

气象灾害丛书

QIXIANG YU SENLINCAOYUAN HUOZAI

气象 与森林草原火灾

周广胜 卢琦 主编



 气象出版社
China Meteorological Press

中国气象局 中国天气网

气象

与森林草原火灾

中国天气网 中国天气网



气象灾害丛书

气象 与森林草原火灾

周广胜 卢琦 主编

 气象出版社
China Meteorological Press

内容提要

我国是世界上受气象灾害影响最为严重的国家之一,其中火灾已成为对森林草原资源影响最大的灾害。本分册围绕气象防灾减灾,系统地介绍了森林草原火灾的概念、发生发展规律、火险因子、火险预测预报、火险遥感监测、火灾影响评估、火灾防治技术、火灾安全防范及重大森林草原火灾事件等,是对近 20 年来森林草原火灾研究与服务领域最新研究进展与技术的一次较大的学术思想集成,对森林草原火灾的认知以及评价有着独到而精辟的分析。本分册可作为应用气象学、生态学、大气科学、环境科学、地理学、遥感等相关专业的研究生教材,亦可供从事相关研究的专业研究人员参考,尤其对从事森林草原火灾研究的科技人员以及相关政府部门的决策人员富有裨益。

图书在版编目(CIP)数据

气象与森林草原火灾/周广胜,卢琦主编. —北京:气象出版社,2009.3
(气象灾害丛书)

ISBN 978-7-5029-4706-4

I. 气… II. ①周… ②卢… III. ①森林防火 ②草原保护—防火
IV. S762.3 S812.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 025691 号

Qixiang yu senlin Caoyuan Huozai

气象与森林草原火灾

周广胜 卢琦 主编

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

总 策 划:陈云峰 成秀虎

责任编辑:林雨晨

封面设计:燕 彤

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:700 mm×1000 mm 1/16

字 数:190.4 千字

版 次:2009 年 6 月第 1 版

印 数:1~6000

邮 政 编 码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:10

印 次:2009 年 6 月第 1 次印刷

定 价:22.00 元

丛书编辑委员会成员

主任：秦大河

副主任：许小峰 丁一汇

成员（按姓氏笔画排列）：

马克平 马宗晋 王昂生 王绍武 卢乃锰 卢耀如
刘燕辉 宋连春 张人禾 李文华 陈志恺 陈联寿
林而达 黄荣辉 董文杰 端义宏

编写组长：丁一汇

副组长：宋连春 矫梅燕

评审专家组成员（按姓氏笔画排列）

丁一汇 马宗晋 毛节泰 王昂生 王绍武 王春乙 王根绪
王锦贵 王馥棠 卢乃锰 任阵海 任国玉 伍光和 刘燕辉
吴兑 宋连春 张小曳 张庆红 张纪淮 张建云 张强
李吉顺 李维京 杜榕桓 杨修群 言穆弘 陆均天 陈志恺
林而达 周广胜 周自江 徐文耀 陶诗言 梁建茵 黄荣辉
琚建华 廉毅 端义宏

丛书编委会办公室成员

主任：董文杰

副主任：翟盘茂 陈云峰

成员：周朝东 张淑月 成秀虎 顾万龙 张锦
王遵娅 宋亚芳

《气象与森林草原火灾》分册编写人员

主 编	周广胜	卢 琦	
编写人员	周广胜	王明玉	田晓瑞
	王玉辉	贾丙瑞	周 莉

序

据 世界气象组织统计，全球气象灾害占自然灾害的 86%。我国幅员辽阔，东部位于东亚季风区，西部地处内陆，地形地貌多样，加之青藏高原大地形作用，影响我国的天气和气候系统复杂，我国成为世界上受气象灾害影响最为严重的国家之一。我国气象灾害具有灾害种类多，影响范围广，发生频率高，持续时间长，且时空分布不均匀等特点，平均每年造成的经济损失占全部自然灾害损失的 70% 以上。随着全球气候变暖，一些极端天气气候事件发生的频率越来越高，强度越来越大，对经济社会发展和人民福祉安康的威胁也日益加剧。近十几年来，我国每年受台风、暴雨、冰雹、寒潮、大风、暴风雪、沙尘暴、雷暴、浓雾、干旱、洪涝、高温等气象灾害和森林草原火灾、山体滑坡、泥石流、山洪、病虫害等气象次生和衍生灾害影响的人口达 4 亿人次，造成的经济损失平均达 2000 多亿元。2008 年，我国南方出现的历史罕见低温雨雪冰冻灾害，以及“5·12”汶川大地震发生后气象衍生灾害给地震灾区造成的严重人员伤亡和财产损失，都说明进一步加强气象防灾减灾工作的极端重要性和紧迫性。

党中央国务院和地方各级党委政府对气象防灾减灾工作高度重视。“强化防灾减灾”和“加强应对气候变化能力建设”首次写入党的十七大报告。胡锦涛总书记在 2008 年“两院”院士大会上强调，“我们必须把自然灾害预报、防灾减灾工作作为事关经济社会发展全局的一项重大工作进一步抓紧抓好”。在中央政治局第六次集体学习时，胡锦涛总书记再次强调，“要提高应对极端气象灾害综合监测预警能力、抵御能力和减灾能力”。国务院已经分别就加强气象灾害防御、应对气候变化工作做出重大部署。在 2008 年全国重大气象服务总结表彰大会上，回良玉副总理指出，“强化防灾减灾工作，是党的十七大的战略部署。气象防灾减灾，关系千家万户安康，关系社会和谐稳定，关系经济发展全局。气象工作从来没有像今天这样受到各级党政领导的高度重视，

从来没有像今天这样受到社会各界的高度关切，从来没有像今天这样受到广大人民群众的高度关心，从来没有像今天这样受到国际社会的高度关注。这既给气象工作带来很大的机遇，也带来很大的挑战；既面临很大压力，也赋予很大动力，应该说为提高气象工作水平创造了良好条件”。

我们一定要十分珍惜当前气象事业发展的良好环境，紧紧抓住气象事业发展的难得机遇，深入贯彻落实科学发展观，牢固树立“公共气象、安全气象、资源气象”的发展理念，始终把防御和减轻气象灾害、切实提高灾害性天气预报预测准确率作为提升气象服务水平的首要任务。面对国家和经济社会发展对加强气象防灾减灾工作的迫切需求，推进防灾减灾工作快速发展，做到“预防为主，防治结合”，很有必要编写一套《气象灾害丛书》，从不同视角吸收科学、社会以及管理各方面的研究成果，就气象灾害的发生、发展、监测、预报和预防措施，普及防灾减灾知识，提高防灾减灾的效益，为我国防灾减灾事业、构建社会主义和谐社会做出贡献。

2003年中国气象局组织编写出版了《全球变化热门话题丛书》，主要立足宣传和普及天气、气候与气候变化所带来的各方面影响以及适应、减缓和应对的措施。这套书的出版引起了很大反响，拥有广大的读者群。《气象灾害丛书》是继《全球变化热门话题丛书》之后，中国气象局组织了有关部委、中科院和高校的气象业务科研人员及相关行业领域的灾害研究专家，编写的又一套全面阐述当今国内外气象灾害监测、预警与防御方面最新技术成果、最新发展动态的科学普及读物。《气象灾害丛书》分21分册，在内容上开放地吸收了不同部门、不同地区和不同行业在气象灾害和防御方面的研究成果，体现了丛书的系统性、多学科交叉性和新颖性。这对于进一步提高社会公众对气象灾害的科学认识，进一步强化减灾防灾意识，指导各级部门和人民群众提高防灾减灾能力、有效地为各行业从业人员和防灾减灾决策者提供参考和建议都具有重要意义。同时，根据我国和全球安全减灾应急体系建设这一大学科的要求，“安全减灾应急体系”共有100多部应写作的书籍，《气象灾害丛书》的出版为逐步完善这一科学体系做出了贡献。

在本套丛书即将出版之际，谨向来自气象、农业、生态、水文、地质、城乡建设、交通、空间物理等多方面的作者、专家以及工作人员表示诚挚的感谢！感谢他们参与科学普及工作的高度热忱以及辛勤工作。

郑国光

编著者的话

通过两年的努力,《气象灾害丛书》终于编写完毕。丛书由 21 册组成,每一册主要介绍一个重要的灾种,整个丛书基本上将绝大部分气象以及相关的衍生灾害都作了介绍,因而是一套关于气象灾害的系统性丛书。参加此丛书编写的专家有 200 位左右,他们来自中国气象局、中国科学院、林业部和有关高等院校等部门。他们在所编写的领域中不但具有丰硕的研究成果,而且也具有丰富的实践经验,因而,丛书无论是从内容的选材,还是从描述和写作方式等方面都能保证其准确性和适用性。编写组在编写过程中先后召开了六次编写工作会议,各分册主编和撰稿人以高度负责的态度和使命感热烈研讨,认真听取意见和修改,使各册编写水平不断提高,从而保证了丛书的质量。另外,值得提及的是,丛书交稿之前,又请了 46 位国内著名的院士、专家和学者进行了评审。专家们一致认为,《气象灾害丛书》是一套十分有用、有益和十分必要的防灾减灾丛书。它的出版有助于政府、社会各部门和人民群众对气象灾害有一个全面、深入的了解与认识,必将大大提高全民的防灾减灾意识。丛书的内容丰富、全面、系统、新颖,基本上反映了国内外气象灾害的监测、预警和防御方面的最新研究成果和发展动态,可以作为各有关部门指导防灾减灾工作的科学依据。

在丛书包括的 21 个灾种中,除干旱、暴雨洪涝、台风、寒潮、低温冷害、冰雪等过去常见的气象灾害外,丛书还包括了近一二十年新出现的或日益受到重视的新灾种,如霾、生态气象灾害、城市气象灾害、交通气象灾害、大气成分灾害、山地灾害、空间气象灾害等。这些灾害对于我国迅速发展的国民经济已越来越显示出它的重大影响。把这些灾害包括在丛书中不但是必要的,而且也是迫切的。另外,通过编写这些书,对这些灾种作系统性总结,对今后的研究进展也有推动作用。

为了让读者对每一种灾害都获得系统而正确的科学知识以及了解目前最

新的防灾减灾技术、能力和水平，编写组要求每一册书都要做到：（1）对灾害的观测事实要做全面、正确和实事求是的介绍，主要依据近 50 年的观测结果。在此基础上概括出该灾种的主要特征和演变过程；（2）对灾害的成因，要根据大多数研究成果做科学的说明和解释，在表达上要深入浅出，文字浅显易懂，避免太过专业化的用语和用词；（3）对于灾害影响的评估要客观，尽可能有代表性与定量化；（4）灾害的监测和预警部分在内容上要反映目前的水平和能力，以及新的成就。同时要加强实用性，使防灾减灾部门和人员读后真正有所受益和启发；（5）对每一灾种，都编写出近 50 年（有些近百年）国内重大灾害事件的年表，简略描述出所选重大灾害事件发生的时间、地点、影响程度和可能原因。这个重大灾害年表对实际工作会有重要参考价值。

在丛书编写过程中，所有编写者亲历了 1 月发生在我国南方罕见的低温雨雪冰冻灾害和“5·12”汶川大地震。在全国可歌可泣的抗灾救灾精神的感召下，全体编写人员激发了更高的热情，从防大灾、防巨灾的观念重新审视了原来的编写内容，充分认识到防灾减灾任务的重要性、迫切性和复杂性。并谨以此丛书作为对我国防灾减灾事业的微薄贡献。

丛书编写办公室与编写组专家密切配合，从多方面保证了编写组工作的顺利完成，在此也表示衷心感谢。另外，由于这是一套科普丛书，受篇幅所限，各册文中所引文献未全部列入主要参考文献表中，敬请相关作者谅解。

编写组长 丁一汇

2008 年 10 月 21 日于北京

前言

我国是世界上受气象灾害影响最为严重的国家之一。随着全球气候持续变暖,气象灾害发生的频率越来越高,破坏程度越来越强,影响越来越复杂,应对难度越来越大,经济平稳发展与社会和谐稳定的客观要求与气象灾害频发的严峻形势之间的矛盾越来越突出。

森林与草原是陆地生态系统的主体,在全球气候变化中发挥着十分重要的作用。在森林与草原面临的诸多灾害中,火灾对森林草原资源的危害越来越大,且已经成为对森林草原资源影响最大的灾害。森林草原火灾不仅烧毁森林草原,而且还降低森林草原的更新能力,引起土壤贫瘠并破坏植被涵养水源的功能,甚至导致环境破坏,造成大气污染。20世纪80年代以来,全世界有统计的森林火灾每年25.5万次,年均危害森林或其他林地约636.7万 hm^2 ,占全球森林总面积的0.2%~0.3%。我国是一个森林草原火灾多发国家。据统计,1950—1997年全国共发生森林火灾67.6万次,平均每年发生森林火灾1.43万次,平均受害森林面积达82.2万 hm^2 ,平均每年由森林火灾造成的森林受害率达0.83%,居世界首位。1949年以来,仅牧区就发生草原火灾5万多次,造成经济损失约600多亿元人民币,平均每年10多亿元人民币,死伤1800多人,其中烧死400多人。据统计,1991—2003年全国共发生草原火灾5417起,平均每年416.7起。其中,重大草原火灾180起,特大草原火灾117起,平均每年发生重、特大草原火灾22.85起。受害草原面积达600.42万 hm^2 ,平均每年达46.19万 hm^2 。由于我国草原在地理位置上与林区相连,草原一旦起火,极易烧入林区,对森林构成严重威胁。据统计,内蒙古的森林重大火灾70%是草原火灾引起。森林草原火灾不仅造成了国家和人民生命财产的严重损失,而且直接影响牧民生产、生活秩序,给少数民族地区带来不稳定因素。进入21世纪以来,森林草原火灾形势越来越严峻,仅2000年全球森林火灾面积达3.5亿 hm^2 。2002年10月在墨西哥召开的“新

千年森林火灾研究国际研讨会”预测，随着地球变暖，未来 50 年内全球发生的森林火灾将会增加。

本分册围绕气象防灾减灾，重点针对森林草原气象灾害中的森林草原火灾，系统地介绍了森林草原火灾的概念、发生发展规律、火险因子、火险预测预报、火险遥感监测、影响评估、防治技术、安全防范及重大森林草原火灾事件等，是对近 20 年来森林草原火研究与服务领域最新研究进展与技术的一次较大的学术思想集成，对森林草原火的认知以及评价有着独到而精辟的分析。本分册可作为应用气象学、生态学、大气科学、环境科学、地理学、遥感等相关专业的研究生教材，亦可供从事相关研究的专业研究人员参考，尤其对从事森林草原火研究的科技人员以及相关政府部门的决策人员富有裨益。

受作者的水平与时间限制，本分册中可能存在一些不足，敬请读者批评指正。

编者
2009. 1. 15

目 录

序

编著者的话

前 言

第 1 章 概论	(1)
1.1 导言	(1)
1.2 气象与森林草原火灾的关系	(2)
1.3 森林草原火灾危害与灾情	(3)
1.4 森林草原火险预测预报	(4)
1.5 森林草原火的影响	(7)
第 2 章 气候与森林草原火灾发生规律	(10)
2.1 气候与森林草原火灾空间格局	(10)
2.2 气候与森林草原火灾时间格局	(11)
2.3 气象要素与森林草原火灾	(12)
2.3 地形与森林草原火灾	(14)
第 3 章 森林草原火险预报因子	(16)
3.1 火险预报因子	(16)
3.2 火险预报因子分类	(23)
3.3 火险预报因子选取	(27)
3.4 火险预报因子测定	(28)
第 4 章 森林草原火险预测预报	(29)
4.1 火险天气预报	(29)

4.2	火发生预报	(41)
4.3	火行为预报	(45)
第 5 章	森林草原火的遥感监测	(50)
5.1	森林草原火的遥感监测原理	(51)
5.2	基于 NOAA/AVHRR 遥感信息的林草火监测	(52)
5.3	基于 MODIS 遥感信息的林草火监测	(56)
5.4	基于 NOAA/AVHRR 和 MODIS 遥感信息的林草火监测比较	(63)
第 6 章	森林草原火的影响评估	(65)
6.1	森林草原火对植被的影响	(65)
6.2	森林草原火对生物多样性的影响	(68)
6.3	森林草原火对土壤的影响	(70)
6.4	森林草原火对碳排放的影响	(72)
6.5	森林草原火对水循环的影响	(74)
6.6	气候变化与森林草原火	(77)
第 7 章	森林草原火的防治技术	(79)
7.1	可燃物管理	(79)
7.2	灭火机具	(92)
7.3	常用灭火技术	(96)
7.4	人工增雨灭火	(100)
7.5	扑火队伍	(101)
7.6	扑火费用	(103)
第 8 章	森林草原火灾安全防范	(104)
8.1	扑火安全	(104)
8.2	牲畜安全	(108)
8.3	逃生避险	(110)
第 9 章	重大森林草原火灾事件	(112)
9.1	国外重大森林草原火灾事件	(112)
9.2	国内重大森林草原火灾事件	(130)
	主要参考文献	(146)

第 1 章

概 论

1.1 导 言

自工业革命以来,人口剧增、现代工业的迅速发展及矿物燃料的燃烧、森林过伐、草原开垦与过牧等人类活动引起的地球大气中温室气体,特别是 CO_2 浓度以前所未有的速度增加,由此引起了全球气候变暖、气象灾害频发、生态系统退化、植被带迁移、生物多样性丧失、荒漠化扩展、海平面上升等,造成了人类生存环境的严重恶化,威胁到人类社会和经济的可持续发展,已经引起了科学家、各国政府与社会界的严重关注,其中尤以气象灾害为重。气象灾害不仅对人类生存环境及社会经济发展有着巨大的直接影响,而且还通过影响生态系统等对人类生存环境与社会经济发展有着巨大的间接影响。

我国是世界上受气象灾害影响最为严重的国家之一。据统计,1990—2006年每年因气象灾害造成的直接经济损失为1859亿元,约占国内生产总值的1%~3%,年均2.8%。1990—2006年因气象灾害造成的平均年死亡人数为4427人,每年近4亿人次受灾,农作物受灾面积达5000万 hm^2 。随着全球气候持续变暖,超强台风、特大干旱、强降雨等极端天气气候事件发生的频率越来越高,破坏程度越来越强,影响越来越复杂,应对难度越来越大;雷击、雾、霾、酸雨等灾害性天气出现的频率也越来越高,影响越来越广泛;随着生态环境压力加大和经济社会快速发展,防御气象灾害的薄弱区域越来越大,敏感行业越来越多,经济平稳发展及社会和谐稳定的客观要求与气象灾害频发的严峻形势之间的矛盾越来越突出。据统计,我国草地退化面积已达1.35亿 hm^2 ,约占草地面积的1/3,且仍以每年200万 hm^2 的速度增加;森林资源,尤其是原始森林以每年50万 hm^2 的速度减少;荒漠化面积已达2.62亿 hm^2 ,且每年以24.6万 hm^2 速度扩展,近4亿人生活在荒漠化或受荒漠化影响的地区,全国每年因荒漠化所造成的经济损失高达45亿美元以上。

因此,保障人民群众生命财产安全和促进社会和谐稳定对气象服务提出了越来越高的要求。

森林与草原是陆地生态系统的主体,在全球气候变化中发挥着十分重要的作用。在森林与草原面临的诸多灾害中,火灾对森林草原资源的危害越来越大,且已成为对森林草原资源影响最大的灾害。2002年10月在墨西哥召开的“新千年森林火灾研究国际研讨会”预测,随着地球变暖,未来50年内全球发生的森林火灾将会增加。为此,迫切需要了解森林草原火灾的发生发展规律,开展森林草原火险的预测预报与火灾影响评估,以为森林草原的防灾减灾提供决策信息,确保我国经济平稳发展与社会和谐稳定。

1.2 气象与森林草原火灾的关系

森林或草原的可燃物在有利燃烧的条件下,接触人为火源或自然火源之后,就能燃烧、蔓延,对森林或草原造成不同程度的损害,这就是森林火灾或草原火灾,简称森林草原火灾(王正非等,1985)。

早在两千多年前,人类就知道火与风等气象要素密切相关,并将火直接用于生产或战争。限于气象科技的水平,当时对火灾的概念只能凭感觉和印象来解释。直到20世纪初,随着气象观测网的建立与天气预报技术的发展,人们逐渐发现火灾与各种气象要素之间存在密切关系,从而使得人们有可能使用各种气象要素来判别森林草原植被的易燃性,并根据天气特征估计火情和发展趋势。特别是在森林防火方面,气象和天气服务工作几乎不可缺少。

森林草原火灾的发生、扩大和熄灭具有一定的规律性。引火物燃烧之后,蔓延的快慢及受害的范围主要取决于:(1)植被或林型,(2)火险季节,(3)地形,(4)一个时期与一日内的气象条件,(5)一日内的着火时间,(6)火源的性质,以及(7)防火的设施与扑火的力量。影响火灾的气象要素涉及气温、相对湿度、风速、风向、降水量、降水日数、日照和能见度等。这些要素综合影响林内的枯枝落叶、枯立木、风倒木、采伐残物及林缘的草类、灌木等的干湿程度,是易燃性的主要指标。根据气象要素可估算出火险程度,预测发火的可能性以及火势的强弱。火灾发生之后,地面和高空的大气状况对火势发展起着决定性作用。例如,火旋风、大片飞火和火苗上窜的狂燃大火都与当时大气的强对流和低空急流有关。

1.3 森林草原火灾危害与灾情

森林草原火灾已成为对森林草原资源影响最大的灾害。1988年3月15日起实施的“森林防火条例”第二十八条中将森林火灾分为4级，(1)森林火警：受害森林面积不足一公顷或者其他林地起火的；(2)一般森林火灾：受害森林面积在一公顷以上不足一百公顷的；(3)重大森林火灾：受害森林面积在一百公顷以上不足一千公顷的；(4)特大森林火灾：受害森林面积在一千公顷以上的。

20世纪80年代以来，全世界有统计的森林火灾每年25.5万次，年均危害森林或其他林地约636.7万 hm^2 ，占全球森林总面积的0.2%~0.3%（刘惠英等，2006）。我国是一个森林火灾多发国家。据统计，1950—1997年全国共发生森林火灾67.6万次，平均每年发生森林火灾1.43万次，平均受害森林面积达82.2万 hm^2 ，平均每年由森林火灾造成的森林受害率达0.83%，居世界首位（苏力华等，2004）。特别是，发生于1987年震惊中外的“5·6”大兴安岭火灾是我国历史记载上最大的一次森林大火，毁林面积最大、伤亡人员最多、损失最为惨重。据统计，过火面积达133万 hm^2 ，其中有林面积70万 hm^2 。烧毁贮木场存材85万 m^3 ；各种设备2488台，其中汽车、拖拉机等大型设备617台；桥涵67座，总长1340m；铁路专用线9.2km；通讯线路483km；输变电路248km；粮食325万kg；房屋61.4万 m^3 ，其中民房40万 m^3 ；受灾群众10807户，56092人；死亡210人，受伤226人，1万余户、5万余人流离失所，直接损失达4.5亿元人民币。参加这次扑火的军民达5.88万多人，其中解放军3.4万多人，森林警察、消防干警和专业扑火队员2100多人，预备役民兵、林业工人和群众2万多人。空军、民航打破常规，超强安全飞行1500多架次，空运2400多人次，人工降雨作业18次，发射降雨弹4700发，降雨面积2万 km^2 。进入21世纪以来，森林火灾形势越来越严峻，仅2000年全球森林火灾面积达3.5亿 hm^2 。

我国也是世界上草原火灾较为严重的国家之一。新中国成立以来，仅牧区就发生草原火灾5万多次，造成经济损失约600多亿元人民币，平均每年10多亿元人民币。在草原火灾中，死伤1800多人，其中烧死400多人（杜青林，2006）。据统计，1991—2003年全国共发生草原火灾5417起，平均每年416.7起。其中，重大草原火灾180起，特大草原火灾117起，平均每年发生重大、特大草原火灾22.85起。受害草原面积达600.42万 hm^2 ，平均每年达46.19万 hm^2 。