

林业调查规划支持下的森林火灾风险区划研究

孙 文

河北省木兰围场国有林场林业调查规划设计院 河北 承德 068450

摘 要：森林火灾是重大自然灾害，威胁森林生态等多方面安全。全球气候变化与人类活动干扰下，我国北方森林火灾风险上升，河北省作为京津冀生态屏障，森林资源广但结构脆弱，防火形势严峻。科学开展森林火灾风险区划，是实现森林防火方针的关键支撑。本文基于林业调查规划体系，整合河北省多源信息，构建融合自然与人为因子的评价指标体系，用层次分析法与GIS空间分析技术开展实证研究。结果显示，林业调查规划数据在多方面有基础性作用，构建的模型能有效识别高风险区域，为协同防火等提供决策依据。研究强调，要推动林业调查规划与森林防火业务深度融合，建立动态智能的风险评估与区划体系，提升防控能力。

关键词：林业调查规划；森林火灾；风险区划；河北省；可燃物；GIS；层次分析法

引言

森林是陆地生态系统主体，在维护生态安全等方面作用重大。河北省地理位置特殊，是京津与华北、西北的重要生态过渡带。近年来，京津冀协同发展战略推进，河北省生态建设加强，森林覆盖率显著提升。但森林资源增加的同时，火灾风险也上升。森林火灾风险区划能综合多种因素，对区域内不同地段火灾可能性及潜在危害程度进行空间划分，是制定防火规划等的前提。然而，传统区划方法依赖宏观数据或经验判断，难以满足精细化管理需求^[1]。

林业调查规划是我国林业管理体系的核心组成部分。河北省自2003年起全面推行森林资源规划设计调查（“二类调查”），每5年更新一次，形成了覆盖全省、以小班为单元的高精度森林资源数据库。这些数据涵盖了林地类型、树种组成（如油松、侧柏、刺槐、杨树等）、郁闭度、龄组结构、可燃物载量等关键火险因子，为森林火灾风险评估提供了坚实的数据基础。尤其在河北以人工林为主（占比超70%）、林分结构单一、可燃物易积累的背景下，林业调查规划成果对火灾风险识别具有独特价值。

本文以河北省为对象，探讨林业调查规划在森林火灾风险区划中的支撑作用，构建基于多源数据融合的评价指标体系，开展全省实证分析，为提升河北省森林火灾防控水平提供技术路径，也为京津冀生态安全协同治理提供参考。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域概况

河北省总面积18.88万平方公里，地貌类型多样，自西向东依次为太行山区、燕山山区、坝上高原和华北平

原。森林资源主要分布于燕山—太行山山地丘陵区及坝上地区，其中：（1）燕山—太行山林区：以人工针叶林为主，常见树种包括油松、侧柏、落叶松等，林分结构单一，枯枝落叶层厚，易燃性强；（2）坝上地区：属森林—草原交错带，植被以樟子松人工林、杨树防护林及天然灌草为主，春季风大物燥，雷击火与人为火风险并存；（3）平原区：以农田防护林网和城市森林为主，火灾多由农事用火、祭祀用火引发。河北省属温带大陆性季风气候，四季分明，春季干旱多风，秋季少雨干燥，年均大风日数达30-50天，火险期主要集中在3-5月和10-11月。

1.2 数据来源

本研究整合了以下多源数据：

林业调查规划数据：来源于河北省2023年森林资源规划设计调查成果，覆盖全省11个地市、167个县（市、区），包含约45万个森林小班矢量图层及其属性（树种组成、平均年龄、郁闭度、起源、可燃物类型等）。

遥感影像数据：采用Sentinel-2多光谱影像（10m分辨率）用于提取植被覆盖度、NDVI指数及春季地表干燥指数。

气象数据：来自河北省气象局及国家气象科学数据中心，包括2013-2023年日最高气温、相对湿度、风速、降水等，用于计算加拿大火险天气指数（FWI）及本地化火险等级。

历史火灾数据：由河北省林业和草原局防火处提供2000-2023年历史火灾记录，包括起火点坐标、过火面积、起火原因（农事用火38%、祭祀用火25%、野外吸烟15%、雷击火8%、其他14%）。

地形与人文数据：来源于国家基础地理信息中心，包括30m分辨率DEM、道路网（含林区防火通道）、居

民点、墓地、旅游景点、输电线路等。

所有数据统一投影至CGCS2000坐标系，并通过ArcGISPro平台进行空间融合与分析。

2 研究方法

2.1 风险评价指标体系构建

结合河北森林火灾特点（人工林易燃、春季风大、人为火源主导），在通用火灾四要素基础上，优化构建适用于河北的森林火灾风险评价指标体系（见表1）。

表1 河北省森林火灾风险评价指标体系

一级指标	二级指标	数据来源	说明
可燃物因子	林分类型（针叶林比例）	林业二类调查	油松、侧柏林占比越高，风险越大
	郁闭度	林业二类调查	低郁闭度（<0.4）利于地表火蔓延
	枯落物厚度	林业二类调查/样地实测	针叶林枯落物分解慢，易积累
	林龄（中幼龄林占比）	林业二类调查	中幼林枝叶密集，易形成连续可燃物
气象因子	春季（3-5月）大风日数	气象数据	风速>5级日数，直接影响火势蔓延
	春季平均相对湿度	气象数据	<40%为高火险阈值
	连续无降水日数（火险期）	气象数据	>7天显著增加风险
	FWI指数年均值	气象数据	综合反映火险天气条件
地形因子	坡度	DEM	陡坡（>25°）加速火势上行
	坡向	DEM	阳坡（南、西南）干燥，风险高
人为活动因子	距墓地/祭祀点距离	民政/林业数据	清明节前后高风险
	距林区道路距离	道路网	道路为火源进入通道
	距居民点距离	人文数据	农事、生活用火密集区

2.2 指标标准化与权重确定

采用极差标准化法对正向指标（如针叶林比例、大风日数）进行归一化，负向指标（如距墓地距离）采用倒数转换^[2]。权重通过AHP法确定，邀请河北省林草局、北京林业大学、中国林科院等单位12位专家打分，经一致性检验后得到权重（见表2）。

表2 河北省森林火灾风险指标权重分配

一级指标	权重	二级指标	综合权重
可燃物因子	0.35	针叶林比例	0.12
		郁闭度	0.07
		枯落物厚度	0.10
		中幼龄林占比	0.06
气象因子	0.30	春季大风日数	0.10
		春季低湿日数	0.08
		连续无降水日数	0.07
		FWI指数	0.05
地形因子	0.15	坡度	0.09
		坡向	0.06
人为活动因子	0.20	距墓地距离	0.08
		距林区道路距离	0.07
		距居民点距离	0.05

注：人为活动因子权重略高于全国平均水平，反映河北火灾以人为为主的特点。

2.3 风险区划模型构建

采用加权线性叠加模型计算综合风险指数（FRI）：

$$FRI = \sum_{i=1}^{13} w_i \cdot x_i$$

根据FRI值，采用自然断点法将全省划分为五个风险等级：

- I级（低风险）：FRI < 0.28
II级（较低风险）：0.28 ≤ FRI < 0.42
III级（中等风险）：0.42 ≤ FRI < 0.58
IV级（较高风险）：0.58 ≤ FRI < 0.72
V级（高风险）：FRI ≥ 0.72

3 结果与分析

3.1 综合风险空间分布

区划结果显示：高风险区（V级）主要集中于三大区域：（1）燕山南麓（承德兴隆、宽城，唐山遵化、迁西）：以油松、侧柏人工林为主，针叶林占比超65%，枯落物厚度平均4.8cm，且紧邻京哈、京承高速，清明祭祀活动频繁；（2）太行山东麓（石家庄井陉、平山，保定阜平、涞源）：山高坡陡（平均坡度28°），春季焚风效应显著，2023年井陉火灾即发生于此；（3）坝上森林—草原交错带（张家口赤城、崇礼、沽源）：樟子松林与干草原交错，春季风力强劲（年均大风日45天），雷击火与牧民用火风险叠加。高风险区总面积约2.1万平方公里，占全省林地面积的28.5%。较高风险区（IV级）分布于高风险区外围及平原防护林带，如廊坊、沧州部分县市，虽森林覆盖率低，但林网与农田交错，农事用火风

险高。中低风险区主要位于冀中南平原及部分天然次生林区（如小五台山核心区），林分结构较复杂，人为干扰相对可控。

3.2 历史火灾验证

将2000–2023年共927起有坐标记录的火灾点叠加至风险图，发现89.3%的火灾发生在Ⅳ级和Ⅴ级区域。其中，清明节前后（3月下旬–4月上旬）发生的火灾中，94.1%位于距墓地1km范围内，印证了人为因子权重设定的合理性。

3.3 林业调查规划数据的关键作用

在河北以人工林为主体的背景下，林业调查规划数据发挥了以下关键作用：（1）精准识别高风险林分：通过小班树种组成数据，快速锁定油松、侧柏等高易燃性林分；（2）支撑可燃物管理：枯落物厚度、林龄结构等属性为计划烧除、机械清理提供依据；（3）对接防火责任体系：以小班为单元的风险等级可直接纳入“林长制”考核，实现“一格一策”；（4）服务生态修复规划：高风险区可优先安排阔叶树种补植、生物防火林带建设等措施。

4 讨论

4.1 河北特色风险因子的体现

本研究通过构建区域化森林火险评估模型，有效识别并量化了河北省森林火灾的三大核心风险特征：人工针叶林广泛分布、春季气候风干物燥、以及人为火源高度集中。在模型指标体系中，“针叶林比例”作为植被可燃性关键因子，其权重显著高于阔叶林或混交林，反映出河北北部山区大规模营造的油松、落叶松等人工纯林在火灾蔓延中的高易燃性与高危险性。同时，“距墓地距离”这一人为活动指标在春季火险预测中贡献突出，印证了清明祭祀用火是引发火灾的重要诱因^[3]。此外，“春季大风日数”作为气象驱动因子，不仅加速了可燃物干燥过程，更显著提升了火势蔓延速度与扑救难度。上述指标在模型中的高权重配置，充分体现了评估体系对河北地域自然—人文复合风险结构的精准捕捉，增强了火险预测的区域适应性与实用性。

4.2 与京津冀协同防火的衔接

研究结果显示，河北省森林火险高值区高度集中于与北京、天津接壤的生态敏感带，尤其是承德市与北京密云、张家口市与延庆交界的山地林区。这些区域不仅是首都水源涵养和生态屏障的关键地带，也是火源管理边界模糊、应急响应协调难度大的“防火盲区”。因此，亟需打破行政壁垒，推动建立京津冀森林防火一体化协同机制。具体而言，应构建跨省域火险区划数据共

享平台，实现高风险小班信息实时互通；在交界区域联合规划建设生物防火林带与工程隔离带，形成物理阻隔网络；推动三地预警信息发布标准统一、渠道融合，并建立扑火队伍跨区支援、装备共用、演练协同的应急联动机制，切实提升区域整体防火韧性。

4.3 林业调查规划的深化应用建议

为提升火险防控的精细化与智能化水平，建议在现行森林资源二类调查体系中增设“火灾历史记录”“现有防火设施（如瞭望塔、蓄水池、防火道路）现状”等专项字段，夯实火险评估的数据基础。在此基础上，可开发面向基层的“小班级火险动态预警APP”，集成气象预报、可燃物含水率、火源活动热点等多源信息，为护林员提供实时风险提示与巡护路径优化建议^[4]。更重要的是，应将本研究形成的火险空间区划成果，作为核心依据纳入《河北省森林防火规划（2025–2030年）》的编制过程，指导防火基础设施布局、重点监控区域划定、应急资源配置及宣传教育重点人群的精准定位，实现科研成果向政策实践的有效转化，全面提升河北省森林火灾“防、控、救”一体化治理能力。

5 结语

本研究以河北省为对象，基于林业调查规划数据，构建了适用于北方人工林区的森林火灾风险区划模型。主要结论如下：（1）河北省森林火灾风险呈现“山地高、平原低，针叶林区高、阔叶林区低，祭祀区高、偏远区低”的空间格局，燕山—太行山南麓及坝上交错带为防控重点。（2）林业调查规划提供的小班尺度林分结构与可燃物信息，是开展精细化风险评估的核心数据源，显著提升了区划的科学性与可操作性。（3）所构建的模型经历史火灾验证具有较高准确性，可为防火检查站布设、瞭望塔优化、隔离带建设、应急队伍部署等提供空间决策支持。未来，应进一步推动林业调查规划成果与森林防火业务系统深度融合，构建“数据驱动、动态更新、智能预警”的森林火灾风险管理体系，筑牢京津冀生态安全屏障。

参考文献

- [1]河北省林业和草原局.河北省森林防火“十四五”规划[R].石家庄,2021.
- [2]国家林业和草原局.森林资源规划设计调查技术规范（GB/T26424-2023）[S].北京:中国标准出版社,2023.
- [3]王琤,李明,张超.华北人工林区森林火灾风险评估——以河北太行山为例[J].林业科学,2022,58(4):95–104.
- [4]舒立福,戴兴安.中国森林火灾风险评估研究进展[J].林业科学,2018,54(5):120–130.