

GPS - RTK 技术在铁路定测中的应用

张玉生¹, 李海旭², 董景利³

(1. 济南市铁路勘察设计咨询院有限公司, 山东 济南 250001; 2. 珠海市国土测绘大队, 广东 珠海 519020; 3. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250013)

摘要:该文介绍了 GPS - RTK 技术应用于铁路定测的基本方法和步骤, 通过应用实例证实了该技术的可行性和优越性。实践证明这种作业方法能够省掉不必要的中间环节, 最大限度地减少外业工作量, 从而缩短整个勘测工期, 该方法在铁路定测施工方面具有广泛的应用前景。

关键词: GPS - RTK 测量; 定测; 中线; 铁路

中图分类号: P228 **文献标识码:** A

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气象, 极大地提高了外业作业效率。

1 GPS - RTK 动态测量特点

GPS - RTK 定位技术是以载波相位观测值为根据的实时差分 GPS 定位技术。在 RTK 作业模式下, 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进行实时处理, 同时通过输入相应的坐标转换参数和投影参数, 实时得到流动站的三维坐标及精度。在铁路定测工作中, 其具有以下特点^[1]: ①在能够接收 GPS 卫星信号的任何地方, 可进行全天候作业。②流动站利用同一基准站信息可各自独立开展工作。③实时提供测点三维坐标, 现场及时对观测质量进行检查, 避免外业出现返工。④GPS - RTK 误差不累积。定测放线的结果更接近于设计线位, 通过消除投影变形, 现场所测的线位, 设计长度等于施工长度。⑤从 GPS 控制点上

直接测设中线及中平, 不需要在交切的基础上测设中线, 改变了定测工序的环节, 避免了过去一条龙的工序需要等交切测量完后才能进行中线中平、横断面测量的局面。

2 在铁路定测中的作业模式

2.1 建立测区平面控制网

在铁路勘察设计阶段, 铁路定测是一项很重要的工作内容, 在铁路定测过程中, 测量的主要工作是进行交切测量、中线测量、中桩高程测量、断面测量、跨线测量、桥涵测量等工作。在放样中线之前, 首先要采用 GPS 静态测量方法或常规测量方法, 沿线布设平面控制网, 经过严密平差解算, 求出各控制点的平面坐标与高程^[2]。相邻点间距 5 ~ 8 km, 并与国家点联测, 求出各控制点平面坐标。同时必须考虑投影变形, 变形的程度与测区地理位置和高程有关, 铁路线路长, 跨越范围广, 线路走向、地形情况千差万别, 长度变形各不相同。在 3° 投影带的边缘, 长度变形可达 1/3 500 以上, 导致中线桩由图上反算的放样长度与实地测量长度不一致, 无法满足放样要求。因此必须采取相应的措施削弱长度变形, 如改变中央子午线、设置抵偿投影面等方法。

2.2 选择作业时段

铁路沿线地物地貌复杂多变, 为获取完整的数

* 收稿日期: 2009 - 04 - 20; 修订日期: 2009 - 07 - 25; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 张玉生 (1976—), 男, 山东菏泽人, 工程师, 主要从事铁路测量和各种精密工程测量工作。

据,必须根据卫星可见预报和天气预报选择最佳观测时段。卫星的几何分布越好,定位精度就越高,卫星的分布情况可用 Planning 软件查看多项预测指标,根据预测结果合理安排工作计划。

2.3 高程控制测量

GPS 测出的高度是大地高,而实际采用的是正常高,需要将大地高转化为正常高。而测区的高程异常是未知数,且高程异常的变化较复杂,特别在山区精度较差。而近几年了,随着高程拟合方法的逐步应用,在地形变化不大的平坦、低丘陵地区,已经可以将 GPS-RTK 所测高度值进行处理求得正常高^[3]。此外,铁路新线定测要求约每隔 2 km 设置水准点,而有些地形环境不能满足 GPS 观测的条件,采用高程拟合的方法拟合的高程精度不能得到保证,完全用 GPS 替代等级水准难度大。因此要结合测区具体情况,确定高程测量采用的方法。

2.4 求取地方坐标转换参数

合理选择控制网中已知的 WGS-84 和北京 54 坐标(或地方独立网格坐标)以及高程的公共点,求解转换参数,为 RTK 动态测量做好准备。选择转换参数时要注意:①要选测区四周及中心的控制点,均匀分布;②为提高转化精度,最好选 3 个以上的点,利用最小二乘法求解转换参数。

2.5 基准站选定

基准站设置除满足 GPS 静态观测的条件外,还应设在地势较高,四周开阔的位置,便于电台的发射。可设在具有地方网格坐标和 WGS-84 坐标的已知点上,也可在未知点设站。

2.6 放样内业数据准备

利用测量内外业一体化程序完成全部计算工作。将线路的起点坐标、方位角、加直线长度及曲线要素输入,程序根据里程计算出全线待放样点的坐标,其中直线上每 50 m、曲线上每 10 m 一个点。按相应的数据格式将放样点坐标导出成 Trimble DC 文件,通过 Data Transfer 将 DC 文件导入到外业掌上电脑供外业调用。

2.7 外业放样测量

将基准站接收机设在基准点上,开机后进行必要的系统设置、无线电设置及天线高等输入工作。流动站接收机开机后首先进行系统设置,输入转换

参数,再进行流动站的设置和初始化工作。通常公布的坐标系统和大地水准面模型不考虑投影中的当地偏差,因此要通过点校正来减少这些偏差,获得更精确的当地网格坐标,且确保作业区域在校正的点范围内。

3 应用实例

3.1 项目概况

2008 年 7 月,新建铁路西林浩特至二连浩特线进行定测,该项目位于内蒙古锡林郭勒盟内,东起锡林浩特北站,途径阿巴嘎旗、苏尼特左旗,西止二连浩特,新建正线全长 375.457 km。线路穿行于内蒙古高原中东部,主要地貌类型有冲洪积平原、熔岩台地、低山丘陵和阶状高平原,其间分布有丘间盆地、丘间沟谷洼地、河谷洼地。总体地势中东部高,两端稍低,地形起伏较小,且沿线附近很少有遮挡物,比较适合使用 GPS-RTK 进行中线测量、高程测量。

3.2 作业方式

利用 GPS-RTK 技术进行线路定测,将常规的沿线路中线测量模式改变为线路坐标控制测量模式,直接利用控制点测设中线,每放样一个点,都要用 GPS 测量高程,一次放出整桩和加桩,无需再做交点的贯通测量,进行中线、中平、断面的一次作业。

中线组采用 GPS-RTK 1+4 作业模式,即一台基准站,3 台流动站。其中 1 人操作 GPS,1 人写桩号、1 人打桩;断面组共 4 组,每组 4 人,使用全站仪进行断面测量,其中 1 人记录,1 人司镜,2 人跑尺。作业时,由流动站放样中桩点,并马上测其高程,断面组根据现场情况做相应的线路或桥梁断面,且根据地物地貌的属性对观测点进行属性编码。对于要观测的跨线高和不适合 GPS-RTK 放样的点,可以用全站仪测量的方法解决,每天完成新线定测约 5.6 km。

3.3 内业数据处理

内业数据处理,将当天的 GPS-RTK 观测文件通过 Data Transfer 导入到 TGO 软件中,采用高程拟合的方式求出所测点的高程值,然后按规定的格式导出到 EXCEL 中,再进行相应的处理,编辑成正式成果文件,提交给线路专业组、路基专业组及桥梁专业组。通过这种流程处理内业,除桥梁断面需手工计算外,大部分内业工作由软件来进行计算,然后就

是软件间的数据交换,因此在很大程度上避免了手工录入错误的发生,且大大提高了内业数据处理的工作效率及准确性。

3.4 精度情况

过去铁路定测,均采用全站仪放样,多年实践表

明,全站仪中线测量精度较高,为检验 GPS-RTK 测量的精度,事先用全站仪放样一段线路,并将结果作为参考值,进行 2 种作业模式的成果比较(表 1)。根据统计结果分析,最大平面较差为 7 mm,因此认为 GPS-RTK 测量成果质量可信。

表 1 GPS-RTK 模式与全站仪模式定测坐标比较

中桩里程	全站仪放样点坐标		GPS 放样点坐标		坐标差值/mm	
	X	Y	X	Y	δX	δY
K0+0.000	3868647.043	503172.571	3868647.045	503172.570	-2	+1
K0+50.000	3868689.751	503146.570	3868689.750	503146.571	+1	+1
K0+68.002	3868705.127	503137.208	3868705.126	503137.206	+1	+2
K0+78.002	3868713.661	503131.996	3868713.662	503131.998	-1	-2
K0+88.002	3868722.152	503126.713	3868722.152	503126.715	-1	-2
K0+98.002	3868730.553	503121.289	3868730.552	503121.292	+1	+3
K0+108.002	3868738.815	503115.657	3868738.816	503115.654	-1	-3
K0+140.000	3868763.948	503095.872	3868763.949	503095.874	-1	-2
K0+180.000	3868792.170	503067.567	3868792.169	503067.567	+1	+0
K0+220.000	3868816.377	503035.761	3868816.378	503035.765	-1	-4
K0+236.569	3868825.125	503021.692	3868825.130	503021.691	-5	+1
K0+240.000	3868826.839	503018.720	3868826.844	503018.716	-2	+4
K0+260.000	3868836.142	503001.019	3868836.146	503001.025	-4	-6
K0+280.000	3868844.245	502982.739	3868844.240	502982.740	+5	-1
K0+300.000	3868851.113	502963.959	3868851.116	502963.963	-3	-4

该次作业是采用 GPS 高程拟合的方式获取的中桩高程,由于在高程拟合方面的经验欠缺,为保证高程的拟合精度,事先也拟合了一段中桩的高程值,然后用水准仪进行了检测,比较结果见表 2。在该测区联测合理分布的高等级水准点进行拟合,所得高程值满足中铁咨询集团测量外业检测验收的相关精度要求,完全满足设计专业的需要。

表 2 GPS-RTK 高程与水准高程比较

桩号里程	原测高程 m	检测高程/m			误差
		一平	二平	平均	
DK92+603.45	1130.309	1130.364	1130.373	1130.369	-0.060
DK92+640.0	1127.550	1127.594	1127.593	1127.594	-0.044
DK92+652.3	1126.865	1126.893	1126.903	1126.898	-0.033
DK92+656.9	1127.423	1127.443	1127.444	1127.444	-0.021
DK92+659.3	1127.444	1127.492	1127.464	1127.478	-0.034
DK92+663.9	1127.470	1127.492	1127.494	1127.493	-0.023
DK92+668.0	1127.410	1127.442	1127.445	1127.444	-0.034
DK92+669.7	1127.411	1127.461	1127.472	1127.467	-0.056
DK92+700.0	1125.043	1125.080	1125.085	1125.083	-0.040
DK92+711.4	1125.219	1125.271	1125.278	1125.275	-0.056
DK92+715.9	1126.351	1126.383	1126.391	1126.387	-0.036
DK92+719.2	1126.459	1126.490	1126.495	1126.493	-0.034
DK92+726.5	1126.487	1126.503	1126.505	1126.504	-0.017
DK92+734.02	1126.391	1126.413	1126.419	1126.416	-0.025
DK92+736.7	1126.235	1126.302	1126.318	1126.31	-0.075
DK92+748.0	1123.356	1123.400	1123.404	1123.402	-0.046
DK92+755.8	1123.184	1123.243	1123.249	1123.246	-0.062
DK92+780.0	1122.490	1122.506	1122.517	1122.512	-0.022
DK92+800.0	1121.920	1121.945	1121.948	1121.947	-0.027
DK92+840.0	1120.935	1120.976	1120.987	1120.982	-0.047

4 GPS-RTK 作业注意事项

(1)GPS-RTK 定位的数据处理主要是基准站和流动站间的单基线处理,而基准站和流动站的观测数据质量及无线电信号的传播质量对定位精度的影响极大。因此,应该把基准站设立在要进行 RTK 测量区域的较高点上,提高基准站和流动站天线的架设高度。

(2)RTK 测点必须在求取 WGS-84 坐标到地方坐标系转换参数的高级控制点的范围内,同时尽量均匀分布,最高、最低点也尽可能选点。

(3)信号不能太远,根据以往的作业经验,GPS-RTK 的有效范围半径不应超过 10 km,否则精度、速度会大受影响。

(4)GPS-RTK 由于缺乏必要的闭合条件,不宜做首级控制测量。可采用不同基准站或者双基准站

的方式进行。

5 结语

GPS-RTK 技术不仅能达到较高的定位精度,而且省掉了许多不必要的中间环节,最大限度地减少外业工作量,大大提高了测量的工作效率,从而使整个勘察工期得到缩短。随着 RTK 技术的提高,该技术已经逐步应用到测图及放样工作中。通过相应的数据处理程序,可大大减轻测量人员的内外业劳

动强度,因此 RTK 技术在铁路勘测设计领域有着广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 铁道部第二勘测设计院. 铁路测量手册[M]. 北京:中国铁道出版社,1999.
- [2] 孔祥元. 控制测量学(上下册)[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1998.
- [3] 潘宝玉,张西思,李宏伟. 提高 RTK 测量成果精度的技术关键[J]. 地矿测绘,2003,19(3):1-3.

Application of GPS - RTK Technology in Railway Measurement

ZHANG Yu - sheng¹, LI Hai - xu², DONG Jing - li³

(1. Jinan Railway Surveying and Designing Limited Corporation, Shandong Jinan 250001, China ; 2. Zhuhai Mapping Brigade of Land and Resources, Guangdong Zhuhai 519020, China; 3. Shandong Geological Surveying and Mapping Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: The basic methods and procedures of GPS - RTK technology application in railway are introduced in this paper. Through application of examples, feasibility and superiority of this technology are identified. As proved by examples, this method can omit unnecessary intermediate process and minimize the field workload, so as to shorten the duration of the investigation. This method has a bright future in railway measurement.

Key words: GPS - RTK measurement; measuring; mid - line; railway