

# RTK 技术在工程放样中的应用

汪胜国 姚培军

(中兵勘察设计研究院,北京 100053)

**【摘要】** 介绍 RTK 原理,以及 RTK 在工程放样中应用的优越性。

**【关键词】** GPS;RTK;放样

**【中图分类号】** TU 198.2

## Application of RTK Technique in Engineering Setting Out

Wang Shengguo Yao Peijun

(China Ordinance Industry Institute of Geotechnical Survey and Design, Beijing 100053 China)

**【Abstract】** The theory of RTK (Real Time Kinematic) is described. Based on the engineering practice, RTK shows advantage in engineering setting out.

**【Key words】** GPS; RTK; setting out

### 0 引言

工程放样是将设计坐标数据在实地放样出来;采用 RTK 可以避免传统方法易出现的错误,并提高工作效率。RTK 技术只需将坐标输入手簿之中,并将“坐标地方化”,不用手工计算,手簿便会指示放样点的具体位置。

#### 1 基本原理

GPS(Global Positioning System)全球定位系统是美国研制并在 1994 年投入使用的卫星导航与定位系统, GPS 系统是一种采用距离交会法的卫星导航定位系统<sup>[1]</sup>。在测量领域, GPS 系统已广泛用于大地测量、工程测量、航空摄影测量以及地形测量等各个方面。

##### 1.1 GPS 系统的组成<sup>[2]</sup>

GPS 全球定位系统由 GPS 卫星星座(空间部分)、地面监控系统(地面控制部分)、GPS 信号接收机(用户设备部分)三大部分组成。

##### 1.2 RTK 实时动态载波相位差分 GPS<sup>[3]</sup>

实时动态载波相位差分 GPS 测量是指在运动状态下通过跟踪处理接收卫星信号的载波相位,从而获得比 RTD 一常规差分 GPS 测量高得多的定位精度。为了和常规的码相位差分 GPS 相区别,称实时动态载波相位差分 GPS 为 RTK,也有称作 RTK/OTF (Real Time Kinematic/On The Fly), RTK 是在载波相位上进行测量,精度可以达到几厘米的精度。

##### 1.3 地方化概念<sup>[4]</sup>

地方化是一个程序使人能在熟悉的地方坐标系

统中工作。通过地方化过程大地坐标被转换为测量格网坐标。地方化的第一步是把纬度和经度投影到一个假设的平面上。该平面是一个测量格网系统,很容易通过旋转、比例缩放和平移转换到另一个测量格网系统中;地方化的第二步是定义一个平面使它符合最初的高程系统(相对椭球高)和地方高程系统(几乎总是正常高)之间的高差。地方化即为把大地坐标转换到地方坐标系中。

地方化过程由测量一系列已知的地方控制点坐标,测量期间,通过 GPS 接收机采集控制点的相对纬度、经度和椭球高,利用这两套坐标(地方坐标和大地测量坐标)可以计算用于旋转、比例缩放和平移的系数,把大地测量坐标转化为地方坐标。地方化所需的控制点个数依赖于应用的需要。至少需要两个平面控制点计算所有的平面转换参数。有三个或更多的点就可以进行精度估算。如果只有一个控制点,测量用的方向和比例就不能计算。

### 2 应用实例

#### 2.1 测区概况

2005 年 9 月笔者所在单位承担了北京市六环路天然气工程一期 40 km 的钉桩放样工程。该地区地形复杂、车流量大、植被多、跨越高速公路河流多,且设计线路穿越村庄较多,40 km 的线路上没有一个控制点。若用常规仪器,由于通视困难、任务紧,在要求的工期内完成任务较困难,所以采用了刚购进

的 TOPCON-HIPER 进行中桩放样。该项目为管线中桩测量, 共计 4 段, 最长段为 15 km, 最短段为 5 km。若用常规测量方法按 1 组 5 人, 则最少需要 40 个组天。采用 RTK 技术, 作业中基准站 1 人, 流动站 3 人, 共用 10 天就完成全部放样工作。在放样中, 对线路起终端部分控制桩均进行了复测。经检查, RTK 放样精度能满足《工程测量规范》中中桩放样精度限差。

## 2.2 控制测量

由于该线路没有控制点, 依据规范要求需作首级控制网。所布设的控制点大部分在六环高速的两侧, 每隔 300 m 左右及地物较丰富的地区布点。共布设控制点总计约 350 个(包括已知点)。

本次控制测量所用仪器为中海达 8200 E 单频静态及天宝 5700RTK1+2。静态基线解算使用中海达 HDS2003 软件, 快速静态基线解算使用天宝 TGO1.60 进行解算。

首先使用中海达 8200 E 单频静态三台套在六环沿线布设一级导线点, 进行 GPS 基线解算, 水平精度可达到毫米级, 满足控制测量的需要。后使用天宝 5700 双频 GPS 在六环沿线进行快速静态 GPS 测量。其水平精度为 1~2 cm 内, 满足施工需要。使用自动安平水准仪在六环测区全线进行四等水准测量高程。

本次控制测量所使用的坐标系统为北京独立坐标系, GPS 原始数据坐标系统为 WGS84, 两者之间的转换关系如下。

北京地方坐标原点: 39.515 675 77, 116.210 090 65

False North: 300 000, False North: 500 000

Scale factor: 1.0

$a=6\ 378\ 245.01, f=298.300\ 0$

三参数:  $x=0.970, y=116.98, z=45.30$

水准面模型为 EGM<sup>96</sup>(Global)。

## 2.3 RTK 作业过程

它的基本形式是: 一台基准站接收机和一台或多台流动站, 以及用于数据传输的电台。在 RTK 作业模式下基准站流动站保持同时跟踪至少 5 颗以上的卫星, 基准站不断地对可见卫星进行观测, 并把带有已知点位置的数据, 借助电台将观测值坐标信息发送给流动站接收机; 流动站接收机将自己采集的 GPS 观测数据和接收来自基准站的数据, 组成差分观测值进行实时处理, 求得 3 维坐标  $(x, y, z)$ 。

作业方法及步骤:

1) 在线路适当的地方做一个固定点, 要求既便于线路放样, 又便于卫星信号接收和无线电通讯。

2) 在该点上架设接收机作为基准站, 先新建一

个任务, 键入转换参数、投影参数, 然后进行测量配置, 如基准站接收机配置、基准站电台配置等。由于接收机内置电台的功率较低, 因此使用外置电台(发射功率可达 25 W)。测量配置结束后即可进行测量。启动基准站接收机采集一段时间(1 min)的信息设置基准站后, 可将电子手簿与接收机分离。启动流动站, 然后按照和基准站相同的方式对各个参数进行设置, 参数设置完后, 即可以开始测量。

3) 放样测量。首先在电子手簿中输入需放样的点、直线、曲线、边界、道路、横板、备注等各项施工放样数据或控制要素。其它作业过程与单点测量相似。当初初始化完成后, 在主菜单上选放样, 再选择下拉菜单的点放样输入放样点或桩号, 按 [点放样] 键。这时在电子手簿面板上显示箭头图形及目前位置到被放样点的各方向距离, 见图 1。观测者只需按箭头提示走向放样点。当观测者距放样点的距离小于设定值时, 控制器显示屏上出现表示放样点的同心圆及表示天线中心的十字丝图形。当十字与圆心重合时, 放样结束, 这时可按 [存储] 键进行该点实测。

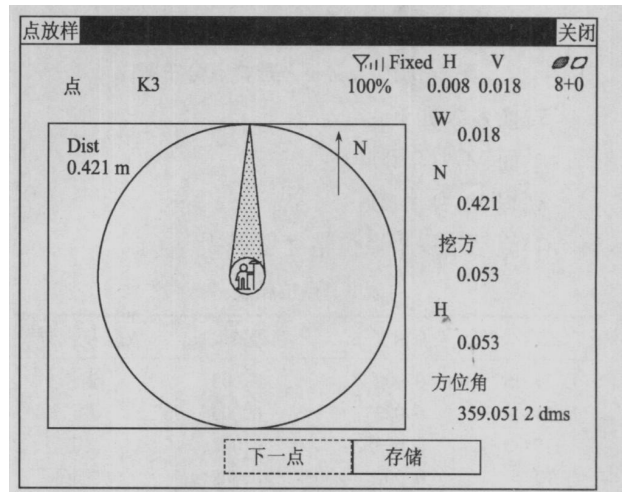


图 1 放样点方位指示图

## 2.4 精度分析及可靠性

### 1) 控制点数据及设计数据见表 1

表 1 控制点及设计数据

	点名	纵坐标(x)	横坐标(y)	高程(h)
控制点	D[246]6	316 046.841	501 507.656	48.367
	D[246]8	315 455.120	501 555.568	47.129
	GP4	315 784.648	502 014.512	46.979
设计放样点	K0	315 833.318	502 051.216	46.546
	K1	315 834.110	502 413.588	45.404
	K2	315 836.307	501 573.776	47.628
	K3	315 967.329	501 560.114	48.986
	K4	316 022.092	501 797.644	52.682

2)坐标转换后控制点数据及放样点实测数据见表2。

表2 坐标转换后控制点及实测放样点数据

点名	纵坐标(x)	横坐标(y)	高程(h)	
控制点	D[246]6	316 046.839	501 507.653	48.359
	D[246]8	315 455.124	501 555.568	47.137
	GP4	315 784.646	502 014.516	46.991
实测放样点	K0	315 833.318	502 051.220	46.567
	K1	315 834.116	502 413.591	45.413
	K2	315 836.308	501 573.779	47.630
	K3	315 967.330	501 560.117	48.990
	K4	316 022.094	501 797.647	52.706

3)实际图形(见图2)及坐标转换残差。

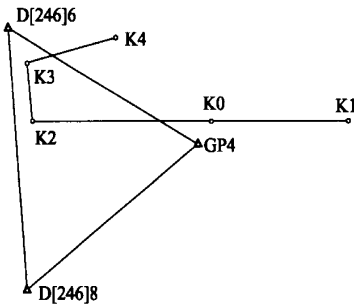


图2 控制点数据及放样点分布图

转换残差如下:

平面 M 为 0.004

高程 M 为 0.008

4)流动站采集点位精度见表3。

表3 点位精度

点名	平面精度/m	高程精度/m	数据采集方式
D[246]6	0.003	0.002	锁定
D[246]8	0.003	0.003	锁定
GP4	0.003	0.002	锁定
K0	0.002	0.002	锁定
K1	0.002	0.002	锁定
K2	0.002	0.002	锁定
K3	0.002	0.002	锁定
K4	0.003	0.002	锁定

5)采用索佳 SET210 全站仪检校点位平面坐标数据及索佳 C32II 水准仪检校点位高程数据见表4。

表4 点位坐标及高程

点名	纵坐标(x)	横坐标(y)	高程(h)	
实测放样点	K0	315 833.318	502 051.220	46.567
	K1	315 834.111	502 413.591	45.413
	K2	315 836.308	501 573.779	47.630
	K3	315 967.330	501 560.117	48.990
	K4	316 022.097	501 797.651	52.706

5)数据及精度分析

①通过控制点完成坐标转换,最大残差分别为: $\Delta_x=4$  mm,  $\Delta_y=4$  mm,  $\Delta_h=12$  mm;放样点最大较差分别为: $\Delta_x=6$  mm,  $\Delta_y=4$  mm,  $\Delta_h=21$  mm;放样点最小较差分别为: $\Delta_x=0$  mm,  $\Delta_y=3$  mm,  $\Delta_h=2$  mm;②表2与表4中放样点最大较差分别为: $\Delta_x=5$  mm,  $\Delta_y=7$  mm,  $\Delta_h=24$  mm;放样点最小较差分别为: $\Delta_x=0$  mm,  $\Delta_y=3$  mm,  $\Delta_h=2$  mm。

通过比较可以得出如下的结论:

①本项目中 RTK 精度能保证毫米级平面精度,且和传统测量方法相当。

②在控制点范围内,精度较高,随着到控制点范围距离的增加,精度衰减。

③本项目中基准站基本位于控制点组成的三角形的中心,精度分布比较均匀。

④本项目中采用 RTK 方法得到高程精度差不多是平面精度的 1/10,仅为厘米级。

⑤因本项目作业半径未超过 2 km,精度很高。

采用 RTK 方法是可靠的,因此本项目中采用 RTK 方法平面精度较高。另外,采用多个已知点高程参与平差及高程逼近、高程拟合等方法,是能较大提高高程精度的。

### 3 结论

RTK 方法测量精度高,而且是实时的,无需事后处理,它已使当前 GPS 技术发展到目前,其应用领域已扩大到许多方面。

利用 RTK 方法进行工程放样具有很大的优越性,实现了高精度、快速进行平面位置测量,具有推广价值;测绘生产单位可根据自身条件,采用 GPS RTK 技术用于生产,提高经济效益。

### 参考文献

- [1] 徐绍铨,张华海,杨志强等. GPS 测量原理及应用[M]. 武汉大学出版社,1996:59.
- [2] 刘基余,李征航,王跃虎,等. 全球定位系统及其应用[M]. 测绘出版社,1993:19.
- [3] 曾旺贤,张兴望. 实时动态差分 GPS(RTD/RTK)的发展及应用现状[J]. 石油仪器,1997(1):5.
- [4] 郝保诚. RTK 地方化转换参数研究[J]. 电力勘察设计,2003(2):43.

收稿日期:2006-04-20