

# 美国林火管理概况及分析

郭新彬 郑文霞 曾爱聪 马远帆 郭林飞 郭福涛\*

(福建农林大学林学院/海峡两岸红壤区水土保持协同创新中心, 福州 350002)

**摘要** 受气候变化和人为活动的影响,近年来全球重特大森林火灾频发,给生态系统、大气环境和人类健康带来重大影响.美国在林火管理方面积累了丰富的实践经验.全面梳理美国林火管理的框架体系,可以为我国的森林防火工作提供有力借鉴.本文从美国林火政策的历史演变入手,系统介绍了政策演变的4个阶段及各阶段的特点,从可燃物管理、行政管理权责、火灾扑救和林火管理科研支撑4个方面对美国林火管理概况进行综合分析.同时,通过总结相关文献,提出美国未来可燃物管理、政策政治和火灾扑救3方面的改进策略.最后,通过对美国林火管理的综合分析,提出对我国林火管理的几点启示性意见,旨在推动建立健全具有我国特色的林火管理体系.

**关键词** 美国林火; 可燃物管理; 林火扑救; 林火政策; 以火防火

**Forest fire management in the United States.** GUO Xin-bin, ZHENG Wen-xia, ZENG Ai-cong, MA Yuan-fan, GUO Lin-fei, GUO Fu-tao\* (*College of Forestry, Fujian Agricultural and Forestry University/Collaborative Innovation Center of Soil and Water Conservation in Red Soil Region of the Cross-Strait, Fuzhou 350002, China*).

**Abstract:** With the intensification of climate change and human activities, megafires frequently occur, with serious impacts on ecosystems, atmospheric environment, and human health. The United States has accumulated a large amount of practical experience in forest fire management. A comprehensive review of the framework of forest fire management in the United States can provide an inspiring reference for forest fire prevention in China. Starting from the process of historical evolution of forest fire policy, we systematically introduced the four stages of policy evolution and the characteristics of each stage in the US. Moreover, a comprehensive analysis of forest fire management situation in the US from four aspects was conducted, including the management of combustible fuels, administrative responsibility, fire suppression and forest fire management research support. We summarized relevant literature and proposed improvement strategies for future combustibles management, policy politics and fire fighting in the United States. Through the comprehensive analysis of forest fire management in the United States, we put forward some inspiring opinions on forest fire management in China to promote the establishment of a sound forest fire management system with Chinese characteristics.

**Key words:** forest fire in the United States; fuel management; fire fighting; forest fire policy; fire prevention by using fire.

美国森林资源丰富,截至2017年全美森林覆盖率为33%,森林占地面积约2.9亿 $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>.然而,受气候变化和人为活动的影响,多年来美国一直饱受森林火灾侵扰<sup>[2]</sup>.据统计,2000—2018年间美国年均

发生6.2万次人为火和1万次雷击火,年均过火面积分别为280和170万 $\text{hm}^2$ <sup>[3]</sup>.历史上,美国的林火政策不断调整,以适应不断变化的林火发生形势,由19世纪末的“消灭一切火”,到21世纪初将火的生态意义融入到林火管理当中,经过一个多世纪的发展,美国在林火管理方面积累了丰富的实践经验和理论构建.同时,在气候变化和人类活动加剧的背景下,美国迫切需要以增加森林弹性为宗旨的林火管理方式<sup>[4-5]</sup>和重大的林火管理变革来面对未来严峻

本文由国家自然科学基金项目(31770697)和福建农林大学国际科技与合作交流项目(KXB16008A)资助 This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (31770697) and the International Science and Technology Cooperation Program of Fujian Agricultural and Forestry University (KXB16008A).

2019-07-10 Received, 2019-09-24 Accepted.

\*通讯作者 Corresponding author. E-mail: guofutao@126.com

的林火发生形势<sup>[6]</sup>.全面了解、分析、总结美国林火管理的历史及现状,有助于我们分析利弊得失,进一步完善我国的林火管理工作.

1 美国林火政策演变

美国的林火管理大致分为严控阶段、应用火阶段、政策审查和生态管理 4 个阶段:

1.1 林火严控阶段——灭火为主导

美国的林火管理始于 1886 年,美国军队开始在新建立的国家公园巡逻,其主要职责就是防火灭火<sup>[7]</sup>.在当时的生态理论背景下,美国当局认为防火可以促进生态稳定、减少经济损失,因此执行林火严控政策.1935 年,美国农业部林务局(FS)制定了“上午 10 点政策”,即发生的火灾要在次日 10:00 前扑灭<sup>[8]</sup>.内政部国家公园管理局(NPS)内部也遵循所有火灾都要积极消灭的观念.

1.2 林火应用阶段——计划火烧发挥作用

在随后的 30 年间,有关林火生态的研究不断深入开展,南方林火实验室的研究证实了自然火和计划火烧对生态系统的正面效益.1967 年,林务局改变原有政策,允许对火“手下留情”.国家公园管理局紧随其后,于 1968 年承认火的自然作用,允许在规定的条件下进行计划火烧以实现林火管理目标.1971 年,林务局附加了“十英亩政策”,即计划火烧的面积不应超过 10 英亩(1 英亩=0.405 hm<sup>2</sup>).

1.3 政策审查阶段——重申火的积极作用

1978—1988 年,美国发生了 3 场特大森林火灾,分别为落基山国家公园的 Ouzel 大火、黄石国家公园大火和路易斯-克拉克国家森林的 Canyon Creek 大火.这 3 场火灾促成了 1989 年的重大森林消防政策审查.审查报告申明了火的自然作用的重要性,同时也指出需要提高机构间的协作能力,通过建立明确的决策标准和问责制来加强林火管理计划的实施<sup>[9]</sup>.1994 年,美国整个防火期内发生的林火共造成 34 人死亡,促成了 1995 年联邦消防管理政策的又一次审查.报告再次肯定了火的积极效益,并指出应利用火保护资源,并尽可能发挥其生态作用<sup>[10]</sup>.2000 年,美国林火燃烧面积达到历史顶峰,内政部长和农业部长重新成立了联邦林火政策审查工作组,要求对 1995 年联邦消防政策及其实施情况进行审查.工作组肯定了政策的整体有效性,但也指出政策的不完善性,需要对 1995 年的联邦森林消防政策进行适当的修改和补充,以及进行更多的评估<sup>[11]</sup>.2001 年的审查促使跨部门小组根据 1995 年的政策制

订了《林火使用实施指南》<sup>[12]</sup>,新文件为美国联邦消防机构的林火使用规划和实施提供了指导.

1.4 生态管理阶段——凸显火的生态意义

2002 年 8 月,美国总统布什提出了“健康森林倡议(HFI)”,旨在通过可燃物管理计划降低森林火险、保护野生动物栖息地.这也是美国国家林业政策“十年战略”实施的核心内容.2009 年 10 月 29 日,众议院和参议院通过《2009 年联邦土地援助、管理和改善》<sup>[13]</sup> 条例(FLAME)并设立了 2 个 FLAME 基金.2010 年明确提出“与火为伍,用火管理自然资源”的愿景.2016 年华盛顿州议会通过了“森林弹性燃烧试验”的提案,提倡计划火烧作为森林管理的工具.2018 年华盛顿州提出了“20 年森林健康战略计划”,要求在未来 20 年内对 120 万英亩的森林进行计划火烧和间伐.

2 林火管理概况

2.1 可燃物管理

在美国的林业管理中,根据空间位置的不同,森林可燃物可分为地面可燃物、地表可燃物、梯状可燃物和冠层可燃物.其中,地面可燃物指土表垃圾和杂物,通常不会加剧林火蔓延.地表可燃物包括所有枯死的乔木、草本植物和矮灌木.它们通常是许多森林中最危险的可燃物,多出现在长期严控林火的森林生态系统中<sup>[14]</sup>.梯状可燃物是指乔木或高大灌木.它们提供从地表可燃物到高大乔木冠层的垂直连续性.冠层可燃物就是上层林冠.

计划火烧和机械疏伐是目前可燃物管理的 2 种主要方式.美国林务局使用“条件等级系统”对需要进行可燃物管理的地区进行识别并制定管理的优先顺序<sup>[15]</sup>.这是一种较为粗放的国家分类系统,可用于确定由于“及时”灭火而使新林火轮回期取代原有林火轮回期的数量.一般而言,森林原有林火轮回期被取代的数量越多,火险就越高.此外,在火灾频发的生态系统中,人为严控火灾发生也会放大重特大森林火灾发生的风险<sup>[16]</sup>.20 世纪 60 年代开始,林务局和公园管理局允许雷击火在荒野地区燃烧,同时“控制燃烧”和“计划火烧”等各种相关术语也逐渐被应用.如今,“以火防火”已成为联邦土地管理机构可燃物管理项目中的一个重要环节.

2.2 行政管理权责

2.2.1 联邦政府职责 所有对联邦土地负有管理和行政责任的联邦机构都有权保护所管辖土地免受野火侵袭.目前,对林火有直接管理权的部门包括农业

部林务局、内政部(DOI)的 5 个机构:国家公园管理局、土地管理局(BLM)、美国鱼类和野生动物管理局(FWS)、印第安事务局(BIA)和垦务局(BOR),以及国防部(DOD)和能源部(DOE)。其中,林务局负责全国 1.93 亿英亩森林系统的林火管理工作,内政部负责管理超过 4 亿英亩的国家公园、野生动物保护区、印第安人保留区和其他公共土地的林火工作<sup>[17]</sup>。这些机构可以自己保护土地,也可以通过与其他保护组织签订合同和协议来进行保护。

农业部林务局和内政部的国家公园管理局、土地管理局、美国鱼类和野生动物管理局、印第安事务局的林火管理程序高度整合,采用同样的资格培训制度,并使用相同的指导手册。因此,这 5 个机构被视为联邦政府的“消防管理”机构<sup>[18]</sup>。他们的主要职责是保护公众和消防人员的安全;扑救私人土地的火,保护社区;共同管理国家跨部门野火协调系统(包括国家跨部门消防中心(NIFC)、国家多部门协调小组(NMAC)和预警服务项目);支持制定和实施社区野火保护计划(CWPP);与联邦其他州和地区林火消防组织合作,提供经济有效的林火消防保护和应对措施;向州和地方政府提供消防援助,以应对超出其能力范围的林火等。

**2.2.2 州政府的职责** 按照法定责任的不同,美国州政府提供的林火管理服务一般分为五大类:1) 州政府对州内所有的公共和私人土地进行直接保护(例如,佛罗里达州);2) 州政府与当地消防部门签订林火消防合作协议并通过当地消防部门实施(例如,亚利桑那州);3) 州政府对州指定地区的所有公共和私人土地(或林地)负有直接保护责任,并为该州其他地区的地方管辖区提供支持和援助(例如,加利福尼亚州、蒙大拿州、明尼苏达州、德克萨斯州和华盛顿州);4) 州机构和地方政府之间存在双重(共同)责任(例如,新罕布什尔州、北卡罗来纳州和宾夕法尼亚州);5) 地方政府(如县治安官)对林火防护负有主要责任(例如,科罗拉多州)<sup>[19]</sup>。

**2.2.3 美国州政府野火管理人员隶属** 除了南达科他州和纽约州外,其他州内的野火防护计划均由州林务员负责<sup>[20]</sup>。在南达科他州和纽约州,野火防护工作由州政府的一个分支机构负责<sup>[21]</sup>。亚利桑那州和加利福尼亚州的林务员由州长任命并向州长报告。蒙大拿州、佛罗里达州和明尼苏达州的林务员领导州政府的一个分支机构,并直接向州长任命的部门负责人汇报工作。华盛顿州林务员直接领导自然资源部下属的一个部门。其他州林务员向土地委员

会(爱达荷州)或林业委员会(俄勒冈州)报告<sup>[22]</sup>。在其他一些州(例如,德克萨斯州、科罗拉多州、堪萨斯州、北达科他州和内布拉斯加州)的林务员属于州立大学体系。

### 2.3 火灾扑救

**2.3.1 林火扑救机构** 联邦层面的林火扑救管理机构为位于爱达荷州博伊西的国家跨部门消防中心(NIFC),是全国野火消防支援中心。该中心由 8 个机构和组织联合成立,但没有统一的行政领导。位于 NIFC 的国家跨部门协调中心(NICC)负责协调和分配国家层面的林火扑救资源,地理区域协调中心(GACC)负责协调和分配 9 个区域级别的林火扑救资源。

极端火行情况下,美国军方也会参与到野火的扑救中,为火灾扑救提供空中和地面支援<sup>[23]</sup>。自 1975 年以来,美国农业部和内政部与国防部达成了一项机构间协议:国防部在必要时需向野火管理机构提供消防支持,军方派遣一名联络官到 NIFC,与 NICC 密切协调<sup>[24]</sup>。

**2.3.2 对林火消防员的要求** 美国的林火消防员为州或联邦政府机构(如土地管理局、国家公园管理局和内政部)工作。根据美国劳工统计局的说法,各州和联邦机构对林火消防员的入门要求并不完全相同。林火消防员的教育程度和经验水平决定了他们的工作岗位。劳工统计局指出,有些工作可能需要大专及以上学历,而有些工作可能只需要高中文凭,而且拥有林业、自然资源、生物或消防科学等相关领域学位的人员需求量更大。

无论教育基础如何,所有林火消防员都必须通过体检和体能测试。初级林火消防员通常需要通过特定机构的培训。而按大多数联邦机构的要求,高级林火消防员需完成国家野火协调小组(NWCG)设置的课程培训,包括扑救技术、扑救设备、扑救行为和安全课程等科目<sup>[25]</sup>。

**2.3.3 林火扑救费用** 近年来,美国林火发生频率和强度呈增加趋势,美国林火扑救费也相应大幅度提高(表 1)。2008—2017 年,林务局用于林火管理的拨款总额平均每年为 54 亿美元,约占该机构可自由支配拨款总额的 52%(图 1)。内政部用于林火的拨款平均每年为 8.881 亿美元,约占该部可自由支配拨款总额的 8%。另外,自 2010 年《联邦土地援助、管理和改善条例》<sup>[13]</sup>(FLAME)基金设定以来,林务局的 FLAME 帐户平均每年收到 3.876 亿美元的拨款;内政部的 FLAME 帐户平均每年也会收到 9140 万美元



表 1 2008—2018 年美国联邦系统林火发生及扑救费用<sup>[28]</sup>  
Table 1 Forest fire ignitions and fighting costs of the Federal Government of the United States in 2008—2018<sup>[28]</sup>

年份 Year	火灾次数 Fires	火灾面积 Burned area (acre)	林务局 Forest service ( $\times 10^3$ dollar)	内政部 DOI agencies ( $\times 10^3$ dollar)	总计 Total ( $\times 10^3$ dollar)
2008	78979	5292468	1193073	392783	1585856
2009	78792	5921786	702111	218418	920529
2010	71971	3422724	578285	231214	809499
2011	74126	8711367	1055736	318789	1374525
2012	67774	9326238	1436614	465832	1902446
2013	47579	4319546	1341735	399199	1740934
2014	63212	3595613	1195955	326194	1522149
2015	68151	10125149	1713000	417543	2130543
2016	67595	5503538	1603806	371739	1975545
2017	71499	10026086	2410165	508000	2918165
2018	58083	8767492	2615256	528000	3143256

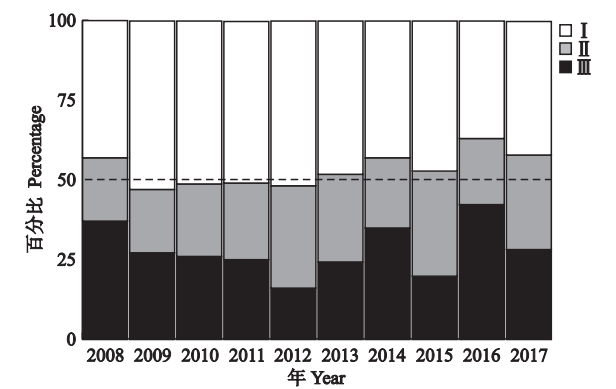


图 1 2008—2017 财政年度美国林务局资金分配<sup>[29]</sup>  
Fig.1 Distribution of US Forest Service discretionary appropriations, FY2008—FY2017<sup>[29]</sup>.

I：林务局其他资金分配 All other FS appropriations；II：林火资金分配（除扑救之外）Wildfire appropriations（other than suppression）；III：林火资金分配（直接扑救）Wildfire appropriations（suppression）。

的拨款,分别占林务局和内政部扑救活动总拨款的 26%和 21%.2017 财年,国会将 FLAME 账户的拨款指定为紧急需求拨款,不可自由支出.但即使这样,林务局的预算仍然不足,用于扑救的紧急资金通常从其他管理和研究项目中挪用,比如可燃物管理计划.因此,有研究建议本年度的火灾扑救预算也可以用过去 5 年的火灾扑救费用的平均数作为计算依据<sup>[26]</sup>.此外,总统和国会应该考虑并制定更现实的预算和资金,比如信托基金或储备账户<sup>[27]</sup>.

2.4 林火管理的科研支撑

林火管理相关项目资助(FMAG)是美国林火管理领域的重要财政援助项目,旨在减少灾难性火灾的发生.当地方火灾有失去控制演变成灾难性火灾趋势的时候,该州必须申请 FMAG.通常由州长向联邦应急管理局区域管理人员提交申请.第一个

表 2 1970—2016 年美国林火管理相关项目资助数量<sup>[29]</sup>  
Table 2 Number of fire management assistance grants by the United States in 1970—2016<sup>[29]</sup>

资助数量 Number of assistance grants	州 State
0~2	缅因州、佛蒙特州、新罕布什尔州、马萨诸塞州、纽约州、新泽西州、宾夕法尼亚州、西维吉尼亚州、俄亥俄州、印地安那州、伊利诺斯州、威斯康辛州、密歇根州、密苏里州、阿肯色州、路易斯安那州、密西西比州、北达科州 Maine, Vermont, New Hampshire, Massachusetts, New York, New Jersey, Pennsylvania, West Virginia, Ohio, Indiana, Illinois, Wisconsin, Michigan, Missouri, Arkansas, Louisiana, Mississippi, North Dakota
4~5	北卡罗来纳州、南卡罗来纳州、内布拉斯加州、堪萨斯州 North Carolina, South Carolina, Nebraska, Kansas
7~10	维吉尼亚州、肯塔基州、田纳西州、阿拉巴马州、明尼苏达州 Virginia, Kentucky, Tennessee, Alabama, Minnesota
11~15	佐治亚州、爱达荷州 Georgia, Idaho
17~22	怀俄明州、犹他州、阿拉斯加州、南达科州、夏威夷州 Wyoming, Utah, Alaska, South Dakota, Hawaii
43~50	蒙大拿州、新墨西哥州 Montana, New Mexico
53~58	佛罗里达州、亚利桑那州、内华达州 Florida, Arizona, Nevada
61~66	科罗拉多州、俄勒冈州 Colorado, Oregon
89~90	华盛顿州、俄克拉荷马州 Washington, Oklahoma
166	加利福尼亚州 California
236	德克萨斯州 Texas

FMAG 申请于 1970 年,在 20 世纪 90 年代,每年约有 22 份 FMAG 申请,而进入 21 世纪,平均每年达到了 55 份.直到 2016 年,德克萨斯州的 FMAG 申请最多(236 份),其次是加利福尼亚州(166 份)、俄克拉荷马州(90 份)和华盛顿州(89 份)(表 2).从 2006 财年到 2015 财年,美国联邦应急管理局共为 531 份 FMAG 申请资助了 7.418 亿美元.

由于林火的破坏性和复杂性,美国林务局在全国各地建立了林火实验室和研究工作站,涉及研究领域包括:物理火灾科学、生态与环境火灾科学、社会火灾科学、综合火灾与可燃物管理科学等<sup>[30]</sup>,几个重点实验室包括:米苏拉消防科学实验室(主要研究火行为基本原理,火行为模型以及生态系统对林火的响应机制等)、太平洋野地火灾科学实验室(主要研究可燃物科学管理、火行为模型、林火对空气质量 and 森林生态系统的影响等)、北方研究站(主要研发新技术,以解决中西部和东北部森林生态系统的火灾问题,涉及核心火灾科学、生态和环境火灾科学、社会火灾科学以及可燃物管理综合研究)、太平洋西南部研究站(研究的主题包括林火监测和预测、全球火灾影响、火险天气预测、可燃物管理等).此外,林务局还与美国国家宇航局合作,获取最先进的技术和火灾影像帮助消防队员灭火.宇航局的火灾和烟雾部门为林务局提供全球火灾地图,每 10 天

更新一次,详细展示全球火灾的状况和蔓延程度。

美国科研机构开发了各类林火模型并被广泛应用于林火管理中。林火模型一般分为:以实验或历史火灾观测数据为基础的经验模型、以流体动力学物理原理和能量与质量守恒定律为基础的物理模型和以物理规律为基础的半经验模型<sup>[31]</sup>。早在 20 世纪 80 年代“BEHAVE”火行为预测和可燃物模型出现。他们采用 Rothermel 模型进行林火行为预报,以计算机软件的形式将火行为情况提供给用户<sup>[32]</sup>,而 Rothermel 模型是应用较为广泛的半经验模型。该模型是在能量守恒的物理基础之上,假定可燃物和地形在空间分布上连续,推算火头的蔓延过程。随后,2002 年美国洛斯阿拉莫斯国家实验室开发的 FIRE-TEC,又将热分解、热传导以及大气流向等因素考虑进去,进一步完善了模型<sup>[33]</sup>。

目前,一些特定模型已成为美联邦战略规划和决策系统的重要组成部分,包括火险模型、林火预测模型、火行为模型等。其中,火险模型关注的是火灾事件的可能性和潜在影响的量化,火险的计算可以预计年度损失的形式表示,如总过火面积、总扑救成本或对生态系统服务的影响等,对于估计预期损失和极端火灾事件的可能性都很重要。火行为模型是林火燃烧排放的详细物理模型和预估火灾蔓延速率的经验回归模型的结合,美国方面已经采取了很多方法来模拟火行为<sup>[34-36]</sup>。最近一些研究也尝试将燃烧的物理特性作为火灾扩散模型的一部分,用以改进现有的火行为模型<sup>[37-38]</sup>。此外,高度甚至中度火烧后,一些潜在的威胁可能对公共安全和生态系统造成重大影响<sup>[39]</sup>。如,林火产生的热量会对地上植被以及地下生物群落造成持续性的伤害<sup>[40]</sup>。故近年来火效应模型也成为美联邦战略规划的重点研究领域。火效应模型是从树木死亡率、碳、土壤和其他生态系统服务的角度来研究火灾潜在影响的模型<sup>[41-42]</sup>,可以基于经验、规律或过程<sup>[43]</sup>,基于过程的模型包括用于预测烟雾扩散的 BlueSky 模型<sup>[44]</sup>、用于预测火下土壤受热的 FOFEM 模型<sup>[43]</sup>和用于预测火后土壤侵蚀的 ERMit 模型<sup>[45]</sup>。火效应的经验和规律模型大多是回归模型,包括用于预测火后树木死亡率的 Logistic 回归模型<sup>[46]</sup>。此外,火后生态修复研究也是美国林火研究的重点之一。火后生态修复主要工作集中在侵蚀修复、边坡稳定以及植被再造 3 个方面,其中植被再造最常用的处理方法是根据当地生态系统可变性大量使用草籽,以使地表迅速覆盖植被<sup>[47]</sup>。但由于大型火灾在美国历史上的大部

分地区都很常见,因此有研究指出,美国许多动植物物种都依赖大火<sup>[48]</sup>,也有一些生态系统需要大火来模拟历史火灾动态,修复并维持生态系统的稳定<sup>[49]</sup>。

为了深入了解美国林火研究前沿动态,基于 Web of Science 平台 Web of Science (SCI)核心合集数据库,以“forest fire”或“wildfire”或“wildland fire”作为主题检索词,对该库收录的相关文献进行了计量分析。结果表明:2002—2019 年,美国林火研究方面共发表 SCI 论文 11881 篇,尤其是 2015 年至 2018 年年均发表 SCI 论文 947 篇,大部分发表于《Forest Ecology and Management》、《International Journal of Wildland Fire》、《Atmospheric Chemistry and Physics》、《Journal of Geophysical Research Atmospheres》以及《Atmospheric Environment》等国际顶级期刊。其中,美国农业部发表 3148 篇,林务局 2884 篇,加州大学 1382 篇,内政部 1114 篇,美国地质调查所 908 篇,主要涉及生态与环境科学(5236 篇)、林业科学(3337 篇)、气象大气科学(1343 篇)、地质学(1207 篇)、生物多样性保护(781 篇)等领域,研究成果丰硕。

### 3 美国林火管理措施

#### 3.1 可燃物管理

可燃物管理的效果已被认可<sup>[50]</sup>,但可燃物管理的主要目标应该是减少潜在的火行为和火效应,而不仅仅是减少森林可燃物。美国的联邦消防政策和措施都在试图通过减少可燃物来降低火险。该策略具有直观的吸引力,但可能不会显著降低火险。因为火行为不仅仅由可燃物决定,还受天气和地形影响。可燃物是火行为的重要基础,但可燃物管理方法的有效性对于是否降低潜在火行为至关重要。例如,疏伐处理可以有效地减少梯状可燃物和冠层可燃物,但林下采伐剩余物堆积引起的潜在火险可能与未进行处理的森林相差不多或比其更严重。在制定可燃物管理策略时,可燃物类型之间的差异、相互作用以及它们在不同类型火情中的火行为差异都要充分考虑。

受各种情况限制,可燃物管理往往阻碍重重<sup>[51]</sup>。例如,可燃物管理中计划火烧的使用程序较为复杂,有关部门在申请计划火烧时通常要准备一份林火实施计划(WFIP),一些管理者甚至认为这是“比其价值更大的麻烦”<sup>[52]</sup>;执行也有风险,在进行计划火烧时要安排扑救人员和设备到位,如果燃烧条件改变,火超出控制范围要马上进行紧急扑救。此

外,近几年美国林务局进行可燃物处理时,大多数都没有在处理前后进行实测对比,但这是任何评估程序的一个关键步骤。联邦消防政策以及国家消防计划运行申报系统(NFPORS)都要求联邦机构记录经费的支出明细和处理地点,但不能确定处理是否达到了目标。为了解决这些问题,要加强适应性管理和全方位监测。

随着林火生态管理研究的不断深入,在火灾频发的生态系统中管理可燃物将不得不依赖火的应用<sup>[8]</sup>。但是林火的使用并不总是有效的,例如在野地-城市交界域,火发挥自然作用的机会很渺茫,需要更积极地创建防火环境<sup>[53]</sup>。此外,合理的消防管理计划必须仔细考虑该地区的所有因素(火历史、入侵植物、受威胁的和濒危的物种、人类发展、文化遗址等),然后才能将该地区设为林火使用区,允许以火防火。另外,为了在不同森林类型中发挥作用,林火的使用应该建立在对美国森林火情多样性的认识上。一些管理活动可以降低火险<sup>[54-55]</sup>,但是一些森林类型,如美国黑松(*Pinus contorta*)需要周期性的、高强度的林火以完成林分更新<sup>[56]</sup>。

### 3.2 政策和政治问题

虽然林火问题在美国一直是讨论的热点,但许多关于林火的政策和政治问题依然存在。与具体问题和情况有关的科学资料的缺乏以及对当前国家和地区策略有效性、系统性考虑的不足,使林火相关部门掌握的信息不够准确<sup>[26]</sup>,进而阻碍了立法和改革工作的进行。此外,美国针对某些物种制定的单一物种保护政策缺乏对生态系统的整体考虑<sup>[14]</sup>,许多过于细化的策略(比如严控火以及在达到一定量的降水之前禁止使用计划火烧)限制了对森林生态系统的管理。这种策略可以实现单个的短期目标,但通常会使森林生态系统面临灾难性火灾的威胁。管理人员必须明确消防管理活动与生态变化之间的长期影响和关系,并积极有效地评估。

立法和政策制定过程的本质表明,要成功地推动并制定重大立法来进行实质性的改革并改变现有的消防政策是很困难的。此外,即使在一系列立法和规划上做了调整,但由于物理环境、自然变异性以及大量可燃物积累和较高火险等问题的阻碍,要成功实施这一计划,还需要机构和优先事项制定的重大转变。决策依赖于技术和科学信息,但决策本身往往具有政治意义。因此,即使某一问题比较简单,方案设计也很容易理解,但政策的制定往往是复杂的,并且需要与其他提案竞争立法和行政资源<sup>[57]</sup>。先前对

林火政策的审查认为,尽管最近立法程序有所改进,但目前的联合政策仍然不够充分,不能提供一个全面的科学框架来解决林火问题<sup>[26]</sup>。为此,美国国会应在国家科学院的协助下,对火灾扑救和可燃物管理目标和策略进行独立和彻底的审查,向国会和公众介绍消防政策的现状、有效性以及存在的问题。

### 3.3 火灾扑救

由于林火扑救有效性和效率的问题,应该认识到每一场火都是不同的,针对每一场火的独特需求制定策略和战术。97%~99%的火在最初的小型可控火阶段被成功扑灭。这些小型火的过火面积大多都只有0.1 hm<sup>2</sup>,它们的破坏性很小<sup>[26]</sup>。扑救资源的合理分布、早期火情的有效探测以及合适的战术和训练,使得美国的灭火系统应对小型可控火非常有效。超出可控火范围的火称为“过渡火”。这种火蔓延速度快,会迅速改变行为。目前,美国应对此类火的策略基本与小型可控火的应对措施相同。这便带来很大的危险性。在过去的10年里,大多数消防人员的死亡都发生在这类火灾上。因此,扑救策略应该进行修订,因为最初的扑救战术不再适用火环境变化的情况。此外,在严重的火险天气和大量可燃物积累的情况下容易爆发大型火,尽管扑救成功的可能性非常低,但消防机构通常要投入大量资源来扑救这些火。美国部分林火学者认为,可以在此类火的侧翼进行扑救行动,而“迎头而上”耗费数千万美元是不合理的<sup>[58]</sup>。

## 4 美国林火管理对我国的启示

一百多年来,在不断的审查和更新下,美国的林火管理政策不断完善,但近几年美国联邦消防政策实施指南和火灾科学信息的变化表明,美国的消防管理体系还需做出以下改进:1)重申可燃物管理的目标是减少潜在的火行为及其效应;2)凸显火的生态学意义;3)需要制定一个全面的林火行政管理科学框架;4)针对每一场火的独特需求制定策略和战术;5)加强协作、制定统一的合作机制;6)未来美国需要制定一套统一的原则和方法,确保以上方面的有效实施。

我国的林火管理工作起步较晚,近年来一直向美国、加拿大等林业发达国家学习。美国的林火管理体系及政策演变给我们带来很多启示:1)行政管理方面。发挥专业优势,继续加强林火管理垂直体系建设。突出林业部门对林火管理工作的主导权和扑救指挥的领导权;2)林火管理信息系统方面。相比美



国,我国的林火管理信息系统建设不够完善,各地区系统不统一,数据共享度低、系统兼容性差。未来应当以统一性、易用性、可拓展性为原则,努力建立国家层面的林火管理信息系统;3)可燃物管理方面。我国的可燃物研究起步较晚,研究相对零散,没有国家尺度的可燃物模型和缺少对可燃物相关参数进行长期定量监测。今后林火管理工作的一个重点应该是建立全国的可燃物分类标准和体系,并基于可燃物分类系统进行全国火险区划;4)林火利用方面。应进一步认识以防火的重要性,在条件允许地区系统性开展计划火烧。同时凸显火的生态作用,发挥火因子在生态系统碳平衡中的生态效应;5)林火扑救指挥方面。应致力于建立基于火行为模型的区域联防扑救指挥系统,形成专业化的林火扑救指挥体系;6)行政层面。加强对于林火的科学、综合认识,避免过度强调林火的社会灾害属性,而忽视林火的自然属性;7)国家应进一步加大林火方面的科研投入,从基础性和应用性两方面提升林火管理水平。

## 参考文献

- [1] Editorial Department of Land Resources (《国土资源》编辑部). Overview of foreign natural resources management model. *Land Resources* (国土资源), 2018(5): 58-61 (in Chinese)
- [2] Nydick K, Sydoriak C. Alternative futures for fire management under a changing climate. *Park Science*, 2011, **28**: 44-47
- [3] Congressional Research Service in Focus. Federal Assistance for Wildfire Response and Recovery [EB/OL]. (2019-05-31) [2019-09-19]. <https://fas.org/sgp/crs/homsec/IF10732.pdf>
- [4] Stephens SL, Collins BM, Biber E, *et al.* US federal fire and forest policy: Emphasizing resilience in dry forests [EB/OL]. (2016-11-11) [2019-09-19]. <https://esa-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/ecs2.1584>
- [5] Schoennagel T, Balch JK, Brenkert-Smith H, *et al.* Adapt to more wildfire in western North American forests as climate changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2017, **114**: 4582-4590
- [6] Thompson MP, MacGregor DG, Calkin D. Risk management: Core principles and practices, and their relevance to wildland fire [EB/OL]. (2017-10-05) [2019-09-19]. [https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_gtr350.pdf](https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr350.pdf)
- [7] Agee JK. Fire management in the national parks. *Western Wildlands*, 1974, **1**: 27-33
- [8] Wagtenonk JWV. The history and evolution of wildland fire use. *Fire Ecology*, 2007, **3**: 3-17
- [9] Gómez A. Blazing heritage: A history of wildland fire in the national parks. *Pacific Historical Review*, 2009, **78**: 463-464
- [10] Philpot C, Schechter C, Bartuska A, *et al.* Federal wildland fire management policy and program review [EB/OL]. (1995-12-18) [2019-09-19]. [https://www.forestsandrangelands.gov/documents/strategy/foundational/1995\\_fed\\_wildland\\_fire\\_policy\\_program\\_report.pdf](https://www.forestsandrangelands.gov/documents/strategy/foundational/1995_fed_wildland_fire_policy_program_report.pdf)
- [11] Douglas J, Mills TJ, Artly D, *et al.* Review and update of the 1995 Federal wildland fire management policy [EB/OL]. (2001-01) [2019-09-19]. [https://www.nifc.gov/PIO\\_bb/Policy/FederalWildlandFireManagementPolicy\\_2001.pdf](https://www.nifc.gov/PIO_bb/Policy/FederalWildlandFireManagementPolicy_2001.pdf)
- [12] U.S. Department of Agriculture and U.S. Department of the Interior. Wildland fire use implementation procedures reference guide [EB/OL]. (2005-05) [2019-09-19]. <https://winapps.umn.edu/winapps/media2/wilderness/toolboxes/documents/fire/Wildland%20Fire%20Use%20-%20Implementation%20Procedures%20Reference%20Guide.pdf>
- [13] Council WFL. The Federal Land Assistance, Management and Enhancement Act of 2009: Report to Congress [EB/OL]. (2009-03-10) [2019-09-19]. [https://www.forestsandrangelands.gov/documents/strategy/reports/2\\_ReportToCongress03172011.pdf](https://www.forestsandrangelands.gov/documents/strategy/reports/2_ReportToCongress03172011.pdf)
- [14] Agee JK. The fallacy of passive management. *Conservation Biology in Practice*, 2003, **1**: 18-25
- [15] Schmidt KM, Menakis JP, Hardy CC, *et al.* Development of coarse-scale spatial data for wildland fire and fuel management. USDA Forest Service-General Technical Report RMRS-GTR, 2002, **87**: 41-90
- [16] Ingalsbee T. Whither the paradigm shift? Large wildland fires and the wildfire paradox offer opportunities for a new paradigm of ecological fire management. *International Journal of Wildland Fire*, 2017, **26**: 557-561
- [17] Hoover K, Lindsay BR, McCarthy FX, *et al.* Wildfire spending: Background, issues, and legislation in the 114th congress [EB/OL]. (2015-07-07) [2019-09-19]. <https://nationalaglawcenter.org/wp-content/uploads/assets/crs/R44082.pdf>
- [18] Hessel H. Refinancing and restructuring federal fire management. *Journal of Forestry*, 2001, **99**: 4-8
- [19] Meyer MD, Roberts SL, Wills R, *et al.* Principles of effective USA federal fire management plans. *Fire Ecology*, 2015, **11**: 59-83
- [20] Toman E, Shindler B. Wildland fire and fuel management: Principles for effective communication// McCaffrey SM, ed. The Public and Wildland Fire Management: Social Science Findings for Managers, Newtown Square, PA, USA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2006, **6**: 111-123
- [21] Spyrtas V, Bourgeron PS, Ghil M. Development at the wildland-urban interface and the mitigation of forest-fire risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, **104**: 14272-14276
- [22] Long CJ, Whitlock C. Fire and vegetation history from the coastal rain forest of the western Oregon Coast Range. *Quaternary Research*, 2002, **58**: 215-225
- [23] Martell DL. A review of recent forest and wildland fire management decision support systems research. *Current Forestry Reports*, 2015, **1**: 128-137
- [24] Dombeck MP, Williams JE, Wood CA. Wildfire policy and public lands: Integrating scientific understanding with social concerns across landscapes. *Conservation Biology*, 2004, **18**: 883-889
- [25] Kneeshaw K, Vaske JJ, Bright AD, *et al.* Acceptability norms toward fire management in three national forests. *Environment and Behavior*, 2004, **36**: 592-612
- [26] Stephens SL, Ruth LW. Federal forest-fire policy in the United States. *Ecological Applications*, 2005, **15**: 532-542

- [27] Ingalsbee T, Raja U. The rising costs of wildfire suppression and the case for ecological fire use// DellaSala DA, Hanson CT, eds. *The Ecological Importance of Mixed-Severity Fires*. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier, 2015: 348–371
- [28] National Interagency Fire Center of the United States. Incident Management Situation Report [EB/OL]. (2019-09-18) [2019-09-19]. [https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo\\_main.html](https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_main.html)
- [29] Hoover K, Lindsay BR. Wildfire Suppression Spending: Background, Issues, and Legislation in the 115th Congress[EB/OL]. (2017-10-05) [2019-09-19]. <https://fas.org/sgp/crs/misc/R44966.pdf>
- [30] Holden ZA, Swanson A, Luce CH, *et al.* Decreasing fire season precipitation increased recent western US forest wildfire activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, **115**: 8349–8357
- [31] Preisler HK, Brillinger DR, Burgan RE, *et al.* Probability based models for estimation of wildfire risk. *International Journal of Wildland Fire*, 2004, **13**: 133–142
- [32] Andrews PL. BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system[EB/OL]. (1986-01) [2019-09-19]. [https://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_int/int\\_gtr194.pdf](https://www.fs.fed.us/rm/pubs_int/int_gtr194.pdf)
- [33] Linn R, Reisner J, Colman JJ, *et al.* Studying wildfire behavior using FIRETEC. *International Journal of Wildland Fire*, 2002, **11**: 233–246
- [34] Sullivan AL. Wildland surface fire spread modelling, 1990–2007. 1: Physical and quasi-physical models. *International Journal of Wildland Fire*, 2009, **18**: 349–368
- [35] Sullivan AL. Wildland surface fire spread modelling, 1990–2007. 2: Empirical and quasi-empirical models. *International Journal of Wildland Fire*, 2009, **18**: 369–386
- [36] Sullivan AL. Wildland surface fire spread modelling, 1990–2007. 3: Simulation and mathematical analogue models. *International Journal of Wildland Fire*, 2009, **18**: 387–403
- [37] Chen TBY, Yuen ACY, Yeoh GH, *et al.* Numerical study of fire spread using the level-set method with large eddy simulation incorporating detailed chemical kinetics gas-phase combustion model. *Journal of Computational Science*, 2018, **24**: 8–23
- [38] Ryan KC. Dynamic interactions between forest structure and fire behavior in boreal ecosystems. *Silva Fennica*, 2002, **36**: 13–39
- [39] Hirsch K, Kafka V, Tymstra C, *et al.* Fire-smart forest management: A pragmatic approach to sustainable forest management in fire-dominated ecosystems. *The Forestry Chronicle*, 2001, **77**: 357–363
- [40] McArthur AG, Cheney NP. The characterization of fires in relation to ecological studies. *Fire Ecology*, 2015, **11**: 3–9
- [41] Butler BW, Dickinson B. Tree Injury and Mortality in Fires: Developing Process-Based Models. *Fire Ecology*, 2010, **6**: 55–79
- [42] Kavanagh KL, Dickinson MB, Bova AS. A way forward for fire-caused tree mortality prediction: Modeling a physiological consequence of fire. *Fire Ecology*, 2010, **6**: 80–94
- [43] Reinhardt ED, Dickinson MB. First-order fire effects models for land management: Overview and issues. *Fire Ecology*, 2010, **6**: 131–142
- [44] Larkin NK, O'Neill SM, Solomon R, *et al.* The BlueSky smoke modeling framework. *International Journal of Wildland Fire*, 2010, **18**: 906–920
- [45] Robichaud PR, Elliot WJ, Pierson FB, *et al.* Predicting postfire erosion and mitigation effectiveness with a web-based probabilistic erosion model. *Catena*, 2007, **71**: 229–241
- [46] Ryan KC, Reinhardt ED. Predicting postfire mortality of seven western conifers. *Canadian Journal of Forest Research*, 1988, **18**: 1291–1297
- [47] Service F, Robichaud PR, Beyers JL. Evaluating the effectiveness of postfire rehabilitation treatments// Sandbrook R, ed. *The Politics of Africa's Economic Stagnation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000
- [48] Hutto RL. Composition of bird communities following stand-replacement fires in northern Rocky Mountain (USA) conifer forests. *Conservation Biology*, 1995, **9**: 10 st fuel-reduction treatments in the United States. *BioScience*, 2012, **62**: 549–560
- [51] Collins BM, Stephens SL, Moghaddas JJ, *et al.* Challenges and approaches in planning fuel treatments across fire-excluded forested landscapes. *Journal of Forestry*, 2010, **108**: 24–31
- [52] Aplet GH. Evolution of wilderness fire policy. *International Journal of Wilderness*, 2006, **12**: 9–13
- [53] Cohen JD. Preventing disaster: home ignitability in the wildland-urban interface. *Journal of Forestry*, 2000, **98**: 15–21
- [54] Fule PZ, Aem W, Covington WW, *et al.* Measuring forest restoration effectiveness in reducing hazardous fuels. *Journal of Forestry*, 2001, **99**: 24–29
- [55] Pollet J, Omi PN. Effect of thinning and prescribed burning on crown fire severity in ponderosa pine forests. *International Journal of Wildland Fire*, 2002, **11**: 1–10
- [56] Christensen NL, Agee JK, Brussard PF, *et al.* Interpreting the Yellowstone Fires of 1988. *BioScience*, 1989, **39**: 678–685
- [57] Moritz MA, Stephens SL. Fire and sustainability: Considerations for California's altered future climate. *Climatic Change*, 2008, **87**: 265–271
- [58] Plucinski MP. Fighting flames and forging firelines: Wildfire suppression effectiveness at the fire edge. *Current Forestry Reports*, 2019, **5**: 1–19

作者简介 郭新彬, 男, 1995 年生, 硕士研究生. 主要从事林火生态管理研究. E-mail: guo18959151730@126.com

责任编辑 孙 菊