

浅谈 RTK 技术在地籍测量中的应用

李福顺¹, 姚正明²

(1. 黑龙江第二测绘工程院, 黑龙江 哈尔滨 150081; 2. 黑龙江省测绘科学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要: RTK 技术以其精度和自动化程度都比较高的优势, 成为地籍测量中的重要技术手段之一。针对地籍测量的要求, 从经济、精度、效率各方面探讨 RTK 技术在地籍测量中的应用问题, 提出切实可行的技术方案。探讨了 RTK 技术用于地籍碎部测量的可行性, 分析了各种误差的来源及对定位精度的影响, 提出有效的减弱或消除措施。

关键词: RTK 技术; 地籍测量; 精度分析; 界址点; 测量误差

中图分类号: P228.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672 - 5867(2012)01 - 0142 - 03

Discussion on the Application of RTK Technology in Cadastration

LI Fu - shun¹, YAO Zheng - ming²

(1. The Second Surveying and Mapping Engineering Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150081, China;
2. Heilongjiang Scientific Research Institute of Surveying and Mapping, Harbin 150081, China)

Abstract: With the advantage of being highly accurate and automatic, RTK technology becomes one of the most important methods in cadastral surveying and mapping. In this paper, issues concerning the application of RKT technology are discussed in terms of its economical style, accuracy and efficiency, and the practical solutions are therefore put forward. Additionally, the paper probes the feasibility of the RTK technology applying to the cadastral sectional survey, analyzes the sources of various errors along with their effect on positioning precision, and presents the effective measures to alleviate the errors.

Key words: RTK technology; cadastration; accuracy analysis; boundary point; measurement error

0 引言

随着全球定位系统(GPS)技术的快速发展, RTK 技术也日益成熟, 并逐步在测绘中得到应用。RTK 技术因其精度高、实时性强、灵活、误差不积累和高效性, 在地籍测量中的应用越来越广泛。

1 RTK 技术概述

1.1 RTK 系统组成

实时动态差分 RTK 测量系统是 GPS 测量技术与数据通讯传输技术相结合而构成的系统, 是 GPS 测量技术中的一个新突破。

GPS 系统包括三大部分: 空间部分——GPS 卫星星座; 地面控制部分——地面监控系统; 用户设备部分——GPS 信号接收机。而 RTK 系统由两部分组成: 一个是基准站; 另一个是流动站。RTK 系统的最低配置可包括三部分: ①基准站接收机; ②流动站接收机, 包括支持 RTK

的软件系统; ③数据链, 包括基准站的发射电台及流动站的接收电台。基准站是由基准站 GPS 接收机及接收天线, 无线电数据链电台及发射天线, 12 V, 60 A 直流电源组成。流动站是由流动站 GPS 接收机及接收天线、无线电数据链接收机及天线、TSC1 控制器及软件组成。RTK 系统的基本组成如图 1 所示。

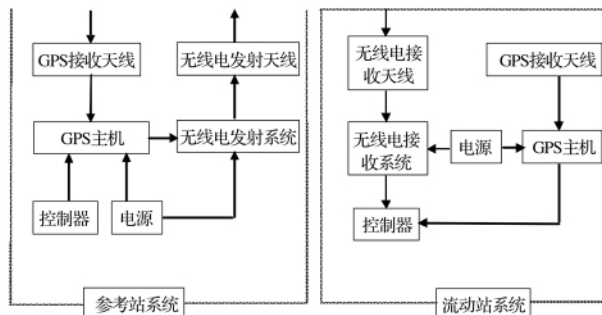


图 1 GPS RTK 系统组成示意图
Fig. 1 Composition of GPS RTK

收稿日期: 2011 - 09 - 08

作者简介: 李福顺(1975 -), 男, 黑龙江穆稷人, 工程师, 主要从事外业测绘生产及检查工作。

1.2 RTK 技术的应用

RTK 技术与其他测量仪器和测量方法相比具有突出的优势。根据现今对 RTK 技术的应用, 总结以下几点比拟:

1) RTK 测量在 20 km 内点位平面标称精度为 ± 3 cm, 根据控制测量规范要求一级导线点的点位误差为 ± 5 cm, 从理论上讲 RTK 测量完全可以满足一级以下导线点的规范要求。

2) 由于 RTK 测量随时能显示当前位置的 3 维坐标, 因此可利用 RTK 来测量地形地物点, 并记录该点的序号和特征, 内业采用软件数字化成图。

3) RTK 用于水下地形测量, 以往水深测量多用经纬仪交会法或全站仪定位, 受气象因素影响大, 精度难以保证, 也很难控制测船行驶在测深断面上, 而且手工成图时间长。使用 RTK 技术, 配合水下地形测量软件, 水下地形测量已达到自动化测量的水平, 即使遇到海上多雾天气也不受影响, 大大缩短了测量时间。

4) RTK 的高程精度低于平面精度, 而地籍测量对高程的精度要求较低。因此, 应用 RTK 技术来进行地籍一、二级控制点和界址点测量是目前较为理想的方法, 在勘测定界中优势尤为突出, 也就是说, RTK 测量方法可以替代常规的一、二级导线测量及图根控制点、界址点测量。

5) 在无任何遮挡物的空旷地带的理论值, 要根据实地情况来确定。距离范围内只能保证厘米级的精度, 要满足规定精度, 对于一、二级控制点及界址点, 一般流动站距基准站的距离不超过 8 km, 便可以地进行地籍细部点测量。

2 RTK 技术在地籍测量中的应用

2.1 在地籍控制测量中的应用

2.1.1 RTK 用于一级导线测量

常规控制测量要求点间通视, 费工费时, 而且精度不均匀, 外业测量时不知道测量成果的精度。GPS 静态、快速静态相对定位测量无需点间通视即能够高精度地进行各种控制测量, 但是需要对数据进行后处理, 不能实时定位并确认定位精度, 内业处理后如发现精度不符合要求还要返工。而 RTK 测量在 20 km 内点位平面标称精度为 ± 3 cm, 根据控制测量规范要求, 一级导线点的点位误差为 ± 5 cm, 从理论上讲 RTK 测量完全可以满足一级以下导线点的规范要求。为此, 笔者进行了导线边检测, 结果见表 1。

表 1 边长较差及相对误差计算表

Tab.1 Calculation of side length range and relative error

| 边号 | 全站仪实测 边长 S/m | RTK 坐标 反算边长 S'/m | ds/mm | $\frac{dS}{S}$ | $\frac{\hat{\sigma}_{ds}}{S}$ |
|-------|-------------------|-----------------------|---------|----------------|-------------------------------|
| 11-12 | 254.013 | 254.021 | -08 | 1/317 50 | 1/172 79 |
| 13-14 | 217.391 | 217.388 | 03 | 1/724 67 | 1/147 62 |

续表 1

Tab.1 (Continued)

| 边号 | 全站仪实测 边长 S/m | RTK 坐标 反算边长 S'/m | ds/mm | $\frac{dS}{S}$ | $\frac{\hat{\sigma}_{ds}}{S}$ |
|--------|-------------------|-----------------------|---------|----------------|-------------------------------|
| 15-16 | 197.764 | 197.776 | -12 | 1/164 80 | 1/134 54 |
| 17-18 | 282.656 | 282.655 | 01 | 1/2826 56 | 1/192 28 |
| 19-110 | 311.734 | 311.710 | 24 | 1/129 89 | 1/212 06 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

计算出边长较差的中误差为:

$$\hat{\sigma}_{ds} = \sqrt{\frac{\sum d_s^2}{n}} = \pm 14.70 \text{ mm}$$

此值小于规定的限差。各项计算结果分别达到了一级导线控制网的限差要求, 说明用 RTK 技术测量的坐标可以作为相应等级控制网的坐标。

为了提高 RTK 测量成果的可靠性, 分别在两个不同的位置架设了基准站, 采用 3 个相同的已知点进行坐标系校正, 从而可得同一个点的两组结果, 笔者剔除了一些有粗差的点, 由双观测值之差及相关模型可以得到点位中误差, 与测量规定的限差进行比较, 结果是测量成果满足一级导线控制网的规定。

为了确定 RTK 测量成果的精度, 对哈市阿城区控制网用 RTK 技术进行了施测, 其定位精度均为 10 mm。用全站仪观测了相关边长, 并用 RTK 测量坐标反算了相应边长。全站仪的测距精度均为 5 mm, 用边长精度估计模型估计该成果的测量精度。计算了边长较差及较差相对误差、边长较差的中误差、边长较差的相对中误差, 各项计算结果分别达到一级导线控制网的限差要求, 说明用 RTK 测量的坐标可作为相应等级控制网的坐标。

2.1.2 RTK 用于图根控制测量

在 RTK 技术满足一级导线测量后, 笔者又在 GPS 控制点的基础上用 RTK 做了图根控制测量。

在进行图根点测量时, 要确定 RTK 的定位精度达到固定解后再进行测量。测量时按照一定的顺序进行一次测量, 然后再按照相同顺序进行一次测量, 两次的测量结果运用双观测法进行精度检核。

表 2 RTK 两次测量结果

Tab.2 Two groups of RTK measurement results

| 点名 | 第一组 GPS RTK 测量坐标 | | 第二组 GPS RTK 测量坐标 | |
|------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | 纵坐标 X_1/m | 横坐标 Y_1/m | 纵坐标 X_2/m | 横坐标 Y_2/m |
| G 01 | 207 729.596 | 300 386.226 | 207 729.584 | 300 386.233 |
| G 04 | 207 785.561 | 300 329.355 | 207 785.550 | 300 329.361 |
| G 05 | 207 603.945 | 300 445.566 | - | - |
| G 06 | 207 660.718 | 300 574.087 | - | - |
| G 07 | 207 716.363 | 300 690.888 | 207 716.325 | 300 690.911 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

表 3 RTK 两次测量的坐标差
Tab. 3 Coordinate difference of two RTK measurement results

| 点名 | dx_i / mm | dx_i^2 | dy_i / mm | dy_i^2 |
|------|------------------------|----------|------------------------|----------|
| G 01 | 12 | 144 | -7 | 49 |
| G 04 | 11 | 121 | -6 | 36 |
| G 05 | - | - | - | - |
| G 06 | - | - | - | - |
| G 07 | 38 | 1 444 | -23 | 529 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | $[d_{x_i}^2] = 1\ 999$ | | $[d_{y_i}^2] = 5\ 563$ | |

$$\hat{\sigma}_{x_i} = \sqrt{\frac{[dx_i \cdot dx_i]}{2n}} = \sqrt{\frac{1\ 999}{2 \times 6}} = 12.907 \text{ mm}$$

$$\hat{\sigma}_{y_i} = \sqrt{\frac{[dy_i \cdot dy_i]}{2n}} = \sqrt{\frac{5\ 563}{2 \times 6}} = 21.531 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{点}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = \sqrt{12.907^2 + 21.531^2} = 25.103 \text{ mm}$$

由于四等以下控制 RTK 测量定位精度的限值: $\sigma_{\text{点限}} \leq \sigma_{\text{点}} / \sqrt{2} = 35 \text{ mm}$, 所以满足控制网的精度要求。

2.2 在地籍图测绘中的应用

流动站在测量开始时,在一个已知点上做 RTK 测量,其测量结果与已知点成果进行比较,从而检查 RTK 系统是否工作正常及基准站坐标输入是否正确,最后将 GPS 获得的数据处理后直接录入计算机,可及时、精确地获得界址点图形信息,准确地制作宗地图、地籍图,计算宗地面积等。

2.2.1 界址点测量

界址测量是地籍测量的重要环节,它是确定地块(宗地)地理位置的依据,是量算宗地面积的基础数据。根据地籍调查规程中对界址点精度的规定可知,RTK 的测量精度完全满足界址点的精度要求,而且在使用 RTK 测量界址点时不仅可以免去测角测距的工作,而且还可以隔站观测,免受距离长短的限制。

但是用 RTK 进行界址点测量时由于仪器的体积问题会产生目标偏心的问题,这种问题的发生往往是因为界址点的位置是墙角,这时可以利用 RTK 的功能在界址点附近做出一对图根控制点,然后用全站仪进行测量,这样将大大提高测量精度和时间。RTK 技术可实时地测定界址点位置,确定土地使用界限范围,计算宗地权属面积。地籍测量中应用 RTK 技术可测定每一宗土地的权属界址点以及测绘地籍图,能实时测定有关界址点及一些地物点的位置并能达到要求的厘米级精度。

2.2.2 地籍图测量

运用 RTK 进行地籍图测量时与常规测量方法基本相同,先在测区布设好控制点,用 RTK 进行控制测量,然后进行细部测量,与界址点测量相同的是在信号较弱的区域可以在信号弱的范围外做出图根控制点,然后利用全站仪进行支导线测量,再用全站仪进行信号弱的区域内的细部测量。RTK 与全站仪相结合的测图方式将大大地节省工作时间和劳动强度。

3 结束语

RTK 技术是近年来出现的测量高新技术,实践证明其应用能大大提高工作效率、减轻劳动强度,从而提高经济效益。GPS 在测绘工作中得到越来越多的应用,其在地籍测量中的应用就是一例。RTK 技术具有其他测量仪器和测量方法无法比拟的优势。RTK 技术应用于地籍测量,无论从定位精度还是作业效率看,都是可行的。

RTK 应用于地籍测量与其他仪器相比有如下优点:

1) 减少人工。GPS 仅需一人来操作,在完成初始化后,在界址点上短时间进行一些处理即可完成测量工作。

2) 定位精度高,测站间无需通视。在没有现成基准控制点的地区能进行高精度的定位,不受视线限制。

3) 操作简便,容易使用。随着 GPS 接收机不断改进,自动化程度越来越高,体积越来越小,重量越来越轻。

4) 能全天候、全天时地作业。

实验表明,采用 RTK 进行地籍碎部测量能达到地籍测量的精度要求,是可行的,特别在开阔地区,其速度是其他测绘方法不能比拟的。对于困难地区,采用本文所提出的与全站仪相结合的方式能够解决地籍碎部测量问题,满足地籍测量的精度要求。

参考文献:

- [1] 徐绍铨,张华海,杨志强,等. GPS 测量原理及应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.
- [2] 魏二虎,黄劲松. GPS 测量操作与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2004.
- [3] 国家土地管理局. TD 1001 - 1990 城镇地籍调查规程[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [4] 章书寿,孙在宏. 地籍测量学[M]. 南京:河海大学出版社,2004.
- [5] 詹长根,唐祥云,刘丽. 地籍测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2003.
- [6] 章书寿,陈福山. 测量学教程[M]. 北京:测绘出版社,2000.
- [7] 范海波,初宝军,王超宇,等. GPS RTK 技术在地形、地籍测量中的应用[J]. 黑龙江国土资源,2005(5):37.
- [8] 林斌,邱荣乐. 工程 GPS 控制网测量有关问题的探讨[J]. 地矿测绘,2001,17(4):15.

[编辑:宋丽茹]