

基于 SCI-E 的国际海山生物多样性研究现状及研究热点解析

郭琳¹, 冯志纲¹, 张均龙², 张灿影¹, 於维樱¹, 王琳¹

(1. 中国科学院海洋研究所 文献信息中心, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院海洋研究所 海洋生物分类与系统演化实验室, 山东 青岛 266071)

摘要: 为了解海山生物多样性研究领域的研究现状和研究热点, 本文采用文献计量学的方法对 1991~2014 年海山生物多样性相关的 SCI 论文产出进行了分析。结果表明, 美国是该领域发文量最多的国家, 新西兰水和大气国家研究所是发文量最多的机构。关键词分析的结果显示, 海山生物多样性领域的研究热点主要集中在新物种发现和分类学, 涉及“hydrothermal vent”(热液喷口)、“mitochondrial DNA”(线粒体 DNA)及“conservation(保护)”等关键词的研究近几年逐渐增多。研究结果同时表明我国在该领域的研究较少, 研究力度有待加强。

关键词: 海山; 生物多样性; 研究热点; 研究前沿; 文献计量

中图分类号: N99 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2016)04-0116-10

doi: 10.11759/hyxx20150508001

近年来, 深海大洋因其丰富的资源和特殊的政治地位日益成为各海洋国家争夺的战略区域^[1-2]。海山 (Seamounts) 是特殊的海底生境, 通常是指自海底隆起至海面以下, 相对高度在 1 000 m 以上的海底高地^[3]。大部分海山是火山起源^[4], 也有部分是由于板块运动而形成^[5]。据估计, 全球海洋中约有超过 100 000 座海山^[6-7]。有关海山的科学研究始于 20 世纪四五十年代^[8-9], 而 Hubbs^[10]则是最早涉及海山生物多样性研究的生物学家之一。

深海环境通常黑暗、寒冷、高压且营养物质稀缺, 栖居在其中的物种生命周期长、成熟期晚、生长率低、繁殖力差, 生长策略呈明显的“K-选择性”^[11], 且海底常分布有热液或冷泉等特殊的海底环境, 孕育着独特的不依赖光合作用获取能量的化能合成生态系统。深海的群落组成与光照区的近岸海域有着显著差异。而海山自海底隆起, 形成了特殊的地理构造, 加之洋流和地形的影响, 会导致诸如洋流加速、泰勒柱 (Taylor Column)、内波等物理过程, 使得海山形成了特殊而又多样化的生物地球化学环境, 影响着沉积物的沉积速率、食物的丰富度、浮游幼虫的滞留和聚集以及海床的组成等^[7], 因而海山区生物多样性有着与周围深海相同而又不同的地方, 甚至发育着特有的生物物种。从科学意义上看, 研究海山生物多样性有助于探寻全新的物种和生命形式甚至生命起源; 且海山生物也是潜在的食品、蛋白等的重要来源, 蕴含着养殖生物新品种、微生物新菌种以及

新结构化合物和代谢产物等。海山区域的生物多样性同时也是宝贵的基因多样性资源库, 生长在海山环境的生命体发展了特殊的适应机制及机体结构、酶系统及代谢产物来生存和繁衍, 具有与环境相适应的各种特殊能力, 如耐低温、耐高压、耐盐性、耐高温 (热液喷口)、硝酸还原、吸磁性、金属富集能力等。如果对执行这些特殊功能的基因加以开发利用, 将会在工业、医药、能源等领域产生巨大的经济效益。从生态意义来说, 研究海山生物多样性有助于理解光合和非光合作用食物链的物质能量流动, 是对生态系统理论的重要补充, 同时也有助于确立当前海山生物的多样性、分布和丰富度的基线, 为评估未来的变迁奠定基础。

随着科技的发展以及人们探索深海大洋能力的增强, 有关海山生物多样性的研究日益增多, 研究涉及诸多方面, 主要包括: 以海山为栖息地的生物有哪些? 它们的分布规律和丰度如何? 物种如何扩散到海山并栖居于此? 海山是否是物种横跨大洋进行扩散的垫脚石? 影响海山生物丰富度的因素是什

收稿日期: 2015-05-08; 修回日期: 2015-06-08

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项“热带西太平洋海洋系统物质能量交换及其影响”(XDA11020306, XDA11030201)

[Foundation: Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences, No. XDA11020306, XDA11030201]

作者简介: 郭琳(1983-), 女, 山东临沂人, 馆员, 博士, 海洋战略情报研究, 电话: 0532-82898759, E-mail: guolin@qdio.ac.cn; 冯志纲, 通信作者, 高级工程师, 海洋战略情报研究, 电话: 0532-82898763, E-mail: zhi@qdio.ac.cn

么? 国际海洋生物普查计划(Census of Marine Life, CoML)于 2005 年启动了全球海山生物普查计划(Global Census of Marine Life on Seamounts, CenSeam), 获得了大量新发现和研究成果^[12], 大大推动了海山区生物多样性研究的进展, 也显示了海山生物多样性研究在海洋生物多样性研究中的重要地位。

为了更好地了解国际海山生物多样性研究的现状、特点和研究热点, 十分有必要对该领域的科学产出进行综合性的文献计量学分析。1969 年, 英国学者 Pritchard^[13]首次提出了“文献计量学”的概念, 它是借助文献的各种特征数量, 采用数学和统计学的方法, 来指出、评价和预测科学技术的现状和发展趋势的交叉学科^[14]。它可以用来评价某一科学问题的研究特点, 如主要研究国家、研究年代分布、主要研究单位、高产作者、国际合作度以及期刊分布等, 也可以对热点关键词及主要研究方向进行分析^[15-16]。该方法甚至还可用于研究前沿的识别^[17]。文献计量学分析已在诸多不同研究领域展开, 如生物多样性研究^[18-19]、水生生态系统^[20]、水母生态学^[21]、虾类病害^[22]、鲟鱼研究^[23]、海参研究^[24]以及海山研究^[25]等, 而在海山生物多样性领域尚没有类似的文献计量学研究。本文首次在该领域应用文献计量学的研究方法, 对 1991~2014 年的海山生物多样性研究的文献产出进行综合分析, 旨在从文献计量学的角度对国际海山研究的研究特点和研究发展态势进行追踪, 进而揭示国际海山研究的热点和前沿。

1 材料和方法

1.1 数据采集

本文使用的文献数据来自汤森路透公司(Thomson Reuters)发行的科学引文索引数据库(Science Citation Index-Expanded)即 Web of ScienceTM核心合集(SCI-E)(<http://www.webofknowledge.com/WOS>)。检索式设定为主题=(seamount OR seamounts) AND (biodiversity OR *fauna OR species OR communit* OR *benthos OR *plankton OR diversity OR taxonomy OR biogeography OR distribution OR endemism* OR conservation OR dispersal OR phylogeny OR abundance OR biomass OR biota OR ecology OR ecosystem*); 文献类型包括 ARTICLE、PROCEEDINGS PAPER 和 REVIEW。共计检索得到 1 817 篇发表于 1900~2015 年的文献(最后更新日期 2015-3-19, 检索日期为 2015-3-20)。由于科学引文索引数据库字段设置的限制, 1991 年之前的数据不包含摘要等内容^[26],

且检索日期截止时无法检索得到 2015 年全年的文献, 因而将出版年限定为 1991~2014 年(共 1 774 篇文献)。为了保证海山生物多样性文献的准确性, 经过筛选 Web of Science 类别和研究方向以及人工排除不相关文献 938 篇, 共 836 篇文献用于下一步的分析。

1.2 数据分析

数据使用 Thomson Data Analyzer version 5.0 (TDA, Thomson Reuters Co., New York)软件和 Microsoft Excel 2010 软件进行分析, 并使用 TDA 软件的“list cleanup”功能进行数据清洗, 单复数合并、同物异名统一, 如来自 England, Scotland, Northern Ireland 和 Wales 等国家和地区的文章被统一归为英国(United Kingdom)。数据采用 Pathfinder 算法进行优化^[27-29], 并利用 UCINET 6^[30]和 NetDraw^[31]对结果进行计算和可视化。

2 结果和讨论

2.1 文献产出总体概况

经过检索, 1991~2014 年共发表了海山生物多样性相关的 SCI 文章 836 篇, 论文数量整体呈波动增长趋势(图 1), 自 1991 年的 14 篇增加到 2014 年的 81 篇, 年文章数量增加了近 5 倍。1998 年文章数量最少, 为 6 篇, 2003、2004 年出现一次跳跃, 随后又持续波动上升, 其原因可能与海山科考航次及技术进步有关。可以预见, 该领域的发文量仍将持续增长。

2.2 学科领域及期刊分布

从 Journal Citation Reports (JCR) 2013 的学科领域分类来看, 1991~2014 年海山生物多样性的文章共涉及 33 个学科领域, “海洋和淡水生物学”涉及的文章数量最多, 为 341 篇, 其次是“环境科学和生态学”167 篇, “海洋学”129 篇, “动物学”120 篇, “渔业”115 篇。前五名的学科领域发文量年度变化见图 2, 可以看出, 这五个学科领域的发文量都呈增长趋势, 除个别年份之外, “海洋和淡水生物学”学科领域的发文量一直处于领先地位。

总体说来, 刊载海山生物多样性的期刊数量也在不断上升, 过去 24 a 发表的文章分布在 216 种期刊上, 文章收录数量前十位的期刊详见表 1, 有 35.6%的文章发表在这十种期刊上。《Zootaxa》(动物分类学)发表了 55 篇, 是发文量最多的期刊, 有 200 种期刊(92.6%)发表了不到 10 篇。

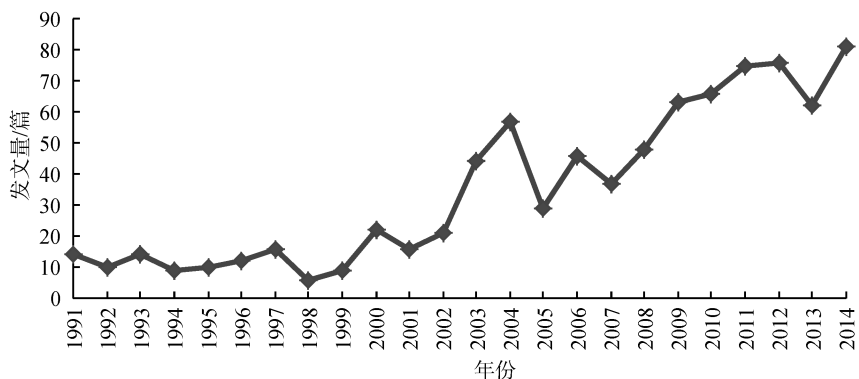


图1 海山生物多样性研究领域 SCI 发文情况

Fig. 1 Number of publications in seamount biodiversity research

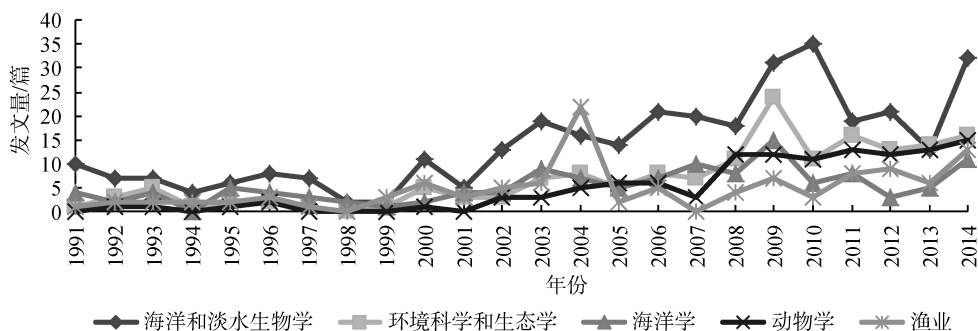


图2 发文最多的5个学科领域发文量年度变化

Fig. 2 Comparison of growth trends in the top five productive subject categories

表1 发文量前10的期刊排名

Tab. 1 Top 10 journals ranked by total publications

| 排名 | 发文量(篇) | 期刊名称 |
|----|--------|--------------------------------------------------------------------|
| 1 | 55 | Zootaxa |
| 2 | 43 | Marine Ecology Progress Series |
| 3 | 42 | PLoS One |
| 4 | 33 | Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom |
| 5 | 23 | Archive of Fishery and Marine Research |
| 6 | 23 | Marine Biology |
| 7 | 21 | Applied and Environmental Microbiology |
| 8 | 21 | Marine Ecology-An Evolutionary Perspective |
| 9 | 19 | Bulletin of Marine Science |
| 10 | 17 | Geomicrobiology Journal |

2.3 国际产出分析

2.3.1 国家/地区分布

图3显示了发文量排在前15位的国家或地区,可以看出美国以257篇文章,遥遥领先于其他国家。德国发表了92篇,位于第二名,澳大利亚88篇,排名第三。排在第四至第十的国家分别是:新西兰(86)、日本(84)、英国(73)、法国(66)、葡萄牙(58)、加拿大(54)、西班牙(44)。中国仅有6篇,位列第27名。由此可见,我国在海山生

物多样性研究方面,论文产出较少,研究力度有待加强。

前五名的国家年度发文情况详见图4。图中显示,1991~1994年,前五名的国家中只有美国有论文产出,1995年及之后,其他国家陆续有文章发表。2004年,德国的发文量为18篇,超过了美国,其他年份美国的发文量均领先于其他国家。

2.3.2 研究机构发文情况

1991~2014年间,超过700所研究机构的作者发

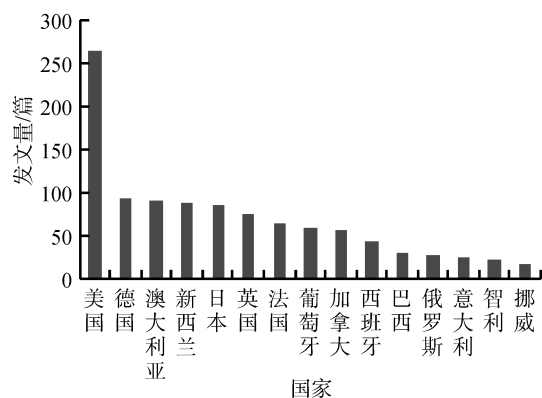


图 3 发文章量前 15 位的国家或地区

Fig. 3 Top 15 productive countries/territories

表了海山生物多样性相关的研究, 排名前 10 位的研究机构详见图 5。发文章量最多的机构是新西兰水和大气国家研究所, 其次是美国加州大学系统, 第三名是葡萄牙亚述尔群岛大学。排名前 10 的研究机构中, 美国有 5 所, 澳大利亚 2 所, 新西兰、葡萄牙和日本

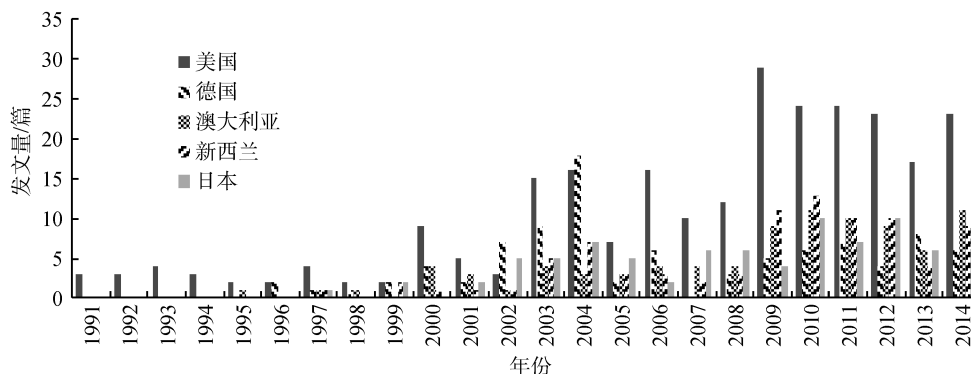


图 4 发文章量前 5 名的国家发文章量年度变化

Fig. 4 Annual output of the top five countries

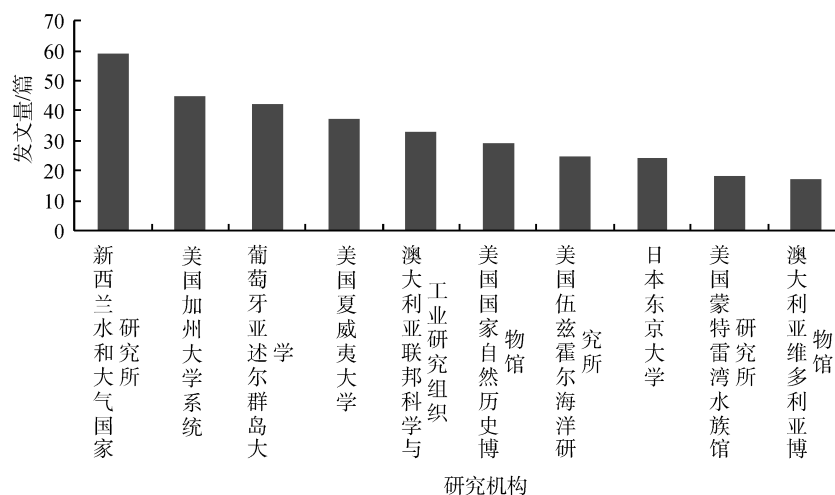


图 5 发文章量前 10 名的研究机构

Fig. 5 Top 10 productive institutions

各有 1 所, 我国还没有研究机构进入前十位。

2.3.3 作者分布

作者发文章量分析表明, 共有 2 154 位作者或共同作者发表了海山生物多样性相关的研究论文, 但有 2 081 位作者发表了 5 篇以下的研究论文, 占作者总数的 96.6%。只有一小部分的作者是高产作者, 发文章量并列前九位的作者排名详见表 2。新西兰的 Clark, M R 是发文章量最多的作者。这 11 位作者中, 新西兰、澳大利亚和美国各有 3 人, 葡萄牙有 2 人。

2.3.4 国际合作分析

发文章量前 10 位的国家间的合作关系使用 Ucinet 6 软件进行了可视化分析, 结果见图 6。美国位于合作网络的中心, 几乎各大洲的国家均与美国有合作关系。而英国位于次中心, 与美国的合作关系较为密切, 除此之外, 主要与欧洲国家进行合作。澳大利亚与美国和新西兰的合作关系最为密切。

表 2 前 11 位(并列)高产作者

Tab. 2 Top 11 most productive authors

| 排名 | 发文量(篇) | 作者 | 所属国家 |
|----|--------|----------------|------|
| 1 | 26 | Clark, M R | 新西兰 |
| 2 | 21 | Rowden, A A | 新西兰 |
| 3 | 19 | Williams, A | 澳大利亚 |
| 4 | 14 | Moyer, C L | 美国 |
| 5 | 13 | Edwards, K J | 美国 |
| 5 | 13 | Morato, T | 葡萄牙 |
| 7 | 11 | Schlacher, T A | 澳大利亚 |
| 7 | 11 | Watling, L | 美国 |
| 9 | 10 | Althaus, F | 澳大利亚 |
| 9 | 10 | Consalvey, M | 新西兰 |
| 9 | 10 | Santos, R S | 葡萄牙 |

2.4 研究内容、研究热点及趋势

2.4.1 研究内容和研究热点

文章关键词可以提供有关文章主题的重要信息,通过对关键词进行分析,可以获得研究前沿和趋势的相关信息,进而发现重要的研究方向^[19, 32-35]。1991~2014 年,海山生物多样性相关的文章共使用了约 1 938 个关键词,但其中 1 556 个关键词仅被使用了一次,占 81%。211 个关键词仅被使用了 2 次,占 11%。出现这些罕被使用的关键词,一方面说明涉及海山生物多样性的研究焦点较多,另一方面也反映了对同一科学问题进行持续性的研究较少^[36],还有可能是潜在的新兴研究热点。使用频率最高的并列前 53 位关键词如表 3 所示。

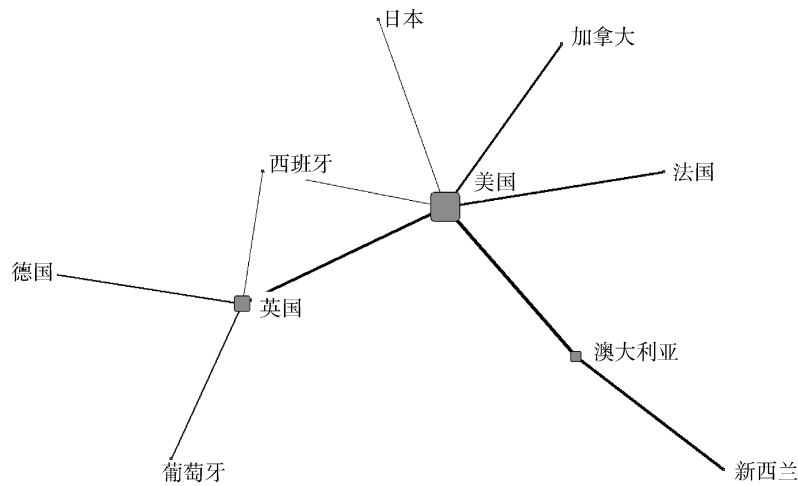


图 6 发文量前 10 位的国家间的合作关系

Fig. 6 Collaboration map of the top 10 most productive countries/territories

表 3 使用频率最高的并列前 53 位关键词

Tab. 3 Top 53 of the most frequently used keywords

| 排名 | 出现频次 | 作者关键词 | 排名 | 出现频次 | 作者关键词 |
|----|------|-------------------|----|------|-------------------|
| 1 | 135 | seamounts | 28 | 9 | acoustics |
| 2 | 60 | Deep sea | 28 | 9 | Deep-sea fish |
| 3 | 45 | hydrothermal vent | 28 | 9 | New Caledonia |
| 4 | 43 | new species | 28 | 9 | orange roughy |
| 5 | 35 | taxonomy | 32 | 8 | archaea |
| 6 | 27 | New Zealand | 32 | 8 | Bathymetry |
| 7 | 24 | biogeography | 32 | 8 | Cold-water corals |
| 8 | 18 | benthic | 32 | 8 | Crustacea |
| 8 | 18 | Biodiversity | 36 | 7 | chemosynthetic |
| 10 | 17 | Distribution | 36 | 7 | Copepoda |
| 11 | 16 | 16S rRNA | 36 | 7 | larval dispersal |
| 11 | 16 | Antarctica | 36 | 7 | morphology |
| 13 | 15 | Bacteria | 36 | 7 | Stable isotopes |
| 13 | 15 | fish | 36 | 7 | SYSTEMATICS |
| 13 | 15 | mitochondrial DNA | 42 | 6 | bathyal |

续表

| 排名 | 出现频次 | 作者关键词 | 排名 | 出现频次 | 作者关键词 |
|----|------|------------------------|----|------|--------------|
| 16 | 14 | deep-sea coral | 42 | 6 | Chile |
| 16 | 14 | fisheries | 42 | 6 | cold seeps |
| 16 | 14 | iron oxidation | 42 | 6 | connectivity |
| 19 | 13 | phylogeny | 42 | 6 | coral |
| 20 | 12 | diversity | 42 | 6 | coral reef |
| 20 | 12 | endemism | 42 | 6 | Decapoda |
| 22 | 11 | conservation | 42 | 6 | ecology |
| 22 | 11 | fishing | 42 | 6 | Kermadec |
| 22 | 11 | Porifera | 42 | 6 | meiofauna |
| 25 | 10 | Community structure | 42 | 6 | new record |
| 25 | 10 | dispersal | 42 | 6 | Zooplankton |
| 25 | 10 | marine protected areas | | | |

从表 3 可以看出, 研究热点主要涉及几个重要领域:

1) 分类学: “new species”(新物种)、“taxonomy”(分类学)、“new record”(新记录);

2) 系统发生学: “16S rRNA”、“mitochondrial DNA”(线粒体 DNA)、“phylogeny”(系统发生)、“SYSTEMATICS”(系统分类学);

3) 生物多样性与生物地理学: “biogeography”(生物地理学)、“benthic”(底栖)、“endemism”(特有种)、“conservation”(保护)、“dispersal”(扩散)、“Distribution”(分布)、“Community structure”(群落结构)、“meiofauna”(小型底栖生物)、“Zooplankton”(浮游生物);

4) 研究地域: “Antarctica”(南极)、“New Caledonia”(新喀里多尼亚)、“Chile”(智利)和“Kermadec”(克马德克岛);

5) 生境相关: “hydrothermal vent”(热液喷口)、“chemosynthetic”(化能合成)、“bathyal”(次深海)、“cold seeps”(冷渗口)等。

这些论文中, 涉及具体门类的研究文章有 574 篇, 统计如表 4 所示:

从表 4 可以看出, 动物界的文章篇数最多, 为 444 篇, 其中, 涉及鱼类的文章篇数最多, 为 165 篇, 其次是甲壳动物亚门 82 篇和刺胞动物门 67 篇。大型底栖生物类群几乎均有文章发表。

海山生物多样性相关的研究论文涵盖诸多方面, 涉及新物种发现及描述^[37]、物种分布假说^[38]、生物地理学、化能合成生态系统、鲸落生态系统、古海山等。海山栖息着几乎所有门类的动物, 研究表明, 在所有调查过的海山中均发现了新物种^[39], 因而新物种的发现和记录种的描述在现阶段的海山生物

表 4 涉及具体门类的论文篇数

Tab. 4 Outputs of different taxonomic groups

| 门类 | 文章数量(篇) |
|---------------------|---------|
| 动物界 Animalia | 444 |
| 环节动物门 Annelida | 18 |
| 节肢动物门 Arthropoda | 86 |
| 螯肢亚门 Chelicerata | 1 |
| 甲壳亚门 Crustacea | 82 |
| 六足亚门 Hexapoda | 3 |
| 腕足动物门 Brachiopoda | 10 |
| 苔藓动物门 Bryozoa | 4 |
| 铠甲动物门 Loricifera | 4 |
| 毛颚动物门 Chaetognatha | 3 |
| 脊索动物门 Chordata | 165 |
| 刺胞动物门 Cnidaria | 67 |
| 棘皮动物门 Echinodermata | 14 |
| 半索动物门 Hemichordata | 1 |
| 软体动物门 Mollusca | 46 |
| 线虫动物门 Nematoda | 9 |
| 多孔动物门 Porifera | 18 |
| 细菌界 Bacteria | 88 |
| 色藻界 Chromista | 19 |
| 定鞭藻门 Haptophyta | 1 |
| 硅藻门 Bacillariophyta | 1 |
| 放射虫门 Radiozoa | 1 |
| 有孔虫门 Foraminifera | 16 |
| 真菌界 Fungi | 5 |
| 植物界 Plantae | 7 |
| 绿藻门 Chlorophyta | 1 |
| 红藻门 Rhodophyta | 6 |
| 原生生物界 Protozoa | 2 |
| 古菌界 Archaea | 9 |
| 总计 | 574 |

注: 分类系统采用 World Register of Marine Species

多样性研究中占据重要地位, 关键词“endemism”的使用印证了海山生境的特殊性也孕育着独特的物种, Forges 等^[40]提出的特有种假说也已经在多座海山生物多样性调查中得到了验证。而“16S rRNA”和“mitochondrial DNA”等关键词的使用也说明分子生物学的研究手段被越来越多的应用于新物种鉴定及其系统发生定位和演化等研究中^[41]。作为脊椎动物的鱼类涉及的研究最多, 原因之一可能是海山区的鱼群丰富度比其周围大洋要高^[7], 另外与渔业的经济价值及捕捞行为也有一定关联。而近些年来, 各国研究人员更是利用各种无线追踪器及卫星追踪装置以及水下观测装置等^[42], 研究了海山区鱼类和哺乳动物鲸鱼等的洄游或迁徙的路线和繁殖区域, 为渔业管理或划设海洋保护区提供了重要参考。关键词“acoustics”和“Bathymetry”的使用频率较高, 说明声

学和测深学是海山生物多样性研究中常用的研究手段^[43]。诸如“hydrothermal vent”、和“cold seeps”等关键词的使用, 说明海山相关的研究也涉及热液喷口、甲烷冷渗口等极为特殊的生境^[44]。

2.4.2 研究趋势

近年来, Liu 等^[19]通过分析关键词在不同时间段的出现频率, 对领域的研究重点和研究前沿进行大致了解, 该方法已在地震研究^[45]、生物多样性研究^[19]、干细胞^[46]以及肺癌^[26]等不同研究领域使用。本文在上述文献的基础上, 采用同样的研究方法将研究年代以 2 a 为单位进行划分, 对于每个时间段的关键词按使用频次进行排名, 上升趋势明显及新兴的关键词见表 5, 通过分析发现:

1) 有关“hydrothermal vent”(热液喷口)的研究自 2001~2002 年时间段开始出现 6 篇, 此后一直稳中有升;

表 5 具有明显上升趋势及新兴的关键词
Tab. 5 Emerging keywords in recent years

| 关键词 | 不同年度段文章数量(篇) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1991~ 1992 | 1993~ 1994 | 1995~ 1996 | 1997~ 1998 | 1999~ 2000 | 2001~ 2002 | 2003~ 2004 | 2005~ 2006 | 2007~ 2008 | 2009~ 2010 | 2011~ 2012 | 2013~ 2014 |
| hydrothermal vent | | | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 8 | 8 |
| new species | 1 | | | | | | 4 | 4 | 10 | 7 | 9 | 8 |
| taxonomy | 1 | | | | | | 3 | 2 | 5 | 4 | 10 | 10 |
| Mitochondrial DNA | | | | | | | | 2 | 3 | 2 | 3 | 5 |
| conservation | | | | | | | | | | 7 | 2 | 2 |
| archaea | | | | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 |
| bathyal | | | | | | | | 1 | 1 | | | 4 |
| coral | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 |
| oceanic islands | | | | | | | | | | | 3 | 2 |
| Epsilonproteobacteria | | | | | | | | | | | 1 | 3 |
| phylogeography | | | | | | | | | 1 | | 2 | 1 |
| management | | | | | | | | | | | 2 | 1 |
| Reef fishes | | | | | | | | | | | 1 | 2 |
| <i>Megaptera novaeangliae</i> | | | | | | | | | | | | 2 |
| metals | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| Ecological risk assessment | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| Mid-Atlantic Ridge | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| recruitment | | | | | | | | | | | | 2 |
| Reef | | | | | | | | | | | | 2 |
| remotely operated vehicle | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| spawning season | | | | | | | | | | | | 2 |
| subseafloor | | | | | | | | | | | | 2 |
| abyssal plains | | | | | | | | | | | | 2 |

2) 以“new species”(新物种)和“taxonomy”(分类学)为关键词的研究自 2003~2004 年开始增多, 文章数量由 4 和 3 分别增长到 2013~2014 年的 8 和 10;

3) 自 2005~2006 年开始, “mitochondrial DNA”(线粒体 DNA)作为关键词首次出现在 2 篇海山生物多样性相关的文章中, 此后每个研究时间段均持续受到关注;

4) 涉及“conservation”(保护)的关键词自 2009~2010 年开始出现, 但数量却从一开始的 7 篇下降到 2 篇;

5) 涉及“archaea”(古菌)的研究自 2007~2008 年开始一直稳定持续在 2 篇;

6) 有些领域的研究并不连续, 中间有几年没有文章发表, 但近年来又重新受到关注, 如“bathyal”(次深海)和“phylogeography”(系统发生地理学);

7) 近 4 a 或近 2 a 来新出现的关键词有可能成为潜在的研究趋势, 这些关键词包括: “oceanic islands”(洋中岛)、“Epsilonproteobacteria”(ε 变形菌)、“management”(管理)、“Reef fishes”(礁鱼)、“metals”(金属)、“Ecological risk assessment”(生态风险评价)、“Mid-Atlantic Ridge”(大西洋中脊)、“recruitment”(更新)、“remotely operated vehicle”(远程遥控潜器)、“spawning season”(产卵季节)、“subseafloor”(海底)和“abyssal plains”(深海平原)等。

3 结语

本文基于文献计量学的角度对全球海山生物多样性的研究进行了分析, 揭示了该领域的研究概况和研究热点。1991~2014 年共有 836 篇海山生物多样性相关的 SCI 研究论文或综述发表在 216 种期刊上, 《Zootaxa》(动物分类学)是发文量最大的期刊。论文数量整体呈波动增长趋势, 可以预见, 该领域的发文量未来仍将持续增长。美国是发文量最多的国家, 其独立或合作发表的论文数量均高于其他国家, 且位于国际合作网络的中心。发文量最多的作者是新西兰的 Clark, M R, 其所在的研究机构新西兰水和大气国家研究所是发文量最多的机构。

海山生物多样性相关论文研究热点主要集中在新物种发现和分类学, 涉及鱼类的文章篇数最多, 其次是甲壳动物亚门和刺胞动物门, 反映出大型底栖生物的研究较多而小型或微型底栖生物研究较少, 推测可能是受取样设备及技术限制。另一方面也反映了关于海山区群落演替及物种多样性变化等方面的系统性研究较少, 研究基本停留在物种普查层面, 包括新物种的分类学描述及系统进化关系定位等方面。有关 “mitochondrial DNA”等研究近几年逐渐增

多, 提示了分子生物学的研究手段被越来越多的应用于海山生物多样性相关的研究中。

1991~2014 年海山生物多样性方面的研究论文总篇数仅有 836 篇, 说明该领域的研究还远远不足, 对于海山的群落结构、生物多样性、生产力等方面还有诸多科学问题有待解决; 对于海山区的生物区系分布规律和机制, 目前存在诸多假说, 但还缺乏足够的验证^[7, 39]; 造成海山间、海山区与非海山区生物多样性差异的关键过程和驱动因子仍需要探索; 对于人类活动, 包括渔业活动和研究活动等对海山生物多样性造成的影响还有待评估; 对于海山区生态系统的服务功能还需要进一步开发; 对于海山区生物多样性在气候变迁的威胁下如何应对等问题还需要进一步研究。但另一方面, 随着“conservation”、“management”和“Ecological risk assessment”等关键词的出现, 启示世界各国对海山生物多样性进行科学考察时应该统筹考虑, 采用更加科学而不会造成生态系统扰动的方法进行观测和研究。

受深海探测能力和技术装备的限制, 我国在该领域的研究起步较晚, 研究论文数量较少, 且几乎全部为古生物学相关, 在海山区新物种发现方面尚没有论文产出, 亟需加大研究力度, 全面展开研究, 增强对深海大洋特殊生境生物多样性的认识。

参考文献:

- [1] 秦蕴珊, 尹宏. 西太平洋——我国深海科学研究的优先战略选区[J]. 地球科学进展, 2011, 26(3): 245-248. QIN Yunshan, YIN Hong. Western Pacific: The strategic priority in China deep-sea research[J]. Advances in Earth Science, 2011, 26(3): 245-248.
- [2] 汪品先. 从海洋内部研究海洋[J]. 地球科学进展, 2013, 28(5): 517-520. WANG Pinxian. Oceanography from inside the ocean[J]. Advances in Earth Science, 2013, 28(5): 517-520.
- [3] Menard H W. Marine geology of the Pacific [M]. New York: McGraw-Hill, 1964.
- [4] Epp D, Smoot N C. Distribution of seamounts in the North Atlantic[J]. Nature, 1989, 6204: 254-257.
- [5] Fryer P, Fryer G J. Origins of Nonvolcanic Seamounts in a forearc environment[J]. Seamounts, Islands, and Atolls, 1987, 43: 61-69.
- [6] Yesson C, Clark M R, Taylor M L, et al. The global distribution of seamounts based on 30 arc seconds bathymetry data[J]. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 2011, 58(4): 442-453.
- [7] 张武昌, 于莹, 李超伦, 等. 海山区浮游生态学研究[J]. 海洋与湖沼. 2014, (5): 973-978. ZHANG Wuchang, YU ying, LI Chaolun, et al. Plank-

- tonic ecology in seamount area of the open ocean: A review[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2014, 5: 973-978.
- [8] Menard H W, Dietz R S. Submarine geology of the Gulf of Alaska[J]. *Geological Society Of America Bulletin*, 1951, 62(10): 1263-1285.
- [9] Hess H H. Drowned ancient islands of the Pacific Basin[J]. *American Journal of Science*, 1946, 244(11): 772-791.
- [10] Hubbs C L. Initial discoveries of fish faunas on seamounts and offshore banks in the Eastern Pacific[J]. *Pacific Science*, 1959, 13: 311-316.
- [11] Koslow J A, Boehlert G W, Gordon J D M, et al. Continental slope and deep-sea fisheries: implications for a fragile ecosystem[J]. *Ices Journal of Marine Science*, 2000, 57(3): 548-557.
- [12] Stocks K I, Clark M R, Rowden A A, et al. CenSeam, an international program on seamounts within the Census of Marine Life: Achievements and Lessons Learned[J]. *PLOS ONE*, 2012, 7(2): 86-86.
- [13] Pritchard A. Statistical bibliography or bibliometrics[J]. *Journal of documentation*, 1969, 25(4): 348-349.
- [14] 张浩, 李欣宇, 崔雷. 国外医学图书馆学研究文献的计量分析[J]. *中华医学图书情报杂志*, 2008, 17(2): 68-70.
ZHANG Hao, LI Xinyu, CUI Lei. A bibliometric analysis on foreign medical library research[J]. *Chinese Journal of Medical Library and Information Science*, 2008, 17(2): 68-70.
- [15] Luukkonen T. Invited review article: Bibliometrics and evaluation of research performance[J]. *Annals of Medicine*, 1990, 22(3): 145-150.
- [16] Borgman C L, Furner J. Scholarly communication and bibliometrics[J]. *Annual Review Of Information Science and Technology*, 2002, 36(1): 2-72.
- [17] Neff M W, Corley E A. 35 years and 160, 000 articles: A bibliometric exploration of the evolution of ecology[J]. *Scientometrics*, 2009, 80(3): 657-682.
- [18] Ravichandran P. Bibliometric analysis on publication trends in the biodiversity research: A study[J]. *Journal of Advances in Library and Information Science*, 2012, 1(2): 94-99.
- [19] Liu X, Zhang L, Hong S. Global biodiversity research during 1900-2009: A bibliometric analysis[J]. *Biodiversity and Conservation*, 2011, 20(4): 807-826.
- [20] Liao J, Huang Y. Global trend in aquatic ecosystem research from 1992 to 2011[J]. *Scientometrics*, 2014, 98(2): 1203-1219.
- [21] 王琳, 冯志纲, 郑文江, 等. 水母生态学研究的文献计量学分析[J]. *海洋科学*, 2014, 38(5): 126-133.
Wang Lin, Feng Zhigang, Zheng Wenjiang, et al. Bibliometric analysis of ecological research about jellyfish[J]. *Marine Sciences*, 2014, 38(5): 126-133.
- [22] Dastidar P G, Mallik A, Mandal N. Contribution of shrimp disease research to the development of the shrimp aquaculture industry: an analysis of the research and innovation structure across the countries[J]. *Scientometrics*, 2013, 97(3): 659-674.
- [23] Jarić I, Gessner J. Analysis of publications on sturgeon research between 1996 and 2010[J]. *Scientometrics*, 2012, 90(2): 715-735.
- [24] 张灿影, 冯志纲, 於维樱, 等. 基于文献计量的海参研究文献分析[J]. *海洋科学*, 2014, 38(7): 114-120.
Zhang Canying, Feng Zhigang, Yu Weiyang, et al. Analysis of sea cucumber research based on bibliometric method[J]. *Marine Sciences*, 2014, 38(7): 114-120.
- [25] 於维樱, 冯志纲, 张灿影, 等. 国际海山研究文献计量分析[J]. *情报探索*, 2014, 5(5): 28-33.
Yu Weiyang, Feng Zhigang, Zhang Canying, et al. Bibliometric analysis of international seamount researches[J]. *Information Research*, 2014, 5(5): 28-33.
- [26] Ho Y S, Satoh H, Lin S Y. Japanese lung cancer research trends and performance in Science Citation Index[J]. *Internal Medicine*, 2010, 49(20): 2219-2228.
- [27] Börner K, Chen C, Boyack K W. Visualizing knowledge domains[J]. *Annual Review Of Information Science and Technology*, 2003, 37(1): 179-255.
- [28] Chen C. Bridging the gap: the use of pathfinder networks in visual navigation[J]. *Journal Of Visual Languages and Computing*, 1998, 9(3): 267-286.
- [29] Schvaneveldt R W. *Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization*[M]. New York : Ablex Publishing, 1990.
- [30] Borgatti S P, Everett M G, Freeman L C. *Ucinet for Windows: Software for social network analysis*[Z]. Harvard: Analytic Technologies, 2002.
- [31] Borgatti S P. *NetDraw: Graph visualization software*[Z]. Harvard: Analytic Technologies, 2002.
- [32] Chiu W T, Ho Y S. Bibliometric analysis of tsunami research[J]. *Scientometrics*, 2007, 73(1): 3-17.
- [33] Ho Y S. Bibliometric analysis of adsorption technology in environmental science[J]. *Journal of Environmental Protection Science*, 2007, 1(1): 1-11.
- [34] Sun J, Wang M H, Ho Y S. A historical review and bibliometric analysis of research on estuary pollution[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2012, 64(1): 13-21.
- [35] Wang H J, Liu M Y, Hong S, et al. A historical review and bibliometric analysis of GPS research from 1991-2010[J]. *Scientometrics*, 2013, 95(1): 35-44.
- [36] Chuang K Y, Huang Y L, Ho Y S. A bibliometric and citation analysis of stroke-related research in Taiwan[J]. *Scientometrics*, 2007, 72(2): 201-212.
- [37] Eléaume M, Hemery L G, Bowden D A, et al. A large new species of the genus *Ptilocrinus* (Echinodermata, Crinoidea, Hyocrinidae) from Antarctic seamounts[J]. *Polar Biology*, 2011, 34(9): 1385-1397.
- [38] Worm B, Lotze H K, Myers R A. Predator diversity hotspots in the blue ocean[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2003, 100(17): 9884-9888.
- [39] 张均龙, 徐奎栋. 海山生物多样性研究进展与展望[J]. *地球科学进展*, 2013, 28(11): 1209-1216.
Zhang Junlong, Xu Kuidong. Progress and prospects in seamount biodiversity[J]. *Advances in Earth Science*, 2013, 28(11): 1209-1216.

- [40] De Forges B R, Koslow J A, Poore G. Diversity and endemism of the benthic seamount fauna in the southwest Pacific[J]. *Nature*, 2000, 405(6789): 944-947.
- [41] Clague G E, Jones W J, Paduan J B, et al. Phylogeography of Acesta clams from submarine seamounts and escarpments along the western margin of North America[J]. *Marine Ecology*, 2012, 33(1): 75-87.
- [42] O'driscoll R L, De Joux P, Nelson R, et al. Species identification in seamount fish aggregations using moored underwater video[J]. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 2012, 69(4): 648-659.
- [43] Cunningham S, Guzman H M, Bates R. The morphology and structure of the Hannibal Bank fisheries management zone, Pacific Panama using acoustic seabed mapping[J]. *Revista De Biologia Tropical*, 2013, 61(4): 1967-1979.
- [44] Pitcher T J, Morato T, Hart P J, et al. Seamounts: ecology, fisheries & conservation[M]. New York: John Wiley & Sons, 2008.
- [45] Liu X, Zhan F B, Hong S, et al. A bibliometric study of earthquake research: 1900–2010[J]. *Scientometrics*, 2012, 92(3): 747-765.
- [46] Li LL, Ding G, Feng N, et al. Global stem cell research trend: Bibliometric analysis as a tool for mapping of trends from 1991 to 2006[J]. *Scientometrics*, 2009, 80(1): 39-58.

Current status and hot topics in seamount biodiversity research: a bibliometric analysis based on the SCI-E database

GUO Lin¹, FENG Zhi-gang¹, ZHANG Jun-long², ZHANG Can-ying¹, YU Wei-ying¹, WANG Lin¹

(1. Documentation and Information Center, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Department of Marine Organism Taxonomy and Phylogeny, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: May 08, 2015

Key words: seamount; biodiversity; research emphasis; research trend; bibliometric analysis

Abstract: We performed a bibliometric analysis to evaluate the global scientific production on seamount biodiversity research from 1991 to 2014. This analysis was conducted based on the Science Citation Index Expanded database. The following important aspects were analyzed: publication performance, research emphasis, and research trends. USA published the highest number of papers in this field, and the National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand, was analyzed to be the most productive institution. Analyses of author keywords suggest “new species” and “taxonomy” to be the two most frequently studied subject areas. Topics such as “hydrothermal vent,” “mitochondrial DNA,” and “conservation” have become increasingly common. Furthermore, our findings suggest that domestic research in this area is still in its infancy and needs to be strengthened.

(本文编辑: 李晓燕)