

GPS 快速静态定位技术在城镇地籍调查中的应用

陈洪安 (枣庄市国土资源局, 山东枣庄 277100)

摘要 [目的] 为 GPS 快速定位技术在城镇地籍调查中的应用提供依据。[方法] 山亭区城镇地籍调查控制测量项目采用 D 级 GPS 控制网作为测区首级控制网, 利用 4 台 Trimble 5700 GPS 双频接收机进行快速静态测量, 选用 22 个点构成骨架网, 进行优化设计, 利用 Trimble DIN12 电子水准仪进行 GPS 四等水准联测。[结果] 通过精度统计及分析, 利用快速静态定位测量结合 GPS 水准成果, 能满足 C 级以下 GPS 控制测量的要求, 利用一定数量和分布均匀的 GPS 水准点进行高程拟合, 能达到四等以下水准测量的精度。[结论] 在城镇地籍调查中采用 GPS 快速定位技术建立首级控制网, 取得了很好的经济效益。

关键词 GPS 快速静态; 优化设计; 高程拟合; 精度分析; 电子水准

中图分类号 S127 文献标识码 A 文章编号 0517 - 6611(2008) 19 - 08381 - 02

Application of GPS Speed Static Positioning Technique in Urban Cadastral Survey

CHEN Hong-an (Zaozhuang Land Resources Bureau, Zaozhuang, Shandong 277100)

Abstract [Objective] The research aimed to provide references for the application of GPS speed static positioning technique in urban cadastral survey. [Method] The D grade GPS control network was used as first class control network in measurement volume in the Shanting district urban cadastral survey. Four Trimble 5700 GPS dual frequency receiver was used for fast static survey. Twenty-two points were choosed to compose skeleton network and to exercise optimal design. GPS fourth grade leveling joint control survey was carried out with Trimble DIN12 electronic level. [Results] The results could meet the demand under C grade GPS control measurement by precision statistics analysis, using fast static position measurement combined with the GPS leveling data. And it could meet the demand under GPS fourth grade leveling accuracy using a certain amount and well distributed GPS leveling points for height fitting. [Conclusion] First class control network was established in urban cadastral survey with GPS speed static positioning technique, and good economic benefit was obtained in the study.

Key words Fast static positioning in GPS; Optimal design; Height fitting; Accuracy analysis; Electronic level

快速、准确地获取基础地理信息, 实时有效地提供地理信息服务是信息化测绘最本质的特征。GPS 技术具有定位精度高、观测时间短、测站间无需通视、同时提供测站点的三维坐标、操作简单、全天候作业等明显优点。GPS 技术的发展, 特别是在测绘领域的推广应用, 引领了崭新的面向数字地球的信息测绘时代。

GPS 快速静态定位测量是利用快速整周模糊度解算法原理所进行的 GPS 静态定位测量^[1]。快速确定整周模糊度倍率因子的解算法是基于初次平差结果得出的基线向量和模糊度向量、相应的协因数阵、单位权中误差, 根据统计检验原理, 在某一置信水平下探索挑选整周数作为模糊度的候选值, 把其余的候选值用平差计算方法进行最后的模糊度确定。GPS 快速静态定位测量比 GPS 静态定位测量作业周期短、生产效率高, 在城镇地籍调查中采用 GPS 快速定位技术建立首级控制网, 取得了很好的经济效益。

1 研究地概况

枣庄市山亭区城镇地籍调查控制测量项目研究区域位于山东省南部, 地处沂蒙山区西南麓, 行政隶属山东枣庄市, 测区辖 8 镇 1 乡 1 办事处, 其地理位置为: 东经 117°14'00" ~ 117°44'20", 北纬 34°54'00" ~ 35°19'20"。测区属低山丘陵地形, 地势东高西低, 南北高、中西部低, 城区地势比较平坦, 测区北部、南部群山连绵, 其北部的高山海拔为 620 m, 测区平均海拔 210 m, 面积为 1 018 km²。

2 仪器与设备配置

配备 Trimble 5700 GPS 双频接收机 4 台, 其标称精度为: 5mm+1ppm; Trimble DIN12 电子水准仪 1 台, 每公里水准测量偶然中误差 ±0.3 mm; 条码因钢尺 1 副, 5 公斤尺台 2 个;

美国 Trimble 公司 GPS 接收机随机基线解算软件 Trimble Geomatics Office(TGO1.6) 1 套, 基线检查软件“TEQC”1 套, 武测 POWERAG4.0 GPS 网平差软件 1 套, 水准网间接平差软件 1 套; 越野车 3 部; 工作站 1 台, 微机 2 台。

3 GPS 控制网布测

3.1 技术路线 依据《全球定位系统(GPS) 测量规范》、《国家三、四等水准测量规范》, 采用 1980 西安坐标系, 1985 国家高程基准, 高斯-克吕格投影, 3 度分带。利用 D 级 GPS 控制网为测区首级控制网, 联测测区内的一、二、三等水准点, C 级 GPS 点选用 22 个点作为骨架网, 且均匀分布在全测区, 按照 2 ~ 3 km 布设一个 GPS 点原则, 城区相应增加密度, 布设 16 个点, 乡镇驻地周围至少 2 个 GPS 点, 利用 GPS 快速静态定位测量, 进行 GPS 四等水准联测。快速静态定位 D 级 GPS 测量技术要求为卫星截止高度角 15°, 同时观测有效卫星数 4 个, 有效观测卫星总数 5 颗, 观测时段数 1.6 个, 时段长度 15 ~ 30 min, 采样间隔 15 s。

3.2 GPS 网设计 按照整体设计、统一规划、分级布网、逐级控制的原则, 共布设 D 级 GPS 控制点 109 个, 其中利用 C 级 GPS 点 10 个, 二等三角点 4 个, 二等水准点 5 个, 三等水准点 10 个, 新布设 80 个。该网最长边 7.8 km, 最短边 1.9 km, 平均边长 3.5 km。为提高网的精度、增加可靠性, 实际重复设站率为 2.0, 增加多余观测分量, 增加多余独立基线数, 异步环个数增加为 132 个。整网的平均可靠性指标有所加强, 为 0.33 ~ 0.40。

3.3 GPS 外业观测 GPS 观测时, 严格按 D 级 GPS 测量基本技术要求施测, 观测时段长度 > 30 min, 其点位的几何图形强度因子(PDOP) 值应小于 6; 有效观测卫星数大于 5 颗; 采样间隔 15 s; 重复设站率大于 2。利用骨架点作为参考站, 一台 GPS 接收机固定在参考站上, 一直保持跟踪观测卫星^[1], 其余 3 台 GPS 接收机在参考站周围进行同步观测, 一个观测单元结束后, 按照设计路线进行 GPS 测量。

作者简介 陈洪安(1966 -), 男, 山东费县人, 工程师, 从事测绘管理与工程测量工作。

收稿日期 2008-04-21

3.4 数据处理

3.4.1 数据下载及储存。每天观测结束后,利用 Trimble Geomatics Office(TGO1.6) 软件下载 GPS 观测的静态数据,及时将数据转存到计算机上,存入 GPS 静态数据文件夹。应用基线检查软件“TEQC”对 GPS 静态数据进行质量检查,检查有效观测卫星数是否为 5 颗以上,数据利用率是否达到 80%,剔除含粗差的观测值,并及时将 GPS 静态数据转为 RINEX 数据。

3.4.2 基线解算。基线解算采用 GPS 接收机随机软件 Trimble Geomatics Office(TGO1.6) 基线处理与平差软件,采用双差固定解进行解算。设置基线解算参数, RMS 3 cm, RATIO 3, 参考变量小于 8。

山亭区 D 级 GPS 控制网共有基线 165 条,通过基线解算,基线最大误差 9 mm,该基线号为 st051532 - st041531,基线边长 1 932.067 m,标准差为 21.75 mm;最小误差为 4 mm。基线精度统计结果为:误差区间为 1 ~ < 5、5 ~ < 8、8 ~ < 10、> 20 mm 的基线条数分别是 122、33、10 与 0 条。

3.4.3 同步环精度统计。山亭区 D 级 GPS 控制网共有 126 个同步环,最大同步环闭合差为 1.7 ppm,允许值为 6.9 ppm,

环号为 zz23 - st43 - st46,该环平均边长 1 718.842 m;最小同步环闭合差为 0.1 ppm。同步环精度统计结果为误差区间在 0 ~ 1、> 1 ~ 2、> 2 ppm 的同步环数分别为 118、8 与 0 个。

3.4.4 异步环精度统计。山亭区 D 级 GPS 控制网共有 132 个异步环,最大异步环闭合差为 3.1 ppm,环号为 st33 - st25 - zz22,该环平均边长 4 429.528 m;最小异步环闭合差为 0.5 ppm。异步环精度统计结果为:误差区间在 0 ~ 1、> 1 ~ 2、> 2 ~ 3、> 3 ppm 的异步环数分别为 114、8、9 与 1 个。

3.4.5 复测基线精度统计。山亭区 D 级 GPS 控制网共有 19 条复测基线,复测基线较差最大值为 0.01 m,基线号为 st85 - st84,基线边长 1 931.990 m,复测基线较差允许值为 ± 61.50 mm,复测基线较差最小值为 0.002 m。

3.5 GPS 网平差

3.5.1 三维自由网平差。山亭区 D 级 GPS 网利用武测 POWER AG4.0 GPS 网平差软件在 WGS-84 坐标系下进行三维无约束平差,最弱边为 st05 - st04 相对中误差为 1/35 万,最弱点为 zz55,最优点为 zz23。基线向量改正数精度统计详见表 1。

3.5.2 二维约束平差。山亭区 D 级 GPS 控制网,利用枣庄

表 1 基线向量改正数精度统计

Table 1 Statistics of correction precision of baseline vector

| 误差区间 mm Error intervals | 基线向量改正数 Correction of baseline vector | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|
| | V _x 个数 Number of V _x | V _x 比例 % Proportion of V _x | V _y 个数 Number of V _y | V _y 比例 % Proportion of V _y | V _z 个数 Number of V _z | V _z 比例 % Proportion of V _z |
| 0 ~ 1 | 102 | 61.8 | 98 | 59.4 | 93 | 56.4 |
| > 1 ~ 2 | 46 | 27.9 | 54 | 32.7 | 20 | 12.1 |
| > 2 ~ 4 | 13 | 7.9 | 8 | 4.8 | 44 | 26.7 |
| > 4 ~ 8 | 4 | 2.4 | 5 | 3.1 | 7 | 4.2 |
| > 8 | | | | | 1 | 0.6 |

市 C 级 GPS 控制点 zz23、zz20、zz19、zz40、zz24、zz25 作为起算点,在 1980 西安坐标系下进行二维约束平差计算,平差过程中采用任意点作为起算点,利用另外 5 点检核,其相对点位误差绝对值均小于 2.0 cm,利用任意 3 个点作为起算点,另 3 点检核,其相对点位误差绝对值均小于 1.0 cm,说明起算点内部符合精度较高,同时,对起算点也进行了检核。分别采用 2 种方案进行平差比较,最后采用 zz23、zz19、zz40 作为起算点进行整网平差,单位权中误差为 0.85 mm。二维约束平差基线分量改正数较差精度统计见表 2,二维约束平差坐标点位精度统计结果为:误差区间在 0 ~ 2、> 2 ~ 3、> 3 ~ 4、> 4 mm 的个数分别为 72、24、12 与 1。

表 2 二维约束平差基线分量改正数较差精度统计

Table 2 Precision statistics of differential correction of 2D restriction adjustment baseline vector

| 误差区间 Error intervals mm | 基线向量改正数较差 Differential correction of baseline vector | | | |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| | d _{v_x} 个数 Number of d _{v_x} | d _{v_x} 比例 % Proportion of d _{v_x} | d _{v_y} 个数 Number of d _{v_y} | d _{v_y} 比例 % Proportion of d _{v_y} |
| 0 ~ 0.5 | 105 | 63.6 | 98 | 59.4 |
| > 0.5 ~ 1 | 48 | 29.1 | 55 | 33.4 |
| > 1 ~ 2 | 9 | 5.5 | 6 | 3.6 |
| > 2 | 3 | 1.8 | 6 | 3.6 |

3.6 高程拟合 该测区有 27 个点未联测四等水准,其正常高通过高程拟合求定。利用 12 个分布均匀的 GPS/水准点作为起算点,采用二次曲面拟合的方法进行高程拟合,选取 10 个点作为检核点。内符合精度为: ± 1.12 cm,外符合精度为: ± 1.5 cm;拟合高程与已知高程之差最大值为: - 1.96 cm,最小值为: 0.22 cm。

4 四等水准测量

四等水准测量按照《国家三、四等水准测量规范》规定进行施测,联测 GPS 点 72 个,二等水准点 5 个,三等水准点 13 个,四等水准点 54 个。山亭区四等水准网路线总长度 167.5 km,其中水准附和路线长度 110.7 km,水准支线长度 41 km,水准环线长度 14.8 km。四等水准使用 Trimble DIN12 电子水准仪观测;水准标尺选用条码因瓦标尺。水准仪和水准标尺按规定进行检校,且符合规范要求。水准环线、水准附和路线进行单程双转点观测,支线进行往返测。测段高差加入正常水准面不平行的改正及水准标尺长度误差改正。高程和概略高程表的编算,是由 2 人各独立编算 1 份,经校核无误,加入路线闭合差的改正。

水准平差采用水准网间接平差程序,平差后单位权中误

(下转第 8388 页)

动农业生态环境的恢复和良性运转。

我国古代农业生态保护思想中,十分重视通过农业生态保护制度的建立,以维持农业生产的可持续性,并在实践中形成了涵盖农业生产多个环节的生态保护规章和制度。随着现代农业生产方式和生产技术的深刻变革,农业生态保护法规、制度的滞后,已经成为制约农业可持续发展的突出问题。虽然我国也拥有多部环境保护法、资源法、农业法律和法规,但这些法律规范对农业生态环境的保护只作了某些原则性的规定,其系统性、针对性和可操作性还有待进一步完善和提高,对一些环境与资源破坏行为应负的责任没有明确的规定,在实际工作中难以有效实施。

农业生态系统是一个自然、生物和人类社会生产活动交织在一起的开放系统,农业生态系统平衡的维护,农业生态环境的优化,必须有完善的制度设计和相应的法律法规来知道和约束人们的行为。因此农业自然资源综合立法和农业生态环境保护综合立法是我国农业可持续发展面临的重要问题。一方面,通过立法加强对农业生物多样性的保护,加强对野生植物和优良土著动植物品种的保护和管理,严格控制野生植物出口和外来有害物种的入侵;另一方面,通过立法强化对农业生产、产品的污染控制和监督管理,禁止或限制使用高毒、高残留农药,避免在农业生产过程中所造成的农业环境和农产品质量的污染,限制对化肥、饲料添加剂、植物生长素、农用化学制品的使用,鼓励无毒无害的生物制品和传统的生态学方法的运用,从管理体系和监督体系上去协调,使各部门的行政政策、管理制度、内部规定都统一到法律途径上。农业生态系统的发展变化不仅受到农业内部资源要素的影响,而且还受到系统运行机制和外部环境的制约,内部资源要素和外部环境要素共同构成现代农业的支撑系统,它主要包括农业资源支撑系统、生态环境支撑系统、技术投入支撑系统和政策制度支撑系统。因此,对于农业可持续发展来说,生态因素、制度因素、技术因素和资源因素是制约其发展的主导因素。农业发展的制度支撑系统主要有农业

经济体制、经营机制、政策法规和组织制度等。纵观我国经济发展,从古到今经历了简单农业经济,到复杂农业经济,到农工商多产业协调发展的复杂经济时期,经济阶段的变化首先表现为发展观念的变化,观念的改变又促使经济政策和法规的改变,从而完成支持农业发展制度的变迁,我国古代传统的人与自然和谐共生的伦理观,是一种非强制性的制度变迁,这种伦理观念的存续拥有巨大的惯性,它在世代交替甚至社会形态发生变化的过程中,仍然会沿着原有的路径运行。新观念的形成往往是外部环境条件发生巨大的变化,人类在生存和发展过程中面临巨大威胁、遭受许多挫折的情况下才改变原有的思维定势而逐渐形成的。从制度经济学的角度看,习俗、习惯、观念等都是经济运行中非正规的,然而却是十分有效的规则约束,而这些规则都具有自我增强、自我延续的性质。正是由于习俗、习惯、观念和制度都拥有一定的延续性和可更新性这样的双重属性,所以,古代农业生态环境制度对当今才具有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] 郑度. 人地关系与环境伦理[J]. 云南师范大学学报: 哲学社会科学版, 2005, 37(3): 1-6.
- [2] 李根蟠. 农业实践与“三才”理论的形成[J]. 农业考古, 1997(1): 100-114.
- [3] 柴艳萍. 古代农业文明兴衰的启示——生态环境呼唤科学发展观[J]. 道德与文明, 2004(4): 55-58.
- [4] 刘钝, 王扬宗. 中国科学与科学革命——李约瑟难题及其相关问题研究论著选[M]. 沈阳: 辽宁教育出版社, 2002.
- [5] 李亦园. 生态环境、文化理念与人类可持续发展[N]. 文汇报, 2004-11-12.
- [6] 赵敏. 中国古代农业管理思想新论[J]. 湖南农业大学学报: 社会科学版, 2005, 6(2): 23-26.
- [7] 阮元. 论语·阳货[A]// 十三经注疏. 北京: 中华书局, 1980: 25-26.
- [8] 王小健. 儒道生态思想的两种理性[J]. 大连大学学报, 2001(3): 6-7.
- [9] 王森. 荀子白话今译[M]. 北京: 中国书店, 1992: 104-105.
- [10] 李丙寅. 中国古代环境保护[M]. 开封: 河南大学出版社, 2001: 29-31.
- [11] 夏纬瑛. 夏小正经文校释[M]. 北京: 中国农业出版社, 1981.
- [12] 刘生龙. 浅谈中国古代史中农业发展的史实对现代农业开发的意义[J]. 学科教育, 2001(11): 17-19.
- [13] 张法瑞, 柳永兰. 生态伦理观与可持续农业的生态道德准则[J]. 中国农业大学学报: 社会科学版, 1999(3): 45-50.
- [14] 曹玉华. 中国古代朴素农业可持续发展思想探讨[J]. 成都教育学院学报, 2004(1): 24-25.

(上接第8382页)

差为: $M_w = \pm 2.2 \text{ mm}$, 小于 10 mm , 最弱点高程中误差为 ± 7.3

mm , 每公里水准测量偶然中误差为 $M = \pm \frac{1}{4n} \left[\frac{\text{---}}{R} \right] = \pm 1.6 \text{ mm}$, 小于 5 mm 限差, 每公里水准测量全中误差为: $M_w = \pm$

$\frac{1}{N} \left[\frac{Ww}{F} \right] = \pm 1.68 \text{ mm}$, 小于 10 mm 的限差, 各项限差符合

《国家三、四等水准测量规范》的要求。

5 结论

GPS 快速静态定位具有速度快、精度高、劳动强度小、周期性短、效率高等优点,可以在C级以下控制网中应用,但为了提高精度,增加可靠性,应进行GPS控制网的优化设计,适当增加观测期数,增加多余观测,增加独立基线数,保证一定的重复设站率,每个GPS点至少与3条以上独立基线相连,短基线边直接进行同步观测,网中最小异步环的边数不大于6条,为提高整个网的精度,选一定数量的GPS点作为参考站构成骨架网^[2]。

GPS网平差应对起算点进行内部符合性检核,选用精度

高的起算点,舍去精度低的已知点,利用外部已知点进行检核,提高二维约束平差的整体精度。

GPS高程拟合应选用一定密度并分布均匀的GPS/水准点作为起算点,设计几种拟合方案,综合考虑已知点的精度、内符合精度、外部检核精度以及未知点的精度,确定最优方案。山亭区城镇地籍调查控制测量项目高程拟合成果精度与三、四等水准测量相当。

Trimble D112 电子水准仪具有高精度、高速度的优点,不但能消除读数误差,还能自动记录,进行数据处理,应用时注意利用仪器内置的程序进行检校。观测时,还应经常检查前后视距差、前后视距积累差,防止超限。

GPS与电子水准仪结合,利用GPS高程拟合求得待定点的高程,真正实现GPS技术在几何和物理意义上的三维定位功能,快速获得地理信息,其应用前景十分广阔。

参考文献

- [1] 魏二虎, 黄劲松. GPS测绘[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.
- [2] 国家质量技术监督局. 全球定位系统(GPS)测量规范, GB/T 18314-2001[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.