

# 海南省近海生态系统服务功能价值评估

俞花美, 周宗尧, 李佳桐 (海南大学环境与植物保护学院, 海南海口 570228)

**摘要** 参照联合国《千年生态系统评估项目》, 构建了海南省近海生态系统服务功能体系。采用传统经济价值评估方法, 对所构建的 10 类服务功能进行了定量评估。结果表明: 2013 年海南省近海生态系统服务功能评估值约为 862.52 亿元, 单位面积海域评估值约为 2 811 200 元/km<sup>2</sup>, 低于临近省份广东和广西。其中, 文化服务价值最大, 占 44.19%; 其次为供给服务, 占 36.50%; 调节服务价值最小, 仅占 19.31%。评估结果反映出海南省海洋资源开发潜力仍非常大, 海洋生态产业转型迫在眉睫。海南省近海生态系统的污染物处理能力非常有限, 在滨海旅游开发中应引起关注。

**关键词** 海洋生态系统; 服务功能; 价值评估; 海南省

**中图分类号** S181; Q178.53 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)33-0068-04

## Function Value Assessment of Offshore Marine Ecosystem Service in Hainan Province

YU Hua-mei, ZHOU Zong-yao, LI Jia-tong (College of Environment and Plant Protection, Hainan University, Haikou, Hainan 570228)

**Abstract** Referring to the United Nations Millennium Ecosystem Assessment Project (MA), offshore marine ecosystem service function system in Hainan Province was constructed. The 10 service values of the ecosystem functions were evaluated by traditional economic valuation methods. The results showed that the annual total value of offshore marine ecosystem services of Hainan Province was about 862 522 hundred million yuan in 2013, with an average value of offshore marine ecosystem services per unit sea area of 2 811 200 yuan/km<sup>2</sup> which was lower than neighboring provinces of Guangdong and Guangxi. The cultural service had the greatest value, accounting for 44.19%, followed by supply service, 36.50%. The adjustment service had the least value, accounting for 19.31%. Assessment results revealed that marine industrial system in Hainan is still dominated by the traditional industry, the marine ecological resources were slowly developed and pollutant treatment capacity of offshore marine ecosystem was very limited, which should be paid more attention in coastal tourism development.

**Key words** Marine ecosystem; Service function; Value assessment; Hainan Province

自联合国 2001 年实施《千年生态系统评估项目》以来, 生态系统服务功能及其价值评估引起了国内外学者的广泛关注, 成为生态系统研究的热点与前沿之一。自 1974 年 Holder 等<sup>[1]</sup>首次提出“生态系统服务”这一概念后, 生态经济学、环境经济学等诸多领域的专家学者对此展开了大量而系统的研究, 使生态系统服务功能的内涵得以不断充实与丰富, 评价方法和评价技术也不断完善。前人对陆地生态系统(如城市、草地、森林等)服务功能价值评估开展了大量研究, 且技术与方法日趋成熟, 而对海洋生态系统服务功能价值的研究相对较少<sup>[2-9]</sup>。

近年来, 近海海域的污染和不合理的海洋资源开发极大地制约了海洋产业的可持续发展。科学、合理、准确地评估海洋生态系统服务功能, 可为国家和地方政府制定海洋环境管理政策、保护海洋资源与生态环境提供依据, 同时也可可为海洋生态补偿提供参考。海南省所辖海域面积约 200 万 km<sup>2</sup>, 其中 20 m 等深线以内的浅海面积约 30 682 km<sup>2</sup><sup>[10]</sup>。2013 年以来, 海南省海洋生产总值已超过全省生产总值的 25% 以上, 海洋经济成为海南经济新的增长点。海南省海洋生产总值同比增长率远高于全国平均增长水平, 海南省海洋经济对全省 GDP 的贡献作用明显。在海南国际旅游岛建设和“一带一路”等重大机遇的引领下, 如何有效、合理和可持续性地开发近海资源, 发挥区域海洋资源优势是值得关注的问题。笔者通过货币来衡量生态系统服务的价值, 可为政府

部门开发、利用和管理近海生态系统和海域生态建设与规划提供科学依据。

## 1 研究方法

**1.1 体系构建** 近海生态系统服务功能是指近海生态系统及其存在的丰富生物多样性在运行过程中展现的使环境影响范围内的所有生物受益的效应总和<sup>[11]</sup>。目前, 学术界对海洋生态系统服务分类方法存在较大争议, 尚无统一的分类标准。吴姗姗等<sup>[12]</sup>开展了渤海生态系统服务价值评估研究, 将其分为 9 类; 张华等<sup>[13]</sup>对辽宁近海生态系统服务价值进行评估时, 将其分为 10 类。参考前人研究, 笔者基于《千年生态系统评估项目》以及相关研究成果中对生态系统服务功能的分类<sup>[11, 14-15]</sup>, 充分考虑海南省近海生态系统特征, 建构了海南省近海生态系统服务功能价值体系(图 1)。需说明的是, 支持服务的价值通常是在其他各类服务的价值中予以体现。因此, 笔者不再单列支持服务价值。

**1.2 评估方法** 该评估采用的方法主要为市场价值法、成果参照法、污染防治成本法、替代工程法及估算模型法等。以 2013 年为评估基准年进行评估, 数据主要来源于《海南统计年鉴》《海南省环境状况公报》《中国海洋年鉴》和《中国海洋统计年鉴》等。

## 2 服务价值评估

### 2.1 供给服务

**2.1.1 食品生产。**人类从海洋中获得各类食物产品, 海洋生态系统的这一服务称为海洋生态系统的食品生产服务功能。目前, 这种食品生产主要表现为近海捕捞和海水养殖。根据《海南统计年鉴》, 2013 年海南省海洋渔业产值达 275.53 亿元, 海水产品 136.93 万 t, 其中海水捕捞 112.13 万 t, 近海捕捞量占 80%, 近海渔业产值达到 220.42 亿元。海南

**基金项目** 海南省教育厅高校科研重点项目(Hjjsk2013-05); 海南省自然科学基金项目(713183); 海南大学青年基金项目(qnjj1263)。

**作者简介** 俞花美(1979-), 女, 福建莆田人, 副教授, 博士, 从事资源与环境经济学研究。

**收稿日期** 2016-09-21

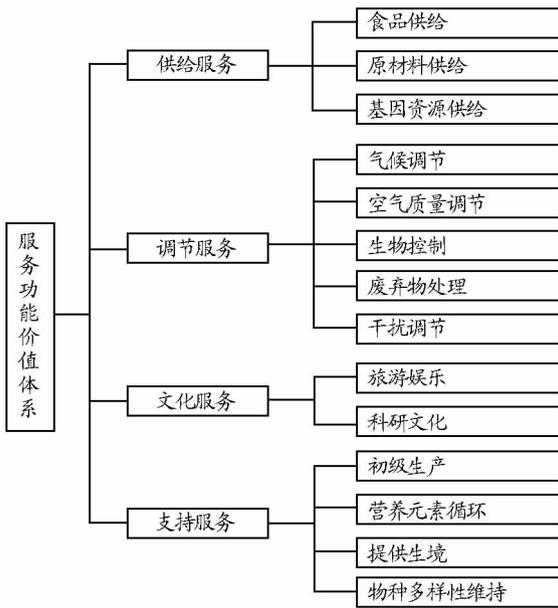


图1 海南省近海生态系统服务功能价值体系

Fig. 1 Offshore ecosystem service function value system in Hainan Province

省水产养殖尤其是海产养殖已经形成规模化生产,产业结构逐渐优化,渔业增长方式开始由粗放型向集约型转变。2013年海南省海水养殖业总产值64.99亿元。据此,海南省近海生态系统的食品供给价值为285.41亿元。

**2.1.2 原材料供给。**根据前人对原材料供给的定义与研究成果<sup>[11]</sup>,海南省近海生态系统的原材料供给服务包括海盐生产、海上风力发电和珍珠生产(不考虑油气资源等不可再生资源)。

(1)海盐生产。海南日照强烈,海水清澈,被称为最理想的天然盐场,目前已经建成莺歌海、东方、榆亚等大型盐场。根据年鉴数据,2013年海南海盐产量约12.77万t。笔者按照国家一级粗盐标准出厂价格为304元/t计算,可得海盐生产价值为0.39亿元。

(2)海上风力发电。海南岛四面环海,为风力发电提供了理想场地。据2013年《海南省环境状况公报》统计,海南省以风力、核能、太阳能综合利用、生物质能、天然气利用等为主的清洁能源发电机组全年发电量为39.11亿kW·h,占全省发电量的21.6%。2013年海南建成大型风电项目6个,总装机容量304.7MW,年发电量5.94亿kW·h,上网电量5.77亿kW·h。按照当年海南风力发电上网均价0.56元/kW·h计算,海上风力发电总价值约3.23亿元。

(3)珍珠生产。海南具有珍珠养殖的天时地利,由于地处热带,育种时间较短,珍珠质量出众。因此,海南是我国重要的珍珠产地。据报道,2009年销售额超过3.00亿元<sup>[16]</sup>。

综上,原材料供给服务价值总计约6.62亿元。

**2.1.3 基因资源供给。**南海的生物资源相当丰富。De等<sup>[17]</sup>研究指出,生态系统可提供基因资源价值6~112美元/(hm<sup>2</sup>·a)。笔者结合海南热带区位实际,取上限的80%为评估计算依据,即89.60美元/(hm<sup>2</sup>·a)。按照2013

年美元与人民币平均汇率计算得到55910.00元/(km<sup>2</sup>·a)。考虑通货膨胀后,以74149.88元/(km<sup>2</sup>·a)作为2013年海南省近海海域单位面积海域提供基因资源的价值。海南省近海海域面积30682km<sup>2</sup>,根据成果参照法可得到其价值为22.75亿元。

## 2.2 调节服务

**2.2.1 气候调节。**前人研究主要是通过海洋生态系统对二氧化碳的固定作用来调节气候,从而实现其服务功能价值。李晓等<sup>[18]</sup>指出,可通过海域初级生产力、造林成本和碳税的平均值等指标来计算。据李小斌等<sup>[19]</sup>研究得出,海南近海海域初级生产力约250g/(cm<sup>2</sup>·a);海南省近海海域面积为30682km<sup>2</sup>,海南近海海域固碳量为767.1万t/a。目前国际上通用的碳税率通常是150美元/t,按照2013年人民币兑美元平均汇率计算折合960元/t。根据吴珊珊等<sup>[12]</sup>的研究,我国造林成本是250元/t,取平均值605元/t作为固定CO<sub>2</sub>的成本,计算得出,海南省近海海域的气候调节价值是46.41亿元。

**2.2.2 空气质量调节。**海洋中的植物可释放大量氧气,进而调节空气质量。可通过海域初级生产力指标计算海南近海生态系统的氧气生产价值。笔者采用造林成本和工业制氧成本(400元/t)的平均值(325元/t)来计算。根据光合作用原理,海洋生物每固定1.000g碳可释放氧气2.667g,据此可以得到海南省近海海域的氧气生产量为2045.86万t/a,价值为66.50亿元。

**2.2.3 生物控制。**Costanza等<sup>[2]</sup>研究表明,单位面积海岸带生物控制功能的价值为38美元/(hm<sup>2</sup>·a),De等<sup>[17]</sup>研究指出,全球生态系统生物控制功能的单价为2~78美元/(hm<sup>2</sup>·a),中值为40美元/(hm<sup>2</sup>·a)。笔者取39美元/(hm<sup>2</sup>·a)作为海南省近海海域生态系统生物控制功能的单价,计算得出生物控制功能价值为7.66亿元。

**2.2.4 废弃物处理。**根据2013年《海南省环境状况公报》,海南省近海海域主要污染指标是COD及石油类、无机氮和活性磷酸盐。

(1)COD及石油类。采用下式计算COD及石油类污染物质环境容量价值。

$$P_i = X_i \cdot C_i$$

式中, $P_i$ 为评价每年某种污染物的环境容量价值, $X_i$ 为评价每年该污染物的环境容量, $C_i$ 为评价该污染物的人工处理成本。

笔者采用的COD去除成本为4300元/t<sup>[13]</sup>,石油类去除成本为7000元/t(《排污费征收标准管理办法》)。采用污染防治成本法,可进一步计算满足不同水质标准条件下海南省近海海域COD和石油烃处理价值(表1)。

结合各类海水水质标准对应的用海面积所占比重,计算得到COD和石油烃的处理总价值分别为8.30和1.24亿元。

(2)无机氮和活性磷酸盐。根据Redfield值,海洋浮游植物细胞、海水中的C:N:P为106:16:1。2013年海南省近海海域固碳总量为767.10万t,可得到固氮量和固磷量分别为

115.79、7.24万t。李小斌等<sup>[19]</sup>研究表明,我国污水处理标准氮为1500元/t,磷为2500元/t。采用市场成本法可得出

海南省近海海域无机氮和活性磷酸盐的处理价值分别为17.37和1.81亿元。

表1 2013年海南省近海海域环境容量价值

Table 1 Coastal area environmental capacity in Hainan Province in 2013

水质标准 Water quality standard	各类海水占比 Proportion of various types of sea water//%	COD 环境容量 COD environmental capacity 万 t/a	COD 处理价值 COD processing value//亿元	石油烃环境容量 Petroleum hydrocarbon environmental capacity//万 t/a	石油烃处理价值 Petroleum hydrocarbon treatment value 亿元
1类 Category 1	60.20	14.56	6.27	1.12	0.78
2类 Category 2	32.50	21.85	10.59	1.12	0.78
3类 Category 3	1.80	29.11	12.52	6.71	4.69
4类 Category 4	5.50	36.40	15.65	11.22	7.85

综上,2013年海南近海海域生态系统的废弃物处理价值是28.72亿元。

**2.2.5 干扰调节。**海南省近海生态系统的干扰调节服务主要表现为海岸带滩涂及红树林、珊瑚礁等动植物对台风、风暴潮等极端天气灾害的衰减作用。Costanza等<sup>[2]</sup>报道,每年单位面积近海海域的干扰调节服务价值为8800美元/(km<sup>2</sup>·a),即56320元/(km<sup>2</sup>·a)。根据海南近海海域面积可计算得到干扰调节服务价值为17.28亿元。

### 2.3 文化服务

**2.3.1 旅游娱乐。**以滨海旅游收入作为海南近海生态系统旅游娱乐价值的评估指标。近年来,海南省滨海旅游业迅猛的发展对经济发展的作用日益明显。根据《中国海洋年鉴》,2006、2007及2008年海南省滨海旅游收入分别为120.22、135.00和175.75亿元(未在《中国海洋年鉴》中查找到2009年及以后年份滨海旅游收入的相关统计数据),分别占当年旅游总收入的85.26%、78.95%和95.00%,取2006~2008年的平均值(86.40%)作为2013年海南省滨海旅游收入在旅游总收入中的占比,已知2013年海南省旅游总收入是

428.56亿元,可得到2013年海南省滨海旅游收入(旅游娱乐价值)为370.28亿元。

**2.3.2 科研文化。**海南省近海海域海洋生物丰富、旅游业发达、油气资源丰富,在水产养殖、生物制药、油气勘探开发、海洋生态保护等方面有着巨大的科研文化价值。陈仲新等<sup>[20]</sup>研究表明,我国单位面积生态系统的平均科研文化价值为3.55万元/(km<sup>2</sup>·a)。采用成果参照法,得出海南近海海域提供科研文化功能价值为10.89亿元。

### 3 结论与讨论

(1)2013年海南近海生态系统服务总价值为862.52亿元,占2013年海南省GDP(3146.46亿元)的27.41%,超过该年度全省海洋生产总值(847.00亿元)。平均单位海域生态系统服务价值为2811200元/km<sup>2</sup>,相对较低广东和广西省。文化服务价值最大,占44.19%;其次为供给服务,占36.50%;调节服务价值最小,仅占19.31%。各服务亚类的价值从大到小依次为旅游娱乐、食品供给、空气质量调节、气候调节、废弃物处理、基因资源供给、干扰调节、科研文化、生物控制、原材料供给(表2)。

表2 2013年海南近海海洋生态系统服务功能价值

Table 2 Coastal area ecosystem service function value in Hainan Province in 2013

服务类型 Service types	服务亚类 Service sub category	价值 Value//亿元	小计 Subtotal//亿元	占比 Percentage//%	小计 Subtotal//%
供给服务 Supply service	食品供给	285.41	314.78	33.09	36.50
	原材料供给	6.62		0.77	
	基因资源供给	22.75		2.64	
调节服务 Adjustment service	气候调节	46.41	166.57	5.38	19.31
	空气质量调节	66.50		7.71	
	生物控制	7.66		0.89	
	废弃物处理	28.72		3.33	
	干扰调节	17.28		2.00	
文化服务 Cultural service	旅游娱乐	370.28	381.17	42.93	44.19
	科研文化	10.89		1.26	
合计 Total		862.52		100	

(2)海南近海生态系统服务价值巨大,国务院于2010年批复的《海南国际旅游岛建设发展规划纲要》中明确指出,海洋经济将是海南国际旅游岛建设重点发展的八大产业之一。能否对海南近海海域生态系统进行合理开发和保护将直接

影响海南省海洋经济的稳定和增长。

(3)在海南省近海生态系统各亚类服务中,旅游娱乐和食品供给价值之和为海南省近海生态系统服务总价值的76.02%,反映目前海南省近海生态系统服务价值的主要实

现途径仍是海洋水产业和滨海旅游业等传统行业,而海洋生物制药、海洋环保科技等新兴海洋产业有待进一步的发展。此外,评估结果同时反映出海南省近海生态系统的生物控制能力和废弃物处理能力非常有限。这说明海南省在进行海洋开发和生产时应当注意保护海洋生态环境,保护生物多样性,减少陆源污染物向近海的排放,维持海南近海生态系统的健康与稳定。

## 参考文献

- [1] HOLDER J, EHRlich P R. Human population and global environment [J]. *Am Sci*, 1974, 62(3): 282-297.
- [2] 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.
- [3] SCHRÖTER D, CRAMER W, LEEMANS R, et al. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe [J]. *Science*, 2005, 310(5752): 1333-1337.
- [4] PETERSON C H, LUBCHENCO J. Marine ecosystem services [C]// DALY G C. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Washington: Island Press, 1997: 177-194.
- [5] HOLMLUND C M, HAMMER M. Ecosystem services generated by fish populations [J]. *Ecological economics*, 1999, 29(2): 253-268.
- [6] SOUTER D W, LINDÉN O. The health and future of coral reef systems [J]. *Ocean & coastal management*, 2000, 43(8/9): 657-688.
- [7] HOLMLUND C M, HAMMER M. Effects of fish stocking on ecosystem services: An overview and case study using the Stockholm archipelago [J]. *Environmental management*, 2004, 33(6): 799-820.

- [8] PATTERSON M G. Ecological production based pricing of biosphere processes [J]. *Ecological economics*, 2002, 41(3): 457-478.
- [9] DUARTE C M. Marine biodiversity and ecosystem services: An elusive link [J]. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 2000, 25(1/2): 117-131.
- [10] 陈基新, 崔敏. 海南近海浮绳式网箱养鱼现状与发展前景 [J]. *海洋渔业*, 2003, 25(1): 5-7.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 张华, 康旭, 王利, 等. 辽宁近海海洋生态系统服务及其价值测评 [J]. *资源科学*, 2010, 32(1): 177-183.
- [14] MA (Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and human well-being: A framework for assessment* [M]. Washington: Island Press, 2005.
- [15] 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.
- [16] 宗和静. 海南国际旅游岛珍珠产业发展策略研究 [J]. *北方经贸*, 2013(1): 98-100.
- [17] 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.
- [18] 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, 29(3): 401-405.
- [19] 李小斌, 陈楚群, 施平等. 南海 1998-2002 年初级生产力的遥感估算及其时空演化机制 [J]. *热带海洋学报*, 2006, 25(3): 57-62.
- [20] 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): 17-22.

(上接第 56 页)

修不能解决实质性的问题,能够掌握沼气池综合利用的技术等管理知识才是关键。政府应当定期、及时举办一些类似于“三沼综合利用培训培训班”、“沼气池技术培训班”等的相关教育和培训,从而提高从事沼气工程的相关工作人员的管理水平和业务素质。与此同时,开展更多的形式,对使用沼气的群众提供技术支持以及指导培训,以此来提高广大群众的对沼气的使用和管理水平,促进沼气池后续管理,提高其使用效率。

**4.3.2 帮助农民创立品牌。**将生态农业建设和农村沼气工程相关联。在生态农业的建设中,政府应发挥积极的引导和服务功能,在以家庭为生产单位的沼气生态农业模式中,依靠一家一户是不可能市场中创立品牌的<sup>[12]</sup>。政府应当积极主动地帮助分散农户应对市场的变化,包括为农户进行无公害农副产品的鉴定以及检测提供相应的帮助,为农户寻求无公害农副产品的销售市场,使得无公害农产品的价值能够得到市场的普遍认可,从而创立品牌,进而使沼气与更多产业挂钩,并得到广泛应用。

## 5 小结

天津市农村沼气生物质能资源丰富,发展农村沼气生物质能不仅能够有效缓解农村能源矛盾问题,而且有利于改善农村环境卫生,减少有毒有害气体的排放,保护农村水土、大

气环境,同时具有扩展农业环境的功能,增加农民收入,进一步加快建设美丽乡村、生态文明制度、“四清一绿”行动的步伐。

## 参考文献

- [1] 朱清时, 闫立峰, 郭庆祥. 生物质清洁能源 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 7-9.
- [2] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料 2013 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
- [3] 陈利洪, 贾敬郭, 雍新琴. 我国沼气产业化发展战略模式及其措施 [J]. *中国沼气*, 2016, 24(1): 84-89.
- [4] 王飞, 蔡亚庆, 仇焕广. 中国沼气发展的现状、驱动及制约因素分析 [J]. *农业工程学报*, 2012, 28(1): 184-189.
- [5] 万田平, 齐宇. 天津市农村沼气生物质能发展概述 [J]. *可再生能源*, 2013, 31(3): 125-128.
- [6] 王斌, 郑钢, 刘欢. 天津市农村生物质能开发利用与展望 [J]. *资源节约与环保*, 2008(5): 42-48.
- [7] 王斌. 天津市农村沼气建设迎来新机遇 [J]. *天津农林科技*, 2009(2): 1-3.
- [8] 刘红艳, 徐亚辉. 天津市农村生物质能利用现状及发展趋势分析 [J]. *节能*, 2012, 352(1): 9-12.
- [9] 李纪周. 天津市规模化畜禽养殖场粪污治理及资源化利用调查研究 [D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2011: 34-38.
- [10] 吴祝平, 邹进泰. 完善推广四种农村沼气服务体系建设模式——破解农村沼气服务体系建设难题调查与建议 [J]. *农业工程技术*, 2009(5): 4-9.
- [11] 曾邵鹏. 山东省生物质能发展策略研究 [J]. *临沂大学学报*, 2015, 37(5): 109-113.
- [12] 赵梦. 天津静海区秸秆沼气工程运行模式与管理经验 [J]. *农业工程技术*, 2010(6): 5-8.