

# 围填海造陆引起的海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失 ——以浙江省洞头县为例

隋玉正<sup>1,2</sup>, 李淑娟<sup>3</sup>, 张绪良<sup>4</sup>, 张朝晖<sup>5</sup>

(1. 青岛理工大学 建筑学院, 山东 青岛 266033; 2. 中国海洋大学 信息科学与工程学院, 山东 青岛 266100; 3. 中国海洋大学 管理学院, 山东 青岛 266100; 4. 青岛大学 师范学院地理系, 山东 青岛 266071; 5. 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

**摘要:** 利用 SPOT5、IRS-P5 高分辨遥感数据、海图并结合实地调查, 以 2004 年数据为基准, 分别获取了 2008 年和 2010 年浙江洞头县 14 个有居民岛屿的岸线以及填海造地数据。根据填海工程造成海岛周围海域的供给、调节、支持、文化等多种服务损失构建生态服务价值损失估算模型, 采用直接市场法、替代花费法等方法评估了海岛造地导致的海洋生态系统服务功能价值损失情况, 结果表明: 洞头县 2004-2010 年填海造地导致海岛周围海域的海洋生态系统服务价值损失为 13 626.95 万元/a, 其中供给价值损失最大, 占价值总损失的 87%, 从价值损失分布空间看状元岙岛周围海域损失最大, 其次是洞头岛, 小门岛周围海域损失最小。因此, 在开发利用海岛资源时, 应对养殖、捕捞、港口、自然保护等海岛开发活动进行合理的规划和调控, 提高海岛资源的利用效率, 促进海岛经济和环境的可持续发展。

**关键词:** 海岛; 围填海造陆; 生态系统服务; 价值损失; 洞头县

中图分类号: X196 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2013)09-0090-07

随着世界各国海权意识的增强, 海岛已经成为国际社会关注的热点, 开发利用海岛资源、发展海岛经济已经成为未来世界各沿海国重要的海洋经济发展方向。海岛生态系统兼有陆地生态系统和海洋生态系统的特征, 海岛周围的海洋生态系统不仅具有提供渔业资源等直接使用价值, 还具有重要的生态服务价值及科研文化价值。但是海岛及其周围海域生态环境非常脆弱, 对人类的干扰高度敏感。近年来随着海洋经济的快速发展, 我国不断加大对海岛的开发力度, 在部分海岛围填海造地, 导致其土地利用/土地覆盖发生了显著变化, 虽然这有效地缓解了海岛的土地资源结构性短缺问题, 但大规模的填海造地改变了海岛周围海域生态系统的结构、功能和过程及其生态系统服务。因此, 对在海岛围填海造地导致的海岛周围海洋生态系统服务价值损失进行定量评估有重要意义。

21 世纪以来, 不少学者基于 Costanza<sup>[1]</sup>、De Groot<sup>[2]</sup>等开展的生态系统服务价值研究的成果, 应用环境经济学的各种环境价值评估方法结合遥感、地理信息系统技术对围填海导致的海洋生态系统服务价值损失进行了评估。Jan Oosterhaven<sup>[3]</sup>、De Mulder<sup>[4]</sup>使用成本收益分析法、环境影响评价法评估

了围填海工程的资源环境影响, 以效率指标权衡围填海工程的可行性。陈尚等<sup>[5]</sup>介绍了我国海洋生态系统服务功能及其价值评估研究计划, 海洋生态系统服务的分类体系; 苗丽娟<sup>[6]</sup>、刘容子<sup>[7]</sup>、王静<sup>[8]</sup>、王萱<sup>[9]</sup>、蔡悦荫<sup>[10]</sup>等探讨了围填海造地的资源、生态、环境和社会经济影响损益分析指标, 围填海造地的资源、生态损害评估方法; 彭本荣和洪华生<sup>[11]</sup>、张慧和孙英兰<sup>[12]</sup>、李睿倩和孟范平<sup>[13]</sup>分别评价厦门、胶州湾和套子湾围填海造地导致的近海海洋生态服务价值损失; 李京梅和刘铁鹰<sup>[14]</sup>利用生境等价分析法评估了围填海造地引起的胶州湾生态系统服务价值损失和补偿规模。这些围填海造地导致的海洋生态系统服务价值损失的研究成果为围填海造地进行生态补偿提供了理论依据。但是, 上述围填海造地引起的海洋生态系统服务价值损失评估多是针对海湾的研究, 对海岛围填海造地引起的海洋生态系统服务价值损失研究尚不多见。立足于国家“科学规划海洋经济

收稿日期: 2013-06-03; 修回日期: 2013-07-30

基金项目: 国家社会科学基金项目(12BJY064); 国家海洋公益性行业科研专项经费项目(201105005)

作者简介: 隋玉正(1975-), 男, 辽宁庄河人, 讲师, 博士研究生, 主要从事资源环境与城乡规划工作, E-mail: suiyuzheng@qtech.edu.cn

发展,合理开发利用海洋资源,保护海岸带和海洋生态环境”的战略取向,开展围填海造地导致的浙江省洞头县海岛海域生态系统服务价值损失评估研究,可以为合理开发利用海岛资源、保护海岛生态环境提供理论依据。

## 1 研究区概况

浙江省温州市洞头县(27°38'~28°3'N, 121°00'~121°18'E)地处浙江东南沿海的瓯江口外,北临长三角,南临海西区,是全国14个海岛县(区)之一,全县有168个海岛,包括14个有居民海岛、154个无居民海岛,素称“百岛之县”,洞头县总面积为892.3 km<sup>2</sup>,其中陆地面积100.3 km<sup>2</sup>。

## 2 数据来源及研究方法

### 2.1 数据来源与处理

数据来源主要有两方面:一是海岛围填海数据,主要是通过遥感及GIS技术获取,分别选取2004年的SPOT5、2008年和2010年的IRS-P5卫星遥感影像作为研究区海岛围填海的基础数据,辅助数据包括该区域1:50000海图和地形图、土地利用现状图以及海岛实测数据。二是社会经济数据,来自相关的统计年鉴、政府公告、研究文献等。

为保证获取的海岛填海造地数据精度,分别对研究中采用的SPOT5、IRS-P5数据进行正射校正。首先利用地形图和差分GPS采集的控制点数据分别对其进行几何精校正,误差范围控制在1个像元以内,然后用GPS控制点数据和1:50000的DEM数据进行正射校正,校正后影像的平面定位精度优于±5m。

在ArcGIS软件中采用人工解译方法提取各年份洞头县海岛填海造地数据。首先利用2004年SPOT5遥感影像人工解译出海岛岸线作为基准数据,然后用2008年的IRS-P5遥感数据叠加2004年的解译结果,在海岛岸线发生变化的区域修改岸线,其他区域保持不变,得到2008年的洞头县海岛岸线数据。利用同样的方法得到2010年的洞头县海岛岸线数

据。在获得2004年、2008年和2010年海岛岸线后,分别将其进行叠加得到2004~2008年、2008~2010年、2004~2010年洞头县海岛填海造地面积与空间分布情况(表1、图1A)。

### 2.2 海洋生态系统服务价值损失的计算方法

参照联合国千年生态系统评估框架(MA 2005)将海洋生态系统提供的食品供给、基因资源、气候调节等15项服务归纳为供给服务、调节服务、文化服务和支撑服务4类<sup>[15]</sup>。根据洞头县海域的实际情况,将浙江省洞头县海岛周围海域的海洋生态系统服务分为海洋水产品供给、基因资源供给、气体调节、营养物质循环、废弃物处理、营养物质循环、科研文化价值和物种多样性维持服务等,其中供给服务价值主要包括海洋水产品生产服务、基因资源供给服务等。海岛围填海造陆造成近海水域转化为陆地,使得海岛周围海域海洋生态系统服务功能丧失,可采用以下方法估算洞头县海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失。

#### 2.2.1 供给服务价值损失

##### 2.2.1.1 海水养殖服务价值损失

水产品生产服务指海岛周围海域海洋生态系统提供给人类的贝类、鱼类、虾蟹、海藻等海洋水产品的功能,海岛水产品生产服务价值来源于海水养殖和海岛周围海域天然产出的资源性海洋生物。洞头县各海岛周围海域产出的水产品主要有羊栖菜、紫菜、缢蛏和美国红鱼、鲈鱼、鲷类等鱼类。海水养殖产出的水产品价值可以根据市场价值法,用被填海域海水养殖的利润来评估。海水养殖生产服务价值损失评估模型为:

$$V_{11} = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^n (R_{ij} - C_{ij}) S_{ij}$$

式中 $V_{11}$ 为所有海岛海域海水人工养殖的价值损失, $i$ 代表不同的海岛, $j$ 代表不同的养殖产品, $R_{ij}$ 为第*i*个海岛第*j*种养殖产品每年单位面积的产值(元/(hm<sup>2</sup>·a)), $C_{ij}$ 为第*i*个海岛第*j*种养殖产品养殖

表1 2004~2010年浙江省洞头县海岛填海造地的面积变化  
Tab. 1 Area of island land reclamation from 2004 to 2010

年份	填海造地面积(hm <sup>2</sup> )					面积合计(hm <sup>2</sup> )
	小门岛	大门岛	状元岙岛	霓屿岛	洞头岛	
2004~2008	0.00	43.27	452.78	26.23	371.15	893.43
2008~2010	4.38	0.00	0.00	42.32	58.93	105.63
2004~2010	4.38	43.27	452.79	68.54	430.08	999.06

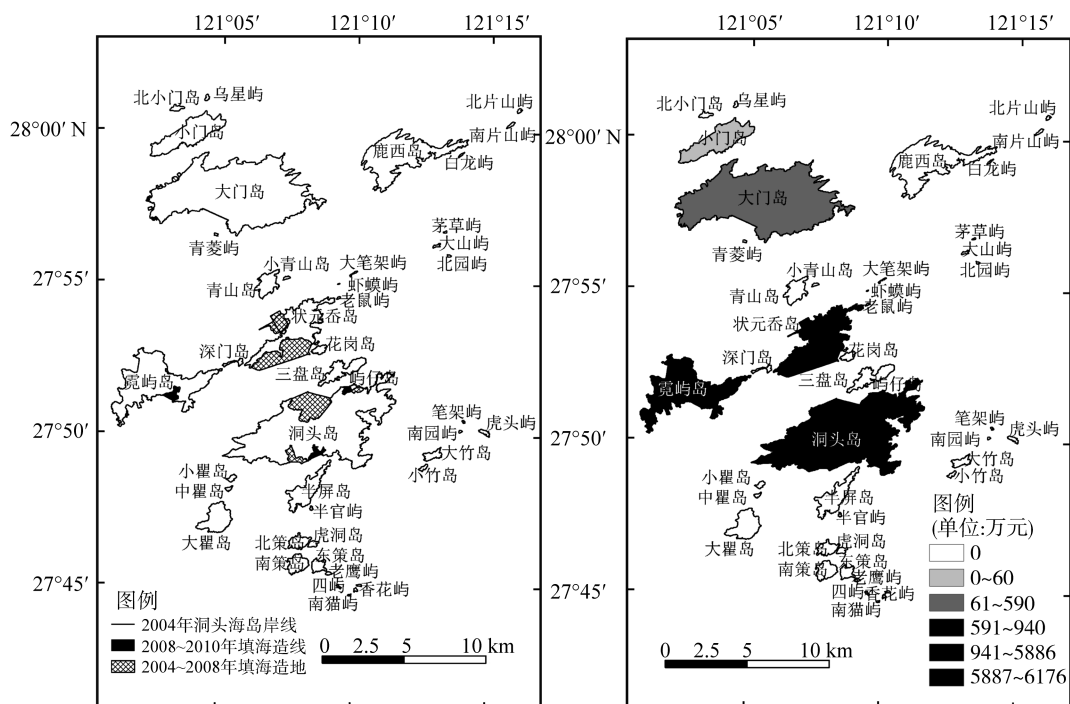


图1 2004~2010年洞头县海岛填海造地(A)和海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失(B)空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of island reclamation and value loss of marine ecosystem services of Dongtou from 2004 to 2010

成本(元/(hm<sup>2</sup>·a)),  $S_{ij}$  为第  $i$  个海岛第  $j$  种养殖产品被围填海占用的面积(hm<sup>2</sup>)。为简化计算, 取平均利润率为 20%、 $\bar{R}$  为单位面积海域平均产值、 $S_i$  为第  $i$  个海岛的填海面积, 则

$$V_{11} = \sum_{i=1}^5 0.2 \bar{R} S_i$$

### 2.2.1.2 天然产出的资源性海洋生物价值损失

海岛周围海域天然产出的资源性海洋生物价值损失, 可基于海洋初级生产力水平利用市场价值法进行估算<sup>[11]</sup>, 估算公式为:

$$V_{12} = \sum_{i=1}^5 R_s \frac{P_0 E}{C} \sigma \bar{P}_s S_i$$

式中  $V_{12}$  为海洋生物量价值损失,  $R_s$  为贝类产品销售利润率,  $P_0$  为初级生产力(mg/(m<sup>2</sup>·d)),  $E$  为初级生产力转化为软体动物的转化率,  $C$  为贝类产品混合含碳率,  $\sigma$  为贝类重量与软体组织重量的比,  $\bar{P}_s$  为贝类产品平均市场价格,  $S_i$  为第  $i$  个海岛的填海面积。

根据 Tait<sup>[16]</sup> 对近岸海域生态系统能流的分析, 初级生产力转化为软体动物的转化率为 10%; 卢振彬等人<sup>[17]</sup> 的研究表明, 软体动物混合含碳率为 8.33%, 贝类重量与软体组织平均重量比为 5.52; 据王春生的研究成果, 2006~2007 年洞头县海岛周围海

域平均初级生产力取东海海区春季和夏季初级生产力 1559 mg/(m<sup>2</sup>·d) 和 2394 mg/(m<sup>2</sup>·d) 的平均值为 1976.5 mg/(m<sup>2</sup>·d)<sup>[18]</sup>; 取贝类产品平均市场价格为 11 元/kg, 销售利润率取 20%。

### 2.2.1.3 基因资源供给服务价值损失

基因资源由海洋生物自身所携带的基因和基因信息组成, 与区域内海洋生物物种数量直接相关<sup>[19]</sup>。海岛围填海造地导致的基因资源供给服务价值损失可用机会成本计算。根据 De Groot<sup>[2]</sup> 提出的单位面积生态系统基因资源供给服务价值 6~112 美元/(hm<sup>2</sup>·a), 考虑到洞头县海洋生态系统地处亚热带, 本文取其平均值(人民币对美元的汇率按 6.2:1 计算, 下同)365.8 元/(hm<sup>2</sup>·a) 作为洞头县海岛周围单位面积海域提供的基因资源供给服务价值。

### 2.2.2 调节服务价值损失

#### 2.2.2.1 气体调节服务价值损失

气体调节服务主要指海洋浮游植物通过光合作用吸收二氧化碳, 释放氧气, 从而调节二氧化碳和氧气平衡的功能。对气体调节功能的评价, 以海洋生态系统净初级生产力数据为基础, 根据光合作用方程式可以推算出植物每生产 1 000 g 干物质, 需要吸收 1 630 g 的二氧化碳, 释放 1 190 g 氧气, 评估模型为:

$$V_{21} = \sum_{i=1}^5 (1.63C_1 + 1.19C_2) P_0 S_i$$

式中  $V_{21}$  为气体调节功能价值损失;  $P_0$  为海洋初级生产力 ( $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ );  $S_i$  为第  $i$  个海岛的填海面积;  $C_1$  为固定二氧化碳的成本;  $C_2$  为释放氧气的成本。根据目前国际上通用的碳税率标准和我国的实际情况, 采用我国的造林成本 352.9 元/t 和国际碳税标准 150 美元/t 的平均值 641 元/t 作为碳税标准, 即  $C_1$ 、 $C_2$  取工业制氧现价 400 元/t<sup>[20-21]</sup>。

### 2.2.2.2 废弃物处理服务价值损失

海洋可以去除、净化人类排放的多种废弃物, 围填海造地对海洋生态系统废弃物处理服务的损害主要通过减小海域面积、纳潮量从而减少海域环境容量。采用影子工程法间接估算洞头县海岛围填海造地导致的污染物处理服务价值损失<sup>[22]</sup>, 计算公式为:

$$V_{22} = \sum_{i=1}^5 365C(S_i \bar{H} \rho v)$$

式中因海域中 N 和 P 容量的价值在营养循环中有体现, 为避免重复计算, 此处主要估算去除 COD 的环境价值。 $C$  为污染物的处理成本,  $S_i$  为第  $i$  个海岛填海面积,  $\bar{H}$  为洞头列岛海域平均水深,  $\rho$  为洞头列岛海域的 COD 值,  $v$  为洞头列岛海域海水 COD 的每天降解常数。

据姚炜民等<sup>[23]</sup>研究, 2007 年洞头列岛海域的 COD 范围为 0.32 ~ 1.69 mg/L, 平均值为 0.71 mg/L; 据林元烧等<sup>[24]</sup>研究, 在 16 ~ 28℃ 的范围内, 水体 COD 的降解常数为 0.043 ~ 0.060  $\text{d}^{-1}$ , 平均为 0.050  $\text{d}^{-1}$ 。洞头列岛周边海域潮差 4.01 m, 取平均水深 10 m, 可知洞头海域单位面积海水能去除 COD 的量为 1.30  $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ; 取 COD 去除成本 4 300 元/t<sup>[25]</sup>。

### 2.2.3 支持服务价值损失

#### 2.2.3.1 营养物质循环服务价值损失

海洋在维持全球营养物质循环方面有重要作用, 这里主要计算海洋支持 N、P 两种营养元素生物地球化学循环的价值, 计算海洋支持营养元素 N、P 汇集、净化服务价值的公式为:

$$V_{31} = \sum_{i=1}^5 (C_N Q_N + C_P Q_P) S_i$$

式中  $V_{31}$  为营养物质循环的价值损失,  $C_N$ 、 $C_P$  是 N、P 的去除成本,  $Q_N$ 、 $Q_P$  是单位面积海水去除的 N、P 元素的量,  $S_i$  为第  $i$  个海岛填海面积 ( $\text{hm}^2$ )。氮、磷的去除成本均为 5 000 元/t 考虑<sup>[12]</sup>。参考徐惠君、黄文

怡等<sup>[26]</sup>的研究成果, 经计算洞头县海域单位面积海水去除的 N、P 的量分别为 19.6  $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 9.6  $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

#### 2.2.3.2 物种多样性维持服务价值损失

海洋生态系统是鱼类及众多海洋生物产卵、索饵、洄游的天然场所, 填海造地必然会破坏海洋物种的生存环境, 减少海岛周围海域的生物多样性水平。参考国内相关研究<sup>[12, 27-28]</sup>, 取单位面积海域物种多样性维持服务价值为 2 100 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

#### 2.2.4 科研文化服务价值损失

科研文化服务价值指海洋为人类提供的科研场所和材料, 人类社会与海洋资源的互动过程中形成的丰富多彩的海洋文化, 海洋文化对国家和地区的发展起到重要的作用。由于洞头县海岛上居住着来自不同地域移民, 洞头县成了闽南文化和东瓯文化的交汇地, 长期的文化融合, 形成了当地独具特色的海洋文化。参考 Costanza 等人<sup>[1]</sup>的研究成果, 取单位面积海域科研文化服务价值为 62 美元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

## 3 结果与分析

### 3.1 2004~2010 年洞头县海岛围填海造地导致的海洋生态系统服务价值损失

将以上围填海造地导致的海洋生态系统服务价值损失计算方法应用于洞头县各海岛围填海工程, 估算了洞头县各海岛 2004~2010 年围填海造地导致的海域海洋生态系统服务功能价值损失(表 2)。洞头县各海岛因围填海造陆导致的海岛周围海域海洋生态系统服务价值总损失是 13 626.95 万元/a, 4 类生态系统服务价值损失由大到小依次为供给服务、调节服务、支持服务和科研文化服务。其中供给服务价值损失占总价值损失的 85.73%, 这说明供给服务中的食品生产服务是洞头县海岛周围海域的主要生态系统服务, 且以海洋生态系统自身提供的资源性海洋生物生产为主。这主要是由于洞头县海洋渔业资源丰富, 是浙江省第二大渔场, 有“中国羊栖菜之乡”之称, 洄游经过该海域的鱼、虾、蟹类种多, 数量丰富。调节服务价值损失为 1 653.36 万元/a, 占总价值损失的 12.13%, 并且以气体调节服务价值损失为主。支持服务、科研文化服务功能价值损失较少。这主要和填海区域生态系统中生物种类的数量、分布的集中情况及生物量的大小等有密切联系, 因填海区域生态系统的结构和功能特点, 使得填海造陆导致的其他服务功能损失较少。

表2 2004-2010年洞头县海岛围填海造地引起的海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失

Tab.2 Value loss of marine ecosystem services of Dongtou

生态系统服务类	生态系统服务型	价值损失(万元)	单一生态服务价值损失占总价值损失的百分比(%)
供给服务	海水养殖	1138.01	8.35
	资源性海洋生物生产	10507.47	77.11
	基因资源供给	36.55	0.27
调节服务	气体调节	1096.71	8.05
	废弃物处理	556.65	4.08
支持服务	营养物质循环	43.36	0.32
	物种多样性损害	209.80	1.54
科研文化服务	科研文化服务价值	38.40	0.28
	合计	13626.95	100

### 3.2 洞头县海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失的空间差异

从海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失的空间分布来看(表3、图1B), 洞头县各海岛中状元岙岛因围填海造地导致的周围海域海洋生态系统服务价值损失最大, 为6 175.81万元/a, 占洞头县各海岛周围海域海洋生态系统服务价值总损失45.32%; 洞头岛因围填海造地导致的海洋生态系统服务价值损失次之, 为5 866.19万元/a, 占洞头县各海岛周围海域海洋生态系统服务价值总损失的43.05%; 霓屿岛、大门岛因围填海造地导致的周围海域海洋生态系统服务价值损失较小, 分别为935.01万元/a和

590.19万元/a。小门岛因围填海造地导致的周围海域海洋生态系统服务价值损失最小, 只有59.74万元/a。这是由于2004~2010年各海岛围填海造地增加的面积主要集中在状元岙岛和洞头岛, 小门岛、大门岛和霓屿岛相对较少, 状元岙岛和洞头岛围填海造地面积占洞头县填海造地总面积的88.37%, 其他岛屿填海造地面积只占11.63%。为加快海岛开发以及海岛旅游业发展, 状元岙岛、洞头岛、霓屿岛等建设世界海岛中心、商贸中心、高端酒店、房地产及旅游休闲度假项目, 海岛养殖业发展、港口码头、工业设施、仓储设施建设, 这都导致了这些岛屿围填海造地面积的增大。

表3 填海造地导致的海洋生态系统服务功能价值损失的空间差异

Tab.3 Spatial differences of value loss of marine ecosystem services of Dongtou

生态系统服务类	生态系统服务型	价值损失(万元)					价值损失合计 (万元)
		小门岛	大门岛	状元岙岛	霓屿岛	洞头岛	
供给服务	海水养殖	4.99	49.29	515.75	78.08	489.90	1138.01
	资源性海洋生物生产	46.07	455.09	4762.05	720.96	4523.30	10507.47
	基因资源供给	0.16	1.58	16.56	2.51	15.73	36.55
调节服务	气体调节	4.81	47.50	497.03	75.25	472.12	1096.71
	废弃物处理	2.44	24.11	252.28	38.19	239.63	556.65
支持服务	营养物质循环	0.19	1.88	19.65	2.98	18.67	43.36
	物种多样性维持	0.92	9.09	95.08	14.40	90.32	209.80
科研文化服务	科研文化服务	0.17	1.66	17.40	2.64	16.53	38.40
	总计	59.74	590.19	6175.81	935.01	5866.19	13626.94

## 4 结论

浙江省洞头县各海岛因2004-2010年围填海造地导致的海岛周围海域海洋生态系统服务价值总损失为3 293.52万元/a, 其中供给服务价值损失最大、调节服务次之、科研文化服务损失最小。从海岛围

填海造地导致的海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失空间差异来看, 状元岙岛因填海造地导致的周围海域海洋生态系统服务价值损失最大, 其次是洞头岛, 再次是霓屿岛、大门岛, 小门岛周围海域损失最小。

本文在评估海岛围填海造地导致的海岛周围海

域海洋生态系统服务价值损失时,只选择了食品生产、基因资源供给、气体调节、废弃物处理、营养物质循环、物种多样性损害、科研文化价值等主要的海洋生态系统服务进行评估,忽略了其在原料生产、气候调节等方面的服务价值。在旅游娱乐价值损失方面,因填海区域部分用于旅游基础设施和服务设施的建设,所以,填海是否造成旅游娱乐价值是损失还难于判断,所以对旅游娱乐价值损失也未作评估。因此,对洞头县围填海造陆导致的海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失估算是一个保守的结果,但这一估算结果也能清晰地表明围填海造陆造成的海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失巨大。

因此,开发利用海岛资源时,除了考虑海岛填海区域带来的经济效益外,还必须考虑填海造地对海洋生态系统长期累积影响导致的海洋生态系统服务价值损失。只有同时权衡这两方面因素制定海岛开发规划,才能实现海岛资源的可持续利用,促进海岛生态环境的不断改善和海岛经济的可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] Costanza R R, d'Arge R, De Groot R S, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [2] De Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem services, goods and services [J]. *Ecological Economics*, 2002, 41: 393-408.
- [3] Oosterhaven J. Evaluating land reclamation plans for Northern Friesland: an interregional cost-benefit and input-output analysis[J]. *Papers of the Regional Science Association*, 1983, 52(1): 125-137.
- [4] De Mulder E F J, van Bruchem A J, Claessen F A M, et al. Environmental impact assessment on land reclamation projects in the Netherlands: a case history[J]. *Engineering Geology*, 1994, 37(1): 15-23.
- [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] 苗丽娟. 围填海造成的生态环境损失评估方法初探[J]. *环境与可持续发展*, 2007, 3: 47-49.
- [7] 刘容子, 吴珊珊, 刘明. 福建省海湾围填海规划社会经济影响评价[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [8] 王静, 徐敏, 张益民, 等. 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[J]. *南京师大学报(自然科学版)*, 2009, 32(4): 134-138.
- [9] 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, 30(21): 5914-5924.
- [10] 蔡悦荫, 于永海. 填海造地经济损益分析研究[J]. *海洋环境科学*, 2011, 30(2): 272-274.
- [11] 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.
- [12] 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: 34-38.
- [13] 李睿倩, 孟范平. 填海造地导致海湾生态系统服务损失的能值评估——以套子湾为例[J]. *生态学报*, 2012, 32(18): 5825-5835.
- [14] 李京梅, 刘铁鹰. 基于生境等价分析法的胶州湾围填海造地生态损害评估[J]. *生态学报*, 2012, 32(22): 7146-7155.
- [15] MA(Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment* [M]. Washington: Island Press, 2005.
- [16] Tait R V. *Elements of Marine Ecology: An Introductory Course(3rd Edition)*[M]. London: Butter- Worth, 1981.
- [17] 卢振彬, 杜琦, 钱小明, 等. 东山湾贝类养殖容量的估算[J]. *台湾海峡*, 2001, 20(4): 462-470.
- [18] 王春生. 我国近海海洋生物与生态调查研究报告(上): 叶绿素 a 与初级生产力[R]. 杭州: 国家海洋局第二海洋研究所, 2011.
- [19] 张朝晖, 吕吉斌, 丁德文. 海洋生态系统服务的分类与计量[J]. *海岸工程*, 2007, 26(1): 57-63.
- [20] 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, 18(2): 65-69.
- [21] Woodward R T, Wui Yong-Suhk. The economic value of wetland services: a meta-analysis [J]. *Ecological Economics*, 2001, 37(2): 257-270.
- [22] 辛琨, 肖笃宁. 盘锦地区湿地生态系统服务价值估算[J]. *生态学报*, 2002, 22(8): 1345-1349.

- [23] 姚炜民, 郑爱榕, 邱进坤. 浙江洞头列岛海域水体富营养化及其与赤潮的关系[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(5): 465-469.
- [24] 林元烧, 郑雪红, 郑爱榕, 等. 厦门同安湾需氧有机物的去除和释放通量估算[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2002, 41(3): 340-345.
- [25] 陈伟琪, 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[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1999, 38(6): 896-901.
- [26] 徐惠君, 黄文怡, 王菲, 等. 洞头海区大型海藻养殖净化海水水质的研究[J]. 生物学通报, 2011, 46(3): 49-50.
- [27] 李铁军. 海洋生态系统服务功能价值评估研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [28] 索安宁, 于永海, 苗丽娟. 渤海海域生态系统功能服务价值评估[J]. 海洋经济, 2011, 1(4): 42-47.

## Appraisal on the value loss of marine ecosystem services about island reclamation: A case study of Dongtou

SUI Yu-zheng<sup>1,2</sup>, LI Shu-juan<sup>3</sup>, ZHANG Xu-liang<sup>4</sup>, ZHANG Zhao-hui<sup>5</sup>

(1. College of Architecture, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China; 2. College of Information Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 3. Management School, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 4. Department of Geography, Normal College, Qingdao University, Qingdao 266071, China; 5. The First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

**Received:** Jun., 3, 2013

**Key words:** island; land reclamation; ecosystem services; loss of value; Dongtou

**Abstract:** Using high-resolution remote sensing data (SPOT5, IRS-P5) combined with field survey, data of 14 inhabited islands shoreline and land of island reclamation in Dongtou county were obtained in 2004, 2008 and 2010 respectively. The market value method and the alternative cost method were employed to evaluate the value loss of the marine services function during the island reclamation with the loss of ecosystem service model, which includes four categories of ecosystem services function such as provision, regulation, support, and culture, in the marine reclamation construction. Results showed that the total loss of functional service was  $13626.95 \times 10^4$  yuan/a from 2004 to 2010. The functional category of provision accounted for 87% of the whole loss, which absolutely dominated. The spatial distribution pattern of the loss value was developed, showing Zhuangyuanao had the largest loss and the Xiaomen Island had the smallest loss. Reasonable planning and regulation for development activities, such as aquaculture, catching aquatic products, harbor construction and environmental conservation, play important roles in effective utilization of resources and promoting sustainable environmental and economic development on the islands.

(本文编辑: 刘珊珊)