

森林防火对生态安全的影响及森林管理策略研究

王海梅 罗绍芹*

昌宁县西山国社合作林场

DOI:10.12238/eep.v8i4.2666

[摘要] 在全球生态治理体系深刻变革的十字路口,森林生态系统作为陆地生态平衡的核心载体,其稳定性与可持续性关乎地球生命支持系统的运转。森林火灾作为威胁森林生态系统的关键致灾因子,通过对植被群落、生物多样性、碳循环机制、水土资源以及社会经济体系的多维冲击,深刻改变着生态系统的结构与功能。本研究系统梳理了森林火灾对生态安全的影响机理,结合全球典型森林火灾案例,揭示其在生物群落演替、温室气体排放、水土环境退化等方面的连锁效应;基于生态系统服务功能理论与可持续发展原则,构建了包含智能监测预警、科学可燃物管理、生态修复与适应性治理、社区协同参与的综合防控体系。研究表明,通过多学科技术融合与跨部门协同治理,能够有效降低森林火灾风险,实现生态安全维护与森林资源可持续利用的协同发展,为全球生态治理提供科学依据与实践路径。

[关键词] 森林防火;生态安全;火灾生态效应;协同治理;可持续发展

中图分类号: S776.29 文献标识码: A

Impact of Forest Fire Prevention on Ecological Security and Forest Management Strategies

Haimei Wang Shaoqin Luo*

Xishan State-Forestry Cooperative Forest Farm, Changning County, Baoshan, Yunnan

[Abstract] At the crossroads of profound transformation in the global ecological governance system, forest ecosystems, as the core pillar of terrestrial ecological balance, play a pivotal role in sustaining Earth's life-support systems. Forest fires, as a key disaster-inducing factor threatening forest ecosystems, profoundly alter ecosystem structure and function through multidimensional impacts on vegetation communities, biodiversity, carbon cycling mechanisms, water-soil resources, and socio-economic systems. This study systematically examines the mechanisms by which forest fires influence ecological security, drawing on global case studies to reveal their cascading effects on biological community succession, greenhouse gas emissions, and soil-water environment degradation. Grounded in ecosystem service theory and sustainable development principles, an integrated prevention and control framework is proposed, encompassing intelligent monitoring and early warning, scientific fuel management, ecological restoration and adaptive governance, and community collaborative participation. Findings demonstrate that interdisciplinary technological integration and cross-sectoral collaborative governance can effectively mitigate forest fire risks, achieving synergistic development between ecological security maintenance and sustainable forest resource utilization. This research provides scientific foundations and practical pathways for global ecological governance.

[Key words] forest fire prevention; ecological security; fire ecological effects; collaborative governance; sustainable development

引言

森林作为地球之肺承载着全球80%以上的陆地生物多样性,在碳汇固存、气候调节、水文循环等生态过程中发挥着不可替代的作用。近年因受全球气候变化与人类活动加剧的双重影响,极端气候事件频发导致森林火灾呈现发生频率上升、过火面积扩大、灾害强度增强的趋势,据联合国环境规划署(UNEP)统计,

全球每年森林火灾过火面积达350万~450万平方千米,相当于印度国土面积(约320万平方千米),其中非洲和澳大利亚热带稀树草原占80%,火灾引发的生态系统退化与生物多样性丧失已成为威胁全球生态安全的重大隐患,森林火灾对生态系统的影响呈现显著的复合性与持续性特征^[1]。从生态系统服务功能视角来看,火灾不仅直接破坏森林植被,更通过引发土壤理化性质改

变、干扰生物地球化学循环、威胁野生动物栖息地等途径削弱森林生态系统的供给、调节、支持与文化服务功能,如2019–2020年澳大利亚丛林大火导致约30亿只野生动物死亡,碳排放总量达7.1亿吨,相当于该国年度温室气体排放总量的117%;2023年加拿大魁北克省森林火灾释放的碳量创历史新高,引发全球气候系统的连锁反应,这些灾难性事件显示了森林火灾对生态安全影响的复杂性与严重性,当前全球生态治理正处于从被动应对向主动防控转型的关键阶段,如何科学认知森林火灾的生态效应构建具有韧性的森林防火管理体系已成为生态学、林学、环境科学等多学科交叉研究的前沿领域。

1 森林火灾对生态安全的影响

1.1 对植被的破坏

森林火灾对植被的破坏具有明显的层次性与选择性,高强度火灾发生时树冠火会直接焚毁高大乔木使森林垂直结构遭受毁灭性打击,地表火则会吞噬林下灌木、草本植物及地表枯落物破坏森林的水平结构。以美国加州红杉林为例,2020年的“八月复合大火”导致超过10万英亩红杉林受损,部分千年古树被彻底焚毁,这种不可再生的生态损失对区域生态系统的稳定性造成长期负面影响^[2]。从群落演替角度看,火灾会改变森林植被的演替方向,频繁的人为干扰型火灾会阻碍森林的自然演替进程,导致森林群落向低层次、低稳定性的次生群落退化,例如中国西南地区的云南松林因计划烧除管理不当频繁发生低强度地表火,使得云南松纯林面积不断扩大生物多样性持续下降,森林生态系统的抗干扰能力显著减弱。

1.2 对野生动物的影响

森林火灾对野生动物的影响贯穿个体、种群与生态系统多个层面,火灾发生时动物直接死亡率极高,尤其是行动迟缓的两栖类、爬行类及穴居动物,同时火灾造成的栖息地碎片化与功能丧失会引发野生动物种群数量下降、遗传多样性降低等问题^[3]。研究表明,澳大利亚山火后树袋熊种群数量减少超过30%,且幸存个体因栖息地隔离导致近亲繁殖风险增加,种群恢复面临严峻挑战。从食物链角度分析,火灾破坏了生态系统的食物网结构,初级生产者植被的大量减少,导致植食性动物食物短缺进而影响肉食性动物的生存,例如美国黄石公园的火灾研究显示,火灾后大型草食动物数量下降40%,引发灰狼等顶级捕食者的觅食范围扩大,加剧了生态系统的失衡。

1.3 对碳循环和气候的影响

森林火灾在全球碳循环中扮演着复杂的角色。一方面火灾直接释放大量的碳,2023年加拿大森林火灾期间单日碳排放量峰值达1400万吨,超过全球航空业日均排放量;另一方面火灾后的森林生态系统恢复过程又成为潜在的碳汇,但研究表明,当火灾频率超过生态系统的自我修复能力时森林将从碳汇转变为碳源,例如亚马逊雨林因频繁的人为纵火,近十年净碳排放量增加了25%,加速了全球气候变化进程。火灾对区域气候的影响同样显著,火灾产生的烟雾颗粒进入平流层后会形成气溶胶层改变大气辐射平衡,例如1997年东南亚森林大火产生的烟雾使该地区

地表温度下降0.5–1℃,但却导致大气温度升高形成独特的“大气热岛效应”,进而影响季风环流与降水模式。

1.4 对土壤和水资源的影响

森林火灾对土壤的物理、化学与生物性质产生多维度影响,高温灼烧会使土壤结构破坏形成疏水性土壤层,导致降雨入渗率下降60%–80%加剧地表径流与土壤侵蚀,例如西班牙地中海地区的研究显示,火灾后区域土壤侵蚀速率可达正常水平的10–20倍,同时火灾还会改变土壤微生物群落结构,使参与有机质分解的微生物数量减少土壤肥力下降。在水资源方面,火灾后地表植被覆盖减少土壤保水能力降低,导致河流水文特征发生改变,枯水期流量下降、洪水期峰值增大成为常见现象,此外火灾灰烬中的重金属与污染物随径流进入水体引发水质恶化,威胁水生生态系统与人类用水安全^[4]。美国加州的研究表明,山火后河流中砷、铅等重金属含量超标率达35%,对下游饮用水源构成严重威胁。

1.5 对社会经济的影响

森林火灾对社会经济的冲击呈现多元化特征,直接经济损失包括森林资源损毁、基础设施破坏与人员伤亡赔偿等,例如2018年美国加州坎普大火造成的经济损失高达165亿美元,成为美国历史上最昂贵的自然灾害,间接损失则体现在对区域结构的影响,如旅游业停滞、农业减产、木材产业受损等。葡萄牙的研究显示,火灾高发年份木材产业产值下降20%–30%,相关产业链就业岗位减少15%。从社会层面看,森林火灾还会引发公共安全危机与社会不稳定因素,频繁的火灾威胁迫使居民撤离,造成心理创伤与社会秩序紊乱,例如澳大利亚山火期间超过20万居民被迫疏散,社会应急管理体系承受巨大压力。(见图1)

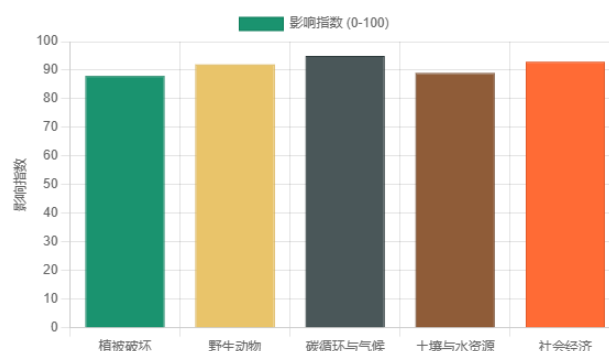


图1 森林火灾对各生态领域的影响程度

2 森林防火管理策略

2.1 火灾监测与预警技术

火灾监测与预警技术通过多维度创新提升防控效能,新一代卫星遥感技术借助多光谱、高分辨率成像实现精准监测,我国高分五号卫星可识别0.5平方米火点,定位精度达10米级,卫星数据与地理信息系统结合能动态模拟火灾蔓延路径,欧盟哥白尼应急管理系统整合哨兵卫星数据实现欧洲全境实时监测与风险评估。无人机应用向智能化升级,配备热成像仪等设备的无人机可在复杂地形三维建模识别潜在火源,结合深度学习算法的AI技术

能自动识别火点等,准确率超95%,美国FireSense系统通过无人机与AI结合将预警时间提前2-3小时。新一代气象预警系统整合大数据与机器学习,加拿大WildfirePredictionSystem 析30年数据建立模型,准确率达 82%且每小时更新火险等级,为资源调度提供依据。

2.2可燃物管理

可燃物管理通过技术创新与模式优化提升防火效能,现代计划烧除技术注重生态效益与风险控制的平衡,通过建立可燃物载量模型结合气象、地形因素制定精准方案,如美国佛罗里达州采用“空间-时间-强度”三维规划模型,将成功率从65%提升至85%;新型阻燃剂与隔离技术的应用降低了失控风险,澳大利亚开发的BioBarrier生物阻燃剂可形成持续48小时的防火屏障。创新型防火隔离带采用生态工程与工程技术结合的模式,我国南方林区推广的“生物防火林带+工程隔离带”复合模式,种植耐火树种并配套建设防火公路与阻隔壕沟使火灾阻隔效率提升40%以上且具备生态修复功能;智能化管理系统通过物联网传感器实时监测实现动态维护。

2.3生态修复与适应性管理

生态修复与适应性管理可通过科学手段提升森林抗火能力与恢复效能,基于生态位理论的树种配置模式成效显著,如地中海地区构建的“耐火乔木-抗火灌木-防火草本”三层植被结构使森林火灾发生率降低30%;我国西南林区推广的复合群落增强防火性能的同时提升了生物多样性^[5]。基因工程技术也助力耐火树种培育,美国已成功培育出抗火转基因红杉,基于近自然林业理念的修复技术强调最小干预,德国巴伐利亚州火灾后采用“保留枯立木+促进天然下种”模式使生态系统5-8年恢复至灾前70%功能;我国长白山保护区通过建立缓冲区实现受损区域快速恢复,微生物修复技术则能加速土壤肥力回升。

2.4社区参与与政策法规

在公众教育方面,创新性地采用沉浸式体验与数字化传播相结合的模式,如澳大利亚开发的“FireWise”虚拟现实教育系统,通过模拟火灾场景让参与者直观感受火灾危害;我国福建省推广“防火码”小程序借助扫码答题、隐患举报等功能实现全民参与防火管理,同时社区通过组织防火志愿者队伍、开展防火技能竞赛等活动建设防火文化,形成“人人防火”的社会氛围。国际合作上,全球森林防火合作机制向协同治理方向发展,《国际森林防火公约》框架下的“全球森林火灾预警网络”整合120个国家监测数据实现跨区域火灾信息共享与联合扑救;欧盟“森

林火灾应急响应机制”建立统一指挥调度平台缩短成员国应急响应时间,南南合作框架下的技术援助项目提升发展中国家森林防火能力,中国向非洲国家提供的相关技术与经验有效降低了当地火灾损失。

3 结论

本研究系统揭示了森林火灾对生态安全的多维影响机制,并提出了涵盖技术创新、生态修复与社会治理的综合管理策略。研究表明,通过卫星遥感、无人机与AI技术的深度融合能够实现森林火灾的精准监测与早期预警,基于生态系统服务功能的可燃物管理与生态修复策略可有效提升森林的防火韧性,而社区参与和国际合作机制的完善则为森林防火提供了社会基础与制度保障,未来研究需重点关注气候变化背景下森林火灾的演变规律,特别是极端气候事件与森林火灾的协同机制。在技术层面,需加强多源数据融合的智能监测系统研发提升火灾预测的时效性与准确性;在生态修复领域,应深入探索基于生态系统功能的修复技术构建具有自我调节能力的防火生态系统;在社会治理方面,需进一步完善公众参与机制,推动形成政府主导、市场运作、社会协同的多元化森林防火格局,通过多学科交叉研究与全球协同治理实现森林生态安全维护与人类社会可持续发展的和谐共生。

[参考文献]

- [1]何彬彬,陈瑞,全兴文,等.森林草原火灾遥感监测预警技术及示范应用[J].电子科技大学学报,2024,53(5):698-705.
- [2]王瑞福.基于林业生态安全理念的森林防火管理策略研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)农业科学,2025(3):140-143.
- [3]刘金娥,宋庆国.北斗卫星系统的森林火灾监测定位系统[J].单片机与嵌入式系统应用,2014,14(7):50-52.
- [4]陈松平,胡仕廷.森林防火监测与预警管理的发展趋势的研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)农业科学,2023(9):39-42.
- [5]徐建,郭燕,袁春阳.火灾对森林生态系统影响的研究综述[J].农业与技术,2024,44(6):47-50.

作者简介:

王海梅(1982--),女,汉族,云南省保山市人,本科,副高级林业工程师,论文研究方向:森林资源保护与培育。

*通讯作者:

罗绍芹(1980--),女,汉族,云南省保山市人,本科,副高级工程师,论文研究方向:森林资源保护与培育。