

# 地质灾害系统的经济弹性及其结构研究<sup>\*</sup>

侯俊东<sup>1,2</sup>, 肖人彬<sup>2</sup>, 吕 军<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学(武汉)经济管理学院, 湖北 武汉 430074; 2. 华中科技大学系统工程研究所, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:** 经济弹性是降低地质灾害系统经济损失的主要方式, 如果能够对其进行准确定义和精确测量, 其降低灾害损失的有效性将得到进一步增强。为此, 在比较区分生态、工程、组织、规划、心理等不同学科领域弹性概念基础上, 结合地质灾害系统的基本构成, 对其经济弹性进行了操作化定义和数学描述。进而, 在描述了地质灾害系统作用过程后, 指出地质灾害系统的经济弹性是一个四维结构的概念, 这对于准确衡量地质灾害经济弹性, 提升其效率与潜力具有重要的作用。

**关键词:** 地质灾害系统; 经济弹性; 多维结构

**中图分类号:** X4      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-811X(2013)03-0011-06

由于用地规模不断扩大, 人口数量增多和生产发展对地质环境造成的影响, 使得地质环境问题屡见不鲜<sup>[1]</sup>, 且造成的损失也越来越大。近年来, 全世界经历了许多前所未有的灾害(如汶川8级地震、海地7.1级地震、日本9级地震、舟曲泥石流等)便是很好的例证。面对于此, 世界各国在积极寻求降低未来潜在地质灾害风险的补救措施。其中, 制定预防性措施就是被经常强调的<sup>[2]</sup>。然而, 现实情况却是未来所有的地质灾害可能无法避免, 部分原因在于地质灾害发生的形式、强度、区域都将难以预测。不过, 面对一种地质灾害时, 个人、机构及团体往往具有通过日常活动与毅力来偏转、承受、反弹严重冲击的能力, 这就是所谓的弹性。它在实施时常常无须付出代价, 如在短缺时节约资源, 或根据市场信号重新配置资源, 但这种能力经常被忽视。

这里提到的弹性的广义概念是由生态学家在30年前首次提出的<sup>[3]</sup>。它已在短期事件(如灾难)<sup>[4]</sup>和长期现象(如气候变化)<sup>[5]</sup>中被应用或重新诠释。但是, Klein等<sup>[6]</sup>认为这些学者提出的弹性定义太宽泛使得该术语变得毫无意义。与此同时, 甚少有人深入探究其经济属性, 大多在探讨其生态、组织及技术属性<sup>[7]</sup>。然而, 对弹性经济属性的描述也是非常重要的, 因为经济弹性不能完全看作为管理控制地质灾害风险的一种成本有

效的工具。例如, 在一次地质灾害后, 价格增长代表的是乱要价, 而不是很多情况下理解的增加稀缺性的信号。可见, 准确定义弹性的经济属性是非常重要的, 因为如果对其过度使用, 或者出现模棱两可时, 弹性就会变成毫无意义的流行语, 进而会影响相应政策的设计与执行。

另外, 在单个企业、市场以及宏观经济层面上, 对地质灾害损失的准确估计对于风险管理尤为重要, 而弹性又成为评估地质灾害潜在损失以及评价其移民收益时需考虑的关键因素。目前对地质灾害损失估计仍不够成熟, 现在使用的许多模型存在死板、缺乏行为内容, 或结构过于柔性的局限<sup>[4]</sup>。不过, 这些局限都可以根据不同程度来进行精炼, 将弹性整合进去。为此, 本文以地质灾害系统为对象, 聚焦在弹性的经济维度, 界定其内涵以及维度结构, 旨在形成一个一致的、全面的经济弹性表述, 这将有助于准确评估地质灾害的经济损失, 也有助于公共和私有决策者形成有关弹性的提升、巩固和执行的判断。

## 1 不同领域弹性概念的比较

生态学家 Holling<sup>[3]</sup>首次对弹性进行了界定,

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2012-11-26      修回日期: 2013-01-09

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目(11YJC630061); 中国博士后基金(2012M511621); 湖北省人文社科重点研究基地2011年度开发基金(2011B003); 中央高校基金青年基金(2011C04)

作者简介: 侯俊东(1980-), 男, 湖北安陆人, 博士, 副教授, 研究方向为地质灾害风险管理. E-mail: houjundong@163.com

他认为弹性是系统吸收变革及持续的能力,他有时也将其看作是缓冲能力(buffer capacity)。而且,他通常认为稳定性是弹性的本质或者至少是其一个特殊的维度,是社会生态网络可持续性发展的有效途径。自此以后,弹性被广泛用于生态环境<sup>[8-9]</sup>、工程机械<sup>[6, 10]</sup>、组织行为<sup>[11-12]</sup>、规划<sup>[13-14]</sup>、社会学、心理学及经济学等学科领域。弹性常常被用来表示强度和韧性<sup>[10]</sup>。不过,与其它领域一样,一些学者都从自己的学科对弹性进行了重新界定。尽管如此,本部分的目的也不是解释哪个学者的定义是对,哪个是错的。其目的在于比较不同学科对于弹性的界定及其存在的不足(表1),从而将一致的关键特征整合到地质灾害经济弹性的定义描述中,为界定地质灾害经济弹性及提炼其维度结构奠定基础。

尽管不同学科、不同研究领域对弹性进行了不同的解释,也进行了不同的应用。但是,从这些界定中可发现如下共同特征:

(1)解释过程与模式相同。在对弹性进行界定时,大多是从结果、或是从其过程来予以解释;

(2)界定前提相同。他们都基于同样一个研究前提,即系统、对象受到外界扰沌而面临某些具体(特殊)的破坏或逆境。

## 2 地质灾害系统经济弹性的操作化定义

地质环境也是一个复杂适应系统,其经济弹性是降低灾害损失的一种主要方式<sup>[4]</sup>。为此,在定义地质灾害经济弹性前有必要分析地质灾害系统本身。

表 1		不同学科弹性定义的比较	
视角	核心观点	代表学者	局限性
生态	生态定义强调的是在某种状态下系统免受变化而能够吸收的扰动量,它与稳定性、可持续性、脆弱性密切相关	Holling(1973) <sup>[3]</sup> ; Perrings(2003) <sup>[9]</sup>	在经济学中,只有最严重的灾害才会造成这样的变化,因而此定义的可行性受到一定的限制。相反,作为减轻外部扰动影响的能力,地质灾害经济弹性与其缓冲含义更符合。它不仅仅是经济活动的减少,更是实际降低值与潜在降低值间的比值。另外,弹性是降低脆弱性的方法之一,但是脆弱性是灾害前的状态,而弹性是灾害应对的效果。
社会	与社会资本相关,可以运用经济因素(如资源依赖性)、制度因素(如产权),以及人口因素(如移民)来衡量	Adger(2000) <sup>[8]</sup>	尽管移民在无数次应用中被证实是一种成本有效的方法,且也被充分利用,但是移民与弹性仍有很多的不同,如弹性是一种内在的能力,而移民是外在的一种手段。
工程	适应能力是其核心,因为它与弹性作为一种后果或系统属性而不是一种战术的界定一致	Klein 等(2003) <sup>[6]</sup> ; Bruneau 等(2003) <sup>[10]</sup>	适应能力往往看作是移民的补充,当一些负面因素导致无法移民时,就需要依赖于适应能力。
组织行为	弹性是一种过程,即在显著扰动存在的情况下,人和系统促进组织绩效保持功能关系的能力,其核心是能力与系统	Hill & Paton(2005) <sup>[11]</sup> ; Paton & Johnston(2001) <sup>[15]</sup>	此概念比一般的界定要狭窄,因为它将弹性限制在事件发生后的行为与过程上,在降低失败后果方面有所局限,应该考虑将相互联系的系统功能及互动考虑进去。
规划	强调如何将移民整合到土地使用规划中才能提升区域弹性,体现的是柔性、适应性	Burby 等(2000) <sup>[16]</sup> ; Godschalk(2003) <sup>[17]</sup>	传统灾害移民项目注重的是使物理系统抵御灾害冲击,然而未来移民项目必须考虑教会城市社区及机构降低灾害风险及有效应对灾害,可见这一领域中的弹性界定只有极少部分考虑了灾后阶段。
心理	面对逆境、创伤、悲剧、威胁或其他重大压力的良好适应过程,也即对困难经历的反弹能力	美国心理学会(APA)(2005) <sup>[18]</sup>	本质上来说心理弹性来自与人不断成长发展的向上的生命力,故它应该不是个别个体所具有的品质,而是存在于每一个人身上的,只是程度上有所不同而已。

## 2.1 地质灾害系统

地质灾害是由于地质作用使危害体自然环境恶化, 并造成人类生命毁损以及人类赖以生存的资源、环境严重破坏的事件<sup>[19]</sup>。形成地质灾害必须具有两个条件: ①存在诱发地质灾害的因素(致灾因子)及其形成地质灾害的环境(孕灾环境), 即为致灾的动力条件, 如内动力地质作用、外动力地质作用和人为地质作用等, 统称为扰沌; ②地质灾害影响区有人类居住或分布有社会财产(承灾体), 主要是反映灾害事件的后果, 即对系统(如人、建筑物等)造成一定程度的毁损。从系统理论的观点来看, 孕灾环境、致灾因子、承灾体及灾情之间相互作用, 相互影响, 相互联系, 形成了一个具有一定结构、功能及特征的复杂体系, 这就是地质灾害系统(图1)。

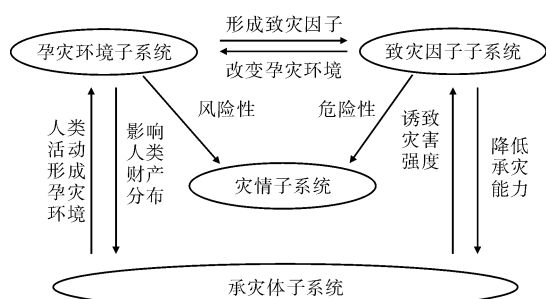


图1 地质灾害系统示意图

## 2.2 地质灾害系统经济弹性的理论界定

结合地质灾害系统的构成与特征, 基于不同学科对弹性的理解及定义时的共同特征, 在界定地质灾害经济弹性的内涵时, 主要考虑两个方面: 一是灾害发生的时间; 二是其发生的情境, 是指影响应对地质灾害重要方式的强化、侵蚀以及执行。基于此, 可将地质灾害经济弹性分成静态和动态, 这样来理解地质灾害经济弹性会更有效。其中, 静态经济弹性指一个实体或系统受到灾害时保持功能(如继续生产)的能力, 其实质是在特定时点上有效分配现存资源, 与动态修复重建不同, 它会影响经济发展的时间轨迹。动态经济弹性是指一个实体或系统从严重破坏中恢复到理想状态的速度, 其实质是通过对承灾体的修复或重建实现的。

无论是静态的, 还是动态的经济弹性, 实际上都可以看作是在灾害前后调整现有资源适应新情况及运作条件的能力。这个概念既暗含着适应常规或预期压力水平的能力, 又凸显适应突发灾难的能力。可见, 在地质灾害情境中, 经济弹性可以被理解为灾前寻求防止相关破坏及损失的措施以及灾后采取应对及最小化灾害影响的战略。

## 2.3 地质灾害系统经济弹性的操作化界定

为了更好地理解地质灾害经济弹性, 用图2对其进行描述。纵轴表示区域经济产出, 是随时间变化的函数, 取值范围从0~100%。其中, 0表示区域内各系统完全损毁, 功能无法行使, 经济产出也会完全瘫痪; 100%则表示区域内系统完好, 各种功能发挥正常, 能够实现正常水平的经济产出。假设在 $T_0$ 时刻某一区域发生地质灾害, 在此时刻之前, 该区域内各系统运行良好, 经济产出属正常水平; 当地质灾害发生后, 系统无疑会遭到一定程度的破坏, 于是经济产出会立即降低(如从100%降低到50%), 此时该区域内系统能够保持经济产出的能力即可称为静态经济弹性。随着时间的推移, 发生地质灾害的区域内各系统功能会随时间而不断修复, 直到 $T_1$ 时刻(图2)各系统功能才被完全修复到初始水平,  $T_0 \sim T_1$ 这样的变化过程与轨迹可理解为动态经济弹性。

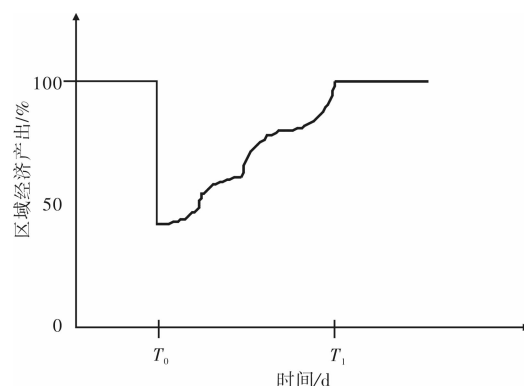


图2 地质灾害经济弹性示意图

基于此描述, 可以用数学的语言对弹性( $R$ )予以界定, 即:

$$R = \int_{t_0}^{t_1} [100 - Q(t)] dt. \quad (1)$$

总的来说, 上述定义及特征是与经济问题的实质(如资源的有效配置)相符合的。然而, 地质灾害的发生无疑会使得如何有效配置资源变得更加困难。不过, 静态经济弹性在寻求简单、低廉的降低灾害损失的方式上有着巨大潜力, 但是这常常被强调动态经济弹性的阵营所忽视, 因为他们关注的是恢复速度。然而, 从经济的观点来看, 动态经济弹性更加复杂, 成本也相对较高。因此, 在实际的减灾防灾过程中, 应该结合承灾体的易损性、适应性及地质灾害的应对能力, 将二者有机整合。

## 3 地质灾害系统经济弹性的结构

地质灾害经济弹性是物质系统与社会系统承

受灾害产生的冲击与需求,通过灾情评估、快速反应及有效恢复以应对地质灾害影响,从而降低地质灾害直接与间接经济损失的能力。要实现此目标,对于任何一个系统都必须具有承受扰沌的相应资源和能力,于是可以进一步将地质灾害经济弹性进行分解。

自弹性研究形成以来,这一领域的研究者便力图建构一个清晰的弹性结构或体系,以改变早期弹性特征或特质的零散排列。如 Benard<sup>[20]</sup>认为弹性不是某一种特质或是一组特质,它是经过积累的各种能力、资源、知识、长处和适应技能的组合。从目前已有的研究文献看,尽管研究者对结构的具体构成存在差异,但他们都认同弹性并不是单一的结构,弹性更可能是一个多维度、多水平的复杂结构<sup>[21]</sup>。对于地质灾害经济弹性也是如此,这主要是由地质灾害系统作用过程所决定的。

### 3.1 地质灾害系统作用过程

地质灾害系统随时间不断地发生变化,这是由于其周围环境系统不断地发生变化,引起了地质灾害系统的输入输出强度与性质不断地变化,并进一步引起地质灾害系统的结构与功能的变化,从而使地质灾害系统呈现出显著的动态性,其内在作用过程可以用图3来描述。

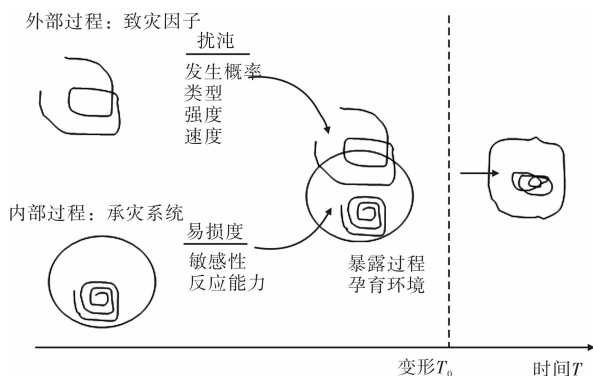


图3 地质灾害系统作用过程

$T_0$ 时刻前,三个子系统之间相关独立,彼此联系。之后,在内部运动及外部作用达到一定程度后发生变形,承灾系统的原有功能发生变化,这种变化的程度即可以用图1的变化轨迹来描述。

### 3.2 地质灾害系统经济弹性的多维结构

结合地质灾害系统及其形成条件与动力机制,以及灾害发生前后的经济影响,可以看出地质灾害系统经济弹性具有一些使之更加准确度量的特征:降低无法继续运转的可能性,如降低破坏关键基础设施、系统及部件的可能性;降低损失的后果,主要是降低受伤、死亡以及损毁或负面的社会经济影响;缩短恢复的时间,主要是缩短恢复

特定系统或系列系统到正常或灾前水平所需的时间。基于此,可以将地质灾害经济弹性用四个维度来描述(图4)。

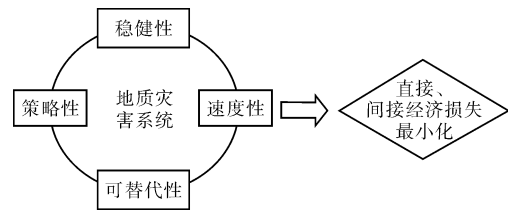


图4 地质灾害经济弹性构成维度

稳健性(Robustness)是指在未遭受破坏或功能损失时,地质灾害影响区域内的系统及其它承灾体承受给定水平压力或需求的能力与强度;可替代性(Redundancy)是地质灾害影响区域内系统及其它承灾体可替换的程度,如在中断、破坏或功能丧失事件中能够满足功能性需求的程度;策略性(Resourcefulness)是当地质灾害中断某些系统或其它承灾体的威胁存在时,识别问题、确定优先考虑目标以及动员资源的能力。它进一步可以被理解为涵盖供应资金、物资、技术、信息及人员等资源以满足既定重点与实现目标的能力;速度性(Rapidity)是为了遏制经济损失、避免后续经济运行中断,及时满足优先考虑重点、实现目标的能力。图4也可以说明,系统的稳健性、速度性是地质灾害经济弹性的支撑或基础要素,代表的是地质灾害经济弹性的最终产品;而可替代性与策略性是其强化或提升要素,代表的是地质灾害弹性增强的程度。四个维度间彼此匹配与协调,经济损失最小化目标才会最终实现。

### 3.3 地质灾害系统经济弹性的多维结构示例

为了更好地理解上述四个维度对地质灾害弹性的作用,表2中将结合各承灾体(即灾害体影响范围内的各种系统)易损性及承灾能力的差异,示例说明不同系统在地质灾害经济弹性构成维度上的主要特征。

## 4 结论与启示

地质灾害可能无法避免,它会给经济社会带来较为严重的损失。为了有效降低地质灾害系统的直接与间接损失,提升系统的经济弹性是一种有效的途径。为此,本文在陈述地质灾害经济弹性关键特征的基础上,结合生态、工程、规划、社会、心理等不同学科领域弹性内涵的比较,对地质灾害系统经济弹性的操作化定义进行了拓展,在地质灾害系统作用过程及其变化轨迹基础上,得出了地质灾害经济弹性是由稳健性、可替代性、

表 2 不同系统在地质灾害经济弹性各维度的示例说明

系统	稳健性	可替代性	策略性	快速
整体	直接间接经济损失的避免	未开发的或额外的经济能力(如库存、供应商)	稳定策略(如能力增强、需求调整、外部援助、修复战略优化)	恢复到灾前功能性水平的最优时间
电力	地质灾害发生后能够立即恢复电力供应的经济实体的最小比例	为所有关键经济的运行提供备用电源	自愿性电力保护项目的实施	在 1 d 内重新开展地质灾害发生前的经济活动
供水	地质灾害发生后能够立即恢复供水的经济实体的最小比例	为所有关键经济的运行提供备用水	自愿性水资源保护项目的实施	在 1 d 内重新开展地质灾害发生前的经济活动
建筑物	没有毁坏	地质灾害发生前政府补偿及保险的安排	地质灾害发生前政府补偿及保险的安排	新设备采购、更换在 1 d 内完成
应急反应与修复系统	没有破坏, 在地质灾害发生 1 h 内初步估计经济损失	跨政府部门间的分权以及外部援助 无需恢复经济活力的相应措施(如交通改道)	应急管理计划及反应策略的有效实施	在最短时间内降低人员及经济损失 在 3 d 内重新建立地质灾害发生前的经济活动

策略性、速度性四个维度构成的, 这对于测量地质灾害经济弹性奠定了基础, 为如何提升地质灾害系统的经济弹性提供了依据。

本研究所得出的结论, 无论是对于理论研究者, 还是实践管理者, 都具有一定的启示:

(1) 对于理论研究者来说, 本研究在比较生态、工程、组织、规划、心理等众多领域弹性研究的基础上, 描述了地质灾害经济弹性的主要特征, 并运用数学语言对其进行形象化展示, 这是对弹性操作化定义等理论研究体系的一种拓展和丰富。与此同时, 在描述地质灾害系统内涵及作用过程基础上, 认为地质灾害经济弹性是一个四维结构的概念, 这对于进一步测量地质灾害经济弹性具有重要的价值。

(2) 对于实践管理者来说, 本研究能够让其意识到无论是静态弹性还是动态弹性都应是降低地质灾害后果的有效方式, 因为将其与移民相比, 经济弹性降低了某个地质灾害将要发生的概率, 也是降低地质灾害损失的一种强有力的方式, 这无疑更有助于地质灾害管理者更清晰地权衡灾前与灾后策略。

## 参考文献:

- [1] 梁顶云. 试论城市地质环境在城市建设中的功能[J]. 经济地理, 1992, 12(2): 91-96.
- [2] 刘军林, 陈小连. 智能旅游灾害预警与灾害救助平台的构建与应用研究[J]. 经济地理, 2011, 31(10): 1745-1750.
- [3] Holling C. Resilience and stability of ecological systems [J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4(1): 1-23.
- [4] Rose A. Defining and measuring economic resilience to disasters [J]. Disaster Prevention and Management, 2004, 13(4): 307-314.
- [5] Dovers R, Handmer J. Uncertainty, sustainability and change [J]. Global Environmental Change, 1992, 2(4): 262-276.
- [6] Klein R, Nicholls R, Thomalla F. Resilience to natural hazards: how useful is this concept [J]. Environmental Hazards, 2003, 5(1/2): 35-45.
- [7] Rose A. Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions [J]. Environmental Hazards, 2007, 7(4): 383-398.
- [8] Adger W N. Social and ecological resilience: are they related [J]. Progress in Human Geography, 2000, 24(3): 247-364.
- [9] Pelling M. The Vulnerability of cities: Natural disasters and social resilience [M]. London: Earthscan, 2003.
- [10] Bruneau M, Chang S, Eguchi R, et al. A framework to quantitatively assess and enhance seismic resilience of communities [J]. Earthquake Spectra, 2003, 19(4): 733-752.
- [11] Paton D, Hill R. Managing company risk and resilience through business continuity management [C] // Paton D, Johnston D. Disaster Resilience: An Integrated Approach. Springfield: Charles C Thomas Pub Ltd, 2005.
- [12] Adger W N, Hughes T P, Folke C, et al. Social-ecological resilience to coastal disasters [J]. Science, 2005, 309(5737): 1036-1039.
- [13] Ayres R, Simonis U. Industrial Metabolism [M]. Tokyo: United Nations Press, 1989.
- [14] Daly H, Farley J. Ecological Economics [M]. Washington DC: Island Press, 2004.
- [15] Paton D, Johnston D. Disasters and communities: vulnerability, resilience and preparedness [J]. Disaster Prevention and Management, 2001, 10(4): 270-277.