



中国产业发展促进会氢能分会



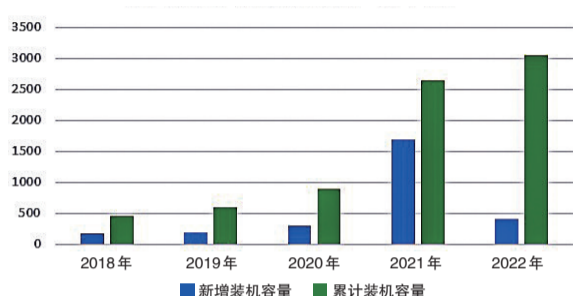
中国石油化工股份有限公司 协办

海上风电制氢的发展机遇与挑战

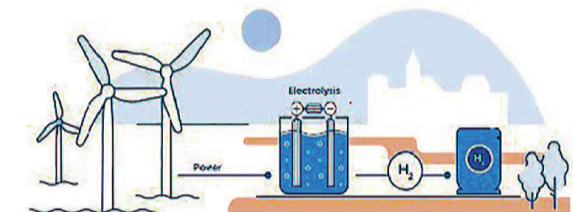
海上风电具有资源丰富、发电利用效率高、不占用土地资源、适宜大规模开发等优势。受乌克兰危机的影响,全球海上风电产业快速发展,多个欧洲国家加快新能源转型步伐,大幅提升海上风电装机目标、加速项目布局。同时,海上风电的技术进步,降低了建设成本,为市场发展打开空间。

据世界海上风电论坛统计数据,截至2022年底,全球海上风电累计装机容量达57.6吉瓦。2022年,全球海上风电新增装机容量9.4吉瓦。我国海上风能资源丰富,截至2022年底,我国海上风电累计装机容量达3051万千瓦,约占世界海上风电总装机容量的一半,持续保持海上风电装机容量全球第一,并加速向深远海发展。

我国海上风电装机容量统计(万千瓦)

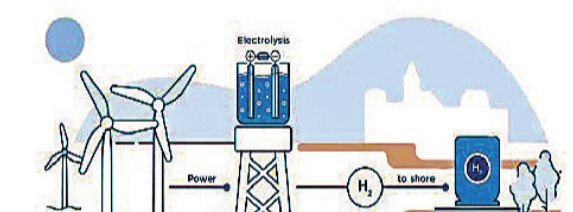


随着海上风电的大规模发展,海上电力尤其是深远海可再生电力输送、消纳成为问题,利用海上风电制氢是解决海上风电大规模并网消纳,深远海电力送出成本高等问题的有效路径。海上风电制氢主要有两种方案,一种是陆上电解水制氢,另一种是直接在海面电解水制氢。陆上电解水制氢即电力经海底电缆、升压站等设施输送至陆上电解水制氢系统,在陆上完成氢气的制取和储运;海上电解水制氢分为海上集中式电解水制氢、海上分布式电解水制氢。

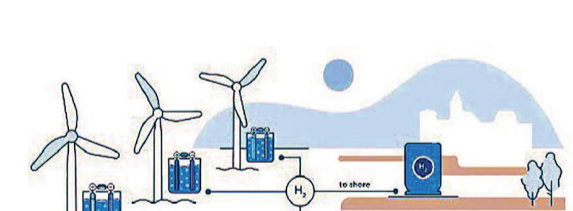


陆上电解水制氢示意图

海上集中式电解水制氢,是海上风电机组产生的电力通过风电场集电电缆汇集到海上电解水制氢平台,在该平台完成制氢后,经由输气管道传输至岸上。集中式电解水制氢可以借助已有的海上油气平台或油气管道,将油气平台改造为制氢平台,有效降低项目投资成本;海上分布式电解水制氢,是在每台风电机组塔底平台上安装模块化的制氢设备,直接在风电机组侧制氢,产生的氢气通过小尺寸输气管道汇集到收集歧管,压缩或直接通过更大直径管道传输至岸上。分布式电解水制氢最大限度地利用输气管道替换了海上输电设施,降低了送出成本。



海上集中式电解水制氢示意图



海上分布式电解水制氢示意图

全球范围内,英国、德国、荷兰等欧洲国家正在纷纷布局海上风电制氢,并且制定了百万千瓦级以上的海上风电制氢规划。目前,已经公布的电解水制氢项目储备总规模达到3200万千瓦,其中,约有一半来自海上风电制氢。(见表一)

我国海上风电发展迅速,国内大型风电装机容量的快速增长,推动海洋经济和新能源产业快速发展。2022年,国家发展改革委、国家能源局出台《“十四五”现代能源体系规划》《“十四五”可再生能源发展规划》等政策,提出有序推进海上风电基地建设,加快推动海上风电集群化开发,重点建设山东半岛、长三角、闽南、粤东和北部湾五大海上风电基地,将推动海上风电更高质量发展。(见表二)

随着海上风电的快速发展,海上风电大规模并网消纳、深远海电力送出成本高等问题凸显。海上风电制氢具有明显发展优势:一是通过海上风电电解水制取氢气,有效缓解海上风电快速增长和电网建设慢之间的矛盾,提高风能利用率。制取的氢气可以通过天然气管道或船舶输送,将弃电变为有价值的氢气。二是加速降低海上风电成本,通过“海上风电+海洋牧场+风电制氢”的新经济模式,实现海洋经济的综合开发利用,助力海上风电和绿氢产业发展。

海上风电制氢同样也面临挑战:一是海上风电输电出

功率具有随机性、波动性,频繁的电力波动会影响电解设备的运行寿命,需要进一步优化整体系统的稳定性和连续性。二是针对海水电解效率低,海水对电解槽部件造成腐蚀,海水中杂质导致催化剂失活等问题,需要持续投入研究。(见表三)

未来,海上风电将向大型化、深远海、漂浮式和海洋经济综合开发的方向发展。综合发展海上风电制氢技术,可以有效提高海上风能利用率,并为海上风电向深远海发展提供新方向。制取的绿氢可以应用于电力、化

工、交通等领域脱碳,助力实现“双碳”目标。

中国产业发展促进会氢能分会认为:海上风电制氢是未来绿氢规模化供应途径之一,是提高海上风能利用率,促进海上风电消纳的有效路径。目前,海上风电制氢在我国尚处于探索阶段,缺乏成熟示范项目经验和商业模式,还有诸多技术难题、经济性问题有待解决。因此,要充分借鉴国际海上风电制氢项目开发经验,因地制宜探索科学合理的海上风电制氢系统方案,开展关键核心技术的国产化攻关,完善海上风电制氢配套设施建设。

表一 国外海上风电制氢典型项目

国家	项目名称	项目内容
荷兰	Nort H ₂	全球规模最大的海上风电制氢项目之一。计划2030年在北海建成3~4吉瓦海上风电场,完全用于绿氢生产,并在荷兰北部港口埃姆斯哈文或其近海区域建设一座大型电解水制氢站。计划到2040年实现10吉瓦海上风电装机规模和年产100万吨绿氢目标。
	Pos HYdon	海上风电制氢项目,计划安装1MW电解槽,实现海上风电、天然气和氢能综合能源系统一体化运行。并将氢气与天然气混合,通过现有天然气管道输入国家天然气管网。
挪威	Deep Purple	漂浮式海上风电制氢项目,利用漂浮式海上风电技术生产绿氢并储存在海底储罐,从而使氢燃料电池替代大型燃气轮机,为石油天然气平台提供稳定的可再生电力供应,并可为其他行业提供氢气。
英国	Dolphyn	漂浮式海上风电分布式制氢项目,计划在北海开发4吉瓦漂浮式海上风电场,拟采用10MW机型,每个漂浮式平台都安装单独电解槽,产生的氢气通过管道外送。
德国	H ₂ Mare	西门子能源牵头Power to X项目,旨在研究海上风电就地转化低碳能源的全产业链,具体包含4个子项目。其中,Offgrid Wind研究海上风电机组,H ₂ Wind研究适合近海环境适配海上风电机组的PEM电解水制氢系统。
丹麦	Sea H ₂ Land	丹麦风电巨头沃旭能源,计划到2030年建造总容量1吉瓦的电解槽,并与荷兰北海计划新建的2吉瓦海上风电场直接连接,生产的绿氢将通过位于荷兰和比利时之间的跨境管道进行分配。
欧洲	OYSTER Land	在欧盟委员会“燃料电池和氢能联合计划”资助下,开展将海上风电机组与分布式电解槽直接连接,以及将氢运输到岸的可行性研究。项目计划于2024年底投产。

资料来源:氢能会

表二 我国海上风电相关政策

政策	时间	发布单位	海上风电相关内容
“十四五”现代能源体系规划	2022.01	国家发展改革委、国家能源局	鼓励建设海上风电基地,推进海上风电向深水远岸区域布局。重点建设广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电基地。积极推进东南部沿海地区海上风电集群化开发。
关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案	2022.05	国家发展改革委、国家能源局	优化调整近岸风电场布局,鼓励发展深远海风电项目;规范设置登陆电缆管廊,最大程度减少对岸线的占用和影响。
“十四五”可再生能源发展规划	2022.05	国家发展改革委、国家能源局、财政部等九部门	有序推进海上风电基地建设。开展省级海上风电规划制修订,同步开展规划环评,优化近海海上风电布局,鼓励地方政府出台支持政策,积极推动近海海上风电规模化发展。开展深远海海上风电规划,完善深远海海上风电开发建设管理,推动深远海海上风电技术创新和示范应用,探索集中送出和集中运维模式,积极推进深远海海上风电降本增效,开展深远海海上风电平价示范。加快推动海上风电集群化开发,重点建设山东半岛、长三角、闽南、粤东和北部湾五大海上风电基地。
工业领域碳达峰实施方案	2022.07	工业和信息化部、国家发展改革委、生态环境部	持续推动陆上风电机组稳步发展,加快大功率固定式海上风电机组和漂浮式海上风电机组研制,开展高空风电机组预研。
国务院关于支持山东深化新旧动能转换推动绿色低碳高质量发展的意见	2022.09	国务院	支持山东大力发展可再生能源,打造千万千瓦级深远海海上风电基地。打造集成风能开发、氢能利用、海水淡化及海洋牧场建设等的海上“能源岛”。建设国家海洋综合试验场(威海),实施智慧海洋工程。

资料来源:氢能会

表三 我国海上风电制氢典型项目

项目主体	时间	项目内容
青岛蓝谷管理局、中能融合智慧科技有限公司、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	2020.07	青岛深远海200万千瓦海上风电融合示范场项目,首个国家级深远海融合示范风电场项目,一期开发海上风电场规模约1吉瓦,重点对“海上风电+海洋牧场”融合、漂浮式风机基础、远距离海上送电、余电制氢和海水淡化等进行试验示范,开展新型风电首套装备试验研究。
漳州市政府、中国华能集团有限公司	2021.01	2021年1月21日,漳州市政府与中国华能集团有限公司签署战略合作框架协议。计划在漳州投资1000亿元,发挥在产业链上下游影响力,着力引进海上风电、氢能应用等相关装备制造龙头企业,打造集新能源技术研发、装备制造、生产运营等一体化运营基地。
国家能源集团、山东省港口集团	2021.06	2021年6月,国家能源投资集团有限责任公司与山东省港口集团签署战略合作协议,联合探索“海上风电+海洋牧场+海水制氢”融合发展模式。共同打造山东海上能源港口,推动山东海上风电基地建设。打造综合智慧能源、氢能综合利用的示范性港口。
大连船舶重工集团有限公司、中国科学院大连化学物理研究所、中国船舶集团风电发展有限公司、中国科学院大连化学物理研究所、中国船舶集团风电发展有限公司、国创氢能科技有限公司	2021.08	大连船舶重工集团有限公司与中国科学院大连化学物理研究所、中国船舶集团风电发展有限公司、国创氢能科技有限公司四方签约“海上风电制氢/氢产业链创新及产业化”战略合作(框架)协议。四方将利用各自的优势,聚焦海洋绿色能源开发及利用,密切合作,共同促进制氢、制氢、燃料电池及液氢/氢储运技术在船舶与海洋工程领域的创新应用与发展,共同推进海上风电制氢/氢及其储运技术与装备的研发及产业化。
大连市太平湾、中国长江三峡集团有限公司、新疆金风科技股份有限公司	2021.09	大连市太平湾与中国长江三峡集团有限公司、新疆金风科技股份有限公司联合宣布将共同建设新能源产业园,重点发展海上风电、氢能为主的新能源产业,计划通过风电制氢、储氢、运氢以及氢能海洋牧场利用等培育氢能产业链条。
深圳市图灵科创产业发展有限公司	2022.11	深圳市图灵科创产业发展有限公司高效海水/碱水电解制氢设备及创新能源利用解决方案首次亮相。其自研的镍基锰化合物电极能够在海水中稳定高效工作,消除目前电解槽行业对纯水的高度依赖,大幅提高制氢设备的环境普适性。
明阳智慧能源集团股份公司	2022.11	明阳智慧能源集团股份公司东方C29海上风电示范项目动工,这是海南首个海洋能源立体开发示范项目,将建设成面向无补贴时代“海上风电+海洋牧场+海水制氢”立体化海洋能源创新开发示范项目。
东方电气股份有限公司、东方电气(福建)创新研究院有限公司、四川大学/深圳大学谢和平院士团队	2022.12	东方电气股份有限公司、东方电气(福建)创新研究院有限公司、四川大学/深圳大学谢和平院士团队在深圳签署“海水无淡化原位直接电解制氢原创技术中试和产业化推广应用”的四方合作协议,将分三步走战略推动海水直接电解制氢技术走向产业化。
大连市普兰店区	2023.01	2023年1月,大连市普兰店区海水制氢产业一体化示范项目正式开工。该项目计划于2023年10月1日正式建成投产,形成年发电量1.37亿千瓦时的绿电和年产2000吨的绿氢产能,并在未来3年计划累计投资约30亿元,逐步形成5兆瓦新能源发电、10000吨绿氢的产业规模。

资料来源:氢能会

会员动态

康明斯发布零碳品牌 Accelera

本报讯 中国产业发展促进会氢能分会会员单位——康明斯公司日前宣布,其新能源动力事业部将启用全新品牌 Accelera。该业务为全球诸多至关重要的行业提供多元化零碳动力解决方案。

Accelera的推出是康明斯实现零碳目标的重要举措,致力聚焦零碳技术并在其产品矩阵中实现零排放。康明斯零碳战略旨在通过多元的动力解决方案,助力各行业实现脱碳。在过去的几年里,康明斯在技术研发和投资收购方面已投入超过15亿美元,用来构建 Accelera 的行业地位和技术能力。Accelera 正站在全球零碳技术的前沿,为全球客户提供可靠的纯电动和燃料电池动力解决方案,并已部署数百个先进的电解水制氢设备。

“要在2050年实现零碳目标,需要充分协同所有业务矩阵的力量。”康明斯总裁兼首席执行官荣志宁表示,“我们将根据客户需求继续优化基于发动机的动力

解决方案,同时,也已构建起多元的零碳动力技术组合,如商用车行业的电动和燃料电池动力总成,以及绿氢生产领域的电解水制氢设备能力。Accelera 印证了我们践行并引领零碳动力技术的决心,凸显了我们在该领域多年来的深厚积淀,包括对用户需求和应用市场的洞察、技术专长,以及广泛覆盖的服务和支持网络,我们将在能源转型过程中与客户携手并进,助力其成功。”

荣志宁介绍说,Accelera 将聚焦于发展零碳动力解决方案,包括燃料电池、纯电动、电驱桥、牵引及传动系统和电解水制氢设备等五个产品线。Accelera 既是零部件供应商又是集成商,将助力公交、卡车、轨道交通、工程设备、固定电源和碳密集型工业等领域的脱碳。

据悉,在过去的25年中,康明斯的突破性技术已经将公司现有产品的碳排放量减少90%以上。

林德与上海电力共推氢能产业链合作

本报讯 中国产业发展促进会氢能分会两家会员单位——林德(中国)投资有限公司、上海电力股份有限公司近日签署战略合作协议。

上海电力股份有限公司党委书记、董事长林华与林德(中国)投资有限公司全球执行副总裁、董事会成员、亚太区首席执行官潘克强分别介绍了各自发展战略,以及在国内外氢能、清洁能源产业的规划布局、发展情况、项目实践,双方对氢能以及减碳领域开展全方位合作达成高度共识。

根据战略合作协议,双方的合作领域将涵盖氢能及可再生能源全产业链及其上下游各个环节。双方将紧密围绕“双碳”目标,充分发挥各自在技术、资源、人才、市场等方面的优势,做优上海及周边,积极推进国内外市

场,共同推动氢能产业链、绿电转化、用户侧综合智慧能源以及碳捕集与封存等方面的深入合作,强强联合开展业务及实践,打造氢能领域合作的新典范。

林德集团是全球领先的工业气体和工程公司之一,是工业气体、工艺与特种气体的全球领先供应商。2022年销售额为334亿美元,分公司遍及全球100多个国家。

林德集团所触及的终端市场涵盖众多行业,包括化工与能源、食品与饮料、电子、医疗健康、制造业以及金属和矿业等。林德集团所生产的工业气体应用于多个领域——从医院用氧到用于电子行业的高纯及特种气体,再到用于清洁能源的氢气等。同时,林德集团还提供一系列前沿的气体处理解决方案以支持客户业务发展、提升效率并减少碳排放量。

“液态储氢加氢示范系统及其关键设备研制”课题通过验收

本报讯 中国产业发展促进会氢能分会会员单位——中国航天科技集团六院101所承担的集团公司自主研发项目“液态储氢加氢示范系统及其关键设备研制”课题,日前通过了航天科技集团验收。该项目的验收标志着液态储氢加氢示范系统及其关键设备研制技术取得重大突破。

加氢站技术突破、设施完善和快速布局是氢燃料电池汽车推广应用、氢能产业加快发展的前置条件。为解决国内加氢站建设和运行维护成本高、周期长、关键设备大多依赖进口等问题,中国航天科技集团六院101所在国内率先开展了以液氢储存加注为技术路线的液态储氢加氢站研制,研究燃料电池车用液氢存储加氢站工艺、控制及安全流程,解决液氢增压汽化等技术瓶颈,提高

能源利用效率。

通过近3年时间的研究,中国航天科技集团六院101所突破了液态储氢加氢站总体设计技术,形成液态储氢一增压汽化—高压氢气加注总体技术方案,解决了液氢在加氢站内运用的工艺实现和运行策略问题。攻克液氢过流腔相变抑制技术,研制了45MPa级超高压液氢泵,填补国内技术空白,为实现国产化替代创造条件。突破超高压液氢增压汽化及冷量综合利用技术,研发了流程先进、自动化程度高、操作安全的汽化取冷原理样机及其测试平台。交付了液氢增压压力50.6MPa、液氢增压流量822L/h的液氢泵汽化装置原理样机,通过了液氢试验测试,建成国内首个液氢储存加氢站关键装备开发验证平台。

(本版稿件由中国产业发展促进会氢能分会提供)
长期征稿邮箱:capidhydrogen@163.com