

GNSS-RTK技术在城镇市政道路施工放样中的应用研究

祁辅银 曾庆波

海南沿途空间信息技术有限公司, 中国·海南 万宁 571500

摘要: 城镇市政道路工程施工场景复杂、精度要求高、施工管控难度大, 放样测量作为道路施工的核心基础工序, 其精度与效率直接决定工程施工质量、进度及使用性能。传统测量放样方式受通视条件、人为操作、场地环境制约较大, 存在作业效率低、数据可追溯性差等弊端。GNSS-RTK 技术凭借高精度、高效率、无通视限制的优势, 广泛应用于市政道路放样作业。本文系统阐述该技术的施工应用流程, 分析其应用优势与现场常见问题, 并针对性提出优化改进策略, 为城镇市政道路施工放样标准化、精细化作业提供参考。

关键词: GNSS-RTK 技术; 道路施工; 放样

Research on the Application of GNSS-RTK Technology in Construction Surveying for Urban Municipal Roads

Qi Fuyin, Zeng Qingbo

Hainan Route-Specific Spatial Information Technology Co., Ltd., China Hainan Wanning 571500

Abstract: Urban municipal road construction scenarios are complex, entail high precision requirements, and present significant challenges in construction management and control. As a core foundational process in road construction, surveying and layout work directly determines the quality, progress, and operational performance of the engineering project. Traditional surveying and layout methods are heavily constrained by visibility conditions, manual operation, and site environment, often resulting in low operational efficiency and poor data traceability. In contrast, GNSS-RTK technology, owing to its advantages of high precision, high efficiency, and absence of visibility constraints, has been widely adopted in municipal road surveying operations. This paper systematically elaborates on the construction application workflow of this technology, analyzes its key advantages and common field challenges, and proposes targeted optimization strategies, thereby providing a reference for standardizing and refining construction surveying practices for urban municipal roads.

Keywords: GNSS-RTK technology; Road construction; Layouting

1 GNSS-RTK 技术在城镇市政道路施工放样中的具体应用流程

1.1 施工前期准备工作

施工前期准备是保证 GNSS-RTK 放样作业精度、稳定性和施工效率的基础性前提工作, 主要包含资料收集、设备校验、控制网布设和参数校准这四个主要的工作内容。正式施工前需要系统收集市政道路全套设计图纸、地质勘察报告、区域等级控制点坐标、高程基准等基础数据, 准确掌握道路线形指标、里程区间、红线范围、附属构筑物设计参数, 确定放样作业范围和精度控制标准。对基准站、流动站、数据传输模块做全方面精度自检, 检测卫星接收能力、差分信号传输稳定性、设备续航能力。

1.2 基准站与流动站布设

基准站布设质量直接影响到差分修正数据的准确性、稳定性, 是 RTK 高精度放样前提。现场布设位置要视野开阔、无高层建筑、无茂密树木遮挡、远离高压线、通信基站等电磁干扰源的地方, 防止由于电磁干扰、施工震动、人员踩踏造成的点位偏移。设备架设完毕后, 准确输入基

准站已知的坐标和高程数据, 启动自动持续观测模式, 稳定发出差分修正信号, 一直实时监控信号传输情况, 防止出现数据中断现象。流动站作业前必须进行设备初始化, 待设备进入稳定固定的解状态后, 浮点解、单点解状态严禁进行放样作业。

1.3 核心工序放样作业

GNSS-RTK 核心放样作业包含道路线形放样、高程坡度放样和附属设施放样三个工序, 满足市政道路施工全生命周期测量需求。作业前将道路中线、边线设计坐标批量导入测量设备, 准确输入道路里程、起止点、转角、曲线要素等主要参数, 使设备自动产生全域放样点位, 对圆曲线、缓和曲线等特殊线形地段加密 2~5 米间距的放样点位, 保证道路线形平顺。利用 RTK 一体化测量功能, 同时完成路基、路面结构层、边坡、排水坡度的高程放样, 根据设计纵坡、横坡参数标定施工控制标高。

1.4 数据复核与成果整理

单段道路放样作业结束后, 必须进行系统的精度复核工作, 按照规范随机抽取放样点位进行复测, 主要对道路

转角、曲线控制点、高程控制点等关键点位进行偏差检测,准确对比实测数据和工程设计数据的差值,保证平面误差、高程误差均符合市政道路施工测量规范标准。如果检测出点位偏差超差,就要立刻查找设备状况、差分信号传递、坐标参数设定以及人为操作等各方面的原因,改正之后再重新放样校准,防止出现精度问题。全部放样工作结束之后,对放样原始记录、点位坐标数据、偏差统计报表、精度复核报告等资料进行系统的整理汇总,并完成数字化成果的归档工作。

2 GNSS-RTK 技术在城镇道路放样应用中的优势分析

2.1 适配城镇复杂施工场景

城镇市政道路施工环境复杂多变,老旧城区建筑密集、树木遮挡严重,新建城区多工种交叉施工、场地杂乱、交通管制频繁,传统全站仪、水准仪等测量设备受通视条件限制,作业难度大、迁站次数多、施工效率低。GNSS-RTK 技术不需要点位通视,只要稳定接收卫星信号就可以完成测量工作,可以很好地适应城镇各种复杂的施工场地,大大简化了控制点的布设和频繁迁站的繁琐工序。设备作业灵活、启停方便,可以很好地适应城镇道路分段施工、临时停工、交通管制等碎片化的作业模式,避免了复杂场地、动态施工给测量工作带来的限制,保证放样的作业连续、高效、有序进行,具有很强的适应性和现场实用性。

2.2 提升施工精度

市政道路的线形平顺度、高程和坡度精度影响着车辆行驶的舒适性以及道路整体的使用寿命,传统的手工放样方式容易受到设备精度、人为操作误差、现场通视条件的影响,累计测量误差大,很容易造成道路线形扭曲、路面坡度不均匀、线形衔接突兀等问题。GNSS-RTK 技术依靠高精度差分定位原理,可以很好地消除设备系统误差和人为操作误差,点位精度均匀、误差可控、稳定性好。可以准确控制道路整体线形、路面高程、纵横坡度、各种附属设施的安装位置,从源头上杜绝路面积水、行车颠簸、管线对接错位等常见的施工质量问题,提高城镇市政道路施工的精细化、标准化水平。

2.3 降低作业成本

传统的市政道路放样工序复杂,控制点的布设、点位的放样、数据的复核等全过程要靠多人共同完成,人力成本高、工序繁琐、工期长,整体时间成本和经济成本都较高。GNSS-RTK 技术一人独立完成作业,大大简化了控制点布置、设备迁站、重复校对等多余工作,减少现场人力。设备智能化程度高,可以自动完成数据解算、点位记录、偏差统计等工作,大幅缩短了放样的作业时间,给后

面路基填筑、路面摊铺、管线铺设等主要工序留出了充足的施工时间,有效地解决了城镇道路施工工期紧张、占道施工压力大的问题,具有明显的经济效益和社会效益。

2.4 数据智能留存

GNSS-RTK 放样作业全过程采用数字化、智能化管控方式,消除了传统测量手工记录的弊端,所有的放样点位坐标、高程数据、偏差数值、复核校验数据都可以被自动保存到设备终端,可以随时导出、查阅、比对和复盘。有效地克服了传统的人工记录容易出现错记、漏记、数据失真、资料丢失等种种弊端,保证测量数据的真实性、完整性、准确性。整套数字化作业成果可以全程留痕溯源,可以给工程施工质量验收、监理单位核查、竣工资料归档、道路后期运维检修提供准确可靠的依据,使市政道路工程质量管理走向规范化、标准化、可追溯化。

3 GNSS-RTK 技术现场应用常见问题

3.1 信号干扰与遮挡导致精度波动

城镇城区密集的高层建筑、成片乔木绿植极易遮挡卫星信号,导致 GNSS-RTK 设备接收卫星数量不足、信号强度大幅衰减,设备无法解算出稳定固定解,频繁处于浮点解、单点解状态,直接造成放样精度大幅下降。城区内密布的高压输电线路、通信信号基站、大型施工机电设备会产生持续电磁干扰,严重影响基准站与流动站之间差分信号的传输质量,引发数据延迟、信号波动甚至瞬时中断等问题,直接导致点位放样偏差超标、局部放样失效,极大影响 GNSS-RTK 现场作业的稳定性、连续性与测量精准度,是城区施工最常见的精度影响因素。

3.2 高程放样精度稳定性不足

GNSS-RTK 技术平面定位精度高、稳定,但是高程测量精度受外界环境的影响较大,电离层昼夜变化、对流层折射偏差、高程拟合参数适配度不够,都会造成高程放样的稳定性差。城镇施工区域地形起伏大、建筑密度差别明显,全域统一的高程拟合参数不能适应各个区域的地形地貌特点,很容易造成局部区域高程偏差超限。道路纵坡横坡控制、路面结构层分层摊铺、市政排水工程放样等重要施工工序中,微小的高程误差都会造成路面排水不畅、积水窝、坡度不均等问题,直接关系到道路通行体验和排水功能,是现场放样作业的主要薄弱环节。

3.3 人为操作与参数设置误差

现场放样误差很大程度源于人为操作与参数设置不规范,部分作业人员专业能力不足,对坐标系转换、高程拟合参数选取、设备初始化等核心操作掌握不熟练,极易出现参数录入错误、拟合参数选用不当、非固定解强行放样等违规操作,引发系统性整体放样误差。作业过程中,流

动站对中整平不规范、手持设备倾斜、点位标记偏移、复测不到位等细节问题,会进一步放大测量偏差。城镇施工现场控制点长期受施工机械振动、土方开挖、人员活动扰动,容易出现点位损毁、位移现象,若未定期复测更新基准数据,会造成整体放样基准偏移,严重影响道路施工整体精度。

3.4 极端天气影响作业连续性

GNSS-RTK 设备依靠卫星信号与差分信号传输实现精准定位,作业精度极易受气象环境影响,雨天、大雾、强风、雷雨等极端恶劣天气会严重干扰卫星信号接收与差分数据传输,大幅降低设备定位解算精度,严重时会造成设备无法正常搜星、终止作业。城镇市政道路施工均为露天作业,受天气条件制约明显,恶劣天气下放样作业必须强制中断,直接造成施工工序脱节、作业停滞,拖慢整体施工进度。此类气象不可抗力无法消除,只能通过规避与防护降低影响,严重制约了 GNSS-RTK 放样作业的连续性、稳定性,对工程工期管控造成较大负面影响。

4 GNSS-RTK 施工放样问题的优化策略

4.1 优化作业点位布设

提前对施工现场进行全面勘察,合理选择基准站布设点位,避开高层建筑遮挡区、茂密绿植区、各种电磁干扰源,保证卫星信号和差分信号的稳定传输。针对市中心高楼林立、信号遮挡严重的情况,放弃传统的单点基准站工作方式,接入城市全覆盖的 CORS 网络 RTK 系统,依靠全域差分数据来提高定位的稳定性以及放样的精度。优先选择天气晴朗、卫星信号好的时段进行放样工作,对局部遮挡无法避免的点位,采用 RTK 和全站仪结合的方式进行施工,RTK 完成大范围快速放样,全站仪补充局部精细点位测量,保证整体放样的精度。

4.2 优化高程拟合算法

改进传统的全域统一高程拟合方式,实行分区精准拟合方案。根据施工区域地形起伏、建筑分布、地貌特点选择分布均匀、状态良好、精度可靠的高程控制点,在各区域进行高程拟合计算,提高局部区域高程参数的适应性,从根本上减少高程系统偏差。作业前要对所有的高程控制点做逐一的复核校验工作,剔除损毁、位移、失效的点位,保证放样基准数据准确无误。放样完成后,用高精度水准仪对道路纵坡、横坡、排水节点、结构层标高等重要高程点位做复测校正,消除 RTK 高程微小误差,保证高程精度达到市政道路施工规范要求。

4.3 规范人员作业流程

建立规范化的 GNSS-RTK 放样作业流程,明确设备

校验、参数录入、坐标系转换、点位校准、放样作业、数据复核全流程操作标准,严格遵守非固定禁止施工的作业准则。定期对作业人员开展专项技能培训,主要是对参数校准、误差排查、设备故障处理、坐标系匹配等主要技能进行培训,从而提高操作人员的技术水平。严格按照双人复核作业程序进行,道路重要部位、关键工序放样完成之后,指定专人对本次作业成果开展一次自查复核工作,清除操作过程中出现的误差。建立控制点复测制度,定时检查点位情况,及时更换失准或者破坏的点位,保持放样基准的准确性、稳定性。

4.4 完善设备保障

完善设备运维保障属于提高放样稳定性的有效手段,要创建 GNSS-RTK 设备检修、校准、维护制度,定时保养硬件设备,及时更新测量系统和操作软件,改善卫星搜星和数据解算算法,全面加强设备的抗干扰能力和定位稳定性。施工现场应配备备用基准站、流动站和应急电源,及时处理设备故障、电量不足、信号异常等突发事件,保证放样工作连续进行。根据气象预报科学安排施工时序,提前避开雷雨、大雾、强风等恶劣天气,做好设备防水、防风、防雷防护工作,减少天气和设备故障给作业精度带来的影响,提高城镇道路 RTK 放样的可靠性、规范性。

5 结语

本文对 GNSS-RTK 技术在城镇市政道路放样的应用过程及主要优点进行了梳理,并指出现有研究的不足之处,得出该技术具有适合复杂环境、作业精度高、成本低、数据可追溯等特点,可以为市政道路精细化施工测量提供一定的技术参考。研究发现,该技术仍然存在城区信号容易被遮挡、高程精度不稳定、受极端天气的影响等缺点,从而影响到作业的连续性。未来可以依靠智能监测、大数据算法不断改进高程拟合模型和设备抗干扰性能,使 GNSS-RTK 同全站仪、无人机测量技术相结合,从而提高城镇市政道路测量作业的智能化、精准化、全天候施工能力。

参考文献:

- [1] 肖伟. 面向城市更新工程测量的 GNSS-RTK 与全站仪联合观测精度优化. 中国城市规划知识仓库.
- [2] 李梦然, 舒宝, 王利等. 轻量化三维模型辅助下的因子图 GNSS 定位增强方法[J]. 导航定位与授时, 2026(03).
- [3] 李祖锋. GNSS 工程控制测量技术与应用[M]. 中国水利水电出版社.

作者简介: 祁辅银(1996-), 男, 汉族, 本科, 助理工程师, 研究方向: 测绘工程方向。