



林业信息化系列研究成果之四

森林防火地理 信息系统

唐丽华 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

林业信息化系列研究成果之四

森林防火地理 信息系统

唐丽华 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据森林防火管理的特点,针对森林防火灾前、灾中、灾后的若干重点环节,围绕区域森林火险评价机制的建立与实现、森林火灾蔓延模型研究、基于远程视频的森林烟火识别、视频监控同步跟踪和火点定位、带约束条件的最佳路径算法、森林火灾灾后评估技术方法、森林灾害专题制图方法、森林防火联动监管系统实现等方面进行分析和研究,为森林火灾的科学预防、合理扑救、准确评估提供了决策支持。

本书可作为高等院校林业信息技术等相关专业研究生与本科生的专业教材或选修课教材,亦适合从事林业信息技术领域人员,以及相关企事业单位人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

森林防火地理信息系统 / 唐丽华著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014.1
(林业信息化系列研究成果; 4)
ISBN 978-7-5170-1537-6

I. ①森… II. ①唐… III. ①森林防火—地理信息系统—研究—中国 IV. ①S762.3-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第015880号

书 名	林业信息化系列研究成果之四 森林防火地理信息系统
作 者	唐丽华 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12.75印张 304千字
版 次	2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷
印 数	0001—2500册
定 价	32.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

序



林业是最古老的行业之一，它伴随着人类的兴起而诞生。这一古老的行业在面对现代信息技术时急需作全面而深刻的思考，通过多技术融合，优化或创新林业管理模式，实现森林资源安全、生态环境优良、林业生产力不断提高的目标。

信息技术与林业技术的融合过程就是林业信息化的建设过程。这大致可分为基础设施信息化、工艺过程信息化和管理信息化等三个方面。基础设施信息化主要包括以局域网和广域网综合为核心的硬件平台建设，以林业基本公共数据库为核心的数据平台建设，以方法与模型为主的公共知识平台、以规范化与标准化为核心的环境平台建设以及在信息等技术支持下的各类生产工具与装备；工艺过程信息化指林业管理、生产和教育、科技各个部门在经营、生产、科研、教学中的业务过程的信息化，它是以智能化为核心的自动化控制系统的开发；管理信息化指以林业网络化为核心系统建设，以森林资源网络化管理为基础，以电子政务为推动，突破传统管理时间、空间的限制，实现全时空、广信息、多媒体、快速度、零距离和交互虚拟管理，实现林业走向社会、社会参与林业建设的要求。可以说，没有林业信息化就没有林业现代化。

我国林业管理信息化建设总体上走过了一条从单机单项应用、单机单系统应用、多机单系统应用、多机多系统应用，到网络系统应用的道路。但林业受自然、社会和经济的综合作用，数据源、数据类型和格式多样化增加了管理的复杂度，导致局部研究不少而整体收效不明，与其他行业相比存在较明显的滞后。

针对我国林业管理信息化建设相对落后的现状，以及林业管理分层、分块的特点，2000年以来，我们坚持以系统理论为指导，以森林资源信息共享

联动、管理互动为主线，以数据库建设为核心，以应用系统建设为目标，以省域林业管理为研究对象，以县级林业管理为基点，兼顾地区、省和国家层次管理要求，通过系统建设与应用，初步实现了各级、各部门各尽其责、信息共享联动、管理互动统一、相互协同规则的机制。我们的研发团队也由小变大、由弱变强，现已形成了由方陆明、徐爱俊、吴达胜、唐丽华、楼雄伟等 10 余位核心成员共 40 余人组成的林业信息技术研究与应用团队。

在多年的探索中，我们在思想上经历了迷茫、碰撞、统一三个阶段；研究内容上从专题扩展到综合；技术方法上走过了从简单系统建设、复杂系统建设、管理模式探索、管理模式优化到物联网系统建设若干过程。当看到自己构建的新模式实现了资源的重组时，当开发的软件系统完成多部门、多环节信息联动和管理互动时，看到年龄 50 多岁只有小学文化的同志们也能很好地使用系统完成工作时，以及在将我们的系统管理平台放到各县、市的行政审批大厅，并延伸到乡镇和企业，听到各级领导、林业管理人员评论系统给他们带来的巨大而潜在的效益时，我们深感欣慰。

在这 10 多年的探索过程中，我们得到了诸多领导和专家的关心、支持和帮助。正因有诸多人的付出，才有今天的一点点成绩。北京林业大学关毓秀先生、董乃钧先生、陈谋询先生，原国家林业局资源司司长寇文正先生始终鼓励和关注团队的研究，并在不同阶段给予指导。浙江农林大学校长周国模教授多次亲临团队组指导，甚至帮助解决一些关键问题。浙江省林业厅叶胜荣、吴鸿、蓝晓光、王章明等领导，资源管理处卢苗海处长，政法处吴晓平处长，资源总站丁良冬站长，信息中心叶永钢主任，林业规划设计院刘安兴院长，生态中心李土生主任，杭州市林水局陈勤娟副局长，丽水市林业局和龙泉市林业局多位领导等都在不同阶段指导或参与过此项研究；还有浙江省各地、县以及贵州、广西等省、自治区林业部门领导和管理人员也参与过此项研究或提供过基层需求信息，使我们能够把基层管理上的需求和森林资源自身的发展规律结合起来，切实使研究成果为林业生产经营和管理第一线服务，也使研究不断深入和拓宽，并取得丰硕的成果。在此，对所有给予我们关心、支持的领导、专家和同志们表示衷心的感谢！

林业信息化建设是一个只有起点没有终点的过程，是一项复杂的系统工程，没有各方通力合作，没有众多学者的共同努力，没有各级管理人员

的积极参与是难有成效的。尽管多年的林业信息化研究与应用存在这样或那样的不足，但是为了使研究成果能更好地为林业生产经营和管理服务，更好地为培养林业信息化人才服务，也为了能广泛地吸收各方的意见和建议，我们对其进行提炼和总结，并以森林资源信息管理、林业电子政务、森林防火信息技术、林权信息管理等专题撰书出版奉献给大家。

因时间和水平等诸多原因，书中错误在所难免，恳请广大读者批评指正！

浙江农林大学林业信息技术研究团队

2013年7月于杭州西子湖畔

前言



森林火灾是指在森林燃烧中,失去人为控制,对森林产生破坏性作用的一种自由燃烧现象。我国是个多森林火灾的国家。从新中国成立初到1999年,全国共发生森林火灾68.8万次,烧死烧伤3.3万人,平均每年发生森林火灾1.43万次,平均受害森林面积82.2万 hm^2 。这些森林火灾造成了大量的经济损失,且对经济、社会、生态等方面的安全格局形成较大的威胁,而且,森林火灾具有突发性强、蔓延速度快、容易在短时间内造成重大损失等特点。

基于上述原因,必须把森林自身特点与信息技术应用紧密结合起来,通过多技术协同、智能识别、多源数据融合等技术,解决基于视频的森林烟火电子守候与自动报警、探测跟踪定位与森林资源信息获取、灾害预测预报与蔓延估测模型等关键技术,才能实现森林防火指挥中灾前、灾中、灾后等各个环节的一体化管理,才能有效降低森林火灾所带来的损失,研究意义十分重大。

本书针对森林防火灾前、灾中、灾后的若干重点环节展开研究。在森林火险预测方面,以临安市为试验对象,分别按森林资源分布类指标、自然环境类指标、社会经济环境指标以及森林火灾综合指标进行火险等级划分;在森林火灾的蔓延预测模型方面,根据地形、气象、植被因子,研究蔓延模型算法,分析森林火场的蔓延趋势和范围,建立森林火灾防火蔓延计算机模拟,为指挥提供决策支持;远程视频的森林烟火智能识别方面,采用模式识别、图像处理等技术,根据森林烟火颜色、纹理、动态和几何四类特征,建立烟火特征标准库,提取同一视窗连续变化图像内容与标准特征库对比,并结合火灾蔓延的形状、季节与气候以及是否为特殊区域等因素确定报警临界点;在GIS和远程视频监控同步跟踪方面,基于森林防火GIS和远程视频监控系统协同原理的研究,实现了视频监控区域地防火GIS中的表达,研制了视频可视域同步跟踪器。本书基于以上主要技术方法,建立了集森林火险预测、防火资源配置的可视域分析、烟火智能识别、视频可视域同步跟踪、火灾蔓

延模拟、防火指挥调度、灾后评估等功能于一体的森林防火联动监管系统。实现了森林火灾灾前（火险预测、资源配置智能识别、同步跟踪）、灾中（蔓延模拟、指挥调度）、灾后（损失评估）等环节的一体化管理。

基于对林业信息管理的不断思考与认识，10多年来，在国家林业局、浙江省林业厅的指导以及浙江省“十一五”重点教材建设项目、浙江农林大学教材建设项目、国家自然科学基金项目（30972361）、浙江省自然科学基金项目（Y3100352，Y3090346）、浙江省教育厅重大攻关项目（ZD2009002）和浙江省科技计划项目（2008C23036，2004C33081）等项目的支持下，在各地、县林业部门的积极配合下，开展了林业管理信息化的研究与实践，本书就是针对森林防火地理信息系统这一专题的实践总结。

本书共分9章，从森林防火地理信息系统的研究现状及存在问题展开，围绕区域森林火险评价机制的建立与实现、森林火灾蔓延模型研究、基于远程视频的森林烟火识别、视频监控同步跟踪和火点定位、带约束条件的最佳路径算法、森林火灾灾后评估技术方法、森林灾害专题制图方法、森林防火联动监管系统实现等方面进行分析和研究，丰富了我国森林防火地理信息系统领域的研究和实践内容。

森林防火研究是一个涉及森林资源管理、信息技术、政府行政管理、社会管理的多学科交叉的复杂系统研究，倾注了众多专家、学者和浙江农林大学林业信息技术团队全体同仁的心血，有几十人参与整个过程的研究与实践。在此一并予以衷心感谢并表示崇高的敬意！

由于时间仓促，水平有限，文中谬误之处在所难免，敬请读者不吝指正。

著 者

2013年7月于浙江农林大学

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 森林火灾发生与发展机理研究	1
1.2 森林火灾成因与特点分析	2
1.2.1 自然环境因子与森林火灾的关联性	2
1.2.2 森林资源与森林火灾的关联性	3
1.2.3 人类活动与森林火灾的关联性	6
1.3 森林火灾的特点和规律	7
1.3.1 时间、季节性规律	7
1.3.2 森林火灾区域分异性特点	8
1.3.3 森林火灾的地形坡度特点	8
1.3.4 森林火灾的可燃物特点	9
1.3.5 森林火灾的火源特点	9
1.3.6 森林火灾的燃烧时间特点	10
1.3.7 森林火灾的过火面积、火灾等级特点	10
1.3.8 火源与森林植被的关系	11
1.4 森林火灾预警与控制方法的研究	11
第 2 章 区域森林火险评价机制的建立与实现	13
2.1 区域森林火险评价指标体系的构建	13
2.1.1 指标选择原则	13
2.1.2 指标体系构建方法	14
2.1.3 指标的选取	14
2.1.4 指标体系的建立	15
2.2 指标权重的确定	15
2.2.1 改进的层次分析法	15
2.2.2 权重的确定与计算	18
2.3 指标量化与指标值确定	22

2.3.1	自然环境指标类指标量化	22
2.3.2	森林资源指标类指标量化	25
2.3.3	社会经济环境指标类指标量化	28
2.4	区域森林火险评价模型	30
2.4.1	加法合成评价方法	30
2.4.2	乘法合成评价方法	31
2.4.3	火险评价等级的划分	31
2.4.4	单因子评价	31
2.4.5	基于稳定性因子的综合评价	31
2.4.6	专题评价	32
2.4.7	动态综合评价	32
2.5	区域森林火险评价实例验证	32
2.5.1	自然环境指标选取	32
2.5.2	森林资源指标选取	33
2.5.3	人为干扰活动指标选取	34
2.5.4	森林火灾综合评价	35
2.5.5	单指标评价过程	35
2.5.6	於潜镇森林火灾综合评价	40
2.5.7	森林火险天气预报	41
2.5.8	森林火险专题与动态评价	42
第3章	森林火灾蔓延模型研究	45
3.1	概述	45
3.2	主要森林火灾蔓延模拟模型介绍	45
3.2.1	基于能量守恒定律的 Rothermel 模型	45
3.2.2	澳大利亚的 McArthur 模型	46
3.2.3	加拿大林火蔓延模型	46
3.2.4	元胞自动机模型 (CA)	47
3.3	森林火灾蔓延模拟算法的设计	48
3.3.1	算法分析	48
3.3.2	算法设计	48
3.4	森林火灾蔓延模拟算法的实现	55
第4章	基于远程视频的森林烟火识别	57
4.1	远程视频监控系统在森林防火中的应用分析	57
4.1.1	远程视频监控系统的优点与缺点	57
4.1.2	要解决的核心问题	57
4.2	研究环境搭建	58
4.3	远程视频森林烟火识别技术方案	60

4.3.1	提取特征值	60
4.3.2	分类器的设计	62
4.4	远程视频森林烟火识别的实现过程	63
4.4.1	图像获取	63
4.4.2	图像的预处理	63
4.4.3	图像初步判别及生成基础数据结构	66
4.4.4	各类特征值的提取	68
4.4.5	训练样本特征向量生成	73
4.4.6	支持向量生成	73
4.4.7	特征识别	79
4.5	远程视频森林烟火识别的试验与测试	79
4.5.1	白天不同森林类型烟火识别的试验	79
4.5.2	夜色下不同森林类型烟火识别的试验	81
4.5.3	森林类型烟火识别的综合试验与测试	83
4.6	远程视频森林烟火识别的应用测试	85
第5章	视频监控同步跟踪和火点定位	86
5.1	视频可视域在防火GIS上同步跟踪的应用现状	86
5.2	同步跟踪和火点定位研究技术方案	86
5.3	视频可视域在防火GIS中同步跟踪	87
5.3.1	视频监控系统的参数说明及主要设备介绍	88
5.3.2	视频可视域同步跟踪算法的基本原理	89
5.3.3	摄像机射线通视性的求解模型	90
5.3.4	镜头可视域的求解模型	92
5.3.5	视频可视域同步跟踪算法	96
5.3.6	视频可视域在防火同步跟踪中的基本原理	96
5.4	视频可视域在防火GIS上同步跟踪算法	97
5.4.1	算法设计	97
5.4.2	算法测试	100
第6章	带约束条件的最佳路径算法	105
6.1	概述	105
6.2	国内外研究概况	105
6.2.1	常见的算法	105
6.2.2	最佳路径算法的发展方向	109
6.3	算法设计	110
6.3.1	算法概述	110
6.3.2	最佳因子	110
6.3.3	算法分析	111

6.3.4	算法的详细设计	115
6.3.5	算法分析	120
6.4	算法实现	121
6.4.1	实验数据	121
6.4.2	数据处理	122
6.4.3	实验结果	123
第7章	森林火灾灾后评估技术方法	124
7.1	森林火灾灾后评估方法的研究现状	124
7.1.1	国外研究现状	124
7.1.2	国内研究现状	125
7.2	基于GIS的森林火灾灾后评估方法	126
7.3	森林火灾损失的调查	126
7.3.1	森林火灾损失评估指标	127
7.3.2	火灾面积调查	128
7.3.3	林木损失调查	129
7.3.4	森林火灾等级的划分	130
7.4	森林火灾数据空间分析	130
7.4.1	空间数据源分析	130
7.4.2	空间分析方法	131
7.4.3	火场区域求算	131
7.4.4	空间分析及其分析处理	132
7.4.5	火场区域比例计算	137
7.4.6	森林小班信息提取	138
7.5	森林火灾损失评定	138
7.5.1	目前森林火灾灾后评定方法	138
7.5.2	林火损失直接经济量评价	139
7.6	基于GIS的灾后评估的算法实现	140
第8章	森林灾害专题制图方法	143
8.1	概述	143
8.1.1	定义	143
8.1.2	专题地图的基本特征	143
8.1.3	专题地图的分类	144
8.1.4	林业管理专题地图	144
8.2	专题地图设计	145
8.2.1	专题地图的种类	145
8.2.2	相关模块数据处理的算法	146
第9章	森林防火联动监管系统实现	151

9.1 系统设计目标	151
9.2 系统功能设计	151
9.3 系统实现	153
9.3.1 系统技术架构	153
9.3.2 系统功能实现	157
附录 森林防火联动监管系统使用说明书.....	158
参考文献	184

第 1 章 绪 论

1.1 森林火灾发生与发展机理研究

森林火灾是指在森林燃烧中，失去人为控制，对森林产生破坏性作用的一种自由燃烧现象。发生森林火灾的“三大要素”是森林可燃物、气象条件和火源。这三者联系在一起，构成了燃烧三角（郑焕能，1988，1993，2000；居恩德，1986）。以上三个因素同时具备，则发生森林火灾；若其中有一个因素不具备条件，则不易发生森林火灾。

森林火灾是从森林燃烧开始的，森林燃烧到一定程度才形成灾害。森林燃烧是最复杂燃烧过程（郑焕能，1987）。有人把森林燃烧称为可燃物内部储存的化学能转化为热能的过程。实际上它是物理和化学过程相互作用的结果，更进一步地讲，森林燃烧是指森林内各种类型可燃物在空气中发生剧烈的氧化反应。森林燃烧必须具备三要素：可燃物、氧气和温度（引燃温度）。从化学角度来说，森林燃烧可以划分为三个阶段（骆介禹，1992）：①预热阶段，可燃物被加热，不断逸出水分，除去水分靠分子的扩散作用，因而整个阶段是吸收热量用以蒸发可燃物内部水分的过程；②热分解阶段（气体燃烧阶段），当温度高于 100℃ 时，分子的热运动加剧，处于链式反应控制，大量可燃性气体挥发；③有焰燃烧和无焰燃烧阶段，热分解产生的可燃性气体与空气相混合，当可燃性气体浓度达到燃烧极限范围内，温度又达到燃点，发生有焰燃烧反应，并伴随着放出大量的热量。在热分解形成的残留物表面上发生无焰燃烧。

对于一个具体的森林燃烧而言，其燃烧条件主要有：气象、地形、植被等环境条件及火源，如图 1.1 所示。

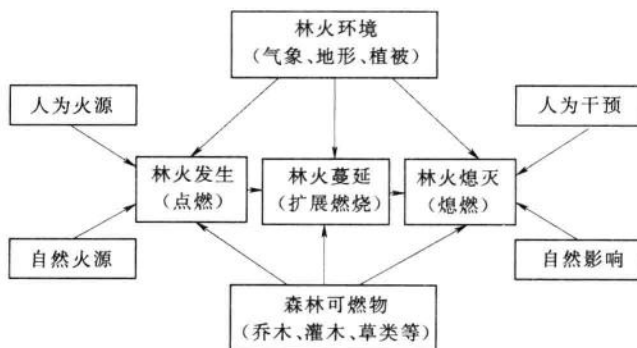


图 1.1 森林燃烧示意图

火灾蔓延是指森林植被燃烧后，火向四周扩展的过程。影响林火蔓延的主要因子有：

（1）可燃物种类和含水率。可燃物的类型不同，其可燃物的组成、种类以及立地等均



不一样,因此燃烧性也各异,一旦发生火灾,蔓延速度、火焰高度和火强度等都不同(居恩德,1986)。可燃物生物量是估测潜在能量释放大小的参数(骆介禹,1991)。不同可燃物类型的潜在能量大小不是固定不变的;含水量不同,则蔓延快慢也不同,如矮小干枯的杂草、灌木燃点低、蔓延快,湿润、粗大的枯枝、倒木不易燃,蔓延慢。

(2) 风。这是决定林火蔓延方向和速度的主要因子。有风促进空气流通,加速燃烧反应,风速大蔓延速度快,顺风火比逆风火蔓延快,侧风火介于两者之间。

(3) 地形。地形凸凹起伏,引起小气候改变,造成水热差异,影响林火蔓延。如阳坡和山脊蔓延快;阴坡和山谷蔓延慢;上山火比下山火蔓延快;陡坡比平缓地蔓延快。

(4) 昼夜变化。白天有日光照射,气温高、湿度小、风速大、可燃物干燥、林火蔓延快;夜间与白天相反,林火蔓延慢。

从一个区域来看,森林火灾的出现与变化具有一定规律。全世界每年发生森林火灾20万次左右,被烧林地面积几百万公顷,约是世界现有林地面积的0.1%。我国每年平均发生森林火灾达万次,被烧林地百万公顷。我国森林火灾面积占造林面积的1/3。森林火灾是有变化规律的,从年变化上来看,多出现在降水量少、连旱日数比较长的年份;从季节变化上来看,我国东北、华北一带多出现在春、秋两季,天气晴朗、降水量少,植被干旱,多大风天气,也就是每年的4~6月和9~11月。冬季由于气温低,积雪覆盖,不易发生火灾;夏季降水量大,可燃物生长旺盛、含水量大,也不易发生火灾。我国华东、华南、西南地区火灾多发生在冬季和早春。此时正是干季,晴日多、降水少、温度适时,而其他月份正是湿季,不易发生火灾。我国西部新疆地区森林防火期界于南北之间,主要集中在7~9月。特别是雷击火集中在7、8月较多;从日变化上来看,森林火灾多发生在上午10时至下午16时,正是一日内气温偏高、湿度偏小、风速较大的时段,此时发生火灾,火势发展强、蔓延速度快,不易扑救。

导致目前森林火灾多发的一个重要原因是原始森林的减少。原始森林中的很多天然物种的木质中含有丰富的水分,不能充当可燃物,在火灾发生的时候,它们本身就起到了阻止其扩散的作用。人工林涵养水源、保持水土的能力非常差,仅仅相当于原始林的1/10,并且我国现在的人工林中70%~80%是水源涵养能力差的中幼纯林,品种非常单一,在干旱天气里,林木本身就成了可燃物,而要减少森林可燃物,很重要的一点就是尽量减少原始森林的破坏,在人工林的栽培过程中,也避免单一化,即“建设近自然的生态系统”。

1.2 森林火灾成因与特点分析

森林资源的存在离不开其所处的自然环境与社会经济环境,当然,森林火灾也是在一一定的自然环境与社会经济环境中形成、发生与发展的。森林主要灾害作为一种自然灾害,除了与森林资源本身的特点特性有关外,还离不开当时所处的自然环境与社会经济环境状况。本章主要从自然环境、森林资源和社会经济(这里主要指人类活动)三方面来分析森林火灾的成因和特点。

1.2.1 自然环境因子与森林火灾的关联性

森林燃烧是自然界中燃烧的一种现象。在姚树人等提出的森林燃烧圈学说中指出,森



林燃烧圈由气象圈、植被圈和火源圈组成。森林燃烧的首要条件是气象条件，这就是气象圈。没有一定的气象条件，森林是不可能燃烧的。森林燃烧能否进行，受气候、天气情况（温度、湿度、降水、风等）、地形、土壤、林内小气候等诸多因素的综合影响。这些影响森林燃烧的环境条件称为林火环境。林火环境是林火发生发展的重要条件，森林火灾变化规律的分析，必须联系一定的林火环境。林火环境包括地带性气候、着火当日气象与着火点的地形。

1.2.1.1 林火与气候的关系

气候指一个地区各种气象要素在一段时间内（如白天、夜间）的综合体，气候是指某地区多年综合的天气，它们与林火的发生发展有着密切的关系。一般将世界气候分为低纬度气候、中纬度气候、高纬度气候和高地气候四个大区。各区又分为若干气候型，各气候区型对森林火灾的影响不同。我国南部地区处于副热带季风气候区，冬春常发生森林火灾；北部地区处于温带季风气候区，春秋常发生森林火灾；西北地区处于温带干旱气候、温带半干旱气候，较易发生森林火灾。不同的气候使得林火呈现地域性、季节性的规律。

1.2.1.2 林火与气象的关系

气象因子是形成林火气象规律的关键要素，与林火密切相关的一些气象因子有气温、空气湿度、降水和风。

风直接影响林火蔓延的速度、方向、火场形状、面积，风对森林火灾的扩展和蔓延起决定性作用。风速是影响草地头火速度的最主要因子，其原因包括：①风速可以影响燃烧系统的通氧量（两者呈正相关），进而促进火扩展；②风速影响可燃物床的预热范围（两者呈正相关）；③风力可以将火焰带到前方，增加火的传播速度；④风能增加可燃物的水分蒸发，降低可燃物的含水率，促进燃烧。据中国林科院在四川的调查资料，顺风火与逆风火两者相差 23.3~76.5 倍，侧风火为顺风火的 1/3~1/12（宋志杰，1991）。此外，一些高能量特殊火行为的出现，往往是由大风造成的。

1.2.1.3 林火与地形空间结构的关系

地形是地表起伏的形势。根据陆地的海拔和起伏的形势，可分为山地、高原、平原、丘陵和盆地等类型。通常的地形图用等高线和地貌符号综合表示地貌和地形，包括坡度、坡位、海拔、地貌或地表形状等因素。地形不仅影响天气、气候和植被的分布与生长（郑焕能等，1988），而且影响生态因子的重新分配，使火环境有明显的差异，也就影响了热量的传播和林火蔓延方式（朱霁平，1997），这使林火强度、林火的蔓延和地带林火行为都发生变化。在火灾的分类中，按地形划分，可分为：上山火（也称冲火）、下山火（也称坐火）、侧山火（陈存及，1996）。

气温随海拔递减，夏季的递减率大，冬季的递减率小。一般每上升 100m，下降 0.5℃左右。海拔影响着空气的移动，从“热”山谷移到“较冷”的山脊（热气上升）；影响防火期的长短（海拔越低，防火期越长）；影响可燃物类型的分布。

1.2.2 森林资源与森林火灾的关联性

森林燃烧不是单一的植物或其枯落物在燃烧，而是森林中各种植物构成的可燃物复合体的燃烧。同一地区不同的植被类型，在可燃物种类组成、理化性质、数量、空间分布和配置等方面都有差异，可燃物复合体本身的特征及其易燃性也不同。将分布于同一地区的



可燃物复合体称为可燃物类型。可燃物是森林燃烧的物质基础,也是火行为研究的基础,对火行为的研究必须在可燃物的基础上进行。可燃物的类型特征包括负荷量、颗粒平均径级及形态、密实度、容重或容积密度数、水平连续性、垂直分布、水分含量、化学成分等。Rothermel (1972) 模型基本公式的输入参数中,有关可燃物的参数包括:烘干可燃物载量 (ovendry loading)、低的热含量 (low heat value)、烘干颗粒密度 (ovendry particle density)、表面积体积比 (surface-area-to-volume-ratio)、可燃物床深 (depth of fuel)、含水率 (moisture content)、总矿质含量 (mineral content)、有效矿质含量 (effective mineral content)、可燃物熄灭含水率 (moisture content of extinction)。

不同可燃物类型,最明显的特征就是在林火中表现出来作用是不一样的:有的易燃,有的不易燃;有的单位质量的放热量大,有的放热量小;有的使火势扩大,有的起消灭火势的作用(范维澄, 1993)。可燃物负荷量直接影响着火的强度,可燃物量大,则说明能量大,火的强度就大(陈存及, 1996)。可燃物含水量对林火蔓延速度、有效辐射率均有重大影响,湿可燃物具有难以燃烧、蔓延速度低等特点。可燃物粒子床层深度对火蔓延具有重要影响(Hal Eanderson, 1982)。

1.2.2.1 森林景观格局对林火的影响

景观格局 (landscape pattern) 一般指景观的空间格局,是指大小和形状不一的景观斑块 (landscape patch) 在景观空间上的排列状况。景观空间的斑块性是景观格局最普遍的形式,它表现在不同的尺度上,包括景观组成单元的类型、数目及空间分布与配置。景观空间格局的形成、动态及生态学过程是相互联系、相互影响的。森林景观格局指森林景观内不同大小和形状的森林斑块在空间上的分布和排列方式。森林景观格局包括点格局、线格局、网格格局、平面格局和立体格局(李百炼, 伍业钢, 邬建国, 1992),决定着森林资源和物理环境的分布形式和组合,并制约着景观过程。因此,森林景观格局影响林火的发生、发展和蔓延。如防火林带、防火线及河、路等天然防火屏障,使针叶纯林发生隔离,大大增加了其抗火灾的能力。

1. 斑块格局对林火的影响

斑块格局是指斑块在空间上的分布、位置和排列。就两个景观中的斑块来说,如果斑块的起源、大小、形状和数量都相同,是否就意味着两个景观对林火影响的功能相同呢?答案是否定的,它们的不同空间格局对林火的发生、发展和蔓延有十分重要的意义。

对于景观中火源的多发区斑块,如我国黑龙江的大兴安岭、内蒙古的呼伦贝尔盟和新疆的阿尔泰山地区的雷击火火源相当严重,这些火源的森林斑块在景观中被其他斑块或走廊隔离,则林火即使发生,也难以扩散成大面积的森林火灾,如果此斑块是其他森林斑块,且隔离度小,则林火很容易发生蔓延。

对于森林本底、农田和其他地类型为斑块的林区,即森林的面积相对较大,森林的连通性好的林区,斑块的格局及其密度也影响林火的发生和发展。在我国东北林区和西南林区,这些农田斑块在景观中的密度相对较小,大面积的重、特大森林火灾时有发生。而我国中南地区,农用地斑块的密度相对较大,不利于林火的蔓延。

2. 网状景观格局对林火的影响

网状景观的特点是在景观中相互交叉。网状景观格局是指不同类型、不同数量的走廊