

适应自然灾害的研究方法进展

尹衍雨^{1,2}, 王静爱^{1,2}, 雷永登^{1,2}, 易湘生³

(1. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 北京师范大学区域地理实验室, 北京 100875;

3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:自然灾害损失虽然不可避免,但可通过调整人类活动规避或减轻风险,实现人类社会与自然灾害共存的协调适应。本文基于适应自然灾害研究发展的历程,综述了现有适应性研究中的定性和定量研究方法。前者主要集中在对多尺度的适应主体综合分析、底层家庭或群体适应以及顶层的政策适应等方面;而后者主要集中在生态系统适应、民众或区域适应对策优选及适应能力评估等方面。基于数理模型或者实地观测实验的定量评估以及多指标、多标准的综合评估方法是适应自然灾害定量研究的主流。研究表明:①适应自然灾害研究有向综合性和精细化方向发展的趋势,一些系统综合分析方法以及本地乡土的适应自然灾害逐渐引起重视。②目前适应自然灾害研究方法上存在自上而下与自下而上两种研究途径,而探索这两种途径有效结合的多尺度综合研究方法是适应自然灾害研究的关键。

关键词:适应自然灾害;研究方法;定性;定量

1 引言

在人地协调适应中,适应的对象指的是地理环境,人类除了要适应各种自然环境的变化(如气候变化)外,还必须适应由于人地相互作用所导致的后果;自然灾害作为人地相互作用的最突出的负向产物,也是人地关系地域系统中的重要组分,而人类要在环境中赢得一定的发展空间,就必须要学会“与灾害共存”,而自然灾害灾情的大小及灾害风险的高低也具有一定的时空分异特征,因而,探讨人与灾害共存的适应问题也是人地协调适应的重要内容。

世界各地的人们都不同程度受自然灾害影响,如干旱、洪水、飓风、地震、火山、滑坡、泥石流等灾害,对人们的生产和生活造成巨大的影响。据慕尼黑黑再保险自然灾害服务(NAT CAT SERVICE)数据库统计,在1950-2010年间世界上共发生重大自然灾害291起,共造成约236万人死亡,自然灾害总损失达到21000亿美元^①。人类活动在自然灾害成灾过程中扮演着重要角色,一方面,随着经济的快速发展,人类活动范围和强度的增加,暴露性也在增

加,由自然灾害所造成的损害也不断加重,被动承受自然灾害打击的代价也越来越大;另一方面,不合理的人类活动也常常成为重要的自然灾害发生的触发因素。因此,必须在充分摸清自然灾害形成机制及其时空分布规律的基础上,以人地关系可持续发展为目标,合理布局和调整人类社会经济活动,探讨与自然灾害共存的适应战略^[1],从而达到在空间上远离高灾害风险区,在时间上避开高灾害风险时段,积极寻求有效的风险转移策略,从根本上降低自然灾害风险。

人类对环境的适应由来已久。早在20世纪20年代,美国地理学家Barrows将适应概念从生态学引入到人类生态学领域,重提人类对于自然环境适应的观点,认为地理学应以研究人类对环境的反应为核心^[2]。White^[3]、Burton等^[4]则进一步指出可以通过调整人类的行为来减少自然灾害的影响和损失,并研究了不同减灾措施的社会成本和收益。从灾害应对策略来看,在20世纪90年代以前,一些结构性的工程措施占据主导地位,并与一些应用科学之间建立联盟,如防灾减灾工程研究等^[5],一些非结构性的策略,如自然灾害保险等也日益引起重视^[6]。

收稿日期:2011-11; 修订日期:2012-03.

基金项目:国家自然科学基金面上项目(41171402);北京师范大学优秀博士论文培育基金。

作者简介:尹衍雨(1982-),女,博士研究生,主要从事自然灾害风险与灾害适应研究. E-mail: yinyanyu1108@163.com

通讯作者:王静爱(1955-),女,教授,博导,主要从事区域地理教学与自然灾害风险研究. E-mail: jwang@bnu.edu.cn

①http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/georisks/natcatservice/great_natural_catastrophes.aspx.

但是由于自然灾害研究过多的关注灾害自然属性的研究,而忽略对不同人群面临灾害的脆弱性,受到了很多学者的批评^[7]。20世纪90年代以来,自然灾害学的研究更多的偏向于自然与社会综合作用下的灾害承灾体脆弱性研究,由自然致灾研究向灾害风险转移;适应自然灾害研究向更为精细化和政策、决策多学科交叉方向发展^[8]。而随着近年来全球环境变化研究的兴起,对变化环境下的极端气候事件的适应研究也日益引起人们的重视,越来越多的更加具体的或者是改进的适应研究开始涌现^[9]。在这类研究中,适应通常用来回答两类彼此相关的问题^[10-12]:适应可以在多大程度上减轻气候变化的影响,什么样的政策能促进更好地适应气候变化。第一类问题强调的是适应的实际效用,主要关注适应措施的生物物理效用以及社会经济影响等方面;第二类问题关注的是如何制定合适的适应政策以及确定这些适应政策实施的优先次序,其中受灾害影响社会承灾体的脆弱性评估以及政策实施过程中的社会、经济等影响因素确定是其研究的重要方面。随着研究的深入,气候变化的适应研究逐步走向完善,已然发展为一门科学^[13]。全球气候变化加剧自然灾害的发生,在这种新形势下,整合自然灾害风险防范与适应全球变化行动于可持续发展之中,也引起国际灾害风险领域的高度关注^[14],许多研究机构致力于探索将气候变化适应与减灾工作进行整合,如政府间气候变化专门委员会(IPCC)、国际减灾战略委员会(ISDR)等。

适应研究涉及到人类生态学、气候变化影响评估和政策制定、风险管理以及自然灾害等领域。而在不同领域,对于适应的概念界定也存在差异。在生态学领域,适应强调由于环境的自然选择而使得物种不断进化,继而得以生存和繁衍的过程即为适应^[8]。人类生态学认为人类对环境的适应是个体或群体为改善环境压力而通过非生物性反应做出调整,通过技术、社会组织、有目的行为等来实现^[15]。而据IPCC^[16],适应意味着任何调整,无论是被动还是主动,其目的都是为了减少气候变化的预期不利影响,或利用有利机会,气候变化适应对策是为应对气候变化及其所带来的极端事件而采取的调整措施,包括了在过程、措施或者结构上的改变。在灾害管理中,Doberstein^[17]进一步提出“减灾适应”概念,认为适应是人类的管理行为,是对过去减灾实践的监测、评估、学习和调整基础上的多维度行动。

综上所述,以往对于适应自然灾害的概念界定只单一的强调自然环境变化或社会系统的自然灾害响应,因而本文将适应自然灾害界定为“在一定的环境条件下,人类面临自然灾害风险所作出的一种行为决策,是人类所采取的长期的应灾策略(如忍受损失、减轻风险、风险转移等)以及相应的行为响应方式,包括减灾的技术、政策等方面”。具体表现为人类为应对自然灾害而对社会生态系统的结构以及功能上所作的调整。人类适应自然灾害,首先必须明确区域所面临的自然灾害风险的时空规律,进而在遵循自然灾害发生客观规律的基础上合理布局人类开发活动,以减轻承灾体的暴露性和脆弱性;其次,还应避免因不合理开发活动造成新的致灾因素。

自然灾害是人地相互作用最突出的负向产物,是环境的重要组分,其适应的研究与已有的气候变化、生态学、人地关系研究等领域中适应的研究紧密相连;但同时还有其特殊性,如在气候变化适应研究中,除了要适应气候要素在均值上渐变趋势,还要适应由气候变化所引起的气候变率的异常等,特别是一些极端天气气候事件(如极端干旱、飓风等自然灾害发生频率和强度的增加),而且越来越多的研究试图将适应气候变化与减轻灾害风险进行整合考虑,如国际减灾战略委员会(UN/ISDR)、全球环境变化人文因素计划(IHDP)等在这方面开展了一系列的相关研究^[14,18]。适应自然灾害的研究,可充分借鉴以往气候变化、生态系统以及人地关系中适应问题的已有方法,并结合自身特点予以完善并发展新的方法,这也将是今后适应自然灾害研究的重点。

在自然灾害系统中,系统要素的变化是由环境、经济以及政策等多方因素共同驱动的,而适应自然灾害的研究也是多尺度、多视角的。如以农业适应自然灾害为例,可运用多种研究途径,考虑植物、立地、田块、农场、区域、地区、国家乃至国际等多种不同的尺度/层级^[19-20]因素的作用;而且在不同尺度做出的适应决策是相互关联的,适应是农户个体生产者-社会、经济环境-政府政策等综合作用的结果,受农户家庭内在的力量(如收入损失风险,环境感知)以及外在因素(比如宏观经济政策,制度)等多种因素影响^[21]。因此,适应自然灾害除了要关注某一尺度承灾体的适应行为外,还必须以一种系统综合的观点来探讨不同尺度主体间该如何协调配

合以推进人类社会生态系统更好地适应自然灾害。

基于此, 本文将从适应自然灾害研究的定性分析方法与定量评估方法等角度综述前人有关适应自然灾害的研究方法, 并对适应自然灾害研究中的几个关键问题及未来研究方向进行讨论, 以期为进一步开展区域适应自然灾害研究提供方法论指导。

2 适应自然灾害的定性分析方法

2.1 多尺度适应综合分析方法

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的行为之间的作用机制研究是关键, 对多尺度的适应自然灾害综合分析目前还只是停留在初步探索阶段。如国际应用系统分析研究所(IIASA)和联合国环境规划署(UNEP)^[22-23]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), 旨在通过气候变化影响模型和一些经济分析手段等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框架, 在IPCC、USCSP、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及特定的部门适应, 如林业、农业、水资源等部门的适应^[11,24-25],

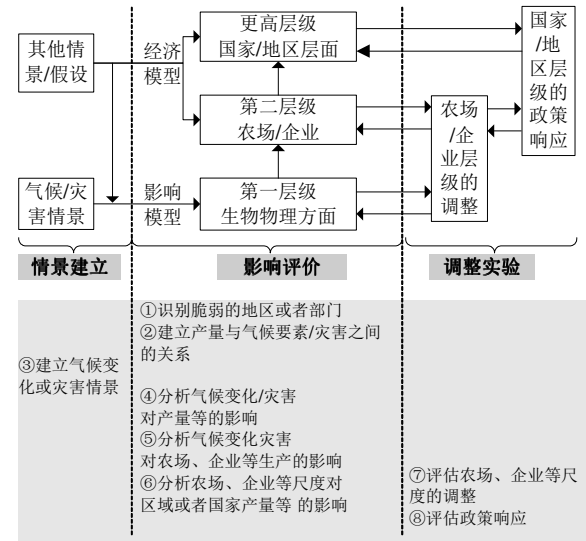


图1 IIASA 和UNEP 采用的气候影响评估研究方法

Fig.1 Climate change impacts assessment method adopted by IIASA & UNEP

Smit等以农业生产适应气候变化为例^[26](图2), 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代表了气候变化对土地上的影响或者适应效应的直接体现, 并可能通过投入和商品价格等转化为经济方面, 通过对生产系统变化的模拟来研究区域总体的经济影响。个体的适应或调整导致了区域农业系统的调整。但还应该注意, 从个体对气候变化影响的适应和调整到区域的影响和适应, 不仅仅是研究的尺度的变化, 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更好地评估, 农户行为及行为触发因素等都需要搞清楚。该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^②。但该概念模型各要素之间的关联与作用机制不明确; 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来量化, 在实际的分析与应用过程中还需要深入研究。

2.2 底层家庭/群体适应分析方法

对于底层民众而言, 适应自然灾害的根本目标是保障和维持生产、生活的可持续。而目前在该方

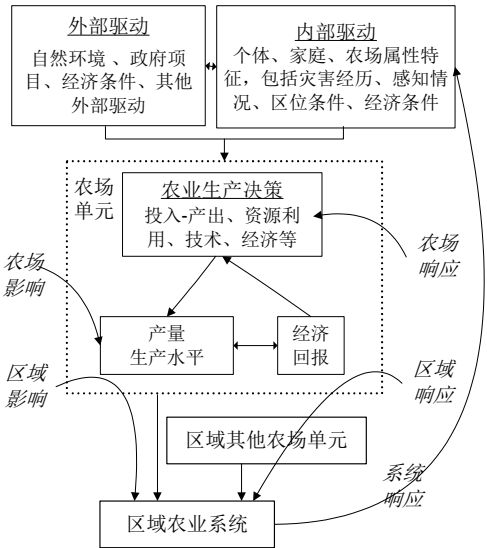


图2 农业适应气候变化分析模型

Fig.2 Model for agriculture adaptation to climate change

②http://unfccc.int/adaptation/nairobi_work_programme/knowledge_resources_and_publications/items/5503.php.

面的研究主要有2类:①以民众家庭或者群体的生计可持续为框架进行的适应性分析;②以案例与社会调查为主要研究方法的自然灾害适应对策等的枚举。

基于生计可持续的适应分析以家庭或群体的灾害等压力下的脆弱性为切入点,通过分析可获取的各种资源等条件,找出家庭或群体适应的“长板-短板”,有利于找出制定未来可持续适应的切入点,在研究家庭或者脆弱性群体的适应气候变化或灾害研究中比较多见。如20世纪80年代末世界环境与发展委员会的报告中提出的可持续生计概念^[27],以勾绘家庭面对外部环境压力条件(可能是自然灾害、战乱等可能导致贫困的因素)下的家庭脆弱性为核心,利用所拥有的自然、社会、人力等资本寻求发展的机会,家庭适应能力的核心是生活资产,这些资产基础越强越具有弹性,人们的适应能力就越强,未来的生活也更具有可持续性,但同时家庭所采取的生计适应策略还受个体偏好等因素的影响。可持续生计适应模型以“资产-可获得性-活动”为框架,综合了对贫困、脆弱性、风险处理、农村个体和农户对环境变化和灾害的适应等方面的内容,在获得大量信息的基础上,运用可持续生计适应分析模型找到未来可持续发展战略的切入点,制定未来发展战略以加强发展能力,并逐步消除制约因素以实现生计可持续性的提高。

目前在国内外学术界,基于可持续生计分析模型对弱势群体或者贫困人群的适应灾害进行的研究,得到了比较广泛的运用,如英国国际发展机构(DFID)^[28]、FAO^[29]、UNDP^[30]等。

基于案例和社会调查的适应研究的实证分析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,这些经验是经过长期的观察和实践积累代代传承下来的,而一些经验类比方法(如时间-空间-风险类比等)、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。这些知识是今天保护环境进行灾害管理的一些重要的工具,诸多研究机构将这些乡土的适应知识作为其制定相应的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这些策略归纳

为以下8类,即承担损失、风险转移、减轻致灾、改变利用方式等八类适应的策略^[25]。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的方法从而为其他社区或者群体的适应提供借鉴。关注的是适应的案例及其具体的适应过程、制约因素、个体的属性特征等影响因素。对于底层的适应过程,农户等水平的决策就显得至关重要。最近越来越多的学者将注意力转向农户对风险的感知和风险管理的决策方面上来^[31-33]。

2.3 顶层政策适应的主流化分析方法

一个有效的适应政策的实施除了能减轻灾害的脆弱性,还应该保证与现有的可持续发展政策等相协调。在综合考虑适应政策或者策略与现有的区域发展政策的契合情况的基础上,优先选择那些符合当地发展目标政策或者策略,这也被称为主流适应(Mainstreaming Adaptation),近5~10年来发展迅速,即将适应整合到国家、区域或者地区的政策、规划、计划中,一些分析工具,如气候透镜、结构化决策等分析工具为进行主流化适应研究提供了有用的框架,被许多国际机构和组织等广泛应用。气候透镜是要求首先进行风险和脆弱性评估,其次对适应选择进行筛选并优先排序^[35];结构化适应决策是以区域灾害适应目标作为根本出发点,以替代性的适应策略与适应目标的契合度作为评估的标准,优选合适的适应策略。结构化适应决策评估框架包括以下7步^[34,36]:确定管理目标→评估生态系统、社区、本地经济、人口等方面的脆弱性→发展替代适应选择→评估替代适应选择与发展目标的契合度→适应政策或者措施的实施→监测适应措施达成目标的情况→完善适应政策或者措施。这一框架被恢复性联盟以及IPCC、UNDP等采用。

但是,由于政策具有一定的延续性和相对稳定性,确定之后短时间内不会改变,因而主流化的政策适应分析就要求对区域所面临的自然灾害风险进行精确评估。然而,由于目前在气候变化、灾害风险研究中还存在着诸多的不确定性,要给出一个区域精准的气候情景或灾害情景的这种“一对一”研究本身就风险较高。因而也有学者致力于研究“无悔”的自然灾害适应政策^[37],即无论未来的气候或者灾害情景如何变化,所作出的自然灾害适应政

③<http://maindb.unfccc.int/public/adaptation/>.

策及措施等总是有助于提高区域的自然灾害防范与适应能力的,这种“一对多”的分析方法虽然具有高度的灵活性,但同时所涉及的适应自然灾害的成本也较高。因而探索一种“多对多”的自然灾害情景与适应对策选择会是一种有效的解决途径。

3 适应自然灾害的定量评估

3.1 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以假定的、相对静态的适应情景为主进行“影响实验”,可以是技术的改进(如改换作物种类)或在地区、国家的政策调整等方面,在适应气候变化与自然灾害研究中占有重要地位,但是这种方法高度依赖于气候情景等的输入,对极端灾害情景考虑不足,同时由于缺乏对人类社会系统的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。在评估自然灾害对自然生态系统的影响方面,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。如姚凤梅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^[38];王媛等采用期望值评价法研究了气候变暖与东北地区水稻种植的适应行为^[39]。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(包括CERES和CROPGRO等),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,进行了模拟试验,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经济的影响,如有针对企业、部门或者宏观经济的影响评估模型等。综合模型是将上述的模型通过成本收益分析亦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^[40],区域上的经济影响有IMPLAN模型、probit模型、multinomial logit模型以及Ricardian模型^[11,41]等。

而无论如何,基于模型的评价方法最重要的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,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,如前所述,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,因而阻碍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^[42],关于适应的程度、灵活性、效率以及成本等都还很缺乏,需要结合具体的适应过程进行分析。

3.2 基于指标体系的适应能力评估

一定的适应能力是制定和实施有效的适应战略从而减轻灾害性影响的必要条件,也决定了个体或者部门实施适应策略的可能。适应能力在很多情况下与脆弱性的研究密切相关,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^[16]。一些学者从不同的尺度建立适应能力指数并开展了适应能力评估研究。适应能力指标可以是通用的指标,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,如对干旱或者洪水,适应能力指标更多的是与制度、知识及技术等因素有关^[16,43]。Yohe和Tol给出了一个如下公式(式1),认为脆弱性

是暴露性和敏感性的函数,而且它们又取决于适应能力^[44]:

$$V=V(E(A), S(A)), A=A(D_1, D_2 \cdots D_j) \tag{1}$$

式中: V 、 E 、 S 分别表示脆弱性、暴露性、敏感性变量; A 为由因素 D_j 所构成的适应能力。最近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。如 Luers 等将适应能力表示为采取了新适应措施之后所减轻的脆弱性^[45]:

$$A=V_j-V_i, V=\frac{\partial W/\partial X}{W/W_0} \tag{2}$$

式中: V 为脆弱性; W 为福祉变量,如产量、财富等; W_0 为初始变量; X 为适应措施参数,则适应能力 A 即为现状的脆弱性减采取适应之后的脆弱性。一些研究在影响评价中定量的考虑了适应能力,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来说是非常有用的,而且越来越受到重视。但是在不同的区域,适应目标不同,适应能力的构成要素的权重设置也差异较大,影响了结果的可比性^[16,46]。

3.3 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、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^[47]。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-产出比及民众的可接受性等原则^[48-49]。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在适应对策评价中也常被采用。

同时,一些研究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 等给出了 IUPA 工具^[50],它是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)^[51]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。再如美国环境规划署开发了一个名为 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-机对话使评估过程简便清晰^[23,52]。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。

3.4 基于实地观测与实验的适应模式研究

观测与实验方法也是进行适应性定量研究的一种方法,但很难对大范围尺度的系统进行模拟,只有在影响范围可控,承灾体可测算以及环境可控等的条件下,实验才可以顺利进行。叶笃正等提出了有序人类活动的概念^[53],即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的人类活动。有序人类活动的研究内容是生存环境变化规律与机理、人类活动对生存环境变化影响的适应以及可能达到的由经济、社会和环境构成的总体效益。人类活动采取的主动适应,表现为对土地利用和水利用等方式、种类和时空分布的调整等,例如,在全球增暖背景下对农业种植制度和农作物种类的调整。

目前有序人类适应研究方法主要有对于干旱化有序适应的观测、数值虚拟试验和生态建设示范区建设等。如退耕还林草虚拟实验,即利用了包含气候、水文、生态等过程的区域环境系统集成模式,考虑人类活动对其中过程的改变,评价植被恢复可能达到的状态^[54]。吉林省通榆县建立了野外试验站,进行有序人类活动和自然恢复监测^[55-56],开展了土地利用变化的气候效应虚拟试验研究,通过发展现有的水分驱动的土地利用模式、作物模式等数值模型,研究北方干旱化对社会经济、土地利用和作物产量等的影响,提出区域产业结构调整、土地利用格局、粮食生产的适应对策^[57]。

4 结论与讨论

4.1 结论

综上所述,适应自然灾害的研究涉及到人类社

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,因而在每个层面上适应性研究所关注的侧重点不同,因而所采用的方法各异,本研究将适应自然灾害的研究框架归纳为如图3所示。

(1) 尺度问题是关键,决定了研究方法的选择以及适应对策类型,就针对某一层次的适应主体的研究相对比较成熟,研究逐渐偏向应用。基于案例、调查以及基于模型数理分析等手段一直以来都是生态系统的适应研究所采用的主要的研究方法,而近年来关于适应自然灾害的政策研究也逐渐引起重视,而一些传统的研究方法,如社会调查、案例分析等手段所获得的信息则直接反映了适应的实施过程,因而再次成为研究人员获取基层民众适应自然灾害的信息的重要途径。

(2) 从研究路向来看,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,如在气候变化对生态系统的影响及其适应研究中,多采用自上而下的研究方法,一方面,虽然能够很快识别出区域所面临的自然灾害风险的大小,但是得出适应研究结果仅是停留在一些技术层面,不能很快的转化为适应决策的依据;另一方面,由于缺乏对适应过程的考量,也使得研究成果的推广受到一定的限制。而自下而上的研究方法,如家庭或群体的适应性研究,重视对底层不同适应主体的研究,如农户、企业等不同利益相关者的适应策略以及适应能力,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,这种方法对于识别适应行动的优先领域从而使得在政府层面上制定防灾减灾策略,合理布局资源进行自然灾害管理非常有效。而由于不同尺度适应自然灾害主体的行为之间存在着复杂的交互作用,国家、省区、县市、农户等不同尺度/层次的行为主体在适应自然灾害的过程中所起的作用不同,人类社会对自然灾害的适应也体现在多个方面,既有技术上的,亦有结构、政策等层面。地理学中适应自然灾害研究除了应关注环境中自然灾害风险水平的高低之外,还应在此基础上综合考察不同适应主体在自然灾害适应过程中的

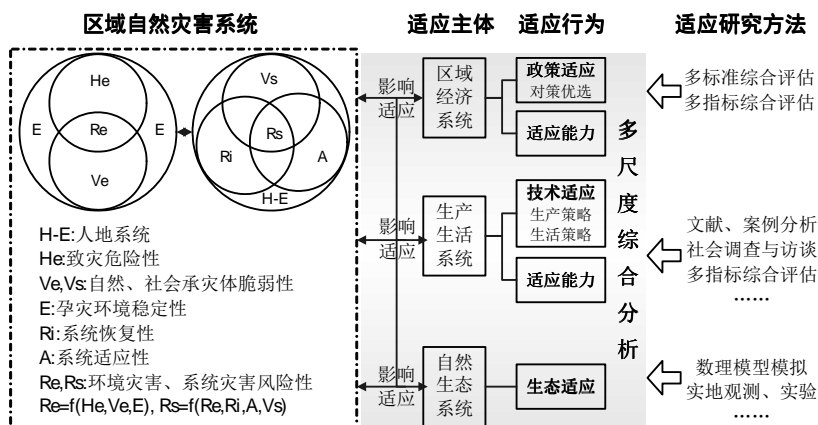


图3 适应自然灾害的研究内容与方法关系框架

Fig.3 Framework of the study content and methods of adaptation to natural disaster

作用、适应过程与适应机理等,综合协调不同主体的适应行为。因而,这就使得探索综合自上而下与自下而上的适应性多尺度研究方法成为关键。

4.2 讨论

自然灾害一直以来都是作为区域环境的重要组成部分而存在,在人地关系协调适应的研究过程中也时常闪现着人类对自然灾害适应的思考,是“你中有我,我中有你”的相互渗透的关系。但直到近一二十年以来,灾害系统理论及灾害风险评估等取得一定进展,使人们能在一定程度上预测灾害风险,从而进行合理的风险规避,使得人类社会与自然灾害共存的主动适应更具有可行性和针对性,适应自然灾害研究逐渐引起人们的重视。在这之前人类多是被动的适应,全球气候变化也给自然灾害的适应性研究带来了新的挑战。因而从这种意义上说,自然灾害的适应性研究既是一项老课题,也是一个新事物。

而对于适应自然灾害来说,一方面可借鉴以往关于人地关系、气候变化以及生态系统等中的适应性研究方法以丰富自身的方法论体系;另一方面,适应自然灾害相对于适应气候变化、人地关系适应来说有其独特性,表现在:①人类对自然灾害的适应也绝非是由单纯的模型定量评估、经济计量等手段所能描述清楚的,同时还受社会心理、文化等多因素的影响,具有高度的复杂性,因而必须对适应自然灾害的社会、生态等多方面因素进行综合分析,发展新的方法;②大量的历史灾害案例为自然灾害适应性对策及适应机制研究提供了不可多得的宝贵资料,同时辅以一定的情景仿真或模拟手段等,可使得适应对策成果或适应机制的认识更适用或更贴近实际。

如前所述,在气候变化、人地关系、生态系统等领域中,关于适应性的研究已经是日臻成熟。当然,与气候变化、生态系统以及人地关系地域系统研究相比,自然灾害研究也有其自身的特点,其适应性的研究需要在以往研究的基础上汲取经验,并发展自己的研究方法,这还需要更加深入的探讨。本文仅就今后自然灾害的适应性研究提出以下几点看法:

(1) 适应自然灾害的理论与评估模型研究。以区域灾害系统理论与地域分异规律为指导,从适应什么、谁适应、怎么适应、适应效果如何等角度,建立灾害适应研究的理论分析与评估模型。适应什么,一方面是指自然灾害的类型、变化过程,多灾种、灾害链等,同时由于不确定性与高度复杂性(非线性)的存在,应考虑设置不同的灾害风险情景进而制定灵活的灾害适应对策;另一方面,是指家庭、社区或者社会还直接或者间接受自然生态系统适应的影响,因而,还应考虑系统的“二次”调整与适应问题。

(2) 灾害系统的动力学分析基础上的灾害适应过程与适应机制研究。区域灾害系统是地球表层的社会生态系统,区域灾害的形成是孕灾环境、致灾因子、承灾体综合作用的结果。自然灾害对人类社会经济系统的影响是多级别、交互作用的。分析社会-生态系统的耦合过程的特性及强度是进行适应需求分析的核心任务之一。因此,可以应用区域生态系统动力学模型,建立区域灾害系统的动力学模型,加深对自然灾害形成机制与地域规律的认识,进而建立以人地可持续发展为目标的人地关系地域系统的整体的优化、综合平衡以及有效调控的模型,探求与灾害共存的适应战略。

(3) 不同尺度、多行为主体的灾害适应的协调机制研究。谁来负责制定并实施不同的适应策略或者措施?怎么保证不同尺度、不同地区和社区的适应是相互协调而不会相互冲突?将自上而下的结构性的调整适应与底层的非结构性措施以及民众生计策略适应相互协调,建立一种上下协调、良性循环的灾害适应对策和政策优化组合体系,协调政府或者非政府等不同行为主体的策略逐渐引起关注^[58]。并在此基础上以一种新的系统综合的视角,即从自然-社会经济耦合系统角度去认识和寻求全球的、区域的人类活动适应自然灾害的整体优化、综合平衡及有效调控的机理,合理协调人地关系^[1],从而形成“技术上可实现、实践上行得通、政策上可推行”的区域自然灾害综合适应范式,为有效进行自然灾害管理提供理论依据。

参考文献

- [1] 史培军, 李宁, 叶谦, 等. 全球环境变化与综合灾害风险防范研究. 地球科学进展, 2009, 24(4): 428-435.
- [2] Barrows H H. Geography as Human Ecology. Annals of the Association of American Geographers, 1923, 13(1): 1-14.
- [3] White G F. Human Adjustment to Floods: A geographical approach to the flood problem in the United States[D]. Chicago: University of Chicago, 1945.
- [4] Burton I, Kates RW, White G F. The Environment as Hazard. New York: Oxford University Press, 1978.
- [5] Alexander D. The study of natural disasters, 1977-1997: Some reflections on a changing field of knowledge. Disasters, 1997, 21(4): 284-304.
- [6] Anderson J W. Cultural adaptation to threatened disaster. Human Organization, 1968, 27(4): 298-307.
- [7] Burton I, Kates R W, White G F. The Environment as Hazard. 2nd ed. New York: Guilford Press, 1993.
- [8] Burton I. Adapt and thrive: Options for reducing the climate-change adaptation deficit. Policy Options, 2006(1): 33-38.
- [9] Doberstein B. Post-disaster assessment of hazard mitigation for small and medium-magnitude debris flow disasters in Bali, Indonesia and Jimani, Dominican Republic. Natural Hazards, 2009, 50(2): 361-377.
- [10] Smith B, Burton I, Klein R J T, et al. An anatomy of adaptation to climate change and variability. Climatic Change, 2000, 45(1): 223-251.
- [11] Carter T R, Parry M L, Harasawa H, et al. Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. University College London and Centre for Global Environmental Research, London and Tsukuba, 1994[2012-01-02]. http://www.ipcc-wg2.gov/publications/SAR/SAR_Chapter%2026.pdf.
- [12] Burton I, Huq S, Lim B, et al. From impacts assessment to adaptation priorities: The shaping of adaptation policy. Climate Policy, 2002, 2(2-3): 145-159.
- [13] Smit B, Burton I, Klein R J T, et al. the science of adaptation: A framework for assessment. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 1999, 4(3-4): 199-213.
- [14] Jaeger C, Shi P J. Core science initiative on integrated risk governance. IHDP Update, 2008, 10(1): 27-28.
- [15] Denevan W M. Adaptation, variation, and cultural-geography. Professional Geographer, 1983, 35(4): 399-407.
- [16] IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability[R/OL]. 2007[2012-01-02]. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm
- [17] Doberstein B. Human-dimensions of natural hazards: Adaptive management of debris flows in Pupuan, Bali

- and Jimani, Dominican Republic//Proceedings Institutional Dimensions of Global Environmental Change Synthesis Conference, Nusa Dua, Bali, Indonesia, 6-9 December 2006.
- [18] Smithers J, Smit B. Human adaptation to climatic variability and change. *Global Environmental Change*, 1997, 7(3): 129-146.
- [19] UNISDR. Strengthening climate change adaptation through effective disaster risk reduction. 2010 [2012-01-02]. <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/16861>.
- [20] Chiotti Q, Johnston T R R, Smit B, et al. Agricultural response to climate change: A preliminary investigation of farm-level adaptation in southern Alberta//Ilbery B, Chiotti Q, Rickard T. *Agricultural Restructuring and Sustainability: A geographical perspective*. Wallingford, CAB International, 1997:167-183.
- [21] Chiotti Q P And Johnston T. Extending the boundaries of climate change research: A discussion on agriculture. *Journal of Rural Study*, 1995, 11(3): 335-350.
- [22] Parry M L, Carter T R. An Assessment of the effects of climatic-change on agriculture. *Climatic Change*, 1989, 15(1-2): 95-116.
- [23] 林而达, 张厚瑄, 王京华. 全球气候变化对中国农业影响的模拟. 北京: 中国农业科技出版社, 1997.
- [24] Klein R J T, Nicholls R J. Assessment of coastal vulnerability to climate change. *AMBIO*, 1999, 28(2): 182-187.
- [25] Feenstra J F, Burton I, Smith J, et al. Handbook on methods for climate change impact assessment and adaptation strategies, UNEP/Vrije Universities institute for environmental studies, Amsterdam, 1998[2012-01-02]. http://unfccc.int/adaptation/nairobi_work_programme/knowledge_resources_and_publications/items/5503.php.
- [26] Smit B, McNabb D, Smithers J. Agricultural adaptation to climatic variation. *Climatic Change*, 1996, 33(1): 7-29.
- [27] 苏芳, 徐中民, 尚海洋. 可持续生计分析研究综述. *地球科学进展*, 2009, 24(1): 61-69.
- [28] DFID. Sustainable Livelihoods Guidance Sheets. 1999 [2012-01-02]. <http://www.enonline.net/resources/667>.
- [29] Ramamasy S, Baas S. Climate variability and change: Adaptation to drought in Bangladesh[EB/OL]. 2007 [2012-01-02]. http://www.fao.org/docrep/010/a1247_e/a1247e00.htm.
- [30] Krantz L. The Sustainable livelihood approach to poverty reduction. Swedish International Development Cooperation Agency, 2001[EB/OL]. 2001-02 [2012-01-02]. http://www.forestry.umn.edu/prod/groups/HYPERLINK/mailto:cfans/@pub/@cfans/@forestry/documents/asset/cfans_asset_202603.pdfcfans/@pub/@cfans/@forestry/documents/asset/cfans_asset_202603.pdf.
- [31] Smit B, Skinner M. Adaptation options in agriculture to climate change: A typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2002, 7(1): 85-114.
- [32] Campbell D, Barker D, McGregor D. Dealing with drought Small farmers and environmental hazards in southern St Elizabeth, Jamaica. *Applied Geography*, 2011, 31(1): 146-58.
- [33] O'Brien K, Sygna L, Leichenko R, et al. Disaster Risk Reduction, Climate Change Adaptation and Human Security [R/OL]. 2008[2012-01-02]. http://www.adpc.net/DDRC-CA/GECHS-08/GECHS_Report_3-2008.pdf.
- [34] Lim B, Spanger-Siegfried E, Burton Ian, et al. *Adaptation policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005
- [35] The Secretary-General of the OECD. Policy statement on integrating climate change adaptation into development Co-operation: Policy Guidance, 2009 [R/OL]. 2009-05-28(29) [2012-01-02]. <http://www.oecd.org/dataoecd/26/36/42747468.pdf>.
- [36] Ogden A E, Innes J L. Application of structured decision making to an assessment of climate change vulnerabilities and adaptation options for sustainable forest management. *Ecology and Society*, 2009, 14(1): 11.
- [37] Smith J B, Ragland S E, Pitts G J. A process for evaluating anticipatory adaptation measures for climate change. *Water Air and Soil Pollution*.1996, 92(1): 229-238.
- [38] 姚凤梅. 气候变化对我国粮食产量的影响评价[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2005.
- [39] 王媛, 方修琦, 徐铤, 等. 气候变暖与东北地区水稻种植的适应行为. *资源科学*, 2005, 27(1): 121-127.
- [40] Meza F J, Silva D. Dynamic adaptation of maize and wheat production to climate change. *Climatic Change*, 2009, 94(1-2): 143-156.
- [41] Polsky C, Easterling W E. Adaptation to climate variability and change in the US Great Plains: A multi-scale analysis of Ricardian climate sensitivities. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2001, 85(1-3): 133-144.
- [42] Van Aalst M K, Cannon T, Burton I. Community level adaptation to climate change: The potential role of participatory community risk assessment. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 2008, 18(1): 165-179.
- [43] Houghton J T, Ding Y, Griggs D, et al. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.
- [44] Yohe G, Tol R S J. Indicators for social and economic coping capacity-moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 2002, 12(1): 25-40.
- [45] Luers A L, Lobell D B, Sklar L S, et al. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental*

- Change-Human and Policy Dimensions, 2003, 13(4): 255-267.
- [46] Reidsma P, Ewert F, Lansink A O, et al. Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses. *European Journal of Agronomy*, 2010, 32(1): 91-102.
- [47] Dessai S, Hulme M. Assessing the robustness of adaptation decisions to climate change uncertainties: A case study on water resources management in the East of England. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 2007, 17(1): 59-72.
- [48] Brooks N. Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research. University of East Anglia, Norwich, 2003.
- [49] Grothmann T, Patt A. Adaptive capacity and human cognition: The process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 2005, 15(3): 199-213.
- [50] Debels P, Szlafsztein C, Aldunce P, et al. IUPA: A tool for the evaluation of the general usefulness of practices for adaptation to climate change and variability. *Natural Hazards*, 2009, 50(2): 211-233.
- [51] Mizina S V, Smith J B, Gossen E, et al. An evaluation of adaptation options for climate change impacts on agriculture in Kazakhstan. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Climate Change*, 1999, 4(1): 25-41.
- [52] Julius S H, Scheraga J D. The TEAM model for evaluating alternative adaptation strategies//Haimes Y Y, Steuer R E. Research and practice in multi-criteria decision making, Part II. Berlin: Springer, 2000, 487: 319-330.
- [53] 叶笃正, 符淙斌, 季劲钧, 等. 有序人类活动与生存环境. *地球科学进展*, 2001, 16(4): 453-460.
- [54] 叶笃正, 符淙斌, 董文杰, 等. 全球变化科学领域的若干研究进展. *大气科学*, 2003, 27(4): 435-450.
- [55] 刘辉志, 董文杰, 符淙斌, 等. 半干旱地区吉林通榆“干旱化和有序人类活动”长期观测实验. *气候与环境研究*, 2004, 9(2): 378-389.
- [56] 符淙斌, 安芷生, 郭维栋. 我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究(II): 研究成果的创新性及项目实施效果. *地球科学进展*, 2005, 20(11): 1168-1175.
- [57] 符淙斌, 延晓冬, 郭维栋. 北方干旱化与人类适应: 以地球系统科学回答面向国家重大需求的全球变化的区域响应和适应问题. *自然科学进展*, 2006, 16(10): 1216-1223.
- [58] Birkmann J. First- and second-order adaptation to natural hazards and extreme events in the context of climate change. *Natural Hazards*, 2011, 58(2): 811-840.

Progress on Research Methods of Adaptation to Natural Disaster

YIN Yanyu^{1,2}, WANG Jingai^{1,2}, LEI Yongdeng^{1,2}, YI Xiangsheng³

(1. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Key Lab of Regional Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Natural disasters are inevitable, but can be substantially reduced or mitigated by arranging human activities rationally to create the conditions for a harmonious coexistence of human and nature. Based on the studies of human's adaptation to hazards, some quantitative and qualitative methods on the issue were reviewed. The quantitative methods mainly consist of multi-scale-subject adaptation analysis, adaptation of the common people at the bottom and the policy for adaptation to natural disaster. The qualitative methods mainly involved adaptation of the ecosystem, policies or strategies optimization and so on. The results are shown as follows. (1) Some physical and mathematical models or some joint evaluation patterns have become the mainstream of the qualitative methods. Studies on adaptation to natural disaster show a synthetical and detailed trend. Some system comprehensive analysis methods and local native knowledge become popular. (2) As regards to the starting points on the issue, there are two approaches, the top-down one and the bottom-up one, different from what they focused on, but there would be a new method to combine the bottom-up approach with the top-down one, which is the just point for comprehensive system analysis of social ecosystems adaptation to natural disaster. In the end, several research trends on adaptation to natural disasters in the future are discussed. These conclusions can provide reference for seeking for a comprehensive research method.

Key words: natural disaster adaptation; research methods; qualitative method; quantitative method

本文引用格式:

尹衍雨, 王静爱, 雷永登, 等. 适应自然灾害的研究方法进展. *地理科学进展*, 2012, 31(7): 953-962.