ISSN：3078-8994
EISSN：3104-4492

智慧林业在林业工程中的作用及应用研究

张 哲

黑龙江省森工森林消防指挥中心，黑龙江 哈尔滨 150008

摘 要：林业工程的核心职能集中体现在森林培育、生态修复和木材供给等方面，传统粗放管护受山区通信匮乏、极端地形阻隔及信息壁垒制约，面临感知断层、机械化偏低与防灾滞后等困境，难以契合现代林业建设要求。因此，探索智慧林业应用策略，涉及林区感知网络基建，还关系到智能造林作业、灾害协同预警、全周期数据融通。本文的研究旨在于深入探讨智慧林业在林业工程中的作用及应用，为攻克复杂林地技术瓶颈提供有益的参考，以促进林业工程实现数字化转型与长效管护。

关键词：智慧林业；林业工程；作用研究

DOI：10.64649/yh.shfzykjcx.issn3078-8994.202610025

0 引言

林业工程作为国民经济的重要组成部分，不仅承担着提供木材资源的重要任务，还承担着生态保护，气候调节等多重功能。智慧林业的提出，通过集成物联网、大数据、云计算和人工智能等先进技术，可实现对林业资源的精准管理、高效监测与科学决策，进而推动林业工程的可持续发展”。因此，深入探索智慧林业在林业工程中的作用及应用，对林业工程实现智能化、现代化发展具有深远的现实意义。

1 智慧林业在林业工程中的作用

1.1 驱动造林精细施工，提升林业工程建设质效

智慧林业在造林与抚育施工环节发挥着重要的提质增效作用，推动林业工程由传统的粗放式经验作业向现代标准化、精细化作业全面转型。通过对施工区域的土壤肥力、水分含量及微气候环境进行量化分析，智慧林业能够精准指导苗木选育、栽植密度控制以及水肥按需调配，有效克服复杂地形与恶劣气候对造林施工的制约。这种精准化的作业指导机制可以显著提高新造林地的苗木成活率与保存率，减少水资源、化肥及种苗的无效损耗，在缩短工程作业周期的同时，实现林业工程经济成本控制与生态建设质量的双重提升。

1.2 筑牢灾害智能防线，保障林业工程安全运行

智慧林业可以强化林业工程抵御自然灾害与生物灾害的能力，将林业安全管护模式从传统的“灾后被动抢险”转变为“灾前主动预防、灾中精准扑救”。在森林防火与有害生物防治方面，它能够敏锐捕捉林区环境异常变化与虫情早期苗头，大幅缩短隐患发现与核实的时间差，有效遏制火情蔓延与病虫害大面积爆发。同时，在灾害发生时，智慧林业能够为应急救援力量的精准投送与科学避险提供即时态势支撑，最大限度降低灾害对造林绿化成果和森林生态系统的破坏，为林业工程生态效益的持续稳定发挥筑牢安全屏障。

1.3 支撑管理科学决策，实现林业工程长效管护

智慧林业可以重塑林业工程的综合管理模式，显著提升跨区域、长周期林业工程的统筹监管与科学决策水平。它可以将原本分散的工程进度、资金使用、林木长势及管护绩效等多元信息进行系统化整合，使管理者能够直观掌控工程全生命周期的运行态势，消除传统层级汇报中的信息衰减与滞后现象。基于长期积累的生态监测与工程运维数据，智慧林业能够客观评估林业工程的碳汇能力与生态修复成效，辅助管理者精准识别管护薄弱环节并动态优化资源配置方案，从而确保林业工程实现高质量、可持续的长效管护。

2 智慧林业在林业工程中应用面临的问题

2.1 林区基础网络薄弱，立体感知监测存在盲区

当前多数林业工程地处偏远山区或地形复杂的林地，通信基站与电力设施覆盖严重不足，导致物联网传感设备与高清监控终端难以实现稳定组网和持续供电。同时，茂密的林冠层对无线信号和卫星定位产生强烈遮挡，使得地面微环境数据采集频次受限、传输经常中断，高空遥感数据也易受云雾气象干扰而出现分辨率下降。这种底层网络基建的滞后，导致林区立体感知网络存在大量物理盲区与数据断层，无法实现真正意义上的全天候、无死角动态监测，严重制约了前端生态数据采集的完整性与实时性。

ISSN：3078-8994
EISSN：3104-4492

2.2 智能装备适配度低，造林抚育作业自动化不足

林业工程作业环境往往面临陡坡、密林、碎石等极端地形，现有智能化林业装备的环境适应性与实地作业能力明显不足。市面上多数自动化造林机械、巡检机器人及植保无人机主要针对平原或农业场景设计，进入复杂林区后普遍存在通行困难、续航骤减、避障失灵等问题，故障率居高不下。此外，针对起苗、挖穴、栽植、除草等关键抚育环节的专用智能农林机具研发滞后，且设备购置与维护成本高昂，导致一线林业工程施工仍高度依赖传统人工作业，机械化与智能化替代率偏低，难以满足大规模精细化造林的现实需求。

2.3 灾害预警协同滞后，防灾减灾应急响应较慢

在森林防火与病虫害防控实践中，现有智能预警系统的识别精准度与跨部门协同联动机制仍存在明显短板。一方面，前端监控算法易受林区晨雾、反光、枯叶等因素干扰，火情与虫情的误报、漏报率较高，基层人员需耗费大量精力进行人工复核；另一方面，气象、林业、应急管理等部门之间的预警信息尚未实现秒级贯通，灾害发生后缺乏自动化的应急预案生成与资源调度匹配能力。预警感知与地面处置力量之间的衔接脱节，导致防灾减灾工作往往错失最佳的早期处置窗口期，影响了林业工程应急响应的整体效能。

2.4 林业数据孤岛凸显，综合管理平台缺乏联动

林业工程涉及资源规划、造林施工、灾害防控、资金监管等多个业务条线，但目前各部门、各层级的信息化系统大多独立建设，缺乏统一的数据接口规范与编码标准。海量监测数据、工程档案与地理信息分散存储在不同的局部系统中，彼此之间难以实现互联互通与深度融合，“数据孤岛”与“系统烟囱”现象极为突出。同时，现有的林业综合管理平台大多停留在简单的数据汇总与可视化展示层面，缺乏深度的关联分析与智能决策模型支撑，无法对工程全周期管护形成有效的业务联动，极大地削弱了智慧林业的统筹管理价值。

3 智慧林业在林业工程中的应用

3.1 完善林区网络基建，构建“天空地”一体化监测体系

针对偏远山区通信基站与电力设施匮乏、茂密林冠阻断无线信号以及高空遥感易受云雾干扰所引发的监测盲区与数据断层痛点，工程建设应当确立“多维互补、异构组网、空地协同”的立体感知理念。

在具体工程实施中，林业建设单位可联合通信运营商采取分层次的立体化组网策略。首先，针对林区供电难与公网信号缺失的问题，工程施工团队可以在林区制高点及林缘开阔地带建设风光互补微电网基站，并配置北斗短报文终端与低轨卫星通信模块，以此搭建不依赖传统地面公网的骨干回传通道；在郁闭度高、林冠遮挡严重的林下空间，技术人员可以广泛布设穿透力强、功耗极低的 LoRa 无线自组网节点与土壤温湿度、林木胸径生长微传感器，让地面终端采集的微环境数据通过节点间的多跳中继自动汇聚至林冠层上方的卫星网关，从而解决林下信号中断与采集频次受限的难题。其次，为了克服高空光学卫星遥感在多云多雨天气下分辨率下降的缺陷，林业监测部门可以在天基层面引入具备穿云透雾能力的合成孔径雷达（SAR）卫星影像，全天候获取大尺度林分结构数据；在空基层面，工程管护团队可以在重点林区部署全自动无人机值守机巢，由搭载激光雷达（LiDAR）的无人机定期开展低空巡航，精准穿透树冠缝隙提取林下地形地貌与单木三维参数。

3.2 引入推广智能装备，实现造林与抚育工程精准作业

林业工程领域须秉持“山地适生改造、人机协同作业、装备共享服务”的现代化施工策略。在实际造林与抚育工程推进过程中，林业科研机构、装备制造企业与工程承包方需要从硬件改造和运营机制两方面协同发力。

在硬件适生性改造方面，林业装备研发机构应当摒弃直接照搬平原农业机械的做法，针对起苗、挖穴、栽植等关键环节定制开发底盘重心可调的小型履带式仿形挖穴机与多足山地造林机器人，使机械设备在陡坡与碎石地带依然保持极佳的抓地稳定性与通行能力；针对林冠遮挡引发的无人机定位失灵与避障失效问题，技术团队可以为重载运苗无人机及植保无人机加装毫米波雷达与双目视觉融合避障模组，并植入激光 SLAM（同步定位与建图）自主导航算法，让无人机在密林无卫星信号环境下依然能够自主绕开树枝障碍，精准完成陡坡苗木投送与靶向施药作业；在幼林抚育阶段，现场施工人员可以操作搭载机器视觉识别芯片的智能除草机与水肥一体化微灌系统，让设备自动区分幼苗与伴生杂草，实现定点除草与按需滴灌，从而降低无效能耗与机械故障率。在降低应用成本方面，面对高昂的设备购置与维护费用，地方林业局可以联合农机服务公司建立区域性“智能林业装备共享租赁中心”，允许中小型造林承包商按作业面积租用智能机具或直接购买托管式飞防、挖穴服务，并由租赁中心专业

ISSN：3078-8994
EISSN：3104-4492

技师统一负责日常维保，大幅摊薄单个工程项目的硬件投入成本。

3.3 升级智能预警系统，打造森林火灾与病虫害防控闭环

针对前端监控算法易受林区晨雾、反光、枯叶干扰而产生误报漏报，以及跨部门预警信息流转滞后、感知与地面处置力量衔接脱节等突出短板，林业防灾体系亟需树立“多模态 AI 降噪、跨部门秒级贯通、感知处置一体化”的主动防控理念。

在防灾减灾工程的具体落地中，林业、气象与应急管理等部门可按照“前端降噪识别—中台秒级共享—末端靶向调度”的流程开展系统性升级。第一，在前端识别算法优化上，林业技术团队应当改变过去依赖单一视频或热成像阈值的粗放模式，在林区监控塔部署“双光谱热成像 + 高光谱相机 + 微气象传感器”的多模态感知终端；算法工程师可以将林区历史晨雾、水面反光、枯叶变色等典型干扰源样本导入卷积神经网络进行对抗训练，使前端 AI 芯片能够精准剥离自然干扰与真实险情，并在松材线虫病侵染初期针叶光谱发生微变时即发出精准预警，从而大幅降低火情与虫情的误报率和漏报率，把基层管护人员从繁重的人工复核中解放出来。

在跨部门信息贯通上，地方政府应当依托政务云搭建连接林业、气象、应急管理等部门的“森林防灾协同数据中台”，制定统一的数据交互协议；一旦前端监控确认火情或虫害，预警平台便在秒级内自动抓取气象局的实时风速、风向、湿度以及林业局的林分可燃物载量数据，彻底消除部门间的信息传递时差。在应急响应与调度环节，应急指挥中心可以利用系统内置的林火蔓延动力学模型，在三维电子沙盘上实时推演出未来数小时的火场扩散边界，并由系统自动检索周边最近的消防蓄水池、防火隔离带及地面扑火网格员位置，一键生成最优扑救预案与行进路线并直接推送至一线扑火队员的手持终端，实现预警感知与地面处置的无缝衔接。

3.4 打通林业数据壁垒，搭建全生命周期智慧管理平台

林业数字化转型须坚持“标准统一先行、多源数据融通、算法模型驱动”的顶层设计策略。在平台搭建与工程管理实践中，林业主管部门与信息化建设团队可采取三步走的实施路径。

首先，在消除数据孤岛方面，省级或市级林业主管部门应强制统一资源规划、造林施工、灾害防控及资金监管等各个业务系统的空间坐标基准、林班小班编码规则与 API 数据交换接口；系统架构师可以通过搭建分布式林业大数据中心与数据清洗中间件，将历年纸质工程档案、各科室异构业务数据库以及前端物联网实时流数据进行标准化转换与对齐，从底层拆除阻碍数据流动的“系统烟囱”。

其次，在实现业务协同方面，技术研发团队可以依托 GIS（地理信息系统）与数字孪生技术构建“林业工程全周期管理一张图”，由平台自动将立项规划红线、施工进度台账、苗木成活率抽检结果、护林员巡护轨迹以及专项资金拨付流水挂载至对应的三维林地网格上，让规划、施工、防灾与财务部门在同一张底图上实现数据的实时共享与动态更新。最后，在深化智能决策功能方面，平台开发团队应当改变过去重展示、轻分析的做法，在平台内核中嵌入森林生长收获模型、碳汇计量模型与资金绩效评估算法。

4 结束语

本文围绕智慧林业在林业工程中的多维价值展开系统研究，深入厘清了其在造林精细施工、灾害智能防控，管理科学决策三个维度的核心作用，全面剖析了偏远林区网络薄弱、智能机具适配度低、预警协同滞后及数据孤岛凸显等现实症结。通过构建“天空地”一体化监测网、推广山地适生智能装备、升级多模态防灾闭环及搭建全周期智慧管理平台，有效填补了林下监测盲区，显著提升了复杂地形下的造林自动化率与火情虫害早期处置效能，打通了跨部门业务数据壁垒，实现了林业工程生态效益与建设质效的全面跃升。

参考文献：

[1] 车宗菊 . 智慧林业在林业发展中的应用研究 [J]. 当代农机 , 2024(6):46-46.
[2] 刘付俊威 . 智慧林业系统在林业工程管理中的应用探索 [J]. 中国林业产业 , 2025(3):116-117.
[3] 林冰阁 . 智慧林业技术在林业资源管理中的应用研究 [J]. 花卉 , 2025(18):97-99.
[4] 唐民芳 . 智慧林业在基层林业服务中的应用 [J]. 农村科学实验 , 2026(4):175-177.

作者简介：张哲（1980.08—），男，汉族，辽宁新民人，中级工程师，本科研究方向：森林防火。