

# 乌蒙山区城市人工湿地生态系统健康评价 ——以六盘水明湖国家湿地公园为例

秦 趣<sup>1,2</sup>, 代 稳<sup>1</sup>, 刘兴荣<sup>1</sup>

(1. 六盘水师范学院环境与资源科学系, 贵州 六盘水 553004;

2. 六盘水师范学院 乌蒙山区发展研究院, 贵州 六盘水 553004)

**摘要:**湿地是世界上具有独特结构和功能的生态系统,其健康评价是当前学界研究的焦点和热点,目前尚没有统一的评价指标和方法。从明湖国家湿地公园的实际情况出发,根据压力、状态和响应3个方面选出19个指标,建立湿地生态系统健康评价指标体系,健康评价标准分为很健康、健康、亚健康、不健康和疾病共计5个等级;采用熵值法得到各评价指标的权重,运用综合指数法计算出湿地生态系统的健康指数。结果显示,明湖国家湿地公园生态系统为亚健康等级;分析了湿地生态系统健康的影响因素,以期为明湖湿地生态系统的建设和规划提供科学参考。

**关键词:**生态系统;评价指标;明湖国家湿地公园

**中图分类号:**Q332 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2013)05-0043-04

湿地是分布于陆生与水生生态系统之间具有独特水文、土壤、植被与生物特征的生态系统,其在城市生态系统中同样扮演着重要的角色(黄桂林等, 2006);健康的湿地生态系统不仅能够净化环境、涵养水源、调节气候、维持生物多样性和生态平衡,而且能够提供大量的动植物资源及工业原料,为城乡居民提供游憩的空间和科学研究的场所。

在各种类型的生态系统中,湿地生态系统的价值最高,成为野生动物的栖息地和繁殖地(Costanza et al, 1997; 常学礼等, 2010)。目前,有的采用压力-状态-响应(pressure-state-response, PSR)模型对湿地生态系统健康状况进行评价(肖风劲和欧阳华, 2002; 麦少芝等, 2005; 王治良和王国祥, 2007; 付会等, 2009; 林和山等, 2012);也有的从系统活力、组织结构、服务功能方面研究生态系统健康(崔保山和杨志峰, 2002; 韩美等, 2006; 赵旭阳, 2008);这些研究多是以天然湿地生态系统为对象,而针对山区人工湿地生态系统的研究并不多见。本文以乌蒙山区城市人工湿地——六盘水明湖国家湿地公园为研究对象,对其生态系统健康进行评价,以期为明湖湿地公园生态系统的监测、保护和管理提供科学参考。

## 1 研究区概况

明湖国家湿地公园位于乌蒙山区贵州省六盘水市境内(104°18'20" ~ 105°42'50"E; 25°19'44" ~ 26°55'33"N),属于亚热带季风气候区,气候温和,降水丰沛,雨热同期,冬无严寒,夏无酷暑,形成了独特的局部气候,年均气温13 ~ 14℃,年均降水量1420.8 mm,降水多集中在5-10月(秦趣等, 2010)。明湖湿地公园是水城河的源头地区,总面积197.70 hm<sup>2</sup>,由明湖湿地和明湖小山峡2个部分组成,湿地类型以人工库塘和河流为主体,是集供水、旅游、灌溉、养殖为一体的多功能水体。

## 2 研究方法

### 2.1 评价体系建立

**2.1.1 评价体系结构** 在众多湿地生态系统健康评价指标中,按照指标选择的科学性、易操作性和主导性原则,参考前人的研究成果(韩美等, 2006; 王治良和王国祥, 2007; 赵旭阳等, 2008; 蒋卫国等, 2009; 朱智洛等, 2010; 王斌等, 2012),根据压力-状态-响应(PSR)模型,结合明湖湿地公园的实际,通过筛选,共选出19项指标进行生态系统健康评价;其中,压力指标6项,状态指标9项,响应指标4项(表1)。

**2.1.2 湿地生态系统健康分级** 为进行湿地生态系统健康分级对比研究,参考国内外相关研究资料,进行实地考察并与其它湿地对比分析,把明湖湿地

收稿日期:2013-04-17

**基金项目:**国家社会科学基金项目(12XJL013);贵州省科学技术基金项目(黔科合J字[2012]2308号);六盘水师范学院科研计划项目(lpssy201109);贵州省哲学社会科学规划课题(13GZYB27)。

**作者简介:**秦趣,1978年生,男,副教授,主要从事城市规划、旅游规划及人居环境可持续发展研究。E-mail: qinqu2008@126.com

公园生态系统健康评价标准分为很健康、健康、亚健康、不健康、疾病共5个等级,即把 $[0, +1]$ 区间分成5个区间(秦趣等,2008),并给出相应的分级评语(表2)。

表1 明湖国家湿地公园生态系统健康评价体系结构

Tab.1 The structure of health assessment system of ecosystem in Minghu National Wetland Park

准则层	指标层	量化标准
压	人口压力	以人口密度计算
	人口自然增长率	(年内出生人数 - 年内死亡人数)/总人口数
	农药施用强度	以每年每公顷施用农药量统计(kg/hm <sup>2</sup> )
	化肥施用强度	以每年每公顷施用化肥量统计(kg/hm <sup>2</sup> )
力	污水处理率	以污水和废水处理率表示
	湿地自然灾害	以灾害天数计
状	水质状况	以《地面水环境质量标准》中Ⅲ类水质标准评定
	物种多样性	湿地动植物物种多样性指数
	洪水调控功能	以防洪附加费的增加率表示
	观光旅游功能	以景观美学价值高低及湿地旅游活动日的增减来衡量
	土地生产力	从农业生产年收获量增长情况来衡量
	植被覆盖率	森林面积占土地总面积的比例
态	栖息地状况	野生动物栖息地和育雏地,以适宜度和占总面积的比例表示
	水土流失	以水土流失面积占土地总面积的比例表示
	水量稳定性	以湿地水量的年际变化来表示
响	人口健康状况	以发病率包括死亡率统计
	物质生活指数	以人均年收入水平统计(元)
	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
	环保投资指数	以环保投入占GDP的比例表示

表2 评价等级及评价分值

Tab.2 Assessment grade and assessment score

评价等级	很健康	健康	亚健康	不健康	疾病
标准化值	0.8~1.0	0.6~0.8	0.4~0.6	0.2~0.4	0~0.2

2.1.3 评价标准 湿地生态系统健康评价标准值(或参照值)是在不断变化的,本研究涉及的评价指标主要通过查询国外有关标准、国内文献资料相关研究以及国家标准,参照当地的平均值和本底值,按照湿地生态系统总体健康度分级,每个评价指标标准分为5级,每级标准对应一个标准化分值区间,指标得分根据其数值的大小在区间内给分。

## 2.2 指标权重确定

通过查阅统计年鉴、环境公报以及相关文献,获得2008-2012年明湖湿地公园生态系统健康评价的指标数据,运用熵值法确定各评价指标的权重。

(1)原始数据无量纲化处理,公式如下:

$$X_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}} + 1$$

式中: $X_{ij}$ 为明湖湿地公园第*i*个时段生态系统第*j*个指标标准化后的数据, $x_{ij}$ 表示第*i*个时段生态系统在第*j*项指标上的统计数据, $x_{j\min}$ 表示统计数据在第*j*项指标上的最小值, $x_{j\max}$ 表示统计数据在第*j*项指标上的最大值。

(2)各指标的信息熵值 $e_j$ ( $e_j > 0$ )计算:

$$e_j = -\frac{1}{\ln M} \sum_{i=1}^n X_{ij} \ln X_{ij}$$

式中: $X_{ij}$ 为某一地区明湖湿地公园第*i*个时段生态系统第*j*项指标标准化后的数据, $M$ 为生态系统指标的个数。

(3)各评价指标的权重 $W_j$ 和信息效用值 $d_j$ 计算:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^m d_j}$$

式中: $W_j$ 为生态系统某*j*项指标的权重, $d_j$ 为生态系统第*j*项指标的信息效用值,其中 $d_j = 1 - e_j$ (代稳等,2012)。

## 2.3 评价模型建立

采取综合指数法计算湿地生态系统健康状态(秦趣等,2012),公式如下:

$$I = \sum_{i=1}^n A_i \times B_i$$

式中: $I$ 为湿地生态系统健康综合指数值; $A_i$ 为第*i*项指标的权重; $n$ 为系统评价指标个数, $B_i$ 为第*i*项指标的标准化值。

## 3 结果与分析

利用近年来获取的资料,根据建立的湿地生态系统健康评价指标体系和方法,对六盘水市明湖湿地公园生态系统健康状况进行研究,有关原始数据来自于贵州省统计年鉴、六盘水市统计年鉴、六盘水市环境质量报告书,部分数据来自于实地调查。利用原始数根据湿地生态系统健康分级标准逐项打分,再利用评价模型计算,明湖湿地公园生态系统健康分级标准及权重详见表3;其生态系统健康状态最终得分为0.56。按照湿地生态系统健康程度分级,明湖湿地公园处于亚健康等级。

表3 明湖国家湿地公园生态系统健康分级标准及权重

Tab.3 The grade standard and weight coefficient of health of ecosystem in Minghu National Wetland Park

评价等级	很健康	健康	亚健康	不健康	疾病	权重
指标得分	0.8~1.0	0.6~0.8	0.4~0.6	0.2~0.4	0~0.2	
人口压力/人·km <sup>-2</sup>	0~100	100~150	150~200	200~250	>250	0.072
人口自然增长千分率	<5.5	5.5~6.0	6.0~6.5	6.5~7.0	>7.0	0.072
农药施用强度/kg·hm <sup>-2</sup>	<2.5	2.5~3.0	3.0~4.0	4.0~4.5	>4.5	0.043
化肥施用强度/kg·hm <sup>-2</sup>	<250	250~300	300~400	400~500	>500	0.043
污水处理率/%	>80	70~80	60~70	50~60	<50	0.072
湿地自然灾害	基本没有	轻度	中度	较严重	很严重	0.072
水质类别(国标)	I	II	III	IV	V	0.052
物种多样性/%	>50	40~50	30~40	10~30	<10	0.052
洪水调控功能	强	较强	一般	不明显	无	0.031
景观美学价值与观光旅游功能	高/多	较高/较多	一般/不定	不高/较少	极小/无	0.031
年收获增长率/%	>5	3~5	<3	保持稳定	下降	0.052
植被覆盖率/%	>70	60~70	50~60	30~50	<30	0.052
湿地动物数量	明显增加	有所增加	基本不变	减少	明显减少	0.042
水土流失面积/%	0~10	10~20	20~30	30~40	>40	0.042
水量稳定性	很好	好	较好	一般	差	0.021
人口健康状况(死亡千分率)	<2	2~4	4~6	6~10	>10	0.050
物质生活指数/元	>4000	4000~3000	3000~2000	2000~1000	<1000	0.050
湿地保护意识	强	较强	一般	较差	差	0.067
环保投资指数/%	>2.5	2.0~2.5	1.5~2.0	1.0~1.5	<1.0	0.083

从各项指标得分上看,污水处理率、水质状况、物种多样性、植被覆盖率、水土流失得分较低,这主要是因为湿地公园上游已有的养鸡场等企业没有搬迁,企业污水较多,处理率低,导致水质状况较差。由于是人工湿地公园,人工种植的植物单一,物种多样性差,植被覆盖率低,水土流失严重,所以得分低。栖息地状况、水量稳定性、观光旅游功能等得分较高;湿地公园建成后,周围生态环境明显改善,各种鸟类数量大大增加,景观美学价值提高,观赏旅游日较多,所以栖息地、观光旅游功能得分较高;六盘水降水丰富,湿地公园地处水城河上游,与明湖城市景观水库相连,水量得以充分保证,湿地公园还有多处泉水补给,水量稳定性很好。综合评价结果为亚健康等级,这与明湖湿地公园的实际情况基本吻合。

#### 参考文献

常学礼,吕世海,叶生星,等. 2010. 辉河湿地国家自然保护区生态系统健康评价[J]. 环境科学学报,30(9):1905-1911.

崔保山,杨志峰. 2002. 湿地生态系统健康评价指标体系 I. 理论[J]. 生态学报,2(7):1005-1011.

代稳,谌洪星,全双梅. 2012. 水资源安全评价指标体系研究[J]. 节水灌溉,38(3):40-43.

付会,刘晓丹,孙英兰. 2009. 大沽河口湿地生态系统健康评价[J]. 海洋环境科学,28(3):329-332.

韩美,李艳红,李海亭. 2006. 山东寿光沿海湿地生态系统健康诊断[J]. 中国人口·资源与环境,16(4):74-79.

黄桂林,何平,侯盟. 2006. 中国河口湿地研究现状及展望[J]. 应用生态学报,17(9):1751-1756.

蒋卫国,潘英姿,侯鹏,等. 2009. 洞庭湖区湿地生态系统健康综合评价[J]. 地理研究,28(6):1665-1672.

林和山,陈本清,许德伟. 2012. 基于 PSR 模型的滨海湿地生态系统健康评价——以辽河三角洲滨海湿地为例[J]. 台湾海峡,31(3):420-429.

麦少芝,徐颂军,潘颖君. 2005. PSR 模型在湿地生态系统健康评价中的应用[J]. 热带地理,25(12):317-321.

秦趣,冯维波,梁振民,等. 2008. 我国四大直辖市生态基础设施品质对比研究[J]. 华中师范大学学报:自然科学版,38(3):471-476.

秦趣,谌洪星,刘兴荣. 2010. 基于人地关系的六盘水市地质灾害影响分析[J]. 六盘水师范高等专科学校学报,22(4):68-71.

秦趣,张美竹,冯维波. 2012. 山地城市生态基础设施评价研究——以重庆都市区为例[J]. 西北林学院学报,27(1):58-62.

王斌,郭胜华,张震,等. 2012. 华北地区滨海湿地生态系统健康评价体系构建研究[J]. 中国环境监测,28(4):29-32.

王治良,王国祥. 2007. 洪泽湖湿地生态系统健康评价指标体系探讨[J]. 中国生态农业学报,15(6):152-155.

肖风劲,欧阳华. 2002. 生态系统健康及其评价指标与方法[J]. 自然资源学报,17(2):203-209.

赵旭阳,高占国,韩晨霞,等. 2008. 基于生态复杂性的湿地生态系统健康评价——以石家庄地区滹沱河岗黄段为例[J]. 地理科学进展,27(4):61-67.

朱智洺,冯步云,刘磊,等. 2010. 沿海湿地生态系统健康预警指标体系的设计[J]. 生态与农村环境学报,26(5): 436-441.

Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 387:253-260.

(责任编辑 万月华)

## Health Assessment on Artificial Wetland of City Ecosystem in Wumeng Mountain Area —Case of Minghu National Wetland Park in Liupanshui City

QIN Qu<sup>1,2</sup>, DAI Weng<sup>1</sup>, LIU Xing-rong<sup>1</sup>

(1. School of Environmental and Resources Sciences, Liupanshui Normal University, Liupanshui 553004, P. R. China;

2. Research Institute of Development in the Wumeng Mountain Area, Liupanshui Normal University, Liupanshui 553004, P. R. China)

**Abstract:** The wetland is an ecosystem for its especial structure and function in the world. Its health assessment is a key point in the academic field, but there is no uniform assessment indicator or method at present. According to the actual situation of Minghu National Wetland Park, a health assessment indicator system of wetland ecosystem is set up. This system contained 19 indicators, which was chosen from three aspects of pressure, status and response. Based on these indicators, the health levels of wetland ecosystem were divided into 5 levels, which were very health, health, sub-health, unhealth and disease. The weight of each assessment indicator was quantified by the entropy evaluation method, and the health indexes of wetland ecosystem were calculated by the comprehensive index method. The result showed that the health level of ecosystem in Minghu National Wetland Park was sub-health. To provide the scientific reference for the construction and design of Minghu wetland ecosystem, the indicators which could infect its health level were analyzed too.

**Key words:** ecosystem; assessment indicator; Minghu National Wetland Park