

天津典型区域海洋生态系统服务价值损失研究

陈晓冉^{1,2}, 牛福新^{1,2}, 刘 森^{1,2}, 崔 健^{1,2*}

¹自然资源部天津海洋中心(自然资源部天津海洋预报台), 天津

²天津市海洋环境监测预报中心, 天津

收稿日期: 2025年3月14日; 录用日期: 2025年5月28日; 发布日期: 2025年6月5日

摘 要

随着海洋经济在地区经济中的作用不断突出, 围填海成为人类开发利用海洋空间资源的一种重要活动。大规模的围填海造地改变了陆海生态空间格局, 造成我国近岸海洋生态功能严重退化, 对生态环境产生了极大的负面影响。本文选取典型围填海区域(天津市临港经济区)作为研究对象, 基于现有对海洋生态系统服务功能价值损失评估模型, 开展大规模典型围填海区域的海洋生态系统服务功能价值损失定量评估, 为下一步生态修复工程实施和相关生态系统建设提供借鉴和技术支撑。

关键词

天津典型区域, 围填海, 生态系统服务功能价值, 损失评估

Research of Loss Appraisal on the Value of Marine Ecosystem Services of Typical Area in Tianjin

Xiaoran Chen^{1,2}, Fuxin Niu^{1,2}, Sen Liu^{1,2}, Jian Cui^{1,2*}

¹Tianjin Ocean Center, Ministry of Natural Resources (Tianjin Marine Forecasting Station of the Ministry of Natural Resources), Tianjin

²Tianjin Marine Environmental Monitoring and Forecasting Center, Tianjin

Received: Mar. 14th, 2025; accepted: May 28th, 2025; published: Jun. 5th, 2025

Abstract

With the marine economy in the role of regional economy is prominent, reclamation from the sea has become an important activity for human to exploit and utilize marine space resources. Large-

*通讯作者。

文章引用: 陈晓冉, 牛福新, 刘森, 崔健. 天津典型区域海洋生态系统服务价值损失研究[J]. 海洋科学前沿, 2025, 12(2): 91-98. DOI: 10.12677/ams.2025.122010

scale land reclamation has changed the ecological spatial pattern of land and sea, causing serious degradation of coastal marine ecological function and a great negative impact on the ecological environment. This paper takes the typical reclamation area (Tianjin Lingang Economical Area) as the research object, based on the existing evaluation model for the loss of value of marine ecosystem services, carries out a quantitative assessment of the value loss of marine ecosystem services in a large scale typical reclamation, and provides reference and technical support for the implementation of the next ecological restoration project and related ecosystem construction.

Keywords

Typical Areas in Tianjin, Land Reclamation, Ecosystem Service Function Value, Loss Assessment

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近些年来,海洋经济步入了快速发展期,成为沿海地区经济发展的新亮点和新增长点。特别是党的十九大以来,海洋经济发展迅速,规模日益扩大,为我国社会经济发展做出了巨大的贡献,围填海成为人类开发利用海洋空间资源的一种重要手段。然而海洋资源开发利用产生经济价值的同时也造成了沿海地区生态环境恶化[1],包括环境污染、生境丧失、外来物种入侵以及生物多样性低等,2009年国家海洋局对18个海洋生态监控区开展监测,监测和评价结果表明,处于健康、亚健康和不健康状态的海洋生态系统,分别为24%、52%和24%,生态保护处于关键阶段。部分海域开发利用造成海域使用效率低,滨海湿地生态环境和生态功能因大规模的围填海活动而永久性丧失[2][3]。这都将在今后一段时间内制约着中国海洋经济产业的发展[4][5]。

发达国家的生态系统服务评估体系已近成熟,研究范围比较全面,包括各种生态系统服务的总体评估,还包括典型生态系统价值评估,发达国家的生态系统服务评估体系已近成熟,研究范围比较全面,包括各种生态系统服务的总体评估,还包括典型生态系统价值评估。由于选用的调查方式和数据分析方法的不同,导致各国之间对同一研究对象的分析结果存在较大差异。我国关于生态系统服务的研究相对较晚,在20世纪90年代后才有学者将其内涵和价值评价方法引入到中国,作为一个新的研究体系,目前国内对于生态系统服务的研究还不够完善。国内现阶段对生态系统服务的价值评估方法主要局限在使用价值领域,对非使用价值尚处于模范和探索阶段[6]。

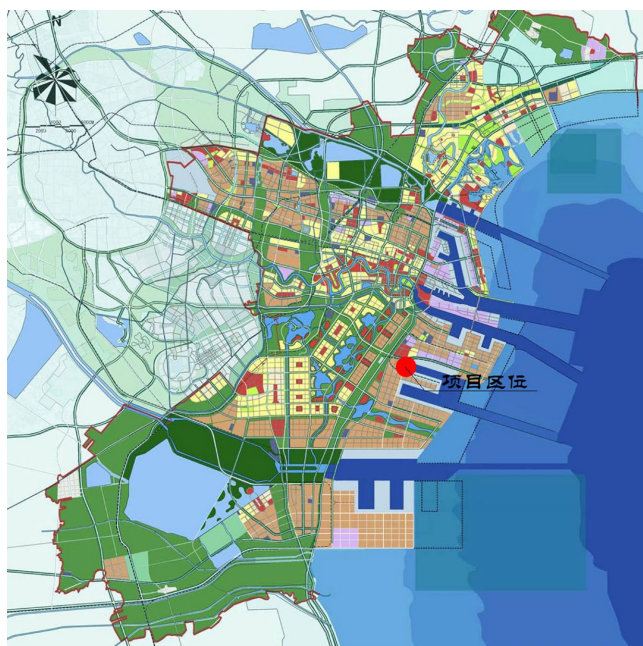
天津临港经济区是全部由围海造陆而发展起来的港口工业一体化经济园区,是滨海新区重要功能区之一,是滨海新区经济发展不可或缺的一部分。临港经济区产业类型复杂,是以重型制造业、化工产业和港口运输为主的行业聚集区域,围填海造成的生态系统损失和经济发展造成的环境污染在该区域生产总值中的占比是未知的,因此本文以天津市临港经济区围填海区域为例,开展大规模典型围填海区域的海洋生态系统服务功能价值损失定量评估,为围填海区域以后的发展方向和生态恢复提供依据[7][8]。

2. 临港经济区概况

天津临港经济区位于环渤海经济区的中心地带,该区域处于位于塘沽区海河入海口的南侧滩涂区域,属于典型河口淤泥质;为海陆交互影响形成的堆积地貌。规划总面积200平方公里,全部由围填海造地形成,是港口工业一体化工业新城,见图1。临港经济区的功能定位为国家级重型装备制造基地、生态型

临港工业区。是国家发改委规划的国家级石化基地，是滨海新区的重要功能区和国家循环经济示范区。2016 年，天津临港经济区的 GDP 为 323 亿元，工业总产值为 1000 亿元。占天津市全市生产总值的 2.94%。

临港区域围填海过程自 2003 年开工建设，2004 年 5 月，临港工业区一期工程北侧和南侧围堰形成，2005 年 6 月，临港工业区一期工程东侧围堰已完成，整个一期工程围海已经闭合，2008 年 7 月，临港工业区二期东区、南区也开始施工，2010 年临港工业区整体外轮廓已基本形成，临港产业区港池突堤也已形成围海，2013 年临港工业区二期南区和二期东区中间区域形成围海，临港产业区二港池北侧填海完成，至此整个围填海活动基本结束，见图 2。临港区域累计围填海面积约为 129.33 km²，形成人工岸线约 76.2 千米。



项目在滨海新区的区位示意图

Figure 1. Lingang economic area plan map

图 1. 临港经济区规划图



Figure 2. Lingang economic area reclamation comparison map

图 2. 临港经济区围填海对比图

临港经济区在围填海和经济高速发展的同时也必然造成了一定的海洋环境污染和生态系统破坏[9]，监测结果显示：2003 年围填海前，海区潮流属于往复流性质，涨潮流速略大于落潮流速，呈外海大于近岸的分布规律；浮游植物种类为 68 种，密度为 21.8×10^4 个/m³；浮游动物种类为 22 种；底栖生物种类为 58 种；2016 年围填海完成后监测结果显示，海域潮流属于规则半日潮流性质，海流的整体流向略有改变，浮游植物种类和密度均明显下降，浮游动物种类无明显变化，底栖生物种类减少，这导致养殖、捕捞、氧气生产以及物种多样性受到一定的影响。

3. 临港经济区生态系统服务价值损失评估

3.1. 评估模型的建立

根据中华人民共和国国家标准《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T28058-2011)和相关国内外研究[10]，将围填海的生态系统服务价值损失归纳为海洋供给服务评估、海洋调节服务评估、海洋文化服务评估、海洋支持服务评估 4 大类。根据上述标准，通过数据资料收集及文献查询，对全部为围填海区域的天津临港经济区进行海洋生态损害评估，见表 1。

Table 1. The model of loss appraisal on the value of marine ecosystem services of Lingang Economical Area of Tianjin
表 1. 天津市临港经济区海洋生态系统服务功能价值影响评估模型

功能类型	具体指标	具体内容	计算公式	数据主要来源
海洋供给服务	养殖生产	物质量评估	分类统计法	天津市水产所 天津市海洋局 滨海新区统计年鉴
		价值量评估	$V_{SM} = \sum(Q_{SMi} \times P_{Mi}) \times 10^{-1}$ V_{SM} ——养殖生产价值， Q_{SMi} ——第 i 类养殖水产品的产量， P_{Mi} ——第 i 类养殖水产品的平均市场价格。	
	捕捞生产	物质量评估	成果参照法	天津市水产所 天津市海洋局 滨海新区统计年鉴
		价值量评估	$V_{SC} = \sum(Q_{SCi} \times P_{Ci}) \times 10^{-1}$ V_{SC} ——捕捞生产价值，单位为万元每年； Q_{SCi} ——第 i 类捕捞水产品的产量，单位为吨每年， P_{Ci} ——第 i 类捕捞水产品的平均市场价格，单位为元每千克。	
	氧气生产	物质量评估	$Q_{O_2} = Q'_{O_2} \times S \times 365 \times 10^{-3} + Q''_{O_2}$ Q_{O_2} ——氧气生产的物质量， Q'_{O_2} ——单位时间单位面积水域浮游植物产生的氧气量， S ——评估海域的水域面积， Q''_{O_2} ——大型藻类产生的氧气量。	国家海洋局天津海洋环境监测中心站
		价值量评估	$V_{O_2} = Q_{O_2} \times P_{O_2} \times 10^{-4}$ V_{O_2} ——氧气生产价值， Q_{O_2} ——氧气生产的物质量， P_{O_2} ——人工生产氧气的单位成本。	

续表

海洋调节服务	气候调节	模型计算法	$V_{CO_2} = Q_{CO_2} \times P_{CO_2} \times 10^{-4}$ 式中：V_{CO_2}——气候调节价值；Q_{CO_2}——气候调节的物质质量，P_{CO_2}——二氧化碳排放权的市場交易价格。	中国海洋年鉴 北京碳市场年度报告
	废弃物处理	模型计算法	$V_d = \sum P \cdot S \cdot H \cdot (C - C_i) \cdot v / C_w$ 式中：V_d为废弃处理功能价值；S为填海面积；H为项目所在海域平均水深；P为单位生活污水处理成本；C为海水污染控制目标；C_i为海水污染物背景浓度；C_w为生活污水中平均污染物浓度；v为海水每天降解常数(d^{-1})。	国家海洋局天津海洋环境监测中心站
海洋文化服务	休闲娱乐	成果参照法	海洋休闲渔业服务价值 = 天津临港经济区休闲娱乐总价值 × 净收入占比。	《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》
	科研价值	成果参照法	海洋科研服务价值 = 单位面积海洋科研服务价值 × 海域面积。	《中国生态系统效益的价值》
海洋支持服务	物种多样性维持	模型计算法	$D_{hr} = P_o \times E / \delta \times \sigma \times P_s \times \rho_s \times S$ D_{hr}——围填海导致的初级生产服务损失，P_o——单位面积被填海域的初级生产力，E——初级生产力转化为软体动物的转化效率，δ——贝类产品中鲜肉的混合含碳率，σ——贝类产品的鲜肉重与含壳重之比，P_s——贝类产品平均市场价格，ρ_s——贝类产品销售利润率，S——围填海的面积。	国家海洋局天津海洋环境监测中心站《厦门沿岸海域贝类适养面积和可养量的估算》
	生态系统多样性维持	市场价格法	海洋生态系统多样性维持服务价值 = 单位面积海洋生态系统多样性维持服务价值 × 海域面积。	《围海造地的生态环境影响分析》

3.2. 评估数据来源

临港经济区于 2003 年开始围填海建设，2013 年基本完工，2017 年将临港经济区并入天津港保税区，2017 年之后临港经济区的 GDP 不再独立核算，故本文监测数据和引用数据均为 2016 年数据。评价数据来源于天津市海洋局、天津市水产所等发布数据和相关报告文献等[11][12]；其他相关数据来自于天津滨海新区统计年鉴以及国家海洋局天津海洋环境监测中心站对天津近岸海洋环境的监测结果。

3.3. 天津临港经济区海洋生态系统损害评估结果

评估结果表明(表 2)，天津市临港经济区 2016 年生态系统服务功能价值损失总计每年达到 4136.92 万元。

4. 结论和建议

4.1. 讨论与结论

本文统计分析了 2016 年临港经济区扣除通货膨胀率变化量后的生态系统服务功能价值损失，就生态

系统服务类别而言, 文化娱乐功能损失最少, 为-358.62 万元, 占总价值的 8.67%; 文化娱乐主要表现为海岸景观和旅游娱乐休闲产业, 滨海旅游娱乐休闲产业不是临港经济区的主要产业, 因此, 其围填海造地占用海岸线造成的文化娱乐功能损失远低于其他地区。其次为环境调节功能损失的 613.22 万元, 占总价值的 14.82%; 海洋生态系统的气候调节功能来源于各种生态过程通过浮游植物的光合作用对温室气体吸收和固定, 从而达到对该区域气候的调节作用, 围填海导致浮游植物种类和密度大幅减少, 成为气候调节功能损失的关键影响因子; 而海洋净化作用主要为一系列海洋生态过程将陆源入海污染物质转化为无毒无害的物质。围填海使得海域面积减少削弱了海洋生态系统的环境调节功能[11]。物质供给功能损失为 1634.69 万元, 占总价值的 39.51%, 围垦填海严重破坏了湿地原有的生态环境, 导致重要的经济鱼、虾、蟹、贝等海洋生物的产卵、育苗场消失, 改变了鱼类的生存环境, 海水增养殖产量的减少。围填海造地将原有的海域转化为陆地, 使该海域原有的水产养殖量大大减少, 成为影响物质调节功能的关键因子[12]。服务支持功能损失最多, 为 2247.63 万元, 占总价值的 54.33%。围海造地破坏了海洋生物的栖息环境, 造成生物多样性、均匀度和生物密度下降, 同时作为鸟类栖息地的功能也被削弱, 生物多样性大为下降, 监测结果显示, 浮游植物和底栖生物无论是种类还是密度均明显减少, 在围填海之前, 临港经济区位于海河入海口南侧, 属于丰富的浅海区滩涂湿地资源, 围填海工程彻底改变了原有的底栖生境类型和自然岸线属性, 同时也破坏了海域原有的底栖生物、浮游生物、游泳动物等的栖息环境, 导致潮间带贝类等底栖生物被掩埋死亡。成为服务支持功能损失最多的影响因子。

Table 2. Loss appraisal on the value of marine ecosystem services of Lingang Economical Area of Tianjin
表 2. 天津市临港经济区生态系统服务功能价值损失

功能分类		服务价值变化(万元)
物质供给功能	养殖生产和捕捞生产	-1062.67
	氧气生产	-572.02
环境调节功能	气候调节	-236.88
	废弃物处理	-376.34
文化娱乐功能	科研服务	-710
	休闲娱乐	1068.62
服务支持功能	物种多样性维持	-291.20
	生态系统多样性维持	-1956.43
总计		-4136.92

Table 3. Comparison of Loss appraisal on the value of marine ecosystem services between Lingang Economical Area of Tianjin and other places (ten thousand yuan)
表 3. 天津市临港经济区生态系统服务功能价值损失与其他地区对比(万元)

功能分类	天津临港	海门滨海新区	天津滨海新区
物质供给功能	-1634.69	-1744.5	-3730.86
环境调节功能	-613.22	-439	-1320.66
文化娱乐功能	358.62	-37437	-1063.05

续表

服务支持功能	-2247.63	-320.1	-1068.31
总计	-4136.92	-2878.3	-7182.88

评估结果显示,天津市临港经济区生态系统服务功能价值损失总计每年达到 4136.92 万元。单位面积损失为 31.99 万元/km²·年。明显低于海门市滨海新区围填海生态系统服务功能价值单位面积损失 187 万元/km²·年[13]和 2012 年天津滨海新区围填海造成的海洋生态系统服务功能价值单位面积损失 447.25 万元/km²·年[14],见表 3。可能是因为指标选取和权重值的差异以及临港经济区单位面积原生生态价值较低,另一个原因是临港经济区在围填海的过程中注重对海洋生态的保护,这也符合临港经济区为生态型产业基地的定位。临港经济区在围填海陆域形成后,开辟 63.25 公顷,建立了以污水处理为主兼具景观效果的人工生态湿地。湿地采用“潜流 + 表面流”工艺技术对污水进行净化,每年可消减化学需氧量 349 吨,生化需氧量 159 吨,水中悬浮物 159 吨,氨氮 116 吨,总磷 7.94 吨。海水水质对于海洋生态系统服务价值具有双向影响[15]。而且渤海滩涂是“东亚 - 澳大利亚”迁徙候鸟的必经区域,临港经济区在湿地中心特别设立了生态岛,通过引种水生生物构建湿地生态链,一定程度补偿了开发过程中被破坏的潮间滩涂,为迁徙候鸟提供了一个觅食场所。

天津市临港经济区的生产总值为 323 亿元,生态系统服务功能价值损失占 0.128%。该数据在一定程度上反映了围填海造成的生态服务功能价值损失是巨大的,在追求围填海经济效益的同时,也不能忽视其对生态环境的破坏。本文以研究海域所有围填海工程整体考虑来估算生态系统服务功能价值损失值,以当下海洋生态系统监测现状值,同时结合历史监测数据、选取指标数据的可获得性、指标权重的分析从而得出的结论,该结论由于数据有限、生态系统价值评估标准偏低和人为主观因素影响等导致现有估算结果可能远远低于实际价值;但是评估过程中发现的主要损失指标、生态修复优势将对于处理围填海工程的净产出经济价值和生态问题起到指导和借鉴价值,也将有利于进一步提升生态修复项目修复对象选取、修复效果评估也都会起到很好的支撑和促进作用。

4.2. 建议

不同海域的生态环境不同,其生态服务功能价值也不同,促进海洋资源保护和有效修复,要坚持生态优先、集约利用,推动海洋经济由高速发展向高质量发展转变[16]。首先,强化和完善围填海生态环境监管长效措施,细化和充实围填海污染防治措施;其次,优化围填海产业结构布局,制定海洋开发长期规划;第三,科学严谨地实施海洋生态修复工程,如建设生态廊道,提高绿地面积和湿地面积,改善和提高海洋生态功能[17];第四,完善围填海综合效益评估体系,评定围填海综合效益等级[18];最后,加强围填海监督和宣传引导,提高公民对海洋生态环境保护意识,推动海洋经济科学健康持续发展。

基金项目

自然资源部北海局海洋科技项目(202410),自然资源部渤海生态预警与保护修复重点实验室开放基金项目(2023112)。

参考文献

[1] 费尊乐,毛兴华. 渤海生产力研究:叶绿素 a、初级生产力与渔业资源开发潜力[J]. 海洋水产研究, 1991(12): 55-69.

[2] 于格,张军岩,鲁春霞,等. 围海造地的生态环境影响分析[J]. 资源科学, 2009, 31(2): 265-270.

[3] 王萱,陈伟琪,江毓武,等. 基于数值模拟的海湾环境容量价值损失的预测评估——以厦门同安湾围填海为例[J].

- 中国环境科学, 2010, 30(3): 420-425.
- [4] 吴小根, 王爱军. 人类活动对苏北潮滩发育的影响[J]. 地理科学, 2005, 25(5): 614-620.
- [5] 孟伟庆, 王秀明, 李洪远, 等. 天津滨海新区围海造地的生态环境影响分析[J]. 海洋环境科学, 2012, 31(1): 83-87.
- [6] 赵斐斐, 陈东景. 围填海对海洋生态系统服务功能影响评估研究综述[J]. 价值工程, 2012, 31(1): 6-7.
- [7] 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.
- [8] 刘宁, 孙元虎, 魏潇, 等. 围填海对海洋生态系统服务功能价值的损失评估——以烟台芝罘湾为例[J]. 海洋开发与管理, 2022, 39(7): 21-28.
- [9] 尹翠玲, 张秋丰, 阚文静, 等. 天津近岸海域营养盐变化特征及富营养化概况分析[J]. 天津科技大学学报, 2015, 30(1): 56-61.
- [10] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 17-22, 113.
- [11] Tait, R.V. (1981) Elements of Marine Ecology: An Introductory Course. 3rd Edition, Butterworth-Heinemann.
- [12] https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=QdSmbJTBmqzWNcJMYGK6c_GVUXfEdYZ5gpwmJY89J1CVLEvm5BBrqJD5VmUBF_Dmx52ESCqlktPqOAVD-9hOVr0G3DfNBQyrUYJlpPaQxGhPh6W19Lkhhf-BOYDTMjLjk07z9U5aM572NU6z1XVMX4xGo0Lkhi5S&uniplatform=NZKPT
- [13] 王静, 徐敏, 张益民, 等. 围填海的滨海湿地生态服务功能价值损失的评估——以海门市滨海新区围填海为例[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2009, 32(4): 134-138.
- [14] 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.
- [15] 刘芯钰. 海水水质对海洋生态系统服务价值的影响研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)自然科学, 2024(4): 36-39.
- [16] 林跃生, 孔昊, 侯建平. 填海造地导致的海洋生态系统服务损失研究——以某地填海工程为例[J]. 环境生态学, 2021, 3(2): 23-26.
- [17] 林伟龙, 张健, 石远灵, 宋文婷. 我国实施生态海堤建设的思考和建议[J]. 自然资源情报, 2024(6): 1-6.
- [18] 郭晶, 陈凯. 基于多层次 Meta 分析的中国海洋生态系统服务价值再评估[J]. 海洋经济, 2024, 14(6): 20-29.