

深层油气藏改造与开发技术 专利计量分析



中国地质调查局地学文献中心·中国地质图书馆

石油天然气能源经过长达百年的开采，全球中浅层油气勘探开发程度不断提高，近地表矿床发现率快速下降，全球深层油气的新增储量呈明显增长趋势，深层油气勘探开发越来越被广泛关注，深地资源已成为我国经济社会可持续发展的战略资源保障。

深层油气藏一般埋藏深，具有高温高压、低孔低渗、非均质性强等特征，本研究从深层油气藏改造与开发技术角度出发，重点关注深部储层精细描述与油气藏建模技术、超深部高温高压油气藏开发技术、深层油气驱替技术、提高采收率技术、提高改造注入技术、耐高温系列解堵材料、深层裂缝型储层堵水体系及多轮次注入工艺、油井深抽优化设计技术及工况诊断软件、深层碳酸盐岩储层有效性评价及预测技术、深层储层改造等技术领域的专利，通过对德温特创新索引（Derwent Innovation Index, DII）专利数据库¹中收录的与之相关的专利数据进行检索分析（专利检索时间 2018 年 10 月 31 日，合并去重后最终得到专利数量为 3557 件²），探讨深层油气藏改造与开发技术的发展趋势、区域分布、重点技术领域和主要申请机构的专利战略布局等内容。

1 技术发展趋势

从技术发展趋势来看（图 1），全球深层油气藏改造与开发技术的专利申请量总体呈上升趋势。2003 年以前每年专利申请量变化较小，整体呈缓慢上升趋势。2003 年以后专利申请量快速增长，2016 年达到峰值。技术发展共分为三个阶段：1966-1997 年，深层油气藏改造与开发技术处于萌芽期，专利申请数量和专利申请人数量均缓慢增长；1998-2012 年处于成长期，专利申请数量和专利权人数量快速增长；2013-2016 年处于相对成熟期，有不少机构退出该领域的研究，但专利申请数量保持增长。

¹德温特创新索引数据库（Derwent Innovation Index, DII）收录了来自全球 40 多个专利出版机构（涵盖 100 多个国家）的超过 1,800 万条基本发明专利，3,890 多万条专利情报，数据回溯到 1963 年，是目前全球最权威的专利文献数据库。

² 由于专利申请到公开有 18 个月的滞后期，且德温特数据库录入数据信息也有一定延误，故 2016-2018 年数据仅供参考。

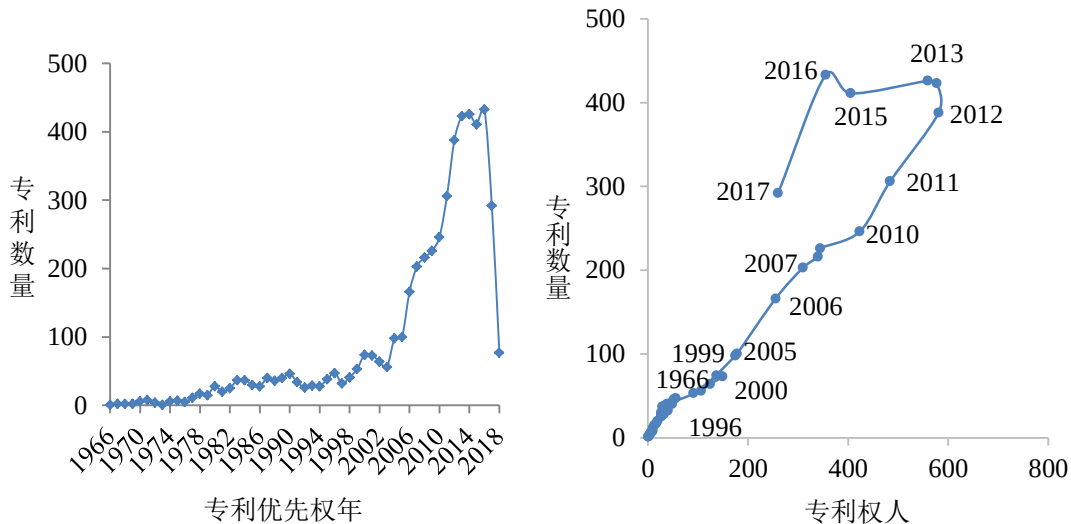


图 1 技术发展趋势（左）与技术生命周期（右）

2 区域分布

从主要国家竞争态势来看（图 2），全球深层油气藏改造与开发技术专利主要分布在美国、中国、俄罗斯、加拿大等国家。主要技术来源国专利年申请量总体呈上升态势。

美国对深层油气藏改造与开发技术的研发一直占有领先优势，2000 年之前，相比其他国家每年零散的专利成果产出特点，美国专利数量相对较多且稳定，说明在进行持续的研发活动，具有不断累积的技术优势；2003 年以后，美国加大对技术研发力度，专利数量快速增长，于 2013 年达到峰值，随后有所下降。

中国起步较晚，2008 年以来专利申请数量保持快速增长，进入 21 世纪以来伴随着勘探理论和工程技术的巨大进步，我国在四川盆地、塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、准噶尔盆地、松辽盆地等地区的深层碳酸盐岩、碎屑岩或火山岩等油气勘探领域均有重大突破，目前 2017 年专利数量仅次于美国，具备一定的技术积累与研发优势。

加拿大早期专利数量一直较少，至 2003 年专利数量大幅度增长，2013 年达到峰值，后期与美国趋势相一致。

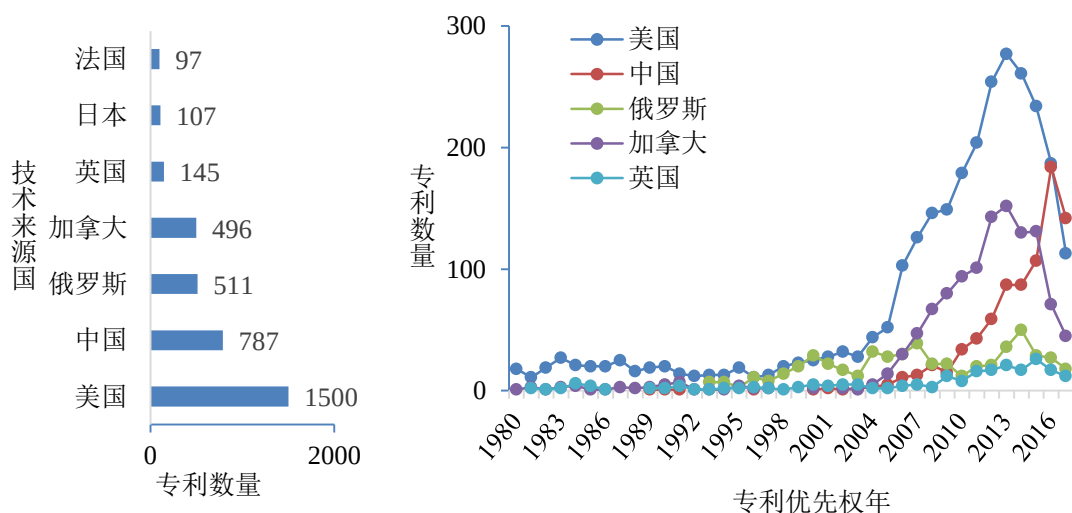


图2 技术来源国（左）及年度趋势分布（右）

从主要目标市场来看（图3），深层油气藏改造与开发技术以美国、中国、世界知识产权组织和加拿大等为主，在各个主要市场布局的发展趋势几乎同步。2000年以前，技术发展缓慢，各个目标市场的专利申请量表现持续且稳定，美国较为突出；2003年以后，各目标市场的专利数量均快速增长，美国的专利数量领先于世界知识产权组织、加拿大紧随其后，均于2013年左右达到专利数量的峰值。中国市场起步较晚，2016年专利数量达到峰值。

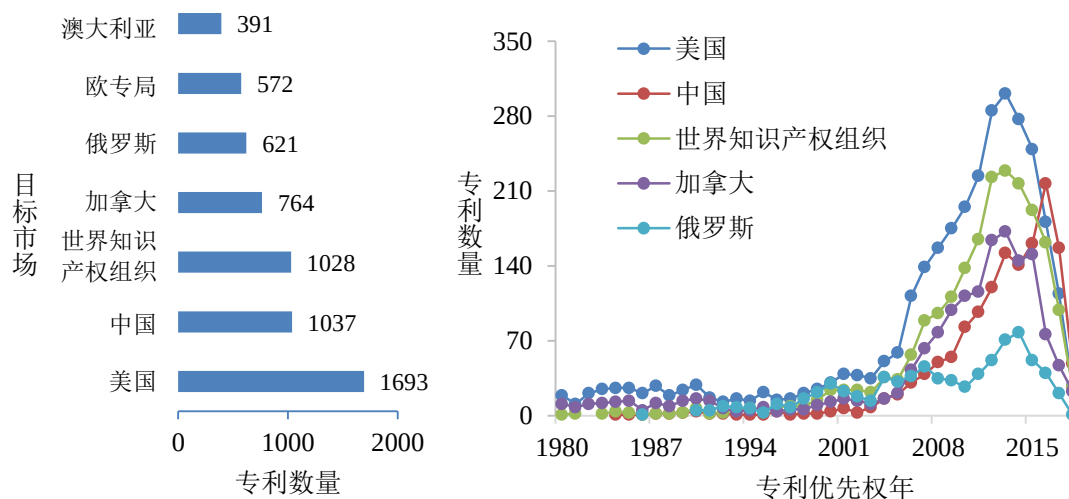


图3 目标市场（左）及年度趋势分布（右）

3 重点技术领域分析

3.1 专利申请在 IPC 大/小组的分布情况

基于国际专利分类号 IPC³大/小组梳理深层油气藏改造与开发技术专利的主要技术方向（图 4），占比最高的是有关烃增强回收方法（E21B-043/16）的专利，共 396 件，远高于其他技术方向，其次是热利用（E21B-043/24）、化学品或细菌活性利用（E21B-043/22）、轻烃回收工艺（E21B-043/00）等，也是深层油气藏改造与开发技术的研究重点。

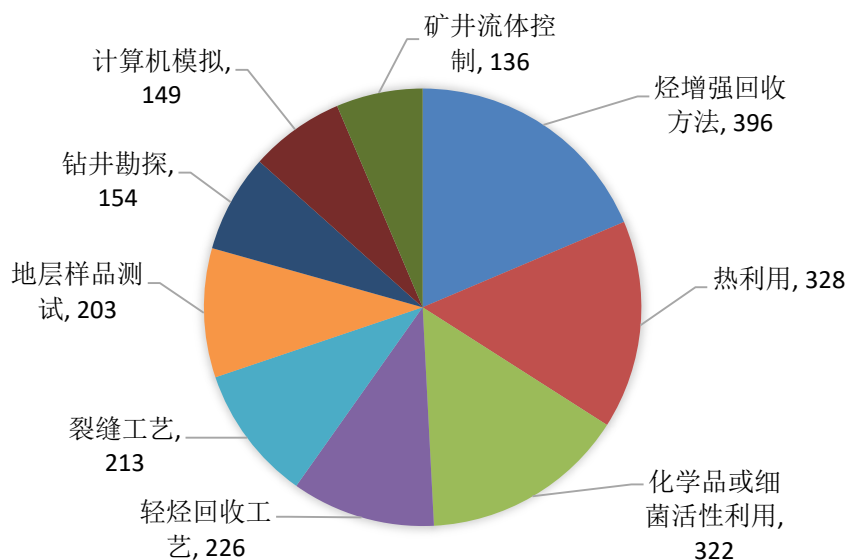


图 4 深层油气藏改造与开发技术专利前 10 位 IPC 大/小组

3.2 专利申请在德温特手工代码的分布情况

德温特专利数据库的特色之一是对每条专利由德温特的标引人员标定德温特手工代码（Derwent Manual Code），用于表示某项发明的技术创新点及其应用的技术领域。相比 IPC 分类代码，德温特手工代码能更为具体和准确地表述了专利的技术特征。

从德温特手工代码看深层油气藏改造与开发主要技术方向（表 1），驱油技术（H01-D06）和旋转导向钻井（H01-B03）占比最高，其次为聚合物在油气生产中的应用（A12-W10）和压裂（H01-C03），测试、控制操作和设备（H01-D12）以及热采（H01-D08）等。其中驱油技术如水驱、盐驱、蒸汽驱、CO₂ 驱、聚合

³ 国际专利分类（IPC）是一种国际公认的分类系统，由世界知识产权组织（WIPO）控制，国际专利分类系统按照技术主题设立类目，把整个技术领域分为 5 个不同等级：部、大类、小类、大组、小组。

物驱及碱水驱等，旋转导向钻井非常适合开发特殊油藏的超深井、水平井、大水平位移井、高难度定向井等，压裂如水力压裂、CO₂压裂等，这些技术对于深层油气藏进行安全、经济及高效的改造与开发、提高油气采收率具有重大意义。

表 1 深层油气藏改造与开发技术专利的前 6 位德温特手工代码

序号	德温特手工代码	专利数量（件）	技术方向
1	H01-D06	555	驱油技术
2	H01-B03	511	旋转导向钻井
3	A12-W10	467	聚合物在油气生产中的应用
4	H01-C03	356	压裂
5	H01-D12	251	测试、控制操作和设备
6	H01-D08	237	热采

结合这些主要技术的年度专利分布来看（图 5），驱油技术、聚合物在油气生产中的应用等技术一直处于研发状态，早期为研发重点方向。旋转导向钻井技术和压裂技术相对较晚，但自 2002 年起增长迅速，2012-2016 年专利数量相对稳定，旋转导向钻井是 20 世纪 90 年代初期发展起来的新技术，在 2016 年达到专利数量高峰，而压裂技术专利自 2013 年达到高峰后开始呈下降趋势，这与 2014 年以来石油价格长期处于低谷期有直接的关联，这两项技术的发展是引发石油工业史上的第四次技术革命的主要因素。

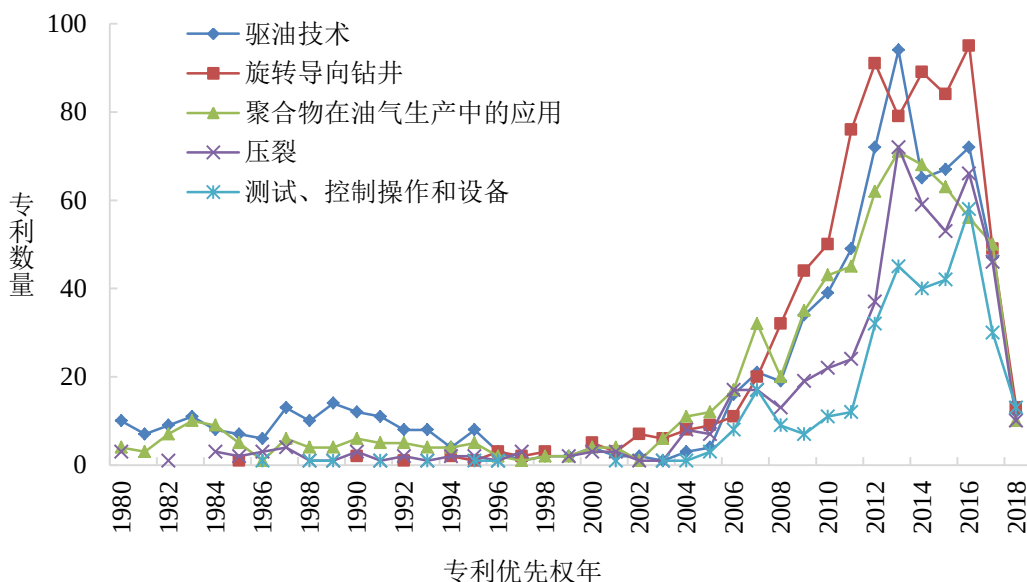


图 5 深层油气藏改造与开发技术专利主要德温特手工代码年度趋势

基于这些主要技术方向来看其在技术来源国的分布情况（图 6），美国相关专利数量均较多，中国和加拿大其次。世界知识产权组织申请的 PCT（Patent Cooperation Treaty）国际专利在这些主要技术方向上以旋转导向钻井和压裂专利

为主。

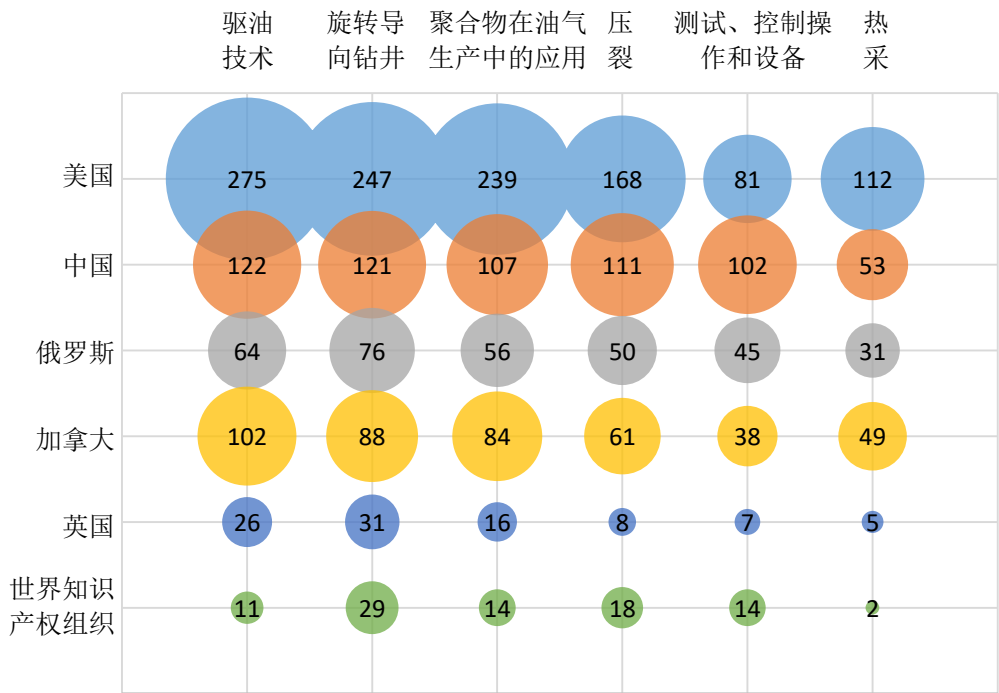


图 6 深层油气藏改造与开发主要技术来源国德温特手工代码技术分布

4 主要申请机构专利战略布局

从主要申请机构来看（图 7），深层油气藏改造与开发技术领域专利前 10 位专利权人以企业为主，如斯伦贝谢公司（Schlumberger）、中国石油天然气集团公司（下称“中石油”）、中国石化集团公司（下称“中石化”）、哈里伯顿公司（Halliburton）和埃克森美孚公司（Exxon Mobil）等，科研院校仅有 1 所，为中国石油大学⁴。斯伦贝谢和哈里伯顿是全球有名的油田服务公司，总部均位于美国德州休斯顿。中石油、中石化、埃克森美孚、雪佛龙及壳牌是全球著名的石油公司。

从前 5 名主要机构的专利申请趋势来看，早期仅埃克森美孚和哈里伯顿公司进行相关研发，申请专利保护。进入 21 世纪后这些机构的专利数量快速增长，埃克森美孚公司在 2011 年达到峰值后开始呈下降趋势，斯伦贝谢公司在 2008 年达到小高峰之后有所下降，之后又缓慢增加，2016 年达到峰值。中石化及哈里伯顿公司相对增长滞后，均在 2015 达到峰值。中石油起步相对较晚，但一直处于增长态势，2017 年达到峰值，较其他公司遥遥领先。

⁴ 中国石油大学专利数据包括中国石油大学（北京）和中国石油大学（华东）

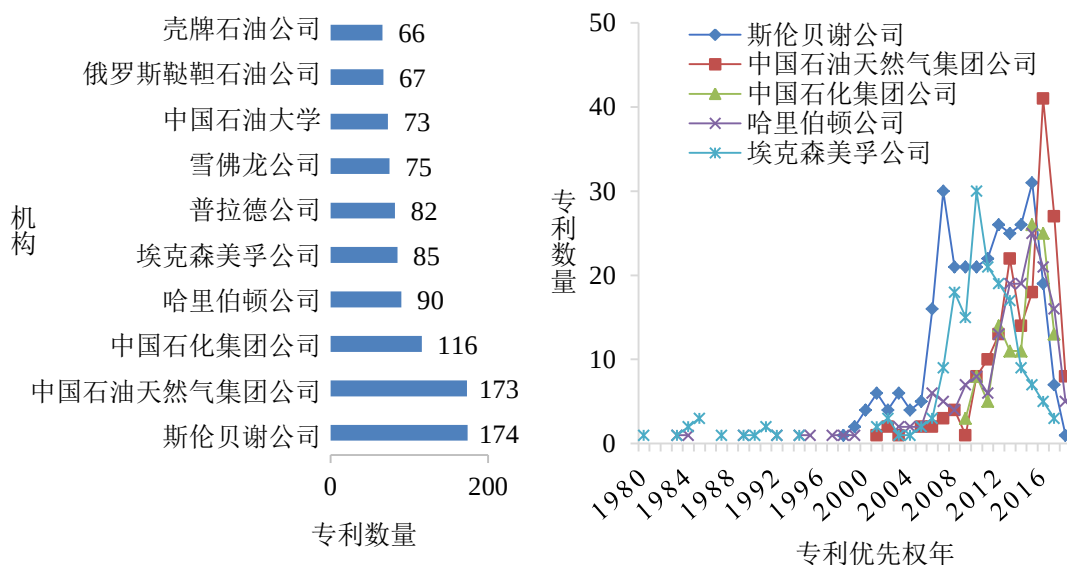


图 7 主要机构分布（左）及年度趋势（右）

对主要申请机构的专利申请区域（图 8）进行分析，斯伦贝谢、哈里伯顿、埃克森美孚、普拉德和雪佛龙等公司的专利布局广泛，涉及美国、中国、加拿大、英国、世界知识产权组织等，国际市场占有度高，具有较强的市场竞争关系，但在中国和俄罗斯专利数量相对较少，其中哈里伯顿在世界知识产权组织申请的 PCT 国际专利最高，专利技术和经济价值较高，更注重对知识产权的国际市场进行保护。中石油、中石化及中国石油大学的专利申请主要在国内，海外拓展有待加强。

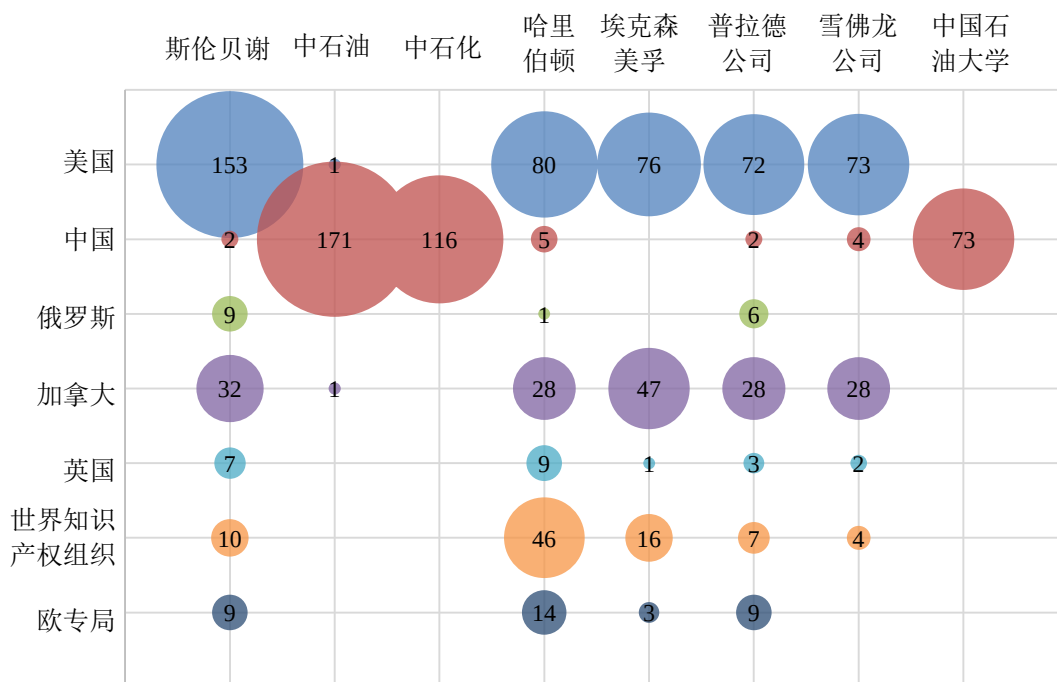


图 8 主要机构专利申请区域分析

从 IPC 大/小组分类来看深层油气藏改造与开发技术主要机构专利的技术方向（图 9），各个公司的技术方向差异明显。斯伦贝谢、哈里伯顿、埃克森美孚几家公司在轻烃回收工艺、裂缝工艺、地层样品测试和计算机模拟等几个方面具有技术优势，专利数量较多。中石油、中石化等几家公司在烃增强回收方法、热利用、化学品或细菌活性利用三个技术方向具有优势，在轻烃回收工艺、计算机模拟等方向弱势较为突出。

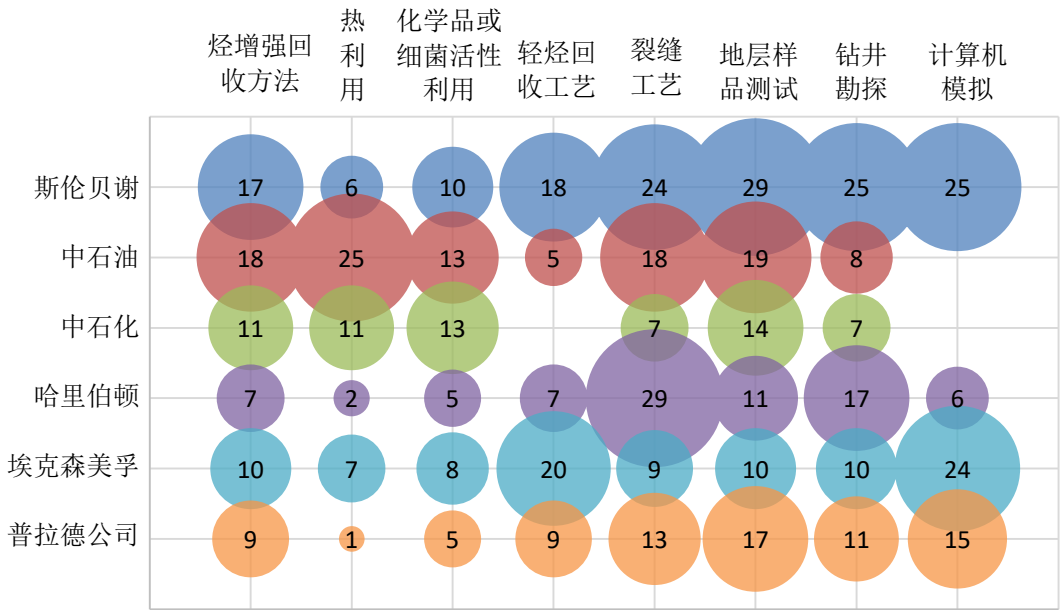


图 9 主要机构 IPC 大/小组技术方向分析

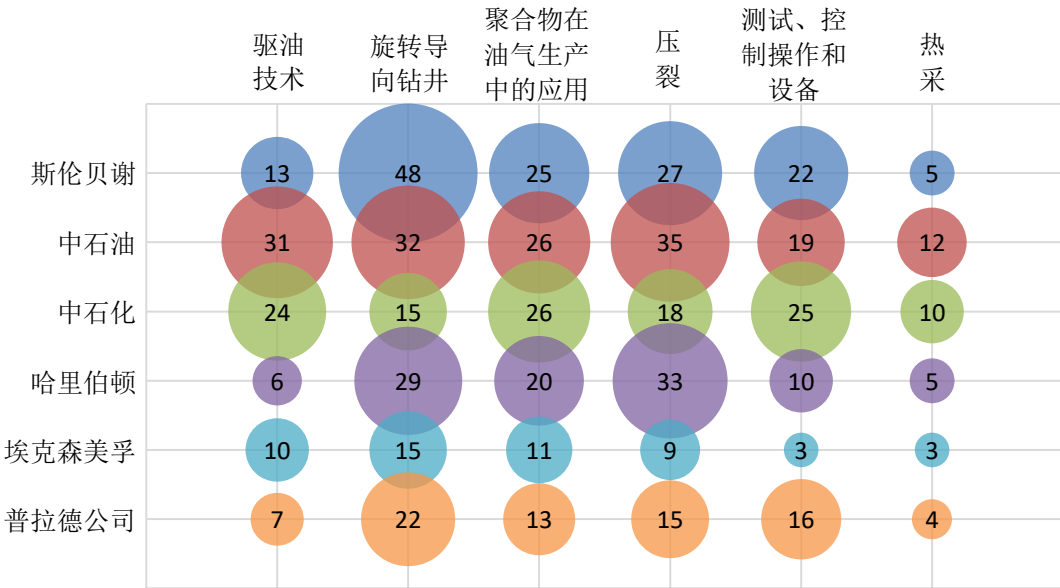


图 10 主要机构德温特手工代码主要技术方向分析

从德温特手工代码看主要机构的技术方向（图 10），斯伦贝谢在旋转导向钻井、压裂等方向具有较高的专利数量，中石油、中石化和哈里伯顿公司的研发重点也主要集中在这几个技术方向，同时中石油和中石化在驱油技术和热采等方面表现比较突出。

5 结论与建议

通过对深层油气藏改造与开发技术领域的专利进行分析，不难看出：

（1）从技术发展趋势看，深层油气藏改造与开发技术领域专利数量总体呈上升趋势，目前正处于快速增长向相对成熟阶段的过渡阶段。

（2）从区域分布看，美国和中国是深层油气藏改造与开发最主要的技术来源国和目标市场，美国的相关研发具持续性，中国具有一定的后发优势。

（3）从重点技术领域分布来看，深层油气藏改造与开发技术主要集中于驱油技术、旋转导向钻井、聚合物在油气生产中的应用和压裂技术，早期重点研发方向为驱油技术和聚合物应用，后期为旋转导向钻井和压裂技术，引领油气行业的第四次技术革命。

（4）从主要机构布局来看，深层油气藏改造与开发技术领域前 10 位以大型油气公司或油服公司为主，如斯伦贝谢、中石油、中石化、哈里伯顿、埃克森美孚等，仅有中国石油大学 1 所科研院校。国外企业较为注重专利的全球布局，国内企业主要在国内申请专利布局。

从 IPC 大/小组看主要机构的技术方向，不同企业差异明显。国外企业斯伦贝谢、哈里伯顿、埃克森美孚等公司在轻烃回收工艺、裂缝工艺、地层样品测试和计算机模拟等几个方面具有技术优势。国内企业如中石油和中石化在烃增强回收方法、热利用、化学品或细菌活性利用三个技术方向表现突出，但在计算机模拟和轻烃回收工艺方法两个技术方向较国外差距较大。

从德温特手工代码看主要机构的技术方向，斯伦贝谢公司、中石油、中石化和哈里伯顿公司研发重点主要集中在旋转导向钻井、压裂等，同时中石油和中石化在驱油技术和热采等方面表现比较突出。

基于上述分析，主要提出以下几点建议：

一是加大国家对深部油气资源勘探开发的政策激励，吸引外资、鼓励私人资本进入国家深层油气勘探开发领域，发挥政府引导作用，促使国内石油公司在低

油价状况下不断开展技术创新。

二是加强对人工智能、大数据等新技术在深层油气藏改造与开发过程中的利用，重视一体化软件的研发。当前，全球能源加速向低碳化转型，但未来 20-30 年化石能源仍将处于主体地位，以智能化为代表的第五代油气技术革命已拉开序幕，深层油气藏勘探与开发技术必须依赖于技术创新。国内企业可选择如斯伦贝谢等进行合作。

三是加大对国内企业深层油气藏改造与开发技术国际市场的专利布局，提高我国相关技术研发能力、专利市场价值和技术价值，增强通过国际专利的申请保护其在全球范围内的市场和利益的意识。

撰稿：王晓丽 陈杨 周肖贝 审校：宋韦剑 审定：王学评

二〇一九年五月·北京