

灾害风险科学系列专著型教材

史培军◎著

灾害风险科学

DISASTER
RISK SCIENCE



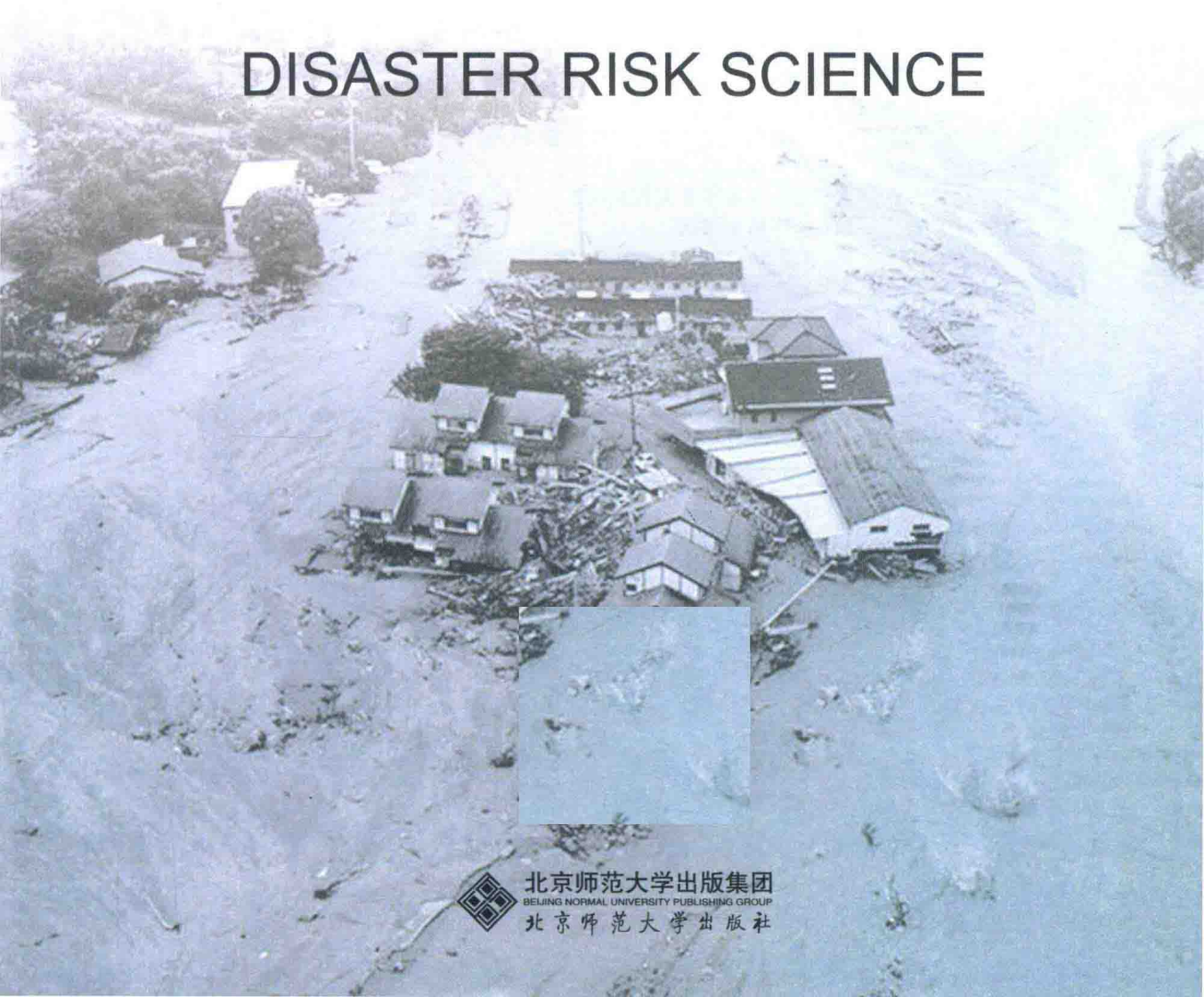
北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

灾害风险科学系列专著型教材

灾害风险科学

史培军◎著

DISASTER RISK SCIENCE



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

灾害风险科学/史培军著. —北京:北京师范大学出版社, 2016. 12

灾害风险科学系列专著型教材

ISBN 978-7-303-21754-0

I. ①灾… II. ①史… III. ①自然灾害-风险管理-教材
IV. ①X43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 302797 号

营销中心电话 010-62978190 62979006
北师大出版社科技与经管分社 www.jswsbook.com
电子信箱 jswsbook@163.com

ZAIHAI FENGXIAN KEXUE

出版发行:北京师范大学出版社 www.bnup.com
北京市海淀区新街口外大街 19 号
邮政编码:100875

印 刷:北京玺诚印务有限公司
经 销:全国新华书店
开 本:787 mm×1092 mm 1/16
印 张:35
字 数:727 千字
版 次:2016 年 12 月第 1 版
印 次:2016 年 12 月第 1 次印刷
定 价:178.00 元
审 图 号:GS(2017)2378 号

策划编辑:刘风娟 邢 颖	责任编辑:刘风娟 何 锐
美术编辑:刘 超	装帧设计:刘 超
责任校对:赵非非	责任印制:赵非非

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话:010-62978190

北京读者服务部电话:010-62979006-8021

外埠邮购电话:010-62978190

本书如有印装质量问题,请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话:010-62979006-8006

灾害风险科学系列专著型教材编委会

主 任 史培军

编 委	高尚玉	李 京	王静爱	黄崇福	刘连友	李 宁
	叶 谦	韩国义	邹学勇	方修琦	哈 斯	严 平
	武建军	张 强	周 涛	张春来	方伟华	汪 明
	王 瑛	徐 伟	杨赛霓	张 朝	苏 筠	程 宏

序

2016年是联合国开展世界减轻自然灾害风险活动的第27个年头，自然灾害对人类造成的影响并没有得到明显的缓解。为此，2015年3月联合国在日本仙台召开第三次世界减轻灾害风险大会，通过了联合国减轻自然灾害风险的新的行动框架——《2015—2030年仙台减轻灾害风险框架》，明确到2030年，明显减轻自然灾害对人员伤亡、社会影响及对GDP造成的损失。

中国是世界上自然灾害较为严重的国家之一，近年来，每年因灾死亡人口平均超过2 000人，造成的损失达到3 000亿元，每遇特别重大灾害会造成更大的损失。为此，中国政府通过每5年制定一次综合减灾规划，动员社会各界力量，以实现明显减轻自然灾害造成损失和影响的目标。

北京师范大学响应联合国减轻自然灾害风险的号召，于1989年率先成立对自然灾害开展研究的专门机构——中国自然灾害监测与防治研究室(民政部—教育部减灾与应急管理研究院的前身)，开启了对中国和世界自然灾害与风险防范的系统研究。在国家科技攻关、863、973、重点科技专项、自然科学基金等有关科技计划与项目的支持下，先后完成了《中国自然灾害地图集》(中英文版，1992)、《中国自然灾害系统地图集》(中英文对照版，2003)、《中国自然灾害风险地图集》(中英文对照版，2010)、《世界自然灾害风险地图集》(英文版，2015)的编制。与此同时，还与国家基础地理信息中心等单位合作，完成了《汶川地震灾害地图集》(中文纸质版，英文数字版)和“十二五”国家重点图书出版规划项目——综合灾害风险防范关键技术研究 with 示范丛书(共15本)。这些地图集和系列专著的出版，不仅总结了北京师范大学与国内外合作者的相关研究成果，也为培养综合减灾与灾害风险防范领域的人才起到了重要的“参考教材”的作用。

然而，从建设和发展灾害风险科学的角度，这些专著还不能够很好地满足综合减灾和灾害风险防范领域人才培养对高质量教材的需求。为此，在北京师范大学系统开展灾害风险研究迎来30年(2019年)之际，北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室、环境演变与自然灾害教育部重点实验室、减灾与应急管理研究院、地理科学学部联合起来，在多年培养地理学(自然灾害学)和公共安全科学与工程一级学科硕士与博士生的基础上，利用所取得的大量研究成果，组织有关教师，撰写灾害风险科学系列专著型教材。北京师范大学出版社积极响应这一计划，并投入大量人力、物力和财力资源于这一系列专著型教材的出版之中。

这一系列专著型教材，包括《灾害风险科学》《灾害管理学》《自然灾害科学》《区域自然灾害》《灾害测量方法》《灾害模型与模拟》《灾害经济学》《灾害社会学》《灾害保险学》《灾害教育学》，初步覆盖了灾害科学、应急技术、风险管理等灾害风险科学领域的基本内容。

灾害风险科学、可持续性科学、全球变化科学与地球系统科学，是当今世界较活跃和较有广泛影响力的新型交叉性科学。到目前为止，还没有可资借鉴的、国内外成熟的灾害风险科学教科书或专著型教材。承担这一系列专著型教材撰写的各位老师，克服困难，尽最大可能把自己开展相关研究的成果总结出来，形成逻辑严密、论述有据、系统性与代表性案例相

结合的学术著作。作为专著，每本书都是作者开展相关研究后，取得创新成果的凝练，是对已发表相关成果和未发表相关研究结果的再升华、再分析、再思考后，进而撰写的研究成果总结；作为教材，每本书都是作者教授这一课程的实践总结，并尽可能吸收本领域国内外所取得的最新成果。这套系列专著型教材，从读者的角度出发，尽可能地做到通俗易懂，便于学习和掌握灾害风险科学知识、方法与技术的关键点；便于读者学习这些灾害风险科学知识、方法和技术，并熟练地应用到综合减灾与风险防范的广阔实践中。

作为这套系列专著型教材的编委会主任，我代表所有作者和编委，感谢30年来指导、支持、关心北京师范大学建立和发展灾害风险科学的所有尊敬的相关专家、同行、朋友及各相关单位。

我们首先铭记已故的周廷儒学部委员（现称院士）在北京师范大学率先发展古地理学的同时，关注对自然灾害的研究，把地理环境渐变与突变过程有机地联系在一起，全面认识地理环境的演变过程及其对人类的影响。

我们特别感谢赵济先生，在他时任地理系主任时，于1989年创建北京师范大学中国自然灾害监测与防治研究室，并聘请时任北京师范大学教务长的张兰生先生担任这一研究室的主任。从此，开启了北京师范大学系统性开展自然灾害研究的时代。此后，继任地理系主任的邬翊光先生，以及张兰生先生、已故的武吉华先生的大力支持，为北京师范大学建立和发展灾害风险科学奠定了良好的基础。

我们非常感谢张新时院士、刘昌明院士、林学钰院士、安芷生院士、徐冠华院士、王永炎院士、周卫健院士在受聘北京师范大学双聘院士期间，对发展灾害风险科学的指导与支持。

我们诚挚地感谢孙鸿烈院士、李德仁院士、李吉均院士、郑度院士、石玉林院士、陈颈院士、秦大河院士、程国栋院士、陆大道院士、王颖院士、朱日祥院士、刘燕华研究员、蔡运龙教授、陶澍院士、叶嘉安院士、郭华东院士、姚檀栋院士、傅伯杰院士、王浩院士、龚健雅院士、夏军院士、周成虎院士、郭正堂院士、崔鹏院士、陈发虎院士、王光谦院士、杨志峰院士、倪晋仁院士对北京师范大学开展自然灾害综合研究的指导与关心。

我们还要感谢林海研究员、宋长青教授、冷疏影研究员、葛全胜研究员、李秀彬研究员、吴绍洪研究员、邬建国教授、刘宝元教授、宫鹏教授、梁顺林教授等对北京师范大学发展灾害风险科学的支持和关心。

我们感谢在北京师范大学近30年建立和发展灾害风险科学过程中，与我们共同努力从事地理学（自然灾害）与公共安全科学与工程的所有硕士和博士研究生，以及博士后合作研究人员，他们与老师共同发表的论文和完成的学位论文，为这套系列专著型教材增添了丰富的内容，有的内容就是依据他们的成果改写而成的。

最后让我们共同努力，在从事中国减轻自然灾害的广阔实践与研究 and 人才培养过程中，吸收营养与智慧，发展具有深厚中国文化基础的灾害风险科学，为造福人类、减轻世界灾害风险作出贡献。

史培军 教授

北京师范大学地理科学学部

民政部—教育部减灾与应急管理研究院

目 录

绪论	1
第1章 灾、害、风险	4
1.1 灾	4
1.2 害	17
1.3 风险	35
第2章 区域灾害系统	48
2.1 灾害系统学派	48
2.2 区域灾害系统	56
2.3 区域灾害系统的复杂性	60
2.4 灾害系统复杂性的测度——凝聚度	70
第3章 灾害形成过程	86
3.1 自然灾害过程	86
3.2 环境(生态)灾害过程	108
3.3 人为(生产事故)灾害过程	127
第4章 灾害测量、统计与评估	138
4.1 灾害测量	138
4.2 灾害统计	152
4.3 灾害评估	154
第5章 灾害风险评估	179
5.1 广义灾害风险评估	179
5.2 狭义灾害风险评估	187
5.3 综合灾害风险评估	233
第6章 灾害风险地图	257
6.1 灾害风险数据库的建立	257
6.2 灾害风险地图的编制	272
6.3 灾害风险地图(集)编制案例	286

第 7 章 灾害风险区划	317
7.1 世界自然灾害风险	317
7.2 中国自然灾害风险	335
7.3 综合灾害风险区划	364
第 8 章 灾害风险管理	386
8.1 灾害风险管理的基础	386
8.2 中国灾害风险管理的制度建设	391
8.3 中国灾害风险管理的制度建设案例	395
第 9 章 灾害应急管理与响应	411
9.1 灾害应急管理	411
9.2 灾害应急响应	427
9.3 深圳市自然灾害应急管理体系研究	448
第 10 章 综合灾害风险防范	467
10.1 综合灾害风险防范的结构体系与优化	467
10.2 综合灾害风险防范的功能体系与优化	493
10.3 综合灾害风险防御范式	499
10.4 社会—生态系统综合灾害风险防御的凝聚力模式	526
附录 作者指导相关灾害风险研究方向的硕士、博士学位论文题目	545
后 记	549

绪 论

为什么要建立和发展灾害风险科学?

减灾与灾害风险防范是当前地理学、生态学、环境科学、资源科学等学科极为关注的科学前沿问题,也是未来地球研究计划的热点,更是可持续发展的关键。

减灾是联合国于20世纪80年代末期发起的世界性的减轻自然灾害十年行动(International Decade for Nature Disaster Reduction, IDNDR),旨在通过科技和所有利益相关者的努力,减轻自然灾害对人类造成的损失。该行动启动十年后,即从21世纪起,调整为减轻灾害国际战略(International Strategy for Disaster Reduction, ISDR),关注为了世界可持续发展,建设抗灾国家与社区。从2005年起,该战略又明确把目标定为减轻灾害风险(Disaster Risk Reduction, DRR)。

灾害风险防范则是探讨如何应对各类灾害可能造成对人类健康的影响、社会经济的破坏,以及防御包括气候变化及其引发的各类环境风险。未来地球(Future Earth)计划把理解地球动态变化、通过资源环境保障、防范包括灾害风险在内的各种风险,作为实现联合国千年发展目标的有效途径。

因此,为了实现减灾与灾害风险防范,世界各地的政要、企业家、科技专家、教育家及社会各界有识之士展开了广泛而长久的探索。人们在对我们生存所依赖的地球系统并不深刻了解的情况下,试图设计区域环境与发展相互协调的可持续发展模式,以此来指导人类科学地利用自然和改造自然,并以此模式寻求缓减人类已经承受或防范将要面临的资源短缺、环境污染、生态系统受损、灾害频发等一系列资源与环境风险问题。这些问题是摆在地理学、生态学、环境科学、资源科学等学科广大学者面前的一道道难题。我们有责任积极投身其中,通过学科建设,在培养相关人才的同时,加深对这些问题的理解,探求解决这些难题的科学且可行的措施。这也正是要建立和发展灾害风险科学的缘由。

什么是灾害风险科学?

提起灾害似乎家喻户晓,然而灾害风险到底是如何形成的,却是一个异常复杂的地球表层系统科学的问题。国内外许多灾害研究者、灾害管理者及相关工作者,对灾害形成过程进行了长期的分析、探讨,并把研究成果发表在与许多灾害研究相关的期刊中或出版学术著作。这些研究促进了对灾害风险形成机制认识的深化,逐渐形成了灾害风险科学的一些基本理论框架,并以此指导灾害风险防御的实践。

然而,在全世界灾害风险防范的广泛实践过程中,人们又逐渐发现了一些灾害风险科学难以解释的灾害现象,从而促使灾害风险科学理论的进一步完善。据此可以认为,减灾实践是灾害风险科学得以提出、渐趋完善,并系统化的真正推动者。联合国倡导在全世界范围内开展减轻灾害风险的活动,大大促进了灾害风险科学的发展,从而使灾害风险科学研究日趋成熟,并得到系统性的总结。

因此,我们认为灾害风险科学就是研究灾害形成与防御范式的科学。灾害是各种致灾因子给人类社会造成的人员伤亡、财产损失及资源环境与生态系统破坏的结果。灾害

的形成、灾害风险的变化则是灾害系统时空演变的产物。灾害系统是由孕灾环境、致灾因子、承灾体与灾情共同组成的地球表层之异变系统,即是灾害风险科学研究的对象。着眼于从理论、方法与应用的角度,灾害风险科学可进一步划分为灾害科学、应急技术与风险管理三个分支学科。

灾害风险科学属于交叉学科的范畴,需要从理学、工学、人文和社会科学等多学科的角度,构建其研究理论、方法与应用实践的科学体系。因此,灾害风险科学要求研究者与学习人员,要具备地学、生命科学、经济学、管理科学,以及数理科学、信息科学与技术、社会学等学科广博的知识基础。

灾害风险科学的主要内容有哪些?

从基础理论看,灾害风险科学包括灾害系统、机理与过程,在本书中,共包括3章的内容,即第1章:致灾因子(Hazards)、灾情(Disasters)、风险(Risks);第2章:灾害系统学派、区域灾害系统、区域灾害系统的复杂性、灾害系统复杂性的测度——凝聚度;第3章:自然灾害过程、环境(生态)灾害过程、人为(生产事故)灾害过程。

从技术方法看,灾害风险科学包括灾害的测量与评估、灾害风险地图编制与区划,在本书中,共包括4章的内容,即第4章:灾害测量、灾害统计、灾害评估;第5章:广义灾害风险评价、狭义灾害风险评价、综合灾害风险评价;第6章:灾害风险数据库的建立、灾害风险地图的编制、灾害风险地图(集)编制案例;第7章:世界自然灾害风险、中国自然灾害风险、综合灾害风险区划。

从应用实践看,灾害风险科学包括灾害管理、应急响应与防御范式,在本书中,共包括3章的内容,即第8章:灾害风险管理的基础、中国灾害风险管理的制度建设、中国灾害风险管理的制度建设案例;第9章:灾害应急管理、灾害应急响应、深圳市自然灾害应急管理体系;第10章:综合灾害风险防范的结构体系与优化、综合灾害风险防范的功能体系与优化、综合灾害风险防御范式、社会—生态系统综合灾害风险防御的凝聚力模式。

如何开展灾害风险科学研究?

灾害风险科学所具有的交叉学科属性,决定了其研究的复杂性、综合性、系统性。

灾害风险成因复杂,不仅致灾多样、成害时空差异明显,而且防御广度和难度都很大。因此,要从多尺度、多要素、多过程入手,理解灾害风险的形成机理和变化过程、构建灾害风险评估指标体系与模型、研发应对灾害的关键技术、发展灾害风险防御范式。

灾害风险变化多样,不仅表现方式不同、突变与渐变并存,而且难以科学而准确地预估。因此,要从多角度、多维度、多途径综合入手,实地定位观测和多精度遥感测算结合,结构与非结构分析并重、动力学与非动力学模拟同步,加深对灾害风险变化多样性的认识,以期提高人类综合应对灾害风险的能力。

灾害风险影响领域广泛,不仅可能对社会、经济、生态造成危害,而且还可能对政治、文化产生深刻的影响。因此,要从多领域、多部门、多措施系统入手,统筹资源合理利用,减轻灾害风险,整合生态环境保护与防灾减灾救灾机制,利用工程与非工程措施,动员政府与社会力量,完善次灾害风险管理 with 区域灾害风险管理体系,以期把经济、政治、社会、文化、生态建设与灾害风险防御一体化,实现除害与兴利并举。



怎样学习灾害风险科学?

灾害风险科学涉及面很广,对学习它提出很广、很高、很深的要求。

博览群书。学习灾害风险科学,要多读书、读好书。系统地阅读自然灾害方面的图书,如陈颙等编著的《自然灾害》(第三版,2014)、Burton 等著 *The Environment as Hazard* (第二版,1993)、Blaikie 等著 *At Risk: Nature Hazards, People's Vulnerability and Disasters* (第二版,2004) 等灾害领域的专著,以此扩大灾害风险领域的知识面。

广读文章。学习灾害风险科学,要多读论文,读好论文。*Nature*、*Science*、*Risk Analysis*、*Natural Hazards*、*Environment Hazards*、*International Journal of Disaster Risk Science*、*International Journal of Disaster Risk Reduction*、*Disasters* 等刊物都及时刊登对灾害风险研究的最新成果,及时了解灾害风险科学的最新进展,以此提高对灾害风险的认识和分析能力。

深入实践。学习灾害风险科学,要多到灾区、多进灾害现场。2004 年的印度洋特大地震海啸,2005 年美国特大飓风“卡特里娜”,2008 年中国罕见的低温雨雪冰冻灾害、汶川大地震,2011 年日本大地震等巨灾,给这些灾区和国家造成巨大的人员伤亡和财产损失。深入这些灾区不仅可以详细了解灾情,而且能加深对灾害过程的认识,提升对灾害风险多样性和复杂性的研究能力。

灾害风险防御是人类共同的事业,需要我们广泛的合作,需要我们更多的关注,需要政府与社会的大力投入。

灾害风险科学是一门新学科,需要我们共同建设与发展,需要我们志存高远,需要我们投入毕生精力。

第1章 灾、害、风险

本章阐述灾害风险科学的三个最基础的术语：灾(Hazards)，就是致灾因子；害(Disasters)，就是灾害或灾情；风险(Risks)，就是潜在的、可能的影响，以及与这三个术语相关的分类、指标体系等基础性科学问题。

1.1 灾

灾是致灾因子的简称。UN-ISDR 定义的术语“致灾因子”，特指可能对经济、社会、生态环境产生不利影响的一种自然过程或现象，它包括自然因素和与自然因素相关联的人文因素。灾是害之源，灾就是给人类发展造成的危害因素，也是人类社会可持续性的障碍。

在人类发展的历史长河中，人们逐渐了解或经历了各种各样的致灾因子，灾害风险科学研究者从不同的视角，对致灾因子进行分类，图解其时空分布规律，揭示其发生的原因。

本节着重阐述致灾因子的不同分类，关于致灾因子时空分布规律可参阅自然灾害学、灾害地理学等相关内容；关于致灾因子发生的原因可参阅地球科学、生命科学、环境科学中的相关研究成果。

1.1.1 致灾因子的成因分类

发生在人类社会中的致灾因子多种多样，但从成因角度考虑，可把致灾因子划分为两大类，即由自然因素引发的致灾因子和由与自然因素相关联的人文因素引发的致灾因子。事实上，完全由自然因素引发的致灾因子占比在减少，而由与自然因素相关联的人文因素引发的致灾因子占比则在增多。

(1) ICSU-IRDR 科学计划中的分类

国际科学理事会(ICSU)的“减灾综合研究(IRDR)”科学计划(ICSU, 2012)把致灾因子分为 6 个灾类(Family)、20 个主要灾型(Main Event)、47 个灾种(Peril)，如图 1-1 所示。

6 个灾类划分如下：

- ①地球物理类，致灾因子源于固体地球，通常与地质致灾因子交换使用；
- ②水文类，致灾因子源于表面和次表面淡水和咸水的发生、发展及分布；
- ③气象类，致灾因子源于持续几分钟到几天、短历时、微到中尺度极端天气和大气条件；
- ④气候类，致灾因子源于从季变到多年代气候变率引发的长历时、中到大尺度极端大气过程；
- ⑤生物类，致灾因子源于活体携带的细菌、病毒或有毒物；
- ⑥外星体类，致灾因子源于流过近地球或撞击地球从而改变或影响地球内部磁圈、离子圈、热圈的小行星、流星和彗星。

20 个主要灾型分别为：地震(Earthquake)、岩溶流(Mass movement)、火山活动(Volcanic activity)；洪水(Flood)、滑坡(Landslide)、波浪(Wave action)；对流暴雨(Convective storms)、外热带暴雨(Extratropical storms)、热带暴雨(Tropical storms)、极端温度(Extreme temperature)、雾(Fog)；干旱(Drought)、冰湖溃决(Glacial lake outburst)、野火(Wildfire)；动物事件(Animal incidents)、疾病(Diseases)、昆虫侵扰(Insect infestation)；外空影响(Extrairmpacts)、气暴(Airburst)和空间天气(Space weather)。

47 个灾种如图 1-1 所示。



图 1-1 ICSU-IRDR 的致灾因子成因分类体系(ICSU, 2012)

(2)Joel C. Gill 的分类

Gill 等(2014)把自然致灾因子分为以下 6 个组，并给出各灾组(Hazard groups)和 21 个灾型(Hazard type)的时空尺度：

- ①地球物理组(geophysical)，含：地震、海啸、火山爆发、滑坡、雪崩；
- ②水文组(hydrological)，含：洪水和干旱；
- ③地表过程组(shallow Earth)，含：区域性沉降、地面塌陷，地方性沉降和地面隆起；
- ④大气组(atmospheric)，含：热带气旋、龙卷风、冰雹、暴雪、闪电、雷暴、长期气候变化和短期气候变化；
- ⑤生物物理组(biophysical)，含：野火；
- ⑥空间组(space)，含：地磁暴和外空影响事件。

Gill 等(2014)的灾组与 ICSU-IRDR 的灾类相当，其把 ICSU-IRDR 的气象类和气候类合并为大气组；单设了地表过程组，强调了地表变化的致灾作用。Gill 等列出了 6 个致灾因子组所包含的 21 种不同的自然致灾因子类型，并列出了它们的代码。对于每种自然致灾因子都给出了它们的定义及具体表现(表 1-1)。图 1-2 展示了 16 种致灾因子的时间和空间尺度，并分为 5 种类型。

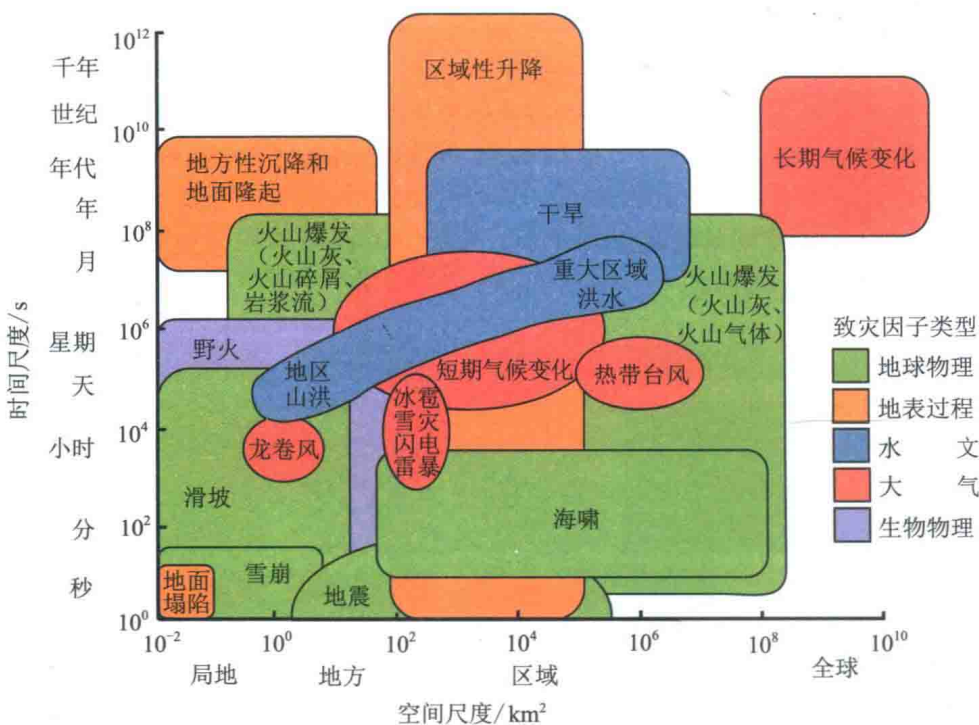


图 1-2 Gill 致灾因子成因分类体系(Gill 等, 2014)

表 1-1 Gill 致灾因子成因分类体系中 21 种致灾因子的含义(Gill 等, 2014)

致灾因子组	致灾因子	代码	定义	致灾因子组成 (适用情况)
地球物理组	地震	EQ	由于突然的地壳运动或者地质脆弱带发生断裂，导致地壳能量瞬间释放出来，产生地震波	地面震动、地表破裂和砂土液化
	海啸	TS	大量水体流动而产生一系列具有较长波长和低振幅的波动。随着波动靠近浅水区，它们的振幅也会随着波动浅化而迅速变大	
	火山喷发	VO	在围压和过热的蒸汽和气体影响下岩浆产生地下运动并从火山中喷发出来，同时伴随有火山碎屑、火山灰和天然气等物质的喷发	气体和气溶胶的排放、火山灰和火山碎屑的喷发、火山碎屑流和熔岩流
	滑坡	LA	在重力作用下地表物质的向下移动(主要指岩石和土壤)	落石、旋转和平移滑动、泥石流、火山泥流和土壤蠕动
	雪崩	AV	在重力作用下地表物质的向下移动(主要指冰和雪)	

续表

致灾因子组	致灾因子	代码	定义	致灾因子组成 (适用情况)
水文组	洪水	FL	通常干地表被水淹没	山洪、河道洪水、农村积水、城市洪水、沿海洪水、风暴潮、冰川湖溃决性洪水和冰川湖爆裂
	干旱	DR	降水量长期低于正常水平而导致的严重水文不平衡，或者由于糟糕的农业生产实践和水流改道导致长期可利用水出现亏缺	气象干旱、农业干旱、水文干旱
地表过程组	区域性沉降	RS	在区域范围内地面突然或逐渐向下垂直运动	构造沉陷
	地面塌陷	GC	地面快速向下垂直运动而陷入空洞	岩溶和蒸发岩塌陷、管道和亚稳土壤
	地方性沉降	SS	在地方范围内地面逐渐向下垂直运动	土壤收缩和自然固结沉陷
	地面隆起	GH	地面突然或逐渐向上垂直运动	构造抬升、土壤和岩石膨胀
大气组	风暴	ST	大气系统的强烈扰动，通常伴有强降水和大风	热带气旋、飓风、台风、中纬度风暴
	龙卷风	TO	由于积雨云与地表的接触所产生的空气柱的剧烈旋转	
	冰雹	HA	大气系统的强烈扰动，在含有大量过冷却水的对流风暴中产生强烈的上升气流，当它们达到足够重量时就会离开大气系统而发生严重冰雹	
	暴雪	SN	大气系统的强烈扰动，伴有强降雪过程	
	闪电	LN	正负电荷之间空气的电阻被克服，大气静电的释放过程	
	极端高温	ET(H)	一段时间内温度长期高于平均水平(时间尺度可以是短期或长期，空间尺度可以是地方、区域或全球)	热浪、气候变化
	极端低温	ET(C)	一段时间内温度长期低于平均水平(时间尺度可以是短期或长期，空间尺度可以是地方、区域或全球)	寒潮、气候变化

续表

致灾因子组	致灾因子	代码	定义	致灾因子组成 (适用情况)
生物 物理组	野火	WF	自然植被燃烧，发生无法控制的火灾	
空间组	地磁爆	GS	由于宇宙空间变化而使地磁层发生扰动，如太阳风强度的变化	
	撞击事件	IM	天体撞击地球表面	小行星、陨石

(3)学术专著 *Regions of Risk* 中的分类

Hewitt 在 *Regions of Risk* 一书中对致灾因子有如下分类(表 1-2)(Hewitt, 1997)。

- ①自然类(Natural hazards)，包括大气、水文、地质/地貌、生物与病虫致灾因子 4 个子类；
- ②技术类(Technological hazards)，包括有害材料、有害过程、有害设备 3 个子类；
- ③社会暴行类(Social violence)，包括武器、犯罪、有组织暴行 3 个子类；
- ④复合类(Compound hazards)，如雾霾、溃坝、空袭/风暴性大火等；
- ⑤复杂类(Complex disasters)，如饥荒、难民危机、有毒洪水、有害核试验和核电站爆炸。

表 1-2 学术专著 *Regions of Risk* 中的致灾因子分类体系(Hewitt, 1997)

类别	单一条件过程(媒介)	合成致灾因子(灾型)
自然类	大气	
	温度、雾、雨	打雷/雹暴、龙卷风
	(强)风、闪电、冰雹	雨/风暴，热带气旋
	降雪	暴风雪
	冻雨(雨凇)	
	水文	
	径流(地表，河流)	洪水：河道型、沿海型(海洋型)，自然溃坝与堰塞湖决堤型洪水
	地面降雪	
	冻融	冰川前进和急涌
	海冰、冰山	冰海区
	地质/地貌	
	地震动、火山	地震、火山爆发
	海啸(地震海浪)	岩崩、泥石流
	地球/岩石物质：流土、流沙	海底滑坡

续表

类别	单一条件过程(媒介)	合成致灾因子(灾型)
自然类	块体运动	地表沉降
	放射现象	氡气致灾因子
	地热	
	生物与病虫害致灾因子	
	病毒(如:麻疹、艾滋病病毒,登革热)	疾病爆发/流行病、黑死病、瘟疫、黄热病、流感、性传播疾病
	细菌(如:肺炎)	
	原生生物(如:贾第鞭毛虫、疟疾)	
	真菌(如:肺孢子虫)	赤潮(有毒藻华)
	藻类	植物感染,植物侵扰
	植物(杂草)	昆虫瘟疫/入侵
	昆虫(害虫)	鼠患,贝毒
技术类		有害材料
	放射性材料	污染:建筑、土壤、地表和地下水
	有毒物质(如:二噁英)	工业污染
	有害气体(如:一氧化碳)	农业污染
	诱变剂	
	致癌物	
		有害过程
	放射现象	释放有害物质、气体媒介(放射性核素、SO ₂),水媒介(污水、冷却剂)
	火灾	结构倒塌碰撞、爆炸事故传播
		有害设备
	车辆	
	发电站	工厂
	炸药	
社会暴行类		社会暴力
	武器	轰炸(火炮,军舰)
	火器、燃烧弹、原子能、化学、毒素、毒气、生物武器	空袭 游击战 CBT 战争