

推广普及氢燃料电池车急需解决的问题

杨庆敏

(山东交通学院外国语学院, 山东济南250357)

摘要：文章以文献研究方法，分析了氢燃料电池车备受瞩目的原因，指出了氢燃料电池车存在的价格偏高、氢存储、氢运输、氢燃料电池的安全性、氢气充气站的设置等问题。通过对日本相关研发的考察提示了问题的解决对策。

前言

燃料电池是一种能量转化装置，通过反应过程转化产生能量。氢燃料电池是使用氢这种化学元素，制造成储存能量的电池。其基本原理是电解水的逆反应，把氢和氧分别供给阳极和阴极，氢通过阳极向外扩散和电解质发生反应后放出电能。氢燃料电池车早在上个世纪60年代欧美就开始研发，2014年日本丰田开始量产，但这么多年一直没有大规模发展开来。

近几年来大力提倡氢气燃料是因为，普遍认为国内纯电动车用的电来自于二次能源，而一次能源的火电的原料为不可再生的煤炭和石油，火电本身不环保，又面临资源枯竭的危机。那么氢燃料电池车成本如何，其安全性又如何？是否有量产的可能性。本论文通过文献研究试图解明这些问题。

1作为燃料为什么氢气备受瞩目

日本的叫做“未来”的混合动力燃料电池车，以氢气为燃料这一点引起了举世瞩目。氢气作为能源备受瞩目的原因有三点，一没有资源枯竭的危机，二容易获取，三绿色环保。氢气作为能源从可持续发展的角度来讲非常重要，因为氢气是最为广泛地存在于宇宙中，在地球上取之不尽用之不竭的物质。不会像石油等化石燃料那样令人担忧其终究会枯竭。第二点是容易获取，能够安定地供给。氢气几乎不作为单体存在于自然界，它往往以和氧气结合的水，或者和碳素结合的碳化氢的形态大量存在。第三点是对维护地球环境非常重要。氢气通过和氧气反应可以产生电，但反应的结果只产生对环境无害的水。

氢气燃料的开发不仅仅是对源自给率只有8.3%（2016年日本资源能源厅数据）的日本具有能源安全保障的作用，对于一次性能源的60%以上都依赖于煤、石油的中国同样具有非常重要的意义。新能源的开发不仅影响出行方式，还影响国家的能源构成，更影响到国家的能源战略。但众所周知，氢燃料电池车虽然具备绿色环保、加氢时间短、续航里程长等优点，但氢气在制造过程中也会产生二氧化碳等加剧环境负荷的物体，所以从整体来说，也不能完全断定氢气能源百分之百对环境无害。

2氢气燃料电池车量产面临的问题

2.1燃料电池车价格偏高

日本2014年实现了“未来”混合动力燃料电池车的批量生产和贩卖，但和其它车型相比，价格偏贵，这让许多消费者望而却步。“未来”的出厂价为每台723.6万元（包含税费），扣除日本政府支付的新能源车购买补助金的话，消费者实际支付500万日元左右（相当于人民币26万元左右）就可购得。但即使这样，和200万日元至300万日元的同类家用车相比价格还是偏高。对私家车保有率逐年减低的日本人来说，这个价格使许多消费者犹豫不决。

2.2增加生产台数所面临的课题

燃料电池车的实用化比纯电动车慢，其原因是在车辆上装载燃料电池在技术上和成本上尚有难关，需要长时间的研发。即使实用化了，其生产数量也不会比燃油车多，因为燃料电池量产化生产技术还存在很多需要解决的课题。以“未来”为例，“未来”年产量在丰田贩卖的轿车中都占比很低。丰田2015年1月公布的生产计划为，2015年生产700台，2016年生产2000台，2017年生产3000台，增产速度比较缓慢。而在丰田年产超过一万辆的车种有很多。

作为燃料电池车不能大量生产的拦路虎之一，可以首推燃料电池电堆，电堆里有难以处理和不容易制造的精密部件如固体高分子膜等，固体高分子膜比厨房用的保鲜膜还要薄，稍稍有点褶皱或刮伤都会被视作残次品。

2.3 氢气充气站有待完善

氢气燃料电池车量产化必须解决的关键问题是氢气加气站问题，即使是续航里程和行驶环境等问题都解决了的话，如果氢气充气站等基础设施不完善的话，也很难推广普及。

日本燃料电池实用化推进协议会（FCCJ）于2010年3月重新界定了日本普及燃料电池车及氢气充气站的规划，明确了增加燃料电池车之前要先增设氢气充气站。但氢气充气站完善的最大瓶颈是费用问题，据推算在日本设置一处氢气充气站的费用是5亿日元，相当于设置一处汽油加油站的5倍。其成本高是因为氢气充气站的构造复杂，占地面积也比汽油加油站多，选址条件严格，可以用于设置的场地比较少的缘故。

投资回收难，燃料电池车普及之前，靠卖氢气很难收回投资，也很难获利。日本的经济产业省2014年6月曾经计划，2015年以4大经济圈（首都圈、中京圈、关西圈、福冈圈）为中心，建设100处氢气充气站。但据日本燃料电池实用化推进协议会（FCCJ）网站公布的数据，2016年1月，日本国内的商用氢气充气站只有35处，只达到了2014年计划的3分之1。

3 燃料电池车价格偏高的原因

3.1 燃料电池车价格偏高

“未来”混合动力燃料电池车的价格偏高，主要是由于燃料电池车的特殊性引起的。燃料电池车的动力传动系中的燃料电池和电机等，使用的都是价位高的零部件，这是抬高了成本的主因。

3.2 燃料电池价位偏高

燃料电池在动力传动系中是特别高价的零件。燃料电池价格高的原因一是其构造特殊，二是电池堆中使用了昂贵的原材料。电池堆中昂贵的原材料包括触媒、质子交换膜和分离器（separator）。触媒和质子交换膜在持续发挥其性能的同时，还要求其具有抵御电堆内部严酷环境的性能。发电过程中的电堆内部，因化学反应产生的热量会升温至80度，同时会产生氢离子游离形成的强酸性水、空气极生成的过氧化氢等。触媒是组件中价位最高的零部件，因其必须使用昂贵的白金，目前还没有找到替代材料。尽管日本的各个研究部门为减少白金的使用量做着各种尝试，但目前尚未找到可以替代白金的比较便宜的替代材料，白金的使用是触媒高价的主因。像白金那样的兼具良好传媒性能和安定的化学性能的材料还尚未被发现，但安定的化学性能是耐强酸性水所必须具备的性能。

质子交换膜要求具有保持氢离子的高传导性能、耐强酸性水、耐过氧化氢及耐80度左右高温的性能。但具有上述性能的高分子材料，数量极其有限，因而价格昂贵。具有代表性的固体高分子膜是全氟磺酸质子交换膜，现在市场上除了美国的杜邦公司的Nafion膜、Dow化学公司的Dow膜之外，还有日本Asahi Chemical公司的Aciplex膜和Asahi Glass公司的Iemion膜等，但都存在成本和性能问题。

比全氟磺酸质子交换膜成本低的固体高分子膜的开发也有进展，但至今为止还没有超越全氟磺酸质子交换膜性能的新材料。

分离器（separator）是难以选材和难以成形的零部件。分离器在遮断组件间流动的气体、确保组件内的通路通畅的同时，还要通电、散热、耐强酸。能满足上述条件的材料极其有限，即使有也成本高，难以加工。现在已经研发出低成本且制造容易的金属制和碳素制的分离器，“未来”的电堆中已使用钛金属分离器。

3.3 电动机价位偏高

电动机也是价位高的零部件。汽车驱动用电动机主要使用永久磁石同期电动机，永久磁石同期电动机是易于维修保养的交流电动机的一种，在确保高出力的同时，具有可进一步小型化、轻量化的优点。

永久磁石同期电动机价格高是因为其构造特殊。在其内部的旋转部分，即转子上使用了钕磁石。钕是目前能发挥最强磁性的，可使永久磁石同期电动机实现小型化、轻量化的重要材料，但这种材料非常珍贵。钕（Nd）和镝（Dy）被称作稀土，大部分都埋藏于中国境内，日本等国为了寻求替代钕磁石的永久磁石正在加大研发力度。

3.4 削减燃料电池车成本的相关努力

一方面是削减高价零部件的成本，另一方面是借用混合动力车的混合动力组合技术。丰田等厂家研发混合动力车的批量生产和性能改良，已有20多年的历史，如果能把混合动力组合技术应用到燃料电池车上的话，就能降低成本，增加汽车性能的稳定。但据说当时“FCHV-adv”并没能把这项技术很好地应用到燃料电池车上，只借用了驱动用电池的技术。因为当时没能突破混合电动车中“能量控制组合”及“电机”和燃料电池的电压不一致的问题。而“未来”则应用了混合动力车的驱动用电池、能量控制组合、电机技术，并导入FC升压转换器，使燃料电池供应的电压提高到了混合动力车的电压。

4 氢燃料使用过程中安全措施

4.1 怎样充填压缩氢气

向燃料电池车里补充氢气时，需要到“氢气加气站”，就像往燃油车里加油时要到加油站一样。只是充氢气时充气软管和车身充填口接触部分有金属接口，需要把金属接口对准充填口处的螺丝，旋紧螺丝以防漏气。因为充填70MPa（约700气压）的高压氢气，需严防漏气。

以“未来”为例，充气3分钟能往高压氢气罐里充填5公斤的氢气，大约能行驶650公里。这和燃油车每次加油的时间和行驶距离大致是相同的。

为什么要充填压缩氢气呢？为了延长每次充气后的续航里程，又不增加容纳氢气的空间。如果能充填比压缩氢气密度更大的液态氢的话，相同容量的储氢罐就能存储更多的氢。

4.2 为什么目前都使用压缩氢气

批量生产和贩卖的燃料电池车“未来”的氢气罐是低成本轻量版的储气罐，如果把液态氢充填到储气罐里的话，虽然能充填比压缩氢气更多的氢，但必须提高储氢罐的隔热性，添置冷却器等。氢气如果不在沸点以下的极低温状态（常压下零下253度）保存的话，就不能保持液体状态。

如果在储氢罐里放入氢吸藏合金的话，就能储藏比液态氢更低压的氢。氢吸藏合金是能吸附和储藏氢的合金，只是氢吸藏合金本身非常昂贵，还需要能保持吸藏状态的温度管理装置。填充压缩氢气的高压氢气储藏罐，不需要隔热性和温度管理，可以使用塑胶，所以非常轻。

4.3 高压氢气储藏罐的安全性

倡导新能源车的人经常说，燃油车要装载着的汽油行驶，非常危险。那么燃料电池车装载着5公斤的氢气行驶就不危险吗？万一发生追尾事故，车辆变形，高压氢气储氢罐破损氢气外泄怎么办？

就高压氢气储藏罐安全问题，汽车生产企业也做了各种尝试，以“未来”为例，使用了既轻体又抗冲击的强压氢储存罐。氢气储存罐为三层构造，表面一层（最外侧）是玻璃纤维，中层由包裹了飞机上也使用的碳素纤维的强化塑胶组成，增强了强度和耐久性。

万一遇到追尾等车身被强烈撞击的情况，车身也会吸收冲击，被设计成能保护后方高压氢气罐的构造。另外，高压氢气储存罐的阀门，在检测和感知到冲击时会自动关闭，遮断氢气的流动。

4.4 氢气自身的安全性

氢气是无色无味透明的气体，其存在用肉眼难以确认，用感官无法对其泄露有所警觉。在这种情况下要防止其出事故，必须要在机械及结构方面保证它是安全的。所以总有人担忧是否会因故失火引发爆炸。令人感知氢气危险性的有2011年3月在日本福岛核电站发生的爆炸，东京电力公司表示，经认定福岛第一核电站1号机组和3号机组发生的爆炸都是氢气爆炸。而1937年5月6日发生的20世纪最严重的飞船事故——兴登堡飞船事故，就是因为当时美国禁止出售氢气给德国，兴登堡采用了极易发生爆炸的氢气。

但不只是氢气，汽油也存在危险，由于两车相撞等致使燃料存储箱中的汽油被引着，车身被燃烧的事故也时有报道。如果认识到氢气和汽油具有同样的性质的话，就能够安全使用氢气。氢气的比重只有空气的14分之1，万一泄漏了也会向更高的空中扩散。因此很难形成失火或爆炸的浓度，即使失火也不会像汽油那样在地面或平面上蔓延开。

4.5氢气的价格

燃料费作为运行成本在车辆使用中占有很大的比例，不可小觑。氢气根据制造方法的不同，价格也不同。在日本截止到2015年1月能源业界代表性的三大企业公布的价格为，1kg氢气售价约为1000至1100日元（含税金）。以“未来”为例，充满储氢罐需充填5kg氢气，如果氢气的市场价格为1100日元/kg的话，充一次氢气需要5500日元，充满氢气后可行驶650km。如果燃油车行驶650km的话，通常需要加满一箱汽油，汽油的价格是不断变动的，不太容易比较。但如果按1L120日元计算的话，加满一箱油一般需要45L汽油，约4500日元，这和氢气的价格差距不是很大。

5结束语

从能源的利用和环境保护方面看，燃料电池汽车是一种理想的车辆。但需要解决的重要问题是，如何合理控制制氢成本和建立社会网络化的储氢站，如何解决大规模制氢、储氢、输氢和注氢等环节的安全问题。氢气真正的问题是难以储存，目前，燃料电池储氢方式有三种，高压储氢、液氢、金属氢化物。液态氢气对金属有很强烈的腐蚀性，由于氢气分子太小会渗透钢铁的晶格。最安全的算是金属氢化物即储氢合金了，但是这类金属几乎全是稀贵金属，价格直逼黄金，成本太高导致它无法大规模投入使用。

而中国在氢燃料电池堆及其关键材料领域虽然已经初步形成产业链，但技术成熟度和日本、德国等国家比较差距较大。目前国内具有完全自主知识产权的电堆，无论在性能上还是使用寿命上，与国外水平相比还存在较大距离。在氢燃料电池关键材料和其他零部件方面，如催化剂、质子交换膜、空压机、氢循环泵等也与国外水平相差较远。有能力配套的企业少，技术水平较低，大多属于空白或尚未成熟，需要采用进口材料。一些关键零部件被少数企业垄断，价格极高。虽然看起来困难重重，但氢燃料车作为新能源汽车，不论是在国内还是国外，都得到了大力的扶持。

参考文献：

- [1]川一.燃料池自のメカニズム——水素で走る仕組みから自の未来まで（M）、社、2016，2.
- [2]王琳琳，张洪杰.高成本制约发展氢燃料电池前景待考[N].中国经营报，2018-05-21.
- [3]王亮.丰田扩大氢燃料电池堆和高压储氢罐的产能[N].国际商报，2018-06-01.
- [4]王震坡，孙逢春.电动车辆动力电池系统及应用技术[M].机械工业出版社，2012.
- [5]王长成，王春云.氢吸藏合金的特性及其用途[J].化肥设计，2003，41（5）.
- [6]赵振宁.新能源汽车技术概述[M].北京理工大学出版社，2016，1.
- [7]刘永琦.新能源汽车产业发展的战略探析[J].科技创新与应用,2015（36）:158.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/164141.html>