

# 地形测量中 RTK 技术的应用要点与质量控制

李靖楠

四川南充水利电力建筑勘察设计研究院 四川 南充 637000

**摘要:** RTK技术作为地形测量领域的核心技术,凭借实时定位精度高、作业效率优的特点,大幅革新了传统测量模式。本文系统阐述RTK技术的基本原理、核心优势及适用边界,聚焦地形测量中的作业前准备、外业数据采集、内业数据处理三大应用要点。从误差来源分析切入,构建涵盖仪器校准、外业检核、数据评估的全流程质量控制体系,明确各环节具体实施方法。最后探讨5G/6G通信与人工智能技术对RTK发展的推动作用。研究旨在为RTK技术在地形测量中的规范化应用提供指导,助力提升测量数据质量与作业效率。

**关键词:** RTK技术;地形测量;应用要点;质量控制

引言:在现代化建设不断推进的当下,地形测量作为各项工程开展的基础,其精准性与高效性至关重要。RTK技术凭借实时定位精度高、作业效率优等优势,成为地形测量领域的核心技术,革新了传统测量模式。然而,要充分发挥其效能,需明确应用要点并严格把控质量。本文深入剖析RTK技术原理,详细阐述其在地形测量中的应用要点,构建全流程质量控制体系,并展望未来发展趋势,为RTK技术规范应用提供参考。

## 1 RTK技术原理与特点

### 1.1 RTK技术基本原理

RTK技术以全球导航卫星系统为核心,通过基准站与流动站的协同工作实现实时精准定位。基准站固定设置在已知坐标点上,持续接收卫星信号并通过数据链(如4G/5G、电台)将观测数据、基准站坐标等信息实时传输至流动站。流动站同时接收卫星信号与基准站数据,利用载波相位差分技术对二者观测数据进行实时处理。其核心原理是通过基准站观测值修正卫星轨道误差、电离层延迟、对流层延迟等系统性误差,消除流动站观测数据中的共性误差,从而计算出流动站的精确三维坐标(平面坐标X、Y与高程H)。整个定位过程在数秒内完成,实现测量数据的实时获取与验证,打破了传统事后数据处理的局限。

### 1.2 RTK技术核心优势

RTK技术在地形测量中的核心优势体现在定位精度、作业效率与适应性三个方面。定位精度上,在有效作业半径(通常5-15公里)内,平面定位精度可达1-5厘米,高程精度达2-10厘米,完全满足大比例尺地形测量(如1:500、1:1000)的精度要求,远超传统全站仪的常规测量精度。作业效率方面,RTK测量无需通视,流动站仅需1-2人即可完成操作,单站数据采集时间不超过3秒,相

比全站仪测量效率提升5-10倍,尤其适用于大面积地形测量。适应性上,RTK设备体积小、便携性强,可在山地、丘陵、荒漠等复杂地形中作业,不受传统测量中“视线受阻”的限制,降低了恶劣环境对测量工作的影响<sup>[1]</sup>。

### 1.3 适用场景与局限性

RTK技术的适用场景广泛,核心适用于大比例尺地形测绘、工程施工放样、国土确权测量、线路工程(公路、铁路)勘测等领域,尤其在开阔地形的快速测量中优势显著。在城市地形测量中,可用于建筑物周边地形数据采集与地下管线探测的辅助定位。但其应用存在明显局限性:受卫星信号影响大,在密集林区、高楼群、隧道等遮挡严重的区域,卫星信号易中断或减弱,导致定位精度下降甚至无法定位;电离层活动剧烈(如太阳风暴期间)或强电磁干扰环境下,数据传输与信号接收易受干扰;作业半径受限,超出基准站有效覆盖范围后,定位精度会大幅降低;高程测量精度相对平面精度较低,在高精度高程测量中需配合其他技术补充。

## 2 RTK技术在地形测量中的应用要点

### 2.1 作业前准备

RTK地形测量的作业前准备是保障测量质量的基础,主要包括资料收集、设备检查与方案制定三部分。资料收集需获取测区的控制网数据(国家等级控制点坐标)、地形图、行政区划图及气象预报信息,明确测区的坐标系(如2000国家大地坐标系)与高程基准(1985国家高程基准)。设备检查需逐一核查基准站与流动站的卫星接收模块、数据链、电池电量,确保设备正常工作;对天线高、对中杆进行校准,检查数据存储设备的存储空间与传输功能。方案制定需根据测区地形特点划分作业区域,确定基准站布设位置(需选在视野开阔、无电磁干扰的高处),规划流动站作业路线,明确数据采集密度

(如地形复杂区域加密采集点),同时制定应急预案(如信号中断时的补测方案)。

## 2.2 外业数据采集流程

RTK外业数据采集遵循“基准站架设—参数设置—数据采集—实时检核”的标准化流程。基准站架设需固定在已知控制点上,精确对中整平,输入基准站坐标与天线高,启动数据传输功能,确保数据链信号稳定(信号强度 $\geq 80\%$ )。流动站参数设置需与基准站保持一致,包括坐标系统、中央子午线、投影方式等,完成点校正(利用测区2-3个已知控制点进行参数求解,确保校正后平面中误差 $\leq 2$ 厘米)。数据采集时,流动站对中杆需保持垂直,将天线中心对准采集点,待定位精度达到要求(平面精度 $\leq 5$ 厘米、高程精度 $\leq 10$ 厘米)后记录数据,同时标注采集点属性(如地形点、地物点)。实时检核需在采集过程中随机选取已知点进行重复测量,对比两次测量数据的偏差,确保符合精度要求。

## 2.3 内业数据处理

RTK内业数据处理是将外业采集的原始数据转化为可用成果的关键环节,核心流程包括数据导入、筛选、编辑与成果输出。数据导入需将流动站存储的原始数据(如\*.rtk格式)导入专业测量软件(如CASS、南方测绘GPS数据处理软件),完成数据格式转换与坐标解算。数据筛选需剔除无效数据,包括定位精度超标的的数据、信号中断时的异常数据及重复采集数据,筛选标准需符合测区精度要求(如平面误差 $> 5$ 厘米的数据直接剔除)。数据编辑需对采集点的属性信息进行完善,修正标注错误,对地形特征点进行连线处理,构建地形等高线<sup>[2]</sup>。成果输出需根据需求生成地形测量图、数据报表等成果,输出前需进行最终精度检查,确保成果符合相关规范(如《城市测量规范》CJJ/T8-2011)。

## 3 RTK地形测量的质量控制要点

### 3.1 误差来源分析

RTK地形测量的误差来源复杂,可分为系统性误差、操作性误差与环境性误差三类,各类误差对测量结果的影响程度不同。系统性误差包括卫星轨道误差、电离层延迟误差、对流层延迟误差,这类误差可通过基准站数据差分修正大部分,但在特殊气象条件下仍会残留部分误差(如暴雨天气对流层延迟误差可增加30%以上)。操作性误差是人为因素导致的误差,主要包括天线高量测误差(量测精度不足1毫米即会影响高程精度)、对中整平误差(对中偏差2毫米可导致平面误差2毫米)、参数设置错误(如中央子午线输入错误会引发系统性偏差)及点校正误差(控制点选取不当导致参数求解偏差)。环境性

误差包括卫星信号遮挡误差(密集林区信号遮挡可导致定位误差达10厘米以上)、电磁干扰误差(高压线路附近电磁干扰会引发数据传输误差)与多路径效应误差(建筑物反射信号导致的定位偏差)。明确各类误差来源是制定质量控制措施的前提,需针对性采取防控手段。

### 3.2 质量控制方法

#### 3.2.1 仪器校准与定期检测(天线高量测、对中整平)

仪器校准与定期检测是从源头控制误差的关键,核心针对天线高量测与对中整平环节制定标准化流程。天线高量测需采用经过检定的钢卷尺,测量从对中杆底部(或基准站标石中心)至天线相位中心的垂直距离,测量精度需达到1毫米,每站测量至少重复2次,两次测量差值 $\leq 2$ 毫米时取平均值记录,同时标注测量方式(如斜高、垂高)。对中整平需使用精度0.01毫米的水准器,基准站对中误差 $\leq 1$ 毫米,整平后水准气泡偏移不超过1格;流动站对中时需通过对中杆上的圆水准器初步整平,再通过设备屏幕实时显示的倾斜角度进行微调,确保对中杆倾斜角度 $\leq 0.5^\circ$ 。此外,仪器需按规范定期检定(每年至少1次),重点检测卫星接收模块的定位精度、数据链的传输稳定性及对中整平装置的精度,检定不合格的仪器严禁投入使用,从设备层面保障测量精度<sup>[3]</sup>。

#### 3.2.2 外业检核措施(全站仪对比测量、重测率控制)

外业检核是实时监控测量质量的核心手段,通过全站仪对比测量与重测率控制实现双重保障。全站仪对比测量需在测区均匀选取10%-15%的采集点作为检核点,采用精度等级不低于II级的全站仪进行静态测量,对比RTK测量数据与全站仪测量数据的偏差,平面偏差 $\leq 5$ 厘米、高程偏差 $\leq 10$ 厘米为合格,若出现超差需分析原因(如RTK信号干扰、全站仪操作误差)并进行补测。重测率控制需明确重测标准,当RTK定位精度未达到要求、采集点被遮挡导致信号不稳定、数据记录不完整时必须进行重测,重测率需控制在5%以内,超过该比例则说明作业环境存在问题或操作不规范,需暂停作业并整改。此外,需实行“双人检核”制度,流动站操作人员与数据记录人员相互监督,确保采集数据的真实性与完整性,避免人为漏测或错记。

#### 3.2.3 数据质量评估指标(平面精度、高程精度、可靠性)

数据质量评估需建立以平面精度、高程精度、可靠性为核心的指标体系,量化评价测量成果质量。平面精度指标包括平面中误差与极限误差,平面中误差需 $\leq 3$ 厘米(按《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T18314-2009要求),极限误差(2倍中误差) $\leq 6$ 厘米,通过选取测

区已知控制点作为检查点,计算RTK测量坐标与已知坐标的差值来统计。高程精度指标包括高程中误差与相对高程误差,高程中误差需 $\leq 5$ 厘米,相对高程误差(相邻采集点的高程偏差) $\leq 10$ 厘米,通过地形等高线的平滑性与已知高程点的对比验证。可靠性指标包括数据完整性(采集点数量满足规范要求,缺失率 $\leq 2\%$ )、一致性(同一区域不同时段采集数据的偏差 $\leq 3$ 厘米)与有效性(无效数据占比 $\leq 1\%$ )。评估时需生成数据质量报告,对超标的指标分析原因并采取补测、修正等措施,直至满足质量要求。

#### 4 未来发展趋势

##### 4.1 5G/6G通信对RTK实时性的提升

5G/6G通信技术的发展将从数据传输速率、延迟与覆盖范围三个维度大幅提升RTK技术的实时性与可靠性,突破现有应用瓶颈。在数据传输速率方面,5G网络的峰值速率可达10Gbps,是4G网络的100倍,能够实现基准站与流动站之间海量观测数据的瞬时传输,支持多星系统(如GPS、北斗、伽利略)数据的同时处理,提升定位精度。延迟方面,5G的端到端延迟低至1毫秒,6G将进一步降至微秒级,彻底解决传统RTK数据传输延迟导致的定位滞后问题,在动态地形测量(如滑坡监测、河道演变测量)中可实现实时动态跟踪,确保数据与地形变化同步。覆盖范围方面,5G/6G的广覆盖特性可扩大基准站的有效作业半径至50公里以上,减少基准站布设数量,降低测量成本;在偏远山区、海洋等信号薄弱区域,通过卫星通信与地面通信的融合,实现RTK技术的全区域覆盖。另外,5G/6G的抗干扰能力更强,可有效抵御电磁干扰,保障复杂环境下数据传输的稳定性,为RTK技术在极端工况下的应用提供支撑<sup>[4]</sup>。

##### 4.2 人工智能在误差修正中的应用前景

人工智能为RTK地形测量误差修正提供智能方案,以

数据驱动提升误差识别与补偿精度。误差预测上,利用机器学习算法训练历史数据构建模型,可提前预测系统性误差变化,实现前瞻性补偿,精度提升20%~30%。动态误差修正方面,结合计算机视觉与惯性导航,卫星信号中断时AI算法分析地形与惯性数据,实现定位数据无缝衔接。多源误差融合修正中,AI整合多源数据,精准分离与修正不同误差。智能诊断系统可实时监测RTK设备状态,预警故障导致的误差,降低设备对测量质量的影响,推动RTK地形测量向精准、智能、自动化发展。

#### 结束语

RTK技术已成为地形测量的核心支撑技术,其应用要点的规范实施与质量控制的严格执行,是保障测量数据精准可靠的关键。本文构建的“原理解析—应用规范—质量管控—趋势展望”完整体系,为RTK技术的实践应用提供了全面指导,其中作业前的细致准备、外业的标准化采集与内业的精准处理,共同构成了RTK测量的质量保障线,而针对各类误差的靶向控制措施,则进一步提升了测量成果的可信度。未来,地形测量领域需持续强化RTK技术的规范化应用,加强操作人员专业能力培养,推动技术创新与实践需求的深度融合,让RTK技术在国土空间规划、生态文明建设等更多领域发挥更大价值,为工程建设与社会发展提供高质量的测量数据支撑。

#### 参考文献

- [1] 韦伟松.GPS测量技术在工程测量中的实践研究[J]. 工程技术研究,2021,6(6):106-107.
- [2] 陈学宇,冯丹凤.数字化地形测量中GPS-RTK技术的应用[J].测绘与空间地理信息,2021,44(2):94-97.
- [3] 陈广荣.GPS-RTK技术在建筑工程测量中的应用及其技术要点[J].住宅与房地产,2021(22):186-187.
- [4] 巨天灵.GPS-RTK技术在建筑工程测量中的应用及其技术要点[J].居舍,2021(21):39-40.