

GNSS-RTK 与全站仪组合在大型市政工程测量中的效率优化

郝星宇

河北华勘资环勘测有限公司, 河北省承德市, 067000;

摘要: 随着城市建设的迅猛发展, 大型市政工程的规模持续扩张, 对测量工作的精度与效率提出了更为严苛的要求。本文系统探究 GNSS-RTK (全球导航卫星系统-实时动态定位技术) 与全站仪组合在大型市政工程测量中的应用路径, 通过剖析二者的技术特性、作业流程及实际工程案例, 阐明该组合模式对测量效率的优化效能, 为同类工程测量实践提供可借鉴的经验。

关键词: GNSS-RTK; 全站仪技术; 市政工程测量

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 05. 008

1 GNSS-RTK 与全站仪技术概述

1.1 GNSS-RTK 技术原理与特点

GNSS-RTK 技术以全球导航卫星系统为依托, 借助基准站与流动站之间的载波相位差分观测数据, 实时解算流动站的三维坐标。其核心工作机制为: 基准站接收卫星信号后, 通过数据传输链路将观测数据实时发送至流动站; 流动站在接收卫星信号的同时接收基准站数据, 利用差分算法消除卫星轨道误差、电离层延迟、对流层延迟等公共误差, 进而实现厘米级的高精度定位。

作业效率高: 单人即可独立操作, 无需保障点与点之间的通视条件, 在开阔区域一次设站可覆盖 5-10km 半径范围, 能够快速获取大批量点位坐标, 大幅缩减传统测量所需的控制点数量和搬站频次。单个放样点的观测时间仅需 1-2 秒, 每日可完成较长距离的中线测量任务。

精度分布均匀: 在有效作业范围内, 定位精度稳定达到厘米级, 且各点位精度分布相对均匀, 不存在误差累积问题。这一特性使得测量结果在大面积区域内具有较高的一致性和可靠性。

全天候作业: 不受阴天、小雨等天气条件及时间因素的限制, 只要卫星信号接收状况良好, 即可开展测量作业, 能够适应多样化的施工环境和工期要求。

1.2 全站仪技术原理与特点

全站仪是集测角、测距、测高差功能于一体的综合性测量仪器。它通过测量已知点与未知点之间的水平角、竖直角和斜距, 依据三角测量原理计算未知点的三维坐标。测量过程中, 仪器可自动存储测量数据, 并能通过内置程序完成简单的数据处理与计算。

测量精度高: 在近距离测量场景中可达到毫米级精度, 尤其适用于建筑物基础施工、市政桥梁关键结构部

位等对精度要求极高的工程测量环节, 为工程质量把控提供可靠的数据支撑。

适应性强: 不受卫星信号干扰影响, 在城市高楼密集区、山区峡谷、地下空间等 GNSS-RTK 信号遮挡严重的区域, 能够稳定获取精准测量数据, 同时可对隐蔽墙角、狭窄沟渠等特殊地形地物进行测量。

功能多样: 除基础测量功能外, 还具备放样、对边测量、悬高测量等扩展功能, 能够满足不同类型市政工程测量的多样化需求。

2 GNSS-RTK 与全站仪组合在大型市政工程测量中的作业流程

2.1 前期准备

全面搜集测区相关资料, 包括已有的地形图、控制点坐标、地质勘察资料、地下管线分布图纸等。这些资料对于科学制定测量方案、合理选择测量仪器以及精准确定测量重点区域具有重要的指导意义。例如, 通过分析已有地形图, 可初步掌握测区的地形地貌特征, 预判 GNSS-RTK 与全站仪在不同区域的适用程度; 掌握控制点坐标信息, 有助于在测量过程中进行坐标系统转换和精度校验。

对测区进行实地勘察, 深入了解测区的实际地形、地物分布情况, 以及周边环境对测量工作的潜在影响。重点排查测区是否存在大面积水域、高压线、通信基站等可能干扰 GNSS 信号的因素, 同时观察建筑物密集程度、道路通行状况等, 以便科学规划测量路线和确定仪器架设位置。例如, 发现测区存在高压线时, 需提前规划避让高压线的测量路径, 避免 GNSS-RTK 信号受到干扰; 针对建筑物密集区域, 预先确定全站仪观测点位, 确保能够通视到目标测量部位。

对 GNSS-RTK 设备和全站仪进行全面检查与校准,

确保仪器设备处于良好工作状态。检查 GNSS-RTK 设备的电池电量、卫星信号接收稳定性、数据传输链路通畅性等；对全站仪进行测角、测距精度校验，检查对中、整平功能的准确性。例如，使用标准基线对全站仪的测距精度进行校准，通过已知角度的目标对全站仪的测角精度进行检测，保障测量数据的准确性。

2.2 控制测量

在测区空旷、卫星信号好的区域，优先用 GNSS-RTK 进行首级控制测量。依据测区范围和精度要求科学布设控制点，控制点要均匀分布且满足间距要求。将基准站设于地势高、视野好、无信号干扰源处，确保稳定接收卫星信号并覆盖测区。流动站按预定路线测各控制点坐标，测量时严格监控观测时间、卫星数量、PDOP 值等指标，保证数据可靠，通常每个控制点观测不少于 5 分钟，卫星不少于 5 颗，PDOP 值小于 6。用专业软件处理数据和平差计算，得出高精度首级控制网坐标成果。对于 GNSS-RTK 信号受遮挡或精度要求更高的局部区域，以首级控制点为基准，用全站仪进行加密控制点测量。选通视好的位置布设加密控制点，全站仪观测时用测回法测角度、往返观测测距提升精度，如四等及以上精度要求的加密控制点，角度测量至少两个测回，距离测量往返较差要符合标准。通过全站仪加密控制测量，提高测区控制网密度和精度，为碎部测量提供可靠基准。

2.3 碎部测量

在开阔无信号遮挡区域，用 GNSS-RTK 进行碎部测量。测量人员持流动站按预定方案采集地形地物特征点，流动站实时显示坐标和高程信息，人员据此记录地物信息。如测线性地物沿走向移动流动站获特征点坐标，测建筑物采集关键特征点。GNSS-RTK 测量速度快，能短时间完成大面积数据采集，提升作业效率。

而在 GNSS-RTK 信号不佳的建筑物密集区、地下停车场、隧道等区域，使用全站仪进行碎部测量。将全站仪架在已知控制点，对中整平后，测水平角、竖直角和距离获碎部点三维坐标。测量时通常采用草图法，一名人员操作仪器，一名跑尺员放棱镜，一名人员绘草图记录信息。如在建筑物内部，跑尺员放棱镜，操作仪器人员观测记录数据，绘图人员标注信息。全站仪在复杂环境能发挥高精度、抗干扰优势，准确获取碎部点数据。

2.4 数据处理与质量控制

将 GNSS-RTK 和全站仪采集的数据分别导入专业数据处理软件。对于 GNSS-RTK 数据，先转换格式，再进行基线解算、网平差等处理，得到精确坐标；对于

全站仪数据，格式转换后利用软件功能计算碎部点坐标。数据处理时，要编辑整理数据，删除错误或重复数据，补测缺失数据。例如，GNSS-RTK 数据中 PDOP 值过大导致坐标精度不可靠的点应删除重测；全站仪数据中因棱镜对中误差导致的异常坐标值需修正或重测。同时，建立严格质量控制体系，全面检查评估测量数据质量。采用内部符合精度检查、外部检核测量、数据对比分析等方法。内部符合精度检查通过计算重复性精度、相对精度等指标判断数据稳定性和可靠性，如计算 GNSS-RTK 控制点多次测量坐标的中误差，在规定范围内则符合精度良好。外部检核测量通过选择已知点或用其他独立测量手段获取的点检核测量成果，如用全站仪复测 GNSS-RTK 测量的部分控制点，差值在允许范围则成果可靠。数据对比分析是将本次测量数据与已有相关数据对比，检查一致性和合理性。通过严格质量控制，确保测量数据准确可靠，为后续工程提供数据支持。

3 GNSS-RTK 与全站仪组合在大型市政工程测量中的效率优化分析

3.1 提高作业效率

GNSS-RTK 在开阔区域大范围测量优势明显，一次设站可完成大面积控制点与碎部测量，减少控制点布设数量。传统全站仪需多个控制点频繁搬站，而 GNSS-RTK 与全站仪组合应用时，全站仪仅在 GNSS-RTK 无法有效测量的局部区域，以少量 GNSS-RTK 控制点为基础进行加密和碎部测量，减少搬站次数。如 10 平方公里大型市政工程测区，单独用全站仪需布设数百个控制点并频繁搬站，组合测量可使控制点减至数十个，搬站次数降低，提升作业效率。大型市政工程测区地形多样，GNSS-RTK 在开阔地形能快速获取大量点位坐标，全站仪在信号遮挡严重区域发挥作用。两者组合，测量人员可依不同地形和环境灵活选仪器，避免单一仪器局限性。例如城市道路建设，开阔路段用 GNSS-RTK，建筑物密集处切换全站仪，确保测量连续高效，缩短测量时间，提升整体作业效率。

3.2 提升测量精度

GNSS-RTK 与全站仪测量原理和误差来源有差异。GNSS-RTK 误差主要源于卫星信号传播延迟、多路径效应等；全站仪误差主要包括仪器自身测量、观测误差及外界环境因素影响。组合测量时，可相互检核，如对关键控制点或重要地物特征点用两种仪器测量并对比结果，差值在允许范围则精度可靠，超出则分析原因并重新测量或修正，以此及时发现误差、提升精度可靠性，

满足工程建设高精度要求。根据不同区域测量要求和特点,合理规划两者测量范围和方法可提升精度。首级控制测量用GNSS-RTK建立首级控制网提供高精度基准;对精度要求极高的局部区域,用全站仪进行加密控制和碎部测量。优化测量方案可使两者发挥最佳性能,保障大型市政工程整体高精度要求。例如,市政桥梁施工中,墩台定位首级控制测量用GNSS-RTK获取坐标,桥梁上部结构安装用全站仪精确测量,确保符合设计要求。

3.3 降低劳动强度

GNSS-RTK单人操作,可完成大部分区域测量,大幅减少人力。全站仪测量通常需2-3人协同,且测量范围小,是在GNSS-RTK测量基础上局部加密和补充,整体工作量减少。相比传统全站仪测量需大量人员参与多项工作,组合测量显著降低劳动强度。例如大型市政公园地形测量,单独用全站仪需5-6人小组连续工作数天,采用组合测量仅需3-4人,2人操作GNSS-RTK完成大部分区域测量,1-2人必要时用全站仪局部补充,人员减少、劳动强度降低且能更快完成任务。

在山区、城市密集建筑群等复杂环境,传统测量通视困难,增加测量难度和劳动强度。GNSS-RTK与全站仪组合测量,利用GNSS-RTK不受通视条件限制的优势,在开阔区域快速测量,减少人员在复杂环境找通视点和频繁搬站的工作。对于GNSS-RTK信号遮挡严重区域,全站仪以已有控制点为基础进行局部测量,降低作业难度。如山区市政道路建设项目,GNSS-RTK在开阔地带快速测量道路中心线和控制点坐标,减少人员爬山找通视点的工作;山谷等信号不佳区域,全站仪利用前期控制点局部测量,避免全面布设控制点的困难,降低人员在复杂环境下的作业难度和劳动强度。

4 案例分析

4.1 项目概况

某大型城市轨道交通建设项目,线路全长30km,途经城市商业区、居民区、公园及部分山区。项目要求测量精度达到厘米级,且需在较短时间内完成全线地形测量、控制点布设及车站、桥梁等关键部位的施工测量任务。

4.2 测量方案实施

项目前期,收集测区现有地形图、控制点资料,并对测区进行详细现场踏勘。结合测区特点,制定以GNSS-RTK为主、全站仪为辅的组合测量方案。

控制测量阶段,利用GNSS-RTK在开阔区域快速布设首级控制点,形成覆盖全线的首级控制网。针对城市商业区、山区等GNSS信号不佳区域,采用全站仪进行加密控制点测量,满足局部区域测量精度要求。

碎部测量阶段,在开阔平原和公园区域,使用GNSS-RTK进行地形测量,快速获取大量地形数据;在城市商业区高楼密集区及山区峡谷等信号遮挡区域,运用全站仪进行精确测量,确保复杂区域地形数据的准确性。

数据处理与质量控制阶段,对两种仪器采集的数据分别进行处理,通过内部检查、外部检核等方式保障数据质量。经检验,测量成果精度符合项目要求。

4.3 实施效果

该组合测量方案在项目发挥显著作用。与传统单一测量方式相比,测量时间缩短约40%,控制点布设数量减少60%,测量人员劳动强度明显降低。同时,测量数据精度满足厘米级要求,为轨道交通项目的设计、施工提供了可靠基础数据,保障了项目的顺利推进。

5 结语

综上所述,GNSS-RTK与全站仪组合在大型市政工程测量中展现出显著优势。二者通过优势互补,既能充分发挥GNSS-RTK在开阔区域的高效测量能力,又能借助全站仪在信号遮挡和高精度要求区域的精准测量优势,有效提升作业效率、保障测量精度并降低劳动强度。从实际案例来看,该组合方式在满足工程测量精度要求的同时,大幅缩短了测量周期,为工程顺利开展奠定了坚实基础。

随着测绘技术的持续发展,未来可进一步探索二者与无人机测绘、三维激光扫描等先进技术的融合应用,不断优化数据处理与共享机制,持续提升测量的智能化和自动化水平。可以预见,GNSS-RTK与全站仪组合将在更多大型市政工程测量中发挥

参考文献

- [1]陈洪良.全站仪和GNSS-RTK联合在数字测图中的应用[J].测绘与空间地理信息,2016,39(3):3. DOI:CNKI:SUN:DBCH.0.2016-03-066.
- [2]付和.卫星定位技术在赞比亚公路援建工程测量中的应用[D].吉林大学,2014.
- [3]石君杰,陈忠震,孟令宇,等.GNSS RTK技术在林木定位及微地形测量中的应用[J].林业资源管理,2019(4):8. DOI:10.13466/j.cnki.lyzygl.2019.04.017.