



“十二五”国家重点图书出版规划项目
“十一五”国家科技支撑计划重点项目

综合风险防范关键技术与示范丛书

综合风险防范

数据库、风险地图与网络平台

方伟华 王静爱 史培军 等 著



科学出版社

综合风险防范关键技术与示范丛书

综合风险防范

数据库、风险地图与网络平台

方伟华 王静爱 史培军 等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是“十一五”国家科技支撑计划重点项目“综合风险防范关键技术与示范”的部分研究成果,丛书之一,主要利用现代网络数据库技术,建设综合风险数据库的结构与功能,对编制综合风险地图及地图集技术进行详细、系统地论述,对建设中国风险网的技术与内容体系予以综合的展示。

本书可供灾害科学、风险管理、应急技术、防灾减灾、保险、生态、能源、农业等领域的政府公务人员、科研和工程技术人员、企业管理人员以及高等院校的师生等参考,也可作为高等院校相关专业研究生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

综合风险防范:数据库、风险地图与网络平台/方伟华,王静爱,史培军等著. —北京:科学出版社,2011
(综合风险防范关键技术与示范丛书)

ISBN 978-7-03-030714-9

I. 综… II. ①方…②王…③史… III. 风险管理-数据库-中国 IV. X4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 059513 号

责任编辑:李 敏 王 倩 王晓光 张 震/责任校对:张怡君
责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011 年 5 月第一次印刷 印张:23 3/4 插页:2

印数:1—2 000 字数:580 000

定价:98.00 元

如有印装质量问题,我社负责调换



总 序

综合风险防范 (integrated risk governance) 的研究源于 21 世纪初。2003 年国际风险管理理事会 (International Risk Governance Council, IRGC) 在瑞士日内瓦成立。我作为这一国际组织的理事, 代表中国政府参加了该组织成立以来的一些重要活动, 从中了解了这一领域最为突出的特色: 一是强调从风险管理 (risk management) 转移到风险防范 (risk governance); 二是强调“综合”分析和对策的制定, 从而实现对可能出现的全球风险提出防范措施, 为决策者特别是政府的决策者提供防范新风险的对策。中国的综合风险防范研究起步于 2005 年, 这一年国际全球环境变化人文因素计划中国国家委员会 (Chinese National Committee for the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, CNC-IHDP) 成立, 在这一委员会中, 我们设立了一个综合风险工作组 (Integrated Risk Working Group, CNC-IHDP-IR)。自此, 中国综合风险防范科技工作逐渐开展起来。

CNC-IHDP-IR 成立以来, 积极组织国内相关领域的专家, 充分论证并提出了开展综合风险防范科技项目的建议书。2006 年下半年, 科学技术部经过组织专家广泛论证, 在农村科技领域, 设置了“十一五”国家科技支撑计划重点项目“综合风险防范关键技术与示范”(2006~2010 年)(2006BAD20B00)。该项目由教育部科学技术司牵头组织执行, 北京师范大学、中国科学院地理科学与资源研究所、民政部国家减灾中心、中国保险行业协会、北京大学、中国农业大学、武汉大学等单位通过负责 7 个课题, 承担了中国第一个综合风险防范领域的重要科技支撑计划项目。北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室主任史培军教授被教育部科学技术司聘为这一项目专家组的组长, 承担了组织和协调这一项目实施的工作。与此同时, CNC-IHDP-IR 借 2006 年在中国召开国际全球环境变化人文因素计划 (IHDP) 北京区域会议和地球系统科学联盟 (Earth System Science Partnership, ESSP) 北京会议之际, 通过 CNC-IHDP 向 IHDP 科学委员会主席 Oran Young 教授提出, 在 IHDP 设立的核心科学计划中, 设置全球环境变化下的“综合风险防范”研究领域。经过近 4 年的艰苦努力, 关于这一科学计划的建议于 2007 年被纳入 IHDP 新 10 年 (2005~2015 年) 战略框架内容; 于 2008 年被设为 IHDP 新 10 年战略行动计划的一个研究主题; 于 2009 年被设为 IHDP 新 10 年核心科学计划之开拓者计划开始执行; 于 2010 年 9 月被正式设为 IHDP 新 10 年核心科学计划, 其核心科学计划报

告——《综合风险防范报告》(Integrated Risk Governance Project) 在 IHDP 总部德国波恩正式公开出版。它是中国科学家参加全球变化研究 20 多年来,首次在全球变化四大科学计划[国际地圈生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Program, IGBP)、世界气候研究计划(World Climate Research Programme, WCRP)、国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)、生物多样性计划(Biological Diversity Plan, DIVERSITAS)]中起主导作用的科学计划,亦是全球第一个综合风险防范的科学计划。它与 2010 年启动的由国际科学理事会、国际社会科学理事会和联合国国际减灾战略秘书处联合主导的“综合灾害风险研究”(Integrated Research on Disaster Risk, IRDR)计划共同构成了当今世界开展综合风险防范研究的两大国际化平台。

《综合风险防范关键技术研究 with 示范丛书》是前述相关单位承担“十一五”国家科技支撑计划重点项目——“综合风险防范关键技术研究 with 示范”所取得的部分成果。丛书包括《综合风险防范——科学、技术与示范》、《综合风险防范——标准、模型与应用》、《综合风险防范——搜索、模拟与制图》、《综合风险防范——数据库、风险地图与网络平台》、《综合风险防范——中国综合自然灾害救助保障体系》、《综合风险防范——中国综合自然灾害风险转移体系》、《综合风险防范——中国综合气候变化风险》、《综合风险防范——中国综合能源与水资源保障风险》、《综合风险防范——中国综合生态与食物安全风险》与《中国自然灾害风险地图集》10 个分册,较为全面地展示了中国综合风险防范研究领域所取得的最新成果(特别指出,本研究内容及数据的提取只涉及中国内地 31 个省、自治区、直辖市,暂未包括香港、澳门和台湾地区)。丛书的内容主要包括综合风险分析与评价模型体系、信息搜索与网络信息管理技术、模拟与仿真技术、自动制图技术、信息集成技术、综合能源与水资源保障风险防范、综合食物与生态安全风险防范、综合全球贸易与全球环境变化风险防范、综合自然灾害风险救助与保险体系和中国综合风险防范模式。这些研究成果初步奠定了中国综合风险防范研究的基础,为进一步开展该领域的研究提供了较为丰富的信息、理论和技术。然而,正是由于这一领域的研究才刚刚起步,这套丛书中阐述的理论、方法和开发的技术,还有许多不完善之处,诚请广大同行和读者给予批评指正。在此,对参与这项研究并取得丰硕成果的广大科技工作者表示热烈的祝贺,并期盼中国综合风险防范研究能取得更多的创新成就,为提高中国及全世界的综合风险防范水平和能力作出更大的贡献!

国务院参事、科技部原副部长

刘燕华

2011 年 2 月

目 录

总序

第1章 综合风险防范技术集成平台进展与展望	1
1.1 综合风险防范进展综述	1
1.2 自然灾害风险系统理论	7
1.3 自然灾害风险评估方法	9
1.4 综合风险防范信息集成平台	17
1.5 综合风险防范信息集成平台展望	19
第2章 综合风险防范数据库系统	21
2.1 综合风险数据库理论综述	21
2.2 综合风险数据库构建	23
2.3 中国综合风险基础数据源	36
第3章 综合风险防范灾害专题数据库与风险评估系统	38
3.1 旱灾数据库与风险评估	38
3.2 沙尘暴灾害	60
3.3 冰雹灾害数据库与风险评估	75
3.4 霜冻灾害数据库与风险评估	93
3.5 雪灾数据库与风险评估	119
3.6 台风暴雨灾害数据库与风险评估	134
3.7 洪水灾害数据库与风险评估	153
3.8 风暴潮灾害数据库与风险评估	165
3.9 地震灾害数据库与风险评估	185
3.10 滑坡与泥石流灾害数据库与风险评估	209
3.11 森林火灾灾害数据库与风险评估	225
3.12 草原火灾灾害数据库与风险评估	237
3.13 环境事故灾害数据库与风险评估	258
第4章 中国综合自然灾害风险的区域差异	277
4.1 中国灾害风险图编制的基础	277
4.2 中国综合自然灾害风险	278
第5章 综合风险防范行业专题数据库与信息系统	287
5.1 灾害保险数据库与信息系统	287
5.2 灾害救助数据库与信息系统	293

5.3	全球环境变化风险数据库与信息系统	296
5.4	全球化风险数据库与信息系统	299
5.5	能源与水资源风险数据库与信息系统	301
5.6	生态与食品安全数据库与信息系统	309
第6章	综合风险地图编制与技术体系	318
6.1	国内外灾害风险地图编制进展	318
6.2	基于灾害系统理论的综合风险地图内容体系	321
6.3	基于信息传输理论的综合风险地图结构体系	325
第7章	综合风险信息集成技术	333
7.1	综合风险数据库技术	333
7.2	综合风险防范网络服务平台	339
7.3	综合风险信息集成技术展望	354
参考文献		356

第 1 章 综合风险防范技术集成平台进展与展望^{*}

综合风险防范信息集成平台是连接灾害风险综合防范理论研究、综合风险防范地区与行业示范应用的关键。发展综合风险防范理论,建立综合风险防范基础数据库与灾害专题数据库,集成各类区域与行业示范数据库在内的数据平台,基于数据平台发展灾害风险评估方法与模型,建设综合风险防范网络服务平台、综合风险防范仿真模拟平台以及综合风险防范自动制图平台,从而形成综合风险防范技术集成平台,使其具有重要的理论与应用意义。

1.1 综合风险防范进展综述

近年来,各类灾害在全球范围频繁出现,如 2009 年的海地地震、2008 年的汶川地震,2008 年年初中国南方发生的特大冰雹,2005 年给美国新奥尔良市造成毁灭性打击的卡特里娜飓风和 2003 年席卷欧洲的热浪等。据世界银行(World Bank, 2006)统计,1984~2003 年,在发展中国家就有超过 40 亿人受各类自然灾害影响,而 1990~1999 年自然灾害造成的经济损失也超过了 1950~1959 年的 15 倍。比利时流行病与灾害研究中心(CRED)的全球灾害数据(EM-DAT),以及来自瑞士再保险公司(Swiss RE)和慕尼黑再保险公司(Munich RE)的历史灾害数据均表明,在过去 20 年间,灾害发生频率呈上升趋势(Scheuren et al., 2008)。全球范围内,1988~2006 年,洪水和风暴发生频率每年大约增长 7%,在 2000 年和 2007 年则增长了 8%,这些自然灾害所造成的人员伤亡和经济损失也相应增加(Emanuel, 2005)。据美国国家科学委员会(NRC, 2006)报告显示,灾害造成的经济损失在 20 世纪 60~90 年代快速增长。在发展中国家,灾害损失在许多情况下甚至超出国民生产总值的 3%,并引发严重的经济危机,而自然灾害所造成的人员死亡也集中在发展中国家。例如,在 20 世纪 90 年代全球由自然灾害造成的 880 000 的人口死亡中,90%是在发展中国家(Perrow, 2007)。

灾害综合风险防范已成为当前风险科学研究的核心与前沿领域,需要对新的概念、新的理论、新的技术和新的管理模式进行全面创新性探索。国际风险防范理事会(International Risk Governance Council, IRGC)把“防范(governance)”定义为执行权利和进行决策过程中涉及的行为、过程、传统与制度。广义上,“风险防范(risk governance)”涉及对风险的识别、评估、管理与沟通,包括行为者、规则、惯例、程序和机制的全体,涉及如何对相关风险信息进行收集、分析与沟通,以及如何进行管理决策(IRGC, 2008)。

^{*} 本章执笔人:北京师范大学的史培军、方伟华、石先武。

面对来自自然或社会及人为的各重风险，作为直接服务于社会和经济安全的灾害风险科学，要从理论和实践等多方面，加快综合风险防范科学、技术、管理与应用的研究。在灾害风险综合防范研究中，综合风险防范信息集成平台是连接理论与地区及行业综合风险防范应用的核心。

中国自然灾害种类多、分布地域广、发生频率高、造成的损失重，未来极端灾害事件发生概率增大，自然灾害风险形势严峻。如何应对自然灾害、全球变化、生态环境等各类风险，形成符合中国特点的灾害综合风险防范体系等领域的研究，受到学术界的高度关注。

1.1.1 综合风险防范国际研究进展

综合风险防范（integrated risk governance, IRG）研究与减灾、应急响应与风险管理实践密切相关。自 20 世纪第 42 届联合国大会（1987 年 12 月 11 日）宣布将 20 世纪的最后十年定为“国际减轻自然灾害十年（international decade for natural disaster reduction, IDNDR）”以来，在这 20 年内，世界各国的科学家、商业界和政界人士，以及相关的政府和非政府组织，从不同的角度开展了一系列涉及灾害综合风险防范的科学研究，并组织实施了一系列的综合减灾和灾害风险防范工程（UNISDR, 2010a）。

1. 联合国强调综合灾害风险防范能力建设

在快速和日益高度全球化的今天，传统风险的衍生动态与影响路径在改变，同时新的风险又不断涌现，挑战人类应对能力的极限。从冷战期间的核威慑到今天的计算机网络黑客、纳米技术、次贷危机和全球气候变化，这些由社会经济和科学技术的发展所带来的潜在风险，一旦发生，都将远远超出目前社会的防范能力。而地球自然环境系统的一些突发事件，如地震、海啸和飓风等的出现，也会造成人类社会的高度震荡。为更好地应对由巨灾所造成的风险，联合国曾先后在日本横滨（1994 年）和神户（2005 年）召开过两次世界减灾大会，发表了《横滨宣言》和《神户宣言》。前一宣言的目标是建设一个让世界更安全的 21 世纪，强调动员一切可以动员的力量，促使联合国减灾十年目标（IDNDR）的实现；后一宣言是在前一个战略与行动执行评价的基础上，进一步阐述促进全世界可持续发展与减轻灾害风险的关系，号召联合国各成员国，要高度关注因全球环境变化可能引发的各种灾害风险的频发与加剧，以及由此对实现全球可持续发展目标带来的巨大障碍，高度重视加强国家和社区的抗灾能力。

联合国国际减灾战略（international strategy for disaster reduction, UNISDR）的实施，明确提出了必须建立与风险共存的社会体系，强调从提高社区抵抗风险的能力入手，促进区域可持续发展（UNISDR, 2004）。由于受全球环境变化的影响，特别是全球变暖的影响，一些小岛国以及沿海地区的发展中国家，应对灾害的脆弱性比较大，灾后恢复能力与适应灾害的能力都比较弱，从而使其承受的全球环境变化的风险更加严峻。因此，在联合国提出的千年发展目标中，把发展综合风险防范的科学与技术，减轻各种灾害的影响，提高应对各种灾害风险的能力作为保证人类社会可持续发展的一项重要措施。联合国国际减灾战略秘书处（ISDR）还进一步推进《2005～2015 年神户行动框架》，并于 2007 年，建

立了全球减轻灾害风险平台（GP/DRR），旨在提高减轻灾害风险的意识，共享应对巨灾风险的经验，指导实施国际减轻灾害战略体系等。

2007年联合国开发署发起了全球风险识别计划（GRIP），该计划为联合国国际减灾战略（UN-ISDR）执行兵库行动框架（Hyogo Framework）的主要平台之一。GRIP的目的是减轻全球高风险区域自然灾害的相关损失，以提高区域的可持续发展。研究领域包括开发风险评估能力，全球、国家、区域尺度风险评估，扩展与完善灾害损失数据，国家示范案例研究，全球风险更新五个方面。

2. IRGC 高度重视风险防范制度设计

国际风险防范理事会（International Risk Governance Council, IRGC）是在瑞士政府倡议并出资支持下，于2003年6月以基金会的形式在瑞士成立的。2004年6月30日在日内瓦正式召开了挂牌成立大会。IRGC是一个非政府、独立的非营利性组织，旨在为风险科学评估建立一个国际科学辩论的平台，形成协商机制，对科技发展与风险管理进行研究，为发展中国家和发达国家的公众、私营和公立部门提供风险防范方面的服务。

一方面，IRGC强调科学技术在以前所未有的速度发展的同时，不确定性变得越来越复杂，无论是对地区还是全球都可能带来较大的影响（利益和风险）；而另一方面，科学技术的发展和公众对它们的理解之间的距离正在不断加大，因此有必要建立一个科学、技术、风险、政策与公众之间可以进行科学交流的平台。IRGC的研究领域广泛，具体的风险领域包括核心的基础设施、基因工程食品和饲料、纳米技术、食物安全、生物多样性、气候变化、大型管理机构、传染性疾病、物质滥用、核能系统、运输系统、人工智能和机器人领域、化学物质的管理等。IRGC科技委员会在广泛的研究课题中，首先选择了两个：“重大基础设施风险管理”（critical infrastructures）和“风险管理分类及综合风险管理方法”（taxonomy of risks and risk governance approaches）。2005年这一组织在中国北京召开理事会年会，会议讨论主题如下：跨界风险——需要进行多角度探讨；风险事务——一个综合框架；气候变化与风险；处在风险中的基础设施；中国风险事务与可持续发展；应急技术中的风险事务；人类健康与环境的新挑战；自然灾害风险管理——从理论到行动。

2004年IRGC工作组对20多个国际风险和风险管理识别方法进行分析，提出了一套新的风险分类、评价的体系和综合风险防范模式；2005年IRGC正式出版了《风险防范——一种综合方法》的白皮书，对“风险防范框架”的内涵进行了详细描述。风险防范框架由五个要素组成：风险前评估、风险应对与评估、风险估计、风险管理和风险沟通。IRGC在最近完成的综合风险防范（IRG）框架中强调了对综合风险因素分类的新体系，即将综合风险因素划分为四类：简单的风险、复杂的风险、不确定的风险与不明确的风险，并提出了对这四类风险因素进行综合防范的风险前评估技术、风险综合评价技术、风险综合管理技术的集成体系。由此可以看出对综合风险防范的科技着眼点集中在识别与防范新的风险因素上，即由传统的公共安全风险管理技术转向全球环境变化、全球化与区域化、能源与淡水短缺、食物供应不足、技术发明与市场波动等综合风险防范技术（IRGC, 2010a）。

3. IHDP 启动了综合风险防范研究科学计划

开展全球变化条件下的综合风险研究, 不仅对防范巨灾风险有重要的实践价值, 而且对发展地球系统科学, 促进区域和全世界可持续发展也有重要的理论和实践价值。为此, 迫切要求我们必须从科学发展观的高度, 重新审视国际减灾战略, 即从单一灾害风险防范到综合灾害风险防范; 从减轻灾害风险到转移灾害风险; 从区域灾害风险防范到全球灾害风险防范 (UNISDR, 2005)。通过控制、减轻、转移和适应风险等多种综合风险防范技术, 促进主要高风险行业和地区的综合风险防范体系的建设, 进而支撑区域可持续发展, 并实现人与自然、人与社会和谐发展的目的。因此, 加强综合风险防范的国际科学合作研究, 提出综合风险防范的国际合作项目, 通过优化整合国际相关力量, 探讨应对由全球变化引发的巨灾风险, 探讨由全球变化所引起的各类灾害风险的形成机制, 并寻找适应性对策, 加深理解全球变化对人类的影响, 实现科学发展, 这对中国乃至世界的可持续发展模式的建立均有着极为重要的意义。

鉴于开展综合风险防范研究的重要理论与实践意义, CNC-IHDP 迅速开展了相应的工作。2006 年 11 月上旬, 借 IHDP 科学委员会在北京组织中国区域研讨会 (IHDP China Regional Workshop, Beijing, Nov, 5-7, 2006) 之际, 由 CNC-IHDP 主席刘燕华研究员、秘书长葛全胜研究员代表中国 IHDP 国家委员会正式向 IHDP 科学委员会提出建立 IHDP 综合风险防范 (Integrated Risk Governance, IRG) 核心科学计划的建议。在北京 IHDP 中国区域研讨会上, CNC-IHDP-RG 工作组组长史培军教授在总结介绍中国综合灾害风险科学研究成果的基础上, 提出了建立国际综合风险管理核心科学计划的基本框架。IHDP 科学委员会主席 Young 教授特别明确指出, 新的核心科学计划设置要突出体现全球环境变化与风险防范的关系, 要与已有的核心科学计划有明显的区别, 并要有特色和多学科参与, 且要为联合国千年目标的实现作贡献。在 IHDP 科学委员会的协调组织下, 成立了由北京师范大学史培军教授和德国波茨坦气候影响研究所 Carlo Jaeger 教授任联合主席, 由中外 30 名专家组成的“综合风险防范科学计划”工作组。该工作组于过去的三年多时间里, 在美国、中国和德国组织了多次研讨会和报告编写会, 最终在 2008 年 9 月按期完成了“综合风险防范”核心科学计划书 (初步版), 2008 年 10 月在印度新德里召开的 IHDP 科学委员会上获得通过, 2009 年 4 月在德国 IHDP 科学大会上正式公布。“综合风险防范”核心科学计划也于 2010 年正式出版 (IHDP, 2010)。

4. 其他国际组织综合风险防范研究

世界银行 (World Bank) 高度关注综合风险问题研究。相继组织各国和地区的专家, 完成了一批很有影响的关于综合风险防范的书籍 (Dilley et al., 2005; World Bank, 2010)。例如, 自然灾害高风险区——全球风险分析 (Dilley et al., 2005), 建立安全的城市——灾害风险的未来, 发展中国家的风险管理 (Kreimer et al., 2003), 在应急经济中管理灾害风险 (Constantijn and Claessens, 1993) 和应用风险金融和基金保险手段管理巨灾风险 (Pollner, 2001)。

国际科学理事会 (International Council for Science, ICSU) 启动了灾害风险综合研究科

学计划。ICSU 于 2008 年提出,并于 2010 年正式启动了一个关于灾害风险综合研究的科学计划 (ICSU, 2008),关注自然和人为的环境灾害风险。该计划的目标为:对致灾因子、脆弱性和风险的理解,即对风险源的识别、致灾因子预报、风险评估和风险的动态模拟;理解复杂而变化的风险背景下的决策,即识别相关联的决策系统及其之间的相互作用,理解环境灾害背景下的决策和提高决策行为的质量;通过基于知识的行动减轻风险和控制损失,即脆弱性评估和寻求减轻风险的有效途径。为了实现上述目标,该计划强调重视能力的建设,即编制灾害地图的能力,应对不同灾害种类的不同减灾水平的能力,持续改进设防水平的能力。与此同时,重视案例研究和示范,以及灾害风险评价、数据管理和监测,特别重视应用地方行动评价全球和利用全球行动评价地方的技术路线。ICSU 在提出这一科学计划时强调灾害影响的全球性、社会—人文因素在灾害风险形成中的作用,全球变化对灾害风险形成的作用。并从科学角度阐述了该研究计划的着眼点,即集中在风险和减轻灾害风险方面,需要对各种灾害(链)进行多学科、多尺度的综合探讨,重视数据、信息服务能力建设和共享在该计划中的重要性。

IIASA-DPRI 综合灾害风险管理论坛。由国际应用系统分析研究所 (International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA) 和日本京都大学防灾所 (Disaster Prevention Research Institute, DPRI) 共同发起并已连续举办了九届 IIASA-DPRI 综合灾害风险管理论坛 (IIASA-DPRI Forum on Integrated Disaster Risk Management),从 2001 年起就开始关注综合灾害风险管理的集成研究,试图建立综合灾害管理体系,并提出了综合灾害管理的“塔”模式和“行动—规划—再行动—再规划”的减灾响应模式 (DRH, 2010)。

另外,不同领域的国际组织对综合风险防范也进行了研究,如经济合作与发展组织 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 建立关于巨灾风险的金融管理国际网络 (OECD, 2007); IPCC 高度重视全球气候变暖可能造成的灾害风险研究,其对于揭示全球环境变化与全球风险增加之间的产生机制和演变过程,对制定综合风险防范的对策都有着极为重要的价值 (史培军等, 2009); WTO 高度重视全球化可能造成的经济与社会风险 (Dilley et al., 2005; World Bank, 2006); 2005 年联合国在日本神户举办第二次世界减灾大会后,一个综合探讨减轻灾害风险的国际性学术会议于瑞士达沃斯举行,并进一步发展成为与“达沃斯世界经济论坛”齐名的“达沃斯全球风险论坛” (International Disaster and Risk Conference, IDRC DAVOS) (每两年举行一次全球性大会和一次区域性大会) (UN-ISDR, 2010b)。

尽管如此,将综合风险防范与全球环境变化和全球化联系在一起,开展综合风险防范研究工作是近几年才悄然兴起的一个综合性研究领域,也是一项整合自然科学、社会科学、工程技术专家、产业界与商业界人士以及政策制定者为一体的跨学科综合研究前沿科学。所有这些与综合风险防范研究相关的学术交流,正在促成一门新的综合学科,即灾害风险科学的形成。

1.1.2 中国综合风险防范研究进展

2003 年 SARS 爆发以后,中国政府高度重视公共安全的应急管理问题,由此大大地提

高了对防范各种风险的关注。不论是从机构的建设、各类相关规划与计划的推出，还是从科技、教育和文化等多方面，都加快了对各类风险的防范，特别是高度关注因全球环境变化可能引发的重大风险问题的防范工作。

1. 关注公共安全风险

针对中国过去由各类风险引起的公共安全问题，中国政府把公共安全问题划分为四大类，即自然灾害、生产事故、公共卫生和社会治安，并在国家实施的第十一个五年规划中，把防范各种风险及可持续发展紧密结合起来，大幅度增加了对各类风险的防范研究，特别关注了因全球环境变化可能引起的风险问题的综合研究（MOST, 2010）。诸如，中国政府于2005年公布了国家、部门和地方以及大型国有企业的应急预案（新华网，2010）；在全国气象事业规划中还特别强调了关注全球气候变化和减轻气象与气候灾害，提高全国防御气象灾害风险的能力（2010）；国家减灾委员会不仅加强了关于各种自然灾害的综合防御工作，还专门编制了《国家综合减灾“十一五”规划》（2010）；国务院应急办与国家发展和改革委员会共同主持编制了《“十一五”期间国家突发公共事件应急体系建设规划》（新华网，2010）。

2. 加快综合风险防范

中国开展综合风险防范研究起步较晚，但中国政府高度重视综合风险防范的研究。首先，配合IHDP的学术活动，于2005年正式成立了中国国家委员会（CNC-IHDP），并相继组建了七个核心工作组，其中CNC-IHDP-RG（风险防范组）就是这些核心工作组的一个。该研究组组建以来，不仅完成了中国风险管理研究报告（CNC-IHDP, 2010），并协助组织了多次国际研讨会，发表了大量研究成果，对推动中国政府、企业、社区及公众关注全球环境变化与减轻各种灾害风险的影响，均起到了积极的作用（刘燕华和葛全胜，2005；史培军等，2006a, 2006b）。

其次，在国家科技支撑计划和国家自然科学基金的资助下，综合风险防范研究得到了迅速的发展。科技部通过国家“十一五”科技支撑项目《综合风险防范关键技术与示范》（2006BAD20B00），系统开展综合风险分类体系与标准、综合风险评价模型体系、综合风险防范关键技术、综合风险防范之救助保障体系与保险体系，以及诸如全球气候变化与全球化、能源与水资源保障、食物与生态安全等风险的诊断、评价与防范措施等的深入研究。本书正是该项目的系统总结，也是笔者对当前综合风险防范科学与技术及其应用示范的理论与方法论的要述。另外，中国保险监督管理委员会还组织有关单位完成了中国国家风险管理研究报告（吴定富，2007，2008，2009，2010）。

3. 重视中国巨灾风险防范的研究

针对中国近年巨灾频发的现状，重点探讨由自然致灾因子（强烈地震、台风和暴雨、洪涝灾害等）引发的巨灾风险防范中的重大科技问题，诸如巨灾形成机制、巨灾发生与发展过程和动力学、巨灾风险转移措施、巨灾风险防范模式等。与此同时，由国家减灾委员会、民政部、经济合作发展组织（OECD）和联合国国际减灾战略（UN-ISDR）主办，由

民政部国家减灾中心、北京师范大学民政部/教育部减灾与应急管理研究院等承办的“巨灾风险管理高层研讨会”于2008年9月27~28日在北京召开。研讨会围绕巨灾金融管理中的政策和策略,针对巨灾减灾策略与风险转移手段的公私合伙模式,基于巨灾金融管理的风险评估、减灾策略及应急反应,综合减灾与巨灾风险管理等关键论题展开了系统讨论,对促进中国巨灾风险防范起到了重要的作用。另外,注重巨灾风险防范的国际合作交流,揭示全球变化和全球化背景下的巨灾形成与扩散过程,反思世界各国应对巨灾的经验和教训,为完善中国应对巨灾的体制、机制和法制提供借鉴。

1.2 自然灾害风险系统理论

综合风险防范研究中的自然灾害系统研究有着较为深厚的基础。灾害系统理论目前主要有以下几个代表性模型体系,包括RH模型、PAR模型、Turner的脆弱性分析框架、BBC模型和区域灾害系统论等。这些理论从不同的角度抽象了灾害发生发展过程中的关键机制,为我们更好地认识和理解灾害的核心机制提供了依据。

1. RH 模型

RH (Risk-Hazard) 概念模型把致灾因子造成的影响定义为对致灾事件的暴露性和承灾体敏感性的函数,又称“剂量—响应”关系 (Burton, 1993)。该模型在对环境、气候影响评价的应用中,都强调承灾体应对渐发性和突发性灾害事件影响的暴露性和敏感性,关注的焦点是致灾因子和灾难后果。

RH 概念模型存在较大的不足:系统扩大或削弱了致灾因子影响的方式;系统内各部分或各子系统特性的差异将会导致致灾后果的多样性;政治经济尤其是社会结构和制度,这些属于灾害应对能力的部分,在缓解不同的系统暴露性及灾害结果的过程中扮演着重要的角色。

2. PAR 模型

Blaikie、Wisner 等提出了 PAR (Pressure-and-Release) 概念模型 (Blaikie, 1994; Wisner, 2004),即“压力—释放”模型。在该模型中,脆弱性被定义为个人或群体对自然致灾因子影响的应对、抵御、恢复的能力的特性,灾害被明确定义为承灾体脆弱性与致灾因子(扰动、压力或冲击)相互作用的结果。

他们提出了脆弱性累进的概念,主要是由根本原因、动态压力和不安全条件三个部分组成。其根本原因是改善社会的经济、政治和权力的过程,主要是资源获取的有限性和政治与经济系统形态的不健全。动态压力是将根本原因转成不安全条件的通道,主要表现在人口增长、快速城市化、森林退化、土壤退化、社会体系不完善、人员培训的缺乏、地方投资环境和资本市场条件的不足等方面。不安全条件是与致灾因子相连的、在一定时空范围内脆弱性的表现形式,如环境的易损性、地方经济的易损性和备灾能力的缺乏。

PAR 模型将致灾因子和脆弱性累进的结果进行了耦合,表达了灾害风险的含义,侧重于承灾体脆弱性的研究。该模型重点从人为因素的角度表达了承灾体脆弱性形成的过程,

但对于致灾因子对承灾体系统的影响和作用的机制没有清楚地表达,同时缺乏阐述承灾体系统的反馈作用,使得整个灾害系统的完整性和机制性有一定的不完备性。不过,该模型加强了承灾体脆弱性形成过程的动态思想,为灾害系统研究的进一步深入提供了理论基础。

3. Turner 的灾害脆弱性分析框架

Turner 着重研究了灾害中的承灾体脆弱性,从脆弱性的三个尺度(地方、区域和全球)对系统脆弱性的形成过程和反馈机制进行了探讨研究,较为系统地揭示了承灾体脆弱性的特性(Turner, 2003)。

在地方尺度上,脆弱性是暴露性、敏感性和恢复性三部分相互作用关系的体现,暴露性包括个人、家庭、阶级、社会或生态系统暴露的广度、频度和时间度等,敏感性是指人文系统与环境系统的相互作用的状态和对灾害应对与响应的能力,恢复性是对灾害应对与响应、灾害的影响与响应的程度和对灾害的调整或适应与响应三部分之间合理作用的能力。而在区域和全球的尺度上,地方尺度上的脆弱性的响应和调整对较大尺度上的社会和自然系统的作用,将反馈到致灾因子特征的变化上来,而这种变化将对地方尺度上的承灾体产生作用,进而形成不同尺度之间的互馈。

Turner 的灾害承灾体脆弱性分析框架比较系统地强调了系统脆弱性形成的过程及反馈机制,阐述了不同尺度间的脆弱性关系,对系统地研究灾害形成发展机制,尤其是在尺度转换的角度有着重要的意义。但该理论中涉及致灾因子的内容比较少,从灾害系统的角度来看,略显不够全面。

4. BBC 模型

BBC 模型(Birkmann, 2005)把“致灾因子—脆弱性—风险”之间的关系通过影响链联系在一起,致灾因子和脆弱性为其中的核心部分。同时,也把风险管理的部分整合到灾害系统中。

致灾因子作用于多维度的承灾体中,包括环境圈、社会圈和经济圈,暴露性的程度是靠在特定区域通过特定应对能力来降低的。风险就是这些复杂灾害过程的产物,其可以通过环境风险、社会风险和经济风险三个方面来表达。对于反馈过程,脆弱性在备灾的时候直接影响风险管理,而环境风险、社会风险和经济风险对风险管理的影响是在灾害发生或应急管理的时候才表现出来。通过灾害反馈的风险管理措施,从环境圈、社会圈和经济圈三个部分分别调整承灾系统,从而降低各个系统的脆弱性,进而降低风险。社会应对的能力也就随之得到发展,进而越来越多的复杂的经济、社会 and 环境的降低脆弱性的策略也会加强。

BBC 灾害系统风险模型,从灾害系统的角度,以致灾因子和脆弱性为核心,从环境、社会和经济三个方面将灾害系统和灾害风险及灾害风险管理结合在一起,既包括了风险的形成也阐述了灾害风险对灾害系统的反馈机制。无论从灾害系统的角度看,还是从灾害风险的角度看,该模型都很好地阐述了各个灾害因子的关系,为研究灾害系统内部的机制以及风险评价提供了重要参考依据。不过,对于渐发性灾害,该模型在灾害过程中对压力累

积效应的评价考虑还不明确；对于灾害的应对能力，只考虑了脆弱性中的部分，没有考虑致灾因子的应对能力的部分，略显不足。

5. 区域灾害系统论

对区域灾害系统形成与演变规律的认识，一直是对灾害系统整体行为综合理解的关键。史培军提出了区域灾害系统理论的基本框架，即灾害系统的分类体系、灾害链、灾害评价、形成过程、动力学及减灾模式等（史培军，2002）。

区域灾害系统的结构体系（DS）是由孕灾环境（E）、致灾因子（H）、承灾体（S）复合组成的，即 $DS = E \cap H \cap S$ 。而由孕灾环境稳定性（S）、致灾因子风险性（R）和承灾体脆弱性（V）共同构成了区域灾害系统的功能体系（Df）。

区域灾害系统理论认为致灾因子、承灾体与孕灾环境在灾害系统中的作用具有同等的重要性，即在一个特定的孕灾环境条件下，致灾因子与承灾体之间的相互作用功能集中体现在区域灾害系统中致灾因子风险性（R）与承灾体脆弱性（V）和恢复性（Ri）之间的相互转换机制（Dft）方面。

对于灾害评价则包括灾情估算与风险评价两个方面。灾情估算应该用灾害造成的实物量损失来估计。灾害风险评价包括广义与狭义两种类型，前一种模型是对灾害系统可能造成的风险估计，后一种则仅对致灾因子造成的风险进行评价，即假定承灾体的脆弱性与恢复力在一定时间内是相对不变的，仅评价不同水平致灾因子发生的可能性及其造成的损失。灾害形成过程包括由突发性致灾因子引发的灾害动力学过程，如地震灾害过程，以及由渐发性致灾因子累积形成的灾害生态学过程，如干旱灾害过程。该理论特别强调了由人为因素驱动的灾情分散与转移过程构成的综合灾害过程。

区域灾害系统论，从灾害系统的组成、结构、功能及其内在的关系，以及灾害及风险的形成过程等方面进行灾害系统的研究，囊括了突发性和渐发性灾害发生发展过程中的主要因子及其内在机制，是目前发展较为全面的一套灾害系统研究的理论。

通过对各灾害理论主要模型和模式的探讨研究，各个理论各有其侧重点，不过基本上包括了以下几个方面的内容：①灾害系统和灾害风险中的主要因子涉及致灾因子、承灾体脆弱性、暴露性、孕灾环境和风险等；②承灾体脆弱性是灾害系统内的核心，致灾因子是导致灾害发生的外界因素；③灾害系统内部之间相互作用的机制性的揭示；④灾害风险是致灾因子、承灾体脆弱性和暴露性等因子共同作用的结果。

总体上讲：①灾害理论的研究已经越来越系统和综合；②灾害理论的研究已经重点强调灾害过程和灾害形成机制的研究；③灾害风险的研究已经成为灾害理论研究的重要内容。

1.3 自然灾害风险评估方法

笔者面向自然灾害风险、风险等级、相对风险等级，以及综合自然灾害风险等级评估，在国家“十一五”科技支撑课题“综合风险防范技术集成平台研究”支持下，通过对以往灾害风险概念框架以及定量半定量评估框架进行系统梳理，立足中国灾害风险研究的数据完

备程度和理论研究进展现状，提出了中国自然灾害风险评估系统的构成（图 1-1）并明确了对各要素进行定量评估的方法。

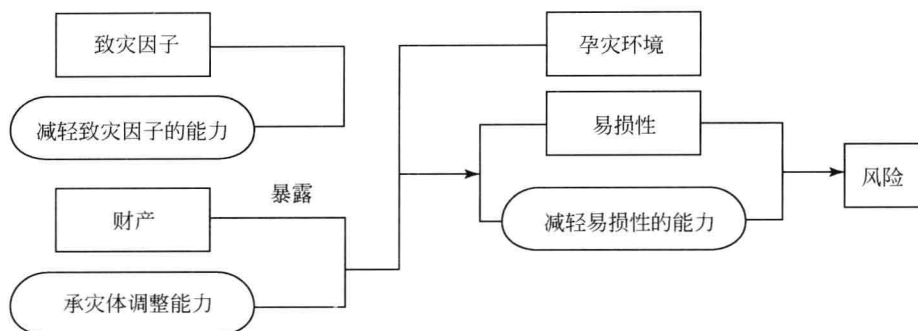


图 1-1 中国自然灾害风险评估系统的组成

从框架构成上来看，综合风险系统包括孕灾环境稳定性评价，致灾因子的强度和频率，承灾体的分类、数量及分布，承灾体的暴露性或脆弱性，降低致灾强度或频率的能力，调整承灾体时空分布格局的能力，降低承灾体脆弱损性的能力等要素。

1. 致灾因子危险性

致灾因子是指可能造成财产损失、人员伤亡、资源与环境破坏、社会系统混乱等孕灾环境中的异变因子，包括自然、人为和环境三个系统（史培军，2002）。Alexander 认为致灾因子是能够引发灾害的极端地理事件（Alexander，2000）。致灾因子是一种对一些人或物有潜在损害或其他不期望的结果的现象（Multihaz and Mitigation Council，2002）。致灾因子是在某一个特定的时间段和特定区域，具有潜在破坏的自然现象，从风险的角度，认为致灾因子是在某一个特定强度下，灾害事件发生的可能性（Cardona，2003）。致灾因子是对某一系统的突发性（perturbation）或渐发性（stress）的威胁及其产生的结果（Turner，2003）。致灾因子是一种可以引起生命伤亡、财产损失、社会和经济混乱、环境退化的潜在破坏性的自然事件、自然现象或者人类活动（UN-ISDR，2004）。致灾因子是那些发生在生物圈内的可以形成破坏性事件的自然过程或现象（UNDP，2004）。致灾因子是一种有威胁的事件，或者是在给定时期和区域有潜在破坏发生可能的现象（EEA，2005）。

从这些致灾因子的概念中，可以归纳出致灾因子的本质特点：①自然或人为的一种可能成灾的事件；②对特定生命体、财产、社会、环境等承受体可能构成破坏的威胁；③包括突发性或渐发性的两种类型，如地震、台风和洪水就是突发性威胁事件，干旱就是渐发性的威胁事件；④从风险的角度，致灾因子可以通过特定区域内对承灾体可能造成威胁的事件的强度—概率关系进行刻画。

2. 承灾体分类及分布

承灾体是各种致灾因子作用的对象，是人类及其活动所在的社会与各种资源的集合（史培军，2002），包括人类本身、生命线系统、各种建筑物及生产线系统，以及各种自然资源（史培军，1996）。承灾体分类体系，应按照受灾对象的不同，在基础类别上保持与