

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20200329001

http://www.yykxjz.cn/

刘金立, 陈新军. 海洋生物多样性研究进展及其热点分析. 渔业科学进展, 2021, 42(1): 201–213

Liu JL, Chen XJ. Research progress and hotspots of marine biodiversity: Based on bibliometrics and knowledge mapping analysis. Progress in Fishery Sciences, 2021, 42(1): 201–213

# 海洋生物多样性研究进展及其热点分析\*

刘金立<sup>1,3</sup> 陈新军<sup>2①</sup>

- (1. 上海海洋大学图书馆 上海 201306; 2. 上海海洋大学海洋科学学院 农业农村部大洋渔业开发重点实验室 国家远洋渔业工程技术研究中心 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室 上海 201306; 3. 上海海洋大学海洋科学研究院 上海 201306)

**摘要** 在全球气候变化和人类活动的干扰下, 海洋生物多样性及其可持续利用受到了严重威胁, 对海洋生物多样性的研究也逐渐成为各国学者当前的研究热点。基于 Web of Science 核心合集的文献数据, 利用文献计量学和知识图谱方法, 对其发文量的增长趋势、来源期刊和区域分布以及学科类别等进行分析, 并基于合作网络、关键词共现的知识图谱及突变检测等方法, 探究全球海洋生物多样性的研究进展及其热点。结果显示, 研究文献的年度发文量总体上呈动态递增趋势, 且文献的科研影响力及国际关注度非常高; 发文量较多的作者、机构间均形成了密切而稳定的合作关系, Miloslavich P、Danovaro R 和 Mouillot D 等为该领域的核心作者, 以詹姆斯库克大学、塔斯马尼亚大学及不列颠哥伦比亚大学等机构为核心的机构间建立了广泛的合作关系, 主要涉及的学科类别为生态学、生物多样性保护、海洋淡水生物学及环境科学等。当前, 全球海洋生物多样性的研究热点主要有 5 个方向: (1) 人类活动和气候变化对海洋生物多样性的影响; (2) 海洋生物多样性保护及其可持续利用; (3) 国家管辖范围外海洋保护区及具有重要生态或生物学意义的海域生物多样性研究; (4) 海洋生物多样性和生态系统变化的观测及其评价; (5) 海洋遗传多样性和海洋生物多样性的地理变异研究。

**关键词** 海洋生物多样性; 文献计量学; 关键词共现; 知识图谱

**中图分类号** S913 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2021)01-0201-13

1992 年, 联合国《生物多样性公约》将生物多样性定义为“所有来源的形形色色的生物体, 这些来源包括陆地、海洋和其他水生生态系统及其所构成的生态综合体, 这包括物种内部、物种之间和生态系统的多样性”(Sala *et al.*, 2006; 张丽君, 2010), 通常将其分为生态系统多样性、物种多样性和遗传多样性 3 个

层面(于雯雯等, 2018)。在全球气候变化和人类活动的共同干扰下, 海洋生物多样性和生物资源的可持续利用受到了严重威胁。当前, 国内外学者对海洋生物多样性研究现状、保护及其可持续利用等方面进行了大量研究, 并逐渐成为各国学者的研究热点。通过分析调研的文献, 国外学者主要从化石和分子证据来揭

\* 国家重点研发计划(2019YFD0901404)、国家自然科学基金面上项目(NSFC41876141)、上海市科技创新行动计划(10DZ1207500)和上海海洋大学海洋科学研究院开放课题基金(A1-2006-00-601602)共同资助 [This work was supported by National Key Research and Development Project (2019YFD0901404), General Program of National Natural Science Foundation of China (NSFC41876141), Shanghai Science and technology innovation action plan (10DZ1207500), and Open Research Fund from Institute of Marine Science, Shanghai Ocean University (A1-2006-00-601602)]. 刘金立, E-mail: jlliu@shou.edu.cn

① 通讯作者: 陈新军, 教授, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

收稿日期: 2020-03-29, 收修改稿日期: 2020-05-08

示海洋生物多样性的历史(Floeter *et al.*, 2008; Renema *et al.*, 2008)、气候变化与海洋酸化对海洋生物多样性及海洋生态系统功能的长期影响(Widdicombe *et al.*, 2008; Harvey *et al.*, 2013)、物种入侵对海洋生物多样性的威胁(Molnar *et al.*, 2008)、基于系统地理学方法(Bowen *et al.*, 2013)及利用水下视频等新兴技术监测和调查沿海生物多样性(Mallet *et al.*, 2014)等方面着手研究。国内学者主要研究我国海洋生物多样性保护与管理对策(王斌, 1999; 卢晓强等, 2016; 李宏俊, 2019)、国家管辖范围外生物多样性保护与可持续利用(郑苗壮等, 2015; 金永明, 2018)及海洋生态系统与海洋生物多样性评价研究(俞炜炜等, 2011; 杨青等, 2013; 丁敬坤等, 2020)等。海洋生物多样性问题是涉及到人类活动、生态环境以及生物资源变动等多方面研究的重要问题,是需要进行深入探讨的综合性研究领域,然而,当前学者们多数是针对该领域中的某一个或几个具体问题展开研究,未能整体把握该领域的研究热点与前沿、发展趋势及其存在的问题等。为探究海洋生物多样性研究的热点和趋势,有必要进一步梳理当前该领域所有的研究文献,并进行文献计量学与知识图谱分析,描述其研究文献的数量特征与发展概况。

因此,本文将利用文献计量学(Bibliometric Analysis)与知识图谱(Knowledge Mapping Analysis)的分析方法,以 Web of Science(WOS)核心合集数据库为数据源,检索与海洋生物多样性相关的文献为样本,利用 CiteSpace 可视化软件中基于关键词共现的聚类知识图谱和突变检测等方法探究海洋生物多样性的研究热点,客观地揭示其研究基础及其发展态势,为了解海洋生物多样性的最新研究动态和后续研究提供借鉴,同时,为促进海洋生物多样性保护、管理及其可持续利用提供参考。

## 1 数据来源与方法

### 1.1 数据来源

以 Web of Science 核心合集集中的科学引文索引扩展版(Science Citation Index-Expanded, SCIE)、社会科学引文索引(Social Sciences Citation Index, SSCI)及会议论文录索引库(Conference Proceedings Citation Index, CPCI)等子数据库文献为研究的数据样本,以海洋生物多样性及其相关主题词进行检索,时间跨度为 1995~2019 年,检索时间为 2020 年 1 月 10 日,检索式为 TS=(“marine biodiversity” or “ocean biodiversity” or “marine biological diversity”),获取

WOS 核心合集中涉及到海洋生物多样性研究的所有文献样本,共计检索到 2127 篇文献,同时,下载文献样本的年度发文量、载文期刊、作者分布以及国际科研合作等基础数据,并以纯文本格式下载文献的“全纪录与引用的参考文献”数据,便于后续的知识图谱分析。

### 1.2 分析方法

利用文献计量学方法描述统计研究文献的数量特征(丁琪等, 2016; 陈芃等, 2018; 李勇军等, 2018),如发文量年度变化、期刊分布及研究方向等;利用科学计量学中数据与信息可视化软件 CiteSpace(Chen, 2004, 2006; 肖明等, 2011; 刘金立等, 2019),基于其合作网络、关键词共现和突变检测的知识图谱分析方法,探究其作者合作、机构合作网络及其研究进展与热点。为弥补知识图谱分析中存在的信息挖掘不充分的情况,从检索获取的文献样本中选取典型文献进行深入阅读并提炼出相关信息,以加深对海洋生物多样性研究领域的理解和把握。

## 2 结果与分析

### 2.1 总体研究概况

在 WOS 核心合集中,检索到 1995~2019 年海洋生物多样性领域的研究文献共计 2127 篇,按各年度的发文量进行统计分析,25 年间各年度发文量总体呈动态递增趋势(图 1)。1995~2008 年,各年度发文量增长缓慢,从 11 篇增到 69 篇,年均发文量约为 27 篇;从 2009 年开始,发文量快速增长,达 100 篇,除 2010 年外,其余各年度发文量均超过 100 篇,至 2018 年达到极大值,为 241 篇,占总发文量的 11.33%,2019 年的发文量略有减少。研究海洋生物多样性的文献在 WOS 核心合集集中的总被引频次为 63068 次,篇均被引频次达到 29.65 次, $h$  指数( $h$ -index)达到 109,其中, Worm 等(2006)撰写的《生物多样性丧失对海洋生态系统服务的影响》,被引频次高达 2234 次;该领域的研究文献中共有 51 篇为高被引论文。由此可知,该领域的研究文献在国际上具有非常高的影响力,且其所受的关注度也很高。各年度文献的被引频次变化趋势见图 2。

对发文量的国家分布进行分析。美国发表的海洋生物多样性论文数量居全球第一,为 538 篇,占总发文量的 25.29%;澳大利亚发文量为 409 篇,占比为 19.23%,排名第 2;英格兰发文量为 356 篇,占比 16.74%,排名第 3;之后发文量排名前 10 的国家分

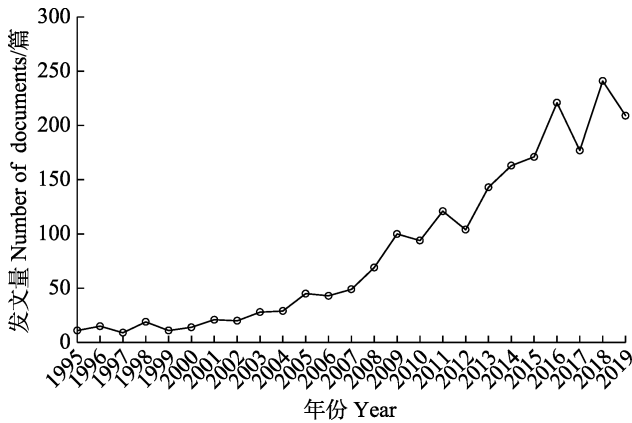


图 1 海洋生物多样性研究文献的年度分布  
Fig.1 Annual distribution of documents about the studies of marine biodiversity

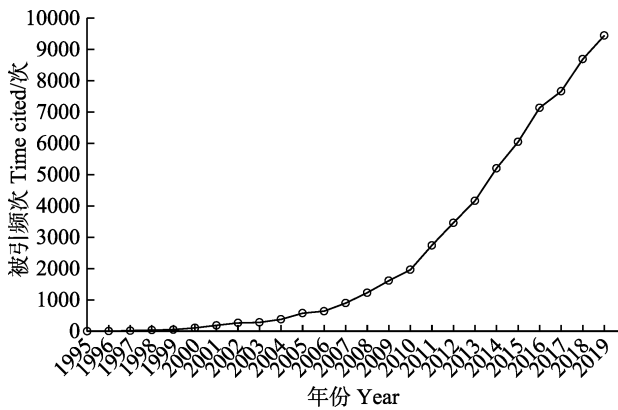


图 2 海洋生物多样性研究文献被引情况的年度变化趋势  
Fig.2 Annual distribution of cited documents about the studies of marine biodiversity

别为法国、加拿大、意大利、西班牙、德国、巴西和新西兰等国; 我国在 WOS 核心合集中的总发文量为 92 篇, 在该领域的发文量排名为第 12 位。

对文献发表的来源期刊进行分析。海洋生物多样性的研究文献发表在 PLoS One、Marine Policy、Marine Ecology Progress Series、Frontiers in Marine Science 及 Marine Pollution Bulletin 等 530 多种期刊上, 表 1 统计了发表该领域研究文献排名前 10 的期刊, 共发表论文 560 篇, 占总文献量的 26.33%。发文量最多的期刊是 PLoS One, 其发文量为 94 篇; 发文量最少的期刊为 Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems, 其发文量为 31 篇。除 Zootaxa 和 Revista De Biologia Tropical 外, 其余 8 种期刊均为 Q1 和 Q2 分区, 且影响因子均较高。发文量不少于 10 篇的期刊共有 48 种, 约占发文期刊总数的 8.92%, 发文量累计达 1209 篇, 占总文献量的 56.83%, 载文期刊基本符合布拉德福的文献离散定律(刘金立等, 2009; 张海燕, 2013), 即在某一学科中, 大多数的专业文献主要发表在少数的专业核心期刊上, 部分文献也常常分散发表在不同学科的期刊中。

对文献的所属学科类别进行分析。海洋生物多样性的文献主要集中在海洋淡水生物学, 发文量达 614 篇, 占比 28.87%; 其次为生态学, 发文量为 556 篇, 占比 26.14%; 排名第 3 的学科类别为环境科学, 其发文量为 488 篇, 占比为 22.94%; 发文量超过百篇的学科分别是海洋学、生物多样性保护、交叉学科、环境研究、动物学、进化生物学及渔业等。

## 2.2 合作网络分析

通过分析 1995~2019 年海洋生物多样性研究文献的作者及其研究机构, 可以了解该领域研究的作者和机构分布情况, 并进一步识别出该领域研究的核心机构、作者合作的网络关系及其核心作者分布等。海洋生物多样性的研究文献共涉及作者数量 7800 余人

表 1 发文量排名前 10 的期刊统计

Tab.1 The statistics of source publications in marine biodiversity (top 10)

期刊名称 Publication name	发文量 Document quantity	影响因子 (2018) Impact factor	JCR 分区 JCR quartile
PLoS One	94	2.776	Q2
Marine Policy	88	2.865	Q1
Marine Ecology Progress Series	84	2.359	Q2
Frontiers in Marine Science	62	3.086	Q1
Marine Pollution Bulletin	46	3.782	Q1
Zootaxa	46	0.990	Q3
Ocean Coastal Management	43	2.595	Q2
Revista De Biologia Tropical	34	0.581	Q4
Journal of Biogeography	32	3.884	Q1
Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems	31	2.935	Q1

次。利用 Citespace 软件绘制作者合作网络(图 3), 图 3 中仅显示发文量不小于 4 篇的作者节点, 节点越大, 其作者的发文量越多, 连线代表作者间的合作强度, 连线越粗, 表明其合作次数越多; 节点中不同颜色的年轮圈代表作者在不同年份的发文量, 年轮越宽代表作者在相应的年份发文量越多。由图 3 可知, 发文数量最多的作者是意大利马尔凯理工大学的 Danovaro R, 其发文量为 23 篇, 其次是法国蒙彼利埃大学的 Mouillot D 与哥斯达黎加大学 Costello MJ, 发文量均

为 18 篇, 再次为澳大利亚塔斯马尼亚大学的 Miloslavich P, 其发文量为 16 篇; 该领域中发表论文 10 篇及以上的作者共有 44 位, 合计发文量达 569 篇, 占发文总量的 26.75%, 其余作者发文量均较少且分散。在作者合作网络中, 作者间开展合作最好的是 Miloslavich P, 与其他作者节点间连线粗且密, 合作强度最大, 合作较好的作者是 Danovaro R 和 Mouillot D。从发文量和作者间合作来看, 可知他们是海洋生物多样性研究领域的核心作者。

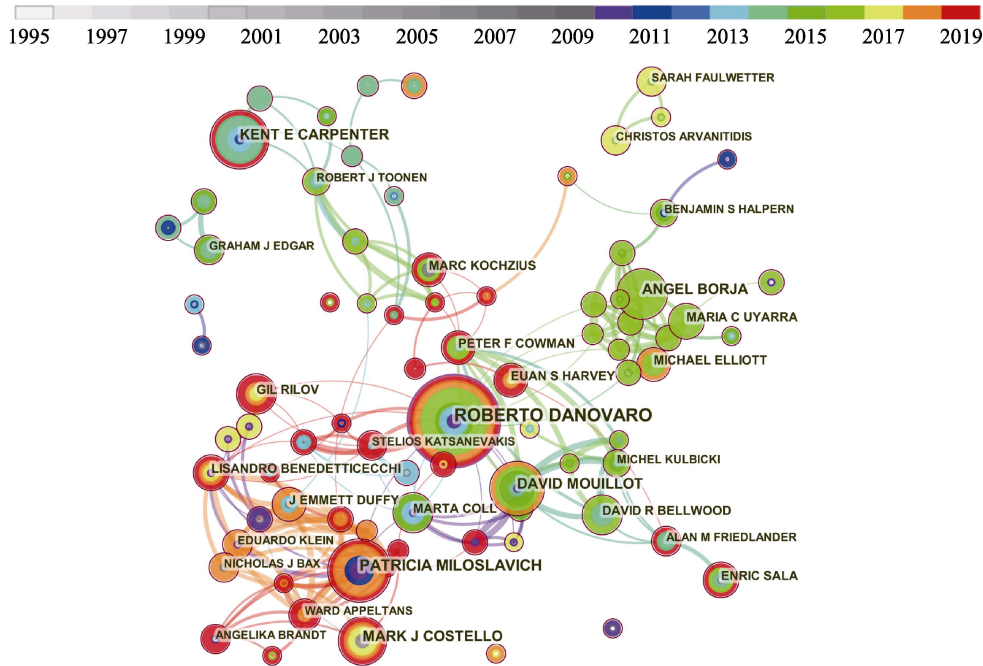


图 3 海洋生物多样性研究作者合作网络图谱  
Fig.3 Analysis map of co-author network in marine biodiversity

发表与海洋生物多样性研究相关文献的机构共有 2646 所, 其中, 大多数机构发表文献小于 5 篇, 累计有 2307 所机构, 占机构总数的 76.98%, 因此, 在该领域的研究机构较为分散。发文量大于 30 篇的机构共有 17 所, 累计发文量为 720 篇, 占文献总量的 33.85%, 表 2 统计了这 17 所机构的发文量及其在该领域中研究主要涉及的学科类别等详细信息。

发文量大于 30 篇的机构主要分布在澳大利亚、英国、法国、加拿大、新西兰等 8 个国家, 其中, 澳大利亚 5 所, 英国 3 所, 加拿大、法国和新西兰各 2 所, 美国、西班牙和新加坡各 1 所。发文量排名前 4 的机构中, 其发文量均为 60 余篇, 数量上差距很小, 澳大利亚有 3 所机构的发文量排名前三, 依次为詹姆斯库克大学、昆士兰大学和塔斯马尼亚大学。各国机构在研究海洋生物多样性领域中, 主要涉及的学科类别为生态学、生物多样性保护、海洋淡水生物学及环境

科学等, 但加州大学圣巴巴拉分校、达尔豪斯大学和新加坡国立大学在该领域中主要涉及的学科类别为交叉科学等, 伦敦自然历史博物馆主要涉及的学科类别为古生物学。

图 4 为研究机构间的合作网络图谱, 图 4 中仅显示发文量不少于 15 篇的机构节点, 节点越大, 该机构的发文量越多, 连线代表机构间的合作, 连线越粗越密, 表明其合作次数越多, 合作的紧密程度越高; 节点中不同颜色的年轮圈代表机构在不同年份的发文量, 年轮越宽代表该机构在相应年份发文量越多。由图 4 可知, 各机构间在海洋生物多样性领域的研究中都有较好的合作关系。发文量最多的几所机构, 如詹姆斯库克大学与昆士兰大学、不列颠哥伦比亚大学、塔斯马尼亚大学以及阿德莱德大学等机构间都形成了良好且稳定的合作关系。经过深入调研发现, 在该领域中, 詹姆斯库克大学与国际上 270 余所机构建

表 2 研究机构统计表(发文量> 30 篇)  
Tab.2 Research institutional statistics (document quantity > 30)

序号 No.	机构 Institution	发文量 Document quantity	百分比 Percentage (%)	国家 Country	主要涉及的学科类别 Main disciplines field
1	James Cook University 詹姆斯库克大学	69	3.24	澳大利亚	生态学; 生物多样性保护; 环境科学 Ecology; Biodiversity Conservation; Environmental Sciences
2	University of Queensland 昆士兰大学	68	3.20	澳大利亚	生态学; 环境科学; 生物多样性保护 Ecology; Environmental Sciences; Biodiversity Conservation
3	University of Tasmania 塔斯马尼亚大学	64	3.01	澳大利亚	环境科学; 海洋淡水生物学; 生态学 Environmental Sciences; Marine Freshwater Biology; Ecology
4	University of British Columbia 不列颠哥伦比亚大学	62	2.92	加拿大	生态学; 环境科学; 生物多样性保护 Ecology; Environmental Sciences; Biodiversity Conservation
5	Plymouth Marine Laboratory 普利茅斯海洋实验室	48	2.26	英国	海洋淡水生物学; 生态学; 环境科学 Marine Freshwater Biology; Ecology; Environmental Sciences
6	University of Western Australia 西澳大学	39	1.83	澳大利亚	生态学; 海洋淡水生物学; 环境研究 Ecology; Marine Freshwater Biology; Environmental Studies
7	Australian Institute of Marine Science 澳大利亚海洋科学研究所	37	1.74	澳大利亚	生态学; 环境科学; 海洋淡水生物学 Ecology; Environmental Sciences; Marine Freshwater Biology
8	Natural History Museum London 伦敦自然历史博物馆	35	1.65	英国	海洋淡水生物学; 古生物学; 海洋学 Marine Freshwater Biology; Paleontology; Oceanography
9	University of Auckland 奥克兰大学	35	1.65	新西兰	海洋淡水生物学; 生态学; 环境科学 Marine Freshwater Biology; Ecology; Environmental Sciences
10	University of California Santa Barbara 加州大学圣巴巴拉分校	35	1.65	美国	交叉科学; 生态学; 环境科学 Multidisciplinary Sciences; Ecology; Environmental Sciences
11	University of Plymouth 普利茅斯大学	34	1.60	英国	生态学; 海洋淡水生物学; 环境科学 Ecology; Marine Freshwater Biology; Environmental Sciences
12	Dalhousie University 达尔豪斯大学	33	1.55	加拿大	交叉科学; 环境科学; 生物多样性保护 Multidisciplinary Sciences; Environmental Sciences; Biodiversity Conservation
13	Institut Français de Recherche Pour L'exploitation de la Mer (IFREMER) 法国海洋开发研究院	33	1.55	法国	海洋淡水生物学; 环境科学; 海洋学 Marine Freshwater Biology; Environmental Sciences; Oceanography
14	National Institute of Water & Atmospheric Research 国家水气研究所	33	1.55	新西兰	生态学; 海洋淡水生物学; 海洋学 Ecology; Marine Freshwater Biology; Oceanography
15	Centre National de la Recherche Scientifique 法国国家科研中心	32	1.50	法国	生态学; 生物多样性保护; 海洋淡水生物学 Ecology; Biodiversity Conservation; Marine Freshwater Biology
16	National University of Singapore 新加坡国立大学	32	1.50	新加坡	动物学; 生物多样性保护; 生态学 Zoology; Biodiversity Conservation; Ecology
17	Consejo Superior de Investigaciones Cientificas 马德里材料科学研究所	31	1.46	西班牙	生态学; 交叉科学; 海洋学 Ecology; Multidisciplinary Sciences; Oceanography

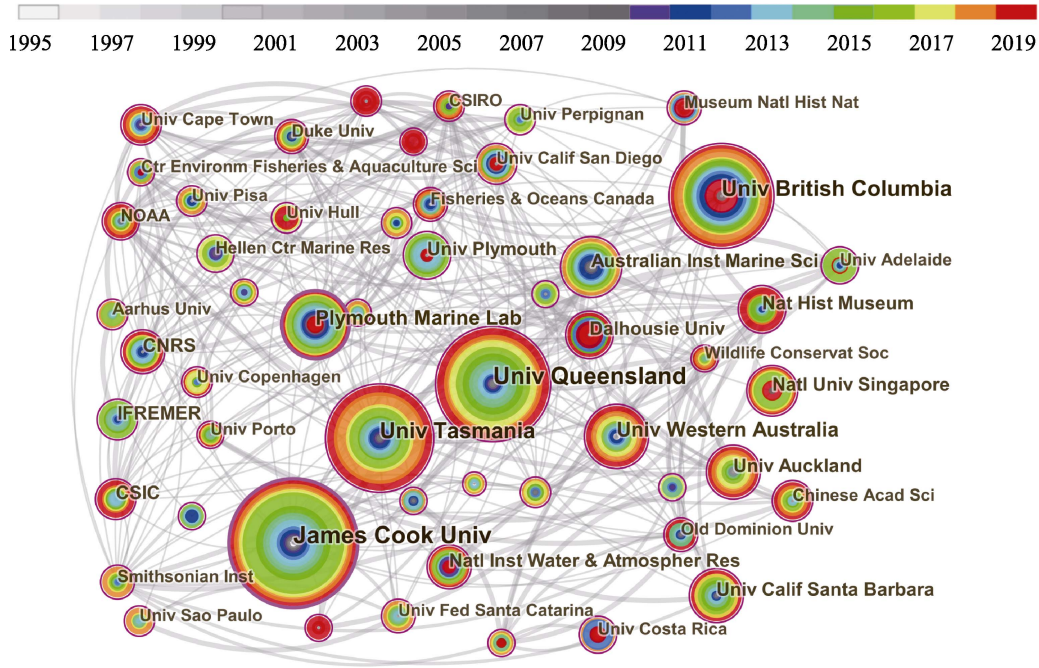


图 4 海洋生物多样性研究机构合作网络图谱

Fig.4 Analysis map of institutional cooperation network in marine biodiversity

立了合作关系，包括美国国家海洋与大气管理局 (NOAA)、法国佩皮尼昂大学以及巴西圣卡塔琳娜联邦大学等机构；昆士兰大学与国际上 200 余所机构间建立了合作关系，包括坦桑尼亚野生动物保护协会 (Wildlife Conservation Society)、澳大利亚联邦科工组织 (CSIRO) 及墨尔本大学等机构；塔斯马尼亚大学与国际上近 270 所机构建立了合作关系，其中，包括澳大利亚的海洋科学研究所和联邦科工组织、西澳大学及美国国家海洋与大气管理局等；不列颠哥伦比亚大学与国际上 240 余所机构建立了合作关系，包括英国东安格利亚大学、斯坦福大学及普利茅斯海洋实验室等机构；发文量小于 15 篇的机构中，大部分机构间有一定的科研合作，但其合作较为分散。

### 2.3 研究进展与热点分析

对研究文献关键词出现频次及其中心性 (Centrality) 进行分析，可以分析海洋生物多样性领域的研究热点及其发展趋势。在 Citespace 中，利用中心性指标来发现和衡量文献的重要程度，并对中心性不小于 0.1 的关键词进行重点标注，中心性越大、出现频次越高的关键词，通常处于连接 2 个不同研究领域的关键枢纽位置 (李杰等, 2016)。利用 Citespace 对研究文献的关键词进行共现分析 (图 5)，图 5 中节点大小表示关键词出现的频次，节点越大，表明关键词的出现频次越多；节点中不同颜色的年轮圈代表该关键词在不同年份的出现频次，年轮越宽代表其在相应的年份出现

频次越多。对关键词进行合并和去重，同时，去除无意义及指向不明的词语，共获得出现频次不少于 2 次的关键词 320 个，其中，词频不小于 40 次的关键词有 37 个 (表 3)。可知，Marine biodiversity、Biodiversity 为词频最高，出现频次分别为 696 和 382 次，之后为 Sea (Ocean/Marine)、Conservation、Diversity、Climate change 及 Pattern 等，出现频次都达 200 次以上，涉及到海洋保护区、生物群落、生态系统、物种丰度及其多样性、海洋酸化及种群等关键词的出现频次均较高，并且涉及到 Management、Impact 等方面的关键词较多。出现频次较高且其中心性不小于 0.1 的关键词有 Species richness、Evolution、Biodiversity、Conservation、Temperature、Sea (ocean/marine)、Ecosystem service、Biogeography 以及 Community structure 等。

关键词的突变检测 (Burst detection) 旨在检测短时间内关键词的跃迁现象，强调其突变性 (王云等, 2018; 黄晓军等, 2019)，突变强度越高，其所受的关注度就越高。通过对关键词的突变检测可以发现，研究领域的前沿进展及研究热点的动态变化。表 4 为经突变检测后获得的按突变起始时间排序的热点关键词，并标明其突变强度和突变起止时间。从海洋生物多样性研究文献的突变性关键词来看，该领域的研究热点呈现出多元化现象，不同的时间节点呈现出不同的突变性关键词，表明研究者们在不同时期关注的研究热点存在一定的差异。

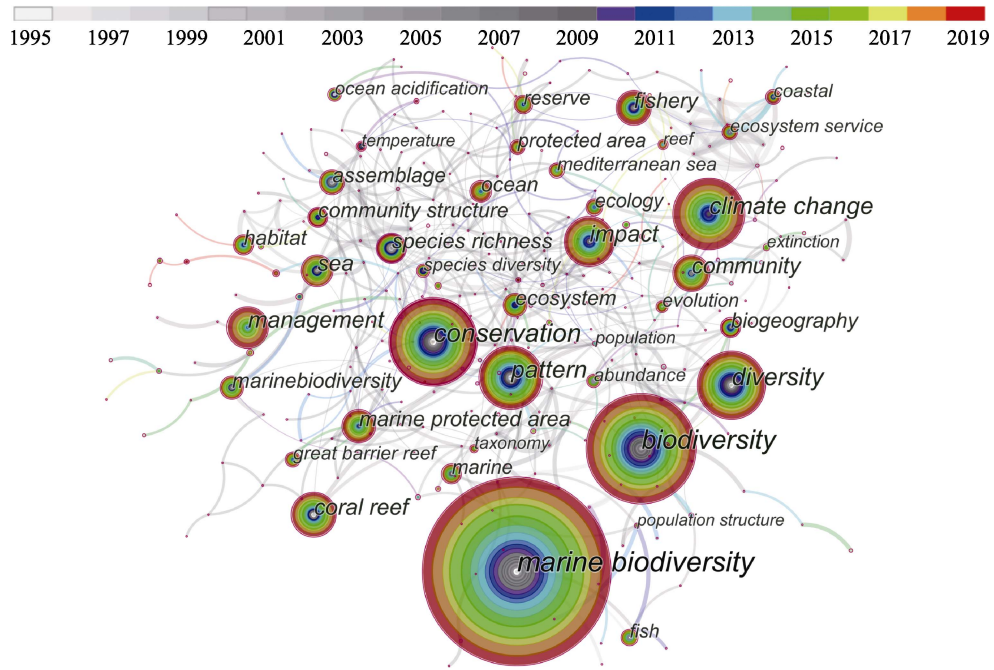


图 5 海洋生物多样性研究关键词共现图谱

Fig.5 Analysis map of institutional cooperation network in marine biodiversity

表 3 海洋生物多样性高频关键词统计(频次 ≥ 40)

Tab.3 The statistics of high-frequency keywords in marine biodiversity (frequency ≥ 40)

序号 No.	关键词 Key words	频次 Frequency	中心性 Centrality	序号 No.	关键词 Key words	频次 Frequency	中心性 Centrality
1	海洋生物多样性 Marine biodiversity	696	0.08	20	保护区 Reserve	84	0.04
2	生物多样性 Biodiversity	382	0.10	21	保护区 Protected area	80	0.05
3	海洋 Sea (ocean/marine)	322	0.12	22	生态学 Ecology	80	0.01
4	保护 Conservation	304	0.15	23	鱼类 Fish	72	0
5	多样性 Diversity	247	0.06	24	地中海 Mediterranean Sea	67	0.04
6	气候变化 Climate change	238	0.08	25	演变 Evolution	64	0.15
7	模式 Pattern	217	0.06	26	大堡礁 Great barrier reef	61	0
8	管理 Management	177	0.03	27	沿岸 Coastal	60	0.02
9	影响 Impact	172	0.09	28	生态系统服务 Ecosystem service	60	0.12
10	珊瑚礁 Coral reef	157	0.04	29	物种多样性 Species diversity	59	0.04
11	群落 Community	149	0.05	30	海洋酸化 Ocean acidification	56	0.01
12	海洋保护区 Marine protected area	129	0.09	31	丰度 Abundance	56	0.07
13	渔业 Fishery	128	0.06	32	消亡 Extinction	47	0.05
14	物种丰度 Species richness	122	0.22	33	分类学 Taxonomy	46	0.02
15	生态系统 Ecosystem	106	0.07	34	温度 Temperature	45	0.13
16	聚集 Assemblage	100	0.08	35	种群 Population	45	0.09
17	生物地理学 Biogeography	99	0.11	36	暗礁 Reef	43	0.02
18	群落结构 Community structure	99	0.11	37	种群结构 Population structure	40	0.07
19	栖息地 Habitat	93	0.01				

表 4 基于突变检测获得的热点关键词  
Tab.4 Hot keywords with the strongest citation bursts

关键词 Key words	年份 Year	突变强度 Strength	起始 Begin	结束 End	1995~2019
生物多样性 Biodiversity	1995	6.45	1995	1997	█
哥斯达黎加 Costa rica	1995	13.41	1997	2003	█
甲壳动物 Crustacea	1995	7.02	1997	1999	█
选择 Selection	1995	13.80	1998	2005	█
扰动 Disturbance	1995	6.52	1998	1999	█
新西兰 New Zealand	1995	14.79	2001	2005	█
栖息地结构 Habitat structure	1995	7.45	2001	2004	█
大灭绝 Mass extinction	1995	6.16	2001	2003	█
深海 Deep sea	1995	4.63	2001	2002	█
补充 Recruitment	1995	9.78	2002	2003	█
动物区系 Fauna	1995	12.81	2003	2005	█
生物多样性 Biological diversity	1995	8.20	2003	2004	█
网状系统 Network	1995	5.39	2003	2005	█
海洋保护区 Marine reserve	1995	4.37	2003	2005	█
渔业管理 Fisheries management	1995	5.29	2004	2005	█
线粒体 DNA Mitochondrial DNA	1995	8.95	2005	2008	█
分类学特征 Taxonomic distinctness	1995	5.88	2005	2007	█
稳定性 Stability	1995	6.89	2007	2008	█
幼体扩散 Larval dispersal	1995	6.89	2007	2008	█
小型底栖动物 Meiofauna	1995	6.89	2007	2008	█
生产力 Productivity	1995	6.28	2007	2008	█
海洋生物地理学 Marine biogeography	1995	7.22	2008	2009	█
长期变化 Long term change	1995	7.01	2009	2010	█
特有分布 Endemism	1995	3.93	2009	2011	█
经济价值评估 Economic valuation	1995	7.83	2010	2011	█
钙化 Calcification	1995	7.83	2010	2011	█
波罗的海 Baltic Sea	1995	4.11	2010	2011	█
记录 Record	1995	8.94	2012	2013	█
属 Genus	1995	3.76	2012	2013	█
陆架 Shelf	1995	9.00	2013	2014	█
岩岸 Rocky shore	1995	6.90	2013	2014	█
印度-太平洋 Indo Pacific	1995	5.63	2013	2014	█
重要性 Consequence	1995	8.53	2014	2015	█

注：“█”表示关键词频次突然增加的年份，“—”表示关键词频次无显著变化的年份

Note: “█” represented the year of keyword frequency with strongest bursts, “—” represented the year of keyword frequency without significant change

综上所述, 并通过进一步梳理和分析相关文献, 总结出海洋生物多样性领域的 5 个方面的研究热点:

(1) 人类活动和气候变暖对海洋生物多样性的影

响。人类对海洋资源的过度开发和栖息地退化与丧失是海洋生物多样性变化的主要驱动因素(Harvey *et al*, 2013; Liu *et al*, 2013), 其次是捕捞活动、环境污染、



气候变暖、富营养化、海洋酸化以及外来物种入侵等都是最重要的威胁因素,极大地影响了全球海洋生物多样性,从长远来看,海洋酸化和气候变暖被认为是对海洋生物多样性的两个最大威胁因素(Wernberg *et al.*, 2011)。《生物多样性公约》缔约方大会第 2、第 4 次会议确定在全球、各区域和国家各层面上推动采用生态系统方法(Borja *et al.*, 2016)和预防性措施应用于海洋和沿海生物多样性保护及可持续利用的目标中(银森录等, 2016)。

(2)海洋生物多样性保护及其可持续利用(Ardron *et al.*, 2016; Jenkins *et al.*, 2016)。《生物多样性公约》“爱知目标”指出,到 2020 年,至少 17%的陆地和内陆水域及 10%的沿海和海洋区域,尤其是对生物多样性和生态系统服务特别重要的区域,通过有效并同等重视程度地管理、具有生态代表性和联系紧密的区域管理,并在保护区内执行具有地方特色的、有效的管理措施,同时,很好地把这些区域和陆地及海洋协调起来综合管理(Rees *et al.*, 2018);联合国可持续发展目标强调要加强全球海洋生物多样性保护工作。

(3)建立并管理国家管辖范围外海洋保护区及保护具有重要生态或生物学意义的海域。海洋保护区是海洋保护策略的一个重要组成部分,已被广泛应用于保护和管理海洋生物多样性,它们在区域有效性保护方面各不相同,也存在诸多争议,在保护非目标物种和生态系统功能方面的优势仍然不清晰(Mellin *et al.*, 2016),且海洋保护区所产生的社会经济利益亦难以预测(Edgar *et al.*, 2014)。

(4)海洋生物多样性和生态系统变化的观测及其评价。有效的海洋管理需要掌握有关海洋生物多样性状况的全面数据,确定生物学和生态学上的基本海洋变量,包括海洋浮游生物与微生物的生物量和多样性,鱼类、海龟、鸟类、哺乳动物及底栖无脊椎动物的物种丰度与分布,以及生态系统的范围与健康程度(如硬珊瑚、海草、红树林和大型海藻礁的覆盖及其构成等)(Miloslavich *et al.*, 2018);观察沿海生物多样性和物种的最常用方法有水下视觉普查以及捕捞量和努力量数据,也包括物种灭绝、物种丰度的变化、栖息地丧失和分布的变化等(Pereira *et al.*, 2010);全球需要对海洋生物多样性和生态系统进行持续观察和评价,便于重点关注特定区域的养护和管理问题。

(5)开展海洋生物遗传多样性、海洋生物多样性地理变异方面的研究。分子生物学方法、DNA 测序和 DNA 条码是促进海洋生物多样性保护工作的有用工具(Bucklin *et al.*, 2011),可以加速分析其物种类级,

利用从海洋中获取的环境 DNA 条码来解释海洋鱼类生物多样性的潜力(Thomsen *et al.*, 2012; 单秀娟等, 2018),这些研究方法为未来监测海洋生物多样性和资源提供了广阔的应用前景。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

通过 WOS 核心合集获取的海洋生物多样性文献数据,利用文献计量学与知识图谱分析方法,对该领域 1995~2019 年的发文量、作者及研究机构合作网络以及关键词词频等进行研究,分析了其发展趋势和研究热点,得出以下主要结论。

从发文量的年度动态分布及其被引情况来看,各年度发文量总体呈现动态递增趋势。近年来,其发文量呈现动态波动状态,目前该领域已经成为国际学者关注的热点,因此,在未来相当一段时期内其发文量仍然会呈持续增长的趋势。该领域研究文献在 WOS 核心合集集中的总被引量、篇均被引次数以及  $h$  指数均非常高,可知该领域的研究文献在国际上具有非常高的影响力,并受到国际同行的高度关注。

从合作网络分析情况来看,海洋生物多样性领域研究论文发文 10 篇及以上的作者之间均有着较广泛的合作关系,且形成以 Miloslavich P、Danovaro R 和 Mouillot D 等为该领域研究的核心作者;研究机构方面,发文量较多的机构主要集中在大学和科研院所,其中,詹姆斯库克大学发文量最多,其次为昆士兰大学,排名第 3 为塔斯马尼亚大学,3 所大学均来自澳大利亚,主要涉及的学科类别为生态学、生物多样性保护、海洋淡水生物学及环境科学等;各机构之间都有很好的国际合作关系,如詹姆斯库克大学、塔斯马尼亚大学、不列颠哥伦比亚大学及昆士兰大学等机构,与国际上超过 200 所机构之间建立了广泛的科研合作关系,发文量较少的大部分机构之间虽然都有一定的科研合作,但其合作较为分散。

从研究热点来看,通过关键词词频及其中心性与突变检测分析,海洋生物多样性的研究热点共分为五个方面:一是开展人类对海洋的开发活动和气候变化对海洋生物多样性的影响的研究;二是研究海洋生物多样性保护及其可持续利用,着重开展全球海洋生物多样性保护方面的研究;三是建立国家管辖范围外海洋保护区及保护具有重要生态或生物学意义的海域方面的研究;四是开展海洋生物多样性和生态系统变化的观测及其评价的研究,重点关注特定区域生物多样性的养护和管理问题;五是开展海洋遗传多样性、

多样性地理变异方面的研究;各研究热点之间相互交融,并随之产出大量交叉学科的研究文献。

### 3.2 讨论

海洋及沿海地带的生物多样性是人类赖以生存的基础(Bennett *et al.*, 2015; 徐靖等, 2018),自《生物多样性公约》生效以来,各国逐渐意识到海洋生物多样性保护和生物资源的重要性,采取积极的应对措施以加强海洋生物多样性研究与保护,该主题已成为当前生物多样性领域的研究热点,受到了国内外学者们的广泛关注。

本研究利用文献计量学方法,通过分析 WOS 核心合集中海洋生物多样性的研究文献数据,着重剖析该领域发文量的年度动态分布、作者与机构合作网络以及研究热点等,数据源方面存在一定的局限性,在今后的研究中还需结合不同的数据来源进行分析。综合分析已获取的研究文献可知,海洋生物多样性的研究还有待进一步拓展和深化,未来的研究重点建议从以下几方面着重开展:(1)加强海洋和沿海地区的综合管理,这也是《生物多样性公约》最早提倡的管理工具,通过推广海洋和沿海地区的综合管理工具,各国共同应对人类活动对海洋和沿海生物多样性的影响,促进生物多样性的保护与可持续利用(银森录等, 2016);(2)基于生态系统管理和加强海洋空间规划和管理,依据联合国海洋可持续发展目标,制定相应管理办法,加强国家管辖范围外海洋保护区及具有重要生态或生物学意义的海域的管理和保护,建立具有代表性的海洋保护区网络;(3)加强珊瑚礁、红树林和海草床等脆弱海洋生态系统的研究、保护与管理,其生物群落及其结构一旦受到干扰或破坏,将导致其难以恢复,利用基于预警方法和生态系统方法进行科学管理与决策(郑苗壮等, 2017);(4)加强海洋遗传资源及其多样性研究,并重点关注国家管辖范围外海洋遗传资源的惠益分享问题(徐靖等, 2016);(5)利用水下视频技术,加强沿海海洋生物多样性观察和监测网络建设,便于持续观测海洋生物多样性和海洋生态系统,有效收集、整理、分析和管理其现状相关的数据,并加强合作,促进生物多样性观测数据的国际共享(庄国泰等, 2013; Mallet *et al.*, 2014)。

### 参 考 文 献

Ardron JA, Rayfuse R, Gjerde K, *et al.* The sustainable use and conservation of biodiversity in ABNJ: What can be achieved using existing international agreements? *Marine Policy*, 2014, 49(11): 98–108

Bennett EM, Cramer W, Begossi A, *et al.* Linking biodiversity, ecosystem services, and human wellbeing: Three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2015, 14: 76–85

Borja A, Elliott M, Andersen JH, *et al.* Overview of integrative assessment of marine systems: The ecosystem approach in practice. *Frontiers in Marine Science*, 2016, 3: 1–20

Bowen BW, Rocha LA, Toonen RJ, *et al.* The origins of tropical marine biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution*, 2013, 28(6): 359–366

Bucklin A, Steinke D, Blanco-Bercial L. DNA barcoding of marine metazoa. *Annual Review of Marine Science*, 2011, 3(1): 471–508

Chen CM. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2006, 57(3): 359–377

Chen CM. Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004, 101(S1): 5303–5310

Chen P, Chen XJ, Chen CS, *et al.* Bibliometric analysis of the global study on ocean acidification. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(10): 3368–3381 [陈芃, 陈新军, 陈长胜, 等. 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]

Ding JK, Zhang WW, Li Y, *et al.* Health assessment of the benthic ecosystem in Jiaozhou Bay: Ecological characteristics of the macrobenthos. *Progress in Fishery Sciences*, 2020, 41(2): 20–26 [丁敬坤, 张雯雯, 李阳, 等. 胶州湾底栖生态系统健康评价——基于大型底栖动物生态学特征. *渔业科学进展*, 2020, 41(2): 20–26]

Ding Q, Chen XJ. Bibliometric study on reviewing mean trophic level based on the catch. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2016, 36(2): 27–33 [丁琪, 陈新军. 基于渔获物的平均营养级的文献计量分析. *广东海洋大学学报*, 2016, 36(2): 27–33]

Edgar GJ, Stuart-Smith RD, Willis TJ, *et al.* Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 2014, 506(7487): 216–220

Floeter SR, Rocha LA, Robertson DR, *et al.* Atlantic reef fish biogeography and evolution. *Journal of Biogeography*, 2008, 35(1): 22–47

Harvey BP, Gwynn-Jones D, Moore PJ. Meta-analysis reveals complex marine biological responses to the interactive effects of ocean acidification and warming. *Ecology and Evolution*, 2013, 3(4): 1016–1030

Huang XJ, Wang B, Liu MM, *et al.* Research progress of social-ecosystem resilience: Bibliometric analysis based on CiteSpace. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(8): 3007–3017 [黄晓军, 王博, 刘萌萌, 等. 社会-生态系统恢复力研究进展——基于 CiteSpace 的文献计量分析. *生态学报*, 2019, 39(8): 3007–3017]

- Jenkins CN, van Houtan KS. Global and regional priorities for marine biodiversity protection. *Biological Conservation*, 2016, 204(Part B): 333–339
- Jin YM. Issues relating to the conservation and sustainable use of marine biological diversity beyond areas of national jurisdiction. *Journal of Social Sciences*, 2018, 9: 12–21 [金永明. 国家管辖范围外区域海洋生物多样性养护和可持续利用问题. *社会科学*, 2018, 9: 12–21]
- Li HJ. Progress in marine biodiversity conservation in China. *World Environment*, 2019, 3: 16–18 [李宏俊. 中国海洋生物多样性保护进展. *世界环境*, 2019, 3: 16–18]
- Li J, Chen CM. CiteSpace: Text mining and visualization in scientific literature (Second Edition). Beijing: Capital University of Economics and Trade Press, 2017 [李杰, 陈超美. Citespace 科技文本挖掘及可视化. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2017]
- Li YJ, Ren GC, Yang DL. Research on the disciplinary layout and development trend of global aquatic science in past 20 years based on quantitative analysis of academic literature. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2018, 27(6): 956–964 [李勇军, 任光超, 杨德利. 文献计量分析近 20 年全球水产学科布局及发展趋势. *上海海洋大学学报*, 2018, 27(6): 956–964]
- Liu JL, Chen XJ. Bibliometrics research of document on the theme of oceanic squid jigging fishery in the world. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2019, 28(3): 331–343 [刘金立, 陈新军. 世界大洋性鱿钓渔业研究评述. *上海海洋大学学报*, 2019, 28(3): 331–343]
- Liu JL, Shao ZY, Zhang J. Study on articles distribution in marine science subject based on Bradford Law. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(14): 6797–6798, 6802 [刘金立, 邵征翌, 张健. 基于布拉德福定律的海洋学科学术论文分布研究. *安徽农业科学*, 2009, 37(14): 6797–6798, 6802]
- Liu JY. 2013. Status of Marine Biodiversity of the China Seas. *PLoS One*, 2013, 8(1): 1–24
- Lu XQ, Hu FL, Xu HG, *et al.* Status quo, problems and countermeasures of marine biodiversity in China. *World Environment*, 2016(S1): 19–21 [卢晓强, 胡飞龙, 徐海根, 等. 我国海洋生物多样性现状、问题与对策. *世界环境*, 2016(S1): 19–21]
- Mallet D, Pelletier D. Underwater video techniques for observing coastal marine biodiversity: A review of sixty years of publications (1952–2012). *Fisheries Research*, 2014, 154: 44–62
- Mellin C, Aaron MM, Cheal AJ, *et al.* Marine protected areas increase resilience among coral reef communities. *Ecology Letters*, 2016, 19(6): 629–637
- Miloslavich P, Bax NJ, Simmons SE, *et al.* Essential ocean variables for global sustained observations of biodiversity and ecosystem changes. *Global Change Biology*, 2018, 24(6): 2416–2433
- Molnar JL, Gamboa RL, Revenga C, *et al.* Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2008, 6(9): 485–492
- Pereira HM, Leadley PW, Proenca V, *et al.* Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science*, 2010, 330(6010): 1496–1501
- Rees SE, Foster NL, Langmead O, *et al.* Defining the qualitative elements of Aichi biodiversity target 11 with regard to the marine and coastal environment in order to strengthen global efforts for marine biodiversity conservation outlined in the United Nations Sustainable Development Goal 14. *Marine Policy*, 2018, 93(7): 241–250
- Renema W, Bellwood DR, Braga JC, *et al.* Hopping hotspots: Global shifts in marine biodiversity. *Science*, 2008, 321(5889): 654–657
- Sala E, Knowlton N. Global Marine Biodiversity Trends. *Annual Review of Environment and Resources*, 2006, 31(1): 93–122
- Shan XJ, Li M, Wang WJ. Application of environmental DNA technology in aquatic ecosystem. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(3): 23–29 [单秀娟, 李苗, 王伟继. 环境 DNA(eDNA)技术在水生生态系统中的应用研究进展. *渔业科学进展*, 2018, 39(3): 23–29]
- Thomsen PF, Kielgast J, Iversen LL, *et al.* Detection of a diverse marine fish fauna using environmental DNA from Seawater Samples. *PLoS One*, 2012, 7(8): 1–9
- Wang B. Marine biodiversity and conservation strategies in China. *Chinese Biodiversity*, 1999, 7(4): 347–350 [王斌. 中国海洋生物多样性的保护和管理对策. *生物多样性*, 1999, 7(4): 347–350]
- Wang Y, Ma L, Liu Y. Progress and trend analysis of urbanization research: Visualized quantitative study based on CiteSpace and HistCite. *Progress in Geography*, 2018, 37(2): 239–254 [王云, 马丽, 刘毅. 城镇化研究进展与趋势——基于 CiteSpace 和 HistCite 的图谱量化分析. *地理科学进展*, 2018, 37(2): 239–254]
- Wernberg T, Russell BD, Moore PJ, *et al.* Impacts of climate change in a global hotspot for temperate marine biodiversity and ocean warming. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2011, 400(1–2): 7–16
- Widdicombe S, Spicer JI. Predicting the impact of ocean acidification on benthic biodiversity: What can animal physiology tell us? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2008, 366(1–2): 187–197
- Worm B, Barbier EB, Beaumont N, *et al.* Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 2006, 314(5800): 787–790
- Xiao M, Chen JY, Li GJ. Visualization analysis on the research of mapping knowledge domains based on CiteSpace. *Library and Information Service*, 2011, 55(6): 91–95 [肖明, 陈嘉勇, 李国俊. 基于 CiteSpace 研究科学知识图谱的可视化分析. *图书情报工作*, 2011, 55(6): 91–95]
- Xu J, Geng YJ, Yin SL, *et al.* A study on elements of post-2020

- global biodiversity framework based on sustainable development goals. *Environmental Protection*, 2018, 46(23): 17–22 [徐靖, 耿宜佳, 银森录, 等. 基于可持续发展目标的“2020 年后全球生物多样性框架”要素研究. *环境保护*, 2018, 46(23): 17–22]
- Xu J, Zheng MZ, Liu Y, *et al.* Establishment of a mechanism on sharing the benefits arising from the utilization of marine genetic resources in areas beyond national jurisdiction. *Biodiversity Science*, 2016, 24(1): 108–113 [徐靖, 郑苗壮, 刘岩, 等. 国家管辖范围外海域遗传资源获取和惠益分享机制构建建议. *生物多样性*, 2016, 24(1): 108–113]
- Yang Q, Li HJ, Li HB, *et al.* Review on assessment methods of marine biodiversity. *Marine Environmental Science*, 2013, 32(1): 157–160 [杨青, 李宏俊, 李洪波, 等. 海洋生物多样性评价方法综述. *海洋环境科学*, 2013, 32(1): 157–160]
- Yin SL, Zheng MZ, Xu J, *et al.* Negotiation focus impacts and China's implementation strategies of marine and coastal biodiversity. *Biodiversity Science*, 2016, 24(7): 855–860 [银森录, 郑苗壮, 徐靖, 等. 《生物多样性公约》海洋生物多样性议题的谈判焦点、影响及我国对策. *生物多样性*, 2016, 24(7): 855–860]
- Yu WW, Chen B, Zhou J, *et al.* Marine biodiversity assessment indicator systems and their application in Quanzhou Bay. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2011, 30(3): 430–436 [俞炜炜, 陈彬, 周娟, 等. 海洋生物多样性评价指标体系的研究及在泉州湾的应用. *台湾海峡*, 2011, 30(3): 430–436]
- Yu WW, Zhang H, Zhang JM, *et al.* Progress of the study on marine biodiversity. *Journal of Aquaculture*, 2018, 39(10): 4–8 [于雯雯, 张虎, 张建明, 等. 海洋生物多样性研究进展. *水产养殖*, 2018, 39(10): 4–8]
- Zhang HY. Thinking on Bradford's Law and its applications. *Information Research*, 2013, 12: 19–21 [张海燕. 关于布拉德福定律及其应用的若干思考. *情报探索*, 2013, 12: 19–21]
- Zhang LJ. On improving marine administrative system in China: From the perspective of marine biodiversity protection. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2010, 30(2): 15–18 [张丽君. 从海洋生物多样性保护看我国海洋管理体制之完善. *广东海洋大学学报*, 2010, 30(2): 15–18]
- Zheng MZ, Liu Y, Qiu WF. Focal issues of marine biological diversity beyond areas of national jurisdiction. *Journal of Ocean University of China (Social Sciences)*, 2017(1): 62–69 [郑苗壮, 刘岩, 裘婉飞. 国家管辖范围以外区域海洋生物多样性焦点问题研究. *中国海洋大学学报(社会科学版)*, 2017(1): 62–69]
- Zheng MZ, Liu Y, Xu J. Convention on biological diversity and marine biological diversity in the Areas Beyond National Jurisdiction. *Journal of Ocean University of China (Social Sciences)*, 2015(2): 40–45 [郑苗壮, 刘岩, 徐靖. 《生物多样性公约》与国家管辖范围以外海洋生物多样性问题研究. *中国海洋大学学报(社会科学版)*, 2015(2): 40–45]
- Zhuang GT, Shen HB. Biodiversity conservation: New problems and challenges. *World Environment*, 2013(4): 16–21 [庄国泰, 沈海滨. 生物多样性保护面临的新问题和新挑战. *世界环境*, 2013(4): 16–21]

(编辑 冯小花)

## Research Progress and Hotspots of Marine Biodiversity: Based on Bibliometrics and Knowledge Mapping Analysis

LIU Jinli<sup>1,3</sup>, CHEN Xinjun<sup>2①</sup>

(1. Library of Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 2. College of Marine Sciences of Shanghai Ocean University; Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries; Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 3. Institute of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

**Abstract** Marine biodiversity and its sustainable use are threatened by climate change and human activities, and research on this topic has drawn increasing interest worldwide. We used bibliometrics and knowledge mapping analysis to review information related to marine biodiversity indexed in the ISI Web of Science Core Collection database. We created descriptive statistics of the number of articles published annually, the journal frequency, and the country distributions. Then, the author, institution cooperation network, and keyword-based knowledge mapping and burst analysis were used to explore hotspots of marine biodiversity research. The descriptive statistics suggest that the number of studies has increased in recent decades, and scientific research influence and international attention are very high. Authors and institutions have formed frequent and stable cooperative networks. Author cooperation has formed core authorships, such as Miloslavich P., Danovaro R., and Mouillot D. Institutional cooperation has enabled extensive collaborations among James Cook University, the University of Tasmania, and the University of British Columbia. Ecology, biodiversity conservation, marine freshwater biology, and environmental sciences are the main disciplines of marine biodiversity. Burst analysis showed that current marine biodiversity research has five study frontiers: (1) the impacts of human activities and climate change on marine biodiversity, (2) the protection and sustainable utilization of marine biodiversity, (3) the establishment and management of marine protected areas beyond national jurisdictions, and the protection of ecologically or biologically significant marine areas, (4) the observation and evaluation of marine biodiversity and ecosystem change, and (5) marine genetic diversity and geographic variations in diversity.

**Key words** Marine biodiversity; Bibliometric research; Keyword co-occurrence; Knowledge mapping

---

① Corresponding author: CHEN Xinjun, E-mail: xjchen@shou.edu.cn