

高精度 RTK 测量技术在自然资源确权登记界址点中的应用

张国平

(海天地信科技有限公司, 山东 烟台 264000)

摘要 在自然资源确权登记的过程中, 为确保自然资源的界址点测量精度达到厘米级, 就需要使用 RTK 技术的高效率、便捷性、高精度特性满足自然资源确权登记界址点精度需求。基于此, 本文深入分析自然资源确权登记中界址点高精度 RTK 测量技术的应用价值, 从基准点布设、仪器校准、外业数据采集、内业数据处理等关键节点出发, 并提出规范流程和质量措施, 以期为确保自然资源确权登记界址点平面精度满足实际标准需要提供参考。

关键词 自然资源确权登记; 界址点; RTK 测量; 测量精度

中图分类号: P21

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.05.010

0 引言

自然资源统一确权登记是实现生态文明建设的重要举措, 对构建完善的自然资源产权制度有重要作用, 而其核心在于确定各类自然资源的权属边界。自然资源确权登记中界址点是确定空间权属的法定坐标载体, 其在测量环节提高精度, 能够使自然资源确权登记具备法律效力, 也能促进自然资源管理水平的提升。以往在自然资源确权登记界址点测量中, 采用传统测量方法无法达到大范围、高效率、高精度要求, 这就需要使用动态差分 RTK 技术实现界址点测量的厘米级精度要求。然而很多地区自然资源处于山区、林区、河滩等复杂环境, 这对 RTK 测量的稳定性产生较大影响。因此, 自然资源确权登记中界址点高精度 RTK 测量技术应用具备极高价值, 为保障国家自然资源产权制度改革落地提供有力支撑。

1 高精度 RTK 测量技术相关理论

高精度 RTK 测量技术以载波相位实时差分作为基本原理, 其系统内设计一个基准站和一个或多个流动站共同组成。基准站安装在已经确定坐标的控制点上, 同步跟踪多系统导航卫星信号, 实时计算包含轨道误差、卫星钟差、电离层与对流层延迟在内的综合误差改正数。该改正数利用移动通信网络或电台等无线数据链传输到流动站, 流动站同步接收卫星信号与改正数, 并且通过求解双差观测方程固定整周模糊度参数, 进而在几秒内完成厘米级精度的三维坐标计算。而在坐标计算过程中, 其数据精度直接受到卫星空间几何

构型、多路径效应、大气延迟残余误差、数据链稳定性等影响。自然资源确权登记中采用网络 RTK 模式, 其通过连续运行参考站生成虚拟参考站或区域改正信息, 能够有效削弱空间相关误差、扩大作业半径, 从而提高自然资源确权登记中界址点测量精度^[1]。

2 自然资源确权登记界址点确定要求

2.1 平面位置精度要求

自然资源确权登记界址点平面位置需满足如下精度要求: 界址点相对于邻近高等级控制点的点位中误差在平地、丘陵等地区控制在 ± 0.10 m 以下, 山地、高山等地在 ± 0.15 m 以下。针对涉及权属争议或重要管理边界的特殊界址点, 其测量精度确保达到点位中误差 ± 0.03 m 以下。该精度能够明确标注自然资源权属边界, 能够有效防止相邻权利主体空间重叠或遗漏, 进而为自然资源监测、执法监管、生态补偿等提供空间精准数据。

2.2 高程精度要求

自然资源确权登记中界址点高程信息能够明确各类自然资源的边界点, 如确定水流、滩涂、山岭等资源垂向范围。自然资源界址点高程相对于邻近高程控制点的中误差在平地、丘陵等地区应在 ± 0.15 m 以下, 山地、高山等控制在 ± 0.20 m 以下。而在河湖管理范围海岸线以及水位密切相关的界址点, 需要采用更加严密的测量方法以提高界址点精度, 确保各类自然资源管理范围划定精准, 使其高程中误差在 ± 0.05 m 以下。

作者简介: 张国平 (1987-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 测绘工程。

2.3 属性与拓扑关系要求

自然资源界址点除空间坐标外,还需要掌握完整、准确的属性信息。在自然资源的每个界址点中,需要关联其所属自然资源类型、权属主体、界址点类型、标定方式以及实地照片。同时,自然资源中所有界址点需要按照顺时针或逆时针方向形成闭合权属界限,其界限之间不得相交,相邻图斑公共界线重合以确保拓扑关系准确无误。而自然资源属性和拓扑关系完整性是确保登记簿册、数据库与图件“三符合”的核心,能够实现自然资源信息的动态更新与共享应用。

3 自然资源确权登记中界址点 RTK 测量要点

3.1 基准站布设

基准站布设是 RTK 测量精度的源头保障。优先采用省级或国家级 CORS 网络提供的虚拟参考站服务,确保数据源稳定可靠。在无 CORS 覆盖区域,需自设临时基准站。基准站必须架设在经检验合格的高等级控制点上,点位选择要求地势开阔,15° 以上高度角范围内无遮挡物,远离大面积水域、高压线及无线电发射源,以减少多路径效应与电磁干扰。基准站天线严格对中整平,对中误差小于 2 mm,天线高量取三次,互差小于 3 mm,取中数记录。电台模式下,基准站与流动站距离不超过 10 km;网络模式下,需确保 4G 信号强度满足数据传输要求。基准站开机后需稳定观测 10 min 以上,待数据链正常、固定解状态稳定后,方可通知流动站开始作业^[2]。此外,需同步做好基准站现场环境记录,标注周边干扰源位置及信号遮挡情况。作业期间安排专人值守基准站,实时监控设备工作状态与数据链稳定性,若出现失锁、信号中断等异常,需立即暂停流动站作业,待故障排除、固定解重新稳定后,方可恢复测量。

3.2 仪器校准

自然资源确权登记界址点测量前需进行 RTK 设备校准,这是外业作业前的必备工作。在 RTK 设备仪器校准时进行主机与手簿的蓝牙或网络连接测试,保证其通信达到畅通性要求。同时,校准流动站对中杆的圆水准器,使其在任意方向上达到精确置平。在仪器校准时关键步骤是量测并输入天线高,再利用专用量高尺从地面控制点标志中心垂直量至天线底部参考面,其读数精确度达到 1 mm,重复三次计算测量平均值。而在 RTK 测量时,每日作业前及作业中更换电池后需要重新量测天线高。此外,在已知坐标的控制点进行点校正或残差检验,确保平面残差 2 cm 以下、高程残差 3 cm 以下。如果测量后发现超限则需要重新检查

天线高输入、坐标系转换参数或设备状态。上述校准数据存储在手册内,将其作为成果质量溯源依据^[3]。

3.3 外业界址点数据采集

3.3.1 点位选取

自然资源确权登记界址点选择极为重要,其需要根据确权登记工作底图以及权属调查成果确定。由测量技术人员进入现场勘察确认界址点位置,优先选择在稳固、易于长期保存的实体地物上,一般选择道路交叉口、围墙、拐角、独立树、永久性碑石等作为界址点。如果现场没有明显地物作为界址点,需要埋设混凝土界桩或刻石,并在现场拍摄包含周边环境、指北针、测量人员的全景照片。界址点点位需要避开信号遮挡严重区域,一般不设置在峡谷底部、密林深处、大型金属构筑物旁。如果由于自然资源存在权属指界或地形限制,不得不将界址点布置在遮挡区域,需要记录 PDOP 值以及卫星数,并在开阔地重复测量或采用后处理动态 PPK 模式补充验证。此外,界址点编号采用“县(区)代码+自然资源类型代码+顺序号”组合方式,确保全域唯一。现场使用红漆在选定位置标注点号,字迹清晰、持久。每个界址点需测定三维坐标,平面采用 CGCS2000 坐标系,高程采用 1985 国家高程基准。观测时段选择卫星信号稳定、多路径效应小的 09:00 至 11:00 或 15:00 至 17:00 进行。采用双频 GNSS 接收机,静态观测时间不少于 30 min,采样间隔设为 5 s,截止高度角 15°。同一界址点至少进行两次独立观测,两次观测成果平面位置较差不得超过 0.10 m,高程较差不得超过 0.15 m。超限需进行第三次观测,并取符合限差的两组成果平均值作为最终结果。

3.3.2 观测方法

自然资源确权登记中界址点观测选择合适的方法,目前主要采用固定解状态下平滑采样模式。流动站天线精确对中于界址点标志中心,杆体保持垂直,且在操作时不会出现晃动或触碰。而在界址点观测前确认接收机获得固定解状态,同时 PDOP 值在 2 以下,符合条件后开启记录程序。自然资源确权登记中各个节点进行两次独立观测,两次观测时间间隔在 5 min 以上。而在界址点观测时持续时间应在 10 s 以上,通过手簿自动记录历元数据并计算坐标平均值。林区、峡谷、河滩等信号干扰较强的区域界址点,观测时间延长到 30 s 并在整个观测中监控解算状态。若观测过程中出现浮动解或单点解,则立即终止本次记录,待重新获得固定解后重新开始计时观测。所有观测数据实时存储于外业手簿,记录内容包括观测开始与结束时间、WGS-84 坐标、天线高、PDOP 值、有效卫星数量、解算

状态(固定/浮动/单点)、数据链类型及信号强度。每个界址点的两次观测数据分别存储为独立记录,不进行现场合并或筛选。观测结束后,操作员在手簿中填写点位描述、实地环境特征及照片编号^[4]。

3.4 内业数据处理与成果输出

自然资源确权登记界址点测量结束后,需要将外业数据导入系统内进行完整性检查,重点检查界址点编号、坐标、天线高、观测时间等字段是否齐全。而在界址点测量数据导入时进行质量校核,确保同一界址点两次观测坐标的平面较差3 cm内、高程较差5 cm内。超限点位需要重新标注,并组织外业复测。而在界址点观测中,利用邻近控制点进行测量成果的整体精度评估,再精准计算点位中误差。测量合格数据根据统一坐标系统和高程基准进行转换与整理。界址点成果表包含点号、X、Y、H坐标、点之记、实地照片索引等信息。同时,界址点坐标导入GIS平台,并和权属界线矢量数据关联以形成标准分幅的自然资源确权登记图^[5]。

4 工程实例分析

4.1 工程项目

某省重点流域自然资源统一确权登记工程量大,其确权对象包含一条跨区域重要河流以及管理范围。该项目全长达85 km。确权测量工作需要经过丘陵、平原、河谷等多种地形条件,河流两岸植被茂密,有些区段存在湿地和滩涂。按照自然资源确权登记工作要求,需要沿着河道管理线布设界址点2 136个,能够精准确定河道管理的范围边界。该项目界址点测量采用省级CORS网络的RTK差分服务,作业区域CORS站点平均间距32 km。该项目外业测量由三支测量团队同步开展,并在现场配置多系统多频RTK接收机。该项目界址点测量工作周期45 d,确保界址点平面精度 ± 3 cm内、高程精度 ± 5 cm内,且同步采集界址点属性信息以及现场影像资料。本项目界址点测量存在线路长、环境复杂、精度高、成果法律效力强等特点,需要使用高精度RTK技术提高自然资源确权登记界址点测量精度。

4.2 RTK关键技术应用

本项目在测量环节需严格执行RTK测量流程,从而确保RTK测量精度合格。该项目外业测量前技术人员使用卫星星历预报软件,确定测量时每日09:00~11:00、16:00~18:00为最佳观测窗口。该项目流动站使用2 m碳纤维对中杆,其顶部加装抑径板削弱河滩水面存在的多路径效应。同时,在现场测量时各界址点独立观测2次,每次平滑采样15 s,两次观测间隔在8 min以上。而在该项目林区密集段,测量人员将天线举升至树冠上方确保卫星信号接收数量超过12

颗、PDOP值在1.8以内。上述观测均利用CORS网络VRS模式完成,4G网络信号实现实时监控,低于-105 dBm时暂停作业。在每日测量结束后对当日检测数据进行内符合检核,如果存在超限则需要次日进行复测基准站稳定性,由项目部每周核查确保CORS站坐标无异常波动。

4.3 界址点成果分析

本项目顺利完成2 136个界址点测量,其内业检核显示2 118个界址点两次观测平面较差3 cm,合格率达99.2%。同时,现场随机抽取106个界址点进行静态GPS方法外符合精度检测。通过检测结果确定平面点位中误差 ± 2.3 cm、高程中误差 ± 4.1 cm,符合高精度测量要求。上述所有测量界址点坐标成果,经省级质检部门验收一次通过。成果数据成功导入自然资源确权登记数据库,与河道管理线矢量图层无缝衔接,拓扑关系正确,无自相交或缝隙。界址点属性信息完整,现场照片清晰可辨,可准确还原点位实地环境。项目成果已用于该河流的水域岸线保护、生态修复规划及行政执法,未发生因界址点精度问题引发的权属争议。实践验证了规范RTK作业流程在自然资源确权登记中的有效性与适用性。

5 结束语

自然资源确权登记是提高自然资源管理水平的关键,而通过高精度RTK技术提高界址点测量精度,能够有效提升自然资源确权登记的效率和数据精度。在自然资源确权登记界址点测量时,其工作处于复杂多变的野外环境,需要严格按照技术规范落实基准站布设、仪器校准、外业观测、内业处理等各环节监控,进而提高自然资源确权登记界址点测量精度,充分发挥RTK测量技术优势以提高自然资源管理水平。

参考文献:

- [1] 黄同新,王玉柱.网络RTK(VRS)技术在农村房屋不动产测绘中的应用[J].测绘与空间地理信息,2022,45(09):154-156,160.
- [2] 刘剑.测绘技术在自然资源确权登记中的应用[J].智能城市,2024,10(01):59-61.
- [3] 项翮.无人机倾斜摄影测量技术在农村不动产确权登记中的应用[J].测绘与空间地理信息,2023,46(01):205-207,210,214.
- [4] 丁旦旦.基于SLAM技术的自然资源统一确权登记方法探索[J].江西测绘,2022(02):47-50.
- [5] 刘海军,陈洋,严明波,等.测绘地理信息技术在自然资源确权登记中的创新应用[J].地理空间信息,2025,23(01):70-74.