

曹妃甸围填海工程的海洋生态服务功能损失估算

索安宁^{1,2}, 张明慧³, 于永海^{1,2}, 韩富伟^{1,2}

(1. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023; 2. 国家海洋局海域管理技术重点实验室, 辽宁 大连 116023; 3. 大连海洋大学 土木工程学院, 辽宁 大连 116023)

摘要: 以曹妃甸围填海工程为例, 采用直接市场法、影子工程法和替代花费法等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, 并采用对比分析法, 建立并探讨了曹妃甸围填海工程对周边海域生态服务功能影响的损失估算方法。结果表明: 曹妃甸围填海一期工程占用海域滩涂面积 10 500 hm², 由此每年造成海洋生态服务功能价值损失 4 735.67 万元, 其中生物多样性维持功能损失占 46.52%, 气候调节功能损失占 20.92%, 空气质量调节功能损失占 9.62%, 食品生产功能损失占 8.98%。曹妃甸围填海工程导致其东部海域生态系统服务功能价值损失每年为 421.10 万元, 其中生物多样性维持功能每年损失 1 242.04 万元、食品生产功能每年损失 452.99 万元, 而气候调节功能和空气质量调节功能因海洋浮游植物群落初级生产增加而出现功能增大, 每年服务功能价值分别增加 998.12 万元和 459.03 万元。表明曹妃甸大规模围填海工程不仅对围填所在海域海洋生态系统服务功能造成彻底毁灭, 也对围填周边海域海洋生态系统服务功能产生重要影响。

关键词: 围填海工程; 生态服务功能; 价值估算, 海域; 曹妃甸

中图分类号: X3

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)03-0108-07

海洋与森林、湿地并称为全球三大生态系统, 其在全球生物多样性保护、气候调节、物质生产、原材料提供、灾害控制、环境净化等诸多领域发挥着极为重要的生态服务功能, 是维护地球生态系统稳定的重要保障^[1-2]。近一百多年来, 随着人类科学技术水平的不断进步, 人类开发海洋资源、改造海洋环境的能力快速提高, 随之产生的海洋生态与环境问题日益凸显^[3]。

填海造地是人类海洋开发活动中的一项重要的重要的海洋工程, 是人类向海洋拓展生存空间和生产空间的一种重要手段, 也是沿海地区缓解土地供求矛盾、扩大社会生存和发展空间的有效手段, 具有巨大的社会和经济效益^[4]。填海造地在产生社会经济效应的同时也带来了不可忽视的海洋生态与环境负面影响, 填海造地对海洋生态系统自然属性的永久性改变, 使海洋生态系统为人类提供的海水养殖、营养循环、废弃物处理以及气候调节等功能遭到一定程度破坏, 同时围填海工程还改变了周边海域的生态环境特征, 削弱了周边海域的生态系统服务功能价值。因此, 人类必须在填海造地增加土地的社会经济价值与海洋生态系统提供的服务功能价值损失之间进行权衡,

以保证人类社会经济的持续发展。本文以曹妃甸围填海工程为例, 探讨分析了曹妃甸围填海工程对围填区域海洋生态服务功能影响的评估方法和对围填海周边海域生态服务功能影响的评估方法, 以期对围填海工程的海洋生态环境影响评估提供参考依据。

1 曹妃甸海域环境概况与围填海工程背景

曹妃甸海域位于河北省唐山市唐海县南部海域, 渤海湾东北端, 118°28'40"~118°34'0"E、38°54'0"~39°05'0"N。曹妃甸岛是一个呈 NE—SW 走向的古河口沙坝。曹妃甸海域紧邻京津冀地区, 距现有大陆岸线约 18 km, 海上西距天津港约 70 km, 东北距秦皇岛港 170 km, 距京唐港 61 km, 距天津汉沽

收稿日期: 2010-05-04; 修回日期: 2011-12-09

基金项目: 国家海洋行业公益性科研专项(200705015); 国家海洋局海域管理技术重点实验室开放基金(201005)

作者简介: 索安宁(1977-), 甘肃庆阳人, 博士, 副研究员, 主要从事青岛海岸带海域使用生态评价方面的工作, 电话: 0411-84783718, E-mail: san720@sina.com

60 km。曹妃甸沙岛北侧与大陆岸线之间发育大片潮间浅滩, 面积达 450 km²; 底质以粉砂质砂和细砂为主, 为典型的粉砂淤泥质滩涂。曹妃甸滩地地形破碎复杂, 滩上 0 m 等深线面积达 175 km², 如同半陷半显的小岛, 大潮时淹没, 小潮时大片浅滩出露; 岸外分布有曹妃甸腰坨、蛤坨、东坑坨和石臼坨等若干砂坝和沙岛, 构成了沿岸沙堤, 距岸数百米至十余公里不等, 呈带状分布, 并与其内侧水域构成泻湖沙坝体系。复杂的滩涂地形特征造就了形式多样的滩涂生境。海洋生物资源丰富, 具有浮游植物 17 属 47 种, 浮游动物 12 个类群 64 种, 底栖动物 53 种, 游泳动物 27 种。

曹妃甸围填海工程开始于 2003 年。根据曹妃甸工业区的总体开发建设规划, 曹妃甸工业区发展分成 3 个阶段: 初期起步阶段(2005~2010 年), 主要目标和任务是围海造地 105 km², 围填养殖池塘面积 0.75 km², 建成区面积将达到 90 km², 完成规划区基础设施一期工程任务, 基本建立起钢铁、电力、物流 3 个功能区框架; 中期快速起步阶段(2011~2020 年), 主要目标和任务是要再完成围海造地 150 km², 到 2020 年, 建成区面积达到 230 km², 建成铁矿石、原油、LNG 和煤码头, 建设大型炼化一体化装置、发电厂、船板预处理中心和修船工程等重点项目, 启动曹妃甸精品钢铁基地扩建工程、石化产业基地下游产品等项目, 扩建大型石化基地; 远期完善提高阶段(2021~2030 年), 主要目标和任务是最终完成曹妃甸示范区 310 km² 的围海造地及其基础设施配套建设任务, 建成中国北方地区最大的深水港区, 形成世界级规模和水平的重化工业基地。本文主要评估曹妃甸海域初期起步阶段围填海的海洋生态服务功能价值损失。

2 围填海对海洋生态服务功能的影响剖析

虽然围填海是缓解沿海地区土地供求矛盾和扩大社会发展空间重要且有效的途径之一。然而围填海活动在产生巨大社会和经济效益的同时也对海洋生态服务功能产生了多方面的负面影响。综合分析围填海对海洋生态服务功能的影响主要表现在以下几个方面: 第一, 围填海彻底改变了沿海湿地滩涂的自然属性, 导致生态服务功能消失。沿海滩涂是各种鱼类繁衍、大量海洋生物栖息、海鸟等野生动物觅食、珍稀动植物生长的场所, 围海造地彻底改变了

滩涂湿地在海洋长期演替过程中形成的自然属性, 使海岸带滩涂栖息生物、净化海水、纳潮淘沙等生态服务功能作用消失或削弱, 导致生物种群数量减少甚至濒临灭绝。这种不可逆转的自然属性破坏, 其影响是永久性的。第二, 围填海加大了人类活动对海洋生态系统的干扰强度, 导致生态服务功能衰减。滨海湿地、红树林、河口、海湾等都是重要的生态系统, 也是围填海活跃的地区, 缺乏合理规划的大规模围填海活动使人类活动更接近海洋生态系统, 加大了海洋生态系统的干扰、破坏、污染强度, 改变了生态系统的结构, 降低了生物多样性特征, 致使这些重要的生态系统严重退化, 生态服务功能衰减。第三, 围填海使海域水环境容量下降, 海洋污染净化功能丧失。由于围填海改变潮流场的分布与纳潮量, 港湾内纳潮量减少, 湾内水交换能力变差, 使得近岸海域水环境容量下降, 削弱了海水净化纳污能力, 导致海水中营养物质增多, 加上大量工业用水和生活用水的不断排入, 使得海水水质进一步恶化, 污染物净化功能丧失。第四, 围填海破坏了海洋自然景观, 弱化了海洋休闲娱乐功能。良好的海岸自然景观具有很高的美学价值和经济价值, 很多滨海城市也因此而成为热点旅游城市, 产生巨大经济效益。过度围填海破坏了海岸与海底的自然平衡状态及一些珍贵的海岸景观和历史遗迹, 导致了海洋景观功能的退化甚至丧失。围填海后, 人工景观取代自然景观, 降低了自然景观的美学价值。第五, 围填海改变了海洋生态系统结构, 增加了海洋灾害发生的风险。过度围海造地不仅对当地的生态系统造成巨大的破坏, 同时也易造成入海口泥沙淤积和排洪不畅, 降低沿海港湾对台风的防御功能, 城市盲目向海上扩展, 较易引发洪水、地面沉降等灾害。

3 围填海的生态系统服务功能价值损失估算方法

参考海洋生态系统服务价值估算方法^[5-6], 并结合各种估算方法在曹妃甸围填海生态系统服务价值损失估算中的可行性和可操作性, 将围填海的生态系统服务价值损失归纳为供给功能损失、调节功能损失、支持功能损失和休闲娱乐功能损失 4 大类 8 项生态服务功能损失类型, 包括食品生产、生物调节与控制、空气质量调节、气候调节、污染物净化、生物多样性维持、休闲娱乐和知识扩展。各服务功能类型的估算方法如下。

3.1 食品供给

曹妃店围填海的食物损失价值损失包括两部分：一部分为人工养殖的价值损失，另一部分为海域自身水产品价值损失。填海造地使原来的海域转化为陆地，损害了海域原有的海水养殖功能。其价值可以根据市场价值法，用被填海域海水养殖的利润来评估。

3.1.1 人工养殖的价值损失评估

人工养殖水产品价值损失的评估模型为：

$$P_{11}=(R-C)S \quad (1)$$

式中： P_{11} 为海水人工养殖的价值损失， R 为每年单位面积的产值， C 为养殖成本， S 为围填海域面积。取利润率为20%，则 $P_{11}=0.2RS$ 。

曹妃甸围填海工程附近海域养殖对象主要为贝类，据唐山市海洋与渔业局资料，结合国内的相关研究^[4]，取曹妃甸贝类养殖平均产值18万元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)为估算标准。

3.1.2 海域水产品价值损失评估

曹妃甸海域水产资源比较丰富，本研究主要估算渔业捕捞的鱼类、贝类、藻类等水产品。渔业捕捞水产品的估算应扣除人类将此服务带到市场的成本。其评估模型为：

$$P_{12}=0.2 \frac{XES}{a} bP \quad (2)$$

式中： P_{12} 为海域水产品价值损失， X 为初级生产力， 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， b 为贝类质量与软体组织质量的比， S 为围填海损失的养殖面积， P 为贝类产品平均市场价格。

根据 Tait^[7]对近岸海域生态系统能流的分析，10%的初级生产力会转化为软体动物，卢振彬等^[8]的研究表明，软体动物混合含碳率为8.33%，贝类质量与软体组织平均质量的比为5.52%。贝类产品平均市场价格为10元/kg，销售利润率取20%。

3.2 生物调节与控制——机会成本法

Costanza^[5]等1997年的研究成果显示，单位面积海岸带生物控制功能的价值为38美元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)，2002年De Groot^[9]提出全球生态系统生物控制服务的单位价值为2~78美元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)中值为40美元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)，取二者的平均值39美元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)，即265.98元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)作为曹妃甸单位面积海域所提供的生物控制服务功能的估算价值基准。

3.3 知识扩展服务——替代成本法

海洋生态系统所产生和吸引的科学研究以及对

人类知识的补充等贡献，可以通过对该地区进行的科学研究投入数量以及获得的科学研究成果数量来间接计算此项服务^[10]，其计算公式为：

$$V_{OK}=V_S A \quad (3)$$

V_{OK} 知识扩展服务的价值， V_S 为浅海的文化科研价值基准价， A 为海域面积。

参考陈仲新和张新时等^[6]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355元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。

3.4 气候调节服务——替代成本法

海洋生态系统的气候调节服务来源于海洋生态系统对各种温室气体的吸收与固定，通过人工造林费用或碳税法可以确定此项服务的价值。计算公式为：

$$V_{OC}=\sum_{i=1}^n P_{Pi} C_i \quad (4)$$

式中， V_{OC} 为气候调节服务的价值， P_{Pi} 为评价海域固定*i*类温室气体的数量， C_i 为固定单位数量温室气体的费用。根据光合作用方程式可以推算出植物每生产1g干物质，需要吸收 CO_2 1.63g，根据目前国际上通用的碳税率标准和我国的实际情况，采用我国的造林成本250元/t和国际碳税标准150美元/t的平均值635元/t作为碳税标准。

3.5 空气质量调节——影子工程法

此项服务主要包括海洋生态系统对有益气体的释放和有害气体的吸收，其计量指标可以采用 O_2 的释放数量费用，有害气体的吸收数量费用等，其计算公式为：

$$V_{OA}=\sum_{i=1}^n Q_{Ei} C_i + \sum_{j=1}^m Q_{Aj} C_j \quad (5)$$

式中， V_{OA} 为空气质量调节的价值， Q_{Ei} 为评价海域释放的 O_2 数量， C_i 为生产单位数量*i*气体的费用， Q_{Aj} 为评价海域吸收的*j*类有害气体数量， C_j 为处理单位数量*j*类气体的费用。由于其他有害气体计算比较复杂，这里只计算海洋生态系统的 O_2 释放。根据光合作用方程式可以推算出植物每生产1g干物质，可以释放 O_2 1.19g， O_2 吸收价值采用工业制造 O_2 的费用400元/t作为估算标准^[11]。

3.6 旅游娱乐服务——旅行费用法

由于旅游娱乐资源是一种潜在的资源，只有被开发利用才能体现出其的实际价值。本文对旅游娱

乐功能价值评估采用成果参照法。以环渤海地区旅游资源开发较好的河北省秦皇岛市为参照。河北省秦皇岛市 2005 年旅游收入 60.55 亿元, 旅游净收入按总收入的 20% 计算, 2005 年秦皇岛市海岸线长度为 162.70 km, 平均每公里海岸线的旅游收入为 744.32 万元。以此作为环渤海海洋旅游娱乐服务价值估算的基准。

3.7 污染物净化——影子工程法

陆源入海污染物通过海洋生态系统的生物、化学、水文等一系列海洋生态过程而转化为无毒无害的物质, 其作用的性质与污水处理工厂相似。污染物处理功能大小与海洋环境容量价值密切相关^[10]。所以, 采用影子工程法间接估算渤海污染物处理服务功能价值, 其估算公式如下:

$$P_i = X_i C_i \quad (6)$$

式中, P_i 为评价海域某一污染物每年的环境容量价值, X_i 为评价海域该污染物每年的环境容量, C_i 为评价海域该污染物的人工处理成本。选择无机氮、磷酸盐和石油类作为污染评价因子。根据国务院《排污费征收使用管理条例》, 石油类去除成本取 7 000 元/t。无机氮的去除成本为 1 500 元/t, 磷酸盐的去除成本为 2 500 元/t, 采用替代成本法, 估算曹妃甸海域的环境容量及其充分利用该容量进行污染物净化的生态服务功能价值。

3.8 生物多样性维持

渤海海域游植物年生产量高, 生物饵料十分丰富, 水生物多样性极高, 是多种鱼、虾、蟹、贝类繁殖、栖息、生长的良好场所, 具有十分重要的物种多样性维持生态功能。参考国内有关研究^[12], 本文取单位面积海域物种多样性维持功能价值为 2 100 元/(hm²·a)。

3.9 围填海工程对周边海域生态服务功能价值影响估算

围填海工程改变了周边海域的水文、泥沙、水质、生物等生态与环境特征, 从而直接影响到周边海域的生态服务功能价值。由于围填海工程对周边海域生态、环境影响机制较为复杂, 本研究主要分析围填海工程对曹妃甸东部沙坝、沙洲链以 38 808.78 hm² 内海域的食品生产功能、生物控制功能、气候调节功能、污染物净化功能、空气质量调节功能、生物多样性维持功能价值影响。食品生产功能依据游泳

动物生物量变化估算, 生物调节功能依据海域生物种类变化估算、气候调节功能和空气质量调节功能依据海域初级生产力变化估算、污染物净化功能依据海域主要污染物浓度变化估算、生物多样性维持功能依据海域生物种类数量估算。

4 估算数据采集

本文评价涉及的曹妃甸海域生态系统结构功能的基本数据包括曹妃甸围填海面积、海岸线长度, 采用 2007 年 3 月采集 SPOT5 卫星遥感影像(空间分辨率 2.5 m) 提取, 具体调查方法见文献^[13]; 初级生产力变化、主要污染物浓度(包括总氮、总磷和石油类)、生物多样性变化等分别采用 2003 年曹妃甸围填海以前的航次调查数据和 2007 年围填海以后的航次调查数据。

5 曹妃甸围填海的生态服务价值损失评估结果分析

5.1 曹妃甸围填海生态服务功能价值损失组成

评估结果表明(表 1), 曹妃甸围填海的生态系统服务功能价值损失总计每年达到 4 735.67 万元。在这些海域生态系统服务功能损失价值组成中, 以服务支持功能组价值损失量最大, 每年为 2 205.00 万元, 占曹妃甸围填海生态系统服务功能价值损失总量的 46.52%, 其次为环境调节功能组, 占生态服务功能价值损失总量的 36.64%, 物质生产功能组的服务价值损失量位居第三, 占曹妃甸围填海生态系统服务功能价值损失量的 8.98%, 文化娱乐功能组生态服务功能价值损失最小, 仅占总生态服务功能价值损失量的 7.86%。

在具体的 8 项生态系统服务类型中, 由于围填海导致海岸线的增加, 休闲娱乐功能有所扩展, 其休闲娱乐服务功能价值每年增加了 4.29 万元。其他 7 项生态服务功能类型因填海造陆每年服务功能损失价值总量达到 4 739.96 万元。生物多样性维持功能是曹妃甸海域生态系统服务功能价值损失最大类型, 总损失价值每年达到 2 205.00 万元, 占海域总生态服务功能价值损失量的 46.52%, 其次为气候调节功能, 每年生态服务功能价值损失量达到 991.68 万元, 占海域服务功能总价值损失的 20.92%。再次为空气质量调节功能, 其生态系统服务功能价值损失量占总价损失量的 9.62%, 依次为食品生产功能、知识扩展

功能和生物调节功能,其百分比分别为 8.98%, 7.86% 和 5.89%。由于曹妃甸海域污染胁迫大,海域环境净化

功能已经萎缩,其生态服务功能损失价值量仅占海域生态系统服务功能总价值损失量的 0.21%。

表 1 曹妃甸围填海工程的海域生态服务功能价值损失

Tab. 1 Loss of marine ecosystem services value for reclamation project in Caofeidian

功能组	服务价值变化 (万元)	功能组百分比 (%)	功能类型	服务价值变化 (万元)	功能类型百分比 (%)
物质供给功能	-425.48	8.98	食品生产	-425.48	8.98
			生物调节	-279.28	5.89
环境调节功能	-1 736.73	36.64	气候调节	-991.68	20.92
			污染物净化	-9.72	0.21
			空气质量调节	-456.05	9.62
			休闲娱乐	4.29	—
文化娱乐功能	-368.46	7.86	知识扩展	-372.75	7.86
			生物多样性维持	-2 205.00	46.52
服务支持功能	-2 205.00	46.52	生物多样性维持	-2 205.00	46.52
总计	-4 735.67	100.00	总计	-4 735.67	100.00

5.2 曹妃甸围填海工程对周边海域生态环境影响的生态服务价值损失

曹妃甸围填海不仅导致围填海区域海洋生态服务功能的消失,而且围填海工程还改变了周边海域水动力环境,减弱了曹妃甸东部海域水交换过程,从而改变了该海域食品生产、生物调节、气候调节、污染净化、空气质量调节和生物多样性维持等多项海洋生态服务功能价值。根据曹妃甸围填海前、后其东部海域

水文、生物、水质调查结果对比(表 2),分析曹妃甸围填海前、后的生态与环境指标变化,涨落潮流速平均减弱了 11.10%、主要污染物浓度增加了 210.99%,生物种类减少了 15.24%,游泳动物生物量减少了 78.32%、初级生产力增加了 22.24%。根据此估算曹妃甸东部海域的生态服务功能变化。食品生产功能主要由游泳动物完成的,围填海导致海域游泳动物生物量减少了 78.32%,所以取曹妃甸围填海前海域单位面积食品生产功能的 21.32%;生物控制功能主

表 2 曹妃甸围填海工程前、后其东部海域生态、环境指标变化

Tab. 2 Changes of ecological and environmental indexes in the east sea field of Caofeidian in process of reclamation

围填海工程时期		围填海工程前	围填海工程后	变化量
流速(m/s)	涨潮	0.358	0.340	-0.018
	落潮	0.320	0.265	-0.055
大潮纳潮量(m ³)		116 71 700	11 668 800	-2900
污染物质量浓度(μg/L)	石油类	7.470	34.500	27.030
	无机氮	103.40	195.00	91.600
	磷酸盐	8.910	9.930	1.020
浮游植物初级生产力(mg/(m ² ·d))		250.4	306.1	55.7
物种数(个)	浮游植物	29.8	30	-0.200
	浮游动物	20.5	17	-3.500
	底栖动物	36	22	-14.000
	潮间带生物	22	22	0
	游泳动物	21	19	-2.000
生物量(g/m ³)	浮游动物(mg/m ³)	29.858	1 978.41	1948.552
	底栖动物	17.8	21.79	3.990
	潮间带	146.45	70.26	-76.190
	游泳动物	85.45	18.528	-66.922

要由海域生物物种相互作用完成的, 围填海导致海域生物物种数减少了 15.24%, 取曹妃甸围填海前海域单位面积生物控制功能的 84.76%; 气候调节功能、空气质量调节功能主要由海洋初级生产过程完成的, 围填海导致海域初级生产力增加了 22.24%, 取曹妃甸围填海前海域单位面积气候调节功能、单位面积空气质量调节功能的 122.24%, 污染净化功能主要由海域的污染物容纳量决定, 曹妃甸围填海导致石油类浓度达到二类海水水质标准的 69%, 无机氮浓度达到二类水质标准的 97.5%, 磷酸盐浓度达到二类水质标准的 66.2%, 由此来估算围填海导致的污染净化功能价值损失。生物多样性维持功能主要有海域物种数量决定, 围填海导致海域生物物种数减少

了 15.24%, 所以取曹妃甸围填海前海域单位面积生物多样性维持功能的 84.76%。曹妃甸围填海工程导致的海域生态服务功能价值变化见表 3。

由表 3 可以看出, 曹妃甸围填海工程导致其东部海域 6 类生态服务功能价值由 16 344.57 万元降低到 6 907.81 万元, 其中, 食品生产功能价值、生物调节功能价值、污染净化功能价值和生物多样性维持功能价值均发生了减少, 分别减少了 452.99 万元、157.29 万元、25.93 万元和 1 42.04 万元, 而气候调节功能价值和空气质量调节功能价值因海域初级生产力的提高而增大, 分别增加了 998.12 万元和 459.03 万元。这可能是由于海域氮、磷等营养盐浓度的增大促进了海域浮游植物的生长而导致海域初级生产力的提高造成的。

表 3 围填海导致曹妃甸东部海域生态服务功能价值变化

Tab. 3 Changes of marine ecosystem services value in east Caofeidian sea field caused by reclamation

围填海工程时期	食品生产功能 (万元)	生物调节功能 (万元)	气候调节功能 (万元)	污染净化功能 (万元)	空气质量调节功能(万元)	生物多样性功能 (万元)	总计 (万元)
围填海前	574.68	1 032.24	4 487.96	35.92	2 063.93	8 149.84	16 344.57
围填海后	121.69	874.94	5 486.09	9.99	2 522.96	6 907.81	6 907.81
价值变化	-452.99	-157.29	998.12	-25.93	459.03	-1242.04	-421.10

6 讨论

“向海洋要地”已成为沿海地区缓解土地供求矛盾、扩大社会生存和发展空间的便捷方式。事实上, 人们在从围填海中获得更多的土地和空间的同时, 也意味着海岸带自然属性的永久性改变, 导致海岸带生态系统为人类提供的服务受损或完全丧失。对围填海导致的生态损失进行货币化评估, 并将评估结果纳入海岸带开发的经济分析和规划决策中已势在必行。因此, 开展围填海造成的海岸带生态系统服务损耗的货币化评估研究显得尤为重要。

本文运用直接市场法、替代市场法、调查评价法和成果参照法等构建了围填海造成的海域生态系统服务功能损害的货币化评估模型与方法, 并采用对比分析法, 建立了围填海工程对周边海域生态服务功能影响损失的估算方法。结果表明: 曹妃甸围填海一期工程占用海域滩涂面积 10 500 hm², 每年造成海洋生态服务功能价值损失 4 735.67 万元, 其中生物多样性维持功能损失占 46.52%, 气候调节功能损失占 20.92%, 空气质量调节功能损失占 9.62%, 食品生产功能损失占 8.98%。曹妃甸围填海工程造成其东部海域生态系统服务功能价值损失每年为 421.10 万元, 其中

生物多样性维持功能每年损失 1 242.04 万元、食品生产功能每年损失 452.99 万元, 而气候调节功能和空气质量调节功能因海域浮游植物群落初级生产增加而出现功能增大, 每年服务功能价值分别增加 998.12 万元和 459.03 万元。

参考文献:

- [1] Daily G C. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems[M]. Washington D C: Island Press, 1997.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 张惠, 孙英兰. 青岛前湾填海造地海洋生态系统服务价值损失的估算[J]. 海洋湖沼通报, 2009, 3: 34-38.
- [5] Costanza R, Arge R, de Groot R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and nature capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [6] 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.

- [7] 陈应发. 中国森林环境资源价值评估——国家科委自然资源核算 04 子项目报告之三[R].北京:中国林业科学研究院科信所, 1994.
- [8] 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.
- [9] de Groot R S, Wilson M A, Bouman R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem services, goods and services [J]. *Ecological Economics*, 2002, 41: 393-408.
- [10] 郭良波. 渤海环境动力学数值模拟及环境容量研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005.
- [11] 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务的生态学机制研究进展[J]. *生态学报*, 2009, 29(11): 6183-6188.
- [12] Xie Gaodi, Lu Chunxia, Leng Yunfa. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau [J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18: 189-196.
- [13] 国家海洋局 908 专项办公室. 海岛海岸带卫星遥感调查技术规程[C]. 国家海洋局 908 专项办公室.北京:海洋出版社, 2005.

Loss appraisal on the value of marine ecosystem services of the sea reclamation project for Caofeidian

SUO An-ning^{1,2}, ZHANG Ming-hui³, YU Yong-hai^{1,2}, HAN Fu-wei^{1,2}

(1. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China; 2. Key Laboratory of Sea-field Management Techniques, State Oceanic Administration, Dalian 116023, China; 3. College of Civil Engineering, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

Received: May,4,2010

Key words: reclamation project; ecosystem service function; value appraisal; sea field; Caofeidian

Abstract: In this paper, the market value method, alternative cost method and shade project method were employed to assess the value loss of the marine ecosystem services function during the reclamation in Caofeidian sea field. Its influence on nearby sea field ecosystem services function was also assessed. The result showed that the 10 500 hm² reclamation project in Caofeidian sea field might cause an annual loss of marine ecosystem services value of 47.3567 million RMB yuan; among this, loss of biodiversity function value accounted for 46.52%, loss of climate regulation function value accounted for 20.92%, loss of air quality regulation function value accounted for 9.62%, and loss of food production value accounted for 8.98%. The influence Caofeidian reclamation project on its eastern sea field could lead to a loss of ecosystem services function value of 4.211 million RMB yuan each year, including the biodiversity function value with an annual loss of 12.4204 million RMB yuan, the food production function value of 4.5299 million RMB yuan, but the annual services of air and climate regulation functions value increased 9.9812 million RMB yuan and 4.5903 million RMB yuan, due to the increase of primary production functiona of phytoplankton community.

(本文编辑: 刘珊珊)