

围填海活动的海洋环境与生物资源影响及对策建议

李学峰, 岳奇, 胡恒, 董月娥

(国家海洋技术中心 天津 300112)

摘要:为缓解沿海地区人地矛盾、拓展城市生存空间,围填海活动在短时间内迅速发展。然而,围填海工程在带来显著经济效益的同时,对近岸区域的海洋环境与生物资源造成了诸多负面影响。为此,文章分析围填海活动对海洋水文动力条件、水体质量、防灾减灾等海洋环境带来的威胁,探讨其对生物多样性、栖息地保护、生态系统服务功能价值产生的损害。最后,在完善围填海国家政策法规管理制度、强化生态修复规划研究、建立围填海生态环境影响评估体系 3 个层面提出切实可行的对策建议,以期为沿海地区健康可持续发展、围填海生态影响研究及相关管理工作提供科学依据。

关键词:围填海;海洋环境;生物资源

中图分类号:X37;P76

文献标志码:A

文章编号:1005—9857(2023)02—0105—10

Effects of Sea Reclamation on Marine Environment and Biological Resources and Related Countermeasures

LI Xuefeng, YUE Qi, HU Heng, DONG Yue

(National Ocean Technology Center, Tianjin 300112, China)

Abstract: In order to alleviate the contradiction between human and land, and expand the city living space, the sea reclamation activities have been developed rapidly in a short time. However, while the reclamation projects have brought remarkable economic benefits, they have caused a lot of negative effects on marine environment and biological resources in the coastal areas. In this paper, the threats of sea reclamation activities on marine hydrological dynamic conditions, water quality, disaster prevention and mitigation were analyzed, and the damages to biodiversity, habitat protection and ecosystem service function value were discussed. The practical countermeasures were put forward, such as improving the management system of national policies and regulations on sea reclamation, strengthening research on ecological restoration planning, and establishing a system for assessing the impact of land reclamation on the ecological environment.

Keywords: Sea reclamation, Marine environment, Biological resources

收稿日期:2022-05-06;修订日期:2022-12-25

基金项目:国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目“澳门填海造地高密度城市空间环境评价与优化研究”(52061160366);澳门科学技术发展基金项目“澳门填海造地高密度城市空间环境评价与优化研究”(0039/2020/AFJ);自然资源部高层次科技创新人才项目“两统一背景下海洋自然资源管理关键问题研究”(Y2190NF02);天津市“131”高层次创新人才资助项目“高强度填海区国土空间规划关键问题预研”(Y2210TF01)。

作者简介:李学峰,副研究员,博士研究生,研究方向为海洋资源保护利用

0 引言

近年来,随着我国沿海地区人口密度增加、城市化程度加剧与社会经济快速发展,土地短缺问题日益凸显,城市空间发展需求迫切。围填海作为缓解人地矛盾、拓展生存空间的重要手段,可为沿海城市扩张和工农业发展提供新空间、带来新机遇^[1-3]。数个世纪以来,世界许多沿海地区,如东亚(日本^[4-5]、韩国^[6-7]、新加坡^[8])、波斯湾(卡塔尔^[9])、欧洲西部(荷兰^[10])和北美沿岸(美国^[11]),均通过开展大规模的围填海活动来实现其城市建设与经济发展^[12-13]。

我国近 70 年的围填海发展具有面积大、增速快、范围广与类型多的突出特征^[14]。据研究统计,从 1949 年至 20 世纪末,我国围填海面积约为 11 500 km²,平均增长速度约为 215 km²/a^[15];2002—2018 年围填海新增面积约为 2 976 km²,其中 2002—2015 年围填海活动持续快速增加,增长速度逐年加快,增速在 2013 年已经突破 300 km²/a^[3,14],增速远超世界其他填海大国,如荷兰 800 年填海 8 000 km²,日本 40 年填海 2 000 km²^[9,16]。我国围填海活动范围广泛,江苏、广东在 2000 年前发展较为迅速,而进入 2000 年后,浙江围填海规模增幅最大,近年河北、天津、辽宁开展大量大面积围填海建设,2017 年人工岸线已占到我国海岸线的 55%^[3,14]。我国围填海活动自 1949 年以来主要经历 4 个重要发展阶段,用途从早期的围海晒盐(1950—1960 年)、农业围垦(1960—1970 年)、围海养殖(1980—1990 年)向工业和城镇建设(2000 年至今)转变^[17]。

随着对海洋环境保护的日益重视和可持续发展概念的深入人心,我国围填海管控政策也在不断调整变化,以适应经济发展与环境保护的需求,先后经历由鼓励开发到严格管控、由统一治理到专项整治、由交叉管理到垂直管理的政策演变^[18]。由于一系列围填海管控措施的出台,2015 年后我国新增围填海面积显著减少^[3]。2016 年国家海洋局、国家发展和改革委员会、国土资源部联合印发《围填海管控办法》,加强和规范围填海管理,严格控制围填海总量,促进海洋资源可持续利用^[19]。2018 年国务院发

布《加强滨海湿地保护 严格管控围填海》,明确规定取消围填海地方年度计划指标,除国家重大战略项目外,全面停止新增围填海项目审批。由此,我国围填海的发展进入崭新阶段^[20]。

在管理层面加强围填海活动管控的同时,也要增强对于围填海活动对生态环境影响的科学认识。围填海活动是高强度人类开发活动,将永久改变海域自然属性^[21],加之围填海区域生态系统具有基底脆弱、易变性及外源性等特点^[22],大规模围填海活动在带来显著经济效益的同时,也会对生态环境及其生物资源造成一系列负面效应,其中主要包括海洋水动力环境衰退^[16,23]、海洋环境污染^[24-25]、生态灾害频发^[26-27]、海洋生物栖息地破坏^[28-29]、海洋生物多样性降低^[30-31]、生态系统服务价值损害^[32-33]。这些环境变化改变海域的自然属性,影响海域水动力环境,导致水质恶化,生物栖息地破坏,严重干扰生态系统结构与功能的稳定性,给沿海区域海洋环境及生态系统造成巨大威胁^[34-37]。因此,本研究旨在系统梳理围填海活动对沿海地区生态环境及生物资源的负面影响,在围填海国家政策法规管理制度、生态修复、生态环境影响评估体系 3 个层面提出切实可行的对策建议,以期为我国沿海地区健康可持续发展、围填海环境影响研究及相关管理工作提供科学依据。

1 围填海活动的海洋环境影响

1.1 围填海活动改变海洋水动力环境特征

我国大规模的围填海活动使得大陆陆地面积增加超过 1.4 万 km²,人工岸线从 1980 年的 24% 增加到 2010 年的 56%,滨海湿地总面积减少 50%,沿海 93 个主要海湾面积萎缩超过 1 万 km²^[2-3,38]。围填海工程使得海湾面积减少,自然岸线逐步被人工岸线替代,海岸线形态由于“截弯取直”而趋于规则、平直;围填海活动还导致潟湖、滩涂等滨海自然湿地面积大幅锐减,景观碎片化程度加剧。大规模围填海活动改变了原始岸线属性、地形地貌特征,影响海水潮流的流速流向、纳潮量、交换速度等特性,进而改变附近水域的海洋水文动力环境,这些现象在我国广西钦州湾,福建三门湾、罗源湾、东山湾以及渤海地区的胶州湾、莱州湾、锦州湾等重要

海湾区域均有发现。

广西钦州湾是我国南海北部湾的重要海湾,近15年的数值模拟结果表明,围填海工程的累积效应对钦州湾水动力环境产生明显影响,改变海湾地形与岸线特征,使得外湾潮汐振幅降低3~5 cm,潮流减弱、纳潮量减小7.6%,水体半交换周期由56 d上升到75 d,水交换能力大幅度下降,水体扩散能力减弱,污染物难以扩散,海洋环境污染风险显著增加^[39]。由于长期以来在福建地区开展大规模围填海活动,我国主要的南部海湾如三门湾、罗源湾、东山湾的潮流都出现不同程度的衰退,水交换能力基本呈下降趋势。近10年三门湾纳潮量减小25%,水动力作用减弱,不利于维持良好水深和必要的物理自净能力^[40]。平面二维数学模型结果表明,东山湾纳潮量减少10%以上,大、小潮平均水交换率分别减小约8.8%与13.3%,易影响湾内的污染物扩散能力^[41]。与1960年相比,罗源湾在1996年和2012年的全潮平均纳潮量分别减少约20.6%与28.4%,湾内30 d平均水交换率分别降低约19.2%与21.4%,半交换周期分别增加约1.7 d与2.4 d^[42]。随着环渤海经济圈的发展,胶州湾、莱州湾、锦州湾、天津港等地区填海活动迅速增长。胶州湾局部最大潮流速度减幅达65.5%^[43];莱州湾附近海域大、小纳潮量分别降低3.81%与4.76%^[44];锦州湾纳潮量逐年降低,2000—2005年减小约11.9%,2005—2010年减小约29.7%^[45];天津港、黄骅港、曹妃甸海域均呈现水交换能力减弱、海水存留时间增加的趋势^[46]。

1.2 围填海活动加剧海洋环境污染

随着围填海工程对附近水域的水动力环境条件造成衰退,海湾海浪场、潮流场减弱,纳潮量减少,海水交换能力下降,海水自净能力降低,这一系列的变化将影响污染物的迁移扩散,造成海水水质恶化、生态灾害风险加剧。

2009—2014年,福建罗源湾水域环境质量综合状况因大规模围填海与工业化持续恶化,无机氮和活性磷酸盐污染严重,达到中度富营养化程度,2015年因颁布水产养殖退出工作总体方案,水质环境逐渐向好,但水质仍未达标,这与围填海活动造

成的水动力变化密切相关^[42]。在渤海湾地区,对曹妃甸围填海区附近海域沉积物重金属污染程度进行评价时发现,沉积物中5种常见重金属(Cu、Pb、Zn、Cd和Hg)的含量均高于背景值,其中Hg污染严重,具有较强的生态风险,而Cu、Pb和Zn则处于轻度污染状态^[47];烟台芝罘湾围填海海域重金属污染浓度高、范围广,2017年表层水中Cu、Pb、Zn、Cr等重金属的浓度分别是1985年的8倍、7倍、2倍、14倍^[24];除重金属污染问题突出,在莱州湾、锦州湾等区域还发现其他主要污染因子,如无机氮、COD、磷酸盐与油类^[45,48]。作为浙江三大典型海湾之一的三门湾,2005—2013年大型围填海工程对海水水质与沉积物环境质量并未造成明显影响,然而海域的富营养化程度逐年升高,究其原因,与陆源污染相关性较低,主要原因则是持续的填海造地所造成的湾内水动力环境减弱,如纳潮量降低、流速减缓、海水交换周期增长,使得水体环境的自我稀释能力下降,最终导致污染物富集、富营养化加剧^[49]。另外,围填海施工过程中所用的材料、产生的废水废弃物,投产运营后产生的污染物与废物,均会造成海洋环境污染^[15,50]。最后,围填海活动还会对围填海地区的防洪排涝工程带来不利影响,降低其消波能力,填海区风暴潮、内涝等突发性生态灾害风险有所增加^[27,34]。

2 围填海活动的生物资源影响

2.1 围填海活动对海洋生物的影响

持续高强度的围填海工程改变岸线自然属性、水动力环境条件与水体环境质量,对附近海域的海洋生物如底栖动物、浮游植物、浮游动物的影响极为显著,对鱼卵、仔鱼、传统经济鱼类数量及种类也有巨大影响,最终导致海洋生物多样性及生态系统结构的变化。

由于围填海施工中产生高浓度悬浮沉积物以及对部分潮间带、海域永久的占用、覆盖与掩埋,围填海活动对底栖动物产生的影响被认为是最为显著的,有研究表明渤海大型底栖动物群落受到中等程度干扰,健康状况持续变差,生物多样性降低,平均生物量和丰度减少,优势种发生转变,群落稳定性降低,个体小型化、分布单一化、结构碎片化,其

中迁移能力较弱的经济贝类对环境的变化最为敏感,疏浚吹填产生的悬浮物和掩埋作用对大型底栖动物幼体的存活率、行为与生理特征与种群补充均会造成明显的负面影响^[31,51-52]。研究表明,广西钦州保税港填海工程对底栖生物造成重大影响,损失底栖生物量至少为 1.99 t,生态价值补偿高达 11 313.1 万元^[53]。围填海工程建设后,普遍引起浮游植物、浮游动物生物多样性的降低与群落结构的变化。曹妃甸附近水域浮游植物群落发生明显变化,春季浮游植物丰度降低,夏季丰度显著升高,有较高的赤潮风险^[54]。围填海活动对烟台半封闭海湾芝罘湾的海洋生物造成不同程度的威胁,数据显示,2010—2017 年浮游植物、浮游动物、底栖生物物种数量分别下降 47.5%、43.3%与 26.3%,多样性指数分别下降 20.49%、15.41%与 10.41%^[24]。围填海施工过程产生的高浓度悬浮物还会对鱼卵、仔鱼造成伤害,对成年经济鱼类产生驱散作用,造成近海渔业生物资源损失^[55]。据估算,锦州湾海上机场建设可能造成约 3.9 亿颗鱼卵、1.5 亿条幼鱼以及 142 t 游泳生物的死亡,合计渔业价值损失约为 200 万美元^[50]。通过对天津围填海工程建成前后鱼类资源损失的评估,鱼类、鱼卵、仔鱼种类分别减少 34 种、11 种和 12 种,生物量分别下降约 75%、95%与 95%,造成渔业资源损失高达 8 913.2 万元^[56]。

2.2 围填海活动对海洋生态系统的影响

围填海活动占用传统经济鱼类的产卵场、索饵场、越冬场及洄游通道,占用各类滨海自然湿地等重要生态空间,使得鱼卵、仔鱼、底栖生物、珍稀鸟类、湿地植被等物种丧失栖息地或生存必要自然环境,物种种类、数量、时空分布与种群结构随之发生非自然状态下的演替,最终对围填海地区的陆地、滩涂与海洋生态系统功能的稳定性、多样性与可持续性造成不可逆转的破坏^[2,15,28-29,34,57-58]。

海洋生态系统为人类提供必要的生存资源,为社会经济发展提供重要支撑,具有供给、调节、支持与文化四大功能^[36]。围填海改变了海岸带地区生态格局,其生态系统服务功能正面临巨大威胁。据研究统计,2000—2015 年中国海岸带生态系统服务价值呈持续下降趋势,15 年间减少近

355 亿元;若仍保持目前的开发利用强度,2025 年生态系统服务价值将继续减少约 245 亿元;若积极开展生态环境保护策略,2025 年生态系统服务价值减少量可控制在 120 亿元以内,这说明我国持续近 20 年的高强度大规模围填海活动所造成的海岸带生态系统服务价值的损失很难在短时间内得到补偿^[59]。海南洋浦围填海造地占用海域面积 650 hm²,造成海洋生态系统服务价值损失 84.35 亿元^[60]。广西北海与钦州海域围填海的单位面积收益成本比仅为 8.15%与 10.74%,围填海的成本远高于收益,原因就在于海洋生态系统服务价值的巨大损失^[61]。环渤海地区大规模的围填海活动同样造成近海海域生态系统服务功能价值受到明显损失,1994—2013 年的平均损失速度约为 50.5 亿元/a^[62];胶州湾、天津滨海新区、曹妃甸区、青岛前湾围填海工程造成海洋生态服务功能价值损失分别为 22 732.75 万元/a、7 182.88 万元/a、4 735.67 万元/a 与 2 814.71 万元/a^[63-66]。

3 对策建议

3.1 完善国家政策法规管理制度是围填海有序发展的重要前提

为协调人海矛盾、恢复自然生态、促进人与自然和谐发展,我国围填海政策导向从无偿与支持逐渐过渡为有偿与限制,以《中华人民共和国海洋环境保护法》《中华人民共和国海域使用管理法》《中华人民共和国海岛保护法》中的涉围填海条款为重要法律依据,制定多项针对区域建设用海、围填海项目工程、围填海整体管控、围填海环评与生态建设以及围填海修复与执法检查的意见与通知,建立环境影响评价、海域使用论证、海域有偿使用等有关管理制度^[18]。2018 年,国务院印发被称为“史上最严”围填海政策文件即《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》,标志着我国进入严格管控围填海的时期。然而我国围填海的管理目前仍然缺少必要的专门法律法规支持,多职能部门交叉重叠管理冲突问题明显,历史围填海遗留问题突出,审批不严、处罚不力和监管不到位现象时有发生,这一系列问题制约我国海洋资源空间的有效利用与填海造地规划的有序发展^[1-2,67]。因此,应建

立健全围填海专项法律规章制度,完善围填海科学与规范管理体系,制定围填海长期目标与总体规划,形成围填海管控长效机制,使得围填海活动有法可依、有章可循^[68]。同时,强化围填海全过程动态监管制度建设,其中包括围填海事前的严格审查、围填海事中事后的持续监管,加强海洋执法的联动性,消除行业执法弊端,强化地方监管责任,并积极探索公众参与围填海管理决策、用海监督的模式渠道^[18,69]。

3.2 强化生态修复工程建设是围填海可持续发展的重要措施

围填海工程造成的生态损害,如生态环境污染、生物栖息地破坏、生物资源损失与生物多样性减少,可通过加强海洋生态保护修复工程建设得以改善与恢复。基于围填海地区自身的岸线特征与围填海活动生态环境影响的全面科学分析,建立具有系统性、针对性与长期性,多类型、多层次与多区域的围填海空间海洋生态修复规划,促进围填海活动的可持续发展,保护海洋生态环境,实现社会经济健康发展。围填海生态修复应以自然修复、原位修复为主,以人工修复、异地修复为辅;应当考虑不同围填海利用类型、不同地理单元类型、不同环境响应机制与生态修复之间的适应性问题;通过构建陆海统筹的复合多层次生态网络,实现多区域整合修复,链接不同生境碎片,构建跨区域联动模式,增强生态系统结构与功能整体稳定性。基于上述原则,具体生态修复举措可根据特定情形选择以下某种或数种方式的结合:人工苗种增殖放流,恢复或提高生物资源种类与数量,维护海洋生物多样性;投放人工鱼礁,营造适宜海洋生物栖息、生长与繁殖的环境条件,保护渔业资源可持续发展;退围还海、退养还滩,恢复滨海湿地生态功能,为不同物种重新提供栖息生境,补偿生态系统功能服务价值损失;通过生态海堤建设进行岸线修复,打造公众亲海空间,改善岸线景观生态水平,提升岸线生态稳定性与防灾减灾能力^[14,70-71]。

3.3 建立围填海生态环境影响评估体系是围填海科学发展的重要保障

目前国内外学者已对围填海活动造成的生态

环境与生物资源影响进行深入且广泛的研究,然而大多数研究只是针对不同影响进行单独分类评价,缺乏对围填海生态环境影响的综合评估,无法系统反映围填海活动影响的范围与强度,无法体现影响的长期累积效应与演化规律,这些问题可通过构建具有统一指标体系、评估标准与评估方法的围填海生态系统影响评估体系来实现^[72]。为研究围填海活动对黄河三角洲湿地生态系统的综合影响,靳宇弯等^[73]基于“压力-状态-响应”模型构建由9个压力指标、9个状态指标和4个响应指标组成的湿地生态系统健康评价指标体系。陈培雄等^[74]构建包括围填海项目经济效益、社会效益、海域空间开发利用、生态环境效益和管理要求执行情况5项指标在内的围填海海域使用后评估指标体系。李晋等^[75]从建设过程后评价、社会经济效益后评价和环境影响后评价3个方面出发,建立可量化后评价体系,为围填海项目后评价提供可行技术方案。胡宗恩等^[72]综合考虑生态组织结构、资源供给、服务价值、景观格局4个大类,筛选出25个二级评价指标和63个三级评价指标,并以该指标体系为基础,通过建立模糊物元评价模型,系统评价胶州湾围填海活动所产生的生态累积效应,最终揭示围填海活动规模与海洋生态系统恶化之间的显著相关关系。

我国围填海生态环境影响评估体系研究工作尚处于探索阶段,未来应继续加强围填海生态环境动态监测与风险评估,长期跟踪近岸区域生态环境与生物资源变化情况,为环境影响评估提供可靠基础数据;进一步强化评估标体系构建的全面性、科学性、适应性、生态性与可操作性,并配套相应管理制度,为围填海活动的科学规划与管理提供决策支持。

参考文献(References):

- [1] 于永海,王鹏,王权明,等.我国围填海的生态环境问题及监管建议[J].环境保护,2019,47(7):17-19.
YU Yonghai, WANG Peng, WANG Quanming, et al. Marine reclamation in China: eco-environment problems and supervision suggestions[J]. Environmental Protection, 2019, 47(7): 17-19.
- [2] 张明慧,陈昌平,索安宁,等.围填海的海洋环境影响国内外研究进展[J].生态环境学报,2012,21(8):1509-1513.

- ZHANG Minghui, CHEN Changping, SUO Anning, et al. International advance of sea areas reclamation impact on marine environment[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(8): 1509—1513.
- [3] LI Feixue, DING Dongdong, CHEN Zhenjie, et al. Change of sea reclamation and the sea-use management policy system in China[J]. Marine Policy, 2020, 115: 103861.
- [4] SUZUKI T. Economic and geographic backgrounds of land reclamation in Japanese ports[J]. Marine Pollution Bulletin, 2003, 47(1—6): 226—229.
- [5] JIA Rui, LEI H, HINO T, et al. Environmental changes in Ariake Sea of Japan and their relationships with Isahaya Bay reclamation[J]. Marine Pollution Bulletin, 2018, 135: 832—844.
- [6] CHOI R Y. Modernization, development and under development: reclamation of Korean tidal flats, 1950s—2000s[J]. Ocean and Coastal Management, 2014, 102: 426—436.
- [7] LEE C H, LEE B Y, CHANG W K, et al. Environmental and ecological effects of Lake Shihwa reclamation project in South Korea: a review[J]. Ocean and Coastal Management, 2014, 102: 545—558.
- [8] SENGUPTA D, CHEN R, MEADOWS M E, et al. Gaining or losing ground? Tracking Asia's hunger for 'new' coastal land in the era of sea level rise[J]. Science of the Total Environment, 2020, 732: 139290.
- [9] 岳奇, 徐伟, 胡恒, 等. 世界围填海发展历程及特征[J]. 海洋开发与管理, 2015, 32(6): 1—5.
- YUE Qi, XU Wei, HU Heng, et al. Reclamation development history and characteristics around the world[J]. Ocean Development and Management, 2015, 32(6): 1—5.
- [10] HOEKSEMA R J. Three stages in the history of land reclamation in the Netherlands[J]. Irrigation and Drainage, 2007, 56(S1): 113—126.
- [11] KENNISH M J. Coastal salt marsh systems in the US: a review of anthropogenic impacts[J]. Journal of Coastal Conservation, 2001, 17: 731e748.
- [12] 岳奇, 徐伟, 于华明, 等. 基于 GE 的世界围填海分布及平面设计分析[J]. 海洋技术学报, 2015, 34(4): 99—104.
- YUE Qi, XU Wei, YU Huaming, et al. Analysis on the distribution and 2D design of land reclamation around the world based on GE[J]. Journal of Ocean Technology, 2015, 34(4): 99—104.
- [13] 温馨燃, 王建国, 王雨婷, 等. 1985—2017 年环渤海地区围填海演化及驱动力分析[J]. 水土保持通报, 2020, 40(2): 85—91.
- WEN Xinran, WANG Jianguo, WANG Yuting, et al. Sea reclamation and driving forces in Bohai Sea Rim from 1985 to 2017[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(2): 85—91.
- [14] 崔保山, 谢浩, 王青, 等. 大规模围填海对滨海湿地的影响与对策[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(4): 418—425.
- CUI Baoshan, XIE Tian, WANG Qing, et al. Impact of large-scale reclamation on coastal wetlands and implications for ecological restoration, compensation, and sustainable exploitation framework[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(4): 418—425.
- [15] 林磊, 刘东艳, 刘哲, 等. 围填海对海洋水动力与生态环境的影响[J]. 海洋学报, 2016, 38(8): 1—11.
- LIN Lei, LIU Dongyan, LIU Zhe, et al. Impact of land reclamation on marine hydrodynamic and ecological environment[J]. Haiyang Xuebao, 2016, 38(8): 1—11.
- [16] MARTÍN-ANTÓN M, NEGRO V, DEL CAMPO J M, et al. Review of coastal land reclamation situation in the world[J]. Journal of Coastal Research, 2016, 75: 667—671.
- [17] 宋红丽, 刘兴土. 围填海活动对我国河口三角洲湿地的影响[J]. 湿地科学, 2013, 11(2): 297—304.
- SONG Hongli, LIU Xingtu. Effect of reclamation activities on wetlands in estuarine delta in China[J]. Wetland Science, 2013, 11(2): 297—304.
- [18] 王琪, 田莹莹. 我国围填海管控的政策演进、现实困境及优化措施环境保护[J]. 环境保护, 2019, 47(7): 26—32.
- WANG Qi, TIAN Yingying. Policy evolution, realistic dilemma and optimization measures for China's reclamation control[J]. Environmental Protection, 2019, 47(7): 26—32.
- [19] 自然资源部. 围填海管控办法[EB/OL]. http://f.mnr.gov.cn/202005/t20200521_2514990.html, 2017—07—12.
- MNR. Measures for the control of reclamation[EB/OL]. http://f.mnr.gov.cn/202005/t20200521_2514990.html, 2017—07—12.
- [20] 国务院. 关于加强滨海湿地保护 严格管控围填海的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/25/content_5309058.htm, 2021—07—18.
- The State Council of the People's Republic of China. Notice on strengthening the protection of coastal wetlands and strictly controlling reclamation [EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/25/content_5309058.htm, 2021—07—18.
- [21] 苏纪兰, 王颖, 秦蕴珊, 等. 我国围填海工程中的若干科学问题及对策建议[J]. 中国科学院院刊, 2011, 26(2): 171—173.
- SU Jilan, WANG Ying, QIN Yunshan, et al. Some scientific problems and countermeasures in China's reclamation projects[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2011, 26(2): 171—173.

- [22] 李锋.基于能值分析的人工岛生态经济评价方法研究及应用[D].青岛:中国海洋大学,2019.
- LI Feng.Research and application of eco-economic evaluation method of artificial island based on energy analysis[D].Qingdao:Ocean University of China,2019.
- [23] ZHAO Xin,SUN Qun.Influence of reclamation on hydrodynamic environment in Bohai Bay[J].Advanced Materials Research,2013(726—731):3262—3265.
- [24] 王璐,夏瑞,陈焰,等.围填海对芝罘湾生态环境的影响[J].环境科学研究,2021,34(2):389—398.
- WANG Lu,XIA Rui,CHEN Yan,et al.Impact of reclamation on ecological environment of Zhifu Bay[J].Research of Environmental Sciences,2021,34(2):389—398.
- [25] ZHU H,BING H,YI H,et al.Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in surface sediments of the Caofeidian adjacent sea after the land reclamation, Bohai Bay[J].Journal of Chemistry,2018:2049353.
- [26] 曹宇峰,林春梅,余麒祥,等.简谈围填海工程对海洋生态环境的影响[J].海洋开发与管理,2015,32(6):85—88.
- CAO Yufeng,LIN Chunmei,YU Qixiang,et al.Briefly discussion on the influence of reclamation project on marine ecological environment[J].Ocean Development and Management, 2015,32(6):85—88.
- [27] YUE Xinyang,LI Cheng,MIAO Qingsheng,et al.Effects of coastal reclamation on the storm surge in the Bohai Bay[J].IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021,675:012042.
- [28] 颜凤,李宁,杨文,等.围填海对湿地水鸟种群、行为和栖息地的影响[J].生态学杂志,2017,36(7):2045—2051.
- YAN Feng,LI Ning,YANG Wen,et al.Effects of reclamation on wetland waterbird populations,behaviors and habitats[J].Chinese Journal of Ecology,2017,36(7):2045—2051.
- [29] DING Xiaosong,SHAN Xiujian,CHEN Yunlong,et al.Variations in fish habitat fragmentation caused by marine reclamation activities in the Bohai coastal region,China[J].Ocean and Coastal Management,2020,184:105038.
- [30] 张秋丰,靳玉丹,李希彬,等.围填海工程对近岸海域海洋环境影响的研究进展[J].海洋科学进展,2017,35(4):454—461.
- ZHANG Qiufeng,JIN Yudan,LI Xibin,et al.Progress in the impact of reclamation projects on offshore marine environment[J].Advances in Marine Science,2017,35(4): 454—461.
- [31] 李晓静,周政权,陈琳琳,等.渤海湾曹妃甸围填海工程对大型底栖动物群落的影响[J].海洋与湖沼,2017,48(3): 617—627.
- LI Xiaojing,ZHOU Zhengquan,CHEN Linlin,et al.Effect of coastal reclamation on benthic macrofauna in coastal area of Caofeidian,Bohai Bay[J].Oceanologia et Limnologia Sinica, 2017,48(3):617—627.
- [32] 姜忆湄,李加林,龚虹波,等.围填海影响下海岸带生态服务价值损益评估:以宁波杭州湾新区为例[J].经济地理,2017,37(11):181—190.
- JIANG Yimei,LI Jialin,GONG Hongbo,et al.Ecosystem service value assessment of coastal zone caused by reclamation:a case study of Ningbo Hangzhou Bay New Zone[J].Economic Geography,2017,37(11):181—190.
- [33] 孙静,张英,乔庆华,等.围填海工程监测及生态系统服务价值变化分析[J].测绘科学,2020,45(12):197—204.
- SUN Jing,ZHANG Ying,QIAO Qinghua,et al.Reclamation project monitoring and ecosystem service value change analysis[J].Science of Surveying and Mapping,2020,45(12): 197—204.
- [34] 侯西勇,张华,李东,等.渤海围填海发展趋势、环境与生态影响及政策建议[J].生态学报,2018,38(9):3311—3319.
- HOU Xiyong,ZHANG Hua,LI Dong,et al.Development trend,environmental and ecological impacts,and policy recommendations for Bohai Sea reclamation[J].Acta Ecologica Sinica,2018,38(9):3311—3319.
- [35] 吴文挺,田波,周云轩,等.中国海岸带围垦遥感分析[J].生态学报,2016,36(16):5007—5016.
- WU Wenting,TIAN Bo,ZHOU Yunxuan,et al.The trends of coastal reclamation in China in the past three decades[J].Acta Ecologica Sinica,2016,36(16):5007—5016.
- [36] 索安宁,于永海,苗丽娟.渤海海域生态系统功能服务价值评估[J].海洋经济,2011,1(4):42—47.
- SUO Anning,YU Yonghai,MIAO Lijuan.Assessment of ecosystem service value in the Bohai Sea[J].Marine Economy, 2011,1(4):42—47.
- [37] 雷宁,胡小颖,周兴华.胶州湾围填海的演进过程及其生态环境影响分析[J].海洋环境科学,2013,32(4):506—509.
- LEI Ning,HU Xiaoying,ZHOU Xinghua.Evolution process and ecological effect analysis of reclamation in Jiaozhou Bay [J].Marine Environmental Science,2013,32(4):506—509.
- [38] HOU X,WU T,HOU W,et al.Characteristics of coastline changes in mainland China since the early 1940s[J].Science China Earth Sciences,2016,59(9):1791—1802.
- [39] 吕赫,张少峰,宋德海,等.围填海累积效应对钦州湾水动力环境的影响[J].海洋与湖沼,2021,52(4):823—833.
- LYU He,ZHANG Shaofeng,SONG Dehai,et al.The cumulative effect of land reclamation on hydrodynamics in Qinzhou Bay [J].Oceanologia et Limnologia Sinica,2021,52(4): 823—833.

- [40] 彭婷容.三门湾水动力环境对围填海的响应[D].杭州:浙江大学,2013.
- PENG Kuarong. Response of hydrodynamic environment to reclamation in Sanmen Bay[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013.
- [41] 龚旭东, 俞缙, 蓝尹余. 半封闭海湾围填海对水动力环境的影响分析[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2019, 40(1): 72—78.
- GONG Xudong, YU Jin, LAN Yinyu. Effects of reclamation on hydrodynamic environment in Semi-closed bay[J]. Journal of Huaqiao University (Natural Science), 2019, 40(1): 72—78.
- [42] 王勇智, 孙惠风, 谷东起, 等. 罗源湾多年围填海工程对水动力环境的累积影响研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2015, 45(3): 16—24.
- WANG Yongzhi, SUN Huifeng, GU Dongqi, et al. Research on cumulative effects of coastal reclamation on hydrodynamic environment in Luoyuan Bay [J]. Periodical of Ocean University of China (Natural Science), 2015, 45(3): 16—24.
- [43] LIN Lei, LIU Zhe, XIE Lian, et al. Dynamics governing the response of tidal current along the mouth of Jiaozhou Bay to land reclamation [J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 2015, 120: 2958—2972.
- [44] 田艳, 于定勇, 李云路. 莱州湾围填海工程对海洋环境的累积影响研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2018, 48(1): 117—124.
- TIAN Yan, YU Dingyong, LI Yunlu. Research on the accumulation of marine environment in Laizhou Bay[J]. Periodical of Ocean University of China (Natural Science), 2018, 48(1): 117—124.
- [45] 刘明, 席小慧, 雷利元, 等. 锦州湾围填海工程对海湾水交换能力的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(1): 110—114.
- LIU Ming, XI Xiaohui, LEI Liyuan, et al. The effects of coastal reclamation on hydrodynamics in Jinzhou Bay [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2013, 28(1): 110—114.
- [46] 袁德奎, 李广, 王道生, 等. 围填海工程对渤海湾水交换能力影响的数值模拟[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2015, 48(7): 605—613.
- YUAN Dekui, LI Guang, WANG Daosheng, et al. Numerical simulation of effects of land reclamation on water exchange capability of Bohai Bay[J]. Journal of Tianjin University (Science and Technology), 2015, 48(7): 605—613.
- [47] 陈燕珍, 孙钦帮, 王阳, 等. 曹妃甸围填海工程开发对近岸沉积物重金属的影响[J]. 海洋环境科学, 2015, 34(3): 402—405.
- CHEN Yanzhen, SUN Qinbang, WANG Yang, et al. Impact of the sea reclamation project in Caofeidian on the heavy metals contents in sediments [J]. Marine Environmental Science, 2015, 34(3): 402—405.
- [48] 朱永贵. 集约用海对海洋生态影响的评价研究: 以莱州湾为例[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- ZHU Yonggui. Study on the impact assessment technology of the intensive use of the sea on marine ecosystem: take the Laizhou Bay for example [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012.
- [49] 陈培雄, 张鹤, 周鑫, 等. 三门湾近期围填海工程对海洋环境综合影响分析[J]. 绿色科技, 2018(4): 104—109.
- CHEN Peixiong, ZHANG He, ZHOU Xin, et al. Comprehensive impact analysis of reclamation projects on marine environment in Sanmen Bay[J]. Journal of Green Science and Technology, 2018(4): 104—109.
- [50] YAN Huakun, WANG Nuo, YU Tiaolan, et al. Comparing effects of land reclamation techniques on water pollution and fishery loss for a large-scale offshore airport island in Jinzhou Bay, Bohai Sea[J]. Marine Pollution Bulletin, 2013, 71(1/2): 29—40.
- [51] 李宝泉, 李晓静, 周政权, 等. 围填海及其对底栖生物群落的生态效应[J]. 广西科学, 2016, 23(4): 293—298.
- LI Baoquan, LI Xiaojing, ZHOU Zhengquan, et al. Ecological effects of reclamation on benthic communities [J]. Guangxi Sciences, 2016, 23(4): 293—298.
- [52] 李晓静. 围填海活动对渤海大型底栖动物群落的生态影响: 以曹妃甸和龙口离岸岛为例[D]. 烟台: 中国科学院大学(中国科学院烟台海岸带研究所), 2020.
- LI Xiaojing. The ecological effects of reclamation activities on macrobenthic communities in Bohai Sea: case studies for Caofeidian and Longkou coastal areas [D]. Yantai: University of Chinese Academy of Sciences (Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences), 2020.
- [53] 李洋, 黄鹄, 佟智成. 钦州保税港区围填海工程生态损失及其补偿价值研究[J]. 钦州学院学报, 2016, 31(1): 17—21.
- LI Yang, HUANG Hao, TONG Zhicheng. Study on ecological loss and compensation value of reclamation project in Qinzhou Bonded Port Area [J]. Journal of Qinzhou University, 2016, 31(1): 17—21.
- [54] 刘西汉, 王玉珏, 石雅君, 等. 曹妃甸海域浮游植物群落及其在围填海前后的变化分析[J]. 海洋环境科学, 2020, 39(3): 379—386.
- LIU Xihan, WANG Yujue, SHI Yajun, et al. Phytoplankton community and changes after reclamation in Caofeidian coastal waters [J]. Marine Environmental Science, 2020, 39(3): 379—386.
- [55] 高文斌, 刘修泽, 段有洋, 等. 围填海工程对辽宁省近海渔业资

- 源的影响及对策[J].大连水产学院学报,2009,24(S1):163—166.
- GAO Wenbin, LIU Xiuze, DUAN Youyang, et al. Impact of the sea reclamation on fishery resources in Liaoning offshore and corresponding countermeasures [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2009, 24(S1): 163—166.
- [56] 王泽斌.围填海工程对天津近海鱼类资源的影响及评估[D].天津:天津农学院,2019.
- WANG Zebin. Impact and assessment of reclamation project on fish resources in Tianjin coastal waters [D]. Tianjin: Tianjin Agricultural University, 2019.
- [57] DUAN Huabo, ZHANG Hui, HUANG Qifei, et al. Characterization and environmental impact analysis of sea land reclamation activities in China [J]. Ocean and Coastal Management, 2016, 130: 128—137.
- [58] XU Shaochun, XU Shuai, ZHOU Yi, et al. Long-term changes in the unique and largest seagrass meadows in the Bohai Sea (China) using satellite (1974—2019) and sonar data: implication for conservation and restoration [J]. Remote Sensing, 2021, 13: 856.
- [59] 刘玉斌.中国海岸带典型生态系统服务价值评估研究[D].烟台:中国科学院大学(中国科学院烟台海岸带研究所),2021.
- LIU Yubin. Evaluation of typical ecosystem service value in China's coastal zone [D]. Yantai: University of Chinese Academy of Sciences (Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences), 2021.
- [60] 王衍,孙士超.海南洋浦围填海造地的海洋生态系统服务功能价值损失评估[J].海洋开发与管理,2015,32(7):74—80.
- WANG Yan, SUN Shichao. Loss appraisal on the value of marine ecosystem services of sea reclamation for Yangpu, Hainan [J]. Ocean Development and Management, 2015, 32(7): 74—80.
- [61] 苏红岩,李京梅.基于生态系统服务综合损益分析的围填海造地管理:以广西沿海地区为例[J].中国海洋大学学报(社会科学版),2020(1):75—83.
- SU Hongyan, LI Jingmei. Land reclamation management according to ecosystem-based comprehensive cost-benefit analysis [J]. Journal of Ocean University of China (Social Sciences), 2020(1): 75—83.
- [62] 苗海南.基于RS的渤海沿岸近20年生态系统服务价值变化分析[D].天津:天津师范大学,2014.
- MIAO Hainan. Analysis on the value change of ecosystem services in coastal areas of Bohai in recent 20 years based on remote sensing [D]. Tianjin: Tianjin Normal University, 2014.
- [63] 胡小颖,雷宁,赵晓龙,等.胶州湾围填海的海洋生态系统服务功能价值损失的估算[J].海洋开发与管理,2013,30(6):84—87.
- HU Xiaoying, LEI Ning, ZHAO Xiaolong, et al. Loss appraisal on the value of marine ecosystem services of sea reclamation for Jiaozhou Bay [J]. Ocean Development and Management, 2013, 30(6): 84—87.
- [64] 马玉艳,屠建波,张秋丰,等.天津滨海新区围填海工程对海洋生态系统服务功能价值的损失评估[J].海岸工程,2017,36(3):65—71.
- MA Yuyan, TU Jianbo, ZHANG Qiufeng, et al. Loss appraisal on the value of marine ecosystem services of the sea reclamation project for Tianjin Binhai New Area [J]. Coastal Engineering, 2017, 36(3): 65—71.
- [65] 索安宁,张明慧,于永海,等.曹妃甸围填海工程的海洋生态系统服务功能损失估算[J].海洋科学,2012,36(3):108—114.
- SUO Anning, ZHANG Minghui, YU Yonghai, et al. Loss appraisal on the value of marine ecosystem services of the sea reclamation project for CaoFeidian [J]. Marine Sciences, 2012, 36(3): 108—114.
- [66] 张慧,孙英兰.青岛前湾填海造地海洋生态系统服务功能价值损失的估算[J].海洋湖沼通报,2009,4(3):34—38.
- ZHANG Hui, SUN Yinglan. Loss appraisal on the value of marine ecosystem services of sea reclamation for Qianwan [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2009, 4(3): 34—38.
- [67] 王鹏,赵博,林霞,等.我国围填海和自然岸线生态环境监管现状及对法律修订的建议[J].海洋开发与管理,2021,38(4):80—83.
- WANG Peng, ZHAO Bo, LIN Xia, et al. The current situation of sea reclamation and natural coastline ecological environmental supervision and the suggestions on the law amendment [J]. Ocean Development and Management, 2021, 38(4): 80—83.
- [68] 张舜栋.围填海造地的法律规制现状与对策[J].海南热带海洋学院学报,2020,27(1):28—34.
- ZHANG Shundong. Current legal regulations and countermeasures of marine reclamation [J]. Journal of Hainan Tropical Ocean University, 2020, 27(1): 28—34.
- [69] 刘素芳,蔡舒怀.公众参与围填海造地法律问题探讨[J].法制与社会,2015,4(14):260—261.
- LIU Sufang, CAI Shuhuai. Discussion on legal issues of public participation in land reclamation [J]. Legal System and Society, 2015, 4(14): 260—261.
- [70] 黄华梅,吴玲玲,苏文.历史遗留围填海项目生态保护修复相关思考[J].海洋开发与管理,2020,37(6):14—19.
- HUANG Huamei, WU Lingling, SU Wen. Considerations on ecological protection and restoration for historical and prob-

lematic reclamation [J]. Ocean Development and Management,2020,37(6):14—19.

[71] 张杨,黄发明,林燕鸿,等.基于陆海统筹理念的围填海生态修复规划研究:以福建可门工业园区为例[J].海洋湖沼通报,2021,4(1):56—62.

ZHANG Yang, HUANG Faming, LIN Yanhong, et al. Research on the ecological restoration plan of reclamation based on the concept of land-sea co-ordination:a case study of Kemen Industrial Park, Fujian Province[J]. Transactions of Oceanology and Limnology,2021,4(1):56—62.

[72] 胡宗恩,王森.围填海对海洋生态系统影响评价标准构建及实证研究:以胶州湾为例[J].海洋环境科学,2016,35(3):357—365.

HU Zongen, WANG Miao. Research on evaluation criteria construction and empirical study of the impacts of the reclamation on marine ecosystems;taking Jiaozhou Bay as an example [J]. Marine Environmental Science, 2016, 35 (3): 357—365.

[73] 靳宇弯,杨薇,孙涛,等.围填海活动对黄河三角洲滨海湿地生态系统的影响评估[J].湿地科学,2015,13(6):682—689.

JIN Yuwan, YANG Wei, SUN Tao, et al. Assessment of ecological impact of seashore reclamation activities on coastal wetland ecosystems in the Yellow River Delta [J]. Wetland Science,2015,13(6):682—689.

[74] 陈培雄,李欣瞳,蔡家新.围填海海域使用后评估的指标体系和评估方法[J].海洋开发与管理,2019,36(12):47—52.

CHEN Peixiong, LI Xintong, CAI Jiaxin. Construction of the post evaluation index system and method of reclamation construction project [J]. Ocean Development and Management, 2019, 36 (12): 47—52.

[75] 李晋,李亚宁,王倩,等.围填海建设项目后评价体系构建[J].海洋开发与管理,2019,36(1):14—19.

LI Jin, LI Yaning, WANG Qian, et al. Construction of the post evaluation system of reclamation construction project [J]. Ocean Development and Management,2019,36(1):14—19.