



DOI: 10.5846/stxb201901070063

王耕, 张挥航. 基于文献计量的海洋生态系统服务研究热点与趋势分析. 生态学报, 2020, 40(7): 2496-2505.

基于文献计量的海洋生态系统服务研究热点与趋势分析

王 耕*, 张挥航

辽宁师范大学城市与环境学院, 大连 116029

摘要:海洋为人类提供了自然资源和生存环境两方面的基础服务,研究海洋生态系统服务对提升海洋资本在推进实现联合国可持续发展目标(SDGs)中的作用具有重要意义。运用文献计量方法,以 WEB OF SCIENCE 数据库及 CNKI 数据库为数据源,检索国内外海洋生态系统服务相关文献,运用 Bibexcel、Ucient 和 Netdraw 等软件分别得到高频关键词、关键词共现网络可视图,并通过 SPSS 进行聚类分析。分析结果表明:①国内外发文量均成上升趋势,国外起始于 1992 年,与国内相比起始时间较早,增长幅度较大;②从关键词频次上看,国外多偏重于对气候变化和生物多样性与生态系统服务权衡与协同关系等的研究,国内则多偏重于生态系统服务价值的研究;③国外研究的热点为 ecosystem services, climate change, biodiversity, fisheries, marine protected areas 等,国内研究的热点为“评估”、“海洋生态补偿”、“价值”等;④根据聚类分析,国外研究方向一是侧重于海洋开发利用过程中的生态保护问题,二是气候变化对生态系统服务功能的影响,研究单元以各类生态系统为主,国内研究方向集中于定量评估和案例验证,研究单元多为行政区划范围。综上,海洋生态系统服务定量研究是当前海洋生态系统生态学研究的重点和热点,未来海洋资本的估算是海洋生态系统服务研究的趋势,我国的海洋生态服务研究需要加强海洋资本估算研究。

关键词:海洋生态系统服务;文献计量;共词分析;发展趋势

海洋具有提供食物和原材料、维持生计、休闲娱乐等功能,在全球生态系统所提供的服务中,海洋提供的服务占 63%^[1],同时海洋可提供陆域生态系统不可替代的服务^[2]。尽管海洋生态系统服务功能巨大,但目前国外上的一些资源专家和相关的国家目标及战略还只是关注陆地生态系统所提供的产品和服务。随着我国“加快建设海洋强国”目标的提出^[3],提升海洋资本和计量海洋生态系统服务可以帮助根除贫困并促进海洋经济持续发展,指导人类更好地实现联合国可持续发展目标(Sustainable Development Goals)。当前国内外海洋生态系统服务研究集中在生态系统服务评估理论体系^[4-7]和案例验证,为能探究海洋生态系统服务的热点和趋势,有必要对目前所有文献进行计量统计分析。文献计量是一种基于数理统计的分析方法,它以科学文献的外部特征为研究对象,研究文献的分布结构、数量关系、变化规律,进而探讨科学技术的结构、特征和规律,具有显著的客观性、量化、模型化的宏观研究优势^[8-12]。目前关于生态系统服务的计量分析大都集中在陆地生态系统服务^[13],海洋生态系统服务的计量分析相对匮乏,陆地生态系统服务计量分析包括评价方法和指标体系以及生态补偿等方面,可为海洋生态系统服务研究提供借鉴。本文以 WEB OF SCIENCE 及 CNKI 数据库为数据源,检索国内外海洋生态系统服务相关文献,通过文献计量法总结领域热点并分析发展趋势,以期了解海洋生态系统服务最新发展动态和后续研究提供借鉴和参考。

基金项目:教育部共建人文社会科学重点研究基地项目(15JJD790039, 18JJD790005)

收稿日期:2019-01-07; 网络出版日期:2019-12-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangeng@lnnu.edu.cn

1 数据来源与分析方法

以 WEB OF SCIENCE 数据库中的 WEB OF SCIENCE™ 核心合集为数据源高级检索国外文献,检索式为“TS=((Ocean OR Sea OR Marine) AND (ecosystem * OR ecological system *) AND service *)”,搜索年份截至 2019 年 4 月,文献类型精炼为 Article,排除相关度较低的 Web of Science 类别,共搜索到 2838 篇文献,鉴于 WEB OF SCIENCE™ 核心合集收录文献均为各个研究领域的核心学术期刊,因而选取全部 2838 篇文献。以 CNKI 数据库为数据源,高级检索主题为“海洋+生态系统+服务”的国内期刊文献,通过文献篇名和文献摘要进行文献内容甄别,剔除相关度低的文献,共得到文献 233 篇,为保证所选文献的代表性,选取核心期刊文献 142 篇。

将搜索到的国外 2838 篇文献导入 Bibexcel,选取出现频率在 20 以上(不包括 20)的关键词,经过合并相同或相近关键词后共得到 45 个关键词;国内由于文献数较少,选取关键词词频为 2 以上(不包括 2),共得到 28 个关键词。将所得关键词结果导入 Bibexcel,分别生成 45×45 和 28×28 共词矩阵。将生成的矩阵分别导入 Ucinet,保存为.##h 格式文件。运用 Netdraw,生成高频关键词共现网络可视图。运用 SPSS 进行聚类得到聚类分析图,并划分关键词群集。

2 结果与分析

2.1 发文趋势分析

根据 1992—2018 年间国外海洋生态系统服务文献每年发文数的变化(图 1),可将海洋生态系统服务研究分为 3 个阶段。第一阶段:探索阶段(1992—2006 年):1991 年国外科学联合会环境问题科学委员会组织了生物多样性间接经济价值定量研究会议,促进了生态系统服务的发展^[14]。1992 年德国学者 Trillmich^[15]发表关于加拉帕戈斯群岛生态系统保护问题的研究。随后,牙买加^[16]、美国、比利时、加拿大、俄罗斯等国相继发表海洋生态系统服务相关文献,其中以美国居多。此阶段每年文献数始终不足 30 篇,尚未体现增长趋势,研究方向中,ecology(生态)占比 33.6%、marine freshwater biology(海洋淡水生物学)占比 30%、environmental sciences(环境科学)占比 28.6%;第二阶段:稳定增长阶段(2007—2012 年):人类对海洋的探索加深,获取海洋生态系统服务需求增大,随着海洋生态系统服务研究关注度的增加,年发文量以 10—40 篇的幅度逐年上涨,environmental sciences(环境科学)占比 35.8%、ecology(生态)占比 31.2%、marine freshwater biology(海洋淡水生物学)占比 22.1%;第三阶段:加速增长阶段(2013—至今):海水养殖、油气开发、围填海等生态问题凸显,气候变化造成海洋酸化和生物多样性降低,海洋生态系统服务功能严重减弱,海洋经济增长与海洋生态保护的关系急需平衡。2012 年生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台(IPBES)建立,将海洋生态系统服务研究推上新的高度^[17-19]。2013 年至今发文量占总发文量的 76.57%,其中 environmental sciences(环境科学)占比 36.3%、ecology(生态)占比 21.2%、marine freshwater biology(海洋淡水生物学)占比 20%。年发文量有持续增长的趋势,推测今后该领域的研究发展势头良好。

CNKI 检索到的国内 142 篇文献每年发文量分为 3 个阶段(图 1)。第一阶段:萌芽阶段(2004 年以前):2003 年,徐丛春和韩增林^[20]首次针对海洋生态系统服务进行系统地研究,开我国海洋生态系统服务价值评估体系研究之先河。此阶段发文量少,属于初步研究;第二阶段:探索增长阶段(2005—2010 年):2005 年国家海洋局启动了为期 5 年的“海洋生态系统服务功能及其价值评估”研究计划^[21],随后年发文量以平均 1 篇的幅度波动上升。此阶段属于探索海洋生态系统服务理论体系和研究方法的阶段^[23-26],研究主题中,价值评估占该阶段发文量的 52.7%,海洋生态系统占 29.1%。第三阶段:波动阶段(2011 年至今):发文量增多,年平均发文量为 11.4 篇,其中价值评估占该阶段发文量的 25.1%,海洋生态系统占比 22.3%,生态补偿占比 16.6%,生态损害占比 14.0%。此阶段研究开始趋向成熟,理论体系逐步完善,但尚未达到成熟。综合来看,国内外海洋生态系统服务的研究偏少,国内研究较国外晚,但我国该领域研究上升速度快,但尚未成熟,呈现波动增长。

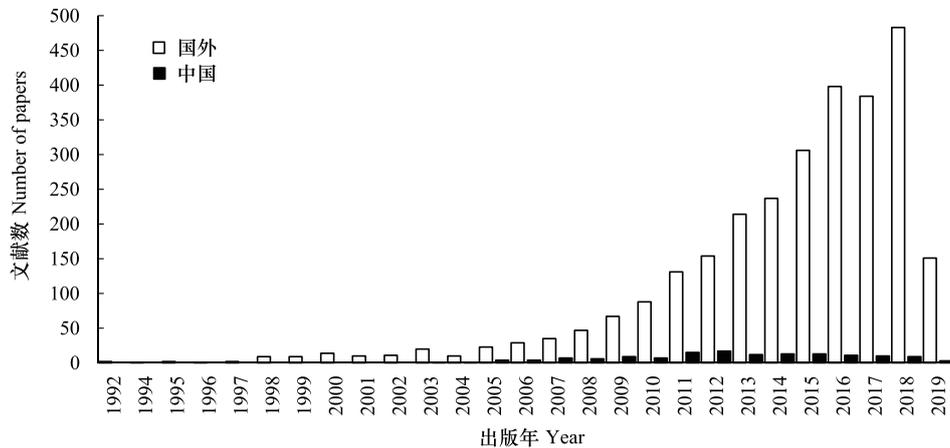


图1 国内外海洋生态系统服务领域发文数

Fig.1 Number of papers issued in the field of marine ecosystem services at home and abroad

2.2 关键词频次分析

关键词是对文章核心的高度概括和精炼,通过对高频关键词进行分析,可分析海洋生态系统服务领域研究热点。国外关键词如表1所示,频次较高的关键词为“ecosystem services(生态系统服务)”、“climate change(气候变化)”、“biodiversity(生物多样性)”和“marine protected areas(海洋保护区)”等。总体上看,关键词中涉及生境保护、典型生态系统、全球性变化等方面的词较多。国内关键词如表2所示,频次较高的关键词有“生态系统服务”、“价值评估”、“海洋生态系统”等,并且关键词中涉及“价值”、“评估”等方面较多。综上,国内外研究热点有较大差异,国外研究侧重于气候和生物多样性等全球性自然条件的变化对生态系统服务功能等的影响,建立保护区和提高管理;国内研究更倾向于海洋生态系统服务的经济效益以及对由此产生生态损害的评估和生态补偿的测算。

表1 国外高频关键词及其词出现频次

Table 1 High frequency key words and their frequencies in global

频次 Frequency	关键词 Key words	频次 Frequency	关键词 Key words	频次 Frequency	关键词 Key words
452	ecosystem services	46	eutrophication	27	aquaculture
198	climate change	43	restoration	27	ecosystem approach
120	biodiversity	42	management	25	water quality
104	marine protected areas	34	governance	25	monitoring
89	conservation	33	salt marsh	25	Baltic Sea
82	sea level rise	32	remote sensing	25	GIS
76	sustainability	32	coastal management	25	wetlands
68	coral reefs	31	social-ecological systems	25	fisheries management
66	mangroves	31	ocean acidification	23	ecosystem function
65	seagrass	31	blue carbon	23	tourism
64	ecosystem-based management	30	marine ecosystem services	22	cultural ecosystem services
62	fisheries	29	Mediterranean Sea	21	coastal
54	economic valuation	29	adaptation	21	marine ecosystems
52	marine spatial planning	28	estuary	21	natural capital
51	resilience	27	vulnerability	21	invasive species

表 2 国内高频关键词及其词出现频次

Table 2 High frequency key words and their frequencies in domestic

频次 Frequency	关键词 Key words	频次 Frequency	关键词 Key words	频次 Frequency	关键词 Key words
43	生态系统服务	6	溢油	3	供给服务
39	价值评估	5	内涵	3	海岸带
19	海洋生态系统	5	海洋生态资本	3	评价方法
17	生态系统服务功能	4	服务	3	遥感
14	生态系统服务价值	4	海洋环境科学	3	滨海湿地
10	海洋	4	海岛	3	生态系统管理
10	生态补偿	4	填海造地	3	生物多样性
8	生态系统	3	山东	3	支付意愿
7	生态损害	3	海洋保护区		
6	海洋生态系统服务	3	海洋管理		

研究的不同时期,关键词出现频次不同,分析高频关键词各阶段的变化,可看出海洋生态系统服务研究各阶段热点,并掌握其发展趋势。根据上文划分的 3 个阶段,利用 Bibexcel 分别提取国外(表 3)每个阶段文献的居前 20 位的高频关键词和国内(表 4)每个阶段文献的居前 15 位的高频关键词。可以看出,国外高频关键词中,①ecosystem services(生态系统服务)和 biodiversity(生物多样性)始终处于前列,说明海洋生态系统服务的研究始终基于生态系统服务,同时生物多样性始终是海洋生态系统服务的研究重点;②climate change(气候变化)关键词频次上升,说明近十余年来,气候变化成为影响海洋生态系统服务的最重要因素。气候变化引发的全球性环境演变和生态系统结构功能变化亟需解决;③coral reefs(珊瑚礁)在二、三阶段频次提升,近十

表 3 国外海洋生态系统服务研究各阶段出现频次居前 20 位的关键词

Table 3 The top 20 frequency key words in every period of marine ecosystem services researches in global

位序 Order	高频关键词 High-frequency key words (探索阶段)	频次 Frequency	位序 Order	高频关键词 High-frequency key words (探索阶段)	频次 Frequency	位序 Order	高频关键词 High-frequency key words (探索阶段)	频次 Frequency
1	ecosystem services	17	1	ecosystem services	60	1	ecosystem services	364
2	biodiversity	6	2	climate change	45	2	climate change	149
3	seagrass	5	3	biodiversity	31	3	biodiversity	87
3	fisheries	5	4	conservation	17	4	sea level rise	66
5	ecological footprint	4	5	sea level rise	15	5	marine protected areas	63
5	fisheries management	4	5	ecosystem-based management	15	6	seagrass	52
6	restoration	4	7	sustainability	14	7	conservation	49
6	sustainability	4	8	resilience	13	8	fisheries	48
6	ecological economics	4	8	marine protected areas	13	8	ecosystem-based management	48
6	coastal zone management	4	10	mangroves	11	10	sustainability	44
6	marine protected areas	4	10	eutrophication	11	11	marine spatial planning	42
12	aquaculture	3	12	marine spatial planning	10	12	resilience	36
12	ecology	3	13	social-ecological systems	9	13	restoration	33
12	cost-benefit analysis	3	13	management	9	14	eutrophication	32
12	ecosystem	3	13	habitat loss	9	15	blue carbon	31
12	climate change	3	13	fisheries	9	15	management	31
12	eutrophication	3	13	coral reefs	9	17	coral reefs	30
12	conservation	3	18	seagrass	8	18	mangroves	29
12	mangroves	3	18	estuary	8	19	governance	28
20	ecosystem management	2	18	coastal management	8	19	remote sensing	28

表 4 国内海洋生态系统服务研究各阶段出现频次居前 15 位的关键词

Table 4 The top 15 frequency key words in every period of marine ecosystem services researches in domestic

位序 Order	高频关键词 High-frequency key words (萌芽阶段)	频次 Frequency	位序 Order	高频关键词 High-frequency key words (探索增长阶段)	频次 Frequency	位序 Order	高频关键词 High-frequency key words (波动阶段)	频次 Frequency
1	生态学	1	1	生态系统服务	14	1	生态系统服务	29
1	生态系统服务价值	1	2	价值评估	11	2	价值评估	15
1	外来入侵物种	1	3	海洋生态系统	8	2	海洋生态系统	15
1	湿地生态系统	1	3	生态系统服务功能	8	4	生态系统服务功能	11
1	海洋	1	5	海洋	6	5	评估	10
1	估算框架	1	6	生态系统	4	6	生态补偿	9
1	入侵生态学	1	6	生态资产	4	6	服务价值	9
1	间接经济损失	1	8	评估	3	8	溢油	6
			8	服务	3	9	海洋生态系统服务	4
			10	罗源湾	2	9	海洋环境科学	4
			10	海洋生态资本	2	11	海洋生态资本	3
			10	填海造地	2	11	海岛	3
			10	价值	2	11	生态系统管理	3
			10	海洋生态系统服务	2	11	供给服务	3
			10	生态损害	2	11	海洋生态损害	3

几年来,珊瑚礁在海洋生态系统供给服务、调节服务、文化服务和支持服务中均具有重要作用,而目前珊瑚礁退化严重,应是今后研究重点;④blue carbon(蓝碳)作为近十年的新兴词汇,其在全球气候变化和碳循环过程中作用显著,蓝碳研究发展前景广阔,应进行进一步探究;⑤;fisheries management(渔业管理)、coastal zone management(海岸带管理)、ecosystem-based management(基于生态系统的管理)等词频次增多,说明国际研究中重视对人类获取海洋生态系统服务的管理,尤其是 EBM 位序靠前,研究空间较大。

国内萌芽阶段仅有两篇文献,关键词分散、不具备代表性,因此不予分析。从二、三阶段可以看出:①生态系统服务、价值评估、海洋生态系统、生态系统服务功能这 4 个关键词始终居于前四位,说明国内始终致力于价值评估和生态系统功能的研究;②生态损害、溢油的词频增多,说明海洋环境问题凸显,影响服务功能,有必要对海洋生态损害进行评估以指导人类活动;③生态补偿在第三阶段首次列入高频关键词,且位于前列,生态补偿是治理和抑制损害的重要途径,近几年我国致力于明确生态补偿标准、建立生态补偿机制,目前我国尚未形成完善的生态补偿框架,有必要进一步研究;④海洋环境科学、生态系统管理等词列入高频关键词,说明学界开始重视海洋生态系统结构和功能的研究,海洋生态系统的保护与管理开始成为研究热点。

综合来看,国外研究偏重于生态学视角,集中于海洋环境和海洋生态系统结构变化、海洋管理与保护和新应用的研究,国内研究偏重于经济学视角,以价值评估、生态损害补偿、生态系统管理与保护以及生态系统结构与功能的研究为主。

2.3 高频关键词共现可视化分析

共词分析是一种基于已有文献进行的内容分析方法,是文献计量的常用方法。由于每篇文献研究内容并非用孤立的一个词来概括,而是需要一些关键词共同表达,同时,同一领域的关键词大致限定在一定范围内,不同文献常具有相似关键词^[27]。因而,对高频关键词进行共词分析,可体现研究领域的研究主题、研究热点及未来发展趋势。本文运用 Netdraw 制图,将共词分析结果可视化,从而清晰反映出关键词之间的共现关系。网络可视图节点大小,表示该关键词同其他关键词共现频次,频次越高,节点越大,该关键词中心度越大;两节点之间连线,表示这两个关键词同时出现在同一篇文献中,连线越粗,表示两关键词共现次数越多,关系越密切^[28]。

研究的重要方向。

表 5 国外海洋生态系统服务研究关键词聚类群体划分

Table 5 Cluster groups of Marine ecosystem service studies key words in global

集群 Cluster	关键词 Key words
群集 1 Cluster 1	adaptation, biodiversity, blue carbon, coral reefs, ecosystem-based management, fisheries, fisheries management, governance, management, mangroves, marine protected areas, salt marsh, sea level rise, sustainability
群集 2 Cluster 2	aquaculture, Baltic Sea, coastal, coastal management, conservation, culture ecosystem services, economic valuation, ecosystem approach, ecosystem function, estuary, eutrophication, GIS, invasive species, marine ecosystem services, marine ecosystems, Mediterranean Sea, monitoring, marine spatial planning, natural capital, ocean acidification, remote sensing, resilience, restoration, seagrass, social-ecological systems, tourism, vulnerability, water quality, wetlands
群集 3 Cluster 3	climate change
群集 4 Cluster 4	ecosystem services

表 6 国内海洋生态系统服务研究关键词聚类群体划分

Table 6 Cluster groups of marine ecosystem service studies key words in domestic

集群 Cluster	关键词 Key words
群集 1 Cluster 1	滨海湿地、服务、供给服务、海岸带、海洋保护区、海洋生态系统服务、山东、内涵、生态补偿、生态损害、生态系统、生态系统服务、生态系统服务功能、生态系统服务价值、生物多样性、填海造地、遥感、溢油、生态系统管理、海岛、支付意愿、海洋管理
群集 2 Cluster 2	海洋、海洋生态资本、海洋生态系统、海洋环境科学、生态系统服务、价值评估

综上所述,国内外关键词群集具有一定相似之处,都是基于海洋生态系统服务功能与应对生态损害问题的研究。不同之处在于国外研究主要侧重于生态问题、生态保护与保护区管理规划,大量研究集中在气候变化对海洋生态系统服务功能的影响,基于生态过程探索生态服务,并对一些典型海洋生态系统如红树林、珊瑚礁等进行了具体研究。国内则更多在于海洋服务价值量估算和案例验证,侧重于经济方面的研究,生态保护、维护生态系统结构方面的研究较少。

3 结论

本文运用文献计量方法,对海洋生态系统服务领域历年发文量、关键词频次、高频关键词等进行研究,分析了国内外该领域的发展趋势和研究热点并得出如下结论:

(1) 国外海洋生态系统服务研究始于 1992 年,年发文量呈指数增长,从 2006 年开始,年均增长 32 篇,2018 年年发文量已近 500 篇,主要方向有 environmental sciences、ecology、marine freshwater biology,所占比重各阶段变化不大;国内研究起步较晚始于 2002 年,呈波动增长,价值评估在各阶段研究中均占最大比重,探索增长阶段高达 52.7%,波动阶段稍有回落。国内外研究均处于发展阶段,随着对海洋生态系统服务研究的日益重视,其研究力度不断加大,趋向于案例验证的成熟研究。

(2) 国内外研究热点有一定差异。国外着重研究了人类活动对生物多样性和海洋环境等的影响、气候变化和生态系统服务的权衡与协同关系、生态系统结构变化、服务功能变化和海洋生态系统规划管理等;国内侧重于经济效益研究,具体包括估算生态系统服务价值量、评估生态损害造成的损失价值量和生态补偿等。

(3) 研究方向上,国外研究有两点侧重,一是在海洋开发利用过程中的生态保护问题,并从生态过程和全球变化的角度研究生态服务变化,探讨如何合理获取服务;二是气候变化从温度、海水酸碱度和海洋生态过程等方面对生态系统服务功能的影响。国内集中于定量海洋服务价值的方法研究,包括评估研究区海洋生态系统服务价值的案例验证和价值评估方法和体系的基础理论研究,但缺乏从气候变化和海洋生态过程变化角度的评估。研究尺度上,国外研究区范围以生态系统类型为划定标准,而国内往往以行政区划范围为标准,造成研究区断裂、不符合自然发展特征的问题。

综上所述,海洋生态系统服务研究是当前海洋环境与资源研究的重点和热点。国内外研究的侧重点有明

显差异,国外基于生态系统内部结构的研究优于国内,专注于生态过程、各自然要素的相互作用关系和海域规划管理;国内区域生态服务价值评估案例研究居多,理论研究偏少,尚未形成统一的完善的评估体系,仍需要评估机理与方法的创新。结合 2030 年联合国海洋可持续发展目标,未来研究重点应放在以下几个方面:

(1)海洋生态系统服务价值构成。由于海洋生态系统结构复杂,人类获取服务能力随着科技进步改变,因而海洋生态系统服务具有多样性和多变性。为能够尽可能准确评估海洋生态系统服务价值,需要深入研究其内在价值,明确生态系统内个要素联系和相互作用方式^[34-36]。

(2)气候变化与海洋生态系统服务的权衡和协同。气候变化导致海水温度升高、海平面上升、海洋酸化^[37-38]等对海洋生态系统造成生物多样性降低^[39-40]、珊瑚白化、食物链改变、陆域面积减少、沿海灾害风险增大^[41]等影响。不同尺度的气候变化如何影响海洋生态系统服务价值^[42-44]、如何利用海洋生态系统服务功能缓解气候变化、海洋碳汇潜力和增碳途径^[45-46]是应是今后研究重点。

(3)基于生态系统的管理(Ecosystem-based Management,EBM)和海洋规划。基于生态系统的管理将包括人类在内的整个生态系统纳入研究范围,旨在维护生态系统健康、自我恢复能力和资源环境承载力。EBM 可指导海洋功能区划、海洋保护区建设、海岸带综合管理^[47-53]等,是近年来研究重点,也是未来需要着重研究的方向。

(4)生态损害赔偿。人类用海活动造成生态环境不断恶化,海域使用金远低于实际损害成本,需要生态损害赔偿来补充海洋生态价值损失^[54]。目前,补偿关系链条、补偿标准、监管体系尚未完善^[55-57],用海活动集中于围填海、滨海电厂、溢油等工程项目^[58],陆源污染研究较少。补偿主体和受偿主体、损害机理、补偿标准、法律等监管体系等方向是未来研究的重点和难点。

参考文献 (References):

- [1] Martinez-Harms M J, Bryan B A, Balvanera P, Law E A, Rhodes J R, Possingham H P, Wilson K A. Making decisions for managing ecosystem services. *Biological Conservation*, 2015, 184: 229-238.
- [2] Liqueste 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.
- [3] 吴磊,詹红兵.全球海洋治理视阈下的中国海洋能源国际合作探析. *太平洋学报*, 2018, 26(11): 56-69.
- [4] Daily G C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC: Island Press, 1997.
- [5] 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.
- [6] Millenium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute, 2005.
- [7] Chen S, Zhang Z H, Ma Y, Shi H H, Ma A Q, Zheng W, Wang Q X, Peng Y L, Liu J. Program for service evaluation of marine ecosystems in China waters. *Advances in Earth Science*, 2006, 21(11): 1127-1133.
- [8] Nederhof A J. Bibliometric monitoring of research performance in the social sciences and the humanities: a review. *Scientometrics*, 2006, 66(1): 81-100.
- [9] Tian Y G, Wen C, Hong S. Global scientific production on GIS research by bibliometric analysis from 1997 to 2006. *Journal of Informetrics*, 2008, 2(1): 65-74.
- [10] Liu X J, Zhang L, Hong S. Global biodiversity research during 1900-2009: a bibliometric analysis. *Biodiversity and Conservation*, 2011, 20(4): 807-826.
- [11] Bodman A R. Measuring the influentialness of economic geographers during the "great half century": an approach using the *h* index. *Journal of Economic Geography*, 2010, 10(1): 141-156.
- [12] 钟赛香,曲波,苏香燕,毛鹏,游细斌.从《地理学报》看中国地理学研究的特点与趋势——基于文献计量方法. *地理学报*, 2014, 69(8): 1077-1092.
- [13] 张玲玲,巩杰,张影.基于文献计量分析的生态系统服务研究现状及热点. *生态学报*, 2016, 36(18): 5967-5977.
- [14] Lopes R, Videira N. Valuing marine and coastal ecosystem services: an integrated participatory framework. *Ocean & Coastal Management*, 2013, 84: 153-162.

- [15] Trillmich F. Conservation problems on Galápagos: the showcase of evolution in danger. *Naturwissenschaften*, 1992, 79(1): 1-6.
- [16] Bacon P R, Alleng G P. The management of Insular Caribbean mangroves in relation to site location and community type. *Hydrobiologia*, 1992, 247(1/3): 235-241.
- [17] Pires A P F, Amaral A G, Padgurschi M C G, Joly C A, Scarano F R. Biodiversity research still falls short of creating links with ecosystem services and human well-being in a global hotspot. *Ecosystem Services*, 2018, 34: 68-73.
- [18] Kim H, Rosa I M D, Alkemade R, Leadley P, Hurtt G, Popp A, van Vuuren D P, Anthoni P, Armeth A, Baisero D, Caton E, Chaplin-Kramer R, Chini L, De Palma A, Di Fulvio F, Di Marco M, Espinoza F, Ferrier S, Fujimori S, Gonzalez R E, Gueguen M, Guerra C, Harfoot M, Harwood T D, Hasegawa T, Haverd V, Havlík P, Hellweg S, Hill S L L, Hirata A, Hoskins A J, Janse J H, Jetz W, Johnson J A, Krause A, Leclère D, Martins I S, Matsui T, Merow C, Obersteiner M, Ohashi H, Poulter B, Purvis A, Quesada B, Rondinini C, Schipper A M, Sharp R, Takahashi K, Thuiller W, Titeux N, Visconti P, Ware C, Wolf F, Pereira H M. A protocol for an intercomparison of biodiversity and ecosystem services models using harmonized land-use and climate scenarios. *Geoscientific Model Development*, 2018, 11(11): 4537-4562.
- [19] Causon P D, Gill A B. Linking ecosystem services with epibenthic biodiversity change following installation of offshore wind farms. *Environmental Science & Policy*, 2018, 89: 340-347.
- [20] 徐丛春, 韩增林. 海洋生态系统服务价值的估算框架构筑. *生态经济*, 2003, (10): 199-202.
- [21] 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.
- [22] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. *生态学报*, 1999, 19(5): 607-613.
- [23] 张朝晖, 王宗灵, 朱明远. 海洋生态系统服务的研究进展. *生态学杂志*, 2007, 26(6): 925-932.
- [24] 石洪华, 郑伟, 陈尚, 吕吉斌, 丁德文. 海洋生态系统服务功能及其价值评估研究. *生态经济*, 2007, (3): 139-142.
- [25] 张朝晖, 吕吉斌, 丁德文. 海洋生态系统服务的分类与计量. *海岸工程*, 2007, 26(1): 57-63.
- [26] 张朝晖, 石洪华, 姜振波, 陈尚, 丁德文. 海洋生态系统服务的来源与实现. *生态学杂志*, 2006, 25(12): 1574-1579.
- [27] 柴彦. 基于共词聚类分析方法的知識管理国内研究述评. *情报科学*, 2015, 33(4): 149-153.
- [28] 廖胜姣, 肖仙桃. 基于文献计量的共词分析研究进展. *情报科学*, 2008, 26(6): 855-859.
- [29] 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.
- [30] Liu J P, Curry J A, Wang H J, Song M R, Horton R M. Impact of declining Arctic sea ice on winter snowfall. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(11): 4074-4079.
- [31] DeVries T, Holzer M, Primeau F. Recent increase in oceanic carbon uptake driven by weaker upper-ocean overturning. *Nature*, 2017, 542(7640): 215-218.
- [32] 陈尚, 任大川, 夏涛, 李京梅, 杜国英, 王栋, 王其翔, 张涛. 海洋生态资本理论框架下的生态系统服务评估. *生态学报*, 2013, 33(19): 6254-6263.
- [33] 陈尚, 任大川, 李京梅, 夏涛, 王栋, 杜国英, 王其翔, 柯淑云, 王丽, 王敏, 赵志远. 海洋生态资本概念与属性界定. *生态学报*, 2010, 30(23): 6323-6330.
- [34] Laurans Y, Rankovic A, Billé R, Pirard R, Mermet L. Use of ecosystem services economic valuation for decision making: questioning a literature blindspot. *Journal of Environmental Management*, 2013, 119: 208-219.
- [35] Voke M, Fairley I, Willis M, Masters I. Economic evaluation of the recreational value of the coastal environment in a marine renewables deployment area. *Ocean & Coastal Management*, 2013, 78: 77-87.
- [36] Torres C, Hanley N. Communicating research on the economic valuation of coastal and marine ecosystem services. *Marine Policy*, 2017, 75: 99-107.
- [37] 陈芑, 陈新军, 陈长胜, 胡飞飞. 基于文献计量的全球海洋酸化研究状况分析. *生态学报*, 2018, 38(10): 3368-3381.
- [38] 董芳, 朱小山, 王江新, 林光辉. 气候变化耦合海洋污染的生态毒理学研究进展. *科学通报*, 2018, 63(5/6): 521-534.
- [39] 郝林华, 陈尚, 王二涛, 夏飞, 夏涛. 基于条件价值法评估三亚海域生态系统多样性及物种多样性的维持服务价值. *生态学报*, 2018, 38(18): 6432-6441.
- [40] Beaumont N J, Austen M C, Mangi S C, Townsend M. Economic valuation for the conservation of marine biodiversity. *Marine Pollution Bulletin*, 2008, 56(3): 386-396.
- [41] 冯爱青, 高江波, 吴绍洪, 刘燕华, 何霄嘉. 气候变化背景下中国风暴潮灾害风险及适应对策研究进展. *地理科学进展*, 2016, 35(11): 1411-1419.
- [42] 孔昊, 彭本荣, 刘容子, 张平. 气候变化对中国海洋经济可持续发展的影响. *海洋环境科学*, 2018, 37(1): 116-124.
- [43] 苑晶晶, 吕永龙, 贺桂珍. 海洋可持续发展目标与海洋和滨海生态系统管理. *生态学报*, 2017, 37(24): 8139-8147.
- [44] 翁毅, 朱竑. 气候变化对滨海旅游的影响研究进展及启示. *经济地理*, 2011, 31(12): 2132-2137.

- [45] 焦念志, 李超, 王晓雪. 海洋碳汇对气候变化的响应与反馈. 地球科学进展, 2016, 31(7): 668-681.
- [46] 牛明杨, 梁文悦, 王风平. 海洋环境中甲烷的生物转化及其对气候变化的影响. 中国科学: 地球科学, 2018, 48(12): 1568-1588.
- [47] Villasante S, Lopes P F M, Coll M. The role of marine ecosystem services for human well-being: disentangling synergies and trade-offs at multiple scales. *Ecosystem Services*, 2016, 17: 1-4.
- [48] Li R Q, van den Brink M, Woltjer J. Rules for the governance of coastal and marine ecosystem services: an evaluative framework based on the IAD framework. *Land Use Policy*, 2016, 59: 298-309.
- [49] 郑淑娴, 黄华梅, 贾后磊, 王金华. 国内外海洋生态管理评估方法对海洋生态保护红线制度的借鉴. 海洋环境科学, 2018, 37(5): 792-800.
- [50] Marre J B, Thébaud O, Pascoe S, Jennings S, Boncoeur J, Coglán L. Is economic valuation of ecosystem services useful to decision-makers? Lessons learned from Australian coastal and marine management. *Journal of Environmental Management*, 2016, 178: 52-62.
- [51] Tiquio G J P, Marmier N, Francour P. Management frameworks for coastal and marine pollution in the European and South East Asian regions. *Ocean & Coastal Management*, 2017, 135: 65-78.
- [52] 孟伟庆, 胡蓓蓓, 刘百桥, 周俊. 基于生态系统的海洋管理: 概念、原则、框架与实践途径. 地球科学进展, 2016, 31(5): 461-470.
- [53] 肖怡, 陈尚, 曹志泉, 夏涛, 郝林华. 基于 CVM 的山东海洋保护区生态系统多样性维持服务价值评估. 生态学报, 2016, 36(11): 3321-3328.
- [54] 索安宁, 杨正先, 宋德瑞, 关道明. 海洋资源环境承载能力监测预警业务体系构建与应用初探. 海洋环境科学, 2018, 37(4): 613-618.
- [55] 于冰, 胡求光. 海洋生态损害补偿研究综述. 生态学报, 2018, 38(19): 6826-6834.
- [56] Depondt F, Green E. Diving user fees and the financial sustainability of marine protected areas: opportunities and impediments. *Ocean & Coastal Management*, 2006, 49(3/4): 188-202.
- [57] 韩秋影, 黄小平, 施平. 生态补偿在海洋生态资源管理中的应用. 生态学杂志, 2007, 26(1): 126-130.
- [58] 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.