

DOI: 10.5846/stxb202107151905

李睿倩, 吕明珠, 李永富, 胡恒. 基于文献计量的海洋空间规划应用生态系统服务研究进展. 生态学报, 2022, 42(1): 410-421.

基于文献计量的海洋空间规划应用生态系统服务研究进展

李睿倩^{1,2,*}, 吕明珠¹, 李永富³, 胡 恒⁴

1 中国海洋大学国际事务与公共管理学院, 青岛 266100

2 中国海洋大学海洋发展研究院, 青岛 266100

3 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

4 国家海洋技术中心, 天津 300112

摘要:运用文献计量平台和知识图谱可视化手段,基于 2000—2019 年间 Web of Science 数据库中 496 篇文献样本,梳理国际海洋空间规划应用生态系统服务的整体概貌,把握热点主题和演化路径。结果表明,近 20 年,国际学界在该交叉领域聚焦于保护状况、海洋保护区、海洋空间规划、社会-生态系统、生态系统服务价值评估、生态系统服务权衡和近海渔业等 7 个热点主题。生态系统服务在海洋空间规划领域经历了由作为保护目标到技术工具再到治理路径的研究递进。相应地,国际学者应用生态系统服务的目的从追求技术上的最优解,拓展至对合理空间治理方案的探索。其中,以生态系统服务为核心的人海耦合机制及科学知识的实践转化是有待解决的难点,需要从多学科视角、宏微观分析和研究方法创新上加以突破。面向我国国土空间规划体系改革,应超越规划工具理性,走出应用海洋生态系统服务价值评估的局限。国内学者可从引导规划理念认知、增强空间治理精细化、提升规划公平与效率等现实需求入手,探索生态系统服务应用于我国海洋空间规划的可行路径,以此推动规划理论方法的完善,同时为提升人民海洋福祉提供切实保障。

关键词:海洋空间规划;生态系统服务;交叉研究;演化路径;文献计量

海洋空间规划是一种引导海域活动分布的整合框架,致力于支持当前和未来对海洋的利用,并维持代际所需重要生态系统服务的供给,以实现生态、经济和社会综合目标^[1]。国际海洋空间规划以人类用海活动为主要治理对象,注重协调空间冲突和利益权衡,致力于促进海洋可持续发展,提升人类海洋福祉。早期国外学者尝试对单一海洋生境、物种或资源开展空间保护利用研究。然而,面向全球生物多样性保护的海洋保护区划方案与其他生态区划一样,局限于生物地理分布特征的分析,忽视了对区域人地关系特征的把握^[2]。由此,作为连接自然环境与人类福祉的纽带,生态系统服务知识展现出巨大潜力,逐渐成为:①反映“海洋规划决策影响的综合表征”,为多部门政策下的空间用态和优序选择提供依据^[3-4];②作为“规划进行自然资源价值塑造的基础”,在提升资源环境承载力、设定发展保护底线方面提供支撑^[5];③作为“人类福祉的载体”,明确人们对空间的多元需求及权衡关系,为主体沟通提供“相同话语体系”,提高规划协同水平^[6]。国外学界不断突破自然科学主导下以生态系统服务为基础的规划技术创新,形成了与社会科学方法交融深化的特征,开始迈向在规划管理层面的应用探索。

基金项目:山东省社会科学规划研究项目(19DZZJ03);青岛市哲学社会科学规划项目(QDSKL2101018);中央高校基本科研业务费专项(201913002)

收稿日期:2021-07-15; **采用日期:**2021-11-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liruiqian@ouc.edu.cn

国内学者于早期围绕海洋生态系统服务的内涵与分类、产生与实现、价值评估框架等开展了奠基性工作^[7-9]。陈尚等^[10-12]开创性地提出了海洋生态资本的概念及其价值的构成要素,发展出一套价值评估指标体系,并应用于山东省近海开展生态资本研究,为海洋生态系统服务的后续研究给予了理论指引,也对评估技术的应用转化提供了样例支撑。在此基础上,海洋生态系统服务价值评估方法于2011年被国家标准《海洋生态资本评估技术导则》吸纳,并通过2016年山东省《用海建设项目海洋生态损失补偿评估技术导则》纳入地方海洋用途管制政策,主要服务于生态补偿核算、环评审批和发放许可证等工作^[13]。近年来,少量学者基于生态系统服务开展了海洋保护区维持服务价值评估、滩涂资源承载力评价和滨海地区服务价值格局演变研究^[14-16],是在海洋区划方面推动生态系统服务应用的有益尝试。总体来看,国内学界聚焦于海洋生态系统服务价值评估及其对空间用途管制中经济政策的支撑,取得了显著成果;但相较而言,国内就海洋空间规划如何应用生态系统服务这一议题的研究处于起步阶段,缺少对国际研究进展的系统把握,从而尚未清晰认知应用的逻辑、目的和方式等问题。因此,面向我国新的规划理念与要求,如何应用生态系统服务科学创新海洋空间规划理论方法、提升规划治理效能是亟待回答的重要问题。

国内既有研究多将海洋生态系统服务和海洋空间规划作为两大主题独立开展述评^[17-18],无法解答以上问题。因此,本文运用文献计量手段全面梳理国际海洋空间规划应用生态系统服务的整体概貌,把握热点主题和演化路径,探明应用的理论逻辑、现实需求、路径方法和难点不足等。所获结果有望为我国海洋空间规划研究提供有益启示。

1 数据与方法

1.1 数据来源

文献计量分析所用数据来自 Web of Science(WOS)核心数据库(SCI, SSCI, A&HCI, CPCI-S)。检索条件设置为主题“ecosystem services”AND“marine spatial planning/marine planning/marine zoning”,检索时段2000—2019年(检索到的最早年限为2000年),语言 English。通过整理去重,最终筛选出496篇。

1.2 研究方法

运用 CiteSpace 软件形成知识图谱,作为研究热点和发展趋势分析的重要参考,并挖掘高被引和关键文献,揭示该领域的前沿进展。

2 发文总体特征

2.1 年度发文量及变化趋势

2000—2019年间,海洋空间规划与生态系统服务研究的相关文献整体呈上升趋势(图1)。其中,2005年千年生态系统评估项目及2006年第一届海洋空间规划会议可能是推动二者共同发展的重要合力。随后,生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台的成立进一步促进各国关注如何运用海洋保护规划提升生态系统服务这一重要对象。2010年起,受欧美国家海洋政策倡议和国际会议的影响,文献数量较快增长。2015年后,发文量和速度保持较高水平,以年均60篇的数量增长。随着2017年第二届海洋空间规划会议上《加快国际海洋空间规划进程的联合路线图》的出台,基于生态系统的海洋空间规划被确定为优先发展方向之一,第二年发文量即达75篇。2019年“全球海洋空间规划

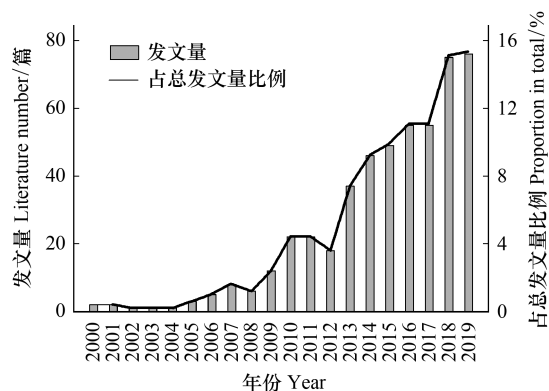


图1 2000—2019年海洋空间规划与生态系统服务领域文献发表量

Fig.1 Literature published in the cross-research field of marine spatial planning and ecosystem services from 2000 to 2019

2030”项目实施,海洋空间规划应用生态系统服务的研究继续保持高产状态。

2.2 学科和期刊分布特征

图2反映了海洋空间规划应用生态系统服务研究的学科分布情况。相关研究主要集中在环境科学和生态学领域,其次是海洋地理、水资源学、海洋生物保护研究、国际关系研究等学科,学科交叉性特点显著。其中,环境科学与其他学科的联系最紧密。

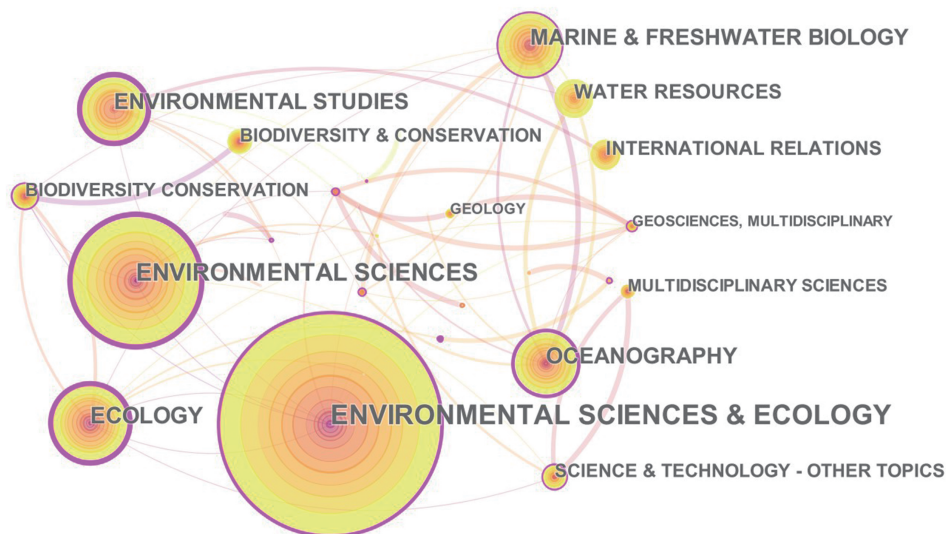


图2 海洋空间规划与生态系统服务研究领域学科共现可视化图谱

Fig.2 Visualization atlas of Co-occurrence of disciplines in the research field of marine spatial planning and ecosystem services

2.3 国家和机构分布情况

在统计得到的37个文献来源国中,欧洲国家最多(20个),占比54%。对单个国家而言,美国发文量最高(175篇),占全球总发文量的35%。英国和澳大利亚分列2,3位。前三位国家的总发文量达全球的70%,在海洋空间规划与生态系统服务研究领域占据主导地位。中国的发文量位居第十,是前十位中唯一的发展中国家(图3)。

根据研究机构图谱(图4)可见,网络共现密度0.0233,表明机构间已形成初步的合作网络。其中,发文量10篇以上的机构有10个,总计151篇,占比30%。发文量最高的为斯坦福大学和美国国家大气和海洋局;其次是英国普利茅斯实验室、加拿大皇后大学、美国俄勒冈州大学、澳大利亚詹姆斯库克大学和塔斯马尼亚大学等机构。图谱中节点中心性体现发文机构的影响力,据此,加拿大皇后大学(0.38)、英国普利茅斯实验室(0.35)位于前列,是该研究领域的代表性机构,影响力较大。

3 研究前沿与热点分析

3.1 文献聚类图谱及热点分析

原始数据中的被引文献(cited)体现该研究领域的知识基础,施引文献(citing)组成研究前沿。其中,高被

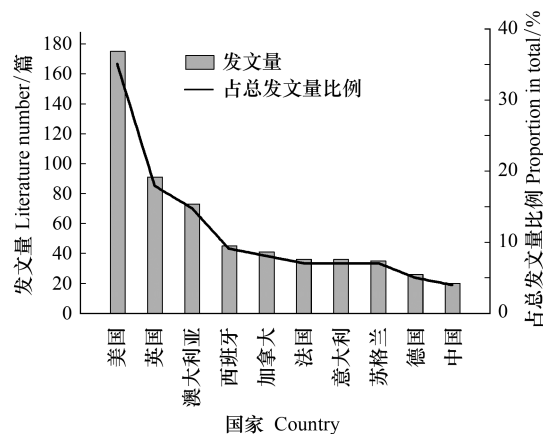


图3 海洋空间规划与生态系统服务研究领域发文量排名前十国家

Fig.3 Top 10 countries in cross-research areas of marine spatial planning and ecosystem services

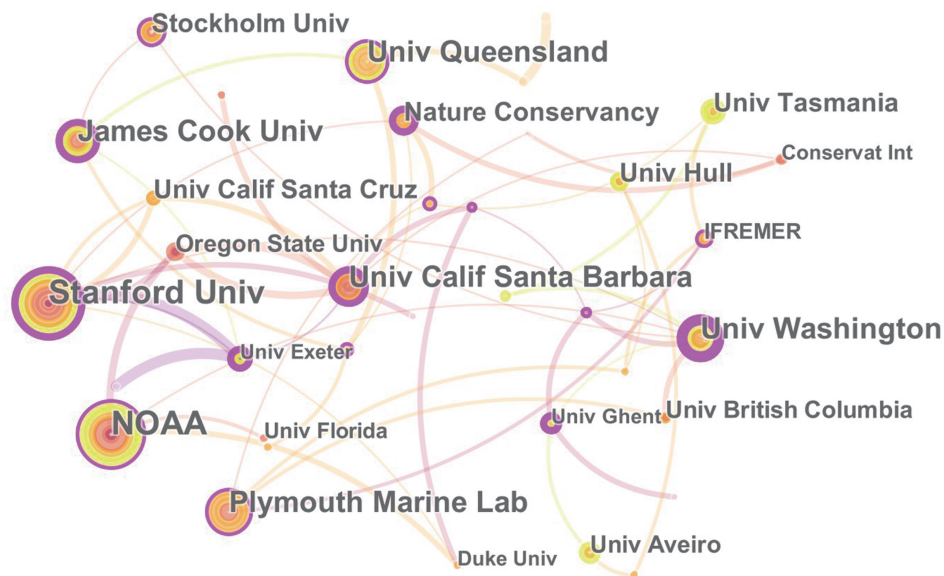


图 4 海洋空间规划与生态系统服务领域研究机构共现分析

Fig.4 Co-occurrence knowledge mapping of institutions in the cross-research for ecosystem services and marine spatial planning

引文献是反映研究成果影响力及其地位的客观表征,为厘清研究知识基础的转折、探究热点主题提供重要依据。因此,本文首先基于文献共被引图谱(图 5)得到聚类结果和关键节点,厘清知识变化结构、明确研究前沿主题。其次,结合高被引文献(表 1)对聚类主题及代表性观点进行梳理剖析。

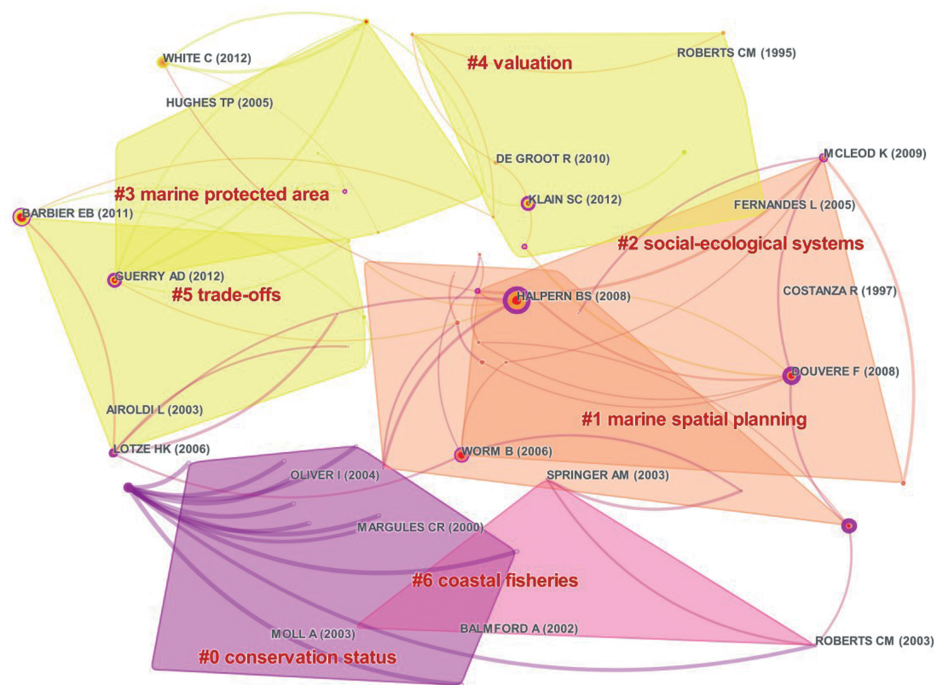


图 5 海洋空间规划与生态系统服务研究文献共被引聚类图谱

Fig.5 References co-citation clustering view of cross-research literature on marine spatial planning and ecosystem services

表 1 WOS 数据库中 2000—2019 年海洋空间规划与生态系统服务研究领域被引最高文献信息

序号 Rank	作者 Author	标题 Title	年份 Year	出版物 Journal	被引 Citation	中心性 Centrality	聚类 Cluster	对所在聚类的意义 Meaning for the cluster
1	Halpern B S	A global map of human impact on marine ecosystems	2008	Science	42	0.44	1	揭示实施基于生态系统的海洋规划管理的重要性、必要性
2	Barbier E B	The value of estuarine and coastal ecosystem services	2011	Ecological Monographs	36	0.19	5	从生态系统功能和过程视角明确河口和海岸带生态系统服务间关系,规划相关行为
3	White C	Ecosystem service tradeoff analysis reveals the value of marine spatial planning for multiple ocean uses	2012	Proceedings of the National Academy of Sciences	28	0.07	3	将生态系统服务权衡分析引入海洋空间规划,促进实现海洋复合利用
4	Worm B	Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services	2006	Science	28	0.15	2	揭示生物多样性丧失对海洋生态系统服务的重要影响,拓展了海洋规划管理对象
5	Douvere F	The role of marine spatial planning in sea use management: The Belgian case	2007	Marine Policy	26	0.57	1	明确基于生态系统的管理为海洋空间规划新范式
6	Klain S C	Navigating coastal values: Participatory mapping of ecosystem services for spatial planning	2012	Ecological Economics	22	0.21	4	将访谈调研、空间分析技术及价值评价方法进行综合运用,促进参与式规划发展
7	Guerry A D	Modeling benefits from nature: using ecosystem services to inform coastal and marine spatial planning	2012	Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management	19	0.22	3	将生态系统服务权衡建模引入海岸和海洋空间规划分析解决规划冲突
8	Lester S E	Evaluating tradeoffs among ecosystem services to inform marine spatial planning	2013	Marine Policy	18	0.07	3	证实了生态系统服务权衡分析对海洋空间规划决策的积极意义
9	McLeod K	Ecosystem-based management for the oceans	2009	Washington (DC): Island Press	16	0.15	2	明确生态系统服务是基于生态系统的海洋管理的核心内容
10	Crowder L	Essential ecological insights for marine ecosystem -based management and marine spatial planning	2008	Marine policy	14	0.42	1	从生态学角度阐明了海洋空间规划的基本要点
11	Lotze H K	Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas	2006	Science	13	0.30	5	从历史维度揭示全球河口和海岸带的开发保护状态,明确了基于生态系统的规划目标
12	Beaumont N J	Identification, definition and quantification of goods and services provided by marine biodiversity: Implications for the ecosystem approach	2007	Marine Pollution Bulletin	13	0.05	1	明确海洋生态系统服务概念和价值评估框架,为规划分析提供理论指导
13	Beaumont N J	Economic valuation for the conservation of marine biodiversity	2008	Marine Pollution Bulletin	12	0.05	1	明确海洋生物多样性的经济价值评估手段
14	Diaz R J	The IPBES Conceptual Framework-Connecting nature and people	2008	Science	12	0.02	2	通过 IPBES 概念框架连接人与自然,阐释自然过程、自然-社会过程和社会经济过程的递进关系
15	De Groot R	Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making	2010	Ecological complexity	11	0.07	4	为规划、管理和决策提出生态系统服务价值评估的综合框架

本文检索的 496 篇文献的研究主题相对集中,可大致被划分为 7 个(图 5),研究主题和代表性观点分别为:

(1)保护状况。海洋生物多样性丧失和生态系统功能退化始终是国际海洋保护研究的关注点。早期研究将海洋生物多样性保护作为海洋保护区规划及大尺度保护区网络空间的核心目标^[19],以海洋生物多样性的空间分布为主要依据,开展海域分类和区划编制^[20]。随着生态学家对海洋生物多样性和生态系统服务内在关联的思辨,逐渐明确前者是生态系统过程的调节者,也是巩固后者生产的重要因素,并在遗传和物种水平上直接贡献了生态服务价值。由此,海洋保护的对象呈现综合性,学者尝试构建兼顾生物多样性和生态系统服务的海洋生态区划分析框架^[21],致力于确定二者的空间格局,进而借助如 Marxan 等规划模型确定海域活动的生态环境要求^[22],从而在综合判断海洋保护优序、精准保护对象和制定适应性规划策略等方面提供科学支撑。

(2)海洋保护区。海洋保护区是管理人类用海行为以及修复生态系统的重要手段^[23],在减缓人类活动影响、保障生态产品和服务生产等方面具有积极意义。学界将生态系统服务视为海洋保护区规划成效提升的重要表征。大量研究尝试基于文献信息和专家意见开展结构化评价,系统识别海洋生境和物种多样性所提供的间接生态系统服务及最终产品^[24],或聚焦于单一物种保护所形成的服务结果^[25],并逐渐拓展至物质和身心层面的福祉评价^[26]。然而,单纯依赖生态系统服务供给结果的评价创新,不足以有效指导保护区治理水平的提高。对此,学者从社会科学视角反思深化,指出把握社会经济因素对海洋保护区生态系统服务供给的影响具有更直接的现实意义。研究运用支付意愿法、选择实验法、半结构访谈法和经济手段,并探索使用参与式摄影手段和地理参考图片分析等方法,揭示区域用海博弈动态影响下生态系统服务的损益,识别主体损益关系,增强了对区划社会参与性和利益分配公平性的研究^[27-28]。

(3)海洋空间规划。为解决传统海洋规划职能碎片化、生态保护割裂化等突出问题,基于生态系统的管理逐渐成为国际海洋空间规划的新选择^[29]。多尺度视角下人类影响海洋生态系统的实证成果^[30],增强了西方社会对基于生态系统的海洋管理理念的认可,并着力于概念内涵、内容结构、实施框架等基础研究。例如, Foley 等提出维持物种多样性、生境异质性、生态系统连通性等原则,为海洋空间规划提供了生态理论的指引^[1]。Katsanevakis 等^[31]进一步提出维持生态系统结构和功能的良好状态,以确保海洋生态系统服务的可持续供给,是基于生态系统管理的核心特征。在此基础上,学者认为生态系统服务可作为目标共识促进规划协同、优化用海格局,是践行生态原则、实现可持续发展目标的重要抓手。相关研究以规划步骤为对象(包括海域利用现状分析、利益相关者识别、海域资源配置与功能协调、规划环境影响评价、公众参与、实施评价等)^[32],辅以多维度、多情境的模拟分析,探索应用生态系统服务的具体路径,为跨部门、跨区域、跨层级海洋空间规划的协同研究提供了有益启示。然而,规划管理层面的应用研究尚未产生丰富的实践成果。当前研究忽视了区域海洋空间规划的具体制度背景、制度条件和制度能力,成为制约应用生态系统服务理论方法推进规划管理实践变革、提高规划效能的重要因素^[33]。

(4)社会-生态系统。社会-生态系统理论实现了多学科交叉下社会经济系统与生态环境系统互动关系认知的综合架构,为理解海洋生态系统如何通过自然过程、自然-社会过程和社会经济过程的递进关系提供人类福祉、阐释海洋空间规划与生态系统服务的相互作用机制提供了理论指引^[34]。学界多以因果关联视角为主,将“驱动力-压力-状态-影响-响应”框架与生态系统服务和社会效益相结合,深描其中“政策措施-压力-种群-生态过程-生态系统服务”等联系^[35],透视海洋规划管理与生态系统服务间的作用机制。近年来,有研究采用社会生态系统韧性视角,基于生态系统服务辨析利益关联、刻画用海冲突的空间特征,对于增强规划适应性、保障区域应对风险扰动的韧性能力具有关键作用^[36]。但整体上看, DPSIR 框架的因果解析存在单向线性的局限,韧性理论下系统的适应变化过程过于复杂,生态系统服务的阈值研判未有突破。因此,海洋空间规划、生态系统服务与人类社会福祉之间的耦合研究仍有待加强。

(5)生态系统服务价值评估。海洋生态系统服务的评估研究是支撑海洋空间规划的重要理论方法基础。

继 Costanza 等^[37]发表了全球生态系统服务经济价值的成果后, Fisher 等^[38]、De Groot 等^[39]提出了生态系统服务价值评估的综合框架, Hein 等^[40]通过构建参与框架,拓展了获取生态系统服务非物质价值信息的途径。这些知识积累为海洋生态系统服务的分类、选择和评价创新提供了理论借鉴。研究往往基于案例背景和评价目的,识别海洋生态系统服务的主要类型,并依据敏感性、关联性、可度性等原则构建评价指标体系^[41]。研究尺度上,价值评估工作从全球、区域海等大尺度,到海湾、海岛等小尺度均有涉及。多数研究采用条件价值法、市场价值法、机会成本法等基于市场理论的方法,以及社会网络分析、专家观点等非市场价值评估手段,少数研究将两类技术进行了结合^[42-43]。评价内容逐渐凸显海洋文化服务价值的地位,强调其在增强规划公平与效率方面的意义^[44-45]。然而,鉴于人们的文化身份、精神互动和地方归属感对文化服务价值的复杂影响,如何把握其内在关联、提升评价准确性仍有待拓展。

(6) 生态系统服务权衡。厘清海洋生态系统服务权衡关系是实现用海冲突协调的关键。已有权衡研究包含服务自身和利益相关者两个层面的权衡内容。早期,学界注重湿地、红树林、海草床等典型生态系统及其服务间内在关联的定性描述^[46],进而结合不同规划管理情境,运用 InVEST 模型、风险评价等手段,量化比较不同服务类型间的权衡差异与变化特征。后来,权衡研究拓展至利益相关者层面,如 White 等^[4]揭示了部门间在开发风能、渔业和休闲娱乐服务方面的关联, Lester 等^[47]进一步基于经济学理论提出了权衡关系的常见类型。从对象上看,海洋生物物理数据的可获性、复杂性和空间边界的模糊性限制了海洋调节服务、支持服务权衡关系的量化测度。相较而言,多数研究关注社会经济文化方面的权衡识别,如 Hicks 等^[48]运用网络分析方法揭示了渔民、学者和管理者有关珊瑚礁生态系统服务的利益关联,为提高海洋空间规划的社会韧性提供参考。权衡形成的驱动因素上,已有研究聚焦于海洋和海岸带开发保护活动和气候变化的作用过程^[49],而在社会经济因素如何影响生态系统服务权衡变化方面的成果还比较欠缺。

(7) 近海渔业。近海渔业资源是维系人类生存的一种重要生态系统供给服务。Springer 等^[50]于早期揭示了渔业枯竭的主要原因, Roberts 等^[51]强调发展基于生态系统的渔业管理,即以生态系统为界划定空间管理单元,优先考虑生态系统脆弱性,促进渔业与其他服务的协调关系。为促进基于生态系统的渔业管理,学者一方面聚焦于渔获量的时空评价,揭示管理尺度与生态尺度的协调问题^[52],探索如何通过空间规划手段的合理选择实现渔业与其他开发保护活动的协同^[53];另一方面,侧重科学管制捕捞方式和影响程度的研究,如通过构建底栖生物敏感度指标,评估拖网捕鱼对大尺度海域底栖生境维持服务的影响,从而规制特定时空下的捕捞方式^[54]。可见,围绕优化渔业空间布局、提升管控效率、改善渔业用海方式等重要内容,生态系统服务的应用不断深化。未来,相关议题值得进一步探索,如怎样基于生态系统服务的内在关联提升渔业空间规划的弹性管控,如何分析社会经济需求对近海和远洋渔业的影响机制,以综合协调近、远海空间开发保护格局等议题。

3.2 研究前沿与发展趋势分析

基于关键词的爆发性检测生成突现词表,结果可反映海洋空间规划与生态系统服务研究的演化动态。其中,突现强度(Strength)反映学界对具体关键词的关注程度和持续性。通过检测出现 10 个突现词,最早爆发于 2010 年。为增强研究结果的综合性,本文结合海洋空间规划与生态系统服务文献共被引聚类图谱(图 5)、关键词突现性分析(图 6),以关键词和相关文献的时间序列为依据,将研究进程划分为三个阶段。

第一阶段(2000—2009 年):交叉起始阶段。20 世纪 60 年代开始,全球步入全面开发管理海洋的新时期,海洋资源环境利用的强度和规模日益增长,生物多样性丧失、环境污染、开发失序失度等尖锐问题凸显,基于生态系统的管理思想开始发展。1992 年,《21 世纪议程》出台,强调了海洋的不可替代价值,明确了可持续发展的重要意义。此后,沿海各国以海洋保护区为主要抓手,关注生物多样性及重要生境的时空保护。2000 年,系统保护规划理论为海洋保护规划注入理论源泉,强化了保护成本、保护效益及保护体系在空间布局上的整合分析,提升了协调发展与保护的研究能力。由此,生境地图绘制、多指标分析、选址算法等空间决策技术成为热点,同时海洋保护区与渔业供给之间的权衡关系也得到广泛关注。2005 年,千年生态系统评估成果的

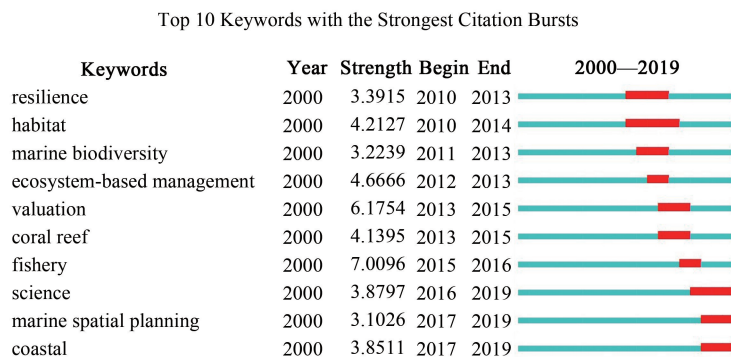


图6 海洋空间规划与生态系统服务研究中的突现词

Fig.6 Burst words in the cross-research of marine spatial planning and ecosystem services

发布促使“生态系统服务”在全球生态环境保护领域成为热议,海洋“生态系统服务”与“生物多样性”之间的关系,以及生态系统服务对人类活动的时空响应在欧美学界引起了极大反响。由此,生态系统服务的可持续供给作为基于生态系统的海洋管理的具体目标引发关注,并在第一届国际海洋空间规划研讨会及欧盟的相关涉海政策中成为海洋空间规划的目标之一。此阶段学界多以生态系统服务为载体,围绕海域海岸带的环境累积影响评价及开发风险开展研究。

第二阶段(2010—2015年):突现词为韧性(Resilience)、栖息地(Habitat)、海洋生物多样性(Marine biodiversity)、基于生态系统的管理(Ecosystem-based management)、生态系统服务价值评估(Valuation)、珊瑚礁(Coral reef)和渔业(Fishery)。此阶段学界聚焦基于生态系统的管理理论,不断深化理论认知和方法创新,以此为基础关注气候变化影响下关键栖息地保护和海洋资源可持续利用的实证研究,呈现出生态系统服务价值评估及权衡分析广泛吸纳社会科学知识的特征,有效提升了生态系统服务理论方法应用于海洋空间规划的现实价值。

理论方法上,学界将韧性理论引入基于生态系统的管理研究,关注全球气候变化、岸线侵蚀、食物安全、时空利用冲突等多源扰动下海洋空间规划的抵御、恢复和适应能力^[36]。不少研究将生态系统服务的供给作为海洋空间规划韧性水平的重要表征进行测度,深化了对人与海洋复杂关系的认知。随着生态系统服务价值评估及权衡分析的成果积累,学界进一步反思二者对规划决策的支撑作用,发现存在社会需求与利益博弈信息的缺位。由此,参与性绘图、调查访谈、InVEST、Marxan、生态模型等方法成为热点,用于剖析生物多样性、珊瑚礁及渔业资源的规划编制,克服了规划决策中往往忽视社会需求与福祉变化的不足。该阶段的成果明显强化了技术工具层面上生态系统服务对海洋空间规划的支撑作用。

第三阶段(2016—2019):突现词为科学(Science)、海洋空间规划(Marine spatial planning)、海岸带(Coastal)。联合国《2030年可持续发展议程》提出“保护和可持续利用海洋和海洋资源以促进可持续发展”的重要目标。实现海洋可持续利用有赖于海洋空间规划这一现实抓手,需要吸纳生态系统服务科学深刻把握人海关系、创新海洋规划管理手段和制度安排。因此,在实践层面助推生态系统服务理论方法有效运用的学术文献不断涌现。规划编制视角下,部分研究通过内容分析、问卷、访谈等手段阐释海洋空间规划及相关法律政策对生态系统服务的考量。规划实施视角下,学者提出指导应用生态系统服务的规划框架和实施步骤,同时结合沿海国家实践大量开展规划评价研究,围绕生态系统服务知识的转化困境形成热议,进而引发学界对海洋生态系统服务理论基础的重新反思。显然,生态系统服务处于科学与政策交界之处,探索其理论方法如何转换为不同时空尺度下规划管理的实际效能,成为当前有待突破的难点。

4 结论与展望

4.1 国际研究进展总结

综合以上结果可见,近 20 年来,生态系统服务在海洋空间规划领域经历了由作为保护目标到技术工具再到治理路径的应用研究递进。在此过程中,国际学界聚焦解决的海洋生态系统服务的科学问题随之拓展;相应地,应用生态系统服务知识的目的从追求规划工具理性下的最优解,开始向探索公众认知理性下的空间治理方案深化(图 7)。

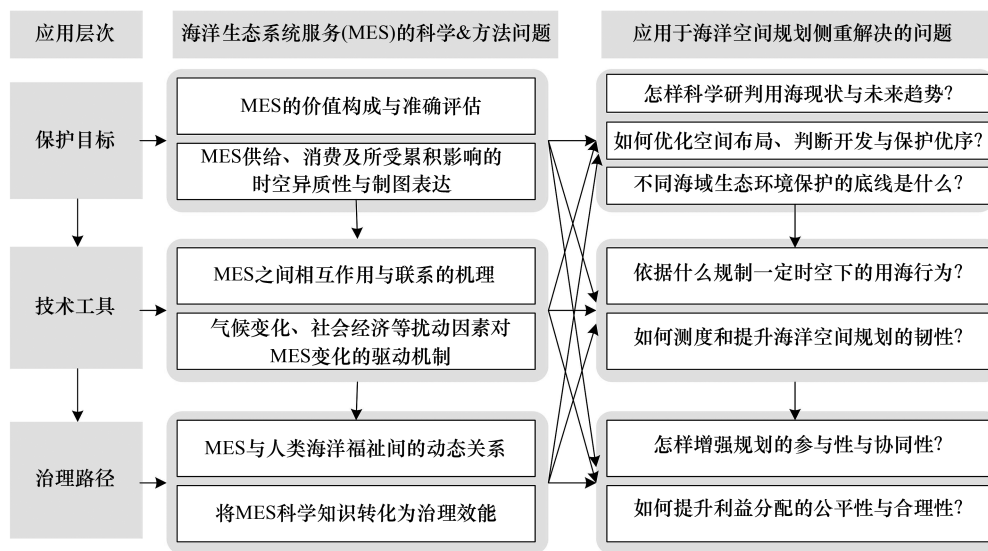


图 7 海洋空间规划应用生态系统服务研究中的问题侧重及其演进

Fig.7 Evolution of problem focus in ecosystem services research and its application in marine spatial planning

尽管国际上针对海洋空间规划应用生态系统服务的研究成果富有理论意义和现实价值,但仍存薄弱之处。以生态系统服务为核心的人海耦合机制及科学知识的实践转化是未来研究有待突破的难点。面向这一复杂议题,首先需要海洋空间规划不断在自然科学研究基础上吸纳地理学、公共政策学、制度经济学、心理学等相关理论方法以丰富研究视角、提升研究品质。其次,需从宏观上评价海洋空间规划的政策背景,从制度入手剖析应用生态系统服务知识的阻滞因素,创新综合决策、多主体协同、信息共享等体制机制;从微观层面优化不同情境和约束条件的设置,探索自然和社会经济因素复合作用下引起海洋生态系统服务和居民福祉变化的驱动机制,同时注意跨尺度效应的传递作用。第三,既有研究方法有待创新。海洋观测、调查、模拟仿真和大数据等新技术的发展,为提升海洋空间规划对生态系统服务的应用提供了良好契机,因此,这也将成为未来发展的方向之一。

4.2 国际研究对我国海洋空间规划的启示与展望

作为贯彻落实生态文明理念的重要手段,我国国土空间规划体系改革要求遵循生态优先的原则,在客观认识生态环境本底的基础上,以“三区三线”为抓手绘制协调开发与保护相协调的空间底图,进而形成良好的人地关系,以人民福祉的可持续增长为目标。在此背景下,生态系统服务知识已成为我国国土生态本底评价技术的重要基础,为包括海洋在内的生态空间和生态保护红线的划定提供了一定的科学依据。然而,相较于国际海洋空间规划应用生态系统服务的前沿成果,国内空间规划的工具理性特色依然突出,局限于对生态系统服务价值评估及空间异质性表达成果的应用。由此可见,在规划改革开始强调“以人文本”的认知理性下,国内仍需充分挖掘并发挥生态系统服务科学的功用,以实现改革目标。

立足我国国土空间规划工作的需求、结合国际研究前沿,本文提出将生态系统服务知识应用于海洋空间

规划的路径。第一,理念认知深化方面,生态系统服务可作为引导规划关注“人本诉求”的重要抓手。海洋空间内涵上,依托生态系统服务从空间功能复合性、服务供给多样性、服务价值人本性三个维度深化理解^[55];空间优化逻辑中考虑人们对于生态系统服务的诉求,突破行政边界限制,谋求服务价值综合效益的最大化;目标制定中,结合“五级三类”规划的功能定位,明确区域主要海洋生态系统服务及其治理要求^[5]。第二,空间格局优化方面,生态系统服务有助于增强空间布局的精细化,实现生态系统服务的高效供给。具体地,在我国海洋“两区一红线”的划定中寻找技术接口,如以生态系统服务的供给能力和潜力为切入点,结合权衡分析划定海域空间类别与层级;基于各海域生态系统服务确定主导功能,构建海洋立体复合功能空间的分类管理体系,细化管控的底线要求,完善生态刚性与弹性结合的指标约束体系。关注生态系统服务及价值的转变,研判其与海洋生态、灾害、区域经济等风险间的相关性,开展专项规划研究,增强海洋空间规划面对风险扰动的适应性。第三,规划公平与效率提升方面,生态系统服务是构建参与式规划管理的有力支撑。规划前期,立足具体的规划层级与类型,基于生态系统服务识别利益相关者、厘清权衡关系,确立参与规划的主体范畴和决策环节。规划编制中,运用参与式制图、社会调查等方式,实现利益相关者对海洋生态系统服务价值偏好的表达,在不同规划情境下形成利益协调方案。规划后期,形成海洋空间规划保护成效评估反馈机制,评价海洋空间规划实施对利益相关者在生态系统服务损益方面的影响,分析是否达到规划目标,同时提升与生态补偿机制的协同。最终,通过应用生态系统服务科学为中国特色的规划理论发展提供基础支撑,也为提升人民福祉给予切实保障。

参考文献 (References):

- [1] Foley M M, Halpern B S, Micheli F, Armsby M H, Caldwell M R, Caldwell C M, Prahl E, Rohr N, Sivas D, Beck M W, Carr M H, Crowder L B, Duffy J E, Hacker S D, McLeod K L, Palumbi S R, Peterson C H, Regan H M, Ruckelshaus M H, Sandifer P A, Steneck R S. Guiding ecological principles for marine spatial planning. *Marine Policy*, 2010, 34(5): 955-966.
- [2] 刘焱序, 傅伯杰, 王帅, 赵文武. 从生物地理区划到生态功能区划——全球生态区划研究进展. *生态学报*, 2017, 37(23): 7761-7768.
- [3] Guerry A D, Ruckelshaus M H, Arkema K K, Bernhardt J R, Guannel G, Kim C K, Marsik M, Papenfus M, Toft J E, Verutes G, Wood S A, Beck M, Chan F, Chan K M A, Gelfenbaum G, Gold B D, Halpern B S, Labiosa W B, Lester S E, Levin P S, McField M, Pinsky M L, Plummer M, Polasky S, Ruggiero P, Sutherland D A, Tallis H, Day A, Spencer J. Modeling benefits from nature: Using ecosystem services to inform coastal and marine spatial planning. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 2012, 8(1/2): 107-121.
- [4] White C, Halpern B S, Kappel C V. Ecosystem service tradeoff analysis reveals the value of marine spatial planning for multiple ocean uses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(12): 4696-4701.
- [5] 李睿倩, 李永富, 胡恒. 生态系统服务对国土空间规划体系的理论与实践支撑. *地理学报*, 2020, 75(11): 2417-2430.
- [6] Chaudhary S, McGregor A. A critical analysis of global ecosystem services (*Paristhūiki sewa*) discourse in Nepal. *Land Use Policy*, 2018, 75: 364-374.
- [7] 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.
- [8] 王其翔, 唐学玺. 海洋生态系统服务的产生与实现. *生态学报*, 2009, 29(5): 2400-2406.
- [9] 王其翔, 唐学玺. 海洋生态系统服务的内涵与分类. *海洋环境科学*, 2010, 29(1): 131-138.
- [10] 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.
- [11] 陈尚, 任大川, 夏涛, 李京梅, 杜国英, 王栋, 王其翔, 柯淑云, 王丽, 王敏, 赵志远. 海洋生态资本价值结构要素与评估指标体系. *生态学报*, 2010, 30(23): 6331-6337.
- [12] 陈尚, 杜国英, 夏涛, 王敏, 赵志远. 山东近海生态资本评估. 北京: 海洋出版社, 2012.
- [13] 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.
- [14] 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.

- [15] 魏虎进, 黄华梅, 张晓浩. 基于生态系统服务功能的海湾滩涂资源环境承载力研究——以大亚湾为例. *海洋环境科学*, 2018, 37(4): 579-585.
- [16] 李淑娟, 高琳. 胶州湾北岸滨海地区 4 个时期生态系统服务价值和生态功能区划分研究. *湿地科学*, 2020, 18(2): 129-140.
- [17] 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.
- [18] 李淑娟, 徐海霞, 隋玉正. 国内外海洋生态系统服务研究进展及启示. *海洋湖沼通报*, 2019, 4(1): 126-134.
- [19] Margules C R, Pressey R L. Systematic conservation planning. *Nature*, 2000, 405(6783): 243-253.
- [20] Ferrier S. Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here?. *Systematic Biology*, 2002, 51(2): 331-363.
- [21] Chan K M A, Shaw M R, Cameron D R, Underwood E C, Daily G C. Conservation planning for ecosystem services. *PLoS Biology*, 2006, 4(11): 2138-2152.
- [22] Watts M E, Ball I R, Stewart R S, Klein C J, Wilson K, Steinback C, Lourival R, Kircher L, Possingham H P. Marxan with Zones: Software for optimal conservation based land- and sea-use zoning. *Environmental Modelling & Software*, 2009, 24(12): 1513-1521.
- [23] Halpern B S. Making marine protected areas work. *Nature*, 2014, 506(7487): 167-168.
- [24] Potts T, Burdon D, Jackson E, Atkins J, Saunders J, Hastings E, Langmead O. Do marine protected areas deliver flows of ecosystem services to support human welfare? *Marine Policy*, 2014, 44: 139-148.
- [25] Burdon D, Potts T, Barbone C, Mander L. The matrix revisited: A bird's-eye view of marine ecosystem service provision. *Marine Policy*, 2017, 77: 78-89.
- [26] Geange S, Townsend M, Clark D, Ellis J I, Lohrer A M. Communicating the value of marine conservation using an ecosystem service matrix approach. *Ecosystem Services*, 2019, 35: 150-163.
- [27] Retka J, Jepson P, Ladle R J, Malhado A C M, Vieira F A S, Normande I C, Souza C N, Bragagnolo C, Correia R A. Assessing cultural ecosystem services of a large marine protected area through social media photographs. *Ocean & Coastal Management*, 2019, 176: 40-48.
- [28] Tonin S. Citizens' perspectives on marine protected areas as a governance strategy to effectively preserve marine ecosystem services and biodiversity. *Ecosystem Services*, 2018, 34: 189-200.
- [29] Douvère F. The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. *Marine Policy*, 2008, 32(5): 762-771.
- [30] Halpern B S, Walbridge S, Selkoe K A, Kappel C V, Micheli F, D'Agrosa C, Bruno J F, Casey K S, Ebert C, Fox H E, Fujita R, Heinemann D, Lenihan H S, Madin E M P, Perry M T, Selig E R, Spalding M, Steneck R, Watson R. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 2008, 319(5865): 948-952.
- [31] Katsanevakis S, Stelzenmüller V, South A, Sørensen T K, Jones P J S, Kerr S, Badalamenti F, Anagnostou C, Breen P, Chust G, D'Anna G, Duijn M, Filatova T, Fiorentino F, Hulsman H, Johnsonm K, Karageorgis A P, Kröncke I, Minto S, Pipitone C, Portelli S, Qiu W F, Reiss H, Sakellariou D, Salomidi M, Van Hoof L, Vassilopoulou V, Fernández T V, Vöge S, Weber A, Zenetos A, Hofstede R T. Ecosystem-based marine spatial management: Review of concepts, policies, tools, and critical issues. *Ocean and Coastal Management*, 2011, 54(11): 807-820.
- [32] Arkema K K, Verutes G M, Wood S A, Clarke-Samuels C, Rosado S, Canto M, Rosenthal A, Ruckelshaus M, Guannel G, Toft J, Faries J, Silver J M, Griffin R, Guerry A D. Embedding ecosystem services in coastal planning leads to better outcomes for people and nature. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(24): 7390-7395.
- [33] 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.
- [34] Díaz S, Demissew S, Carabias J, Joly C, Lonsdale M, Ash N, Larigauderie A, Adhikari J R, Arico S, Báldi A, Bartuska A, Baste I A, Bilgin A, Brondizio E, Chan K M A, Figueroa V E, Duraipapp A, Fischer M, Hill R, Koetz T, Leadley P, Lyver P, Mace G M, Martin-Lopez B, Okumura M, Pacheco D, Pascual U, Pérez E S, Reyers B, Roth E, Saito O, Scholes R J, Sharma N, Tallis H, Thaman R, Watson R, Yahara T, Hamid Z A, Akosim C, Al-Hafedh Y, Allahverdiyev R, Amankwah E, Asah S T, Asfaw Z, Bartus G, Brooks L A, Caillaux J, Dalle G, Darnaedi D, Driver A, Erpül G, Escobar-Eyzaguirre P, Failler P, Fouda A M M, Fu B J, Gundimeda H, Hashimoto S, Homer F, Lavorel S, Lichtenstein G, Mala W A, Mandivenyi W, Matczak P, Mbizvo C, Mehrdadi M, Metzger J P, Mikissa J B, Moller H, Mooney H A, Mumby P, Nagendra H, Nesshover C, Oteng-Yeboah A A, Pataki G, Roué M, Rubis J, Schultz M, Smith P, Sumaila R, Takeuchi K, Thomas S, Verma M, Yeo-Chang Y, Zlatanova D. The IPBES conceptual framework: Connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2015, 14: 1-16.
- [35] Broszeit S, Beaumont N J, Hooper T L, Somerfield P J, Austen M C. Developing conceptual models that link multiple ecosystem services to ecological research to aid management and policy, the UK marine example. *Marine Pollution Bulletin*, 2019, 141: 236-243.
- [36] Noble M M, Harasti D, Pittock J, Doran B. Understanding the spatial diversity of social uses, dynamics, and conflicts in marine spatial planning. *Journal of Environmental Management*, 2019, 246: 929-940.

- [37] 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.
- [38] Fisher B, Turner R K, Morling P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 2009, 68(3): 643-653.
- [39] De Groot R S, Alkemade R, Braat L, Hein L, Willemen L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3): 260-272.
- [40] Hein L, Van Koppen K, De Groot R S, Van Ierland E C. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics*, 2006, 57(2): 209-228.
- [41] Böhne-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.
- [42] Roldán V A, Villasante S, Outeiro L. Linking marine and terrestrial ecosystem services through governance social networks analysis in Central Patagonia (Argentina). *Ecosystem Services*, 2015, 16: 390-402.
- [43] Barnes-Mauthe M, Oleson K L L, Brander L M, Zafindrasilivonona B, Oliver T A, Van Beukering P. Social capital as an ecosystem service: Evidence from a locally managed marine area. *Ecosystem Services*, 2015, 16: 283-293.
- [44] Klain S C, Chan K M A. Navigating coastal values: Participatory mapping of ecosystem services for spatial planning. *Ecological Economics*, 2012, 82: 104-113.
- [45] Nahuelhual L, Vergara X, Kusch A, Campos G, Droguett D. Mapping ecosystem services for marine spatial planning: Recreation opportunities in Sub-Antarctic Chile. *Marine Policy*, 2017, 81: 211-218.
- [46] Barbier E B, Hacker S D, Kennedy C, Koch E W, Stier A C, Silliman B R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 2011, 81(2): 169-193.
- [47] Lester S E, Costello C, Halpern B S, Gaines S D, White C, Barth J A. Evaluating tradeoffs among ecosystem services to inform marine spatial planning. *Marine Policy*, 2013, 38: 80-89.
- [48] 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.
- [49] Hoegh-Guldberg O, Mumby P J, Hooten A J, Steneck R S, Greenfield P, Gomez E, Harvell C D, Sale P F, Edwards A J, Caldeira K, Knowlton N, Eakin C M, Iglesias-Prieto R, Muthiga N, Bradbury R H, Dubi A, Hatzioles M E. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 2007, 318(5857): 1737-1742.
- [50] Springer A M, Estes J A, Van Vliet G B, Williams T M, Doak D F, Danner E M, Forney K A, Pfister B. Sequential megafaunal collapse in the North Pacific Ocean: An ongoing legacy of industrial whaling?. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, 100(21): 12223-12228.
- [51] Roberts C M, Branch G, Bustamante R H, Castilla J C, Dugan J, Halpern B S, Lafferty K D, Leslie H, Lubchenco J, McArdle D, Ruckelshaus M, Warner R R. Application of ecological criteria in selecting marine reserves and developing reserve networks. *Ecological Applications*, 2003, 13(1): 215-228.
- [52] Cope J M, Punt A E. Reconciling stock assessment and management scales under conditions of spatially varying catch histories. *Fisheries Research*, 2011, 107(1/3): 22-38.
- [53] Hooper T, Ashley M, Austen M. Perceptions of fishers and developers on the co-location of offshore wind farms and decapod fisheries in the UK. *Marine Policy*, 2015, 61: 16-22.
- [54] Rijnsdorp A D, Bolam S G, Garcia C, Hiddink J G, Hintzen N T, Van Denderen P D, Van Kooten T. Estimating sensitivity of seabed habitats to disturbance by bottom trawling based on the longevity of benthic fauna. *Ecological Applications*, 2018, 28(5): 1302-1312.
- [55] 陈阳, 岳文泽, 张亮, 夏皓轩, 候勃. 国土空间规划视角下生态空间管制分区的理论思考. *中国土地科学*, 2020, 34(8): 1-9.