

常温常压水解制氢催化剂技术

分析报告

海南省海洋油气研究所编制

2016/06/18

# 目录

一. 认识氢能

二. 国外氢能及燃料电池技术研发鼓励政策

三. 中国氢能及燃料电池技术研发鼓励政策

四. 中国氢能及燃料电池技术研发现状

五. 氢能及燃料电池汽车面临的重大障碍

六. 创新氢能 扫除障碍

七. 技术转让 让“氢”火燎原

# 常温常压水解制氢催化剂技术 分析报告

首先郑重申明：这不是“水变油”，这是水解制氢，请不要等同。

## 一、认识氢能

上世纪末，三位实业幻想家编写的《自然资本论》描绘了人类日常生活的一种景象：几十年以后，汽车排出的只有水蒸气；石油每桶 5 美元仍没人使用；空气中二氧化碳含量降到 200 年来的最低点。人类完成了新的能源革命——氢能成为下一次工业革命的主角。

在发展未来的动力预测中，人们对理想未来的主要能源——氢越来越重视了，有的科学家甚至描绘氢能源水域的上空，刮过一阵凶猛的大风。大风过后，数千米的海面上，突然燃起了通天大火。大火引起的原因，是由于那阵以每小时 200 公里疾驰的大风与海水发生猛烈摩擦，产生了很高的热量，将水中的氢原子和氧原子分离，并通过大风里电荷的作用，使氢离子发生爆炸，从而形成了“火海”。

据科学家估算，这场“火海”所释放出的能量，相当于 200 颗氢弹爆炸时所产生的全部能量。氢气不仅可以燃烧，而且燃烧时产生的热量很高。氢气在空气中燃烧，可达到 1000℃以上的高温；氢气在氧气中燃烧，可达 2800℃以上的高温。

若将氢气冷却至零下 -253℃，再经过加压，氢就变成一种无色的液体——液态氢。这是火箭、火车、飞机、轮船、汽车等的极佳燃料。氢能具有很多优点：

1. 氢的放热效率高，燃烧 1 克氢可以放出 14 万焦耳的热量，约为燃烧 1 克汽油放热的 3 倍，并可以循环使用。

2. 氢的原料主要是水，在 1 个水分子中就有两个氢原子，所以资源非常丰富。因为，占地球表面 71% 的水中都含有大量的氢。

3. 氢气在燃烧过程中，除释放出巨大的能量外，产生的只有水，不会造成环境污染，因而又被称为“清洁燃料”。

4. 氢气的重量轻、密度小、便于运送和携带，可以储藏，与难储存的电相比，优越性更为显著。

5. 氢的用途极为广泛，它不但能燃烧生热，而且还可以产生化学能，并作为吸热的工质等。

传统的制氢方法——电解水制氢及高温、高压化石燃料制氢，都需要消耗大量的电能和石油、煤、天然气，消耗的能量比氢所产生的能量还要多。这在能源上、费用上都不划算，除了一些特殊和专门的用途，如推进太空火箭或在航天器中维持燃料电池。

在煤、石油、天然气等化石能源日益枯竭的情况下，氢能源以清洁、高效和可持续使用而颇受重视，近年来，我国在这一领域的研究也取得了积极进展。北京奥运会期间，20辆中国自主研制的氢燃料电池轿车在北京奥运会主新闻中心举行移交仪式，它们将和来自全国的500辆新能源汽车一起，在奥运会期间投入运营。其中移交的20辆氢燃料电池轿车，已通过国家安全性、可靠性、耐久性方面的严格检测，每辆均已完成功3000公里的实际道路行驶试验。这一“绿色车队”使用氢燃料电池提供动力，在行驶过程中能实现零污染的秘诀在于，它们以氢气为能源，氢气与氧气发生化学反应生成水，不会产生对环境有害的污染物。这些氢燃料电池车的燃料消耗仅为每百公里约1.0公斤氢气，最高时速近150公里，车载储气罐加满氢气后可连续行驶300公里。

石油耗尽后用什么？相信很多人都在思考这个问题。天然气、煤、油页岩也是不可再生资源，于是很多人想到了生物燃料。可再生并且清洁的生物燃料似乎很理想，但它们却在和世界上数亿贫困人口争夺口粮——在过去的一年里，粮食价格不断上涨，引发了国际社会对粮食危机的担忧。国际货币基金组织(IMF)估计，生物燃料——主要是美国的玉米乙醇，要承担一半责任。今年，美国1/3的玉米会被转化成生物燃料，而其他国家如巴西，大量将甘蔗转化成乙醇，也加剧了全球粮食危机。

在这种情况下，很多人将目光投向了氢能源。氢气在大气中的含量远小于1%，却与氧结合成了生命的源泉——水，水覆盖了地球表面71%的面积。从水中提取氢，氢气燃烧后又还原成水，如此循环，可谓“取之不尽，用之不竭”。

据了解，氢能作为世界上最清洁的和可再生能源，已经被各个国家所认同和追捧，并作为未来战略能源开发使用，成为继太阳能、风能之后的又一新能源，它不仅是最清洁的能源而且真正做到零排放。氢的热量还特别高，同等单位的氢气，热量是天然气的2倍。据推算，如果把海水中的氢全部提取出来，所产生的总热量比地球上所有煤炭、石油、天然气等化石燃料放出的热量还大9000倍。大家都知道，用电解的方法，可以提取水中的氢，但电解方法能耗极大。一直以来，世界各国都在寻找更为节能、环保、便捷的方法。氢能源发电一个重要特点是，燃烧值大、发电装备体积很小、可移动性强。

法国科幻小说鼻祖凡尔纳曾在小说中预言，有朝一日社会将通过以氢为基础的能源被彻底改造。这种重量很轻的气体是宇宙中最丰富的元素，它能够从水中制成；它出奇地洁净；燃烧时排放出基本上是新鲜的蒸汽。当被输入到产生电力的燃料电池中时，它提供空前的效率——氢气的能源转换效率要比石油高一倍。随着石油资源的日益枯竭，一种以氢能源为基础的经济开始展露在人们面前。

事实上，以氢为能源的燃料电池有希望解决我们所面临的几乎每一个能源问题。它的基本原理是利用氢气和氧气产生化学反应产生电能。这一反应的唯一产物是水。因此具有能量效率高、洁净、无污染、噪音低的特点，而且在使用上既可集中供电，也适合分散供电。随着我们放弃矿物燃料，以氢为基础的能源将意味着全球气候变暖压力的减轻。而把燃料电池应用在车辆驱动上是氢经济发展的一个关键领域，被称为是汽车工业面临的第二次革命。

预计未来，以氢动力燃料电池为基础的产品的第一次浪潮将冲击市场，其中包括以燃料电池为动力的小轿车和大轿车，以及用于商业大楼和住宅的小型发电机。燃料电池汽车将成为氢经济的主力军。实际上，汽车工业在这门新技术方面的投资遥遥领先。6年前，福特和戴姆勒—奔驰，即现在的戴姆勒—克莱斯勒公司采取了震惊竞争对手的行动，投入7.5亿美元，用于与Ballard公司组建一个合资企业，为的是到2004年生产燃料电池汽车。通用汽车公司和丰田公司也不甘落后，在追求同一目标方面联手。

氢可以说是宇宙间能量转换的“通用货币”，虽身轻如燕却蕴含着巨大的能量。但在地球上，要将氢“兑换”成汽车使用的能量却不容易，共有三只“拦路虎”：

1、氢的密度过低，在运输、储存上有困难。氢能量密度(指单位体积燃料完全燃烧时产生的能量)远弱于汽油、柴油、乙醇等燃料。这意味着，要将氢燃料的能量聚集到足够大，就必须增加氢密度，通常将氢以液态形式储存在低温瓶或压缩气体瓶内。然而，即便氢被压缩成液态，能量也十分有限。研究人员曾试图增加氢气罐壁厚度，以进一步压缩氢气，但这在增加了成本的同时，运输的安全系数也大大降低。氢储存难度过大，带来的直接影响就是行驶里程达不到要求。以美国为例，目前美国人普遍接受的最低行驶距离(指加满燃料后的行驶距离)为480公里。即便将氢的储存密度提高到极限，这一要求也很难达到。

2、氢动力汽车的配套装备难以推广。无论对于氢发动机汽车或是氢燃料电池汽车，都需要定时补充氢，这就需要在汽车上装备高压储存槽、燃料槽等。这类设备往往会造成很大空间。目前装设这类储存槽的成本，也比一般轿车可接受的价格高10倍以上。

3、真正实现零污染有困难。氢作为能量的携带者，必须通过能源转换提供能量，这些过程会带来一些“隐性污染”。例如目前流行的一种提取氢的办法是电解水，但电能可能是通过燃烧煤等方式获得的，这个过程中就有污染。

早在二十世纪，科学家们已经开始研究并使用氢，它作为燃料被运用于航天等高尖技术领域；随着科技的不断进步，特别是进入二十一世纪，能源危机现实状况、环境污染的压力，使得人们不得不去思考，如何开发出适合现代社会所需要的环保、清洁、可循环的新能源，人们对新能源的需求从未象今天这样迫切，氢能源的优势与特点愈加突显出来。氢能被誉为最清洁燃料，对交通领域的影响甚至可能超过石油。氢能还可用于制造手机电池、给煤炭助燃。据媒体报道，丰田、通用、福特、现代等汽车厂商均表示计划推出燃料电池汽车。为顺应新趋势，日本多家企业正在多个地区建

设加氢站。2015 年被视为氢燃料电池汽车市场化元年，虽然氢能的应用还有“拦路虎”，但其发展前景还是十分广阔。

## 二、国外氢能及燃料电池技术研发鼓励政策

近年来氢能和燃料电池的研发不断取得进步，由此激发了很多国家和地区对这一新兴能源的巨大兴趣，如美国、欧盟、日本、韩国等均高度重视氢能和燃料电池的研发。目前，全球约有 400 多个此类示范项目在推广应用。

### 1. 美国重视氢能和燃料电池研发

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 PEM 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。

在当前经济萧条的状况下，美国参、众两院于 2009 年 2 月通过了《2009 年恢复与再投资法》的经济刺激计划，整个预算 7890 亿美元中约 500 亿美元用来提高能效和扩大对可再生能源的生产，在未来 10 年中创造至少 46 万个新的就业机会，其中约 200 亿美元用于可再生能源和清洁能源项目，氢能和燃料电池相关研发也将受益。但是值得注意的是，奥巴马上台以来大幅削减了氢燃料电池车的研发经费，美国能源部认为，在未来的 10~20 年中，氢氧燃料电池车得以推广的可能性很小，**氢气的生产、储运仍然是一大障碍、加氢站等燃料电池车所需要的基础设施的相关投资及其昂贵**，因此美国政府将削减车用燃料电池的研发资助，将这部分资助额度集中用于非车用燃料电池领域，如建筑用燃料电池的开发。

美国能源部 2015 年 5 月 13 日在其官网宣布，启动一项名为 H2USA 的项目，该项目将由美国政府牵头，大力支持氢能源汽车研发。项目吸引了众多汽车制造商和经销商等组织的参与。其中韩国现代、德国奔驰、日产汽车、丰田汽车和通用汽车等十余家企业已经与美国能源部达成了协议，将准备推出首轮氢能源汽车。过去几年，这些

企业在氢能源汽车研发上已经有相当的投入，以通用汽车为例，截至 2012 年，该公司在氢能源汽车领域的研发费用便达到了 15 亿美元。美国能源部的前任部长朱棣文曾一度是氢能源汽车项目推行最大的抵触者。然而出于对环保的考虑，2011 年美国参议院便投票恢复了这项补贴。总体而言，这次美国政府推行氢能源汽车项目的效率与决心还是超出了市场预期。

## 2. 欧盟协同各成员国共同致力于氢能和燃料电池研发

欧盟在 2003 年促成了“欧洲研究区（European Research Area, ERA）”，旨在从共同体的层次来开展更具战略意义的研发活动。该项目涉及诸多领域，包括纳米技术和燃料电池。作为该项目的一项内容，欧盟建立了大量的研发“平台”，其中就有“欧洲氢能和燃料电池技术平台（EHFCP）”。该平台的目的在于向欧盟委员会推荐燃料电池和氢能技术发展的一些关键性领域，从而能够在“第 7 框架计划（7th Framework Programme (FP), 2007-2012）”中重点攻关。

欧盟对氢能和燃料电池研发与推广的资金支持主要是在 Framework Programme (FP) 的框架下进行的。“第 6 框架计划（2002-2006）”(FP6) 第一轮资金支持涉及 30 个项目，共投入资金 1 亿欧元，涉及氢能制造（1460 万欧元）、氢能贮藏（1070 万欧元）、氢能安全及其标准制订（750 万欧元）、氢能的传输（2134 万欧元）、氢能的最终应用（1350 万欧元）、高温燃料电池（1510 万欧元）、SOFC 燃料电池（1495 万欧元）、便携式燃料电池（275 万欧元）以及其他通用技术研发（21 万欧元）。尽管欧盟对氢能及燃料电池的投入规模较大，但是相对于 FP6 的 175 亿欧元资金投入总额，其份额很小，不到 1%。

上证报资讯 5 月 10 日曾提到，欧洲各国政府正在加大力度推进氢能源汽车项目，其中荷兰政府网表示今后两年荷兰将通过多项措施推广氢燃料电池车，荷兰、丹麦、瑞典、法国、英国与德国六国已经达成共同开发推广氢能源汽车的协议，各国将一同建设一个欧洲氢气设施网络，并协调能源传输。相比特斯拉等纯电动车采用的锂电池，氢燃料电池能真正实现零污染，单次行驶里程更长。如今美国政府的正式表态，加之各大汽车巨头的鼎力支持，氢能源汽车项目在全世界范围的受重视程度达到了前所未有的高度。

## 3. 日本企业在氢能和燃料电池技术研发最为活跃

日本自 1974 年由经济产业省（METI）提出“阳光工程（Sunshine Project）”以来，对各种新能源开发一直非常活跃。就各种燃料电池而言，PAFC 和 MCFC 在日本已经得以应用。而应用于汽车领域的 PEMFC 也进入了实用阶段，SOFC 的应用相对滞后一些，但在不远的未来也将投入商业化应用。

目前，致力 PEMFC 研发与生产的企业主要有松下电子，Ebara Ballard，日本石油（Nippon Oil）、Idemitsu Kosan，丰田汽车、日立、东芝等。对 PAFC 进行研发

公司主要有富士电子高技术公司、东芝燃料电池电力系统公司、三菱电子等三个公司，其中只有前两个公司提供 PAFC 产品。在 MCFC 研发中占主导地位的是石川岛一播磨重工（IHI）和 Marubeni 公司。

由于日本企业在氢能和燃料电池技术领域持续的研发热情，相关的专利也层出不穷。以 2009 年第三季度新公开的专利为例，这一季度全球一共公开与燃料电池相关的专利为 1487 项，其中日本企业的专利占 54%；排在前十位的公司中有 8 家是日本企业，其中丰田汽车公司最多有 281 项，其次是本田汽车公司 62 项。

#### 4. 韩国政府和企业协力促进氢能和燃料电池产业

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”。该中心针对韩国未来 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（表 1）。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”。

表 1 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	基础研发	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 <sup>3</sup> /hr 氢气站示范	采用自然能源进行氢能生产的 技术 z 5Nm <sup>3</sup> /hr 规模体系示范 z 氢能操作体系的最优化
	水的热化学裂解	核心技术发展的有效性	
	PEM/高温电解的水裂解	PEM/高温电解安全的和新技术	
	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 <sup>3</sup> , 压 力 700 巴以上) ;
	复合金属氢化物	有效储藏技术的研发	安全技术的推广及商业应用
	化学氢化物	运输中氢能贮藏	(2-6wt%, 最大 45kg/m <sup>3</sup> )
	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

资料来源：Fuel Cell Today

在燃料电池方面，韩国长期以来集中研究 MCFC 和 PAFC 在大型固定式电池方面的应用。目前，韩国政府认识到燃料电池技术是关系到国家未来经济增长的关键技术，因此将研发的范围进行拓展，研究燃料电池在交通运输以及移动电话领域的应用，并且致力于 PEMFC 和 SOFC 的研究，还制订了“韩国燃料电池研发路线图”，详细地提出了阶段性目标，以及不同应用领域的燃料电池拟达到的性能指标（表 2）。

表 2 韩国不同应用领域燃料电池拟达到的性能指标

	手机、PDA 等用燃料电池	交通工具用燃料电池	固定式燃料电池
能量密度	1000Wh/kg	1kW/L (体积) 1kW/kg (重量)	—
电量	600mW-1kW	75kW	10kW (私人用) 100kW-MW (大中型, MCFC, PAFC, SOFC)
电池充电时间	<1min	0.5s	—
启动时间	—	0.1min	—
使用寿命	5 年	5000hr	>40000hr 非连续所用 >10000hr 累积使用
电力产生效率	—	50%	>40%; >80% (加热状态)
价格 (成本)	1 美元/1W 电池	20 美元/kW	<1000 美元/kW (商业化)

资料来源：Fuel Cell Today，上海科学技术情报研究所（ISTIS）分析整理

在资金投入方面，政府与企业双方的投入规模相当。当前，政府对氢能及燃料电池的研发投入强度加大，2003~2019年通过科技部投入的研发资金将累计达到15亿美元，其中60%以上将投入氢能领域。企业方面，尽管没有更为详细的数据，但是很多大型企业涉及氢能和燃料电池研发与生产的事例是非常明显的，如，三星（Samsung）主攻 PEM 和 DMFC、现代（Hyundai）主攻 FCV。此外，LG一化工和 LG一电子则分别从事 MEA、DMFC 和 PEM、DMFC 的研发。

### 三、中国氢能及燃料电池技术研发鼓励政策

氢能技术已列入国家再生能源法及《科技发展“十五”计划和2015年远景规划》。最近，国家发改委和国家能源局印发了《能源技术创新行动计划（2016~2030年）》（发改能源[2016]513号），国家两部委发布氢能与燃料电池技术战略方向规划目标，其中提出“2030年目标。实现大规模、低成本氢气的制取、存储、运输、应用一体化，以及加氢站现场储氢、制氢模式的标准化和推广应用。”在战略方向中明确提出“氢的制取、储运及加氢站。重点在大规模制氢、分布式制氢、氢的储运材料

与技术，以及加氢站等方面开展研发与攻关。”在创新目标上规划“2050年展望。实现氢能和燃料电池的普及应用，实现氢能制取利用新探索的突破性进展。”并同时发布了《能源技术革命重点创新行动路线图》，将“氢能与燃料电池技术创新”列为15项重点任务之一。2016年8月18日，《“十三五”国家科技创新规划》明确要求，发展氢能、燃料电池这类“发展引领产业变革的颠覆性技术”。

财政部、科技部、工业和信息化部、国家发改委近日发布《关于2016—2020年新能源汽车推广应用财政支持政策的通知》，对纯电动汽车、插电式混合动力汽车的补助标准实施退坡机制，但对氢燃料电池汽车的补助标准并未进行下调，甚至个别车型还有所提高。专家表示，四部委对氢燃料电池汽车个别车型补贴不降反升，反映国家对氢燃料电池汽车产业发展特别重视，但国内氢燃料电池汽车与国际先进水平差距较大，应奋起直追。

2012年国务院发布的《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020年）》提出，“燃料电池汽车、车用氢能源产业与国际同步发展”。

2007年国家发改委、科技部联合发文制订《中国节能技术政策大纲》（发改环资〔2007〕199号），其中第2条第4.2.9“推广汽车替代燃料技术”规定：“……开发研究电动汽车、氢气汽车等新型动力。”

2006年《国家中长期科学和技术发展规划纲要》（国发〔2005〕第044号），第五条前沿技术第5款指出：“……氢作为从多种途径获取的理想能源载体，将为能源的清洁利用带来新的变革；具有清洁、灵活特征的燃料电池动力和分布式供能系统，将为终端能源利用提供新的重要形式。重点研究规模化的氢能利用和分布式供能系统，……低成本、高效率的可再生能源技术。”其中第(15)“氢能及燃料电池技术”规定：“重点研究高效低成本的化石能源和可再生能源制氢技术，经济高效氢储存和输配技术，燃料电池基础关键部件和电堆集成技术，燃料电池发电及车用动力系统集成技术，形成氢能和燃料电池技术规范与标准。”同时，国务院还颁发了若干配套政策的文件（国发〔2006〕6号），国家极力鼓励发展新能源及在财税上给予优惠政策，采取大幅度科技投入、税收激励、金融支持等政策，并进一步作出具体规定。

#### 四、中国氢能及燃料电池技术研发现状

科技部部长万钢曾表示，面向未来的技术研究很重要，我们未来在氢燃料电池方面的研究还会更进一步。我国氢能源产业现状如何？发展前景如何？日前，京华时报记者专访了国际氢能学会副主席毛宗强。

##### 1、优点：工作时间长且不排毒

京华时报：提到新能源汽车，更多人将其与锂电池结合在一起。氢燃料电池作为燃料电池的一种，与其他电池相比，有怎样的优势和劣势？

毛宗强：其实氢燃料电池又可以看作是一个氢能的发电机，氢燃料电池是将氢气的化学能直接转化为电能的发电装置。与锂电池相比，最大的区别在于锂电池是把能量储存于电池中，而氢燃料电池是把氢气和空气储存在电池外部，氢气和空气不断地送进燃料电池，电就被源源不断地生产出来，氢燃料燃烧后只排出水，而不产生其他的氮氧化物。和蓄电池相比，氢燃料电池的优点是在外部环境剧烈变化的条件下，可以长时间连续工作且具有更高的可靠性。与柴汽油发电机相比，氢燃料电池的噪声很小且不排放有害气体。此外，氢燃料电池还有运动部件少、维修工作量小，更有利于远程控制、减少实际的维修时间等优点。

京华时报：氢燃料电池的主要原料是什么？加氢站需要什么条件和设备？

毛宗强：氢燃料电池的种类很多，原料也各不相同。按照所用电解质的种类，可分为碱性燃料电池、质子交换膜燃料电池、磷酸燃料电池、熔融碳酸盐燃料电池和固体电解质燃料电池等。加氢站主要设备有氢气储罐、压缩机、加注机、计量仪器等。

## 2、现状：2015年将进入市场化

京华时报：氢燃料电池及汽车目前在研究和产业化方面现状如何？

毛宗强：从产业化角度讲，氢燃料电池技术已不再满足于示范，将进入市场。氢燃料电池分布式电站已经开始商业化，氢燃料电池备用电源不但在环境保护方面优于传统的铅酸电池，而且在经济上也有优势。在进入市场的氢燃料电池分布式电站、氢燃料电池备用电源及氢燃料电池车的带动下，氢燃料电池在其他领域的市场化也将迅速展开。预计氢燃料电池特种车辆、氢燃料电池叉车、氢燃料电池轨道牵引车、氢燃料电池船舶、氢燃料电池飞机会紧随其后。目前，国际各大汽车厂商都将2015年视为氢燃料电池汽车的市场化元年，计划各生产1000辆左右。他们还将2020年看作市场启动年，届时将大规模生产氢燃料电池汽车。可以预见，在2020年左右，世界将进入氢燃料电池汽车的时代。

京华时报：与国外相比，我国在氢燃料电池及汽车应用方面处于怎样的地位？

毛宗强：我国在氢燃料电池技术方面可以说是起了个大早，赶了个晚集。我国研究这一技术始于20世纪70年代，1990年开始发展起来，当时的质子交换膜燃料电池水平可与欧美相比。目前，**我国已经具备生产质子交换膜燃料电池所需全部材料及零部件的能力**，有数家公司可以制作千瓦级质子交换膜燃料电池系统，但国产氢燃料电池电站还没有进入市场，氢燃料电池备用电源也仅有零星的示范。与国际相比，我国差距还很大。在氢燃料电池车方面，我国开发氢燃料电池汽车也较早。1999年，清华大学就研制出中国第一辆氢燃料电池汽车，然而，自2008年起，我国将新能源车的重

点放在了纯电池的电动车上，结果氢燃料电池车的水平不进反退。目前，我国氢燃料电池轿车已落后于国际水平，也远远落后于氢燃料电池轿车起步晚于我国的韩国；车企的氢燃料电池技术已落后于欧盟、美国和日本的车企，特别是在电池寿命与成本上存在极大的差距。

### 3、发展：氢燃料车有助降雾霾

京华时报：除了新能源汽车外，氢燃料电池还可以应用在什么方面？氢燃料电池车未来的发展前景如何？

毛宗强：目前适用于新能源汽车的燃料电池，主要是质子交换膜燃料电池，可用于生活的方方面面。与纯电动汽车需长时间充电、仅能维持短距离驾驶相比，氢燃料电池汽车更能满足人们日常需要，因此汽车行业将氢燃料电池车作为继内燃机车之后的第二篇章。从技术上说，氢燃料电池车在充气速度、续驶里程、最高车速等性能方面已经完全可以替代目前的汽油车；而且，氢燃料电池车不排放CO<sub>2</sub>和氮氧化物等温室气体，有助于减少雾霾的天数，也有助于降低雾霾的毒性。美国曾在2008年作出预测，到2030年，如果发展势头强劲，将有80%的内燃机汽车被氢燃料电池车取代，即使发展不够如意，也将有20%被替代。

### 4、难题：最大障碍是缺加氢站

京华时报：氢燃料电池车发展目前存在哪些制约因素？

毛宗强：目前，氢燃料电池汽车应用的最大障碍是缺乏氢气加注站。建造加氢站是氢燃料电池汽车发展的关键，目前各国都在加速建造加氢站。世界氢气加注站的建设在北美、欧洲与东亚（日本与韩国）逐渐形成了三大中心。截至2013年年底，投入使用的全球加氢站总数已达到208座，计划再建造127座，加氢站的建设正逐步走向网络化。欧盟、美国和日本等研发氢能汽车较早的国家和地区已建的数十个加氢站中有不少是采用合建的方式。

京华时报：目前国家对于氢燃料电池车是否有相关规划或标准正在起草？

毛宗强：有关氢燃料电池车已经有一些规范，还有的正在编写中。国家标准《加氢站技术规范》已于2010年由住建部和国家质检总局发布并实施，我也是该标准的主要起草人之一。但标准的出台仅仅是解决了有标准可依的问题，真正建造一个加氢站，则需要政府部门的大力支持。

### 5、展望：筹备建氢能电池协会

京华时报：在新能源汽车发展路线选择时，我国政府引导政策主要针对纯电动汽车制定，而欧美日政府一直在加大扶持氢燃料电池汽车，能否提一些行业发展建议？

毛宗强：目前我国在推动氢燃料电池汽车发展方面，还存在一些问题，一是加氢站相关标准已经出台，但还远远不够。二是至今我国还没有明晰的车用氢气加注站的建设规划，也没有制定国家层面上的氢燃料电池车发展路线图。截至2013年底，我国只有两座车用加氢站。三是没有专门机构负责此事，因此有必要成立中国氢能界的行业协会，以协助政府制定国家氢能规划，促进氢能行业标准的制定以及国际间的合作。

京华时报：万钢部长在两会上表示，我国氢燃料电池研究还会更进一步，民进中央也提交了关于加快推进氢能源利用的提案，您如何看待上述表态及提案？

毛宗强：本人赞成、支持万钢部长表态及委员提案。国际氢能与燃料电池发展很快，我们一定要狠抓产业化、市场化。我在大家推举下，筹备成立中国氢能与燃料电池协会，就是要推动氢能产业化。目前这一协会正在筹备中，已组织50多家企业参与。据我所知，一些地市级政府已经开始筹划氢能产业，希望中央政府、省政府也重视氢能产业化。（记者王浩娇）

## 五、氢能及燃料电池汽车面临的重大障碍

自2014年6月丰田发布量产氢燃料电池汽车将于2015年上市的消息以来，全球范围内又掀起一轮关于氢燃料电池汽车和电动汽车孰是孰非的热议，国内舆论也不乏对中国以纯电动驱动为新能源汽车战略取向的质疑。主要为以下五方面：

1、氢燃料电池汽车是终极环保汽车。氢燃料电池汽车零排放，且一次加氢续驶里程长，加氢时间短，相当于汽油车，一直以来被作为新能源汽车技术路线之一。但是，**由于氢燃料电池系统、储氢装置等技术和成本、寿命问题，以及加氢站建设和成本问题在短时期难以攻克**，相比动力电池技术已取得积极进展，并初步具备市场推广条件的电动汽车而言，氢燃料电池汽车仍被作为终极环保汽车，也就是说，插电式汽车、纯电动汽车在市场化进程上仍优先于氢燃料电池汽车。按国际能源署IEA预测，2030年以前，全球新能源汽车市场仍将以插电式汽车、纯电动汽车为主，2030年氢燃料电池汽车在世界汽车销量中的比重约为2%—3%。2030—2050年，插电式汽车、纯电动汽车、氢燃料电池汽车发展顺序和市场大格局保持不变，但氢燃料电池汽车占比将提高到15%左右。

2、氢燃料电池汽车推广仍面临重大障碍。丰田氢燃料电池汽车能够量产得益于其在氢燃料电池技术和成本、寿命的突破。基本解决氢燃料电池体积输出密度、低温性、高压氢燃料罐小型/轻量化和安全性问题，氢燃料电池寿命可达10年以上，车辆成本相比5年前大幅度下降，Mirai在日本销售享受补贴后相当高档汽油车价格。但

是，包括丰田在内的日本人士对氢燃料电池普及仍持谨慎态度，因为，Mirai 享受补贴后，价格仍高出同级别汽油车一至二倍多，而且，氢燃料电池汽车同样面临基础设施问题，直到目前，**建设一座加氢站的成本高达 5 亿日元以上(约 3000 万人民币以上)**，如此高的成本没有相当数量的保有量，加氢站根本无法盈利，也难以维持。还有就是氢源问题，氢同电一样是二次能源，至今仍主要来源化石燃料（天然气、石油），如果不能广泛利用低成本的水解制氢、或光伏、生物等电解制氢，氢燃料电池汽车作为终极环保汽车将遭质疑。

3、世界主要车企备战氢燃料电池汽车。尽管氢燃料电池汽车远未达到市场普及阶段，但正如大家所知，除丰田公司外，通用、本田、现代公司相继发布量产燃料电池汽车，戴姆勒、宝马、日产等均有 2020 年前推出氢燃料电池商品车计划。当然，也有一部分公司基于对成本、基础设施，以及市场接受程度的判断，把量产车时间表设定在 2025 年左右，如大众公司等，但是，作为技术或产业化储备，和其他公司一样都有大规模的投入。同时，为分享氢燃料电池技术、降低成本、促进氢燃料电池产业化进程，主要汽车制造商间积极开展合作，目前已形成丰田和宝马、戴姆勒/福特和雷诺—日产、本田和通用公司三大联盟。但在 2030 年前还难以改变插电式汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车的顺次格局。

4、氢燃料电池汽车中国还没有准备好。国内氢燃料电池汽车研究开发已有 15 年左右历史。在国家《节能与新能源汽车产业发展规划(2012—2020 年)》中明确：**氢燃料电池汽车与国际同步发展**。但是，近年来，国内氢燃料电池汽车发展水平与先进国家比差距加大，主要体现在：氢燃料电池总体上处于工程化开发阶段，功率特性、冷启动、可靠性等主要技术性能指标与世界标杆产品比还有很大差距，关键技术领域所拥有的知识产权数目不多，技术标准未形成体系，成本居高不下，产品基本不具备商业化条件。差距加大的主要原因是相比电动汽车，氢燃料电池汽车技术门槛高，需要巨额投入，而我们技术和产业基础薄弱，资金和技术力量投入严重不足，技术链不完善，产业化能力较弱，除上汽外，大多数整车企业在氢燃料电池汽车方面没有开展实质性研发和产业化准备。催化剂、双极板等关键材料领域和高压储氢罐、空压机、氢循环泵等关键零部件基本不具备产业化能力，产业链尚未形成。

5、氢燃料电池汽车中国还有机会。首先，国家层面应进一步明确规划目标，如在 2020 年以前，氢燃料电池汽车要具备商品化能力，并加大示范运行和推广运用。以此目标为指引，在坚持新能源汽车以纯电驱动为主要技术路线的同时，要加大在氢燃料电池汽车发展方面的支持力度，鼓励有条件的企业积极参与，为产业化创造条件，推动建立和完善氢燃料电池汽车及相关技术标准体系，积极参与相关国际标准制定。其次，有能力的整车企业应把氢燃料电池汽车发展纳入规划，并切实加大投入，车企间应加强在车辆技术、关键零部件供应商培育等方面合作，加快工程化开发和产业化能力建设进程。同时，应加强国际合作和交流，力争以多种形式借助国际科研资源、产业资源尽快缩小差距，提高氢燃料电池汽车发展水平。再有，国内相关科研资源要向

氢燃料电池汽车关键技术领域倾斜，强化基础研究，并会同整车、关键零部件企业加强工程化研究，集中攻克功率特性、寿命、冷启动、续驶里程、成本等难题。

氢能源汽车推广受阻，证券时报记者徐然：“说到燃料电池汽车，**最难解决的就是加氢问题。**”著名汽车分析师钟师曾这样告诉记者。据了解，国内目前仅有两座加氢站，一个位于北京，另一个则在上海。

在位于上海市郊的安亭加氢站，记者看到，站内除了一台外形与加油机极为相似的加氢设备，其他包括储氢装置、氢气加压装置以及氢气运输车等设备，都被高高的铁丝网栅栏圈在其中，禁止非工作人员入内。站内多处挂着明显的易燃易爆的标识。工作人员称，该站目前的主要工作是给上汽集团正在试运营的燃料电池大巴车提供燃料。

**氢气来源受限：**“这是一个先有鸡还是先有蛋的问题。”上海安亭加氢站承建公司，舜华新能源副经理钱晓飞认为，与电动汽车的困境非常相似，燃料电池同样需要面对“先卖车还是先建基础设施”的问题。

据钱晓飞介绍，目前主要的制氢方式有两种：一种是石油和煤在加工过程中形成的工业副产气体，经过提纯后可以得到氢气；第二种是以天然气为来源，天然气主要成分是甲烷，附带氢气，需经过提取后再提纯。“目前两种技术都已比较成熟，可以实现量产化。”钱晓飞说。但他也表示目前氢气的价格相对于汽油仍然非常高。

钱晓飞告诉记者，安亭加氢站的氢气来源为工业副产氢，进货方为宝氢气体公司。宝氢气体公司是宝钢集团旗下的全资子公司，也是宝钢集团工业气体的对外窗口。据了解，我国每年产生的工业副产氢总量巨大，收集起来可以满足燃料电池产业化的使用需求。而现在大部分企业对副产氢的处理方式是直接燃烧后排放，很少对这些气体进行回收处理和再利用。

有分析师认为，若以工业副产氢作为燃料电池的能量来源，要解决两个难题。一是工业气体的来源较为分散，工厂分布各地，很难对这些气体进行大规模的集中；二是燃料电池所需氢气纯度较高，工业气体需要经过较复杂的分离和提纯，所以成本并不便宜。

钱晓飞则提出了另外一个解决思路：“如果以后燃料电池形成规模化、产业化，需要氢气量也会增大，到时候我们可能会采取电解水制氢。”例如，在加氢站内设立大型电解装置。

**储运成本高：**由于密度极小、单位体积大，无论是储存还是运输氢气，都必须使用能强力压缩氢气体积的加压设备，并全程使用特制的耐高压钢瓶。而这些成本摊薄到氢气的价格中，同样是一笔不小的费用。

据加氢站的工作人员介绍，目前国内采取的是高压气态氢的储存方式，一般常规为35兆帕，一次加满氢理论上可以行驶300公里，实际行驶距离则不超过**150公里**。钱晓飞告诉记者：“现在，技术上已经可以把压强提升到**70-82兆帕**（相当700-820公

斤高压)，不过对储存设备的要求比较高，成本会大幅上升。而压强增大一倍，理论上续航里程也将增加一倍。”

另外，加氢站的建设成本也远高于汽车加油站和电动车充电站。据了解，2007年安亭加氢站建立的时候，成本约3800万元。“现在随着很多部件的国产化，成本已经比过去有所下降了。”加氢站工作人员告诉记者。在加氢站内，记者看到，部分储氢设备由石家庄安瑞科气体机械公司提供，该公司为香港上市公司中集安瑞的联盟成员之一。

在安亭加氢站，记者还见到了汽车形态的“移动加氢站”，也被称为加氢站子站。从直观上来看，移动加氢站是一辆装载有数个加长储氢罐的大型卡车，可以大幅度提高加氢站的覆盖范围和利用效率。2010年上海世博会的时候，共有196辆燃料电池车在园区内外运营。为了解决这些车辆的能源补充问题，安亭加氢站便设立了两个移动子站，因为处于安全考虑，设在园区之外。两辆“加氢子站”晚上开回加氢站加满氢气，白天则为园区内车辆提供能源补充。

适合公交先行：考虑到使用安全性、设备复杂性等问题，燃料电池车解决加氢问题，必须建设专用的加氢站，而不像电动汽车，以家庭充电为最佳解决方案。所以，考虑到加氢站的覆盖范围限制，燃料电池或许更适合用于线路固定、中短途使用的商业运营车辆。

由于氢气难以运输和储存的特性，氢能源在覆盖率上很难比电能更具优势。电网早已经走入了千家万户，电的使用是非常成熟和普及的。如同自来水一样，只需要接上一个合适的水龙头，或对水管稍加改造，就能非常便利地获得所需的资源。电动汽车只需要配备合适的电源接口，对电路稍加调整，就可以在自己家里实现充电。而氢气则不具备这样的民用基础。

另一方面，燃料电池补充燃料的速度很快，这一优势在商业运营中能得到更好体现。例如出租车、公交车、货运叉车等，使用频率将直接摊薄设备的购买成本，使综合利用率得到提高。而在私人乘用车市场，对车辆的连续使用能力不那么敏感，使用间歇有足够的补充动力的时间。

行业研究员徐达告诉记者，不仅是燃料电池车，各种新能源汽车都适合以公共交通为切入点。首先是出于行业示范效应，例如比亚迪的出租车运营；二是快速形成批量，降低企业生产成本；三是使用频率高，低价能源带来的经济效益明显，甚至可做到零元购车，仅以节省下来的油钱抵充车费。

氢能并不“轻”，它是世界能源竞技场上一位很有分量的“种子选手”。中国能源研究会能效与投资评估专业委员会焦健介绍，氢能具有资源丰富、热值高、无污染、安全等显著特征。到2020年，即使氢能汽车仅占新能源汽车保有量的10%，达到50万辆，就能减少一座年加工能力2000万桶原油的炼油厂，年可减少26.6亿公斤的二氧化碳排放，节约燃油费用支出90.7亿元。

然而，如此颇具“实力”的氢能在我国的发展尚显青涩。究其原因，在于技术缺

乏突破以及投入、扶持力度不够。在制氢上，相对成熟的对化石能源的依赖性较大，还会造成污染；电解水制氢对反应条件要求较高，且耗费电能、生产成本高。

因此，未来氢能的最佳目标是：实现无需化石能源，无需光、热、电的常温常压水解制氢，只需建加水站，给车补水和更换制氢剂即可，无须投巨资建设超高压超低温的氢气生产厂、储运系统、加氢站等，使人类在享受绿色交通便利的同时，还可以享受到安全的出行环境。

## 六、创新氢能 扫除障碍

丰富的水资源为制氢提供了取之不尽的原料，催化剂的制备是实现水解制氢的关键。提高催化剂的安全性、稳定性与活性、降低催化剂的毒性及成本，是长期以来备受关注的重要科学与技术问题。

海南省海洋油气研究所占小玲经长达 16 年的不断探索和实验，在 2007 年、2008 年分别获得“常温微压即时自控制氢机”和“水制氢多燃料外燃空气发动机”等授权专利。同时，将该技术秘密—制氢剂，作为核心诀窍性技术配套使用，使水解制氢的应用有望成为现实。

本技术所制备的制氢剂，能在常温常压的温和条件下，高效地与水反应产生氢气，该技术进一步的工业产品，可广泛应用于民用应急照明灯、手机电池、笔记本电脑、电动汽车等领域；军用水下潜艇、小型无人机、背负式通讯电源、卫星通讯车载电源、野外施工、救灾抢险等。因此，本发明应用前景十分广阔。

制氢时，将制氢剂分别投入制氢装置内，加入水后即有大量连续的氢气生成，可与氢燃料电池连接产生电能。可解决氢能制取、储存、运输的难题，可随时制取、即用即制、安全使用。制取的氢气可以直接输出作为氢燃料电池使用，消除氢气储运过程中存在的安全隐患等诸多难题。具有五大特点：

- (1)、常温常压缓和条件，无需化石能源，无需光、热、电，制氢设备投资少；
- (2)、制氢剂和水为地球上最多的元素和物质，不含贵重、稀有及有毒非金属、金属元素，来源广泛而且廉价；
- (3)、氢气纯度高，不用精制即可达到 99.99% 的纯氢，可直接用于燃料电池的氢源；
- (4)、制氢后的产物可回收利用，不会污染环境；
- (5)、清洁环保，无碳能源。工业化后的进一步产品，可用于燃料电池汽车上，并使汽车无发动机、无排气管、无噪音，燃烧产物是水，水又可用来制氢，绿色循环。

**本技术水解制氢剂的有关技术指标和参数如下：**

**(1)、产氢量：**制氢剂 A：表显 18L/5g+10ml 剂，3.6L/g 剂（范围值 2.4–3.6L/g 剂）；制氢剂 B：表显 10L/5g+30ml 剂，2L/g 剂（范围值 1.2–2L/g 剂）；制氢剂 C：表显 6.3L/5g+60ml 剂，1.26L/g 剂（范围值 1.02–1.26L/g 剂）；制氢剂 D：表显 5.5L/5g+30ml 剂，1.1L/g 剂（范围值 1.03–1.1L/g 剂）；制氢剂 E：表显 9L/5g+30ml 剂，1.8L/g 剂（范

围值 1.2~1.8L/g 剂)。

(2)、**储氢值(质量分数)**：制氢剂 A: 32% (范围值 21.36~32%)；制氢剂 B: 17.8% (范围值 10.7~17.8%)；制氢剂 C: 11.2% (范围值 9.1~11.2)；制氢剂 D: 9.8% (范围值 9.2~9.8%)；制氢剂 E: 16% (范围值 10.7~16%)。都高于**国际能源署(IEA)**提出的目标：质量储氢密度大于 5wt%，以及**美国能源部** 2015 年储氢材料储氢值大于 9% (质量分数) 的要求。

(3)、**产氢成本**：经美国产 FS4001-1000-CV-H 微小气体质量流量计-SWP-LK 智能流量积算控制仪上测试结果概算产氢成本如下：制氢剂 A: 20.80 元/m<sup>3</sup>.H<sub>2</sub> (范围值 20.8~31.3 元)；制氢剂 B: 7.50 元/m<sup>3</sup>.H<sub>2</sub> (范围值 7.5~12.5 元)；制氢剂 C: 24.60 元/m<sup>3</sup>.H<sub>2</sub> (范围值 24.6~30.4 元)；制氢剂 D: 10 元/m<sup>3</sup>.H<sub>2</sub> (范围值 10~10.7 元)；制氢剂 E: 约 8.3 元/m<sup>3</sup>.H<sub>2</sub> (范围值 8.3~12.4 元)。

(4)、**产氢纯度**：在 TFS-H2-A9 便携式氢气纯度分析仪上全部显示氢气纯度为 99.99%，达到 GB/T3634.2-2011 国家纯氢标准，可直接用于氢燃料电池。

本技术的制氢成本计算依据：

(1). 根据目前慧聰网和阿里巴巴网站商家公布的水解剂和催化剂原料价格为依据概算的；

(2). 瓶装氢气价格：根据目前慧聰网和阿里巴巴网站商家公布的瓶装氢销售价格：钢瓶装氢气 44L(充装量 5m<sup>3</sup>.H<sub>2</sub>) 500 元/瓶，折合每 m<sup>3</sup>.H<sub>2</sub> 价格 100 元；

(3). 降低成本率：按表显产氢量计算成本下降率：制氢剂 A~E 每 m<sup>3</sup>.H<sub>2</sub> 7.5~24.6 元不等，比瓶装氢气价格 100 元/m<sup>3</sup>.H<sub>2</sub>，降低成本率：70~92%。

(4). 以上是根据目前市场现行原料价格概算的，随时间变化其价格也相应变化，因此上述概算仅供参考；

(5). 目前瓶装氢气阿里巴巴网上也有其他商家公布的市场价格 100~300 元/瓶不等，但由于没有公布氢气的充装量和充装压力，无法作成本对比，故未采用。

综上所述，本技术水解制氢催化剂，原料来源广泛，廉价易得，制取氢气条件常温常压，制取方法简单，实现即时自控制氢，即用即制，开阀即制氢，关阀即停止，使用方便安全。其工业化后将为汽车氢燃料电池提供可靠的氢燃料，发展前景十分广阔，具有很好的社会、经济效益和环境效益。

## 七、成果转让 让“氢”火燎原

本技术的水解制氢催化剂已完成小试，因催化剂是常温常压沾水即产氢，条件温和，进入中试和工业化应用较容易。不过要另结合机械制造、自动化控制等工程技术，并与氢燃料电池技术对接，将这些都整合在一起。除了具有本水解制氢催化剂核心技术外，还需将制造氢燃料电池的核心技术也结合起来，那更加降低车载氢动力的成本，比购买氢燃料电池产品用来配套更省钱(因为 160 多年前，英国科学家威廉·格道夫就

发明了燃料电池，直到 20 世纪 60 年代，这种能把氢气和氧气直接转变成电能的装置，应用在航天和军事技术上）。这些配套技术，那就看企业家排列组合的策略与经营手段了。

据 2015 年 10 月 11 日 中国电子报 <http://www.sina.com.cn> 报道：《步入应用时代 小型燃料电池觊觎 20 亿商机》。如果将本小试技术与小型氢燃料电池组成移动小电源，将会具有广泛的市场前景。近年来，由于传统型电池受到功能上的局限，无法满足现代社会数码相机、移动电话、摄录像机等众多电子产品的功能需求。面对消费者高端电器产品需求，小型氢燃料电池市场迎来绝佳的发展机会。美国克里夫兰市场咨询公司最近的调查报告指出，由于技术趋于成熟以及产品的推广，超小型氢燃料电池会有急速增长，将会广泛地运用到大众市场上。超小型氢燃料电池市场将会达到 20 亿美元的规模。增长情况将取决于技术改进氢燃料的供应情况。于是国内外大型公司纷纷将目光聚集在氢燃料电池与氢燃料的研发和市场推广方面。

本技术也可分步实施，先行将本小试技术直接用于生产科教模型、科学教具、科普器材、益智氢电演示器，用于家庭、社会科学馆，以及全国大中小学制氢实验教学器材。然后随着氢燃料电池的逐步成熟和成本的逐渐降低，到时再配套在氢燃料电池汽车上使用。在做科教模型的同时，一边出效益，一边进行制氢装置的中试和工业化，最后实现车载、发电站的氢电能、氢动力目标。众所周知，目前制氢教具大多采用硫酸与锌反应制氢，或用电解水制氢，很难操作和控制，经常发生硫酸烧伤事故，既不安全又费电，根本没有什么创意，只是传统能源的玩具而已，提不起学生的兴趣，对孩子没有新鲜感，启发性和兴趣都不大，更谈不上好奇吸引诱发想象力。氢能是一次能源，又是再生能源，它资源丰富，无穷尽，又无需运输，大自然中到处都有，对环境零污染，还可循环使用，为人类创造一种新的氢生活形态，使社会及人类进入一个明亮的洁净、宁静时代。孩子们通过这类科学模型的实验，能够切身体验科学奥秘，使青少年对氢清洁能源的科学产生浓厚兴趣，在无限的满足好奇心的同时，又激发学生对学习产生浓厚的兴趣，生动有趣，启发思维，激发潜能，开发智力，超乎想象。这种创新模型、教具进而培养孩子从小具备一些常人所没有的奇思妙想，正是如此，长大后才有可能跳出常规思维，进行发明创造。这种创意科教模型具有挖掘人类智慧，开启未来氢能普及世界而产生划时代的意义。对生产企业来说，产生的经济效益更大，目前科教模型的售价都很高，从网上查询如氢能、新能源、再生能源用传统方式生产的电解水制氢等教具和科学实验模型，每套都在 5000~45000 元不等。如果采用本技术的水解制氢，再配套光子发动机、氢燃料电池、以及神奇的无线输电等组合实验套装，会使大人、小孩都产生一种新、奇、特的感受。这些连大人都没听说过，更没见过的新鲜玩意儿，不但孩子爱玩，连家长、老师也十分喜欢。说其新鲜而称其为大人的时新玩具，更恰如其分，给社会产生极大的反响。人们从中看到了治霾的希望，从高碳煤、石油到低碳甲醇燃料，最后到无碳水解氢能。象这么一套奇妙的科学教具，可以根据配备不同，做成成本 300~5000 元不等的、不同配置的益智模型，其销售价比拟

目前市场的传统教具、模型的价格，最低也可卖到800~20000元不等的价格。因此，经济效益十分可观，国内外有巨大市场有待去开发。最终让家长、孩子一起用氢能科学的思想去感受现实世界的精彩，让孩子们远离电脑游戏的虚拟世界，利在当今，功在千秋。因此，当今产品缺少的并非创造，而是创意！列夫·托尔斯泰说过：“如果学生在学校里学习的结果是使自己什么也不会创造，那他的一生将永远是模仿和抄袭。”在学生身上可看到老师的影子，若老师不会也不愿创新，其学生亦然！因此，创新实验必须具有好的**创新教学仪器和设备**，才能诱发师生的创新欲望。

现对外转让本项小试技术，转让费面议；转让方式可分为普通转让、省独占转让、全国独家转让、全球独家转让。

早年江苏商人用1亿美元购买了韩国人的小试制氢技术（凤凰网财经报道）。相比之下，本技术花费了16年的研究时间，冒着爆炸危险进行了无数实验，付出了巨大的人力、物力、财力等代价。不说别的，就单说这16年的工资加起来就好几百万吧。但为了常温常压水解制氢绿色催化剂早日得到应用，造福于人类，决定转让费从优。我期待着有眼光的企业家到来，因我深深的知道成果的转化，还需依托企业家的支撑才能成功。

如观看本技术的实验演示视频后，要求转让技术的，签订国家科技部制订的全国统一《技术转让（技术秘密）合同》，支付全部技术转让费后，转让方交付配方并转让技术，受让方按配方当场实验，达到合同验收标准，即通过验收，技术交易结束。如达不到合同验收标准，当即退还全部转让费。

说明：本技术是根据国家统一《技术转让（技术秘密）合同》签订的，是按技术秘密转让。转让方既不是以专利技术也不是以专利申请技术进行转让。转让方是作为技术秘密进行长达16年的保密实验的，既没有委托权威机构查新，也没有申请发明专利（因查新和申请专利都必须全部公开）。转让方只对本技术的真实性负责，而不对本技术转让后受让方的查新结果或申请专利能否授权等问题负责。

有意者请联系，联系人：占小玲；电话：0898-66511122；手机：13118987582；网址：[www.66511122.cn](http://www.66511122.cn)；邮箱：[a3015782@sina.com](mailto:a3015782@sina.com)。

**温馨提示：**本分析报告版权归中国海南省海洋油气研所有，未经授权和允许不得复制转载，更不能以商业为目的进行公开宣传和传播，否则将依法追究法律责任。