

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

马玉艳, 屠建波*, 张秋丰, 牛福新, 高文胜, 江洪友

(国家海洋局 天津海洋环境监测中心站, 天津 300457)

摘要:利用市场价格法、影子工程法、替代成本法、成果参照法等构建了围填海对海洋生态系统服务功能价值损失评估模型,并对 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损失进行了定量评估。结果表明,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损失总值为 7 182.88 万元,单位面积损失为 447.25 万元/(km²·a)。其中供给服务功能价值损失最大,占价值损失总量的 51.94%,其次为调节服务功能,占 18.39%;支持服务功能价值损失位居第三,占 14.87%;文化服务功能价值损失最小,占 14.80%。研究结果与实际情况相差较小,可为围填海形成后的生态恢复和补偿经费提供依据。

关键词:天津滨海新区;围填海;生态系统服务功能价值;损失评估

中图分类号:X826

文献标识码:A

文章编号:1002-3682(2017)03-0064-07

doi:10.3969/j.issn.1002-3682.2017.03.009

天津滨海新区位于渤海湾西岸天津段,北起涧河,南至歧口河,占据了天津市所有海岸线地带。20 世纪 80 年代随着天津经济技术开发区的建立以及天津港的快速发展,天津滨海新区出现了较大规模的围海造地活动,特别是在 2006 年成为国家规划的经济特区后,出现了一番港口开发、临港工业建设等围填海热潮;目前天津滨海新区围海造地已经遍及整个海岸线,大规模的围填海导致渤海湾景观自然性下降、景观破碎化程度加重;纳潮量减少,进一步影响了污染物的稀释与扩散;同时围填海占用了该区域生物栖息地,导致生物多样性和生态服务价值下降^[1]。因此有必要对围填海造成的生态损害进行定量评估,目前已有不少学者围绕围填海对生态系统服务功能的影响开展了相关研究^[2-10],本文在现有研究基础上构建了天津滨海新区围填海工程对海洋生态系统服务功能影响评估方法,以期为天津滨海新区围填海的相关规划及用海工程建设提供科学依据。

1 研究区海域环境与围填海工程概况

天津滨海新区(117°20'~118°10'E,38°35'~39°20'N)处于粉砂淤泥平原海岸,属于典型河口淤泥质,为海陆交互影响形成的堆积地貌。潮上带面积近千平方千米,大部分为盐碱地,以制盐、养殖业为主;潮间带面积约为 370 km²;潮下带面积约为 847 km²。近年来天津渤海湾生态系统处于亚健康状态,海水环境质量较差,水体富营养化严重,主要污染物为无机氮^[11];海洋沉积物质量状况较好,但近年来部分区域受到重金属和有机农残的污染;海洋生物群落多样性较差,2013 年春、夏季共鉴定出浮游植物 2 门 54 种,以硅藻门为主;浮游动物 12 大类 42 种,以桡足类和浮游幼虫为主;底栖生物 8 大类 75 种,以软体动物为主;潮间带生物

收稿日期:2017-03-27

资助项目:国家海洋局海洋生态环境科学与工程重点实验室开放基金——围填海对渤海湾典型区域生态系统服务及其价值影响影响评估(MESE-2012-07);2010 年中央分成海域使用金支出项目(环保类)——天津滨海旅游区海岸修复生态保护

作者简介:马玉艳(1982-),女,工程师,硕士,主要从事海洋生物生态方面研究。E-mail: yuyanma828@126.com

* **通讯作者:**屠建波(1980-),男,高级工程师,硕士,主要从事海洋化学方面研究。E-mail: Tujb1980@163.com

(陈 靖 编辑)

8 大类 29 种,以软体动物为主^[12]。

天津滨海新区 2004 年底累计围填海面积为 52.32 km²,到 2010 年猛增为 312.78 km²,尤其是 2009 年填海速率达 106.35 km²/a,大规模的围填海活动使得天津滨海新区自然岸线减少,2010 年自然岸线仅为 68.49 km,是 1993 年的 0.59 倍,仅占岸线比例的 26.05%^[1]。据天津市海洋局统计,截至 2012 年底天津市共确权海域使用项目 334 宗,面积合计约 193.37 km²,主要用海类型为工业用海、渔业用海、造地工程用海和交通运输用海(图 1),主要用于集中建设天津港、南港工业区、临港产业区、滨海旅游区等工程。

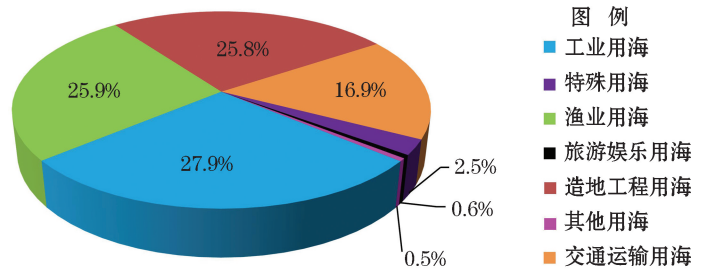


图 1 各用海类型所占比例图

Fig.1 The proportion of the sea use types

2 围填海对海洋生态系统服务功能价值的影响评估

2.1 评估模型

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^[2-10],结合天津滨海新区的特点,并考虑可行性和可操作性,将滨海新区围填海造成的生态系统功能价值损失归结为 4 类 13 项,给出围海造地造成的各项生态系统服务功能价值损失的计算方法(表 1)。

表 1 天津滨海新区围填海对海洋生态系统服务功能价值影响评估模型

Table 1 The model of loss appraisal on the sea reclamation project to the marine ecosystem service function value in Binhai New Area of Tianjin

功能类型	具体指标	评估方法	计算公式
供给服务	食品生产	影子工程法市场价格法	$V_1 = S \times (R - C)$, 式中: V_1 为填海造地海水养殖损失的价值; S 为围填海海域面积; R 为每年单位面积的产值; C 为养殖成本。取利润率为 20%,则 $V_1 = 0.2SR$ ^[5]
	原料生产	成果参照法	单位面积海岸带原材料提供价值为 4 美元/(hm ² ·a) ^[13]
	氧气提供	替代成本法	$V_3 = Q_{CO_2} \times P_{CO_2} \times 10^{-4}$ ^[14] 。式中: V_3 为氧气生产价值,单位为万元/a; Q_{CO_2} 为氧气生产的物质量; P_{CO_2} 为人工生产氧气的单位成本,采用工业制氧的现价 400 元/t ^[15] 。
调节服务	气候调节	替代成本法	$V_4 = Q_{CO_2} \times P_{CO_2} \times 10^{-4}$ ^[14] 。式中: V_4 为气候调节价值; Q_{CO_2} 为气候调节的物质量; P_{CO_2} 为二氧化碳排放权的市场交易价格,采用国际碳税标准 150 美元/t 和我国的造林成本 250 元/t 的平均值作为固碳的单价 ^[5] 。
	废弃物处理	影子工程法	$V_5 = x_i \times c_i$ ^[5] 。式中: V_5 为评价海域某一污染物每年的环境容量价值; X_i 为该污染物每年的环境容量; C_i 为该污染物的人工处理成本,具体价格参考根据国务院《排污费征收使用管理条例》。
	生物控制	成果参照法	单位面积海岸带生物控制功能价值为 38 美元/(hm ² ·a) ^[13]
文化服务	干扰调节	成果参照法	单位面积海岸带干扰调节功能价值为 88 美元/(hm ² ·a) ^[13]
	休闲娱乐	成果参照法	单位面积海岸带休闲娱乐服务价值为 82 美元/(hm ² ·a) ^[13]
	文化用途	成果参照法	天津海域文化用途服务价值的平均值为 673.5 美元/(hm ² ·a) ^[13]
	科研价值	成果参照法	我国单位面积生态系统的平均科研文化价值为 3.55 万元/(km ² ·a) ^[16]

续表

功能类型	具体指标	评估方法	计算公式
支持服务	营养物质循环	替代成本法	$V_6 = (C_N X_N + C_P X_P) \times S_i^{[10]}$ 。式中: V_6 为营养物质循环服务价值; C_N, C_P 为单位体积污水中 N,P 的去除成本; X_N, X_P 为单位面积海水去除 N,P 的量; S_i 为研究区域海水面积。
	物种多样性维持	成果参照法	渤海地区平均物种多样性维持功能价值为 52 万元/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$) ^[16]
	生境提供服务	影子工程法市场价格法	$P_{hr} = \frac{P_0 E}{N} K P_s M^{[17]}$ 。式中: P_{hr} 为单位面积生物栖息地功能的损害价值; P_0 为单位面积海域的初级生产力(以碳计); E 为转化效率,即初级生产力转化为软体动物的效率取 10% ^[18] ; P_s 为贝类产品平均市场价格; K 为贝类重量与软体组织重量的比,各类软体动物与其外壳的平均重量比为 1:5.52 ^[19] ; M 为贝类产品销售利润率,取 25% ^[16] ; N 为贝类产品混合含碳率,取 8.33% ^[19] 。

2.2 评估数据来源

2012 年围填海数据来源于天津市海洋局;评价模型中用到的数据主要来源于天津滨海新区统计年鉴以及天津海洋环境监测中心站每年对天津近岸的海洋环境监测结果。据统计 2012 年天津滨海新区围填海工程共 24 宗,围填海面积为 16.06 km^2 。

2.3 评估结果

根据 2012 年天津滨海新区海洋资源环境现状,按照上述评估模型计算出 2012 年天津滨海新区围填海造成的生态系统服务功能价值损失为 7 182.88 万元/a(表 2),单位面积损失为 447.25 万元/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)。其中供给服务功能价值损失最大,占价值损失总量的 51.94%,其次为调节服务功能,占 18.39%;支持服务功能价值损失位居第三,占 14.87%;文化服务功能价值损失最小,占 14.80%。在具体的 13 项生态系统服务类型中,食品生产功能是天津海域生态系统服务功能价值损失最大的一项,总损失达 3 236.25 万元/a,占总损失量的 45.06%,表明海水养殖功能是天津海域最主要的生态系统服务功能,其次为气候调节,每年损失占总损失量的 14.79%;再次为文化用途,每年损失占总损失量的 12.49%。

表 2 天津滨海新区围填海造成的海洋生态系统服务功能价值损失

Table 2 The loss of marine ecosystem service function value caused by the sea reclamation in Binhai New Area of Tianjin

功能组	损失的服务价值/万元·a ⁻¹	功能组百分比/%	功能类型	损失的服务价值/万元·a ⁻¹	功能类型百分比/%
供给服务	-3 730.86	51.94	食品生产	-3 236.25	45.06
			原料生产	-5.33	0.07
			氧气提供	-489.28	6.81
调节服务	-1 320.66	18.39	气候调节	-1 062.61	14.79
			废弃物处理	-90.26	1.26
			生物控制	-50.61	0.70
文化服务	-1 063.05	14.80	干扰调节	-117.18	1.63
			休闲娱乐	-109.19	1.52
			文化用途	-8 96.84	12.49
			科研价值	-57.01	0.79

续表

功能组	损失的服务价值/万元·a ⁻¹	功能组百分比/%	功能类型	损失的服务价值/万元·a ⁻¹	功能类型百分比/%
支持 服务	1 068.31	14.87	营养物质循环	-40.63	0.57
			物种多样性维持	-835.12	11.63
			生境提供服务	-192.56	2.68
总计	-7 182.88	100.00		-7 182.88	100.00

注:空白表示无数据

3 讨 论

综上所述,围填海对天津滨海新区海洋生态系统供给功能的影响最大,尤其是对食品生产功能的影响最严重,该评估模型食品生产功能采用海水养殖产量进行计算,由此可知围填海对滨海新区海水养殖造成了较大的影响。2011—2013年天津滨海新区海水养殖面积分别为3 877^[20],3 759^[21]和2 936 hm²^[22],海洋养殖面积呈减少趋势,与海域面积的不断被围填占用从而损害了该区域的海洋养殖功能有一定的关系。根据天津中心站历年监测资料分析,2012年春季和夏季天津近岸海域浮游植物平均细胞数量分别为 8.69×10^5 和 8.77×10^8 个/m³,数量巨大的浮游植物通过光合作用为人类提供氧气,围填的海域彻底改变了该区域的自然属性,使其氧气生产功能消失。此外,浮游植物在产生氧气的同时还吸收二氧化碳,起到调节气候的作用,在上述评估结果中,围填海对气候调节造成的损害排第二,由此表明气候调节在海洋生态系统服务功能中的重要地位。围填海影响海域纳潮量,削弱了海水纳污净化的能力,影响其对废弃物处理的功能,2004—2012年,天津近岸海域均未发现清洁海域,所有海域均存在一定程度的污染。从变化趋势看,较清洁海域面积逐渐减少,重度污染海域面积逐渐增加(图2)。围填海占用了海洋生物的栖息地,导致其生物多样性减少,与1983年相比,目前天津近岸海域浮游生物和底栖生物种类数均呈下降趋势^[23],2008—2012年天津潮间带底栖生物种类数呈下降趋势,2008年为38种,2012年仅为24种,上述评估结果中围填海对物种多样性维持功能损失排第4位,表明该评价结果有一定的合理性。同时围填海破坏了海洋自然景观,使其文化服务功能受到损害,其中文化用途功能损失排第三,表明围填海后人工景观替代了自然景观,降低了海岸带的休闲文化功能。

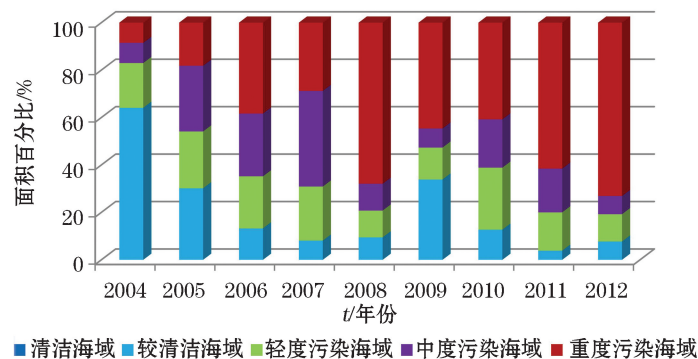


图2 2004—2012年天津近岸海域各类海域面积百分比

Fig.2 The percentage of the various types of sea areas in the Tianjin coastal waters from 2004 to 2012

填海造地造成的永久损失按50 a计算,则2012年天津滨海新区围填海造成的总损失为359 144万元,

单位面积生态系统服务功能损失为 223.63 元/m²,与张慧和孙英兰^[9]、彭荣本等^[6]估算的填海造地单位面积损失价值 219.56 元/m²和 279 元/m²相近,略大于胡小颖等^[10]计算的胶州湾围填海单位面积损失价值 148.02 元/m²,这表明该评估模型计算结果较合理。

本文建立的围填海对海洋生态系统服务功能价值影响评估体系中包含了 13 项基本功能,评估结果与实际情况分析大致相符,但与实际尚存在一定的偏差,主要因为原料生产、生物控制、干扰调节、休闲娱乐、科研价值、文化用途和物种多样性维持 7 项基本功能参考了国内外研究成果,不能完全反应本海域特性,评估结果可能会造成一定误差;同时某些指标考虑到数据的可取性,仅对部分价值评价进行了评估,如废弃物处理功能只考虑了石油类和 COD 两种主要的污染物。尽管如此,上述评估结果在一定程度上也表明了围填海造成的海洋生态系统服务功能价值损失是巨大的,该结果可为围填海形成后的生态恢复和补偿经费提供依据。同时提醒人们在海洋资源开发利用过程中,应重视围填海造成的生态环境影响,积极采取一定的措施进行生态保护和修复,实现资源开发生态效益和经济效益的最大化。

4 结 论

1)将天津滨海新区海洋生态系统服务划分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务 4 类 13 项,并利用市场价格法、影子工程法、替代成本法、成果参照法等构建了围填海对海洋生态系统服务功能价值损失评估模型。

2)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损失总值为 7 182.88 万元/a,单位面积损失为 447.25 万元/(km²·a)。其中供给服务功能价值损失最大,占价值损失总量的 51.94%,其次为调节服务功能,占 18.39%;支持服务功能价值损失位居第三,占 14.87%;文化服务功能价值损失最小,占 14.80%。在具体的 13 项生态系统服务类型中,围填海造成的生态系统服务功能价值损失较大的是食品生产功能、气候调节和文化用途。

3)本研究结果与实际情况分析大致相符,可为围填海形成后的生态恢复和补偿经费提供依据。同时提醒人们应重视围填海造成的生态环境影响,积极开展生态保护和修复工程,实现资源开发生态效益和经济效益的最大化。

参考文献 (References):

- [1] MENG W Q, WANG X M, LI H Y, et al. Ecological impacts of marine reclamation in Binhai New Area of Tianjin[J]. Marine Environmental Science, 2012, 31(1): 83-87. 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.
- [2] CHEN W Q, WANG X. Discussion on monetary evaluation technique of loses of coastal ecosystem service caused by reclaim land from sea [J]. Marine Environmental Science, 2009, 28(6): 749-754. 陈伟琪, 王莹. 围填海造成的海岸带生态系统服务损耗的货币化评估技术探讨[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(6): 749-754.
- [3] WANG X, CHEN W Q, ZHANG L P, et al. Predictive valuation of ecosystem services losses from sea reclamation planning projects in Tong'an Bay[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(21): 5914-5924. 王莹, 陈伟琪, 张路平, 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.
- [4] XIAO J H, CHENG D J, XU M, et al. Evaluation of the loss values of the tidal wetlands ecosystem services by sea reclamation projects: a case of Jiangsu province[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2010(4): 95-100. 肖建红, 陈东景, 徐敏, 等. 围填海对潮滩湿地生态系统服务影响评估——以江苏省为例[J]. 海洋湖沼通报, 2010(4): 95-100.
- [5] SUO A N, ZHANG M H, YU Y H, 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. 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.
- [6] PENG B R, HONG H S, CHENG W Q, et al. Ecological damage appraisal of sea reclamation: theory, method and application[J]. Jour-

- nal of Natural Resources, 2005, 20(5): 714-726. 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.
- [7] WANG J, XU M, ZHANG Y M, et al. Coastal wetland ecological service value loss appraisal of reclamation: take the coastal wetland reclamation of Haimen for example[J]. Journal of Nanjing Normal University(Natural Science Edition), 2009, 32(4): 134-138. 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]. 南京师范大学学报(自然科学版), 2009, 32(4): 134-138.
- [8] YU W W, CHEN B, ZHANG L P. Cumulative effects of reclamation on ecosystem services of tidal flat wetland: a case in the Xinghua Bay, Fujian, China[J]. Marine Science Bulletin, 2008, 27(1): 88-94. 俞炜炜, 陈彬, 张璐平. 海湾围填海对滩涂湿地生态服务累积影响研究——以福建兴化湾为例[J]. 海洋通报, 2008, 27(1): 88-94.
- [9] ZHANG H, SUN Y L. Loss appraisal on the value of marine ecosystem services of sea reclamation for Qianwan[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2009(3): 34-38. 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.
- [10] HU X Y, LEI N, ZHAO X L, et al. Loss appraisal on the value of marine ecosystem services of sea reclamation for the Jiaozhou Bay[J]. Ocean Development and Management, 2013, 30(6): 84-87. 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.
- [11] YIN C L, ZHANG Q F, KAN W J, et al. Nutrient variation and eutrophication assessment of Bohai Bay in Tianjin[J]. Journal of Tianjin University of Science & Technology, 2015, 30(1): 56-61. 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.
- [12] Tianjin Oceanic Administration. Bulletin of Tianjin marine environmental status of 2013[EB/OL]. [2017-02-17]. <http://www.tjoa.gov.cn/content.aspx?id=747320991771>. 天津市海洋局. 2013年天津市海洋环境状况公报[EB/OL]. [2017-02-17]. <http://www.tjoa.gov.cn/content.aspx?id=747320991771>.
- [13] CONSTANZA R, DARGE R, RUDOLF de G, et al. The value of the world's ecosystem services and mature capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [14] General Administration of Quality Supervision Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Technical directives for marine ecological capital assessment: GB/T 28058—2011[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫局, 中国国家标准化管理委员会. 海洋生态资本评估技术导则: GB/T 28058—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [15] WANG R S, LIN S K, OUYANG Z Y. The theory and practice of ecological province construction in Hainan[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004. 王如松, 林顺坤, 欧阳志云. 海南生态省建设的理论与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [16] WU S S, LIU R Z. Value assessment of marine ecosystem service in Bohai Sea[J]. China Population, Resources and Environment, 2008, 18(2): 65-69. 吴珊珊, 刘容子. 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, 18(2): 65-69.
- [17] LI J. The analysis of evolution process and the evaluation of comprehensive benefits of reclamation[D]. Shijiazhuang: Hebei Normal University, 2008. 李静. 河北省围填海演进过程分析与综合效益评价[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2008.
- [18] TATI R. V. Element of marine ecology: An introductory course[M]. 3rd Edition. London: Butter Worth, 1981.
- [19] LU Z B. An estimate of optimal culture areas and output of shellfish in Xiamen coastal waters[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1999, 18(2): 199-204. 卢振彬. 厦门沿岸海域贝类试养面积和可养量的估算[J]. 台湾海峡, 1999, 18(2): 199-204.
- [20] Tianjin Municipal Bureau of Statistics, Survey Office of the National Bureau of Statistics in Tianjin. Tianjin statistical yearbook of 2012 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2012. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 2012天津统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.
- [21] Tianjin Municipal Bureau of Statistics, Survey Office of the National Bureau of Statistics in Tianjin. Tianjin statistical yearbook of 2013 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2013. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 2013天津统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
- [22] Tianjin Municipal Bureau of Statistics, Survey Office of the National Bureau of Statistics in Tianjin. Tianjin statistical yearbook of 2014 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2014. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 2014天津统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014.
- [23] MA Y Y, ZANG Q F, XU Y S, et al. The status and variation of basic biological resources in the Bohai Bay[J]. Marine Environmental Science, 2013, 32(6): 845-850. 马玉艳, 张秋丰, 徐玉山, 等. 渤海湾基础生物资料现状及其变化趋势[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(6): 845-850.

Loss Appraisal on Sea Reclamation Project to Marine Ecosystem Service Function Value in Binhai New Area of Tianjin

MA Yu-yan, TU Jian-bo, ZHANG Qiu-feng, NIU Fu-xin, GAO Wen-sheng, JIANG Hong-you
(*Tianjin Marine Environmental Monitoring Center Station, SOA, Tianjin 300457, China*)

Abstract: A model is established for loss appraisal on sea reclamation to marine ecosystem service function value by using market value method, shade project method, alternative cost method and outcome reference method, and the loss of marine ecosystem service function value caused by the sea reclamation projects in Binhai New Area of Tianjin in 2012 is quantitatively estimated. The results have shown that the loss of the sea reclamation to the marine ecosystem service function value in Binhai New Area of Tianjin in 2012 was totally RMB 71.828 8 million yuan/a, with the loss per unit area being RMB 4.472 5 million yuan/(km² · a). Among them, the loss of supply service function value was the biggest, making up 51.94% of the total. Next was the loss of regulating service function value, making up 18.39% of the total. The third was the loss of support service function value, making up 14.87% of the total. The minimal loss was the value of cultural service function, making up about 14.80% of the total. The results of the study do not differ a lot from the actual situation and can provide references for the ecological restoration and compensation funds after the sea reclamation project.

Key words: Binhai New Area of Tianjin; sea reclamation; marine ecosystem service function value; loss appraisal

Received: March 17, 2017