Research on the Regulatory Mechanisms of Management and Transformation of Pure Pinus massoniana Forests in Reducing Forest Fire Risks

Junru Zhu

Tashan Forest Farm, Fei County State-owned Forest Farm, Feixian, Shandong, 273400, China

Abstract

Pinus massoniana pure forests are widely distributed in southern hilly and mountainous regions, characterized by strong adaptability and rapid growth. However, due to their monotonous stand structure, substantial accumulation of combustible material under the canopy, and slow decomposition rates of litter, these forests face significant fire risks when subjected to prolonged drought, high temperatures, strong winds, or human ignition sources. Management practices constitute a crucial measure for enhancing stand stability and reducing fire hazards. This study examines the mechanisms underlying fire risk formation in Pinus massoniana pure forests, exploring control strategies through stand structure management, combustible material regulation, mixed forest restoration, understory vegetation optimization, and integrated fire prevention management. It proposes actionable recommendations—including scientific thinning, removal of dead combustible material, establishment of broadleaf mixed forests, improvement of firebreak systems, and enhanced long-term monitoring—to inform efforts in improving forest quality and mitigating fire risks.

Keywords

Pinus massoniana pure forest; management and restoration; forest fire; combustible material regulation; stand structure

马尾松纯林抚育改造降低森林火灾风险的调控机制研究

朱君儒

费县国有林场总场塔山林场，中国 · 山东 费县 273400

摘要

马尾松纯林在南方丘陵山地有着比较广泛的分布，它具备适应性强、生长较快等特性。然而由于其林分结构单一，林下可燃物积累量较多，且枯落物分解速度比较缓慢，所以当受到持续干旱、高温大风、人为火源的影响时，很容易形成较高的森林火灾风险。抚育改造属于提高林分稳定性、降低火险隐患的一项重要举措。此篇文章剖析了马尾松纯林火灾风险形成的机理，从林分结构调控、可燃物管理、混交改造、林下植被优化、防火经营协同等若干方面探究调控机制，进而提出科学间伐、清理枯死可燃物、营造阔叶混交林、完善防火隔离模式、加强长期监测等路径，以此为森林质量提高、火灾风险防控给予参考。

关键词

马尾松纯林；抚育改造；森林火灾；可燃物调控；林分结构

1 引言

马尾松属于我国南方关键的造林树种，在水土保持、木材供应、生态防护方面发挥着积极功效。早前大面积营造的马尾松纯林，使得荒山绿化情形得到改善，然而伴随林龄的增加，部分林分渐渐体现出密度过大、结构单一、抗逆性降低、林下可燃物堆积等一系列问题。马尾松针叶所含油脂比较高，枯枝落叶易于形成连续燃料层，在干燥时节火险等级易于提高。传统的防火工作大多侧重于巡护、宣传、火源管控，但是对于林分自身燃烧条件的调节有所欠缺。借助抚育改造来改良林分结构、减少可燃物负荷、提高林地湿润度、生态稳定性，是从根源上降低森林火灾风险的关键方向。

【作者简介】朱君儒（1972-），男，中国山东费县人，本科，助理工程师，从事森林抚育、林木病虫害防治研究。

2 马尾松纯林火灾风险形成机制

2.1 林分结构单一导致抗扰能力偏弱

马尾松纯林当中，树种构成比较单一，林分在垂直层次、水平空间方面的差异不够明显，致使生态系统的稳定性相对薄弱。在林木密度比较高的地块，树冠彼此挤压，通风透光的条件变差，进而使得部分被压木、枯立木、病弱木渐渐增多，这些都成为了潜在的可燃物来源。当单一林分碰到持续干旱、遭受病虫

害或者受到人为干扰的时候，由于缺少其他树种、灌草层的生态缓冲作用，所以很容易出现同步衰退的情况。要是林冠层呈现连续分布的状态，一旦火势从地表可燃物向上蔓延，就有可能形成树冠火或者强度较高的林火。结构单一还会对林地小气候的调节能力产生影响，导致林内温湿度变化比较剧烈，这进一步增加了火险的不确定性。

2.2 枯落物积累加重地表燃烧基础

马尾松的针叶比较细长，并且树脂含量比较高，其落叶、细枝在林地表层很容易形成连续覆盖的情况。部分纯林长久以来缺少抚育经营，林下的枯枝、落叶、倒木还有灌草残体不断地累积起来，这使得地表可燃物的厚度有所增加。枯落物在湿润季节能够保持一定的含水量，然而在连续晴热、低湿、大风的条件下会迅速干燥，非常容易被火源点燃。地表可燃物越是连续，火势传播的速度就越快，扑救的难度也就越大。特别是在坡地林分当中，火焰和热空气会沿着坡向上升，这会加快上坡火的蔓延。要是林下可燃物与低矮枝条、灌木层相互连接，还会形成“阶梯式燃料”，进而推动地表火向树冠火转化。

2.3 林地经营不足放大人为火源影响

森林火灾的发生既取决于自然燃烧条件，又和经营管理强度紧密相连。有些马尾松纯林处在村庄、道路、农田、旅游活动区域附近，这边人为活动很频繁，祭祀用火、农事用火、吸烟、野外违规用火都有可能成为引发火灾的火源。要是林地边缘没有设置防火隔离带，道路两边的杂草和枯枝没有及时清理，火源就容易进入到树林里面。经营方面有不足还体现在林道不顺畅、取水点不够、监测手段落后、应急通道缺乏，导致初期火情难以被及时处理。马尾松纯林本身可燃性比较高，一旦有外部火源进入，就会在连续燃料层的作用下迅速蔓延。所以，要降低火灾风险就得同时调节林分条件和管理条件。

3 抚育改造降低火灾风险的作用机理

3.1 密度调控改善林内通风透光条件

科学间伐在马尾松纯林抚育改造工作里占据重要位置。把过密的树木、生病弱小的树木、已经枯死的树木、生长受到压制的树木清除掉，能够让林分竞争的强度有所下降，让林内的通风、透光状况得到改善，进而让保留的树木获取到更为稳定的生长空间。适度开敞的林分结构对减少枯枝生成有帮助，能使病虫害、枯死木的数量降低，从根源上减少可燃物的增加量。密度调控还可以改变林内的小气候，提高林下植被更新、土壤水分保持的能力。间伐强度不适合太大，不然在短时间内可能致使林地阳光直射增强、地表蒸发速度变快、灌草生长旺盛，反倒增加了细小可燃物。抚育改造要依据林龄、坡向、郁闭度、火险等级来确定合理的强度。

3.2 可燃物管理削弱火势传播连续性

降低森林火灾风险的直接办法是减少可燃物负荷、切断燃料连续性。在马尾松纯林抚育工作里要着重清理枯枝落叶堆积多的区域、林缘地带、道路两旁、坟山周围、居民点周边的可燃物。针对采伐剩余物，需采用集中清运、粉碎后还田、堆腐处理或者安全利用等办法，防止散落在林地中造成新的火灾隐患。林下的灌草并非全部都要清除，而是要依据其含水量、盖度、高度来进行分类管理，保留具备水土保持和生态调节作用的低矮植被，控制干枯且易燃、与树冠连接紧密的灌木。借助清理、修枝、割灌还有隔离带建设，能够有效削弱地表火横向扩散、垂直蔓延的路径。

3.3 混交改造提升林分生态稳定性

从马尾松纯林转变为针阔混交林或者复层异龄林，这是降低长期火险很重要的一个方向。阔叶树种通常含水量比较高，枯落物分解速度相对较快，林下湿度保持能力也比较强。引入适宜的阔叶树之后，可以对单一针叶林的燃料结构、微环境条件进行改善。混交改造还能够提高林分物种多样性，增强对于干旱、病虫害、极端天气的抵抗能力。改造的时候应该挑选乡土性强、适应当地立地条件、和马尾松竞争关系适度的阔叶树种，像木荷、枫香、樟树、楠木类或者其他适生树种。对于坡陡土薄的区域，可以采用补植、封育促阔、择伐改造相结合的方式，逐渐形成乔灌草协调配置的稳定林分结构。

4 马尾松纯林抚育改造的技术路径

4.1 开展林分调查与火险分级诊断

抚育改造不能够单纯依赖经验化的处理方式，而应当以林分调查、火险诊断作为根基。在进行经营活动之前，需要对林龄、郁闭度、树高、胸径、枯死木数量、林下可燃物厚度、坡度坡向、道路条件、人为活动强度等各项指标进行调查，据此判断不同小班的火险等级。那些靠近村庄、道路、坟场还有景区的林分，应当被列为重点管控的对象，而对于郁闭度高、枯落物厚且通行困难的林分，则应优先安排抚育工作。火险分级诊断还得结合季节变化，去识别春季祭祀期、秋冬干燥期、持续高温期的风险变化情况。借助调查诊断，能够避免“一刀切”式的改造，让有限的资金和劳力投入到最需要治理的区域当中。

4.2 实施差异化间伐与修枝措施

马尾松纯林进行抚育时需要依据林分的具体状态来采取不一样的措施。对于那些密度过大并且生长竞争非常明显的中幼林而言能够实施透光伐、疏伐操

作，保留长势良好、干形笔直、抗逆性强这类的目标树木，对于成过熟林亦或是退化林分来说可采用择伐、更新补植、结构调整相互结合的办法。修枝的时候应该着重去除枯枝、低矮的枝条、与林下灌木相接的枝条，以此来降低火焰向上窜的风险，不过修枝的高度要跟树木生长的状况相适应，防止过度修枝而削弱树势。采伐剩余物必须要同步进行处理，不可让抚育作业自身产生新的燃料堆积情况。差异化经营能够在保障林分生长质量的同时还降低火灾发生、蔓延的风险。

4.3 构建林下植被与防火隔离协同体系

林下植被管理属于马尾松纯林防火经营里的关键部分。在易燃灌草密集的区域，要进行周期性的割灌除草工作，把高度控制好，使其连续分布。对于拥有保湿、护土还有生态功能的植被，可以适度保留，进而形成稳定的地被层。林缘、道路、山脊线、居民点周边、重要设施附近都应该设置防火隔离带，还要让它和林区道路、蓄水池、消防取水点、巡护路线相衔接。隔离带不只是简简单单地清空植被，还能够通过种植低燃性阔叶树、设置林火阻隔带、建设生物防火林带，以此增强持续的防护效果。林下植被调控和防火隔离模式相互结合，能够建立点、线、面协同的火险管控格局。

5 抚育改造的经营保障与管理策略

5.1 建立长期监测与动态评估机制

马尾松纯林火灾风险不是静止不变的，它会随着林龄增长、气候波动、可燃物积累、人为活动的变化而持续调整。单次抚育能够降低某个阶段的隐患，然而却很难取代长期的经营管理。林业主管部门、经营主体需要建立常态化监测制度，定期去掌握林分密度、枯落物厚度、灌草盖度、阔叶树比例、病虫害发生状况、林内温湿度变化，进而形成连续的数据档案。对于已经完成抚育改造的林地，应该进行跟踪评估，着重判断可燃物是否再次积累、混交树种是否稳定成活、林分结构是否趋向合理、火险等级是否有效降低。监测结果要及时反馈到后续经营方案里，促使抚育措施从依据经验安排转变为依靠数据支撑。在重点防火期还能够结合无人机巡查、视频监控、地面巡护，提高火情识别与隐患处置的效率。

5.2 强化分类经营与生态效益协同

马尾松纯林抚育改造目的在于降低火灾风险，维护水土保持、生物多样性、森林生态稳定。不同区域立地条件、生态功能、火险等级有差别，经营措施不能简单统一。对于水源涵养区、水土保持区、生态敏感区，要采取低强度抚育、封育修复、乡土阔叶树补植等办法，减少对地表植被和土壤结构的干扰，靠近村庄、道路、坟山、旅游活动区的高风险林分，需加强枯枝落叶清理、林缘隔离、生物防火林带建设，用材林区域可兼顾木材培育、林分质量提高与火险控制。分类经营能避免过度清理或粗放改造造成的生态损害，让防火安全与生态效益相互协调。通过优化树种组成、改善林地小气候、增强林分稳定性，马尾松纯林可逐渐向复层、混交、健康的森林结构转变。

5.3 完善多主体协同防控机制

马尾松纯林火灾风险治理涵盖技术经营、火源管理、群众参与、应急处置等诸多环节，仅仅依靠单一主体很难达成稳定的治理效果。林业部门要肩负起技术指导、标准制定、项目监管等职责，以此保证抚育改造契合林分实际状况、防火要求，乡镇、村组需要强化重点时段的火源管控、宣传教育、日常巡护工作，把祭祀用火、农事用火、林缘活动归入重点管理范畴，经营主体必须落实林地清理、设施维护、隔离带管护、隐患整改等责任。对于承包林、集体林、公益林，应当明确权责边界，防止出现管护责任悬空的情况。群众参与同样不能缺失，可以借助护林员制度、村规民约、公益宣传、奖惩机制来提高防火意识。多主体协同能够让抚育改造、隐患排查、火源控制、应急响应实现有效衔接，进而提高马尾松纯林火灾风险治理的整体效能。

6 结语

马尾松纯林森林火灾风险的形成，和树种特性、林分结构、可燃物积累有关系，同时也会受到人为活动、经营管理水平的影响。抚育改造能够通过调节林分密度、减少枯死可燃物、优化林下植被、引入阔叶树种、完善防火隔离模式，从燃料结构、微环境条件、空间阻隔等方面降低火灾发生、蔓延的风险。在实践过程中，要坚持因地制宜、分类施策、长期经营，不能把防火抚育简单地理解成一次性清理。未来要进一步加强监测评估、技术集成、多主体协同，让马尾松纯林逐渐朝着结构合理、功能稳定、风险可控的健康森林转变，为区域生态安全、森林资源持续经营提供保障。

参考文献

[1] 张楠,王志平,余阳春,等.千岛湖马尾松次生林抚育改造种群结构变化研究[J].绿色科技,2024,26(15):76-82.

[2] 何先进.马尾松人工林抚育间伐对林分生长及地力的影响[D].中南林业科技大学,2017.

[3] 谢阳生,孟京辉,曾冀,等.马尾松人工纯林近自然化改造效果分析[J].林业科学研究,2023,36(2):31-38.

[4] 王轶浩,陈展,周建岗,等.重庆酸雨区马尾松纯林改造对土壤酸化特征及团聚体稳定性的影响[J].生态学报,2021,41(13):5184-5194.

[5] 王洋.马尾松目标树经营与传统抚育间伐初期林下植物多样性和功能群特征[D].四川农业大学,2022.