

基于专利计量的页岩气技术发展态势分析

李维波, 赵蕴华, 孟浩

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要: 页岩气的开发和利用, 有助于降低我国对国外能源的依赖, 保障能源安全, 同时也符合我国调整和优化能源结构的趋势, 对减少温室气体的排放、落实碳减排承诺具有显著的促进作用。我国页岩气的勘探开发尚处于起步阶段, 本文对 Innography 专利数据库中页岩气技术领域相关的专利数据进行统计, 并对数据进行整理、挖掘和分析。基于专利产出成果, 从专利申请趋势、技术来源国与目标市场、专利权人、专利技术类型等角度深入分析全球页岩气技术领域专利的整体产出情况、主要研究机构、重点技术领域和战略布局情况, 为页岩气产业发展提供参考。

关键词: 低碳发展; 页岩气技术; 专利分析; 战略布局

中图分类号: TE122 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2017.02.009

《巴黎协定》在 2016 年 11 月 4 日正式生效, 对 2020 年之后全球应对气候变化做出了具有法律约束力的安排, 表明绿色低碳发展方向已成为全球主要趋势。天然气燃烧与煤炭相比, 可减少约一半的二氧化碳排放^[1]。随着我国强化大气污染治理, 大力推行清洁低碳发展战略和积极推进新型城镇化建设, 天然气必将在调整和优化能源结构中发挥更大作用。国务院发布《能源战略发展行动战略行动计划(2014—2020 年)》, 提出到 2020 年天然气占我国一次能源消费比重达到 10% 以上的具体目标^[2]。

2015 年全球天然气产量为 9.68 亿立方米/天, 到 2040 年将增加到 15.68 亿立方米/天, 页岩气将成为天然气产量增长最主要的驱动因素, 从 2015 年的 1.19 亿立方米/天增加到 2040 年的 4.75 亿立方米/天, 将占世界天然气产量的 30%^[3,4]。2015 年, 中国页岩气产量为 0.014 亿立方米/天; 2040 年, 中国页岩气预计超过全国天然气总量的 40%, 中

国将成为世界上仅次于美国的第二大页岩气生产商^[3,4]。据 2015 年国土资源部资源评价最新结果, 我国页岩气可采资源量为 22 万亿立方米, 居世界第一^[5]。2016 年, 国家能源局公布的《页岩气发展规划(2016—2020 年)》提出, 大幅度提高页岩气产量, 2020 年力争实现页岩气产量 300 亿立方米的规划目标^[6]。

大力勘探开发页岩气, 不但有助于我国降低对外部能源的依赖, 同时也符合我国能源发展大趋势, 减少温室气体的排放, 落实碳减排承诺。我国页岩气的勘探开发尚处于起步阶段, 对页岩气技术领域的专利进行分析, 有助于了解全球页岩气技术的发展趋势和竞争态势, 为我国页岩气产业发展提供参考。

1 页岩气定义及勘探开发历程

页岩气赋存于富有机质泥页岩及其夹层中, 具有自生自储的特征, 常以吸附和游离状态为主, 成分主要为甲烷, 是一种清洁、高效的能源和化工原

第一作者简介: 李维波(1989—), 男, 博士, 主要研究方向为竞争情报学、低碳能源、石油地质学等。

项目来源: 国家科技支撑计划课题“专利信息支撑科研项目管理应用示范”(2013BAH21B05)、国家科技图书文献中心重大专项服务项目“深地资源勘查开采重点专项服务”(2016)和“科技创新对生态文明建设贡献的评估方法体系与应用示范项目”(2016YFC0503400)。

收稿日期: 2017-02-03

料, 主要用于居民燃气、城市供热、发电、汽车燃料和化工生产等^[7]。

美国是全球页岩气勘探开发最早、最成功的国家。1821年, 在美国东部钻到了泥盆纪页岩, 其成为北美的第一页岩气井, 但当时产气量非常少, 并未引起重视^[7-9]。1863年, 在伊利诺斯盆地泥盆系和密西西比层系中也发现了页岩气。1926年, 阿巴拉契亚盆地泥盆系页岩气已经形成工业生产, 成为当时世界上最大的天然气田^[7]。20世纪60年代末, 美国能源部提出了一项重新评估国内天然气资源的计划, 增加对页岩气地质、地球化学、开发工程等方面的研究, 获得了大量科研理论研究成果。1997年, 迈克尔(Michael)能源公司应用减阻水压裂与水平井技术创新工艺, 并整合了多种技术和方法, 使得页岩气成本下降了2/3。1979到1999年, 美国页岩气年产量增加了7倍^[7], 产量达到100亿立方米^[10]。

2000年, 美国首次实现了页岩气的商业化开采, 并成为美国增速最快的初级能源^[12]。2005年, 美国页岩气井超过3.5万口, 产量约为227亿立方米, 占天然气总产量的4.5%^[11]。2006年, 页岩气在总产量占比提高到8%^[12]。2009年, 德国、法国、英国、波兰、奥地利、瑞典都启动了页岩气勘探开发计划^[13]。2011年, 英国宣布在英格兰西北部发现了页岩气田, 预测页岩气储量约5.7万亿立方米^[14]。2010年美国页岩气产量超过1379亿立方米, 占全国天然气年总产量的23%, 超过俄罗斯成为全球第一大天然气生产国。2011年产量达到1800亿立方米, 2013年产量达到3100亿立方米。据美国能源信息管理局(EIA)称, 2015年美国水力压裂井的数量增至30万口, 水力压裂井的油气产量增至430万桶/日, 约占美国油气生产总量的50%^[4](见图1)。

我国页岩气资源调查起步较晚, 受北美页岩气

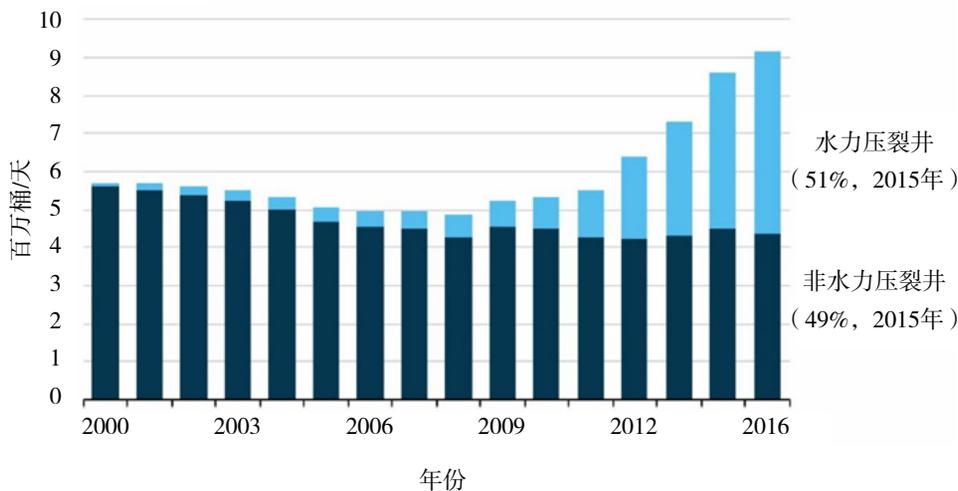


图1 2000—2015年美国原油产量及开采方式^[4]

的影响, 从2002年开始关注页岩气, 在四川盆地威远构造、松辽盆地古龙凹陷、辽河拗陷等相继发现和开采过泥岩油气藏^[15-17]。2006—2012年, 国企资源部油气中心联合国内石油公司, 高效开展了国内页岩气勘探开发的前期调查技术准备, 进行了初步资源潜力研究和选区评价工作。2011年, 国土资源部将页岩气正式列为新发现矿种。2012年, 在四川盆地涪陵焦石坝地区进行的古生界海相页岩勘探首次取得战略性突破并进行了商业开采, 2014

年5月建成11亿立方米的产能, 2015年生产能力达到50亿立方米。

2 专利申请总体态势分析

利用Innography检索平台, 对页岩气技术相关专利进行了检索, 检索到相关专利申请量为19222件(检索日期2017年1月23日)。从申请年、技术来源国与目标市场、专利权人、专利技术类型等角度, 深入分析了页岩气技术专利的整体产出情况、

国家竞争情况、机构竞争情况以及发展趋势。

从页岩气开采技术相关专利申请态势来看, 1896年加拿大最早出现页岩气技术相关专利。1970年以前, 页岩气技术相关专利申请量较少, 年申请量不超过22件。1971年开始, 页岩气技术相关的申请量开始增多, 由最初的34件逐渐增加

到1986年的75件; 1987年, 页岩气技术领域年申请量达到112件, 自此到2000年页岩气技术年专利申请量稳步增长, 年专利申请量基本均在100件以上(见图2)。

2000年开始, 由于页岩气技术的突破, 水平压裂技术导致了页岩气革命。页岩气实现商业开

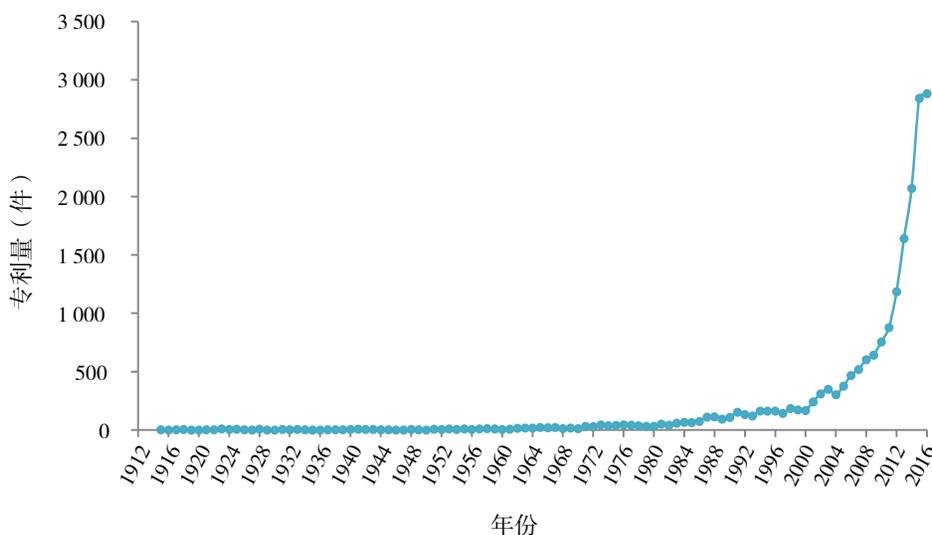


图2 页岩气技术领域专利逐年申请情况

采, 页岩气技术专利申请量开始大幅增长。2001年页岩气技术专利申请相关专利242件, 2003年陡增到350件, 2011年达到879件(见图2)。近年来页岩气相关技术研发越发火热, 专利申请量呈陡增的态势, 2014年申请相关专利2072件, 2015年申请相关专利2844件, 2016年申请页岩气技术相关专利2882件。从图2中, 可以发现页岩气相关技术研发十分活跃, 处于快速增长期。

3 国家竞争态势分析

3.1 专利来源国分析

专利技术来源国体现各个国家在这一技术领域的研发实力, 专利申请地体现该地技术领域专利申请量, 可表明对市场的抢占情况和专利布局情况。从图3页岩气领域主要国家专利申请量可以看出, 美国是页岩气技术领域研发实力最强的国家, 专利申请量累计达9569件, 远超其他国家, 并且注重全球布局, 至少有3954件专利在全球其他目标市场申请。美国是世界上最早进行页岩气资源勘探开

发的国家, 页岩气勘探开发的发展速度惊人。2004年, 美国页岩气井仅有2900口, 到2009年, 页岩气生产井数达到了98590口, 页岩气产量超过878亿立方米, 2011年仅新建页岩油气井数就达到了10173口^[18]。美国也是全球页岩气产量和使用量最大的国家。美国燃煤发电在2008年以前很长一段时间里占总发电量的50%以上。2009年以来, 随着廉价页岩气的开发, 与煤炭相比, 天然气的竞争力不断提高, 加上政府实施更加严格的环境法规, 煤电比例下降。据美国能源信息署报告, 2016年美国天然气发电比例达到33%, 首次超过煤电比例(预计32%)。

中国页岩气技术实力较强, 累计专利申请量达4252件, 仅次于美国(见图3), 但仍低于全球所有国家以中国为目标市场的专利申请数量4614件, 表明国外机构重视在中国的专利申请。与美国的页岩气勘探开发相比, 中国的页岩气开发起步较晚。2006年初, 中国石油天然气集团公司组织专家调查四川盆地资源量。我国页岩气可采资源量达22万亿立方米, 居世界首位, 但页岩气作为一种

新兴的非常规能源, 需要大量技术、资金和人员投入^[19]。中国页岩气资源的开发刚刚起步, 经验匮乏, 技术不成熟, 其发展还需进一步探索。俄罗斯、加

拿大、英国、日本、德国、法国、韩国和澳大利亚是页岩气领域全球专利申请量排名第 3 到 10 名的技术来源国 (见图 3)。

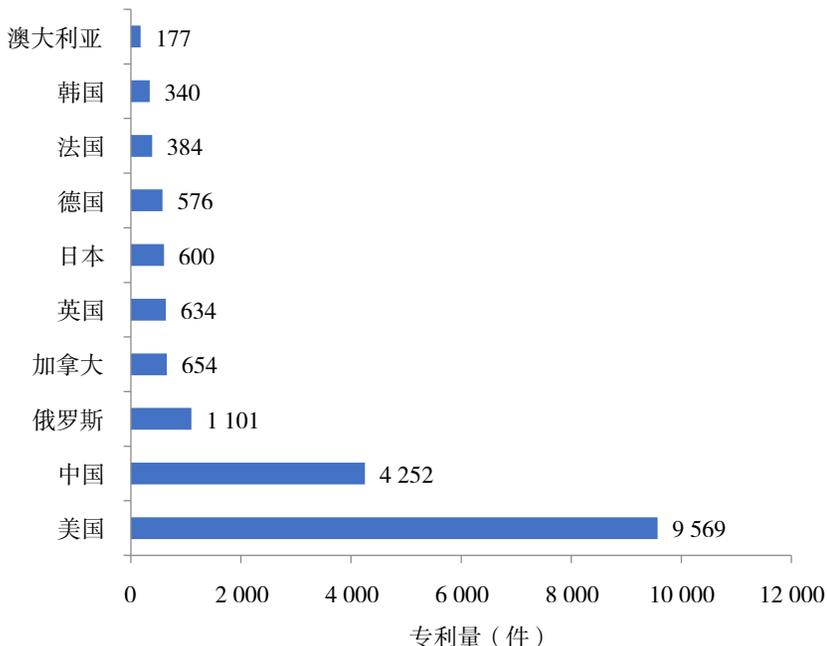


图 3 页岩气技术领域全球专利前 10 技术来源国分布

3.2 专利申请地分析

美国仍是页岩气技术领域专利申请量最多的国家, 达到 5 616 件, 与技术来源于美国的专利量 9 569 件相比, 存在很大的差距, 表明美国非常重视页岩气技术领域全球布局, 在其他国家或者世界

知识产权组织 (WIPO) 申请了很多专利 (见图 4)。在中国申请的页岩气技术专利达 4 614 件, 多于中国的专利申请量 4 252 件, 表明国外比较看重中国未来的页岩气的勘探开发, 提前进行相关专利技术的布局。

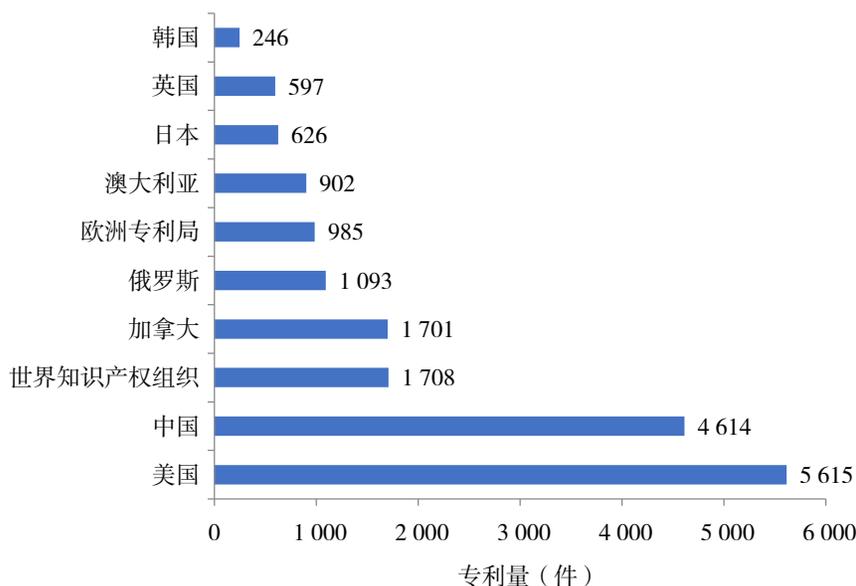


图 4 页岩气技术领域全球主要专利申请地分布

世界知识产权组织和欧洲专利局是全球性的技术产权保护组织，在其申请专利可扩大专利影响和效益，也是页岩气技术领域专利申请量较大的目标市场，2005年至2016年专利申请量快速增加，表明各机构非常重视在全球范围内保护其技术成果（见图5）。其中，美国在世界知识产权组织中专利申请量达1 201件，占总申请量的70%，进一步说明其研发实力的雄厚（见图4）；虽然技术来源于中国的专利量达4 252件，但中国在世界知识产权组织中专利申请量仅有26件，占总申请量的0.6%，与美国相比还有巨大差距，之后须增强在

国外布局，扩大专利技术的影响力，在世界范围内保护知识产权。

4 主要国家专利申请趋势分析

美国页岩气技术与全球的趋势类似，在1983—1999年专利量均在20~50之间，页岩气技术发展相对稳定。2000年，页岩气勘探开发取得突破，页岩气专利量由2000年的54件陡增至2002年的138件；2003年至2009年，美国页岩气技术专利量保持相对稳定的增长态势（见图6）。近年来，即使油价在低位徘徊，美国页岩气专利申请量也一

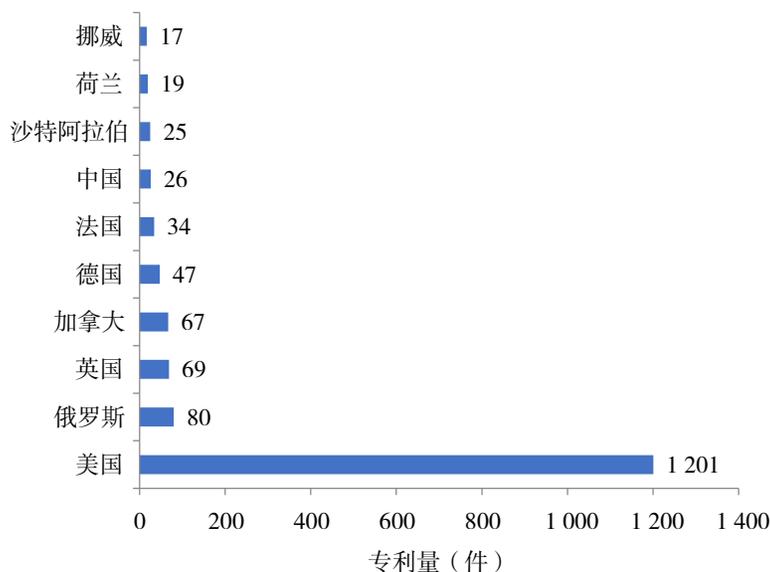


图5 世界知识产权组织中页岩气技术领域专利来源国分布

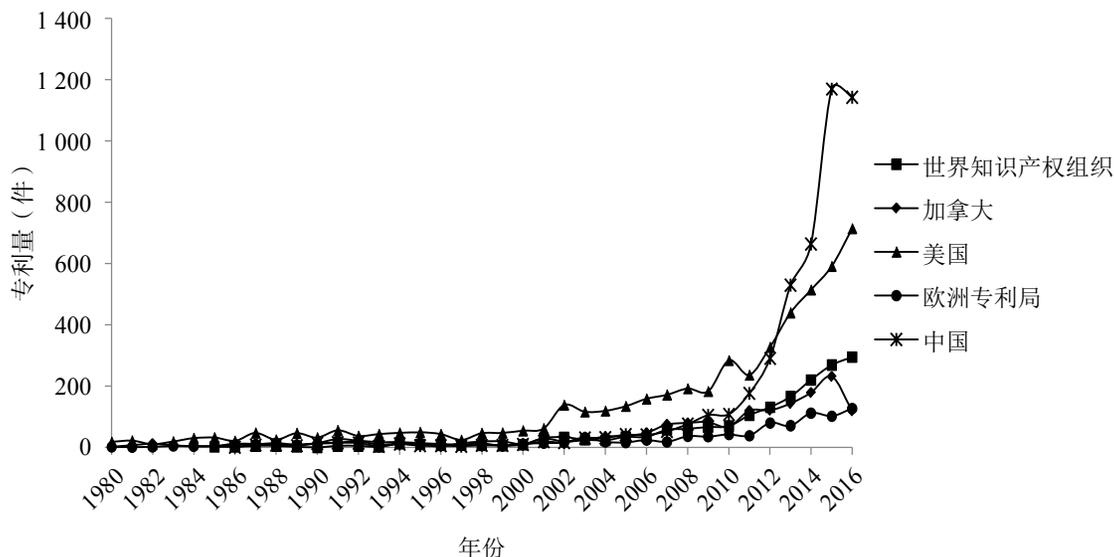


图6 页岩气技术领域主要目标市场专利逐年申请情况

直在快速增加, 2014 年达到 514 件, 2015 年达到 591 件, 2016 年达到 714 件。

中国页岩气勘探开发起步较晚, 直到 2003 年开始快速增加, 由 30 件增加到 2009 年的 105 件。2010 年开始, 由于国内对页岩气勘探开发重视程度的加大, 页岩气技术领域研究投入也逐渐加大, 专利申请量开始陡增, 由 108 件增加到 2015 年的 1 170 件 (见图 6), 2016 年, 中国页岩气专利量为 1 142 件。

加拿大页岩气勘探开发较早, 1896 年加拿大就有页岩气技术相关专利申请。1989 年以前, 加拿大页岩气领域专利申请量较低, 专利量在 15 件以内。1990—2005 年, 加拿大页岩气技术相关专利数量开始增多。自 2006 年开始, 加拿大页岩气

技术领域专利量开始快速增加, 由 47 件增加到 2015 年的 231 件。

5 机构竞争态势分析

5.1 全球机构竞争态势

从图 7 主要机构的专利申请量可以看出, 全球油气巨头均在页岩气技术领域具有相关专利布局。斯伦贝谢有限公司、哈里伯顿公司和贝克休斯公司是全球三个专利量突破 1 000 的机构, 远超其他机构。中国石油天然气集团公司和埃克森美孚公司是全球专利量突破 400 件的机构。威德福国际公司、雪佛龙股份有限公司、中国石油化工股份有限公司、荷兰皇家壳牌公司和巴斯夫有限公司是全球页岩气领域专利申请量排名第 5 到 10 位的机构, 企业研发实力较强。

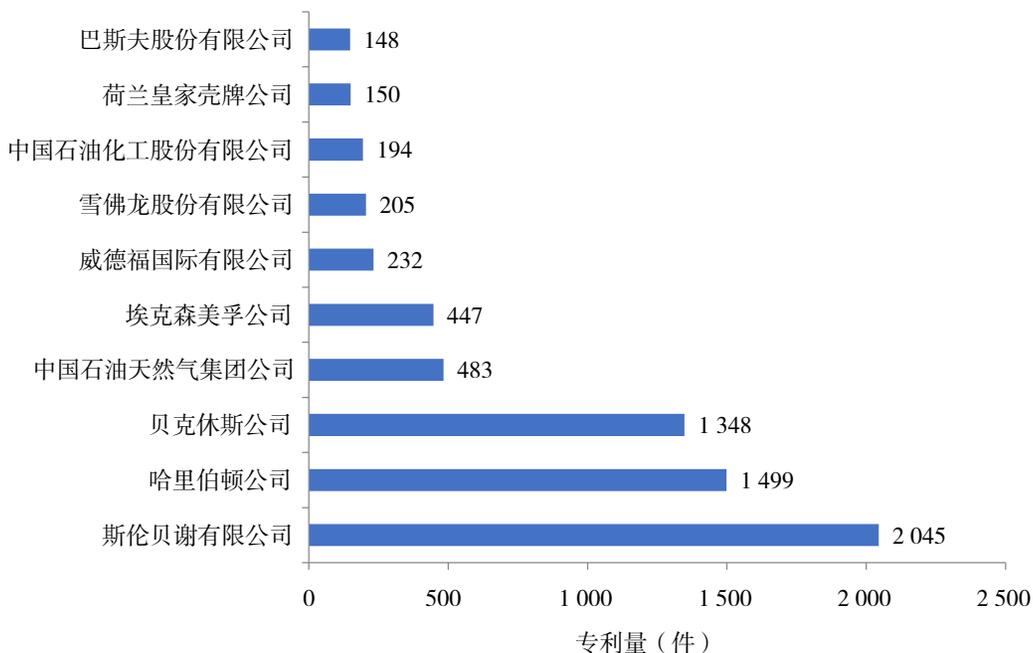


图 7 页岩气技术领域世界主要机构专利数量

5.2 中国主要机构态势分析

各机构在中国页岩气技术领域专利申请情况可以看出, 中国页岩气技术研发由中国石油天然气集团公司和中国石油化工股份有限公司主导, 累积申请专利量分别为 483 件和 194 件 (见图 8)。国内领先的页岩气技术研发机构以大学、研究所等科研院所为主, 排名前 10 的机构中有 5 所大学。此外, 斯伦贝谢有限公司和贝克休斯公司等世界领先的国外油气巨头企业, 均在中国页岩气技术领域布局,

均看好中国页岩气的前景。中国石油大学在研究院所中, 页岩气技术领域专利量最多, 达到 108 件。中国企业和高校在技术领域研发中, 需加强合作, 提升产学研水平。

6 技术领域发展态势分析

从图 9 可以看出: E21B 43/00 (从钻井中获取石油、天然气、水、水溶性或可燃性材料或矿物泥浆的方法或设备) 专利申请量最高, 达到 3 739 件;

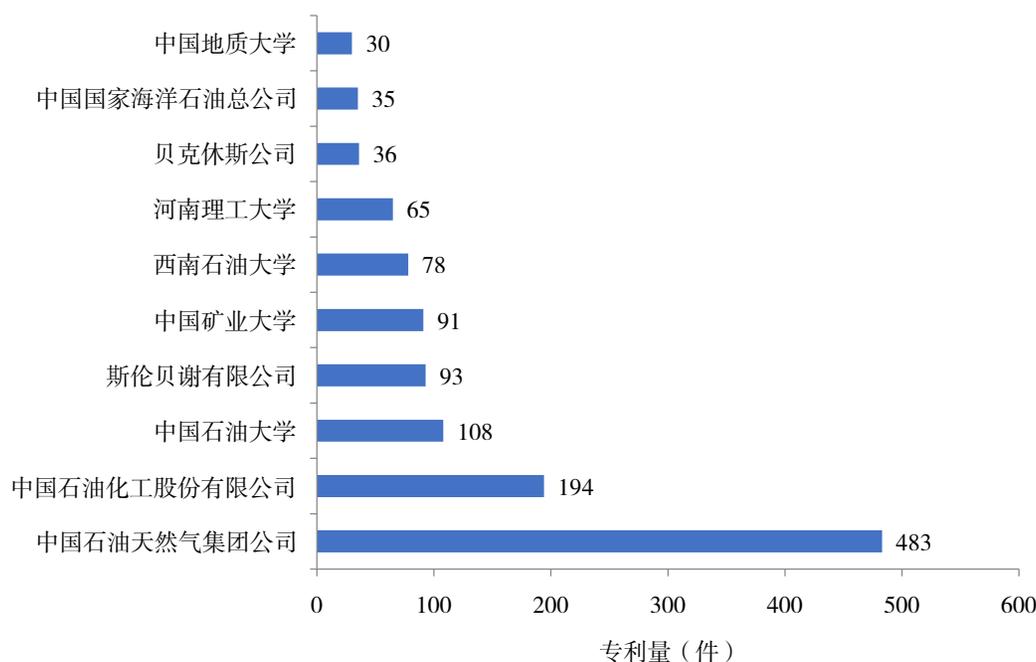


图8 页岩气技术领域中国主要机构专利数量

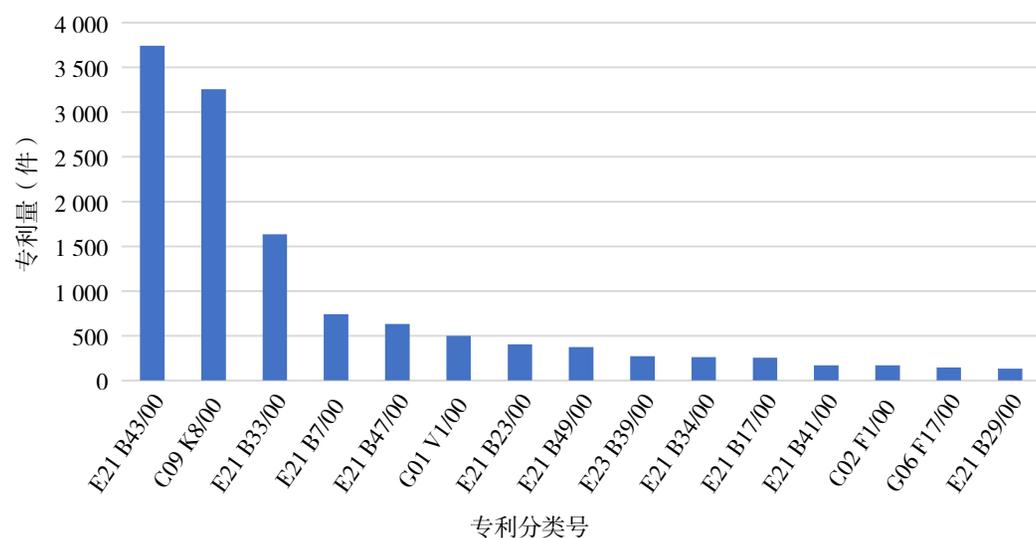


图9 页岩气技术领域 IP 分类特征

其次为 C09 K8/00（钻井处理过程或方式），其中水平井钻探和压裂技术是页岩气取得突破的关键技术，相关专利量达 3 255 件；E21B 33/00（密封或填料钻孔）专利量达到 1 633 件。另外，E21B 7/00（用于钻井的特殊方法或装置）、E21B 47/00（钻孔或钻井调查）、G01 V1/00（地震或声波等物探手段）、E21B 23/00（钻井过程中各种辅助设备）、E21B 49/00（检测钻孔壁性质）、B23 B39/00（通

用钻机或成套钻井设备）、E21B 34/00（钻井阀门安装）和 E21B 17/00（钻杆）是全球页岩气领域专利量超过 200 件的技术方向，分别为 741、631、497、403、373、272、259 和 255 件。E21B 41/00（钻井所需零散的设备）、C02 F1/00（地层水处理方式）、G06 F17/0（数字化或数据处理设备或方法）和 E21B 29/00（分割套管等）是全球页岩气技术领域专利申请量靠前的其他技术方向。

7 结论与认识

(1) 近年来, 尽管国际油价持续下跌, 特别是 2014 年呈现暴跌的趋势, 由 2014 年的 120 美元 / 桶左右下跌到 2016 年年初的不足 30 美元 / 桶, 但页岩气技术领域相关研发十分活跃, 专利申请量处于快速增长的趋势。美国、中国、加拿大等页岩气资源丰富的国家专利申请量都呈现快速增长的态势, 世界知识产权组织和欧洲专利局也是页岩气技术领域主要的专利申请目标市场。这表明各国都非常重视页岩气领域技术创新, 以智能化和低成本为主要特征的技术革命是页岩气技术创新的主要方向。我国应把握页岩气领域技术研发趋势, 加强对国际前沿技术的监测, 注重国际间交流与合作, 实现国内页岩气产业技术革命。

(2) 美国是页岩气技术领域研发实力最强的国家, 并且注重在全球其他目标市场的布局。我国页岩气领域专利量居世界第二, 但在世界知识产权组织中专利申请仅占总申请量的 0.6%, 我国须重视在世界知识产权组织中的专利申请, 扩大专利技术的影响力, 在世界范围内保护知识产权。

(3) 国际油气巨头企业主导了页岩气技术领域的研发, 均有相关专利布局, 斯伦贝谢有限公司、哈里伯顿公司和贝克休斯公司是页岩气技术领域研发实力最强的机构。我国页岩气技术研发由中国石油天然气集团公司和中国石油化工股份有限公司主导, 大学等科研院所也具有较强的研发实力, 企业和大学间须加强合作, 促进科技成果转化。

(4) E21B 43/00 (从钻井中获取石油、天然气、水、水溶性或可溶性材料或矿物泥浆的方法或设备) 和 C09 K8/00 (钻井处理过程或方式) 是页岩气领域专利申请量最大的技术方向。将人工智能、纳米科技等现代化技术手段运用于页岩气勘探开发是目前研发的重点。智能化勘探开发技术体系将颠覆未来页岩气勘探开发服务格局、业务模式和成本。■

参考文献:

- [1] 陈莉, 李文硕, 谭振刚, 等. 天然气供热对二氧化碳排放量的影响 [J]. 煤气与热力, 2013, 33 (3): 26-28.
- [2] 国务院办公厅. 能源发展战略行动计划 (2014—2020 年) [R]. 北京, 2014.

- [3] Energy Information Administration. International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040[R]. Washington DC: EIA, 2016.
- [4] Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 2016 With Projections to 2040[R]. Washington DC: EIA, 2016.
- [5] 于德福. 我国油气地质与可采资源量大幅增加 [N]. 中国国土资源报, 2016-06-14.
- [6] 国家能源局. 页岩气发展规划 (2016—2020 年) [R]. 北京, 2016.
- [7] Curtis J B. Fractured shale-gas systems[J]. Aapg Bulletin, 2002, 86 (11): 1 921-1 938.
- [8] 邹才能. 非常规油气地质 [M]. 北京: 地质出版社, 2011: 151-159.
- [9] 孙赞东. 非常规油气勘探与开发 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2011: 865-975.
- [10] Shirley K. Global depths have great potential[J]. AAPG Explorer, 2002, 23 (10): 16-35.
- [11] Bustin R M. Gas shale tapped for big pay[J]. AAPG explorer, 2005, 26 (2): 5-7.
- [12] Warlick D. Gas shale and CBM development in North America[J]. Oil and Gas Financial Journal, 2006, 3(11): 1-5.
- [13] 刘贵洲, 张琴. “页岩气热”促进中俄天然气合作 [J]. 国际石油经济, 2013, 21 (3): 21-26.
- [14] 邹才能, 董大忠, 王社教, 等. 中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力 [J]. 石油勘探与开发, 2010, 37 (6): 641-653.
- [15] 陈章明, 张树林, 万龙贵. 古龙凹陷北部青山口组泥岩构造裂缝的形成及其油藏分布的预测 [J]. 石油学报, 1988, 9 (4): 7-15.
- [16] 徐福刚, 李琦, 康仁华, 等. 沾化凹陷泥岩裂缝油气藏研究 [J]. 矿物岩石, 2003, 23 (1): 74-76.
- [17] 王德新, 江裕彬. 在泥页岩中寻找裂缝油、气藏的一些看法 [J]. 西部探矿工程, 1996 (2): 12-14.
- [18] 胡可一. 新需求能缓解过剩产能吗 [J]. 中国船检, 2015 (1): 27-28.
- [19] 杨光. 天然气供给缺口与页岩气的发展现状 [C]. // 全国博士后管理委员会. 2010 中国博士后低碳经济与洁净能源科技与发展学术论坛论文集, 大连, 全国博士后管理委员会和中国科学院人事教育局, 2010: 275-283.

Analysis on Development Trend of Shale Gas Technologies Based on Patent Bibliometrics

LI Wei-bo, ZHAO Yun-hua, MENG Hao

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: Exploration and utilization of shale gas will assist to reduce dependence on foreign energy and ensure energy security. It's suitable to the trend of adjustment and optimization of energy structure and reduce greenhouse gas emissions, promoting the carbon reduction commitment. The exploration and utilization of shale gas in China is still in its infancy. This paper firstly implements statistics on the patent data associated with shale gas technology in the Innography patent database, and then data sorting, data mining and analysis. Based on the patent output results, it makes a deep analysis on the overall global patent output, major research institutions, key technology and strategic layout in shale gas technology from the perspective of the patent application trends, technology source and the target market, the patent holder and patent technology types, which provides a reference for development of the shale gas industry.

Key words: low carbon development; shale gas technology; patents analysis; strategic layout

(上接第41页)

Research on Technology Innovation of American Fourth Generation Aeroengine Based on Patent Analysis

LIANG Qin-qin, GUO Chen

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: This paper analyzes the technology innovation of the American fourth-generation aeroengine, on the basis of patent data which are applied in America and collected by Derwent Innovation Index (DII) between 1990 and 2016, and the technology development trend, participating enterprises and research focus are also discussed. Results shows that the American fourth generation aeroengine has evolved from military to civil, the technology has developed from performance improving to cost saving. The research mainly focuses on the improvement of aeroengine blade structure, and large aviation enterprises are major technology innovators.

Key words: America; aeroengine; patent analysis; technology innovation