

监测数据、成果文档数据等相应数据，明确不同数据的核心内容和存储格式，如表 1 所示。

最后需要加强测绘数据系统与其他系统的连接，进一步提高数据共享能力。例如可以将 GPS 测绘数据管理平台

与市政管网 GIS 系统、工程管理系统、智慧城市管理平台对接，提高数据互联互通、共享应用能力，使测绘数据可以为地下管网规划建设、运营管理提供决策支撑，最大化地开发测绘数据的价值<sup>[6]</sup>。

表 1 数据类型、核心数据及存储格式

数据类型	核心数据内容	存储格式
地形测绘数据	地形点坐标、高程，地物点位置、属性	SHP、DWG、TXT
管道点位数据	中线点、井位、阀门位三维坐标	SHP、CSV
管道属性数据	管径、埋深、材质、建设年代、权属单位	SQL、Excel
监测数据	管道沉降量、位移量、监测时间	CSV、数据库表
成果文档数据	测绘报告、成果图、审核记录	PDF、DWG、Word

### 3.4 完善 GPS 测绘设备配置

设施设备是 GPS 测绘技术有效应用的重要物质基础。在市政管道工程中想要更好地发挥 GPS 测绘技术的技术优势就必须加强设备管理，完善设备配备机制。首先需要做好设备配置的分析，结合市政管网工程的测绘精度要求、城市的实际情况、测绘的作业范围及现场环境对 GPS 测绘设备进行科学选择，优先选择兼容 GPS、北斗等多系统的接收机。同时在设备选择的过程中需充分考量设备是否具备高信号接收灵敏度、抗干扰能力是否相对较强、定位精度是否相对较高。在此基础之上根据作业需求配置基准站、流动站、抗多路径天线、信号增强设备、备用电源等相应的仪器设备，还需要补充全站仪、水准仪等相应传统测绘设备，通过多设备协同作业来保障测绘工作能够顺利推进、有序开展。若涉及到大范围测绘作业的情况则可通过移动测绘装备的引入，搭载 GPS 接收机、惯性导航设备、激光扫描设备，进一步提高测绘的效率和质量。

其次需要加强对设施设备的全生命周期管理。在设备采购阶段需要做好市场调查，根据使用需求购买质优价廉的设备，确保设施设备的性能能够满足实践工作需要，有效提高工作效率和工作质量。在入库阶段需要明确设施设备的保养规范，加强环境管理，避免设备在入库存储过程中出现设备损坏问题，尤其需要做好防潮、防尘、防碰撞处理。然后根据不同设施设备的使用时间、老化程度确定设施设备的使用规范和维护周期，确保设施设备始终处于最佳运转状态，在设备正式应用之前还需要进行设备校准。最后需建立应急预

案，配备常用维修配件和备用设备，若设备在作业过程中出现故障可通过及时更换备用设备的方式避免作业中断问题<sup>[7]</sup>。

## 4 结语

GPS 测绘技术作为现代测绘技术的代表在市政管道工程中应用可以更好地提高市政管道工程的施工质量和使用寿命，及时发现施工问题及运维问题，必须引起关注和重视。相关单位可通过完善 GPS 测绘设备配置机制、建立标准化数据共享平台、构建作业流程体系合理使用 GPS 测绘技术，并根据城市环境做出技术优化，保障 GPS 测绘技术应用的有效性，更好地发挥该项技术的技术优势。

### 参考文献

- [1] 孙志刚,杨超. 测绘新技术在工程建设中的应用研究 [J]. 现代工程科技, 2025, 4 (23): 133-136
- [2] 郑卫华. GPS与无人机地质测绘方法在水利工程中的应用研究 [J]. 地下水, 2025, 47 (06): 286-288.
- [3] 雷文. GPS-RTK技术在矿山测绘工程中的实践应用 [J]. 绿色科技, 2025, 27 (20): 206-209+214.
- [4] 杨阳. 矿山工程测绘中GPS-RTK测绘技术运用分析 [J]. 中国金属通报, 2025, (10): 140-142.
- [5] 强文君. 市政工程建设中GPS测绘技术的应用研究 [J]. 石材, 2025, (10): 158-160
- [6] 杨继斌. GPS测绘技术在建筑工程测绘中的应用探析 [J]. 产品可靠性报告, 2025, (07): 133-134.
- [7] 时龙. GPS技术在建筑测绘领域中的应用探讨 [J]. 城市开发, 2025, (14): 22-24.

# Forest Resources Status Investigation and Precision Analysis Based on UAV Surveying and Mapping

Shuze Wu

The Second Forestry and Grassland Monitoring and Planning Institute of Inner Mongolia Autonomous Region, Ulanhot, Inner Mongolia, 137400, China

## Abstract

In response to the refined requirements of the new round of forest and grassland resource surveys and management practices, traditional small-scale plot surveys and sample plot re-measurement have proven inadequate in meeting timeliness and coverage needs under challenging conditions such as fragmented mountainous forest lands, mixed tree species, and short operational windows. Drone aerial photography, however, enables rapid acquisition of continuous and complete imagery at low altitudes, providing clear visual representation of forest boundaries, stand changes, and elements like roads and work traces. This technology is particularly suitable for boundary verification, stand factor interpretation, and field sampling coordination within management units, offering integrated data support for subsequent precision validation. Based on this, the article briefly analyzes the significance of drone-based forest resource mapping, examines its current status and accuracy, and aims to provide valuable references and insights for industry professionals.

## Keywords

UAV surveying; forest resources; status investigation; accuracy analysis

## 基于无人机测绘的森林资源现状调查与精度分析

吴书泽

内蒙古自治区第二林业和草原监测规划院, 中国·内蒙古·乌兰浩特 137400

## 摘要

基于新一轮林草资源调查及经营管护工作的精细化要求, 在山区林地破碎、树种混交、作业窗口期短等不利条件下, 使传统小班的踏查和样地复测在一定程度上难以达到时效性和覆盖度要求。而无人机航摄可低空快速获取连续、完整影像数据, 直观展示出林地边界、林分变化情况以及道路、作业痕迹等要素, 适用于经营单元内开展界线复核、林分因子判读、外业抽查联动, 这种一体化能够为后期精度核验提供同源数据支撑。基于此, 文章将简要分析无人机测绘森林资源的意义, 并探讨无人机测绘森林资源的现状以及精度, 以供广大同行参考与交流。

## 关键词

无人机测绘; 森林资源; 现状调查; 精度分析

## 1 引言

森林是以木本植物(包括乔木、灌木、草本、竹林等)为主, 协同动物、微生物、土壤等生物群落构成的生态系统。按功能性, 其可划分为经济林、用材林、防护林、薪炭林、原生林、特殊林等。森林资源不仅是工业、建筑、手工业等行业发展的基础资源, 还会直接影响碳储量、含氧量等生态指标。所以对森林资源蓄积量展开研究具有重要的现实意义。为提升对森林资源的估测精度, 制定合理的森林营林策略, 本文对无人机测绘技术在森林资源中的应用展开分析与探讨。

【作者简介】吴书泽(1987-), 男, 中国内蒙古赤峰人, 硕士, 高级工程师, 从事林业研究。

## 2 无人机测绘森林资源的意义

在中国森林资源“一、二、三类调查”中二类调查以小班为单位开展工作, 外业主要依靠人工户外调查, 常出现界线画偏、面积误差、因子不对等问题。借助无人机测绘, 可实现先将小班“拍清楚”、再地面“核清楚”。对于公益林管护、天然林保护修复、森林督查等专项工作, 还可以用无人机拍摄的照片形成对比证据: 比如将今年、去年、近几年的无人机影像交叉做对比、互为印证, 旨在揭示该区域变化情况与范围。就拿南方丘陵区来说, 因为常年多云雾、四季景不同, 无人机测绘选用片区、分批次的飞行模式, 并结合林业的基本图和外业核查卡拍照记录, 不仅能避免基础底图不够完整、清晰所造成的边界偏离, 还减少了资料使用版本不同导致的因子无法对应问题<sup>[1]</sup>。可见无人机调查并非只

是“点上记一记”，而是做到“面上有底图，现场能核验，结果可追溯”。

### 3 无人机测绘森林资源的现状调查

无人机测绘的森林资源现状调查一般是以县或者林场为单位开展工作，将上一版的林相图、林地变更成果、经营档案、公益林/天然林范围、林权界线等各种图纸资料收集归档，并按乡镇或者工区划分为作业分区，再在作业分区中剔除不需要复核的小班清单，确定外业核查比例；外业阶段进行像控点、检核点布置，统一坐标和高程基准，尔后开展低空航摄，获取可用于1:2000—1:5000经营图更新工作的影像底图；内业要依据影像的边界线索（林缘、林道、水系、荒地边界）复核小班范围，根据纹理、色调、冠层形态判断小班类型和龄组，并遵照“不能乱填”原则，按权属、地类、林种、起源、树种组成的项目，一项项对照核实室内的判断是否与外业的结果一样。最后组织样地实测与线路踏查，用蓄积量、郁闭度、平均胸径、平均高等允许误差因子对采样地抽查，得到小班调查卡和变化图斑清册<sup>[2]</sup>。

实践中常见问题主要包括：一是前期资料来源多且年代不一，林班小班边界、林权线和地类线很难对得上；到现场也难以找到很明确的参照物（如没有老界桩或者断开的地物线等），因此做边界复核工作费时费力；二是山区地形中高山峡谷阴影重、风大乱流多，容易出现航线漂移、重叠度被冲散、影像同名点找不着。加上控点/检核点不易布设，数量、位置受限，使得最终拼接质量大打折扣，成图精度也被影响；三是判读中混交林、幼龄林、灌丛边界本身就“虚”，伴随季相变化（如树叶长大、落叶返青），由于混杂一些色差和阴影的关系，以及树种的异质性，可能出现“看上去像”但落到小班属性上又没办法确定的情况；四是在外业核查样地上，不仅调研成本高、出门远，还容易陷入为了赶进度压缩样本数量的情形，造成抽样代表性不足。与此同时，树林底下有东西遮挡也影响定位、测高、测距准确性，不易于将实地记录对应到内业的影像上。可见无人机测绘调查并非停留在理论层面，而是需要攻克现场一线最真实的痛点。

## 4 基于无人机测绘的森林资源现状调查与精度分析

### 4.1 抽样框架与核查路径的一致性检验

针对样框核查，要保证“抽样清单、到达路线、现场测量”都出现在一张表里，也就是说，通过无人机影像判读与实地核查对照判断，避免外业途中临时换点出现样本偏向易通行地块，同时也能把问题导向于抽样、途经或者现场测量环节。首要任务是将样本固定起来，用经营小班分层，把林种、龄组、立地等级、坡位、可达性等内容填入分层表；再观察边界是否清晰，由此确定各个层次的小班数量和样地数量。抽样方式选择随机或等距抽样，将固定抽样依据、坐标以及推荐进退线路和替代点固定下来，并说明替代点启动条件。其

次是将路线落实到位，路线按分层覆盖编制，并对边界段、林内典型地段及干扰区安排相应的实地核查点，到点后详细记录到达时间、可视条件、遮挡情况、坡度、林下通行情况等要素，如有必要须拍照留影，保存定位轨迹；如果到达不了，则详细标注障碍类型、距离最近可通达位置及偏移距离<sup>[3]</sup>。同时，把轨迹信息叠加到影像上开展核查，一旦识别有偏移情况，应该补抽或加大对应权重。最后，将样地复位准确。圆形单元清楚标注半径尺寸，带状单元标注宽度、方向及起止桩号。复测时，继续采用原方法确定圆心或者起点的位置，然后在开阔地带进行定位，再进入树林内部进行样地划界。面向沟谷、塌方、禁入区等需要偏移时，应在表上记录偏移距离、方位，并标明对照点与说明。

### 4.2 判读因子口径与实测口径的对齐校核

校核判读因子口径与实测口径是否对齐主要从以下三方面进行：一是郁闭度、覆盖度、密度、平均树高等需依赖经验判断的指标，采用“标准小班对照”方式降低人为误差，选取交通便利、林相清楚的小班，覆盖不同郁闭等级、起源类型，组织多名外业工作人员按样地规程验证判读结果，根据估判偏差率及离散程度确定不同等级界限、取整规则以及影像判读要点，形成统一口径表、标准样板，为后续外业判读提供参考依据，防止因个人经验不同而造成口径不一致。二是在外业和内业中树种组成和龄组必须先统一口径，提前明确混交比例阈值、记载顺序。例如，外业在原图上按株数统计，那么在判读全过程也要用株树计；若用胸高断面面积表示，则在判读全过程都按胸高断面面积；内业整理也只能按同一种口径合并，不得变换口径（禁止混合、交叉）。龄组划分和平均年龄必须依据当地使用主伐年龄表或生长过程表，同时要在成果卡片中标注版本与适用范围，防止跨县区套用的情况发生。三是分类项、记录差错等通过流程来控管。当权属、地类、林种、起源等存在矛盾时，需要填写复核单，说明选定的证据排序，附上对应界桩、边界的序号或者批件文号、航片图幅号和现场现状描述，确保误差在可控范围内。

### 4.3 几何定位精度的分级检核与误差分解

几何定位精度实施分级检核，其目的是把误差控制落实到成图的各个细节和无人机操作层面上。<sup>①</sup>控制层面：像控点要符合林业调查需要，选取道路硬化点、桥涵角点、房屋拐角、独立挡墙等地形稳定且容易在影像上找到位置，其布设要求既能覆盖测区的四个角落、又能考虑到陡坡及地形起伏较大的地方和林缘过渡带。外业统一坐标、高程基准，在同一个时间段观测，并记录详细的遮挡情况和信号质量、点位示意等内容，以减小林下反射、点位误认造成的基准误差。<sup>②</sup>检核层面：检核点不能作为成图依据，仅用于评定精度，将平高残差分别列出统计，并区别平地、缓坡和山地分类对比，着重对林内阴影部分、坡向相同区域以及高差突变带的残差变化进行分析，通过分组结果判定是否因像控布点