

GNSS-RTK 结合全站仪在城市轨道交通施工放样中的优化应用与误差控制

谢细娟

江西星晨工程技术服务有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v8i5.2317

[摘要] 鉴于城市轨道交通施工放样对精度与效率存在严苛要求,而单一测量技术易遭受环境或者场景的限制,其中像GNSS-RTK虽能够快速准确地获取三维坐标,可在高楼极为密集、遮挡相当严重区域容易产生信号失锁状况;全站仪尽管精度很高,然而受测程所限制,进而效率显得偏低。基于这一系列情况,提出将二者予以结合的优化应用方案,通过让它们优势互补来构建起高效测量体系。需要明确此结合应用之中的核心思路与流程,对仪器精度、环境干扰、操作规范等关键误差来源进行系统分析之后,针对性制定出仪器校准、环境适配、流程管控等误差控制方面的措施。

[关键词] GNSS-RTK; 全站仪; 城市轨道交通; 施工放样; 误差控制

中图分类号: U213.2 **文献标识码:** A

Optimized Application and Error Control Strategy of GNSS-RTK Integrated with Total Station in Urban Rail Transit Construction Layout

Xijuan Xie

Jiangxi Xingchen Engineering Technology Service Co., Ltd.

[Abstract] Given the high demands for accuracy and efficiency in urban rail transit construction layout, standalone measurement techniques often face limitations due to environmental or operational constraints. For instance, GNSS-RTK enables rapid acquisition of three-dimensional coordinates; however, it is prone to signal loss in urban environments characterized by dense high-rise buildings and severe signal obstruction. In contrast, total stations provide high measurement precision but suffer from limited range and relatively low operational efficiency. To address these challenges, this study proposes an optimized integrated application approach that combines GNSS-RTK and total station technologies, capitalizing on their complementary strengths to establish a more efficient and reliable surveying system. The fundamental principles and implementation procedures of the integrated method are systematically elaborated. Furthermore, through a comprehensive analysis of major error sources—including instrument accuracy, environmental interference, and human operational factors—targeted error control strategies are developed, encompassing instrument calibration, site-specific environmental adaptation, and standardized process management.

[Key words] GNSS-RTK; Total Station; Urban Rail Transit; Construction Layout; Error Control

引言

城市轨道交通作为城市交通网络之中的核心组成部分,其施工质量会直接关系到运营安全与效率,施工放样更是保障工程质量的关键环节。随着城市建设进程的不断加快,轨道交通施工场景变得愈发复杂,不仅有高楼密集的市中心区域,还有地质条件多变的郊区路段,这对测量技术提出更高的要求。传统单一测量技术难以同时兼顾精度与效率,比如GNSS-RTK在开阔区域

有着优异表现但抗遮挡能力较弱,全站仪虽然精度可靠,然而作业范围有限。

1 相关技术原理概述

1.1 GNSS-RTK技术核心原理

GNSS-RTK也就是实时动态差分定位技术,它的核心在于通过基准站与流动站的协同工作进而实现高精度定位。基准站固定设置在已知坐标点上,会持续接收所有可见的GNSS卫星信号,

实时对观测值与理论值的差分改正数进行计算,并且通过数据链向流动站进行传输。流动站同时接收卫星信号以及基准站所传输的改正数,结合自身观测的数据开展实时差分处理,从而快速解算出流动站的三维坐标。

1.2 全站仪测量技术原理

全站仪属于集光、机、电于一体的光学测量仪器,它的核心功能是测量水平角、竖直角和距离,通过内置程序计算目标点的三维坐标。其工作原理是以三角测量法作为基础,通过望远镜瞄准目标反射棱镜之后,发射激光或者红外光信号,接收反射信号以后计算光程差以此来确定距离;同时借助水平度盘和垂直度盘测量角度,结合已知的测站点坐标和高程,解算得出目标点的坐标。

1.3 二者结合适配性分析

GNSS-RTK与全站仪在技术特性方面所呈现出的显著互补性,实际上为二者的结合应用奠定了坚实基础。从作业场景的角度来看,擅长在开阔区域进行大范围快速放样的GNSS-RTK,能够高效地完成如线路控制桩以及区间轴线之类的布设工作;而适用于车站、隧道等遮挡严重或者封闭场景的全站仪,则能够精准地完成构件安装与细节放样工作。从精度与效率平衡的视角来讲,凭借GNSS-RTK所具备的高效性可对全站仪大范围作业时存在的短板加以弥补,全站仪拥有的高精度又能够校准GNSS-RTK在复杂区域出现的定位偏差。

2 结合应用优化方案设计

2.1 测量流程优化设计

以“分区作业、精度互补”为核心的结合应用测量流程优化,可划分为三个关键环节。首先就是前期准备,要利用GNSS-RTK快速地对线路一级控制网进行布设,从而覆盖整个施工区域,并获取高精度的控制桩坐标;与此同时,采用全站仪针对车站、隧道等封闭区域来布设二级控制网,以此加密控制点密度。其次为分区放样,在开阔区域采用GNSS-RTK来进行诸如主体结构轴线、基坑边界等大范围的放样;在封闭或遮挡区域则需切换为全站仪,基于二级控制网完成构件安装点位、预埋件等精细的放样工作。最后是数据核验,借助全站仪对GNSS-RTK放样的关键点进行精度抽检,同时运用GNSS-RTK校准全站仪控制网,进而形成闭环质控流程。

2.2 数据交互机制优化

聚焦于“实时共享、无缝融合”的数据交互机制优化,其目的在于解决二者数据割裂这一问题。构建起基于移动终端的实时数据传输系统,GNSS-RTK与全站仪通过蓝牙或者5G网络接入此系统,将测量数据实时上传到云端数据库,从而实现数据同步更新。制定标准化的数据格式转换规则,统一坐标系统(采用城市独立坐标系)以及数据输出格式(兼容CAD、CASS等主流软件),以避免出现数据转换误差。

2.3 复杂场景适配优化

针对城市轨道交通当中不同的复杂场景,需制定差异化的适配策略。在高楼密集的市中心区域,采用“GNSS-RTK+全站仪

接力”模式,利用GNSS-RTK在间隙开阔的地方布设临时控制点,之后再通过全站仪向遮挡区域传递坐标,以此解决信号遮挡的问题。在隧道施工场景中,前期利用GNSS-RTK完成洞口控制桩的布设,在隧道内部采用全站仪开展导线测量和放样工作,并且结合陀螺仪定向来确保隧道轴线的精度。在基坑开挖等动态场景之中,采用GNSS-RTK实时监测基坑的变形情况,同步使用全站仪对变形关键点位进行精准的复测,从而实现动态放样与变形监测一体化。

3 施工放样误差来源分析

3.1 仪器自身误差因素

仪器自身误差作为影响放样精度的基础因素,主要涵盖设备精度等级以及校准状态这两方面内容;像GNSS-RTK自身误差主要源自卫星信号接收模块精度、相位中心偏差还有数据链传输误差等情况,由于信号弱区域低精度接收机就容易出现定位漂移现象,要是相位中心未校准便会致使系统误差产生。而全站仪的自身误差则涵盖着照准误差、读数误差、视准轴误差以及垂直度盘指标差等方面,望远镜照准精度不够、度盘刻度出现偏差或者补偿器失效等状况,均会直接对角度与距离测量精度造成影响。

3.2 外界环境干扰误差

外界环境干扰对这两种技术均有显著影响,且表现形式并不相同。GNSS-RTK受电磁干扰以及遮挡的影响十分明显,比如在城市里高压线路、通信基站所产生的电磁辐射会干扰卫星信号接收,高大建筑物、树木的遮挡会造成信号多路径效应,进而让定位精度降低甚至出现失锁情形。全站仪受到气象条件和光照环境的影响较大,高温或者低温天气会因仪器部件热胀冷缩而影响轴系精度,大风天气致使仪器抖动进而降低照准稳定性,强光环境下望远镜视场对比度下降容易出现照准偏差。

3.3 操作过程人为误差

操作过程人为误差是由于测量人员操作规范程度以及技术水平方面原因导致。在GNSS-RTK操作当中,天线对中整平偏差、高差值输入错误、基准站坐标设置失误等都可能产生误差,尤其是对中整平不规范直接造成点位坐标偏差。全站仪操作的人为误差主要包含照准偏差、读数错误以及数据记录失误,照准时没有精确对准棱镜中心、读数时估读存在偏差或者手动记录数据出现笔误等都会影响测量结果。

4 误差控制关键技术措施

4.1 仪器校准与检验措施

要建立一个全周期仪器校准与检验体系,从源头去控制自身误差。需制定定期校准计划,如GNSS-RTK每半年开展一次静态观测校准,通过与已知高精度控制点进行比对从而修正相位中心偏差和定位漂移;全站仪每月要进行照准部水准管、视准轴、横轴等项目校准,利用标准基线法来检验距离测量精度。在施工前要进行现场检验,GNSS-RTK于作业区域布设临时检核点并对比观测值与已知值;全站仪采用“测回法”观测水平角以检查测角精度。同时要配备专用校准设备,建立现场简易校准装置,

比如利用标准棱镜组来检验全站仪校准精度, 以此确保仪器一直处在合格状态。

4.2 环境干扰应对措施

针对因环境所呈现出的不同干扰类型, 应当采取与之相对应的具有针对性的防控措施。像是对于GNSS-RTK信号遭受干扰这种情况而言, 在电磁干扰极为强烈的区域就需要选用具备较强抗干扰能力的接收机, 并且要避开像高压线路以及基站这类干扰源来合理地布设基准站; 而当面临遮挡相关问题的时候, 就要采用那种多星座接收机(此接收机能够兼容GPS、北斗、GLONASS), 以此来有效提升信号接收方面的能力, 若有必要还需采用中继站以达到延伸信号覆盖范围的目的。至于全站仪所受环境影响方面, 在高温或者低温天气条件下进行作业之际, 需提前将仪器放置于现场具体环境当中予以预热或者预冷处理; 遇到大风天气则要采用加重对中杆或者固定仪器脚架的方式; 在强光环境状况下就需要使用遮光罩, 进而提升照准的清晰度。

4.3 操作规范与质控措施

制定标准化性质的操作流程并且强化在操作过程当中的质量控制, 以此来有效降低因人为因素而导致的误差。具体来说, 要编制十分详细的操作手册, 明确诸如GNSS-RTK天线对中整平、基准站设置以及数据采集等一系列关键步骤具体的操作标准, 严格要求对中误差不能超过1mm; 规范全站仪照准、读数以及数据记录的相关流程, 采用“双人复核”这样的制度, 以避免出现读数和记录方面的错误。建立起三级质量控制体系, 涵盖作业人员的自我检查、班组之间的相互检查以及项目部的抽检, 重点对关键放样点位的坐标偏差进行核查。

5 优化应用实施保障策略

5.1 人员技术培训保障

构建分层级的人员技术培训体系, 以此来保障结合应用技术能够顺利落地。针对测量骨干专门开展进阶性质的培训, 其内容广泛涵盖GNSS-RTK与全站仪相结合的原理、复杂场景的适配策略以及数据融合处理技术等方面, 通过实际案例操作切实提升问题解决能力; 而对一线作业人员主要进行基础操作的培训, 重点强化仪器的规范操作、数据记录以及现场检核的具体流程, 确保他们能够熟练掌握标准作业程序。与此同时, 建立起定期考核机制, 通过将理论考试与现场实操相结合的方式检验培训所取得的效果, 只有考核合格之后才能够上岗。

5.2 设备运维管理保障

建立全生命周期的设备运维管理体系, 以此来确保仪器性能处于稳定状态。制定设备台账, 详细记录GNSS-RTK、全站仪等仪器的采购信息、校准记录、维修历史以及使用状况, 最终实现设备的溯源管理; 实行“谁使用、谁负责”的责任制度, 要求作业人员在每次使用之前检查仪器状态, 诸如全站仪制动螺

旋、GNSS天线连接等方面情况, 在使用之后对其进行清洁保养并且存放于专用的防潮箱当中; 针对关键施工环节, 比如隧道贯通放样, 配备备用设备, 提前准备好备用全站仪和GNSS接收机, 避免因设备出现故障进而影响施工进度; 委托专业机构定期对仪器进行深度校准工作, 确保设备精度能够满足相应要求。

5.3 数据安全与保障

为保障测量数据可靠, 需要构建那种全方位的数据安全管理与保障体系。在这一体系下, 应建立云端数据管理平台用来对GNSS-RTK与全站仪所获测量数据进行实时备份操作, 同时采用加密存储技术旨在防止数据出现泄露或者被篡改的情况, 并且设置操作权限分级管理以此限制数据修改的相关权限。此外, 制定数据归档制度, 以便将施工各阶段的诸如测量数据、校准记录、检核报告等分类进行归档, 从而形成完整数据档案, 这种档案对于后续追溯以及竣工验收很有用处。还需建立数据异常应急处理机制, 即当察觉到数据偏差或者丢失情形时要启动备用数据恢复流程, 依靠历史备份数据去还原测量结果。

6 结论

由于城市轨道交通施工放样在精度与效率方面存在需求, 使得GNSS-RTK与全站仪结合应用的发展得以推动。研究明确了二者之间具备技术互补性, 通过对测量流程、数据交互机制以及复杂场景适配策略进行优化, 构建出了高效的结合应用体系, 这一体系解决了单一技术在不同场景之下所面临的应用瓶颈。系统分析仪器自身、外界环境、操作过程这三类误差来源后, 所提出的校准检验、环境应对、规范质控等措施, 能够有效地将放样误差控制在规范要求的范围内, 也就是±5mm以内。结合应用实施过程中关于人员、设备、数据的保障策略, 为该项技术的落地提供了坚实有力的支撑。

【参考文献】

- [1] 王晓, 王军, 柴华彬. 不同遮挡下GNSSRTK数据采集的精度分析[J]. 太原科技大学学报, 2025, 46(05): 420-425.
- [2] 吴学超. 基于GNSS技术与全站仪济青高速改扩建工点测量中的应用及精度分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(5): 110-113.
- [3] 贾存鹏. 全站仪和GNSS-RTK在数字测图技术标准中的应用初探[J]. 中国标准化, 2018, (24): 110-111.
- [4] 杨志文. 全站仪和GNSS-RTK联合在数字测图中的应用初探[J]. 机械管理开发, 2018, 33(04): 120-122.
- [5] 杨洪国, 焦守豪, 张传伟, 等. GNSS-RTK测量和全站仪测量技术在数字化测图中的应用[J]. 山东工业技术, 2018, (03): 125.

作者简介:

谢细娟(1986--), 女, 汉族, 江西人, 大学本科, 研究方向: 测绘方向。