

# GPS RTK 技术在地籍测量中的应用研究

张述清, 杨润书, 朱明  
(云南省地矿测绘院, 云南 昆明 650218)

**摘要:** 在地籍测量中, GPS RTK 技术应用于一、二级加密控制测量、图根控制测量、界址点测量尚处于试验研究阶段。基于这个现实, 以某镇的 1:500 数字化地籍测量为例, 对应用 GPS RTK 技术测量地籍加密一级控制点、界址点进行了试验性研究。结果表明, 在高级控制点分布均匀、流动距离不超过 8 km 条件下, GPS RTK 技术可代替地籍加密一、二级常规控制测量和界址点测量。

**关键词:** GPS; RTK; 地籍测量; 图根控制测量; 界址点

**中图分类号:** S29   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-855X(2007)02-0004-03

## Application Study of GPS RTK Technique to Cadastration

ZHANG Shu-qing, YANG Run-shu, ZHU Ming

(Yunnan Institute of Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources, Kunming 650218, China)

**Abstract:** In cadastration, the application research of GPS RTK technique to 1 and 2 class traverse control and mapping control, and boundary point survey lies yet in experimental stage. Based on this situation, taking one 1:500 scale cadastration for example, through the experimental research of the application of GPS RTK technique to measure 1 class control points and boundary points. By studying, the authors think that GPS RTK enable to replace cadastration densification 1 and 2 class control survey and boundary point survey in the condition of high-level control points uniform distribution and the distance between the flow and reference stations is not exceed 8 km.

**Key words:** GPS; RTK; cadastration; mapping control survey; boundary point

## 0 引言

GPS (Global Positioning System, 全球定位系统) 是美国于 1994 年全面建成, 具有全方位实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。中国测绘等部门经过近 10 年的使用表明, 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、地壳运动监测、工程变形监测、资源勘查、地球动力学等多种学科, 给测绘领域带来了一场深刻的技术革命。

GPS RTK (Real Time Kinematic, 实时动态) 技术是在 GPS 基础上发展起来的, 能够实时提供流动站在指定坐标系中的三维定位结果, 并在一定范围内达到厘米级精度的一种新的 GPS 定位测量方式, 是 GPS 应用的重大里程碑, 它的出现为工程放样、地形测图、各种控制测量带来了新曙光, 极大地提高了外业作业效率。

目前, 常规的 GPS 测量主要使用静态、快速静态方法来建立二级以上平面控制网, GPS 在地籍测量中的应用也仅限于此; GPS RTK 技术主要用于地形测量的碎部点采集、施工放样等, 而用来代替一、二级加密控制测量、图根控制测量、地籍测量的界址点测量尚处于试验研究阶段。本文以实例, 对应用 RTK 技术测量地籍加密一级控制点、界址点进行了试验性研究, 得出了一些有益的结论, 为修订地籍测量规范提供参考, 促使其在地籍测量中的应用科学化、规范化。

收稿日期: 2007-01-22.

第一作者简介: 张述清 (1965-), 男, 硕士, 高级工程师。主要研究方向: 测绘、3S、计算机技术的应用与研究。

E-mail: kmzsqz@163.com

## 1 GPS RTK 技术的基本原理及测量方法

### 1.1 GPS RTK 的基本原理

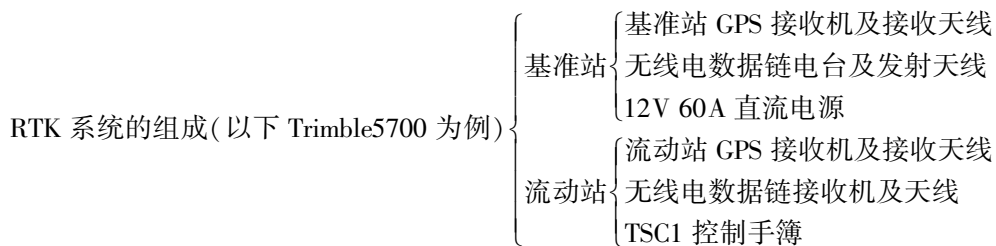
GPS RTK 技术采用差分 GPS 三类(位置差分、伪距差分和相位差分)中的相位差分.这三类差分方式都是由基准站发送改正数,由流动站接收并对其测量结果进行改正,以获得精确的定位结果,所不同的是发送改正数的具体内容不一样,其差分定位精度也不同.前两类定位误差的相关性会随基准站与流动站的空间距离的增加其定位精度迅速降低,故 GPS RTK 采用第 3 种方法.

GPS RTK 的工作原理是将一台接收机置于基准站上,另一台或几台接收机置于流动站上,基准站和流动站同时接收同一时间相同 GPS 卫星发射的信号,基准站所获得的观测值与已知位置信息进行比较,得到 GPS 差分改正值.然后将这个改正值及时地通过无线电数据链电台传递给流动站以精化其 GPS 观测值,得到经差分改正后流动站较准确的实时位置.流动站可处于静止状态,也可处于运动状态.

RTK 分修正法和差分法.修正法是基准站将载波相位修正量发送给流动站,以改正其载波相位,然后求解坐标.差分法是将基准站采集的载波相位发送给流动站进行求差解算坐标.前者为准 RTK 技术,后者为真正的 RTK 技术.

### 1.2 GPS RTK 系统组成

以美国天宝(Trimble)5700 双频接收机为例来说明 RTK 的系统组成.



### 1.3 GPS RTK 的测量方法

1) “无投影/无转换”法.直接用接收机在基准站和流动站接收 WGS-84 坐标,其后利用观测的已知点的 WGS-84 坐标和相应的地方坐标根据一定的数学模型进行转换.这种方法基准站不一定要安置在已知点上,但根据不同的转换方法,需要观测一定数量的已知点.

2) “键入参数”法.把用静态观测求得的 WGS-84 坐标和地方坐标键入到控制手簿中,进行转换,也可以置入静态观测平差时求取的转换参数.该方法基准站须架设在已知点上,但可以不观测其它已知点(为了检核,建议在方便时还是观测一定量的已知点).

设置一台 GPS 接收机作为基准站,并将一些必要的参数如基准站的坐标、高程、坐标转换参数等输入控制手簿,一台或几台 GPS 接收机设置为流动站.基准站和流动站同时接收卫星信号,基准站将接收到的卫星信号通过基准站电台发送到流动站,流动站将接收到的卫星信号与基准站发来的信号传输到控制手簿进行实时差分及平差处理,实时得到本站的坐标和高程及其精度指标等,并随时将实测精度和预设精度指标进行比较,一旦实测精度达到预设精度指标的要求,手簿将提示测量人员是否接受该成果,接受后手簿将测得的坐标、高程及精度同时存储到手簿中.

### 1.4 流动站距基准站的距离

RTK 数据链无线电发射机的工作频率目前采用 UHF 频段,当功率一定时,发射距离随天线高度增加而增加,如(1)式所示:

$$\text{发射距离} = 4.24 \times (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}) \text{ km} \quad (1)$$

(1)式中:4.24 为经验值; $H_1$  为基准站电台的天线高; $H_2$  为流动站的天线高.

## 2 应用实例

使用 Trimble 5700 双频 GPS 接收机,其 RTK 标称精度为,水平:  $\pm (10 \text{ mm} + 1 \times 10^{-6} \times \text{基线长度})$ ,垂

直:  $\pm(20\text{ mm} + 1 \times 10^{-6} \times \text{基线长度})$ , 选择3个以上具有水准高程且均匀分布在RTK测量范围的3、4等GPS点(界址点测量时选择二级以上导线点)作为公共点, 求取七参数进行WGS-84坐标系到地方坐标系的转换。

## 2.1 GPS RTK 代替地籍加密一级导线的实例

### 2.1.1 实例区概况

实例区以楚雄某镇为中心, 1:500数字化地籍测量面积约40 km<sup>2</sup>, 主要为农村居民地、平地、丘陵地, 少部分为山地。最大高差约200 m, 平均海拔为1 850 m, 有足够数量的三、四等GPS点。

### 2.1.2 一级导线观测情况

在三、四等GPS点下布设一级导线网, 导线网水平角采用Leica TC702及TOPCON GTS 322全站仪观测, 水平角两测回测定。高程网以测区附近的三等水准点为基准, 布设成结点网, 按四等光电测距高程导线的要求与水平角同时施测, 垂直角中丝法往返观测三测回, 边长往返观测一测回。一级导线网共274点, 平均边长为350 m, 测角中误差 $m_\beta = \pm 3.0''$ , 平差后最弱点点位中误差 $m_x = \pm 3.22\text{ cm}$ ,  $m_y = \pm 2.50\text{ cm}$ ,  $m_{xy} = \pm 4.08\text{ cm}$ ; 最弱导线路线相对闭合差为1:19 000; 四等光电测距高程导线网最弱点高程中误差 $m_H = \pm 1.61\text{ cm}$ 。以上精度符合地籍测量规程的要求。

### 2.1.3 GPS RTK 施测情况

本区用GPS RTK技术设3站共检测一级导线点47点, 流动站距基准站最大距离5.84 km, 最近距离30 m, 平均距离2.45 km。预置精度为: 平面3 cm、高程5 cm。

### 2.1.4 GPS RTK 测量结果与一级导线比较

将一级导线成果作为真值, GPS RTK成果与其 $X, Y, H$ 差值均符合偶然误差的特性, 最大差值为 $d_x = -4.1\text{ cm}$ ,  $d_y = -4.7\text{ cm}$ ,  $d_H = -12.4\text{ cm}$ , 由较差 $\Delta$ 计算得GPS RTK观测中误差为 $m_x = \pm \sqrt{\frac{\Delta_x \Delta_x}{N}} = \pm 2.05\text{ cm}$ ,  $m_y = \pm 1.78\text{ cm}$ ,  $m_{xy} = \pm 2.71\text{ cm}$ ,  $m_H = \pm 4.25\text{ cm}$ 。

为了进一步检验GPS RTK的测量精度, 同时检测了32条一级导线边长, 与全站仪观测边长比较最大误差为2.3 cm, 平均误差0.56 cm(平均边长314 m, 相对中误差1/56 000), GPS RTK边长中误差为 $\pm 0.98\text{ cm}$ 。

由此可以看出, 在地籍测量中, GPS RTK可以代替常规的1、2级导线测量及图根控制测量。

## 2.2 GPS RTK 采集界址点实例

同一区域, 在二级导线以上控制点上, 应用GPS RTK技术对一些能接收到卫星信号的界址点进行了检测(流动站距基准站最大距离2.59 km, 最近距离210 m, 平均距离1.54 km)。全区共检测界址点28点, 与用全站仪极坐标法观测的坐标值相比较, 其 $X, Y, H$ 差值也符合偶然误差的特性, 最大差值为 $d_x = -5.0\text{ cm}$ ,  $d_y = 4.2\text{ cm}$ ,  $d_H = -8.8\text{ cm}$ , 由误差计算得RTK观测中误差为 $m_x = \pm 2.80\text{ cm}$ ,  $m_y = \pm 2.14\text{ cm}$ ,  $m_{xy} = \pm 3.52\text{ cm}$ ,  $m_H = \pm 2.95\text{ cm}$ 。

可见, GPS RTK技术采集的界址点精度符合地籍测量规程的要求。

## 3 结束语

通过实例可以得到以下几点结论, 供应用GPS RTK技术进行地籍控制测量、地籍测量及修改地籍测量规范时参考。

1) GPS RTK技术因效率高、灵活、误差不积累、厘米级的高精度越来越受到测绘人员的青睐。GPS RTK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GPS RTK技术来进行地籍一、二级控制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, GPS RTK测量方法可以替代常规的一二级导线测量及图根控制、界址点测量。

(下转第11页)

