

气象灾害丛书

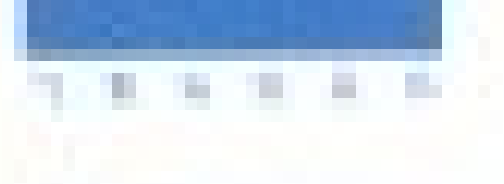
BINGXUE ZAIHAI

冰雪灾害

沈永平 王国亚 魏文寿 等 编著



 气象出版社
China Meteorological Press



自然资源部
BINGXUE ZAIHAIZHAI

冰雪灾害


2017年12月15日 星期一




气象灾害丛书

冰雪灾害

沈永平 王国亚 魏文寿 等 编著



 气象出版社
China Meteorological Press

内容提要

冰雪灾害是由冰川引起的灾害和积雪、降雪引起的雪灾两部分组成,包括冰雪洪水、冰川泥石流、暴风雪、冰湖溃决、雪崩、风吹雪等造成的灾害。本书从冰冻圈角度,论述了冰雪灾害的形成条件和成灾规律,对雪灾、冰川灾害、冰塞和凌汛、冰湖溃决洪水等主要冰雪灾害类型的形成、分布和灾害程度等进行了详细描述,全面总结了我国冰雪灾害的成因、分布类型和易损程度,并论述了冰雪灾害的监测和预报、灾害的评估、灾害的防治及防灾的能力建设。

图书在版编目(CIP)数据

冰雪灾害/沈永平等编著. —北京:气象出版社,2009.10

(气象灾害丛书)

ISBN 978-7-5029-4713-2

I. 冰… II. 沈… III. ①冰害-研究-中国②雪害-研究-中国
IV. P426.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 162743 号

Bingxue Zaihai

冰雪灾害

沈永平等编著

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:成秀虎

封面设计:燕 形

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:700 mm×1000 mm 1/16

字 数:252 千字

版 次:2009 年 10 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:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:13.5

印 次:2009 年 10 月第 1 次印刷

定 价:33.00 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

《冰雪灾害》分册编写人员

主 笔：沈永平

参加人员：王国亚 魏文寿 丁永建
 苏宏超 王 欣 刘景时
 陈晓清

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 丁一江

2008 年 10 月 21 日于北京

前言

2008年1月10日，中国南部和中部19个省普降大暴雨和大暴雪，持续时间长达20多天，低温、雨雪和冰冻的共同交织，造成了中国50年以来最严重的冰雪冻雨灾害。暴雪给我国南方地区的生产生活造成了巨大的影响：飞机停飞，道路封闭，成千上万的旅客被困冰雪之中；电杆倒塌，电线断裂，许多地方陷入寒冷和黑暗之中；水管冻结，菜市萧条，许多地方的生活供给打了折扣；雪堆街面，路面打滑，缺少除雪治冰设备的南方小城陷入窘境。面对突如其来的雪冻灾害，不少地区显得手忙脚乱……印象尤深，这就是冰雪灾害给我们的警示！

其实，冰雪灾害在我国是一种常见的气象灾害，我国属季风大陆性气候的国家，冬、春季天气、气候诸要素变率大，导致各种冰雪灾害每年都有可能发生。在全球气候变化的影响下，冰雪灾害成灾因素更加复杂多变，致使对雨雪预测预报难度不断增加。研究表明，我国冰雪灾害种类多、分布广，东起渤海，西至帕米尔高原；南自高黎贡山，北抵漠河，在纵横数千千米的国土上，每年都受到不同程度冰雪灾害的危害。历史上我国的冰雪灾害不胜枚举，1951—2000年我国发生范围大、持续时间长且灾情较重的雪灾就达到近10次。我国冰雪灾害呈线、面状分布，且多数发生在经济基础较薄弱的西部少数民族地区，抗灾能力差，因灾经济损失相对较大，已成为制约我国国民经济发展的重要因素之一。

当前全球气候正经历着以变暖为主要特征的显著变化，人类活动导致了全球近50年来气温的普遍增加。持续的气候变暖已经对全球的生态系统以及社会经济系统产生了明显和深远的影响，极端天气气候事件的频繁发生以及气候突变发生的潜在可能性将造成地球及其生态系统对人类社会承载能力的降低，进而对人类生存和发展产生重大影响，从而对国家安全和社会经济可持续发展构成严重威胁。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）评估报告指出，在受气候变化影响的诸环境系统中，冰冻圈变化首当其冲，是全球

变化最快速、最显著、最具指示性、也是对气候系统影响最直接和最敏感的圈层，被认为是气候系统多圈层相互作用的核心纽带和关键性因素之一。冰冻圈对于气候变化的响应极为敏感，受季节性气温变化的影响，积雪和海冰范围的季节性变化很大。卫星遥感监测表明，北半球陆地积雪面积最大为 4550 万 km^2 ，最小为 3300 万 km^2 ；晚冬时南极的海冰面积为 1700~2000 万 km^2 ，夏末时仅为 300~400 万 km^2 ，而北极则分别为 1400~1600 万 km^2 和 700~900 万 km^2 。随着工业化以来的人类温室气体排放引起的全球气候变暖，1850—1970 年阿尔卑斯山脉的冰川总量减少了 35%，1970—2000 年又缩减了 15%；1912—2000 年间非洲乞力马扎罗山冰川面积减少了约 80%；1950 年以来北半球冬季最大季节冻土面积减少了约 7%，我国减少 10%~15%。冰冻圈变化已经对全球环境带来了重大影响，如果全球冰川融化，海平面将要比现在高 60 多米，世界沿海城市和低地将被淹没。IPCC 第四次评估报告的结果认为，1993—2003 年期间海平面总上升速率为每年 2.7~3.5 mm，其中冰冻圈的贡献率占 30%~60%。

我国是中、低纬度地区冰冻圈最发育的国家，冰川面积达 59425 km^2 ，占全球中、低纬度冰川面积的 50% 以上；多年冻土区面积约 220 万 km^2 ；稳定季节积雪区面积 420 万 km^2 。近百年来，我国冰冻圈显著萎缩，已对区域气候、水资源、生态与环境产生了重大影响。我国冰冻圈的主体为冰川、冻土和积雪，分布范围广泛，不仅有重要的气候效应，还是维系干旱区绿洲经济发展和确保寒区生态系统稳定的重要水源保障。受气候变化的影响，冰冻圈变化的气候效应、环境效应、资源效应和生态效应在我国正日趋显著，冰冻圈的未来变化势必对西部生态与环境安全和水资源持续利用产生广泛和深刻的影响。研究表明，青藏高原冻土和积雪对区域气候有重要影响，如青藏高原冬春季积雪的多寡影响我国气候变化，与我国长江洪水与伏旱密切相关，1998 年长江特大洪水、2006 年受到全国关注的川、渝大旱就与青藏高原冬春积雪存在着气候上的内在关联。

冰川变化研究结果表明，小冰期以来我国冰川变化幅度从海洋性冰川区向大陆性冰川区呈减小的趋势，20 世纪 90 年代以来约 82% 的冰川处于退缩或消失状态，不同山区冰川的面积缩小比例在 2%~18% 左右。最新研究结果表明，在全球变暖背景下，我国西部积雪并没有减少，反而略有增加。随着 20 世纪上半叶全球气候变暖，我国大部分山地冰川强烈退缩、冰舌变薄，于是在后退冰川的末端与小冰期终碛垄之间形成湖盆，由于冰碛坝（或埋藏死冰）阻塞，冰川融水被拦蓄成湖，冰川继续退缩引起冰碛阻塞湖不断扩大。冰湖溃决形成的突发洪水是高山冰川作用区常见的灾难性洪水，这些冰川湖一旦突然排水即可酿成灾难性突发洪水。新疆塔里木河流域的叶尔羌河发源

于喀喇昆仑山北坡，下游出口处的卡群水文站自 1953 年建站以来到 2006 年观测到 25 次突发性洪水。在 1990 年代以来的剧烈增温过程中，冰川消融加剧，冰川融水量增加，冰温升高，冰川流速加快，冰川再次阻塞河道形成冰湖，发生频繁的大冰湖溃决洪水。随着全球气温的持续变暖，预计叶尔羌河的冰湖的规模相应扩大，溃决的危险程度也在增加，冰川湖溃决洪水的频率和幅度将会继续增加，对下游的人们生命财产和社会经济发展产生严重威胁。喜马拉雅山中段是我国冰湖突发性洪水高发区之一，这里的冰湖主要属于冰川终碛阻塞湖，约占这一带各类高山湖总数的 1/2 和总蓄水量的 2/3。近 50 年来喜马拉雅山中段南北坡的冰碛阻塞湖至少发生过 20 次较大的溃决事件，其中 3/4 发生在我国西藏境内。喜马拉雅山区冰湖溃决洪水常常诱发泥石流并波及下游数百千米的河谷，冲毁、淹没包括日喀则、江孜、亚东等较大的城镇在内的近百个居民点以及大量的农田及交通、水利设施，损失严重。总的来说，在喜马拉雅山中段南、北坡及其他地区，随着气温持续升高，冰川继续后退和冰川消融增加，冰碛阻塞湖的规模相应扩大，溃决的危险程度也在增加。1990 年代以来的冰川全面和大幅度的退缩，使得冰川泥石流灾害发生的频率增加。

气候变暖最直接的威胁就是极端气候灾害异常，未来全球气温增高的趋势仍将持续，这将使我国极端气候灾害发生的频率、强度和区域分布变得更加复杂和难以把握，所造成的灾害也更为严重，经济社会发展将面临更多复杂难题：气候灾害更为极端，防灾形势不容乐观；雨雪时空分布异常，水资源安全形势堪忧。为更好地提高全社会应对气候变化能力，我们应该制定适应气候变化、防御极端气候灾害的长期国家战略。加强气候变化对经济社会发展和重大工程建设、城市发展等的气候影响评估，引导整个社会在发展中适应气候变化，进而走上人与气候系统和谐发展的道路。

为了进一步普及气候和气象灾害知识，增强全社会对抵御和预防气象灾害知识的了解和学习，中国气象局启动了气象灾害丛书的编写。本书是冰雪灾害分册，由中国科学院寒区旱区环境与工程研究所牵头编写，组织了来自中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所、中国科学院青藏高原研究所、中国科学院成都山地灾害与环境研究所、新疆水文水资源局的相关专家共同编写。全书由中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沈永平编审提出总体编写方案并做主笔编写，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所王国亚博士参与了资料搜集和第 3 章的编写，中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所魏文寿研究员参与了第 2 章和第 4 章的编写，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所丁永建研究员参与了前言和第一章的编写，中国科学院青藏高原研究所刘景时研究员参与了第 6 章和第 7 章的编写，新疆水文水资源局苏宏超教授级高级工

程师参与了第6章、第7章和第9章的编写，中国科学院成都山地灾害与环境研究所陈晓清博士参与了第8章的编写，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所王欣博士参与了第6章的编写。全书最后由沈永平修改和统稿，《冰川冻土》编辑部祝国存女士清绘全书图件。在全书编写过程中，由于编辑体例和编写要求的建议，文中引用的相关资料没有一一标注，但对提供资料的各位作者在此表示谢意！本书编写得到中国科学院寒区旱区环境与工程研究所和中国气象局国家气候中心相关领导和部门的大力支持，在此衷心感谢！

沈永平

2008年8月18日于兰州

目 录

序

编著者的话

前 言

引 言

第 1 章 冰雪灾害形成和分布的气候背景	6
1.1 冰冻圈与冰雪灾害	6
1.2 中国冰雪资源分布及变化	7
1.3 冰冻圈的作用	10
1.4 作为气候产物的雪冰分布特征	12
1.5 雪冰形成的气候影响因子	13
1.6 雪冰界面的地气相互作用	17
第 2 章 牧区雪灾	20
2.1 雪灾的特点和主要规律	20
2.2 牧区雪灾等级标准	24
2.3 雪灾分级评估	28
2.4 中国畜牧业雪灾承灾体脆弱性与可持续发展	32
第 3 章 暴风雪	37
3.1 我国暴风雪特点	37
3.2 我国典型暴风雪案例	42
3.3 暴雪预警及防御指南	56

第 4 章 雪崩	58
4.1 雪崩的基本特性	58
4.2 雪崩发生的规律及破坏性	62
4.3 中国雪崩发育条件与分布	70
4.4 雪崩形成的原因	71
4.5 雪崩危险度评价	74
4.6 中国雪崩区划	78
4.7 雪崩防治与对策	82
第 5 章 风吹雪	85
5.1 我国风吹雪的基本特点和分布	85
5.2 风吹雪形成条件及其运动特征	88
5.3 风吹雪的堆积及其危害	90
5.4 道路风吹雪危害的防治	95
第 6 章 冰川湖溃决洪水	101
6.1 冰湖的成因类型及其分布	101
6.2 我国冰湖溃决洪水事实	104
6.3 冰湖突发(溃决)洪水的发生机理及洪水特征	108
6.4 潜在溃决危险冰湖的评估	112
6.5 未来冰川湖溃决洪水的变化趋势	123
第 7 章 冰雪洪水灾害	126
7.1 冰雪洪水的特点与分布	126
7.2 冰雪洪水的分类	128
7.3 冰雪洪水洪峰与频次	135
7.4 冰雪洪水的灾害	137
第 8 章 冰川泥石流	143
8.1 冰川泥石流灾害的分布	143
8.2 冰川泥石流的形成条件	145
8.3 冰川泥石流的类型	151
8.4 冰湖溃决泥石流的演化	153
8.5 冰川泥石流的活动特征	156
8.6 西藏的冰川型泥石流	157
8.7 冰川泥石流灾害的防治	159

8.8	冰湖溃决泥石流的减灾对策	160
第9章	河流冰凌与凌汛	162
9.1	冰凌与凌汛的基本特点	162
9.2	冰凌洪水分类与洪水特征	164
9.3	冰塞和凌汛灾害监测	167
9.4	我国典型地区的凌汛特点	170
第10章	冰雪灾害的综合评估、能力建设及防灾预案编制	185
10.1	冰雪灾害的综合评估体系	185
10.2	把冰雪灾害的评估和应对纳入国家减灾规划和能力建设中	186
10.3	西藏危险冰湖溃决监测系统建设	189
10.4	西藏冰雪灾害预报救灾指挥系统	192
10.5	西藏自治区冰雪灾害防灾预案编制	194
	主要参考文献	198