

中国氢能产业发展的特点、问题与定位

早在上世纪90年代中期,氢就作为“提供脱碳,可持续能源系统必不可少的元素”而被寄予厚望,但此后二十年的发展进程远远低于人们的期望。2015年,根据《巴黎协定》设定的1.5温控和净零排放目标,2030年前全球目前年均约12%的脱碳速度需要提高五倍方可实现。由于交通运输和工业领域脱碳的复杂性和难度,仅靠可再生能源远不能满足CO₂或温室气体净零排放的“脱碳”要求,氢能由于具备来源多样、清洁低碳、安全、灵活高效、应用场景丰富等特点再次受到重视,被视为未来十年替代碳氢化合物,应对气候变化的关键要素。

近年来,氢能因其在能源转型和工业脱碳中重要作用日益受到关注,但氢能作为一个“产业”在各国都处于初步发展阶段。本文主要探讨我国氢能产业发展的现状与特点、存在的问题以及相关发展建议。

一、我国氢能产业发展现状与特点

氢能产业,无论从氢的制造、运输和储存,还是氢作为能源利用方面都还处于萌芽状态的产业。目前,我国氢能产业发展表现出如下三个特点。

1.我国氢气产业基础较好,为氢能产业发展创造良好条件

我国存在着一个以化石能源制氢和工业副产氢回收的生产和非能源利用的“氢气产业”,并且这一产业已经有相当规模。据中国煤炭工业协会数据统计,2012-2020年,中国氢气产量整体呈稳步增长趋势,中国氢气年产量从1600万吨增加到2500万吨,是世界第一大产氢国家。其中,中国石化和国家能源集团是国内氢气产量最大的两家企业。2020年,中国石化氢气年生产量达350万吨,占全国氢气产量的14%;国家能源集团年生产400万吨的氢气,占总体产量的16%。此外,2020年,我国金属储氢材料产销量已超过日本,成为世界最大储氢材料产销国。

与“氢气”产业相比,我国“氢能”产业发展还处于初级阶段。目前的2500万吨氢气产量中,仅有1%左右作为能源使用,但我国氢气产量和储氢材料产销量世界第一,为我国氢能技术开发利用和氢能产业发展创造了有利条件,主要表现在:

第一,我国氢燃料电池车产销量及加氢站数量居世界前列。与电动汽车相比,全球氢燃料电池汽车产业发展还处于萌芽状态。根据中国汽车工业协会提供的数据,2020年,全球共销售氢燃料电池汽车9006台。其中韩国是全球最大的氢燃料电池汽车销售市场,销量为5823台;中国则是全球第二大氢燃料电池汽车销售市场,销量为1177台。截止2020年底,中国的氢燃料电池汽车保有量仅次于韩国和美国,居全球第三。其中韩国是全球唯一氢燃料电池汽车保有量超过一万辆的国家。从氢燃料电池汽车的加氢站数量看,2020年,日、德、中三个国家加氢站共有311座,占全球总数的56%。其中中国加氢站为69座,居全球第三。

第二,氢能源作为技术密集型行业,有着极高的技术要求。尽管我国氢能产业链的一些关键技术与国际先进水平还有差距,但近年来我国氢能利用技术研发能力有了相当提高。

早期,我国氢能源相关技术专利的研发较为缓慢,专利年申请量不足百件。自2015年开始,国内氢能源专利申请数量迅速攀升。根据知识产权产业媒体IPR daily与incoPat创新指数研究中心联合发布“2020上半年全球氢能产业发明专利排行榜(TOP100)”,入榜的全球前100名企业中,中国石化的氢能产业发明专利申请数量以434件专利位列第一,远高于其他企业。入榜的前100名企业主要来自13个国家和地区,中国占比45%,日本占比15%,美国占比13%,德国占比7%;英国和韩国各占比4%,法国占比3%,沙特阿拉伯、瑞士和芬兰各占比2%,挪威、丹麦和荷兰各占比1%。

为推进氢能技术发展及产业化,2018-2020年,国家重点研发计划启动实施“可再生能源与氢能技术”重点专项。其中,科技部通过“可再生能源与氢能技术”重点专项部署了27个氢能研发项目,研发经费投入约5亿元。从重点转向分布的产业链环节来看,下游应用是氢能源2018-2020年研发任务的重点,其次是制氢和储氢技术。在2018-2020年的国家重点研发项目中,燃料电池技术类有14个,占总项目的51.9%;制氢

技术类5个,占比18.5%;储氢技术类6个,占比22.2%;加氢站技术类2个,占比7.4%。2021年,科技部更加重视重点专项研发项目分布的均衡性。在2021年2月1日发布的《关于对十四五国家重点研发计划氢能技术等18个重点专项2021年度项目申报指南征求意见的通知》中,重点专项研发项目在燃料电池技术类、制氢技术类和储氢技术类的分布比例分别为32%、32%和32%。

2.我国氢能产业发展的政策框架进一步完善

2006年,国务院发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》所确定的发展重点中,“氢能及燃料电池技术”被列为国家重点发展的一种先进能源技术。不过这主要停留在科学研究层面,直到2012年国务院发布的《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020年)》和2014年国务院办公厅发布的《能源发展战略行动(2014-2020年)》,国家正式将“氢能与燃料电池”作为能源科技创新战略方向。

3.各地氢能产业发展以燃料电池汽车为主导方向

除了国家层面的战略重视之外,全国31个省市自治区均发布了氢能产业发展的相关政策。有的地方是在各省的《国民经济和社会发展规划(2015-2020年)》这样的综合性政策规划文件中对氢能发展做出了部署和规划,如安徽、湖南、云南、黑龙江、陕西等省;有的地方则在综合性做出规划文件之外,发布了专门的氢能源相关政策或规划,如北京、山东、河北、天津、四川、浙江、宁夏等省市;一些省市则通过氢燃料汽车等相关政策规划发布氢能源产业建设目标。

值得注意的是,几乎所有发布专门氢能产业政策的省市都把氢能产业发展的主导方向和重点放在了燃料电池汽车及其产业链的发展方面,尽管氢能发展目前在全球范围受到高度重视的关键不在于陆地交通,而是因为氢能能在一些“脱碳”难度大的工业部门所体现出的独特优势。

从主要省市的氢能产业发展规划所制定的目标,可以清晰地看出,R料电池汽车及其产业链是各地发展氢能的主要,甚至是唯一选择。表2中列举的13个省市自治区中,除了宁夏以外,其余省市自治区的氢能产业规划都具体化为氢燃料电池车汽车的生产或推广目标,其中还有两个省(山东和浙江)规划了氢燃料电池发动机产品目标。对于氢能在其他领域的应用则没有涉及。

二、我国氢能产业发展当前存在的问题

在我国当前的氢能利用的技术、材料和设备制造水平下,各地纷纷大规模鼓励氢能产业发展的政策已经初步带来了一些不利的影响,突出的问题有三个。

1.我国制氢原料以化石能源为主导,CO₂排放量压力大

中国是世界第一产氢大国,2020年全国氢气产量约2500万吨。这些氢气基本是作为工业原料,作为能源使用的“氢”微乎其微。从制氢的原料及方式看,我国和全球一样,基本是化石能源制氢和工业副产品提纯制氢。如表2所示,我国化石能源制氢包括煤制氢、天然气重整制氢和石油制氢,三种制氢原料及技术路线产量占比分别为43%、16%和13%;工业副产提出制氢主要是焦炉煤气和氯碱尾气制氢,其产量占28%。电解水制氢和其他制氢方式占比微乎其微。

在气候变化和能源转型的大背景下,化石能源制氢必须要考虑其产生的大量二氧化碳排放问题。根据我国不同技术路线制氢的产量占比及其碳排放数据,按照2020年我国氢气产量2500万吨计算,2020年我国煤制氢的产量为1075万吨,按照每公斤氢气排放20公斤二氧化碳计算,其二氧化碳年排放量为2.15亿吨;天然气重整制氢产量为400万吨,排放二氧化碳为4000万吨;石油制氢产量325万吨,排放二氧化碳3250万吨;工业副产提纯制氢700万吨,排放二氧化碳3500万吨。2020年化石能源制氢合计排放二氧化碳3.225亿吨,大致占我国工业过程排放二氧化碳量的24.8%。因此,在“绿氢”不具备真正的成本竞争力之前,大规模推动氢能产业发展,将导致“灰氢”规模快速扩展和二氧化碳排放量的快速增加,不利于我国“双碳”工作推进。

2.地方过快推进氢能产业发展导致低水平重复投资

从全球看,欧盟主要国家、美国、日本、

韩国等国都发布了“氢能发展战略”或“路线图”,但在氢能开发方面,基本处于技术研发和项目示范阶段,氢能开发利用技术总体上还不具备达到大规模商业推广的条件。

与发达国家相比,我国在燃料电池技术发展、氢能产业装备制造等方面相对落后。关键零部件主要依靠进口,燃料电池的关键材料包括催化剂、质子交换膜以及炭纸等材料大都采用进口材料;关键组件制备工艺亟需提升,膜电极、空压机、双极板、氢循环泵等和国外存在较大差距;氢能技术标准中关于氢品质、储运、加氢站和安全标准的内容较少,难以满足国际技术通则以系统为实验对象的要求。另外,高精度氢气品质检测和高灵敏度氢气泄露等重要测试装备欠缺,权威检测认证机构仍未形成。从全球范围氢能专利布局来看,大量核心专利掌握在美国、日本等国,我国尚未成为主导国际氢能发展的技术来源方。

因此,从技术研发实力和产业基础看,我国氢能产业2025年之前还不具备大规模商业化的条件,但目前各地氢能规划和氢能产业园区建设已呈现过热苗头。据不完全统计,目前发布氢能产业规划的省市,地级以上有50多个,除大的省区以外,70%的省都提出要发展氢能产业,规划氢燃料电池堆总产能已经高达3000兆瓦,燃料电池汽车总产能超过10万辆,规划总投资超过2000亿。在氢能产业发展仍存在自主创新能力不强、国产化率低、成本高等短板明显的情况下,各地这种一哄而上大规模布局的做法,将导致氢能产业低水平重复和资源浪费、影响我国氢能产业健康发展。

3.我国氢能产业规划的应用场景选择过于单一

氢能具有广泛的应用场景,因而“绿氢”在一些难以脱碳的领域被寄予厚望。根据国际氢能委员会(Hydrogen Council)发布的《氢能洞察》指出,从总体拥有成本(TCO)看,在全球制氢、储运、配送成本快速下降的趋势下,氢能将在各领域的应用潜力将逐步凸显,到2030年,氢能可在22种终端应用中成为最具竞争力的减碳解决方案,包括炼油、化肥、商用车、长途卡车运输、航运和氢冶炼等应用领域。

然而,当前我国各地氢能发展方向基本局限在燃料电池汽车领域,示范应用主要集中在以公交车为主要应用场景的交通领域,应用场景单一,产业同质化突出。从能源低碳转型的过程看,我国氢能产业发展选择场景集中在交通领域将可能导致两个问题:一是各地规划的氢燃料电池汽车发展集中在乘用车,对于燃料电池技术路线更具优势的中重型卡车的示范运营很少真正开展。根据行业的看法,氢燃料电池汽车要到2025-2030年才具备产业化条件。而且,即使到那时候真正具备了产业或条件,在不断进步的三元锂电池和磷酸铁锂技术成本不断降低的情况下,氢燃料电池车在中短途并无竞争优势。当前打规模集中于这一领域的氢能投资可能会“打水漂”。二是一些脱碳真正困难、需要“氢能”领域,如化工、冶炼、轨道交通、航空航天、分布式发电、热电联供等反而进展缓慢,无法真正发挥氢能价值和潜力。

三、我国氢能产业高质量发展的战略思路

氢能是一种高效、清洁、灵活、且应用场景广泛的能源载体,氢能产业发展对推动我国能源转型和经济“脱碳”意义重大。

1.在能源转型趋势下合理确定氢能在我国未来能源系统中地位

美国、欧盟和日本很早就都制定了氢能的国家战略。这些氢能发展国家战略不仅确立了近期、中期和远期的发展路线图,而且还根据氢能的三个重要特点明确指出氢能未来发展的三个重要方向:一是氢能作为一种能源形式,在氢基交通和作为未来合成动力燃料基础的应用;二是氢能作为一种能量储存器,它可以根据供给需求灵活地储存可再生能源,并起到平衡供求关系的作用,从而使氢能作为能源转型的一个重要基石;三是氢能作为不同能源行业耦合的一个重要媒介,在无法直接使用可再生能源电能的领域中,“绿氢”及其衍生产品是很多工业部门脱碳的重要途径。

相比之下,我国从2019年开始在全国很多地方掀起了氢能产业发展热潮,各地氢能产业规划千篇一律把发展方向落在了氢能交通方面,而对氢能作为能量储存器和不同能源行业耦合的介质两个特点的重要性

缺乏足够认识。我们认为,我国氢能产业发展必须在能源转型趋势下,合理确定氢能在我国未来能源系统中的地位和发展重点。

2.从我国能源产业实际出发选择氢能产业发展切入点

从“绿氢”角度看,氢能产业从制氢、储氢和运输各个环节的技术都还不具备产业化的条件。因此,各国从自己实际出发,寻找能够带动氢能产业某个环节的应用场景,辅以政府扶持政策的推动,以市场规模扩张驱动氢能技术创新和迭代,因而带动氢能产业链各个环节的良性互动。

欧洲从2000年开始就持续地在天然气中“掺氢”应用的可行性,将其作为推动氢能产业发展的“切入点”。这是因为,欧洲天然气管网非常发达。天然气通过管道进入家庭民用,或者进入燃气轮机发电。在天然气中掺入一定比例的“氢气”能够在不影响设备正常运转的情况下降低氮氧化物的排放。欧洲经过多年示范,发现天然气系统多数部件都能比较好的适应添加10%的氢气。不过,天然气汽轮机适应氢气掺混需小于5%,经过整改和调整的燃气轮机能适应的掺氢百分比为5%~10%。如果这些添加的“氢气”都是来自绿电制取的,则天然气“掺氢”这一应用有利于推动绿氢制取技术的进步和制取成本的下降,从而带动整体氢气产业链的成本下降,有利于氢能等其他场景的应用。

我国氢能发展应借鉴欧洲的经验,选择符合中国实际的氢能产业发展切入点,主要包括两个方面:

一是“天然气掺氢”直接民用。我国西北地区太阳能和风能资源非常丰富,光伏发电和风力发电度电成本较低。可以考虑在西北部分有水资源的地区利用风光电直接电解水制氢,以“掺氢”的方式通过西气东输天然气管道输送到沿途的家庭用于做饭取暖,可以为我国绿氢发展提供一个“启动市场”,这样可以避免当前氢气储存与运输成本高昂对氢能产业发展的不利影响。

二是在钢铁领域推动氢还原铁技术减碳。中国石油大学利用煤复产焦炉气制氢还原铁技术,能够将我国吨钢二氧化碳排放量从目前有相当程度下降,同时具备商业盈利性。这一技术的示范项目已经在山西落地,一旦成熟推广,将极大奠定我国钢铁工业在低碳转型中的竞争力。

3.构建创新驱动的氢能产业政策框架

目前我国的促进氢能产业发展的政策方向过于狭窄,基本围绕氢燃料电池汽车而展开,对氢能技术创新的驱动作用有限。从氢能在我国未来能源系统中的地位和作用看,一个以创新驱动为导向的完整氢能产业政策框架至少应该包括如下三个方面的体制改革和机制构建:

一是基于传统化石能源的生产、运输和消费有关的能源市场化改革和监管机制重构。传统化石能源市场体制与机制构建及其完善是确保包括氢能在内的“绿色能源”和碳市场效率的基础制度条件,这一点在国内相关讨论中往往被忽略。传统化石能源市场化改革和监管机制重构包括电力现货市场、辅助服务市场及其监管机制重构,油气体制市场化改革与监管机制重构,实现以行政干预为主导的能源体制和机制向以市场起决定作用的能源体制和机制转变,实现能源市场配置效率优化。

二是建立和完善与氢能应用场景相关的市场机制与技术标准。与氢能应用场景相关的市场机制比如与氢能作为能量储存介质在电力供需季节性调节有关的市场机制的构建,这是发现氢能在这“服务”市场的价值及其实现所必要的机制。与氢能相关的技术标准则包括氢能制取、运输和存储方面的设备技术标准、检测标准和安全标准等。

三是把碳的外部性内部化的制度建设,包括碳减排交易市场及其相关制度和碳税等。给化石能源利用排放的“碳”合理定价,使碳排放成本成为企业决策的重要因素,促进包括“绿氢”在内的可再生能源发展、低碳技术创新的最重要的制度安排。为了使重要的二氧化碳排放主体的碳排放成本内部化,需要在逐步完善碳减排市场的同时,逐步将碳排放权交易的行业从电力行业扩大到钢铁、水泥、化工等,真正驱动这些企业从高碳向低碳转型。比如,合理碳价会加快氢还原炼铁技术落地,加快商业化进程真正推动高碳钢铁工业向低碳钢铁工业转型。