

我国氢能战略运营实践及其发展对策

陈贇¹ 李铭辉²¹

(1. 浙江省国有资本运营有限公司国资研究院 杭州 310007;

2. 新疆师范大学 乌鲁木齐 830017)

【摘要】: 与发达国家相比,我国缺乏氢能发展的整体顶层设计,以及战略规划、专项规划和政策体系。氢能产业发展时间表、路线图、施工图尚待明确,氢气仍被纳入危化品进行管理,加氢站审批难度较大,对氢能产业发展形成制约。必须加快明确在“双碳”背景下的氢能产业发展思路,确定氢能产业在能源体系中的角色定位、阶段性可量化指标、产业链各环节的发展重点,构建促进氢能产业良性发展的体制机制。

【关键词】: 氢能 清洁能源 氢燃料电池

【中图分类号】:X24 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1005—1309(2021)12—0086—008

能源是国民经济和社会发展的基础,是人类社会赖以生存和发展的重要物质保障,当今世界各国都十分重视能源安全战略。当前,我国正处于实现中华民族伟大复兴的关键时期,迫切需要拥有一个稳定、清洁、可靠的能源供应体系。氢能具有来源丰富、能量密度高、绿色低碳等特点,已被视为21世纪最具发展潜力的能源,我国必须从国际视野出发,深入分析氢能发展情况,走出一条适合我国国情的氢能发展新路子。

一、氢能及其重要意义

氢能是指氢在物理与化学变化过程中释放的能量。16世纪瑞士医学界首次发现氢气,但氢气早期主要医用于医药化工领域。1839年,人类开始研究氢燃料电池;1969年,利用碱性燃料电池(AFC)为首次登月的阿波罗系统提供电力和水,并依靠液态氢作为燃料推动火箭,此后氢能开始应用于航空航天领域。1983年,加拿大巴拉德公司研发出质子交换膜燃料电池(PEMFC);1993年,这种大功率电池开始应用于公交车。Sherif et al. (2005)指出,氢能可以满足几乎所有能源特性的需求,从而形成一个解决能源问题的永久性系统。氢能产业链包括制氢、储氢、运氢到应用。

发展氢能具有重要的意义。一是应对气候变化的需要。由于使用化石能源会带来大量二氧化碳排放,形成温室效应,对地球生态系统造成破坏,而氢能作为高密度、无污染的二次能源被认为是实现碳中和的最佳载体。二是促进产业升级的需要。氢能产业是科技和资本密集型产业,涉及新材料、电力装备、新能源汽车、航空航天、国防军工等诸多高端制造领域,能有效带动传统产业转型升级并催生新产业链。当前在世界经济低迷,缺乏强有力带动产业的情况下,许多国家把氢能作为未来产业进行规划和发展,以期推动本国或本地区经济发展。三是推动科技革命的需要。能源科技革命是历次工业革命的核心要素,氢能产业包括氢气的制取、储存、运输、燃料电池的研发等,需要科技的重大突破和进展,这会极大地促进带动基础工艺、基础材料等领域的发展。

作者简介: 陈贇,管理学博士,浙江省国有资本运营有限公司国资研究院高级经济师。李铭辉,新疆师范大学政法学院本科生。

展。

国际氢能委员会近期发布报告显示,预计到2030年,全球氢能领域投资总额将达到5000亿美元。世界能源理事会预计,到2050年氢能将在全球终端能源消费量中的占比可高达25%。国际能源署预测,到2070年全球对氢气的需求将达到5.2亿吨。根据2017年麦肯锡研究公布的《2050年氢发展蓝图》,氢能将创造3000万个工作岗位,减少60亿吨二氧化碳排放,创造2.5万亿美元的市场价值。全球范围内,氢能产业正经历前所未有的政治和商业势头。

二、全球视野中的氢能发展战略综述

鉴于氢能的特点和对经济社会发展的重要意义,许多国家把氢能发展上升到国家能源战略的高度来部署,我国许多省(市)也制订相关产业规划,大力推进氢能发展。

(一)世界主要发达国家的氢能发展战略

根据国际氢能理事会发布的《全球氢能观察2021》,截至2021年2月,全球已有30多个国家发布氢能路线图,许多经济体已将发展氢能产业上升为国家能源发展战略。

2017年12月,日本公布《氢能源基本战略》,计划到2030年,形成30万吨/年的商业化供应能力,将制氢成本降至3美元/公斤,建设900座加氢站,燃料电池乘用车、燃料电池公共汽车、燃料电池叉车产量分别达到80万辆、1200辆、10000辆;计划到2050年,将氢能产量提高到1000万吨/年,制氢成本下降至2美元/公斤,以氢能发电替代天然气发电,以加氢站取代加油站,以燃料电池汽车取代传统燃油汽车。

2019年初,韩国发布《氢能经济发展路线图》,提出要在2030年进入氢能社会,2040年累计生产620万辆氢燃料电池汽车,建成1200座加氢站;普及发电用、家庭用和建筑用氢燃料电池装置。把氢能经济打造成拉动创新增长的重要动力,引领全球氢能及燃料电池产业发展。2040年将燃料电池产量扩大至15GW。

2019年11月,美国燃料电池和氢能协会发布《美国氢能经济路线图——减排及驱动氢能在全美实现增长》,预测2030年氢需求量将突破1700万吨,在美国道路上将有530万辆氢燃料电池汽车行驶,全美将有5600个加氢站;2050年氢能有望满足美国终端能源需求的14%。

2019年11月,澳大利亚公布《澳大利亚氢能战略》,确定了15大发展目标、57项联合行动,旨在将澳大利亚打造成向亚洲市场出口氢能的三大基地之一,同时在氢安全、氢经济以及氢认证方面走在全球前列,到2050年氢能产业将创造1.7万个工作岗位,产值达到260亿美元。

2020年6月,德国公布《国家氢能战略》,预计到2030年电解制氢能力为5GW,2035—2040年,再增建5GW能力;为此在氢气制取和应用领域共制定了38项措施。

2020年7月,欧盟发布《欧盟氢能源战略》,计划到2050年将氢能在能源结构中的占比提高到12%~14%,加大对制氢、储氢、运氢的全产业链,以及现有天然气基础设施、碳捕集和封存技术等投资。

2020年11月,智利发布国家绿氢战略,到2030年生产世界上最便宜的绿氢,2040年成为世界三大氢出口国之一。

2020年12月,加拿大公布《加拿大氢能战略》,该战略针对加拿大氢能发展提出8个方面的32项行动。计划到2050年实

现如下目标：(1)30%的能源以氢的形式输送；(2)成为全球前三大清洁氢生产国，国内供应量超过 2000 万吨/年；(3)建立低碳氢供应基地，交货价格达到 1.50~3.50 加元/公斤；(4)超过 500 万辆燃料电池汽车投运；(5)建立全国加氢网络。

2021 年 6 月，美国宣布“氢能源地球计划”，提出在 10 年内实现绿氢成本降低 80%的目标，由目前每千克 5 美元降至 1 美元，美国能源部宣布拨款 5250 万美元资助 31 个氢能相关项目。

国际氢能委员会近期发布的报告显示，自 2021 年 2 月以来，全球范围内启动了 131 个大型氢能开发项目。总之，越来越多的国家将氢能规划上升到国家能源战略高度，逐步明确氢能在国家能源体系中的战略地位，通过加强顶层发展政策指引，加大研发投入力度，加快基础设施和应用示范建设，持续推动氢能产业发展。

(二)我国各地氢能发展战略

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出，在类脑智能、量子信息、基因技术、未来网络、深海空天开发、氢能与储能等前沿科技和产业变革领域，组织实施未来产业孵化与加速计划，谋划布局一批未来产业。氢能成为我国布局未来产业的重要方向，各省(市)出台相关政策，制定实施方案。截至 2021 年 8 月底，我国已发布氢能发展相关政策方案的省份及直辖市共有近 30 个，其中，出台专项氢能整体产业发展政策的共有 5 省。

《北京市氢能产业发展实施方案(2021—2025 年)》提出，2025 年前京津冀区域累计实现氢能产业链规模 1000 亿元以上；规划京津冀区域氢能产业布局、京北全面布局氢能产业科技创新应用示范区、京南打造氢能高端装备制造与应用示范区；布署关键技术突破工程、京津冀氢能产业链工程、氢能全场景示范应用工、氢能产业公共服务平台建设工程四大任务。

《河北省氢能产业发展“十四五”规划》提出，到 2025 年氢能产业链年产值达到 500 亿元，基本掌握高效低成本的氢气制取、储运、加注和燃料电池等关键技术，累计建成 100 座加氢站，燃料电池汽车规模达到 1 万辆。重点建设加氢服务网络提升工程、氢能多元化利用工程、燃料电池性能提升工程、产学研用服务保障工程等八大工程，谋划布局 128 个氢能项目，构建“一区、一核、两带”产业格局。

《四川省氢能产业发展规划(2021—2025 年)》提出，到 2025 年，燃料电池核心技术、氢气制储运加技术实现阶段性突破，燃料电池汽车(含重卡、中轻型物流、客车)应用规模达 6000 辆，培育国内领先企业 25 家等，布署提升创新能力、强化氢能合作、加大示范应用等重点任务。

《山东省氢能产业中长期发展规划(2020—2030 年)》提出，到 2025 年，氢能产业总产值规模突破 1000 亿元，到 2030 年，关键技术取得重大突破，综合指标达到世界先进水平，在氢能领域形成创新引领优势，并提出产业链各环节的发展路径。

《内蒙古自治区促进氢能产业发展若干政策(试行)》提出，绿氢制取能力达到 50 万吨/年，氢能产业总产值力争达到 1000 亿元，布署推动制氢产业多元发展、开展氢能关键技术攻关、推进加氢基础设施建设、推广氢能多领域应用等重点任务。

此外，广东、重庆、浙江、河南出台了氢燃料汽车细分领域专项政策，其他大多数省份均将氢能相关发展规划纳入新能源汽车产业或整体能源发展等规划中。

三、我国氢能产业链运营实践

(一)制氢

制氢有 3 种技术路线：灰氢(化石能源制氢)、蓝氢(化石能源制氢+CCUS)和绿氢(可再生能源制氢)。目前，3 种制氢技术路线成比例约为 1：1.6：2。从全球看，氢能制备的主要途径还是依靠传统能源的化学重整，其中天然气重整占比约 48%，真正绿色途径的电解水制氢仅占 4%。而日本在电解水制氢方面发展较快，其盐水电解制氢的产能占总产能的 63%。我国制氢则主要依赖煤气化制氢及工业副产氢的方式，电解水制氢在我国应用得很少，仅占 1%。在政策引导和可再生电力成本下滑带动下，预计制氢将从“灰氢”逐步向“蓝氢”“绿氢”过渡。

1. 化石燃料制氢

我国煤制氢的主要企业有中国石化、国家能源集团、江苏恒力集团以及山东利津石化。其中产量最大的为国家能源集团，目前年产超过 400 万吨氢气，居世界首位，而中国石化产量为 300 万吨/年。天然气制氢企业主要有常州兰博净化、亚联高科技、上海华西化工等。煤制氢技术较为成熟，成本约 0.55~0.83 元/标准立方米，而我国天然气较依赖进口，因此天然气制氢成本较高，约 0.8~1.75 元/标准立方米。

2. 工业副产制氢

氯碱行业的鸿兴达业和滨化股份在氢能方面已有布局，两者烧碱产能超过 100 万吨，副产氢可达 2.5 万吨/年。嘉化能源可实现氯碱副产氢 1 万吨，同时其产业链可实现制、储、运、加氢全覆盖。目前，我国焦炉煤气制氢龙头是拥有 660 万吨焦炭产能的美锦能源，副产氢气可达到 5.9 万吨/年。丙烷脱氢(PDH)方面，国内 PDH 项目计划至 2023 年产氢 37.04 万吨/年。卫星石化未来有 250 万吨乙烷裂解项目投产，产氢 16 万吨。东华能源现有副产氢 5 万吨，宁波二期 PDH 建成后达到 7.5 万吨。目前采用 PSA 技术的焦炉煤气制氢、氯碱尾气制氢等装置已经得到推广。当前氯碱工业副产氢生产成本约 1.1~1.4 元/标准立方米，计入 PSA 成本后综合成本约 1.2~1.8 元/标准立方米，而焦炉煤气提纯制氢综合成本约 0.83~1.33 元/标准立方米。

3. 电解水制氢

电解水制氢有 3 种技术路线：碱性水电解槽(ALK)、质子交换膜水电解槽(PEM)、固体氧化物水电解槽(SOEC)。碱性水电解槽(ALK)技术较为成熟，有苏州竞立、扬州中点、天津大陆制氢等公司，单台最大产气量为 1000 标准立方米/小时，但设备体积大以及存在污染等问题。质子交换膜水电解槽(PEM)需要采用贵金属催化剂，成本较高，目前国内单台最大产气量为苏州国能圣源的设备，产量为 500 标准立方米/小时。我国 PEM 总体规模与国外仍有差距。固体氧化物水电解槽(SOEC)技术的研发国内外都在进行，主要研发机构包括日本三菱重工、东芝、京瓷；美国 Idaho 国家实验室、Bloom Energy 公司；丹麦托普索燃料电池公司；韩国能源研究所；中国科学院、清华大学、中国科技大学等。电解水制氢不仅受制于技术，还受制于电价，据产业发展报告预测，在 2030 年光伏发电和风力发电成本分别降至 0.2 元/千瓦·小时和 0.25 元/千瓦·小时，电解水制氢的经济性也会随之提升。

总体而言，随着电解水制氢成本降低，传统化石能源制氢方式产量逐渐降低，并被可再生能源发电结合电解水制氢方式取代。电解水制氢方式中，PEM 电解制氢处在快速发展阶段，SOEC 电解技术国内外都在加快研发进度。

(二) 氢气储运

为了提高氢能的储存运输效率，目前使用较多的储氢技术是高压气态储氢、液态储氢、固态储氢等，氢能运输主要采用陆上运输、海上运输以及管道运输。

1. 储氢

高压气态储氢方面，国外主流压力等级为 70 兆帕氢瓶；而国内主要采用 35 兆帕氢瓶，70 兆帕高压储氢还在推广阶段。当

前，国内 35 兆帕储氢瓶生产公司主要包括中材科技、沈阳斯林达、京城股份等，其中沈阳斯林达已具备 70 兆帕储氢瓶生产资格。

低温液态储氢可将气态氢体积压缩至原体积的 1/800，能量密度远高于高压气态氢气，但在液化以及运输的过程中会有很大的能耗。1 公斤氢气液化需耗电 4~10 千瓦·小时，且液态氢过低的温度在储存和运输过程中也会从外界吸热造成蒸发，这对保温材料有极高的要求。目前国外储氢大多数采用低温液态储氢，其中又以美国市场占比最大，亚洲市场份额中，日本占据 2/3。我国低温液氢存储方面相比国外较为落后。鸿达兴业在内蒙古自治区投资的国内首个民用液氢生产项目于 2020 年 4 月顺利产出液氢，这标志着我国液氢生产成本开始降低。

有机液体储氢应用有机液体（环己烷、甲基环己烷等）与氢气进行可逆加氢和脱氢反应的原理，实现氢的储存。武汉氢阳是国内目前唯一一家从事有机液态储氢的公司，其开发的常温常压下液态有机储氢（LOHC）技术攻克了氢气常温常压下液态储存和运输的难题，具有脱氢温度低、储氢可逆及载体无消耗的优势。

固态储氢方式利用某些金属较强的捕捉氢气的能力，实现氢的储存。这些金属不需要很高的温度和压力便能吸收大量的氢气，生成金属氢化物，而再次对其加热便能将吸收的氢气释放。常用的储氢材料有稀土类化合物、钛系化合物、镁系化合物以及钒、铌等金属合金。国内固态合金储氢还在研发阶段，主要企业有应用稀土材料的北京浩云金能、厦门钨业，镁基材料的镁源动力、镁格氢动。

2. 运氢

当前无论国内还是国外，采用车辆运氢占大多数，只是国内大多为高压气氢运输，国外液氢技术较为成熟的国家大多采用液氢槽车运输。液氢槽车运输的方式单趟可运输更多的氢，经济性更高。即便采用运量较大的液氢槽车进行运输，其单趟氢运量也仅在数吨以内，而采用液氢运输船进行海上运输，单趟氢运量可达到百吨甚至更多，这种运氢方式相比液氢槽车单趟可运输更多的氢能。近年来，日本开展的海上氢能供应项目较多，澳大利亚、新西兰、挪威、文莱等国均开展海上供氢项目。但这些项目均为有机液态储氢而非低温液态储氢。国内在海上运氢方面尚未有应用。

管道运输氢气的方式是成本最低的运输方式，最适宜大规模、长距离的氢气运输，但此方式依赖于整体用氢系统规模的成型。输氢成本随着管道长度增加而降低，管道长度从 25~500 公里，输氢单位成本可从 2.75 元/公斤·百公里下降至 0.48 元/公斤·百公里；当运输距离达到 300 公里以上时，单位成本降至 0.5 元/公斤·百公里。国内已有少量的氢气运输管道，如中国石化济源—洛阳输氢管道全长 25 公里，巴陵—长岭输氢管道全长 42 公里，年输气量分别为 4.42 万吨和 10.04 万吨。

对 3 种运氢方式的单位成本进行对比发现，管道运输是单位成本最低的方式，而运输距离在 300 公里内，高压气氢管束车运输单位成本较低，300 公里以上液氢槽罐车单位成本要低于管束车。随着氢能应用端的扩张，氢能需求增大，长距离供氢管网和液氢海上船舶运输均为未来发展方向。

（三）氢能应用

1. 加氢站

截至 2020 年末，我国已建成加氢站 118 座（不含已拆除的 3 座），在建和拟建加氢站有 167 座，数量上广东和上海占据前两位。目前国内加氢站保有数量较国外存在些许差距，且国内加氢站全部采用高压气态氢气，受制于政策及技术问题，没有采用液氢加氢站。但国外，如美国，液氢加氢站技术较为成熟，后续建设液氢加氢站数量将超过高压气态加氢站。国内从事加氢站建设的企业主要有舜华新能源、国富氢能、氢枫能源、海德利森、中极氢能、雄韬股份等。

2. 氢燃料电池

氢燃料电池不同于传统热机，能量转换效率不受到卡诺循环的限制，可达到 40%~60%，且具有震动小、无噪声、无污染等优点。氢燃料电池应用范围广泛，小至便携式电源、可移动电源，大到氢燃料电池动力船舶、氢燃料电池发电站。当前，氢燃料电池应用最多的领域是小型无人机和氢燃料电池汽车，在船舶应用上还没有达到成熟阶段，多个国家正在开展氢燃料电池在大型船舶上的应用研究。

在车用燃料电池技术上，国外较为领先，以日本为代表，本田和丰田均有较为成熟的氢燃料电池汽车产品。目前国内电堆供应商主要有捷氢、新源动力、广东国鸿、潍柴动力等。捷氢于 2020 年发布的金属板电堆，功率密度达 3.8 千瓦/升，实现双极板和膜电极 100%自主化与国产化、-30℃低温启动和 6000 小时耐久测试。大同氢雄研发的 130 千瓦大功率燃料电池发动机已经进入量产。

在船舶应用方面，中国船级社在 2019 年中国国际海事展上发布了 500 千瓦内河燃料电池货船的 AIP 原理认可，属于国内首例，国际领先，此船储供氢和动力系统由中船动力研究院有限公司设计。当前，欧美各国已将采用氢燃料电池作为动力源的中型、大型船舶方案列为下一步的工作目标。

2020 年，氢能在我国多元化应用示范取得积极进展。在工业领域，全球最大规模的太阳能电解水制氢储能及综合应用示范项目在宁夏宁东能源化工基地开工，该项目是我国煤制烯烃行业首个引入绿氢的项目；同年 11 月，特诺恩与河钢集团签订合同，开工建设绿氢直接还原铁工厂。在能源领域，2020 年 9 月，江苏铨德氢能获得我国首张燃料电池热电联产系统认证，并于当年 10 月将产品出口到欧洲市场；同月，弗尔赛燃料电池发电系统亮相西安交大信息物理融合能源系统联合实验室平台。氢能在其他方面的应用仍然较少，如依托燃料电池技术，建立分布式能源网络，实现区域或城市电力、热能和冷能的联合供应等。未来，氢能有望在“难以减排领域”，如工业原料、高品位热源、重卡、船舶、应急保障电源等领域等得到大规模应用，完成这些领域的脱碳。

四、我国氢能产业链的技术水平及与世界的差距

虽然我国氢能发展取得了显著成效，但在技术水平上，在许多方面与世界先进水平还有较大差距。

在副产氢高纯净化方面，我国具有成套技术装备，处于世界先进水平；电解水制氢方面，碱性电解槽我国整体处于世界领先水平，但 PEM 制氢与世界先进水平有差距。国内氢能储运方式主要为高压气态储氢结合管束车运输，且主要采用 35 兆帕高压储氢罐，70 兆帕储氢罐初步实现量产；国外以低温液态储氢结合液氢槽车运输居多，其中又以美国市场占比最大，以低温液氢巨头公司 AP 和 PRAX 为代表。我国加氢站基本采用高压气态储氢，储量有限，国外已有 30%加氢站储存液氢。国内车载储氢瓶压力主要采用 35 兆帕，国外多为 70 兆帕；国内氢气运输基本采用 20 兆帕长管拖车，运量小，运输半径有限，成本较高，国外采用 45 兆帕长管拖车以及液氢槽车。

燃料电池系统、电堆、压缩机等已基本实现国产化，氢气循环泵、增湿器 2020 年底可小批量供货，质子交换膜、气体扩散层等正在小批量验证，车载氢系统的高端碳纤维及部分管件取得了突破性进展。但燃料电池催化剂、隔膜、碳纸、空压机、氢气循环泵等主要依赖进口；高活性催化剂、高强度高质子电导率复合膜、碳纸、低铂电极、高功率密度双极板等尽管已达国外商业化产品水平，但多停留于实验室和样品阶段；燃料电池电堆及系统在全工况下的性能验证有待提高，可靠性、耐久性等与国际先进水平相比存在差距。氢制冷循环设备虽已掌握核心技术，但尚未达到量产水平；氢气品质检测和氢气泄漏等重要测试装备欠缺，权威检测认证机构尚未形成。

当前中国氢能车辆构成主要以非乘用车为主，如氢能巴士和轻型/中型氢能卡车。截至 2019 年底，中国氢能巴士保有量 4297

辆，占全球的 96.4%，轻型/中型氢能卡车 1807 辆，占全球的 98.5%，而氢能乘用车不足百辆，仅占全球的 0.4%。

五、促进我国氢能发展的对策建议

国际氢能委员会联合主席伯努瓦·波捷表示，氢能已成为许多经济体碳中和投资计划的核心要素。国际氢能委员报告显示，自 2021 年 2 月以来，全球范围内启动了 131 个大型氢能开发项目；预计到 2030 年，全球氢能领域投资总额将达到 5000 亿美元。

世界许多公司都加大对氢能产业的投资。航运巨头马士基的母公司 A.P. 穆勒控股投入 2000 万欧元，投资一家使用可再生能源生产绿氢的模块化电解槽供应商；荷兰皇家壳牌集团在德国投资约 2000 万欧元用于 10 兆瓦的绿氢电解槽项目；韩国现代汽车投资约 7.6 万亿韩元（约合 64 亿美元）用于与氢相关的研发和设施扩建；沙特 NEOM 新城投资 50 亿美元用于绿氢制造项目。

2020 年我国氢能产业投融资规模为 712 亿元，在氢燃料电池产业链的投融资金额达 515 亿元，部分先发地区产业集聚效应初步形成，汇聚产值规模突破千亿元。据不完全统计，截至 2020 年 10 月，国务院国资委监管的 96 家央企中，开展氢能相关业务或布局的央企有 26 家，数量占比为 27%。中国石化提出将氢能全产业链作为新能源发展的核心业务，锚定建设中国第一大氢能公司，大量布局建设供氢中心和加氢站等；国家电投集团布局可再生能源制氢及燃料电池全产业链的研发；国家能源集团布局从氢到加氢站的氢能利用全产业链；中车集团布局氢燃料电池客车、氢能源有轨电车等。

（一）制定发展战略

我国已出台多个文件促进氢能发展。2020 年 6 月，国家市场监督管理总局正式发布 GB/T38914-2020《车用质子交换膜燃料电池堆使用寿命测试评价方法》、GB/T28816-2020《燃料电池术语》和 GB/T38954-2020《无人机用氢燃料电池发电系统》3 项燃料电池国家标准。中国氢能联盟还发布了全球首个“绿氢”团体标准，采用生命周期评价方法建立了低碳氢、清洁氢和可再生氢的量化标准及评价体系。然而，与发达国家相比，我国缺乏氢能发展的整体顶层设计，以及战略规划、专项规划和政策体系。氢能产业发展时间表、路线图、施工图尚待明确，氢气仍被纳入危化品进行管理，加氢站审批难度较大，对氢能产业发展形成制约。必须加快明确在“双碳”背景下的氢能产业发展思路，确定氢能产业在能源体系中的角色定位、阶段性可量化指标、产业链各环节的发展重点，构建促进氢能产业良性发展的体制机制。

（二）完善政策体系

一是加强制度创新供给，在项目基础设施建设用地、规划选址、安全、环保等方面完善政策措施。二是建设公共服务平台，为企业与机构提供政策、行业信息、技术分析等服务。三是加快建立氢能产业标准体系，建立氢能产品检验监测和认证体系；坚持安全发展理念，明确监管主体，完善氢能发展监管体系。四是加强金融服务保障，加大金融业对氢能产业发展的支持力度，拓展股权投资、供应链金融、融资租赁等综合性金融服务，引导和鼓励有条件的各类资本设立燃料电池汽车产业基金。五是推动国际技术合作，融入国际氢能社区，借鉴国际氢能经济发展最佳实践。

（三）加大技术攻关

我国燃料电池的关键材料包括催化剂、质子交换膜及炭纸等材料主要依赖进口；关键组件制备工艺急需提升，膜电极、双极板、压缩机、氢循环泵等与国外相比存在较大差距。耐高温连接板材料以及集成系统等亟须加大研发力度。这些产业发展的“痛点”，也是机遇。要扎实做好基础研究，设立氢能源与燃料电池重大专项，建立持续性研发支持保障机制。以重大需求为导向，协同开展基础研究和科技攻关，依托骨干企业、高校、科研院所组建氢能与燃料电池国家实验室。对于企业在品种、规格或技术参数等有重大突破、具有自主知识产权但尚未取得市场业绩的首台（套）或首批次的装备、系统和核心部件，给予研发激励等相关措施。推动高校设立氢能相关专业，培养氢能研究型人才和产业工人队伍。支持民营企业承担氢能科技攻关和基础研究。

(四)拓展产业应用

完善加氢站等基础设施建设,改造加油站和加气站,并合建加氢站,如上海嘉定区规划的15座加氢站中,油氢合建站占70%以上;佛山南海区氢能产业发展规划要求新建、迁建加油站必须合建加氢站。氢能在工业领域深度脱碳、分布式能源储能、航空和船舶运输等领域应有更大作为。氢能飞机、氢能船舶作为新能源交运设备,在技术与市场两面对我国而言都是较大的机遇,深空深海装备同样如此。加快建设从微型热电联供至大型电站化热电联产,并逐步实现氢能社会的构建。德国已开发运行十多个氢储能示范项目,不断拓宽氢能应用领域,包括供应周边加氢站、直接燃烧发电、使用燃料电池技术发电、与二氧化碳反应制取甲烷等“电转气(PtG)”技术应用场景。

(五)防止盲目投资

2020年,全国共有超过30个地方政府发布了氢能发展相关规划,涉及加氢站数量超过1000座、燃料电池车数量超过25万辆;相关企业也在加速涌入和扎堆布局,大量项目密集上马。但氢燃料汽车行业当前仍处于起步的初级阶段,推广主要依赖政府采购和补贴,推广1000辆氢燃料汽车需高达30亿~40亿元的资金投入,这需要政府较为富余的财力。另外,我国氢燃料汽车产业还面临诸多技术“短板”,核心技术尚未突破,部分零部件和关键材料尚未国产化。跟风上马氢能及燃料电池项目,重复、低效投资将引发同质化企业的恶性竞争。

实现2030年碳达峰与2060年碳中和的目标,必然与氢能产业的发展、氢能生态的建立密切相关。氢能产业发展有利于实现我国能源转型,有利于形成我国新经济增长点,有利于实现我国绿色发展目标,为此,要加快发展、科学发展。

参考文献:

- [1]Sherif S.A.,F.Barbir,luT.Vezirog.Wind energy and the hydrogen economy-review of the technology[J].Solar Energy,2005,78(5):647-660.
- [2]United State Department of Energy,Office of Fossil Energy.Hydrogen Strategy Enabling a Low-carbon Economy[R].2020.
- [3]武正弯.德澳加日四国氢能战略比较研究[J].国际石油经济,2021,29(4):60-66.
- [4]王鹏飞,姜重昕,马冰.国内外氢能发展战略及其重要意义[J].中国地质调查,2021,8(4):33-39.
- [5]陈宇,张小玉,张荣沛.中国氢能产业链现状及前景展望[J].新型工业化,2021,11(4):176-180,182.
- [6]洪虹,章斯淇.氢能源产业链现状研究与前景分析[J].氯碱工业,2019,55(9):1-9.
- [7]邓彤.氢能产业发展的挑战与机遇分析——以山西为例[J].技术经济与管理研究,2019(10):106-110.
- [8]孟翔宇,顾阿伦,邬新国,周剑,刘滨,毛宗强.中国氢能产业高质量发展前景[J].科技导报,2020,38(14):77-93.
- [9]中国储能网新闻中心.氢气运输:不同运输方式的成本测算[EB/OL].中国储能网,2019-08-27.
- [10]程一步,王晓明,李杨楠,孟宪玲.中国氢能产业2020年发展综述及未来展望[J].当代石油石化,2021(4):10-17.

[11]景春梅. 谱写我国氢能产业科学发展蓝图[N]. 经济日报, 2019-06-10.