长江口南汇海滩湿地保护及亲海空间探索

高敏[1]，徐沈婕[1]，李佳[1]，陈明洋[1]，郭兴杰[2]，袁瑞[3]

（1. 上海市浦东新区海洋管理事务中心　上海　201299；2. 上海市自然资源调查利用研究院　上海　200072；
3. 上海海事大学　上海　201306）

摘要：长江口南汇地区兼具河口三角洲和海洋湾区的地理特征，近年来该区域新发育的海滩已成为上海市市民最热门的亲海空间之一。文章通过收集地形数据、卫星遥感数据及相关文献资料等，研究了南汇海滩当前存在的问题，并提出了滩涂湿地的长效保护策略及亲海空间拓展建议，具体如下：（1）南汇海滩近年来存在海岸侵蚀、互花米草入侵等灾害风险，局部存在离岸流分布；（2）目前上海临港滨海生态保护修复工程已经成功遏制南汇海滩的持续侵蚀趋势，并彻底清除了互花米草；（3）拟定了南汇海滩智能化管理措施，并提出了南汇海滩数字化底座和智慧管理措施建议；（4）建议将南汇海滩建成海洋公园，整体可规划为滩涂保护区、内湖湿地区、科普廊道、亲海游憩区，并根据离岸流分布区划定了安全游憩红线。

关键词：南汇海滩；亲海空间；海洋公园；智能；保护

中图分类号：X37；P748　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1005-9857（2025）12-0113-09

Protecting Nanhui Shoal and Designing Human-Ocean Interaction Zones in the Yangtze River Estuary

GAO Min[1]，XU Shenjie[1]，LI Jia[1]，CHEN Mingyang[1]，GUO Xingjie[2]，YUAN Rui[3]

（1. Shanghai Pudong New Area Marine Management Affairs Center，Shanghai 201299，China；
2. Shanghai Institute of Natural Resources Investigation and Utilization，Shanghai 200072，China；
3. Shanghai Maritime University，Shanghai 201306，China）

Abstract：The Nanhui area at the mouth of the Yangtze River exhibits geographical characteristics of both an estuarine delta and a marine bay. In recent years，newly formed shoals in this region have become one of the most popular coastal recreation spaces for residents of Shanghai. By collecting topographic data，satellite remote sensing imagery，and relevant literature，this study investigates current challenges facing the Nanhui shoal and proposes long-term conservation strategies for tidal flats and wetlands，along with recommendations for expanding public access to coastal areas. The main findings are as follows：（1）In recent years，the Nanhui shoal has faced multiple hazards，including coastal erosion，invasion by *Spartina alterniflora* (smooth cordgrass)，and localized rip current occurrences.（2）The Lingang Coastal Ecological Protection and Restoration Project in Shanghai has successfully curbed ongoing

收稿日期：2025-07-25；**修订日期：**2025-12-09

基金项目：上海市浦东新区生态环境局科研课题（Pdhy2024014）.

作者简介：高敏，高级工程师，硕士，研究方向为海洋管理

通信作者：郭兴杰，高级工程师，博士，研究方向为海岸带动力地貌演变

beach erosion and completely eradicated *Spartina alterniflora* from the area.（3）Intelligent management measures for the Nanhui shoal have been formulated，including proposals for establishing a digital foundation and implementing smart management systems.（4）It is recommended that the Nanhui shoal be developed into a marine park，with integrated zoning comprising a tidal flat conservation area，an inland lake wetland zone，an science popularization corridor，and a coastal recreation area. Additionally，safety boundaries for recreational activities have been delineated based on identified rip current zones.

Keywords：Nanhui shoal，Pro sea space，Ocean park，Intelligence，Protection

0 引言

潮滩湿地是陆域和海洋相互作用的关键地带[1-3]，是河口和滨海生态系统的重要组成部分，在维持海岸带生物多样性和生态系统服务供给中具有重要作用[4-5]。受全球气候变化、沿海地区人口增长和经济快速发展的影响，沿海城市对土地资源的需求与日俱增，形成了愈加突出的人地矛盾[3,6]。当前，潮滩湿地资源的耗损状况非常严峻[3,7]，据统计，1970—2015 年全球约丧失 35%的潮滩湿地[8]。在气候变化背景下，联合国《海洋科学促进可持续发展十年（2021—2030 年）实施计划》对滨海湿地的保护、管理和修复提出了新的要求。因此，如何科学地开展潮滩湿地保护和修复，已成为管理部门和研究者需要解决的重要问题。

长江口是我国第一大河口，由于长江流域源源不断的泥沙供给形成了大型淤泥质河口[9]，也造就了大量的河口潮滩湿地资源，其中，南汇地区位于长江口和杭州湾的交界区，周围边滩淤涨速率极快[10-11]，过去一直是上海重要的土地资源增长区，近年来受流域来沙减少和围垦造陆的压力，南汇周围边滩湿地已出现一定的侵蚀现象[12]。其中，位于杭州湾一侧的南汇海滩是近年来发育的新生海滩，已经成为上海南汇海岸重要的自然潮滩湿地。2024 年 5 月，上海市公示的《上海市海岸带及海洋空间规划（2021—2035）（草案）》中指出，提升滨海公共空间品质，拓展区域公园、城市公园、游憩用海区及亲海岸线等公众亲海空间。

目前，上海在南汇海滩周围实施了临港滨海海洋生态保护修复项目，开展堤外滩涂保护与修复、潮间带生物多样性修复等[13]。本文基于近年来南汇海滩遥感数据和实测地形数据，对南汇海滩的保护和未来亲海空间拓展开展研究，主要回答以下 4 个问题：（1）流域入海泥沙锐减对南汇海滩的威胁；（2）互花米草入侵对南汇海滩生态的影响；（3）临港滨海海洋生态保护修复项目的工程影响；（4）南汇海滩安全游憩策略及亲海空间规划研究。

1 研究区概况

1.1 自然地理概况

南汇边滩位于长江口第三级分汊河槽南侧，平面形态为向海发育的“犁头状”边滩地形，是长江口和杭州湾涨潮分流、落潮合流共同作用下形成的淤积性潮滩。通常以石皮沥为界，北侧为南汇东滩，南侧为南汇海滩[14]。

长江口南汇海滩的潮汐主要以半日分潮（M2）为主，平均潮差为 2.67 m，最大潮差为 4.62 m，最大流速为 1.95 m/s，1982 年表层沉积物 D50 为 6.0 Φ，以泥质粉砂和粉砂为主，后来于 2012 年整体粗化，D50 为 2.3 ～ 5.8 Φ[15-16]。

1.2 南汇地区围垦工程

由于长江口南岸的持续淤涨，近 20 年来长江口实施了众多的围垦整治工程，1994—2009 年促淤成陆 142.2 km^2，主要工程有南汇东滩促淤圈围一期、二期，人工半岛一期、二期，浦东国际机场工程，机场外侧圈围工程和临港世纪塘等。2013—2017 年主要实施了南汇东滩促淤整治一期、二期工程，建设堤坝 86.5 km，面积达 147 km^2，目前仅 N1 库区促淤成陆，还有 132.3 km^2 面积尚未成陆（图 1、表 1）。

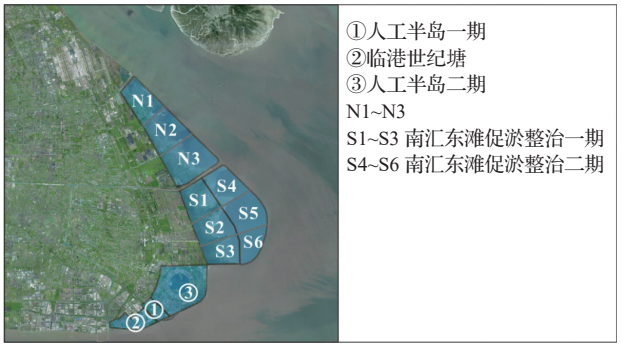


图 1　南汇边滩周围工程信息

Fig.1　Engineering information around Nanhui Shoal

表 1　南汇海滩主要工程信息

Table 1　Major engineering information of Nanhui Shoal

区域编号	工程名称	面积 /km^2	工程时间	工程信息
①	人工半岛一期	7.3	1994—1999 年	促淤成陆
⑥	临港世纪塘	3.2	1998—2000 年	促淤成陆
③	人工半岛二期	33.00	2004—2006 年	促淤成陆
N1 ～ N3；S1 ～ S3	南汇东滩促淤整治一期	104.70	2013—2014 年	堤坝总长约 67.40 km
S4 ～ S6	南汇东滩促淤整治二期	42.30	2016—2017 年	堤坝总长约 19.10 km
N1	N1 库区消纳工程	14.67	2013—2017 年	促淤泥沙体积约 $1\,933\times10^4$ m^3

1.3　临港滨海海洋生态保护修复项目

为有效遏制互花米草扩散态势，提高滨海生态系统活力，上海在临港近岸海域实施了临港滨海海洋生态保护修复项目。该项目于 2022 年 7 月 16 日开工，2023 年 11 月完工。该项目由芦潮港水闸东导堤至南汇东滩四期大堤，涉及岸线总长 17.05 km，与本项目研究区域局部重叠。工程主要采取堤外滩涂保护与修复、潮间带生物多样性修复、科普管护设施配套等生态修复措施。该工程项目的主要施工内容之一为潮间带生物多样性恢复，其中互花米草治理 25.38 hm^2，盐沼植被恢复 62.30 hm^2（芦苇种植 24.08 hm^2，海三棱藨草种植 38.22 hm^2）及底栖生物投放 6.5 t[17]。

2　研究方法

2.1　调研方法

地形调查：本文收集了2008年、2013年、2015年、2017 年、2019 年、2021 年、2022 年和 2023 年的遥感影像，遥感影像数据收集自上海市测绘院地理信息公共服务平台。研究还收集了 2007 年、2009 年、2011 年、2013 年、2015 年、2017 年、2019 年、2021 年和 2023 年南汇海滩周围地形数据，其中地形数据收集自海图，部分数据通过实测获取。

文献调研：收集南汇海滩相关新闻、规划和科研文献，针对未来亲海空间的需求及存在的问题进行研究和综合分析。

2.2　数据处理

在 ArcGIS 平台对地形数据进行插值和网格化处理。采用 Kriging 法插值可以最大限度地保留原始数据的真实性。本文采用该方法进行插值后，建立精度为 20 m 的数字高程模型（DEM），不同年份的 DEM 相减形成冲淤数据。

2.3　数据分析

采用 ArcGIS 平台中的 3D Analyst 工具统计各年份栅格数据的体积，其体积差与面积和间隔年份相除，形成相邻年份的冲淤变化量，相关统计结果见第 3.1 节。

3　结果

3.1　海滩地形与滩涂变化

3.1.1　地形变化

根据 2007—2023 年冲淤变化情况可知：2007—2009 年南汇海滩东侧局部淤积，但周围都发生了侵蚀，年均淤积厚度约 0.67 cm；2009—2011 年南汇海滩周围发生淤积，年均淤积厚度约 0.98 cm；2011—2013 年南汇海滩周围延续淤积态势，年均淤积厚度约 1.59 cm；2013—2015 年近岸出现较大幅度淤积，年均淤积厚度约 2.36 cm；2015—2017 年南汇海滩以侵蚀为主，年均侵蚀厚度约 1.43 cm；2017—2019 年南汇海滩侵蚀范围扩大，近岸最大侵蚀深度超过 1 m，年均侵蚀厚度约 2.68 cm；2019—

2021 年研究区周围延续侵蚀态势，但侵蚀速率变缓，由于近岸数据缺失，无法直接获取结果，年均侵蚀厚度约 0.55 cm；2021—2023 年近岸数据缺失，周围以淤积为主，年均淤积厚度约 1.88 cm，最大淤积厚度超过 1 m（图 2、表 2）。

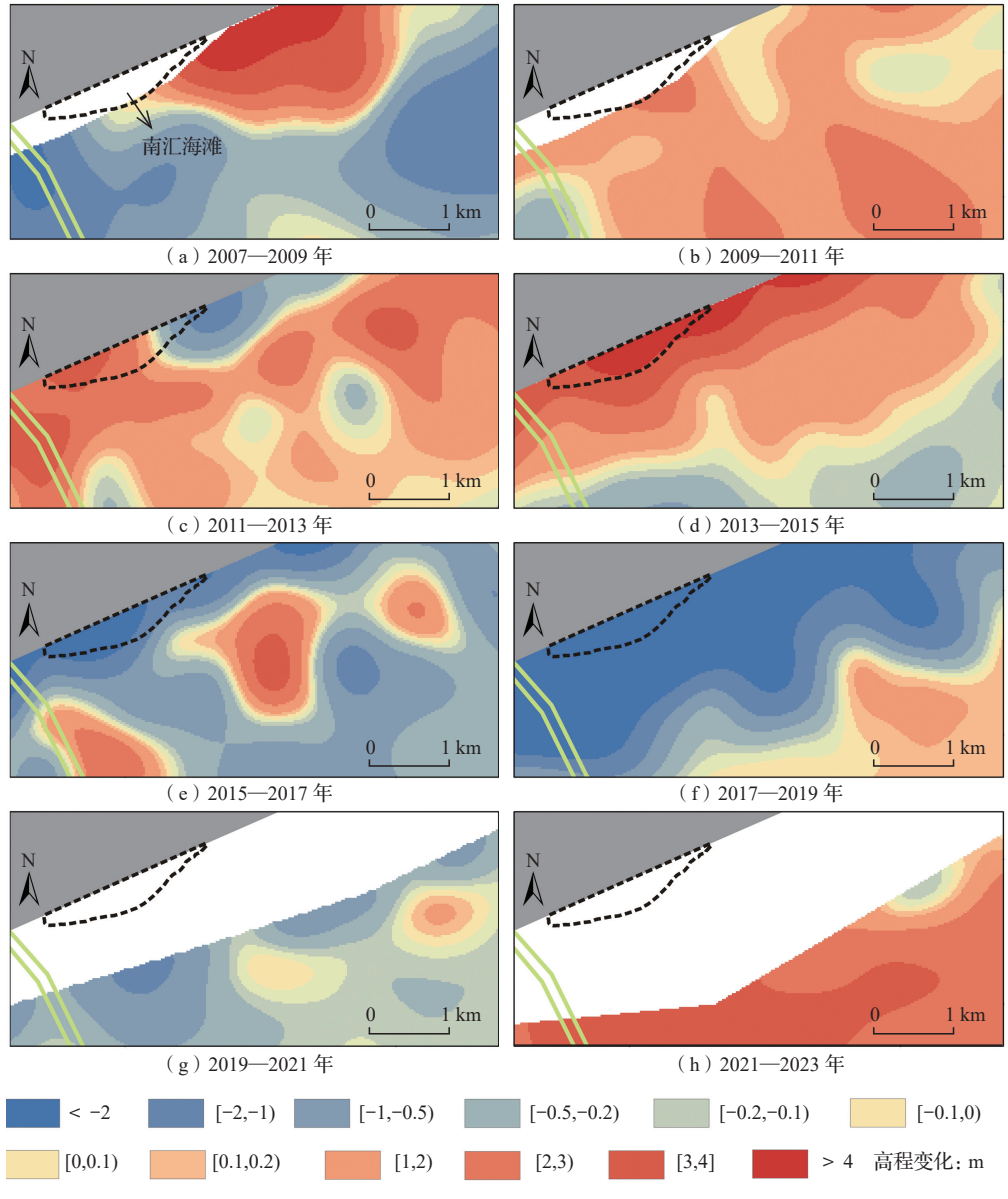


图 2 2007—2023 年南汇海滩及周围冲淤变化

Fig.2 Changes in erosion and deposition of Nanhui South Shoal and its surrounding areas from 2007 to 2023

表 2 南汇海滩年均冲淤变化厚度

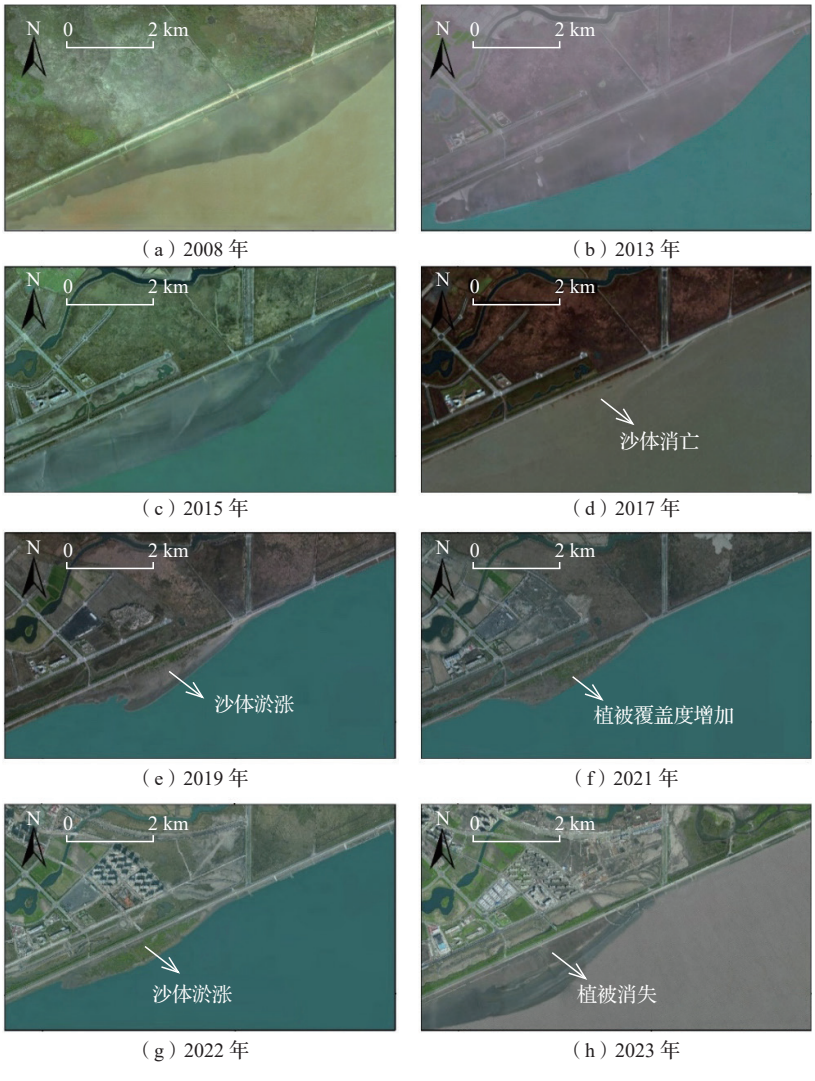
Table 2 Annual average thickness of erosion and deposition changes at Nanhui South Shoal

指标	2007—2009 年	2009—2011 年	2011—2013 年	2013—2015 年	2015—2017 年	2017—2019 年	2019—2021 年	2021—2023 年
年均冲淤厚度 /cm	0.67	0.98	1.59	2.36	−1.43	−2.68	−0.55	1.88

注：正值为淤积，负值为侵蚀。

3.1.2　海滩遥感变化

根据遥感影像可知，2008—2015 年南汇海滩已经存在较大面积的滩涂，尽管面积略有波动，但整体格局没有太大的变化［图 3（a）—图 3（c）］；2017 年滩涂发生萎缩性发育，仅在局部岸边存在小规模出露滩涂［图 3（d）］；2019 年后潮滩面积明显增加［图 3（e）］；2021 年滩涂面积还在持续增加［图 3（f）］；2022 年滩涂面积继续增长［图 3（g）］；2023 年滩涂面积较上年基本保持稳定［图 3（h）］。



（a）2008 年　（b）2013 年　（c）2015 年　（d）2017 年　（e）2019 年　（f）2021 年　（g）2022 年　（h）2023 年

图 3　2008—2023 年南汇海滩滩涂和植被变化

Fig.3　Changes of shoal and vegetation in Nanhui South Shoal from 2008 to 2023

3.2　海滩植被覆盖变化与外来物种入侵

根据图 3 所示遥感影像可知，2008—2015 年南汇海滩植被分布较少；2017 年海塘基本消失；2019 年后海滩近岸有植被发育；2021 年植被面积大幅增加，出露的滩涂基本被植被覆盖；2022 年植被覆盖面积呈增长趋势；2023 年滩涂植被消失。

根据近年来对南汇海滩植被分布的调查可知，南汇海滩植被种类主要为互花米草、海三棱藨草及芦苇。根据 2017 年浦东新区海岸带植被调查数据，2017 年 7 月在临港新城沙滩区域尚能观测到 21.18 hm^2 的海三棱藨草生长区，但至 2021 年成片的海三棱藨草群落已呈斑块化少量分布，可见 4 年间互花

米草入侵及扩张态势明显，在较短时间内快速挤占本地植被的生长空间，形成了大面积的单种优势植被群落。2022 年观测期间，互花米草植被面积为 27.98 hm^2，在植被种类中分布面积最大（表 3）[13]。

表 3　植被分布面积及变化

Table 3　Vegetation distribution area and changes

hm^2

植被类型	2021 年面积	2022 年面积	面积变化值
互花米草	33.97	27.98	−5.99
海三棱藨草	7.20	5.53	−1.67
芦苇	0.25	1.81	1.56
红树林	0.48	0.00	−0.48
合计	41.90	35.32	−6.58

3.3　潜在亲海风险

离岸流是市民亲海游憩时存在的潜在危险。南汇海滩在满足市民的亲海娱乐或海岸旅游需求的同时，也需要对其周围潜在的离岸流保持足够的警惕。2024 年，最新遥感数据显示，南汇海滩周围存在明显的潮沟和沙丘缺口等地形特征，且中间存在明显的条状深水区，属于典型的潜在离岸流分布区。根据遥感信息可知，南汇海滩存在 3 条疑似离岸流条带区（图 4）。

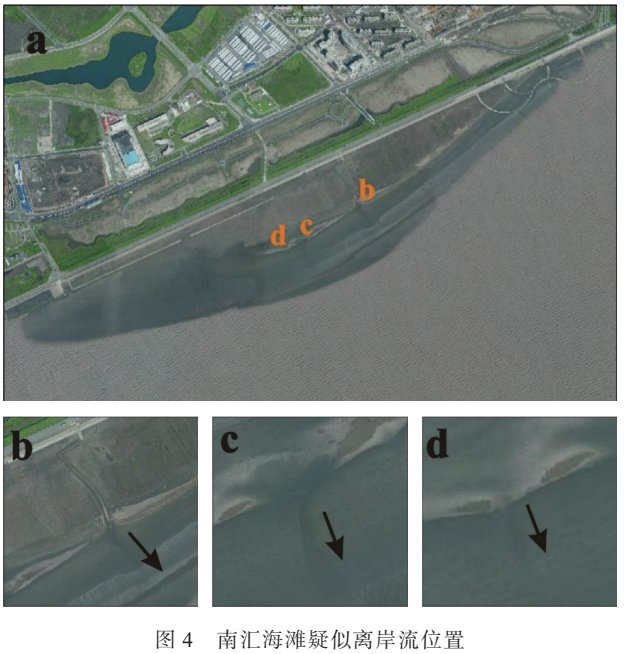


图 4　南汇海滩疑似离岸流位置

Fig.4　Locations of suspected rip currents at Nanhui Shoal

4　讨论

4.1　南汇海滩稳定性评价

4.1.1　岸带地形稳定性评价

由于长江流域输沙量减少了 75%，长江口和杭州湾北岸东侧出现了不同程度的侵蚀现象[12]，同时也导致长江口岸滩发生侵蚀。根据第 3.1 ～ 3.2 节可知，南汇海滩周围在 2015—2019 年出现了明显的侵蚀现象。近年来，上海在南汇海滩周围实施临港滨海海洋生态保护修复项目，并在滩涂区采取工程缓流阻流措施。采用人工牡蛎礁块体，在低滩区域构建复合型牡蛎礁单元来缓流、护滩和消浪，而中高滩采用消浪坝，其具有消浪和保滩作用，主要应用在潮流和波浪作用均较强的海岸带地区。根据 2021—2023 年南汇海滩地形演化情况可知，工程实施后的南汇海滩周围出现了轻微的淤积现象，最大淤积厚度在 1 m 左右，工程促淤成效明显，该研究区近期侵蚀风险较小。

4.1.2　水文特征评价

长江口南汇海滩主要受涨潮流控制，平均潮差约 2.67 m，且由于位于长江口和杭州湾交界处，潮流碰撞消能，整体流速较缓。此外，受长江输沙沉积的影响，长江口为淤泥质河口，表层沉积物整体较细，而南汇南滩地区表层沉积物以泥质粉砂和粉砂为主，沉积物较粗，且粗化现象加剧，整体稳定性较强。

南汇海滩发育有潮沟水系，存在一定的离岸流风险。离岸流具有明显的水文和地貌特征，即离岸流易发在地形突变的位置，如垂直于海岸的海沟（潮沟）、礁石区域、沙丘缺口、两滩尖之间、浪裂线不连续的地方。南汇南滩分布着一些潮沟水系，在低潮和大浪的时段更容易产生离岸流，需要防范灾害风险。

4.2　外来物种影响

根据第 1.3 节可知，2023 年的临港生态修复工程中包含治理互花米草 25.38 hm^2。根据南汇海滩的最新遥感信息，目前南汇海滩的互花米草已全部清除［图 3（h）］。根据目前国内外互花米草的治理案例可知[18]，尽管在短期内通过工程措施可以清除，

然而其治理很难做到“斩草除根”。需防止互花米草的二次入侵和复发，建立防止互花米草复发的监测预警机制，并对治理区域形成长期有效的管理。

4.3　管理建议

4.3.1　离岸流防治建议

由于南汇海滩存在离岸流风险，不利于亲海空间的开发，现提出以下建议：（1）加强离岸流知识的科普宣传；（2）在人员活动密集区设立警示牌；（3）在潜在离岸流区域划定禁止亲海区；（4）加强常态化智能监测和应急处置。

4.3.2　外来物种防治建议

在全面清除互花米草的同时，建议后期强化跟踪治理措施：（1）形成现场踏勘的阶段性跟踪机制；（2）形成早期预警、科学评估、因地制宜的技术方案；（3）强化防治科技支撑，科学制定不同潮滩环境下的治理技术方案。

4.3.3　强化无人机监测预警与救援脱困

通过无人机航摄遥感监测技术可快速获取生动直观、现势性强的高清地表影像和遥感数据。具体应用建议如下：（1）定期实施现场巡视、监测；（2）开展滩涂湿地安全隐患排查，可利用无人机进行风险识别和应急指导脱困；（3）开展海岸带数据监测。

4.3.4　构建海岸带数字化底座

在上海全面推进城市数字化转型的背景下，当前南汇海滩数字化建设尚未开始，缺少类似“智慧城市”或“数字孪生管理平台”等的数字化系统。建议建设南汇海滩数字化底座：（1）构建多要素全尺度数据库；（2）精细划分风险区；（3）耦合海洋水动力模型，实现海滩风险识别、海滩演化模拟。

4.3.5　亲海空间智慧管理策略

当前南汇海滩尚未开发，还未制定智慧管理措施。建议在进行数字化底座建设的基础上，制定并实施智慧管理策略：（1）全息数据动态可视化；（2）人机交互展示，通过新兴的虚拟现实（VR）技术、增强现实（AR）技术，真正实现海岸海洋数据的可交互展示，进而实现“观海不下海”的目标。

4.4　亲海空间规划初探

根据目前自然概况、离岸流识别、现场调查及卫片等研究，南汇海滩湿地保护可基本划分为 4 个不同功能区和一条红线，其中 4 个功能区为滩涂保护区（0.41 km^2）、内湖湿地区（0.29 km^2）、科普廊道（0.14 km^2）和亲海游憩区（0.16 km^2），并根据离岸流分布范围划定了一条安全红线（图 5）。南汇海滩分区规划和开发，既为市民提供了安全的亲海活动空间，也增加了生态保护区，保障了区域的生态功能。建议在空间区划格局基础上形成上海重要的亲海空间，建设面积达 1 km^2 的市级乃至国家级海洋公园。

图 5　南汇海滩湿地保护与游憩功能规划

Fig.5　Suggestions for the protection and recreation function zoning of Nanhui Shoal

其中，内湖湿地区和亲海游憩区可作为市民游憩空间，科普廊道可借助海塘内侧未利用地进行修筑，并设置一定的海洋科普景观区；亲海游憩区已经初步避开了潜在离岸流的影响，并且由于东侧生态修复工程牡蛎礁和栈道的修筑，对涨潮流有一定的阻挡作用，此区域危险度较低，可作为市民下海的亲海空间，东侧的栈道也可以作为亲海活动空间；尽管整体可形成 1 km^2 的海洋公园，但空间仍较为有限，建议未来可对亲海空间进行限流管控；由于南汇海滩内存在多个潜在离岸流区域，建议中间划定安全游憩红线，红线外部可作为自然保护区，承载海滩的生态保育功能。

5　结论

浦东新区南汇海滩近期成为当地最热门的亲海空间之一。本文通过收集水下地形数据、航片、卫

片及相关文献资料等，研究了南汇海滩当前存在的问题，并提出南汇海滩持续性生态保护策略及未来亲海空间拓展建议。主要结论如下。

（1）近年来，南汇海滩存在海岸侵蚀和互花米草入侵等生态环境问题。该海域尚未开发，局部存在离岸流等海洋风险隐患。由于临港滨海生态保护修复工程的实施，目前南汇海滩的侵蚀已得到缓解，且互花米草已被基本清除。

（2）建议建立互花米草长效治理机制，采取跟踪监测、早期预警和科学防治的治理措施；识别离岸流分布区，加强科普宣传，划定禁海区；制定南汇海滩智能化管理措施，强化无人机在监测预警与救援脱困中的应用，构建南汇海滩数字化底座。

（3）建议将南汇海滩建设成为市级乃至国家级海洋公园，将海滩区规划为滩涂保护区、内湖湿地区、科普廊道和亲海游憩区，并根据离岸流分布区划定安全游憩红线。

参考文献（References）：

[1] SOUSA C A M，CUNHA M E，RIBEIRO L. Tracking 130 years of coastal wetland reclamation in Ria Formosa，Portugal：opportunities for conservation and aquaculture[J]. Land Use Policy，2020，94：104544.

[2] VALIELA I，COLE M L. Comparative evidence that salt marshes and mangroves may protect seagrass meadows from land-derived nitrogen loads[J]. Ecosystems，2002，5(1)：92-102.

[3] DEEGAN L A，JOHNSON D S，WARREN R S，et al. Coastal eutrophication as a driver of salt marsh loss[J]. Nature，2012，490(7420)：388.

[4] BARBIER E B，HACKER S D，KENNEDY C，et al. The value of estuarine and coastal ecosystem services[J]. Ecological Monographs，2011，81(2)：169-193.

[5] COSTANZA R，DE GROOT R，SUTTON P，et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. Global Environment Change，2014，26：152-158.

[6] MENG W，HU B，HE M，et al. Temporal-spatial variations and driving factors analysis of coastal reclamation in China[J]. Estuarine Coastal and Shelf Science，2017，191：39-49.

[7] DAVIDSON E A，JANSSENS I A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change[J]. Nature，2006，440(7081)：165-173.

[8] 杨幸幸，江灿，周红宏，等. 基于PSR模型的崇明东滩盐沼生态系统退化评估[J]. 湿地科学与管理，2023，19(2)：51-56.
YANG Xingxing，JIANG Can，ZHOU Honghong，et al. Degradation assessment of the salt marsh ecosystem in Chongming Dongtan based on the PSR model[J]. Wetland Science and Management，2023，19(2)：51-56.

[9] 袁兴中，陆健健. 长江口潮滩湿地大型底栖动物群落的生态学特征[J]. 长江流域资源与环境，2002(5)：414-420.
YUAN Xingzhong，LU Jianjian. Ecological characteristics of macrobenthic communities in the intertidal wetlands of the Yangtze River estuary[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin，2002(5)：414-420.

[10] 陈沈良，张国安，谷国传. 长江口南汇边滩的演变及其沉积动力机制[J]. 上海地质，2003(4)：1-4.
CHEN Shenliang，ZHANG Guoan，GU Guochuan. Evolution of the Nanhui tidal flat at the Yangtze River estuary and its sediment dynamic mechanisms[J]. Shanghai Geology，2003(4)：1-4.

[11] 曹涌，张永昌，吴湘宾. 上海市滩涂资源及其开发利用[J]. 农业区划，1988(2)：16-20.
CAO Yong，ZHANG Yongchang，WU Xiangbin. Tidal flat resources in Shanghai and their development and utilization[J]. Agricultural Regional Planning，1988(2)：16-20.

[12] GUO X，FAN D，ZHENG S，et al. Revisited sediment budget model with latest bathymetric data in the highly altered Yangtze (Changjiang)Estuary[J]. Geomorphology，2021(1)：107873.

[13] 高敏，郭兴杰，姚弘毅. 长江三角洲南汇嘴自然岸线调查及保护研究[J]. 人民长江，2024，55(2)：77-83.
GAO Min，GUO Xingjie，YAO Hongyi. Investigation and conservation study of the natural shoreline at Nanhui Spit in the Yangtze River Delta[J]. People's Yangtze River，2024，55(2)：77-83.

[14] 李宇涵，郭兴杰，李林江，等. 人类活动对长江口南汇边滩演变的驱动效应[J]. 海洋学报，2025，47(6)：91-101.

LI Yuhan，GUO Xingjie，LI Linjiang，et al. The driving effect of human activities on the evolution of the Nanhui Shoal in the Changjiang River Estuary[J]. Haiyang Xuebao，2025，47(6)：91–101.

[15] 恽才兴. 从水沙条件及河床地形变化规律谈长江河口综合治理开发战略问题[J]. 海洋地质动态，2004(7)：8-14.
YUN Caixing. On the integrated management and development strategy of the Yangtze River estuary from the perspective of hydro-sediment conditions and riverbed morphological evolution[J]. Marine Geology Letters，2004(7)：8-14.

[16] 计娜，程和琴，杨忠勇，等. 近 30 年来长江口岸滩沉积物与地貌演变特征[J]. 地理学报，2013，68(7)：945-954.
JI Na，CHENG Heqin，YANG Zhongyong，et al. Characteristics of sediment and geomorphological evolution of the Yangtze River estuarine tidal flats over the past 30 years[J]. Acta Geographica Sinica，2013，68(7)：945-954.

[17] 任光瑞. 临港潮滩盐沼植被的生态修复效果分析[J]. 中国资源综合利用，2024，42(1)：135-137.
REN Guangrui. Analysis on ecological restoration effect of salt marsh vegetation in Lingang Tidal Flat[J]. China Resources Comprehensive Utilization，2024，42(1)：135-137.

[18] 兰圣伟. “清剿”互花米草亟须建立长效机制[N]. 中国自然资源报，2023-03-29(5).
LAN Shengwei. Establishing a long-term mechanism is urgently needed to eradicate Spartina alterniflora[N]. China Natural Resources News，2023-03-29(5).