

# GPS RTK 转换参数求解方法

章振欣

(浙江省水利水电勘测设计院, 浙江 杭州 310002)

**摘 要:** GPS RTK 技术是目前测量中具有定位快速、精度高的一种先进的测量方法。主要介绍了 RTK 在应用过程中求解转换参数的方法, 着重对求解转换参数的两种较常用的方法进行的讨论, 并结合两种方法在实际工程中的应用对成果进行了精度分析, 得出一些结论。

**关键词:** RTK 技术; 转换参数; 坐标系统; 流动站; 基准站

**中图分类号:** P226<sup>+</sup>.3

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1008 - 536X(2008)02-0086-003

## Solution of Parametric Transfer of GPS RTK

ZHANG Zhenxin

(Zhejiang Investigation and Design Institute of Water Resources and Hydropower, Hangzhou 310002, China)

**Abstract:** The technology of GPS RTK is of rapid location and high accuracy in modern measuring. The paper focuses on the parameter transfer solution method based on the research of parametric variation in the application of RTK and compares the respective accuracy in practical cases.

**Key words:** RTK Technology; transfer parameter; coordinate system; portable station; datum station

## 0 引言

全球定位系统 (GPS) 是由美国国防部研制的新一代空间卫星定位系统, 其主要目的是为陆、海、空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航定位服务<sup>[1]</sup>。GPS 对于大地测量与普通工程测量的作用越来越明显, 要获得高精度的实时三维坐标, 在 GPS 测量中要采用实时动态测量技术, 即 RTK (Real Time Kinematic)。

## 1 原理

GPS RTK 技术是基于载波相位观测值的实时动态定位技术, 它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果, 在 RTK 作业模式中, 基准站通过数据链将其观测值和测站坐标信息一起传送给流动站。流动站不仅通过数据链接接收来自基准站的数据, 还要采集 GPS 观测数据, 并在系统内组成差分观测值方程进行实时处理, 同时给出定位结果<sup>[2]</sup>。

在 GPS 测量中, GPS 数据通常采用的是 1984 年世

界大地坐标系 (World Geodetic System 1984 即 WGS - 84)。而我国采用的坐标系是西安 - 80 坐标系、地方独立坐标系, 西安 - 80 坐标系属于参考大地坐标系, 参考椭球主要参数为: 长半轴 = 6 378 140, 扁率 = 1/298.257, 高程基准为 1956 年青岛验潮站求出的黄海平均海水面<sup>[3]</sup>。地方独立坐标系统则视不同情况而定。西安 - 80 坐标或地方独立坐标一般用  $X, Y, Z$  表示,  $Z$  为高程, 即正高  $H_g$ 。

在利用 RTK 技术进行 GPS 测量过程中, 确定坐标转换的关键是根据已知参考点解算转换参数, 已知参考点一般应具有两套坐标系统的坐标值, 常用方法为七参数法, 常用模型为 Bursa 公式:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + (1 + m) \times R_w \times \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

其中:  $X_0, Y_0, Z_0$  — 平移参数;

$x, y, z$  — 旋转参数;  $m$  — 尺度比;

$$R_w = \begin{bmatrix} 1 & z & -y \\ -z & 1 & x \\ y & -x & 1 \end{bmatrix}$$

将上式变形得

收稿日期: 2008-03-28

作者简介: 章振欣 (1977 - ), 男, 浙江建德人, 工程师。从事工程测量外业工作。

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X_s & 0 & z & - & y \\ 0 & 1 & 0 & Y_s & - & z & 0 & x \\ 0 & 0 & 1 & Z_s & y & - & x & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \\ m \\ E_x \\ E_y \\ E_z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_L - \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S = 0$$

以上  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $m$  为经典的 Bursa 七参数,要精确地对 WGS - 84 坐标系统和地方坐标系统的坐标进行转换,需要精确地求出 Bursa7 参数,即至少需要三组具有两套坐标系统的坐标值的点。

## 2 求解转换参数的方法及实际应用

综上所述,我们可知在 RTK 测量的过程中,坐标转换问题是非常重要的。在实际操作过程中,一般需要得到高精度的地方坐标系坐标,而控制点的 WGS - 84 坐标只需有相对坐标的高精度即可。

下面结合 TOPCON RTK 技术的技术,谈谈两种转换参数的求解过程。

方法 1 控制点只有当地坐标系的坐标,而没有 WGS - 84 坐标

首先在其中一个控制点上架设基准站,并用单点定位的方法求得该点的 WGS - 84 坐标系坐标(已知控制点当地坐标与该点的 WGS - 84 坐标系坐标的点名应加以区分),进行坐标匹配。然后用流动站分别测得其余各控制点的 WGS - 84 坐标,分别进行坐标匹配,这样就得到了该测区的坐标转换参数了。

方法 2 控制点已经具有地方坐标系坐标和 WGS - 84 坐标系坐标

在进行 RTK 测量之前往往已经进行过了 GPS 静态测量,已经得到了已知点的 WGS - 84 坐标和地方坐标系坐标。只需要将控制点的地方坐标系坐标和 WGS - 84 坐标系坐标(点名同样要加以区分)输入到 GPS 控制器内置的实时处理软件中,分别进行坐标匹配这样就可以得到测区的转换参数了。

在具体的工作过程中,笔者对上述两种方法进行了应用和比较。

在衢江航运开发工程测量过程中分别使用了两种

方法进行了实际应用,并对其精度做了分析。

首先进行了 GPS 布网,并对 GPS 点接测分四等。在比较过程中使用 GPS 点成果见表 1。

表 1 GPS 控制点成果表

点名	纵坐标 $X$	横坐标 $Y$	高程/m
QE82	3 217 925.799	40 428 076.519	42.876
QE83	3 220 633.490	40 434 236.674	39.817
QE84	3 218 166.797	40 428 897.101	42.285
QE86	3 218 379.307	40 430 698.158	41.219
QE88	3 218 878.847	40 432 077.074	35.893
QE90	3 216 916.566	40 428 266.626	36.720
QE92	3 217 482.878	40 429 329.190	37.210
QE94	3 217 514.258	40 432 627.767	42.210
QE96	3 218 837.140	40 433 134.250	40.259
QE98	3 220 247.155	40 434 529.869	40.549

取其中的 QE82、QE83、QE90、QE98 作为求解转换参数基点,分别求解转换参数,其精度分别见表 2。

表 2 RTK 残差

方法 1			方法 2		
点名	$H$ 残差	$V$ 残差	点名	$H$ 残差	$V$ 残差
QE82	0.013	0.016	QE82	0.006	0.001
QE83	0.009	-0.005	QE83	0.002	-0.003
QE90	0.008	0.008	QE90	0.006	-0.001
QE98	0.016	0.020	QE98	0.001	0.002

使用两种方法求得的转换参数,分别对已知成果进行比较,结果见表 3。

表 3 精度比较成果表

点名	方法 1			方法 2			mm
	$X$	$Y$	$H$	$X$	$Y$	$H$	
QE84	0.011	0.006	0.015	0.006	0.005	0.009	
QE86	0.009	0.005	0.010	0.005	0.002	0.005	
QE88	0.008	0.004	0.011	0.000	0.001	0.007	
QE92	0.006	0.005	0.007	0.004	0.008	0.004	
QE94	0.003	0.001	0.021	0.002	0.001	0.005	
QE96	0.012	0.010	0.011	0.004	0.006	0.002	

通过上述比较可以很明显的看出使用第 2 种方法测量的精度明显要优于使用第 1 种方法。

## 3 两种方法的比较

第 1 种方法求转换参数,不需要当地的 WGS - 84 坐标,对控制点要求较低。但由于 WGS - 84 坐标是通

过 RTK 流动站测得,外业工作采集工作量比较大,而且由于这种方法求得的 WGS - 84 坐标相对精度较低,该方法求得转换参数精度不是很高,由于受基准站作业半径,对较远距离的控制点的 WGS - 84 坐标的获得需要多次搬站,不利于大面积工程。

第 2 种方法求转换参数,需要当地的 WGS - 84 坐标,对控制点要求比较高。但由于已知高精度 WGS - 84 坐标,外业采控制点的工作量可以取消,节省了工作时间,还能得到较高精度的转换参数。在一些以往已经做过 GPS 控制但控制点已经有些破坏了,实地并不多的情况下或控制点间距较远使用第一种方法求解转换参数较难的情况下第二种方法显得尤为实用。

#### 4 求解转换参数方法应注意的问题

为了提高测量的精度在求解转换参数时,应该注意:

(1) 求解坐标转换参数所使用的已知控制点(通常称为基准点)的精度、密度及分布状况对坐标转换参数的求解质量有着直接影响。因此,所选定的基准点要求精度要高,并且应均匀分布在测区周围。基准点的数量视测区的大小一般取 3 ~ 6 点为宜。一般地,在求解坐标转换参数时,应采取不同基准点的匹配方案,用不

同的计算方法求得坐标转换参数,经比较后选择残差较小、精度较高的一组参数使用。

(2) 由于坐标转换参数的求解精度与已知点两套坐标的精度和区域内点位的分布有关,因此坐标转换参数是有区域性的,它仅适用于已知点所圈定的区域和临近地区,其外推精度明显低于内插精度。因此,在一个测区求解的坐标转换参数不能直接应用到其它测区。

#### 5 结 语

GPS RTK 定位技术是一种定位快速、精度高的测量方法,而求解转换参数是其定位过程中的重要步骤。在工作过程中,我们应该根据实际情况灵活机动的选择转换参数的求解方法,合理的选择控制点可以达到提高测量精度、增强工作效率的目的。

#### 参考文献:

- [1] 刘基余,李征航,王跃虎.全球定位系统原理及其应用[M].北京:测绘出版社,1995.
- [2] 刘大杰,施一民,过静君.全球定位系统(GPS)的原理与数据处理[M].上海:同济大学出版社,1997.
- [3] 刘经南,葛茂荣.92 中国 GPS 会战(A 级网)数据处理分析[J].武汉测绘科技大学学报,1996,20(1):40 - 45.

(上接第 85 页)

本低、技术成熟又易于购买的 GM-82 型 GPS OEM 接收板,使整个系统精度高、集成化程度高、输出模块接口较简单、总成本低廉、运行稳定可靠、且具有较好的抗干扰能力。本系统为水电站电力设备和监控系统提供了高精度的时间信号,具有很强的实用价值。

#### 参考文献:

- [1] 郝波,岳军,尹常永.基于同步相量测量的高精度授时信号的

研究[J].沈阳工程学院学报:自然科学版,2007,3(3):276 - 278.

- [2] 孙丙香,温春雪,严国志,等. GPS 精密授时功能在电力系统功角广域测量系统中的应用[J].国外电子元器件,2006(1):53 - 56.
- [3] 吕立波.神通广大的 GPS——全球卫星定位系统(GPS)及其应用[J].国外科技动态,2000(10):33 - 36.
- [4] 董剑利,周丹.通用 GPS 授时同步监控系统的设计与实现[J].计算机工程与设计,2007,28(12):3006 - 3008,3012.
- [5] 刘为,董德存.基于 GPS 技术的分布式授时同步时钟[J].微型电脑应用,2005,21(5):21 - 23.