

(一) 边值问题积分法大地水准面便捷建模流程

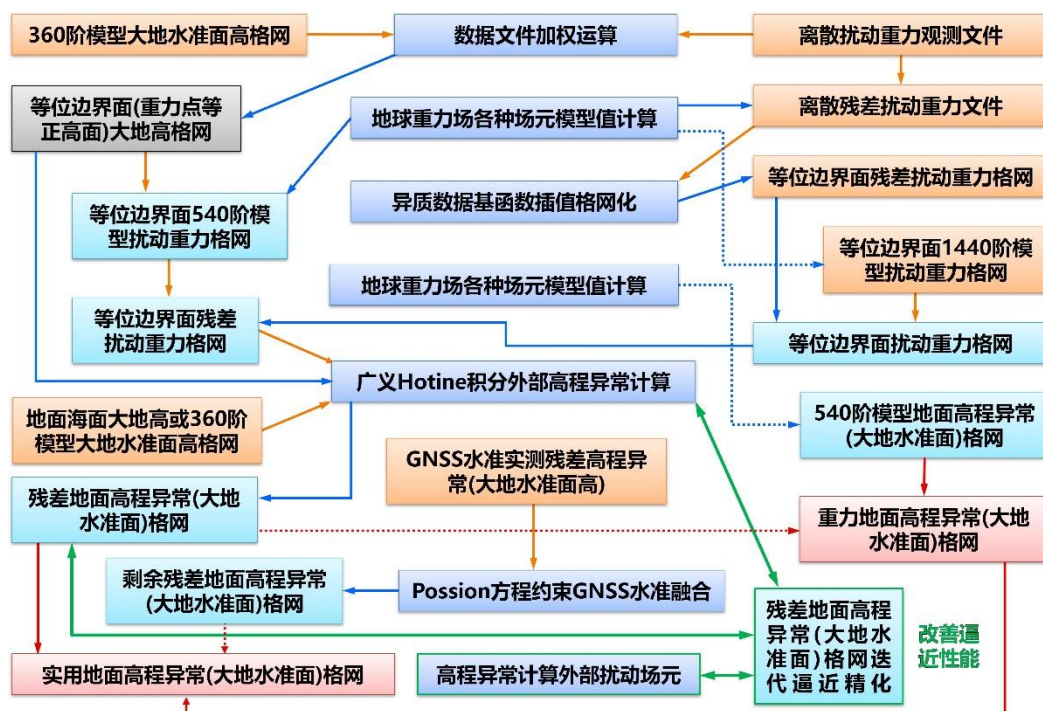
◎练习目的：省略地形影响处理，由地面、海洋和航空重力，以及 GNSS 水准数据，按边值问题积分法精化大地水准面，快速了解和把握大地水准面精化要领、效果与目标区域重力场及大地水准面特性，客观认识地形影响处理对大地水准面建模的作用。

PAGrav4.5 统一处理地面、海洋和航空重力，无须区分，可分别配权。

◎主要数据源：地面、船测和航空重力数据，实测 GNSS 水准数据。

重力数据文件记录格式：点号/点名 经度 纬度...实测大地高...实测重力。

GNSS 水准记录格式：点号/点名 经度 纬度...实测大地高...实测正（常）高...。



边值问题积分法大地水准面便捷建模流程

(1) 观测数据文件构造。调用[实际测点扰动重力场元计算]，由重力数据文件，生成扰动重力观测文件；调用[点值属性加权运算]，由 GNSS 水准数据文件，生成 GNSS 水准实测高程异常（或大地水准面高）文件。

(2) 等位边界面大地高格网构造。计算扰动重力观测点的平均大地高，将 360 阶模型大地水准面高格网，加上该平均大地高，再减去 360 阶模型大地水准面高格网的统计平均值，生成等位边界面大地高格网。

此处的等位边界面，用重力点等正高面大地高格网近似表示，也是地面、船测、航空扰动重力的统一归算面。

(3) 离散扰动重力归算与格网化。

调用[地球重力场各种场元模型值计算]，最大计算阶数 1440，计算扰动重力点处的模型扰动重力，将观测扰动重力与模型扰动重力相减，生成离散残差扰动重力文件，进而调用[异质数据基函数插值格网化]，生成残差扰动重力格网。

再次调用[地球重力场各种场元模型值计算]，采用相等的最大计算阶数 1440，由等位界面大地高格网，生成模型扰动重力格网；进而将残差扰动重力格网与模型扰动重力格网相加（恢复），生成等位边界面上扰动重力格网。

完成重力点归算与格网化。以下采用参考重力场（前 540 阶）移去-Hotine 积分-恢复法，按边值理论解算地面高程异常或大地水准面高。

(4) 调用[地球重力场各种场元模型值计算]，最大计算阶数 540，输入等位面边界面大地高格网，计算模型扰动重力格网；进而将扰动重力格网与模型扰动重力格网相减（移去参考重力场），生成等位边界面上残差扰动重力格网。

(5) 调用[广义 Hotine 积分外部高程异常计算]，由等位面大地高格网及其面上残差扰动重力格网，输入地面/海面大地高格网时，计算残差地面高程异常；输入 360 阶模型大地水准面高格网，计算残差大地水准面高格网。

(6) 调用[地球重力场各种场元模型值计算]，采用相等的最大计算阶数 540，输入地面/海面大地高（或模型大地水准面高）格网，计算模型地面高程异常（或大地水准面高）格网；进而将地面高程异常（或大地水准面高）的模型格网与残差格网相加（恢复参考场），生成重力地面高程异常（或大地水准面高）格网。

地面/海面大地高格网（= 数字高程模型 + 模型地面高程异常）。模型地面高程异常、模型大地水准面高用 360 阶重力场模型计算（略）。要求格网范围大于目标区域范围，以抑制积分边缘效应。

完成边值问题解算，获得目标区域重力大地水准面成果。此后，将 GNSS 水准与重力大地水准面进行融合。

(7) 在步骤 (5) (6) 中，由 GNSS 水准实测文件，按离散点分别计算 GNSS 水准点的残差和模型高程异常（大地水准面高），生成 GNSS 水准实测残差高程异常（或大地水准面高），探测并剔除粗差点，计算并移去其统计平均值。

统计平均值代表区域高程基准与全球高程基准（重力大地水准面）之间的系统偏差。

GNSS 水准点处的重力地面高程异常最好不用重力高程异常格网插值，否则由于 GNSS 水准点与内插点的大地高不相等，需增加一项高程异常高差改正。

(8) 调用[Poisson 方程约束 GNSS 水准融合]，生成残差高程异常（大地水准面）格网，再与重力地面高程异常（大地水准面）格网相加，生成实用地面高程异常（大地水准面高）模型格网成果。

完成全部流程计算。PAGrav4.5 建议采用残差迭代逼近方案，通过提高步骤 (5) 残差地面高程异常（大地水准面高）逼近性能，改善积分法重力大地水准面精化水平。

(9) 调用[高程异常计算外部扰动场元]，由步骤 (5) 的残差地面高程异常格网，

计算等位边界面上残差扰动重力格网；将步骤（4）的残差扰动重力格网与这里的残差扰动重力格网相减，得到剩余残差扰动重力格网；再由剩余残差扰动重力格网，按步骤（5）计算剩余残差地面高程异常。

将地面高程异常的剩余残差值与原步骤（5）中的残差值相加，就是一次迭代逼近后的残差地面高程异常。一般情况下，1~2次迭代逼近就能满足要求。

调节上述流程中的参数设置，使得重力地面高程异常（大地水准面高）与移去平均值后的GNSS水准实测地面高程异常（大地水准面高）尽量接近。

（二）大地水准面径向基函数逼近简便快速流程

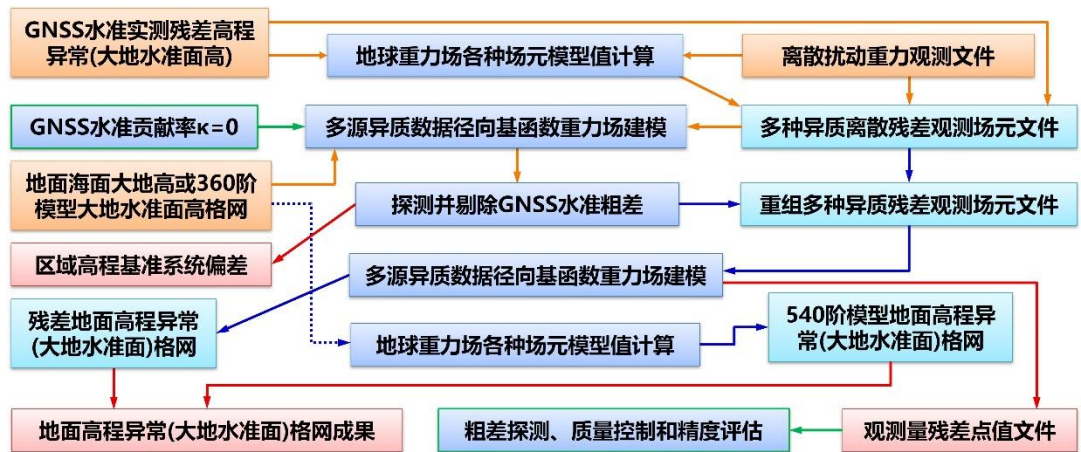
⊙练习目的：省略地形影响处理，由地面、海洋和航空重力和GNSS水准数据，按径向基函数逼近法精化区域大地水准面，以便快速了解大地水准面建模要领、效果与目标区域重力场及大地水准面特性，客观认识地形影响处理对大地水准面建模的作用。

省略地形影响处理后，由于不需要额外的延拓归算、格网化和GNSS水准融合流程，大地水准面径向基函数逼近流程非常简单。

⊙计算面大地高格网

地面/海面大地高格网（= 数字高程模型 + 模型地面高程异常），用于地面高程异常建模；模型大地水准面高格网，用于大地水准面建模。

模型地面高程异常、模型大地水准面高用360阶重力场模型计算（略）。要求计算面大地高格网范围大于目标区域范围，以抑制边缘效应。



大地水准面径向基函数逼近简便快速流程

（1）多种异质离散残差观测场元文件构造。

调用[实际测点扰动重力场元计算]，由重力数据文件，生成离散扰动重力观测文件；调用[点值属性加权运算]；由GNSS水准数据文件，生成GNSS水准实测高程异常（或大地水准面高）文件。

调用[地球重力场各种场元模型值计算]，最大计算阶数540，分别计算并移去观测扰

动重力和实测 GNSS 水准的参考重力场模型值，按约定格式要求合并，生成多种异质离散残差观测场元文件。

(2) 探测并剔除 GNSS 水准粗差。

调用[多源异质数据径向基函数重力场建模]程序，选择高程异常为可控观测场元，待估场元类型为高程异常，观测场元贡献率 $\kappa = 0$ ，输入计算面大地高格网，估计残差地面高程异常（大地水准面高）格网。可累积 1 次逼近。

从观测量残差点值文件*.chs 中分离出 GNSS 水准残差记录，探测并剔除 GNSS 水准粗差点，移去 GNSS 水准残差的统计平均值后，重新按约定格式要求合并，生成新的多种异质离散残差观测场元文件。

统计平均值代表区域高程基准与全球高程基准（重力大地水准面）之间的系统偏差。

(3) 残差重力地面高程异常（大地水准面高）SRBF 逼近。

调用[多源异质数据径向基函数重力场建模]程序，选择高程异常为可控观测场元，待估场元类型为高程异常，观测场元贡献率 κ 不小于 1，输入计算面大地高格网，估计残差地面高程异常（大地水准面高）格网。可累积 1~2 次逼近。

(4) 恢复参考重力场模型值。调用[地球重力场各种场元模型值计算]，最大计算阶数 540，由计算面大地高格网，计算模型地面高程异常（大地水准面高）格网，并与残差地面高程异常（大地水准面高）格网相加，得到 SRBF 逼近法地面高程异常（大地水准面高）格网成果。

完成全部流程计算。计算过程输出的观测量残差点值文件*.chs，可用于粗差探测、质量控制和精度评估。

调节上述流程中的参数设置，使得地面高程异常（大地水准面高）与移去平均值后的 GNSS 水准实测地面高程异常（大地水准面高）尽量接近。

若目标区域重力点分布合理，数据质量有保障，除个别特殊困难地区，上述两种大地水准面建模简捷流程，也能得到可接受的大地水准面模型。在此基础上，再有针对性地设计地形影响处理方案，有利于进一步改善重力场及大地水准面的建模水平。