

# 面向未来 开创中阿能源合作新时代

——中阿能源合作高峰论坛嘉宾发言摘编

国家电投集团氢能科技发展有限公司董事长李连荣:

## “十四五”是氢能产业链构建关键时期

氢能产业正处于大规模爆发前夜,“十四五”将是产业链构建的关键时期。“2020年‘双碳’目标提出后,氢能的开发开始加速。”在李连荣看来,氢能的发展要从能源革命的角度来理解。

李连荣表示,在我国的能源体系中,多碳的问题十分突出,化石能源占比偏高,尤其是煤炭的占比偏高。同时,我国石油、天然气的对外依存度高,对能源安全造成了挑战。此外,还有可再生能源消纳问题,未来大规模风光的开发,仍然面临消纳问题的制约。

面对这些问题,李连荣认为,需要从三个方面解决,一是要提升无碳的一次能源即风电和光伏的技术,提升其转换效率;二是要开发储能技术,以储能技术配合风电光伏发电上网,保证风和光的利用;三是要开发氢能技术。

在李连荣看来,发展氢能是实现“双碳”目标、保障国家能源安全的必然选择。氢能的开发能释放无碳的一次能源(风电和光伏),从而调整能源结构,实现减碳目标。同时,氢能的使用还可以构建与电相协同的体系,使整个能源体系更

加稳健。

未来,氢能和电力要形成互补的“电氢体系”。其中,电力要形成以新能源为主体的新型电力系统,而氢能由于产业链长,包含制、储、运、用4个环节,每个环节都有多个选项,它将成为一个庞大的体系。

“氢能应用场景丰富多元,交通领域、发电供热领域、化工领域等。”据李连荣介绍,目前主要的应用场景是交通领域,包括商用车、乘用车,以及轨道交通、轮船、无人机等;发电领域是在电网的电网不便利的场景下,使用氢能来发电,与电网仅有弱连接,无电网下载电,可以保障100%的绿氢;光伏发电不上网,直接供给电解水设备,可以保障电解水的电费成本最低;而采用自主开发的高能效电解槽设备、碱液保温技术、多维信息耦合的绿氢生产管理技术,则将降低设备能耗,提高设备生产效率。

体系不完备,产业链不完整,市场应用推广规模小,行业领军企业未形成。

李连荣指出,氢能作为一个新的产业,当前的发展面临三大任务:首先是自主研发体系的建立,需要时间把整个体系梳理出来,以支持整个产业链的发展,保证产业链的安全;其次是整个产业链的健全,目前产业链规模小,还有很多环节缺失,要把整个产业链搭建起来;最后是形成研发体系和完整产业链后,积极推动整个产业的规模化发展。

隆基氢能科技有限公司副总经理王英歌:

## 到2050年全球氢能需求将达到5.2亿吨

我国电力、石化、钢铁、建材、有色、航空及运输领域每年二氧化碳排放100亿吨以上,不引入“氢能”,很多领域就没有办法进入深度脱碳。王英歌表示,“在全球碳中和共识下,氢能作为不可或缺的清洁能源二次能源获得长足发展,全球氢能需求将从2020年的8700万吨,达到2050年的5.2亿吨。”

据王英歌介绍,目前,光伏发电的平准化度电成本(LCOE)快速下降,但仍然面对难以克服的可再生能源发电间断、不连续等问题;在氢能方面,高电价导致制氢成本居高不下,灰氢及非绿电电解水制

氢则不能实现减碳目标。在他看来,“绿电+绿氢”将推动制氢成本LCOH的下降,同时有效克服可再生能源间歇性、储存性问题。

对于“绿氢”的来源,王英歌认为,在目前阶段,火电在电网电力中仍占主要比例,无法通过电网电力获得真正意义上的绿氢。“综合进行多种制氢方式的对比(包括煤制氢、天然气制氢、网电制氢)发现,100%绿电网电制氢是获得绿氢最主要的方式,能够真正实现‘绿氢’制取。”他指出,发展氢能的初衷就是要实现绿色可循环、降低碳排放,目前最理想的绿氢生产方式是“光伏发电电

网制氢,配合大规模储氢”,实现100%可再生能源制氢。

为此,隆基致力通过光伏发电和电解水制氢技术的最佳组合,实现绿氢生产的最佳LCOH。王英歌表示,通过电解水制氢设备与光伏+电网弱连接的方式,逐步过渡至耦合100%网电式光伏电源,将最终实现最佳LCOH与零碳排放。他进一步介绍,在这一模式中,“光伏发电网电制氢,配合大规模储氢”将保障绿氢的生产和连续供应;针对电解水制氢设备的负荷特性,优化光伏电站的发电曲线,将保障电解水设备利用效率最大;100%光伏发电为电解水设备提供工艺电源,电解水设备

好的地区,光伏的度电成本已达到15分/kwh-20分/kwh,光伏发电的技术成本已接近7.0分/kwh,而非技术成本的可控及下降,将为电解水制氢带来更廉价的电力资源。

“电解水制氢装备技术发展的本质是降低单位制氢成本。”王英歌表示,隆基成为全球领先的氢能装备技术公司的愿景,2018年,隆基开始对氢能产业链进行战略研究,与国内外科研机构合作研发电解水制氢装备技术,在今年3月31日隆基氢能西安高新区正式注册成立。“隆基将打造可持续发展的生态系统,推动零碳地球愿景的实现。”

中集安瑞科控股有限公司氢能技术总监李怀恩:

## 关注储运加技术 助力氢能装备走出去

在氢能制取领域,李怀恩指出,制氢技术路线的选择主要取决于原料资源的可得性和成本的高低。目前,煤化工制氢相对廉价,而天然气制氢则在国际上应用广泛,煤化工制氢的原料成本最低,但相对投资规模大,约为天然气制氢的2倍。电解水制氢的规模较小,产能在1000Nm<sup>3</sup>/h左右,目前碱性电解槽已全国产化,而PEM电解槽关键技术和设备仍需进口。

在氢气储运方面,对比管道输送、高压运输、液化储运等多种储运方式,李怀恩表示,管

道供氢方式目前集中于专门应用场景内,未来可结合大规模产能和高需求的地区,进行战略性布局;长管拖车的技术和产品最成熟,适用于市场开发初期和需求相对较小的场景;以当前LNG的经济运距极限约为2000公里为参考,考虑槽车的容积和体积能量密度,液氢的经济运距小于780公里,超过一定的经济运距要考虑现场制氢的方式解决用氢的问题。

在加氢环节,李怀恩表示,目前主要有固定式加氢站和全撬装式加氢站。他以中集安瑞

科在该领域的产品——站用储氢瓶组和氢气加注机为例说明,作为氢气储存产品的站用储氢瓶组,工作压力45MPa,设计压力50MPa,单瓶容积1040升,可按高中低压储气要求灵活组合,标准产品为9支瓶,水容积约9m<sup>3</sup>。目前已累计为国内加氢站提供45MPa储氢容器30座以上,累计出口美国、加拿大、韩国加氢站45MPa储氢容器200座以上。2018年,国家863项目国内首座70MPa加氢站项目顺利通过验收,87.5MPa缠绕大容积储氢容器,填补了国内

空白。

中集安瑞科的氢气加注设备——氢气加注机,则具备多方面优势:控制系统与整机均为IIC防爆,达到本质安全;加注过程智能自检,并与场站控制系统联动,保证整站安全;加注过程对车载瓶温度预测控制,保证车载瓶安全寿命;具有恒流充装和恒温充装模式,实现对车载瓶最大速率安全充装;通过对环境温度、车载瓶余压、气源等参数进行模糊计算,确定最大的SOC,提升有效行驶里程。

据李怀恩介绍,中国国际

海运集装箱(集团)股份有限公司(以下简称“中集集团”)是世界领先的关键物流装备和能源装备制造集团公司,在亚洲、北美、欧洲、澳洲等地区拥有300余家成员企业及3家上市公司,客户及销售网络分布在全球100多个国家和地区。

作为中集集团的子公司,中集安瑞科具有多年高压气体加气站的设计和建设经验,已经在全国发售了超过2000座CNG、LNG、L-CNG加气站产品,包括固定式、一体撬装式、车载可移动式,并出口泰国、新加坡、俄罗斯。

北京海德利森科技有限公司董事长巩宁峰:

## 促进加氢站安全需做好四件事

基于对加氢站安全的探索,巩宁峰指出,加氢站事故往往来自最易忽视的细节,例如微小泄露导致密封失效,引发更大的泄露。他强调让加氢站更安全需要做好四件事:深刻理解加氢站相关国家标准;始终坚持高标准建站,用实践来检验;选择更适合的技术路线,尤其是压缩机;坚持创新,掌握核心技术。

“氢脆性给加氢站安全带来的影响,需要引起行业的重视。”巩宁峰表示,氢进入金属材料后,局部氢浓度饱和时引起金属力学性能下降、诱发裂纹或产生滞后断裂,这种现象称为氢脆,主要发生在碳钢和低合金钢中。他介绍,氢在常温常压下不会对钢产生明显的腐蚀,但当温度超过300℃和压力高于30MPa时,氢脆发生的概率会大大增加。

在巩宁峰看来,站用储氢容器是加氢站的安全关键环节之一。临氢环境下,储氢容器的材料性能跟多种因素有关,包括应力、环境、材料和制造工艺,而且制造工艺对它影响非常明显,比如成型的工艺、热处理的条件、表面的质量。在复杂的影响情况下,需要弄清楚影响的机制,同时也要获得在多因素作用下和一些极端情况下的性能数据。此外,高压储氢技术在高压、深冷等极端环境下的材料性能数据需要加强。

巩宁峰表示,海德利森不断挑战高难度技术,始终坚持高标准建站。海德利森早在2008

年北京奥运会和2010年上海世博会时,就为氢能示范车辆提供加氢服务。2017年海德利森给日本丰田汽车在常熟建了中国第一座完全符合SAE J2601标准的70MPa加氢站,该站到目前也算是国内的最高水平;同年为上汽集团前瞻事业部建设了70MPa的加氢站。

同时,海德利森还选择和推动液驱活塞式压缩机在加氢站普及使用。该压缩机采用模块化设计,动力单元和氢气增压单元可以装在一起,也可以分开,根据现场场地布局组合,占地小,同时可实现一机多用。可以实现充车、倒罐等多种操作,满足用户各种不同需求,还可以带载频繁启停,对密封寿命无影响,适合中国工况环境,同时,也是真正意义上的节能。此外,该压缩机采用液压驱动,通过设定换向时间冲程次数,不需变频可实现变频调节效果,设备还可根据实际需求自动进行流量调节,节能环保。

“在20年的发展历程中,海德利森坚持独立自主的科研路径,不盲目崇拜权威,也不跟风追潮,始终把高压超高压流体技术作为立足之本。”巩宁峰表示,海德利森所有的产品和项目都紧紧围绕这个主题有层次地展开,通过大量的理论研究和实践论证,深耕应用领域,不断创新具有海德利森特色的行业解决方案,也形成了独特的竞争优势。

中国机械设备工程股份有限公司银川公司总经理廖阔:

## 绿氢是能源转型“关键角色”

廖阔指出,绿氢是指利用太阳能、风能等可再生能源发电,然后电解水制备得到的氢气,此方法从源头上实现了碳的零排放,是能源转型中的“关键角色”;而绿氢是将太阳能、风能等可再生能源转化为电能,然后电解水产生氢气,同时部分电能用于分离空气产生氮气,氢气与氮气发生化学反应反应得到的产物。

目前,发展已经较为成熟的港口和航线为绿氢的贸易提供了良好的物流基础,也使得氢作为能源载体进行大规模的生产、存储和运输成为未来发展方向。据廖阔介绍,由于绿氢作为燃料和化工原料在未来有巨大的发展潜力,目前国内外正在积极开发绿氢项目,大部分为规模较小的试点项目,预计产能为2万吨/年-6万吨/年。其中,大多数项目位于近年来大力发展氢经济的澳大利亚。

在氢气储运方面,廖阔表示,目前国内外的氢气运输多采用25MPa的管束车,需要通过压缩系统加压至45MPa进入储氢瓶组后通过优先顺序控制实现加氢,由于运输车辆的限制造成运输量有限、氢运输成本高、站运行成本高。国机集团结合科技部立项攻关的50MPa的运输装备,进行加氢站的工艺包开发,可以降低氢压机的工作负荷,部分加氢直接通过优先加氢控制系统进行,可以大幅度提高加氢站的运行能力,降低约40%电耗成本。据廖阔介绍,中集集团开发的产品具有可接收25MPa、30MPa和50MPa管束车的功能,通过自动控制实现系统的自动切换,将来应用50MPa管束车无需改造。

廖阔指出,中集集团的撬装式固定站方案将所有设备撬装集成在一个模块中,形成撬装

站的模块。建站速度快、占地面积小,投资节省,仅需提供电力供应;同时,加气规模较小,日加气量200kg/d,适用于车场新品试验或小型加氢站,内部设备的安全间距与现有的国标加氢站规范相违背,将在规范上突破。

“氢压机作为加氢站用高压氢气增压设备,其排量决定加氢站加氢能力,轴功率或电耗是影响加氢站运行能耗的关键因素,运行可靠性和寿命影响加氢站维护成本。”廖阔表示,当前,氢压机的性能参数主要在稳态、恒定工况下获取,主要为单点数值,而加氢站用氢压机运行在实时变化的工况下(进/排气压力、压比、排量和功率等均实时变化),需要进行系统性的综合性能和可靠性评估,为加氢站优化应用和氢压机正向开发提供基础平台和支撑数据。

据廖阔介绍,中集集团成立于1978年,是中国机械工业集团有限公司的核心子公司,也是中国第一家工贸公司。历经40多年的发展,中集集团已经成为业内知名的国际工程承包综合服务商、大型国际化综合性企业集团。作为改革开放的“同龄人”,中集集团一直走在中国机械工业对外开放的最前沿。

“中集集团高度重视与阿拉伯国家的业务往来。”廖阔表示,该公司在阿拉伯国家广泛布局,在“一带一路”的交汇点阿联酋设立了CMEC中东区域中心,在巴林、伊拉克、沙特等国均设有子公司及代表处,目前在手执行项目合同金额达数十亿美元,业务类型涵盖电力、房建、工业、新能源等多个行业。同时,中集集团将在我国西北市场开发第一个“绿氢”合成制取“绿氢”项目,“绿氢”产品将面向国际市场。

(本版稿件由实习记者吴昊整理)

在宁夏银川举办的第五届中国-阿拉伯国家博览会上,能源合作成为引人注目的亮点。

近年来,中阿能源合作逐步深化,电力、通信和工业园区等领域项目不断涌现,核能、航天、新能源等领域合作取得突破。如今,中阿能源企业合作的重点也已从传统能源更多转向低碳能源领域。氢能、储能、智能电网等新一代清洁低碳能源技术领域,将成为未来双方合作的新亮点。图为8月22日,观众在中国-阿拉伯国家博览会清洁能源与新材料展区参观。

新华社记者 冯开华 摄

