

自然保护区森林火灾的生态影响与防控对策

赵建军

内蒙古自治区大青山自然保护区管理局包头分局白彦沟管理站 内蒙古自治区 014200

【摘要】：本文聚焦自然保护区森林火灾引发的植被退化、栖息地破碎、土壤功能衰退及次生生态风险等突出问题，系统识别火灾对生态系统结构与功能的多层次扰动机制。研究综合采用遥感监测、火行为模拟、生态评估与社区共管等方法，构建涵盖火前可燃物调控与智能预警、火中应急响应联动、火后近自然修复与适应性管理的全周期防控体系。通过优化防火隔离带布局、建立多源数据驱动的火险识别模型、实施关键种辅助迁入及火生态周期动态调控，有效降低火灾发生概率与生态损失。实践表明，该集成策略显著提升保护区生态韧性，为实现生物多样性保护与生态系统服务功能协同维持提供可行路径与技术支撑。

【关键词】：森林火灾；生态影响；防控对策；火后修复；适应性管理

DOI:10.12417/3041-0630.26.08.025

引言

森林火灾作为自然干扰因子之一，在特定生态系统中具有演替驱动作用，但受气候变化与人为活动叠加影响，其发生频率、强度和范围在自然保护区呈现异常上升趋势，已远超多数生态系统的适应阈值。尤其在生物多样性富集、生态功能关键的保护区域，火灾不仅造成即时性生境损毁，更通过连锁反应引发长期生态退化。当前防控体系多聚焦于扑救效率，忽视火后生态过程调控与系统韧性重建，难以应对复合型风险。因此，亟需从生态功能整体性出发，统筹火灾的自然属性与管理干预，构建兼顾生态保护目标与火干扰规律的科学应对框架，为提升保护区可持续治理能力提供理论支撑与实践路径。

1 森林火灾对自然保护区生态系统的直接破坏效应

1.1 植被群落结构与物种组成的剧烈改变

森林火灾对自然保护区植被群落结构与物种组成造成剧烈改变，火势强度和燃烧范围直接决定植被受损程度。高烈度火灾可彻底焚毁地表乔木层、灌木层及草本层，使原有垂直结构崩解，优势树种如冷杉、云杉或松类因树皮薄、含脂量高而大量死亡，耐火性差的伴生植物随之消失^[1]。部分依赖特定微环境生存的阴生或湿生物种因生境骤变而局部灭绝，导致群落多样性锐减。与此同时，火后裸露地表为先锋物种如某些禾本科或菊科一年生植物提供入侵机会，迅速占据生态位，改变原有演替轨迹。部分火依赖型植物虽能借助火刺激种子萌发，但若火灾频率异常升高，将打破自然更新节律，使慢生、长寿物种难以恢复，最终导致植被类型由针阔混交林向单一灌丛或草地退化，群落稳定性与功能显著削弱。

1.2 野生动物栖息地破碎化及种群数量骤降

森林火情造成自然保护区野生动物栖息环境的剧烈破碎，大片连贯林地焚毁后演变为裸地或低矮灌草丛，切断原有生态通道，阻碍种群间基因流转，依赖郁闭林冠或特定微环境的物

种——树栖灵长类、鼯鼠及部分雉类——因巢穴损毁、隐蔽场所缺失被迫迁移，迁徙过程中还要应对天敌威胁与食物短缺。火场外围形成的生境过渡带短期会吸引部分广布物种，却压缩了狭域特有种的生存疆域，大型食肉类因猎物数量骤减、活动领地缩小而收缩活动范围，繁殖成效降低，行动迟缓或穴居的两栖类、小型啮齿类往往因未能及时撤离而批量死亡，种群规模短期大幅缩减，局部区域更出现功能性消亡，对濒危且分布局限的物种形成不可逆转的冲击，生物多样性格局也随之产生深刻变动。

1.3 土壤理化性质恶化和水源涵养功能衰减

森林火灾导致自然保护区土壤理化性质显著恶化，高温燃烧使表层土壤有机质迅速分解甚至碳化，破坏原有团粒结构，造成土壤板结、孔隙度降低，进而削弱其通气性和透水能力。同时，火灾过程中大量矿物质元素如氮、硫等以气体形式逸散，有效养分含量锐减，而部分金属氧化物在高温下熔融形成疏水层，进一步抑制水分入渗。这种理化环境的剧变直接干扰微生物群落活性与多样性，延缓生态系统的自然恢复进程。此外，植被覆盖丧失与土壤结构退化共同削弱了区域水源涵养功能，降水难以被有效截留和储存，地表径流增加，土壤侵蚀加剧，不仅降低地下水补给效率，还可能引发泥石流等次生灾害，对下游水体水质与水量稳定性构成威胁。

2 火灾次生衍生灾害对保护区生态恢复的长期制约

2.1 外来物种入侵加速本土生态位丧失

森林火灾肆虐后，自然保护区原生植被大面积损毁，地表土层完全暴露，土壤理化性质出现明显异动，给外来植物落地繁衍提供适宜生存空间。紫茎泽兰、飞机草这类入侵植株繁育能力旺盛，生长速度迅猛且具备化感效应，可快速抢占火烧遗留区域并形成优势种群，压制本土先锋植物自然繁育进程^[2]。火场扰动造成生态架构趋于简单化，区域生物丰度持续走低，

生态系统自身制衡能力随之弱化，外来植株更易扎根蔓延。入侵群落稳定成型后，根系代谢物质与枯落物会重塑土壤微生物群落结构及养分运转规律，制约乡土植物繁育生长，挤占原有生存空间，植被自然更替进程受到阻滞，珍稀濒危植物生存环境持续恶化，保护区生态修复进程面临不可逆的发展难题。

2.2 生物地球化学循环失衡与碳汇能力削弱

森林火灾导致大量植被燃烧，不仅直接释放储存于生物量中的碳，还通过高温破坏土壤有机质结构，加速微生物分解作用，使土壤碳库迅速流失。火烧后地表覆盖减少，雨水冲刷加剧，氮、磷、钾等关键养分随径流大量流失，打破原有养分循环的闭合性。灰烬虽短期内提高土壤 pH 值和可溶性养分含量，但缺乏植被拦截与根系固持，这些养分难以被有效吸收利用，反而造成水体富营养化风险。同时，火灾抑制了菌根真菌等共生微生物的活性，削弱植物对养分的吸收效率，延缓生态系统的功能重建。碳汇能力因植被覆盖率下降、光合作用减弱及土壤呼吸异常增强而显著降低，原本作为碳汇的森林可能在数年内转为碳源，影响区域乃至全球碳平衡。这种生物地球化学循环的紊乱状态可持续多年，成为生态恢复进程中的深层制约因素。

2.3 景观连通性阻断诱发局地物种灭绝风险

森林火灾在自然保护区内部形成大面积裸地或低植被覆盖区域，切割原有连续的生境斑块，导致景观格局破碎化。这种空间结构的改变显著削弱了不同栖息地之间的连通性，阻碍野生动物的迁徙、扩散与基因交流。对活动范围有限或依赖特定廊道的物种而言，如两栖类、小型哺乳动物及部分昆虫，火烧形成的隔离带构成难以逾越的生态屏障。种群被分割为孤立小群体后，近亲繁殖概率上升，遗传多样性下降，适应环境变化的能力随之减弱。同时，边缘效应增强使内部生境暴露于风、光、入侵物种等外部干扰，进一步压缩适宜生存空间。某些特有种或狭域分布物种因无法找到替代栖息地或完成生活史关键环节，面临局地灭绝风险。此类由景观连通性丧失引发的生物多样性衰退具有滞后性和不可逆性，成为生态恢复中长期存在的结构性障碍。

3 提升自然保护区抗火能力的源头控制与监测预警

3.1 可燃物调控与防火隔离带网络布局优化

合理调控林下可燃物存量可减缓林火扩散速率并弱化燃烧烈度，林间枯枝落叶、倒伏木与稠密灌丛可借助计划性烧除、机械清障及生物分解方式完成清理，规避可燃物质持续堆积衍生火灾隐患^[3]。依托区域地形特征、植被群落特征及历年火情资料搭建复合型防火隔离带体系，主隔离带依托山脊水系与交通廊道规划布设，合理把控三十至五十米标准宽度，搭配次级防护带形成网状布局阻隔火情向外扩散。隔离带植被更新选用含

水率高易燃性低的乡土耐火树种，兼顾生态保育价值与林火防护基础属性，场地规划统筹风向走势、坡面条件及火险分区特征，适配高火险时段实际防护需求，依据植被自然更替与气候环境演变动态调整隔离带布设形态，完成林区火情防控模式的进阶升级。

3.2 基于多源遥感数据的火险智能识别体系

基于多源遥感数据构建的火险智能识别体系，深度融合 MODIS、VIIRS 等中低分辨率卫星的广域热异常监测能力与 Sentinel-1 SAR 数据对地表湿度和可燃物状态的穿透性感知优势。系统通过时空匹配算法将不同传感器获取的地表温度、归一化燃烧比 (dNBR)、植被水分指数 (VWI) 及风速风向等参数进行融合，生成高时空一致性的火险特征矩阵 (见图 1)。在此基础上，采用集成学习模型如 XGBoost 或 Transformer 架构，对历史火灾事件与环境变量之间的非线性关系进行建模，实现对潜在火点的亚像元级识别与风险概率输出。该体系支持动态更新火险阈值，适应不同植被类型区和季节变化下的燃烧条件差异，并通过 API 接口实时推送高风险网格至保护区管理平台，为前置布防提供精准靶向信息。

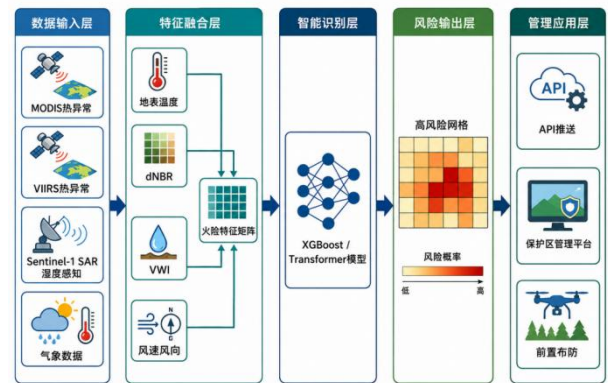


图 1 多源遥感驱动的火险智能识别体系架构图

3.3 火行为快速模拟与应急响应分区联动机制

火行为快速模拟与应急响应分区联动机制依托高精度数字高程模型、实时气象数据及可燃物载量分布图，通过耦合 FARSITE 或 PHOENIX 等物理驱动模型，实现对火场蔓延方向、速度和强度的分钟级动态推演。模拟结果自动划分出核心扑救区、人员疏散缓冲带、生态敏感避让区及空中投送优先通道四类应急功能分区，并同步生成资源调度建议。该机制打通保护区管理站、地方消防、航空护林站与邻近社区的通信协议，利用 GIS 平台实现火情态势一张图共享，确保指令下达、队伍投送与装备调配在统一时空基准下协同运行。同时，结合历史火灾路径数据库，预设典型场景下的响应预案模板，提升极端天气条件下多主体联合处置的响应效率与空间精准度。

4 面向生态功能维持的火后修复与适应性管理策略

4.1 火烧迹地近自然恢复与关键种人工辅助迁入

火烧迹地近自然恢复与关键种人工辅助迁入强调以生态系统自我修复能力为基础,结合区域植被演替规律制定差异化恢复路径^[4]。在重度火烧区,优先保留残存母树和土壤种子库,通过微地形整理、枯落物覆盖及侵蚀沟拦截等措施稳定立地条件,抑制外来入侵物种定殖。针对因火干扰导致种群锐减或分布断裂的关键物种,如特定传粉昆虫依赖的蜜源植物、濒危木本植物或具有生态工程功能的固氮树种,依据其物候节律与生境需求,在适宜窗口期实施精准点状补植或种子撒播。引入过程严格遵循本地基因型原则,避免遗传污染,并配套设置小型庇护结构以提升幼苗成活率。同时,通过红外相机、样带监测与无人机多光谱影像,动态评估目标物种定居状况及群落结构重建进程,为后续适应性调整提供数据支撑。

4.2 社区共管模式下人为火源网格化管控措施

社区共管模式下的人为火源网格化管控措施,依托地理信息系统与遥感技术划定精细化管理单元,将保护区及周边区域划分为若干责任网格,每个网格配置专职或兼职护林员,并整合村民小组、林业合作社等基层组织力量。通过建立“一格一策”火源档案,详细记录祭祀点、农事活动区、进山路口等高风险要素的空间分布与季节性变化规律。在清明、春节等重点时段,实施动态巡查与定点值守相结合的监管方式,利用智能终端实时上传火源信息至统一管理平台,实现隐患闭环处置^[5]。配套推行村规民约约束机制,设立防火红黑榜与生态补偿挂钩制度,对违规用火行为进行公示并影响相关权益,同时对举报和参与防控的居民给予物质或荣誉激励。网格之间建立横向联

动与信息共享机制,确保火情监测无盲区、响应无延迟,从源头上压缩人为火源引发火灾的可能性。

4.3 火生态周期调控与保护区动态评估反馈流程

火生态周期调控与保护区动态评估反馈流程旨在通过科学识别火灾在生态系统中的自然角色,构建基于火干扰频率、强度与季节性的调控机制。针对不同植被类型与演替阶段,设定差异化的火烧间隔阈值,避免高频次或高强度火灾对土壤结构、种子库及关键物种造成不可逆损伤。依托遥感监测、地面调查与历史火情数据库,建立火后植被恢复速率、生物多样性变化及碳储量动态等核心指标的量化评估体系。在此基础上,形成“监测—评估—调整”闭环反馈机制,将阶段性评估结果实时融入保护区管理计划,动态优化防火资源配置、可燃物处理策略及生态廊道布局。该流程强调对火生态过程的主动引导而非简单抑制,确保火灾干扰维持在生态系统可承受且具促进功能的范围内,从而支撑森林群落结构稳定与生态服务功能持续发挥。

5 结语

森林火灾对自然保护区的影响具有复杂性和长期性,既带来植被退化、栖息地破碎与土壤功能衰退等直接冲击,也诱发外来种入侵、碳汇削弱及景观连通性丧失等深层制约。有效应对需摒弃单一扑救导向,构建融合火前预防、火中响应与火后修复的全链条管理体系。依托智能监测、社区共管与生态调控手段,将火灾干扰纳入生态系统动态平衡框架,推动管理策略由被动防御转向主动适应。唯有在尊重火生态规律基础上,协同提升生态韧性与防控能力,方能保障自然保护区核心功能持续稳定,实现生物多样性保护与生态系统服务的长远目标。

参考文献:

- [1] 孙萍,白林忠,黄国良,等.自然保护区森林火灾防控对策分析[J].中国林业产业,2024,(04):96-98.
- [2] 王志军.祁连山国家级自然保护区森林火灾发生现状及防控建议[J].乡村科技,2023,14(12):128-130.
- [3] 吴倩倩.浅析自然保护区春季森林防火工作[J].农业与技术,2022,42(05):73-75.
- [4] 余永平.石台县森林火灾防控体系建设的实践与思考[J].安徽林业科技,2022,48(04):59-62.
- [5] 张东林.甘肃洮河国家级自然保护区森林火灾特征及其防火对策[J].广东蚕业,2022,56(09):29-31.