

# GPS 在城市控制网建设中的应用

王瑞喜

北京京昌工程测绘技术有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v3i6.916

**[摘要]** 全球定位系统(Global Positioning System,GPS),又称全球卫星定位系统,它可以为地球表面绝大部分地区提供准确的定位、测速和高精度的时间标准。近年来,GPS广泛应用于大地测量、城市测量、工程变形监测、航空摄影测量、水文地质测量、地壳运动监测、船只实时调度与导航、低轨卫星定轨、导弹制导、航空救援和载人航天器防护探测等诸多领域,GPS为上述领域提供了更为精准的数据,从而给测绘领域带来一场深刻的技术革命。以廊坊城市控制网建设为例,采用GPS进行施测,同时,进行基线预处理及基线检核,对于满足解算要求的基线,采用平差解算软件进行基线解算、三维无约束平差及二维约束平差计算,获取了平面控制网数据,并分析了城市GPS控制网所能达到的精度。结果表明,对于面积较大的城市控制网,GPS测量发挥其很大的优势,是最佳的测量手段,并指出了GPS在城市控制网测量应注意的问题。

**[关键词]** GPS控制测量; 控制网; 网平差; 精度分析

**中图分类号:** P228.4 **文献标识码:** A

## 1 绪论

1.1 研究背景。近年来,随着GPS测量技术的发展,建立城市控制网技术条件得到了满足,城市控制网建设的工作也迫在眉睫。建立城市控制网的四个基本要求是:一是国家坐标系不满足城市建设、城市规划和科学研究的需要;二是确实有建立的充分理由,不建立就会对城市建设、城市规划造成严重影响;三是须按规定的程序报测绘行政主管部门批准;四是应当与国家坐标系相联系。

廊坊,东经 $116^{\circ} 10' \sim 116^{\circ} 49'$ 、北纬 $39^{\circ} 15' \sim 39^{\circ} 36'$ ,位于河北省中部偏东,北临北京市,东与天津市交界,南接沧州市,西与保定市毗连,地处京津两大城市之间,环渤海腹地,素有“京津走廊上的明珠”之称。

为了加快城市数字化建设,满足日益发展的需要,廊坊市进行了城市控制网建设工作。城市控制网建成,可为城市基础设施建设、道路建设、水利建设、工农业建设等提供准确的控制数据。

1.2 GPS测量优势与意义。全球定位系统由美国国防部研制和维护,可满足位于全球任何地方或近地空间的军事用

户连续精确的确定三维位置、三维运动和时间的需要。随着全球定位系统不断改进,硬、软件的不断完善,应用领域正在不断地开拓,已遍及国民经济各种部门,并开始逐步深入人们的日常生活。近几年中国测绘等部门的使用表明,GPS以全天候、高精度、自动化、高效益等显著特点,赢得广大测绘工作者的信赖,并成功地应用于大地测量、工程测量、航空摄影测量、运载工具导航和管制、地壳运动监测、工程变形监测、资源勘察、地球动力学等多种学科,从而给测绘领域带来一场深刻的技术革命。

1.3 坐标系统及基准。(1)平面坐标系统。国家1980西安坐标系和2000国家大地坐标系。(2)起算数据。本项目测区内国家A、B级控制点共7个,本次选择了6个点作为起算点,且均匀分布,保存完好。

1.4 控制网布设。三等GPS控制网采取一次全面布设。考虑到点位满足平面和高程共用的原则,尽量选在平地。在城市控制网的布设中为了能够保障点位的稳定性,点位应尽量选择在地基基础坚固的地方,尽量避开当地城市拥有的大地质断裂带。充分利用城市地区的国

家级GPS网点和GPS连续运行站的数据,用来构成城市控制网的基础框架结构。以框架网为布设依托,将城市控制网的点位原则上布设于交通相对便利的地方。

本次三等GPS控制网布设的平均边长为8km,最大边长13km,最小边长3.8km,点间隔小于5公里。布设时考虑城市规划需要,在1:500区域重点考虑,适当增加控制点的密度,在1:5000区域适当放宽基线距离。如图2.3所示为首级控制网分布示意图。

表2-1 三等GPS控制网要求

| 等级 | 平均边长(km) | a(mm)    | b( $1 \times 10^{-6}$ ) | 最弱边相对中误差 |
|----|----------|----------|-------------------------|----------|
| 三等 | 5        | $\leq 5$ | $\leq 2$                | 1/80000  |

a为固定误差,b为比例误差系数。

## 2 控制网施测

根据布设的控制网,采用Trimble双频GPS接收机进行施测,施测过程中严格按照规范要求,保证观测的数据质量合格。

2.1 仪器设备。采用美国Trimble双频GPS接收机进行观测,并且所有仪器鉴定均在可使用期内,仪器设备情况良好。

2.2 仪器检查。采用美国Trimble双频GPS接收机进行观测,使用时核对了仪器的检定证书,仪器均在检定合格期限内。同时,对接收机进行以下三个方面的检验,检验结果均符合要求。

(1) 基座圆水准器和光学对中器均正确;(2) 天线高量尺是完好;(3) 数据传输设备及软件齐全,数据传输性能正常。

2.3 观测情况。外业观测时觇标和标石均完好,利用三角架和基座进行严格对中、整平。对中误差均小于1毫米。角架稳定,无破损。

2.4 观测方法。采用双频GPS接收机,静态同步观测,基线重复率大于2。作业过程中12台接收机分为两组,每组6台,同步观测1个小时,2个时段。计算时每组单独计算基线,两组之间有公用观测数据时,基线也计算,作为检查使用。同步观测为6,规范要求大于等于3。环的边数最大为5(环号为114),规范要求小于6。

2.5 平差解算。平差解算采用计算使用LeicaGeoOffice(7.0.1.0)软件,主要包括独立基线及精度统计、无约束平差、WGS84坐标下的估算、改正精度评定、约束平差等。

2.6 数据准备。原始数据保存以天宝仪器的“DAT”格式,按照类型建立目录存放;每个数据都转换“Rinex”格式,并且依据外业记录输入天线高度、点名、时段号、天线高量取方式,最后改正为相位中心的高度。

2.7 基线解算。“Rinex”格式数据导入“LGO”后,先进行自动处理基线。计算满足限差要求、可以生成固定解的计算进行保存。

对不能进行自动解算的基线,通过调整参与解算卫星、调整观测时间、补测基线三种方法进行处理。

2.8 环闭合差计算。基线和自由平差结果满足要求后,需对环闭合差进行确认,限差需要满足下列公式要求:

$$\omega_x \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$\omega_y \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$\omega_z \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$\omega_s \leq 3\sqrt{3n}\sigma$$

$$\omega_s = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2}$$

空间大地直角坐标分量,满足“W”检验要求。

### 3 精度分析

通过对6个点平面坐标比较分析,国家1980西安坐标系,北坐标差最大的3.16厘米,东坐标差最大3.28厘米;国家CGCS2000坐标系,北坐标差最大的3.05厘米,东坐标差最大3.23厘米。满足《全球定位系统(GPS)测量规范》中5厘米的要求,满足作为三等控制网的起算数据要求。

基线共计1163条,最短基线为CL73到NHH,长度为3389.4164米;最长基线CL18到ZHX,长度为13943.8702米。

参与平差计算的基线546条,点间隔4.991公里,满足规范要求的5公里限差要求。

重复基线条数为546条,重复基线都大于2,最多为6条。重复基线较差限差公式如下:

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma$$

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bD)^2}$$

式中:  $a$  固定误差,取5mm;  $b$  比例误差,2mm;  $D$  重复基线平均长度重复基线较差均小于限差,相对误差均小于规范要求的1/80000。

同步环观测时间均大于1小时,且时段数大于2。

异步环或附合线路坐标闭合差限差公式如下:

$$\omega_x \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$\omega_y \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$\omega_z \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$\omega_s \leq 3\sqrt{3n}\sigma$$

$$\omega_s = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2}$$

式中:  $\omega_s$  一环闭合差;  $n$  为闭合环边数。

环基线条数小于5,环相对精度最小的为:1:30678247,最大的为:1:574425。

异步环坐标闭合差小于限差。自由网平差满足F检验要求,结果为“接受”。

### 4 结论

GPS测量技术用于城市控制网建设中,通过控制网布设、控制网施测、平差解算,最后得到了控制点平面坐标。同时,还对观测数据及平差结果进行了精度分析,得到了以下结论:

(1) 采用GPS测量技术进行城市高等级控制网的测量具有全天候、高精度、高效率等优点,是城市控制网建设的首选测量技术方法。(2) GPS测量技术用于城市控制网建设中,在精度与可靠性的约束下,最具经济性准则的测绘技术。(3) 用高精度仪器设备进行施测、施测过程中严格按照规范要求、解算中采用先进的技术方法,保证了该项目控制网建设的质量,各项成果后期按照规定抽检,精度符合要求。

### [参考文献]

[1] 徐绍铨,张海华,杨志强.GPS测量原理及应用[M].武汉:武汉大学出版社,2008.

[2] 孔祥元,郭际明.控制测量学[M].武汉:武汉大学出版社,2010.

[3] 程鹏飞,成英燕,文汉江.2000国家大地坐标系实用宝典[M].北京:测绘出版社,2008.

[4] 施一民.现代大地控制测量[M].北京:测绘出版社,2003.

[5] 姜勇,梁新文.浅析GPS测量与误差分析[J].工程论文,2011(12):87-90.

[6] 独知行,刘智敏.GPS测量实施与数据处理[M].北京:测绘出版社,2010.

[7] 许巨平.GPS在城市控制网中的应用[J].安徽建筑,2012(2):178-19.