

象山港海湾生态系统服务价值评估

程飞 纪雅宁 李倨莹 朱小明

(厦门大学环境与生态学院、滨海湿地生态系统教育部重点实验室、福建省海陆界面
生态环境重点实验室 福建 厦门 361102)

摘要:在以建设海洋牧场为主要策略修复海湾资源与环境的背景下,基于象山港海湾生态系统的基本特征,采用市场价格法、替代成本法、收益转移法等评估方法,构建了海湾生态系统服务价值评估框架,对供给、调节、文化3类服务10项子服务进行货币化评估。结果表明:2010年象山港海湾生态系统服务价值的总量约为 27.16×10^8 元/a,单位面积海域生态系统服务的价值约为 482.16×10^4 元/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$);供给服务总体比例较高,占62.83%,体现了维持渔业资源稳定持续供给的重要性;文化服务其次,占25.31%,调节服务比例偏低占11.86%,对控制非点源污染、改善生境条件提出了迫切需求。研究表明评估结果尚属偏低的保守值,有待于进一步完善,并探讨分析建设海洋牧场所起到的积极作用,对持续动态的价值评估与适应性管理提出展望。

关键词:海洋生态学;生态系统服务;价值评估;象山港;海洋牧场

DOI:10.3969/j.issn.2095-4972.2014.02.010

中图分类号:X171.1;P735

文献标识码:A

文章编号:2095-4972(2014)02-0222-07

生态系统服务维系着地球生命支持系统,其变化直接影响着人类福祉。伴随着经济活动的密集干扰和陆源污染的加剧,海湾生态系统所遭受的冲击与破坏逐渐加大。同时海洋生物资源的过度消耗、生态链失调和栖息地的破坏,使得海湾生态系统显得极其脆弱,生态危机日益显现,提供生态系统服务的能力迅速衰退。海洋牧场,作为能够改善生境质量和增加生物资源的有效措施,被逐渐提上议程与广泛的实践。其内涵为在一定海域开展生境修复(重建)与“投放、生长和渔获”等过程,将养殖幼鱼投放到开放近岸海洋环境中通过有效的资源管理以获取渔业产量^[1];充分发挥海域环境的有利特性和自然属性,结合人工鱼(藻)礁投放、人工种苗孵化、嗅觉诱导、音响驯化、水下监视系统等一整套系统化的设施与技术方法,建立半自然半人工的海洋生态系统。新型生态渔业模式的特质,也使得目前关于海洋牧场建设效果的预测、评价多集中于环境质量改善、生物资源丰度提高以及渔业经济效益等方面,而基于生态系统管理的视角,海洋牧场的效益和重要性更体现在其对海湾生态系统的功能改善和服务提高所产

生的影响。生态系统服务价值的评估能够体现经济活动与生态环境质量的关系,增强决策者在生态系统管理体系中做出权衡的能力,以实现生态环境可持续、资源公平有效分配的目标^[2]。本文对海洋牧场建设前的象山港生态系统服务价值进行评估,并探讨将营造的海洋牧场的作用,以为海洋牧场建设提供理论支撑,为海洋牧场生态效益评价提供参考依据。

1 研究区域概况

象山港位于宁波市的东南沿海,是一个岸线曲折的狭长半封闭海湾,全长约406 km,其中大陆岸线280.5 km,主港中心线长约62.8 km,平均水深10 m,港区总面积563.3 km^2 ^[3],其中水域391.8 km^2 ,滩涂171.5 km^2 。港口被六横岛分成了东南侧的牛鼻山水道和东北侧的佛渡水道与东海相连,港内包含支港,水域掩护条件好,风浪影响小,沿岸岛礁生物资源丰富,有着充足的饵料和营养物质基础,是渔业资源集中分布区,也是浙江省乃至全国重要的养殖基地^[4]。近年来港湾内渔业资源衰退和环境问题凸

收稿日期:2013-10-11

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201003068)

作者简介:程飞(1990~),男,硕士研究生;E-mail:sky_cape@126.com

通讯作者:朱小明,男,副教授;E-mail:zxm@xmu.edu.cn

显 象山港因自然条件优势被选作海洋牧场建设试验、示范区先行启动,通过投放人工鱼礁,规模化移植大型海藻、底播增殖经济贝类,实现“农牧化”生产,旨在构建 860 hm² 以上聚鱼增殖型海洋牧场,探寻有效渔业资源开发与管理模式。

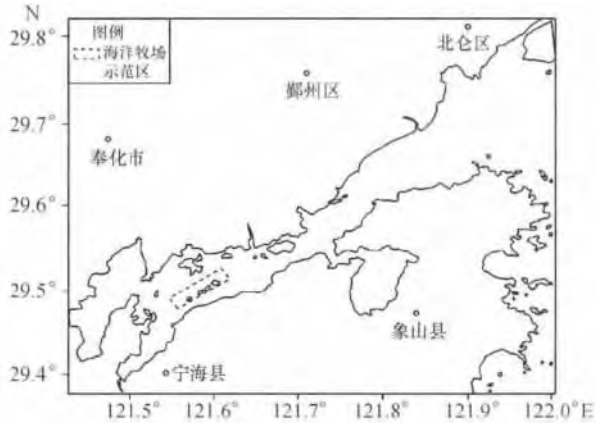


图 1 象山港区位图

Fig. 1 Map of Xiangshan Bay district

2 研究方法

2.1 海湾生态系统服务的分类

Costanza 等 (1997) 和 Daily (1997) 的成果开启了生态系统服务研究的浪潮,也奠定了服务价值评估的框架思路。生态系统服务的内涵与界定,由其来源于生态系统组分还是生态过程或功能,直接或间接对人类产生惠益而有不同的定义,从不同视角体现对于“自然组分-生态过程-生态功能-生态系统服务-人类利益”的不同阐述方式^[5-8]。海湾生态系统服务可广义地表述为人类从海湾生态系统获取的各种效益,包括有形的产品 (goods) 和无形的服务 (services)。不同的定义与标准也衍生了对于生态系统服务的不同分类,de Groot 等 (2002) 总结各分类成果按其特点与逻辑关系划分出 4 大类生态系统功能 (调节功能、生境功能、生产功能和信息功能) 共 23 项子功能^[7]。千年生态系统评估 MA (2003) 从人类获益角度出发将生态系统服务分为供给服务、调节服务、文化服务和支撑服务 4 大类 25 项子服务,并被广泛认可与采纳^[8]。国内研究涉及不同主体不同尺度海域,如渤海^[9]、桑沟湾^[10]、罗源湾^[11] 的生态系统服务价值评估,厦门围 (填) 海生态系统服务损害预测评估^[12],洋山工程对杭州湾海洋生态系统服务影响评价^[13] 以及深圳人工鱼礁构建对于海洋生态系统服务价值的影响^[14] 等等,丰富了生态系统服务价值评估的理论,也应用于生态 (环境) 影响评价、海域使用规划和渔业资源管理等领域。

参考上述各研究案例的分类体系,并结合研究区域生态系统特点和基础资料获取的有限性,将象山港海湾生态系统服务划分为供给服务、调节服务、文化服务与支撑服务 4 大类 13 项子服务 (表 1)。供给服务是人类从海湾生态系统中所获取的产品或资源等服务,调节服务是指人类从海湾生态系统过程的调节作用中获取的各种惠益,文化服务是指人们通过精神满足、认知发展、思考、消遣和美学体验而从海湾生态系统获得的非物质惠益,支撑服务是指保证其他所有的生态系统服务而必需的那些基础服务。每个类型对应着满足人类对于生态系统的 4 个方面的需求,即供应物质资源、提供环境容量、满足精神文化和基本生存需求^[10]。因 MA (2005) 建议支撑服务作为其他服务的基础,其价值包含于其他服务之中^[15] 故为避免重复计算,选取其他 3 类服务中食品供给、气候调节、旅游娱乐等 10 项子服务进行价值评估。

表 1 象山港海湾生态系统服务的分类

Tab. 1 Classification of ecosystem services in Xiangshan Bay

海湾生态系统服务类别	子服务
供给服务	食品供给; 原材料; 基因资源
调节服务	气候调节; 空气质量调节; 水质净化调节; 干扰调节; 生物控制和疾病调控
文化服务	旅游娱乐; 科研文化
支撑服务	初级生产; 生物多样性; 生境服务

2.2 评估模型构建

海湾生态系统服务的价值体现了人们对于海湾生态系统所提供服务的重要性的评价^[16]。服务价值评估的方法众多,尚无统一完善的技术标准可循,主要分为 3 类:经济学评估方法、收益转移法和能值评估法。经济学方法占据主流,专注于消费者偏好和生态系统服务的市场交换价值,包含直接市场法 (市场价格法、生产力变动法等)、间接市场法 (替代成本法、旅行费用法等) 和假想市场法 (条件价值法等); 收益转移法,参照已有研究成果进行估算,提供解决难以用市场化评估的服务的新途径; 能值评估法以生态能值为尺度进行衡量,一定程度上解决一些难以货币化的生态系统服务的评估,但方法体系与换算合理性尚存争议,适用不广^[17]。本文针对各类服务的特点选择合适方法,以象山港海洋牧场建设前的 2010 年为基准年,基于《2011 中国海洋年鉴》、《2010 宁波统计年鉴》、《2010 象山港海洋环境公报》等以及海域调查、文献参考获取的数据参数,

构建海湾生态系统服务评估模型.

2.2.1 食品供给 象山港海湾生态系统所提供的食品供给服务主要为渔业生产. 该项服务的价值计算采用市场价格法, 根据海区渔业生产的具体状况选取指标进行计算. 计算公式^[10]为:

$$V_f = (\sum Q_{C_i} \cdot PC_i + \sum Q_{M_j} \cdot PM_j) \cdot \delta = \sum V_{iadd} \quad (1)$$

式(1)中, V_f 为食品供给服务的价值, Q_{C_i} 为海产品的捕捞量, PC_i 为捕捞海产品的市场价格, Q_{M_j} 为海产品的养殖量, PM_j 为养殖海产品的市场价格, δ 为增加值率, V_{iadd} 为渔业增加值. 象山港沿岸鄞州、奉化临海全在象山港内, 故取其全部渔业增加值, 而宁海、象山、北仑等区县取其临象山港的海岸线占全部海岸线的比值乘以该区县的渔业增加值.

2.2.2 原材料 象山港潮间带丰富的生物资源和众多的贝藻养殖产生很多低质的贝类和藻类用作原材料. 同时海湾特殊的区位与地理环境, 还产生海滨砂矿业、海盐及盐加工业以及海水的综合利用等. 对于原材料的供给服务可参照食品供给服务评估采用市场价格法, 公式^[10]如下:

$$V_m = \sum Q_i \cdot P_i \cdot \delta = \sum V_{iadd} \quad (2)$$

式(2)中, V_m 为原材料服务的价值, Q_i 为原材料的产量, P_i 为原材料的市场价格, δ 为增加值率, V_{iadd} 为原材料产业增加值.

2.2.3 基因资源 象山港良好的环境和多样化的生物资源提供着丰富的基因资源, 为改良繁殖品种与培育新品种提供基因信息. 可采用效益转移法, 参照已有的研究成果进行估算. 公式^[16]如下:

$$V_g = VG_{av} \cdot S \quad (3)$$

式(3)中, V_g 为基因资源服务的价值, VG_{av} 为参考的生态系统单位面积年均提供的基因资源价值量, S 为海域面积.

2.2.4 气候调节 海洋生态系统通过生物泵作用来调控大气 CO_2 浓度, 对局部地区乃至全球的气候起到一定的调节作用, 包含了有机碳泵和碳酸钙泵. 象山港海域的固碳主要体现在 2 个方面: (1) 浮游植物和大型海藻固定 C ; (2) 贝类固定 C . 采用替代成本法, 以人工方法固定同样数量 CO_2 的费用来确定, 公式^[10]如下:

$$V_c = (PP \cdot S + Q_{al} \cdot \alpha + Q_s \cdot \beta \cdot \sigma) \cdot P_c \quad (4)$$

式(4)中, V_c 为气候调节服务价值, PP 为海域初级生产力, S 为海域面积, Q_{al} 为大型藻类年产量, α 为藻类固碳比值, Q_s 为贝类年产量, β 为平均贝类干壳重系数, σ 为平均总碳含量比值, P_c 为人工固碳

成本, 依据国际上通用的碳税率和国内人工造林费用的均值确定.

2.2.5 空气质量调节 象山港的空气质量调节主要体现在有益气体 (O_2) 的释放和有害气体的吸收 (DMS 、 SO_2 等), 受限于数据的获取, 本文只考虑 O_2 的生产, 其来源主要是浮游藻类和大型海藻. 采用替代成本法, 公式^[10]如下:

$$V_a = (PP \cdot \alpha_o + Q_{al} \cdot \beta_o) \cdot P_o \quad (5)$$

式(5)中, V_a 为空气质量调节服务价值, PP 为海域初级生产力, α_o 为氧气同化系数, Q_{al} 为大型藻类年产量, β_o 为藻类释氧比值, P_o 为人工产氧成本, 依据国内造林成本法制氧价格和工业制氧成本的均值来确定.

2.2.6 水质净化调节 象山港海湾生态系统对于水质的净化调节体现在鱼虾贝藻类对于沿岸排入到海湾中的工业和生活废水中的污染物的吸收、消除、分解和转移. 由于获取数据有限, 仅选取占主要部分的浮游藻类和大型藻类对于 N 、 P 营养盐的吸收和对 COD 的移除进行价值评估. 采用替代成本法, 将水质净化调节的过程近似等同于污水处理净化的过程, 即通过人工处理排海的污染物所需要的费用间接计算评估其价值. 公式^[10]如下:

$$V_w = \sum Q_i \cdot P_i \quad (6)$$

式(6)中, V_w 为水质净化调节服务的价值, Q_i 为净化的第 i 种污染物数量, P_i 为人工处理第 i 种污染物成本费用. 因为浮游植物按一定比例从海湾中吸取生源要素, 所以浮游生物中 $C/N/P$ 比例的近乎恒定, 利用初级生产力值按 Redfield 比值求得浮游植物净化吸收的 N 、 P 数量. 大型藻类对于 N 、 P 的移除量按照藻类组织内的含量比例进行计算, COD 则按象山港定位二类水质的标准得到的环境容量值进行计算.

2.2.7 干扰调节 干扰调节服务体现为海湾生态系统对各种环境波动的容纳、衰减及综合作用. 象山港良好的生态环境和岸线条件使象山港海湾生态系统提供着丰富的干扰调节服务, 为沿岸的居民生活生产和工业生产、港口航运等提供庇护. 评估采用影子工程法, 以建设同等长度的人工岸线的工程造价进行计算. 公式^[12]如下:

$$V_i = P_c \cdot L_c \cdot (1 + 2\%t) / t \quad (7)$$

式(7)中, V_i 为干扰调节服务的价值, P_c 为人工岸线的工程造价, L_c 为海岸线长度, t 为工程的使用年限.

2.2.8 生物控制和疾病调控 象山港海域的生物控制和疾病调控服务主要体现在对有害生物活动的调节与抑制上, 从而降低病虫害和疾病的发生概率. 对

于该项服务价值的计算,采用效益转移法,公式^[16]如下:

$$V_{bc} = VB_{av} \cdot S \quad (8)$$

式(8)中, V_{bc} 为生物控制和疾病调控服务的价值, VB_{av} 为单位面积海域年均提供生物控制与疾病调控价值量, S 为海域面积。

2.2.9 旅游娱乐 象山港海域的旅游娱乐服务价值主要体现为沿岸区域的旅游增收。湾内绵延曲折的海岸线伴生了众多自然和人文景观,具备丰富的滨海旅游开发价值。由于滨海旅游场所的公共物品属性,其服务价值难以直接市场化,故采用旅行费用法以旅游增加值进行估算。公式^[10]如下:

$$V_t = V_{tt} \cdot L_c / L_{tc} \quad (9)$$

式(9)中, V_t 为旅游娱乐服务的价值, V_{tt} 为宁波市的总海洋旅游增加值, L_c 为象山港的海岸线长度, L_{tc} 为宁波市的海岸线总长度。

2.2.10 科研文化 科研文化服务的内容主要体现为象山港海域的科研文化成果。其服务价值本以各级政府部门投入的经费或产出的各种形式的科研文化成果(学术论文、技术发明专利、科研实践工程、海洋文化教育等)进行衡量较为合理,但不同主管部门、科研单位以及海洋相关企业所投入的科研经费来源广泛,缺乏该方面的统计数据,同时科研文化

成果仅以短期的价值体现是不合理的,所以本文采用效益转移法,参考进行估算,公式^[16]如下:

$$V_k = VK_{av} \cdot S \quad (10)$$

式(10)中, V_k 为科研文化服务的价值, VK_{av} 为单位面积海域年均科研文化服务价值量, S 为海域面积。

3 评估结果

计算各项服务价值得到 2010 年象山港海湾生态系统服务价值总量约 27.16×10^8 元/a,单位面积海域生态系统服务价值约 482.16×10^4 元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}^{-1}$,高于 Costanza 等(1997)估算的全球近海生态系统服务价值平均值 62 美元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$,约合 283.64×10^4 元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}^{-1}$,各项数值见表 2。虽然评估的标准和评估的指标存在一定差异,但也体现象山港海湾生态系统具有重要的生态地位,提供了很高的服务价值,其生态功能维系着沿岸区域的健康生活生产,促进海洋经济、海洋产业的可持续发展。其中供给服务占 62.83%,调节服务占 11.86%,文化服务占 25.31%。供给服务所占比例最大,体现了象山港作为宁波市乃至全国重要的海水增养殖基地的重要特色。文化服务其次,逐年增长的滨海旅游和象山港独特的科研文化,确保了象山港提供着巨大的文化服务价值。

表 2 象山港海湾生态系统服务评估方法、数据来源与价值评估结果

Tab.2 Evaluation methods, data sources and the results of evaluation for ecosystem services in Xiangshan Bay

海湾生态系统服务		评估方法	数据及来源	服务价值 / $\times 10^8$ 元 $\cdot \text{a}^{-1}$
供给服务	食品供给	公式(1)	$V_{add} = 16.74998 \times 10^8$ 元/a ^[18]	16.74998
	原材料	公式(2)	$V_{1add} = 0.01052 \times 10^8$ 元/a; $V_{2add} = 0.02543 \times 10^8$ 元/a; $V_{3add} = 0.01293 \times 10^8$ 元/a; $V_{4add} = 0.03434 \times 10^8$ 元/a ^[19]	0.08313
	基因资源	公式(3)	$VG_{av} = 59$ 美元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ ^[7] ; $S = 56330$ hm^2	0.23264
	气候调节	公式(4)	$PP = 213.40 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ ^[20] ; $S = 563.3 \text{km}^2$; $Q_{al} = 2633 \text{t}$ ^[18] ; $\alpha_{al} = 0.4445$; $Q_s = 33343 \text{t}$ ^[16] ; $\beta_s = 0.45$ ^[21] ; $\sigma = 0.115$ ^[22] ; $P_c = (260.90 \text{元}/\text{t} + 1050 \text{元}/\text{t})/2$ ^[23]	0.80064
调节服务	空气质量调节	公式(5)	$PP = 213.40 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$; $\alpha_o = 2.667$; $Q_{al} = 2633 \text{t}$; $\beta_o = 1.19$; $P_o = (352.93 \text{元}/\text{t} + 400.00 \text{元}/\text{t})/2$ ^[24]	1.21932
	水质净化调节	公式(6)	$Q_{COD} = 7579.9 \text{t}$ ^[25] ; $Q_N = 21306.4 \text{t}$; $P_N = 1500 \text{元}/\text{t}$ ^[26] ; $Q_P = 2941.9 \text{t}$; $P_P = 2500 \text{元}/\text{t}$ ^[26] ; $P_{COD} = 4300 \text{元}/\text{t}$ ^[9]	0.71909
	干扰调节	公式(7)	$P_c = 2 \times 10^6$ 元/ km^2 ^[12] ; $L_c = 406.5 \text{km}$; $t = 50 \text{a}$	0.32520
	生物控制与疾病调控	公式(8)	$VB_{av} = (38 \text{美元}/\text{hm}^2$ ^[5] + $40 \text{美元}/\text{hm}^2$ ^[7])/2; $S = 56330 \text{hm}^2$	0.15378
文化服务	旅游娱乐	公式(9)	$V_{tt} = 26.00560 \times 10^8$ 元/a ^[19] ; $L_c = 406.5 \text{km}$; $L_{tc} = 1594.4 \text{km}$	6.63143
	科研文化	公式(10)	$VK_{av} = 62$ 美元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ ^[5] ; $S = 56330 \text{hm}^2$	0.24447

注:本文均取 1 美元 = 7 元

4 讨论分析

本研究仅选取了识别的核心服务进行评估,分类较简化且不涉及非使用价值,同时生态系统服务的价值很大程度会受到服务提供的时间和空间特性的影响,所以瞬时静态的海湾生态系统服务价值评估会显著淡化生态系统内部与外部系统的相互作用机制,选取的评估体系难以全面体现海湾生态系统的服务内容.其次,评估采用的主要是当前较有说服力的福利经济学方法,客观地对生态系统服务进行了货币化,具有较高的精度,但该类方法基于人类的偏好,对市场化存在着较大程度的依赖,人类偏好的变化和发育不良的、扭曲的或完全空缺的市场的存在也会产生一定的偏差^[27].此外,受制于数据获取的局限性,文中部分参数的选取参照国内外的相关研究成果,对研究区域的样本针对性不强,比如空气质量调节服务只包含了有益气体(O₂)的释放,而忽略了有害气体(DMS、SO₂)的吸收;基因资源服务所参考的 de Groot 等(2002)的数据反映了全球的平均水平^[7],而对应到生物资源丰富的象山港则数值存在着偏小的倾向.最后,评估需要建立在相对完整和正常运行的生态系统中,而人类作为生态系统的组成部分,由人类偏好赋予的价值可能很难反映出自然价值的丰富程度^[28].故基于上述分析,本文对于服务价值的评估得到的是一个偏低的保守估计,粗略地反映象山港海湾生态系统服务的状态及分布情况(图2).

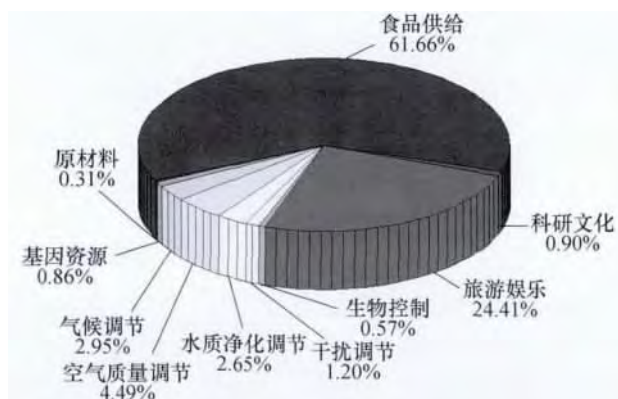


图2 象山港海湾生态系统服务价值比例分布

Fig.2 Value distribution of ecosystem services in Xiangshan Bay

各项服务分布如图2所示,调节服务比例总体偏低,这与象山港水体环境受无机氮、活性磷酸盐、COD及油类污染相关^[29].象山港周围陆源的工业、农业、生活污水与港内的水产养殖、船舶污染给海湾生态系统带来了巨大的生态压力,影响着水质与生

境,减弱固碳、纳污等生态功能的发挥,因此控制非点源污染、改善生境条件是维持生态系统健康的当务之急.文化服务占了重要的部分,体现了生态系统组分对于人类精神文化的惠益不可忽视,而随着人类对于美感宜人、娱乐消遣的自然景观的需求日益增加,对维持良好的生态环境也提出了更高的要求.食品供给服务总体比例最高,得益于能够直接市场化的渔业产出,也受制于市场变化对其的影响,服务价值无法得到完整体现.同时由于海水的连续性和流动性,食品供给服务存在着显著的异地实现性,呈现的服务水平与实际的渔业资源供给能力存在一定差异.海湾生态系统服务的实现,有赖于渔业资源稳定持续地供给,建立有效的渔业资源管理模式.建设海洋牧场将生产对象限制在优化了的海域局部空间内进行“农业化”生产,不仅可以提高养殖生物本身的质量和产量,更是在改善生态环境、保护海湾生态系统,实现资源的可持续利用,对稳定提升海湾生态系统服务起到积极的作用^[30].

4.1 海湾生物资源的增加

人工鱼礁、藻礁的投放,改变了海域原有的平稳流场环境,涡动产生小尺度的上升流,输送底层的营养物质和沉积物至光照更为充足的上层水体,形成饵料效应,提高了海域的基础饵料水平,也提升着初级生产力.礁体本身作为基质,吸引着附着生物的富集,也改变着礁体周围的底栖生物和浮游生物的种类、数量和分布.底播贝类的增殖和人工海藻(草)场的形成,为鱼群提供良好的生长、繁殖、索饵的生活环境,大大提高增殖放流的幼鱼的存活率,同时也能诱集野生的生物资源,显著提升象山港海湾生态系统的食品供给服务和原材料服务.天然的饵料丰富,解除了食品安全的担忧,增加了生物多样性,基因资源服务价值随之增长.

4.2 海湾生态环境的修复

海洋牧场作为一种生态综合渔业模式,充分利用基础饵料等自然资源,避免了养殖高速发展人工投饵带来的自身环境污染问题,减轻了富营养化程度.大型海藻(草)的广泛增殖,重现“海底森林”,净化水体环境,改善生境服务,水质净化调节服务得到极大提升,获取足够的环境容量,也降低了有害生物活动发生的概率,有效发挥着生物疾病的调控功能.同时,良性循环的生态环境维持着稳定的高初级生产力,浮游植物和大型海藻的生长,扩增了海湾的碳汇能力,大大增加了固碳量并释放出更多的氧气,调节着局部区域的空气质量与维持气候的稳定性,充分提升了象山港的生态系统调节服务.

4.3 优化海洋产业

自然资源的客观存在和时空有限属性,决定了它的价值不仅表现在物质转化的直接使用服务价值和生态循环、环境保护等方面对生物和人类社会的间接使用服务价值,还相应地服务于经济发展和满足人们生活质量的提高的多元需求^[31]。海洋牧场建设服务于海湾生态环境的修复、生物多样性的提高,满足着人类对于舒适环境的需求,无形中提高了精神文化服务的能力;同时渔业资源的丰富和水质的净化,也推动着海钓、潜水观光等休闲娱乐活动,促进了海滨旅游业的发展。海洋牧场建设产生的科研文化成果与积累的宝贵经验,更是海湾生态系统服务的重要组成部分。

5 结语

海洋资源与生态环境的可持续性是人类生存发展的先决条件,维持和提高生态系统服务是海湾综合管理的核心内容。服务价值的评估充分体现其对人类福祉的重要性,为海洋牧场的建设提供理论支撑,而完整定量地揭示海洋牧场对于象山港海湾生态系统服务的功效,有待于进一步完善评估方法和海洋牧场建设后长时间尺度的持续动态服务价值评估,结合“3S”技术、数值模拟等多学科方法,监测海湾生态系统服务的时空变化。同时加强有效的适应性管理,完善政策法规的保障,实现资源环境的修复优化和贡献人类福祉的最大化。

参考文献:

- [1] Bartley D M, Bell J D. Restocking, stock enhancement, and sea ranching: arenas of progress [J]. *Reviews in Fisheries Science*, 2008, 16(1/3): 357-365.
- [2] Farber S C, Costanza R, Wilson M A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services [J]. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 375-392.
- [3] 中国海湾志编撰委员会. 中国海湾志 [M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [4] 蔡燕红, 项有堂. 象山港海水养殖功能区环境质量评价 [J]. *海洋通报*, 2002(4): 91-95.
- [5] Costanza R, Darge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387(6 630): 253-260.
- [6] Daily G C. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems* [M]. Washington D C: Island Press, 1997.
- [7] de Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services [J]. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 393-408.
- [8] Millennium Ecosystem Assessment Group. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment* [M]. Washington D C: Island Press, 2003.
- [9] 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, 102(2): 65-69.
- [10] 张朝晖, 叶属峰, 朱明远, 等. 典型海洋生态系统服务及价值评估 [M]. 北京: 海洋出版社, 2008.
- [11] 李晓, 张锦玲, 林忠. 罗源湾生态系统服务功能价值评估研究 [J]. *海洋环境科学*, 2010(3): 401-405.
- [12] 王萱, 陈伟琪, 张珞平, 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(21): 5 914-5 924.
- [13] 柏育材, 徐兆礼, 高倩. 洋山工程对杭州湾海洋生态系统服务功能影响评价 [J]. *上海环境科学*, 2010(1): 11-15.
- [14] 秦传新, 陈丕茂, 贾晓平. 人工鱼礁构建对海洋生态系统服务价值的影响——以深圳杨梅坑人工鱼礁区为例 [J]. *应用生态学报*, 2011, 22(8): 2 160-2 166.
- [15] Millennium Ecosystem Assessment Group. *Ecosystems and human well-being: synthesis* [M]. Washington D C: Island Press, 2005.
- [16] 彭本荣. 海岸带生态系统服务价值评估及其在海岸带管理中的应用研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2006.
- [17] 陈能汪, 李焕承, 王莉红. 生态系统服务内涵、价值评估与 GIS 表达 [J]. *生态环境学报*, 2009, 18(5): 1 987-1 994.
- [18] 宁波市统计局. 宁波市统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [19] 中国海洋年鉴编纂委员会. 中国海洋年鉴 [M]. 北京: 海洋出版社, 2011.
- [20] 尤仲杰, 焦海峰. 象山港生态环境保护与修复技术研究 [M]. 北京: 海洋出版社, 2011.
- [21] 张继红, 方建光, 唐启升. 中国浅海贝藻养殖对海洋碳循环的贡献 [J]. *地球科学进展*, 2005, 20(3): 359-365.
- [22] 周毅, 杨红生. 烟台四十里湾浅海养殖生物及附着生物的化学组成、有机净生产量及其生态效应 [J]. *水产学报*, 2002, 26(1): 21-27.
- [23] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价 [J]. *应用生态学报*, 1999(5): 635-640.
- [24] 国家统计局. 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1992.

- [25] 黄秀清,王金辉,蒋晓山,等.象山港海洋环境容量及污染物总量控制研究[M].北京:海洋出版社,2008.
- [26] 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.
- [27] 虞依娜,彭少麟.生态系统服务价值评估的研究进展[J].生态环境学报,2010(9):2246-2252.
- [28] 杨光梅,李文华,闵庆文.生态系统服务价值评估研究进展——国外学者观点[J].生态学报,2006,26(1):205-212.
- [29] 2008年象山港海洋环境质量公报[R].宁波:宁波市海洋与渔业局,2009.
- [30] 孙书贤.建设海洋牧场 发展新型生态渔业[J].海洋开发与管理,2005(6):82-84.
- [31] 勾维民.海洋牧场的生态经济文化意义及其对可持续渔业的启迪[J].海洋开发与管理,2006(3):87-90.

Valuation of ecosystem services in Xiangshan Bay

CHENG Fei, JI Ya-ning, LI Ju-ying, ZHU Xiao-ming

(College of the Environment & Ecology, Key Laboratory of the Ministry of Education for Coastal and Wetland Ecosystems, Xiamen University, Xiamen 361102, China)

Abstract: In the context of adoption of constructing marine ranching as the main strategy to restore marine resources and habitats, while regarding the features of Xiangshan Bay and applying the methods of direct market pricing, replacement cost, benefit transfer etc, a valuation framework of estuarine ecosystem services is presented to monetarily evaluate the provisioning, regulating and cultural services of 10 sub-categories. The results show that a total value of ecosystem services in Xiangshan Bay amounts to 27.16×10^8 ¥ per year, averaging 482.16×10^4 ¥ per km² per year, of which the provisioning, regulating and cultural services accounts for 62.83%, 11.86% and 25.31%, respectively. It shows the importance of maintaining a stable supply of fishery resources with an urgent demand for the control of non-point source pollution and habitat improvement. The service value is analyzed to be a conservative estimation which needs to be further refined. And based on the value distribution of ecosystem services, the active role of marine ranching is analyzed and the continuing dynamic value assessment and adaptive management are prospected.

Key words: marine ecology; ecosystem services; valuation; Xiangshan Bay; marine ranching

DOI:10.3969/J. ISSN.2095-4972.2014.02.010

(责任编辑:肖 静)