

# “清”装上阵 有“备”而来

“十四五”期间,清洁能源装备市场需求或将扩大到2万亿元以上

在应对全球能源安全和气候变化两大挑战的背景下,大力发展清洁能源已成为国际社会的广泛共识。当前,我国正在积极推进“双碳”战略,深入推进能源革命,清洁能源占比显著提升。清洁能源装备作为清洁能源的载体,将在能源革命中发挥重要作用。那么,我国清洁能源装备产业现状如何,面临哪些挑战和机遇?本版试作探讨,敬请关注。

阅读提示

记者观察

口钟小科

冲击式轮机、重型燃气轮机、飞轮储能、气体绝缘环网柜、液冷超充……这些听起来极具科幻色彩的机器又被称为清洁能源装备,它们或许将定义能源的未来。

清洁能源装备是指发电不排放污染物、能够直接用于生产生活的能源装备,是绿色能源技术的载体。数据显示,2022年,全球清洁能源装备产业规模持续扩大,达3068.8亿美元,增长率为8.6%。可以看出,清洁能源装备在全球范围内发展十分迅猛。

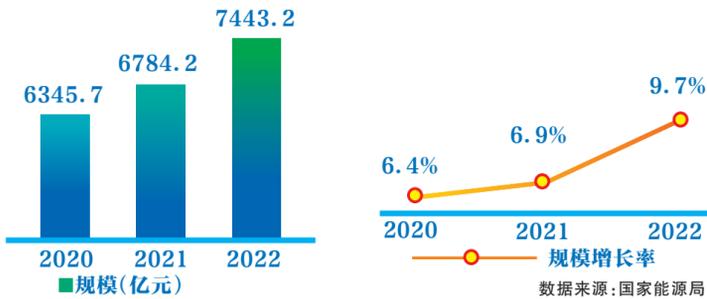
对于我国来说,国家政策和市场需求和技术创新的共同推动,助力清洁能源装备产业不断壮大。2022年,我国清洁能源装备产业规模达到7443.2亿元,比上年增长9.7%。未来,清洁能源装备产业的持续高质量发展将为实现“双碳”目标作出更大贡献。

## 市场需求为产业发展提供强劲动能

清洁能源装备是装备制造业的重要组成部分,对于贯彻落实国家能源发展战略、构建新型能源体系、实现碳达峰碳中和目标具有重要意义。在顶层设计的助推下,我国以风电、核电等为代表的清洁能源装备产业实现了跨越式发展,取得了显著成就。其中,光伏装备产业发展较为成熟,已拥有较为完善的产业链和国际领先的技术水平;海上风能装备技术较为先进,海上风能装备技术仍需多路突破;氢能装备、海洋能装备技术水平不断提高。

从发电量结构看,2022年,清洁能源占全国发电量的33.5%,水电、风电、太阳能发电占比分别为15.3%、8.6%、4.8%;从全国电力装机结构看,截至2022年,全国清洁能源装机容量占整体比重达49.6%,其中,水电、风电、光伏、核电的装机容量分别占整体的16.1%、14.3%、15.3%和2.2%。

## 2020~2022年我国清洁能源装备产业规模与增长情况



这些数据也从侧面说明了我国清洁能源装备产业规模持续稳步扩大。据有关部门统计,2022年,全国清洁能源装备累计装机容量约12.2亿千瓦,较上年提高约20%;发电量占比稳定提升,累计发电量约3万亿千瓦时,较上年提高约1.5个百分点。我国水电、风电、光伏发电装机规模连续多年稳居世界首位,核电发电量创历史新高。

量的升级固然可观,质的飞跃更加耀眼。在技术能力方面,我国清洁能源装备也有显著提升。近年来,“华龙一号”核电机组实现商业运行,国内首台150兆瓦级大型冲击式转轮成功投运,16兆瓦海上风电机组完成吊装,首座深远海浮式风电平台成功并网投产,光伏发电技术快速迭代、多次刷新电池转换效率世界纪录,有力支撑了一批重大清洁能源项目建设。

从产业链角度来看,目前我国已建成相对完善的清洁能源装备产业链供应链体系,在东北、西北、东部沿海、成渝等地区培育了一批高

水平装备研发制造基地,形成了以哈尔滨电气、东方电气、上海电气、金风科技、隆基绿能等为代表的一批具有全球竞争力的一流能源装备企业,产业链竞争力不断提升。

## 清洁能源装备产业迎来黄金发展期

“十四五”及以后一段时期,全球能源将加速向低碳、零碳方向演进,水能、核能、风能、太阳能等清洁能源将逐步成长为应对气候变化、支撑经济社会发展的主力能源。根据我国能源产业发展规划,“十四五”期间全国清洁能源新增装机容量将超过7亿千瓦,其中预计新增水电装机容量8600万千瓦、风电装机容量2.1亿千瓦、光伏发电装机容量3.3亿千瓦,直接拉动清洁能源装备市场需求扩大到2万亿元以上,为清洁能源装备产业发展提供了广阔空间和巨大市场。

作为清洁能源开发利用的物质和技术基

础,清洁能源装备发展正处于重要战略机遇期,同时也面临着巨大挑战。

技术壁垒和竞争是清洁能源装备发展要解决的首要问题。清洁能源装备产业技术要求较高,涉及多个领域的综合应用。新技术的研发和应用需要跨越电力、机械、材料、控制等多个学科领域,因此需要打破不同学科之间的技术壁垒。清洁能源装备产业的投资规模较大且周期较长,投资的不确定性和风险相对较高,未来可能会影响投资者的信心和意愿。国际市场不确定性因素增加,能源技术开发与合作、能源市场开拓都面临较大的不确定性。因此,要激发清洁能源装备产业的发展潜力,还需在政策和制度层面进行全方位、多维度的努力。

首先,要不断优化清洁能源装备产业结构。目前我国光伏装备和风电装备技术较为成熟,二者产业规模总和占清洁能源装备产业比重超80%,氢能装备仍在发展初期,地热能装备、生物质能装备、海洋能装备等技术较为落后,总体占比相对较小。积极优化我国清洁能源装备产业结构可有效激发多种细分产业潜力。

其次,应构建完善的清洁能源装备产业链供应链体系。我国清洁能源装备产业链较为完善,但部分环节仍较为薄弱,应依据清洁能源装备产业发展重点和重大需求,加强清洁能源装备产业链上下游进行布局,对供应链前后端进行规划,构建配套完善的产业链。

最后,要加大创新研发力度,突破清洁能源装备产业关键零部件和关键技术。围绕清洁能源装备的发展重点和重大需求,加强基础研究,超前部署前沿技术,加快引领性、颠覆性技术突破,注重产学研用深度融合,共建具有共性技术研发、试验检验、产品检测等一系列功能的创新平台,注重协同创新,加快重大技术攻关突破,加速研发成果转化,在市场上以技术为核心形成竞争优势。

作者单位:中国科技信息杂志社

知识链接

## 什么是清洁能源装备?

清洁能源装备是指发电不排放污染物、能够直接用于生产生活的能源装备,是绿色能源技术的载体,是为能源工业提供技术装备的战略、基础性、朝阳性产业,是装备制造业的重要组成部分。

按照《绿色产业指导目录(2023年版)》划分:新能源与清洁能源装备制造包括风力发电装备制造、太阳能发电装备制造、生物质能利用装备制造、水力发电和抽水蓄能装备制造、核电装备制造、燃气轮机装备制造、地热能开发利用装备制造、海洋能开发利用装备制造、非常规油气勘查开采装备制造、海洋油气开采装备制造、新型储能装备制造、燃料电池装备制造、氢能“制储输用”全链条装备制造、智能电网产品和装备制造。

按照能源产业链生态圈划分,清洁能源装备包括“源、网、荷、储”四个方面。“源”包括水电装备、风电装备、核电装备、燃气轮机、太阳能发电装备、生物质发电装备、地热能装备、海洋能装备、燃料电池、清洁高效燃煤发电装备等;“网”包括特高压输变电装备、智能电网装备、能源互联网装备等;“荷”包括工业节能装备、电能替代装备、充换电装备、新能源交通装备、智能家电等;“储”包括电化学储能装备、机械储能装备、氢气储能装备、热储能装备、压缩空气储能装备等。

企业实践

口孙海涛 宋清华

日前,华南地区新建加油、制氢加氢一体综合能源站项目花落石化机械。这是石化机械首次中标制氢加氢一体站EPC项目,主要涉及240标准立方米/小时制氢撬等设备。石化机械将从图纸设计、材料采购、施工建设、投产试运行到竣工验收,提供“一条龙”服务。

近年来,锚定氢能装备,石化机械聚焦进口件替代和“卡脖子”技术攻关,依托超高压结构技术、超硬材料技术、超高能控制技术、超高精制造技术为核心的科技创新体系,开展氢能装备基础应用研究,系统构建研发体系,优先在加氢、制氢和输氢领域,研制出系列氢气压缩机、加氢站成套装备、制氢成套装备、氢能智能管理与安全系统、输氢钢管等,突破高压临氢材料、高压无油动密封、大流量低冲击电液控制等关键核心技术,取得相关专利50余件。

如今,石化机械作为中国石化氢能装备制造基地,已成为国内少数同时具备制氢、加氢装备研制能力的企业之一,可为客户提供高质量氢能装备和一体化解决方案,在氢能装备新赛道上跑出了“加速度”。

## 逐项破解难题

### 以技术优势助力加氢站网络建设

加氢站是规模发展氢能交通的基础设施,加氢站建设离不开加氢装备的支撑。围绕加氢站关键设备研制,石化机械逐项攻关,以技术优势助力加氢站网络建设。

氢具有特殊的原子结构和化学性质,这使其在许多领域有着重要应用价值,但也给氢能装备研制带来了不小的难度。“氢脆”,就是一项世界级难题:溶于钢中的氢聚合为氢分子,

造成应力集中,导致材料脆化开裂。针对高压高温环境下金属材料“氢脆”的问题,石化机械构建了金属材料抗氢脆试验和评价方法,开发了高压氢环境下高强度特种合金及其处理工艺,建立了从22~90兆帕之间4种压力能级临氢材料选用规范,为加氢装备研制和安全运行提供了依据。

氢气压缩机是加氢站的核心设备,可将氢气从低压提升到高压,满足燃料电池汽车使用需求,分为液驱式、隔膜式和离子液式。其中,国内离子液式压缩机技术目前尚不成熟。

在液驱式氢气压缩机开发上,石化机械采用一机双压、压比动态调节等设计,攻克了大流量低冲击可控压比电液控制、高压无油动密封、宽工况气阀设计等技术,自主研发的国内首台加氢站用90兆帕液驱式氢气压缩机完成了极限工况性能试验,装备稳定可靠。在隔膜式氢气压缩机研发上,该公司破解了膜腔型线优化设计、高效率补油溢流系统设计等难题,开发出22兆帕、1700标准立方米/小时、70%容积效率的隔膜式氢气压缩机,助力万方级规模供氢中心建设,并支撑了向更高压力等级供氢充装工艺前瞻性技术研究。

加氢机用于氢气加注服务,配套压力传感器、温度传感器、计量、取气优先控制和安全装置等。目前,石化机械已成功研制出35兆帕双枪双计量、双枪单计量、单枪单计量等多种型号加氢机,可严格控制温升和加注流速,平均加注速率达到每分钟2千克以上。

站控系统是集加氢站的“大脑”。通过应用扩展,石化机械集合工艺控制、数据采集、状态监控、报警联锁和交易报表等功能,载有设备控制、计费管理、视频监控和火气系统,成功将SOPeLink数智平台接入加氢站,可实现全天候装备状态监测、作业远程支持、故障告警、远

程运维、预测诊断等微服务。

苦心攻关换来累累硕果。如今,石化机械已配套研制出系列化氢气压缩机、加氢机、卸氢柱、顺序控制盘、站控系统的关键组成,并在武汉建成两座加氢站,其中一座被列为示范站。

## 依托重大项目

### 加快攻克制氢装备关键技术

“8月14日,我们研制的PEM(质子交换膜)制氢及燃料电池设备系统正式产出氢气,截至目前运行平稳。”据相关研究人员介绍,石化机械自主设计的PEM制氢系统具有氢气纯度高、响应速度快、能耗低等特点。这是该公司在制氢装备领域取得的又一个新突破。

制氢是氢能产业链的最前端环节,也是氢能战略地图上的必争之地。电解水制氢作为最清洁的制氢技术和储能形式,相关装备研发也备受关注。依托内蒙古乌兰察布绿氢制备等项目,石化机械加快制氢装备关键核心技术与主要部件攻关,“双管齐下”,同时开展碱水制氢和PEM制氢装备的装配调试工作。在建立全过程安全风险评价体系的基础上,该公司创造性开展装备集成、气密试验、功能调试和性能测试等关键工作,成功实现了高纯度氢气连续稳定产出。经第三方机构检测,氢气纯度符合燃料电池用氢气国家标准,满足燃料电池用氢要求。

电解槽作为可再生能源大规模制氢的关键装备,在制氢系统总成本中的占比近50%,是攻关的重点。针对电解槽气液两相流场均匀性问题,石化机械通过技术合作,设计方形电解槽,并优化流道结构,研制出的2.5兆瓦级撬装式碱水制氢系统可满足绿电制氢规模发

展需求,额定产氢量达500标准立方米/小时,具有直流电耗低、插片式带压设计易维护等优势,可应用于制氢中心及制氢加氢一体站。

目前,在加氢、制氢、输氢领域,石化机械已“全面开花”,具备了为客户提供加氢站、制氢加氢一体化、大排量充装、兆瓦级PEM制氢、绿电碱水制氢、车载供氢系统等解决方案的综合服务能力。今年以来,该公司多种氢能装备投放市场,订单量同比显著增长,不仅参与了“西氢东送”项目输氢钢管的合作研发,而

且完成了3种规格输氢管管制,再一次在新领域树起了“金招牌”。

“今后,我们将继续打好‘智造大国重器、服务能源发展’的职责使命,以高端化、智能化、绿色化为方向,走好氢能装备专精特新发展之路,打造自主可控、有竞争力的中国石化氢能装备制造基地。同时,我们根据客户需求,结合实际运营条件,配置氢能装备产品,争做高质量氢能装备供货商和一体化解决方案提供商。”石化机械氢能装备分公司总经理潘灵水说。



武汉群力综合加能站由石化机械提供全套加氢设备,日加氢能力500千克,可满足40余辆氢能公交车的需求,一辆车加满氢仅需4分钟。 陈艺婷摄