

# 石墨烯储氢能否走出实验室?

■本报记者 韩逸飞

怎样更好地储存、利用氢能是行业关注的重点。传统的氢气储运主要通过高压气态法或低温液态法实现,高压气态法对容器质量要求高,容易造成氢气泄漏,而且安全性低。低温液态法则需要将氢气冷却至零下200摄氏度以下,成本昂贵,经济性差导致适用范围小。

8月8日,西安交通大学电气学院张锦英教授团队开发了石墨烯界面纳米固相储氢材料,称以高活性轻金属氢化物为原材料,通过界面纳米固相非催化动力学调控机制,实现储氢材料安全、可控、稳定释氢。不过,业内也随之出现了不少质疑声。

## 最高储氢密度可达25%

由于氢气易燃易爆、密度小、极易扩散等特点,导致储氢技术仍然是氢能发展的瓶颈。

一般来说,传统的钢瓶储存属于常温高压气态储氢,对容器的高压耐受性有较严格的要求,因此钢瓶存储的体积比容量和质量比容量均较低,固态储氢方式的能量密度一般都会高过钢瓶存储,但也有原材料成本高、原材料“脆脆”导致复用性不佳等问题。

梧桐树投资经理李博洋认为,纯净的石墨烯虽然具有大比表面积,但其反应活性较低,不足以促进氢的离解和后续的吸附,因此,纯净

石墨烯的储氢性能有限。而张锦英教授的储氢方式为金属基石墨烯复合材料储氢,是在原有金属氢化物储氢的基础上,利用石墨烯表面金属修饰、杂原子掺杂等方法,实现了安全、稳定。

记者联系张锦英教授得知,该方法的石墨烯界面纳米固相结构能有效隔绝水氧,杜绝氢气自发泄漏,提高材料的储运安全性,避免了使用笨重的高压金属罐或者添加额外的保护装置来进行运输,极大地提高了材料便携性和系统储氢密度,其最高储氢密度能达到25%,超过了现有的所有储氢方式的储氢量。

一位不愿具名的氢能企业人士认为,张锦英教授的石墨烯界面纳米固相储氢材料,克服了稳定释放、低温释放氢气等难题。

简单来说,此项技术的原材料是高活性轻金属氧化物,通过非催化动力学调控机制建立起能够有效隔绝水氧,解决氢气自发泄漏,便携的石墨烯界面纳米固相结构,以实现储氢材料安全、稳定释放氢气。上述人士作出进一

李博洋告诉记者,在张锦英教授的方案中,石墨烯只是作为表面涂层材料,其实际质量和金属材料间仍有几个量级的差距。目前,工业上宏量制备大尺寸石墨烯的成本仍不乐观,但相比于目前在高端3C产品上应用的石墨烯导热片,储氢材料的石墨烯对其表面微观形貌要求较低,且一定程度的结构缺陷反而有利于储氢。

## 可解决低温困扰

步解释:“就是将石墨烯良好的包覆性能运用在氢能储存上面,通过控制对石墨烯的包覆,调节它的速度快慢,来达到有序地释放氢气。除此之外,石墨烯界面纳米固相储氢材料可以在低温环境中稳定工作。”

李博洋提出,石墨烯二维结构拥有热力学上的稳定性,对氢的吸附能力有限,金属基储氢材料的释气难点主要在金属氢化物上。带有石墨烯涂覆层的储

氢材料在释气速度上优于一般金属基储氢材料,同时,从低温释气的对照试验上也可以看出石墨烯表面结构对释气的动力学推动作用。

“张锦英教授的方法,对中、低温储氢材料释气速度作出了较大贡献,可以拓展燃料电池极端温度下的应用场景,其稳定高效的释气方式将继续推动燃料电池进行结构创新。”李博洋表示。

## 仍处于小试中试环节

“相信未来,随着石墨烯材料在下游市场应用条件成熟,将为其商业化规模化应用提供驱动力。”李博洋表示。

不过,也有多位专家提出了疑问——“这应该是20年后的技术,我个人认为氢气储运的技术路线还是应该多借鉴天然气”“张锦英教授的技术太前沿了,机理我不是很清楚,但是回想当年石墨

烯电池也曾一度引起了轰动”“核心的指标未显示,应该更加偏重于技术研究,估计还在研发的初级阶段,是否实现商业化推广,还需以后再看”……对此,张锦英教授表示,受资金影响,目前该项目技术仍处于小试中试环节,就现在的材料而言,如果不能形成一个闭环,价格偏高,但整体运行起来后,价格就会降下来。

# 电氢耦合助力构建新型电力系统

■ 闫华光 韩笑 康建东

加快发展氢能产业,是应对全球气候变化、实现碳达峰、碳中和目标、保障国家能源安全和实现经济社会高质量发展的战略选择。据中国氢能联盟预测,预计到2060年,氢能在终端能源消费中比重约为20%。

在技术、成本、政策等推动下,氢能作为连接可再生能源的纽带和电力储能介质成为可能,在以新能源为主体的新型电力系统中扮演着越来越重要的角色。

## 氢能在新型电力系统中的定位

随着可再生能源装机快速增长以及用户侧负荷的多样性变化,电网面临诸多问题与挑战。在碳中和目标下,氢能作为新兴零碳二次能源得到快速发展,为电力系统发展带来了难得的机遇。

一是利用可再生能源制氢,促进可再生能源消纳。我国可再生能源发展领先全球,水、风、光装机量均为世界第一,据国家能源局发布的2020年可再生能源并网运行情况可知,目前国内风电、光伏利用率分别为97%和98%,随着大规模可再生能源的快速发展,其运行消纳问题会进一步显现,利用可再生能源制氢可有效提升我国可再生能源消纳水平。

二是利用氢能特性,实现电能跨季节长周期大规模存储。电化学储能存在储能时间短,容量规模等级小等不足,目前主要用于电网调峰调频、平滑新能源出力波动性,实现小时级别的短周期响应与调节,而氢能具有储能容量大、储存时间长、清洁无污染等优点,能够在电化学储能不适用的场景发挥优势,在大容量长周期调节的场景中,氢能能在经济性上更具有竞争力。

三是利用氢能电站快速响应能力,为新型电力系统提供灵活调节手段。基于PEM(质子交换膜)的电解水制氢装备具有较宽的功率波动适应性,可实现输入功

率秒级、毫秒级响应,同时可适应10%—150%的宽功率输入,为电网提供调峰调频服务,提高电力系统安全性、可靠性、灵活性,是构建零碳电网和新型电力系统的重要手段。

四是推动跨领域多类型能源网络互联互通,拓展电能综合利用途径。氢能作为灵活高效的二次能源,在能源消费端可以利用电解槽和燃料电池,通过电氢转换,实现电力、供热、燃料等多种能源网络的互联互通和协同优化,推动分布式能源发展,提升终端能源利用效率。

## 电氢耦合的应用场景与分析

氢能在能源、交通、工业、建筑等领域具有广泛的应用前景,可以作为能源互联转化的重要媒介,推动能源清洁高效利用,实现大规模深度脱碳。氢能发展的初衷是解决低碳和生态环保等问题,可再生能源制氢是未来氢能发展的主要方向,将应用于新型电力系统“源、网、荷”各环节,呈现电氢耦合发展态势。

一是应用于电源侧。利用可再生能源绿色制氢技术,将风能、太阳能等可再生能源电力清洁高效地转换为氢能,推动氢能在电源侧与可再生能源耦合,促进大规模可再生能源消纳,提高可再生能源利用率。

二是应用于电网侧。利用氢能具有跨季节、长时间的储能特性,发挥氢能储能作用,可积极参与电网调峰调频辅助服务,提高电力系统安全性、可靠性、灵活性,实现能源跨地域和跨季节的能源优化配置。

三是应用于用户侧。通过氢燃料电池热电联供、区域电网调峰调频及建筑深度脱碳减排的应用,可扩展氢能在终端用能领域的应用范围和综合能源业务发展,推动冷-热-电-气多能融合互补,提升终端能源效率和低碳化水平。

通过分析源侧弃电制氢、网侧氢能、负荷侧利用特高压通道直接制氢三大

场景,可以看出,在源端利用富余风、光、水等可再生能源制氢,就地销售到市场上可获得较好收益,但是输氢成本较高,长距离输送到需求端不具备经济性;在网侧,氢储能站通过参与电网辅助服务和售氢收入,具备一定的经济性;从当前风电和光伏的整体建设上来看,西北地区具有丰富的风力和光伏资源,经济发达的东南地区是重要的用氢需求地,绿氢的输送通道和特高压输送通道基本重合,合理利用特高压通道长途输电,在负荷侧通过特高压通道直接制氢,在成熟的电力市场价格机制下,相比“源侧制氢+管道输氢”应用场景,“特高压输电+负荷侧制氢”在经济上更具有竞争力。

## 氢能在新型电力系统应用挑战及建议

氢能自身属性使其具备跨时间和空间灵活应用的潜力,在应对气候变化、全球能源转型的大背景下,国际上普遍认为氢能将成为未来能源的重要载体。

但是,受技术、经济性、标准化等因素的影响,氢能在新型电力系统中的应用仍面临诸多挑战:一是缺少电氢耦合的激励政策与电氢协同规划。氢能已被国家作为中长期科学和技术发展的重点研究

方向,也出台了诸多氢能产业发展的相关政策,氢能被明确纳入“新型储能”,但还有待进一步明确在新型电力系统中的定位,缺少相应的激励配套政策,氢能与电网规划缺乏跨领域协同;二是氢能装备部分零部件卡脖子问题和电氢耦合关键技术有待突破。核心材料催化剂、质子交换膜以及储氢材料的开发和生产企业较少,国内厂家的技术水平与国际先进水平有一定差距,需要鼓励国内自主技术的快速迭代和提升,同时氢能与电力系统耦合的关键技术研究较少,在氢能与电网规划、风光耦合的波动性制氢、适用于电力系统的高密度储氢、电氢耦合运行控制、氢能应用安全等方面还需进一步研究;三是绿氢生产成本较高,氢储

能的经济性尚未显现。当前可再生能源生产的绿氢价格比灰氢高两到三倍,电制氢与燃料电池效率还有待提升;四是电氢耦合标准体系有待完善。目前,可再生能源制氢、电力系统储氢、电氢耦合运行控制、氢燃料电池发电与热电联供方面标准体系还存在体系不健全甚至空白等问题,制约了氢能产业发展。

因技术瓶颈和经济性等原因,氢能当前还不具备大规模推广的条件,建议示范先行,随着技术的进步与产业的成熟,逐步推广,有序发展。针对电氢耦合产业发展存在的问题,建议从顶层设计、跨专业联合攻关、标准化工作、示范建设

加强布局。

一是加快推进电氢协同和顶层政策设计。建议氢能与新型电力系统建设相结合,针对电氢耦合发展,开展激励政策设计,进行应用引导和优化补贴;

二是加强跨专业联合攻关及产学研协同研究。建议加强跨领域跨产业联合攻关,突破关键技术和卡脖子技术。加强电氢基础研究,培育电氢耦合跨专业联合科研创新团队建设,从产、学、研、用多方位协同加速推动电氢耦合产业发展。

三是建立健全电氢耦合标准体系。从风光可再生能源制氢、氢能电站、电氢耦合运行控制等方向,推进能源电力领域电氢耦合的标准化工作,构建并进一步完善氢能与电网耦合领域的标准体系,促进氢能在电力系统应用工程的标准化建设和规范化管理。

四是加快典型示范工程建设。围绕绿氢生产基地,开展风光氢储试验和示范工程,提升可再生能源利用率;在新型电力系统建设的重点省市,建设氢能储能电站,参与电网灵活性调节;在国家氢能试点城市,重点在重卡、物流需求密集区,因地制宜建设分布式制氢和充电站融合综合能源服务站,开展电氢耦合技术的工程化示范,打造电氢耦合精品示范工程。

(作者均供职于中国电力科学研究院技术战略研究中心)

## 政策发布

### 国家能源局:

### 公开征集光伏消纳监测统计管理意见

本报讯 记者董祥报道:8月10日,国家能源局《光伏发电消纳监测统计管理办法(征求意见稿)》,提出光伏电站的数据采集和报送以单个光伏电站为单元,按照各级电网调度部门的相关要求提供基础数据和实时运行数据,前者包括光伏电站装机容量、逆变器型号与台数、逆变器效率、光伏组件型号与数量、光伏组件标准工况下的设备参数、样板逆变器选取与分布等;后者包括逆变器运行数据和状态、样板逆变器实时出力曲线,光伏电站并网点实际功率和气象监测数据。

电网企业需进行监测、归集、整理,开展光伏发电消纳指标统计相关工作,并以省级电网企业为单位报送可利用发电量、实际发电量、弃光电量、弃光率、利用率等数据。数据每月上报一次,且保留相关数据3年以上以备抽查。

国家能源局指出,出台办法是为提高光伏行业监测管理水平,进一步规范和完善光伏电站消纳利用指标统计工作,建立健全光伏发电消纳监测体系和信息发布制度。

### 甘肃省:

### “3+10+X”模式推进分布式光伏建设

本报讯 8月5日,甘肃省正式发布关于印发《甘肃省分布式光伏整县集中推进试点工作方案》,提出甘肃省分布式光伏整县推进试点涉及全省46个县(区),总装机容量308.6万千瓦。按照“一次规划、分批实施”原则,计划“十四五”时期全部建成并网发电。高台、永昌、通渭3县,于2021年先行开展前期工作,年底前开工建设,力争2022年全部建成并网发电。

《方案》要求按照“政府主导、市场化运作”的模式开展,根据地方意愿推动“一个企业建设一个县”等建设模式,鼓励具备实力的大型企业参与建设,提升试点工作成效。公共建筑屋顶安装比例超过60%,工商业房屋屋顶安装比例超过35%,农村居民屋顶安装比例超过30%。按照“3+10+X”框架开展分布式光伏整县集中推进试点工作,确定3个县整县推进试点,装机容量69.21万千瓦。(王淑娟)

