

气象灾害丛书

大气成分 与环境气象灾害

张小曳 周凌晔 丁国安 主编

 气象出版社
China Meteorological Press

中国环境科学出版社

CHINA ENVIRONMENTAL SCIENCE PUBLISHING HOUSE

大气成分 与环境气象灾害

王学军 王明 王明 编



气象灾害丛书

大气成分 与环境气象灾害

张小曳 周凌晞 丁国安 主编

 气象出版社
China Meteorological Press

内容简介

《大气成分与环境气象灾害》是《气象灾害丛书》的分册之一。本分册主要介绍了低层大气的主要痕量和微量大气成分,以及某些大气成分因其浓度的急剧变化而对天气气候、大气环境、生态、人体健康等造成的严重影响或重大损失,还有大气成分渐变过程中可能对气候、环境和生态系统带来的重大影响等问题。探讨了主要灾种、国内外动态、监测方法、引起环境气象灾害的大气成分源汇、输送转换过程、污染机理等,并列举了大气成分引发环境气象灾害的重大案例,在此基础上进一步提出了预报、预测、预警以及防治对策和建议。

本分册可作为气象科技工作者的业务学习用书,也可作为各行业了解和防御大气成分与环境气象灾害的指导用书,并为各级政府部门指挥防灾减灾提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

大气成分与环境气象灾害/张小曳,周凌晞,丁国安主编. 北京:气象出版社,2009.3

(气象灾害丛书)

ISBN 978-7-5029-4705-7

I. 大… II. ①张…②周…③丁… III. 大气成分-关系-气象灾害
IV. P351.1 P429

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第025692号

Daqi Chengfen yu Huanjing Qixiang Zaihai

大气成分与环境气象灾害

张小曳 周凌晞 丁国安 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:183.3千字

版次:2009年5月第1版

印数:1~6000

邮政编码:100081

发行部:010-68409198

E-mail: qxchbs@263.net

终审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印张:9.75

印次:2009年5月第1次印刷

定价:23.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

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

《大气成分与环境气象灾害》分册编写人员

主 编：张小曳 周凌晞 丁国安

撰稿人（按姓氏笔划为序）：

马建中	刘立新	刘洪利	刘 煜
孙俊英	李 怡	沈元芳	杨元琴
林伟立	周春红	姚 波	郑向东
徐晓斌	程艳丽	温玉璞	

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

本书是气象灾害丛书的分册之一，将就大气成分及其变化所造成的主要灾害进行系统的介绍。其中包括：主要灾种，国内外动态，监测、预报、预警以及防治对策等内容，从而为我国的国民经济可持续发展、环境外交、国家安全等提供服务。但本书又不同于本丛中其他分册所阐述的灾害，因为其他分册介绍的灾种主要由自然环境所引起，或是在人为因素干扰下引起的气象条件变化，即大气物理要素（如气压、温度等）的急剧改变或渐变而造成的灾害。本分册则着眼于介绍低层大气的主要痕量和微量大气成分，以及某些大气成分因其浓度的急剧变化对人体健康、生态环境造成严重影响或重大损失的环境气象灾害，还有大气成分渐变过程中可能对气候、环境和生态带来重大影响的大气环境等问题。

伴随着经济发展，环境问题日益凸显其重要性和严峻性，几十年间已有大量书刊、报章杂志从各个方面介绍各种大气环境问题。编写本分册的目的即是想着眼于当今重要的能够引起灾害的环境问题，并围绕这个重点分别就其监测方法，引起环境灾害的大气成分源汇、输送转换过程、污染机理等进行探讨，并在此基础上进一步提出预测、预警和防治方法。几乎所有环境问题都有其自身的完整体系，即源汇、输送、转化机理、预测预报方法等等，为了便于读者对大气成分与环境气象灾害有较全面的了解，本书将把各类大气成分与环境气象灾种，按照以上内容集中起来分别叙述。为此，全书共分为七章，围绕着酸雨，沙尘暴，霾，光化学烟雾，臭氧层损耗，紫外辐射（紫外辐射虽然“基本不是大气成分”，但直接与臭氧以及其他大气成分有关，且过度的紫外辐射也是一种辐射污染，故将其单独列出），温室气体，持久性有机污染物和重金属毒物，有毒有害气体等大气成分及引发的环境气象灾害，内容编排如下：大气成分与环境气象灾害概论，大气成分与环境气象灾害的危害性，大气成分的源汇与环境气象灾害，大气成分对气候变化的影响，大气成分与环境气象灾害预测、预报技术，大气成分与环境气象灾害预警、灾

害防御和应急对策以及大气成分与环境气象灾害重大案例。

本分册的编写由中国气象局大气成分观测与服务中心承担，张小曳、周凌晞、丁国安为主笔，主要编写人员还有（按姓氏笔画为序）马建中、刘立新、刘洪利、刘煜、孙俊英、李怡、沈元芳、杨元琴、林伟立、周春红、姚波、郑向东、徐晓斌、程艳丽、温玉璞。各部分编写的具体分工如下：酸雨由丁国安编写；沙尘暴和霾由张小曳，周春红，杨元琴，刘洪利编写；光化学烟雾由徐晓斌和林伟立编写；臭氧层损耗由郑向东和姚波编写；紫外辐射由沈元芳编写；温室气体由周凌晞，姚波，刘立新编写；持久性有机污染物和重金属毒物及室内空气污染由程艳丽和李怡编写；有毒有害气体由温玉璞编写；大气成分与环境气象灾害预测、预报技术由周春红，刘煜，沈元芳，杨元琴等编写；大气成分对气候变化的影响由张小曳，周凌晞，孙俊英，程艳丽，李怡，刘立新等编写。

如果本书能使读者警觉当前大气成分及其变化所引发环境问题的严重性，就达到了我们的初衷。编者力求深入浅出地阐明上述所有问题，但由于本书涉及大气成分和环境气象灾害的方方面面，其中每个问题都有其十分深邃的内涵和极其复杂的科学道理，有些问题甚至在科学界尚无定论甚至仍有争议，加之编者水平的限制，错误和遗漏之处在所难免，恳请读者不吝指正。

本书编者

2008年6月

目 录

序

编著者的话

前 言

第 1 章 概论	1
1.1 大气成分与环境气象灾害	1
1.2 大气成分与环境气象灾害种类概述	2
第 2 章 大气成分与环境气象灾害的危害性	32
2.1 酸雨	32
2.2 沙尘暴	34
2.3 霾	36
2.4 光化学烟雾	37
2.5 臭氧层损耗	39
2.6 紫外辐射	39
2.7 温室气体	42
2.8 持久性有机污染物和重金属毒物	44
2.9 室内空气污染	46
2.10 有毒、有害气体	47
第 3 章 大气成分的源汇与环境气象灾害	50
3.1 酸雨	50
3.2 沙尘暴	53
3.3 霾	61
3.4 光化学烟雾	63

3.5	臭氧层损耗	67
3.6	紫外辐射	70
3.7	温室气体	72
3.8	持久性有机污染物和重金属毒物	75
3.9	室内空气污染	78
第4章	大气成分对气候变化的影响	79
4.1	温室气体浓度升高对气候变化的影响	80
4.2	气溶胶对气候变化的影响	88
4.3	大气成分对城市气候的影响	95
第5章	大气成分与环境气象灾害预测、预报技术	98
5.1	基本内容	98
5.2	大气成分预报、预测的内容和方法	98
5.3	大气成分的预测预报及预警	102
5.4	中国化学天气预报平台系统(CUACE)	109
5.5	公共多尺度空气质量预报模式动力—统计及源同化技术系统	110
第6章	大气成分与环境气象灾害预警、灾害防御和应急对策	112
6.1	酸雨	112
6.2	沙尘暴	113
6.3	光化学烟雾	114
6.4	臭氧层损耗	116
6.5	紫外辐射	117
6.6	温室气体	118
6.7	持久性有机污染物	123
6.8	室内空气污染	124
6.9	有毒有害气体	125
第7章	大气成分与环境气象灾害重大案例	130
7.1	酸雨	130
7.2	沙尘暴	130
7.3	霾	132
7.4	光化学烟雾	132

7.5 臭氧洞	133
7.6 持久性有机污染物和重金属毒物	134
7.7 室内空气污染	135
7.8 火山爆发	136
7.9 森林火灾	136
7.10 有毒有害气体	137
 主要参考文献	 140

第1章

概 论

由于大气成分十分复杂，限于篇幅，本章将简要介绍地球低层大气中主要的大气成分以及对气候、环境和生态有重要影响的微量和痕量气体。还将对这些大气成分及其灾害的国内外研究概况，监测手段和方法进行介绍。

1.1 大气成分与环境气象灾害

低层大气是由多种气体组成的混合体，并含有水汽和颗粒态物质。一般来说有两种分类方法：其一是按其浓度分类，可将大气成分分为三类；其二是按其寿命分类，可将大气成分分为三类（王明星 1999）。

1.1.1 按浓度分类

主要成分，包括氮（ N_2 ）、氧（ O_2 ）、氩（Ar），浓度在百分之几的量级，三者合计约占干洁空气体积的 99% 以上。

微量成分，包括二氧化碳（ CO_2 ）、水汽（ H_2O ）、甲烷（ CH_4 ）、氦（He）、氖（Ne）、氪（Kr）等，浓度在 10^{-6} （1ppmv） $\sim 10^{-2}$ 之间。

痕量成分，包括氢（ H_2 ），臭氧（ O_3 ），氙（Xe），氧化亚氮（ N_2O ），一氧化氮（NO），二氧化氮（ NO_2 ），氨气（ NH_3 ），二氧化硫（ SO_2 ），一氧化碳（CO），颗粒物以及人为产生的污染成分（如氯氟烃类化合物）等，浓度在 1ppmv 以下。

1.1.2 按寿命分类

基本不变的成分（也称作准定常成分），寿命大于 1000 a，包括 N_2 、 O_2 、Ar 等。

可变的成分，寿命大约几年到几十年，包括 CO_2 、 CH_4 、 H_2 、 N_2O 和 O_3 等。

变化很快的成分,寿命小于 1 a,包括 H_2O 、 CO 、 NO 、 NO_2 、 NH_3 、 SO_2 、 H_2S 和颗粒物等。

第二种分类方法其实和第一种分类方法是相呼应的。除惰性气体和人为产生的氯氟烃类化合物之外,大气中各组分的寿命与其浓度密切相关。例如,氧和氮是大气中的主要成分,它们也都是基本不变的成分。但多数氯氟烃类化合物却是例外,其在大气中的寿命很长,如六氟化硫(SF_6)和全氟甲烷(CF_4)尽管大气中含量很低,但它们在大气中的寿命分别为 3200 a 和 50000 a。

基本不变的大气成分并不是一成不变的,而是指它的浓度不会有急剧变化,相对而言它是一个渐变的过程,因而不会造成突发性的自然灾害,但它的缓变也会带来危害。例如, CO_2 等温室气体的本底浓度不会大起大落,几十年来的年平均增长率大约为 1ppm,但其逐年增长而引发的全球变暖已成为不争的事实。全球变暖造成南北极海冰融化,大陆冰川消融等,致使海平面上升,天气多变,病虫害增多等一系列危害,这都不是三五天就能体现出来的,其时间尺度大约在十几年到上百年。而对于可变大气成分和变化很快的大气成分而言,它们的浓度变化十分剧烈,短时间内可能有几倍、几十倍,在某些突发事件中甚至成百上千倍的增加,由此会直接造成严重危害,其时间尺度大约在几天到一周之内。如伦敦烟雾事件就因为异常恶劣的气象条件,使 SO_2 和硫酸盐雾滴滞留在伦敦市区和郊区,这些成分快速积聚并造成浓度急剧上升,最终造成成千上万人死亡的严重污染事件。

人类活动已严重影响了大气成分的构成比例。煤、石油等矿物燃料燃烧使大气中的 CO_2 等温室气体浓度不断增加;20 世纪 80 年代以后,随着电冰箱、空调、喷雾剂等广泛使用,大量氟氯烃类化合物被释放到大气中,随着气流传输,破坏了几十千米高度大气层中的 O_3 ,形成了南极臭氧洞。由人类活动所造成的大气成分变化已直接对人体健康构成了危害,并影响到人类生存环境,其中包括气候环境,并在一定气象条件下诱发了环境气象灾害,从而对社会经济的各个方面都产生重大影响。

1.2 大气成分与环境气象灾害种类概述

1.2.1 酸雨

酸雨定义

任何形式的降水,包括雨、雪、雹,若它们的含酸度高于大自然的正常