

海洋生态系统服务功能评估在环境影响评价中的应用

——以某填海工程为例

李雪飞,孔令宇,田珍,袁晓娟,曾琼佩

(中海石油环保服务(天津)有限公司 北京 100012)

摘要:准确评估填海工程中海洋生态服务功能损失,建立合理的补偿制度,因地制宜采取适合的海洋生态修复措施来缓解经济发展与海洋生态保护之间的矛盾,是落实海洋生态文明建设的重要措施。文章以福建省莆田市某填海造地工程为例,采用价值量评估方法,估算填海工程造成的海洋生态系统服务功能价值损失。经过评估,本次填海造成的海洋服务功能总的价值损失为 1 451.23 万元,其中供给功能、气候调节功能、文化服务功能、支持功能、污染物处理功能等各项功能价值损失分别占总价值损失的 27.5%、32.8%、2.2%、12.3%、25.2%。研究提出建议采取“修复补偿为主”的制度,开展海洋生态修复。

关键词:填海造地;海洋生态服务功能;环境影响评价;生态修复;价值评估方法

中图分类号:P76 **文献标志码:**A **文章编号:**1005—9857(2018)05—0056—04

Application of Marine Ecosystem Service Function Evaluation in Environmental Impact Assessment: Taking a Reclamation Project as an Example

LI Xuefei, KONG Lingyu, TIAN Zhen, YUAN Xiaojuan, ZENG Qiongpei

(China Offshore Environmental Services(Tianjin)Co., Ltd, BeiJing 100012, China)

Abstract: It is an important measure to implement the construction of marine ecological civilization, by accurately assessing the loss of marine ecological service function and establishing a reasonable compensation system in marine ecological restoration. This paper took a reclamation project in Putian city, Fujian province as an example, to estimate the loss of marine ecosystem service function caused by reclamation project by providing the value loss assessing method. The total value loss of the marine eco-service function caused by reclamation was 14,522,300 yuan, among which the loss of function value such as supply function, climate regulation function, cultural service function, support function and pollutant treatment function were 27.5%, 32.8%, 2.2%, 12.3%, 25.2% respectively. The system of “Repair-based compensation” was suggested to carry out marine ecological restoration.

Key words: Reclamation, Marine ecosystem services assessment, Environmental impact assessment, Ecological restoration, Evaluation method

填海造地是缓解沿海地区土地资源供求矛盾的重要措施,但是围填海造地也造成海洋面积减少,引起海洋生态系统服务功能丧失或受损^[1-2]。因此,围填海造地对海洋生态系统服务影响评估受到广泛的关注^[3-4],2015 年 7 月,国家海洋局印发了《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案》(2015—2020 年),要求将海洋生态文明建设贯穿于海洋事业发展的全过程和各方面,推动海洋生态文明建设上水平、见实效^[5]。准确评估海洋生态服务功能,估算合理的生态补偿量,建立合理的海洋生态补偿机制,合理利用海洋资源和保护海洋环境,是缓解经济发展与海洋生态保护之间矛盾的有效手段之一,是落实生态文明建设的重要措施之一^[6]。

本研究以福建省莆田市某填海面积为 42.6 hm²的工程为例,选取价值量评估为主的评估模型,估算填海工程对海洋生态系统服务功能造成的价值损失,以期为建立海洋生态补偿机制及海洋生态文明建设提供方法与数据支撑。

1 研究方法

海洋生态系统服务功能包括海洋供给服务、海洋调节服务、海洋文化服务、海洋支持服务及废弃物处理功能等几个部分^[7],在环境影响评价过程中对于评估方法的选取,应视其可行性和可操作性来进行^[8],本研究有关海洋服务功能的估算方法主要参考《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058—2011)及相关文献具有可操作性的方法(表 1)。

表 1 海洋生态系统服务功能价值损失的评估方法

海洋生态系统服务功能		评估方法
供给功能	食品生产	市场价值法
	氧气生产	影子工程法
调节功能	气候调节	影子工程法
支持功能	物种多样性维持	条件价值法
文化功能	科研服务	条件价值法
污染物处理功能	COD 处理功能	替代成本法
	总氮、总磷处理功能	替代成本法

2 研究结果

2.1 供给服务功能评估

在环境影响评价中,工程对海洋供给服务功能

的影响主要考虑渔业供给和氧气生产供给两方面。

2.1.1 渔业供给

渔业供给根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110—2007)中的相关界定进行价值评估,评估公式^[9]如下:

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中: W_i 为第*i*种类生物资源受损量,单位为尾、个、(kg); D_i 为评估区域内第*i*种类生物资源密度,单位为尾(个)/km²、尾(个)/km³、(kg/km²); S_i 为第*i*种类生物占用的渔业水域面积或体积,单位为 km²或 km³。

根据估算(表 2),填海工程占用海域造成的渔业供给损失为:浮游动物 0.822 t,底栖生物 1.748 t,游泳生物 0.122 t,鱼卵 9.516×10⁵粒,仔稚鱼 8.282×10⁵尾,潮间带生物 5.964 t。按着市场价格折算后渔业供给功能价值损失约为 259.36 万元。

表 2 填海造地用海造成的渔业供给资源价值损失评估

种类	资源密度①	填海面积/hm ² ②	损失量	单价	补偿金额/万元
浮游动物	1 400 mg/m ³	17.8	0.822 t	0.5 万元/t	0.822
底栖生物	9.82 g/m ²	17.8	1.748 t	1 万元/t	34.960
游泳生物	684.46 kg/km ²	17.8	0.122 t	1 万元/t	2.437
鱼卵	1.62 粒/m ³	17.8	9.516×10 ⁵ 粒	1 元/尾	19.032
仔稚鱼	1.41 尾/m ³	17.8	8.282×10 ⁵ 尾	1 元/尾	82.823
潮间带生物	24.05 g/m ²	24.8	5.964 t	1 万元/t	119.288
合计					259.362

注:①资源密度数据来源于该海域在 2015 年做的现状调查;②填海造地占海 24.8 hm²属于潮间带,其余 17.8 hm²为潮下带。

2.1.2 氧气供给功能估算

氧气生产的物质量计算公式为:

$$Q_{O_2} = Q'_{O_2} \times S \times N \times 10^{-3} + Q''_{O_2}$$

式中: Q_{O_2} 为氧气生产的物质量,单位为 t; Q'_{O_2} 为单位时间单位面积水域浮游植物产生的氧气量,单位为 mg/(m²·d⁻¹); S 为评估海域的水域面积,单位为 km²; N 为时间天数 d; Q''_{O_2} 为大型藻类产生的氧气量,单位为 t/a;

浮游植物初级生产提供氧气的计算公式为:

$$Q'_{O_2} = 2.67 \times Q_{PP}$$

Q_{PP} 为浮游植物的初级生产力,单位为 $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$ 。

2015 年项目所在海域的平均初级生产力为 $417.23 \text{ mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。填海造地用海面积为 0.426 km^2 , 占用海域按着 20 年计算, 根据公式评估出氧气生产量的损失为 $3\,464.33 \text{ t}$, 根据工业制氧平均价格为 $400 \text{ 元}/\text{t}^{[10]}$, 则本工程氧气生产价值损失为 138.57 万元 。

2.2 气候调节服务功能评估

气候调节的物质质量计算公式为:

$$Q_{\text{CO}_2} = Q'_{\text{CO}_2} \times S \times N \times 10^{-3} + Q''_{\text{CO}_2}$$

式中: Q_{CO_2} 为气候调节的物质质量, 单位为 t/a ; Q'_{CO_2} 为单位时间单位面积水域浮游植物固定的二氧化碳量, 单位为 $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$; S 为评估海域的水域面积, 单位为 km^2 ; N 为时间天数(d); Q''_{CO_2} 为大型藻类固定的二氧化碳量, 单位为 t/a ;

浮游植物固定二氧化碳量的计算公示为:

$$Q'_{\text{CO}_2} = 3.67 \times Q_{PP}$$

Q_{PP} 为浮游植物的初级生产力, 单位为 $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$ 。

2015 年项目所在海域的平均初级生产力为 $417.23 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$ (以碳计)。填海造地用海面积约为 0.426 km^2 , 占用海域按着 20 a 计算, 根据公式评估二氧化碳固定量的损失为 4761.83 t , 二氧化碳吸收价值用碳税法计算, 瑞典的碳税率为 $150 \text{ 美元}/\text{t}$ (以碳计), 约合人民币 $1\,000 \text{ 元}/\text{t}$ (以碳计)^[11], 因此, 本工程造成的气候调节价值损失为 476.18 万元 。

2.3 文化服务功能评估

海洋文化服务评估内容主要考虑休闲娱乐、科研服务。休闲娱乐服务评估主要考虑评估海域以自然海洋景观为主体的海洋旅游景区, 休闲娱乐的物质质量采用海洋旅游景区的年旅游人数评估, 本项目所在海域由于不属于海洋旅游风景区, 旅游人数很少因此不进行该项评估。关于科研服务, 本工程所处海域未设置专门的实验场所或科研基地, 关于该海域的科研成果及其科研经费不易统计, 因此这里采用条件价值法, 按照填海占有海域面积进行科研服务价值损失评估, 我国单位面积生态系统的平均科研价值 $382 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ^[12], 本工程填海面积为 0.426 km^2 , 占用海域时间按 20 a 计, 据此估算本工程造成科研服务功能价值损失约为 32.55 万元 。

2.4 支持服务功能评估

海洋支持服务评估内容主要考虑物种多样性维持、生态系统多样性维持。根据相关研究, 本次填海所在海域的海洋生态系统单位面积的生物多样性维持价值为 $0.21 \text{ 万元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1})$ ^[13], 填海造地用海面积约为 0.426 km^2 , 占用海域按着 20 a 计算。根据估算, 本次填海工程造成的物种多样性维持价值损失约为 178.92 万元 。

2.5 废弃物处理服务功能评估

关于废弃物的处理功能价值损失, 主要考虑海洋对 COD、TN、TP 的负荷能力, 由于填海属于海洋生态系统自然属性的永久性改变, 使得海洋的此部分 COD、TN、TP 负荷能力完全消失。

2.5.1 COD 处理功能评估

COD 负荷能力的评估模型^[14]为:

$$V_{\text{COD}} = S \times Q_i \times P_i \times T \times 10^{-4}$$

式中: S 为区域的面积, 单位为 hm^2 (本项目填海面积为 42.6 hm^2); Q_i 为该海域的环境容量[湄洲湾海域 COD 环境容量为 $1.517 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1})$]^[15]; P_i 为第 i 种污染物的人工处理成本, 单位是元/ t [COD 处理成本为 $2\,333 \text{ 元}/(\text{t} \cdot \text{a}^{-1})$]; T 为补偿年限, 单位为 a , 本项目取占用海域 20 a。

根据计算, 海洋对于 COD 处理服务功能价值损失约为 301.54 万元 。

2.5.2 TN、TP 处理能力评估

TN、TP 负荷能力评估模型^[14]为:

$$V = (Q_N C_N + Q_P C_P) \times S \times T \times 10^{-4}$$

式中: V 为养分循环服务的价值量, 单位万元; Q_N 为单位面积海域所接纳的含 N 量, 单位为 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1})$ [单位围填面积的总氮的环境容量损失为 $0.46 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1})$]^[15]; C_N 为污水中 N 的人工去除成本, 单位为元/ t (N 的人工处理成本 $1\,500 \text{ 元}/\text{t}$)^[16]; Q_P 为单位面积海域所接纳的含 P 量, 单位为 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1})$ [P 的环境容量为 $0.025 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1})$]^[15]; C_P 为污水中 P 的人工去除成本, 单位为元/ t 。(P 的人工处理成本 $2\,500 \text{ 元}/\text{t}$)^[16]; S 为区域的面积, 单位为 hm^2 (本项目填海面积为 42.6 hm^2); T 为补偿年限, 单位为年, 本项目取占用海域 20 a。

根据计算, 海洋对于总氮、总磷的处理服务功

能价值损失为 64.11 万元。

3 结论与讨论

以福建省莆田市某填海工程为例计算出的海洋生态服务功能的成本总价值为 1 451.23 万元(表 3),

其中供给功能、气候调节功能、文化服务功能、海洋支持功能、污染物处理功能等价值损失分别占总价值损失的 27.5%、32.8%、2.2%、12.3%、25.2%。

表 3 海洋生态损失/损害金额汇总

序号	类别	项目	金额/万元	占总损失的百分比/%
1	海洋供给功能价值损失	渔业供给功能	259.36	27.5
2		氧气供给功能	138.57	
3	气候调节价值损失	二氧化碳固定功能	476.18	32.8
4	文化服务功能价值损失	科研服务功能	32.55	2.2
5	支持功能价值损失	物种多样性维持功能	178.92	12.3
6	污染物处理功能价值损失	COD 处理功能成本	301.54	25.2
7		TN、TP 处理功能成本	64.11	
合计			1 451.23	—

评估填海工程导致的海洋生态系统服务价值损失,是确定海洋生态补偿金额的依据之一,是开展生态补偿工作的研究基础。本研究以福建省莆田某围填海工程为例,分析、预测了项目建设造成的海洋生态服务功能损失,得出本次填海工程造成的生态损失价值为 1 451.23 万元,因此建议项目生态补偿资金应不低于 1 451.23 万元。在补偿形式上建议采取“修复补偿为主”的制度,可以将此部分生态补偿资金用于投放人工鱼礁、开发海洋牧场、进行增殖放流以及参与到岸线修复的项目等工作中,采取“谁开发、谁补偿、谁修复”的原则,企业可以根据补偿金额以及项目所在海域的特点,选取适宜的修复措施,开展海洋生态修复工作。

参考文献

[1] 倪晋仁,秦华鹏.填海工程对潮间带湿地生境损失的影响评估[J].环境科学学报,2003,23(3):345—349.

[2] 俞炜炜,陈彬,张珞平.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.

[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] 王静,徐敏,张益民,等.围填海的滨海湿地生态系统服务功能价值损失的评估[J].南京师范大学学报(自然科学版),2009,

32(4):134—138.

[5] 国家海洋局.国家海洋局海洋生态文明建设实施方案[Z].2015—2020.

[6] 陈忠禹.福建省生态文明先行示范区建设中的海域生态补偿法律机制研究[J].福州党校学报,2015(3):34—38.

[7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.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].2012

[8] 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).

[9] 中华人民共和国农业部.建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程:SC/T 9110—2007[S].北京:中国农业出版社,2008.

[10] 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.

[11] 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年,36(3):108—133.

[12] 陈仲新,张新时.中国生态系统效益的价值[J].科学通报,2000,4(1):17—22.

[13] 杨圣云,潘伟然,张国荣,等.福建省海湾数模与环模研究:深沪湾研究报告[M].北京:海洋出版社,2009.

[14] 李京梅,王颖梅.围填海造地生态补偿指标体系的建立与应用[J].生态经济,2016,32(6):183—188.

[15] 刘修德.福建省海湾数模与环境研究:湄洲湾[M].北京:海洋出版社,2009.

[16] 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,2003,18(4):443—444.