

城区水域保护划界研究

——以南京市秦淮区为例

周志才, 张其成, 李冰瑶, 王卫平

(河海大学水文水资源学院, 江苏南京 210098)

摘要: 基于城区河道蓝线规划的局限性和水域保护的现实需求, 利用层次分析法确定 5 个影响水域保护的自然资源和社会属性因子权重, 借助 GIS 空间叠加分析, 构建水域保护评价体系, 较为准确、客观地判读了秦淮区水域保护现状; 结合秦淮区水域蓝线规划, 划定了更为合理、切实的水域保护边界, 克服了蓝线规划的局限性, 增强区域针对性与可操作性, 因地制宜地降低城区各影响因子对水域健康和生态稳定的干扰, 对提升城区水域的保护与管理具有较大意义。

关键词: 蓝线规划; 水域保护; 空间叠加分析; 秦淮区

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2018)01-0079-07

Study of delimitation of urban water area protection: a case study of Qinhuai District in Nanjing City

ZHOU Zhicai, ZHANG Qicheng, LI Bingyao, WANG Weiping

(College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the limitations of the blue line planning of rivers and the actual demand of water protection in urban areas, the study constructs an evaluation system of the water protection works with the GIS spatial overlay analysis technology and the weight coefficients of five natural attributes and social attribute factors are determined by the AHP. The study gives an accurate and objective interpretation of the current situation of water area protection in Qinhuai District and delimitates more reasonable and practical water area protection boundaries based on blue line planning. The study overcomes the limitations of blue line planning, enhances regional pertinence and maneuverability and reduces the disturbance of various influencing factors in the urban areas to water quality and ecological stability, which has a great significance to enhance the protection and management of urban water areas.

Key words: blue line planning; water area protection; spatial overlay analysis; Qinhuai District

1 研究背景

城区水域作为城市重要的基础性资源和战略性资源, 可在城区防洪排涝、供水保障、环境美化、水生态景观提升、水文化传承等方面发挥多重效益。随着城市化进程的快速推进, 城区土地资源紧缺, 建设空间和水域空间的矛盾加剧, 进而导致城区水域及其保护空间受到挤压和侵占。

近年来国内外学者从多个角度对水域保护进行

了相关研究。国外将水域空间规划作为城市景观规划的重要内容, 现代水域空间规划注重流域治理理念, 以生态理论作为指导思想, 将影响水域生态的湖泊、集水区、滨岸带、湿地、植被等综合纳入考虑, 以制定科学的规划方案, 有效恢复水域生态稳定性^[1-2]。Lee 等^[3]通过人工模拟实验发现了不同宽度的复合绿化缓冲带对泥沙、总氮、总磷等具有明显的过滤和消减作用; Zandbergen^[4]通过不同的透水面积、污染负荷、生物、水质及公众健康等指标评估,

收稿日期: 2017-09-06; 修回日期: 2017-10-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(51579148, 41330854)

作者简介: 周志才(1992-), 男, 江苏盐城人, 在读硕士研究生, 研究方向为水文学及水资源。

通讯作者: 张其成(1977-), 男, 山东临沂人, 硕士, 讲师, 研究方向为城市规划、水系景观规划。

对城市化建设引起的河流水体生态风险影响进行探讨,认为不同的透水面积、水质、生物指标等是影响河流水体生态功能的主要因素;马立珊等^[5]将土地利用规划与水域环境保护相结合,分析了面源污染对水域环境的影响及流域范围内水域管理与土地利用关系的协调问题;钱进等^[6]利用层次分析法从生态稳定性、环境有效性、经济可行性以及社会价值性4个方面构建了河、湖滨岸缓冲带适宜宽度的评价体系。

蓝线规划是城市规划七线之一,是城区各级河、渠道用地规划控制线,规划范围即为城区水域保护区,又称河道蓝线,具体包括河道水体的宽度、两侧绿化带等,但城区水域由于受影响因素多,区域差异性大,而水域保护蓝线划定标准较为单一,未与水域周边区域汇水特性相结合,其保护空间与水域管控实际需求难以匹配。针对此类实际问题,本文拟在前人研究基础上,选取影响城区水域保护的主要因子,结合GIS空间叠加分析技术^[7-9],构建城区水域保护评价体系,研判水域保护现状,并进一步确定满足实际需求的管控边界。

2 城区水域保护划界方法

城区水域的保护范围划定一方面是为降低人类活动和城市建设对水域空间的干扰,保障水域生态系统的稳定性和可持续性,另一方面是保障河湖水体适宜宽度的滨岸缓冲带,增强对入河污染物的过滤和吸附功能,提高滨水空间利用效率。

城区水域受多因素相互作用,本文主要研究两类影响因子,一类为自然属性因子,主要考虑水域等级与功能、水域滨岸缓冲带和区域水面率需求等因素的影响;另一类为社会属性因子,主要有水域汇水区功能分布和区域人口密度。城区水域保护划界需统筹考虑此类影响因子的综合效应,建立科学的评价体系并分别确定各因子的赋值与权重,利用GIS空间叠加分析,评价城区水域保护现状,并依据评价结果和因子权重系数,合理调整既有水域保护边界。

2.1 城区水域保护划界影响因子及赋值

2.1.1 水域等级与功能 水域重要性分级是水域重要的本底属性,也是规划河道蓝线首要考虑因素,城区水域按重要性等级划分为重要水域和一般水域。城区水域按功能属性对水域保护的要求共划分为4个等级,其中,提供水源功能对水质和水量要求最高,然后依次为景观、生态功能、防洪功能和排涝功能。结合评价区域水域实际,按照河道等级属性

与功能特质对其进行水域保护评级赋分,分值最高为10分,分值越高,河道对应的水域保护需求越高,对应的保护力度越大。其中,多重功能复合型河道以最高要求功能进行赋值评价。

2.1.2 区域水面率差值比 区域水面率差值比是水域状态研判的重要指标^[10],水面率差值比越大,表明分区水域功能负荷越重,因而水域保护需求越高。本文将现状总水面率 $R_{总}$ 、现状分区水面率 R_i 分别与区域综合需求水面率 $R_{需}$ 作比较,考虑整体的同时分片区细化研究其与城区需求水面率间的差距,把握整体、突出重点地判读水域现状,作为水域划界及水域管控要求制定的重要依据。

城区发展需求水面率 $R_{需}$ 由式(1)计算:

$$R_{需} = \max(R_1, R_2, R_3, R_4) \quad (1)$$

式中: R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 分别为区域经济社会发展、行洪除涝、水景观建设和水域生态维护的需求水面率。

$$R_1 = \frac{W}{H \cdot S} \times 100\% \quad (2)$$

式中: W 为区域发展水资源需求总量, m^3 ; H 为区域平均水深, m ; S 为区域面积, m^2 。

$$H = a_1 H_1 + a_2 H_2 + a_3 H_3 \quad (3)$$

式中: a_1 、 a_2 、 a_3 分别为研究区水库、河道和塘堰供取水系数, $a_1 + a_2 + a_3 = 1$; H_1 、 H_2 、 H_3 分别为对应平均水深, m 。

$$R_2 = \frac{3600t \cdot Q}{10000S \sum_{i=1}^n (\omega_i H_i)} \times 100\% \quad (4)$$

式中: t 为汇流时间, h ,取6; Q 为洪峰流量, m^3/s ; S 为区域面积, hm^2 ; ω_i 为研究区第 i 类水域类型蓄洪比例, $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ 。

水景观建设、水域生态维护需求水面率 R_3 、 R_4 采用研究区域相关规划数值进行整理估算的方法。

在分别计算 $R_{总}$ 、 $R_{需}$ 、 R_i 的基础上,由公式(5)计算水面率差值比 r_i :

$$r_i = (R_{需} - R_i) / (R_{需} - R_{总}) \quad (5)$$

按照水面率差值比计算结果,对区域进行0~10分的评价赋分。 $r_i < 0$ 时,现状水面率高于需求水面率,水域满足城区建设需求,受需求影响较弱,参照区域实际赋0~3分; $0 \leq r_i \leq 1$ 时,区域水面率低于需求水面率,水域受一定需求压力,赋4~6分; $r_i > 1$ 时,现状水面率难以满足城区建设需求,水域承载压力大,参照区域实际赋予7~10分。

2.1.3 汇水区域功能分布 区域用地类型和功能

分布一定程度上决定汇入河道的污染物质及其对水域的威胁行为,是影响水域水质健康和生态完整的重要因素。以区域功能对水质的要求和水域的影响为判断依据,将其对水域保护的要求由高至低划分为 4 个等级,依次为商业区与旅游风景区、住宅区、文教区和公共绿地。分值最高为 10 分,分值越高,说明区域功能对水域健康威胁越大,需求的保护管理力度越大。

2.1.4 水域滨岸缓冲带建设 水域滨岸缓冲带对水域保护具有重要作用,主要为以下 3 个方面:(1)降低地表径流速度并对其中的颗粒态污染物起过滤和拦截作用;(2)植物吸收、土壤吸附溶解态的污染物;(3)促进氮的反硝化作用。参照国内外滨岸缓冲带研究成果,5 m 宽复合植被缓冲带平均截留地表 75% 的输入泥沙、55% 的输入氮、60% 的输入磷;10 m 宽复合植被缓冲带平均截留地表 85% 的输入泥沙、75% 的输入氮、80% 的输入磷;15 m 宽复合植被缓冲带平均截留地表 95% 的输入泥沙、94% 的输入氮、91% 的输入磷^[6]。据此,对研究区域滨岸缓冲带建设进行赋分评价,以单侧复合缓冲带 > 15 m 为最优,能有效过滤和消减地表输入水体的污染物质,极大程度降低地表输入对水域的威胁,结合实际赋 0~3 分;滨岸无缓冲带,水体受地表污染物威胁最大,赋 10 分。

2.1.5 人口密度(需水量、生活污水量) 参照《城市建设规划用地标准》,我国城市人口合理密度为 $0.952 \times 10^4 \sim 1.175 \times 10^4$ 人/ km^2 ,故本文设定研究区域合理人口密度上限为 1.2×10^4 人/ km^2 。人口密度超出合理上限值,区域需水量增加,灰尘、生活垃圾、生活污水等同步增加,人群需求与自然生态资源的平衡逐步被打破,城区水域空间承载密集人口带来的压力逐步增大。因此按区域人口密度进行影响因子赋分评价,人口密度 $> 6.0 \times 10^4$ 人/ km^2 时,对水域影响达到最大,赋 10 分。

依据影响因子不同特性和对水域不同影响程度,利用单因子分级评价法划分各因子影响等级,并进行赋值,联合层次分析法与专家打分法判定各因子权重,利用 GIS 工具对影响因子叠加分析,构建水域保护赋分评价体系。

2.2 影响因子权重

本文通过专家打分法与层次分析法确定各个评价因子的权重系数^[11-12]。

城区水域保护划界影响因子(a、b、c、d、e)判断矩阵为矩阵 A:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 1/3 & 1/5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1/7 & 1/9 & 1/3 \\ 3 & 7 & 1 & 1/3 & 5 \\ 5 & 9 & 3 & 1 & 7 \\ 1/3 & 3 & 1/5 & 1/7 & 1 \end{bmatrix}$$

采用几何平均法公式(6) 计算权重向量:

$$W_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}} \quad (6)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

式中: CI (consistency index) 为一致性指标; λ_{\max} 为判断矩阵最大特征值; RI 为平均随机一致性指标; CR (consistency ratio) 为一一致性比例。

利用公式(7)、(8)对判断矩阵进行一致性检验计算, $n = 5$,查表可知 $RI = 1.12$,计算得 $\lambda_{\max} = 5.237$, $CI = 0.059$, $CR = 0.053 < 0.10$,因而判断矩阵的一致性可以接受。

计算获得各影响因子权重系数如下: $W_a = 0.1296$, $W_b = 0.0330$, $W_c = 0.2638$, $W_d = 0.5100$, $W_e = 0.0636$ 。

2.3 影响因子评价体系

将水域两类影响因子及其对应的影响权重导入 GIS 数据库,结合 GIS 空间叠加分析工具,构建水域保护影响因子评价体系,对水域保护现状进行综合评分,见表 1。综合评分 0~4 分,表明水域保护现状较好,受区域轻度威胁;4~7 分表明水域保护现状一般,受区域中度威胁;7~10 分表明水域保护现状较差,受区域重度威胁。依据综合评分对区域既有水域保护范围进行调整,生成新的水域保护缓冲区,并与规划蓝线进行比对与融合,明确多因子综合影响下的水域合理保护范围。

3 案例研究

3.1 研究区概况

秦淮区位于南京市主城核心地带南部,地理坐标为北纬 32.02° ,东经 118.80° 。区域面积为 49.11 km^2 ,下设 12 个街道行政区划。研究区现有水域面积 292.70 hm^2 ,水面率 5.96%。主要分布有外秦淮河、内秦淮河等 20 余条河道,河道总长度 97.94 km,河道密度 1.30 条/ km^2 。

3.2 研究区水域赋分评价

研究区水域现状的识别和统计是进行赋分评价的基础。本文综合水域自然属性与社会属性,结合水域空间与汇水区域进行细化识别,将19条重点河道划分成35个河段,分别进行资料的收集和统计分析,输入GIS软件中,依据各影响因子赋分规则逐段评价赋分。

参考2014-2016年南京市水资源公报,秦淮区经济社会发展需求水资源总量 W 约为 $0.3 \times 10^8 \text{ m}^3$,区域面积 S 为 49.11 km^2 ,秦淮区水域平均水深 H 为 5.03 m ,利用公式(2)计算获得秦淮区经济社会发展需求水面率 $R_1 = 12.14\%$;参考秦淮区水务局提供的2000-2015年多次洪水资料,结合区域现状防洪排涝能力, R_2 计算中 Q 值取 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$,由公式(4)计算获得秦淮区行洪排涝需求水面率 $R_2 = 8.71\%$;参照《水生态文明指标体系》、《南京市生态文明建设规划2013-2020》、《秦淮区水系综合整治规划2017-2030》等文献中指标要求,本文分别设定水景观功能^[13-15]、水生态功能^[16-17]需求水面率 $R_3 = 9.0\%$ 、 $R_4 = 8.5\%$ 。

表1 城区水域保护影响因子评价体系表

| 影响因子 | 分级条件 | 影响分级 | 因子赋分 | 影响权重 |
|--|--------------|------|------|--------|
| 水域等级与功能 | 供水 | 强 | 8~10 | 0.1296 |
| | 景观生态 | 较强 | 6~8 | |
| | 防洪 | 较弱 | 3~6 | |
| | 排涝 | 弱 | 0~3 | |
| 水面率差值比 | <0 | 弱 | 0~3 | 0.0330 |
| | 0~1 | 中 | 4~6 | |
| | 1~2 | 强 | 7~10 | |
| 汇水区用地类型 | 商业用地 旅游景区 | 强 | 8~10 | 0.2638 |
| | 居住用地 | 较强 | 6~8 | |
| | 文教用地 | 较弱 | 3~6 | |
| | 公共绿地 | 弱 | 0~3 | |
| 滨岸缓冲带宽度/m | 0~5 | 强 | 8~10 | 0.5100 |
| | 5~10 | 较强 | 6~8 | |
| | 10~15 | 中 | 3~6 | |
| | >15 | 弱 | 0~3 | |
| 人口密度/ 10^4 (人· km^{-2}) | <1.2 | 弱 | 0~2 | 0.0636 |
| | 1.2~3 | 较弱 | 2~4 | |
| | 3~4.5 | 中 | 4~6 | |
| | 4.5~6 | 较强 | 6~8 | |
| | >6 | 强 | 8~10 | |

利用公式(1)计算获得秦淮区水域综合功能需求水面率为 $R_{需} = 12.14\%$,进而计算秦淮区各街道

片区水面率差值比。秦淮区各街道片区水面率、人口密度统计计算结果见表2。

根据城区水域影响因子评价体系,利用GIS空间叠加分析,获得秦淮区水域现状保护评价结果,见表3、图2。

表2 秦淮区各街道片区水面率、人口密度计算成果表

| 街道名称 | 区域面积/ km^2 | 水域面积/ km^2 | 水面率/% | 水面率差值比 | 人口密度/ 10^4 (人· km^{-2}) |
|------|---------------------|---------------------|-------|--------|-------------------------------------|
| 朝天宫 | 2.25 | 0.15 | 6.87 | 0.85 | 5.68 |
| 五老村 | 1.44 | 0.01 | 0.69 | 1.85 | 5.60 |
| 瑞金路 | 2.88 | 0.06 | 2.10 | 1.62 | 3.69 |
| 双塘 | 2.05 | 0.15 | 7.31 | 0.78 | 4.98 |
| 夫子庙 | 2.22 | 0.21 | 9.30 | 0.46 | 3.95 |
| 洪武路 | 1.94 | 0.03 | 1.80 | 1.67 | 6.70 |
| 大光路 | 1.98 | 0.24 | 12.25 | -0.02 | 4.47 |
| 秦虹 | 2.03 | 0.16 | 7.77 | 0.71 | 3.81 |
| 月牙湖 | 3.06 | 0.36 | 11.91 | 0.04 | 2.23 |
| 光华路 | 11.71 | 0.53 | 4.54 | 1.23 | 0.52 |
| 红花 | 12.28 | 0.74 | 6.04 | 0.99 | 0.40 |
| 中华门 | 2.82 | 0.12 | 4.39 | 1.25 | 1.89 |

数据来源:秦淮区2015年统计年鉴。

从水域评价结果的图2和表3中可以发现,研究区大部分水域保护现状不佳,普遍存在片区水面率不足、人口超负荷、滨岸缓冲带建设与水域需求不匹配等现象,使水质遭受污染威胁,水域生态的稳定性和可持续性遭到破坏,城区整体水域保护空间有待优化。研究区有6条河段受到区域多影响因子综合轻度威胁,22条河段受到中度威胁,7条河段受到重度威胁。

位于城区中心的水域受威胁程度普遍较重,如内秦淮河中段、南段等,其水域保护空间小,滨岸缓冲空间带宽仅为 $0 \sim 3 \text{ m}$,过滤消减污染物质效果不明显,水域周边人口密度大,达到 $5 \times 10^4 \sim 6 \times 10^4$ 人/ km^2 ,为城区合理人口密度的4~5倍,用地类型复杂,商业、居住、景区用地混杂;位于城区边缘的水域受威胁程度相对较轻,如外秦淮河、运粮河等,其重要性级别高,保护工作到位,滨岸缓冲空间带宽大于 20 m ,且植被覆盖完善,能充分发挥滨岸带的缓冲作用,水域周边人口密度相对较低,平均为 2.13×10^4 人/ km^2 ,用地类型以公共绿地为主,兼有部分居住用地。

基于GIS空间叠加分析的因子评价体系较好地反映了秦淮区水域现状健康程度,为科学合理地划定水域保护空间奠定了基础。

3.3 评价成果应用

利用影响因子评价体系对秦淮区水域保护现状作出判读和评价后,本文逐一分析了各因子影响权重及调整的现实可行性,最终选择优化水域滨岸缓冲带空间以提升城区水域保护工作。依据水域影响因子综合评价体系评分结果和滨岸缓冲带因子权重形成公式(9),将公式(9)和水域现状信息输入 GIS 软件,利用 GIS 缓冲区功能生成滨岸缓冲带,同时考虑水域管理与缓冲带施工的空间需求,利用 GIS 叠加和擦除功能,对软件生成的缓冲区进行进一步优化,形成了更为合理切实的水域保护滨岸缓冲带建

设宽度,见图 3。基于此,对秦淮区水域蓝线规划进行调整,划定出满足区域水域保护需求且滨水空间得以高效利用的水域保护边界,见表 4。

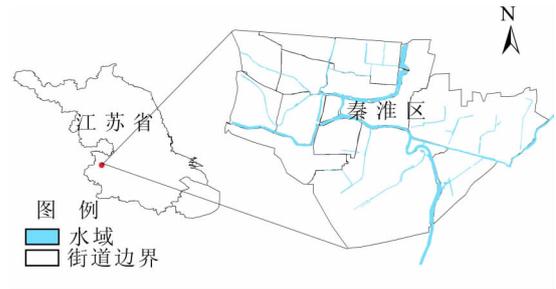


图 1 研究区概况图

表 3 秦淮区水域保护影响因子评价体系综合评分表

| 河道名称 | 河段起讫 | 社会因子评分 | | 自然因子评分 | | | 综合评分 (a_i) |
|--------|--------------|-------------|----------|----------|-----------|------------|-------------------|
| | | 汇水区 用地类型 | 人口 密度 | 河道 功能 | 滨岸 缓冲带 | 水面率 差值比 | |
| 内秦淮河中段 | 虎踞南路 - 中山南路 | 9 | 7 | 9 | 7 | 5 | 7.721 |
| | 中山南路 - 长白街 | 8 | 9 | 9 | 7 | 9 | 7.716 |
| 内秦淮河南段 | 凤台路 - 中华路 | 7 | 7 | 9 | 7 | 5 | 7.193 |
| | 中华路 - 长白街 | 9 | 7 | 9 | 9 | 5 | 8.741 |
| 内秦淮河东段 | 长白街 - 常府街 | 5 | 9 | 9 | 5 | 9 | 5.905 |
| | 常府街 - 中山东路 | 8 | 7 | 9 | 5 | 9 | 6.569 |
| 东玉带河 | 中山东路 - 后标营路 | 3 | 7 | 3 | 7 | 9 | 5.492 |
| 西玉带河 | 中山东路 - 瑞金路 | 7 | 7 | 3 | 7 | 9 | 6.548 |
| 明御河 | 瑞金路 - 龙蟠中路 | 5 | 7 | 1 | 7 | 9 | 5.761 |
| | 御道街 - 内秦淮河东段 | 5 | 7 | 1 | 7 | 1 | 5.497 |
| 月牙湖 | 中山东路 - 后标营路 | 5 | 3 | 9 | 1 | 5 | 3.351 |
| 东南护城河 | 后标营路 - 标营路 | 8 | 7 | 9 | 1 | 9 | 4.529 |
| | 标营路 - 东水关 | 8 | 7 | 9 | 1 | 1 | 4.265 |
| | 标营路 - 中和桥路 | 8 | 3 | 9 | 1 | 5 | 4.143 |
| 友谊河 | 友谊河路 - 苜蓿园大街 | 7 | 1 | 1 | 7 | 9 | 5.907 |
| 安江河 | 运粮河 - 光华路 | 5 | 1 | 1 | 7 | 9 | 5.379 |
| 青年河 | 运粮河 - 光华路 | 7 | 1 | 1 | 7 | 9 | 5.907 |
| 永丰河 | 运粮河 - 光华路 | 3 | 1 | 3 | 7 | 9 | 5.111 |
| 外秦淮河 | 凤台路 - 龙蟠中路 | 9 | 3 | 9 | 1 | 9 | 4.538 |
| | 凤台路 - 中华路 | 5 | 7 | 9 | 1 | 5 | 3.606 |
| | 中华路 - 长乐路 | 8 | 7 | 9 | 1 | 5 | 4.397 |
| | 龙蟠中路 - 大明路 | 7 | 7 | 9 | 1 | 5 | 4.133 |
| | 内秦淮副支 - 中和桥路 | 7 | 7 | 9 | 1 | 1 | 4.001 |
| | 中和路桥 - 苜蓿园大街 | 7 | 3 | 9 | 1 | 5 | 3.879 |
| | 大明路 - 双麒路 | 2 | 1 | 9 | 1 | 5 | 2.433 |
| | 苜蓿园大街 - 运粮河 | 5 | 1 | 9 | 1 | 9 | 3.356 |
| 运粮河 | 苜蓿园大街 - 智汇路 | 5 | 1 | 3 | 5 | 9 | 4.618 |
| | 苜蓿园大街 - 友谊河路 | 3 | 1 | 3 | 5 | 5 | 3.959 |
| 响水河 | 中和桥路 - 大明路 | 3 | 1 | 7 | 7 | 5 | 5.497 |
| 红花河 | 响水河 - 大明路 | 8 | 1 | 5 | 7 | 5 | 6.557 |
| | 大明路 - 秦虹南路 | 7 | 7 | 5 | 7 | 5 | 6.675 |
| 东风河 | 响水河 - 大明西路 | 7 | 1 | 7 | 8 | 5 | 7.062 |
| | 大明西路 - 永乐路 | 7 | 3 | 7 | 8 | 9 | 7.322 |
| 机场河 | 全段 | 8 | 1 | 5 | 9 | 5 | 7.577 |
| 十字河 | 全段 | 5 | 1 | 5 | 9 | 5 | 6.786 |

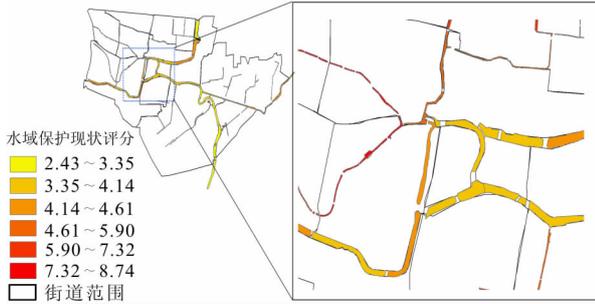


图2 秦淮区水域现状多因子空间叠加评分图

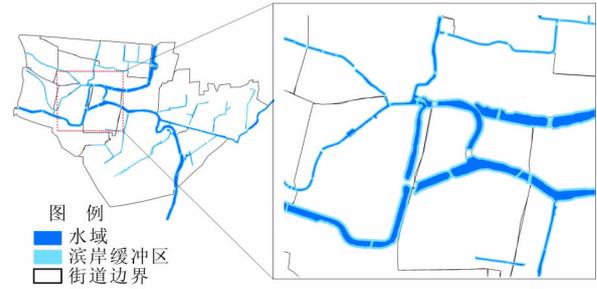


图3 秦淮区水域滨岸缓冲区划定成果图

$$B_{\text{评价}} = B_{\text{现状}} \cdot (a_i \cdot W_d / 10 + 1) \quad (9)$$

式中： $B_{\text{评价}}$ 为评价体系建议缓冲带建设宽度，m；

$B_{\text{现状}}$ 为水域现状缓冲带建设宽度，m； a_i 为水域综合评分； $W_d = 0.5100$ 。

表4 秦淮区水域保护边界划定成果表

m

| 河道名称 | 河段起讫 | 综合评分 | 现状缓冲带宽度 | 评价缓冲带宽度 | 现状蓝线宽度 | 评价划定保护边界 |
|--------|--------------|--------------|---------|---------|--------|----------|
| 内秦淮河中段 | 虎踞南路 - 中山南路 | 7.721 | 8 | 11 | 5 | 12 |
| | 中山南路 - 长白街 | 7.716 | 8 | 11 | 5 | 12 |
| 内秦淮河南段 | 凤台路 - 中华路 | 7.193 | 7 | 10 | 结合景观 | 12 |
| | 中华路 - 长白街 | 8.741 | 5 | 7 | 结合景观 | 10 |
| 内秦淮河东段 | 长白街 - 常府街 | 5.905 | 10 | 13 | 5 | 15 |
| | 常府街 - 中山东路 | 6.569 | 10 | 13 | 5 | 15 |
| 东玉带河 | 中山东路 - 后标营路 | 5.492 | 8 | 10 | 5 | 12 |
| 西玉带河 | 中山东路 - 瑞金路 | 6.548 | 8 | 11 | 5 | 12 |
| 明御河 | 瑞金路 - 龙蟠中路 | 5.761 | 8 | 10 | 5 | 12 |
| | 御道街 - 内秦淮河东段 | 5.497 | 8 | 10 | 5 | 12 |
| 月牙湖 | 中山东路 - 后标营路 | 3.351 | 20 | 24 | 结合景观 | 25 |
| 东南护城河 | 后标营路 - 标营路 | 4.529 | 20 | 24 | 结合景观 | 25 |
| | 标营路 - 东水关 | 4.265 | 20 | 24 | 结合景观 | 25 |
| | 标营路 - 中和桥路 | 4.143 | 20 | 24 | 结合景观 | 25 |
| | 友谊河 | 友谊河路 - 苜蓿园大街 | 5.907 | 10 | 13 | 10 |
| 安江河 | 运粮河 - 光华路 | 5.379 | 8 | 10 | 10 | 12 |
| 青年河 | 运粮河 - 光华路 | 5.907 | 8 | 10 | 10 | 12 |
| 永丰河 | 运粮河 - 光华路 | 5.111 | 8 | 10 | 10 | 12 |
| 外秦淮河 | 凤台路 - 龙蟠中路 | 4.538 | 20 | 24 | 20 | 25 |
| | 凤台路 - 中华路 | 3.606 | 20 | 23 | 20 | 25 |
| | 中华路 - 长乐路 | 4.397 | 20 | 24 | 20 | 25 |
| | 龙蟠中路 - 大明路 | 4.133 | 20 | 24 | 20 | 25 |
| | 内秦淮副支 - 中和桥路 | 4.001 | 20 | 24 | 20 | 25 |
| | 中和路桥 - 苜蓿园大街 | 3.879 | 20 | 24 | 20 | 25 |
| | 大明路 - 双麒路 | 2.433 | 20 | 23 | 20 | 25 |
| | 苜蓿园大街 - 运粮河 | 3.356 | 20 | 23 | 20 | 25 |
| 运粮河 | 苜蓿园大街 - 智汇路 | 4.618 | 10 | 12 | 20 | 15 |
| | 苜蓿园大街 - 友谊河路 | 3.959 | 10 | 12 | 20 | 15 |
| | 响水河 | 中和桥路 - 大明路 | 5.497 | 8 | 10 | 20 |
| 红花河 | 响水河 - 大明路 | 6.557 | 6 | 8 | 10 | 10 |
| | 大明路 - 秦虹南路 | 6.675 | 6 | 8 | 10 | 10 |
| 东风河 | 响水河 - 大明西路 | 7.062 | 8 | 11 | 10 | 12 |
| | 大明西路 - 永乐路 | 7.322 | 8 | 11 | 10 | 12 |
| 机场河 | 全段 | 7.577 | 7 | 10 | 10 | 12 |
| 十字河 | 全段 | 6.786 | 7 | 10 | 10 | 12 |

从图3与表4中可以看出,同一水域不同河段由于其周边因子的影响程度不一,进而依据因子评价体系生成的滨岸缓冲宽度不一,反映了区段的实际条件和功能需求。对现状没有明确蓝线宽度的水域,评价体系提出了明确的保护划界宽度,如内秦淮河南段保护边界划定为10~12 m;受综合影响强烈的水域,水域保护空间得到了较大的拓宽,如内秦淮河中段由5 m提升至12 m;受综合影响较弱、现状保护比较到位的水域,水域保护划界宽度有小幅的调整;部分河段蓝线宽度超出水域保护需求,评价体系提出了缩小蓝线范围的建议,更为合理、高效地利用城区土地和空间资源,如响水河保护边界由20 m收缩至12 m。

综合来看,水域影响因子综合评价体系能够较为全面地反映水域保护现状,契合区域实际与需求,划定合理切实的水域保护边界,提升水域保护效能,同时提高城区土地和空间的利用效率。

4 结论与展望

(1) 以秦淮区为例的城区水域保护划界研究,按水陆区域的差异性将19条河道划分为35个河段,选取综合影响水域健康的自然属性和社会属性因子,采用层次分析法确定权重,借助GIS空间叠加分析,构建水域影响因子评价体系,较为准确、客观地判读了秦淮区水域现状。

(2) 基于水域影响因子评价结果,结合秦淮区水域蓝线规划,划定了更为合理、切实的水域保护边界,具有一定的针对性和科学性,能有效减少外界因素对水域健康和生态稳定的干扰,强化水域的保护与管理,划定方法可推广至中、大尺度水域。

(3) 本文选取了共5大水域影响因子进行综合评价和分析,随着城市化进程的加快,城区水域面临的威胁因子数量同步增加,且各影响因子间的相互作用将日趋复杂,下一步研究可以扩充评价体系的因子数量,并融入因子间的相互关系,完善和优化水域影响因子评价体系。

参考文献:

[1] 杨冬辉. 因循自然的景观规划——从发达国家的水域空

间规划看城市景观的新需求[J]. 中国园林,2002(3): 17-20.

- [2] 方子云. 现代水资源保护管理理论与实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
- [3] LEE K H, ISENHART T M, SCHULTZ R C. Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 58(1): 1-8.
- [4] ZANDBERGEN P A. Urban watershed ecological risk assessment using GIS: a case study of the Brunette River watershed in British Columbia, Canada[J]. Journal of Hazardous Materials, 1998, 61(1): 163-173.
- [5] 马立珊,汪祖强,张水铭,等. 苏南太湖水系农业面源污染及其控制对策研究[J]. 环境科学学报,1997,17(1): 39-47.
- [6] 钱进,王超,王沛芳,等. 基于层次分析法的河湖滨岸缓冲带宽度适宜性评价[J]. 水资源保护,2008,24(6): 76-79.
- [7] 高远. 基于GIS的区域生态环境敏感性评价[D]. 武汉:华中科技大学,2012.
- [8] 刘照程. 基于GIS的城市生态公园生态敏感性评价与生态功能区划研究[D]. 株洲:中南林业科技大学, 2011.
- [9] 张文艺. GIS缓冲区和叠加分析[D]. 长沙:中南大学, 2007.
- [10] 林松,金建峰,张其成,等. 小尺度水域保护划界方法研究——以台州市新桥镇为例[J]. 水资源保护, 2016,32(2):35-40.
- [11] 夏萍,汪凯,李宁秀,等. 层次分析法中求权重的一种改进[J]. 中国卫生统计,2011,28(2):151-154+157.
- [12] 郭金玉,张忠彬,孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. 中国安全科学学报,2008,18(5):148-153.
- [13] 于海洋. 临港区域生态环境需水量研究[D]. 大连:大连理工大学,2015.
- [14] 黄静. 城市水景观体系规划研究[D]. 南京:南京林业大学,2013.
- [15] 马会岭. 城市滨水景观设计理论探析[D]. 北京:北京林业大学,2006.
- [16] 王双玲. 基于流域水生态承载力的污染物总量控制技术研究[D]. 武汉:武汉大学,2014.
- [17] 刘子刚,蔡飞. 区域水生态承载力评价指标体系研究[J]. 环境污染与防治,2012,34(9):73-77.