

基于水环境承载力的产业选择研究

——以南洞庭湖区为例

段玲玲

(湖南师范大学, 长沙 410000)

摘要:水环境承载力已经成为流域、区域产业选择的重要因素,对于实现社会、经济的协调可持续发展具有重要的作用。南洞庭湖区的经济、社会、生态环境协调发展也一直是政府关注的重点。以南洞庭湖区为例,基于水环境承载力概念构建水环境承载力指标体系,运用层次分析法确定各指标权重,进而分析研究区域水环境承载力状况。针对研究区水环境承载状况存在着空间差异性的特点,提出了差别化的产业选择战略。

关键词:水环境承载力;产业选择;南洞庭湖区;层次分析法

中图分类号:X52 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2018)10-0038-05

作为衡量社会、经济、环境和生态之间协调可持续发展的指标,水环境承载力已经成为许多学者研究的重要热点。水环境承载力最早被提出是在1990年代《本溪市新经济开发区水环境规划》,其认为水环境承载力是某一地区、某一时间、某种状态下水环境对人类活动的支持能力^[1]。前水利部长汪恕成^[2]将水资源承载力与水环境承载力作为一个问题的两个方面辩证的看待,认为水资源承载力指的是在一定流域或区域内,其自身的水资源能够持续支撑经济社会发展规模,并维系良好的生态系统的能力。水环境承载力讲的是用水及取水这一面。即指的是在一定的流域,其水体能够被继续使用并仍保持良好生态系统时,所能够容纳污水及污染物的最大能力。崔宁^[3]认为水环境承载力是在某一流域(包括自然环境条件和社会经济发展模式),其水环境系统功能在持续正常发挥的前提下,所能容纳污染物的最大限量及对人类活动可持续发展的最大支撑能力。对于水环境承载力的方法研究也日趋多样化。如张文国等^[4]从水环境承载力概念的模糊性入手,运用模糊优选理论分析了华北某地地下水环境承载力的变化趋势。李如忠等^[5]针对水环境系统—社会经济系统的随机不确定性,建立了区域水环境承载力评价模糊随机优选模型。王俭、孙铁珩等^[6]基于人工神经网络模型,对辽宁省的水环境承载能力进行了评价。赵

卫、刘景双等^[7]运用系统动力学方法,建立了辽河流域水环境承载力仿真模型,揭示了辽河流域水环境承载力的动态变化及其影响因素。黄璨、邓宏兵等^[8]以武汉市东湖风景区为例,通过构建水环境承载力多目标模型,对东湖风景区的水环境承载力进行了评价。李磊、贾磊、赵晓雪等^[9],从广义定义的水环境承载力出发,采用熵值定权法——和向量模法对武汉市水环境承载力进行了评价。叶龙浩、周丰等^[10]基于水环境承载力核算模型,提出了沁河流域系统优化调控的方法。刘臣辉、申雨桐等^[11]提出以地区生产总值表征的水环境承载力计算模型,对扬州市的经济规模进行了量化研究。肖舒刘^[12]以珠江水域作为研究对象,根据研究区水环境与社会发展的关系情况,采用了变异系数法、向量模法、指标体系法对珠江流域的水环境承载力进行了评价分析。刘磊、卢宏伟等^[13]运用AHP法和向量模法计算分析了滹沱流域山西段的水环境承载力状况。郑微微、易中懿等^[14]采用养分平衡和水足迹模型,分析评价了我国各区域农业生产水环境承载力以及污染分险。对于水环境承载力的概念、研究指标选取、量化计算,学术上还没有统一的认识,大都根据具体研究对象从不同的角度分析。在研究内容上,水环境承载力与空气、土壤等自然要素之间的相互关系研究甚少,与产业选择之间的关系研究更是有待发展。因此,本文关注水陆空间联

收稿日期:2018-08-03

作者简介:段玲玲(1994—),女,湖南邵阳人,湖南师范大学,硕士研究生,研究方向:城市与区域规划。

系,将水环境承载力与产业选择联系起来,具有探索性的理论意义。

就南洞庭湖区而言,湖区的经济、社会、生态、环境的协调可持续发展一直是政府关注的重点。探讨该区域的水环境承载力与产业选择之间的关系,对于调整产业布局,优化配置水资源,实现区域社会经济协调可持续发展具有重要意义。

因此,本文基于水环境承载力概念的基础上运用层次分析法,指标体系综合评价法,建立水环境承载力指标体系,计算南洞庭区水环境承载力,评价水环境承载力状况,进而分析南洞庭湖区的区域产业选择与布局,以期促进水环境承载力与经济社会的协调发展,实现经济发展与环境保护的双赢。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究区域概况

洞庭湖是我国第二大过水性淡水湖泊,地跨湖南、湖北两省,位于荆江南岸。它吸纳长江荆江段松滋、藕池、太平三口的分流,同时接纳湘、资、沅、澧四水,最后在城陵矶汇入长江。具有“水浸皆湖,水落为洲”的特点。作为长江中下游最大的调蓄湖泊,对长江中下游地区调洪蓄水、维持水沙平衡等具有重要的作用。^[15]

南洞庭湖位于洞庭湖的西南,在湖南省沅江市境内,从行政区划来说,南洞庭湖区指湖南省益阳市,包括:大通湖区、南县、沅江市、桃江县、安化县、资阳区、赫山区^[16]。它的地理位置坐标为 112°18′45″~112°51′15″E, 28°38′15″~29°01′45″N,湿地面积 1 680 km²,该地为亚热带湿润气候区,地势平坦,雨水充沛,动植物种类丰富。1997 年成立了南洞庭湖湿地和水禽保护区,2002 年被批准加入了《国际重要湿地名录》。南洞庭湖湖洲地面的海拔为 29~33.5 m,常年水位为 29~32 m。湖泊最深处洪水季节为 4.2~10.03 m,枯水期为 1.18~1.8 m。年平均降雨为 1 300~1 400 mm,年降雨天数为 140~150 天,年平均气温约为 17 摄氏度,月平均气温为 29~29.5 摄氏度。^[17]根据南洞庭湖各监测站监测,南洞庭湖水质总体为轻度污染,污染物主要为化学需氧量、总氮、总磷等。水质类别为Ⅲ类,营养状态为中—富营养。

1.2 指标体系建立

1.2.1 指标体系建立

水环境承载力不仅包括由水资源承载力,即满足生态需水量和环境需水量条件下的承载能力,而且包括水质承载力,即水体的纳污能力^[18]。本文根据水环境承载力的概念和水环境指标体系建立的原则,选

取人口、灌溉面积、GDP、化学需氧量、总氮、总磷六个指标评估研究区域水环境承载力。其中,水资源承载力的主要指标定为:社会指标(人口)、经济指标(灌溉面积、GDP)。水质承载力主要指标定为社会指标(人口),经济指标(灌溉面积、GDP)、污染物指标(化学需氧量(COD_{Mn})、总氮(TN)、总磷(TP))。然后运用层次分析法建立包含目标层、准则层、领域层的南洞庭湖水环境承载力评价指标体系(表 1)。

表 1 洞庭湖水环境承载力评价指标体系

目标层	准则层(权重)	指标层(权重)
水环境承载力	水资源承载力 (0.333 3)	人口(0.635 3)
		灌溉面积(0.117 6)
		GDP(0.247 1)
	水质承载力(0.666 7)	人口(0.635 3)
		灌溉面积(0.117 6)
		GDP(0.247 1)
		化学需氧量(0.200 0)
		总氮(0.400 0)
		总磷(0.400 0)

1.2.2 指标权重确定

本文运用层次分析法(AHP)确定指标权重,层次分析法是将所要分析的问题层次化,根据问题的性质和所要达到的总目标,将问题分解成不同的构成要素,然后按照因素之间的相互关系及隶属关系,将因素分不同的层次聚合形成一个多层次的 analysis 结构系统,最终归结为最底层指标相对于最高层总目标相对重要程度的权重问题。AHP 设计了 1~9 标度准则(表 2),取相应元素的值,可得到判断矩阵。

表 2 1~9 标度准则

标度	1	2	3	4	5	6	7	8	9
重要性	同样	同样	稍微	稍微	明显	明显	强烈	强	极端
/稍微	/明显	/强	/极						

以水环境承载力为总目标(A),则相对于总目标而言,准则层两大指标水资源承载力(B1)和水质承载力(B2)之间的相对重要性判断,可以依据 AHP 标度表构造判断矩阵(表 3),同理,可得出水资源、水质承载力系统的判断矩阵(表 4、表 5)。

表 3 水环境承载力判断矩阵表

	水资源承载力	水质承载力
水资源承载力	1	1/2
水质承载力	2	1

表 4 水资源承载力判断矩阵表

	人口	灌溉面积	GDP
人口	1	6	2
灌溉面积	1/6	1	1/2
GDP	1/2	2	1

表 5 水质承载力判断矩阵表

	COD _{Mn}	TN	TP
COD _{Mn}	1	1/2	1/2
TN	2	1	1
TP	2	1	1

采用归一化方法,计算得到各判断矩阵的特征向量矩阵,从而计算得出各个指标的权重,见表 1。在构造判断矩阵之后,一般通过对判断矩阵进行一致性检验来衡量判断矩阵是否具有满意的一致性。如果一次性检验指标 CR 小于 0.1,则认为重要性判断赋值是合理准确,反之,需要重新进行修订。运用一次性检验计算公式得到各矩阵的 CR 的数值分别为 0.000 0、0.022 0、0.001 9,都小于 0.1,则可判断一次性检验通过,判断矩阵是合理可接受的。

1.3 计算方法与数据来源

1.3.1 计算方法

根据水环境承载力指标体系,分别建立单项指标、水资源承载力、水质承载力、水环境承载力数学模型。如下:

$$CS_i = \frac{CC_i}{CC_{\max,i}}, CS_j = \frac{CC_j}{CC_{\max,j}} \tag{1}$$

$$CCPL = \sum_{i=1}^n CS_i \cdot W_i \tag{2}$$

$$CCPZ = \sum_{j=1}^n CS_j \cdot W_j \tag{3}$$

$$CCP = CCPL \cdot W_1 + CCPZ \cdot W_2 \tag{4}$$

式中,*i* 分别表示人口、灌溉面积、GDP。*j* 表示人口、灌溉面积、GDP、化学需氧量、总氮、总磷指标;表示第 *i*、*j* 个指标的承载度,表示第 *i*、*j* 个指标的实际监测值或调查值,即压力指数,CC_{max,*i*},CC_{max,*j*} 为第 *i*、*j* 个指标的承载指数,即满足某一生态环境要求的标准限值。CCPL、CCPZ 分别表示准则层指标水资源承载力与水质承载力。W_{*i*}、W_{*j*} 分别为第 *i*、*j* 个指标的权重,W₁、W₂ 分别表示水资源承载力与水质承载力权重。水环境承载力是描述水环境承载状况的指数,当承载力大于 1 时,承载状况超出了水环境能力,当承载力等于 1 时,承载状况刚好满足水环境承载能力,当承载力小于 1 时,承载状况在承载能力之内。水环境承载力的绝对值偏离 1 越大,表明水环

境承载状况满足(或超出水环境)承载能力越多。

1.3.2 数据来源

考虑到指标数据的可获得性,本文选取市(区),县(市级县)作为评价单元。本文的数据来源于《湖南省统计年鉴》,《益阳市环境保护厅》,《益阳市水务网》,《益阳市水资源公报》。南洞庭湖区主要社会、经济指标见表 6。人口、灌溉面积、GDP 的承载指数采用《全国生态示范区建设试点考核验收指标》Ⅰ类用水量指标,分别为 427 m³·人、水田 4 500 m³·hm⁻²、200 m³·万元⁻¹。化学需氧量、总氮、总磷承载指数采用《地表水环境质量标准(GB 3838—2002)》的Ⅲ类水质标准,分别为 6、1.0、0.05 mg·L⁻¹。

表 6 南洞庭湖区主要社会经济指标

评价单元	人口/万人	有效灌溉面积/千公顷	GDP/亿元
大通湖区	10.92	13.26	38.43
南县	74.20	67.06	170.50
沅江市	68.91	40.40	232.56
资阳区	42.10	22.44	127.40
赫山区	85.38	42.36	278.10
桃江县	79.23	38.82	203.24
安化县	91.20	25.55	175.02

2 结果分析

2.1 水环境承载力分析

本文借鉴赵璐、王明丽、张珊珊、陈海涛等学者文章的水环境承载力分级思路^[19-21],将研究区水环境承载力分为 5 级,详细分级结果见表 7。承载力在 2~2.6 为严重超载,在 1.6~2 为中度超载,在 1.0~1.6 为轻度超载,在 0.4~1.0 为合理承载,在 0~0.4 为弹性良好承载。

表 7 水环境承载力分级标准

水环境承载力	0~0.4	0.4~1.0	1.0~1.6	1.6~2.0	2.0~2.6
等级	弹性	合理	轻度	中度	严重
	良好承载	承载	超载	超载	超载

根据公式(1)~(4)结合水环境指标体系权重表,得出水环境承载力计算结果见表 8。水环境承载力评价结果显示:第一,除安化县外,南洞庭湖区域水环境承载力都大于 1,水环境承载力超载。其中,大通湖区水环境承载力严重超载,达到了 2.264 4。这与实际情况相符合,人口、经济的快速发展,生活生产污水废水排放增加,农业面源污染物的增多,导致了南

洞庭湖区目前的污染状况。第二,南洞庭湖区水环境承载力存在空间分布的明显不均衡性,整体上呈现北高南低的趋势。大通湖区的承载力数值最高,为2.264 4,严重超载;南县、沅江市、赫山区分别为1.818 2、1.624 6、1.852 9,中度超载;资阳区、桃江县分别为1.251 3、1.015 4,轻度超载;安化县数值最低,为0.890 5,合理承载。北部环湖地区包括大通湖区、南县、沅江市、资阳区、赫山区都处于超载状态,南部资江流域安化县在承载范围之内,桃江县轻度超载。这与益阳市各个县市的经济社会发展水平差距较大相符合,整体上北部环湖平原地区经济社会发展水平高于南部丘陵地区。

表 8 南洞庭湖区水环境承载力

评价单元	水环境承载力
大通湖区	2.264 4
南县	1.818 2
沅江市	1.624 6
资阳区	1.251 3
赫山区	1.852 9
桃江县	1.015 4
安化县	0.890 5

2.2 产业选择

在我国经济发展新常态及“去产能,去库存”,“中国制造 2025”和湖南省加快建设“3+5”城市群战略的大背景下,根据一个地区水环境承载力的空间不均衡性,地区产业选择根据不同的水环境承载力状态,实施差异化的产业战略。高新技术、战略性新兴产业以及污染物排放强度低的产业适合布局在水环境承载状况为严重超载,中度超载的地区。而仍然具备传统优势的产业,要注重产业结构改造提升升级,注重绿色化、循环化,这些产业适合布局在承载状况在承载范围之内地区。

1)南洞庭湖区水环境承载状况在“严重超载”、“轻度超载”的区域包括大通湖区、南县、沅江市、赫山区。这些地区是湿地资源的集中分布区,水量丰富、水体交换能力强,对环境的保护要求高。该类地区保护优先,实现优化发展,要促进产业转型升级,淘汰落后产业,发展战略性新兴产业。培育新能源、新材料、生物医药、节能环保等战略性新兴产业,改造提升棉麻纺织业、有色金属业、建材业等传统产业。改造提升传统产业。加大对传统产业的改造升级力度,淘汰落后产能,提升发展品质。改造提升棉麻纺织业,加强传统纺织工艺和品牌建设,打造纺纱、织布、织造完

整产业链。改造提升有色金属业,引导有色金属冶炼等传统产业向深加工、精加工及产业中高端延伸,促进产业从低端集群向中高端集群转化。改造提升建材业,重点支持水泥生产工艺的改造,扶持新型墙材、防水建材的发展。积极稳妥推进住宅产业化。避免在水环境承载力严重超载的地区开发建设,严格限制规模化禽畜养殖场的分布,鼓励开发生态旅游、特色农产品加工、服务业、水产品特色养殖业。

限制大通湖区纺织、石化等传统产业的发展规模。改造提升传统产业,改造南县的食品制造业、电力、机械、建材等行业。食品制造业重点发展加工农产品为主的工业;抓好沅江市船舶产业的发展,加快沅江船舶产业园发展,支持引进船舶制造及舾装配套企业,促进船舶产业集群发展。适度发展湖区的生态稻虾种养、特种水产养殖。鼓励南县利用湖田洼地,创新推广稻虾生态种养高产高效模式。赫山区鼓励新能源、新材料产业、生物制药、中医药产业园区建设。

2)水环境承载状况在“轻度超载”的区域包括资阳区、桃江县。该类地区水源有一定的保障,水质尚能满足农业灌溉的要求,虽然目前处于轻度超载状态,相对于严重、中度超载地区而言,有一定的开放空间,但仍坚持节约、集约发展,防止水环境恶化。要限制水污染项目的发展布局,加强治理农业面污染源与城乡生活污染,适宜发展现代生态种植业,利用湿地生态资源,适宜发展湖泊生态旅游。提升传统产业,做强优势产业,培训新兴产业,着力构建以现代农业为基础、高新技术产业为先导、新材料新能源、先进装备制造和食品产业为支撑、服务业全面发展的现代产业体系,走能源消耗低、环境污染少、经济效益好的新型工业化道路。对于不同的类型的工业,重点布局在不同的优势区位。在中心城区,重点发展装备制造、电子信息、食品加工、生物医药、新能源新材料产业,在丘陵地区,重点发展金属冶炼、竹木深加工、食品加工、生态型特色产业,在平湖区,重点发展装备制造、食品加工、纺织、造纸产业。

改造资阳区的槟榔食品业、桃江的建材业等水污染企业,提高工业用水重复利用率,提高工艺技术水平,加大节水力度,提升行业整体节水水平。鼓励资阳区发展新能源产业、煤矸石发电、煤电及延伸产业。

3)水环境承载状况为“合理承载”的区域为安化县。该类区域水环境状况较好,水环境压力较小,允许污染排放较大的产业布局,但是该类地区生态环境具有脆弱性、敏感性,生态恢复与重建困难,一旦生态环境破坏,很难修复。因此,仍不能忽视保护环境,注意污水处理与治理,农业面污染源与城乡生活污染防治,

推进绿色循环发展。安化县适宜发展大宗作物等传统优势产业,加快安化黑茶产业的发展。加快矿产业逆势求进,转型整合。鼓励医药产业发展,鼓励发展节能环保、信息产业、新材料等产业。充分利用安化县丰富分旅游资源,加快“茶旅文”一体化发展,坚持以茶促旅、以旅兴茶、以文传茶”的发展方针。但是,考虑到安化县脆弱的生态环境,在发展旅游业的同时,必须注意生态环境的保护,大力发展生态旅游产业。

3 结论与讨论

本文基于水环境承载力的概念构建了水环境承载力指标体系,并运用层次分析法确定了各指标权重,进而评价了南洞庭湖地区水环境承载状况。针对研究区水环境承载状况存在着空间差异性的特点,提出了差别化的区域产业选择,对于实现区域经济、社会、生态协调发展具有重要的意义,有利于实现经济可持续发展与生态环境保护的双赢。

水环境承载力已经成为影响流域、区域产业布局的重要因子之一。本文通过定量与定性结合,关注水陆空间联系,将水环境承载力与产业选择联系起来,是一项探索性的研究。由于受指标数据可获得性的限制,本文在指标的选取与量化方面仍需进一步地完善提高,水环境承载力与产业类别选择二者之间的关系研究,还有待进一步地探索。

参考文献

- [1] 郭怀成,尚金城,张天柱,等. 环境规划学[M]. 北京:高等教育出版社,2001:159—169.
- [2] 汪恕成. 水环境承载能力分析与调控[J]. 水利发展研究, 2002,2(1):1—6.
- [3] 崔宁,梁冬梅,苏伟,等. 水环境承载力评述[J]. 山西水利, 2010,21(12):113—114.
- [4] 张文国,杨志峰. 基于指标体系的地下水环境承载力评价[J]. 环境科学学报,2002,22(4):541—544.
- [5] 李如忠,钱家忠,孙世群. 模糊随机优选模型在区域水环境承

- 载力评价中的应用[J]. 中国农村水利水电,2005(1):31—34.
- [6] 王俭,孙铁珩,李培军. 基于人工神经网络的区域水环境承载力评价模型及其应用[J]. 生态学杂志,2007,26(1):139—144.
- [7] 赵卫,刘景双,孙凡娥. 辽河流域水环境承载力的仿真模型[J]. 中国科学院研究生院学报,2008,25(6):738—747.
- [8] 黄璨,邓宏兵,李小帆. 公共资源类旅游景区水环境承载力研究[J]. 环境科学学报,2013,33(9):2626—2631.
- [9] 李磊,贾磊,赵晓雪. 层次分析—熵值定权法在城市水环境承载力评价中的应用[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(4):456—460.
- [10] 叶龙浩,周丰,郭怀成. 基于水环境承载力的沁河流域系统优化调控[J]. 地理研究,2013,32(6):1007—1016.
- [11] 刘臣辉,申雨桐,周明耀. 水环境承载力约束下的城市经济规模量化研究[J]. 自然资源学报,2013,28(11):1904—1911.
- [12] 肖舒刈. 珠江片水环境承载力评价研究[J]. 环境保护科学, 2016,42(5):86—91.
- [13] 刘磊,卢宏伟,候保俊. 流域水环境承载力动态变化特征研究[J]. 水利规划与设计,2017,12(9):28—32.
- [14] 郑微微,易中懿,沈贵银. 中国农业生产水环境承载力及污染风险评价[J]. 水土保持通报,2017,2(37):261—267.
- [15] 梁婕,蔡青,郭生练. 基于 MODIS 的洞庭湖湿地面积对水文的响应[J]. 生态学报,2012,32(21):6628—6635.
- [16] 方世敏,陈洁. 南洞庭湖区旅游与农业融合效应评价及发展对策[J]. 湖南城市学院学报,2013,34(6):78—83.
- [17] 邓学建,王斌. 南洞庭湖湿地冬季鸟类群落结构及其多样性分析[J]. 四川动物,2000,4:236—238.
- [18] 李新,石建屏,曹洪. 基于指标体系和层次分析法的洱海流域水环境承载力动态研究[J]. 环境科学学报,2011,31(6):1338—1344.
- [19] 赵璐,王明丽,王帅. 青岛市水环境承载力评价及预测研究[J]. 黑龙江科技信息,2016,28:140—142.
- [20] 张珊珊,张落成,董雅文. 基于水环境承载力评价的产业选择研究——以扬州市北部沿湖地区为例[J]. 生态学报, 2017,37(17):1—8.
- [21] 陈海涛. 太湖流域近 20 年水环境承载力动态评价[J]. 浙江农业学报,2015,27(12):2186—2192.

Study on Industrial Selection Based on Water Environmental Carrying Capacity

——An example of Dongting lake area of south

DUAN Ling-ling

(Hunan Normal University, Changsha 410000, China)

Abstract: Water environmental carrying capacity has become an important factor in the selection of basin and regional industries, which plays an important role in achieving social and economic coordinated sustainable development. The coordinated development of the economic, social and ecological environment in the South Dongting Lake area has been the focus of the government. As an example, this paper constructs the index system of water environment bearing capacity based on the concept of water environment bearing capacity, uses analytic hierarchy process to determine the weight of each index, and then analyzes the bearing capacity of regional water environment. In view of the characteristics of spatial differences in the water environment carrying capacity in the research area, a differentiated industry selection strategy is proposed.

Key words: water environmental carrying capacity; industrial selection; Dongting Lake Area of the South; analytic hierarchy process