

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



周“油”列国
油事精彩



AI制图

新闻会客厅

液氢商业化生产亟须解决三个问题



况开锋

江苏国富氢能技术装备股份有限公司总工程师、中国石化氢能产业链建设专家咨询委员会委员

问:我国液氢产业链发展的瓶颈和商业化应用的难点有哪些?

答:液氢经济发展的关键是支持它完整的基础设施,民用液氢方面在国外已有大量应用实例,并取得了良好的社会效益和经济效益。我国在液氢装备发展上起步较晚,装备性能、大规模工程化等和国外仍有差距。液氢产业相关配套措施不健全、相关标准规范缺乏、试验及检验检测平台空缺等因素限制了产品发展、使用及进步。

在液氢商业化生产过程中,亟须解决的问题主要有三个方面。

阀门附件等零部件方面。液氢阀门、安全附件型式试验平台及计量仪表检测平台资源匮乏,测试周期与产品实际投运的商业用户需求在很大程度上不匹配等,极大制约了液氢阀门、安全阀及计量仪表的产品技术提升和产业化推广;车载液氢气瓶受液口和加氢机加注口规范化不足影响,产品接口形式有差异,非标准化的产品会造成产品后期市场化应用的局限性。

储运容器产品方面。液氢储运容器产品性能检测的专项技术标准缺少,检测技术标准缺失造成产品检测方法和过程没有可依据的标准技术条款;目前我国还未有关于车载液氢的标准,在车载液氢气瓶设计压力的选取、充装系数的计算、限充装置具体形式、内胆焊缝无损检测要求、绝热材料选型、型式试验内容及要求等方面都存在不确定性,给液氢气瓶的设计开发带来困难。

产业链安全管理方面。液氢储、运、加、用环节的产品性能验证试验机构尚处于空白,亟须建设专业化的平台;液氢产品上下游标准体系需要进一步完善、监管部门需要进一步明确;车载液氢瓶加注时的液氢气化放散风险较高,规避放散风险的液氢零排放加注技术、提高车载液氢瓶的设计压力、加氢站获得过冷液氢所需的液氢泵等技术标准和产品尚处于空白,还需通过试验研发和工程实践进一步明确。

问:要实现液氢储运产品在民品行业应用中的真正商业化,需要做些什么?答:需要多角度系统性地解决上述问题。

首先,政府和行业协会应加快建立我国液氢储运装备产品生产、检验测试和液氢安全管理等相关的行业标准,第三方检测机构要加快液氢介质试验检测设施的建设,借鉴国际经验,逐步完善从设计、制造到应用的标准体系,为行业发展提供政策支持。

其次,国内相关企业应加大研发投入力度,尤其是在计量、仪表、液氢阀门等方面,加快推进技术创新,突破现有技术瓶颈。

此外,政府与企业应联合推动液氢资源的民用转化,扩大液氢供应渠道,并建设更多专业化液氢测试平台,以满足多样化测试需求。

(李新整理)

□李新 詹月辰(特约撰稿人)

日前,我国首个1吨级别混动倾转翼eVTOL(电动垂直起降无人机)搭载液态氢燃料电池的飞行验证顺利完成。此次飞行验证是全球首架吨级氢能源混动倾转翼eVTOL试飞,也是大型风冷燃料电池系统在大型飞机上的首次实证案例,同时还是我国首架以液氢作为燃料的大型eVTOL应用。

据研究,氢气的热值是常见燃料中最高的,为142千焦/克,大约是石油的3倍、煤炭的4.5倍。这意味着如果消耗相同质量的燃料,氢气所提供的能量最高,是现有化石燃料的理想替代品。液氢在未来eVTOL市场竞争中具有很大优势。

从气态到液态,液氢的制备需要经历四大严苛步骤

从气态到液态,液氢的制备是一场跨越250摄氏度温差的精密工程。氢气成功液化后需将其储存在专门设计的多层绝热真空容器中

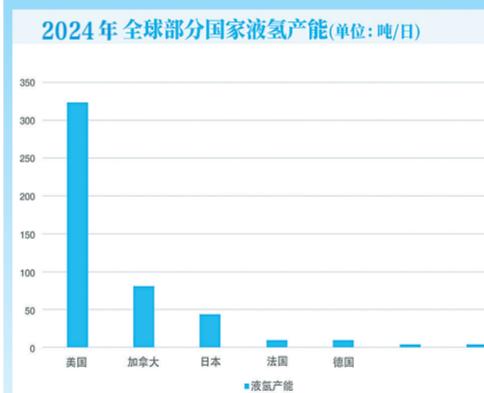
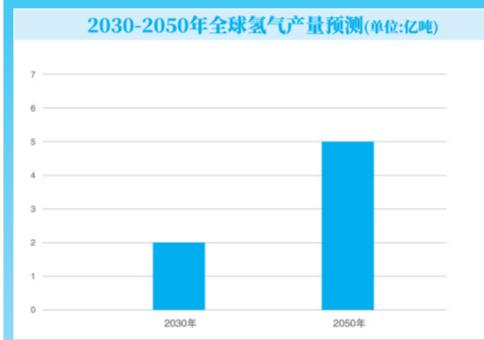
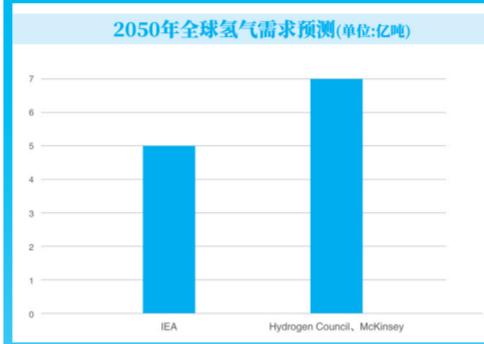
液氢,是氢气在极低温度下液化的产物。常态氢气密度极低,为0.0899千克/立方米,直接储存和运输效率低。通过低温液化至零下252.78摄氏度后,液氢密度飙升至70.85千克/立方米(大约为水的1/14),其能量密度却是锂电池的120倍。这种“轻如鸿毛、力若千钧”的特性,使其既能推动百吨火箭挣脱地心引力,又能驱动汽车实现零污染长续航。

从气态到液态,液氢的制备是一场跨越250摄氏度温差的精密工程,需要经历四大严苛步骤。

气体收集与净化。氢气的来源多种多样,常见的制氢方法包括电解水、蒸汽重整、生物质气化和煤气化等。电解水是利用电能将水分解为氢气和氧气,这种方法制得的氢气纯度高,但能耗较大;蒸汽重整则是利用高温蒸汽将天然气中的甲烷转化为氢气和二氧化碳,成本相对较低,是目前工业上主要的制氢方法之一;生物质气化和煤气化分别通过热解或气化生物质、煤来生产氢气,这些方法可以充分利用废弃物和煤炭资源,具有一定的环保和经济价值。在收集到氢气后,还需要对其进行净化处理,以去除其中的杂质,如水分、一氧化碳、二氧化碳等,确保氢气的纯度符合后续液化的要求。

多级压缩。为减少液化过程能耗,氢气需进行分阶段压缩。在一些大型的液氢生产装置中,氢气会先被压缩为20~30兆帕,再进入后续的冷却环节。压缩本身并不能使氢气液化,却是整个液化过程中不可或缺的一步,为后续的冷却和液化奠定了基础。

深度冷却与液化。液化的核心在于构建逐级降温的“低温阶梯”:冷却到低温是液体制取的关键步骤,需要专门的冷却设备和复杂的制冷技术来实现这一目标。在实际操作中,通常会采用压缩机和热交换器来逐步降低氢气的温度。首先,利用液氮等冷媒对氢气进行预冷,将



资料来源:IEA前瞻产业研究院、Hydrogen Council(国际氢能委员会)、McKinsey(麦肯锡公司)

其温度降为约80开尔文温度(热力学温度),接着,通过膨胀机进一步冷却至30开尔文温度,最后,通过节流阀膨胀冷却至20开尔文温度并实现冷凝液化,最终完成气液相变。

低温储存。氢气成功液化后需将其储存在专门设计的多层绝热真空容器中。这些储罐不仅要能够保持氢气所需的低温环境,防止其蒸发,而且要具备良好的密封性,防止氢气泄漏。低温储罐通常采用高真空的绝热容器,双层壁之间除了保持真空,还会放置薄铝箔来防止辐射,以最大限度地减少热量的传递。

液氢成为连接当下与未来能源转型的核心纽带,在多个领域都有广泛的应用前景

液氢具有低密度高能量的特性,在一些对能量需求较高的领域,如航空航天、交通运输等领域,具有巨大的优势

液氢的多重特性决定了其前途不可估量,发展潜力巨大。

液氢具有低密度高能量的特性。这使得液氢在一些对能量需求较高的领域,如航空航天、交通运输等领域,具有巨大的优势。

液氢具有超低温的特性。液氢的临界值是零下252.78摄氏度,这种超低温特性为液氢在一些特殊领域的应用提供了可能,如在超导技术中,液氢可以作为冷却剂,为超导材料提供所需的低温环境,使其展现出超导性能。

液氢具有零碳燃烧的特性。液氢与氧气反应仅生成水,无二氧化碳、硫化物或颗粒物排放。在全球对环境保护日益重视的今天,液氢作为一种清洁能源,具有巨大的发展潜力。在分布式能源系统中,液氢可以与燃料电池结合,为家庭、商业建筑等提供电力和热能,减少对传统能源的依赖,降低碳排放。

液氢不仅是宇宙中最简单、最丰富的元素(占宇宙物质总量的75%),更凭借其高能量密度与零碳排放特性,成为连接当下与未来能源转型的核心纽带,在多个领域都有广泛的应用前景。

在航天领域,液氢作为高能低温燃料,与液氧配对时能产生高比冲,是运载火箭的重要燃料之一。自1967年“土星五号”火箭搭载J-2液氢发动机实现登月,液氢便成为航天工业的“血液”。我国长征五号火箭的YF-77液氢发动机,液氢占比达90%,单台推力70吨,助力天问一号登陆火星,推动我国航天事业不断迈向新的高度。

在交通领域,液氢作为一种清洁能源,正逐渐展现出其独特的优势和巨大的潜力,尤其是在氢燃料电池汽车中的应用,为解决传统燃油汽车带来的环境污染和能源短缺问题提供了新的思路。在氢燃料电池汽车中,液氢被用作燃料,通过电化学反应产生电能,为车辆提供动力。与传统燃油汽车相比,液氢驱动的氢燃料电池汽车具有诸多优势。液氢的能量密度高,能够为车辆提供更长的续航里程。例如,丰田的Mirai氢燃料电池汽车,一次加满液氢,续航里程可在650公里以上,能满足大多数消费者的日常出行和长途旅行需求。

在工业领域,液氢同样发挥着不可或缺的重要作用,广泛应用于电子、半导体、冶金、钢铁等工业。

在电子工业和半导体制造中,液氢主要用作保护气体和还原剂。在半导体芯片的制造过程中,需要使用高纯度的氢气来保护硅片表面,防止其被氧化和污染。

在冶金工业中,液氢的应用为实现绿色冶金提供了新的途径。在传统的冶金过程中,通常使用煤炭或焦炭作为还原剂,这会产生大量的二氧化碳等温室气体排放。使用液氢作为还原剂可显著减少碳排放,实现近零排放的绿色冶金。

在钢铁生产中,氢气可以替代传统的煤炭与铁矿石发生反应,将铁从矿石中还原出来。这种氢气直接还原铁(DRI)的工艺不仅能减少二氧化碳排放,而且能提高钢铁的质量和生产效率。使用液氢还可以降低冶金过程中的能耗,提高能源利用效率。由于液氢的能量密度高,在反应过程中能提供更多的能量,使得冶金反应更加充分和高效。

液氢产业迎来快速发展的黄金期

2030年,全球液氢市场规模预计达到120亿美元,复合年增长率约为14%。这一增长趋势反映了液氢在能源领域的重要性日益凸显,以及各国对其发展的高度重视。

近年来,随着全球对清洁能源的需求不断增长及氢能源技术的逐渐进步,液氢产业迎来快速发展的黄金期。

截至2022年底,全球液氢市场规模达到40亿美元,预计到2030年将达到120亿美元,复合年增长率约14%。这一增长趋势反映了液氢在能源领域的重要性日益凸显,以及各国对其发展的高度重视。

美国是全球最大的液氢生产国,液氢产能326吨/日(占全球67%),广泛应用于航天、电子、化工、冶金等领域,在交通领域也得到了一定程度的应用。在亚洲,日本的液氢技术发展迅速,在储存、运输和应用等方面取得了多项突破,建成全球首个液氢进口码头(神户),日本积极开展液氢的国际合作,进行了从澳大利亚到日本神户之间约9000千米液化氢运输试验,探索了液氢的长距离运输和大规模应用。

我国的液氢技术起步相对较晚,1956年,中科院物理所低温实验室第一次制得液氢,这是我国液态储氢技术的重要起步。1960年,中科院物理所又完成了第一套小型液氢液化装置试验,此后较长的一段时间里,由于我国液氢产能较低且成本过高,主要集中应用于航空领域,民用领域基本处于空白状态。

近年来,随着我国对清洁能源的大力支持和氢能产业的快速发展,液氢技术取得了显著突破,液氢产业进入了快速发展阶段。

在技术研发方面:2021年,航天科技集团六院101所研制的我国首套氢液化系统调试成功;2021年,我国首座液氢液化综合供能服务站浙江石油虹光(樱花)液氢液化综合供能服务站竣工,为氢燃料电池汽车的推广提供了基础设施支持;2024年,中科院理化所研制的国内首套5吨/日级大型液氢化系统在北京满负荷测试调试成功。

我国液氢产业在发展过程中充分发挥了政策支持和市场需求驱动的优势。国家出台了一系列政策鼓励液氢产业的发展,如《能源技术革命创新行动计划》等,为液氢技术研发、产业布局和市场推广提供了政策保障;2022年《氢能中长期规划》明确“液氢民用化”路径,成都试点液氢储运,佛山建设“氢能世界”产业园,支持液氢项目的建设和发展,促进液氢产业链的完善,为液氢产业的发展提供了广阔的市场空间。

从航天器尾焰的璀璨到城市公路的静谧,液氢正将人类对清洁能源的想象变为现实。液氢作为一种清洁能源,具有广阔的应用前景和发展潜力。尽管横亘在前的技术高山和成本鸿沟,但每一次透平机的轰鸣、每一座加氢站的落成,都在为这场能源革命注入动力。相信在不久的将来,液氢将在全球能源格局中占据重要地位,为人类创造一个更加清洁、美好的未来。

液氢发展概述

二、工业化与航天应用(20世纪中后期)

1. 液氢燃料的航天里程碑

1957年,液氢首次被用作火箭燃料;1970年美国“阿波罗”登月计划采用液氢推进剂。1964年,我国首次以液氢和液氧为推进剂,成功完成火箭氢氧发动机地面试车。

2. 我国液氢技术实现自主突破

1956年,中国科学院应用物理研究所研制出国内首台氢液化器,首次实现液氢生产,产率达10升/小时,后提升至14升/小时。

三、现代发展与技术创新(21世纪至今)

2021年9月,我国首套吨级氢液化系统研发成功,实现连续稳定生产,缩小了与国外技术的差距。

2024年3月,我国重型车辆液氢储供技术实现突破,解决了燃料电池卡车动力性能与续航难题。

液氢技术在氢能产业链中具有重要作用,主要体现在高效储存、低成本运输和多样化应用三个方面。液氢技术通过将氢气冷却至极低温度(零下253摄氏度)使其液化,显著提高了氢气的能量密度,解决了气态氢在储存和运输中的许多难题。尽管液氢技术面临耗能高、低温要求严格和安全性等挑战,但通过技术创新和产业链协同,液氢技术有望成为推动氢能大规模商业化应用的关键支撑技术。未来,随着液氢技术不断进步,氢能产业链将更加完善,为实现碳中和目标提供重要助力。

(销售公司应用技术研究院 提供)