

DOI: 10.20152/j.np.202401310030

彭婉婷, 朱自煜, 刘佳, 林云杉, 杨文慧, 蔡文博, 吴承照. 长江口生态系统特征和保护价值评价. 国家公园(中英文), 2024, 2(2): - .

Peng W T, Zhu Z Y, Liu J, Lin Y S, Yang W H, Cai W B, Wu C Z. Assessment of the ecosystem characteristics and conservation value of the Yangtze River Estuary. National Park, 2024, 2(2): - .

长江口生态系统特征和保护价值评价

彭婉婷^{1,3}, 朱自煜², 刘佳¹, 林云杉¹, 杨文慧^{1,3}, 蔡文博⁴, 吴承照^{1,3,*}

1 同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092

2 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092

3 高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室国家公园和自然保护区规划研究中心, 上海 200092

4 华东师范大学中国现代城市研究中心/城市发展研究院, 上海 200062

摘要: 长江口是一个以咸淡水交互作用为基础的复杂生态系统, 是东亚—澳大利西亚候鸟迁徙路线的重要节点, 是中华鲟等珍稀水生动物生命过程中不可或缺的“三场一通道”。由于该区位于高度城市化区域, 受人为干扰影响明显, 生物多样性和生态服务功能下降等问题突出, 迫切需要系统分析和评估该区域生态系统特征和保护价值, 识别生态系统关键区, 以实现保护与发展的空间统筹。通过识别和分析长江口生态系统特征, 从国家代表性、生态重要性、保护基础三个层次构建保护价值综合评价体系, 识别保护关键区。研究表明, 长江口生态系统呈现“三高一低”的特征; 滨海湿地生态系统、鸟类及水生生物多样性保护等方面均表现出显著的国家代表性, 并且具备高敏感性、高风险、高生态服务功能特征。长江口保护价值呈现空间异质性, 东部及水源保护区保护价值高, 三级分汊航道保护价值较低, 保护关键区集中在崇明东滩周边、北湖、九段沙、横沙西部及水库区。建议相关部门进一步推进长江口国家公园的规划建设工作, 整合各类自然保护区, 实现长江口生态完整性保护, 促进长江大保护、长三角一体化的国家战略实现。

关键词: 国家公园; 长江口; 生态系统特征; 保护价值; 保护关键区

Assessment of the ecosystem characteristics and conservation value of the Yangtze River Estuary

PENG Wanting^{1,3}, ZHU Ziyu², LIU Jia¹, LIN Yunshan¹, YANG Wenhui^{1,3}, CAI Wenbo⁴, WU Chengzhao^{1,3,*}

1 School of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China

2 School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China

3 Key Laboratory of Ecology and Energy-saving of High-density Human Settlements, Ministry of Education, National Park and Nature Reserve Planning Research Center, Shanghai 200092, China

4 The Center for Modern Chinese City Studies, Institute of Urban Development, East China Normal University, Shanghai 200062, China

Abstract: The Yangtze River Estuary is a complex ecosystem based on the interaction of salt and fresh water. It is an important node on the East Asian-Australasian Flyway for migratory birds and an indispensable "three sites and one corridor" for the life cycle of rare aquatic animals such as Chinese sturgeon. However, due to its location in a highly urbanized area, the region is significantly affected by human interference, resulting in prominent issues such as a decline in biodiversity and ecological service functions. There is an urgent need for systematic analysis and assessment of the ecosystem characteristics and conservation value of this region, as well as the identification of critical ecosystem areas, to achieve spatial integration of conservation and development. This study systematically identified and analyzed the ecosystem

基金项目: 上海市科委青年科技英才扬帆计划(21YF1419600); 上海市科学技术委员会软科学研究项目(23692117800); 国家自然科学基金项目(52208066); 国家社会科学基金重点项目后续项目(20FGLB014)

收稿日期: 2024-01-31; **采用日期:** 2024-03-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wuchzhao@vip.sina.com

characteristics of the Yangtze River Estuary, and constructed a comprehensive evaluation system for conservation value from three levels: national representativeness, ecological importance, and conservation foundation. It systematically analyzed and evaluated the conservation value of the Yangtze River Estuary, and identified critical conservation areas. The results showed that the ecosystem of the Yangtze River Estuary exhibited the characteristics of ‘three highs and one low’, indicating extremely high conservation value. Coastal wetland ecosystems, birds, and aquatic biodiversity conservation all demonstrated significant national representativeness, coupled with high sensitivity, high risk, and high ecological service function characteristics. The conservation value of the Yangtze River Estuary exhibited spatial heterogeneity. It was high in the eastern region and water source protection areas, but relatively low in the third-level branching channels. Critical protected areas were concentrated around Chongming Dongtan, Beihu, Jiuduansha, the western part of Hengsha, as well as reservoir areas. We suggest that relevant departments further advance the planning and construction of a national park in the Yangtze River Estuary, integrate various types of nature reserves, achieve ecological integrity protection in the Estuary, and promote the national strategies of comprehensive protection of the Yangtze River and integration of the Yangtze River Delta region.

Key Words: National Park; Yangtze Estuary; ecosystem characteristics; conservation value; critical conservation area

长江口既是长江大保护的关键区域,也是长江经济带发展的关键区域^[1]。然而,由于缺乏系统性全面性的保护策略,在高度城市化及其他人为干扰影响下^[2],该地区的湿地与浅滩生物栖息地受到了严重损害,生境破碎化严重进而导致了主要经济鱼类产卵和觅食场所的丧失^[3],水污染、咸水入侵、风暴潮、物种入侵等是长江口面临的多重生态风险和威胁^[4-7]。尽管当前实施的 10 年禁渔政策有效地控制了过度捕捞,但此前长期的过度捕捞行为,以及航运活动的频繁、水污染问题的加剧、水利设施的建设等因素^[3, 6],已对长江口生态系统的健康状况造成了持续性的负面影响,表现为栖息地的丧失、生物多样性的减少以及生态服务功能的下降等问题^[7]。因此,迫切需要系统分析和评估该区域生态系统特征、保护价值,加强生态系统关键区保护。

现有研究主要聚焦于长江口湿地资源^[1, 2, 8]、水生生物保护^[9]、水鸟资源^[10]等方面,从不同方面论证长江口保护价值与重要性。尽管学者们从生态系统服务功能价值^[8, 11]、生态脆弱性^[5]等方面对长江口或崇明岛进行了评估,但鲜有研究能系统地从多个维度全面分析和评价长江口生态系统的整体保护价值。因此,本研究旨在系统分析长江口生态系统特征的基础上,从国家代表性、生态重要性、保护基础三个方面构建长江口生态系统关键区保护价值综合评价体系,通过对长江口河口生态系统代表性、水生旗舰种物种及栖息地、珍稀濒危水鸟及栖息地、 $\geq 1\%$ 全球种群鸟类及栖息地、生态系统服务、生态敏感性、生态风险、以及保护基础进行了系统分析和评价,以为长江口的整体性、完整性保护提供科学支撑。

1 长江口概况和生态系统特征分析

1.1 长江口范围

咸淡水交汇是长江口最突出的特征,基于咸淡水交汇的影响程度,把交汇程度最高的区域划定为长江口生态系统区域,大致范围是东经 120.933°—123°,北纬 30.5°—32°,以徐六泾(北纬 31.779°,东经 120.933°)为起点至入海口,呈“三级分汊、四口入海”的格局^[12]。根据《国际湿地公约》低潮时水深不超过 6 米的滨海水域属于湿地^[13],本研究以长江口 6m 水深范围作为研究区范围(图 1)。长江口是世界第三大河口,中国最大的淤泥质三角洲河口。长江携带的大量泥沙在入海口处由于水流速度减缓而逐渐沉积,形成了广阔的滩涂与岛链系统。在海洋潮汐作用再分配和径流等多重影响下,发育形成了淤泥质海岸带、潮间带、滩涂、盐沼、沙洲、沙岛等独特的河口滨海湿地生态系统,为我国和东亚水鸟、水生生物提供了关键优质的栖息生境,是我国稀有的长江中下游河口滨海湿地生态系统。

1.2 生态系统特征

由于长江河口位于海洋、陆地与河流生态系统交互作用的界面,因此孕育了极为独特的生态系统,并呈现

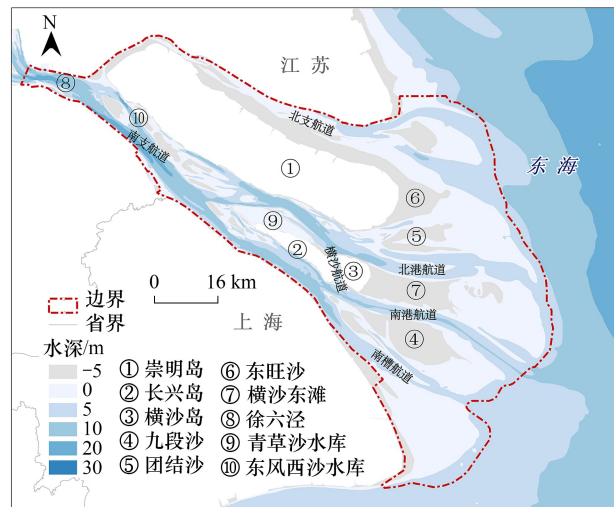


图1 研究区位和范围

Fig.1 The study area and its location

出“三高一低”的显著特征:

(1)开放性高。长江口生态系统与陆地、河流和海洋生态系统的物质能量交换频繁。相对于其他类型的生态系统,长江口生态系统通过水沙运动、昼夜潮汐、生物迁移人类活动物质能量频繁交换,生态系统结构与生态过程呈现复杂多变、高度不确定性特征,更具开放性^[1, 14]。

(2)敏感性高。长江口生态系统展现出高度敏感性,其形成与发育深受海洋、陆地、河流等多重外部环境的综合影响,包括水沙通量、潮汐、海水盐度、地形地貌的交互作用,以及人类活动的深刻干预。从内部结构分析,该生态系统内植物群落种类稀少、结构简单,尤其是长江口滩涂生态系统,其结构简单且演替迅速。因此,任何关键物种变化或外来物种的入侵,都可能对生态系统的结构与功能产生显著影响。

(3)脆弱性高。长江三角洲地区,作为人类活动尤为密集和强烈的区域,其河口生态系统展现出极高的脆弱性。长期的滩涂围垦、港口建设、工农业排放、外来物种引入等人为干扰,导致生态环境压力大、生态风险频发。气候变化导致的海平面上升将进一步加剧这一状况;改变长江口河口岛屿的水文过程,引发潮汐淹没、土壤侵蚀、生物入侵和咸水入侵等风险。此外,长江中上游水库建设等重大工程对入海径流和水沙通量的改变,也对长江口及近海的生态环境造成了显著影响。这些因素共同加剧了长江三角洲河口生态系统的脆弱性,使其面临巨大的风险和挑战^[15]。

(4)稳定性低。长江口生态系统因淡水径流、泥沙通量、潮汐与人类活动的综合影响,其河岸与河床地形地貌表现出显著的不稳定性。尽管盐沼区域存在高等植物群落,生物量较高,但物种组成单一,难以独立维持整个生态系统的结构与功能完整性。而且,长江口生态系统的初级生产力不足以自我维持,需依赖外部生态系统的物质与能量输入^[16]。

1.3 总体保护价值

长江口,江、海、岛资源兼备,长江口生态系统具有国家代表性:一是长江口是世界第三大河口、中国最大的淤泥质三角洲河口,处于长江下游重要的地理生态带,是具有国家代表性的滨海湿地生态系统,拥有东滩国际重要湿地、东滩鸟类国家级自然保护区和长江口中华鲟自然保护区;二是该区域是中国东部候鸟、东亚—澳大利西亚候鸟迁徙路线上最重要的停歇地,仅崇明东滩的水鸟约130种,约占全国水鸟总数的50%,占全球湿地鸟类总数的15%,为迁徙候鸟的生存繁衍提供重要保障;三是长江口集水生物“三场一通道”(栖息越冬场、生殖繁衍场、索饵肥育场和洄游通道),是中纬度太平洋区域生物多样性最丰富的河口,是中华鲟等濒危保护物种的关键栖息地,其生物多样性直接影响整个长江流域的生态系统和生物多样性的资源^[17]。

同时,该区域具有显著的生态重要性。长江口保存有典型完整的亚热带季风性滨海湿地生态系统,巨量的淡水径流和丰富的营养物质来源,构成了长江口复杂食物网的物质基础,不仅为栖息鸟类,并且对水生生物提供了充足且稳定的食物网络,丰富的鱼类资源成为维持人类健康的重要的蛋白质来源,对整个长江流域水生生物系统具有重要调节作用,维持了该区域较高的生物多样性价值^[9]。发育了完整的河口型潮汐滩涂湿地和独特的河口湿地景观,是生态系统服务功能重要区,提供着水源涵养、调节气候等多种生态系统服务。此外,长江口也是具有国际意义的 50 个生态敏感区之一,生态风险频发区。

该区域保护基础好,具有世界遗产提名地、国家级自然保护区等多个高价值生态空间和保护地系统,也是上海生态红线主要占比区。

2 保护价值评价方法

本研究在参考前人相关研究^[18-19],结合国内相关规范标准^[20-21],同时考虑长江口生态系统特征基础上,采取层次分析法从国家代表性、生态重要性、保护基础三个方面,共选取了 9 个评价指标构建长江口生态价值综合评价指标体系。

2.1 国家代表性评价

评价指标选取长江口滨海湿地生态系统、国家保护和濒危物种栖息地、 $\geq 1\%$ 全球种群鸟类及栖息地作为指标层。滨海湿地类型和分布从 2022 年长江口土地利用/覆盖数据集提取,数据获取自中国国家基础地理信息中心(NGCC),其空间分辨率为 30 米。国家保护和濒危物种名录参考《上海崇明东滩鸟类国家级自然保护区年度资源监测报告(2017—2021)》、《上海市重点保护野生动物名录》、《长三角地区越冬水鸟同步调查》等,共筛选出长江口监测到的珍稀濒危水鸟 30 种,包括国家 I 级重点保护野生动物 5 种,国家 II 级重点保护野生动物 17 种;以及达到 1%全球种群数量的重点保护鸟类 11 种。物种分布数据来源于全球物种分布数据 GBIF(<https://www.gbif.org/>)、中国观鸟中心(<http://www.birdreport.cn/>),共收集到 59318 条鸟类记录和 8040 个鸟类历史出现点,运用核密度指数分析潜在物种栖息地密集区。核密度指数计算公式如下:

$$f(x, y) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d_i}{h}\right) \quad (1)$$

式中, $f(x, y)$ 为 (x, y) 处的密度值, n 为观测的数量, h 为带宽, d_i 为 (x, y) 与 i 个观测点之间的距离,不同的密度值在空间上也有不同的表现。

濒危水生生物选取国家 I 级重点保护野生动物、IUCN 列为全球极度濒危物种(CR)、长江口旗舰物种中华鲟(*Acipenser sinensis*)作为代表性物种。中华鲟是一种大型溯河洄游鱼类,长江河口是其关键洄游通道和育肥场^[9]。采用最大熵 MaxEnt 模型(见公式 2),结合中华鲟历史分布点与分布相关的气候、物理环境、海洋和人类干扰变量,分析模拟其适宜栖息地。长江口中华鲟历史分布数据来自多源数据集,包括全球生物多样性信息设施 GBIF(<https://www.gbif.org/>)、海洋生物多样性信息系统 OBIS(<https://obis.org/>)和相关文献书籍^[9, 22],删除重复记录位点,最终获得了 109 个历史发生点。水深数据来自于美国国家海洋和大气管理局国家环境信息中心 ETOPO 2022 全球地形模型(<https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>);海洋数据来自于 Bio-ORACLE data^[23-24]。

熵公式为:

$$H(p) = - \sum_x p(x) \ln(x) \quad (2)$$

式中, $H(p)$ 为熵值, $p(x)$ 为环境变量出现点概率, x 是环境变量,即自变量。

2.2 生态重要性评价

评价指标选择生态系统服务价值、生态敏感性和潜在生态风险。生态系统服务价值采用根据本地因子校正的当量因子法^[18],对食物生产、原料生产、大气调节、气候调节、水源涵养、废物处理、土壤保育、维持生物多样性和美学景观 9 类生态服务类型进行价值核算,得到研究区域单位面积生态服务价值。生态系统服务价值

总量计算公式如下:

$$V_{ES} = \sum_{a=1}^9 \sum_{b=1}^6 M_b \times J_{a,b} \tag{3}$$

式中, a 为某种生态系统服务功能, b 为某种生态系统类型, V_{ES} 为崇明岛生态系统服务功能的经济总量, M_b 为第 b 种生态系统的面积, $J_{a,b}$ 为第 b 种生态系统的第 a 类生态服务功能单价。

生态敏感性从高程、水域缓冲区、NDVI、土地利用和覆盖等因素进行评估。高程数据来自于全球数字高程模型 (ASTER Global DEM), 分辨率为 30 米下载自美国地质勘探局 (USGS, <https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>)。本研究使用的 2020 年土地覆盖数据集从中国国家地理信息中心 (NGCC) 获取, 并转换为 GIS 格式进行数字化处理。

潜在生态风险考虑长江口面临的咸水入侵和互花米草入侵最主要两大生态风险, 咸水入侵风险评估借鉴 Jianrong Zhu 等^[25], 基于 ECOM-si 普林斯顿海洋模型改进的长江口咸水入侵风险研究。互花米草生长和扩张范围识别采用 Landsat 遥感解译法, 参考林世伟的研究^[26]。

2.3 保护基础评价

评价依据以现有生态保护红线、自然保护地和世界自然遗产地提名区为基准, 根据《上海市生态保护红线》、《上海市自然保护地整合优化方案》、《上海市生态空间专项规划 (2018—2035)》, 此范围目前已经形成 2 个国家级自然保护区、2 个国家湿地公园 (1 处拟建)、1 个国家森林公园, 以及多个饮用水源地一级保护区。除自然保护地和饮用水源地一级保护区外, 长江口区域内的生态红线还包括: 重要湿地、岛屿岸线、大陆岸线、水产种质资源保护区核心区等。同时, 研究范围内崇明东滩保护区部分区域已被划入《中国黄 (渤) 海候鸟栖息地 (二期) 世界自然遗产提名地》方案, 2024 年世界遗产大会将审议新的一批世界遗产提名地, 如果能在大会上审议通过, 该项目就将作为盐城候鸟栖息地的扩展而列入《世界遗产名录》。崇明东滩也极有可能成为上海市第一个世界遗产, 这也体现了该区域的高保护价值。

2.4 保护价值综合值计算和关键区识别

所有评价指标层进行栅格化处理转换为 30 m×30 m 的栅格网格单元, 并进行归一化处理 (公式 4)。权重系数的确定采用层次分析法, 根据建立的评价指标体系, 构建各评价指标相对重要性判断矩阵。判断矩阵根据上一层次相对于下一层次各元素的相对重要性, 两两比较。由多位专家对选取的各指标因子的相对重要性进行判断, 确定权重系数 (表 1)。运用栅格计算器, 计算每个指标层和该图层对应权重的加权综合分, 最终计算保护价值综合值 S , 计算公式如下 (公式 5)。根据价值高低划按等分划定四个等级, 分别是: 1) 高价值区, $\geq 75\%$; 2) 较高价值区, $75\% - 50\%$; 3) 中价值区, $50\% - 25\%$; 4) 低价值区, $< 25\%$; 识别高和较高价值区作为保护关键区。

表 1 长江口保护价值综合评价指标体系

Table 1 Evaluation index system for the suitability of establishing the Yangtze River Estuary National Park

目标层 A Objective layer A	准则层 B Criteria layer B	权重 Weight	指标层 C Index layer C	权重 Weight
长江口保护价值综合评价指标体系 Evaluation Index System for the conservation value in the Yangtze River Estuary	国家代表性	0.482	长江口滨海湿地生态系统	0.160
			$\geq 1\%$ 全球种群鸟类及栖息地	0.124
			国家保护和濒危物种栖息地	0.198
	生态重要性	0.318	生态系统服务价值	0.078
			生态敏感性	0.160
			潜在生态风险	0.080
	保护基础	0.200	生态保护红线	0.080
			自然保护地	0.080
			世界自然遗产地提名区	0.040

为了对不同指标层进行比较,首先需要对个指标层适宜性值进行归一化处理。由于标层适宜性值均为正指标,所以标准化公式如下:

$$P = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (4)$$

式中, P 为评价指标标准化处理后的评价值, x 为评价指标的实测值, $x_{\max}$ 为评价指标的最大值, $x_{\min}$ 为评价指标的最小值。

$$S = \sum_{i=1}^n W_i \times C_i \quad (5)$$

式中, S 表示保护价值综合值, W_i 表示第 i 指标/指数的权重, C_i 表示第 i 个指标/指数标准化后的评价值。

3 保护价值评价和关键区识别结果

3.1 国家代表性评价结果

从评价结果来看(图2),长江口滨海湿地生态系统、国家保护和濒危物种栖息地、 $\geq 1\%$ 全球种群鸟类及栖息地呈现出一定的空间差异性,但总体趋势相近,高价值关键区聚集在滨海湿地、鸟类和水生生物高适宜栖息地的崇明东滩及其周边。长江口滨海湿地生态系统由滩涂、滩地、沼泽地等多种类型组成,主要分布在崇明东滩、九段沙、北支和横沙岛,总面积约 474.86km²,约占总面积 7.51%。这些区域也是长江口 $\geq 1\%$ 全球鸟类的高价值栖息地。珍稀濒危鸟类高价值栖息地主要分布在崇明东滩、九段沙保护区、北湖、崇明西北部,以中华鲟为代表的水生珍稀濒危物种高适宜栖息地聚集在崇明东滩东旺沙、团结沙以及附近的北港航道附近。

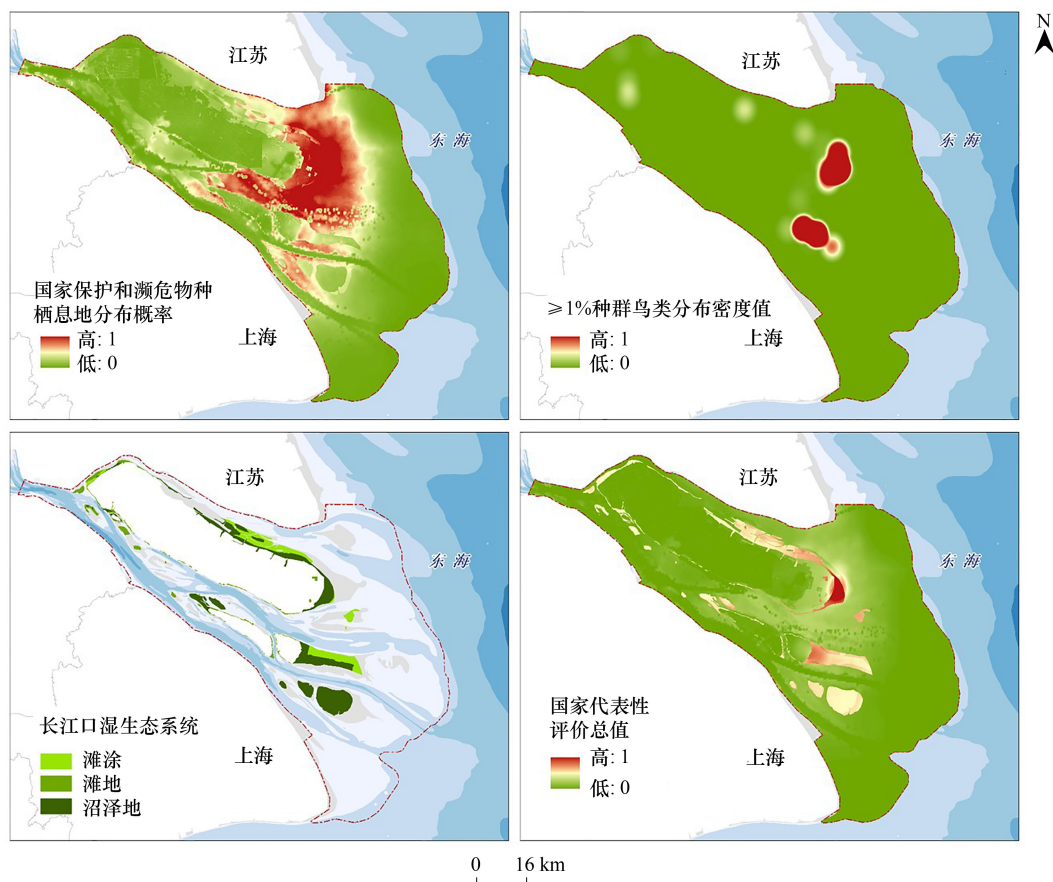


图2 长江口国家代表性评价图

Fig.2 Evaluation results of the national representation in the Yangtze River Estuary

3.2 生态重要性评价结果

研究结果来看(图3),长江口呈现高生态服务价值、高敏感性和较高生态风险特征。总体上,生态重要高价值关键区主要分布在崇明东滩和北部区域、横沙岛、九段沙,以及青草沙水库、明珠湖水库和北支北部。首先,生态敏感性关键区主要分布在崇明岛东部和北部、九段沙、横沙岛,总面积约 1167.86km²,占研究区总面积的 18.46%。其次,生态系统服务高价值区与生态高敏感区的分布特征相似,分布在崇明东滩、北支、九段沙、横沙岛区域,值得注意的是青草沙水库、西部明珠湖水库和北支北部区域也是提供生态系统服务的高能力供应区。最后,咸水入侵高风险区聚集在长江口东部和北支;互花米草入侵经过长时间治理,目前仅存在九段沙和崇明东滩北部部分区域,约占研究区总面积的 1.45%。

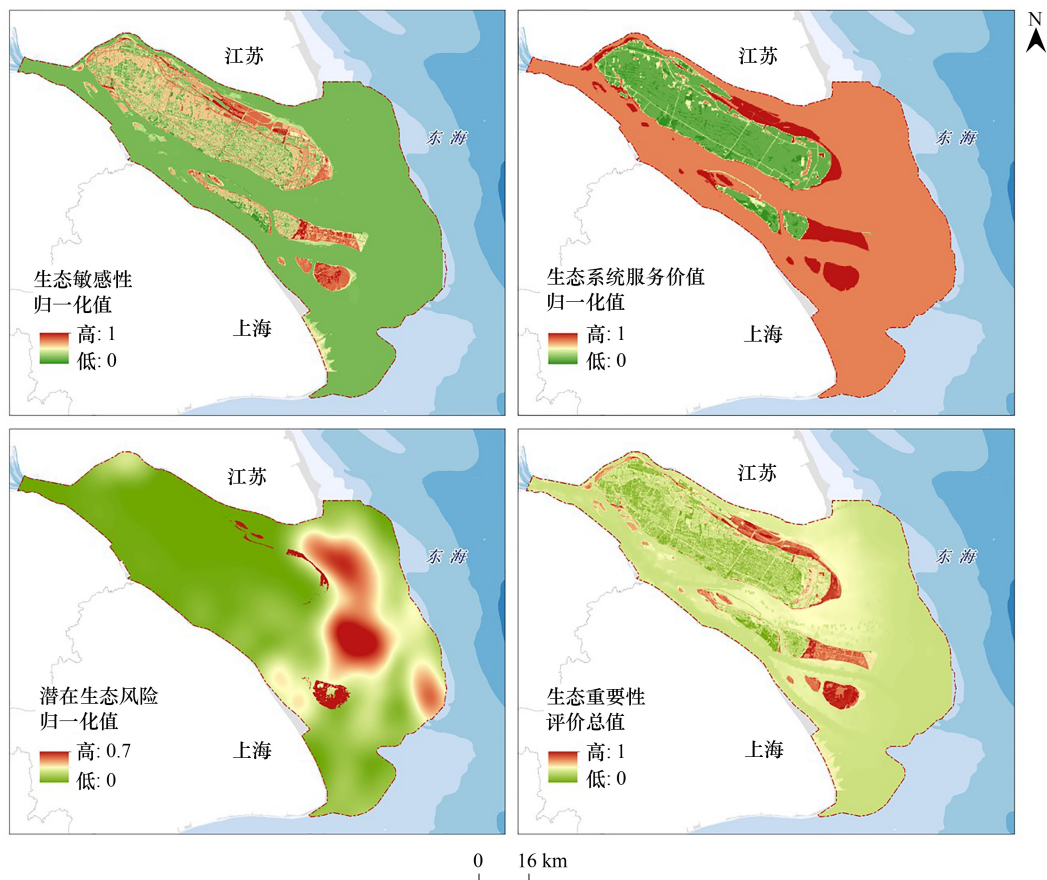


图3 长江口生态重要性评价图

Fig.3 Evaluation results of the Ecological importance in the Yangtze River Estuary

3.3 保护基础评价结果

保护基础根据长江口划定从生态保护红线-保护地系统-遗产地提名地多层次分析(图4)。首先,生态保护红线是在生态空间范围内具有特殊重要生态功能、必须强制性严格保护的区域,初步统计长江口内的生态红线陆域面积为 61.50km²,长江口河口及海域面积为 1934.62km²(含交叉重叠)。其次,整合后的上海自然保护地,长江口区域主要有国家级自然保护区两处,分别是崇明东滩国家级自然保护区、九段沙湿地国家级自然保护区,分别总面积 697.39km²、410.80km²;自然公园三处,崇明西沙国家湿地公园、东平国家森林公园,以及拟新建崇明北湖国家湿地公园。此外,保护基础还考虑到崇明东滩世界自然遗产提名地作为典型发育河口潮汐湿地和东滩候鸟栖息地的突出普遍价值。

3.4 保护价值综合评价和关键区识别结果

从保护价值综合评价来看(图5),整体呈现长江口东部高价值区聚集,三级分汊航道区域保护价值较低

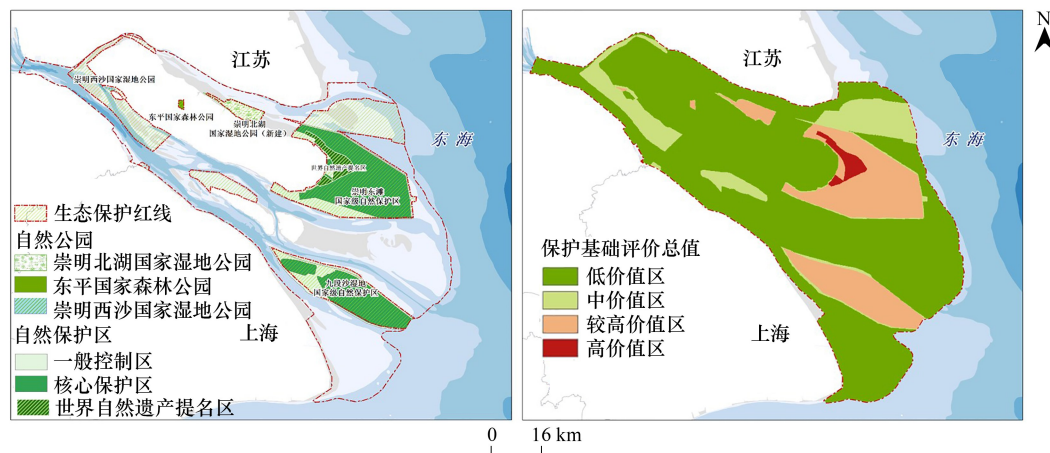


图4 长江口保护基础评价图

Fig.4 Evaluation results of the conservation importance in the Yangtze River Estuary

的空间特征。保护关键区主要聚集在崇明东滩及其区域、北湖、九段沙和横沙西部,以及青草沙水库、明珠湖水库附近区域,约 1608.19km²,占区域总面积的 25.4%。

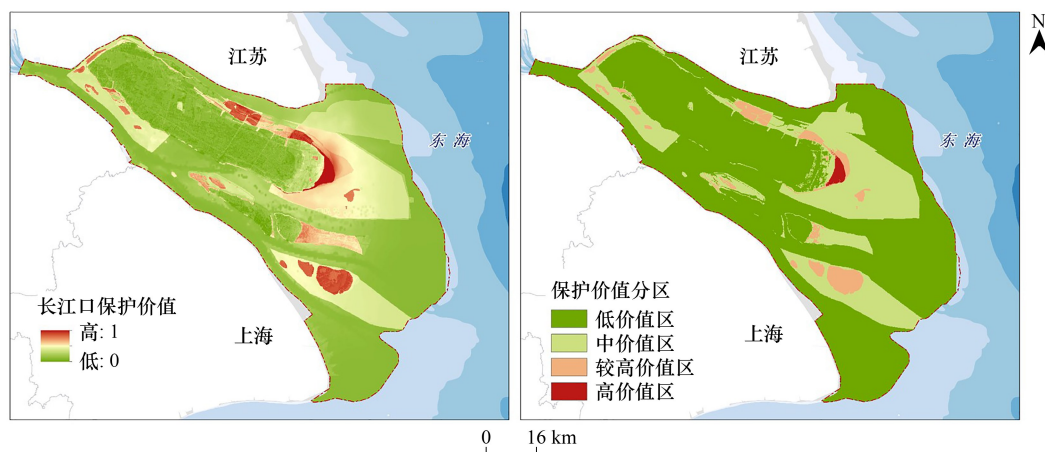


图5 长江口保护价值综合评价

Fig.5 Evaluation results of the conservation value in the Yangtze River Estuary

4 讨论与总结

长江口是基于咸淡水交汇而形成的独特生态系统,这个系统的边界与范围的确定需要更深入的研究。本研究在全面分析长江口生态系统保护价值基础上^[1, 9, 15, 27],从国家代表性、生态重要性、保护基础等三个层次多指标构建了长江口生态系统关键区综合评价体系,不同于生态系统服务价值评估、意愿调查价值评估法(Contingent Valuation Method, CVM)等方法评估长江口全域和海洋生态价值^[8, 11]。该评价体系有效识别了长江口鸟类及栖息地关键分布区、水生生物关键分布区、生态风险区、生态敏感区等。生态敏感区分布呈现聚集状,主要分布在崇明岛东部和北部、九段沙、横沙岛。这些生态敏感地带主要由滩涂湿地构成,芦苇(*Phragmites australis*)、海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*)以及藨草(*Scirpus triqueter*)是三种占据主导地位的植物。然而,这些区域的植物生物多样性相对匮乏,群落结构也显得较为单一。任何关键物种的数量变动,都将对河口生态系统的整体结构与功能产生深远的影响^[15]。

上海市政府在新一轮国土空间规划中在长江口划定了一定范围的生态红线区,实施严格保护,但这些红线区只是针对上海市域内一些自然湿地区域,对浙江、江苏省域内的关键区缺少统筹,同时上海市域内的各类保护地分属不同部门管理,统筹管理也存在一定难度。目前长江口生态系统保护面临的困境除了多头管理体制原因外,还有一个更重要的现实问题是经济发展,呈现五大矛盾:航道与鱼道渔场的矛盾、鸟类栖息地与风力发展的矛盾、港口码头建设与滩涂湿地保护的矛盾、快速多样的物种入侵与生境保护的矛盾、区域水污染与生态环境保护的矛盾。这些矛盾的解决的根本在于建立统一的管理体制,建立适应性管理机制,科学协调保护与发展矛盾,这个体制就是国家公园体制^[27],通过国家公园体制建设和适应性管理机制建设,实现长江口生态系统整体保护,分区管控,有序发展。

建议相关部门进一步推进长江口国家公园的规划建设,通过分期建设逐步推进,科学划定保护范围并配套适应性管理策略,平衡保护与发展,实现长江口生态完整性保护,维护区域生物多样性与生态安全,推动长三角地区的经济高质量绿色发展,促进长江大保护、长三角一体化的国家战略实现。

致谢:感谢国务院发展研究中心管理世界杂志社苏杨研究员、中国水产科学研究院东海水产研究所庄平研究员提供的宝贵资料和指导意见;感谢上海市崇明东滩自然保护区管理事务中心、自然资源部东海发展研究院给予的支持和帮助;感谢同济大学建筑与城市规划学院景观总体课程教学组意见,以及本组彭佩琳、吕安宜、邓瑀成、洪军的参与和贡献。

参考文献 (References):

- [1] 陈家宽. 长江河口滩涂湿地: 上海崇明东滩鸟类国家级自然保护区第二次综合科学考察报告. 上海: 上海科学普及出版社, 2022.
- [2] Cai W B, Peng W T. Exploring spatiotemporal variation of carbon storage driven by land use policy in the Yangtze River Delta region. *Land*, 2021, 10(11): 1120.
- [3] 高宇, 章龙珍, 张婷婷, 刘鉴毅, 宋超, 庄平. 长江口湿地保护与管理现状、存在的问题及解决的途径. *湿地科学*, 2017, 15(2): 302-308.
- [4] 中华人民共和国生态环境部. 2022 中国海洋生态环境状况公报. 北京: 中华人民共和国生态环境部, 2022.
- [5] Peng W T, Wang D D, Cai Y L. Assessing ecological vulnerability under climate change and anthropogenic influence in the Yangtze River estuarine island-chongming island, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(21): 11642.
- [6] Wu S D, Chen R S, Meadows M E. Evolution of an estuarine island in the anthropocene: complex dynamics of Chongming Island, Shanghai, P.R. China. *Sustainability*, 2019, 11(24): 6921.
- [7] 陈耀辉, 刘守海, 何彦龙, 秦玉涛, 季晓, 张昊飞, 徐韧. 近 30 年长江口海域生态系统健康状况及变化趋势研究. *海洋学报*, 2020, 42(4): 55-65.
- [8] 陈美田. 上海海洋生态系统服务功能及价值的时空变化和影响因素研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2019.
- [9] 庄平, 李大鹏, 张涛. 鲟鱼环境生物学--生长发育及其环境调控. 北京: 中国科技出版传媒股份有限公司, 2017.
- [10] Cui Y L, Tang Y N, Yang S, Wu W, Feng X S, Ma Q, Niu D L, Ma J, Ma Z J. Changes in wintering Hooded Cranes and their habitats at Chongming Dongtan over the past 20 years. *Avian Research*, 2023, 14: 100083.
- [11] 杨红, 刘广平. 长江口生态系统服务功能价值评估. *海洋环境科学*, 2008, 27(6): 624-628.
- [12] 王殿常, 吴兴华, 丁玲, 张蒙生, 谢涵, 张琴, 李松. 基于 Ecopath 模型的长江口生态系统结构与功能分析. *环境工程技术学报*, 2022, 12(2): 417-425.
- [13] 中华人民共和国国际湿地公约履约办公室. 湿地保护管理手册. 湿地保护管理手册, 2013.
- [14] Ouyang Z T, Gao Y, Xie X, Guo H Q, Zhang T T, Zhao B. Spectral discrimination of the invasive plant *Spartina alterniflora* at multiple phenological stages in a saltmarsh wetland. *PLoS One*, 2013, 8(6): e67315.
- [15] 高宇, 黄晓荣, 张婷婷, 王好, 杨刚, 庄平. 中国滨海河口海湾湿地生态系统研究进展——以长江口为例. *湿地科学与管理*, 2016, 12(4): 59-63.
- [16] 蔡友铭, 周云轩. 上海湿地. 2 版. 上海: 上海科学技术出版社, 2014.

- [17] 吴承照, 余和芯, 寇梦茜. 国家公园与自然保护地研究实践新进展——2021—2022 第六届生态文明与国家公园体制建设学术研讨会综述. 园林, 2022, 39(12): 4-10.
- [18] 陆周婷. 崇明岛生态系统服务价值及其敏感性研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2018.
- [19] 苏红巧, 苏杨, 林翰哲. 国家公园与区域发展关系研究——以上海生态之城建设为例. 环境保护, 2020, 48(15): 49-54.
- [20] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 国家公园设立规范. 北京: 中华人民共和国国家标准, 2021-10-11:
- [21] 姚国荣. 大黄山国家公园建设范围界定与意义. 园林, 2017(2): 17-19.
- [22] Wang S K, Zhang T, Yang G, Wang Y, Zhao F, Zhuang P. Migration and feeding habits of juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray 1835) in the Yangtze Estuary: implications for conservation. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2018, 28(6): 1329-1336.
- [23] Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Verbruggen H, Serrão E A, De Clerck O. Bio-ORACLE v2.0: extending marine data layers for bioclimatic modelling. Global Ecology and Biogeography, 2018, 27(3): 277-284.
- [24] Tyberghein L, Verbruggen H, Pauly K, Troupin C, Mineur F, De Clerck O. Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. Global Ecology and Biogeography, 2012, 21(2): 272-281.
- [25] Liang X, Zhang Y Z. Coastal environment, disaster, and infrastructure - A case study of China's coastline. Intechopen. 2018
- [26] 林世伟. 上海市潮滩湿地退化评估及生态修复优先区识别[D]. 上海: 华东师范大学, 2021.
- [27] 吴承照, 吴志强, 苏杨, 庄平, 庄志民. "鸟飞鱼跃"之后, 长江口如何打造高品质生态空间. 文汇报, 2021-2021-01-17.