

# 加氢站技术与相关产品研究

沈军

**摘要：**针对“多气瓶交替循环”加氢站技术，笔者介绍了氢能源技术路线与燃料电池汽车的连接点，分析了加氢站与加油站相比的技术优势以及解决氢气价格和来源问题的思路，讨论了氢能源行业成功的商业模式和未来市场规模，阐述了氢能源的制氢、储氢、运氢、加氢站（简称“制储运加”）与燃料电池汽车构成的循环储能全产业链，提出了加快氢能源替代速度的资本对接模式，指出氢能源能够替代石油能源，加氢站能够替代加油站，将产生上万亿元的市场份额，吸引大量的资金和人才参与其中，值得在全国和世界范围内推广，为人类的子孙后代留下蓝天碧水与更加美好的生活。

氢能作为一种绿色、高效的二次能源，应用广泛、前景广阔。作为可再生、高能、高效的能量载体，氢能具有投入成本低、环境友好等特征，且能永久储存、传输到任何地方。除了资源丰富，氢燃烧产生的热量也很大，是除核燃料之外所有化石燃料、化工燃料和生物质燃料中最高的。

由于氢气是当今世界唯一能提供既没有“温室效应”、又没有任何污染的能源，且取之不尽，用之不竭，由此人们逐渐认识到：氢能源技术将是21世纪最有前景，最能从根本上解决人类环境危机和能源危机的终极手段，相应地，氢能作为动力能源，从未来发展的眼光来看，应该是终极之路<sup>[1]</sup>。

汽车产业作为世界主要工业国家的支柱产业，是衡量一个国家综合实力和发达程度的重要标志。目前，在新能源汽车蓬勃发展的势头下，氢能源汽车也展露出了加速发展的势头。氢燃料电池汽车不仅在能源发展方面具有重要作用，而且具有优秀的环保性能和能量转化效率。

国家发展改革委公布的《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》（2016版），在新能源汽车产品方面着重提出发展燃料电池系统及核心零部件，站用加氢及储氢设施，以及燃料电池系统测试设备等。《节能与新能源汽车技术路线图》确定了节能汽车、纯电动汽车和混合动力汽车、燃料电池汽车的技术发展路线，其中提出在2020年、2025年和2030年，中国燃料电池汽车的规模将分别达到5000辆、5万辆以及百万辆。

《中国制造2025》中明确了新能源汽车的补贴将逐年递减，燃料电池车的补贴不变。可见我国在确立了纯电动汽车发展路线后并没有放弃氢能源汽车的发展路线。氢燃料电池作为新兴产业，正处于科研成果向产业化转化的起步阶段。目前，氢燃料电池成本高、加氢站少且成本高、关键核心技术没突破等成为制约氢能汽车发展的重要因素。其中真正制约氢能经济大规模应用的瓶颈在于加氢站基础设施不配套。本文所述的加氢站技术可以解决上述氢能源替代石油能源的制约氢能源汽车发展的瓶颈问题。走燃料电池技术路线，与可再生能源对接，其实质就是：可再生能源循环制氢、储氢、运氢、加氢与燃料电池汽车循环储氢、循环消耗氢气构成了循环体系，且具有复制性，真正意义上没有任何污染，彻底留住了可再生能源，满足各地能源供给需求。

## 1 氢能源技术路线与燃料电池汽车的关键连接点

氢燃料电池由储能装置和发电装置构成，其中储能装置就是储氢瓶，发电装置就是把储氢瓶中的氢气源源不断地由化学能变成电能。固定在某一个地方接收氢气并转换成电能输出的能源称为氢气分布式能源<sup>[2]</sup>，其需要移动的加氢站<sup>[3]</sup>与之对应。

安装有燃料电池的汽车就是燃料电池汽车。燃料电池生产及其与汽车结合的全过程构成了一个完整的燃料电池汽车产业链，该产业链需要与其配套的氢能源产业为氢燃料电池汽车提供氢气能源。实现路径是在加氢站对燃料电池储氢瓶储存氢气，以满足燃料电池汽车道路行驶所需要的动力要求。如此循环往复就可满足人们的日常出行需求。对燃料电池汽车储氢瓶进行反复存储氢气的过程是在加氢站完成的，因此可知加氢站是氢能源和燃料电池汽车两大产业的关键连接点。

汽车产业的终端产品是燃料电池汽车，为了让汽车行驶的里程更长，就需存储更多的氢气。储氢瓶的容量是一定的（一般为100L），只有提高储氢瓶的储氢压力，才能储存更多的氢气，但受压力限制储氢瓶不能无限制地储存氢气，因此国际上规定了燃料电池汽车储氢瓶的额定工作压力为70MPa（现行国内标准为35MPa）。当燃料电池汽车消耗完氢气后，就需到加氢站补充氢气。当前，与其配套的氢能源产业终端产品的加氢站技术处于发展初期，基础设施建设相对滞后，因此成为制约燃料电池汽车发展的一个瓶颈，也是业界公认的一个世界性难题，主要表现在以下3个方面。

第一，氢能源产业的上游与下游分工不明确，例如站内制氢加氢站就是一个小而全的氢能源产业链，该站最终的加氢量难以上规模，只适用于燃料电池汽车比较少少的情况。

第二，外供氢加氢站还需要压缩机的二次加压，把本该上游一次就可到位完成的工作拖延到下游终端来完成，增加了加氢站终端的工艺步骤和设备投入。

第三，目前现有的两种加氢站都需通过压缩机做功加气，其加氢量和加氢速度都受到压缩机出口排气量的限制，没有更好的办法使其能够服务于大量增加的燃料电池汽车。现有加氢站的工艺流程都比较复杂，难以像工艺流程简单的加油站那样，可以服务大规模的燃油汽车，还可以大规模复制建设。为此，加氢站技术突破至关重要。

氢能源产业的终端产品是氢气，交付客户时只能将其加压加注到储氢瓶中。目前燃料电池储氢瓶额定工作压力为70MPa，氢能源产业最终产品为大于70MPa的氢气，优选压力为87.5MPa，因此用100MPa的储氢瓶存储氢气最为安全。笔者设计的氢能源技术路线及特点主要包括以下5个方面。

第一，对氢能源产业链的上游和下游进行明确分工，即把最复杂的制氢、加压、充装等环节都放在上游企业，使得下游企业添加氢气的操作达到最简单化。用多个100MPa的上游储氢瓶做成储氢瓶组挂车，与牵引拖车构成储氢瓶组拖车[4]，储氢瓶组挂车与气瓶可以分离，在上下游之间运送氢气。

第二，因氢能产业上游企业的最终产品是耐压100MPa的储氢瓶装87.5MPa氢气，因此可以工业化、大规模地生产，不仅有利于降低成本，而且可把下游加氢站中的二次加压过程提到上游来完成，提高了下游的工作效率。

第三，将装满87.5MPa的氢气储氢瓶组拖车运送到下游终端与加氢机构成的加氢站就可为氢燃料电池汽车加气，因加氢站只有储氢瓶组拖车和加氢机两种设备，因此该加氢站比加油站的设备更少、工艺流程更短。

第四，由于加氢站只有加氢机一种固定设备，且采用人工智能化方式，因此可以高效、快速、直接地对大批量来站的氢燃料电池汽车进行加氢。

第五，终端加氢站的主要任务就是把储氢瓶组拖车中87.5MPa（或45MPa）的氢气充装到燃料电池的储氢瓶中。目前该项核心技术已申报专利并授权。

## 2加氢站与加油站的技术优势比较

目前，全世界所有燃油汽车都是到加油站添加燃油。借鉴石油行业的成功经验，即所有炼油生产复杂的过程都放在上游企业，最终成品燃油用油罐车运到加油站，卸到站内的大油罐中，加油站用泵和加油机对来站的燃油汽车加油，其工艺流程极其简单。

同样，如果未来全世界所有燃料电池汽车都到加氢站加气，只要加氢站技术有所突破，就能通过加氢站抢占两大产业的终端市场。目前，笔者发明的“多气瓶交替循环”加气站技术<sup>[5]</sup>

，使得终端加氢站不需要压缩设备二次加压，只需储氢瓶组拖车与加氢机相互配合就可以实现加装氢气功能，加氢机采用人工智能处理系统，操作工只需一个简单的“按键加气”步骤就能直接对燃料电池汽车加氢，如同打开自来水龙头一样简单方便。

加氢站技术原理为：两辆储氢瓶组拖车与加氢机构成“多气瓶交替循环”加氢站，依照储氢瓶组低压到高压的顺序，由加氢机上的人工智能控制系统依次对来站的燃料电池汽车充装氢气；当使用完一辆拖车上的储氢瓶氢气后，使用另一辆拖车对燃料电池汽车继续充装氢气，空车再回到上游制氢厂或母站充装87.5MPa的氢气。两辆储氢瓶组拖车如此循环，保证始终有87.5MPa的高压氢气接入，始终能满足燃料电池汽车充装氢气的要求。如此简单的工艺流程使得加氢站比加油站还要简单、高效、安全，能服务成百上千辆燃料电池汽车。每座城市只需几座加氢站，就能满足该城市所有燃料电池汽车加氢的需求。

为了验证上述方案是否可行，笔者利用压缩天然气（Compressed Natural Gas，CNG）汽车“多气瓶交替循环”加气站技术进行实验，非常成功。人们熟知CNG汽车上的储气瓶额定工作压力为20MPa，在加气机的控制下，笔者用25MPa的压力储气瓶组可以将CNG汽车上的储气瓶装满20MPa的压缩天然气，实现数据详见文献[5]。由此实验得出以下3个结论：一是加氢站上的储氢瓶组拖车的工作压力应大于被充装燃料电池汽车储氢瓶的额定工作压力，通过“多气瓶交替循环”加氢站技术，可以节省加氢站内的压缩机、固定储气瓶等设备，不再需要二次加压；二是加氢站只需要储

氢瓶组拖车和加氢机两种设备，没有了类似加油站的泵和站内的地下储油罐等配套设备，工艺流程简单，即只有放气（就是对小气瓶充气）的过程；三是从上游储氢瓶放气到下游储氢瓶的过程中，其放气速度、充气速度与两储氢瓶之间所采用连接管的管径的平方成正比，这是加氢站的技术优势。

### 3 氢气价格和来源问题的解决思路

目前制约氢能发展的主要障碍是成本，相对于现在应用最广泛的石油而言，近几年，国际原油不断走高，价格的不断增长对人们的生产生活都带来了很大的影响。一方面，石油的资源有限，主要分布在中东地区，开采和运输都是造就价格走高的主要因素；而另一方面，石油燃烧对环境的污染也是越来越大，这主要是因为人类的生产生活不断发展对资源需求所致，这也将进一步加快石油能源的消耗。氢气的制取主要原材料是水，因此，氢气的资源是源源不绝的。水作为氢气类燃料燃烧的产物对环境几乎是零污染，这无疑会使氢气成为人类未来能源的“宠儿”。

目前，由于国内氢气生产地与市场需求地相距甚远，因此只能采用管束车或高压氢瓶运输，运输成本高昂。加氢站的关键零部件，如加氢枪、高压管线、管件、阀门等，当前仍需依赖进口，大幅度提高了建站成本，延长了建站周期。以上因素导致氢气终端销售价格居高不下，严重阻碍氢燃料电池汽车推广应用。

解决氢气价格最好的办法是选择可再生能源制氢方式，通过整合太阳能、风能、水电、核能等资源，与燃料电池汽车产业对接形成一个循环储能全产业链[6]，其本质为：把所有的可再生能源转换成电能，运用电解水方式制造氢气，4kW·h电能可以制成1m<sup>3</sup>

氢气，由于可再生能源发的电并不能全部并入电网，利用废弃的电能置换的氢气也就非常便宜。利用“多气瓶交替循环”加气站技术，可以最快的速度将其转存到大批量燃料电池汽车上的储氢瓶中，这样可再生能源就得到了充分的利用。

循环储能全产业链工艺流程为：可再生能源发电 输送电网 质子交换膜（Proton Exchange Membrane, PEM）电解水制氢 压缩机（相当于4种产品构成的制氢厂） 储氢瓶组拖车 加氢机 燃料电池储氢瓶。

在每个城市周围建制氢厂，用储氢瓶组拖车向城内多个加氢站提供氢气源，就近生产、就近运输、就近加气、就近存储、就近储能、就近消耗，解决了氢气制取、储存、运输、加氢等一系列难题，也解决了氢气来源广泛的问题。

### 4 氢能源行业成功的商业模式和未来市场规模

人们对现有的加油站技术非常熟悉，全世界所有的加油站都是一样的工艺流程和设备，所有的加油站运行管理与加油操作方式也一样。与石油行业商业模式类似，谁控制着氢燃料汽车产业链的终端加氢站，谁就能赚取氢能源终端产品的丰厚利润。

随着世界各国禁止燃油汽车上路时间表的推出，要求氢能源替代石油能源的速度愈来愈快，政策力度越来越强，量产的氢燃料电池汽车替代燃油汽车已是大势所趋，毋庸置疑。因此，只要成功复制与石油行业相同的商业模式，就能替代其巨大的石油市场，即：一种加氢站技术 生成独家或少数氢能源公司控制的上百万座加氢站（替代加油站）服务于未来几百家汽车生产厂家或上百亿辆氢燃料电池汽车用户。“多气瓶交替循环”加氢站构成的氢能源产业与石油产业工艺流程对比见表1。

表1 氢能源产业与石油产业的工艺流程对比

能源名称	上游生产者	产品运输方式	下游终端
石油	原油运输至某地炼油厂	油罐运油车	油罐运油车、地下油罐、泵、加油机
氢	每个城市可再生能源制氢厂	储氢瓶组拖车	储氢瓶组拖车、加氢机

由表1对比可知，下游终端加氢站比加油站少至少两个设备，其工艺流程更短。因此，通过类比法可得出“多气瓶交替循环”加氢站能够替代加油站的结论。

### 5 氢能制储运加与汽车构成循环储能全产业链

氢能的制氢、储氢、运氢、加氢站（简称“制储运加”）产业与燃料电池汽车产业的“公约数”是储氢瓶，上游储氢瓶容积是下游储氢瓶容积的n倍，上游储氢瓶做成储氢瓶组拖车，下游储氢瓶做成燃料电池（含燃料电池汽车上的储能装置）。

终端用户（即燃料电池汽车）既是氢气能源的储存者，又是氢气能源的消耗者，正是由于有燃料电池汽车上的储氢

瓶循环存储氢气，才能与上游可再生能源制氢技术构成大循环，因此氢能制储运加与燃料电池（汽车）结合在一起就是一个循环储能过程，即把今天的可再生能源储存起来留给明天或将来使用。虽然通过电解水制氢并通过储氢瓶将氢气储存起来，比蓄电池直接储存电能多了一些工艺步骤和设备，但是这样的能源可以长期储存（储氢瓶储存氢气很久不漏气），没有设备污染回收之虑。

上游储氢瓶（容积n倍于下游储氢瓶）存储87.5MPa氢气后，对下游储氢瓶转存至70MPa的氢气是物理传递过程，通过加氢机上的人工智能处理，不仅能源转存量而且速度相当快，这是循环储能中最核心的技术，目前，该项技术已申请发明专利。

这种循环储氢全产业链，无论是上游制氢和下游终端加氢站、终端用户燃料电池汽车都可以模块化地增加，使制氢量和氢气消耗量可以相互匹配。

例如，一个城市有100辆的燃料电池汽车，就应有100个储氢瓶来循环储存氢气，这样城市周围就应有对应的可再生能源发电制氢规模。随着社会的发展，燃料电池汽车不断增加，城市周围的可再生能源随之增加，以适应终端用户燃料电池汽车所需氢气也随之增加，这样一个城市氢能制储运加氢站网络就建立起来了。作为样板工程就可以在全国复制推广，开展“氢城氢国”运动，这样中国就能领先世界各国，率先进入“氢能社会”。

## 6加快氢能源替代速度的资本对接模式

随着氢能源技术的不断发展，人们将不再依靠化石能源。利用可再生能源就能满足了全人类对燃料电池汽车的出行需求。与资本对接，投资氢能源汽车装备产品制造业，主要包括6种产品：一是可再生能源发电产品；二是输送电网产品；三是电解水制氢产品；四是氢气压缩机产品；五是储氢瓶组拖车产品；六是加氢机产品。这6种产品构成了氢能源制储运加氢站网络。一方面，根据氢能源相关产品的生产方案，可分别争取各地相应的产业基金或政府引导资金，这样还可以给所在地区带来税收和增加再就业。该氢能源生产方案，可面向全球各地销售与复制，且技术路线统一。目前，100MPa的Type4高压储氢瓶生产技术已经成熟，它结合加氢机构成的“多气瓶交替循环”加氢站能撑起氢能源“超级工程”的推进，或许能带来一场能源革命。另一方面，通过在各地投资建立氢能源运营公司，建立“互联网+加氢站”平台[7]，采用平台模式运作，在互联网上预约销售燃料电池汽车产品。根据燃料电池汽车销售情况，建立制氢储运加氢站网络销售氢能源，这样氢能源终端就如同现在的石油能源加油站一样，只要没有新的能源替代，就可以一直经营。

现阶段氢燃料电池汽车应重点在有一定技术和产业基础，而且氢源丰富的地区有序开展氢能生产应用和氢燃料电池汽车的示范运营。通过一定规模的使用可以促进技术、产业链成熟，一方面让投资者取得相应的回报，另一方面可为人类解决能源问题和气候变化问题提供方案，做出贡献。

## 7结束语

汽车产品的能源整体过度是一个行业乃至全社会需共同面对的挑战。任何一个厂商，即使有再成熟先进的技术都不可能独自撑起新能源方案普及的大旗。这涉及到法律法规、道路交通情况、能源配套基建、用户使用习惯与场景、能源运输储存成本、技术方案成熟等环节的变数。笔者从事液化天然气（Liquefied Natural Gas, LNG）液化工厂、CNG加气站、LNG加气站[8]、整体LNG加气站[9]等设备研发和技术工作多年，已积累了一定的相关经验并申请了多项氢能源产业专利。

预计未来的氢能源也会走压缩氢[10]和液态氢之路。“多气瓶交替循环”加氢站技术，与制氢储运加氢网络和燃料电池汽车一起构成快速循环储能全产业链，达到了与加油站一样的技术效果，该项目成功实施后，氢能源将会替代石油能源。这种氢能源运营模式可以沿着“一带一路”沿线国家进行复制，争取作为第二个像“中国高铁”一样的品牌在世界各地复制推广，为人类的子孙后代留下蓝天碧水与更加美好的生活。

## 参考文献：

[1]张锐明.氢动力将是终极之路[EB/OL].[2018-04-27].<http://news.bitauto.com/hao/wenzhang/759899>.

[2]沈军.一种加氢站网络设施及其构成的氢气分布式能源:201610838074.1[P].2016-09-15.

[3]沈军.一种车载储气瓶组拖车式加气站:201410097130.1[P].2014-03-11.

[4]沈军.车载储气瓶组拖车:201410060518.4[P].2014-02-17.

[5]沈军.一种加气机和由其构成的加气站:200910141153.7[P].2009-05-19.

[6]沈军.一种再生能源制氢储氢供氢网络及由其构成的城市系统和国家系统:201710072412.X[P].2017-02-03.

[7]沈军.一种互联网加氢站平台及其应用:201710235347.8[P].2017-04-01.

[8]沈军.液态天然气加气站:201210084602.0[P].2012-03-18.

[9]沈军.一种整体式液态天然气加气站:201310193388.7[P].2013-05-16.

[10]沈军.氢能供应链:201610529446.2[P].2016-06-28.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/148214.html>