

扬州市 E 级 GPS 平面控制网的建立

王锦邦, 郭 阳

(扬州市测绘研究院有限公司, 江苏 扬州 225003)

摘 要:介绍了扬州市 E 级 GPS 平面控制网的布设、外业观测、内业数据处理、平差计算及精度分析等工作过程及内容。

关键词:扬州市; GPS; 控制网

中图分类号:P228.4

文献标识码:B

文章编号:1672 - 5867(2011)05 - 0210 - 03

The Establishment of E - class GPS Plane Control Network for Yangzhou

WANG Jin - bang ,GUO Yang

(Yangzhou Institute of Surveying and Mapping Company Limited ,Yangzhou 225003 ,China)

Abstract: This paper describes the establishment field observations data processing in office and the adjusted calculation and precision analysis of the Yangzhou E - class GPS plane control network.

Key words: Yangzhou City; GPS; control network

0 引 言

扬州位于长江中下游平原的东部,南临长江,北接淮水,京杭大运河在市区东侧穿过,古运河环绕城区东南,是国务院首批公布的历史文化名城。

润扬大桥的建成,铁路的开通,使扬州的经济发展和城市建设更加提速,这就要求建立统一完整的综合性城市控制网。

“扬州市 E 级 GPS 平面控制网”的覆盖范围,西起扬溧高速公路,东至廖家沟,南接长江,北至扬溧高速公路,面积 550 多平方公里。建立该网的主要目的是提供高精度的 1954 北京坐标系,为扬州各种工程建设服务。

1 GPS 控制网的布设

本工程中央子午线为 120°,参考椭球面为 3°投影带,坐标系为 1954 北京坐标系。起算数据为江苏省 C 级 GPS 点(4011,5050,B067,4010)。

测区外圈有两个省级 C 级点(4010,5050),市区有两个省级 C 级点(4011,B067),4 个点基本均匀分布于整个市区范围,分别为江都船闸、前庄、陈套和车管所。根据市区范围和 4 个已知点的分布情况,在测区均匀布设了

56 个 E 级 GPS 点:G100,G200,G226,G302,以及 GH06,GH07……GH71。其中,G100,G200,G226,G302 为原有 GPS 点的恢复,共计 4 个点;GH06,GH07……GH71,为新埋石点,共计 52 个点。具体组网情况如图 1 所示。

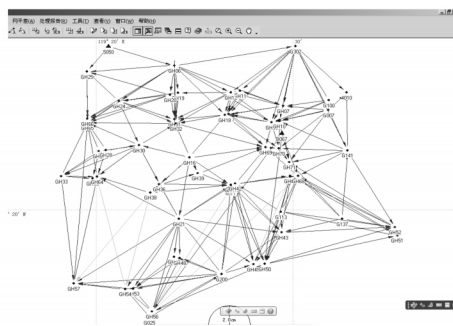


图 1 GPS 控制网图

Fig. 1 The map of GPS control network

2 GPS 外业观测

作业过程中,采用了 4 台中海达测绘仪器公司生产的单频 GPS 接收机。严格按照计划,按规定时间进行同步

收稿日期:2011 - 02 - 11

作者简介:王锦邦(1979 -)男,浙江东阳人,助理工程师,大学本科,主要从事地理信息系统在城市规划中的应用、研究。

观测。在进行 GPS 观测时,着重注意以下几点:

- 1) 观测前 根据卫星可见性预报表和交通情况,编制观测调度计划。
- 2) 作业时,所执行的相关技术要求见表 1。

表 1 GPS 观测技术要求

Tab. 1 The technical requirements of GPS observation

卫星截止高度角	≥15°
同时观测有效卫星数	≥5
平均每点观测次数	≥2
时段长度(NGS 200)	≥40 min
时段长度(Wild 200)	≥20 min
数据采样间隔	15 s
PDOP 值	≤8

3) 作业员每时段认真量测天线高 2 次,互差不超过 3 mm 取平均值为最后天线高。

4) 观测时 在测量手簿中作好记录。记录内容包括:观测者、观测日期、仪器号、天气、点号、点名、时段号、天线高、开关机时间、同步观测点号、卫星状况等,并记录其他特殊问题。

3 GPS 观测数据处理

3.1 基线计算

1) GPS 基线向量采用商家提供的商用软件 HDS 2003 进行计算。

2) 基线计算时,开窗处理、删星、计算结果、同步环或重复基线均作了记录。

3.2 基线检核

1) 软件计算的异步环闭合差限差略小于《规程》中规定的限差;

《规程》中规定的异步环限差按下式计算:

$$\text{异步环坐标分量闭合差限差为 } 2\sqrt{n} \times \sigma$$

$$\text{异步环全长闭合差限差为 } 2\sqrt{n}\sigma$$

其中 $\sigma = \sqrt{10^2 + (20 \times D)^2}$; D 为 GPS 网的平均边长; n 为闭合环边数。

2) 一共检查了 26 个重复基线、100 个同步环、57 个异步环。所有重复基线均不超过限差;所有环闭合差均不超过限差。

4 平差计算

在平差之前,应进行基准点的核实,采用逐步的固定

基准点,来检验别的基准点是否正确,在所有的基准点都已验证正确的条件下,再固定所有的基准点进行网的 3 维无约束平差和 2 维约束平差。

4.1 无约束平差

当 GPS 基线各项质量检验符合要求时,应依所有独立基线组成闭合图形,以 3 维基线向量及其协方差阵作为观测信息,以一个点的 WGS-84 系 3 维坐标作为起算依据,进行 GPS 网的 3 维无约束平差。经过平差,得到各个向量平差后的相应的改正数,改正数绝对值 ($V_{\Delta X}, V_{\Delta Y}, V_{\Delta Z}$) 应满足 (1) 式:

$$\begin{aligned} V_{\Delta X} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta Y} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta Z} &\leq 3\sigma \end{aligned} \quad (1)$$

式中 σ 为 E 级 GPS 控制网规定的基线的精度,单位为毫米。

根据 GPS 数据解算,无约束平差后各个基线分量中,误差最大的基线为 GH67→GH68,其改正数绝对值 $V_{\Delta X} = -0.0011, V_{\Delta Y} = -0.0016, V_{\Delta Z} = 0.0031$,均小于 $3\sigma = 0.151$,满足《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314-2001)中 GPS-E 级精度要求。

4.2 约束平差

在 3 维无约束平差确定限差均符合规范要求的基础上,以测区已知 GPS 控制点江都船闸、前庄、陈套和车管所作为强制约束的固定值进行 2 维约束平差。约束平差后,基线分量的改正数与同一基线的无约束平差相应改正数较差的绝对值 ($dV_{\Delta X}, dV_{\Delta Y}, dV_{\Delta Z}$) 应满足 (2) 式:

$$\begin{aligned} dV_{\Delta X} &\leq 2\sigma \\ dV_{\Delta Y} &\leq 2\sigma \\ dV_{\Delta Z} &\leq 2\sigma \end{aligned} \quad (2)$$

约束平差后,基线分量的改正数与同一基线的无约束平差相应改正数较差的绝对值误差最大的基线为 GH67→GH68,其改正数绝对值 $dV_{\Delta X} = 0.009, dV_{\Delta Y} = 0.010, dV_{\Delta Z} = -0.018$,均小于 $2\sigma = 0.098$,满足《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314-2001)中 GPS-E 级精度要求。

平差结果完成后,各项统计精度数据见表 2 至表 5。

表 2 最弱点平面中误差(单位:米)

Tab. 2 The weakest plane RMSE(Unit = m)

点名	X	Y	平面	高程
	中误差	中误差	中误差	中误差
3 568 836.025 2		40 441 564.119 0		7.626 4
GH56	0.019 3	0.021 1	0.028 6	0.025 0

表 3 最大异步环相对误差(单位:米)

Tab. 3 The maximum relative error of the asynchronous rings(Unit : m)

基线名	基线解	中误差	X 增量	Y 增量	Z 增量	P 斜距
G 007→GH 10. 1071	75. 1	0. 005 1	3 122. 642 6	-2 433. 041 4	912. 920 1	4 062. 512 9
G 007→G 100. 1081	99. 9	0. 005 2	-252. 838 2	-483. 158 0	860. 146 3	1 018. 440 2
G 100→GH 10. 1081	99. 9	0. 005 9	-2 869. 823 3	2 916. 157 9	-1 773. 098 8	4 459. 118 9

注: 相对误差 = 5.86×10^{-6} , $\sum X = 0.0189$, $\sum Y = -0.0415$, $\sum Z = -0.0323$, $\sum P = 9540.0720$

计算过程如下:

$$\sum X = 3122.6426 + (-252.8382) + (-2869.8233) = 0.0189$$

$$\sum Y = -2433.0414 + (-483.1580) + 2916.1579 = -0.0415$$

$$\sum Z = 912.9201 + 860.1463 + (-1773.0988) = -0.0323$$

$$\sum P = 4062.5129 + 1018.4402 + 4459.1189 = 9540.0720$$

表 4 最大基线相对误差(单位:米)

Tab. 4 The maximum relative error of the baseline(Unit : m)

基线名	X 增量	Y 增量	Z 增量	距离	中误差
	$dV_{\Delta X}$	$dV_{\Delta Y}$	$dV_{\Delta Z}$	改正数	相对误差
GH 67→GH 68. 1071	-559. 877 2	-312. 631 4	-1. 720 2	641. 251 8	0. 022
	0. 009	0. 010	-0. 018	0. 013	1: 715 50

表 5 最大重复边相对误差(单位:米)

Tab. 5 The maximum relative error of the repeat baseline(Unit : m)

基线名	基线解	中误差	X 增量	Y 增量	Z 增量	P 斜距
GH 09→GH 90. 1261	99. 9	0. 014 6	-1187. 914 4	943. 655 1	-2 214. 988 2	2 684. 734 3
GH 09→GH 70. 1281	99. 9	0. 011 4	-1187. 913 9	943. 647 0	-2 215. 010 6	2 684. 749 8

注: 相对误差 = 4.44×10^{-6} , $\Delta X = 0.0005$, $\Delta Y = -0.0081$, $\Delta Z = -0.0224$, $\sum P = 5369.4841$

计算如下:

$$\Delta X = -1187.9139 - (-1187.9144) = 0.0005$$

$$\Delta Y = 943.6470 - 943.6551 = -0.0081$$

$$\Delta Z = -2215.0106 - (-2214.9882) = -0.0224$$

$$\sum P = 2684.7343 + 2684.7498 = 5369.4841$$

5 精度分析

对 GPS 控制网精度的分析,应采用下面两个指标:

1) 基线向量改正数。根据基线向量改正数的大小,判断基线向量中是否含有粗差。

2) 相邻点的中误差和相互中误差。检查时,若发现构成 GPS 网的基线中含有粗差,则删除含有粗差的基线,并重新对含有粗差的基线进行解算或者重测含有粗差的基线;若发现个别起算数据有质量问题,则放弃有质量问题的起算数据。

在对网的平差过程中检查得知,基线向量改正数不含有粗差,且完全满足规范要求。从上边约束平差的各项精度指标统计中看出,相邻点的中误差和相互中误差都满足规范精度要求,可作为 E 级 GPS 控制网。

6 结束语

通过使用 GPS 和对该网的精度分析,我们认为 GPS 网布设方案合理、科学,平差精度优异,各项指标都远高于规范的精度要求,可作为扬州市 E 级 GPS 平面控制网。

参考文献:

- [1] 陈琦,谢飞. 无锡市 GPS 控制网建立的研究[J]. 现代测绘 2009(5): 26-27.
- [2] 董世清,李志成. GPS 测量控制网起算点的兼容性分析[J]. 四川测绘 2003(4): 169-172.
- [3] 李旷建,李春红. GPS 在建立及改造城市控制网中应用的若干问题[J]. 城市勘测 2005(1): 48-49.

[编辑:宋丽茹]