

石油工程领域热点主题和研究前沿探索

李美凝¹ 赵雄虎² 景民昌¹ 王 飞²

1. 中国石油大学(北京)图书馆, 北京 102249;
2. 中国石油大学(北京)石油工程学院, 北京 102249

摘要:石油的发展关系到国家的工业化水平和国际竞争力,系统梳理石油领域的发展态势以及研究热点,可以为石油研究领域学者和机构提供科研依据和战略参考。以 Web of Science 核心合集数据库为数据源,从论文产出、研究机构、核心作者、研究热点等角度对 2008-2018 年全球石油工程的文献数据进行了文献计量学可视化分析。结果表明:近 10 年石油工程的发文量呈现增加趋势,论文发表集中在中国、美国和俄罗斯等国家;目前该领域研究热点为提高采收率、水力压裂、非常规油气资源、重油开发、油藏数值模拟以及原油脱硫等方面;而机器学习和非常规油气藏开发将是该领域未来的研究前沿。该研究结果可为石油工程领域科研人员和科研机构把握领域走向、洞悉未来研究热点等提供科研参考。

关键词:石油能源;文献计量学;热点主题;研究前沿

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2020.05.020

Exploring the Hot Topics and Research Frontiers in Petroleum Engineering Sector

Li Meining¹, Zhao Xionghu², Jing Minchang¹, Wang Fei²

1. China University of Petroleum(Beijing). Library, Beijing, 102249, China;
2. China University of Petroleum(Beijing). College of Petroleum Engineering, Beijing, 102249, China

Abstract: The development of petroleum energy is related to a country's industrialization level and international competitiveness. Analyzing the development trend and research hotspot of petroleum engineering can provide scholars and institution with scientific research basis and strategic reference. Taking the Web of Science as the data source, this paper employed bibliometrics method to visual analysis the relevant documents published in the period of 2008 to 2018 from the perspectives of publication volume, major research institutions, core authors and research hotspots. The results show that the number of documents issued has been increasing in the past decade. Publications mainly originate from countries such as China, the United States of America and Russia. Currently research in this sector focuses mainly on enhanced oil recovery, hydraulic fracturing, heavy oil development, unconventional oil and gas resources, reservoir numerical simulation, and crude oil desulfurization. Machine learning and

收稿日期:2020-04-15

基金项目:中国石油大学(北京)研究生质量与创新工程重点项目“一流大学建设高校专利布局与一流学科匹配度研究分析”(YJS 2019022);中国石油大学(北京)“研究生教育质量与创新工程”项目“中国石油(北京)教师国际合作情况及其贡献研究”(YJS 2016044)

作者简介:李美凝(1987-),女,陕西宝鸡人,中级馆员,硕士,从事石油情报分析工作。E-mail:limeining@cup.edu.cn

unconventional reservoir development will be the research frontier of oil and gas engineering in the future. The study provides reference for scientific research personnel and institute in the field of oil engineering to hold the development trend and understand the future research focus.

Keywords: Petroleum energy; Bibliometrics; Hot topic; Research frontier

0 前言

石油作为人类社会能源的重要组成部分,在世界经济的发展、人类社会生活与文明中占有极其重要的地位。石油前沿领域的占领程度关系到国家在国际竞争中的优势和地位。石油工程是石油领域最具代表性的工程技术,是一种运用科学的理论、方法、技术与装备高效地钻探地下油气资源、最大限度并经济有效地将地层中的油气开采到地面,安全地对油气进行分离、计量与储运的工程技术^[1]。因此,针对石油能源领域,开展石油工程研究热点和研究前沿的探索,对促进石油工业可持续发展具有重要意义。

近年来文献计量学技术迅速发展,为论文数据可视化研究提供了有效的途径,文献计量学具有处理文献量大、直观可视化、分析角度多样、数据分析结果可信度高等优势特点,弥补了传统文献综述研究参考文献量少、只能定性归纳和分析、客观性较弱等不足^[2]。社会网络分析方法是各种不同单元的社会结构及其属性进行分析的方法,能够可视化合作网络、引文网络以及主题关联网络等,为领域主题发现、领域结构挖掘和技术预测等提供重要途径^[3]。目前,基于文献计量学和社会网络方法的数据可视化技术已经在不同领域被广泛应用^[4-5],如郑江平等^[6]基于可视化软件进行了食品科学领域国际论文合作的文献计量分析;曾硕勋等^[7]利用可视化软件形成了材料科学研究热点及其相关研究领域可视化知识图谱;栾春娟等^[8]通过文献共被引和高频关键词分析对基因操作技术进行国际前沿分析,得到基因操作技术领域的经典文献和研究热点关键词。文献计量学和社会网络方法的数据可视化技术已经成为探索领域研究热点和分析领域现状、热点及前沿问题的重要方法。

本文以 Web of Science 核心合集数据库作为数据来源,从文献计量学角度和社会网络分析方法入手,对 2008 - 2018 年全球石油工程领域的文献进行统计,以期用定量化、可视化的手段,梳理近 10 年间该领域的发展态势及研究热点,全面揭示石油工程领域的研究进展和国际竞争力,为该领域科研人员和科研机构把握领域走向、洞悉未来研究热点等提供科研参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文选择 Web of Science 核心合集数据库的 251 个领

域分类中的石油工程类(engineering petroleum)作为数据来源。在 Science Citation Index Expanded(SCI-E)数据库中检索 2008 - 2018 年相关论文 21 082 篇,文献类型包括学术论文(article)和研究综述(review)。对 Web of Science 中的数据采用“全记录与引用的参考文献”的“UTF - 8”格式导出,对原始数据进行清洗,包括去重、去空白等操作之后,总计得到论文 17 656 篇,形成最终的分析数据。

1.2 研究方法

本文采用文献计量分析中的共词分析法(Co-word analysis)作为研究方法。共词分析法是内容分析法的一种,该方法不仅考虑了词组在文本中出现的频数,而且通过词语的共现建立起词组之间的亲疏关系。主要通过统计相同或不同类型的知识单元(包括作者、关键词、机构、参考文献等)在同一篇文献中出现的次数,构建不同知识单元的共现频数矩阵,通过网络化的方式进行表示,最终通过一定的算法比较清晰地划分出网络节点的群组结构,以知识图谱的形式展示文献中知识单元的联系程度,从而判断出研究领域的变化情况^[9-11]。文中借助 Vosviewer 和 Gephi 软件进行该方法的实现和可视化展示,本文研究方法见图 1。

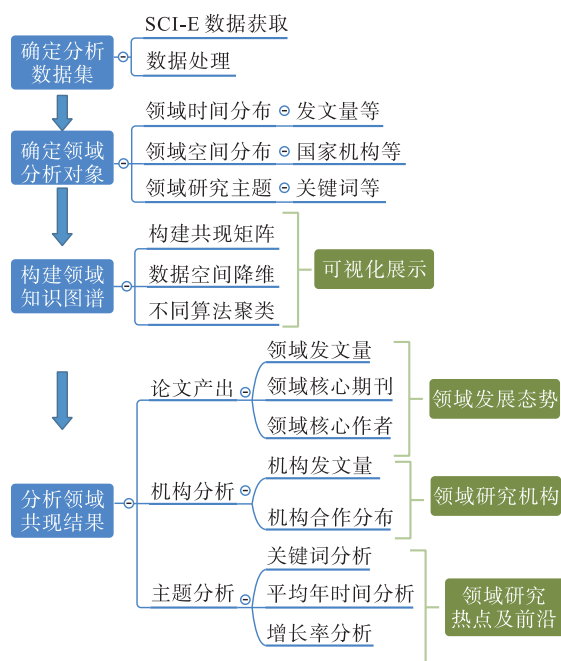


图 1 石油工程的文献计量学研究方法示意图

Fig. 1 Sketch of bibliometrics research methods in petroleum engineering

2 石油工程领域的基本特征

2.1 论文产出情况

石油工程领域从 2008—2018 年的论文总体产出情况见图 2, 发文量指每年发表论文的总数, 被引量指当年所发表的论文在目前时间节点上被引用次数的多少。整

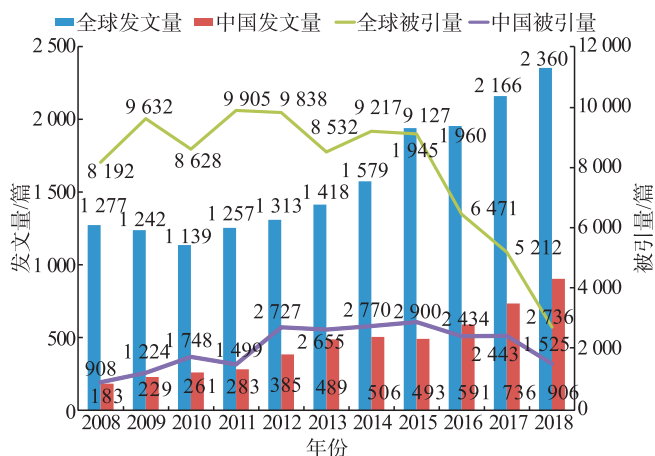


图 2 石油工程的发文量和被引量(2008—2018)示意图

Fig. 2 The publication volume and citation volume of petroleum engineering(2008—2018)

表 1 2008—2018 年石油工程方向的期刊列表

Tab. 1 List of journals in petroleum engineering from 2008 to 2018

期刊名称	2018 影响因子	发文量 /篇
SPE Journal	3.095	546
Journal of Petroleum Science and Engineering	2.886	3 604
Petroleum Exploration and Development	2.540	762
Oil & Gas Science and Technology-Revue d Ifp Energies Nouvelles	1.867	680
Petroleum Science	1.846	718
SPE Reservoir Evaluation & Engineering	1.807	560
SPE Production & Operations	1.595	408
SPE Drilling & Completion	1.327	454
Journal of Canadian Petroleum Technology	1.255	399
Petrophysics	1.116	266
Petroleum Science and Technology	1.070	2 830
Oil Shale	1.041	337
Petroleum Chemistry	0.991	1 258
Journal of the Japan Petroleum Institute	0.831	475
International Journal of Oil Gas and Coal Technology	0.683	479
China Petroleum Processing & Petrochemical Technology	0.600	591
Ct & f-Ciencia Tecnologia y Futuro	0.400	185
Chemistry and Technology of Fuels and Oils	0.356	932
Oil Gas-European Magazine	0.257	268
Oil & Gas Journal	0.072	1 904

注:其中 Journal of Canadian Petroleum Technology, 目前只有 2016 年的影响因子。

体上, 发文量都是随着时间的增加而增加, 被引量都是随着时间的增加而减少。具体如下: 全球发文量从 2008 年开始至 2010 年略有下滑, 而从 2011 年开始, 呈现缓慢增长趋势, 年均增长率为 6.7%, 最高达到 16%。中国发文量从 2008 年开始一直呈现增长的趋势, 年均增长率为 17.9%, 最高达到 36%。随着时间的累计, 全球被引量从 2008 年开始出现锯齿状波动, 在 2015 年开始逐年大幅度下降; 而中国的被引量则从 2008 年至 2011 年缓慢增长, 随后大幅增长, 直到 2015 年开始下降, 主要是和被引量频数的时间属性相关。

2.2 核心期刊分布

石油工程领域主要研究内容为油气钻探、开采、集输等石油工业过程。该领域内容广泛, 涉及力学、化学、机械、数学等多个领域的基础理论和现代技术^[12], 其发表论文的杂志也很多, 国内石油院校及相关科研单位研究人员普遍认可的石油工程 SCI 收录期刊主要有 26 种, 而国外石油院校所发表论文涉及期刊更广泛^[13]。其中 Web of Science 核心合集数据库中关于石油工程的分类, 每年都会有微小变化, 但 SCI-E 石油工程类别中的论文主要发表在 20 类国内外主要被认可期刊上, 见表 1。

2.3 核心作者分析

研究石油工程的作者共有 36 362 位,其中发文多于 1 篇的作者有 10 558 人,占总作者数的 29%。根据文献计量学的普赖斯定律^[14],领域中核心作者的最低发文数量应满足如下公式:

$$m \cong 0.749 \times \sqrt{n_{\max}} \tag{1}$$

式中: $n_{\max}$ 为最高产作者的发文数量,篇; m 为核心作者发文数量,篇。

由式(1)可以计算出石油工程领域核心作者的最低发文量为 8 篇,即发文量在 8 以上的作者为石油工程的核心作者,共 790 位,占总作者数的 2.17%,此处核心作者包括独作者、第一作者、合作者等。由于核心作者数量较多,表 2 仅列出了石油工程发文量超过 30 篇的作者,共 20 名。根据数据显示,这 20 位核心作者共计发表文章 882 篇,总共被引次数为 5 404,作者来源最多的是俄罗斯(310 篇)、美国(227 篇)、中国(140 篇)。

表 2 全球石油工程发文量在 30 篇以上的核心作者(仅限选定期刊)

Tab. Core authors with 30 or more papers from global petroleum engineering publications (selected journals only)

人名	国家	机构	发文量 /篇	总被引量 /余
Khadzhiev S. N.	俄罗斯	俄罗斯科学院(Russian Acad Sci)	106	594
Sepehrnoori Kamy	美国	德克萨斯大学奥斯汀分校(Univ Texas Austin)	62	496
Maksimov A. L.	俄罗斯	俄罗斯科学院(Russian Acad Sci)	59	265
Kharrat R.	伊朗	石油科技大学(Petr Univ Technol)	56	276
Kabir C. S.	美国	休斯顿大学(Univ Houston)	50	549
Kaiser Mark J.	美国	路易斯安那州立大学(Louisiana State Univ)	48	81
Baghban Alireza	伊朗	阿米尔卡比尔理工大学(Amirkabir Univ Technol)	45	218
Karakhanov E. A.	俄罗斯	莫斯科罗蒙诺索夫国立大学(Moscow MV Lomonosov State Univ)	45	170
Babadagli Tayfun	加拿大	阿尔伯塔大学(Univ Alberta)	38	439
Li Gensheng	中国	中国石油大学(北京)(China Petro Univ Beijing)	38	200
Nasr-el-din H. A.	美国	德克萨斯农工大学(Texas A & M Univ)	37	336
Bahadori Alireza	澳大利亚	南十字星大学(Southern Cross Univ)	36	210
Vinokurov V. A.	俄罗斯	俄罗斯国立石油天然气大学(ImGubkin Russian State Univ Oil & Gas)	36	49
Li Xiangfang	中国	中国石油大学(北京)(China Petro Univ Beijing)	35	387
Liu Huiqing	中国	中国石油大学(北京)(China Petro Univ Beijing)	34	181
Gao Deli	中国	中国石油大学(北京)(China Petro Univ Beijing)	33	157
Yaroslavtsev A. B.	俄罗斯	俄罗斯科学院(Russian Acadsci)	33	121
Kadiev Kh. M.	俄罗斯	俄罗斯科学院(Russian Acadsci)	31	152
Bahadori A.	澳大利亚	南十字星大学(Southern Cross Univ)	30	155
Bai Baojun	美国	密苏里科技大学(Missouri Univ Sci & Technol)	30	368

2.4 研究国家和机构分布

科技论文产出的国家和机构分析利用研究人员快速地辨识全球重要研究力量的分布,对科学研究成果的吸收和科学研究合作有重要的指导意义。^[15]石油工程的研究覆盖 111 个国家/地区,发文量在 10 篇以上的国家和地区有 66 个。其中,中国(4 947 篇)、美国(3 009 篇)、俄罗斯(1 688 篇)和伊朗(1 420 篇)发文量最高,石油工程文献的研究国家分布也显示了这些国家对该领域的重视程度。

进一步统计石油工程文献的发文机构,从 5 053 个

机构中选择最小发文量为 8 篇的机构,总共 490 个机构,进行分析合作网络展示见图 3,节点表示不同的发文机构,节点大小代表发文量的多少,节点越大,发文量越多;不同的颜色代表不同的聚类,同一颜色表明该聚类中的机构联系比较紧密;在社会合作网络中,两个机构连线越多,表示机构和其他机构之间的直接合作越多。节点在图中的位置由其社会网络属性中的中心度决定,网络内节点之间的远近可反映主题内容的亲疏关系^[16-17]。节点之间的距离代表了不同节点的相似度,相似度越高,节点之间的距离越短,越容易形成聚类。

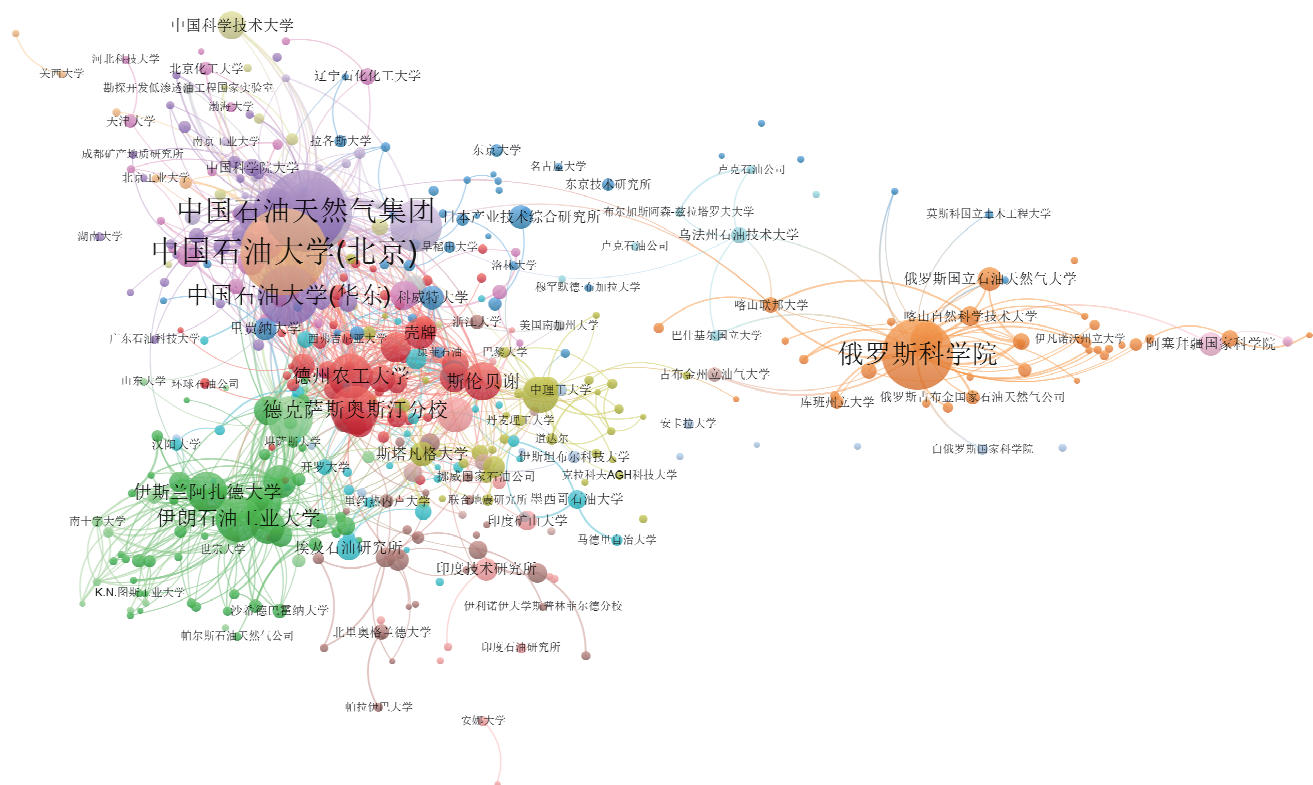


图 3 全球石油工程领域机构合作网络图

Fig. 3 Global network of petroleum engineering institutions

首先,机构合作网络图中有 5 个比较明显的聚类集,分别为中国簇集、美国簇集、伊朗簇集、俄罗斯簇集以及英国簇集。其中以德克萨斯奥斯汀分校为代表的美国簇集位于网络图的正中间,且与其他节点之间的连线比较多,说明与其他机构的合作比较密切,合作机构范围比较广泛,位于石油工程的领军位置。而以俄罗斯科

学院为代表的俄罗斯簇集位置相对比较孤立,位于网络图的右侧,说明其与全球其他机构的合作比较少。其次,从单独机构节点分析,中国石油大学(北京)的节点最大,说明其发文量最多,居全球之首(1 199 篇),中国石油(1 050 篇)、中国石化(816 篇)紧随其后,具体见表 3。

表 3 全球石油工程机构按照发文量的排名表(发文量 TOP 25)(限所选期刊)

Tab. 3 Rank of global petroleum engineering institutions by volume of publications (TOP 25) (selected journals only)

机构	发文量 / 篇	总被引 / 次	均被引 / 次	总合作 / 次	主要关键词
中国石油大学(北京) (China Univ Petr Beijing)	1 199	5 825	4.86	1 049	水力压裂(hydraulic fracture,42),数值模拟(numerical simulation,54),水平井(horizontal well,34)
中国石油天然气集团有限公司 (PetroChina)	1 050	5 855	5.57	1 147	四川盆地(Sichuan basin,59),鄂尔多斯盆地(Ordos basin,55),塔里木盆地(Tarim basin,40),致密油(tight oil,40),页岩气(shale gas,28)
中国石油化工集团有限公司 (Sinopec)	816	3 019	3.7	933	数值模拟(numerical simulation,28),重油(heavy oil,23),提高采收率(enhanced oil recovery,20)
俄罗斯科学院 (Russian Acad Sci)	799	2 852	3.57	334	沥青质(asphaltene,43),重油(heavy oil,32),沸石(zeolite,27)
中国石油大学(华东) (China Univ Petr Huadong)	591	2 744	4.64	488	数值模拟(numerical simulation,27),重油(heavy oil,26),提高采收率(enhanced oil recovery,17)
西南石油大学 (Southwest Petr Univ)	435	1 468	3.37	387	数值模拟(numerical simulation,20),水力压裂(hydraulic fracture,19),页岩气(shale gas,14)
德克萨斯奥斯汀分校 (Univ Texas Austin)	383	3 604	9.41	243	提高采收率(enhanced oil recovery,19),水力压裂(hydraulic fracture,14),润湿性反转(wettability alteration,9)

续表

机构	发文量 / 篇	总被引 / 次	均被引 / 次	总合作 / 次	主要关键词
卡尔加里大学 (Univ Calgary)	332	2 993	9.02	176	重油 (heavy oil, 19), 提高采收率 (enhanced oil recovery, 9), 水力压裂 (hydraulic fracture, 9)
伊朗石油工业大学 (Petr Univ Technol)	327	1 970	6.02	333	沥青质 (asphaltene, 44), 提高采收率 (enhanced oil recovery, 25), 人工神经网络 (artificial neural network, 21)
德州农工大学 (Texas a & m Univ)	320	2 447	7.65	252	水力压裂 (hydraulic fracture, 8), 历史拟合 (history matching, 7), 流线 (streamlines, 6)
伊斯兰阿扎德大学 (Islamic Azad Univ)	265	1 117	4.22	297	神经网络 (neural network, 16), 人工神经网络 (artificial neural network, 16), 遗传算法 (genetic algorithm, 15)
中国地质大学北京 (China Univ Geosci Beijing)	251	1 437	5.73	316	页岩气 (shale gas, 21), 孔隙结构 (pore structure, 12), 煤层气 (coalbed methane, 12)
斯伦贝谢 (Schlumberger)	239	1 270	5.31	189	碳酸盐 (carbonate, 4), CO ₂ 注入 (CO ₂ injection, 3), 提高采收率 (enhanced oil recovery, 3)
中国海洋石油集团有限公司 (CNOOC)	239	772	3.23	349	深水钻井 (deepwater drilling, 8), 聚合物驱 (polymer flooding, 7), 数值模拟 (numerical simulation, 6)
法国国际石油研究所 (Ifp Energies Nouvelles)	206	1 485	7.21	80	油藏模拟 (reservoir simulation, 3), 毛细管压力 (capillary pressure, 2), 提高采收率 (enhanced oil recovery, 2)
中国科学院 (Chinese Acad Sci)	202	1 013	5.01	266	鄂尔多斯盆地 (Ordos basin, 15), 数值模拟 (numerical simulation, 10), 界面张力 (interfacial tension, 9)
阿尔伯塔大学 (Univ Alberta)	201	1 580	7.86	84	重油 (heavy oil, 15), 溶剂注入 (solvent injection, 7), 水力压裂 (hydraulic fracture, 7)
德黑兰大学 (Univ Tehran)	188	1 149	6.11	190	遗传算法 (genetic algorithm, 10), 人工神经网络 (artificial neural network, 9), 渗透率 (permeability, 8)
阿米尔卡比尔理工大学 (Amirkabir Univ Technol)	186	771	4.15	171	人工神经网络 (artificial neural network, 15), 沥青质 (asphaltene, 13), 遗传算法 (genetic algorithm, 8)
谢里夫理工大学 (Sharif Univ Technol)	177	961	5.43	204	提高采收率 (enhanced oil recovery, 10), 沥青质 (asphaltene, 10), 重油 (heavy oil, 10)
莫斯科罗蒙诺索夫国立大学 (Moscow Mv Lomonosov State Univ)	167	582	3.49	138	加氢 (hydrogenation, 18), 沸石 (zeolite, 17), 催化作用 (catalysis, 10)
壳牌 (Shell)	152	872	5.74	872	水力压裂 (hydraulic fracture, 4), 剪切诱导结构 (shear-induced structures, 3), 二次采油 (secondary oil recovery, 3)
俄克拉荷马大学 (Univ Oklahoma)	142	1 689	11.89	94	水力压裂 (hydraulic fracture, 13), 摩擦力损失 (friction pressure loss, 4), 页岩气 (shale gas, 4)
伊朗石油工业研究所 (Res Inst Petr Ind)	140	756	5.4	169	沥青质 (asphaltene, 9), 吸附 (adsorption, 8), 多孔介质 (porous media, 7)
塔林理工大学 (Tallinn Univ Technol)	139	756	5.44	756	油页岩 (oil shale, 19), 热解 (pyrolysis, 5), 含藻岩 (kukersite, 8)

3 石油工程热点主题及研究前沿

3.1 热点主题

关键词是文章研究内容和研究主题的集中体现,对关键词的分析,有利于挖掘领域或专业方向最核心的研究内容,以及研究主题的发展态势^[18]。本文热点主题的分析从关键词频数和关键词中介中心度两个角度进行考量:关键词频数指关键词出现的次数,体现相关研究的成果数量;一个关键词中介中心度越高,说明该关键词对整个网络资源的控制能力就越强,即认为其代表的研究领域比较关键^[19]。对关键词频数排名前 20 的关键

词计算其中介中心度,按照其重要性依次为重油、提高采收率、渗透率、稠油、数值模拟、流变学、水力压裂、水平井、页岩气、催化剂、沥青质、脱硫作用、人工神经网络以及水驱等。

对文章作者提供的 22 254 个关键词进行分析,选择最少出现次数为 12 次的 658 个关键词进行聚类分析,绘制出全球石油工程研究主题聚类时间线图,见图 4。不同的颜色代表不同的聚类集,同一颜色表明该聚类中的关键词相互联系比较紧密。每个聚类内部按主题出现的平均年份沿纵轴从下到上进行排列,各聚类之间则沿横轴按照不同聚类集合从左到右进行排列,节点大小代

表关键词频数,节点越大说明出现次数越多。

图 4 中,横向上是不同关键词形成的聚类簇,可以看出具有比较明显的 8 个聚类集合,横向上从左到右依次为:原油脱硫,沥青质和稠油,水力压裂,提高采收率技术,页岩油或者油页岩,数值模拟,注水、注二氧化碳,重

油开发。纵向上,随着时间的增加,致密油藏压裂,机器学习与支持向量机,油页岩热解,膜分离、过渡金属,致密砂岩压裂,EOR 用纳米粒子、乳状液稳定性,多相流计算流体力学等词是较新出现的关键词,认为其代表的研究领域具有一定前沿性。

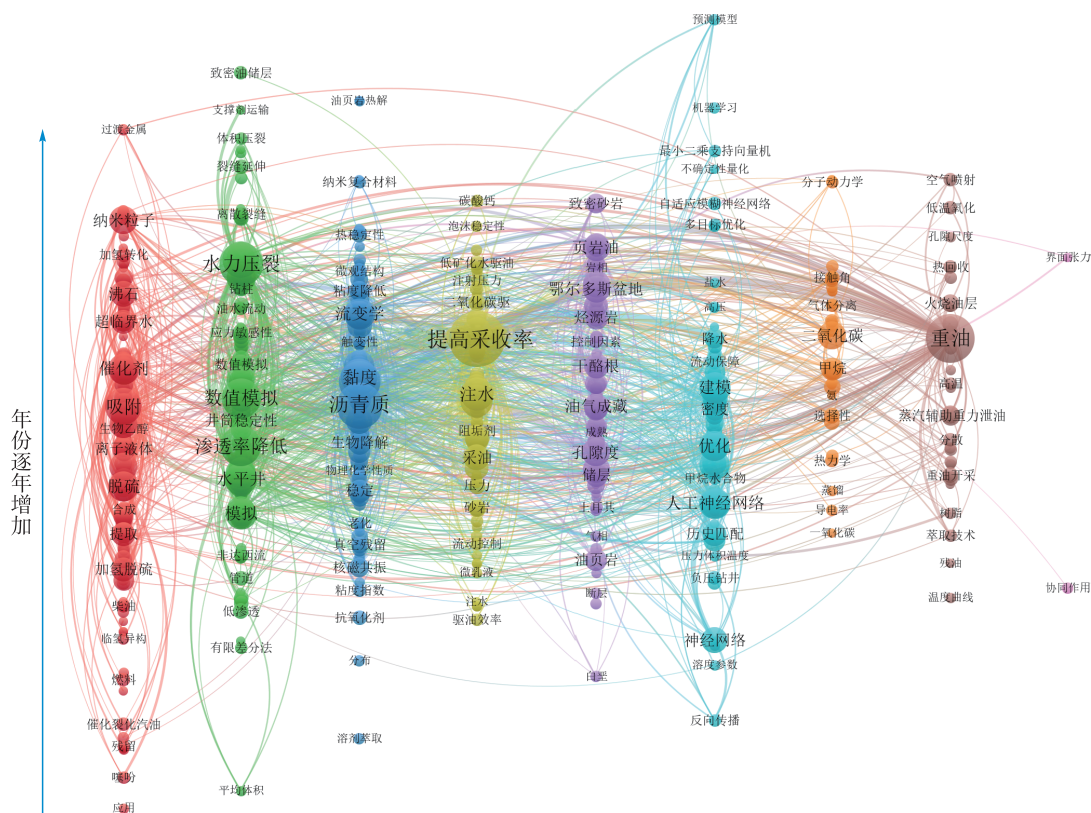


图 4 全球石油工程关键词时间线图(2008 - 2018)

Fig. 4 Time map of global petroleum engineering keywords (2008 - 2018)

3.2 研究前沿

目前对前沿主题的识别方法都强调主题距离当前的时间要近,影响力要大^[20],但领域研究前沿在核心论文数和总被引频次上会相对较小,本研究中采用主题平均时间方法和主题词增长率方法对前沿主题进行综合识别。

主题平均时间方法认为如果一个主题在某个时间范围内,平均时间距离现在越近,那么该主题就很可能是石油工程所关注的前沿主题。但实际中,发现石油工程主题的平均时间比较集中,主题频数的大小与主题的平均年份不相关,为了识别新兴前沿,选择主题平均时间大于或等于 2016 年的词,得到石油工程领域前 20 的前沿主题词,见如图 5。

文献关键词出现频数可以反映相关内容的重要程度,但会忽略一些出现频数不高但是前沿的主题,而主题词增长率可以弥补前沿关键词出现次数少、被引频数少的缺点。因此,对以上得到的重要前沿主题词,进行

2019 年增长率计算,具体见表 5。

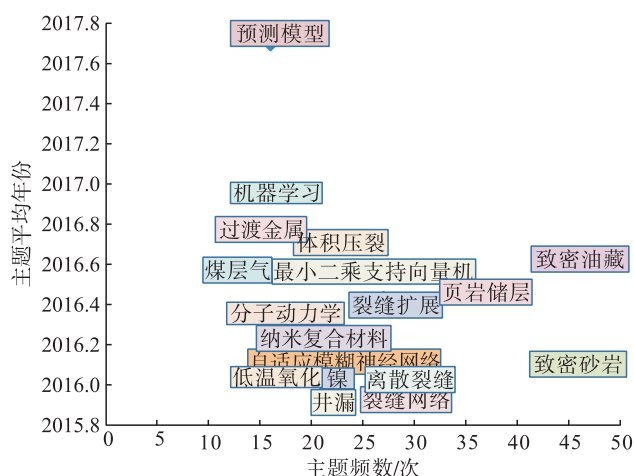


图 5 石油工程领域前沿主题词的频次时间分布图

Fig. 5 Frequency time distribution of petroleum engineering frontier keywords

表5 石油工程领域前沿主题的2019年增长率表(TOP 10)

Tab. 5 Growthrate of petroleum engineering frontier themes in 2019(TOP 10)

主题词	出现频数 /次		增长率 /(%)
	2018 年	2019 年*	
致密油藏(tight oil reservoir)	14	10	43
机器学习(machine learning)	9	14	211
预测模型(predicting model)	15	11	47
致密砂岩(tight sandstone)	16	14	75
井漏(lost circulation)	8	8	100
自适应模糊神经网络(ANFIS)	5	5	100
分子动力学(molecular dynamics)	7	5	43
裂缝扩展(fracture propagation)	8	4	0
离散裂缝(discrete fracture)	3	3	100
裂缝网络(fracture network)	3	3	100

注:2019年只有半年的数据。

研究发现致密油藏、机器学习、预测模型、致密砂岩、井漏、自适应模糊神经网络都是增长率较高的主题词。其中机器学习的增长率最快,同时分析2008-2018年之间发表的17篇关于机器学习的论文,发现中国发文量占比35%,且2019年机器学习的论文篇数迅速增长,2013年伊朗的波斯湾大学(Persian Gulf Univ)最早将机器学习应用于稠油研究,国内中国地质大学于2015年将机器学习应用于测井解释。综上认为机器学习是近年快速发展的研究方向。尤其随着大数据时代的来临,计算机技术的快速发展,人工智能等前沿领域渗入到油气行业已是大势所趋,未来我国石油研究者要对新兴产业引起足够重视,在交叉领域方面投入更多时间和精力,才能占领科学前沿。

4 结论与讨论

通过对石油工程领域SCI-E相关论文的文献计量学分析,得出以下结论。

1)2008-2018年,石油工程的研究论文总体上呈稳步增长的趋势。发文量最多的国家是中国,其次为美国和俄罗斯,中国学者与机构在石油工程领域的国际影响力大幅提高。

2)石油工程领域研究关注点已逐步从常规资源转向了非常规资源的开发,当前研究热点主要为提高采收率、水力压裂、非常规油气资源、重油开发、油藏数值模拟以及原油脱硫。其中非常规油气资源中的页岩油气相关的研究最多,影响力也最大。

3)石油工程未来前沿热点突显出两个方面,分别是非常规油气藏开发和机器学习。随着技术的进步,非常

规资源的开采技术也亟需完善,将成为持续的研究热点。而随着AI人工智能和大数据的推广,必然会在将来很大程度地影响石油工程技术发展,因此两者的交叉领域将是另一个研究前沿热点。

本研究也存在一些局限:石油工程领域的研究热点与前沿中,大多数主题词都是关于油气田开发方向,而关于油气井工程与油气储运方向的较少,分析认为是由于SCI-E中石油工程一类所包含期刊的局限性造成的;石油工程的数据类型是多种多样,就科技文本类型而言,就包含了科技论文、专著、专利、管理制度、法律法规等,但本文仅选择了影响力较高期刊的article和review作为文本类型。石油工程作为一个工科领域,涉及的领域方向较多,发表论文的期刊也较广,不可能穷尽,但以行业内的主要刊物作为研究对象,其结果仍然具有积极意义,今后的研究中将采用更科学有效的方法对数据源进行探讨,以确保结果的有效性。

参考文献:

- [1] 于世花. 基于Incites和Wos的中国石油与天然气工程学科科研绩效分析[J]. 江苏科技信息, 2018, 35(12): 7-10.
Yu Shihua. Analysis of Scientific Performance in Oil and Natural Gas Engineering Based on Incites and Wos [J]. Jiangsu Science & Technology Information, 2018, 35(12): 7-10.
- [2] 高云峰, 徐友宁, 祝雅轩, 等. 矿山生态环境修复研究热点与前沿分析——基于VOSviewer和CiteSpace的大数据可视化研究[J]. 地质通报, 2018, 37(12): 2144-2153.
Gao Yunfeng, Xu Youning, Zhu Yaxuan, et al. An Analysis of the Hotspot and Frontier of Mine Eco-Environment Restoration Based on Big Data Visualization of VOSviewer and CiteSpace [J]. Geological Bulletin of China, 2018, 37(12): 2144-2153.
- [3] 陈云伟. 社会网络分析方法在情报分析中的应用研究[J]. 情报学报, 2019, 38(1): 21-28.
Chen Yunwei. Development of Social Network Analysis (SNA) Using Intelligence Analysis [J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2019, 38(1): 21-28.
- [4] 邵峰, 刘金立, 邵征翌. 基于文献计量学的海洋科学领域发展态势及其前景展望[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(12): 236-239.
Shao Feng, Liu Jinli, Shao Zhengyi. Development Trends and Prospect International Marine Science Based on Bibliometric Analysis [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(12): 236-239.
- [5] 李彬彬, 许明祥, 巩晨, 等. 国际土壤质量研究热点与趋势——基于大数据的CiteSpace可视化分析[J]. 自然资源

- 学报,2017,32(11):1983-1998.
- Li Binbin, Xu Mingxiang, Gong Chen, et al. Hotspots and Trends in International Soil Quality Research [J]. Journal of Natural Resources, 2017, 32 (11): 1983-1998.
- [6] 郑江平,傅天珍,叶兴乾,等.食品科学领域国际合作论文的文献计量分析[J].中国食品学报,2019,19(7):311-318.
- Zheng Jiangping, Fu Tianzhen, Ye Xingqian, et al. Bibliometric Analysis of International Cooperation Papers in the Field of Food Science [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19 (7): 311-318.
- [7] 曾硕勋,冯敏,姜玲.材料科学研究热点与前沿挖掘——以富勒烯为例[J].中国材料进展,2019,38(2):161-166.
- Zeng Shuoxun, Feng Min, Jiang Ling. Research Hot Spots and Fronts Mining of Material Science: A Case Study of Fullerene [J]. Materials China, 2019, 38 (2): 161-166.
- [8] 栾春娟,赵呈刚.基于SCI的基因操作技术国际前沿分析[J].技术与创新管理,2009,30(1):11-13.
- Luan Chunjuan, Zhao Chenggang. Analysis on International Frontier of Genetic Operation Based on SCI [J]. Technology and Innovation Management, 2009, 30 (1): 11-13.
- [9] 冯璐,冷伏海.共词分析方法理论进展[J].中国图书馆学报,2006,32(2):88-92.
- Feng Lu, Leng Fuhai. Development of Theoretical Studies of Co-Word Analysis [J]. Journal of Library Science in China, 2006, 32 (2): 88-92.
- [10] 宋爽.共现分析在文本知识挖掘中的应用研究[D].南京:南京理工大学,2006.
- Song Shuang. The Application of Co-Occurrence Analysis in Text Knowledge Mining [D]. Nanjing: Nanjing University of Science & Technology, 2006.
- [11] 李纲,吴瑞.国内近十年竞争情报领域研究热点分析——基于共词分析[J].情报科学,2011,29(9):1289-1293.
- Li Gang, Wu Rui. Analysis on Hotspot of Competitive Intelligence Field in China During 10 Years—Based on Co-Word Analysis [J]. Information Science, 2011, 29 (9): 1289-1293.
- [12] 刘晓鸣.石油与天然气工程学外文核心期刊研究[J].情报杂志,2001,20(7):69-70.
- Liu Xiaoming. Research on the Foreign Language Core Journals of Petroleum and Natural Gas Engineering [J]. Journal of Information. 2001, 20 (7): 69-70.
- [13] 王飞,宁正福.石油工程领域国外SCI收录期刊研究[J].大学教育,2016(1):29-30.
- Wang Fei, Ning Zhengfu. Research on Foreign SCI Journals in the Field of Petroleum Engineering [J]. University Education, 2016 (1): 29-30.
- [14] 钟文娟.基于普赖斯定律与综合指数法的核心作者测评——以《图书馆建设》为例[J].科技管理研究,2012,32(2):57-60.
- Zhong Wenjuan. Evaluation About the Core Authors Based on Price Law and Comprehensive Index Method—Take Journal of Library Development as an Example [J]. Science and Technology Management Research. 2012, 32 (2): 57-60.
- [15] 李杰.安全科学结构及主题演进特征研究——基于Web of science的科技文本知识单元共现分析的探索[D].北京:首都经贸大学,2016.
- Li Jie. Science Structure and Topics Evolution of Safety—Based on Co-Occurrence of Knowledge Unite in Web of Science Literature [D]. Beijing: Capital University of Economics and Business, 2016.
- [16] 陈旭,刘春红,高长春,等.中国金融扶贫研究前沿热点与演进脉络[J].武汉金融,2019(6):47-52.
- Chen Xu, Liu Chunhong, Gao Changchun, et al. Frontier Hot Spot and the Evolution Vein of China's Financial Poverty Alleviation Research [J]. Wuhan Finance, 2019 (6): 47-52.
- [17] Chen Chaomei, Hu Zhigang, Liu Shengbo, et al. Emerging Trends in Regenerative Medicine: A Scientometric Analysis in CiteSpace [J]. Expert Opinion on Biological Therapy, 2012, 12 (5): 593-608.
- [18] 曹学伟,高晓巍,陈锐.基于文献计量分析的基因编辑技术发展研究[J].全球科技经济瞭望,2018,33(4):60-72.
- Cao Xuewei, Gao Xiaowei, Chen Rui. Analysis of International Development Trend of Gene Editing Technology Based on Bibliometrics [J]. Global Science, Technology and Economy Outlook. 2018, 33 (4): 60-72.
- [19] 史文强,孔昭君,吴珊,等.基于Citespace知识图谱的军民融合研究热点与趋势分析[J].西华大学学报(哲学社会科学版),2019,38(4):76-90.
- Shi Wenqiang, Kong Zhaojun, Wu Shan, et al. Research Hotspots and Trend of Military-Civilian Integration Based on Knowledge Mapping of CiteSpace [J]. Journal of Xihua University (Philosophy & Social Sciences), 2019, 38 (4): 76-90.
- [20] 许晓阳,郑彦宁,赵筱媛,等.研究前沿识别方法的研究进展[J].情报理论与实践,2014,37(6):139-143.
- Xu Xiaoyang, Zhen Yanning, Zhao Xiaoyuan, et al. Progress in Research on Research Front Identification Methods [J]. Information Studies: Theory & Application, 2014, 37 (6): 139-143.