

国际海洋地质领域研究发展态势

吴秀平¹, 张涛², 宋姗姗^{1,3}, 王金平¹, 牛艺博¹

WU Xiuping¹, ZHANG Tao², SONG Shanshan^{1,3}, WANG Jinping¹, NIU Yibo¹

1. 中国科学院西北生态环境资源研究院兰州文献情报中心, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037;

3. 中国科学院大学, 北京 100049

1. Lanzhou Literature and Information Center, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, Gansu, China;

2. Development Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

摘要: 为了解国际海洋地质领域研究的总体状况和研究热点, 根据国际重要战略规划、行动及海洋地质领域发表的科技论文, 采用战略规划解读及文献计量学的方法对海洋地质领域发展态势进行分析, 基于研究结果得出中国海洋地质领域的研究与布局启示。分析结果表明, 从20世纪90年代以来海洋地质领域发表科技论文数量看, 保持了波动式增长趋势变化, 海洋发达国家美、法、英等国的研究实力较强。近年来, 海洋地质领域研究呈现明显的跨学科特征, 其中大洋中脊、海底沉积物及矿物地球化学特征研究是海洋地质领域研究的核心, 深海采矿、板块俯冲过程、地震引发的海啸备受关注, 海底热液及采矿相关的环境、生物多样性、新物种等的跨学科研究成为深海地质研究的新兴趋势。

关键词: 海洋地质; 战略规划; 文献计量; 发展态势

中图分类号: P714⁺.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2021)02/03-0233-10

Wu X P, Zhang T, Song S S, Wang J P, Niu Y B. Development trend of international marine geology research. *Geological Bulletin of China*, 2021, 40(2/3): 233-242

Abstract: According to the international important strategic planning, operations and published scientific papers in the field of marine geology, based on reading strategy planning and the method of literature metrology analysis of marine geology development, combined with the study results, the layout and research enlightenment of marine geology in China are obtained to understand the international overall status and the research hot issue in the research of marine geology. The analysis results show that the number of scientific papers published in the field of marine geology has maintained a fluctuating growth trend since the 1990s, and the marine developed countries such as the United States, France and the United Kingdom keep a powerful researching level. In recent years, the marine geology research exhibits obvious interdisciplinary characteristics. The mid-ocean ridge, submarine sediment and mineral geochemistry are the core of the marine geology research. Much attention has been paid to deep sea mining, plate subduction process and tsunami triggered by an earthquake. The interdisciplinary research of seafloor hydrothermal fluid and mining-related environment and biodiversity becomes the emerging trend in the field of deep-sea geology.

Key words: marine geology; strategic planning; bibliometric analysis; development trends

收稿日期: 2020-05-28; **修订日期:** 2020-07-13

资助项目: 中国科学院文献情报能力建设专项《科技领域战略情报研究与决策咨询体系建设》(编号: Y9290001)、中国科学院“西部之光”人才培养计划“西部青年学者”A类项目《西部环境与发展智库平台建设》(编号: Y7AX011001)、国家自然科学基金项目《祁连山不同区域树木生长监测研究》(批准号: 41771046)

作者简介: 吴秀平(1983-), 女, 博士, 副研究员, 从事海洋科学及地质领域情报研究。E-mail: wuxp@llas.ac.cn

海洋地质学是研究地壳被海水淹没部分的形态、物质组成、成因、矿产资源及其成矿作用、地质构造和演化规律的学科。国外多位著名海洋地质学家,将海洋地质学定义为对海洋领域的地质学方面的研究,旨在揭示海洋动力学作用和地壳运动有关的各类地质作用的发生及其演变规律及环境影响等^[1]。中国大百科词典认为,海洋地质学的研究内容涉及海岸与海底的地形地貌、海洋沉积物、洋底岩石、海底构造、深海大洋地质历史、古海洋和海底矿产资源^[2]。

在党的十八大报告中,习近平总书记强调海洋强国战略,把海洋科技研究作为发展海洋强国的重要基石^[3]。随着海洋遥感卫星、GPS、深潜器、海底摄像和海底地质取样、探测仪/分析等新技术、新方法的广泛应用,加上信息技术的快速发展,海洋地质学正在以前所未有的速度发展。海洋地质学伴随海洋基础理论研究的发展,海洋地质学的发展具有多学科之间相互渗透与交叉的学科特征。当代海洋地质学的发展更是呈现多学科交叉的趋势,海洋地质学正在成为解决海洋科学领域重大基础理论问题的重要组成部分。

深海探测技术的不断突破,使海洋地质学的研究和发展备受关注。国际组织及主要海洋国家、研究机构等发布一系列海洋地质相关的计划、规划和战略研究报告,报告的起始时间为2015—2019年,目标时间为2020—2050年。鉴于此,综合近几十年海洋地质学的新发现与新进展,采用文献计量的方法^[4],分析全球海洋地质领域的科技产出,并基于关键词对研究的热点进行分析,探讨海洋地质领域的研究趋势。

1 国际重要战略规划及行动

在海洋地质领域,传统的研究计划有国际大洋发现计划(IODP)、国际大洋中脊计划(InterRidge)等,2011年IODP科学委员会对国际大洋钻探计划进行及时延续,提出国际大洋发现计划,并发布《IODP 2013—2023年实施计划》,国际大洋中脊协会提出了未来10年重点发展的6个主要研究方向,其中的研究重点包括控制俯冲板块组成的综合过程^[5]。2017年,中国主导的IODP349航次的最新研究成果,发现首例富硅碳酸岩母岩浆。2020年,IODP发布《2050科学框架:科学大洋钻探探索地

球》的报告,该科学框架提出七大战略目标^[6],是框架的核心,囊括了整个地球系统科学及其相互作用过程和反馈机制,提出了大洋钻探中拟解决的科学问题。其中战略目标2构造板块的海洋生命周期,旨在探索大洋岩石圈的成因、年龄、运动和破坏性,研究构造、岩浆和热液过程之间的复杂相互作用如何驱动地壳增生类型的变化;探索海洋地壳、地幔和海洋之间的水热和微生物相互作用的完整历史,以及它们对地球化学循环、资源和生命的影响;研究地幔柱的起源和活动性、地球最深和最密集地幔区中大的低切变速度区、大的火成岩区和板内火山活动;提供岩石和流体样本,以及动态观测。国际海洋执行联盟(Ocean Energy Systems, OES)发布《国际海洋能源愿景》的报告^[7],指出到2050年海洋能源部门投资将达到350亿美元,将具备 30×10^4 兆瓦的发电能力。海洋能源技术的开发将为公用设备、采矿、航天、船舶建造、交通运输、机器人技术、新材料、供应链、离岸风能和其他可再生能源、第三方认证、油气资源开发、国防等领域提供技术转移。

海底动力学研究是德国亥姆赫兹基尔海洋研究中心(GEOMAR)的主要研究方向,核心研究主题包括大洋岩石圈的形成变更、板块俯冲过程及其对环境的影响,聚焦洋底和海洋盆地的形成、俯冲带研究、海洋板块的转换等研究。GEOMAR在“2025研究战略”中再次强调了汇聚边缘-俯冲带的研究^[8],还开展了“俯冲带流体和挥发物”合作研究项目,研究液体和挥发组分(碳、硫、卤素、水)通过俯冲带的途径和通量,分析这些挥发物对气候、水圈和大气圈地球化学演化的影响。另外,涉及到俯冲研究的还有2017年美国地质调查局制定的“俯冲带科学研究计划——降低板块碰撞引发灾害的风险”,以及2007年实施的日本南海地震区域实验计划等。美国国家研究理事会(NRC)2015年发布的《海洋变化:2015—2025海洋科学10年计划》提出的8个海洋科学优先科学问题中包括控制海洋盆地形成和演化的过程^[9]。深海底矿藏能为减少温室气体排放等的新兴科技提供重要的新型金属。2018年英国自然环境研究理事会(NERC)资助新的深海矿藏勘探项目(ULTRA)^[10],旨在通过提高深海海底矿产资源勘测的效率,有助于减少未来采矿对环境的潜在影响。同年,英国政府发布《预见未来海洋》报告,为未来英国海洋发展提出20条建

议^[11],确定英国海洋发展的关键行业(如智能设备、卫星通信、海洋测绘等)并积极开展合作,推动系统性、全球合作、协调和可持续的全球海洋观测和海底测绘,提升对海洋的认识。日本财团(The Nippon Foundation)宣布,日本世界大洋深度图(GEBCO)2030海底项目正在进行^[12]。2030年海底计划的目标是在2030年前绘制整个海底地图,把现有和新收集的所有测深数据汇编成一个高质量、高分辨率的海底数字模型,并促进收集新数据的国际合作。

2 基于文献计量的研究热点分析

根据海洋地质领域发表的科技论文,以Web of Science(简称WOS,是获取全球学术信息的重要数据库,收录了全球13000多种权威的、高影响力的学术期刊)数据库为数据源,采用主题检索的方式,分3个层面进行检索式构建:①(水下、深海、海底)和(地震、海洋矿产的各种表达、俯冲带、弧后盆地);②洋中脊各种表达;③(海山、热液)、学科方向:地质科学。检索日期为2020年4月,经过去除重复文献,遴选文献类型为科技论文、研究综述及研究进展,共获得海洋地质领域SCIE论文18000余篇。

利用统计分析工具Origin及可视化图谱工具Citespace、VOSviewer、文献内容挖掘工具TDA等,以可视化图谱的方式呈现海洋地质领域研究的产出规模、国家分布、研究主题变化及最近3年研究的热点。

2.1 产出规模与国际合作分析

全球海洋地质研究科技论文产出规模自20世纪90年代以来平稳发展,论文数量保持波动式增长变化态势(图1)。论文发表数量从1990年的109篇提升至2019年的949篇,呈近10倍的增长。同时可以看出,2000年以前为文章低发期,发文量缓

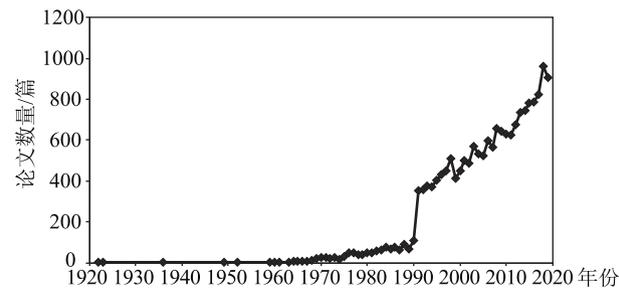


图1 海洋地质领域研究的产出规模

Fig. 1 Output scale of marine geology research

慢增长,占总发文量的28.7%;2000年之后发文量有较大幅度增长,2008—2012年有较大幅度回落;2012—2019年为文章高发期,发文量增长速度明显加快,且未来有继续增长的趋势,2009—2019年海洋地质领域发文量占全部发文量的近50%。这些数据证明,近年海洋地质研究在国际学术界受到持续关注且研究成果日益增多。

海洋地质领域研究论文主要来自全球范围的135个国家,其中发表数量较多的地区主要集中在北美洲、欧洲和部分亚洲地区。图2为海洋地质领域全球论文发表数量国家分布图,其中颜色深浅代表论文数量的多少,图中颜色最深的为美国,其次为欧洲国家、中国等。表1显示,美国、法国、英国、德国、中国、日本、加拿大和俄罗斯的发文量均超过1000篇,其中美国发文量为6731篇,占总发文量的36.76%,中国在全球科技论文总量排名第六位。根据发文量在1500篇以上的国家近5年的发文情况(图3),海洋地质研究的传统强国在发文量上较稳定,其中中国的后发优势十分明显,近年发文数量持续增长,表明中国的海洋地质研究热度正在上升。

统计全球海洋地质领域SCIE发文数量排名前15的国家的科研影响力及产出效率,包括论文总被引频次、篇均被引频次、未被引论文占比及H指数、论文被引用频次在100次和50次以上的国家发文占比(表1)。从主要国家科研影响力看,论文总被引频次最高和H指数最高的为美国,法国、英国、德国等国家的被引频次均在6万次以上,H指数在20以上。虽然中国在发文数量方面具有较明显的优势,总被引频次和H指数方面的表现也不断提升,但整体上中国的综合研究影响力与国际先进国家相比,还具有较大的差距,最主要的表现是篇均被引频次不高(仅位列第14位)和高被引论文比例不高(被引频次 ≥ 50 次/篇和被引频次 ≥ 100 次/篇的论文比例仅位列第13位)。因此,提高研究成果的学术质量和学术界影响力是今后中国海洋地质研究的一个重要方向。图4给出未被引论文与被引频次 ≥ 100 论文比例分布图,美国、瑞士在海洋地质研究领域论文被引频次 ≥ 100 论文比例较高,中国、俄罗斯和印度的未被引论文比例较高,远超过被引频次 ≥ 100 论文所占比例。

在国际合作方面(图5),美国是最重要的合作国家,其次是法国、英国、德国、中国等。各国合作



图2 海洋地质领域全球论文发表数量国家分布

Fig. 2 Distribution map of the number of papers published in the field of marine geology from the world's major countries

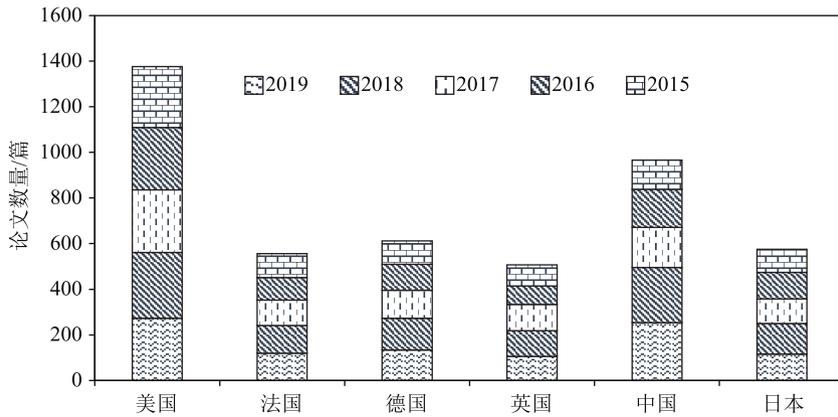


图3 2015—2019年主要国家发文变化情况

Fig. 3 Changes of papers issued by major countries from 2015 to 2019

还呈现出一定的区域性特点,如欧洲国家间合作较紧密,美国与墨西哥、加拿大等国的合作较多。中国的合作国家主要是美国,其次是俄罗斯、日本等。研究成果的国际合作情况可以反映该研究领域的国际化程度,也是体现研究领域国际影响力的重要方面。中国随着近年科学研究实力的快速发展,在该研究领域的发文量已超过部分发达国家,但还需进一步加强与其他国家及机构的交流和合作。

2.2 学科分布

WOS 数据库使用 252 个学科分类体系,并且对其收录的论文都给出了相应的 Web of Science 类别 (WC 字段)和研究方向(SC 字段)^[13]。根据 WOS 期刊分类统计显示,海洋地质领域论文涵盖 128 个研究领域,共发表在 1114 种国际期刊上,其中收录

文章数量排名前 10 的期刊列表如图 6 所示,占总数的 35.1%,收录海洋地质领域论文较多的期刊分别是《Earth and Planetary Science Letters》《Journey of Geophysical Research Solid Earth》和《Geochemistry Geophysics Geosystems》。同时,统计结果显示,发表海洋科学论文的期刊主要为《Geochemistry & Geophysics》(地球化学与地球物理学)、《Geological Science》(地质科学)、《Oceanography》(海洋学)等学科类期刊。期刊类型分布与海洋地质研究的主要学科分布情况基本一致(表 2)。

总体上,国际发表海洋地质领域论文的期刊种类十分广泛,不但有海洋地质专刊作为该类论文的专属学术发表平台,其他类别期刊对海洋地质领域论文的接纳程度也很高,一方面体现出海洋地质研究的跨学科性和包容性,另一方面也体现出国际

表 1 主要国家发文影响力统计

Table 1 Influence statistics of major countries for published papers in the field of marine geology

序号	国家	发文量/篇	总被引频次/次	篇均被引 /(次·篇 ⁻¹)	未被引用论文 比例/%	被引次数≥100 论文比例/%	被引次数≥50 论文比例/%	H 指数
1	美国	6731	334021	49.62	3.57%	13.03%	30.00%	45
2	法国	2523	102971	40.81	3.53%	9.91%	25.41%	23
3	英国	2007	89832	44.76	3.99%	6.97%	25.56%	20
4	德国	1932	68223	35.31	4.61%	8.33%	21.89%	22
5	日本	1809	51015	28.20	6.25%	5.75%	15.92%	20
6	中国	1692	30158	17.82	15.43%	4.14%	9.16%	16
7	加拿大	1205	45288	37.58	4.48%	8.88%	22.99%	16
8	俄国	1062	19366	18.24	14.88%	3.39%	8.95%	15
9	澳大利亚	908	38286	42.17	5.84%	10.46%	24.12%	12
10	意大利	681	20376	29.92	4.85%	5.58%	18.94%	13
11	挪威	440	13569	30.84	7.95%	5.68%	15.23%	8
12	瑞士	417	19790	47.46	4.08%	11.75%	30.70%	6
13	西班牙	388	12581	32.43	6.96%	6.96%	20.88%	10
14	印度	362	5088	14.06	12.15%	1.66%	6.35%	10
15	葡萄牙	322	9379	29.13	5.28%	4.97%	21.43%	7

注: H 指数是衡量学术影响力大小的指标, 本文中指某个国家 h 篇文章每篇都被引用了至少 h 次, 综合了发文量和被引量两个指标, 对“质”和“量”有一定兼顾

学术界各研究领域对海洋地质研究的重视。海洋地质领域载文量过千篇的期刊是《Earth Planet Science Letter》和《Journey of Geophysical Research and Solid Earth》。

表 2 海洋地质领域研究学科分布情况
Table 2 Distribution of disciplines in the field of marine geology

序号	期刊(学科领域)	发文量 /篇	TOP10 学科的 占比/%
1	Geochemistry & Geophysics (地球化学与地球物理学)	7795	36.92
2	Geological Science(地质科学)	5817	27.55
3	Oceanography(海洋学)	2195	10.40
4	Mineralogy(矿物学)	1432	6.78
5	Multidisciplinary Sciences (多学科科学)	967	4.58
6	Marine & Freshwater Biology (海洋淡水生物学)	821	3.89
7	Environmental Sciences(环境科学)	683	3.24
8	Engineering(工程学)	501	2.37
9	Microbiology(微生物学)	466	2.21
10	Mining & Mineral Processing (矿物加工学)	434	2.06

2.3 基于关键词的研究热点分析

关键词是表达一篇论文研究内容的自然语言词汇, 能够迅速、准确地反映论文的主题内容和研究重点^[14]。对关键词进行统计分析, 可以发现一个领域的研究现状及其发展规律等。笔者给出的关键词具备灵活性、新颖性, 且操作性强, 实施方便, 对关键词进行共词、共现、聚类分析等成为一个领域/学科研究热点判断的重要情报方法^[15]。VOSviewer 作为网络图谱分析的可视化软件^[16], 能够实现对关键词的挖掘与词频统计, 并绘制关键词的共现可视化图谱(图 7), 从而挖掘全球海洋地质研究领域的高频关键词, 明晰海洋地质研究领域的研究热点。

在图 7 中, 每个节点代表一个关键词, 节点大小反映关键词出现频次的高低, 颜色变化代表研究热点随着年份的变化。海洋地质领域论文涉及的关键词从整体看, 分布较广, 说明海洋地质研究的范围较广、视角较多, 有一定的广度和深度。圆圈节点最大的是地球化学, 即这一关键词出现的频率最高, 为 509 次。大西洋中脊、俯冲分别出现 371 次和 320 次, 位居第 2 和第 3。运用学者 Donohue 提出的高频词与低频词界定阈值, 其计算公式如下^[17]:

$$T = [-1 + (1 + 8I)^{1/2}] \div 2$$

式中, T 表示高低频次界定阈值, I 表示关键词数量。经统计处理, 18312 篇文章共检索出 23433 个关键词 ($I=23433$), 计算得出高低频次界定阈值

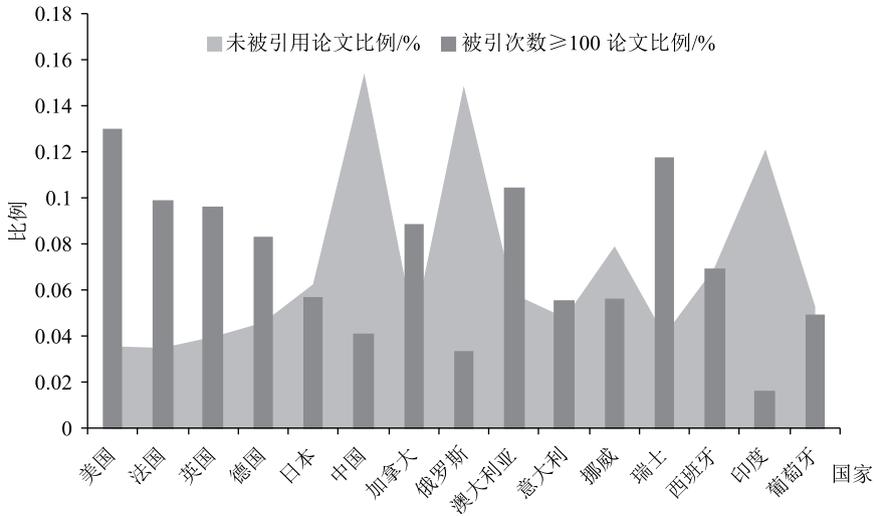


图 4 主要国家未被引用论文与被引频次 ≥ 100 论文比例

Fig. 4 Ratio of uncited papers to cited papers ≥ 100 in major countries

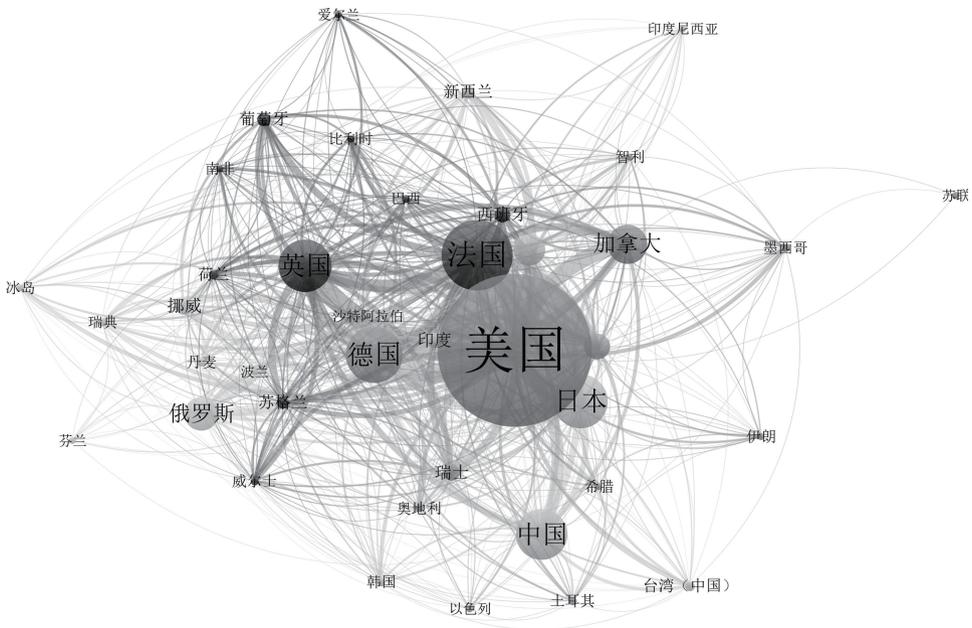


图 5 全球海洋地质研究领域主要国家合作情况

Fig. 5 Global cooperation among major countries in the field of marine geology

$T=215.99$,即关键词频数在 216 个以上界定为高频关键词,共计 8 个。高频关键词反映出海洋地质研究的其他热点领域还包括大洋中脊、热液喷口、蛇绿岩、东太平洋海隆等。可以看出,这些高频关键词和海洋地质有着紧密的联系。同时,这些紧密联系可以启发海洋地质研究的新方向与新问题。

为了更好地掌握海洋地质研究领域的热点变

化,按照论文年度发表数量变化趋势,将论文发表时间分为 3 段:2000 年以前、2001—2010 年和 2011—2019 年,并统计 3 个时段的前 20 个关键词。2000 年之前,研究主要集中于地球化学特征、俯冲带、热液喷口、深海研究、海啸、弧后盆地、大西洋中脊等;2001—2010 年,延续之前的主要研究热点,在研究区域上更加关注 Southwest Indian

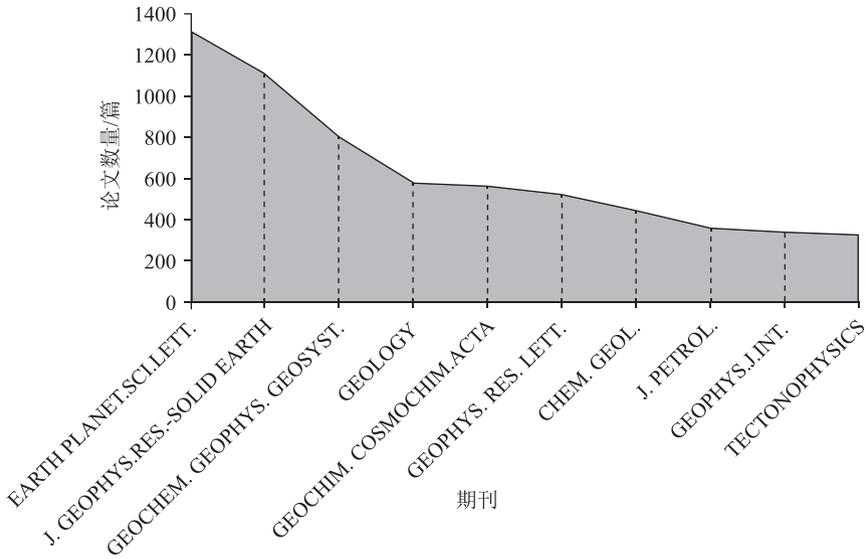


图 6 海洋地质领域载文量前 10 位的期刊

Fig. 6 Top 10 circulation journals in the field of marine geology

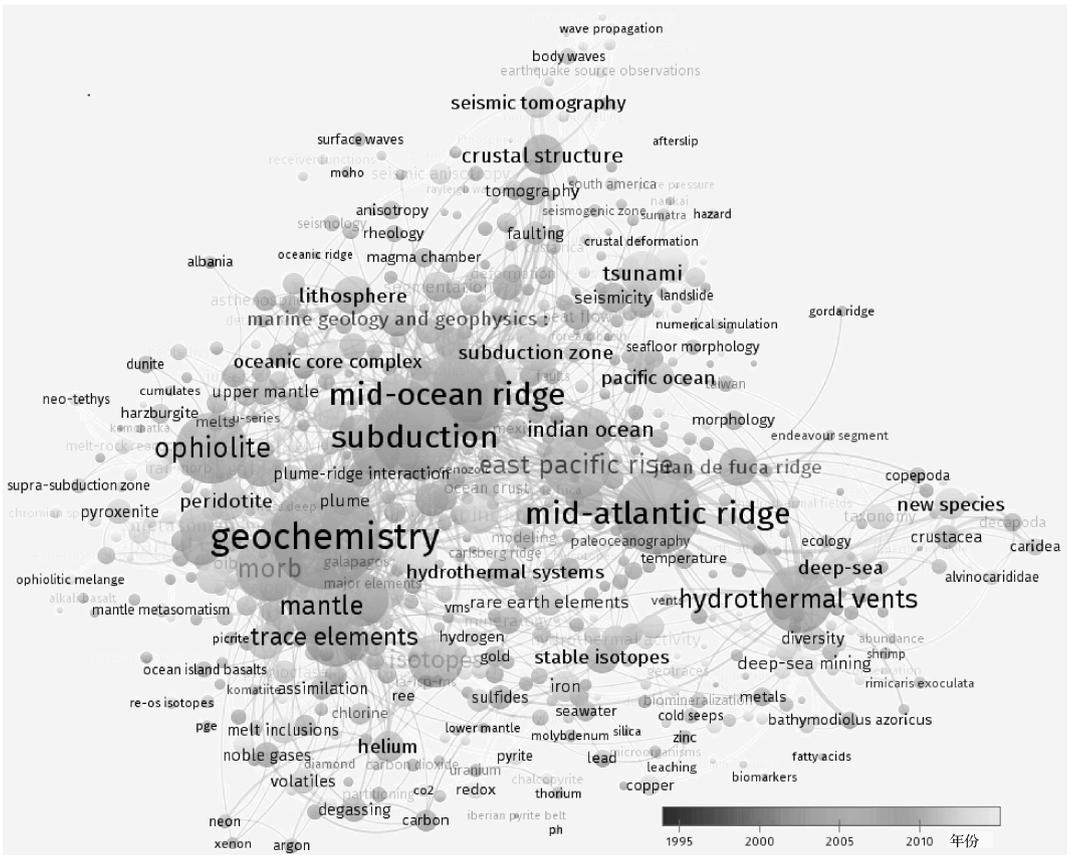


图 7 海洋地质研究领域关键词共现图

Fig. 7 Co-occurrence of key words in the field of marine geology

Ridge(西南印度洋中脊)的研究;2011—2019年,海底成岩、成矿作用,深海采矿、环境影响、东太平洋海隆等成为新的研究热点(表3)。

图8所示为2017—2019年全球海洋地质领域研究的高频关键词(频次 ≥ 10)共现关系图谱,与图7中全年海洋地质领域研究热点比较,大洋中脊、海底沉积物及矿物地球化学特征研究仍然是研究的核心内容;2017—2019年在海洋地质领域全球研究的另一个核心为深海采矿及其环境影响、俯冲过程等。图8中关键词圆圈的颜色变化显示,海啸与地震、海底热液及深海采矿相关的生物多样性、新物种、生命起源等的跨学科研究成为深海地质研究的未来趋势。此外,中国南海区域、海底地震、海底滑坡、海啸、俯冲带、热液蚀变等的关联研究,也正逐渐成为海洋地质研究的热点。

3 启示

党的十九大报告中进一步明确了“坚持陆海统筹,加快建设海洋强国”,而海洋科技的创新发展是海洋强国的根本保证。《中国至2050年海洋科技发展路线图》《未来10年中国学科发展战略:海洋科学》等为中国未来10~30年的海洋科技发展进行了预测和规划,在相关关键领域和关键科学问题上进行了前瞻布局。但是,国际上主要国家对海洋科

技发展也都制定发展战略计划,同时对海底资源和海洋可再生能源研究持续投入,将改变全球资源、能源格局。因此,基于国际海洋地质领域重要战略规划和科技论文分析得出以下启示,旨在能够为中国在海洋地质领域的部署及科学研究提供参考。

(1)近30年的海洋地质科学研究和技术发展,一系列重大研究计划的实施中得到跨越式发展。中国海洋科学界积极投身于国际大型研究计划,在获取数据完成研究项目的同时,不断地吸取的国际同行研究经验,提升研究人员的能力。但在深海国家计划中,中国的参与能力很有限。如深海钻探计划(DSDP)、大洋钻探计划(ODP)、综合大洋钻探计划(IODP)、国际大洋发现计划(IODP)等实施了数百个航次,其中由中国科学家提出并主持的航次数量较少(仅限于南海)。尽管中国已开建大洋钻探船“梦想号”和建设东海——南海海底科学观测网,但是在当前密集开展的国际海底观测网络建设中介入却较少。因此,亟需在国际大洋钻探活动及国际计划中发挥更大作用,抓住国际大型研究计划的合作机遇,更加主动深入地参与,并鼓励多机构多人参与。只有深度参与到国际大型研究计划中,才能有效地跟进前沿热点和技术研发,掌握最先进的海洋调查和探测技术。同时,在参与过程中,提出和发展以中国为主的国际大型深海调查和

表3 海洋地质研究领域不同阶段高频关键词

Table 3 High-frequency keywords in different research stages in the field of marine geology

阶段	高频关键词
2000年以前	Geochemistry(地球化学)、Subduction(俯冲)、Hydrothermal Vents(深海热泉)、Deep Sea(深海)、Tsunami(海啸)、Back-Arc Basin(弧后盆地)、Subduction Zone(俯冲带)、Mid-Atlantic Ridge(大西洋洋中脊)、Basalt(玄武岩)、Mid-Ocean Ridge(洋中脊)、North China Craton(华北克拉通)、Seismic Tomography(地震层析成像)、New Species(新物种)、Atlantic Ocean(大西洋)、Trace Elements(微量元素)、Isotopes(同位素)、Ophiolite(蛇绿岩)、MORB(洋中脊玄武岩)、Mantle(地幔)、Crustal structure(地壳结构)
2001—2010年	Geochemistry(地球化学)、Subduction(俯冲)、Mid-Ocean Ridge(洋中脊)、Tsunami(海啸)、Hydrothermal Vents(热液喷口)、Ophiolite(蛇绿石)、Hydrothermal(热液)、Serpentinization(蛇纹岩化)、MORB(洋中脊玄武岩)、Deep Sea(深海)、Subduction Zone(俯冲带)、Earthquake(地震)、Fluid Inclusions(流体包裹体)、Trace Elements(微量元素)、Basalt(玄武岩)、Tectonics(构造学)、Seismic Tomography(地震层析成像)、Geochronology(地球年代学)、Southwest Indian Ridge(西南印度洋中脊)、Indian Ocean(印度洋)
2011—2019年	Geochemistry(地球化学)、Subduction(俯冲)、Mid-Atlantic Ridge(大西洋洋中脊)、Mid-Ocean Ridge(洋中脊)、Tsunami(海啸)、Ophiolite(蛇绿石)、Hydrothermal Vents(热液喷口)、Hydrothermal(热液)、MORB(洋中脊玄武岩)、Serpentinization(蛇纹岩化)、Earthquake(地震)、Deep Sea(深海)、Subduction Zone(俯冲带)、Trace Elements(微量元素)、Deep-Sea Mining(深海采矿)、Southwest Indian Ridge(西南印度洋中脊)、East Pacific Rise(东太平洋海隆)、Indian Ocean(印度洋)、Basalt(玄武岩)、Oceanic Crust(洋壳)

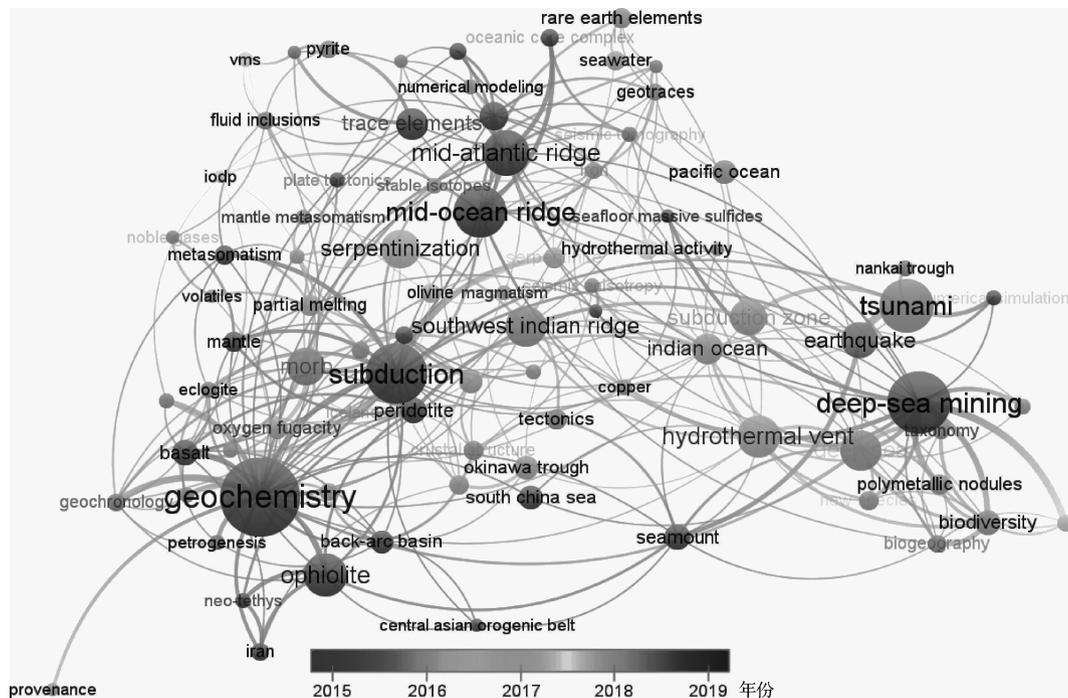


图 8 最近 3 年 (2017—2019) 海洋地质领域研究热点演变

Fig. 8 Evolution of hot issues in marine geology in recent 3 years (2017—2019)

研究计划。中国漫长的海岸线和辽阔的海域,为开展深海研究提供了得天独厚的优势。通过国际研究计划的组织,培养国际化领军人才,引智引力,快速提升中国在深海海洋科技的研究水平,发展建设国际化的技术研发队伍。

(2)海底地形地貌是研究海底构造的钥匙,对航海、军事及海底工程均有重要的现实意义。今后要着力提升海洋地质调查研究能力,突破重点海域的勘查技术的攻关。洋壳构造的研究对解决地壳起源、构造演化等地质学根本问题关系极大,与海底成矿作用也有密切关系,围绕国家深海基地建设,各个行业部门可集中优势力量,围绕深海科学、资源勘探规模开发等目标,组建多个分布式、跨学科和技术领域的具有国际竞争力的中国海洋地质科学技术研发机构。中国要瞄准海洋地质科学研究前沿热点问题和卡脖子技术,组织力量开展国际合作研究,逐步成为在海洋地质科学研究领域的引领者;瞄准国家经济发展对海洋资源勘探开发的紧迫和长远需求,组织力量对关键海洋地质勘探、开采技术和装备进行研发,成为有效支撑海洋资源勘探开发和海洋地质科学研究的关键技术力量,逐步

成为国际上有影响力的技术研发队伍。

(3)中国在海洋地质领域的基础研究与应用研究已取得长足的进步,但是从论文的影响力看,还远不及其他海洋发达国家,未来应考虑国际形势,围绕国家需求,发展并提升深海监测与调查技术装备水平,逐步提升海洋地质综合科技实力。中国在海洋地质领域的发文量较高,但是论文的篇均被引用情况远不及其他海洋发达国家,在科技论文质量上处于跟跑状态。未来要以重大科学计划为牵引,提出以中国为主导的海洋地质领域的大科学计划,加强国内外合作与学术交流,促进成果集成及产出。

4 结 论

(1)国际上主要海洋发达国家为海洋科技发展制定了发展战略规划和研究计划,同时对海底资源和海洋可再生能源研究持续投入,进行海洋测绘,并把海底三维立体地形地貌绘制作为未来的工作目标。

(2)国际海洋地质研究始于 20 世纪初期,其中最近 10 年的科技论文占全部发文的 50%。海洋地质领域研究以美国为主导,在论文总量前 15 位的国家中,中国在海洋地质领域的论文总量位居第 6 位,

论文总被引频次位居第8位,篇均被引频次位居第14位,未被引用论文占中国国家发文量的比例最高。中国论文篇均被引频次低及未被引论文总量高可能与最近5年(2016—2020年)科技论文产出数量多有关,近5年中国在海洋地质领域的发文量位居第2位。

(3)全球海洋地质领域研究呈现跨学科研究趋势,大洋中脊、海底沉积物及矿物地球化学特征仍然是研究的核心,深海采矿、环境影响、俯冲带过程备受关注,海啸与地震、海底热液及采矿相关的生物多样性、新物种及生命起源等的跨学科研究成为深海地质研究的新趋势。

参考文献

- [1] 杨子庚.海洋地质学[M].济南:山东教育出版社,2004:7-24.
- [2] 袁世全,李修松,萧钧,等.中国百科大辞典[M].北京:华夏出版社,1990.
- [3] 於维樱,吴西顺,张翼,等.“一带一路”海洋地质学研究态势分析[J].海洋地质前沿,2019,35(12):1-13.
- [4] 王倩.对引文分析法在图书馆学情报学中应用的分析和再思考[J].科技情报开发与经济,2011,21(26):8-11.
- [5] IODP. The Science Plan for the International Ocean Discovery Program 2013-2023 [EB/OL]. (2019-10-12) [2020-04-15]. <http://www.iodp.org/Science-Plan-for-2013-2023/>.
- [6] IODP. Exploring Earth by Scientific Ocean Drilling 2050 Science Framework [EB/OL]. [2020-04-15]. <http://iodp.org/2050-science-framework-review-doc/file>.
- [7] An International Vision for Ocean Energy [EB/OL]. (2017-03-28) [2020-04-15]. <https://www.ocean-energy-systems.org/news/oes-vision-for-international-deployment-of-ocean-energy>.
- [8] GEOMAR. Research Agenda 2025 [EB/OL]. (2020-3-5) [2020-04-15]. http://oceanrep.geomar.de/35754/1/Research_Strategy_2025-web.pdf.
- [9] NRC. Sea Change: 2015-2025 Decadal Survey of Ocean Sciences [EB/OL]. (2015-05-11) [2020-04-15]. <http://nas-sites.org/dsos2015/files/2015/01/NSF-Response-to-Sea-Change-Report.pdf>.
- [10] New project to explore deep-seafloor mineral deposits [EB/OL]. (2018-12-20) [2020-04-15]. <http://noc.ac.uk/news/new-project-explore-deep-seafloor-mineral-deposits>.
- [11] Foresight Future of the Sea [EB/OL]. (2018-03-25) [2020-04-15]. <https://www.gov.uk/government/collections/future-of-the-sea>.
- [12] Global project to map ocean floor by 2030 gets underway [EB/OL]. (2018-02-23) [2020-04-15]. <http://noc.ac.uk/news/global-project-map-ocean-floor-2030-gets-underway>.
- [13] 章成志,吴小兰.跨学科研究综述[J].情报学报,2017,36(5):523-535.
- [14] 尹相旭,张更平,李晓菲.基于关键词统计的情报学研究现状分析[J].情报杂志,2009,28(11):38-41.
- [15] 张超星,谭宗颖,朱相丽,等.Web of science 中关键词的利用方式对情报分析结果的影响及选择建议[J].情报科学,2017,5(6):73-79.
- [16] 宗乾进,袁勤俭,沈洪洲,等.知识图谱视角下的2010年我国情报学研究热点——基于知识图谱的当代学科发展动向研究之一[J].情报杂志,2011,30(12):48-53.
- [17] Donohue J C. Understanding Scientific Literature: Abibiographic approach [M]. Cambridge: The MIT Press, 1973.