

# GNSS-RTK技术在高速铁路工程测量中的应用研究

孔德福

中铁第六勘察设计院集团有限公司

**摘要:**测量质量直接关系到高速铁路工程施工质量以及后续使用,因此,必须对测量引起高度重视。随着相关技术的发展,GNSS-RTK技术在高速铁路工程测量中的应用日益广泛,具有效率高、操作简单、精准度较高等优势,能够保障测量质量,为工程施工提供有价值的参考依据。基于此,文章将围绕GNSS-RTK技术的原理、优点以及常见问题,对该技术在测量中的应用领域与应用方法进行分析;同时,结合工程实际情况,对具体应用进行研究,并介绍了注意事项以及质量保障措施,以期能够为该技术在高速铁路工程中的有效应用提供有价值的参考依据。

**关键词:**GNSS-RTK 技术; 高速铁路; 工程测量; 应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.21.047

## 一、GNSS-RTK技术

### (一) 原理

GNSS-RTK技术是基于全球导航卫星系的中载波相位差分技术,现阶段可以提供厘米级标准,能够满足工程测量的精度要求。该技术结合了计算机技术、无线通信技术、卫星技术、空间技术等,具体包括通信系统、多移动信道以及基站等重要组成部分,应用领域比较广泛。从测量过程来看,卫星数据会传输到基站,再由基站将其传输到移动台。数据频道数据与卫星数据是移动频道接收数据的主要来源,激活移动频道之后,主频道的数据将可以被控制器访问,然后将移动频道的确切空间展示出来。对于测量中所涉及的数值歧义而言,GNSS-RTK技术系统可以快速解决,因为该系统拥有高速算法机制,包括高速衰减法、综合波导搜索法、最小二乘搜索法、运算法等。在高速运算的支持下,数据传输速度加快;同时,在系统的支持下,能够实时监测,有利于及时发现问题及时进行解决<sup>[1]</sup>。

### (二) 优点

#### 1. 精度高

在实际测量中,该技术体现出应用范围较广、使用便捷、精度高等各种优势,特别是在测量比较复杂的地形时,其优点更加突出。同时,随着信息技术、数字技术的发展,该技术实现了不断更新与升级,其中结果精准性能够得到更大的保障,可以为高铁工程施工提供有价值的数

#### 2. 操作便捷

该技术所涉及的设备不断更新与完善,现阶段自动化性能日益成熟,并朝着智能化方向迈进,因此操作十分便捷。操作人员按照操作流程输入相应的数据,便可以复测、定位控制点,由于操作便捷,所以适用范围很广。

#### 3. 数字化

经过测量之后,以数字化方式将结果直观、完整、清晰地呈现出来,特别是图形编辑方面,能够以精准比例展示地形,并呈现清晰的图像。同时,数字化相比纸质资料更好保存,能够保障数据的安全性,加之可以及时更新,所以又可以体现及时性<sup>[2]</sup>。

### (三) 常见问题

#### 1. 缺乏相关设计方案

从实际情况来看,部分高速铁路工程项目在实施之前,并没有适当的设计方案。这样的背景下开展地质调查,可能会导致调查工作出现不确定性的现象,也就意味着所工作的是无效的。同时,测量任务如果没有具体的设计方案、解决方案,那么原有的网络就可能会被破坏,而测量任务量也会增加,也就可能阻碍测量目标的实现。

#### 2. 测量存在误差

在使用该技术的过程中,例如,定位出现误差,那么就需要对电流误差进行分析与纠正,确保数据的精准性。具体来讲:第一,测量存在误差,可能是用户使用接收机特有的错误,例如,线路变化、天线变化、重新定位、内部振动、噪声等,这些因素的影响,都可能造成测量误差。最常见的影响因素是天气、信号干扰等。第二,状态出现误差,也会对测量结果产生影响。通常需要误差分析技术将用户接收器的误差消除,包括传播延迟误差、流程误差、天体运动误差等。需要注意的是,误差必须尽快消除,如果没有尽快消除,那么后续测量也会受到影响,最终导致数据无效。

#### 3. 网域整合的信号轮换问题

测量过程中需要对可调参数引起重视,因为调整选项、转换参数等是为该技术分析所提供。但是在网域整合的过程中,常见的是信号轮换问题,具体来讲:第一,需要对探测与焦点区域的选择引起高度重视,如果每个主体分布不均衡,那么就可能出现信号轮换问题,所以必须确保其一致性,建议能够选择至少三个能够覆盖整个区域的共同点,确保信号的稳定性。第二,将GNSS-RTK激活之前,要从卫星导航系统位置入手,对一定次数进行确认;同时,在天平更换之前,需要对整个坐标进行准确测量,然后将参数插入到RTK逆变器中,不仅可以解决信号轮换问题,而且可以保障数据精准性<sup>[3]</sup>。

## 二、GNSS-RTK技术在高速铁路工程测量中的应用领域

### (一) 测量区控制网

以卫星导航系统(GNSS)为基础,借助静态测量法,基于测控点进行布设,达到彼此连接的目标,可以在高速公路工程测量区域内构建平面交叉控制网络;同时,对测控点的间距进行合理控制,通常为5~8km。借助技术对平面之内坐标点进行精准测算,可以对不同控

制点进行识别,然后结合实际情况进行调整,为各个测控点坐标开展测量放样工作打下基础。因为北斗卫星导航系统的影响,所以在高速铁路工程测量过程中存在大地高适用性差的高度,这就需要结合需求转换成为实用性高程。借助RTK完成高程控制网络布置,需要注意的是,如果测量区域比较复杂、崎岖,那么卫星导航系统信号就容易受到干扰,所以基于RTK布置的高程测量网络所采集到的数据精准性将会受到影响。为了保障数据的精准性,需要用到水准仪、全站仪等设备;同时,对构建的控制网进行复核,并做好加密测量,具体可以划分成为两个组,针对平行交叉控制网、高程控制网进行复核、加密测量。具体来讲,结合高速铁路线路实际情况,分设不同首级的卫星导航系统控制点、高等级水准点,然后采用卫星导航系统完成外业采集工作,而复测工作就由业内处理,这样才能让控制网达到预期要求。

### (二) 导线加密控制点

在测量高速铁路工程中,该技术还应用于导线加密控制点,在控制网复测的基础上,明确加密控制点的位置,为后续观测与测量打下基础。具体来讲,需要结合高速铁路现场的实际情况,需要尽量规避桥梁、涵洞等,可以先借助RTK技术对测量区域中的构筑物具体位置进行初步放样,并精准标识出来;同时,合理布置加密控制点位,具体数量根据实际情况而定。埋设加密点,并稳定3~4d,然后将导线、水准外业加密工作启动,时间大概为5d;同时,借助卫星导航系统完成平差、检验、内业处理、数据观测、外业采集等工作,也就可以将导线加密点观测工作落实。从实践来看,高程点位、平面等观测精度可以达到 $\pm 20\text{mm}$ 、 $\pm 15\text{mm}$ 。

### (三) 边坡放线

该技术本身带有放样、线路设计、自动测算等,借助放样功能,工作人员可以将坐标数据、现场编制放样数据等预先上传;同时,将高速铁路边坡坡度、线路截面数据、曲线转角、半径、起始点坐标等输入,通过自动测算,可以掌握RTK流动站具体位置与测量工程位置坐标之间的差值。以差值为依据,对目标点与放样点之间的误差进行缩减,可以保障放样的精度。将高速铁路起始点坐标输入之后,还可以将流动站当前位置到放样位置之间的垂直距离自动计算出来,可以明确偏差方向,这就意味着整个流程会得到简化,放线工作效率将得到提升,可以快速测量高程与边距。之后,借助反推理论可以将线路边距计算出来,为坡线精准放样奠定基础。需要注意的是,该技术用于边坡放线,关键需要将放样误差控制好,所以在实际操作过程中,偏移量、方位箭头一定要控制在误差范围内<sup>[4]</sup>。

## 三、GNSS-RTK 技术在高速铁路工程测量中的应用方法

### (一) 测量方法

#### 1. 设置基准站

经过全面统筹高速铁路测量区域实际情况之后,需要设置基准站,特别是高程控制点与下方测量控制点之间距离较远时,建议对平面控制点进行复验,以此为基础,可以明确合理的位置,并将平面控制点设置在

这个位置,也就是卫星导航系统的基准点。利用静态测量对平面控制网进行测量,需要注意的是,相邻控制点之间尽量在1km之下,如果遇到特殊情况,建议不要超过2km。

#### 2. 转化

高速铁路工程沿线情况复杂,可能涉及城市、水库等,也就意味着常规测量方法难以达到预期目标,而且无法保障精准度,因此将采用GNSS-RTK技术。该技术可以将平面坐标转化成为技术参数,可为工程开展提供更加直观的数据、图像等。

#### 3. 分项测量

第一,常规测量。对已有的控制点进行测量,为了满足工程测量、分析等各方面要求,每个控制点测量3~5分钟。第二,定点放线。在控制器中输入高速铁路沿线关键参数,可以生成对应的路线图。放线时,控制器需要详细、展示测量点位移量,可以为工作人员施工提供便捷。第三,地形测绘。借助技术绘制压线的地形,通常来讲,多个流动站可以联动一个基准度进行作业,所以可以根据实际情况设置作业小组,然后将测绘工作完成。例如,部分铁路工程沿线涉及较多高压线路,而卫星导航系统设备或多或少会受到影响,因此要运用到全站仪,确保测绘工作有效完成<sup>[5]</sup>。

### (二) 放样内业数据

在控制器中输入高速铁路沿线各种关键要素,借助系统测算功能,可以明确控制点具体坐标。如果路段比较直,通常是间隔50m进行放线;如果路段比较完全,通常是间隔10m进行放线。

### (三) 外业操作

基于实践层面来讲,通常在基准点上方安装基准站的接收设备;同时,运行接收设备之后,需要结合实际需求对无线电、配置系统进行合理设置。开机流动站之后,结合需求将各种技术参数设置好,才能进行初始化工程。通常来讲,由设计单位提供坐标以及水平模型,但是设计单位没有考虑当地偏差,所以需要控制点坐标进行复核,将偏差最大化降低,从而保障数据精准性。建议由工作人员将坐标数据准确输入,然后连接移动站,并打开控制点一一核对坐标,确保无误。

### (四) 内业处理

借助放样数据、测量数据等,可以进一步掌握控制点有关的各种资源,然后将数据导出,并采用测绘软件处理数据,完成格式转换,为后续使用提供便捷。

## 四、GNSS-RTK 技术在高速铁路工程测量中的实际应用

### (一) 工程概况

该高速铁路工程属于沿江城际铁路,位于某城市南部,呈东西走向,途经多个区域。工程长度为268.45km,桥梁工程居多。整个路段属于某城市的交通比较发达的区域,所以会涉及跨高速公路的情况;同时,还有诸多高压电塔、明防等。整体来讲,测量难度较大,工期也相对紧张。

### (二) 作业过程

#### 1. 作业时段

本高速铁路工程情况复杂,测量工作需要在合理的时段开展,能够保障测量数据的精准性。同时,考虑到卫星分布情况也会对数据产生影响,所以布置必须合理,测量精度才会越高,因此,必须结合实际情况以及相关指标合理安排作业时段。

## 2. 平面控制网

以中心放样数据为基本依据,借助卫星导航系统静态测量方法,建立平面控制网。结合工程实际情况,相邻点之间的距离建议控制在5~8 km;同时,与国家点进行联合开展测量工作。经过调整与优化之后,可以明确各个控制点的坐标,将其作为放样的基本依据,完善平面控制网。

## 3. 高程控制网

借助卫星导航系统静态测量可以获取高程数据,但是工程通常实际采用的是相对高程,所以需要大地高程转化成为相对高程。从实际情况来看,因为测量区域高程异常往往是未知的,特别是涉及山区,精度就更加无法把握。基于此,可以每隔2km设置参考点,可以完善高程控制网,满足卫星导航系统静态测量观测需求,保障高程精度;同时,必须在水准仪模式下开展。

## 4. 地方坐标转换参数

以已知控制网为基础,选择以及该城市若干坐标、高程公共点,可以求取转换参数,可以为RTK动态测量奠定基础。值得注意的是,选择参数转换控制点时,不仅要保持均匀,还要做到多个控制,通常是3个以上,让参数转换的精准性有保障。

## 5. 基准站

信号发射直接关系到测量结果,所以选取基准站非常重要。结合工程情况,选择地势比较高、四周比较开阔的区域设置基站,并满足卫星导航系统静态观测的需求。具体来讲,选取以及设置基站,要以地方网络坐标的已知点为基本依据,通常是根据坐标的已知点完成设置。此外,也有情况需要在未知点进行设置。

## 6. 放样内业数据

输入相关参数,包括方位角、直线与曲线起始点等,借助测量程序,对所有监测点坐标进行计算。通常来讲,曲线路段间隔5m进行放样;直线路段间隔10m进行放样,该工程也采用这个标准。同时,结合数据格式在现场工作站导入监测点坐标,为后续调用提供便捷。

## 7. 外业操作

第一,在参考点设置接收机。启动接收机,做好无线电、系统等方面的设置;同时,输入转换参数。从实践来看,可能没有考虑坐标系统与大地水准模型的局部投影存在偏差现象,因此,要进行点校正,规避偏差。第二,放点坐标输入移动平板,并连接移动台;同时,移动接收器根据导航地区移动。需要注意的是,卫星导航系统显示处于有效状态中时,平板上会显示监视点坐标,此时需要标记坐标,后续待测点按照这种方式开展。

## (三) 内业处理

通过测量之后,获取控制点数据、放样数据,按照标准格式将数据导出。导出数据需要通过软件平台(例

如,CASS7.0软件)进行处理,按照规定与需求,转换为对应的文件格式,然后进行整理,完成测量工作。

## 五、注意事项与质量保障措施

### (一) 注意事项

在高速铁路工程测量中采用该技术,需要对放样环节引起重视。第一,基准站的性能一定要高,搭建点必须选择在开阔、干扰少的区域,并按照操作规定规范连接相关仪器设备;同时,输入到基准站接收器中的坐标数据必须精准。第二,在定位系统内坐标时,不仅要采取科学方法进行定位,而且需要校对,确保无误才能转化为技术参数。对于校对而言,一方面,校对已知坐标,另外一方面,校对未知、不清晰的坐标。

### (二) 质量保障措施

第一,穿线比较法。采用该技术进行测量,建议再搭建一条新的测量线路,并确定一个GNSS-RTK点。通过已知数据进行比较,判断控制点质量。第二,复测比较。搭建完成基准站,开展复测比较。RTK通常对应1~3个点,结合现场数据进行对比,数据吻合才对下一个点核对,以此类推。第三,快速静态比较法。简单来讲,采用多种方法作业,并将不同方法结果进行对比,可以体现该技术是否可靠、稳定。第四,最大限度避免数据链出现误差。从实际情况来看,该技术使用过程中,自身因素、无线电设备等所造成干扰较为严重,可能会导致一系列数据出现误差。解决这类问题,关键在于结合工程实际情况合理选择作业时间、场所等,不仅要考虑自然因素,还要对设备性能进行检查,从而保障数据尽可能不出现误差。对于设备而言,建议选择性能高的设备,设备出现问题那么数据必然存在误差<sup>[7]</sup>。

## 六、结语

综上所述,高速铁路工程测量工作通常面对的环境都比较复杂,涉及各种各样的情况,所以干扰因素较多,即使采用GNSS-RTK技术,也必须尽量规避干扰因素,才能保障测量质量。该技术效率高、精度较准、适应性较强,但是必须从实际情况入手做好各个环节的规划,尤其是重要环节建议能够采用相关方法进行核查,这样才能保障最终数据的精准性,为工程开展提供有价值的参考依据。

## 参考文献

- [1]周适,王靠省,段太生,杨维裕,江华,郭平. 铁路工程GNSS平面控制网复测相关研究及探讨[J]. 铁道勘察, 2022, 48(06): 14-19.
- [2]赵文娇. GNSS定位技术在测绘工程中的应用研究[J]. 四川建材, 2022, 48(11): 251-253.
- [3]陈建科,谢忠佷. 使用GNSS进行高铁精密工程平面控制网复测——以新建铁路北京至唐山铁路为例[J]. 河南科技, 2022, 41(19): 22-26.
- [4]武瑞宏,许双安,何金学. 铁路BDS/GNSS高精度位置服务平台建设方案研究[J]. 测绘标准化, 2020, 36(03): 27-31.

作者简介:孔德福,男,1996.06.20,江西,汉族,本科,助理工程师,研究方向:测绘工程。