

鄱阳湖国家湿地公园环境承载力定量研究

冯 倩,刘聚涛,韩 柳,胡 芳,温春云

(江西省水利科学研究院;江西省鄱阳湖水资源与环境重点实验室,江西 南昌 330029)

摘 要:本文以鄱阳湖国家湿地公园为研究对象,选取 17 个可量化的指标构成环境承载力评估指标体系,采用区域环境承载力相对剩余率模型评估其湿地环境承载力状况.通过环境要素的相对剩余率结果分析发现,自然环境准则层下的大气环境、水环境和生态环境的实际承载量均未超过承载力限度;人文环境准则层下的经济发展水平和人口压力指数领域层中各有一项指标的相对剩余率大于零,其余 7 项指标的相对剩余率均小于 0,结果表明鄱阳湖国家湿地公园的自然环境状况较好,人文环境状况较差.但是,鄱阳湖湿地公园的综合环境承载力为 $0.199 > 0$,显示现阶段该区域综合环境承载力尚未出现超载现象,综合来看区域内的资源环境同人类社会经济的发展较为协调.

关键词:鄱阳湖国家湿地公园;湿地环境承载力;区域环境承载力相对剩余率模型

中图分类号:X21 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-4701(2016)03-0186-05

0 引 言

环境承载力是指在某一时期,某种环境状态下,某一区域环境对人类社会经济活动的支持能力的阈值^[1].环境承载力是联系人类活动与自然环境的纽带和中介,它反映人类活动与环境功能结构间的协调程度.通过研究某一区域环境承载力可以描述该地区人口、资源与环境协调程度,并可以此为依据提出该地区社会、经济与环境协调、持续与稳定发展的总体战略^[2,3].因此,进行环境承载力研究对实现区域社会、经济与环境可持续发展具有重要的指导意义.

目前,国内外关于环境承载力多集中在“定量评价方法及应用”研究上.环境承载力定量研究实际就是对环境承载力值进行计算和分析,并提出相应的保持或提高环境承载力的方法与措施.徐孝勇和王艳冲在构建重庆市区域环境承载力评价指标体系基础上,运用状态空间法评价了重庆市 2006~2011 年的区域环境承载力,并提出了一些政策建议^[4].高伟等提出了开放系统视角下的流域氮磷环境承载力的概念与测度方法,并以滇池流域为例,构建了氮磷环境承载力优化模型,研究了流域内外氮磷交互作用下的氮磷环境承载力^[5].

系统动力学在处理复杂、非线性和反馈问题上具有一定的优势,近年来在环境承载力领域得到广泛应用^[6,7].靳晓艳采用环境承载力剩余率法对江苏省铜山县 2000~2005 年的环境承载力进行评价,通过评价铜山县的环境承载力,提出了提高铜山县环境承载力的途径和对策^[8].目前,在土地资源、矿产资源、城市水环境和大气环境等方面开展了大量单要素环境承载力研究,而环境系统全要素或者说多要素承载力的综合量化研究相对较少,尤其是关于湿地区域环境承载力的定量研究更少^[2,9,10].

鄱阳湖国家湿地公园是目前国内规划面积最大的湿地公园,依托中国第一大淡水湖——鄱阳湖于 2008 年规划、申报、并同时被批准为国家级湿地公园^[11].江西省政府正逐步将鄱阳县打造成“中国湖城”,利用鄱阳湖的品牌大力发展鄱阳湖国家湿地公园的旅游.随着旅游开发强度的不断增大,旅游业正逐步成为当地的支柱产业,鄱阳湖湿地公园的湿地环境承载状况更应引起高度重视.因此,本文以鄱阳湖国家湿地公园为研究对象,采用区域环境承载力相对剩余率模型评估其湿地环境承载力状况,分析各环境要素环境承载量与理想值的差距,提出相应的对策措施,对保障湿地旅游的健康持续发展,实现鄱阳湖区生态、经济和社会价值同步提

收稿日期:2015-11-30

项目来源:国家自然科学基金青年基金项目(51409133);江西省科技计划项目(20122BBG70076);江西省水利厅科技项目(KT201201,KT201406).

作者简介:冯 倩(1981-),女,博士,高级工程师.

升具有重要意义。同时,也为保护、管理和合理利用湿地资源提供更为重要的科学依据。

1 研究区概况

鄱阳湖国家湿地公园地处江西省鄱阳县境内,位于江西省北部,上饶市西部,鄱阳湖东岸,饶河、漳田河的交汇处。地理坐标为东经 $116^{\circ}23'39'' \sim 116^{\circ}44'38''$,北纬 $28^{\circ}56'52'' \sim 29^{\circ}13'31''$;鄱阳县行政管辖范围内的鄱阳湖水面和洲滩、珠湖水面、青山湖、土湖、东湖和乐安河、昌江,以及青山湖与珠湖间一块长约 1.8 km,宽约 1.0 km 的地块,总面积为 $36\,285.0\text{ hm}^2$,其中湿地总面积为 $35\,116.1\text{ hm}^2$,占土地总面积的 96.8%;规划建设期限为 8 年,前期为 2008~2010 年,后期为 2011~2015 年^[11],自 2009 年开始运营。

2 环境承载力评价指标体系构建与评价方法

2.1 评价指标体系的建立

按照指标体系的构建原则,即科学性、实用性、简单性、系统性、层次性和因地制宜等原则^[12],综合采用频度统计法、理论分析法和专家咨询法,充分考虑湿地生态系统的脆弱性,以及旅游开发利用与保护的矛盾,结合湿地公园的区域特点,参照王丽华和王峰的湿地资源与环境承载力评价指标体系的构建理念^[13],从湿地区域自然、社会和经济方面进行综合考虑选取了四层共 17 个可量化的具体指标构成了鄱阳湖国家湿地公园环境承载力指标体系。将“鄱阳湖国家湿地公园环境承载力”这一总目标层,分解为自然环境承载力和人文环境承载力两个二级层次,即 2 个准则层;在二级层次下又将自然环境承载力分解为大气环境承载状况、水环境承载状况和生态环境承载状况,将人文环境承载力分解为经济发展水平和人口压力指数等指标构成的三级层次,即 5 个领域层;最后在三级层次下,共选取了 17 个可量化的具体指标构成环境承载力评估指标体系的第四个层次,即指标层(见表 1)^[13,14]。

2.2 评价方法与数据来源

2.2.1 评价方法

本文采用区域环境承载力相对剩余率模型对湿地环境承载力进行评价。

区域环境承载力相对剩余率是指在一定区域范围

内,在某一时期区域环境承载力评价指标体系中,各指标因子所代表的在该状态下的取值与各因子的理想阈值的差值与其阈值间的比值^[13,15]。即:

$$\text{对于发展类指标: } P_i = x_i/x_{i0} - 1 \quad (1)$$

$$\text{对于限制类指标: } P_i = 1 - x_i/x_{i0} \quad (2)$$

式中, P_i 为指标 i 的环境承载力相对剩余率; x_i 为指标的实际取值; x_{i0} 为指标的理想值(阈值)。

相对剩余率大于 0 时,说明该要素的环境承载量还没有超过其可容纳的环境承载力范围;相对剩余率小于 0 则说明该要素的实际环境承载量已经超过了其允许的环境承载力的限度。

区域综合的环境承载力的计算:假设区域环境承载力指标体系中共有 n 个指标,则区域环境承载力相对剩余率为:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \times W_i \quad (3)$$

式中, P 为区域环境承载力相对剩余率; W_i 为各指标因子的权重。

当区域综合环境承载力相对剩余率小于 0 时,说明区域环境承载力已超载。

权重的确定采用的是层次分析法,咨询相关专家,构造了各层次的判断矩阵,首先计算判断矩阵的最大特征值和对应的特征向量并进行归一化,当一致性检验值 $C.R. < 0.1$ 时,认为层次总排序结果具有较满意的一致性并接受该分析结果,从而确定指标的权重^[16]。利用 AHP 软件 Yaahp 6.0 分析计算。

2.2.2 评价指标现状值与数据来源

根据实地监测及文献查阅得出各评价指标的现状结果(见表 1),自然环境准则层下面的各指标现状值是近两年的数据,人文环境准则层下面的指标现状值是 2011 年的统计数据。

2.2.3 理想状态的确定

确定不同时期环境承载力的理想状态值,即指标体系中各具体指标的阈值在环境承载力相对剩余率的计算中十分重要。选取不同的指标阈值将直接影响到环境承载力相对剩余率的计算,并最终影响到湿地环境承载力的客观判断^[13]。本文在确定环境承载力理想状态时主要采用了标准法和参照系法,大气和水环境的各指标以区域环境质量标准作为指标阈值,湿地面积以 2001 年的面积为指标阈值,人文环境下的各指标阈值以 2011 年江西省平均水平为主,各指标的理想状态值及来源说明详见表 2。

表 1 评价指标现状值与数据来源

目标层	准则层	领域层	指标层	指标现状值	数据来源
鄱阳湖 湿地公园 环境 承载力	自然环境	大气环境	SO ₂ /(mg/m ³)	0.020	参考文献 ^[17]
			NO ₂ /(mg/m ³)	0.020	
			PM ₁₀ /(mg/m ³)	0.040	
		水环境	TN/(mg/L)	0.620	2014/2015 年园区水体监测
			TP/(mg/L)	0.007	
			COD _{Mn} /(mg/L)	0.935	
			叶绿素/(μg/L)	2.131	
		生态环境	湿地面积变化率/%	0	参考文献 ^[18]
	人文环境	经济发展水平	人均 GDP/元	7 614	2012 年鄱阳统计年鉴
			农民年人均纯收入/元	3 804	2012 年鄱阳统计年鉴
			第三产业比重/%	31.80	2012 年鄱阳统计年鉴
			旅游收入占 GDP 比重/%	20.75	2012 年鄱阳统计年鉴
			万元 GDP 用水量/m ³	270	2012 年江西省水资源公报
			人口密度/(人/km ²)	376	2012 年鄱阳统计年鉴
人口 压力 指数			人均耕地面积/hm ²	0.06	2012 年鄱阳统计年鉴
			人均水资源占有量/m ³	2 552	2012 年江西省水资源公报
			旅游者与当地居民比率/%	1.98	2012 年鄱阳统计年鉴

表 2 各指标的理想状态值

单项指标	指标阈值	来源说明
SO ₂ /(mg/m ³)	0.02	环境空气质量标准 (GB3095-2012)一级
NO ₂ /(mg/m ³)	0.04	
PM ₁₀ /(mg/m ³)	0.04	
TN/(mg/L)	1.00	地表水环境质量标准 (GB3838-2002)三级
TP/(mg/L)	0.05	
COD _{Mn} /(mg/L)	20.00	
叶绿素/(μg/L)	10.00	参考文献 ^[19]
湿地面积变化率/%	100	参考文献 ^[18]
人均 GDP/元	26 150	江西省平均水平
农民年人均纯收入/元	6 892	江西省平均水平
第三产业比重/%	33.50	江西省平均水平
旅游收入占 GDP 比重/%	9.45	江西省平均水平
万元 GDP 用水量/m ³	235	江西省平均水平
人口密度/(人/km ²)	268	江西省平均水平
人均耕地面积/hm ²	0.08	世界粮农组织提供的土地 可持续发展压力的临界值
人均水资源占有量/m ³	2 312	江西省平均水平
旅游者与当地居民比率/%	3.56	江西省平均水平

3 鄱阳湖湿地公园湿地环境承载力

3.1 评价指标权重

通过专家咨询,对于构建的指标体系中准则层、领

域层和指标层各因子,通过比较两两因子其重要性程度,做出相应重要性程度的判断矩阵,之后应用软件得出各层次指标因子的权重向量(见表 3)。

3.2 承载力评价结果

本文选用区域环境承载力相对剩余率模型定量评估鄱阳湖湿地公园湿地环境承载力及承载状况。将指标现状值与阈值代入公式(1)和(2)中,即可计算出环境承载力各指标的相对剩余率,结果如表 4 所示。

从表 4 可以看出自然环境准则层下 8 个指标的相对剩余率均大于等于 0;而在人文环境准则层下的指标层中,只有旅游收入占 GDP 比重和人均水资源占有量这两项指标相对剩余率大于 0,其余 7 个指标的相对剩余率均小于 0。

将鄱阳湖湿地公园环境承载力各指标相对剩余率数值及权重代入公式(3)中,即可得到鄱阳湖湿地公园环境承载力相对剩余率的值为 0.199。

3.3 分析与讨论

区域环境承载力相对剩余率反映了区域实际的环境承载量与其理论上的环境承载力之间的量值关系。应用该方法进行环境承载力评价,可以从评价结果清晰地看出某地区环境发展现状与理想值或目标值的差距,有助于人们弄清区域社会经济活动与区域环境整体的协调程度,具有一定的现实意义^[13]。

当某一环境要素的相对剩余率大于 0 时,说明该要素的承载量尚未超过其可容纳的承载力的范围;反之,

则说明该要素的实际承载量已超过其允许的承载力限度,有可能引发相关的环境问题^[8,15]。从表 4 结果可以看出,自然环境准则层下的大气环境、水环境和生态环境的实际承载量都未超过承载力限度;而人文环境准则

层下的经济发展水平和人口压力指数领域层中各有一项指标的相对剩余率大于 0,其余 7 项指标的相对剩余率均小于 0。从以上结果分析可以看出,湿地公园的自然环境状况较好,人文环境状况较差。

表 3 鄱阳湖湿地公园环境承载力指标权重

目标层	准则层	权重	领域层	权重	指标层	权重	最终权重
阳湖湿地公园环境承载力	自然环境	0.67	大气环境	0.16	SO ₂	0.30	0.032
					NO ₂	0.16	0.017
					PM ₁₀	0.54	0.058
			水环境	0.54	TN	0.16	0.058
					TP	0.28	0.101
					COD _{Mn}	0.10	0.036
					叶绿素	0.47	0.170
			生态环境	0.30	湿地面积变化率	1.00	0.201
	人文环境	0.33	经济发展水平	0.67	人均 GDP	0.10	0.022
					农民年人均纯收入	0.42	0.093
					第三产业比重	0.16	0.036
					旅游收入占 GDP 比重	0.06	0.014
					万元 GDP 用水量	0.26	0.059
			人口压力指数	0.33	人口密度	0.47	0.052
					人均耕地面积	0.16	0.018
					人均水资源占有量	0.28	0.031
					旅游者与当地居民比率	0.10	0.011

表 4 鄱阳湖湿地公园环境承载力指标相对剩余率

准则层	领域层	指标层	相对剩余率
自然环境	大气环境	SO ₂	0.000
		NO ₂	0.000
		PM ₁₀	0.000
	水环境	TN	0.380
		TP	0.860
		COD _{Mn}	0.953
		叶绿素	0.787
	生态环境	湿地面积变化率	0.000
人文环境	经济发展水平	人均 GDP	-0.709
		农民年人均纯收入	-0.448
		第三产业比重	-0.051
		旅游收入占 GDP 比重	1.196
		万元 GDP 用水量	-0.149
	人口压力指数	人口密度	-0.403
		人均耕地面积	-0.250
		人均水资源占有量	0.104
		旅游者与当地居民比率	-0.444

区域综合环境承载力相对剩余率则从区域人地系统的整体性出发,衡量了区域多要素的综合环境承载量

与综合环境承载力之间的大小关系,当区域综合环境承载力相对剩余率小于 0 时,说明区域环境承载力已超载,需采取措施提高区域的环境承载力,否则将导致区域发展趋势的不可持续^[13]。鄱阳湖湿地公园的综合环境承载力为 0.199 > 0,处于可载状态,环境承载量尚未超过其可以容纳的承载力范围。通常认为计算出的承载力相对剩余率数值越大,说明该区域内社会经济系统的发展与环境系统或环境子系统的要求越和谐,越有利于实现区域的可持续发展^[13,15]。鄱阳湖湿地公园湿地环境承载力相对剩余率数值大于 0,综合看来基本处于可载状态。

4 提高鄱阳湖湿地公园环境承载力的对策

根据鄱阳湖湿地公园湿地环境承载力的现状评估结果,该区域环境承载力相对剩余率大于 0,显示现阶段该区域环境承载力尚未出现超载现象,区域内的资源环境同人类社会经济的发展较为协调。虽然目前阶段从整体来看该区域资源环境与社会经济的发展是协调的,但是人文环境要素中仍有大部分指标处于超过环境

允许限度状态,而且随着周边经济的高速发展,环境污染也将逐渐加重,未来该区域的环境压力亦将越来越大。因此,为了保持与提高鄱阳湖湿地公园的环境承载力,同时考虑影响湿地公园环境承载力的主要因素,提出以下几点建议。

4.1 经济发展方面的建议

鄱阳湖湿地公园所处的鄱阳县人均 GDP、农民年人均纯收入、第三产业比重和万元 GDP 用水量分别较江西省平均水平低 70.9%、44.8%、5.1% 和 14.9%。与全省平均水平相比,鄱阳县经济发展较为落后。鄱阳县经济发展的重点是调整产业结构,发展第三产业,优化产业结构,建立现代产业体系。产业发展必须立足于鄱阳县的资源优势,形成以旅游产业为主导、高附加值工业和观光农业产业共同发展的产业结构体系,以现代服务业为支撑,推动传统产业转型升级,使第三产业比重稳步上升。在优化产业结构、保护环境的基础上,培育科技创新的能力,提高生产技术和人文素质,逐渐实现人均国内生产总值增加。同时要加大对农业的投入,切实减轻农民的负担,发展农业生产,增加农民收入。

4.2 人口压力方面的建议

鄱阳县人口密度和人均耕地分别高于江西省平均水平的 40.3% 和 25.0%。现阶段鄱阳县人口压力较大,应保证适度人口规模,提高人口素质。

4.3 自然环境方面的建议

鄱阳湖纳江西“五河”之水,是鄱阳湖流域各种污染物最大的“汇”,鄱阳湖国家湿地公园也要承接鄱阳县的工农业生产和生活污水,应继续严格控制未经处理的污水排放进入鄱阳湖。湿地生态环境十分脆弱,在加快发展旅游业的前提下,应以保护环境为目的,适度开发旅游资源,保护鄱阳湖湿地生态环境。

参考文献:

- [1] 唐剑武,郭怀成,叶文虎. 环境承载力及其在环境规划中的初步应用[J]. 中国环境科学,1997,17(1):6~9.

- [2] 唐剑武,叶文虎. 环境承载力的本质及其定量化初步研究[J]. 中国环境科学,1998,18(3):227~230.
- [3] 曾维华,王华东,薛纪渝,等. 环境承载力理论及其在湄洲湾污染控制规划中的应用[J]. 中国环境科学,1998,18(Suppl.):70~73.
- [4] 徐孝勇,王艳冲. 基于状态空间法的重庆市区域环境承载力研究[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2015,32(6):127~133.
- [5] 高伟,伊璇,刘永,等. 可持续性约束下开放流域系统氮磷环境承载力研究[J]. 环境科学学报,2016,36(2):690~699.
- [6] 徐琳瑜,康鹏. 工业园区规划环境影响评价中的环境承载力方法研究[J]. 环境科学学报,2013,33(3):918~930.
- [7] 王西琴,高伟,曾勇. 基于 SD 模型的水生态承载力模拟优化与例证[J]. 系统工程理论与实践,2014,34(5):1352~1360.
- [8] 靳晓艳,裴宗平. 小城镇环境承载力评价——以江苏省铜山县为例[J]. 环境科学与管理,2009,34(3):177~182.
- [9] 王俭,孙铁珩,李培军,等. 环境承载力研究进展[J]. 应用生态学报,2005,16(4):768~772.
- [10] 林贤福. 闽江河口区湿地环境承载力分析[J]. 龙岩学院学报,2009,27(5):92~96.
- [11] 国家林业局中南林业调查规划设计院、江西省林业调查规划研究院. 江西鄱阳湖国家湿地公园总体规划(2008~2015)[R],2008.5.
- [12] 鞠美庭,王艳霞,孟伟庆,等. 湿地生态系统的保护与评估[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [13] 王丽华,王峰. 辽河口湿地资源与环境承载力分析及其可持续利用[J]. 水资源与水工程学报,2012,23(3):58~61.
- [14] 文传浩,杨桂华,王焕校. 自然保护区生态旅游环境承载力综合评价指标体系初步研究[J]. 农业环境保护,2002,21(4):365~368.
- [15] 刘仁志,汪诚文. 环境承载力评价技术研究[J]. 应用基础与工程科学学报,2009,17(增刊):92~101.
- [16] 朱卫红,郭艳丽,孙鹏,等. 图们江下游湿地生态系统健康评价[J]. 生态学报,2012,32(21):6609~6618.
- [17] 珠海亚洲旅游(作者公众号). 中国最佳五 A 旅游景区空气质量排名[EB/OL]. [2015-03-12]. <http://www.08kan.com/gwk/MjM5NzIxMTk4Nw/204343751/30d84e14ede61ca581105fdb2548d1fd.html>.
- [18] 中华人民共和国科学技术部国家遥感中心. 全球生态环境遥感监测 2014 年度报告(大型国际重要湿地)[R].
- [19] 戴树桂. 环境化学[M]. 北京:高等教育出版社,1997.

编辑:张绍付

(下转第 194 页)