

尚志海. 自然灾害脆弱性研究的基础: 抵抗力研究[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 51–55. [Shang Zhihai. The basis of study on natural disaster vulnerability: Resistance study[J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(1): 51–55.]

自然灾害脆弱性研究的基础: 抵抗力研究^{*}

尚志海

(岭南师范学院 地理系, 广东 湛江 524048)

摘要: 自然事件能否给人类社会造成灾害损失, 关键取决于承灾体抵抗力与致灾因子破坏力的比较。如果承灾体能够抵御灾害破坏, 则灾害损失微乎其微, 甚至承灾体会完好无损。因此, 灾害抵抗力是承灾体脆弱性研究的基础, 但灾害抵抗力与现有的脆弱性研究不同, 更不同于恢复力研究。抵抗力是承灾体抵御自然灾害破坏的能力, 其在灾前即存在, 是承灾体的本质属性, 承灾体抵抗力强烈地影响着灾中应对力和灾后恢复力。抵抗力研究应首先从其内涵出发, 挖掘抵抗力的本质特性, 解析抵抗力的影响因素, 据此建立灾害抵抗力评估体系; 其次, 在评估尺度上, 以城市、社区和个体作为主要研究尺度; 在评估方法上, 应突出情景分析方法的作用。最终将评估结果与抵抗力增强机制结合起来, 从而真正有效地减少灾害损失。

关键词: 抵抗力; 自然灾害; 脆弱性

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2015)02–0051–05

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2015.02.010

进入2014年以来, 全社会都在津津乐道于“人祸”(官员腐败)得到有效遏制, 但与之形成鲜明对比的是, “天灾”(自然灾害)对中国社会经济的影响却一刻也没有减弱。2014年5月11日深圳暴雨肆虐, 城市不堪一击; 7月以来, 河南省和辽宁省分别遭遇60多年来最严重的干旱灾害; 7月18日台风“威马逊”先后在海南、广东、广西登陆, 成为1973年以来登陆华南的最强台风; 8月3日云南省鲁甸县发生6.5级地震, 虽然震级不大, 却造成617人死亡。不管是现代城市, 还是山区乡村, 在面对自然灾害时为何都如此脆弱? 其脆弱性体现在哪里? 经济越发达, 脆弱性越大还是越小? 自然灾害风险将长期影响着中国的可持续发展, 这些问题的解决必须借助科学技术的力量, 必须寻找新的研究视角, 灾害抵抗力研究或许能为解决这些问题提供一个新思路。

1 灾害抵抗力研究的必要性

人类社会系统的脆弱性研究是可持续性科学的核心问题之一, IPCC发布了《管理极端事件和灾害风险, 提升气候变化适应能力》特别报告, 提出减少暴露区数量和降低暴露区脆弱性是适应气候变化和应对灾害风险的主要方法^[1]。结合人口众多、城市快速发展的国情, 减少暴露区数量已经很难实施, 从而降低脆弱性成为最切实可行的风险管理措施。在地学领域 Timmerman 首先提出了

脆弱性概念, 但他自己也认为脆弱性概念过于宽泛, 日益沦为一个时髦的修饰性词语^[2], 脆弱性与暴露性、应对力、抵抗力、恢复力、适应性都有一定的联系^[3–7], 如何把握影响脆弱性的关键因子才是最有效降低脆弱性的核心问题。

任何一种灾害都有其生命周期^[8], 即发生前、发生时和发生后, 承灾体脆弱性依次表现为抵抗力(resistance)、应对力(coping capacity)和恢复力(resilience)。在降低脆弱性的过程中, 如果不增强承灾体抵抗力, 在灾害发生时灾害管理者也只能疲于应对^[9]。只有提高了承灾体的抵抗力, 才能做到“兵来将挡, 水来土掩”。而在灾害发生后, 承灾体能否恢复还是一个未知数, 有时候承灾体一旦被破坏, 就无法恢复; 能够较快恢复过来的都是抵抗力强的承灾体^[2,5,10–15]。Geis 解释了与恢复力相比, 为什么更要重视抵抗力研究: 我们是希望本社区在灾后很快恢复或调整过来, 还是希望社区能够抵抗灾害, 从而不让自然事件变成灾害呢? 在一定程度上来说, 绝大多数人更愿意自己免于受灾, 而不仅仅是在灾后恢复过来^[16]。因此, 抵抗力是脆弱性研究的基础。

目前, 抵抗力一词主要被应用在生态学和医学中^[17–21]。在生态学中, 抵抗力是测度生态系统稳定性的重要指标, 肖风劲等认为抵抗力对生态系统健康影响最大^[21]。中国传统医学提倡“不治已病治未病”, 增强人体抵抗力是预防和减轻疾病的最好方式。灾害就是人类社会的一种疾病, 从这

^{*} 收稿日期: 2014–08–31

修回日期: 2014–10–11

基金项目: 国家自然科学基金项目(41371080); 湛江师范学院引进人才资助项目(ZL1306)

作者简介: 尚志海(1979–), 男, 河北迁安人, 博士, 副教授, 主要从事环境灾害与风险评价研究. E-mail: shangzhihai@126.com

个意义上讲, 灾害风险管理中应贯彻“不治已灾治未灾”的理念, 其基础就是提高承灾体抵抗力。灾害抵抗力, 作为影响脆弱性的基础要素一直没有被单独研究。抵抗力是什么, 哪些因素决定着抵抗力, 抵抗力如何评估, 抵抗力如何增强, 这些问题都没有得到解决。

如何增强城市和乡村灾害抵抗力, 将是实现区域可持续发展的重要保障。灾害抵抗力越强, 在灾害发生时越能应对自如, 在灾害发生后越能很快恢复。因此, 灾害抵抗力研究具有重要的意义。理论上, 灾害抵抗力可以丰富和深化脆弱性研究, 使脆弱性评估更具体细致, 更具可行性; 实践上, 灾害抵抗力可为抗灾城市和抗灾社区建设提供参考, 使自然灾害风险管理更加有效。

2 灾害抵抗力研究内容

2.1 自然灾害抵抗力概念辨析

在自然灾害抵抗力研究中, 首要的问题是明确抵抗力是什么。在人体医学中, 免疫系统的抵抗功能主要是防御外界病原微生物的侵入; 在生态学中, 抵抗力是生态系统抵抗外力干扰的能力^[22-23]。在灾害学中, 抵抗力是指一个系统抵抗自然事件扰动的能力, 用系统可以承受或吸收的扰动量来衡量^[24]。总结发现, 虽然抵抗力被用在不同领域, 但是学者们对抵抗的理解基本一致, 抵抗都是与一定干扰对应的, 是系统的一种属性。目前灾害抵抗力多和脆弱性、恢复力混在一起, 或作为它们的一个组成要素, 不利于抵抗力的深入研究(表1)。因此, 在灾害抵抗力研究中, 要对抵抗力、脆弱性、恢复力、适应性进行必要的区分。

Timmerman 定义脆弱性为一个系统由于危险事件的影响而遭受损害的程度, 其大小受到系统抵抗危害和从中恢复能力的制约^[2]。从这一定义可以看出, 早期学者在研究脆弱性时就注意到了抵抗力的影响。Blaikie 从社会学角度关注抵抗力, 认为脆弱性和抵抗力是承灾体社会经济因素综合作用的结果^[25]。McEntire 认为, 脆弱性由不利因素与能力的此消彼长所构成, 不利因素来源于风险和社会的敏感性, 能力由灾害抵抗力和恢复力共同构成(图1)^[26]。总结目前的脆弱性研究, 多数学者认为脆弱性与暴露性、敏感性呈正相关, 与抵抗力、恢复力呈负相关。因此, 抵抗力作为影响脆弱性的基础因素不容忽视。

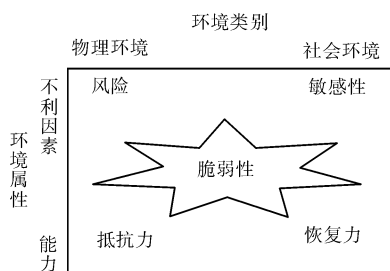


图1 脆弱性模型

表1 抵抗力与脆弱性、恢复力之间的关系

关系	代表人物	主要观点
脆弱性包含抵抗力	Blaikie (1994) Wisner, et al. (2004)	脆弱性是个人或团体的一种特性, 表现为预测、应对、抵抗及灾后恢复能力
	Pelling (2003)	自然灾害的脆弱性分解为暴露性、抵抗力和恢复力
	Klein, et al. (2003)	脆弱性包括三个主要因素: 抵抗力、恢复力和当前的物理状态
	王 静 爱 等 (2006)	脆弱性是指承灾体承受和抵抗致灾因子而产生不同程度损失的能力
恢复力包含抵抗力	Adger (2000); Kimhi (2004)	社会恢复力包括三个特性: 抵抗力、恢复力(recovery)、创造力 恢复力: 暴露于致灾因子下的系统、社区或社会及时有效地抵抗、吸纳和承受灾害的影响, 并从中恢复的能力
	UNISDR (2009)	
	Zhou et al. (2010)	恢复力: 承灾体在灾中抵抗损失及灾后再生重组的能力
	刘婧等 (2006)	广义的灾害恢复力包括系统抵抗致灾因子打击的能力和灾后恢复能力两个方面

自从美国卡特里娜飓风以来, 恢复力逐渐成为了一个流行词, 其涵盖的范围越来越广, 过分夸大的含义增加了研究人员对恢复力抽象建模的难度^[15]。虽然一些研究认为恢复力是包括抵抗力在内的(见表1), 但是狭义的恢复力只应包括系统灾后调整、适应、恢复和重建的能力^[14]。因此, 抵抗力和恢复力应该区分开来。首先, 根据汉语词语的释义, 狭义恢复力更符合恢复的本质。其次, 目前恢复力研究中忽略了系统边界问题, 因为承灾体系统一旦完全崩溃, 则不具有恢复的可能性^[15]。最后, 承灾体如何恢复不仅取决于其自身属性, 还受到多种因素的影响, 比如其受破坏的程度、外界援助的力度等。本文认为, 狭义恢复力更符合其特征, 其研究重点是承灾体在灾后的恢复情况, 没有破坏就谈不上恢复。

为了降低灾害脆弱性, 国际科学界开始讨论人类社会如何适应自然灾害并采取相应的措施^[27-28]。IPCC 认为适应是: 人类对实际或预期的气候变化及其影响作出的调整, 以避免危害或利用有益的机会^[1]。人类社会对自然灾害的适应包括主动适应和被动适应, 增强抵抗力恰恰是人们对灾害的主动适应, 可以大大减少灾害损失。承灾体脆弱性高低, 直接取决于该承灾体在组成、结构和功能上的优良程度及其抗干扰能力^[29]。每一个承灾体在面对灾害时, 都具备一定的抵抗力, 只是抵抗力大小不同。如果抵抗力很弱, 即使小灾害也可以导致社会系统崩溃^[5]。因此, 增强抵抗力是减少灾害脆弱性的基础工作, 是今后适应性建设的核心。

综上所述, 本文认为抵抗力是承灾体抵御自然灾害破坏的能力, 是承灾体与生俱来的特征, 是承灾体的本质属性, 是脆弱性的构成要素和研究基础。其次, 抵抗力与恢复力不同, 恢复力是未知数, 而抵抗力在灾前是可以把握的, 例如建筑物的抗震能力在灾前就是已知的, 而其遇到不同震级的地震能否恢复是未知数, 有时甚至不存在恢复的可能, 只有破坏后重建的机会。最后, 增强承灾体抵抗力是人类主动适应灾害的过程, 只有使抵抗力增强到一定程度, 才能使人类社会免于受损。

2.2 自然灾害抵抗力研究视角

Hans - Martin 曾经提过一个问题来说明脆弱性评估的特点, 佛罗里达州和西藏相比, 面对全球气候变化下日益增强的气象灾害, 哪个区域脆弱性更大一些? 正确回答这个问题, 需要把握 4 个角度。承灾体系统: 问题关注的是社会系统还是经济系统, 是自然环境还是地理区域等。承灾体属性: 问题考虑的是自然灾害对人们生活或者健康的影响, 还是对农作物或者建筑系统的损害。考虑具体灾害: 不能脱离灾种谈承灾体脆弱性。时间尺度: 长时间尺度, 还是短时间尺度^[30]。基于此, 自然灾害抵抗力评估要针对具体致灾因子, 要考虑承灾体特性, 还要考虑研究尺度。

(1) 基于致灾因子的抵抗力研究

在各种灾害的抵抗力研究上, 目前多是气象灾害和地震灾害的防灾减灾能力评估。张继权等提出洪涝灾害防灾减灾能力可以通过避难所数量、人口密度、人均国民生产总值等指标来衡量^[31], 金菊良等探讨了干旱灾害风险与抗旱能力的关系^[32]。张风华等采用人员伤亡、经济损失和震后恢复时间 3 个要素, 用灰色关联分析方法评估城市防震减灾能力^[33], 刘晓然提出了基于系统动力学的城市抗震防灾能力评估模型^[34]。现有的防灾减灾能力评估可以为抵抗力研究提供参考, 但是其与抵抗力研究并不完全相同, 防灾减灾能力研究多从宏观出发, 涉及到灾害发生过程的各个阶段; 其研究尺度也集中在大中尺度上, 研究内容不够具体和细致。而基于致灾因子的抵抗力研究, 强调抵抗力是承灾体面对不同灾害时表现出来的特性, 是灾前即存在的属性, 另外抵抗力的研究应更具体、更细致。

(2) 基于承灾体的抵抗力研究

承灾体特性是影响抵抗力的关键因素。黄崇福认为承灾体抗灾性能分析的核心是: 找出根据致灾因子强度 h , 计算破坏程度 D 的破坏模型 $D = f(h)$, 其中 f 完全由承灾体的特性决定^[35]。尹占娥认为脆弱性是由承灾体的物理特性决定的, 反映了其本身抵抗致灾因子打击的能力。人口的脆弱性主要取决于人体的忍耐力和应急自救能力; 房屋建筑的脆弱性主要表现为抵抗倒塌、冲刷损毁的能力; 室内财产的脆弱性主要取决于财产所在建筑物的脆弱性; 公路的脆弱性表现为路基和路面抵抗外部冲击力的能力^[36]。因此, 抵抗力评估必须把握不同承灾体的特性, 这是影响抵抗力的关键; 同一承灾体面对不同的致灾因子时, 其抵抗力有何差异, 如何把握这种差异来应对不同

灾害也是重要的研究内容。

(3) 灾害抵抗力的研究尺度

承灾体抵抗力的研究尺度, 应借鉴脆弱性的研究, 但是又要突出特色, 目前脆弱性研究主要包括区域尺度、社区尺度和个体尺度。在各种区域系统中, 城市脆弱性是国内外学者关注的焦点。Balica 等构建了沿海城市洪水脆弱性评估指标, 包括水文地理指标、社会经济指标、政治管理指标, 并将其应用在 9 个城市中, 以探讨哪个城市更脆弱^[12]。张明媛提出城市抗灾能力的评价指标有人口密度、人口状况、固定基础财富密度、建筑物抗灾能力、生命线各子系统抗灾能力、生命线系统关联度^[37]。陆炳强等认为区域抗灾能力是恢复力与脆弱性的商^[38], 此方法与城市抗灾力计算方法一致^[39]。综上, 区域尺度的抵抗力评估应抓住抵抗力的本质, 突出针对性, 研究尺度不宜太大, 要具体问题具体分析。

现阶段, 基于社区尺度的抵抗力研究刚刚开始, 还处于起步阶段。抗灾社区是指具有承受灾害能力的社区, 承受灾害能力表述了社区在灾前具有充分准备能力, 使之能够抵抗灾害打击, 并具有灾后恢复的实力^[8]。Bjarnadottir 等探讨了气候变化背景下社区台风灾害的社会脆弱性, 主要影响因素为种族、年龄、性别和社经地位^[40]。刘刚从社会经济因素、环境因素及建筑物因素 3 个方面, 选取 19 个指标组成社区灾害脆弱性评价的指标体系, 运用层次分析法和模糊综合评价法, 对兰州市城关区的五个社区进行了灾害脆弱性评价^[41]。相对其他尺度, 社区灾害抵抗力研究将是未来发展方向。

除了区域和社区尺度, 个体尺度的抵抗力研究一直以来都受学者们关注, 最初个体或群体的抵抗力研究局限于物理系统, 尤其是建筑系统。最近 Werg 等分析了心理因素和政府因素对个人家庭社会抵抗力的影响^[42]。王瑶等认为, 风险本身是客观的, 但因为个体的主观状况不同, 个体的风险承受能力有明显的主观性偏差。因此从个人心理特征、个人风险心理、安全倾向、个人避险能力、风险认识 5 个方面构建了个人风险承受能力评价指标, 其中个人心理特征对避险能力有较大影响, 对安全倾向的影响为负值^[43]。因此, 个人风险认知能力强烈地影响着其灾害抵抗力, 今后可以从公众教育层面提高个人的灾害抵抗力。个体抵抗力的研究是灾害抵抗力研究的落脚点, 这一方向还有大量细致的工作要做。

(4) 灾害抵抗力的动态评估

在现实社会中, 承灾体抵抗力和脆弱性是复杂和动态的, 会随时间和空间发生变化。从古到今, 自然灾害死亡人数的相对减少, 很大程度上依赖于人类社会抵抗力的增强, 因此抵抗力的动态评估必不可少。Cutter 分析了美国 1960 年以来脆弱性的时空变化, 人口密度、种族、社会经济地位对脆弱性的变化起了重要作用, 脆弱性由最初的集中分布在特定区域, 变得更加分散^[44]。程晓昀从人口易损性、经济易损性、社会结构易损性和社会文化易损性 4 个方面, 对江苏省自然灾害社会易损性时空格局进行了研究^[45]。在今后的抵

抗力研究中,不仅要重视其空间差异,更要研究其时间演变,并考虑不同承灾体的差异,否则难以找到影响脆弱性变化的控制因素。

总之,灾害抵抗力评估结果要科学可靠,首先,必须要针对一定的致灾因子,不同承灾体在抗震、抗旱、抗涝、抗打击能力等方面都不相同,即使同一承灾体面对不同灾害时其抵抗力也有差异。其次,必须选择合适的研究尺度,抵抗力可以优先考虑三个尺度层面的研究,分别是城市、社区和个体尺度。最后,必须把静态评估和动态评估相结合,因为承灾体抵抗力不是一成不变的,只有实现抵抗力动态评估,才能把握增强抵抗力的因素。

2.3 自然灾害抵抗力评估方法

如何基于灾害抵抗力的本质,确定评估模型和方法是抵抗力评估研究能否达到预期效果的关键。抵抗力评估方法的选取必须基于对脆弱性研究总结之上,较为常用的脆弱性评估方法有层次分析法、模糊综合评价法、人工神经网络、集对分析方法、数据包络分析、情景分析法,近年来GIS技术在脆弱性研究中得到广泛使用^[46]。其中,除了常用的指标体系方法外,情景分析方法已经成为自然灾害风险模拟的重要途径^[47],它极大地推进了包括灾害脆弱性在内的风险评估精度。

情景对某类灾害风险的描述,是从事件情景、发生概率或可能造成的后果3个方面进行,这一研究以Kaplan等的研究为代表^[48]。在风险情景背景下,学者们探索了灾害风险评估的情景模拟法。情景模拟法是在假定灾害事件的多个关键影响因素有可能发生的前提下,构造出未来的灾害情景模型^[49]。情景模拟法也被用于脆弱性评估,Penning-Rowsell等将建筑分为21类,对各类建筑在2种延时下和4种社会性能的洪灾脆弱性曲线进行了研究,共计算得出168条灾害脆弱性曲线^[50],这是目前为止研究最为详尽的成果之一。最近,Wang等对气候变化背景下台湾西南地区洪涝灾害脆弱性进行了评估,根据3种洪水情景,计算了最大淹没水深作用下不同土地利用区域的潜在灾害经济损失^[51]。

在灾害脆弱性研究方面,石勇重点探讨了风险情景下的城市洪水脆弱性,对龙华居住建筑内部财产的脆弱性和天平街道居住房屋结构的水灾脆弱性进行了评估^[52]。赵庆良在对温州市龙湾区六种暴雨洪水淹没情景进行模拟的情况下,对洪灾脆弱度进行了研究^[53]。刘敏等借助于脆弱性曲线,分析了上海市中心城区旧式住宅的脆弱性^[54]。灾害情景模拟下的脆弱性研究,大大提高了评估精度^[55]。殷杰等对社区暴雨内涝灾害进行情景分析和灾害风险评估进行了研究^[56],陈蕾以上海市普陀区金沙居委地块为例,进行了基于社区的城市夏季暴雨内涝风险分析,并整合了本地的风险知识^[57]。因此,在社区尺度的抵抗力研究,需要整合自然科学和社会科学来解决共同的问题。

总之,包括抵抗力在内的脆弱性评估研究,要进行不同灾害情景下的风险模拟,从而研究不同情景下承灾体抵抗力大小,这是解决抵抗力评估的必由之路。没有未来风险情景的模拟,灾害

抵抗力评估就无法针对致灾因子并考虑承灾体特性得出有价值的结果。

3 结论与展望

灾害抵抗力,作为影响脆弱性的因子一直没有被单独研究。与灾害脆弱性、恢复力的研究相比,灾害抵抗力研究非常薄弱。在灾害抵抗力研究中,关键是解决“抵抗力是什么?”、“如何评估灾害抵抗力?”、“如何增强灾害抵抗力?”这三个问题,为抗灾城市和抗灾社区建设提供参考。

(1)抵抗力是脆弱性研究的基础,抵抗力是承灾体抵御自然灾害破坏的能力,其强烈地影响着灾中应对力和灾后恢复力。今后的研究应首先对灾害抵抗力的本质、结构进行探讨,这不仅仅是为了明确“灾害抵抗力是什么”,更重要的在于搞清楚“影响灾害抵抗力的因素有哪些”,只有这样才能构建抵抗力评估指标体系。

(2)在抵抗力的研究尺度上,主要包括城市、社区和个体。其中社区防灾减灾工作最有针对性,最能达到预期效果。因此,社区尺度的灾害抵抗力研究是核心工作,而个体尺度的灾害抵抗力研究是基础工作。今后的工作重点是:在模拟一定的灾害风险情景下,评估各社区灾害抵抗力的大小,并比较各地的差异,分析影响其抵抗力差异的原因;另外,分析灾害抵抗力的变动情况及其驱动因素,找出控制灾害抵抗力变化的关键因子。

(3)灾害抵抗力建设是主动积极的灾害风险管理措施,有助于避免未来的灾害风险。风险管理的实践活动始于家庭、学校、工厂,即以社区为基本单元和前沿阵地。灾害风险管理能否取得预期效果,取决于全社会拥有多少抗灾社区。因此,社区灾害风险管理必须从灾后恢复重建回归到灾前抵抗力建设上来,这才是减轻灾害损失的关键。

参考文献:

- [1] IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- [2] Timmerman P. Vulnerability, resilience and the collapse of society: a review of models and possible climatic applications[M]. Toronto, Canada: Institute for Environmental Studies, University of Toronto, 1981.
- [3] 商彦蕊. 灾害脆弱性概念模型综述[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 112-116.
- [4] Cutter S L. Vulnerability to environmental hazards[J]. Progress in Human Geography, 1996, 20(4): 529-539.
- [5] Taubenbock H, Post J, Roth A, et al. A conceptual vulnerability and risk framework as outline to identify capabilities of remote sensing[J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2008, 8(3): 409-420.
- [6] Lei Yongdeng, Wang Jing'ai, Yue Yaojie, et al. Rethinking the relationships of vulnerability, resilience, and adaptation from a disaster risk perspective[J]. Natural Hazards, 2014, 70(1): 609-627.
- [7] Zhou Hongjian, Wang Jing'ai, Wan Jinhong, et al. Resilience to natural hazards: A geographic perspective[J]. Natural Hazards, 2010, 53(1): 21-41.
- [8] Mileti D S. Disasters by design[M]. Washington, D C: Joseph Henry Press, 1999.
- [9] 叶欣梁, 温家洪, 丁培毅. 重点旅游地区自然灾害风险管理框架研究[J]. 地域研究与开发, 2010, 29(5): 68-73.
- [10] Turner II B L, Kasperson R E, Matson P A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science[J]. PANS,

- 2003, 100(14): 8074–8079.
- [11] Folke C. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses [J]. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 253–267.
- [12] Balica S F, Wright N G, Meulen F. A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts [J]. *Natural Hazards*, 2012, 64(1): 73–105.
- [13] Lhomme S, Serre D, Diab Y, et al. Analyzing resilience of urban networks: a preliminary step towards more flood resilient cities [J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2013, 13(2): 221–230.
- [14] 刘婧, 史培军, 葛怡, 等. 灾害恢复力研究进展综述 [J]. *地球科学进展*, 2006, 21(2): 211–218.
- [15] 葛怡, 史培军, 徐伟, 等. 恢复力研究的新进展与评述 [J]. *灾害学*, 2010, 25(3): 119–124.
- [16] Geis Donald E. By design: The disaster resistant and quality-of-life community [J]. *Natural Hazards Review*, 2000, 1(3): 151–160.
- [17] Chen Xin, Yang Yisong, Tang Jianjun. Species-diversified plant cover enhances orchard ecosystem resistance to climatic stress and soil erosion in subtropical hillside [J]. *Journal of Zhejiang University Science*, 2004, 5(10): 1191–1198.
- [18] Dickens S J M, Allen E B. Exotic plant invasion alters chaparral ecosystem resistance and resilience pre-and post-wildfire [J]. *Biological Invasions*, 2013, 15(10): 2253–2264.
- [19] 韩博平. 生态系统稳定性：概念及其表征 [J]. *华南师范大学学报：自然科学版*, 1994, 26(2): 37–45.
- [20] 王国宏. 再论生物多样性与生态系统的稳定性 [J]. *生物多样性*, 2002, 10(1): 126–134.
- [21] 肖风劲, 欧阳华, 傅伯杰, 等. 森林生态系统健康评价指标及其在中国的应用 [J]. *地理学报*, 2003, 58(6): 803–809.
- [22] Rapport D J. *Ecosystem health* [M]. Malden: Blackwell Sciences, 1998.
- [23] Tilman D, Downing J A. Biodiversity and stability in grasslands [J]. *Nature*, 1994, 367(6461): 363–365.
- [24] Thieken A H, Mariani S, Longfield S, et al. Flood resilient communities-managing the consequences of flooding [J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2014, 14(1): 33–39.
- [25] Blaikie P M. At risk: Natural hazards, people's vulnerability, and disasters [M]. London: Routledge, 1994.
- [26] McEntire D A. Triggering agents, vulnerabilities and disaster reduction: towards a holistic paradigm [J]. *Disaster Prevention and Management*, 2001, 10(3): 189–196.
- [27] 崔胜辉, 李旋旗, 李扬, 等. 全球变化背景下的适应性研究综述 [J]. *地理科学进展*, 2011, 30(9): 1088–1098.
- [28] 尹衍雨, 王静爱, 雷永登, 等. 适应自然灾害的研究方法进展 [J]. *地理科学进展*, 2012, 31(7): 953–962.
- [29] 苏桂武, 高庆华. 自然灾害风险的分析要素 [J]. *地学前缘*, 2003, (Supp. 1): 272–279.
- [30] 石勇, 许世远, 石纯, 等. 自然灾害脆弱性研究进展 [J]. *自然灾害学报*, 2011, 20(2): 131–137.
- [31] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.
- [32] 金菊良, 郦建强, 周玉良, 等. 旱灾风险评估的初步理论框架 [J]. *灾害学*, 2014, 29(3): 1–10.
- [33] 张风华, 谢礼立. 城市防震减灾能力评估研究 [J]. *自然灾害学报*, 2001, 10(4): 57–64.
- [34] 刘晓然, 苏经宇, 王威, 等. 城市抗震防灾能力评估的系统动力学模型 [J]. *自然灾害学报*, 2013, 22(5): 71–76.
- [35] 黄崇福. 自然灾害风险评价理论与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [36] 尹占娥. 城市自然灾害风险评估与实证研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2009.
- [37] 张明媛. 城市承灾能力及灾害综合风险评价研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [38] 陆炳强, 刘宝印, 杨明川, 等. 区域抗灾能力建设研究——以广西农村危房改建为例 [J]. *北京师范大学学报：自然科学版*, 2012, 47(5): 502–507.
- [39] 刘智. 城市抗灾力的内涵、度量模型与评估策略 [J]. *中国安全科学学报*, 2010, 20(4): 136–141.
- [40] Bjarnadottir S, Li Y, Stewart M G. Social vulnerability index for coastal communities at risk to hurricane hazard and a changing climate [J]. *Natural Hazards*, 2011, 59(2): 1055–1075.
- [41] 刘刚. 社区灾害风险的评价模型构建及其应用研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2012.
- [42] Werg J., Grothmann T., Schmidt P. Assessing social capacity and vulnerability of private households to natural hazards-integrating psychological and governance factor [J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2013, 13(6): 1613–1628.
- [43] 王瑶, 万玉秋, 钱新, 等. 居民风险承受能力评价模型及实证分析 [J]. *环境科学与技术*, 2009, 32(1): 185–189.
- [44] Cutter S L, Finch C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards [J]. *PNAS*, 2008, 105(7): 2301–2306.
- [45] 程晓均. 江苏省自然灾害社会易损性的时空格局研究 [D]. 重庆: 重庆师范大学, 2011.
- [46] 王岩, 方创琳, 张蕾. 城市脆弱性研究评述与展望 [J]. *地理科学进展*, 2013, 32(5): 755–768.
- [47] 赵思健, 黄崇福, 郭树军. 情景驱动的区域自然灾害风险分析 [J]. *自然灾害学报*, 2012, 21(1): 9–17.
- [48] Kaplan S, Garrick B J. On the quantitative definition of risk [J]. *Risk Analysis*, 1981, 1(1): 11–27.
- [49] 石勇, 许世远, 石纯, 等. 基于情景模拟的上海中心城区居民住宅的暴雨内涝风险评价 [J]. *自然灾害学报*, 2011, 20(3): 177–182.
- [50] Penning-Rowsell E C, Chatterton J B. The benefits of flood alleviation: a manual of assessment techniques [M]. Farnborough, England: Saxon House, 1977.
- [51] Wang Hsiaowen, Kuo Pinhan, Shiau Jenqzong. Assessment of climate change impacts on flooding vulnerability for lowland management in southwestern Taiwan [J]. *Natural Hazards*, 2013, 68(2): 1001–1019.
- [52] 石勇. 灾害情境下城市脆弱性评估研究——以上海市为例 [D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
- [53] 赵庆良. 沿海山地丘陵型城市洪灾风险评估与区划研究——以温州龙湾区为例 [D]. 上海: 华东师范大学, 2009.
- [54] 刘敏, 权瑞松, 许世远. 城市暴雨内涝灾害风险评估：理论、方法与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [55] 温家洪, 黄惠, 陈珂, 等. 基于社区的台风灾害概率风险评估——以上海市杨浦区富禄里居委地区为例 [J]. *地理科学*, 2012, 32(3): 348–355.
- [56] 殷杰, 尹占娥, 王军, 等. 基于 GIS 的城市社区暴雨内涝灾害风险评估 [J]. *地理与地理信息科学*, 2009, 25(6): 92–95.
- [57] 陈蕾. 基于社区的城市夏季暴雨内涝风险分析——以上海市普陀区金沙居委地块为例 [D]. 上海: 上海师范大学, 2012.

The Basis of Study on Natural Disaster Vulnerability: Resistance Study

Shang Zhihai

(Department of Geography, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China)

Abstract: Whether natural events could cause losses is determined by the comparison of disaster resistance and its destructive power. If the elements at risk have enough power that can resist the disaster, the disaster losses are few and even none. From this point of view, disaster resistance is the basis of vulnerability and it is different from vulnerability and resilience. Resistance is the capability of the elements at risk to resist the disasters which exists before a disaster, and it influences the coping capacity in disaster and resilience after disaster. In future, resistance study must discuss its connotation firstly, then excavates substantive characteristics and analyses the influencing factors, on this basis the resistance assessment system is established. For the scale of resistance assessment, city, community and individual is the main scale and scenario analysis as the method to assess resistance. At last, disaster loss will be reduced with the combination of the resistance assessment result and enhancement mechanism.

Key words: resistance; natural disaster; vulnerability