

DOI: 10.13957/j.cnki.tcx.2020.03.019

基于专利分析的陶瓷膜技术发展态势研究

王裕芳, 鄢春根, 肖卓豪, 罗晓宁

(景德镇陶瓷大学, 江西 景德镇 333403)

摘要: 依托 IncoPat 专利信息检索与分析系统, 对 1985-2019 年国家知识产权局专利局公开(公告)的 13254 件陶瓷膜专利从申请趋势、地域分布、申请类型、法律状态、主要申请人和技术构成等维度进行分析。研究表明: 我国陶瓷膜技术研发势头强劲, 申请量总体呈明显上升态势; 但实用新型和失效专利占比较大, 专利质量和管理水平有待提高; 日本、美国等国高度重视在华专利布局, 申请了大批专利; 中国国内申请主要集中在经济较发达的省市以及高校科研院所或陶瓷膜企业较为密集的省市; 国内创新主体为高校和科研院所, 而国外尤其日本创新主体为企业。笔者建议完善并实施陶瓷膜专利战略, 深化产学研用合作, 加强陶瓷膜在生物医药与节能环保领域的应用研究, 研发有利于产业化、商业化的陶瓷膜产品。

关键词: 陶瓷; 膜; 专利信息; 信息分析

中图分类号: TQ174.75

文献标志码: A

文章编号: 1000-2278(2020)03-0429-07

Technological Innovation Trend of Ceramic Membranes: A Study Based on the Patent Information Analysis

WANG Yufang, YAN Chungeng, XIAO Zhuohao, LUO Xiaoning

(Jingdezhen Ceramic Institute, Jingdezhen 333403, Jiangxi, China)

Abstract: Based on the IncoPat Patent Information Retrieval and Analysis System, 13,254 patent applications on ceramic membranes published by the Patent Office of China National Intellectual Property Administration from 1985 to 2019 were analyzed from the perspectives of application trend, geographical distribution, application type, legal status, principal applicant and technical filed. It is demonstrated that China's ceramic membrane technology is developed rapidly and the number applications is increased very fast, while the utility models and invalid patents account for a large proportion, suggesting that the patent quality and management level need to be improved. Japan, the United States and other countries have made strong efforts in applying patents in China, with a large number of patent applications. Domestic applications are mainly concentrated in provinces and cities with more developed economy, universities and research institutes or ceramic membrane enterprises. Domestic principal applicants are universities and research institutes, while the overseas ones are enterprises, especially in Japan. It is strongly suggested to perfect and implement the patent strategy on ceramic membrane, deepen the cooperation between industries and universities, research and application, strengthen the application research on ceramic membranes in the fields of biomedicine, energy conservation and environmental protection, and develop ceramic membrane products conducive to industrialization and commercialization.

Key words: ceramic; membrane; patent information; information analysis

0 引言

陶瓷膜是无机膜的一种, 主要以不同规格的氧化铝、氧化锆、氧化钛和氧化硅等无机陶瓷材

料作为支撑体, 经表面涂膜后高温烧成^[1]。较之传统聚合物分离膜材料, 陶瓷膜具有机械强度高、化学稳定性好、渗透通量大、分离效率高、孔径分布窄、抗污染能力强、耐高温耐腐蚀、清洗简

收稿日期: 2020-01-10。

修订日期: 2020-03-12。

基金项目: 国家自然科学基金(51962013, 51762023); 江西高校人文社会科学研究项目(TQ1104); 江西省重点研发项目(20192ACB80007, 20201BBE51011); 江西省自然科学基金(20192ACB20018)。

通信联系人: 王裕芳(1970-), 女, 学士, 副研究馆员。

Received date: 2020-01-10.

Revised date: 2020-03-12.

Correspondent author: WANG Yufang (1970-), Female, Bachelor, Deputy research librarian.

E-mail: 419212996@qq.com

单方便、再生性能好、使用寿命长等诸多优点，在石油化工、食品保健、生物医药及节能环保等诸多领域得到了广泛的关注和成功应用^[2]。作为高性能膜材料的重要组成部分，陶瓷膜已成为国家重点发展的战略性新兴产业^[3]。《国家中长期科学和技术发展规划纲要》、《国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定》、《高性能膜材料科技发展“十二五”专项规划》等一系列国家纲要、决定和规划的相继出台实施，为陶瓷膜行业的发展注入了新的生机与活力^[4-11]，带来了前所未有的机遇。陶瓷膜已迅速发展为膜领域最具应用前景和潜力值的膜材料之一^[3]。随着世界各国对陶瓷膜研发重视程度的不断提升，加速我国陶瓷膜的研发与生产具有重要的战略意义。

本文利用合享智慧科技有限公司 IncoPat 专利信息检索与分析系统，检出我国国家知识产权局专利局公开(公告)的 1985-2019 年陶瓷膜专利申请共 13254 件^[12]，分别从申请趋势、地域分布、申请类型、法律状态、主要申请人和技术构成等维度进行全面揭示与深入分析，帮助科研人员和相关职能部门准确把握陶瓷膜领域的专利申请现状、研判未来发展趋势，为我国陶瓷膜技术创新与管理提供决策参考^[13]。

1 分析

1.1 申请趋势分析

截止 2019 年 12 月 31 日，陶瓷膜相关专利在华申请共计 13254 件，相关数据见图 1。由图可知，

2001 年以前，我国陶瓷膜专利申请量较少，其中，1999 年和 2000 年专利申请量分别为 66 件和 57 件，均不足 100 件。主要有两个原因：一是尽管陶瓷膜的研究始于 20 世纪 40 年代，但我国陶瓷膜技术始于 20 世纪 90 年代^[3]，这段时间我国对陶瓷膜的研究探索尚处萌芽期，成果产出较少；二是我国专利法 1985 年才开始实施，早期宣传渠道和宣传力度不够，科研人员对知识产权和专利保护认知不足，以致专利申请量有限。2001 年到 2019 年间，陶瓷膜专利申请量稳步增长，2010 年以前较之上一年基本维持每年 70 件以下的增长水平，发展平缓，2011 年，开始进入快速增长期，以 44% 的增长速度上升至 631 件，2016 年为 1518 件，较之上一年增长了 230 件，2018 年为 1631 件，创历史新高。这说明我国陶瓷膜领域的专利意识不断增强，同时也与国家颁布一系列政策鼓励发展和重点支持陶瓷膜行业，助推陶瓷膜新产品新技术研发及近年来世界各国对陶瓷膜研发重视程度的与日俱增密切相关。

需要特别指出的是，发明专利申请自申请日起(有优先权的，从优先权日起)满 18 个月才公开，加之各专利信息系统在数据更新上存在一定程度的滞后，2019 年申请的专利到年底仍有许多尚未公开或公告而在图中无法显示出来。因此，尽管图 1 中显示的 2019 年专利申请量呈断崖式下降，而实际上从图中 2019 年之前专利申请的发展趋势和近年来世界各国对陶瓷膜研发热度的有增无减可以推断出 2019 年的申请量仍应是持续上升的。

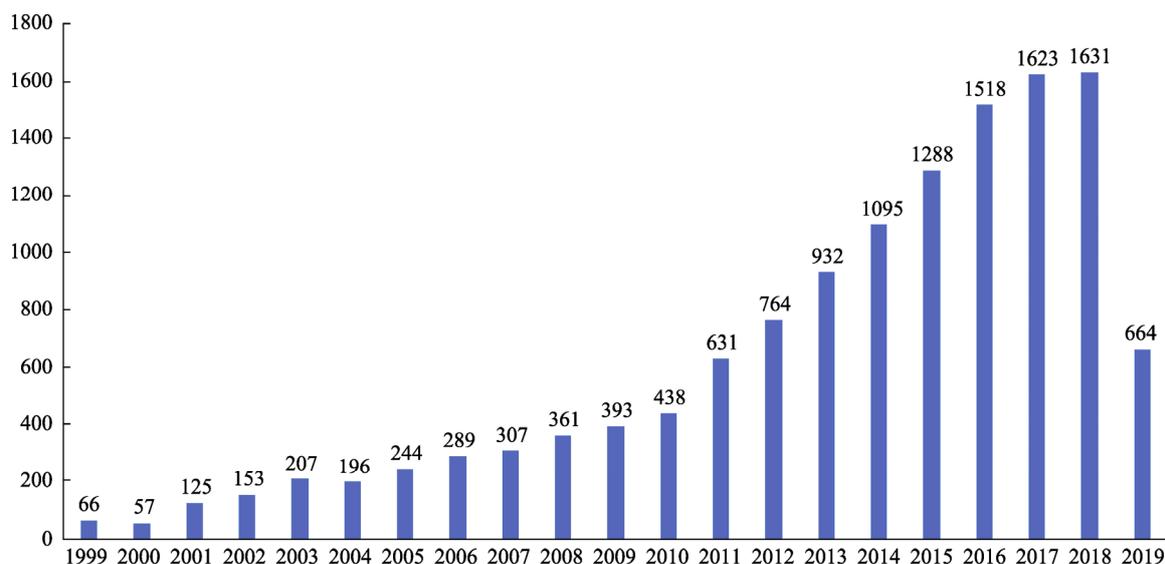


图 1 陶瓷膜专利申请趋势

Fig.1 Overall trend of patent application volume in ceramic membranes

1.2 地域分析

表 1 为陶瓷膜专利在华申请主要国家分布, 表 2 为中国国内陶瓷膜专利申请主要省市分布。对表 1 和表 2 综合对比分析可看出, 13254 件在华专利申请中, 国内申请占绝对优势, 为 12227 件, 占总量的 92.61%。国外共有日本、美国、德国、韩国和法国等 19 个国家来华申请了陶瓷膜专利, 申请量为 1027 件, 占总量的 7.39%。其中, 日本和美国作为陶瓷膜领域的技术强国, 拥有较高的研发产出, 高度重视在华专利布局, 以抢占中国陶瓷膜市场份额。日本申请为 549 件和美国申请为 203 件, 分别占国外来华申请总量的 53.46% 和 19.77%。国内申请优势较为明显的多为一些经济发展状况较好的省市, 以及高校、科研院所或陶

表 1 陶瓷膜专利在华申请主要国家分布
Tab.1 Global distribution of patent application
in ceramic membranes

No.	Country	Vol.	Pct.(%)
1	China	12227	92.61
2	Japan	549	4.16
3	USA	203	1.54
4	Germany	94	0.71
5	South Korea	60	0.45
6	France	24	0.18
7	Singapore	13	0.1
8	United Kingdom	12	0.09
9	Italy	11	0.08
10	Switzerland	9	0.07
11	others	52	0.01
	Total	13254	100

表 2 陶瓷膜专利国内申请主要省市分布
Tab.2 Domestic distribution of patent application
in ceramic membranes

No.	Region	Vol.	Pct.(%)
1	Jiangsu	2061	16.86
2	Guangdong	1411	11.54
3	Beijing	1026	8.39
4	Zhejiang	836	6.84
5	Shanghai	775	6.34
6	Shandong	733	5.99
7	Anhui	704	5.76
8	Fujian	492	4.02
9	Liaoning	434	3.55
10	Sichuan	420	3.44
11	others	3335	27.27
	Total	12227	100.00

瓷膜企业相对密集的省市, 如江苏、广东、北京、浙江、上海、山东、安徽等, 上述 7 省专利数均超过 700 件, 其中, 江苏以 2061 件的明显优势位居榜首, 占前十总量的 23.18%, 国内总量的 16.86%。申请量排名前 10 的省份专利数累计 8892 件, 占国内总量的 72.73%。

1.3 专利类型分析

表 3 为陶瓷膜专利类型分布。表中显示, 国内申请的 12227 件专利中, 发明申请 6798 件, 占 55.6%; 发明授权 2337 件, 占 19.11%; 实用新型 3053 件, 占 24.97%; 外观设计 39 件, 占 0.32%。国外来华申请的 1027 件专利中, 发明申请 658 件, 占 64.07%; 发明授权 363 件, 占 35.35%; 实用新型 6 件, 占 0.58%。值得关注的是, 日本申请的 549 件专利中, 发明申请 330 件, 占 60.11%; 发明授权 216 件, 占 39.34%, 同比高出国内 20 多个百分点; 实用新型 3 件, 占 0.55%; 可见, 国内申请实用新型占比偏高, 申请质量相对偏低, 发明申请和发明授权占比亟待提高。

1.4 专利法律状态分析

表 4 为陶瓷膜专利法律状态分布。表中显示, 13254 件在华申请专利中, 有效 5813 件, 占 43.86%; 失效 4709 件, 占 35.53%; 在审 2732 件, 占 20.61%。中国国内申请的 12227 件专利中, 有效 5316 件, 占 43.48%, 失效 4293 件, 占 35.11%; 在审 2618 件, 占 21.41%。而国外来华申请的 1027 件专利中, 有效专利为 497 件, 占 48.39%; 失效专利为 416 件, 占 40.51%; 在审 114 件, 占 11.1%。值得关注的是: 日本的 549 件专利申请中, 有效专利为 308 件, 占 56.1%; 失效专利为 199 件, 占 36.25%; 在审 42 件, 占 7.65%。专利权失效有诸多原因: 有些属期限届满权利正常终止, 有些属未缴年费权利提前终止, 有些属主动放弃, 也有些是专利权被无效, 还有相当占比的专利申请未能被授权。通过进一步分析发现: 国内申请中因未缴年费提前失效的有 2422 件, 其中, 高校和科研院所共 1245 件, 占比 51%, 而且许多授权专利维持年限普遍不长, 说明我国高校和科研院所存在“重授权、轻保护”现象, 专利管理水平亟待提高。当然, 对陶瓷膜行业而言, 失效专利尤其是高价值失效专利是宝库, 应充分开发利用。

1.5 主要申请人分析

表 5 为陶瓷膜专利主要申请人分布。表中显示, 除日本碍子株式会社外, 其余 9 位均属我国单位。作为国内陶瓷膜研究的探索者, 南京工业

表3 陶瓷膜专利类型分布

Tab.3 Types of patent application for ceramic membranes

Type	Domestic		Overseas		Japan	
	Vol.	Pct.(%)	Vol.	Pct.(%)	Vol.	Pct.(%)
Invention application	6798	55.6	658	64.07	330	60.11
Invention authorization	2337	19.11	363	35.35	216	39.34
Utility Model	3053	24.97	6	0.58	3	0.55
Design	39	0.32	0	0	0	0
Total	12227	100	1027	100	549	100

表4 陶瓷膜专利法律状态分布

Tab.4 Distribution of legal status in ceramic membranes

Legal status	Total		Domestic		Overseas		Japan	
	Vol.	Pct.(%)	Vol.	Pct.(%)	Vol.	Pct.(%)	Vol.	Pct.(%)
Valid	5813	43.86	5316	43.48	497	48.39	308	56.10
Invalid	4709	35.53	4293	35.11	416	40.51	199	36.25
In trial	2732	20.61	2618	21.41	114	11.10	42	7.65
Total	13254	100.00	12227	100.00	1027	100.00	549	100.00

大学研发实力最强,以 246 件专利申请、占前 10 总量 19.57% 的优势稳居榜首,主要涉及分离、催化和水处理等技术领域,同时在降低陶瓷膜制备成本、控制膜污染和实现膜规模化制备等方面也有突出的表现,主要有:膜分离法回收锂电池生产中 N-甲基吡咯烷酮废气、船舶尾气脱硫脱硝的催化膜接触器、用于空气净化的载银碳纳米管陶瓷复合膜、对 CO₂ 具有优异分离功能的无缺陷 DDR 分子筛膜、蒸馏脱盐用陶瓷膜、陶瓷纳滤膜;陶瓷膜负载的钨催化剂、陶瓷膜负载的氧化锌光催化剂、用于气体净化的催化膜;高硅含油废水的处理方法、垃圾渗滤液处理工艺、反渗透海水淡化陶瓷膜预处理方法;利用粉煤灰制备粉煤灰-氧化铝双层复合微滤膜、以废旧稀土基脱硝催化剂为原料制备多孔陶瓷膜催化剂、采用粉煤灰基微滤膜负压抽吸处理矿井水、通过废物利用降低了陶瓷膜的制备成本,同时在废气、废水处理等领域展现出很好的应用前景;具备良好脱色功能、微生物去除率高、膜通量及抗生物污染性能优异的负载二维纳米银片抗菌陶瓷膜、非对称结构的原位超声抗污染膜,以及制备过程操作简单,易于规模化生产,可用于工业粉尘净化装置的高通量多孔碳化硅分离膜等。

表 5 同时显示,国内 9 位申请人中高校有 7 所,科研院所和企业各 1 家。其中,源自南京工业大学的江苏久吾高科技股份有限公司^[3]以 139 件专利排名第 4,一则说明我国部分陶瓷膜企业已

具备强劲的研发实力和较强的专利意识,但企业至今尚未成为陶瓷膜创新的主体。中国膜工业协会统计数据显示,国内从事膜材料生产的近 300 家企业,产值过亿元的不到 30 家,企业规模普遍偏小;从事膜工程的企业虽然有千家左右,但大型膜工程的设计研发、施工与调试运行能力绝大多数企业并不具备^[3]。二则反映出我国陶瓷膜技术停留在实验室研发阶段的居多,产业化程度仍然偏低,应该以近年来国家出台各项激励政策助推高校与科研院所科研成果转移转化为契机,加强高校、科研院所与企业间的产学研用合作,加速专利技术产业化发展进程,从整体上提高企业研发能力,扩大产业化规模。表 5 显示,位居第 8 位的是日本碍子株式会社,申请量为 81 件,内容主要涉及陶瓷分离技术膜结构体、使用氢氧化物离子传导性陶瓷隔板的二次电池、蜂窝形状陶瓷多孔体及陶瓷分离膜结构体、碳化硅材料、蜂窝结构体及电热式催化剂载体、陶瓷渗透汽化膜以及陶瓷蒸汽渗透膜、分离膜-多孔材料复合物及用于制造所述复合物的方法、陶瓷过滤器等,这也是一股不可小觑的力量。

从表 6 可以看出,中日陶瓷膜专利主要申请人有明显不同,国内前 10 贡献主要源于高校和科研院所,前 10 总量占全部专利的 10.16%,而日本前 10 则全部为企业,且前 10 总量占全部专利的 49.91%,企业研发实力优势明显,这也是我国陶瓷膜行业值得思索的问题。

表 5 陶瓷膜专利主要申请人前 10 分布
Tab.5 Distribution of top 10 patent applicants in ceramic membranes

No.	Applicant	Vol.	Top 10 Pct.(%)
1	Nanjing Tech. University	246	19.57
2	Zhejiang University	183	14.56
3	Tsinghua University	177	14.08
4	Jiuwu Hi-tech	139	11.06
5	South China University of Technology	104	8.27
6	Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences	93	7.40
7	Shanghai Jiaotong University	82	6.52
8	NGK Insulators, LTD	81	6.44
9	Harbin Institute of Technology	79	6.29
10	Guangxi University	73	5.81
	Total	1257	100.00

表 6 陶瓷膜专利中日前 10 主要申请人分布
Tab.6 Distribution of top 10 patent applicants in ceramic membranes between China and Japan

Applicants from China	Vol.	Top 10 Pct.(%)	Total Pct.(%)	Applicants from Japan	Vol.	Top 10 Pct.(%)	Total Pct.(%)
Nanjing Tech University	246	19.81	2.01	NGK Insulators, Ltd.	81	29.56	14.75
Zhejiang University	183	14.73	1.50	Idemitsu Kosan	41	14.96	7.47
Tsinghua University	175	14.09	1.43	Sumitomo Metal Mining	31	11.31	5.65
Jiuwu Hi-tech	139	11.19	1.14	LINTEC Corporation	25	9.12	4.55
South China University of Technology	104	8.37	0.85	Seiko Epson Corporation	23	8.39	4.19
Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences	93	7.49	0.76	TDK Corporation	19	6.93	3.46
Shanghai Jiaotong University	82	6.60	0.67	Murata Manufacturing Company Ltd.	18	6.57	3.28
Harbin Institute of Technology	79	6.36	0.65	JX Nippon Mining Metals Corporation	14	5.11	2.55
Guangxi University	73	5.88	0.60	Sumitomo Electric Industries	11	4.01	2.00
Dalian Institute of Chemical Physicas Chinese Academy of Sciences	68	5.48	0.56	Shoei chemical Inc.	11	4.01	2.00
others	10985	/	89.84	others	275	/	50.09
Total	12227	/	100.00	Total	549	/	100.00

1.6 技术构成分析

IPC(国际专利分类) 是国际通用的专利技术分类方法, 蕴含丰富的专利技术信息。通过对陶瓷膜专利申请进行 IPC 统计分析, 可以准确地揭示该领域专利申请涉及的主要技术构成、研发热点和专利布局情况。表 7 为在华陶瓷膜专利技术构成, 按 IPC 小类揭示前 10 个技术领域的分布情

况。从表 7 可看出, 陶瓷膜专利申请涉及技术领域排名前十的分别是: B01D(分离), C02F(水、废水、污水或污泥的处理), C04B(石灰、氧化镁、矿渣、水泥及其组合物, 例如: 砂浆、混凝土或类似的建筑材料、人造石、陶瓷), C23C(对金属材料的镀覆、用金属材料对材料的镀覆、表面扩散法、化学转化或置换法的金属材料表面处理),

表7 在华陶瓷膜专利申请前10 IPC小类分布
Tab.7 Distribution of top 10 IPC subclass in ceramic membranes

IPC	B01D	C02F	C04B	C23C	H01M	H01L	C25D	B32B	B01J	C09D	Total
Vol.	2698	2113	1743	1302	1094	645	535	465	414	361	11370
Pct. (%)	23.73	18.58	15.33	11.45	9.62	5.67	4.71	4.09	3.64	3.18	100.00

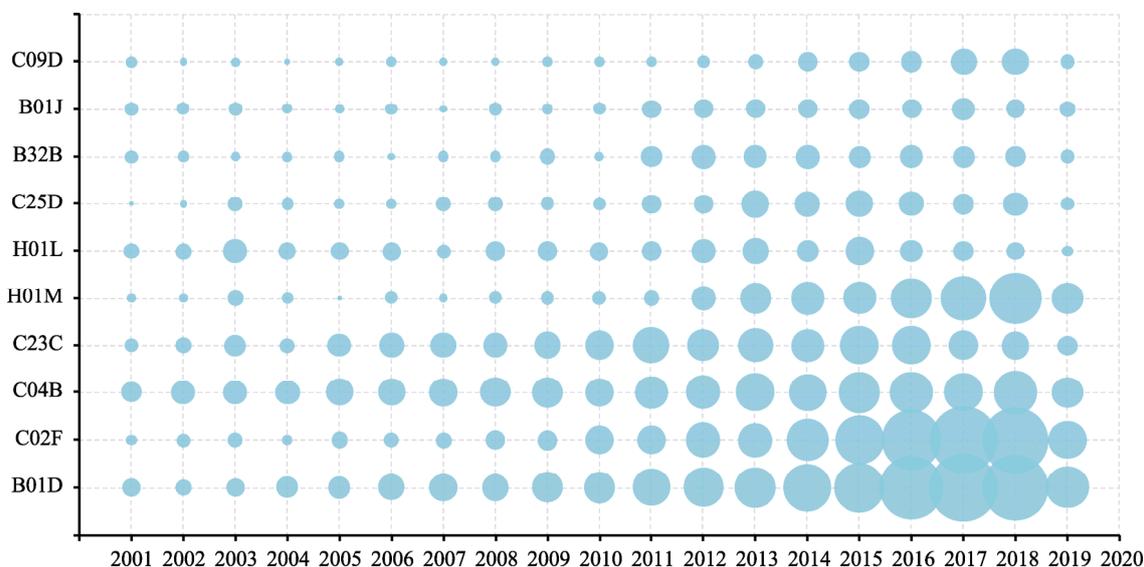


图2 陶瓷膜专利前10个IPC小类申请趋势

Fig.2 Application trend of top 10 IPC subclass in ceramic membranes

H01M(用于直接转变化学能为电能的方法或装置), H01L(用于转变光或热为电能的半导体或其他固态器件), C25D(覆层的电解或电泳生产工艺方法), B32B(层状产品, 即由扁平的或非扁平的薄层, 例如泡沫状的、蜂窝状的薄层构成的产品), B01J(化学或物理方法, 例如, 催化作用或胶体化学, 其有关设备)和 C09D(涂料组合物, 例如色漆、清漆或天然漆、填充浆料、化学涂料或油墨的去除剂、用于着色或印刷的浆料或固体)。其中, 涉及 B01D 的专利申请为 2698 件, 以占前 10 申请总量 23.73% 的明显优势位居第一; 排名第二的是 C02F, 专利数为 2113 件, 占前 10 申请总量的 18.58%。可见陶瓷膜专利申请的主要技术领域还是以分离技术的研究为主, 而关于水、废水、污水或污泥的处理研究也是陶瓷膜专利申请的重要领域。从图 2 可以看出, 上述两个领域的研究呈快速增长态势, 可见在环保领域尤其是水处理领域的应用研究是目前乃至今后很长一段时间陶瓷膜领域的研究热点。陶瓷纳滤膜、气体分离和净化膜、渗透汽化和蒸汽渗透膜材料的规模化、产业化关键制备技术也因此在未来很长时间内仍将是陶瓷膜领域研究的重点, 它将引领陶瓷膜行

业向高端化发展, 为实现节能减排目标提供强大的技术支撑^[10]。

2 结论

通过对国家知识产权局专利局公开(公告)的 1985-2019 年陶瓷膜专利申请从申请趋势、地域分布、申请类型、法律状态、主要申请人和技术构成等维度进行分析, 可得出如下结论:

(1) 随着全球陶瓷膜技术创新能力的不断提升、世界各国对陶瓷膜专利战略的高度重视和日美等国对我国陶瓷膜市场的密切关注, 在华陶瓷膜专利申请活跃, 申请量逐年上升。截止 2019 年 12 月 31 日, 国内外向我国申请的陶瓷膜专利达 13254 件。

(2) 国外陶瓷膜技术的产业化、商业化程度已达到较高水平, 美国、日本、法国等国家在陶瓷膜开发和应用方面的研究发展尤为迅速。特别是日、美等国高度重视在华专利布局, 申请了大批陶瓷膜制备、分离、催化等方面的专利, 以占领我国陶瓷膜市场; 中国国内申请主要集中在经济较发达、高校科研院所或陶瓷膜企业较为密集的

省市。

(3) 从专利申请类型和法律状态分析来看, 国内申请实用新型专利占比偏高, 为 24.97%, 而国外申请几乎全是发明专利; 国内发明授权仅占 19.11%, 而国外发明授权占 35.35%, 日本发明授权占 39.34%; 国内有效专利占 43.48%, 国外有效专利占 48.39%, 日本有效专利占 56.10%, 说明国内专利申请“意识达标、能力不足”, 专利质量和专利价值亟待提高。从国内申请失效专利来看, 高校和科研院所因未缴年费权利提前终止占失效专利比高达 51%, 说明我国高校和科研院所大量专利授权后未能得到有效保护, 专利管理水平亟待提升。

(4) 从国内主要申请人分布可以看出, 当前我国陶瓷膜技术创新主体是高校与科研院所, 尽管部分企业研发能力强劲, 专利产出活跃, 但总体来看, 企业的创新能力普遍偏低、尚未成为创新的主导力量, 高校与科研院所成果转化进程亟待加快。

(5) 从技术构成来看, 陶瓷膜专利申请的主要内容还是以分离为主, 而水、废水、污水或污泥的处理研究也是我国陶瓷膜专利申请的重要领域和将来很长一段时间的发展方向。

3 建议

加强陶瓷膜专利战略的实施与完善, 建立健全以质量和价值为导向的专利激励制度。以陶瓷膜新技术研发为核心, 以产业化为目标, 加强与深化产学研用多元化合作与协同创新。在不断完善现有超/微滤陶瓷膜的基础上, 开发分离精度更高、分离效率更好、制备成本更低, 膜自清洁能力更强的纳滤膜、气体分离膜、渗透汽化膜^[14-15]和低成本高装填密度的陶瓷膜元件^[15], 加强陶瓷膜在生物医药与节能环保等重要领域的研究, 加速陶瓷膜领域科技创新和产业化进程, 助推陶瓷膜行业的发展。作为科技成果向生产力转化的助推者与实施者, 企业应当成为陶瓷膜领域未来创新的引领者, 应充分利用先进的专利分析技术对陶瓷膜领域国内外专利布局进行动态跟踪与分析, 在规避国内外专利技术壁垒的同时, 及时把握陶瓷膜领域发展动态与研究前沿, 探求研究热点与技术空白点, 快速实现技术创新与突破。我国陶瓷膜创新主体应在加快产品研发和成果转化的同时, 加强知识产权保护, 在注重国内申请的

同时, 积极开展国外专利的跟踪、研究, 在一些具有良好市场应用前景的高新技术领域开展前瞻性研发与海外专利布局, 不断提升我国陶瓷膜产品国际竞争力。

参考文献:

- [1] 徐南平. 无机膜分离技术与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [2] 徐南平. 面向应用过程的陶瓷膜材料设计、制备与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [3] 曹义鸣, 徐恒泳, 王金渠. 我国无机陶瓷膜发展现状及展望[J]. 膜科学与技术, 2013, 3(2): 1-5+11. CAO Y M, XU H Y, WANG J Q. Membrane Science and Technology, 2013, 3(2): 1-5+11.
- [4] 中华人民共和国国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要[Z]. 2006-2-9.
- [5] 中华人民共和国国务院. 国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定(国发[2010]32号)[Z]. 2010-10-18.
- [6] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要[Z]. 2011-3-16
- [7] 中华人民共和国科学技术部. 国家“十二五”科学和技术发展规划[Z]. 2011-7-13.
- [8] 国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、商务部、知识产权局. 当前优先发展的高技术产业化重点领域指南(2011年度)[Z]. 2011-10-20.
- [9] 中华人民共和国国务院. “十二五”国家战略性新兴产业发展规划[Z]. 2012-7-20.
- [10] 中华人民共和国科学技术部. 高性能膜材料科技发展“十二五”专项规划[Z]. 2012-9-06.
- [11] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要[Z]. 2016-3-17.
- [12] IncoPat 科技创新服务平台[DB]. <http://www.incopat.com>, 2019.12.31.
- [13] 罗晓宁, 鄢春根, 王裕芳. 陶瓷复合材料专利信息分析[J]. 陶瓷学报, 2017, 38(4): 586-590. LUO X N, YAN C G, WANG Y F. Journal of Ceramics, 2017, 38(4): 586-590.
- [14] 张小赛, 倪卫红. 陶瓷膜发展现状及应用研究[J]. 环境工程, 2013, 31(6): 108-111+95. ZHANG X Q, NI W H. Environmental Engineering, 2013, 31(6): 108-111+95.
- [15] 漆虹, 曹义鸣. 2014 年我国陶瓷膜应用新进展[J]. 膜科学与技术, 2015, 35(3): 131-133. QI H, CAO Y M. Membrane Science and Technology, 2015, 35(3): 131-133.