

灾害脆弱性概念模型综述*

商彦蕊

(河北师范大学资源与环境科学学院; 河北省环境变化与生态建设实验室, 河北 石家庄 050024)

摘要: 分析灾害系统脆弱性类型、成因、驱动力及其驱动过程, 评价灾害系统脆弱性程度, 可为防灾减灾的适应能力和恢复能力建设提供基础信息。对脆弱性的概念、框架和评估原理进行综述, 旨在借鉴其思路和方法, 改进减灾实践。

关键词: 灾害脆弱性; 概念模型; 评估; 综述

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2013)01-0112-05

0 引言

随着世界范围内各类自然灾害给人与自然复合生态系统造成的破坏、损失和影响的不断增加, 脆弱性、适应性与恢复性研究已成为全球变化、防灾减灾与可持续发展领域关注的焦点^[1-4]。在自然或人为因素的强烈干扰下, 通过反馈机制, 灾害系统结构和功能在不断发生变化。脆弱性、适应能力和恢复能力的共同作用, 对各类承灾体的灾害风险水平起着再调节作用。因此, 面对自然灾害, 不论是研究者还是管理者, 都越来越关心下列问题: 同样类型和强度的灾害, 对谁/对那里的影响更大, 为什么? 是谁/什么对正在发生的多重变化脆弱, 为什么脆弱? 这些变化与它们的后果是如何被具有不同的脆弱性、适应性和恢复性的系统环境放大或缩小的(attenuated or amplified); 以人类社会经济系统运行为核心的发展模式, 是如何驱动区域系统要素变化及其整体结构和功能演化的? 这对于减灾与可持续发展至关重要^[1,5]。明确系统对不同类型和强度的灾害、干扰或打击的脆弱性, 可为决策者提供有益的参考, 来帮助他们利用有限的资源, 尽可能地提高应对、适应和恢复能力, 取得较好的减灾效果。本文对国外在全球变化、生态系统、人类社会经济系统、人与自然复合生态系统等研究领域涉及到的脆弱性概念、框架, 分析与评估进行了综述, 以为国内的灾害脆弱性研究与综合减灾实践提供参考。

1 脆弱性、适应性与恢复性

1.1 脆弱性认识的深化

脆弱性用以描述相关系统及其组成要素易于受到影响和破坏, 并缺乏抗拒干扰、恢复自身结构和功能的能力。对于灾害系统而言, 脆弱性与

损失的可能性相关, 表现在两个方面, 一是系统暴露于致灾因子, 称之为外部性; 二是灾害系统是否具有反应能力和恢复能力, 称之为内部性。内部性受到系统各组成要素及其相互作用的影响, 要素的状态和动态变化会通过反馈机制, 影响系统结构和功能。因此, 可以说脆弱性是暴露、预见能力、应对能力、抵抗力、恢复力以及致灾力的函数^[6-7]。

在地理学文献中, 早期文献较多地关注了致灾因子的类型、强度、发生频率及其空间分布。而从1970年代末期开始, 对人类社会经济活动可以放大或缩小灾情的问题引起重视, 并因此将灾害脆弱性定义为损失的可能性^[8]。

从总体上看, 社会科学和人类生态学领域主要侧重人、人群或社区(community)的脆弱性, 特别关注社会经济和政治结构及其变化过程如何导致了的人的脆弱性^[9-10], 认为影响脆弱性的关键因素包括暴露、预见、应对、抵抗和从自然灾害中恢复的能力, 是这些因素的综合作用影响着受灾害打击的后果。该方面研究非常关注如何确定哪些人或人群是脆弱的、脆弱的程度和空间分布。目的主要是为了灾害救助。研究者会针对不同类型的灾害的人口脆弱性变量进行提取, 考察实际的脆弱性人口状态, 分析其成因, 绘制空间分布图^[11]。致灾因子与社会脆弱性相互作用的后果, 通常以资源环境破坏、经济损失或人口伤亡来测量。因此, 在某种程度上, 社会脆弱性可看成是生物物理脆弱性的关键影响因素之一。

经济学研究中, 脆弱性更多地关注贫困问题。在特定的政治经济背景下, 一定区域的人口脆弱性被概念化为降低到消费临界值(如贫困线)的可能性^[12]。

气候变化研究中, 脆弱性定义考虑由气候变化导致的潜在破坏量, 及在遭到致灾事件打击之前, 系统内存在的一种状态^[13]。其中, 潜在破坏量估计主要基于对致灾因子及其影响的评价, 一

* 收稿日期: 2012-05-30

修回日期: 2012-07-26

基金项目: 国家自然科学基金(41171402); 河北师范大学博士基金(103237)

作者简介: 商彦蕊(1963-), 女, 河北省蠡县人, 教授, 主要研究方向为资源开发与减灾. E-mail: shangyanrui@126.com

般会低估人类系统对灾情形成所起的作用。通常对暴露更为关注, 如因海平面上升, 暴露于沿海洪水风险区的人口和资产会增加到多少, 风险会多大。系统内要素的状态, 则关注脆弱性对灾情的放大或减轻的可能。

可持续发展研究扩展了脆弱性的概念, 将脆弱性分析关注的焦点指向人与自然复合生态系统。可持续发展项目的研究和评估系统, 提出了一个脆弱性分析的多维框架, 认为脆弱性可定义为暴露、敏感性、适应能力的函数, 表现在社会和生态系统的相互作用之中^[14-15]。通过在不同的时空尺度上对人类和自然生态系统起影响作用的各种因素及其过程变量来测量和预测脆弱性与可持续性。Kasperson 等在对人与自然复合生态系统的研究中, 定义脆弱性为人类或环境系统因外部打击或干扰, 有可能经历伤害的程度^[16]。Nick Brooks 区分了生态系统脆弱性、社会脆弱性, 风险、适应能力和适应性。认为脆弱性只有针对特定的系统、特定的致灾因子而言才有意义。可笼统地归为社会脆弱性和生态系统脆弱性^[17]。

总的来说, 脆弱性是指系统(自然系统、人类系统、人与自然复合生态系统、基础设施系统等)易于遭受伤害和破坏的一种性质^[18], 这种性质由一种或一系列条件决定, 呈负向影响着人们对灾害的准备、承受和反应能力, 与人和自然复合生态系统中的自然条件、资源、环境、社会、经济和政治等各种因素具有复杂的相关性, 这几个方面的结构和状态及其相互作用, 决定了系统应对自然灾害时能够做出适应与选择适应措施范围的大小。最脆弱的系统往往是那些几乎没有选择和适应能力较差的系统^[19]。脆弱性越高, 越容易暴露于打击事件而遭受破坏。因此, 脆弱性关注的核心问题是一旦某致灾事件发生, 谁或哪里会受到影响, 影响的原因和程度如何? 是什么原因在何种背景下导致了脆弱性, 以及降低脆弱性的途径。

1.2 脆弱性与适应性和恢复性关系

脆弱性、适应性和恢复性研究可以从不同的视角来探究灾害发展变化的原因、灾害系统应对、适应和处理外部干扰的能力与状态。影响脆弱性、适应性和恢复性的各种因素处于复杂的相互作用过程之中。

适应性(adaptability)属于系统能够修正或改变自身特征或行为, 以更好地应对现实存在或预期会发生的外部打击的能力。通常将因适应能力的实现而导致的社会脆弱性的降低看成为适应(adaptation)。适应的直接结果是降低社会脆弱性, 提高系统应对外部打击的能力^[21]。在给定的、持续的致灾水平上, 适应可在一定程度上降低灾害风险。但如果致灾因子在频率和强度上都变化剧烈, 则尽管采取了适应策略, 系统还是会面临更大的风险。脆弱性可表达为暴露与适应性的函数。在 $V = f(E, AC)$ 中: V 为系统脆弱性, E 为暴露, AC 为

系统适应能力。适应性影响脆弱性和恢复性。一般说来, 适应力(adaptive capacity)增强, 脆弱性就会降低, 恢复性就会提高。

恢复性是承灾体(自然的或人类社会经济的)承受灾害打击, 遭受损失和破坏后, 能够通过系统调整来恢复常态的能力。恢复力越强, 恢复越快, 意味着可能遭受的后续影响和损失越少, 遭受下一轮打击之前的脆弱性也越低。因此, 系统如何恢复以及其恢复的水平和速度, 受系统前期脆弱性状态和水平的影响, 而恢复的结果又会影响系统未来的脆弱性。实际上, 脆弱性和恢复性如同一个硬币的两面, 影响脆弱性和恢复性的各要素交互作用, 交叉于社会、空间和时间几个不同的维度。因此, 不可能将它们隔离开。支撑恢复性的关键因素如系统要素间相互作用的协调程度; 承灾人群对抗灾资源的使用权和使用能力; 受灾人口的经济实力、知识、技能和信息决策能力等方面能力的缺失正是脆弱性产生的条件。

脆弱性和恢复性都是基于地方性质和环境特征的。要具体地了解承灾体的脆弱性和恢复性, 就有必要了解它们所处的环境(背景)^[22]。脆弱性、适应性和恢复性之间存在着要素集合的从属或包含关系(图1)。

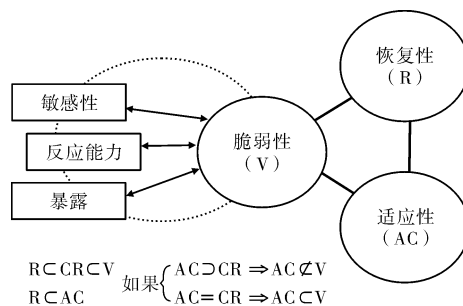


图1 脆弱性、适应性和恢复性关系

2 脆弱性研究的概念模型

2.1 RH 与 PAR 模型

早期灾害风险分析的概念模型有 RH (the risk-hazard) 和 PAR (Pressure-and-release) 简化模型^[18-19]。RH 模型将灾害的影响看成为暴露和敏感性的函数, 强调暴露和敏感性, 从致灾因子推导灾害影响结果, 而脆弱性的概念并不明晰^[23]。RH 模型不涉及所研究的系统对灾害影响放大和缩小的途径, 以及政治、经济、尤其是社会结构和制度对塑造不同暴露方式和程度以及受灾结果的作用(图2)。

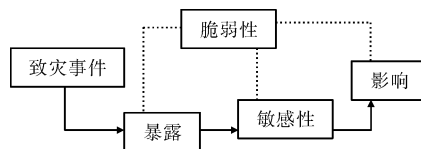


图2 RH 框架：从致灾事件开始的链状反应

PAR 模型清晰地定义承灾体的脆弱性为干扰、打击和暴露的函数(图3)。重点关注是什么力量使得暴露的承灾体如何变的不安全和脆弱,以及承灾系统受灾的条件、过程和机制。这种分析方法最初应用于面对灾害事件的社会群体。强调因暴露的差别导致的承灾体脆弱性的不同(如性别、年龄和种族等)。尽管清晰地强调了脆弱性,但 PAR 模型似乎对于解决广义的可持续发展问题还显得不够综合。因最初这个模型并不针对人与自然复合生态系统,也没有考虑自然生态亚系统的脆弱性,对各种相互作用的自然和人为因素之间的网络联系与反馈关系也考虑很少。

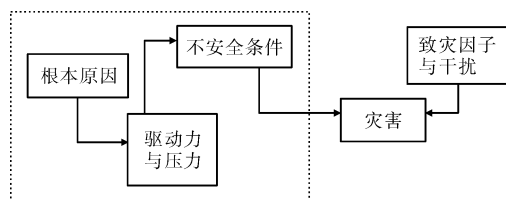


图3 PAR 框架(风险分析通用): 强调暴露的社会条件

RH 和 PAR 模型引入了3个重要的概念: 权力、应对的多元性以及恢复(entitlement, coping through diversity, and resilience)。不同的系统对干扰和打击保持着不同的敏感性。权力一词(entitlement)有助于解释社会承灾体为什么处于不同的风险水平。

Blaikie 认为灾害系统的脆弱性是处于动态变化之中的, 变化的压力来自自然和社会过程, 为此, 他给出了脆弱性压力累积的概念框架^[9](图4)。

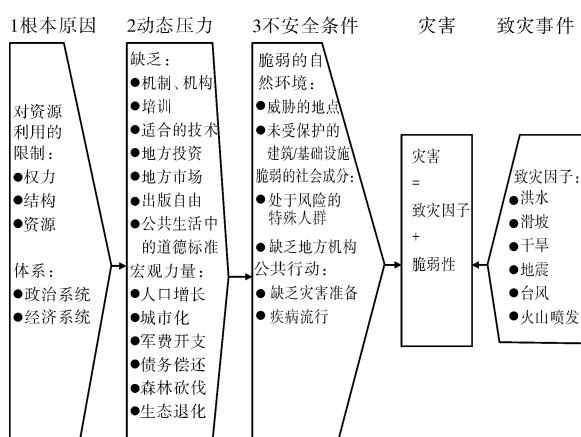


图4 灾害系统脆弱性形成与累积

2.2 生态脆弱性评价模型

Ferdinando Villa 在研究生态系统特征的基础上, 提出了分析生态脆弱性的概念模型(图5)。认为生态系统脆弱性表现为内在和外在两个方面。内在的脆弱性是系统内部动力与结构作用的结果, 影响系统受到干扰后的恢复性。外在脆弱性包括暴露与致灾因子两个风险成分, 与对系统打击的频率、强度和持续时间相关。进行脆弱性评价时, 选择影响脆弱性的内在和外要素进行量化和综

合指数计算^[24]。

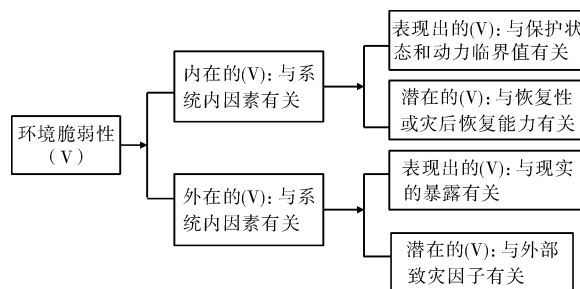


图5 环境脆弱性概念模型^[24]

2.3 综合应对模型

B. L. Turner 等认为旨在促进可持续发展的脆弱性分析应该包括^[17]: 人与自然复合生态系统中多种相互作用的干扰和打击及其后果; 暴露及系统经历灾害的行为; 敏感性; 应对、反应和恢复能力; 系统采取反应(如调整或适应)措施后结构的重组; 以及多种时间和空间尺度相互镶嵌的致灾动力过程及系统反应。并提出了脆弱性影响因素和过程及其分析的概念框架(图6)。该框架体现了脆弱性、敏感性和恢复性相互作用及其在内部调整与适应、外部驱动、多尺度时空演化过程中的相互关系, 对综合减灾具有十分重要的意义。

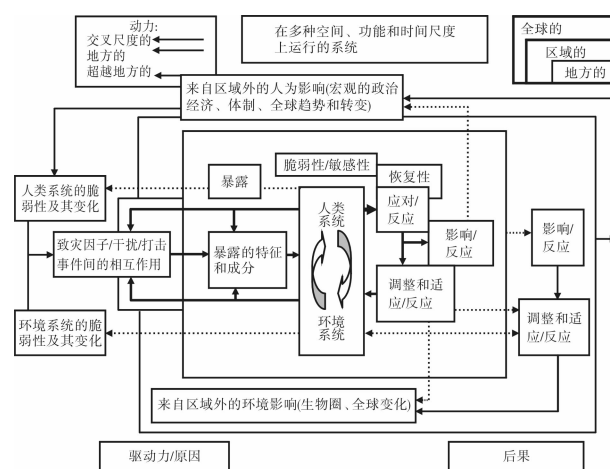


图6 影响脆弱性的系统内部和外部要素在多尺度上的关系框架^[20]

2.4 非结构性脆弱性分析模型

Buckle 等在澳大利亚“恢复性与脆弱性评估: 原理、策略和行动项目”指导纲要(guideline)中, 为紧急事件的管理者设计了一套进行风险早期管理的思路和脆弱性综合评估准则。指出脆弱性与恢复性存在于多种时间与空间尺度上(如个体、家庭、街区、地方、国家); 也可以划归不同类型的系统(如经济系统、生态系统、社会系统、生命线工程与基础设施系统等), 而且随着时间的变化, 脆弱性与恢复性都在改变。该框架主要指向非结构性评估和管理方法^[25]。主要目的是确定特定区域、社区或人群的脆弱性, 从而为管理提供依据, 以采取预防和备灾行动, 启动反应和恢复计划, 使得当地的管理者在灾害事件发生前明确风险和

脆弱性的所在, 抓住时机有计划地避免灾害或使其损失和影响最小化。该模型指出了各种通过影响个人或社区状态而作用于脆弱性和恢复性的渠道(图7)。认为个体的脆弱性和恢复性受到社区脆弱性的影响, 而社区脆弱性是在一定的社会结构背景下产生和变化的, 这些背景自上而下包括: 社会结构背景、社会/社区背景和家庭以及个人背景等, 这种变化在不同的空间和时间尺度上(过去、现在和未来)具有自上而下的系统调控和自下而上的累积作用过程, 这两个方向的作用不是简单的加和, 而是系统过程的反馈。

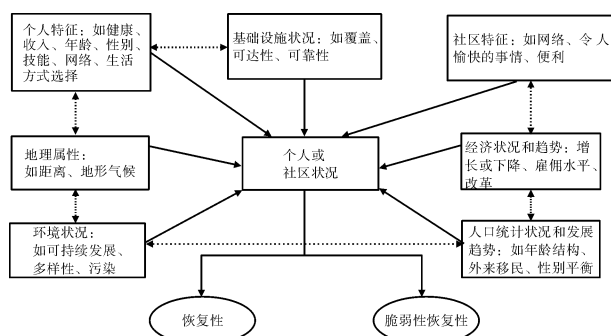


图7 恢复性和脆弱性原理^[25]

2.5 评估食物安全的脆弱性模型

在食物安全方面, 脆弱性常常被定义为与结果有关的状态, 如饥饿、食物不安全或饥荒。Maxx Dille 等^[26]认为风险水平是由致灾因子与脆弱性共同作用决定的, 而脆弱性直接与致灾因子而不是结果相联系。对于食物安全来说, 致灾因素一般认为是宏观水平的事件, 如干旱、洪涝、疾病流行或战争等。涉及食物安全的脆弱性评估, 需要理解致灾影响是如何通过经济、社会 and 自然系统转化为人口脆弱性, 而使其食物供给不安全的。例如剧烈的社会经济变革会转化为物价和工资的浮动, 直接影响购买力以及一个家庭能够购买多少食物。同样, 诸如旱灾等自然灾害事件对农户的直接影响也可以分解成多个方面: 作物减产, 减产后会影响到一个农户总共能够生产多少食物以及食物的结构、农业收入。而农户可以用来减灾的各种资源会影响旱灾的最后结果。因此, 提出一个概念框架, 将致灾事件/打击因素进行分类、正常年份的食物构成和灾害年份的食物来源构成进行分解、比较, 在确定食物安全阈值的基础上, 分析不同区域或农户充分利用各种资源来满足食物基本需求的程度, 探究脆弱性的根本原因。

3 脆弱性评估建模

如上所述, 承灾系统的脆弱性、适应性和恢复性都是一种性质和状态的表达, 是相对的、动态的。因系统要素组成的多样性和相互作用的复杂性(非线性)、外部打击或干扰(致灾因子强度和

过程)的多变性, 使得难以象测量一个有形的物体或有具体的数量特征的事务一样, 直接测量脆弱性。而减灾、可持续发展、生态、全球变化等各个研究领域又迫切需要对系统脆弱性进行判断和比较, 因此, 还是不断有定量和半定量的方法提出并得到应用^[5,7,27], 使得至少在相对意义上, 能够区别系统脆弱性状态, 并有可能提出针对现状采取调整与适应对策的途径。

就目前而言, 量化脆弱性的最通用的方法是建立一套指标体系, 通过对脆弱性状态有关关键影响的因素的测量, 合成一种代理指数来表达脆弱性^[28-29]。例如, USAID 食物紧急预警系统 (FEWS) 项目利用所选择变量的平均值或权重平均值指数, 来测量非洲不同地区对食物的脆弱性。这样做的核心是对比不同区域系统要素的状态, 如作物风险(生长期长度及其变化)、收入风险(收入多样性、经济作物平均产量)和应对策略(主要的食物生产、基础设施使用权等)。PNL 脆弱性评估实验室(The Pacific Northwest Laboratory)也构造了一种复合的方法来对 38 个国家的气候变化脆弱性指数进行测量^[30]。PNL 脆弱性指数是一个从 5 组敏感性变量(居住地、食物安全、人体健康、生态系统和水)和 3 组应对能力变量(经济的、自然资源和社会经济资源的及环境的应对能力)中选出的 16 个变量, 对每个变量进行标准化, 进行加权, 来合成脆弱性指数。SOPAC (the South Pacific Applied Geosciences Commission) 环境脆弱性指数 (EVI), 是一个由 54 个独立变量合成的结果, 这些变量以退化、恢复力、暴露和人类安全指数进行分类, 人类安全指数又是来自 4 个主题领域(环境、经济、社会和体制)的 16 个指标的复合体^[31]。实践证明, 指数方法对监测脆弱性趋势和探究概念性框架是有价值的。尽管脆弱性测量只能涉及特定变量, 而不能完全体现一个地方所有变量的总合, 且在选择变量时可能存在主观性, 权重的确定也是相对的, 不同尺度上数据的可得性不一等等问题, 在灾害研究中对于特定致灾因子(事件)的脆弱性测量和评估依然有效, 能够为减灾策略、减灾方向、减灾途径和灾害救助目标确定提供重要依据, 能够明确适应和恢复能力建设的途径。

4 应用与问题

我国地域辽阔, 灾害类型多样, 自然和社会经济条件复杂且区域差异显著, 各类灾害在不同地域造成的损失和影响千差万别且有加剧的趋势, 研究脆弱性的成因、状态和机制, 对脆弱性进行分析、定量评估, 是寻求减轻灾害系统压力、提高系统适应灾变的能力、进行综合减灾的基础工作。目前我国各类灾害频繁, 急需在现有研究和减灾实践基础上, 借鉴世界上科学可行的方法, 进一步针对不同地域、不同类型的灾害系统进行脆弱性的深入研究。

参考文献:

- [1] Clark G E, Moser S C, Ratick S J, et al. Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: the case of Revere, MA., USA[M]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 3. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 1998: 59–82.
- [2] Impacts, adaptation, and vulnerability. A Report of Working Group II of IPCC, 2001[EB/OL]. [2011–11–12]. http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg2/index.htm.
- [3] Kates R W, Clark W C, Correll R, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science[EB/OL]. [2011–11–12]. <http://www.pnas.org/content/100/14/8074.full>.
- [4] Conceptual approaches to climate change vulnerability assessments[EB/OL]. [2010–02–09]. http://www.eoearth.org/article/Conceptual_approaches_to_climate_change_vulnerability_assessments.
- [5] Ribot J C. The causal structure of vulnerability: its application to climate impact analysis[J]. GeoJournal, 1995(35): 119–122.
- [6] Watts M, Bohle H–G. The space of vulnerability[J]. Progress in Human Geography, 1993, 17(1): 43–67.
- [7] Cutter S L. Vulnerability to environmental hazards[J]. Progress in Human Geography, 1996(20): 529–539.
- [8] Mitchell J, Devine N, Jagger K. A contextual model of natural hazards[J]. Geographical Review, 1989(79): 391–409.
- [9] Blaikie P, Cannon T, Davis I, et al. At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters[M]. Routledge New York, 1994: 284.
- [10] Bohle H C, Downing T E and Watts M J. Climate change and social vulnerability[J]. Global Environmental Change, 1994, 4(1): 37–48.
- [11] Downing T E, Butterfield R, Cohen S, et al. Climate Change Vulnerability[M]. Oxford Environmental Change Institute, Oxford. 2001.
- [12] Amy L Luers, David B Lobell, Leonard S Sklar, et al. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico[J]. Global Environmental Change, 2003(13): 255–267.
- [13] Luers A L. The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change[J]. Global Environmental Change, 2005(15): 214–223.
- [14] McLaughlin P and Dietz T. The Human Dimensions of Global Environmental Change, eds[M]. Diekmann A, Dietz T, Jaeger C et al. MIT Press, Cambridge, MA, 2003.
- [15] J X Kaspersen and R E Kaspersen. Vulnerability to global environmental change[M]. The Social Contours of Risk. London: Earthscan, 2005: 245–285.
- [16] Turner B L II, Kaspersen R E, Matson P A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2003, 100(14): 8074–8079.
- [17] Nick Brooks. Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework[EB/OL]. [2011–11–12]. <http://www.tyndall.ac.uk/content/vulnerability-risk-and-adaptation-conceptual-framework>.
- [18] A Marsh & Smale. Assessing Resilience & Vulnerability: Principles[M]. Strategies & Actions Buckle, 2001.
- [19] Bolin R. Long term family recovery from disaster[C]// Monograph 36 Boulder Institute for Behavioral Science, 1982: 42.
- [20] B L Turner I, Roger E Kaspersen, Pamela A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science[J]. PNAS, 2003, 100(14): 8074–8079.
- [21] Burton I, Kates R W, White G F. The Environment as Hazard[M]. 2nd Edition. Guilford Press, New York, NY, USA, 1993.
- [22] Graham Marsh, Sydney Smale. Assessing Resilience & Vulnerability: Principles, Strategies and Actions Guidelines[M]. Philip Buckle, 2001.
- [23] Burton I, Kates R W and White G F. The Environment as Hazard[M]. Oxford Univ. Press, Oxford, 1978: 19.
- [24] Ferdinando Villa, Helena McLeod. Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision–Making: Guidelines and Applications[J]. Environmental Management, 2002, 29(3): 335–348.
- [25] Buckle, Marsh, Smale. Assessing Resilience and Vulnerability: Principles, Strategies and Actions[C]// Emergency Management Australia in fulfilment of project grant 15/2000. May 2001.
- [26] Maxx Dille, Tanya E Boudreau. Coming to terms with vulnerability: a critique of the food security definition[J]. Food Policy, 2001(26): 229–247.
- [27] Pritchett L, Suryahadi A and Sumarto S. Quantifying vulnerability to poverty: a proposed measure with application to Indonesia[C]//Social Monitoring and Early Response Unit Research Institute (SMERU) Working Paper, May, 2000.
- [28] Moss R, Brenkert A, Malone E L. Measuring vulnerability: a trial indicator set. Pacific Northwest Laboratories[EB/OL]. [2011–11–12]. <http://www.pnl.gov/globalchange/projects/vul/indicators.pdf>, 2000.
- [29] Moss R H, Malone E L, Brenkert A L. Vulnerability to climate change: a quantitative approach. Prepared for the US Department of Energy(2002)[EB/OL]. [2011–11–12]. <http://www.globalchange.umd.edu/cgi-bin/Details.pl?sref=PNNL-13765>.
- [30] Moss R, Brenkert A, Malone E L. Measuring vulnerability: a trial indicator set. Pacific Northwest Laboratories[EB/OL]. [2011–11–12]. <http://www.pnl.gov/globalchange/projects/vul/indicators.pdf>, 2000.
- [31] Lonergan S, Gustavson K, Carter B. The index of human insecurity[J]. Aviso, 2000(6): 1–11.

Review on Concept Model of Disaster Vulnerability

Shang Yanrui

(College of Resources and Environment Science, Hebei Normal University; Hebei Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, Shijiazhuang 020024, China)

Abstract: Analysis on types, causes, driving force and its driving process of vulnerability in disaster system and evaluation on vulnerability degree could provide basic information on adaptation and resilience construction of disaster prevention and reduction. Concept, framework and evaluation principles of vulnerability are reviewed to draw lessons from the thoughts and approaches and improve disaster relief practice.

Key words: disaster vulnerability; concept model; assessment; review