

DOI: 10.5846/stxb201606131139

张姗姗, 张落成, 董雅文, 杨永可. 基于水环境承载力评价的产业选择——以扬州市北部沿湖地区为例. 生态学报, 2017, 37(17): 5853-5860.

Zhang S S, Zhang L C, Dong Y W, Yang Y K. Selecting industries based on evaluation of the water environment's carrying capacity: a case study of the Northern Lakeside Region of Yangzhou City. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(17): 5853-5860.

基于水环境承载力评价的产业选择 ——以扬州市北部沿湖地区为例

张姗姗^{1,2}, 张落成^{1,*}, 董雅文¹, 杨永可³

1 中国科学院流域地理学重点实验室, 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 南京大学地理信息科学系, 南京 210023

摘要: 区域的产业发展与该区域的自然和社会经济因素密切相关, 对于水网稠密地区, 水环境承载力是影响产业结构和布局优化的重要自然因子之一。选择江苏省境内跨长江与淮河两大流域的典型水网密集区——扬州市北部沿湖(邵伯湖)地区为研究区, 选取水网构成指数、水利设施调控指数和水质达标差距指数 3 个指标, 评价研究区水环境承载能力, 并探讨水环境承载力与不同产业结构的联系, 为该地区产业结构布局和优化提供建议。结果表明研究区水环境承载力“高”、“较高”、“中等”、“较低”和“低”5 个等级分别占研究区总面积的 0.38%、21.74%、29.67%、13.65% 和 34.56%。根据研究区水环境承载力空间差异和水环境承载力与不同产业的联系, 以选择生态涵养型产业为基本导向, 以兼具开发适宜性和环境保护重要性为基本原则, 提出应根据研究区水环境承载力水平不均衡的特点实施差别化的产业结构与布局方案, 邵伯湖湖区及入湖河道下游等水环境承载力高和较高地区适宜发展特色水产与特色水禽的生态养殖业; 沿湖、沿河及南部槐泗等水环境承载力中等地区适宜发展现代生态种植业及湖泊生态旅游业; 河流中上游等水环境承载力低和较低地区适宜发展大宗农作物的种植。

关键词: 水环境承载力; 水网构成; 水利设施调控; 水质达标差距; 产业选择

Selecting industries based on evaluation of the water environment's carrying capacity: a case study of the Northern Lakeside Region of Yangzhou City

ZHANG Shanshan^{1,2}, ZHANG Luocheng^{1,*}, DONG Yawen¹, YANG Yongke³

1 Key Laboratory of Watershed Geographic Sciences, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Department of Geographical Information Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China

Abstract: Natural and social conditions play a considerable role in regional industrial development and distribution. The water environment's carrying capacity, a major natural factor, has a direct effect on the development of regional industry, particularly in regions with dense water networks. The northern lakeside region of Yangzhou City, which belongs to both the Yangtze and Huaihe basins, was taken as a typical case to discuss the relationship between the water environment's carrying capacity and industrial development. First, we divided the study area into a series of ecological units, 500 m × 500 m in size. Second, three indexes (including the drainage component index, water conservancy facilities index, and discrepancy of water quality index) were generated to evaluate the water environment's carrying capacity for each ecological unit through the “multi-factor comprehensive analysis” method. Then, the carrying capacity was classified into five levels, namely:

基金项目: 中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-10-04-2); 中国科学院南京地理与湖泊研究所 135 重点项目(NIGLAS2012135006); 国家自然科学基金重点项目(41130750)

收稿日期: 2016-06-13; 网络出版日期: 2017-04-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lchzhang@niglas.ac.cn

“highest”, “higher”, “general”, “lower”, and “lowest”, which accounted for 0.38%, 21.74%, 29.67%, 13.65%, and 34.56% of the total area, respectively. Considering the spatial difference of the water environment's carrying capacity and the overall deployment of the national economy, it is appropriate to develop modern ecological agriculture and lake tourism in the study area. These industries are regarded as environmentally friendly or ecological conservation-oriented industries, which belong to the category of green industry. On the one hand, modern ecological agriculture is an important choice for the transformation and development of traditional agriculture. On the other hand, developing a lake-tourism industry is the best way to take full advantage of the rich wetland resources, lake landscape, and modern water conservancy projects. In particular, areas of the Shaobo Lake and inflow rivers further downstream with “higher” and “highest” carrying capacity are suitable for the ecological breeding of special aquatic fauna. Further, the lakeshore and waterfront areas with “general” carrying capacity levels are appropriate for modern ecological farming. The areas between mid-stream and up-stream of rivers with poor “lower” and “lowest” carrying capacity are ideal to cultivate staple crops (rice, cotton, rape, wheat, soybeans, and corn). This area is the main source of agricultural and domestic pollutants. In addition, the suitability of the industrial system has significant feedback for the water environment's carrying capacity. More measures should be taken to strengthen protection for wetlands along the lakeside due to its high ecological sensitivity. Unlike traditional hydrologic methods (using field hydrological data and model), this study provides a new approach to quickly and conveniently assess water environment carrying capacity. The industrial orientation proposed here serves not only an academic and scientific purpose, but also provides important insights for the government to formulate plans for industrial development.

Key Words: water environment's carrying capacity; drainage component; water conservancy facilities; discrepancy of water quality; industrial selection

在我国经济发展新常态的背景下,实现调结构和稳增长与诸多自然和经济社会因素密切相关。在水网稠密地区,水环境承载能力是影响产业选择的重要自然因子之一,而产业结构适宜性对水环境承载力亦有重要的反馈作用^[1-3]。目前为止,水网密集地区水环境与产业选择研究尚处于探索阶段。近些年来,陈雯研究员及其团队在太湖流域开展了一些研究工作,其成果为水网密集区域的水环境和产业关系研究提供了一定思路^[4-7]。

扬州市北部沿湖地区地跨长江和淮河两大水系,湖泊、河网密布,探讨该区域的水环境承载力与生态涵养产业发展和布局的关系,对实现区域和流域生态保护与经济的双赢具有重要意义。然而,关于水环境承载力的概念,学术界并没有达成共识^[8-13],不同的水环境承载力量化方法的侧重点亦不相同^[14-18]。本文从环境科学的地生态视角出发,利用水网构成指数、水利设施调控指数和水质达标差距指数,构建表征水环境承载力的指标体系,描述扬州市北部沿湖区的水环境承载力,并提出生态涵养产业发展导向,为研究区的产业选择和布局研究提供一定依据。

1 研究区概况

扬州市北部沿湖地区属于长江流域和淮河流域交互影响区域。境内水域面积广阔,其中邵伯湖面积达 76 km²,约占研究区总面积的 31.6%,且邵伯湖属于过水性湖泊,既是淮河入江水道,又是南水北调东线的水源供给区。研究区内河网结构复杂,包括 3 条干河(公道引水河、方巷小运河和槐泗河),4 条一级支河和众多细小支流,尽管河流水环境质量整体较好,仍有部分河道水环境问题较为突出。研究区内引水泵站、排涝泵站、灌排泵站和小型涵闸等水利设施齐全,为区域水资源调度、引排顺畅等提供了重要支撑。图 1 为研究区位置,以及河网、湖泊和水利设施分布示意图。

2 水环境承载力评价指标构建

水环境承载力概念经历了一个不断发展和演化的过程,最初的定义仅仅关注水体的纳污能力^[13],甚至一

些文献直接将水环境承载力等同于水环境容量^[8];近年来,更多的学者认为水环境承载力的内涵不仅仅包括水体的纳污能力,还应包含水资源量、水环境生态系统对该区域社会经济发展的支撑能力^[10-13]。李成龙等将水环境承载力定义为一定区域、一定时期、一定技术水平条件下,以可持续发展为原则,以维持水环境系统结构特征和功能正常发挥为前提,水环境系统对该区域经济发展的支持能力^[10]。即水环境承载力不仅是水环境自身的特性,更与特定的科技水平、地域和时期相关。

在当今的科技条件下,水环境承载力高低不仅仅由水体自身的属性决定,除水环境系统的自我调节之外,人为干预(通过水利设施进行水资源调控,通过政策压力进行水环境监管和水质达标规划等)也是实现水环境承载力调控的重要手段。

本文选择水网构成指数、水利设施指数和水质达标差距指数 3 个指标评估研究区水环境承载力。水网构成指标对应描述水环境承载力内涵中的水体纳污能力(或污染物承载力),属水环境自身属性。本文首次将水利设施指数和水质达标差距指数用于评估水环境承载力,两个指标属于特定时期和科技条件下人为干预因素,或社会因素。其中,水利设施调控对应描述水环境承载力内涵中水资源量支撑能力,水质达标差距对应描述水环境承载力内涵中政策压力造成的承载力调控潜力。3 个指标与水环境承载力的关系将在各个指标构建中详细描述。

文中使用数据源于扬州市水利局提供的水系数据、水利设施(泵站、涵闸的数量和分布)数据,以及国家环境保护部 2014 年颁布的“水质较好湖泊生态环境保护总体规划(2013—2020 年)”中的近期(2015 年)和远期(2020 年)水质达标目标数据。实际操作过程中,研究区被划分为 500 m×500 m 大小的格网,以每个网格为评价单元,将水系、水利设施和水质目标差距等数据进行网格化处理,并分别用于构建水网构成指数、水利设施调控指数和水质达标差距指数。根据实际情况,3 个评价指标均被分为高、较高、中等、较低、低 5 个等级,并结合评分对这些指标进行量化处理,高、较高、中等、较低、低分别赋值 5 分、4 分、3 分、2 分、1 分(表 1)。3 个指标的构建原理和分级依据详见下文。

2.1 水网构成指数

水体纳污能力主要受水体自身属性限制,而水网构成则是影响水体纳污能力的重要因素^[4-6]。在特定区域内,水网构成越复杂,则水体连通性越高,生态系统越完善,从而水体自净能力越强,使得水体纳污能力也越强。

河网密度及水面率是水网结构中最常用参数^[19-20]。研究区水体包括线状河道和面状水域两种形式,对于线状河网,可用河网密度(区域单位面积内河流长度)来反映水系疏密程度^[21-24];对于面状水域,可采用水面率(目标网格内水体比例)反映面状湖泊、水库等类型水体的分布特征^[20-25],公式(1)和(2)分别为河网密度和水面率的计算公式。

$$\rho = \frac{L}{A} \quad (1)$$

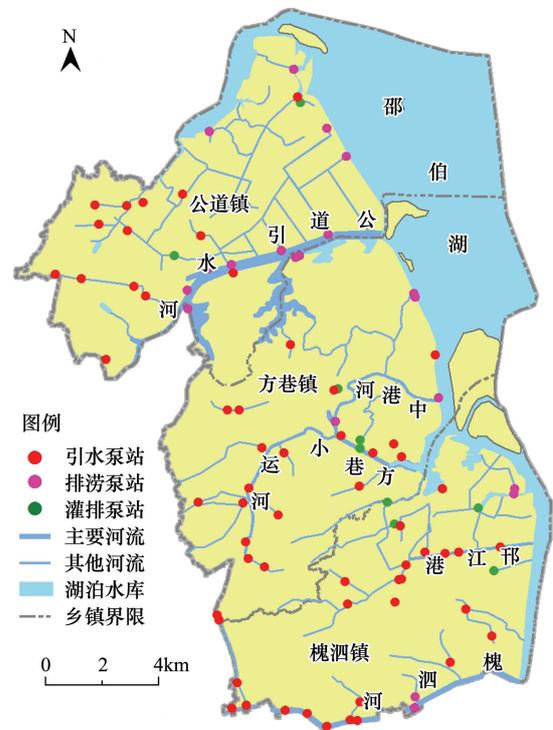


图1 研究区水系和水利设施分布图

Fig.1 The distribution of river system and water conservancy facilities

$$p = \frac{a}{A} \quad (2)$$

式中, ρ 为河网密度, 单位为 km/km^2 , L 为每个格网中河流总长度, p 为水面率, a 为网格中水体面积, A 为格网的面积。

表 1 评价指标分级标准表

Table 1 Classification standard table of the evaluation indexes

评价指标 Evaluation indexes	高(5分) Highest(5 points)	较高(4分) Higher(4 points)	中等(3分) General(3 points)	较低(2分) Low(2 points)	低(1分) Lowest(1 points)
水网构成指数 Drainage component	$\rho > 3$, $0.8 < p \leq 1$	$2 < \rho \leq 3$, $0.6 < p \leq 0.8$	$1 < \rho \leq 2$, $0.4 < p \leq 0.6$	$0.4 < \rho \leq 1$, $0.2 < p \leq 0.4$	$0 < \rho \leq 0.4$, $0 < p \leq 0.2$
水利设施调控指数 Water conservancy facilities	两个泵站:兼有引排水功能(2个灌排泵站、1个灌排和1个引水泵站、1个引水和1个排水泵站)	1个灌排泵站	1个引水泵站	1个排水泵站	无泵站
水质达标差距指数 Discrepancy of water quality	邵伯湖:由Ⅲ类到Ⅱ类	通湖河流:水质由Ⅳ到Ⅲ,包括公道河、杨寿涧、槐泗河、邗江港	通湖河流:水质由Ⅴ到Ⅳ,方巷小运河	细小支流:水质不变	无水区

本文结合水网密度和水面率描述水网构成,两个指标为并行指标,目标网格的最终评价结果以水网密度和水面率中等级较高的为准。根据将研究区河网密度和水面率特点,分别将其分为5个等级,等级标准分别为:(1)河网密度大于 $3 \text{ km}/\text{km}^2$,水面率大于 0.8 的评价单元为水网构成指数最高;(2)河网密度 $2\text{—}3 \text{ km}/\text{km}^2$,水面率介于 $0.6\text{—}0.8$ 之间的评价单元的水网构成指数较高;(3)河网密度 $1\text{—}2 \text{ km}/\text{km}^2$,水面率介于 $0.4\text{—}0.6$ 之间的评价单元的水网构成指数中等;(4)河网密度 $0.4\text{—}1 \text{ km}/\text{km}^2$,水面率介于 $0.2\text{—}0.4$ 之间的评价单元的水网构成指数较低;(5)无水区域及河网密度低于 0.4(河流分布稀疏),水面率小于 0.2 为水网构成指数最低。详细分级标准结合其他研究者文献^[23-27]及研究区特色而定,水网构成指数见图 2。

2.2 水利设施调控指数

近些年来,在太湖流域,功能完善的水利设施(涵闸、泵站)对实现太湖地区水资源调度,特别是旱、涝时期的水资源调度起到了巨大作用。而本文研究区内水利设施类型齐全、数量丰富,充分发挥已有水利设施的优势,对实现水资源调度,保证邵伯湖流域乃至整个淮河流域和长江江苏段流域水资源需求均至关重要,这正是本文将水利设施指数作为水环境承载力评价指标的重要原因。

不同评价单元内水利设施的类型、数量、布局是影响水体调度能力的关键所在。研究区内分布有排涝泵站 27 座,引水泵站 45 座,灌排泵站 13 座。“引水泵站”作为功能性输水和调水枢纽,按需将河流或湖泊中的水源引入其它水系或湖泊,被引水源质量应符合调水或输水标准,水质要求高于作为洪涝灾害时内涝水外调枢纽的“排涝泵站”,故“引水泵站”的环境调控能力高于“排涝泵站”。灌排泵站兼具引水和排水功能,可在低水位时引水,高水位时排水,因而其水环境调控能力高于引水泵站和排涝泵站。研究区内大多评价单元内只有 1 个泵站,只有 3 个评价单元内均覆盖 2 个泵站,分别为 2 个灌排泵站、1 个灌排和 1 个引水泵站、1 个引水和 1 个排涝泵站,此 3 个评价单元均可实现引水和排水同步进行,此 3 种类型水利调控能力最高,故将其定为水利设施调控高区域;拥有 1 个灌排泵站的评价单元,虽然兼有引水和排水功能,但泵站规模小于拥有 2 个泵站的评价单元,定为水利设施调控较高区域;将具有 1 个引水泵站的评价单元定为调控中等区域;1 个排涝泵站的评价单元为承载力较低,无泵站区域为水利调控低区域。水利设施调控指数见图 2。

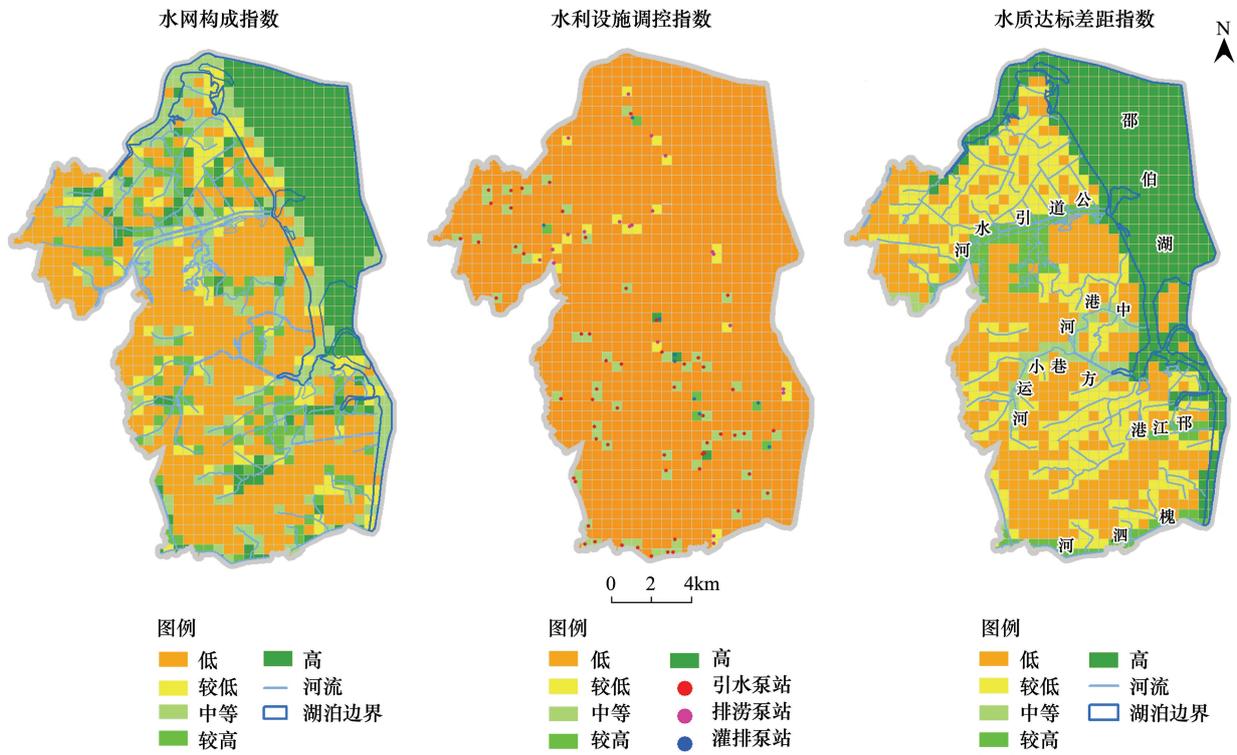


图 2 水环境承载力分指标估算图

Fig.2 The evaluation diagram of significance of water environment's carrying capacity of each index

2.3 水质达标差距指数

水质目标为在人为干预条件下,预期实现的水质目标,水质达标差距则是预期实现的水质目标与水质现状之间的水质等级差距,水质达标差距反映了不同政策压力下水环境承载力调控潜力的情景假设。根据《扬州市地表水环境功能区划》,邗江区水质目标应在 2020 年达到多少,鉴于越来越严格的环境监管和问责机制,可认为在 2020 年可以实现预期水质目标。针对邗江区河流、湖泊的水质现状及预期水质目标,可将不同的水质达标差距视为不同的情景假设,而不同的情景对应不同的水环境承载力调控潜力。因而,水质达标差距可被认为是评估未来水环境承载力的重要参数。

研究区内水质目标现状,以及国家环境保护部 2014 年颁布的“水质较好湖泊生态环境保护总体规划(2013—2020 年)”及《扬州市地表水环境功能区划》主要河流 2020 年水质预期实现水质目标见表 2。

表 2 水质现状和 2020 年预期水质目标

Table 2 Current water quality and the anticipated aims in 2020

湖泊河流 Rivers and lakes	邵伯湖 Shaobo lake	公道河 Gongdao river	杨寿涧 Yangshou stream	槐泗河 Huaisi river	邗江港 Hangjiang port	方巷小运河 Fanghang river	中港河 Zhonggang river	其他细小支流 Other small rivers
水质现状 Current water quality	III	IV	IV	IV	IV	V	V	V
水质目标 Water quality target	II	III	III	III	III	IV	IV	V

研究区内细小支流的水质现状为 V 类,尽管其水质目标是维持现状不变,但是其他河流水质的提高,以及“互连互通、引排顺畅”工程的实施亦有可能带动其水质提升,故其水环境承载力提升的潜力并不为零,此处将其定义为较低。尽管其他河流、湖泊的水质目标均提高 1 级,但是其水环境提升潜力却并不相同,因为水环境承载力提升潜力不仅与水质目标差距相关,还有水质现状有关,水质现状越好,水体自身的净污能力越

强,使得水环境承载力提升的潜力更容易实现。因而,将邵伯湖的水质目标为从Ⅲ类到Ⅱ类作为水环境承载力提升潜力最高区域;将4条水质由Ⅳ类变为Ⅲ类的通湖河流(公道引水河、杨寿涧、邗江港、槐泗河)作为水环境承载力提升潜力较高的区域;将两条水质由Ⅴ类到Ⅳ类的通湖河流(方巷小运河和中港河)的水环境承载力提升潜力作为中等区域;无水区域的则无提升潜力,定为最低。水质达标差距指数见图2。

3 结果分析

3.1 水环境承载力分析

以水网构成指数、水利设施调控指数、水质达标差距指数3个指标为基础,通过层次分析法和特尔菲法确定各个指标的贡献权重,并对两种方法计算得到的结果取均值,以此作为每个指标的最终权重值。其中,根据层次分析法计算得到的3个指标权重分别为0.5396、0.2970、0.1634,根据特尔菲法得到的权重分别为0.4、0.3、0.3,得到3个指标最终权重分别0.4698、0.2985和0.2317。最后以3个指标为基础,采用多因素综合分析方法得到水环境承载力评价结果(图3)。多因素综合分析法计算方法见公式3:

$$S_i = \sum_{k=1}^3 20 \cdot B_{ki} W_k \quad (3)$$

式中, i 为空间评价单元编号, k 为评价因子, B_{ki} 为第*i*个单元的第*k*个评价因子得分, W_k 为第*k*个评价因子的权重, S_i 为第*i*个单元的水环境承载力综合评价得分。

水环境承载力评价结果用0—100的数值表示,数值越高表示其水环境承载力越高,反之则越低。借鉴孙伟和陈雯等学者使用的水环境协同约束分级(分区)思路,文中将研究区水环境承载力分为5级(表3)。分值在80分以上为水环境承载能力“高”区域;60—80分为承载能力“较高”区域;40—60分为承载能力“中等”区域;20—40分为承载力“较低”区域;20分以下为承载能力“低”区域。

表3 水环境承载力分级标准

Table 3 Grading standard of water environment's carrying capacity

综合评分 Composite score	等级 Grade	水环境承载力 Water environment's carrying capacity	生态系统特征 Ecosystem characteristics
0—20	I	低	水体交换能力弱,河流水系缺乏,生态环境约束低,生态恢复与重建困难
20—40	II	较低	水体交换能力较弱,只有小型河流水系分布,生态环境约束较低,生态恢复与重建较难
40—60	III	中等	水体交换能力一般,生态环境约束一般,个别超过生态系统承载力,生态系统服务功能尚能发挥
60—80	IV	较高	水体交换能力较强,水利设施较多,生态压力未超出生态系统自身承载能力,受干扰后一般可恢复,发生生态灾害的可能性小
80—100	V	高	生态环境好,水利设施多,水体交换能力强,受干扰后能恢复,很少发生生态灾害

水环境承载力评价结果显示:研究区水环境承载力“高”区域面积为1.15 km²,占研究区总面积的0.38%;承载力“较高”区域面积为65.19 km²,占研究区总面积的21.74%;承载力“中等”区域面积为88.95 km²,占研究区总面积的29.67%;承载力“较低”区域面积为40.91 km²,占研究区总面积的13.65%;承载力“低”区域面积为103.61 km²,占研究区总面积的34.56%。

图3显示,研究区水环境承载力在空间分布上具有明显的不均衡性,空间差异明显。该地区水环境承载力的空间分布有两个显著特征。第一,该地区水环境承载力整体上呈现出东高西低的趋势,因为研究区内河流由西向东汇入邵伯湖,无论是河网密度还是水资源量均有东高西低的特点;另外也与东部地区邵伯湖和入湖河流水质达标差距高于西部地区有关。第二,湖泊、河流沿岸地区水环境承载力高于其他地区,该类地区水环境承载力较高不仅与河网有关,还与水利设施分布有关,从图2可以看出,研究区水利设施大多沿湖、沿河而建,水利设施的存在大大增加了该类地区水环境调控能力。

3.2 产业选择

根据国家“去产能、去库存”及“中国制造 2025”的总体要求,及一个地区承载力水平的空间不均衡性,对水环境承载力水平不同的地区实施差别化的产业发展战略。高新技术产业与新兴产业等污染物排放量小的绿色产业可在承载力水平中等及高、较高地区发展,传统产业优势没有丧失的地区,特别突出循环化与绿色化的改造与升级,这些产业适合在承载力低和较低地区发展,但是要注意污染的防治和处理,推进绿色发展。

境内邵伯湖以及邵伯湖大堤以西 200m 陆域被划为重要湿地—省级生态红线管控区,邵伯湖湖心是国家水产种质资源保护区^[28],生态功能比较重要,该区也是承载力“高”、“较高”和“中等”区域的主要分布区,对研究区的产业遴选有一定影响。在综合考虑水环境承载能力地域差异与生态红线管控要求的基础上,提出本区不适宜发展第二产业;而更适宜发展现代生态农业与湖泊生态旅游产业,因为现代生态农业是传统农业转型发展的一种重要选择,而发展湖泊生态旅游产业正是将沿湖地区丰富的湿地资源、开阔的湖泊大水面景观、现代化的水利工程等优势转化为沿湖生态旅游产业的最佳条件。下面对水环境承载力水平及空间分布与所选择产业生态化发展关系进一步深入分析。

(1) 研究区承载力“高”与“较高”区域,多分布在入湖河道下游,水量丰富、水体交换能力强,但面积占比相对较小(约 22%),是本区河湖湿地资源集中分布区,该类区域水环境保护要求高,受生态红线约束,应在保护优先的基础上,适度发展以特色水产与特色水禽生态养殖为主的产业,同时也应积极开发与拓展湖泊生态旅游产业;严格限制规模化畜禽养殖厂的布局;确保养殖产业的生态开发不会降低或者危害水环境、水生态、水景观等综合功能。

(2) 水环境承载力“中等”区,主要集中在沿湖、公道引水河和南部槐泗地区,水源有一定保障,水质尚能满足农业灌溉要求,面积占比略高于承载力“高”与“较高”区域之和,较之“高”和“较高”区域,有一定的开发空间,但开发的水环境风险仍然很大,要限制水污染项目的发展和布局,适宜发展现代生态种植业,同时加强农业面源污染与城乡生活污染治理。滨湖区域依托沿湖丰富的湿地资源,适宜发展湖泊生态旅游产业,但沿湖地区生态环境比较敏感、特别是被划为省级生态红线区域必须牢固树立底线思维,满足省级生态红线区域保护的规定。

(3) 水环境承载力“低”和“较低”区域约占研究区总面积的 48%,主要分布在公道引水河、方巷小运河、邗江港等周边中上游地区,承担流域汇水功能,基本农田占比较高,农村居民点数量较多,该类区域受水体使用功能及水质目标的限制相对较小,允许污染排放相对较大的项目布局,水土条件适宜发展大宗农作物等传统优势产业,鉴于离湖泊及河流较近并承担流域汇水功能,仍不能忽视环境保护,需要注意污水排放的治理,推进绿色化发展,并防治农业面源与城乡生活污染。

4 结论与讨论

本文基于环境科学的地生态视角,构建了表征水环境承载能力的指标体系,评价了扬州市北部沿湖地区

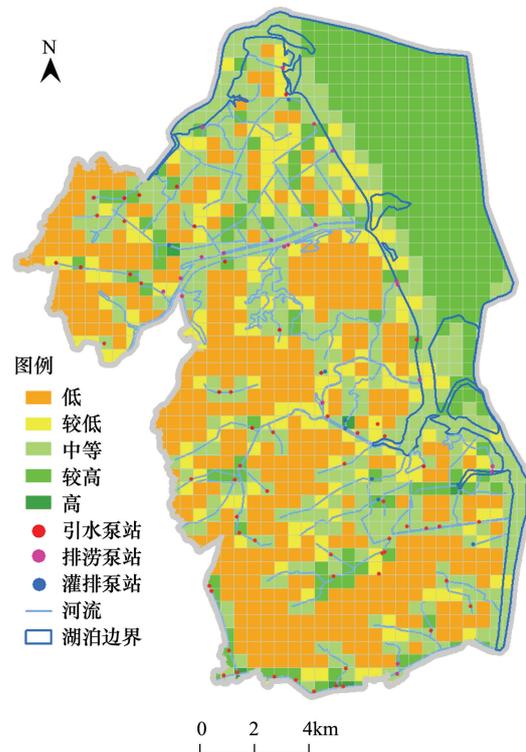


图 3 水环境承载力分布图

Fig.3 The distribution of water environment's carrying capacity

水环境承载力水平与布局的地域差异性,整体上呈现出东高西低的趋势,且湖泊、河流沿岸地区水环境承载力高于其他地区。在国家“去产能、去库存”等的大背景下,针对研究区水环境承载力空间不均衡的特点,提出了差异化产业布局 and 结构优化方案,对实现长期的、持续的环境目标,将产业结构布局优化落实到提高环境质量上具有重要意义。

水环境承载力的内涵不仅仅包括水体的纳污能力,还应包含水资源量、水环境生态系统对该区域社会经济发展的支撑能力。水环境承载力的高低已不仅仅是由水体自身的属性决定的,而且除了水环境系统的自我调节外,人为干预(通过水利设施进行水资源调控,通过政策压力进行水环境监管和水质达标规划等)也是实现水环境承载力调控的重要手段。本文首次引入水利设施指数和水质达标差距指数两个指标,将两个指标分别与区域水资源调控能力和不同水质目标情况下的政策压力和承载力调控潜力联系起来,用于综合评价区域水环境承载力,为水环境承载力快速评估提供了新途径,为将人为因素引入到水环境承载力评估中提出了新思路。同时,将水环境承载能力与产业选择相联系,是一项探索性研究,特别是研究水网密集地区生态涵养型产业的发展 and 布局,是生态、人文紧密结合的区域分析方法,具有很强的探索性,指标的界定和量化仍需完善。

参考文献 (References):

- [1] 谢红彬, 虞孝感, 张运林. 太湖流域水环境演变与人类活动耦合关系. 长江流域资源与环境, 2001, 10(5): 393-400.
- [2] 谢红彬, 陈雯. 太湖流域制造业结构变化对水环境演变的影响分析——以苏锡常地区为例. 湖泊科学, 2002, 14(1): 53-59.
- [3] 王磊, 张磊, 段学军, 董雅文, 秦贤宏. 江苏省太湖流域产业结构的水环境污染效应. 生态学报, 2011, 31(22): 6832-6844.
- [4] 孙伟, 陈雯, 陈诚. 水环境协同约束分区与产业布局引导研究——以江苏省为例. 地理学报, 2010, 65(7): 819-827.
- [5] 陈雯, 嵇振坤, 赵海霞, 崔旭. 水环境约束分区与空间开发引导研究——以无锡市为例. 湖泊科学, 2008, 20(1): 129-134.
- [6] 赵海霞, 王梅, 段学军. 水环境容量约束下的太湖流域产业集聚空间优化. 中国环境科学, 2012, 32(8): 1530-1536.
- [7] Sun W, Chen W, Chen C H, Gao S, Guo Y. Constraint regionalization of water environment and the guidance for industrial layout: a case study of Jiangsu Province. Journal of Geographical Sciences, 2011, 21(5): 937-948.
- [8] 左其亭, 马军霞, 高传昌. 城市水环境承载能力研究. 水科学进展, 2005, 16(1): 103-108.
- [9] 龙腾锐, 姜文超. 水资源(环境)承载力的研究进展. 水科学进展, 2003, 14(2): 249-253.
- [10] 李清龙, 闫新兴. 水环境承载力量化方法研究进展与展望. 地学前缘, 2005, 12(Z1): 43-48.
- [11] 程国栋. 承载力概念的演变及西北水资源承载力的应用框架. 冰川冻土, 2002, 24(4): 361-367.
- [12] 崔凤军. 城市水环境承载力及其实证研究. 自然资源学报, 1998, 13(1): 58-62.
- [13] 赵卫, 刘景双, 苏伟, 窦晶鑫. 辽宁省辽河流域水环境承载力的多目标规划研究. 中国环境科学, 2008, 28(1): 73-77.
- [14] 叶龙浩, 周丰, 郭怀成, 高伟, 何成杰, 王翠榆. 基于水环境承载力的沁河流域系统优化调控. 地理研究, 2013, 32(6): 1007-1016.
- [15] 王俭, 李雪亮, 李法云, 包红旭. 基于系统动力学的辽宁省水环境承载力模拟与预测. 应用生态学报, 2009, 20(9): 2233-2240.
- [16] Shanahan P, Borchardt D, Henze M, Rauch W, Reichert P, Somlyódy L, Vanrolleghem P. River water quality model no.1 (RWQM1): I. Modelling approach. Water Science and Technology, 2001, 43(5): 1-9.
- [17] Cox B A. A review of currently available in-stream water-quality models and their applicability for simulating dissolved oxygen in lowland rivers. Science of the Total Environment, 2003, 314-316: 335-377.
- [18] 刘臣辉, 申雨桐, 周明耀, 徐海钢, 余龙. 水环境承载力约束下的城市经济规模量化研究. 自然资源学报, 2013, 28(11): 1903-1910.
- [19] 杨凯, 袁雯, 赵军, 许世远. 感潮河网地区水系结构特征及城市化响应. 地理学报, 2004, 59(4): 557-564.
- [20] 韩龙飞, 许有鹏, 杨柳, 邓晓军, 胡春生, 徐光来. 近 50 年长三角地区水系时空变化及其驱动机制. 地理学报, 2015, 70(5): 819-827.
- [21] Zavoianu I. Morphometry of Drainage Basins. 2nd ed. Amsterdam-Oxford-Tokyo: Elsevier, 1985.
- [22] 黄诗峰, 徐美, 陈德清. GIS 支持下的河网密度提取及其在洪水危险性分析中的应用. 自然灾害学报, 2001, 10(4): 129-132.
- [23] 邓晓军, 许有鹏, 韩龙飞, 李广, 王跃峰, 项捷, 徐光来. 城市化背景下嘉兴市河流水系的时空变化. 地理学报, 2016, 71(1): 75-85.
- [24] 段金龙, 任圆圆, 张学雷. 河网密度与水体空间分布多样性的对比研究. 河南农业大学学报, 2015, 49(1): 95-100.
- [25] 刘凯, 王雪娜, 张虹鸥, 周霞. 新丰江流域水网结构演变特征分析. 热带地理, 2010, 30(4): 380-385.
- [26] 张维静, 张远, 王一涵, 孟伟. 基于空间数据的太子河河流生境分类. 环境科学研究, 2013, 26(5): 487-493.
- [27] 徐光来, 许有鹏, 王柳艳. 近 50 年杭-嘉-湖平原水系时空变化. 地理学报, 2013, 68(7): 966-974.
- [28] 江苏省人民政府. 江苏省生态红线区域保护规划, 2013.