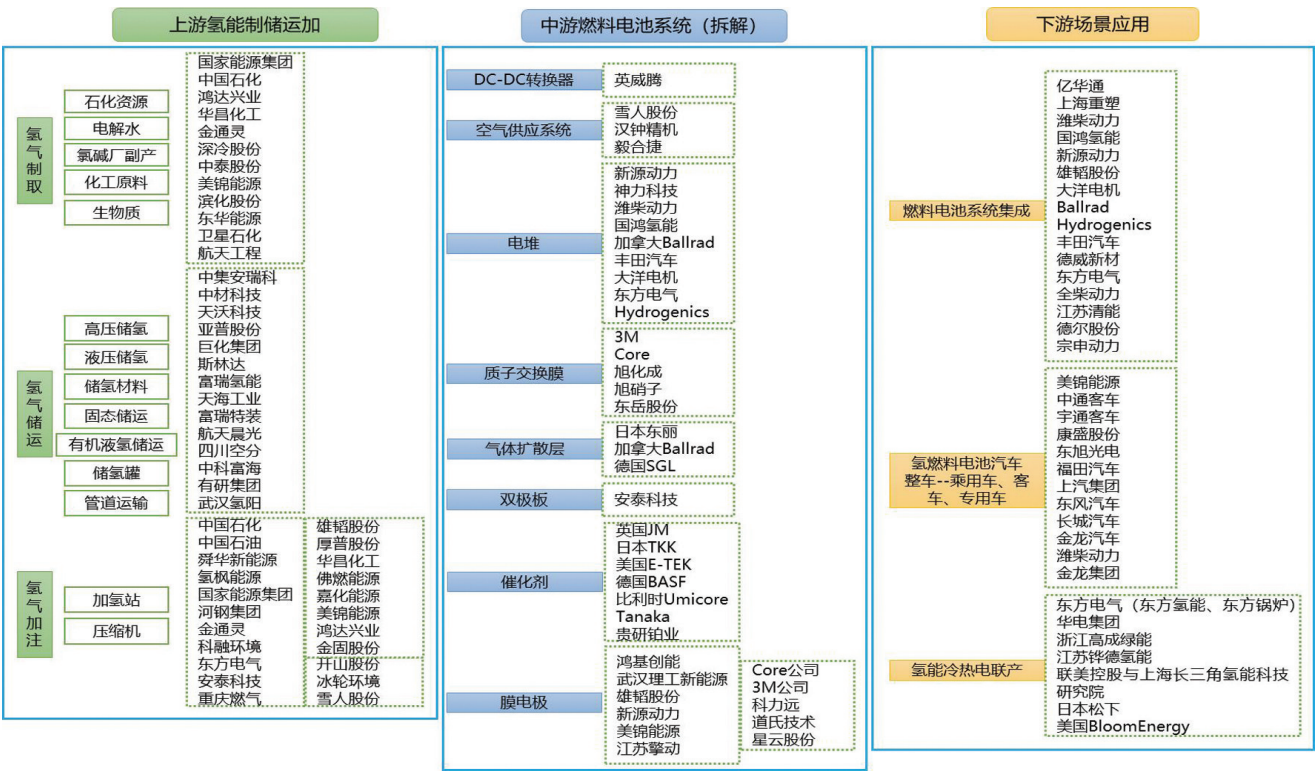


实现碳达峰、碳中和目标重要绿色能源发展方向之一

# 氢能产业解析与发展趋势

北大科技园创新研究院 杨帅

氢能产业链图谱



由于政策的驱动与引导,我国氢能已逐步建立起制储运加用等重点环节较完整的产业链,初步具备了规模化发展的基础,但同时氢能产业仍面临着核心技术、关键零部件依赖进口,产业配套能力不足等问题。因此,需厘清氢能管理体制机制,改变“九龙治水”“多点掣肘”局面,从战略、顶层设计与法治层面强化产业链补链、强链,持续增加研发经费投入,深耕核心技术、坚持自主创新,同时通过资本运作助力国内产业发展壮大。

作为实现碳达峰、碳中和目标重要绿色能源发展的方向之一,国内氢能发展热度日益高涨。统计信息显示,目前全国已有 20 多个省份 40 多个地级市发布氢能规划,其规划产业规模超过万亿元;众多央企和上市公司也竞相布局氢能发展。与此同时,作为新兴产业,氢能面临制储运加等环节核心技术欠缺和成本较高,标准体系不成熟、产业链和配套设施不完善等问题,需要从完善政策、明确标准、突破关键核心技术与重要设备材料自主创新研发、引导资本投入等方面不断发力解决。

## 一、我国氢能产业概况

1. 政策驱动效应凸显,重点区域示范叠加央企入场加速推动氢能产业

“十三五”时期是氢能产业起步加速期,国家层面相继出台了多项战略规划与政策,包括《国家创新驱动发展战略纲要》《“十三五”国家科技创新规划》《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》《能源技术革命创新行动计划(2016-2030 年)》等,明确了氢能产业的发展目标、路径与保障举措。2020 年,《中华人民共和国能源法(征求意见稿)》《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》《新能源汽车产业发展规划(2021-2035 年)》,以及《新时代的中国能源发展》白皮书等相继发布,产业政策导向更精准、更强调发挥市场作用。此外,随着国家燃料电池汽车示范城市群项目启动,加之各省都在“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要中明确氢能发展建设,由此氢能产业发展将全面提速。

2017 年以来,我国氢能已逐步建立起制储运加用等重点环节较完整的产业链,初步具备了规模化发展的基础。京津冀、长三角、珠三角、成渝、山东及环武汉等地区先发优势明显,示范带动作用和对优势企业的吸引力不断增强,集聚效应初步显现。我国能源中央企业纷纷布局氢能业务,依托自身技术基础和资源优势,积极创新发展模式,推动与地方政府及相关企业在氢能领域开展战略合作,迅速成为我国氢能产业加快发展的重要力量。《中国氢能及燃料电池产业白皮书 2020》显示,我国氢气年产能约 4100 万吨,产量约 3342 万吨,是世界第一产氢国。

2. 技术自主创新取得突破,进口替代成效显著

氢气制储运加环节:制氢方面,我国大型煤制氢、天然气制氢技术及装备世

界领先;碱性电解槽技术并跑国际先进水平;质子交换膜电解槽(PEM)技术进步较大,但仍跟跑国际先进水平;固体氧化物电解池(SOEC)技术处于实验验证阶段。车载储氢容器方面,我国三型瓶技术成熟并实现全国产化,四型瓶初步具备量产水平。储运方面,我国仍以 20MPa 压缩氢气运输为主,液氢、固态储氢、50MPa 压缩气体运输技术及装备取得显著进步,但与国际一流水平差距明显;98MPa 固定储氢容器和 45MPa(含以上)固定储氢瓶组性能指标基本达到国际先进水平。加氢站技术及装备方面,45MPa 隔膜式和液驱式氢气压缩机已具备产业化能力;90MPa 氢气压缩机核心技术取得突破;加氢机整机开发实现国产化,但阀门、流量计等关键部件仍依赖进口。

燃料电池及零部件环节:关键材料方面,近几年技术有所突破,但整体水平对比世界先进仍有较大差距,产品对外依赖度较大。质子交换膜和气体扩散层(碳纸)技术水平显著提升,但产业化仍有待突破;催化剂已实现量产,但仍跟跑国际先进水平。核心零部件方面,膜电极、空压机、双极板等国产化进展迅速,正在快速缩小与国际先进水平的差距,2020 年成本同比降幅达 30%以上;电堆与系统集成技术水平与国际并跑,并向高功率、高集成、低成本方向发展。氢气循环泵总体处于跟跑状态,但国内企业积极推动技术攻关,已取得一定进展。固体氧化物燃料电池(SOFC)方面,我国拥有全球最大的陶瓷电解质膜片供应商,5kW 级 SOFC 电堆及系统已开发成功。

3. 终端应用场景趋于丰富,推广已具规模

交通运输领域:城市公交和物流车仍是目前最主要的燃料电池终端产品,续航能力在 300-500 公里;国内已有企业陆续推出燃料电池乘用车、重卡、应急电源车等。燃料电池船舶方面,我国已推出拥有自主知识产权的船用燃料电池系统。我国逐渐探索出一条以商用车为主的中国特色燃料电池汽车推广路径。2016-2019 年,我国燃料电池汽车产销量稳步上升;2020 年受疫情影响产销量同比有所下降,前 11 个月产销量分别为 935 辆和 948 辆。截至目前,我国燃料电池汽车保有量约 7200 辆,以中型货车和大中型客车为主,累计运营里程接近 1 亿公里;上海、深圳和佛山投放车辆均超过千辆。

冷热电联产领域:2021 年上半年

以来,国内对氢能在热电联产领域的探索,已经开始向示范应用阶段迈进,东方电气、高成绿能、铎德氢能等多家企业都已成功交付了燃料电池热电联产示范项目。由东方电气集团有限公司旗下全资子公司东方电气(成都)氢燃料电池科技有限公司自主研发的 100kW 级商用氢燃料电池冷热电联产系统,发电效率大于 52%,热电联产总效率超过 90%,支持离网并网、孤岛运行和黑启动,同时对外提供 65℃ 热水。相比于此,国内更多公司均在进行小功率的热电联产尝试。由浙江高成绿能科技有限公司(“高成绿能”)自主研发生产的 20kW 燃料电池热电联产系统成功交付到嘉兴红船基地“零碳”智慧园区。该系统是一种基于燃料电池开发的新型零排放热电联供电站系统,包含电解水制氢模块、储氢模块、燃料电池发电模块、余热回收模块、直流配电模块和控制模块,可大规模应用于储能侧,用作循环发电电源和调峰电源,并为用户提供热水或暖气。

## 二、氢能产业链解析

氢能在全球能源转型、实现碳中和过程中,承担着不可替代的重要角色。从目前全球能源发展状况看,未来化石能源、新能源及氢能二次能源互联互通的格局,将成为一种长期状态。以氢能为基础发展的产业链,涵盖以下几方面。

上游产业:氢气的生产与供应,涉及氢气制取(包括化石燃料制取、工业副产、可再生能源电解水等)、氢气储运(包括储氢瓶、管道运氢、液氢槽车等)、加氢站建造与运营。

中游产业:燃料电池及核心零部件,涉及燃料电池核心零部件(包括双极板、膜电极、质子交换膜、气体扩散层、催化剂等)、电堆、系统的研发、生产与销售。

下游产业:燃料电池及氢气的应用,主要涉及燃料电池新能源汽车、不

间断电源(UPS)、工业及建筑领域用氢等,以及贯穿其中的材料、设备及服务等内容。氢能产业链中,制氢技术、基础设施如加氢站建设、燃料电池研发与制造,是氢能产业发展的基础与核心。

## 三、氢能产业特征

从全球格局看,技术储备方面,日本专利第一,是产业技术的掌握者。我国虽然基础研究领跑,但是应用技术不足,产业链的核心掌控能力不强。全球主要国家的氢能战略侧重点各有不同,日韩重应用,欧洲推基建,我国以能源转型、战略性新兴产业为核心,侧重科技创新和下游应用的推动。

从国内发展阶段看,政策方向已由燃料电池车购置补贴、下游市场,向基础设施、关键零部件、运营服务等供给端倾斜,如氢能汽车的十城千辆示范行动,强调技术攻关区域合作和示范应用;发展基础方面,作为世界最大产氢国、商用车最大应用地,装备和储氢材料的制造基础雄厚,已经成立了产业创新联盟,具备产业化加速基础;区域布局方面,环渤海创新发力,重点做绿氢制备及关键零部件及技术研发,长三角领跑燃料电池车的研发和示范,珠三角加氢网络建设最成熟、氢能和燃料电池示范显著,川渝地区是可再生能源及电池电堆研发的重要地区,中部地区重点突破电池重要零部件及客车的大规模示范。

从市场前景看,供给方面,氢能在全球未来的能源供给体系中约占 18%,在我国未来终端能源体系中占比达 10%,氢能供给结构将从以化石能源的非低碳氢逐步过渡到以可再生能源为主的清洁氢;需求方面,我国规划到 2025 年,燃料电池汽车保有量达到 10 万辆;到 2035 年,燃料电池车将达到 130 万辆,下游相关产品的市场也将打开。到 2050 年,氢气需求量将接近 6000 万吨,氢能在我国终端能源体系中占比超过 10%;到 2060 年,我国氢气的年需求量将增至 1.3 亿吨左右,在终端能源消费

中占比约 20%。

## 四、氢能产业竞争格局

近几年,全球气候异常,促使实现碳中和成为全世界最紧迫的任务之一。欧盟、日本和韩国及其他 110 多个国家和地区,已承诺到 2050 年实现碳中和。我国承诺到 2060 年实现碳中和。

先进国家地区相继更新氢能战略。2020 年 7 月,“欧盟氢战略”出台,计划未来 10 年内向氢能产业投入 5750 亿欧元。2020 年 12 月,美国能源部发布《氢能项目计划》,将协同所有能源部门致力于氢能全产业链的技术研发,并加大示范和部署力度,以期实现产业规模化,到 2050 年,美国本土氢能需求将增至 4100 万吨/年,占未来能源消费总量的 14%。2021 年 10 月,韩国政府公布了旨在发展氢能产业的“氢能领先国家愿景”,争取到 2030 年构建产能达 100 万吨的清洁氢能生产体系,并将清洁氢能比重升至 50%,主导全球氢能市场;2050 年达到 500 万吨,并将氢气自给率升至 50%。

主要国家在氢能产业技术储备上各有不同。在产业链上游制氢环节,日本和美国专利申请趋势较接近,2000 年后专利数量开始上升,2005 年日本专利数量达到最高点,之后缓慢下降,近 5 年下降明显,美国在 2010 年专利数量开始下降;我国制氢技术专利申请较晚,2005 年以后才逐渐有所增长,2010 年后突飞猛进,2016 年后专利数量超过美日韩德 4 个国家之和;相比之下,德国和韩国制氢专利数量变化一直比较平稳,且数量偏少。在储运氢技术方面,上述 5 个国家在储运氢技术上投入研发较早。在下游的主要应用质子交换膜燃料电池方面,日本自 20 世纪 70 年代开始申请专利,2000 年后迅速增长,2004 年达到最高点 1480 项,此后开始缓慢下降,其他 4 个国家在质子交换膜技术领域专利数量变化不大,我国近 5 年虽有所增长,但年度最大申请数量未超过 500 项。

## 五、我国氢能产业进入壁垒

1. 核心技术、关键零部件受限,依赖进口

目前我国氢能产业发展面临严重制约,一是日韩韩等发达国家的专利壁垒。二是核心技术方面,典型的是电堆,相关制造成本较高,产品成熟度不够,规模化生产弱;部分关键零部件及核心设备仍然依赖进口,比如碳纸、膜电极、质子交换膜、储氢罐等,国产能力较弱;

2. 产业配套能力不足,主要环节成本偏高

一是氢能在政府层面的管理体制机制中尚不明确。我国加氢站等基础设施建设仍然面临体制机制掣肘,“十三五”时期运动式发展,使得加氢站在数量上快速

跃居世界第二,但相对实际需求如成本、加氢能力等方面仍有较大差距。

二是主要环节成本明显偏高。首先在制氢环节,目前以化石燃料为主,电解水制氢成本依然处在高位,我国终端氢加注成本普遍在 50-80 元/千克,相比燃油成本明显偏高;其次是储运环节,液体运输、管道长输是氢能能够商业化推广的前提条件,受技术与材料问题制约,目前较广泛应用的气态储氢集中在 35MPa 和 70MPa 两种压等级,能量密度不高,无法满足未来“井喷”式需求;在中游燃料电池系统、上游的零部件及材料等环节中,电堆系统是价值量最大的环节,还有催化剂、隔膜、碳纸、空压机、氢气循环泵等,目前我国还处于国产化发展的早期,一些关键材料和核心技术未来仍依赖进口,中游的电池系统组装和下游的应用已有规模化应用示范。

## 六、我国氢能产业发展方向

在我国,围绕氢能产业上下游重点环节,以及全产业链的核心技术突破与关键零部件的国产化替代,是未来产业布局的重要方向。

一是绿氢成为未来制氢重点。在技术进步、政策指引和行业企业社会责任意识的多重作用下,绿氢制备的固定和非固定成本均有望下降,使绿氢能赶超灰氢的经济优势。预计到 2030 年,我国绿氢市场规模将增长近 30 倍,绿氢的占比也将从 2019 年的 1%提高到 2030 年的 10%。绿氢的增长主要来自于交通领域,源于氢燃料电池车的大面积推广使用,其次是工业领域和能源领域。

二是降成本、强性能、扩应用,成为产业与技术目标。通过加强基础技术、应用研发,示范项目验证,制定相关战略规划标准,降低全产业链成本、消除行业发展壁垒、聚合多种氢能供应、挖掘氢能新应用、开发氢能综合应用系统,是产业与技术未来主要方向。

三是“需求+资本”推拉成为产业技术加速发展的引擎。政府积极引导、包含大型央企在内的各类社会资本进入储运加氢、燃料电池等高技术含量、资本密集的环节,将推动各项关键尖端技术的喷涌。

## 七、对我国氢能发展的几点建议

笔者认为,对政府而言,一是厘清氢能管理体制机制,改变“九龙治水”“多点掣肘”的局面,从法治、战略、顶层设计层面破除产业链制约因素,形成政府引导、资本与全社会合力推进的有力格局;二是从科技创新与市场规范方面,集中支持技术创新与成果转化,适时出台相关技术标准规范与监管体系,避免资源浪费和无序扩张;三是聚焦市场无法解决的重点环节,发挥体制机制优势和国资引导撬动作用,突破“卡脖子”环节,与市场相辅相成,共同抢占全球氢能产业发展主导地位与尖端技术制高点。

对企业而言,一是持续增加研发投入,深耕核心技术、坚持自主创新,一方面通过资本运作并购海内外产业链相关企业,补充增强产业链,提升话语权与品牌力;另一方面,建立特色保障体系,吸引国内外一流学科高端人才,构筑强大人才梯队,集中突破关键技术,如上游的光伏、风能发电和输配电设备与解决方案,致力于清洁电力生产,中游的高效质子交换膜电解水技术及碳捕获配套技术,下游的电制燃料与化石燃料混合使用的过渡解决方案等。二是加强与高校、科研院所合作,通过资金、空间、设备、人才等的互动耦合,构建创新生态。三是注重开放合作,积极开展行业示范应用交流学习,用心培育上下游供应链,做好国产替代备份。

对投资机构而言,一是深入研究氢能产业链,创新链发展动态,多方探索、增强一手商业情报快速获取能力,争取掌握先机;二是识别响应国内实际需求,聚焦关键核心技术领域,挖掘创新创业团队;三是围绕产业链薄弱环节,通过资本运作助力国内产业链补全增强,投资自主创新与国产替代,获得市场规模溢价。

