

文章编号: 1000-0550(2020)03-0463-13

DOI: 10.14027/j.issn.1000-0550.2019.061

我国沉积学热点问题与研究趋势 ——基于《沉积学报》的文献计量学分析

赵迪斐^{1,2}, 马素萍³, 王玉杰¹, 汤研⁴

1. 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏徐州 221116

2. 煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室, 江苏徐州 221008

3. 中国科学院西北生态环境资源研究院文献情报中心, 兰州 730000

4. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州 221116

摘要 对学科领域代表性刊物的文献计量分析可以了解学科领域进展、历程与发展趋势提供重要信息。《沉积学报》是我国沉积学相关领域的代表性学术刊物, 通过文献计量学手段, 对1983—2018年该刊所发表的相关学术成果展开文献计量分析, 尤其是近10年来《沉积学报》报道成果的文献学特征, 进而探讨我国沉积学领域的研究热点与发表趋势。分析认为, 引入国际研究热点, 加强目前国内热点的量化研究、机理研究、过程研究、数值研究、系统研究, 鼓励方法创新、数据共享、学科交叉, 展开更多基础研究, 将有助于我国沉积学研究的快速、健康发展。

关键词 沉积学; 研究热点; 文献计量分析; 发表趋势; 知识图谱

第一作者简介 赵迪斐, 男, 1991年出生, 博士研究生, 非常规油气地质学、纳米地球科学, E-mail: diffidiffi@126.com

通信作者 马素萍, 女, 副教授, E-mail: spma@lzb.ac.cn

中图分类号 G353.1 P512.2 **文献标志码** A

0 引言

学术论文文献学特征蕴含了丰富的科学前沿发展信息, 通过研究代表性文献的发表情况, 可以提炼专业领域内的学科发展历程, 并预测专业前沿发展趋势, 对专家学者、领域从业人员具有指向意义^[1-3]。沉积学是地球科学与地质工程等相关领域内重要的学科方向, 主要研究形成沉积地层的沉积作用与沉积过程^[4]。沉积学学科发展具有重要的科学与实践意义, 尤其是在化石能源需求高速增长的工业化背景下, 大量形成于沉积过程、赋存于沉积物中的能源、资源成为沉积学向更加先进、前沿、精细方向发展的巨大动力^[5-6], 赋予了沉积学研究以丰富的能源意义、资源意义、环境意义与科学理论意义。但沉积学学科涉及复杂的研究子领域及交叉学科, 其学科进展具有多子领域共同发展的复杂性, 新的研究方向层出不穷, 大量新问题亟待解决^[7]。近年来, 国际沉积学领域的研究热点集中在人类世沉积学、湖泊沉积学、深水沉积过程、“源—汇”系统、微生物岩沉

积学及沉积过程模拟等领域^[8-10]; 受地质条件、资助方向等因素影响, 我国沉积学研究的热点领域则具有一定的特殊性与区域性, 调研我国沉积学研究现状, 有助于揭示我国沉积学研究领域的发展趋势与特殊性。

文献计量分析(Bibliometric analysis)是研究学科发展历程与发展趋势的重要手段^[11-12]。《沉积学报》是由中国矿物岩石地球化学学会沉积专业委员会和中国地质学会沉积地质专业委员会联合主办、中国科学院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心承办的专业性学术期刊, 主要报道沉积学、沉积矿产、地球化学以及相关分支学科、交叉学科的基础和应用基础研究的创新性研究成果和高水平论文, 介绍沉积学研究的新技术、新理论及国内外最新沉积学论著, 同时也报导有关学术活动、学科研究动态及学术思想的讨论和争鸣, 是我国沉积学相关领域的代表性学术刊物。对代表性学术刊物的文献学研究, 可以为分析学科领域的发展历程和趋势提供科学依据^[12]。本文以沉积学领域代表性刊物《沉积学

收稿日期: 2019-02-01; 收修改稿日期: 2019-06-06

基金项目: 国家大学生训练项目(2019102900332)[**Foundation:** National Innovation Training Program for College Students, No. 2019102900332]

报》为例,通过文献计量学手段,充分调研沉积学领域的文献发表特征,尤其是近十年来沉积学研究论文的特殊之处,探讨我国沉积学领域的研究热点与发表趋势,为沉积学领域学者与工作人员提供参考。

1 资料处理与方法

1.1 文献调研与信息获取

CNKI中国知网数据库是以中文为载体进行文献资源网络共享的中文数字平台^[13]。本文使用CNKI中国知网数据库展开检索,检索条件设置为:“(文献来源=沉积学报 或者 中文刊名=沉积学报 或者 JOURNAL=中英文扩展(沉积学报,中英文对照))(模糊匹配);数据库:文献 跨库检索”。检索结果显示,来源为《沉积学报》的文献条数为3 845篇,总下载次数达到1 501 330次,总被引次数达到88 688次,学术论文文献结果介于1983年至2018年,论文基本信息,如发表领域、基金资助、作者情况等,均提取自CNKI中国知网数据库;外文引用使用ISI Web of Science数据库(ISIWOS)的引用数据^[14],以说明《沉积学报》发表学术研究论文的国际影响力及其对国内学者进行国际水平研究的贡献。对《沉积学报》的文献计量数据采集于2019年1月20日。

1.2 文献计量分析(Bibliometric analysis)

利用中国知网科学引文索引数据库信息,对《沉积学报》所刊载学术研究论文的发表量、基金资助、引用下载特征、研究机构、作者、引用检索特征等进行文献计量分析。《沉积学报》的文献发表量、基金资助特征、研究机构分布等,可以作为沉积学领域研究整体发展特征的重要参考依据;对于近5年《沉积学报》的研究论文发表情况,利用数据库信息进行专门

分析,对主题、学术关注度、用户关注度等进行了专门分析,以提取近年来我国沉积学的关注点及热点。文献数据的统计、分析应用了中国知网文献分析工具、Bibexcel等软件。

2 结果分析

2.1 学术论文发表计量特征

从1983年到1994年,《沉积学报》学术成果年均发文量在50~100篇,1995—1997年发表数量大幅上升且超过100篇,其中1997年达到最高数值170篇;此后虽有波动,但学术论文发表数量都超过了100篇且保持在年均130篇左右(图1)。研究论文发表数据的变化特征一说明越来越多的专业成果在《沉积学报》上报道,另一方面也说明在1996年前后,沉积学引起了更广泛的关注,涌现了更多的学术成果,进而使得《沉积学报》做出了增加论文篇数的调整。

2.2 研究机构与作者

对不同研究机构在《沉积学报》上的发文量进行统计(图2),可知中国科学院兰州地质研究所、中国地质大学、中国石油大学(北京)、中国石油勘探开发研究院、中国石油大学(华东)、西北大学、中国科学院地质与地球物理研究所、成都理工大学、南京大学、中国科学院广州地球化学研究所是发表成果最多的机构。对机构发表研究论文的计量统计涉及到机构名称的调整,如中国科学院兰州地质研究所与中国科学院地质与地球物理研究所等机构在名称调整的前后沿革^[5],因考虑到机构名称调整常由机构组分整合所致,故在本文中不予区分。由统计结果可知,对《沉积学报》发表研究论文成果做出贡献的机构类型既包括大学及研究性机构,也包括地矿油行

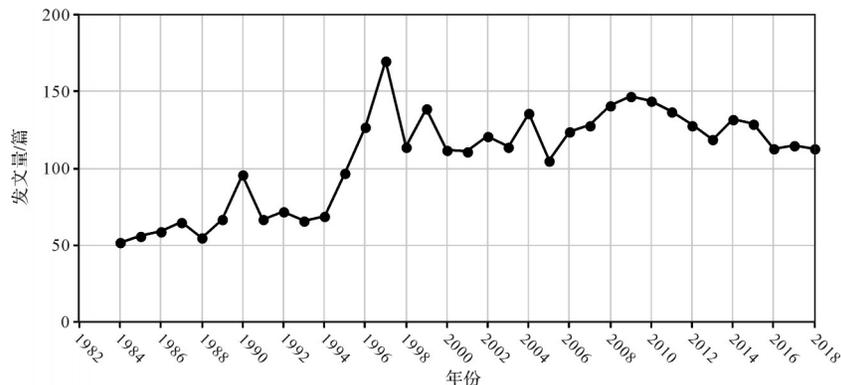


图1 1983—2018年《沉积学报》发文数量变化趋势

Fig.1 Trends for the number of research papers published in the journal of Acta Sedimentologica Sinica

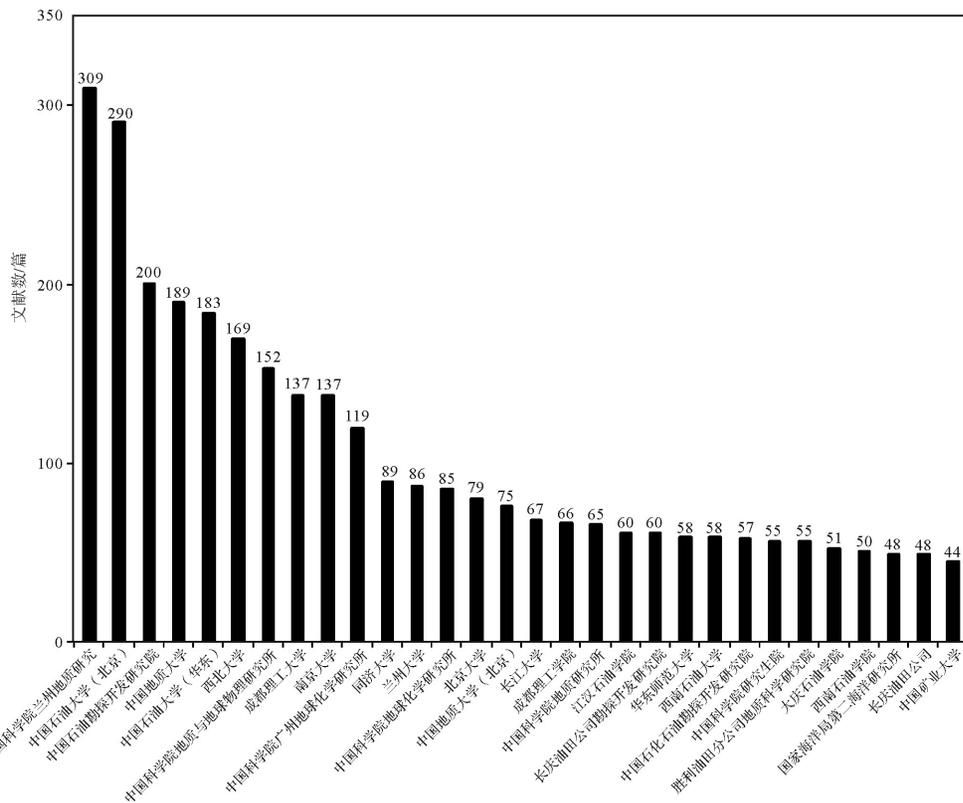


图2 1983—2018年不同研究机构在《沉积学报》上的发文量

Fig.2 Number of papers published by different research institutes in the journal of Acta Sedimentologica Sinica

业机构,这反映了我国沉积学领域既有研究性机构的推动,也与生产—科研型机构紧密相关。

2.3 基金资助特征

根据1983—2018年文献基金资助情况统计(图3)可知,国家自然科学基金支持发表的文献数达到1 139篇,远远超出其他科研基金。相关的基金资助类型比较多样化,包括国家重点基础研究发展计划、国家科技攻关计划、中国地质调查局地质调查项目、博士后科学基金、长江学者奖励计划、跨世纪优秀人才培养计划等近30个资助类型,《沉积学报》发表研究论文复杂的资助基金类型表明,我国沉积学的发展受到了各级别、各类型资助的推动。

2.4 学科领域与专业

统计结果显示,1983—2018年在《沉积学报》上发表的研究论文主要分布在地质学、石油天然气工业、海洋学、矿业工程、地球物理学、生物学、环境科学与资源利用、自然地理学和测绘学、工业通用技术及设备、水利水电工程等学科领域(图4)。其中,地质学占比超过一半,为92.64%,其次为石油天然气工业,占比38.33%,这反映出期刊报道成果学科交叉程度高、并受我国能源工业进步推动显著的特点。

3 讨论

3.1 文献关键词与共词分析

关键词可以反映研究文献的关键研究内容,是文献推广、科技论文传播的重要依据性指标,关键词共词则指代不同研究论文具有相同的关键词内容,通过统计研究论文中关键词的共现,可以描画关键词之间的联系程度,进而为分析共现关键词所指代的研究领域热点及构成提供依据,在纵向、横向表征学科领域的结构与演化特征^[15]。根据对1983—2018年发表研究论文的关键词统计结果和共词分析(图5),《沉积学报》所发表研究论文的主要内容包括沉积环境(186篇)、鄂尔多斯盆地(128篇)、塔里木盆地(107篇)、沉积相(101篇)、成岩作用(97篇)、层序地层(94篇)、地球化学(80篇)、碳酸盐岩(62篇)、沉积模式(61篇)等。

共词分析结果可视化图如图5所示。由共词分析结果可知,沉积物与粒度构成一个互相关联的共词对,烃源岩则成为一个相对独立的关键词,除沉积物—粒度、烃源岩两组外,由沉积环境、沉积相等其他关键词构成一个相互关联的共词团类,该团类内

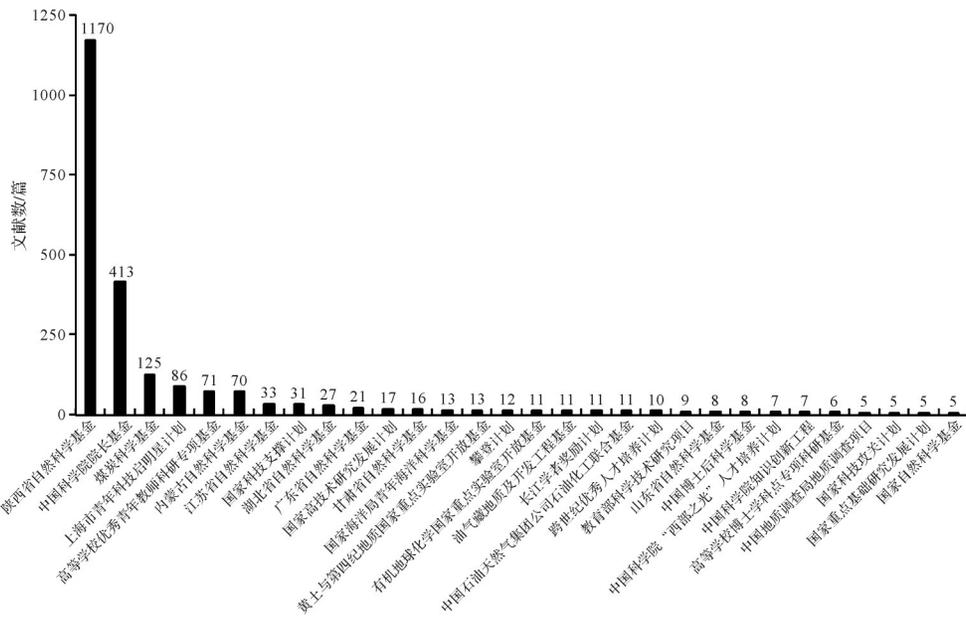


图3 1983—2018年不同基金资助类别发文章

Fig.3 Number of research publications funded by different funds

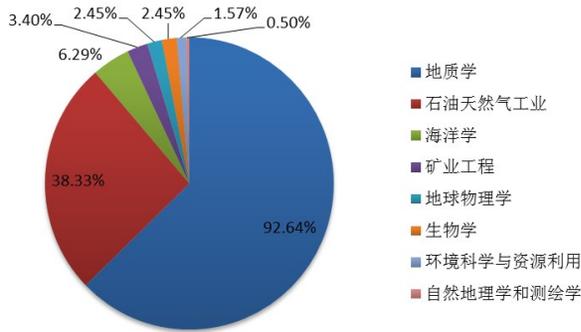


图4 《沉积学报》发表研究论文的相关学科统计
Fig.4 Relevant discipline statistics of research papers published in the journal of Acta Sedimentologica Sinica

包含多个中心节点,沉积环境—沉积相、地球化学、鄂尔多斯盆地—成岩作用构成几个主要的子中心。关键词共词频次越高,则说明两个研究成果间具有更紧密的关联关系,统计关键词两两间的共词频率可以形成关键词共词网络;共词出现越多,则说明两篇研究论文间的关系越相近,通过共词网络,可以反映领域热点的知识结构与关系。对《沉积学报》报道研究论文的共词网络进行细节分析,鄂尔多斯盆地作为重要知识节点,其相邻接的关键词主要包括成岩作用、物源、储层、地球化学,在以鄂尔多斯盆地为关键词的165篇研究论文中,被引用数量大于100篇的论文达14篇,知网数据库下载量大于1000篇次的论文达30篇,在14篇高被引论文中,论文主题内容

涵盖砂岩成岩作用^[16]、储层特征^[16]、古地温^[17]、层序地层^[18]、碎屑流成因、沉积相、物源特征、浊积岩等不同内容(文献[16-18]为与鄂尔多斯盆地相关论文中被引最高的三篇),但大多与盆地内的含油气地层相关,可以作为深入研究盆地油气预测、评价、形成机理等的依据,这也说明,鄂尔多斯盆地沉积学相关研究受到了油气资源研究、评价的显著推动。

“沉积环境”与“沉积相”构成关系最为紧密的共词对,“沉积模式”与“沉积特征”相关性也同样较为紧密,这反映了应用沉积相标志进行沉积环境研究的研究方法、利用沉积特征总结沉积模式的研究方法被广泛采用。“塔里木盆地”是除“鄂尔多斯盆地”外,《沉积学报》报道文献较多的能源盆地,其相关研究论文出现较多的共词主要是“沉积环境”与“沉积体系”,至2018年,《沉积学报》报道塔里木盆地的研究论文达166篇,引用量较高的研究论文主题分布相对较为分散,高被引论文的主要关注内容既包含碳酸盐岩^[19-20],也包括砂质碎屑岩或烃源岩等^[21-22]。共词结构图显示,对能源盆地资源相关性地层的沉积特征研究是我国沉积学领域的关键热点。

《沉积学报》报道研究论文中,高影响力论文(被引频次≥100)共计127篇,其总参考文献数为1542,篇均参考文献数量为12.14,总被引频次为23147,篇均被引频次为182.26,知网总下载量为178150,篇均下载量为1402.76,下载被引比为7.7。高影响力论

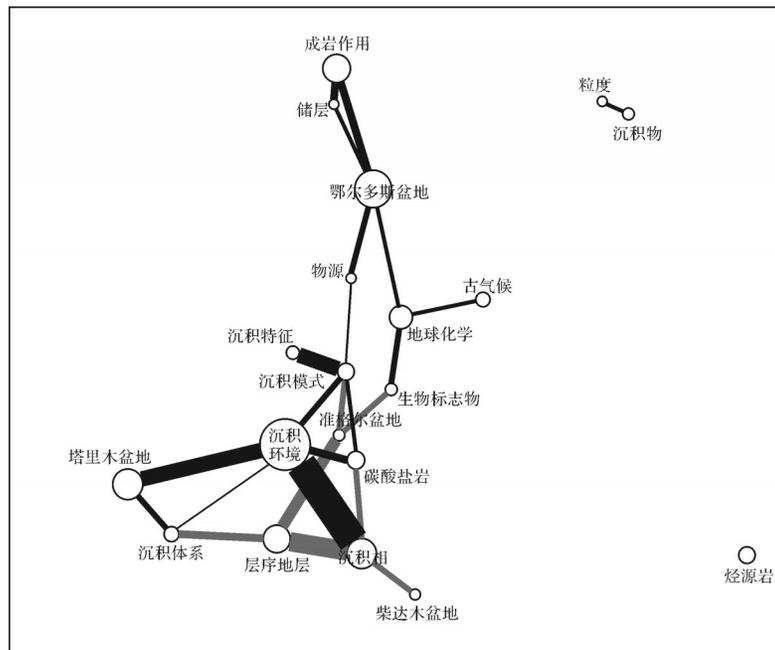


图5 《沉积学报》1983—2018年发表研究论文的词共分析

Fig.5 Co-word analysis of academic papers between 1983-2018 from the journal of Acta Sedimentologica Sinica

文资助基金主要为国家自然科学基金、国家重点基础研究发展计划、国家科技攻关计划及其他基金,高影响力论文的资助基金以国家大型科研发展基金为主,这也体现了国家科研投入在沉积学领域的直接效果;高影响力论文的作者机构主要包括中国石油勘探开发研究院、中国科学院兰州地质研究所、西北大学、中国地质大学、西南石油学院、成都理工大学、中国地质大学(北京)等,前述所列7个机构所发表高影响力论文计数共占高影响力论文总数比例的72%,其他机构占比28%。127篇高影响力论文中,郑荣才教授(成都理工大学)的贡献量为8篇,占比6.1%。

通过网络分析方法,对高影响力论文进行共词分析(图6,7),其主要研究内容为沉积学研究、湖盆、基准面旋回、三角洲前缘、层序地层、成岩作用、砂岩储层、次生孔隙、成岩阶段、碳酸盐岩、胶体等。共词网络图由四个较大的次级共词网络构成(图7),此外还包括一些更小的共词网络。图7a由沉积学研究—层序地层—油气勘探构成主要节点,更小的节点包括曲流河、辫状河、河道砂体、沉积微相、岩相古地理等,该共词网络主要体现了沉积学、层序地层学在油气勘探中的应用,其研究对象以河道砂体等为主;图7b由湖盆—三角洲前缘—层序地层—油气勘探构成

主要节点,研究对象以湖盆、三角洲等为主;图7c由层序地层—基准面旋回构成核心节点;图7d由成岩作用—砂岩储层—次生孔隙—碳酸盐岩—成岩阶段构成核心节点网络。这4个主要共词网络反映了我国沉积学领域的几大核心知识集群,图7a与图7b反映了油气开发背景下,“应用沉积学、层序地层学等为油气储层、油气勘探提供科学依据”所取得的相关进展,图7c则主要反映了层序地层学领域取得的理论进展及其应用,图7d的核心节点主要与储层相关,以砂岩储层、碳酸盐岩储层等为主要研究对象,次生孔隙是储层研究的重点,成岩作用、成岩阶段是其重要影响因素。近年来,我国沉积学在浅水三角洲油气储层砂体、深水沉积砂体、深层储集层、非常规油气储层等方面取得新进展与突破^[23],这与上述共词网络反映的主要研究成果相符合,也说明沉积学研究对油气勘探、开发的重要指导作用。

3.2 近十年研究热点与趋势

近十年,《沉积学报》每年发文量较为稳定,维持在年均130篇左右。期刊基金论文数量可在一定程度上反映期刊的学术质量,用期刊刊载的基金资助论文的比率分析期刊的学术水平,是比较简便和直观的标准之一^[22],以当年的基金资助论文/当年发文量,计算基金资助率,图8数据表明,基金资助率总体

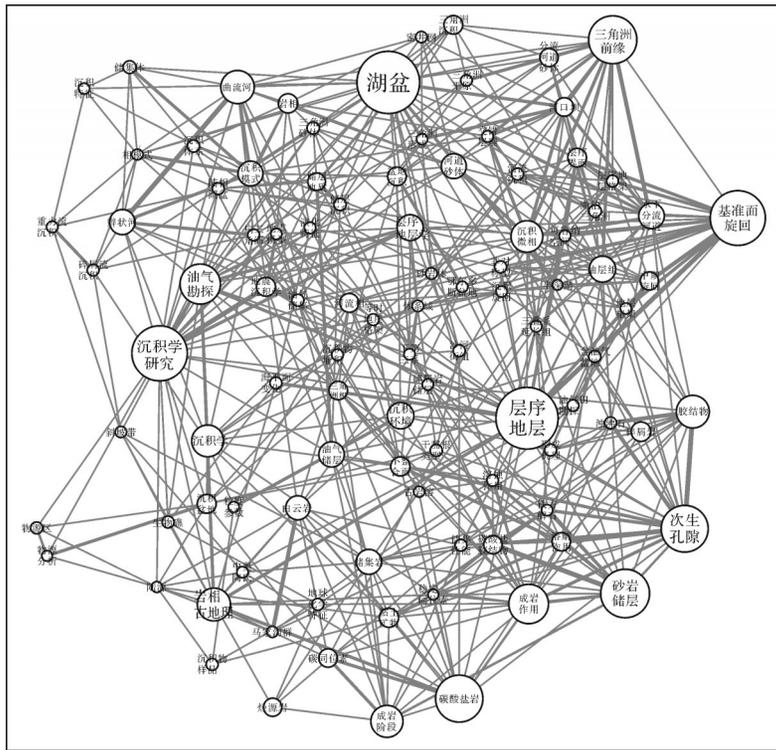


图6 《沉积学报》高影响力研究论文的词网络图

Fig.6 Co-word analysis of high-impact academic papers from the journal of Acta Sedimentologica Sinica

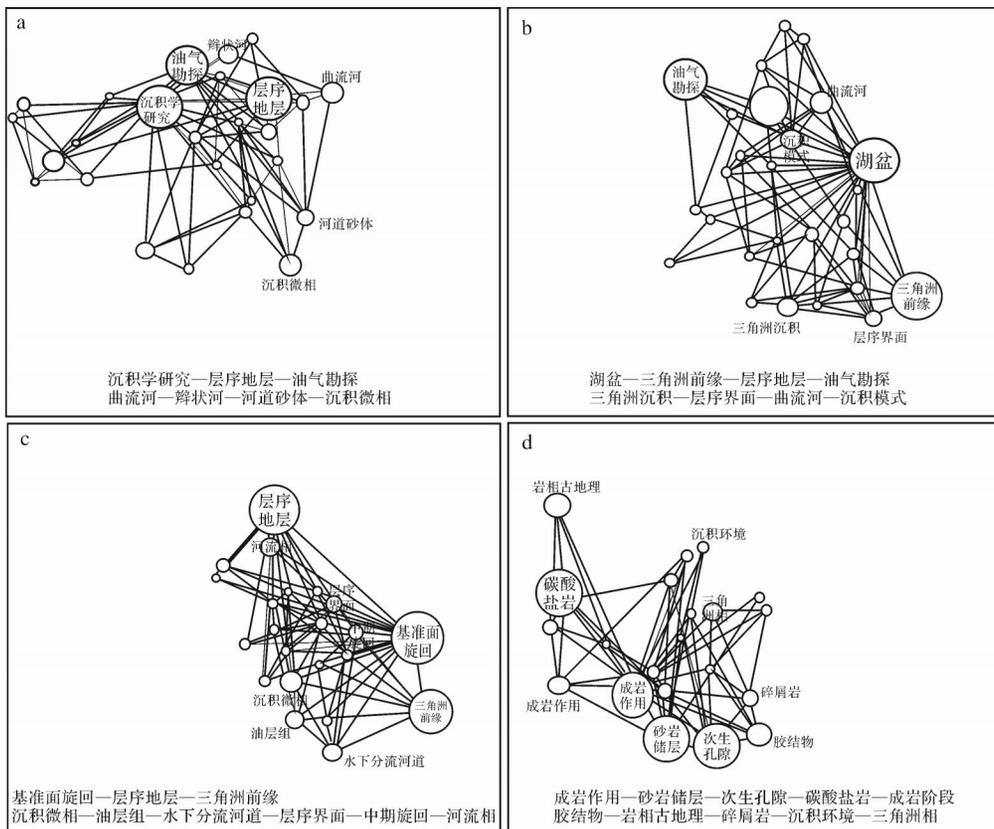


图7 《沉积学报》高影响力研究论文的几个主要关键词共词网络

Fig.7 Four major co-word networks of high-impact academic papers from the journal of Acta Sedimentologica Sinica

呈上升趋势,于2016年突破90%,并且近3年维持在95%的基金资助率,《沉积学报》近十年的基金资助率一直处于较高的水平,主要资助来自国家自然科学基金,资助篇数为598篇(占比59.15%),其次为国家重点基础研究发展计划,205篇(占比20.28%),与1983—2018年的总体资助基金类型情况相吻合。

《沉积学报》在2009—2018年每年发文章最多的机构(图9),被中国地质大学(武汉)、中国石油大学(北京)和成都理工大学囊括,除2010年发文章第一的机构为成都理工大学外,前5年的发文章第一为中国地质大学(武汉),2014年中国石油大学(北京)超越中国地质大学(北京)成为第一,并持续至2018年;中国石油勘探开发研究院在近十年的发文章位于中上。近十年发文章前五的机构为中国石油大学(北京)(117篇),中国地质大学(97篇),中国石油勘探开发研究院(89篇),成都理工大学(88篇),中国科学院地质与地球物理研究所(80篇)、中国石油大学(华东)(80篇)。

2009—2018年各年达到最高词频的关键词有沉积相、沉积环境、鄂尔多斯盆地、烃源岩等,各词位居发文章第一的次数分别为鄂尔多斯盆地5次,沉积环境4次,沉积相和烃源岩各1次。由图10可见,2009—2018年文献总量位于前十的关键词分别为鄂尔多斯盆地、沉积环境、沉积相、成岩作用、塔里木盆地、沉积模式、层序地层、地球化学、物源、烃源岩,可以确定近十年的最高热点关键词为鄂尔多斯盆地、沉积环境、沉积相。与1983—2018年的前十关键词相比,碳酸盐岩退出前10,位于第16,物源进入前10,其余关键词的排名虽变化但仍处于前十,说明热点关键词总体变化不大,反映了沉积学总体研究热点



图8 《沉积学报》2009—2018年基金资助文献量与比率
Fig.8 Quantity and ratio of funded research papers from the journal of Acta Sedimentologica Sinica

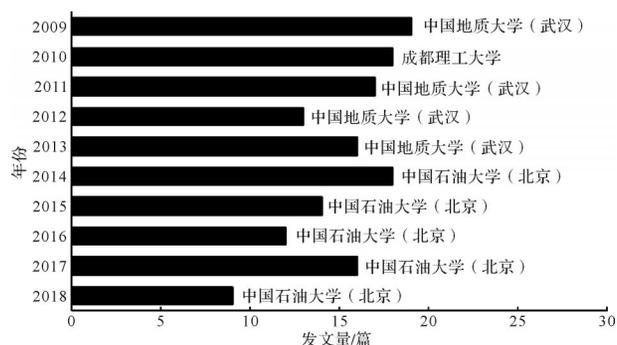


图9 《沉积学报》2009—2018年每年发文章最高的研究机构

Fig.9 Research institutions with the highest number of publications between 2009—2018 from the journal of Acta Sedimentologica Sinica

变化不大,但研究趋势有所变化。近十年研究的热点地区(按词频下降)有:鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、准噶尔盆地、松辽盆地、柴达木盆地、东营凹陷、珠江口盆地、四川盆地等。

核心作者的论文最能反映本领域的研究深度和广度,更能确切地反映出文献的特征和内涵^[24-25]。依据文献计量学中的普赖斯计算公式^[26]:

$$M=0.749(N_{max})^{1/2} \quad (1)$$

式中: M 为论文篇数, N_{max} 为所统计的年限中最高产的那位作者的论文数,发表论文数在 M 篇以上的作者即为核心作者。《沉积学报》2009—2018年最高产作者为操应长(中国石油大学(华东)),论文数15篇,根据公式计算 $M=2.9$ 篇,按照取整的原则 $M=3$,即发表文献在3篇以上的作者为《沉积学报》的核心作者群,其中发表文献前30的论文作者情况见图11。《沉积学报》2009—2018年的论文合作情况详见表1,论文合著率是合著论文占论文总数的比率,可在一定程度上反映科研协作趋势和载文著者的独立研究能力^[25]。据表1可知,学报2009—2018年总体上合著率较高,且呈上升趋势,近5年的平均合著率超过97%。近十年的最高合著率为97.78%,平均合著率为95.656%。

按照年代对被引和参考情况进行排序(表2),由于2014—2018年论文发表时间相对较短,尚未达到被引用的峰值,被引数阶梯式下降,参考意义不大。2009—2018年的最大篇均被引数为28.51,前5年的平均篇均被引数为19.91,影响力和学术性较好。篇均参考数呈波动性增长趋势,最高达到41.2,侧面反映学报的论文学术水平呈上升趋势,学术影响力提

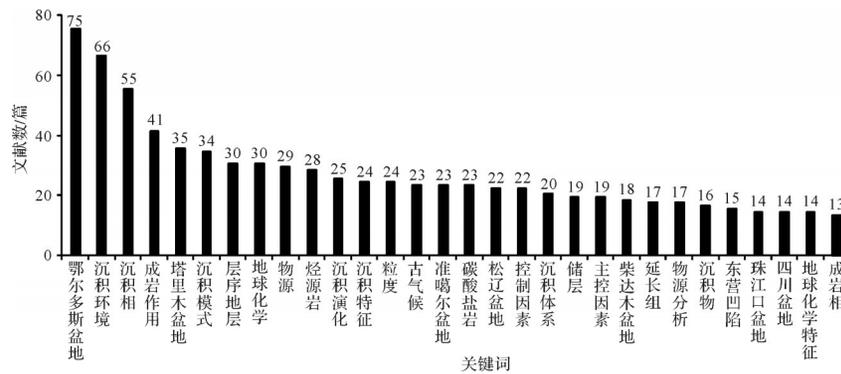


图10 《沉积学报》2009—2018年文献总量前30的关键词

Fig.10 Top 30 keywords during 2009–2018 from the journal of Acta Sedimentologica Sinica

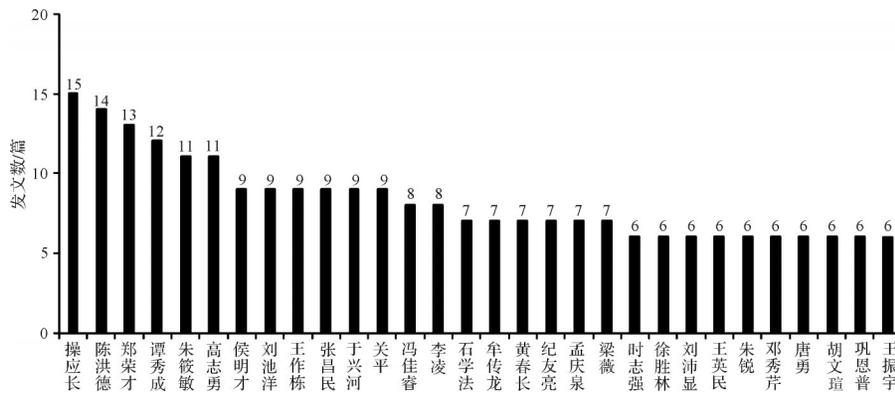


图11 《沉积学报》2009—2018年文献总量前30位的作者

Fig.11 Top 30 authors of research papers during 2009–2018 from the journal of Acta Sedimentologica Sinica

表1 《沉积学报》2009—2018年论文合著情况

Table 1 Co-authorship of papers from 2009–2018 in the journal of Acta Sedimentologica Sinica

年份	作者合作数/篇	单著者人数	发文章数/篇	合著率/%
2009	132	15	147	89.80
2010	135	9	144	93.75
2011	139	7	146	95.21
2012	115	5	120	95.83
2013	112	6	118	94.92
2014	132	3	135	97.78
2015	127	4	131	96.95
2016	115	3	118	97.46
2017	121	3	124	97.58
2018	143	4	147	97.28

高,也同时说明我国沉积学领域的整体研究水平在提高。

2009—2018年《沉积学报》刊载被引次数前10位论文的被引次数均不低于100次(CNKI中国知网数据库),结合上述的关键词分析发现,这些高被引论文与研究的热点方向密切相关(表3)。前10名高

被引论文的作者中,有3名与前10名核心作者相重叠,有4名与前15名核心作者相重叠,表明学报的主要贡献核心作者能够提供高质量的论文,但人数不多,主要核心作者投稿论文质量的提高有助于提升学报的学术水平。前10名高被引论文的发表时间主要为2009年(6篇),其次为2010年(2篇),2011年和

表2 《沉积学报》2009—2018年度被引与参考情况

Table 2 Citation and reference characteristics from 2009–2018 in the journal of Acta Sedimentologica Sinica

年份	文献数/篇	总参考数	总被引数	篇均参考文献/篇	篇均被引数
2009	147	3 468	4 191	23.59	28.51
2010	144	3 343	3 488	23.22	24.22
2011	146	3 241	2 580	22.2	17.67
2012	120	3 035	1 514	25.29	12.62
2013	118	3 112	1 948	26.37	16.51
2014	135	3 456	1 345	25.6	9.96
2015	131	3 959	934	30.22	7.13
2016	118	4 516	447	38.27	3.79
2017	124	5 109	229	41.2	1.85
2018	147	3 831	19	26.06	0.13

表3 《沉积学报》2009—2018年被引次数前10位的论文

Table 3 Papers with Top 10 citations from 2009–2018 in the Journal of Acta Sedimentologica Sinica

序号	文献题名	第一作者	被引数	发表时间	下载
1	陆相湖盆深水砂质碎屑流成因机制与分布特征——以鄂尔多斯盆地为例	邹才能	230	2009-12-15	2 402
2	鄂尔多斯盆地三叠系延长组长7沉积相分析	杨华	170	2010-04-15	3 077
3	浅水三角洲沉积模式	张昌民	157	2010-10-15	3 716
4	陆源沉积岩物源分析研究进展与发展趋势	杨仁超	143	2013-02-15	4 212
5	地震沉积学在中国:回顾和展望	曾洪流	141	2011-06-15	3 505
6	碎屑岩系油气储层沉积学的发展历程与热点问题思考	于兴河	131	2009-10-15	2 773
7	姬塬地区长8油层组浅水三角洲沉积特征	韩永林	120	2009-12-15	1 404
8	地震沉积学在陆相湖盆三角洲砂体预测中的应用	朱筱敏	106	2009-10-15	1 863
9	三肇凹陷扶杨油层油气“倒灌”运聚成藏规律研究	付晓飞	105	2009-06-15	838
10	东营凹陷西部沙四上亚段滩坝砂体有效储层的物性下限及控制因素	操应长	103	2009-04-15	1 456

2013年各1篇,没有近5年的论文,可能的原因是论文发表时间较短,尚未达到文章被引的峰值(表3)。

3.3 从《沉积学报》看我国沉积学的研究进展与趋势

我国沉积学领域经过几十年的发展历程,目前已经建立了系统、完善、与国际接轨的理论,而《沉积学报》创刊对我国沉积学的发展起到了重要的推动作用^[27]。从《沉积学报》所发表研究论文来看,我国沉积学发展迅速,内容涵盖范围广,研究热点不断更新,与能源结合的应用沉积学成为我国沉积学领域的重要特色。但与目前国际沉积学领域的主要热点相比^[8,10,28],我国沉积学研究目标存在一定的差异:对河流相、湖泊相等陆相沉积的关注显著更高,这也与我国资源的赋存特征相符合;对于能源相关的沉积领域研究程度高,基础研究的关注度相对较低,主要关键词、共词以资源沉积学类型为主,近年来,赋存非常规油气的能源盆地研究热度较高,尤其是赋存多类型常规及非常规油气资源的鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、准噶尔盆地、松辽盆地、四川盆地等,而基础研究类型的关键词相对少见。在研究内容上,我国大量沉积学研究进展以描述性、表征性研究为主,为油气勘探开发积累了丰富知识与科学依据,细粒沉积、深水沉积、非常规油气等成为可能的近期持续性热点,但量化研究、超精细研究、过程机理研究、综合丰富资料的大数据研究等相对较少,这些将可能成为我国沉积学领域以资源沉积学进展为基础的突破方向。在与能源相关的沉积学研究领域,表征、描述偏多而量化、过程、机理、系统性研究较少是一个显著现象,由于地质过程与沉积结果存在显著的非均质性,故如不进行量化、不深入揭示机理、不尝试模拟过程、不加强自然地质系统基本地质研究、不重视现代实验分析技术,则讨论结果往往仅限于某地、

某现象,而使很多研究成果的普适性降低。另外,在小尺度上,如对煤系地层的煤、煤系页岩、煤层气、煤系砂岩、煤系致密砂岩等,目前都已经积累了很多成果,而这些资源类型具有一定程度上共生、共储的特点,系统化研究这个资源的赋存体系,可以很大程度提高整体性认知,解释其能源类型协调演化机理,有助于加强对共探、共采的尝试、实践,减少资源和研究重复、浪费。许多沉积学基础问题(如沉积动力学、成岩动力学、构造地貌学等)研究相对匮乏,与国外同行的差距较大^[10]。加强过程和理论研究,加强模拟、量化,是我国沉积学发展的重要一步^[6]。

《沉积学报》文献计量分析显示,我国沉积学研究领域内关键词的集中程度较高,近年来,关键词的集中程度继续升高,反映关键热点吸引研究热度的同时,也说明研究目标、研究对象存在重叠现象,多个机构、多个作者群展开了同目标的类似研究,基础研究资料的共享、共用将大大消除研究过程中的重叠与资源浪费。作为一个基础科学领域,我国沉积学的一个重要特色是显著受到能源需求的推动,《沉积学报》中共词分析、关键词分析均显示,资源沉积学贡献了我国沉积学领域报道进展的主要部分。碳酸盐岩沉积、碎屑岩沉积等显著受到资源开发压力的推动,尤其以近年来的页岩、致密砂岩、煤储层等非常规油气储层沉积学为代表,由于其沉积过程复杂、研究尺度细小,促进了更多先进研究手段在沉积学领域的应用,也促进了地震沉积学、储层沉积学、深水沉积学、细粒沉积学等多个子领域的迅速发展^[29],在资源沉积学领域,沉积体系研究、极细粒度或特殊沉积物及成因研究等是目前领域所面临的难点和热点^[30],涌现出许多更为复杂的待解决问题,如储层精细量化表征、储层非均质性表征等^[30-32],储层的

发育特征归根结底是在沉积所提供物质及结构基础上经由构造改造作用、储层成岩作用改造而形成,其表征离不开对沉积环境、沉积条件的刻画与反演,这是总结优质储层形成与发育机理的基础之一;自学界认识到储层非均质性对油气勘探开发的影响以来,储层非均质性的表征与研究成为新的热点之一^[33],但对于非均质性的研究也多以描述为主,不同尺度非均质性的表征、控制与影响作用机理的量化程度低,结果的可应用性相对较差^[34-35]。

我国沉积学涉及内容跨度较广,涉及学科领域较多(图4),沉积学的进展为相关工业领域提供了丰富的科学依据,与各专业的学科交叉也为沉积学的进步带来新的研究方法、思路。与沉积学领域类似,我国岩相古地理学领域是与沉积学领域类似的学科方向,在岩相古地理方面,我国学者对量化与大数据创新展开了一定探索,如对定量岩相古地理重建方法的探索^[36-37],在利用大数据、计算机方法辅助研究、建设资料数据库等方面取得突破性进展^[37-38],沉积学领域也应主动探索解决资料共享、方法创新等新举措。

总体来说,《沉积学报》研究论文计量分析显示,我国沉积学对资源沉积学的关注度极高,与国际研究热点存在一点差异。引入国际研究热点,加强目前国内热点的量化研究、机理研究、过程研究、数值研究、系统研究,鼓励方法创新、数据共享、学科交叉,将是我国沉积学取得更大突破的经由之路。此外,拓宽研究内容范畴,展开更多基础研究,加入更多国际化研究的热点问题,保留一定冷门基础性研究的报道量,也是沉积学领域健康发展的建议。

中国沉积学研究在环境上关注河湖等陆相多,风成、冰川和海岸等研究较薄弱;性质上以资源沉积学等应用研究为主导,沉积动力过程等基础研究薄弱;热点领域上对深水沉积和非常规油气领域关注多,但多局限于沉积现象描述与油气勘探开发实践。笔者指出,注重碎屑物沉积动力过程和源—渠—汇系统分析,及时引进深水和冷水碳酸盐沉积理论、发展生物地质学,充分利用大量科探和油田钻孔资料开展全球气候研究,是近期中国沉积学突破的可能方向。

对文献、专利等报道成果的量化与文献计量分析,可以从宏观角度提炼领域发展历程、热点、知识结构、关联耦合特性与知识网络,是了解学科发展、

探究创新方向的重要媒介^[39-40]。《沉积学报》对我国沉积学刊载文献的结构与热点可以反映我国沉积学研究特色^[5],为沉积学领域研究人员提取创新点、选择研究方向、了解领域进展等提供参考。

4 结论

(1)《沉积学报》作为我国沉积学领域的代表性刊物,是我国沉积学前沿进展报道的核心平台,《沉积学报》创刊以来的文献计量分析显示,学报发表研究论文数稳定,核心研究机构以大学、产业型机构为主,资助以国家自然科学基金等纵向课题为主,涉及学科、交叉学科主要包括地质学、石油天然气工业、矿业工程、海洋学等。

(2)文献关键词与共词分析显示,《沉积学报》所发表研究论文主要与沉积环境(186篇)、鄂尔多斯盆地(128篇)、塔里木盆地(107篇)、沉积相(101篇)、成岩作用(97篇)、层序地层(94篇)、地球化学(80篇)、碳酸盐岩(62篇)、沉积模式(61篇)等关键词相关;创刊以来发表引用量100篇次以上的高影响力论文共计126篇,高影响力论文共词分析显示,共词网络包含四个较大的次级网络,分别由沉积学研究—层序地层—油气勘探、湖盆—三角洲前缘—层序地层—油气勘探、层序地层—基准面旋回、成岩作用—砂岩储层—一次生孔隙—碳酸盐岩—成岩阶段构成核心节点,反映我国沉积学领域在资源沉积学、层序地层学等领域取得的丰硕成果。

(3)对近十年《沉积学报》的报道内容与沉积学的研究热点展开了进一步研究,结果表明,与整体特征相比,近年来我国沉积学领域总体研究热点变化不大,研究趋势有所变化,贡献热点的主要机构相对稳定,资助以国家自然科学基金为代表的纵向资助为主,篇均参考文献数呈波动性增长趋势。

(4)对比我国沉积学领域研究趋势、热点与国际研究热点,我国沉积学领域偏重资源沉积学、应用型沉积学研究,对现象描述、表征偏多,对机理、过程、系统研究少,量化程度低,研究目标相对集中,反映数据共享程度低,存在一定的研究重复与资源浪费;针对我国沉积学研究趋势与热点的分析,提出以下建议:引入国际研究热点,加强目前国内热点的量化研究、机理研究、过程研究、数值研究、系统研究,鼓励方法创新、数据共享、学科交叉,拓宽研究内容范畴,展开更多基础研究,有助于沉积学领域快速、健康发展。

参考文献(References)

- [1] Rabiei M, Hosseini-Motlagh S M, Haeri A. Using text mining techniques for identifying research gaps and priorities: A case study of the environmental science in Iran [J]. *Scientometrics*, 2017, 110(2): 815-842.
- [2] 秦勇. 从CNKI论文看中国煤层气产业发展[J]. *天然气工业*, 2006, 26(12): 26-29. [Qin Yong. Having a view on Chinese coal-bed methane industry development from CNKI publications [J]. *Natural Gas Industry*, 2006, 26(12): 26-29.]
- [3] 赵庆龄. 基于文献计量的土壤重金属污染国际比较研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010. [Zhao Qingling. International comparison on the studies of soil heavy metal pollution based on bibliometric [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010.]
- [4] 于兴河, 郑秀娟. 沉积学的发展历程与未来展望[J]. *地球科学进展*, 2004, 19(2): 173-182. [Yu Xinghe, Zheng Xiujuan. Review of the development and prospect of sedimentology [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2004, 19(2): 173-182.]
- [5] 宁宝英, 陈国俊, 薛莲花, 等. 31a《沉积学报》论文发表趋势: 基于文献计量分析的结果与启示[J]. *沉积学报*, 2015, 33(1): 1-9. [Ning Baoying, Chen Guojun, Xue Lianhua, et al. Publication trends of *Acta Sedimentologica Sinica* in 3 decades: Results and enlightenment based on bibliometric analysis [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2015, 33(1): 1-9.]
- [6] 孙龙德, 方朝亮, 李峰, 等. 油气勘探开发中的沉积学创新与挑战[J]. *石油勘探与开发*, 2015, 42(2): 129-136. [Sun Longde, Fang Chaoliang, Li Feng, et al. Innovations and challenges of sedimentology in oil and gas exploration and development [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2015, 42(2): 129-136.]
- [7] 孙枢. 中国沉积学的今后发展: 若干思考与建议[J]. *地学前缘*, 2005, 12(2): 3-10. [Sun Shu. Sedimentology in China: Perspectives and suggestions [J]. *Earth Science Frontiers*, 2015, 12(2): 3-10.]
- [8] 朱筱敏, 李顺利, 潘荣, 等. 沉积学研究热点与进展: 第32届国际沉积学会议综述[J]. *古地理学报*, 2016, 18(5): 699-716. [Zhu Xiaomin, Li Shunli, Pan Rong, et al. Current hot topics and advances of sedimentology: A summary from 32nd IAS meeting of sedimentology [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2016, 18(5): 699-716.]
- [9] 鲜本忠, 朱筱敏, 岳大力, 等. 沉积学研究热点与进展: 第19届国际沉积学大会综述[J]. *古地理学报*, 2014, 16(6): 816-826. [Xian Benzong, Zhu Xiaomin, Yue Dali, et al. Current hot topics and advances of sedimentology: A summary from 19th international sedimentological congress [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2014, 16(6): 816-826.]
- [10] 朱筱敏, 谈明轩, 董艳蕾, 等. 当今沉积学研究热点讨论: 第20届国际沉积学大会评述[J]. *沉积学报*, 2019, 37(1): 1-16. [Zhu Xiaomin, Tan Mingxuan, Dong Yanlei, et al. Current hot topics of sedimentology: Comment on the 20th international sedimentological congress [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2019, 37(1): 1-16.]
- [11] Bornmann L, Mutz R. Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references [J]. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2015, 66(11): 2215-2222.
- [12] Toga A W, Foster I, Kesselman C, et al. Big Biomedical data as the key resource for discovery science [J]. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2015, 22(6): 1126-1131.
- [13] 中国科学文献计量评价研究中心, 清华大学图书馆. 中国学术期刊影响因子年报(自然科学与工程技术)(2016版)[R]. 北京:《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司, 2016. [China Center for Bibliometric Evaluation of Scientific Documents, Tsinghua University Library. Annual report for Chinese academic journal impact factors (Natural science): 2016 [R]. Beijing: [China Academic Journal (CD) Electronic Journals Publishing House Co, Ltd. (CAJEPH).]
- [14] 范爱红, 姜爱蓉. 基于知识管理的学术信息资源整合体系: 对ISI Web of Knowledge的评介[J]. *现代图书情报技术*, 2001(6): 43-46. [Fan Aihong, Jiang Airon. A knowledge-based integrated system of academic information resources--An introduction to the ISI Web of Knowledge [J]. *New Technology of Library and Information Service*, 2001(6): 43-46.]
- [15] Callon M, Law J, Rip A. Mapping the dynamics of science and technology [M]. London: The Macmillan Press, 1986: 815.
- [16] 史基安, 王金鹏, 毛明陆, 等. 鄂尔多斯盆地西峰油田三叠系延长组长6—8段储层砂岩成岩作用研究[J]. *沉积学报*, 2003, 21(3): 373-380. [Shi Ji'an, Wang Jinpeng, Mao Minglu, et al. Reservoir sandstone diagenesis of member 6 to 8 in Yanchang Formation (Triassic), Xifeng oilfield, Ordos Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(3): 373-380.]
- [17] 任战利, 赵重远, 张军, 等. 鄂尔多斯盆地古地温研究[J]. *沉积学报*, 1994, 12(1): 56-65. [Ren Zhanli, Zhao Zhongyuan, Zhang Jun, et al. Research on paleotemperature in the Ordos Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994, 12(1): 56-65.]
- [18] 郑荣才, 彭军. 陕北志丹三角洲长6油层组高分辨率层序分析与等时对比[J]. *沉积学报*, 2002, 20(1): 92-100. [Zheng Rongcai, Peng Jun. Analysis and isochronostratigraphic correlation of high-resolution sequence stratigraphy for Chang-6 Oil reservoir set in Zhidan delta, northern Ordos Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(1): 92-100.]
- [19] 陈景山, 李忠, 王振宇, 等. 塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩古岩溶作用与储层分布[J]. *沉积学报*, 2007, 25(6): 858-868. [Chen Jingshan, Li Zhong, Wang Zhenyu, et al. Paleokarstification and reservoir distribution of Ordovician carbonates in Tarim Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25(6): 858-868.]
- [20] 高志前, 樊太亮, 焦志峰, 等. 塔里木盆地寒武—奥陶系碳酸

- 盐岩台地样式及其沉积响应特征[J]. 沉积学报, 2006, 24(1): 19-27. [Gao Zhiqian, Fan Tailiang, Jiao Zhifeng, et al. The structural types and depositional characteristics of carbonate platform in the Cambrian-Ordovician of Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 19-27.]
- [21] 顾家裕, 方辉, 贾进华. 塔里木盆地库车坳陷白垩系辫状三角洲砂体成岩作用和储层特征[J]. 沉积学报, 2001, 19(4): 517-523. [Gu Jiayu, Fang Hui, Jia Jinhua. Diagenesis and reservoir characteristics of cretaceous braided delta sandbody in Kuqa Depression, Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(4): 517-523.]
- [22] 赵靖舟. 塔里木盆地北部寒武—奥陶系海相烃源岩重新认识[J]. 沉积学报, 2001, 19(1): 117-124. [Zhao Jingzhou. Evaluation on the Cambrian-Ordovician marine source rocks from the North Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(1): 117-124.]
- [23] Tiercelin J J, Potdevin J L, Thuo P K, et al. Stratigraphy, sedimentology and diagenetic evolution of the Lapur sandstone in northern Kenya: Implications for oil exploration of the Meso-Cenozoic Turkana Depression[J]. Journal of African Earth Sciences, 2012, 71-72(3): 43-79.
- [24] 党亚茹. 著者计量指标的建立与应用[J]. 情报学刊, 1993, 14(3): 186-190, 215. [Dang Yaru. Establishment and application of author measurement index[J]. Journal of Information Science, 1993, 14(3): 186-190, 215.]
- [25] 丁学东. 文献计量学基础[M]. 北京: 北京大学出版社, 1993: 204-232. [Ding Xuedong. The basis of bibliometrics[M]. Beijing: Peking University Press, 1993: 204-232.]
- [26] 崔新琴. 2001年《情报理论与实践》论文著者情况统计分析[J]. 情报理论与实践, 2002, 25(6): 443-444. [Cui Xinqin. Statistical analysis of the authors of *Information studies: Theory & Application* in 2001[J]. Information Studies: Theory & Application, 2002, 25(6): 443-444.]
- [27] 刘宝珺. 中国沉积学的回顾和展望[J]. 矿物岩石, 2001, 21(3): 1-7. [Liu Baojun. Sedimentology of China: A review and look forward[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2001, 21(3): 1-7.]
- [28] 吴因业, 朱如凯, 罗平, 等. 沉积学与层序地层学研究新进展: 第18届国际沉积学大会综述[J]. 沉积学报, 2011, 29(1): 199-206. [Wu Yinye, Zhu Rukai, Luo Ping, et al. Advance on sedimentology and sequence stratigraphy: A summary from 18th international sedimentology congress[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(1): 199-206.]
- [29] 张昌民, 朱锐, 赵康, 等. 走向多极: 碎屑沉积学研究的十对热点问题[J]. 东北石油大学学报, 2017, 41(4): 1-11. [Zhang Changmin, Zhu Rui, Zhao Kang, et al. Ten couples of hot spots in clastic sedimentological research[J]. Journal of Northeast Petroleum University, 2017, 41(4): 1-11.]
- [30] 孙龙德, 方朝亮, 李峰, 等. 中国沉积盆地油气勘探开发实践与沉积学研究进展[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(4): 385-396. [Sun Longde, Fang Chaoliang, Li Feng, et al. Petroleum exploration and development practices of sedimentary basins in China and research progress of sedimentology[J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(4): 385-396.]
- [31] 于兴河, 李胜利. 碎屑岩系油气储层沉积学的发展历程与热点问题思考[J]. 沉积学报, 2009, 27(5): 880-895. [Yu Xinghe, Li Shengli. The development and hotspot problems of clastic petroleum reservoir sedimentology[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(5): 880-895.]
- [32] 曾洪流. 地震沉积学在中国: 回顾和展望[J]. 沉积学报, 2011, 29(3): 417-426. [Zeng Hongliu. Seismic sedimentology in China: A review[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(3): 417-426.]
- [33] 朱如凯, 邹才能, 袁选俊, 等. 中国能源沉积学研究进展与发展战略思考[J]. 沉积学报, 2017, 35(5): 1004-1015. [Zhu Rukai, Zou Caineng, Yuan Xuanjun, et al. Research progress and development strategic thinking on energy sedimentology[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2017, 35(5): 1004-1015.]
- [34] 赵迪斐, 郭英海, 朱炎铭, 等. 海相页岩储层微观孔隙非均质性及其量化表征[J]. 中国矿业大学学报, 2018, 47(2): 296-307. [Zhao Difei, Guo Yinghai, Zhu Yanming, et al. Research progress and development strategic thinking on energy sedimentology[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2018, 47(2): 296-307.]
- [35] 郭英海, 赵迪斐. 微观尺度海相页岩储层微观非均质性研究[J]. 中国矿业大学学报, 2015, 44(2): 300-307. [Guo Yinghai, Zhao Difei. Analysis of micro-scale heterogeneity characteristics in marine shale gas reservoir[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2015, 44(2): 300-307.]
- [36] 张琳娜, 樊隽轩, 陈清. 华南上奥陶统观音桥层的空间分布和古地理重建[J]. 科学通报, 2016, 61(18): 2053-2063. [Zhang Linna, Fan Junxuan, Chen Qing. Geographic distribution and palaeogeographic reconstruction of the Upper Ordovician Kuan-yinchiao bed in South China[J]. Chinese Science Bulletin, 2016, 61(18): 2053-2063.]
- [37] 冯增昭, 金振奎, 鲍志东, 等. 从定量岩相古地理论中国南方海相碳酸盐岩油气(摘要)[J]. 海相油气地质, 2000(增刊1): 123. [Feng Zengzhao, Jin Zhenkui, Bao Zhidong, et al. Quantitative lithofacies palaeogeography for marine carbonate oil and gas in southern China (abstract)[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2000(Suppl. 1): 123.]
- [38] 樊隽轩, 陈清, 孙冬胜, 等. 利用GBDB数据库与GIS技术绘制高精度古地图[J]. 古地理论, 2016, 18(1): 115-125. [Fan Junxuan, Chen Qing, Sun Dongsheng, et al. Making high-resolution palaeogeographic maps based on GBDB database and GIS technique[J]. Journal of Palaeogeography, 2016, 18(1): 115-125.]
- [39] 董超群, 李华川, 贺殷凯, 等. 基于专利信息的我国页岩气开采及发展趋势研究[J]. 非常规油气, 2018, 5(2): 98-103, 97. [Dong Chaoqun, Li Huachuan, He Yinkai, et al. Study on de-

velopment trend of shale gas exploration and development technology based on patent information [J]. *Unconventional Oil & Gas*, 2018, 5(2): 98-103,97.]

[40] Wagner C S, Roessner J D, Bobb K, et al. Approaches to un-

derstanding and measuring interdisciplinary scientific research (IDR): A review of the literature [J]. *Journal of Informetrics*, 2011, 5(1):14-26.

Hot Topics and Research Trends on Sedimentology in China: A bibliometric analysis based on *Acta Sedimentologica Sinica*

ZHAO DiFei^{1,2}, MA SuPing³, WANG YuJie¹, TANG Yan⁴

1. School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China

2. Key Laboratory of Coalbed Methane Resources and Reservoir Formation Process, Ministry of Education, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China

3. The Lanzhou Library, Northwest Institute of Eco-environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

4. School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China

Abstract: Bibliometric analysis of representative journals in a subject area can provide important information for understanding its progress, history, and development trends. *Acta Sedimentologica Sinica* is a representative academic journal in the field of sedimentology in China. Bibliometrics are used to conduct bibliometric analysis of relevant academic achievements published in the journal from 1983 to 2018, especially in the past 10 years. The bibliographic characteristics of the results explore the research hotspots and publication trends in the field of sedimentology in China. The analysis believes that the introduction of international research hotspots, strengthening the current domestic hotspots of quantitative research, mechanism research, process research, numerical research, systematic research, encouraging method innovation, data sharing, interdisciplinary research, and more basic research will help China's sedimentology with its rapid and healthy development.

Key words: sedimentology; research hotspots; bibliometric analysis; published trends; knowledge mapping