

DOI: 10.5846/stxb201803290652

李宇亮, 刘恒, 陈克亮. 海洋自然保护区生态保护补偿机制研究. 生态学报, 2019, 39(22): - .

Li Y L, Liu H, Chen K L. Use of the ecological protection compensation mechanism in marine nature reserves. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(22): - .

海洋自然保护区生态保护补偿机制研究

李宇亮, 刘 恒, 陈克亮*

自然资源部第三海洋研究所, 厦门 361005

摘要: 本文在提炼生态保护补偿概念内涵的基础上, 综合考虑政策目标、海洋环境自然属性、自然保护区区域特殊性以及我国制度环境, 明确了海洋自然保护区生态保护补偿的思路; 根据相关法律法规, 结合生态系统服务分析, 对海洋自然保护区生态保护补偿机制的主体、客体和补偿标准进行了讨论。研究表明, 海洋自然保护区生态保护补偿应该以持续的生态效益供给为目标, 以正外部性内部化为基本原理; 海洋自然保护区生态保护补偿的主体是国家, 由相关政府部门代表国家履行补偿责任; 补偿客体为保护区周边居民和保护区管理机构, 对周边居民的补偿标准以其为保护区牺牲的生态效益价值来确定, 对管理机构的补偿标准以其使保护区增加的生态效益价值来确定。在初步构建补偿机制框架后, 进一步探讨了保护区运营资金支持和补偿标准公信力等问题, 为后续的研究实践提供参考与借鉴。

关键词: 生态保护补偿; 海洋自然保护区; 生态系统服务

Use of the ecological protection compensation mechanism in marine nature reserves

LI Yuliang, LIU Heng, CHEN Keliang*

Third Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Xiamen 361005, China

Abstract: On the basis of summarizing the connotation of Ecological Protection Compensation (EPC) and taking into consideration the policy objective, the nature of marine environments, the particular characteristics of nature reserves, as well as China's institutional context, the guideline of Ecological Protection Compensation Mechanism in Marine Nature Reserves (EPCM-MNRs) was developed. In accordance with the relevant laws and the ecosystem services analyses on typical Marine Nature Reserves (MNRs), the subjects, objects, and compensation standards of EPCM-MNRs were discussed. The results show that, EPCM-MNRs should aim to continue the sustainable supply of ecological benefits with the fundamental principle that internalization of positive externalities. The subject of EPCM-MNRs is the central government, some government departments should be as agents of the central government to fulfil the obligations of ecological protection compensation. The objects of EPCM-MNRs are the residents living in or around MNRs, and the administrator of MNRs. Compensation standards for the residents depend on the value of the ecological benefit they forfeited for the MNRs. Compensation standards for the administrator of MNRs depend on the value of increased ecological benefit, which is provided by MNR ecosystems under their management. Finally, based on the framework of the EPCM-MNRs, funding support for the operation of MNRs, and the credibility of compensation standards were discussed, providing a foundation for further research and practice.

Key Words: Ecological Protection Compensation; Marine Nature Reserves; ecosystem services

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(16ZDA049); 国家海洋局基本科研业务费专项资金项目(HE160901-16(1))

收稿日期: 2018-03-29; **网络出版日期:** 2019-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: klchen@tio.org.cn

海洋自然保护区是以海洋自然环境和资源保护为目的,依法把包括保护对象在内的一定面积的海岸、河口、岛屿、湿地或海域划分出来,进行特殊保护和管理的区域^[1]。改革开放以来,我国沿海地区社会经济快速发展,海岸线和近岸海域开发强度不断加大,在此背景下,海洋自然保护区的设立往往会对当地的生活生产带来一定的制约,使得生态环境保护与社会经济发展之间的矛盾逐渐浮现。如何协调海洋环境保护与社会经济发展之间的矛盾,是建设和运营海洋自然保护区无法避免的问题。

与传统的强制性和惩罚性措施不同,生态补偿作为一类运用经济手段引导利益相关者行为的制度安排,近年来被政府和学界普遍认为是解决生态环境保护和社会经济发展之间矛盾,防止生态系统退化的有效方案。广义的生态补偿概念中,有一类专门针对生态环境保护者的补偿,这类补偿在国内通常被称为“生态保护补偿”^[2],国外与之相类似的概念为“生态系统服务付费(Payment for Ecosystem Services)”,生态保护补偿的基本原理是内化环境保护行为的正外部性,从而鼓励环境保护^[3-6]。保护区生态资源是典型的公共品,其产生的生态效益具有溢出效应,表现为明显的正外部性,因此,许多国家在各类保护区的建设和运营中运用了生态保护补偿机制^[7-8]。

20 世纪 90 年代以来,一系列关于生态保护补偿的研究与实践在我国陆续开展,范围涉及森林资源保护^[9-10]、草地资源保护^[11]、流域水源保护^[12-13]以及关键生态区保护^[14-15]等。同时,国内研究人员也基于生态保护补偿的视角对自然保护区生态补偿机制进行了有益探索。刘桂环等探讨了运用生态补偿机制来解决自然保护区发展困境的可行性^[16];包玉华讨论了自然保护区生态补偿的法律保障机制^[17];戴其文^[18]、陈传明^[19]分别以广西猫儿山、福建武夷山自然保护区为例,通过利益相关者意愿调查,研究了自然保护区生态补偿机制的构建方法;李果等对自然保护区增益性补偿的客体进行了讨论^[20]。在自然保护区生态保护补偿机制中,补偿标准是核心问题,其直接决定了整个机制的科学性和可行性,目前,国内确定自然保护区生态保护补偿标准的方法主要有生态系统服务价值评估^[21]、机会成本评估^[22]、发展权价值评估^[23]、生态足迹评估^[24]、条件价值法^[25]以及多种方法的综合运用^[26-27],此外,还有学者提出以奖励金的形式作为补偿标准来保证自然保护区的运营效率^[28]。总的来看,由于制度环境等原因,中国的生态保护补偿机制无论是框架还是要素与西方国家相比都有较大差异,已实施项目的补偿标准普遍较低,主要资金来源为各级政府主导的纵向财政转移支付,并且几乎所有的实践项目都是基于陆域范围开展的^[29-30]。

海洋生态补偿研究实践在我国起步相对较晚,虽然已有一些由政府部门主导的生态保护补偿工作,例如,征收渔业资源增殖保护费用于保护渔业资源、利用专项资金支持海洋渔业减船转产等,但目前大多数的海洋生态补偿研究都是与海洋生态资源开发利用相关的^[31-33]。此外,一些地方政府的制度实践也主要以抑制海洋生态环境损害为目的,如山东省颁布了《山东省海洋生态损害赔偿费和损失补偿费管理暂行办法》,江苏省颁布了《江苏省国有渔业水域占用补偿暂行办法》。近年来,国内已有学者开始研究海洋自然保护区生态补偿机制,于志鹏等估算了厦门海洋珍稀物种国家级自然保护区的生态补偿标准^[34],这个补偿标准是根据海洋生态损害评估模型估算的,其原理是负外部性内部化;郑冬梅讨论了海洋自然保护区生态补偿的主体和客体,但没有提出经济补偿标准的具体定量方法^[35]。从已有研究成果来看,关于海洋自然保护区生态保护补偿机制的制度依据、制度要素和操作规程等方面还有待进一步研究和探讨。

本文在梳理生态保护补偿相关理论的基础上,明确了海洋自然保护区生态保护补偿机制的设计思路;结合相关法律法规识别了海洋自然保护区生态保护补偿的主体、客体;紧扣生态系统价值理论,根据生态系统服务供给消费空间关系,重点讨论了对不同客体的补偿标准及其定量方法。以上一系列工作旨在探索性地建立海洋自然保护区生态保护补偿机制框架,明确其制度要素,为今后的理论研究和项目实践提供参考依据。

1 海洋自然保护区生态保护补偿的相关理论

1.1 生态保护补偿的内涵

从已有的研究与实践来看,“生态保护补偿”既可作为生态经济学领域的理论概念,也可被认为是制度实

践方面规范性的政策手段,因此,本文通过学术论文和政府文件相结合的方式提炼生态保护补偿的内涵。

“生态保护补偿”源于“生态补偿”。“生态补偿”在中国是一个宽泛、复杂的概念^[29-30],总的来说,它可以被认为是自然环境的自我修复能力、生态修复工程或是环境保护政策^[36]。单从环境保护政策的角度看,政府和学界对生态补偿较有代表性的定义可以归纳为:“一种以保护生态服务功能、促进人与自然和谐相处为目的,根据生态系统服务价值、生态保护成本、发展机会成本,以经济手段为主调节相关者利益关系的制度安排。”^[37-39]此类定义阐述了生态补偿的目的、依据和政策性质,从中可以明确,生态补偿是以环境保护为目的的经济规则,但对于生态补偿制度的主体、客体、补偿标准等要素没有描述性的界定。

2008年2月修订的《中华人民共和国水污染防治法》和2014年4月修订的《中华人民共和国环境保护法》相关条款中都出现了“生态保护补偿制度”这一概念,但没有给出定义解释。2013年4月,《国务院关于生态补偿机制建设工作情况的报告》指出:“生态补偿是对生态保护者给予合理补偿,是明确界定生态保护者与受益者权利义务、使生态保护经济外部性内部化的公共制度安排”^[40],与多数广义的生态补偿定义不同的是,该定义明确将生态环境保护者作为补偿客体,并认为生态补偿的目标是对生态保护行为产生的经济外部性进行内部化,因此,虽然该定义是对广义生态补偿概念的描述,但从具体内容来看,其更偏向于勾勒生态保护补偿的制度框架。

2016年3月,国务院办公厅印发了首个标题中包含“生态保护补偿”名词的中央层面文件——《关于健全生态保护补偿机制的意见》^[41],其中规定了“谁受益、谁补偿”的制度基本原则。同年12月,《关于加快建立流域上下游横向生态保护补偿机制的指导意见》^[42]明确了“使得保护自然资源、提供良好生态产品的地区得到合理补偿”的指导思想。以上两个文件都将生态保护补偿机制明确限定为“生态受益者”对“生态保护者”的补偿。此后,越来越多的条例法规和学术研究开始使用“生态保护补偿”这一名词,生态保护补偿也逐渐被认为是独立的学术概念或政策手段,同时,其正外部性内部化的制度原理也被广泛认可。

综上所述,虽然目前国内对生态保护补偿机制的概念还没有统一定义,但已有的生态保护补偿理论研究和实践规范都体现了共同的目标和原理。本研究认为,生态保护补偿的内涵至少包括3个方面:(1)生态保护补偿的目标是保证持续不断的生态效益供给,即不断地在生态环境质量基线以上额外地提供生态效益;(2)生态保护补偿的基本原理是正外部性内部化;(3)生态保护补偿机制应该紧扣生态价值理论、公共品理论、外部性理论进行设计,避免与行政收费、扶贫政策以及拆迁补偿等混淆。

1.2 海洋自然保护区生态保护补偿的思路

基于生态保护补偿的概念内涵,进一步结合我国海洋自然保护区的自然、社会属性来梳理海洋自然保护区生态保护补偿的思路,从而为机制设计提供系统、清晰的理论基础。

从政策目标来考虑。海洋自然保护区生态保护补偿的最优目标是在生态环境质量基线以上实现额外生态效益的持续供给。这个目标要分两个阶段实现,首先,海洋自然保护区的设立会牺牲一部分群体的利益,要对这些群体付出的代价进行补偿;其次是自然保护区的运营,此阶段对生态环境保护者的补偿要带有一定的激励性,这样才能保证额外的生态效益供给。因此,要实现海洋自然保护区生态保护补偿的政策目标,必定不能采取“一刀切”的补偿标准。

从海洋环境的自然属性来考虑。海洋环境具有整体性、流动性和立体性,所以海洋生态系统是一种复杂性高、关联性强的公共品,海洋自然保护区也不像陆地自然保护区可以通过物理隔离形成相对独立的生境,其区域范围内的行为责任和利益相关者也相对难界定。因此,海洋自然保护区生态保护补偿机制不能简单地套用陆地的模式,必须充分考虑补偿区域的自然环境特征和海陆相互作用。

从自然保护区的区域特殊性来考虑。自然保护区是生态效益高产区,并且其产生的生态效益表现出明显的外溢效应和代际效应。一方面,自然保护区产生的生态效益大多是与保护区外的群体共享的;另一方面,当代人设立的保护区必然能造福子孙后代。由此,仅仅靠市场机制来完成自然保护区正外部性的内部化是很难实现的。

从我国制度环境来考虑。中国的自然资源产权具有明显的公有和集体所有特征,多数自然资源的产权主体是国家或集体^[30]。此外,中国和大多数发展中国家一样,人均经济水平不高,这种情况下,公众对于生态环境的支付意愿和支付能力都可能比较低^[43]。

2 海洋自然保护区生态保护补偿机制设计

2.1 补偿主体

从两个方面来讨论海洋自然保护区生态保护补偿机制的补偿主体。

一方面,国家是海洋生态资源的产权主体。《中华人民共和国宪法》第九条规定:“矿藏、水流、森林、山岭、草原、荒地、滩涂等自然资源,都属于国家所有,即全民所有;由法律规定属于集体所有的森林和山岭、草原、荒地、滩涂除外。”《中华人民共和国海域使用管理法》也有明确规定:“我国海域属于国家所有,国务院代表国家行使海域所有权。”法律规定国家是海洋生态资源的产权主体,自然保护区的建设运营提高了海洋生态资源的质量,国家作为其产权主体,是直接受益者。

另一方面,国家是公众代理人。海洋自然保护区生态系统是一个开放的系统,其生态效益的供给与消费具有明显的溢出效应,相应的受益群体也因此具有不确定性(可能是一个县、市、省甚至全国的公民),可以将这些不特定多数人享有的利益界定为公共利益,由国家作为公众代表来为这些公众利益付费^[44]。

从以上两个方面来看,依照“受益者付费”原则,国家应该作为海洋自然保护区生态保护补偿的主体。然而,国家是一个抽象的概念,需要由政府来履行国家管理职能,因此,在海洋自然保护区生态保护补偿机制中,应由相关政府部门代表国家履行补偿责任。

2.2 补偿客体

生态保护补偿的补偿对象是除履行法定的环境保护义务外,额外为生态环境管理和维护付出成本的个人或机构。海洋自然保护区的设立会制约周边居民的生活生产,这相当于周边居民要为海洋生态环境保护付出一定代价;另一方面,管理机构负责保护区的日常运营维护,是保护区额外生态效益最主要的创造者。

按照“保护者受偿”的原则,这些为保护区做出牺牲或贡献的周边居民和管理机构应该作为海洋自然保护区生态保护补偿的客体。

2.3 补偿标准

通过保护区生态系统服务种类及供给消费空间关系来确定海洋自然保护区生态保护补偿标准。生态系统服务是人类从生态系统中获得的所有效益(Benefit),包括各种物质资源和满足人类精神、情感和文化需求的各种服务^[45]。在自然和人为因素的驱动下,生态系统服务从供给区域向受益区域发生时空转移^[46],生态系统服务供给与消费时空特点分析从时间和空间两个维度描述生态系统为人类提供的福利,因此被认为是制定环境经济政策的重要依据^[47-49]。本文选择生态系统服务供给消费空间关系分析作为确定海洋自然保护区生态保护补偿标准的依据,主要出于两方面的考虑:(1)保护区的正外部性正是由于生态系统服务的空间流动而形成的^[6],只有全面了解海洋自然保护区生态系统服务的供给方向和范围才能客观定量保护者做出的贡献和受益者获得的效益。(2)海洋自然保护区大部分非市场价值目前被社会忽视,生态系统服务理论能全面揭示其生态效益的货币化价值。

因此,为进一步详细讨论海洋自然保护区生态保护补偿标准,首先需明确典型海洋自然保护区生态系统类型,然后通过文献调研识别各类典型海洋自然保护区生态系统所具备的生态系统服务以及各项服务供给与消费空间关系,最后筛选与补偿标准计算相关的生态系统服务指标并明确其货币化价值变化量的计算方法。

2.3.1 典型海洋自然保护区生态系统

《海洋自然保护区类型与级别划分标准》将海洋和海岸带生态系统分为 10 类,分别是河口生态系统、潮间带生态系统、盐沼(咸水、半咸水)生态系统、红树林生态系统、海湾生态系统、海草床生态系统、珊瑚礁生态系统、上升流生态系统、大陆架生态系统、岛屿生态系统^[1]。充分考虑以上 10 类生态系统的定义从属关系

(如盐沼生态系统、红树林生态系统都可被认为是潮间带生态系统)和空间共存性(如河口生态系统与红树林生态系统可能共存),从中选取了河口生态系统、盐沼生态系统、红树林生态系统、海湾生态系统、海草床生态系统、上升流生态系统、珊瑚礁生态系统以及岛屿生态系统作为典型海洋自然保护区生态系统。本文识别这些典型海洋自然保护区生态系统服务的前提是生态系统相互之间没有空间共存现象,如盐沼和河口生态系统没有红树林存在,海湾生态系统没有珊瑚礁存在。

2.3.2 典型海洋自然保护区生态系统服务

根据海洋生态系统相关研究文献,参照《千年生态系统评估报告》对各项生态系统服务的描述和分类^[45],识别各类典型海洋自然保护区生态系统所具备的生态系统服务,并将它们分为4大类:供给服务、调节服务、文化服务和支持服务(表1),这些服务的形成都有生物的参与,并且能为人类社会带来效益。

2.3.3 典型海洋自然保护区生态系统服务供给与消费的空间特点

Fisher 等分析了生态系统服务供给区域与消费区域几种可能的空间关系^[50]:(1)生态系统服务的供给与消费发生在同一个区域,例如物质供给服务;(2)某一生态系统提供的生态系统服务全面地为其外围区域带来福利,如固碳服务;(3)高海拔区域提供生态系统服务给低海拔区域,如水源调节服务;(4)生态系统服务由河海沿岸生态系统提供,其定向地为岸线区域提供洪水防御、风暴防御等福利(图1)。

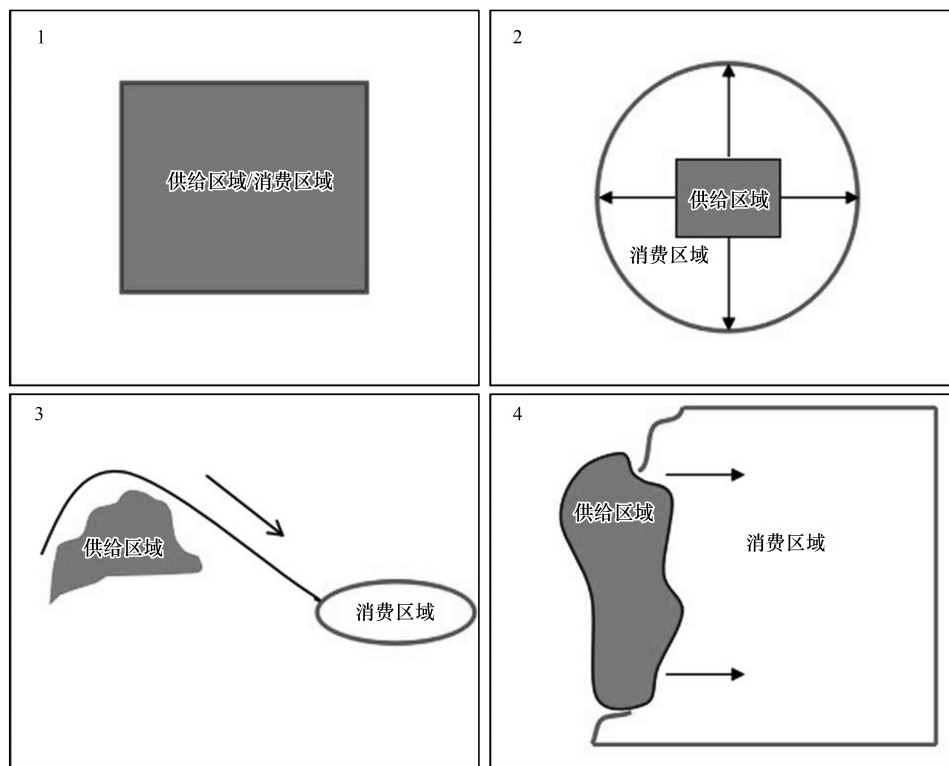


图1 生态系统服务供给区域与消费区域可能的空间关系

Fig.1 Possible spatial relationships between production areas and consumption areas of ecosystem services

由此,生态系统服务供给与消费空间关系可分为3类:(1)原地(in situ),生态系统服务的供给与消费发生在同一个区域,也就是以上列举的第一种情形;(2)全方向(omni-directional),某一地点提供的生态系统服务无方向性地惠及其外部区域,也就是以上列举的第二种情形;(3)定向(directional),生态系统服务流向特定的区域,包括以上列举的第三、四种情形。

根据Fisher等关于生态系统服务供给与消费空间关系的描述,综合考虑海洋自然环境特点,识别8种典型海洋自然保护区生态系统所有生态系统服务的供给消费空间关系(表1)。这些空间关系涵盖了以上3种类型,其中,原地和定向服务的消费群体主要是保护区周边居民,全方向服务的消费群体是海洋自然保护区内

外的不特定人群。

表 1 典型海洋自然保护区生态系统服务及各项服务供给与消费空间关系

		供给与消费 空间关系	河口	盐沼	红树林	海湾	海草床	珊瑚礁	上升流	海岛
		Spatial relationship of supply and consumption	Estuary	Salt marsh	Mangrove	Gulf	Seaweed bed	Coral reef	Upwelling	Island
支持服务	初级生产	全方向	√	√	√	√	√	√	√	√
Support services	物质循环	全方向	√	√	√	√	√	√	√	√
	生物多样性	全方向	√	√	√	√	√	√	√	√
	提供生境	全方向	√	√	√	√	√	√	√	√
供给服务	食品供给	原地	√	√	√	√	√	√	√	√
Supply services	原材料供给	原地			√	√	√	√		√
调节服务	气候调节	全方向	√	√	√	√	√	√	√	√
Regulating services	水质净化	原地	√	√	√	√	√	√	√	
	岸线防护	定向			√		√	√		
文化服务	精神文化	全方向	√		√	√	√	√		√
Cultural services	知识拓展	全方向	√	√	√	√	√	√	√	√
	娱乐休闲	原地	√		√	√		√		√
参考文献			[51-55]	[56-59]	[57-58] [60-64]	[51-52] [57-58]	[57-58] [65-69]	[57-58] [70-75]	[76-77]	[70] [78-80]

该表从右向左 8 列为典型海洋自然保护区生态系统类型,前 3 列各行从《千年生态系统评估报告》筛选出的与海洋生态系统相关的生态系统服务类型以及该生态系统服务供给与消费的空间关系,打“√”表示该列的生态系统类型具有该行所对应的生态系统服务

2.3.4 生态补偿标准计算相关指标

前文已讨论了海洋自然保护区生态保护补偿的客体,包括保护区周边居民和管理机构,根据我国海洋自然保护区相关规定,结合生态系统服务类型和供给消费空间特点分析,分别确定与这两类客体补偿标准计算相关的生态系统服务指标。

(1) 与保护区周边居民补偿标准计算相关的生态系统服务

以保护区成立后,周边居民享有的生态系统服务价值减少量作为对保护区周边居民的补偿标准。《海洋自然保护区管理办法》中的相关规定对保护区范围内捕捞海洋生物、采石、挖沙、开采矿藏、向海排污和旅游开发等行为进行了限制,其实质是限制人们对食品供给、原材料供给、水质净化和旅游休闲这 4 项生态系统服务的合理消费,从供给与消费空间关系来看,这些服务都属于原地服务,其受益者主要是保护区周边居民。其中,对旅游休闲服务消费的限制可以在当地政府的引导下通过市场调节方式来补偿,由旅游企业和旅游者承担相关费用,以政府为补偿主体的机制中,不将该项服务价值作为计算生态补偿标准的依据。因此,将保护区成立后周边居民每年享有的食品供给、原材料供给、水质净化 3 项原地生态系统服务的价值减少量作为对保护区周边居民的年补偿金总额。

在此,有两点值得注意,第一,生态系统服务价值减少量是指理论供给减少量而不是实际消费减少量,即保护区成立前,在不破坏海洋生态环境的前提下,当地海洋生态系统理论上可向周边居民提供的 3 项原地生态系统服务的价值与保护区成立之后理论上可提供的价值之差,因为保护区成立前可能存在一些过度利用海洋资源的行为,若采用实际消费的生态系统服务价值来估算补偿标准不够科学;第二,领取补偿金的人群是所有可能消费 3 项原地生态系统服务的周边居民,而不仅是保护区成立前已经消费 3 项生态系统服务而保护区成立后其消费量受影响的周边居民,因为,根据公民环境权的公平性原则,在非排他性海域,所有依法开发利用海洋环境的主体一律平等^[81-82],那些原本有权消费生态系统服务而当前未消费的周边居民所做出的牺牲不能被忽略。

(2) 与保护区管理机构补偿标准计算相关的生态系统服务

以保护区成立后当地生态系统服务价值增量作为对保护区管理机构的补偿标准。管理机构对保护区的运营维护可能使其内部和周边的生态环境得到改善,提供的生态系统服务数量和质量也相应提升,因而给保护区生态系统受益人带来更多生态效益。此外,生态系统服务价值增量可以作为激励保护行为的考核指标,提高生态补偿效率。

海洋自然保护区提供的各项生态系统服务经济属性有所差异,在计算对保护区管理机构的补偿标准时,应该着重考虑那些纯公共品生态系统服务的价值增量,根据生态系统服务供给与消费空间关系,全方向生态系统服务具有非竞争性和非排他性,属于纯公共品,其包括全部典型海洋自然保护区生态系统所有的支持服务和气候调节、精神文化、知识拓展服务。

其中,支持服务是形成其他 3 大类服务的基础,其价值已经通过其他 3 大类服务表现出来,为避免重复计算,在计算生态系统服务货币价值时一般不考虑支持服务的价值。因此,以保护区成立后,当地生态系统气候调节、精神文化、知识拓展这 3 项服务价值的年均增量作为对保护区管理机构的年补偿金总额。

确定补偿标准计算相关指标后,海洋自然保护区生态保护补偿机制框架已基本明晰(图 2)。

2.3.5 生态补偿标准的计算

前文已筛选了与海洋自然保护区生态保护补偿标准计算相关的生态系统服务指标,参考《海洋生态资本评估技术导则》^[83] 计算这些指标的价值变化量,从而明确对不同补偿客体的年补偿金总额。

(1) 对保护区周边居民的年补偿金总额

与保护区周边居民补偿金计算相关的生态系统服务指标包括食品供给、原材料供给和水质净化。

其中,食品供给服务价值年减少量计算:

$$F_p = \sum M_i \times B_i \times P_i \quad (1)$$

$$F_c = F_p \times \left(1 - \frac{V_b \times T_b}{V_a \times T_a}\right) \quad (2)$$

式中: F_p 为保护区成立前每年食品供给服务价值,单位为元; M_i 为保护区范围内第 i 种主要海洋经济生物的生物量,单位为 kg; B_i 为第 i 种海洋经济生物的天然繁殖率; P_i 为第 i 种主要海洋经济生物的平均市场价格,单位为元/kg。

F_c 为食品供给服务价值差额,单位为元; V_a 、 V_b 分别为保护区成立前和成立后当地每年允许出海捕捞的船只总吨位,单位为 t; T_a 、 T_b 分别为保护区成立前和成立后当地每年允许捕捞的天数。

原材料供给服务价值减少量计算:

$$M_c = \sum (E_{ai} - E_{bi}) \times P_i \quad (3)$$

式中: M_c 为原材料供给服务价值差额,单位为元; E_{ai} 、 E_{bi} 分别为保护区设立前和设立后每年允许采集的第 i 种原材料的量,单位为 t; P_i 为第 i 种原材料的市场价格,单位为元/t。

水质净化服务价值减少量计算:

$$P_c = (U_a - U_b) \times C_i \quad (4)$$

式中: P_c 为水质净化服务价值差额; U_a 、 U_b 分别为保护区设立前和设立后每年允许向保护区海域排放污水的量,单位为 t; C_i 为污水处理成本,单位为元/t。

对保护区周边居民的年补偿金总额:

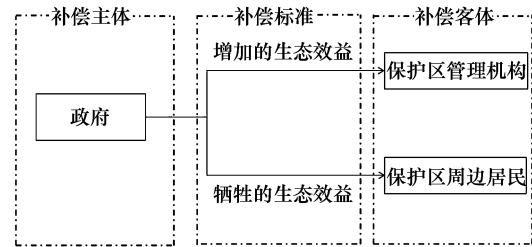


图 2 海洋自然保护区生态保护补偿机制框架

Fig. 2 The framework of Ecological Protection Compensation Mechanism in Marine Nature Reserves

$$TC = F_c + M_c + P_c \quad (5)$$

式中: TC 为对保护区周边居民的年补偿金总额, 单位为元。

(2) 对保护区管理机构的年补偿金总额

与保护区管理机构补偿金计算相关的生态系统服务指标包括气候调节、精神文化和知识拓展。

利用海洋浮游植物和大型植物光合作用吸收二氧化碳, 释放氧气的原理来计算保护区气候调节服务价值变化量。

浮游植物吸收二氧化碳物质量变化的计算公式为:

$$P_{lc} = 3.67 \times (NPP_b - NPP_a) \quad (6)$$

大型植物吸收二氧化碳物质量变化的计算公式为:

$$B_{ec} = 1.63 \times (M_b - M_a) \quad (7)$$

浮游植物提供氧气物质量变化的计算公式为:

$$P_{lo} = 2.67 \times (NPP_b - NPP_a) \quad (8)$$

大型植物提供氧气物质量变化的计算公式为:

$$B_{eo} = 1.19 \times (M_b - M_a) \quad (9)$$

式中: P_{lc} 、 P_{lo} 分别为浮游植物吸收二氧化碳和提供氧气的年均变化量, 单位为 kg ; B_{ec} 、 B_{eo} 分别为大型植物吸收二氧化碳和提供氧气的年均变化量, 单位为 kg ; NPP_a 、 NPP_b 分别为保护区成立前和保护区成立后的浮游植物年均初级生产力, 单位为 kg ; M_a 、 M_b 分别为保护区成立前和保护区成立后的大型植物干重年均变化量, 单位为 kg 。

气候调节服务价值变化量:

$$V_r = (P_{lc} + B_{ec}) \times S_c + (P_{lo} + B_{eo}) \times S_o \quad (10)$$

式中: V_r 为气候调节服务价值年均变化量, 单位为元; S_c 为二氧化碳排放权的市场交易价格, 单位为元/ kg ; S_o 为人工生产氧气的成本, 单位为元/ kg 。

将以保护区生态系统作为创意题材的文化产品利润作为精神文化服务价值, 其变化量计算公式为:

$$V_s = P_b - P_a \quad (11)$$

式中: V_s 为精神文化服务价值年均变化量, 单位为元; P_a 、 P_b 分别为保护区成立前和成立后, 以保护区生态系统为题材制作的书籍、影视作品等文化产品的年均销售利润, 单位为元。

将以保护区生态系统作为研究对象的科研项目经费投入作为知识拓展服务价值, 其变化量计算公式为:

$$V_t = I_b - I_a \quad (12)$$

式中: V_t 为知识拓展服务价值年均变化量, 单位为元; I_a 、 I_b 为保护区成立前和成立后, 以保护区生态系统为研究对象的科研经费年均投入额, 单位为元。

对保护区管理机构的年补偿金总额:

$$TS = V_r + V_s + V_t \quad (13)$$

式中: TS 为对保护区管理机构的年补偿金总额, 单位为元。

3 结论与展望

本文在提炼生态保护补偿概念内涵的基础上, 综合考虑政策目标、海洋环境自然属性、自然保护区区域特殊性以及我国制度环境, 明确了海洋自然保护区生态保护补偿机制的设计思路; 根据相关法律法规, 结合典型海洋自然保护区生态系统服务类型与供给消费空间关系, 对海洋自然保护区生态保护补偿的主体、客体和补偿标准进行了讨论, 初步形成一套海洋自然保护区生态保护补偿制度框架。根据研究分析结果, 海洋自然保护区生态保护补偿机制应该以持续的生态效益供给为目标, 以正外部性内部化为基本原理, 其补偿主体是国家, 由相关政府部门代其履行补偿责任; 补偿客体是为保护区做出牺牲的周边居民和为保护区做出贡献的

管理机构。海洋自然保护区生态保护补偿标准计算以生态系统服务供给消费空间关系为主线,包括两个方面——对保护区周边居民的补偿标准是其为保护区牺牲的生态效益价值,计算该方面补偿标准时,相关的生态系统服务指标有食品供给、原材料供给和水质净化;对保护区管理机构的补偿标准是其使保护区增加的生态效益,计算该方面补偿标准时,相关的生态系统服务指标有气候调节、精神文化和知识拓展。然而,若要进一步形成一套能落地运用的海洋自然保护区生态保护补偿机制,在本文的研究基础上,还有两方面的政策要素需进一步探讨。

首先,对保护区管理机构的资金支持还有待实证研究。一般来说,对生态环境保护者的补偿标准除了能覆盖生态环境保护成本以外,还应有一些额外的收益,这样才能激励保护者提供更多的生态系统服务^[84]。本文从生态保护补偿的角度出发,利用保护区生态系统服务价值增量作为对保护区管理机构的补偿标准,然而,仅以此作为对保护区管理机构提供资金支持的依据,是否足够维持保护区的最佳状态?怎样在资金方面既能保证保护区运行的稳定性又不乏有效的激励机制?是否需要固定财政拨款与生态保护补偿相结合的方式对保护区管理机构进行资金保障?此类问题将有待进一步论证。

其次是补偿标准的公信度问题。本文筛选了6项与海洋自然保护区生态保护补偿标准计算相关的生态系统服务指标,它们的价值评估方法如今已比较成熟,但评估数据必须要有规范的采集方式,要有稳定的数据来源,以此来保证补偿标准的公信度。关于部分补偿标准计算的时间范围,也需要结合各地的具体实际来明确。

海洋自然保护区生态保护补偿机制是一项以激励海洋环境保护,保证人类从海洋生态系统获得可持续生态效益为目的的公共制度安排,本文的意义更多是在理论分析的基础上探索性地构建海洋自然保护区生态保护补偿制度框架,为后续的研究实践提供参考与借鉴。海洋自然保护区生态保护补偿机制从设计到落地的过程,还应该综合考虑资金具体来源、地方经济发展水平、资金发放的公平性、可操作性等,同时在已估算补偿标准的基础上充分利用协商机制,这样才能最终使各项制度要素在不同自然地理和社会经济环境中固化成型。

参考文献 (References):

- [1] 国家质量技术监督局. GB/T 17504—1998 海洋自然保护区类型与级别划分原则. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [2] 柳荻, 胡振通, 靳乐山. 生态保护补偿的分析框架研究综述. 生态学报, 2018, 38(2): 380-392.
- [3] Jespersen K, Gallemlø C. The institutional work of payments for ecosystem services: why the mundane should matter. *Ecological Economics*, 2018, 146: 507-519.
- [4] Blundo-Canto G, Bax V, Quintero M, Cruz-García G S, Groeneveld R A, Perez-Marulanda L. The different dimensions of livelihood impacts of Payments for Environmental Services (PES) schemes: a systematic review. *Ecological Economics*, 2018, 149: 160-183.
- [5] Wang P, Poe G L, Wolf S A. Payments for ecosystem services and wealth distribution. *Ecological Economics*, 2017, 132: 63-68.
- [6] Liu M C, Yang L, Min Q W. Establishment of an eco-compensation fund based on eco-services consumption. *Journal of Environmental Management*, 2018, 211: 306-312.
- [7] 朱媛媛, 刘桂环, 谢婧, 文一惠. 国际上自然保护区生态补偿实践对我国的启示. 环境与可持续发展, 2017, 42(2): 127-130.
- [8] 李琪, 温武军, 刘晓雯, 徐庚, 武京军. 自然保护区生态补偿的国际借鉴与关键问题探讨. 山东林业科技, 2016, 46(1): 90-94, 79-79.
- [9] 刘祖英, 王兵, 赵雨森, 牛香. 长江中上游地区退耕还林成效监测与评价. 应用生态学报, 2018, 29(8): 2463-2469.
- [10] 林修凤, 刘伟平. 森林生态效益补偿制度的改革思路. 林业经济问题, 2016, 36(1): 29-35.
- [11] 胡振通, 柳荻, 靳乐山. 草原生态补偿: 生态绩效、收入影响和政策满意度. 中国人口资源与环境, 2016, 26(1): 165-176.
- [12] Bennett M T. Markets for Ecosystem Services in China: An Exploration of China's "Eco-Compensation" and Other Market-Based Environmental Policies. Washington DC: Forest Trends, 2009.
- [13] Wang H J, Dong Z F, Xu Y, Ge C Z. Eco-compensation for watershed services in China. *Water International*, 2016, 41(2): 271-289.
- [14] 葛颜祥, 王蓓蓓, 王燕. 水源地生态补偿模式及其适用性分析. 山东农业大学学报: 社会科学版, 2011, (2): 1-6.
- [15] 付素静, 曹阳, 万宝春. 将生态敏感区县纳入一般性转移支付研究——以河北省为例. 绿色科技, 2016, (2): 135-137, 140-140.
- [16] 刘桂环, 王鲲鹏, 王夏晖, 张彦敏, 文一惠. 从鹳落坪看国家级自然保护区生态补偿机制建设. 环境与可持续发展, 2014, 39(5): 143-146.
- [17] 包玉华, 闫雪. 自然保护区生态补偿立法探析. 北方经贸, 2015, (5): 112-113, 118-118.
- [18] 戴其文. 广西猫儿山自然保护区生态补偿标准与补偿方式. 生态学报, 2014, 34(17): 5114-5123.
- [19] 陈传明. 福建武夷山国家级自然保护区生态补偿机制研究. 地理科学, 2011, 31(5): 594-599.

- [20] 李果, 罗遵兰, 赵志平, 孙光, 吴晓蕾. 自然保护区生态补偿体系研究. 环境与可持续发展, 2015, 40(2): 52-56.
- [21] 蔡为民, 张磊, 刘沁萍, 刘虹吾, 于华, 董建玲. 天津古海岸与湿地国家级自然保护区生态补偿标准及关键技术研究. 湿地科学, 2016, 14(2): 137-144.
- [22] 李屹峰, 罗玉珠, 郑华, 杨绍顺, 欧阳志云, 罗跃初. 青海省三江源自然保护区生态移民补偿标准. 生态学报, 2013, 33(3): 764-770.
- [23] 陈江龙, 姚佳, 徐梦月, 陈雯. 基于发展权价值评估的太湖东部水源保护区生态补偿标准. 湖泊科学, 2012, 24(4): 609-614.
- [24] 汲荣荣, 夏建新, 田旻. 基于生态足迹的雷公山自然保护区生态补偿标准研究. 中央民族大学学报: 自然科学版, 2014, 23(2): 74-80.
- [25] 王雅敬, 谢炳庚, 李晓青, 廖洪英, 王金艳. 公益林保护区生态补偿标准与补偿方式. 应用生态学报, 2016, 27(6): 1893-1900.
- [26] 郭辉军, 施本植, 华朝朗. 自然保护区生态补偿的标准与机制研究——以云南省为例. 云南社会科学, 2013, (4): 139-144.
- [27] 魏晓燕, 毛旭锋, 夏建新. 自然保护区移民生态补偿定量研究——以内蒙古乌拉特国家级自然保护区为例. 林业科学, 2013, 49(12): 157-163.
- [28] 史会剑, 方慧慧, 刘建. 基于问题导向的自然保护区生态补偿机制研究. 环境与可持续发展, 2017, 42(1): 22-25.
- [29] Shang W X, Gong Y C, Wang Z J, Stewardson M J. Eco-compensation in China: theory, practices and suggestions for the future. Journal of Environmental Management, 2018, 210: 162-170.
- [30] Pan X L, Xu L Y, Yang Z F, Yu B. Payments for ecosystem services in China: policy, practice, and progress. Journal of Cleaner Production, 2017, 158: 200-208.
- [31] 李京梅, 侯怀洲, 姚海燕, 王晓玲. 基于资源等价分析法的海洋溢油生物资源损害评估. 生态学报, 2014, 34(13): 3762-3770.
- [32] 饶欢欢, 彭本荣, 刘岩, 郑苗壮. 海洋工程生态损害评估与补偿——以厦门杏林跨海大桥为例. 生态学报, 2015, 35(16): 5467-5476.
- [33] 郝林华, 陈尚, 夏涛, 李京梅, 陈碧鹃, 崔正国, 马方奎. 用海建设项目海洋生态损失补偿评估方法及应用. 生态学报, 2017, 37(20): 6884-6894.
- [34] 于志鹏, 余静. 海洋保护区生态补偿标准的初步探讨——以厦门海洋珍稀物种国家级自然保护区为例. 海洋环境科学, 2017, 36(2): 202-208.
- [35] 郑冬梅. 海洋自然保护区生态补偿探析. 海洋开发与管理, 2008, 25(11): 96-102.
- [36] 王金南, 万军, 张惠远. 关于我国生态补偿机制与政策的几点认识. 环境保护, 2006, (10): 24-28.
- [37] 陈克亮, 张继伟, 陈凤桂. 中国海洋生态补偿制度建设. 北京: 海洋出版社, 2015: 30-30.
- [38] 李文华, 刘某承. 关于中国生态补偿机制建设的几点思考. 资源科学, 2010, 32(5): 791-796.
- [39] 国家环境保护总局. 关于开展生态补偿试点工作的指导意见. (2007-09-14) [2018-10-27]. http://www.gov.cn/zwgk/2007-09/14/content_748834.htm
- [40] 徐绍史. 国务院关于生态补偿机制建设工作情况的报告. (2013-04-26) [2018-10-27]. http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2013-04/26/content_1793568.htm
- [41] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于健全生态保护补偿机制的意见. (2016-05-13) [2018-10-27]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-05/13/content_5073049.htm
- [42] 财政部, 环境保护部, 发展改革委, 水利部. 关于加快建立流域上下游横向生态保护补偿机制的指导意见. (2016-12-20) [2018-10-27]. http://jjs.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/tongzhigonggao/201612/t20161227_2505642.html
- [43] Stanton T, Echavarria M, Hamilton K, Ott C. State of Watershed Payments: An Emerging Marketplace. Washington DC: Forest Trends, 2010.
- [44] 李亚菲. 论生态利益国家补偿的法理基础. 中国社会科学院研究生院学报, 2014, (2): 68-72.
- [45] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [46] Serna-Chavez H M, Schulp C J E, van Bodegom P M, Bouten W, Verburg P H, Davidson M D. A quantitative framework for assessing spatial flows of ecosystem services. Ecological Indicators, 2014, 39: 24-33.
- [47] 欧阳志云, 郑华, 岳平. 建立我国生态补偿机制的思路与措施. 生态学报, 2013, 33(3): 686-692.
- [48] 陈江龙, 徐梦月, 苏曦, 高金龙. 南京市生态系统服务的空间流转. 生态学报, 2014, 34(17): 5087-5095.
- [49] Syrbe R U, Walz U. Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. Ecological Indicators, 2012, 21: 80-88.
- [50] Fisher B, Turner R K, Morling P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. Ecological Economics, 2009, 68(3): 643-653.
- [51] Martinez M L, Costanza R, Pérez-Maqueo O. 12.07-ecosystem services provided by estuarine and coastal ecosystems: storm protection as a service from estuarine and coastal ecosystems. Treatise on Estuarine and Coastal Science, 2011, 12: 129-146.
- [52] Gren I M, Limburg K. 12.09-nutrient recycling and waste treatment as a service from estuarine and coastal ecosystems. Treatise on Estuarine and Coastal Science, 2011, 12: 181-198.
- [53] Pinto R, de Jonge V N, Marques J C. Linking biodiversity indicators, ecosystem functioning, provision of services and human well-being in estuarine systems: application of a conceptual framework. Ecological Indicators, 2014, 36: 644-655.
- [54] Barbier E B. Marine ecosystem services. Current Biology, 2017, 27(11): R507-R510.
- [55] Boerema A, Meire P. Management for estuarine ecosystem services: a review. Ecological Engineering, 2017, 98: 172-182.
- [56] Zedler J B, Bonin C L, Larkin D J, Varty A. Salt marshes//Jørgensen S E, Fath B D, eds. Encyclopedia of Ecology. Amsterdam: Elsevier, 2008: 3132-3141.
- [57] Barbier E B, Hacker S D, Koch E W, Stier A C, Silliman B R. 12.06-estuarine and coastal ecosystems and their services. Treatise on Estuarine

- and Coastal Science, 2011, 12: 109-127.
- [58] Heckber S, Costanza R, Poloczanska E S, Richardson A J. 12.10-climate regulation as a service from estuarine and coastal ecosystems. *Treatise on Estuarine and Coastal Science*, 2011, 12: 199-216.
- [59] Van Loon-Steensma J M, Vellinga P. Trade-offs between biodiversity and flood protection services of coastal salt marshes. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(3/4): 320-326.
- [60] Walters B B, Rönnbäck P, Kovacs J M, Crona B, Hussain S A, Badola R, Primavera J H, Barbier E, Dahdouh-Guebas F. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany*, 2008, 89(2): 220-236.
- [61] Brander L M, Wagtendonk 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.
- [62] Kuenzer C, Tuan V Q. Assessing the ecosystem services value of Can Gio Mangrove Biosphere Reserve: combining earth-observation- and household-survey-based analyses. *Applied Geography*, 2013, 45: 167-184.
- [63] Huxham M, Emerton L, Kairo J, Munyi F, Abdirizak H, Muriuki T, Nunan F, Briers R A. Applying climate compatible development and economic valuation to coastal management: a case study of Kenya's mangrove forests. *Journal of Environmental Management*, 2015, 157: 168-181.
- [64] Barbier E B. The protective service of mangrove ecosystems: a review of valuation methods. *Marine Pollution Bulletin*, 2016, 109(2): 676-681.
- [65] 韩秋影, 黄小平, 施平, 张景平. 广西合浦海草床生态系统服务功能价值评估. *海洋通报*, 2007, 26(3): 33-38.
- [66] Ondiviela B, Losada I J, Lara J L, Maza M, Galván C, Bouma T J, van Belzen J. The role of seagrasses in coastal protection in a changing climate. *Coastal Engineering*, 2014, 87: 158-168.
- [67] Tuya F, Haroun R, Espino F. Economic assessment of ecosystem services: monetary value of seagrass meadows for coastal fisheries. *Ocean & Coastal Management*, 2014, 96: 181-187.
- [68] Campagne C S, Salles J M, Boissery P, Deter J. The seagrass *Posidonia oceanica*: ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. *Marine Pollution Bulletin*, 2015, 97(1/2): 391-400.
- [69] Dewsbury B M, Bhat M, Fourqurean J W. A review of seagrass economic valuations: gaps and progress in valuation approaches. *Ecosystem Services*, 2016, 18: 68-77.
- [70] Ghermandi A, Nunes P A L D, Portela R, Rao N, Teelucksingh S S. 12.11-recreational, cultural, and aesthetic services from estuarine and coastal ecosystems. *Treatise on Estuarine and Coastal Science*, 2011, 12: 217-237.
- [71] van Zanten B T, van Beukering P J H, Wagtendonk A J. Coastal protection by coral reefs: a framework for spatial assessment and economic valuation. *Ocean & Coastal Management*, 2014, 96: 94-103.
- [72] McAdoo B G, Ah-Leong J S, Bell L, Ifopo P, Ward J, Lovell E, Skelton P. Coral reefs as buffers during the 2009 South Pacific tsunami, Upolu Island, Samoa. *Earth-Science Reviews*, 2011, 107(1/2): 147-155.
- [73] Laurans Y, Pascal N, Binet T, Brander L, Clua E, David G, Rojat D, Seidl A. Economic valuation of ecosystem services from coral reefs in the South Pacific: taking stock of recent experience. *Journal of Environmental Management*, 2013, 116: 135-144.
- [74] 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.
- [75] Hicks C C, Graham N A J, Cinner J E. Synergies and tradeoffs in how managers, scientists, and fishers value coral reef ecosystem services. *Global Environmental Change*, 2013, 23(6): 1444-1453.
- [76] Berrios F, Campbell D E, Ortiz M. Emergy evaluation of benthic ecosystems influenced by upwelling in northern Chile: contributions of the ecosystems to the regional economy. *Ecological Modelling*, 2017, 359: 146-164.
- [77] Gutiérrez D, Akester M, Naranjo L. Productivity and sustainable management of the Humboldt current large marine ecosystem under climate change. *Environmental Development*, 2016, 17(S1): 126-144.
- [78] 石洪华, 郑伟, 丁德文, 吕吉斌. 典型海岛生态系统服务及价值评估. *海洋环境科学*, 2009, 28(6): 743-748.
- [79] van Riper C J, Kyle G T, Sherrouse B C, Bagstad K J, Sutton S G. Toward an integrated understanding of perceived biodiversity values and environmental conditions in a national park. *Ecological Indicators*, 2017, 72: 278-287.
- [80] Franzese P P, Buonocore E, Donnarumma L, Russo G F. Natural capital accounting in marine protected areas: the case of the Islands of Ventotene and S. Stefano (Central Italy). *Ecological Modelling*, 2017, 360: 290-299.
- [81] 蔡守秋. 从环境权到国家环境保护义务和环境公益诉讼. *现代法学*, 2013, 35(6): 3-21.
- [82] 蔡守秋. 论环境权. *金陵法律评论*, 2002, (1): 83-119.
- [83] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 28058—2011 海洋生态资本评估技术导则. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [84] Nicosia K, Daaram S, Edelman B, Gedrich L, He E, McNeilly S, Shenoy V, Velagapudi A, Wu W, Zhang L N, Barvalia A, Bokka V, Chan B, Chiu J, Dhulipalla S, Hernandez V, Jeon J, Kanukollu P, Gray S. Determining the willingness to pay for ecosystem service restoration in a degraded coastal watershed: a ninth grade investigation. *Ecological Economics*, 2014, 104: 145-151.