

DOI: 10.5846/stxb202111153203

周隽如, 姚焱中, 蒋含明, 樊雨, 宋有涛. 海洋生态系统服务价值研究热点及主题演化——基于文献计量研究. 生态学报, 2022, 42(9): 3878-3887.

海洋生态系统服务价值研究热点及主题演化 ——基于文献计量研究

周隽如^{1,3}, 姚焱中^{2,3}, 蒋含明¹, 樊雨^{2,3}, 宋有涛^{2,3,*}

1 江西财经大学国际经贸学院, 南昌 330013

2 辽宁大学环境学院, 沈阳 110036

3 辽宁大学, 城市与能源环境国际工程研究院生态产品价值研究中心, 沈阳 110036

摘要: 海洋生态系统能够为人类供应食品、调节环境、提供文化支持, 研究其服务价值对实现可持续发展具有重大意义。基于 Web of Science 核心合集数据库, 利用 R 语言及 VOSviewer 计量可视化工具, 对 1995—2021 年间海洋生态系统服务价值研究进展进行全面分析, 结果表明: 该领域在全球范围内受到广泛关注, 自 2008 年起发文量呈指数式增长, 美国具有绝对领先地位。相关研究发表在 *Ecosystem Services*、*Ecological Economics*、*Journal of Environmental Management* 及 *Science of the Total Environment* 等高水平期刊。研究主要集中于全球变化下海洋生态系统服务的动态变化、海洋生态系统服务价值分类及其量化、海洋生态系统服务价值评估及其应用。各研究主题之间紧密联系, 经过多阶段发展, 最终形成 ecosystem services、management、restoration 等三个主要方向。梳理了海洋生态系统服务价值领域研究现状、研究热点及演化趋势, 为后续研究提供参考。

关键词: 海洋生态系统; 生态系统服务价值; 文献计量; 研究热点; VOSviewer

海洋具有食品供应、气候调节、维持生物多样性及文化服务等多种功能, 占据了全球生态系统服务的 63%。但受感知局限性影响, 海洋生态系统服务并没有得到广泛的重视和保护。在全球变化背景下, 海洋资源的流失与生态环境的恶化对海洋生态系统造成严重威胁^[1-2]。如何保证资源的合理利用, 保护海洋生态系统服务功能的正常运作, 实现海洋经济可持续发展, 已成为全世界面临的重要问题。海洋生态系统服务价值评估量化了生态系统的服务价值, 提高了人们对海洋生态系统服务的感知程度, 增进对环境保护项目的支付意愿^[3-4], 为海洋生态环境治理决策提供理论支持及科学依据。

然而, 现有理论研究总体偏少, 不能全面反映其研究现状及趋势, 有必要对海洋生态系统服务价值领域的研究成果进行深入的统计梳理。本文基于 Web of Science 核心合集数据库, 针对 1995—2021 年间海洋生态系统服务价值领域的文献进行文献计量分析, 从研究国家及机构、作者合作情况分析其主要研究力量; 通过高被引论文及高频关键词概括其研究热点, 系统阐述了海洋生态系统服务价值领域的研究现状、主题热点及演化趋势, 以期后续相关研究提供参考及启示。

1 材料和方法

文献计量学依靠数学和统计学知识对现有文献进行定量分析, 从学科领域的发文量、研究国家和机构、作

基金项目: 国家科技重大专项 (2015ZX07202012); 辽宁省普通本科高校校际联合培养项目 (协同创新); 辽宁大学城市与能源环境国际工程研究院 2021 年度开放课题 (LNUUEE2021001)

收稿日期: 2021-11-15; 采用日期: 2022-01-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ysong@lnu.edu.cn

者及期刊分布、关键词等方面梳理学科发展脉络和研究热点变迁。目前已经广泛应用于环境学、管理学、经济学等领域,成为概括历史研究进程和预测未来发展态势的重要工具。

本文数据源于 Web of Science 核心合集数据库,采用高级检索式:TS=((Ocean OR sea OR marine OR coastal)AND(ecosystem * OR ecological system *)AND service * AND valu *),检索时间为 2021 年 9 月 24 日,共得到文献 2304 篇。在此基础上,利用 R 包“bibliometrix”及计量可视化工具 VOSviewer,绘制作者合作共现网络、关键词聚类及主题演化等可视化图谱,全面梳理了海洋生态系统服务价值领域的研究热点及发展态势,供国内外研究工作借鉴和参考。

2 结果与分析

2.1 发文现状分析

2.1.1 年度发文分析

1995—2021 年,海洋生态系统服务价值领域共发文 2304 篇,总被引频次为 112742 次,篇均被引 4.34 次。如图 1 所示,该领域发文量总体呈上升趋势,发展过程可分为 3 个阶段。1995—2008 年为发展初期,随着气候变化等全球环境问题频发,海洋生态系统遭到破坏,海洋生态系统服务价值研究开始受到学者关注,但此时年发文量不足 30 篇,未出现明显增长;2009—2015 年处于高速发展期,年发文量从 38 篇(2009 年)增长至 165 篇(2015 年),研究不断深入,海洋生态系统服务的经济价值逐渐成为研究热点,2009 年之后年发文量稳定在 10—30 篇;2016—至今研究稳定发展,发文量占总发文量的 68.5%。2015 年联合国提出“可持续发展目标”,将海洋生态系统服务价值研究推上新高度。此外,该领域文章的被引情况在个别年份出现波动,最高被引频次为 2012 年的 6228 次。

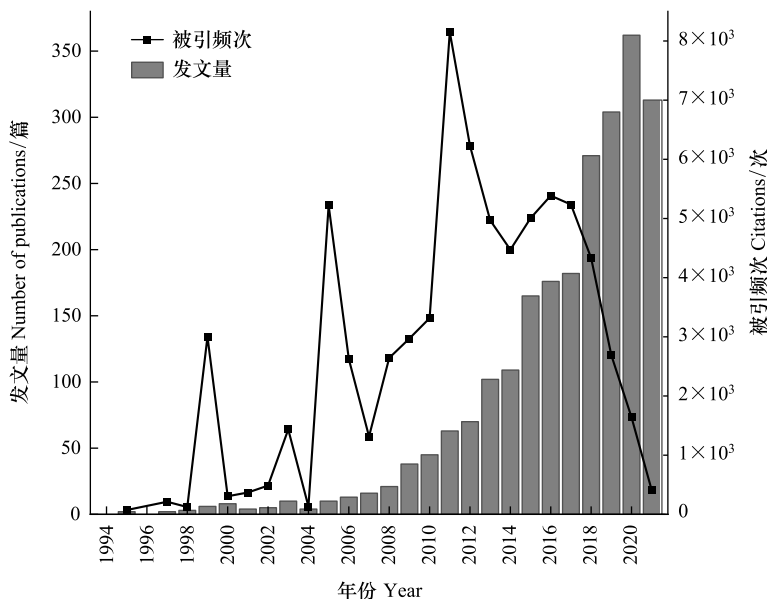


图 1 1995—2021 年海洋生态系统服务价值领域发文数

Fig.1 Number of publications in the field of Marine ecosystem service value from 1995 to 2021

2.1.2 来源期刊分析

表 1 展示了海洋生态系统服务价值领域发文量前十的期刊,前十期刊共发文 750 篇,占该领域发文总量的 32.6%。其中,*Ecosystem Services* 和 *Ocean & Coastal Management* 的发文量位于前列,分别为 136 篇和 131 篇,总被引频次均超过 2500 次。*Ecological Economics* 是该领域引用最频繁的期刊,总被引频次为 6176 次。*Science of the Total Environment*(7.96)、*Ecosystem Services*(5.45) 与 *Ecological Economics*(5.39) 等高水平期刊代

表有关研究的经典结论或创新方向,发表文章 55 篇、136 篇和 64 篇。“Coastal Zone Ecosystem Services: From science to values and decision making; a case study”^[5]是 *Science of the Total Environment* 上该领域被引频次最高的研究,通过成本效益分析法,以会计价值和经济价值测算生态系统服务价值的存量和流量,对英国北海海岸河口管理方案提出可行性建议。2012 年在 *Ecosystem Services* 发表的“Ecosystem service values for mangroves in Southeast Asia: A meta-analysis and value transfer application”是该期刊的高被引相关论文^[6],创新性地在 meta 分析中加入潜在的空间变量,对不同地点的红树林生态系统服务价值进行更为准确的测算。在 *Ecological Economics* 上被引最多的是 1999 年发表的“Ecological goods and services of coral reef ecosystems”^[7],总结了珊瑚礁生态系统提供的产品和服务并讨论了人类活动对其恢复力和服务质量的影响,为后续研究奠定理论基础。

表 1 1995—2021 年海洋生态系统服务价值领域前 10 个期刊的发文情况

Table 1 Publications of the top 10 journals in the field of Marine ecosystem service value from 1995 to 2021				
期刊 Journal	发文量 Publications	总被引频次 Citations	影响因子 Impact factor	高被引论文 Highly cited papers
Ecosystem Services	136	4736	5.45	Ecosystem service values for mangroves in Southeast Asia; A meta-analysis and value transfer application
Ocean & Coastal Management	131	2854	3.28	Ecosystem-based marine spatial management; Review of concepts, policies, tools, and critical issues
Frontiers in Marine Science	77	832	3.48	Overview of Integrative Assessment of Marine Systems; The Ecosystem Approach in Practice
Estuarine Coastal and Shelf Science	71	1742	2.93	Challenging paradigms in estuarine ecology and management
Ecological Indicators	69	1430	4.96	Review of valuation methods for mangrove ecosystem services
Ecological Economics	64	6176	5.39	Ecological goods and services of coral reef ecosystems
Sustainability	56	411	3.25	The Economic Value of Mangroves: A Meta-Analysis
Science of the Total Environment	55	807	7.96	Coastal Zone Ecosystem Services: From science to values and decision making; a case study
Journal of Environmental Management	47	1100	5.37	Culture, intangibles and metrics in environmental management
Plos One	44	2446	2.60	The Protective Role of Coastal Marshes: A Systematic Review and Meta-analysis

2.2 主要研究力量分析

2.2.1 国家发文及主要机构

海洋生态系统服务价值领域发文量前十的国家如表 2 所示。美国、英国和澳大利亚的发文量和总被引频次均在前列。美国在 1995—2021 年间共发表文章 781 篇,总被引频次为 39376 次,平均每篇被引 50.42 次,代表机构有 Colorado State University(科罗拉多州立大学)、United States Geological Survey(美国地质调查局)及 University of Washington(华盛顿大学)。其中美国地质调查局发文 48 篇(总被引频次为 6360),是海洋生态系统服务价值领域中学术影响力较高的机构。英国和澳大利亚的发文总量相近,分别为 377 篇和 312 篇。美国的总被引频次为英国的 1.97 倍,澳大利亚的 2.77 倍,表明美国在该研究中有较强的学术影响力。中国对此表现出较强关注,总发文量排名第四(228 篇),但总被引频次排名较后,学术影响力有待增强。Chinese Academy of Sciences(中国科学院)是海洋生态系统服务价值领域发文量最多的中国机构,在 27 年间发文 61 篇,总被引频次达 769 次,除中国科学院外,发文量较多的中国机构还包括 University of Chinese Academy of Sciences(中国科学院大学)和 Jiangsu Ocean University(江苏海洋大学)。

2.2.2 作者发文及合作关系

该领域发文量前十的学者如图 2 所示,发文最多的是美国佛蒙特大学的 Costanza R(17 篇)及英国东英吉利大学的 Turner RK(17 篇),其中 Costanza R 的总被引频次为 3072,学术影响力位于首位;美国加利福尼亚大

学圣巴巴拉分校的 Halpern BS 排名第二(2493 次)。

表 2 1995—2021 年海洋生态系统服务价值领域发文量前 10 的国家
Table 2 Top 10 countries in the field of Marine ecosystem service value during 1995—2021

国家 Country	发文量 Publications	总被引频次 Citations	主要机构 Institutions
美国 USA	781	39376	Colorado State University, United States Geological Survey, University of Washington
英国 UK	377	20020	University of Glasgow, Plymouth Marine Laboratory
澳大利亚 Australia	312	14215	Southern Cross University, The University of Queensland
中国 China	228	3518	Chinese Academy of Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Jiangsu Ocean University
西班牙 Spain	183	8773	Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad de Córdoba
意大利 Italy	171	5422	University of Bologna, University of Pisa
加拿大 Canada	156	9207	University of British Columbia, University of Bologna
德国 Germany	142	4674	Forschungszentrum Julich, German Weather Service
荷兰 Netherlands	130	6333	Utrecht University, Wageningen University & Research
法国 France	127	9396	Ifremer, Grenoble Alpes University

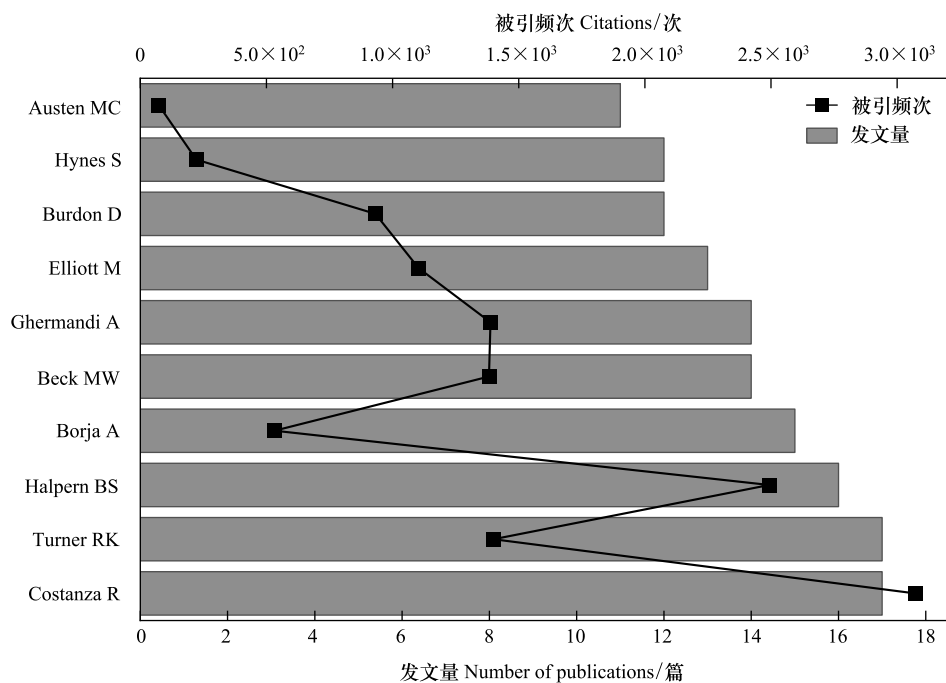


图 2 1995—2021 年海洋生态系统服务价值领域前 10 个作者的发文情况

Fig.2 Publications of the top 10 authors in the field of Marine ecosystem service value during 1995—2021

图 3 显示了学者合作关系。可以看出,作者间合作以团队内部合作为主,发文量位于前列的 Costanza R、Halpern BS、Borja A 与 Beck MW 等人已形成各自的研究团队。团队间合作体现在 Borja A 等学者构成的作者合作群与以 Halpern BS 为代表的研究团队,两人都处于合作关系网络的中间位置。

2.3 高被引论文分析

从表 3 中可知,1995—2021 年海洋生态系统服务价值领域高被引论文均在高水平期刊上发表,Ecosystem services 发表了 3 篇文章,Ecological economics 和 Ecological monographs 各发表了 2 篇文章,其余如 Science 及 BioScience 发表了 1 篇。单篇被引最高的研究是 2005 年发表在 Ecological Monographs 上的“Effects of Biodiversity on Ecosystem Functions: a Consensus of Current Knowledge”^[8],总被引 4521 次。人类活动对生物多

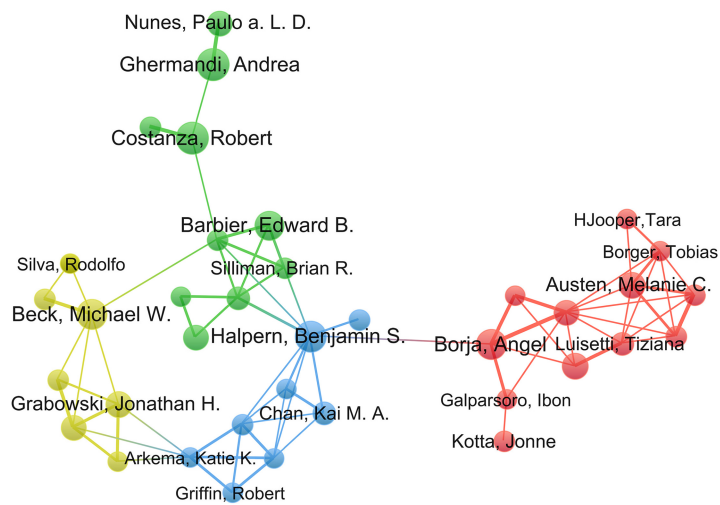


图 3 1995—2021 年海洋生态系统服务价值领域作者合作共现图谱

Fig.3 Co-occurrence map of authors in the field of Marine ecosystem service value during 1995—2021

样性造成的威胁会阻碍生态系统的正常运转,进而改变生态系统结构,影响生态系统功能。发表最早的是 1999 年刊登在 Ecological Economics 的“Ecosystem services in urban areas”^[9]。文章以城市森林、耕地和海洋等生态系统为研究对象,分析生态系统服务为城市生活质量带来的直接或间接影响,突出在城市土地利用规划中考虑生态系统服务的必要性。同年 Moberg F 在“Ecological goods and services of coral reef ecosystems”^[7]中阐述了珊瑚礁生态系统产出生态产品和服务的过程,指出过度捕捞将加剧珊瑚礁恢复力的丧失,强调海洋生态保护的重要性。2017 年 Costanza R 的“Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go?”是近年的高被引论文^[10]。生态系统服务价值已逐渐成为经济社会发展新的衡量指标,生态系统服务和自然资本价值的相关思考将逐渐纳入经济政策制定中。

表 3 1995—2021 年海洋生态系统服务价值领域总被引频次前 10 的论文

Table 3 Top 10 most-cited papers in the field of Marine ecosystem service value during 1995—2021

年份 Year	作者 Author	出处 Journal	标题 Title	总被引频次 Total citations	年均被引频次 Annual citations
2005	Hooper DU	Ecological Monographs	Effects of biodiversity on ecosystem functions: A consensus of current knowledge	4521	266
2011	Barbier EB	Ecological Monographs	The value of estuarine and coastal ecosystem services	2215	201
2006	Orth RJ	BioScience	A global crisis for seagrass ecosystems	1748	109
2011	Mcleod E	Frontiers in Ecology and the Environment	A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO ₂	1317	120
1999	Bolund P	Ecological Economics	Ecosystem services in urban areas	1306	57
2012	DE Groot R	Ecosystem Services	Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units	1009	101
1999	Moberg F	Ecological Economics	Ecological goods and services of coral reef ecosystems	966	42
2017	Costanza R	Ecosystem Services	Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go?	689	138
2008	Barbier EB	Science	Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values	594	42
2012	Maes J	Ecosystem Services	Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union	529	53

2.4 研究热点及演化趋势

2.4.1 关键词聚类分析

海洋生态系统服务价值领域的关键词共组成 3 个聚类,包含“ecosystem services”、“management”、“conservation”、“climate-change”、“dynamics”、“valuation”及“marine”等高频关键词,研究主题有全球变化下海洋生态系统服务的动态变化、海洋生态系统服务价值分类及其量化、海洋生态系统服务价值评估及其实际应用(图 4)。

聚类 1(红色)以“climate-change”、“sea-level rise”、“dynamics”及“services”等关键词为主。全球环境变化能够从群落结构和生物多样性等多方面影响海洋生态系统状态及其稳定性,导致海洋生态系统结构失衡,破坏生态系统服务。其中,气候变化(climate-change)是引起海洋生态系统结构变化的主要因素^[11]。首先,气候变化能够改变海洋渔业资源的地理分布,使有商业价值的海洋生物种群向高纬度或更深层海域迁移,使低纬度海域渔业发展受阻;同时珊瑚礁栖息地覆盖率的大幅减少,进一步降低海洋生物生存能力,削弱海洋生态系统的供给服务^[12]。其次,气候变化造成海平面不断上升,加速沿海植被向陆地迁移,使海岸防护能力减弱,调节服务功能退化,海水入侵、海岸侵蚀情况频发^[13-14]。此外,气候变化对海洋微生物的生存造成威胁,抑制海洋生态系统的支持功能。海洋浮游生物的减少或消失将影响生态系统的食物供给和营养循环,破坏海洋食物链,从而影响整个海洋生态系统的正常运转^[15]。

聚类 2(蓝色)包含“ecosystem services”、“benefits”、“contingent valuation”与“willingness-to-pay”等关键词,重点关注海洋生态系统服务价值分类及其量化。现有研究采用直接市场法、替代市场法及模拟市场法对海洋生态系统的服务功能进行价值量化^[16]。直接市场法依据流通商品的实际价格评估海洋生态系统供给服务价值量;直接市场法失效时则采用替代品价格,称为“替代市场法”,直接市场法及替代市场法依赖于客观产品的具体价格,无法体现人的主观能动性^[17]。基于此,学者们提出了模拟市场法,根据人们对环境保护项目的支付意愿分析海洋生态系统提供的商品和服务的社会价值。模拟市场法集中运用于研究海洋生态系统的文化服务,结合调查问卷和条件价值评估法,评价人们对海洋生态系统服务功能的感知程度。例如,Uehara TR 发现日本 Satoumi 地区开展的海洋文化项目^[18]能显著提高当地居民(利益相关者)对海洋生态系统服务的认知水平,激励人们为保护自然环境采取行动。

聚类 3(绿色)包含“valuation”、“framework”、“management”和“science”等关键词,主要探究海洋生态系统服务价值评估及其实际应用^[19]。海洋生态系统服务功能包含供应服务、调节服务、文化服务,有时还包括支持服务^[20]。其中供应功能指食物和海水供应,可以用从海洋中获取的可供食用的海洋生物量,以及供应工业和经济活动的海水总量来衡量^[21]。调节作用指水质净化、气候调节、海岸保护和干扰调节功能。水质净化功能是生态系统通过生态系统运转去除污染物的能力,用 COD 的生化降解能力或氮磷沉积量表示。气候调节功能表示为单位水域固碳量。海洋生物通过物理化学及生物作用固定空气中的二氧化碳等温室气体,对维持气候稳定做出贡献^[22]。由于植被覆盖能通过增加海岸带沉积物含量增强其抵御侵蚀的能力,可用自然海岸线长度或海岸带沉积量评估海岸保护功能^[23]。干扰调节功能指海洋生态系统在风暴洪水发生时期储存和减缓水流以减弱环境干扰,用免受海啸影响的饮用水总量衡量^[24]。此外,海洋生态系统的文化服务主要体现在海洋景观为休闲娱乐和旅游业发展提供的支持服务。由于海洋数据的局限,相关研究通常采用卫星遥感数据

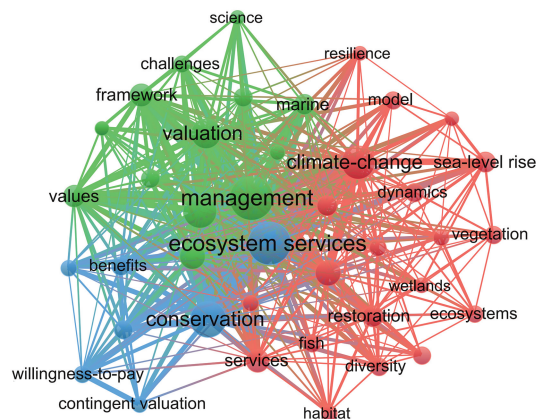


图 4 1995—2021 年海洋生态系统服务价值领域关键词共现网络图谱

Fig.4 Cooccurrence network map of keywords in the value of Marine ecosystem services from 1995 to 2021

构建生态经济模型,对海洋生态系统服务进行价值量化。Cao 等基于 1990 年、2000 年和 2010 年的遥感土地利用图,从土地利用变化角度评估浙江省海岸带城市化进程中的生态系统服务价值^[25]。Chen 基于土地遥感数据系统评估了高梅湿地生态系统的发展状况^[26]。海洋生态系统服务价值估算可以为沿海开发活动提供决策支持,对海洋资源的合理利用具有重要意义。

2.4.2 主题演化分析

从时间序列视角出发,通过分析关键词聚类及主题演化情况,全面梳理了 1995—2021 年海洋生态系统服务价值研究的发展脉络。如图 5 和表 4 所示,该领域研究的主题演化过程具体可分为 3 个阶段。

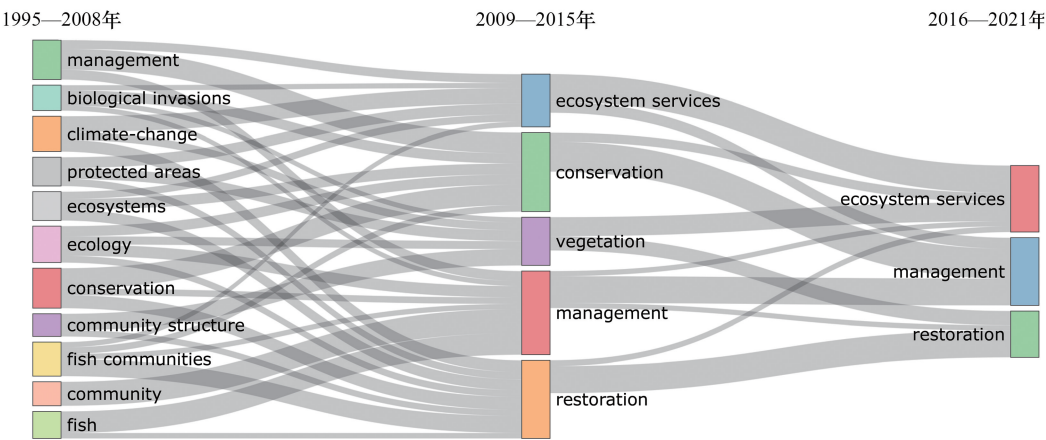


图 5 1995—2021 年海洋生态系统服务价值领域研究主题演变情况

Fig.5 Evolution of research topics in the field of Marine ecosystem service value during 1995—2021

表 4 1995—2021 年海洋生态系统服务价值领域不同研究发展阶段主题划分

Table 4 Subject division of different research development stages in the field of Marine ecosystem service value during 1995—2021		
时期 Period	研究主题 Subjects	关键词 Keywords
发展初期 (1995—2008) Initial development period	Biological invasions、climate-change、community、community structure、ecology、ecosystems	Climate-change、marine、sea-level rise、impacts、community、vulnerability、diversity、services、dynamics
	Fish、Fish communities	Fish、fishery、valuation、services、diversity、challenges
	Management、Protected areas	protected areas、habitat、coral reef
高速发展期 (2009—2015) High-speed development period	Ecosystem services、	Ecosystem services、classification、benefits、management、communities、classification、values、indicators、pattern、sea
	Management、Conservation	
	Vegetation	Wetland、forest、mangrove、community structure、coastal
	Restoration	Resilience、services、economic valuation、framework、willingness-to-pay
稳定发展期 (2016—2021) Stable development period	Ecosystem services	Ecosystem services、valuation、indicators、classification、model、contingent valuation、willingness-to-pay、social and cultural services
	Management	Management、coastal、wetland、diversity、community、fishery、protected areas、habitat
	Restoration	Restoration、conservation、decision-making、science、ecosystem、vegetation

第一阶段是 1995—2008 年,该领域处于初步发展阶段,研究主题繁多且分散。受学者关注较多的主题有生物入侵、气候变化对海洋生态系统群落结构及其服务功能的影响、渔业发展及海洋自然保护区管理^[27]。全球变化影响了海洋生态系统群落结构并导致海洋服务质量的下降^[28]。其中,气候变化使鱼类时空分布范围

和地理种群量发生变化,最终影响了沿海渔业的发展^[29]。此外,全球性环境问题的严峻性提高了人们的海洋生态系统服务保护意识,为海洋自然保护区的管理提供了支持^[30]。

第二阶段为 2009—2015 年,学者们开始注重将研究应用于实际问题的解决,研究方向逐渐向海洋生态系统服务的管理与保护、海洋保护区的植被覆盖以及海洋保护区渔业价值的恢复演变。其中,海洋生态系统服务的管理与保护由第一阶段的“climate-change”、“conservation”、“management”、“ecosystems”、“fish”及“community structure”等主题演变而来,探究气候变化对海洋生态系统的影响机制和服务功能的经济价值^[31]。海洋保护区的植被覆盖主要包含“community structure”、“vegetation”和“protected areas”等主题^[32]。由于保护区自然景观能减少沿海灾害,通过构建生态系统服务框架来制定海岸保护解决方案可提高社会福利^[33]。海洋保护区渔业价值的恢复主要包含“conservation”、“fish communities”、“ecosystems”、“protected areas”与“restoration”,通过计算渔业发展预期的回报和生态系统恢复项目的投入成本为利益相关者提供决策支持^[34]。

第三阶段是 2016-至今,海洋生态系统服务价值研究基本成型,研究主题具体分为三个方面:ecosystem services、management 和 restoration。海洋生态系统服务主要由“climate-change”、“ecosystem services”、“management”、“vegetation”与“community structure”演变而来。全球环境变化通过改变海洋生态系统的群落结构和植被覆盖,影响海洋生态系统的供应、调节、文化及支持服务价值^[35]。海洋生态系统管理由“conservation”、“management”、“fish”、“ecosystem services”及“community”等主题发展而来,学者们基于海洋生态系统服务价值评估,规划海洋和海岸空间,保证渔业经济复苏、生态可持续发展和土地合理利用等多重目标的实现^[36]。海洋生态系统恢复包含“restoration”、“fish communities”、“conservation”、“vegetation”、“protected area”和“community”等主题,量化分析了海洋生态系统保护项目的投入成本和人们的支付意愿,帮助制定海洋生态系统保护政策^[37—38]。

3 讨论与结论

本文从文献计量学的角度对海洋生态系统服务价值领域年度发文量、来源期刊、主要研究力量和高频关键词进行全面研究,分析了该领域的研究主题及热点并得出如下结论:

(1)海洋生态系统服务价值领域的研究起始于 1995 年,自 2008 年起,发文量呈指数式增长,2009—2020 年间的发文量约占研究期内总量的 81.9%,美国在该领域具有绝对的领先地位。相关研究主要发表在 *Ecosystem Services*、*Ecological Economics*、*Sustainability* 及 *Ocean & Coastal Management* 等高水平期刊上。

(2)全球变化下海洋生态系统服务的动态变化这一主题重点探讨了气候变化对生物多样性及群落结构的影响、覆被情况与海洋生态系统恢复力的关系及海洋生态系统服务功能的时空变化等热点问题。气候变化对海洋的影响主要体现在海水升温、海平面上升及酸化等方面^[11, 39]。其中海水升温改变了海洋生物的空间分布格局,影响了生态系统的供给服务^[12];海平面上升对沿海植被的侵蚀使得海洋生态系统恢复力下降,削弱了其在海岸保护、防洪等方面的功能;酸化造成海洋生物多样性降低,海洋的固碳功能和物质循环等支持服务受损^[15]。

(3)海洋生态系统服务价值分类及其量化主要涉及价值分类的理论依据和量化方法的选择问题。根据对人类社会的经济贡献程度,海洋生态系统服务价值可分为使用价值和非使用价值。使用价值指海洋生态系统提供的资源和服务,学者采用直接市场法和替代市场法进行量化;非使用价值表现为人类对海洋环境保护的支付意愿,相关研究选取模拟市场法进行量化^[17, 20]。此外,单一价值量化方法无法充分体现海洋系统复杂多样的服务,实际研究中需要结合和比较多种量化方法^[2]。

(4)海洋生态系统服务价值评估及其实际应用包含评估指标的选取以及价值评估在海洋管理与保护中的作用等研究热点^[19]。不同类型的海洋生态系统提供的服务价值有所不同。其中,滨海生态系统服务价值的研究侧重于海滩休闲娱乐服务价值、滨海湿地的调节功能;近海生态系统主要探究鱼类资源的供给价值以

及珊瑚礁的供给、调节和文化服务^[40]。通过构建价值评估指标,分析海洋生态系统各服务功能的经济效益,能够为政策制定者在海洋生态系统管理方案的工作中提供决策支持。

综上所述,海洋生态系统服务价值研究不仅是当前生态经济学聚焦的重点,也是对陆地生态系统服务评估的进一步补充。现有研究已经在全球变化对海洋生态系统的影响、区域海洋生态系统服务价值评估以及海洋生态系统管理与保护等问题上展开了深入的探讨,但尚未形成统一完善的海洋生态系统服务价值评估体系,评估方法仍有待进一步创新。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评估体系的改进。未来遥感和地理信息技术的发展能够弥补因地形复杂、区域广阔导致的数据缺失和精度不足等问题,建立具有科学性特征的复合型评估指标,丰富远洋、深海生态系统服务价值评估的相关研究,将评估方法的适用范围进一步扩大^[16, 35]。

(2)海洋生态系统服务价值评估在生态产品价值实现中的应用。海洋生态系统服务评估是生态产品价值实现的衡量标准,通过将无形的生态功能价值化,促进了海洋资源的合理利用,推动生态旅游的发展^[34, 36],为海洋保护和可持续发展提供了新的思路。

(3)海洋生态系统服务价值评估在生态系统恢复与补偿中的应用。海洋生态补偿主要包括海洋生态系统服务或自然资源的使用及损害补偿费用^[1, 40]。通过对海洋生态系统服务进行价值评估,确定利益相关者的范围,将环境成本内部化,降低海洋生态系统的保护成本。

参考文献 (References):

- [1] 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.
- [2] 巩杰, 燕玲玲, 徐彩仙, 郭青海. 近30年来中美生态系统服务研究热点对比分析——基于文献计量研究. 生态学报, 2020, 40(10): 3537-3547.
- [3] Allen M E, Fleming C S, Gonyo S B, Towle E K, Dillard M K, Levine A, Gorstein M, Loerzel J, Regan S D, Zito B M, Edwards P E T. Resident perceptions of ecosystem services provided by U.S. coral reefs: highlights from the first cycle of the national coral reef monitoring program's socioeconomic survey. *Water*, 2021, 13(15): 20181.
- [4] Arévalo-Valenzuela P, Peña-Cortés F, Pincheira-Ulbrich J. Ecosystem services and uses of dune systems of the coast of the Araucania Region, Chile: a perception study. *Ocean & Coastal Management*, 2021, 200: 105450.
- [5] Luisetti T, Turner R K, Jickells T, Andrews J, Elliott M, Schaafsma M, Beaumont N, Malcolm S, Burdon D, Adams C, Watts W. Coastal zone ecosystem services: from science to values and decision making; a case study. *Science of the Total Environment*, 2014, 493: 682-693.
- [6] Brander L M, Wagtendonk A J, Hussain S S, Mevittie 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.
- [7] Moberg F, Folke C. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics*, 1999, 29(2): 215-233.
- [8] Hooper D U, Chapin III F S, Ewel J J, Hector A, Inchausti P, Lavorel S, Lawton J H, Lodge D M, Loreau M, Naem S, Schmid B, Setälä H, Symstad A J, Vandermeer J, Wardle D A. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 2005, 75(1): 3-35.
- [9] Bolund P, Hunhammar S. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 1999, 29(2): 293-301.
- [10] Costanza R, de Groot R, Braat L, Kubiszewski I, Fioramonti L, Sutton P, Farber S, Grasso M. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 2017, 28: 1-16.
- [11] Armstrong C W, Vondolia G K, Foley N S, Henry L A, Needham K, Ressurreicao A. Expert assessment of risks posed by climate change and anthropogenic activities to ecosystem services in the deep north atlantic. *Frontiers in Marine Science*, 2019, 6: 158.
- [12] 刘红红, 朱玉贵. 气候变化对海洋渔业的影响与对策研究. 现代农业科技, 2019, (10): 244-247.
- [13] Beck M W, Losada I J, Menéndez P, Reguero B G, Díaz-Simal P, Fernández F. The global flood protection savings provided by coral reefs. *Nature Communications*, 2018, 9(1): 2186.
- [14] Duarte B, Carreiras J, Caçador I. Climate change impacts on salt marsh blue carbon, nitrogen and phosphorous stocks and ecosystem services. *Applied Sciences*, 2021, 11(4): 1969.
- [15] Doney S C, Busch D S, Cooley S R, Kroeker K J. The impacts of ocean acidification on marine ecosystems and reliant human communities. *Annual Review of Environment and Resources*, 2020, 45: 83-112.
- [16] 沈满洪, 毛狄海. 海洋生态系统服务价值评估研究综述. 生态学报, 2019, 39(6): 2255-2265.

- [17] Armstrong C W, Foley N S, Tinch R, Van Den Hove S. Services from the deep: steps towards valuation of deep sea goods and services. *Ecosystem Services*, 2012, 2: 2-13.
- [18] Uehara T, Sakurai R, Tsuge T. Cultivating relational values and sustaining socio-ecological production landscapes through ocean literacy: a study on Satoumi. *Environment, Development and Sustainability*, 2020, 22(2): 1599-1616.
- [19] Liu R Q, Xu H, Li J L, Pu R L, Sun C, Cao L D, Jiang Y M, Tian P, Wang L J, Gong H B. Ecosystem service valuation of bays in East China Sea and its response to sea reclamation activities. *Journal of Geographical Sciences*, 2020, 30(7): 1095-1116.
- [20] Yoskowitz D, Carollo C, Pollack J B, Santos C, Welder K. Integrated ecosystem services assessment: valuation of changes due to sea level rise in Galveston Bay, Texas, USA. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2017, 13(2): 431-443.
- [21] Grizzetti B, Liqueste C, Pistocchi A, Vigiak O, Zulian G, Bouraoui F, De Roo A, Cardoso A C. Relationship between ecological condition and ecosystem services in European rivers, lakes and coastal waters. *Science of the Total Environment*, 2019, 671: 452-465.
- [22] 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.
- [23] Lam R D, Gasparatos A, Chakraborty S, Rivera H, Stanley T. Multiple values and knowledge integration in indigenous coastal and marine social-ecological systems research: a systematic review. *Ecosystem Services*, 2019, 37: 100910.
- [24] Böhnke-Henrichs A, Baulcomb C, Koss R, Hussain S S, De Groot R S. Typology and indicators of ecosystem services for marine spatial planning and management. *Journal of Environmental Management*, 2013, 130: 135-145.
- [25] Cao L D, Li J L, Ye M Y, Pu R L, Liu Y C, Guo Q D, Feng B X, Song X Y. Changes of ecosystem service value in a coastal zone of Zhejiang province, china, during rapid urbanization. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(7): 1301.
- [26] Chen H S. Establishment and application of wetlands ecosystem services and sustainable ecological evaluation indicators. *Water*, 2017, 9(3): 197.
- [27] Campbell M L, Hewitt C L. Which values do non-native marine species affect? A case-study exploration of perceived values at threat in micronesia. *Frontiers in Marine Science*, 2018, 5: 247.
- [28] Hoegh-Guldberg O, Pendleton L, Kaup A. People and the changing nature of coral reefs. *Regional Studies in Marine Science*, 2019, 30: 100699.
- [29] Anneboina L R, Kumar K S K. Economic analysis of mangrove and marine fishery linkages in India. *Ecosystem Services*, 2017, 24: 114-123.
- [30] Cárcamo P F, Garay-Flühmann R, Squeo F A, Gaymer C F. Using stakeholders' perspective of ecosystem services and biodiversity features to plan a marine protected area. *Environmental Science & Policy*, 2014, 40: 116-131.
- [31] Vierros M. Communities and blue carbon: the role of traditional management systems in providing benefits for carbon storage, biodiversity conservation and livelihoods. *Climatic Change*, 2017, 140(1): 89-100.
- [32] Chen Z X, Zhang X S. Value of ecosystem services in China. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45(10): 870-876.
- [33] Arkema K K, Griffin R, Maldonado S, Silver J, Suckale J, Guerry A D. Linking social, ecological, and physical science to advance natural and nature-based protection for coastal communities. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2017, 1399(1): 5-26.
- [34] Humphries A T, La Peyre M K. Oyster reef restoration supports increased nekton biomass and potential commercial fishery value. *Peerj*, 2015, 3: e1111.
- [35] Ashournejad Q, Amiraslani F, Moghadam M K, Toomanian A. Assessing the changes of mangrove ecosystem services value in the Pars Special Economic Energy Zone. *Ocean & Coastal Management*, 2019, 179: 104838.
- [36] Alves F L, Sousa L P, Esteves T C, Oliveira E R, Antunes I C, da Luz Fernandes M, Carvalho L, Barroso S, Pereira M. Trend Change(s) in Coastal Management Plans: the integration of short and medium term perspectives in the spatial planning process. *Journal of Coastal Research*, 2014, 70(sp1): 437-442.
- [37] Caffey R H, Wang H, Petrolia D R. Trajectory economics: assessing the flow of ecosystem services from coastal restoration. *Ecological Economics*, 2014, 100: 74-84.
- [38] Chang J I, Yoon S. Assessing the economic value of beach restoration: case of Song-do Beach, Korea. *Journal of Coastal Research*, 2017, 79(sp1): 6-10.
- [39] 韦兴平, 石峰, 樊景凤, 杨青. 气候变化对海洋生物及生态系统的影响. *海洋科学进展*, 2011, 29(2): 241-252.
- [40] 戴培超, 张绍良, 刘润, 杨永均. 生态系统文化服务研究进展——基于 Web of Science 分析. *生态学报*, 2019, 39(5): 1863-1875.