

# 林业资源调查与监测中无人机的应用分析

代子林

文山壮族苗族自治州林业和草原资源监测站 云南 文山 663099

**摘要：**无人机在林业资源调查与监测中发挥着重要作用。其具备高分辨率数据获取、灵活快速响应及低成本高效益等优势，可高效完成森林资源清查、动态监测及生态修复规划等任务。通过搭载光学相机、多光谱传感器及LiDAR等设备，无人机能精准测算林木参数、监测病虫害与火灾隐患，并辅助林业执法。其应用显著提升了林业管理的精细化与智能化水平。

**关键词：**林业资源；调查与监测；无人机；应用

**引言：**林业资源作为生态系统的重要组成部分，其精准调查与动态监测对生态保护、资源管理及可持续发展意义重大。传统林业调查依赖人工巡护与地面测量，存在效率低、覆盖范围有限及数据精度不足等问题。随着无人机技术的快速发展，其高分辨率成像、灵活部署及低成本优势，为林业资源调查与监测提供了创新解决方案，成为推动林业数字化转型的关键技术手段。

## 1 无人机技术概述与林业应用适配性分析

### 1.1 无人机技术原理与分类

(1) 多旋翼无人机具备垂直起降能力，操作灵活，适合低空近距离作业，如单株林木监测，但续航较短（通常20-40分钟），载重有限；固定翼无人机续航长（可达数小时）、覆盖范围广，适合大面积林区普查，不过需跑道起降，灵活性较弱；混合翼无人机融合两者优势，可垂直起降且续航久，能兼顾小范围精细观测与大范围巡查，在复杂林区地形中适应性更强。(2) 载荷类型中，光学相机可获取高清彩色影像，用于林木长势直观监测；多光谱/高光谱传感器能捕捉植被光谱信息，精准识别林木病虫害、判断植被覆盖率；LiDAR激光雷达可穿透植被冠层，获取三维点云数据，实现林木高度、胸径、蓄积量等参数的精准测算，满足林业资源量化统计需求。

### 1.2 无人机在林业中的核心优势

(1) 高分辨率数据获取能力突出，可获取厘米级地面分辨率影像，相比卫星遥感（米级分辨率），能更清晰呈现林木个体特征、林下植被状况，为精准林业管理提供数据支撑。(2) 灵活性与快速响应能力强，可根据作业需求随时调整飞行路线，在林业灾害（如森林火灾、病虫害爆发）发生时，能快速抵达现场获取数据，助力灾害应急决策。(3) 成本效益与安全性高，无人机作业可替代人工在陡峭山坡、密林等危险区域进行巡

护、测绘，降低人员伤亡风险，同时相比有人机作业，成本大幅降低<sup>[1]</sup>。

### 1.3 技术瓶颈与挑战

(1) 续航能力与飞行稳定性不足，多数无人机续航难以满足全天大范围林区作业需求，且在复杂天气（如强风、降雨）和电磁干扰环境下，飞行稳定性易受影响，导致数据获取中断或偏差。(2) 数据处理复杂度高，无人机获取的海量影像、点云数据，需专业软件进行拼接、建模、分析，处理过程耗时长，对操作人员技术水平要求高，且现有处理技术在林木密集区域易出现数据冗余或缺失问题。(3) 法规与空域管理限制严格，无人机飞行需遵守空域申请、飞行高度、禁飞区等规定，而林区多位于偏远地区，空域申请流程复杂、审批周期长，部分林区涉及军事管制空域，限制无人机作业范围，影响林业应用效率。

## 2 无人机在林业资源调查与监测中的具体应用

### 2.1 森林资源清查

(1) 在树冠层结构分析中，无人机搭载高分辨率光学相机或多光谱传感器，可快速获取林区冠层影像。通过影像处理技术，能精准计算郁闭度—利用像素分类法区分冠层覆盖区域与空隙，得出郁闭度数值；同时，结合图像处理软件的距离测量功能，可直接测量单株林木冠幅，相比传统人工样方调查，效率提升5-10倍，且能覆盖更大范围，减少抽样误差。(2) 森林蓄积量估算环节，无人机与AI技术深度融合。首先，无人机搭载LiDAR传感器获取林木三维点云数据，提取林木高度、胸径等基础参数；随后，将这些参数与已建立的本地树种蓄积量样本库（包含不同树种、树龄的蓄积量回归模型）进行匹配，借助AI算法（如随机森林、神经网络）对数据进行分析，自动生成区域森林蓄积量估算结果，不仅精度可达85%以上，还能避免人工测量的主观性与劳

动强度<sup>[2]</sup>。（3）树种分类方面，多光谱数据与深度学习技术结合发挥关键作用。无人机获取的多光谱影像包含植被特定光谱波段（如近红外、红边波段），不同树种在这些波段的反射率存在显著差异；将多光谱影像数据输入训练好的深度学习模型（如CNN卷积神经网络），模型可通过学习不同树种的光谱特征与纹理特征，实现自动分类，分类准确率可达90%，尤其适用于大面积混交林区的树种识别，大幅降低人工分类成本。

## 2.2 森林动态监测

（1）森林火灾预警与灾后评估中，热成像技术是核心支撑。无人机搭载热成像相机，可在白天或夜间捕捉林区热异常区域—当林木出现自燃前兆或小火点时，热成像影像会显示高温热点，工作人员通过实时传输数据可及时发现火灾隐患，实现早期预警；火灾过后，无人机可快速航拍受灾区域，结合热成像数据与光学影像，一方面统计过火面积（通过影像拼接与面积计算工具），另一方面通过分析林木热损伤程度（热成像数据反映的温度差异）与植被光谱变化（多光谱数据），评估林木存活状况，为灾后救援与植被恢复提供精准数据支持<sup>[3]</sup>。（2）病虫害监测依赖异常植被指数识别。无人机获取多光谱影像后，可计算多种植被指数（如NDVI归一化植被指数、RVI比值植被指数），健康林木与受病虫害侵袭的林木在植被指数上差异明显—病虫害导致林木叶片叶绿素含量下降，NDVI值会显著降低；通过对不同时期的植被指数变化，或与健康林区的植被指数阈值进行比对，可快速定位病虫害发生区域，同时结合高分辨率影像，还能判断病虫害类型（如叶部病害、蛀干害虫危害），为精准防治提供依据。（3）非法砍伐与生态破坏行为巡查中，无人机凭借灵活性实现高效监管。工作人员可预设飞行航线，让无人机按固定路线对重点林区（如自然保护区、生态公益林）进行定期巡查，也可在接到疑似破坏举报后，快速飞赴现场取证；无人机拍摄的高清影像可清晰记录非法砍伐的林木数量、运输车辆轨迹，以及开垦林地、违规建设等生态破坏行为，影像数据可直接作为执法证据，有效解决传统人工巡护范围有限、难以实时监管的问题，提升林业执法效率。

## 2.3 生态修复与规划

（1）造林成活率监测环节，无人机可实现全周期跟踪。在造林初期，无人机航拍获取幼苗分布影像，通过影像计数可快速统计造林株数，对比设计造林密度，判断造林质量；造林后1-2年，无人机定期拍摄林区影像，利用植被指数分析与图像识别技术，区分存活幼苗与枯死幼苗（存活幼苗NDVI值高、叶片纹理清晰，枯死幼苗

则相反），自动计算成活率，相比人工逐株检查，可节省70%以上的时间，尤其适用于山地、荒漠等恶劣环境的造林监测。（2）退化林分评估与修复方案制定中，无人机提供精准数据支撑。无人机搭载多光谱传感器与LiDAR设备，可获取退化林分的植被覆盖度、林木长势（高度、胸径）、土壤裸露面积等参数；通过分析这些数据，能明确退化类型（如林木老化、水土流失导致的退化）与退化程度；基于评估结果，工作人员可制定针对性修复方案—例如，对林木稀疏区域，确定补植树种与密度；对土壤裸露区域，规划植被恢复措施，确保修复方案科学可行<sup>[4]</sup>。（3）碳汇林计量与生态效益评估方面，无人机提升计量精度与效率。无人机通过LiDAR数据计算林木生物量（结合生物量回归模型），再根据不同树种的碳转化率，得出碳汇量；同时，无人机获取的多光谱数据可分析碳汇林的生态效益，如固土保水能力（通过植被覆盖度评估）、空气质量改善作用（通过植被光合作用相关光谱参数分析）；相比传统人工碳汇计量，无人机不仅能覆盖更大范围的碳汇林，还能实现年度动态计量，为碳汇交易与生态效益评价提供可靠数据。

## 3 无人机在林业应用中的技术优化与未来发展方向

### 3.1 技术优化方向

（1）多源数据融合是关键突破点，通过整合无人机、卫星遥感与地面物联网数据，可实现林业监测“空-天-地”一体化。无人机提供高分辨率局部数据，卫星遥感覆盖大范围宏观信息，地面物联网（如土壤传感器、林木生长监测设备）获取实时微观数据，三者融合后能弥补单一数据局限性—例如，卫星遥感发现林区植被异常后，无人机可聚焦异常区域获取精细影像，地面物联网同步反馈土壤湿度、病虫害感染情况，形成完整数据链，提升监测精准度与决策科学性。（2）轻量化高精度载荷研发需进一步推进，当前多数高精度载荷（如高端LiDAR、高光谱传感器）重量大，仅适配大型无人机，限制其在山地、密林等复杂地形的应用。未来需通过材料革新（如采用碳纤维材质）、技术集成（如将多光谱与光学功能整合），研发重量轻（小于1kg）、精度高（光谱分辨率达5nm以下、LiDAR点云密度达200点/m<sup>2</sup>以上）的载荷，适配中小型无人机，降低设备成本与操作难度，扩大应用场景<sup>[5]</sup>。（3）自动化飞行路径规划与避障算法需升级，针对林区复杂地形（如陡峭山坡、密集林木），现有算法易出现路径规划不合理、避障不及时问题。未来可结合林区三维地形数据与实时环境感知技术，优化路径规划算法—预设航线时自动避开障碍物，飞行中通过多传感器（如毫米波雷达、视觉传感器）实

时探测突发障碍（如倒伏树木），实现毫秒级避障响应，保障飞行安全与数据获取连续性。

### 3.2 智能化与标准化建设

(1) AI驱动的林业特征自动识别系统需完善，当前系统在复杂场景（如混交林、病虫害早期识别）中准确率不足。未来应基于海量林业数据（不同树种、灾害类型影像）训练AI模型，提升特征提取能力—例如，开发多任务深度学习模型，同步实现树种分类、病虫害识别、林木生长量估算，且支持实时处理（数据获取后5分钟内输出结果），减少人工干预，满足林业快速监测需求。(2) 无人机林业调查数据标准制定迫在眉睫，目前行业缺乏统一数据标准（如影像分辨率、点云格式、数据精度指标），导致不同机构数据难以共享。需由林业主管部门牵头，联合科研机构、企业制定涵盖数据采集（飞行高度、重叠度要求）、处理（影像拼接、点云去噪标准）、存储（数据格式、元数据规范）、应用（不同调查场景数据精度阈值）的全流程标准，实现数据“一次采集、多方复用”，降低行业数据成本，推动跨区域林业协同管理。

### 3.3 政策与产业协同发展

(1) 空域审批流程需简化，针对林区无人机作业，当前空域申请需多部门审批（如民航、林业、军事部门），周期长达7-15天，影响应急作业（如火灾救援）效率。未来可建立林业无人机专属空域申请通道，对常规巡查区域（如非军事管制、非人口密集区的林区）实行备案制，应急情况下开通“绿色通道”，审批时间缩短至2小时内，保障作业时效性。(2) 无人机服务市场化

模式需积极探索，当前多数林区依赖自有设备与人员，成本高、利用率低。可推广无人机租赁模式，由专业企业提供设备、操作与数据处理服务，林区按需求付费；同时搭建区域级无人机林业数据共享平台，整合不同林区数据，向科研机构、企业开放（脱敏后），实现数据价值最大化，推动形成“设备租赁+数据服务”的产业生态，促进无人机林业应用规模化发展。

### 结束语

无人机在林业资源调查与监测中的应用，凭借其高效、精准、灵活等显著优势，已成为现代林业管理不可或缺的技术支撑。随着技术的持续优化与智能化升级，无人机在多源数据融合、自动化作业及标准化建设方面将取得更大突破。未来，通过政策支持与产业协同，无人机将进一步推动林业管理向精细化、智能化方向发展，为生态保护与资源可持续利用提供坚实保障。

### 参考文献

- [1]徐亮,李绪佳,尹衡,等.无人机技术在林业调查规划设计中的应用[J].中国林业产业,2023,(11):118-119.
- [2]海冰.浅谈无人机技术在林业调查规划设计中的应用[J].内蒙古林业调查设计,2023,46(05):82-84.
- [3]蒋建辉,张伟.无人机技术在森林可燃物大样地调查中的应用[J].内蒙古林业调查设计,2023,46(05):102-104.
- [4]方良,钟咨.林业调查规划设计中3S+无人机技术的应用[J].数字农业与智能农机,2023,(03):17-19.
- [5]杨晨,孔维俊.无人机技术在林业调查规划设计中的应用[J].农业开发与装备,2022,(09):119-120.