

氢能源的应用及其发展

一、什么是氢能源

1. 氢能源介绍

当今世界开发新能源迫在眉睫，原因是所用的能源如石油、天然气、煤，石油气均属不可再生资源，地球上存量有限，而人类生存又时刻离不开能源，所以必须寻找新的能源。随着化石燃料耗量的日益增加，其储量日益减少，终有一天这些资源、能源将要枯竭，这就迫切需要寻找一种不依赖化石燃料的储量丰富的新的含能体能源。

氢正是这样一种在常规能源危机的出现和开发新的二次能源的同时，人们期待的新的二次能源。氢位于元素周期表之首，原子序数为 1，常温常压下为气态，超低温高压下为液态。它是通过一定的方法利用其它能源制取的，而不像煤、石油、天然气可以直接开采，今下几乎完全依靠化石燃料制取得到，如果能回收利用工程废氢，每年大约可以回收到大约 1 亿立方米。

2. 氢能源的特点

作为一种理想的新的含能体能源，它具有以下特点：

- 能量高。除核燃料外，氢的发热值是目前所有燃料中最高的，是汽油的 3 倍。氢的高能，使氢成为推进航天器的重要燃料之一；
- 氢本身无毒，燃烧产物是水，无污染，且能循环使用；
- 氢燃烧性能好，点燃快，与空气混合时有广泛的可燃范围，而且燃点高，燃烧速度快；
- 利用形式多，可以气态、液态或固态金属氢化物出现，能适应贮运及各种应用环境的不同要求。
- 耗损少：可以取消远距离高压输电，代以远近距离管道输氢，安全性相对提高，能源无效损耗减小；
- 利用率高：氢取消了内燃机噪声源和能源污染隐患，利用率高；
- 运输方便：氢可以减轻燃料自重，可以增加运载工具有效载荷，这样可以降低运输成本从全程效益考虑社会总效益优于其他能源。

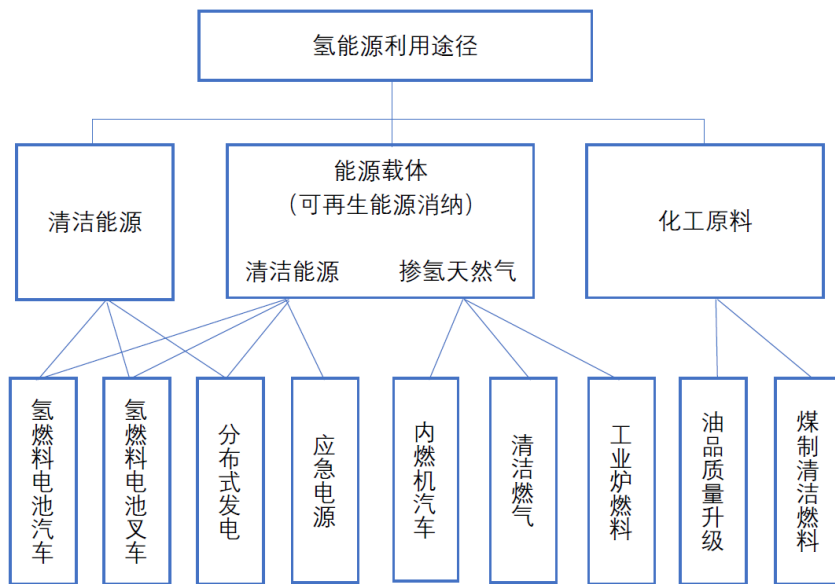
因此，可以说氢能是最理想的、完美的能源。氢能作为一种高效、清洁、可持续的“无碳”能源已得到世界各国的普遍关注。发展氢经济是人类摆脱对化石能源的依赖、保

障能源安全的永久性战略选择。

二、 氢能源的利用

2001 年，在一个由联合国发展计划署发起的论坛上，皇家荷兰壳牌公司的主席菲尔·瓦特说：“石油和天然气是最重要的矿物燃料，它们曾经把整个世界推进了工业时代，但 21 世纪它们将为以氢经济为基础的能源新制度革命让出发展空间。”纵观全球，自进入 21 世纪以来，氢能的开发利用步伐逐渐加快，尤其是在一些发达国家，都将氢能列为国家能源体系中的重要组成部分，人们对其寄予了极大的希望和热忱。

氢具有清洁无污染、储运方便、利用率高、可通过燃料电池把化学能直接转换为电能的特点，同时，氢的来源广泛，制取途径多样。首先，氢能是一种理想的清洁能源。不管是直接燃烧还是在燃料电池中的电化学反应，其产物只有水，且效率高。随着燃料电池技术的不断完善，以燃料电池为核心的新兴产业将使氢能的清洁利用得到最大发挥，主要表现在氢燃料电池汽车、分布式发电、氢燃料电池叉车和应急电源产业化初现端倪。其次，氢能是一种良好的能源载体，具有清洁高效、便于存储和运输的特点。可再生能源，特别是风能和太阳能在近十年来发展迅猛，但由于本身的不稳定，导致其电力上网难，出现大量的弃风、弃光现象，严重制约了它们的发展。将多余电量用于电解制氢，可大规模消纳风能、太阳能，制得的氢既可作为清洁能源直接利用，还能掺入到天然气中经天然气管网输运并利用。最后，氢气还是化石能源清洁利用的重要原料。以下会详细介绍。



1. 以燃料电池为核心的氢能应用

氢能是一种理想的清洁能源，其在燃料电池领域的应用是发展氢能清洁利用的关键。燃料电池是将氢气的化学能直接转化为电能的装置，具有转换效率高、零排放等特点，是最佳的氢能利用技术。近年来，燃料电池技术的不断完善带动了以燃料电池为核心的新兴产业的快速发展，其中，氢燃料电池汽车、分布式发电、氢燃料电池叉车以及应急电源的应用已接近产业化。

1.1 氢燃料电池汽车

传统车用燃料面临紧缺，且产生的汽车尾气是导致全球变暖和环境污染的主要因素之一，这使得汽车工业找到新的技术以替代传统的燃油技术并降低污染物排放变得尤为紧迫。氢燃料电池汽车（FCEV）可实现真正的零排放、零污染，是传统燃油汽车理想的替代品，也是氢能清洁利用的主要方式。

1.2 分布式发电

分布式发电一般是指靠近最终用户或者就在最终用户处（工厂、商业企业、公共建筑、街区、私人住户）的集成或者单机的小型发电装置。

目前，以燃料电池为主的分布式发电已在欧美日韩等发达国家和地区开始初步商业化。其中，日本的家用燃料电池发展领先于世界，基本可完全实现商业化。质子交换膜燃料电池（PEMFC）和磷酸型燃料电池（PAFC）是现有家用 CHP 最常用的燃料电池类型。

1.3 氢燃料电池叉车

叉车是物流行业中必不可少的搬运工，是工业车辆中的重要设备，但同汽车一样，大多数叉车依然使用化石燃料提供动力，产生的尾气对环境造成了很大的破坏。保守估计，我国内燃叉车保有量约 35 万台，叉车参与的所有环节产生的碳排放量，总量估计高达上千万吨，因此，将零排放的燃料电池用于叉车行业的环境效益显著，而且，有相关报道表明燃料电池叉车的效率可在内燃叉车的基础上提高 30%~50%。

1.4 应急电源

信息技术部门、银行、医院等重要企业或机构与人们的日常生活息息相关，关乎每个人的切身利益，为了在发生电力供应不足或中断的情况下能够保证这些部门继续正常工作，要求必须备有强大的应急电源系统。氢燃料电池，以其具有的能源效率高、环境友好、占地面积小、质量轻、运行稳定可靠、寿命长（铅酸蓄电池的 2~10 倍）等特点

开始受到应急电源市场越来越多的青睐。

2. 以氢为载体的可再生能源应用

氢能是一种良好的能源载体，通过电解制氢的方式将风电、光伏电转化为氢气可提高风能、太阳能的使用量和利用效率，制得的氢气可直接利用，还可掺入现有天然气管网实现大规模运输和利用。

2.1 可再生能源消纳

氢储能技术巧妙地结合了可再生能源和氢能共同发展，与当前人们追求可再生能源及清洁能源的利用趋势一致。目前，其高昂的投资成本及关键装置燃料电池、氢气储运设备之间的配置与优化等问题是限制其发展的主要因素，当各环节进一步发展，制氢成本最终得到控制时，其发展潜力巨大，有望取代传统制氢，成为既经济又环保的制氢方式。此外，制得的氢气可直接掺入到现有的天然气管网进行运输，这很大程度上减少了氢能的运输成本，有助于推动氢能的大规模使用。

2.2 可再生能源制得氢气掺入天然气的利用

将可再生能源制得的氢气掺入到天然气，组成掺氢天然气 (HCNG)，再通过现有天然气管网输送的方式被认为是目前大规模输氢的最佳选择。研究发现，将氢气的掺入体积分数控制在 17% 以下时，基本不会对天然气管网造成影响。HCNG 用途广泛，可用作交通燃料、清洁燃气和工业炉燃料，其中，交通燃料的使用是当前的研究重点。

3. 氢在化石能源清洁利用中的应用

氢气是化石能源清洁利用的重要原料。油品质量升级和煤制清洁能源是化石能源清洁利用的主要途径，而加氢则是这些过程中的重要环节。

3.1 油品质量升级

氢气是炼油企业提高轻油收率、改善产品质量必不可少的原料。炼油过程中的耗氢主要集中在催化重整和加氢精制工艺。整个过程的氢耗一般介于原油质量的 0.8% ~ 1.4%。而随着炼厂各种临氢工艺的快速发展，加氢装置数量的不断增多，氢气的需量将进一步加大。目前氢气成本已是炼厂原料成本中仅次于原油成本的第二位成本要素。

面对如此巨大的氢气需求量，选择经济的制氢方式至关重要，目前，全球范围内炼油企业中的 90% 制氢装置都采用烃类蒸汽转化法，但考虑到化石能源的减少以及可再生能源制氢成本的下降，由可再生能源制得的氢气有望作为主要的氢气来源，这不但具

有潜在的成本优势，而且环境效益明显。

3.2 煤制清洁能源

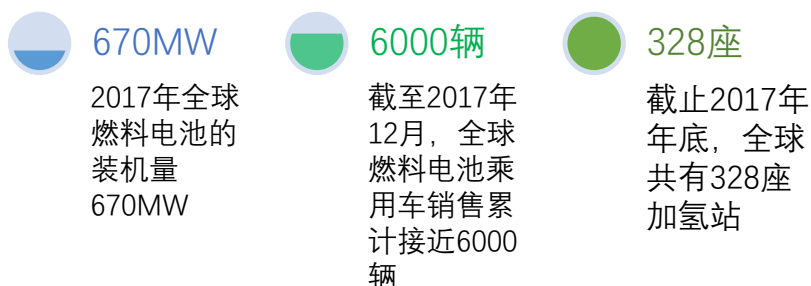
煤制天然气、煤制油是煤炭清洁利用的重要途径。其中，煤制气的加氢气化过程以及煤制油直接液化过程中需要通入大量的氢气。

由国务院办公厅下发的《能源发展战略行动计划（2014—2020）》中明确指出，要稳妥实施和推进煤制气、煤制油示范工程和技术研发。随着示范项目的陆续成功投产，煤制气、煤制油项目的投入力度将进一步加大，届时氢气的需求量也将大大增加，对推动氢气的规模化利用作用明显。类似于油品质量升级过程中的氢气来源，当煤制清洁能源产业进一步发展，使用由可再生能源制得的氢气依然是较好的选择。

三、 国外氢能发展

在 2000 年前后，燃料电池汽车的应用开始被发达国家所关注。一些国家通过建立能源法案、能源战略、技术路线图等途径，积极发展氢能源在内的清洁能源，尝试以此减少对传统一次能源的依赖。目前，大力发展燃料电池汽车加氢站的国家主要由美国、德国、日本，并制定了长期的发展规划，其中日本成为世界上加氢站最多的国家。据统计，全球目前建成的加氢站已经超过了 300 座。

下图是截止至 2017 年底，全球燃料电池的应用情况。接下来将简述一下德国、美国、日本的氢能利用发展现状。



1. 德国氢能利用现状

德国在氢能方面的推广应用走在欧洲前列，在燃料电池车、通信基站、家庭热电联电站、加氢站等方面都有很好的应用。德国在 2015 年成立了 H2 Mobility 企业，主要是为燃料电池车在全国打造氢基础设施，将为燃料电池车在德国的发展提供良好环境。

国家氢和氢燃料电池技术创新计划(NIP)

- 通过NIP计划，共募集14亿欧元的专项资金用于2007~2016年的氢能项目开发。募集资金中的7亿欧元由德国政府出资，剩余资金则按项目合作制度由产业提供。

H2Mobility联盟

- 由Air Liquide、Daimler、Linde、OMV、Shell和Total六家氢能产业的龙头企业结成了H2Mobility联盟，以社会产业资本的身份通过NOW一同支持德国氢能产业发展。

截止至2017年末的具体情况

- 加氢站：24座新公共加氢站投入运营。德国成为全球公共加氢基础设施第二大基地，共拥有45座公共加氢站；
- 燃料电池列车：全球首辆由法国阿尔斯通公司研发的氢燃料电池在德国投运，搭载两台198kW燃料电池系统，并配备了两组111kW的锂电池，行驶里程600-800公里；
- 通信基站：在国家创新计划的支持下，德国安装了超过300座基站燃料电池电源；
- 燃料电池车：德国目前有约500辆燃料电池车，在欧盟JIVER项目支持下，近两年还将引进40辆燃料电池巴士。由于德国加氢站建设力度大，许多燃料电池乘用车企业也把德国视作关键市场。

2. 美国氢能利用现状

氢气生产和储运

- 美国有Air Products、Praxair等世界先进的气体公司，并且有技术领先的小规模电解水制氢公司，同时还掌握着液氢储气罐、储氢箱等核心技术。液氢方面，美国在液氢生产规模、液氢产量、价格方面都具有绝对优势。

美国燃料电池乘用车和叉车保有量领先全球

- 丰田Mirai在美国销售了超过2900辆FCEV。美国拥有世界最大的燃料电池叉车企业Plug Power，目前已有超过2万辆燃料电池叉车，进行了超过600万次加氢操作。

加氢站建设

- 目前北美分布的68座加氢站仅一座位于加拿大，其余全部分布在美国，加州地区集中度最高。美国燃料电池汽车液氢使用量非常的高，全年液氢市场需求量的14%都被用于燃料电池车。

3. 日本氢能利用现状

日本是资源短缺型国家，因此非常积极的探索石油以外的其他能源，日本政府对氢能和燃料电池的推广力度在世界范围内都是最大的。目前，日本在家庭用燃料电池热电联供固定电站和燃料电池汽车商业化运作方面都是最成功的。

项目名称	ENE-FARM 项目	燃料电池汽车
主要参与企业	TOSHIBA, Panasonic	TOYOTA, HONDA
政府扶持政策	2000 年，日本政府通过 NEDO 开始在政府的支持下开展燃料电池实用化研究。2018 财年将为 Enefarm 和小型商业化系统提供 89 亿日元的补贴。	日本政府对加氢站建设予以补贴，并对购买燃料电池的买家予以补贴。并且在政府层面与欧盟方面展开合作，致力于相关规范、法规的建立。
发展现状	截止 2017 年已销售超过 20 万套产品，每套系统售价 120 万日元，补贴 30 万日元。	日本丰田目前是世界上燃料电池乘用车商业化最成功的公司，2020 年 Mirai 年产量将达到 30000 台左右。

四、 国内氢能发展及遇到的问题

1. 国内氢能现有政策

近年来，我国对发展氢能产业高度重视，出台了系列有利于氢能发展的相关产业政策。2016 年 4 月，国家发展改革委、国家能源局等联合发布的《能源技术革命创新行动计划(2016—2030 年)》，提出了能源技术革命重点创新行动路线图，部署了 15 项具体任务，“氢能与燃料电池技术创新”位列其中，标志着氢能产业已被纳入国家能源战略。

- 2016 年 6 月，国家发展改革委、能源局、工信部联合发布《中国制造 2025-能源装备实施方案》将燃料电池和氢能开发利用作为专门章节被《国家创新驱动发展战略纲要(2016)》列为引领产业变革的颠覆性技术；
- 2017 年，国家能源局批准多项弃风弃光制氢储能项目；
- 2018 年 1 月，国家科技部已将“可再生能源与氢能技术”列入重点专项，积极加以支持研究。

2. 国内氢能的发展

2016年10月，中国标准化研究院资源与环境分院和中国电器工业协会发布的《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书（2016）》首次提出了我国氢能产业的发展路线图。对我国中长期加氢站和燃料电池车辆发展目标进行了规划：

时间	总体目标	发展重点
2020年	加氢站数量达到100座；燃料电池车辆达到万辆；	关键技术、关键零部件： 燃料电池堆、基础材料、控制技术、储氢技术；
2025年	燃料电池车辆达到10万级规模；	基础设施建设： 氢气、氢气运输、加氢站等。
2030年	加氢站数量达到1000座，燃料电池车辆保有量达到200万辆。	

3. 国内氢能源各环节的发展

在国家政策的大力支持下，我国已经发展了一批拥有核心技术的燃料电池和燃料电池汽车生产企业，并且企业开始布局制氢、储运、燃料电池零部件和加氢站等产业链各个环节。

- 制氢

我国拥有非常庞大的副产氢气资源，在制氢总产量规模、产量、氢气提纯、液态储氢方面处于世界领先地位。液氢方面，我国目前还处在航空航空用的阶段，目前国内已有多家企业布局这一领域。

企业性质	企业名称
已有生产企业	101所、文昌、西昌液氢工厂
新进企业	福瑞特装、中科富海、上海浦江气体
在华外企	液空、林德等

- 储运

车用储氢瓶是氢燃料电池储氢系统的核心，成本占储氢系统成本的1/3左右。目前车载储氢罐技术主要掌握在日本和美国企业手中，目前我国在70Mpa车用高压缠绕氢气瓶方面也取得了突破。

- 燃料电池

在中东部沿海经济、技术实力较强的珠三角、长三角和北京等地区，聚集了我国燃料电池发展的主要企业。并且近两年燃料电池投资热度升温，据清华大学核能与新能源技术研究院教授、国际氢能协会副主席、中国首个国家 973 氢能项目首席科学家毛宗强统计，仅 2017 年氢燃料电池投资项目就达 1000 多亿。

- 燃料电池汽车和叉车

与国外丰田、现代等燃料电池生产企业发展路线不同，中国氢燃料电池汽车企业主要分布在商用车领域，氢燃料电池商用车已实现量产。氢燃料电池乘用车还处于示范运行阶段，其中上汽集团对燃料电池乘用车投入力度最大，已累计实现 81 辆示范运行。燃料电池叉车方面，我国已有东莞氢宇等企业布局，随着氢能市场不断成熟，我国叉车市场会是燃料电池另一个巨大的应用场景。

- 加氢站

目前我国已形成了一批从加氢站设计到运营的企业，从下表中可以看出这些企业也是主要集中在北上广地区。目前我国制氢、储氢、加氢等环节的关键核心元器件，还不能“国产化”，完全依靠进口，没有议价权，成本难降。

2019 年 6 月 5 日，上海化工区、上汽集团燃料电池车全场景应用暨加氢站落成仪式在上海化工区举行。上海化工区加氢站占地约 8000 平方米，氢气日供应能力约 2 吨，具备 35MPa 和 70MPa 氢气商业化加注能力，具有氢气加注、鱼雷车充装、燃料电池汽车维护保养和充电功能。至此，目前全球最大加氢站落户上海。

项目	建成时间	运行状态	加氢能力 Kg/天	累计加注量(kg)	氢气来源
四川能投加氢站	2018	运营中	400	/	外部供氢
江苏如皋加氢站	2018	建设中	2000	/	外部供氢
中山大洋电机加氢站	2017	运营中	500	/	外部供氢
上海神力加氢站	2017	运营中	>400	/	外部供氢
上海电驱动加氢站	2017	运营中	/	/	外部供氢

氢枫能源（十堰）东风特汽加氢站	2017	运营中	500	/	外部供氢
南通百应加氢站	2017	运营中	2000	/	外部供氢
常熟丰田加氢站	2017	运营中	/	/	外部供氢
佛山加氢站	2017	运营中	350	/	外部供氢
云浮加氢站	2016	运营中		/	外部供氢
大连新源加氢站	2016	运营中	≥210	/	外部供氢
郑州宇通加氢站	2015	运营中	≥210	/	外部供氢
深圳大运加氢站	2011	运营中	300	约 400	外部供氢
上海安亭加氢站	2007	运营中	800	10216	外部供氢
北京永丰加氢站	2006	运营中	300	约 19100	外部供氢

4. 国内氢能源发展存在的问题

为实现氢燃料电池车在世界范围内的领先，我们仍需解决全产业链的几个难题：

- 制氢

以化石原料制氢的技术如煤制氢、天然气制氢等已经非常成熟，但仍然面临碳排放问题。不额外产生碳排放的工业副产氢——丙烷脱氢、乙烷裂解和氯碱化工等值得重视。可再生能源发电的成本有持续降低的潜力，未来基于可再生能源大规模电解水制氢，将成为氢能产业的主要氢源。

- 运输

我国氢气运输体系也尚不完善。氢气输送方式主要有气氢输送、液氢输送等。目前，世界氢能产业比较发达的地区，如欧洲、北美和日本等都在发展氢能产业的同时，重点推进氢液化和液氢储运加氢等基础设施建设。但液化 1kg 的氢气需要耗电 4-10 千瓦时，液氢的存储也需要耐超低温和保持超低温的特殊容器，成本较高。气氢输送分为管道输送、长管拖车和氢气钢瓶输送。管道输送一般用于输送量大的场合，美国、加拿大及欧洲多个工业地区都有氢气管道，目前氢气管道总长度已经超过 1.6 万千米，法国和比利时之间建有世界最长的输氢管道，长约 400 千米。长管拖车运输距离不宜太远，用于输送量不大的场合；氢气钢瓶则用于输送量小且用户比较分散的场合。液氢输送一般采用

罐车和船，可进行长距离输送。目前氢气输送网络系统尚不成熟，不利于氢燃料电池技术大规模商用化应用。

- 氢能和燃料电池的技术创新

为了使氢燃料电池降低成本和提高耐久性，技术进步是降低氢燃料电池产业化成本的首要手段。攻克的目标主要指向膜电极组件和双极板：现有高分子质子交换膜生产工艺复杂，急需改进和优化，比如降低催化剂中铂含量，提高利用率。将金属和石墨复合制成的复合双极板性能优良，且加工工艺相对简单，材料成本也较低，可以重点发展用以替代脆性大的石墨双极板。成本的降低不仅依靠技术的进步，而且有赖于规模化生产。美国能源局经过测算，认为只有当燃料电池的成本降至 50 美元/千瓦时，才能与内燃机汽车相竞争。

- 加氢站

在氢能源汽车产业链上，加氢站是上游制氢运氢与下游燃料电池汽车应用的重要枢纽。完善加氢站的建设，有利于加快氢能源汽车的普及和技术研发进程。

五、 总结

中国氢能市场的发展将在世界市场中发挥重要的作用，如何提高技术自主化程度并制定核心技术标准，对我国氢能产业发展至关重要。

氢能终端应用燃料电池汽车的发展将整体带动产业链的发展。预计至 2022 年中国氢燃料汽车销量将达到 3 万辆。将带动加氢站、燃料电池、氢气生产和储运各个环节的发展。氢能产业年产值未来五年将超过千亿元，燃料电池汽车和燃料电池占据大部分产值份额。中国也被国际公认为最有可能率先实现氢燃料电池和氢能汽车产业化的国家。

参考资料

百度百科

压缩机杂志

维科网

电子发烧友网

OFWeek 氢能

重要声明：本报告的信息均来源于公开资料，我司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。文中的观点、结论和建议仅供参考。