

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2015.01.007

燃料电池产业发展现状分析研究^{*}

乔婧, 高子涵

(北京市科学技术情报研究所 北京 100048)

摘要: 随着能源危机的愈发严峻以及环境问题的日益严重, 高效率, 低污染的能源利用方式越来越受到人们的高度重视。燃料电池是一种高效、洁净的发电装置, 它将外界输入的燃料的化学能转化成电能并持续向外供电。这种发电技术不仅缓和了使用化石能源引起的污染排放问题, 还提高用电的灵活性和可靠性。在详细阐述燃料电池的分类、国内外技术的发展现状以及当前的发展技术热点后, 对燃料电池产业的发展进行全面的现状分析研究。

关键词: 燃料电池, 分类, 发展趋势, 发展现状

The Study of Current Status of Fuel Cell Industry in China

QIAO Jing , GAO Zihan

(Beijing Institute of Science and Technology Information, Beijing100048, China)

Abstract: With the increasing concerns of energy crisis and environment pollution, humans are paying increasing attention to the energy usage with high efficiency and low pollution. Fuel cell is an efficient and clean generation device, which transfers chemical energy from out source to electricity and constantly provides power to the users. This generation technology could not only alleviate the pollution from fossile energy, but also boost the flexibility and reliability of electricity. After illuminate the classification of fuel cells, the current situations of technology in China and other countries, and hottest directions of current technology, we conorehesively study the current status and development of the fuel cell industry.

Keywords: Fuel cell, classification, development trend, current status

^{*} 基金项目: 北京市财政资金项目“北京高新技术产业竞争情报服务环境分析平台建设”(项目编号: PXM2014-178214-000009)研究成果之一。

作者简介: 乔婧, 女, 1987年生, 本科, 北京市科学技术情报研究所研究实习员, 研究方向: 科技情报 E-mail: 228909760@qq.com; 高子涵, 女, 1985年生, 本科, 北京市科学技术情报研究所研究实习员, 研究方向: 科技情报。

1 引言

燃料电池是一种将存在于燃料与氧化剂中的化学能直接转化为电能的发电装置^[1]。燃料和空气分别送进燃料电池，电就被生产出来。它从外表上看有正负极和电解质等，像一个蓄电池，但实质上它不能“储电”而是一个“发电厂”。它是一种电池，但不需用昂贵的金属而只用便宜的燃料来进行化学反应。这些燃料的化学能也通过一个步骤就变为电能，比通常通过两步方式的能量损失少得多^[2]。根据分类方法的不同，燃料电池可以分为相应的种类（如表1所示），例如，按照按电解质种类不同，燃料电池可以分为碱性燃料电池（AFC）、磷酸型燃料电池（PAFC）、熔融碳酸盐燃料电池（MCFC）、固体氧化物燃料电池（SOFC）及质子交换膜燃料电池（PEMFC）等^[3-6]。

到了蓬勃的发展，洁净电站、便携式电源即将进入商业化阶段，燃料电池动力汽车进入实验阶段。

发达国家将大型燃料电池的开发作为重点研究项目，企业界也纷纷斥以巨资，从事燃料电池技术的研究与开发，现在已取得了许多重要成果，使得燃料电池即将取代传统发电机及内燃机而广泛应用于发电及汽车上。如今，在北美、日本和欧洲，燃料电池发电正已快步进入工业化规模应用的阶段，将成为21世纪继火电、水电、核电后的第四代发电方式。

在美国，普拉格能源（PlugPower）公司是最大的质子交换膜燃料电池开发公司，他们的目标是开发、制造适合于居民和汽车用经济型燃料电池系统。2001年，PlugPower公司开发出它的专利产品PlugPower7000居民家用分散型电源系统，此产品将提供7KW的持续电力。家用燃料电池

表1 燃料电池分类

分类方法	分类
按运行机理分	酸性燃料电池，碱性燃料电池
按电解质种类不同	碱性燃料电池（AFC）、磷酸型燃料电池（PAFC）、熔融碳酸盐燃料电池（MCFC）、固体氧化物燃料电池（SOFC）及质子交换膜燃料电池（PEMFC）等
按燃料类型分	氢气、甲醇、甲烷、乙烷、甲苯、丁烯、丁烷等有机燃料，汽油、柴油和天然气等气体燃料，有机燃料和气体燃料必须经过重整器“重整”为氢气后，才能成为燃料电池的燃料。
按燃料电池工作温度分	有低温型（温度低于200℃）；中温型（温度为200~750℃）；高温型（温度高于750℃）

2 国内外燃料电池技术研究现状

迄今，燃料电池已经历了一个多世纪的发展历程。现代对燃料电池的研究和开发始于20世纪50年代，并以60年代美国将燃料电池成功地应用到载人航天飞行器为标志，使燃料电池在这一特殊领域步入实用化阶段。80年代以后，燃料电池从空间运用转入民用。进入90年代，由于全球性能源紧缺问题日趋突出以及环境保护和可持续发展的迫切要求，燃料电池因其突出的优越性得

的推出将使核电站、燃气发电站面临挑战。

早在20世纪50年代，我国就开展燃料电池方面的研究，在燃料电池关键材料、关键技术的创新方面取得了许多的突破。政府十分注重燃料电池的研究开发，陆续开发出30kW级氢氧燃料电池、燃料电池电动汽车等。燃料电池技术特别是质子交换膜燃料电池技术也得到了迅速发展，相继开发出60kW、75kW等多种规格的质子交换膜燃料电池组；开发出电动轿车用净输出40kW、城市客车用净输出100kW燃料电池发动

机,使中国的燃料电池技术跨入世界先进国家行列^[5-6]。

3 燃料电池技术热点发展趋势

燃料电池从20世纪60年代初开始进入初期的发展,到了80年代出现了一轮升势,随即进入长达十多年的停滞。到了20世纪末,迎来一轮高速发展,近几年,燃料电池技术仍然处于高速发展期。^[7-8]从燃料电池细分技术上看,虽然碱性燃料电池在20世纪60年代被美国国家航空航天局(NASA)应用到航天飞机而出尽风头,但从90年代中后期,质子交换膜燃料电池(PEMFC)由于应用面广,其发展速度与其他燃料电池技术逐渐拉开差距,出现一枝独秀的局面。直接甲醇燃料电池(DMFC)是在20世纪初发展起来,被誉为可能最先商业化的燃料电池技术,与质子交换膜燃料电池(PEMFC)走势十分相似^[9-11]。

3.1 质子交换膜燃料电池

质子交换膜燃料电池是最接近商业化的一种燃料电池,最有希望作为未来电动汽车的发动机,近几十年来取得了长足的发展。微型便携电源和小型移动电源已达到产品化程度,中、大功率质子交换膜燃料电池发电系统的研究也取得了一定成果。2005—2010年,单是小型电源领域,全世界已经有超过15万套燃料电池交付使用,总功率超过了15MW,其中96%是质子交换膜燃料电池。在交通领域中,质子交换膜燃料电池因为最有希望成为未来电动汽车的发动机而受到广泛关注,全球几乎主要的汽车生产商都在致力于燃料电池汽车的开发。但质子交换膜燃料电池的大规模商业化还面临成本和寿命两大问题,积极开发新材料是解决这两大问题的必经之路,也是目前质子交换膜燃料电池投资的重点^[12-14]。

3.2 直接甲醇燃料电池

直接甲醇燃料电池是一种将化学能连续不断

地转化为电能的再生清洁能源,具有能量转化效率高、运行安全方便、发电时间持久等优点,特别适合作为笔记本电脑、电动自行车等便携式中小型化电源或充电电源使用,自20世纪60年代初问世以来,已迅速发展成为国际高新技术竞争中的重要热点之一。从长远来看,氢能作为最洁净、高效的新能源,已经引起全世界的广泛关注。燃料电池汽车以其零尾气排放和对能源的独立性,有望实现汽车工业长期梦寐以求的目标,并向世人展示了其良好的应用前景,虽然短时间内难以大规模商业化。我国在燃料电池技术开发上仍然拥有一定的优势,应当结合外国先进的汽车制造技术,争取尽快将燃料电池汽车推向市场,因而具有广阔的投资潜力^[15-19]。

4 燃料电池产业发展现状

美国SBI公司2010年发布《全球燃料电池技术市场》报告预计,全球燃料电池市场规模在2010至2014四年间的年复合增长率将达20%,出货量增幅将从2010年的60%放缓至2014年的30%左右。美国和日本仍是当前燃料电池市场的主要统治者。燃料电池汽车有望在2013至2018年前后在加氢站设施较完备的地区优先得到商业化,直接氢和甲醇仍被作为主要的运输燃料,美国加州和德国是当前燃料电池汽车的主要消费市场,得益于政府的扶持计划,未来几年欧洲的市场份额将会增加^[20-22]。

4.1 日本

在政府支持与推动下,日本中介机构为中小企业从事新能源汽车的研究提供了大量支援,同时,由日本经济产业省推动,自上世纪90年代以来,开展了燃料电池汽车所需的共用新技术、设备的研究。日本政府还对大学和研究所从事燃料电池开发给予了较多的补贴。日本8家能源公司

2009年9月决定将联合开发为普及氢燃料电池车而必需的加氢站等设备。这8家公司分别是新日本石油、昭和壳牌石油、出光兴产等5家大型石油企业以及东京燃气、大阪燃气和东邦燃气3家大型都市燃气公司。日本对于燃料电池汽车的主要目标分为两个阶段：一是到2015年，计划拥有可运行于公路上的燃料电池汽车2000辆，以及15个氢能补给站；二是到2025年拥有燃料电池汽车200万辆，以及1000个氢能补给站。其中，第一阶段目标与美国截至2015年的相应部署较一致，而第二阶段目标则略显激进。

日本在燃料电池各主要技术领域处于绝对的领先地位，而且技术最为全面。从专利分析来看，日本各项燃料电池细分技术发展较为均衡，相对来说更为关注控制方面；从技术分类来看，质子交换膜燃料电池、固体燃料电池、直接甲醇燃料电池等方面都是研究比较多的领域；从应用上看，日本比其他国家更为关注燃料电池固定发电应用^[9,10,14-17]。

4.2 美国

美国政府将氢能和燃料电池确定为维系经济繁荣和国家安全的、至关重要的、必须发展的技术之一。目前，涉及氢能和燃料电池发展两大核心部门分别是能源部（DOE）和国防部（DOD）。美国能源部当前的特定目标主要有三个，即从现有的和未来的资源中获取氢能、自由汽车（FreedomCAR）计划、燃料电池研究。燃料电池研究包括两个项目：一是“氢能、燃料电池和基础设施技术项目”，为大量相对独立的研究活动提供帮助，将氢能生产、储藏和运输方面的技术进行整合，其主要目标是降低氢能生产和配送成本；开发高效、低成本的燃料电池技术，同时建立高效、低成本的氢能输送基础设施网络。二是“自由汽车和汽车技术项目”，主要将资金集中支持涉及轻型汽车、燃料电池以及相关基础设

施等方面的一些基础性的、具有风险的研究项目，包括混合型燃料电池汽车（FCV）的研发、燃料电池补给站网络的建设，以及动力传动系统的研发等。美国国防部的研究则主要集中于氢能和燃料电池在军事方面的应用，研究的重点是PEMFC和SOFC。其核心项目包括“高级电力和能源项目（APEP）”、“热电电力生产”、为SOFC系统的军事应用研发燃料发生器（达到10kW）等。

美国在燃料电池技术方面具有较强的研究实力，从专利技术来看，美国的专利数量排名第二。美国率先在燃料电池技术进行了研究并成功应用，但是，近年来他的专利数量被日本超越。从技术细节来看，美国更为关注燃料制备与存储、电堆；从技术分类来看，美国更关注固体氧化物燃料电池技术，以及燃料电池便携式应用^[9,10]。

4.3 德国

近年来，德国从可再生能源中获得的电力占其电力总消耗量的比例不断增长，预计到2020年，其可再生能源提供的电力将达到30%，到2030年这一比例将升至50%。可再生能源份额的大幅增长扩大了市场对能源储存产品的需求，例如先进的蓄电池、氢与燃料电池、智能电网和与之相连接的智能仪表等。这些技术将有效解决可再生能源存在的波动性、间歇性和不稳定性，为电网提供高质量的电力，以及为市场提供移动和便携式的零排放环保电力。目前，全球超过70%的氢能和燃料电池示范项目落户欧洲。其中，德国在这项技术的商业化方面处于领先地位。活跃在这一领域的德国公司与科研机构超过350家，一半以上的燃料电池收入来自出口，这使得德国成为欧洲一个极好的氢与燃料电池产业发展基地，2011年德国就已投资3.93亿欧元融资支持氢能及燃料电池技术发展。其中，55%的融资用于氢生产和基础设施的运输，从中可以看出德国更为关注燃料电池在车辆的应用，对燃料电池的其他应

用关注较少。

从燃料电池专利申请数量来看，德国排名第三。从技术细节来看，德国重点关注燃料电堆燃料制备与存储；从技术分类来看，德国和美国一样比较关注固体氧化物燃料电池技术；从技术应用方面来看，德国更为关注燃料电池在车辆的应用^[9,10]。

4.4 韩国

韩国是当前世界上第十大能源消费国。氢能研发是韩国政府“21世纪前沿科学计划”的主攻技术领域之一，于2003年启动，成立了“氢能研发中心”。该中心针对韩国10年内氢能的发展，将发展目标分解为三个阶段，每个阶段均涉及氢能生产、氢能贮藏和氢能利用三方面的内容，目前已经进入到推广执行阶段。燃料电池研究则在“能源技术研发的10年计划”框架下展开。主导氢能与燃料电池研发的政府机构包括科技部（MOST）和商业、产业和能源部（MOCIE），在两部门之间共同组建了“国家氢能与燃料电池研发组织”。见表2，企业方面，大型企业涉及氢能和燃料电池研发与生产的事实是非常明显

的，如，三星（Samsung）主攻 PEM 和 DMFC、现代（Hyundai）主攻 FCV。此外，LG—化工和 LG—电子则分别从事 MEA、DMFC 和 PEM、DMFC 的研发。

韩国的专利申请数量排名第四。从专利技术细节来看，韩国关注膜电极组件；从技术分类来看，韩国更为关注直接甲醇与熔融碳酸盐燃料电池技术；在应用方面韩国更为关注燃料电池便携式应用^[9,10,18]。

4.5 中国

我国政府非常重视燃料电池技术的发展。在90年代后，加大了对燃料电池的政策扶持力度。国家科委批准将“燃料电池技术”列为国家“九五”、“十五”计划中重大科技攻关项目之一。2010年我国自主研发的氯碱用全氟离子膜、燃料电池膜实现国产化。历经8年科研攻关，打破了美国、日本长期对该项技术的垄断。与此同时，企业完成的用于制造燃料电池核心材料磺酸树脂离子膜的年产500吨的生产装置已经建成投产，解决了氢燃料电池生产的重大瓶颈，我国由此成为世界上第二个拥有该项技术和产业化能力的国家。在

表2 韩国氢能研发中心的研发计划

	第一阶段	第二阶段	第三阶段
目标	基础研究	示范	推广执行
年限	2003~2005	2006~2008	2009~2012
氢的生产	天然气蒸汽改良	20Nm ³ /hr 氢气站示范	采用自然能源进行氢能生产的技术
	水的热化学裂解	核心技术发展的有效性	
氢的贮藏	PEM/高温电解的水裂解	PEM/高温电解安全的和新技术	5Nm ³ /hr 规模体系示范氢能操作体系的最优化
	基础生物技术	可靠技术的系统化	
	光化学水裂解	物质合成的安全性	
氢的贮藏	压缩气体技术及基础设施	高压气体贮藏罐的研发	规模生产与应用（32kg/m ³ ，压力700巴以上）；安全技术的推广及商业应用（2-6wt%，最大45kg/m ³ ）
	复合金属氢化物	有效储藏技术的研发	
	化学氢化物	运输中氢能贮藏	
	纳米材料	技术的有效性评价	
氢的利用	氢能电力系统	高性能电力系统示范	建立高效氢能电力系统
	高灵敏度氢泄漏传感器	安全技术涉及的传感器	安全监测传感器的规模化生产
	氢能安全分析	氢技术的标准与规范	标准/规范/安全教育

国家政策和行业技术发展的共同推动下,上汽集团、长安汽车和东风汽车等主要汽车公司纷纷与燃料电池制造商合作推出自己品牌的燃料电池轿车和燃料电池客车,有力地推动了我国燃料电池汽车的进步,技术水平与国际汽车巨头也相差不多。

我国的专利数量排名第五。从技术细节方面来看,中国则更为关注电极和催化剂;从技术分类来看,中国关注质子交换膜燃料电池技术。国内燃料电池核心技术与部件研发方面,上海、北京、辽宁均非常重视电极的研发,申请的专利数量不相上下;上海在燃料电池系统、膜电极组件、电堆和双极板研发上在国内具有优势;北京在催化剂上领先;而辽宁在双极板研发上具有优势。但是,我国的专利申请主要集中在研究院所和高校,企业专利申请数量较少^[9,11]。

参考文献

- [1] 毛宗强. 燃料电池 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] 黄镇江. 燃料电池及其应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [3] 侯明, 衣宝廉. 燃料电池技术发展现状 [J]. 电源技术, 2008, 32(10): 649-654.
- [4] 吴刚强, 郎中敏, 王少青. 燃料电池的应用及研究进展 [J]. 内蒙古石油化工, 2008(21): 11-12.
- [5] 蔡可心. 燃料电池发电技术简介 [J]. 农村电气化, 2009(1): 53-54.
- [6] 杨京兰. 燃料电池电动汽车的发展概况 [J]. 电源技术应用, 2010(9): 22.
- [7] 黄鲁成, 韩佳. 基于专利信息分析的燃料电池技术生命周期研究 [J]. 制造业自动化, 2008, 30(6): 25-27.
- [8] 侯元元. 三维专利技术生命周期模型构建与实证研究 [J]. 情报杂志, 2013(3): 51-54.
- [9] 顾震宇, 路炜, 肖沪卫. 燃料电池机动车辆专利地图

5 结论

综上所述,许多国家和地区都将燃料电池技术与周边设施产业的开发列为国家重点研发项目,同时,企业界也纷纷投入巨资,积极从事燃料电池技术的研究与开发,以加速燃料电池的商品化,使得燃料电池逐渐具有与传统发电机及内燃机发动机竞争的实力。许多国家包括中国都不约而同的在发展燃料电池作为零排放和超低排放汽车的动力等方面开展了大量的研究活动。应用燃料电池应该是解决石油资源缺乏、改善尾气污染的最有效的途径之一。可以看到,我国在燃料电池技术开发上仍然拥有一定的优势,我国的政府、企业与研发机构应加大对燃料电池的研发力度,保持技术竞争力,抢占未来发展的制高点。

研究 [J]. 汽车工, 2010(2): 173-178.

- [10] 张志娟, 赵志耘, 张旭, 赵蕴华. 基于专利分析的固体氧化物燃料电池发展研究 [J]. 科技管理研究, 2013(7): 26-31.
- [11] 侯元元, 蔚晓川, 黄裕荣. 基于专利情报的我国燃料电池发展态势研究 [J]. 中国科技信息, 2014(5): 65-68.
- [12] 刘志祥, 钱伟, 郭建伟, 张杰, 王诚, 毛宗强. 质子交换膜燃料电池材料 [J]. 化学进展, 2011(Z1): 487-500.
- [13] 张丽彬, 陈晓宁, 吴文健, 高洪涛. 质子交换膜燃料电池发展前景探讨 [J]. 农业工程技术(新能源产业), 2011(4): 15-19.
- [14] 程康, 辛阳珍, 温尔康. 质子交换膜燃料电池关键技术的研究进展 [J]. 汽车工程师, 2011(5): 15-18.
- [15] 索春光, 刘晓为. 微型直接甲醇燃料电池的研究进展 [J]. 电池工业, 2008, 13(5): 339-352.
- [16] 罗远来, 梁振兴, 廖世军. 直接甲醇燃料电池阳极催化剂研究进展 [J]. 催化学报, 2010(2): 141-149.
- [17] 王瑞敏, 张颖颖. 直接甲醇燃料电池技术发展近况

及应用[J]. 上海汽车, 2010(11):4-7.

[18] 夏华丹. 直接甲醇燃料电池及其前景[J]. 科技风, 2010(8):261-262.

[19] 王新东, 谢晓峰, 王萌, 刘桂成, 苗睿瑛, 王一拓, 阎群. 直接甲醇燃料电池关键材料与技术[J]. 化学进展, 2011(Z1):509-519.

[20] FuelCellToday. Portable Survey 2010[R/OL]. [2014-12-24]. <http://www.fuelcelltoday.com>

[21] FuelCellToday. Small Stationary Survey 2010[R/OL]. [2014-12-24]. <http://www.fuelcelltoday.com>

[22] FuelCellToday. 2010 Large Stationary Survey[R/OL]. [2014-12-24]. <http://www.fuelcelltoday.com>



国家科技信息资源综合利用与公共服务中心（简称中心）是 2011 年 1 月经科学技术部批准筹建的国家级科技信息服务研究与技术推广机构。中心主管部门是科学技术部，依托单位是中国科学技术信息研究所。

总体布局：

“中心”作为国家级科技信息服务研究与技术推广机构，充分利用国内外相关研究的资源，将国内外相关领域的研究机构、服务机构和优秀人才吸引到“中心”周围，建成我国科技信息资源综合利用与公共服务的总基地，形成工程技术研究中心特有的产、学、研相结合的大格局。“中心”在科技信息资源综合利用与公共服务领域构建起以核心层、紧密层和服务层为主体的总体架构和层次布局，使“中心”真正起到国家级科技信息服务中心的作用和影响力。

核心层：由知识组织工具研究室，知识组织技术研究室，网络科技信息服务研究室，科技监测评价与决策支持中心，产品开发和测试中心，市场推广和培训部，知识资源组织与服务产业基地等部门组成，是“中心”核心技术力量。

紧密层：由国内外研究实力较强的相关高等院校和科研与服务机构组成，在本行业领域具有领先地位。具体包括 NSTL（国家科技图书文献中心）各成员单位、合作高校、合作省级情报研究所和国外相关合作机构等。

服务层：“中心”服务面向全国开放，国家、行业、机构及个人等各个层面的用户都可共享“中心”的公益性公共服务。