

围填海导致的生态系统服务损失的回顾性评价

——以厦门湾为例

林祥明 陈伟琪 饶欢欢

(海洋环境科学联合重点实验室 厦门大学/福建海洋研究所, 福建 厦门 361005;

厦门大学 环境科学研究中心, 福建 厦门 361005)

摘要: 海岸带是人类活动最集中的地带。随着沿海经济的发展、人口的增长, 各种人类活动尤其是围填海, 对近海生态系统的干扰愈来愈大, 使之承受日益增大的压力。文章以厦门湾为研究区域, 基于相应的评估模型, 对 1980~2005 年该区域的围填海工程所导致的生态系统服务价值损失进行回顾性评价。结果表明, 1980~2005 年厦门湾的围填海工程造成的近海生态系统服务损失超过 7.8 亿元, 其中同安湾损失最大, 西海域次之, 二者之和占厦门湾总损失的 67.8%。此外, 文中还对供给、调节、文化和支持这四类服务损失的比例作了分析。

关键词: 近海生态系统服务; 围填海; 损失; 货币化评估

中图分类号: F062.2; X828

文献标识码: A

Valuation of Marine Ecosystem Service Losses Caused by Sea Reclamation: A Case Study of Xiamen Bay

LIN Xiangming, CHEN Weiqi, RAO Huanhuan

(Joint Key Laboratory of Coastal Study, Xiamen University and Fujian Institute of Oceanography, Xiamen Fujian 361005, China;

Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China)

Abstract: The coastal zone is the densest human activity zone. With coastal economic development and population growth, the increasing interferences by various types of human activities, especially sea reclamation, have made marine ecosystem under heavier pressure. Based on related models, this paper valued the marine ecosystem service losses caused by sea reclamation in Xiamen Bay from 1980 to 2005. The results reveal that the total losses of marine ecosystem services are over 780 million, and the losses in Tong'an Bay and Western Bay take 67.8% of the total. The proportions of the providing, regulating, cultural and supporting service losses are also discussed.

Key words: marine ecosystem services; sea reclamation; losses; monetary evaluation

海岸带是资源类别、品种、开发区位与环境条件最为优越的区域, 也是人类活动最活跃和最集中的地带。目前, 全世界人口在 250 万以上的城市有 2/3 位于潮汐河口附近。在发达的工业化国家, 约有 50% 的人口居住在距海岸线 1km 的范围内^[1]; 在发展中国家, 到 20 世纪末有 2/3 的人口约 37 亿居住在沿海地区^[2]。我国沿海地区以 13% 的土地面积, 养活了 42% 的人口并提供了 60% 以上的国内生产总值^[3], 由此掀起了一股填海造陆的热潮。然而大规模的围填海在促进沿海社会经济繁荣的同时, 也带来近海湿地减少、红树林等特殊生境被破坏、航道淤积、海岸侵蚀、生物多样性下降等一系列负面效应, 导致近海生态系统为人类提供的各类服务受损甚至完全丧失。

围填海带来的负面影响已引起关注。陈满荣等分析了 1950~1995 年上海市围海造地给当地滩涂沼泽动植物的生

存和食物链平衡带来的负面影响^[4]; 郭伟等通过海洋地貌、水文、沉积动力、生态等方面的综合调查, 阐释了深圳市围填海对海岸地区滩槽演变、纳潮量、海水水质和海岸生态承载力的负效应^[5]; 狄乾斌等的研究表明, 大连市历史围填海开发活动造成岸线资源减少、海湾属性弱化、近岸海岛消失、渔业资源减少、防灾能力减弱^[6]。孟海涛等应用生态足迹分析法对厦门西海域自 20 世纪 80 年代以来的围填海工程造成的生态承载力的累积性变化进行量化^[7]; 兰香以渤海地区为例, 讨论了围填海对海洋渔业、制盐业、运输业、滨海旅游和种植业等产业的负面影响^[8]。

由于近海生态系统服务大都属于无市场价格的公共物品, 围填海造成的生态系统服务损失不易货币化, 这方面的研究尤其案例研究尚少见。王萱等探讨了围填海对生态系统服务造成的各种负面生态效应, 并提出海岸带生态系

基金项目: 福建 908 项目 (FJ908-02-02-02); 国家自然科学基金项目 (70771098)

作者简介: 林祥明 (1984~), 男, 福建福州人, 硕士生, 研究方向为环境经济学。

统服务损害的货币化评估技术的选择框架^[9]。陈伟琪等针对海岸带生态系统提供的各类服务自身的特点,运用直接市场法、替代市场法、调查评价法和成果参照法,构建了四类服务(子服务)损耗货币化的相应评估模型^[10]。陈小兰等以福清湾为例,对该地区围填海活动造成的生态损失进行了价值评估^[11]。目前,关于围填海活动导致的厦门湾生态系统服务价值损失的案例研究报道尚罕见。

本文以厦门湾为研究区域,基于相应的评估模型,对1980~2005年该区域的围填海工程所导致的生态系统服务价值损失进行回顾性评价,期望本文获得的货币化评估结果可为该区域围填海规划及相关决策提供有价值的信息。

1 研究区及其围填海概况

厦门湾地处我国东南沿海——福建省东南部、九龙江入海处,背靠漳州、泉州平原,濒临台湾海峡,面对金门诸岛,与台湾宝岛和澎湖列岛隔海相望。湾区深水岸线、滨海旅游及珍稀(特殊)物种等特色资源丰富,滩涂资源、港航资源、海岛资源和旅游资源都有较大的开发前景。

本研究范围包括西海域、九龙江河口湾、东部海域、同安湾、大嶝海域等五个海域(如图1所示),不包括南部海域,因1980年至今该海域未开展大、中型的围填海活动。

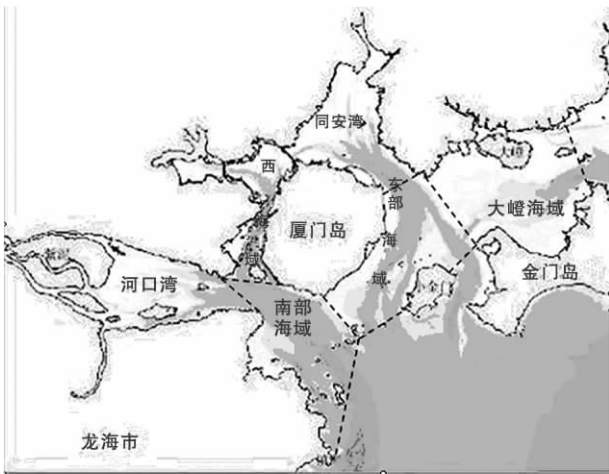


图1 研究范围图

自1980年以来,为满足城市发展对土地的需求,研究海域共有27处围填海工程,围填海面积达1773 hm²(详见表1),其中同安湾568 hm²;西海域599 hm²;河口湾74 hm²;东部海域47 hm²;大嶝海域仅1处,围填海面积却高达485 hm²。

2 近海生态系统服务的分类

近海生态系统服务是人类从近海生态系统获得的效益,

它对全球经济发展、就业和人类生活水平的提高有着重要作用。除了直接的经济价值以外,近海生态系统包括了多样化的生境类型、丰富的物种和基因多样性功能等,具有重要的生态价值。

表1 厦门湾历史围填海概况(单位: hm²)

围填海年代	同安湾	西海域	河口湾	东部海域	大嶝海域
1980~1989	199	36	0	0	0
1990~1999	134	154	0	47	485
2000~2005	235	409	74	0	0
合计	568	599	74	47	485

注: 本文的评价年为2009年,三个年代的评价年限从每个年代的中间年份开始至2009年,即分别取 T₁ = 24年、T₂ = 14年和 T₃ = 6年。

参照《千年生态系统评估》的分类^[12],本文将近海生态系统服务分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务四大类。供给服务是指人类从近海生态系统中获得的物质性产品和条件;调节服务是指人类从近海生态系统过程的调节作用中获得的功能性服务;文化服务是指人类从近海生态系统获得的非物质的效益,或者说生态系统对人类在精神、美学、科教等方面的贡献;支持服务即产生并支持近海生态系统所有其他功能的基础性服务(如维持生物地球化学循环与水文循环、维持生物物种与遗传多样性、提供生境服务等)。

近海生态类型多样,资源丰富,它提供的供给、调节、文化和支持这四大类服务各自又包括若干具体的子服务,详见表2。

表2 近海生态系统服务的分类^[10]

近海生态系统服务的类别		子服务
提供物质性产品和条件	供给服务	食物; 原材料; 基因资源; 医药资源; 空间资源等
	调节服务	气体调节; 气候调节; 水调节; 干扰调节; 废物处理; 生物控制等
提供非物质性服务	文化服务	审美信息; 娱乐旅游; 文化艺术; 精神宗教; 科学教育等
	支持服务	初级生产; 土壤形成; 养分循环; 生境服务; 生物多样性维持等

3 货币化评估模型及其参数取值

近海生态系统为人类提供的各种服务,只要合理开发利用,就具有永续性,即近海生态系统可产生永续的服务流。而围填海活动对近海生态系统造成的影响往往是不可逆的,将使其自然属性发生永久性改变。本文假设,一旦进行了围填海则发生由海变陆的转变,将导致围填区原可提供的各种生态系统服务完全丧失或受损,基于此对围填海造成的厦门湾近海生态系统服务价值损失进行回顾性评

估,用统一的货币单位来衡量历史围填海导致的近海生态系统服务价值的总损失量。

结合厦门湾的实际,并考虑数据的可获性,评估的近海生态系统服务及其子服务包括供给服务的食物供给和基因资源供给;调节服务的气体调节、废物处理、生物控制和干扰调节;文化服务的休闲娱乐和科研文化;支持服务的初级生产和生境与物种多样性等。参照国内外尤其是本课题组已有的研究成果^[10],相应的货币化评估模型及其参数的取值详述如下。

3.1 供给服务

3.1.1 食物供给

食物供给服务的损失采用直接市场法,参照海洋捕捞的利润进行估算。评估模型为:

$$D_{Fi} = D_{0i} \times \sum_{j=1}^3 S_{ij} T_j \quad (1)$$

式中: $i = 1, 2, 3, 4, 5$ 分别代表同安湾、西海域、河口湾、东部海域及大嶝海域; D_{Fi} 为研究海域 i 食物供给服务价值的总损失 (元); D_{0i} 为研究海域 i 单位面积近海区域年均食物供给服务价值 (元/ (m² · a)); $j = 1, 2, 3$ 分别代表三个年代 (见表 1); S_{ij} 为研究海域 i 在第 j 个年代的围填海面积 (m²); T_1 、 T_2 和 T_3 分别代表三个年代的评价年限。

依据相关资料^[13],基于研究海域的捕捞收益、平均利润率及其面积,计算得到同安湾、西海域、河口湾、东部海域和大嶝海域 D_0 分别为 0.317 9、0.244 6、0.244 6、0.366 8 和 0.317 9 元/ (m² · a); S_{ij} 和 T_j 的取值见表 1。

3.1.2 基因资源

基因资源服务的损失采用成果参照法,参照已有的研究获得的单位面积近海区域基因资源的价值进行估算。评估模型为:

$$D_{Gi} = S_g \times \sum_{j=1}^3 S_{ij} T_j \quad (2)$$

式中: D_{Gi} 为研究海域 i 基因资源价值的总损失 (元); S_g 为单位面积近海区域基因资源的年价值 (元/m² · a); S_{ij} 和 T_j 的含义及取值同公式 (1)。

De Groot 提出生态系统提供基因资源的价值为 \$ 6 ~ 112ha⁻¹ · a⁻¹^[14], 本文取其中间值 \$ 59 ha⁻¹ · a⁻¹, 即 0.041 3 元/ (m² · a) 作为 S_g 的参照值。

3.2 调节服务

3.2.1 气体调节

气体调节资源服务价值的损失采用替代市场法进行估

算。由光合作用方程式可知,固定 1 gCO₂, 将释放 0.73 g 的 O₂。因而可参照固定 CO₂ 的成本和生产 O₂ 的成本来估算单位面积近海区域气体调节服务的价值,进而估算围填海造成的气体调节资源服务的损失。评估模型为:

$$D_{Ai} = (C_{CO_2} + 0.73CO_2) \cdot X \cdot \sum_{j=1}^3 S_{ij} T_j \quad (3)$$

式中: D_{Ai} 为研究海域 i 气体调节资源服务的总损失 (元); C_{CO_2} 为固定 CO₂ 的成本 (元/t); C_{O_2} 为生产 O₂ 的成本 (元/t); X 为单位面积近海区域固定 CO₂ 的量 (t/m² · a); S_{ij} 和 T_j 的含义及取值同公式 (1)。

C_{CO_2} 采用瑞典的碳税率 150 美元/t, 即 1 020 元/t^[15]; CO₂ 采用工业制氧价格, 约 400 元/t^[16]; 根据石洪华等人的调研结果^[17], X 取 288.5mg/m² · d, 即 1.053 × 10⁻⁴ t/m² · a。

3.2.2 废物处理

废物处理服务价值的损失采用替代市场法,用污染物的人工处理费用来估算。评估模型为:

$$D_{Pi} = C \cdot 365 \cdot M_i \cdot \sum_{j=1}^3 S_{ij} T_j \cdot H \quad (4)$$

由于同安湾和西海域为半封闭海湾,便于计算边界,故本文只估算这两个海域的废物处理服务价值的损失。式中: $i = 1, 2$ 分别代表同安湾及西海域; D_{Pi} 为研究海域 i 围填海造成的废物处理服务价值的总损失 (元); C 为污染物的平均处理费用 (元/t); M_i 为研究海域 i 单位体积水体氮磷污染物的容量 (g/ (m³ · d)); H 为厦门湾围填海区水体的平均深度 (取 3m); S_{ij} 和 T_j 的含义及取值同公式 (1)。

根据张亭亭的研究^[18], C 取 0.059 元/g, 同安湾及西海域的 M 分别为 0.008 6g/ (m³ · d) 和 0.018 3 g/ (m³ · d)。

3.2.3 生物控制

生物控制服务价值的损失采用成果参照法进行评估。Costanza 提出海岸带生物控制的价值为 \$ 38ha⁻¹ · a⁻¹^[19], De Groot 则认为全球生态系统生物控制价值为 \$ 2 ~ 78ha⁻¹ · a⁻¹^[14], 中值为 \$ 40ha⁻¹ · a⁻¹, 本文取二者的平均值 \$ 39ha⁻¹ · a⁻¹ 即 0.03 元/ (m² · a) 作为参照值。

3.2.4 干扰调节

围填海破坏了原生态的近海生态系统, 毁坏了天然岸线, 使其提供的干扰调节服务受损。该损失采用影子工程法, 以建设同等长度的人工岸线的工程造价作粗略估算。评估模型为:

$$D_{ERi} = \frac{C_e}{n} \sum_{j=1}^3 L_{ij} T_j \quad (5)$$

式中: D_{ERi} 为研究海域 i 围填海造成的干扰调节服务价值的总损失 (万元); C_e 为人工岸线的工程造价 (万元/km); n 为工程使用年限 (a); L_{ij} 为研究海域 i 在第 j 个年代围填海破坏的天然岸线长度 (km); T_j 含义及取值同公式 (1)。其余参数的取值见表 3。

表 3 干扰调节服务损失估算参数^[20]

海域	同安湾	西海域	河口湾	东部海域	大嶝海域
被破坏的岸线长度 (km)	1980 ~ 1989	9.00	1.61	0	0
	1990 ~ 1999	6.06	6.87	0	10.37
	2000 ~ 2005	10.62	18.26	5.79	0
C_e (万/km)	200				
n (a)	50				

3.3 文化服务

3.3.1 休闲娱乐

围填海对休闲娱乐服务造成的损失,可采用旅行费用法 (TCM) 和支付意愿 (WTP) 调查加以估算。

本文参照陈伟琪等^[21]、彭本荣等^[22]以及厦门大学环科中心海湾数模组^[20]通过 TCM 和 WTP 调查获得的结果,单位面积海域提供的休闲娱乐服务价值取三者平均即 1.09 元/ (m² · a)。

3.3.2 科研文化

科研文化服务价值的损失采用成果参照法进行估算。Costanza 的研究表明,海岸带的科研文化服务价值为 \$62/ (hm² · a)^[19],即 0.043 元/ (m² · a),本文以此为参照值,估算围填海导致的该项损失。

3.4 支持服务

3.4.1 初级生产

近岸海域是软体动物 (主要组成为贝类) 的繁殖与栖息地,根据海域初级生产力与软体动物的转化关系、软体动物与贝类产品重量关系及贝类产品在市场上的销售价格、销售利润率等可以建立初级生产服务价值损失的评估模型:

$$D_{HRi} = \frac{P_o E}{\delta \sigma} P_s \rho_s \sum_{j=1}^3 S_{ij} T_j \quad (6)$$

式中: D_{HRi} 为研究海域 i 围填海导致的初级生产服务价值的总损失 (元); P_o 是单位面积海域的初级生产力 (gC/m² · a); E 为转化效率 (%); δ 为贝类鲜肉中混合含碳率 (%); σ 为贝类鲜肉与含壳重之比; P_s 为贝类产品平均市场价格; ρ_s 为贝类产品销售利润率 (%); S_{ij} 和 T_j 的含义

和取值同公式 (1)。其余参数的取值列于表 4。

表 4 初级生产服务损失估算参数^[20]

海域	同安湾	西海域	河口湾	东部海域	大嶝海域
P_o [gC / (m ² · a)]	55.717	55.717	55.717	55.717	47.476
E (%)	10	10	10	10	10
δ (%)	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33
σ	1:5.52	1:5.52	1:5.52	1:5.52	1:5.52
P_s (元/kg)	10	10	10	10	10

3.4.2 生境和生物多样性维持

生境与生物多样性维持服务的价值可通过 WTP 调查获得。已有的研究结果^[23]显示厦门湾生境与生物多样性价值为 0.383 3 元/ (m² · a),本文据此估算围填海造成的该项服务价值的损失。

4 生态系统服务价值损失评估结果与讨论

根据上述的货币化评估模型,对 1980 ~ 2005 年间厦门湾围填海造成的近海生态系统服务价值的损失进行估算,结果汇总于表 5。

表 5 1980 ~ 2005 年围填海造成的生态系统服务价值损失 (单位: 万元)

域	同安湾	西海域	河口湾	东部海域	大嶝海域	合计	
生态系统服务							
供给服务	食物供给服务	2 562.91	1 338.94	108.60	241.35	2 158.54	6 410.34
	提供基因资源	332.96	226.08	18.34	27.18	280.43	884.99
调节服务	气体调节服务	1 113.82	756.27	61.34	90.91	938.08	2 960.42
	废物处理服务	4 479.27	6 471.75	—	—	—	10 951.02
	生物控制服务	241.86	164.22	13.32	19.74	203.70	642.84
	干扰调节服务	1 458.24	977.52	138.96	580.72	2 016.56	5 172.00
文化服务	休闲娱乐服务	8 787.58	5 966.66	483.96	717.22	7 401.10	23 356.52
	科研文化服务	346.67	235.38	19.09	28.29	291.97	921.40
支持服务	初级生产服务	7 441.57	5 052.74	409.83	607.36	5 340.45	18 851.95
	物种多样性	3 090.16	2 098.18	170.18	252.21	2 602.61	8 213.34
总计	29 855.04	23 287.74	1 423.62	2 564.98	21 233.44	78 364.82	

由表 5 可见,1980 ~ 2005 年厦门湾进行的一系列围填海活动造成的近海生态系统服务价值的损失十分巨大,超过 7.8 亿元。由于估算过程主要考虑研究海域的大、中型围填海工程,加上数据可获性和研究方法的限制,实际上未能将研究海域的生态系统服务的所有损失货币化,因此实际总损失远大于 7.8 亿元。

就不同海域的生态系统服务价值损失而言,同安湾的损失最大,西海域次之。同安湾、西海域的生态系统服务价值损失分别占总损失的 38.1% 和 29.7%,二者之和为 67.8%。由于地理因素和行政区划原因,厦门湾的资源和人口在同安湾和西海域分布较为密集,人类活动较为频繁,围填海工程主要集中在这两个湾区,因而造成的生态系统

服务价值损失较大。

从供给、调节、文化和支持这四类不同的服务来看,调节服务、文化服务和支持服务价值的损失分别占总损失的25.2%、31.0%和34.5%,三者之和超过90%。支持服务作为产生并支持近海生态系统所有其他功能的基础性服务,受围填海活动的影响最直接也最大。而在各项子服务中,休闲娱乐服务价值的损失占比最大,达到29.8%,不容忽视。厦门市作为滨海风景旅游城市,近海生态系统独特的自然和生态景观可以持续地为人们提供滨海观光、旅游和休闲娱乐服务,是发展旅游经济的重要基础。因而,在海岸带开发活动中,应尽可能避免对滨海风景旅游资源造成破坏。

从而不利于区域要基础,围填海活动造成的近海生态系统服务的巨大损失应引起相关部门和决策者的高度重视,尤其是应把这部分损失纳入围填海工程的经济分析和相关规划与决策中,以期科学合理地开发利用海岸带资源,促进海岸带地区的可持续发展。

5 结论

随着厦门湾地区经济的发展、人口的增长,各种人类活动尤其是围填海,对近海生态系统的干扰愈来愈大,使之承受日益增大的压力。围海造地活动属于永久性占海行为,其对近海生态系统造成的影响往往是不可逆的。本文的研究结果显示,1980~2005年厦门湾的一系列围填海活动造成的近海生态系统服务价值损失超过7.8亿元,其中同安湾损失最大,西海域次之,二者之和占总损失的67.8%。在供给、调节、文化和支持这四类不同的服务中,支持服务作为产生并支持其他服务的基础性服务,受围填海活动的影响最直接也最大,其价值损失占总损失的34.5%。在各项子服务中,休闲娱乐服务价值的损失占比最大,达到29.8%。近海生态系统独特的自然和生态景观是厦门市发展滨海旅游经济的重要基础,该项损失不容忽视。总之,围填海活动造成的近海生态系统服务的巨大损失应引起足够的重视,并纳入围填海工程的经济分析和相关规划与决策中。□

参考文献:

[1] 1993年世界海岸大会文献资料汇编 [C]. 北京: 国家海洋局海岛海岸管理司, 1994.
 [2] Viles H. Coastal problems: geomorphology, ecology and society at the coast [J]. London: Arnold Publishers, 1995: 742.
 [3] 冯天驷. 我国海洋资源及其管理对策 [J]. 中国地质矿产经济, 1999 (3): 21~25.

[4] 陈满荣, 韩晓非, 刘水芹. 上海市围海造地效应分析与海岸带可持续发展 [J]. 中国软科学, 2000 (12): 115~120.
 [5] 郭伟, 朱大奎. 深圳围海造地对海洋环境影响的分析 [J]. 南京大学学报: 自然科学版, 2005, 41 (3): 286~296.
 [6] 狄乾斌, 韩增林. 大连市围填海活动的影响及对策研究 [J]. 海洋开发与管理, 2008, 25 (10): 122~126.
 [7] 孟海涛等. 生态足迹方法在围填海评价中的应用初探——以厦门西海域为例 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2007, 46 (S1): 203~208.
 [8] 兰香. 围填海开发对海洋产业的影响分析 [J]. 中国水运, 2009, 9 (5): 88~89.
 [9] 王萱, 陈伟琪. 围填海对海岸带生态系统服务的负面影响及其货币化评估技术的选择 [J]. 生态经济, 2009: 48~55.
 [10] 陈伟琪, 王萱. 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]. 海洋环境管理, 2009, 28 (6): 749~754.
 [11] 陈小兰, 陈伟琪, 王萱, 等. 围填海造成的生态损害价值评估——以福清湾为例 [J]. 中国软科学, 2007, 增刊 (上): 122~128.
 [12] World Resources Institute. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment [M]. Washington DC: Island Press, 2003: 49~60.
 [13] 厦门市海洋与渔业局. 厦门市西部和东部海域捕捞情况调研报告 [R]. 厦门: 厦门市海洋与渔业局, 2004.
 [14] 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.
 [15] 欧阳志云, 赵同谦, 赵景柱, 等. 海南岛生态系统生态调节功能及其生态经济价值研究 [J]. 应用生态学报, 2004, 15 (8): 1395~1402.
 [16] 潘文斌, 唐涛, 邓红兵, 等. 湖波生态系统服务功能评估——以湖北保安湖为例 [J]. 应用生态学报, 2002, 13 (10): 1315~1318.
 [17] 石洪华, 郑伟, 丁德文, 等. 典型海洋生态系统服务功能及价值评估——以桑沟湾为例 [J]. 海洋环境科学, 2008 (27): 101~104.
 [18] 张亭亭. 海域环境容量的价值评估 [D]. 厦门: 厦门大学, 2009.
 [19] Costanza R, d' Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253~260.
 [20] 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室. 福建省海湾数模与环境研究厦门湾专题研究报告 [R]. 厦门: 海洋出版社, 2009.
 [21] 陈伟琪, 张珞平, 洪华生, 等. 近岸海域环境容量的价值及其价值量评估初探 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1999, 38 (6): 897~900.
 [22] 彭本荣, 洪华生, 陈伟琪. 海岸带环境资源价值评估——理论方法和案例研究 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2004, 43 (S): 184~189.
 [23] 王萱. 围填海造成的海岸带生态系统服务功能损耗的货币化评估 [D]. 厦门: 厦门大学, 2007.