

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

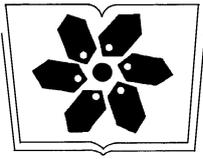
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 21 期
Vol.30 No.21
2010



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 30 卷 第 21 期 2010 年 11 月 (半月刊)

目 次

棉铃虫幼虫对人类呈味物质的取食反应·····	李为争,付国需,王英慧,等 (5709)
西藏拉萨机场周边风沙源空间分布及演变趋势·····	李海东,沈渭寿,邹长新,等 (5716)
新疆沙湾冷泉沉积物的细菌系统发育多样性·····	曾 军,杨红梅,徐建华,等 (5728)
应用鱼类完整性评价体系评价辽河流域健康·····	裴雪姣,牛翠娟,高 欣,等 (5736)
不同海拔天山云杉叶功能性状及其与土壤因子的关系·····	张慧文,马剑英,孙 伟,等 (5747)
滨河湿地不同植被对农业非点源氮污染的控制效果·····	徐华山,赵同谦,贺玉晓,等 (5759)
内蒙古温带荒漠草原能量平衡特征及其驱动因子·····	阳伏林,周广胜 (5769)
南北样带温带区栎属树种功能性状对气象因子的响应·····	冯秋红,史作民,董莉莉,等 (5781)
伏牛山自然保护区物种多样性分布格局·····	卢训令,胡 楠,丁圣彦,等 (5790)
减弱 UV-B 辐射对烟草形态、光合及生理生化特性的影响 ·····	陈宗瑜,钟 楚,王 毅,等 (5799)
川西亚高山针阔混交林乔木层生物量、生产力随海拔梯度的变化 ·····	刘彦春,张远东,刘世荣,等 (5810)
三峡库区消落带水淹初期地上植被与土壤种子库的关系·····	王晓荣,程瑞梅,肖文发,等 (5821)
洞庭湖西岸区防护林土壤和植物营养元素含量特征·····	柏方敏,田大伦,方 晰,等 (5832)
择伐对阔叶红松林主要树种径向与纵向生长的影响·····	蒋子涵,金光泽 (5843)
野鸭湖典型湿地植物光谱特征·····	刘 克,赵文吉,郭逍宇,等 (5853)
三种线性模型在杉木与马尾松地位指数相关关系研究中的比较·····	朱光玉,吕 勇,林 辉,等 (5862)
不同干扰类型下羊草种群的空间格局·····	陈宝瑞,杨桂霞,张宏斌,等 (5868)
基于 SWAT 模型的祁连山区最佳水源涵养植被模式研究——以石羊河上游杂木河流域为例 ·····	王军德,李元红,李赞堂,等 (5875)
2D 与 3D 景观指数测定山区植被景观格局变化对比分析 ·····	张志明,罗亲普,王文礼,等 (5886)
基于投影寻踪的珠江三角洲景观生态安全评价 ·····	高 杨,黄华梅,吴志峰 (5894)
海峡两岸 16 个沿海城市生态系统功能比较 ·····	张小飞,王如松,李 锋,等 (5904)
同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估 ·····	王 萱,陈伟琪,张璐平,等 (5914)
太阳辐射对玉米农田土壤呼吸作用的影响 ·····	孙敬松,周广胜,韩广轩 (5925)
水分胁迫下 AM 真菌对沙打旺生长和抗旱性的影响·····	郭辉娟,贺学礼 (5933)
宁夏南部旱区坡地不同粮草带比间作种植模式比较·····	路海东,贾志宽,杨宝平,等 (5941)
节节草生长对铜尾矿砂重金属形态转化和土壤酶活性的影响·····	李 影,陈明林 (5949)
自然植物群落形成过程中铜尾矿废弃地氮素组分的变化 ·····	安宗胜,詹 婧,孙庆业 (5958)
硅介导的水稻对二化螟幼虫钻蛀行为的影响 ·····	韩永强,刘 川,侯茂林 (5967)
饥饿对转基因鲤与野生鲤生长竞争和性腺发育的影响·····	刘春雷,常玉梅,梁利群,等 (5975)
专论与综述	
河流水质的景观组分阈值研究进展 ·····	刘珍环,李 猷,彭 建 (5983)
研究简报	
长期模拟增温对岷江冷杉幼苗生长与生物量分配的影响 ·····	杨 兵,王进闯,张远彬 (5994)
环境因素对长额斗蟋翅型分化的影响 ·····	曾 杨,朱道弘,赵吕权 (6001)

同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估

王 萱¹, 陈伟琪^{1,*}, 张珞平¹, 郭 伟²

(1. 福建省教育部共建海洋环境科学联合重点实验室/厦门大学环境科学研究中心, 厦门 361005; 2. 福建省环境监测中心站, 福州 350003)

摘要: 基于围(填)海负面生态影响的分析, 针对海岸带生态系统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, 构建了围(填)海造成的海岸带生态系统服务损害的货币化评估模型, 并应用于厦门同安湾的案例研究。尝试对同安湾 4 个围(填)海规划方案可能造成的海岸带生态系统服务损害进行货币化评估。结果显示, 从方案一至方案四, 随着围(填)海面积的增大, 其导致的生态系统服务损失依次为 13593 万元/a、54392 万元/a、67937 万元/a 和 147848 万元/a, 单位面积损失依次为 68.65 元/(m²·a)、70.36 元/(m²·a)、72.43 元/(m²·a) 和 76.84 元/(m²·a)。基于评估结果, 针对厦门围(填)海的现状提出了相关的政策建议。

关键词: 围(填)海; 生态系统服务损害; 预测评估; 同安湾

Predictive valuation of ecosystem services losses from sea reclamation planning projects in Tong'an Bay

WANG Xuan¹, CHEN Weiqi^{1,*}, ZHANG Luoping¹, GUO Wei²

1 Joint Key Laboratory of Coastal Study (Xiamen University and Fujian Institute of Oceanography) / Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen 361005

2 Fujian Environmental Monitoring Center, Fuzhou 350003

Abstract: Coastal zones cover only 10% of the earth's surface but are inhabited by over 50% of the world's population and become regions with diverse, essential, and extensive economic activities. In China, to resolve the conflict between economic development and land shortage, reclaiming land from sea has become increasingly intense in many coastal cities from the 1980s. While expanding land areas for economic production of various types, construction of factories and dwellings, and increasing economic benefits, sea reclamation activities have nevertheless caused a series of negative effects on coastal ecosystems by either displacing or destroying them. Unfortunately, some decision-makers and others, such as developers, often pay more attention to short-term direct economic benefits while ignoring ecological damages and environmental degradation from sea reclamation projects. To account for those damages, therefore, it is necessary to monetarily evaluate the losses of coastal ecosystem services induced by sea reclamation activities and to integrate that information into the planning, exploitation and management decisions affecting coastal zones. Tong'an Bay, located to the north of Xiamen Island, has a sea area of 89.9 km², featuring a half-closed sea bay with a narrow entrance exemplifies the assessment of those damages. Since 1950, the reclamation projects in Tong'an Bay have added 33.65 km² of land. As a result of the urbanization of Tong'an district and the development of the West Side Economic Zone of the Taiwan Strait, the sea reclamation demand in Tong'an Bay continues to exist. This paper focuses on the four sea reclamation planning projects to be developed in Tong'an Bay, Xiamen. Based on the analysis of the adverse effects of sea reclamation projects on coastal ecosystems, and considering the characteristics of coastal ecosystem services, the paper establishes the monetary valuation

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70771098)

收稿日期: 2009-09-28; **修订日期:** 2010-01-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wqchen@xmu.edu.cn

models to estimate the losses of coastal ecosystem services associated with sea reclamation projects. The methods for building these models include: Conventional Market Approach, Replacement Value Approach, Experimental Market (Pseudo-Market) Approach, and the Benefit Transfer Approach. These models are applied to the case study of Tong'an Bay, and are used to quantify the losses of coastal ecosystem services likely to be associated with each of four planning projects. The estimated results show that the ecological losses from four planned projects would be: 1.36×10^8 yuan/a, 5.44×10^8 yuan/a, 6.79×10^8 yuan/a and 1.48×10^9 yuan/a, respectively, and the ecological losses per unit area would be 68.65 yuan/($m^2 \cdot a$), 70.36 yuan/($m^2 \cdot a$), 72.43 yuan/($m^2 \cdot a$) and 76.84 yuan/($m^2 \cdot a$), respectively. The ecological costs are larger than the project costs and they increase with the sea reclamation area. Based on the valuation results, the relevant recommendations about sea reclamation in Xiamen's bays are also provided. The conclusions are that, on the one hand, Strategic Environmental Assessment should be carried out within sea reclamation planning in order to minimize the damage on coastal ecosystem. On the other hand, the standard user fee for sea reclamation should be adjusted so that the government can optimally regulate the level of reclamation while safeguarding the sustainable development of the coastal zone.

Key Words: sea reclamation; ecosystem services losses; predictive valuation; Tong'an Bay

填海造陆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途径,具有明显的社会和经济效益。20世纪80年代以来,填海造陆在我国沿海地区形成一股热潮,大有风靡我国漫长的1.8万 km 海岸线之势。据不完全统计,到2007年止,我国(港、澳、台地区除外)共填海造地 540 km^2 ^[1]。

事实上,围(填)海在促进沿海社会经济繁荣的同时,也带来了滨海湿地面积减少、红树林和珊瑚礁等特殊生境被毁、海湾自净能力减弱、港口航道淤积、沙滩退化、海岸侵蚀、沿海景观受损、海洋渔业资源减少、生物多样性下降等一系列生态环境的负面效应^[2-7]。

然而,对于“围(填)海”这种永久性占海行为所付出的生态代价,往往被人们所忽视。究其原因,一个重要的原因是海岸带生态系统提供的服务大都属于无市场价格的公共物品,围(填)海造成的生态损失难以货币化,使之不易与工程经济评价和财务评价的结果进行比较^[8-10]。因此,亟须对围(填)海导致的生态损害进行货币化评估,并将评估结果纳入海洋带开发的经济分析和规划决策中。

本文采用直接市场法、替代市场法、调查评价法和成果参照法,基于围(填)海造成的海湾生态损害分析对厦门同安湾围(填)海规划方案可能导致的海湾生态损害进行货币化估算,以期为规划方案的筛选和管理决策的制定提供科学依据。

1 围(填)海负面生态影响分析

近年来,国内外诸多学者对生态系统服务作了较深入的分析探讨^[11-16],提出了各自的观点。千年生态系统评估(MA)认为生态系统服务是人们从生态系统中获得的效益^[15]。我国的学者将生态系统服务功能概括为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^[16]。然而这些研究多是针对陆地生态系统,针对海洋生态系统的研究,国内外都较少^[17-21]。海岸带地区有多种不同类型的生态系统(如沼泽地、河口、红树林沼泽地、珊瑚礁、泻湖、海滩、岛屿、滨海沙丘、近岸水域等)^[22],不仅为人类提供丰富的物质性资源(食品、药物、原材料、矿产等)以及生产和生活空间,而且通过系统本身固有的功能属性为人类提供多样化的非物质性的生态系统服务。借鉴前人的研究^[11-16],认为可将海岸带生态系统服务分为供给、调节、文化和支持4类服务,每一类服务又包含若干具体的子服务(表1)。

围(填)海活动会对海岸带生态系统造成严重损害,其最直观的影响是占据海岸带空间(包括滩涂湿地和近岸海域),不仅改变了围填区的自然属性(地形、地貌、岸线走向等),影响着整个海域(或海湾)的水动力条件,而且危害到围填区及其周边区域有生命的动植物,进而对海岸带生态系统的供给、调节、文化和支持服务造成损害^[8]。

表 1 海岸带生态系统服务的分类
Table 1 Classification of coastal ecosystem services

海岸带生态系统服务的类别 Classification of coastal ecosystem services	子服务 Sub-services
供给服务 Provisioning services	食物;原材料;基因资源;医药资源;水供给;空间资源等
调节服务 Regulating services	气候调节;水调节;干扰调节;废物处理;生物控制等
文化服务 Cultural services	审美信息;旅游娱乐;精神宗教;科学教育;文化艺术等
支持服务 Supporting services	初级生产;土壤形成;养分循环;生物多样性维持等

下面以近岸海域为例,分析围(填)海的负面生态影响。天然海岸线是在各种动力因素作用下经过长期演变形成的,处于一个相对动态平衡的状态。如果围(填)海占据了近岸海域和滩涂湿地,在较短时间和一定尺度范围内将彻底改变在长期演化过程中形成的自然海岸格局以及滩涂浅海的一些自然属性,对海岸带生态系统产生强烈的扰动,造成新的不平衡,进而带来一系列的负面效应,如破坏原有的自然景观,降低海岸带生态系统的审美信息和娱乐旅游功能价值;减少海湾的纳潮量,使其废物处理功能受损,等等^[23-29]。与此同时,近海滩涂面积的减少,不仅失去了可用于海水养殖、港口航运、滨海休闲的海岸带空间资源,而且占用了海洋生境,使得原有的一些特殊(珍稀濒危)物种失去生存空间,导致生物多样性减少,还影响渔业资源的供给^[30-33]。由于这四大生态系统服务具有相互关联性,围(填)海一旦损害其中的某一种服务,将会对其它服务产生连锁反应^[8],如,填海工程占据海岸带空间,在损害空间资源供给服务的同时,还可能破坏海岸带植被,损害气体调节服务,并由于侵占动植物栖息地而损害生物多样性维持等支持服务。

海岸带生态系统通常包括多种生态类型,且具有地域特性。因而,围(填)海是一种具有高度地方性的人类活动。在实际评估中应针对海岸带生态系统的特点,具体情况具体分析,即根据围(填)海的具体实施地域的生态环境特征来识别围(填)海对海岸带生态系统所造成的损害,同时还得注意海岸带生态系统各服务之间的相互联系及其连锁反应,以期做出全面分析。

2 围(填)海生态系统服务损害货币化评估模型的构建

有关围(填)海生态损害的货币化评估,目前国内外尚无统一的技术可循。然而,环境资源和生态系统服务价值量化的研究经过几十年的发展,已形成了一些较为公认的方法,可为海岸带生态系统服务生态损害的货币化评估提供借鉴。这些方法通常分为四大类:直接市场法,包括市场价格法、生产率变动法、人力资本法等;替代市场法,包括影子工程法、防护费用法、恢复费用法、旅行费用法、享乐价格法等;假想市场法(调查评价法),其中最常用的技术是或然价值法或条件价值法(CVM);成果参照法(亦称收益转移法)^[34-36]。本文针对海岸带生态系统的供给、调节、文化和支持四类服务(各子服务)的特点,选用较合适的方法,构建了如下各类子服务的生态损害货币化评估模型。

2.1 供给服务

2.1.1 食物供给

海洋渔业资源属可再生资源,只要合理开发利用,就能产生一个永续的收益流,故可采用直接市场法,参照海洋捕捞的利润估算围(填)海对食物供给服务造成的损失。评估模型^[22]为:

$$D_f = \frac{R_f \cdot \alpha}{S_0} \times S \quad (1)$$

式中, D_f 为围(填)海造成的食物供给服务损失(元/a); R_f 为研究海域海洋捕捞的收益(元/a); α 为海洋捕捞的平均利润率(%); S_0 为研究海域的总面积(m^2); S 为围(填)海的面积(m^2)。

2.1.2 基因资源供给

可采用 CVM 或成果参照法,通过调查或者参照已有的研究成果对该服务的损害进行估算。评估模型^[22]为:

$$D_g = V_g \times S \quad (2)$$

式中, D_g 为围(填)海造成的基因资源供给服务损失(元/a); V_g 为围填区单位面积海域基因资源的价值(元/m²·a); S 为围(填)海的面积(m²)。

2.1.3 空间资源供给

海岸带的空间资源主要包括港航资源、宜养滩涂和浅海资源等。

①港航资源 深水岸线、航道、锚地等港航资源作为港航部门不可或缺的生产要素对经济做出了贡献,而围(填)海可能造成航道和锚地淤积。这部分损失可参照现行的清淤疏浚费用,采用恢复费用法进行估算。评估模型^[22]为:

$$D_{dr} = M_{dr} \times C_{dr} \quad (3)$$

式中, D_{dr} 表示因围(填)海造成航道和锚地淤积带来的损失(元/a); M_{dr} 表示因围(填)海造成的淤积增量(m³/a); C_{dr} 为清淤疏浚费用(元/m³)。

②宜养滩涂和浅海 海岸带生态系统可为海水养殖提供空间,宜养滩涂和浅海资源的价值可用市场价值法进行评估。评估模型为:

$$D_{br} = \sum V_i \cdot S_i \quad (4)$$

式中, D_{br} 为围(填)海造成的宜养滩涂和浅海的损失(元/a); V_i 为第 i 种养殖类型的养殖利润(元/(666.7m²·a)); S_i 为围(填)海活动占用和破坏的第 i 种养殖类型的养殖面积(666.7m²)。

2.2 调节服务

2.2.1 气候调节

近海的气候调节服务包括气体调节、热量调节和水汽调节。本文仅对气体调节服务的损失进行估算。由光合作用方程式可知,固定 1g CO₂, 将释放 0.73g 的 O₂。运用替代市场法,参照固定 CO₂ 的成本和生产 O₂ 的成本,通过调查海湾不同生态类型单位时间单位面积固定 CO₂ 的量,可估算围(填)海对气体调节服务造成的损失。评估模型为:

$$D_{ga} = (C_{CO_2} + 0.73C_{O_2}) \sum P_{iCO_2} \cdot S_i \times 10^{-6} \quad (5)$$

式中, D_{ga} 为围(填)海造成的气体调节服务的损失(元/a); C_{CO_2} 为固定 CO₂ 的成本(元/t); C_{O_2} 为生产 O₂ 的成本(元/t); P_{iCO_2} 为第 i 种生态类型单位时间单位面积固定 CO₂ 的量(g/(m²·a)); S_i 为围(填)海破坏的第 i 种生态类型的面积(m²)。

2.2.2 干扰调节

红树林、珊瑚礁、滨海湿地等能起到减轻风暴、海浪对海岸、堤坝、工程设施的破坏。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。该损失可采用影子工程法,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:

$$D_{er} = \frac{C_e \times L(1 + 2\%n)}{n} \quad (6)$$

式中, D_{er} 为围(填)海造成的干扰调节服务的损失(万元/a); C_e 为人工岸线的工程造价(万元/km); L 为围(填)海破坏的天然岸线长度(km); n 为工程使用年限(a); 每年的维护成本按工程造价的 2% 计。

2.2.3 废物处理

围(填)海活动造成的海域废物处理功能的损失采用影子工程法进行评估,用海湾水容量改变量和纳潮量改变量以及污染物人工处理费用的函数来表示。评估模型为:

$$D_p = \sum M_i \cdot \Delta V \cdot C_i \times 365 + \sum (\Delta N_i \cdot V - \Delta N'_i \cdot V') \cdot C_i \times \frac{24}{t} \times 365 \quad (7)$$

式中, D_p 为围(填)海造成的废物处理服务的损失(元/a); M_i 为单位体积水体污染物 i 的平均生化降解容量(g/(m³·d)); ΔV 为因海湾围(填)海直接减少的水容量(从低潮线算起)(m³); C_i 为污染物 i 的人工处理费用(元/g); ΔN_i 为围(填)海前研究海湾高平潮与低平潮时污染物 i 的浓度差(mg/L); V 为围(填)海前研究海

湾的纳潮量(m^3); $\Delta N'_i$ 为围(填)海后研究海湾高平潮与低平潮时污染物*i*的浓度差(mg/L); V' 为围(填)海后研究海湾的纳潮量(m^3); t 为一个潮周期的时间(h)。

2.2.4 生物控制

海岸带生态系统可以利用生物之间相互制约、相互作用的营养关系和竞争关系,控制生物种群的结构和比例,保持各种生物的平衡关系,从而控制病虫害和疾病的流行。围(填)海造成的生物控制服务的损失可采用防护费用法,用病虫害防治和疾病控制的费用代替,也可采用成果参照法,利用相似地区已有的研究成果来估算。评估模型为:

$$D_{bc} = V_{bc} \times S \quad (8)$$

式中, D_{bc} 为围(填)海造成的生物控制服务的损失(元/a); V_{bc} 为围填区单位面积海域生物控制服务的价值(元/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)); S 为围(填)海的面积(m^2)。

2.3 文化服务

2.3.1 旅游娱乐

滨海旅游娱乐场所大都是公共物品,围(填)海对该服务造成的损害难以利用直接的市场交易信息进行评估,故可采用旅行费用法(TCM)通过计算消费者剩余加以估算。也可采用或然价值法(CVM),通过调查人们对海岸带休闲娱乐和旅游服务的支付意愿(WTP)或接受补偿意愿(WTA)获得海岸带娱乐旅游服务的价值,进而估算围(填)海对其造成的损失。

2.3.2 文化艺术、精神宗教、科研教育服务

通过调查人们对保护海域的文化艺术或精神宗教或科研教育的支付意愿,估算围(填)海对其造成的损失,也可采用成果参照法根据已有的研究成果进行估算。评估模型为:

$$D_{cs} = V_{cs} \times S \quad (9)$$

式中, D_{cs} 为围(填)海造成的文化艺术、精神宗教、科研教育服务的损失(元/a); V_{cs} 为围填区单位面积海域文化艺术、精神宗教、科研教育服务的价值(元/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)); S 为围(填)海的面积(m^2)。

2.4 支持服务

2.4.1 初级生产

围(填)海所在区域主要是软体动物(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围(填)海导致的初级生产服务损害的评估模型^[37]:

$$D_{hr} = \frac{P_0 E}{\delta} \sigma P \rho S \times 10^{-3} \quad (10)$$

式中, D_{hr} 为围(填)海造成的初级生产服务的损失(元/a); P_0 是单位面积被填海域的初级生产力($\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$); E 为转化效率(%); δ 为贝类产品混合含碳率(%); σ 为各类软体组织鲜肉与含壳重之比; P 为贝类产品平均市场价格(元/kg); ρ 为贝类产品销售利润率(%); S 为围(填)海的面积(m^2)。

2.4.2 生物多样性维持

围(填)海活动破坏了海岸带生物的生存环境,包括野生生物物种和商业性物种的生存空间,导致生物多样性下降。由于商业性物种的损失已在食物供给功能中估算,此处仅估算围(填)海对珍稀濒危物种的损害。评估模型^[22]为:

$$D_{en} = S \cdot \sum \alpha_i \cdot \frac{WTP_i(\text{或} WTA_i) \times U_i}{S_i} \quad (11)$$

式中, D_{en} 为围(填)海造成的海洋珍稀濒危物种损失(元/a); WTP_i 为人们对保护第*i*种珍稀物种的支付意愿(元/(人·a)); WTA_i 为人们对失去第*i*种珍稀物种的接受补偿意愿(元/(人·a)); U_i 为第*i*种珍稀物种所有的利益相关者(人); S_i 为第*i*种珍稀物种的重要生境的面积(m^2); S 为围(填)海的面积(m^2); α_i 权重系

数,表征围(填)海对海洋珍稀物种的影响程度,当影响“显著”时取 1,当影响“一般”时取 0.5,当影响“轻微”时取 0.2,当无影响时取 0。

此外,围(填)海工程会对红树林造成不同程度的破坏。采用成果参照法,可估算围(填)海对红树林造成的损失。评估模型为:

$$D_m = V_m \times S_m \tag{12}$$

式中, D_m 为围(填)海造成红树林的损失(元/a); V_m 为单位面积红树林的价值(元/($m^2 \cdot a$)); S_m 为围(填)海工程破坏的红树林面积(m^2)。

3 案例研究

3.1 研究区概况

同安湾位于厦门岛北侧,以五通道至澳头连线为界,海湾面积 89.9 km^2 ,是构成厦门市海湾型城市框架的重要部位(图 1)。北半部为东咀港,是同安西溪的出海口,南半部称浔江海域,通过高集海堤涵洞与西海域相通,东部朝向金门,通过大、小金门水道通向台湾海峡。

厦门市人多地少,土地资源匮乏,早在 20 世纪 50 年代就开始进行围(填)海。同安湾历史上的围(填)海活动大致可分为两个阶段:一是 20 世纪 50 年代中后期至 70 年代末,以较大规模的围垦为主;二是 80 年代至 20 世纪末,以填海造地为主。随着海峡西岸经济区建设和城市化进程的快速,从发展趋势看,同安湾今后仍有填海造地需求。

根据同安湾实际的用海需求和相关规划,确定了同安湾由近期到远期将陆续实施的 4 个围(填)海工况(图 1)。基于这些工况的逐一累加,得到本文欲评价的 4 个围(填)海规划方案(表 2)。其中,工况 1 即方案 1,在此基础上叠加工况 2 即得方案 2,若再叠加工况 3 即得方案 3,以此类推。

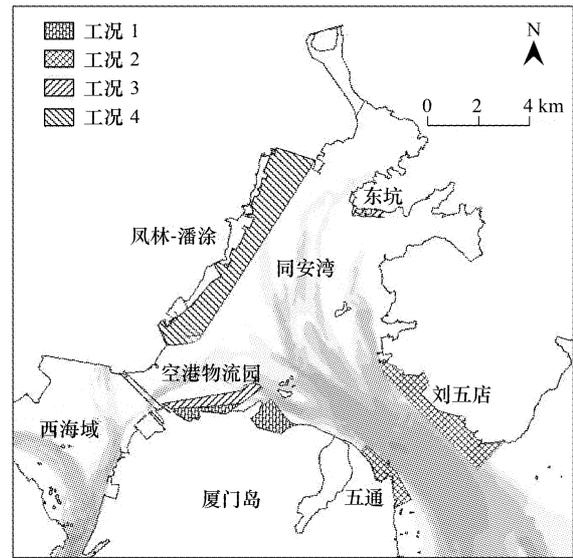


图 1 同安湾各围(填)海工况位置分布
Fig. 1 Location of sea reclamation projects in Tong'an Bay

表 2 围(填)海规划方案的位置分布及面积

Table 2 Location and areas of sea reclamation schemes in Tong'an Bay

方案 Schemes	位置分布及面积 Locations and areas / km^2					
	空港物流园 Port Logistics Park	五通 Wutong	刘五店 Liuwudian	东坑 Dongkeng	凤林-潘涂 Fenglin-Pantu	合计 Total
1	1.98					1.98
2	1.98	1.32	4.43			7.73
3	3.37	1.32	4.43	0.26		9.38
4	3.37	1.32	4.43	0.26	9.86	19.24

3.2 同安湾围(填)海规划方案的生态损害识别

通过 GIS、水动力学数学模型、泥沙数学模型、水动力与污染物扩散耦合模型以及生态影响分析等技术手段,预测了各围(填)海规划方案实施后可能造成的生态损害,包括侵占的滩涂和浅海面积、破坏的自然岸线长度、增加的泥沙预计量、改变的纳潮量和高低平潮污染物浓度,以及对珍稀物种的影响程度和对红树林的破坏面积等^[38](表 3)。

3.3 评估方法与数据来源

围(填)海方案生态损害的货币化评估所采用的方法或模型和相关数据及其来源见表4。表4中未说明的参数取值见表3。

表3 各围(填)海方案造成的生态损害

Table 3 Ecological damage caused by each sea reclamation scheme

项目 Items	现状 Present	围(填)海方案 Sea reclamation schemes			
		1	2	3	4
侵占浅海和滩涂面积/km ² Area of intertidal zones and shallow seas occupied/km ²		1.98	7.73	9.38	19.24
破坏自然岸线长/km Length of coastline destructed/km		5.73	15.87	17.13	30.86
增加淤积量(×10 ⁴ m ³ /a) Amount of silt deposit increased		0	0	0	1.0
减少水体体积(×10 ⁶ m ³) Water body volume decreased		3.96	18.28	21.44	33.97
纳潮量(×10 ⁶ m ³) Tidal influx volume	333.8	328.4	313.65	308.15	278.8
高、低平潮浓度差/(mg/L) Concentration difference between high tide and low tide	COD 0.2226 TN 0.2052 TP 0.0251	0.2225 0.205 0.025	0.2226 0.2022 0.0249	0.2228 0.2016 0.0245	0.2201 0.1935 0.0244
物种影响程度 Influence degree on endangered species	中华白海豚 Chinese white dolphin 文昌鱼 Lancelet 白鹭 Egret	一般 轻微 轻微	显著 显著 轻微	显著 显著 轻微	显著 显著 轻微
破坏红树林面积/hm ² Area of mangroves destroyed /hm ²		0.2	0.2	0.2	14.0

表4 评估方法与数据来源

Table 4 Evaluation methods and data sources

海岸带生态系统服务 Coastal ecosystem services		方法或模型 Methods or models	数据及来源 Data and sources
供给服务 Provisioning services	食品 Food	公式(1)	$R_f \cdot \alpha = \text{¥}0.3179 / (\text{m}^2 \cdot \text{a})$ [39]
	基因资源 Gene resources	公式(2)	$V_g = \text{\$} 59 / (\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ [14]
	港航资源 Maritime transport resources	公式(3)	$C_{dr} = \text{¥} 15 / \text{m}^3$
调节服务 Regulating services	滩涂和浅海 intertidal zones and shallow seas	公式(4)	$V_i = \text{¥} 31783.35 / (\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ [40]
	气候调节 Climate regulation	公式(5)	$P_{\text{CO}_2} = 204.3 \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot \text{a})$ [38]; $C_{\text{CO}_2} = \text{\$} 150 / \text{t}$ [37]; $C_{\text{O}_2} = \text{¥} 370 / \text{t}$ [37]
	干扰调节 Erosion control	公式(6)	$C_e = \text{¥} 2 \times 10^6 / \text{km}; n = 50$
	废物处理 Waste treatment	公式(7)	$M_i = 0.15 \text{ g} / (\text{m}^3 \cdot \text{d})$ [41]; $C_i = \text{¥} 0.0576 / \text{g}; t = 12 \text{ h}$
文化服务 Cultural services	生物控制 Biological control	公式(8)	$V_{bc} = (\text{\$} 38 / (\text{hm}^2 \cdot \text{a}) + \text{\$} 40 / (\text{hm}^2 \cdot \text{a})) / 2$
	娱乐旅游 Recreation and tourism	成果参照、CVM	$V_{rt} = (\text{¥} 1.90 / (\text{m}^2 \cdot \text{a}) + \text{¥} 0.68 / (\text{m}^2 \cdot \text{a}) + \text{¥} 0.70 / (\text{m}^2 \cdot \text{a})) / 3$ [44]
	科学教育 Science and education	公式(9)	$V_{es} = \text{\$} 62 / (\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ [12]
支持服务 Supporting services	初级生产 Primary production	公式(10)	$P_0 = 55.717 \text{ gC} / (\text{m}^2 \cdot \text{a})$ [38]; $E = 10\%$ [45]; $\delta = 8.33\%$ [46]; $\sigma = 1:5.22$ [46]; $P = \text{¥} 10 / \text{kg}; \rho = 25\%$
	生物多样性维持 Biodiversity maintenance	公式(11)、(12)	$WTP_1 = \text{¥} 83.74 \text{ p. p. a}$ [44]; $WTP_2 = \text{¥} 73.83 \text{ p. p. a}$ [44]; $WTP_3 = \text{¥} 63.13 \text{ p. p. a}$ [44]; $U_i = 2,000,000 \text{ p}$; $S_1 = 246 \text{ km}^2$; $S_2 = 152 \text{ km}^2$; $S_3 = 164 \text{ km}^2$; $Vm = \text{¥} 17.33 / (\text{m}^2 \cdot \text{a})$ [47]

3.4 结果与讨论

基于表 3 和表 4,对同安湾各围(填)海方案的生态系统服务损害进行货币化估算,结果列于表 5。

表 5 各围(填)海方案造成的海岸带生态系统服务损害的货币化评估结果

Table 5 Loss of coastal ecosystem service caused by sea reclamation schemes

海岸带生态系统服务 Coastal Ecosystem Services		围(填)海方案 Sea reclamation schemes			
		1	2	3	4
供给服务 Provisioning services	食品 Food	62.94	245.74	298.19	611.64
	基因资源 Gene resources	8.18	31.93	38.74	79.46
	港航资源 Maritime transport resources	0	0	0	15
	滩涂和浅海 intertidal zones and shallow seas	629.31	2456.85	2981.28	6115.12
调节服务 Regulating services	气候调节 Climate regulation	26.44	103.21	125.24	256.88
	干扰调节 Erosion control	45.84	126.96	137.04	246.88
	废物处理 Waste treatment	12281.3	48418.6	60706.6	132800.1
	生物控制 Biological control	5.41	21.11	25.61	52.53
文化服务 Cultural services	娱乐旅游 Recreation and tourism	215.82	842.57	1022.42	2097.16
	科学教育 Science and education	8.59	33.55	40.71	83.5
支持服务 Supporting services	初级生产 Primary production	182.76	713.52	865.82	1775.94
	生物多样性维持 Biodiversity maintenance	126.23	1397.96	1695.62	3713.56
总损失 Total losses/(元/a)		13593	54392	67937	147848
单位面积损失 Losses of per unit area/(元/(m ² ·a))		68.65	70.36	72.43	76.84

从表 5 中可见,围(填)海方案一至四造成的海岸带生态系统服务损害的货币值从 13593 万元/a 增加到 147848 万元/a,单位面积损失从 68.65 元/(m²·a)增加到 76.84 元/(m²·a)。由于方法和数据的局限性,实际造成的损耗可能比估算结果要大得多。值得注意的是,从长远(100a)来看,若考虑代际公平,采用零贴现,则围(填)海导致的生态损失最大达 7684 元/m²,然而在现实中,这部分损失往往被忽略,应引起决策部门的关注。

有关资料显示,厦门围(填)海的直接工程成本大约为 600 元/m²^[18],每年的土地维护费用取围海成本的 2%,按 70a 及 4.5% 贴现率估算的单位面积围(填)海工程成本现值为 865.87 元/m²,工程成本年金为 39.08 元/(m²·a)。与之相比,方案一至方案四造成的单位面积损失占工程成本年金的比例分别为 176%、180%、185% 和 197%,已超过工程直接成本,并在整体上基本呈现随围(填)海面积增大而增加的趋势,即显示出累积性效应。显然,围(填)海活动在投入直接工程成本的同时,也伴随着显著的外部费用即生态环境损失。由于社会费用是外部费用和私人费用之和,同安湾各围(填)海方案的社会费用分别为 107.73 元/(m²·a)、109.44 元/(m²·a)、111.51 元/(m²·a) 和 115.92 元/(m²·a)。无疑,这些数据将有助于最终方案的筛选。

根据《厦门市海域使用金征收管理办法(2006)》,目前同安湾填海造地海域使用金征收标准为 7.5—22.5 元/m²,明显偏低,并未全面反映填海造地带来的外部费用,无法起到抑制盲目填海造地、保护海洋生态环境的作用。因此,建议有关部门科学合理地制定填海造地海域使用金征收标准,以期使之成为调控围(填)海需求、保障海岸带可持续发展的有效经济手段。

在市场经济条件下,因外部性的存在,在经济决策过程中未货币化的生态环境损失往往被忽略,造成决策者、生产者或开发商较注重眼前或近期的经济利益,对围(填)海活动导致的海岸带生态系统破坏所付出的代价失去应有的关注。而围(填)海是一种永久性占用海域的行为,其对生态环境的破坏,往往是无法挽回或逆转的。因而,为了实现海岸带生态系统的可持续利用和海洋经济的可持续发展,在进行围(填)海规划时,有必要对其可能造成的生态系统服务损害进行货币化评估,并将评估结果纳入到工程经济决策中,与其它经济指标相比较,确定各方案的可行性,为决策提供支撑。

4 结论与建议

海岸带生态系统服务是人们从海岸带生态系统中获得的效益。本文将海岸带生态系统服务分为供给、调节、文化和支持四类服务,并对这四类服务的子服务进行识别。针对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,构建了围(填)海造成的海岸带生态系统服务损害的货币化评估的具体估算模型。尝试对同安湾 4 个围(填)海规划方案可能造成的海岸带生态系统服务损害进行货币化评估,结果显示,从方案一至方案四,随着围(填)海面积的增大,其导致的生态系统服务损失呈现出累加性效应,且均已超过了工程直接成本。基于预测评估结果提出,在围(填)海规划决策中,除了考虑围(填)海的收益和直接工程成本,还有必要估算生态环境成本,全面权衡比较,才能更准确地进行工程经济损益分析,更科学地为决策提供支撑,保证海岸带资源、环境和社会的可持续发展。

随着厦门市社会经济的快速发展,厦门市“土地赤字”的情况将日趋严重,围(填)海的驱动力将持续增长。政策因素对围(填)海影响较大,在海岛型城市向海湾性城市战略转变背景下,城市建设的重点从岛内转向岛外海湾地区,因此未来政策的出台和实行将不可避免地对海岸带生态系统产生影响,建议在政策出台之前进行战略环境影响评价,尽可能减少政策层面上对环境的影响和破坏。同时应规范及严格执行海域使用论证制度,提高现有海域使用金征收标准,使海域使用金征收标准能够贴合现阶段社会经济发展现状,切实反映海域作为生产要素的价值,优化管理围(填)海。

References:

- [1] Pan J G. Situation of sea reclamation in China and abroad and its implication on Hainan. *The New Orient*, 2008, 13(10): 32-36.
- [2] Luo Z R. An analysis of hong kong reclamation and its effect. *Acta Geographica Sinica*, 1997, 52(3): 220-227.
- [3] Liu Y, Gong F M, Xia B C. Concern on the ecological damage of sea reclamation. *Environmental Science Trends*, 2003, (4): 25-27.
- [4] Chen B, Wang J K, Zhang Y S, Tang S M, Lin J H, Zheng F W, Zhang J W. Impact of reclamation activities on marine environment in Quanzhou Bay. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2004, 23(2): 192-198.
- [5] Guo W, Zhu D K. Reclamation and its impact on marine environment in shenzhen area, China. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)*, 2005, 41(3): 286-296.
- [6] Yu W W, Chen B, Zhang L P. Cumulative effects of reclamation on ecosystem services of tidal flat wetland — a case in the Xinghua Bay, Fujian, China. *Marine Science Bulletin*, 2008, 27(1): 88-94.
- [7] Ma Z Y, Chen B, Yu W W, Chen J N. Impact of reclamation on wetland landscape ecology in Xinghua Bay. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2009, 28(2): 169-176.
- [8] Wang X, Chen W Q. Negative Ecological impacts caused by sea reclamation and selection of economic evaluation approaches. *Ecological Economy*, 2009, (5): 48-51.
- [9] Chen W Q, Zhang L P, Hong H S, Xue X Z. A preliminary study on evaluation of coastal sea water environmental capacity. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 1999, 38(6): 896-901.
- [10] Liu W, Liu B Q. Current situation and countermeasures of sea reclamation in China. *Guangzhou Environmental Sciences*, 2008, 23(2): 26-30.
- [11] Study of Critical Environmental Problems. *Man's Impact on the Global Environment*. Berlin: Springer-Verlag, 1970.
- [12] Costanza R, d'Arge R, de Groot R., Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neil R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [13] Daily G C. *Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington D C: Island Press, 1997.
- [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. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 393-408.
- [15] World Resources Institute. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Washington, D C: Island Press, 2003.
- [16] Ouyang Z Y, Wang R S, Zhao J Z. Ecosystem services and their economic valuation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(5): 635-640.
- [17] Duarte C M. Marine biodiversity and ecosystem services: an elusive link. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2000, 250: 117-131.
- [18] Holmlund C M, Monica H. Effects of fish stocking on ecosystem services: an overview and case study using the Stockholm Archipelago. *Environmental Management*, 2004, 33(6): 799-820.

- [19] Zhang Z H, Zhou J, Lu J B, Ding D W. Connotation and characteristics of marine ecosystem services. *Marine Environmental Science*, 2007, 26 (3): 259-263.
- [20] Wang Q X, Tang X X. Production and realization of marine ecosystem services. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(5): 2400-2406.
- [21] Chen S, Zhang Z H, Ma Y, Shi H H, Ma A Q, Zheng W, Wang Q X, Peng Y L, Liu J. Program for service evaluation of marine ecosystems in China waters. *Advances in Earth Science*, 2006, 21(11): 1127-1133.
- [22] Chen W Q, Wang X. Discussion on monetary evaluation technique of losses of coastal ecosystem services caused by reclaim land from sea. *Marine Environmental Science*, 2009, 28(6): 749-754.
- [23] Pan S M, Shi X D, Wang J Y, Tanner P, Leong L S. Assessing the impact of reclamation activities on recent sedimentation in Victoria Harbour, Hong Kong. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 18(1): 22-28.
- [24] Wang X C, Sun C Q, Sun Y L, Lou A G. Study on impact of Jiaozhou Bay sea-filling on hydrodynamic environment. *Marine Environmental Science*, 2000, 19(3): 55-59.
- [25] Sun C Q, Wang X C, Sun Y L, Lou A G. Study on impact of Jiaozhou Bay sea-filling on pollutant transportation. *Marine Sciences*, 2002, 26 (10): 47-50.
- [26] Siddiqui M N, Maajid S. Monitoring of geomorphological changes for planning reclamation work in coastal area of Karachi Pakistan. *Advances in Space Research*, 2004, 33(7): 1200-1205.
- [27] Hodoki Y, Murakami T. Effects of tidal flat reclamation on sediment quality and hypoxia in Isahaya Bay. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 2006, 16(6): 555-567.
- [28] Amano A, Iwamoto N, Inoue T, Inouchi Y. Seafloor environmental changes resulting from nineteenth century reclamation in Mishou Bay, Bungo Channel, southwest Japan. *Environmental Geology*, 2006, 50 (7): 989-999.
- [29] Zhao D B. Analysis on the flow field changes during the harbor engineering in Luoyuan Bay. *Marine Geology Letters*, 2006, 22(9): 11-17.
- [30] Wu Y Q. Effect of the development of the coastal zone on the organism resources in Jiaozhou Bay. *Marine Environmental Science*, 1999, 18(2): 38-42.
- [31] Sato S, Azuma M. Ecological and paleoecological implications of the rapid increase and decrease of an introduced bivalve *Potamocorbula* sp after the construction of a reclamation dike in Isahaya Bay, western Kyushu, Japan. *Palaeogeography Palaeo-Climatology Palaeoecology*, 2002, 185 (3): 369-378.
- [32] Ni J R, Qin H P. Assessment of reclamation impact on inter-tidal habitat loss. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2003, 23(3): 345-349.
- [33] Gao W B, Liu X Z, Duan Y Y, Dong J. Impact of the sea reclamation on fishery resources in Liaoning offshore and corresponding countermeasures. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2009, 24(s): 163-166.
- [34] Zhao J, Yang K. Valuation of ecosystem services: characteristics, issues and prospects. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 346-356.
- [35] Yang G M, Li W H, Min Q W. Review of foreign opinions on evaluation of ecosystem services. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(1): 205-212.
- [36] Chen L, Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H, Duan X N. Applications of contingent valuation method in evaluation of non-market values. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(2): 610-619.
- [37] Peng B R, Hong H S, Hong J M, Chen W Q, Xue X Z, Peng J P. Ecological damage appraisal of sea reclamation and its application to the establishment of usage charge standard for filled seas: case study of Xiamen, China. *Environmental Information Archives*, 2005, 3: 153-165.
- [38] Zhang L P, Jiang Y W, Chen W Q, Wan Z W, Hu J Y. Research report of mathematical models and environment research in Xiamen bay. Beijing: China Ocean Press, 2009.
- [39] Bureau of Marine and Fishery of Xiamen. Fishing research report in western and eastern sea area of Xiamen, 2004.
- [40] Fisheries Research Institute of Fujian. Research report of aquaculture facilities removal compensation standards in Xiamen, 2004.
- [41] Lin Y S, Zheng X H, Zheng A R, Cai M H, Wang P, Liu R H. The estimation of removed and released cod fluxes in Tong'an Bay, Xiamen. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2002, 41(3): 340-345.
- [42] Chen W Q, Hong H S, Liu Y. Recreation demand and economic value: an application of travel cost method for Xiamen Island. *China Economic Review*, 2004, 15 (4): 398-406.
- [43] Peng B R, Hong H S, Chen W Q. Evaluation of coastal environment and resources: theory, methods and application. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2004, 43 (s): 184-189.
- [44] Environmental Science Research Center of Xiamen University. Social-economic benefits analysis report of comprehensive improvement in Western Sea, Xiamen, 2006.
- [45] Tait R V. *Elements of Marine Ecology: An Introductory Course*. 3rd Edition. London: Butterworths, 1981.
- [46] Lu Z B, Du Q, Yan Y M, Liu W B. Estimation of aquaculturable area and quantity of shellfishes in Xiamen coastal zone. *Taiwan Strait*, 1999, 18 (2): 199-204.

- [47] Han W D, Gao X M, Lu C Y, Lin P. The ecological values of mangrove ecosystems in China. *Ecologic Science*, 2000, 19(1): 40-46.

参考文献:

- [1] 潘建纲. 国内外围填海造地的态势及对海南的启示. *新东方*, 2008, 13(10): 32-36.
- [2] 罗章仁. 香港填海造地及其影响分析. *地理学报*, 1997, 52(3): 220-227.
- [3] 刘育, 龚凤梅, 夏北成. 关注填海造陆的生态危害. *环境科学动态*, 2003, (4): 25-27.
- [4] 陈彬, 王金坑, 张玉生, 唐森铭, 林景宏, 郑凤武, 张继伟. 泉州湾围海工程对海洋环境的影响. *台湾海峡*, 2004, 23(2): 192-198.
- [5] 郭伟, 朱大奎. 深圳围海造地对海洋环境影响的分析. *南京大学学报(自然科学)*, 2005, 41(3): 286-296.
- [6] 俞炜炜, 陈彬, 张璐平. 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. *海洋通报*, 2008, 27(1): 88-94.
- [7] 马志远, 陈彬, 俞炜炜, 陈建宁. 福建兴化湾围填海湿地景观生态影响研究. *台湾海峡*, 2009, 28(2): 169-176.
- [8] 王莹, 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. *生态经济*, 2009, (5): 48-51.
- [9] 陈伟琪, 张璐平, 洪华生, 薛雄志. 近岸海域环境容量的价值及其价值量评估初探. *厦门大学学报(自然科学版)*, 1999, 38(6): 896-901.
- [10] 刘伟, 刘百桥. 我国围填海现状、问题及调控对策. *广州环境科学*, 2008, 23(2): 26-30.
- [16] 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. *应用生态学报*, 1999, 10(5): 635-640.
- [19] 张朝晖, 周骏, 吕吉斌, 丁德文. 海洋生态系统服务的内涵与特点. *海洋环境科学*, 2007, 26(3): 259-263.
- [20] 王其翔, 唐学玺. 海洋生态系统服务的产生与实现. *生态学报*, 2009, 29(5): 2400-2406.
- [21] 陈尚, 张朝晖, 马艳, 石洪华, 马安青, 郑伟, 王其翔, 彭亚林, 刘键. 我国海洋生态系统服务功能及其价值评估研究计划. *地球科学进展*, 2006, 21(11): 1127-1133.
- [22] 陈伟琪, 王莹. 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. *海洋环境科学*, 2009, 28(6): 749-754.
- [23] 潘少明, 施晓冬, 王建业, Peter Tanner, Lai Shing Leong. 围海造地工程对香港维多利亚港现代沉积作用的影响. *沉积学报*, 2000, 18(1): 22-28.
- [24] 王学昌, 孙长青, 孙英兰, 娄安刚. 填海造地对胶州湾水动力环境影响的数值研究. *海洋环境科学*, 2000, 19(3): 55-59.
- [25] 孙长青, 王学昌, 孙英兰, 娄安刚. 填海造地对胶州湾污染物输运影响的数值研究. *海洋科学*, 2002, 26(10): 47-50.
- [29] 赵东波. 罗源湾港口工程填海前后流场变化分析. *海洋地质动态*, 2006, 22(9): 11-17.
- [30] 吴耀泉. 胶州湾沿岸带开发对生物资源的影响. *海洋环境科学*, 1999, 18(2): 38-42.
- [32] 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. *环境科学学报*, 2003, 23(3): 345-349.
- [33] 高文斌, 刘修泽, 段有洋, 董婧. 围填海工程对辽宁省近海渔业资源的影响及对策. *大连水产学院学报*, 2009, 24(s): 163-166.
- [34] 赵军, 杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展. *生态学报*, 2007, 27(1): 346-356.
- [35] 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. *生态学报*, 2006, 26(1): 205-212.
- [36] 陈琳, 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 段晓男. 条件价值评估法在非市场价值评估中的应用. *生态学报*, 2006, 26(2): 610-619.
- [38] 张璐平, 江毓武, 陈伟琪, 万振文, 胡建宇. 福建省海湾数模与环境研究厦门湾专题报告. 北京: 海洋出版社, 2009.
- [39] 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, 2004.
- [40] 福建省水产研究所. 厦门市海域水产养殖设施拆迁补助标准研究项目技术报告, 2004.
- [41] 林元烧, 郑雪红, 郑爱榕, 蔡明红, 王鹏, 刘瑞华. 厦门同安湾需氧有机物的去除和释放通量估算. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2002, 41(3): 340-345.
- [43] 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. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2004, 43(s): 184-189.
- [44] 厦门大学环境科学研究中心. 厦门西海域综合整治社会效益分析研究报告, 2006.
- [46] 卢振彬, 杜琦, 颜允明, 刘伟斌. 厦门沿岸海域贝类适养面积和可养量的估算. *台湾海峡*, 1999, 18(2): 199-204.
- [47] 韩维栋, 高秀梅, 卢昌义, 林鹏. 中国红树林生态系统生态价值评估. *生态科学*, 2000, 19(1): 40-46.

2008 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2009 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	8956	1	生态学报	1.669
2	应用生态学报	7979	2	植物生态学报	1.656
3	植物生态学报	3742	3	应用生态学报	1.632
4	西北植物学报	3584	4	生物多样性	1.474
5	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3460	5	生态学杂志	1.276
6	植物生理学通讯	3187	6	植物学通报	1.058
7	生态学杂志	3148	7	西北植物学报	1.046
8	遗传学报	2142	8	植物生理与分子生物学 学报	1.034
9	植物生理与分子生物学学报	1855	9	遗传学报	0.887
10	昆虫学报	1580	10	遗传	0.835

★《生态学报》2008 年在核心版的 1868 种科技期刊排序中总被引频次 8956 次,全国排名第 2; 影响因子 1.669,全国排名第 14;第 1~8 届连续 8 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 30 卷 第 21 期 (2010 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 21 2010

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元