

生态健康、生态风险、生态安全概念辨析

边得会¹, 曹勇宏¹, 何春光¹, 高 昆²

(1.东北师范大学环境学院, 国家环境保护湿地生态与植被恢复重点实验室, 吉林 长春 130117;
2.长春水务集团城市排水有限责任公司, 吉林 长春 130022)

摘要:在人类活动影响下, 生态系统退化的速度越来越快, 作为衡量生态系统存在状态的生态健康、生态风险、生态安全评价日益受到重视。然而, 目前对于3个概念的界定不够明晰, 在评价过程中指标体系混淆混用, 致使理论研究也固步不前, 影响了对实践的指导意义。生态健康、生态风险、生态安全的联系体现在评价主体的一致性和生态安全评价需要以生态健康评价、生态风险评价为基础; 而三者的区别体现在内涵、评价对象以及评价的指标体系3个方面。

关键词:生态健康; 生态风险; 生态安全; 环境管理

中图分类号: X171.4

文献标志码: A

DOI:10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2016.05.014

Conceptual Distinction of Ecological Health, Ecological Risk and Ecological Security

Bian Dehui¹, Cao Yonghong¹, He Chunguang¹, Gao Kun²

(1.State Environmental Protection Key Laboratory of Wetland Ecology and Vegetation Restoration, School of Environment, Northeast Normal University, Changchun 130117, China; 2.Urban Drainage Co., Ltd. of Changchun Water Group, Changchun 130022, China)

Abstract: With the impacts of various anthropogenic activities, the ecosystems are degraded remarkably in different areas, so ecological health, ecological risk and ecological security, which act as measurement to value the existence state of an ecosystem, are drawing increasing attention. However, there are still no clear boundaries between these concepts, and confusion and misuse of the indicator systems even exist in the evaluation process, leading to the delay in theoretical study and assessment practice guidance. The relationship between ecological health, ecological risk and ecological security manifests in consistency between the evaluation subjects and ecological security should be evaluated on the basis of ecological health and ecological risk. Differences among the three concepts present in connotation, evaluation object and indicator system.

Keywords: Ecological Health; Ecological Risk; Ecological Security; Environmental Management

CLC number: X171.4

生态系统不仅为人类提供社会活动所必须的物质、能量及场所, 还提供各种不可替代的生态服务。与此同时, 生态系统也承受着人类活动所造成的环境污染和生态破坏双重负担, 受到的威胁越来越严重。生态系统能否继续为人类社会提供各种服务受到广泛关注, 生态健康、生态风险、生态安全的概念及对应的评价过程、评价方法得到广泛研究^[1-6]。然而, 这3个概念没有得到清晰的界定, 学者们在做3种评价时往往采用相

似的指标体系与评价方法, 从而造成评价结果与结论的混乱, 致使理论研究固步不前, 影响了对实践的指导意义。对生态健康、生态风险、生态安全的概念进行辨析, 是选择合适的评价方法与构建相应评价指标体系的前提, 也是进行生态恢复、生态系统管理等活动的基础和关键。

1 生态健康、生态风险、生态安全研究进展

1.1 生态健康、生态风险、生态安全概念的产生
伴随着工业化的进程, 工业化国家的经济得

收稿日期: 2016-03-19

基金项目: 吉林省环境保护厅项目(201414); 国家环境保护公益项目(201509040)基金资助

作者简介: 边得会(1989-), 男, 硕士。研究方向: 环境评价与管理。E-mail: blesdehui@163.com

通信作者: 曹勇宏, 女, 博士、教授。研究方向: 环境规划与管理。E-mail: caoyh@nenu.edu.cn

到极大发展,与此同时,全球生态环境不断恶化,人们开始关注自身所处环境的健康程度、风险状态、安全状态等问题。

1941年美国学者Aldo Leopold提出土地健康的概念,为生态健康概念的提出奠定了理论基础^[7]。Schaeffer et al^[8]在1988年第一次对生态系统健康的测度问题进行了研究,但是并未明确提出生态健康的概念。Rapport^[9]在1989年类比于人体健康论述了生态健康的内涵,并探讨了生态健康的测度问题。以上两篇文章是生态健康研究的先导。依据是否考虑生态系统对人类社会的服务功能,可以将生态健康划分为生物生态学定义和生态经济学定义两类^[10]。

20世纪80年代几次震惊世界的突发性环境事故,如1984年印度农药厂异氰酸甲酯毒气泄漏事故、1986年瑞士巴塞尔市化工厂莱茵河污染事故、1986年切尔诺贝利核电站爆炸事故等,给人类社会和生态环境造成难以估量的损失,预防生态风险的重要性日益显现^[11]。“风险管理”理念被引入环境政策,并越来越受到理论研究与政府管理工作的重视。风险评价初期的主要研究内容为单一化学污染物的毒理与污染物对人体健康的影响^[12],随着研究的深入,生态风险的内容得到扩展,一方面侧重于物理、化学、生物因素对生态系统胁迫作用的研究,另一方面侧重于环境污染物对人体健康产生风险可能的研究^[13]。

生态安全与生态风险的概念几乎是同时被提出的。20世纪80年代发生的突发性环境事故促使生态安全概念的提出,90年代发生的全球性环境公害事件,如温室效应、沙尘暴、水污染等,使人们对生态安全的认识不断深化。生态安全的内涵分为两方面:一方面指生态系统自身的健康、完整性与可持续性;另一方面指生态系统对人类提供完善的生态服务^[14]。

1.2 研究方法的进展

经过30余年的发展,关于生态健康、生态风险、生态安全产生了许多评价方法。生态健康评价方法分为指示生物法与指标体系法两种。指示生物法是根据不同的评价主体,选择合适的指示

生物,例如,湿地生态健康评价的指示生物有鱼类^[15-16]、藻类、水鸟^[17]等;指标体系法由于其避免了单一指标评价的不确定性,因而得到广泛应用^[18]。生态风险评价方法分为化学污染类风险源生态风险评价方法(包括熵值法、暴露—反应法)、生态事件类风险源生态风险评价方法(包括物种入侵生态风险评价方法、遗传修饰生物体生态风险评价方法)及复合风险源类生态风险评价方法(包括概率·损失模型方法、生态梯度风险评价方法和相对风险模型法)3种^[19];生态安全评价方法分为模拟模型法、景观分析法、RS与GIS联用方法、指标体系法等^[14]。

1.3 研究领域

生态健康、生态风险、生态安全的研究几乎渗透到了生态系统的所有研究领域,按照受人类影响程度的大小,可基本分为两类:

(1)主体是社会生态系统的研究,比如城市^[20-23]、省份^[24-25]、城乡交错带^[26]的生态健康、生态风险或生态安全。该研究重点强调的是生态环境变化对人类社会的影响,认为能够正常的为人类提供各种生态服务的生态系统状态良好,否则状态欠佳;

(2)主体是自然生态系统的研究,比如湿地^[27-31]、森林^[32-34]的生态健康、生态风险或生态安全。以自然生态系统为主体的研究,将重点放在对自然生态系统本身,而将研究主体外部的要素,例如人类的影响与干扰,作为研究主体的环境。不论自然生态系统还是社会生态系统,只有保证生态系统处于良好的状态,才能够为人类社会正常的提供各种生态服务。因此,主体是社会生态系统的研究与主体是自然生态系统的研究二者在本质上是高度统一的。

1.4 研究现状中存在的问题

尽管自从生态健康、生态风险、生态安全三者的概念提出以来取得了丰硕成果,但在研究过程中也暴露出以下3方面问题:对生态健康、生态风险、生态安全的概念界定不明晰,存在一定的混淆、混用现象;3个概念相互之间的关系未得到明确阐述;在评价过程中构建的指标体系相似、相近,甚至几乎相同。

2 生态健康、生态风险、生态安全的联系与区别

2.1 联系

2.1.1 评价主体具有一致性 生态健康、生态风险、生态安全三者评价主体具有一致性，即三者的评价主体都是生态系统。因为自然生态系统是社会生态系统的基础，而关注生态系统的根本目的就是保障生态系统能够正常的为人类提供各种生态服务。所以3种评价关注的都应该是自然生态系统，即关注重点是自然生态系统的生态健康、生态风险、生态安全状况。如果研究生态健康、生态风险、生态安全对人类社会的影响，可以将其依次命名为“生态健康的人类社会影响”、“生态风险的人类社会影响”和“生态安全的人类社会影响”。

2.1.2 生态安全评价以生态健康评价和生态风险评价为基础 生态安全是生态健康和生态风险的综合表现。根据生态系统的健康与风险状况，生态安全可以有3种状态：安全、相对安全和不安全。安全是指健康的生态系统低生态风险时所处的状态；相对安全是指健康的生态系统高生态风险时及不健康的生态系统低生态风险时所处的状态；不安全是指不健康的生态系统高生态风险时所处的状态见图1。

	不健康的生态系统	健康的生态系统
高风险的生态系统	不安全的生态系统	相对安全的生态系统
低风险的系统	相对安全的生态系统	安全的生态系统

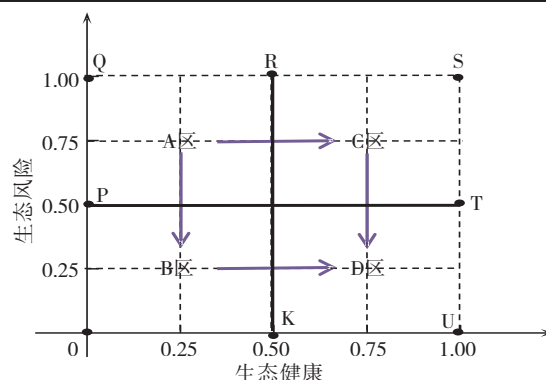
图1 生态健康、生态风险、生态安全的关系

根据风险预警通常采用四级的分级方法，我们把生态风险也分为四级，考虑到生态健康、生态风险、生态安全三者之间的关系，将生态健康也分为四级。利用生态健康综合指数 I_h 和生态风险综合指数 I_r 分别对生态健康与生态风险进行定量表示。将 I_h 和 I_r 分为四个区段（0.00~0.25、0.25~0.50、0.50~0.75、0.75~1.00），分别表示生态健康与生态风险

的4个级别见表1。 I_h 越接近1，表示越健康； I_r 越接近0，表示风险越小。生态安全网格分类，见图2。

表1 生态健康、生态风险综合指数

生态健康综合指数 I_h	生态风险综合指数 I_r	综合指数
差	低	0.00~0.25
中	中	0.25~0.50
良	高	0.50~0.75
优	极高	0.75~1.00



A区域：不安全；B和C区域：相对安全；D区域：安全

图2 生态安全网格分类

在评价生态系统的健康状态时， $0.00 < I_h \leq 0.50$ 表示生态系统为不健康状态（图2中的A、B区）； $0.50 < I_h \leq 1.00$ 表示生态系统为健康状态（图2中的C、D区）。在评价生态系统的风险状态时， $0.00 < I_r \leq 0.50$ 表示生态系统为低风险状态（图2中的B、D区）；若 $0.50 < I_r \leq 1.00$ 表示生态系统为高风险状态（图2中的A、C区）。

根据图1生态健康、生态风险、生态安全三者之间的关系分析可以得出，图2中位于A区的生态系统，处于不健康、高风险状态，为不安全的生态系统；位于B区的生态系统，则处于不健康、低风险状态，而C区表示生态系统处于健康、高风险状态，故B、C均为相对安全的生态系统；位于D区的生态系统，处于健康、低风险状态，表示生态系统处于安全状态。

2.2 区别

2.2.1 内涵不同 目前，较为普遍接受的生态健康是指生态系统处于良好状态，生态系统不仅能保持化学、物理及生物过程的完整性，还能维持其对人类社会提供的各种服务功能^[35]。生态风险是指生态系统（风险受体）所受到生态系统外

部一切对生态系统构成威胁要素（风险源）的作用的可能性。生态安全是生态健康与生态风险的综合表现，指生态系统自身的安全，是由生态系统自身的健康性和外界环境对其产生的风险性两个方面共同作用而体现出来，是生态系统一种人为界定的状态。例如，健康且受风险性因素威胁小的生态系统，是安全的；而不健康且风险性大的生态系统则是不安全的。

2.2.2 评价对象不同 生态系统之外与其相关并对其产生影响的因素被称为生态系统的环境，包括自然因素（如气候变化、地理条件、自然灾害等）、经济因素（如经济发展状况、经济结构、居民收入等）和社会因素（如人口密度、法律、居住环境等）。生态系统的环境对生态系统产生影响，这种影响又反作用于生态系统的环境，生态系统与环境时时刻刻都发生着相互作用见图3。

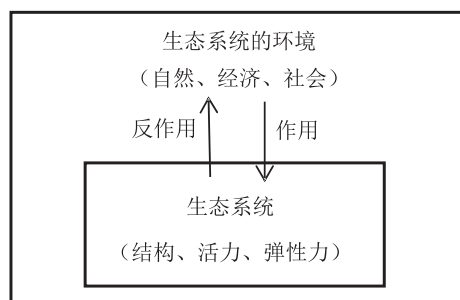


图3 生态系统及其环境

虽然生态健康、生态风险、生态安全三者的研究主体是一致的，都是生态系统本身，但是三者的评价对象是不同的。生态健康的评价对象是生态系统各要素的存在状态及要素之间的联系状况；生态风险的评价对象是生态系统的环境对生态系统产生不利影响；生态安全需要综合考虑生态健康和生态风险两个方面，因而评价对象也包括这两个方面。

2.2.3 评价指标体系不同 指标体系是若干个相互联系的测量指标所构成的有机体，是进行预测或评价的前提和基础。在对系统的生态健康进行评价时，一般从区域（宏观）尺度和局域（微观）尺度两个层次进行考虑^[36]。宏观上，运用景观生态学原理，采用RS与GIS相结合的手段对所选择的指标，例如斑块密度、斑块丰富度、景观形状指数，进行测算；微观上，运用分析化学、生态学方法对水质综合污染指数、土壤理化指标等进

行测算。无论是宏观层次指标还是微观层次指标，都应该侧重于能够衡量生态系统本身健康状态的指标，避免选择生态系统外界环境的指标。

对生态系统的生态风险进行评价时，评价的重点是研究体系被外界因素所胁迫的可能性。因此，在评价指标的选择方面应该选择能够衡量生态系统外界环境的指标，避免选择衡量生态系统本身健康状态的指标。例如，Costanza强调生态健康评价指标应该从系统本身的结构、活力、弹性力这3个方面选取^[37]。影响生态健康的外界环境因素有污染物排放、过度捕捞、围湖造田、资源不合理的开发利用等，这些指标更适合作为生态风险评价的指标，而不适合用来评价生态健康。同理，那些用于评价系统本身健康状态的指标，也不宜用来评价生态风险。由于所研究的系统不可避免地受到来自于自然与人为的双重影响，因此在对系统进行生态风险评价时，需要综合、全面地考虑自然、经济、社会3个方面的因素。

在评价系统的生态安全时有两种方法：①通过对系统的生态健康状态和生态风险状态进行评价，综合这两方面的评价结果判断系统所处的生态安全状态；②直接构建生态安全评价指标体系，在选择评价指标时需要综合考虑系统的生态健康与生态风险，即需要选择能够反映系统生态健康状态和生态风险状态的两方面的指标见图4。

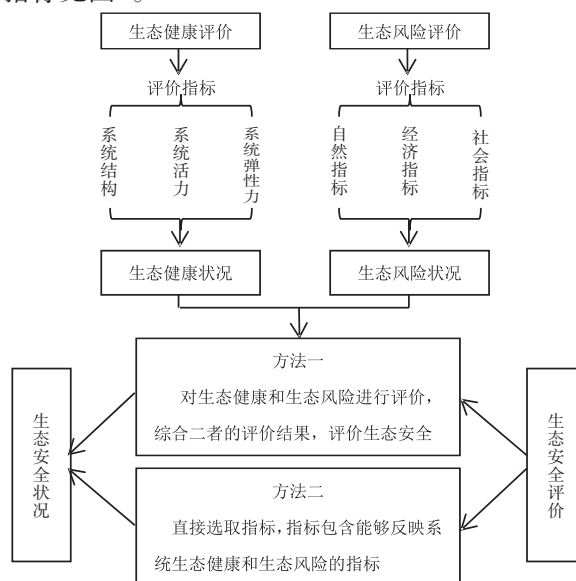


图4 生态健康、生态风险、生态安全评价过程

3 结论与展望

文章在总结了生态健康、生态风险、生态安全研究进展的基础上,对这3个概念进行了界定,并对生态健康、生态风险、生态安全三者的区别与联系进行了系统的分析。三者的内涵、评价对象、评价指标体系均有差别,三者的联系主要表现在生态安全以生态健康和生态风险为基础。根据综合评价指数,生态健康、生态风险可以被分为四个等级,在此基础上,生态安全分为3种状态:不安全、相对安全和安全。需要注意的是,在评价指标的选取过程中,生态健康评价应该选择能够反映系统本身的结构和内部关系的指标,生态风险指标应该选择能够反映研究体系外部环境对研究主体产生消极影响的指标,在评价生态安全时则需要综合考虑生态健康、生态风险两个方面的因素。

生态健康、生态风险、生态安全在评价指标体系建立与指标量化方面仍然存在很多问题需要在今后不断探索,比如,应该构建适合评价不同生态系统类型的指标体系。并且,三者具体的评价方法也应该得到不断地丰富与完善。

参考文献

- [1]Calow P. Can ecosystems be healthy? Critical consideration of concepts[J]. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, 1992, 1(1):1-5.
- [2]Cairns Jr J. Ecosystem health through ecological restoration: barriers and opportunities[J]. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, 1994, 3(1):5-14.
- [3]崔保山,杨志峰.湿地生态系统健康研究进展[J]. *生态学报*, 2001, 20(3): 31-36.
- [4]马克明,孔红梅,关文彬,等.生态系统健康评价:方法与方向[J]. *生态学报*, 2001(12): 2106-2116.
- [5]Stein S M H, Gelburd D. Healthy ecosystems and sustainable economies: the federal interagency ecosystem management initiative[J]. *Landscape and Urban Planning*, 1998, 40(1-3):73-80.
- [6]袁兴中,刘 红,陆健健.生态系统健康评价——概念构架与指标选择[J]. *应用生态学报*,2001(04): 627-629.
- [7]曾德慧,姜凤岐,范志平,等.生态系统健康与人类可持续发展[J].*应用生态学报*,1999(06): 751-756.
- [8]Schaeffer D J, Herricks E E, Kerster H W. Ecosystem health: I. Measuring ecosystem health[J]. *Environmental Management*, 1988, 12(4):445-455.
- [9]Rapport D J. What constitutes ecosystem health?[J]. *Perspectives in Biology and Medicine*, 1989, 33(1):120-132.
- [10]彭 建,王仰麟,吴健生,等.区域生态系统健康评价——研究方法 与进展[J].*生态学报*,2007(11): 4877-4885.
- [11]付光辉.土地整理生态风险评价研究[D].南京:南京农业大学, 2007.
- [12]陈 辉,刘劲松,曹 宇,等.生态风险评价研究进展[J].*生态学报*, 2006(05): 1558-1566.
- [13]阳文锐,王如松,黄锦楼,等.生态风险评价及研究进展[J].*应用生态学报*,2007, 18(8): 1869-1876.
- [14]陈 星,周成虎.生态安全:国内外研究综述[J].*地理科学进展*,

2005(06): 8-20.

- [15]Wu Wei, Xu Zongxue, Yin Xuwang, et al. Assessment of ecosystem health based on fish assemblages in the Wei River basin, China[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2014, 186(6):3701-3716.
- [16]Kang N, Kang H, An K. Analysis of fish DNA biomarkers as a molecular-level approach for ecological health assessments in an urban stream[J]. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2014, 93(5):555-560.
- [17]Ogden J C, Baldwin J D, Bass O L, et al. Waterbirds as indicators of ecosystem health in the coastal marine habitats of Southern Florida: 2. Conceptual ecological models[J]. *Ecological Indicators*, 2014, 44:128-147.
- [18]Zhang L L, Liu J L, Yang Z F, et al. Integrated ecosystem health assessment of a macrophyte-dominated lake[J]. *Ecological Modelling*, 2013, 252:141-152.
- [19]张思锋,刘晗梦.生态风险评价方法述评[J].*生态学报*, 2010(10): 2735-2744.
- [20]Wang Yuq, Yu Hongxian, Lv Dongke. Analysis on dynamic ecological security and development capacity of 2005-2009 in Qinhuangdao, China[J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2011, 10:607-612.
- [21]Su Shiliang, Li Dan, Yu Xiang, et al. Assessing land ecological security in Shanghai (China) based on catastrophe theory[J]. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2011, 25(6):737-746.
- [22]Pei Liang, Du Liming, Yue Guijie. Ecological Security Assessment of Beijing Based on PSR Model[J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2010, 2:832-841.
- [23]Gong Jianzhou, Liu Yansui, Xia Beicheng, et al. Urban ecological security assessment and forecasting, based on a cellular automata model: A case study of Guangzhou, China[J]. *Ecological Modelling*, 2009, 220(24):3612-3620.
- [24]Hui Hongkuan, Zang Shuying. Distribution and ecological risk assessment of organochlorine pesticides in sediments from four lakes of Heilongjiang Province, China[J]. *Ecotoxicology*, 2014, 23(4): 601-608.
- [25]Yu Guangming, Yu Qiwu, Hu Limei, et al. Ecosystem health assessment based on analysis of a land use database[J]. *Applied Geography*, 2013, 44:154-164.
- [26]荆玉平,张树文,李 颖.基于景观结构的城乡交错带生态风险分析[J]. *生态学报*,2008(02): 229-234.
- [27]Qin Mingzhou, Cheng Jinhuan, Zhang Pengyan, et al. Research on ecological safety and utilization pattern on the lower reaches wetland of the Yellow River in Kaifeng City[J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2011, 10(Part C):2654-2658.
- [28]Dai Xiaoyan, Ma Junjie, Zhang Hao, et al. Evaluation of ecosystem health for the coastal wetlands at the Yangtze Estuary, Shanghai[J]. *Wetlands Ecology and Management*, 2013, 21(6):433-445.
- [29]Malekmohammadi B, Rahimi Blouchi L. Ecological risk assessment of wetland ecosystems using Multi Criteria Decision Making and Geographic Information System[J]. *Ecological Indicators*, 2014, 41:133-144.
- [30]邓晓军,许有鹏,翟禄新,等.城市河流健康评价指标体系构建及其应用[J].*生态学报*, 2014(04): 993-1001.
- [31]王一涵,周德民,孙永华.RS和GIS支持的洪河地区湿地生态健康评价[J].*生态学报*, 2011(13): 3590-3600.
- [32]Styers D M, Chappelka A H, Marzen L J, et al. Developing a land-cover classification to select indicators of forest ecosystem health in a rapidly urbanizing landscape[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 94(3-4):158-165.
- [33]陈 高,代力民,范竹华,等.森林生态系统健康及其评估监测[J].*应用生态学报*, 2002(05): 605-610.
- [34]陈 高,代力民,姬兰柱,等.森林生态系统健康评估 I. 模式、计算方法和指标体系[J].*应用生态学报*,2004(10): 1743-1749.
- [35]李春晖,崔 魁,庞爱萍,等.流域生态健康评价理论与方法研究进展[J].*地理科学进展*, 2008(01): 9-17.
- [36]崔保山,杨志峰.湿地生态系统健康的时空尺度特征[J]. *应用生态学报*,2003(01): 121-125.
- [37]Costanza R. Ecosystem health and ecological engineering[J]. *Ecological Engineering*, 2012, 45:24-29.