

基于 EGM2008 模型的区域似大地水准面精化方法分析

许阳阳 任扣清

江苏南通市测绘院有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v1i4.49

[摘要] 简要地介绍了“移去-恢复”法以及顾及重力场模型的“移去-恢复”法的原理。提出在缺少数字高程模型数据的情况下,利用 EGM2008 地球重力场模型结合 GPS 水准数据确定区域似大地水准面的实施方法,并结合实例进行计算分析。计算结果表明:该方法可以有效提高似大地水准面模型的精度,使其满足当前城市级似大地水准面的精度要求,达到区域似大地水准面精化的目的。

[关键词] 似大地水准面; EGM2008 模型; 移去恢复法; GPS/水准

引言

当前最严密、最有效的似大地水准面精化方法是利用由地球重力场模型、地面重力数据和 DEM 数据采用“移去-恢复”法确定重力似大地水准面,再结合 GPS 水准数据对重力似大地水准面进行拟合,进而快速精确地求得与国家或地方高程系统定义一致的似大地水准面^[1]。然而这种方法需要的数据资料不易获取,且数据处理十分复杂,适用性不是很广泛。如果拥有足够高精度的地球重力场模型,使得地面重力数据和 DEM 数据的有无对似大地水准面精化的影响较小,甚至可以忽略不计,那么就可以通过顾及重力场模型的“移去-恢复”法直接拟合似大地水准面^[2]。本文就复杂地形区域的实例,利用 EGM2008 模型,选取合适的数学拟合模型建立区域似大地水准面模型,并通过对比相同方案下 GPS 水准法建立的似大地水准面模型精度对区域似大地水准面精化进行可行性分析。

1 原理与方法

根据地球重力学的理论,地球表面任意一点的高程异常可以分解为两个或者三个分量,即长波分量,中波分量和短波分量^[3]:

$$\zeta = \zeta_{GM} + \zeta_{\Delta G} + \zeta_T$$

式中, ζ_{GM} 为长波分量,也称为重力场模型高程异常; $\zeta_{\Delta G}$ 为中波分量,也称残差高程异常; ζ_T 为短波分量。如果缺少 DTM 数据,则可以将高程异常分解为两个部分,即地球重力场模型求得的模型高程异常和剩余高程异常^[4]:

$$\zeta = \zeta_{GM} + \zeta_C$$

式中, ζ_C 表示剩余高程异常,是将 $\zeta_{\Delta G}$ 和 ζ_T 结合在一起用一种数学模型逼近的方法来表示。

关于上述高程异常的第二种分解法可以称为顾及重力场模型的“移去-恢复”法。通过寻找合适的数学模型可由拟合出未知点的剩余高程异常,再加上重力场模型计算得到的未知点模型高程异常可以求出未知点的高程异常。“移去-

恢复”法计算步骤如下^[5]:

(1) 移去: 已知一组 GPS/水准点的高程数据和平面坐标(或大地坐标),利用地球重力场模型 EGM2008 求出各已知点的模型高程异常,由下式可得到剩余高程异常:

$$\zeta_C = \zeta - \zeta_{GM}$$

(2) 拟合: 选取合适的数学拟合模型将步骤(1)求得的已知点剩余高程异常 ζ_C 进行拟合,内插求出待定点的剩余高程异常。

(3) 恢复: 利用地球重力场模型求出待定点的模型高程异常,加上步骤(2)求出的剩余高程异常,得到待定点的高程异常,最后求解出待定点的正常高。

2 基于 EGM2008 模型的区域似大地水准面精化算例分析

2.1 方案设计

山西省某测区 GPS 控制网共有 50 个 GPS 控制点,控制面积约为 3900km²。控制网坐标系为 CGCS2000 大地坐标系,高程基准为 1985 国家高程基准,观测登记三等。

由于测区地势起伏较大,且控制点位较多(50 个),为了检核各拟合方法的有效性和精度,在考虑到测区地形地势的情况下设计了如下表 3.1 共 6 种实验方案。分别利用二次多项式拟合法、三次多项式拟合法、多面函数法、移动曲面法、移动加权叠加法 and 移动曲面改进方法等 6 种拟合方法进行高程异常拟合计算。

方案名	精化方法	拟合 检核		拟合点位选取
		点数	点数	
方案一	移去恢复法	12	38	选取测区周围分布均匀的 12 个控制点
方案二	移去恢复法	15	35	在方案一的基础上增加测区内 3 个分布均匀的控制点
方案三	移去恢复法	20	30	分别选取测区四周均匀分布的 15 个控制点和内部均匀分布的 5 个控制点
方案四	移去恢复法	25	25	在方案三的基础上将测区内部控制点增加至 10 个
方案五	移去恢复法	30	20	在方案三的基础上将测区内部控制点增加至 15 个
方案六	GPS 水准法	待定	待定	选取上述 5 个方案中最优方案的布设点位

表 2.1 实验方案设计

上述 6 个方案中, 方案一至五是利用基于 EGM2008 模型的移去恢复法, 其中方案一和方案二作为对比, 检查点位分布四周和中央的情况下实验模型的精度变化; 而方案三、四、五作为对比, 检查当外部点位分布一样的情况下随着测区内外部点位个数的增加, 模型精度的变化情况。方案六是利用 GPS 水准法并选取之前 5 个方案中最优点位方案与移去恢复法中的最优点位方案进行纵向对比分析。

2.2 模型精度检验

为了能检验似大地水准面精化的精度, 本文采用模型的内符合精度、外符合精度来评价实验达到的精度, 经过移去恢复法的计算步骤得到各方案的内符合精度及外符合精度对比图表, 见图 2.1、图 2.2。

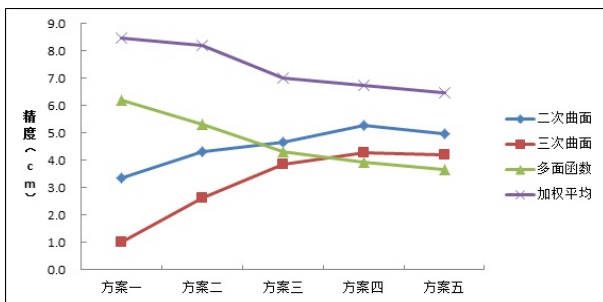


图 2.1 内符合精度对比

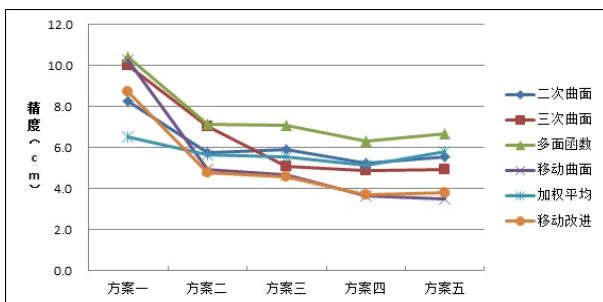


图 2.2 外符合精度对比

由图 2.1 和图 2.2 可以得出结论, 针对测区的具体数据、地形地貌和已知点分布的情况, 最佳的实验方案是拥有 30 个拟合点, 且点位布设合理的方案五; 在 6 种拟合模型中, 移动曲面拟合方法适用性最佳。

最终采用方案五和移动曲面拟合方法计算得到测区未知点的高程异常, 并与 GPS 水准高程异常进行比较, 残差统计结果见表 2.2

点数	最大绝对值	最小绝对值	中误差
20	8.36	0.12	3.53

方案六在上述结论的基础上采用方案五选点方案以及移动曲面拟合方法, 仅用 GPS 水准数据对测区似大地水准面

进行拟合, 将计算得到的检核点高程异常与实测高程异常进行比较, 残差统计结果见表 2.3。

点数	最大绝对值	最小绝对值	中误差
20	28.20	0.18	8.27

表 2.3 GPS 水准法拟合残差结果统计(单位: cm)

由表 2.2 可以看出基于移去恢复法得到的高程异常与实测高程异常的差值最大绝对值为 8.36cm, 最小为绝对值为 0.12cm, 中误差为 3.53cm。而表 2.3 中采用 GPS 水准法得到的高程异常与实测高程异常的差值最大绝对值为 28.20cm, 最小为绝对值为 0.18cm, 中误差为 8.27cm。可以看出, 仅使用 GPS 水准数据采用最优选点方案及移动曲面拟合方法的精度可以达到亚米级别, 而使用基于 EGM2008 模型的移去恢复法的最优方案精度已经达到了厘米级。可以见得, 利用基于 EGM2008 模型的移去恢复法能有效地提高区域似大地水准面模型精度, 使其满足当前城市级似大地水准面的精度要求, 达到区域似大地水准面精化的目的。

3 结束语

本次实验中, 利用 EGM2008 模型结合 GPS 水准数据, 针对 3900 平方公里测区内的 20-30 个控制点, 采用移去恢复法完成似大地水准面精化的过程中, 使用计算机的相关软件进行编程, 可以快速地实现似大地水准面精化, 得到高精度的似大地水准面模型。在复杂地形的测区, 运用 EGM2008 模型, 结合 GPS 水准点数据, 采用移去恢复法所获得的似大地水准面精度比 GPS 水准法要高得多。其中, 利用最优方案和最佳拟合方法, 区域似大地水准面精化的精度优于 5cm, 满足城市级别的似大地水准面精化对精度的要求。如果再加上前期点位的合理布设, 在具体的工程项目中可以高效快速且高精度的完成似大地水准面精化工作。

[参考文献]

- [1]郭春喜, 宁津生, 陈俊勇, 等. 珠峰地区似大地水准面精化与珠峰顶正高的确定[J]. 地球物理学报, 2008, (01): 101-107.
- [2]田厚勇. 似大地水准面精化方法研究及在松原灌区中的应用[D]. 长春工程学院, 2015, (6): 77.
- [3]李建勋. 基于重力场模型与 GPS 水准组合法区域似大地水准面精化对比研究[D]. 长安大学, 2015, (2): 56.
- [4]尤中凯. 基于 GPS/水准数据的局部似大地水准面精化研究[D]. 西安科技大学, 2016, (05): 56.
- [5]魏子卿, 王刚. 用地球位模型和 GPS 水准数据确定我国大陆似大地水准面[J]. 测绘学报, 2003, (01): 1-5.