

# 无人机在文山州林草资源管理中的运用

陈丽花<sup>1</sup> 邓金明<sup>1</sup> 陈宏<sup>2</sup>

1. 文山州林业和草原资源监测站 云南 文山 663099

2. 文山州林业和草原科学研究所 云南 文山 663099

**摘要:** 无人机凭借灵活、精准高效的特点,在文山州林草资源管理中广泛应用,近年来完成林草湿荒普查、年度林草湿荒调查监测等本底调查和动态监测工作,在病虫害监测与火灾防控、生态修复、数字化管理等方面发挥重要作用,解决传统管理瓶颈。助力林草资源管理向精细化、智能化转型。

**关键词:** 无人机;文山林草资源管理;调查监测;灾害防控;生态修复

引言:传统林草资源管理模式依靠人工调查核实,存在覆盖不全、效率低、精度低等短板,难以适配精细化的高效管理需求。无人机无需固定起降场地、可深入复杂地形、数据获取精准的优势日益凸显,逐步应用于林草资源管理各环节,有效破解传统管理难题,为林草资源高质高效管理注入新动能。

## 1 文山州林草湿资源概况

文山州位于云南省东南部,东与广西百色市接壤,南与越南社会主义共和国接界,西与红河哈尼族彝族自治州毗邻,北与曲靖市相连,是云南省建设面向南亚和东南亚辐射中心重要节点和我国西南地区重要生态安全屏障,地处“长江重点生态区生态保护和修复重大工程”规划实施区域,生态文明建设区位十分重要。文山州国土面积3140777.77hm<sup>2</sup>,2024年林草湿荒普查,林地面积1983638.59hm<sup>2</sup>,草地面积90419.96hm<sup>2</sup>,湿地面积28515.72hm<sup>2</sup>,占国土面积的66.94%;森林覆盖率达44.37%,乔木林地面积1364573.24hm<sup>2</sup>(阔叶林面积687499.55hm<sup>2</sup>,针叶林面积641723.28hm<sup>2</sup>,针阔混面积35350.41hm<sup>2</sup>),竹林地面积2273.43hm<sup>2</sup>,灌木林地面积539287.51hm<sup>2</sup>;天然林面积1338806.99hm<sup>2</sup>,人工林面积629983.05hm<sup>2</sup>9hm<sup>2</sup>;全州公益林面积669495.99hm<sup>2</sup>,其中国家级公益林面积498426.57hm<sup>2</sup>、省级公益林面积171069.429hm<sup>2</sup>。文山州植被垂直分带明显,从热带沟谷雨林到山顶苔藓矮丛林均有分布,文山州是云南省生物多样性最丰富的地区之一,记录高等植物233科1057属3380种,其中国家重点保护野生植物121种(一级12种),主要造林树种有杉木、云南松、桉木、桉树、八角、油茶等。

## 2 无人机技术核心特性及林草资源管理适配性

无人机即无人驾驶飞行器,依托飞行控制系统、遥感探测设备、数据传输系统等核心组件,可实现自主飞行、精准探测、实时传输与数据解析,其技术特性与林草资源管理的实际需求高度适配,成为突破传统管理瓶

颈的关键支撑。文山州是典型的岩溶山区,无人机凭具机动灵活性,无需固定起降场地,可根据需求灵活调整飞行高度、航线与速度,能够深入山区、丘陵、石漠化等人工难以抵达的区域,实现林草资源的全方位覆盖监测,有效解决传统巡查中盲区较多的问题。在数据获取方面,无人机可搭载高清相机、激光雷达、红外传感器等多种设备,获取高分辨率影像、三维点云等数据,数据精度可达厘米级,远超常规遥感技术,能够精准捕捉林草资源的细微变化。同时,无人机作业效率极高,单架无人机单日可完成数千亩林草区域的探测任务,大幅降低人力物力投入,适应林草资源管理中的各类需求。此外,无人机操作便捷、运维成本较低,经过培训即可操作,能够快速实现技术落地,推动管理效率与管理质量的双重提升<sup>[1]</sup>。

## 3 无人机在林草资源管理中的基础运用

### 3.1 林草资源调查运用

文山州无人机在林草资源调查上的运用主要是从2021年林草湿综合监测开始逐年推广,以前年度调查监测依靠人工实地调查与抽样调查,在图斑较大地形复杂的山区难以全面调查,效率低下且数据误差较大。无人机技术通过搭载高清光学相机、激光雷达等设备,能快速查清林草资源的种类、分布、数量、变化状况等信息。对林草区域进行全方位巡航拍摄,获取高分辨率影像与三维点云数据,结合专业数据解析软件,能快速识别林草地类型、辅助林草图斑区划,测算面积、蓄积量等数据。能够精准区分乔木、灌木、草本等植被类型,明确分布范围与边界,分析林龄、植株高度、胸径等因子,评估生长状况与林分质量。传统现地调查每人单日能完成8个左右的图斑,运用无人机调查单日能完成30个以上的图斑,为文山州林草湿荒普查和年度林草湿荒调查监测大大提高效率和数据精度,为林草资源管理提供精准可靠

的数据支撑。

### 3.2 林草生长状况动态监测运用

无人机在林草生长状况动态监测中的运用，主要是跟踪林草资源变化、生长变化，及时发现衰弱、枯萎等异常并及时采取管控措施。无人机凭借常态化作业优势，可实现长期、动态监测，通过定期巡航获取多时序高分辨率影像数据，结合植被指数分析、三维对比等技术，精准捕捉生长细微变化。搭载的红外传感器可检测叶绿素含量、水分含量等指标，识别异常区域并精准定位。通过多时段数据对比，分析生长速度、覆盖度变化规律，预测生长趋势，为林地林木资源管理、培育、管护提供科学依据。

### 3.3 林草覆盖范围核算运用

传统核算依赖人工测量与常规遥感影像解析，耗时耗力且精度低，难以精准区分林草覆盖情况，在错综复杂区域误差较大。无人机搭载高分辨率相机与激光雷达设备，获取高清影像与三维地形数据，结合图像分割、边界提取等技术，精准区划、明确边界范围、核算面积、盖覆类型等。特点是影像数据精度高，能清晰呈现细微分布，有效区分不同覆盖类型，避免传统核查中边界模糊、漏算、误算等问题。同时快速完成测算，大幅缩短周期，实现高效常态化监测，及时跟踪覆盖范围变化，为总量评估、生态质量评价提供精准数据支撑，助力科学管控<sup>[2]</sup>。

### 3.4 林草资源变化追踪运用

林草资源受自然环境、人为活动等因素影响，分布、数量、生长状况等会动态变化，及时追踪变化是管理的核心需求。通过无人机定期巡航获取多时序、高分辨率影像与数据，结合对比、变化检测等技术，精准识别变化区域、类型与程度。文山州近年来依托国家林草局和省局下以变化图斑影像，运用无人机现地核实，可追踪开垦林地、林木采伐、林草地类改变等，分析变化原因与趋势，为使用林草资源合法性判定提供参考依据。例如，森林督查中通过数据比对判断林草资源变化，追踪林草资源变化和利用情况，分析图斑变化原因，提高使用林草资源合法性判定准确度。无人机追踪精准高效、全方位覆盖，不受地形环境限制，弥补传统追踪中盲区多、响应慢、精度低等短板，有力支撑资源动态监管，做到及时发现问题及时查处整改。

## 4 无人机在文山州林草资源管理中的深度运用

### 4.1 林草湿荒调查监测中的运用

低空无人机主要用于中小区域森林资源调查，能快速、实时、低成本获取小区域光学图像，为图斑区划和基本属性识别提供更可靠的数据。近年来文山州运用无

人机开展了林草湿荒普查、林草湿荒调查监测（年度更新）、森林督查执法、使用林地现地调查、林木采伐更新检查等工作，能精准提取植被覆盖类型、林种、树种、树高、胸径、冠幅等因子，文山州2025年林草湿荒调查监测变化图斑18877个，运用无人机调查图斑16422个，运用率达87%。

### 4.2 林草病虫害防控运用

传统病虫害防控依靠人工巡查与地面施药，效率低下、精度不高，易造成药剂浪费和环境污染，且在偏远山区、大面积林区难以全面覆盖。无人机搭载高清相机、红外传感器等设备，可全方位巡航探测，通过高分辨率影像和红外成像精准识别病虫害区域及危害程度，结合多时序数据追踪传播路径、预判暴发风险。在施药环节，无人机搭载智能喷洒系统，按病虫害分布精准规划航线和用量，均匀喷洒，效率远超人工，且能灵活调整高度角度，适配不同林草区域，实现无死角防控，同时减少药剂浪费和生态污染。此外，无人机可搭载诱捕设备定点监测诱捕，可定位病株清除，保障林草健康生长，应用后病虫害发生率显著下降，作业效率较人工提升10倍以上<sup>[3]</sup>，文山州病虫害防治面积31100hm<sup>2</sup>，2025年无人机防治面积15057hm<sup>2</sup>，占比48%；采用无人机追踪、清除枯死松木940株，重点林区巡护监测达23次。

### 4.3 林草火灾防控运用

林草火灾突发性强、蔓延快、扑救难，导致烧毁林草资源、破坏生态，甚至威胁人身安全。传统防控依赖人工巡查和瞭望塔观测，响应慢、覆盖不全，难以发现早期火情，易导致火势扩大。无人机推动火灾防控向“主动预警、精准防控”转型，构建了立体化防控体系。预警环节，无人机搭载红外传感器和烟雾识别设备，精准捕捉微弱热源和烟雾，尤其能在夜间、恶劣天气下正常作业，弥补传统防控短板，发现火情可快速定位，实时传输高清影像和地形数据，为火情研判和扑救方案制定提供支撑。扑救环节，无人机可实时监测火势蔓延趋势，规划最佳扑救路线，搭载高分贝喊话器可及时通知扑火人员规避风险；小型无人机可精准扑救零星火点，大型无人机可运输灭火物资，在地形复杂区域大幅提升扑救效率，部分无人机单趟运输时间较人力缩短90%以上。后续处置环节，无人机可探测烧毁区域，获取烧毁面积和程度数据，为损失评估、灾后重建提供精准支撑，大限度减少损失，部分重点区域应用后火灾发生率下降40%。

### 4.4 林草生态修复运用

林草生态修复主要针对退化林草地，传统修复效率低、成本高，复杂地形和偏远区域难以开展。林草生态

修复规划环节,无人机可全方位探测修复区域,获取高分辨率影像、三维地形、土壤墒情等数据,结合软件分析地形、土壤条件及林草分布,精准判断种植类型和密度,优化修复方案完成落地上图,提高作业设计质量、降低成本。种植实施环节,无人机搭载播种、喷播设备,精准播种,效率远超人工,可均匀控制密度,适配复杂地形和偏远区域,还能根据土壤、地形调整播种深度和用量,选择适宜种子,进一步提升存活率,单日可完成数百亩作业,部分地区飞播后种子成活率提升50%。后期监测环节,无人机长期动态监测修复区域,跟踪林草存活率、生长状况等指标,及时发现问题并采取补植养护措施<sup>[4]</sup>。文山州2025年实施森林修复项目(含森林抚育和森林可持续经营)17527hm<sup>2</sup>,全部采用无人机进行作业设计、落地上图;山高坡陡的部分森林抚育图斑施肥,运输环节使用了无人机吊运。

#### 4.5 林草三维建模与数字化管理运用

数字化管理是林草资源管理的必然趋势,核心是构建数字化模型,实现信息可视化、精细化管理。传统数字化管理依赖人工采集数据和常规遥感建模,效率低、精度差,难以满足管理需求。无人机结合激光雷达和三维建模软件,可快速构建高精度林草三维模型,推动管理智能化升级。无人机搭载激光雷达设备,可获取厘米级三维点云数据,结合高清影像,通过专业软件构建三维模型,清晰呈现林草植株高度、胸径等生长指标及三维分布、地形地貌等信息,单日作业面积可达2000-3000亩,远超传统人工调查方式。该模型可实现林草资源信息可视化查询分

析,为管理决策提供科学依据,还能与管理系统对接,融入动态监测数据,实现数据实时更新共享和动态数字化管理。此外,通过模型可模拟林草生长、病虫害传播、火灾蔓延等趋势,为管理规划、灾害防控等提供支撑,优化管理方案,推动林草资源管理进入数字化、智能化新时代,为可持续发展提供有力保障<sup>[5]</sup>。

结束语:无人机技术在林草资源管理中的应用,全面覆盖了基础调查、动态监测、灾害防控、生态修复等全流程,有效弥补了传统管理模式的不足,大幅提升了管理效率与质量。推动管理模式向数字化、智能化转型,为林草资源精细化管理提供了科学可行的路径。未来随着技术的持续迭代,无人机将与更多新技术深度融合,进一步拓展应用场景,为生态保护与林草资源可持续管理提供更坚实的支撑。

#### 参考文献

- [1]席朝骏.无人机遥感技术在沁源县林草资源调查监测中的应用[J].林业科技情报,2025,57(3):134-136.
- [2]郭倩.无人机技术在森林资源监测与管理中的实践应用[J].中国林业产业,2025(5):93-94.
- [3]彭灿,蒲鸿,杨太橡.智能无人机技术在森林资源动态管理中的效能提升策略[J].农家科技,2025(8):121-123.
- [4]唐启源.无人机遥感技术在森林资源管理中的应用研究[J].南方农机,2025,56(19):178-181.
- [5]董方山,马岩岩.无人机遥感技术在林草资源调查规划中的创新应用与精度评估[J].农家科技,2025(31):124-126.