

高原森林火灾应急响应机制研究

陈洪俊

四川省甘孜藏族自治州康定市林业和草原局, 四川 甘孜藏族自治州康定市 626000

DOI:10.61369/ME.2025030013

摘 要 : 高原地理环境影响火灾, 包括燃烧过程、救援设备及人员等。森林火灾行为受多种因素影响。卫星遥感监测有盲区, 扑火装备性能衰减。应急响应管理机制有困境。提出构建监测体系、评估模型等措施, 以及空地协同作战体系、火场态势推演平台等, 还涉及灭火剂研究、队伍建设、立法、装备储备等方面内容, 涵盖技术创新与管理突破, 需进一步研究。

关 键 词 : 高原森林火灾; 应急响应; 技术创新

Study on Emergency Response Mechanism of Highland Forest Fire

Chen Hongjun

Forestry and Grassland Bureau of Kangding City, Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture, Sichuan Province, Kangding City, Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture, Sichuan 626000

Abstract : The plateau geographical environment impacts fires, including the combustion process, rescue equipment, personnel, and more. Forest fire behavior is influenced by a multitude of factors. Satellite remote sensing monitoring has blind spots, and firefighting equipment performance decays. There are dilemmas in the emergency response management mechanism. This paper proposes measures such as constructing a monitoring system, evaluation models, as well as an air-ground coordinated combat system, and a fire scene situation simulation platform, among others. It also involves research on fire retardants, team building, legislation, equipment reserves, and other aspects, covering technological innovation and management breakthroughs, which require further study.

Keywords : plateau forest fire; emergency response; technological innovation

引言

高原地区因其特殊的地理环境和气候条件, 对森林火灾应急响应带来诸多挑战。随着《全国森林草原防灭火规划(2016-2025年)》等政策的颁布, 森林火灾应急响应研究日益受到重视。高原地理环境影响火灾燃烧过程, 改变火势蔓延速度, 救援设备效能降低, 人员面临适应性问题, 且复杂地形和特殊地貌增加火灾扑救难度。同时, 卫星遥感监测存在盲区, 扑火装备性能衰减。应急响应管理机制面临制度壁垒和预案适应性不足等困境。因此, 对高原森林火灾应急响应机制的研究迫在眉睫, 其涵盖关键技术创新与管理模式突破, 具有重要的现实意义。

一、高原森林火灾特征分析

(一) 高原地理环境对火灾的影响

高原地理环境对火灾的影响显著且复杂。由于高原地区海拔较高, 空气变得稀薄, 氧气含量也随之降低, 这一独特因素会直接干预火灾的燃烧过程, 致使火势蔓延速度发生改变^[1]。在救援过程中, 救援设备的效能也会受到不同程度的影响, 比如车辆发动机在氧气不足的情况下功率下降, 极大地影响了救援的效率。同时, 救援人员同样面临诸多挑战, 高原反应是一种常见的生理现象, 它会削弱救援人员的体能和工作能力, 进而影响救援工作的顺利开展。此外, 高原地区的复杂地形, 如连绵的山地、深切的峡谷等地貌, 使得火场隔离带的构建工作难以顺利进行, 难以实现隔离带的连续性和完整性, 这无疑不利于对火势蔓延的有效

控制。更有甚者, 特殊的地形地貌还会导致风向复杂多变, 进一步加剧了火灾的不可控性, 给火灾的扑救工作带来了巨大的挑战和困难。

(二) 高原火灾行为特征研究

高原森林火灾的行为特征受多种因素影响, 呈现出独特的复杂性。在低氧环境下, 燃烧动力学特征发生显著改变, 这不仅影响火灾的蔓延速度, 还对火灾的强度产生重要影响。例如, 氧气含量的降低可能导致燃烧不充分, 进而改变火势的发展方向和强度。这种不充分燃烧可能产生更多的烟雾和有害气体, 降低能见度, 增加救援人员的危险性。高原地区特有的植被类型, 如高山灌丛, 其燃烧特性对火势发展具有独特的作用机制。高山灌丛的植被结构、含水率、油脂含量等因素都与火灾行为密切相关。植被结构的差异可能影响火势的蔓延路径, 而含水率低和油脂含量

高的植被更容易燃烧，且燃烧速度更快，火势也更猛烈。这些特性不仅加速了火灾的蔓延和发展，还增加了火灾的不可控性，给火灾扑救工作带来了更大的困难。因此，深入研究高原火灾行为特征，对于提高火灾应急响应能力和扑救效率具有重要的现实意义^[2]。

二、现有应急响应机制瓶颈

（一）技术层面缺陷分析

卫星遥感监测在高原森林火灾应急响应中存在显著盲区问题。一方面，高原地区云层厚重且分布不均，对卫星信号传输和图像采集造成严重干扰，导致监测数据不准确甚至出现数据缺失的情况，极大影响了对火灾态势的及时、精准掌握^[3]。另一方面，现有的扑火装备在高寒低压环境下普遍出现性能衰减问题，例如车辆发动机功率明显下降，水泵扬程和流量大幅减少，灭火剂喷射距离和覆盖范围也显著缩短，这些都严重影响了灭火作业的效率 and 效果。而且，部分监测设备在极端低温条件下电池续航能力降低，电子元件故障率升高，数据传输的稳定性和可靠性变差，无法满足高原森林火灾扑救对连续、稳定监测的实际需求。这种技术层面的缺陷，严重制约了应急响应机制的有效运行，使得在面对高原森林火灾时，无法快速、准确地做出反应，进而影响火灾扑救的效果和效率，增加火灾造成的损失和危害。

（二）管理机制现实困境

高原森林火灾应急响应管理机制面临诸多现实困境。在跨行政区划协同作战方面，存在明显的制度壁垒。各地区在行政管理、资源调配等方面相对独立，缺乏有效的沟通与协作机制，难以实现信息共享和资源整合，导致在火灾扑救中无法形成统一的作战力量，影响整体效率^[4]。由于缺乏统一的指挥协调平台，各部门之间在火灾应急响应中的职责划分不够明确，容易出现职责推诿或行动冲突的情况，进一步削弱了协同作战的能力。在应急预案方面，其在应对高原突发性极端火情时适应性明显不足。高原地区特殊的地理环境和气候条件使得火情发展迅速且复杂多变，现有应急预案往往无法准确涵盖各种突发情况，在应急响应措施、资源分配等方面缺乏针对性和灵活性。预案中对于不同火势强度、不同植被类型以及不同气象条件下的具体应对措施缺乏详细规定，导致在实际操作中无法有效指导救援行动，影响应急响应的效率和效果。

三、高原应急响应体系构建

（一）智能监测预警系统

1. 多源遥感监测网络

构建卫星-无人机-地面传感三级监测体系，利用卫星的广域覆盖能力，实时获取高原地区的宏观信息，监测潜在的火灾隐患区域^[5]。无人机可在重点区域进行灵活巡查，获取更详细的图像和数据，弥补卫星监测的不足。地面传感网络则在关键地点设置传感器，对温度、湿度、烟雾等火灾相关指标进行实时监测。

同时，开发适应高原大气折射校正的火灾识别算法，提高对火灾的识别准确率。该算法能够校正因高原特殊大气环境导致的光线折射偏差，准确判断火灾发生的位置和规模，为应急响应提供更可靠的依据。

2. 风险预警模型优化

建立融合气象因子、可燃物载量及地形因子的动态风险评估模型是优化风险预警的关键。气象因子如温度、湿度、风速等对火灾发生发展有重要影响^[6]。可燃物载量决定了火灾潜在规模，地形因子影响火灾蔓延方向和速度。综合考虑这些因素，通过数据分析和算法构建动态模型，能更准确地评估火灾风险。同时，设计高原专属火险等级划分标准也至关重要。高原特殊的地理环境和气候条件使其与其他地区不同，需依据高原实际情况，如海拔高度、植被类型等确定合理的等级划分指标，从而为应急响应提供更精准的决策依据。

（二）应急处置流程再造

1. 分级响应机制设计

构建高原应急响应体系需综合考虑多种因素。在应急处置流程再造方面，要依据高原环境特点优化流程，确保各环节紧密衔接，提高应急效率^[7]。对于分级响应机制设计，应制定基于火场烈度与生态敏感度的分级处置标准。根据火势大小、蔓延速度以及对生态环境的潜在影响等因素，将火灾分为不同级别。同时，建立高原特殊环境下的应急响应时间阈值，明确在不同级别火灾下，从发现火情到各应急力量到达现场的合理时间范围，以便及时、有效地开展救援工作，减少火灾损失^[7]。

2. 空地协同作战体系

高原地区的特殊环境对森林火灾应急响应提出了更高要求，构建空地协同作战体系至关重要。设计直升机吊桶与地面机械扑救的立体作战方案，能充分发挥空中与地面力量的优势。直升机可快速到达火灾现场，利用吊桶进行灭火作业，有效控制火势蔓延^[8]。同时，地面机械扑救力量可对火灾进行进一步的扑灭和清理。开发高原适航型灭火航空器调度决策系统，能够根据火灾实时情况，合理调度航空器，提高灭火效率。通过空地协同作战体系的构建，实现资源的优化配置，提升高原森林火灾应急响应能力。

四、防灭火效能提升策略

（一）科技赋能策略

1. 智能决策支持系统

开发基于机器学习的火场态势推演平台，集成三维地理信息系统实现扑救方案动态优化。机器学习算法可对火场相关数据进行分析学习，挖掘数据中的潜在模式和规律，从而对火场态势进行准确推演^[9]。通过三维地理信息系统，能够直观呈现火场的地形地貌、植被分布等信息，为扑救方案的制定提供更全面的依据。同时，随着火场情况的变化，系统可动态调整优化扑救方案，提高方案的科学性和有效性，增强防灭火效能，更好地应对高原森林火灾。

2. 新型灭火技术应用

高原低压环境对灭火剂的雾化特性有显著影响, 研究高原低压环境下凝胶灭火剂雾化特性至关重要^[10]。通过实验研究等手段, 深入了解其在特殊环境下的物理化学变化, 为优化灭火剂配方和使用提供依据。相变储能材料在应急装备保温方面具有创新应用前景。高原地区气温较低, 应急装备的保温性能直接影响其使用效率和可靠性。将相变储能材料应用于应急装备的保温设计中, 可有效维持装备内部适宜的温度环境, 确保装备在寒冷条件下正常运行, 提高应急响应的效能和质量。

(二) 管理创新路径

1. 跨区域联防联控机制

构建省级应急指挥数据共享平台, 实现跨区域信息的实时共享与交互。整合各方资源, 包括人力、物力、财力以及技术等, 提高应急响应的协同性和高效性。同时, 建立高原毗邻区联合演练机制, 通过定期开展联合演练, 模拟真实火灾场景, 检验和提升各方在应急处置中的协作能力和实战水平。此外, 建立资源调配长效机制, 确保在火灾发生时, 能够迅速、合理地调配各类资源, 如消防设备、救援物资等, 以满足灭火和救援的需求。通过这些措施, 强化跨区域联防联控, 提升防灭火效能。

2. 专业队伍能力建设

高原地区环境特殊, 对森林防灭火专业队伍能力建设提出了更高要求。需制定高原特勤消防员选拔标准, 综合考虑身体素质、适应能力等多方面因素, 确保选拔出能在高原环境有效执行任务的人员。同时, 开发高海拔适应性训练课程体系, 涵盖体能训练、高原环境适应训练等内容, 提升队员的专业技能和适应能力。此外, 建立职业健康保障方案, 关注队员在高原作业时的健康状况, 预防和应对可能出现的高原疾病等问题, 为队员提供全面的健康保障, 从而提高专业队伍在高原森林火灾防灭火工作中的效能。

(三) 制度保障体系

1. 法规标准完善建议

推动高原森林防火地方立法至关重要。应结合高原特殊的气

候、地理等条件, 明确森林火灾预防、监测、扑救等各环节的责任主体与具体职责, 规范各方行为。同时, 制定适应特殊气候条件的装备技术规范与操作指南。详细规定不同类型防火装备的技术标准, 确保其在高原环境下能正常发挥作用。针对特殊气候下的操作流程, 给出明确、科学的指导, 包括在高海拔、低温、大风等条件下如何安全有效地使用装备, 提高防灭火工作的科学性与规范性, 保障防灭火效能的提升。

2. 应急物资储备优化

建立高原专属灭火装备储备库是应急物资储备优化的重要举措。应结合高原环境特点, 储备适应高原气候、地形的专业灭火装备, 如高海拔适用的风力灭火机、适应复杂地形的运输工具等。同时, 设计基于火险区划的动态物资储备模型, 依据不同区域的火险等级、火灾发生频率及潜在受灾面积等因素, 合理确定物资储备量和储备地点。在此基础上, 构建快速调运机制, 确保在火灾发生时, 物资能够迅速、准确地调配到受灾区域, 提高应急物资的使用效率, 为高原森林火灾的扑救提供有力的物资保障。

五、总结

高原森林火灾应急响应机制研究涵盖了关键技术创新与管理模式突破。通过多学科交叉研究, 提升了防灭火效能。在技术方面, 可能包括火灾监测、扑救技术等创新; 管理模式上, 可能涉及协同指挥、资源调配等方面的突破。这些成果为高原森林火灾应急响应提供了有力支撑。然而, 仍需进一步研究。未来应重点关注高原火灾生态影响评估, 了解火灾对生态系统的长期和短期影响, 以便更好地制定恢复策略。同时, 智能决策系统迭代研究也至关重要, 通过不断优化系统, 提高决策的科学性和准确性, 更好地应对高原森林火灾。

参考文献

- [1] 刘路平. 地铁站火灾应急响应弹性评价研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2022.
- [2] 罗思丽. 石化火灾应急响应协同网络分析 [D]. 广东: 广东工业大学, 2021.
- [3] 赵一丁. 基于 BIM 的建筑火灾及疏散数值模拟方法研究 [D]. 四川: 西南交通大学, 2018.
- [4] 王自龙. 化工园区储罐火灾应急资源动态响应需求模型研究 [D]. 中国科学技术大学, 2020.
- [5] 楚昊. 地铁站火灾情景下人员疏散仿真与应急响应研究 [D]. 上海: 上海师范大学, 2019.
- [6] 宋利强. 大型油罐火灾爆炸事故演化及应急决策方案调整研究 [D]. 四川: 西南石油大学, 2017.
- [7] 马强. 基于 PyroSim 的大口子公路隧道火灾与疏散仿真研究 [D]. 陕西: 长安大学, 2016.
- [8] 于勃, 王磊. 高原环境下网络安全应急响应工具 [J]. 山东电力技术, 2014, 41(6): 63-65, 72.
- [9] 赵丹, 郭志国, 刘超时, 等. 高速公路隧道火灾应急疏散模拟与策略 [J]. 地下空间与工程学报, 2023, 19(06): 2072-2080+2089.
- [10] 牛永亮. 高校校园网应急响应机制研究 [J]. 网络安全技术与应用, 2019, (06): 67-68.