

区域气候变化脆弱性综合评估研究进展

喻 鸥¹, 阎建忠^{1,2}, 张镜铨²

(1. 西南大学资源环境学院, 重庆 400715; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要: 区域脆弱性评估为脆弱性地区农户摆脱贫困、区域持续发展和政府制定适应策略提供科学依据。由于区域内部人地系统的复杂性, 区域的脆弱性定量评估较为困难。中国脆弱性研究起步较晚, 关注较早的是脆弱性区域的分布, 但对区域内脆弱人群的脆弱性研究较少, 认识上的不足影响了国家和地方政府制定科学的适应政策和措施。本文介绍了对脆弱性的认识, 梳理了区域气候变化脆弱性评估方法, 阐释了定性内涵、指标评估、以可持续生计框架为基础的脆弱性评估、基于地理信息系统的脆弱性评估等方法。针对中国的生态脆弱区, 建议利用可持续生计框架构建指标体系, 定量评估其脆弱性。

关 键 词: 区域; 脆弱性; 定量评估; 可持续生计框架; 气候变化

全球变化加剧了很多国家和地区脆弱性^[1-3]。据估计, 若沿海人口不断增加, 海平面上升 40 cm, 每年受洪水灾害影响的人数将增加 7500 万~20600 万, 其中 90% 分布在非洲和亚洲^[4]。贫困人口对气候变化的适应能力受生计资产和生计压力的限制, 高频率的气候极端事件减少了贫困人口恢复的时间, 使其长期处于脆弱状态。发展中国家的贫困人口, 不仅要应付气候变化带来的风险, 还要应对经济全球化的冲击, 更容易表现出脆弱性。近年来, 很多国际组织在发展中国家开展了脆弱性评估。美国国际开发署 (United States Agency for International Development, USAID) 的饥荒预警系统关注非洲各区域对粮食安全的脆弱性。脆弱性评估委员会 (Vulnerability Assessment Committees, VACs) 评估了津巴布韦、马拉维、赞比亚、斯威士兰、莱索托和莫桑比克 6 个非洲国家食品安全和生计条件的综合脆弱性。英国国际发展部 (Department for International Development, DFID) 关注非洲、亚洲、南美洲等发展中国家的农村可持续发展和扶贫。

脆弱性评估有利于科学家和决策者理解环境变化的影响, 探索阻碍社会有效响应的潜在因素, 了解脆弱人群分布、脆弱性表现以及脆弱性成因, 并寻找降低脆弱性的方法, 增强脆弱人群的适应能力^[4]。目前, 许多研究致力于评估自然生态系统面对风险脆弱性, 已建立起广泛应用的量化方法^[5-15],

以认知自然生态系统的脆弱性等级及分布, 预测未来自然生态系统对风险的适应。然而, 科学家、决策者以及非政府组织往往更关注区域的脆弱性综合评估, 以便和决策联系起来。区域不同于自然生态系统, 而是自然-经济-社会复合式系统, 自然生态系统的脆弱未必会导致人群的脆弱。区域内, 人类适应、加工和改造自然环境, 利用自然提供的物质和能源发展自身, 同时也遭受环境的冲击和风险, 如自然灾害、资源匮乏等。由于区域内部人地系统的复杂性, 定量评估其脆弱性较为困难, 目前尚缺少广泛应用的量化方法。如何识别脆弱人群, 分析其脆弱性成因和过程, 还缺少理论和案例研究。在气候变化背景下, 中国一些生态脆弱区势必受到严重影响, 识别脆弱区域和脆弱人群并采取针对措施显得尤为迫切。比如, 因缺少干旱和其他灾害的预案, 2010 年春季云南、贵州和广西的干旱让人们束手无策, 农村居民四处找水。本文拟对国内外相关研究进行梳理, 总结适合于区域脆弱性评估的理论框架和评估方法, 为气候变化背景下中国脆弱区域的脆弱性评估提供参考。

1 对区域气候变化脆弱性的认识

人们对脆弱性的认识从饥荒、自然灾害、贫困到社会生态系统, 其深度和广度不断变化, “脆弱

收稿日期: 2010-01; 修订日期: 2010-07.

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (2010CB951704, 2005CB42006); 国家自然科学基金项目 (40601006)。

作者简介: 喻鸥 (1986-), 女, 四川汶川人, 硕士研究生, 从事地理学综合研究。

通讯作者: 阎建忠, E-mail: yanjzswu@126.com

性”这一概念已经从日常生活中的一般含义逐渐演变成一个庞大的、独立的概念体系^[16-18]，“脆弱性科学”已初具雏形^[17]。虽然不同的学科从不同的角度来认识脆弱性，但脆弱性也有一些共性：脆弱性客体具有多层次性；施加在脆弱性客体上的扰动具有多尺度性；敏感性、应对能力、恢复力、适应能力等概念已成为脆弱性概念的重要构成要素；脆弱性总是针对特定的扰动而言^[16-17]。

在气候变化脆弱性方面，IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)第3次评估报告将气候变化研究中的脆弱性定义为：“一个自然或社会系统容易遭受或没有能力应对气候变化(包括气候变率和极端气候事件)不利影响的程度，是某一系统气候的变率特征、幅度、变化速率及其敏感性和适应能力的函数”^[19]。该定义涵盖了灾害、受灾度、后果(影响)和适应能力，并将脆弱性视为采取适应策略后气候变化的剩余影响。这一定义得到学界的广泛认同。此后，Fussler 提出，气候变化脆弱性至少涵盖4个方面的基本要素^[20]：①系统(System)，如自然系统，人地系统，人群等；②问题属性(Attribute of Concern)，受灾害暴露威胁的脆弱系统的价值属性；③灾害(Hazards)，对系统的影响和潜在的破坏；④时间标识(Temporal Reference)，事件的时间点和时间段。国内外非常关注3个方面的脆弱性，即饥荒，灾害和贫困，并在发展中国家开展了大量案例研究。

近年来，全球变化研究从侧重于关注全球变化的自然因素向强调自然与人文因素的综合作用研究发展，对气候变化脆弱性的关注也从自然生态系统转向耦合系统(人-环境耦合系统、社会生态系统、人地系统)，并提出了相应的研究框架。在大量的分析框架中，可持续生计框架和“暴露-敏感性-适应能力”框架，对于认识区域气候变化脆弱性具有较好的借鉴。

可持续生计方法(the Sustainable Livelihoods (SL) Approach)是一种理解贫困原因并给予解决方案的集成分析框架。目前大多数学者采用的生计(Livelihood)定义是指谋生的方式，该谋生方式建立在能力(Capability)、资产(Assets)(包括储备物、资源、要求权和享有权)和活动(Activities)基础上^[21]。SL方法基本概念的提出源于20世纪80年代和90年代早期对于贫困属性理解的加深，科学家们日益关注发展能力的贫困，即缺少能力去选择和完成基

本的生计活动。目前，有多种SL分析框架并存，在众多的框架中，英国国际发展部提出的DFID模型较为出色，已经被许多组织采纳^[22-25]。近年来，人们日益重视可持续生计方式在根除贫穷中的重要作用，因为在脆弱地区，能力建设的一个方面就是通过可持续生计实践提高社区弹性和恢复力^[25]。

“暴露-敏感性-适应能力”框架^[26]，包括如下3个方面：①暴露。暴露是一个区域经历的环境或社会政治压力，这些压力特征包括级别、频度、持久性和灾害的外围扩展。②敏感性，是区域被干扰、修正的程度。③适应能力，是区域为了顺应环境灾害、政策变化、扩大应对范围的进化能力。如何对暴露、敏感性和适应能力进行定量评价，是研究难点，也是今后的发展方向。由于暴露、敏感性和适应能力的概念及涉及的指标还需进一步厘清，这一框架在定量评估方面应用不多。目前，基于该框架，Polsky等提出VSD评价模型^[27]，刘小茜等构建了区域干旱威胁下的脆弱性评价指标和参数层构建框架^[18]。

2 评估方法

2.1 定性解释

解释脆弱性的成因是脆弱性研究的动力之一，以这个为目的的研究多从定性的角度出发。早期对于饥荒产生较为代表性的观点是由于洪水、干旱或虫害而导致粮食生产不足，但是学者发现饥荒现象在食物充足时仍会出现，而后就产生了以权利为基础的脆弱性研究学派。Sen在其《贫困和饥荒》一书中指出，交换和市场机制的失利是引发穷人饥荒的关键因素^[28]，Swift在Sen的基础上，从生产、交换和家庭资产3方面来解释导致脆弱性的原因^[29]，认为生产失利导致消费失利，最终导致饥荒。工资劳动力市场和农业畜牧业产品的商品市场，是农村贫困人口贸易脆弱性的主要来源。对家庭资产的分析主要是从投资(人力投资包括教育、医疗投资；个人生产性资产包括农场机械、房屋和家用设备、土地、树木、水井；集体资产如水土保持、灌溉系统等)、储量(食物储备；实物储备如珠宝、黄金等；现金)和索赔3个方面进行分析，通过其变化情况，评估农户对饥荒的脆弱性。Adger在权利缺失的基础上，从个体和群体两个角度探讨社会脆弱性产生的原因^[30]。个体脆弱性由资源的获取、收入来源的多

样性以及个体的社会地位决定。群体的脆弱性由收入、经济资产的不平等性以及正式或非正式的体制安排决定。不平等性直接影响资源获取,从而导致脆弱性,它与贫困有间接联系,并且间接导致脆弱性。

2.2 指标评估

在定性解释的基础上,不少学者采用指标评估,主要包括模型模拟、单一指数法和综合指数法,试图更为全面地涵盖社会、自然、经济等各个因素,以明确脆弱性程度。

(1) 模型模拟。模型模拟方法试图寻求脆弱性成因,划分脆弱性等级。Liverman在对墨西哥干旱脆弱性研究中^[31],采用积分方法评估脆弱性的驱动力,结果显示灌溉条件以及土地产权对脆弱性影响较大。但是使用了多种数据后,发现地点、人类活动以及社会生态系统内的驱动力也会导致脆弱性。Luers等使用Turner等的分析框架,建立方程式,即脆弱性=对压力的敏感度/相对门槛×受压的概率,并选择小麦产量为结果变量,分析了墨西哥一个农业区域社会生态系统的脆弱性^[32]。

在贫困脆弱性评估中,随着认识的深入,模型不断发展。Calvo和Dercon建立量度一维贫困脆弱性的方程式,测度某一特定领域人类福利的短缺和风险^[33]:

$$VUP_i = 1 - E[x_i^\alpha] \quad (0 < \alpha < 1), x_i = \frac{\text{Min}(y_i, z)}{z} \quad (1)$$

式中: VUP_i 为一维贫困脆弱性; E 为预期值; i 为个体序列; x_i 为某一个体的贫困水平; y_i 为某一个体在某一状态下(如地震等)的结果向量; z 为贫困线(得以生存的最低标准); α 为 y 这种结果出现的可能性。

Calvo认为贫困脆弱性不仅涉及人类福利短缺,还涉及到未来的不确定性和风险^[34]。在一维贫困脆弱性方程式基础上,建立量度多维贫困脆弱性方程式:

$$VMP_i = 1 - E\left[\left(\sum_{j=1}^J \gamma_j x_{ij}^\rho\right)^\alpha\right] \quad (0 < \alpha < 1, 0 \leq \rho \leq 1) \\ x_i = \frac{\text{Min}(y_{ij}, z)}{z}, \quad \sum_{j=1}^J \gamma_j = 1 \quad (2)$$

式中: VMP_i 为多维贫困脆弱性; E 为预期值; i 为个体序列; j 为维数; x_{ij} 为第 j 维度贫困水平; γ_j 为权重; 替代弹性 $1/(1 - \rho) \geq 0$; y_{ij} 为某一个体在某一维度里某一状态下的结果向量; z 为贫困线; α 为 y 这种结果出现的可能性。

Adger^[35]在Foster等^[36]评估贫困程度的指标上建立了脆弱性指数,量度脆弱性人口比例和脆弱性程度。

$$V_\alpha = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^q (W_0 - \frac{W_i}{W_0})^\alpha \right] \quad (3)$$

式中: V_α 是脆弱性指数; W_i 是个体幸福感; W_0 是脆弱性的幸福感门槛水平; n 是总个体数; q 是脆弱性门槛以上的个体数; α 是个体按敏感度从低到高排列。

该指数是以脆弱性差距为权重,个体幸福感与脆弱性门槛水平差距的加权和。当 $\alpha=0$, $V_0 = q/n$ 表示的是脆弱人口的比例。当 $\alpha=1$, V_1 是累计脆弱性差距量度指标: 脆弱个体数乘以脆弱程度(与门槛水平的距离 W_0)。当 $\alpha>1$ 时,脆弱性的分配变得更加重要。

模型模拟虽简洁概括,但对变量的界定较模糊,在实际操作中较为困难,如公式(3)中的门槛值的界定。此外,简单的模型模拟不能体现脆弱性的动态本质。

(2) 单一指数法。单一指数法通过选取某一典型变量测算脆弱性。许多有关贫困的脆弱性研究将穷人的消费水平或者收入^[30]作为一个关键指标。自然灾害的影响通过人类、社会和经济资本来测算,由物资变化如人口、已建财产和公共基础设施、牲畜、农业用地^[37]等表示,也可通过农业年产出的变化测算自然灾害如暴风的影响^[38]。这个方法可用于其他经济部门,如渔业部门,暴风的影响可通过捕鱼量的变化来测算,也可用于检测其他自然灾害如洪水、地震的影响等。

(3) 综合指数法。由于面对多重压力冲击,社会生态系统的脆弱性及产生的影响不同。在一定程度上,单一指标已不能较为全面的反映脆弱性。因此,人们尝试采用综合指数法,选取代表性指标并确定权重,计算其脆弱性指数。一些研究机构构建指标体系,以评估国家或区域的脆弱性(表1)。国家或区域尺度上的综合指数法,根据指数得分,确定脆弱性等级,划分脆弱性区域。但存在如下不足:①指标体系较为繁琐,需获得多层面多部门的数据,存在一定的难度。②选择指标和确定权重有一定的主观性。即使一个简单的系统或者区域,也很难充分考虑所有的变量和干扰因素。虽然较多研究采用均值权重,使量化过程能够推广,但不同区域中,各指标对脆弱性贡献程度不可能相同。③已构建的指标体系,应用范围较局限。区域特性限

表1 国家或区域层次综合指数

来源	构建指标	用途
饥荒预警系统(FEWS)应用的联合国粮农组织(FAO)综合指标	包括死亡率、营养不良、发育迟缓、食物获取性、饮食多样化、水资源可获性、贫困/代替、公民安全、应对策略、风险、结构和生计资产(人力资产、社会资产、金融资产、自然资源和物质资产)等12个指标	按照粮食不安全程度划分等级,为易发生饥荒地区的政策安排提供参考
世界粮食计划署(World Food Programme, WFP)的脆弱性综合指数	涉及5个领域。人口迁移(主要测度对生计系统的影响、对自然资源的人口压力和创收机会),农业,市场变动和价格趋势(测度对粮食获取的影响),健康、营养和卫生,收入和应对策略	评估安哥拉11个省份的农村对粮食不安全的脆弱性
南太平洋应用地理科学委员会(South Pacific Applied Geosciences Commission)的环境脆弱性指数(Environmental Vulnerability Index, EVI)	共有47个指标项目,其中27个表示风险,7个表示内在弹性,13个表示环境的健全或退化,这47个指标共分成5大类,分别为大气项目(6个指标)、地质项目(3个指标)、国家特质(7个指标)、生物特质(8个指标)、人类发展因素(23个指标)	评估小岛国家对一系列自然及人为灾害的脆弱性
耶鲁及哥伦比亚大学合作开发的环境绩效指数(Environmental Performance Index, EPI)	包括了10个类别共25个次级指标:病害的环境负担、水资源(对人类的影响)、空气污染(对人类的影响)、空气污染(对生态系统的影响)、水资源(对生态系统的影响)、生物多样性和栖息地、生产性自然资源(森林)、生产性自然资源(渔业)、生产性自然资源(农业)和气候变化。各类别分别有1-5个次级指标	评估国家环境可持续发展能力
耶鲁及哥伦比亚大学合作开发的环境可持续性指标(Environmental Sustainability Index, ESI)	采用了22个指标,分属系统、压力、脆弱性、能力以及全球管理5个方面,具体为:空气质量、水质、水量、生物多样性、地面系统、治理空气污染、降低用水压力、降低生态系统压力、降低浪费&消费压力、降低人口压力、人类基本需求、环境健康、科学/技术、控制管理、讨论及思考能力、私营部门的响应、环境情报、生态效率、减少公众错误选择、国际义务、全球规模的债券/参与和国际公地保护。每一个指标具有2-8个变量,共有67组数据	测度国家在环境系统、降低压力、降低人类的脆弱性、社会与制度的能力、全球参与上的表现
国际发展研究中心(International Development Research Centre, IDRC)绘制的东南亚气候变化脆弱性地图	通过多重风险、人口密度&保护区以及适应能力来综合评估脆弱性。多重风险通过暴风风险地图、干旱风险地图、洪水风险地图、山体滑坡风险地图、海平面增加地图叠置而成。人口密度&保护区主要通过人口敏感地图和生态环境敏感地图叠置而成。适应能力主要由社会经济、技术和基础设施情况来评估。社会经济情况包括了人类发展指数(生活标准、寿命和教育程度)、贫困发生率、收入差距。技术由电力覆盖度、灌溉面积评估。基础设施情况主要考虑道路密度和通讯情况	用来确定东南亚7个国家包括越南、老挝、柬埔寨、台湾、马来西亚、菲律宾和印度尼西亚脆弱性区域
联合国(UN)开发的人类贫穷指数(Human Poverty Index, HPI)	HPI-1 包括活不到40岁的人口概率、成人受教育指标和能持续获得较好水资源的加权人口数等3个指标构成 HPI-2 包括活不到60岁的人口概率、缺乏技术知识的成人 数、在收入贫困线以下的人口以及较长时期的失业率等4个指标	评估发展中国家在寿命、知识和生活水平的损失 评估发达国家除上述3个领域的损失外,还包括了社会排斥
人类不安全指数(Human Insecurity Index)或者人类安全指数(Human Security Index)	包括环境、经济、社会以及体制4个类别。环境包括净能源进口、土壤退化、安全用水和耕地4个指标。经济包括人均国内生产总值、人均国民生产总值增长、成人文盲率以及进出口商品和服务总价值4个指标。社会包括城镇人口增长率、年轻男性人口、产妇死亡率和平均寿命4个次级指标。体制包括了小学和中学国防教育的财政支出、国内固定投资总额、民主化程度和人类自由指数4个指标	评估国家的脆弱性和不安全性
Keele 经济研究的水匮乏指数(Water Poverty Index, WPI)	包括了资源、通道、能力、使用、环境5个指标。资源包括2个次级指标:区内水资源和区外水资源。通道包括3个次级指标:能获得安全用水的人口比例、能获得卫生设施的人口比例以及水田用水指标。能力包括4个次级指标:按购买力平价的人均国民生产(GDP)自然对数、5岁以下儿童死亡率、UNDP的教育指数和基尼系数。使用包括3个次级指标:人均生活用水、人均工业用水和人均农业用水。环境包括5个次级指标:水质指标、水压力(污染)指标、环境调控和管理能力指标、信息容量指标和受威胁物种多样性	评估社区或国家对水资源稀缺的自然和社会经济因素,说明人类对水资源缺乏的脆弱程度
欧盟人道救援局(European Commission Humanitarian Office, ECHO)的综合脆弱性指数(Composite Vulnerability Index)	包括8个指标:人类发展、人类贫困、自然灾害风险、冲突、难民、国内流离失所人口、营养不良、死亡率和政府开发援助捐款	比较加勒比海等区域对自然灾害事件的损失
气候变化 Tyndall 中心(Tyndall Centre for Climate Change Research)社会脆弱性指数(Social Vulnerability Index, SVI)	主要包括5个指标:经济福利和稳定、人口结构、公共基础设施的力量和体制稳定性、全球联系以及对自然资源的依赖性。经济福利和稳定包括生活/贫困标准和城镇人口变化。人口结构包括受供养人口和患 HIV/AIDS 就业人口的比例。公共基础设施的力量和体制稳定性包括 GDP 中卫生支出的比例、电话普及率和腐败率。全球联系主要由贸易平衡衡量。对自然资源的依赖性由农村人口衡量	评估非洲地区对气候变化引起水资源获取方面的社会脆弱性,绘制社会脆弱性地图
Hazards & Vulnerability Research Institute 使用的社会脆弱性指数(Social Vulnerability Index, SoVI)	将90年的42个指标减少到11个。包括个人财富、年龄、建筑密集度、单一附属经济部门、住房存量与租赁、种族-非裔美国人、种族-西班牙裔、种族-土著、种族-亚裔、职业和基础设施	测度美国各区域环境灾害脆弱性,绘制社会脆弱性地图

制了指标体系的适用性。不同区域,面临的风险、脆弱性表现不尽相同。④对脆弱性群体的脆弱性成因、表现和程度关注较少。

2.3 以可持续生计框架为基础的脆弱性评估

以可持续生计框架为基础的脆弱性评估关注

脆弱性群体,因而获得广泛认可。该框架从生计方式和生计资产组合入手,分析现有生计的长处和应对冲击的限制因素和潜力,以提高人们生计的可持续性,使其能独立应付各种冲击和保持自然资源的生产力。该框架的最终目标同发展中国家的农村

发展和扶贫工作目标契合。

可持续生计框架可用于不同层次(如个人、家庭、村寨、小流域、区域或国家)。早在20世纪末, Siegel 等就提出以生计资产评估脆弱性的概念框架,说明了在微观层次(农户层面)、中观层次(社区和当地层面)和宏观层次(地区、国家和国际层面)资产指标的差异^[39](表2)。宏观和中观层次的指标体系为脆弱性评估提供了政策和风险背景,而微观层面的指标从农户数据入手,更能直观的反映农户脆弱性。农户脆弱性作为农户抵御风险能力的表征,它的高低直接意味着农户应对生计困境的能力。

目前,一些国际机构基于该框架在发展中国家开展了大量研究。国际山地综合发展中心(International Centre for Integrated Mountain Development, ICIMOD)将其应用于评估印度-克什喜马拉雅地区的环境状况对山区贫困人民生计的影响。减灾研究所(Disaster Mitigation Institute, DMI)评估南亚对灾害的脆弱性,探寻降低灾害风险的生计方式^[40]。

Sharp 等致力于埃塞俄比亚农村的发展和扶贫,在微观层面(即农户层面)上,关注贫困的起因、过程和等级,这样的立意使研究贯穿了定性和定量两种分析方式。采用参与式开放式的调查方法,试图揭示贫困的起因和过程^[41-42]。采用农户调查数据,计算基本需求指数和生计资产指数以评估贫困程度。前者以粮食安全以及其他基本需求为一级指标,粮食安全主要由上一年最差月每天的进餐次数和上一年食物短缺的月数来衡量,其他基本需求主要由以往3年购买衣服的数量、住房是否足够遮风挡雨以及基本消费项目来衡量。后者将生计资产细分为人力资产、自然资源、物资资产、金融资产和社会资产等5个一级指标。人力资产指标主要

由家庭整体劳动能力、家庭中是否有至少一个男性成年劳动力、非家庭成员的劳力获取量组成;自然资产指标主要由家庭人均拥有耕地面积和家庭人均实际耕种面积来衡量;物质资产主要是包括牛的数量、耕畜的拥有量、家畜拥有总量;金融资产指标主要是由农户家庭现金收入、获得信贷的机会(包括正规渠道和非正规渠道)、获得无偿现金援助的机会组成,社会资产指标包括农户参与社区组织的状况和农户获得社会网络支持的情况。将农户的自我评估与综合脆弱性指数比较,发现两者的一致性。李小云等在评估福建沙县和广西马山县4个行政村的农户脆弱性时,将 Sharp 的生计资产评估体系进行了本土化应用^[43]。

AIACC (Assessments of Impacts and Adaptations of Climate Change)项目评估苏丹地区对气候变化的弹性时,采用可持续生计框架,收集自然资源、自然资源管理、金融资产、人力资产、农场产出、服务取得、社会因素、政策和风险这9个方面的农户数据^[44]。自然资源包括牧场生产力、牧场承载力、植物物种组合、水资源(使用和质量)、边缘人群(如妇女、穷人的)对自然资源的获取5个指标。自然资源管理包括水井管理、水泵维护、谷物储存、谷物加工、节能技术、备件的可利用性和对牧场、水资源、牲畜管理的有效性7个指标。金融资产包括创收活动、收入水平和稳定性、个人的循环基金和信贷额度、储蓄以及弱势群体贷款的可获性5个指标。人力资产包括资产所有权、房屋类型、熟练劳动力和边缘群体对教育、培训、推广服务的获取4个指标。农场产出包括牧场每单位面积的平均产量、牧场单位面积动物数量、主要农作物产量和妇女种植的蔬菜水果产量4个指标。服务取得包括

表2 不同层次下生计资产指标体系

Tab.2 Livelihood assets-based indicators at different levels

资产类型	微观层次	中观层次	宏观层次
自然	私人 土地、牧草地、森林、渔业、水资源：数量和质量	公有 土地、牧草地、森林、渔业和水资源	国家和全球的公共资源、河和分水岭、湖、海洋和空气
人力	农户构成和大小；健康和营养状况；教育和技能	劳动力资源	劳动力市场
物质	生产性资产(工具、机械和用工动物)；农户资产(居住、日用商品和用具)；储备品(家畜、食物和珠宝)	生产性资产(私人和公有的)；储备品	生产性资产(租金市场)；储备品
金融	现金、存款；获取贷款的机会；保险市场	现金、存款；获取贷款的机会；保险市场	金融和保险系统；获取国际间金融的机会
社会	农户社会连接和网络，农户间的动态变化	社区社会连接和网络	社区外的社会连接和网络
位置和基础设施	水源和卫生医疗设施、教育与健康、市场、商店和道路的接近程度	水源和卫生医疗设施、学校、健康中心、市场、商店和道路，对交通和信息基础设施的接近程度	对市场、交通、信息系统、健康和教育基础设施的距离
政治和公共机构	农户决策的参与	社区决策的参与；管理以及财产和人身安全	政治稳定；政治参与；集体行动的效力；管理；人权以及财产和人身安全

扩展、健康、培训和兽医服务 5 个指标。社会因素包括当地村委会组织机构、决策过程中村委会地位、组织的成员和分担的责任 4 个指标。政策包括税收、市场价格、奖励和土地产权 4 个指标。风险包括政府政策变化、技术人员移民、其他部落的侵占和游牧民族对牧场的压力 4 个指标。

Hahn 等将生计评估方法应用于非洲东部莫桑比克气候变化的脆弱性评估,量化了社会对环境变化的适应性^[45]。其构建的生计脆弱性评估指标体系,并没有严格按生计资产分类,主要是从社会人口概况、生计策略、社会网络、健康、食物、水资源以及自然灾害和环境变化 7 个方面入手,计算出生计脆弱性指数(LVI),并与 IPCC 的脆弱性定义——“敏感度、受灾度和适应性”联系起来,通过“(受灾度-适应性)×敏感度”来计算在 IPCC 定义下的脆弱性指数,其中自然灾害和气候变化属于受灾度范畴,社会人口概况、生计策略和社会网络属于适应能力范畴,健康、食物和水资源属于敏感度范畴。

以可持续生计框架为基础的脆弱性评估除指标选取、权重确定方面仍有不足外,现有指标体系未能反映农户生计动态过程。农户的生产生活方式都在某一特定的环境里进行。该环境包括了历史上的变化(如人口增减、政策变化、过去的资源变化等)以及先行自然与社会政治环境(如自然资源状况、先行资源权属政策等)的因素。先行生计方式是当地人对当地季节性特点以及过去的趋势和冲击而应变的结果,了解生计方式的动态变化趋势及其原因,是了解先行生计面临的限制和机会的基本手段^[46]。

2.4 基于地理信息系统的区域脆弱性评估

近年来,地理信息系统因其强大的空间分析功能、可操作性强、有利于识别脆弱区域,在区域脆弱性评估中得到了广泛的应用,尤其是灾害脆弱性评估^[47-49]。这一方法的实质就是脆弱性评估指标在空间上的表达。随着人们对脆弱性认识的深入和区域空间数据的积累,这一方法将具有较好的前景。

3 对中国生态脆弱区脆弱性评估建议

中国自然或生态环境脆弱性领域的脆弱性研究起步较早。在 20 世纪末期,刘燕华等根据环境脆弱的主要成因,在全国范围内划分了脆弱性区域,证实贫困与脆弱生态环境之间存在一定的相关

性,中国贫困地区呈现与脆弱生态区相一致的空间集中分布特征^[50-54]。但是对中国脆弱人群的脆弱性表现以及脆弱性程度并没有更为深入的研究,对脆弱性人群适应策略和相关政策制定没有起到实质的指导作用。在气候变化背景下,有必要在这些生态环境脆弱区域探索合适的脆弱性评估指标体系,开展定量评估,识别脆弱人群,有针对性地开展扶贫和可持续生计建设,提高其适应能力。由于中国小农经济长期存在,农户生计多样化的策略较为普遍^[55]。相关研究也证实生计多样化能提高农户对风险的适应能力,降低其脆弱性^[56-57]。因此,建议在小农经济背景下,利用可持续生计框架构建指标体系,定量评估脆弱性:

(1) 科学合理的指标体系需要建立在对农户生计过程认知的基础上,探索农户生计方式、生计资产的组合与流动,以及气候变化及其他风险对农户生计的影响。因此,定量评估与定性评估并不能完全孤立开来,从脆弱性起因以及过程入手,有利于指标体系的建立。研究人员须对脆弱地区居民的生计有充分的了解。

(2) 具体指标体系的选择可参考农户自身对脆弱性因子的认知。农户的自我认知可选择出对其脆弱性产生影响程度最大的因子,对各因子的权重取值有一定的参考作用。开展农户调查是获取脆弱性因子的合适手段。

(3) 整合区域尺度和农户尺度评估结果。农户尺度和区域尺度脆弱性定量评估侧重点不同,两者相互补充。区域尺度脆弱性定量评估反映脆弱性区域的分布和等级,为农户尺度脆弱性提供研究背景。农户尺度脆弱性定量评估着眼于脆弱人群,细化区域尺度脆弱性研究。

参考文献

- [1] Robert J N, Frank M J H, Marchand M. Increasing flood risks and wetland losses due to global sea-level rise: Regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 1999, 9(1): 69-87.
- [2] Dinar A, Mendelsohn R, Evenson R, et al. Measuring the Impacts of Climate Change on Indian Agriculture. *World Bank Technical Paper*, 1998.
- [3] Agrawala S, Raksakulthai V, Larsen P, et al. Development and climate change in Nepal: Focus on water resources and hydropower. *OECD working paper*, 2003.
- [4] Eakin H, Luers A L. Assessing the vulnerability of social-environment systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 2006, 31(1): 365-394.

- [5] Box E. Quantitative evaluation of global primary productivity models generated by computers//Lieth H, Wittaker R H. Primary Productivity of the Biosphere. New York: Springer-verlag, 1975: 265-283.
- [6] Cao M K, Prince S, Li K R, et al. Response of terrestrial carbon uptake to climate interannual variability in China. *Global Change Biology*, 2003, 9(4): 536-546.
- [7] Ji J J, Yu L. A simulation study of coupled feedback mechanism between physical and biogeochemical processes at the surface. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 1999, 23(4): 439-448.
- [8] Melillo J M, McGuire A D, Kicklighter D W, et al. Global climate change and terrestrial net primary production. *Nature*, 1993, 363: 234-240.
- [9] Neilson R P. Vegetation redistribution: A possible biosphere source of CO₂ during climatic change. *Water, Air and Soil Pollution*, 1993, 70(1-4): 659-673.
- [10] Patt A, Klein R J T. Taking the uncertainty in climate-change vulnerability assessment seriously. *Comptes Rendus Geoscience*, 2005, 337(4): 411-424.
- [11] Prentice I C, Cramer W, Harrison S P, et al. A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography*, 1992, 19(2): 117-134.
- [12] Running S W, Gower S T. FOREST-BGC, A general model of forest ecosystem processes for regional applications II. Dynamic carbon allocation and nitrogen budgets. *Tree Physiology*, 1991, 9(1/2): 147-160.
- [13] Uchijima Z, Seino H. Agroclimatic evaluation of net primary productivity of natural vegetations(1): Chikugo model for evaluating net primary productivity. *Journal of Agricultural Meteorology*, 1985, 40(4): 343-352.
- [14] Woodward F I, Smith T M, Emanuel W R. A global land primary productivity and phytogeography model. *Global Biochemical Cycles*, 1995, 9(4): 471-490.
- [15] Wu S H, Yin Y H, Zhao H X, et al. Recognition of ecosystem response to climate change impact. *Advance Climate Change Research*, 2005, 1(3): 115-118.
- [16] 李鹤, 张平宇, 程叶青. 脆弱性的概念及其评价方法. *地理科学进展*, 2008, 27(2): 18-25.
- [17] Downing T E. Towards a Vulnerability Science? *IHDP Newsletter Update*, issue 3, 2000.
- [18] 刘小茜, 王仰麟, 彭建. 人地耦合系统脆弱性研究进展. *地球科学进展*, 2009, 24(8): 918-927.
- [19] IPCC. *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 3-26.
- [20] Fussel H M. Vulnerability: A generally application conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 2007, 17(2): 155-167.
- [21] Ellis F. *Rural Livelihoods and Diversity in Development Countries*. New York: Oxford University Press, 2000.
- [22] Bebbington A. Capitals and capabilities: A framework for analyzing peasant viability, rural livelihoods and poverty. *World Development*, 1999, 27(12): 2021-2044.
- [23] Carney D. *Sustainable Livelihoods Approaches: Progress and Possibilities for Change*. London: Department for International Development, 2002.
- [24] DIFD Issues. *Sustainable Livelihoods-Building on Strengths*. London: Department for International Development, 2002.
- [25] Chatterjee K, Huq S. A report on the inter-regional conference on adaptation to climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2002, 7(4): 403-406.
- [26] Adger W N. Vulnerability. *Global Environment Change*, 2006, 16(3): 268-281.
- [27] Polsky C, Neff R, Yarnal B. Building comparable global change vulnerability assessments: The vulnerable scoping diagram. *Global environment change*, 2007, 17(3-4): 472-485.
- [28] Sen A. *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*. Oxford: Oxford University Press, 1982.
- [29] Swift J. Why are rural people vulnerable to famine? *IDS Bulletin*, 1989, 20(2): 8-15.
- [30] Adger W N. Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam. *World Development*, 1999, 27(2): 249-269.
- [31] Liverman D M. Drought impacts in Mexico: climate, agriculture, technology and land tenure in Sonora and Puebla. *Annals of the Association of American Geographers*, 1990, 80(1): 49-72.
- [32] 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*, 2003, 13(4): 255-267.
- [33] Calvo C, Dercon S. *Measuring individual vulnerability*. Oxford Economics Discussion Paper, 2005.
- [34] Calvo C. Vulnerability to Multidimensional Poverty: Peru, 1998-2002. *World Development*, 2008, 36(6): 1011-1020.
- [35] Adger W N. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 268-281.
- [36] Foster J, Greer J, Thorbecke E. A class of decomposable poverty measures. *Econometrica*, 1984, 52(3): 761-766.
- [37] Berry P M, Rounsevell M D A, Harrison P A, et al. Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. *Environmental Science & Policy*, 2006, 9(2): 189-204.
- [38] Patwardhan A, Sharma U. Improving the methodology for assessing natural hazard impacts. *Global and Planetary Change*, 2005, 47(2-4): 253-265.
- [39] Siegel P B. Using an Asset-based Approach to Identify

- Drivers of Sustainable Rural Growth and Poverty Reduction in Central America: A Conceptual Framework. World Bank Policy Research Working Paper, 2005.
- [40] Twigg J. Sustainable Livelihoods and Vulnerability to Disasters. Disaster Management Working Paper, 2001.
- [41] Sharp K. Squaring the "Q"s? methodological reflections on a study of destitution in Ethiopia. *World Development*, 2007, 35(2): 264-280.
- [42] Sharp K. Measuring destitution: Integrating qualitative and quantitative approaches in the analysis of survey data. IDS Working Paper, 2003.
- [43] 李小云, 董强, 饶小云, 等. 农户脆弱性分析方法及其本土化应用. *中国农村经济*, 2007(4): 32-39.
- [44] Elasha B, Elhassan N, Ahmed H, et al. Sustainable livelihood approach for assessing community resilience to climate change: Case studies from Sudan. AIACC Working Paper, 2005.
- [45] Hahn M B, Riederer A M, Foster S O. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change: A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 2009, 19(1): 74-88.
- [46] 安迪, 许建初. 可持续生计框架: 对云南的生物多样性保护与社区发展的针对性. 昆明: 云南省生物多样性和传统知识研究会(CBIK), 2003.
- [47] Cutter S L, Mitchell J T, Scott M S. Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*, 2000, 90(4): 713-737.
- [48] 郝璐, 王静爱, 史培军, 等. 草地畜牧业雪灾脆弱性评价: 以内蒙古自治区为例. *自然灾害学报*, 2003, 12(2): 51-57.
- [49] Metzger M J, Leemans R, Schroter D. A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2005, 7(4): 253-267.
- [50] 刘燕华. 中国自然灾害灾情指标及区域特征探讨. *中国减灾*, 1994, 4(2): 29-34.
- [51] 刘燕华, 李钜章, 赵跃龙. 中国近期自然灾害程度的区域特征. *地理研究*, 1995, 14(3): 14-25.
- [52] 赵跃龙, 刘燕华. 中国脆弱生态环境类型划分及范围确定. *云南地理环境研究*, 1994, 6(2): 34-44.
- [53] 赵跃龙, 刘燕华. 中国脆弱生态环境分布及其与贫困的关系. *人文地理*, 1996, 11(2): 1-7.
- [54] 刘燕华, 李秀彬. 脆弱生态环境与可持续发展. 北京: 商务印书馆出版, 2001.
- [55] 黄宗智. 中国农村的过密化与现代化: 规范认识危机及出路. 上海: 上海社会科学院出版社, 1992.
- [56] 阎建忠, 吴莹莹, 张懿锂, 等. 青藏高原东部样带农牧民生计的多样化. *地理学报*, 2009, 64(2): 221-233.
- [57] 武艳娟, 李玉娥. 气候变化对生计影响的研究进展. *中国农业气象*, 2009, 30(1): 8-13.

Reviews on Regional Climate Change Vulnerability Assessment

YU Ou¹, YAN Jianzhong^{1,2}, ZHANG Yili²

(1.College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China;

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

Abstract: Assessments of regional vulnerability provide a scientific basis for poverty reduction, sustainable development and formulation of adaptive strategies in vulnerable regions. Quantitative methods for regional vulnerability assessment are very difficult due to the complexity of man-land system. Vulnerability studies started late in China, and the earlier studies concerned more on the distribution of vulnerable areas but less on vulnerable people, which prevents the central and local governments from formulating scientific adaptation policies and measures. This paper reviews the understandings of vulnerability and the methods for regional climate change vulnerability assessment. Cases about qualitative analysis, index evaluation and vulnerability evaluation based on sustainable livelihood framework and GIS methods are introduced. Suggestions on vulnerability assessment based on sustainable livelihood framework are also presented for the vulnerable regions of China.

Key words: region; vulnerability assessment; quantitative appraisal; sustainable livelihood framework; climate change

本文引用格式:

喻鸥, 阎建忠, 张懿锂. 区域气候变化脆弱性综合评估研究进展. *地理科学进展*, 2011, 30(1): 27-34.