

DOI: 10.5846/stxb201804120831

沈满洪, 毛狄. 海洋生态系统服务价值评估研究综述. 生态学报, 2019, 39(6): - .

Shen M H, Mao D. Review of the evaluation of marine ecosystem services value. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(6): - .

海洋生态系统服务价值评估研究综述

沈满洪^{1,2,*}, 毛狄¹

1 浙江大学经济学院, 杭州 310027

2 宁波大学商学院, 宁波 315211

摘要: 海洋生态系统服务是通过海洋生态系统的功能结构和生态过程, 以物品和服务等方式直接或间接地给人类提供的效益。海洋生态系统服务价值衡量了海洋生态系统对人类经济社会的贡献度, 加快海洋强国建设, 急需加强海洋生态系统服务价值评价。通过对市场价值法、替代市场法和假想市场法三大类海洋生态系统服务价值评估方法进行比较分析后可知, 各类方法各有利弊, 但是, 存在不同方法耦合和方法优化选择的空间。通过海岸带、近海、远洋等典型海洋生态系统服务价值评估的研究案例展现了海洋生态系统服务价值评估在海洋资源开发与保护的决策选择、海洋生态补偿与环境损害赔偿的价格决定中的重要作用。海洋生态系统服务价值评估研究前景广阔, 在内涵认知深入化、评估方法科学化、评估指标体系化、结果应用广泛化等方面仍有进一步拓展空间。

关键词: 海洋生态系统; 生态系统服务; 价值评估; 文献综述

Review of the evaluation of marine ecosystem services value

SHEN Manhong^{1,2,*}, MAO Di¹

1 School of Economics, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

2 School of Business, Ningbo University, Ningbo 315211, China

Abstract: Marine ecosystems provide benefits to human beings directly and indirectly, through the goods and services provided by their functional structures and ecological processes. Value for marine ecosystem services measure the contribution of marine ecosystems to human society and economies. To help protect the ocean and obtain benefits from it, evaluation methods of marine ecosystem services need to be improved. We compared the three main marine ecosystem service valuation methods: market value method, surrogate market method, and simulated market method, and found that each method has pros and cons. However, the possibility exists to combine and optimize the different methods. Typical marine ecosystem valuation case studies, such as those conducted in coastal sites, offshore sites, and ocean sites, reveal the crucial role of this research in policy choices for ocean resource development and protection, and price determination for marine ecosystem compensation and environmental damage penalties. In future studies, the connotation cognition and value of marine ecosystem services need to be analyzed more deeply; the evaluation methods for marine ecosystem service value need to be more dynamic, scientific, and predictive; the evaluation criteria for marine ecosystem service value should be constantly systematized and data collected; and the results of marine ecosystem services evaluations should be more closely tied to decision making and planning in marine-based economies.

Key Words: marine ecosystem; ecosystem service; value evaluation; literature review

基金项目: 国家社科基金重大项目(16ZDA050)

收稿日期: 2018-04-12; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: smhsmh@zju.edu.cn

2017年10月18日习近平总书记在十九大报告中指出,加快生态文明体制改革,建设美丽中国。要统筹山水林田湖草系统治理。并强调,坚持陆海统筹,加快建设海洋强国。海洋生态系统是地球上面积最大且结构最复杂的生态系统,也是地球生态环境的调节器和人类生命支持系统的重要组成部分。海洋生态系统服务价值衡量了海洋生态系统对人类经济社会的贡献度,加快海洋强国建设,急需加强海洋生态系统服务价值评价。由于对海洋生态系统服务的认识不足、缺乏管控,造成海洋生态系统退化和价值损耗的案例很多,海洋生态损害补偿的呼声日益强烈,海洋生态系统服务价值评估亦显得日益重要。通过对海洋生态系统服务价值进行评估,可以系统地认识海洋资源环境承载能力,推动海洋资源的合理开发利用,为海洋强国建设打下坚实基础。由于海洋生态系统服务尚无统一的、权威的分类体系,在空间分布上流动性大等客观原因,建立海洋生态系统服务价值评估的指标体系难度较大,因而迄今为止,关于山^[1]、水^[2]、林^[3]、田^[4]、湖^[5]、草^[6]等陆域生态系统的价值评估研究较多,针对海洋生态系统服务的价值评估研究相对匮乏^[7]。综述主要回答了如何理解海洋生态系统服务价值的内涵、如何准确评估海洋生态系统服务价值以及如何更好地让海洋生态系统服务价值的评估结果服务于社会经济发展三大问题。第一节从海洋生态系统服务的内涵及价值入手,对海洋生态系统的内涵、分类体系和价值构成进行了解析。第二节对不同的海洋生态系统服务价值评估方法进行了比较,旨在识别出方法学上的不足,并为后续的价值评估研究提供实践选择引导。第三节通过介绍典型海洋生态系统服务价值评估的研究案例展现了海洋生态系统服务价值评估对经济社会的贡献度和在评价环境事件、涉海工程的影响以及提供生态环境治理依据等领域服务于“关心海洋、认识海洋、经略海洋”理念的具体应用。最后提出未来研究中需要进一步拓展挖掘的领域。

1 海洋生态系统服务的内涵及价值

1.1 海洋生态系统服务的定义

De Groot(1992)认为生态系统的服务是通过其自然过程和组成结构提供物品与服务直接或间接地满足人类需求的能力^[8]。Daily(1997)认为生态系统服务是自然生态系统通过维持生物多样性、提供生态系统产品以及许多其他无形功能支撑并优化人类生存的所有环境条件和过程^[9]。Costanza(1997)则认为生态系统服务是通过生态系统的产品和服务,使人类直接或间接获得的效益^[10]。联合国千年生态系统评估组(MA)总结了Costanza、Daily等人的研究成果,提出生态系统服务是以包括自然和人造生态系统为功能源,通过物品和服务等方式有形或无形地给人类提供的效益^[11]。综上所述,Costanza和MA等对生态系统服务的定义更倾向于从经济学视角即从人类获取的惠益出发,而Daily、De Groot等提出的定义则更倾向于从生态学视角即从生态系统提供服务的过程出发。欧阳志云^[12]等综合两个视角的定义认为生态系统服务是指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。海洋生态系统服务可以认为是生态系统服务概念在海洋生态系统的具体解释,学者们大多从经济学视角,即强调效用本身出发接受了海洋生态系统服务是海洋生态系统通过各种服务功能给人类提供的效用这一概念定义^[13-14]。考虑到海洋生态系统服务的定义应充分重视直接性、消耗性和人类受益性三要素^[15],以经济学视角出发综合生态学视角的观点,海洋生态系统服务是通过海洋生态系统的功能结构和生态过程,以物品和服务等方式直接或间接地给人类提供的效用。

1.2 海洋生态系统服务的分类

最初学者们对生态系统服务的分类只是从功能性出发的穷尽性举例:Daily(1997)将生态系统服务细分为营养循环、气候调节等13类^[9]。Costanza(1997)则将生态系统服务细分为17类,海洋生态系统提供了其中12类服务:即气体调节、气候调节、干扰调节、营养循环、废物处理、生物控制、生境提供、食物供给、原材料提供、基因资源、休闲娱乐以及文化服务^[10]。考虑到生态系统服务分类的功能性、组织性、描述性等依据,MA(2003)进一步以生态系统服务价值实际评估的可操作性为主旨,在研究中将包括海洋生态系统在内的生态系统服务整理总结为供给服务、调节服务、文化服务以及支持服务,其中供给服务、调节服务和文化服务直接影响人类福利而支持服务通过影响其他三种服务间接影响人类福利,并在此基础上将生态系统的二十余种主

要服务进行分类^[11]。这一分类方式逐渐被广泛接受,之后大多数的研究根据海洋生态系统服务的内容和作用将具体服务划分归入供给服务、调节服务、文化服务以及支持服务四大类。如 Beaumont(2007)等以此为基础考虑到海洋生态系统的特性,将海洋生态系统的13种主要服务进行了归纳^[16]。Petina(2012)^[17]、陈尚(2006)^[18]等对海洋生态系统服务的分类也沿用了供给服务、调节服务、文化服务以及支持服务这一划分方式,只是在具体的服务定义和归纳分类上有一些微调。这一分类体系在之后的海洋生态系统服务价值评估研究中被广泛运用^[19]。生态系统服务的具体分类仍在不断发展,相关研究也提出了许多新颖的分类思路,例如从生态系统服务的空间特征^[20]和生态系统服务价值的级联模式(cascade model)^[21]等角度进行了分类尝试。分类要避免归类重叠性、保证分类代表性,因此,可以沿用供给服务、调节服务、文化服务、支持服务这一大类设置,对各类海洋生态系统的项服务展开归纳整理分类:供给服务主要包括食品提供和原材料提供;调节服务主要包括气候调节、废物处理、干扰调节和生物控制;文化服务主要包括休闲娱乐、科研服务;支持服务主要包括初级生产、营养循环、物种多样性维持。

1.3 海洋生态系统服务的价值

效用价值论认为生态系统服务体现出价值是鉴于生态系统服务对人类本身的惠益,不论人类所获得的惠益是即期的还是未来的、是自身的还是别人的,并且所获得的惠益带来的效用具有稀缺性^[22]。海洋生态系统服务价值衡量了海洋生态系统对人类经济社会的贡献度。由于海洋生态系统是通过其服务与人类的生产和生活实现交互,且相较于作为海洋生态系统服务载体的海洋自然资本价值的静态属性,海洋生态系统服务价值一定程度上兼顾了静态存量属性与动态流量属性。海洋生态系统服务实际或潜在地满足了人类物质与非物质需求,并为人类带来惠益,所以对人类社会而言海洋生态系统的各项服务功能具有经济价值。海洋生态系统服务的总经济价值在宏观上根据人类受益的过程划分为使用价值和非使用价值^[23],人类直接或间接地从生态系统服务中获得的现期效益体现为使用价值,而并不即期从生态系统服务中获得的效益则体现为非使用价值^[6]。

海洋生态系统服务的使用价值在微观上通常被解析为直接使用价值、间接使用价值以及选择价值三部分^[22]。直接使用价值主要指海洋生态系统服务直接满足人类生产消费活动所带来的价值^[24],它包括食品、原材料等带来的直接价值。间接使用价值主要指无法商品化的生态系统服务通过为人类生产消费活动提供保证条件间接产生的价值,它包括保护生态循环、维持物种多样性、调节极端气候冲击等带来的间接价值。选择价值是人们欲使未来可以直接使用或者间接使用某项生态系统服务的现期意愿支付价值^[25]。海洋生态系统服务的非使用价值在微观上通常被解析为遗传价值与存在价值^[22]。遗传价值是指通过不即期利用海洋生态系统服务的惠益而为后代保留惠益所产生的一种递延性质的价值。存在价值通常被认为是人类为维持物种多样性、水文循环稳定等生态系统服务存在的支付意愿^[25],可以理解为人类对海洋生态系统服务客观存在的一种主观满足带来的价值,这种价值并不是通过海洋生态系统服务获取具体效益产生的。

2 海洋生态系统服务价值的评估方法

2.1 基于市场理论的常用评估方法

依据具体评估对象的市场属性,将海洋生态系统服务价值的科学评估方法归类为直接市场法、替代市场法和模拟市场法三大类别:

直接市场法用来评估人类具有可获得性和支付意愿的生态系统服务的价值^[26],是对具有市场价值的生态系统服务通过市场价格进行价值评估^[27]。直接市场法通常使用实际市场的产品价格数据评估具有实物量的生态系统服务价值,评估结果客观且争议较少。直接市场法主要包括费用支出法、生产成本法、生境等价法等。

替代市场法以“影子价格”来评估生态系统服务的价值,是通过替代品的真实市场价值或能量属性,考察关联人的市场真实行为间接地推断其对生态属性的异质性偏好,进而估计生态系统服务的经济价值^[28],可以

理解为一种显示人类偏好的评估方法。替代市场法可以使用一些直接市场法不能使用的市场数据,但评估结果的可靠性会相对弱一些,主要包括有替代成本法、旅行费用法、能值分析法等评估方法。

模拟市场法人为地仿真建立模拟市场以评估生态系统服务的真实价值,通常被应用于不具备真实交易市场的生态系统服务或信息资料匮乏的区域^[27],也可用于与人类交互性较强的生态系统服务价值评估。以支付意愿或生态模型的统计核算值来显示生态服务的真实经济价值,可以理解为一种陈述人类偏好的评估方法。模拟市场法应用范围最广,但也易受众多因素干扰,主要包括使用二分法或支付卡的条件价值法、使用选项卡的选择实验法、基于价值转移构建 InVEST 模型、Solves 模型和 ARIES 模型等生态模型的 Meta 分析法等。

2.2 海洋生态系统服务价值评估方法比较

海洋生态系统服务价值评估常规使用的评估方法优缺点比较如表 1。直接市场法通过研究对象的商品市场价格直接评估经济价值,替代市场法则通常建立一个替代商品市场以影子价格评估经济价值,而模拟市场法则通过问卷、建模等方式建设一个假想市场以评估经济价值。海洋生态系统服务价值评估方法的选择依赖于生态系统服务的类型以及可得数据的数量与质量等,考虑到海洋生态系统服务的复杂性,价值评估通常不会采用单一的评估方法,而是综合采用多种方法针对同一海洋生态系统的不同海洋生态系统服务的价值进行评估^[30]。且因为大部分的生态系统服务不能通过单一市场框架直接得到其价值评估值^[31],所以在评估生态系统服务价值时,直接市场法和替代市场法往往作为模拟市场法的辅助要素,为模拟市场法实验设计或生态模型参数的设置提供了大量可供选择的代理参数指标。

表 1 海洋生态系统服务价值的评估方法比较

Table 1 Comparison of evaluation methods on valuation of ecosystem services

评估方法类型 Evaluation method	具体方法 Specific method	优点 Advantages	缺点 Disadvantages
直接市场法	费用支出法	从消费端出发简单明了地通过市场价格评估得到生态系统服务的价值	应用前提条件苛刻,需要完善稳定的服务产品市场;支出费用界定存在困难
	生产成本法	从生产端出发对生态系统服务价值的评估,直观且准确性较高	需要充分考量数据的充足性、生态系统服务与产品的因果效应、加总时潜在的重复计算等问题 ^[25] ;只能应用于评估生态系统服务的直接使用价值
	生境等价法	基于市场上直接可得的质量和价格量货币化评估生态修复的经济价值的方法,考虑了生态系统服务的动态性	需要依据过强的假设条件,修复工程非唯一性,修复工程时间、空间性差异较大;缺乏对社会成本、福利和相关利益人群效用的考虑
替代市场法	替代成本法	采用替代方法解决了难以直接市场化评估的经济价值,以修复成本或防护支出替代衡量生态系统服务价值	信息的实际披露情况与现实情况可能存在潜在误差;价值受多种因素的影响,修复或防护成本只是其中一方面,容易造成低估;不适合应用于小规模样本区域开展生态系统服务的支付意愿评估或海洋空间规划应用
	旅行费用法	方法和理论符合现代经济学原理,建立在市场的基础上,受公众认可度高	在旅行时间机会成本的考量、多目的地总旅行费用的分配、游客来源结构差异的处理等方面还有许多值得完善之处。
	能值分析法	经济评估手段无法实践时,评估环境资本、环境贡献或环境影响使用能量作为评价标准是一种较好的替代评估方法;解决了不同等级和不同类型的物质不能同时分析、比较的难题,且可以做长时间尺度的推算	缺少经济学理论支撑;能值转换率的具体选用标准不一致,评估过程缺少对环境因素影响生态系统服务价值的考量,缺少检验评估结论正确性的标准

续表

评估方法类型 Evaluation method	具体方法 Specific method	优点 Advantages	缺点 Disadvantages
模拟市场法	条件价值法	对市场不存在或不完全的生态系统服务进行价值评估;适用于非使用价值占较大比重的评价;能更好地呈现生态系统服务与人的交互性,评估结果应用于政策实践更具有可接受性	评估结果容易产生偏误,很大程度上依赖于调查问卷的设计和受访者的素质,结果必然与所调查地理区域的政治体制、经济水平、分配状况、环保意识、环境管理模式、公共物品的供给模式等因素紧密相关,会存在较大的地域差异 ^[29]
	选择实验法	在条件价值法的基础上更好地陈述揭示了受访者的偏好;允许同时评估多个生态系统服务环境属性的并发性变动对消费者福利的实际影响;能够有效避免加总个人生态系统服务价值评估时存在的重复计算问题	对受访者素质要求较高;由于环境状况与受访者社会人口特征的异质性存在,往往无法得到一致的评估结果,从而使得评估结果的真实性与稳健性存在疑问
	Meta 分析法	对评估数据信息缺乏的区域生态系统服务功能提供了简便有效、核算迅速的价值转移,也为数据较完善的区域获得了较准确的评估结果	不可避免地也存在评估结果可靠性过于依赖模型构建质量的问题,且由于生态系统本身的复杂性,受不同区位环境和生物条件异质性的影响,样本评估结果可能存在偏误;仍存在重复计算问题

具体来说,当仅仅评估某单项海洋生态系统服务的价值时,直接市场法和替代市场法往往能够迅速地解决问题,例如:红树林和珊瑚礁生态系统能够预防并缓和洪水或风暴事件对海岸带区域的侵袭,通过评估围填海工程等项目造成海岸带损失面域以及对应堤防建设成本得到相应生态系统调节服务功能的经济价值^[32]。在评估海洋生态系统调节服务废物处理功能时,通过评估单位海域污染物生化降解能力和相应污染物处理成本,结合样本海域涨潮与退潮时污染物浓度差异以及潮汐周期评估得到废物处理功能的经济价值。旅行费用法被广泛应用于海洋生态系统休闲娱乐服务价值的评估^[33]等。而考虑到海洋生态系统复杂的时空分布特征以及评估结果实际应用服务于社会经济活动时需要较强的人-海交互性,生态学家基于价值转移理论针对评估数据信息缺乏、区位地情复杂的海洋生态系统服务价值开发出了一系列复杂的生态模型,例如:应用到海岸地区综合管理规划时,InVEST 模型基于其情景预测功能,可以评估海岸地区渔业、旅游和娱乐以及海岸防风暴潮等人们很少研究的生态系统服务的价值^[34]。在一定程度上解决了海洋生态系统服务价值评估的困难性。而经济学家考虑到制定海洋政策需要充分考虑公众的可接受性与参与性,所以更多地从人的视角去回应这些问题。条件价值法和选择实验法这两种显示偏好方法被大量使用于海洋生态系统服务价值评估,经济学家认为基于受访者效用视角的价值评估结果服务应用于决策实践时,往往具有更强的可实现性,可以有效避免仅仅基于生态模型得到的评估结果不具有社会公众的负担可接受性问题,例如:使用选择实验法评估居民视角下围垦工程产生的生态系统服务损失的修复定价^[35]。因此,当评估人类直接受益性相对较强的文化服务例如休闲娱乐服务等时,条件价值法和选择实验法这两种显示偏好方法更建议被使用。当评估人类直接受益性相对较弱的海洋生态系统服务例如维持海洋生物多样性的价值时亦或对海域地情复杂区域做多种生态系统服务价值动态评估时,使用基于效益转移的 Meta 分析构建生态模型方法是现阶段海洋生态系统服务价值评估实践研究中具有相对优势的评估方法。

2.3 海洋生态系统服务价值评估方法的发展耦合

由于各种海洋生态系统服务类型的划分不能完全体现生态系统的复杂信息,很可能会引发对生态系统服务价值的低估或重复估计,使评估结果偏离真实价值^[36]。根据多个样本案例的典型值进行尺度平移得到的加总尺度忽视了生态系统在时空上的动态异质性,容易引起对总价值量的评估值与全世界生态系统服务的准确价值出现不一致的问题,分割了相互间存在广泛内在关联的各项生态系统服务。地理信息系统和遥感技术具有快速获取数据、空间分析功能强大等优势^[37],运用地理信息系统和遥感技术,结合生态经济学模型能够更好地评估生态系统服务的价值及其动态变化,解决了传统服务价值评估方法由点及面的缺点,可有效区别

同一生态系统服务功能的内部差异。采用地理信息系统和遥感技术结合生态经济学的服务价值评估方法,将各项生态系统服务按价值均匀地或按权重大小赋予相应的图斑,栅格化具体价值矢量信息之后,可以产生各种类生态系统服务价值在空间层面的概念图^[38-39]。同时还应进一步关注于提出更多易于尺度拓展和跨区域使用的评估方法与模型、生态系统服务制图过程的量化与标准化、生态系统服务权衡协同关系的空间制图表达、生态系统服务制图综合模型的建立与应用以及生态系统服务制图在辅助决策与海洋生态环境集成研究中的应用等方面^[40]。另一方面,考虑到生态模型的标准化构建应用需要稳健的当量因子设置^[41]。在海洋生态系统评估时,评估模型参数也需要大量的待估海域信息,同一海洋生态系统服务可以选择多种代理参数以合理剔除奇异值,寻求一致稳健的体系化代理参数以完成特定海域的区域异质性参数修正,从而更好地服务价值评估。由此可见,在未来发展中地理科学、数理统计与生态经济学多视角的耦合可以为现有生态经济学服务价值评估方法提供有效优化。

3 典型海洋生态系统服务价值研究案例及实践应用

海洋生态系统服务价值评估研究尚无统一的、权威的分类体系。从远近维度分,可以按照海岸带、近海、远洋生态系统进行分类研究。由于不同的价值评估案例存在较大的时间和地理跨度差异,直接进行横向比较效果较差,因此主要对其研究的实践应用进行了归纳述评。

3.1 海岸带生态系统服务价值研究

关于海岸带生态系统服务价值的研究最多,且集中在海滨生态系统、滨海湿地生态系统和红树林生态系统。海滨生态系统服务价值评估研究主要关注于文化服务,Zhang(2015)等运用旅行费用法对澳大利亚黄金海岸海滨沙滩休闲娱乐服务的价值进行了评估,研究发现黄金海岸海滨沙滩的休闲娱乐服务带来的年收入高于沙滩保护项目的年支出^[42]。Isaza(2015)等运用条件价值评估法对受访者进行了问卷调研,评估得到游客对圣安德列斯岛海滩休闲娱乐服务的年总支付意愿约为 997468 美金,研究认为对生态系统服务价值的评估有助于海洋保护区域的财务可持续性^[43]。Beaumont(2014)等用生产成本法对海滨生态系统调节服务中固碳功能的价值进行了评估,研究发现在 3.5% 的贴现率下,若英国的海滨生态系统生境以现有的速率减少,则 2000—2060 年的固碳价值贴现值将损失约 7.5 亿英镑^[44],滨海湿地、红树林生态系统服务价值评估中关于调节服务主要关注于气候调节、废物处理等;关于供给服务则主要关注于渔业生产和原材料供给;关于文化服务则主要关注于休闲娱乐服务以及科研服务;关于支持服务则主要关注于生境提供服务^[45]。Ronnback(2007)等运用模拟市场法通过问卷调研评估了肯尼亚自然红树林生态系统和经修复的红树林生态系统服务的价值,发现相较于经修复的曾受损红树林生态系统,沿岸居民能从自然红树林生态系统获得更多的生态系统服务福利^[46]。因此,维持好现存的自然红树林生态系统相较于待红树林生态系统退化、受损后再修复具有更好的社会效益。Badola(2005)等运用替代成本法评估表明红树林生态系统通过干扰调节服务,可以减缓大潮、台风等对人类生产生活的冲击,使极端气候造成的户均损失由 154 美元显著降低至 33 美元^[47]。Petrolia(2014)等运用直接市场法和选择实验法对路易斯安那州滨海湿地生态系统服务的价值进行了评估,进而对滨海湿地修复项目的可行性进行分析,研究发现受访者对滨海湿地生态系统修复项目的支付意愿远高于对应修复项目的预估成本^[48]。Stone(2008)运用条件价值法对印度西部沿海地区红树林生态系统服务价值进行评估,根据不同受访人群偏好的异质性,将对红树林生态系统修复项目的支付意愿定价为每家庭 342—626 印度卢比^[49]。Brander(2012)等以及 Valdez(2013)等分别运用 Meta 分析法对滨海湿地生态系统和红树林生态系统服务的价值进行了评估^[50-51],他们构建的综合评估模型借鉴了大量先前文献研究设置参数并借此对未来的价值量演变趋势进行了预测,得到的评估结果被应用于开发与保护决策。这些评估案例体现了维护海岸带生态系统的生境稳定有着十分重要的经济价值和生态意义,为海岸带生态环境治理提供了科学依据。

3.2 近海生态系统服务价值研究

关于近海生态系统服务价值的研究主要集中在非冷水珊瑚礁生态系统。珊瑚礁生态系统具有较高的产

出能力,能向人类提供丰富的物品和服务,包括渔业生产提供的食品供给服务、旅游观光业提供的文化服务以及海岸带保护提供的调节服务等。通常对珊瑚礁生态系统服务价值的评估会将冷水珊瑚礁排除在外,因为冷水珊瑚礁位于深海且通常人们无法直接利用它的生态系统服务。针对冷水珊瑚礁生态系统服务价值的研究通常被分入远洋生态系统服务价值研究的范畴。Baptiste(2015)等运用选择实验法,基于珊瑚礁生态系统文化服务、供给服务和调节服务价值对新喀里多尼亚岛珊瑚礁生态保护项目的支付意愿进行了评估,发现珊瑚礁生态系统服务价值中非使用价值占比大约25%到40%^[52]。这一研究结果说明了珊瑚礁生态系统服务的多样性。Chen(2013)等运用旅行费用法和条件价值法评估了台湾澎湖地区人工礁休闲娱乐服务的价值,研究认为人工礁的建立可以通过增加鱼类资源供给和开展娱乐旅游项目产生大量的经济价值^[53]。Pascal(2016)等运用替代成本法评估了多处珊瑚礁区域调节服务中海岸带防护功能的价值^[54],结果反映了珊瑚礁生态系统对海岸带防护的重要性,为决策者进行珊瑚礁保护制定资源配置方案提供了必要信息。Gill(2015)等运用选择实验法评估了加勒比海地区三个国家的受访者对珊瑚礁生态系统服务的支付意愿,发现增加珊瑚礁生态系统鱼群丰裕度能显著提高游客的消费者剩余^[55],也就是说通过海洋空间规划减少不可持续性的渔业活动和陆源污染导致的珊瑚损坏可以提升珊瑚礁生态系统服务的价值。总的来说,珊瑚礁生态系统服务的价值主要集中于其供给服务和文化服务价值。为了更全面地评估珊瑚礁生态系统服务的价值,对于其它服务价值的评估也还需要更多的研究支撑。

3.3 远洋生态系统服务价值研究

关于远洋生态系统服务价值的研究集中在冷水珊瑚礁生态系统和远洋渔业资源。远洋生态系统占据了海洋生态系统超过90%的版图,被认为是地球上最多元化的生态系统。然而远洋生态系统除了提供渔业捕捞资源、营养物质循环等,并没有展现出其他显著直接影响人类福利的联系^[56]。Galparsoro(2014)等使用生态模型对欧洲北大西洋62个远洋生态系统样本海域的服务价值进行了评估,发现远洋生态系统主要提供了食品供给和基于生境提供的生物多样性维持服务,且远洋生态系统服务价值与其离岸距离呈反向关系^[57]。通常对远洋生态系统服务价值评估的实践研究都涉及划定海洋保护区域以确保长期的供给服务。Aanesen(2015)等考虑到人们对深海冷水珊瑚礁生态系统的科学认识有限,使用选择实验法评估了受访人群对冷水珊瑚礁保护项目的支付意愿,评估发现冷水珊瑚礁生态系统提供的最主要的服务是为海洋生物提供生境,以维持渔业资源的可持续供给^[58]。Ojea(2010)等使用条件价值法考察了远洋生态系统中的鳕鱼和挪威龙虾物种的渔业价值,运用条件价值法评估了受访者对不同程度渔业存量保护的支付意愿,发现对渔业生产的规制虽然减少了社会的短期经济效益,但从长远看物种量和物质质量的恢复提升了社会的长期经济效益,研究得出受访者对欧盟远洋生态恢复项目支付意愿的家庭均值为17.73欧元^[59]。综上所述,关于远洋生态系统服务价值的研究之于远洋生态保护区的设置、休渔期等政策制定有重要的辅助参考作用。

3.4 海洋生态系统服务价值评估的实践应用

海洋资源的公共性、海洋环境污染的负外部性、海洋生态保护的负外部性等特征,均决定着海洋生态环境具有比陆地上更加严峻的市场失灵风险^[60]。海洋生态系统服务价值的评估广泛应用于海洋生态保护区设置、生态侵蚀防护、生物多样性保护策略、海洋遗产保护计划、渔业管理、海洋生态损害赔偿^[61]、海洋能源发展项目等政策制定与项目实施。这些海洋生态系统服务价值评估结果的实践应用大致可以分为两类:

第一类应用是海洋保护与开发的决策选择应用,海洋生态系统服务价值评估的结果可以给地方政府选择继续损害性开采海洋资源还是对海洋采取保护性措施提供理论依据。如果生态系统服务价值大于开发后的经济价值就应该选择保护。在许多低收入国家,海洋资源为当地居民提供了基本的生命保障服务,海洋生态系统服务价值的评估结果显示了源于海洋生态系统收入的社会分配变化^[62],可以服务于海洋生态系统的可持续性管理,规避盲目开发从而有助于减少贫困。Albert(2015)等通过问卷对海洋生态系统供给服务价值的评估,发现渔业生产和原材料产品供给带来的经济价值维持了索罗门群岛区域大约1亿人口的生计^[63],这也表明海洋生态系统的科学利用可以有效改善社会福利水平。而能吸引大量游客的海洋生态旅游地往往也能

通过其良好的文化服务创造大量的生态经济价值。海洋生态系统文化服务价值的评估能帮助确保长期生态环境和社会文化的可持续性并提升生态资源管理水平,最终改善人类生活质量^[64]。通过对海滨生态系统服务价值的评估发现许多围填海工程带来的生态系统服务损失价值远远高于围填海工程本身的项目收益^[32],因此在进行围填海等工程开发时应充分考虑收益是否大于生态经济成本与工程经济成本。Barbier(2015)通过评估在泰国红树林生态系统开展养殖业带来的经济价值以及红树林生态系统因此损失的服务价值,发现发展养殖业带来的经济价值远少于损坏红树林生态系统服务功能产生的经济损失^[65],这再次说明人类对生态系统的开发与利用一定要慎之又慎。因此,生态系统服务价值的评估可以促进管理决策向一个基于生态系统优化的模式转变,提供既考虑经济合理性又兼顾生态系统稳定的管理决策行为框架。

第二类应用是海洋生态补偿与环境损害赔偿定价决策应用。海洋开发活动导致海洋生态系统服务功能产生变化,以其影响范围找出利益相关者,通过生态系统服务价值的增损分析确定海洋生态损害补偿主体^[66]。补偿主体与客体的界定为生态补偿政策制度提供了理论依据,有助于制定对生态系统服务的损害补偿机制,从而实现海洋资源的可持续利用并推动社会获取更大的生态资源管理效益^[67]。Atkins(2007)等运用条件价值法评估了丹麦居民对改善兰讷斯峡湾水质项目的意愿支付值,结果表明受访者对减轻水体富营养化污染具有强烈的支付意愿^[68]。Navrud(2016)等运用条件价值法评估了挪威沿海居民对规避溢油事故造成不同程度生态系统服务损失的支付意愿,研究发现溢油事故周边居民对溢油造成不同程度生态系统服务损失的支付意愿显著高于全国平均水平,依据海洋溢油事故生态服务损失的评估结果实施环境政策可以更好地增加公共福利^[69]。张继伟(2015)等运用生境等价法对中国某海域溢油事故导致的生态系统服务损害进行评估与分析。在确定相关参数取值的前提下,评估折算出了对应所需补偿的替代生境面积。研究表明通过实施长期小面积的生境替代工程可以补偿溢油事故导致的生态系统服务损失^[70]。可见,海洋生态系统服务价值的评估在规避溢油事件影响、评估溢油事件导致的生态损害值及生态环境修复补偿值等方面也得到了应用。Binet(2013)等使用生态模型评估了阿尔甘湾国家公园生态系统服务价值,以此为欧盟与毛里塔尼亚之间第一例基于生态系统服务价值的渔业补偿进行了定价^[71]。由此可见,海洋生态系统服务的经济价值评估不仅能够证实面向关联方税费征收以实现海洋生态补偿与环境损害赔偿的现实性,还能够辅助定价适当的费率或税率。

4 海洋生态系统服务价值评估研究展望

4.1 海洋生态系统服务的内涵及价值构成的认知尚需更深入地解析

从对海洋生态系统服务的内涵认知上来看,海洋生态系统结构的复杂性造就了生态系统服务的多样性,海洋生态系统中的一些生物及非生物环境在全球物质循环、能量流动以及生境稳定等方面提供了众多尚待识别的重要服务功能。而且由于海洋生态系统服务在空间上分布的不平衡性和理性选择的异质性存在,现有文献对海洋生态系统服务分类的认知只是单纯地将生态系统服务分类为联系性较弱的类别,不但主观上对各项生态系统服务间的紧密联系进行了割裂,通常还会引起价值量上的重复计算。未来研究需要进一步结合社会经济条件与海洋地理因素差异,对海洋生态系统的功能结构、生态过程、价值构成、生态系统服务的现实运行机制和动态演变规律、人类行为对生态系统服务的实际反馈机制等方面进行更深入的探究。

4.2 海洋生态系统服务价值的评估方法将更具动态性、科学性和预测性

从海洋生态系统服务价值的评估方法上来看,由于海洋生态系统服务是动态发展变化的,现有评估方法未能很好地体现海洋生态系统动态变化的敏感性,未来的研究需要更加注重海洋生态系统的长期监测和模拟实验,更多地探讨海洋生态系统服务的时空演变规律,以建立周期性区域动态模型,形成综合尺度、动态尺度的评估体系。依托生态系统服务价值评估,编制环境治理风险分布图,实现环境风险预警预测。海洋生态系统服务价值的评估方法需要交叉融合更多生态学、经济学、管理学、地理学、社会学等学科门类的知识,从而增加评估值的结果客观性与依据科学性。同时也要加强不同评估方法的结果对比和交叉验证研究,通过评估结

果的稳健一致性比较,筛选出区域适用度较高的评估方法。海洋生态系统服务价值的评估方法也将会更多地涉及存在价值、遗产价值等非使用价值的评估。同时,在许多海域地理情势复杂、数据可得性较弱的地方,采用价值转移分析法也能极大地推进海洋生态系统服务价值预测领域的发展。

4.3 海洋生态系统服务价值的评估指标将不断体系化、数据将不断完整化

从海洋生态系统服务价值的评估指标上来看,现有文献中许多海洋生态系统服务的价值评估往往仅选用单一的代理变量进行参考,而且数据信息也不够科学完整,未来海洋生态系统服务价值评估指标的选择需要更多地以人类的需求为导向,且评估指标的构建会组成剔除奇异值后的多代理变量集,以避免单一代理变量自身波动带来的负面影响。进一步结合地理信息系统和遥感技术,通过对生态系统服务长期定位识别和量化数据记录,为海洋生态系统(特别是远洋生态系统等信息匮乏区域)服务价值评估提供稳定的生态学数据资料,使价值评估指标体系化、评估指标数据完整化。

4.4 海洋生态系统服务价值的评估结果将在海洋生态经济决策中被广泛应用

从海洋生态系统服务价值的评估结果应用上来看,海洋生态系统服务价值的评估结果纳入了许多国家的海洋政策框架指令^[72]。但现阶段海洋生态系统服务价值的评估结果在中国海洋环境政策的决策与施行方面仅得到了有限的应用,实际上海洋生态系统服务价值的评估可以在海岸带空间管理实践、渔业资源管理实践、涉海工程建设决策、海洋环境损害赔偿等决策领域建立起科学研究服务于资源管理的桥梁,改变以往生态环境和经济发展两者选其一的状态,统筹生态环境建设与经济发展建设的福利分配,以不同的生态经济学视角为海洋生态资源规划管理提供有效的决策辅助。

参考文献 (References):

- [1] 王玉涛,郭卫华,刘建,王淑军,王琦,王仁卿. 昆崙山自然保护区生态系统服务功能价值评估. 生态学报, 2009, 29(1): 523-531.
- [2] 赵同谦,欧阳志云,王效科,苗鸿,魏彦昌. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价. 自然资源学报, 2003, 18(4): 443-452.
- [3] 徐雨晴,周波涛,於琨,石英,徐影. 气候变化背景下中国未来森林生态系统服务价值的时空特征. 生态学报, 2018, 38(6): 1952-1963.
- [4] 谢高地,肖玉. 农田生态系统服务及其价值的研究进展. 中国生态农业学报, 2013, 21(6): 645-651.
- [5] 贾军梅,罗维,杜婷婷,李中和,吕永龙. 近十年太湖生态系统服务功能价值变化评估. 生态学报, 2015, 35(7): 2255-2264.
- [6] 赵同谦,欧阳志云,郑华,王效科,苗鸿. 草地生态系统服务功能分析及其评价指标体系. 生态学杂志, 2004, 23(6): 155-160.
- [7] Lique C, Piroddi C, Drakou E G, Gurney L, Katsanevakis S, Charef A, Egoh B. Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review. PLoS One, 2013, 8(7): e67737.
- [8] De Groot R S. Functions of Nature: Evaluation of nature in environmental planning, management and decision making. Groningen: Wolters-Noordhoff, 1992:17-130.
- [9] Daily G C. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington DC: Island Press, 1997: 3-4.
- [10] Costanza R, D'Arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill 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(6630): 253-260.
- [11] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: A framework for assessment. Washington DC: Island Press, 2003: 50-59.
- [12] 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.
- [13] Barbier E B. Marine ecosystem services. Current Biology, 2017, 27(11): R507-R510.
- [14] Grant S M, Hill S L, Trathan P N, Murphy E J. Ecosystem services of the Southern Ocean: trade-offs in decision-making. Antarctic Science, 2013, 25(5): 603-617.
- [15] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental Accounting Units. Ecological Economics, 2007, 63(2/3): 616-626.
- [16] Beaumont N J, Austen M C, Atkins J P, Burdon D, Degraer S, Dantinho T P, Deros S, Holm P, Horton T, Van Ierland E, Marboe A H, Starkey D J, Townsend M, Zarzycki T. Identification, definition and quantification of goods and services provided by marine biodiversity: implications for the ecosystem approach. Marine Pollution Bulletin, 2007, 54(3): 253-265.
- [17] Pert P, Costanza R, Bohnet I, Butler J, Kubiszewski I, Sutton P, Mulder K, Bohensky E. The ecosystem service value of coastal wetlands for cyclone protection in Australia. Australia: Institute for Sustainable Solutions Publications and Presentations, 2012: 26.

- [18] 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.
- [19] Zheng W, Shi H H, Chen S, Zhu M Y. Benefit and cost analysis of mariculture based on ecosystem services. *Ecological Economics*, 2009, 68(6): 1626-1632.
- [20] Costanza R. Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*, 2008, 141(2): 350-352.
- [21] Young R H, Potschin M. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being//Raffaelli D G, Frid C L J, eds. *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010: 1-31.
- [22] 李文华. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用. 北京: 中国人民大学出版社, 2008: 38-43.
- [23] Pearce D W. *Capturing global environmental value*. London: Earthscan Publications Ltd., 1995: 103-108.
- [24] Ledoux L, Turner R K. Valuing ocean and coastal resources: a review of practical examples and issues for further action. *Ocean & Coastal Management*, 2002, 45(9/10): 583-616.
- [25] Chee Y E. An ecological perspective on the valuation of ecosystem services. *Biological Conservation*, 2004, 120(4): 549-565.
- [26] Farber S, Costanza R, Childers D L, Erickson J, Gross K, Grove M, Hopkinson C S, Kahn J, Pincetl S, Troy A, Warren P, Wilson M. Linking ecology and economics for ecosystem management. *BioScience*, 2006, 56(2): 121-133.
- [27] 李秀山, 李俊生, 孟伟, 舒俭民. 探索生态系统服务价值开启生物多样性保护新路. 环境保护, 2012, (17): 12-15.
- [28] 刘尧, 张玉钧, 贾倩. 生态系统服务价值评估方法研究. 环境保护, 2017, 45(6): 64-68.
- [29] 张翼飞. CVM 评估生态服务价值的经济有效性和可靠性理论述评. 生态经济, 2007, (6): 34-37, 56-56.
- [30] 张振明, 刘俊国. 生态系统服务价值研究进展. 环境科学学报, 2011, 31(9): 1835-1842.
- [31] Ruffo S, Kareiva P M. Using science to assign value to nature. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, 7(1): 3.
- [32] Wang X, Chen W Q, Zhang L P, Jin D, Lu C Y. Estimating the ecosystem service losses from proposed land reclamation projects: a case study in Xiamen. *Ecological Economics*, 2010, 69(12): 2549-2556.
- [33] Grossmann M. Impacts of boating trip limitations on the recreational value of the Spreewald wetland: a pooled revealed/contingent behaviour application of the travel cost method. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2011, 54(2): 211-226.
- [34] 侯红艳, 戴尔阜, 张明庆. InVEST 模型应用研究进展. 首都师范大学学报: 自然科学版, 2018, 39(4): 62-67.
- [35] 李京梅, 陈琦, 姚海燕. 基于选择实验法的胶州湾湿地围垦生态效益损失评估. 资源科学, 2015, 37(1): 68-75.
- [36] 张琨, 吕一河, 傅伯杰. 生态恢复中生态系统服务的演变: 趋势、过程与评估. 生态学报, 2016, 36(20): 6337-6344.
- [37] 李文杰, 张时煌, 王辉民. 基于 GIS 和遥感技术的生态系统服务价值评估研究进展. 应用生态学报, 2011, 22(12): 3358-3364.
- [38] 陈能汪, 张潇尹, 卢晓梅. 基于 GIS 的生态系统服务直接利用价值评估方法. 中国环境科学, 2008, 28(7): 661-666.
- [39] 傅伯杰, 于丹丹, 吕楠. 中国生物多样性与生态系统服务评估指标体系. 生态学报, 2017, 37(2): 341-348.
- [40] 张立伟, 傅伯杰. 生态系统服务制图研究进展. 生态学报, 2014, 34(2): 316-325.
- [41] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 陈文辉, 李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [42] Zhang F, Wang X H, Nunes P A L D, Ma C B. The recreational value of gold coast beaches, Australia: an application of the travel cost method. *Ecosystem Services*, 2015, 11: 106-114.
- [43] Castaño-Isaza J, Newball R, Roach B, Lau W W Y. Valuing beaches to develop payment for ecosystem services schemes in Colombia's Seaflower marine protected area. *Ecosystem Services*, 2015, 11: 22-31.
- [44] Beaumont N J, Jones L, Garbutt A, Hansom J D, Toberman M. The value of carbon sequestration and storage in coastal habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2014, 137: 32-40.
- [45] Sathirathai S, Barbier E B. Valuing mangrove conservation in Southern Thailand. *Contemporary Economic Policy*, 2001, 19(2): 109-122.
- [46] Rönnback P, Crona B, Ingwall L. The return of ecosystem goods and services in replanted mangrove forests: perspectives from local communities in Kenya. *Environmental Conservation*, 2007, 34(4): 313-324.
- [47] Badola R, Hussain S A. Valuing ecosystem functions: an empirical study on the storm protection function of Bhitarkanika mangrove ecosystem, India. *Environmental Conservation*, 2005, 32(1): 85-92.
- [48] Petrolia D R, Interis M G, Hwang J. America's wetland? A national survey of willingness to pay for restoration of Louisiana's Coastal Wetlands. *Marine Resource Economics*, 2014, 29(1): 17-37.
- [49] Stone K, Bhat M, Bhatta R, Mathews A. Factors influencing community participation in mangroves restoration: a contingent valuation analysis. *Ocean & Coastal Management*, 2008, 51(6): 476-484.
- [50] Brander L M, Wagtenonk A J, Hussain S S, McVittie A, Verburg P H, De Groot R S, Van Der Ploeg S. Ecosystem service values for mangroves in southeast Asia: a meta-analysis and value transfer application. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 62-69.

- [51] Camacho-Valdez V, Ruiz-Luna A R, Ghermandi A, Nunes P A L D. Valuation of ecosystem services provided by coastal wetlands in northwest Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 2013, 78: 1-11.
- [52] Marre J B, Brander L, Thebaud O, Boncoeur J, Pascoe S, Coglán L, Pascal N. Non-market use and non-use values for preserving ecosystem services over time; a choice experiment application to coral reef ecosystems in New Caledonia. *Ocean & Coastal Management*, 2015, 105: 1-14.
- [53] Chen J L, Chuang C T, Jan R Q, Liu L C, Jan M S. Recreational benefits of ecosystem services on and around artificial reefs: a case study in Penghu, Taiwan. *Ocean & Coastal Management*, 2013, 85: 58-64.
- [54] Pascal N, Allenbach M, Brathwaite A, Burke L, Le Port G, Clua E. Economic valuation of coral reef ecosystem service of coastal protection: a pragmatic approach. *Ecosystem Services*, 2016, 21: 72-80.
- [55] Gill D A, Schuhmann P W, Oxenford H A. Recreational diver preferences for reef fish attributes; economic implications of future change. *Ecological Economics*, 2015, 111: 48-57.
- [56] Jobstovgt N, Hanley N, Hynes S, Kenter J, Witte U. Twenty thousand sterling under the sea: estimating the value of protecting deep-sea biodiversity. *Ecological Economics*, 2014, 97: 10-19.
- [57] Galparsoro I, Borja A, Uyarra M C. Mapping ecosystem services provided by benthic habitats in the European North Atlantic Ocean. *Frontiers in Marine Science*, 2014, 1: 23.
- [58] Aanesen M, Armstrong C, Czajkowski M, Falk-Petersen J, Hanley N, Navrud S. Willingness to pay for unfamiliar public goods: preserving cold-water coral in Norway. *Ecological Economics*, 2015, 112: 53-67.
- [59] Ojea E, Loureiro M L. Valuing the recovery of overexploited fish stocks in the context of existence and option values. *Marine Policy*, 2010, 34(3): 514-521.
- [60] 沈满洪. 海洋环境保护的公共治理创新. *中国地质大学学报: 社会科学版*, 2018, 18(2): 84-91.
- [61] 于冰, 胡求光. 海洋生态损害补偿研究综述. *生态学报*, 2018, 38(19).
- [62] Lange G M, Jiddawi N. Economic value of marine ecosystem services in Zanzibar; implications for marine conservation and sustainable development. *Ocean & Coastal Management*, 2009, 52(10): 521-532.
- [63] Albert J A, Olds A D, Albert S, Cruz-Trinidad A, Schwarz A M. Reaping the reef: provisioning services from coral reefs in Solomon Islands. *Marine Policy*, 2015, 62: 244-251.
- [64] Oleson K L L, Barnes M, Brander L M, Oliver T A, Van Beek I, Zafindrasilivonona B, Van Beukering P. Cultural bequest values for ecosystem service flows among indigenous fishers: a discrete choice experiment validated with mixed methods. *Ecological Economics*, 2015, 114: 104-116.
- [65] Barbier E B. Valuing ecosystem services as productive inputs. *Economic Policy*, 2007, 22(49): 177-229.
- [66] 沈满洪. 生态经济学. 北京: 中国环境科学出版社, 2008: 323-323.
- [67] Barr R F, Mourato S. Investigating the potential for marine resource protection through environmental service markets: an exploratory study from La Paz, Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 2009, 52(11): 568-577.
- [68] Atkins J P, Burdon D, Allen J H. An application of contingent valuation and decision tree analysis to water quality improvements. *Marine Pollution Bulletin*, 2007, 55(10/12): 591-602.
- [69] Navrud S, Lindhjem H, Magnussen K. Valuing marine ecosystem services loss from oil spills for use in cost-benefit analysis of preventive measures//Nunes A L D, Kumar P, Svensson L E, Markandya A, eds. *Handbook on the Economics and Management for Sustainable Oceans*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2017: 1-18.
- [70] 张继伟, 袁征, 王金坑. 基于生境等价分析法的溢油生态损害评估. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(S1): 162-166.
- [71] Binet T, Failler P, Chavance P N, Mayif M A. First international payment for marine ecosystem services: the case of the Banc d'Arguin National Park, Mauritania. *Global Environmental Change*, 2013, 23(6): 1434-1443.
- [72] Lillebø A I, Pita C, Rodrigues J G, Ramos S, Villasante S. How can marine ecosystem services support the Blue Growth agenda? *Marine Policy*, 2017, 81: 132-142.