

氢经济

氢能源的商业应用以及发展

龙佳馨

目录

CONTENTS



氢能



氢经济的概念、优势与前景



氢能的商业化应用局限



氢能与燃料电池



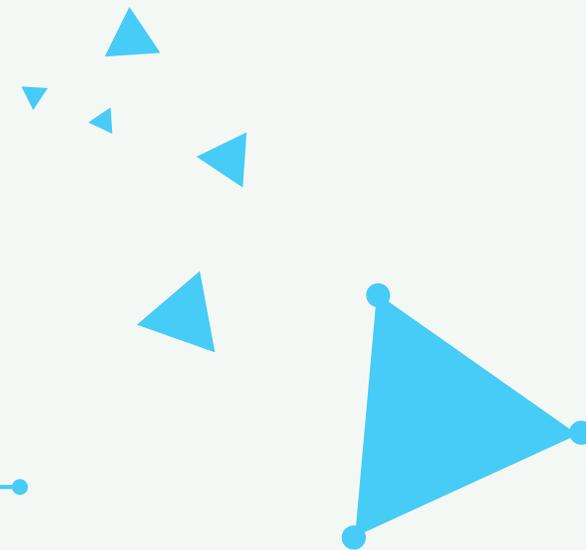
氢能交通的发展



01

Part Two

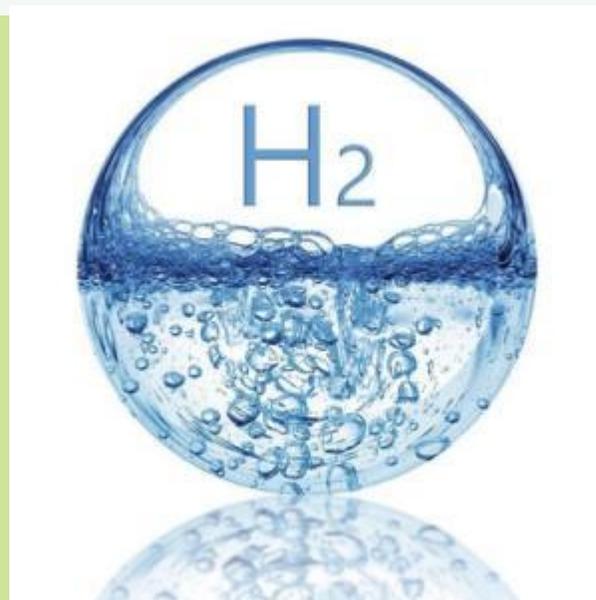
氢能





氢

- 氢在地球上主要以**化合态**的形式出现，是宇宙中分布最广泛的物质，它构成了宇宙质量的75%。
- 氢气是无色无味，极易燃烧的双原子的气体，也是密度最小的气体。在**标准状况**（0摄氏度和一个**大气压**）下，每升氢气只有0.0899克重——仅相当于同体积空气质量的二十九分之二。
- 氢能是通过氢气和氧气反应所产生的能量，是氢的化学能，为二次能源。





二次能源是联系一次能源和能源用户的中间纽带。

二次氢能能源又可分为“过程性能源”和“含能体能源”。当今电能就是应用最广的“过程性能源”；柴油、汽油则是应用最广的“含能体能源”。

目前“过程性能源”很难大量地直接贮存，因此机动性强的现代交通运输工具无法大量使用从发电厂输出出来的电能，只能使用像柴油、汽油和天然气这一类“含能体能源”。

但随着电动汽车、混合动力车的发展，“过程性能源”也可以部分替代“含能体能源”，人们将目光也投向寻求新的“含能体能源”。

随着化石燃料耗量的日益增加，其储量日益减少，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。

氢能正是一种在常规能源危机的出现、在开发新的二次能源的同时人们期待的新的二次能源。



氢能

氢的能源优势



所有气体中，氢气的导热系数比大多数气体高出10倍，因此在能源工业中氢是极好的传热载体。

除核燃料外，氢的发热值是所有化石燃料、化工燃料和生物燃料中最高的（ $142,351\text{kJ/kg}$ ），是汽油发热值的3倍。

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。

氢本身无毒。与其他燃料相比氢燃烧时最清洁，仅生成水和少量氨气。

氢能利用形式多。既可以通过燃烧产生热能，在热力发动机中产生机械功，又可以作为能源材料用于燃料电池，或转换成固态氢用作结构材料。

氢可以以气态、液态或固态的氢化物出现，能适应贮运及各种应用环境的不同要求。



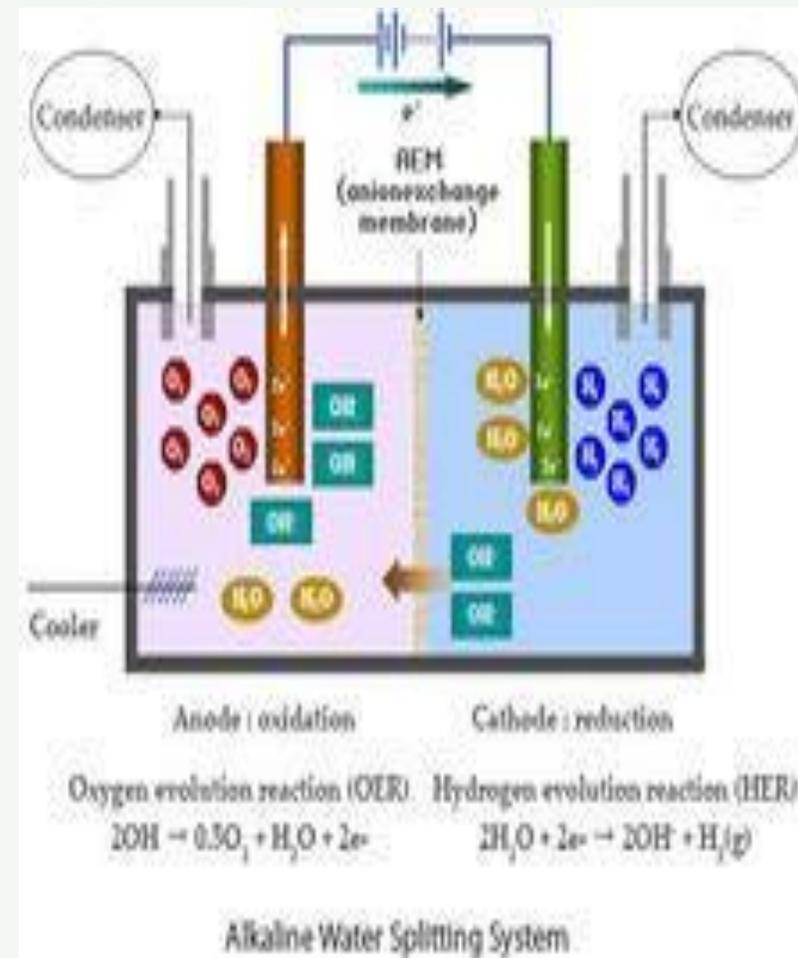
氢的工业制取

■ 电解水制氢

多采用铁为阴极面，镍为阳极面的串联电解槽（外形似压滤机）来电解苛性钾或苛性钠的水溶液。阳极出氧气，阴极出氢气。该方法成本较高，但产品纯度大，可直接生产99.7%以上纯度的氢气。

这种纯度的氢气常供：

- ①电子、仪器、仪表工业中用的还原剂、保护气和对坡莫合金的热处理等，
- ②粉末冶金工业中制钨、钼、硬质合金等用的还原剂，
- ③制取多晶硅、锗等半导体原材料，
- ④油脂氢化
- ⑤双氢内冷发电机中的冷却气等。像北京电子管厂和科学院气体厂就用水电解法制氢。



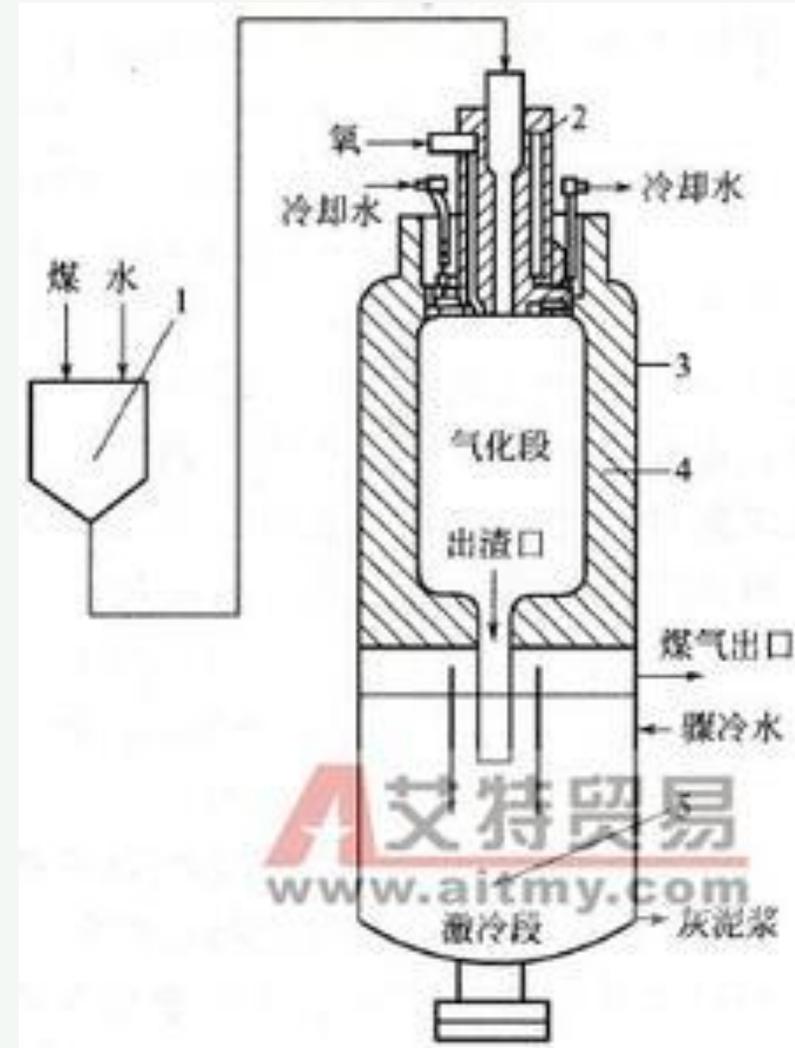
氢的工业制取

■ 水煤气法制氢

1. 气用无烟煤或焦炭为原料与水蒸气在高温时反应而得水煤气
($C+H_2O \xrightarrow{\text{热}} CO+H_2$)
2. 净化后再使它与水蒸气一起通过触媒令其中的CO转化成CO₂
($CO+H_2O \rightarrow CO_2+H_2$)
3. 得到含氢量在80%以上的气体，再压入水中以溶去CO₂
4. 通过含氨蚁酸亚铜（或含氨乙酸亚铜）溶液中除去残存的CO而得较纯氢气

这种方法制氢成本较低、产量很大，设备较多，在合成氨厂多用此法。

有的还把CO与H₂合成甲醇，还有少数地方用80%氢的不太纯的气体供人造液体燃料用。像北京化工实验厂和许多地方的小氮肥厂多用此法。





氢的工业制取

- 由石油热裂的合成气和天然气制氢
石油热裂副产的氢气产量很大，常用于汽油加氢、石油化工和化肥厂所需的氢气。
这种制氢方法在世界上很多国家都采用，在中国的石油化工基地如在庆化肥厂，渤海油田的石油化工基地等都用这方法制氢气
也在有些地方加氢工厂采用（如美国的Bay、way和Batan Rougo加氢工厂等）。





氢的工业制取

■ 电解食盐水的副产氢

在氯碱工业中副产多量较纯氢气，除供合成盐酸外还有剩余，也可经提纯生产普氢或纯氢，像化工二厂用的氢气就是电解盐水的副产。

利用电解饱和食盐水产生氢气：如 $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2\uparrow + \text{H}_2\uparrow$

■ 酿造工业副产

用玉米发酵丙酮、丁醇时，发酵罐的废气中有1/3以上的氢气，经多次提纯后可生产普氢（97%以上）。

把普氢通过用液氮冷却到 -100°C 以下的硅胶列管中则进一步除去杂质（如少量 N_2 ）可制取纯氢（99.99%以上）

像北京酿酒厂就生产这种副产氢，用来烧制石英制品和供外单位用。

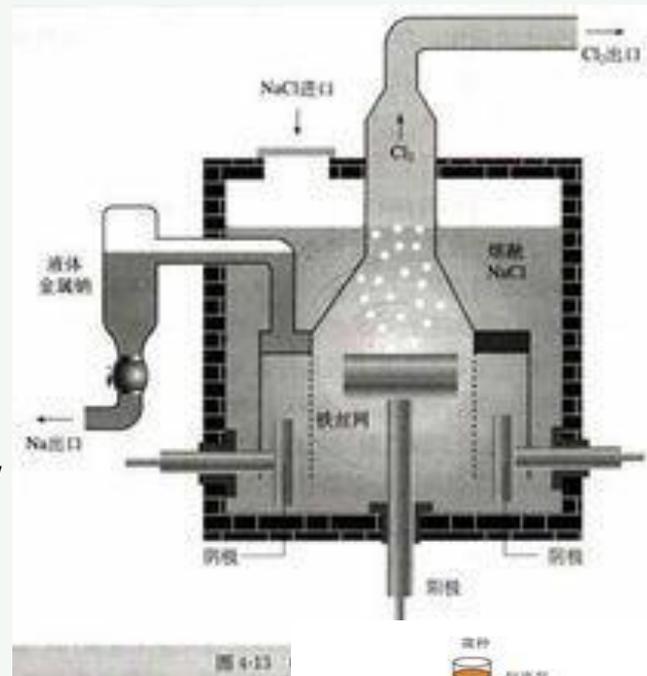


图 4-13

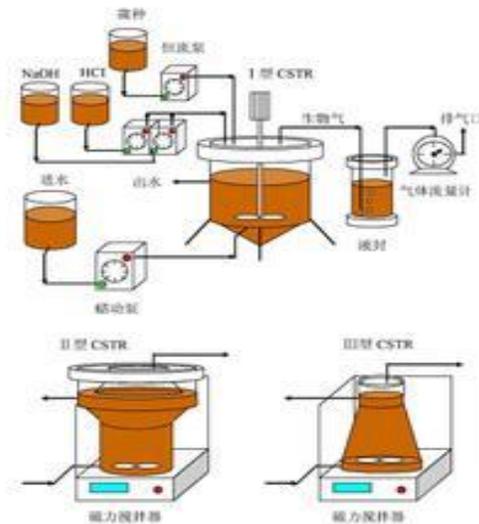


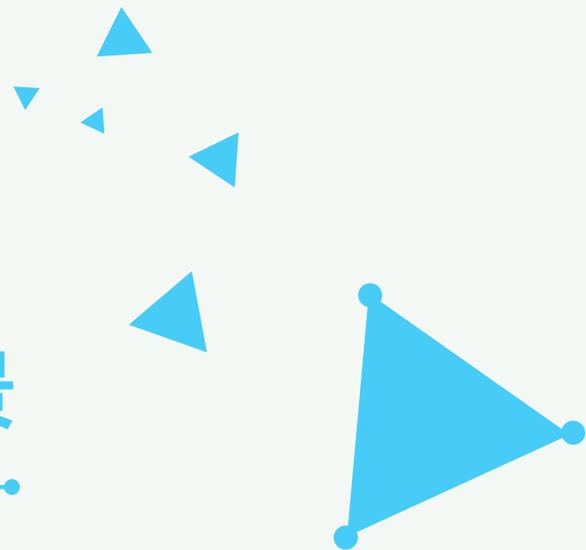
图 2-1 连续流生物制氢反应器

Fig. 2-1 Continuous-flow reactors of biogas production

02

Part Two

氢经济的概念、优势与前景





氢经济

氢经济（英文名称Hydrogen economic）是能源以氢为媒介（储存、运输和转化）的一种未来的经济结构设想，是20世纪70年代提出的。

氢经济是一种未来的，甚至是理想的一种经济结构形式。其提出是基于当前的化石能源大量使用，导致全球环境的变化，空气和环境污染，气候变暖，对化石能源的过分依赖。

地球上氢的储量非常丰富，水是氢的大“仓库”。如把海水中的氢全部提取出来，将是地球上所有化石燃料热量的9000倍。

氢能被称为人类的终极能源。



2000



2010



2015



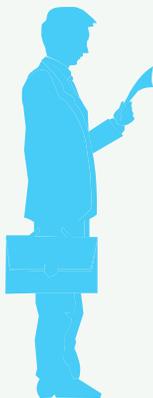
2025



2035



2040



美国在1990年就通过了氢能研究与发展、示范法案，美国能源部(DOE)启动了一系列氢能研究项目。

2001年以来，美国政府将发展氢能作为其能源政策的一个重要方面，先后制定了多项氢能研究计划。

为了实现向氢经济的过渡，制定了美国发展氢经济必须经历
技术研发与示范(2000—2015年)
前期市场渗透(2010—2025年)
基础设施建设与投资(2015—2035年)
氢经济实现(2025—2040年)

4个相互重叠、关联的阶段。



- 2003年6月，日本经济产业省公布了《日本实现燃料电池和氢技术商业化的途径》，提出日本发展氢和燃料电池技术是降低能源利用对环境的影响和加强能源安全的需要。
并计划在2020年实现拥有燃料电池汽车500万辆，建成固定燃料电池系统10000 MW；
2030年实现拥有燃料电池汽车1500万辆和建成固定燃料电池系统12500MW。
- 我国从“七五”开始一直没有中断氢能的研究，确立了多项氢能研发的项目，确立氢能发展为国家优先能源战略地位。
- 此外，加拿大、英国、德国、法国、冰岛、丹麦、挪威、瑞典、芬兰、韩国、意大利、荷兰、西班牙等国也都有氢能研发计划。



氢经济的概念、优势与前景

我国从“七五”开始，一直没有中断氢能的研究。
多年来确立了多项氢能研发的项目，确立氢能发展为国家优先能源战略地位。

8月27日，联合国开发计划署在中国的首个“氢经济示范城市”项目在江苏如皋正式启动。

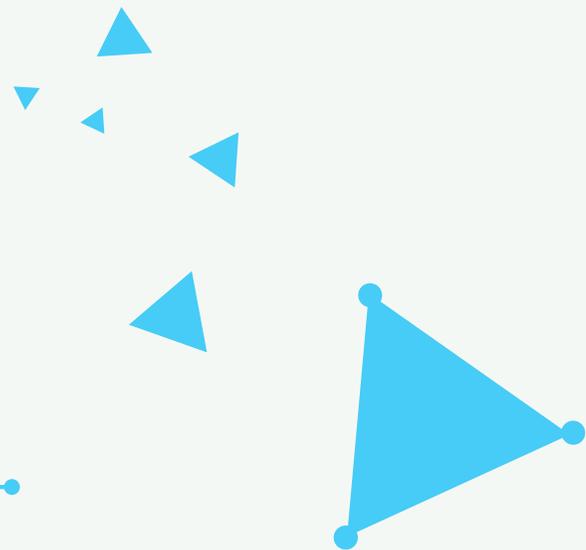
“氢经济示范城市”项目是联合国开发计划署以“中国燃料电池公共汽车商业化示范项目”为基础的拓展项目，旨在推动包含燃料电池汽车在内的氢能产品的全方位示范应用。



03

Part Three

氢能的商业化应用局限





氢能的商业化应用局限



1. 氢经济的发展需要大量氢的制取，而制氢电力来源花费巨大。

其需要量是巨大的，需要多种形式的能源来满足。

仅以美国为例，若全美汽车都是用氢做能源，氢采用电解水制取，核能发电来满足，用以提供电解水的氢气电能来源。需要240,000吨铀矿-提供2,000座600兆瓦发电厂，等于\$8400亿美金，等于每GGE单位\$2.50美元。



氢能的商业化应用局限



2.要解决储氢材料和输送。

氢在常态下是一种体积庞大的气体，所以它不像汽油那样容易使用。

压缩氢气需要消耗能量，而且压缩后的氢所能提供的能量也大大低于相同体积的汽油。

例如将氢燃料汽车投入使用的关键问题是氢的储存和运输问题，解决氢的储存问题的方案已经出现。



氢能的商业化应用局限



例如，氢可以以固态形式储存在一种名为**硼氢化钠**的化学物质中。这种化学物质是用硼砂（许多清洁剂的常见成分之一）制造的。

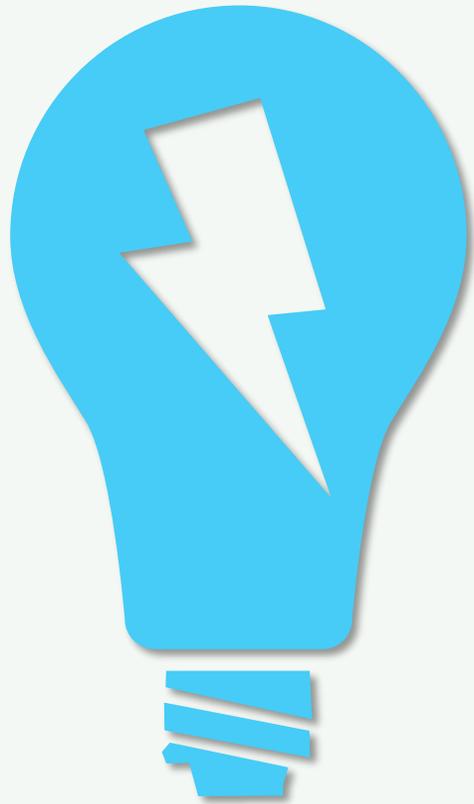
当硼氢化钠释放其中含有的氢之后，又重新转化为硼砂，从而实现了循环利用。

一旦储存问题得以解决并且能够标准化，就必须围绕它来建立氢站网络以及用于运输氢的基础设施。

只有研究出一种能被市场普遍接受的储存技术，氢站才会迅速发展起来。



氢能的商业化应用局限



氢气运送管线要求很高，高过任何电线管路，也比天然气管线贵将近三倍。

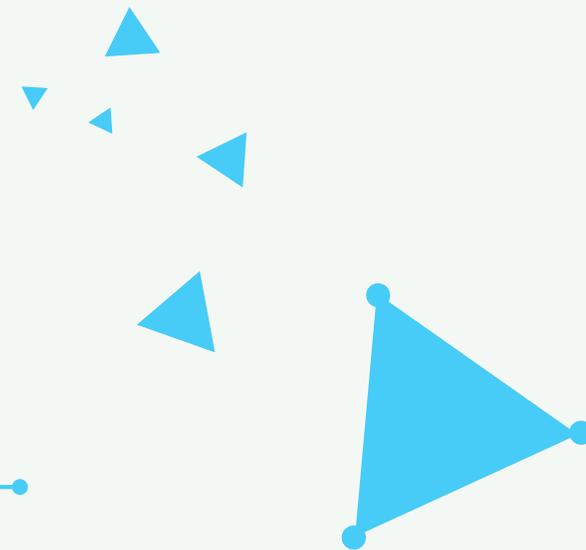
因为氢会加速一般钢管的碎裂(氢脆化)，增加维护成本、外泄风险、和材料成本。

所以要进入氢经济时代需要大量的管线基础建设投资才能储存和分配氢气到末端的氢能车用户。

04

Part Five

氢能与燃料电池





燃料电池是一种将存在于燃料与氧化剂中的化学能直接转化为电能的发电装置。燃料和空气分别送进燃料电池，电就被奇妙地生产出来。



燃料电池从外表上看有正负极和电解质等，像一个蓄电池，但实质上它不能“储电”而是一个“发电厂”。



燃料电池涉及化学热力学、电化学、电催化、材料科学、电力系统及自动控制等学科的有关理论。

燃料电池在能源安全性、国防安全性、高可靠度供电燃料、多样性、高效能、环境亲和性、可弹性设置等方面具有优势



氢能与燃料电池

20世纪60年代，氢燃料电池就已经成功地应用于航天领域。

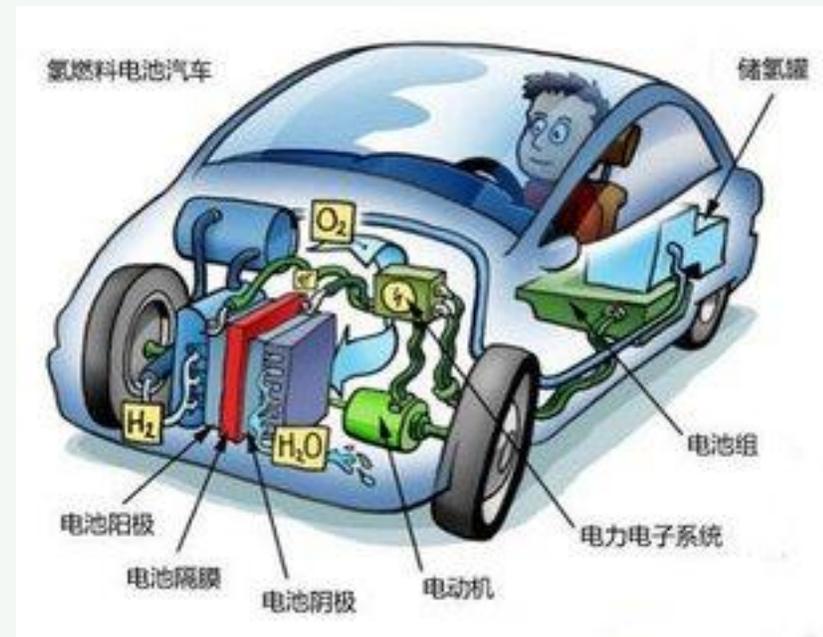
往返于太空和地球之间的“阿波罗”飞船就工作示意图安装了这种体积小、容量大的装置。

进入70年代以后，随着人们不断地掌握多种先进的制氢技术，很快，氢燃料电池就被运用于发电和汽车。

随着制氢技术的发展，氢燃料电池离我们的生活越来越近。

到那时，氢气将像煤气一样通过管道被送入千家万户，每个用户则采用金属氢化物的贮罐将氢气贮存起来，然后连接氢燃料电池，再接通各种用电设备。它将为人们创造舒适的生活环境，减轻繁重的生活事务。

但愿这种清洁方便的新型能源--氢燃料电池早日在人们日常生活中。





氢能与燃料电池

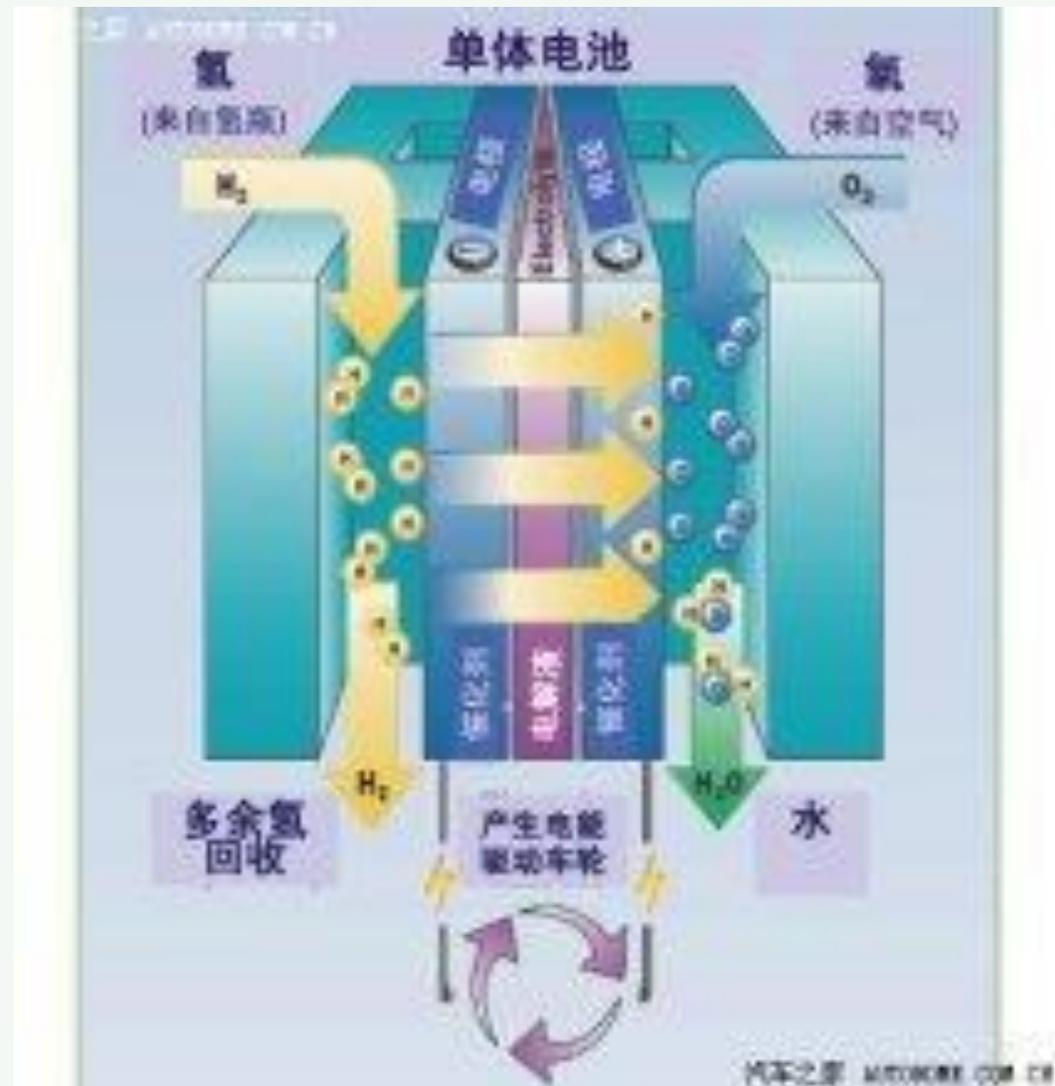
大型电站，无论是水电、火电或核电，都是把发出的电送往电网，由电网输送给用户。

但由于各用电户的负荷不同，电网有时呈现为高峰，有时则呈现为低谷，这就会导致停电或电压不稳。

另外，传统的火力发电站的燃烧能量大约有70%要消耗在锅炉和汽轮发电机这些庞大的设备上，燃烧时还会消耗大量的能源和排放大量的有害物质。

而使用氢燃料电池发电，是将燃料的化学能直接转换为电能，不需要进行燃烧，能量转换率可达60%~80%。

而且污染少、噪音小，装置可大可小，非常灵活。





氢能与燃料电池

氢的化学特性活跃，它可同许多金属或合金化合。

某些金属或合金吸收氢之后，形成一种金属氢化物，其中有些金属氢化物的氢含量很高，甚至高于液氢的密度。

该金属氢化物在一定温度条件下会分解，并把所吸收的氢释放出来，这就构成了一种良好的贮氢材料。

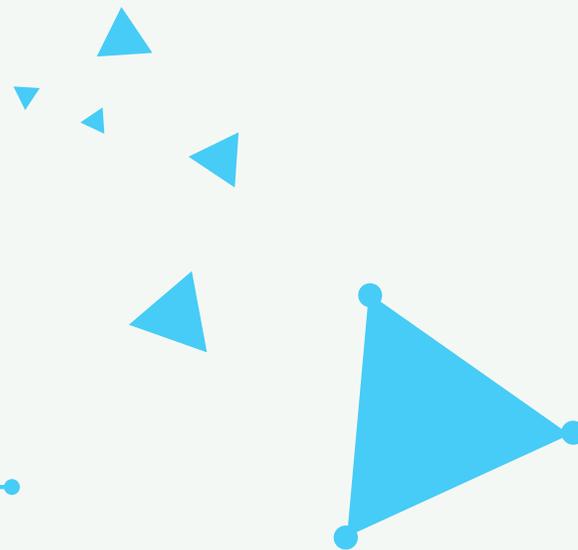


贝士信仪器科技(北京)有限公司

05

Part Six

氢能交通的发展





德国卡门加氢站建成并开放

- 据国外媒体报道，在欧洲清洁能源伙伴关系（CEP）合作框架协议推动下，液空公司（Air Liquide）在氢基础设施建设方面迈出了重要的一步，其主持建设的位于德国西北部的卡门加氢站于近日落成，并将对外开放。该加氢站于2012年开始动工，历时4年建成。
- 德国联邦交通部及数字基础设施部（BMVI）议会国务秘书Norbert Barthle、德国国家氢能与燃料电池技术组织发言人Thorsten Herbert、北莱茵威斯特伐利亚州经济与能源部秘书Guenther Horzetzky、卡门市市长Hermann Hupel以及液空公司总经理Antoine Mazas出席了加氢站落成仪式并发表讲话。
- CEP作为欧洲最大的氢能源及燃料电池示范项目，此次卡门加氢站的建成并对外开放也是CEP清洁能源计划的一部分，BMVI对该加氢站前期建设及后期运行与维护给予了80万欧元的资金支持。据悉，目前卡门加氢站正在进行最终的内部设备调试，预计在四周之后可调试完成并投入正常运营。



氢能交通的发展

该新落成的加氢站位于德国西北部北莱茵-威斯特法伦州的卡门市，预计该加氢站每日可对外供应200公斤氢气，每天至多可为40辆燃料电池汽车提供氢燃料加注。

根据CEP计划，预计到2018年底，在德国建成100座加氢站，构建德国主要城市及高速公路加氢网络。

按照CEP氢能源发展计划，液空公司还将在北莱茵-威斯特法伦州、巴登-符腾堡州、黑森州、下萨克森州、莱茵兰普法尔茨州等地建成加氢站。

据悉，截止到目前，在国家氢能和燃料电池技术创新计划（NIP）推动下，德国已建成25座加氢站，现役加氢站已为柏林、汉堡、莱茵-鲁尔区、斯图加特及慕尼黑等主要城市提供加氢服务。





阿伯丁新增10辆燃料电池巴士

- 2016年12月份，ACC议员同意向“欧洲联合倡议氢气车辆项目（JIVE）”投资250万英镑。JIVE项目旨在将欧洲的氢燃料电池车商业化，一步开发燃料电池公交技术，并从已经交付或者这在进行的项目中学习，探索新一代更加可靠，经济的氢燃料电池节能汽车。
- 据外国媒体报道：在苏格兰政府（ACC）承诺提供300万英镑匹配资金后，阿伯丁公交公司又将引进10辆氢燃料电池公交车。
- 项目将为阿伯丁市引进10辆新巴士，以扩充阿伯丁市燃料电池公交车队。新车将改善车队调度以及加氢站使用情况，并协助巴士运营商测试燃料电池巴士与柴油巴士的全生命周期效率。项目车辆的总拥有成本、性能、可靠性和效益将在整个项目周期内持续研究。



氢能交通的发展



阿伯丁市拥有欧洲最大的燃料电池公交车队，同时也拥有英国最大的制氢厂和加氢站。该市已经成为卓越的氢能和燃料电池技术中心，在国际上得到广泛的认同。

自21个月前开始运营以来，阿伯丁氢能公交车已经累计行驶440000英里，在两座城市之间运送乘客超过590000人次，远远超过绿色运输项目的预期。

资助公告发布于正在阿伯丁举行的氢能运输与产业链国际峰会，峰会首次聚集了政府、产业从业者和关键受益者。峰会听取了阿伯丁市领先的氢能技术：拥有欧洲第一批10辆燃料电池公交车，两个专属加氢站以及燃料电池汽车俱乐部。

这次活动进一步展示了氢气对该地区的经济效益，并邀请当地企业参与项目，以进一步利用行业正在出现的供应链潜力。在欧洲氢周期间举行的峰会也汇集了公交公司和加氢站公司，他们介绍了大规模加氢技术的研究成果。

阿伯丁市参与的JICE项目有助于支持氢气和燃料电池技术的最终商业化。这是大型巴士部署并降低成本、发展产业链的重要一步。英国政府最近公布的“英国氢气路线图”预测，燃料电池巴士的商业化将在未来五到十年内开始。



新青年首创立体交通 推动氢能产业发展

- 2016年8月27日联合国开发计划署在江苏如皋启动国内首个“联合国氢经济示范城市”揭牌仪式，同时召开氢能产业发展高峰论坛活动。
- 期间青年汽车召开了以“发展立体交通构建智慧城市”为主题的研讨会，隆重推出立体交通模式，为氢能源汽车的推广提供系统的解决方案。会议后，青年汽车集团与连云港(601008)公共交通集团举行了2000台青年氢能物流车及轿车的采购签约仪式，意味着项目的正式启动。
- 生物制氢原料来自畜禽粪便、农产品加工残余物、有机垃圾、农作物秸秆、城市淤泥，而我国各地城市这类废弃物资源丰富，政府还要补贴大量资金进行处置，若都通过沼气制成氢气，则每年氢产量约为3600亿m³。



2016年中国加氢站产业发展关键分析

1、建立加氢站与FCV的良性循环

加氢站与FCV形成良性循环是行业发展的可行路径
国内发展燃料电池汽车产业可遵循以下路径：

- 1) 通过补贴和发展商用车（公交、大巴、物流车等），带动加氢站等配套基础设施的完善；
- 2) 逐步完善和便捷的加氢设施支撑更多燃料电池汽车的用量；
- 3) 由此形成良性循环，最后再向乘用车推广，扩展到更为广阔的私家车领域。





2016年中国加氢站产业发展关键分析

2、加氢站基础设施不完善制约燃料电池汽车发展

1) 国内加氢站数量稀少，多为大型赛事或示范项目而建

国内建设的加氢站多为大型赛事配套，一些在赛事结束后即被拆除。目前仍在运营的有4座，分别位于上海、北京、郑州和深圳。

地点	建成时间	规模	运营状况
北京永丰加氢站	2006年	服务于燃料电池公共汽车商业化示范项目和北京奥运会燃料电池车队，2006年启用至2010年，累计加注2023次，共加注氢气19100公斤	在运营
上海安亭加氢站	2007年	采用外供氢气，储存容量800公斤，截止2015年6月累计加注6013次，加注总量10216公斤；	在运营
上海世博加氢站	2010年	采用外供氢气，最大储存容量达1000公斤，世博会期间服务170余辆燃料电池汽车；	已拆除
广州亚运会加氢站	2010年	供给亚运会观光车氢能，共加注1700次、总量5900公斤氢气；	已拆除
深圳大运会加氢站	2011年	作为示范运行简易加氢站，运营期间共加注537次，加氢总量460公斤；	在运营
郑州宇通加氢站	2015年	保障宇通客车氢燃料电池客车示范运行，日加氢能力250公斤，可满足10辆FCV客车加氢需求；	在运营



2016年中国加氢站产业发展关键分析

2) 相较之下国外加氢站设施建设更为完善

截止2016年12月，全球共有268座加氢站正在运营，其中欧洲105座，亚洲101座，北美59座，南美2座，大洋洲1座。

目前，大力发展燃料电池汽车加氢站的国家主要有美国、德国、日本，其中日本在运营加氢站87座，世界上最多的国家。

国外加氢站网络建设逐渐完善，加快了燃料电池汽车普及和技术研发的进程。



地区	2016-01	2016-12	增量
欧洲	95	105	10
亚洲	67	101	34
北美	50	59	9
南美	1	2	1
大洋洲	1	1	0
合计	214	268	54

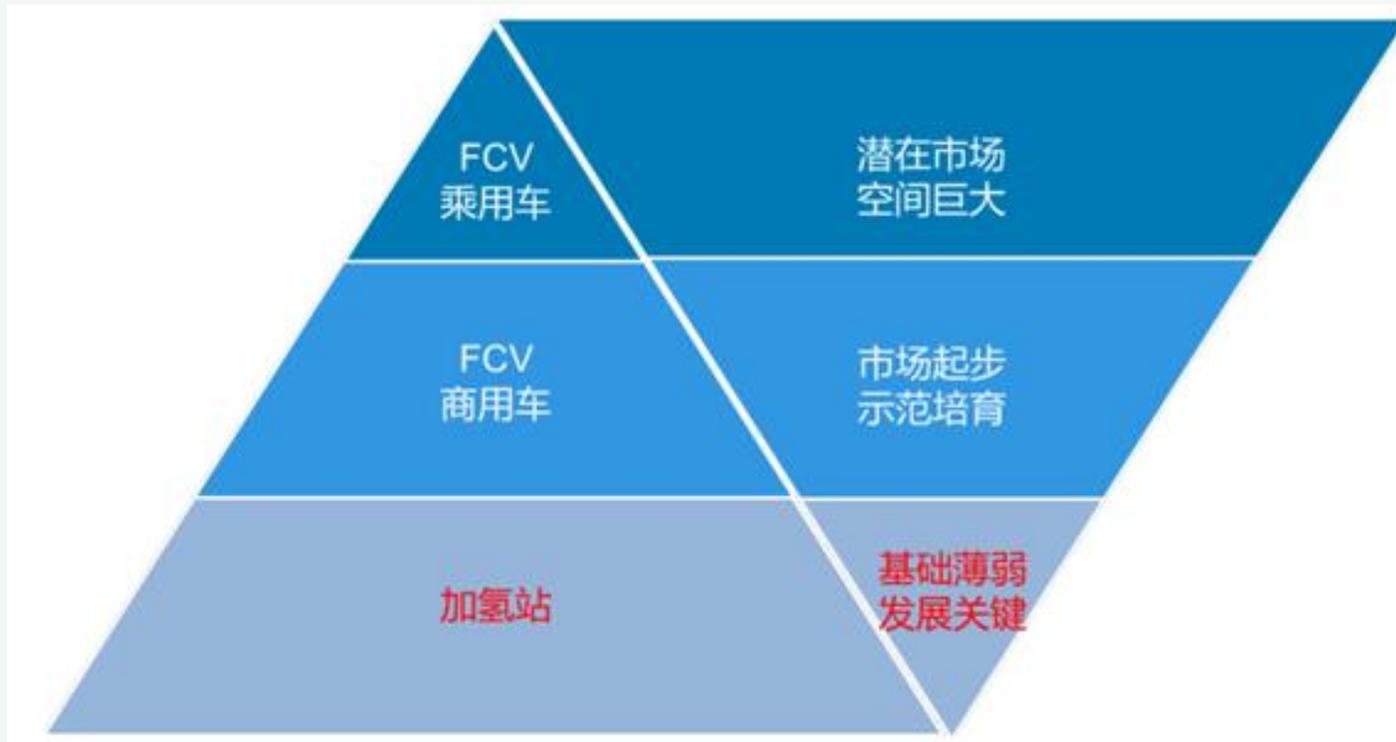


2016年中国加氢站产业发展关键分析

3) 国内加氢站设施建设薄弱

在燃料电池产业链上，加氢站属于上游制氢运氢与下游燃料汽车应用的重要枢纽。

如果没有完善的加氢站基础设施，将很难支撑起燃料电池车应用规模的扩大，加氢站的建设是产业发展的基础。



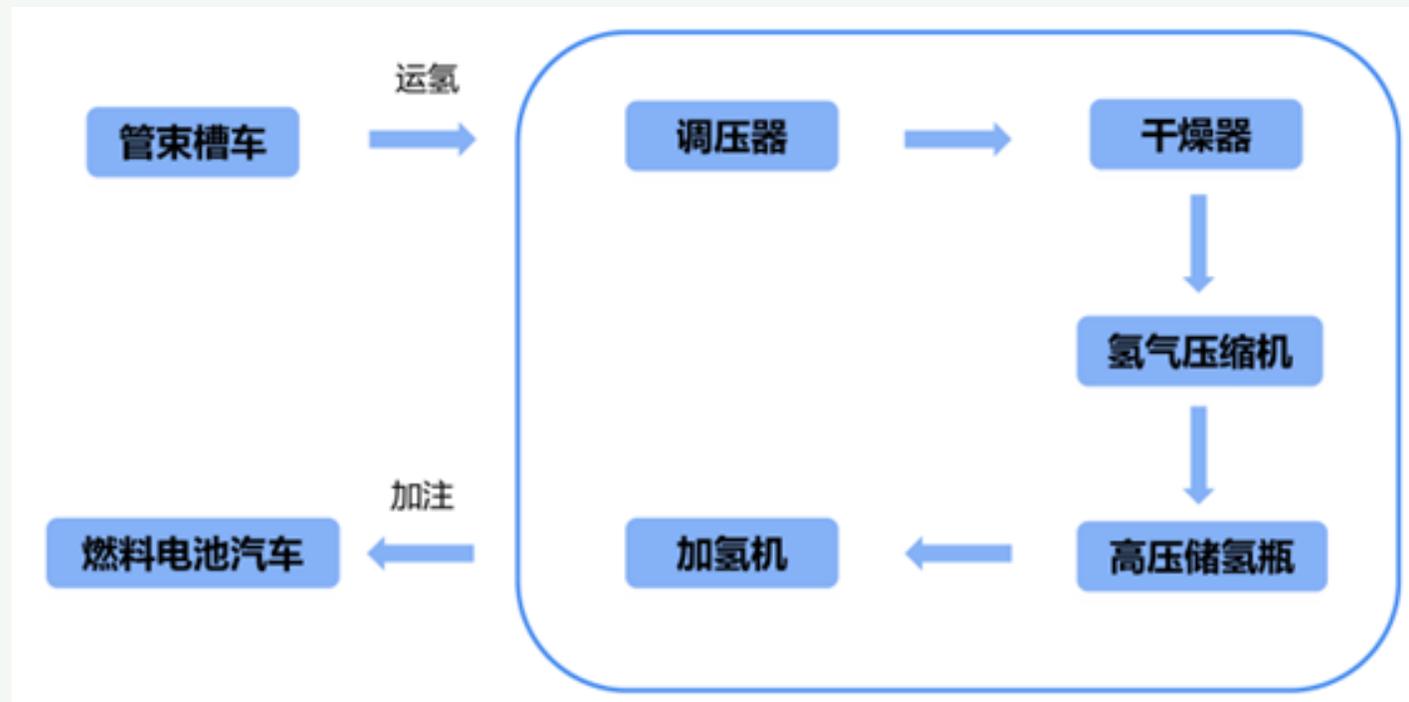


2016年中国加氢站产业发展关键分析

3、核心设备依赖进口，加氢站建设成本较高

加氢站装备系统主要包括：氢气源、氢气压缩系统、氢气储存系统、氢气加注系统。氢气压缩机和高压储氢瓶组在整个加氢站中有着举足轻重的作用，是其中最为关键的设备。

由于核心装备大多依靠进口，使得加氢站建设成本较高，在国内新建一座加氢站成本超过800万元。

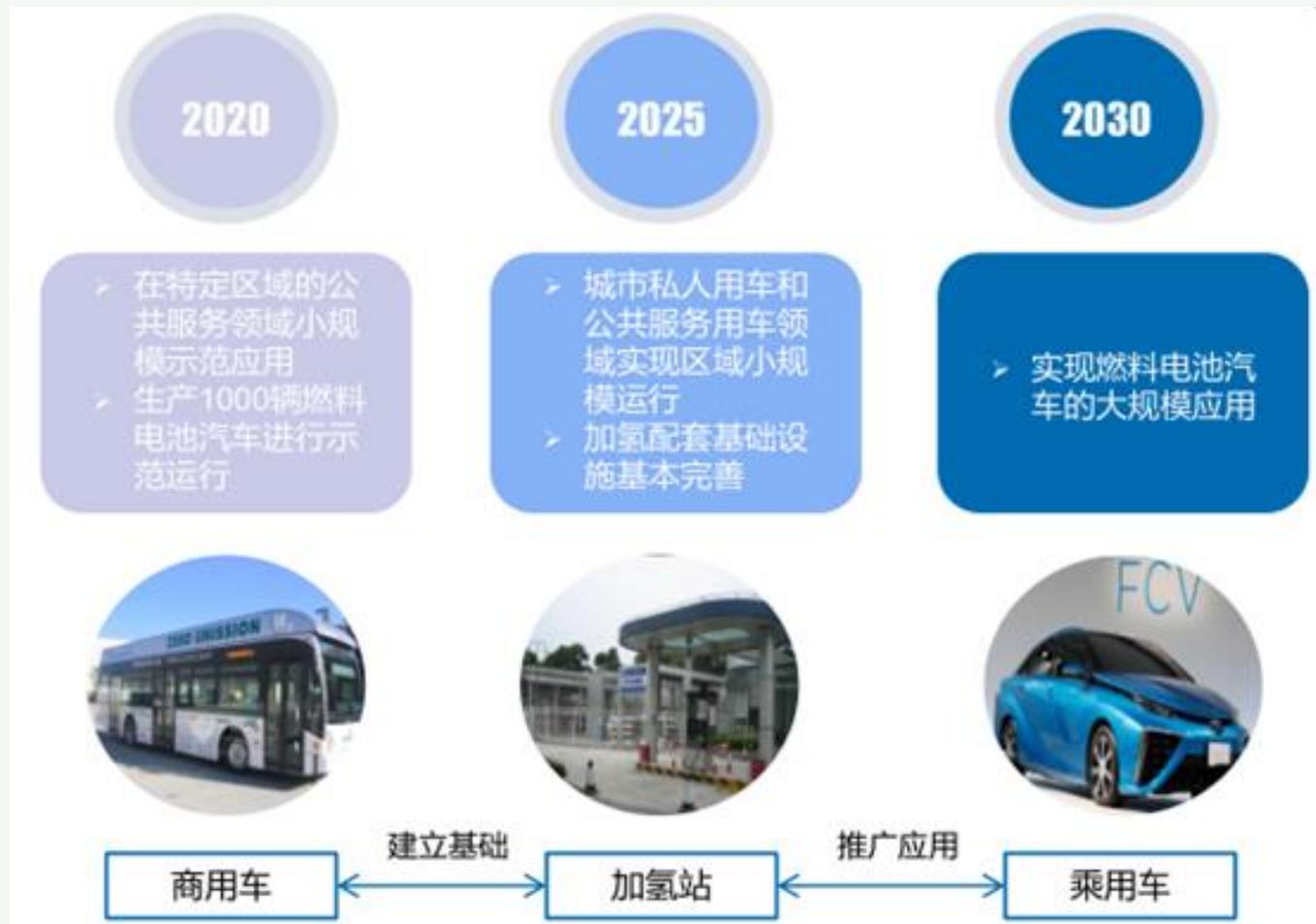


2016年中国加氢站产业发展关键分析

4. 中央及各地补贴培育产业发展

加氢站方面，对每日加氢能力不少于200kg的新建燃料电池汽车加氢站，给予400万元/站的奖励。

燃料电池汽车，2016年中央财政补贴分别为乘用车20万元/辆、商用车50万元/辆（2015年为乘用车18万、商用车45万）。



2016年中国加氢站产业发展关键分析

5.国内燃料电池汽车2025年后进入快速发展阶段

根据中国制造2025对燃料电池汽车产业发展的规划，2025年的目标是实现加氢站等配套基础设施的完善。

预计2025年后国内燃料电池汽车产业将进入快速发展阶段，到2030年国内燃料电池汽车年销量规模可达百万以上，配套加氢站数量将在4500座以上，对应加氢站投资规模800亿元，相关设备投资规模达到500亿元。

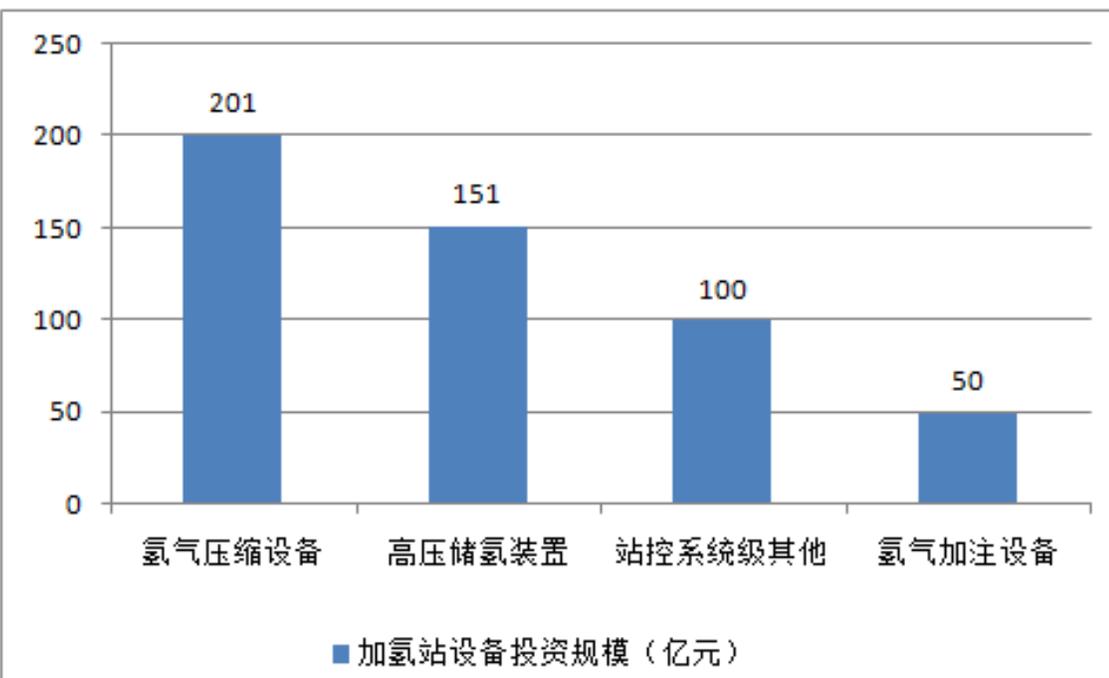
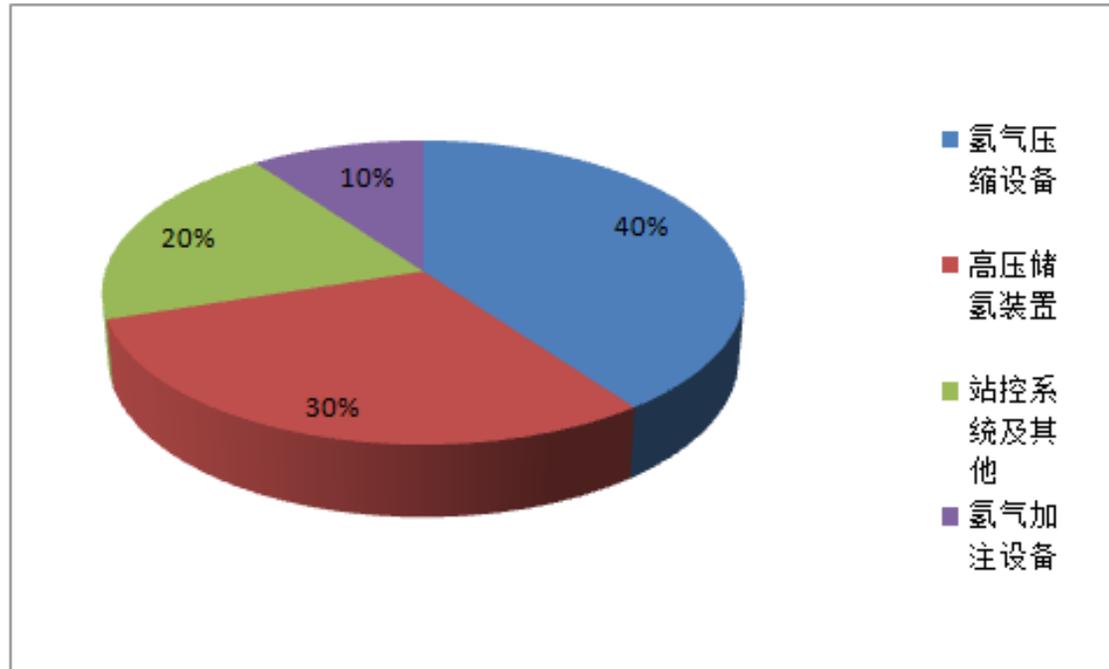
	2020	2025	2030
新能源汽车销量目标：万辆	200	500	1000
燃料电池汽车FCV占比假设	0.25%	1%	10%
FCV销量估计：万辆	0.5	5	100
其中占比：			
商用车	90%	50%	10%
乘用车	10%	50%	90%
对应数量：万辆			
商用车	0.45	2.5	10
乘用车	0.05	2.5	90
单车用氢量：kg			
商用车	20	25	30
乘用车	5	6	7
加氢站供氢量：kg/座	800	1500	2000
加氢站数量测算：座	116	517	4650
加氢站投资估计：万元/座	1000	1500	1800
总投资规模：亿元	12	78	837
设备占比	80%	70%	60%
设备投资规模：亿元	9	54	502

2016年中国加氢站产业发展关键分析

6. 加氢装备相关企业有望在产业链中率先受益

以外供氢气作为氢源的加氢站，设备方面的投资主要在于氢气压缩设备（40%）和高压储氢装置（30%），其他还包括站控系统和加注设备等；

估算到2030年各类设备投资规模分别为，氢气压缩设备（201亿）、高压储氢装置（151亿）、站控系统及其他（100亿）、氢气加注设备（50亿）。





谢谢聆听

THANK YOU FOR YOUR LISTENING