

工程测绘中 RTK 测量技术特点与具体应用研究

杨望

中国冶金地质总局地球物理勘查院, 河北省保定市, 071051;

摘要: 本文探讨工程测绘中 RTK 测量技术的应用。该技术具有定位精度高(达 cm 级且无累计误差)、实时性强(1-2 秒达固定解)、操作简便(集成设计与智能软件支持)的特点。研究通过分析基准站布设与参数优化、流动站作业流程规范化(含初始化、测量监控、数据校验)及复杂环境抗干扰与补测等策略, 阐述其在提升测绘效率与精度中的实践方法。

关键词: 工程测绘; RTK 测量技术; 特点; 具体应用

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 06. 039

引言

工程测绘是工程建设的基础, 对精度和效率要求严苛。传统测量方法存在误差累计、流程繁琐等局限, 难以适配现代工程需求。RTK 测量技术凭借独特优势, 在工程测绘中应用渐广。深入研究其应用策略, 对突破测绘技术瓶颈、保障工程质量具有重要意义, 为实践提供理论支撑。

1 工程测绘中 RTK 测量技术特点

1.1 定位精度高

定位精度高是工程测绘中 RTK 测量技术的主要特点, 其能够实现 cm 级精度保障, 因为 RTK 技术通过基准站与流动站之间的实时数据传输可以消除公共误差, 进而实现 cm 级甚至更高精度的平面定位。同时, 相较于传统测量方法, RTK 的误差在作业范围内分布均匀且无累计误差, 这使其适合长距离、大范围的测绘项目。

1.2 实时性强

RTK 测绘的实时性极强, 该技术可在 1~2 秒内达到固定解状态, 即高精度定位模式, 从而实现所见即所得的测量效果, 相较于传统静态测量需要事后处理的情况, RTK 可显著提升外业效率。另外, 在地形测量中, 流动站可边行走边采集数据, 无需反复设站, 效率可提升 3~5 倍, 再结合 CAD 或 GIS 软件, 测量数据可及时生成数字地图, 支持现场决策。

1.3 操作简便

在工程测绘中, RTK 测量技术还具备操作简便的特点, 现代 RTK 主机集成了 GNSS 接收机、天线、电池且一体设计, 重量较轻, 配备触控屏或蓝牙手柄, 操作人员短时间内即可完成操作。在智能化软件方面, 内置算法可自动处理卫星信号接收、计算等复杂过程, 用户仅

需关注测量结果。

2 工程测绘中 RTK 测量技术的具体应用策略

2.1 基准站科学布设与参数优化

在工程测绘中, RTK 测量技术的应用需基于对基准站的科学布置与参数优化来发挥出最大化的效能。

2.1.1 基准站的布置

基准站的布置位置与参数配置是保障流动站高精度定位的核心前提, 其科学性与合理性直接影响数据传输稳定性与误差修正效果。其中, 基准站的选址需遵循视野开阔、干扰规避、几何分布优化的原则, 工作人员可通过卫星可见性分析工具, 确定作业时段内卫星数量大于 6 颗且分布均匀的区域, 优先选择地势较高、无大型遮挡物的地点, 确保基准站天线在水平方向 360 度范围内, 障碍物高度角不超过 15 度以减少多路径效应对信号的干扰; 同时还需要避开高压输电线路、无线电发射塔等强电磁干扰源, 通过频谱分析仪检测作业频段的背景噪声, 确保信噪比控制在 30db 以上, 以避免因信号失真导致数据中断或定位偏差。

2.1.2 参数优化

在完成基准站布局之后, 便需要做好对参数的优化, 工作人员需要围绕着数据传输效率提升与误差修正能力强化两个维度展开, 设计电台功率、数据更新率、差分格式等关键参数的动态调整。其中电台功率设置要求技术人员根据基准站与流动站的作业间距与地形条件确定, 在平原或开阔地区, 电台功率可设置在 5W 到 10W 以满足 10 千米范围内的稳定通信; 而在山区或城市密集区因信号衰减严重, 工作人员需要将功率提升至 10W 到 25W, 同时通过中继站扩大通信范围, 但需避免功率过大导致邻近频段被干扰。

对于数据更新率即差分数据发送频率, 其将直接影

响流动站的收敛速度与定位精度，通常设置为 1HZ 到 2 HZ，但在快速动态测量中需提高至 5HZ 到 10HZ 以捕捉瞬时位置变化，不过过高频率会占用通信带宽，工作人员需根据实际需求做好动态平衡控制。

2.2 流动站作业流程规范化

流动站作业流程规范化管控 also 具有重要的意义，流动站作业流程需要以初始化稳定性控制、测量过程动态监控、数据质量闭环校验为核心逻辑链，构建从设备启动到成果输出的全流程标准化操作框架。

2.2.1 初始化阶段

在初始化阶段，流动站开机后需优先完成卫星信号锁定、差分数据接收和同步效应，这一过程中，操作人员需通过设备界面实时监测卫星数量、Pdop 值，若初始化时间超过 5 分钟仍未达到固定解，则需要立即检查基准站数据链是否正常、流动站天线是否被遮挡或卫星信号是否存在强干扰，在首要指标达标之后方可进入测量环节。

例如，在某城市道路拓宽工程的地下管线测绘项目中，流动站作业全程严格遵循规范化流程：在初始化阶段，操作人员将流动站架设在既有道路与新建路段交界处的硬化路面上，开机后立即启动卫星信号搜索程序，设备屏幕显示开始锁定北斗与 GPS 卫星信号，同时接收 3 公里外基准站传输的差分数据，期间操作人员需紧盯设备屏幕显示的卫星数量与 Pdop 值，其中卫星数量需稳定在 15 颗以上且 Pdop 值控制在 1.5 以内，这两项指标若持续 30 秒达标则可判定初始化完成；若初始化至第 6 分钟时仍显示浮动解，操作人员应立即断开基准站与流动站的无线连接，检查基准站端 USB 数据线是否因车辆碾压出现接口松动，同时观察流动站天线是否被道路两侧的高压线塔遮挡，在某次作业中就曾因天线被广告牌部分遮挡导致信号接收不稳，调整天线角度使其完全暴露于空旷区域后，2 分钟内即达到固定解。

2.2.2 测量过程

在测量过程中，工作人员需要做好动态监控，期间需优先关注流动站界面显示的定位精度指标，如水平精度因子、垂直精度因子，其中当水平精度因子大于 2cm 或者垂直精度因子大于 3cm 时，应暂停测量并检查是否存在多路径效应、信号突变或设备震动等问题，期间可通过调整天线方向或启用设备内置抗多路径滤波功能进行修正，且要遵循脚架对中、整平气泡居中、测量复核的操作循环，。在每完成 10 个测量点后需要重新检查对中整平气泡偏移量，若超限则需要重新整平设备并复测该点，避免因仪器姿态变化累积误差。

例如，工作人员推着流动站设备沿拟拓宽路段的地下管线走向移动，在测量位于既有道路与新建路段交界处的地下管线检查井时，工作人员需每 30 秒记录一次设备界面显示的水平精度因子与垂直精度因子，当水平精度因子跳升至 2.3cm 时，应立即暂停操作并查看天线周围是否存在混凝土墙体反射信号形成的多路径效应，此时可将天线旋转 45 度避开墙体方向，或按下设备侧面的抗多路径滤波按钮启用该功能，修正后水平精度因子回落至 1.8cm 方可继续测量；同时必须严格执行脚架对中——使光学对中器十字丝精准对准井盖中心、整平气泡居中——确保圆水准器气泡处于中心圆圈内、测量复核——连续两次测量该点坐标偏差不超过 1cm 的操作循环，每完成 10 个检查井的测量后，需弯腰观察脚架下方的管水准器，若气泡偏离中心超过 1 格，则需旋松脚架螺旋重新调整至气泡居中，并对第 10 个点进行第三次测量，某次作业中因重型卡车驶过导致气泡偏移超限，重新整平复测后发现该点坐标较初始值偏差达 3cm，有效避免了误差累积。

2.2.3 数据质量校验环节

最后，在数据质量校验环节，相关单位需构建三级校验体系，强化成果的可靠性，在内业处理阶段，工作人员可使用专业软件对测量数据进行完整性检测，剔除因信号中断导致的残缺数据，并通过坐标转换参数反算验证数据一致性。而对于关键控制点，则采用外业反测方式进行二次验证，在反测期间需要更换测量时间与操作人员，若反测结果与初始测量值的平面偏差大于 5cm 或高程偏差大于 8cm，则需要重新布置基准站并优化流动站参数后再次测量。

例如，该工程的测绘单位构建了班组自检、技术组复检、监理终检的三级校验体系：内业团队使用测绘数据处理软件导入全部测量数据，软件自动标记出 3 处因隧道施工干扰导致的信号中断点，这些点的坐标记录不完整，被直接剔除；随后通过高斯-克吕格投影坐标转换参数反算，发现某段连续 5 个测量点的平面坐标反算值与原始记录偏差均在 2cm 内，判定数据一致性合格；外业组则选取管线转折点等 10 个关键控制点进行反测，此时需由另一组未参与初始测量的人员携带备用流动站进行操作，且选择在道路车流量较小的时段进行，当反测某污水管线拐点时，发现其平面偏差达 6cm、高程偏差达 9cm，超出规定阈值，技术组随即要求重新检查基准站的电台频率设置，发现因附近基站信号干扰导致差分数据传输延迟，调整频率并重启基准站后，重新测量该点的反测偏差缩小至 3cm 与 5cm，符合精度要求。

2.3 复杂环境下的抗干扰与补测

在工程测绘领域,RTK 测量技术的应用需做好对复杂环境下的抗干扰控制,在复杂环境下使用 RTK 测量需以信号质量动态评估、干扰源精准定位与多技术协同抑制为操纵主线,构建从信号监测到干扰消除的全流程控制机制。

2.3.1 关键参数

操作人员需通过流动站设备实时监测卫星信号载噪比、多路径效应指数以及电离层延迟变化率等关键参数,当卫星信号载噪比低于 35dB-Hz 或 MP1/MP2 绝对值超过 0.5m 时,表明信号已经受到干扰,此时需启动干扰源定位程序。

例如,在某山区高速公路隧道洞口地形测绘项目中,RTK 流动站面临山体遮挡、高压线缆与茂密植被形成的复杂干扰环境:操作人员需将流动站天线架设在隧道洞口左侧的裸露岩石平台上,开机后立即通过设备操作面板调取卫星信号载噪比实时监测界面,屏幕上北斗卫星的载噪比数值在 32-34dB-Hz 之间波动,多路径效应指数 MP1 显示为 0.6m,MP2 显示为 0.55m,均超出规定阈值,此时必须启动干扰源定位程序,绝不能在参数异常时继续测量;操作人员携带设备沿山体边缘移动 5 米后,载噪比升至 36dB-Hz,MP1/MP2 回落至 0.3m 以内,这表明原架设点受到了隧道洞口上方茂密树冠的多路径反射干扰,而新位置因无遮挡物信号质量显著改善。

2.3.2 背景噪声分布

紧接着,工作人员可利用频谱分析仪扫描作业频段的背景噪声分布,再结合基准站管理软件记录数据链中断时间与频率,通过对比分析确定干扰类型,若为连续波干扰,则需要调整电台发射频率至干扰频段 ± 2 MHz 以外,若为脉冲干扰,则需要启用设备内置的抗脉冲滤波功能,通过设置信号门限值过滤低质量信号。

例如,在上述项目中,工作人员需取出便携式频谱分析仪,连接至流动站数据接口后扫描 900MHz 作业频段的背景噪声分布,屏幕显示在 915MHz 频率附近出现强度为-70dBm 的连续波信号,同时基准站管理软件记录显示过去 1 小时内数据链共中断 6 次且均集中在该频率段,通过对比分析可判定为附近 10 千伏高压线缆产生的连续波干扰;此时应旋动流动站电台侧面的频率调节旋钮,将发射频率从 915MHz 调整至 913MHz,即干扰频段-2MHz 处,调节后频谱分析仪显示背景噪声强度降至-95dBm 以下,数据链传输恢复稳定;若遇到因山体反射

形成的脉冲干扰,操作人员则需按下设备菜单中的“抗脉冲滤波”选项,在弹出的设置界面中将信号门限值从默认的 0.8V 调整为 0.5V,过滤掉峰值低于该值的脉冲信号,某次测量中通过此操作使脉冲干扰导致的定位跳变幅度从 12cm 降至 3cm 以内。

2.3.3 宽带噪声干扰

而对于宽带噪声干扰,则需要采用调频通信技术,将数据传输频段在预设范围内动态切换,至少保证有一个频段满足信噪比的通信要求,从而从信号源层面降低干扰对定位精度的影响。

例如,当遭遇因山谷地形导致的宽带噪声干扰时,流动站需启用调频通信模块,在 880-930MHz 预设频段内自动扫描可用信道,设备屏幕会按信噪比从高到低依次显示 901MHz、892MHz、925MHz 三个候选频段,系统将优先选择信噪比高于 20dB 的 901MHz 频段进行数据传输,若该频段突然被干扰覆盖,则在 0.5 秒内切换至 892MHz 频段,确保数据链持续连通;在一次暴雨天气中,宽带噪声干扰导致 901MHz 与 892MHz 频段均失效,系统立即切换至 925MHz 频段,此时虽信噪比降至 18dB 但仍满足通信要求,保障了隧道洞口仰坡关键点的连续测量;对于因干扰导致的 3 处数据缺失区域,补测时需采用“静态+RTK”组合模式,在干扰源 50 米外架设静态基准站,流动站采用快速静态测量模式采集数据,补测数据与周边有效数据的平面衔接偏差控制在 4cm 内,高程衔接偏差控制在 6cm 内,确保整体地形模型的连续性。

3 结束语

总体来说,RTK 测量技术在工程测绘中的效能发挥,依赖于科学应用策略的落地。从基准站与流动站的协同运作到复杂环境的动态应对,构建了系统性技术路径。这不仅验证了该技术对提升测绘质量的核心价值,更揭示出规范化操作与适应性调整相结合是技术应用的关键,为工程测绘技术升级提供了方向。

参考文献

- [1] 张慕尧. 工程测绘中 RTK 测量技术特点与具体应用[J]. 中华建设, 2025, (02): 107-109.
- [2] 李效鹏. 工程测绘中 RTK 测量技术特点与具体应用研究[J]. 内江科技, 2023, 44 (07): 23-24.
- [3] 王莉莉. 工程测绘中 RTK 测量技术特点与具体应用[J]. 工程建设与设计, 2019, (16): 256-257. DOI: 10. 13 616/j. cnki. gcjsysj. 2019. 08. 322.