

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

王 静¹, 徐 敏¹, 张益民¹, 朱蒙佳²

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210046)

(2. 南京师范大学动力工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] 归纳总结了滨海湿地的主要生态服务功能, 据此建立围填海湿地生态服务功能价值损失的评估方法, 并以江苏海门市滨海新区围填海工程为例, 利用市场价值法、影子工程法、成本替代法、成果参照法等计算方法, 计算出海门滨海新区围填海造成的生态服务功能价值损失值为 2 878.3 万元/年, 单位面积损失为 1.87 万元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ 。本研究为计算同类海域围填海生态损失提供参考, 计算出的围填海生态服务价值损失可为分析围填海工程综合损益提供依据, 为围填海形成后的生态恢复与补偿经费提供参考。

[关键词] 围填海, 滨海湿地, 生态服务功能价值, 损失评估

[中图分类号] P748 [文献标识码] A [文章编号] 1001-4616(2009)04-0134-05

Coastal Wetland Ecological Service Value Loss Appraisal of Reclamation ——Take the Coastal Wetland Reclamation of Haimen for Example

Wang Jing¹, Xu Min¹, Zhang Yimin¹, Zhu Mengjia²

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

(2. School of Power Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

Abstract The paper summarizes the main ecological service of wetland and establishes the computational method of loss of ecological services value by reclamation. Coastal wetland reclamation project of Haimen is calculated as an example. The market value method, shadow project method, displacement cost method, results of reference method and so on are used to estimate the value loss of wetland ecological service by the reclamation project. The result shows that the total value loss of ecological services of the reclamation project is 2 878.3 million yuan/year per unit area is 1.87 million yuan/ $\text{hm}^2 \cdot \text{year}$. This study provides a method to calculate coastal wetland ecological service value loss of reclamation. The ecological service value loss provides a basis for analysis the integrated profit and loss of sea reclamation and provides reference for ecological restoration and compensation funds after the project.

Key words reclamation, coastal wetland, ecological service value, loss appraisal

随着经济发展、人口增加以及城市化进程的加快, 对土地的需求不断增加, 围填海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有效手段。滩涂资源作为江苏省最重要的海洋资源之一, 在江苏海洋开发中至关重要, 滩涂围填是江苏沿海地区综合开发战略中的重点, 围填海的面积和强度不断加大。但围填海意味着滨海湿地生态系统自然属性的永久性改变, 不可避免地对滨海湿地所具有的生态系统服务功能造成影响。

生态系统服务是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。自从 20 世纪 70 年代“生态系统服务功能”被提出以来, 对生态系统服务功能及其评估研究, 成为生态经济学、环境经济学的热点。其中最具影响力的研究成果是 Costanza 等人^[1]在 Nature 杂志上发表了题为《全球生态系统服务功能与自然资本的价值估算》的文章, 将生态系统服务归纳为 17 类, 并估算出全球生态系统服务价值。各国的学者们利用生态系统服务的生态学和经济学理论, 以及生态系统服务的价值评估技术方法

收稿日期: 2009-03-10

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费 (200805082) 资助项目。

通讯联系人: 徐 敏, 教授, 博士生导师, 研究方向: 海洋资源环境与海岸带管理。E-mail: xum in0895@ njnu. edu. cn

对大尺度的全球、全国和较小尺度的森林、湿地、农田及海洋、海岸带等生态系统服务功能的价值进行了研究,取得了一批有可利用价值的成果^[1-5]。

目前对围填海造成的滨海湿地生态损失主要集中在对生物量损失的计算,由此计算的生态价值损失明显偏低。围填海除了造成滨海湿地生物量的损失外,还破坏了滨海湿地生态系统为人类提供的其他服务功能。逐渐有学者将生态系统服务功能价值引入围填海生态损失计算中,探讨围填海造成的生态系统服务功能价值损失。如彭本荣等估算出厦门填海造地生态损害的价值为 279 元 /m²^[2]。

本文以江苏省海门市沿海滩涂湿地围填海工程为例,归纳总结滩涂湿地主要的生态服务功能价值,以及围填海造成湿地生态服务功能价值损失的计算方法,并根据海门海域资源环境现状计算出海门滨海新区围填海造成的生态服务功能价值损失。

1 海门滨海新区围填海工程海域环境概况

海门市位于江苏东南部辐射沙脊内缘区,规划通过辐射沙脊近岸浅滩围填海形成滨海新区,滨海新区规划围填海总面积为 1 535.3 hm²^[6]。

根据对工程海域用海情况的调查,拟围填区内养殖用海面积约 750 hm²,未利用海域面积约 785 hm²。滩涂植被面积约 70 hm²,单位面积滩涂植被干重约为 320 g/m²。

根据 2008 年对工程海域海洋环境监测数据^[6],该海域海水水质中 COD、无机氮、活性磷酸盐、叶绿素 a 的浓度分别为 0.54 mg/L、0.160 mg/L、0.008 mg/L、8.24 mg/m³。浮游植物平均数量为 62.08 × 10⁴ /L,浮游动物平均数量为 3 741.93 个 /m³,底栖生物平均生物量为 23.31 g/m²,潮间带底栖生物平均生物量为 48.8 g/m²。



图 1 海门滨海新区围填海工程位置图

Fig.1 The location of coastal wetland reclamation of Haimen

2 滨海湿地生态系统服务功能及价值损失评估

根据已有的生态系统服务功能价值研究成果^[1-5],结合江苏沿海滨海湿地的特点,将滨海湿地主要生态服务功能归结为 4 类 9 项服务,给出围填海造成湿地各项生态服务功能价值损失的计算方法,并根据海门海域资源环境现状计算出海门滨海新区围填海造成的生态服务功能价值损失。

2.1 供给服务及价值损失计算

(1) 食品提供:指滨海湿地生态系统提供的鱼、虾、蟹、贝等海产品作为人们生活食品的服务。

围填海造成的食品生产服务价值的损失,可根据围填海直接占用海域内的海产品的价值损失来计算。本文以统计资料中的海水养殖业的增加值,以及围填海占用而损失的海水养殖面积来计算食品服务价值损失。计算公式为:

$$P_1 = S_1 \times \frac{F_s}{S_0} \quad (1)$$

其中, P_1 为食品生产生态服务价值损失; S_1 为围填海占用的海水养殖面积; F_s 为区域海水养殖业的增加值; S_0 为区域海水养殖面积。 F_s 、 S_0 可从当地海洋经济统计年报中获得。

根据海门市海洋经济统计报表,2007 年海门市海水养殖面积 2 833.33 hm²,海水养殖增加值 6 590 万元,单位面积海水养殖增加值为 2.326 万元 /hm²。海门滨海新区围填海占用海水养殖面积约 750 hm²,围填海造成的食品生产服务价值损失约 1 744.5 万元 /年。

(2) 原料生产:滨海湿地生态系统提供用于人们造纸、化工、加工等生产活动的各种原料的服务。

围填海对原料生产服务价值的损失可以根据占用海域内损失的各种原料量,以及各种原料的市场价格和成本计算。计算公式为:

$$P_2 = \sum Y_i P_i - \sum Y_i C_i$$

(2)

其中, P_2 为原料生产服务价值损失; Y_i 为围填海占用海域内第 i 类原料的产量; P_i 为第 i 类原料的市场单价; C_i 为将单位数量原材料 i 带到市场的成本。

根据对工程海域的调查, 拟围填海域湿地的原料生产服务功能薄弱。

2.2 调节服务及价值损失计算

(1) 气体调节: 滨海湿地植被和浮游植物通过光合作用吸收 CO_2 释放 O_2 来保持大气稳定、减缓温室效应的服务。

以造林成本法来计算围填海造成的滨海湿地气体调节服务价值损失。根据光合作用方程式, 植物每生产 1 g 干物质会吸收 1.63 g CO_2 , 释放 1.19 g O_2 气体调节生态服务价值损失的计算公式为:

$$P_3 = 1.19X \times F_{\text{O}_2} + 1.63X \times F_{\text{CO}_2}$$

(3)

其中, P_3 为气体调节服务价值损失; X 为围填海造成的滩涂植被和浮游植物损失干物质的量; F_{O_2} 为氧气的价格; F_{CO_2} 为固定 CO_2 的价格。

根据海门滨海新区围填海占用的滩涂植被的面积和单位面积滩涂植被干重, 计算出滩涂植被的干物质损失量为 224 t/年; 浮游植物的干物质损失量以如下公式计算: $P = C_a \times Q \times D \times \Delta V$, P 代表初级生产力 ($\text{mgC}/\text{m}^3 \cdot \text{年}$), C_a 为叶绿素 a 的年均含量 (以 2008 年监测值的一半作为年均含量, $4.12 \text{ mg}/\text{m}^3$), D 为年光照小时 (2 149 h), Q 为同化系数, 按 3.7 计算^[7], ΔV 为围填海占用海水体积 (约 220 万 m^3), 则浮游植物干物质损失量为 72 t/年。围填海造成的滩涂植被和浮游植物损失干物质的量为 296 t/年。我国氧气造林成本为 352.93 元 /t 固定 CO_2 的造林成本为 273.3 元 /t^[8], 围填海造成的气体调节生态服务价值损害为 25.6 万元 /年。

(2) 水质净化: 废水中的 N、P 等营养物质和有毒有害物质等经过复杂的理化过程和生物降解过程被湿地吸收、截留, 使水质得到净化和改善, 实现降低人工处理成本的服务。

不同类型的滨海湿地 (如芦苇、盐蒿、互花米草、淤泥光滩等) 均对 N、P 营养物质有截留效应。采用影子工程法计算水质净化服务价值损失, 计算公式为:

$$P_4 = \max \left\{ \sum S_i L_{N_i} F_N, \sum S_i L_{P_i} F_P \right\},$$

(4)

其中, P_4 为水质净化服务价值损失; S_i 为占用第 i 类湿地的面积; L_{N_i} 、 L_{P_i} 分别为第 i 类湿地单位面积削减 N、P 的量; F_N 、 F_P 分别为除氮、除磷成本。

海门滨海新区围填海占用互花米草和淤泥光滩面积分别为 70 hm^2 、1 095 hm^2 。欧维新等对盐城潮滩湿地对 N、P 营养物质的截留效应进行了研究, 互花米草和淤泥光滩对 TN 的截留效果分别为每年 220.660 kg/hm^2 和 0.385 kg/hm^2 , 互花米草和淤泥光滩对 TP 的截留效果分别为每年 0.470 kg/hm^2 和 0.042 kg/hm^2 ^[9]。江苏省生活污水处理成本 (含折旧) 约 0.9 元 / m^3 , 污水处理去除 N、P 的浓度分别约为 32 mg/L 、4 mg/L , 因此脱氮、除磷成本分别为 2.8 万元 /t、22.5 万元 /t 围填海造成的水质净化服务价值损失为 44.4 万元 /年。

(3) 干扰调节: 滨海湿地及其植被作为第一道天然屏障, 缓冲、减轻风暴潮、海浪等对近岸的冲击, 削弱其对近岸工程设施的破坏作用, 减少损失的服务。

围填海通过建造围堤来保护填海区内的生产活动安全, 新建围堤就起到了抗潮防浪的作用, 但围堤成本会随着围填海向海推进而加大。围填海造成的湿地干扰调节服务价值损失可采用影子工程法估算, 通过围填海新建围堤与在现有岸线位置建造海堤所花费的成本差额来计算。干扰调节服务价值损失计算公式为:

$$P_5 = (C_n - C_o) / n = (V_n - V_o) \times F_d / n$$

(5)

其中, P_5 为干扰调节服务价值损失; C_n 、 C_o 分别为新建海堤造价、老海堤造价 (以当前价格计算); n 为计算年限, 一般取 50 年; V_n 、 V_o 分别为新建海堤工程量、老海堤工程量; F_d 为单位体积海堤造价。

根据海门市滨海新区围填海工程可行性报告^[10] 以及工程区地形数据, 海堤造价约 92 元 / m^3 , 新建海堤、老海堤造价分别为 21 590 万元、3 141 万元, 根据式 (5) 计算, 围填海造成的干扰调节服务价值损失为 369.0 万元 /年。

2.3 支持服务及价值损失计算

(1) 营养物质循环: N、P等营养物质通过各种生态过程在生物体、水体和土壤内部及其相互之间的循环支撑着生态系统的正常运转。

运用影子工程法,通过围填海造成的初级生产力营养元素损失量,计算产生同等量的营养元素的化肥价格。营养盐调节服务价值损失计算公式为:

$$P_6 = (L_N + 2.29L_P) \times F_h \quad (6)$$

其中, P_6 为营养盐调节服务价值损失, L_N 为 N 元素损失量, L_P 为 P 元素损失量, F_h 为化肥价格, 2.29 为 P 元素折算为 P_2O_5 的系数。

海门滨海新区围填海造成互花米草、浮游植物的干物质损失量分别为 224 t/年、72 t/年。据高建华等研究, 苏北潮滩湿地中互花米草植株中 N、P 的含量分别为 6.6 g/kg、1.2 g/kg, 一般藻类通用的 N 含量为 8.0% ~ 10.4%, P 含量为 0.8% ~ 1.45%^[11], 本次研究取平均值。则围填海造成 N 营养元素损失量为 8.10 t/年, 造成 P 营养元素损失量为 1.08 t/年。我国平均化肥价格取 2549 元/t^[12], 围填海造成营养盐调节服务价值损失为 2.7 万元/年。

(2) 生物多样性维持: 滨海湿地不仅生活着丰富的生物种群, 还为其提供重要的产卵场、越冬场和避难所等庇护场所, 维持着生物多样性。

围填海占用滨海湿地, 破坏了当地湿地生态系统和生物栖息地, 影响生物多样性维持价值服务。围填海造成的生物多样性维持服务价值损失的计算公式为:

$$P_7 = V_1 \times S \quad (7)$$

式中, P_7 是生物多样性维持服务价值损失; V_1 是单位面积生物多样性维持服务价值, 目前生物多样性维持服务的价值计算主要通过支付意愿法, 自然保护区用于物种保护的经费投入, 或参考国内外相关研究成果来实现; S 为围填海占用的对维护生物多样性有贡献的海域面积。

采用成果参照法, 生物多样性维持价值取 Co stanza 等计算的单位面积湿地的生物庇护服务价值结果 304 美元/ $hm^2 \cdot 年^{1/1}$ (人民币对美元的汇率 1: 6.8), 和长江口湿地单位面积生物多样性维持价值 1328 元/ $hm^2 \cdot 年^{1/13}$ 的平均值 1697.6 元/ $hm^2 \cdot 年$ 为本次计算参数。海门滨海新区围填海区总面积为 1535.3 hm^2 , 围填海造成的生物多样性维持价值损失为 317.4 万元/年。

2.4 文化服务及价值损失计算

(1) 休闲娱乐: 主要是指滨海湿地为人们提供旅游、观鸟、摄影、垂钓等活动的场所、机会和条件, 使人们得到美学体验和精神享受的服务。

围填海造成的休闲娱乐服务价值损失的计算公式为:

$$P_8 = V_2 \times S \quad (8)$$

式中, P_8 是休闲娱乐服务价值损失; V_2 是单位面积休闲娱乐服务功能价值; S 为围填海占用的具有旅游娱乐价值的海域面积。目前休闲娱乐服务的价值计算主要通过调查人们的支付意愿、采用旅游业产值或旅行费用法来实现。

单位面积休闲娱乐服务价值可根据旅游业产值和提供旅游服务的面积计算。由于没有收集到海门市滨海旅游业资料, 采用与海门市邻近的如东县滨海旅游业相关数据进行计算。根据 2007 年如东县海洋渔业统计报表, 如东县滨海旅游业增加值为 35000 万元, 如东县滨海旅游主要集中在海岸带以及潮间带, 这部分海域面积约为 170000 hm^2 , 单位面积休闲娱乐服务价值为 2059 元/ $hm^2 \cdot 年$ 。海门滨海新区围填海造成的休闲娱乐服务价值损失为 316.1 万元/年。

(2) 文化科研: 主要是海洋提供影视剧创作、文学创作、教育、美学、音乐等的场所和灵感的功能, 以及为研究者和学生提供科学研究、野外实践等活动的场所、内容和对象, 使人们对大自然的认识和了解更加深刻的服务。

围填海造成的文化科研服务价值损失的计算公式为:

$$P_9 = V_3 \times S \quad (9)$$

式中, P_9 是休闲娱乐服务价值损失; V_3 是单位面积科研文化服务功能价值; S 为围填海占用的具有科研文化服务价值的海域面积。科研文化服务价值目前主要利用科研经费投入或调查人们的支付意愿来计算, 或

者参考国内外相关研究成果.

采用成果参照法, 取陈仲新等计算出的我国单位面积湿地生态系统平均科研价值 $382 \text{元} / \text{hm}^2 \cdot \text{年}^{[14]}$ 作为计算湿地科研价值的参数, 海门滨海新区围填海造成的科研文化价值损失为 $58.6 \text{万元} / \text{年}$.

2.5 围填海的滨海湿地生态服务功能总价值损失

围填海对滨海湿地生态服务功能价值的影响由各项服务功能价值损失累加求得, 计算公式如下:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \quad (10)$$

式中, P 是围填海造成的滨海湿地生态服务功能总价值损失; P_i 是围填海造成的第 i 种生态系统服务价值损失; $i = 1, 2, \dots, n$ 代表各种生态系统服务功能.

海门滨海新区围填海生态服务功能总价值损失为 $2878.3 \text{万元} / \text{年}$, 单位面积损失为 $1.87 \text{万元} / \text{hm}^2 \cdot \text{年}$.

3 结果与讨论

根据工程海域资源、环境、开发利用现状等数据, 利用市场价值法、造林成本法、影子工程法、成本替代法、成果参照法等方法, 计算出海门滨海新区围填海造成的生态服务功能价值损失值为 $2878.3 \text{万元} / \text{年}$, 单位面积损失为 $1.87 \text{万元} / \text{hm}^2 \cdot \text{年}$. 生物多样性维持、文化科研、休闲娱乐服务功能参考了国内外研究成果或参考相邻海域数据, 并不能完全反映本海域特性, 可能会造成一定的误差. 但该数据在一定程度上反映了围填海造成的生态服务功能价值损失是巨大的, 可为计算同类海域围填海生态损失提供参考, 提醒人们在追求围填海经济效益的同时, 不能忽视围填海对生态环境的破坏, 为客观评价围填海的综合损益提供依据.

不同海域生态环境不同, 生态服务功能价值不尽相同, 具体围填海工程生态服务价值损失, 需要根据围填海域内生态系统类型、动植物生物量等状况计算. 计算出的围填海生态服务价值损失可为围填海形成后的生态恢复与补偿经费提供依据. 通过围填海生态服务功能价值损失的计算, 引起社会各界和管理部門对围填海造成的生态环境影响的重视, 积极采取一定的措施进行生态保护和修复, 促进社会经济和生态环境的和谐发展.

[参考文献]

- [1] Costanza R, Agre R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [2] 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.
- [3] Daily G C, Soderquist T, Aniyar S, et al. The value of nature and the nature of value [J]. Science, 2000, 289: 395-396.
- [4] De Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem function goods and services [J]. Ecological Economics, 2002, 41: 393-408.
- [5] 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.
- [6] 南京师范大学. 海门市滨海新区区域建设用海总体规划海域使用论证报告书 [R]. 2008.
- [7] 王大鹏, 陈晓汉, 何安尤, 等. 叶绿素 α 法估算隆林网箱养殖区初级生产力 [J]. 广西水产科技, 2008, 2: 7-11.
- [8] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统生态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): 608-613.
- [9] 欧维新, 杨桂山, 高建华. 盐城潮滩湿地对 N、P 营养物质的截留效应研究 [J]. 湿地科学, 2006, 4(3): 179-186.
- [10] 南通和信工程勘测设计院有限公司. 海门市滨海新区围填海工程可行性研究报告 [R]. 2008.
- [11] 高建华, 白凤龙, 杨桂山, 等. 苏北潮滩湿地不同生态带碳、氮、磷分布特征 [J]. 第四纪研究, 2007, 27(5): 756-765.
- [12] 赵同谦, 欧阳志云, 贾良清, 等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价 [J]. 生态学报, 2004, 24(6): 1101-1110.
- [13] 吴玲玲, 陆健健, 董春富, 等. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估 [J]. 长江流域资源与环境, 2003, 9, 12(5): 411-416.
- [14] 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): 17-23.

[责任编辑: 丁 蓉]