

区域灾害系统与 台风灾害链风险防范模式 ——以广东为例

| 王静爱 周洪建 袁 艺 史培军 著 |

中国环境出版社

区域灾害系统与台风灾害链风险防范模式

——以广东为例

王静爱 周洪建 袁 艺 史培军 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

区域灾害系统与台风灾害链风险防范模式: 以广东为例/王静爱等著. —北京: 中国环境出版社, 2013.8

ISBN 978-7-5111-1521-8

I. ①区… II. ①王… III. ①台风灾害—灾害防治—研究—广东省 IV. ①P425.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 161110 号
审图号 GS (2013) 1327 号

出品人 王新程
责任编辑 王 焱 李恩军
责任校对 尹 芳
封面设计 金 喆

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 8 月第 1 版
印 次 2013 年 8 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 12 插页 20
字 数 320 千字
定 价 45.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前言

全球气候变化背景下，自然灾害风险进一步加大，重特大自然灾害接连发生，造成大量人员伤亡和财产损失，严重影响经济社会的可持续发展。频发的灾害事件表明，每发生一种重特大自然灾害时，总会诱发一系列的次生灾害，最终汇集成强大的破坏力。由一种灾害引起另一种灾害，形成链性反应和错综复杂的灾害作用，其破坏性往往超过了单一灾种的破坏性，容易形成巨灾。当前，社会各界日益认识到，从自然灾害链的角度开展灾害综合研究，更加有效地推动灾前准备、灾中应急和灾后恢复重建工作，减少由灾害链带来的损失变得尤为重要。同时，随着国际减灾战略的深入实施和全球灾害风险形势加剧，国际减轻灾害战略（UN/ISDR）也明确提出当前及今后一个时期内，“适应灾害风险和提高减灾能力”并重，包括“适应性”在内的综合风险防范已成为提升区域灾害风险防范能力的重要举措。

中国东南沿海的上海、浙江、福建、广东、海南 5 省（市）位于世界上最大的大陆——亚欧大陆和世界上最大的大洋——太平洋间的海陆过渡地带，是台风灾害链影响严重的地区之一。中国改革开放 30 多年来，东南沿海经济快速发展、人口和财富高度集中，5 省（市）以占全国不足 5%的土地面积承载着全国 17%的人口和产出 27%的国内生产总值（GDP）。与此同时，东南沿海各类自然灾害频发，并转变为一个高增长和高风险并存的时期，尤其是台风及其引发的风暴潮、暴雨洪涝、滑坡/泥石流等灾害链，已对该地区人口和经济社会发展构成严重威胁。面对严峻的灾害风险形势，有效减轻和长期适应台风灾害链及其影响，成为中国沿海地区迫切需要解决的重大现实问题之一。

本书以区域灾害系统为基础，重点阐述区域自然灾害链、灾害风险防范与适应的基本模式，以台风灾害链为主要研究对象，详细分析台风灾害链的形成过程、损失分布和风险评估，建立了区域台风灾害链风险防范模式。全书共分为 6 章，分别阐述了灾害链与综合风险防范的基本理论，中国东南沿海台风灾害链与综合防范对策，广东台风灾害链系统，广东台风灾害链风险防范——工程与非工程模式，广东台风灾害链风险防范——管理模式以及区域台风灾害链风险防范——防灾减灾队伍培训模式。本

书紧扣灾害领域研究的热点与前沿问题——灾害链与综合风险防范，以对中国经济发达的东南沿海地区造成较大经济损失和社会影响的台风灾害链为例，深入探讨了风险评估与综合风险防范模式，对区域灾害系统理论予以完善，并探讨了减轻重大灾害链损失的具体措施和途径。

本书研究成果主要是在中英瑞（士）“中国适应气候变化”（Adapting to Climate Change in China, ACCC）项目、国家自然科学基金面上项目（41171402）、国家自然科学基金青年基金项目（41201553）资助下完成的。王静爱教授主要负责全书的构架和组织编写工作；本书各章分工负责：第一章周洪建、史培军；第二章王静爱、袁艺；第三章王静爱、周洪建；第四章周洪建、王静爱；第五章史培军、王静爱；第六章王静爱、袁艺。最后由史培军教授统稿。

本书在撰写过程中，先后得到民政部优抚安置局邹铭博士、民政部办公厅张卫星博士、民政部国家减灾中心范一大博士、张晓宁副主任等领导的指导和支持，同时还得到北京师范大学区域地理研究实验室、环境演变与自然灾害教育部重点实验室和地表过程与资源生态国家重点实验室的支持，广东省民政厅、广东省气候中心、深圳市民政局、清远市民政局在本项目执行期间给予了多方面的关照和帮助；全书图件绘制由星球地图出版社的陈思完成，在此一并表示衷心的感谢！由于作者能力有限，书中不足之处敬请读者批评指正。

王静爱

2013年3月

目 录

第 1 章 自然灾害链与综合风险防范	1
1.1 全球变化与适应性	2
1.2 自然灾害的适应性	4
1.3 区域灾害系统与风险防范	8
参考文献	24
第 2 章 中国东南沿海台风灾害链与综合灾害风险防范对策	29
2.1 东南沿海自然灾害系统	31
2.2 东南沿海台风与台风灾害链	44
2.3 东南沿海台风灾害链风险与区划	59
2.4 东南沿海综合台风灾害链风险防范对策	60
参考文献	62
第 3 章 广东台风灾害链	65
3.1 广东自然灾害系统	66
3.2 广东台风及台风灾害链风险	82
3.3 广东台风灾害链综合风险防范	88
参考文献	92
第 4 章 广东台风灾害链风险防范——工程与非工程模式	93
4.1 广东台风灾害链风险防范的工程模式	94
4.2 广东台风灾害链风险防范的非工程模式	99
4.3 广东山洪与滑坡/泥石流灾害风险防范的土地利用模式	104
4.4 深圳台风灾害链风险防范的生态工程模式	110
参考文献	115
第 5 章 广东台风灾害链风险防范——管理模式	117
5.1 广东台风灾害链风险防范的管理模式	118
5.2 广东台风灾害链风险防范的分区管理模式	123

5.3 广东台风灾害链风险防范的分时管理模式	131
5.4 广东台风灾害链风险防范的分级管理模式	135
5.5 广东台风灾害链风险防范的分担模式	146
参考文献	150
第6章 区域台风灾害链风险防范——防灾减灾队伍培训模式	151
6.1 区域台风灾害链风险防范人员培训	152
6.2 基于区域灾害系统理论的区情人员培训模式	159
6.3 面向学校教师的灾害风险防范培训模式	163
6.4 面向基层灾害信息员的灾害风险防范培训模式	169
6.5 面向灾害管理人员的灾害风险防范培训模式	173
6.6 面向志愿者的灾害风险防范培训模式	179
参考文献	182

全球气候变化背景下，自然灾害风险进一步加大，重特大自然灾害接连发生，造成大量人员伤亡和财产损失，严重影响经济社会的可持续发展。频发的灾害事件表明，每发生一种重特大自然灾害时，总会诱发一系列的次生灾害，最终汇集成强大的破坏力。由一种灾害引起另一种灾害，从而形成连锁反应和错综复杂的灾害作用，其破坏性往往超过了单一灾种的破坏性，容易形成巨灾。

当前，社会各界逐步认识到，从自然灾害链的角度开展灾害研究，可以有效地推动灾前准备和灾中应急，减少由灾害链带来的损失。同时，随着国际减灾战略的深入实施和全球灾害风险形势的加剧，国际减轻灾害战略（UN/ISDR）也明确提出当前及今后一个时期，“适应灾害风险和提高减灾能力”并重，包括“适应性”在内的综合风险防范已成为区域提升灾害风险防范能力的重要举措。本章从全球变化与适应性的概念入手，系统综述了近年来国际社会对区域灾害系统与风险防范、自然灾害的适应性等方面的研究进展。

^① 本章作者：周洪建（民政部国家减灾中心）、史培军（民政部-教育部减灾与应急管理研究院）、余瀚（北京师范大学地理学与遥感科学学院）、雷永登（北京师范大学地理学与遥感科学学院）、尹衍雨（北京师范大学地理学与遥感科学学院）、王静爱（北京师范大学地理学与遥感科学学院）。

1.1 全球变化与适应性

1.1.1 全球变化

全球变化(Global Change)是指对人类现在和未来生存与发展有重要的直接或潜在影响、由自然因素或人类因素驱动、在全球范围内所发生的地球环境的变化,或与全球环境有重要关联的区域环境的变化。全球变化研究的科学目标是描述和理解人类赖以生存的地球环境系统的运转机制以及它的变化规律和人类活动对地球系统的影响,从而提高对未来环境变化及对人类社会发展影响的预测和评估能力(叶笃正, 2002),其研究对象包括地球大气圈、水圈、生物圈和岩石圈之间的物理、化学、生物的作用过程,以及任何环境之间的相互作用过程(陈宜瑜等, 2002)。

“全球变化”一词最早于 20 世纪 70 年代为人类学家所使用,当时的国际社会科学团体使用“全球变化”表述人类社会、经济和政治系统愈来愈不稳定,特别是国际安全和生活质量逐渐降低这一特定现象。至 20 世纪 80 年代,自然科学家借用并拓展了“全球变化”的内涵,将其概念延伸至全球环境,即将地球的大气圈、水圈、生物圈和岩石圈的变化纳入“全球变化”范畴,用以强调地球系统的变化(Pernetta, 1995)。自此“全球变化”作为一个明确的术语开始在科学文献中频繁出现,对全球变化的概念和认识也不断发展。美国 1990 年通过的《全球变化研究法案》将全球变化定义为“可能改变地球承载生命能力的全球环境变化(包括气候、土地生产力、海洋和其他水资源、大气化学以及生态系统的改变)”。巢清尘(1999)认为全球变化研究是一门跨地球科学、环境科学、生物学、天体科学、遥感技术以及有关社会科学的综合性、交叉性和系统性的科学体系,其研究对象是地球系统中的物理、化学、生物和人类等子系统过程及其相互作用。叶笃正(2002)认为全球变化是 20 世纪 80 年代开始关注 10~100 年尺度上全球范围变化的一个新兴科学领域。葛全胜等(2000; 2004)提出,全球变化问题主要是研究人类活动造成的温室气体增加与近百年全球变暖之间的关系,但由于这个问题涉及多学科、多部门的相互配合,现已演变成一个包括科学、社会、经济、外交、法律等诸多方面的综合性问题,需要以集成的方法开展研究。全球变化主要包括大气组成变化、气候变化以及由于人口、经济、技术和社会的压力而引起的土地利用的变化 3 个方面(周广胜等, 2004),全球气候变化、全球环境变化和土地利用变化成为全球变化领域的重要概念。

全球气候变化(Global Climate Change)是指气候状态的变化,这种变化可以通过其特征的平均值和/或变率的变化予以判别(如通过统计检验)。这种变化将持续一段时间,通常为几十年或更长的时间,气候变化的原因可能是自然的内部过程或是外部强迫,或是由于大气成分和土地利用中持续性的人为变化(IPCC, 2001)。气候变化在全球变化和全球环境变化概念产生之前就已出现,当时的气候变化主要指地质历史时期或仪器观测的气候记录的变化,还较少关注气候变化对人类的影响。到了 20 世纪中期,气候变化的原因和影响开始受到关注。1975 年,“气候系统”作为一个科学概念被科学界接受,标志着全球气候变化不再仅是与气候学有关的科学问题,而是一个多学科、跨学科的科学主题,与气象学、海洋学、地质学、冰川学、生物学和新技术等诸多学科有着密切联系,但此时气

候变化仍属于自然科学领域的名词。自 20 世纪 90 年代开始,随着全社会对全球变化、全球气候变化和全球环境变化等所指的环境问题的日益关注,以及联合国气候变化框架公约(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)等组织为建立全球一体的气候变化减缓行动所做出的不懈努力,使气候变化跨越科学的界限,成为与政治、外交、经济、健康等密切相关的复杂主题,温室气体、全球变暖等已经成为全球公共问题甚至政治核心问题(秦大河, 2007)。

全球环境变化(Global Environmental Change)主要指涉及人类与环境的相互作用、影响和响应的全球变化,代表性研究计划为全球环境变化的人类因素研究计划(International Human Dimensions Program on Global Environmental Change, IHDP)。Stern 等(1992)出版的《全球环境变化》一书中指出,全球环境变化反映了自然环境系统(包括大气圈、生物圈、水圈等)与人类系统(包括经济、政治、文化和社会技术等系统)之间的相互作用,包括人类直接引起的环境某些方面的改变和环境变化直接影响人类社会的某些领域。

土地利用与覆被变化(Land Use and Cover Change, LUCC)是指人们对土地利用和管理的改变,导致土地覆被的变化,而土地覆被和土地利用变化会对反照率、蒸散发、温室气体的源和汇及气候系统的其他性质产生影响,从而影响局地或全球气候(IPCC, 2001)。叶笃正等(2001)提出了“有序人类活动”的概念,强调有序人类活动是通过合理安排和组织,使自然环境能在长时期、大范围不发生明显退化,甚至能持续好转,同时又能满足当时社会经济发展对自然资源和环境的需求。对土地利用和水利用等方式、种类和时空分布的调整等是人类活动采取主动适应的外在表现。

全球气候变化,尤其是降水、气温、热带气旋和台风等极端气候事件发生频次和强度的显著增加,导致气候灾害损失和风险形势加重。全球经济一体化、经济密度和人口密度的高度聚集化,导致自然环境系统和人类系统之间的相互作用局部加重,以自然灾害为突出特征的环境退化事件也有所增加;推行“有序人类活动”理念,合理调整土地利用和覆被类型,提升区域与全球适应气候变化和环境变化带来的灾害风险的能力,是实现区域乃至全球可持续发展的重要举措。

1.1.2 适应性

适应性(Adaptation)是人地关系地域系统人类主动或被动做出调整,以减轻对自然环境的压力、提升自然环境承载能力的过程与结果,也是对人地系统长期可持续发展能力的衡量。适应性涉及的研究领域比较广泛,有地理学、生态学、气候变化科学等诸多领域,这些领域适应性的含义也呈现多样性,可分为三种类型:

第一种:适应是行动或调整。这种适应性的定义重在阐述适应的过程——将适应看做是个体或者系统为达成某种目标而采取的一系列行动或者调整。Smith 等(1996)和 Burton(1997)将适应理解为调整,即适应是自然或者人类系统的调整,或者个体、组织、政府的行为调整(UNFCCC, 2010),适应性尺度的研究包含了从个体—群体—系统,可以是国家或者个人等,还包含了不同组织水平的行为主体,也称利益相关者,但应该注意到的是不同的利益相关者的适应有时候是互相冲突的,需要对不同尺度上的利益相关者的适应进行协调。

第二种:适应是一种状态或结果。Brook(2003)认为适应性是系统结构、功能和组

织行为的特征,可以增强其处理外部压力的能力。Wheaton 和 Maciver (1999)、Smit 和 Wandel (2006)在对第一种适应理解的基础上进一步将适应界定为适应的行为或者过程以及适应达到的状态。如果将适应的第一种理解看做是系统与环境动态的互馈过程,对适应内涵的第二种理解则可将适应看做是系统经过调整之后所达到的一种状态或者所发展起来的某种特征。

第三种:适应是一种能力。Watts 和 Bohle (1993)使用“适应性”表达处理较短时段和长期“潜在可能”的能力。政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)将气候变化适应定义为系统的实施、运作过程或系统结构在未来可能或实际的气候变化条件下能够做出调整的程度或系统适应能力(IPCC, 2001)。Adger (2000)将适应看做是一种获取资源和人们应对压力的响应能力。该类定义在文献中涉及的最少。如果将适应内涵的第二种理解看做是系统的结构或者状态的外在表现的话,则将适应解读为“系统处置变化的能力”,其所关注的是系统的功能。这种系统的功能可使系统在变化的环境中能够维护系统的稳定,或者有能力将系统从一种状态转换到另一种状态。

众多领域对适应性的关注为开展综合灾害风险防范研究提供了有益的参考。自然灾害系统是地球表层中的“社会—生态系统”,综合灾害风险防范的研究涉及“社会—生态系统”的多个层面,而由于不同层面的行为主体在系统中所起的作用不同,在每个层面上综合灾害风险防范研究所关注的侧重点不同。自然灾害适应性对策是综合灾害风险防范的核心,自然灾害适应性研究中自上而下的影响与适应评价以及自下而上的适应策略与政策研究两种途径并存,但侧重点不同,自上而下的研究方法能够很快识别出区域所面临的自然灾害风险大小,开展分区、分时的技术层面适应;自下而上的研究方法重视对底层不同适应主体的研究,侧重于适应自然灾害研究的社会因素方面,并将底层的适应行为与政策研究相结合,对于识别适应行动的优先领域、推动政府层面制定综合防灾减灾策略,合理布局自然资源开发与进行自然灾害管理非常有效。

1.2 自然灾害的适应性

1.2.1 气候变化适应性

自 20 世纪 70 年代提出气候变化及其对人类社会可能产生的影响起,国际科学界就开始讨论人类社会应如何响应全球变化并采取相应的对策,具体研究方向也从 20 世纪 70 年代的预防和阻止(Prevention)到 20 世纪 80 年代的减缓(Mitigation),再到目前所普遍认同的适应(Adaptation)与减缓并重。适应性已成为全球变化科学的核心概念之一,全球变化的 4 大科学计划——世界气候研究计划(WCRP)、国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)、国际地圈生物圈计划(IGBP)和国际生物多样性计划(DIVERSITAS)都将科学地适应未来环境变化作为人类社会保持可持续发展的重要准则。政府间气候变化专门委员会(IPCC)的历次评估报告也将适应作为人类应对全球气候变化的核心概念和途径。开展全球气候变化的适应性研究,科学认识适应机制,是本领域科学发展的前沿方向和热点问题,具有极重要的理论意义和应用价值。

在不同空间尺度上,社会—生态系统响应自然灾害影响及其适应行为彼此相互关联,

因而在多尺度适应综合研究中，不同尺度的适应主体行为之间的作用机制研究是关键。如，国际应用系统分析研究所（IIASA）和联合国环境规划署（UNEP）提出的气候影响与适应评估方法中，给出了一个不同尺度气候变化影响与适应的概念模型（图 1-1），旨在通过气候变化影响模型和一些经济分析手段，进行气候情景或其他情景对系统的影响与适应分析，分析与评估较低尺度的行为对较高尺度所产生的影响及其响应是概念模型分析的关键，它为进行系统分析适应自然灾害提供了框架，在 IPCC、USCSP（United States Country Studies Program）、UNEP 等国际机构的研究中有所体现，常被用来分析一般的适应过程以及特定的部门适应，如林业、农业、水资源等部门的适应。Smit 等（1996）以农业生产适应气候变化为例，对农场生产以及区域农业生产系统适应气候变化进行了分析，给出了一个农业生产适应概念模型，在这个模型中，农场生产单元不仅受外部环境条件的影响，同时还受内在因素，诸如农民、农户家庭以及农田等诸多因素的影响。而农场的作物产量和生产水平表明了气候变化对土地的影响或者适应的直接效果，并可以通过投入和商品价格转化为经济效益，通过对生产系统变化的模拟来估算区域的总体经济效益。个体的适应或调整导致了区域农业系统的调整。但我们还应该注意，区域的影响和响应不仅仅是一个升尺度问题，社会网络和媒体在区域农业生产变化的速度和范围上都会有影响。为了对区域农业系统和产量的影响进行更好的评估，农户行为以及行为触发因素等都需要梳理清楚。该概念模型被应用于加拿大农业技术适应以及圭尔夫大学的农业系统研究中，但该概念模型各要素之间的关联与作用机制还不明确。同时自然灾害的影响与适应非常复杂，很多影响和适应还受个体、家户、企业等的自然灾害经历、风险感知等的制约，通常难以用影响评价模型以及经济模型等量化。

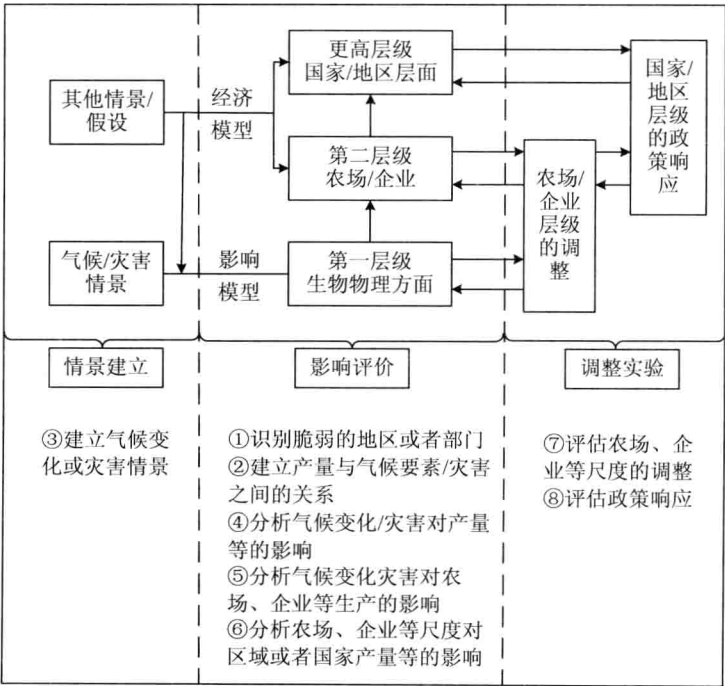


图 1-1 IIASA 和 UNEP 采用的气候影响评估研究方法

基于案例和社会调查的适应实证分析研究有助于理解适应的本质以及适应的过程,通过观测、记录以及重建现在或者过去对气候变化或者灾害的适应。特别是在自然灾害易发地区,已经形成了一定的应对灾害的知识体系和防灾、减灾、预警、防范、应急、恢复等适应措施,这些经验是经过长期的观察和实践积累传承下来的,而一些经验类比方法、风险制图、访谈、族群会议等调查、讨论的方式是获取信息的重要途径。诸多研究机构将这些乡土的适应知识作为其制定相应决策的重要的信息库,如 UNEP 的气候变化影响评价与适应战略中将策略归纳为八类,包括承担损失、风险转移、减轻致灾、改变利用方式等 (Feenstra, 1998)。UNFCCC 建立了一个包括干旱、洪水、热浪、风暴等诸多自然灾害应对策略的乡土知识库,旨在通过介绍过去或者现在某些社区或群体适应灾害的有效方法,从而为其他社区或者群体的适应提供借鉴。

1.2.2 自然灾害适应性

自然灾害本身不可避免,但可以通过有效的适应策略和措施来减轻灾害风险与损失,开展自然灾害适应性研究具有重要的科学价值与现实意义。

(1) 基于模型的适应性定量评估

基于模型的适应性定量评估方法对适应性的考虑大多是以假定的、相对静态的适应情景为主进行的“影响实验”,可以是技术的改进(如改换作物种类),或是对地区、国家的政策调整等方面。但是这种方法高度依赖于气候情景等输入参数,对极端灾害情景考虑不足,同时由于缺乏对人类社会系统适应实施过程的考量,这些措施能否转化为实际的适应行动还有待商榷。

根据自然灾害影响、适应研究的层次,所采用的模型评估方法也不同。在初级影响方面,经验统计模型和基于过程的模型常被用来评估气候变化或相关适应措施的生物物理影响,即模拟气候因子和承灾体之间的相互作用关系。经验统计模型是建立在自然灾害和承灾体之间的统计关系的基础上。例如,姚凤梅(2005)运用低通滤波技术提取作物实际产量中的气候成分(气候产量)的信号,揭示气象要素与气候产量之间的各种响应关系等;王媛等(2005)采用期望值评价法研究气候变暖与东北地区水稻种植的适应行为。而基于过程的模型是采用自然规律和理论来阐述气候和承灾体之间的动态的相互关系,构建土壤—作物—大气系统动力学方程组(模型),模拟作物等的生长发育过程。如美国的 EPIC 模型、DSSAT (Decision Support System for Agro-technology Transfer) 系列模型,澳大利亚的 APSIM (Agriculture Production Systems Simulator) 模型以及中国的 CCSODS (Crop Computer Simulation, Optimization, Decision Making System) 模型等。选择各地最不利的气候变化情景,改变播种日期、改换作物品种和改善灌溉条件等诸多模型参数,进行模拟试验,并将模拟结果与相同情景下各项农艺措施不变的模拟结果进行比较,以验证采用适应措施减缓气候变化对作物产量带来的负面效应的效果。也有针对水资源的流域水平衡模型模拟评价、林木生长的模拟与评价、草地等生态系统的影响与适应模型等。在区域或者产业等层面采用的是综合模型,将生物物理与社会经济过程综合考虑,在更高的层面上将贸易等因素也纳入进来。一些经济模型可以被用来评估第一层次的本地或者区域的经济的影响,主要有基于企业、部门或者宏观经济的模型,综合模型是将上述的模型通过成本收益分析抑或是区域整合等方法进行综合,如 Meza 等将作物模型与经济模型结合来评估最

理想的动态适应过程 (Polsky, 2001), 区域上的经济影响有 IMPLAN 模型、Probit 模型、Multinomial Logit 模型以及 Ricardian 模型等 (Polsky, 2001)。

而无论如何, 基于模型的评价方法最关键的步骤就是设立一种未来的气候及社会经济情景。这种气候情景可以是人为设定的, 如在 IPCC 报告中给定的气候情景, 也可能是未来的不确定性的情景、概率情景 (风险情景) 等。总体来说, 首先, 这些模型高度依赖于气候情景的输入, 而自然灾害情景还区别于气候情景, 需要根据承灾体脆弱性的具体情况, 确定合理的阈值进行自然灾害风险分析, 而这也是目前基于模型的研究方法的不足之一; 其次, 由于未来气候情景和社会经济发展面临着很多的不确定性, 使得研究者在确定气候或自然灾害情景时很难给出一个具有较高精度气候或灾害情景输入, 因而限制了对影响评价以及逐层的影响分析; 再次, 所获得的适应措施多是一些底层的技术适应, 而对于适应的实施过程的考量仅采用的是一些高度抽象的情景 (Van Aalst, 2008), 关于适应的程度、灵活性、效率以及成本等研究不足, 需要结合具体的适应过程进行分析。

(2) 基于指标体系的适应能力评估

适应能力在很多情况下与脆弱性研究密切相关, 人类与社会资本等是构建不同尺度适应能力指标的关键因素。一些学者从不同的尺度建立了适应能力指数, 并开展了适应能力评估研究。适应能力的指标可以是一些通用的指标, 如在国家层面, 适应能力与经济、资源、科技、信息技术、基础设施、制度、公平等密切相关, 而尺度越低适应能力则更多地取决于所面临的灾害类型、系统特征等, 如干旱或者洪水, 适应能力指标更多地与制度、知识以及技术等因素有关 (IPCC, 2001)。近年来适应评价研究中, 多采用的是一种复杂的适应需求的研究方法, 认为适应取决于减轻气候风险的潜力。一些研究在影响评价中定量地考虑了适应能力, 这种研究方法对于识别优先行动, 评估特定情况下的政策干预适应的有效性是非常有用的, 而且越来越受到重视。但是在不同的区域, 适应目标不同, 适应能力构成要素权重设置也差异较大, 影响了结果的可比性 (Reidsma, 2010)。

1.2.3 自然灾害适应对策和模式

(1) 基于多标准评价的适应对策评估

适应对策评估是根据一定的原则和标准, 在诸多的适应选择中优选出适合于本地的、易于推行的适应对策。多标准的评价方法是进行对策评估的有效工具, 并且一些综合集成工具也得到了发展。虽然目前有很多灾害适应的案例、经验等可供参考, 但适应是与一定的经济、社会、政治、地理环境条件等相关, 真正适合本地的适应对策并不多, 因此需要建立恰当的评估体系以优选适应对策。对于一个成功的适应选择来说评价的标准也不尽相同 (Dessai 等, 2007)。通常对这些潜在适应选择的系统分析需要考虑其可行性、投入—产出比以及民众的可接受性等原则 (Brooks, 2003; Grothmann 等, 2005)。针对适应对策评价过程中多标准、多团体参与的特性, 多标准评价方法是较好的分析技术, 可以用来作为评估适应对策的有效工具。如多目标决策分析是用来优选适应性选择主要的方法之一, 同时还有费效分析、成本效益分析以及专家决策法等。

同时, 一些研究人员还开发了综合集成工具用于适应策略或者措施的评估。如 Debels 等 (2009) 给出一种基于专家判别与多目标决策的综合方法, 可提供一些评价标准的建议等直接辅助用户进行适应评价。适应决策矩阵 (Adaptation Decision Matrix, ADM) (Mizina

等, 1999) 也是一种多目标决策的工具, 将适应目标、适应策略以矩阵的形式予以表达, 并通过专家诊断、研究和分析, 在政策目标被满足而产生的许多效益很难货币化或者不能统一单位的时候, 这种方法很有用, 但是需要提供详细的研究和分析结果作为进行评价打分的依据, 否则打分过程将过于主观。再如, 美国国家环境保护局开发了一个名为 TEAM (Tools for Environmental Assessment and Management) 的决策支持系统软件作为适应对策评估的决策工具, 这一决策支持系统主要以多准则、多标准决策技术为基础, 并以图示手段、人一机对话使评估过程简便清晰 (Julius 等, 2000)。TEAM 模型在一些国家的气候变化影响评价项目中已得到一定的应用。

(2) 基于典型案例的灾害链适应对策和模式

近年来, 中国经历了 1998 年长江流域的大洪水, 2008 年初的南方低温雨雪冰冻灾害和“5·12”汶川大地震灾害, 这些灾害事件都是巨灾引起的, 往往由于形成的严重灾害链而放大灾情 (史培军、刘燕华, 2009)。以 2008 年初南方低温雨雪冰冻灾害为例, 此次罕见的低温雨雪冰冻天气过程在极端气象因子与地势因子相互作用下, 使建筑物上覆盖的积雪和积冰相对加厚, 加之每天中午或每次天气过程过后稍微升温, 又促使短暂冰雪消融后, 形成各种各样的冰挂, 经过四次冰冻累积形成的冰冻层可达 40 cm 以上。作为次生灾害的断电是引发灾区铁路、公路、电力、通信、供水、燃气等生命线和生产线系统不能正常运转的根本原因, 人员、信息、物资流动受阻, 正常生产生活秩序受到较大影响, 形成历史上罕见的“断电缺水”、“道路堵塞”, 群众生产生活受到严重影响, 大量车辆和人员滞留。这一灾害链可以简单地概括为: 低温—雨雪—冰冻—雪冰压拉 (自然灾害) → 断电—堵道—机场关闭 (生产事故) → 车站拥堵—乘客积压 (社会治安) → 生存环境破坏—饮用水水源污染—食品质量受影响 (公共卫生事件)。此次特大低温雨雪冰冻灾害主要发生地域为我国交通、电力、煤炭和其他物资运送的重要通道和人口稠密地区, 次生和衍生灾害叠加放大效应突出, 对群众生产、生活和社会经济的影响是全方位的。政府和社会灾害应急处置能力经受了巨大的考验, 对巨灾的规律有了进一步的认识, 也体现出加强灾害链适应对策和模式研究的迫切性。

1.3 区域灾害系统与风险防范

1.3.1 区域灾害系统

(1) 区域灾害系统的概念

区域灾害系统 (Regional Disaster System) 由史培军于 20 世纪 90 年代提出, 是由孕灾环境 (E)、致灾因子 (H)、承灾体 (S) 与灾情 (D) 共同组成的具有复杂特性的地球表层异变系统 (图 1-2), 是地球表层系统的重要组成部分, 灾情是孕灾环境、致灾因子、承灾体相互作用的产物 (史培军, 1991, 1996)。

孕灾环境 (Hazard-formative Environment) 是由大气圈、岩石圈、水圈、人类圈所组成的综合地球表层系统, 体现在地球表层过程中一系列具有耗散特性的物质循环和能量流动, 以及信息与价值流动的过程——响应关系。孕灾环境的稳定程度是表征区域孕灾环境特征的定量指标。孕灾环境对灾害系统的复杂程度、强度、灾情的大小以及灾害的群聚性,

以及灾害链等的形成起着决定性的作用。

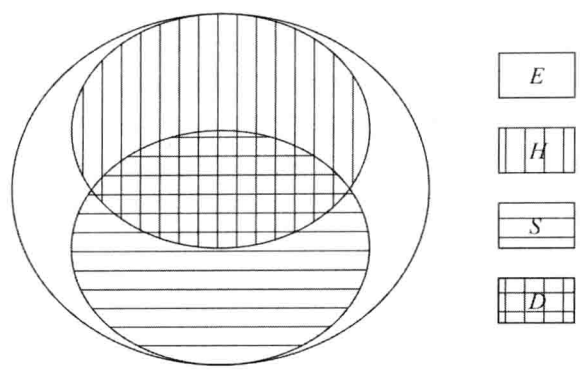


图 1-2 区域灾害系统结构（引自：史培军，1996）

致灾因子（Hazard）是指可能造成人类社会经济系统损害的孕灾环境的异变因子。致灾因子既包括自然致灾因子，如地震、火山喷发、滑坡、泥石流、台风、旱涝等，也包括环境以及人为的致灾因子。根据致灾因子产生的环境差异分为大气圈、水圈、岩石圈、生物圈致灾因子。灾害的形成是致灾因子对承灾体作用的结果，没有致灾因子也就无所谓灾害。

承灾体（Hazard-affected Body）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，包括人类本身以及生命线系统、各种建筑物及生产线系统，以及各种自然资源等。

灾情包括人员伤亡及造成的心理影响、直接经济损失和间接经济损失、建筑物破坏、生态环境及资源破坏等。

区域灾害系统的结构体系，可以表述为 $D = E \cap H \cap S$ 。由孕灾环境不稳定性（ S ）、致灾因子危险性（ 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（ D_f ）（图 1-3（a））。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的风险性（ R ）与承灾体的脆弱性（ V ）和恢复性（ R_i ）之间的相互转换机制方面（图 1-3（b））（史培军，2002，2005）。

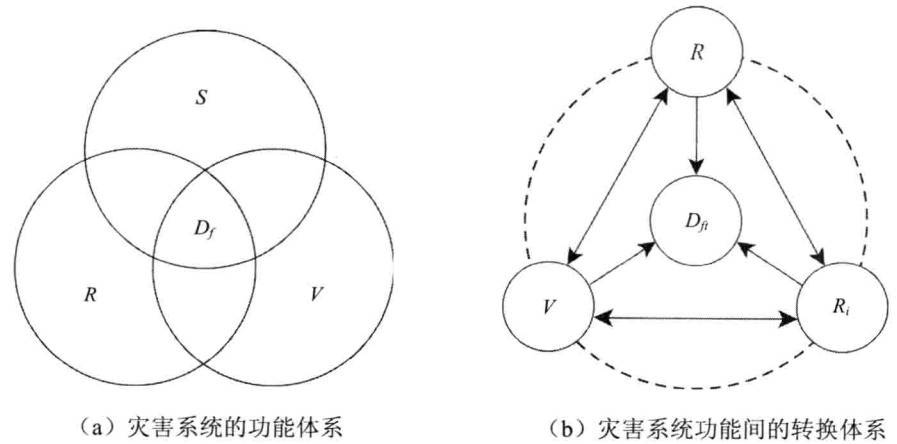


图 1-3 区域灾害系统的功能体系（引自：史培军，2002，2005）

(2) 区域灾害系统的性质

“区域灾害系统”是地球表层系统中的“社会—生态系统”（史培军，2009）。人类不是一个孤立的系统，是“复杂社会—生态系统”的一部分，也有人称其为“社会—生态系统”（Berke 等，1993）或“人类环境复合系统”（Turner 等，2003）。“社会—生态系统”可以在不同的空间尺度上展现在人类面前，在任何一个“社会—生态系统”中，人类与生态（或称环境，或称自然，或称生物物理）子系统都处在相互作用的状态。在“区域灾害系统”中，承灾体就是人类及其活动组成的社会系统，孕灾环境就是生态系统，致灾因子则是由社会系统与生态系统相互作用所产生的对人类构成危害的渐发或突发性因素。因此，可以认为，“区域灾害系统”就是地球表层系统中的“社会—生态系统”，它表现出一般生态系统所具有的能量流动、物质循环与信息传递的特征。因此，基于“区域灾害系统”的结构体系，可以应用建立区域生态系统动力学模型的方法，建立“区域灾害系统”动力学模型，即将致灾因子作为自变量，把承灾体作为因变量，而把孕灾环境作为一种限制（或催化）条件，建立其因果关系的动力学模型。

“区域灾害系统”也是地球表层系统中的“人地关系地域系统”（史培军，2009）。吴传钧（1991）认为，“人地关系地域系统”是地理学理论研究的核心。他反复强调，地理学要“着重研究人地系统中人与自然的相互影响与反馈作用”。人地关系地域系统研究的核心目标是协调人地关系，从空间结构、时间过程、组织序变、整体效应、协同互补等方面，认识和寻求不同尺度的人地关系系统的整体优化、综合平衡及有效调控的机理，为有效地进行区域开发和区域管理提供理论依据。可以看出，“区域灾害系统”就是由作为承灾体的人类及其形成的社会经济系统与其依存的由孕灾环境和致灾因子组成的地域系统，共同组成的对人类可持续发展产生不同程度影响的“人地关系地域系统”。人地相互作用的适应性与脆弱性、恢复性有着密切的联系。脆弱性评价是恢复性改进的基础，恢复性的提高是适应性的一种具体措施。承灾体的适应性、脆弱性和恢复性三者与孕灾环境不稳定性和致灾因子危险性共同构成了人地系统中的风险性（史培军等，2006）。适应性、脆弱性、恢复性和风险性四者之间存在着复杂的相互影响机制，对任何一个属性的研究都应该在对四者关系综合考虑的基础上展开（图 1-4）。

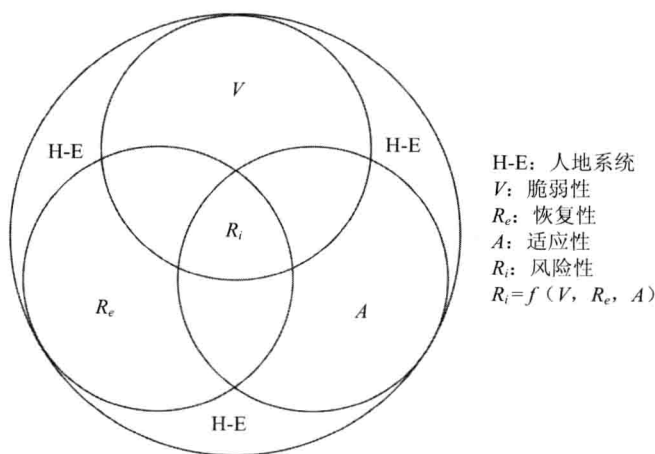


图 1-4 人地系统的结构与功能特性（引自：史培军等，2006）