

# 洪泽湖湿地生态系统健康评价指标体系探讨\*

王治良<sup>2</sup> 王国祥<sup>1</sup>

(1. 南京师范大学地理科学学院 南京 210097; 2. 齐齐哈尔大学地理系 齐齐哈尔 160006)

**摘要** 简要回顾生态系统健康概念的产生及发展历程,着重分析总结湿地生态系统健康的评价指标。针对其指标难以量化、针对性不强的问题,以洪泽湖及其各支流小流域湿地生态系统为研究区域,运用压力-状态-响应(PSR)分析模型及层次分析法,尝试给出了针对具体湿地生态系统的健康评价指标体系。体系共分为 3 层 30 个指标,较全面地涵盖了生物物理、社会经济、人类健康等不同范畴。

**关键词** 湿地生态系统 健康评价 PSR 模型 指标体系 洪泽湖

**Health assessment index system of Hongze Lake wetland ecosystem.** WANG Zhi-Liang<sup>2</sup>, WANG Guo-Xiang<sup>1</sup> (1. College of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China; 2. Department of Geography, Qiqihar University, Qiqihar 160006, China), *CJEA*, 2007, 15(6): 152~155

**Abstract** Following a comprehensive review of the progress of ecosystem health concept, the paper focused on the analysis of the indexing system of wetland ecosystem health assessments and shortfalls, taking Hongze Lake as studied area. Accordingly, PSR model and AHP method were used to map out an indexing system of wetland ecosystem assessment in the Hongze Lake region, a 3-tiered system, with a total of 30 indices, including biophysical, socioeconomic and human-health components.

**Key words** Wetland ecosystem, Health assessment, PSR model, Index system, Hongze Lake

(Received Feb. 10, 2006; revised April 28, 2006)

随着人类活动加剧,全球性环境问题不断涌现,国际社会对环境的评价工作,也已经从单纯依赖物理化学指标和对生物个体与种群的跟踪监测扩展到对整个生态系统“健康”状态的生态评估<sup>[1]</sup>。生态系统健康(Ecosystem health)作为新兴的生态系统管理学概念应运而生,生态系统健康评价在各生态系统类型,各时空尺度上广泛展开,人类的干扰是否影响到生态系统服务功能的发挥,影响的程度如何,现阶段生态系统的健康状况,如何有效地管理地球上的各类生态系统等问题受到人类的空前关注。2001 年联合国组织世界多个机构制定并实施千年生态系统评估计划(MA: Millennium Ecosystem Assessment),对全球生态系统的过去、现在、未来状况进行评估<sup>[2]</sup>。

作为全球 3 大生态系统之一的湿地,被誉为“地球之肾”,在各类型生态系统中的效益价值最高<sup>[3]</sup>,成为野生动植物的最后栖息地和繁殖地。然而,由于人类活动影响的加强,湿地面积大量减少,湿地功能严重削弱,湿地生物多样性降低、水质改变、富营养化等日益严重,这些将影响一个区域或流域的生态安全,甚至将威胁人类自身的健康与发展<sup>[4]</sup>。因此,湿地生态系统健康评价工作显得格外重要且异常迫切。

本文从回顾生态系统健康概念的产生及发展历程入手,着重分析总结湿地生态系统健康评价的指标体系及其存在问题,以洪泽湖及其各支流小流域湿地生态系统为研究区域,运用压力-状态-响应(PSR)分析模型及层次分析法(AHP)给出了针对具体湿地生态系统的健康评价指标体系。

## 1 生态系统健康概念

生态系统健康思想的渊源可追溯至 1778 年,苏格兰生态学家 James Hutton 邮给爱丁堡皇家协会一篇关于地球是一个大的能够自身维持的有机体的论文,其中最早提及到“自然健康”一词。到了近代,把生态系统比作有机体的观点多被认为是 Clements 的理论,他曾用生命循环来描述生态演替。

\* 江苏省重点科技专项(BM2002701)资助

收稿日期:2006-02-10 改回日期:2006-04-28

20世纪40年代,著名的自然科学家 Aldo Leopold 发展了“土地健康”的概念,提出了一系列有关“土地疾病”的一些关键性指标,并预见土地健康将发展成为一门学科,它的目的是“测定那些在人类占有之后仍无功能障碍的土地的生态参数,以保证人类在利用土地的时候不会使它丧失功能”<sup>[5]</sup>。

到20世纪70年代末80年代初,Rapport 等继续发展了这一理论,并在1979年提出了“生态系统医学”的名词来描述此领域研究的新进展<sup>[13]</sup>。后来,这些都被运用到了生态系统健康的概念和规范中。1988年 Schaeffer 等首次探讨了有关生态系统健康度量的问题,但没有明确定义生态系统健康<sup>[14]</sup>。1989年 Rapport 论述了生态系统健康的内涵<sup>[15]</sup>。

1991年2月在美国科学促进联合会年会上,国际环境伦理学会召开了“从科学、经济学和伦理学定义生态系统健康”讨论会<sup>[6]</sup>。1994年在加拿大首都渥太华召开的“第一届国际生态系统健康与医学研讨会”,重点讨论并展望了生态系统健康学在地区和全球环境管理中的应用问题,同时宣告“国际生态系统健康学会”(International Society for Ecosystem Health,简称 ISEH)成立。

生态系统健康是一个复杂的概念,由于各学者在研究中出发点的差异,对生态系统健康概念的理解也就不同。综合各位学者的定义发现,生态系统健康不仅包括生态系统生理方面的要素,还包括复杂的人类价值及生物的、物理的、伦理的、艺术的、哲学的和经济学的观点,更全面的是还应把人类健康也包括进来<sup>[14]</sup>。总之,生态系统健康是一门研究人类活动、社会经济组织、自然系统和人类健康的跨学科综合性学科<sup>[7]</sup>。

## 2 湿地生态系统健康概念、评价标准及指标体系分析

### 2.1 湿地生态系统健康概念及评价标准

湿地生态系统是一个复杂的非线性动态过程系统,总在发展和变化中,影响因素众多,且其内部各组成要素之间以及各要素与外部环境之间存在相互制约、相互作用的复杂关系;每一个系统均有一定的变化容量来吸收人类造成的压力,保持它自身必要的生态过程和功能<sup>[8]</sup>。根据国际生态系统健康学会的定义:“湿地生态系统健康是指生态系统没有病痛反应,稳定且可持续发展,即生态系统随着时间的进程有活力并且能维持其组织及自主性,在外界胁迫下容易恢复”<sup>[16,17]</sup>。但定义中只局限于生物物理学范畴而未涉及社会经济与人类健康。

评价湿地生态系统健康与否,首先要确立健康的标准。评价标准应同时包括生物物理范畴、社会经济范畴、人类健康范畴以及一定的时间、空间范畴4个方面。这4个方面不应割裂,而应结合在一起构成一个完整的体系。总结国内外生态系统健康评价的研究成果,根据湿地生态系统的多要素、多功能、多价值复杂的非线性动态变化的特性,将湿地生态系统健康标准定义为:不受对生态系统有严重危害的生态系统胁迫综合症的影响;具有恢复力,能够从自然的或人为的正常干扰中恢复过来;在没有或几乎没有投入的情况下,具有自我维持能力;不影响相邻系统,也就是说,健康的生态系统不会对别的系统造成压力;不受风险因素的影响;在经济上可行;维持人类和其他有机群落的健康,不仅是生态学的健康,而且还包括经济学的健康和人类健康。具体包括:活力、恢复力、组织、生态系统服务功能的维持、管理选择、外部输入减少、对邻近系统的影响及人类健康影响等8个方面<sup>[9]</sup>。其具体含义本文不再赘述。

湿地生态系统健康评价标准值(或参照值)并非固定不变的,它会随着湿地类型、所处的地理位置、功能定位而变化,一般采用国家环保总局已经制定的一系列环境保护标准,查询国外有关标准及公认的数量界限,或者采用当地的平均值、本底值。鉴于我国湿地类型复杂多样,由于所处纬度、海拔差异、各湿地类型差别很大,因而大部分指标应采用当地的平均值、本底值。

### 2.2 湿地生态系统健康指标体系分析

近些年来一些地区的湿地状况令人担忧,人类在湿地开发当中只注重短期效益而忽视长期的可持续发展,出现生物多样性降低、水质改变、富营养化等问题,已经威胁到人类自身的发展;不合理的管理及恢复操作的失误造成湿地改变,甚至丧失<sup>[10]</sup>。因此,人类经济活动和自身健康水平成为评价指标体系中不可或缺的组成部分。评价指标的选取应根据健康评价的目标和原则,综合考虑各影响因素,将河流、沼泽、湖泊及人工湿地(稻田、池塘、水库)等湿地类型所具有的共性提取出来,汪朝辉(2003)等从湿地生态特征、功能作用、社会经济影响3方面选取30项指标要素(如表1),建立了湿地生态系统健康评价指标体系。

由表1可知,评价指标适应于不同类型的湿地,但另一方面过于泛化、缺乏针对性。具体案例分析时必

表 1 湿地生态系统健康评价指标体系

Tab.1 Index system of wetland ecosystem health assessment

生态特征指标 Ecological index	功能作用指标 Functional index	社会经济影响指标 Socioeconomic index
湿地及其边缘植被种类数量	对局部气候的影响	周边人口素质
河道、湖泊或海岸冲刷淤积	洪水调蓄	人类活动强度
动物的数量和尺寸规格	供水变化率	周边的生活、工业污水状况
植物个体数量和规格	污染物的净化和处理状况	物质生活状况
水质状况	提供原材料的食品生产量	人口健康状况
水源稳定状况	农、林、牧、渔收入和比例	农药使用强度和利用率
生物量	栖息地	化肥使用强度和利用率
湿地面积	侵蚀状况	湿地保护意识
生物多样性	富营养化或水生植物状况	相关保护政策及其执行情况
湿地受威胁的程度	休闲娱乐	湿地管理水平

须根据实际情况选择或增加相应的指标,如外来入侵物种的影响,湿地型自然保护区还应重点考虑到濒危野生动植物(遗传资源)的保护状况、适宜其生存繁衍的生境状况等等。同时由于资料积累多寡限制,指标的选取往往不够全面,给评价工作带来众多不便。

### 3 研究区域概况

洪泽湖是我国第四大淡水湖泊,位于江苏省的中西部、淮河中游,面积 1959km<sup>2</sup>(水位 12.5m 时),平均水深为 1.9m,最大为 4.5m,容积为 30.4×108m<sup>3</sup>。它西纳淮河,南注长江,东通黄海,北连沂

沭,调蓄淮河上、中游 15.8 万 km<sup>2</sup> 区域来水,是我国最大的具有防洪、灌溉、调水、水产、水运、水电等综合利用功能的平原浅水型湖泊<sup>[11]</sup>,湖周分布有大面积洼地、滩地和低平原湿地,区域内湿地生态系统发育完全。

## 4 研究方法及其评价指标体系构建

### 4.1 研究方法

PSR 概念模型是 OECD(经合组织)提出的用于系统的压力、状态、响应分析的模型<sup>[12]</sup>。一般意义上的 PSR 模型见图 1。

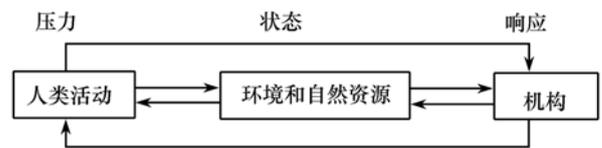


图 1 压力-状态-响应模型

Fig.1 Pressure-state-response modal

根据洪泽湖地区的现实情况及所掌握的资料,修正 PSR 框架模型(图 2)。

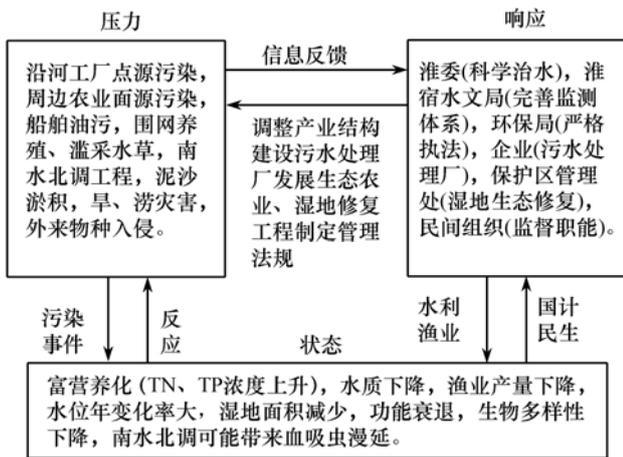


图 2 洪泽湖湿地压力-状态-响应修正模型

Fig.2 PSR modified model of Hongze Lake wetland

机构,设立专门的监测站,全面、系统、适时地将监测数据上报政府部门,为洪泽湖的综合管理、统一调度、合理开发提供科学依据。

表 2 洪泽湖湿地生态系统健康评价指标体系

Tab.2 Index system of Hongze Lake wetland ecosystem health assessment

项目层 Item	因素层 Factor	指标层 Index	量化标准 Quantified standard
压力	压力	人类活动强度	以人口密度统计或围网养殖面积计
		农药施用强度	以每年每公顷施用农药量统计,单位为 kg/hm <sup>2</sup>
		化肥施用强度	以每年每公顷施用化肥量统计,单位为 kg/hm <sup>2</sup>

### 4.2 评价指标体系构建

依据上述分析,结合洪泽湖的功能定位以及所掌握的湿地生态环境各要素现状、服务功能、周边人类经济活动、人类健康等方面的资料,运用层次分析法(AHP)的思想,给出了洪泽湖湿地生态系统健康评价指标体系及量化方法(表 2)。

## 5 建议

洪泽湖湿地生态系统健康评价指标的选取,较全面地涉及到生物物理、社会经济、人类健康等不同范畴,并给出了具体的统计方法,对健康评价工作有一定参考价值。但洪泽湖属于几家管理,各自为政、各执一词的管理现状,导致监测的数据不够全面、且系统混乱,会给今后的评价工作带来不便。建议设立独立的洪泽湖水务管理

续表

项目层 Item	因素层 Factor	指标层 Index	量化标准 Quantified standard
状态	活力	工业、生活污水	以污水、废水处理率表示
		油污污染	以日通过船舶数量表示
		河道冲刷、淤积	河道稳定及泥沙淤积程度,定性与定量相结合
		旱、涝灾害	以灾害天数计
		入侵物种	以入侵种所占面积比率表示
	恢复力	河岸及河床边缘植被	植被受扰状态及盖度变化,定性与定量相结合
		生物量	植物年均地上生物量,求其历史时段内的变化程度
		河道及湖泊水质	以《地面水环境质量标准》中Ⅲ类水质标准评定
		湿地受胁状况	以湿地内人类各种扰动为基础,包括过度渔猎、割草、垦殖等胁迫因子,定性与定量相结合
		组织	湿地面积退化
动物个体尺度	以鱼类个体的平均尺度或大小同原始资料记录相比较的变化率衡量		
植物个体尺度	以优势植物的平均高度同历史资料记录的数据相比较的变化率衡量		
物种多样性	湿地动植物物种多样性指数		
服务功能	洪水调蓄		防洪附加费的增加率表示
	提供灌溉用水		以灌溉面积表示
	废物处理或净化		以废物处理率或净化率的变化表示
	遗传资源		以濒危野生动植物的数量表示
	栖息地		野生动物栖息地和育雏地,以破坏或退化率表示
	物质生产功能		包括渔业资源、芦苇等,以年收获量变化率表示
响应	人类健康	休闲娱乐	湿地旅游、游乐活动等,以娱乐日的增加数或减少数表示
		人口健康状况	以发病率包括死亡率统计
		物质生活指数	以人均收入水平统计,单位为元/a
		周边人口素质	以初中以上文化程度占周边人口的百分比表示
		政策、措施	上游建污水处理厂
	退耕还湖		以退耕面积占开垦面积的比率计
	湿地生态修复工程		以工程实施面积占退化面积比率表示
	湿地保护意识		以具有湿地保护意识的人员占总人口的比例计算

## 参 考 文 献

- 李 瑾,安树青,程小莉,等.生态系统健康评价的研究进展.植物生态学报,2001,25(6):641~647
- 李团胜,程水英.千年生态系统评估及我国的对策.水土保持通报,2003,23(1):7~11
- 陈仲新,张新时.中国生态系统效益的价值.科学通报,2000,45(1):17~22
- 蒋卫国,李 京,李加洪,等.辽河三角洲湿地生态系统健康评价.生态学报,2005,25(3):408~414
- 杨华珂,许振文,张林波,等.生态系统健康概念辨析.长春师范学院学报,2002,21(1):64~67
- 曾德慧,姜凤岐,范志平,等.生态系统健康与人类可持续发展.应用生态学报,1999,10(6):751~756
- 肖风劲,欧阳华.生态系统健康及其评价指标和方法.自然资源学报,2002,17(2):203~209
- 崔保山,杨志峰.湿地生态系统健康研究进展.生态学杂志,2001,20(3):31~36
- 汪朝辉,王克林,许联芳.湿地生态系统健康评估指标体系研究.国土与自然资源研究,2003(4):63~64
- 崔保山,杨志峰.湿地生态系统健康的时空尺度特征.应用生态学报,2003,14(1):121~125
- 李 波,濮培民.淮河流域及洪泽湖水质的演变趋势分析.长江流域资源与环境,2003,12(1):67~73
- 殷克东,赵 昕,薛俊波.基于PSR模型的可持续发展研究.软科学,2002,16(5):62~66
- Rappport D.J.,Thorpe C.,Regier H.A.Ecosystem medicine.Bulletin of Ecological Society of America,1979,60:180~182
- Schaeffer D.J.,Herricks E.E.,Kerster H.W.Ecosystem health:Measuring ecosystem health. Environ. Man.,1988,12(4):445~455
- Rappport D.J.What constitutes ecosystem health? Perspectives in biology and medicine.Ecosystem Health,1989,33(1):120~132
- Constanza R.,Norton B.G.,Hashell B.D.Ecosystem Health:New Goals For Environment Management. Washington DC: Island Press, 1992.1~75
- Rappport D.J.,Bohm G.,Buckingham D., et al.Ecosystem health:the concept,the ISEH,and the important tasks ahead.Ecosystem Health, 1999,5(2):82~90