

“十白”高速 D 级 GPS 控制网精度分析

陈小团, 胡俊锋, 王正飞, 王俊超

(湖北省十堰市土地勘测规划院, 湖北 十堰 442500)

摘要:为了给十堰—白河高速公路提供控制测量资料及后续碎部测量资料,在高速公路沿线布设一系列 D 级 GPS 控制点,通过对 GPS 控制网测量以及外业数据的初步处理,实现了对 GPS 网的重复边检核,同步环闭合差检核和异步环闭合差检核,进而分析了 GPS 外业测量的精度,并为今后相似地形条件的工程提供了技术保证。

关键词:外业观测;重复边观测;同步环;异步环;高程异常

中图分类号:P228 文献标识码:B 文章编号:1672-5867(2011)05-0117-02

Precision Analysis of D-grade GPS Control Network of Shibai Highway

CHEN Xiao-jian, HU Jun-feng, WANG Zheng-fei, WANG Jun-chao
(Shiyan Land Surveying and Planning Institute, Shiyan 442500, China)

Abstract: In order to provide control survey and detail survey materials for Shiyan Baihe highway, we set a series of D-grade GPS control points, and completed the examination for repeated side synchronous loop closure and asynchronous loop closure. Our research provides technical support for those projects with similar topographic condition through analyzing the precision of GPS field survey.

Key words: field survey; repeated sides observation; synchronous loop; asynchronous loop; height anomaly

0 引言

十白高速公路全长约为 58.63 km,测区面积约 1 100 km²。通过对沿线地形的详细踏勘,在原有 9 个 C 级 GPS 点的基础上,布设了 23 个 D 级 GPS 点,其网形如图 1 所示。

1 GPS 网的外业观测及数据处理

实际作业中采用 6 台南方灵瑞 S 82 接收机按照静态测量的方法进行,观测严格参照规程要求。在进行 GPS 观测时,要求注意以下几点:

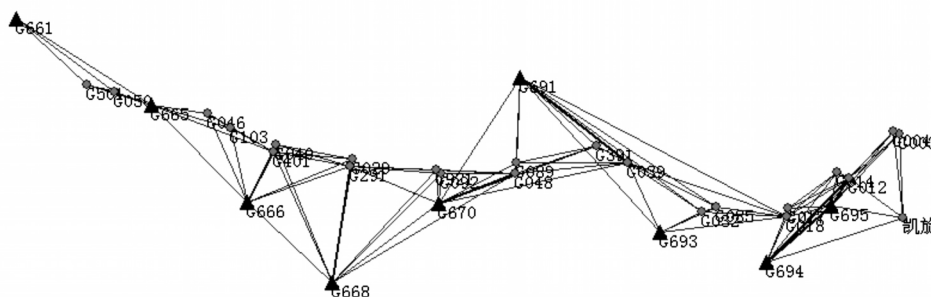


图 1 GPS 网
Fig. 1 GPS network

- 1) 根据卫星可见性预报,优选最佳观测时段进行 GPS 观测;
- 2) 天线的对中精度 ± 1 mm,标志线指北误差 $\leq \pm 5^\circ$,以减弱相位中心偏差的影响;
- 3) 天线高在观测时段前后,从 3 个方向分别量取,误

- 差 $\leq \pm 2$ mm,采用算术平均值;
- 4) 卫星高度截止角 $\geq 15^\circ$,PDOP 值 < 4 ,接收卫星数 > 5 ;
- 5) 为确保控制网实测精度,每个时段观测时间均大于 90 min;

收稿日期:2010-09-01

作者简介:陈小团(1976-)男,湖北十堰人,工程师,学士,主要从事测绘技术工作。

6) 观测时,不允许在天线附近使用对讲机或移动电话,以减少信号干扰。

2 GPS 网平面精度分析

十白高速 GPS 平面测量控制网有 14 条重复基线向量,189 个闭合环,其中同步环 134 个,异步环 55 个。

1) 重复观测边检核

对于同一基线边,若观测了多个时段(≥2),则可得多个基线边长。这种具有多个独立观测结果的基线边,称为重复边^[1]。重复观测边的检核主要是重复边各时段平差值之中误差和相对误差两项检验。

设重复边共观测了 n 个时段(n≥3),观测值分别为 d₀, d₁, …, d_n。则各时段的平均值为:

$$d = \sum_i^n d_i/n \quad (1)$$

平差值之中误差为:

$$m_d = \pm [[\Delta d \Delta d] / (n - 1)]^{1/2} \quad (2)$$

式中 Δd = d_i - d, 相对误差为 m_d/d, 则要求 m_d/d; b 为接收机标准精度的比例误差系数(×10⁻⁶)。

十白高速 GPS 平面测量控制网中,各重复边均满足规程要求。如,某一条重复基线 G 6660701 - G 4010701, 这条基线有 3 个时间段,开机时间分别为: 2010. 03. 11 11: 15: 00, 2010. 03. 11 13: 10: 00, 2010. 03. 11 15: 25: 00; 时段长度分别为: 115 min, 135 min, 95 min; ΔX = -903. 294, ΔY = 2 283. 452, 当 n > 3 时, 由式(2)可求得 m_d = 3. 54 mm, m_d/d = 1. 23 Ppm, 而限差为 13. 3 Ppm, 远远小于限差的要求。

经过搜索重复基线和计算得知,所有的重复基线中最大的相对中误差为 2. 56 × 10⁻⁶, 在限差范围内。因此这些重复边符合要求,且精度较高。

2) 同步环闭合差的检核

由多台接收机同步观测的结果所构成的闭合环称为同步环。由于同步环中各边是不独立的,从理论上来说,其环闭合差应恒为零^[1]。但由于处理软件的不完善,或计算各同步基线边时数据取舍的差异,使得这种同步环的闭合差实际上仍可能不为零。这种闭合差的数值一般很小,应不致于对定位结果产生明显影响,因此,也将其作为外业成果质量的一种检核标准。假设 W_X, W_Y, W_Z 分别为上述同步环坐标分量的闭合差,即:

$$W_X = \sum_{i=1}^n \Delta X_i, W_Y = \sum_{i=1}^n \Delta Y_i, W_Z = \sum_{i=1}^n \Delta Z_i \quad (3)$$

式中 ΔX_i, ΔY_i, ΔZ_i 为第 i 条基线向量的坐标差分量,按规定应满足:

$$W_X \leq \sqrt{n}\sigma/5, W_Y \leq \sqrt{n}\sigma/5, W_Z \leq \sqrt{n}\sigma/5 \quad (4)$$

$$W_C \leq (W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2)^{1/2} \leq \sqrt{3n}\sigma/5 \quad (5)$$

以上两式中 n 为环线的基线边数, W_C 为同步环闭合差的限值 σ 为相应级别规定的精度,按下式计算有:

$$\sigma = \sqrt{(a^2 + (bd)^2)} \quad (6)$$

式中 d 为环线中所有基线的平均长度; a, b 为接收机的

标准精度^[1-3]。

十白高速 GPS 平面测量控制网的同步环均合格,网平均边长为 6. 602 km,最大同步环总长为 39. 789 km, ΔX_{max} = 46. 17 mm, ΔY_{max} = -48. 78 mm, ΔZ_{max} = -30. 69 mm, 边长最大闭合差为 44. 28 mm, 相对误差最大为 4. 1 Ppm。由式(6), (5), (4) 求得同步环全长相对闭合差限差 10. 0 ppm, 坐标分量相对闭合差限差 6. 0 Ppm。同步环的数据结果远远小于限差规定,精度符合要求。

3) 异步环闭合差的检核

异步环是指由独立基线向量构成的闭合环。理论上,绕环线一周各基线向量坐标分量的代数和为零,但由于各种测量误差,以及数据处理的模型误差等因素的综合影响,致使该闭合差一般均不为零,这样就得到了异步环闭合差^[1]。对于不同等级的 GPS 网来说,异步环闭合差的要求不同。

设异步环中各独立观测基线边坐标差分量和为:

$$\delta_X = \sum_{i=1}^n \Delta X_i, \delta_Y = \sum_{i=1}^n \Delta Y_i, \delta_Z = \sum_{i=1}^n \Delta Z_i \quad (7)$$

ΔX_i, ΔY_i, ΔZ_i 同式(3), 环闭合差 ω 为:

$$\omega = \sqrt{\delta_X^2 + \delta_Y^2 + \delta_Z^2} \quad (8)$$

异步环的检查至关重要,是衡量外业观测成果和网内部结构质量的重要指标,它反映了 GPS 测量精度。故要求:

$$\delta_X \leq 2 \sqrt{n}\sigma, \delta_Y \leq 2 \sqrt{n}\sigma, \delta_Z \leq 2 \sqrt{n}\sigma, \omega_c \leq 2 \sqrt{n}\sigma \quad (9)$$

式中 ω_c 为异步环闭合差的限值; n 为异步环中的基线边数; σ 为环中相邻点间的平均距离误差,按(6)式计算。

十白高速 GPS 平面测量控制网部分异步环结果见表 1 所列。

表 1 异步环精度分析

Tab. 1 Precision analysis of asynchronous loop

环名	相对误差 (ppm)	中误差 (mm)	ΔX	ΔY	ΔZ
5	0.7	7	1.090	10.140	-12.796
13	0.5	10	-0.993	2.579	5.313
24	0.2	8	-0.602	-0.803	1.968
30	1.1	3	-0.453	14.357	8.262

由此可以判断该网异步环均合格。

4) 平差检核

GPS 原始数据经南方软件转为 Rinex 文件后,导入 TGO 软件基线处理,先经过 WGS - 84 3 维无约束平差后,在新建 1980 新坐标系统下,再进行 2 维约束平差,求得单位权中误差为 0.007 4 m,满足精度要求。

3 GPS 高差与水准高差比较

由于 GPS 测量获得的是点在 WGS - 84 坐标系中的 (下转第 121 页)

用户进入系统都需要进行密码验证,在使用系统时,每个用户的系统使用权限级别和数据使用级别都进行严格的划分,以保证每个用户只能在自己的权限范围之内使用数据库、操作数据。

当用户使用密码时,连续的错误次数超过了一定数目时,该用户就会被自动锁定,锁定后,这个用户将无法进入,只有系统管理员才能将锁定的账号打开;密码具有使用寿命,根据在建立用户时的设定,密码在超过了一定的时间后会自动锁定或被删除。

4 建立数据的维护与更新机制

“户外广告审批系统”建立之后,要在其应用领域内不断收集、更新数据,不断充实数据库的内容,进一步优化、协调数据结构;进一步提高系统集成化的程度,实现计算机网络技术、数据库技术、GIS 技术的进一步融合,为数据动态更新、综合分析、辅助决策提供更有力的支持。

4.1 数据库建设、维护的一般要求

数据采集、输入和更新是户外广告审批系统重要的部分,数据库的建设和维护自然成为信息系统建设、维护的关键。数据库的建设和维护包括数据库设计、数据采集和输入、数据更新、数据供应、软件维护等。其基本要求如下。

- 1) 内容规范,适合多种应用要求;
- 2) 查询方便,检索效率高,维护简便;
- 3) 采集、输入业务流程稳定;
- 4) 数据质量有技术、管理两条途径的控制;
- 5) 更新及时,成本低;
- 6) 可以与其他应用系统共享;
- 7) 有必要的安全保障。

4.2 数据的采集、输入和更新

基础空间数据、新增广告牌数据的采集、输入和更新构成户外广告审批系统的主要成本,需要从技术方法、管理体制两方面予以解决。

城市基础数据包括:道路数据、楼房数据、水系数据、绿地数据、桥梁数据、铁路数据、行政区划数据、地名数据、门牌数据、影像数据。基础空间数据可以采用定、验数据,竣工数据及时更新局部地区数据。当更新全市范围的基础空间数据时,一般采用航飞的正射影像图作为底图修测地形图,并通过外业调绘、质量检查合格后,分层赋属性值,拓扑处理后载入数据库,完成基础空间数据更新。

5 结束语

内容从简到繁、技术手段从低到高、涉及范围从局部到整体是数据常见的发展规律。但是数据的采集、输入、更新是建立数据库、保持系统有效性的关键,也是建设、维护户外广告审批系统的主要成本。户外广告审批系统数据库的建设、维护是推进信息技术在户外广告审批中应用的基础性工作。

参考文献:

- [1] 张超,陈丙咸,鄢伦.地理信息系统[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [2] 郭庆胜,王晓延.地理信息系统工程设计与应用[M].武汉:武汉大学出版社,2003.
- [3] 毕硕本,王桥,徐秀华.地理信息系统软件工程的原理与方法[M].北京:科学出版社,2003.
- [4] 汤国安,杨昕.ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M].北京:科学出版社,2006.

[编辑:宋丽茹]

(上接第 118 页)

大地高,我国采用的高程系统是基于似大地水准面的正常高系统,它们之间的差距称为高程异常 ξ ,而且 ξ 不易求出^[4]。

十白高速高程控制采用徕卡电子水准仪,通过对部分相邻点精密的四等水准测量高差与 GPS 高差对比分析,得到相应的结论,避开了 ξ 。见表 2 所示。

表 2 高差比较

Tab. 2 Elevation difference comparison

基线	边长	水准高差/m	GPS 高差/m	差值/mm
G 665 - G670	1.573	66.684	66.694	10
G 668 - G693	5.583	433.088	430.178	2 910
G 691 - G670	3.576	-98.376	-98.158	-218

从表 2 可以看出,在高差不大,距离不远,范围小的情况下,GPS 高差和水准高差之差,但是仪器的精度要满足要求;对于距离远,高差大,范围大的基线,其结果就不能使用。

4 结束语

十白高速 GPS 平面测量控制网,通过重复观测边检核、同步环闭合差检核和异步环闭合差检核,3 维无约束平差,2 维约束平差,获得了符合要求的基线向量,说明外业观测质量优于《GPS 规程》的规定,而 GPS 高差的应用还有待于在今后的实践中探讨。

参考文献:

- [1] 徐昭铨,张华海,杨志强,等.GPS 测量原理及应用[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,2000.
- [2] 周忠谟,易杰军,周琪.GPS 卫星测量原理与应用[M].北京:测绘出版社,1997.
- [3] Elliott D. Kaplan. GPS 原理与应用[M].邱致和,王万义,译.北京:电子工业出版社,2002.
- [4] 孔祥元,梅是义.控制测量学[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,2000.

[编辑:栾丽杰]