

基于专利分析的 PCD 超硬刀具发展态势研究

郭文娟¹, 刘玉琴², 孙 源¹, 叶 茂¹

(1. 中国科学院武汉文献情报中心, 湖北 武汉 430070)

(2. 北京印刷学院新闻出版学院, 北京 102600)

摘 要: 聚晶金刚石(PCD)超硬刀具因具备优异的力学、光学、电学、热学、声学 and 生物学等特性, 在超硬刀具领域占据尤为重要的地位。基于德温特专利数据库, 利用 ITGInsight 文献分析工具, 依次对全球范围内的 PCD 超硬刀具相关专利进行了总体态势分析、区域布局分析、主要专利权人实力分析、研究热点分析以及核心专利识别。重点对 PCD 超硬刀具领域的研究热点进行了分析, 包括技术主题分布、技术主题演化及基于技术主题的专利权人聚类分析。最后, 以受到多地域保护或涉及到专利诉讼的专利作为依据, 筛选出主要的核心专利并对其进行解读。研究表明, PCD 超硬刀具相关技术已走向成熟, 虽然中国的专利受理量最多, 但美国史密斯公司、美国贝克休斯公司、美国合成公司以及卢森堡元素六集团等国外企业的巨头地位仍未被动摇, 而这些巨头关注的技术方向也有所不同。

关键词: 聚晶金刚石(PCD); 超硬材料; 刀具; 专利分析

中图分类号: G306; TG711 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-3962(2021)06-0446-08

Study on the Development of Global Polycrystalline Diamond Superhard Cutting Tool Based on Patent Analysis

GUO Wenjuan¹, LIU Yuqin², SUN Yuan¹, YE Mao¹

(1. Wuhan Documentation and Information Centre, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430070, China)

(2. School of Journalism and Publishing, Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600, China)

Abstract: Because of the excellent mechanical, optical, electrical, thermal, acoustic and biological properties, polycrystalline diamond (PCD) materials play an important role in the field of superhard cutting tools. Based on the Derwent innovation index database, the general development situation, regional distribution, comprehensive strength of patentees, research hotspot and core patent of PCD superhard cutting tools worldwide were analyzed by using ITGInsight, a literature analysis tool. The research hotspots of PCD superhard cutting tools were emphatically analyzed, including descriptors distribution, descriptors evolution and patentees cluster based on descriptors. Finally, according to the patents which were protected in multiple regions or involved in litigations, the core patents were filtered and analyzed. The results show that the technologies related to PCD superhard cutting tools have been mature. Although China has received the most patent applications, foreign enterprises, such as US SMITH, US BAKER HUGHES, US SYNTHETIC and Luxembourg ELEMENT SIX, are still as the leading enterprises worldwide. And, the concerned technologies of these giants are quite different.

Key words: polycrystalline diamond (PCD); superhard materials; cutting tools; patent analysis

1 前 言

硬度明显高于硬质材料的一类材料称为超硬材料^[1]。

目前使用的超硬材料主要包括金刚石和立方氮化硼及以

其为主材制成的复合材料^[2]。超硬材料具备优异的力学、光学、电学、热学、声学 and 生物学等性能, 因此享有“材料之王”的美誉^[2, 3]。

随着航空航天、汽车、能源工业的发展, 大量高性能新型材料涌现出来, 如硅铝合金、纤维增强复合材料等, 这些高性能新型材料的切削加工需求推动了超硬刀具材料的发展。用超硬材料制作的刀具具有硬度高、耐磨性和热稳定性好等特点, 可以实现高速、高效和高精度加工。其中, 聚晶金刚石(PCD)超硬刀具因其良好的加工质量和加工经济性在非金属材料、有色金属及其合

收稿日期: 2020-02-22 修回日期: 2020-05-15

基金项目: 中国科学院武汉文献情报中心项目“湖北省科研本底数据库建设及应用”(Y8KZ381001)

第一作者: 郭文娟, 女, 1984 年生, 馆员,

Email: guowj@mail.whlib.ac.cn

DOI: 10.7502/j.issn.1674-3962.202002008

金属材料、金属基复合材料等的切削加工领域显示出其它刀具难以比拟的优势,在超硬刀具领域的地位尤为重要,已被广泛应用于汽车、航空航天、木材加工、电子及石油地质钻探等多个领域^[4]。

PCD是由金刚石微粉与结合剂在高温高压下烧结而成的,其耐磨性为硬质合金的100多倍、硬度为硬质合金的2~4倍、寿命为硬质合金的几十至数百倍^[5]。工业发达国家对PCD超硬刀具的研究开展较早,PCD超硬刀具的应用已比较成熟,在切削刀具中的应用比例约为10%。在国内,PCD超硬刀具的应用仅占约2%,相关产业仍以高速钢刀具和硬质合金刀具为主^[6]。

为了推动PCD超硬刀具在我国相关领域的应用,应明确其技术热点及竞争优势,而以专利为突出代表的知识产权作为一种新兴生产要素,在世界范围内的产业竞争中发挥着越来越重要的战略性作用。通过专利分析,可以识别全球PCD超硬刀具领域的技术热点,分析主要专利权人的专利布局,获取其技术领域动向,从而全面掌握PCD超硬刀具领域的竞争格局。

2 数据来源与检索策略

本文采用德温特专利数据库(Derwent innovations index, DII)作为专利检索工具,以PCD超硬刀具为主题,检索策略为“TS=((PCD or PDC or “polycrystalline diamond”) and (tool or cutting or cutter or cutlery or blade))”,共检索到相关专利4657件(检索日期为2020年1月3日)。以ITGInsight^[7]为文献分析工具进行文献计量分析,辅助使用excel进行统计分析。

3 总体态势分析

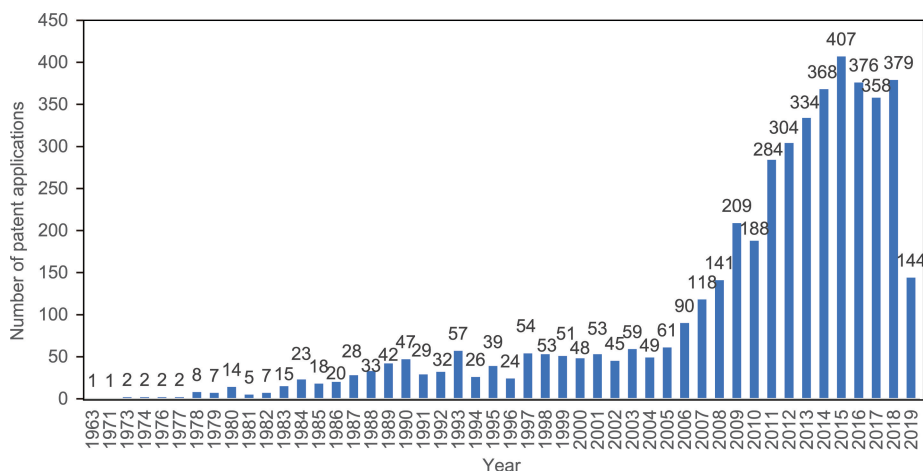
3.1 专利申请态势分析

图1列出了全球PCD超硬刀具相关专利申请量的年度变化趋势。该领域的专利申请最早出现在1963年,直到20世纪末专利申请量都不多。1963~1999年,PCD超硬刀具领域的专利申请量共642件,仅占历年专利申请总量的13.8%。进入21世纪后,该领域的专利申请量逐年递增,且增长速度较快,由此说明PCD超硬刀具的开发及应用越来越受到重视。PCD超硬刀具领域的专利申请量在2007年突破100件,在2015年则达到峰值(407件)。然而,近几年该领域的专利申请量有所下降,出现这种回落趋势的原因可能有两种:其一,PCD超硬刀具相关技术逐渐进入成熟期;其二,新技术和新方法正在酝酿中。

3.2 技术生命周期分析

专利数据能评估技术生命周期,技术生命周期一般可分为5个阶段,依次是萌芽期、发展期、成熟期、衰退期和复苏期^[8,9]。通过对专利数量和专利权人数量进行时序变化分析,可以评估出PCD超硬刀具所处的技术生命周期阶段,为企业进行前瞻性管理,同时为规划如何使技术持续成长提供参考。

全球PCD超硬刀具的相关技术已走向成熟,且呈现出即将衰退的趋势,如图2所示。2005~2015年,专利申请量和专利权人数量都快速增长,处于快速发展期;2016年,专利申请量和专利权人数量都开始出现负增长,说明该技术的发展已濒临饱和。这表示在PCD超硬刀具领域,技术的老化可能正在导致一些企业因收益递减而逐渐退出市场,该领域需要新的技术创新及产品创新。



Note: Since there is a time lag of 18 months between patent application and publication, the data from 2017 to 2019 are just for reference.

图1 全球范围内PCD超硬刀具领域历年专利申请量(单位:件)

Fig. 1 The number of patent applications worldwide in the field of PCD superhard cutting tools annually (Unit: Pieces)

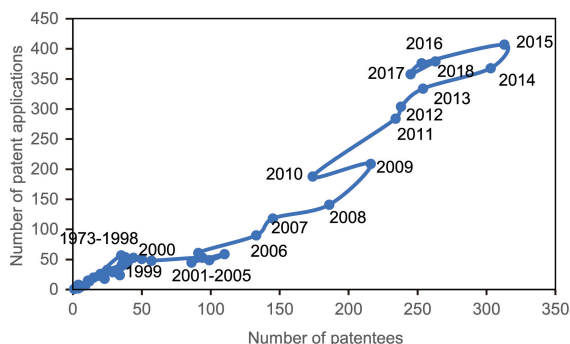


图 2 PCD 超硬刀具的技术生命周期图

Fig. 2 Technology lifecycle diagram of PCD superhard cutting tools

4 区域布局分析

在 PCD 超硬刀具领域, 全球专利受理量排名前 10

位的国家/地区的年度专利受理量趋势如图 3 所示。可以看出, 20 世纪后期, 美国、日本、德国等国在 PCD 超硬刀具相关领域的专利已有一定的受理量, 而中国在此领域的专利受理量相对较少。进入 21 世纪以后, 中国在 PCD 超硬刀具领域的专利受理量才开始出现大幅增加, 且增幅和增速都远超其他国家。从受理总量来看, 中国以 2407 件位居世界第一, 其次为美国 (2016 件), 世界知识产权组织 (886 件)、欧洲专利局 (742 件)、英国 (443 件)、日本 (423 件) 紧随其后。2018 年, 中国在 PCD 超硬刀具领域的专利受理量为 318 件, 排名第二的美国的专利受理量仅为 71 件。

一件专利可以在多个国家/地区申请, 以期获得更大范围的技术保护, 同时也要付出更多的申请和维持费用, 这也成为众多专利权人对高价值专利的保护策略。图 4

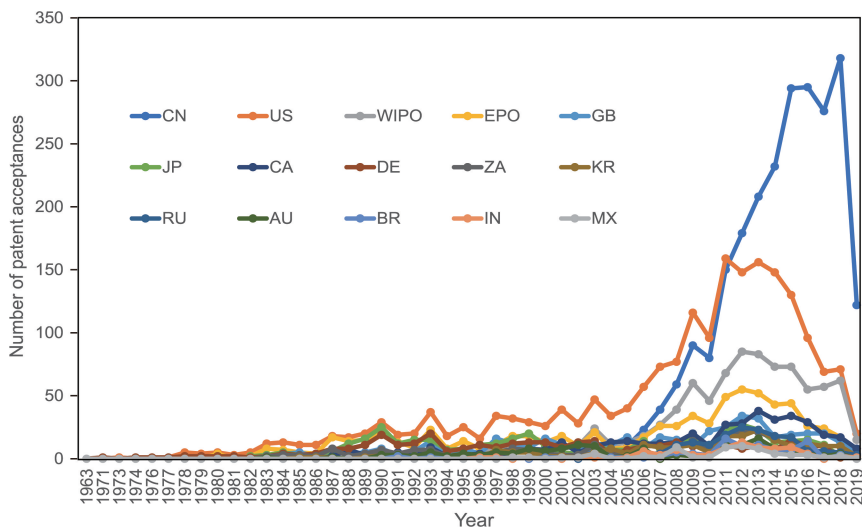


图 3 全球代表性国家/地区在 PCD 超硬刀具领域的年度专利受理量变化趋势 (单位: 件)

Fig. 3 Variation tendency of annual patent acceptances in the field of PCD superhard cutting tools for the representing countries or areas worldwide (Unit: Pieces)

是 PCD 超硬刀具领域相关专利在多个国家/地区间同时申请的情况, 连线的粗细表示同时在两个国家申请专利数量的多少, 某一节点与外界连线的多少则表示该节点所代表的受理国受关注的广泛程度。由图 4 中连线的粗细可知, 同时在美国和世界知识产权组织, 以及同时在美国和欧洲专利局申请的专利数量最多, 分别为 728 和 628 件; 同时在美国和中国, 以及同时在美国和加拿大申请的专利数量也较多, 分别为 404 和 392 件; 在其他国家/地区同时申请的专利数量则相对较少。由此可见, 美国市场受到广泛重视。虽然, 在 PCD 超硬刀具领域中国的专利受理量比美国的多, 但在吸引高价值专利方面中国与美国仍然差距显著。

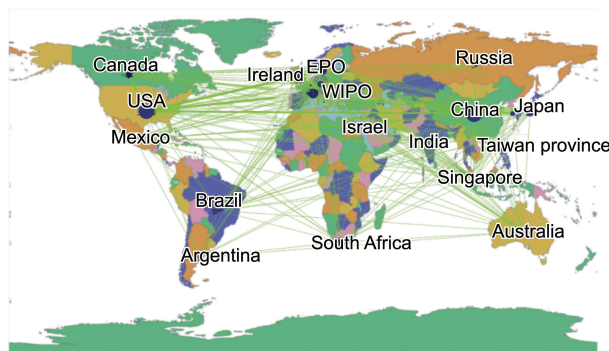


图 4 PCD 超硬刀具领域相关专利同时在不同国家/地区申请的情况

Fig. 4 Situation of patents in the field of PCD superhard cutting tools simultaneously applied in different countries or areas

5 主要专利权人实力分析

全球PCD超硬刀具领域的主要专利权人如表1所示,专利申请量排名前10的专利权人中美国占据5席。美国史密斯公司(SMITH)及美国贝克休斯公司(BAKER HUGHES)的专利申请量相对较多,分别为334和282件;美国合成公司(SYNTHETIC)、卢森堡元素六集团(ELEMENT SIX)紧随其后,专利申请量分别为246和196件。

专利申请量前20位的主要专利权人中,中国占据了8席,与美国相等。中国专利权人排名相对靠前的是西南石油大学(UNIV SOUTHWEST PETROLEUM)和中国石油天然气集团有限公司(CNPC),专利申请量分别位列

全球第7和第8,另外6席分别是郑州市钻石精密制造有限公司(ZHENGZHOU DIAMOND PRECISION)、中国石油化工集团有限公司(SINOPEC)、中国石油大学(UNIV CHINA PETROLEUM)、河南四方达超硬材料股份有限公司(HENAN SF DIAMOND)、四川川石金刚石钻头有限公司(SICHUAN CHUANSHI DIAMOND)以及深圳市兴沃实业有限公司(SHEENWORLD SHENZHEN ENTERPRISES),排名依次是第12,13,17,18,19,20位。

综上,美国在PCD超硬刀具领域的专利受理量虽然落后于中国,但美国专利权人的科研实力相对较强;中国专利权人同样具备一定的科研实力,然而从单个专利权人的专利申请量来看,还有较大的进步空间。

表1 全球范围内PCD超硬刀具领域的主要专利权人

Table 1 Major patentees in the field of PCD superhard cutting tools worldwide

Patentee	Country	Total applications (X)	Years involved	Applications in the last three years(Y)	Y accounted for the percentage of X/%
SMITH	USA	334	1985~2019	19	5.7
BAKER HUGHES	USA	282	1986~2019	24	8.5
SYNTHETIC	USA	246	1994~2019	20	8.1
ELEMENT SIX	Luxembourg	196	1998~2019	19	9.7
HALLIBURTON	UAE	85	1991~2019	31	36.5
DIAMOND INNOVATIONS	USA	84	1998~2019	21	25.0
UNIV SOUTHWEST PETROLEUM	China	79	2007~2019	26	32.9
CNPC	China	75	2004~2018	18	24.0
SUMITOMO	Japan	74	1981~2019	7	9.5
VAREL	USA	74	2001~2016	0	0.0
HALL D R (HALL-Individual)	USA	58	1998~2014	0	0.0
ZHENGZHOU DIAMOND PRECISION	China	57	2008~2014	0	0.0
SINOPEC	China	51	2007~2018	17	33.3
GENERAL ELECTRIC	USA	41	1977~2007	0	0.0
KENAMETAL	USA	44	1992~2019	2	4.5
SCHLUMBERGER	France	43	1992~2019	4	9.3
UNIV CHINA PETROLEUM	China	39	2006~2019	10	25.6
HENAN SF DIAMOND	China	32	2010~2019	13	40.6
SICHUAN CHUANSHI DIAMOND	China	30	2006~2019	7	23.3
SHEENWORLD SHENZHEN ENTERPRISES	China	30	2006~2015	0	0.0

6 研究热点分析

6.1 研究热点分布

基于ITGInsight技术的主题图绘制功能^[10]绘制了PCD超硬刀具领域专利研究的主题分布图,得到了该领域的研究热点。图5中每个点表示一个技术热点词,根据颜色深浅度形成等高线,表示该词出现的频

次高低与密集程度,等高线中心山峰区域表示一个技术主题聚类。因此,PCD超硬刀具的研究主要围绕以下热点词:drill bit, polycrystalline diamond, bit body, polycrystalline diamond compact, pdc drill bit, cutting elements等。不难看出,热点词集中在drill bit, polycrystalline diamond, polycrystalline diamond compact, cutting elements等方面。

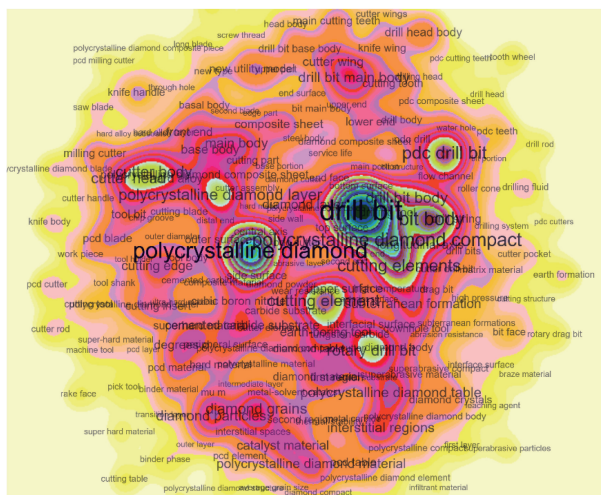


图 5 PCD 超硬刀具领域专利研究的技术主题分布图

Fig. 5 Descriptors distribution map for patent research in the field of PCD superhard cutting tools

6.2 研究热点演化

主题演化分析有助于了解领域主题产生、消亡、增强、减弱、扩张和收缩的过程^[11], 可作为技术新兴趋势探测方法之一。使用 ITGInsight 进行主题演化跟踪, 基本过程为: 提取每个时间段的主题词, 统计各主题词频数, 列出频数较高的主题词, 依据频数高低排序; 计算各个时间段主题词(或主题词组)之间的同现关系强度, 主题词的同现关系作为上一阶段与下一阶段主题词之间的关系强度, 关系强弱依次用不同粗细的实线及虚线表示。

由 PCD 超硬刀具领域的技术主题演化图(图 6)可以分析出, 2012 年, rotary drill bit 扩张为 drill bit, polycrys-

talline diamond 及 cutting element 等, 而 diamond material, polycrystalline diamond material 则收缩为 polycrystalline diamond; 2012 年后, 主题词 diamond particle 几乎消亡; 2015 年后, diamond table 扩张为 polycrystalline diamond, polycrystalline diamond compact 等; 2018 年后, 产生了新的主题词 polycrystalline diamond layer, 而主题词 main body 则几乎消亡。

6.3 基于主题词的专利权人聚类

图 7 是基于主题词的专利权人聚类, 通过聚类分析可以看出不同专利权人的技术侧重和关联, 帮助科研人员了解 PCD 超硬刀具领域主要专利权人的技术动向。图 7 中的节点代表专利权人, 节点大小代表专利申请量的多少, 每个聚类表示主题词相同或相近的专利权人, 节点之间的平面距离与主题词之间的同现关系强度成正比。结合各专利权人技术主题分布的元数据, 可以分析出, 美国史密斯公司、美国贝克休斯公司、美国合成公司、阿联酋哈里伯顿公司(HALLIBURTON)、美国金刚石创新中心(DIAMOND INNOVATIONS)、美国 VAREL 国际能源服务公司(VAREL)等关注领域相对类似, 涉及的主题词包括 drill bit, bit body, polycrystalline diamond compact, cutting element; 卢森堡元素六集团的主题词与其他公司的重合度不高, 与一些以个人为专利权人, 如 Lachmann, Nilsson 等, 申请的专利在研究领域上有部分重叠, 涉及的主题词包括 polycrystalline diamond material, PCD material, super hard material, super hard structure 等; 此外, 西南石油大学、中国石油天然气集团有限公司、中国石油化工集团有限公司、中国石油大学、四川川石

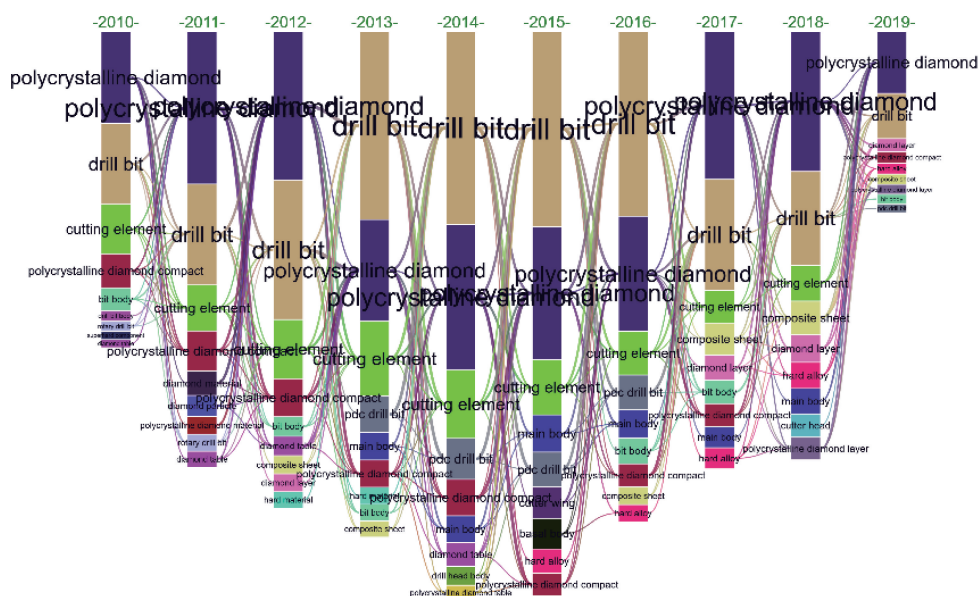


图 6 近 10 年 PCD 超硬刀具领域的技术主题演化图

Fig. 6 Descriptors evolution diagram for the field of PCD superhard cutting tools in recent 10 years

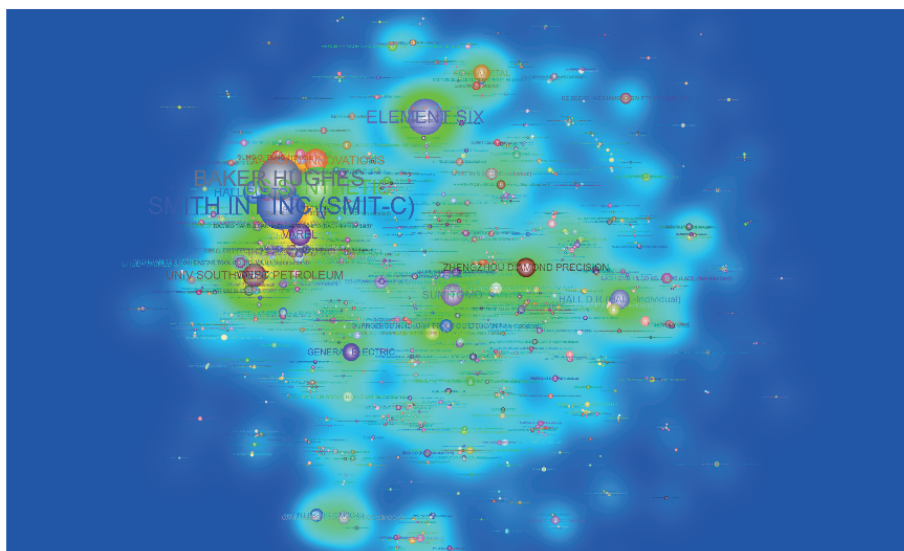


图7 基于PCD超硬刀具领域主题词的专利权人聚类

Fig.7 Patentee clusters based on descriptors in the field of PCD superhard cutting tools

金刚石钻头有限公司、深圳市兴沃实业有限公司等也有共同的研究领域，包括 drill bit, drill bit body, drill bit main body, pdc drill bit, cutter wing 等。

7 核心专利识别

一个企业是否具有很强的创新能力，其中一个重要判据在于企业在所从事的领域是否拥有核心技术，而拥

有核心技术的标志就是“核心专利”^[12]。目前，核心专利还没有一个统一的、公认的定义。在国外，核心专利一般指基础专利、基本专利或高价值专利^[13]。本文选取在多个国家享有专利权、受到多地域保护的专利作为核心专利，综合考虑专利家族被引次数及权利要求数量等指标，挑选出了 PCD 超硬刀具领域的 15 件核心专利，如表 2 所示。

表2 PCD超硬刀具领域的部分核心专利

Table 2 Several core patents in the field of PCD superhard cutting tools

Title	Patentee	Patent No.	Date of application	Validity
Process for preparing a polycrystalline diamond body	GENERAL ELECTRIC	US4167399A	1978-4-10	Invalid
Tool insert	ELEMENT SIX	ZA200406387A	2004-8-12	Invalid
Polycrystalline diamond body	GENERAL ELECTRIC	US4124401A	1977-10-21	Invalid
Polycrystalline diamond elements, cutting elements, and related methods	BAKER HUGHES	USRE047605E	2014-5-7	Valid
Cutting tool insert and drill bit so equipped	BAKER HUGHES	US12792987	2010-6-3	Valid
Rotary drill bit including polycrystalline diamond cutting elements	SYNTHETIC	US7866418B2	2008-10-3	Valid
PDC sensing element fabrication process and tool	BAKER HUGHES	US9695683B2	2014-4-14	Unconfirmed
Synthetic material for PDC cutter testing or for testing other superhard materials	VAREL	EP2512739A4	2010-12-13	Partial patent invalid
Improvements to or relative, with a super+hard material dressed, elements	CAMCO	DE69514721T2	1995-6-15	Invalid
Rolling cone bit with enhancements in cutter element placement and materials to optimize borehole corner cutting duty	SMITH	US5833020A	1996-6-21	Invalid after authorization

续表				
Title	Patentee	Patent No.	Date of application	Validity
Polycrystalline diamond composite molded body element, a tool incorporating the same, and a method of manufacturing the same	ELEMENT SIX	JP2012506493A	2009-10-21	Invalid
Cutting structures for steel bodied rotary drill bits	REED TOOL	US4919220A	1988-1-25	Invalid after authorization
Polycrystalline diamond abrasive elements	BAKER HUGHES	US8469121B2	2011-8-24	Valid
Cutting elements, methods for manufacturing such cutting elements, and tools incorporating such cutting elements	SMITH	US10480252B2	2018-11-5	Valid
A cutting insert	KENNAMETAL	EP1984135B2	2007-2-1	Valid

核心专利的挖掘,对科研人员及管理决策者识别潜在竞争对手和发现专利权人的技术实力有重要的参考价值,对科研单位的专利布局和专利攻防战略制定具有重大意义。从专利的有效性来看,美国通用电气公司(GENERAL ELECTRIC)、卢森堡元素六集团、美国史密斯公司等公司的部分专利显示无效,而这类国际巨头的失效专利仍具有相当大的市场前景,且成本低廉,充分利用这些失效专利将有利于国内企业实现技术创新;而且,了解有效核心专利也能避免专利侵权。

此外,涉及到诉讼案件的专利都是技术含量高、价值大的专利,因此专利诉讼也是识别核心专利的重要指标之一^[14, 15]。表 3 显示的是 PCD 超硬刀具领域涉及到专

利诉讼的专利。第 1 例和第 2 例专利诉讼案件,原告都是英国 REEDHYC A LOG 公司,被告都是美国金刚石创新中心。REEDHYC A LOG 公司认为金刚石创新中心对外出售了侵权的 PCD 超硬刀具,案件涉及到若干件同属一个扩展专利族的专利,包括 US6585064B2 和 US6601662B2。第 3 例专利诉讼案件,原告是阿联酋哈里伯顿公司,被告是美国 WEATHERFORD 公司和英国 BJ 石油服务公司,案件涉及到的产品包括阿联酋哈里伯顿公司的“FracGuard series composite bridge plugs”和“FracGuard series composite frac plugs”,以及 BJ 石油服务公司的“Python composite bridge plug”。以上案件涉及到的专利均可作为 PCD 超硬刀具领域的核心专利。

表 3 PCD 超硬刀具领域的专利诉讼案件
Table 3 The patent litigations in the field of PCD superhard cutting tools

Title	Patent No.	Date of application	Patentee	Prosecutor	Defendant	Request and closing date
Polycrystalline diamond partially depleted of catalyzing material	US6585064B2	2002-11-4	REEDHYC- A LOG, UK	REEDHYC- A LOG, UK	DIAMOND INNOVATIONS, USA	2008-8-15~ 2010-8-13
Polycrystalline diamond cutters with working surfaces having varied wear resistance while maintaining impact strength	US6601662B2	2001-9-6	REEDHYC- A LOG, UK	REEDHYC- A LOG, UK	DIAMOND INNOVATIONS, USA	2008-8-15~ 2010-8-13
Downhole tool apparatus with non-metallic components and methods of drilling thereof	US5224540A	1992-5-12	HALLIBU- RTON, UAE	HALLIBU- RTON, UAE	WEATHERFORD, USA; BJ SERVICES, UK	2007-12-21~ 2010-12-21

8 结 论

通过对 PCD 超硬刀具进行专利分析,可以得出以下结论:

(1)从德温特专利数据库中检索到全球 PCD 超硬刀具领域的相关专利共 4657 件。对该领域的研究始于 20 世纪 60 年代,进入 21 世纪后专利申请量才出现显著增

长。从技术生命周期图可以看出,PCD 超硬刀具的发展已经进入成熟期,且有衰退的趋势。

(2)从专利的受理国家/地区来看,中国以 2407 件的受理量位居全球第一,其次为美国,受理量为 2016 件。20 世纪后期,中国在 PCD 超硬刀具领域的专利受理量不如美国、日本、德国等国,但进入 21 世纪后,专利受理量出现激增,增幅和增速都远超其他国家。此外,该领

域同时在美国和世界知识产权组织, 以及同时在美国和欧洲专利局申请的专利数量最多, 其次为同时在美国和中国申请的专利数量。

(3)从主要专利权人来看, 美国专利权人在PCD超硬刀具领域的科研实力相对较强, 其中美国史密斯公司及贝克休斯公司的专利申请量相对较多。然而在PCD超硬刀具领域的前20位主要专利权人中, 中国占据了8席, 其中西南石油大学和中国石油天然气集团有限公司的专利申请量排名进入前10。

(4)从技术主题分布来看, 热点主题集中在drill bit, polycrystalline diamond, polycrystalline diamond compact, cutting elements等方面; 从技术主题演化来看, 近两年出现了新的主题词polycrystalline diamond layer, 而main body, diamond particle等主题词则几乎消亡; 通过分析专利权人的专利布局, 获取了主要专利权人的技术领域动向, 发现美国的史密斯公司、合成公司、金刚石创新中心以及VAREL国际能源服务公司等的研究领域有很多相似之处, 而卢森堡元素六集团则与这些公司的研究领域有所不同。

参考文献 References

- [1] 王秦生. 超硬材料制造[M]. 北京: 中国标准出版社, 2004: 115-119.
WANG Q S. Superhard Material Manufacturing[M]. Beijing: Standards Press of China, 2004: 115-119.
- [2] 李志宏, 李亮. 中国科技投资[J], 2012(10): 31-34.
LI Z H, LI L. China Venture Capital[J], 2012(10): 31-34.
- [3] 林峰. 新型工业化[J], 2016, 6(3): 28-52.
LIN F. The Journal of New Industrialization[J], 2016, 6(3): 28-52.
- [4] 王绍昆. 科技风[J], 2015(6): 9.
WANG S K. Technology Wind[J], 2015(6): 9.
- [5] 赵秀香, 曹唯飞, 郭卫华. 金刚石与磨料磨具工程[J], 2005(4): 65-67.
ZHAO X X, CAO W F, GUO W H. Diamond & Abrasives Engineering[J], 2005(4): 65-67.
- [6] 何云, 杨泊莘, 高阳华, 等. 工具技术[J], 2018, 52(11): 53-58.
HE Y, YANG B X, GAO Y H, et al. Tool Engineering[J], 2018, 52(11): 53-58.
- [7] 刘玉琴, 汪雪锋, 雷孝平. 图书情报工作[J], 2015, 59(8): 103-110.
LIU Y Q, WANG X F, LEI X P. Library and Information Service[J], 2015, 59(8): 103-110.
- [8] 李春燕. 现代情报[J], 2012, 32(2): 98-101.
LI C Y. Journal of Modern Information[J], 2012, 32(2): 98-101.
- [9] 沙勇忠, 牛春华. 信息分析[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 376-391.
SHA Y Z, NIU C H. Information Analysis[M]. Beijing: Science Press, 2011: 376-391.
- [10] 刘玉琴, 逢金辉, 崔志成, 等. 图书情报工作[J], 2017, 61(13): 125-132.
LIU Y Q, PANG J H, CUI Z C, et al. Library and Information Service[J], 2017, 61(13): 125-132.
- [11] 王晓光, 程齐凯. 情报学报[J], 2013, 32(9): 900-911.
WANG X G, CHENG Q K. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information[J], 2013, 32(9): 900-911.
- [12] 李军华, 陆亦恺, 尹若元. 情报探索[J], 2012(4): 76-82.
LI J H, LU Y K, YIN R Y. Information Research[J], 2012(4): 76-82.
- [13] 范月蕾, 毛开云, 于建荣. 图书情报工作[J], 2014, 58(24): 121-125.
FAN Y L, MAO K Y, YU J R. Library and Information Service[J], 2014, 58(24): 121-125.
- [14] 马永涛, 张旭, 傅俊英, 等. 情报杂志[J], 2014, 33(5): 38-44.
MA Y T, ZHANG X, FU J Y, et al. Journal of Intelligence[J], 2014, 33(5): 38-44.
- [15] 谢萍. 科技管理研究[J], 2016, 36(1): 147-152.
XIE P. Science and Technology Management Research[J], 2016, 36(1): 147-152.

(编辑 王 瑶)