

基于德温特专利数据的 MOFs 材料的研究现状及发展态势分析

李建婷 刘明丽

(北京工业大学,北京 100124)

摘 要 基于德温特专利数据(DII),应用专利计量方法研究金属有机框架(MOFs)材料的研究现状及发展趋势。在 DII 数据库中检索 1963 年至 2016 年 12 月 31 日的 MOFs 专利记录 1356 条,采用汤森路透开发的分析软件(TDA)对采集的专利数据进行分析,并借助可视化的分析工具,从专利总体态势、专利权人、专利技术领域和 MOFs 专利在中国的申请情况等方面进行分析。为我国相关领域的研究者提供具有一定价值的技术文献信息,也为我国加快 MOFs 材料技术创新、增强专利成果转化等提供参考。

关键词 德温特专利数据,金属有机框架,专利计量,分析软件,发展态势

Research status and development trend of MOFs material based on Derwent innovations index

Li Jianting Liu Mingli

(Beijing University of Technology, Beijing 100124)

Abstract The research status and development trends of metal organic frameworks (MOFs) material were researched based on Derwent innovations index (DII) by patent bibliometrics methods. 1356 MOFs patent records were retrieved in DII from 1963 to December 31, 2016. The MOFs patent data were analyzed by Thomson Data Analyzer (TDA) software. Then based on visual analysis tool, overall situation of patent application, patent applicants, technical fields and MOFs patent applications in China were analyzed. The findings can provide some valuable technology intelligence for related field researchers, and some references for accelerating technological innovation and strengthening transformation of patent results.

Key words Derwent innovations index, metal organic frameworks, patent bibliometrics, TDA, development trend

金属有机框架(MOFs)材料是由有机配体和金属离子或团簇通过自组装方式形成的具有分子内孔隙的有机-无机杂化材料^[1]。1995 年 Yaghi 等^[2-3]首次合成出具有稳定孔结构的金属有机多聚物并将其命名为“Metal-Organic Frameworks”(MOFs),由此开启了 MOFs 材料的研究热潮。在 MOFs 中,因有机配体和金属离子或团簇的排列具有明显的方向性,可形成不同的框架孔隙结构,从而表现出不同的吸附性能^[4-5]、光学性质^[6-7]、电磁学性质^[8]等,已广泛应用于气体存储、药物运载、催化剂、光学材料和生物传感器等领域^[9-10],是近 20 年发展较快的新型多孔材料,在现代材料学方面呈现出巨大的发展潜

力和诱人的发展前景。笔者采用专利计量分析方法,从专利总体态势、专利申请人、专利技术领域分布和在中国的专利申请情况等方面,探讨分析了 MOFs 的研究现状和发展趋势,为确定我国 MOFs 材料研究技术发展方向和研发重点、提高核心竞争力等提供借鉴。

1 数据来源及分析工具

1.1 数据来源及检索策略

德温特专利数据(DII)库可提供 1963 年~2016 年 12 月 31 日全球 40 多个专利机构(涵盖 100 多个国家和地区)的专利及相关引证信息^[11],它将同族

专利合并成一条记录,在同一条记录页面列出同族专利中不同国家和地区授予同一项技术的不同专利号,可对某一件具体专利的全球专利授权情况进行集中展示。在 DII 专利数据库中,通过“主题”检索 MOFs 相关专利,检索式为:TS=(“metal organic frame *” OR “metalorganic frame *” OR MOFs);检索日期为 2016 年 12 月 31 日,共检索出 1356 条专利记录。

1.2 分析工具

采用分析软件(TDA)对 MOFs 相关专利数据进行分类、处理和分析并将结果可视化展现。

2 结果与分析

2.1 MOFs 专利总体态势分析

2.1.1 MOFs 专利申请年份

对某一技术领域的专利进行申请年统计分析,可以了解该技术的年度分布情况。对检出的 1356 条 MOFs 专利记录按照申请年进行统计,得到 MOFs 专利申请年份趋势图见图 1。从图 1 可以看出,MOFs 专利最早申请于 2002 年,申请量基本呈增长趋势,尤其是从 2011 年起,其专利申请量迅速增长,突破三位数,达到 132 件(2015 和 2016 年的申请专利还未全部公开,数据仅供参考,不代表最终趋势)。

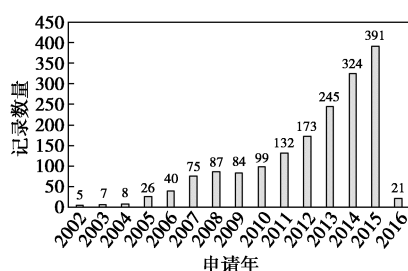


图 1 MOFs 专利申请年份趋势图

2.1.2 MOFs 专利申请地域分布

专利只有在某一国家或地区的专利局申请并注册之后才能依法实施,因此在某一个国家或地区申请专利的数量即可反映该国家或地区的科研实力,科技产业化程度和市场发展预期等。对检出的 1356 条 MOFs 专利记录按照专利号的前两个字母(受理国家、地区或组织的代码)进行统计分析(去掉同族专利),获得 MOFs 专利申请地域分布,见图 2。从图可以看出,MOFs 专利在中国的申请量最多,占申请总量的 38.9%,其次是美国,占申请总量的 28.1%,这说明在 MOFs 研究和应用领域,中美的

研发力量和市场发展前景较好。排名其次的是韩国、加拿大和德国。

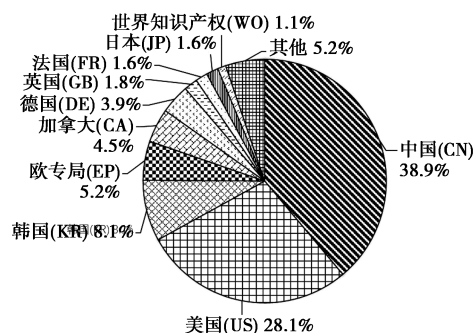


图 2 MOFs 专利申请国家和地区分布图

2.1.3 MOFs 专利优先权国和地区分布及专利区域布局

专利优先权国和地区是指专利申请人就其发明创造在一个国家或地区正式提出专利申请,在其他国家和地区就相关内容再次提出申请时,可以自在先申请提出之日起 12 个月内享有优先权。一般情况下,专利申请人会首先在其所在国或地区申请专利,然后在一年内利用优先权申请国外或地区专利,因此从专利申请优先权所属国或地区的专利数量分布可以了解一个国家或地区在该领域的技术实力^[11]。MOFs 专利优先权国家和地区分布及专利区域布局情况见表 1。从表 1 可知,MOFs 领域中国优先权专利申请量最多,为 589 件,占总量的 43.57%,其次是美国,为 419 件,占总量的 30.99%,说明 MOFs 领域专利技术主要集中在中美两国,且占据绝对领导地位。德国、韩国也位列技术强国,但其优先权专利数量与中、美差距较大。

专利技术具有很强的地域性,企业如果想要在某个国家生产、销售产品,为保护自己的知识产权不被侵犯,需要提前在该国申请专利,布局知识产权保护体系,同时企业在本国申请专利后,还可以就同一专利向其他国家提出专利申请,这些专利形成一个专利族。通过优先权专利国与同族专利的矩阵分析,可以了解专利国家和地区在全球各国和地区的专利布局战略,也可知道国际上重点专利布局在哪些国家和地区,从而对未来区域市场竞争态势进行预测分析。从表 1 可知,虽然中国的专利优先权申请量最多,但几乎全是在本国申请的,海外专利布局极少。而美国、德国、英国和法国等国家的专利优先权申请数量虽然比中国少,但它们非常关注国外市场的保护,在全球重要市场基本都有专利覆盖。

表 1 MOFs 专利优先权国家和地区分布及专利区域布局情况

重设		优先权国家和地区-最早	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		记录数量	720	474	440	225	151	124	80	72	55	46	34	29	25	24	23
同族专利国家或地区	记录数量	共现记录数量	中国 (CN)	美国 (US)	世界知识产权 (WO)	欧专局 (EP)	韩国 (KR)	日本 (JP)	德国 (DE)	加拿大 (CA)	印度 (IN)	澳大利亚 (AU)	墨西哥 (MX)	西班牙 (ES)	中国台湾省 (TW)	法国 (FR)	俄罗斯 (RU)
1	589	中国 (CN)	589	2	5	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	419	美国 (US)	66	344	230	79	35	50	17	32	19	26	13	4	7	—	10
3	76	欧专局 (EP)	31	33	63	59	25	21	5	16	10	9	14	10	4	2	10
4	73	韩国 (KR)	6	21	13	9	69	2	—	—	—	—	—	—	1	—	—
5	60	德国 (DE)	12	24	38	37	12	13	57	9	11	—	7	7	1	—	1
6	26	英国 (GB)	3	11	24	10	1	1	1	5	1	2	—	1	—	—	—
7	23	法国 (FR)	3	16	19	17	3	12	—	7	1	—	—	5	1	22	—
8	21	日本 (JP)	2	4	5	1	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	13	澳大利亚 (AU)	2	3	8	2	—	2	2	1	8	—	—	—	—	—	—
10	12	印度 (IN)	2	6	7	4	2	2	—	9	—	—	—	—	—	—	—

2.2 MOFs 专利申请人分析

专利申请人是指某项发明创造依法律规定或者合同约定享有专利申请权的公民、法人或机构组织。如果专利在申请到授权阶段没有发生转让、赠与等特殊情 况,在专利得到授权后,申请人即为专利权人。对不同申请人的专利数量进行排名,可以发现处于行业重要地位的专利申请人。MOFs 专利主要申请人的专利申请情况见图 3。从图可以看出,MOFs 专利主要申请人(申请量大于 20)的专利申请分别是德国的巴斯夫公司(BASF),美国的加利福尼亚大学(University of California)、西北大学(Northwestern University)和 UOP 有限责任公司(UOP LLC),中国的中国科学研究院、北京化工大学、大连理工大学、浙江大学和 华南理工大学,这些机构在 MOFs 领域的专利实力和技术实力非常强,尤其是德国 BASF 公司专利数量最多,达到 94 件,其在 MOFs 领域具有雄厚的研究实力。MOFs 专利申请量大于 20 的中国申请人有 5 家,说明 MOFs 技术在我国很受重视,对该技术领域的研发投入较

大。但这 5 家机构全部是科研机构 and 大学,没有一家企业,说明中国企业在该领域的研究实力较为薄弱。

2.3 MOFs 专利技术领域及研究热点

国际专利分类(IPC),是国际上通用的专利文献分类和检索工具^[12]。通过对专利申请进行 IPC 分布的分析,既可以判断创新的集中区域或热点区域,也可判断其涉及到的技术领域及发展趋势^[13]。MOFs 专利 IPC 主要的技术领域分布为化学(C)、机械工程(F)以及作业(B)3 个方面,具体包括有机化学(C07);废水、污水的处理(C02);气体或液体的存贮(F17);催化作用、胶体化学(B01J)和分离技术(B01D)等。

对 MOFs 专利的 IPC 主题词绘制云图见图 4。图中的字体大小反应主题词的热度。从图可以看出,MOFs 专利热度主题词有制备工艺(processes for preparing)、再生或再活化(regenerating or reactivating)、形态或物理性能(form or physical properties)、组成有机材料(comprising organic material)、有机化合物(organic complexes)、合成高分子化合物(synthetic macromolecular compounds)、锌化合物(Zn compounds)、铜化合物(Cu compounds)、铝化合物(Al compounds)、气体溶剂或气体吸附剂(gas-solvents or gas-sorbents)、气体吸附(gas adsorption)和半透膜(semi-permeable membranes)等,分析可知 MOFs 专利主要集中在 MOFs 材料的制备及应用方面,制备方面采用较多的金属有 锌(Zn)、铜(Cu)和铝(Al),应用方面主要是作为

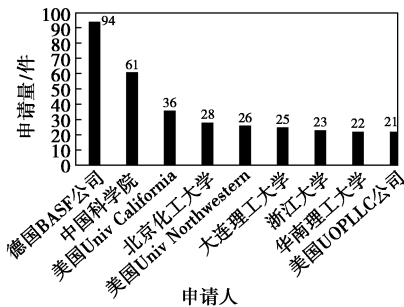


图 3 MOFs 专利主要申请人的专利申请情况图

组分用于气体溶剂或吸附材料或半透膜材料的制备或相关器件的研发。



图 4 MOFs 专利 IPC 主题词云图

表 2 MOFs 主要技术的地域分布

	优先权国家和地区-最早	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	记录数量	314	202	156	144	126	107	82	79	74	56	49	44	43	43	43	42	42	41	40	37	37	37	36	36	35	35	35	35
记录数量	共现记录数量	B01J 20/22	B01J 20/30	B01D 53/02	B01J 20/28	C07F 3/06	B01J 31/22	B01D 53/04	C07F 1/08	F17C 11/00	B01D 67/00	B01D 20/26	C07F 5/06	B01D 53/22	C07F 1/28	C07F 3/00	B01J 20/20	B01J 31/16	C07F 15/02	C07C 51/41	C07F 15/06	C07F 19/00	C07F 5/00	B01D 53/047	C07F 7/00	B82Y 30/00	C07C 63/307	C07F 15/00	C09K 11/06
589	中国(CN)	140	143	46	61	40	81	6	27	3	41	15	10	17	33	—	6	1	10	7	16	14	12	6	9	13	10	—	29
419	美国(US)	97	23	65	46	50	10	52	26	46	12	11	8	23	4	17	19	14	13	6	10	5	8	18	13	14	4	16	3
76	欧专局(EP)	27	8	13	11	5	2	6	4	6	—	7	6	—	3	7	2	8	2	10	1	2	1	2	1	1	3	2	—
73	韩国(KR)	6	2	3	2	10	1	2	9	1	2	—	2	2	—	7	—	3	2	1	5	5	5	3	2	2	1	7	—
70	德国(DE)	15	8	11	13	7	3	6	3	8	—	9	7	—	2	5	9	8	1	8	1	4	6	—	3	1	7	5	—
26	英国(GB)	5	3	4	3	3	2	2	5	3	—	1	3	—	—	1	—	5	4	3	2	2	1	—	2	2	4	—	—
23	法国(FR)	6	4	3	1	3	4	3	1	—	—	1	6	—	—	2	1	1	8	2	1	2	3	3	6	—	4	1	2
21	日本(JP)	3	2	—	1	—	2	1	2	5	—	—	—	—	1	—	2	1	—	1	1	—	—	—	—	—	2	1	—
13	澳大利亚(AU)	3	1	6	2	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—	2	—	—	—	—	1
12	印度(IN)	3	3	1	—	1	—	1	—	1	1	—	—	1	—	—	3	1	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—
11	世界知识产权(WO)	2	—	1	2	—	1	1	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	1	—
9	中国台湾省(TW)	3	3	2	—	2	—	—	—	—	—	3	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—

2.4 MOFs 专利在中国的申请情况

表 3 以中国为优先权国的前 10 位专利申请人/专利权人

排序	申请量	专利申请人
1	69	中国科学院(CHINESE ACAD SCI)
2	28	北京化工大学(UNIV BEIJING CHEM TECHNOLOGY)
3	25	大连理工大学(UNIV DALIAN TECHNOLOGY)
4	23	浙江大学(UNIV ZHEJIANG)
5	22	华南理工大学(UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY)
6	19	南开大学(UNIV NANKAI)
7	15	中南大学(UNIV CENT SOUTH)
8	13	北京工业大学(UNIV BEIJING TECHNOLOGY)
9	12	南京理工大学(UNIV NANJING TECHNOLOGY)
10	11	福州大学(UNIV FUZHOU)
11	11	天津工业大学(UNIV TIANJIN POLYTECHNIC)

MOFs 主要技术的地域分布见表 2。从表 2 可知,中国在 B01J20/30、B01J20/22、B01J31/22 和 B01D67/00 领域的专利申请数量较多,而美国在 B01J20/22、B01D53/02、B01D53/04 和 C07F3/06 领域的专利申请数量较多。韩国、德国、英国、法国和日本的 MOFs 专利申请量虽然较中美两国少很多,但也基本覆盖了 MOFs 专利的主要技术领域;另外,B01J20/22 的申请量最多,达到 300 多件,其次是 B01J20/30 达 200 件,大于 100 件的有 4 个技术主题,分别为 B01D53/02、B01J20/28、C07F3/06 和 B01J31/22。

从表 1 可知,在中国申请的 MOFs 专利总量为 720 件,其中以中国为优先权国的专利数量为 589 件,以其他国家或地区为优先权国或地区的专利数量为 131 件。以中国为优先权国的前 10 位专利申请人(见表 3),全部来自高校和科研院所,分别为中国科学院 69 件、北京化工大学 28 件,大连理工大学 25 件,浙江大学 23 件,华南理工大学 22 件,南开大学 19 件,中南大学 15 件,北京工业大学 13 件,南京理工大学 12 件,福州大学和天津工业大学各 11 件,再次印证了中国企业在 MOFs 领域的研究水平较低。

3 结论与启示

通过可视化分析工具对 MOFs 进行计量分析,了解其国内外研究现状及发展趋势,得出以下结论和启示。

(1)从 1963 年至 2016 年 12 月 31 日截止检索日,德温特收藏的 MOFs 专利记录数只有 1356 条,数量并不多,说明 MOFs 是一种新型材料技术,但其申请量增长趋势明显,尤其从 2011 年起,MOFs 专利申请量迅速增长,结合其所涉及的技术领域可以推断其具有巨大的发展空间和广阔的应用前景,可以期待,在未来会有越来越多功能多样的 MOFs 及复合 MOFs 材料被开发出来,并且应用于不同领域,这将极大改善我们的环境,促进人类社会的发展。

(2)对 MOFs 专利进行地域分析可知,中国和美国是 MOFs 专利的主要受理国,又是 MOFs 专利的主要技术来源国,说明未来,中、美两国无论在技术方面还是在市场占领方面的竞争都会非常激烈。但特别需要指出的是,以美国和德国等国家为优先权的专利申请数量虽然不及中国,但它们非常关注国外市场的保护,在全球的重要市场基本都有专利布局,相反以中国为优先权的专利数量最多,但其在海外基本没有布局,究其原因可能有以下几点:中国对专利成果的评价重数量轻质量,专利质量整体不高,且申请专利不是以保护技术和市场为目的;科研人员缺乏专利基础知识,对专利全球布局的重要性认识不足;中国缺乏同时具备 MOFs 相关领域专业技术知识、专利知识和外语技能的专利代理及信息服务人员。针对上述情况,首先要加快知识产权服务机构的建设,加强学术水平高专利服务能力强的专利代理人及知识产权服务人员的培养;其次要加强科研人员的专利保护意识,增强其对 MOFs 专利全球布局重要性的认识;研究机构在进行研发的同时,也要制定有效的专利战略,积极进行专利布局,保持参与市场竞争的知识产权能力;最后应通过不断调整和完善学术奖励机制,加强知识产权评议等有效措施促进技术含量高、市场前景好,符合技术发展趋势和产业政策的高价值 MOFs 专利的申请。

(3)对 MOFs 专利的申请人分析可知,研发实力最强的机构主要集中在中国、美国和德国,尤其是德国,虽然只有 BASF 公司一家机构进入了排名前 10 之列,但其拥有的专利数量最多,研发实力最强,体现了德国企业雄厚的研究实力,也印证了国外科技创新的主体是企业。美国有 2 所高校和 1 家企业进入排名前 10 之列,分别是加利福尼亚大学、西北大学和 UOP 有限责任公司。中国共有 5 家机构进

入排名前 10 之列,分别是中国科学院、北京化工大学、大连理工大学、浙江大学和华南理工大学。虽然中国是进入排名前 10 机构最多的国家,但没有一家企业,中国企业在该领域的整体研发实力有待提高。针对这种情况,中国应大力实施创新驱动发展战略,推动产学研用一体化发展。加强企业、研究机构和高校的自主创新能力,推进多位一体协同创新,将更多资金、场地和人才等资源投入到 MOFs 产业尖端技术的开发中,为将来在激烈的市场竞争中赢得优势。

(4)对 MOFs 专利涉及的技术领域分析可知,MOFs 专利的技术领域主要集中在化学冶金、机械工程(F)以及作业运输三个方面,具体包括有机化学、废水、污水的处理、气体或液体的存贮、催化作用、胶体化学和分离技术等。MOFs 专利热度主题词分析可知,MOFs 专利主要集中在 MOFs 材料的制备及应用方面,其制备采用较多的金属有 Zn、Cu 和 Al,其应用主要是作为组分用于气体溶剂或吸附材料或半透膜材料的制备或相关器件的研发。

笔者基于专利计量对 MOFs 材料发展趋势和国内外研究状况进行了分析,为相关领域的专家学者提供具有一定价值的文献信息,但侧重于专利态势的宏观研究,未涉及核心专利等微观方面的研究,另外在数据的采集、挖掘和整理方法以及信息可视化方法等方面都有待进一步提高。

参考文献

- [1] Batten S R, Champness N R, Chen X M, et al. Terminology of metal-organic frameworks and coordination polymers (IUPAC recommendations 2013)[J]. Pure and Applied Chemistry, 2013, 85(8): 1715-1724.
- [2] Yaghi O M, Li H L. Hydrothermal synthesis of a metal-organic framework containing large rectangular channels[J]. Journal of the American Chemical Society, 1995, 117(41): 10401-10402.
- [3] Yaghi O M, Li G M, Li H L. Selective binding and removal of guests in a microporous metal-organic framework[J]. Nature, 1995, 378(6558): 703-706.
- [4] Zhang M W, Chen Y P, Bosch M, et al. Symmetry-guided synthesis of highly porous metal-organic frameworks with fluorite topology[J]. Angewandte Chemie-International Edition, 2014, 53(3): 815-818.
- [5] Banerjee D, Cairns A J, Liu J, et al. Potential of metal-organic frameworks for separation of xenon and krypton[J]. Accounts of Chemical Research, 2015, 48(2): 211-219.

(下转第 26 页)