

森林防火中生物防火林带建设与植被替代策略

贺金贵

同心县林业和草原局 宁夏 吴忠 751300

摘要：随着全球气候变化加剧和人类活动范围不断扩张，森林火灾频发且强度显著增强，对生态系统安全、人民生命财产及碳汇功能构成严重威胁。传统以工程阻隔和化学扑救为主的森林防火手段虽具一定成效，但存在成本高、生态扰动大、可持续性弱等局限。在此背景下，生物防火作为一种生态友好型、长效可持续的主动防御策略，日益受到重视。本文系统阐述了生物防火林带的基本原理、功能机制与构建技术，深入探讨了植被替代策略在高火险区域生态修复与防火协同治理中的应用路径，并结合国内外典型案例分析其实践成效与挑战。研究表明，科学规划与精准实施生物防火林带及植被替代工程，不仅能有效阻隔或延缓林火蔓延，还能提升区域生物多样性、改善土壤水文条件、增强生态系统韧性。

关键词：森林防火；生物防火林带；植被替代；可燃物管理；生态系统韧性；生态防火

引言

森林是陆地生态系统主体，具有水源涵养、生物多样性保育等生态功能。但近年来，受极端气候频发、人为火源管控难等因素影响，全球森林火灾呈现频率高、强度大等趋势。联合国环境规划署报告显示，到2050年全球野火风险将增超30%。我国作为森林资源大国，西南、华南及东北林区防火形势严峻，重大火灾频发，造成巨大生态与经济损失。传统森林防火依赖物理隔离带、人工巡护等手段，虽在应急扑救中必要，但存在生态破坏强、成本高、难覆盖偏远山区、无法降低可燃物负荷等问题。因此，探索有效阻火且具生态效益的可持续防火模式成为重要方向。生物防火是基于生态系统调节能力的绿色防火策略，通过科学选配低可燃性等植物构建生物防火林带，在高火险区实施植被替代以降低火险等级。该策略契合生命共同体理念，响应“双碳”战略需求。本文旨在梳理生物防火林带理论技术体系，剖析植被替代策略逻辑与路径，结合案例评估效益，为我国森林防火生态化转型提供参考。

1 生物防火林带的理论基础与功能机制

1.1 基本概念与内涵

生物防火林带是在森林边缘等高火险区，人工营建或改造现有植被形成的带状屏障，由低可燃性树种组成，具有一定宽度与合理结构。它利用植物生理生态特性及群落结构调控火行为，实现有效阻隔或延缓林火，融合防火与生态服务功能，区别于传统隔离带的生态割裂。它不仅是物理屏障，更是能自我维持的微型生态系统，可长期发挥防火效能，促进生态恢复与景观优化。

1.2 阻火机理

生物防火林带通过多维度机制抑制林火蔓延。茂密枝叶可阻挡飞火，拦截燃烧碎片，防止火势跳跃扩散。所选树种高含水率、低油脂树脂、高灰分，难点燃且燃烧速率低；合理结构无连续细小可燃物，形成“燃料断点”^[1]。林带调节微气候，降低风速、提高湿度、减少辐射，营造不利火势环境。高含水率植物受热蒸发水分吸热，延缓升温，削弱火锋能量，为扑救争取时间。

2 生物防火林带的构建技术体系

2.1 树种筛选原则

科学选择防火树种是构建高效生物防火林带的前提。理想的防火树种应具备以下特征：（1）低可燃性：叶片含水量高（> 100%鲜重）、油脂/树脂含量低、灰分含量高；（2）抗火性强：树皮厚、萌蘖能力强、耐烟熏；（3）生态适应性好：耐旱、耐瘠薄、抗病虫害，能在当地自然条件下稳定生长；（4）生态兼容性高：不具入侵性，能与乡土物种共存，有利于生物多样性保护。我国南方常用防火树种包括木荷、火力楠、杨梅、女贞、油茶等；北方则多选用栓皮栎、蒙古栎、刺槐、沙棘等。

2.2 林带结构设计

林带的结构设计直接决定了其阻火功能的完整性与持久性。实践证明，单一树种、单一层级的纯林结构不仅生态脆弱，防火效能也有限。相比之下，模拟自然森林群落的复层异龄混交结构更能有效应对复杂火情。具体而言，上层应配置高大、冠幅宽阔的常绿或半常绿防火乔木，形成主干屏障，有效拦截树冠火与飞火；中层则引入耐阴性强、萌蘖力旺盛的灌木种类，如杜鹃或櫟木，用以填补乔木林冠下的空隙，阻断地表火向上蔓延。

的“梯状通道”；下层则通过种植低矮、湿润且不易燃的草本植物或苔藓类地被，抑制杂草生长，减少地表细小可燃物的积累^[2]。这种垂直方向上的多层次配置，配合水平方向上的物种混交，不仅增强了林带对不同类型火灾的综合防御能力，也显著提升了其生态稳定性与生物多样性承载力，避免了因单一物种病害导致的系统性崩溃风险。

2.3 空间布局与网络化构建

生物防火林带的效能最大化，离不开科学的空间布局与系统化的网络构建。孤立的林带如同孤岛，难以应对来自多方向的火势威胁。因此，必须将其纳入区域森林防火的整体战略框架，形成“点-线-面”有机结合的防护网络。所谓“点”，是指围绕瞭望塔、变电站、村庄等关键设施构建环形或半环形林带，形成重点防护单元；“线”则是沿山脊线、山谷线、林区主干道及行政区划边界等天然或人工廊道，布设纵向与横向的防火林带，构成区域骨架；“面”则是在大面积高火险林分（如马尾松纯林）内部，通过网格化分割，嵌入纵横交错的林带，将大块易燃区域划分为若干小型防火小区，有效控制单次火灾的最大可能过火面积。借助地理信息系统（GIS）与遥感技术，结合历史火情数据与火行为模拟模型，可以对不同布局方案进行效能预测与成本效益分析，从而实现以最小生态与经济代价获取最大防火效益的优化目标。

2.4 营造与抚育管理

生物防火林带的成功不仅在于初期营造，更在于长期的精细化抚育管理。营造阶段应严格遵循“适地适树”原则，优先选用容器苗以提高造林成活率，并在干旱季节辅以必要的灌溉与施肥措施。然而，真正的挑战在于建成后的持续维护。随着时间推移，林带内部不可避免地会出现枯枝落叶堆积、藤蔓缠绕或外来入侵植物滋生等问题，若不及时处理，将极大削弱其防火功能。因此，必须建立制度化的抚育机制，通常每2至3年进行一次透光伐或卫生伐，疏除过密或病弱个体，保持林内良好的通风透光条件；同时，定期清理地表可燃物，特别是秋季大量落叶期后的集中清扫^[3]。此外，应积极引导社区参与，通过发展林下经济（如种植药用植物、培育食用菌或养蜂），赋予林带经济价值，不仅能降低管护成本，还能增强当地居民的防火意识与参与积极性，实现生态效益与社会效益的双赢。

3 植被替代策略：高火险区域的生态修复路径

3.1 植被替代的内涵与必要性

植被替代是指在火灾频发或高火险区域，通过人工

干预，将原有高可燃性植被（如大面积马尾松、桉树纯林）逐步替换为低可燃性、生态功能更强的混交林或乡土阔叶林的过程。该策略不仅是防火措施，更是生态系统退化修复的重要手段。我国南方许多地区因历史原因形成了大面积单一针叶林，其林下枯枝落叶厚、油脂含量高、易形成“ladderfuels”（梯状可燃物），极易引发高强度树冠火。植被替代可从根本上改变燃料类型与结构，降低区域火险等级。

3.2 实施路径与技术要点

植被替代是一项复杂的系统工程，其成功实施依赖于一套渐进、审慎且生态友好的技术路径。首要任务是进行目标导向的科学规划，明确替代的核心目标是在防火、生物多样性保护、水源涵养还是碳汇功能之间取得平衡，并据此制定长期的群落演替路线图。在具体操作上，应坚决摒弃“一刀切”式的大面积皆伐，转而采用“带状皆伐+块状择伐”相结合的渐进更新模式。例如，在马尾松林中，可每隔20至30米开辟一条更新带，在带内栽植防火性能优良的阔叶树种，待其初步郁闭后再更新相邻区域，如此循环往复，既能有效控制水土流失，又能为新植苗木提供一定的侧方庇荫。树种选择上，应优先考虑本地乡土阔叶树种，如栲树、青冈、樟树等，它们不仅适应性强，而且生态位互补，有利于构建稳定的混交群落。在替代初期，可适当引入生长迅速、防火性能突出的先锋树种（如木荷、火力楠）作为“防火骨架”，为后续乡土种的定居创造有利的微环境^[4]。此外，针对针叶林下普遍存在的土壤酸化、养分贫瘠问题，还需同步实施土壤改良措施，如适量施用石灰调节pH值、增施有机肥提升肥力，或接种丛枝菌根真菌以增强幼苗的养分吸收能力，为阔叶树的成功定居奠定立地基础。

3.3 生态-防火协同效益

植被替代策略的独特价值在于其能够产生显著的生态-防火协同效益。一方面，通过将高火险的针叶纯林转变为低火险的阔叶混交林，区域整体的可燃物负荷与连续性大幅降低，火灾发生的概率与强度得到有效控制。另一方面，这种植被类型的转变带来了广泛的生态红利。混交林复杂的垂直与水平结构为更多种类的鸟类、昆虫及其他野生动物提供了多样化的栖息地与食物来源，显著提升了区域生物多样性。在碳汇功能方面，多数乡土阔叶树种具有更高的生物量积累速率与木材密度，其长期碳储存潜力往往优于速生针叶树。水文效应同样不容忽视，阔叶林冠层对降雨的截留能力更强，能有效减缓地表径流，增加雨水入渗，减少土壤侵蚀，对水源涵养具有积极作用。更为重要的是，物种多样性的

增加显著增强了生态系统的整体韧性，使其在面对未来可能加剧的干旱、病虫害等多重胁迫时，具备更强的抵抗与恢复能力，从而为长期的森林安全与可持续发展提供坚实保障。

4 国内外实践案例

4.1 国内案例：福建武夷山生物防火林带建设

福建省作为我国森林火灾高发省份之一，长期以来积极探索生态防火路径。自21世纪初以来，武夷山国家级自然保护区系统性地推进生物防火林带建设工程。项目在保护区边界及核心区外围的关键位置，大规模营造以木荷和火力楠为主体的复层混交林带，宽度普遍控制在30至50米之间。经过二十余年的精心经营与抚育，这些林带已全面郁闭，林内结构稳定，植被覆盖良好。实践证明，该林带体系在多次周边火情中发挥了关键阻隔作用，成功阻止了火势向核心保护区的蔓延，有效保护了世界自然与文化遗产地的生态完整性。更为可贵的是，监测数据显示，林带内部的鸟类与昆虫物种丰富度显著高于周边的马尾松纯林，已成为连接破碎化生境的重要生态廊道，充分体现了生物防火林带在防火与生态保护双重目标上的成功融合。

4.2 国际经验：澳大利亚的“Fire-retardant Landscaping”

澳大利亚作为全球野火灾害最为严重的国家之一，其在城乡交错带（Wildland-UrbanInterface，WUI）的防火实践中积累了丰富经验。政府大力推行“防火景观设计”（Fire-retardant Landscaping）理念，将防火责任延伸至每个家庭。在法规层面，强制要求住宅周边30米范围内必须种植经认证的低可燃性植物，并设置无植被的“防御区”作为第一道防线。政府机构不仅提供了详尽的推荐与禁用植物清单，还发布了通俗易懂的景观设计

指南，指导居民如何科学布局庭院植被。这种将专业防火知识转化为公众行动的策略，极大地提升了社区层面的火灾抵御能力，形成了“全民参与、家家设防”的社会防火格局，其经验对于我国正在快速发展的城乡交错带防火管理具有重要的借鉴意义。

5 结语

生物防火林带建设与植被替代策略代表了森林防火从“工程对抗”向“生态调控”的范式转变。通过科学配置低可燃性植被，不仅能有效阻隔林火蔓延，降低火灾风险，还能同步实现生态修复、生物多样性保护与碳汇功能提升等多重目标。实践证明，该策略具有显著的生态效益、社会效益与潜在经济效益。未来，应坚持“预防为主、生态优先、系统治理”的原则，加强顶层设计，完善技术标准，强化科技支撑，推动生物防火从试点示范走向规模化应用。唯有如此，方能在气候变化与人类活动双重压力下，筑牢我国森林生态安全屏障，实现人与自然和谐共生的现代化目标。

参考文献

- [1]余得洋.生物防火林带建设对森林资源的保护作用[J].中国林业产业,2024,(07):68-69.
- [2]王海军,王涛,黄丹丹,等.中国南方森林公园生物防火林带构建技术——以深圳羊台山森林公园为例[C]//中国消防协会.2023中国消防协会科学技术年会论文集——二等奖.深圳恒升应急科技有限公司;广东环境保护工程职业学院,2023:149-153.
- [3]闫凤娥.森林生物防火林带营造技术[J].现代农机,2021,(03):112-113.
- [4]丘雪辉.生物防火林带建设对森林资源的保护作用[J].农业灾害研究,2021,11(08):195-196.