

无人机技术在林业造林质量核查与防火巡查中的应用

贺金贵

同心县林业和草原局 宁夏 吴忠 751300

摘要: 随着生态文明建设的深入推进和森林资源保护需求的日益提升,传统林业管理方式在效率、精度和覆盖范围等方面已难以满足现代林业高质量发展的要求。无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)技术凭借其高机动性、低成本、高分辨率影像获取能力以及灵活部署等优势,在林业领域展现出广阔的应用前景。本文聚焦于无人机技术在林业两大核心业务——造林质量核查与森林防火巡查中的具体应用,系统梳理了相关技术原理、作业流程、数据处理方法及典型应用场景,并通过案例分析验证其实际效能。研究表明,无人机技术显著提升了造林核查的客观性与精细化水平,强化了火情早期识别与应急响应能力,是推动林业数字化、智能化转型的关键支撑技术。文章最后探讨了当前应用中存在的挑战,并对未来发展方向提出建议,以期为林业现代化管理提供理论参考与实践指导。

关键词: 无人机; 林业; 造林质量核查; 森林防火; 遥感; 智能监测

引言

森林是陆地生态系统的主体,是国家重要的战略资源,在维护生态安全、应对气候变化、保障木材供给和促进经济社会可持续发展中具有不可替代的作用。我国高度重视林业发展,持续推进大规模国土绿化行动,“十四五”规划明确提出要科学开展大规模国土绿化,提升生态系统质量和稳定性。然而,造林成效如何评估?森林火灾如何有效预防与扑救?这些问题始终是林业管理的核心挑战。传统的造林质量核查主要依赖人工地面踏查,存在工作量大、周期长、成本高、主观性强、难以覆盖偏远或地形复杂区域等问题,导致核查结果滞后且代表性不足。同样,森林防火巡查长期依赖瞭望塔、人工巡护和卫星遥感,前者受视野和人力限制,后者则受限于重访周期长、空间分辨率低,难以实现对火情的“早发现、早处置”。近年来,以多旋翼和固定翼无人机为代表的低空遥感平台迅速发展,集成了高分辨率光学相机、多光谱/高光谱传感器、热红外成像仪、激光雷达(LiDAR)等多种载荷,能够高效、精准地获取林区三维空间信息。无人机技术以其“看得清、飞得快、用得起”的特点,为破解上述林业管理难题提供了全新的技术路径。

1 无人机技术在造林质量核查中的应用

造林质量核查是检验造林工程成效、确保生态建设目标实现的关键环节,其核心内容包括造林面积核实、苗木成活率与保存率调查、树种配置合理性评估、抚育管护情况检查等。传统的人工核查方式不仅效率低下,而且容易因抽样偏差或主观判断而影响结果的科学性。无人机技术的引入,从根本上改变了这一局面。

1.1 技术原理与作业流程

1.1.1 技术原理

无人机应用于造林核查,主要基于摄影测量与计算机视觉原理。通过搭载高分辨率RGB相机(通常优于5cm GSD),无人机按照预设航线对造林地块进行航拍,获取大量带有精确地理坐标的重叠影像。利用专业软件(如Pix4Dmapper, Agisoft Metashape等)进行影像拼接、空三加密,可生成高精度的数字表面模型(DSM)、数字正射影像图(DOM)和三维点云模型。

1.1.2 作业流程

作业通常始于任务规划阶段,技术人员依据待核查造林小班的矢量边界,在地面控制软件中设定飞行高度、速度、航线及影像重叠度(一般航向重叠80%、旁向70%),以确保后续三维重建的精度。随后,在天气条件适宜时执行外业航拍,搭载高分辨率RGB相机(地面采样距离GSD通常优于5厘米)的无人机沿预设航线自动飞行并采集影像。这些带有精确地理坐标的原始影像被导入专业处理软件(如Pix4Dmapper或Agisoft Metashape),经过空中三角测量、密集点云生成、纹理映射等步骤,最终产出数字正射影像图(DOM)、数字表面模型(DSM)乃至三维实景模型^[1]。基于这些成果,可开展多层次的信息提取与分析。例如,将DOM与造林设计图叠加,能直观比对实际造林范围与规划范围的吻合度,从而精确核算造林面积;利用DOM或点云数据,结合深度学习算法(如U-Net或YOLO系列模型),可实现单木级别的自动识别与计数,进而估算苗木成活率;通过多时相DOM对比或计算植被指数(如NDVI),还能定量评估苗木的生长状况与健康水平;此外,DOM的高

清晰度使得林地杂草覆盖、人畜破坏痕迹、病虫害迹象等抚育管理问题一目了然，为后续管护决策提供依据。整个流程实现了从数据采集到智能分析的闭环，极大提升了核查工作的系统性与科学性。

1.2 应用优势与价值

相较于传统手段，无人机技术在造林核查中展现出显著的综合优势。首先，其作业效率极高，一架小型多旋翼无人机可在数小时内完成数百亩林地的全覆盖航拍，效率远超人工踏查，特别适用于大规模国土绿化工程的快速普查与动态监测。其次，无人机获取的数据具有高度客观性和可重复性，厘米级的空间分辨率为单木识别提供了可能，避免了人工抽查中的主观偏差和样本代表性不足的问题。更重要的是，无人机所生成的DOM和三维模型构成了造林地块的永久性数字档案，管理者可随时调阅历史影像，进行纵向对比和精细化过程管理，这为林业项目全生命周期监管奠定了数据基础^[2]。尽管初期存在设备与软件投入，但从长期运营角度看，无人机大幅降低了人力、交通和时间成本，经济效益和社会效益均十分显著。

1.3 实践案例

某省林业局在2023年春季造林核查中选取5个县共计1.2万亩新造林地作为试点，采用配备RTK高精度定位模块的无人机进行航拍，将GSD控制在3厘米以内。通过自动化数据处理流程，仅用一周时间便完成了全部地块的DOM生成与单木AI识别。结果显示，无人机测算的平均成活率为87.2%，与同期人工抽查结果（89.5%）高度一致，但前者覆盖了100%的造林面积，成功发现了多处人工未覆盖区域的局部死亡现象，为精准补植提供了靶向指导。该案例不仅证明了无人机核查结果的可靠性，更凸显了其在提升核查全面性与管理精细化方面的独特价值。

2 无人机技术在森林防火巡查中的应用

森林火灾突发性强、蔓延迅速、扑救困难，一旦失控将造成难以估量的生态与经济损失。构建“空-天-地”一体化的立体化监测预警体系，是现代森林防火工作的核心方向。在这一体系中，无人机凭借其灵活机动、响应迅速、感知能力强的特点，成为连接卫星遥感与地面巡护的关键空中节点。

2.1 技术原理与作业模式

2.1.1 技术原理

无人机在防火领域的核心能力源于其可搭载的多样化传感器组合。可见光相机用于日常巡逻，可清晰捕捉烟雾、非法用火行为或可疑人员活动；而热红外成像仪则是防火应用的关键，它通过探测物体自身发出的热辐

射，不受昼夜交替或薄雾烟尘影响，能够精准识别高温火点甚至地下阴燃火，实现真正的全天候监测。部分高端机型还可集成气体传感器，探测火灾初期释放的一氧化碳等特征气体，作为辅助预警手段。

2.1.2 作业模式

基于这些技术能力，无人机形成了三种主要作业模式：一是常态化巡逻，在防火期内按固定航线对重点林区、高火险区域进行定时巡航，形成持续监控态势；二是应急响应，一旦接到火警，无人机可迅速升空赶赴现场，实时回传火场全景、火线走向、火势强度、周边可燃物分布、水源位置及道路通达性等关键信息，为指挥中心制定科学扑救方案提供决策支持；三是灾后评估，火灾扑灭后通过航拍精确勾绘过火范围，评估林木损毁程度，为灾后恢复规划和责任认定提供客观依据^[3]。这种“平战结合”的应用模式，使无人机成为森林防火体系中不可或缺动态感知单元。

2.2 应用优势与价值

无人机在森林防火中的价值集中体现在“早发现、快响应、强协同”三个方面。首先，其分钟级的响应能力远超卫星遥感的数小时重访周期，能够在火情处于冒烟或初起明火阶段就被及时捕获，真正落实“打早、打小、打了”的防火方针。其次，热成像技术赋予其全天候作战能力，加之其可轻松飞越悬崖、沼泽、密林等人力难以抵达的复杂地形，实现了无死角、无盲区的全域覆盖巡查。更为重要的是，无人机如同指挥员的“空中之眼”，所提供的第一手、全方位、动态化的火场态势信息，极大提升了指挥决策的科学性与时效性，不仅能优化兵力部署和扑救路线，还能有效规避扑火队员进入危险区域的风险，显著提升救援安全性。从长远看，无人机的广泛应用不仅降低了巡护人员的劳动强度和暴露风险，也因有效遏制小火蔓延而大幅减少了潜在的经济损失。

2.3 实践案例

2024年4月，某国家级自然保护区因雷击引发一起森林火情。当地森林消防支队在接警后立即派出搭载双光吊舱（可见光+热成像）的长航时固定翼无人机升空。该无人机在15分钟内抵达火场，通过热成像画面清晰识别出3个主要火点和一条长达200米的连续火线，并准确标定了火场附近一处小型水库的位置。指挥部据此迅速调整战术：一方面组织力量从火线侧翼实施包抄扑救，另一方面调度队伍前往水库就近取水支援。得益于无人机提供的精准情报，明火在2小时内被完全扑灭，过火面积仅0.8公顷，成功保护了核心区珍贵的原始林资源。事后

复盘认为,无人机的快速介入与实时情报支持是此次高效、安全扑救行动的决定性因素,充分彰显了其在应急响应中的核心价值。

3 面临的挑战与未来展望

3.1 面临的挑战

尽管无人机技术在林业应用中展现出巨大潜力,但其规模化、常态化推广仍面临多重现实挑战。首先是法规与空域管理问题,当前低空空域审批流程复杂、标准不一,限制了无人机在紧急情况下的快速部署能力。其次是技术瓶颈,现有行业级无人机的续航时间普遍在30至60分钟之间,对于超大面积林区的连续作业仍显不足,而多传感器集成又会进一步压缩有效飞行时间^[4]。此外,海量航拍数据的自动化处理与智能解译对硬件平台和专业技术人才提出了较高要求,基层林业单位往往缺乏相应能力。最后,行业标准体系尚不健全,在数据采集规范、处理流程、成果格式等方面缺乏统一标准,影响了不同地区、不同项目间数据的互认与共享。

3.2 未来展望

面向未来,无人机在林业领域的深化应用将沿着智能化、融合化、平台化方向演进。一方面,具备自主避障、智能航线规划和边缘AI计算能力的新一代智能无人机将逐步普及,无人机集群协同作业模式也将被探索,以实现更大范围、更高效率的监测覆盖。另一方面,无人机数据将与高分卫星遥感、地面物联网传感器(如土壤温湿度站、微型气象站、视频监控)深度融合,构建天地一体、动静结合的林业智能感知网络。在此基础上,集成任务派发、飞行监控、数据处理、成果可视化于一体的“无人机+”林业综合管理平台将成为主流,推动林业业务流程的全面数字化闭环。可以预见,随着低空经济政策的逐步完善和技术成本的持续下降,无人机

必将在林业资源监测、病虫害预警、生物多样性保护等更广泛领域发挥核心作用,成为驱动我国林业高质量、智慧化发展的战略性基础设施。

4 结语

无人机技术作为新一代信息技术与林业深度融合的典范,正在深刻变革传统的林业生产与管理模式。在造林质量核查方面,它通过提供高精度、全覆盖、客观化的空间数据,实现了从“抽查”到“普查”、从“定性”到“定量”的跨越,有力保障了国土绿化工程的质量。在森林防火巡查方面,它凭借其快速响应、全天候作业和强大的态势感知能力,构筑了火情“早发现、早处置”的第一道防线,显著提升了森林火灾的综合防控能力。尽管当前仍存在续航、法规、数据处理等方面的挑战,但随着技术的持续迭代、成本的不断下降以及相关政策的完善,无人机必将在林业资源监测、病虫害防治、野生动植物保护等更广阔的领域发挥核心作用,成为驱动我国林业迈向高质量、智慧化发展新时代不可或缺的战略工具。林业管理部门应积极拥抱这一技术变革,加大投入与人才培养,推动无人机技术在林业实践中落地生根、开花结果。

参考文献

- [1]梁祖锋.现代林业工程技术中无人机技术在植树造林中的应用分析[J].中国林业产业,2025,(06):103-104.
- [2]王振亚.无人机在林业防灾减灾中的应用[J].华南地震,2025,45(02):204.
- [3]张雪,范慧珠,张琳琳,等.无人机在林业中的应用[J].林业勘察设计,2025,54(02):74-77.
- [4]彭景润.无人机在林业行业中的应用和实践[J].现代园艺,2025,48(04):147-149.