近海海洋生态系统服务功能及其价值评价研究进展*

康 旭[1,2]，张 华[1,2]
(1. 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心 大连 116029；2. 辽宁师范大学城市与环境学院 大连 116029)

摘 要：文章在分析近年来国内外有关近海海洋生态系统服务功能及其价值评价研究文献的基础上，概述了近海海洋生态系统服务功能的概念、海洋生态系统服务功能分类及其价值分类，以及海洋生态系统服务功能价值的计算方法等科学问题的研究进展。

关 键 词：近海海洋；生态系统服务功能；价值评估

海洋生态系统以其独特的地质地貌构造、理化性质和生物组成特征，发挥着其他自然生态系统不可代替的生态服务功能及其资源、环境和人文价值。它不仅为人类提供了食品和原材料等物质性产品，还具有净化环境、调节气候和陶冶情操等多种非物质性的服务。Costanza等人的研究成果表明，在全球的生态系统所提供的服务中，有63.0%来自海洋，37.0%来自陆地[1]。在海洋生态系统中，仅大洋总初级生产力（以碳计）就达每年400亿t，与陆生植物相近[2]。

正确认识和评估海洋生态系统服务功能和生态价值，合理开发利用沿海地区的海洋资源，是科学管理和保护海洋生态环境的基本前提。随着人们对海洋生态系统研究的不断深入，近海海洋生态系统服务功能及其价值的评估已成为国内外相关学者关注的焦点。

近年来，国内学者就近海海洋生态系统服务功能及其价值测评等内容进行了大量研究，在近海海洋生态系统服务功能的概念、海洋生态系统服务功能分类及其价值分类，以及海洋生态系统服务功能价值的计算方法等方面取得了一定的研究进展。如，石洪华[3]和张朝晖[4]等对山东半岛东端桑沟湾的生态系统服务价值进行了评估；韩维栋等[5]采用市场价值法和影子工程法等方法，对我国红树林生态系统的服务功能及其价值进行了研究，发现我国现存的1.37万 hm^2 红树林总的年生态服务价值为23.653亿元；辛琨等[6]对海南省东寨港红树林土壤吸附重金属的生态功能及其价值进行了测算，得出了东寨港2 056 hm^2 的红树林土壤吸附重金属的功能价值为5 462万元的重要结论；李元华等[7]和杨清伟等[8]分别对大连市海洋生态系统、广东—海南海岸带生态系统服务功能及其价值进行了评估；余兴光等[9]提出了福建近岸海洋生态系统服务的调控对策与建议；王荭等[10]则阐述了海洋生态系统服务的经济属性。

1 海洋生态系统服务功能的概念

生态系统服务的概念可分为广义和狭义两种[11]：从广义上讲，人类从生态系统中所获得的效益都可以理解为生态系统服务[12]；从狭义上讲，生态系统服务指生态系统以及它们的生物多样性通过广泛的生态效应与过程，对人类所提供的各种效益，包括了物质生产、生命支持、生活满足和保存选项等[13]。

目前对于海洋生态系统服务的概念，不同的学者对其有着不同的定义。虽然表述各异，但在内容上却有很多相同之处。

王荭等[10]认为，海洋生态系统服务是指人类直接或间接地从海洋生态系统得到的利益，主要表现为海洋生态系统向社会经济系统输入有用物质和能量、接受和转化来自社会经济系统的废弃物，以及直接向人类社会成员提供服务，如调节气候、净化环境和维护生物多样性等。

李铁军[14]根据Daily关于生态系统服务功能的定义，界定了海洋生态系统服务功能的概

* 基金项目：教育部人文社会科学重点研究基地项目（08JJD790142）；辽宁省教育厅创新团队项目（2007T094）.

念：指海洋生态系统及其生态过程所提供的、人类赖以生存的自然环境条件及其效用。

张朝晖等[15]总结归纳前人成果后认为，可以从服务产生的载体、实现的途径和最终对人类的效应等 3 个方面来界定海洋生态系统服务的内涵。海洋生态系统服务产生的载体是海洋生态系统，而不是其他生态系统；从服务实现的途径上看，海洋生态系统服务是通过一定的生态过程来实现的；从服务最终的效应上看，海洋生态系统服务强调的是对人类的正效应。

由此，海洋生态系统服务是指：以海洋生态系统及其生物多样性为载体，通过系统内一定生态过程来实现的对人类有益的所有效应集合[15]。海洋生态系统服务功能与海洋的服务功能的概念是不同的。海洋的某些服务功能，与海洋生物过程没有直接关系，因此不含有生态学过程，没有生物体参与，所以不属于海洋生态系统的服务功能。

2　海洋生态系统服务功能的分类

对于海洋生态系统所提供的服务类别，目前并无一致的认识。

国外学者 Peterson 和 Lubchenco 认为[16]，海洋生态系统除了提供基于食物网生产过程的直接物质产出如渔业生产外，还提供了全球物质循环、对污染物和废弃物的转化分解和吸收、海滨娱乐旅游和休闲产业、沿岸土地形成和文化及未来的科学价值等 5 项服务。Costanza 等人[1]和国内学者徐丛春等[17]，将全球生态系统的服务分为 17 种类型，海洋生态系统提供了其中的气体调节、气候调节、干扰调节、营养循环、废物处理、生物控制、栖息地、食物生产、原材料生产、基因资源、休闲游乐以及文化功能等 12 种服务。

张朝晖等[4]认为海洋生态系统可以提供食品供给、原材料供给、基因资源、气候调节、空气质量调节、水质净化调节、有害生物与疾病的生物调节与控制、干扰调节、精神文化服务、知识扩展服务、旅游娱乐服务、初级生产、物质循环、生物多样性以及提供生境等 15 项服务。参照千年生态系统评估[12]的生态系统服务分类体系以及这些服务的相似作用与性质，海洋生态系统的这 15 项服务可以归结为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务这四大基本类型[18]。

供给服务是指从生态系统中收获的产品或物质，海洋生态系统的供给服务包括了食品供给、原材料供给与基因资源等 3 种服务。

调节服务是指从生态系统过程的调节作用当中获得的收益，海洋生态系统包括了气候调节、空气质量调节、水质净化调节、有害生物与疾病的生物调节与控制和干扰调节等 5 种服务。

文化服务是指通过精神满足、发展认知、思考、消遣和体验美感而使人类从生态系统获得的非物质收益，海洋生态系统可以提供精神文化服务、知识扩展服务和旅游娱乐服务等 3 种文化服务。

支持服务是指对于其他生态系统服务的产生所必需的基础服务，海洋生态系统的支持服务包括了初级生产、物质循环、生物多样性和提供生境等 4 种[18]。

3　价值的分类与评估方法

3.1　海洋生态系统服务功能价值分类

目前，采用欧阳志云等人对生态系统服务价值的分类[14][17][19]，将海洋生态系统的服务价值分为以下 4 类[20]。

3.1.1　直接利用价值

直接利用价值主要是指生态系统产品所产生的价值，它包括食品，医药及其他工农业生产原料，景观娱乐等带来的直接价值。

3.1.2　间接利用价值

间接利用价值主要是指无法商品化的生态系统服务功能，如维持生命物质的生物地化循环与水文循环，维持生物物种与遗传多样性，保护土壤肥力，净化环境，维持大气化学的平衡与稳定等支撑与维持地球生命支持系统的功能。

3.1.3　选择价值

选择价值是人们为了将来能直接利用与间接利用某种生态系统服务功能的支付意愿。例如，人们为将来能利用生态系统的涵养水源、保护环境净化大气以及游憩娱乐等功能的支付意愿。

3.1.4　存在价值

存在价值亦称内在价值，是人们为确保生

态系统服务功能能继续存在的支付意愿。存在价值是生态系统本身具有的价值，是一种与人类利用无关的经济价值。

3.2 海洋生态系统服务功能价值评估方法

海洋生态系统的服务价值，通常以货币单位来度量。不论将海洋生态系统的服务功能分成多少类，目前一般的方法都是先分别计算各个服务功能的服务价值，最后求和得出总的海洋生态系统服务功能的价值。

下面简要说明几种比较常用的生态系统服务功能价值的评估方法。

3.2.1 市场价值法

近海海洋的生物多样性实物产品可直接在市场上出售和交易，因而其评估方法常常直接使用市场价值法，将海洋产品的市场价格充当它们货币价值的一种近似指示值。市场价值法是费用效益分析的一种基本方法，以生物多样性提供的商品价值为依据[21]。在近海海洋生态系统服务价值的计算中，海洋生态系统每年提供的原材料和食品价值一般用此法计算[3-4]。

市场价值法的基本原理是将生态环境作为一种生产要素，生态环境质量的变化将导致生产率和生产成本的变化，进而影响产量和利润的变化，依此来推算环境质量的改善或破坏所带来的经济上的影响[14]。市场价值法可有两种情况[22]：

一是生产要素价格不变，此时的生态价值为

$$V = q(P - C_V)\Delta Q - C$$

式中：V 为生态环境价值；P 为产品的价格；C_V 为单位产品的可变成本；C 为成本；q 为产量 Q 的每一单位；通常为 1；ΔQ 为产量的增加量。

二是生产要素价格变化，则生态价值为

$$V = \Delta Q(P_1 + P_2)/2$$

式中：ΔQ 为产量变化量；P_1 为产量变化前的价格；P_2 为产量变化后的价格。

市场价值法直观、简单、实用，且所需数据量少，容易计算，可以直接反映在国家和地方的收益上，受到国家和地方的重视。但它只考虑了生态系统及其产品的直接经济效益，而没有考虑其间接效益；只考虑到作为有形实物的商品交换的价值，而没有考虑到无形交换的生态服务价值。因此，计算结果可能较片面，但它却是计量资源经济价值最直接也是最广泛使用的一种方法[21]。

3.2.2 机会成本法

机会成本法也是费用效益分析的组成部分。任一自然资源都存在许多互相排斥的备选方案，但资源是有限的，选择了这种使用机会，就放弃了另一种使用机会，也就失去了后一种获得效益的机会。我们把其失去使用机会的方案中获得的最大经济效益，作为该资源选择方案的机会成本[23]，其计算公式为

$$L_i = S_i W_i$$

式中：L_i 为 i 种资源损失机会成本的价值；S_i 为 i 种资源单位机会成本；W_i 为 i 种资源损失的数量。

对于某些资源应用的社会净效益不能直接估算的场合，常用此法。

3.2.3 费用分析法

一种资源被破坏了，可把恢复或保护它不受破坏所需费用，作为该环境资源破坏带来的经济损失。包括影子工程法、恢复费用法和防护费用法等。

(1) 影子工程法。它也叫替代工程法，是恢复费用法的一种特殊形式。常应用于环境的经济价值难以直接估算时，可借助于能够提供类似功能的替代工程来表示该环境的生态价值。森林生产有机物的价值、涵养水源的价值和防止泥沙流失的价值均可采用此法[24]。例如对于废物处理的评估方法目前国内外通常采用影子工程法。也就是说，计算通过人工去除相同数量污染物的成本来估算此项服务功能的价值[25]。理论公式为

$$V = f(x_1, x_2, \cdots, x_n)$$

式中：V 为被求测的生态系统服务功能价值；x_1，…，x_n 为替代工程中各项目建设费用。

费用分析法将难计算的生态价值转换为可计算的经济价值，从而将不可数量转化为可数量，由难变易。但也有其不足：① 替代工程的非唯一性；② 两种功能效用的异质性，生态系统的许多功能是无法用技术手段来代替的；③ 人们支付意愿的时间性。为尽可能地减少误差，可考虑同时采用几种替代工程，然后选取最符合实际的或取其平均[14]。

(2) 恢复费用法。生态环境的恶化会给人

们的生产、生活和健康造成损害，为了消除这种损害，其最直接的方法，就是采取措施将受到破坏的生态环境恢复到原来的状况。理论上可以用恢复措施所需要的费用来估算生态环境质量的价值[14]。如某个区域海洋生态系统受到污染后采取治理措施，使受污染的海洋生态系统基本恢复到原来未受污染时的状态，则该治理措施所需全部费用，就是该区域海洋生态系统的环境质量价值的损失。

(3) 防护费用法。防护费用法是指人们为了消除或减少生态恶化的影响而愿意承担的费用。由于增加了这些措施的费用，就可以减少生态恶化及其带来的消极影响，产生相应的生态效益，避免了损失，就相当于获得了效益。尽管这种替代还存在一些缺点，但是防护费用法对生态问题的决策还是非常有益的，可以将不可知的问题转化为可知的问题[14]。

在海洋生态系统服务价值评估中，对于生物控制的评估通常采用防护费用法，即假设海洋生态系统失去自身调节功能的情况下，以人为方法修复海洋中发生的上述现象所需要的成本价值[26]。

3.2.4 替代花费法

某些环境效益和服务不能通过市场直接进行买卖交易，但是可以通过估算替代品的花费代替某些环境服务或效益的价值，即以使用技术手段来获得与生态系统功能相同的结果所需要的生产费用为依据，评估某个生态系统的功能价值[21]。

此方法的缺点在于：生态系统的许多功能是无法用技术手段代替的。如海洋的美学价值等是无法替代的。另外，替代花费法对生态系统的许多功能难以准确计量，如一片森林到底涵养多少水源，放出多少氧气等[21]。

3.2.5 旅行费用法

由于人们不直接购买和出售环境质量，环境的价值不能直接用环境交易中的价格和数量来显示，但可以通过人们与环境有关的市场行为而间接推断他们的环境偏好[21]。旅行费用法(travel cost method，TCM)是一种评价无价格商品的方法，广泛应用于户外娱乐场所的评估，是目前世界上，尤其是发达国家中广泛应用的一种森林游憩价值间接评估方法，其基本原理是通过交通费和门票费等旅行费用资料确定某环境服务的消费者剩余，并以此来估算该环境服务的价值[24]。它主要有 3 个模型：分区模型、个体模型和随机效用模型[22]。

在近海海洋生态系统服务价值的评价中，对旅游娱乐服务价值的估算常用此法[3-4]。

3.2.6 条件价值法

在缺乏与市场有关的数据情况下，通过对消费者调查或专家访问，了解消费者的支付意愿或他们对商品或劳务的数量的选择愿望，以获得对环境资源价值或保护措施效益的评价，又称为假想市场法[14]。与其他方法相比，条件价值法 (contingent valuation method，CVM) 是评估那些如存在价值和选择价值等非使用价值的理想方法[21]。因此条件价值法被广泛应用于估算公共资源、空气或水的质量，及具有美学、文化、生态及历史价值但没有市场价格的物品的价值[14]。

4 结束语

虽然近些年来国内外很多学者对海洋生态系统服务做了大量的研究，但是由于海洋生态系统自身的复杂性，目前关于海洋生态系统服务功能及其价值的研究依然有许多问题亟须解决。

(1) 海洋生态系统服务价值评价体系的建立。近年来，很多学者投入到海洋生态系统服务功能的价值评估研究中来，但是国内目前却没有公认的统一的海洋生态系统服务价值评估理论体系。

(2) 海洋生态系统服务价值的评估计算方法。在对一些海域进行生态服务价值评估时，由于采用不同的方法，最终对同一海域计算得出的数值可能有较大差异，这需要深入研究，找到更精确的计算方法。还有，由于一些已知海洋生态系统服务功能如基因资源和精神文化服务等很难评估，所以最终求出的海洋生态系统服务功能的价值可能会小于实际的价值，所以应该研究这些服务的评估方法，以便对海洋生态系统服务的价值作出更真实的评估。

(3) 海洋生态系统服务价值的评估范围。目前国内学者对海洋生态系统服务价值的研究

主要集中在区域海洋生态系统中来，而缺乏对整个海洋生态系统服务价值的研究。

(4) 由于海洋生态系统的复杂性，海洋生态系统可能还有更多的服务功能未被发现，还需作进一步的深入研究。

为了更好地开发利用海洋生态系统的服务功能，就需要人类在开发利用海洋生态系统而获得食品和原材料等供给服务的同时，也需要关注其调节服务和文化服务以及支持服务，如保护海洋环境来提高海洋的净化能力，维持海洋环境的生物多样性来保护海洋生物的基因资源，发展旅游业，加大对海洋生态环境的科研投入，同时加强对海洋的规划管理和保护，以便获得更大的生态和经济效益。

参考文献

[1] COSTANZA R,DARGE R,GROOTR D,et al. The value of the worlds' ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997,387:253－260.

[2] 沈国英,施并章．海洋生态学[M]. 北京:科学出版社,2002:212.

[3] 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(2):101－104.

[4] 张朝晖,吕吉斌,叶属峰,等．桑沟湾海洋生态系统的服务价值[J]. 应用生态学报,2007,18(11): 2 450－2 457.

[5] 韩维栋,高秀梅,卢昌义,等．中国红树林生态系统生态价值评估[J]. 生态科学,2000,19(1):40－46.

[6] 辛琨,赵广孺,孙娟,等．红树林土壤吸附重金属生态功能价值估算:以海南省东寨港红树林为例[J]. 生态学杂志,2005,24(2):206－208.

[7] 李元华,任学慧．区域海洋生态系统服务功能价值及其贡献率[J]. 海洋信息,2007(3):25－27.

[8] 杨清伟,蓝崇钰,辛琨．广东—海南海岸带生态系统服务价值评估[J]. 海洋环境科学,2003,22 (4): 25－29.

[9] 余兴光,卢昌义,王金坑,等．福建近岸海洋生态系统服务面临的挑战与调控对策[J]. 台湾海峡, 2005,24(2):257－264.

[10] 王荭,王俊英．关于海洋生态系统服务的经济属性研究[J]. 海岸工程,2006,25(12).

[11] 张朝晖,石洪华,姜振波,等．海洋生态系统服务的来源与实现[J]. 生态学杂志,2006,25(12):1 574－1 579.

[12] REID WV, MOONEY H A, CROPPER A, et al. Millennium ecosystem assessment. ecosystems and Human Well－being: Synthesis [M]. Washington DC: Island Press,2005:39－48.

[13] DAILY G C, DASGUPTA S. Ecosystem Services, Concept of [Z]. Encyclopedia of Biodiversity,2004: 353－362.

[14] 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,2007:6.

[15] 张朝晖,周骏,吕吉斌,等．海洋生态系统服务的内涵与特点[J]海洋环境科学,2007,26 (3).

[16] PETERSON C H, LUBCHENCO J. Marine ecosystem services [M]. Washington, D C: Island Press, 1997:177－194.

[17] 徐丛春,韩增林．海洋生态系统服务价值的估算框架构筑[J]. 生态经济,2003(10).

[18] 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).

[19] 程刚．海洋生态系统服务功能的研究进展[J]. 考试周刊,2008(10):236－237.

[20] 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,1999,10 (5):635－640.

[21] 薛达元．自然保护区生物多样性经济价值类型及其评估方法[J]. 农村生态环境,1999,15(2).

[22] 李金昌．生态价值论[M]. 重庆:重庆大学出版社, 1999.

[23] 王松霈,迟维韵．自然资源利用与生态经济系统[M]. 北京:中国环境科学出版社,1992:141.

[24] 郭明,冯朝阳,赵善伦．生态环境价值评估方法综述[J]. 山东师范大学学报:自然科学版,2003,18 (1).

[25] 徐俏,何孟常,杨志峰,等．广州市生态系统服务功能价值评估[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2003,39(2):268－272.

[26] 宋睿,郑洪波,张树深．海洋生态系统服务功能及其价值评估的研究[J]. 环境保护与循环经济,2007 (6):47－50.