

以氢为媒 推动可再生能源高质量发展

——“第六届中国能源发展与创新论坛”与会者发言摘编



氢能本质上比现有的汽油、柴油、天然气更安全,但受制于氢在燃爆方面拥有的特性,产业链内必须小心处理氢的安全事件。未来,通过技术进步、采取快速检测、主动防护等机制将逐步消除氢安全担忧,最终实现所有人都可以用上“安全氢”。

近几年,国际上发生了一些氢

清华大学车辆与运载学院教授、科技冬奥氢能出行项目负责人杨福源:

让所有人都用上“安全氢”

能安全事故,引起了全球氢能产业的高度关注,但实际上有30%左右的氢安全事件是无损害的。根据统计,由管阀滤问题引发的氢安全事件占32%,储氢设备占16%,加氢设备占13%;在应用环节上,氢安全事件主要集中在氢气通路连接处,但也存在人为失误、设计缺陷、养护不足等13个潜在的风险点,都需要全产业链的重视。

在燃料电池汽车的全生命周期内,氢气的意外泄漏几乎是难以避免的,同时燃料电池汽车又恰好提供了强电环境,两者结合,会给人一种特别的担忧。既然泄漏难以避免,关键问题就变成泄漏量多少、是否集聚和是否点火,所以当下氢安全风险评估、氢

气泄漏燃爆机制及主动防护对于产业链用氢安全来说尤为重要。

在风险识别领域,大量的分析结果显示,氢气泄漏引发的射流火焰,以及燃爆造成的超压是最值得关注的意外事件。通过大量的风险场物理模型、泄漏播散的分布、泄漏燃烧等试验,总结风险和危害指标的管理措施,氢气的燃烧比其他燃料或电池的燃烧更易控,不发生爆燃和爆轰的氢气比其他燃料更安全。当前仍需要通过技术进步,彻底地解决风险问题。

对于氢气泄漏的解决方案,应采取三个类型的主动防护,才是氢能事故的有效解决方案。首先要保证事前本征安全,通过产品认证、测试评价等

手段,使得材料防温压氢脆、结构防应力集中、工艺防制造缺陷;其次做到事中主动安全,通过泄漏快速检测、风险预测预警和安全培训等手段,做到三防两严,即防泄漏、防集聚、防点火、严控气源品质、严格规程管理;最后为事后被动安全,通过应急处置,保证危害不扩大、责任可追究。

氢安全是全产业链的安全,不泄漏是事中安全的理想状态,但车用场景下泄漏几乎难以避免。同时,氢气泄漏扩散快的特性,在安全防护上既有利的一面,也有不利的一面。近场泄漏检测加主动防护,是全面提升氢安全的重要且有效的技术手段,将可能把氢安全级别从不伤人提升到无风险。



10亿吨标煤的规模,按照12亿千瓦的可再生能源发电推算,年平均发电量2500小时大致可以解决掉9亿吨标煤,剩下需要1000万吨绿氢来解决。而燃料电池等交通领域的利用,最多不会超过200万吨的消纳量,所以需要石油、化工、钢铁等行业的用绿氢取代煤制氢来解决减排的问题。

国家电投集团氢能科技发展有限公司首席技术官柴茂荣:

毫不动摇地坚持“绿氢”路线

习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话中提出了碳达峰碳中和的目标。可再生能源发电以及作为可再生能源消纳储能重要手段之一的电解水制氢技术,成为当前的热门话题。到2050年,我国氢能发展规模可能达到1亿吨绿氢规模,相当于能源总需求的12%左右,直接产生经济效益约3万亿元。

当前,我国氢能产业在基础材料、关键设备两方面仍然存在“卡脖子”的技术问题。在基础材料方面,目前市场上主流燃料电池用催化剂、质子膜及碳纸均为进口产品,国内产品性能及可靠性方面还有很大的差距;在关键设备方面,空压机、氢回流泵等系统设备,燃料电池制造装备中涂布用的

涂布头、自动化产线用的多轴机器人等关键设备也以进口为主。目前,国家电投氢能公司已实现了催化剂、质子膜、碳纸GDL、膜电极以及电堆组装的整套生产工艺和量产技术,产品质量指标基本和日本持平;攻克了钛双极板的材料、加工、冲压、焊接和表面处理等工艺并实现量产,成为继日本丰田后全球第二个掌握该技术的厂商;且正在利用央企平台的战略优势,联合国内有关厂家进行技术攻关,以期打通所有燃料电池产业链的“卡脖子”关键技术。

要毫不动摇地坚持绿氢路线。充分利用我国丰富的太阳能、风能资源,解决大规模制氢设备的制造问题;实现氢能核心技术自主可控;加速氢

能产业规模化;同时,还可以考虑设立氢能特区。

核心技术必须自主可控。目前无论是PEM制氢设备,还是燃料电池组件,或是加氢站设备,核心技术都控制在外国手里,导致价格高,难以推广。只有自己掌握了核心技术,才能把成本降下来。

未来,低碳绿色成为制氢技术的主要发展方向;氢气储运技术将注重开发更高效、易运输的氢载体材料,并加强氢能新型基础设施、氢能管道输送网络建设;而氢能应用将在提升现有质子交换膜燃料电池系统性能的同时探索灵活、高效的多能融合解决方案。

我国2030年碳达峰需要减少

兵器工业新技术推广研究所高工吕德龙:

关键材料领域将涌现大量商机

策陆续出台,氢能全产业链呈现加速发展趋势,商业化突破即将到来。以燃料电池汽车为例,燃料电池系统占整车成本约50%,电堆约占燃料电池系统成本的60%,核心材料膜电极占电堆成本的70%,而据预测燃料电池汽车产量由1000套提升至10万套时,下降空间超过燃料电池总成本的15%。因此,氢气与氢燃料电池已广泛应用在众多领域:包括交通领域,主要是汽车、船舶、轨道交通等;固定式发电领域,主要是作为建筑热电联供电源、微网电源和移动基地站的备用电源;还与数字化技术相结合,在深海装备、无人驾驶等领域中发挥重要作用。

氢能产业化发展进程加快。以京津冀为例,借助2022年冬奥会举办东风,正在打造低碳奥运专区,不仅在风

电和光电的开发利用方面取得了明显成效,在氢能的开发利用方面也走在了前列,已成为国内氢能生态建设最完善的地区之一,氢能产业呈现一体化发展趋势。张家口市氢能产业化发展同样取得成效,该市提出2035年累计产值目标1700亿元,打造成为国内一流的氢能城市;到2035年建成国际知名的氢能之都,打造零碳制氢与可再生能源发电协同互补发展的新模式,构建集中式和分布式可再生能源制氢并举的供应体系。张家口市海珀尔制氢厂,一期及加氢站项目已投入运营,年产氢量为1600吨,可满足600辆12米长公交车需求;二期完工后,年产氢量可达6000吨,能够满足京津冀地区2000台燃料电池大巴用氢需求,这意味着可以实现京津冀地区小批量燃

料电池汽车商业化推广。京津冀地区还启动加油站与加氢站混建项目,以油氢混建站推进加氢站建设工作。按照相关规划,2022年前形成16个区县加氢网络全覆盖。

尽管氢能产业一体化发展迅速,京津冀还需加快推进高压液态储氢、输氢、加氢等先进技术的规模化应用,推动氢气与天然气混合燃料大规模应用,适时开展光催化制氢等前沿技术示范应用,辐射带动周边地区氢能产业及氢能应用升级。制氢、储氢、运氢以及氢能下游应用均对关键材料提出极高要求,随着国内攻关技术不断突破,关键材料领域将涌现大量机遇,包括碳纤维复合材料、玄武岩纤维材料、超高分子量聚乙烯纤维材料、锰铜阻尼合金材料等。



工作组的秘书,支持开发了一套气候与环境风险评估工具(CERAT),为“一带一路”沿线投资项目提供风险预警、决策依据。同时,普华永道制定和持续更新“气候金融分类标准”指导业务,挖掘绿色行业的细分机遇。金融创新不仅是金融创新产品,也是通过管理和风险的措施去引导,通过这样的方式提升投资人对环境风险管控,也让投资人收益测算有所调整。

普华永道思略特管理咨询(上海)有限公司业务总监吴倩:

绿色金融发展呈现五大趋势

全球可持续及绿色金融发展呈现融资需求加大、标准提升吸引力、碳交易覆盖面扩大、ESG投资主流化、信息管理水平提升等五大趋势。

碳中和目标将加速全球低碳转型进程,扩大融资缺口。2020年~2050年,中国零碳转型投资需求约70万亿元,预计中国财政资源只能满足10%~15%的绿色投资需求,即融资缺口达到60万亿元以上,需要私营部门各类资本广泛参与。

全球CCS研究中心数据显示,目前全球已建成107个CCS装置,其中65个为商业项目。目前在科研和示范项目中,政府引导资金起到了巨大作用。由于CCS跨越多个产业链条,包括补充、运输和封存,所以更加要求项目减少产业链整合的失效和风险。

作为行之有效的控排工具,占全球GDP 42%的地区正在使用碳交易机制,过去10年,全球碳价格均呈现先降后升的态势。2021年中国全面启动碳市场,碳市场将主要覆盖发电、石化、建材、钢铁、有色、造纸、航空等八大重点排放行业。预计2030年,交易量将达到8亿吨,平均碳价为40元/吨~50元/吨,市场规模可达320亿元~400亿元。

近年来,绿色债券市场发展迅速,已成为绿色项目融资的主要手段。2020年,中国绿色信贷余额达到12万亿元。值得注意的是,中国发行绿债中不符合国际绿债定义占比下降,逐渐向国际标准靠拢,市场透明度显著提高。在全球经济不景气的状态下,中国绿色投资区域旺盛,说明绿色标准更加明确、更加专业,投资人的兴趣也会更高。

大量市场测算证明,更关注绿色、更关注全面ESG指标被投的主体,长期来看收益更为稳定,绿色投资回报平均20%,远高于市场平均水平。长期来看,ESG表现好的企业股票收益更高。相对于市场整体,自2016年以来流入ESG相关的投资产品稳步上升。从投资人的角度,现在已经把ESG作为新的评价维度,影响价值和风险,ESG投资逐渐成为主流。

信息收集和披露工作仍在初期阶段,需要建立全面的包括行业、企业、项目等数据管理体系,通过技术手段、专业分析为绿色投融资提供服务。

普华永道于2019年承诺100%清洁能源电力使用,并于2020年承诺2030年达到碳中和目标。在“一带一路”绿色投资原则中,普华永道作为该

恩泽基金总经理周雨萱:

将围绕电氢产业链构建生态圈

面对全球能源产业的变革,中国石化的战略目标是成为综合能源服务提供商,提供移动能源解决方案,布局思路是围绕产业链构建生态圈,打造H链H圈和E链E圈。围绕电动汽车产业链构建能源服务的生态圈,围绕动力电池上游材料、电池资产运营展开布局。沿着氢能供应链布局电力水制氢、氢储能、燃料电池电堆及上游储能材料等。

所谓E链E圈,就是重点布局动力电池为主线的电动汽车产业链,围绕电池全生命周期,从上游的核心材料一直到电池运营和大数据管理、电池梯次利用、电池回收进行有重点的布局;而H链H圈,锁定的是成为中国第一大氢能公司目标,加快推动氢源由灰氢向蓝氢绿氢转变,重点布局燃料电池汽车产业链和氢能经济的生态圈。以燃料电池作为切入点,向电池上下游进行延伸,寻找电极、材料、催化剂等原材料领域的优质项目,同时布局储氢和运氢的关键技术,包括储氢材料、储氢技术、关键设备、高压液化回收技术和相关材料,重点布局电解水制氢技术和加氢站整体解决方案,加氢站将成为加油、加氢、换电为一体的综合能源补给站。

氢能的发展必须具备三大要素,缺一不可:首先供应链就是氢气的制、储、运、加;其次是应用场景,只有和应用场景相结合才能使产业链真正运转起来;最后是资金和资源,因为资金和资源对于一个尚在早期阶段的行业来讲是至关重要的,尤其是氢能作为一种能源,无论是投资还是发展都需要大量的资本作为支撑。只有三大要素协调发展才能形成健康的良性



循环,打破鸡生蛋和蛋生鸡的逻辑困局。

中国石化集团公司是氢能领域重要优势的产业资源方。作为中国最大的炼化企业,拥有仅次于国家能源集团的制氢产能,2020年的氢气产量达到350万吨,占到全国氢气产量的14%左右;在全国拥有3.1万座加油站,其中大部分具备改装成油氢混合站的条件,能够形成强大的制氢终端网络体系;在制氢和用氢端具有地理区位优势,中国石化若干千万级别的炼厂都是位于东部沿海区域,所以交通便利、基础设施完善,氢气在运输和使用效率上都具备比较强的优势;基于氢气作为化工原料的需求,中国石化每年自己的工业副产氢除了自给自足外还要大量外购氢气,是氢气的终端大户。

恩泽基金利用中国石化供应链上的优势,以及资金端上的优势,布局了一些项目,2019年7月,在广东佛山南海建成国内首座油氢合建站;2019年9月,入资上海重塑能源科技有限公司;2021年上半年,将设立合资公司在中国落地绿氢技术。

华能集团清洁能源技术研究院氢能技术部任志博:

非并网可再生能源制氢是重要技术方向

随着发电成本的降低、制氢设备制造成本的下降、技术水平的提高,可再生能源电解水生产“绿氢”的成本将逐渐降低,并形成足够的市场竞争力,非并网可再生能源电解制氢将是重要的技术方向之一。

当前氢能开发与利用被视为新一轮世界能源技术变革的重要方向,而“绿氢”是产业发展的必然选择,但目前受困于高成本等因素制约,行业整体还处于早期启蒙阶段,未能实现大规模应用。随着风电、光伏开发利用规模的增大,度电成本预期保持降低趋势,电解制氢的成本存在进一步下降的空间。

与此同时,电解制氢投资成本也将随着产业规模扩大和电解槽国产化加速下降。IEA预测,到2030年碱性电解水制氢的投资成本将由目前的500USD/kW~1400 USD/kW降低至400 USD/kW~850 USD/kW,降低幅度达到20%~40%,到2050年降低幅度达到50%~60%,同时PEM电解水制氢投资成本到2050年将会降低至与碱性电解水制氢接近。我国在碱性电解水制氢领域有技术优势和制造成本优势,相关项目将率先达到目标的成本区间。

在可再生能源电解制氢技术方面,非并网可再生能源电解制氢是重要的技术方向,将制氢系统直接接入风电场、光伏电站,能够通过调节负荷消纳可再生能源波动,实现非并网风电制氢,并实现更为稳定的电能输出。制氢系统可实现现在30%~105%负荷区间内消纳波动性风电;同时,通过热停车短时间保持待机状态,为应对间歇性提供了潜在解决方案。

非并网风电直接电解制氢模式下,制氢设备、控制系统、多环节耦



合等方面的技术问题尚待探索解决,例如,动态运行对氢气品质会产生一定影响,负荷波动影响制氢系统温度和能耗。未来,应进一步提升电解槽部件性能,优化压力、液位控制,拓宽制氢系统波动区间,通过关键设备和材料开发、强化系统智能控制策略可以实现节能降耗。

2019年10月,华能清能院已在华能洮北风电场建立了50m³/h集成式碱性水电解制氢系统,这是目前国内已投运的制氢功率最大的风电制氢示范项目,在升压、入网前,利用波动、间歇性风电完成超过5个月可再生能源动态电解制氢示范。

未来,华能集团将依据各地的产业特点,开展差异化的氢能项目开发,围绕大规模可再生能源基地建设,将氢能技术与“风光煤电输用”“源网荷储”一体化大型清洁能源项目有机结合,因地制宜地开发和利用氢能。华能集团还将利用“氢能+CCUS”等技术手段,在钢铁、水泥、煤化工等领域打造先进的低碳循环工业体系,加快能源消费领域电气化进程,助力实现碳达峰碳中和。