

基于集对分析的城市人工湿地公园生态安全研究

秦趣^{1,2}, 崔小平¹, 代稳¹

(1. 六盘水师范学院环境与资源科学系, 贵州 六盘水 553004; 2. 乌蒙山区发展研究院, 贵州 六盘水 553004)

摘要:为了解明湖国家湿地公园生态安全的现状,从压力-状态-响应3个方面选取17个指标,建立湿地生态安全评价指标体系并确定评价等级标准,运用熵权法求出各评价指标的权重,采用集对分析法构建湿地生态安全评价模型,对六盘水市明湖国家湿地公园的生态安全进行了实例研究。结果表明,明湖国家湿地公园压力和响应要素联系度分别为0.9315和0.6529,处于较不安全等级;状态要素联系度为0.5624,属于较安全等级;湿地公园综合生态安全联系度为0.6726,属于较不安全等级。

关键词:湿地公园;生态安全;集对分析;明湖

中图分类号:X171.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2014)03-0042-06

目前,生态安全已成为地学、生态学以及资源与环境科学研究的重点领域(马克明等,2004; Janssen et al, 2006; Nhuan et al, 2009)。湿地是指分布于陆地生态系统和水域生态系统之间的独特生态系统,作为城市重要组成部分的城市人工湿地,其生态安全状况将直接影响到周边陆地生态系统、水域生态系统乃至城市生态系统的安全,因此对湿地生态安全的研究越来越受到学界的重视(蒋卫国等, 2005)。美国环保署(USEPA)执行环境监测评价计划,对湖泊、河流等湿地的状态进行评价(Environment Agency, 1990);英国和南非等国利用“河流健康计划”对河流湿地状况进行评价(Seholfeld et al, 1996; Hughes et al, 2000);刘艳艳等(2011)对湿地生态安全研究进行了综述;有学者采用PSR模型评价了大包山湿地和泸沽湖景区的生态安全(范弢等, 2008; 高兴国等, 2013);还有学者运用模糊综合评价法分别对乐清湾和若尔盖湿地的生态安全进行了评价(宋国利等, 2011; 邹第新等, 2012);由于研究背景和研究目的不太一致,所以对湿地生态安全评价指标的取舍和研究方法不尽相同。在这些方法中,模糊评价法、专家打分综合分析法等在具体操作

过程中均存在着筛选标准不明确、评价指标不兼容等问题;而集对分析方法能够考虑同、异、反的综合联系度,反映评价样本与评价等级间的联系(李文君等, 2011)。本研究拟采用集对分析法对贵州省六盘水市明湖国家湿地公园的生态安全进行评价,了解湿地公园的生态状况,旨在为其生态管理提供理论依据。

1 研究区概况

六盘水位于贵州省西部、云贵高原一、二级台地斜坡上(25°19'44" ~ 26°55'33"N; 104°18'20" ~ 105°42'50"E),总面积9 926 km², 占全省总面积的5.63%;东邻安顺地区,南连黔西南布依族苗族自治州,西接云南省曲靖市,北毗毕节地区;钟山区的大湾镇、二塘乡、三合乡作为飞地镶嵌在毕节地区西南部,属北亚热带季风湿润气候区,受低纬度高海拔的影响,冬暖夏凉,气候宜人(秦趣等, 2010);年均气温13 ~ 14℃,年降水量1 200 ~ 1 500 mL,无霜期200 ~ 300 d。由于地形起伏较大,局部地区气候差异明显。全市总水量约1.42 × 10¹¹ m³,其中地表水年均流量6.40 × 10¹¹ m³,地下水年均流量为5.3 × 10¹⁰ m³(秦趣等, 2011)。

明湖湿地公园位于六盘水市中心城区西部,公园控制范围为80 hm²,建设面积31.6 hm²,其中人工湖占21.3 hm²,于2012年4月29日建成并正式开园。在建设过程中,公园共栽种乔木26种、地被植物13种、水生植物22种。2013年10月8日,六盘水明湖湿地公园通过国家林业局试点验收,成为贵州省第一个获得正式授牌的国家湿地公园。

收稿日期:2013-12-16

基金项目:贵州省哲学社会科学规划课题(13GZYB27);贵州省科学技术基金项目(黔科合J字[2012]2308号);贵州省教育厅高校人文社会科学研究项目(13GH003);六盘水师范学院科研计划项目(lpsy201109)。

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研究。E-mail: qinqu2008@126.com

2 评价方法

2.1 评价指标体系建立

建立科学合理的指标体系对湿地生态安全的评价具有重要作用。本文在参考前人研究成果的基础上(Allen,1995;Tong,2000;杨时民等,2006;杨艳丽等,2012;秦趣等,2013),结合六盘水市明湖湿地公园的实际情况,采用压力-状态-响应(Pressure-State-Response)模型建立评价指标体系。压力由

人均水资源量、湿地面积比例、湿地人口负荷、人口自然增长率、区域开发指数共计5个指标组成;状态由植被覆盖率、水土流失率、物种多样性、湿地面积适宜性、湿地受胁迫状况、休闲娱乐功能共计6个指标组成;响应由当地居民素质、湿地环境保护投资、污水处理率、湿地管理水平、湿地保护意识、政策法规实施力度共计6个指标组成,由此生成17个指标,基本能够反映明湖湿地公园的生态安全状况。具体情况见表1。

表1 明湖国家湿地公园生态安全评价指标及含义

Tab.1 Evaluation indexes of ecological security in Minghu National Wetland Park and the definition of each index				
要素	编号	评价指标	权重	含义
压 力	X ₁	人均水资源量/ m ³	0.0330	反映水资源保障情况,用水资源量/总人口数表示
	X ₂	湿地面积比例/%	0.0778	反映明湖湿地公园涵养水源的主导生态服务功能和生态环境质量状况
	X ₃	湿地人口负荷/人·km ⁻²	0.0271	反映人口对生态环境的压力,用湿地保护区人口总数与湿地面积比值来表示
	X ₄	人口自然增长率/%	0.0459	反映人口对湿地生态环境的压力,用自然新增人口/总人口表示
	X ₅	区域开发指数/%	0.0112	反映人类活动对湿地生态安全威胁程度,用区域内工农业和各种建设用地面积占土地总面积的百分比表示
状 态	X ₆	植被覆盖率/%	0.0671	反映地表的蓄水能力,用森林面积/土地总面积来表示
	X ₇	水土流失率/%	0.0301	反映区域内水土保持情况,用水土流失面积/土地总面积来表示
	X ₈	物种多样性	0.0811	反映物种变化情况,用 Shannon-Wiener 多样性指数表示
	X ₉	湿地面积适宜性/%	0.0830	反映湿地的适宜性,用核心区占湿地面积的比重来表示
	X ₁₀	湿地受胁迫状况/%	0.0779	反映湿地受胁迫的情况,用实验区占湿地面积的比重来表示
	X ₁₁	休闲娱乐功能/%	0.0613	反映湿地的旅游功能,用当地年平均旅游收入占 GDP 比重来表示
响 应	X ₁₂	当地居民素质/%	0.0715	反映居民的文化水平,用高中及以上学历人口数/总人口数表示
	X ₁₃	湿地环境保护投资/%	0.0668	反映政府对湿地环保的重视程度,用对湿地的环境保护投资占财政的比重来表示
	X ₁₄	污水处理率/%	0.0465	反映水资源污染的处理能力,用湿地周边工业、生活污水处理率来表示
	X ₁₅	湿地管理水平/%	0.0767	用群众对湿地管理的满意度来表示
	X ₁₆	湿地保护意识/%	0.0774	反映人们对湿地的保护意识,用具有湿地保护意识人口数/总人口数表示
	X ₁₇	政策法规实施力度/%	0.0636	用接受相关政策法规人员占总人口的比例来表示

2.2 分级标准

根据上述指标对明湖湿地公园安全的影响情况,参考现有的湿地生态安全标准及文献(陈奕等,2010),把明湖湿地公园的生态安全分为5个等级,即安全、较安全、较不安全、不安全和极不安全。各个评价指标标准以国家制定和颁布的相关环境标准、行业标准为依据,以全国最高值和最低值分别作为“安全”和“极不安全”的标准值,以前者为基础,向下浮动20%作为“较安全”和“不安全”的标准值,以后者为基础,向下浮动20%作为“不安全”和“较不安全”的标准值,再根据2次确定的“不安全”的标准值调整得到其最终标准值。具体分级标准见表2。

2.3 指标权重确定

拟采用熵权法求各评价指标的权重,具体步骤如下:

(1)把各逆向指标正向化后,将实际指标按比重法转换成评价指标,计算公式为:

表2 明湖国家湿地公园生态安全分级标准

Tab.2 Grade standard of ecological security evaluation in Minghu National Wetland Park

评价指标	安全	较安全	较不安全	不安全	极不安全
X ₁ /m ³	>3000	2500~3000	1500~2500	500~1500	<500
X ₂ /%	>30	20~30	10~20	5~10	<5
X ₃ /人·km ⁻²	<3	3~6	6~8	8~11	>11
X ₄ /%	<0.2	0.2~0.6	0.6~1.0	1.0~1.4	>1.4
X ₅ /%	<5	5~10	10~20	20~25	>25
X ₆ /%	>60	40~60	25~40	10~25	<10
X ₇ /%	<10	10~20	20~30	30~40	>40
X ₈	>3.0	2.5~3.0	2.0~2.5	1.5~2.0	<1.5
X ₉ /%	>30	25~30	20~25	10~20	<10
X ₁₀ /‰	<35	35~45	45~55	55~65	>65
X ₁₁ /‰	>30.0	19.8~30.0	13.0~19.8	5.0~13.0	<5.0
X ₁₂ /‰	>50	40~50	25~40	15~25	<15
X ₁₃ /‰	>0.8	0.4~0.8	0.1~0.4	0.05~0.1	<0.05
X ₁₄ /‰	>80	70~80	60~70	50~60	<50
X ₁₅ /‰	>80	60~80	50~60	30~50	<30
X ₁₆ /‰	>1	1~0.5	0.2~0.5	0.1~0.2	<0.1
X ₁₇ /‰	>70	50~70	40~50	20~40	<20

$$X_{il} = \frac{X_{il}}{\sum_{i=1}^n X_{il}} \tag{1}$$

(2)求第*i*项指标的熵值:

$$e_i = -k \sum_{i=1}^n X_{il} \ln X_{il} \tag{2}$$

式中:*k* > 0, ln 为自然对数, *k*=1/ln *n*,

$0 \leq e_i \leq 1。$

(3)求第*i*项指标的权重:

$$w_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} \tag{3}$$

式中:*d_i* = 1 - *e_i*,代表指标 *x_i* 的差异系数。把 2007-2012 年的相关数据代入公式(1)~(3)即可求出各评价指标的权重值(表1)。

2.4 评价模型构建

运用集对分析模型对城市人工湿地公园生态安全进行评价(赵克勤等,1994;王文圣等,2010;张凤太等,2012),步骤为:

(1)构建评价指标集合 *x₁, x₂, …, x_l* (*l* 为指标数),则第*i*年的评价指标构成一个集合 *A* = (*x_{i,1}*, *x_{i,2}*, …, *x_{i,l}*),有 *i* = 1, 2, …, *n*; *n* 为年份。

(2)建立集对 *H(A_i, B_k)* (*k* = 1, 2, …, 5; *i* = 1, 2, …, *n*)。得到 *K* 元联系度,其中 *k* = 5, 有:

$$\eta(A_i, B_5) = a_l + b_{l,1}i_1 + b_{l,2}i_2 + b_{l,3}i_3 + c_iJ \tag{4}$$

式中:*i₁*, *i₂*, *i₃*, *J* 只有标记的作用,取值均为 1, *a*, *b*, *c* 分别代表同一度、差异度和对立度,且 *a* + *b* + *c* = 1。本研究以正向指标和逆向指标计算,当指标越优越时,样本值 *x_i* 与该指标 1 级评价标准的联系度 *η_l* 为:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 + 0i_1 + 0i_2 + 0i_3 + 0j, \\ \frac{s_1 + s_2 - 2x_l}{s_2 - s_1} + \frac{2x_l - 2s_1}{s_2 - s_1} i_1 + 0i_2 + 0i_3 + 0j, \\ 0 + \frac{s_2 + s_3 - 2x_l}{s_3 - s_1} i_2 + \frac{2x_l - s_2 - s_3}{s_4 - s_2} i_3 + 0j, \\ 0 + 0i + \frac{s_3 + s_4 - 2x_l}{s_4 - s_2} i_2 + \frac{2x_l - s_2 - s_3}{s_4 - s_2} i_3 + 0j, \\ 0 + 0i_1 + 0i_2 + \frac{2s_4 - 2x_l}{s_4 - s_3} i_3 + \frac{2x_l - s_3 - s_4}{s_4 - s_3} j, \\ 0 + 0i_1 + 0i_2 + 0i_3 + 1j, \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} x_l \leq s_1 \\ s_1 < x_l \leq \frac{s_1 + s_2}{2} \\ \frac{s_1 + s_2}{2} < x_l \leq \frac{s_2 + s_3}{2} \\ \frac{s_2 + s_3}{2} < x_l \leq \frac{s_3 + s_4}{2} \\ \frac{s_3 + s_4}{2} < x_l \leq s_4 \\ x_l \leq s_4 \end{array} \right\} \tag{5}$$

当指标越大越优时,样本值 *x_i* 与该指标 1 级评价标准的联系度 *η_l* 为:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 + 0i_1 + 0i_2 + 0i_3 + 0j, \\ \frac{2x_l - s_1 - s_2}{s_1 - s_2} + \frac{2s_1 - 2x_l}{s_1 - s_2} i_1 + 0i_2 + 0i_3 + 0j, \\ 0 + \frac{2x_l - s_2 - s_3}{s_2 - s_3} i_1 + \frac{s_2 + s_3 - 2x_l}{s_2 - s_4} i_3 + 0j, \\ 0 + \frac{2x_l - s_2 - s_3}{s_1 - s_3} i_1 + \frac{s_1 + s_2 - 2x_l}{s_2 - s_4} i_3 + 0j, \\ 0 + 0i_1 + 0i_2 + \frac{2x_l - 2s_4}{s_3 - s_4} i_3 + \frac{s_3 + s_4 - 2x_l}{s_3 - s_4} j, \\ 0 + 0i_1 + 0i_2 + 0i_3 + 1j, \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} x_l < s_1 \\ \frac{s_1 + s_2}{2} \leq x_l < s_1 \\ \frac{s_3 + s_4}{2} < x_l \leq \frac{s_2 + s_3}{2} \\ \frac{s_3 + s_4}{2} \leq x_l < \frac{s_2 + s_3}{2} \\ s_4 \leq x_l < \frac{s_3 + s_4}{2} \\ x_l < s_4 \end{array} \right\} \tag{6}$$

式中:*s₁*、*s₂*、*s₃*、*s₄* 分别是安全、较安全、较不安全、不安全和极不安全 5 个等级之间的 4 个边界值。

(3)应用置信度准则来确定样本的等级,公式如下:

$$\sigma = \sum_{l=1}^m w_l a_l + \sum_{l=1}^m w_l b_{l,1} i_1 + \sum_{l=1}^m w_l b_{l,2} i_2 + \sum_{l=1}^m w_l b_{l,3} i_3 + \sum_{l=1}^m c_l J > \lambda \tag{7}$$

式中:*λ* 为置信度, *w* 为指标权重, *i₁*, *i₂*, *i₃* 和 *J* 取值 1,通常 0.5 ≤ *λ* < 1; 联系明湖湿地公园的特

点,本文取 *λ* = 0.55。

3 结果与分析

相关数据主要来源于六盘水市统计年鉴、水资源公报、环境质量公报以及明湖国家湿地公园管理委员会的相关资料,部分数据由六盘水师范学院环境与资源科学系学生问卷调查统计得到,如湿地管理水平、湿地保护意识等。把有关数据代入公式(5)~(6),得到明湖湿地公园各指标生态安全联系度,再根据公式(7),计算基于置信度准则的明湖湿地综合生态安全联系度。各指标及综合计算结果如表3。

表3 明湖国家湿地公园生态安全联系度
Tab.3 Connection degrees of ecological security in Minghu National Wetland Park

联系度	<i>a</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	<i>b</i> ₃	<i>c</i>
η1	0	0.0019	0.0311	0	0
η2	0.0113	0.0665	0	0	0
η3	0	0.0104	0.0167	0	0
η4	0	0	0.0320	0.0139	0
η5	0.0112	0	0	0	0
η6	0.0024	0.0647	0	0	0
η7	0	0	0	0.0090	0.0212
η8	0	0	0	0.0746	0.0065
η9	0.0064	0.0766	0	0	0
η10	0.0779	0	0	0	0
η11	0	0	0	0.0565	0.0048
η12	0	0.0061	0.0654	0	0
η13	0.0688	0	0	0	0
η14	0	0.0256	0.0209	0	0
η15	0.0093	0.0674	0	0	0
η16	0	0	0	0.0464	0.0309
η17	0	0	0	0.0571	0.0065
η18	0.1873	0.3192	0.1661	0.2575	0.0699

明湖湿地公园生态安全联系度为:
 $\sigma = 0.1873 + 0.3192 + 0.1661 = 0.6726 > \lambda$
可见明湖湿地公园生态安全处于第三级即较不安全等级。用以上的方法和步骤求出明湖湿地公园各要素的生态安全联系度,结果见表4。

表4 明湖国家湿地公园各要素级综合评价结果
Tab.4 Results of comprehensive evaluation of various factors in Minghu National Wetland Park

要素	<i>a</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	<i>b</i> ₃	<i>c</i>
压力	0.1464	0.3645	0.4206	0.0685	0
状态	0.2136	0.3488	0	0.3503	0.0873
响应	0.1925	0.2456	0.2148	0.2553	0.0918
综合生态安全	0.1873	0.3192	0.1661	0.2575	0.0699

对明湖湿地公园各要素生态安全进行分析,结果如下:

(1)由表4可知,明湖湿地公园压力要素生态

安全联系度为: $\sigma = 0.1464 + 0.3645 + 0.4206 = 0.9315 > \lambda$,可得明湖湿地公园压力要素生态安全为第三级即较不安全等级;分析其原因,主要是因为明湖湿地公园人口自然增长率高、人口过多、湿地人口负荷重、人均水资源量少,导致湿地公园压力过大,生态处于较不安全等级。

(2)状态要素生态安全联系度为: $\sigma = 0.2136 + 0.3488 = 0.5624 > \lambda$,可见明湖湿地公园状态要素生态安全为第二级即较安全等级;这主要是因为明湖湿地公园在修建过程,栽种了大量的树林和花草,植被覆盖率明显提高;湿地公园建成之后,生态环境变好,多种鸟类到湿地公园生活,物种多样性增加,湿地面积适宜性增强,使得状态要素处于较安全等级。

(3)响应要素生态安全联系度为: $\sigma = 0.1925 + 0.2456 + 0.2148 = 0.6529 > \lambda$,说明响应状态要素生态安全为第三级即较不安全等级;主要是因为湿地公园当地居民素质不高,对湿地公园的保护意识较差,政策法规的实施力度不强,致使响应要素处于较不安全等级。

4 结语

明湖湿地公园压力和响应处于较不安全等级,状态属于较安全等级,湿地公园综合生态安全联系度为0.6726,总体属于较不安全等级,这与明湖湿地公园的实际情况基本相符,生态安全有待提高。

城市湿地生态安全的集对分析模型把确定性与不确定性看着一个系统,通过联系度来分析事物的确定性内容与不确定性内容。本研究所建立的基于集对分析的城市湿地生态安全评价模型灵活性较强,既可对湿地生态安全进行评价,也可适当调整后对湿地生态安全的发展趋势进行预测;且该模型克服了经典数学的“非此即彼”的选择限制,给管理部门对生态安全的决策提供了参考依据。由于城市湿地生态安全具有复杂性,当前还未形成统一的指标体系,如何建立科学、合理、有效的评价指标体系还需要在以后的实践中加以完善;且各个湿地都有自身独特的自然社会特征,只有找到影响该湿地生态安全的关键因子,才能进行科学有效的管理。

参考文献

陈奕,许有鹏,宋松. 2010. 基于“压力-状态-响应”模型和分开理论的湿地生态健康评价[J]. 环境污染与防治,32(6):27-31.
范弢,胡文英,李捷. 2008. 泸沽湖景区生态安全评价[J].

- 云南地理环境研究,20(2):78-81.
- 高兴国,王磊,齐代华,等. 2013. 基于PSR模型的湿地生态安全评价——以大山包湿地为例[J]. 湖南师范大学学报:自然科学版,36(1):86-90.
- 蒋卫国,李京,李加洪. 2005. 辽河三角洲湿地生态系统健康评价[J]. 生态学报,25(3):408-414.
- 李文君,邱林,陈晓楠,等. 2011. 基于集对分析与可变模糊集的河流生态健康评价模型[J]. 水利学报,42(7):775-782.
- 刘艳艳,吴大放,王朝晖. 2011. 湿地生态安全评价研究进展[J]. 地理与地理信息科学,27(1):69-75.
- 马克明,傅伯杰,黎晓亚. 2004. 区域生态安全格局:概念与理论基础[J]. 生态学报,24(4):761-768.
- 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,谌洪星,张美竹. 2011. 喀斯特山区矿业城市地质灾害成因及治理方案——以六盘水市为例[J]. 国土与自然研究,38(6):41-42.
- 秦趣,代稳,刘兴荣. 2013a. 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[J]. 水生态学杂志,34(5):43-46.
- 秦趣,张美竹,代稳. 2013b. 基于AHP法的湿地生态基础设施评价研究——以六盘水市双桥水库为例[J]. 节水灌溉,38(10):27-30.
- 宋国利,藏淑英,王雪燕,等. 2011. 基于模糊综合评价法的乐清湾湿地生态安全评价[J]. 自然灾害学报,20(5):24-31.
- 王文圣,李跃清,金菊良,等. 2010. 水文水资源集对分析[M]. 北京:科学出版社.
- 杨时民,李玉文,吕玉哲. 2006. 扎龙湿地生态安全评价指标体系研究[J]. 林业科学,42(5):127-132.
- 杨艳丽,伟任,任静,等. 2012. 人工湿地生态安全评价指标体系的构建[J]. 安全与环境工程,19(4):66-69.
- 张凤太,王腊春,苏维词,等. 2012. 基于熵权集对耦合模型的表层岩溶带“二元”水资源安全评价[J]. 水力发电学报,31(6):70-76.
- 赵克勤. 1994. 基于集对分析的方案评价决策矩阵与应用[J]. 系统工程,12(4):67-72.
- 邹第新,陈金林,李海东. 2012. 基于模糊综合评价的若尔盖湿地生态安全评价[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,36(3):53-58.
- Allen H. 1995. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development[M]. Washington: World Resource Institute.
- Environment Agency. 1997. River habitat survey: 1997 field survey guidance manual incorporating sercon[R]. U K: Center for Ecology and Hydrology, National Environment Research Council, U K.
- Hughes R M, Paulsen S G, Stoddard J L. 2000. EMAP-surface water: A multi-assemblage probability survey of ecological integrity in the USA[J]. Hydrobiologia, 20(422-423): 429-443.
- Janssens M A, Schoon M L, Ke W, et al. 2006. Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environment change[J]. Global Environment Change, 16(3): 240-252.
- Nhuan M T, Ngoc N T M, Huong N Q, et al. 2009. Assessment of Vietnam coastal wetland vulnerability for sustainable Use[J]. Journal of Wetlands Ecology, 23(2):1-16.
- Seholfeld N J, Davies P E. 1996. Measuring the health of our rivers[J]. Water, (5-6):39-43.
- Tong C. 2000. Review on environmental indicator research[J]. Research on Environmental Science, 13(4):53-57.

(责任编辑 万月华)

Study on the Ecological Security of Urban Artificial Wetland
Park Based on Set Pair Analysis

QIN Qu^{1,2}, CUI Xiao-ping¹, DAI Wen¹

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

2. Research Institute of Development in the Wumengshan Region, Liupanshui 553004, P. R. China)

Abstract: In order to understand the current situation of ecological security in Minghu National Wetland Park, a wetland ecological security evaluation system was built in terms of pressure-state-response framework. 17 evaluation indexes as well as the corresponding evaluation grade standards were proposed. The construction of the evaluation model was based on set pair analysis and the entropy method, which was used to calculate the weight coefficient of each evaluation index. A case study by using the evaluation model was conducted to research the ecological security condition of Minghu National Wetland Park in Liupanshui. The evaluation results showed that the connection degree of pressure elements, state elements and response elements were 0.9315, 0.6529 and 0.5624, respectively, indicating that the pressure level and response level were in a relative unsafe condition, and the state level was in a safe condition. And the connection degree of comprehensive evaluation of ecological security was 0.6726, indicating that the ecological security of Minghu National Wetland Park was in a relative unsafe condition and the ecological security needs to be further improved. This study provides insights into the present situation of Minghu National Wetland Park ecological safety, which can be a scientific reference for the management and construction of Minghu National Wetland Park.

Key words: wetland park; ecological safety; set pair analysis; Minghu