# 基于专利的中日美质子交换膜燃料电池技术发展对比研究*

吴云龙，赵蕴华
（中国科学技术信息研究所，北京 100038）

摘要：本文以Innography为专利数据来源，从专利申请地域分布、年度分布、申请人分布、核心专利分布等方面对中、日、美三国在质子交换膜燃料电池领域的技术发展情况进行对比分析。研究结果表明：在质子交换膜燃料电池领域，全球专利申请量总体呈下降趋势，但来源于中国的专利申请数量仍保持平缓增长；日、美两国引领该领域的全球专利技术市场；美国掌握该领域近半数的核心专利，而日本在专利数量上占优势。

关键词：专利；Innography；质子交换膜燃料电池；中国；日本；美国
中图分类号：G255.53
DOI：10.3772/j.issn.1673-2286.2016.8.003

质子交换膜燃料电池（Proton Exchange Membrane Fuel Cell，PEMFC），是以氢气为燃料、氧气为氧化剂的低污染、高效能的发电装置[1]。PEMFC的电解质是固态电解质高分子膜，具有传导质子及绝缘电子、分隔燃料与氧化剂的双重作用，还具有能量密度高、冷启动快、无污染、无噪音、无电解质泄露等特点[2-3]。

PEMFC的发展历史可以追溯至20世纪60年代初，它是通用公司应NASA需要研发而成的，并且被应用于卫星[4]。在随后的二三十年，PEMFC的研发工作经历了一些波折[5-6]，但随着关键问题的不断突破，使得其在性能、寿命及成本等方面取得长足的发展，被广泛应用于交通、便携式电源以及分布式发电等领域，PEMFC的商业化也正逐步推进[7-10]。

## 1 数据来源

本文数据来源于ProQuest Dialog公司的Innography平台，其主要功能是对专利进行检索以及分析。其收录全球90多个国家和地区的超过8 000万件专利数据（包括专利原文、同族专利和法律状态）[11]。采用的检索方式是主题词结合IPC分类号：(@(abstract,claims,title) (PEM or "proton exchange membrane" or "polymer electrolyte membrane" or "membrane electrode" or MEA or (proton and "ion exchange membrane")) and (("fuel cell" or "fuel battery" or "fuel batteries") or PEMFC) NOT(@(abstract,claims,title)("direct alcohol" or "direct methanol" or "direct ethanol" or "direct organic" or DAFC or DMFC or DEFC)) and ((@meta IPC_H01M) or (@meta IPC_C))，检索时间为1960—2016年，检索日期为2016年5月6日。检索到PEMFC技术领域相关专利32 599件，经过同族专利扩展，共获得相关专利44 382件。通过对专利文献类型识别代码（kind_code_a or kind_code_a1 or kind_code_a2 or kind_code_y or kind_code_u）进行限制，最终得到该领域发明和实用新型专利申请量29 991件。

本文将从专利申请年度、地域、专利权人、核心专利分布等方面对中、日、美三国在PEMFC领域技术发展情况进行对比分析。

* 本研究得到国家科技支撑计划课题“专利信息支撑科研项目管理应用示范”（编号：2013BAH21B05）资助。

## 2 专利申请年度及地域分布对比分析

### 2.1 专利申请年度分布对比分析

专利的技术来源国指专利申请人所在的国家或地区。本文利用Innography数据库中的发明人所在地（Inventor Location）字段，近似表示专利技术来源国。如图1所示，从全球PEMFC申请量看，1997年以前，专利申请数量增长缓慢，申请量不超过200件/年；随后10年，专利申请量从1997年的250件，爆发式地增长到2006年的2 979件，2007年以后专利申请数量开始回落，目前正处于技术衰退期。从技术来源国的角度看，日本在1964年、美国在1970年先后开始出现零星的专利申请（图中未显示）。日本的PEMFC专利申请量变化趋势与全球趋势基本吻合，2007年达到峰值（1 555件），随后出现较大幅度回落；美国在2001年以前PEMFC专利申请数量增长较缓慢，但申请量从2001年的245件“跨越式”地增长到2002年的686件，在2003年达到峰值（690件）后，开始平缓地回落；中国在该领域起步较晚，增长缓慢，到2013年申请量才达到177件，但按照目前的趋势，未来将会持续增长。

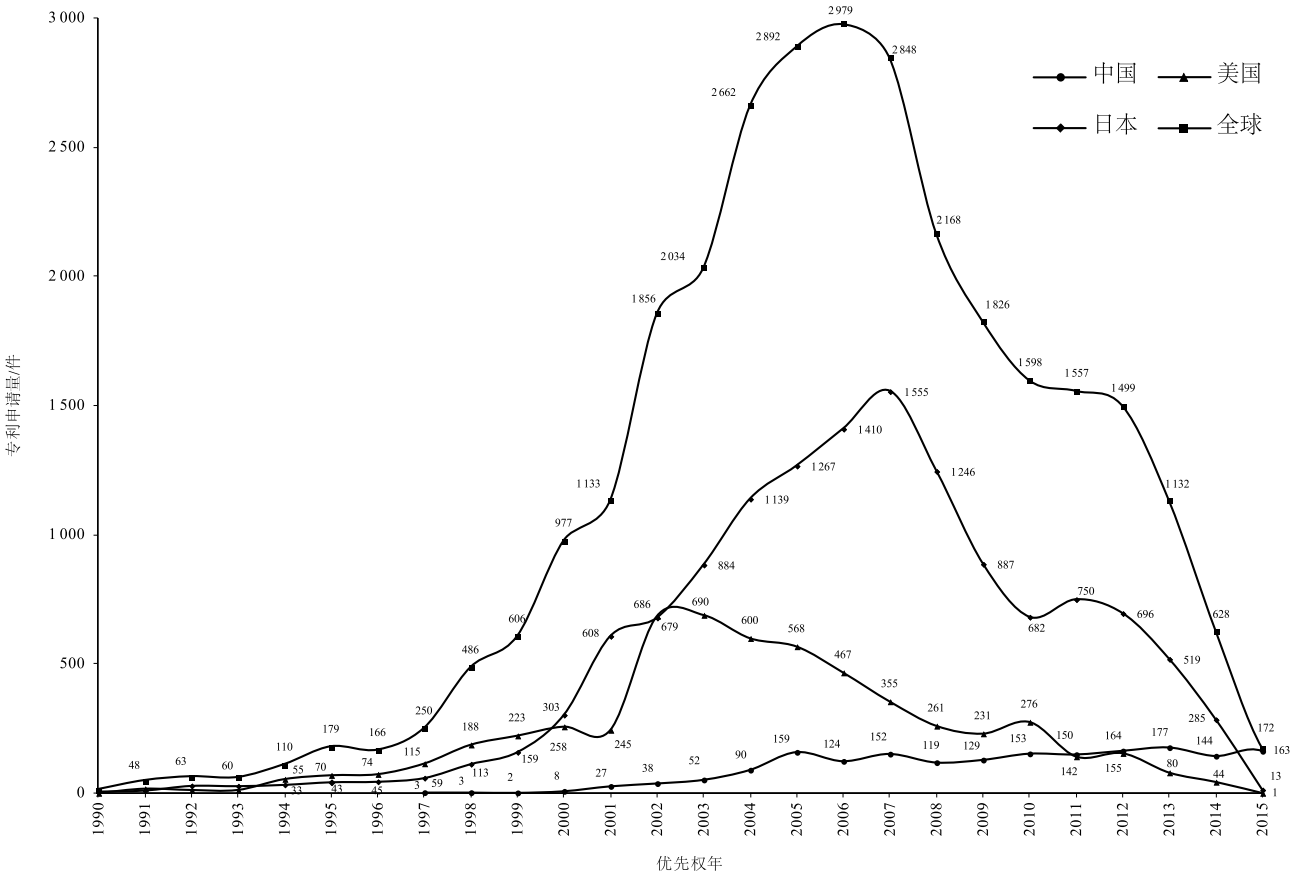


图 1 技术来源国PEMFC专利优先权年分布

注：专利从申请到公开一般存在1—2年的滞后，因此2013年以后的专利数据不完整，仅供参考

### 2.2 专利申请地域分布对比分析

专利的技术市场国指专利申请所在的国家、地区或组织。如图2和图3所示，无论从专利申请的技术市场国还是技术来源国看，在PEMFC领域，日本和美国都处于绝对的领先对位，远超过其他国家。在中国申请的相关专利有3 993件，排名第3，说明中国是重要的PEMFC专利市场，各相关技术研发单位都积极在中国进行专利申请与布局。在世界知识产权组织（WIPO）和欧洲专利局（EPO）申请的专利数量（WIPO 3 076件，EPO 2 370件）分列第4和第5位。

结合图4可见，日本作为PEMFC最大的技术来源

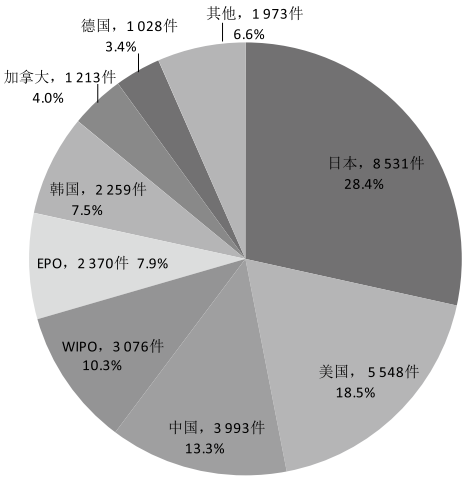


图 2 PEMFC技术市场国家/地区/组织分布

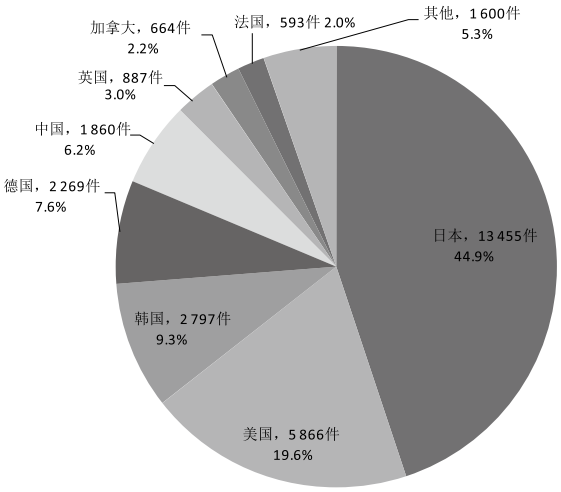


图 3 PEMFC技术来源国分布

国，在其国内申请的专利数量共6 906件，占在日本专利申请总量（8 531件）的81.0%。但是，日本在本国的专利申请量仅占来源于日本的专利总量（13 455件）的51.3%，即日本在该领域有一半的专利是在国外申请的。日本在布局国内PEMFC市场的同时，也在积极抢占国外专利市场。

来源于美国的5 866件相关专利中，仅31.3%的专利在美国国内申请，有68.7%的专利是在其他国家申请，可见美国对抢占国外市场的重视程度。

来源于中国的1 860件相关专利中，有1 661件在中国国内申请，仅占在中国申请专利总量（3 993件）的41.6%。在中国国内申请的全部PEMFC专利中，来源于日本和美国的专利申请分别为1 080件和629件，合计占比达42.9%。可见，来源于日、美两国的专利占据中国PEMFC专利市场的近半壁江山。

申请和维持PCT专利一般需要花费高昂的费用，因此，PCT专利一般是高价值专利。从图4可见，在PEMFC领域，来源于日本、美国和中国的PCT专利数量分别为1 239件、848件和45件，分别占全球PCT专利申请总量的40.3%、27.6%、1.5%；来源于日、美、中的PCT专利申请量分别占来源于日、美、中专利申请总量的9.2%、14.5%和2.4%；中国与美、日两国都有较大差距。表明美国和日本PEMFC相关研发机构的专利技术含金量很高，而且希望通过国际专利的申请，保护其在全球范围内的市场和利益。

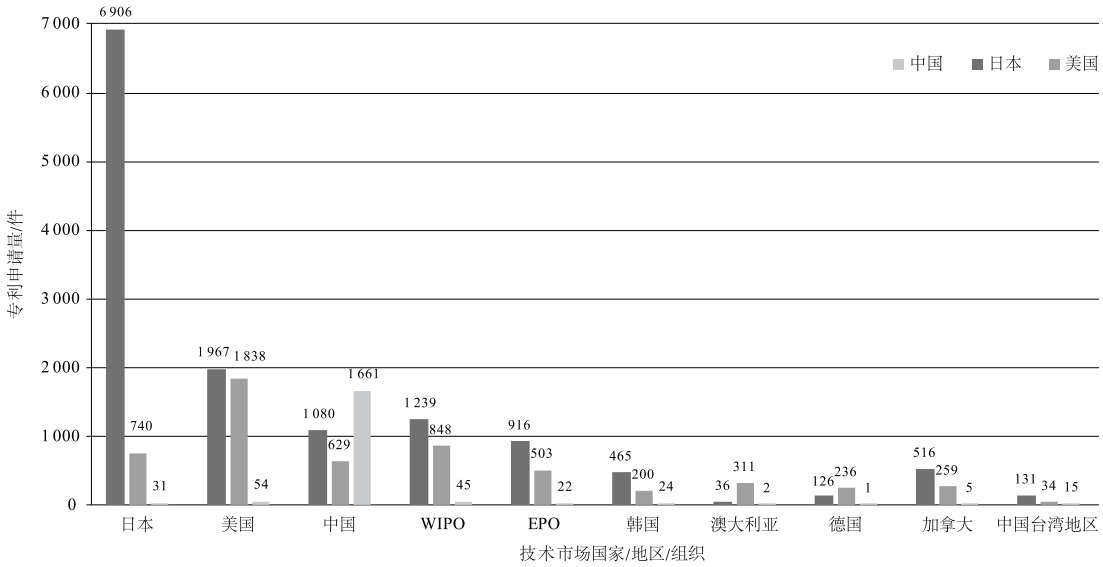


图 4 中日美PEMFC技术市场国家/地区/组织分布

## 3 专利申请人分析

如表1所示，在PEMFC领域全球排名前10的专利申请人中，有6家是日本公司，3家是美国公司；排名前20的申请人中，有8家是日本公司，3家是美国公司，并且排名前3的均为日本公司。可见日、美两国，尤其是日本在PEMFC领域的研发实力雄厚。来源于中国的PEMFC专利申请总量虽然位列世界第5位，但没有一家机构进入世界前20强，专利申请数量最多的新源动力股份有限公司（147件）在全球申请人中仅排名第32位，表明中国在该领域尚未形成世界顶级的研发机构。

表 1 PEMFC领域全球排名前20的专利申请人列表

| 编 号 | 机 构 | 国 家 | 专利申请数量/件 |
|---|---|---|---|
| 1 | 丰田自动车株式会社 | 日本 | 2 612 |
| 2 | 本田技研工业株式会社 | 日本 | 1 690 |
| 3 | 松下电器产业株式会社 | 日本 | 1 659 |
| 4 | 三星SDI株式会社 | 韩国 | 1 337 |
| 5 | 通用汽车公司 | 美国 | 1 252 |
| 6 | 日产自动车株式会社 | 日本 | 1 247 |
| 7 | 东芝株式会社 | 日本 | 650 |
| 8 | 联合技术公司 | 美国 | 452 |
| 9 | 3M公司 | 美国 | 420 |
| 10 | 株式会社日立制作所 | 日本 | 403 |
| 11 | 戴姆勒股份公司 | 德国 | 398 |
| 12 | 住友化学有限公司 | 日本 | 395 |
| 13 | 现代自动车株式会社 | 韩国 | 393 |
| 14 | 百拉得动力系统公司 | 加拿大 | 369 |
| 15 | 西门子公司 | 德国 | 331 |
| 16 | 旭硝子株式会社 | 日本 | 318 |
| 17 | 智慧能量有限公司 | 英国 | 316 |
| 18 | 巴斯夫欧洲公司 | 德国 | 311 |
| 19 | 法国原子能及替代能源委员会 | 法国 | 288 |
| 20 | 约翰逊马西有限公司 | 英国 | 277 |

如表2所示，日、美两国排名前10的专利申请人均为企业。表明目前在日本和美国，PEMFC领域的研发活动主要在企业中进行，已处于生产利用研究为主的阶段，因此，其研究应该以技术开发和产品应用为主，产业和市场竞争比较激烈。而中国排名前10位的机构中仅有3家企业，其余7家均为高校或者科研院所。表明中国在该领域的研发活动还主要是以科学研究为主，市场转化率低。

表 2 PEMFC领域中日美排名前10申请人列表

| 编 号 | 日本机构 | 专利申请数量/件 | 美国机构 | 专利申请数量/件 | 中国机构 | 专利申请数量/件 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 丰田自动车株式会社 | 2 612 | 通用汽车公司 | 1 252 | 新源动力股份有限公司 | 147 |
| 2 | 本田技研工业株式会社 | 1 690 | 联合技术公司 | 452 | 中国科学院大连化学物理研究所 | 104 |

续表

| 编 号 | 日本机构 | 专利申请数量/件 | 美国机构 | 专利申请数量/件 | 中国机构 | 专利申请数量/件 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 松下电器产业株式会社 | 1 659 | 3M公司 | 420 | 比亚迪股份有限公司 | 78 |
| 4 | 日产自动车株式会社 | 1 247 | W.L.戈尔及同仁股份有限公司 | 231 | 清华大学 | 74 |
| 5 | 东芝株式会社 | 650 | 普拉格能源公司 | 160 | 武汉理工大学 | 70 |
| 6 | 株式会社日立制作所 | 403 | 纳幕尔杜邦公司 | 160 | 上海神力科技有限公司 | 47 |
| 7 | 住友化学工业株式会社 | 395 | 霍尼韦尔国际公司 | 119 | 上海交通大学 | 46 |
| 8 | 旭硝子株式会社 | 318 | 复合燃料公司 | 106 | 华南理工大学 | 28 |
| 9 | 凸版印刷株式会社 | 234 | 纽韦拉燃料电池公司 | 87 | 浙江大学 | 25 |
| 10 | 昭和电工株式会社 | 209 | 惠普公司 | 62 | 哈尔滨工业大学 | 24 |

## 4 核心专利对比分析

Innography采用一种其独有的综合指标——专利强度来综合反映专利的价值。专利强度参考了包括权利要求项数量、专利被引频次、引用其他文献数量、专利家族数量、专利申请时程、专利年龄、专利诉讼等10余种指标[12]。依据专利强度的不同，Innography将专利划分为3种不同类型：核心专利，专利强度在80%—100%；重要专利，专利强度在30%—80%；一般专利，专利强度在0—30%[13]。因为经过同族扩展后的专利在进行核心专利计量分析时会涉及技术重复计算，即涉及某项核心技术的核心专利会因为同族专利的存在而被重复计算，因此，需要进行同族去重。对检索到的44 382件专利进行同族去重，共得专利14 799件。

从核心专利的技术来源国角度分析，从表3可见，专利强度超过80%的核心专利，在全球范围共729件，其中美国掌握近半数（363件）PEMFC领域核心专利；日本虽然在该领域的专利申请总量居世界首位，但其仅掌握该领域核心专利总量的25.7%，居美国之后；中国在该领域仅拥有7件核心专利，与日、美两国的差距极为悬殊。

表 3 中日美PEMFC技术专利强度分布比较

| 专利强度 | 类型划分 | 专利数量/件 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 全 球 | 日 本 | 美 国 | 中 国 |
| 80%—100% | 核心专利 | 729 | 187 | 363 | 7 |
| 30%—80% | 重要专利 | 5 378 | 2 852 | 979 | 205 |
| 0—30% | 一般专利 | 8 692 | 4 689 | 342 | 1 457 |

从核心专利所在的技术市场国角度分析，从表4可见，美国（583件）是PEMFC核心专利的主要技术市场国，远高于其他国家或组织，在日本和中国申请的核心专利数量分别为40件和22件。说明在美国进行PEMFC核心专利布局受到其他国家或地区的专利申请人更多的关注，因此，可见美国PEMFC领域的市场竞争尤为激烈。

通过对专利文本的聚类分析，能够了解相关技术领域的研究热点。对729件核心专利进行文本聚类（见

表 4 PEMFC领域核心专利所在技术市场国家/组织统计

| 编 号 | 国家/组织 | 专利数量/件 |
|---|---|---|
| 1 | 美国 | 583 |
| 2 | EPO | 67 |
| 3 | 日本 | 40 |
| 4 | 中国 | 22 |
| 5 | 德国 | 16 |
| 6 | 法国 | 1 |

图5），发现PEMFC核心专利技术的最主要的6个核心研究主题：燃料电池组（Fuel Cell Stack）、导电性（Electrical Conductivity）、气体扩散层（Gas Diffusion Layer）、流道（Flow Channel）、隔板（Separator Plate）、流场（Flow Field）。这六个方面同时也是专利申请人实施侵权规避和专利布局的重要领域。

图 5 PEMFC核心专利聚类分析

如表5所示，在PEMFC领域，美国核心专利的核心研究主题与全球核心专利的核心研究主题基本一致。其中，在燃料电池组、流场、隔板三个核心主题拥有最多核心专利的是通用汽车公司；在聚合物电解质研究主题拥有最多核心专利的是3M公司；在流道、气体扩散层研究主题中拥有最多核心专利的是普拉格能源公司。相较之下，日本的核心专利更加集中在气流、助燃气、电池组、气体扩散层、阳极、反应气体等方面；松下电器产业株式会社在其中的5个研究主题都拥有最多的核心专利；本田技研工业株式会社在反应气体研究主题拥有最多的核心专利。中国的7件核心专利集中在催化剂浆、贵金属、聚偏二氟乙烯、碳纳米管薄膜这四个方面，分别被清华大学、鸿海精密工业股份有限公司和比亚迪股份有限公司等机构掌握。

表 5 中日美PEMFC核心专利的前6个核心研究主题及对应排名前3的机构情况

| 技术来源国 | 核心主题 | 专利数量/件 | 前3机构 | 专利数量/件 |
|---|---|---|---|---|
| 美国 | 燃料电池组（Fuel Cell Stack） | 114 | 通用汽车公司 | 22 |
| | | | 普拉格能源公司 | 14 |
| | | | 3M公司 | 6 |
| | 聚合物电解质（Polymer Electrolytes） | 99 | 3M公司 | 15 |
| | | | 通用汽车公司 | 6 |
| | | | 普拉格能源公司 | 5 |
| | 流道（Flow Channel） | 73 | 普拉格能源公司 | 18 |
| | | | 通用汽车公司 | 17 |
| | | | 3M公司 | 5 |
| | 流场（Flow Field） | 63 | 通用汽车公司 | 13 |
| | | | 普拉格能源公司 | 13 |
| | | | 3M公司 | 7 |
| | 气体扩散层（Gas Diffusion Layer） | 58 | 普拉格能源公司 | 14 |
| | | | 通用汽车公司 | 8 |
| | | | 3M公司 | 4 |
| | 隔板（Separator Plate） | 53 | 通用汽车公司 | 9 |
| | | | 普拉格能源公司 | 7 |
| | | | 美国天然气技术协会 | 4 |

续表

| 技术来源国 | 核心主题 | 专利数量/件 | 前3机构 | 专利数量/件 |
|---|---|---|---|---|
| 日本 | 气流（Gas Flowing） | 62 | 松下电器产业株式会社 | 25 |
| | | | 本田技研工业株式会社 | 10 |
| | | | 日产自动车株式会社 | 5 |
| | 助燃气（Oxidant Gas） | 58 | 松下电器产业株式会社 | 25 |
| | | | 本田技研工业株式会社 | 8 |
| | | | 丰田自动车株式会社 | 4 |
| | 电池组（Cell Stacking） | 53 | 松下电器产业株式会社 | 14 |
| | | | 本田技研工业株式会社 | 13 |
| | | | 丰田自动车株式会社 | 7 |
| | 气体扩散层（Gas Diffusion Layer） | 45 | 松下电器产业株式会社 | 17 |
| | | | 丰田自动车株式会社 | 4 |
| | | | 本田技研工业株式会社 | 4 |
| | 阴极（Cathod Side） | 37 | 松下电器产业株式会社 | 15 |
| | | | 本田技研工业株式会社 | 12 |
| | | | 丰田自动车株式会社 | 2 |
| | 反应气体（Reaction Gas） | 36 | 本田技研工业株式会社 | 10 |
| | | | 松下电器产业株式会社 | 9 |
| | | | 丰田自动车株式会社 | 3 |
| 中国 | 催化剂浆（Catalyst Slurry） | 3 | 鸿海精密工业股份有限公司；清华大学 | 1 |
| | | | 比亚迪股份有限公司 | 1 |
| | | | 上海空间电源研究所 | 1 |
| | 贵金属（Noble Metal） | 2 | 清华大学；鸿富锦精密工业(深圳)有限公司 | 1 |
| | | | 上海空间电源研究所 | 1 |
| | 聚偏二氟乙烯（Polyvinylidene Fluoride） | 2 | 北京航空航天大学 | 1 |
| | | | 上海空间电源研究所 | 1 |
| | 碳纳米管薄膜（Drawn Carbon Nanotube Films） | 2 | 清华大学；鸿海精密工业股份有限公司 | 2 |

## 5 结论

（1）全球专利申请数量下降，中国平缓增长。全球PEFMC专利申请数量在经历过1997—2006年爆发式地增长后，已经进入技术衰退期，来源于日、美两国的专利申请数量均呈下降趋势，中国在该领域起步较晚，专利申请数量增长平缓。

（2）日美引领全球市场。无论从专利申请的技术市场国还是技术来源国看，在PEMFC领域，日本和美国都处于绝对的领先对位，远超过其他国家。同时，日、美两国都注重抢占国外市场。来源于日本的专利有一半是在其他国家申请的，而来源于美国的专利中，更是有近七成在其他国家申请，相比之下，来源于中国专利中，仅有一成是在国外申请的。在PCT专利申请方

面，中国同美国、日本相比也都有较大差距，并且来源于日、美两国的专利占据中国PEMFC专利市场近半。

美国和日本的专利申请人主要是企业，而中国专利申请人主要是科研院所和高校。并且，从申请专利数量看，中国在该领域尚无世界顶尖的研发机构。

（3）美国掌握近半数核心专利，日本专利数量占优势。全球范围的核心专利的核心研究主题主要集中在燃料电池组、电池导电性、气体扩散层、流道、隔板、流场等方面。美国掌握着PEMFC领域近半数的核心专利，并且美国是最大的核心专利市场国。虽然日本拥有的核心专利数量不及美国，但日本围绕核心专利申请了大量的外围专利，庞大的专利数量是其优势所在。可以预见，无论是国内市场抑或是国外市场，中国都将可能面对日本和美国的技术壁垒。

## 参考文献


[1] 梁宝臣,田建华.质子交换膜燃料电池(PEMFC)的原理及应用[J].天津理工学院学报,2001(3):21-24.

[2] MILLER M,BAZYLAK A. A review of polymer electrolyte membrane fuel cell stacktesting[J].Journal of Power Sources,2012,196(2):601-613.

[3] 张华民,明平文,邢丹敏.质子交换膜燃料电池的发展现状[J].当代化工,2001(1):7-11.

[4] Fuel Cell Today.History[EB/OL].[2016-05-03].http://www.fuelcelltoday.com/history.

[5] 邢丹敏,杜学忠,于景荣,等.燃料电池用质子交换膜研究进展[J].电源技术,2001(S1):171-174.

[6] BEHLING N H.Fuelcells:current technology challenges and futrue research needs[M]. Amsterdam:Elsevier,2013:425-575.

[7] 王洪建,程健,张瑞云,等.质子交换膜燃料电池应用现状及分析[J].热力发电,2016(3):1-7,19.

[8] WEE J H.Applications of proton exchange membrane fuel cell systems[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews,2007,11(8):1720-1738.

[9] OSZCIPOK M,ZEDDA M,HESSELMANN J,et al.Portable proton exchange membrane fuel-cell systems for outdoor applications[J]. Journal of Power Sources,2006,157(2):666-673.

[10] PRATER K.Outlook for proton exchange membrane fuel cells for motive and stationary applications[J].Platinum Group Metals,1996:85-89.

[11] 陈蔚丽.基于Innography的固体废弃物综合利用技术的专利情报分析[J].现代情报,2014(8):100-104,111.

[12] 王旭,刘姝,李晓东,等.快速挖掘核心专利——Innography专利分析数据库的功能分析[J].现代情报,2013,33(9):106-110,116.

[13] 张群,张柏秋.基于Innography的零反式脂肪酸食品专利情报研究[J].情报杂志,2014(4):59-64.


## 作者简介


吴云龙，男，1988年生，硕士研究生，研究方向：前沿领域分析与专利分析，E-mail: wuyl@istic.ac.cn。
赵蕴华，女，1967年生，研究馆员，研究方向：重点科技政策、科技领域分析。


A Comparative Study of the Technical Development on Proton Exchange Membrane Fuel Cell in China, Japan and the USA


WU YunLong, ZHAO YunHua
(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038, China)



Abstract: In this paper, the technical development status of Proton Exchange Membrane Fuel Cell in China, Japan and America is compared by regional distribution, priority year, patent applicants and the core patents based on the patents sourced from Innography. The results shows that globle patents application generally tend to decline while the patents application from China maintains steady growth in this field; the USA and Japan lead the global patents market;the USA holds half of the core patents while Japan has an advantage on the quantity of patents.



Keywords: Patents; Innography; Proton Exchange Membrane Fuel Cell; China; Japan; the USA

（收稿日期：2016-06-13）