

## 新能源

责任编辑:马玲  
电话:59963159  
邮箱:lingma@sinopec.com  
审校:张春燕  
版式设计:王强 赵博



周“油”列国  
油事精彩

# 加快创新,助推氢能产业驶入快车道

阅读提示

氢能产业链长、参与主体多、应用领域广阔,从能源战略角度考量,氢能是实现各类能源转换的“枢纽”。在氢气制备、储运、应用环节中,应加快氢能关键核心材料和技术的研发应用,形成完备的产业技术创新体系,为碳达峰、碳中和目标实现提供支撑。

威海电解槽现场图。

□刘晓飞 文/图

氢能是一种来源广泛、清洁无碳、灵活高效、应用场景丰富的二次能源,是推动传统化石能源清洁高效利用和支撑可再生能源大规模发展的理想媒介,也是实现交通、化工、冶金和水泥等领域大规模深度脱碳及实现碳中和目标的绝佳能源。

氢能产业链长、参与主体多、应用领域广阔,从能源战略角度出发,氢能是实现各类能源转换的“枢纽”,可以实现不同能源品种向各类终端的传输,能够增强未来低碳能源网络的灵活性和稳定性,是实现“零碳排放”的终极能源。

## 氢气制备是氢能产业的关键,扩大制氢规模、减少二氧化碳排放和降低氢气成本是今后努力的方向

根据生产原料和生产方式的不同,氢气制备可分为化石燃料制氢、工业副产制氢、可再生能源电解水制氢、其他工艺制氢。其中,化石燃料制氢包括煤制氢、天然气制氢、甲醇制氢、石油制氢等;工业副产制氢包括氯碱副产制氢、焦炉煤气制氢、丙烷脱氢副产氢、轻烃裂解制氢等;电解水制氢包括碱性电解水制氢(AWE)、质子交换膜电解水(PEM)制氢、固体氧化物电解池(SOEC)制氢等;其他工艺制氢包括生物质制氢、光催化分解水制氢、废旧塑料裂解制氢等。

当前全球化石燃料制氢产量约占78%,工业副产制氢约占20%,电解水制氢及其他工艺制氢虽然占比不足2%,但发展前景非常广阔。利用光伏、风能等可再生能源发电,再通过电解水制氢装置产出的氢气,称为绿氢。电解水制氢技术中,碱性电解水制氢(AWE)、质子交换膜电解水(PEM)制氢处于市场化应用阶段,固体氧化物电解池(SOEC)制氢处于项目示范阶段。

在全球电解槽主要的技术路线中,碱性电解槽技术最为成熟,约占2/3的

份额,质子交换膜电解槽约占1/3的份额,固体氧化物电解槽仅有一些示范应用项目,装机容量仅为0.8兆瓦。

我国绿氢项目虽然起步较晚,但在“双碳”目标驱动下正在加速实施,目前国内已有超过百个在建和规划中的电解水制氢项目,涉及石油炼化、化工合成、钢铁冶炼和交通等多个领域,其中有75%的绿氢项目落地于三北地区。

中国石化新疆库车绿氢示范项目于2021年11月30日启动,是全球在建的最大光伏发电制绿氢项目,共有52台碱性电解槽,总装机容量260兆瓦,单槽制氢能力均为1000标准立方米/小时,计划今年6月建成投产,年产绿氢可达两万吨,将供应塔河炼化,替代原有的天然气制氢模式。

我国是全球最大的制氢国,2022年氢气产量为3781万吨,占比超过全球产量的1/3,2023年我国电解槽出货量将保持高速增长,有望在1.4~2.1吉瓦,预计占全球出货量的60%以上,制氢规模的扩大、二氧化碳排放的减少和氢气成本的降低,将助推我国氢能产业发展进入快车道。

## 氢气应用是氢能产业的核心,用氢需求规模化、利用方式多元化,将带动氢能产业链长足发展

氢能应用非常广泛。在石化工业中,氢气是合成氨、甲醇、尼龙塑料、油脂化学、高品质油品的主要原料。在冶金工业中,氢气是有色金属冶炼过程中的还原剂和保护气,是磁性材料、粉末冶金、带钢轧制生产过程中的保护气。氢能也有一小部分应用于建筑和发电领域。除上述传统应用领域外,加氢站及氢燃料电池将是未来氢气应用的主要场景。

加氢站。截至2022年底,国内共建成投运加氢站274座,约占全球总数的40%,加氢站数量居世界第一,主要分布在长三角、珠三角及京津冀区域。根据氢气来源不同,加氢站分为外供加氢站和内制加氢站两种。外供加氢站是指氢气通过长管拖车、液氢槽车或管道运输至加氢站后,在站内进行压缩、存储和加注等操作。内制加氢站是在加氢站内配备了制氢系统,制得的氢气经纯化、压缩、存储后,进行加注操作。外供加氢站由供氢系统、储氢系统和压缩系统组成,内制加氢站则相应增加了制氢系统。

我国目前应用最广泛的是气氢加氢站,可分为固定式加氢站和撬装式加氢站。固定式加氢站是将供氢系统、储氢系统和压缩系统固定安装在加氢站地面上;撬装式加氢站是将供氢系统、储氢系统和压缩系统集成于集装箱内,其中撬装式加氢站又可分为一体式和分体式。加注机安装在撬内的为一体式,加注机安装在加氢站地面上的为分体式。我国已建成或在建的加氢站中,固定式加氢站是主要建设类型,占比达到70%;撬装

式加氢站为辅,占比22%;其他还有8%的实验站、一体站等一些特殊类型。

氢燃料电池。氢燃料电池是将氢气和氧气的化学能直接转换成电能的发电装置。我国主要集中在质子交换膜燃料电池和固体氧化物燃料电池等技术领域开展技术研究和产业化。其中,质子交换膜燃料电池由于工作温度低、启动快、比功率高等特点,非常适用于交通和固定式电源领域,逐步成为现阶段主流技术。我国固体氧化物燃料电池尚未进行商业化应用,处于试验研究阶段。截至2022年底,全球燃料电池车保有量达6.7万辆,比上年增长36.6%,其中我国燃料电池车保有量为12682辆,约占全球运营总量的19%,现阶段以客车和重卡为主。

质子交换膜燃料电池主要由膜电极、双极板、垫片、端板和拉杆等部件组合而成,其中膜电极和双极板合称电堆,膜电极由质子交换膜、气体扩散层和催化层组成。目前,我国掌握了燃料电池及核心零部件自主化开发核心技术,虽然在功率密度、低温启动能力和经济性等方面取得了明显进步,但质子交换膜、碳纸、密封胶等主要原材料仍处于批量化验证阶段。

虽然目前氢能利用以工业原料消费为主,但未来在交通领域应用潜力巨大。要加快加氢基础设施规划建设,推进氢燃料电池技术创新和示范应用,构建多元用氢生态,通过规模效应持续降低氢能产业链成本,提升氢能终端能源消费中的比重。

# H<sub>2</sub>



内制加氢站示意图。

## 氢气储运是氢能产业的基础,多方式、多路径、多选择性将成为行业发展的特点

氢气储运主要有气态储运、液态储运和固态储运三种方式,其中气态储运和液态储运技术工业化应用较为广泛,固态储运领域技术尚未成熟,主要处于研发示范阶段。

气态储运。气态储运是目前使用最普遍、最直接的氢能储运方式,主要采用高压气态储运。国内已建成的加氢站采用的主要储运容器类型分为固定式储氢罐和储氢瓶组,占比分别为30%和70%。其中,高压气态储氢瓶主要分为纯钢制金属瓶(I型)、钢制内胆纤维缠绕瓶(II型)、铝内胆纤维缠绕瓶(III型)及塑料内胆纤维缠绕瓶(IV型)等四种类型。从应用场景看,I型瓶和II型瓶主要应用于加氢站等固定储氢设施,III型瓶和IV型瓶主要应用于氢燃料电池汽车等移动储氢设施。我国车载储氢瓶目前主要为III型瓶(35兆帕),III型瓶(70兆帕)处于示范阶段,IV型瓶处于研发阶段。美、日等国应用的车载储氢瓶多为IV型瓶(70兆帕),且开始研发V型储氢瓶(无内胆纤维缠绕)。

高压气态运输主要分为长管拖车和管道运输两种。长管拖车运输技术较为成熟,我国目前常以20兆帕长管拖车运氢,单车运氢约为300千克,正在积极发展45兆帕运氢技术;国外则采用45兆帕纤维全缠绕高压瓶长管拖车运氢,单车运氢可提至700千克。管道运输是氢能产业发展成熟阶段实现氢气长距离、大规模运输的必然趋势,当前阶段可积极探索天然气管道掺氢输送;欧美国家是世界上最早发展氢气管网的国家,距今已有70多年历史,全球有超过5000千米的氢气管道,其中90%以上位于美国及欧洲;我国

氢气管网发展相对不足,有关标准尚需完善,已投用约100千米输氢管道,如中国石化济源—洛阳全长25千米、巴陵—长岭全长42千米,目前正在规划布局远距离输氢管道项目。

液态储运。氢气由气态转化为液态可分为物理法和化学法,其中物理法有低温液态储运,化学法主要为有机液体储氢、氨-氢储运等。目前低温液氢储运全球液氢产能约400吨/日,其中美国占比在85%以上,应用技术最为成熟;我国液氢产能仅5吨/日,生产的液氢基本上应用于航空航天领域。有机液体储氢和氨-氢储运尚处于试验研究和示范应用阶段,尤其是氨-氢储运,利用可再生能源电解水制氢后,通过“氢-氨-氢”这一流程完成“绿氨”运输,氨作为理想的储氢介质,有望解决氢能产业发展存在的储运成本高、能量密度低和本质安全性弱等挑战性难题,发展空间广阔。

固态储运。固态储氢可分为物理吸附类和化学氢化物,是以金属氢化物、化学氢化物或纳米材料等作为储氢载体,通过物理吸附和化学吸附的方式实现氢的存储。常用的储氢材料有稀土类化合物、钛系化合物、镁系化合物及钒、铌等金属合金。虽然这种储氢方式存在一些缺点,但在燃料电池汽车上的应用优点明显,未来潜力较大。

我国要在氢气储运环节加大研发试验和示范应用投入力度,探索和优化更安全、高效、绿色的氢气储运方式,采取经济高效的多种储运路径并行的方案,逐步构建高密度、轻量化、低成本、多元化的氢储运体系。

## 加快氢能关键核心材料和技术的研发应用,形成完备的氢能产业技术创新体系,为碳达峰、碳中和目标实现提供支撑

碱性电解水制氢因技术成熟、成本相对较低,当前及今后一段时期仍是绿氢生产的主要方式;质子交换膜电解水制氢成本为碱水的4~5倍,随着技术进步和整个氢能供应链成本的降低,质子交换膜电解水制氢因其灵活的适应性,将会迎来快速发展。

远距离管道运输将会得到越来越广泛的应用,国家需完善相关标准支持产业发展。液态储运和固态储运未来前景广阔,研发的持续投入会带来成本的不断降低,为氢能产业快速发展创造条件。

加氢站加注压力将由45兆帕向90兆帕过渡。膜电极和双极板是氢燃料电池的核心

部件,我国需加快研发应用,实现技术突破,打造氢能多元化应用生态,赶超世界先进水平。

“十四五”是能源技术革命的关键时期,也是推进碳达峰、碳中和战略的重要窗口期。氢能产业实现关键核心技术自主可控,是推动我国氢能产业高质量发展的必行之举。要加强基础研发领域创新,以技术先行、产业驱动为原则,有效整合氢能产业研发资源,实现联合攻关、知识产权共享,加快氢能全产业链关键核心技术、材料研发及装备制造自主化,对能源绿色转型发展起到重要支撑作用。

(作者系中石化国际事业天津有限公司专家)

## 三种电解水制氢技术特点对比

工艺技术	电解质	优点	缺点	适合场景
碱水电解(AWE)	20%-30%KOH或NaOH	技术最为成熟、工业化应用最广泛、投资成本低、设备寿命长	碱液流失、腐蚀、有污染、能耗高、效率低、占地面积大	集中式、大型化、规模化应用
质子交换膜水电解(PEM)	PEM(常用Nafion膜)	环保、占地面积小、电解效率高、氢纯度高、无污染	投资成本高、单槽产能小、设备寿命短、可再生能源适应性强	分布式、新型化、撬装式,场站内应用更佳
固体氧化物水电解(SOEC)	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /ZrO <sub>2</sub>	转化效率高、更加环保、能耗低	需选择耐高温材料、尚未实现产业化	研究试验阶段

## 行业动态

### ●中国首条电气化公路示范线建成

3月13日中车株洲所对外发布称,我国首条电气化公路示范线建成。该示范线位于湖南株洲,全线架设53根组立支柱,共计1.8千米接触网及1处箱式变电站。此外,运输车辆采用双动力模式,可以直接使用电网电力,自身也装备绿色动力电池。

### ●中国电建签约全球最高海拔光热电站项目

近日,中国电建利签约全球最高海拔光热电站项目(西藏扎布耶湖网荷储一体化综合能源供应项目)。该项目现场海拔4500余米,是全球首个在高海拔、电网末端地区,以槽式光热电站为主电源实现清洁能源并网运行,提供全天24小时安全、稳定、可靠综合供能的先行先试“珠峰”项目。

### ●全球首例梯级水光蓄互补联合发电项目通过鉴定

3月14日,全球首例梯级水光蓄互补联合发电项目在四川通过中电联项目科技成果鉴定。该项目成功研制国内首套全功率变速抽水蓄能机组成套设备,具备百毫秒级快速响应能力,抽水工况可调节率达50%,可通过梯级水电、光伏和变速抽水互补联合运行实现系统最优运行。

### ●全球首个浸没式液冷储能电站投入运行

近日,全球首个浸没式液冷储能电站——南方电网梅州宝湖储能电站投入运行。该电站是我国南方区域已建成的最大规模电网侧独立储能电站,每年可发电近8100万千瓦时。

### ●我国首个“风光火储一体化”送电特高压工程开工

3月16日,我国首个“风光火储一体化”送电特高压工程——国家电网陇东送山东±800千伏特高压直流输电工程开工。该工程输电线路全长926千米,计划建设两座换流站,输送容量800万千瓦,建成后,每年可从甘肃省向山东省联合输送风电、光伏发电、火电及储能电量超360亿千瓦时。

### ●我国首条具备掺氢功能高压输气管道工程开工

近日,我国首条具备掺氢功能高压输气管道工程在内蒙古巴彦淖尔市临河区开工。该工程全长258千米,全线共设置10座阀室及3座场站,最大输气能力每年可达12亿立方米,预计年底完工并投产。

### ●新疆首个新型光伏电池项目开工

近日,新疆首个新型光伏电池(高效N型TOPCon晶硅电池)项目开工。该型电池具有高光电转换效率、高双面率、低温度系数、低衰减等优势,特别适用于大型地面光伏电站应用场景。

### ●广西全面实现高速公路服务区充电桩100%覆盖

近日,从广西交通厅获悉,截至目前,广西高速公路共建成2766个充电桩,已全面实现高速公路服务区充电桩100%覆盖。

### ●辽宁“百亿级”新能源项目破土动工

3月20日,2023年辽宁省一季度重点项目集中开工动员大会在沈阳举行,共有1816个新项目集中开工。其中,“百亿级”新能源项目——亿纬锂能储能与动力电池项目,总投资100亿元,计划建设北方区域新能源动力电池研发中心、办公楼及现代化生产厂房,将主要用于生产储能与动力电池。