

2017年中国燃料电池行业发展现状分析

一、燃料电池行业发展概况分析

1、燃料电池行业发展历程

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。

“七五”期间，中国科学院长春应用化学研究所1990年承担了中科院PEMFC研究任务，1993年开始进行直接甲醇质子交换膜燃料电池（DMDC）的研究。电力工业部哈尔滨电站成套设备研究所于1991年研制出由7个单电池组成的MCFC原理性电池。

“八五”期间，中科院大连化学物理所、上海硅酸盐研究所、化工冶金研究所及清华大学等国内十几个单位进行了与SOFC有关的研究。

“九五”期间，国家科技部与中科院将燃料电池技术列入当期科技攻关计划，投资规模逾1亿元，开始进入燃料电池研究的第二个高潮时期。在这个时期，质子交换膜燃料电池被列为重点，以大连化学物理研究所为牵头单位，在中国全面开展了质子交换膜燃料电池的电池材料与电池系统的研究，并组装了多台百瓦、1kw-2kw、5kw和25kw电池组与电池系统。5kw电池组包括内增湿部分其重量比功率为100W/kg，体积比功率为300W/L。

“十五”期间，我国“863”计划曾拨款8.8亿元用于支持混合动力车和燃料电池汽车的研发；主要承担单位包括大连化学物理研究所、同济大学、清华大学和上海神力科技公司、上海燃料电池汽车动力系统有限公司、北京世纪富源燃料电池有限公司、北京飞驰绿能技术有限公司以及大连新源动力有限公司等。与此同时，“973”计划拨款约3000万元用于储氢技术、质子交换膜和催化剂的研发；主要承担单位包括清华大学核能与新能源技术研究院，浙江大学、上海交通大学、香港大学等。也正是在这个时期，中国已与全球环境基金/联合国发展计划署成立了燃料电池合作项目，共同提供约1.98万美元的资金支持中国燃料电池项目开发。

“十一五”期间，我国“863”计划、“973”计划和科技支撑计划等重大科技项目对制氢、储氢和加氢技术、燃料电池及其部件和原材料技术的研发继续给予经费支持。其中，燃料电池技术的主要研究内容包括：质子交换膜燃料电池低铂载量膜电极技术；质子交换膜燃料电池水平衡气体扩散层技术；阴极支撑型中温固体氧化物燃料电池技术；熔融碳酸盐燃料电池关键技术；其他新型燃料电池技术。

“十二五”期间，我国规划要加快推进水电、核电建设，积极有序做好风电、太阳能、生物质能等可再生能源的转化利用，要确保到2015年非化石能源消费占一次能源消费的比重达到11%以上，为实现2020年非化石能源消费比重占一次能源消费比重达15%和单位GDP二氧化碳排放比2005年下降40%至45%的目标奠定坚实的基础。

我国对质子交换膜燃料电池的各个组件的开发研究都取得了较大的进展：

其中，对于催化剂方面：清华大学科研人员研制出新型铂/碳电极催化剂。将碳载体在使用前置于一氧化碳中活化处理，即将碳载体置于流动的一氧化碳气中加热到350~900℃，活化处理1~12h，再用沉淀法把Pt负载到碳载体上，得到Pt/C催化剂；长春应用化学研究所研制出纳米级高活性电催化剂用作阳极催化剂。

该催化剂粒度均匀，粒径约 (4 ± 0.5) nm，电化学性能优于国际同类产品；复旦大学利用沉淀方法在表面活性剂存在时，制得纳米负载铂/碳催化剂，该催化剂使用效果非常好此外，我国科研人员在研究催化剂时普遍把粉末状活性炭加入氯铂酸溶液，再加入过量甲醛还原，反应中采用软脂酸、硬脂酸或硅油作为表面活性剂，掺杂组分是Pd、Ir、Ru等金属元素或非金属物质之一。

在电极组件方面：北京世纪富源燃料电池有限公司开发出横板涂敷法，在一片质子交换膜上制作多个膜电极的燃料电池，由一片质子交换膜、多个催化层和多个扩散层组成多个膜电极，由多个膜电极和多个导流板组成多个发电单元；北京太阳能新技术公司研制出陶瓷型无机复合材料厚膜电极，材料中组分质量百分含量分别为：石墨25%~30%

、Ag25%~30%、PbO30%~35%、BO6%~8%、SiO22%~4%，将金属或非金属与导电粉末等氧化物组成的无机粘结剂掺合、丝网印刷、烧结、形成微观网络式导电通道。

在质子交换膜方面：清华大学研制出聚偏氟乙烯接枝聚苯乙炔磺酸PEM。聚偏氟乙烯溶于甲基吡咯烷酮溶剂中，将该高分子溶液加热至甲基吡咯烷酮的沸腾温度，在该温度下回流0.5~5h，温度降至90℃，然后向溶液中加入引发剂，在90℃保温1~5h后降至室温，再向溶液中加入三氯甲烷，直至不溶性固体全部沉淀，将固体取出，加引发剂，再经处理便制得此种质子交换膜。

在双极板方面：天津电源研究所研制出实用新型双极板，它包括金属板气体反应区域、气体进口、气体出口。金属板上、下面气体反应区域周围分别设有凹槽，气体进口、气体出口与气体反应区域之间分别设置有暗孔道。该设计改善了电池组的密封性，延长了其寿命，提高了性能；大连化学物理研究所研制出的双极板由3层薄金属板构成，中间为导电流不透气的分隔板，两边分别置有带条状沟槽的导流板，条状沟槽占整个工作面积的50%~80%。这种新颖的设计提高了反应气的利用率，从而提高了电池性能。

在电解质方面：吉林大学研制出固体复合电解质，它由基体材料 $Ce_{1-x}Re_xO_{2-d}$ 和Ni、Al、Co、Na、Ca、K的金属化合物或NiAl化合物添加剂合成，经过混合、研磨、烧结、冷却、粉碎、研磨等工艺制成。它是用模具直接压制成薄片，烧结后强度可达到10MPa。用它作PEMFC电解质，可使用甲醇、乙醇、甲烷和乙烷等多种燃料；上海交通大学研制出新型电解质—带磺酸盐侧基、羧酸盐侧基的聚芳醚酮，该聚合物可作为PEM的阳离子组分。

2、制约燃料电池行业发展的因素

（一）成本障碍

高成本是制约燃料电池产业化的关键因素。燃料电池成本中占比最高的是燃料电池组，其次是氢燃料罐和电池配件。如果未来要实现燃料电池商业化，并与内燃机汽车进行竞争，那么燃料电池组的成本必须下降，其中主要涉及三个关键部件的成本，包括：铂催化剂、电解质膜和双极板。

铂催化剂。现在的燃料电池组都使用金属铂作为催化剂，在未来十年内很可能依旧如此。电极载铂量过高一直是阻碍燃料电池发展的重要因素。铂金具有稀缺性，而铂金行业利润较低、产量不稳定。在这些不利因素的影响下，铂金的价格未来不会降低。为了降低成本，需进一步降低铂催化剂的使用量，并寻求廉价的替代催化剂。

电解质膜。现在汽车应用中最常见的质子交换膜是全氟磺酸膜（PFSA），这种交换膜具有较强的氧化和还原稳定性。全氟磺酸聚合物通常被称作纳菲薄膜。目前燃料电池所用的纳菲薄膜主要依靠进口，其价格在600美元/平方米左右。因此，为尽早实现燃料电池产业化应用，降低质子交换膜的价格迫在眉睫。

双极板。目前质子交换膜燃料电池最常使用的双极板是不透性石墨材料。主要是由于在燃料电池环境下，石墨的耐腐蚀性能最好，但是其制作成本较高：制造石墨双极板需经过2500℃以上的石墨化，并需经过多次浸渍、炭化处理以达到不透性。而且由块状石墨加工成双极板，需采用精密的机械加工，加工成本也过高，加工时间长，不易批量生产。因此，需进一步改善替代金属双极板的性能，实现制备精度高、成本低、寿命长等需求。

氢燃料罐和电池配件。氢燃料罐的成本较高，从成本和小型轻量化的角度来看，需开发组合使用轻量低成本氢储藏材料和高压氢燃料罐。而电池配件方面，也可与纯电动汽车和混合动力汽车共同使用其他零部件，从而削减高昂成本。

（二）燃料来源

燃料电池的类型有很多，其中氢能燃料电池研发的首要问题，就是解决氢气来源，也就是如何廉价制氢。传统工业制氢的方法以化石材料制氢、电解水制氢为主。而随着对大规模制氢需求的提高，生物制氢、热化学制氢和太阳光催化光解制氢等方法也获得广泛应用。

从成本角度来看，在燃料电池推广初期，应以分散式制氢为主，可进一步控制成本，且使用便利。但随着未来燃料电池规模化发展之后，集中制氢的成本和环保优势将会进一步突出。

（三）配套设施

燃料电池汽车的推广，其中最主要的制约因素是配套设施的缺失，即加氢站的覆盖率过小，而其高昂的建设成本也使得加氢站的建设只能作为试验性经营。据统计，2012年全球范围内新增27个加氢站，加氢站总数达到208个，其中欧洲80个、亚洲49个、北美76个、南美3个，但这些还远远不足以满足燃料电池产业化推广的要求。

（四）储藏与安全

通常氢气以三种形态存储和运输：高压气态、液态和氢化物状态。短期内，高压罐储氢仍是主要氢气储存运输手段。但从长期来看，更需要具备高储氢容量、高安全性、吸/放氢速率快、长寿命和低成本的储氢材料。因此，轻质储氢材料、有机液态储氢材料等低压或常压储氢材料将成为未来发展的重点。

3、燃料电池行业发展主要特点

（1）技术是行业发展的关键性因素

燃料电池技术目前重点用于公共交通领域。燃料电池车辆与其他车辆相比，具有自身的优点。例如，柴油机的噪声和颗粒物排放问题较为突出，压缩天然气车也有噪声和成本的问题，电动车充电时间和行驶里程数受限。相比之下，燃料电池车辆的电池不需要频繁更换，而且对环境更为友好。

据了解，氢燃料电池目前已经用于商用汽车。丰田汽车公司的氢燃料电池汽车“未来”一经推出就引发了广泛关注，大众汽车公司不久前也研发出了试验用氢燃料电池汽车。日本、德国、美国等一些国家正在试验第二代燃料电池。

尽管如此，燃料电池目前仍未进行大规模应用，主要在于两大瓶颈：成本和技术。MacEwen坦言，燃料电池成本虽已降至2006年的1/10，但仍有下降的空间，目前的电池技术本身也有需要改进之处。

（2）行业标准尚不完善

政策、法规、标准还不完备。燃料电池汽车的安全性根据什么法规来认证、氢的存储与运输应符合什么标准等等都受到标准、法规滞后的限制。另外，燃料电池技术仍然是在发展之中，这也给标准、法规的制定带来一定的难度。

技术标准化已成为一个行业是否成熟发展的方向标。目前我国尚未建立系统的新能源汽车的技术标准，仅仅出台了关于新能源汽车的测试、性能、安全稳定等相关方面的规定，其他方面如核心零部件的标准，电池的寿命，动力耦合技术的具体标准都亟待建立和进一步完善。

（3）燃料电池汽车尚处于产业化起步阶段

目前，国内运行的燃料电池汽车主要以示范车为主，一般用在特殊场合展示、旅游观光代步，还没有实现真正的商业化。国际市场上虽然有部分燃料电池车在商业化运营，但仍以出租车为主。

燃料电池车的高昂成本使其短期内很难走向市场。2008年北京奥运会上展示的3辆燃料电池客车，每辆客车的成本300多万元，而目前公交系统进口的欧标准传统发动机低地板大客车售价仅在100多万元。从市场经济学角度讲，高成本很难完成市场化推广，而无法实现市场化就不可能大规模批量生产，进而成本就无法降下来，最终导致成本与销售的恶性循环。

据了解，通用公司曾提出，要成为第一家销售100万辆燃料电池汽车的公司，并致力于2010年以后生产出大众能承受得起的燃料电池汽车。但这也只是一个设想，距离真正的实现还需要很多条件。

现阶段，国内除进口燃料电池公共汽车外，在燃料电池汽车方面主要是由大学及相关科研机构进行研究开发，还没有一套成熟的技术作为生产厂家批量生产使用。一位不愿透露姓名的业内人士称，燃料电池轿车的研发和投产比燃料电池客车更难，既需要成熟的技术，还要有更加完备的基础设施。

对于行驶范围广泛、不固定的轿车而言，如果在其行驶途中不能及时找到加氢站，那么轿车就不如牛车。然而基础设施建设，既涉及城市规划、交通、电力等问题，又要解决投资和经营者的获利问题，同时还要有效解决加氢的核心技术和统一标准等问题。对于有一定行驶区间的公交车而言，这个问题可能容易解决，但是对于私家车而言要解决这些问题就任重而道远了。

如果说技术和成本是科研机构和企业通过努力可以自行解决的问题，那么相应的配套设施建设则不是举一人之力可以完成的，需要国家政策、产业链条、基础设施建设等多方面的准备，并及时制定完善的行业标准和规范。

(4) 政策支持是行业发展的主要动力

国务院：支持动力电池、燃料电池新能源车发展

促进新能源和小排量汽车发展，淘汰超标排放汽车，有利于缓解能源与环境压力、推动汽车产业结构优化和消费升级、培育新的经济增长点。

一是完善新能源汽车扶持政策，支持动力电池、燃料电池汽车等研发，开展智能网联汽车示范试点。机关企事业单位要落实车辆更新中新能源汽车占比要求，加大对新增及更新公交车中新能源汽车比例的考核力度，对不达标地区要扣减燃油和运营补贴。创新分时租赁、车辆共享等运营模式。各地不得对新能源汽车实行限行、限购，已实行的应当取消。

二是从2015年10月1日到2016年12月31日，对购买1.6升及以下排量乘用车实施减半征收车辆购置税的优惠政策。

三是加快淘汰营运黄标车，开展清理整顿专项行动。对进度严重滞后省份要强化问责。在现有资金支持基础上，允许地方政府将盘活的财政存量资金用于推动淘汰工作。确保完成到2017年全国基本淘汰黄标车任务。

(5) 主要汽车生产商不断推出燃料电池汽车

2008年至今，车载燃料电池系统的成本下降50%以上，性能已能满足整车要求，燃料电池汽车作为概念车的历史正式终结。2014年，现代途胜燃料电池汽车和丰田新款燃料电池汽车Mirai上市；2015年开始，本田、通用、福特、奔驰等都将在3年内推出量产车型。

近期关于燃料电池的事件性驱动不断，2015年第十六届上海国际汽车展落幕，共展出汽车1334辆，其中新能源车103款。本次车展以“创新，升级”为主题，集中展示科技进步如何为汽车工业发展开辟广阔前景。譬如，丰田氢燃料电池V2概念车充电3分钟可续航500千米，并且行驶时排放物只有水，实现了二氧化碳污染物零排放；上汽集团展示的第四代氢燃料950插电式混合动力轿车加氢3-5分钟，能行驶400千米，时速可达160千米。

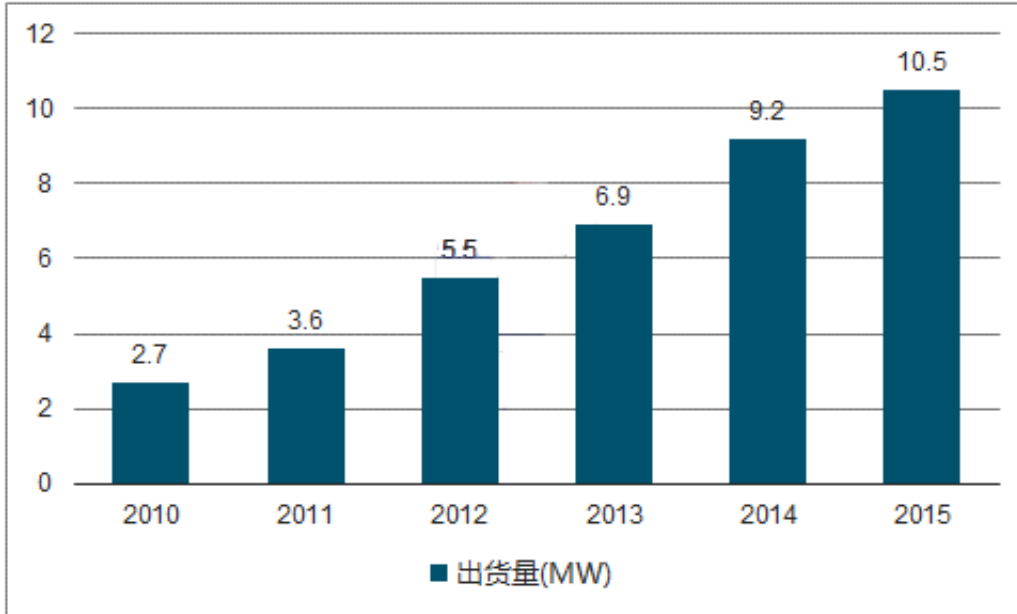
大众旗下奥迪汽车公司宣布，开始与德国燃料电池公司Sunfire合作生产车用新型燃料“e-燃油”，它由水、二氧化碳和氢气制成。和汽油这类化石燃料不同，奥迪的这种合成燃料不会增加任何碳排放，因为原料来自大气中现成的二氧化碳。虽然这不是碳中性燃料首次出现，但奥迪生产燃料的Dresden工厂得到了德国政府的支持，所以这一进展可以视为开发清洁能源的里程碑。

二、燃料电池行业市场现状分析

1、燃料电池行业市场规模

2015年我国燃料电池行业出货量约10.5MW，同比2014年的9.2MW增长了14.13%，近几年我国燃料电池行业出货量情况如下图所示：

2010-2015年中国燃料电池行业出货量走势



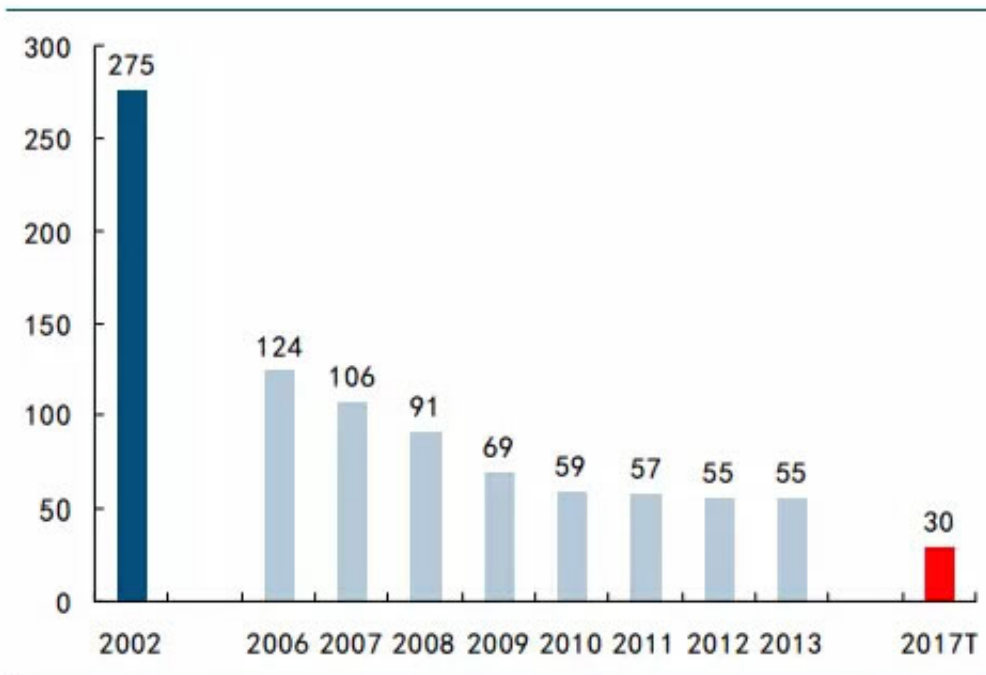
2、燃料电池行业盈利水平

目前，国外企业PlugPower（PEMFC燃料电池系统集成商）的毛利率水平已经达到了27%左右，国内燃料电池生产企业平均毛利率在15%左右。

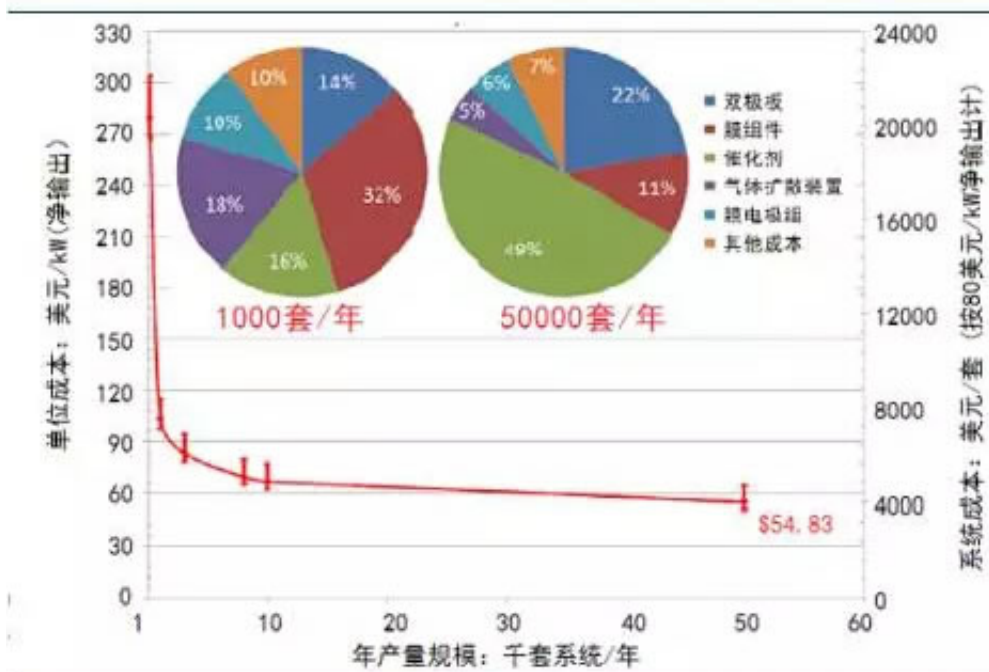
3、燃料电池行业成本构成

工业化和商业化的绝大多数问题都可以归结到成本之上，燃料电池亦不例外。近10年来，燃料电池的成本控制一直是研究机构和实业界最重要的目标之一。孜孜不倦的努力也取得了回报，基于2013年的技术水平，在年产50000套的规模下，车用80kW功率的PEMFC燃料电池成本降低到55美元/kW（请注意上述各种约束条件！），较之2002年的275美元/kW下降了80%，距离2017年30美元/kW的目标仅数步之遥（对此需要指明两点：其一，30美元/kW的成本在2008年左右还是2015年计划实现的目标；其二，2012年成本估算曾经低至47美元/kW，但基于更严格的热排放指标和最新的Pt金属价格，这一估算在2013年被调高了）。

DOE 测算的燃料电池成本趋势 单位：美元/kW



不同生产规模下的电池成本及拆分



不过必须指明的是，55美元/kW的成本估算源自美国Argonne国家实验室的模型估算而非工业企业的实际情况，这

一点在国内市场经常受到误解。可作为工业参照的是，Ballard目前最新的动力燃电系统售价1.5万美元左右（应当是80-100kW电池系统），考虑其合理利润需求，实际成本应当不会显著低于100美元/kW。

进一步地，我们对燃料电池成本模型的下降路线进行略微深入的分析：2010年之前，催化剂Pt密度的降低对于成本下降的贡献非常明显，但2010年之后似乎到达了极限（0.2g/kW），甚至有所回升，燃料电池成本下行的速度也明显减缓，此后的成本压缩基本都来自系统成本中非催化剂方面的压缩，而2013年Pt价格假设大幅上调之后，燃料电池成本显著反弹。足见通过降低Pt含量压缩成本的路径可能暂时遭遇了阻碍，在没有显著技术突破之前，2017年实现30美元/kW的电池成本挑战不小。

燃料电池系统成本估算中的细节参数

项目	单位	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
电堆功率	kW _{gross}	90	90	88	88	89	88	89
系统功率	kW _{net}	80	80	80	80	80	80	80
电池功率密度	mW/cm ²	583	715	833	833	1110	984	692
Pt 密度	Mg/cm ²	0.35	0.25	0.15	0.15	0.19	0.20	0.15
总 Pt 含量	g/kW _{net}	0.68	0.39	0.20	0.20	0.19	0.22	0.25
Pt 成本	\$/oz	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1500
系统成本	\$/kW _{net}	50	34	27	25	22	20	27
厂家利润	\$/kW _{net}	42	37	33	25	26	26	27
测试与组装	\$/kW _{net}	2	2	1	1	1	1	1
系统总成本	\$/kW _{net}	94	73	61	51	49	47	55

固定式燃料电池系统成本显著高于车用燃料电池，DOE为小型CHP系统燃料电池设定的成本目标是到2020年实现1500美元/kW。而基于2013年的水平，只需要通过扩大生产规模即可能将成本控制到2000美元/kW以下，根据估算，如果能够将制造控制在1000美元/kW以下，固定式燃料电池就足以在没有任何补贴的情况下获得推广（热电联供系统和辅助电源的推广成本区间分别在450-650美元和500-700美元/kW）。

固定式燃料电池成本

成本项目	单位	10kW 系统			25kW 系统		
		100 套/年	1000 套/年	10000 套/年	100 套/年	1000 套/年	10000 套/年
总安装成本	美元/套	4357	3974	3422	8815	8068	6851
固定资产折旧	美元/套	2825	283	74	2825	307	121
辅助设备	美元/套	27272	21079	17856	44517	34571	29114
系统安装调试	美元/套	279	267	266	279	267	266
总成本	美元/套	34733	25603	21618	56436	43213	36352
单位成本	美元/kW	3158	3158	3158	2052	1571	1322
销售价格	美元/套	52100	38405	32427	84654	64820	54528
消费者成本	美元/kW	4736	3491	3948	3079	2357	1983

占总成本近半的Pt催化剂是影响燃料电池成本的核心因素。目前领先的工业化水平下每100kW燃料电池催化剂消耗Pt在30g左右（略高于DOE测算的理论水平）。以汽车为例，按功率100kW计，单车Pt的需求量为30g，合单车催化剂成本超过8000元人民币。

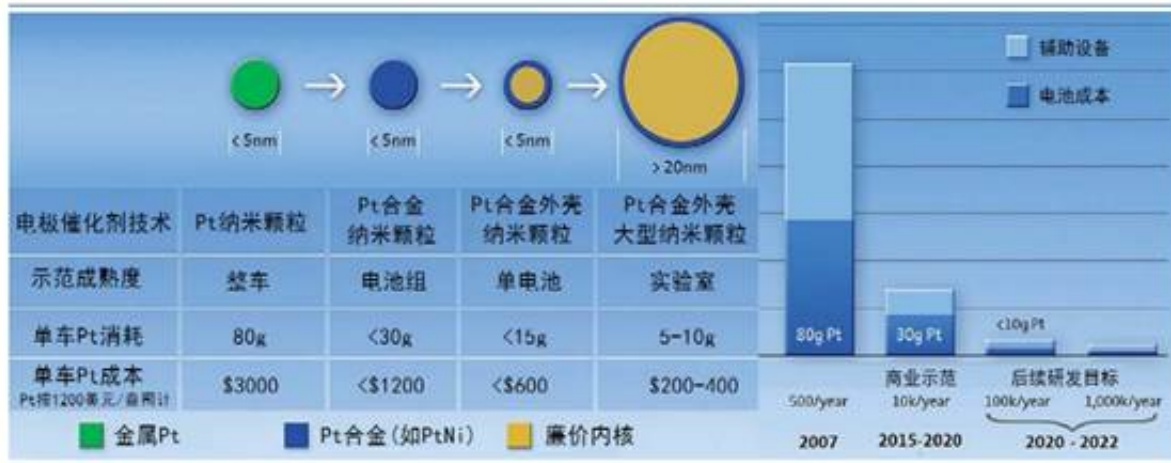
不过不应当忽略的一点是燃油车的尾气清洁催化剂同样对Pt存在需求，目前的水平大约在5-10g/辆。

因此在目前技术水平下，使用燃料电池汽车取代燃油车的Pt消耗增量在20-25g/辆。2020年全球100万辆燃料电池车

保有量预期对应20-25吨Pt；中长期看，若燃电汽车实现10%的保有率和20%的年产量占比，对应的Pt保有需求超过2000吨，考虑固定电站等其他应用，总需求量不低于4000吨，超过全球Pt资源量的1/4；而燃电汽车生产的年Pt需求将达到4-50吨（插一句闲话，这还比不上中国一年用来做首饰的Pt消耗多，2013年这个数字是59吨，爱美之心是环保大敌），差不多也占全球年消费的1/4左右；无论从经济还是资源的角度都难以承受。

目前，减少燃料电池Pt含量的手段主要是改进催化剂结构（例如使用包覆Pt的颗粒取代纯Pt颗粒）或者改进催化剂配方。其最终优化目标是在2020年左右将催化剂Pt需求量控制在5g/100kW，一旦实现这一单耗目标并解决报废系统Pt回收问题，则燃电和燃油车对Pt的消耗基本在同一水平，产品替代不再产生Pt需求增量，Pt的成本和资源限制将不再是问题。

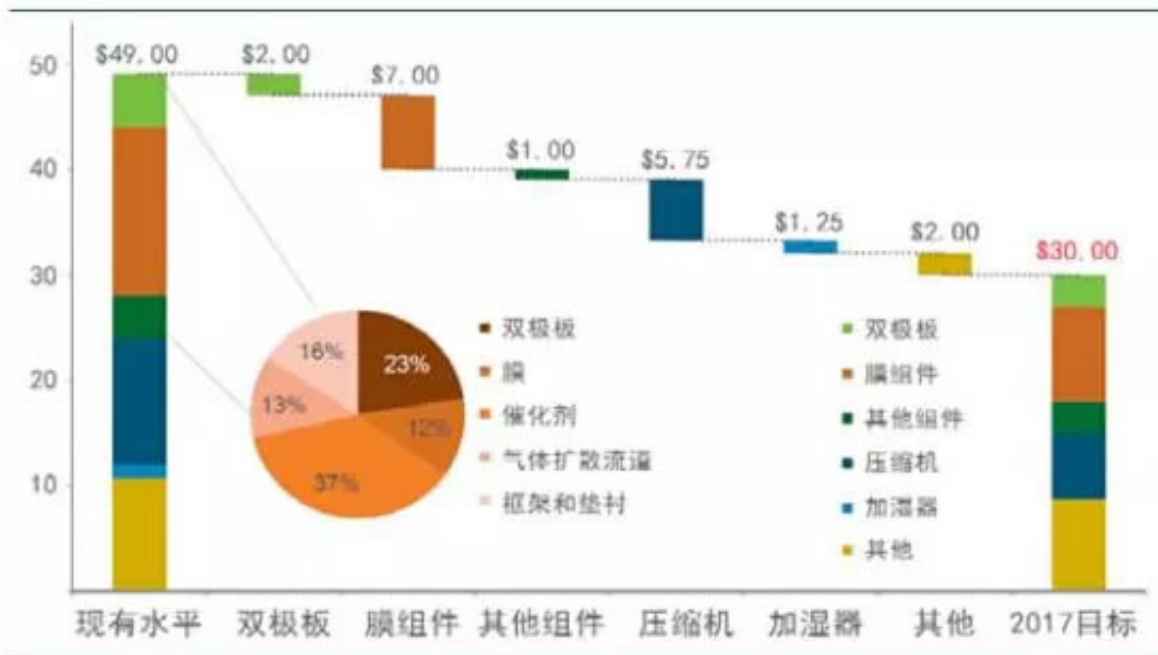
燃料电池催化剂Pt减量技术路线图及成本控制预期



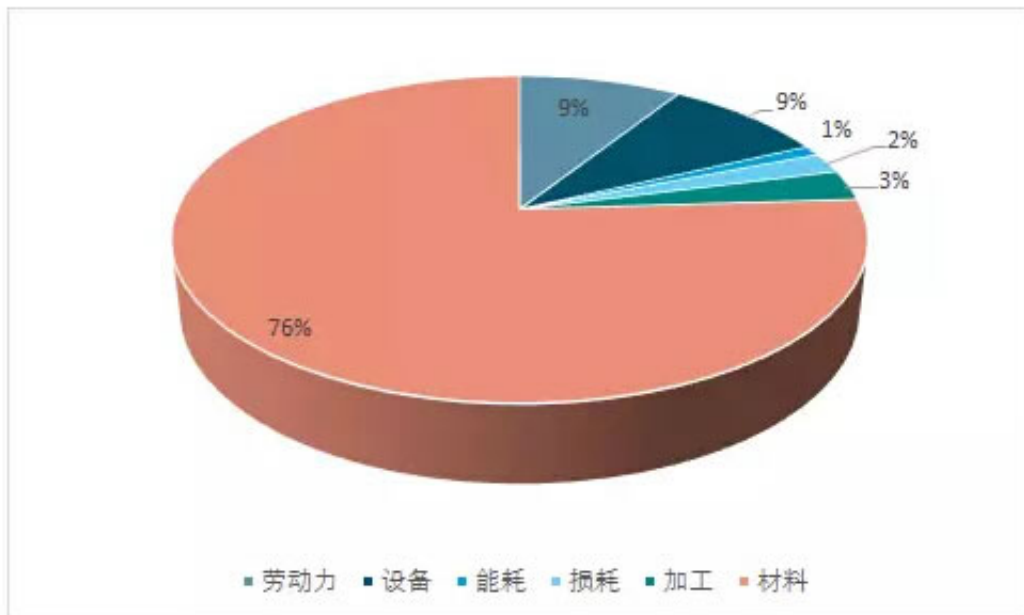
4、燃料电池行业成本走势

催化剂决定了电池组系成本的主要部分，而对于由电池组及压缩机、加湿器及其他配件构成的整体燃料电池系统而言，以压缩机为主的其他组件同样尚有成本压缩空间。从49美元/kW到30美元/kW的成本下降预期路径中，电池组和其他组件成本基本各占一半。最后，在量产假设下的充分摊薄成本构成中，材料以外的成本约占1/4。燃料电池成本的下行依赖从基础科学到工程优化的系统努力，任重道远。

燃料电池成本降低路径单位：美元/kW



充分摊薄后的电堆成本构成



原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/112221.html>