

doi: 10.11720/wtyht.2014.6.35
张宝松,郑加柱,滕龙,等.区域似大地水准面的二次精化及其软件实现[J].物探与化探,2014,38(6):1290-1292.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.6.35
Zhang B S,Zheng J Z,Teng L,et al.The re-refinement and software realization for local quasi-geoid[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2014,38(6):1290-1292.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.6.35

区域似大地水准面的二次精化及其软件实现

张宝松¹,郑加柱²,滕龙¹,邸兵叶¹,朱红兵¹,张俊¹
(1.南京地质调查中心,江苏 南京 210016;2.南京林业大学,江苏 南京 210037)

摘 要: 为了满足区域重力调查高精度测地工作的要求,实现不同坐标系之间的转换,通过区域似大地水准面的二次精化方法及开发的软件,将 GPS 大地高转换到正常高。采用实测 26 个水准点外检核精度,全区软件转换精度为 ±5.57 cm,完全满足重力测量中高程精度要求。
关键词: 似大地水准面;坐标转换;二次精化;GPS
中图分类号: P631;P228.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2014)06-1290-03

目前,1:5 万高精度重力勘查测地均使用高精度 GPS 进行测量。GPS 测量的坐标系是世界大地坐标系即 WGS-84 坐标系。在重力调查中使用的三维坐标系为 1954 年北京坐标系与 1985 国家高程基准,因此对 GPS 测量的三维定位成果必须进行换算^[1-7]。目前常用的有七参数转换法与三参数转换法,在区域范围较小,转换精度能满足重力调查测地平面与高程精度要求。当重力调查区范围较大,直接参数转换将导致高程转换存在较大的误差^[8]。在重力调查中使用高程异常进行高程求取可以较好地保证高程精度,从而满足重力调查测地精度要求。

笔者在省级似大地水准面精化成果基础上^[9],通过增加高等级水准点资料,实现区域似大地水准面精化与软件编制,并对二次精化后的成果进行了检核,从而保障了调查区内重力测点高程转换精度。

1 区域似大地水准面的二次精化数据模型

利用省级似大地水准面成果和外业观测的 GPS 水准点成果,采用多项式拟合^[6-7,9],进一步精化测区局域似大地水准面。其计算方法、步骤和数学模型如下:

(1)用省级 2.5'×2.5'似大地水准面格网内插 GPS 水准点上的似大地水准面高(ζ_{geoid}),并求解与 GPS 水准点上的实测似大地水准面高(ζ_{GPS})的差

值,组成不符值序列;
(2)由不符值序列和相应 GPS 水准点的球面坐标组成多项式拟合“观测方程”,其中未知参数为多项式系数;
(3)按最小二乘原理求解拟合多项式系数;
(4)由拟合多项式系数和区域格网中心点坐标,对似大地水准面进行拟合纠正,即可求得适配于该区域的 GPS 水准网的最终似大地水准面。

以三次多项式为例,其数学模型为^[9]
$$\Delta\zeta = \alpha_0 + \alpha_1(\varphi - \varphi_m) + \alpha_2(\lambda - \lambda_m) + \alpha_3(\varphi - \varphi_m)^2 + \alpha_4(\varphi - \varphi_m)(\lambda - \lambda_m) + \alpha_5(\lambda - \lambda_m)^2 + \alpha_6(\varphi - \varphi_m)^3 + \alpha_7(\varphi - \varphi_m)^3(\lambda - \lambda_m) + \alpha_8(\varphi - \varphi_m)(\lambda - \lambda_m)^2 + \alpha_9(\lambda - \lambda_m)^3$$

式中: $\alpha_0, \dots, \alpha_9$ 为多项式拟合系数; $\Delta\zeta$ 为 GPS 水准似大地水准面与现有似大地水准面之差,即 $\Delta\zeta = \zeta_{\text{GPS}} - \zeta_{\text{geoid}}$, φ_m, λ_m 分别为拟合区的中心纬度和经度。

2 实例及软件开发

选用江苏 1:5 万某重力调查项目,说明区域似大地水准面精化在测地中的应用实例与开发的软件^[9]。

2.1 已有资料

(1)分辨率为 2.5'×2.5'的江苏省似大地水准面

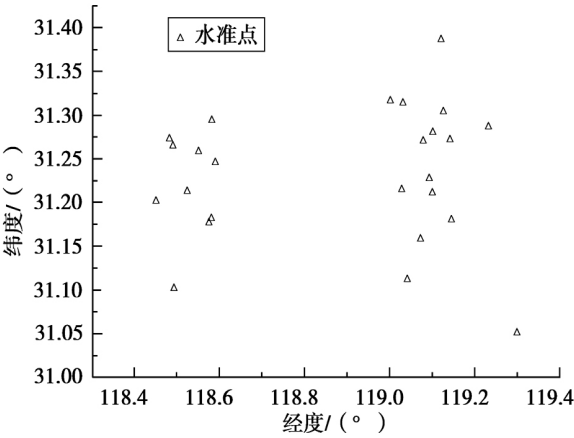


图 1 GPS 水准点分布位置

资料。

(2) 测区内部及周边范围均匀选取 26 个 GPS 水准点,其中江苏范围内共 21 个点,安徽范围内共 5 个点,点位分布见图 1。

2.2 似大地水准面精化及软件包开发

通过江苏省似大地水准面成果可以得到全省 2.5'×2.5'的格网似大地水准面数据。小地区似大地水准面精化的基本原理,是拟合测区内的 GPS 水准似大地水准面和已有的似大地水准面上的差值,通过最小二乘法将二者的差异平滑处理,进一步消除和减小二者的差异。其基本流程如图 2。

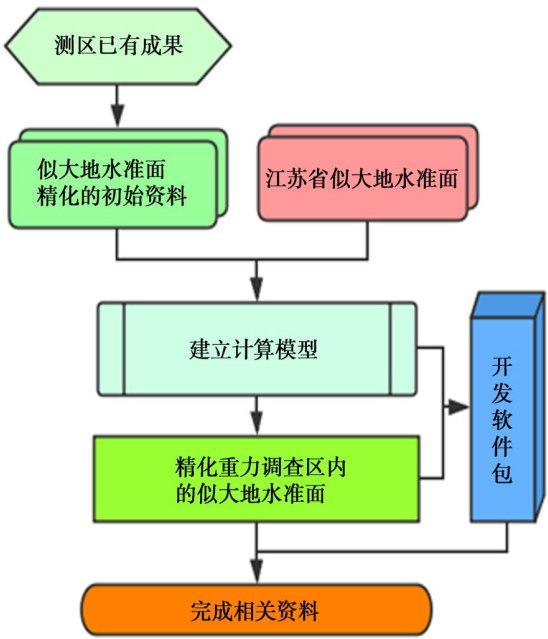


图 2 似大地水准面精化流程

(1) 根据区内的已有成果,选择适合的点(已知 GPS 坐标和 1985 国家高程,点位分布均匀),计算其 GPS 水准高程异常,组成似大地水准面精化的初始资料;

(2) 利用原有江苏省似大地水准面,内插每个 GPS 观测点的高程异常,安徽较小范围采用外延方

表 1 转换后水准点高程与实测高程比较

点名	84 高程 m	转换后 85 高程 m	85 高程(水准) m	Δh/cm	点名	84 高程 m	转换后 85 高程 m	85 高程(水准) m	Δh/cm
C0	13.728	9.245	9.320	-7.50	A24	98.208	93.311	93.400	-8.88
C1	11.496	7.028	7.070	-4.20	A25	14.294	10.611	10.542	6.90
C2	12.967	8.566	8.599	-3.30	A26	28.099	23.975	23.901	7.40
C3	10.566	6.282	6.307	-2.500	A27	95.106	90.209	90.179	3.03
C4	10.188	6.096	6.122	-2.578	A28	15.76	11.509	11.535	-2.60
C5	7.94	3.987	4.045	-5.757	A29	29.262	24.722	24.734	-1.20
C6	8.173	4.290	4.315	-2.485	A30	37.776	34.938	34.868	7.00
C7	14.602	10.883	10.828	5.518	A31	38.972	36.183	36.112	7.10
C8	100.091	95.999	95.961	3.843	A32	58.033	55.274	55.202	7.20
C9	97.626	93.568	93.516	5.201	A33	93.257	90.592	90.563	2.90
C10	88.179	84.098	84.049	4.89	A34	29.216	26.346	26.268	7.80
C11	95.813	91.963	92.033	-6.99	A35	36.536	33.645	33.556	8.91
C12	93.268	89.623	89.668	-4.49	A36	24.129	21.167	21.100	6.72
C13	82.783	79.497	79.453	4.44	A37	15.388	12.381	12.329	5.23
C14	80.75	77.57	77.550	2.05	A38	29.398	26.318	26.250	6.84
C15	86.007	81.78	81.817	-3.65	A39	31.263	28.097	28.045	5.17
C16	90.158	86.123	86.078	4.50	A40	17.793	14.511	14.527	-1.62
C17	77.199	73.326	73.279	4.72	A41	35.750	32.387	32.337	5.02
C18	13.205	8.717	8.807	-8.99	A42	19.906	16.736	16.736	0.03
C19	14.592	9.933	10.011	-7.82	A43	31.367	28.218	28.224	-0.58
C20	20.647	15.889	15.985	-9.57	A44	36.180	32.784	32.755	2.86
C21	52.918	48.01	47.967	4.27	A45	33.868	31.014	30.931	8.30
C22	66.829	61.966	62.002	-3.60	A46	32.155	29.565	29.555	1.00
C23	88.618	83.727	83.821	-9.38	A47	36.352	33.198	33.216	-1.80

法获得 GPS 观测点高程异常,然后减去 GPS 水准高程异常,建立相应计算模型,对二者的差值进行拟合,精化重力调查区内的似大地水准面;

(3)根据计算模型和精化后得到的数据,开发重力调查区内似大地水准面软件包;

(4)测试软件,完成软件使用手册等相关成果资料。

2.3 似大地水准面应用软件包开发

根据精化后得到的测区似大地水准面格网数据,利用 Shepard 内插方法,可以求得任何一点的高程异常。根据此技术原理,开发具有可操作界面的应用软件包。软件包在.NET3.5 框架下,采用 C#语言进行开发。

该软件可实现调查区范围内大地高向 85 高程基准的转换,转换方式有两种,一种是单点间的转换,另外一种读入数据文件,进行批量转换。

3 二次精化成果检验

为了检验二次精化后大地水准面成果精度,开展了 300 km 四等水准路线测量,并采集了 48 个水准点坐标。将 GPS RTK 测量成果经软件计算后得到的各水准点高程与外业水准测量得到的各水准点高程进行比较(表 1),按下列公式进行中误差计算,得出全区范围内软件精度为^[9]

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{1\ 488.687}{48}} = \pm 5.57\text{ cm}。$$

其中,m 代表高程中误差,v 代表水准高与转换高程

差值,n 代表水准点数量。

4 结语

本实例是在江苏省似大地水准面的基础上,在测区范围内共选择了 26 个 GPS 水准点(已知 GPS 坐标和 1985 国家高程,且点位分布均匀),采用三次多项式拟合模型,二次精化该区域似大地水准面,并开发了似大地水准面转换软件。后期对转换软件的精度进行检核,得出全区转换软件的精度为±5.57 cm,完全满足重力测量中高程精度要求。

参考文献:

[1] 曾华霖.重力场与重力勘探[M].北京:地质出版社,2005.
[2] DZ/T0171-1997 大比例尺重力勘查规范[S].中华人民共和国地质矿产部,1997.
[3] DZ/T0082-2006 区域重力调查规范[S].中华人民共和国国土资源部,2006.
[4] 饶才强.似大地水准面精化及其在重力勘探工作中的应用[J].资源环境与工程,2011,25(4):368-372.
[5] 佟洞.探讨利用江苏省(似)大地水准面精化小区域(似)大地水准面的方法[J].现代测绘,2004,27(6):12-14.
[6] 赵金忠,冯林刚,宋乐平,等.GPS 高程转换的一种改进算法[J].物探与化探,2013,37(2):350-352.
[7] 冯林刚,张锁祥,钟仁,等.大比例尺重力勘探 GPS 高程转换[J].物探与化探,2011,35(5):701-703.
[8] 唐秋祥.省级似大地水准面的局部再精化[J].测绘科学,2013,38(4):7-9.
[9] 滕龙,倪四道,张宝松,等.CORS 系统在重力调查中的应用[J].物探与化探,2013,37(6):1018-1022.

The re-refinement and software realization for local quasi-geoid

ZHANG Bao-Song¹, ZHENG Jia-Zhu², TENG Long¹, DI Bing-Ye¹, ZHU Hong-Bing¹, ZHANG Jun¹

(1. Nanjing Center of Geological Survey, CGS, Nanjing 210016, China; 2. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: In order to realize the high precision surveying in regional gravity survey as well as the transformation of different systems of coordinates, this paper describes a method for refining the local quasi-geoid and develops software to realize conversion from the GPS geodetic height to normal height. The conversion precision is ±5.57 cm by the external check using 26 benchmarks, which can completely meet the requirements of elevation precision in gravity survey.

Key words: refined quasi-geoid; transformation of coordinates; re-refinement gravity survey; GPS

作者简介: 张宝松(1981-),男,江苏泗阳人,工程师,地球探测与信息技术专业,现从事地球物理勘查与研究工作,Email: zbs06@163.com。