

围填海历史遗留区域海洋生态服务价值损失评估研究

相 慧, 胡涛骏, 贾忠媛, 张雨庆

自然资源部第二海洋研究所, 浙江 杭州

收稿日期: 2023年6月24日; 录用日期: 2023年8月28日; 发布日期: 2023年9月6日

摘 要

近几年, 为加快处理围填海历史遗留问题, 自然资源部及各沿海省市自然资源管理部门相继出台了一系列政策文件, 全面开展现状调查、进行生态评估、生态损害赔偿和生态修复并制定处理方案, 妥善处置合法合规围填海项目。本文以历史遗留区域丁山三期北片围填海工程为例, 选取了适合研究区的海洋生态系统服务价值损失的供给服务、调节服务、文化服务和支持服务四类指标, 构建了各指标的计算模型, 测算了研究区海洋生态系统服务价值损失总额。研究区围填海造地导致的海洋生态系统服务价值总损失为1112.06万元/a, 其中供给服务价值损失最大、支持服务次之、调节服务损失最小。调节服务中, 气体调节价值损失额占主导地位, 支持服务中, 生物多样性价值损失额占主导地位。该计算框架和研究范例, 可为当地管理部门或其它地区对围填海历史遗留区域的管理提供技术参考和管理依据。

关键词

海洋生态服务价值, 围填海历史遗留问题, 价值量损失评估, 滨海湿地

Study on the Loss Assessment of Marine Ecological Service Value in Historic Reclamation Areas

Hui Xiang, Taojun Hu, Zhongyuan Jia, Yuqing Zhang

Second Institute of Oceanography, MNR, Hangzhou Zhejiang

Received: Jun. 24th, 2023; accepted: Aug. 28th, 2023; published: Sep. 6th, 2023

Abstract

In recent years, the Ministry of Natural Resources and natural resource management departments

文章引用: 相慧, 胡涛骏, 贾忠媛, 张雨庆. 围填海历史遗留区域海洋生态服务价值损失评估研究[J]. 海洋科学前沿, 2023, 10(3): 178-184. DOI: 10.12677/ams.2023.103019

of coastal provinces and cities have issued a series of policy documents to speed up the handling of historical reclamation problems, comprehensively carrying out current situation investigation, ecological assessment, ecological damage compensation and ecological restoration, and formulating treatment plans to properly handle legal and compliant reclamation projects. Taking sea reclamation of Dingshan III as an example, this paper selected four indexes, namely: supply service, regulation service, cultural service and support service, constructed the calculation model of each index, and calculated the total loss of marine ecosystem service value. The total loss of marine ecosystem service value caused by land reclamation in the study area was 11.1206 million yuan/a, among which the loss of supply service value was the largest, followed by support service, regulation service loss is minimal. In regulation services, the loss of gas regulation value dominates, while in support services, the loss of biodiversity value dominates. The calculation framework and research example can provide technical reference and management basis for the local management department or other areas to manage the historical reclamation areas.

Keywords

Marine Ecological Service Value, Historical Legacy Issues of Reclamation Area, Value Loss Assessment, Coastal Wetlands

Copyright © 2023 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

滨海湿地是近海生物重要栖息繁殖地，也是鸟类迁徙中转站，具有十分重要的生态功能。近年来，长期“向海索地”惯性思维导致的大规模围填海活动，使得滨海湿地面积骤减，对海洋和陆地生态系统造成很大损害。国务院于2018年发布了《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》，提出严控新增围填海造地，加快处理围填海历史遗留问题。自然资源部及各沿海省市自然资源管理部门相继出台了一系列政策文件，全面开展现状调查、进行生态评估、进行生态损害赔偿和生态修复并制定处理方案，对合法合规围填海项目进行妥善处置。因此，对围填海历史遗留区域导致的海洋生态系统服务价值损失进行定量评估有重要意义。

21世纪初，Costanza [1]、DeGroot [2]等首先开展了生态系统服务价值研究，应用各种环境价值评估方法，结合RS、GIS等技术，测算了围填海导致的海洋生态系统服务损失价值量。国内针对海洋生态系统服务功能价值损失评估的研究也相继出现。彭本荣[3]建立了生态-经济模型，用于评估填海造地生态损害的价值；陈尚等[4]介绍了我国由政府主推的海洋生态系统服务功能及其价值评估研究计划，该计划建立了海洋生态系统服务的分类体系；苗丽娟[5]建立了适合评估我国围海造地对生态环境造成损失的方法与测算模型；谢高地[6]构建了生态服务生产-消费-价值化的理论分析基础和方法框架；索安宁[7] [8]以曹妃甸填海为例，构建了围填海工程的海洋生态系统服务功能损失的货币化评估模型与方法；王静[9]、张慧[10]、王萱[11]、李睿倩[12]等从不同区域尺度上进行了填海造地海洋生态服务价值损失的案例评估研究；李京梅[13]利用生境等价分析法评估了胶州湾围填海造地引起的生态系统服务价值损失和补偿规模；单菁竹[14]探讨了协商货币评估法中参与不平等的存在性及其对估值结果的影响。

这些围填海造地导致的海洋生态服务价值损失的研究成果为围填海历史遗留区域进行生态补偿、确定生态修复投资最低控制额度提供了理论依据。本文以历史遗留区域丁山三期北片围填海工程为例，选取了适合研究区的海洋生态系统服务价值损失的供给服务、调节服务、文化服务和支持服务四类指标，

构建了各指标的计算模型，测算了研究区海洋生态系统服务价值损失总额。该计算框架和研究范例，可为当地管理部门或其它地区对围填海历史遗留区域的管理提供技术参考和管理依据。

2. 研究区概况及数据来源

瑞安市丁山三期北区围涂工程位于瑞安东海岸(见图 1)，东临大海，西靠温瑞平原，北与龙湾区相接，南与丁山二期围垦隔海相望，属于丁山三期西片围涂工程的一部分。围区南北长度约 1.6 km，东西宽度约 3.8 km，围涂面积 420.4761 hm²。

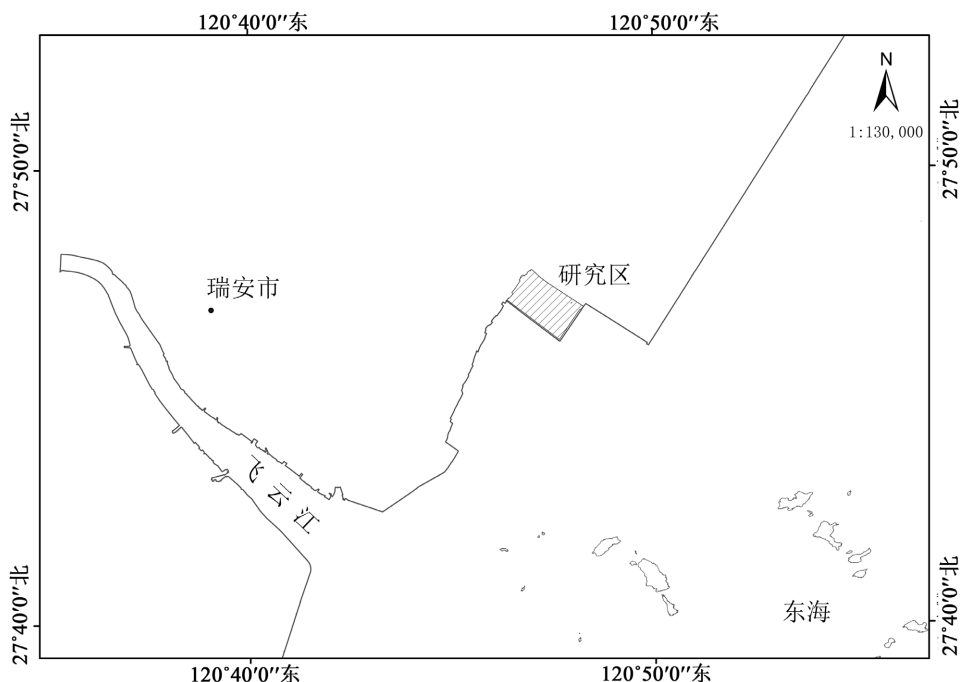


Figure 1. Schematic diagram of the location of the research area
图 1. 研究区位置示意图

数据来源主要有两方面：一是围填海数据，围填海的位置、面积及水深数据主要是通过外业实地测量获取，COD 浓度、初级生产力等数据由水文和生态环境调查获取，辅助数据包括该区域 1:50,000 海图、1:550,000 海洋功能区划图以及卫星遥感影像图。二是社会经济数据，来自相关的国民经济和社会发展统计公报、研究区统计年鉴、研究文献等。

3. 海洋生态系统服务价值损失评估

参照联合国千年生态系统评估框架及以往的研究成果将海洋生态系统提供的食品供给、基因资源、气候调节等多项服务归纳为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务 4 类[15]。根据研究区海域的实际情况，将研究区周围海域的海洋生态系服务分为食品供给、气体调节、废弃物处理、科研服务、初级生产、生物多样性维持服务等。围填海工程将近岸海域转化为陆地，使得工程所占用海域海洋生态系统服务功能丧失，可采用以下方法估算研究区海域海洋生态系统服务价值损失。

3.1. 海洋供给服务评估方法

供给服务价值是海洋生态系统服务价值的基础构成要素。研究区海域沿岸滩涂发育，曾经是滩涂养殖重点开发区，围填海项目的实施改变了海域的自然属性，使项目占用的海域不再适合作为养殖活动场

所。依据研究区实际情况选择食品供给指标，食品供给即养殖生产的损失也就是潜在养殖产量所对应的市场价值。

采用直接市场价值评估法，计算公式为：

$$V_g = \sum_{i=1}^5 Q_g \times P_g \quad (1)$$

式中， V_g 为养殖生产价值(元/a)； Q_g 为第 i 类养殖海产品的数量(t/a)； P_g 为第 i 类养殖海产品的平均市场价格(元/kg)。

查询瑞安市渔业生产基本情况统计表，2016 年瑞安市滩涂养殖产量 1668 t，滩涂养殖面积 530 hm²。丁山三期北区围垦前滩涂养殖的主要种类为螺类、文蛤、泥蚶等贝类，还有少量虾及蟹类，故养殖水产品平均市场价格按照当地市场经济贝类市场价格 0.71 万元/t 计算。据此估算丁山三期北区围填海项目造成食品供给服务价值损失为 939.55 万元/年。

3.2. 海洋调节服务评估方法

海洋调节服务评估是指一定时期内海洋生态系统提供的调节人类生存环境质量的服务，包括气体调节、废弃物处理等。

3.2.1. 气体调节

生态系统通过光合作用和呼吸作用与大气交换 CO₂ 和 O₂，从而对维持大气中 CO₂ 和 O₂ 的动态平衡起着不可替代的作用。根据光合作用和呼吸作用的反应方程式推算，每形成 1 g 干物质，需要 1.62 g CO₂，释放 O₂ 1.2g。气体调节价值包括固定 C 的价值与释放 O₂ 的价值两部分。

围填海对气体调节服务造成的损失参照固定 CO₂ 和产生 O₂ 的成本进行估算。计算公式如下：

$$V_{ga} = (C_{CO_2} + 0.73C_{O_2}) \times X \times S \quad (2)$$

式中， V_{ga} 为围填海对气体调节服务的损耗，单位为元每年(元/a)； C_{CO_2} 为固定二氧化碳的成本，单位为元每吨(元/t)； C_{O_2} 为生产氧气的成本，单位为元每吨(元/t)； X 为单位面积海域固定二氧化碳的量，单位为吨每平方米年[t/(m²·a)]； S 为围填海面积，单位为平方米(m²)。

固定二氧化碳的成本，采用国际碳税标准 150 美元/t (汇率取 7.2)和我国的造林成本 250 元/t 的平均值 665 元/t 作为固碳的单价。人工生产氧气的单位成本宜采用评估年份钢铁业液化空气法制造氧气的平均生产成本，主要包括设备折旧费用、动力费用、人工费用等。参考相关文献，本次评估制氧成本 C_{O_2} 取 400 元/t。围填海前项目所在海域的平均初级生产力为 49.4 mgC/(m²·d)。据此估算丁山三期北区围填海项目造成的气体调节价值损失约为 7.14 万元/年。

3.2.2. 废弃物处理

填海工程将直接改变区域潮流运动特征，使得泥沙冲淤和污染物迁移规律发生变化，降低水环境容量和污染物扩散能力，加速污染物在海床上的积累，因此，填海工程破坏或削弱了海水水体的自净功能。废弃物处理的价值估算是将损失的环境容量转化为生活污水量，进而以人工去除数量污水的成本进行估算。估算模型：

$$V_d = \frac{X \times (C - C_i) \times P}{C_w} \quad (3)$$

式中， V_d 为废弃物处理功能价值； X 为围填海引起的净水交换损失量； C 为海水污染物控制目标； C_i 为海水 COD 背景浓度值； P 为单位生活污水处理成本； C_w 为生活污水中平均 COD 浓度。

研究区围填海前 2016 年水质调查结果显示该区域 COD 平均浓度为 1.06 mg/L, 本次估算 COD 背景值取 1.06 mg/L; 项目所在海洋功能区水质管理要求为“海水水质质量执行不劣于第二类”, 本次估算 COD 控制指标取海水二类标准, 即 3.00 mg/L; 生活污水中 COD 的平均浓度约为 150 mg/L; 研究区平均水深 0.26 m, 生活污水处理价格取 0.9 元/m³; 本次估算不计净水交换损失量。据此估算丁山三期北区围填海项目造成废弃物处理价值损失为 1.27 万元。

3.3. 海洋文化服务评估方法

海洋文化服务是指海洋生态系统在一定时期内提供的文化性产品的场所和物质, 包括休闲娱乐、科研服务等。因研究区海域附近无海洋旅游景区, 故不评估其休闲娱乐价值, 仅评估其科研服务价值。科研服务价值采用基于单位面积价值当量因子法进行评估。

参考陈仲新等[16]对我国生态效益价值的估算, 我国单位面积生态系统的平均科研文化价值为 382 元/(hm²·a) (以 1994 年人民币为基准, 人民币兑美元汇率取 8.6), 以 1994~2021 年历年居民消费价格指数修正后, 其单价为 738 元/(hm²·a)。据此估算丁山三期北区围填海项目造成海洋文化服务价值损失为 31.03 万元/年。

3.4. 海洋支持服务评估方法

海洋支持服务包括初级生产、营养物质循环和生物多样性维持, 是保证海洋生态系统提供供给、调节和文化现象服务所必需的基础服务。依据研究区实际情况, 本文重点考虑初级生产和物种多样性维持功能。

3.4.1. 初级生产

围填海造成的初级生产服务损失可采用市场价值法进行估算。计算公式如下:

$$D_{hr} = \frac{P_0 E}{\delta} \sigma P_s \rho_s S \quad (4)$$

式中, D_{hr} 为围填海导致的初级生产服务损失(元/a); P_0 为单位面积被填海域的初级生产力[kgC/(m²·a)]; E 为初级生产力转化为软体动物的转化效率(%); δ 为贝类产品中鲜肉的混合含碳率(%); σ 为贝类产品的鲜肉重与含壳重之比; P_s 为贝类产品平均市场价格(元/kg); ρ_s 为贝类产品销售利润率(%); S 为围填海的面积(m²)。

围填海前项目所在海域 2016 年的平均初级生产力为 49.4 mgC/(m²·d); Tait [17] 研究结果表明沿岸海域的能量转化为软体动物的比例约为 10%; 根据卢振彬[18]等测定结果, 软体动物鲜肉重混合含碳率为 8.33%; 贝类产品的鲜肉重与含壳重之比按 1:5.52 计; 贝类产品平均市场价格按 0.71 万元/t 计算; 贝类销售利润率按 25% 计算。据此估算丁山三期北区围填海项目造成初级生产损失为 2.93 万元/年。

3.4.2. 生物多样性维持

研究区海域为淤涨型滩涂, 面积广阔, 盐土植被种类齐全, 低等动植物类型繁多, 资源蕴藏量丰富, 为高等动植物提供了适宜的生存空间, 因此生物多样性程度高。故本次重点评估其生物多样性维持价值, 采用基于单位面积价值当量因子法进行评估。

根据谢高地[19]对我国生态系统各项生态服务价值平均单价的估算结果, 我国湿地生态系统单位面积的生物多样性维持价值分别为 2122.2 元/(hm²·a)。本次评估取湿地生态系统单位面积的生物多样性维持功能价值 2122.2 元/(hm²·a) (以 2003 年人民币为基准), 以 2003~2021 年历年居民消费价格指数修正后, 其单价为 3105.8 元/(hm²·a)。据此估算丁山三期北区围填海项目造成多样性维持服务价值损失为 130.59 万元/年。

4. 结果分析

研究区围填海工程造成的海洋生态系统服务价值损失总额为 1112.51 万元/年(表 1)。其中, 供给服务的价值损失额最大, 占总损失的 84.49%; 支持服务损失额次之, 占总损失的 12%; 文化服务的损失额占比为 2.77%; 调节服务的损失额最少, 仅占总损失的 0.74%。在调节服务中, 气体调节损失价值量占比为 84.90%, 占据主要地位。在支持服务中, 生物多样性损失价值量占比为 97.80%, 占据主要地位。

Table 1. Summary table for estimating the loss of service value of the reclamation ecosystem in the north area of Dingshan phase III

表 1. 丁山三期北区片围填海生态系统服务价值损失估算汇总

价值类别	损失价值(万元/a)	占比	价值细分	损失价值(万元/a)	占比
供给服务	939.55	84.49%	食品供给	939.55	84.45%
调节服务	8.41	0.74%	气体调节	7.14	0.64%
			废弃物处理	1.27	0.11%
文化服务	31.03	2.77%	科研服务	31.03	2.79%
支持服务	133.52	12.00%	初级生产	2.93	0.26%
			生物多样性	130.59	11.74%
总计	1112.51	100.00%		1112.51	100.00%

5. 结论与讨论

1) 围填海造地完全地改变了海域自然属性, 造成海洋生态系统服务价值损失巨大。在对围填海造地造成的海域海洋生态系统服务价值损失进行评估时, 选择了食品供给、气体调节、废弃物处理、科研服务、初级生产、生物多样性维持服务等主要的海洋生态系统服务进行评估, 忽略了其在原料生产、营养元素循环等方面的服务价值。在旅游娱乐价值损失方面, 因填海区域及周边海域在开发利用现状下不具备旅游娱乐功能而未将其价值考虑在内。

2) 2019 年沿海各省市开展了围填海历史遗留区域的现状调查, 进行生态评估、生态服务价值损失补偿, 开始实施生态修复措施。修复方案修复期限为三年、四年不等, 以三年最多。截止 2022 年底, 理论上实施期限为三年的修复方案已基本完成, 然而, 自修复方案提出后, 仍存在如统一的国土空间规划尚在编制等诸多问题使得众多围填海历史遗留区域未完成处理方案的报批, 未开展生态修复。围填海造成的海洋生态服务价值损失也未进行补偿。围填海历史遗留区域是今后一段时期陆海统筹发展的重点区域, 加快处理历史遗留围填海对于推动地区经济发展、进一步加强生态文明建设有重要意义。

参考文献

- [1] Costanza, R.R., d'Arge, R., De Groot, R.S., *et al.* (1997) The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, **387**, 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- [2] De Groot, R.S., Wilson, M.A. and Boumans, R.M.J. (2002) A Typology for the Classification, Description and Valuation of Ecosystem Services, Goods and Services. *Ecological Economics*, **41**, 393-408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- [3] 彭本荣, 洪华生, 陈伟琪, 等. 填海造地生态损害评估: 理论、方法及应用研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20(5): 714-726.
- [4] 陈尚, 张朝晖, 马艳, 等. 我国海洋生态系统服务功能及其价值评估研究计划[J]. 地球科学进展, 2006, 21(11): 1127-1133.

- [5] 苗丽娟. 围填海造成的生态环境损失评估方法初探[J]. 环境与可持续发展, 2007(3): 47-49.
- [6] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 生态系统服务的供给、消费和价值化[J]. 资源科学, 2008, 30(1): 93-99.
- [7] 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.
- [8] 索安宁, 张明慧, 于永海, 等. 曹妃甸围填海工程的海洋生态服务功能损失估算[J]. 海洋科学, 2012, 36(3): 108-114.
- [9] 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.
- [10] 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(3): 34-38.
- [11] 王萱, 陈伟琪, 张璐平, 等. 同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估[J]. 生态学报, 2010, 30(21): 5914-5924.
- [12] 李睿倩, 孟范平. 填海造地导致海湾生态系统服务损失的能值评估——以套子湾为例[J]. 生态学报, 2012, 32(18): 5825-5835.
- [13] 李京梅, 刘铁鹰. 基于生境等价分析法的胶州湾围填海造地生态损害评估[J]. 生态学报, 2012, 32(22): 7146-7155.
- [14] 单菁竹, 李京梅, 许志华, 等. 协商货币评估法中的参与不平等性研究: 以胶州湾围填海造地生态损害评估为例[J]. 资源科学, 2022, 44(7): 1506-1519.
- [15] MA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005) *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Island Press, Washington DC.
- [16] 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): 108-116.
- [17] 卢振彬, 杜琦, 颜尤明, 等. 厦门沿岸海域贝类适养面积和可养量的估算[J]. 台湾海峡, 1999, 18(2): 63-72.
- [18] Tait, R.V. (1981) *Elements of Marine Ecology: An Introductory Course*. 3rd Edition, Butter-Worth, London.
- [19] Xie, G.D., Lu, C.X. and Leng, Y.F. (2003) Ecological Assets Valuation of the Tibetan Plateau. *Journal of Natural Resources*, **18**, 189-196. (In Chinese)