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

刘宁¹, 孙元虎², 魏潇¹, 孙伟¹, 朱金龙¹, 姜会超¹, 徐艳东¹, 刘晓波¹

(1. 山东省海洋资源与环境研究院 山东省海洋生态修复重点实验室 烟台 264006;

2. 烟台市芝罘区现代海洋产业发展促进中心 烟台 264000)

摘要:围填海会对海洋生态环境产生负面影响,并导致海洋生态系统服务功能损失,开展围填海海洋生态系统服务功能价值评估对于海域资源的节约集约利用和可持续发展具有重要作用。文章基于烟台芝罘湾海域生态系统服务特点,采用功能价值法,构建并优化涵盖供给、调节、支持和文化4项服务功能的近海生态系统服务功能指标体系和价值评估模型,选择烟台芝罘湾作为研究区域,评估围填海对海洋生态系统服务功能造成的损失并量化其价值。研究发现,近40年来芝罘湾围填海造成的海洋生态系统服务功能价值损失为2 953.21万元/a(基于2017年统计数据),单位面积价值损失为3.72万元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。其中,供给服务的价值损失贡献最大,占总价值损失的56.95%;其次是文化服务价值,占27.28%;支持功能和调节功能价值损失相对较小,分别占8.10%和7.67%。芝罘湾丰富的渔业资源和发达的旅游业是造成供给服务和文化服务价值损失占比较高的主要因素。评估结果可为芝罘湾围填海生态恢复补偿提供依据,有助于提高海湾空间资源的利用效率,为海洋自然资源合理开发利用提供科学支撑。

关键词:围填海;生态系统服务;价值评估;芝罘湾

中图分类号:X37;P76

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2022)07-0021-08

Loss Appraisal on Coastal Reclamation to Marine Ecosystem Service Function Value: A case study in Zhifu Bay of Yantai City

LIU Ning¹, SUN Yuanhu², WEI Xiao¹, SUN Wei¹, ZHU Jinlong¹,
JIANG Huichao¹, XU Yandong¹, LIU Xiaobo¹

(1. Shandong Marine Resource and Environment Research Institute, Shandong Key Laboratory of Marine Ecological Restoration, Yantai 264006, China; 2. Yantai Zhifu District Modern Marine Industry Development Promotion Center, Yantai 264000, China)

Abstract: Coastal reclamation has negative impacts on the marine eco-environment and leads to the

收稿日期:2021-12-24;修订日期:2022-06-07

基金项目:山东省海洋软科学研究课题(2021012);山东省海洋生态修复重点实验室开放课题(201901);山东省海域使用后评估(37000022P11002010011E)。

作者简介:刘宁,工程师,硕士,研究方向为海域与海岛监测

通信作者:刘晓波,高级工程师,研究方向为海域与海岛监视监测

loss of marine ecosystem services, and it is very important to evaluate the value of marine ecosystem services for the intensive and economical utilization of marine resources and the sustainable development. Based on the characteristics of ecosystem services of Zhifu Bay (ZFB) of Yantai in Shandong Province, a functional value method was adopted, and four ecosystem service indicators were selected, including provisioning service, regulating service, supporting service and cultural service to establish an evaluation model. The evaluation model of the coastal ecosystem services was optimized, and the value loss of marine ecosystem services caused by coastal reclamation in the ZFB was evaluated. The results showed that the total loss of marine ecosystem service value caused by the coastal reclamation of the ZFB for 40 years was 2.95×10^7 yuan/a, with unit area 3.72×10^4 yuan/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$), of which the annual loss of provisioning service was the largest, accounting for 56.95% of the total loss, followed by the cultural service, the supporting service and the regulating service, accounting for 27.28%, 8.10% and 7.67%, respectively. The rich fishery resources and developed tourism in the ZFB were the main factors that caused the high value loss of provisioning service and cultural service. The evaluation of marine ecosystem services in the present study would provide the scientific basis for ecological compensation of reclamation in the ZFB, and contribute to improving the utilization efficiency of marine space resource. It would also provide scientific support for the rational development and utilization of marine natural resources.

Keywords: Coastal reclamation, Ecosystem service, Evaluation, Zhifu Bay

0 引言

海洋以其广阔的覆盖面积和立体纵深,成为地球上最大的生命支持系统,其丰富的生物多样性和特殊的物候条件,在地球整体的物质循环和能量流动中扮演着至关重要的作用,并源源不断地向人类社会提供着陆地所无法替代的供给、调节、支持和文化等多项服务功能^[1]。随着城市化进程的加快,城市土地资源紧张问题越来越突出,近岸海域的围填海活动一度成为沿海地区缓解用地紧张,拓展生存与发展空间的重要途径之一^[2]。但同时过度、无序的围填海活动也人为改变了海域的自然属性,通过改变海岸线、影响纳潮量和缩减生物栖息地等方式,影响海洋生态系统服务功能,造成其服务功能的衰减甚至彻底丧失。正确认识并科学评估围填海对海洋生态系统服务功能造成的损失,是平衡海洋开发利用与生态保护、实现生态文明建设及可持续发展的重要前提,并逐渐成为自然资源开发利用和生态环境保护修复等领域的研究热点。

认识并量化海洋生态系统服务功能,是科学评估其价值损失的重要前提。Costanza 等^[3]将生态

系统所提供的服务功能细化为 17 种不同的类型,提出并量化了全球海洋生态系统服务功能价值。后续学者以此为基础,进一步优化细分海洋生态系统服务功能的类型和属性、筛选评价指标、构建评估模型、拓展评估范围,并对各类海洋生态系统开展了广泛的评估,从聚焦生物多样性及生态系统保护角度逐步扩展到涵盖海水养殖、海上风电开发、气候变暖和海洋酸化等突出生态问题对海洋生态系统服务功能价值损失的评估^[4-8]。虽然我国对海洋生态系统服务功能价值研究起步较晚,但近年来理论体系也在实际应用中不断地得以完善,从价值评估框架的初步构建^[9],快速发展到对不同服务类型评价指标的优化筛选以及多元化评估模型的构建^[10],并围绕我国众多的海洋开发活动开展了广泛的应用实践。目前,众多学者采用功能价格法、当量因子法和能值理论等多种方法围绕围填海造成的生态系统服务功能价值损失开展探索评估,进一步提升了价值估算的精度,但受相关评估数据可获得性的制约,导致这些方法在实际应用中受到不同程度的限制。

本研究根据研究海域(烟台芝罘湾)生态系统属性特点,构建符合区域特征的评估模型,优化评估指标,探索建立一种兼顾可操作性和准确性的价值评估方法,并对围填海这一典型人类活动开展价值损失评估,进一步丰富了海洋生态系统服务功能价值评估研究案例,为海洋生态保护修复提供科学依据,对海域空间资源优化配置和综合管控具有重要的理论研究意义和实际应用价值。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

芝罘湾位于山东半岛北部烟台中心城区,北起芝罘岛东南角,南至东炮台山,为“U”字形半封闭海湾,湾内水域开阔、浪小流缓,渔业资源丰富,是烟台历史文化和现代产业相融合的高质量发展区域。芝罘湾优良的地理位置和水文条件使其成为港口建设的理想海域,自20世纪70年代末,烟台港吞吐量增速迅猛,湾内港口围填海扩建一直保持着较快的发展速度,海岸线大幅度向海推移,相关研究^[11]结果表明,自1976年至2016年海岸线长度整体增加了15.78 km,自然岸线长度减少了8.48 km,海湾面积减少了7.93 km²。

1.2 生态系统服务功能价值评估方法的选取

当前,生态价值评估的主流方法主要包括当量因子法、能值理论法和功能价值法。当量因子法是基于1个标准单位面积价值当量因子对研究区域进行评估^[3,12],虽然计算简单,但由于不同区域生态系统自然禀赋差异极大,采用统一的当量因子会掩盖不同生态系统服务功能差异,降低评估的准确性;能值理论是将各项复杂而又无法统一度量的生态系统服务转换为太阳能值来表示,从而进行比较和分析^[13-14],但在能值转化率确定、适用范围等方面仍存在较多争议;功能价值法可针对某一特定区域的生态服务特点核算具体生态系统服务价值,且避免了由于全球能值基准变化导致的分析结果的不确定性,考虑到研究海域生态系统服务特点及数据资源,本研究选取功能价值法计算围填海造成的海洋生态系统服务价值损失更为合理。

1.3 生态系统服务功能价值评估模型的构建

由于海洋生态系统自身的复杂性,以及对生态

过程认知的局限性,不同的学者对于其提供的服务和评估指标的研究也各不相同。本研究参考相关学者对围填海造成的生态系统服务功能价值损失研究成果^[15-22],综合考虑研究海域生态系统服务功能特征,从供给服务、调节服务、支持服务和文化功能服务4个服务类型选取食品生产、海洋生物量、气候调节、水质净化、干扰调节、初级生产、营养物质循环、物种多样性维持、休闲娱乐和科研文化等共计10个指标,并综合考虑各指标评估方法的可操作性和实用性,采用功能价值法,构建芝罘湾生态系统服务功能价值指标体系及评估模型。

1.3.1 供给服务

(1) 食品生产

$$V_{FP} = PM_1 \times S \times \frac{F}{S_0} \quad (1)$$

式中: V_{FP} 为因围填海引起的食品生产服务价值损失; PM_1 为养殖产品销售利润率; S 为围填海占用的海域面积; F 为研究区域内经济生物年产值; S_0 为研究区域海水养殖面积; F 、 S_0 可从当地渔业统计年鉴中获得。

(2) 海洋生物量

$$V_{MB} = 0.2 \frac{XES}{a} bP \quad (2)$$

式中: V_{MB} 为因围填海引起的海洋生物量价值损失; X 为海洋初级生产力; E 为初级生产力转化为软体动物的转化率; S 为围填海占用的海域面积; a 为贝类产品混合含碳率; b 为贝类质量与软体组织质量的比; P 为贝类产品平均市场价格。

1.3.2 调节服务

(1) 气候调节

$$V_{CR} = (1.63 C_{CO_2} + 1.19 C_{O_2}) X S \quad (3)$$

式中: V_{CR} 为气候调节功能价值损失; C_{CO_2} 为固定 CO_2 的成本; C_{O_2} 为释放 O_2 的成本; X 为海洋初级生产力; S 为围填海占用的海域面积。

(2) 水质净化

$$V_{WP} = \sum_{i=1}^n (C_i X_i T) \quad (4)$$

式中: V_{WP} 为水质净化功能价值损失; C_i 为第 i 种污染物的处理成本; X_i 为第 i 种污染物单位面积的环境容量; T 为围填海造成的纳潮量减少值。

(3) 干扰调节

$$V_{IR} = \frac{C_P L(1 + 2\%n)}{n} \quad (5)$$

式中: V_{IR} 为围填海造成的干扰调节服务的损耗; C_P 为人工岸线的工程造价; L 为围填海占用的自然岸线长度; n 为工程使用年限; 每年的维护成本按工程造价的 2% 计。

1.3.3 支持服务

(1) 初级生产

$$V_{HR} = \frac{XE}{a} \sigma P \rho S \quad (6)$$

式中: V_{HR} 为围填海造成的初级生产服务的损失; X 为海洋初级生产力; E 为初级生产力转化为软体动物的转化率; a 为贝类产品混合含碳率; σ 为各类软体组织鲜肉与含壳重之比; P 为贝类产品平均市场价格; ρ 为贝类产品销售利润率; S 为围填海占用的海域面积。

(2) 营养物质循环

$$V_{NC} = (C_N Q_N + C_P Q_P) S \quad (7)$$

式中: V_{NC} 为围填海造成的营养物质循环服务价值损失; C_N 、 C_P 是氮、磷的去除成本; Q_N 、 Q_P 是单位面积海水去除氮、磷元素的量; S 为围填海占用的海域面积。

(3) 物种多样性维持

$$V_{SD} = V_{SD0} \times S \quad (8)$$

式中: V_{SD} 为围填海造成的物种多样性维持服务价值损失; V_{SD0} 为单位面积物种多样性维持服务价值; S 为围填海占用的海域面积。

1.3.4 文化功能服务

(1) 休闲娱乐

$$V_{LE} = PM_{II} \times V_{LE0} \times L \quad (9)$$

式中: V_{LE} 为围填海造成的休闲娱乐服务价值损失; PM_{II} 为休闲娱乐服务利润率; V_{LE0} 为单位自然岸线长度产生的休闲娱乐服务价值; L 为围填海占用的自然岸线长度。

(2) 科研文化

$$V_{SC} = V_{SC0} \times S \quad (10)$$

式中: V_{SC} 为围填海造成的科研文化服务价值损失; V_{SC0} 为单位面积生态系统的平均科研文化价值; S 为围填海占用的海域面积。

1.4 数据来源

芝罘湾三突堤于 2016 年经围填海建设完成, 本研究选择 2017 年作为研究典型年份, 在芝罘湾内均匀布设监测站位 12 个, 对芝罘湾围填海造成的价值损失进行评估。水质数据来源于对芝罘湾 2017 年表层水各对应指标的实测结果, 各监测项目均按海洋调查规范 (GB/T 12763—2007) 及海洋监测规范 (GB 12378—2007) 要求进行; 渔业养殖及休闲娱乐产值相关数据来源于《山东渔业统计年鉴 2017》。

2 结果与分析

2.1 供给功能价值损失

2.1.1 食品生产服务功能价值损失

根据公式(1)对食品生产服务价值损失进行评估。芝罘湾围填海占用海水养殖面积约 7.93 km², 选择贝类、海参和鱼类作为计量指标, 2017 年芝罘区海域渔业养殖面积为 42.65 km², 产值达 44 973 万元^[23], 取利润率为 20%, 经计算得出食品生产服务功能价值损失为 1 672.38 万元/a。

2.1.2 海洋生物量价值损失

根据公式(2)对海洋生物量价值损失进行评估。该部分以围填海区域海洋初级生产力为关键参数计算。初级生产力至软体动物的转化率取 10%^[24], 软体动物的混合含碳率取 8.33%^[25], 贝类质量与软体组织平均质量的比为 5.52%, 根据研究海域水质监测结果, 芝罘湾初级生产力为 363.80 mg/(m²·d), 贝类产品的平均市场价格按 7.6 元/kg, 销售利润率按 20% 计, 其海洋生物量价值损失为 9.47 万元/a。

2.2 调节功能价值损失

2.2.1 气候调节功能价值损失

根据公式(3)对气候调节功能价值损失进行评估。该部分以围填海海域海洋初级生产力、固定 CO₂ 的成本和释放 O₂ 的成本为关键参数计算。取国际碳税率和造林成本的平均值作为固定 CO₂ 的成本, 以 2001 年国际碳税率 150 美元/t, 以及我国 1997 年的造林成本 250 元/t 为基准, 经生产者物价指数 (Producer Price Index, PPI) 指数调整后, 可得

2017 年我国固定 CO₂ 的成本为 639 元/t。释放 O₂ 的成本采用评估年份工业制造 O₂ 的平均生产成本。1999 年工业制造氧气的平均生产成本为 370 元/t^[26], 经过 PPI 指数调整后, 可得 2017 年我国工业制造氧气的平均生产成本为 391 元/t, 将其作为释放 O₂ 的成本。经计算可得出气候调节功能价值损失为 141.64 万元/a。

2.2.2 水质净化功能价值损失

根据公式(4)对水质净化功能价值损失进行评估。该部分以围填海海域污染物环境容量及减少的纳潮量为关键参数计算。因 N 和 P 容量的价值在营养物质循环服务价值中有所体现, 为避免重复计算, 故此处主要估算去除海水中 COD 和石油类的功能价值(表 1)。按照石油类去除成本 7 元/kg, COD 去除成本 4.3 元/kg^[27], 围填海造成芝罘湾纳潮量减为 $1.07 \times 10^7 \text{ m}^3$ ^[28]。经计算可得出水质净化功能价值损失为 17.16 万元/a。

表 1 芝罘湾围填海海域主要污染物浓度

污染物 种类	范围	平均值	mg/L	
			三类水质 标准	环境 容量
化学需氧量	0.312~3.46	0.748	4	3.252
石油类	0.001 75~0.030 7	0.006 19	0.3	0.294

2.2.3 干扰调节功能价值损失

根据公式(5)对干扰调节功能价值损失进行评估。以建设同等长度的人工岸线工程造价进行估算, 按工程造价 200 万元/km, 工程使用年限按 50 年计, 得出干扰调节功能价值损失为 67.84 万元/a。

2.3 支持功能价值损失

2.3.1 初级生产服务价值损失

根据公式(6)对初级生产服务价值损失进行评估。初级生产力转化为贝类等软体生物的转化率为 10%^[24], 贝类产品混合含碳率取 8.33%^[25], 各类软体组织鲜肉与含壳重之比取 1:5.22^[29], 贝类产品销售利润率取 20%。经计算可得初级生产服务功能价值损失为 41.07 万元/a。

2.3.2 营养物质循环服务价值损失

根据公式(7)对营养物质循环服务价值损失进

行评估, 该部分以单位面积处理氮、磷的量为关键参数计算。基于芝罘湾初级生产力及 Redfield 值, 按 C:N:P=106:16:1 的比例确定浮游植物移除氮和磷的量^[29]。按照氮的去除成本为 1.5 元/kg、磷的去除成本为 2.5 元/kg 计算^[30], 即可得围填海造成的营养物质循环服务价值损失为 23.50 万元/a。

2.3.3 物种多样性维持服务价值损失

根据公式(8)对物种多样性维持服务价值损失进行评估, 该部分以围填海海域单位面积物种多样性维持服务价值为关键参数计算。参考胶州湾生物多样性维持服务价值评估方法^[31], 对 PPI 指数修正后, 得到 2017 年芝罘湾物种多样性维持价值为 0.22 万元/hm², 经计算可得物种多样性维持服务价值损失为 174.46 万元/a。

2.4 文化功能价值损失

2.4.1 休闲娱乐服务价值损失

根据公式(9)对休闲娱乐服务价值损失进行评估。该部分以单位自然岸线长度产生的休闲娱乐服务价值为关键参数计算。芝罘湾围填海占用自然岸线长度 8.48 km, 2017 年芝罘区休闲娱乐产值为 8 972 万元^[23], 休闲娱乐服务利润率按 20% 计, 经计算得出围填海造成休闲娱乐服务价值损失为 777.54 万元/a。

2.4.2 科研文化服务价值损失

根据公式(10)对科研文化服务价值损失进行评估。该部分以科研文化服务价值为关键参数计算。我国生态系统的科研文化价值以 3.55 万元/(km²·a)^[32] 计, 可得出围填海对芝罘湾科研文化这一服务功能带来的价值损失为 28.15 万元/a。

2.5 芝罘湾围填海造成的生态系统服务价值损失分析

评估结果显示, 芝罘湾围填海造成的总服务价值损失为 2 953.21 万元/a, 单位面积的服务价值损失为 3.72 万元/hm²。在所选取的 4 个功能类型中, 供给服务功能的损失最高, 其价值损失为 1 681.85 万元, 占总服务价值的 56.95%; 文化服务功能价值损失为 805.69 万元, 占总价值损失的 27.28%, 居第二位; 与前两项相比, 支持服务功能和调节服务功能的价值损失量相对较低, 分别为

239.03 万元和 226.64 万元, 占总服务价值损失的 8.10% 和 7.67%。

围填海占用原海域养殖用海面积, 使被占用海域的养殖功能丧失, 故在 10 项价值指标中, 食品生产功能价值损失在芝罘湾围填海造成的总服务价值损失中占比最高, 为 56.63%, 价值损失达 1 672.38 万元; 其次为休闲娱乐服务, 其价值损失达 777.54 万元, 占总价值损失的 26.33%, 这与芝罘区

位于烟台市中心区, 滨海旅游产业较发达有关; 物种多样性维持与气候调节功能价值损失相差不大, 分别为 174.46 万元和 141.64 万元, 占总服务价值损失的 5.91% 和 4.79%。另外, 干扰调节功能、初级生产功能、科研文化功能、营养物质循环功能、水质净化功能和海洋生物量价值损失相对较小, 分别为 67.84 万元、41.07 万元、28.15 万元、23.50 万元、17.16 万元、9.47 万元(表 2)。

表 2 2017 年芝罘湾围填海海域生态系统服务价值损失

功能类型	功能价值 损失/万元	占总服务价值的 比例/%	价值指标	服务价值 损失/万元	占总服务价值的 比例/%	单位面积服务价值 损失/(万元·hm ⁻²)
供给服务	1 681.85	56.95	食品生产	1 672.38	56.63	2.11
			海洋生物量	9.47	0.32	0.01
调节服务	226.64	7.67	气候调节	141.64	4.79	0.18
			水质净化	17.16	0.58	0.02
			干扰调节	67.84	2.30	0.09
支持服务	239.03	8.10	初级生产	41.07	1.39	0.05
			营养物质循环	23.50	0.80	0.03
			物种多样性维持	174.46	5.91	0.22
文化服务	805.69	27.28	休闲娱乐	777.54	26.33	0.98
			科研文化	28.15	0.95	0.03
总计	2 953.21	100		2 953.21	100	3.72

3 讨论

3.1 海洋生态系统服务功能价值应用结果比较分析

不同海域生态环境差异明显, 所提供的生态系统服务功能也不同, 评估某一海域生态系统服务功能价值, 需要根据其特有的服务功能特点选取评估指标、构建评估模型。将芝罘湾围填海与不同海域典型围填海造成的服务功能价值损失进行比较, 结果较为相近(表 3), 因此, 本研究所采用的评估模型较为合理, 评价结果具有有效性。但同时也应注意, 因不同海域提供的生态系统服务差异较大, 在构建价值评估模型时选用的价值指标种类和各指标贡献率也存在明显差异, 如马玉艳等^[16]在天津滨海新区、张慧等^[17]在青岛前湾、胡小颖等^[18]在胶州湾以及隋玉正等^[19]在浙江、王衍等^[22]在海南洋浦

进行围填海项目海洋生态系统服务功能价值损失评估时, 损失价值最高的均为食品生产服务; 马龙等^[20]在潍坊北部、彭本荣等^[21]在厦门对当地围填海项目进行海洋生态系统服务功能价值损失评估时, 损失价值最高的则分别为氧气生产服务和维护生物多样性功能服务。芝罘湾海域风平浪缓, 水产资源丰富, 所以评估损失价值量最高的评价指标为食品生产服务功能。

本研究以芝罘湾为研究对象, 所选用价值指标及其计算模型的构建是根据芝罘湾海域生态系统服务功能的特点而确定, 在具有相同海域背景的价值评估中具有较好的参考价值和适用性, 能否在更大范围内推广应用, 还需要结合不同海域生态系统服务功能特点以及相关指标、数据的可获得性综合考虑。

表 3 不同围填海海域生态系统服务功能价值损失(基于功能价值法)

研究地点	海区	单位面积服务功能价值 损失/万元/(hm ² ·a)	评估指标 数量/个	主要贡献因子及比例	参考文献
天津滨海新区	渤海	4.47	13	食品生产 45.06%	马玉艳等 ^[16]
潍坊北部	渤海	1.06	6	氧气生产 49.12%	马龙等 ^[20]
青岛前湾	黄海	4.39	6	食品生产 54.47%	张慧等 ^[17]
胶州湾	黄海	2.96	7	食品生产 68.50%	胡小颖等 ^[18]
浙江	东海	3.30	8	资源性海洋生物生产 77.11%	隋玉正等 ^[19]
厦门	东海	6.49	10	维护生物多样性 36.21%	彭本荣等 ^[21]
洋浦	南海	25.95	8	自然海域渔业生产 59.50%	王衍等 ^[22]
芝罘湾	黄海	3.72	10	食品生产 56.63%	本研究

3.2 海洋生态系统服务功能价值评估结果分析

根据芝罘湾生态系统服务功能特点,本研究仅选取了 10 种评估指标对芝罘湾围填海造成的海洋生态系统服务功能价值损失进行估算,并未将其造成的海洋灾害及有害生物与疾病的生物调节与控制、稳定岸线和渔业养殖固碳等服务功能计入内,所得结果较为保守。随着国家对生态文明建设的不断重视,海洋生态系统服务功能类型会更加丰富完善,相关指标的比重及其价值也会更加凸显。本研究在气候调节功能价值损失计算中,对固定 CO₂ 的成本核算采用目前国际上通用的碳税率标准和我国造林成本的平均值,以及浮游植物的初级生产力来核算,但随着“碳达峰、碳中和”战略的实施,未来对于湿地、海洋等生态系统的固碳功能会更加重视,除传统的盐沼、海草床、红树林生态系统的碳汇功能外,微型生物碳汇以及以贝藻类为代表的渔业碳汇也逐渐得到认可^[33-34]。芝罘湾海域为传统的贝藻类增殖区,围填海占用养殖空间除造成食品生产服务功能价值损失外,贝藻类减少导致的海洋固碳能力的下降可能是最被低估的海洋生态系统服务价值损失,远远高于本研究中以浮游植物初级生产力为基础核算的固碳价值。

4 结论与建议

本研究根据芝罘湾海域生态系统特点,对近海生态系统服务功能评价模型进行优化,构建了芝罘湾生态服务价值评估模型,并对芝罘湾 40 年来围填海造成的价值损失进行定量评估。

(1)40 年来,芝罘湾海域围填海面积达 7.93 km²,造成海洋生态系统服务功能价值损失 2 953.21 万元/a,其中供给服务价值损失占 56.95%,文化服务价值损失占 27.28%,支持服务功能损失占 8.10%,调节价值损失占 7.67%。芝罘湾渔业资源丰富,休闲旅游业较为发达,所以在具体生态服务价值指标评估结果中,食品生产功能和休闲娱乐功能损失最大,这两项服务功能价值损失之和占芝罘湾围填海生态系统服务功能价值损失总量的 82.96%。

(2)根据研究海域生态系统特点,综合考虑评估模型的适用性、价值指标数据的可获得性以及海洋综合管理部门的可操作性,本研究在评估模型的构建以及指标的选取总体相对保守,但这一估算结果也足以表明围填海对周围海域生态系统服务价值造成了巨大的损失,远远高于目前的海域使用金征收标准,建议未来在海域使用及综合管理过程中完善生态补偿政策,促进海洋生态系统绿色健康可持续发展。

(3)围填海已成为沿海地区解决用地供需矛盾的便捷方式,但其对海洋生态系统的破坏却是永久性的,因此,在开发利用海域资源时,除了考虑其获得的经济收益外,还必须考虑其对社会效益及生态环境的影响。构建生态产品价值评估体系并定量评估,将有助于正确处理生态产品开发保护与市场需求之间的关系,促进自然资本与人为投入资本的合理结合,建立生态保护补偿机制,推动生态产品市场化。

参考文献

- [1] 李宇亮,温荣伟,陈克亮.海洋生态系统服务价值研究进展[J].生态经济,2017,33(6):120-126.
- [2] 刘育,龚凤梅,夏北成.关注填海造陆的生态危害[J].环境科学动态,2003(4):25-27.
- [3] COSTANZA R, ARGE, GROOT R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997,387(15):253-260.
- [4] PIRES A, AMARAL A G, PADGURSCHI M, et al. Biodiversity research still falls short of creating links with ecosystem services and human well-being in a global hotspot[J]. Ecosystem Services, 2018,34:68-73.
- [5] KIM H J, ROSA I, ALKEMADE R, et al. A protocol for an intercomparison of biodiversity and ecosystem services models using harmonized land-use and climate scenarios[J]. Geoscientific Model Development Discussions, 2018,11(11):4537-4562.
- [6] TORRES C, HANLEY N. Communicating research on the economic valuation of coastal and marine ecosystem services[J]. Marine Policy, 2017,75:99-107.
- [7] CAUSON P D, GILL A B. Linking ecosystem services with epibenthic biodiversity change following installation of offshore wind farms[J]. Environmental Science & Policy, 2018,89:340-347.
- [8] GARRARD S L, BEAUMONT N J. The effect of ocean acidification on carbon storage and sequestration in seagrass beds: a global and UK context[J]. Marine Pollution Bulletin, 2014,86(1-2):138-146.
- [9] 徐丛春,韩增林.海洋生态系统服务价值的估算框架构筑[J].生态经济(中文版),2003(10):201-204.
- [10] 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.
- [11] 孙贵芹,徐艳东,林蕾,等.基于遥感和GIS的烟台芝罘湾海岸线变迁研究[J].海洋科学进展,2020,38(1):144-156.
- [12] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J].自然资源学报,2008(5):911-919.
- [13] ODUM H T. Environmental accounting: emergy and environmental decision making [M]. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- [14] 刘耕源,杨青.生态系统服务价值非货币量核算:理论框架与方法学[J].中国环境管理,2018,10(4):10-20.
- [15] 李淑娟,徐海霞,隋玉正.国内外海洋生态系统服务研究进展及启示[J].海洋湖沼通报,2019,166(1):128-136.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 隋玉正,李淑娟,张绪良,等.围填海造陆引起的海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失:以浙江省洞头县为例[J].海洋科学,2013,37(9):90-96.
- [20] 马龙,张洪欣,苏婕,等.围填海对潍坊北部沿海地区湿地生态系统服务功能损害影响研究[J].激光生物学报,2014,23(6):620-625.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 山东省海洋与渔业厅.山东渔业统计年鉴[R].2017.
- [24] TAIT R V. Elements of marine ecology: an introductory course[M]. London: Butterworths, 1981.
- [25] 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):199-204.
- [26] 欧阳志云,王效科,苗鸿.中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J].生态学报,1999,19(5):607-613.
- [27] 陈伟琪,张路平,洪华生,等.近岸海域环境容量的价值及其价值量评估初探[J].厦门大学学报(自然版),1999(6):896-901.
- [28] 朱金龙,朱淑香,魏潇,等.围填海影响下的芝罘湾水动力变化的数值研究[J].海洋湖沼通报,2020(6):61-71.
- [29] 王保栋,战闰,藏家业.黄海、东海浮游植物生长的营养盐限制性因素初探[J].海洋学报,2003(S2):190-195.
- [30] 赵同谦,欧阳志云,王效科,等.中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].自然资源学报,2003(4):443-452.
- [31] 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.
- [32] 吴姗姗,刘容子,齐连明,等.渤海海域生态系统服务功能价值评估[J].中国人口·资源与环境,2008(2):65-69.
- [33] 焦念志,张传伦,李超,等.海洋微型生物碳泵储碳机制及气候效应[J].中国科学:地球科学,2013,43(1):1-18.
- [34] 唐启升,刘慧.海洋渔业碳汇及其扩增战略[J].中国工程科学,2016,18(3):68-73.