

生态环境脆弱性概念的若干问题探讨

王小丹, 钟祥浩

(中国科学院、水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘 要:探讨脆弱性在不同研究领域的科学含义以及对理解生态环境脆弱性的启发。着重分析生态环境脆弱性概念的不同观点,在此基础上提出一些看法和认识。论述了生态环境脆弱性与敏感性、稳定性、生态脆弱带之间的关系。

关键词:脆弱性概念;敏感性;稳定性;生态脆弱带

中图分类号:P951

文献标识码:A

随着世界各国对社会经济发展可持续性的认同和重视,生态环境退化问题成为人们关注的焦点和热点。与生态环境退化有关的一些术语频繁出现在各种文献中,如:生态环境脆弱性、敏感性、稳定性、波动性等。科学理解这些术语的内涵和彼此之间的联系与差异,对研究生态环境退化机制与恢复重建具有重要的指导意义。

1 脆弱性的概念

(脆弱性是一个通俗的日常用语,在《辞海》中定义为:脆弱—易折易碎《考工记·弓人》;脆性—材料受力破坏时,无显著的变形而突然断裂的性质,英文表达为 vulnerability 或 fragility。可以看出,这一物理概念涉及三个方面的含义:(1)它是物质自身的一种属性,具有客观性;(2)它通过外力作用,使物质发生形变而表现出来;(3)突然断裂意味着外力消失后,物质不可恢复到原状。地理学和生态学家们把脆弱性与不同的研究对象结合后,产生了许多不同的分支。除生态环境脆弱性外,还包括:资源脆弱性,如水资源^[1]、旅游资源脆弱性^[2];自然灾害脆弱性,如泥石流灾害脆弱性^[3]、农业旱灾脆弱性^[4]。通过对这些概念的理解与分析,有助于从多角度、多尺度来认识生态环境脆弱性,以及深入地了解环境退化的过程与驱动机制。

1.1 资源脆弱性

目前,还未见有文献对资源脆弱性概念做出系统的、明确的界定。但在一些具体研究领域如地下水脆弱性、生态旅游资源脆弱性研究较为深入。

最早是 20 世纪 60 年代,法国学者 Albinet 和 Margat 首次把“脆弱性”作为科学术语提出来,此后经过 Verhuff 和 Foster 等人的发展^[5],美国环保署 (USEPA)和国际水文地质协会 (IAH)^[6]于 2000 年给地下水脆弱性下的定义是:地下水系统对人类和(或)自然的有效敏感性(sensitivity)。同时,将脆弱性分为固有(天然)脆弱性(intrinsic vulnerability)和特殊(综合)脆弱性(specific vulnerability)两类。固有脆弱性是指在天然状态下含水层对污染所表现的内部固有的敏感属性。它不考虑污染源或污染物的性质和类型,是静态、不可变和人为不可控制的。特殊脆弱性是对特定的污染物或人类活动所表现的敏感属性。它与污染源和人类活动有关,是动态、可变和人为可控制的。换句话说,对于某一给定含水层,其固有脆弱性是恒定的,特殊脆弱性随污染源或污染物的不同而变化。

生态旅游资源脆弱性概括起来可从以下两方面的理解^[2]:一是把生态旅游资源脆弱性定义为生态旅游资源本身所具有的容易受到外界(自然的或非自然的)破坏,从而失去自身的平稳性、坚强性,并最终导致生态旅游资源的消亡。二是生态旅游资源本

收稿日期(Received date):2003-11-30。

基金项目(Foundation item):国家自然科学基金项目(50099620)。[Foundation Item: National Natural Science Foundation of China, No. 50099620.]

作者简介(Biography):王小丹(1973-),男,博士生,从事环境退化与生态建设研究。E-mail: wxd@imde.ac.cn。

身具有不适应过度的市场发展和需求,即易受到市场影响,有与市场过度需求相矛盾的一面,也就是‘不适应性’。

可以看出,资源脆弱性强调脆弱性是一种本质属性,在自然或非自然的外界干扰的作用下,往往表现为动态的、可变的敏感性。换言之,内在的、静态的脆弱性可以通过外在的、动态的敏感性来反映和量化,这对生态脆弱性研究是有借鉴意义的。特别是 USEPA 考虑到了“外力干扰”的差异,也就是说,相同的固有脆弱性对不同的污染物或人类活动会表现出不同的敏感性(特殊脆弱性),不同固有脆弱性也有可能表现出相同的敏感性。因此,对生态环境脆弱性而言,谁是研究主体、谁是干扰体系的明确界定十分重要。而目前许多研究过于笼统,很少考虑干扰体系差异性对生态环境脆弱性评价的影响。

1.2 自然灾害脆弱性

20 世纪 20 年代,在致灾因子论的影响下,地理学家在未考虑灾害对人类社会影响的基础上,根据纯自然力的‘阈值’来划分灾害等级^[7]。1945 年,美国地理学家 Gilbert F. 和 White 在对洪水灾害进行研究的基础上,提出了‘适应与调整’的观点^[8]。首次将人们防灾减灾的视线从单纯的致灾因子研究和工程防御措施扩展到人类对灾害的行为反应,指出了可以通过调整人类行为而减少灾害影响和损失。这是自然灾害脆弱性的雏形。80 年代以后,随着世界范围内防灾、减灾实践的深入,国际灾害学界开始重视人类社会经济自身存在的脆弱性在灾害形成中所起的作用。Pelanda、Carter、Cunny、Blaikier^[9]等人认为脆弱性是灾害形成的根源,致灾因子是灾害形成的必要条件,在同一致灾强度下,灾情随脆弱性的增强而扩大。在此阶段,脆弱性一词已得到广泛认同,并趋于定量化。目前,对自然灾害脆弱性的理解可概括为以下几种^[10]:(1)强调承灾体易于受到侵害的性质。脆弱性指承灾体对破坏和伤害的敏感性;(2)强调人类自身抵御灾害社会经济属性。脆弱性指人类易于或敏感于自然灾害破坏与伤害的状态。用来指人或人群对灾害的预见、对付、抗御并从灾害影响中恢复的能力。认为人和人群的脆弱性受到现行社会的政治、经济体制、人在社会中的地位和收入水平、种族、宗教、性别、年龄、身体状况等多种因素的影响。而对社会、经济财产和环境易于或敏感于自然灾害破坏和伤害的状态称之为社会财产的易损性和环境条件的不稳定性;(3)综合定义。脆弱

性指人类、人类活动及其场地的一种性质或状态。脆弱性可以看成是安全的另一方面。脆弱性增加,安全性降低。脆弱性越强,抗御灾害和从灾害影响中恢复的能力就越差。

综合分析,自然灾害脆弱性主要是以人类社会及其经济系统为研究对象,在致灾体作为外力的作用下,系统自身的承载力、响应速度和后果。换句话说,灾害脆弱性实质上是承载体的脆弱性,反映了载体对致灾体的敏感程度。很显然,由于研究对象和目标的不同,人类活动的影响在灾害脆弱性中扮演的角色恰恰与资源脆弱性、生态环境脆弱性中的角色相反,前者中为受力系统而后两者中为驱动系统。因此,明确不同系统在脆弱性研究中的角色与功能,对认识系统变化的物理过程、机制与结果十分重要。

1.4 生态环境脆弱性

生态学家和地理学家对生态环境脆弱性的理解既有联系也各有侧重。生态学家多从生态系统的角度进行研究,强调系统内部演替和外部干扰所引起的脆弱性,物种变化是主要的研究尺度。地理学家的除了考虑生态系统外,更多地关注全球变化和人类关系对生态环境脆弱性的影响,根据地貌、气候等自然要素的差异,研究手段也是多尺度变换的(如:时空尺度、景观尺度等)。由于生态环境自身的复杂性,脆弱性研究应该是多学科、多尺度相结合,除了以生态学和地理学为主,还应充分运用社会学、经济学、灾害学和气象学等的基本原理与方法。生态环境脆弱性的定义多种多样,这里就主要的一些观点进行归纳与分析,在此基础上提出作者对生态环境脆弱性的理解与认识。

1.4.1 生态系统观点

生态系统脆弱性包括两方面的内容:一是所谓的自然脆弱性。由于自然的、系统内部演替所引起的脆弱性;二是由于外部的尤其是人类活动所引起的脆弱性。

原苏联地理工作者^[11]认为生态系统的脆弱性与其动态功能过程、稳定性及可逆性阈值的相应状态等密切相关。稳定性是系统在外界条件改变时维持和恢复其结构功能特点的能力。生态系统的稳定性及其在外界影响下保持自身结构的能力可以用自调节过程来说明。如果在受到扰动之后仍有能力恢复,那么它就是稳定的。当该系统的正常功能被打乱,并由此导致反馈机制被破坏,系统发生不可逆变

化,结果当系统结构发生变化,失去恢复能力时,其稳定性就被破坏。而这一逾越稳定性“阈值”(criticality)的时刻,就是系统走向脆弱的时刻(即脆弱性与不可逆变化及稳定性的损失直接相关)。这一定义用生态系统稳定性变化来刻画其脆弱性,突出了系统自身的结构与功能在受外界影响下的反馈机制,以及由稳定走向脆弱的量的概念——“阈值”,有利于脆弱性的量化研究。

脆弱水平和脆弱状况的研究必须考虑所有事件和现象的时空结构,脆弱转变的时空突发性揭示了发生于系统内部的过程特点和外界影响的类型和强度特点。A. D. Armand 认为^[11],脆弱性指系统质量重建发生的情况,包括结构变化、行为变化(对外界影响的反应)以及自身发展的变化。通过脆弱性的概念,他还提出以下几种脆弱转变类型:突变型、渐变型、可逆型、单向可逆型、强加型和自然型。

在国内,赵平等^[12]研究退化生态系统时,对脆弱性的描述有一定的代表性,认为“脆弱性概念过于复杂,难以下一个恰当、简洁同时又有意义的定义。生态系统脆弱性具有如下特点:脆弱性是生态系统固有的特性,其存在不取决于生态系统是否暴露于干扰之下;脆弱性是多个方面的综合体现,而且只有在人为或自然干扰的情况下才显露出来,若把生态系统的脆弱性与相关的干扰相联系,会和环境效应提供有用的评估手段”。这一概念很好地对“脆弱性本质”、“干扰体系”和“脆弱性表现”三者的关系进行了描述与区分。

1.4.2 地学及人文观点

地学观点是以自然属性或生态方面的变化类型和程度来定义的。干扰的作用已经改变了或濒及改变自然系统,因而就出现了一个变化了的系统,生态学上称之为“多样性减少”的系统或简单化的系统(称为地学与生态学结合的观点更合适)。纯粹的地学观点可能会把任何一个自然综合体定义为濒危或脆弱环境地带,因为在这里有价值的环境成分如土壤、植被、空气质量等已经改变^[11]。

人文的观点是用人文后果作为度量脆弱性的标准。认为生态环境发生了变化,以至于影响到当前或近期人类的生存或自然资源利用。不难看出,这种理解把人地关系系统视为一个静态的、封闭的系统,从中去探求系统内部的自然因素和人文条件的变化及其后果,它忽略了来自地区以外的可能投入、技术上的变化、经济活动的替代性以及环境退化时

区域以外的影响^[13]。

生态环境退化是一个复杂的过程,不但与自然条件密切相关,还受资源利用和社会经济发展等多因素影响。纯粹的地学观点往往过多地强调自然环境因子在生态环境演变中的重要作用,而忽略了人类社会经济发展对生态环境的直接或间接的影响,这种影响包括正向和负向两个方面。相应的,狭隘的人文观点也忽视了生态环境可维持能力。这两种观点对于指导分析生态环境脆弱性都是不合适的。

1.4.3 广义的人文观点

广义的人文观点^{[11][13]}认为脆弱性指环境的退化超过了现有的社会经济、技术水平所能长期维持目前的人类利用和发展的能力。这种定义暗含了在保持甚至增大人类利用环境的可允许程度和规模的条件下,面对环境退化和资源的耗竭,进行经济和技术的改革和调适的可行性,及区域社会经济靠外来资源和对外的环境输出来支撑自身发展的能力。美国克拉克大学有关学者划分了两组脆弱性概念。一组重点在受影响的生态系统和人类系统本身,另一组则侧重于系统内的变化属性(如类型、速率、尺度等)。这两组概念包括三个方面:(1)所观察到的代表固有的不可弥补的损失的环境变化;(2)对于人类活动的变化特别脆弱的系统和区域;(3)有预兆发生突变的变化(如生态系统不稳定性,对人类健康的不良影响或经济生产力的萎缩)。这一定义将生态环境脆弱性与社会经济相结合,考虑到了人类干扰所造成的环境不可逆变化,以及由此产生的广泛不良连锁反应。他们还提出了计算地区的可持续发展和经济增长在生态环境质量方面付出的代价的方法,这比纯地学和人文的观点有了很大的进步。但是,它忽略了自然力对生态环境的影响作用,脆弱性评价也局限于经济学方法,是一种静态的评价。而生态环境脆弱性在外力干扰作用下,往往表现为动态的敏感性。

1.4.4 对生态环境脆弱性的理解与认识

综合前面的分析,我们认为生态环境脆弱性是一个涉及多学科的综合概念,指生态环境受到外界干扰作用超出自身的调节范围,而表现出对干扰的敏感程度。它包含三个方面的含义:(1)脆弱性是特定区域条件下,生态环境自身所具有的属性,这种性质的存在具有区域性和客观性。(2)脆弱性只有在“外力干扰”的驱动下表现出来,外力干扰包括人类活动的影响和自然力的作用;驱动的机制、过程、

结果与研究尺度以及干扰类型、特征、强度等动态相关;扰动可能使生态环境产生正反馈和负反馈两种结果。(3)脆弱性的大小是通过敏感性和稳定性等指标进行量化评价的。

2 与生态环境脆弱性相关的几个概念

2.1 脆弱性与敏感性

敏感性通俗含义是生物体或其一部分对某些因素易于感受的性质,英文表达为“The capacity of an organ or organism to respond to stimulation”。如果以特定区域生态环境作为研究对象,敏感性则指它对外界干扰易于感受的性质,是反映生态环境脆弱性的一个指标。在干扰影响作用不变的前提下,它与脆弱性呈正相关。而目前许多研究缺乏基于区域尺度的分析,忽略了由于外界干扰类型与尺度的差异导致生态环境脆弱性与敏感性不一致的事实,把脆弱性与敏感性等同起来,认为“生态环境脆弱性高,敏感性高;敏感性高的系统,脆弱性也高”,这种观点值得商榷。

一方面不同区域的生态环境对同一类型和强度的干扰其敏感性是不一样的,这很容易理解,如:一定强度降水在低植被盖度的山地丘陵区会触发严重的水土流失和山洪、泥石流、滑坡、崩塌等自然灾害,导致土地严重退化。但在干旱荒漠区,由于土壤渗透性强,则不会出现明显的环境问题,相反,甚至是有益的,因为降水使土壤充分湿润,使其水分条件得到明显改善,从而促进植被的生长与恢复;另一方面即使是同一区域的生态环境对不同类型与强度的干扰作用也会表现出不同的敏感性。如:湿润山地区往往对水力作用引起的水土流失表现出强的敏感性,而干旱荒漠区对风力侵蚀较为敏感,沙漠化是其主要的环境问题;再如西北干旱区对自然因素中降水变化最敏感,而对其他因素的敏感程度相对较弱^[13]。因此,脆弱性是一种内在属性,敏感性是它的外在表现形式,两者以干扰体系为纽带。

2.2 脆弱性与稳定性

生态环境脆弱性的许多观点都引用稳定性一词加以阐释,特别是生态系统脆弱性的研究一般都是基于生态系统稳定性进行分析评价的。许多学者都对稳定性下过定义,包含的内容相当广泛^[14],Ori-ans 规定了稳定性 7 个不同的属性^[15],Westman 为稳定性提出相互独立的 7 个方面^[16],Whittaker 甚

至给稳定性下过 13 种不同的含义,并且还认为不够完善^[17]。对脆弱性与稳定性之间关系,大多数观点都认为,脆弱性与稳定性是两个内含相同但表现形式相反的概念,高的脆弱性即意味着低的稳定性。但由于研究的时间尺度与空间尺度不同,脆弱性与稳定性的关系并非完全如此。

从生态系统的观点看,稳定性体现了系统对外界干扰所表现出的自我维持与自我调节能力。根据前苏联地理学家的观点,可以认为脆弱性与稳定性是内含相同而表现形式相反的两个概念。但如果考虑研究主体时间和空间尺度变化,两者的关系会更加复杂。因为某一生态系统从长期的角度来看是稳定的,短期的观察则是脆弱的。例如:美国西部的针叶林经常出现火灾,这种针叶林在火因子的干扰下是脆弱的,火灾是灾难性的但却是局部的,非长期性的。因为从更大的区域来看,火灾往往又是维持该地区森林景观,维持固有的林相、结构、多样性和种类组成的重要生态因子,从大的景观(大尺度)来考虑是稳定的^[12]。

2.3 脆弱性与生态脆弱带

如果说生态环境脆弱性是很泛的概念,生态脆弱带则是相对具体的、生态环境具有特殊脆弱性的一个区域。国内对生态脆弱带开展较为深入的研究,从定义探讨、脆弱特征评价等多角度进行了分析,为大尺度的生态环境脆弱性研究打下了基础。朱震达最早用国际荒漠化定义对我国的生态脆弱带进行了研究,提出了在我国的北方农牧交错地区存在一条地跨半湿润、半干旱和干旱地区的生态脆弱带^[18]。据此,我国在“八五”期间开展了“生态环境综合整治与恢复技术”的国家级攻关研究,取得了大量有关生态脆弱带的特征、整治技术等基本数据和成果。在此期间,罗承平等从环境角度出发将生态脆弱带定义为“敏感性高且具有退化趋势的环境单元”;刘燕华将其定义为“对环境因素改变的反应敏感而维持自身稳定的可塑性小的生态环境系统”^[19]。之后,一些研究提出了生态脆弱带的特殊脆弱性特征^[20],如波动性、跃变性、放大性等。但是,大尺度的生态环境脆弱性还缺乏深入的研究,比如:研究对象为一完整的行政单元,它跨越几条气候带,地貌单元特别复杂,社会经济发展地区差异大。生态环境脆弱性怎样评价直接关系到区域社会经济的可持续发展,因此,在生态脆弱带研究的基础上开展大尺度生态环境脆弱性研究具有重大意义。

参考文献(References):

- [1] Jiang Gui-hua. The development of study on groundwater vulnerability. *World Geology*, 2002, 21(1): 33~38. [姜桂华. 地下水脆弱性研究进展[J]. 世界地质, 2002, 21(1): 33~38]
- [2] Tian Xi-zhou. Brief research on vulnerability and protection eco-tourism resources. *Ecological Economy*, 2001, (12): 56~58. [田喜洲. 试论生态旅游资源的脆弱性及其保护[J]. 生态经济, 2001, (12): 56~58]
- [3] Liu Xi-lin. Risk assessment on debris flow[M]. Chengdu: Scientific and Technological Press of Sichuan, 2003. [刘希林. 泥石流风险评估[M]. 成都: 四川科技出版社, 2003.]
- [4] Shang Yan-rui. The regionalization of agricultural drought disaster mitigation in Hebei Province. *Journal of Catastrophology*, 2001, 16(3): 28~37. [商彦蕊. 河北省农业旱灾脆弱性区划与减灾. 灾害学[J], 2001, 16(3): 28~37.]
- [5] Doerfliger N. et al. Water vulnerability assessment in Karst environments a new method of defining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tools. *Environmental Geology*, 1999, 39(2): 165~176.
- [6] Gogu R C., Dassargues A. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods [J]. *Environment Geology*, 2000, 39(6): 549~559.
- [7] Shi Pei-jun. Theory and application of hazard studies. *Acta of Natural Hazards*, 1996(4): 1~6. [史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996(4): 1~6.]
- [8] Burton I., Kates R W., and White G F. The environment as Hazard[M]. Second Edition, New York: The Guilford Press, 1993.
- [9] Kenneth Hewitt. Regions of Risk[M]. Produced by Longman Singapore Publisher(Pte) Ltd. Printed in Singapore, 1997.
- [10] Shang Yan-rui. Vulnerability study-the new development of synthesized study on natural disasters. *Areal Research and Development*, 2000, 19(2): 73~77. [商彦蕊. 自然灾害综合研究的新进展——脆弱性研究[J]. 地域研究与开发, 2000, 19(2): 73~77.]
- [11] B. Kochunov and Li Guo-dong. Concept and classification of vulnerability. *Geographical Translation*, 1993 (1): 36~43. [B. Kochunov, 李国栋. 脆弱生态的概念及分类[J]. 地理译报, 1993 (1): 36~43]
- [12] Zhao Ping, Pen Shao-lin et al. The fragility of ecosystem and restoration of degradation ecosystem. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 1998, 6(3): 179~186. [赵平, 彭少麟等. 生态系统的脆弱性与退化生态系统[J]. 热带亚热带植物学报, 1998, 6(3): 179~186.]
- [13] Zhao Yue-long. The distribution and synthetical fathering of vulnerable ecology and environment in China[M]. Beijing: Environmental Science Press of China, 1999. [赵跃龙. 中国脆弱生态环境类型分布及其综合治理[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.]
- [14] Jordan C F. Tropical ecology. Srtoudsburg, Pennsylvania: Hutchinson Ross Pblishing, 1981, 31~89.
- [15] Orians G. Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. *Unifying Concepts in Ecology*. The Hague: Dr W. Junk Publishers, 1975, 139~158.
- [16] Westman W E. Measuring the inertia and resilience of ecosystems. *BioScience*, 1978, 28: 47~60.
- [17] Whittaker R H. Communities and ecosystem. New York: Macmillan Publishing Corporation, 1975, 169~181.
- [18] Zhu Zhen-da. Vulnerable ecotone and land desertification in China. *Journal of Desert Research*, 1991, 11(4): 11~22. [朱震达. 中国脆弱生态带与土地荒漠化[J]. 中国沙漠, 1991, 11(4): 11~22.]
- [19] Zhao Gui-jiu et al. The study on eco-environmental synthetical fathering and restoring technologies (The first volume)[C]. Beijing: Scientific and Technological Press of Beijing, 1993, 1~10, 61~70. [赵桂久等. 生态环境综合整治和恢复技术研究(第一集)[C]. 北京: 北京科学技术出版社, 1993, 1~10, 61~70.]
- [20] Sun Wu. Fluctutation, characteristic of vulnerable ecotone. *Journal of Desert Research*, 1997, 17(2), 199~203. [孙武. 波动性生态脆弱带的特征. 中国沙漠. 1997, 17(2), 199~203.]

Approaches to Concept of Vulnerability of Ecology and Environment

WANG Xiao-dan and ZHONG Xiang-hao

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences,
& Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041 PRC)

Abstract: the scientific meanings of vulnerability applied in different study field are discussed in order to understand the vulnerability of ecology and environment. More attention is paid to analyze various opinions of vulnerability of ecology and environment so that authors show themselves views. In additional, the relations between vulnerability and sensitivity, stability, vulnerable ecotone are discussed in this study.

Key words: concept of vulnerability; sensitivity; stability; vulnerable ecotone