

GPS 在胶南市地理信息工程中的应用

王德保, 黄军, 董传胜, 陈瑞聪

(山东省第一测绘院, 山东 济南 250014)

摘要 在胶南市应用 GPS 建立三等平面控制网及高程拟合作业过程中, 所采用的数据处理方法提高了平面精度和高程拟合精度。该 GIS 工程证实, 应对平面网的起算点进行精度检测和保留三维无约束平差中精度较低的短基线。就高程拟合而言, 应采用多种方案对已知 GPS 水准点进行各种精度检验, 同时对所求点的拟合高程进行精度检验, 以多种拟合方案所计算出的所求点拟合高程的均值作为最或然高程, 计算每种拟合方案的所求点拟合高程中误差及拟合高程与最或然高程的最小差值和最大差值, 然后, 综合考虑所有精度检验结果, 并从中找出一种最优拟合方案。

关键词: GPS; 数据处理; 高程拟合; 精度; 最或然高程; GIS; 胶南市

中图分类号: P228.4; P208

文献标识码: A

0 引言

胶南市地处山东半岛东南部, 归青岛市管辖。胶南市 GIS 工程的成图面积为 322 km², 多为山地、丘陵地, 故采用 DL-102C 电子水准仪建立三等水准网, 以三等水准联测过的 GPS 控制点作为 GPS 高程拟合的起算点。在该工程中, GPS 在三等和一级平面控制网、像控联测、管线探测中都得到了广泛应用。现主要介绍三等 GPS 控制网的精度、数据处理方法和最优高程拟合方案。该网总点数为 91 个, 新布设 GPS 控制点 87 个, 其中包括 31 个保存完好的原有平面控制点。该网最长边 7.264 km, 最短边 1.305 km, 平均边长 2.95 km, 控制面积约 600 km²。该网以国家二等三角点报屋顶、辛屯南岭、紫灵山、库山为起算点, 在 1980 西安坐标系下进行平差计算, 概略高程异常为 8.5 m, 中央子午线为 120°。此外, 还以报屋顶、朝阳山、峰山为起算点, 在青岛城市坐标系下进行了平差计算。高程采用 1985 国家高程基准。

采用编号分别为 0220073425, 0220076105, 0220076310 的 3 台 Trimble 4600ls GPS 接收机进行快速静态定位, 观测时间 ≥ 60min, PDOP ≤ 6, GDOP ≤ 8, 平均重复设站数为 2.5。数据处理采用原武汉测

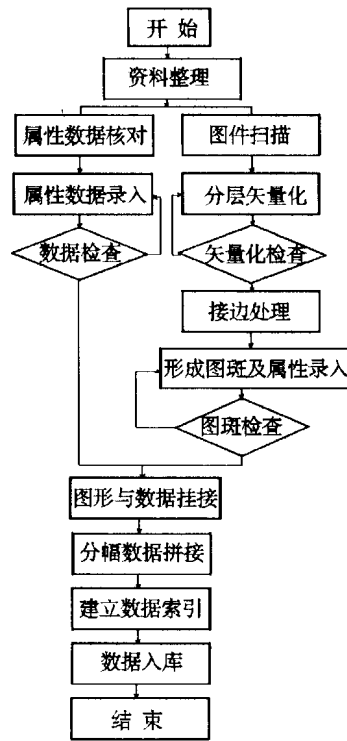


图 1 胶南市三等 GPS 网展点略图

绘科技大学《lip GPS 基线解算软件包》和《Poweradj (ver3.0) 数据处理综合软件包》。GPS 控制网展点见图 1。

*收稿日期 2003-08-25; 修订日期 2003-10-27; 编辑 汪先起

作者简介: 王德保(1966-), 男, 山东荣成人, 高级工程师, 从事 RS、GPS 方面的应用研究工作。

1 基线解算精度统计

(1) 胶南市三等 GPS 控制网共构成 83 个同步环, 同步环精度详见表 1。

表 1 同步环精度统计

误差区间(ppm)	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.6	0.6~1.7
个数百分比	69 83.1%	8 9.6%	4 4.9%	2 2.4%

最小同步环闭合差为 0 ppm, 环号为 83-84-85-83。最大同步环闭合差为 1.677 ppm, 环号为 2-1-5-2, 远小于 5 ppm 的精度要求^[1]。

(2) 胶南市三等 GPS 控制网共构成 125 个异步环, 异步环精度统计详见表 2。

表 2 异步环精度统计

误差区间 (ppm)	0~1	1~2	2~3	3~4	4~6
个数 百分比	71 56.8%	30 24.0%	16 12.8%	4 3.2%	4 3.2%

表 4 基线向量改正数精度统计

基线向量改正数	误差区间(cm)	0~1	1~2	2~3	3~4
V_x	个数, 百分比	210 97.7%	5 2.3%	0 0.0%	0 0.0%
V_y	个数, 百分比	198 92.1%	12 5.6%	4 1.8%	1 0.5%
V_z	个数, 百分比	192 89.3%	18 8.4%	5 2.3%	0 0.0%

表 5 基线相对精度统计

误差区间	1/10 万~1/20 万	1/20 万~1/50 万	1/50 万——
个数, 百分比	4 1.9%	25 11.6%	186 86.5%

最弱边为 43-42, 其相对精度为 1/129400, 远远小于 1/80000, 完全满足精度要求。最弱点为 3 号点, 其点位中误差为 1.58 cm, 最优点为 76 号点, 其点位中误差为 0.69 cm。

剔除 43-42 和 31-29 两条最弱(短边)基线后, 最弱边变为 52-57, 其相对精度为 1/192678。最弱点仍为 3 号点, 其点位中误差为 1.57 cm; 最优点仍为 76 号点, 其点位中误差为 0.67 cm。由此可见, 剔除两条最弱基线后, 最弱边和最弱点的精度均有所提高。

最小异步闭合差为 0 ppm 的有 3 个异步环。最大异步闭合差为 5.58 ppm, 环号为 22-33-34-22, 该环平均边长为 $S = 3\ 048.705\text{ m}$, 相对闭合差允许值为 $11.96\text{ ppm}^{[1]}$ 。

(3) 胶南市三等 GPS 控制网共构成 15 条复测基线, 复测基线精度详见表 3。

表 3 复测基线精度统计

误差区间 (ppm)	0~1	1~2	2~3	3~4	4~9
个数 百分比	4 26.7%	3 20.0%	5 33.3%	1 6.7%	2 13.3%

最小复测基线较差为 -0.305 ppm。最大复测基线较差为 8.347 ppm, 基线号为 5-6, 该基线边长 $S_{5-6} = 1\ 497.1901\text{ m}$, 较差允许值为 $\pm 35.33\text{ mm}$, 相对闭合差允许值为 $23.60\text{ ppm}^{[1]}$ 。

2 三维无约束平差

该网的总基线数为 215 条, 基线向量改正数详见表 4, 基线相对精度统计详见表 5。

3 二维约束平差

(1) 平差方案

方案 1: 以报屋顶(104)、辛屯南岭(102)、紫灵山(100)、库山(101) 4 点为起算点, 采用 215 条基线成果, 在 1980 西安坐标系下进行二维约束平差计算。

方案 2: 对国家二等三角点进行精度检验后, 发现库山(101)精度较低, 故将其舍掉。以报屋顶(104)、辛屯南岭(102)、紫灵山(100) 3 点为起算点, 采用 215 条基线成果, 在 1980 西安坐标系下进行二维约束平差计算。

方案 3: 以报屋顶(104)、辛屯南岭(102)、紫灵山(100) 3 点为起算点, 采用剔除 43-42 和 31-29 两条最弱基线后剩余的 213 条基线成果, 在 1980 西安坐标

系下进行二维约束平差计算。

坐标系下进行二维约束平差计算。

方案 4 :以报屋顶(104) 朝阳山(103) 峰山(40) 3 点作为起算点 ,采用 215 条基线成果 ,在青岛城市

(2) 二维约束平差后各种精度统计详见表 6。

表 6 二维约束平差后各种精度统计

分类统计	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
单位权中误差(\pm cm)	1.00	1.07	1.07	1.00
最弱点点位中误差(\pm cm)	1.48	1.13	1.13	1.19
最弱点点号	64	64	64	3
最弱边相对中误差	1/178030	1/224659	1/224224	1/240204
最弱边边号	12 - 7	12 - 7	12 - 7	12 - 7
方向中误差最大值(\pm ")	1.19	0.94	0.94	0.63
方向中误差最大基线边	70 - 67	70 - 67	70 - 67	68 - 67
距离中误差最大值(\pm cm)	1.94	1.11	1.11	1.02
距离中误差最大基线边	70 - 71	70 - 71	70 - 71	70 - 71
尺度比(ppm)	- 1.8777	- 1.2047	- 1.2186	0
旋转参数(")	1.5119	+ 0.0564	- 0.0618	0

(3) 分析

将该 GPS 控制网的青岛城市坐标系成果与 1996 年施测的 GPS 控制网成果进行比较 ,重合点的坐标差值 95% 都在 ± 1 cm 之内 ,最大差值的绝对值为 4.2 cm。最大差值点为曹北岭 ,是一个双锥标控制点 ,差值大与观测时必须将标石中心投影到钢标基板上有关 ,因为投影误差和钢标的晃动会对精度产生一些影响。

最后 ,用方案 2 计算出 1980 西安坐标系成果 ,用方案 4 计算出青岛城市坐标系成果。

水准的 GPS 点作为固定点 ,利用 GPS 点的大地高进行高程拟合求定。采用 7 参数模型 ,利用已知 GPS 水准点 ,求得内部符合精度、协方差阵 ,并对所确立的模型进行 T 检验 ,计算模型系数的 GPS 点要均匀分布在控制网的周边和中部。计算模型确立后 ,利用 GPS 水准点进行外部检验 ,根据所有检验点的模型误差计算出外部符合精度。为减少粗差对高程拟合的结果产生的影响 ,根据所施测的三等 GPS 网选择 6 种拟合方案 ,采用曲面拟合法进行拟合 ,旨在从中找出一种最优拟合方案。

所用 6 种拟合方案对已知 GPS 水准点的拟合精度检核 ,详见表 7。

4 高程拟合

未联测三等水准的 GPS 点的高程 ,以联测三等

表 7 拟合方案对已知点的拟合精度检核统计

方案	已知点数	内部符合精度(\pm cm)	外部符合精度(\pm cm)	被检核点数	被检核点属性	拟合高程与已知高程之差值	
						最小值(cm)	最大值(cm)
1	14	2.00	3.2	1	独立	0	3.6
2	16	1.89	3.1	1	独立	0.1	4.4
3	17	1.37	1.5	1	独立	0	- 3.1
4	36	1.60	2.3	8	独立	- 1.2	3.7
5	38	1.62	2.2	6	独立	0.1	- 4.0
6	44	1.92	未计算	44	非独立	0	3.0

表7中非独立检核点是指将所有已知GPS水准点的高程拟合原始数据换点号叠加到原始高程拟合数据文件中,然后以所有44个已知点进行拟合计

算,从而检验拟合精度。

所采用的拟合方案对所求点的拟合精度检核,详见表8。

表8 拟合方案对所求点的拟合精度检核统计

方案	已知点数	待定点数	以6种方案所求高程值的均值作为最或然高程的拟合中误差 $M(\pm \text{cm})$	拟合高程与最或然高程之差值	
				最小值(cm)	最大值(cm)
1	14	47	2.33	0.2	5.5
2	16	47	2.64	-0.2	-10.0
3	17	47	3.01	0	-10.1
4	36	47	1.61	0.2	-5.1
5	38	47	1.64	-0.1	-5.3
6	44	47	2.02	0	5.0

6种方案拟合高程值的平均值为 P_i ,每种方案拟合高程的原始值为 N_i ,则

$$M = \pm \sqrt{[(N_i - P_i)^2] / (D - 1)}$$

D 为所求点数。

综合考虑各种精度,决定采用方案4进行高程拟合,求得所有47个待定点高程。

5 结束语

(1)首级GPS控制网对高等级起算点的精度检测非常重要,采用相对精度较高的起算点,而舍去精度较低的起算点,可显著提高二维约束平差的整体精度。

(2)控制网紧靠海岸线布设,且在斋堂岛上设立了2个三等GPS控制点,与陆地进行联测整网平差后各项精度指标均很高,说明大面积海面对GPS控制网的平面精度和高程精度的影响并不大。GPS可将陆地的平面基准和高程基准高精度传递到海岛中。

(3)剔除几条相对精度较低的基线向量(非粗差基线),可以提高三维无约束平差的点位精度和基线向量的相对精度;但并不能提高二维约束平差后的点位精度和最弱边的精度,有时对二维约束平差的影响正好相反。所以,网中的短边一定要观测并参与计算,达到精度要求的相对精度较低的基线向量

也尽量参与计算,以提高二维约束平差的整体精度。

(4)短基线虽然相对精度较低,但控制点的位置和密度比基线相对精度更为重要。在全面网的布设中,不能一味地追求精度设置长边,而忽略控制点的密度和关键点位的作用。

(5)采用一定密度和分布均匀的三等水准联测过的GPS点作为起算点进行高程拟合,可以达到低于四等水准而优于等外水准的精度。要想使高程拟合达到四等水准的精度要求,关键要获得高精度的大地高、仪器高和采用高程精度较高的GPS接收机进行观测。

(6)采用多种拟合方案试算后,要综合考虑对已知点的各种精度检核和对所求点的精度检核,使其误差尽量达到最小。一般不应让所有已知点都参与计算,而是舍掉少数已知点后考察拟合后的高程对已知点和未知点的精度检验能否都达到最优。如果各项误差(或多数)均为最小,那肯定就是最优方案,此时未被选中的已知点不要再当作已知点参与计算,以免降低已知点的内符精度和模型系数的精度,影响拟合效果。

参考文献:

[1] CJJ73-97 全球定位系统城市测量技术规范[S].

(下转第38页)

The Research into the Evolvement Trend of Karsts Water Quality for Fountain Areas in Jinan

LI Chang - suo , HU Ai - min , YOU Qi - jun , ZHANG Zhong - xiang , WANG Jue , MU Qiang
(Shandong Geo - engineering Institute , Shandong Jinan 250014 , China)

Abstract :In the end of 50's , underground water quality of fountain areas in Jinan still remains crude state. Since 1980 , with the gradually growth of economic development , the continuous exploitation in karsts , the more polluted air , water and materials being released , the water quality of karsts has become worse and worse. The content of all components mainly originates from point industrial pollution. West suburb firstly speaking , the content of all components of karsts had turned from climbing to descending from 1959 to 2002. Secondly the components of fountain in Jinan city areas are ascending in general. The areas are located at the regions of letting out polluted water ; the amount of released polluted air , water and materials coming from complementary regions are increasing in the areas ; besides , the polluted air , water and materials are blocked by igneous rock at the north , and these only be released in the form of fountain and exploitation , causing some ions thickness grows continuously. Thirdly the thickness of the five regular components of the underground water at east area shows the trend of climbing in general , and the trend of underground water quality is worsening as a whole.

Key words : Karsts water ; Water quality ; evolvement trend

(上接第 34 页)

Application of GPS in Jiaonan Geographical Information System Engineer

WANG De - Bao , HUANG Jun , DONG Chun - sheng , CHEN Rui - cong
(No. 1 Geo - mapping Institute , Shandong Jinan 250014 , China)

Abstract :During the period of establishing third grade plane controlling net and elevation fitting work by using GPS , plane precision and elevation fitting precision are promoted. It is proved that precision test of measuring point in plane net should be carried out and short reference line with low precision in three - dimensional un - forbidding adjusting error should be kept. As to elevation fitting , many methods should be used to test all precision in already known GPS level mark . At the same time , precision of fitting elevation of measured spots are tested. Regarding average value of fitting elevation of measured spots as most probable error , errors , smallest and biggest values of fitting elevation are measured , and regarding all precision testing results , the best fitting plan is chosed.

Key words :GPS ; data conducting ; elevation fitting ; precision ; probable elevation ; GIS