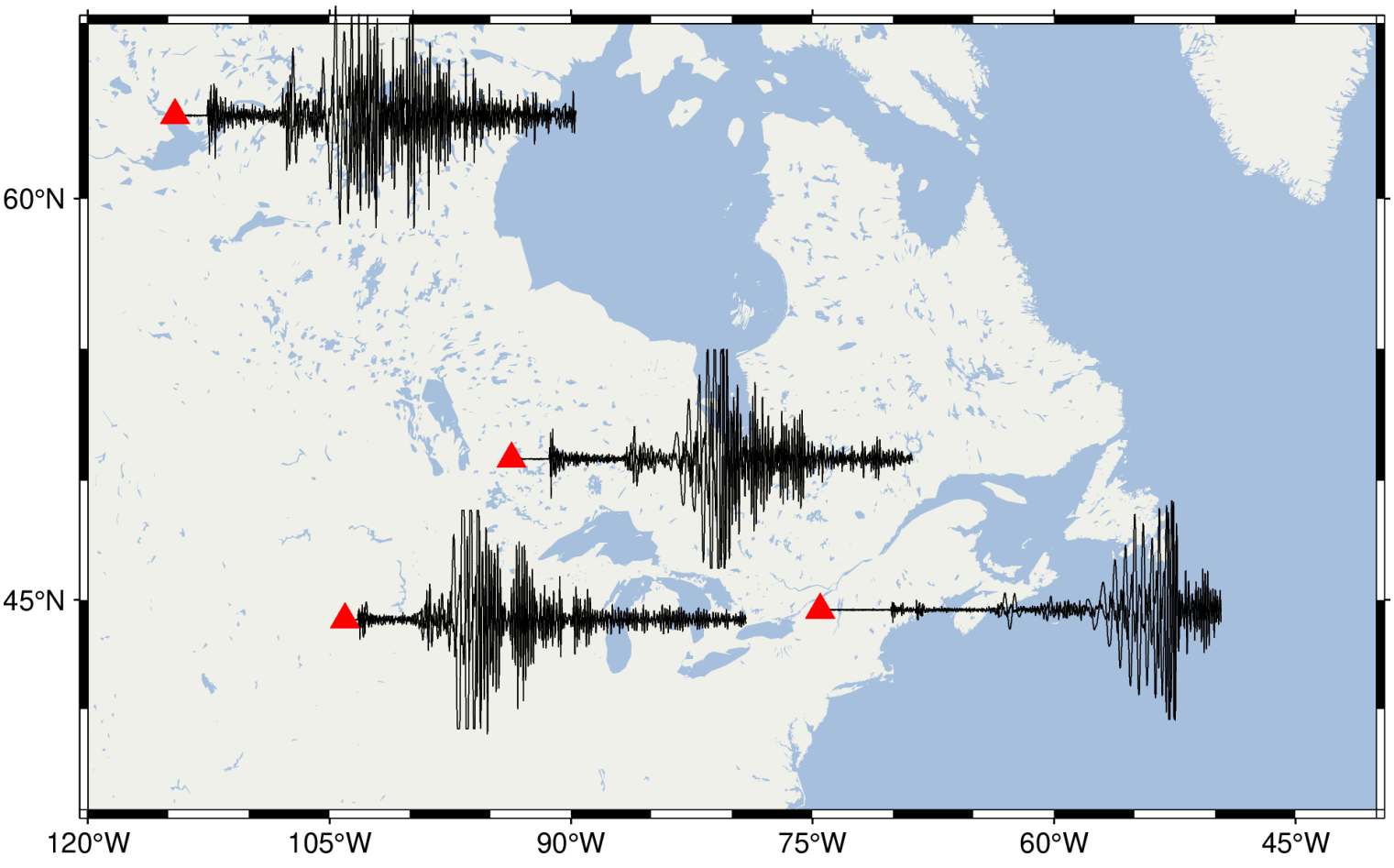
利用 SAC 命令 **datagen sub teleseis *.z** 生成多个波形, 将其绘制在距离剖面上:

```
gmt sac *.z -R200/1600/12/45 -JX15c/5c -Bx200+l"T(s)" -By5+lDegree -BWSen \
     -Ed -M1.5c -W0.5p,red -png distance_profile
```



利用 SAC 命令 **datagen sub teleseis *.z** 生成多个波形, 将其绘制在地图上:

```
gmt begin map pdf
    gmt coast -G244/243/239 -S167/194/223 -R-120/-40/35/65 -Baf -JM15c
    gmt sac *.z -M1i -S300c
    saclst stlo stla f *.z | gmt plot -St0.4c -Gred -i1,2
gmt end show
```



相关模块

meca, *polar*, *coupe*, *basemap*, *plot*

18.88 sample1d

官方文档

sample1d

简介

对 1D 表数据进行重采样

语法

gmt sample1d [*table*] [**-A**[**f**|**p**|**m**|**r**|**R**][+**d**][+**l**]] [**-C**[*section/*]*master*|*cpt*|*color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,…][+**h**[*hinge*]][+**i***dz*][+**u**|**U***unit*][+**s***fname*]] [**-E**] [**-Fa**|**c**|**e**|**l**|**n**|**s***p*[+**d1**|**2**]] [**-N***col*] [**-T**[*min/max/*]*inc*[+**a**][+**i**|**n**][+**u**] | [**-T***file*|*list*]] [**-V**[*level*]] [**-W***col*] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-j**flags] [**-o**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

描述

sample1d 从文件（或标准输入）读取一个多列的 ASCII 格式（或二进制）数据，对时间序列或指定测线点位进行重采样。其中独立变量（即单调递增或递减的变量，以下称之为 *time* ）默认位于首列，用户可指定其他列作为独立变量。可以使用等距或其他指定采样。所有列都将基于新的采样间隔重新采样。除平滑样条（smoothing spline）方法外，还可选择多种插值方法。其中，平滑样条通过在拟合误差和曲率之间进行权衡（即不完全精确拟合数据点以换取更平滑的曲线）来实现平滑效果。本模块不支持输入数据范围外做外推插值。通过使用 **-C** 指定 CPT，本模块将基于输入数据最后一列做颜色插值，将 *r,g,b,a* 添加到输出。

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

可选选项

-A[**f**|**p**|**m**|**r**|**R**][+**l**]

关于沿测线进行采样 (如果设置了 **-T**··· *unit*) 的一些选项, 在 **-A** 后追加:

- **f** - 沿测线采样, 保留原始点位, 按需会适当插值线段中点 (默认)。
- **m** - 类似 **f** , 但测线变为阶梯状, 先沿经度采样, 再沿纬度采样。
- **p** - 类似 **f** , 但测线变为阶梯状, 先沿纬度采样, 再沿经度采样。
- **r** - 等距采样, 此时输入的点位 (尤其是端点) 可能不会严格包括在输出结果中。
- **R** - 类似 **r** , 但会适当调整采样点间距使输入点位都在输出结果中。

还支持以下选项:

- +**d** - 删除重复输入记录 (即 *time* 没变化)。
- +**l** - 使地理距离的测量沿着恒向线 (rhumb lines 或 loxodromes , 即沿着该方向行进时行进方向始终与经线保持相同夹角) 而不是默认的大圆弧。loxodromes 的计算模式是在球面上, 故 +**l** 不可与 **-je** 同时使用。

-C[*section/*]*master*|*cpt*|*color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,···][+**h**[*hinge*]][+**i***dz*][+**u**|**U***unit*][+**s***fname*]

基于 z 值确定颜色分量。通过指定主 CPT 名称, CPT 文件或用逗号分割的多个颜色, 以创建一个 CPT。如果不指定参数, 则在现代模式下使用当前 CPT (如果可用)。支持以下多种输入:

1. 主 CPT 名称, 例如 *earth* (详见内置 *CPT*), 可使用 CPT 名称 *master* 或包括相对路径的 *section/master* 来指定 (内置 CPT 不可添加 **.cpt** 扩展名)。
2. 自定义 CPT 文件 *cpt* , 例如 *my_colors.cpt* 。
3. 自动从多个颜色 *color*$_1$,*color*$_2$[,*color*$_3$,···] 中创建线性连续的 CPT, 其中 z 值从 0 开始, 每添加一种颜色 z 值加 1。在这种情况下, *color*$_i$ 可以是 *r/g/b* (e.g. 255/100/75), *h-s-v* (e.g. 180-0.8-1), *c/m/y/k* (e.g. 80/50/40/30), HTML 十六进制 (e.g. #aabbcc) 或颜色名称。逗号之间不能有空格。

支持以下选项:

- +**h** - 对于有软铰链 (soft hinge) 的主 CPT, 可指定 *hinge* 值启用铰链, 而对于有硬铰链 (harde hinge) 的 CPT, 可以修改铰链位置 *hinge* , 但不能禁用。
- +**i** - 指定 *dz* 使网格 z 值范围分层, 默认使用精确范围。
- +**s** - 将创建的 CPT 保存到文件 *fname*。当 CPT 是自动创建时这很有用, 但必须用于 **-C** 的末尾。
- +**u** - 对于任何其他主 CPT, 可以通过指定其原始单位 *unit* 将其 z 值单位转换为米。
- +**U** - 与 +**u** 类似, 但是将 z 值单位从米转换为指定单位 *unit* 。

注: 我们将在原始输出后新增四列, 分别为 red、green 和 blue 的颜色分量 (均在 0-255 范围内) 以及透明度 (0-100%, 0 表示不透明)。如果颜色表为灰度表, 则输出灰度 (0-255) 而非三原色。

-E

如果输入数据中每行记录最后包含有文本列, 输出的插值结果将尝试保留 *time* 精确匹配的记录对应的文本列, 其它 *time* 不匹配的则没有文本。默认忽略文本列。

-Fa|**c**|**e**|**l**|**n**|**s***p*[+**d1**|**2**]

选择 1-D 插值方式:

- **a** - Akima 样条 (默认)
- **e** - 阶梯曲线
- **c** - 自然三次样条 (Natural cubic spline)
- **l** - 线性插值
- **n** - 不插值, 取最近的数据点作为插值后的值
- **s** - 平滑三次样条, 指定拟合因子 p 以权衡样条拟合和曲率

用户也可以更改 GMT 默认的插值方式, 见*GMT_INTERPOLANT* 。可以加上 **+d1** 或 **+d2** 来计算样条的一阶导或二阶导。**注:** 如果使用 **e** 或 **n** 的插值方法来计算导数, 则结果恒为 0。

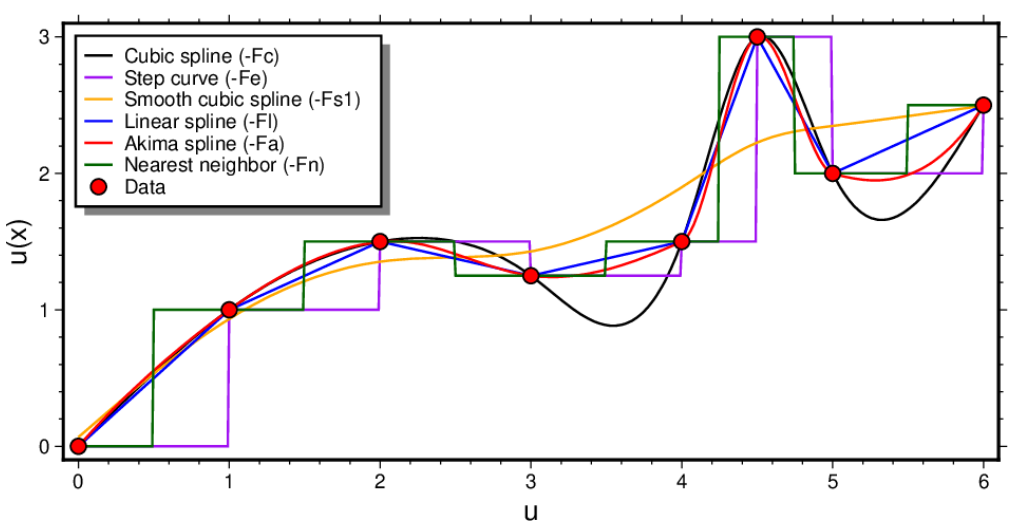


图 23: **-F** 选项允许您在多个插值方法中选择, 包括一个近似方法 (平滑样条)。你也可以指定选项来计算导数。

-N*col*

选择独立变量 *time* 的列索引 *col* , 默认为 0 (即首列)。

-T[*min*/*max*/]*inc*[+**a**][+**i**|**n**][+**u**] | [**-T***file*|*list*]

定义要等距采样的 *time* 范围 (从 *min* 到 *max*) 和步长 *inc* (默认使用输入的 *time* 值)。若不使用 **-A** , 默认为 **-Af** 。具体详见生成一维数组 。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*col*

指定列索引值为 *col* 的列作为平滑三次样条的权重, 要求使用 **-Fs** 。

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata (more ···)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-je|**f**|**g** *(more …)*

设置球面距离的计算方式

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*

设置 NaN 记录的处理方式

-w[**y**|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c**]*period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j 选项*。

ASCII 格式精度

ASCII 格式输出数据通过 gmt.conf 配置文件控制。控制经纬度格式的参数为*FORMAT_GEO_OUT*；控制绝对时间的的参数包括*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT*；普通浮点数通过参数*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制。上述格式控制可能会导致精度损失, 这会在下游计算中导致一些问题。如果用户需要保证数据精度, 则应考虑将数据写为二进制文件, 或者使用*FORMAT_FLOAT_OUT* 指定更多的有效数字。

生成一维数组

下面将展示如何使用*gmtmath* 生成一维数组（其中大部分操作也可通过 linux 中的 seq 命令方便地实现）

不使用任何子选项

以 0.1 为步长，生成 3.1 到 4.2 等等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.1/4.2/0.1 T =
3.1
3.2
...
4.2
```

+a 选项

该选项不对生成的数列进行运算操作，而是将该数列以列的形式追加到输出表数据，类似 linux 中的 paste 命令。

+b 选项

以 3 和 20 分别为起点和终点，创建一个 2 的整数幂的列表，将生成的整数幂以 1 为步长取值 **-T**3/20/1**+b**

```
gmt math -o0 -T3/20/1+b T =
4
8
16
```

+l 选项

以 7 和 135 分别为起点和终点，先创建一个 10 的整数幂的列表，当 *inc* 为 1 时，输出该列表；当 *inc* 为 2 时，同时输出该列表中每个元素的 1, 2, 5 倍值（不包括超出原始数据范围的部分）；当 *inc* 为 3 时，同时输出该列表中每个元素的 1, 2, ⋯, 9 倍值（同样不包括超出原始数据范围的部分）。**-T**7/135/2**+l** 将会生成如下数列

```
gmt math -o0 -T7/135/2+l T =
10
20
50
100
```

inc 为负整数时，将实现如下效果

```
gmt math -o0 -T1e-4/1e4/-2+l T =
0.0001
0.01
1
100
10000
```

+i 选项

该选项将以 1 作为默认步长，第三个数字做为每步长中的数字个数 *length*。假设需要在 1 分钟内每 24 秒生成一帧

```
gmt math -o0 -T0/60/24+i T =
0
0.0416666666667
0.0833333333333
```

(续下页)

(接上页)

```
0.125
0.166666666667
...
60
```

+n 选项

生成固定长度的数列。以 3.44 和 7.82 为起点和终点, 生成长度为 5 的等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.44/7.82/5+n T =
3.44
4.535
5.63
6.725
7.82
```

-T 后直接加文件或逗号分隔的数列

-T 后可以直接加文件, 文件中即为要生成的列表; 另外, 可以直接使用逗号分隔, 将列表附加到 **-T** 选项后, 如下为 Fibonacci 数列前 6 项

```
gmt math -o0 -T0,1,1,2,3,5 T =
0
1
1
2
3
5
```

注: 如果数列只包含一个值, 必须在其后加逗号以表明仍是一个数列

+u 选项

如果文件或者逗号分隔的数列中有重复数字或未排序, 可以使用 **+u** 选项去重并排序。

+t 选项

生成绝对时间序列。在 *inc* 后分别添加 **y** , **o** , **d** , **h** , **m** 和 **s** 表示时间步长的单位为年, 月, 日, 时, 分, 秒。在其后附加 **+t** 选项, 可以进一步强调生成时间序列, 也可以不加

```
gmt math -o0 -T2020-03-01T/2020-03-07T/1d T =
2020-03-01T00:00:00
2020-03-02T00:00:00
2020-03-03T00:00:00
2020-03-04T00:00:00
2020-03-05T00:00:00
2020-03-06T00:00:00
2020-03-07T00:00:00
```

生成距离序列

如果输入文件中包含两列以上的数据, 可以使用前两列计算距离, 并生成等距序列。在 *inc* 后分别添加 **d**, **m**, **s**, **e**, **f**, **M**, **n** 和 **u** 表示距离步长的单位为度, 分, 秒, 米, 英尺, 公里, 英里, 海里, 英尺。如果为笛卡尔坐标, 使用 c 作为距离步长单位。

+e 选项

如果只给定 *inc* 而从数据中获取最大值和最小值, 则 (*max* - *min*)/*inc* 可能不是整数, GMT 讲会自动对 *inc* 进

行一定的调整。如果不想调整 *inc* , 则可以使用 +e 选项, GMT 会固定最小值, 适当调整最大值。

注意

平滑样条 $s(t)$ 通过设置拟合因子 p 在最小化拟合误差 (完全拟合所有点, 对应 p 很大) 和最小化曲率 (p 接近 0) 之间进行权衡。具体而言, 我们想要最小化以下泛函

$$F_p(s) = K(s) + pE(s), \quad p > 0,$$

其中拟合误差定义为

$$E(s) = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{s(t_i) - y_i}{\sigma_i} \right]^2$$

而曲率定义为样条的二阶导数的在区间上的定积分,

$$K(s) = \int_a^b [s''(t)]^2 dt.$$

可能需要反复试验来选择合适的 p 。

示例

注: 下面是该模块的一些有效语法示例。使用远程文件 (文件名以 @ 开头) 的示例可以剪切并粘贴到您的终端中进行测试。其他需要输入文件的命令只是常见的使用类型的虚拟示例, 但不能按编写的原样运行。

使用 Akima 样条以 1 km 为间隔重采样文件 *profiles.tdgmb*, 文件格式为: time, distance, gravity, magnetics, bathymetry

```
gmt sample1d profiles.tdgmb -N1 -Fa -T1 > profiles_equi_d.tdgmb
```

使用三次样条插值, 在 *grav_pos.dg* 指定的点位上采样文件 *depths.txt*

```
gmt sample1d depths.txt -Tgrav_pos.dg -Fc > new_depths.txt
```

将 0 到 6 之间的数据以 0.01 为间隔用三次样条重采样, 不输出数据而是输出一阶偏导 (即斜率) :

```
gmt sample1d points.txt -T0/6/0.01 -Fc+d1 > slopes.txt
```

测线数据中包含经度、纬度和深度, 将其采样为每 2 海里一个点:

```
gmt sample1d track.txt -T2n -AR > new_track.txt
```

同上, 但确保包含了原始数据点:

```
gmt sample1d track.txt -T2n -Af > new_track.txt
```

以 5 km 为间隔, 沿着恒向线采样

```
gmt sample1d track.txt -T5k -AR+l > new_track.txt
```

在文件 *temperatures.txt* 中采样 2000 年到 2018 年每月温度:

```
gmt sample1d temperatures.txt -T2000T/2018T/1o > monthly_temp.txt
```

在地形剖面上给定拟合因子使用平滑样条插值:

```
gmt sample1d @topo_crossection.txt -T300/500/0.1 -Fs0.001 > smooth.txt
```

相关模块

greenspline, *filter1d*

18.89 segy

官方文档

segy

简介

读取一个原生 (IEEE) 格式的 SEGY 文件, 并生成地震数据的绘图。使用 **imagemask** 操作符将地震数据以单色或灰度 (由用户指定) 1-bit 深度位图的形式绘制, 背景为透明。位图分辨率取自当前的 GMT 默认设置。通过使用道头中的信息, 可以在真实位置绘制地震道 (此时, 文件中道的顺序无关紧要)。标准的 GMT 几何处理方法被用于绘制, 因此原则上可以采用任何地图投影。然而, 地理投影可能会导致意外的结果。另外需注意, 某些参数具有非标准含义。

需要注意的是, 在绘制地震数据之前, 处理操作顺序为: **deviation***[**clip**]([**bias**]+[**normalize**](**sample value**))。其中, **deviation** 决定了在绘图坐标系中, 经过 [**normalized**][**biased**][**clipped**] 处理后的样本值为 1 时, 与道位置的偏移距离。可以理解为对采样值进行进一步缩放。

SEGY 文件应包含 3200 字节的文本头部 (将被忽略)、400 字节的二进制卷头、以及每道 240 字节的头部

语法

gmt segy *SEGYfile* **-J***parameters* **-R***region* **-D***deviation* **-F**[*color*] **-W** [**-C***clip*] [**-E***error*] [**-I**] [**-L***nsamp*] [**-M***ntrace*] [**-N**] [**-Qb**|**i**|**u**|**x**|**y***value*] [**-S***header*] [**-T***filename*]

必须选项

SEGYfile

地震 SEGY 数据文件

-D*deviation*

deviation 决定了在绘图坐标系中, 经过 [**normalized**][**biased**][**clipped**] 处理后的样本值为 1 时, 与道位置的偏移距离。可以理解为对采样值进行进一步缩放。

-F[*color*]

填充地震道 (可变面积, 默认填充正值)。指定用于填充 **imagemask** 的颜色 *color* 。

-W

绘制波形道。

注意: 必须在 **-W** 和 **-F** 之中指定至少一个选项。

可选选项

-A

切换默认的字节顺序状态 (默认假设数据为大端字节序)。

-C*clip*

设置进行数据裁剪的采样值 (裁剪同时应用于正值和负值)。

-E*error*

使用 **-T** 选项时, 允许请求的道位置与实际道位置之间存在误差范围 *error* 。

-I

填充负偏移而非正偏移

-L

覆盖卷头中每道的样本数量 (程序会尝试根据每道头部确定样本数量, 以支持变长道)

-M

覆盖卷头中指定的道数。程序会相对优雅地检测文件结束, 但此参数限制了程序尝试读取的道数。

-N

通过全道长度上的均方根振幅 (rms amplitude) 归一化地震道

-Qb|**i**|**u**|**x**|**y***value*

可以通过指令修改五种不同的设置 (可重复使用):

-Qb*bias* 为缩放后的地震道添加偏移 (-**Qb**-0.1 从值中减去 0.1).

-Qi*dpi* 设置图像的每英寸像素点分辨率 [默认值 300].

-Qu*redvel* 应用减速速度 (负值移除已有的减速)。

-Qx*mult* 将道位置乘以 *mult* 倍。

-Qy*dy* 覆盖 SEGY 卷头中的采样间隔。

-S*header*

从道头 headers 读取道位置: header 设置为 **c** 表示 CDP, **o** 表示偏移, 设置为 **b***num* 表示从头部的第 *num* 字节 (第一个字节对应 num = 0) 读取一个长整型数。默认情况下, 道位置由道编号决定。

-T*filename*

仅绘制其位置对应于 *filename* 中列出位置的道。道的列出顺序无关紧要——程序会在整个空间中检查每个道。

-Z

不绘制 rms amplitude 为 0 的道。

示例

绘制 SEGY 文件 **wa1.segy**, 其中归一化的地震道按照真实偏移位置绘制, 振幅限制在 ±3, 并以黑色显示振幅曲线和正值区域填充

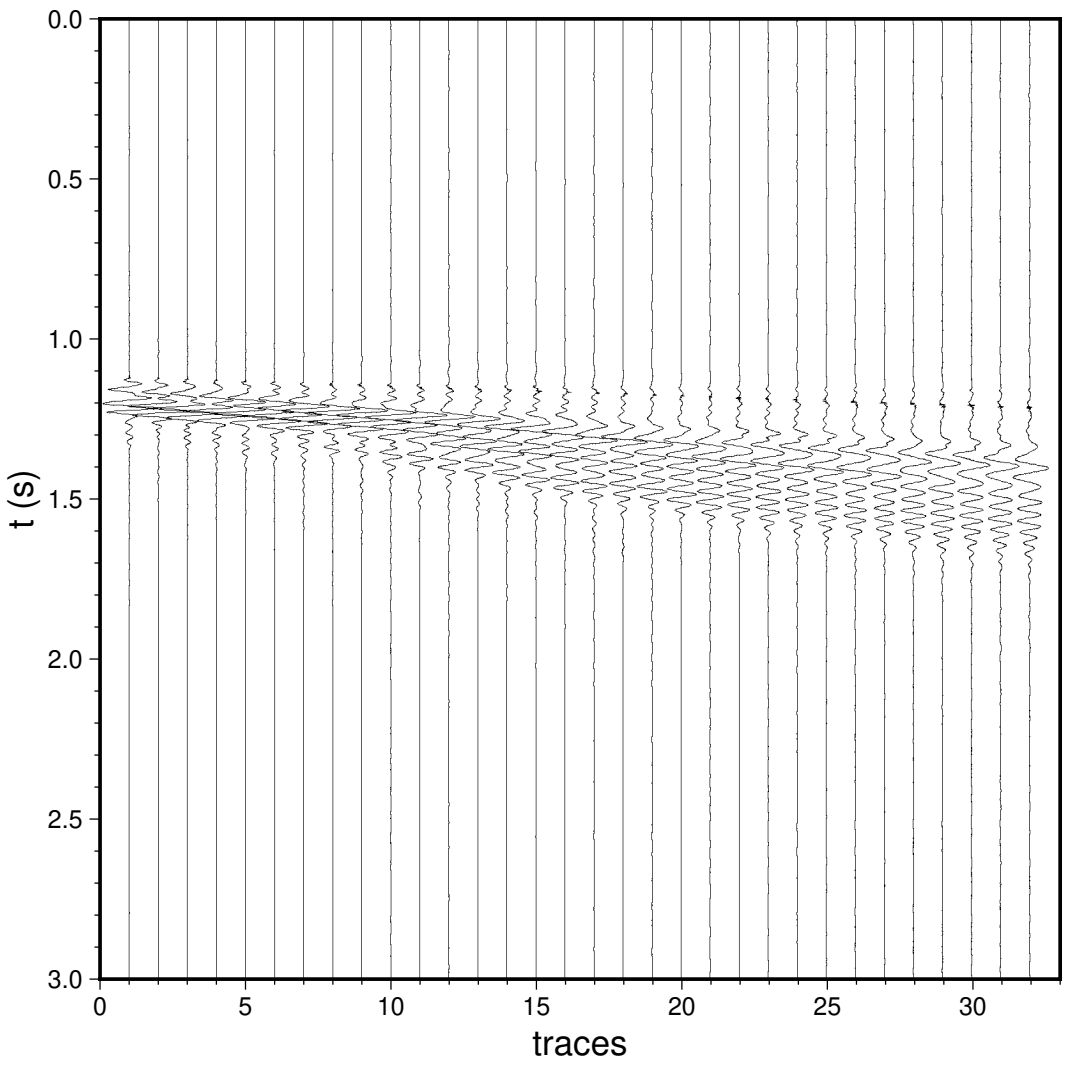
```
gmt segy wa1.segy -JX5i/-5i -R0/100/0/10 -D1 -C3 -N -So -W -Fblack -pdf segy
```

绘制 SEGY 文件 **wa1.segy**, 其中地震道按照真实的 CDP*0.1 绘制, 振幅限制在 ±3, 偏移值为 -1, 并以红色填充负值区域

```
gmt segy wa1.segy -JX5i/-5i -R0/100/0/10 -D1 -C3 -Sc -Qx0.1 -Fred -Qb-1 -I -pdf segy
```

绘制一个 3 秒, 32 道的 SEGY 文件。示例数据: `segy/XB1-Z.sgy`

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin segy1
    gmt basemap -JX5i/-5i -R0/33/0/3 -Bxaf+ltraces -Byaf+l"t (s)"
    gmt segy XB1-Z.sgy -D0.1 -N -W
gmt end show
```



18.90 segy2grd

官方文档

segy2grd

简介

segy2grd 用于读取 IEEE SEGY 文件并创建二进制网格文件。它可以执行简单的映射 (相当于 xyz2grd -Z), 或者在单个网格单元包含 SEGY 文件中多个样本值的情况下进行更复杂的平均值计算。

如果某些节点没有填充数据, **segy2grd** 会进行报告。这些未被约束的节点会被设置为用户指定的值 [默认值为 NaN]。对于包含多个值的节点, 将被设为这些值的平均值。

语法

gmt segy2grd *segyfile* **-G***grdfile* **-I***increment* **-R***region* [**-A**[**n**|**z**]] [**-L**[*nsamp*]] [**-M**[*ntraces*]] [**-Qx**|**y***value*] [**-S**[*header*]]

必须选项

segyfile

segyfile 是一个 IEEE 浮点数格式的 SEGY 文件。所有的道集都假定从 0 时间/深度域开始。

-Goutgrid

输出的网格文件名

-I*x_inc*/[*y_inc*]

x_inc [以及可选的 *y_inc*] 是网格间距。可以在数值后添加 **m** 表示分钟, 或添加 **s** 表示秒。

可选选项

-A[**n**|**z**]

将属于同一节点 (相同坐标) 的多个值相加 (等同于 **-Az**)。添加 **n** 则仅统计分配到每个节点的数据点数量。[默认情况下 (不使用 **-A** 选项) 会计算平均值]。该选项不用于简单映射。

-L[*nsamp*]

使用 *nsamp* 覆盖每道的采样点数

-M[*ntraces*]

设定要读取的道数。默认尝试读取 10000 道。**-M**0 将读取二进制头中指定的道数, **-M***ntraces* 将尝试仅读取 *n* 道。

-Qx|**y***value*

根据不同指令可用于更改两种不同的设置:

-Qx*x-scale* 对道头中的坐标应用缩放因子 *x-scale* , 使其匹配 -R 中指定的坐标范围

-Qy*s_int* 当 SEGY 文件中的采样间隔不正确时, 指定采样间隔为 *s_int* 。可重复使用。

-S[*header*]

设置可变间距。*header* 可以是 **c** 表示 CDP(共同深度点), **o** 表示偏移量, 或 **b***number* 表示从第 *number*

字节开始的 4 字节浮点数。如果未设置 **-S**, 则假定样本按照 **-I** 提供的 *x_inc* , *y_inc* 进行均匀间隔。

示例

从一个等间距的 SEGY 文件 test.segy 创建网格文件, 读取每道上 18-25 秒时间域 (或千米深度域) 的数据, 第一道会被假定位于 X=198 的位置:

```
gmt segy2grd test.segy -I0.1/0.1 -Gtest.nc -R198/208/18/25
```

从 SEGY 文件 test.segy 创建网格文件, 根据 CDP 编号定位道集, 其中每千米有 10 个 CDP, 采样间隔为 0.1。由于网格间隔大于 SEGY 文件的采样间隔, 因此单个样本将在网格单元内进行平均:

```
gmt segy2grd test.segy -Gtest.nc -R0/100/0/10 -I0.5/0.2 -Qx0.1 -Qy0.1
```

相关模块

grd2xyz, *segy*, *xyz2grd*

18.91 solar

官方文档

solar

简介

计算或/和绘制晨昏线以及民用、航海用以及天文用曙暮光区域

语法

gmt solar [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C**] [**-G**[*fill*]] [**-I**[*lon/lat*][**+d***date*][**+z***TZ*]] [**-J***parameters*] [**-M**] [**-N**] [**-R***region*] [**-Tdcna**[**+d***date*][**+z***TZ*]] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W***pen*] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-bo**binary] [**-h**headers] [**-o**flags] [**-p**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-I 和 **-T** 必须使用一个。

可选选项

-B*parameters (more …)*

设置底图边框和轴属性。

-C

在一行内格式化打印 (以 Tab 键分隔) **-I** 选项输出的信息。输出内容包括:

- 太阳的经度、纬度、方位角、高度角, 单位为度
- 日出、日落、正午的时间, 用小数形式的天表示, 比如 0.5 表示正午 12 点
- 日长, 单位为分钟
- 考虑折射效应矫正后的太阳高度较正以及均时差, 单位为分钟

> **备注**
>
> 若没有通过 **-I***lon/lat* 提供经纬度, 则太阳高度角之后的数据均以 (0,0) 作为参考点。

```
$ gmt solar -I120/40+d2016-11-01T01:00:00+z8 -C
160.885755836   -14.5068940782  38.6719503593   -59.513608404   0.270214374769  0.706928713211  0.48857154399   628.868647356␣
↪  -59.5102114599  16.4569766548
```

-G[*fill*]

根据晨昏线对黑夜区域填充颜色或图案，见填充。若不指定 *fill* 则剪裁黑夜区域，且需要通过 **gmt clip -C** 停止区域剪裁，见*clip*。

-I[*lon/lat*][**+d***date*][**+z***TZ*]

输出太阳的当前位置、方位角和高度角。加上 *lon/lat* 则输出日出、日落、正午时间以及一天时间长度。用 **+d***data* 指定 ISO 格式的日期时间（比如 **+d2000-04-25T10:00:00** ）来计算特定时刻的太阳参数。如果有需要，也可以通过 **+z***TZ* 加上时区。

```
$ gmt solar -I120/40+d2016-11-01T01:00:00+z8
      Sun current position:    long = 160.885756    lat = -14.506894
                          Azimuth = 38.6720    Elevation = -59.5136
      Sunrise  = 06:29
      Sunset   = 16:58
      Noon     = 11:44
      Duration = 10:29
```

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

-M

将晨昏线数据以多段 ASCII 表格式写到标准输出（或二进制格式，见*-b 选项*）。使用该选项，则只输出数据不绘图。

-N

反转晨昏线“内”和“外”概念颠倒。仅可与 **-G** 一起使用以剪裁出白昼区，不可与 **-B** 一同使用。

-R*xmin/xmax/ymin/ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

-Tdcna[**+d***date*][**+z***TZ*]

绘制一个或多个不同定义的晨昏线。若需要导出晨昏线数据，见 **-M** 选项。

通过添加 **dcna** 来绘制一个或多个不同定义的晨昏线。其中，

- **d** 指晨昏线
- **c** 指民用曙暮光
- **n** 指航海曙暮光
- **a** 指天文曙暮光

+d*date* 为 ISO 格式的日期时间（例如 **+d2000-04-25T12:15:00**），以得到该时刻晨昏交替的位置。也可以通过 **+z***TZ* 加上时区。

不同曙暮光区的定义如下图所示：

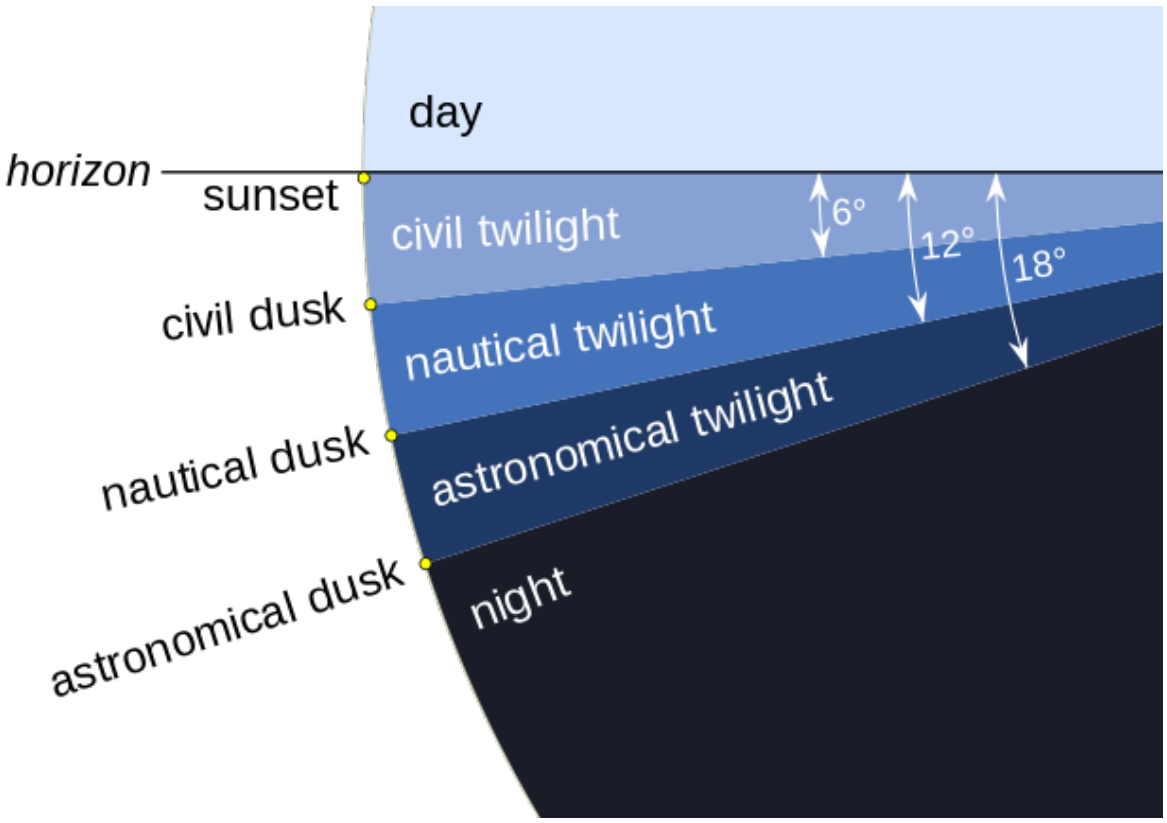


图 24: 曙暮光区的多种定义（图片来自于 https://en.wikipedia.org/wiki/Twilight）

- 民用曙暮光分为晨间曙光区和晚间暮光区：
  - 晨间曙光区是指太阳的几何中心位于地平线以下 6° 至地平线以下 0°50'（或日出，即太阳上边缘接触地平线）这段时间
  - 晚间曙光区是指太阳的几何中心位于地平线以下 0°50'（或日落，即太阳下边缘接触地平线）至地平线以下 6° 这段时间
- 航海曙暮光指太阳中心位于地平线以下 0°50' 至 12° 这段时间
- 天文曙暮光指太阳中心位于地平线以下 0°50' 至 18° 这段时间

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more …)*
在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more …)*
设置 verbose 等级 [**w**]

-W[*pen*]
设置晨昏线的画笔属性，见画笔。

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more …)*
移动绘图原点

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more …)*
设置二进制输出的数据格式

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*
设置输出数据列（0 表示第一列，**t** 表示文本列）

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][**+w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][**+v***x0*/*y0*] *(more …)*
设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more …)*

设置图层透明度（百分比）。取值范围为 0（不透明）到 100（全透明）

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

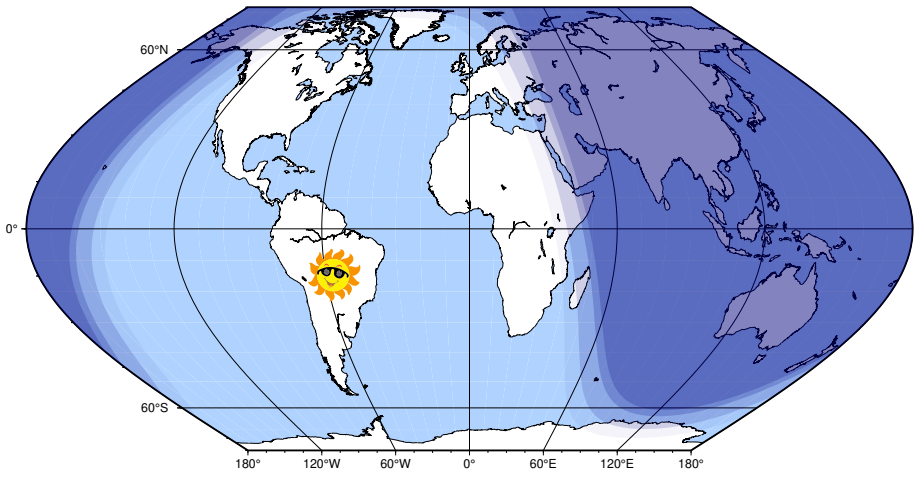
显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

```
gmt begin solar
  gmt coast -Rd -JKs0/10i -Dl -A5000 -W0.5p -S175/210/255 -Bafg --MAP_FRAME_TYPE=plain

  # 绘制晨昏线
  gmt solar -Td+d2016-02-09T16:00:00 -Gnavy@95

  # 绘制不同定义的晨昏区
  gmt solar -Tc+d2016-02-09T16:00:00 -Gnavy@85
  gmt solar -Tn+d2016-02-09T16:00:00 -Gnavy@80
  gmt solar -Ta+d2016-02-09T16:00:00 -Gnavy@80

  # 计算指定时间太阳位置并绘制在底图上
  gmt solar -I+d2016-02-09T16:00:00 -C | gmt plot -Sk@sunglasses/1.5c -Gyellow -W0.2p
gmt end show
```



参考

代码来自于 https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/calcdetails.html

相关模块

clip, *coast*, *plot*

18.92 spectrum1d

贡献者
田冬冬, 周茂
最近更新日期
2024-07-03

官方文档
spectrum1d
简介
计算一个时间序列的自功率谱, 或两个时间序列的互功率谱

spectrum1d 从标准输入流或数据文件中读取一列或两列数据。这些数据被当作是采样间隔为 `<dt>` 的等间隔的时间序列。**spectrum1d** 采用 Welch [1967] 方法, 即加窗多段平均周期图法, 计算输出自功率或互功率谱密度。其输出的功率谱的标准差采用 Bendat 和 Piersol [1986] 中的算法。

spectrum1d 的输出文件有三列:

```
f|w   p   e
```

其中, f 代表频率, w 代表波长, p 代表计算的功率谱密度, e 代表一倍标准差。

spectrum1d 的输出文件的文件名是使用统一的前缀 `name_stem` 。如果使用了 **-C** 选项, 那么将会有 8 个文件输出, 否则只生成一个功率谱文件 (`.xpower`)。这些文件默认是以 ASCII 码格式, 除非用 `-bo` 选项指定为二进制格式输出。这 8 个文件介绍如下:

1. `name_stem.xpower`: X(t) 的功率谱。单位是 `X*X*dt` 。
2. `name_stem.ypower`: Y(t) 的功率谱。单位是 `Y*Y*dt` 。
3. `name_stem.cpower`: X(t) 和 Y(t) 的互功率谱。单位和 ypower 一样。
4. `name_stem.npower`: 噪声 (即两列数组的差) 的功率谱。单位和 ypower 一样。
5. `name_stem.gain`: 增益谱, 或传输函数的模。单位是 `Y/X`
6. `name_stem.phase`: 相位谱, 或传输函数的相位。单位是弧度。
7. `name_stem.admit`: 导纳 (Admittance) 谱, 或传输函数的实部。单位是 `Y/X` 。
8. `name_stem.coh`: (平方) 相干谱, 或者线性相关系数 (它是频率的函数)。无单位, 取值范围为 `[0,1]` 。信噪比 `SNR = coh/(1-coh)` 。当 coh=0.5 时, SNR=1。

除非使用 `-T` 选项, 否则以上文件会以单个文件单列的形式输出。

语法

gmt spectrum1d [*table*] [**-S***segment_size*] [**-C**[**acgnopxy**]] [**-D***dt*] [**-L**[**h**|**m**]] [**-N**[*name_stem*]] [**-T**] [**-W**] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-qi**flags] [**-s**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

输入文件名。它是 ASCII 类型的一列数据或两列数据。如果是一列数据文件, 就计算自功率谱; 如果是两列, 就计算互功率谱。若未指定文件名, **spectrum1d** 会从标准输入流中读取数据。

-S*segment_size*

`segment_size` 是一个 2 的指数数值, 用于控制 Welch 方法中分段平均时的窗口长度。它也决定了功率谱密度的最小频率分辨率和最大频率分辨率, 即 `1.0/(segment_size*dt)` 和 `1.0/(2*dt)` (即 Nyquist 频率)。在功率谱密度中的一个标准误差大约为 `1.0/sqrt(n_data/segment_size)` , 比如 segment_size=256, 那么就需要 25600 个数据点去计算一个误差棒的 10%。互功率谱误差棒的计算则需要更多数据点, 而且是相干性的函数, 比较复杂。

可选选项

-C[**acgnopxy**]

读取输入中的前两列, 即 $X(t)$ 和 $Y(t)$ 时间序列。假设 $Y(t)$ 和 $X(t)$ 分别是一个带有噪声的线性系统的输出和输入。使用最小二乘估计最优频率响应函数会将噪声最小化并且相干输出与噪声输出是不相关的。本模块默认会输出如下属的全部 8 个文件。使用该选项可以指定输出 8 个文件中的某些文件。x=xpower、y=ypower、c=cpower、n=npower、p=phase、a=admit、g=gain、o=coh。

-D*dt*

设置读入的时间序列的时间采样间隔, 默认值是 1。

-L[**h**|**m**]

不去除信号中的线性趋势。默认情况下, 在对信号进行变换处理前会先去掉其中的线性趋势。追加 `m` 表示去掉数据的均值, `h` 表示去掉数据的中值。

-N[*name_stem*]

输出文件名的前缀, 默认为 `spectrum` 。若不使用此选项, 则输出的 9 个文件会合到一个文件里。

-T

不让单个分量的结果输出到标准输出, 对 **-C** 设置的输出分量分别输出到单个指定文件中

-W

输出文件中第一列是波长而不是频率。默认输出时第一列是频率。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*

设置 NaN 记录的处理方式

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

ASCII 格式精度

ASCII 格式输出数据通过 gmt.conf 配置文件控制。控制经纬度格式的参数为*FORMAT_GEO_OUT*；控制绝对时间的的参数包括*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT*；普通浮点数通过参数*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制。上述格式控制可能会导致精度损失, 这会在下游计算中导致一些问题。如果用户需要保证数据精度, 则应考虑将数据写为二进制文件, 或者使用*FORMAT_FLOAT_OUT* 指定更多的有效数字。

示例

假设 `data.g` 是重力数据, 单位为 mGal, 空间采样间隔为 1.5 km。如下命令会输出数据的功率谱到文件 `data.xpower`, 单位为 mGal^2 km 表示:

```
gmt spectrum1d data.g -S256 -D1.5 -Ndata
```

假设除了有重力数据 `data.g` 之外, 还有在相同地点测得的地形数据 `data.t` , 单位为 m。计算二者之间的传输函数, 即 `data.t` 作为输入, 经过传输函数得到了 `data.g` 为输出:

```
paste data.t data.g | gmt spectrum1d -S256 -D1.5 -Ndata -C > results.txt
```

教程

spectrum1d 输出的单位为功率谱密度的单位, 因此, 要以数据的平方的量纲作为单位, 就必须除以采样间隔 *dt*。(如果想对谱做归一化, 则可从 Parseval 定理中得到缩放因子, Parseval 定理为: 输入数据的平方和等于 **spectrum1d** 输出的平方和。)

假定存在一个数据, *X(t)* , 计算其离散傅立叶变换 (DFT), 结果为 *X(f)* , 将其与自身的复数共轭相乘, 即得到周期图

```
P_raw(f) = X(f) * X\'(f)
```

实际中, P_raw 的噪声会非常地大, 因此需要平滑或者平均等方法得到一个实用的估计 P_useful(f)。除了 Welch 方法, 另外还有多种计算功率谱密度的方法:

- 计算 x(t) 的自协方差函数, 然后平滑, 做 taper, 然后计算自协方差函数的傅立叶变换。
- 对 x(t) 的自相关函数进行参数拟合, 得到模型后计算该模型的谱
- "maxumum entropy", "Berg", "Box-Jenkins", "ARMA" 或者 "ARIMA" 等方法

Welch 方法是一种久经考验的方法。在 Welch 方法中, 用户需指定一个数据长度 N, 这样对数据进行分段, 以长度为 N 的数据段分别计算谱。谱的频率采样为 k /(N * *delta_t*), 其中 k 为整数, 采样个数为 *N**(由于谱结果是偶函数, 因此计算结果存在一半的冗余)。如果原始数据 *x(t)* 的长度为 **M*, 则 P_useful 的方差会以 *N/M* 的比例减小。因此, 用户可选择远小于 M 的 N 值以得到较低方差的 P_useful。但这种做法在不同方面需要互相妥协。

Welch 方法中同时对每段长度为 N 的数据的功率谱估计中使用了 Hann 窗, 这也会减小谱估计的方差。这种做法同时会削弱功率谱的旁瓣泄漏并使谱估计更加平滑。但这样会使每个估计的带宽轻微地增大, 因为在 k 位置的频率采样会与 *k+1* 位置的估计存在较小的相关(实际上, 对周期图方法的结果做平滑也会导致类似的效果)。

最后, Welch 方法同样使用数据重叠处理。由于 Hann 窗是一种两端尖灭的窗, 因此对长度 N 的窗来说, 窗中间位置的数据对结果贡献最大。因此, 在下一段谱估计中, 只将窗口移动 *N/2* 长度, 这样可以保证在上一段数据中贡献较小的两端数据在当前段估计中有较大的贡献。这样会进一步平滑结果并保证每个数据都能对最后的结果有近似相等的贡献。

Welch 方法被广泛使用并研究, 它的结果非常可靠且其统计属性也被较好地研究。因此, 它被类似 "Random Data: Analysis and Measurement Procedures" [*Bendat and Piersol*, 1986] 等教科书中推荐使用。

上文中提到的妥协指的是分辨率和方差之间的妥协, 这种妥协是广泛存在的, 更高的谱分辨率通常意味着较大的噪声。Welch 方法也是类似的, 谱估计较低的噪声水平通常是通过设置 $N \ll M$ 实现的, 这样只能在谱估计中得到 N 个采样, 可识别的最长周期为 N * *delta_t*。因此, 噪声水平的降低导致了谱采样个数的减少以及可识别长周期长度的减小。相反地, 如果选择的 N 接近于 M, 则谱估计的统计属性会非常差, 但会得到很多采样以及识别出更长的周期。

其他谱密度的估计方法也能得到较好的结果。之所以选择 Welch 方法, 因为它的统计属性、分辨率、旁瓣泄漏、偏移和方差等属性都比较容易且容易实现。一些其他的方法(例如 Maximum Entropy)则倾向于将这些妥协包装在一个黑匣子中。

相关模块

grdfft

参考文献

Bendat, J. S., and A. G. Piersol, 1986, Random Data, 2nd revised ed., John Wiley & Sons.

Welch, P. D., 1967, The use of Fast Fourier Transform for the estimation of power spectra: a method based on time averaging over short, modified periodograms, IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, Vol AU-15, No 2.

18.93 sph2grd

贡献者

周茂

官方文档

sph2grd

简介

使用球谐系数计算网格

sph2grd 模块利用球谐系数表文件计算特定的网格值。球谐系数模型的格式为 L, M, C[L, M], S[L, M]

语法

gmt sph2grd [table] **-G***grdfile* **-I***increment* **-R***regionregion* [**-D**[**g**|**n**]] [**-E**] [**-F**[**k**]*filter*] [**-N**[norm]] [**-Q**] [**-V**[*level*]] [**-bi**binary] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-r**reg] [**-x**[-]*n*] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个球谐系数文本文件 [或者二进制文件, 见 **-bi**]。文件预期的格式为四列, 分别比表示阶 L, 度 M, 然后是余弦和正弦系数。

-G*grdfile*

grdfile 为输出网格文件名。

-I*xinc*[**+e**|**n**][/*yinc*[**+e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I**

和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-D[**g**|**n**]

利用位模型计算场。**-Dg** 表示计算引力场, **-Dn** 表示计算大地水准 [同时使用 **-E** 选项将会计算基于椭球的场]。(目前该选项还没有实现)

-E

将参考从默认的球改变为椭球。(目前该选项还没有实现)

-F[**k**]*filter*

根据特定的滤波算法设定滤波参数, 默认为球谐系数中的阶数 L , 使用 **Fk** 时, 滤波参数的单位为千米。可选的滤波算法包括: a) 余弦带通滤波: 附加四个波长参数 *lc/lp/hp/hc* 。*lc/hc* 之外的系数被截断, *lp/hp* 范围内的则可以通过, 其余部分将 tapering 。将波长替换为 - 可以跳过设置, 例如: **-F**-/-/50/75 为低通滤波。b) 高斯带通滤波: 附加两个波长参数 *lo/hi*, 滤波 amplitudes 为 0.5 。将波长替换为 - 可以跳过设置, 例如: **-F**70/- 为高通高斯滤波。

-N[norm]

对球谐系数使用规格化。可选的规格化方法包括: **m** 数学正规格化化 - 表面内积和为 1 (默认)。**g** 大地测量规格化 - 表面内积和为 4pi 。**s** 施密特规格化 - 和地磁学中相同。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-r[**g**|**p**] *(more ···)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-x[[-]*n*] *(more ···)*

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格值精度

不管输入数据的精度如何, 创建网格文件的 GMT 程序将在内部以 4 字节浮点数组的形式保存网格。这样做是为了节省内存, 而且大多数实际数据都可以使用 4 字节浮点值存储。具有更高精度的数据 (即双精度值) 将在 GMT 操作网格或写入新网格时失去该精度。为了限制处理数据时的精度损失, 用户应该始终考虑在处理之前对数据进行归一化。

示例

使用 `egm96_to36.txt` 球谐系数文件创建 1 x 1 度全球网格:

```
gmt sph2grd @EGM96_to_36.txt -GEGM96_to_36.nc -Rg -I1 -V
```

由于 **-D** 选项还未实施, 该命令结果没有物理意义。

参考文献

Holmes, S. A., and Featherstone, W. E., 2002, A unified approach to the Clenshaw summation and the recursive computation of very high degree and order normalized associated Legendre functions: *J. Geodesy, v. 76, p. 279-299.*

相关模块

gmt, grdfft, grdmath

18.94 sphdistance

贡献者

周茂

官方文档

sphdistance

简介

在球上创建 Voronoi 距离, 节点或自然最邻近网格

sphdistance 读取一个或多个 ASCII (或二进制) 坐标文件, 使用所有的坐标创建 Voronoi 图。得到的多边形用来创建球面上的网格, 其中网格值为到坐标文件中坐标的最近距离 (见 **-E**)。创建 Voronoi 图使用 STRIPACK 算法。可以使用*sphtriangulate* 提前创建多边形文件以节省时间和运行时所需的空间。

语法

gmt sphdistance [*table*] **-G***grdfile* **-I***increment* **-R***region* [**-C**] [**-D**] [**-Ed**|**n**|**z**[*dist*]] [**-L***unit*] [**-N***nodetable*] [**-Q***voronoi.txt*] [**-V**[*level*]] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-j**flags] [**-qi**flags] [**-r**reg] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*] [+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**] [:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格文件名, 其中各子选项的含义见 网格文件 。

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-C

用于节省内存。该模块默认在运算过程中同时保存地理坐标和笛卡尔坐标, 但对于大型数据集, 这可能会占据很大内存, 因此使用该选项可以只保留其中一种坐标以节省内存, 必要的时候 GMT 会自动实现坐标转换。在使用 **-Q** 选项时, 该选项无用

-D

用于删掉重复点 [默认不删除, 即假定数据中不存在重复]

-Ed|**n**|**z**[*dist*]

指定球面网格中每个网格值的类型。

- **d** 默认选项, 计算球面上网格点到输入坐标的最近距离
- **n** 将网格值设置为所在多边形的 ID
- **z** 将网格值设置为所在多边形的节点 (即 Delaunay 三角网的外接圆圆心) 上的值

dist 为在球面弧上进行重采样的间隔, 默认为 1, 单位为度。

-L*unit*

指定距离计算的单位, 可选项包括 **e** (m), **f** (foot), **k** (km), **M** (mile), **n** (nautical mile), **u** (survey foot), 或 **d** (spherical degree)

-N*nodetable*

从 *nodetable* 文件度读取每个 Voronoi 多边形相关的节点坐标和面积等信息 [默认从输出 ASCII 文件的段信息中获取]。

-Q*voronoi.txt*

指定 Voronoi 多边形文件 [默认使用输入数据构建 Voronoi 图]。输入数据为二进制文件, 需要 **-N** 选项指定节点信息。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata (more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-je|**f**|**g** *(more …)*

设置球面距离的计算方式

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格值精度

不管输入数据的精度如何, 创建网格文件的 GMT 程序将在内部以 4 字节浮点数组的形式保存网格。这样做是为了节省内存, 而且大多数实际数据都可以使用 4 字节浮点值存储。具有更高精度的数据 (即双精度值) 将在 GMT 操作网格或写入新网格时失去该精度。为了限制处理数据时的精度损失, 用户应该始终考虑在处理之前对数据进行归一化。

示例

创建一个球面网格, 网格值为到 `hotspots.txt` 文件中点的最近距离, 然后以 200 km 为间隔在球面网格创建等值线, 每 1000 km 设置标注

```
gmt begin map
    gmt sphtriangulate @hotspots.txt -Qv -D > t.txt
    gmt sphdistance -Rg -I1 -Qt.txt -Gt.nc -Lk
    gmt grdcontour t.nc -JG-140/30/7i -C200 -A1000 -Bafg
gmt end show
```

以 `testdata.txt` 创建 Voronoi 图, 并生成 1 度分辨率的全球距离网格

```
gmt sphdistance testdata.txt -Rg -I1 -Gglobedist.nc
```

上述代码也可分成两个命令

```
gmt sphtriangulate testdata.txt -Qv > voronoi.txt
gmt sphdistance -Qvoronoi.txt -Rg -I1 -Gglobedist.nc
```

此外, GMT 官方示例 35 展示了使用本模块和全球海岸线创建海洋到海岸线的距离网格。

注意事项

STRIPACK 算法需要输入中不包含重复点。blockmean 等模块可以将多个接近的点合并成单个点。**sphdistance** 的 **-D** 选项也可以删除重复点, 但是这通过对点的坐标精确比较实现, 对大型数据集来说, 运行可能会很慢。STRIPACK 算法在检测到重复点时, 会直接退出执行

参考文献

Renka, R, J., 1997, Algorithm 772: STRIPACK: Delaunay Triangulation and Voronoi Diagram on the Surface of a Sphere, *AMC Trans. Math. Software*, **23**(3), 416-434.

相关模块

sphtriangulate, *triangulate*

18.95 sphinterpolate

贡献者
周茂

官方文档
sphinterpolate
简介

sphinterpolate 读取 lon, lat, z 形式的文件, 进行 Delaunay 三角剖分并作球面张力插值。通过 **-Q** 选项可以使用不同的插值方法。

语法

gmt sphinterpolate [*table*] **-G***grdfile* **-I***increment* **-R***region* [**-D**[*east*]] [**-Q***mode*[*options*]] [**-T**] [**-V**[*level*]] [**-Z**] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-qi**flags] [**-r**reg] [**-s**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*] [+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**] [:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格文件名, 其中各子选项的含义见 网格文件 。

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-D[*east*]

用于删掉重复点 [默认不删除, 即假定数据中不存在重复]; 通过追加 *east* 参数表示不对在此经度上的点做重复检查

-Q*mode*[*options*]

设置用于内插的计算张力因子的方法, 用来保证局部形状特征或满足弧段约束 [默认没有张力]

- **p** 分段线性插值, 不施加张力
- **l** 使用局部梯度估计进行平滑插值
- **g**[*N*/*M*/*U*] 使用全局梯度估计进行平滑插值。*N*/*M*/*U* 中 *N* 为使用可变张力时, 迭代次数 [3]; *M* 确定全局梯度时使用的 Gauss-Seidel 迭代次数 [10]; *U* 最后一次迭代中梯度变化的阈值 [0.01]
- **s**[*E*/*U*/*N*] 平滑。*E*/*U*/*N* [/0/0/3] 中 *E* 为典型数据值中预期方差; *U* 为数据偏差的加权平方和的上限。*N* 为使用可变张力时的迭代次数。

-T

使用可变张力; 使用 **-Qp** 选项时, 忽略该选项

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Z

在内插前, 使用最大数据范围 1/(max-min) 进行数据缩放 [默认不缩放]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more ···)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more ···)*

筛选输入的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more ···)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more ···)*

设置 NaN 记录的处理方式

-:[**i**|**o**] *(more ···)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

采用分段线性插值由 `mars370d.txt` 生成全球 1 度分辨率网格

```
gmt begin mars
    gmt sphinterpolate @mars370d.txt -Rg -I1 -Qp -Gmars.nc
    gmt grdimage mars.nc -JH0/4.5i -B30g30
gmt end show
```

使用无张力的插值, 由 `testdata.txt` 生成全球 1 度分辨率网格

```
gmt sphinterpolate testdata.txt -Rg -I1 -Gsolution.nc
```

注意事项

STRIPACK 算法需要输入中不包含重复点。blockmean 等模块可以将多个接近的点合并成单个点。**sphinterpolate** 的 **-D** 选项也可以删除重复点, 但是这通过对点的坐标精确比较实现, 对大型数据集来说, 运行可能会很慢。STRIPACK 算法在检测到重复点时, 会直接退出执行

参考文献

Renka, R, J., 1997, Algorithm 772: STRIPACK: Delaunay Triangulation and Voronoi Diagram on the Surface of a Sphere, *AMC Trans. Math. Software*, **23**(3), 416-434.

Renka, R, J„ 1997, Algorithm 773: SSRFPACK: Interpolation of scattered data on the Surface of a Sphere with a surface under tension, *AMC Trans. Math. Software*, **23**(3), 435-442.

相关模块

greenspline, *nearneighbor*, *sphdistance*, *sphtriangulate*, *surface*, *triangulate*

18.96 sphtriangulate

贡献者

周茂

官方文档

sphtriangulate

简介

创建球面 Delaunay 三角网或 Voronoi 图

Delaunay 三角网是 Delaunay 三角化的结果。Delaunay 三角化是一种空间三角剖分算法。该算法的优点在于

能避免三角网结果中出现“极瘦”的三角形。

Voronoi 图又称泰森多边形, 由 Delaunay 三角网中连接两相邻点线段的中垂线组成的连续多边形组成。

sphtriangulate 读取一个或者多个经纬度坐标文件并进行球面 Delaunay 三角化。**-Qv** 选项可进步一生成 Voronoi 图。通常, 多边形输出结果为闭合的并且可填充, 使用 **-T** 选项则输出构成多边形的弧段而非多边形。

语法

gmt sphtriangulate [*table*] [**-A**] [**-C**] [**-D**] [**-L***unit*] [**-N***file*] [**-Qd**|**v**] [**-T**] [**-V**[*level*]] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-j**flags] [**-qi**flags] [**-r**reg] [**-s**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

可选选项

-A

计算球面三角的面积或多边形 (见 **-Q**) 的面积并输出到段信息中 [默认不计算面积]。面积单位见 **-L** 选项。

-C

用于节省内存。该模块默认在运算过程中同时保存地理坐标和笛卡尔坐标, 但对于大型数据集, 这可能会占据很大内存, 因此使用该选项可以只保留其中一种坐标以节省内存, 必要的时候 GMT 会自动实现坐标转换。

-D

用于删掉重复点 [默认不删除]。

-L*unit*

指定距离和面积计算的单位, 可选项包括 **e** (m), **f** (foot), **k** (km), **M** (mile), **n** (nautical mile), **u** (survey foot), 或 **d** (spherical degree)。除非设置了 **-je** , 否则使用球面近似距离; 在这种情况下, 计算面积前将纬度转换为自定义的纬度。当单位设置为度时, 面积的结果为球面度。

-N*file*

将多边形信息写到 *file* 文件中。对于 Delaunay 三角网, 相关信息包括: 每个三角形三个定点的编号 (若设置 **-A** 还包括三角形面积); 对于 Voronoi , 包括节点坐标 (**-A**) 选项使用同上。如果输出文件格式为 ASCII, 这些信息都显示在段信息中, 并可将整个结果输出到标准输出, 无需使用 **-N** 选项; 如果输出文件为二进制文件, 则 **-N** 选项是必须的。

-Qd|**v**

d 选项为计算 Delaunay 三角网, **v** 选项为计算 Voronoi 图 [默认使用 **d**]。

-T

将结果输出为弧段 [默认输出闭合的三角形或者多边形]。当使用 **-A** 选项时, 同时计算弧段的长度并写到段信息中, 单位见 **-L** 选项。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*
设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*
设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata (more …)*
将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*
筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*
跳过或生成指定数目的头段记录

-je|**f**|**g** *(more …)*
设置球面距离的计算方式

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*
筛选输入的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*
设置 NaN 记录的处理方式

-:[**i**|**o**] *(more …)*
交换输入或输出中的第一和第二列

-r[**g**|**p**] *(more …)*
设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-^ 或 **-**
显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*
临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

从远程数据文件 `hotspots.txt` 中创建球面三角网, 并绘制

```
gmt sphtriangulate @hotspots.txt -Qd -T | gmt plot -Rg -JG-120/-30/7i -Bafg -W3p -pdf map
```

三角化 `testdata.txt` 中的点, 创建 Voroni 图并绘制

```
gmt sphtriangulate testdata.txt -Qv | gmt plot -Rg -JG30/30/6i -L -W1p -Bag -pdf testdata
```

基于包含多段记录的数据文件 `globalnodes.txt` 计算 Delaunay 三角网, 并计算每个三角形的面积, 输出到段信息中

```
gmt sphtriangulate globalnodes.txt -Qd -A > global_tri.txt
```

除上述示例外, GMT 官方示例 35 和 示例 48 也使用了该模块。

注意事项

多边形或三角形面积的计算使用了 STRIPACK 算法。该算法需要输入中不包含重复点。blockmean 等模块可以将多个接近的点合并成单个点。**sphtriangulate** 的 **-D** 选项也可以删除重复点, 但是这通过对点的坐标精确比较实现, 对大型数据集来说, 运行可能会很慢。STRIPACK 算法在检测到重复点时, 会直接退出执行。

参考文献

Renka, R, J., 1997, Algorithm 772: STRIPACK: Delaunay Triangulation and Voronoi Diagram on the Surface of a Sphere, *AMC Trans. Math. Software*, **23**(3), 416-434.

相关模块

triangulate, *sphdistance*

18.97 subplot

官方文档
: subplot

简介
: 管理和设置子图模式

subplot 模块可以将当前纸张分隔成若干个网格区域, 每个区域内都可以包含一张单独的子图。

subplot 模块提供了三条指令:

- **subplot begin** 进入子图模式, 并设置子图的布局
- **subplot set** 用于指定接下来的绘图操作在哪一个子图中进行
- **subplot end** 用于结束子图模式

在子图模式中, 需要注意如下几点:

- **-X** 和 **-Y** 选项无法在子图模式中使用, 可以使用 **-C** 选项作为替代
- 在使用 **-J** 选项时, 可以使用 **?** 来指定地图宽度或比例尺, 此时, GMT 会根据子图的大小自动确定最合适的地图尺寸
- 对于笛卡尔投影, 若想要 X 和 Y 轴共用相同的比例尺, 则可以使用 **-Jx?**

subplot begin 语法

gmt subplot begin *nrows*x*ncols* **-F**[**f**|**s**]*width(s)*/*height(s)*[+**af**|**s**][+**f***wfracs*/*hfracs*][+**c***dx*[/*dy*]][+**g***fill*][+**p***pen*][+**w***pen*] [**-A**[*autotag*][+**c***dx*[/*dy*]][+**g***fill*][+**j**|**J***refpoint*][+**o***dx*[/*dy*]][+**p***pen*][+**r**|**R**][+**s**[[*dx*/*dy*][/*shade*]]][+**v**]] [**-C**[*side*]*clearance*] [**-D**] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-j**flags] [**-M***margins*] [**-R***region*] [**-S***layout*] [**-T***title*] [**-V**[*level*]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**--PAR**=*value*]

必须选项

nrows\ **x**\ *ncols*

指定子图的行数和列数。中间为小写英文字母 **x**, 不是星号或其他符号。

每一行和每一列均有相同的子图数目。注意: 你无需在每个子图内都绘图。

-F[**f**|**s**]*width(s)/height(s)*[+**af**|**s**][+**f***wfracs/hfracs*][+**c***dx[/*dy]*]*[+**g***fill*][+**p***pen*][+**w***pen*]

指定图片的尺寸。有两种方式:

- **-Ff** - 直接指定整张图片的尺寸
- **-Fs** - 指定单个子图的尺寸

除此之外, 还可以为整张图加上背景色和边框:

- +**p***pen* - 为整张图加上背景矩形边框
- +**w***pen* - 绘制子图区域之间的水平和垂直分割线
- +**g***fill* - 为整张图的背景矩形填充颜色
- +**c***dx/dy* - 设置背景矩形与整张图之间的额外空白
- +**af**|**s** - 默认使用 +**af** , 即按照整个图片的宽度和高度的几何平均值对边框宽度和标注字体大小进行自动缩放; +**as** 类似, 但参考每个子图的宽度和高度的几何平均值。

-F[**f**]*width*/*height*[+**f***wfracs*/*hfracs*]

指定整张图片的宽度 *width* 和高度 *height*。

这种情况下, GMT 会根据整张图片的尺寸以及子图的数目自动计算每张子图的尺寸。在计算子图尺寸时会考虑每个子图的刻度线 (ticks)、标注 (annotations)、标签 (labels) 所占据的空间, 以及不同子图之间的间隔。整张图的最外圈的刻度线、标注和标签不算在整张图片尺寸之内。

默认所有行和列的尺寸都是相同的。若想要子图的每一行具有不同的高度, 或者子图的每一列具有不同的宽度, 则可以使用 +**f**, 后面紧跟着一系列逗号分隔的宽度比例和以逗号分隔的高度比例。单个数则表示所有行或列有相同的宽度或高度。

例如, 对于一个 2x2 的子图, 使用**-Ff**12c/12c+f3,1/1,2 则表示

- 整张图的宽度和高度均为 12 厘米
- 第一列占 3 个宽度, 第二列占 1 个宽度
- 第一行占 1 个高度, 第二行占 2 个高度

-Fs*widths*/*heights*

通过指定每个子图的宽度和高度间接指定图片尺寸。

在这种情况下, 整张图片的尺寸由每个子图的尺寸以及刻度线、标注、标签占据的空间和子图之间的间隙共同决定, 但最外圈的刻度线、标注、标签所占据的空间不算在整张图的尺寸之内。

默认所有行和列的尺寸都是相同的。若想要给每行或每列指定不同的子图尺寸, 可以加上一系列以逗号分隔的宽度, 然后再加上一个斜杠, 并加上一系列以逗号分隔的高度。单个数则表示所有行或列有相同的宽度或高度。

例如, 对于一个 2x2 的子图, 使用 **-Fs**4c,8c/4c 则表示第一列为 4 厘米宽, 第二列为 8 厘米宽, 所有列的高度均为 4 厘米高。注意, 宽度值或高度值的数目必须是一个或者与行数/列数相匹配。

对于地理地图而言, 每张子图的高度由地图区域 **-R** 以及投影方式 **-J** 决定。有两个选择: (1) 指定子图高度为 0, 并同时指定 **-R** 和 **-J**, 利用其计算每张子图的高度, 但要求所有子图必须共享相同

的研究区域和投影方式; (2) 不断尝试并修改子图的高度以得到最佳的绘图布局。

可选选项

-A[*autotag*][+**c***dx*[/*dy*]][+**g***fill*][+**j**|**J***refpoint*][+**o***dx*[/*dy*]][+**p***pen*][+**r**|**R**][+**s**[[*dx*/*dy*][/*shade*]]][+**v**]

为子图自动添加编号。

autotag 可以是单个数字或字母, 也可以在数字或字母的一侧或两侧加上括号。其设置了左上角第一张子图的编号, 而其余子图则按照递增的顺序依次编号。默认值为 **a)**。

> **备注**
>
> 括号在 Unix Shell 中有特殊含义, 可以将其用单引号括起来, 即 `'(a)'`。

加上子选项可以指定编号的更多属性:

- +**c***dx*[/*dy*] - 设置子图编号与文本框轮廓间的距离, 默认值为*FONT_TAG* 的 15%, 即 3p/3p
- +**g***fill*: 为子图编号的文本框填充颜色
- +**j**|**J***refpoint* - 指定编号在子图中的位置, 默认值为 `TL`, 即编号位于子图的左上角。+**j** 和 +**J** 分别适用于子图编号位于子图内部和外部的情况
- +**o***dx*[/*dy*] - 设置子图编号相对于 +**j**|**J** 指定的参考位置间的额外偏移量, 默认值为*FONT_TAG* 的 20%, 即 4p/4p
- +**p***pen* - 为子图编号加上文本框
- +**r** - 使用小写罗马数字编号
- +**R** - 使用大小罗马数字编号 (默认使用阿拉伯数字)
- +**s** - 添加一个偏移的背景阴影矩形。这里, *dx*/*dy* 表示相对于编号框的位移 (默认是 *2p*/*-2p*), *shade* 设置用于阴影的填充样式 (默认是 *gray50*)。
- +**v** - 表示沿着垂直列方向依次增加编号, 默认沿着水平行方向依次增加

注: 目前你不能在 tag 中使用 Latex 表达式, 一个解决方法是使用*text* 模块逐个设置 tag。

-B*parameters* *(more ···)*

设置底图边框和轴属性。

该选项会应用到所有子图。

-C[*side*]*clearance*

设置子图区域内某个边的额外空白量。这些额外的空白量可以用于绘制比例尺、添加额外的文字等。

side 可以取 **e w s n** 分别代表东西南北四条边; 也可以取 **x** 或 **y**, 分别表示设置东西或南北方向两条边的空白; 若不指定 *side*, 则表示同时设置四条边上的空白量。

该选项可以重复多次, 对不同边分别设置不同的间距。

subplot begin 中该选项对所有子图均有效, 而 **subplot set** 中使用该选项则仅对当前子图有效。**-C** 不会影响 **-A** 设置的编号位置。

> **备注**
>
> 在子图模式内不能使用 **-X** 和 **-Y** , 可以使用 **-C** 作为替代。

-D

根据已有的默认设置（基于 gmt.conf 文件或 **--PAR**=*value* ）以及 **-B**, **-C**, **-M** 和 **-S** 设置，仅确定图片尺寸（如果使用 **-Ff** ）和子图间距，而不绘制和标注任何底图（默认绘制和标注指定子图的底图）。当你想先绘制和标注部分子图的底图，之后再分别在子图内绘制数据而不再重绘底图时，该选项很有用。对于两次使用 **gmt subplot** 规划的子图区域，使用不同的 **-B**, **-C**, **-M** 和 **-S** 可能导致子图区域不对齐，这时使用 **-D** 可将二者对齐。相关使用示例详见 PR #4993 。**注：**要求 **-F** 保持一致。

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

-M*margins*

相邻子图之间的额外空白，包括为刻度、标注和标签自动添加的空间。

margins 可以有三种情况：

1. 取一个值，表示子图四个方向的空白
2. 取两个值，表示子图的水平和垂直方向的空白，两个值之间用斜杠分隔
3. 取四个值，表示子图的左右下上四个方向的空白，四个值之间用斜杠分隔

margins 允许设置为负值，进一步缩小子图间距。空白大小的单位默认为*PROJ_LENGTH_UNIT* 。实际呈现的空白大小为两个反方向之和（即左 + 右，上 + 下）。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

该选项会应用于所有子图。当所有子图共享一个共同的区域时，这很有用。在此模块中，所选区域也将成为计算模块所需的数据区域的默认值。

-Sc[**b**|**t**][**+l***label*][**+s***label2*][**+t**[**c**]]

设置一列中的所有子图共用 X 轴。

当一列所有子图共用 X 轴时，默认只有第一行子图的顶部（**t** ）X 轴和最后一个子图的底部（**b** ）X 轴有标注。

- **-Scb** 一列中只有最后一行子图的底部 X 轴有标注
- **-Sct** 一列中只有第一行子图的顶部 X 轴有标注
- **+l***label* 为共用的 X 轴添加标签
- **+s***label2* 为共用的 X 轴添加二级标签
- **+t** 为每个子图的标题预留空间
- **+tc** 为第一行的所有子图的标题预留空间

某行某列子图的标签和标题仍可通过子图内部的 **-B** 选项进行设置。

-Sr[**l**|**r**][**+l***label*][**+p**][**+s***label2*]

设置一行中所有子图共用 Y 轴。

当一行所有子图共用 Y 轴时，默认只有第一列子图的左边（**l** ）Y 轴和最后一列子图的右边（**r** ）Y 轴有标注。

- **-Srl** 一行中只有第一列子图的左边 Y 轴有标注
- **-Srr** 一行中只有最后一列子图的右边 Y 轴有标注
- **+l***label* 为共用的 Y 轴添加标签

- +s*label2* 为共用的 Y 轴添加二级标签
- +p 设置所有标注与 Y 轴平行（默认水平）

-T*heading*

设置整张图的总标题，标题文字的属性由*FONT_HEADING* 控制。

每张子图各自的标题可以用 **-B** 或 **-S** 选项控制。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more …)*

移动绘图原点

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

subplot set

subplot set 通过指定子图的行列号或索引号以激活某个特定的子图，接下来的所有绘图命令将只在该子图内进行绘制。其与*-c* 选项 功能基本一致。

子图的行号、列号、索引号均从 0 开始算起。因而对于 MxN 的子图而言，行号的取值为 0 到 M-1，列号的取值为 0 到 N-1，索引号的取值则为 0 到 (M*N-1)。

若使用 **subplot set** 但未指定子图的行列号或索引号，则 GMT 会自动激活 “下一个” 子图。例如，对于一个 2 行 2 列的图而言，每次使用 **subplot set** 而不指定子图行和列，则按照行优先顺序依次激活子图 `0,0` → `0,1` → `1,0` → `1,1`。若 **subplot begin** 中使用了 **-A+v** 选项，则按照列优先顺序依次激活子图 `0,0` → `1,0` → `0,1` → `1,1`。

subplot set 语法

gmt subplot set [*row,col*|*index*] [**-A***fixedtag*] [**-C***side*/*clearance*] [**-V**[*level*]]

可选选项

row,col | *index*

指定要激活的子图的行列号或索引号。行列号、索引号均从 0 开始算起。

若不指定子图行列号或索引号，则自动激活 “下一个” 子图。

-A*fixedtag*

设置当前子图的编号，忽略 **subplot begin** 中 **-A** 选项设置的自动编号。

这一选项可以用于临时修改单个子图的编号，但该选项只能修改编号字符串，其余属性（如位置、文本框）等均只能继承自 **subplot begin** 的 **-A** 选项。使用 **-A-** 则不设置任何编号。

-C*side*/*clearance*

设置子图的某个边的额外空白量。这些额外的空白量可以用于绘制比例尺、添加额外的文字等。

side 可以取 **e w s n** 分别代表东西南北四条边。该选项可以重复多次，对不同边分别设置不同的间距。**subplot begin** 该选项对所有子图均有效，而 **subplot set** 中使用该选项则仅对当前子图有效。该选项会覆盖 **subplot begin** 中设置的 **-C** 。

> **备注**
>
> 在子图模式下不能使用 **-X** 和 **-Y** ，可以使用 **-C** 作为替代。

现在可以执行任意数量的绘图命令，并且所有输出都将指向所选的子图。subplot 机制要求新子图的第一个绘图命令负责绘制底图。一些底图细节已通过 **subplot begin** 中的 **-S** 设置，如果需要重新设置底图和轴的一些属性，则需要在第一个绘图命令中通过 **-B** 选项进行设置。

subplot end

该命令用于结束当前的子图模式。

在结束子图模式时，其会进行如下操作：

- 对所有子图进行编号
- 将绘图原点重置回之前的原点位置
- 更新历史信息，设置为线性投影，并给出整张图的大小，使得用户可以使用 **-DJ** 方式放置 colorbar 等。

subplot end 语法

gmt subplot end [**-V**[*level*]]

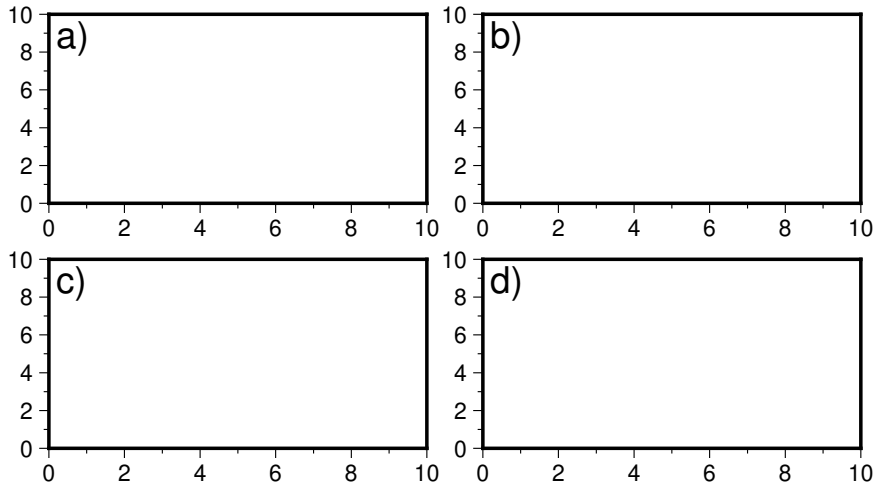
示例

下面的示例展示了如何设置一张 2x2 布局的图，并使用不同的方式指定要激活的子图。不同的设置方式的效果是相同的，用户在使用时可根据需求选择最直观最简便的方式。

方法 1: 使用 subplot set 指定子图行列号

注意行列号均从 0 开始。

```
gmt begin map
    gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/2.5c -A
    gmt subplot set 0,0
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot set 0,1
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot set 1,0
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot set 1,1
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot end
gmt end show
```



方法 2: 使用 subplot set 指定子图索引号

注意子图索引号从 0 开始:

```
gmt begin map
    gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/2.5c -A
    gmt subplot set 0
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot set 1
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot set 2
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot set 3
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot end
gmt end show
```

方法 3: 使用 subplot set 但不指定子图号

每次使用 **subplot set** 但不指定子图行列号或索引号, 则会自动激活 "下一个" 子图:

```
gmt begin map
    gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/2.5c -A
    gmt subplot set
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot set
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot set
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot set
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
    gmt subplot end
gmt end show
```

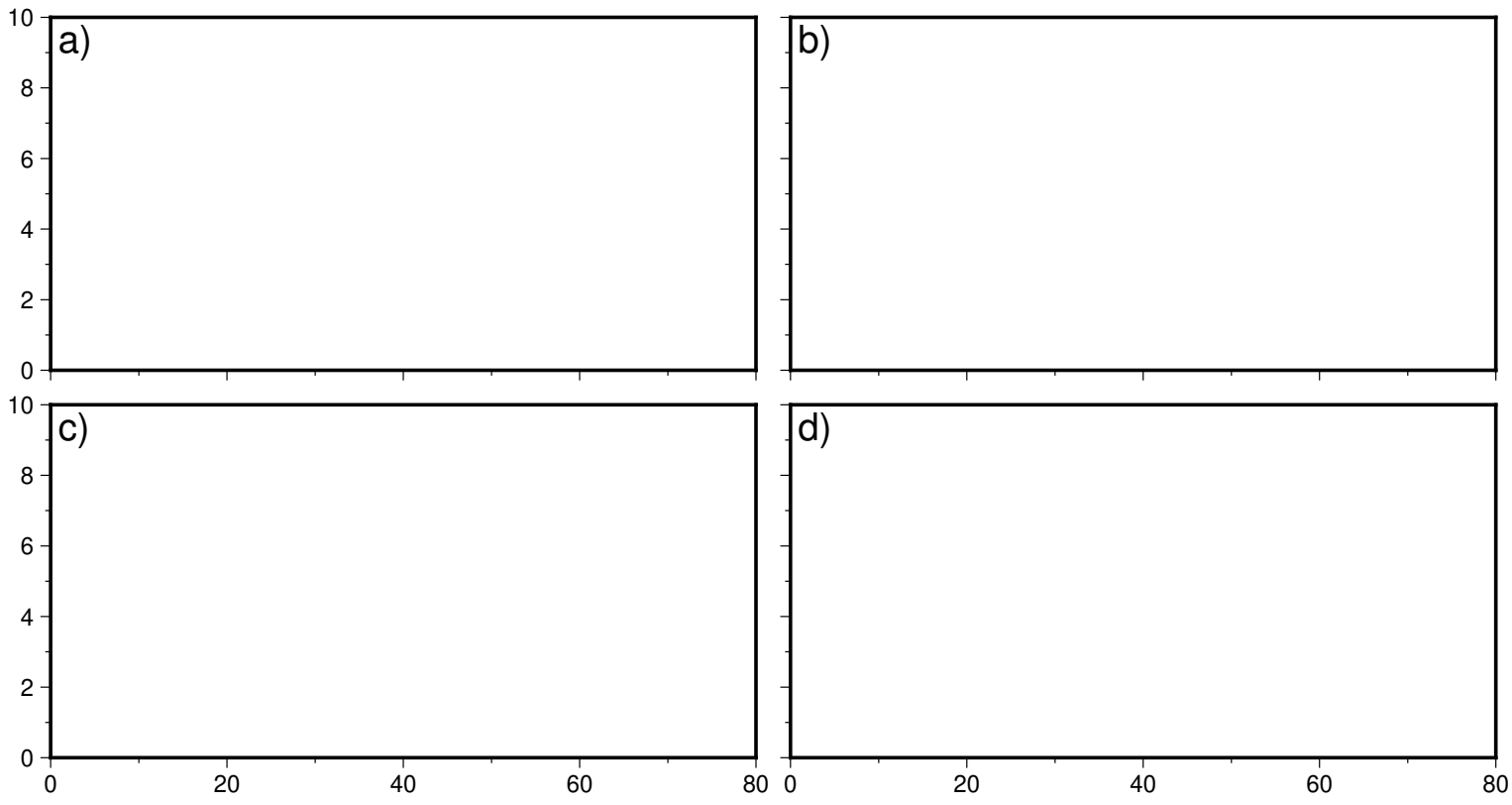
方法 4: 使用 -c 选项

-c 选项 的功能与 **subplot set** 类似, 可以用于激活指定的子图。其后可以接子图行列号或索引号, 也可以只使用 **-c** 自动激活下一个子图:

```
gmt begin map
    gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/2.5c -A
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf -c
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf -c
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf -c
    gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf -c
    gmt subplot end
gmt end show
```

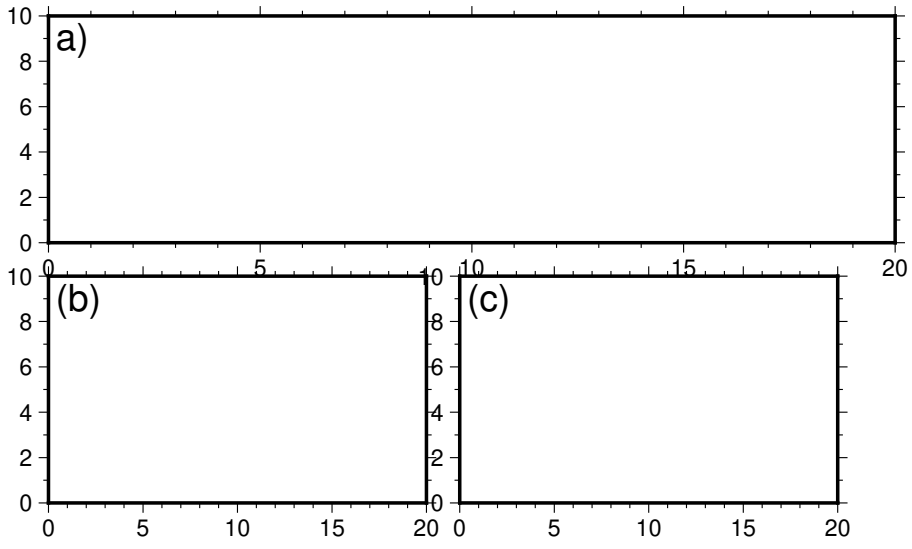
下面展示了如何设置一个 2x2 的图, 并设置共用 X 和 Y 轴:

```
gmt begin panels
  gmt subplot begin 2x2 -Fs10c/5c -M5p -A -Scb -Srl -Bwstr -R0/80/0/10
    gmt subplot set
    gmt basemap
    gmt subplot set
    gmt basemap
    gmt subplot set
    gmt basemap
    gmt subplot set
    gmt basemap
  gmt subplot end
gmt end show
```



下面的示例展示了如何绘制一个不完全规则的子图。这个示例中, 实际上只使用了子图 0、2、3, 而第一张图同时占据了子图 0 和 1 的空间。在这种情况下, GMT 的自动编号功能无法正确编号, 因而需要在 **subplot set** 中为每个子图单独指定编号。

```
gmt begin map
    gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/3c -A -M0

    gmt subplot set 0
    gmt basemap -R0/20/0/10 -JX11.2c/3c -Baf -BWSen

    gmt subplot set 2 -A'(b)'
    gmt basemap -R0/20/0/10 -JX? -Baf -BWSen

    gmt subplot set 3 -A'(c)'
    gmt basemap -R0/20/0/10 -JX? -Baf -BWSen

    gmt subplot end
gmt end show
```



限制

1. 目前暂不支持 subplots 嵌套。
2. 如果使用自动图例选项*-l 选项* ，则必须在移动到另一个子图之前完成当前绘图。
3. 通过 **-Bp** 和 **-Bs** 指定单独的一级和二级标注尚未实现。

相关模块

begin, *clear*, *docs*, *end*, *figure*, *inset*

18.98 surface

贡献者

周茂, 陈箫翰

最近更新日期

2024-07-21

官方文档

surface

简介

使用可调节张力连续曲率样条插值法对数据进行网格化

surface 从标准输入或表数据文件 *table* 中读取离散的数据点 (x,y,z)，通过解如下微分方程，得到网格化的数据 z(x,y) 并生成网格文件

$$(1-t)\nabla^2(z) + t\nabla(z) = 0,$$

其中 t 是张力因子，取值范围为 0 到 1，∇ 是拉普拉斯算子。若 $t = 0$，则退化为最小曲率张力样条。最小曲率张力样条可能会导致数据中出现虚假的震荡，产生错误的区域极值 [见 *Smith and Wessel*, 1990]。大于 0 的张力可削弱这些效应。对于势能场数据，建议 $t \sim 0.25$ 。对于陡峭的地形数据，张力则建议 $t \sim 0.35$。当 $t = 1$ 时，则上述微分方程退化为 Laplace 方程，其解即为调和面，除控制点外，不会出现最大值或最小值。建议用户事先使用*blockmean*，*blockmedian*，或*blockmode* 预处理数据，以避免空间混叠（即数据点之间距离太小）与消除冗余数据。用户也可设置输出解的范围以保证结果总在预定的范围内。解微分方程时，采用自然边界条件。对于经度范围是 360 度的地理数据，将采用周期边界条件。

语法

gmt surface [*table*] **-G***outgrid* **-I***increment* **-R***region* [**-A***aspect_ratio*|**m**] [**-C***convergence_limit*[%]] [**-J***parameters*] [**-D***breakline_file*[+**z**[*level*]]] [**-Ll***lower*] [**-Lu***upper*] [**-M***max_radius*] [**-N***max_iterations*] [**-Q**[**r**]] [**-S***search_radius*[**m**|**s**]] [**-T**[**b**|**i**]*tension_factor*] [**-V**[*level*]] [**-W**[*logfile*]] [**-Z***over-relaxation_factor*] [**-a**flags] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-qi**flags] [**-r**reg] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**][:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格文件名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式。对网格追加子选项可进行额外设置:

- +**d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- +**n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- +**o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset*, 或使用 **a** 自动对值进行调整以保证整数网格的精度 [默认为 0]
- +**s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale*, 或使用 **a** 自动对网格缩放以保证整数网格的精度 [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前; +**sa** 将会同时设置 +**oa**。如果需使用 GDAL 指定网格格式, 则 *ID* 应设置为 *gd*, 并指定:*driver* 和可选的数据类型 *dataType*, 以及 +**c***options* 选项传递给 GDAL 的 **-co** 选项。

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-A*aspect_ratio*|**m**

设置网格纵横比 *aspect_ratio* , 其中 dy = dx / *aspect_ratio*。对于地理数据, 可以使用 **-Am** 设置网格纵横比为纬度平均值的余弦。不设置本项时, 默认网格纵横比为 1, 即各向同性网格。

-C*convergence_limit*[%]

设置收敛极限, 单位与 *z* 的单位相同。当任意格点的绝对变化量小于该极限时, 即退出迭代。另外可给定 z 值的 RMS 的一定百分比作为收敛极限, 后面必须追加 %。收敛极限默认设置为 RMS 的 10e-4。该值为最终输出的网格间距下的值, 但对于 GMT 内部, 用于处理的中间临时网格的收敛值为最终网格的收敛值除以网格间距的倍数。

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

该设置仅用于将投影信息输出到最终的网格中, 在实际计算中并不会使用。

-D*breakline*[**+z**[*level*]]

指定一个 *breakline*, 其中数据格式为 *x, y, z*。在该 breakline 上的网格点, 将不会做内插。海岸线或者湖岸线通常是理想的 breakline。breakline 文件可以为多段文件。如果文件中不存在 *z*, 或者用户想要覆盖文件中的 *z* 值, 则可在文件后追加 **+z***level*, 如果不指定 *level* 值, 则默认为 0。

-Ll*lower* and **-Lu***upper*

对微分方程的解加上限制。**-Ll***lower* 设置下限, 其中 *lower* 可以是一个网格文件的文件名或一个固定值。设置以后, 输出的网格的值将均大于等于设置的值。**-Lu***upper* 设置上限, 同样 *upper* 也可以是一个网格文件的文件名或一个固定值, 输出处网格的值将均小于等于该值。如果设置为网格, 其大小、间隔和配准应与输出网格一致。如果网格其中包含 NaN, 则 NaN 位置处的输出将不受约束。另外, *lower* 或 *upper* 除可为网格或固定值外, 也可以设置为如下字符:

- **u** 不设置约束 [默认]
- **d** 针对 *l* 和 *u* 分别表示设置为输入数据的最小值和最大值

-M*max_radius*

设置一个半径大小, 在求解结束后, 位于输出离散点半径内的格点数据将被保留, 半径以外的数据将设置为 NaN。可追加距离单位。或可使用 **-M***n_cells***c** 形式以不用距离, 而是格点个数来保留数据, 其中 *n_cells* 为离散点周围的格点个数。**-M0c** 表示只有离散点所处的格点被保留。**-M1c** 将保留处其所处格点外的最近一圈格点, 即 3x3 的范围, 依此类推。

-N*max_iterations*

迭代次数, 默认为 500。迭代将会在达到收敛极限或迭代次数达到 *max_iterations* 时停止。这个最大迭代次数仅针对最终输出的网格, 对于 GMT 内部的临时网格, 其迭代次数放大为网格间隔相应的倍数。

-Q[**r**]

输出本模块建议运行时使用的网格维度。该选项主要目的为建议一个最优的网格维度以允许本模块可使用多次中间步骤以加快计算并得到更好的结果。当用户得到此建议维度时, 可使用 **-R** 和 **-I** 设置新的结果, 并在后续使用*grdsample* 或*grdcut* 以得到用户原本希望的维度和范围。另外, 可追加 **r** 使 **surface** 完全按照 **-R** 指定的范围计算结果 [默认会自动寻找稍大的区域, 然后在输出时将区域裁剪为 **-R** 设置的范围。]

-S*search_radius*[**m**|**s**]

设置搜索半径 *search_radius*, 单位与 x 和 y 的单位相同, 默认值为 0, 即不做搜索; 追加 **m** 或者 **s** 分别表示角分和角秒。该选项用于在第一次迭代之前进行初始化。除非网格点个数为素数, 不存在中间阶段, 否则无需设置该选项。

-T[**b**|**i**]*tension_factor*

设置张力因子, 必须在 0 到 1 之间。张力可用于内部求解 (见上面的方程) 和边界条件 (张力可使接近边缘的解区域平缓)。其中 **i** 用于设置内部求解张力, **b** 用于设置边界条件张力。如果不给出子选项, 则二者同时设置为同一个值。若同时设置为 0, 即退化为最小曲率样条解, 这也是默认情况。

-W[*logfile*]

将收敛信息输出到为 *logfile* 文件, 默认为 *surface_log.txt*

-Z*over-relaxation_factor*

Over-relaxation 因子, 该参数用于加速收敛, 取值应位于 1 到 2 之间。当其为 1 时, 将精确地迭代, 并始终保证稳定收敛。较大的值会增大收敛中的增量变化, 因此可以更快地收敛, 但由于增量变大, 最终的结果可能不稳定。如果使用较大的值, 最好使用 **-Vi** 选项观察迭代过程。默认值为 1.4, 可以快速收敛且总能得到稳定的解。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-a*col*=*name*[,···] *(more ···)*

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more ···)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more ···)*

筛选输入的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more ···)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-wy|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*] *(more ···)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格值精度

不管输入数据的精度如何, 创建网格文件的 GMT 程序将在内部以 4 字节浮点数组的形式保存网格。这样做是为了节省内存, 而且大多数实际数据都可以使用 4 字节浮点值存储。具有更高精度的数据 (即双精度值) 将在 GMT 操作网格或写入新网格时失去该精度。为了限制处理数据时的精度损失, 用户应该始终考虑在处理之前对数据进行归一化。

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j 选项*。

网格值精度

不管输入数据的精度如何, 创建网格文件的 GMT 程序将在内部以 4 字节浮点数组的形式保存网格。这样做是为了节省内存, 而且大多数实际数据都可以使用 4 字节浮点值存储。具有更高精度的数据 (即双精度值) 将在 GMT 操作网格或写入新网格时失去该精度。为了限制处理数据时的精度损失, 用户应该始终考虑在处理之前对数据进行归一化。

示例

ASCII 数据 *hawaii_5x5.xyg* 为经*blockmean* 处理后的数据, 使用 **surface** 网格化为 5 分, 设置 *tension_factor* = 0.25, *convergence_limit* = 0.1 mgal, 将结果输出到 *havaii_grd.nc* 并使用 *-Vi* 选项查看每个迭代过程

```
gmt surface hawaii_5x5.xyg -R198/208/18/25 -I5m -Ghawaii_grd.nc -T0.25 -C0.1 -Vi
```

注意事项

尽管 **-R** 选项控制了最终输出网格的范围, 但在 GMT 内部会使用一个稍大一些的区域, 这种做法有利于最终结果的收敛。

格网化地理坐标数据: 边界条件

surface 内部执行的有限差分算法基于笛卡尔坐标, 因此设置了 **-A** 选项以适应不同纬度下不同方向 (即经度和纬度方向) 的纵横比。当输出地理坐标网格的经度范围为 0~360 范围时, 将在经度方向实施周期边界条件。但是, 在极点处, 却不能使用该边界条件, 因为在极点处的有限差分解时无效的 (在极点处, 网格间隔为 0)。如果用户在此情况下运行该模块, GMT 将给出警告, 但不会阻止程序运行。对于地理坐标, 位于极点的值可能不一致, 因此将被替换为极点附近的平均值, 这可能会导致在极点附近区域的结果存在问题。鉴于上述问题, 用户在处理全球数据时, 应考虑使用球面网格化, 例如: greenspline 或*sphinterpolate*; 或者使用 stereographic 投影数据并对投影后的数据做 **surface**。

格网化地理坐标数据: 设置间隔

对地理网格设置带有距离单位的网格间隔时, 将会激活距离转换, 即将间隔转换为等效的度, 在经纬度方向是不同的并且与椭球设置有关, 但不论使用什么椭球, 最终仍使用球近似, 即大圆距离 (译注: 椭球的大小是影响该距离的主要因素, 球近似不是主要因素)。对于纬度, GMT 将 y 方向的距离除以每维度所对应的距离, 对于经度, 则除以平均纬度对应的距离。因此, 转换后的度与用户输出的增量可能不完全一致。这其中所涉及到的舍入是用户所不希望的, 并会导致网格的维度为素数。**-Q** 选项可用来处理这种情况, 但间隔转换导致的无穷小数仍然难以有效解决。因此, 不要使用长度单位设置间隔是一种比较好的方法, 设置为角度、角分、角秒可以得到更加干净的结果, 因为这样网格的维度是可控的并且可避免舍入误差。另外, 如果计算区域远离赤道, 用户若担心经纬度方向不同的增量, 则可选择对数据作投影, 这样就可以对投影坐标作网格化, 间隔也可设置为米/千米等。任意一种方法均可以避免类似 0.161697s 这种丑陋的间隔。如果用户所需结果却实为以米/千米等距离为单位的网格, 则投影方法是更适合的。

已知 Bug

在输出网格的任意节点存在多个输入数据, **surface** 会提示用户使用*blockmean*, *blockmedian*, 或*blockmode*。如果已经使用了上述模块, 但仍存在警告, 则意味着设置的网格间隔太小, 输出数据需要更多的有效数字。用户可在运行该模块前编辑 *gmt.conf* 中的*FORMAT_FLOAT_OUT* 选项以增加有效数字个数, 或使用单精度或者双精度的二进制文件以保证其有效数字个数。

参考文献

Smith, W. H. F, and P. Wessel, 1990, Gridding with continuous curvature splines in tension, *Geophysics*, 55, 293-305, https://doi.org/10.1190/1.1442837.

相关模块

blockmean, *blockmedian*, *blockmode*, *grdcut*, *grdsample*, greenspline, *nearneighbor*, *triangulate*, *sphinterpolate*

18.99 ternary

官方文档

ternary

简介

绘制三角图解

ternary 从文件或者标准输入中读取数据, 并在三角图中绘制符号。如果给定符号类型, 但未给出符号大小, **ternary** 会将第四列数据作为符号大小, 符号大小值小于 0 的将会被跳过。如果没指定符号类型, 就必须在数据的最后一列给出符号代码。

语法

gmt ternary [*table*] [**-JX***width*] [**-R***amin/amax/bmin/bmax/cmin/cmax*] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***cpt*] [**-G***fill*] [**-L***a/b/c*] [**-M**] [**-N**] [**-S**[*symbol*][*size*]] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W**[*pen*][*attr*]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-p**flags] [**-qi**flags] [**-t**transp] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必须选项

必须使用 **-M** 或者 **-R** 和 **-J**。

可选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-B[**a**|**b**|**c**]*args*

设置三角图的三条边的属性。

与常规图不同, 三角图有三条不同的边。三条边从下面这条边开始, 逆时针旋转, 分别称为 **a**、**b**、**c**。其余用法与标准选项 **-B** 相同。

-C*cpt* 或 **-C***color1,color2*[,*color3*,···]

指定 CPT 文件, 或者跟上一系列以逗号分隔的颜色以构建一个线性连续 CPT

若使用了 **-S** 选项, 则符号填充色由第四列数值决定, 其它字段向右移动一列 (即若需要指定符号大小, 符号大小应置于第 5 列)。

现代模式下, 若不指定 CPT, 则使用当前 CPT。

-G*fill*

指定符号填充色。

对于多段数据, 段头记录中的 **-G** 字符串会覆盖命令行中该选项的值。

-JX*width*

指定三角图的宽度

-L*a/b/c*

设置三个顶点的标签, 标签距离顶点的距离为*MAP_LABEL_OFFSET* 三倍。

-M

不绘图。将三角图数据 (*a*,*b*,*c*[,*z*]) 转换为笛卡尔坐标 (*x*,*y*,[,*z*]), x,y 为在三角图解中的归一化坐标值。x 的取值范围为 0-1, y 的取值范围为 0 到 $\frac{\sqrt{3}}{2}$

如果一个点在三角图中坐标为 (a, b, c), 则笛卡尔坐标 (x, y) 为:

$$x = \frac{(100 - a) + b}{2 \times 100}$$

$$y = \frac{\sqrt{3}}{2 \times 100} \times c$$

-N

不裁剪落在三角图外的符号 [默认只绘制三角图内的符号]

-R*amin/amax/bmin/bmax/cmin/cmax*

指定三条边 **a**、**b** 和 **c** 的最大最小值。

-S[*symbol*][*size*]

指定要绘制的符号类型及大小

详见*plot* 中的 **-S** 选项。

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W[*pen*][*attr*]

设置符号的画笔属性。

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度（百分比）。取值范围为 0（不透明）到 100（全透明）

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more ···)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more ···)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换（0 表示第一列，**t** 表示文本列）

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more ···)*

筛选输入的行或数据范围

-:[**i**|**o**] *(more ···)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more …)*

设置图层透明度（百分比）。取值范围为 0（不透明）到 100（全透明）

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

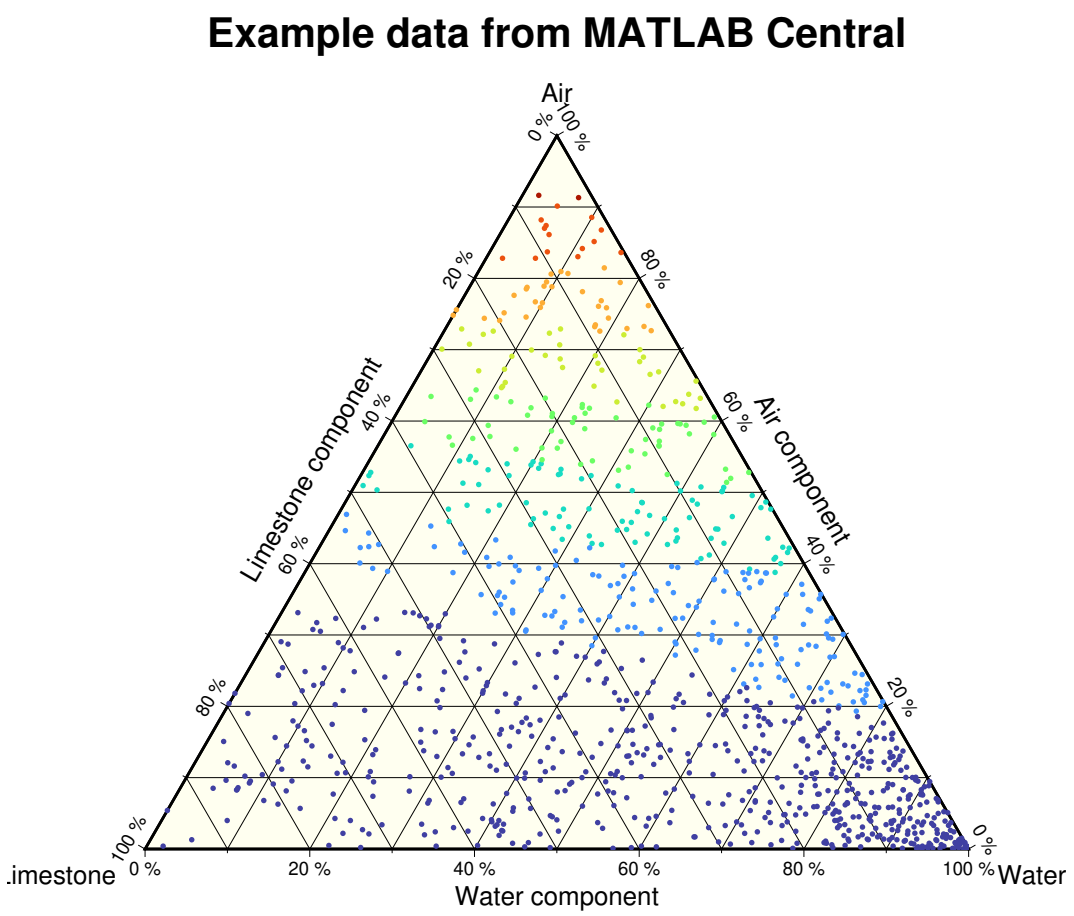
显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

```
gmt begin map
gmt makecpt -Cturbo -T0/80/10
gmt ternary @ternary.txt -R0/100/0/100/0/100 -JX6i -Sc0.1c -C -LWater/Air/Limestone \
    -Baafg+l"Water component"+u" %" -Bbafg+l"Air component"+u" %" -Bcagf+l"Limestone component"+u" %" \
    -B+givory+t"Example data from MATLAB Central"
gmt end show
```



相关模块

basemap, *plot*, plot3d

18.100 text

官方文档

text

简介

在图上写文本

该命令用于在图上添加文本, 可以自由控制文本的大小、颜色、字体、角度。

除了可以添加键盘上可直接输入的字符外, 还可以通过使用转义字符、特殊字体以及八进制码实现希腊字母、上下标等功能, 详见文字、转义序列、特殊字符。

必选选项

`<textfiles>`

输入文件。最简单的情况下, 输入数据包括三列, 其格式为:

```
X  Y  text
```

示例:

```
echo 2 2 SHOW TEXTS | gmt text -JX10c -R0/5/0/5 -Ba -pdf test
```

若使用了 `-F` 选项, 则输入数据的格式为:

```
x  y  [font  angle  justify]  text
```

其中, 括号内的三项是否存在以及三项的顺序由 `-F` 选项决定。

可选选项

-A

默认情况下, 输入数据中 *angle* 是指沿水平方向逆时针旋转的角度。**-A** 选项表明 *angle* 是方位角, 即相对于北向顺时针旋转的角度。

-C[*dx*/*dy*][**+to**|**O**|**c**|**C**]

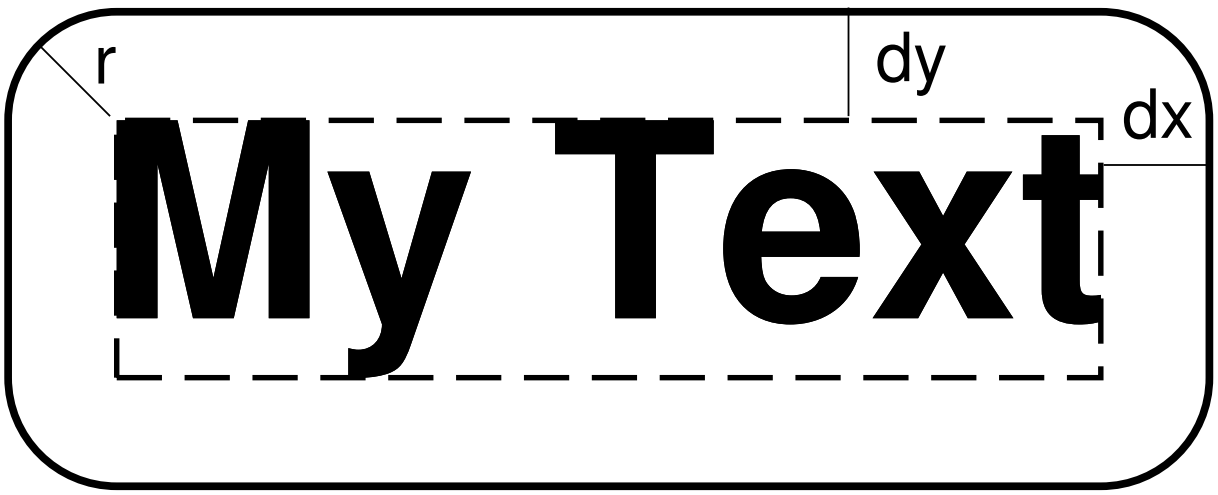
设置文本框与文本之间的空白区域, 默认值为字体大小的 15%。该选项仅当指定了 **-W** 或 **-G** 选项时才有效。*dx* 可以是具体的距离值也可以接 % 表示空白与当前字号的百分比。例如 **-C1c/1c** 或 **-C20%/30%**。

+t 可以用于进一步控制文本框的形状

- **+to**: 直角矩形 [默认值]
- **+tO**: 圆角矩形
- **+tc**: 凹矩形 (与 **-M** 选项一起使用)
- **+tC**: 凸矩形 (与 **-M** 选项一起使用)

下图展示了 **-C** 选项的作用。

Source Code



`-D[j|J]<dx>[/<dy>][+v[<pen>]]`

文本在指定坐标的基础上偏移 `<dx>/<dy>` , 默认值为 `0/0` 即不偏移。

使用 text 经常遇到的情况是在台站处标记台站名, 此时传递给 text 的位置参数通常是台站坐标, 因而 text 会将文本置于台站坐标处, 该选择用于将文本稍稍偏离台站坐标位置以避免文本挡住台站处的符号。

1. 若不指定 `<dy>` , 则默认 `<dy>=<dx>`
2. `-Dj<dx>/<dy>` 表示沿着 `<justify>` 所指定的方向偏移
3. `-DJ<dx>/<dy>` 表示 shorten diagonal offsets at corners by sqrt(2)
4. 偏移量后加上 `+v` 表示绘制一条连接初始位置与偏移后位置的直线
5. `+v<pen>` 控制连线的画笔属性

`-F[+a|+A[angle]][+c[justify]][+f[font]][+j[justify]][+h|+l|+r[<first>]|+t<text>|+z<format>]`

控制文本的角度、对齐方式和字体等属性。

1. `+f<font>` 设置文本的字体, 见文字
2. `+a<angle>` 文本相对于水平方向逆时针旋转的角度
3. `+A<angle>` force text-baselines to convert into the -90/+90 range
4. `+j<justify>` 文本对齐方式, 见锚点

下面的命令中, 统一设置了所有文本的字号为 30p, 4 号字体, 红色, 文本旋转 45 度, 且以左上角对齐:

```
gmt text -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1g1 -F+f30p,4,red+a45+jTL -pdf text << EOF
3 4 Text1
6 8 Text2
EOF
```

若使用了 `+f` 子选项, 但是未给定 `<font>` , 则意味着输入数据的每一行需要自定义本行的字体属性, 因为输入数据的格式要发生变化。例如 `-F+f` 选项要求的输入数据的格式为:

```
x   y   font    text
```

对于 `+a` 和 `+j` 同理。若 `+f` 、`+a` 、`+j` 中有两个以上未在命令行中指定参数, 则输入数据中要增加多列, 每列的顺序由这三个子选项的相对顺序决定。比如 `-F+f+a` 的输入数据格式是:

```
x   y   font   angle  text
```

-F+a+f 的输入数据格式为:

```
x   y   angle  font   text
```

-F+f+j+a 表示所有数据都需要单独指定字体、对齐方式和角度, 此时输入数据的格式为:

```
x   y   font    justification   angle    text
```

-F+a+j+f 与前一个例子类似, 唯一的区别在于子选项的顺序不同, 而输入数据的格式要与子选项的顺序相匹配, 此时输入数据的格式为:

```
x   y   angle   justification   font    text
```

-F+f12p,Helvetica-Bold,red+j+a 为所有行设置了统一的字体, 但每一行需要单独指定对齐方式和角度, 此时输入数据的格式为:

```
x   y   justification   angle   text
```

使用 +c<justify> 选项, 则输入数据中不需要 XY 坐标, 只需要文本即可, 该选项直接从 -R 选项中提取出范围信息, 并由对齐方式决定文本的坐标位置。比如 -F+cTL 表示将文本放在底图的左上角, 在加上合适的偏移量即可放在任意位置。例如:

```
echo '(a)' | gmt text -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -F+cTL -Dj0.2c/0.2c -pdf text
```

通常来说, 要绘制的文本都来自于输入数据的某一列。对于多段数据而言, 还可以使用其他子选项来设置文本的来源:

- +h 会直接从多段数据的段头记录中提取文本:

```
gmt text -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -F+h -pdf text << EOF
> TEXT1
2  2
> TEXT2
5  5
EOF
```

- +l 会直接从多段数据的段头记录里的 -L<label> 中提取信息:

```
gmt text -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -F+l -pdf text << EOF
> -LTEXT1
2  2
> -LTEXT2
5  5
EOF
```

- +r<first> 会使用记录号作为文本 (记录号从 <first> 起算)
- +t<text> 设置使用一个固定的字符串
- +z<format> 将 Z 值以特定的格式输出为字符串, 默认格式由 FORMAT_FLOAT_MAP 控制

-G

设置文本框的填充色。

除了设置填充色之外, -G 选项还有两个高级用法, 即 -Gc 和 -GC 。其中, -Gc 表示先绘制文本, 然后将文本框裁剪出来, 并打开裁剪选项, 之后的绘图命令都不会覆盖文本所在区域, 最后需要使用*clip* 的 -C 选

项关闭裁剪。若不想要绘制文本只想要激活裁剪选项, 可以使用 -GC 选项。

-L

用于列出 GMT 所支持的所有字体名及其对应的字号:

```
gmt text -L
```

-M

段落模式, 用于输入大量文本。

输入文件必须是多段数据。数据段头记录的格式为:

```
> X Y [font angle justify] linespace parwidth parjust
```

1. 第一个字符是数据段开始标识符, 默认为 >
2. 从第三列开始, 包含了本段文本的设置信息
3. font angle justify 是可选的, 由 -F 选项控制
4. linespace 行间距
5. parwidth 段落宽度
6. parjust 段落对齐方式, 可以取为 l（左对齐)、c（居中对齐)、r（右对齐)、j（分散对齐）

段头记录后即为要显示在图上的文本, 每段数据之间用空行分隔。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin text_-M
gmt text -R0/3/0/5 -JX8c/3c -F+f+a+j -Baf -M -N << EOF
> 0 -1 12p,black 0 LT 13p 8c j
@%5%Figure 1.@%% This illustration shows nothing useful, but it still needs
a figure caption. Highlighted in @;255/0/0;red@;; you can see the locations
of cities where it is @_impossible@_ to get any good Thai food; these are to be avoided.
EOF
gmt end show
```

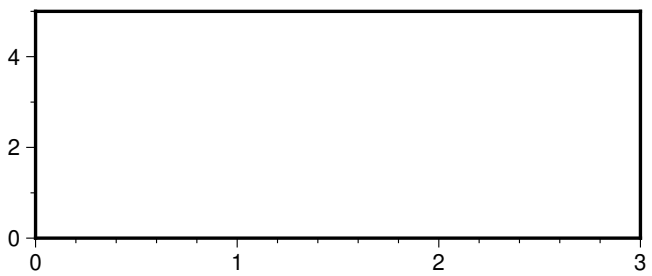


Figure 1. This illustration shows nothing useful, but it still needs a figure caption. Highlighted in red you can see the locations of cities where it is impossible to

图 25: 段落模式示意图

-N

位于地图边界外的文本也被绘制。

默认情况下, 若文本超过了底图边框, 则不显示该文本, 即文本被裁剪掉了。使用 -N 选项, 即便文本超出了底图边框的范围, 也依然会显示。

-Ql|u

所有文本以小写 (lower case) 或大写 (upper case) 显示

-W*pen*

设置文本框的边框属性, 默认值为 `default,black,solid`

-Z

3D 投影中, 需要在数据的第三列指定文本的 Z 位置, 数据格式为:

```
X   Y   Z   Text
```

此时强制使用 `-N` 选项。

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

示例

下面的例子中设置文本框的相关属性: 蓝色边框、淡蓝填充色、圆角矩形, 空白为 100%/100%

```
gmt text -R0/10/0/5 -JX10c/5c -B1 -Wblue -Glightblue -C100%/100%+tO -pdf text << EOF
3   1   Text1
6   3   Text2
EOF
```

18.101 trend1d

贡献者

周茂

最近更新日期

2023-02-06

官方文档

trend1d

简介

一维数据的多项式/Fourier 拟合

trend1d 从输入文件或标准输入中读取 *x, y* [和 *w*], 并使用最小二乘拟合 $y = f(x) + e$ 模型。其中 $f(x)$ 可以为多项式或者 Fourier 或者二者的混合, 拟合可以通过对数据的迭代加权逐渐变稳健。

语法

gmt trend1d [*table*] **-Fxymrw|p|P|c -N***params* [**-C***condition_number*] [**-I**[*confidence_level*]] [**-V**[*level*]] [**-W**[+**s**]] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-q**flags] [**-s**flags] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-Fxymrw|p|P|c

指定输出的列。

- **x** x 坐标
- **y** y 坐标
- **m** *f(x)*
- **r** 残差, y - m
- **w** 权重
- **p** 输出多项式模型系数
- **P** 输出归一化的多项式模型系数
- **c** 归一化的 Chebyshev 模型系数

-N[**p**|**P**|**f**|**F**|**c**|**C**|**s**|**S**|**x**]*n*[,···][+**l***length*][+**o***origin*][+**r**]

设置模型的每个组成部分, 每个部分通过逗号分隔。其中每部分的格式均为 **T***n* 的形式, 其中 **T** 为基函数, *n* 为多项式的阶数或者 Fourier 序列的项数。**T** 可以为如下选择:

- **p** 多项式, 包含常数项以及各阶项, 最大阶数为 *n*
- **P** 多项式, 只包含 *x*^*n* 项
- **f** *n* 项 Fourier 序列
- **c** *n* 项 Cosine 序列
- **s** *n* 项 Sine 序列
- **F** 单个 Fourier 分量, 阶数为 *n*
- **C** 单个 Cosine 分量, 阶数为 *n*
- **S** 单个 Sine 分量, 阶数为 *n*

默认情况下, x 原点和周期分别被设置为中间点和数据的整个范围。使用 +**o***origin* 和 +**l***length* 可修改上述默认值。在获取基函数前, 首先对 x 进行归一化的处理。三角基函数都使用 *x*' = (2*pi*(*x*-*origin*)/*length*) 归一化, 多项式使用 *x*' = 2*(*x*-*x_mid*)/(*xmax* - *xmin*) 归一化。追加 +**r** 选项可获得更加稳健的解。[默认使用最小二乘拟合]。使用 **-V** 选项可看到模型的文本展示。

可选选项

-C*condition_number*

设置矩阵解允许的最大条件数。本模块会拟合一个阻尼最小二乘模型,

-I[*confidence_level*]

-W[+**s**]

使用该选项可用第三列的权重做加权最小二乘拟合, 或者在迭代的稳健拟合时使用。+**s** 选项则不使用文件中的权重, 而是将其视为一倍的 sigma, 以 1/*sigma*^2 作为权重

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata (more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo (more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-q[**i**|**o**][~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入或输出的行或数据范围

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more …)*

设置 NaN 记录的处理方式

-w[**y**|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

ASCII 格式精度

ASCII 格式输出数据通过 gmt.conf 配置文件控制。控制经纬度格式的参数为*FORMAT_GEO_OUT*；控制绝对时间的的参数包括*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT*；普通浮点数通过参数*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制。上述格式控制可能会导致精度损失，这会在下游计算中导致一些问题。如果用户需要保证数据精度，则应考虑将数据写为二进制文件，或者使用*FORMAT_FLOAT_OUT* 指定更多的有效数字。

注意事项

如果拟合模型中包含了多项式模型，x 将被平移，并缩放到 [-1,1]，如果多项式包含了所有的阶，基函数为 Chebyshev 多项式。Chebyshev 多项式在求逆时具有数值优势，可以获得更精确的解。n 阶的 Chebyshev 多项式在 [-1,1] 上具有 n+1 个极值，所有的极值不是 -1 就是 1。

示例

在数据 data.xy 中移去线性趋势:

```
gmt trend1d data.xy -Fxr -Np1 > detrended_data.xy
```

在上述结果中，剔除粗差，获得更加稳健的趋势估计结果:

```
gmt trend1d data.xy -Fxr -Np1+r > detrended_data.xy
```

拟合模型 y(x) = a + bx^2 + c * cos(2*pi*3*(x/l) + d * sin(2*pi*3*(x/l)，基函数周期设置为 15

```
gmt trend1d data.xy -Fxm -NP0,P2,F3+l15 > model.xy
```

寻找稳健 Fourier 内插中所有显著的项数

```
gmt trend1d data.xy -Nf20+r -I -V
```

参考文献

Huber, P. J., 1964, Robust estimation of a location parameter, *Ann. Math. Stat.*, **35**, 73-101.

Menke, W., 1989, Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory, Revised Edition, Academic Press, San Diego.

相关模块

trend1d, *gmtregress*, *grdtrend*, *gmtmath*

18.102 trend1d

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-11-01

官方文档

trend2d

简介

二维数据的多项式拟合

语法

必选选项

可选选项

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-fflags

地理坐标网格将会在平地球近似下将坐标单位转换为 m

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

参考文献

相关模块

gmtmath, *grdtrend*, *trend1d*

18.103 triangulate

官方文档

triangulate

简介

笛卡尔数据的 Delaunay 三角剖分或 Voronoi 图和网格化

triangulate 读取表数据并进行 Delaunay 三角化, 该三角化方法能最大程度地避免狭窄的三角形。如果使用了 **-R** 和 **-J** 选项, 则表明输入为地理坐标, 首先使用投影, 然后执行三角化。默认情况下, 输出组成每个三角形的点 ID, 并输出到标准输出。ID 编号为输入文件时, 点的位置, 从 0 开始计算。该模块同时可以创建一个多段数据文件, 通过管道传递给*plot* 模块后可绘制三角网。如果设置了 **-G** 和 **-I** 选项, 则基于平面三角形计算网格。具体算法来自 Watson (1982) [默认] 或 Shewchuk (1996) , 此选择是在 GMT 安装期间确定的, 通过 `gmt get GMT_TRIANGULATE` 可查看具体安装了哪种算法, 如果安装了 Shewchuk 算法, 还可以进一步计算 Voronoi 图, 并可选择自然最邻近算法对数据进行网格化。

语法

gmt triangulate [*table*] [**-C***slpfile*] [**-Dx**|**y**] [**-E***empty*] [**-G***outgrid*] [**-I***increment*] [**-J***parameters*] [**-M**] [**-N**] [**-Q**[**n**]] [**-R***region*] [**-S**] [**-T**] [**-V**[*level*]] [**-Z**] [**-b**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-qi**flags] [**-r**reg] [**-s**flags] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

可选选项

-C*slpfile*

读取坡度网格 *slpfile* （单位为度）, 并使用 CURVE 算法计算水深测量中传播的不确定性 (Zambo et al, 2016)。需要 **-G** 选项指定输出网格, 但不需要 **-R** , **-I** 等选项, 这些信息通过网格获取。该选项不能和 **-D**, **-F**, **-M**, **-N**, **-Q**, **-S** 以及 **-T** 选项共同使用。

-Dx|**y**

在设置 **-G** 选项时, 求 x 方向或 y 方向的导数

-E*empty*

使用 **-G** 选项时, 设置空节点的值, 默认为 NaN

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*] [+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**] [:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

使用三角化将数据网格化, 该选项用于指定输出网格名。各子选项含义见 网格文件

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

-M

将输出的三角网以多段线的形式输出, 中间以段信息分隔 [默认输出顶点索引]

-N

与 **-G** 选项同时使用, 用来将三角网的顶点输出到标准输出 [默认只输出网格]

-Q[**n**]

输出 Voronoi 图的边, 而不是三角网的边。需要和 **-R** 同时使用, 并且只有使用 Shewchuk 算法时可用。**n** 选项用来将边组成闭合的多边形

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S

以多边形的形式输出三角网, 中间以段头信息分隔, 不能和 **-Q** 同时使用

-T

即使使用 **-G** 选项输出网格, 仍然输出边或者多边形 [默认输出网格时不输出三角网或 Voronoi 多边形]。

-Z

指定输出和输入为 (x,y,z) 形式的数据, 使用 **-G** 选项时, 会自动使用该选项 [默认为 (x,y)]

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata (more ···)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo (more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more ···)*

筛选输入的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more ···)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-s[*cols*][+**a**|+**r**] *(more ···)*

设置 NaN 记录的处理方式

-wy|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c***period*[/*phase*][+**c***col*] *(more ···)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more ···)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格值精度

不管输入数据的精度如何, 创建网格文件的 GMT 程序将在内部以 4 字节浮点数组的形式保存网格。这样做是为了节省内存, 而且大多数实际数据都可以使用 4 字节浮点值存储。具有更高精度的数据 (即双精度值) 将在 GMT 操作网格或写入新网格时失去该精度。为了限制处理数据时的精度损失, 用户应该始终考虑在处理之前对数据进行归一化。

点位于多边形内/外

为了确定点在多边形内, 外或在边界上, GMT 会平衡数据类型以及多边形形状等因素来确定算法。对于笛卡尔坐标, GMT 使用 non-zero winding 算法, 该算法非常快。对于地理坐标, 如果多边形不包括两极点且多边形的经度范围不超过 360 度, 同样使用该算法。否则, GMT 会采用 full spherical ray-shooting 方法。

示例

对 `samples.xyz` 进行三角化, 在二进制文件中保存三角网结果, 并创建网格

```
gmt triangulate samples.xyz -bo -R0/30/0/30 -I2 -Gsurf.nc > samples.ijk
```

使用 15 cm 的墨卡托图绘制基于上述同样数据生成的三角网

```
gmt triangulate samples.xyz -M -R-100/-90/30/34 -JM15c |\
    gmt plot -R-100/-90/30/34 -JM15c -W0.5p -B1 -pdf network
```

同样使用上述数据, 但绘制 Voronoi 图

```
gmt triangulate samples.xyz -M -Q -R-100/-90/30/34 -JM15c |\
    gmt plot -R-100/-90/30/34 -JM15c -W0.5p -B1 -pdf cells
```

将 Voronoi 的线段组合成多边形并根据他们的 ID 填充

```
gmt triangulate samples.xyz -M -Qn -R-100/-90/30/34 -JM15c | \
    gmt plot -R-100/-90/30/34 -JM15c -W0.5p+cf -L -B1 -Ccolors.cpt -L -pdf polygons
```

使用自然最邻近算法进行网格化

```
gmt triangulate samples.xyz -Gnnn.nc -Qn -R-100/-90/30/34 -I0.5
```

参考文献

Shewchuk, J. R., 1996, Triangle: Engineering a 2D Quality Mesh Generator and Delaunay Triangulator, First Workshop on Applied Computational Geometry (Philadelphia, PA), 124-133, ACM, May 1996.

Watson, D. F., 1982, Acord: Automatic contouring of raw data, *Comp. & Geosci.*, **8**, 97-101.

Zambo, S., Elmore, P. A., Bourgeois, B. S., and Perkins, A. L., 2016, Uncertainty estimation for sparse data gridding algorithms, Proceedings of the U.S. Hydro Conference,National Harbor, MD, 16-19 March 2015.

Zhou, Q., and Liu, X., 2004, Error analysis on grid-based slope and aspect algorithms, *Photogrammetric Eng. & Remote Sensing*, **70** (8), 957-962.

Shewchuk' s Homepage

相关模块

greenspline, *nearneighbor*, *contour*, *sphdistance*, *sphinterpolate*, *sphtriangulate*, *surface*

18.104 velo

官方文档

velo

简介

在地图上绘制三种符号: 矢量 (向量)、十字线和旋转饼图

-S 选项

-S

-S 选项决定要绘制哪一种符号, 及其输入数据的格式。

-Se[*velscale*/]*confidence*[+**f***font*] 绘制矢量, 并可选择用椭圆表示不确定度。输入数据中每列的含义为:

1. 起点的经度
2. 起点的纬度
3. 矢量的东向分量
4. 矢量的北向分量
5. 东向分量的不确定度 (1-sigma)
6. 北向分量的不确定度 (1-sigma)
7. 东向分量和北向分量的 correlation
8. 名称 (可选)

说明:

1. `velscale` 控制了矢量的缩放比例, 其对应了速度值为 1 的箭头的长度, 默认单位由参数*PROJ_LENGTH_UNIT* 决定, 也可以自己添加长度单位 `i|c|p`
2. `confidence` 设置了椭圆的 2D 置信区间的极限, 比如 0.95 代表 95% 置信区间

3. font 是名称的字体属性。默认值 [9p,Helvetica,black], 使用 +f0 则不显示名称。

4. 椭圆的填充色由 -G 选项控制

5. 椭圆的轮廓以及矢量的画笔属性由 -W 选项控

-Sr[*velscale/*]*confidence*[+**f***font*] 与 -Se 类似, 区别在于输入文件不同:

1. 起点的经度

2. 起点的纬度

3. 矢量的东向分量

4. 矢量的北向分量

5. 椭圆的半长轴

6. 椭圆的半短轴

7. 椭圆的长轴相对于水平方向逆时针旋转的角度

8. 名称 (可选)

-Sn[*barscale*] 绘制各向异性矢量, barscale 是各向异性矢量的缩放比例。输入数据中每列的含义为:

1. 经度

2. 纬度

3. 各向异性矢量的东向分量

4. 各向异性矢量的北向分量

-Sw[*wedgescale/*]*wedgemag* 绘制旋转饼图。输入数据中每列的含义为:

1. 经度

2. 纬度

3. 旋转饼图的旋转角度 (弧度制)

4. 旋转饼图的不确定度 (弧度制)

旋转饼图由两个同心扇形组成。一个扇形是旋转饼图本身 (下称饼图扇形), 另一个扇形则表示旋转饼图的不确定度 (下称不确定度扇形)。两个扇形的半径由 wedgescale 给出。两个扇形的角度分别为旋转饼图的旋转角度和不确定度乘以 wedgemag 。饼图的填充色由 -G 选项控制, 不确定度的颜色由 -E 控制。饼图扇形从正北开始, 顺时针旋转。不确定度扇形从旋转饼图的结束开始, 向顺时针和逆时针两个方向旋转, 两个方向旋转的角度均为不确定度的 2 倍。

-Sx[*cross_scale*] 绘制应变十字线。cross_scale 控制十字线的大小。输入文件中每列的含义为:

1. 经度

2. 纬度

3. eps1: 应变张量的扩张本征值, 扩张为正

4. eps2: 应变张量的压缩本征值, 扩张为正

5. eps2 的方位角 (北方向顺时针旋转的角度)

选项

-A*parameters*

修改矢量的属性。注意默认情况下, 矢量头的大小不随着矢量线的长度变化而变化。当矢量线过短时, 会出现矢量箭头不绘制的情况。此时可以添加 +**n***norm* 属性让箭头大小随矢量成比例变化。详细说明见矢量/箭头 一节。

-C*cpt*

提供一个 CPT 文件, 并让通常由 `-G` 设置的符号颜色根据 magnitude 来确定。具体参见 `-Z` 。

-D*scale*

控制 `-Se` 和 `-Sr` 中速度不确定度以及 `-Sw` 中旋转不确定度的缩放。该参数可以与 `<confidence>` 一起控制不确定度的绘制

-E*fill*

设置用于填充不确定性楔形图 (`-Sw`) 或速度误差椭圆 (`-Se` 或 `-Sr`) 的颜色或阴影。如果未指定 `-E` , 则不确定性区域将会是透明的。注意: 使用 `-C` 和 `-Z+e` 将会根据 `-Z` 中选择的度量标准 [如 magnitude error] 更新不确定性填充颜色。

-G*fill*

设置符号的填充色注意: 使用 `-C` 和 `-Z` 会覆盖本选项。

-L[*pen*[+**c**[**f**|**l**]]]

绘制线段。椭圆和断层面会根据 `-W` 绘制出轮廓。使用 +**cl** 则会使用 `-C` 的设置使用 CPT 的颜色。使用 +**cf** 则只会将 CPT 设置应用在 error 误差填充上。使用 +**c** 则会将 CPT 设置应用在线条和填充上。

-N

不跳过区域范围外的符号

-W[*pen*][+**c**[**f**|**l**]]

设置速度箭头、椭圆轮廓以及断层边界的颜色 [默认: width = 0.25p, color = black, style = solid]。使用 +**cl** 则会使用 `-C` 的设置使用 CPT 的颜色。使用 +**cf** 则只会将 CPT 设置应用在符号填充上。使用 +**c** 则会将 CPT 设置应用在线条和填充上。

-Z[**m**|**e**|**n**|**u**][+**e**]

选择与 `-C` 一起使用的量, 以设置填充颜色。可选择:

- m: magnitude (矢量 magnitude 或旋转 magnitude)
- e: 东西方向速度
- n: 南北方向速度
- u: 用户提供的数据列 (位于必需列之后提供)

如果希望使用相应的误差估计值 (即矢量或旋转的不确定性) 来查找颜色并用于绘制误差椭圆或楔形图, 请添加后缀 +e。

-U[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

示例

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin velo_ex1
# 左边三个符号
gmt velo -JM15c -R241/242/34/35 -B0.5 -BWeSn+tvelo \
        -Sw3c/1.e7 -W1p -G60 -E210 -D2 << EOF
# lon     lat    spin(rad/yr) spin_sigma (rad/yr)
241.2 34.2  5.65E-08 1.17E-08
241.2 34.5 -4.85E-08 1.85E-08
241.2 34.7  4.46E-09 3.07E-08
EOF

# 右边三个符号
gmt velo -Sw3c/1.e7 -W1p -D2 << EOF
# lon     lat    spin(rad/yr) spin_sigma (rad/yr)
241.7 34.2  5.65E-08 1.17E-08
241.7 34.5 -4.85E-08 1.85E-08
241.7 34.7  4.46E-09 3.07E-08
EOF
gmt coast -W1p -Di
gmt end show
```

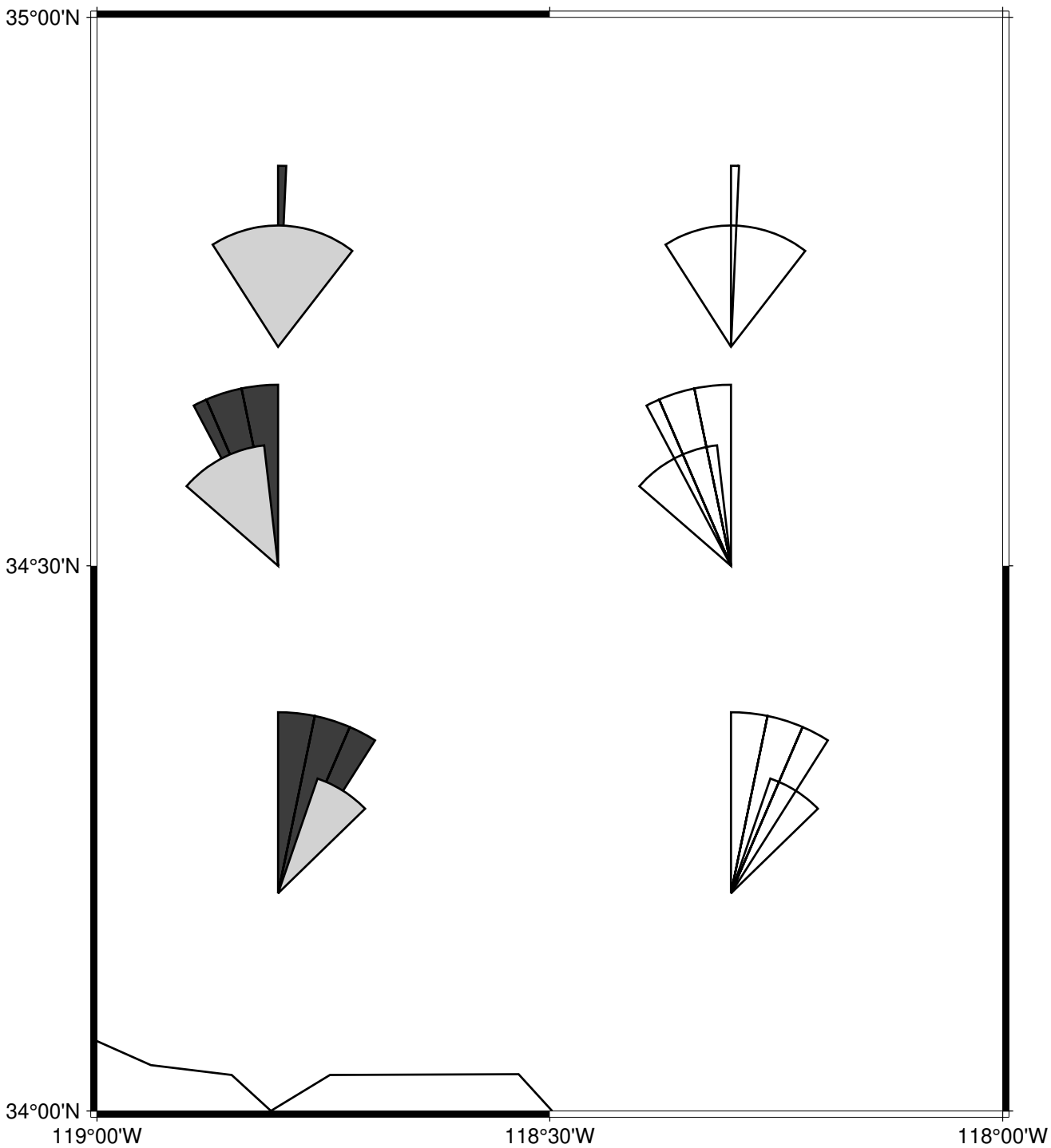


图 26: velo 示例图 1

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin velo_ex2
gmt velo -R-10/10/-10/10 -Wthin,red -Se0.2c/0.39/12 -B1g1 \
        -BWeSn -Jx0.2i -Ggreen -Eblue -L -N -A1c+p3p+e << EOF
# Long.   Lat.   Evel   Nvel   Esig   Nsig  CorEN SITE
# (deg)  (deg)    (mm/yr)        (mm/yr)
   -8.    0.     5.0    0.0     4.0    6.0  0.500  4x6
   -5.    0.     0.0    5.0     4.0    6.0  0.500  4x6
   -5.    5.    -5.0    0.0     4.0    6.0  0.500  4x6
   -8.    5.     0.0   -5.0     0.0    0.0  0.500  4x6
   -1.    5.     3.0    3.0     1.0    1.0  0.100  3x3
EOF

gmt velo -Se0.2c/0.39/14 -A0.25c+p0.25p+e << EOF
# Long.   Lat.   Evel   Nvel   Esig   Nsig  CorEN SITE
```

(续下页)

(接上页)

```
# (deg)  (deg)    (mm/yr)        (mm/yr)
   0.    -8.      0.0    0.0     4.0    6.0  0.100  4x6
  -8.     5.      3.0    3.0     0.0    0.0  0.200  3x3
   0.     0.      4.0    6.0     4.0    6.0  0.300
  -5.    -5.      6.0    4.0     6.0    4.0  0.400  6x4
   5.     0.     -6.0    4.0     6.0    4.0 -0.300  -6x4
   0.    -5.      6.0   -4.0     6.0    4.0 -0.500  6x-4
EOF
gmt end show
```

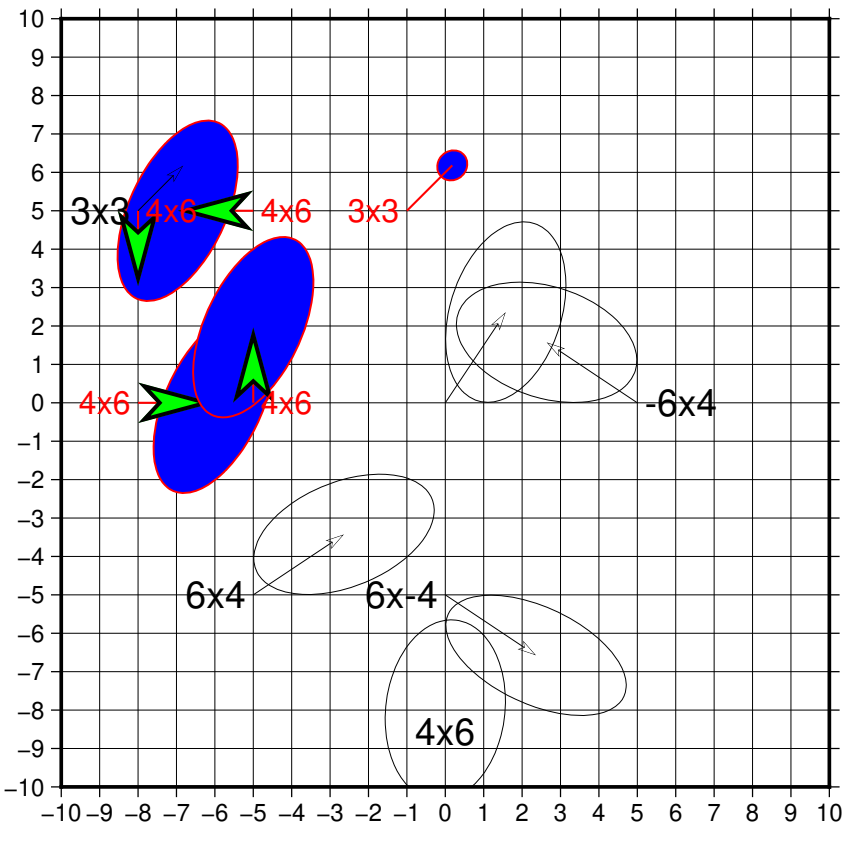


图 27: velo 示例图 2

下面的示例展示了如何绘制应变十字线:

```
gmt begin test pdf
gmt velo -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Sx10 -W1p << EOF
5 5 0.5 0.3 45
EOF
gmt end show
```

18.105 wiggle

贡献者

周茂

官方文档

wiggle

简介

绘制沿轨 z = f(x,y) 异常

从文件或者标准输入中读取 (x,y,z), 在沿轨方向绘制 z 值。连续的 (x,y) 坐标对定义了沿轨距离轴, z 轴垂直于距离轴, 形成右手坐标系。正异常或者负异常都可以带有阴影。

语法

gmt wiggle [*table*] **-J***parameters* **-R***west*/*east*/*south*/*north*[/*zmin*/*zmax*][+**r**][+**u***unit*] **-Z***scale* [**-A**[*azimuth*]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-C***center*] [**-D***refpoint*] [**-F***panel*] [**-G***fill*[+**n**][+**p**]] [**-I***fix_az*] [**-T***pen*] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W***pen*] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-g**gaps] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-p**flags] [**-qi**flags] [**-t**transp] [**-w**flags] [**-:**[**i**|**o**]]

必选选项

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-J*projection* *(more ···)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-Z*scale*

以数据坐标单位或距离单位指定异常值的缩放因子 (即比例尺)。追加 **c**, **i** 或者 **p** 表明距离单位分别为 cm, inch 或 point。如果不指定单位, 使用*PROJ_LENGTH_UNIT* 默认的单位。

可选参数

-A[*azimuth*]

设置绘制正异常值的方位角, 正异常将被 "吸引" 到该方向。即: 如果轨迹的正法线的方位角在 *azimuth* ± 90 度的范围内, 则沿其正法线方向绘制正异常值。如果正法线的方位角在该范围外, 则沿负法线的方向绘制正异常值。[默认为 **-A**0]

-B*parameters* *(more ···)*

设置底图边框和轴属性。

-C*center*

绘图前从数据中减去 *center*, 默认值为 0

-D[**g**|**j**|**J**|**n**|**x**]*refpoint*+**w***length*[+**j***justify*][+**al**|**r**][+**o***dx*[/*dy*]][+**l**[*label*]]

使用四种坐标系统定义比例尺的参考点, 详见修饰物-定位

- **g***lon*/*lat* 指定数据坐标为参考点
- **j***code* 或者 **J***code* 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
- **n***xn*/*yn* 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
- **x***x*/*y* 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **c**m, **i**nch, 或者 **p**oint 用来指定单位

- +**w***length* 指定比例尺的长度, 单位和数据 (z 坐标) 的单位一致
- +**j***justify* 指定比例尺的锚点 [默认为 ML]
- +**al** 将比例尺标签放在比例尺左边 [默认为比例尺右边]
- +**l**[*label*] 指定将 z 坐标的单位用于比例尺标签 [默认无单位]。

比例尺标签的文字属性由*FONT_ANNOT_PRIMARY* 控制。比例尺的刻度属性由*MAP_TICK_PEN_PRIMARY* 控制。

备注

-Dj 或者 **-DJ** 选项将会影响锚点的位置, 详见修饰物锚点 。

-F[**+c***clearances*][**+g***fill*][**+i**[[*gap*/]*pen*]][**+p**[*pen*]][**+r**[*radius*]][**+s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]]]

绘制比例尺的背景面板, 详见修饰物-背景面板

- **+g***fill* 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- **+p***pen* 绘制面板边框。*pen* 为边框的画笔属性, 若不指定 *pen*, 则默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*
- **+r**[*radius*] 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- **+i**[[*gap*/]*pen*] 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用 *MAP_DEFAULT_PEN*]
- **+c***clearance* 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap*/*ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap*/*rgap*/*bgap*/*tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s**[[*dx*/*dy*/][*shade*]] 设置面板背景阴影。*dx*/*dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p**/**-4p**/**gray50**]

-G*fill*[**+n**][**+p**]

设置异常值下的阴影填充的颜色和样式。[默认不填充] 追加 **+p** 子选项为填充正异常区域 [默认]。追加 **+n** 子选项为填充负异常区域。追加 **+n+p** 为使用相同的方式填充正异常和负异常区域。

注: 如果需要设置正异常和负异常使用不同的填充方式, 需要重复使用 **-G** 选项。

-I*fix_az*

绘制异常值时使用固定方位角 (见 **-A** 选项)。使用该选项时, 轨迹法线的方位角将被 *fixed_az* 覆盖。

-T*pen*

绘制轨迹 [默认不绘制]。可以附加画笔属性 [默认值为: width = 0.25p, color = black, style = solid]。

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*pen*

设置异常值轮廓画笔属性 [默认没有轮廓]

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more ···)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-g[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**z***gap*[+**n**|**p**] *(more …)*

确定数据或线段的间断

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] *(more …)*

设置 3D 透视视角

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入的行或数据范围

-t[*transp*] *(more …)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-w[**y**|**a**|**w**|**d**|**h**|**m**|**s**|**c**]*period*[/*phase*][+**c***col*] *(more …)*

将输入坐标转换为循环坐标

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

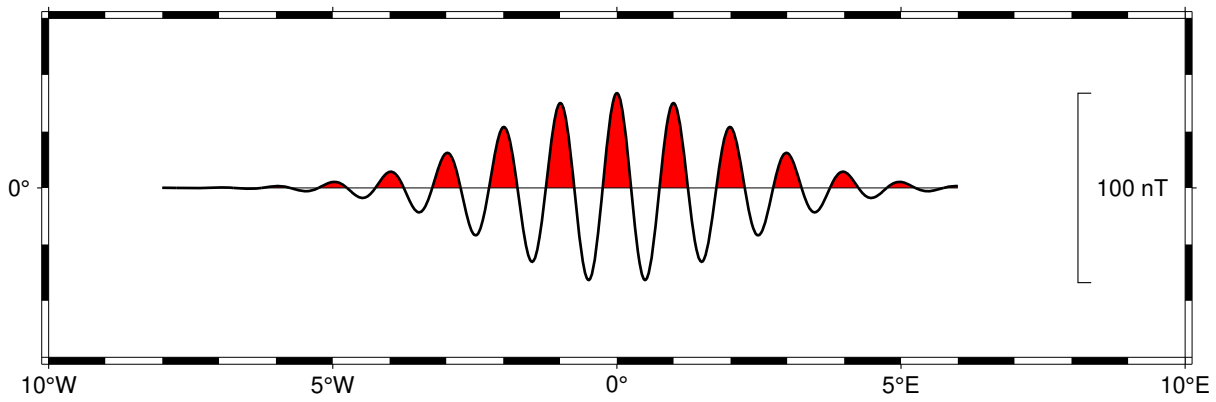
--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

下面的示例展示了如果使用 **wiggle** 模块绘图。示例中使用的数据为 `temp.dat`:

```
gmt begin wiggle_exam
gmt wiggle temp.dat -R-10/10/-3/3 -JM6i -B -Z100i -DjRM+w100+lnT -Tfaint -Gred+p -W1p -BWSne
gmt end show
```



考虑另外一个示例: 使用 `track.xym` 文件绘制沿轨磁异常, 移去均值 (32000 nTesla), 比例尺设置为图上 1 cm 代表实际 500 nTesla。使用 15 cm 宽的立体等角投影, 设置刻度间隔为 5 度, 正异常阴影为红色, 轨迹线宽度为 0.25p, 颜色为蓝色:

```
gmt wiggle track.xym -R-20/10/-80/-60 -JS0/90/15c -Z500 -B5 \
-C32000 -Gred -T0.25p,blue -DjRM+w1000+lnT -V -pdf track_xym
```

上述示例中, 正异常绘制方向为北方向, 使用 **-D** 选项设置比例尺长度为 1000 nT 。如果要设置绘制正异常的方位角为固定的 45 度, 可使用 **-I** 选项:

```
gmt wiggle track.xym -R-20/10/-80/-60 -JS0/90/15c -Z1000 -B5 \
-C32000 -Gred -I45 -T0.25p,blue -DjRM+w1000+lnT -V -pdf track_xym
```

除测线数据外, wiggle 模块也常用于绘制卫星沿轨观测序列, 如 GMT 官方示例 。该示例使用 Geosat 卫星观测的沿轨海面高梯度数据来揭示海底构造和海岭。

Bugs

某些情况下, (x,y) 坐标的有效数字位数不足, 导致局部方位角变化较大, 异常摆动也较大。使用下面命令可以查看是否存在这种情况:

```
gmt mapproject -Af yourdata.xyz
```

如果存在上述情况, 可以使用*filter1d* 对数据滤波:

```
awk '{ print NR, $0 }' yourdata.xyz \
| gmt filter1d -Fb5 -N4 --FORMAT_FLOAT_OUT=%.12g > smoothed.xyz
```

上述命令使用了 5 个点的 boxcar 滤波, 然后可以使用处理后的数据绘图。

相关模块

filter1d, *basemap*, gmtsplit

18.106 xyz2grd

官方文档

xyz2grd

简介

将 XYZ 数据或 Z 数据转换成网格文件

xyz2grd 读取一个或多个 Z 数据或 XYZ 数据，并将其转换成二进制网格文件。若某些节点没有数据值，则这些节点会被赋值为 NaN；若某个节点由多个数据值，则该节点的值为所有数据点的平均值。

注意，该模块只是将已存在的数据转换为网格数据，并不具备网格化/插值功能。若需要网格化功能，可以使用模块 surface、greenspline、nearneighbor 或 triangulate。

语法

gmt xyz2grd [*table*] **-G***grdfile* **-I***increment* **-R***region* [**-A**[**d**|**f**|**l**|**m**|**n**|**r**|**S**|**s**|**u**|**z**]] [**-D**[+**x***xname*][+**y***yname*][+**z***zname*][+**s***scale*][+**o***offset*][+**n***invalid*][+**t***title*][+**r***remark*]] [**-J***parameters*] [**-S**[*zfile*]] [**-V**[*level*]] [**-Z**[*flags*]] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-qi**flags] [**-r**reg] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

输入表数据。可以只包含 Z 值，也可以包含 (x,y,z) 值。可以是 ASCII 格式，也可以是二进制格式。XYZ 数据不要求排序。如果只包含 Z 值，则必须使用 **-Z** 选项。

-G*grdfile*

生成的网格文件名

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若 *yinc* 设置为 0，则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-A[**d**|**f**|**l**|**m**|**n**|**r**|**S**|**s**|**u**|**z**]

多个数据落在同一个网格节点内时的处理方式。

默认情况下, 若有多个数据落在同一个网格节点内, 会将这些数据的均值作为该节点的值。使用该选项可以修改这一行为 (当使用 **-Z** 选项时, 该选项会被忽略):

- **-Af** 将第一个落在该节点内的数据值作为节点值
- **-As** 将最后一个落在该节点内的数据值作为节点值
- **-Al** 将落在该节点内的所有值的最小值作为节点值
- **-Au** 将落在该节点内的所有值的最大值作为节点值
- **-Ad** 将落在该节点内的所有值的最大值和最小值的差作为节点值
- **-Am** 将落在该节点内的所有值的均值作为节点值
- **-Ar** 将落在该节点内的所有值的 RMS 值作为节点值
- **-AS** 将落在该节点内的所有值的标准差作为节点值
- **-An** 将落在该节点内的数据数目作为该节点值, 该选项仅要求输入数据中有 XY 值
- **-Az** 将落在该节点内的所有值的和作为节点值

-D[+**x***xname*][+**y***yname*][+**z***zname*][+**s***scale*][+**o***offset*][+**n***invalid*][+**t***title*][+**r***remark*]

给定网格文件头段中的基本信息:

- +**x***xname* X 变量名及其单位, 格式为 *varname* [*unit*], 比如 "distance [km]"
- +**s***scale* 读入网格数据后要乘以的因子, 默认值为 1
- +**o***offset* 读入数据后并乘以因子后要加的常数, 默认值为 0
- +**n***invalid* 指定值 *invalid* 用于表示该节点处无有效值, 默认为 NaN
- +**t***title* 网格文件的标题
- +**r***remark* 网格文件的注释信息

其它说明:

- 未指定的项其值保持不变
- 可以给一个空值以重置某一项, 比如使用 +**t** 而不指定标题则设置标题为空
- 若字符串中包含空格则需要用引号括起来
- 若字符串中包含加号 +, 需要使用 + 对其进行转义。或者可以使用单引号套双引号的方式, 例如 '"title with + inside"'
- 若字符串中使用了 shell 变量, 且变量值中包含加号, 则需要使用 `${variable/+/\\+}`
- 对于地理数据 (比如 **-fg**), *xname* 和 *yname* 会自动设置

-J*parameters*

指定投影方式。将投影方式信息保存到 netCDF 网格文件中。

-S[*zfile*]

对输入的 Z 文件做字节序转换并输出到标准输出或保存到文件 *zfile* 中。该选项只做字节序转换, 不生成网格文件。该选项必须与 **-Z** 选项一起使用。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Z[*flags*]

指定 Z 数据的格式。

对于 Z 数据而言, 由于没有 XY 坐标信息, 因而 Z 数据中必须提供所有节点处的值且按照一定的顺序排列。输入 Z 值的顺序由 *flags* 决定。在确定数据的排列顺序时, 需要指定数据的起点以及数据排序的方向。

- **数据起点**: 可以取网格的四个顶点中的任意一个作为起点, 四个顶点分别用 **TL**、**TR**、**BL** 和 **BR** 表示, 其中 **T** 代表 Top, **B** 代表 Bottom, **L** 代表 Left, **R** 代表 Right。
- **排序方式**: 选取数据顶点之后, 数据可以是行优先也可以是列优先, 所以有两种排序方式。若是行优先, 则 T|B 位于 L|R 的前面; 若列优先, 则 L|R 位于 T|B 的前面。

对于网格线配准的数据, 若数据在 X 方向是周期性的但输入数据中并不包含 x=xmax 处的冗余列, 则加上 **x**; 若数据在 Y 方向是周期性的但输入数据中并不包含 y=ymax 处的冗余行, 则加上 **y**; 加上 **s***n* 用于跳过数据中最前面的 *n* 个字节; 若需要转换数据的字节序, 则加上 **w**。

除此之外, 还需要再加上一个字符表征数据类型:

- `A`: ASCII 表示, 每行一个或多个浮点数
- `a`: ASCII 表示, 每行一项, 不仅可以处理浮点数还可以处理日期时间数据和经纬度数据
- `c`: int8_t, 有符号单字节字符
- `u`: uint8_t, 无符号单字节字符
- `h`: int16_t, 有符号双字节整型
- `H`: uint16_t, 无符号双字节整型
- `i`: int32_t, 有符号四字节整型
- `I`: uint32_t, 无符号四字节整型
- `l`: int64_t, 长整型 (8 字节)
- `L`: uint64_t, 无符号长整型 (8 字节)
- `f`: 4 字节单精度浮点型
- `d`: 8 字节双精度浮点型

默认的输入数据格式为 **-ZTLa**。需要注意, **-Z** 选项仅对 Z 数据有效。

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

该选项仅适用于 XYZ 数据。对于 Z 数据, 应使用 **-Z** 选项。

-di*nodata* *(more ···)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

该选项不适用于二进制数据。

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more ···)*

筛选输入的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格值精度

不管输入数据的精度如何, 创建网格文件的 GMT 程序将在内部以 4 字节浮点数组的形式保存网格。这样做是为了节省内存, 而且大多数实际数据都可以使用 4 字节浮点值存储。具有更高精度的数据 (即双精度值) 将在 GMT 操作网格或写入新网格时失去该精度。为了限制处理数据时的精度损失, 用户应该始终考虑在处理之前对数据进行归一化。

示例

将 ASCII 文件转换为网格数据:

```
gmt xyz2grd hawaii_grv.xyz -D+xdegree+ydegree+zGal+t"Hawaiian Gravity"+r"GRS-80 Ellipsoid used" \
    -Ghawaii_grv_new.nc -R198/208/18/25 -I5m -V
```

将二进制格式的 XYZ 文件 (单精度) 转换为网格文件:

```
gmt xyz2grd raw.b -D+xm+ym+zm -Graw.nc -R0/100/0/100 -I1 -V -Z -bi3f
```

将 USGS DEM 数据转换为网格数据:

```
gmt xyz2grd topo30.b -D+xm+ym+zm -Gustopo.nc -R234/294/24/50 -I30s -di-9999 -ZTLhw
```

相关模块

grd2xyz, *grdedit*, *grdconvert*, greenspline, nearneighbor, surface, triangulate

18.107 earthtide

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-10-14

官方文档

earthtide

简介

计算固体地球潮汐网格或者时间序列

计算固体地球潮汐的三个分量, 输出网格或者时间序列。同时可以输出太阳和月亮的经纬度位置。输出可以为网格或者表文件 (标准输出), 表文件的格式为: 时间北向分量东向分量垂直分量, 分量的单位为米。

语法

gmt earthtide -T[*min/max/*]*inc*[+**i**|**n**] |**-T***file*|*list* **-G***outgrid* [**-C***x/e,y/n,z/v*] [**-I***increment*] [**-L***lon/lat*] [**-R***region*] [**-S**] [**-V**[*level*]] [**-r**reg] [**--PAR**=*value*]

必选选项

以下三个选项必须至少使用其中一个。

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**][:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格文件名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式。对网格追加子选项可进行额外设置:

- +**d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- +**n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- +**o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset*, 或使用 **a** 自动对值进行调整以保证整数网格的精度 [默认为 0]
- +**s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale*, 或使用 **a** 自动对网格缩放以保证整数网格的精度 [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前; +**sa** 将会同时设置 +**oa**。如果需使用 GDAL 指定网格格式, 则 *ID* 应设置为 *gd*, 并指定:*driver* 和可选的数据类型 *dataType*, 以及 +**c***options* 选项传递给 GDAL 的 **-co** 选项。

-S

输出太阳和月亮的地理坐标以及其距离, 单位为米。输出为 Mx7 的矩阵, M 为时刻的个数 (通过 **-T** 设置), 7 列分别代表: 时间, 太阳经度, 太阳纬度, 太阳距离, 月亮经度, 月亮纬度, 月亮距离

-L*lon/lat*

计算指定位置上的固体地球潮汐的时间序列。坐标必须为大地坐标, 默认使用 GRS80 椭球 (在亚微米的精度水平可以认为与 WGS-84 椭球等同)

可选选项

-Cx|**e**,y|**n**,z|**v**

设置需要计算的固体地球潮汐分量及其保存的网格。该选项需要 **-G** 选项。不同选项之间使用逗号分隔: **x** 或 **e** 为东向分量; **y** 或 **n** 为北向分量, **z** 或 **v** 为垂直分量。例如, **-Ce**,**v** 将输出写入两个网格, 一个为东向分量网格, 一个为垂直分量网格。如果设置了 **-G** , 但不指定 **-C** , 则默认为垂直分量。

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范

围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-T[*min*/*max*/]*inc*[**+i**|**n**] |**-T***file*|*list*

指定计算的时间序列的起始时间 *min* , 终止时间 *max* 和步长 *inc* 。

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-r[**g**|**p**] *(more ···)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

生成一维数组

下面将展示如何使用*gmtmath* 生成一维数组 (其中大部分操作也可通过 linux 中的 seq 命令方便地实现)

不使用任何子选项

以 0.1 为步长, 生成 3.1 到 4.2 等等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.1/4.2/0.1 T =
3.1
3.2
...
4.2
```

+a 选项

该选项不对生成的数列进行运算操作, 而是将该数列以列的形式追加到输出表数据, 类似 linux 中的 paste 命令。

+b 选项

以 3 和 20 分别为起点和终点, 创建一个 2 的整数幂的列表, 将生成的整数幂以 1 为步长取值 **-T**3/20/1+**b**

```
gmt math -o0 -T3/20/1+b T =
4
8
16
```

+l 选项

以 7 和 135 分别为起点和终点, 先创建一个 10 的整数幂的列表, 当 *inc* 为 1 时, 输出该列表; 当 *inc* 为 2 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, 5 倍值 (不包括超出原始数据范围的部分); 当 *inc* 为 3 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, ⋯, 9 倍值 (同样不包括超出原始数据范围的部分)。**-T**7/135/2+**l** 将会生成如下数列

```
gmt math -o0 -T7/135/2+l T =
10
20
50
100
```

inc 为负整数时, 将实现如下效果

```
gmt math -o0 -T1e-4/1e4/-2+l T =
0.0001
0.01
1
100
10000
```

+i 选项

该选项将以 1 作为默认步长, 第三个数字做为每步长中的数字个数 *length*。假设需要在 1 分钟内每 24 秒生成一帧

```
gmt math -o0 -T0/60/24+i T =
0
0.0416666666667
0.0833333333333
0.125
0.166666666667
...
60
```

+n 选项

生成固定长度的数列。以 3.44 和 7.82 为起点和终点, 生成长度为 5 的等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.44/7.82/5+n T =
3.44
4.535
5.63
6.725
7.82
```

-T 后直接加文件或逗号分隔的数列

-T 后可以直接加文件, 文件中即为要生成的列表; 另外, 可以直接使用逗号分隔, 将列表附加到 **-T** 选项后, 如下为 Fibonacci 数列前 6 项

```
gmt math -o0 -T0,1,1,2,3,5 T =
0
1
1
2
3
5
```

注: 如果数列只包含一个值, 必须在其后加逗号以表明仍是一个数列

+u 选项

如果文件或者逗号分隔的数列中有重复数字或未排序, 可以使用 **+u** 选项去重并排序。

+t 选项

生成绝对时间序列。在 *inc* 后分别添加 **y** , **o** , **d** , **h** , **m** 和 **s** 表示时间步长的单位为年, 月, 日, 时, 分, 秒。在其后附加 **+t** 选项, 可以进一步强调生成时间序列, 也可以不加

```
gmt math -o0 -T2020-03-01T/2020-03-07T/1d T =
2020-03-01T00:00:00
2020-03-02T00:00:00
2020-03-03T00:00:00
2020-03-04T00:00:00
2020-03-05T00:00:00
2020-03-06T00:00:00
2020-03-07T00:00:00
```

生成距离序列

如果输入文件中包含两列以上的数据, 可以使用前两列计算距离, 并生成等距序列。在 *inc* 后分别添加 **d**, **m**, **s**, **e**, **f**, **M**, **n** 和 **u** 表示距离步长的单位为度, 分, 秒, 米, 英尺, 公里, 英里, 海里, 英尺。如果为笛卡尔坐标, 使用 c 作为距离步长单位。

+e 选项

如果只给定 *inc* 而从数据中获取最大值和最小值, 则 (*max* - *min*)/*inc* 可能不是整数, GMT 讲会自动对 *inc* 进行一定的调整。如果不想调整 *inc* , 则可以使用 **+e** 选项, GMT 会固定最小值, 适当调整最大值。

示例

计算 2018 年 6 月 18 日中午, 固体地球潮汐垂直分量网格, 网格的分辨率为 30 m (使用默认的 **-R** 和 **-I** 选项)

```
gmt earthtide -T2018-06-18T12:00:00 -Gsolid_tide_up.grd
```

计算一天的时间序列, 起始时间与上例相同, 计算位置位于 (-7W,37N), 时间步长为 1 分钟

```
gmt earthtide -T2018-06-18T/2018-06-19T/1m -L-7/37 > solid_tide.dat
```

获取当前时间太阳和月亮的地理坐标

```
gmt earthtide -S
```

注意事项

1. 所有的输入和输出时间都必须是 UTC 时

参考

http://geodesyworld.github.io/SOFTS/solid.htm

18.108 gpsgridder

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-02-07

官方文档

gpsgridder

简介

使用格林函数内插 GPS 应变以分析弹性形变

gpsgridder 使用基于 2—D 弹性耦合模型来格网化 2—D 向量。通过调整有效 Poisson 比 ν 来改变耦合程度。可以设置为一些极端情况，例如为 1 为刚性，不可压缩；0.5 为典型的弹性；或设置为 -1 表明基本上消除了弹性耦合。通过去除小的特征值来得到平滑的结果。最终两个分量网格分别为：

$$u(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^{n} \alpha_j q(\mathbf{x}, \mathbf{x}_j) + \beta_j w(\mathbf{x}, \mathbf{x}_j)$$

$$v(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^{n} \alpha_j w(\mathbf{x}, \mathbf{x}_j) + \beta_j p(\mathbf{x}, \mathbf{x}_j)$$

其中 2-D 弹性耦合格林函数为：

$$q(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = (3 - \nu) \log r + (1 + \nu) \frac{y^2}{r^2}$$

$$p(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = (3 - \nu) \log r + (1 + \nu) \frac{x^2}{r^2}$$

$$w(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = -(1 + \nu) \frac{xy}{r^2}$$

式中，r 是点 $\mathbf{a}$ 和 $\mathbf{b}$ 之间的距离，x 和 y 分别为其在两个方向的分量。体积力 α_j 和 β_j 可以通过在数据所处的位置求解并对线性系统求逆得到，详见 *Sandwell and Wessel* [2016] 和 *Haines et al.* [2015]。

语法

gmt gpsgridder [*table*] **-G***outgrid* [**-C**[[**n**|**r**|**v**]*value*[%]][**+c**][**+f***file*][**+i**][**+n**]] [**-E**[*misfitfile*]] [**-F**[**d**|**f**]*fudge*] [**-I***increment*] [**-L**] [**-N***nodefile*] [**-R***region*] [**-S***nu*] [**-T***maskgrid*] [**-V**[*level*]] [**-W**[**+s**|**w**]] [**-b**binary] [**-d**nodata[**+c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-o**flags] [**-qi**flags] [**-x**[[-]n]] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

输入数据文件, 其中数据为离散点的 GPS 应变。输入格式必须为 *x y u v* [*du dv*]（设置不确定度或者权请见 **-W**)。如果输入数据为地理坐标, 必须使用 **-fg** , gmt 则以平地球近似来计算距离

-G*outgrid*[=*ID*][**+d***divisor*][**+n***invalid*][**+o***offset*|**a**][**+s***scale*|**a**][:*driver*[*dataType*][**+c***options*]]

输出网格文件名。通过追加 =*ID* 可指定网格格式。对网格追加子选项可进行额外设置:

- **+d** 将网格除以一个数 *divisor* [默认为 1]
- **+n** 将网格中的 *invalid* 替换为 NaN
- **+o** 将网格中的值进行一定的偏移, 即加一个数 *offset*, 或使用 **a** 自动对值进行调整以保证整数网格的精度 [默认为 0]
- **+s** 将网格中的值缩放, 即乘以 *scale*, 或使用 **a** 自动对网格缩放以保证整数网格的精度 [默认为 1]

注: *offset* 操作位于 *scale* 之前; **+sa** 将会同时设置 **+oa**。如果需使用 GDAL 指定网格格式, 则 *ID* 应设置为 *gd*, 并指定:*driver* 和可选的数据类型 *dataType*, 以及 **+c***options* 选项传递给 GDAL 的 **-co** 选项。

- 如果设置了 **-R** 和 **-I**, 则输出两个网格, 分别为 u 和 v 分量。
- 如果设置了 **-T** 选项, 则输出两个文本文件, 分别为离散点上的 u 和 v 分量
- 如果设置了 **-N** 选项, 输出单个文本文件。

可选选项

-C[[**n**|**r**|**v**]*value*[%]][**+c**][**+f***file*][**+i**][**+n**]

拟合曲面: 通过 SVD 求解线性系统的样条参数, 并去除某些特征值以得到平滑的结果; 通常使用 Gauss-Jordan 去除。通过追加子选项以及数值来确定保留那些特征值:

- **n** 保留前 *value* 个最大的特征值
- **r** 默认选项, 保留与最大特征值的比值小于 *value* 的特征值 [0]
- **v** 保留所需的特征值, 以确保模型预测方差分数大于 *value*

对于 **n** 和 **v** 选项, 需在 *value* 后追加% 以设置为百分数。此外, 还可设置如下子选项:

- **+f***file* 将特征值保存到 *file* 文件中以便后续分析
- **+n** 该选项需要 **+f***file* 选项, 只保存特征值结果, 不做进一步计算

+i 和 **+c** 选项都可以用于输出 u 和 v 分量的网格以及特征值, 并在文件名中分别插入 "_cum_###" 或 "_inc_###"。

- **+i** 将输出每个特征值对网格贡献的增量
- **+c** 将输出每个特征值对网格贡献的累积量

同时使用两者即同时输出两种类型。

-E[*misfitfile*]

在输入数据位置处计算拟合值，并报告 u 和 v 的残差的统计值（mean, std, rms）。可追加一个文件 *misfitfile* ，将统计数据写入文件中，在 u 和 v 两列之后增加两列，用于存放拟合值和残差。如果设置了 **-W** 选项，将再追加两列，存放 χ^2_u 和 χ^2_v 。如果设置了 **-C** 选项，将不输出上述内容，而是输出特征值的编号，特征值以及残差的方差，rms，rms_u 和 rms_v。如果同时使用了 **-W** ，则同样追加输出 χ^2 ，χ^2_u ，χ^2_v

-F[**d**|**f**]*fudge*

格林函数与 r^{-2} 和 $\log(r)$ 是成正比的，因此，在 $r = 0$ 时，结果会出问题。为了防止这种情况发生，GMT 提供了两种方案：

- **-Fd***del_radius* 在 r 添加一个常数偏移，单位与输入数据计算的距离单位相同
- **-Ff***factor* 从点之间的距离中选择最短距离，乘以 *factor* 作为 *del_radius* [0.01]

-I*xinc*[**+e**|**n**][/*yinc*[**+e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若 *yinc* 设置为 0，则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-L

在进行样条拟合的时候，不移去趋势。[默认移去趋势，拟合残差，然后恢复趋势]

-N*nodefile*

计算 *nodefile* 中位置处的应变并在其后追加 w 值，并输出到 **-G** 设置的文件中，不指定 **-G** 时，输出到标准输出。该选项无需使用 **-R** 和 **-I** 选项

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S*nu*

设置 2-D 弹性板的泊松比，默认为 0.5。设置为 1 时，表明弹性板时刚性的，设置为 -1 表明两个方向的应变没有耦合关系

-T*maskgrid*

只计算 *maskgrid* 文件中指定的节点的值，该选项无需使用 **-R** 和 **-I**

-W[**+s**|**w**]

输入文件必须在最后两列中提供 u 和 v 的一倍不确定度。 如果不确定度是一倍中误差， 则使用 1/(sigma^2) 作为权重计算，即默认情况，或使用 **+s** 的情况。如果不确定度为权重，则使用 **+w** ，将输入数据直接作为权重。需要注意的是，只有设置了 **-C** 时，**-W** 才有效。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-fg

地理坐标网格将会被转换为平地球近似下来计算

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-qi[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] *(more …)*

筛选输入的行或数据范围

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j* 选项。

关于 SVD 解

通常情况下, 很难知道使用多少个特征值来做拟合, 可以使用 **-C** 选项分别测试所有方案, 并估计模型的方差和以及数据的匹配程度, 这样可获得一个函数, 用来分析需要选择多少个特征值。这些一系列的方案可以做成一个动图, 可以更方便地分析结果。

示例

基于文件 `gps.txt` 中的 GPS 数据计算 u 和 v 方向的应变。*gps.txt* 文件中的数据记录形式为 `x y u v du dv`，计算结果位于加利福尼亚，网格分辨率为 2 分，计算过程中只使用约 25% 的最大特征值

```
gmt gpsgridder gps.txt -R-125/-114/31/41 -I2m -fg -W -r -Cn25% -Ggps_strain_%s.nc -V
```

废弃用法

- 6.3.0: 在 **-C** 中使用 **+n** 选项来设置 dry-run，废弃以前的设置为负数的做法。#5725

参考

Haines, A. J. et al., 2015, *Enhanced Surface Imaging of Crustal Deformation*, SpringerBriefs in Earth Sciences.

Sandwell, D. T. and P. Wessel, 2016, Interpolation of 2-D Vector Data Using Constraints from Elasticity, *Geophys. Res. Lett., 43*, 10,703-10,709.

相关模块

greenspline *nearneighbor surface*

18.109 x2sys_init

贡献者

周茂

官方文档

x2sys_init

简介

初始化 x2sys 数据库

x2sys

交叉点分析：在船测、航测或卫星等手段观测的沿轨数据中，多次观测的轨迹存在一定的交叉，在交叉点处，对于不存在时变或时变较小的重力异常、海深、地形或海面高等观测量，由于其位置相同，因此理论上是相等的。但由于系统误差的影响，在交叉点处的观测值通常存在一定的差距（称为交叉点不符值）。交叉点分析的主要作用为通过计算交叉点，并对交叉点的不符值进行处理以削弱系统误差。

x2sys（Track Crossover Analysis Tools, 沿轨交叉点分析包）即是一套用于寻找沿轨观测数据之间交叉点并进行分析的工具集。其中，沿轨观测数据可以是二维笛卡尔坐标或地理坐标，交叉点可以为不同轨迹或同一轨迹之间的相交的点。工具集主要包括交叉点计算、交叉点不符值统计、交叉点平差（削弱系统误差）等相关分析功能。x2sys 基于 x_system，不同之处在于，x2sys 使用了新的寻找交叉点的算法，并且能处理多种格式的沿轨观测数据，例如 NetCDF 格式。目前，x2sys 随 GMT 一同发布，其主要功能均包含在 GMT 中，分为多个命令。

备注

由于 x2sys 工具包中概念较多，这里先进行一些约定：

- 轨迹数据/轨道数据/沿轨观测数据/测线数据是相同的概念，即沿测线的观测数据，格式通常为 xyz
- 数据库为 x2sys 处理流程中建立的数据库，也称 TAG 数据库
- 轨迹网格索引文件为使用*x2sys_binlist* 将轨迹内插到指定的格网中时，所有含有观测数据的网格的列表信息文件
- 内部交叉点即某轨迹自身的交叉点；外部交叉点为不同轨迹之间的交叉点

x2sys 包括的命令：

- x2sys_init 用于初始化特定的沿轨观测数据库，是使用整个 x2sys 包中其他命令的基础。使用 **x2sys_init** 命令指定的标签 TAG 是后续命令中必须的关键参数。
- *x2sys_binlist* 将创建一个粗略的轨迹经过的网格列表，即轨迹网格索引文件，用于表示每个轨迹数据的位置以及观测数据个数等信息
- *x2sys_put* 使用轨迹网格索引文件更新 TAG 数据库，该选项在拥有多批次观测数据时可用来更新数据
- *x2sys_get* 用于寻找满足某些条件的轨迹，**-A** 选项结果可作为 x2sys_cross 的输入以提高寻找交叉点的效率
- *x2sys_cross* 计算给定轨迹列表中的轨迹的交叉点，也可给出交叉点不符值和均值
- *x2sys_report* 统计交叉点结果信息
- *x2sys_list* 从交叉点结果中提取信息，通常用于为 x2sys_solve 进行交叉点平差做数据准备
- *x2sys_solve* 基于 x2sys_cross 确定的交叉点以及 x2sys_list 提取的辅助数据进行交叉点平差
- *x2sys_datalist* 提取测线数据，也可将改正值应用于测线
- *x2sys_merge* 合并交叉点列表

备注

使用 x2sys_init 命令前，需首先设置环境变量 `X2SYS_HOME` 为某个拥有写权限的文件夹，以便 x2sys 可跟踪具体的设置。

整个数据处理流程可简化为：

1. 初始化（x2sys_init）
2. 计算交叉点（x2sys_cross）
3. 交叉点平差前数据准备（x2sys_list）
4. 交叉点平差（x2sys_solve）
5. 将改正值应用到测线中（x2sys_datalist、x2sys_report 和 x2sys_list 的 **-L** 选项均可实现，推荐使用 x2sys_datalist）

下面将主要介绍 x2sys_init 模块，其他模块可参考对应模块文档。

语法

gmt x2sys_init *TAG* **-D***fmtfile* [**-E***suffix*] [**-F**] [**-Gd**|**g**] [**-I***dx*[/*dy*]] [**-Nd**|**s***unit*] [**-R***region*] [**-V**[*level*]] [**-Wt**|**d***gap*] [**-j**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

TAG

数据类型的标签, x2sys_init 将创建一个以 *TAG* 命名的文件夹来保存相关配置信息。后续模块将依赖该配置信息进行数据处理

-D*fmtfile*

fmtfile 文件定义了当前处理的数据文件的格式 (见下文中的格式定义文件)。如果 *fmtfile* 不在当前文件夹下, 则需要指定完整路径。若 *fmtfile* 不包含后缀, GMT 会假定使用自带的格式定义文件, 这些文件位于 `gmt --show-sharedir` 结果的 *x2sys* 文件夹下, 见内置格式定义文件 。如果 **-D** 选项没有指定, GMT 将自动使用 *TAG*.fmt, 不管其是否存在。**注**: 已经弃用的 `.def` 后缀的文件可以正常工作, 但不推荐使用, 应该考虑改变后缀, 见废弃用法 。

可选选项

-E*suffix*

指定处理数据文件的后缀。如果不指定, GMT 将使用 **-D** 选项中的前缀作为后缀 (见 **-D** 选项)。

-F

如果 **TAG** 文件夹存在, 将强制创建新的文件夹 [默认存在旧的文件夹时, 不创建新文件夹]。

-Gd|**g**

选择使用地理坐标。追加 **d** 表明经度范围为 -180 到 180 度, 追加 **g** 表明经度范围为 0 到 360 度。

-I*dx*[/*dy*]

-I 选项主要用来指定在*x2sys_binlist* 模块中创建的网格的间隔, *dx* 为横向间隔, *dy* 为纵向间隔, *dy* 为可选的, 不指定时, 使用 *dx* 作为纵向间隔。追加 *m* 或 *s* 用来指定间隔在地理坐标中的单位为角分或角秒。

-Nd|**s***unit*

设置其他后续模块中需要使用的距离和速度的单位。**d** 表示距离, **s** 表示速度, 然后可以分别指定距离和速度的单位。

- **c** 表示笛卡尔坐标下的距离或速度
- **e** m 或 m/s,
- **f** feet 或 feet/s
- **k** km 或 kms/hr
- **m** miles 或 miles/hr
- **n** nautical miles 或 knots
- **u** survey feet 或 survey feet/s).

默认地, 当使用了 **-G** 选项时, 自动设置为 **-Ndk -Nse** (km 和 m/s), 其他情况设置为 **-Ndc** 和 **-Nsc** 。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Wt|d*gap*

该选项主要用于考虑轨迹数据中的缺失点或观测间隔很大的点。**t** 设置最大的时间间隙 *gap*（使用用户定义的单位，通常为秒）；**d** 设置最大的距离间隙 *gap*（单位见 **-N** 选项）。若交叉点两侧的数据点之间的时间或距离大于 *gap*，则认为当前轨迹数据存在缺失数据，不用来计算交叉点并平差。

-je|f|g *(more ···)*

设置球面距离的计算方式

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

格式定义文件

*.fmt 文件定义了观测数据的格式，主要包括两个部分：(1) 头部信息；(2) 列信息。

头部信息

所有的头部信息均以字符 # 开头，后面紧跟一个大写的指令。如果指令可以接收一个参数，则指令和参数之间必须使用空格分隔。在头部信息的末尾可以使用 # 添加额外的注释信息。可识别的指令包括下面几个：

1. **ASCII** 用来表明该数据文件为 ASCII 格式
2. **BINARY** 表明该数据文件为二进制格式
3. **NETCDF** 表明该数据文件为 1-D NetCDF 格式
4. **SKIP** 可接收一个参数，表示读取 ASCII 格式的数据文件时跳过的行数或读取二进制文件时跳过的字节数
5. **GEO** 表明数据文件的坐标为地理坐标，与 **-G** 的作用相同
6. **MULTISEG** 表明每个文件均包括多段数据，中间使用 GMT 段分隔符分开（不适用于 NetCDF 格式）

列信息

列信息中包含多行，其中每行表示不同的变量，每行都含有 7 列，每列均代表特殊的含义

```
name  type  NaN  NaN-proxy  scale  offset  oformat
```

1. *name* 变量的名称。其中，坐标是必须的变量，且其名称只能为 *lon* 和 *lat*（笛卡尔坐标时为 x 和 y）。时间变量为可选的，*time* 表示绝对时间，*rtime* 表示相对时间，使用相对时间时，需确保 *TIME_UNIT* 和 *TIME_EPOCH* 设置正确。无论使用的时间是绝对时间还是相对时间，输出结果中都使用绝对时间。
2. *type* 数据类型
   - **a**（ASCII 文件）数字
   - **c**（二进制文件）1 字节有符号整型
   - **u**（二进制文件）1 字节无符号整型

- **h**（二进制文件）2 字节有符号整型
- **i**（二进制文件）4 字节有符号整型
- **f**（二进制文件）4 字节浮点型
- **d**（二进制文件）8 字节浮点型
- **d**（netCDF 文件）自动确定数据类型

3. *NaN* 是否使用某个数字代替 NaN, 若是, 则为 *Y*, 否则为 *N*
4. *NaN-Proxy* 用来代替 NaN 的数字, 若使用 99999.0 代替 NaN, 则 *NaN* 为 *Y*, *NaN-Proxy* 为 99999.0
5. *scale* 设置对数据使用的缩放倍数
6. *offset* 设置对数据使用的偏移量
7. *oformat* 使用 C 语言格式的字符串指定数据的格式，如果该项设置为 - ，则使用 GMT 的格式机制，相关的设置参数包括*FORMAT_FLOAT_OUT* ，*FORMAT_GEO_MAP* ，*FORMAT_DATE_MAP* ，*FORMAT_CLOCK_MAP*

内置格式定义文件

GMT 内置了一些格式定义文件, 包括:

- mgd77 普通 mgd77 ASCII 文件
- mgd77+ 增强型的 mgd77+ netCDF 文件
- gmt 旧的 mgg 二进制文件
- xy 普通的 x,y ASCII 表文件
- xyz 与 *xy* 相同, 但包括 z 值
- geo 普通的经纬度 ASCII 文件
- geoz 与 *geo* 相同, 但包含 z 值

如果用户的轨迹数据文件为上述类型中的某一种,例如为普通的 magd77 ASCII 文件,可以直接使用 **-Dmgd77** , 无需手动编写格式定义文件。以上格式定义文件均可在 **GMT_SHAREDIR** 目录下的 x2sys 文件夹中找到。

示例

这里将给出使用 x2sys 管理大量沿轨观测文件的步骤。

ASCII 文件

假定观测数据文件的格式为: 2 行头部信息, 然后为观测数据, 共 6 列, 分别为 lat, lon, time, obs1, obs2, obs3, 后缀为.trk 。

(1) 首先创建一个用来定义数据格式的文件 `line.fmt` , 其内容为:

```
# Format define file for the line format
#SKIP 2
#GEO
#name   type    NaN     NaN-proxy   scale   offset  oformat
lat     a       N       0           1       0       %9.5f
lon     a       N       0           1       0       %10.5f
time    a       N       0           1       0       %7.1f
obs1    a       N       0           1       0       %7.2f
obs2    a       N       0           1       0       %7.2f
obs3    a       N       0           1       0       %7.2f
```

(2) 接下来, 创建 TAG 和 TAG 数据库。假定数据均为地理坐标, 使用 1x1 度的网格来为这些沿轨观测文件建立索引, 并计算沿轨距离, 单位为 km, 速度单位为节:

```
gmt x2sys_init LINE -V -G -Dline -Rg -je -Ndk -Nsn -I1/1 -Etrk
```

这里设置 TAG 为 LINE。当 x2sys 试图读取观测数据时,将首先在当前文件夹中寻找数据,然后在 `LINE_paths.txt` 中查找其他的目录列表。因此, 这里创建 `LINE_paths.txt` 文件, 内容为数据所在的路径, 必须使用绝对路径。

所有的 TAG 相关的文件, 包括格式定义文件, TAG 文件以及创建的数据库等将保存在 **$X2SYS_HOME**/*TAG* 文件夹中, 此处为 **$X2SYS_HOME**/LINE。**x2sys_init** 将会复制 **-D** 选项设置的 *.fmt 到该文件夹下, 以便后续的 x2sys 命令使用。

(3) 创建 tbf 文件。使用 **x2sys_init** 创建数据库以后, 可以使用下面两步填充数据库。首先运行*x2sys_binlist*, 使用沿轨观测文件创建一个或多个多段轨迹网格索引文件 (track bin-index file, tbf)。文件中的信息包括: 每个轨道经过哪些 1x1 度 (见 **-I**) 的网格, 以及含有哪些观测 (这里为 obs1, obs2, obs3, 但并非所有的轨迹都含有这 3 种观测)。例如: 如果用于将所有的数据文件名保存在 `tracks.lis` , 则可以运行:

```
gmt x2sys_binlist -V -TLINE =tracks.lis > tracks.tbf
```

(4) 更新 TAG 数据库。填充数据库的第二步即为更新数据库。使用*x2sys_put* 将 tbf 文件中的信息插入到 TAG 数据库中:

```
gmt x2sys_put -V -TLINE tracks.tbf
```

(5) 查找数据。使用*x2sys_get* 可以查找位于指定范围内的轨迹, 并且可以限制特定的观测值组合的轨迹, 例如, 寻找所有同时包含 obs1 和 obs3 并位于某一区域的轨迹:

```
gmt x2sys_get -V -TLINE -R20/40/-40/-20 -Fobs1,obs3 > tracks.tbf
```

MGD77[+] 文件

GMT 已经自带了 MGD77, MGD77+ 以及 mgg 观测数据的格式定义文件。对于这些数据, 设置 **-j** 和 **-N** 将默认使用大圆距离, 单位为 km, 速度单位为 m/s。由 NCEI 创建的 MGD77 数据可使用下面命令初始化:

```
gmt x2sys_init MGD77 -V -Dmgd77 -Emgd77 -Rd -Gd -Nsn -I1/1 -Wt900 -Wd5
```

这里设置轨迹中相邻观测超过 15 分钟 (即 900 秒) 或者大于 5 km 即认为存在数据缺失; 设置速度为节。

二进制文件

假定用户的观测文件中有 128 个字节的头部信息, 接下来为数据记录, 其中 lon, lat, time 为双精度数, 另有三种观测量为 2 字节整数, 且需要乘以 0.1 。前两种观测量使用 -32768 表示没有获得观测值。因此, 可以定义一个 `line.fmt` 为:

```
# Format define file for the binary line format
#BINARY
#SKIP 128
#GEO
#name   type    NaN     NaN-proxy   scale   offset  oformat
lat     d       N       0           1       0       %9.5f
lon     d       N       0           1       0       %10.5f
time    d       N       0           1       0       %7.1f
obs1    h       Y       -32768      0.1     0       %6.1f
```

(续下页)

(接上页)

```
obs2    h       Y       -32768      0.1     0       %6.1f
obs3    h       N       0           0.1     0       %6.1f
```

1-D NetCDF 文件

最后, 假定用户的观测文件为 NetCDF 格式, 且符合 COARDS 约定, 含有同样的观测数据, 即 lon, lat, time, obs1, obs2, obs3, 则格式定义文件为:

```
# Format define file for the netCDF COARDS line format
#NETCDF
#GEO
#name   type    NaN     NaN-proxy   scale   offset  oformat
lat     d       N       0           1       0       %9.5f
lon     d       N       0           1       0       %10.5f
time    d       N       0           1       0       %7.1f
obs1    d       N       0           1       0       %6.1f
obs2    d       N       0           1       0       %6.1f
obs3    d       N       0           1       0       %6.1f
```

NetCDF 观测文件通常不需要设置 scale 以及 NaN, 因为这些都包含在 NetCDF 自己的格式描述中。

废弃用法

格式定义文件过去使用.def 作为后缀, 由于 GMT 的符号文件也使用该后缀, 因此目前已经弃用该扩展名, 现在使用的后缀为.fmt, 但.def 仍然可以正常工作。

参考文献

Wessel P. Tools for analyzing intersecting tracks: the x2sys package[J]. Computers & Geosciences, 2010, 36(3): 348-354.

相关模块

x2sys_binlist, *x2sys_datalist*, *x2sys_get*, *x2sys_list*, *x2sys_put*, *x2sys_report*, *x2sys_solve*, *x2sys_cross*, *x2sys_merge*

18.110 x2sys_binlist

贡献者

周茂

官方文档

x2sys_binlist

简介

使用沿轨观测文件创建网格索引列表

x2sys_binlist 读取一条或者多条沿轨数据文件, 生成一个多段 ASCII 轨迹网格索引文件 (tbf), 索引文件中, 轨迹数据文件名作为头部信息, 每个轨迹经过的网格都为一个数据记录; 数据记录包括 *lon*, *lat*, *index*, *flags*[, *dist*], 其中 *lon* 和 *lat* 是网格中心坐标, *index* 是网格在一维排列下的序号, *flags* 是一个标志, 描述了在当前网格中包含了哪几种观测数据。可选的 *dist* 信息需要 **-D** 选项。输入的轨迹数据文件可以是任意格式, 但必须使用 **-T** 选项指定 TAG 以便 gmt 能识别这种格式。网格的索引列表仅能粗略地表示轨迹的走向并用于建立轨迹数据库以便各种查询。在使用本命令前, 必须已经使用*x2sys_init* 进行了初始化。

语法

gmt x2sys_binlist *track(s)* **-T***TAG* [**-D**] [**-E**] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

tracks

可以是一个或者多个 ASCII，二进制或 COARDS netCDF 1-D 沿轨数据文件。如果输入的沿轨数据文件很多，可以把所有的文件名放在一个轨迹列表文件中，然后使用 = 后紧跟轨迹列表文件名的形式，例如，如果轨迹列表文件名为 tracks.lis，即为 =tracks.lis 。如果 tracks.lis 中的轨迹文件名不包含后缀，gmt 将自动根据 TAG 添加后缀。gmt 将首先在当前文件夹下搜索这些轨迹文件，如果设置了 **$X2SYS_HOME**/*TAG*/*TAG*_paths.txt 的话，然后在该文件中包含的路径中查找。如果没有设置 **$X2SYS_HOME** ，默认设置为 **$GMT_SHAREDIR**/x2sys。

> **备注**
>
> 对于 MGD77 格式的轨迹数据，同时还在 **MGD77_HOME**/mgd77_paths.txt 中的路径和位于 *.gmt 中的 **$GMT_SHAREDIR**/mgg/gmtfile_paths 中查找轨迹数据。

-T*TAG*

指定 x2sys TAG，参见*x2sys_init*

可选选项

-D

计算每个和轨迹相交的网格的累积距离。距离的输出位于 *flags* 后。距离的单位和 TAG 中的设置一致，见*x2sys_init* 中的 **-N** 选项

-E

在确定网格索引前，将地理坐标转换为圆柱等面积投影坐标。gmt 会使用 **-JY***lon0*/37:04:17.166076/360 进行投影，其中 *lon0* 为当前区域的中央经度。当轨迹文件为全球/半球区域的地理坐标时，需要 **-D** 选项。**-E** 选项在轨迹密度统计时非常有用，但在只构建网格索引时不应该使用。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

使用 MGD77 文件 01030061.mgd77 创建网格索引文件，*TAG* 为 MGD77

```
gmt x2sys_binlist 01030061.mgd77 -TMGD77 > 01030061.tbf
```

使用当前文件夹中所有的 MGD77+ 文件创建网格索引文件，*TAG* 为 MGD77+

```
gmt x2sys_binlist *.nc -TMGD77+ -D > all.tbf
```

相关模块

x2sys_init, *x2sys_datalist*, *x2sys_get*, *x2sys_list*, *x2sys_put*, *x2sys_report*, *x2sys_solve*, *x2sys_cross*, *x2sys_merge*

18.111 x2sys_cross

贡献者

周茂

官方文档

x2sys_cross

简介

计算轨迹之间的交叉点

x2sys_cross 用来确定轨迹之间所有的交叉点，并输出时间，位置，沿轨距离，朝向，速度以及交叉点不符值和所有观测的平均值。默认地，**x2sys_cross** 会同时计算内部和外部的交叉点。

语法

gmt x2sys_cross *track(s)* **-T***TAG* [**-A***pairs*] [**-C**[*runtimes*]] [**-D**[**S**|**N**]] [**-Il**|**a**|**c**] [**-Qe**|**i**] [**-Sl**|**u**|**h***speed*] [**-V**[*level*]] [**-W***size*] [**-Z**] [**-bo**binary] [**-do**nodata[**+c***col*]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

tracks

可以是一个或者多个 ASCII，二进制或 COARDS NetCDF 1-D 沿轨数据文件。如果输入的沿轨数据文件很多，可以把所有的文件名放在一个轨迹列表文件中，然后使用 = 后紧跟轨迹列表文件名的形式，例如，如果轨迹列表文件名为 tracks.lis，即为 =tracks.lis 。如果 tracks.lis 中的轨迹文件名不包含后缀，gmt 将自动根据 TAG 添加后缀。gmt 将首先在当前文件夹下搜索这些轨迹文件，如果设置了 **$X2SYS_HOME**/*TAG*/*TAG*_paths.txt 的话，然后在该文件中包含的路径中查找。如果没有设置 **$X2SYS_HOME** ，默认设置为 **$GMT_SHAREDIR**/x2sys。

-T*TAG*

指定 x2sys TAG，参见*x2sys_init*

可选选项

-A*pairs*

只处理 *pairs* 文件中包含的轨迹对 [默认对所有的轨迹对计算交叉点]。*pairs* 可以使用*x2sys_get* 的 **-L** 选项生成。

-C[*runtimes*]

将每个轨迹对的计算时间添加到进程信息中，使用 *runtimes* 文件来保存这些信息。此选项的目的是通过所有的计算时间来将其分配到子进程中，使用多进程加速计算。参见 x2sys 源码中的 MATLAB 函数 *split_file4coes.m*

-D[**S**|**N**]

控制地理坐标的处理方式（笛卡尔坐标不受影响）。默认地，GMT 确定离数据最近的极点，然后，使用圆柱极转换来避免经度跳变带来的问题。用户可以使用 **-D** 选项来关闭这个设置，这样就会使用原始的数据计算（GMT 有经度跳变保护）。但是，用户也可以自己选择极点，**S** 或者 **N** 分别代表南极和北极。之所以使用这种转换是因为 GMT 的交叉点寻找算法是继承自笛卡尔坐标的，这种算法在高纬度地区有较大的经度范围分布的数据计算时可能会出问题。

-I[**l**|**a**|**c**]

设置计算交叉点上的值使用的内插算法：

l 线性插值 [默认]

a Akima 样条插值

c 三次样条插值

-Q[**e**|**i**]

e 表示只计算外部交叉点，**i** 表示只计算内部交叉点 [默认计算所有的交叉点]

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S[**l**|**u**|**h**]*speed*

定义速度窗口，如果速度超过该窗口范围，就不计算交叉点：

-Sl 设置低速限

-Su 设置高速限

-Sh 不限制速度，但是设置一个较低的速度，如果低于该速度，就不计算朝向（即设置为 NaN）[默认计算朝向，不计算速度]

-W*size*

指定在计算交叉点上的观测值时使用样条插值在任一侧的最大数据点数 [默认为 3]

-Z

只输出在交叉点处每个测线的值 [默认输出每个测线的值和平均值]

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-do*nodata* *(more …)*

将输出数据中值为 NaN 列替换为 *nodata*

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

其他

交叉点不符值会以 ASCII 格式 (除非设置了 **-bo**) 输出到标准输出。输出数据的第一行为 TAG, 第二行为运行的命令, 第三行为每列的名称。这三个记录作为头部信息, 前面都有 # 。对于每对轨迹, 将另有注释信息用来记录两个轨迹文件的名称, 起始/结束/距离信息, 如果观测文件中有时间, 起始/结束为绝对时间, 如果没有, 设置为 NaN; 距离为整个轨迹的长度。下一行为交叉点数据记录, 包括两个轨迹的 x 坐标, y 坐标, 时间, 距离, 朝向, 速度, 接下来是选择的观测量。内插算法建议使用 Akima 样条内插, 这种算法对离群值敏感度较小。

符号传统

如果 track_a 和 track_b 按此顺序被输入到命令中, 则交叉点不符值为 Value(track_a) - Value(track_b)。

精度和格式

每列的输出格式通过*FORMAT_FLOAT_OUT* 控制, 如果是地理坐标, 则为*FORMAT_GEO_OUT* , 时间通过*FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT* 控制。请确保这些设置可以满足精度需求。

示例

计算 `2104.gmt` 文件的内部交叉点, TAG 设置为 GMT

```
gmt x2sys_cross c2104.gmt -TGMT > c2104.txt
```

计算测深文件 `A13232.mgd77` 和 `A99938.mgd77` 之间的交叉点, TAG 设置为 MGD77

```
gmt x2sys_cross A13232.mgd77 A99938.mgd77 -Qe -TMGD77 > crossovers.txt
```

参考文献

Wessel, P. (2010), Tools for analyzing intersecting tracks: the x2sys package. *Computers and Geosciences*, **36**, 348-354.

Wessel, P. (1989), XOVER: A cross-over error detector for track data, *Computers and Geosciences*, **15**(3), 333-346.

相关模块

x2sys_binlist, *x2sys_datalist*, *x2sys_get*, *x2sys_list*, *x2sys_put*, *x2sys_report*, *x2sys_solve*, *x2sys_init*, *x2sys_merge*

18.112 x2sys_datalist

贡献者
周茂

官方文档
x2sys_datalist
简介
提取轨迹观测数据

x2sys_datalist 读取一个或多个文件沿轨观测数据，根据一定规则，提取满足规则的数据。

语法

gmt x2sys_datalist *track(s)* **-T***TAG* [**-A**] [**-E**] [**-F***name1*,*name2*,*···*] [**-I**[*list*]] [**-L**[*corrections*]] [**-R***region*] [**-S**] [[**-V**[*level*]] [**-bo**binary] [**-do**nodata[**+c***col*]] [**-h**headers] [**--PAR**=*value*]

必选选项

tracks

可以是一个或者多个 ASCII，二进制或 COARDS netCDF 1-D 沿轨数据文件。如果输入的沿轨数据文件很多，可以把所有的文件名放在一个轨迹列表文件中，然后使用 = 后紧跟轨迹列表文件名的形式，例如，如果轨迹列表文件名为 tracks.lis，即为 =tracks.lis 。如果 tracks.lis 中的轨迹文件名不包含后缀，gmt 将自动根据 TAG 添加后缀。gmt 将首先在当前文件夹下搜索这些轨迹文件，如果设置了 **$X2SYS_HOME**/*TAG*/*TAG*_paths.txt 的话，然后在该文件中包含的路径中查找。如果没有设置 **$X2SYS_HOME** ，默认设置为 **$GMT_SHAREDIR**/x2sys。

备注

对于 MGD77 格式的轨迹数据，同时还在 **MGD77_HOME**/mgd77_paths.txt 中的路径和位于 *.gmt 中的 **$GMT_SHAREDIR**/mgg/gmtfile_paths 中查找轨迹数据。

-T*TAG*

指定 x2sys TAG，参见*x2sys_init*

可选选项

-A

通过轨迹的权重来消除两个轨迹在交叉点的不符值

-E

输出两个轨迹的信息作为头部信息 [默认不写入这些头部信息]

-F*name1*,*name2*,…

指定要输出的变量列表, 每个变量以逗号分隔 [默认输出所有列]

-I[*list*]

list 为轨迹列表文件名, 其中包含若干轨迹文件名, 这些轨迹将不参与计算 [默认包含所有的轨迹]

-L[*corrections*]

如果存在改正值，对观测量进行最优改正，*corrections* 为改正表，该改正表可以由*x2sys_solve* 生成 [默认使用位于 **$X2SYS_HOME**/*TAG* 文件夹中的 TAG_corrections.txt] 对于改正表文件的格式，见*Corrections*

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

-S

使用该选项后, 所有的列均为 NaN 的行将不输出 [默认输出所有行]

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-do*nodata* *(more …)*

将输出数据中值为 NaN 列替换为 *nodata*

-h[**i**|**o**][*n*][**+c**][**+d**][**+m***segheader*][**+r***remark*][**+t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

从老格式的 MGG 文件 c2104.gmt 中提取所有数据:

```
gmt x2sys_datalist c2104.gmt -TGMT > myfile
```

为在其他模块中使用 track.lis 文件中包含的所有轨迹, 这些轨迹的 TAG 为 TRK, 只输出指定范围, 并设置为二进制:

```
gmt x2sys_datalist =tracks.lis -TTRK -Flon,lat,depth -R40/-30/25/35 -bo > alltopo_bin.xyz
```

Corrections

改正值文件是一个 ASCII 文件, 其中包含了改正必须的系数和参数。该文件通常由*x2sys_solve* 模块生成, 可以使用 # 进行注释, 所有改正值的格式为

```
trackID observation correction
```

其中 *trackID* 是轨迹名称, *observation* 是某个观测量, *correction* 由一个或多个空格分隔的项 *term* , 观测量输出的时候会减去这些量。*term* 的语法为

```
*factor*\ [\*[*function*]([*scale*](\ *abbrev*\ [-*origin*]))[^\ *power*]]
```

括号中的项是可选的 (必须严格按照指示使用括号)。除了 *term* 之间的空格, 其他部分不能有多余的空格。*factor* 是基本函数的尺度, 可选的基本函数包括 sin, cos 或者 exp。可选的 *scale* 和 *origin* 可以用来转换参数。*abbrev* 是 TAG 中指定的某列的缩写, 也可以是其他三种 *terms* 。包括:

dist 沿轨距离

vel 沿轨速度

azim 沿轨方位角

如果 *origin* 指定为 **T** , 这意味着应该使用缩写的值替换第一列 (通常为时间)。如果第一列的值为 NaN , 将 *origin* 置为 0。*power* 和 *factor* 分别表示对表达式进行幂运算和缩放运算。下面是对一个名称为 ABC 的轨迹进行改正的例子。假设 **z** 需要校正线性漂移, **OBS** 需要校正纬度依赖的变化, **weight** 需要进行常数校正 (常数为 1, 所以改正值为 -1), **fule** 需要进行一定的缩放:

```
ABC z 7.1 1e-4*((time-T))
ABC obs 0.5*exp(-1e-3(lat))^1.5
ABC weight -1
ABC fuel 0.02*((dist))
```

相关模块

x2sys_binlist, *x2sys_datalist*, *x2sys_get*, *x2sys_list*, *x2sys_put*, *x2sys_report*, *x2sys_solve*, *x2sys_cross*, *x2sys_merge*

18.113 x2sys_get

贡献者
周茂

官方文档
x2sys_get
简介
从 TAG 数据库中查询轨迹

x2sys_get 将会从 TAG 数据库中查询满足需求的轨迹数据并返回。查询条件可以是选定的区域, 也可以是满足某些数据条件。使用 **-L** 选项可列出所有可能存在的交叉点的测线对。

语法

gmt x2sys_get -T*TAG* [**-C**] [**-F***flags*] [**-G**] [**-L**[*list*][**+i**]] [**-N***flags*] [[**-R***region*] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-T*TAG*
指定 x2sys TAG, 参见*x2sys_init*

可选选项

-C
不输出轨迹文件的名称, 而是输出至少含有一个观测值的轨迹网格的坐标。

-D
只输出轨迹名称 [默认会输出观测值]

-F*flags*
给定用逗号分隔的列名称列表 (如*x2sys_init* 中格式定义文件中的描述), 列名称必须是已有的变量名称, 筛选包含这些变量的轨迹 [默认输出所有的列]。

-G
输出整个沿轨观测数据的标志 (Y 或者 N) 而不是仅在 **-R** 区域内部的数据标志 [默认]

-L[*list*][**+i**]
交叉点模式。返回可能存在交叉点的轨迹对的列表。列表使用轨迹网格索引文件生成, 其前提是, 如果两条轨迹在同一个网格有观测数据, 则两条轨迹可能存在交叉点。默认会返回所有的可能存在交叉点的轨迹对。*list* 为轨迹列表文件名, 其中包含若干轨迹名称, 即只输出必须至少包含列表中的某条轨迹的轨迹对。本选项的输出适用于*x2sys_cross* 中的 **-A** 选项。默认地, 只列出外部交叉点, 即一条轨迹和另外一条轨迹的交叉点, **+i** 选项会同时列出内部交叉点, 即轨迹自身的交叉点。

-N*flags*

给定用逗号分隔的列名称列表(如*x2sys_init* 中格式定义文件中的描述), 列名称必须是已有的变量名称, 筛选轨迹时, 需要剔除不含这些变量的轨迹。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息(Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

寻找所有以 MGD77 为 TAG 的数据库中的轨迹, 轨迹必须在南太平洋中的某个区域, 并且, 必须至少包括自由空气重力异常 faa 和海深 depth 观测:

```
gmt x2sys_get -V -TMGD77 -R180/240/-60/-30 -Ffaa,depth
```

寻找所有含有海深但不含 wt 变量的轨迹:

```
gmt x2sys_get -V -TMGD77 -Fdepth -Nwt
```

寻找所有可能相交的轨迹对, 但要求轨迹对中必须包含 `new.lis` 中的某条轨迹:

```
gmt x2sys_get -V -TMGD77 -Lnew.lis > xpairs.lis
```

相关模块

x2sys_binlist, *x2sys_datalist*, *x2sys_init*, *x2sys_list*, *x2sys_put*, *x2sys_report*, *x2sys_solve*, *x2sys_cross*, *x2sys_merge*

18.114 x2sys_list

贡献者

周茂

官方文档

x2sys_list

简介

从交叉点计算结果中提取数据

x2sys_list 读取交叉点 ASCII 文件 *coedbase.txt* (或标准输入), 并基于某些条件提取数据, 输出结果可以为

ASCII 或二进制文件。该模块输出结果可做为*x2sys_solve* 交叉点平差的输入数据。

语法

gmt x2sys_list -C*column* **-T***TAG* [*coedbase.txt*] [**-A***asymm_max*] [**-E**] [**-F***flags*] [**-I**[*list*]] [**-L**[*corrections*]] [**-N***nx_min*[+**p**]] [**-Qe**|**i**] [**-R***region*] [**-S***track*[+**b**]] [**-V**[*level*]] [**-W**[*list*]] [**-bo**binary] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-C*column*

指定要处理的列, 列名必须是格式定义文件中已有的列名, 见*x2sys_init*

-T*TAG*

指定 x2sys TAG, 参见*x2sys_init*

coedbase.txt

输入交叉点 ASCII 文件的名称, 该文件可由*x2sys_cross* 模块生成, 也可从标准输入读取

可选选项

-A*asymm_max*

指定相对于时间中点的交叉点分布的最大不对称性 (如果没有时间, 也可用距离)。不对称性的计算公式为 (n_right - n_left)/(n_right + n_left)。如果指定 *asymm_max* 值, 将会排除超过该截止值的轨迹 [默认值为 1, 即不排除任何轨迹]。

-E

输出两个轨迹的名称和总的交叉点个数作为头部信息 [默认不写入这些头部信息]

-F*flags*

使用 **acdhiInNtTvwxyz** 的组合来设置输出。这些字符中不能包括空格, 而且对大小写敏感。以下为字符的描述:

a 小于 90 度的角度, 该角度为轨迹的方位角

c 指定的观测量的交叉点值 (见 **-C**)

d 沿轨距离

h 轨迹朝向

i 形成交叉点的两条轨迹在该点的有符号时间间隔

I 和 **i** 相同, 但是时间间隔是无符号的

n 两条轨迹的名称

N 两条轨迹的 ID number

t 沿轨时间, 格式为 date**T**clock (不含时间时, 输出 NaN)

T 从轨迹开始计算的时间 (不含时间时, 设置为 NaN)

v 沿轨速度

w 轨迹的权重

x x 坐标或者经度

y y 坐标或纬度

z 沿轨观测值, 见 **-C**

如果不使用 **-S**, **d**,**h**,**n**,**N**,**t**,**T**,**v** 在每列包含两个输出, 分别代表两个轨迹。否则, 将只输出对应轨迹的结果 (除 **n**,**N**)。**c** 和 **i** 的符号是由 Value(track_one) - Value(track_two) 决定的。返回的时间间隔和*TIME_UNIT* 的设置有关。上面各元素输出的顺序和他们在 *flags* 中的顺序一致, **n** 除外, **n** 选项将放在所有数字列的最后。

-I[*list*]

list 为轨迹列表文件名, 其中包含若干轨迹文件名, 这些轨迹将不参与计算 [默认包含所有的轨迹]。

-L[*corrections*]

对选择观测量进行最优改正, *corrections* 为改正表, 该改正表可以由*x2sys_solve* 生成 [默认使用位于 **$X2SYS_HOME**/*TAG* 文件夹中的 TAG_corrections.txt]。对于改正表文件的格式, 见*x2sys_datalist* 的 Corrections 章节

-N*nx_min*[**+p**]

只输出至少含有 *nx_min* 个交叉点的轨迹的交叉点信息, **+p** 为相反, 即输出少于 *nx_min* 个交叉点的轨迹的信息 [默认为全部轨迹]

-Qe|i

e 表示外部交叉点, **i** 表示内部交叉点 [默认为全部交叉点]

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S*track*[**+b**]

指定单轨迹的名称, 只输出和这条轨迹相关的交叉点的信息 [默认输出所有轨迹交叉点信息]。添加 **+b** 以输出包含该轨迹的轨迹对相关的信息。

-W[*list*]

list 为文本文件, 其中包含的信息为轨迹名称列表和用于计算交叉点处权重的权重列表 [默认权重设置为 1]

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

在以 MGD77 为 TAG 的磁数据的交叉点文件 COE_data.txt 中寻找指定区域的数据, 并返回位置, 时间和交叉点的值:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -R180/240/-60/-30 -Cmag -Fxytz > mag_coe.txt
```

输出和测线 12345678 相关的重力异常交叉点信息, 输出时间为以年初为起点的相对时间, 使用二进制 double 类型精度:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -Cfaa -S12345678 -FTz -bod > faa_coe.b
```

相关模块

x2sys_binlist, *x2sys_datalist*, *x2sys_get*, *x2sys_init*, *x2sys_put*, *x2sys_report*, *x2sys_solve*, *x2sys_cross*, *x2sys_merge*

18.115 x2sys_merge

贡献者

周茂

官方文档

x2sys_merge

简介

合并交叉点文件

x2sys_merge 读取两个交叉点文件, 并进行合并。其中第二个文件应该只包含第一个文件中不包含的数据。该模块在重新计算某一部分轨迹的交叉点时会发挥作用。

语法

gmt x2sys_merge -A*main_COElist.txt* **-M***new_COElist.txt* [**--PAR**=*value*]

必选选项

-A*main_COElist.txt*

指定主要的交叉点文件 *main_COElist.txt*

-M*new_COElist.txt*

指定新的交叉点文件 *new_COElist.txt*

可选选项

示例

使用新的交叉点文件 COE_fresh.txt 更新主要交叉点文件 COE_data.txt

```
gmt x2sys_merge -ACOE_data.txt -MCOE_fresh.txt > COE_updated.txt
```

相关模块

x2sys_binlist, *x2sys_datalist*, *x2sys_get*, *x2sys_list*, *x2sys_put*, *x2sys_report*, *x2sys_solve*, *x2sys_cross*, *x2sys_init*

18.116 x2sys_put

贡献者

周茂

官方文档

x2sys_put

简介

从已有的网格索引列表更新 TAG 轨迹数据库

x2sys_put 接受一个由*x2sys_binlist* 创建的轨迹网格索引文件(tbf), 并把索引文件中包含的信息更新到 TAG 数据库。**-F** 选项可以使用给定的 tbf 覆盖 TAG 数据库中已经存在的轨迹的旧信息。**-D** 选项可用于删除 TAG 数据库中的某些轨迹。被更新的数据的 *TAG* 必须和编码在 tbf 文件中的 TAG 一致。查询数据库中的轨迹, 可以使用*x2sys_get* 。

语法

gmt x2sys_put [*info.tbf*] **-T***TAG* [**-D**] [**-F**] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

info.tbf

轨迹索引文件名, 如果不指定, 将从通过标准输入获取

-T*TAG*

指定 x2sys TAG, 参见*x2sys_init*

可选选项

-D

在 TAG 数据库中删除给定的轨迹索引文件中所有的轨迹 [默认为添加作为新的轨迹]

-F

用在轨迹索引文件中存在的轨迹信息替换 TAG 数据库已经存在的旧信息 [默认不替换]

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

将储存在 `latest.tbf` 中的轨迹信息添加到以 MGD77 为 TAG 的轨迹数据中, 并且替换已经存在的轨迹的信息:

```
gmt x2sys_put latest.tbf -F -V -TMGD77
```

x2sys 数据库

x2sys_put 添加新的信息到 x2sys TAG 数据库。这个过程涉及到两个文件, 第一个文件包含所有的轨迹的列表, 为 ASCII 格式, 命名为 *TAG*_tracks.d; 第二个文件的名字为 *TAG*_index.b, 是一个二进制文件, 其中包含哪条轨迹经过哪些网格等信息, 在经过该网格时, 有哪些观测量。网格是由*x2sys_init* 模块在 *TAG* 初始化时, 使用 **-R** 和 **-I** 选项生成的。所有的数据库文件都储存在 **$X2SYS_HOME**/*TAG* 文件夹中。禁止用户手动编辑这些文件。

相关模块

x2sys_binlist, *x2sys_datalist*, *x2sys_get*, *x2sys_list*, *x2sys_init*, *x2sys_report*, *x2sys_solve*, *x2sys_cross*, *x2sys_merge*

18.117 x2sys_report

贡献者

周茂

官方文档

x2sys_report

简介

对交叉点信息进行统计

x2sys_report 模块读取交叉点 ASCII 文件 *codebase.txt* (或者从标准输入读) 并输出每个轨迹的交叉点统计信息, 包括: *n* , *mean* , *std* , *rms* 和 *weight* 。

语法

gmt x2sys_report -C*column* **-T***TAG* [*coedbase.txt*] [**-A**] [**-I**[*list*]] [**-L**[*corrections*]] [**-N***nx_min*] [**-Qe|i**] [[**-R***region*] [**-S***track*] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

coedbase.txt

输入 ASCII 格式交叉点文件名, 该文件使用*x2sys_cross* 模块生成。如果不指定输入文件, 将从标准输入中读取数据。

-C*column*

指定要处理的列, 列名必须是已经在格式定义文件中存在的, 见*x2sys_init*

-T*TAG*

指定 x2sys TAG, 参见*x2sys_init*

可选选项

-A

通过轨迹的权重来消除两个轨迹在交叉点的不符值; 平差结果可用于*x2sys_datalist* 模块中。平差后的文件名为 *track.cplumn.adj* , 位于 **$X2SYS_HOME**/*TAG* 文件夹中。具体处理过程见 *Mittal* [1984] 。

-I[*list*]

list 为轨迹列表文件名, 其中包含若干轨迹文件名, 这些轨迹将不参与计算 [默认包含所有的轨迹]。

-L[*corrections*]

对选择观测量进行最优改正，*corrections* 为改正表，该改正表可以由*x2sys_solve* 生成 [默认使用位于 **$X2SYS_HOME**/*TAG* 文件夹中的 TAG_corrections.txt] 对于改正表文件的格式，见*x2sys_datalist* 的 Corrections 章节

-N*nx_min*

只输出至少含有 *nx_min* 个交叉点的轨迹的交叉点信息 [默认为全部轨迹]

-Qe|i

e 表示外部交叉点, **i** 表示内部交叉点 [默认为外部交叉点]

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S*track*

指定单轨迹的名称, 只输出和这条轨迹相关的交叉点的信息 [默认输出所有轨迹交叉点信息]

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

数据库 TAG 为 MGD77, 交叉点文件为 `COE_data.txt` , 输出所有在指定区域的磁观测量的外部交叉点统计信息

```
gmt x2sys_report COE_data.txt -V -TMGD77 -R180/240/-60/-30 -Cmag > mag_report.txt
```

输出和测线 1234567 相关的重力异常交叉点统计信息:

```
gmt x2sys_report COE_data.txt -V -TMGD77 -Cfaa -S1234567 > faa_report.txt
```

参考文献

Mittal, P. K. (1984), Algorithm for error adjustment of potential field data along a survey network, *Geophysics*, **49**(4), 467-469.

相关模块

x2sys_binlist, *x2sys_datalist*, *x2sys_get*, *x2sys_list*, *x2sys_put*, *x2sys_init*, *x2sys_solve*, *x2sys_cross*, *x2sys_merge*

18.118 x2sys_solve

贡献者

周茂

官方文档

x2sys_solve

简介

使用最小二乘平差计算系统误差改正值, 即交叉点平差

x2sys_solve 使用给定的交叉点信息计算系统误差改正值, 并应用于每条轨迹以提高数据质量。本模块可消除 7 种不同的系统误差。

语法

gmt x2sys_solve -C*column* **-T***TAG* **-Ec**|**d**|**g**|**h**|**s**|**y**|**z** [*COE_list.txt*] [**-V**[*level*]] [**-W**[+**u**]] [**-bi**binary] [**-di**nodata[+**c***col*]] [**-x**[[-]n]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

COE_list.txt

由*x2sys_list* 模块筛选的某观测量的交叉点文件。如果使用了 **-bi** 选项, 开始的两列为轨迹的 ID, 否则, 就在最后两列给出轨迹名称。如果不给定该输入文件, 就从标准输入读取数据。

-T*TAG*

指定 x2sys TAG, 参见*x2sys_init*

-C*column*

指定要处理的列, 需要和*x2sys_list* 中准备的输入数据中的选项一致。

-Ec|d|g|h|s|y|z

设置用来拟合系统误差的模型。模型的类型可以从下面的函数 f(**p**) 中选择, 其中 **p** 是每条轨迹所包含的参数, 参数个数为 m 个, GMT 将使用最小二乘拟合这些参数。

- **c** f(**p**) = a (a 为常数); 记录中必须包含交叉点不符值 (COE), ID1 和 ID2
- **d** f(**p**) = $a + b * d$ (线性漂移, **d** 为沿轨距离); 记录中必须包含: 轨迹 1 距离 (d1), 轨迹 2 距离 (d2), COE, ID1 和 ID2
- **g** f(**p**) = $a + b \sin(y)^2$ (1880-1930 重力改正); 记录中必须包含: 交叉点的纬度 y, COE, ID1, ID2
- **h** f(**p**) = $a + b \cos(h) + c \cos(2h) + d \sin(h) + e \sin(2h)$ (磁朝向改正, h 为交叉点处的轨迹方位角); 记录中必须包含: 轨迹 1 方位角 (h1), 轨迹 2 方位角 (h2), COE, ID1, ID2
- **s** f(**p**) = a * z (a 是单位缩放改正, z 是交叉点的观测值); 记录中必须包含: z1, z2, ID1, ID2
- **t** f(**p**) = $a + b$ * (t - $t0$) (线性漂移, t -$t0$ 是沿轨累积时间, t 为观测时刻, $t0$ 为测线起始时刻); 记录中必须包含: t1-t0, t2-t0, COE, ID1, ID2
- **z** f(**p**) = $a + b$ * z (偏移加单位缩放); 记录中必须包含 z1, z2, ID1, ID2

可选选项

-W[**+u**]

使用该选项则意味着, 每种观测值在其前面还有一列, 表示其权重, 可用于加权最小二乘平差 [默认没有权重列]。追加 **+u** 将输出不含权重的均值和标准差 [默认输出带有权重的统计值]

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more …)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-x[[-]*n*] *(more …)*

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

注意事项

-E 选项中的大多数系统误差模型均包含一个常数偏移量。由于交叉点不符值是两个点的差值, 因此, 这种常数偏移是相对量, 而不是绝对量。为了最终结果可解, GMT 添加了其他的约束, 即所有的常数偏移量的和等于 0。如果轨迹形成的集合中只包含同类轨迹, 与其他轨迹不存在交叉点, 则形成两个轨迹集合, 则每个集合的约束是独立的。GMT 会自动确定集合的数量, 并自动添加约束。如果需要设置特定的轨迹具有指定的偏移, 则可以从每条轨迹中减去本身的偏移, 然后加上设定的偏移。

示例

以 MGD77 为 TAG 的所有轨道的重力异常均包含一个简单的常数偏移, 对该系统误差进行平差:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -Cfaa -Fnc > faa_coe.txt
gmt x2sys_solve faa_coe.txt -V -TMGD77 -Cfaa -Ec > coe_table.txt
```

若重力异常观测数据中存在与时间相关的线性漂移:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -Cfaa -FnTc > faa_coe.txt
gmt x2sys_solve faa_coe.txt -V -TMGD77 -Cfaa -Et > coe_table.txt
```

以 MGD77 为 TAG 的轨迹数据生成磁观测交叉点文件 `COE_data.txt` , 估计磁朝向改正:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -Cmag -Fnhc > mag_coe.txt
gmt x2sys_solve mag_coe.txt -V -TMGD77 -Cmag -Eh > coe_table.txt
```

基于测深交叉点估计单位缩放因子:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -Cdepth -Fnz > depth_coe.txt
gmt x2sys_solve depth_coe.txt -V -TMGD77 -Cdepth -Es > coe_table.txt
```

相关模块

x2sys_binlist, *x2sys_datalist*, *x2sys_get*, *x2sys_list*, *x2sys_put*, *x2sys_report*, *x2sys_init*, *x2sys_cross*, *x2sys_merge*

18.119 gmtflexure

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-02-17

官方文档

gmtflexure

简介

计算 2-D 载荷产生的力, 弯矩和挠曲变形

gmtflexure 使用一系列可选选项, 例如边界条件、预变形、可变刚度以及恢复力等信息计算二维载荷的挠曲变形。该模块的解是对微分方程进行有限差分近似获得的 [*Bodine*,1980]。

语法

gmt flexure -D*rm/rl*[/*ri*]/*rw* **-E***Te*[**k**]|*D*|*file* **-Q***args* [**-A**[**l**|**r**]*bc*[/*args*]] [**-Cp**|**y***value*] [**-F***force*] [**-L**] [**-M**[**h**][**v**]] [**-S**] [**-T***wfile*] [**-V**[*level*]] [**-W***wd*[**k**]] [**-Z***zm*[**k**]] [**-bi**binary] [**-bo**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-o**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

-D*rm/rl*[/*ri*]/*rw*

设置地幔 (mantle), 载荷 (load), 填充物 (infill) 和水 (water) 的密度, 其中填充物的密度是可选的, 不指定时默认和载荷密度相等, 这里的水准确的说为介质, 当载荷位于海洋时, 水的密度为海水的密度, 当载荷位于陆地时, 水的密度即设置为空气密度, 各参数的具体含义见*grdflexure* 中的图示。

-E*Te*[**k**]|*D*|*file*

设置弹性板 (通常为岩石圈/地壳) 厚度, 默认单位为 m, **k** 表示单位为 km。如果弹性板厚度的值超过了 1e10, 认为该值超过岩石圈有效弹性厚度的实际范围, GMT 将其认为是抗挠刚度 *D* , 而不是弹性板厚度 (默认情况下 *D* 由有效弹性厚度 *Te* , 杨氏模量和泊松比计算, 见 **-C** 参数)。另外, 还可使用该选项提供一个包含弹性厚度或抗挠刚度的文件 *file* , 该文件必须与 **-Q** 给定的文件具有相同的配准方式。

-Qn|**q**|**t**[*args*]

对垂直方向载荷体的设置。

- **-Qn** 表示没有输入载荷文件, 挠曲变形只通过 **-A** 设置的边界条件驱动。如果没有通过 **-E** 选项指定弹性厚度或者抗挠刚度文件, 还需指定计算的位置
- **-Qq**[*loadfile*] 指定载荷体文件, 载荷体通过等距的位置和在该位置上的压强 (单位为 Pa) 给出
- **-Qt**[*topofile*] 指定载荷体文件, 载荷体通过位置和在该位置上的地形的厚度给出, 单位默认为 m, 地形单位见 **-M**

可选选项

-A[**l**|**r**]*bc*[/*args*]

设置边界条件, **l** 和 **r** 分别为左右边界。*bc* 可设置为下面四个值, 假设挠曲变形为 w = w(x), ' 表示导数:

- 0 无穷大边界, w' = w''' = 0
- 1 周期边界, w' = w''''' = 0
- 2 Clamped 边界, *args* 为单个数字, 挠度的端点值为 *args* , 即 w(end) = args, [默认为 0], w' = 0
- 3 自由边界, *args* 为 *moment/force* , 指定端点的弯矩和垂直剪切力, 默认为 0/0

使用国际单位作为默认单位。

-Cp|**y***value*

分别使用 **p** 和 **y** 修改泊松比的默认值 [0.25] 和杨氏模量的默认值 [7.0e10 N/m^2]

-F*force*

设置恒定的水平方向内力, 单位为 Pa m [0]

-L

使用一个可变的恢复力, 该力取决于挠曲变形的符号

-M[**h**][**v**]

指定载荷体的单位, **h** 表示所有的水平方向的距离以 km 为单位 [meter]; **z** 表示垂直方向的形变以 km

为单位 [meter]

-S

计算对应挠曲的曲率, 将结果放在第三列

-T*wfile*

提供一个预先存在的变形文件 [默认不存在变形]

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-W*wd*[**k**]

设置水深, 默认单位为 m, **k** 表示单位为 km, 该值必须为正, 默认值为 0。任意地面上的地形 (非海洋中) 都会与 **-D** 设置的密度进行缩放, 以补偿 (海) 水与空气的密度差异。

-Z*zm*[**k**]

指定挠曲变形的参考深度 *zm* , 单位为 m, 追加 k 表示单位为 km, 必须为正值, 默认值为 0。在输出前将 *zm* 从挠曲变形上扣除。因此, 如果观测位置在海平面, 设置 -Z5k 则表示观测 5km 处的水深的变形, 如果未发生变形, 则输出 z = -5000。

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more ···)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

几何设置

当前坐标系统为右手坐标系，z 轴指向上方。在这种情况下，地形表面可能高于或者低于参考面，但正方向始终是向上的。因此，正的地形将产生正的位。如果输入数据是深度等向下为正的情况，则需要改变符号。对于网格文件，可以使用 **+s** 或者 **+o** 选项来缩放或者添加偏移以使其满足上述设置。对于表数据，可以使用 **-i** 选项来操作任意列。

单位说明

-M 选项控制着所有的输入输出文件中的单位。但是，和命令行选项 **-E** ，**-W** 和 **-Z** 的单位无关，除非附加了 k 表明以 km 作为单位，默认情况下，都以 m 为单位。

挠曲说明

本模块使用有限差分来求解弹性板（即岩石圈或地壳）的挠曲。这种方法可以用于可变刚度，不同的恢复力，以及存在预变形和不同的边界条件等情况。

示例

计算 `topo.txt` 地形载荷形成的弹性形变，弹性板的厚度为 10 km，密度为典型的地壳密度:

```
gmt flexure -Qttopo.txt -E10k -D2700/3300/1035 > flex.txt
```

参考文献

Bodine, J. H., 1980, *Numerical computation of plate flexure in marine geophysics*, Tech. Rep. CU-1-80, Columbia University.

相关模块

grdflexure, *gravfft*, *grdmath*

18.120 gmtgravmag3d

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-02-17

官方文档

gmtgravmag3d

简介

计算使用 Okabe 方法计算三维物体的重力异常或磁异常

gmtgravmag3d 用来计算由一组三角形描述的多面体的重力异常或磁异常。输出可以在指定的位置上，也可以在网格上。该方法计算速度并不快，但优势在于可以计算任意复杂形状导致的异常。

语法

gmt gravmag3d *xyz_file* **-Tv***vert_file* OR **-Tr|s***raw_file* OR **-M+s***body,params* [**-C***density*] [**-E***thickness*] [**-F***xy_file*] [**-G***outgrid*] [**-H***f_dec/f_dip/m_int/m_dec/m_dip*] [**-L***z_observation*] [**-S***radius*] [**-Z***level*] [**-V**[*level*]] [**-fg**] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-r**reg] [**--PAR**=*value*]

必选选项（不是全部都必选）

-C*density*

以国际单位制设置多面体的密度。该选项与 **-H** 互斥

-H*f_dec/f_dip/m_int/m_dec/m_dip*

设置计算磁异常的参数。*f_dec/f_dip* 表示地磁偏角和地磁倾角，单位为 m。*m_int/m_dec/m_dip* 分别为物体磁强度、偏角和倾角。

-F*xy_file*

计算异常的位置，与 **-G** 选项互斥

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*] [+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**] [:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格文件名，其中各子选项的含义见*读 netCDF 文件* 。

-M+s*body,params*

创建几何体并计算形成的重力异常和磁异常。该选项为 **-Tr**/**-Ts** 选项的替代。创建的几何体为可以是下面几种情况，接下来首先介绍下面几何体中参数的含义：

- *x0* 和 *y0* 为几何体中心的水平坐标 [默认为 (0,0)，Z 轴朝上]
- *npts* 是构成一个圆的离散点的个数
- *n_slices* 为当物体由切片构成时，切片的个数 [默认为 5]。
- *height* 为高度，相对于 *z0*
- *rad* 半径
- *semi_x/semi_y/semi_z* 为半长轴
- *side_x/side_y/side_z* 为边长

例如，球和椭球由 2 x *n_slices* 个切面组成，钟形体为 *n_slices* 。几何体也可以是组合形成的。例如，**-M+s***prism,1/1/1/-5/-10/1*+**s***sphere,1/-5* 表示一个棱柱和一个球体组合成的几何体。但是目前对组合体中的每个个体设置不同的密度或者磁参数还不行。单几何体的形状可以有以下几种：

- *bell,height/sx/sy/z0[/x0/y0/n_sig/npts/n_slices]* 钟形体/高斯形状，表特征的 STD 分别为 *sx* 和 *sy* ，基底的宽度（在 z0 处的宽度）由 *s_sig* 控制，默认为 2；其他参数如上
- *cylinder,rad/height/z0[/x0/y0/npts/n_slices]* 圆柱体，参数如上
- *cone,semi_x/semi_y/height/z0[/x0/y0/npts]* 锥体，参数如上
- *ellipsoid,semi_x/semi_y/semi_z/z_center[/x0/y0/npts/n_slices]* 椭球，中心深度为 *z_center* ，其他参数如上
- *prism,side_x/side_y/side_z/z0[/x0/y0]* 棱柱，参数如上
- *pyramid,side_x/side_y/height/z0[/x0/y0]* 金字塔形状，参数如上
- *sphere,rad/z_center[/x0/y0/npts/n_slices]* 球，中心深度为 *z_center* ，其他参数如上。

-R*xmin/xmax/ymin/ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-Tv*vert_file* 或者 **-Tr|s***raw_file*

两种选项都用来提供闭合的曲面

-Tv*vert_file*

必须同时输入 *xyz_file* 文件。给定闭合曲面的的顶点文件 *vert_file* 。文件格式和*triangulate* 模块生成的格式相同。如果 *xyz_file* 文件可以为 3, 4, 5, 6 或者 8 列。

- 3 列的情况下, 表明磁强度/密度假定为常数, 由 **-C** 和 **-H** 控制
- 4-6 列分别表示, 磁强度, 倾角, 以及偏角
- 8 列时表示, 磁场倾角、偏角以及物体的磁强度、倾角和偏角。

在大于 3 列的情况下, **-H** 选项被忽略。

-Tr|s*raw_file*

raw_file 文件为 N 行 9 列, 其中每个三角形占据一行, 每个顶点 3 个坐标, 即为 9 列。**-Ts** 选项表明曲面文件是 ASCII STL (Stereo Lithographic) 格式。

可选选项

-E[*thickness*]

设置层厚度为 *thickness* , 单位为 m, 默认为 0。只有多面体为非闭合的情况下, 想要计算一定厚度的层形成的异常时才可用该选项

-L[*z_observation*]

设置观测水平面, 默认为 0, 同时也是计算异常的高度面

-S*radius*

以 km 为单位设置搜索半径。当输出点距离三角形中心的距离大于该半径时, 则不考虑该三角形。使用该选项可以加快计算速度, 但是计算结果会变得不准确

-Z[*level*]

设置参考平面的高度为 *level* , 默认为 0。当三角形构成的多面体不闭合并使用该不闭合的曲面和参考面形成多面体时, 才可使用该选项。例如, 计算布格异常的 hater 深度

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-r[**g**|**p**] *(more ···)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格距离单位

如果网格在水平方向上的单位不是 m, 追加 **+u***unit* 可以将输入文件中的单位转换为 m。如果网格是地理坐标, 使用 **-fg** 可以将距离转换为 m。

示例

计算位于 5 m 深, 以 -10/1 为中心的单位立方体的磁异常, 计算位置位于 -R-15/15/-15/15 指定的位置, 物体磁偏角为 10 度, 倾角为 60, 强度为 10 Am, 位于 -10 度的偏角, 40 度倾角的磁场中

```
gmt gmtgravmag3d -R-15/15/-15/15 -I1 -H10/60/10/-10/40 -M+sprism,1/1/1/-5/-10/1 -Gcube_mag_anom.grd
```

参考文献

Okabe, M., Analytical expressions for gravity anomalies due to polyhedral bodies and translation into magnetic anomalies, *Geophysics*, 44, (1979), p 730-741.

相关模块

grdgravmag3d, *gravprisms*, *talwani2d*, *talwani3d*

18.121 gravfft

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

gravfft

简介

网格重力的谱计算, 均衡, 导纳, 以及相干性计算

gravfft 包括 3 种模式。

- 模式 1: 简单地计算地形网格导致的位变化。需要 **-D** 选项给出密度差 (相对密度), 以及 **-W** 选项给出参考基准面 (观测高度)。该模式将对地形网格执行 2—D FFT 并使用指定阶的 Parker 展开式计算。
- 模式 2: 计算地形引起的挠曲响应 (挠曲量)。该模式对网格进行 2—D FFT , 基于选定的均衡模型计算。其中载荷可以从上部加载 (即地形) 也以可以从底部加载 (热点等)。在两种情况下, 使用 **-T** 以及 **-Z** 设置参数。
- 模式 3: 计算导纳或者相干函数 (相干谱), 结果为径向平均。该模式较为复杂, 请参照示例 理解。

语法

gmt gravfft *ingrid* [*ingrid2*] **-G***outgrid* [**-C***n/wavelength/mean_depth*/**t**|**b**|**w**] [**-D***density*|*rhogrid*] [**-E***n_terms*] [**-F**[**f**[+**s**|**z**]|**b**|**g**|**v**|**n**|**e**]] [**-Iw**|**b**|**c**|**t**|**k**] [**-N***params*] [**-Q**] [**-S**] [**-T***te/rl/rm/rw*[/*ri*][+**m**]] [**-V**[*level*]] [**-W***wd*[**k**]] [**-Z***zm*[/*zl*]] [**-f**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

ingrid[=*ID*|?*varname*][+**b***band*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*][+**s***scale*]

输入网格名。对于交叉谱计算, 还需要指定第二个网格。各子选项含义见 网格文件

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**][:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格名, 计算实体对该网格内的点的异常值。各子选项含义见 网格文件

可选选项

-C*n/wavelength/mean_depth*/**t**|**b**|**w**

只计算所选模型的理论导纳曲线并退出。*n* 和 *wavelength* 用于确定 (n * wavelength) 总的波长范围, 最小波长为 *wavelength* 以 m 为单位, 见示例 中最后一个例子。*mean_depth* 为平均水深。**t** 表示使用从上面加载的模型, **b** 表示使用底部加载模型。使用 **w** 可输出波长而不是频率 (波数)。

-D*density*|*rhogrid*

设置密度对比值 (密度差)。例如, 计算水层的重力, 随后可以与自由空气重力异常相结合, 得到布格异常, 这种情况下, 请不要使用 **-T** , 同时默认使用 **-N+h** 。该选项还可指定一个密度差网格 *rhogrid* , 其必须与输入网格具有相同的配准方式, 网格中的 NaN 将被替换为网格中的最小密度差。

-E*n_terms*

Parker 展开式中使用的阶数 (即指数的值), 最大为 10, 默认为 3。

-F[**f**[+**s**]|**b**|**g**|**v**|**n**|**e**]

指定需计算的参量, 默认为自由空气重力异常

- **f** 自由空气重力异常, 单位 mgal。+**s** 表示从地形中删除平均值, 表明为 0 地形, 即不存在质量异常
- **b** 布格重力异常, 单位 mgal
- **g** 大地水准面异常, 单位 m
- **v** 垂直重力梯度, 单位 1 Eotvos = 0.1 mgal/km
- **e** 垂线偏差东向分量, 单位为微弧度
- **n** 垂线偏差北向分量, 单位为微弧度

-Iw|**b**|**c**|**t**|**k**

计算相干函数 (相干谱) 或导纳, 输入必须为两个网格文件, 输出到标准输出。其中第二个网格应为与第一个网格同一范围的重力或者大地水准面。默认计算导纳。输出结果为 3 列或者 4 列, 分别为: 频率 (波长), 导纳 (相干函数), 误差 (1 倍) 以及可选的理论导纳。追加子选项可进行详细设置:

- **w** 输出波长, 而不是频率 (或称波数)
- **k** 设置波长的单位为千米, 默认为 m
- **c** 计算相干谱而不是导纳
- **b** 输出第四列, 其为底部加载的理论导纳
- **t** 同为理论导纳, 但为从顶部加载的弹性板理论导纳

-N[**a**|**f**|**m**|**r**|**s**|*nx/ny*][**+a**|**d**|**h**|**l**][**+e**|**n**|**m**][**+t***width*][**+v**][**+w**[*suffix*]][**+z**[**p**]]

选择或查询适合 FFT 的网格尺寸并设置可选参数。FFT 维度选取：

-Na 以得到最准确的结果来选择 FFT 的维度

-Nf 将 FFT 维度设置为数据实际长度

-Nm 以最小的运行内存来选择 FFT 的维度

-Nr 以最快的计算速度来选择 FFT 的维度

-Ns 列出所有可选的维度, 然后退出

-N*nx/ny* 将会设置 FFT 的维度为 *nx* 和 *ny*（维度必须大于等于网格范围）。默认情况下, **-N** 同样会选择大于网格范围的维度, 在此情况下会对 FFT 的速度和精度进行优化。如果 FFT 的维度大于网格的范围, 对网格进行扩展并 taper（两端尖灭）到 0。

设置移去数据的趋势：

+d: 移去趋势, 即去除符合程度最好的线性趋势 [默认]

+a: 移去均值

+h: 移去中值, 即 0.5 * (max + min).

+l: 不做任何处理

为避免边缘效应, 设置对数据边界的处理：

+e 在数据边界使用边界点对称来扩展网格 [默认]

+m 在数据边界使用镜像对称来扩展数据

+n 不使用任何数据扩展

+t 从数据的边界到 FFT 网格边界使用 taper 使数据趋近于 0 [100%]。使用 **+t***width* 可以修改扩展的范围。当设置了 **+n** 选项时, 不进行数据扩展, 且将 taper 用于数据内部, 而不是扩展的范围。(译注: 100% 的含义为在网格四周分别扩展数据范围的 50%, 然后使用 taper 来填充新扩展的区域。Taper 或可译为两端尖灭, 是一种加窗方法, 且窗为平顶, 这里默认使用的 cos 函数形状, 即 Tukey 窗。将数据边界上的值逐渐减小到 0 , 以避免谱泄漏)

+v 在处理中报告适合的维度

中间结果的设置, 用来保存中间结果, 以便用户可以使用中间结果自行进行某步骤：

+w[*suffix*] 设置去趋势/数据扩展/taper 的网格后缀, 即最终生成 xxx_suffix.ext 的结果。

+z 可用来保存执行 FFT 后的复数结果, 包括两个网格, 文件名将为 xxx_real.ext 和 xxx_imag.ext。追加 **p** 可以设置为 polar 形式, 即幅度和相位, 文件名为 xxx_mag.ext 和 xxx_phase.ext 。

-Q

输出具有形变的地形网格, z 轴向上, 其平均深度由 **-Z***zm* 指定, 模型参数由 **-T** 设置。这就是“gravimetric Moho”。该选项默认使用 **-N+h**

-S

基于理论模型, 计算由测深作为载荷产生的重力以及大地水准面网格。相关参数需要在 **-T** 和 **-Z** 中设

置。Parker 展开式的阶数设置为 1, 见下面的示例

-T*te/rl/rm/rw*[*/ri*][**+m**]

计算输入的地形载荷在厚度为 *te* 的弹性板的情况下造成的均衡补偿。*rl*, *rm*, *rw* 以及 *ri* 分别为载荷、地幔、海水以及填充物的密度, 使用 SI 单位。如果不指定 *ri* , 则其等于 *rl* 。使用 **-Z** 设置地幔平均深度。如果弹性板厚度 *te* 大于 1e10, 则将被解析为抗扰刚度。**+m** 选项用来输出带有 Moho 面效应的网格, 见 **-F** 。如果 $te = 0$, 则响应函数变为 Airy 模型。使用 **-T+m** 时会默认设置 **-N+h**

-W*wd*[**k**]

以 m 为单位设置相对于地形的水深, 即观测高度

-Z*zm*[*zl*]

Moho [and swell] 平均补偿深度, 以 m 为单位, 向下为正。对于从上面加载的情况, 只需提供 *zm* , 对于底部加载, 还要设置 *zl*

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-fflags

地理坐标网格将会在平地球近似下将坐标单位转换为 m

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格距离单位

如果输入的笛卡尔网格的水平方向距离的单位不是米, 可以通过对输入文件名 **+u***unit* 来将指定的单位转换为米。例如: 对输入文件 **+uk** 将会把输入网格的 x 和 y 坐标的单位从 km 转换为 m。如果输入网格为地理网格, 可以通过 **-f**flags 将单位转换为米

注意事项

NetCDF COARDS 网格将会被自动识别为地理网格。对于其他格式的地理网格, 可使用 **-f**flags 将单位转换为 m。如果地理网格接近两级, 则应考虑使用*grdproject* 投影后计算。

Plate Flexure

弹性板的变形中使用了 FFT 解, 需要填充密度等于载荷密度 (见*grdflexure*)。这种情况通常填充物位于载荷的下方, 如果填充物超过载荷的高度, 则填充物通常是密度较低的沉积物, 或者是水/空气。Wessel(2001) 提出了一种近似方法, 允许指定不同于载荷的填充物密度, 同时仍能使用 FFT 解。其思想为使用填充物密度作为载荷密度, 但振幅通过一个系数 A = sqrt ((rm - ri)/(rm - rl)) 来调整, 即对于点载荷使用不同密度导致的理论差异。这种近似在刚度较小的板上存在较大的载荷时会失效, 其他情况表现都很好, 且上述失效的情况也并不常见。

示例

(1) 假设地壳和海水的密度分别为 2700 和 1035, 计算海底地形上的海水的影响, 将结果写入到 water_g.grd (Paker 公式计算到 4 阶)

```
gmt gravfft bat.grd -D1665 -Gwater_g.grd -E4
```

然后在自由空气重力异常 faa.grd 中减去该结果即得到布格重力异常

```
gmt grdmath faa.grd water_g.grd SUB = bouguer.grd
```

对上面计算过程做简单解释: 这里使用减而不是加的原因为, 布格异常假定改正了水层导致的质量亏损, 所以应该加 water_g.grd, 因为水的密度比下面的岩石小。

接下来计算地壳地幔的贡献, 并叠加到海底异常中。假定地壳厚度为 6 km, 密度为 2700, 地幔密度为 3300; 可以重复使用用于计算水层异常的命令, 但密度对比设置为 600。但上述计算需要提前知道平均 Moho 面深度, 可以通过对网格进行一定的缩放或者偏移实现。这里需要注意偏移的符号, 因为 z 轴向上为正

```
gmt gravfft bat.grd=+o-6000 -D600 -Gmoho_g.grd
```

接下来, 将其从布格重力异常中减去即得到地幔布格重力异常

```
gmt grdmath bouguer.grd moho_g.grd SUB = mba.grd
```

(2) 计算平均深度为 7 km, 密度为 2700 的弹性板上地形加载的影响, 地幔平均深度为 9 km, 密度为 3300

```
gmt gravfft bat.grd -Gelastic.grd -T7000/2700/3300/1035+m -Z9000
```

如果考虑海底以及 Moho 面效应, 则获得完整的均衡模型重力响应, 这里仅使用 Parker 展开式中的第一项

```
gmt gravfft bat.grd -D1665 -Gwater_g.grd -E1
gmt gravfft bat.grd -Gelastic.grd -T7000/2700/3300/1035+m -Z9000 -E1
gmt grdmath water_g.grd elastic.grd ADD = model.grd
```

使用下面的命令可以得到与上面同样的结果

```
gmt gravfft bat.grd -Gmodel.grd -T7000/2700/3300/1035 -Z9000 -E1
```

注: 不知是由于 bug 或是某些限制, 上面两种计算中, 使用 **-E1** 时结果是相同的, 但是对于大于 1 的情况, 结果则不同, 第一种方法是对的, 第二种方法则存在问题。

(3) 假定存在一个隆起, 其深度为 50 km, 上部平均补偿面深为 9 km, 计算其产生的大地水准面异常

```
gmt gravfft topo.grd -Gswell_geoid.grd -T7000/2700/3300/1035 -Fg -Z9000/50000 -S -E1
```

(4) 计算测深网格 topo.grd 和自由空气重力异常网格 faa.grd 之间的导纳, 假定地壳有效弹性厚度为 10 km, 平均补偿深度为 9 km, 并输出从上部加载的理论导纳

```
gmt gravfft topo.grd faa.grd -It -T10000/2700/3300/1035 -Z9000
```

(5) 计算测深网格以及大地水准面网格之间的导纳, 且存在一定的底部加载, 该加载下补偿面深度为 40 km, 上补偿面深度为 9 km, 并在计算结果中输出波长而不是频率

```
gmt gravfft topo.grd geoid.grd -Ibw -T10000/2700/3300/1035 -Z9000/40000 -fg
```

(6) 计算重力理论导纳, 其存在底部加载, 参数如上, 结果结果波长范围为 2000 km, 最小波长为 500 km

```
gmt gravfft -C400/5000/3000/b -T10000/2700/3300/1035 -Z9000/40000
```

参考文献

Luis, J.F. and M.C. Neves. 2006, The isostatic compensation of the Azores Plateau: a 3D admittance and coherence analysis. J. Geothermal Volc. Res. Volume 156, Issues 1-2, Pages 10–22, https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2006.03.010

Parker, R. L., 1972, The rapid calculation of potential anomalies, Geophys. J., 31, 447–455.

Wessel. P., 2001, Global distribution of seamounts inferred from gridded Geosat/ERS-1 altimetry, J. Geophys. Res., 106(B9), 19,431–19,441, https://doi.org/10.1029/2000JB000083

相关模块

grdfft, *gmtflexure*, *grdflexure*, *gmtgravmag3d*, *grdgravmag3d*, *grdseamount*, *talwani2d*, *talwani3d*

18.122 grdflexure

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-07

官方文档

grdflexure

简介

计算 3-D 载荷在多种流变学条件下产生的挠曲变形

目前均衡研究中主要存在 3 种模型, 分别为 Pratt 模型, Airy 模型以及挠曲模型。**grdflexure** 即为挠曲均衡模型, 其可计算地形载荷 $h(\mathbf{x})$ 在 5 种不同流变学条件下引起的变形, 所有情况中承载地形的板 (通常为地壳或者岩石圈) 的厚度都认为是相同的, 以下为 5 种流变基础:

1. 弹性板覆盖在无粘性的半空间上
2. 弹性板覆盖在粘性板上 (Firmoviscous 或者 Kelvin-Voigt)
3. 弹性板覆盖在粘性层上, 然后整体覆盖在粘性半空间上
4. 粘弹性板覆盖在无粘性半空间上
5. 线性粘弹性模型, 弹性板覆盖在无粘性半空间上, 已知初始和结束时的弹性板厚度

五种流变基础分别对应均衡研究中对岩石圈/地壳的五种假设, 其对应的响应函数分别为 *elastic* [1; $\Phi_e(\mathbf{k})$], *firmoviscous* [2,3; $\Phi_{fv}(\mathbf{k}, t)$], *viscoelastic* [4; $\Phi_{ve}(\mathbf{k}, t)$], 和 *general linear* (viscoelastic) [5; $\Phi_{gl}(\mathbf{k}, t)$]。如果 (粘) 弹性板消失 (厚度为 0), 则退化为 Airy 均衡模型 (1,4) 或者纯粘性模型 (2, 3)。还可为模型提供等间隔的网格以研究随时间变化的结果; 此外还可为模型制定相关的流体基础和常数, 包括板内应力。

语法

gmt grdflexure *input* **-D***rm*/*rl*[/*ri*]/*rw*[+**r***rr*] **-E**[*Te*[**k**][/*Te2*[**k**]]] **-G***outgrid* [**-A***Nx*/*Ny*/*Nxy*] [**-Cp**|**y***value*] [**-F***nu_a*[/*h_a*[**k**]/*nu_m*]] [**-H***rhogrid* [**-L***list*] [**-M***tm*] [**-N***params*] [**-Q**] [**-S***beta*] [**-T***t0*[/*t1*/*dt*[+**l**]]|*file*] [**-V**[*level*]] [**-W***wd*][**k**] [**-Z***zm*][**k**] [**-h**headers] [**-f**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

topogrd

地形网格载荷, 可以为多种形式:

- 单个二维二进制网格文件, 单位为 m
- 如果使用 **-T** 选项, *topogrd* 可以是一个 C 语言语法形式的模版名, 见网格文件名模版 。将为每个时间加载不同的地形网格。因此, 加载时间必须与 **-T** 给出的时间一致(但并非所有的时间都需要对应的文件)。
- 可以将 *topogrd* 指定为 *flist*+**l** , 其中 *flist* 为文本文件, 其中每条记录均包含一个 topogrd 文件名和对应的加载时间 (例如*grdseamount* 的 **-M** 选项生成的列表)。加载的时间可以和 **-T** 给出的时间不同, 参见 **-T** 。**注**: 如果 *flist* 文件中包含第三列, 则第二列为加载地形的密度, 此密度可以覆盖 **-D** 选项设置的固定密度 *rl* 。最后一列为格式化的你那呆字符串。
- 一个以 ".lis" 为后缀的文本文件, 该后缀会自动被识别为文件列表, 而不需要 +**l** 选项。

注: 水平方向维度输入单位应该为米。如果输入网格单位为 km, 则可以追加 +**uk** , 在程序内部会将 km 转换为 m。所有的文件都需要包含相同的维度, 如果文件中存在 NaN, 则会自动被替换为 0, 使用 **-V** 选项可查看这些替换报告。

-D*rm*/*rl*[/*ri*]/*rw*[+**r***rr*]

分别设置地幔, 载荷, 填充物和水 (或空气) 的密度。如果 *ri* 和 *rl* 不同, 则确定一个近似解。如果 *ri* 没有指定, 则默认其等于 *rl* 。密度的单位可以是 km/m^3 或 g/cm^3 。**注**: 如果使用 **-H** 选项指定可变密度的负载, 则 *rl* 必须设置为 -。无论载荷的密度是否可变, 都可以通过 +**r** 指定一个固定的根部密度, 即载荷下方的填充密度。这会强制根据 *rl*/*rr* 的比例重新调整载荷地形, 然后将 *rl* 重置为 *rr* 以计算形变。

-E[*Te*[**k**][/*Te2*[**k**]]

设置弹性板厚度 (单位为 m) , **k** 表示单位为 km。如果弹性板厚度的值超过了 1e10, 认为该值超过岩石圈有效弹性厚度的实际范围, GMT 将其认为是抗挠刚度, 而不是弹性板厚度 *D* (默认情况下 *D* 由有效弹性厚度 *Te* , 杨氏模量和泊松比计算, 见 **-C** 参数)。如果 **-E** 后不加任何参数且和 **-F** 同时使用, 则表明不设置弹性板, GMT 将返回带有软流圈或者不含软流圈的纯粘性响应。通过给定初始的弹性厚度 *Te* 和最终弹性厚度 *Te2* , 可以选择设置为线性粘弹性响应, 这时需要同时使用 **-M** 选项。

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*] [+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**] [:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格文件名, 其中各子选项的含义见 网格文件 如果使用 **-T** 选项, 则需要使用 C 语言的语法指定输出格网序列的名称格式。见网格文件名模版 。如果输出文件名中包含%s (单位名称) 或%c (单位字母), GMT 将会使用每个网格对应的时间生成文件名, 否则会使用年作为时间生成文件名。

可选选项

-A*Nx/Ny/Nxy*

指定 x 和 y 方向的压力或者拉力以及任意剪应力。压力用负值表示, 拉力用正值表示, 由于 **N** 为深度积分的水平应力, 所以单位为 Pa · m。

-Cp|y*value*

分别使用 **p** 和 **y** 修改泊松比的默认值 [0.25] 和杨氏模量的默认值 [7.0e10 N/m^2]

-F*nu_a*[/*h_a*[**k**]/*nu_m*]

使用刚粘性模型, 并通过 **-E** 指定弹性板厚度。可以指定弹性板覆盖的粘性半空间的粘度 *nu_a* , 也可以追加软流圈的厚度 *h_a* 以及下地幔的粘度 *nu_m* , 这种情况下, *nu_a* 即变为软流圈的粘度。粘度单位为 Pa.s。软流圈厚度单位默认为 m, 追加 **k** 可变为 km。该选项不能与 **-M** 选项同时使用。

-H*rhogrid*

指定可变密度的载荷网格。可以为单个网格或者网格文件模版 (见网格文件名模版)。使用该选项需要在 **-D** 选项中设置 *rho_l* 为 -。**注**: 如果该模块输入的载荷网格是一个网格列表, 则密度网格必须同时在输入的网格列表中给出, 而不是使用这里的 **-H** 选项给出。

-L*list*

将所有创建的网格的名称和对应的时间写入到 *list* 文件中。该选项需要 **-T** 选项。文本文件的第一列为以年为单位的时间, 最后一列则为格式化的时间, 因此, 输出的文本文件的格式为 *time flexuregrid timetag* 。

-N[**a**|**f**|**m**|**r**|**s**|*nx/ny*][+**a**|**d**|**h**|**l**][+**e**|**n**|**m**][+**t***width*][+**v**][+**w**[*suffix*]][+**z**[**p**]]

选择或查询适合 FFT 的网格尺寸并设置可选参数。FFT 维度选取:

-Na 以得到最准确的结果来选择 FFT 的维度

-Nf 将 FFT 维度设置为数据实际长度

-Nm 以最小的运行内存来选择 FFT 的维度

-Nr 以最快的计算速度来选择 FFT 的维度

-Ns 列出所有可选的维度, 然后退出

-N*nx/ny* 将会设置 FFT 的维度为 *nx* 和 *ny* (维度必须大于等于网格范围)。默认情况下, **-N** 同样会选择大于网格范围的维度, 在此情况下会对 FFT 的速度和精度进行优化。如果 FFT 的维度大于网格的范围, 对网格进行扩展并 taper (两端尖灭) 到 0。

设置移去数据的趋势:

+**d**: 移去趋势, 即去除符合程度最好的线性趋势 [默认]

+**a**: 移去均值

+**h**: 移去中值, 即 0.5 * (max + min).

+**l**: 不做任何处理

为避免边缘效应, 设置对数据边界的处理:

+**e** 在数据边界使用边界点对称来扩展网格 [默认]

+**m** 在数据边界使用镜像对称来扩展数据

+n 不使用任何数据扩展

+t 从数据的边界到 FFT 网格边界使用 taper 使数据趋近于 0 [100%]。使用 **+t***width* 可以修改扩展的范围。当设置了 **+n** 选项时, 不进行数据扩展, 且将 taper 用于数据内部, 而不是扩展的范围。(译注: 100% 的含义为在网格四周分别扩展数据范围的 50%, 然后使用 taper 来填充新扩展的区域。Taper 或可译为两端尖灭, 是一种加窗方法, 且窗为平顶, 这里默认使用的 cos 函数形状, 即 Tukey 窗。将数据边界上的值逐渐减小到 0 , 以避免谱泄漏)

+v 在处理中报告适合的维度

中间结果的设置, 用来保存中间结果, 以便用户可以使用中间结果自行进行某步骤:

+w[*suffix*] 设置去趋势/数据扩展/taper 的网格后缀, 即最终生成 xxx_suffix.ext 的结果。

+z 可用来保存执行 FFT 后的复数结果, 包括两个网格, 文件名将为 xxx_real.ext 和 xxx_imag.ext。追加 **p** 可以设置为 polar 形式, 即幅度和相位, 文件名为 xxx_mag.ext 和 xxx_phase.ext 。

-M*tm*

使用粘弹性模型, 并通过 **-E** 选项设置弹性板的厚度。可追加粘弹性模型的 Maxwell 时间 *tm* , 单位为年, 追加 **k** 选项表示 kyr , 追加 **M** 表示 Myr。该选项不能和 **-F** 选项同时使用。

-Q

不计算形变, 而是在选定的参数下计算响应函数, 见下面的响应函数理论

-S*beta*

指定一个指数, 该指数反映了载荷导致的形变在四周连带形成的凹陷 (常称为 "护城河") 中的物质的密度。若该指数为 1, 则表示护城河完全填充了密度为 *ri* 的物质 (即护城河完全被其他物质填充), 若为 0, 则表示完全填充了密度为 *rw* 的物质 (即没有填充物, 被水填充), 默认为 1。

-T*t0*[/*t1*/*dt*[+**l**]]|*file*

指定起始时间 *t0* , 终止时间 *t1* 以及时间间隔 *dt* [默认只进行一次与时间无关的计算]。对于单个时间, 只需指定 *t0* 。默认单位为年, 追加 **k** 表示 kyr, **M** 表示 Myr。使用 **+l** 选项以及将 *dt* 替换为 *n* 可以设置对数时间轴。或者, 还可以设置一个文件 *file* , 文件中第一列为时间, 其中的时间也可追加单位, 不追加时默认使用年。对于其中的每个时间点, 该模块都输出一个网格, 见 **-G** 和网格文件名模版 。

-W*wd*[**k**]

指定水深, 单位为 m, 追加 **k** 表示 km。必须为正值, 默认为 0。如果载荷超过该深度, 则对水面上的部分进行缩放以补偿水和空气的密度差异。

-Z*zm*[**k**]

指定挠曲变形的参考深度 *zm* (即 Moho 面), 单位为 m, 追加 **k** 表示单位为 km, 必须为正值, 默认值为 0。在输出前将在挠曲变形上减去该值。因此, 如果观测水平面位于海平面, 如需观测 5km 深处的海底形变, 则使用-Z5k, 输出未变形面的 z = *-5000*。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-fflags

地理坐标网格将会被转换为平地球下的米, 其中使用椭球参数近似

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格文件名模版

网格文件名允许使用一定的规则来定制模版:

- 若将格式化的时间作为文件名的一部分, 则使用单个%s 作为模版的一部分 (例如, smt_%s.grd)
- 若想控制名称中数字的格式,但仍保留时间的单位,则可以使用%f 和%c 的组合。例如:smt_%05.1f%c.grd 将会生成类似 smt_001.1M.grd 的文件名。时间将会进行缩放以适应设置的单位
- 如果不想使用任何单位, 则只需给定一个浮点格式的模版, 例如: smt_%05.1f_name.grd。时间的单位与原单位相同, 即不使用缩放。

详细的格式信息, 见 C 语言 printf 语法。

网格距离单位

如果输入的笛卡尔网格的水平方向距离的单位不是米, 可以通过对输入文件名 **+u***unit* 来将指定的单位转换为米。例如: 对输入文件 **+uk** 将会把输入网格的 x 和 y 坐标的单位从 km 转换为 m。如果输入网格为地理网格, 可以通过 **-f**flags 将单位转换为米。

注意事项

本模块使用矩形笛卡尔 FFT 计算。如果用户计算区域接近极点, 则应该考虑使用笛卡尔坐标; 从地理坐标到笛卡尔坐标的转换可以使用*grdproject* 模块实现。

示例

接下来使用高斯海山来演示 grdflexure 的使用。

1. 在位置 (300,300) 存在一个半径为 50 km, 高度为 5000 m 的平顶海山, 使用*grdseamount* 可以生成该海山网格文件

```
echo 300 300 0  40  40  5000 | gmt grdseamount -R0/600/0/600+uk -I1000 -Gsmt.nc t.txt -Dk -E -F0.1 -Cg
```

2. 以该海山 `smt.nc` 作为载荷, 计算弹性形变, 假定弹性板厚度为 10 km

```
gmt grdflexure smt.nc -Gflex.nc -E10k -D2700/3300/1035
```

3. 使用 **-A** 可以计算平面内应力对结果的影响

```
gmt grdflexure smt.nc -Gflex.nc -E10k -D2700/3300/1035 -A-4e11/2e11/-1e12
```

4. 假定流变基础不为纯弹性, 而是为粘弹性, 计算该海山在 20 km 厚板上产生的形变, 密度为默认为常用的值, Maxwell 时间设置为 40 kyr

```
gmt grdflexure smt.nc -Gflex.nc -E20k -D2700/3300/1035 -M40k
```

5. 假定流变基础为刚粘性, 板厚度为 15 km, 密度仍与上例相同, 粘性地幔粘度为 2e21, 计算在此条件下海

山造成的形变

```
gmt grdflexure smt.nc -Gflex.nc -E15k -D2700/3300/1035 -F2e21
```

6. 假定流变基础为线性粘弹性, Maxwell 时间为 100 kyr, 初始有效弹性厚度为 40 km, 结束时有效弹性厚度为 15 km, 计算海山造成的形变

```
gmt grdflexure smt.nc -Gflex.nc -E40k/15k -D2700/3300/1035 -M100k
```

基于指定的流变基础, 计算刚粘性响应函数:

```
gmt grdflexure -D3300/2800/2800/1000 -Q -F2e20
```

指定流变学基础, 由 `l.lis` 指定一系列时间和响应的载荷, 计算器刚粘性响应。其中时间间隔为 1 Ma

```
gmt grdflexure -T1M =l.lis -D3300/2800/2800/1000 -E5k -Gflx/smt_fv_%03.1f_%s.nc -F2e20 -Nf+a
```

转换函数

如果使用 **-Q** 选项, 则不计算挠曲变形, 也不需要输入文件, 而是输出转换函数。转换函数 $\Phi(\mathbf{k},t)$ 将被存入 7 个文件, 分别对应 7 个不同的有效弹性厚度 (1, 2, 5, 10, 20, 50 以及 100 km)。每个文件的前两列为以 km 为单位的波长以及以 1/m 为单位的波数, 波长的范围和间隔为 1:1:3000 km。每个文件都计算了多个加载时间的转换函数, 包括 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 k 年以及 1 和 2M 年。对于纯弹性响应函数, 则并不输出所有上述加载时间的结果, 而是只输出一个结果。这 7 个文件命名为 grdflexure_transfer_function_te_te_km.txt, 其中 *te* 将被替换为有效弹性厚度值。

响应函数理论

由地形 $h(\mathbf{x})$ 引起的变形 $w(\mathbf{x})$ 随时间的变化在傅立叶域 (波数域) 中可由下式得到:

$$W(\mathbf{k},t) = \gamma\left(\frac{\rho_l - \rho_w}{\rho_m - \rho_l}\right) H(\mathbf{k})\Phi(\mathbf{k},t) = \gamma A H(\mathbf{k})\Phi(\mathbf{k},t)$$

式中, $\mathbf{k} = (k_x, k_y)$ 为波数向量, k_r 为其幅值, $H(\mathbf{k})$ 为波数域中的地形载荷, 即 $h(\mathbf{x})$ 的傅立叶变换, A 为 Airy 密度比, γ 常数, 取决于填充物密度, $\Phi(\mathbf{k},t)$ 为所选流体基础的响应函数。**grdflexure** 读取一个或者多个载荷 $h(\mathbf{x})$, 将其转换为 $H(\mathbf{k})$, 计算响应函数, 并计算最终的变形 $W(\mathbf{k},t)$, 经过 IFFT 后即得到一个或者多个载荷引起的形变 $w(\mathbf{x})$ 。

可变加载密度

如果负载密度是可变的, 即使用 **-H** 选项设置输入网格, 则简单地将加载的高度调整为和平均加载密度等效的高度; 即满足 $\rho_l(\mathbf{x}) \cdot h(\mathbf{x}) = \bar{\rho}_l \cdot h'(\mathbf{x})$ 。

水下和水上加载

如果使用 **-W** 指定水深, 则会检查负载的高度 (或者如上述可变加载密度 中的调整后的高度) 是否超过水深。如果超过, 则将高于水面的的负载高度调整以适应密度差的变化 (即, 原本水与负载之间的密度差变为空气与负载之间的密度差, 因此需调整对应的高度); 因此, 水上部分的高度将乘以 $\frac{\rho_l}{\rho_l - \rho_w}$ 。

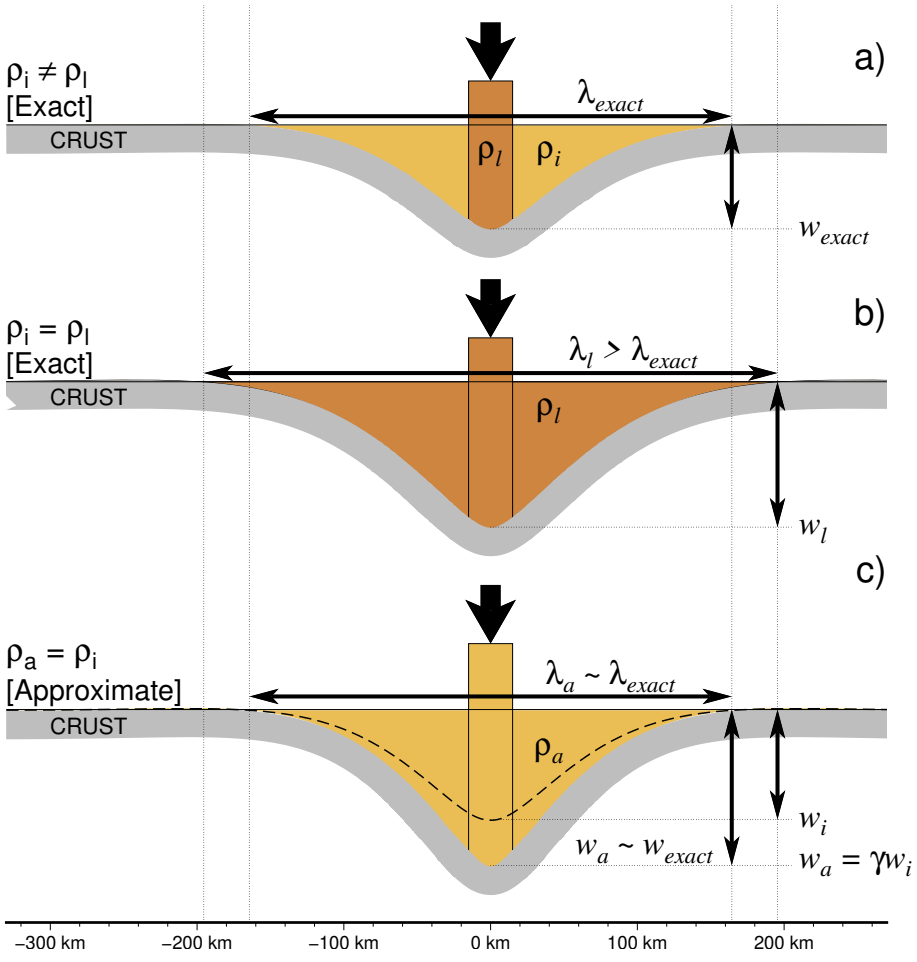
填充物密度

如果 $\rho_i = \rho_l$, 则 $\gamma = 1$, 如果填充物的密度随空间变化, 则无法使用 FFT 求解。通过使 $\rho_l = \rho_i$ 以及下面的公式可以避免这种情况:

$$\gamma = \sqrt{\frac{\rho_m - \rho_i}{\rho_m - \rho_l}}$$

这种近似在除板上负载非常大的情况下表现都很好 (Wessel, 2001)。

Source Code



上图从 Wessel(2016) 中修改得到, (a) 图中护城河中物质的密度 (ρ_i) 以及负载的密度 (ρ_l) 不同。不幸的是, FFT 解需要一个常数密度差异。(b) 图中使用负载密度作为填充物密度, 这种情况会高估形变的波长 (λ_l) 以及幅度 (w_l)。(c) 图中使用填充物密度作为负载密度, 计算结果中形变的波长大致正确, 但低估了七幅度 (虚线)。我们通过对 w_i 缩放 γ 可以得到满意的结果。

弹性响应函数

与时间无关的弹性响应函数为

$$\Phi_e(\mathbf{k}) = \left[1 + \alpha_r^4 + \epsilon_x\alpha_x^2 + \epsilon_y\alpha_y^2 + \epsilon_{xy}\alpha_{xy}^2\right]^{-1}, \quad \alpha_s = k_s/k$$

其中 k 为形变波数, ϵ_s 为常数, N_x, N_y, N_{xy} 为下标 $s = (x, y, xy)$ 的平面应力。

$$k = \left[\frac{(\rho_m - \rho_i)g}{D}\right]^{\frac{1}{4}}, \quad \epsilon_s = \left[\frac{N_s}{(\rho_m - \rho_i)g}\right]^{\frac{1}{2}}$$

在常见的情况下, N_s 都是 0, 并且弹性响应函数具有各向同性:

$$\Phi_e(k_r) = \left[1 + \alpha_r^4\right]^{-1}$$

刚粘性响应函数

刚粘性响应函数 $\Phi(\mathbf{k}, t)$ 在给定的波数和时间下缩放形变信息, 并受流变基础参数以及平面应力的影响:

$$\Phi_{fv}(\mathbf{k}, t) = \Phi_e(\mathbf{k})\left[1 - \exp\left\{-\frac{(\rho_m - \rho_l)\tau(k_r)}{\rho_m\Phi_e(\mathbf{k})}t\right\}\right]$$

如果流变基础为非粘性半空间, 则 *relaxation parameter* $\tau(k_r) = \infty$ 与时间无关, 且 $\Phi_{fv}(\mathbf{k}, t) = \Phi_e(\mathbf{k})$ 。否则:

$$\tau(k_r) = \frac{\rho_m g}{2\eta_m k_r}\beta(k_r)$$

式中, $\beta(k_r)$ 取决于是否在粘性 ($\beta(k_r) = 1$) 半空间上添加一个有效弹性厚度为 T_a 粘度为 η_a 的层 (Cathles, 1975; Nakada, 1986)。如果不存在该层, 则 $\beta(k_r) = 1$, 否则:

$$\beta(k_r) = \frac{(\theta + \theta^{-1})CS + k_r T_a(\theta - \theta^{-1}) + S^2 + C^2}{2CS\theta + (1 - \theta)k_r^2 T_a^2 + \theta S^2 + C^2}$$

式中

$$\theta = \eta_a/\eta_m, \quad S = \sinh(k_r T_a), \quad C = \cosh(k_r T_a)$$

Airy 和粘性响应函数

在极限的情况下 $t \to \infty, \tau \to 0$, 即得到一个纯弹性解:

$$W(\mathbf{k}) = A\gamma H(\mathbf{k})\Phi_e(\mathbf{k})$$

否则, 如果该弹性板刚度为 0 (**-E**0), 则 $\Phi_e(\mathbf{k}) = 1$ 且响应函数为纯粘性并是各向同性的:

$$\Phi_v(k_r, t) = \left[1 - \exp\left\{-\frac{(\rho_m - \rho_l)\tau(k_r)}{\rho_m}t\right\}\right]$$

对于 $t \to \infty$ (或一个非粘性的半空间), 则得到 Airy 均衡 $w(\mathbf{x}) = Ah(\mathbf{x})$ 。

Maxwell 粘弹性响应函数

对于第四种流变基础, 粘弹性响应函数为 (仅适用于无粘性基础)

$$\Phi_{ve}(\mathbf{k}, t) = 1 - [1 - \Phi_e(\mathbf{k})]\exp\left\{-\frac{t}{t_m}\Phi_e(\mathbf{k})\right\}$$

式中 t_m 为 Maxwell relaxation time(Watts, 2001)。

线性粘弹性响应函数

对于第五种流变基础, 线性粘弹性响应函数为 (仅适用于无粘性基础) (Karner, 1982):

$$\Phi_{gl}(\mathbf{k},t) = \Phi_f(\mathbf{k}) + [\Phi_i(\mathbf{k}) - \Phi_f(\mathbf{k})] \exp\left\{-\frac{t}{t_m}\frac{D_i\Phi_i(\mathbf{k})}{D_f\Phi_f(\mathbf{k})}\right\}$$

下标 i 和 f 分别指起始时间 ($t = 0$) 以及终止时间 ($t = \infty$), 刚度相关的参数为 D_i, D_f , 弹性响应函数为 Φ_i, Φ_f 。

参考文献

Cathles, L. M., 1975, *The viscosity of the earth' s mantle*, Princeton University Press.

Karner, G. D., 1982, Spectral representation of isostatic models, *BMR J. Australian Geology & Geophysics, 7*, 55-62.

Nakada, M., 1986, Holocene sea levels in oceanic islands: Implications for the rheological structure of the Earth' s mantle, *Tectonophysics, 121*, 263–276, https://doi.org/10.1016/0040-1951(86)90047-8.

Watts, A. B., 2001, *Isostasy and Flexure of the Lithosphere*, 458 pp., Cambridge University Press.

Wessel. P., 2001, Global distribution of seamounts inferred from gridded Geosat/ERS-1 altimetry, J. Geophys. Res., 106(B9), 19,431-19,441, https://doi.org/10.1029/2000JB000083.

Wessel, P., 2016, Regional–residual separation of bathymetry and revised estimates of Hawaii plume flux, *Geophys. J. Int., 204(2)*, 932-947, https://doi.org/10.1093/gji/ggv472.

相关模块

gmtflexure, *grdfft*, *gravfft*, *grdmath*, *grdseamount*

18.123 grdgravmag3d

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-02-19

官方文档

grdgravmag3d

简介

使用 Okabe 方法计算一个 (或两个) 网格形成的重力异常

grdgravmag3d 可以计算网格中包含的实体形成的重力异常/磁异常。计算位置可以是给定的坐标也可以是一个网格。该算法计算速度一般, 但可以计算任意复杂形状造成的异常。

语法

gmt grdgravmag3d *grdfile_top* [*grdfile_bot*] [**-C***density*] [**-E***thickness*] [**-F***xy_file*] [**-G***outgrid*] [**-H***args*] [**-I***increment*] [**-L***z_obs*] [**-Q**[**n***n_pad*]|[*pad_dist*]|[*region*]] [**-R***region*] [**-S***radius*] [**-V**[*level*]] [**-Z***level*[**b**|**t**]] [**-f**flags] [**-x**+*a*/*n*/-*n*] [**--PAR**=*value*]

必选选项

grdfile_top [*grdfile_bot*]

输入地形网格文件, 输出结果为重力异常。如果输入 2 个网格文件, 则计算两个地形网格围成的体积的重力异常或者磁异常。

-C*density*

设置物体密度, 单位为 kg/m^3。也可使用一个网格文件提供其可变的密度。该选项与 **-H** 不能同时使用

-F*xy_file*

计算位于 *xy_file* 文件中的点上的异常值。该选项与 **-G** 选项不能同时使用

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*] [+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**] [:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格名, 计算实体对该网格中点的异常值。各子选项含义见 网格文件 。

可选选项

-E*thickness*

设置层厚度为 *thickness* , 单位为 m, 默认为 500 m

-H*f_dec/f_dip/m_int/m_dec/m_dip*

-H+m*magfile*

-Hx|**y**|**z**|**h**|**t**

-H+i|**g**|**r**|**f**|**n**

设置计算磁异常的参数(可以使用多次)

f_dec/f_dip 地磁偏角/倾角

m_int/m_dec/m_dip 物体磁强度/偏角/倾角

或者使用网格模式

+**m***magfile* 其中 *magfile* 为磁强度文件

以下选行用于计算分量

x|**X**|**e**|**E** 计算东西分量

y|**Y**|**n**|**N** 计算南北分量

z|**Z** 计算垂直分量

h|**H** 计算水平分量

t|**T**|**f**|**F** 计算整个场

如果计算磁异常时，假定环境磁场不为常数，则可以使用 IGRF 设置可变的磁倾角和偏角，即 **-H+i|g|r|f|n**

-I*xinc*[**+e**|**n**][/*yinc*[**+e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-L*z_obs*

设置观测水平面, 默认为 0, 同时也是计算异常的高度面

-Q[**n***n_pad*]|[*pad_dist*]|[*region*]

基于 **-R** 选项扩展计算区域

-Qn*n_pad* 扩展边缘 *n_pad* * dx[/dy] 大小的范围, *n_pad* 为点数

-Q*pad_dist* 只在东西方向分别扩展 *pad_dist* 大小的范围, *pad_dist* 为距离

-Q*region* 与 **-R** 选项语法相同

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-S*radius*

以 km 为单位设置搜索半径, 仅在两网格模式或者使用 **-E** 时有效, 默认为 30 km。该选项通过不计算与当前节点距离大于 *radius* 的棱柱的影响来加快计算速度, 但会导致结果不准确。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Z*level*[**b**|**t**]

设置参考平面, 默认 *level* = 0。计算时将使用该参考面与地形网格构成的区域形成的异常。参考面在水平方向穿过地形网格时 (例如, 在水深处计算布格异常), 使用 **-Zb** 或 **Zt** 将分别计算参考面与地形网格构成的区域的下部或者上部形成的异常。

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more ···)*

指定输入或输出列的数据类型

-x[[-]*n*] *(more ···)*

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

网格距离单位

如果输入的笛卡尔网格的水平方向距离的单位不是米，可以通过对输入文件名 **+u***unit* 来将指定的单位转换为米。例如：对输入文件 **+uk** 将会把输入网格的 x 和 y 坐标的单位从 km 转换为 m。如果输入网格为地理网格，可以通过 **-f**flags 将单位转换为米

示例

计算桑迪岛及其附近海山造成的重力异常

```
gmt grdgravmag3d sandy_bat.grd -C1700 -Z-4300 -fg -I1m -Gsandy_okb.grd -V
```

假定某区域磁场强度为 `mag.grd` 文件中的值，计算 `bat.grd` 地形网格形成的磁场的垂直分量，其中磁场的倾角和偏角由 IGRF 定义，计算过程中使用 4 核加速计算

```
gmt grdgravmag3d bat.grd -E10000 -Gcomp_Z.grd -Hz -H+n -H+mmag.grd -x4 -V -S50
```

参考文献

Okabe, M., Analytical expressions for gravity anomalies due to polyhedral bodies and translation into magnetic anomalies, *Geophysics*, 44, (1979), p 730-741.

相关模块

gmtgravmag3d, *talwani3d*, *talwani2d*

18.124 grdredpol

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-07

官方文档

grdredpol

简介

计算连续化极（Continuous Reduction To the Pole，RTP）

grdredpol 读取一个磁异常文件并计算化极后的异常。This anomaly is the one that would have been produce if the bodies were magnetized vertically and the anomalies were observed at the geomagnetic pole. 标准的 RTP 程序假定磁化方向和地磁场在整个区域是一致的。这些假设对于小区域来说是合理的，但是大区域不成立。

本模块中的方法是同时在频域和空间域中计算的。这里，将一个大区域分成多个小区域，在小区域中，磁化和

地磁场的变化非常小, 可以认为是恒定的。对于每个小区域, 计算其滤波参数并对单独的点使用一阶泰勒级数来重构。

语法

gmt grdredpol *ingrid* **-G***rtp_grd* [**-C***dec/dip*] [**-Ei***inc_grd*] [**-Ed***dec_grd*] [**-F***m/n*] [**-Mm**|**r**] [**-N**] [**-W***win_width*] [**-V**[*level*]] [**-T***year*] [**-Z***filtergrd*] [**-V**[*level*]] [**-n**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

ingrid[=*ID*|?*varname*][+**b***band*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*][+**s***scale*]

输入磁异常网格名。各子选项含义见 网格文件

-G*rtp_grd*

RTP 结果网格文件名

可选选项

-C*dec/dip*

使用恒定的偏角和倾角

-Ei*inc_grd* **-Ed***dec_grd*

从 *inc_grd* 和 *dec_grd* 中获取磁化倾角和偏角, 默认使用 IGRF 计算。**注**: 这两个网格不需要与输入的磁异常一致, 范围和分辨率都可以不同。

-F*m/n*

滤波窗口大小, m 和 n 分别为行和列, 默认为 25/25

-Mm|**r**

设置边界条件, **m**|**r** 分别表示镜像对称或者以边缘对称

-N

不使用泰勒展开

-R*west/east/south/north*

设置输入点的区域, 默认与输入相同

-T*year*

IGRF 程序用于计算每个点的偏角和请教的年份, 默认为 2000 年

-W*width*

滑动窗口的大小, 单位为度, 默认为 5 度

-Z*filter_grd*

输出滤波文件

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][+**a**][+**b***BC*][+**c**][+**t***threshold*] *(more ···)*

设置网格文件的插值方式

示例

假定磁异常文件 `anom.grd` 化极到 2010 历元, `dec.grd` 和 `dip.grd` 分别为磁偏角和磁倾角文件, 使用 2 度划分整个区域, 并用 45 个系数的滤波器计算 RTP

```
gmt grdredpol anom.grd -Grtp.grd -W2 -F45/45 -T2010 -Edec.grd/dip.grd -V
```

计算相同的 RTP, 但磁场和磁化向量是平行的, 并使用 IGRF 计算

```
gmt grdredpol anom.grd -Grtp.grd -W2 -F45/45 -T2010 -V
```

参考文献

Luis, J.L. and Miranda, J.M., 2008, Reevaluation of magnetic chrons in the North Atlantic between 35N and 47N: Implications for the formation of the Azores Triple Junction and associated plateau. *JGR*, VOL. **113**, B10105, doi:10.1029/2007JB005573

18.125 grdseamount

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-07

官方文档

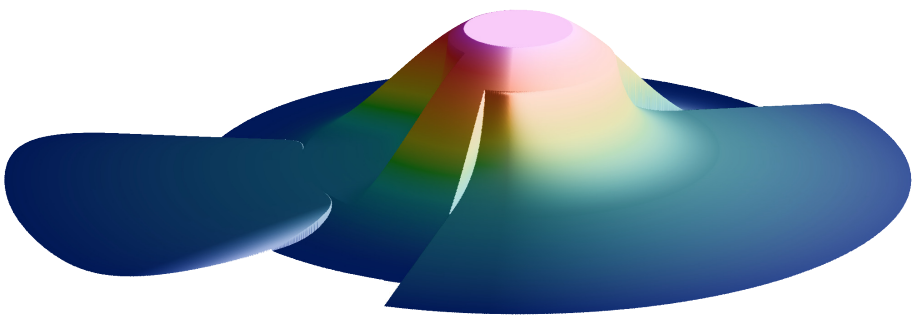
grdseamount

简介

创建合成海山(包括高斯、抛物线、多项式、圆锥、圆盘形状的圆形或椭圆型海山)

grdseamount 使用给定的地形形状参数生成多种合成海山。输入数据中包括每个海山的位置和大小, 即 *lon*, *lat*, *radius*, *height* 。对于椭圆形的海山 (**-E**), 则包括 *lon*, *lat*, *azimuth*, *semi-major*, *semi-minor*, *height* 。如果使用 **-F** 选项以生成平顶海山, 但后面没有 *flattening* 参数, 则输入数据的最后一列为 *flattening* 参数。对于随时间变化的地形, 可以使用 **-T** 选项, 这样输入数据的最后两列为海山的开始和停止时间。这种情况下, 可以输出海山最终的累积形状, 也可以输出其中每个时间点的形状或变化 (**-Q**)。如果海山存在滑坡 (**-S**), 则输入数据中最后一列或者几列为滑坡参数。

Source Code



多项式平顶海山, 其侧面存在两个滑坡。用户可以为海山的形成过程指定一个时间跨度, 并为单独的滑坡指定时间跨度。

语法

gmt grdseamount [*table*] **-G***outgrid* **-I***increment* **-R***region* [**-A**[*out*/*in*][+**s***scale*]] [**-C**[**c**|**d**|**g**|**o**|**p**]] [**-D***unit*] [**-E**] [**-F**[*flattening*]] [**-H***H*/*rho_l*/*rho_h*[+**d***densify*][+**b***boost*][+**p***power*]] [**-K**[*densitymodel*]] [**-L**[*hn*]] [**-M**[*list*]] [**-N***norm*] [**-Q***bmode*[/*fmode*][+**d**]] [**-S**[+**a**[*az1*/*az2*]][+**b**[*beta*]][+**d**[*hc*]][+**h**[*h1*/*h2*]][+**p**[*power*]][+**t**[*t0*/*t1*]][+**u**[*u0*]][+**v**[*phi*]]] [**-T***t0*[/*t1*/*dt*][+**l**]] [**-Z***level*] [**-V**[*level*]] [**-W***avedensity*] [**-bi**binary] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-i**flags] [**-r**reg] [**--PAR**=*value*]

必选选项（如果不给定 -L 选项）

table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

-G*outgrid*[=*ID*][+**d***divisor*][+**n***invalid*][+**o***offset*|**a**][+**s***scale*|**a**][:*driver*[*dataType*][+**c***options*]]

输出网格文件名，其中各子选项的含义见 网格文件 。如果使用 **-T** 选项，则需要使用 C 语言的语法指定输出格网序列的名称格式。如果输出文件名中包含%s (单位名称) 或%c (单位字母)，GMT 将会使用每个网格对应的时间生成文件名，否则会使用年作为时间生成文件名，见网格文件名模版 。

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +**e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- +**n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若 *yinc* 设置为 0，则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

可选选项

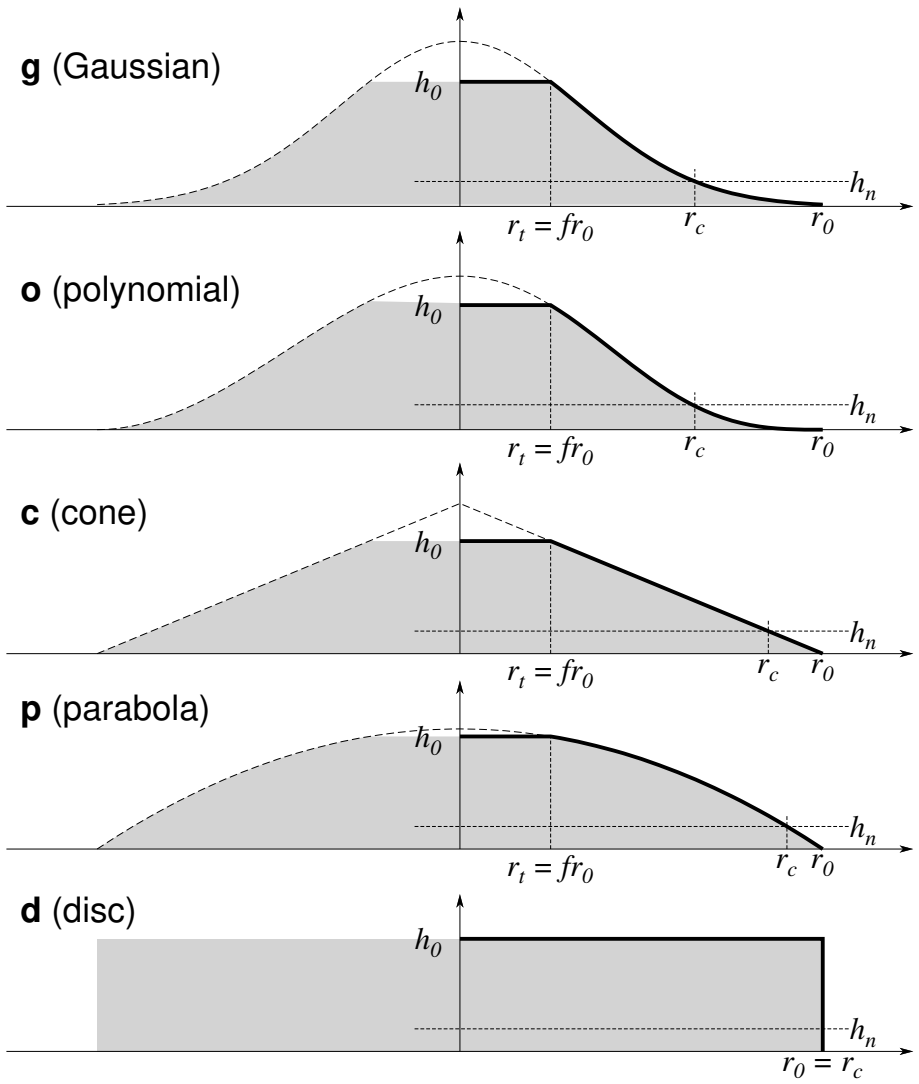
-A[*out*/*in*][+**s***scale*]

创建一个 mask 网格以区分海山以及外部，分别用 *out* 和 *in* 表示内部和外部的值 [1/NaN]。海山的高度以及是否平顶不影响本选项，但 **-L** ，**-N** 和 **-Z** 选项不能和本选项同时使用。使用 +**s** 缩放海山的半径 [1]。

-C[**c**|**d**|**g**|**o**|**p**]

选择海山的形状函数：**c**（圆锥），**d**（圆盘），**g**（高斯），**o**（多项式）和 **p**（抛物线）[默认为高斯]。除圆盘外，其他所有的海山都可以使用带 *f* 参数的 **-F** 选项来截断变成平顶海山。如果 **-C** 选项没有任何追加的字母，则从输入的最后一列中读取海山形状。如果不使用 **-C** 选项，默认为高斯海山。

Source Code



在上述所有海山中, h_0 是海山最大高度, r_0 为基底半径, h_n 是相对于 **-L** [0] 指定的噪声基底的高度, f 是 **-F** 选项设置的平顶海山相关的参数。平顶部分的半径为 r_t , 对于圆盘形状海山, 不存在该参数。

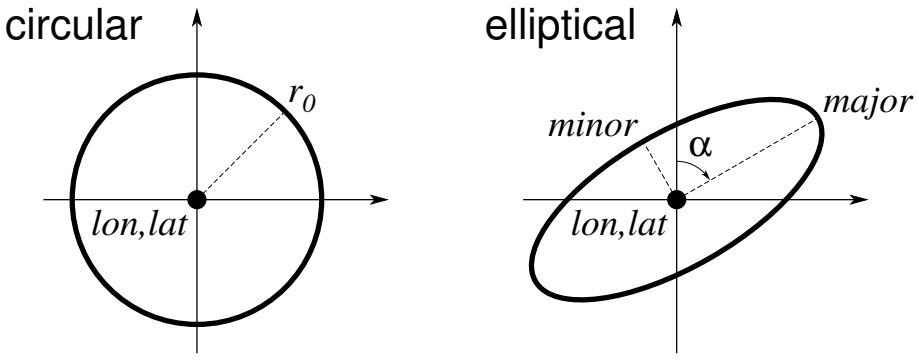
-D*unit*

设置数据文件中的水平距离的单位。对于地理坐标 (**-f**flags), 不需要该选项, 在平地球的近似下, 自动转换为 km

-E

设置海山的基地为椭圆形状。如果使用该选项, 则海山数据数据格式应该为: *lon, lat, azimuth, semi-major, semi-minor, height* (后面三个单位为 m) [默认底部为圆, 输入数据格式为 *lon, lat, radius, height*] 下图中的 α 即为 *azimuth*

Source Code



-F[*flattening*]

该参数将海山截断为平顶海山。*flattening* 参数的范围从 0[不截断] 到 1, 但不能为 1, 如果不使用该选项,

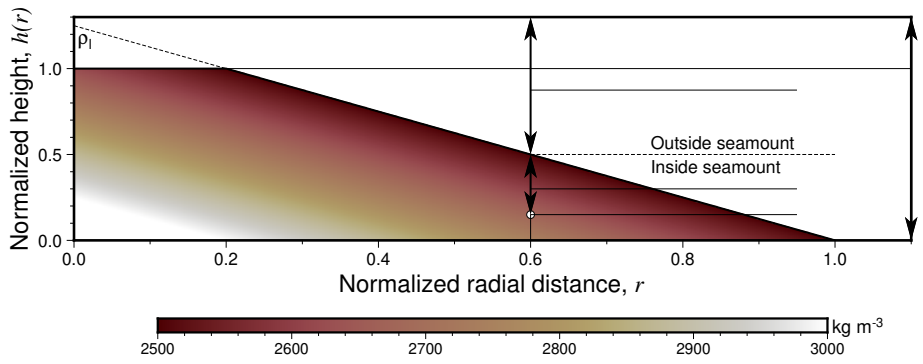
就默认在输入文件的最后一列读取该参数 [默认没有截断]。使用 **-Cd** 选项时, 忽略该选项。

-H*H*/*rho_l*/*rho_h*[+**d***densify*][+**p***power*]

设置参考海山密度相关的参数, 该参数用于随深度变化的径向(即下图中的 r 轴向)密度函数。以 kg/m^3 或 g/cm^3 为单位设置海山的密度, 以 m 为单位设置固定参考高度 *H* [0]。使用 **+d** 和 **+p** 选项改变水压驱动的侧面密度 *densify* , 以及可变密度的指数 *power* , 即下图中的 $\Delta\rho_f$ 和 p , 默认 *power* 为 1, 即为线性变化。下图中, *h(r)* 是海山在 r 位置处的高度, *z(r)* 与 *h(r)* 含义相近, 不过在海山内部。如果海山为平顶海山 (见 **-F**), *h(r)* 仍然为未截断的情况。**注**: 如果使用 **-W** 选项, 将会报告每个海山的平均密度。径向密度函数的定义为 $\Delta\rho_s = \rho_h - \rho_l$, 其中 ρ_h 即参数中的 *rho_h* , ρ_l 为参数中的 *rho_l* , 分别为密度的两个极值 (high 和 low)。$\Delta\rho_f$ 为参数中的 *densify*

$$\rho(r,z) = \rho_l + \Delta\rho_f \left(\frac{H - h(r)}{H}\right) + \Delta\rho_s \left(\frac{h(r) - z(r)}{H}\right)^p$$

Source Code



-K*densitymodel*

保存参考模型横截面的预测密度文件 *densitymodel* 。这里使用归一化的坐标, 即半径 x 和高度 z 从 0 到 1, 两者的增量都是 0.005, 生成 201 x 201 大小的网格。**注**: 无需创建海山网格即可使用该选项, 因此, **-R**, **-I**, **-G** 和 **-D** 选项都不是必须的。

-L[*hn*]

输出海山的面积, 体积和平均高度。不创建网格。使用 *hn* 参数来指定位于 *hn* 高度下的部分将不被统计以避免底部噪声的影响 [0]

-M[*list*]

在使用 **-T** 参数的前提下, 将所有输出网格文件对应的时间和名字输出到 *list* 文件中。不指定 *list* 时, 输出到标准输出。第一列为时间, 单位为年, 最后一列为格式化的时间。使用 **-W** 可同时输出密度网格名。输出的序列将可以作为*grdflexure* 模块的输入。使用 **-M** 参数后的输出网格文件名为 *time reliefgrid *[*densitygrid] timetag*

-N*norm*

标准化海山网格, 使得网格的最大高度等于 *norm*

-Q*bmode*/*fmode*[+**d**]

只能和 **-T** 选项共同使用。*bmode* 和 *fmode* 用来设置如何处理海山的变化, 默认为 **-Qc**/**g** 。

bmode 用来设置海山演化使用累积结果还是增量结果, 即海山的表面:

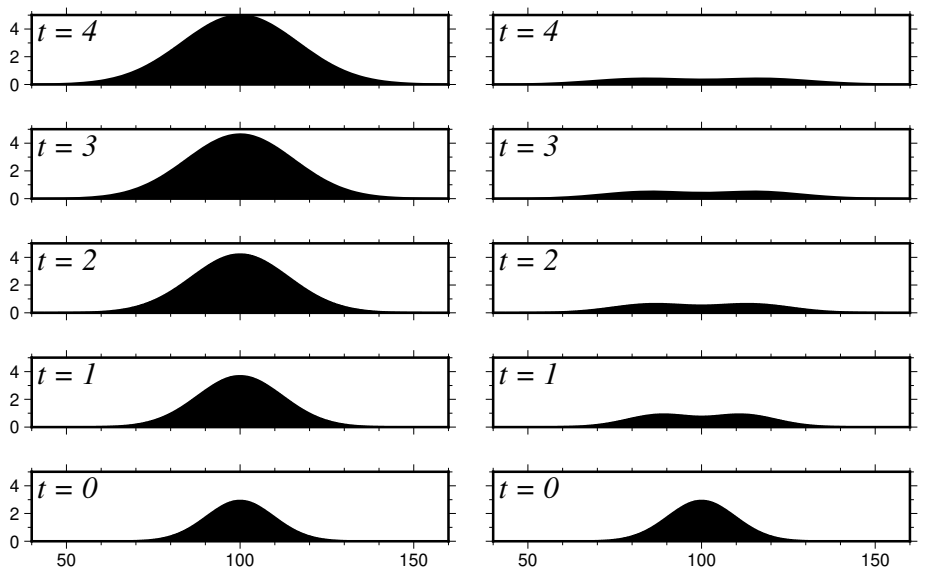
- *c* 表示随时间累积的海山 [默认]
- *i* 表示每个时间段海山演化的增量

fmode 用来设置海山的变化率, 即体积变化率:

- c 表示常数变化率
- g 表示高斯变化率 [默认]

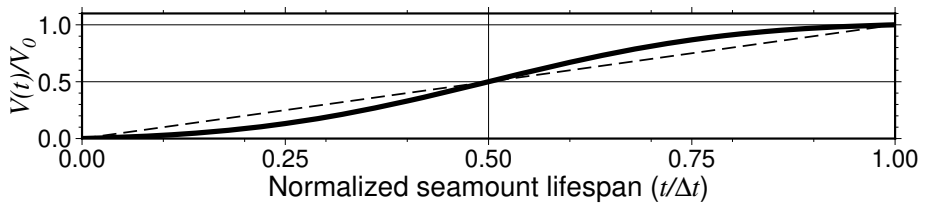
下图中展示了上述几种模式的区别。默认情况下，计算的海山的增量和累积量，使用 **+d** 选项可以将该增量或者累积量以等效圆盘的形式表达。

Source Code



bmode 两种情况下的海山图（高斯海山，没有平顶，体积线性变化），横坐标为海山水平方向的尺度，纵坐标为海山的高度，以二维的变化来显示海山的演化。左图为使用 **c** 的情况，表示使用实际地形，也就是随时间累积的地形；右图为使用 **i** 的情况，显示了地形随时间变化的增量

Source Code



fmode 的两种情况，横坐标为相对时间，纵坐标为某时刻海山体积与初始海山体积的比值。虚线为设置为 **c** 的情况；粗实线为设置为 **g** 的结果。

-S[**+a**[*az1*/*az2*]][**+b**[*beta*]][**+d**[*hc*]][**+h**[*h1*/*h2*]][**+p**[*power*]][**+t**[*t0*/*t1*]][**+u**[*u0*]][**+v**[*phi*]]

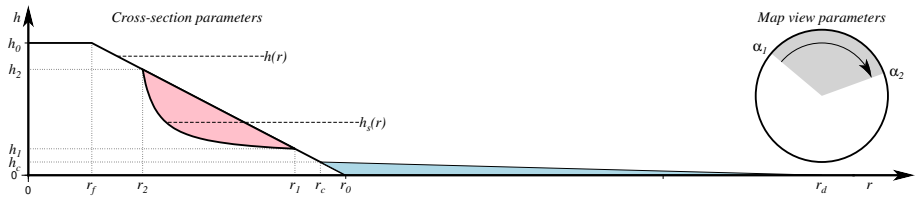
设置参数来控制海山的扇形滑坡，参数适用于所有海山。如果指定了子选项而没有给定参数，则从输入文件的最后几列中读取，其顺序与子选项字母顺序一致，而不是与子选项出现的顺序一致。如果每个海山有多于一个的滑坡，则重复选项或者文件中的参数。子选项含义如下：

- **+a** 设置扇形滑坡中扇形的角度 [0/360]
- **+b** 为标准化的滑坡体积时间曲线 $\psi(\tau) = \tau^{\beta}$ 设置正指数系数 β ，默认为线性，即为 1；τ 的定义见 **+t**
- **+d** 设置滑坡碎片沉积开始的高度，默认为 $h_1/2$
- **+h** 设置滑坡扇形区域的上下高度
- **+p** 激活径向滑坡轮廓的角度变化，通过添加幂指数 p 来调节，p > 2。**注**：对于多个滑坡，可对某些滑坡设置单独的 p = 0，即关闭角度变化。
- **+t** 通过 $\psi(\tau)$ (见 **+b**) 设置滑坡发展过程的时间跨度，其中，$\tau = (t - t_0)/(t_1 - t_0)$ 为归一化的时间，该选项需要 **-T** 选项

- **+u** 设置归一化的径向滑坡形状参数 $u_0 > 0$ [0.2]
- **+v** 设置滑坡的体积相对于整个海山体积的百分比

其中部分参数可结合滑坡模拟细节 理解。

Source Code



上图为自适应的近似滑坡几何图，其中使用了 **+d** ，**+h** 以及 **+a** 选项。滑坡的体积（粉红色）在滑动的过程中将逐渐沉积在浅蓝色部分，沉积物从高度 h_c 开始，线性变化到:math:r_d 时变为 0。其中与半径相关的参数都是从海山的高度以及形状中计算得到的。**注**: $h_2 > h_1$ ；$r_1 > r_2$

-T*t0*[/*t1*/*dt*][**+l**]

设置海山演化序列的起始时间，终止时间和，时间间隔，分别为 *t0*, *t1* 和 *dt* [默认只执行一次计算，与时间无关]。对于单个时间，只给定起始时间。默认时间单位是年，追加 *k* 表示千年，追加 *M* 表示百万年。使用 **+l** 选项以及将 *dt* 替换为 *n* 可以设置对数时间轴。或者，还可以设置一个文件 *file* ，文件中第一列为时间，其中的时间也可追加单位，不追加时默认使用年。使用 **-T** 选项时，将对每个时刻的海山都输出一个网格。

-W*avedensity*

指定垂直平均密度的网格文件。如果设置了 **-T** 选项，*avedensity* 必须是具有 C 语言语法的模版名称。如果模版文件名中有%s（单位名）或者%c（单位字符），将使用 **-T** 选项对应的时间的网格文件，见网格文件名模版 。需要使用 **-H** 定义密度模型。

-Z*level*

指定背景海深 [0]。由于所有的海山具有向上的地形，设置较大的负的 *level* 可以将海山放在海洋里。可以追加 NaN 可以标记不被使用的节点（不能与 **-Qi** 同时使用）。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-fflags

地理坐标网格的坐标将会使用平地球近似转换为 km

-h[**i**|**o**][*n*][**+c**][**+d**][**+m***segheader*][**+r***remark*][**+t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[**+l**][**+s***scale*][**+o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换（0 表示第一列，**t** 表示文本列）

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j* 选项。

网格文件名模版

网格文件名允许使用一定的规则来定制模版:

- 若将格式化的时间作为文件名的一部分, 则使用单个%s 作为模版的一部分 (例如, smt_%s.grd)
- 若想控制名称中数字的格式,但仍保留时间的单位,则可以使用%f 和%c 的组合。例如:smt_%05.1f%c.grd 将会生成类似 smt_001.1M.grd 的文件名。时间将会进行缩放以适应设置的单位
- 如果不想使用任何单位, 则只需给丁一个浮点格式的模版, 例如: smt_%05.1f_name.grd。时间的单位与原单位相同, 即不使用缩放。

详细的格式信息, 见 C 语言 printf 语法。

滑坡模拟细节

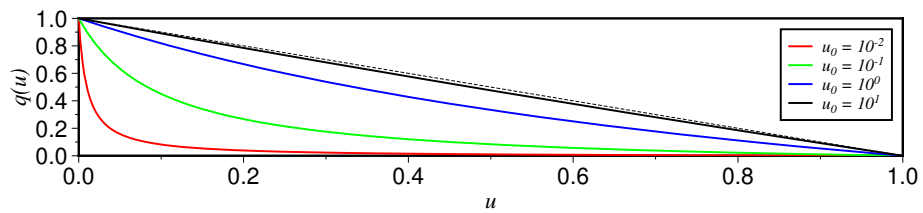
通过 **-S** 选项来模拟滑坡并不是物理模型, 而是通过简单的几个形状和函数来近似滑坡的形状及其演变。下面的 (1) 和 (2) 分别为滑坡在剖面和正面两侧的形状, (3) 为滑坡随时间的变化。

(1) 径向滑坡高度为:

$$h_s(r) = h_s(u) = h_1 + (h_2 - h_1)q(u) = h_1 + (h_2 - h_1)u_0\left(\frac{1+u_0}{u+u_0} - 1\right)$$

式中, $u = (r - r_2)/(r_1 - r_2)$ 为发生滑坡的破裂面归一化的水平距离。该形状可以通过 **+u** 子选项调节 u_0 改变。

Source Code



上图为多种归一化的径向滑坡形状剖面曲线 $q(u)$, 可通过 **+u** 改变。例如: 圆锥形海山的滑坡在上图虚线以下。较小的 u_0 将会导致更深入地切入海山。

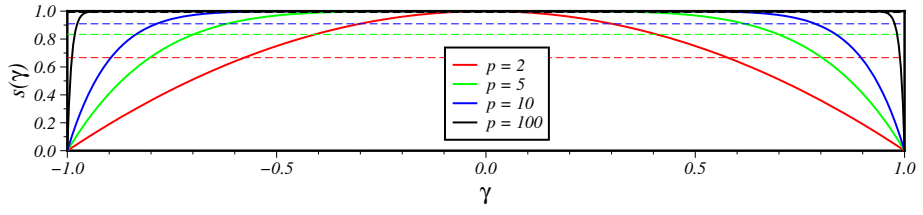
(2) 默认情况下, 径向滑坡轮廓是固定的, 不论滑坡位于海山的哪个侧面。但是, 可以通过下面的函数添加角度

变化

$$s(\alpha) = s(\gamma) = 1 - |\gamma|^p$$

其中, $\gamma = 2(\alpha - \alpha_1)/(\alpha_2 - \alpha_1) - 1$, p 为幂指数, 可通过 **+p** 设置。启用该选项时, 使用 $s(\alpha)$ 缩放径向滑坡剖面, 使其在两个扇形位置从 0 开始, 然后在滑坡的扇形区域变速变化, 较大的 p 值对应快速增大, 较小的 p 对应快速变小。该参数可以使滑坡扇形时更加平滑。

Source Code



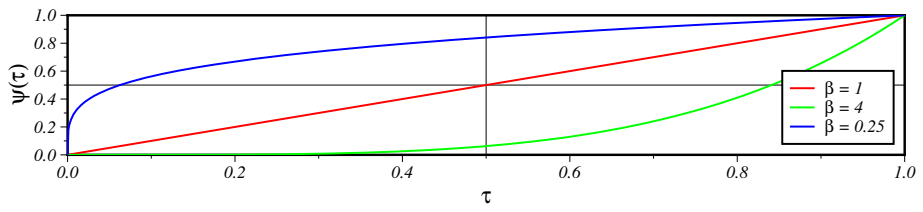
上图为调节 **+p** 参数下的径向滑坡高度的振幅变化。这种变化会导致滑坡体积减少 $1 - \bar{s}$ (虚线)。例如: 当 p 为 2 时, 滑坡体积只有原本的 67%。

(3) 滑坡不可能时瞬时发生的, 而是在一段时间内发生的。通过模拟的归一化体积变化为:

$$\psi(t) = \psi(\tau) = \tau^\beta = \left(\frac{t - t_0}{t_1 - t_0}\right)^\beta$$

其中, τ 为滑坡发生过程时间的归一化。使用该函数可计算给定时间滑坡沉积的部分。**+b** 选项用来设置幂指数 β 。

Source Code



通过上述函数, 可以控制滑坡随时间演化的速度。线性的曲线意味着在质量在滑动期间以恒定的速度沉积。调整 β 可以调整质量变化集中的时间, $\beta < 1$ 表示发生在总体时间的早期, $\beta < 1$ 表示发生在整个过程的晚期。

注意事项

因为高斯曲线在海山的底部 (3 倍 sigma) 的幅值为最大幅度的 1.11%。这里计算高斯海山时, 计算到 4 倍 sigma, 使得振幅下降到最大幅度的 0.034%, 从而避免在海山底部出现明显的阶梯。

示例

创建位于 1 分网格里在 1 W, 2 S 处, 基底半径为 30 km, 高度为 4500 km 的圆形高斯海山:

```
echo 1W 2S 30 4500 | gmt grdseamount -R1:30W/0:30W/2:30S/1:30S -I1m -Ggeo_circ_smt.nc
gmt grdimage geo_circ_smt.nc -B -png circ
```

创建位于 1x1 的笛卡尔网格中的 (200,400) 处的椭圆形海山, 基底长轴为 35, 短轴为 20, 长轴方位角为 29, 高度为 3700 m, 设置参数为 0.15 来获得平顶海山

```
echo 200 400 29 35 20 3700 | gmt grdseamount -R150/250/350/450 -I1 -E -F0.15 -Gcat_ell_smt.nc
gmt grdview cat_ell_smt.nc -B -Qi -I+d -JZ2c -p195/20 -png ell
```

计算两个底部为椭圆型的高斯平顶海山的变化, 演化时间分别为 3 Ma 到 2 Ma 以及 2.8 Ma 到 1.9 Ma, 海山体积变化率为常数; 从 3 Ma 到 1.9 Ma 平均每 0.1 Myr 输出一个网格

```
cat << EOF > t.txt
#lon lat azimuth, semi-major, semi-minor, height tstart tend
0   0       -20     120     60      5000    3.0M    2M
50  80      -40     110     50      4000    2.8M    1.9M
EOF
gmt grdseamount -R-1024/1022/-1122/924+uk -I2000 -Gsmt_%3.1f_%s.nc t.txt \
  -T3M/1.9M/0.1M -Qi/c -Dk -E -F0.2 -Cg -Mfiles.txt
```

`l.lis` 文件中将包含时间, 网格文件名和单位。

除上述示例外, GMT 官方测试 中还有其他示例, 包括与*grdflexure* 一起使用的示例。

参考文献

Smith, J. R. and Wessel, P., 2000, Isostatic consequences of giant landslides on the Hawaiian Ridge, Pure Appl. Geophys., 157, 1097-1114, https://doi.org/10.1007/s000240050019.

相关模块

grdmath, *gravfft*, *gmtflexure*, *grdflexure*

18.126 gravprisms

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

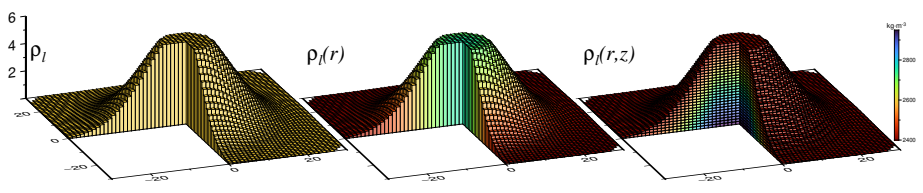
gravprisms

简介

计算三维垂直棱柱产生的位异常

gravprisms 计算矩形棱柱产生的位场。输入文件/标准输入最多包涵 7 列: 前 4 列为 x y z_low z_high , 即棱柱中心的 x 和 y 坐标以及垂直方向的高度; 接下来两列为每个棱柱的增量 dx 和 dy , 见 **-E** ; 最后一列为棱柱的密度, 如果 **-D** 指定了密度, 则被固定密度覆盖。或者, 也可以使用 **-C** 选项来创建棱柱。如果单个棱柱密度可变 (**-H**), 则每个棱柱被分解为密度恒定, 堆叠的子棱柱, 垂直增量为 dz 。该模块可以计算等距网格上的异常 (通过 **-R** 和 **-I** 选项指定) 或通过 **-N** 指定任意的计算点。可计算的异常包括自由空气重力异常、垂直重力梯度异常或大地水准面异常。

Source Code



上图展示了三种不同密度的海山, 海山都由棱柱构成。左图为常密度 (**-D**); 中图为垂向等密度 (**-D**); 右图为随 r 和 z 变化的密度 (**-H**)。

语法

gmt gravprisms [*table*] [**-A**] [**-C**[**+q**][**+w***file*][**+z***dz*]] [**-D***density*] [**-E***dx*[/*dy*]] [**-Ff**|**n**[*lat*]|**v**] [**-G***outfile*] [**-H***H*/*rho_l*/*rho_h*[**+d***densify*][**+p***power*]] [**-I***increment*] [**-L***base*] [**-M**[**h**][**v**]] [**-N***trackfile*] [**-R***region*] [**-S***shapegrid*] [**-T***top*] [**-V**[*level*]] [**-W***avedens*] [**-Z***level*|*obsgrid*] [**-bo**binary] [**-d**nodata[**+c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-r**reg] [**-x**[[-]n]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

棱柱文件, 格式为 *x y z z_low z_high [dx dy] [rho]* 。其中的可选项可以通过 **-E** 和 **-D** 控制。密度的单位可以是 kg/m^3 或者 g/cm^3 。如果使用 **-C** 选项, 则无需输入文件。

-I*xinc*[**+e**|**n**][/*yinc*[**+e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-A

设置 z 轴向上为正 [默认向下为正]

-C[**+q**][**+w***file*][**+z***dz*]]

与其他选项组合创建棱柱, 1) 与 **-S***height* 组合创建棱柱; 2) 与 **-L***base* 和 **-T***top* 指定的两个面创建棱柱。对于第二种情况, *base* 和 *top* 可以为常数或者网格。对于第一种情况, 则创建从 0 到 *height* 的棱柱。如果使用 **-H** 设置可变密度, 则将每个棱柱分为多个堆叠的具有单独密度的子棱柱, 因此需要为这些子棱柱设置高度增量 *dz* , 第一个和最后一个棱柱可能会对高度进行适当的调节。如果不使用 **-H** 选项, 则只创建统一密度的棱柱, 通过 **-D** 可以使每个棱柱具有不同的密度。**+w***file* 将会将棱柱保存到文件中, 若追加 **+q** 则保存结果后直接退出, 不进行位计算。

-D*density*

设置一个固定的密度差, 可以覆盖输入文件中的密度设置, 单位可以为 kg/m^3 或者 g/cm^3。或者可以指定一个网格, 其中网格的每个格点的值为棱柱的密度, 此时, 需要 **-C** 选项, 并必须和 **-S** (或 **-L** 和 **-T**) 提供的网格具有相同的大小和配准方式。

-E*dx*[/*dy*]

如果输入文件中所有棱柱都具有相同的 x/y 方向的尺度，则可以在这里设置其增量。在这种情况下，输入文件值包含棱柱的中心坐标和高度以及可选的密度。如果 **-E** 选项只给出 dx ，则 $dy = dx$ 。对于地理坐标，dx 是经度增量，在数值上保持不变，但实际宽度会随着纬度的增大而减小。

-Ff|**n**[*lat*]|**v**

指定计算的位异常。

- **f** 自由空气重力异常 [默认]
- **n** 大地水准面，可指定一个平均纬度，默认使用网格或者 **-N** 指定的纬度的中值
- **v** 垂直重力梯度

-G*outfile*

输出网格文件名，计算该网格上的异常，可设置子选项，其中子选项的含义见 网格文件 。

-H*H*/*rho_l*/*rho_h*[+**d***densify*][+**p***power*]

为海山设置随深度变化的密度。给定低密度和高密度分别为 *rho_l* 和 *rho_h* ，以及固定的参考高度 H 。使用 +**d** 和 +**p** 分别设置水压驱动的侧翼密度的增量 [0] 以及幂指数变化 [1，线性变化]。该选项需要 **-S** 选项。细节请参考*grdseamount* 。

-L*base*

设置棱柱基底/下界面，可以为一个网格，也可以为一个常数 [0]

-M[**h**][**v**]

设置距离单位。**h** 表示水平方向单位为 km [m]，**z** 表示垂直方向距离单位为 km [m]。

-N*trackfile*

指定计算异常所处的测线，结果输出到标准输出。如果没设置 **-Z** 选项，则 *trackfile* 必须有 3 列，最后一列为 z 值，否则使用 **-Z** 设置的恒定的 z 值。

-S*height*

指定完整的海山网格名称，用于创建棱柱或者 **-H** 所需

-T*top*

设置棱柱的上界面，可以为一个网格，也可以为常数

-W*avedens*

指定由 **-C** 和 **-H** 创建的随空间变化的密度网格名，作为输出

-Z*level*|*obsgrid*

指定观测高度，可以为常数，也可以为可变的值，若为可变的值，则通过网格给定，该网格即确定了输出的网格区域

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN，或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*
筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*
跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*
设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*
设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-r[**g**|**p**] *(more …)*
设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-x[[-]*n*] *(more …)*
限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

-:[**i**|**o**] *(more …)*
交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**
显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*
临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j* 选项。

示例

假定某棱柱构成的高斯海山高度为 6000 m, 底部半径为 30 km, 总共包括 2828 个棱柱, 通过 plot3d 可绘制该海山

```
gmt plot3d -R-30/30/-30/30/0/7000 -JX12c -JZ3c -Ggray -So1q+b @prisms.txt -B \
    -Wfaint -p200/20 -pdf smt
```

计算该海山在给定网格上产生的重力异常, 密度差异设置为 1700 kg/m^3, 水平距离以 km 为单位, 垂直距离以 m 为单位, 观测高度为 7000 m

```
gmt gravprisms -R-40/40/-40/40 -I1 -Mh -G3dgrav.nc @prisms.txt -D1700 -Ff -Z7000
gmt grdimage 3dgrav.nc -B -pdf 3dgrav
```

计算该海山在 `crossing.txt` 中位置产生的垂直重力梯度异常

```
gmt math -T-30/30/0.1 T 0 MUL = crossing.txt
gmt gravprisms -Ncrossing.txt -Mh @prisms.txt -D1700 -Fv -Z7000 > vgg_crossing.txt
gmt plot vgg_crossing.txt -R-30/30/-50/400 -i0,3 -W1p -B -pdf vgg_crossing
```

重新计算重力, 但使用棱柱文件中的密度

```
gmt gravprisms -Ncrossing.txt -Mh @prisms.txt -Ff -Z7000 > faa_crossing.txt
gmt plot faa_crossing.txt -R-30/30/0/350 -i0,3 -W1p -B -pdf faa_crossing
```

注意事项

垂直棱柱造成的大地水准面的解析表达式 (Nagy et al., 2000) 比较复杂, 包含 48 项。由于各种抵消, 最终结果比重力异常和重力异常垂直梯度更不稳定, 因此, 最终结果的有效数字可能比较少。

参考文献

Grant, F. S. and West, G. F., 1965, *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, 583 pp., McGraw-Hill.

Kim, S.-S., and P. Wessel, 2016, New analytic solutions for modeling vertical gravity gradient anomalies, *Geochem. Geophys. Geosyst., 17*, https://doi.org/10.1002/2016GC006263.

Nagy D., Papp G., Benedek J., 2000, The gravitational potential and its derivatives for the prism, *J. Geod., 74*, 552–560, https://doi.org/10.1007/s001900000116.

相关模块

grdmath, *gravfft*, *grdseamount*, *gmtgravmag3d*, *grdgravmag3d*, *talwani3d*, *talwani2d*

18.127 talwani2d

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-02-21

官方文档

talwani2d

简介

使用 Talwani 方法计算二维物体形成的位异常

talwani2d 读取一个多段表文件 (或标准输入)。该文件包含一个或多个二维物体的横截面, 横截面为多边形。每段的头部信息中必须包含密度参数: *density*, 为该物体的密度 (单个物体的密度可以被 **-D** 选项设置的密度常数覆盖)。GMT 可通过设置 **-T** 计算位于某等距格网的异常, 或者使用 **-N** 计算点上的异常值。计算的异常可包括, 自由空气重力异常, 垂直重力梯度异常或者大地水准面异常。同时可以使用选项控制轴的单位和方向。

语法

gmt talwani2d [*table*] [**-A**] [**-D***density*]] [**-Ff**|**n**[*lat*]|**v**] [**-M**[**h**][**v**]] [**-N***trackfile*] [**-T***min*/*max*/*inc*[+**i**|**n**]|*file*|*list*] [**-Z***level*[*ymin*/*ymax*]] [**-V**[*level*]] [**-bi**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-h**headers] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-x**[[-]n]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

一个或者多个 ASCII 文件, 用来描述一个或者多个物体的横截面多边形。如果多边形没有闭合, GMT 将自动闭合并删除重复的多边形顶点。每段的头部信息中必须包含密度参数, 单位为 kg/m^3 或 g/cm^3, 见 **-D** 选项。如果不指定文件, 就从标准输入中读取数据。

可选选项

-A

设置 *z* 轴向上为正方向 [默认朝下为正]

-D*density*

设置一个固定的相对密度 *density* , 该设置将覆盖文件中的密度设置, 单位为 kg/m^3 或 g/cm^3

-Ff|**n**[*lat*]|**v**

指定要计算哪种异常。

- **f** 自由空气重力异常 [默认]
- **n** 大地水准面异常, 可以在后面追加平均纬度 *lat* 以计算正常重力, 默认为 45
- **v** 垂直梯度重力异常

-M[**h**][**v**]

设置距离单位。**h** 表明水平距离单位为 km [m]。**z** 表明垂直距离单位为 km [m]

-N*trackfile*

设置计算异常值的点的位置。当使用该选项时, 禁用 **-T** 选项。计算结果将输出到标准输出。

-T*min*/*max*/*inc*[+**i**|**n**]|*file*|*list*

指定一个等距的点列, 在这些位置计算异常值。见生成一维数组

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Z*level*[*ymin*/*ymax*]

设置水准面常数 *level* , 默认为 0。对于重力异常 **-Ff** , 可以追加 2.5 维物体的限制范围。

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more ···)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more ···)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-h[**i**|**o**][*n*][**+c**][**+d**][**+m***segheader*][**+r***remark*][**+t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[**+l**][**+s***scale*][**+o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-x[[-]*n*] *(more …)*

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j 选项*。

生成一维数组

下面将展示如何使用*gmtmath* 生成一维数组 (其中大部分操作也可通过 linux 中的 seq 命令方便地实现)

不使用任何子选项

以 0.1 为步长, 生成 3.1 到 4.2 等等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.1/4.2/0.1 T =
3.1
3.2
...
4.2
```

+a 选项

该选项不对生成的数列进行运算操作, 而是将该数列以列的形式追加到输出表数据, 类似 linux 中的 paste 命令。

+b 选项

以 3 和 20 分别为起点和终点, 创建一个 2 的整数幂的列表, 将生成的整数幂以 1 为步长取值 **-T**3/20/1**+b**

```
gmt math -o0 -T3/20/1+b T =
4
8
16
```

+l 选项

以 7 和 135 分别为起点和终点, 先创建一个 10 的整数幂的列表, 当 *inc* 为 1 时, 输出该列表; 当 *inc* 为 2 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, 5 倍值 (不包括超出原始数据范围的部分); 当 *inc* 为 3 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, ⋯, 9 倍值 (同样不包括超出原始数据范围的部分)。**-T**7/135/2**+l** 将会生成如下数列

```
gmt math -o0 -T7/135/2+l T =
10
20
50
100
```

inc 为负整数时, 将实现如下效果

```
gmt math -o0 -T1e-4/1e4/-2+l T =
0.0001
0.01
1
100
10000
```

+i 选项

该选项将以 1 作为默认步长, 第三个数字做为每步长中的数字个数 *length*。假设需要在 1 分钟内每 24 秒生成一帧

```
gmt math -o0 -T0/60/24+i T =
0
0.0416666666667
0.0833333333333
0.125
0.166666666667
...
60
```

+n 选项

生成固定长度的数列。以 3.44 和 7.82 为起点和终点, 生成长度为 5 的等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.44/7.82/5+n T =
3.44
4.535
5.63
6.725
7.82
```

-T 后直接加文件或逗号分隔的数列

-T 后可以直接加文件, 文件中即为要生成的列表; 另外, 可以直接使用逗号分隔, 将列表附加到 **-T** 选项后, 如下为 Fibonacci 数列前 6 项

```
gmt math -o0 -T0,1,1,2,3,5 T =
0
1
1
2
3
5
```

注: 如果数列只包含一个值, 必须在其后加逗号以表明仍是一个数列

+u 选项

如果文件或者逗号分隔的数列中有重复数字或未排序, 可以使用 **+u** 选项去重并排序。

+t 选项

生成绝对时间序列。在 *inc* 后分别添加 **y** , **o** , **d** , **h** , **m** 和 **s** 表示时间步长的单位为年, 月, 日, 时, 分, 秒。在其后附加 **+t** 选项, 可以进一步强调生成时间序列, 也可以不加

```
gmt math -o0 -T2020-03-01T/2020-03-07T/1d T =
2020-03-01T00:00:00
2020-03-02T00:00:00
2020-03-03T00:00:00
2020-03-04T00:00:00
2020-03-05T00:00:00
2020-03-06T00:00:00
2020-03-07T00:00:00
```

生成距离序列

如果输入文件中包含两列以上的数据, 可以使用前两列计算距离, 并生成等距序列。在 *inc* 后分别添加 **d**, **m**, **s**, **e**, **f**, **M**, **n** 和 **u** 表示距离步长的单位为度, 分, 秒, 米, 英尺, 公里, 英里, 海里, 英尺。如果为笛卡尔坐标, 使用 c 作为距离步长单位。

+e 选项

如果只给定 *inc* 而从数据中获取最大值和最小值, 则 (*max* - *min*)/*inc* 可能不是整数, GMT 讲会自动对 *inc* 进行一定的调整。如果不想调整 *inc* , 则可以使用 **+e** 选项, GMT 会固定最小值, 适当调整最大值。

示例

计算 2-D 物体在一个等距剖面形成的重力异常, 其横截面文件为 `body2d.txt` , 相对密度为 1700 km/m^3 (该相对密度为地壳平均密度和海水密度之差), 所有距离的单位设置为米:

```
gmt talwani2d -T-200/200/2 body2d.txt -D1700 -Ff > 2dgrav.txt
```

使用同样的物体, 计算其在给定 `crossing.txt` 测线上的垂直重力梯度异常:

```
gmt talwani2d -Ncrossing.txt body2d.txt -D1700 -Fv > vgg_crossing.txt
```

使用同样的物体, 计算大地水准面异常, 平均纬度设置为 60N

```
gmt talwani2d -Ncrossing.txt body2d.txt -D1700 -Fn60 > n_crossing.txt
```

注意事项

The 2-D geoid anomaly is a logarithmic potential and thus has no natural reference level. We simply remove the most negative (if density contrast is positive) or positive (if density contrast is negative) computed value from all values, rendering the entire anomaly positive (or negative). You can use *gmtmath* to change the zero level to suit your needs

参考文献

Rasmussen, R., and L. B. Pedersen (1979), End corrections in potential field modeling, *Geophys. Prospect., 27*, 749-760.

Chapman, M. E., 1979, Techniques for interpretation of geoid anomalies, *J. Geophys. Res., 84(B8)*, 3793-3801.

Kim, S.-S., and P. Wessel, 2016, New analytic solutions for modeling vertical gravity gradient anomalies, *Geochem. Geophys. Geosyst., 17*, https://doi.org/10.1002/2016GC006263.

Talwani, M., J. L. Worzel, and M. Landisman, 1959, Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone, *J. Geophys. Res., 64*, 49-59.

相关模块

talwani3d, *gravfft*, *gmtgravmag3d*, *grdgravmag3d*

18.128 talwani3d

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-02-21

官方文档

talwani3d

简介

使用 Talwani 方法计算三维实体形成的位异常

talwani3d 读取一个多段表文件 (或标准输入)。该文件包含一个三维物体在不同的高度 *z-level* 下的轮廓, 每段均代表一个轮廓。每段的头部信息必须包括高度 *z-level* 和该高度处的密度 *desity* 这两个参数。(密度可以被 **-D** 选项设置的密度常数覆盖)。可通过设置 **-R** 和 **-I** 确定网格, 计算位于该格网的异常, 或者使用 **-N** 计算点上的异常值。计算的异常可包括, 自由空气重力异常, 垂直重力梯度异常或者大地水准面异常。同时可以使用选项控制轴的单位和方向。

语法

gmt talwani3d [*table*] [**-A**] [**-D***density*]] [**-Ff**|**n**[*lat*]|**v**] [**-G***outfile*] [**-I***increment*] [**-M**[**h**][**v**]] [**-N***trackfile*] [**-R***region*] [**-Z***level*|*obsgrid*] [**-V**[*level*]] [**-bo**binary] [**-d**nodata[+**c***col*]] [**-e**regexp] [**-f**flags] [**-f**flags] [**-i**flags] [**-o**flags] [**-r**reg] [**-x**[[-]n]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

table

该输入文件用来描述三维物体的水平横截面轮廓。如果多边形没有闭合, GMT 将自动闭合并删除重复的多边形顶点。每段的头部信息中必须包含高度 (海洋中为深度) 和相对密度参数, 单位为 kg/m^3 或 g/cm^3, 见 **-D** 选项。如果不指定文件, 就从标准输入中读取数据。

-I*xinc*[+**e**|**n**][/*yinc*[+**e**|**n**]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

可选选项

-A

设置 *z* 轴向上为正方向 [默认朝下为正]

-D*density*

设置一个固定的相对密度 *density* , 该设置将覆盖文件中的密度设置, 单位为 kg/m^3 或 g/cm^3

-Ff|**n**[*lat*]|**v**

指定要计算哪种异常。

- **f** 自由空气重力异常 [默认]
- **n** 大地水准面异常, 可以在后面追加平均纬度 *lat* 以计算正常重力, 默认正常重力为格网最中央位置 (如果使用了 **-N** 为测线的中间)
- **v** 垂直梯度重力异常

-G*outfile*

输出文件名。如果要计算的位置为一个网格, 则该选项为必选选项, *outfile* 为输出网格文件名。如果已经设置了 **-N** , 即计算测线处的异常, 则可以使用 **-G** 指定输出文件也可以输出到标准输出

-M[**h**][**v**]

设置距离单位。**h** 表明水平距离单位为 km [m]。**z** 表明垂直距离单位为 km [m]

-N*trackfile*

设置计算异常值的点的位置。如果输入文件中包含 3 列, 就把最后一列作为观测高度, 该高度可以被 **-Z** 选项覆盖

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-Z*level*|*obsgrid*

设置观测水准面常数 *level* , 默认为 0。可以设置为常数 *level* 或者网格 *obsgrid* , 其中的每个值均为单独的 *level* 。如果设置为网格, 输出结果也对应设置的网格。

-bo[*ncols*][*type*][**w**][**+l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-d[**i**|**o**]*nodata* *(more …)*

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

-e[~] "*pattern*" | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] *(more …)*

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

-f[**i**|**o**]*colinfo* *(more …)*

指定输入或输出列的数据类型

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more …)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-i*cols*[+**l**][+**s***scale*][+**o***offset*][,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-o*cols*[,…][,**t**[*word*]] *(more …)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-r[**g**|**p**] *(more …)*

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

-x[[-]*n*] *(more …)*

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j 选项*。

示例

计算某个三维物体 (已形成高度轮廓文件 `body3d.txt`) 在网格上的自动空气重力异常, 相对密度设置为 1700 kg/m^3, 水平距离的单位为 km, 垂直距离单位为 m

```
gmt talwani3d -R-200/200/-200/200 -I2 -Mh -G3dgrav.nc body3d.txt -D1700 -Ff
```

另外, 计算该物体在测线:crossing.txt: 上形成的垂直重力梯度异常

```
gmt talwani3d -Ncrossing.txt -Mh body3d.txt -D1700 -Fv > vgg_crossing.txt
```

最后, 计算该物体在该测线位置造成的大地水准面异常 (平均纬度为 30S), 输出结果到 `n_crossing.txt`

```
gmt talwani3d -Ncrossing.txt -Mh body3d.txt -D1700 -Fn-30 -Gn_crossing.txt
```

参考文献

Kim, S.-S., and P. Wessel, 2016, New analytic solutions for modeling vertical gravity gradient anomalies, *Geochem. Geophys. Geosyst., 17*, https://doi.org/10.1002/2016GC006263.

Talwani, M., and M. Ewing, 1960, Rapid computation of gravitational attraction of three-dimensional bodies of arbitrary shape, *Geophysics, 25*, 203-225.

相关模块

talwani2d, *grdmath*, *gravfft*, *gmtgravmag3d*, *grdgravmag3d*

18.129 mgd77manage

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-21

这里首先介绍 mgd77 整个包:

mgd77 模块

本模块主要用来管理和处理美国 NGDC (National Geophysical Data Center, 现为 National Centers for Environmental Information, NCEI) 机构下的海洋地球物理数据。在不同的时期, 针对上述数据, NCEI 开发了多种数据格式, MGD77 格式为 1977 年针对沿测线重力, 磁, 测深以及地震等观测开发的格式, 目前已经成为国际数据交换的标准, 并在某个版本中加入了制表符分隔的 MGD77T 格式。目前 **mgd77** 主要包括下面 9 个命令:

- *mgd77manage* 管理 MGD77+ 文件
- *mgd77convert* 将 MGD77 数据转换为其他格式
- *mgd77header* 从 A77 文件创建 MGD77 头部信息
- *mgd77info* 提取 MGD77 文件信息
- *mgd77list* 提取 MGD77 文件中的数据
- *mgd77magref* 计算 IGRF 或 CM4 磁场模型
- *mgd77path* 返回 MGD77 测线路径
- *mgd77sniffer* MGD77 测线沿轨质量控制
- *mgd77track* 绘制 MGD77 测线轨迹

下面将做整体介绍:

1. 前言

mgd77 模块的主要功能为

- 改进原本的 mgg 工具集有限的功能
- 实现对数据文件增加新的数据列
- 添加新的格式, 即 NetCDF 格式, 称为 MGD77+ 或 MGD77+ NetCDF 格式

下面介绍维护文件需要的信息和步骤。

2. 介绍

数据位置: **$MGD77_HOME** 环境变量为 mgd77 模块的主要目录, 其中包含一个名为 mgd77_paths.txt 的文件, 文件内容为不同的路径, 这些路径即为 mgd77 数据文件的位置。如果未设置该环境变量, 则默认为设置为 **$GMT_SHAREDIR**/mgd77。

3. 转换

使用*mgd77convert* 可以将 MGD77 文本文件 (.mgd77) 转换为 MGD77+ NetCDF 格式 (.nc)。使用下面的命令可以实现批量转换

```
mgd77convert =cruises.lis -Fa -Tc -V -Lwe+l > log.txt
```

cruises.lis 文件中包含了所有需要转换的文件名。新生成的 nc 文件也可以放在一个或者多个单独的文件夹中, 将其路径列在 mgd77_paths.txt 文件中。建议将 *.nc 文件夹的路径放在 *.mgd77 路径之前。使用 **-I** 选项可以选择特定后缀的文件。

4. 添加新列

mgd77manage 允许用户添加新数据列到 nc 文件中, 包括文本字符串, 或从其他网格模型沿轨采样的点等。最大支持 32 个新数据列。数据提取工具, 例如*mgd77list* 可用于提取数据列以及用户添加的新列。

5. 误差源

在讨论改正 MGD77 数据的误差前, 这里首先分析各种观测误差:

1. 头部信息中某些字段不符合 MGD77 规范或缺少该字段时, 将会导致错误。*mgd77convert* 在使用较高级别的 **-V** 选项会提示这些错误。这些错误通常不会影响数据。
2. 尽管遵循 MGD77 规范, 但当特定的数据列编码不正确时, 会导致系统误差。通常情况下会导致一个固定常数缩放因子, 比如, 10 或者 0.1, 在将 fathom 转换为 m 时甚至可能出现 1.8288 的因子。
3. 当记录数据或者处理数据时, 由于沿轨的纬度、航向或者其他和时间相关的因素可能会导致未知的系统误差。这种误差有时可以通过后期的数据分析解决, 例如沿轨和跨轨的检查, 通过数据分析可生成改正项, 并应用到数据中改正这些误差的影响。但这些改正项在新出现观测数据后可能会变化, 因此是一种短时间的改正, 需要随着数据的加入不断更新。
4. 单个数据或者数据序列可能会超出数据实际范围或者在其他方面突破某种限制, 这种数据是不符合实际的。此外, 即使在实际范围内, 也存在连续数据突变的情况, 这同样是不符合实际的。因此, 可以对每个数据点生成一个 GOOD 或者 BAD 的标志来标记这些数据。

对于上述误差, 目前的策略为, 第 1, 2 和 4 种误差将通过在 *.nc 文件中在元数据提供信息来改正, 第 3 种误差的改正则单独保存在改正表中, 因为这些改正通常是不断变化的。

6. 误差定位

mgd77sniffer 可用来对原始的 MGD77 ASCII 文件进行彻底的沿轨完整性检查, 并生成对应的 *.e77 错误日志。所有发现的问题都会记录在错误日志中, 如果需要, 还会给出建议的改正项。后续专业人员可以验证这些改正项是否有效。编辑其中的错误并修正改正项, 并通过相关的的代码 key 值激活 (请见*mgd77sniffer*)。**mgd77manage** 可以读取这些错误日志, 根据日志中的建议修正错误的头部记录, 在读取某些列的时候应用改正项。如果用户在后续发现其他问题, 请重新运行这一步骤, 因为所有的 E77 设置或标志都是根据最新的 E77 文件重新创建的。

7. 误差改正

数据提取命令*mgd77list* 允许在数据提取时应用改正。过程为首先剔除带有 BAD 标志的数据, 然后应用系统误差改正项, 最后, 如果制定了改正表, 应用这种暂时的改正。所有这些步骤都需要头部数据, 并且可以被用户调整。此外, 用户可以添加自己的标志作为单独的数据列, 使用*mgd77list* 的逻辑测试来确定输出哪些数据。

下面将介绍*mgd77manage* 命令, 其他命令见对应文档。

mgd77manage

官方文档
: mgd77manage

简介
: 管理 MGD77+ 文件

mgd77manage 用来处理在 MGD77+ NetCDF 文件中的自定义列。用户可以删除列, 增加列, 更新已经存在的列, 或使用 e77 文件进行误差改正。新数据可以来自 ASCII 表文件, 或基于现有的列和理论表达式, 或对网格进行沿轨采样得到。新数据将以自定义数据列的形式追加到 MGD77+ 文件中具体见*mgd77 模块* 。

语法

gmt mgd77manage *GEODAS-ids* [**-Aa**|**c**|**d**|**D**|**e**|**E**|**g**|**i**|**n**|**t**|**T***fileinfo*[**+f**]] [**-D***abbrev1*,*abbrev2*,⋯)] [**-E***empty*] [**-F**] [**-I***abbrev*/*name*/*unit*/**c**/*scale*/*offset*/*comment*] [**-N***unit*] [**-R***region*] [**-V**[*level*]] [**-bi**binary] [**-di**nodata[**+c***col*]] [**-j**flags] [**-n**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

NGDC-ids
: 可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见*mgd77info* **-L**
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜素顺序为:

- MGD77+ (".nc")
- MGD77T (".m77t")
- MGD77 (".mgd77")
- 普通文本文件 (".dat")

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **$MGD77_HOME**, 则在默认的 **$GMT_SHAREDIR**/mgd77 目录查找, 如果设置了 **$MGD77_HOME**, 则在其下的 **$MGD77_HOME**/mgd77_paths.txt 文件中保存的路径中查找。

可选选项

-Aa|c|d|D|e|E|g|i|n|t|T*fileinfo*[**+f**]

添加新的数据列。如果文件中已经存在相同名称的列，则无法添加。**+f** 选项可以强制覆盖，但是在某些情况下，这种强行覆盖会失败，需要先删除对应的列，然后再添加，出现这种情况时，会警告提示。新增的列时可以使用如下代码，其含义如下：

- **a** 追加包含要添加的列的文件名。文件的行数必须与 MGD77+ 文件中相同。如果不指定文件名，则从标准输入中读取。
- **c** 从现有的数据或者公式创建新列，用于改正或者作为参考场。其后可以再接一个字符，字符的含义如下：
  - **c** 从未改正的测深中减去 Carter 改正
  - **g** IGF 重力参考场（也称为“正常重力”）；使用头部信息中的代码确定计算的公式，如果未设置或者无效，则默认使用 IGF1980；代码含义如下：
    - 1 Heiskanen 1924
    - 2 International 1930
    - 3 IGF1967
    - 4 IGF1980
  - **m** IGRF 总磁场参考场
  - **r** 重新计算的磁异常 rmag = mtfx - IGRF，追加 1 或者 2 表示使用的字段
- **d** 指定一个包含两列数据的文件名，第一列为沿轨距离，第二列为数值。如果不指定文件，则从标准输入中读取。MGD77+ 文件中有对应的距离则将被新值取代，在其他距离，设置为 NaN。使用 **-N** 设置距离单位，通过 **-j** 选择距离计算方式。
- **D** 与 **d** 功能类似，但在没有给定距离的点，内插得到其更新值
- **e** 从当前路径或者 $MGD77_HOME/E77 路径中寻找*mgd77sniffer* 生成的 *GEODAS_ID.e77* E77 日志，使用该日志检查数据并修改头部信息，为某些系统误差提供改正项（例如缩放尺度和偏移量），指定某个异常应用观测值中重新计算（例如：从 **mtf1** 和最新的 IGRF 计算 **mag** ），并增加或者更新特殊的列标记 **flag** 。所有的固定修改项（例如：由于源机构使用了错误的单位，需要对字段进行缩放）将作为属性写入到 NetCDF MGD77+ 文件中，并在*mgd77list* 读取数据时自动应用该缩放值。通过交叉分析确定的临时的校正不保存在数据文件中，而是保存在改正表中（见*mgd77list* ）。默认情况下，e77 文件中每个头段行的第一个字符（?, Y, N）用来表示是否应该应用响应的改正，其中只有 Y 会被改正。对 **-Ae** 进一步使用子选项可以修改这种行为，**h** 忽略所有的头段信息提供的改正，**f** 忽略所有固定固定校正值，**n** , **v** 和 **s** 将忽略与导航，数据值以及其变化率的标志。使用 **-Ae+f** 将使用新的值替换文件中任何现有的 E77 改正。最后，如果 E77 文件没有被验证，则其改正值将不会被应用。使用 **-AE** 来忽略验证状态。
- **g** 沿着 MGD77+ 文件给出的轨迹，使用双三次插值对 GMT 地理网格进行插值，后面追加 GMT 网格文件名。
- **i** 沿 MGD77+ 文件轨迹使用双三次插值内插 Sandwell/Smith 墨卡托 *.img 网格。追加 img 网格文件名，一个缩放尺度（通常为 1 或者 0.1），img 文件格式（0-3）以及一个可选的网格最大纬度 [80.738]，用逗号分隔。文件格式模式中：
  - 0 代表 img 文件没有约束代码，返回所有数据
  - 1 代表 img 文件有约束代码，返回所有数据
  - 2 代表 img 文件有约束代码，返回只在约束点的数据，其他地方为 NaN
  - 3 代表 img 文件有约束代码，在约束点返回 1，其他地方为 0
- **n** 追加一个两列表文件名第一列为记录编号，从 0 开始，第二列为数据值，如果不指定文件，则从标

准输入中读取。使用对应的数据替换 MGD77+ 中的数据, 其他数据则设置为 NaN

- **t** 追加一个两列表文件名, 第一列为绝对时间, 第二列为数据值, 如果不指定文件, 则从标准输入中读取。MGD77+ 文件中时间与数据中相对应的会被替换, 其他数据设置为 NaN。使用大写的 **T** 选项, 将会进行内插。

-D*abbrev1*,*abbrev2*,…)

给定一个逗号分隔的行缩写列表, 从 MGD77+ 文件中删除这些数据。如果要替换数据则不应该使用该选项, 而是使用 **-A…+f** 。由于不能从 NetCDF 文件中删除变量, 所以必须创建一个新的文件, 其中不包含被剔除的列。一旦文件被创建, 则临时删除旧文件, 将新文件命名为旧文件, 然后移除旧文件。

-E*empty*

指定单独的字符用来替换空字符串值, 例如: "9" 将会把空字符串替换为 "999….", 默认为 9。

-F

强制模式。当激活该模式时, 可以强制删除或者替换标准的 MGD77 文件中列。用户需要慎重。

-I*abbrev*/*name*/*unit*/**c**/*scale*/*offset*/*comment*

除了文件信息, 还可以为新增的列指定属性等信息。可指定所选数据的缩写 (16 个字符或者更小, 仅使用小写字母、数字或下划线), 详细描述名声、单位、数据类型 (上述以 **c** 为例, 下面会介绍各种数据类型缩写), 缩放参数 scale 以及 offset, 以及其他说明 (小于 128 字符)。

数据类型可选项包括:

- **c** 字符
- **b** Byte 类型
- **s** short 整数类型
- **f** float 浮点数类型
- **i** int 整数类型
- **d** double 浮点数类型
- **t** text 文本类型

如果选择了文本数据类型, 则 **-A** 讨论中的 "值" 指的是本文数据, 插值对于该类型不适用, 包含多个单词的值需要加上引号。

-N*unit*

指定距离单位 (见距离单位) [默认为 **-Nk** (km)]。只在 **-Ag|i** 使用时可用。

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输入数据的格式

-di*nodata* *(more …)*

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-je|**f**|**g** *(more …)*

设置球面距离的计算方式

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][**+a**][**+b***BC*][**+c**][**+t***threshold*] *(more ···)*

设置网格文件的插值方式

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见单位 和*-j* 选项。

示例

在 Geosat/ERS-1 得到的 11.2 版本的海洋重力场中内插 01010047.nc 和 01010008.nc , 将内插结果写到文件中, 类型为 2-byte 短整形, 单位为 mGal * 10

```
gmt mgd77manage 01010047 01010008 -Ai10/1/grav.11.2.img \
    -Isatgrav/"Geosat/ERS-1 gravity"/"mGal"/s/10/0/"Sandwell/Smith version 11.2" -V
```

使用一个滤波后的磁观测数据添加到 01010047.nc 作为新的列, 类型为 float, 在对应的时间内插该磁观测数据

```
gmt mgd77manage 01010047 -ATmymag.tm -Ifiltmag/"Intermediate-wavelength \
    magnetic residuals"/"nTesla"/f/1/0/"Useful for looking for isochrons" -V
```

从所有的 MGD77+ 文件中删除 satfaa、coastdist 以及 satvgg 列

```
gmt mgd77manage =allmgd77.lis -Dsatfaa,coastdist,satvgg -V
```

从所有的 MGD77+ 文件中创建 IGRF 字段, 4 字节浮点数类型

```
gmt mgd77manage =allmgd77.lis -Acm -Igrf/"IGRF reference \
    field"/"nTesla"/f/1/0/"IGRF version 10 for 1990-2010" -V
```

Credits

IGRF 基于英国地质调查局的 Susan Macmilan 编写的 Fortran 程序, 由 Algrave 大学的 Joaquim 通过 f2c 转换到 C 语言, 最终 Paul Wessel 改成 GMT 风格。

参考

MDG77 格式见 http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt.

IGRF 见 https://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html

相关模块

mgd77convert, *mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77info*, *mgd77track*, *mgd77sniffer*, *mgd77track*

18.130 mgd77convert

贡献者
: 周茂

最近更新日期
: 2024-06-21

官方文档
: mgd77convert

简介
: 将 MGD77 数据转换为其他格式

mgd77convert 用于实现数据格式转换, 支持 pre- 和 post-Y2K MGD77 格式。

语法

gmt mgd77convert *GEODAS-ids* **-Fa**|**c**|**m**|**t** **-Ta**|**c**|**m**|**t**[+**f**] [**-C**] [**-D**] [**-L**[**w**][**e**][+**l**]] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

NGDC-ids
: 可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见*mgd77info* **-L**
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜素顺序为:

- MGD77+ (".nc")
- MGD77T (".m77t")
- MGD77 (".mgd77")
- 普通文本文件 (".dat")

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **$MGD77_HOME**, 则在默认的

$GMT_SHAREDIR**/mgd77 目录查找, 如果设置了 **$MGD77_HOME, 则在其下的 **$MGD77_HOME**/mgd77_paths.txt 文件中保存的路径中查找。

-Fa|c|m|t

指定输入文件格式:

- **a** 标准 MGD77 ACSII 格式, 后缀为.mgd77
- **c** MGD77+ NetCDF 格式, 后缀为.nc
- **m** MGD77T 格式, 后缀为.m77t
- **t** tab 分隔的 ASCII 格式, 后缀为.dat

使用 **-FC** 可以从 MGD77+ 文件中恢复原始的 MGD77 设置 [默认应用 E77 改正]

-Ta|c|m|t[**+f**]

指定输出文件格式:

- **a** 标准 MGD77 ACSII 格式, 后缀为.mgd77
- **c** MGD77+ NetCDF 格式, 后缀为.nc
- **m** MGD77T 格式, 后缀为.m77t
- **t** tab 分隔的 ASCII 格式, 后缀为.dat

如果已经存在相应格式的输出文件, GMT 将不会覆盖, **+f** 选项强制覆盖

可选选项

-C

将 NCEI 的 two-file 数据集中的 *.h77, *.a77 转换为单文件的 *.mgd77。除 **-V** 外, 不能和其他选项同时使用。输入文件为一个或多个 *.h77, *.a77 或者文件名 (可不带后缀)。

-D

默认情况下, MGD77+ netCDF 文件中使用的存储类型远超过 ASCII MGD77 格式的精度。对于 **faa**, **eot**, **mag**, **diur** 和 **msd** 5 种观测, 使用 2 字节整数, 表明在 MGD77 格式中精度为 0.1 mGal, 0.1 nTesla 和 1 m。在某些情况下, 这些观测可能使用 4 字节整数, 对应的精度为 10 nGal、10 fTesla 和 0.01 mm。该 **-D** 选项即表明观测为 4 字节整数。

-L[**w**][**e**][**+l**]

设置 verification 报告的级别以及输出的位置, 默认不设置该报告, 如果设置, 默认位置为标准错误流。**w** 表示警告, **e** 表示报错, **+l** 选项表示将输出位置改为标准输出。

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

将 a77 和 h77 文件对转换为对应的 mgd77 文件:

```
gmt mgd77convert -C *.h77
```

将 01010047.mgd77 和 01010008.mgd77 转换为新的 netcdf 格式, 并且输出报告

```
gmt mgd77convert 01010047 01010008 -Fa -Tc -V -Lew+l > log.lis
```

将 01010047.nc 转换为 MGD77 ASCII 格式, 并确保与最初的文件相同

```
orig=`gmt mgd77path 01010047 -Ic`
gmt mgd77convert 01010047 -Fc -Ta -V
diff $orig 01010047.mgd77
```

将 01010047.nc 转换为普通 ASCII 表数据格式用于手动编辑, 并覆盖已经存在的文件

```
gmt mgd77convert 01010047 -Fc -Tt+f -V
```

从 01020051.nc 恢复最初的 NCEI MGD77 版本, 并忽略所有的 E77 改正

```
gmt mgd77convert 01020051 -FC -Ta -V
```

文件格式

mgd77convert 可用于处理 4 种不同的格式

1. NCEI 目前开始使用 tab 分隔的 MGD77 数据格式, 即 MGD77T。除了 MGD77 中所有的信息, MGD77T 还包括重力, 磁以及测深观测的质量标志。

2. MGD77+ NetCDF 格式用于满足科学家的需求发展而来。该格式包含 MGD77 格式中的所有信息, 但是该格式文件大小为原本格式的 30%, 并且数据处理也快很多。

3. MGD77 ASCII 格式即为最初 NCEI 用于分发地球物理数据的标准, 但现在已经被 MGD77T 取代。通常, 只有测量船操作人员和 Cruise PI 可能会参与发送给 NCEI 的 MGD77 SCII 文件制作; 用户则不参与创建, 通常只是读取。

4. 普通 ASCII 格式, 使用 tab 分隔, 需要手动编辑文件的用户可以使用该格式。这种 tab 分隔列的格式显然比 MGD77 punch-card 中将所有列挤到一起更加容易处理。

其他工具

MGD77+ NetCDF 文件符合 CF 1.0 和 COARDS 标准, 可以使用 NetCDF 库自带的 `ncdump` 命令或 ncView 等通用工具查看文件信息。

参考

ncView 见 https://cirrus.ucsd.edu/~pierce/software/ncview/index.html

MGD77 (Marine Geophysical Data Exchange Format) 格式见 https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt

相关模块

mgd77header, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77manage*, *mgd77path*, *mgd77track*, *mgd77sniffer*, *mgd77track*, *x2sys_init*

18.131 mgd77header

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-21

官方文档

mgd77header

简介

由 A77 文件创建 MGD77 头段记录

mgd77header 通过读取 A77 文件生成 MGD77 头段记录, 以确定时间、空间范围、存在的数据列以及经过的 10 度大小的网格。也可以使用 **-H** 选项读取一个包含头段记录的文件。输出头段记录结果为 MGD77 格式或者列表形式。

语法

gmt mgd77header *GEODAS-id.a77* [**-H***headertable*] [**-Mf**[*item*]|**r**|**t**] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

NGDC-ids

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见*mgd77info* **-L**
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜素顺序为:

- MGD77+ (".nc")
- MGD77T (".m77t")
- MGD77 (".mgd77")

- 普通文本文件 (".dat")

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **$MGD77_HOME**, 则在默认的 **$GMT_SHAREDIR**/mgd77 目录查找, 如果设置了 **$MGD77_HOME**, 则在其下的 **$MGD77_HOME**/mgd77_paths.txt 文件中保存的路径中查找。

可选选项

-H*headertable*

从 *headertable* 文件中获取头段记录。输入文件的每一行都应包含一个名称和值, 以空格分隔。请参见下面的示例头文件中所有的头段可能包含的名称。

-Mf[*item*]|**r**|**t**

列出每个测线的头段信息。**f** 选项用于格式化输出, 每行一个条目, 后续可使用 Unix 文本处理命令进行筛选。也可以附加特定参数的名称 *item* , 其中参数的名称不必写全, 只需最前面或者最后面少数几个连续的字符, 其他用 - 代替就可正确识别出对应的参数。若参数名为 - , 则输出所有参数名称列表。此外, 也可以指定参数的编号。对于原始的 punchcard-formatted MGD77 格式, 需要同时使用 **r** 选项, 对于 MGD77T 格式, 需要同时使用 **t** 选项。

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

所有可能的头段名称

```
Survey_Identifier
Format_Acronym
Data_Center_File_Number
Parameters_Surveyed_Code
File_Creation_Year
File_Creation_Month
File_Creation_Day
Source_Institution
Country
Platform_Name
Platform_Type_Code
Platform_Type
Chief_Scientist
Project_Cruise_Leg
Funding
Survey_Departure_Year
Survey_Departure_Month
Survey_Departure_Day
Port_of_Departure
Survey_Arrival_Year
```

(续下页)

(接上页)

```
Survey_Arrival_Month
Survey_Arrival_Day
Port_of_Arrival
Navigation_Instrumentation
Geodetic_Datum_Position_Determination_Method
Bathymetry_Instrumentation
Bathymetry_Add_Forms_of_Data
Magnetics_Instrumentation
Magnetics_Add_Forms_of_Data
Gravity_Instrumentation
Gravity_Add_Forms_of_Data
Seismic_Instrumentation
Seismic_Data_Formats
Format_Type
Format_Description
Topmost_Latitude
Bottommost_Latitude
Leftmost_Longitude
Rightmost_Longitude
Bathymetry_Digitizing_Rate
Bathymetry_Sampling_Rate
Bathymetry_Assumed_Sound_Velocity
Bathymetry_Datum_Code
Bathymetry_Interpolation_Scheme
Magnetics_Digitizing_Rate
Magnetics_Sampling_Rate
Magnetics_Sensor_Tow_Distance
Magnetics_Sensor_Depth
Magnetics_Sensor_Separation
Magnetics_Ref_Field_Code
Magnetics_Ref_Field
Magnetics_Method_Applying_Res_Field
Gravity_Digitizing_Rate
Gravity_Sampling_Rate
Gravity_Theoretical_Formula_Code
Gravity_Theoretical_Formula
Gravity_Reference_System_Code
Gravity_Reference_System
Gravity_Corrections_Applied
Gravity_Departure_Base_Station
Gravity_Departure_Base_Station_Name
Gravity_Arrival_Base_Station
Gravity_Arrival_Base_Station_Name
Number_of_Ten_Degree_Identifiers
Ten_Degree_Identifier
Additional_Documentation_1
Additional_Documentation_2
Additional_Documentation_3
Additional_Documentation_4
Additional_Documentation_5
Additional_Documentation_6
Additional_Documentation_7
```

示例

从 A77 输入中生成 MGD77 头段信息

```
gmt mgd77header km0201 -Hkmheaderitems.txt -Mf > km0201.h77
```

参考

MGD77 (Marine Geophysical Data Exchange Format) 格式见 http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt.

相关模块

mgd77convert, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77manage*, *mgd77path*, *mgd77track*, *mgd77sniffer*, *mgd77track*

18.132 mgd77info

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-21

官方文档

mgd77info

简介

提取 mgd77 文件信息

mgd77info 读取 xxx.[mgd77|nc] 文件, 并提取其中每条测线的相关信息, 包括: 起止时间, 以 km 为单位的测线长度, 经纬度范围, 观测个数。并可通过选项指定查看 MGD77 头部数据还是其成员信息。

使用 x2sys 模块 (见*x2sys_init*) 可获得哪些轨迹穿过给定区域以及可用的观测类型等信息。

mgd77 文件格式相关信息见参考文献

语法

gmt mgd77info *GEODAS-ids* [**-C**[**m**|**e**]] [**-E**[**m**|**e**]] [**-Ia**|**c**|**m**|**t**] [**-Mf**[*item*]|**r**|**e**|**h**] [**-L**[**v**]] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

NGDC-ids

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见*mgd77info* **-L**
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜素顺序为:

- MGD77+ (".nc")
- MGD77T (".m77t")
- MGD77 (".mgd77")
- 普通文本文件 (".dat")

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **$MGD77_HOME**, 则在默认的 **$GMT_SHAREDIR**/mgd77 目录查找, 如果设置了 **$MGD77_HOME**, 则在其下的 **$MGD77_HOME**/mgd77_paths.txt 文件中保存的路径中查找。

可选选项

-C[**m**|**e**]

列出 MGD77[+] 文件中所有列的缩写。使用 **m** 和 **e** 选项表示仅列出 MGD77 文件或 MGD77+ 文件

-E[**m**|**e**]

为每条测线输出单行的总结。**m** 选项只对每个 MGD77 字段中非 NaN 值计数, **e** 选项对其他字段中非 NaN 值计数

-Ia|c|m|t

忽略某些数据格式的文件。**a|c|m|t** 分别表示忽略 MGD77 ASCII、MGD77+ NetCDF、MGD77T ASCII、tab 分隔的普通文本文件。该选项可以重复使用以忽略多个格式

-L[**v**]

不显示测线信息。只输出 GEOSAR 机构 2 个字符代码以及其名称列表。**v** 选项可同时显示每个机构测量船的 4 个字符代码列表。由于上述两列表均十分长, 影响阅读体验, 因此这里不给出列表, 请用户自己运行命令查看。

-Mf[*item*]|**r**|**e**|**h**

列出每条测线的头部信息和 MGD77+ 历史记录。

- **f** 选项用于展示格式, 每行输出一个记录, 包括参数和值, 可以对该输出结果使用 Unix 文本工具进行搜索。或者, 可以追加特定参数的名称 *item* , 或者使用参数的编号。
- **r** 选项用于展示原始的, punchcard 格式的 MGD77 头部信息
- **e** 选行用于展示 MGD77+ E77 状态
- **h** 选项用于展示 MGD77+ 历史记录

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

从 01010047.mgd77 和 01010008.mgd77 观测数据中提取单行的总结

```
gmt mgd77info 01010047 01010008 -E > listing.lis
```

查看 01010047.mgd77 观测数据中原始 MGD77 头部信息

```
gmt mgd77info 01010047 -Mr
```

查找 01010047.mgd77 中所有和 Gravity 相关的参数

```
gmt mgd77info 01010047 -Mf | grep Gravity
```

查找 01010047.mgd77 中磁采样率 Magnetics_Sampling_Rate 的信息

```
gmt mgd77info 01010047 -MfMagnetics_Sampling_Rate
```

查看 MGD77+ 格式文件 01010047.nc 中所有列

```
gmt mgd77info 01010047 -C
```

查看 Hawaii 大学 (代码 08) 搜集的 MGD77+ 格式数据中的 E77 状态

```
gmt mgd77info 08 -Ia -Me
```

参考文献

MGD77 (Marine Geophysical Data Exchange Format) 格式见 http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt.

相关模块

mgd77convert, *mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77manage*, *mgd77path*, *mgd77track*, *mgd77sniffer*, *mgd77track*, *x2sys_init*

18.133 mgd77list

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-21

官方文档

mgd77list

简介

从 MGD77 文件中提取数据

mgd77list 读取 MGD77 文件并生成 ASCII 或二进制表数据。MGD77 文件包括测线信息, 比如 ID, 时间, 位置, 控制代码和地球物理观测, 其中地球物理观测数据可能包括: 重力, 磁, 水深等, 因此还可能包括对这些观测数据的改正, 例如: Eotvos 改正和 diurnal 改正。MGD77+ NetCDF 文件还可能包含其他用户自定义信息, 见*mgd77info* 的 **-C** 选项; 若想添加自定义列, 参考*mgd77manage* 。用户可以提取包括上面信息以及下面信息

的任意组合, 其中包括 8 个计算量 (距离、航向、航向变化、速度、Carter 改正、Eotvos 改正以及重力和磁的全球参考场) 和时间的子部分 (年、月、日、时、分、秒) 以及 GEODAS id 以及权重 (见 **-W**) 等。通过指定沿轨的累积时间或距离或者指定地理区域, 可以选定特定的数据。提取出来的数据可以使用一定的逻辑判断来进一步筛选。如果需要提取多个测线的信息, 则多个测线之间由段信息分隔。

语法

gmt mgd77list *GEODAS-ids* **-F***columns*[,*logic*][:*bittests*] [**-Ac**|**d**|**f**|**m**|**t***code*[+**f**]] [**-DA**|**a***startdate*] [**-DB**|**b***stopdate*] [**-E**] [**-Ga***startrec*] [**-Gb***stoprec*] [**-Ia**|**c**|**m**|**t**] [**-L**[*corrtable*]] [**-Nd**|**s***unit*] [**-Qa**|**c**|**v***min*/*max*] [**-R***region*] [**-Sa***startdist*] [**-Sb***stopdist*] [**-T**[**m**|**e**]] [**-V**[*level*]] [**-W***weight*] [**-Zn**|**p**] [**-bo**binary] [**-h**headers] [**-j**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

NGDC-ids

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见*mgd77info* **-L**
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜索顺序为:

- MGD77+ (".nc")
- MGD77T (".m77t")
- MGD77 (".mgd77")
- 普通文本文件 (".dat")

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **$MGD77_HOME**, 则在默认的 **$GMT_SHAREDIR**/mgd77 目录查找, 如果设置了 **$MGD77_HOME**, 则在其下的 **$MGD77_HOME**/mgd77_paths.txt 文件中保存的路径中查找。

-F*columns*[,*logic*][:*bittests*]

指定输出列 *columns* , *columns* 中的多列必须使用逗号分隔, 列名为缩写, 按给定的顺序输出。如果列名为大写字母, 则表示该列输出中不能存在 NaN。除非经过设置, 否则, 输出的 ASCII 文件将使用*FORMAT_FLOAT_OUT* 指定的格式。所有的可用的列名的缩写如下表:

列名	含义
recno	计数器
dst	数字记录类型, 通常为 3 或者 5 (Y2K-compliant 测量)
id	测量 ID 字符串

续下页

表 4 – 接上页

列名	含义
ngdcid	8 字符的 NGDC (现在为 NCEI) 测线 ID 字符串 (通常是文件前缀)
time	时间, 从绝对时间 (默认), 相对时间, 以及小数年时间中选择, 其中三种时间的参 数设置分别为: - 绝对时间: *FORMAT_DATE_OUT* 和*FORMAT_CLOCK_OUT* - 相对时间: *FORMAT_FLOAT_OUT* 和*TIME_SYSTEM* 或者 (*TIME_EPOCH* 和*TIME_UNIT*) - 小数年时间: *FORMAT_FLOAT_OUT*
lon	经度, 格式由*FORMAT_GEO_OUT* 指定
lat	纬度, 格式由*FORMAT_GEO_OUT* 指定
twt	双程传播时间, 单位 s
depth	改正后的测深, 单位为 m, 正值, 表示海面下深度
mtf1	传感器 1 的总磁场强度, 单位 nTesla
mtf2	传感器 2 的总磁场强度, 单位 nTesla
mag	残余磁异常, 单位 nTesla
gobs	重力, 单位 mgal
faa	自由空气重力异常, 单位 mgal
ptc	位置类型代码, 1 为固定位置, 3 为内插位置, 9 为未指定
bcc	测深改正代码。 - 01-55 Mattews zone 改正, - 59 Mattews 改正, 但未指定 zone, - 60 S, Kuwahara formula for T-S, _ 61 Wilson formula for T-S, - 62 Del Grosso formula for T-S, - 63 Carter' s tables, 88 其他, 在头部记录中, - 99 未指定
btc	测深类型代码, 1 观测值, 3 内插值, 9 未指定

续下页

表 4 – 接上页

列名	含义
msens	评估残余磁场的传感器, 1 第一个或者 leading 传感器, 2 第二个或 trailing 传感器, 9 未指定
msd	磁传感器深度 (或高度), 单位 m, 向下为正
diur	磁 diurnal 改正, 单位 nTesla
eot	Eotvos 改正, 单位 mgal
sln	Seismic Line Number 字符串
sspn	Seismic Shot Point Number 字符串
nqc	导航质量代码, 5 怀疑 (测量机构), 6 怀疑 (NCEI), 9 确定没问题
year	年
month	月
day	日
hour	时
min	分
sec	秒
dist	沿轨距离, 计算方法见 **-j** , 单位见 **-N** [km]
az	方位角, 从北方向顺时针计算, 单位度
cc	航向变更, 单位度
vel	速度, 单位见 **-N** [m/s]
weight	该数据集权重, 见 **-W**
carter	Carter 深度改正 (必须有 **twt** 的前提下)
igrf	国际地磁参考场 (总场), 单位 nTesla
ngrav	国际重力参考场, 即正常重力, 单位 mgal。 - 默认使用头部记录中的 Gravity Theoretical Formula Code 参数 - 如果该参数未设置就使用 IGF80。也可以使用 **-Af** 指定
ceot	从导航信息中计算 Eotvos 改正, E = 7.5038 * V * cos(lat) * sin(az) + 0.004154 * V^2

处上述列名外, 下表中还列出了一些其他可识别的参数:

参数	含义
mgd77	输出所有的 27 个 MGD77 字段
mgd77t	输出所有的 26 个 MGD77T 字段
geo	输出 10 个字段, 分别为 **time** , **lon**, **lat** 和 7 个地球物理观测 **twt**, **depth**, **mtf1**, **mtf2**, **mag**, **gobs**, 和 **faa**
dat	和 **mgd77t** 相同, 但是使用 plain 表文件顺序
all	返回文件中所有数据列
allt	与 **mgd77t** 相同, 但是时间项输出为日期-时间格式

在这些集合后面使用 + 追加 **dist**, **azim**, **cc**, **vel**, 和 **weight** 将可输出对应信息。对上面提取的结果还可进行逻辑测试, 其中 *logic* 由一个或多个逗号分隔的 *par***OP***value* 指令组成, 其中 *par* 是上面列出的列名中的一个, **OP** 为逻辑运算符 (<, <=, =, !=, >=, >, |), *value* 为常数。符点数进行数值比较, 字符参数进行词法比较。位比较 (|) 中 *value* 中必须至少有一个位的结果是 1; 且最少有一个逻辑通过测试测可以输出结果。但如果使用大写列名, 则必须所有的逻辑测试通过才可输出。

注: (1) 指定对某列进行逻辑判断并不意味着该列被输出, 输出必须经过指定。(2) 某些运算符是特殊的 Unix 字符, 建议在 **-F** 整个参数外添加引号。(3) 逻辑测试仅适用于观测数据, 派生数据, 例如距离和速度等, 必须使用 **-D** , **-Q** , **-S** 等选项。

对于 MGD77+ 文件, 可以追加:*bittests* , 即一个冒号, 后面为一个或多个逗号分隔的 +-*col* 项。+ 表示所选位必须是 1 (打开), - 表示必须为 0 (关闭)。所有的位必须都通过测试。默认情况下, 具有特殊的 **MGD77_flags** 列的 MGD77+ 文件将使用这些标志, 并且将与打开 (ON) 位相关的观测设置为 NaN, 即表示出现错误。: 后面不添加任何信息将关闭此行为。需要注意的是, 这些记录标志和用于沿轨的系统改正不同, 后者不能使用 **-T** 选项。

可选选项

-Ac|**d**|**f**|**m**|**t***code*[**+f**]

默认情况下, 改正后的测深 (**depth**), 残余磁异常 (**mag**), 自由空气重力异常 (**faa**), 以及 Carter 深度改正 (**carter**) 如果被 **-F** 选项选择的话, 都会按原样输出; **-A** 选项可改变该行为。对于上面的每种数据, 都有 2-4 种方法来调整数据。通过 **c**, **d** 和 **f** 或者 **m** 可分别选择上述对应的变量。也可以通过数字代码相加的和表示选择多种处理。例如, **-Ac**3 将首先尝试使用 **-Ac**1 表示的方法来估计 Carter 改正, 但如果深度为 NaN, 将使用 **-Ac**2 表示的方法。在所有的情况下, 如果计算过程中存在 NaN, 则会导致结果为 NaN。使用 **+f** 选项将会重新计算异常, 即使文件中异常为 NaN。此外, 用户可以使用 **-At** 为没有时间的测线通过距离和持续的时间来创建伪时间。

-Ac

设置计算 **carter** 改正的方法。C(**twt**) Carter 改正的深度 (同时依赖 **lon** 和 **lat**); U(**twt**, *v*) 是未改正的深度 (U = **twt** * *v* / 2), 其中的 *v* 使用 MGD77 头部信息中的 "Assumed Sound Velocity" 参数, 如果该速度为无效值, 则假定为 1500 m/s, 也可以自己设定 *v* 并追加 m/s 作为单位; TU(**depth**, *v*) 是从未改正的深度计算的双程传播时间; TC(**depth**) 是通过 Carter 改正后得到的深度计算的双程传播时间。下面介绍可选择的选项:

-Ac1[,*v*] 返回 U(**twt**, *v*) 和 **depth** 的差 [默认]

-Ac2[,*v*] 返回 U(**twt**, *v*) 和 Carter (**twt**) 的差

-Ac4[,*v*] 返回未改正的 **depth** 和 Carter (TU(**depth**)) 的差

-Ac8[,*v*] 返回 U(TC(**depth**), *v*) 和 **depth** 的差

-Ad

确定如何获取 **depth** 输出:

-Ad1 返回储存在数据集中的 **depth** [默认]

-Ad2[,*v*] 返回计算的未改正的深度 U(**twt**, *v*)

-Ad4 返回计算的改正后的深度 C(**twt**)

-Af

确定如何获取 **faa** 输出。如果计算中需要 **ngrav**（即 International Gravity reference Field, IGF 或正常重力), 则根据 MGD77 标题参数中的 "Theoretical Gravity Formula Code" 计算重力异常, 如果上述代码不存在或无效, 默认设置为 4。可以在下面 4 个代码中选择来设置重力参考场:

- 1 代表 Heiskanen 1924
- 2 代表 IGF 1930, 采用海福特椭球
- 3 代表 IGF 1967, 采用 GRS67 椭球
- 4 代表 IGF 1980, 采用 GRS80 椭球

可设置的选项如下:

-Af1[,*field*] 返回储存在数据集中的 **faa** [默认]。可使用 **-F** 选项输出 **ngrav**

-Af2[,*field*] 返回 **gobs** 和 **ngrav** 的差

-Af4[,*field*] 返回以下结果 **gobs** + **eot** - **ngrav**

-Af8[,*field*] 返回以下结果 **gobs** + **pred_eot** - **ngrav**

-Am

确定如果获取 **mag** 输出。文件中可能存在一个或者两个测量值（**mtf1** 和 **mtf2**), **msens** 可表明其中哪个传感器优先。可设置的选项如下:

-Am1 返回储存在数据集中的 **mag** [默认]

-Am2 返回 **mgfx** 和 **igrf** 的差, 其中 **x** 由 **msens** 指定, 可以为 1 或者 2, 表示优先使用的传感器, 如果未指定则默认为 1

-Am4 返回 **mgfx** 和 **igrf** 的差, 其中 **x** 由 **msens** 指定, 可以为 1 或者 2, 表示优先使用的传感器, 如果未指定则默认为 2

-Amc*offset* 使用由于测量位置和船位置不同（导航引起）导致的改正值。通过将总磁场重新差值到船所在的位置得到（可能存在一定的偏移 *offset*)。由于插值以及导航质量差可能会导致出现重复点。GMT 已经采取一定措施处理这些情况, 但不能保证全部处理干净。内插算法使用*GMT_INTERPOLANT* 设置的算法。*offset* 的默认单位为 m, 可以通过 **f**, **k**, **M** 或 **u** 设置为英尺, km, 英里, 海里和 survery 英尺。

-At

使用已知的测线观测时长来计算测线缺失的时间记录, 该计算时间记录为伪时间记录

-Da*startdate*

不列出开始日期 *startdata* 之前收集的数据, *startdata* 格式为 yyyy-mm-dd**T**[hh:mm:ss]。使用 **-DA** 可排除缺失时间记录的数据。[默认输出所有数据]

-Db*stopdate*

不列出截止日期 *stopdata* 之后收集的数据, *stopdata* 格式为 yyyy-mm-dd**T**[hh:mm:ss]。使用 **-DB** 可排除缺失时间记录的数据。[默认输出所有数据]

-E

精确匹配, 仅输出指定的列 [默认输出至少一个匹配的列]

-Ga*startrec*

不列出在 *startrec* 之前的记录 [默认为 0, 即第一个记录]

-Gb*stoprec*

不列出在 *stoprec* 之后的记录 [默认为最后一个记录]

-Ia|c|m|t

忽略某些数据格式的文件。**a|c|m|t** 分别表示忽略 MGD77 ASCII、MGD77+ NetCDF、MGD77T ASCII、tab 分隔的普通文本文件。该选项可以重复使用以忽略多个格式

-L[*corrtable*]

使用改正表 *corrtable* 中的值来做改正 [默认使用 **$MGD77_HOME** 文件夹下的 mgd77_corrections.txt 文件作为改正表]。改正表格式见改正表

-Nd|s*unit*

设置距离和速度的单位。**d** 表示距离, **s** 表示速度, 然后可以分别指定距离和速度的单位。

- **e** m 或 m/s,
- **f** feet 或 feet/s
- **k** km 或 kms/hr
- **m** miles 或 miles/hr
- **n** nautical miles 或 knots
- **u** survey feet 或 survey feet/s).

默认地, 设置为 **-Ndk -Nse**（km 和 m/s）

-Qa*min/max*

指定可接受的方位角范围 *min/max* , 只输出该方位角范围内的记录 [0/360]。

-Qc*min/max*

指定航向改变的范围 *min/max* , 只输出该范围内的记录 [-360/+360]。使用 **-QC** 可在判断前先取绝对值。

-Qv*min/max*

指定速度范围 *min/max* , 只输出该范围内的记录 [0/infinity]。

-R*xmin/xmax/ymin/ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-Sa*startdist*

只列出测线累积距离大于 *startdist* 的数据, 可追加单位。

-Sb*stopdist*

只列出测线累积距离小于 *stopdist* 的数据, 可追加单位。

-T[**m**|**e**]

关闭基于 MGD77+ 文件中的改正项的自动调整, 用于抵消源机构使用 MGD77+ 导出数据创建 MGD77 时使用的错误的单位等问题, 普通 MGD77 文件不受该选项影响。**m** 表示只用于 MGD77 文件中存在的变量, **e** 表示只用于扩展的变量, 默认两者都包括。**注**: 基于记录的 E77 标志（仅限于 MGD77+ 文件）不被视为系统误差改正。相反, 这些位标志可以通过 **-F** 选项中的冒号来控制。

-W*weight*

为数据设置权重。权重的输出必须在 **-F** 选项中设置。如果使用 blockmean , blockmedian , blockmode 模块进行加权平均处理数据, 可使用该选项

-Zn|p

为低于海平面的 **depth**, **carter** 和 **msd** 指定符号, **-Zn** 指定为负的测深, 默认使用 **-Zp** 表示向下为正

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-je|**f**|**g** *(more ···)*

设置球面距离的计算方式

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

从 `01010047.mgd77` 文件中提取 distance, heading, gravity 以及 bathymetry, 将数据限定为 June 3 1971 20:45 以后, 且累积观测距离小于 5000 km 的范围内

```
gmt mgd77list 01010047 -Da1971-06-03T20:45 -Sb5000 -Fdist,azim,faa,depth > myfile.txt
```

使用 `Cruises.lis` 文件中列出的所有测线中的自由空气重力异常以便后续作为 blockmean 和*surface* 模块的输入, 数据必须在限定的区域内, 且输出为二进制

```
gmt mgd77list `cat cruises.lis` -Flon,lat,faa -R-40/-30/25/35 -bo > allgrav.b
```

从 `Cruises.lis` 中列出的测线数据中提取深度超过 9000 m 且未插值 (**btc** != 1) 的数据的位置

```
gmt mgd77list `cat cruises.lis` -F"depth,DEPTH>9000,BTC!=1" > really_deep.txt
```

从所有的 MGD77+ NetCDF 文件中提取 dist, faa, 和 grav12_2 , 要求这些字段的值不能为 NaN, 测线文件的 ID 位于 `Cruises.lis`

```
gmt mgd77list `cat cruises.lis` -E -Ia -F"dist,faa,grav12_2,depth<3000" > \
    shallow_grav.txt
```

与上例使用相同的数据, 但只提取 faa 的位标志为 BAD 的数据

```
gmt mgd77list `cat cruises.lis` -E -Ia -F"dist,faa,grav12_2:+faa" > bad_grav.txt
```

输出所有测线中的 lon, lat, mag 和 faa, 根据最新的参考字段计算 mag 和 faa 的残余量

```
gmt mgd77list `cat cruises.lis` -Flon,lat,mag,faa -Af2,4 -Am2 > data.txt
```

重新计算的异常

当通过 **-A** 选项显式地或通过 MGD77+ 文件中 E77 元数据隐式地指定重新计算异常时, GMT 只计算原始异常中不为 NaN 的异常。这样的做的原因是, 许多异常列包括手动编辑的修改, 这些结果不能被重新计算。

IGRF (International Geomagnetic Reference Field)

IGRF 基于英国地质调查局的 Susan Macmilan 编写的 Fortran 程序, 由 Algrave 大学的 Joaquim 通过 f2c 转换到 C 语言, 最终 Paul Wessel 改成 GMT 风格。

IGF (International Gravity reference Field)

这里给出代码中使用的计算正常重力的公式, GMT 在重力观测值中扣除该正常重力得到重力异常。下述公式均为索米里安公式的在不同椭球下的近似公式, 对于 WGS-84 椭球, 其与 GRS80 椭球仅存在微小差异, 应采用第四个公式

```
(1) g = 978052.0 * [1 + 0.005285 * sin^2(lat) - 7e-6 * sin^2(2*lat) + 27e-6 * cos^2(lat) * cos^2(lon-18)]

(2) g = 978049.0 * [1 + 0.0052884 * sin^2(lat) - 0.0000059 * sin^2(2*lat)]

(3) g = 978031.846 * [1 + 0.0053024 * sin^2(lat) - 0.0000058 * sin^2(2*lat)]

(4) g = 978032.67714 * [(1 + 0.00193185138639 * sin^2(lat)) / sqrt (1 - 0.00669437999013 * sin^2(lat))]
```

如果您发现上述公式存在问题, 请向 GMT 官方 报告。

改正表

改正表是一个 ASCII 文件, 其中包含实施改正所需的系数和参数。文件头部可以存在以 # 为开头的注释, 改正记录的格式如下

```
cruiseID observation correction
```

其中 *cruiseID* 为测线 ID, NCEI 定义的前缀, *observation* 为 **-F** 选项里列名表中的某个列名, *correction* 由一项或者多项组成, 所有的项在输出观测值前都被扣除, 每项的格式为

```
factor[*[function]([scale](abbrev[-origin]))[^power]]
```

其中方括号中的值是可选的, 除不同项之间, 其他地方不允许有空格。*factor* 是基函数的幅值, 可选的 *function* 可以是 sin, cos, 或者 exp。可选的 *scale* 和 *origin* 用于对参数进行一定的转换。*abbrev* 参数是上面列出的列名之一。如果 *origin* 为 **T** , 则将其替换为文件中第一个 *abbrev* 值 (通常同于时间)。如果第一条记录为 NaN, 则将 *origin* 设置为 0。在乘以幅度前, 可也对整个表达式设置一定的幂指数 *power* 。

下面是对测线 99999999 的虚构数据的改正示例, 三行分别表示: 对深度 **depth** 进行 Carter 改正, 对自由空气重力异常 **faa** 移除线性趋势, 对磁异常 **mag** 进行依赖航向和纬度的改正, 对重力 **gobs** 需要添加 10 mGal 的增量

```
99999999 depth 1.0*((carter))

99999999 faa 14.1 1e-5*((time-T))

99999999 mag 0.5*cos(0.5*(azim-19))^2 1.0*exp(-1e-3(lat))^1.5

99999999 gobs -10
```

参考

MGD77 (Marine Geophysical Data Exchange Format) 格式见 http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt.

IGRF 见 https://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html

相关模块

mgd77convert, *mgd77header*, *mgd77magref* *mgd77manage*, *mgd77path*, *mgd77track*, *mgd77sniffer*, *mgd77track*

18.134 mgd77magref

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-21

官方文档

mgd77magref

简介

计算 IGRF 或 CM4 地磁参考场模型值

mgd77magref 在特定的时间和位置计算 IGRF 或 CM4 地磁参考场模型值。

语法

gmt mgd77magref [*inputfile*] [**-A**[+**a***alt*][+**t***date*][+**y**]] [**-C***cm4file*] [**-D***Dstfile*] [**-E***f107file*] [**-F***flags*] [**-G**] [**-Sc**|**l***low/high*] [**-V**[*level*]] [**-b**binary] [**-f**flags] [**-h**headers] [**-o**flags] [**-:**[**i**|**o**]] [**--PAR**=*value*]

可选选项

inputfile

输入文件, 其中包含时间和空间信息, 前两列必须为经纬度, 正常情况下, 第三列第四列必须是海拔 (km) 和时间, 但如果这两个参数对所有数据都是恒定的, 则可以通过 **-A** 选项指定, 这时输入文件中就不包含对应的列。如果没有输入文件, 则从标准输入中读取数据。

关于 CM4 的说明: CM4 的核心场的有效期为 1960-2002.5, 但电离层和磁层场是在 *Dst* 和 *F10.7* 系数文件之后计算的。GMT 最初将这些系数文件扩展到 2006 年, GMT 4.5.3 版本后将这些系数扩展到 2009 年, 但后面的部分可能不可靠。新的索引文件可以从下面网址下载

- *Dst* 系数 ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/GEOMAGNETIC_DATA/INDICES/DST/ ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/GEOMAGNETIC_DATA/INDICES/EST_IST/ 上述网址已经停止更新, 最新的数据可从下面的网址下载 http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstae/index.html
- *F10.7* 索引文件 http://umbra.nascom.nasa.gov/sdb/yohkoh/ys_dbase/indices_flux_raw/

Penticton_Absolute/monthly/MONTHPLT.ABS 上述网址已经停止更新， 最新的数据可以从下面网址下载 ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-radio/noontime-flux/penticton/penticton_absolute/listings/listing_drao_noontime-flux-absolute_monthly.txt

-A[**+a***alt*][**+t***date*][**+y**]

指定输入文件被解析的形式。**+a** 用来设置固定的海拔 *alt* (km), [默认使用数据的第三列作为海拔], **+t** 用来设置固定时间 *data*, [默认使用数据的第四列作为时间], **+y** 表示所有的时间都为小数年的形式 [默认为 *dateTcolck* 格式, 见 *TIME_EPOCH*]

-C*cm4file*

指定备用的 CM4 参数文件 [umdl.CM4]

-D*Dstfile*

指定备用文件, 其内容为 CM4 小时平均的 *Dst* 索引 [Dst_all.wdc]. 也可以指定单个索引, 用于所有的数据

-E*f107file*

指定备用文件, 其中包含 CM4 absolute F10.7 solar radio flux [F107_mon.plt]. 也可以指定单个索引用于所有的数据

-F*flags*

选择输出项, *flags* 包含一个或者多个字符:

r means output all input columns before adding the items below

t means list total field (nT).

h means list horizontal field (nT).

x means list X component (nT, positive north).

y means list Y component (nT, positive east).

z means list Z component (nT, positive down).

d means list declination (deg, clockwise from north).

i means list inclination (deg, positive down).

追加数字可以表明磁场模型的贡献:

0 means IGRF field (no combinations allowed)

1 means CM4 Core field

2 means CM4 Lithospheric field

3 means CM4 Primary Magnetospheric field

4 means CM4 Induced Magnetospheric field

5 means CM4 Primary ionospheric field

6 means CM4 Induced ionospheric field

7 means CM4 Toroidal field

9 means Core field from IGRF and other contributions from CM4.

注: 不要同时使用 **0** 和 **9** 。将上述数字 (1-7) 并列可以得到组合效果, 例如 **-Ft/12** 将计算 Core field 和 Lithosoheric 产生的总场。**-Ft/934** 为使用 IGRF 的 Core field 和 CM4 的 Primay 和 Induced Mageto-spheric field 相加的结果。输出数据的格式与字符出现的顺序有关, 默认为 **-Frthxyzdi/1** , 也可以使用 **-o** 选项进一步筛选。

-G

指定坐标为地心坐标, 默认为大地坐标

-L

计算外部源的 J field vector.

r means output all input columns before adding the items below (all in Ampers/m).

t means list magnitude field.

x means list X component.

y means list Y component.

z means list Z or current function Psi.

追加数字可以表明贡献:

1 means Induced Magnetospheric field.

2 means Primary ionospheric field.

3 means Induced ionospheric field.

4 means Poloidal field.

-Sc*low/high*

通过球谐系数的阶数来限制 core field (地核?) 贡献的波长在给定的阶数范围内 [1/13]

-Sl*low/high*

通过球谐系数的阶数来限制岩石圈贡献的波长在给定的阶数范围内 [14/65]

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输入数据的格式

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more ···)*

设置二进制输出的数据格式

-h[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] *(more ···)*

跳过或生成指定数目的头段记录

-o*cols*[,···][,**t**[*word*]] *(more ···)*

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

-:[**i**|**o**] *(more …)*

交换输入或输出中的第一和第二列

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

时间设置

如果输入文件为二进制, 则绝对时间被保存为相对于选定的历元 (某个时刻) 的相对时间。但是由于参考历元并没有保存在数据文件中, 因此解码绝对时间可能会出现问题。这种情况下, MGD77 默认使用 Unix 系统时间, 因此, 用户需要确保带时间的二进制数据使用相同的时间系统, 见 *TIME_SYSTEM*

示例

在给定的点, 十进制时间为 2000.0 时, 计算除岩石圈和 toroidal field 外所有的贡献的 CM4 Total field, 偏角和倾角

```
echo -28 38 0 2000.0 | gmt mgd77magref -A+y -Ftdi/13456
```

与上例计算相同, 但时间修改为 2001 年 5 月 1 日 12 点

```
echo -28 38 0 2001-05-01T12:00:00 | gmt mgd77magref -Ftdi/13456
```

参考

CM4 见 https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2004.02421.x

IGRF 见 https://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html

相关模块

mgd77convert, *mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77manage*, *mgd77path*, *mgd77track*, *mgd77sniffer*, *mgd77track*

18.135 mgd77path

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-21

官方文档

mgd77path

简介

返回 MGD77 的路径和文件夹

mgd77path 返回一个或多个 MGD77 文件的完整路径名。由于目录的变化, 返回的路径名可能会随时间变化。

语法

gmt mgd77path *GEODAS-ids* [**-A**[**c**]] [**-D**] [**-Ia**|**c**|**m**|**t**] [**-V**[*level*]] [**--PAR**=*value*]

必选选项

NGDC-ids

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见*mgd77info* **-L**
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜素顺序为:

- MGD77+ (".nc")
- MGD77T (".m77t")
- MGD77 (".mgd77")
- 普通文本文件 (".dat")

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **$MGD77_HOME**, 则在默认的 **$GMT_SHAREDIR**/mgd77 目录查找, 如果设置了 **$MGD77_HOME**, 则在其下的 **$MGD77_HOME**/mgd77_paths.txt 文件中保存的路径中查找。

可选选项

-A[**c**]

显示每条测线的完整路径, **c** 选项将会只列出 ID

-D

显示当前在搜索中的路径

-Ia|**c**|**m**|**t**

忽略某些数据格式的文件。**a**|**c**|**m**|**t** 分别表示忽略 MGD77 ASCII、MGD77+ NetCDF、MGD77T ASCII、tab 分隔的普通文本文件。该选项可以重复使用以忽略多种格式

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

获取 01010008 和 01010007 路径名

```
gmt mgd77path 01010008 01010007
```

当 01010008 和 01010007 为 MGD77+ 格式时，返回路径名

```
gmt mgd77path 01010008 01010007 -Ia -It
```

查看可能储存 MGD77 文件的目录列表

```
gmt mgd77path -D
```

参考文献

MDG77 格式见 http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt.

相关模块

mgd77convert, *mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77manage*, *mgd77info*, *mgd77track*, *mgd77sniffer*, *mgd77track*

18.136 mgd77sniffer

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-21

官方文档

mgd77sniffer

简介

MGD77 沿轨质量控制

mgd77sniffer 对旧的（pre-Y2K）以及新的 ASCII MGD77 文件进行逐点健全性检查，包括沿轨的梯度以及观测数据与重力和测深模型之间的差异。默认情况下，检测到的数据问题通常会导致每个扫描记录出现多条消息。使用计算机可解析的格式（见*E77 误差格式* ）可选择输出数据中存在的问题（**-De** 选项）。默认误差阈值来自 1952 年到 2006 年 1 约期间收集的所有 MGD77 地球物理数据的直方图。使用 **-L** 选项可以调整阈值。

语法

gmt mgd77sniffer *GEODAS-ids* [**-A***fieldabbrev,scale,offset*] [**-C***maxspd*] [**-Dd**|**e**|**E**|**f**|**l**|**m**|**s**|**v**[**r**]] [**-E**] [**-G***fieldabbrev,imggrid,scale,mode* or **-G***fieldabbrev,grid*] [**-H**] [**-I***fieldabbrev,rec1,recN*] [**-L***custom-limits-file*] [**-M**] [**-N**] [**-R***region*] [**-Sd**|**s**|**t**] [**-T***gap*] [**-V**[*level*]] [**-Wc**|**g**|**o**|**s**|**t**|**v**|**x**] [**-Z***level*] [**-bo**binary] [**-do**nodata[+**c***col*]] [**-n**flags] [**--PAR**=*value*]

必选选项

NGDC-ids

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见*mgd77info* **-L**
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜素顺序为:

- MGD77+ (".nc")
- MGD77T (".m77t")
- MGD77 (".mgd77")
- 普通文本文件 (".dat")

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **$MGD77_HOME**, 则在默认的 **$GMT_SHAREDIR**/mgd77 目录查找, 如果设置了 **$MGD77_HOME**, 则在其下的 **$MGD77_HOME**/mgd77_paths.txt 文件中保存的路径中查找。

可选选项

-A*fieldabbrev,scale,offset*

将缩放因子和 DC 偏移量添加到指定的字段。注意: 在对数据调整前必须仔细检查数据, 是否能应用于所有测线

-C*maxspd*

以 m/s 为单位设置最大船速, 或使用 **-N** 选项设置使用节作为速度单位。默认船速超过 10 m/s (~ 20 节) 即被标记为超过最大船速。

-Dd|**e**|**E**|**f**|**l**|**m**|**s**|**v**[**r**]

抑制默认的警告输出并且仅逐行输出数据值、梯度以及观测值与网格的差、E77 错误总结以及新创建的列等。追加 **r** 表示包含所有的数据, 默认省略存在导航错误的数据。

- **-Dd** 输出观测值和网格数据的差值, 需要 **-G** 选项, 数据信息包括为 `lat lon dist cruiseZ gridZ diff [cruiseZ2 gridZ2 diff2 ···]`

  注: 从观测值中减去网格值, 因此正值意味着观测值大于网格值, 对于多个网格, 以命令行的顺序展

示结果。

- **-De** 输出 E77 误差分类格式。误差输出被分为头部信息和数据记录，头部信息包含所有应用到该测线的信息；数据记录为错误记录。**mgd77sniffer** 将 E77 写入到 <geodas_id.e77> 文件中，见下面的*E77 误差格式*
- **-DE** 与 **-De** 相同，但是不进行回归测试
- **-Df** 输出 delta Z 以及 delta S，分别为观测值的差值以及距离的差值。距离的差值对不同的观测值来说通常是不同的，因为他们的仪器采样率不同，输出格式信息包括：`d[twt] ds d[depth] ds d[mtf1] ds d[mtf2] ds d[mag] ds d[diur] ds d[msd] ds d[gobs] ds d[eot] ds d[faa] ds`
- **-Dl** 显示 mgd77sniffer 的限制，该选项的输出可以为 **-L** 选项提供参考。不需要额外的参数，数据信息包括 `fieldabbrev min max maxSlope maxArea`
- **-Dm** 以符合 Y2K MGD77 格式输出 MGD77 数据
- **-Dn** 每条记录输出到海岸线的距离。需要 **-Gnav** 选项，输出信息包括：`lat lon dist distToCoast`
- **-Ds** 输出速度以及地球物理观测的梯度。梯度的类型与 **-S** 设置结果一致（默认为空间梯度），输出信息包括 `speed d[twt] d[depth] d[mtf1] d[mtf2] d[mag] d[diur] d[msd] d[gobs] d[eot] d[faa]`
- **-Dv** 显示每个 MGD77 数据记录的十二个字段，顺序为 `lat lon twt depth mtf1 mtf2 mag diur msens gobs eot faa`

-E

反转导航质量标志。在某些情况下，大多数的导航标志被错误设置，这种情况通常发生在测量船的第一批观测中。注意，要非常谨慎使用该选项

-G*information*

将船的测量数据和网格数据比较。可食用的格式包括：

- **-G***fieldabbrev*,*imggrid*,*scale*,*mode* 将测量数据与 Sandwell/ Smith 网格数据 img 网格数据比较。*fieldabbrev* 为字段的缩写，见*Mgd77 字段信息*，然后为网格文件名 *imggrid*，网格文件的缩放系数 *scale*，以及 mode。mode 可以为如下值：
  - 0 img 文件不含约束代码，返回所有数据
  - 1 img 文件有约束代码，返回所有数据
  - 2 img 文件有约束代码，只返回在约束处的数据，其他地方设置为 NaN
  - 3 img 文件有约束代码，在约束处返回 1，其他位置返回 0
- **-G***fieldabbrev*,*grid* 将测量数据与其他 GMT 可识别的网格数据比较。*fieldabbrev* 为字段缩写，*grid* 为网格文件名。

该模块同时支持和多个网格比较，只需多次使用 **-G** 选项即可。

网格比较会激活几种错误检查：

- 使用船测数据与网格数据进行重新加权最小二乘回归分析确定斜率和偏移。当斜率和偏移不为 1 和 0 时，说明船测数据和网格存在一定的差异，可能为船测数据中存在不正确的单位或者仪器漂移等。
- 沿轨迹计算累计的网格和船测数据之间的偏差，并格努 *maxArea* 阈值标记超限的值。

需要注意的是，网格收到测深数据的限制，因此两者之间并不一定是独立的。同时，船测测深以及网格测深同时激活了 “navigation crossing over land” 检查。

-H

只能与 **-G** 选项同时使用。设置计算船测数据与网格数据之间偏差的时机，默认情况下，只有在比较了完

整的观测数据集后, 然后才能通过最小二乘分析得到得到可靠的估计。

- **-Hb** 同时分析临时的结果以及完整数据集的结果, 并报告两者中间的优者
- **-Hd** 不进行临时数据分析, 等价于 **-H**
- **-Hf** 进行临时数据分析

-I*fieldabbrev*,*rec1*,*recN*

将某个字段 *fieldabbrev* 从 *rec1* 到 *recN* 的数据记录标记为 BAD, 可以多次使用。

-L*custom-limits-file*

使用文件 *custom-limits-file* 覆盖默认的错误检查限制。字段信息如*Mgd77 字段信息* 所示。文件中每行均包含一个字段记录，可以包括最大值，最小值，最大梯度，最大面积等。最大梯度与 **-S** 选项中设置的梯度一致。**-G** 选项使用最大面积作为阈值。使用 **-Dl** 生成的信息可以确定该限制文件的具体值, `mgd77sniffer -Dl -L<yourlimitsfile>` 。

下面展示了一个示例文件, 其中 `--` 表示使用默认值。

# abbrev	min	max	maxSlope	maxArea
twt	0	15	1	0
depth	0	11000	500	5000
mag	-800	800	--	--
faa	-300	300	100	2500

-M

调整在陆地的导航阈值 [100]

-N

使用航海单位

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[**+r**][**+u***unit*] *(more ···)*

指定数据范围。

-Sd|**s**|**t**

设置沿轨数据梯度的检查。

- **-Sd** 计算沿轨数值的差分结果, 输出单位为原本数据的单位
- **-Ss** 计算空间梯度, 输出单位为原本数据单位除以 km
- **-St** 计算时间梯度, 输出单位为原本数据单位除以 second [默认]

-T*gap*

对于沿轨数据中的 gap 进行处理。默认情况下, 跳过大于 5 km 的数据间隙。设置为 0 时则停用跳过间隙

-Wc|**g**|**o**|**s**|**t**|**v**|**x**

仅打印详细错误信息中的某些警告类型。逗号分隔上述子选项可实现任意组合:

- **c** 代码警告
- **g** radient 超出范围
- **o** 网格偏移, 需要 **-G**|**g**
- **s** 速度超出范围
- **t** 时间警告
- **v** 值超出范围

- **x** 警告的总结

默认情况下输出所有警告信息。该选项与 **-D** 选项不兼容

-Z

标志的回归统计超过指定的置信水平, 即 **-Z**5 指出系数 m, b, rms 和 r 超过 95% 执行水平

-V[*level*] *(more …)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-bo[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] *(more …)*

设置二进制输出的数据格式

-do*nodata* *(more …)*

将输出数据中值为 NaN 列替换为 *nodata*

-n[**b**|**c**|**l**|**n**][+**a**][+**b***BC*][+**c**][+**t***threshold*] *(more …)*

设置网格文件的插值方式

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

Mgd77 字段信息

Field	*Abbreviation*	*Units*
Two-way	Travel	Time
Corrected	Depth	depth
Mag	Total	Field1
Mag	Total	Field2
Residual	Magnetic	mag
Diurnal	Correction	diur
Mag	Sensor	Depth/Alt
Observed	Gravity	gobs
Eotvos	Correction	eot
Free	Air	Anomaly

网格文件信息

对于 **-G** , 网格必须使用 Sandwell&Smith img 网格文件或者 GMT 支持的任何网格类型, img 文件为没有头部信息的球墨卡托 2 字节网格。

E77 误差格式

头部信息

与测量船有关的信息, 如 NCEI 和调查机构的识别代码, 测量时间, 双向传递时间的校正信息, 数据精度警告, 以及从全球网格比较中得到的系统缩放信息, DC 偏移以及相关系数等信息。

下面为一个示例:

```
# Cruise 08010039 ID 74010908 MGD77 FILE VERSION: 19801230 N_RECS: 3066
# Examined: Wed Oct 3 16:30:13 2007 by mtchandl
# Arguments: -De -Gdepth,/data/GRIDS/etopo5_hdr.i2
N Errata table verification status
# mgd77manage applies corrections if the errata table is verified (toggle 'N' above to 'Y' after review)
# For instructions on E77 format and usage, see http://gmt.soest.hawaii.edu/mgd77/errata.php
# Verified by:
# Comments:
# Errata: Header
Y-E-08010039-H13-02: Invalid Magnetics Sampling Rate: (99) [ ]
Y-W-08010039-H13-10: Survey year (1975) outside magnetic reference field IGRF 1965 time range (1965-1970)
Y-I-08010039-depth-00: RLS m: 1.00053 b: 0 rms: 127.851 r: 0.973422 significant: 1 decimation: 0
Y-W-08010039-twt-09: More recent bathymetry correction table available
Y-W-08010039-mtf1-10: Integer precision
Y-W-08010039-mag-10: Integer precision
```

误差记录

单个误差具有严格的格式。包括一个时间或者距离列, 第二列为数据列, 然后为一个格式化的无误差代码字符串, 最后为记录中检测到误差记录的描述。其中主要分为三种误差类型, 见下面的误差代码描述。

格式: `<time/distance> <record number> <error code string> <description>`

示例: :

```
# Errata: Data
Y 08010039 1975-05-10T22:16:05.88 74 C-0-0 NAV: excessive speed
```

误差代码描述

三种误差由破折号分隔, 并由字母字符或 0 组合描述, 表示检测到问题或者未检测到问题

例如: NAV-VAL-GRAD

误差类型描述:

1. NAV(navigation)

    - 0 - fine
    - A - time out of range
    - B - time decreasing
    - C - excessive speed
    - D - above sea level
    - E - lat undefined

- F - lon undefined

2. VAL(value)

   - 0 - fine
   - K - twt invalid
   - L - depth invalid
   - O - mtf1 invalid

3. GRAD(gradient)

   - 0 - fine
   - K - d[twt] excessive
   - L - d[depth] excessive
   - O - d[mtf1] excessive

导航误差 NAV 比较特殊, VAL 和 GRAD 则是按字母表顺序来排序 24 个数字字段的。

X W V U T S R Q P O N M L K J I H G F E D C B A	E77 Code
n f e g m d m m m m b b d t p l l m h d m y t d	F I
q a o o s i s a t t t c e w t o a i o a o e z r	i D
c a t b d u e g f f c c p t c n t n u y n a t	e
s r n 2 1 t r t r	l
s h h	d
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Bit place
• G C G C C - G G G - - G G - - - T T T T T - -	Bit type

其中 Bit type 中

- G : 地球物理观测值
- C : 改正值
- T : 时间

示例

查找文件中多余的值

```
gmt mgd77sniffer 08010001
```

丢弃测线文件的梯度

```
gmt mgd77sniffer 08010001 -Ds
```

比较测线中实测深度与 ETOPO5 测深以及 Sanwell/Smith 2 分分辨率 11 版本的重力场

```
gmt mgd77sniffer 08010001 -Gdepth,/data/GRIDS/etopo5_hdr.i2 \
    -Gfaa,/data/GRIDS/grav.11.2.img,0.1,1
```

参考

MDG77 格式见 http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt.

相关模块

x2sys_init, *mgd77convert*, *mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77info*, *mgd77track*, *mgd77manage*, *mgd77track*

18.137 mgd77track

贡献者

周茂

最近更新日期

2024-06-21

官方文档

mgd77track

简介

绘制 MGD77 测线轨迹

语法

gmt mgd77track *GEODAS-ids* **-R***region* **-J***parameters* [**-A**[**c**][*size*][**+i***spacing*]] [**-B**[**p**|**s**]*parameters*] [**-Da***startdate*] [**-Db***stopdate*] [**-F**] [**-Gd**|**t**|**n***gap*] [**-Ia**|**c**|**m**|**t**] [**-L***trackticks*] [**-Sa***startdist*] [**-Sb***stopdist*] [**-TT**|**t**|**d***ms,mc,mfs,mf,mfc*] [**-U**[*stamp*]] [**-V**[*level*]] [**-W**[*pen*]] [**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*]] [**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*]] [**-p**flags] [**-t**transp] [**--PAR**=*value*]

必选选项

NGDC-ids

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见*mgd77info* **-L**
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜索顺序为:

- MGD77+ (".nc")
- MGD77T (".m77t")
- MGD77 (".mgd77")
- 普通文本文件 (".dat")

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找，如果未设置 **$MGD77_HOME**，则在默认的 **$GMT_SHAREDIR**/mgd77 目录查找，如果设置了 **$MGD77_HOME**，则在其下的 **$MGD77_HOME**/mgd77_paths.txt 文件中保存的路径中查找。

-J*projection* *(more …)*

设置地图投影方式

-R*xmin*/*xmax*/*ymin*/*ymax*[+**r**][+**u***unit*] *(more …)*

指定数据范围。

可选选项

-A[**c**][*size*][+**i***spacing*]

标注测线，追加 **c** 选项表示使用 cruise ID 进行标注，默认使用文件名前缀。*size* 为字体大小，单位为 points，字体由*FONT_LABEL* 控制。追加 +**i***spacing* 则在沿轨每隔一定距离/时间放置一个此标注，单位可以为 **k** (km)，**n** (nautical mile)，**d** (day) 或者 **h** (hour)

-B*parameters* *(more …)*

设置底图边框和轴属性。

-Da*startdate*

不绘制 *startdate*（yyyy-mm-dd**T**[hh:mm:ss]）时刻之前的数据，默认为第一天

-Db*stopdate*

不绘制 *stopdate*（yyyy-mm-dd**T**[hh:mm:ss]）时刻之后的数据，默认为最后一天

-F

如果 MGD77+ 文件中存在 error flag，不应用这些 flag，默认情况下会应用

-Gd|**t**|**n***gap*

如果测线中两个点的距离超过 **d***gap* (km) 或者时间超过 **t***gap* (minutes) 表示轨迹存在中断，不绘制连续的线。重复使用可分别设置时间和距离。**n***N* 则表示每 N 个点绘制一个点，这对于减小图所占的空间很有必要，但是不能和 **d** 以及 **t** 选项共用。

-Ia|**c**|**m**|**t**

忽略某些数据格式的文件。**a**|**c**|**m**|**t** 分别表示忽略 MGD77 ASCII、MGD77+ NetCDF、MGD77T ASCII、tab 分隔的普通文本文件。该选项可以重复使用以忽略多个格式

-L*trackticks*

在轨迹上放置时间或者距离标记。例如，**a**500**ka**24**ht**6**h** 表示每 500 km 标注，每 24 小时标注，每 500 km 和 6 小时绘制刻度线。时间和距离单位也可以是 **d**（天）和 **n**（nautical miles）。

-Sa*startdist*

不绘制从港口出发累积距离小于 *startdist* 米的数据，默认为 0，可追加单位：**k** 为 km，**M** 为 miles，**n** 为 nautical miles。

-Sb*stopdist*

不绘制从港口出发累积距离大于 *stopdist* 米的数据，默认为整个测线长度，可追加单位：**k** 为 km，**M** 为 miles，**n** 为 nautical miles

-TT|**t**|**d***ms*,*mc*,*mfs*,*mf*,*mfc*

控制三种标记的属性，**T** 为新一天的第一个时间标记，**t** 同一天的其他时间标记，**d** 为距离标记。对于其中的每个标记，可以指定 5 个由逗号分隔的属性，*markersize* , *markercolor* , *markerfontsize* , *markerfont*

和 *markerfontcolor* 。重复使用 **-T** 选项可设置不同的标记。

-W[*pen*]

设置绘制轨迹线的属性, 默认 width = defaults, color = black, style = solid。

-U[*label*][**+c**][**+j***just*][**+o***dx*/*dy*] *(more ···)*

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

-V[*level*] *(more ···)*

设置 verbose 等级 [**w**]

-X[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

-Y[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] *(more ···)*

移动绘图原点

-p[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][**+w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][**+v***x0*/*y0*] *(more ···)*

设置 3D 透视视角

-t[*transp*] *(more ···)*

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-^ 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

-+ 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见配置参数

示例

本示例生成一个 70 W 到 20 E, 40 S 到 20 N 内 01010007 测线轨迹的墨卡托地图, 使用 0.1 inch/degree 的比例尺, 轨迹 ID 标注大小为 10p, 每 10 度标注边框, 每 5 度绘制网格线, 每天和每 1000 km 标记时间和距离, 每 6 小时和每 250 km 绘制刻度线, 最终生成 PDF

```
gmt mgd77track 01010007 -R70W/20E/40S/20N -Jm0.1 -B10g5 -A10 \
          -La1da1000kf6hf250k -pdf map
```

参考

MGD77 (Marine Geophysical Data Exchange Format) 格式见 http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt.

相关模块

mgd77convert, *mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77manage*, *mgd77path*, *mgd77sniffer*

第 19 章　相关工具

这一章介绍在使用 GMT 过程中可能用到的其他工具。

19.1 GDAL

GDAL（**G**eospatial **D**ata **A**bstraction **L**ibrary）是光栅（raster）和矢量（vector）地理空间数据格式的转换库/工具，支持多种光栅或矢量地理空间数据格式的互相转换和处理。

历史上，GDAL 仅用于处理光栅地理空间数据，而 OGR 则仅用于处理矢量地理空间数据。自 GDAL 2.0 开始，二者集成在一起了，一般统称为 GDAL 或 GDAL/OGR。因此，GDAL 现在具备了处理光栅和矢量地理空间数据格式的能力。

备注

若无显式说明，本手册提到 GDAL 和 GDAL/OGR 时，表示同一个意思；提到 OGR 时，仅表示地理空间矢量数据格式。

GDAL/OGR 有两个核心部分：

- GDAL 部分：支持多种光栅地理空间数据格式的互相转换，如常见的 netCDF、GeoTiff、HDF5、XYZ 等，详见光栅格式列表
- OGR 部分：支持多种矢量数据格式的互相转换，如常见的 OGR/GMT（即 GMT）、Shapefile 、KML、MapInfo、Excel 等，详见矢量格式列表

GDAL 提供了几十个不同功能的程序，这里仅介绍比较常用的几个程序。更完整的程序列表见 https://gdal.org/programs/index.html。

19.1.1 ogr2ogr

GDAL 提供的 `ogr2ogr` 命令可以实现几十种地理矢量数据格式之间的互相转换。因而，可以用其将任意地理矢量数据格式转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式，供 GMT 直接使用。该命令的详细用法请参考 ogr2ogr 官方文档。

该命令的基本用法是:

```
ogr2ogr -f GMT 输出数据文件名 输入数据文件名
```

当输出文件名为空（即 `""`）时，则输出数据与输入数据的文件名相同，仅后缀不同。

示例

1. 将 Shapefile 格式的数据文件 `gadm41_USA_0.shp` 转换为 GMT 格式:

```
$ ogr2ogr -f GMT "" gadm41_USA_0.shp
```

2. 将 GeoJSON 格式的数据文件 `gadm41_USA_0.json` 转换为 GMT 格式:

```
$ ogr2ogr -f GMT "" gadm41_USA_0.json
```

3. 将 Geopackage 格式的数据文件 `gadm41_USA.gpkg` 转换为 GMT 格式。

   与 Shapefile 和 GeoJSON 格式不同的是, Geopackage 格式中可以包含多个 layer 的数据, 因而在转换时需要指定提取哪个 layer 的数据。使用 `ogrinfo` 命令可以查看数据的基本属性:

```
$ ogrinfo gadm41_USA.gpkg
INFO: Open of `gadm41_USA.gpkg'
      using driver `GPKG' successful.
1: ADM_ADM_0 (Multi Polygon)
2: ADM_ADM_1 (Multi Polygon)
3: ADM_ADM_2 (Multi Polygon)
```

   可以看到该数据中包含了三层, 即 `ADM_ADM_0`、`ADM_ADM_1` 和 `ADM_ADM_2`。因而, 可以使用如下命令分别提取三层数据:

```
$ ogr2ogr -f GMT "" gadm41_USA.gpkg ADM_ADM_0
$ ogr2ogr -f GMT "" gadm41_USA.gpkg ADM_ADM_1
$ ogr2ogr -f GMT "" gadm41_USA.gpkg ADM_ADM_2
```

   三个命令分别生成文件 `ADM_ADM_0.gmt`、`ADM_ADM_1.gmt` 和 `ADM_ADM_2.gmt`。

19.1.2 gdal_translate

GDAL 提供的 `gdal_translate` 命令可以实现多种地理空间光栅数据格式之间的互相转换。该命令的详细用法请参考 gdal_translate 官方文档, 这里只介绍该命令的基本用法:

```
gdal_translate -of 格式 输入数据文件名 输出数据文件名
```

例如, 将 GeoTiff 格式的数据文件数据 `srtm_56_05.tif` 转换为 GMT 使用的 netCDF 格式:

```
gdal_translate -of netCDF srtm_56_05.tif srtm_56_05.nc
```

第 20 章　等值线标注和“线条标注”

GMT 中可以使用采用 grdcontour 和 pscontour 模块来绘制等值线，每条等值线都可以附加一个标注。GMT 中 plot 和 plot3d 模块也可以使用 -Sq 选项绘制带有标注的线段。

在需要为等值线/线段附加标注的时候，如何优化标注的位置是一个很困难的主题。GMT 提供了不同的算法确定标注的位置，并且可以自由地指定标注的属性。本章总结了标注的属性和位置确定方法，并给出了一些应用实例。

20.1 标注的位置

GMT 中提供了 5 种算法来自动确定标注的位置。对于 grdcontour 和 pscontour 模块，可以通过 -G 选项指定使用哪种标注定位算法，对于 plot 和 plot3d 模块，则可以通过 -Sq 选项指定使用哪种标注定位算法。

不管是 -G 还是 -Sq，其所需要的信息是完全相同的，采用 <code><info> 的格式来指定算法和相应参数，其中 <code> 取不同的值代表不同的算法，<info> 则是各个算法所对应的参数。

下述内容给出了不同 <code> 对应的算法和相应的参数：

d:

完整的语法为 d<dist>[c|i|p][/frac]

根据地图上的投影距离确定标注的位置，可以指定长度单位或采用默认值 [*PROJ_LENGTH_UNIT*]。从等值线的起始位置开始，以 <dist> 为步长，沿着等值线布置标注。为了保证可以标注总长度小于 <dist> 的封闭曲线，可以指定 <frac> 参数，将第一个标注放置在距封闭曲线起点 d = <dist> * <frac> 的位置上，frac 的默认值为 0.25。

D:

完整的语法为 D<dist>[d|m|s|e|f|k|M|n][/<frac>]

与 d 相似，但是其输入数据必须是地理坐标（同时必须选择地图投影），距离为沿等值线的地表真实距离。可以附加距离的单位，其中 d|m|s|e|f|k|M|n 各个单位的含义见单位 一节。其它参数的意义与 d 相同。

f:

完整的语法为 f<fix.txt>[/<slop>[c|i|p]]

其中，ASCII 文件 <fix.txt> 中每条记录的前两列（坐标）指定了标注的位置。当文件中的坐标与等值线的距离小于 <slop>（附加单位或使用默认值*PROJ_LENGTH_UNIT* ）时，才会显示标注。<slope> 的默认值为 0，即文件中的坐标必须与线段上的坐标完全匹配。

l:

完整的语法为 l<line1>[,<line2>[, ...]]

指定一个或多个以逗号分隔的直线段，在这些直线段与等值线的交点位置放置标注。通过起点 <start> 和终点 <stop> 的坐标来定义每个直线段 <line> 。起点和终点的坐标可以是常规坐标，如斜杠分隔的经纬度，或与地图区域相关的 2 个字母组合成的子选项。这些字母的取值与 pstext 中对齐方式的取值相同，即 [L|C|R][B|M|T]

第一个字母代表横坐标 <x>，第二个字母代表纵坐标 <y>，如 LB` 代表地图的左下角。在模块

``grdcontour 中还可以使用子选项 Z+ 、Z- 代表网格数据中全局最大值点或最小值点的坐标。例如, 直线段 line LT/RB 代表地图左上角到右下角的对角线, Z-/135W/15S 代表网格数据中最小值点与 (135°W, 15°S) 之间的直线段。

L:

除起点与终点之间的线段为大圆弧外, 其余内容与子选项 l 相同。

n:

完整的语法为 n<number>[/<minlength>[c|i|p]]

沿等值线放置 <number> 个标注, 即将等值线分割为 <number> 段, 标注位于每段的中心位置。还可以通过指定最小距离 <minlength> 来保证相邻标注之间的距离不小于 <minlength> 。

N:

完整的语法为 N<number>[/<minlength>[c|i|p]]

除标注位于每段终点位置外 (<number> >= 2), 与子选项 n 类似。当 number=-1 时, 标注位于等值线的起点; 当 number=+1 时, 标注位于等值线的终点。

x:

完整的语法为 x<cross.d>

ASCII 文件 <cross.d> 内给出了多段数据, 这些线段与等值线的交点即是标注的位置。

X:

除了 ASCII 文件中定义的线段为大圆弧外, 与子选项 x 的类似。

每调用一次等值线绘制模块, 只能指定一种确定标注位置的算法。

20.2 标注的属性

确定标注的位置之后, 还需要指定标注的属性。对于等值线绘制模块, 在 -A 选项后以 +<code>[< 参数>] 的格式定义不同的属性; 对于线条绘制模块中, 则是在 -Sq 选项后用冒号 : 来分隔标注的属性和标注的位置。

部分属性只能用于线条绘制模块, 因此, 首先列出了两个模块通用的属性。这些属性包括:

+a:

控制标注的角度和线条的角度间的相互关系:

1. 后面加上 **n** 表示二者相互垂直;
2. 后面加上 **p** 表示二者之间相互平行, 调用 grdcontour 模块时, 还可以附加 **u** 或 **d** 表示标注的上边缘指向更高或更低的等值线;
3. 给定角度 <angle> 表示自水平方向开始逆时针方向旋转的角度

+c:

每个标注周围存在一个假想的文本框, 等值线在这个区域内是不可见的。默认的文本框精确的围限了标注, 可以指定水平向和竖直向的间隙 (相对于标注的基线)。若水平向和竖直向的间隙值不同, 需要以斜杠分隔, 可以在间隙值后附加长度单位 (c|i|m|p), 也可以指定间隙与标注所采用字体的百分比, 默认值为 15% 。

+d:

Debug 模式。标注所在位置也会绘制等值线, 用来测试等值线的位置。

+d:

延迟模式, 延迟标注文字的绘制。

+f:

指定标注文字的字体、大小和颜色等，可参考 `pstext` 。字体的默认值参见*FONT_ANNOT_PRIMARY* 。

+g:

指定文本框的填充效果，颜色的默认值与*PS_PAGE_COLOR* 相同。

+j:

指定标注内容与标注位置之间的对齐方式，默认值为 **CM** ，指定值可以覆盖默认值，参数值由 2 个字母组成，取值范围分别为 `[L|C|R][B|M|T]` 。对于弯曲的标注文字 (**+v**)，只有竖直向对齐方式起作用。

+o:

指定文本框的形状为圆角矩形，只有对文本框进行填充或显示轮廓时才起作用。对于弯曲的标注文字 (**+v**) 不起作用。

+p:

指定文本框轮廓线的线条属性，默认值为 [0.25p,black] 。

+r:

当曲率半径低于给定值时，不放置标注，可以指定曲率半径的单位，默认值为 0。

+u:

在标注后加单位 `<unit>` 。通常在单位和标注之间有一个空格，若想去掉这个间隔，需要在单位前加连字符 (-)。调用 `grdcontour` 模块时，若给出这个属性，却不指定单位时，则使用网格头段中 z 值的单位。

+v:

根据线条摆动情况放置弯曲的标注，当标注长度较大时，该属性尤其有用。默认值为给定角度的不可见的直线段。

+w:

标注所在位置处等值线的角度，是对附近的 *width* 个点，进行最小二乘拟合计算的，*width* 的默认值为 10。

+=:

与 **+u** 非常相似，用于指定 *prefix* 的单位。

对于等值线绘制模块，标注的内容为等值线的数值 (可以通过 **+u** 或 **+=** 属性来修改)。对于线条绘制模块来说，还可以指定下述属性：

+l:

在标注位置放置相同的内容，如果标注内容包含空格，则需要用引号括起来。

+L:

通过附加 *子选项* 指定标注的内容，可用的子选项包括：

+Lh:

采用多段数据的头记录作为标注内容 (假设输入为多段数据，如果不是多段数据，则采用文件头记录)。首先扫描 `-L<` *子选项* `>` 属性，若没有指定该选项，则采用数据段头记录首字符 (默认为 >) 后的第一个单词。

+Ld:

采用笛卡尔坐标系内的距离作为标注内容的距离单位， 可以指定单位， 如 `c|i|p`， 默认值为 [*PROJ_LENGTH_UNIT*]。标注内容的格式参见:term:`FORMAT_FLOAT_OUT` 。

+LD:

采用真实地表距离计算标注内容，可以指定单位，如 `d|e|f|k|m|M|n|s`，默认值为度 **d** 。

+Lf:

采用 ASCII 文件 *fix.txt* 中第 2 列数据之后的所有文字作为标注的内容，显然，该属性需要在指定标注位置算法 (**f**) 的前提下，才能起作用。

+Ln:

采用多段数据中当前数据段的顺序号作为标注内容。

+LN:

采用斜杠分隔的文件号--当前数据段顺序号作为标注内容。

+Lx:

与属性 **h** 类似，多段数据头记录的来源为 *cross.d* 文件。显然，该属性需要在指定标注位置算法 (**x**|**X**) 的前提下，才能起作用。

20.3 等值线标注位置实例

本节通过一些简单的实例说明等值线标注位置选项的作用。首先，在实例 1 中，采用部分全球大地水准面数据 (geoid)，绘制了等值线。所选择的区域包含了大地水准面的两级，Indian Low 和 New Guinea High。

示例数据下载 `geoid.nc` 、`transect.txt` 、`cross.txt`

20.3.1 等距离放置标注

第 1 个实例使用标注位置算法的默认值，沿等值线每 1.5 英寸放置一个标注:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot1
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+f8p -Gd1.5i -S10 -T+lLH
gmt end show
```

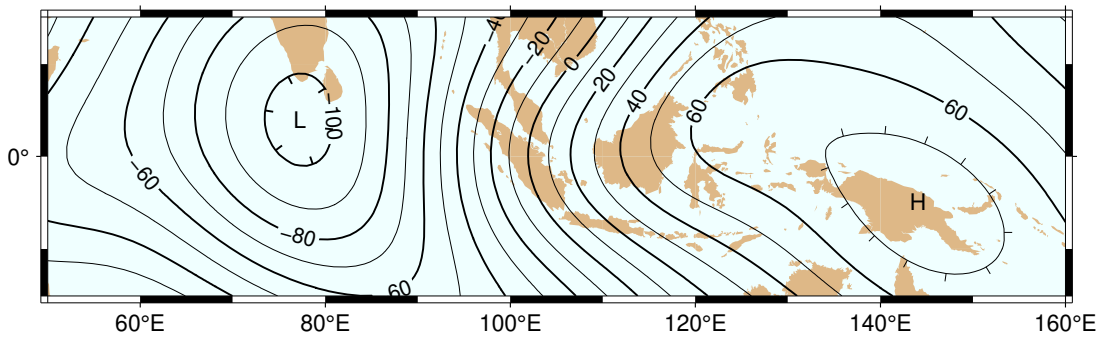


图 1: 通过指定 **-Gd** 选项的参数，确定了标注的位置 (等值线上相距 1.5 英寸的点)

20.3.2 给定标注个数

现在指定每条等值线上标注的个数。每条等值线上只放置 1 个标注，并且要求等值线的长度不小于 1 英寸，

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot2
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+f8p -Gn1/1i -S10 -T+lLH
gmt end show
```

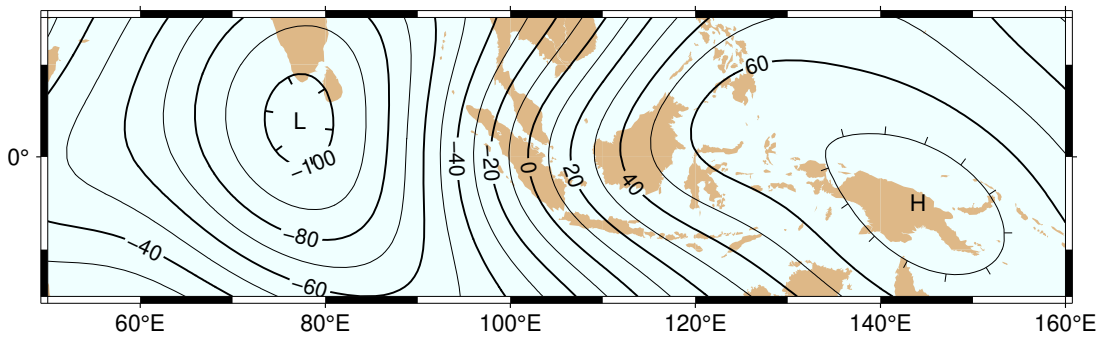


图 2: 通过指定 **-Gn** 选项的参数, 确定了标注的位置 (每条长度超过 1 英寸的等值线的中心位置)

20.3.3 给定标注位置

给定标注所在位置的坐标, 由于坐标不是严格位于等值线上, 指定了非 0 距离值, 即标注位置与等值线距离的上限。

根据等值线的几何形状, 自动计算标注的角度。为了帮助理解, 通过指定选项 **-A** 中的 **+d** 属性, 采用了 debug 模式, 即在每个给定位置上绘制了一个小圆圈。

```
#!/usr/bin/env bash
cat << EOF > fix.txt
80      -8.5
55      -7.5
102     0
130     10.5
EOF
gmt begin contour_annot3
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+f8p -Gffix.txt/0.1i -S10 -T+lLH
gmt end show
```

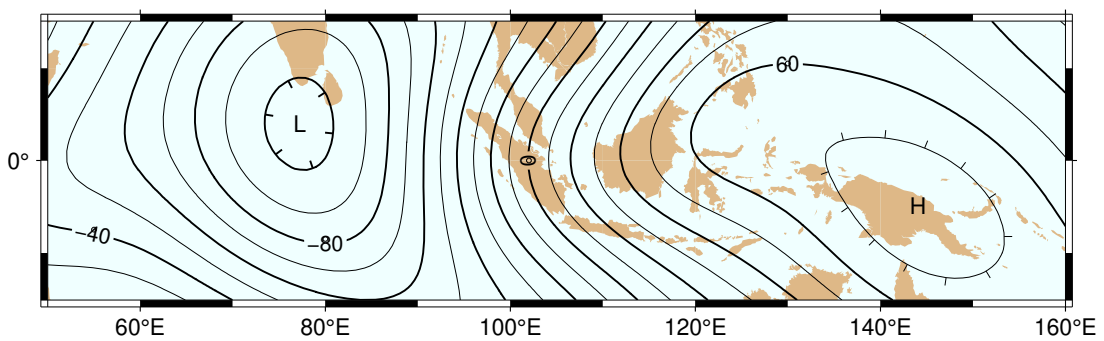


图 3: 通过指定 **-Gf** 选项的参数, 确定了标注的位置 (等值线上与给定点距离最小的点)

20.3.4 线段与等值线交点处放置标注

通过指定 **-Gl** 或 **-GL** 选项的参数来定义线段，将标注放置在直线段与等值线的交点。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot4
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+f8p -GLZ-/Z+ -S10 -T+lLH
gmt end show
```

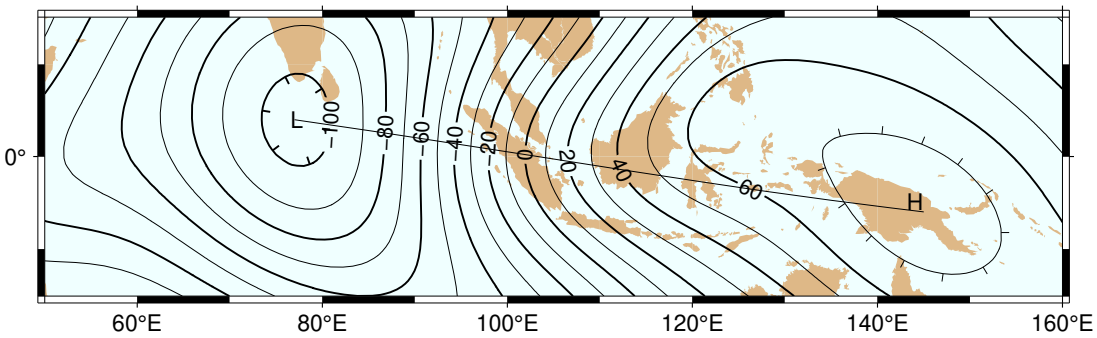


图 4: 通过指定 **-GL** 选项的参数确定了标注的位置 (大圆弧与等值线的交点)

图中的标注位于数据极值点连线 (**Z-/Z+**) 与等值线的交点。图中极值点连线为两点之间的大圆弧，在其与等值线交点位置处放置了标注。同一幅地图中，可以分别指定多条线段。

20.3.5 广义的线段与等值线相交算法

如果需要指定的与等值线相交的线段比较多，或线段数据来自其他数据集，可以使用广义的相交算法确定标注的位置。多段数据文件 *cross.txt* 中定义了三条曲线，在这三条曲线与等值线交点位置处放置了标注，

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot5
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+f8p -GXcross.txt -S10 -T+lLH
gmt end show
```

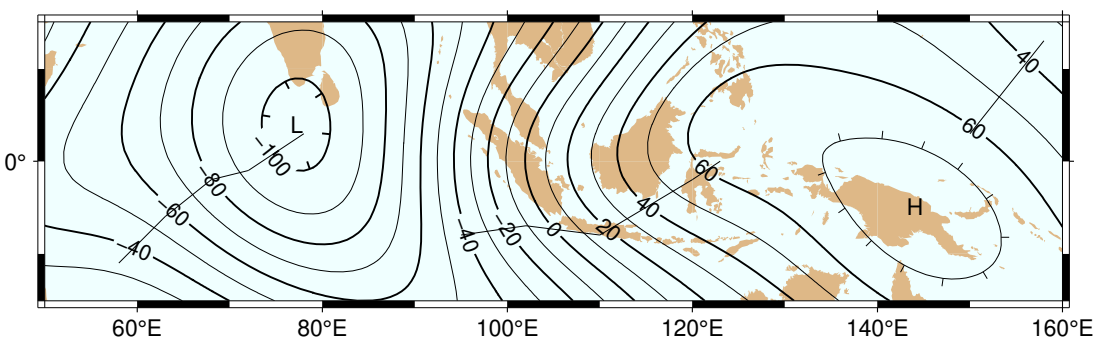


图 5: 通过指定 **-GX** 选项的参数 (多段数据文件 *cross.txt*)，确定了标注的位置

20.4 标注属性实例

本节通过实例说明标注属性的作用，采用 plot 绘制了大地水准面极值点之间的大圆弧，并且沿着该大圆弧从 ETOPO5 数据集中提取了高程数据。高程数据文件 (transect.txt) 中包括了 经度、纬度、距离、大地水准面、高程数据。

20.4.1 按照沿大圆弧距离放置标注-不透明文本框

在本实例中将标注的走向从沿大圆弧改变为跨大圆弧，并指定了不透明的文本框和轮廓线，增加了标注的可读性。沿大圆弧每 1000km 放置一个标注，使用距离值作为标注的内容。标注的方向与大圆弧垂直：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot6
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+f8p -Gl50/10S/160/10S -S10 -T+l
gmt plot -SqD1000k:+g+LD+an+p -Wthick transect.txt
gmt end show
```

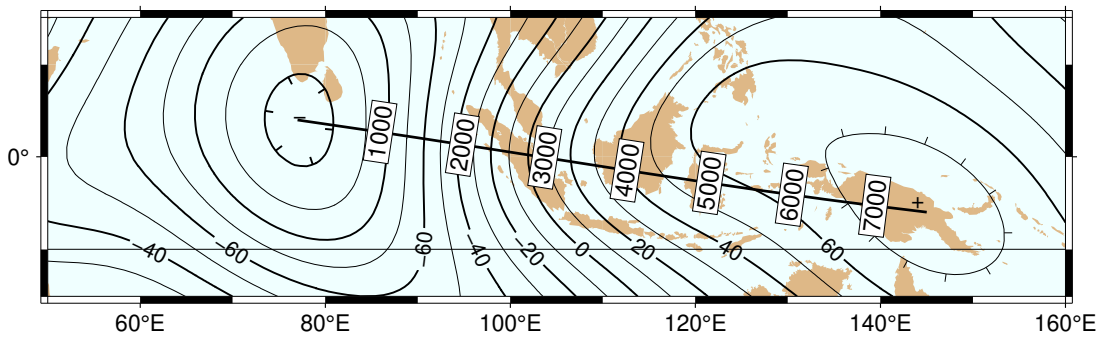


图 6: 通过指定 **-Sq** 选项的参数控制标注属性.

图中显示了上述命令的综合效果。值得注意的是，大圆弧的起点和终点没有与表示极值点的”-“和”+”符号完全重合。造成这个现象的原因是，极值点符号”-“和”+”的坐标是等值线的平均值，而不是全局或局部极值的位置。

20.4.2 按照沿大圆弧距离放置标注-反色圆角矩阵

与上一个实例不同的是，本实例中标注与大圆弧平行，以度指定标注位置，并添加度单位。文本框的形状为圆角矩形，且标注内容与文本框的底色呈反色显示。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot7
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+u" m"+f8p -Gl50/10S/160/10S -S10 -T+l
gmt plot -SqD15d:+gblack+fwhite+LD+o+u\\260 -Wthick transect.txt
gmt end show
```

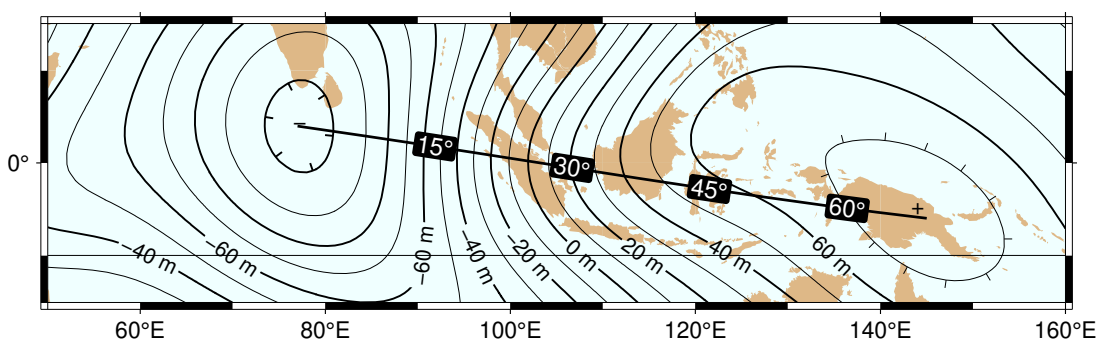


图 7: 另一个标注属性实例

20.4.3 使用不同数据集定义标注的内容和位置

本实例中采用沿大圆弧的海底地形数据作为标注的内容，按照沿大圆弧的距离，每 1500km 放置一个标注。因此需要使用 **awk** 程序从 *transect.txt* 文件中抽取距离为 1500km 倍数的记录，并创建一个新文件，指定标注的位置和内容：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot8
gmt convert -i0,1,4 -Em150 transect.txt | gawk  '{print $1,$2,int($3)}' > fix2.txt
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+u" m"+f8p -Gl50/10S/160/10S -S10 -T+l
gmt plot -Sqffix2.txt:+g+an+p+Lf+u" m"+f8p -Wthick transect.txt
gmt end show
```

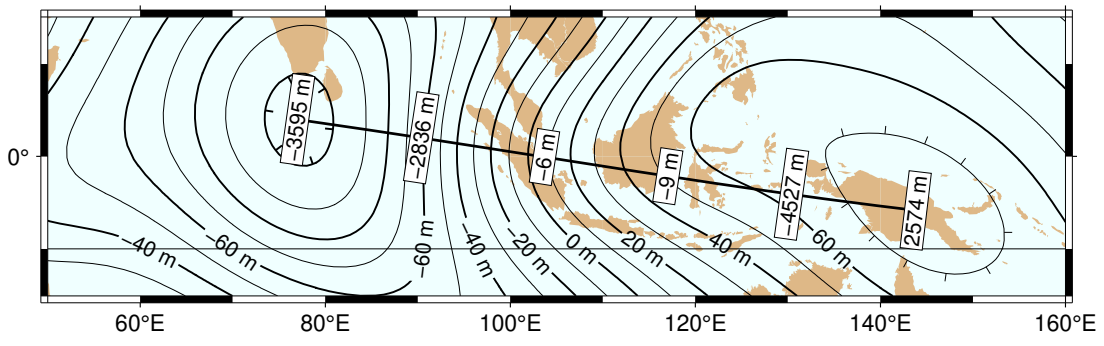


图 8: 标注的位置和内容来自不同的数据集

20.5 综合实例

最后，采用之前章节中论述的多个标注位置确定方法和属性设置，绘制了一幅比较复杂的综合性图件。假设在 Canary Islands 发生了灾难性滑坡，图件显示了所引发的的海啸的走时 (以小时为单位)。根据海啸走时和海底地形绘制了彩图，对等值线和线条进行了标注。完整的脚本如下：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot_9
R=-R-85/5/10/55
gmt grdgradient @earth_relief_05m_g $R -Nt1 -A45 -Gtopo5_int.nc
gmt set FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ssF FONT_ANNOT_PRIMARY +9p FONT_TITLE 22p
gmt project -E-74/41 -C-17/28 -G10 -Q > great_NY_Canaries.txt
gmt project -E-74/41 -C2.33/48.87 -G100 -Q > great_NY_Paris.txt
km=$(echo -17 28 | gmt mapproject -G-74/41+uk -fg --FORMAT_FLOAT_OUT=%.0f -o2)
gmt makecpt -Clightred,lightyellow,lightgreen -T0,3,6,100 -N
gmt grdimage @App_O_ttt.nc -Itopo5_int.nc -C $R -JM5.3i -nc+t1
gmt grdcontour @App_O_ttt.nc -C0.5 -A1+u" hour"+v+f8p,Bookman-Demi \
        -GL80W/31N/17W/26N,17W/28N/17W/50N -S2
gmt plot -Wfatter,white great_NY_Canaries.txt
gmt coast -B20f5 -BWSne+t"Tsunami travel times from the Canaries" -N1/thick \
        -Glightgray -Wfaint -A500
gmt convert great_NY_*.txt -E | gmt plot $R -Sa0.15i -Gred -Wthin
gmt plot -Wthick great_NY_Canaries.txt \
        -Sqn1:+f8p,Times-Italic+l"Distance Canaries to New York = $km km"+ap+v
gmt plot great_NY_Paris.txt -Sc0.08c -Gblack
gmt plot -Wthinner great_NY_Paris.txt -SqD1000k:+an+o+gblue+LDk+f7p,Helvetica-Bold,white
cat << EOF | gmt text -Gwhite -Wthin -Dj0.1i -F+f8p,Bookman-Demi+j
74W        41N        RT        New York
2.33E        48.87N        CT        Paris
17W        28N        CT        Canaries
EOF
gmt end show
```

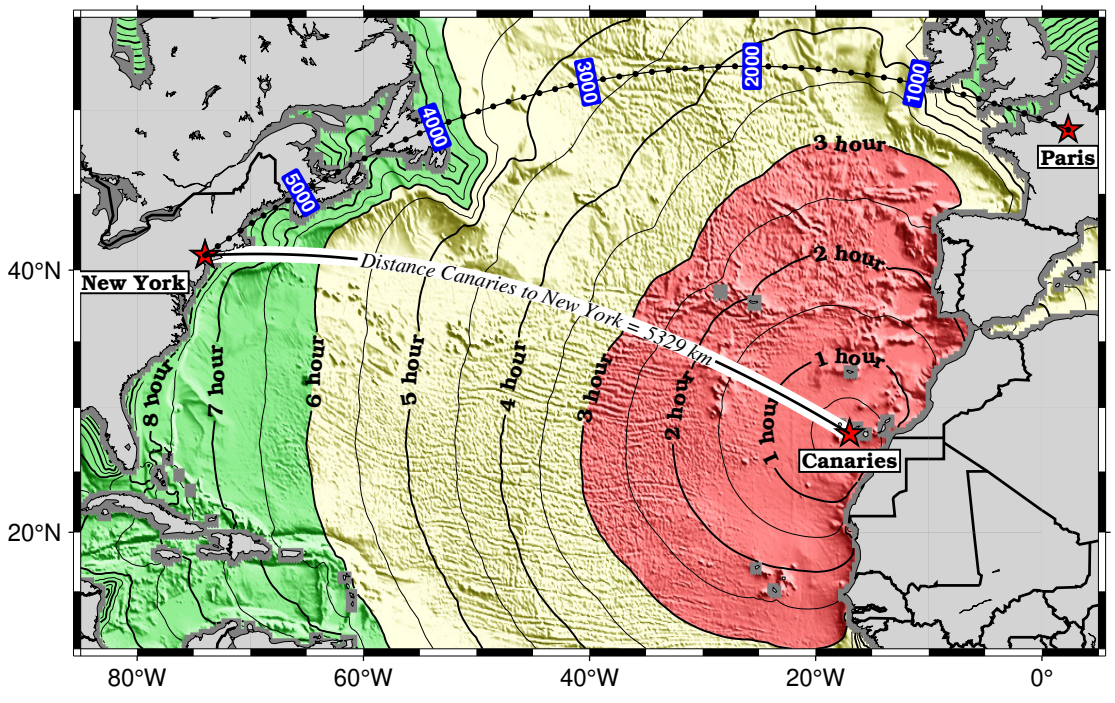


图 9: Canary Islands 到大西洋沿岸的海啸走时图，特别是纽约。当发生灾难性滑坡时，纽约将在 8 小时后遭遇大海啸。

第 21 章　版本迁移

GMT 在大版本升级时（如 GMT5 升级为 GMT6），语法及用法上会发生一些变化。但由于 GMT 会尽可能兼容旧版本的语法，用户往往只需要对旧版本 GMT 语法编写的脚本做少量修改，即可在新版本 GMT 中运行。

这一章将介绍如何实现：

- 将 GMT4 脚本迁移到 GMT5：*GMT4 → GMT5*
- 将 GMT5 脚本迁移到 GMT6：*GMT5 → GMT6*
- 将经典模式语法迁移到 GMT6 现代模式语法：经典模式 → 现代模式

这一章仅限于 GMT 老用户以及需要将使用老语法编写的脚本转换为新语法的用户阅读。

21.1 GMT4 → GMT5

GMT5 相对于 GMT4 有很多功能上的更新以及语法上的改进。最大的变化在于，GMT5 中所有 GMT 命令必须以 **gmt** 开头。

GMT4 中使用 **psbasemap** 命令绘制底图、使用 **pscoast** 绘制海岸线。**psbasemap** 和 **pscoast** 都是 GMT4 提供的命令，每个命令均对应一个可执行文件。GMT4 总共提供了上百个命令，这带来一个命名空间污染（namespace pollution）的问题。即不同的软件提供了相同名字的命令，导致不同命令之间出现冲突，使得用户难以确认自己执行的 **pscoast** 命令是由 GMT 提供的还是其它软件包提供的。

为了解决这个问题，GMT5 对源码做了大量改写。GMT5 中只提供 **gmt** 这一个命令/可执行文件。GMT4 中的所有**命令**在 GMT5 中都变成了 **gmt** 命令的**模块**。所有模块都以 **gmt** *module options* 的形式进行调用。例如，GMT4 中的命令 **psbasemap** 在 GMT5 中应写为 **gmt psbasemap**。

因而，将 GMT4 脚本迁移到 GMT5 下，只需要遵循如下步骤：

1. 将所有 GMT4 命令前加上 **gmt**。例如，**psbasemap** 改成 **gmt psbasemap**
2. 保存并执行脚本。若出现报错，则找到最早的报错信息并查询当前 GMT 版本对应的文档，检查是否语法存在变化，并进一步更正

GMT 提供了脚本 **gmt5syntax**，可以自动在 GMT4 命令前加上 **gmt**，该脚本位于 GMT 的 `share/tools` 目录下。该脚本的使用方法也很简单：

```
$ gmt5syntax old_script.sh > new_script.sh
```

如果不愿意修改原脚本，GMT 还为旧命令提供了软链接，使得依然可以直接使用 **psbasemap** 等命令，但**极其不推荐这一方法**。为旧命令生成软链接有多种方法，用户可任选其一即可：

1. 如果你是自行编译 GMT 源码，则可以在 `cmake/ConfigUser.cmake` 中加上 `set (GMT_INSTALL_MODULE_LINKS TRUE)` 再进行编译安装
2. GMT 提供了一个脚本，可以用于检查软连接是否存在，同时也可以创建或删除软连接。对于已经安装 GMT 的用户，可以执行以下命令以检查软连接是否已经存在：

```
$ $(gmt --show-sharedir)/tools/gmt_links.sh
```

执行如下命令为所有旧 GMT 命令创建软连接 (可能需要 root 权限):

```
$ $(gmt --show-sharedir)/tools/gmt_links.sh create
```

也可以执行如下命令删除已有的软连接:

```
$ $(gmt --show-sharedir)/tools/gmt_links.sh delete
```

3. 对于 Bash 用户, 可以直接在 Bash 脚本、终端或者 Bash 配置文件中加入如下语句:

```
$ source $(gmt --show-sharedir)/tools/gmt_functions.sh
```

该脚本会为所有旧命令构建一个等效的 bash 函数。

4. 对于 csh 用户, 可以直接在 csh 脚本、终端或者 csh 配置文件中加入如下语句:

```
$ source `gmt --show-sharedir`/tools/gmt_aliases.csh
```

该脚本会为所有旧命令构建一个等效的 csh 别名。

21.2 GMT5 → GMT6

GMT6 相对于 GMT5 的最大改动在于提供了一种全新的命令执行模式, 称之为现代模式, GMT5 中使用的命令执行模式则称之为经典模式。关于经典模式与现代模式的区别, 以及如何将经典模式的脚本修改为现代模式的脚本, 在下一节会详细介绍。

需要强调的是, GMT6 既支持传统的经典模式, 也支持全新的现代模式。因而 GMT6 完全兼容 GMT5, GMT5 的经典模式脚本不做任何修改即可直接在 GMT6 中执行。

GMT6 相对于 GMT5, 个别模块的语法会有更新。GMT 开发者尽可能让 GMT6 的新语法完全兼容 GMT5 的新语法, 但实际编码时并非所有情况都能考虑到, 因而会造成新语法不完全兼容老语法的问题。这些问题将被视为 GMT6 的 BUG。用户可以直接向 GMT 开发者报告这类兼容性 BUG。

因而, GMT5 脚本迁移到 GMT6 的基本步骤是:

1. 安装 GMT6
2. 直接在 GMT6 下运行老脚本
3. 通常都可以正常运行。若出现报错, 则需要根据报错信息以及 GMT6 的文档对某些选项做修正
4. 向 GMT 开发者报告兼容性 BUG

21.3 经典模式 → 现代模式

GMT6 引入了一种全新的绘图命令执行模式, 称之为现代模式。GMT5 及之前版本的命令风格称之为经典模式。GMT6 既支持传统的经典模式, 也支持全新的现代模式。因而 GMT5 的经典模式脚本不做任何修改即可直接在 GMT6 中执行。

21.3.1 经典模式的问题

下面给出了一个经典模式下常见的绘图脚本:

```
gmt makecpt -Chot -T-1000/1000 > mydata.cpt
gmt grdimage globe.nc -JQ15c -Rg -Cmydata.cpt -I -P -K > map.ps
gmt pscoast -J -R -Baf -Gred -K -O >> map.ps
gmt psxy cities.txt -J -R -Sc0.2c -Gblue -K -O >> map.ps
gmt pstext labels.txt -J -R -F+f12p -O >> map.ps
gmt psconvert -A -P -Tf map.ps
rm gmt.conf gmt.history mydata.cpt
```

上面的示例脚本以及实际使用中会发现 GMT 经典模式存在一些明显的缺点或问题:

1. 默认纸张大小为 A4 纸。如果不够大, 则需要自行设定纸张大小
2. 需要使用 **-P** 选项决定画布的摆放方式 (横着放或竖着放)
3. 需要使用 **-K** 和 **-O** 选项, 极易出错
4. 每个绘图命令都需要使用重定向符号 > 或 »
5. 每个绘图命令中都需要给定 PS 文件的名字
6. 每个绘图命令都需要重复使用 **-J** 和 **-R** 选项
7. 绘图结束时需要使用 **psconvert** 将生成的 PS 文件转换为 PDF、JPG 等格式
8. 绘图结束时要删除 `gmt.conf` 和 `gmt.history` 文件以免影响接下来的绘图结果

21.3.2 现代模式的优点

上面的经典模式示例可以改成为更简单的现代模式:

```
gmt begin map
    gmt makecpt -Chot -T-1000/1000
    gmt grdimage globe.nc -JQ15c -Rg -C -I
    gmt coast -Baf -Gred
    gmt plot cities.txt -Sc0.2c -Gblue
    gmt text labels.txt -F+f12p
gmt end show
```

很显然, 现代模式下的 GMT 绘图脚本更加简洁。与经典模式相比, 现代模式具有如下优点:

1. 默认纸张无穷大, 不需要再担心绘图超过纸张范围
2. 不再需要使用 **-P** 选项确定画布的摆放方式 (因为纸张无穷大)
3. 不再需要考虑如何使用 **-K** 和 **-O** 选项
4. 不再需要使用重定向符号 > 或 », 也无需为每个绘图命令都指定 PS 文件名
5. 不再需要为每个绘图命令都使用 **-R** 和 **-J** 选项

6. 绘图结束时会自动生成 PDF 等格式的图片, 无需调用 **psconvert** 做转换
7. 生成的图片会自动进行裁剪去除白边
8. 整个绘图过程在独立的临时文件下, 多个脚本可以同时执行而不互相干扰, 用户完全不需要意识到 PS 文件的存在, 不需要再手动清理 `gmt.conf` 和 `gmt.history` 等临时文件

除了上面列出的优点外, GMT 现代模式还提供了更多的模块/功能以简化代码, 包括:

- *subplot* 模块: 极大简化了多子图的绘制
- *inset* 模块: 极大简化了图中图的绘制
- *movie* 模块: 极大简化了动画的制作
- *-l 选项*: 极大简化了图例的设置与绘制
- 提供了*当前 CPT* 的功能, 多数情况下无须将 CPT 写到文件中

21.3.3 从经典到现代

将经典模式的脚本改成现代模式的脚本, 基本可以遵循如下几点:

1. 绘图脚本以 **gmt begin** *figure* 开头, 以 **gmt end show** 结束
2. 去掉 **-K**、**-O**、**-P**, 重定向符号以及 PS 文件名
3. 去掉多余的 **-J**、**-R** 选项
4. 某些模块在现代模式下有新的名称。经典模式下以 **ps** 开头的模块省略 **ps**, 比如 **pscoast** → **coast**、**psbasemap** → **basemap**。有三个模块属于例外, **psxy** → **plot**, **psxyz** → **plot3d**, **psscale** → **colorbar**
5. 在需要绘制多子图、图中图时, 考虑使用 **inset** 和 **subplot** 改写
6. 现代模式下 **makecpt** 和 **grd2cpt** 默认将生成的 CPT 作为当前 CPT, 而不输出到文件中。如果需要生成 CPT 到文件中, 需要额外使用 **-H** 选项。

第 22 章　贡献指南

审核

姚家园

撰写

田冬冬

最近更新日期

2023-09-05

欢迎 GMT 中文用户参与到 GMT 中文手册的维护与更新中。

22.1 维护与更新

文档的维护与更新主要包括几个方面：

- 修正错别字、语句不通等
- 修正文档中的错误或不清晰的描述
- 修正 reStructuredText 文件语法错误导致的显示问题
- 调整章节结构，使文档条理更清晰
- 翻译、整理更多模块的文档
- 增加示例与入门教程

可以通过如下两种方式参与文档的维护与更新：

1. 在 GitHub 上的文档源码仓库下提交 Issue
2. 修改文档源码并提交 Pull Request（不熟悉 Pull Request 的读者可以参考 Pull Request 流程）

22.2 文档风格

22.2.1 文件风格

1. 所有教程均采用 reStructuredText 语言编写，可参考 reStructuredText Cheatsheet 学习其常用语法。
2. reStructuredText 文档的一级标题、二级标题和三级标题，分别用 `=`、`-` 和 `^` 符号标识
3. 所有 Bash 命令前应加上 Shell 提示符 `$` 以表示该命令为 Shell 命令
4. 中文字符与英文字符和数字之间应加上空格，如 `中文 ABC 中文`而非 `中文ABC中文`，`中文 123 中文`而非 `中文123中文`
5. 标点符号采用全角，如 `，、。、：、、、？`等。标点符号与中文字符、英文字符以及数字之间不需加空格。
6. 使用 UTF8 编码和 Linux 换行符
7. 图片应在保证清晰度的前提下尽可能小

22.2.2 文件命名

每个源文件都会被转换成一个单独的网页。因而，确定文件名时应慎重，一旦确定，尽量不要再改动。由于 Windows 不区分文件名大小写，故而 `option-B.rst` 和 `option-b.rst` 在 Windows 下会出现冲突。我们使用的文件的命名规则是：

- 文件名一律采用小写字母
- 文件名应尽量使用单词全称，避免使用各种形式的简写
- 若文件名中含多个单词，应使用连字符 (hyphen) - 连接

22.2.3 示例风格

- 示例脚本尽量使用 Bash，非必须请勿使用 Perl、Python 等
- 所有脚本均使用 GMT 现代模式语法
- 所有脚本至少需要生成 PNG 格式的图片，建议使用 PNG、PDF 生成两种格式的图片，分别供网页版和 PDF 版使用
- 所有脚本以 `gmt end show` 结尾
- 示例中加入必要的注释，用于说明某个代码段、某个命令选项的功能及其他重要信息，但尽量使用简单英文，更复杂的说明应考虑写到正文中
- 若一行命令太长，可使用反斜杠换行，并且脚本的行数要尽量小
- 需要缩进时，应使用四个空格

文档使用 Sphinx 扩展 sphinx_gmt 提供的 `gmtplot` 指令自动执行脚本生成图片，同时将图片插入到文档中。该指令的常用选项有：

- `width`：图片在网页中的宽度（建议使用百分比表示，如 `100%`）
- `caption`：图片标题
- `show-code`：表示是否显示代码（`true` 或 `false`）

该指令用法有两种：行内模式（直接在文档中写绘图代码）和脚本模式（将绘图代码写在脚本中）。

行内模式:

```
.. gmtplot::
    :caption: 图片标题
    :width: 80%

    gmt begin map
    gmt basemap -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Baf
    gmt end show
```

脚本模式:

```
.. gmtplot:: /scripts/psmeca_ex1.sh
    :width: 80%

    图片标题
```

22.3 新增绘图实例

社区绘图实例都位于 source/examples/ 目录下，每个文件夹包含一个实例，从 ex001 开始顺序编号。例如，实例 1 的文件夹为 source/examples/ex001/，该文件夹下需要包含如下信息：

1. 描述文件 index.rst（必须）
2. Bash 绘图脚本，如 ex001.sh（必须）
3. 绘图所需数据 xxx.dat （可选，数据应尽量小）

简要描述绘图意义、所用核心模块的关键语法以及绘图必需的数据等。新增实例时，请参考 [文档风格] 和已有的社区绘图实例。

22.4 添加图片到图库

为了将某个图片添加到图库中，需要修改 source/gallery/gallery.yaml 文件。每个示例对应一个记录，每个记录的格式如下：

```
- script: path/to/script.sh
  title: 绘制 GPS 速度场
  target: examples/ex015/
```

- script 指定了生成图片的脚本在 source 目录下的路径
- title 是显示在图片下方的标题
- target 是点击图片时要跳转的链接，可以是某个页面的路径，也可以是某个页面的锚点名称

22.5 构建文档

本手册使用基于 Python 的文档生成工具 Sphinx 构建。读者可以按照如下步骤在自己的计算机上构建得到 HTML 和 PDF 格式的文档。

1. 安装 conda
2. 下载文档源码

```
$ git clone --depth=1 https://github.com/gmt-china/GMT_docs.git
```

3. 创建 conda 虚拟环境并安装构建文档所需的依赖

```
$ cd GMT_docs
$ conda env create -f environment.yml
$ conda activate gmtdocs
```

4. 下载文档所需的地学数据并配置中文支持

> **警告**
>
> 执行以下脚本会修改 ~/.gmt 文件夹中的内容。执行脚本前请务必阅读脚本源码以了解该脚本具体做了什么。

```
$ bash scripts/setup-ci.sh
```

5. 编译生成 HTML 格式的文档

```
$ make html
```

编译生成的 HTML 格式的文档 `build/html/` 目录。直接用浏览器打开 `build/html/index.html` 即可在本地预览。

6. 安装 tectonic 并编译生成 PDF 格式的文档

```
$ conda install tectonic
$ make pdf
```

编译生成 PDF 格式的文档的路径为 `build/GMT_docs.pdf`