基于 CiteSpace 的海岸带生态恢复知识图谱分析

罗 莉，李洪远，杜志博

（南开大学 环境科学与工程学院，天津 300350）

摘 要：[目的] 对海岸带生态恢复研究进行全面系统的分析，探究该研究领域的热点趋势和主题演进，以了解当前国内外研究现状。[方法] 以 Web of Science 核心数据库中 1996—2019 年有关海岸带生态恢复的 866 篇文献为数据源，利用 CiteSpace 5.3 分析软件，对关键词时区演化图谱和文献共被引网络图谱进行科学分析。[结果] ①海岸带生态恢复研究大致可分为初期、稳定增长期和拓展期 3 个阶段，其中“生态系统服务”、“围填海”、“气候变化”等关键词近几年成为高频词；②研究内容主要集中在海岸带生态环境基础研究、生态恢复工程和生态管理 3 个方面。[结论] 围填海造成的海岸带景观格局变化、科学评估海岸带生态系统服务，以及“蓝碳”对全球气候变化的影响将成为该领域今后一段时期的研究热点。

关键词：CiteSpace；海岸带生态恢复；知识图谱；生态工程

文献标识码：B **文章编号**：1000-288X(2019)04-0151-07 **中图分类号**：X171.4

文献参数：罗莉，李洪远，杜志博. 基于 CiteSpace 的海岸带生态恢复知识图谱分析[J]. 水土保持通报，2019,39(4):151-157. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2019.04.024；Luo Li, Li Hongyuan, Du Zhibo. Knowledge mapping analysis of coastal ecological restoration research based on CiteSpace[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019,39(4):151-157.

Knowledge Mapping Analysis of Coastal Ecological Restoration Research Based on CiteSpace

Luo Li, Li Hongyuan, Du Zhibo

(*College of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Tianjin* 300350, *China*)

Abstract: [Objective] To gain insight the trends, evolution and the current status of coastal ecological restoration research, a comprehensive analysis of the coastal ecological restoration was conducted. [Methods] A total of 866 papers about coastal ecological restoration in the database of Web of Science from 1996 to 2019 were used as data sources. Keywords time zone evolution and literature co-citation network were conducted using CiteSpace 5.3 analysis software. [Results] ① Research on coastal ecological restoration could be divided into three stages: initial period, stable growth period and expansion period. Keywords such as “ecosystem service”, “environmental reclamation” and “climate change” had become the high-frequency words in recent years; ② The relevant research mainly focused on three aspects: coastal ecological environment basic research, ecological restoration engineering and ecological management. [Conclusion] Coastal landscape changes caused by reclamation, scientific assessment of coastal ecosystem services and the impact of “blue carbon” on global climate change would become a research hotspot in the future.

Keywords: **CiteSpace; coastal ecological restoration; knowledge mapping; ecological engineering**

海岸带位于地球表层陆、海、气、生多圈层的耦合作用地带，由海岸、潮间带和水下岸坡 3 部分组成，是地球表面最活跃、自然现象与生态过程最为丰富的区域，也是地理区位、环境条件和资源品种类别最优越的地区，拥有着丰富的物种资源和生物多样性、较高的生产能力，以及社会经济价值和能源开发利用的巨大潜力，是人类生存与发展的宝贵空间。据统计，全世界海岸带生态服务价值的平均值为 8 944 $/(hm^2 \cdot a)$，总价值为 28×10^6 $/a，约占全球生态系统服务总价值的 22.4%[1]。随着我国现代化工业发展和城市化进程的加快，沿海地区开发活动愈演愈烈，生态环境问题日益严峻，海岸带正面临着淡水资源短缺、水质恶

收稿日期：2019-01-17 **修回日期**：2019-02-19

资助项目：天津市科技重大专项与工程“天津市域生态空间格局优化与生态功能提升技术及应用”(18ZXSZSF00200)

第一作者：罗莉(1993—)，女(汉族)，河南省驻马店市人，硕士研究生，研究方向为恢复生态学。E-mail:741106020@qq.com。

通讯作者：李洪远(1963—)，男(汉族)，天津市武清县人，博士，教授，博士生导师，主要从事生态恢复、植被生态与湿地生态等研究。E-mail:eialee@nankai.edu.cn。

化、渔业资源退化、海平面上升、城市化等巨大压力，严重制约了海岸带区域的可持续发展[2]。为减少海岸带资源破坏，避免海岸带生态进一步恶化，采用人工措施恢复受损或退化的海岸带生态系统，是改善海岸带现状的重要途径之一[3]。当前关于海岸带生态恢复的研究多集中在生态恢复工程实践方面，包括盐沼、红树林、近岸珊瑚礁、海草床、沙滩和沙丘等海岸带生态系统的恢复与管理[4]，尚未有研究对整个海岸带生态恢复领域的研究现状及发展趋势进行归纳总结。面对海量关于海岸带生态恢复的研究文献，采用定性与定量相结合的可视化分析方法，可以为研究领域提供更加全面精准的分析。CiteSpace 引文分析软件致力于挖掘大数据文献中所蕴含的潜在知识，能够对一定时期内研究领域的全部文献进行可视化分析[5]。目前已有学者将其应用于生态安全、生态风险、城市生态恢复、中国海洋经济等多个研究领域的分析。因此，本文运用 CiteSpace 软件对 1996—2019 年核心数据库 Web of Science 中收录的关于海岸带生态恢复的全部文献进行梳理，旨在探讨研究领域目前国际研究现状、热点及未来发展趋势，为今后海岸带生态恢复研究提供有益的数据参考和启示，进而推动海岸带生态恢复研究的深入与发展。

1 数据来源与研究方法

数据来源于 Web of Science 核心数据库，搜索词为“coastal ecological restoration”[6]，文献类型选择“article”，检索时间截至 2019 年 1 月，去除无效记录，最终检索文献 866 篇。检索发现，第一篇关于海岸带生态恢复的文献于 1996 年出版，因此文献时间跨度设为 1996—2019 年。

CiteSpace 软件是一款在科学计量学与数据可视化背景下逐渐发展起来的引文分析软件[5]，本文在 CiteSpace 5.3 中对检索到的 866 篇文献进行知识图谱分析，具体参数设置为：时间分区为 1 a，分别基于“Keywords”和“References”依次进行分析，并生成相应的知识图谱。

2 结果与分析

2.1 发文数量时间分布

从图 1 可以看出，海岸带生态恢复研究领域的总发文数量呈现出缓慢增加、平稳增加和迅速增加 3 个阶段，这说明该研究领域不断受到国内外学者的重视。2004 年以前相关研究较少，之后出现一定幅度的增长，这是由于 2004 年印度洋海啸造成了区域性大面积的人员伤亡和经济损失，在社会救助和海啸预警技术发展的同时，海岸带生态恢复的研究也得到了学术界的重视，各国学者开始对海岸带生态系统的支持潜力展开大量研究。如 Fernando 等[7]认为在 2004 年印度洋海啸期间，海岸带遭到严重破坏的苏门答腊地区的波浪高度比未受干扰地区高 70%；Wolanski[8]认为红树林可以保护沿海居民的生命和财产不受周期性风暴事件和流动的影响，起到天然屏障的作用。2011 年 10 月联合国发布了《海洋及海岸带可持续发展蓝图》报告提出，为保护和恢复海洋生态系统的结构和功能，实现海洋资源和生态系统的可持续发展，应注重海岸带的生态环境和海洋资源增殖研究。进一步推动了海岸带生态恢复的相关研究，文献数量呈快速增长态势，海岸带生态恢复领域发展前景大好。我国在“十二五”期间提出“推进海洋经济发展”，促进了国内海洋生态环境保护与经济可持续发展，以及海岸带生态系统服务等的研究，中国在该领域的发文数量由前期的缓慢波动发展为 2011 年后的稳定增长。

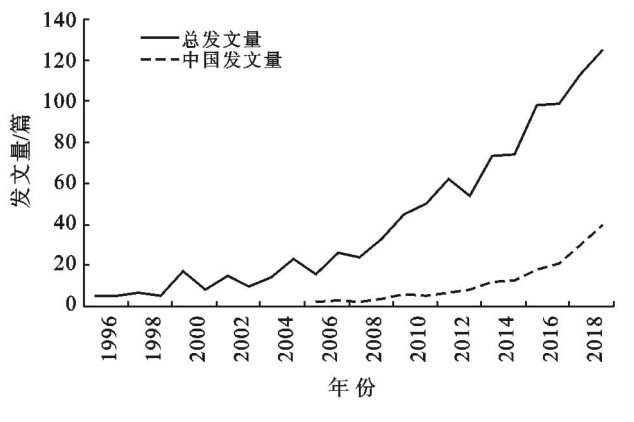
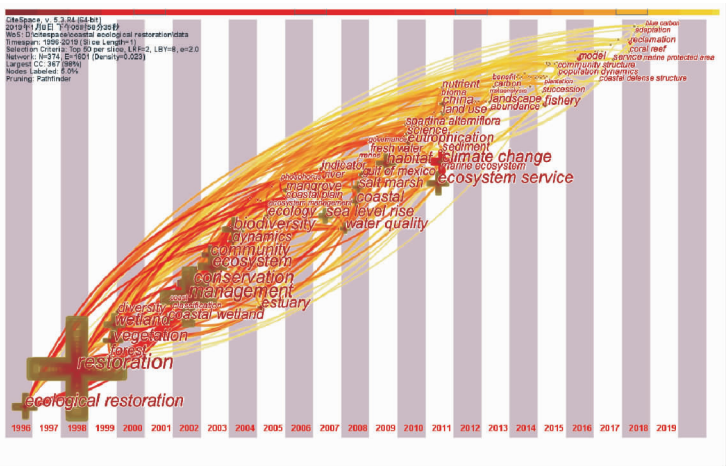


图 1 海岸带生态恢复研究的发文数量（1996—2019 年预计值）

2.2 研究热点及趋势

CiteSpace 的时区演化图能直观反映研究领域不同时间阶段的研究前沿及其衍生关系，进而把握研究变化趋势，预测未来研究方向[5]。关键词作为文章内容和主题的精炼表达，在一定程度上可以揭示研究领域知识的内在联系。高频关键词，即一段时期内出现频次高的词，可用来探究学科领域的研究热点与发展前沿。关键词的突现性，是指某一时间段内关键词的被引频次或共现频次变化率高，可以用来预测领域内未来的研究方向。将数据导入 CiteSpace 5.3，节点类型选择关键词（keywords），绘制海岸带生态恢复研究的关键词时区演化图（图 2），并根据软件生成的属性表整理出各个时期出现的高频和突现性关键词信息表（表 1）。



注：节点大小和频次成正比；从左到右表示时间的推进。深黑色十字表示节点具有突现性，即在相应时间段内频次变化率高，一定程度上代表研究方向的转变。CiteSpace 设置：Node Types：Keyword；Selection Criteria：Top10%；其余采用默认设置。

图 2　海岸带生态恢复热点关键词时区演化图

由图 2 和表 1 分析可知，海岸带生态恢复研究大致可分为 3 个重要阶段，每个阶段的研究内容及其热点为：

表 1　高频次和具有突现性的关键词信息

年份	关键词		
	频次		突现性
1996—2004 年	生态恢复(113)	植被(72)	植被(4.466 3)
	恢复(262)	森林(36)	森林(3.619 4)
	湿地(99)	动态(36)	分类(3.859 6)
	多样性(96)		动态(3.718 4)
	管理(145)		
	保护(103)		
	生态系统(89)		
	群落(70)		
2005—2010 年	红树林(42)	河口(42)	河口(4.056 7)
	水体富营养化(125)		生态系统管理(3.546 6)
	海平面上升(41)		滩涂(4.781 3)
	盐沼(57)		
	指标(21)		
	海岸带(44)		
	栖息地(58)		
	互花米草(17)		
2011—2019 年	生态系统服务(64)	渔业(40)	渔业(3.445 4)
	中国(24)	气候变化(64)	模型(4.020 3)
	沉积物(20)		围填海(3.471 5)
	土地利用(19)		气候变化(6.152 3)
	营养物质(17)		
	海洋生态系统(14)		
	景观(16)		
	海洋保护区(5)		
	蓝碳(4)		

1996—2004 年，海岸带生态恢复处于研究初期，侧重于海岸带生态环境和恢复理论的研究。通过文献查阅可知，海岸带生态环境的相关研究可追溯到 20 世纪 80 年代，而恢复理论的研究更早，因此，海岸带生态恢复研究在提出之前就已具备坚实的理论基础，研究初期出现大量高频和具有突现性的关键词。其中，“恢复”一词是整个研究网络频次最高的节点，出现频次高达 262 次。此外，“湿地”、“多样性”、“保护”、“管理”、“红树林”等都是这一时期出现的高频关键词，表明早期主要侧重于河口湿地和红树林生态系统的研究。而“植被”、“森林”、“分类”和“动态”等描述景观特征的关键词同时具有较高的突现度，可见，初期的海岸带生态恢复主要是作为景观生态学的前沿分支，并伴随着研究的发展逐步进行着具有自身特色的理论界定与技术推广。

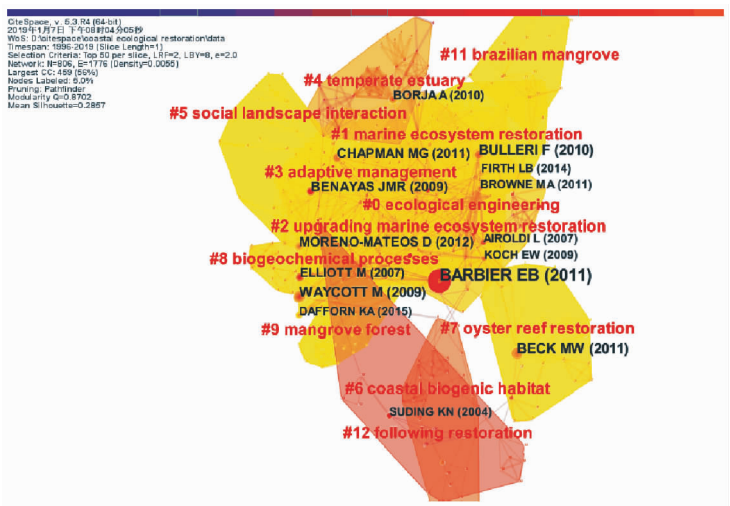
2005—2010 年，海岸带生态恢复的研究内容逐渐细化和深入，并出现大量实证研究文献，进入稳定增长期。研究重心逐渐从海岸带生态环境问题的研究转移到生态恢复的工程实践上。实现海岸带生态恢复的途径有两条：一是通过生态恢复工程来达到恢复目的，因此，“滩涂”、“河口”作为常见的海岸带试验区域，呈现出较高的突现度，而与其紧密相关的“红树林”、“盐沼”、“栖息地”等关键词出现频次也较高，说明红树林和盐沼湿地的研究仍是当前的研究重点。同时随着研究的深入和科学技术的发展，学者们开始关注生物入侵，以及近海水质和珊瑚礁生态系统的恢复与管理，“互花米草”、“水体富营养化”、“珊瑚礁”等关键词的出现证明了这一点；二是通过生态系统管理来实现恢复，传统基于行业部门的海岸带管理模式很难解决海岸带面临的诸多问题，而基于生态系统方式的海岸带综合管理（EBICM）模式能够最大程度地实现海岸带生态系统的整体恢复[9]，因此，这一时期，“生态系统管理”作为高突现度关键词出现。

2011—2019 年初，伴随着新的理论发展与技术突破，海岸带生态恢复研究领域出现了新的热点，进入拓展期。“生态系统服务”、“沉积物”、“土地利用”、“海洋保护区”、“蓝碳”等关键词均在这一时期引起广泛关注，而“渔业”、“模型”、“围填海”、“气候变化”4 个关键词同时呈现出较高的突现度，是目前乃至未来一段时期的研究热点。现阶段研究主要从以下 4 个角度展开。①针对近海渔业发展的研究。通过对沿海居民展开一系列市场经济调查，提出管理者应以保护海岸带生物栖息地（如珊瑚礁、海草床）为基础，加强渔业政策的制定，增加海岸带利益相关者的参与度和经济成本效益；②模型的开发与运用。通过模拟海岸带生态系统过

程，科学评估海岸带生态恢复的效果，并明确未来管理方向[10]。常用的模型包括概念模型、系统动力模型和生态系统服务评估模型；③围填海工程的环境影响与生态补偿研究。以生态系统服务为评估指标，研究围填海活动对海岸带生态环境的影响程度，估算最佳生态补偿量，为围填海生态技术模式的开发和沿海生态基础设施建设的规划与管理提供科学依据[11]；④全球气候变化的影响及其缓解机制研究。海岸带“蓝碳”作为全球最大的碳库，可以有效缓解全球气候变化，保障海洋岛屿国家的气候安全。在此基础上，国内外学者就“蓝碳”的概念、定量方法及其在生态恢复中的应用等方面展开研究，指出未来应加强海岸带“蓝碳”的科学研究与政策管理，利用“蓝碳”原理（如微型生物碳泵），保护和恢复海草床、红树林和盐沼湿地等，建设可持续性的海岸带生态系统[12]。

2.3 研究主题演进

研究领域可以定义为从知识基础到研究前沿的时间映射。原始数据中的参考文献（即共被引参考文献）组成了该研究领域的知识基础，而相应的引文（原始数据）就形成了研究前沿[5]。对原始数据的文献共被引网络进行聚类，可进一步得到细分的研究主题。导入 866 篇文献，共计 43 237 篇被引参考文献，对其进行聚类，并基于对数似然率算法（LLR）对 12 个聚类群组进行命名，得到文献共被引网络图谱（图 3）。图谱中包含了 806 个节点和 1 776 条连线。每个节点表示一篇文献，连线表示两篇论文之间的共被引关系，节点大小表示节点文献的共被引频率。



注：节点大小与文献的共被引频率成正比；深黑色圈层表示节点具有突现性。CiteSpace 设置：Node Types：Cited Reference；Selection Criteria：Top10%；其他采用默认设置。

图 3 海岸带生态恢复文献共被引图谱

2.3.1 关键被引文献分析 通过研究领域的文献共被引分析，可以获得具有权威性的高被引和突现性论文。表 2 根据 Web of Science 数据库的引用数及引文突现性，对前 15 篇被引量最高的文献进行了总结。Barbier[13]，Waycott[14] 以及 Bulleri[15] 作者的论文是被引数量最多的 3 篇，其中 Barbier（突现性＝4.266，2016—2019 年）的论文兼具高突现性，研究了 5 种海岸带生态系统（包括沼泽，红树林，近岸珊瑚礁，海草床，沙滩和沙丘）的主要生态系统服务及其价值评估现状。Waycott 综合全球共 215 个站点的定量数据，创建了当前最全面的数据集，用以定量化评估海草的全球退化损失率。Bulleri 研究了不同海岸防御措施对海岸带生态环境的影响，从而确定城市化进程中人类保护海岸带生物多样性的能力。

具有高突现性的论文有 Suding（2004 年）[16]（突现性＝5.299 6，2007—2012 年）、Elliott（2007 年）[17]（突现性＝4.062，2010—2013 年）、Benayas（2009 年）[18]（突现性＝3.832，2013—2016 年）和 Barbier（2011 年）[13]（突现性＝4.266，2016—2019 年），表明这些文献的引用量在短时间内大幅增加，可以将其看作是海岸带生态恢复研究方向的转折点。Suding 和 Elliott 都是从恢复生态学理论概念的角度出发，对生态恢复的管理实践进行指导。其中，Suding 认为退化后的生态系统已经转移到一个新的状态，传统的只通过重建物理条件和基于演替过程的恢复手段很难达到恢复效果。成功的恢复通常需要大胆和创新的管理。Elliott强调虽然一些与恢复有关的生态概念已得到充分理解，但仍然很难量化生态系统的结构功能、环境承载能力，以及生态系统所提供的产品和服务等。因此需要将生态概念与管理框架联系起来，采用生态系统整体性的方法来管理海岸带生态环境。随后，Benayas 和 Barbier 对现有的生态恢复研究案例进行了归纳和整理，为进一步推进海岸带生态恢复研究提供了基础数据。Benayas 通过 meta 分析对全球共 89 次恢复案例进行了研究，结果表明生态恢复活动虽使生态系统的生物多样性和服务供应量分别增加了 44% 和 25%。但与未受干扰的完整生态系统相比，两者的价值仍然较低。Barbier 总结了当前所有关于海岸带生态系统服务及其价值评估的研究，并指出哪些主要的生态系统服务尚未进行评估，而已有的研究评估中哪些具有可靠性，为未来海岸带生态系统服务评估研究指明方向。

总之，关键被引文献通常在研究领域的理论或方法上有创新，指引着研究领域未来的发展方向。高被引和高突现性文献中所关注的海岸带生态系统服务和生态系统管理等也是领域内的研究热点。

表 2　被引最高的 15 篇文献

序号	被引数	聚类编号	突现性	关键被引文献	序号	被引数	聚类编号	突现性	关键被引文献
1	39	8	4.266 4	Barbier(2011 年)	9	15	2	4.062 3	Elliott(2007 年)
2	22	2		Waycott(2009 年)	10	13	0		Firth(2014 年)
3	22	0		Bulleri(2010 年)	11	13	0		Browne(2011 年)
4	21	7		Beck(2011 年)	12	12	0		Airoldi(2007 年)
5	19	1		Chapman(2011 年)	13	12	0		Koch(2009 年)
6	17	2		Moreno(2012 年)	14	12	2		Dafforn(2015 年)
7	17	3	3.831 8	Benayas(2009 年)	15	11	12	5.299 6	Suding(2004 年)
8	16	4		Borja(2010 年)					

2.3.2　主题聚类分析　CiteSpace 5.3 依据图谱的网络结构和聚类清晰度,提供了模块值 Q 和平均轮廓值 S 两个指标,可用来评判绘图效果[5]。一般而言,模块值 $Q>0.3$ 就意味着图谱结构显著,本图谱中 Q 值达 0.870 2,即网络结构十分显著。轮廓值越接近 1,说明聚类类别代表性越强,聚类内成员越一致。S 值>0.5,即聚类符合要求;S 值>0.7,表明聚类具有高度显著性,由表 3 可知,12 个聚类的聚合度均大于 0.7,说明各聚类研究主题明确;而图 3 的平均轮廓值 S 仅为 0.2 857,表明海岸带生态恢复研究的内容广泛,主题丰富。对研究主题进行分类,可分为海岸带生态环境基础研究、生态恢复工程、生态管理 3 个主题集群。结合图 3 和表 3,并通过文献阅读,对各个主题集群进行梳理。

海岸带所面临的生态环境问题包括围海造田、渔业资源下降、海岸工程建设、红树林破坏、赤潮危害等,早期 Halpern BS 建立了针对特定生态系统的多尺度空间模型,研究全球尺度上各种人类活动对海洋生态系统的影响,指出没有一个区域不受人类影响,且 41%的海岸带生态系统同时受到多个驱动因素的强烈影响[19]。为改善海岸带的生态环境,各国学者逐渐加大对海岸带的研究。“温带河口”、“海岸带生物栖息地”作为最易受到破坏的区域,与人类社会发展和渔业经济效益息息相关,成为早期海岸带生态研究的重要试验点。而海岸带生态系统的“生物地球化学过程”不仅影响着整个区域的物质循环、能量流动和生态生产过程,同时在很大程度上影响着全球气候变化。随着全球生态环境问题的加剧,以及人类对环境质量和生态系统服务价值的日益关注,海岸带生态系统的生物地球化学过程也受到了国内外学者的广泛关注。

表 3　1996—2019 年海岸带生态恢复文献共引文分析聚类

主题集群	编号	聚类主题	聚类大小	聚类轮廓值	平均年份	重要文献
生态环境基础研究	4	温带河口	46	0.931	2008	Borja(2010 年)
	6	海岸带生物栖息地	32	0.942	2006	Halpern(2008 年)
	8	生物地球化学过程	31	0.904	2009	Barbier(2011 年)
生态恢复工程	0	生态工程	54	0.877	2009	Bulleri(2010 年)
	1	海洋生态系统恢复	52	0.825	2013	Chapman(2011 年)
	2	提升海洋生态系统恢复	51	0.814	2011	Moreno(2012 年)
	7	珊瑚礁恢复	32	0.956	2011	Beck(2011 年)
	9	红树林	24	0.969	2013	Adame(2013 年)
	11	巴西红树林	20	0.94	2010	Chen(2009 年)
生态管理	3	适应性管理	49	0.736	2013	Benayas(2009 年)
	5	社会景观相关作用	33	0.937	2012	Kelble(2013 年)
	12	恢复后期	19	0.962	2004	Suding(2004 年)

海岸带生态恢复的实践活动主要围绕生态工程展开,并逐渐深入细化到海洋、珊瑚礁、红树林、沼泽湿地、沙滩等海岸带生态系统的恢复与重建。在海岸带生态恢复中,生态工程是指建立满足工程要求的海岸防御结构,同时还能够提供相应的生态系统服务。传统的海岸防御工程项目维护成本高,更新困难,还可能导致地面沉降、生态退化、水质恶化等;而基于生态工程的海岸防御具有保障社会经济发展和维持生态健康的优点,逐渐受到人们的重视[15]。从图 3 和表 3 中可以看出,早期对海洋生态系统、珊瑚礁、红树

林和盐沼湿地的恢复实践较为丰富，在模型建立、“蓝碳”研究、生态系统服务和政策制定等方面都较为成熟，而关于海草床生态系统的研究较少，这是由于海草生长于近海水下，调查起来极为困难，未来在科学技术的推动下，可将更多的研究放在海草生态系统中，通过对海岸带各种生态系统类型进行恢复实践，以实现海岸带的整体恢复目标。

对于一些生态系统恢复工程研究而言，即使其在生物学上得到了恢复，但生态系统的服务功能可能仍无法完全恢复。近年来，生态系统服务逐渐被用作评价海岸带生态恢复效果与后期管理的重要指标。驱动力—压力—状态—生态系统服务—响应（EBM-DPSER）概念模型融合了生态系统服务的基础知识，可以更全面地表达生态系统和人类社会之间的相互作用，为管理决策提供优化信息[20]。适应性管理作为评估和改进海岸带生态恢复工程的有用工具，是近年来常用的一种管理形式，用于实现生态系统健康与资源管理的可持续性。通过对某一成功生态恢复案例进行分析和研究，为其他相似区域的海岸带规划者和土地利用者提供科学指导是适应性管理的核心思想。随着海岸带生态恢复理论、方法、模型的逐渐成熟，全面综合的恢复方案不仅包括简单刻板的工程设计，还应兼顾生态系统整体性的特征，对海岸带生态系统进行综合管理。

3 结 论

（1）海岸带生态恢复研究大致可分为 3 个阶段：①1996—2004 年，海岸带生态恢复研究处于研究初期，该时期主要侧重于海岸带生态环境问题的相关研究；②2005—2010 年，进入稳定增长期，该时期研究重心逐渐转移到生态恢复工程实践方面；③2011—2019 年初，进入拓展期，该时期对海岸带生态恢复的研究范围更广，并不断出现新的研究热点，如围填海、“蓝碳”等。

（2）根据文献共被引分析可知，Barbier，Waycott 以及 Bulleri 得到了最多的共同引用。在过去 5 a 中，Benayas 和 Barbier 的文章兼具突现性，文中关于海岸带生态系统服务的研究是近几年的重要研究趋势。

（3）根据原始数据参考文献的共被引分析，得到 12 个聚类。通过分析可以总结出海岸带生态恢复领域研究大致可以分为 3 类：海岸带基础生态环境研究，如海岸带生物地球化学过程等；生态恢复工程研究，如海洋生态系统恢复、珊瑚礁恢复等；生态恢复管理研究，如适应性管理等。

（4）海岸带生态恢复研究未来几年可能仍会持续受到关注，随着各国学者对生态系统服务和围填海研究的不断关注及“蓝碳”研究的兴起，围填海造成的海岸带景观格局变化、科学评估海岸带生态系统服务，以及“蓝碳”对全球气候变化的影响等将成为今后一段时期的研究热点。

（5）中国在海岸带生态恢复领域的研究起步较晚，但后期发展迅速。尤其是“十二五”期间，中国开始大力推动“蓝色港湾、南红北柳”等大规模海岸带生态恢复项目的实施，为未来国内海岸带“蓝色碳汇”的研究提供了理想的试验场地和研究基础，顺应全球气候变化和城市化建设形势的发展，中国在海岸带生态恢复研究中具有越来越重要的引领作用。其次，中国的总发文量仅次于美国，位居第二，在很大程度上影响着整个海岸带生态恢复研究领域的主体方向和发展趋势，贡献中国力量。

（6）本研究的不足之处在于：①由于本文是对参考文献进行的聚类，而最新文献显然具有较低的引用率，在计量分析中其价值容易被低估，造成部分文献聚类出现时滞现象；②本文是针对 Web of Science 单一核心数据库进行的分析，其中收录的文章虽具有权威性，但也不可能涵盖所有的期刊论文，尤其是国内的一些中文核心期刊，因此可能会由于检索不充分，造成中国发文在起始年限上的误差；③对原始数据的筛选具有一定的主观性。原始数据的不同会直接导致分析结果的偏移，因此在对原始数据进行删除重复无用数据时，一定要保持科学严谨的态度。总之，CiteSpace 引文分析软件虽具有一定的局限性，但仍能在一定程度上反映研究领域的现状和未来发展趋势。大数据科技时代的到来，海岸带生态恢复研究需要借助互联网工具实现生态、环境、资源与社会经济发展的和谐共生。

[参 考 文 献]

[1] Costanza R, de Groot R, Sutton P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. Global environmental change, 2014, 26: 152-158.

[2] Sun Xiang, Li Yangfan, Zhu Xiaodong, et al. Integrative assessment and management implications on ecosystem services loss of coastal wetlands due to reclamation [J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 163:101-112.

[3] 李洪远，鞠美庭. 生态恢复的原理与实践[J]. 北京：化学工业出版社，2005.

[4] Xie Tian, Cui Baohan, Li Shanze, et al. Management of soil thresholds for seedling emergence to re-establish

plant species on bare flats in coastal salt marshes[J]. Hydrobiologia, 2019, 827(1): 51-63.

[5] Chen Chaomei. CiteSpace Ⅱ: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. Journal of the Association for Information Science & Technology, 2014, 57(3): 359-377.

[6] 孟伟庆, 李洪远. 再议 Ecological Restoration 一词的中文翻译与内涵[J]. 生态学杂志, 2016, 35(10): 2824-2830.

[7] Fernando H J S, McCulley J L, Mendis S G, et al. Coral poaching worsens tsunami destruction in Sri Lanka [J]. Eos, Transactions American Geophysical Union, 2005, 86(33): 301-304.

[8] Wolanski E. Estuarine Ecohydrology[M]. Elsevier, 2007.

[9] Palmer M A. Reforming watershed restoration: Science in need of application and applications in need of science [J]. Estuaries and Coasts, 2009, 32(1): 1-17.

[10] You Soojin, Kim M, Lee J, et al. Coastal landscape planning for improving the value of ecosystem services in coastal areas: Using system dynamics model[J]. Environmental Pollution, 2018, 242: 2040-2050.

[11] Firth L B, Thompson R C, Bohn K, et al. Between a rock and a hard place: Environmental and engineering considerations when designing coastal defence structures[J]. Coastal Engineering, 2014, 87: 122-135.

[12] Tang Jianwu, Ye Shufeng, Chen X, et al. Coastal blue carbon: Concept, study method, and the application to ecological restoration[J]. Science China Earth Sciences, 2018, 61(6): 637-646.

[13] Barbier E B, Hacker S D, Kennedy C, et al. The value of estuarine and coastal ecosystem services[J]. Ecological monographs, 2011, 81(2): 169-193.

[14] Waycott M, Duarte C M, Carruthers T J B, et al. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2009, 106(30): 12377-12381.

[15] Bulleri F, Chapman M G. The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments[J]. Journal of Applied Ecology, 2010, 47(1): 26-35.

[16] Suding K N, Gross K L, Houseman G R. Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2004, 19(1): 46-53.

[17] Elliott M, Burdon D, Hemingway K L, et al. Estuarine, coastal and marine ecosystem restoration: Confusing management and science: A revision of concepts [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2007, 74 (3): 349-366.

[18] Benayas J M R, Newton A C, Diaz A, et al. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta-analysis[J]. Science, 2009, 325(5944): 1121-1124.

[19] Halpern B S, Walbridge S, Selkoe K A, et al. A global map of human impact on marine ecosystems[J]. Science, 2008, 319(5865): 948-952.

[20] Kelble C R, Loomis D K, Lovelace S, et al. The EBM-DPSER Conceptual Model: Integrating Ecosystem Services into the DPSIR Framework[J]. PloS One, 2013, 8(8): e70766.

(上接第 150 页)

[6] 余新晓,周彬,吕锡芝,等. 基于 InVEST 模型的北京山区森林水源涵养功能评估[J]. 林业科学,2012,48(10):1-5.

[7] 包玉斌. 基于 InVEST 模型的陕北黄土高原水源涵养功能时空变化[J]. 地理研究,2016,35(4):664-676.

[8] 潘韬,吴绍洪,戴尔阜,等. 基于 InVEST 模型的三江源区生态系统水源供给服务时空变化[J]. 应用生态学报,2013,24(1):183-189.

[9] 谢余初. 基于 InVEST 模型的白龙江流域水源供给服务时空分异[J]. 自然资源学报,2017,32(8):1337-1347.

[10] 谢余初,巩杰,张玲玲. 基于 PSR 模型的白龙江流域景观生态安全时空变化[J]. 地理科学,2015,35(6):790-797.

[11] 顾蓉,张华. 大连市土地利用景观格局分析[J]. 科技信息,2010(14):421-422.

[12] 徐翠,张林波,杜加强,等. 三江源区高寒草甸退化对土壤水源涵养功能的影响[J]. 生态学报. 2013,33(8):2388-2399.

[13] 孙福宝,杨大文,刘志雨,等. 基于 Budyko 假设的黄河流域水热耦合平衡规律研究[J]. 水利学报,2007,38(4):409-416.

[14] 童宏良. 我国蒸发力计算的气候学方法[J]. 南京气象学院学报,1989,12(1):19-33.

[15] 张灿强,李文华,张彪,等. 基于土壤动态蓄水的森林水源涵养能力计量及其空间差异[J]. 自然资源学报,2012,27(4):697-704.

[16] 袁先强,王鹏,闫吉顺,等. 大连市近 20 年景观格局变化及驱动力研究[J]. 地理空间信息,2017,15(3):77-80.