

深层钻井技术专利市场研究

赵蕴华, 苑朋彬, 李维波

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要:当前随着地表矿床的发现率快速下降, 油气发现难度日益加大, 如何采用深层钻井技术, 加大对深层、超深层油气资源的勘探开发力度, 已成为国际社会可持续发展的战略问题。利用德温特专利数据, 从时间、空间、内容这三大角度进行挖掘统计。研究发现当前深层钻井技术已经进入缓慢发展阶段。钻井液、抗磨钻头等技术是各国研究的热点, 中、美两国是深层钻井技术的研究大国, 在研发侧重点上, 中国在钻孔测量等方面的研究、美国在钻床刀具等方面的研究均有待加强。

关键词:深层油气资源; 钻井技术; 专利分析; 技术热点

中图分类号: G306 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2019.04.010

当前近地表矿床的发现率快速下降, 中浅层油气勘探开发难度不断提高, 油气发现难度日益加大, 向地球深部寻找更多的资源已成为全球矿业发展的趋势^[1]。深层油气勘探开发获得了广泛关注^[2]。国际上将储层埋深在 4 500~6 000 米的油气田定义为深层油气田, 储层埋深超过 6 000 米的油气田定义为超深层油气田^[3]。据 2013 年美国调查公司 (IHS) 统计, 全球深层油气的新增储量呈明显增长趋势, 全球已发现深层油气田 861 个, 其中超深层油气田 122 个。深层探明储量原油 115.5 亿吨、天然气 76 亿吨 (油当量), 分别占全球油、气总储量的 3.3% 和 3.2%^[4]。由于深层油气田多发育高温、高压、高酸性油气藏, 存在钻井事故多、碳酸盐岩缝洞型存储层易涌易漏、致密油气存储层质量差等问题, 对钻井技术要求较高, 需要发展安全、快速钻井, 以及油气层保护等关键技术。

中国在 2017 年石油消费总量达到 5.790 亿吨, 原油净进口量达到 4.151 亿吨, 超过美国成为全球最大的原油进口国。中国原油对外依存度升至 72.3%, 远超 50% 的对外依存度警戒线, 能源供应

风险持续加大^[5]。如何采用深层钻井技术, 加大对深层油气资源的勘探开发力度, 发展深地资源勘探开采关键核心技术, 已成为中国经济社会可持续发展的战略问题。

从技术角度出发, 当前对深层钻井技术发展全貌的定量研究较少, 专利作为集经济、法律、技术为一体的信息载体, 能够从一定程度反映技术发展的概况。本文通过专利分析手段, 了解深层钻井技术的发展趋势和竞争态势, 以期为我国深层资源勘探开采技术的发展提供数据参考。

1 数据来源及研究方法

深层钻井技术主要包括深层钻机及配套装备、井口与防喷器、油管管材与钻杆、井下破岩技术、井下动力钻具、超高温钻井液等关键技术。

本研究基于 Web of science 专利检索平台, 对深层钻井技术相关专利进行检索。检索方式采用“IPC 分类号 + ‘关键词’ 分类号”进行组合检索; 数据分析采用 TDA 数据分析工具对专利数据进行清洗和整理, 最终共检索得到相关专利申请量为 12 017 件。

第一作者简介: 赵蕴华 (1967—), 女, 研究馆员, 主要研究方向为重点科技领域研究。

项目来源: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“重点科技领域深度分析与研究” (ZD2017-01)。

收稿日期: 2019-03-15

通过对专利数据进行整理和分析,从专利时间、空间、内容分布这三大角度全面揭示了深层钻井技术的专利技术应用公开趋势、技术公开国家/来源国家、技术研发组织机构、技术研究方向等相关内容,期望为深层钻井技术的发展提供数据支持。

2 深层钻井技术专利分布

2.1 专利时间分布

深层钻井技术是衡量一个国家和地区钻井水

平的重要标志之一。世界范围内深层钻井技术发展始于 20 世纪 30 年代末^[6],相关专利可追溯到 20 世纪 60 年代初,如图 1 所示。由专利申请到公开有 18 个月的延迟期,且数据检索时间截止到 2018 年 8 月,所以 2018 年数据仅供参考。

从图 1 全球深层钻井技术专利申请公开趋势来看,目前深层钻井技术的发展过程可以大致分为 3 个时期:萌芽期(1960—2000 年)、快速发展期(2000—2013 年)和缓慢成长期(2013—2018 年)。

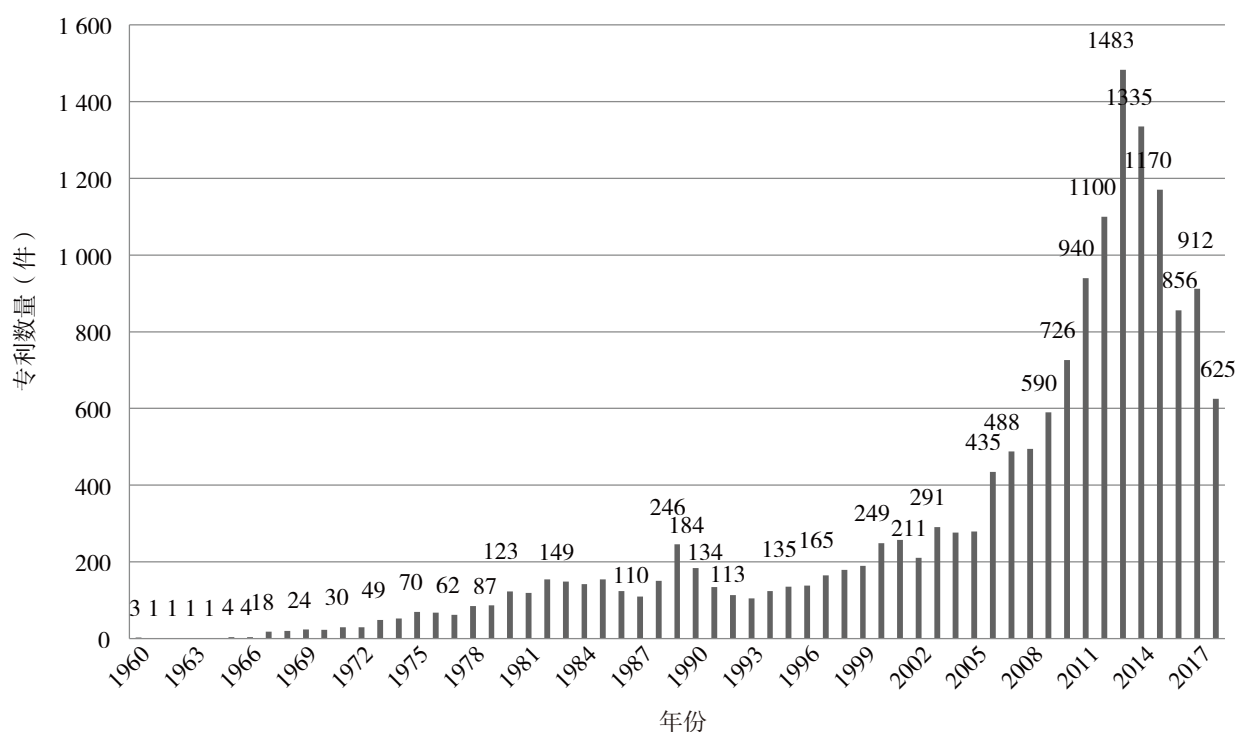


图 1 全球深层钻井技术专利申请公开趋势

在 1960—2000 年,关于深层钻井技术的专利较少,相关专利年均申请量基本保持在 200 件以下;2000—2013 年,深层钻井技术专利申请量迅速增加,专利年均增长保持在 200 件以上,并在 2013 年达到专利申请量的顶峰 1 483 件,此时期通过多年不断探索和技术积累,逐渐形成了以深井及超深井安全钻进、井壁稳定、套管安全下入及保护、固井、取心等为代表的配套技术,技术获得了快速的发展;2013—2018 年,专利申请数量有所回落,深层钻井技术进入到一个缓慢发展的阶段,在此期间,国内外在深井机械钻速、钻井周期、单井钻头用量

等方面都取得了很大进步,完成了一批高难度的复杂深井^[7]。

2.2 专利空间分布

2.2.1 技术公开国家/组织

技术公开国家/组织专利申请量高低反映了该国家/组织受市场关注的程度。从图 2 可以明显看出,深层钻井技术专利公开国家/组织之间存在明显的技术差距。

公开国家中,中国和美国是专利申请公开排名前两位的国家,专利申请数量分别达到 5 713 件和 3 807 件,是专利市场公开大国。美国于 1938 年

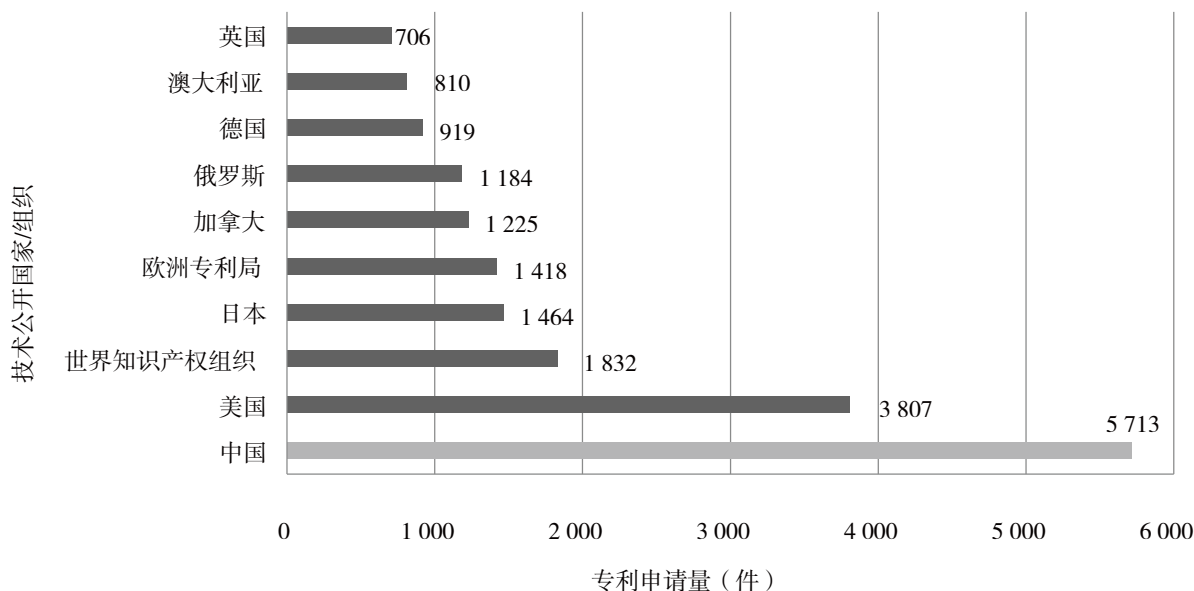


图2 全球深层钻井技术专利公开申请排名前10的国家/组织

钻成世界上第一口4 573米的深井,开启了深层钻井技术的基础研究。中国深层钻井技术起步较晚,始于20世纪60年代,1966—1975年间,分别在大港油田、胜利油田等油田打成了4口超过5 000米的深井;1976—1985年,完成了100多口深井,其中两口井深超过7 000米;进入21世纪,平均井深6 000~7 000米;2017年平均井深已达7 000米~8 000米^[8]。公开组织中,世界知识产权组织(WIPO)和欧洲专利局的专利公开申请量均排名前5位,分别达到1 832件和1 418件,从侧面反映出各国对国际PCT专利申请的热情度较高;其次日本、加拿大、俄罗斯、德国、澳大利亚也是深层钻井技术的主要公开申请地,专利申请量均达到700件以上。

总体来看,中国深层钻井技术起步虽然较美国晚,但专利公开总量最多,侧面体现出中国专利市场的重要地位。

2.2.2 技术来源国家

技术来源国专利申请量高低体现了各国家在深层钻井技术领域的真实研发实力,全球深层钻井技术专利申请排名前10的优先权国家如图3所示。可以看出,全球深层钻井技术专利优先权国家之间同样存在明显的实力差距。

深层钻井、超深层钻井技术是一项复杂的系统

工程,目前世界上掌握深层钻井、超深层钻井技术的国家已达80多个。而根据专利技术来源国分布,当前深层钻井技术的研发大国主要是中国和美国,专利分别达到5 189件和3 206件,两国所申请的专利量占总体的69.37%,远超其他国家,是该技术领域的实力大国。专利申请排名前5且数量超过1 000件的其他两个国家分别为日本和俄罗斯,专利申请量分别为1 094件和1 026件。俄罗斯从20世纪60年代开始进行超深井科学钻井,并在70年代至80年代初期,解决了高强度铝合金钻杆及套管等关键技术,钻井技术有了很大的进步;而日本拥有先进的深层钻井技术系统,研发实力雄厚。

全球范围内,中国、美国、日本、俄罗斯、加拿大等各国对深层钻井技术研发均持有积极态度,这大力推动了深层钻井技术的发展。

2.2.3 技术研发机构

表1统计了全球深层钻井技术专利公开申请排名前10的组织机构,从组织机构所属国家角度分析,中国机构7家,美国机构2家,阿联酋机构1家;从组织机构所属类型角度分析,公司型组织8家,大学2家。

中国机构中,以中国石油天然气集团公司(专利量564件)、中国石油化工公司(专利量427件)等为代表的企业组织,在油气开采等方面均已经形成

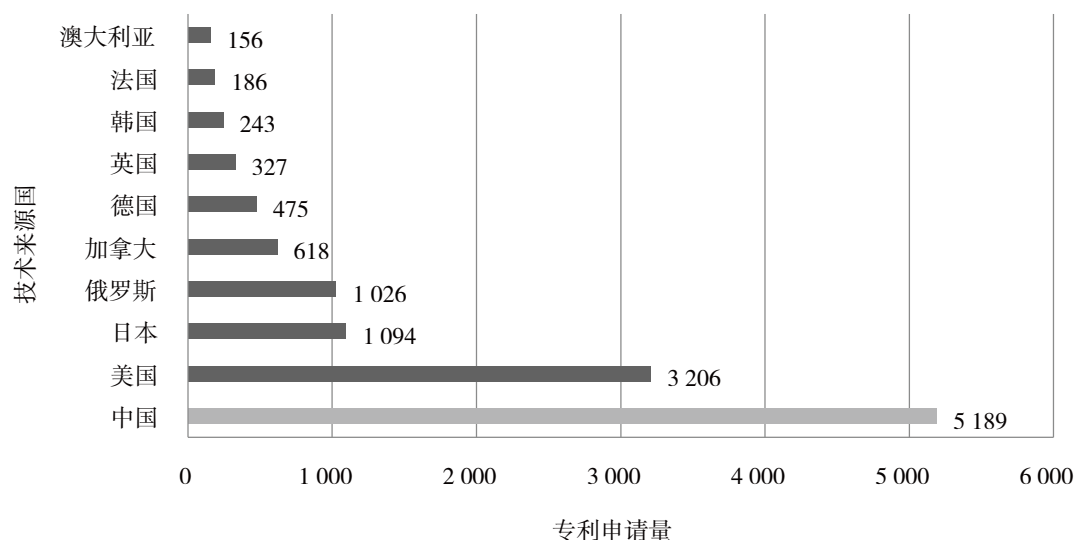


图 3 全球深层钻井技术专利申请排名前 10 的优先权国家

表 1 全球深层钻井技术专利申请排名前 10 的组织机构

排名	专利权人	机构名称	专利量(件)	国家
1	CHINA NATIONAL PETROLEUM CORPORATION	中国石油天然气集团公司	564	中国
2	CHINA PETROCHEMICAL CORPORATION	中国石油化工公司	427	中国
3	HALLIBURTON COMPANY	哈里伯顿公司	278	阿联酋
4	SHANGHAI SHENKAI PETROLEUM & CHEMICAL EQUIPMENT CO., LTD	上海神开石油化工装备股份有限公司	238	中国
5	BAKER HUGHES	贝克休斯公司	211	美国
6	SCHLUMBERGER	斯伦贝谢公司	200	美国
7	CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM	中国石油大学	191	中国
8	JIANGSU HONGTAI PETROCHEMICAL MACHINERY CO., LTD	江苏宏泰石化机械有限公司	183	中国
9	SOUTHWEST PETROLEUM UNIVERSITY	西南石油大学	131	中国
10	TIANJIN PIPE INTERNATIONAL ECONOMIC & TRADING CORPORATION	天津钢管集团股份有限公司	111	中国

了自己的技术优势。如中国石油天然气集团公司于 2017 年在煤层气、页岩油气、致密油气等领域获得新的勘探成果,关键配套技术不断创新^[9]。中国石油化工公司西北油田于 2018 年第三次成功钻出亚洲第一深井(井深 8 450 米),标志着西北油田已经全面掌握了世界领先的超深井钻井技术^[10]。大学

机构如中国石油大学和西南石油大学早在 2006 年就已经合作加入到中国石化承担的“超深井钻井技术研究”这一国家重点科技攻关课题,研究产出 13 项创新成果、超深井钻井 6 大技术系列,为中国开发区块的钻探提供了强有力的技术支撑^[11];国外机构中,以哈里伯顿公司(专利量 278 件)、贝克

休斯公司(专利量 211 件)、斯伦贝谢公司(专利量 200 件)为代表的实力型公司,在油气田勘探、开发和钻井设备、服务方面均占有独特的优势,极大地推动了全球深层钻井技术的发展。

从整体专利公开申请数量排名来看,中国研发水平已经赶超国外水平,并且重视加强校企之间的合作,研究水平处于技术领跑阶段。

2.3 专利内容分布

2.3.1 技术热点研究方向

技术分类号是微观、细致的技术分类,通过对

多件专利的不同技术分类号进行统计分析,可以从微观角度揭示技术研究的侧重点。由图 4 可以看出,排名前 10 的技术分类号主要集中在以 C09K(不包含在其他类目中的各种应用材料)、E21B(土层或岩石的钻进)和 B23B(车削;镗削)为代表的技术小类下。

随着油气勘探开发逐渐向深层、深水发展,对井下工具、仪器、材料和工艺等均提出了新的要求。通过对专利申请量排名前 10 的技术分类号进行归纳整理,可知目前深层钻井技术主要集中

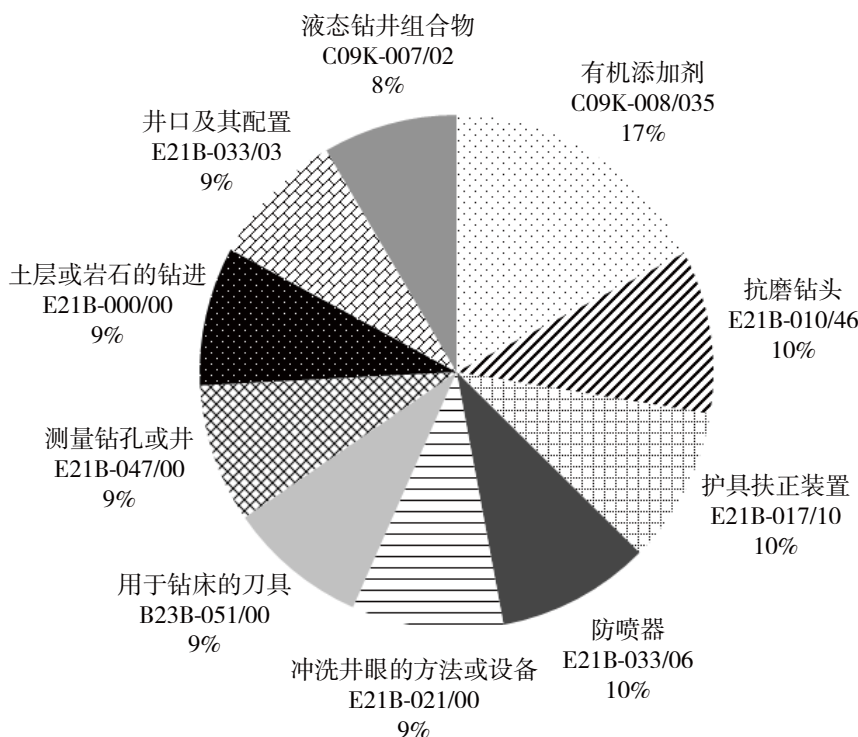


图 4 全球深层钻井技术排名前 10 的技术分类号分布图

在钻井液(C09K-008/035、C09K-007/02)、钻头(E21B-010/46)、井下仪器和导向装置(E21B-017/10、E21B-021/00、E21B-047/00)、钻床刀具(B23B-051/00)和井口配置(E21B-033/06、E21B-033/03)这几大技术研究方向。钻井液方面,水基、合成基是重点突破的领域;钻头关键技术在于解决轴承密封和润滑油等问题;井下仪器和导向装置关键技术包括井下传感器、电子元器件、密封技术和井下电源等^[12]。

2.3.2 各国技术研发重点

图 5 显示了排名前 5 的技术来源国在技术研究热点上的分布情况,可以看出不同技术来源国在深层钻井技术领域的研发重点存在一定的差异。

中美两国作为专利申请大国,在排名前 10 的技术方向均具有较高的专利申请量,且研发偏重点有所不同。中国的专利申请主要涉及有机添加剂(C09K-008/035)、护具扶正装置(E21B-017/10)、防喷器(E21B-033/06)几个重要方向;美国的专

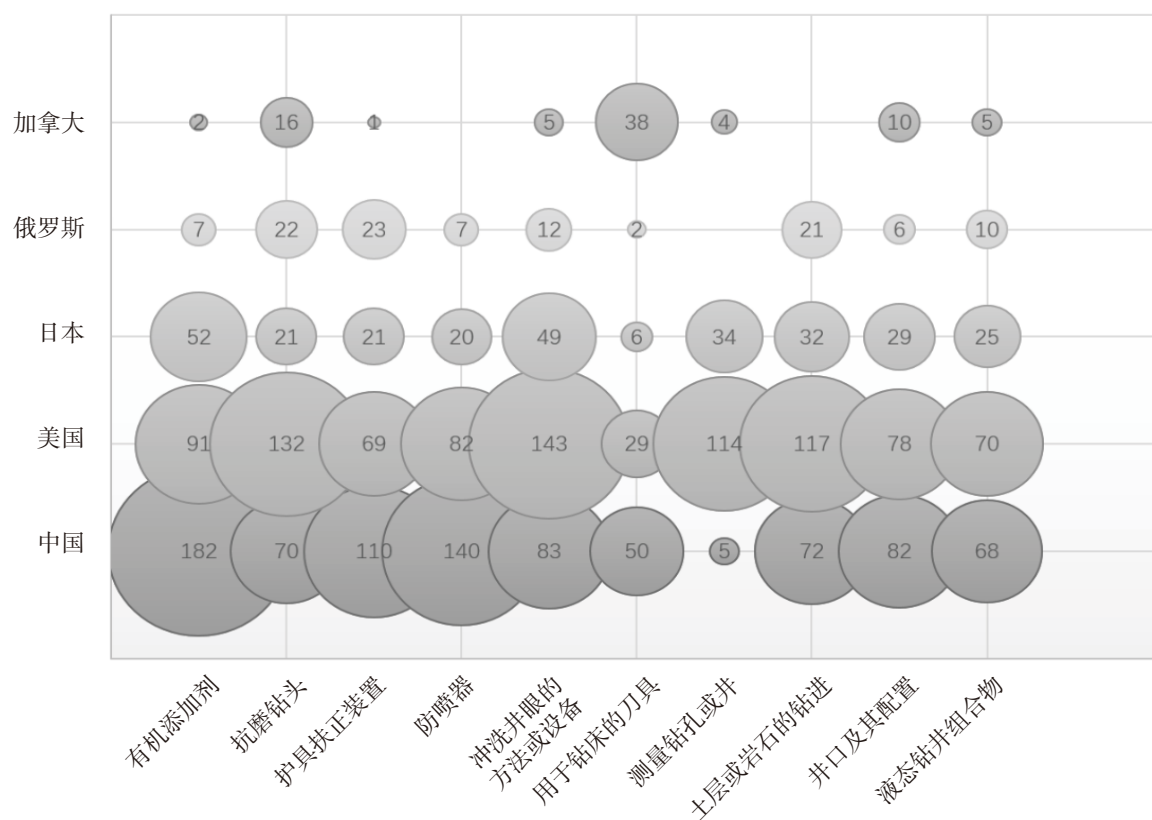


图5 各国深层钻井技术研发重点

利申请主要涉及抗磨钻头（E21B-010/46）、冲洗井眼的方法或设备（E21B-021/00）、测量钻孔或井（E21B-047/00）等技术方向，并且已形成了自己的研发优势。另外日本比较注重有机添加剂、冲洗井眼的方法或设备等方面的研究；俄罗斯注重抗磨钻头、护具扶正装置等方面的研究；加拿大注重钻床刀具方面的研究。

上述国家均有自己研发的侧重点，并积极申请相关专利，以中美两国为代表的深层钻井技术大国，研发侧重点均有不同。中国在测量钻孔或井方面的研究、美国在钻床刀具等方面的研究属于研发薄弱环节，有待加强。

3 结论

通过对全球深层钻井技术领域专利市场进行研究，发现当前深层钻井技术整体处于缓慢增长阶段。本文从专利时间、空间、内容这三大角度出发，全面揭示了全球深层钻井技术的发展概况，最终总结出以下5点结论，以期为深层钻井技术的发展提

供数据支持。

（1）深层钻井技术发展经历了三个时期：萌芽期（1960—2000年）、快速发展期（2000—2013年）和缓慢成长期（2013—2018年），国内外在深井机械钻速、钻井周期、单井钻头用量等技术方面都取得了很大进步，完成了一批高难度的复杂深井。

（2）中国作为深层钻井技术专利申请大国，技术起步虽然较美国晚，但专利公开总量最多，凭借5 713条专利领跑全球。美国、日本、俄罗斯、加拿大等国都在积极地进行技术研发，极大地推动了深层钻井技术的发展。

（3）当前排名靠前的技术研究组织中，中国机构居多，且实力较强，从机构合作项目来看，中国重视加强企业、大学机构之间的合作，研究水平处于技术领跑阶段。

（4）全球范围内，深层钻井技术研究方向主要集中在钻井液、钻头、井下仪器和导向装置、钻床刀具、井口配置这5大方面。

(5) 钻井液、抗磨钻头等均是各国研究的热点,但在具体的有机添加剂、护具扶正装置、防喷器等技术分支方面,中国研究实力较强;在钻头、冲洗井眼的方法或设备、测量钻孔或井等方面,美国研究实力强于中国。■

参考文献:

- [1] 王艳辉. 深部金属矿产资源地球物理勘查及应用[J]. 工程技术: 全文版, 2017(1): 223-224.
- [2] 何志文. 地球物理技术在页岩气勘探中的应用[J]. 工程技术: 全文版, 2016(7): 308.
- [3] 郭旭升, 郭彤楼. 四川盆地元坝超深层生物礁大气田高效勘探及关键技术[J]. 科技成果管理与研究, 2014(12): 68-71.
- [4] 张光亚, 马锋, 梁英波, 等. 全球深层油气勘探领域及理论技术进展[J]. 石油学报, 2015, 36(9): 1156-1166.
- [5] 田春荣. 2017年中国石油进出口状况分析[J]. 国际石油经济, 2018(3): 10-20.
- [6] 黄娟, 叶德燎, 韩彧. 超深层油气藏石油地质特征及其成藏主控因素分析[J]. 石油实验地质, 2016, 38(5): 635-640.
- [7] 贾平军, 郑毅. 中国石油钻井技术发展综述[J]. 钻采工艺, 2009, 32(1): 1-6.
- [8] 中国石化胜利油田. 历时5年, 完钻井深终破8000米[EB/OL]. (2017-12-24) [2019-03-01]. http://slof.sinopec.com/slof/news/com_news/20171214/news_20171214_402229156880.shtml.
- [9] 中国石油. 勘探与生产[EB/OL]. (2017-12-31) [2019-03-01]. http://www.cnpc.com.cn/cnpc/ktysc/ktysc_index.shtml.
- [10] 中国石油新闻中心. 中国石化西北油田再钻亚洲第一深井[EB/OL]. (2018-09-20) [2019-03-01]. <http://news.cnpc.com.cn/system/2018/09/20/001705544.shtml>.
- [11] 中国石化. 超深钻井技术课题通过国家验收[EB/OL]. (2012-05-24) [2019-03-01]. http://www.sinopecgroup.com/group/xwzx/gsxw/20120524/news_20120524_323440000000.shtml.
- [12] 国外钻井现状及新技术 - 高温高压钻井技术进展[EB/OL]. (2017-07-08) [2019-03-01]. <http://www.docin.com/p-1968967969.html>.

Patent Market Research on Deep Drilling Technology

ZHAO Yun-hua, YUAN Peng-bin, LI Wei-bo

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

Abstract: With the rapid decline in the discovery of surface deposits, the difficulty of oil and gas discovery is increasing. How to apply deep drilling technology and strengthen the exploration and development of deep and ultra-deep oil and gas resources has become a strategic plan for the sustainable development of the international community. this paper from three perspectives of time, space and content, finds that the current deep drilling technology has entered a slow development stage. Drilling fluid and anti-wear drill are the hot spots of research. China and the United States are two major countries in deep drilling technology research, the research on measuring drilling in China and the research on drilling tools in the United States need to be strengthened.

Key words: deep oil and gas resources; drilling technology; patent analysis; technology hot spots