

Research on the application points of RTK measurement technology in engineering measurement

Yilei Duan

Shaanxi Steel Group Hanzhong Iron and Steel Co., Ltd., Hanzhong, Shaanxi, 723000, China

Abstract

RTK (Real-Time Kinematic, real-time dynamic) measurement technology is a high-precision positioning method based on the Global Satellite Navigation system (GNSS), which has a wide application value in the field of engineering measurement. Through the principle of differential positioning, RTK technology uses the real-time data transmission between the reference station and the mobile station to realize the centimeter-level positioning accuracy, which greatly improves the accuracy and efficiency of the measurement work. The technology is widely used in topographic mapping, construction lofting, settlement monitoring and other fields, and has significant advantages such as high precision, strong real-time performance and adaptation to complex environment. The application of RTK measurement technology in data acquisition, engineering control measurement and high-precision monitoring has its own characteristics and can meet different engineering needs

Keywords

RTK measurement technology; engineering measurement; GNSS differential positioning; high-precision positioning

RTK 测量技术在工程测量中的应用要点研究

段艺蕾

陕钢集团汉中钢铁有限责任公司, 中国·陕西 汉中 723000

摘要

RTK (Real-Time Kinematic, 即实时动态) 测量技术是基于全球卫星导航系统 (GNSS) 的高精度定位方法, 在工程测量领域具有广泛的应用价值。RTK 技术通过差分定位原理, 利用基准站与流动站的实时数据传输, 实现厘米级的定位精度, 极大提高了测量工作的精准度和效率。该技术广泛应用于地形测绘、施工放样、沉降监测等领域, 具有高精度、实时性强、适应复杂环境等显著优势。RTK 测量技术在数据采集、工程控制测量及高精度监测中的应用方式各具特点, 可满足不同工程需求

关键词

RTK 测量技术; 工程测量; GNSS 差分定位; 高精度定位

1 引言

工程测量是基础建设、地质勘探及城市规划等领域不可或缺的重要环节, 测量数据的精准性直接影响工程设计和施工质量。传统测量方法如全站仪、水准仪及静态 GPS 测量, 虽然精度较高, 但存在测量周期长、操作复杂、受环境影响大的问题, 难以满足现代工程建设对测量高效性和实时性的要求。RTK 测量技术作为 GNSS 高精度定位的典型应用, 通过基准站与流动站的实时数据传输, 能够在短时间内提供厘米级的高精度定位结果, 极大提高了测量工作的效率和精度。RTK 技术的发展突破了传统测量的限制, 使测量人员能够在野外环境中实时获取高精度数据, 减少人为误差, 提高施工控制测量的精准度。

【作者简介】段艺蕾 (1991-), 女, 中国陕西汉中, 本科, 助理工程师, 从事工程测量技术研究。

2 RTK 测量技术的基本概述及工作原理

RTK (Real-Time Kinematic) 测量技术是一种基于全球卫星导航系统 (GNSS) 的实时差分定位方法, 通过基准站与流动站的数据传输, 实现厘米级高精度定位。基准站接收 GNSS 信号并计算误差修正值, 再通过 UHF 电台、GPRS/4G 等方式传输至流动站, 使流动站能够在短时间内获得高精度三维坐标。相比传统静态 GPS 测量, RTK 无需长时间观测和后处理, 具备高效、精准的特点, 在工程测量、施工放样和变形监测等领域得到广泛应用。RTK 测量系统由基准站、流动站、数据链和数据处理软件组成。基准站负责计算差分改正数, 流动站结合自身观测数据解算坐标, 数据链确保实时同步, 数据处理软件则进行误差分析和坐标转换。影响 RTK 测量精度的因素包括电离层延迟、多路径效应、基线长度及观测环境。采用多星座 GNSS 接收机、优化测量环境和网络 RTK (Network RTK) 技术, 可有效提升测量

精度和稳定性。

3 RTK 测量技术在工程测量中的应用优势

3.1 测量精度高，数据获取实时高效

RTK 测量技术基于载波相位观测值进行实时解算，使测量精度达到厘米级，相较于传统 GPS 单点定位误差可减少至 1~3 cm 范围内，提高了空间数据获取的精准度。采用 GNSS 双频或多频接收机的 RTK 系统，可有效减少电离层延迟对测量的影响，并结合 CORS 网络提高长基线作业的精度稳定性。在动态测量环境下，RTK 可实现每秒 20 Hz 以上的解算频率，使数据采集更加高效。对于城市测绘、道路放样、高速铁路精测等需要高精度控制的工程，RTK 能够提供稳定可靠的坐标信息，减少误差累积带来的偏移风险。基于 RTK 测量的施工放样，其误差控制在 ± 2 cm 以内，远低于全站仪放样误差 (± 5 cm)，能够满足高精度施工需求。RTK 设备的基准站可覆盖半径达 50 km 的测区范围，流动站作业范围可达 30 km，适用于大范围测绘任务。在数据传输方面，采用 UHF 电台时基准站与流动站的信号延迟小于 1 秒，4G/5G 网络 RTK 可实现毫秒级数据传输，使测量人员能够实时监测数据变化，提高作业效率。

表 1 不同测量技术的精度与数据传输特性对比

影响因素	GPS 单点定位	RTK 单基准站	网络 RTK (CORS)
平面精度误差 (cm)	100-300	1 月 3 日	1 月 2 日
高程精度误差 (cm)	150-400	2 月 5 日	2 月 4 日
数据解算频率 (Hz)	1	10 月 20 日	20-50
作业范围 (km)	任何	10 月 30 日	50+
传输延迟 (秒)	无	<1	<0.01

3.2 适应复杂环境，作业灵活性强

RTK 测量技术的灵活性使其能够适应复杂地形和恶劣施工环境，在山区、森林、城市高楼等区域仍可实现高精度测量。传统全站仪和水准仪需要在视线通畅的条件下进行测量，而 RTK 测量依赖 GNSS 信号，可穿越地势起伏较大的区域，减少测量盲区。对于隧道、桥梁、矿山等特殊工况，可结合惯性导航系统 (INS) 或激光雷达 (LiDAR) 补充定位数据，提高整体测量精度。相比于静态 GPS 测量需要长时间采集数据并进行后处理，RTK 的实时数据获取能力可大幅缩短测量时间，例如在铁路建设中，采用 RTK 技术进行轨道控制测量可将测量时间缩短 50% 以上，施工周期缩短 30%。在设备耐用性方面，现代 RTK 接收机具备 IP67 或以上级别的防护能力，可在 -40°C 至 $+65^{\circ}\text{C}$ 环境下正常工作，适用于极端气候环境。随着 RTK 与无人机测绘的结合，其在大面积地形测绘中的效率进一步提升，一架配备 RTK 模块的无人机可在 30 分钟内完成 5 km² 的高精度测图，而传统人工测量至少需要 5 小时。

表 2: 不同测量技术的适应性与作业效率对比

影响因素	全站仪测量	传统 GPS 测量	RTK 测量
适用地形	视线无遮挡	平坦开阔地	复杂地形
测量时间 (km ² /h)	0.5	1 月 2 日	10+
极端温度适应 (°C)	-20~50	-10~45	-40~65
设备防护等级	IP54	IP55	IP67
无人机集成能力	无	低	高

4 RTK 测量技术在工程测量中的应用方式

4.1 RTK 测量技术在地形测绘中的应用

RTK 测量技术在地形测绘中凭借高精度、实时性和广覆盖的优势，成为现代工程测量的重要手段。基于 GNSS 的载波相位差分定位技术，RTK 能够在开放环境下实现 1-3 cm 的平面精度和 2-5 cm 的高程精度，相较于传统静态 GPS 测量减少了长时间的数据采集和后处理计算，使测绘人员能够在短时间内完成大面积测图任务。在 1 Hz 至 20 Hz 的动态解算频率下，RTK 流动站可以在移动状态下实时获取坐标信息，并结合高精度数字高程模型 (DEM) 和地理信息系统 (GIS) 进行地形分析，为工程规划、土方计算及地质评估提供精准的数据支撑。RTK 系统在地形测绘中的适应性较强，可用于山地、丘陵、河流冲积平原等复杂地形区域。单基准站 RTK 的测量范围可达 30 km，CORS 网络 RTK 可扩展至 50 km 以上，并能够克服传统全站仪因视距遮挡导致的测量盲区问题，确保测量数据的连续性和完整性。在作业效率方面，传统人工测绘方法在一般平原地区的测量速度为 1-2 km²/天，而 RTK 测量系统配合无人机遥感测绘可在 30 分钟内完成 5 km² 的高精度测图，极大提高了作业效率。在数据处理方面，RTK 测量结合激光雷达 (LiDAR)、无人机影像测量 (UAV photogrammetry) 及惯性导航系统 (INS)，能够实现三维点云数据的高精度融合，提高复杂地形地貌的测绘精度。

4.2 RTK 测量技术在施工放样中的应用

RTK 测量技术在施工放样中的应用极大提高了工程定位的精度和施工控制的效率。传统放样方法依赖全站仪或经纬仪进行点位测设，但在大范围施工场地，受视距限制、操作复杂度及人工误差等因素影响，放样精度和效率难以满足高精度施工的需求。RTK 技术利用 GNSS 载波相位实时差分解算，在短时间内获取厘米级高精度坐标信息，可用于放样建筑物轴线、桩基中心、路基边界、桥梁墩台及高程控制点等关键施工数据。现代 RTK 接收机可支持 GPS、GLONASS、BDS 和 Galileo 等多星座系统，在城市高楼群、桥梁施工场地及山区等环境下仍能稳定获取信号，确保测量结果的可靠性。单基准站 RTK 作业范围可达 30 km，CORS 网络 RTK 测量可扩展至 50 km，结合 4G/5G 数据传输，坐标改正信息可在毫秒级内完成传输，使测量人员在现场即可实时修正放样坐标，提高施工控制精度。对于公路和铁路建

设, RTK 测量可用于放样路基中心线、边坡脚点及隧道进出口控制点, 通过动态解算模式, 实现快速、高精度的坐标定位。在桩基施工中, RTK 测量可与智能桩机系统联动, 通过施工控制软件将设计坐标输入 RTK 接收机, 并实时显示放样点的偏差信息, 使现场人员能够迅速调整钻孔或打桩位置, 确保误差控制在 $\pm 2\text{ cm}$ 以内, 而传统光学仪器放样误差通常在 $\pm 5\text{ cm}$ 范围。

4.3 RTK 测量技术在沉降与变形监测中的应用

RTK 测量技术在工程结构沉降与变形监测中具备高精度、实时性和广适应性的优势, 能够在复杂环境下提供连续、动态的空间位移数据, 确保建筑结构安全。传统的水准测量主要依赖精密水准仪对设定监测点进行定期观测, 虽然精度较高, 但受制于测量周期长、人工干预大、测点密度有限等因素, 难以满足大型工程结构长时间、高精度的变形监测需求。RTK 技术基于 GNSS 载波相位差分解算, 结合多星座数据处理, 可实现毫米至厘米级的空间位移监测, 适用于地基沉降、桥梁挠度、高层建筑倾斜、边坡滑移及隧道变形等多种监测场景。单基准站 RTK 在短基线条件下的测量精度可达 $\pm 1\text{ cm}$, 高程精度误差在 $\pm 2\text{ cm}$ 以内, 而 CORS 网络 RTK 结合多基准站解算, 测量范围可扩展至 50 km , 动态变形监测精度可进一步提高至 $\pm 5\text{ mm}$ 。RTK 测量系统可实现高频率的数据采集, 其解算频率可达 20 Hz , 能够连续记录结构物的微小形变, 为工程稳定性分析提供详细的时间序列数据。对于桥梁结构监测, RTK 测量可布设多点监测网络,

通过流动站对桥面挠度、索力变化及主塔沉降进行实时监测, 并结合动态变形模型进行数据分析, 提高桥梁结构健康评估的准确性。在深基坑施工中, RTK 测量与自动化监测系统结合, 可实时监测围护结构变形及地表沉降情况, 测量误差控制在 $\pm 3\text{ mm}$ 以内, 为施工安全提供可靠依据。

5 结语

RTK 测量技术以其高精度、实时性和广泛的适应性, 在工程测量领域发挥着越来越重要的作用。随着 GNSS 卫星系统的不断完善, RTK 测量的精度和稳定性将进一步提高。同时, 5G 通信、大数据和人工智能等新兴技术的融合, 将推动 RTK 测量向智能化、无人化方向发展, 进一步提升工程测量的效率和精准度。

参考文献

- [1] 姜景鑫. RTK 动态测量在水利工程测量中的应用[J]. 科技资讯, 2023, 21(05): 82-85.
- [2] 李根桥. GPS-RTK 测量技术在水利工程测量中应用[J]. 内蒙古水利, 2022, (09): 73-76.
- [3] 涂荣誉, 曹智翔, 林孝松, 程植. GPS-RTK 在校园道路施工测量中的应用探析[J]. 绿色科技, 2022, 24(06): 190-193.
- [4] 黄德宽. RTK 在工程测量中的应用[J]. 冶金与材料, 2020, 40(03): 187-188.
- [5] 张世民. 关于工程测量技术在城市建设中的应用探讨[J]. 居舍, 2020(02): 64.