

国内外氢能汽车发展现状及对我国未来氢能产业发展的思考

王冉,刘侃*

(生态环境部对外合作与交流中心,北京 100035)

【摘要】本文在梳理世界主要发达国家和地区氢能汽车发展现状及政策实践的基础上,研究认为主要发达国家和地区已将氢能汽车发展纳入国家氢能经济发展整体战略,并进入降低成本、提高性能和大规模商业化推广准备阶段。相比之下,我国氢能汽车技术起步晚、发展缺乏整体规划,仍存在产业链不完备和供应链关键技术创新不足等问题。未来我国氢能汽车发展应借鉴国际先进经验,完善顶层设计,明确氢能发展定位,完善氢能产业标准体系;针对制氢等环节碳排放强度高问题,加强可再生能源制氢政策扶持力度;围绕氢能汽车产业链,重点做好氢储运、加注等环节的瓶颈问题基础研究;以问题为导向开展针对性国际合作,推动国内示范与产业发展。

【关键词】氢能汽车;交通运输排放;氢能产业发展

中图分类号:X24 文献标识码:A 文章编号:1673-288X(2022)03-0044-09 DOI:10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202203044

1 氢能及氢燃料电池汽车概述

因使用传统化石能源作为动力燃料,交通运输业的温室气体和污染物排放给生态环境带来巨大压力。政府间气候变化专门委员会(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)第五次评估报告显示,2010年运输部门温室气体直接排放量约占全球总排放量的14%,位居第四^[1]。《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》显示,2014年我国交通运输部门二氧化碳(CO₂)直接排放量约占能源活动二氧化碳排放量的9.18%,占总排放量的8.98%^[2]。此外,移动源已经成为我国空气污染的重要来源,汽车是机动车大气污染排放的主要贡献者。按汽车车型分类,货车的氮氧化物(NO_x)和颗粒物(PM)排放量明显高于客车,其中重型货车是主要贡献者^[3]。减少交通运输业的排放对于遏制全球变暖、减少环境污染具有重要意义。

随着全球能源结构加快向低碳化转型,氢能

作为清洁的二次能源受到各方关注。2017年,国际氢能委员会预测,在全球气温上升控制在2℃目标下,到2050年,使用氢能可以实现20%的二氧化碳减排量。交通运输行业是最大的氢能终端,其氢能需求量约占总需求量的1/3,可以实现交通运输行业减排目标的30%^[4]。国际能源署(IEA, International Energy Agency)2019年发布的《氢能的未来:抓住今天的机会》认为,氢能正处在爆发式发展前期,未来有望在重卡、船舶等“难减排领域”得到大规模应用,实现这些领域的深度脱碳^[5]。

氢能汽车以氢作为燃料提供动力,分为两类:一类是以内燃机燃烧氢气作为动力的氢内燃机汽车;另一类是氢或含氢物质与空气中的氧气在燃料电池中反应,产生电力推动电动机,由电动机推动的氢燃料电池汽车。目前汽车行业普遍探索的是氢燃料电池汽车(Fuel Cell Electric Vehicles, FCEVs)的研发应用。

相比于传统化石能源汽车,氢能汽车具有能源获取便利、环境友好等优势。从能源资源

作者简介:王冉,工程师,主要从事环境政策研究

通讯作者:刘侃,博士,主要从事环境政策研究

获取手段上看,目前绝大部分氢气都来自天然气重整和煤制气^[6]。理论上,氢气来源渠道有多种,其中包括电解水制氢,不受传统能源资源储备限制。从环保性能上看,氢气是常见燃料中热值最高的能量载体,热值为 142kJ/g,是汽油的 3 倍、煤炭的 5 倍^[7]。除此之外,氢能是清洁的二次能源,作为动力燃料的产物为水,其使用环节不会带来污染物和温室气体排放。即便使用未实施碳捕获的天然气制氢,氢燃料电池汽车的温室气体排放量也比传统内燃机汽车的温室气体排放量少 20%~30%^[8]。

相比于其他新能源汽车(如锂电池汽车),氢能汽车有能源转化效率高、续航里程长、加注燃料时间短等优势,能够满足长行驶里程需求,对高里程汽车、卡车、公共汽车来说更经济^[9]。此外,锂电池汽车在电池生产过程中需要耗费较多的能源和资源,从整个生命周期来看,氢能汽车节能效果更好。

此外,氢能的终端应用还可以与可再生能源发展协同增效。氢能可以实现大规模的能量存储。国际可再生能源署认为,氢能可在各终端部门的应用有助于可再生能源的大规模消纳和高比例发展,能够推动能源转型进程^[10]。

全球氢能汽车行业发展迅速,其销售量和保有量均大幅提升。IEA 数据显示,2019 年全球氢能汽车销售量为 12350 辆,同比增长近 118%。截至 2019 年底,全球氢能汽车保有量近 25210 辆,同比增长约 125%。然而相比于整个汽车市场,氢能汽车占比很小,尚未形成规模。2019 年全球汽车销量约为 9032 万辆,同比下降 3%^[11],氢能汽车销售量占比仅为 0.14‰。

2 氢能汽车国际发展现状

虽然氢能产业发展仍在初期,但是世界主要发达国家和地区从国家或地区利益出发,已将氢能利用提升到战略高度,将之视为实现低碳能源结构和产业转型、抢占技术制高点的重要抓手。日本、韩国、美国和欧盟等在氢能和燃料电池发展方面走在世界前列,定位于积极探索国家氢能发展,制定具体的激励政策,促进技术进步,引领产业发展。氢能汽车作为氢能利用的重要终端,随整体战略推进,已进入降低成本、提高性能和准备大规模商业化推广的阶段。

2.1 日本:致力于打造氢能社会,保障能源安全

日本国土面积小、山多、人口密集,其一次能源对外依存度很高,能源安全一直是日本的核心关切之一。日本对氢能技术的研发可以追溯到 20 世纪 70 年代石油危机之后。2011 年福岛核事故使原来在日本电力结构中占比 30%的核电停运,加速了日本氢能的发展进程。IEA 数据显示,截至 2019 年底,日本燃料电池汽车保有量位居全球第四,加氢站数量最多(113 座)。

2017 年 12 月,日本制定“氢能基本战略”^[12],提出企业、科研机构和政府合作共建“氢能社会”的十条基本战略。2019 年 3 月,由日本经济产业省、国土交通省等政府部门,联合企业和研究机构组成的氢能与燃料电池战略协议委员会发布了第二次修订的《氢能与燃料电池战略路线图》(于 2014 年 7 月首次制定),落实“氢能基本战略”中设定的目标,制定具体的行动目标和实现路径^[13],详见表 1 日本氢燃料电池汽车发展目标。

表 1 日本氢燃料电池汽车发展目标^①

目标项目	“氢能基本战略”	《氢能与燃料电池战略路线图》提出的目标
氢燃料电池轿车数量	2025 年:20 万辆 2030 年:80 万辆	计划到 2025 年实现以下目标: 氢燃料电池轿车与混动轿车价差缩小(从 196 万元 ^② 缩小到 46 万元) 氢燃料电池轿车核心部件成本下降(燃料电池成本从 1304 元/kW 下降到 326 元/kW;储氢设备成本从 46 万元下降到 19563 元)

①数据来源:日本经济产业省。

②文中外币均以 2020 年 7 月 8 日中国银行汇率换算。

续表

目标项目	“氢能基本战略”	《氢能与燃料电池战略路线图》提出的目标
加氢站数量	2025年:320座	计划到2025年实现以下目标:
	2030年:900座	建设成本下降(从2300万元下降到1300万元)
		运营成本下降(从221万元下降到98万元)
		设备成本下降(压缩机成本从587万元下降到326万元,蓄压器成本从326万元下降到65万元)
燃料电池客车数量	2030年:1200辆	计划在2030年之前,实现燃料电池公交车成本下降(从685万元下降到342万元)

氢能与燃料电池战略协议委员会于2019年9月制定了《氢能和燃料电池技术发展战略》,明确了日本氢能技术发展的三个方向(燃料电池、氢供应链、水电解及其他)和十个优先领域^[14]。燃料电池方向的优先领域之一是车载燃料电池技术,重点在于降低燃料电池中催化剂贵金属(铂)的使用量,继而降低氢燃料电池汽车的成本。

2.2 韩国:着力发展氢能经济,打造增长新引擎

韩国的能源安全、能源结构、经济发展状况等内外部环境与日本类似,存在能源对外依存度高(93%)、化石能源使用量占比高(占总能源使用量的83%)及经济增长放缓等问题。近年来,韩国密集出台氢能相关政策追赶领先国家,在推动能源结构及产业结构转型、降低碳排放的同时,为韩国提供新的增长引擎。

IEA数据显示,2019年,韩国氢能汽车销售量(约4100辆)位居全球第二,仅次于中国;韩国氢能汽车保有量位居全球第四位,仅次于美国、中国和日本。2019年,韩国新建加氢站20座,加氢站累计数量(34座)位居全球第五。

2019年1月,韩国政府发布《氢能经济发展路线图》,提出韩国要在2030年进入氢能社会,成为世界氢能经济领导者;到2040年,韩国氢燃料电池汽车和燃料电池的国际市场占有率成为世界第一,韩国将从化石燃料资源匮乏国转型为清洁氢能出口国,氢能产业可创造2500亿元的年附加值和42万个就业岗位^[15]。《氢能经济发展路线图》涉及氢能产业发展5大领域,即氢能交通、氢能发电、氢气生产、氢气储运和安全保障。氢能交通领域的发展目标详见表2韩国氢能交通发展目标。

表2 韩国氢能交通发展目标^[16]

领域	《氢能经济发展路线图》提出的发展目标
轿车	2022年,轿车累计产量提升至8.1万辆;膜组件等主要零部件国产化率达100%
	2025年,轿车年产量达10万辆,其售价降低至目前的一半(约18万元),与燃油车价格持平
公交车	计划于2019年在7个主要城市推广35辆氢能公交车
	2022年,公交车数量增至2000辆
到2040年,氢燃料电池汽车累计产量达620万辆(290万辆面向韩国国内市场,330万辆用于出口)	2040年,公交车数量增至4万辆
	出租车
	2021年,将出租车推广至主要大城市
	2040年,出租车数量达到8万辆
卡车	计划于2020年启动研发及测试
	2021年将卡车推广至垃圾回收、清扫车、洒水车等公共领域,之后将其逐步推广至物流等商业领域
	2040年,卡车数量力争达到3万辆
加氢站	2022年,加氢站数量增至310座
	2040年,加氢站数量增至1200座

2020年2月,韩国颁布全球首部《促进氢能经济和氢安全管理法》,旨在系统、有效地促进氢能产业健康发展,为氢能供应和及其基础设施的安全管理提供必要支持。2020年5月,韩国环境部、产业通商资源部、国土交通部与现代汽车等企业签订“氢能燃料货车普及示范项目工作协议”,并计划推出氢燃料货车,以减少大型货车大气污染物排放量,并以此为契机正式推进货车无害化。

2.3 欧盟:服务于脱碳能源转型和经济复苏

为了保障能源安全和可持续,推动脱碳经济发展,欧盟一直在探索相关的新技术。欧盟对氢能和燃料电池的研发支持始于“第四研发框架计划(1994—1998)”。2008年,欧盟设立燃料电池和氢能源事业联合组织(FCH JU, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking),旨在促进公共部门和私营部门合作,支持燃料电池和氢能技术研发和示范。2014年,欧盟启动燃料电池与氢能合作计划二期(FCH 2JU, The second generation of the European Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking),工作重点转向推动燃料电池和氢能技术商业化,包括大规模示范、提供融资方案和提高社会接受度等^[17]。

2019年2月,FCH 2JU发布了《欧洲氢能路线图:欧洲能源转型的可持续发展路径》^[18],提出面向2030年、2050年的氢能发展路线图。报告认为,氢能是交通、工业和建筑等特定行业实现大规模脱碳的最佳(唯一)选择。欧洲脱碳能源转型需要大规模应用氢能,否则无法实现预定目标。2030年前,欧洲氢能产业发展的三个优先领域为:天然气管道掺氢、氢能交通发展(主要是商用车、大型客车、重型交通设备和物料搬运车的氢能使用),以及现有制氢技术

的脱碳化。氢能交通领域的具体发展目标详见表3欧洲2030年氢能交通发展目标。

2020年新冠肺炎疫情暴发后,欧盟将氢能发展作为绿色经济复苏的重要抓手之一。法国国际关系研究所(IFRI, Institut Français de Relations Internationales)于2020年5月发布的《欧盟氢能战略展望》报告指出,一项稳健、成本效益高的“欧洲氢能战略”将成为“欧盟经济复苏计划”支柱,应与《欧洲绿色协议》一致,加速欧洲经济体脱碳进程。2020年6月,德国联邦政府通过了一揽子经济刺激计划与“国家氢能战略”,计划投资500亿欧元推动氢能和电动汽车的发展,旨在领军全球氢能技术开发和生产,促进氢能作为动力燃料大规模使用,利用氢燃料推动经济脱碳^[19]。

2.4 美国:重视氢能的战略技术储备,行业积极推动

20世纪70年代,美国就将氢能视为实现能源独立的重要技术路线。美国历届政府对氢能重视程度不同,有研究认为氢能发展受到石油危机影响消退和页岩气发展等的冲击,出现“两起两落”^[20],但美国一直在推进对氢能技术的战略投资。IEA数据显示,截至2019年底,美国氢燃料电池汽车的保有量位居全球第一(约占1/3),美国加氢站数量(64座)位居全球第三,仅次于日本和德国。

2005年,美国通过《能源政策法案》(EPACT, Energy Policy Act),其中第811(a)条要求能源部长定期向国会报告氢能发展的状况,具体包括支持氢能和燃料电池技术研发、商业推广的举措,根据示范经验的战略调整,以及既定发展目标(到2010年,氢能汽车数量达10万辆;到2020年,氢能汽车数量达250万辆)的实现进度等^[21]。

美国能源部在能源效率及可再生能源办公室(EERE, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy)下设立氢能和燃料电池技术办公室(HFTO, Office of Hydrogen Energy and Fuel Cell Technology),负责实施氢能和燃料电

表3 欧洲2030年氢能交通发展目标

车辆类型	发展目标
氢燃料电池乘用车	占比达1/22,达到370万辆
氢燃料电池轻型商用车	占比达1/12,达到50万辆
氢燃料电池卡车和公交车	保有量达4.5万辆
氢燃料电池火车	替代约570辆柴油火车

池计划,协调相关部门共同推动氢能和燃料电池技术的研发示范和商业化^[22]。美国能源部在2019财年为氢能和燃料电池技术共计安排约2.20亿美元的预算^[23]。

美国当前氢能和燃料电池计划支持的研发活动集中在氢能和燃料电池技术研发,氢基础设施及系统研发,安全、导则及标准研发三个领域。对氢能和燃料电池技术研发目的是降低氢产业链的成本,提高燃料电池的性能。具体研发方向包括催化剂研发、水解制氢、储氢材料研发和兼容性氢能材料研发^[24]。

2020年3月,美国燃料电池和氢能协会发布了《美国氢能经济路线图》^[25],提出氢能对于

实现低碳能源结构至关重要,发展氢能经济能够巩固美国的能源领导地位并提振经济,保障能源安全,更好地整合低碳电源。按其设定情景,到2030年,氢能发展可为美国带来1400亿美元收入,创造70万个就业岗位;同时实现城市温室气体和大气污染物减排。到2050年,氢能发展能够实现7500亿美元的经济收入,创造340万个就业岗位;满足14%的能源需求,实现16%的CO₂减排和36%的NO_x减排。基于全成本计算,《美国氢能经济路线图》计划在2025—2030年间实现氢燃料电池汽车成本与内燃机汽车成本持平,其目标详见表4美国氢能汽车发展目标。

表4 美国氢能汽车发展目标

时间段	氢能发展阶段	氢能汽车发展目标	
2020—2022年	快速行动阶段	到2022年,实现以下目标: FCEVs销售量达3万辆 物料搬运FCEVs保有量达5万辆 加氢站数量达165座	早期应用的州关注加氢站建设,并开始研发第二代乘用车和加氢站
2023—2025年	规模化早期阶段	到2025年,实现以下目标: FCEVs销售量达15万辆 物料搬运FCEVs保有量达12.5万辆 加氢站数量达1000座	车用燃料电池生产和加氢站大规模发展,成本下降,性能提升。中型和重型车辆及车型投放市场
2026—2030年	多元化阶段	到2030年,实现以下目标: FCEVs销售量达120万辆 物料搬运FCEVs保有量达30万辆 加氢站数量达4300座	中长途燃料电池卡车市场规模扩大。中大规模的加氢站形成区域网络,实现全国覆盖
2030年以后	广泛铺开阶段	—	不同车型增多满足消费者个性化需求,零排放车辆保有量占比增加

3 我国氢能汽车发展现状

2021年,我国先后印发《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》^[26](以下简称《意见》)和《2030年前碳达峰行动方案》^[27]。作为碳达峰碳中和“1+N”政策体系的顶层设计,《意见》提出,到2030年,非化石能源消费比重达到25%左右,到2060年,非化石能源消费比重达到80%以上。《意见》同时提出,积极发展非化石

能源,统筹推进氢能“制储输用”全链条发展;加强氢能生产、储存、应用关键技术研发、示范和规模化应用;推广节能低碳型交通工具,推动加氢站建设。“1+N”政策体系在碳达峰碳中和背景下为燃料电池汽车尤其是氢能汽车短期与中长期发展提供了指引与实施路径。

近年来,受政策激励,我国燃料电池汽车领域发展迅速。IEA数据显示,截至2019年底,我国氢燃料电池汽车保有量位居全球第二,加氢站数量(61座)位居全球第四。其中,氢燃料

电池公交车的保有量接近 4300 辆,氢燃料电池轻卡的保有量超过 1800 辆,分别占对应车型全球保有量的 97% 和 98%。根据中国汽车工业协会统计数据,2019 年,全国共销售 2737 辆氢燃料电池汽车,同比增长 79%。在售车辆以中型货车及大中型公交车为主。

北京氢燃料电池发动机工程技术研究中心数据显示,2016—2019 年间,中国共有 1752 辆氢燃料电池客车投入运营,涉及 18 个省份,其中上海以轻型客车为主,北京以团体客车为主,其他省份均以公交车为主。货车以 8~9 吨中型货车为主,其累计销售量为 3348 辆,涉及 10 个省份,如图 1 所示。

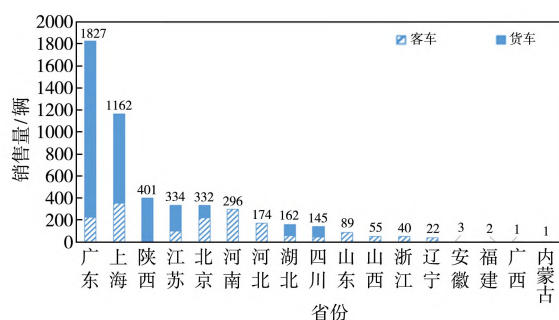


图 1 我国主要省份在 2016—2019 年销售氢燃料电池汽车的数量

(数据来源:北京氢燃料电池发动机工程技术研究中心)

燃料电池汽车一直是我国新能源汽车发展的技术路线之一。早在“十五”期间,科技部就启动实施电动汽车重大科技专项,确立了“三纵三横”研发布局。其中,“三纵”包括纯电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车。2008 年北京奥运会拉开了我国燃料电池汽车示范运行的序幕。然而,我国新能源汽车产业坚持的是“纯电驱动战略取向”^[28],发展更加偏重于纯电动汽车和插电式混动,氢燃料电池车基本处于配角地位^[29]。

2016 年,中国汽车技术研究中心发布《中国燃料电池汽车发展路线图》,提出了 2030 年中国燃料电池汽车的发展目标;2016 年,中国标准化研究院和中国电器工业协会燃料电池分会发布《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书(2016)》,提出了 2050 年氢能产业的发展目

标。涉及的相关发展目标详见表 5 中国燃料电池汽车发展目标。

表 5 中国燃料电池汽车发展目标

年份	中国燃料电池汽车发展路线图	中国氢能产业基础设施发展蓝皮书
2020 年	燃料电池汽车发展规模 5000 辆 燃料电池堆比功率 2 kW/kg 燃料电池堆耐久性 5000 小时	加氢站 100 座以上 燃料电池运输车 1 万辆 氢能轨道交通 50 例 氢能河湖船舶示范
2025 年	燃料电池汽车发展规模 5 万辆 燃料电池堆比功率 2.5 kW/kg 燃料电池堆耐久性 6000 小时	—
2030 年	燃料电池汽车发展规模百万辆 燃料电池堆比功率 2.5 kW/kg 燃料电池堆耐久性 8000 小时	加氢站 1000 座以上 燃料电池运输车 200 万辆
2050 年	—	加氢站网络构建完成 燃料电池运输车 1000 万辆

各类补贴政策(免征车船税、购置补贴、加氢站建设补贴)激励直接推动了我国燃料电池汽车产业发展,但我国燃料电池汽车产业发展仍然面临一些问题:“核心技术和关键部件缺失,创新意识和能力不强,基础设施建设不足,消费端的补贴和对推动产业链和基础设施建设的局限性日益显现”^[30]。2020 年 4 月,财政部调整补贴方式,“将当前对燃料电池汽车的购置补贴,调整为选择有基础、有积极性、有特色的城市或区域,重点围绕关键零部件的技术攻关和产业化应用开展示范,中央财政将采取‘以奖代补’方式对示范城市给予奖励”。工业和信息化部 2019 年发布的《新能源汽车产业发展规划(2021—2035 年)(征求意见稿)》,提出未来十五年新能源汽车的发展愿景为“纯电动汽车成为主流,燃料电池汽车实现商业化应用”。

对比国内外氢能汽车发展的现状,可以发现主要发达国家和地区在氢能利用方面起步较早,技术相对成熟。虽然各国和地区尚处于氢能产业发展初期,但主要发达国家和地区对发

展氢能的定位比较明确,积极推动氢能纳入能源系统,为其在能源结构中找到了合适的定位,或作为核心能源,或与可再生能源形成互补。氢能汽车作为氢能产业发展的终端,伴随着氢能产业链整体布局的推进而得到发展。虽然其实际市场表现滞后于发展规划,但已经进入进一步降低成本、提高性能,准备实现大规模商业化的阶段。

我国能源面临与美欧较为类似的现状,存在多个与氢能存在替代关系的能源解决方案,因此需要明确氢能发展的基本定位,并基于此设计氢能发展融入能源体系的合适路径。在此基础上,为氢能产业的发展设定较为清晰的规划,避免发展的盲目性,提高政策绩效。我国目前仅仅将氢能作为能源创新的方向之一,燃料电池汽车发展主要依靠消费端补贴政策和汽车行业巨大的体量驱动,尚处于小规模试点示范发展阶段。我国在2020年下半年启动部分城市群燃料电池汽车示范^[31],推动氢能交通进入新发展阶段。但我国氢能发展目前仍受技术与成本问题限制,一方面,我国氢能生产、储存、应用等关键环节技术配套标准体系不完善、不统一;另一方面,在推进碳达峰碳中和目标愿景下,“制储运输”全生命周期碳排放核算体系建设有待完善。另外,氢能汽车产业全链条关键技术研究方兴未艾,氢燃料储运、加注等环节存在技术瓶颈,缺少规模化应用实践经验。

4 我国未来氢能产业发展建议

4.1 明确我国氢能发展的基本定位,完善氢能产业标准体系

主要发达国家或地区已经在氢能技术研发推广应用的同时开展氢能产业标准体系建设,并积极对外布局。在全球化的大背景之下,国外氢能发展的浪潮不可避免地会影响国际氢能进程和我国氢能发展。我国氢能产业处于起步阶段,相关标准体系建设有待进一步完善,应对标国际标准,统一涉氢检测、基础设施建设等关

键环节技术标准体系,不断完善全产业链标准体系。2022年北京冬奥会将丰田氢能汽车作为活动用车,在大连自贸区采用“整车氢瓶到岸检测”后装配成车机制^[32],可为创新、完善氢能汽车及车用氢瓶检验检测标准体系提供可借鉴的实践经验。

4.2 针对制氢环节碳排放强度高问题,加强可再生能源制氢政策扶持力度

在推进碳达峰碳中和目标愿景下,长期需要实现制氢环节深度脱碳。当前我国氢气产能约为4100万吨/年,是世界第一产氢国^[33]。但是可再生能源制氢方法存在生产成本低、技术不成熟等现实问题,例如电解水制氢装置氢气制备能力最大仅为1000~1500Nm³/h,且与新能源负荷波动的匹配性有待提升。应重点关注制氢环节的低碳化(如化石能源制氢的碳捕获、封存和利用;可再生能源制氢等)和氢能汽车全生命周期的能耗与环境绩效评估,进一步加强在源头降低原始排放的制氢政策指导,加大资金扶持力度。

4.3 围绕氢能汽车产业链,重点做好氢储运、加注等瓶颈环节的基础研究

我国氢能汽车产业此前已有小规模示范,并于2020年9月启动城市群燃料电池汽车示范应用工作。建议以此为切入点,做好系统研究跟踪,为制氢—储运—加注—应用的氢能全产业链的绿色化做好基础性支撑,突破产业成本制约,提高应用的安全性。可探索建立科研机构、企业、政府间联动机制,形成研究—应用—示范的驱动体系。

4.4 以问题导向开展针对性国际合作,为国内示范推广引进国际先进经验

从氢能汽车产业发展现状来看,主要发达国家和地区可以在技术研发、推广应用、政策设计等多方面为我国行业发展提供有益经验。建议加强政企合作,针对氢能汽车产业发展面临的难点,与欧美、日韩等开展技术交流与合作研讨,借鉴国际成功经验,以外促内形成国际国内

价值链,助力国内氢能汽车产业发展。

5 小结

随着全球能源结构加快向低碳化转型,氢能作为清洁的二次能源受到各方关注。相比于传统化石能源汽车,氢能汽车具有能源获取便利、环境友好等优势。本文通过梳理世界主要发达国家和地区氢能汽车发展现状及政策实践,研究认为主要发达国家和地区已将氢能汽车发展纳入国家氢能经济发展整体战略,并进入降低成本、提高性能和大规模商业化推广准备阶段。相比之下,我国氢能汽车技术起步晚、发展缺乏整体规划,仍存在着产业链不完备和供应链关键技术创新不足等问题。未来我国氢能汽车发展应借鉴国际先进经验,完善顶层设计,明确氢能发展定位,完善氢能产业标准体系;针对制氢等环节碳排放强度高问题,加强可再生能源制氢扶持力度;围绕氢能汽车产业链,重点做好氢储运、加注等环节的瓶颈问题基础研究;以问题为导向开展针对性国际合作,推动国内示范与产业发展。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2014: mitigation of climate change [R]. 2014.
- [2] 中华人民共和国生态环境部. 中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告 [R/OL]. (2019-10-30) [2021-06-27]. <http://www.mee.gov.cn/ywyz/ydqhbh/wsqtz/201907/P020190701765971866571.pdf>.
- [3] 中华人民共和国生态环境部. 中国移动源环境管理年报(2019) [R/OL]. (2019-09-04) [2021-06-27]. <http://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/ydyhjl/201909/P020190905586230826402.pdf>.
- [4] HYDROGEN COUNCIL. How hydrogen empowers the energy transition [R/OL]. [2021-06-27]. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/06/Hydrogen-Council-Vision-Document.pdf>.
- [5] IEA. The future of hydrogen: Seizing today's opportunities [R/OL]. (2019-01-14) [2021-06-27]. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.
- [6] IEA. Hydrogen tracking report June 2020 [EB/OL]. <https://www.iea.org/reports/hydrogen>.
- [7] 邓昉源, 邹安全. 氢燃料电池汽车产业价值链分析 [J]. 汽车文摘, 2020(01): 18-23.
- [8] MCKINSEY. Hydrogen: the next wave for electric vehicles? [EB/OL]. [2021-06-27]. <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/Hydrogen%20The%20next%20wave%20for%20electric%20vehicles/Hydrogen-the-next-wave-for-electric-vehicles-final.pdf>.
- [9] 北京国际能源专家俱乐部. 氢能发展的未来 [EB/OL]. (2019-11-04) [2021-06-27]. <http://www.escn.com.cn/news/show-781204.html>.
- [10] 符冠云, 赵吉诗, 龚娟, 等. 2019年国内外氢能发展形势回顾及展望 [J]. 中国能源, 2020, 42(03): 30-33.
- [11] 崔东树. 2019年全球汽车销量下降3% [EB/OL]. (2020-02-24) [2021-06-27]. <http://www.qzone.com.cn/sdjd/2561.html>.
- [12] METI. Basic hydrogen strategy (key points) [EB/OL]. (2017-12-26) [2021-06-27]. https://www.meti.go.jp/english/press/2017/pdf/1226_003a.pdf.
- [13] METI. The strategic road map for hydrogen and fuel cells [EB/OL]. (2019-03-12) [2021-06-27]. https://www.meti.go.jp/english/press/2019/pdf/0312_002a.pdf.
- [14] METI. Strategy for developing hydrogen and fuel-cell technologies formulated [EB/OL]. (2019-09-18) [2021-06-27]. <https://www.meti.go.jp/press/2019/09/20190918002/20190918002-2.pdf>.
- [15] Government unveils roadmap for hydrogen-powered economy [EB/OL]. 2019 [2021-06-27]. http://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2019/01/419_262238.html.
- [16] 吴善略, 张丽娟. 世界主要国家氢能发展规划综述 [J]. 科技中国, 2019(07): 91-97.
- [17] Fuel cells and hydrogen-part of the paradigm shift [EB/OL]. [2021-06-27]. <https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-magazine/fuel-cells-and-hydrogen/fuel-cells-and-hydrogen-%E2%80%93-part-of-paradigm-shift>.
- [18] Hydrogen roadmap Europe: a sustainable pathway for the European energy transition [R/OL]. (2019-11-02) [2021-06-27]. <https://www.fch.europa.eu/publications/hydrogen-roadmap-europe-sustainable-pathway-european-energy-transition>.
- [19] BMU. Bundesregierung verabschiedet Nationale Wasserstoffstrategie und beruft Nationalen Wasserstoffrat [EB/OL]. (2020-10-06) [2021-06-27]. <https://www.bmu.de/pressemitteilung/globale-fuehrungsrolle-bei-wasserstofftechnologien-sichern/>.
- [20] 符冠云, 熊华文, 林汉辰. 借鉴国际经验 找准我国氢能发展路径 [J]. 中国能源报, 2020-06-22/008.
- [21] DOE. Hydrogen and fuel cell activities, progress, and plans [R].

- https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f12/epact_report_sec811.pdf, Jan 2009.
- [22] DOE. Hydrogen and fuel cell technologies office plans, implementation, and results [EB/OL]. <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-and-fuel-cell-technologies-office-plans-implementation-and-results>.
- [23] DOE. Hydrogen and Fuel Cells Program FY 2019 Annual Progress Report [R/OL]. https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/progress19/introduction_2019.pdf.
- [24] DOE. Hydrogen and fuel cell activities, progress and plans: September 2016 to August 2019 [R/OL]. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/03/f72/epact_fifth_report_sec811.pdf.
- [25] Fuel cell & Hydrogen Energy Association. Road Map to a US Hydrogen Economy [R]. <https://static1.squarespace.com/static/53ab1f6ee4b0bef0179a1563/t/5e7ca9c03c2524311f3bef36/1585228227720/Road+map+to+a+US+hydrogen+economy+Exec+Sum+Web+Final.pdf>.
- [26] 中国政府网. 中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见 [EB/OL]. (2021-10-24) [2020-06-27]. http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm.
- [27] 中国政府网. 国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知 [EB/OL]. (2021-10-26) [2020-06-27]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-10/26/content_5644984.htm.
- [28] 工信部. 新能源汽车产业发展规划 (2021—2035 年) (征求意见稿) [EB/OL]. (2019-12-03) [2020-06-27]. <http://www.miit.gov.cn/n1278117/n1648113/c7553623/part/7553637.pdf>.
- [29] 中国汽车技术研究中心. 中国燃料电池汽车发展路线图 [R/OL]. (2017-07-14) [2020-06-27]. <http://www.doc88.com/p-2982519294563.html>.
- [30] 中国政府网. 关于《财政部 工业和信息化部 科技部 发展改革委关于调整完善新能源汽车补贴政策的通知 (财建〔2020〕86 号)》的解读 [EB/OL]. (2020-04-23) [2020-06-27]. http://www.gov.cn/zhengce/2020-04/23/content_5505506.htm.
- [31] 财政部, 工业和信息化部, 科技部, 等. 关于开展燃料电池汽车示范应用的通知 [EB/OL]. (2020-09-16) [2020-06-27]. http://www.mof.gov.cn/gkml/caizhengwengao/202001wg/wg202009/202012/t20201230_3638265.htm.
- [32] 中国环境报. 大连自贸片区助力“绿色冬奥”首创“整车氢瓶到岸监检”机制 [N]. 中国环境报, (2021-11-29) [2020-06-27]. http://epaper.cenews.com.cn/html/2021-11/29/content_71713.htm.
- [33] 中国氢能联盟. 中国氢能及燃料电池产业白皮书 2020 [EB/OL]. (2021-04-28) [2020-06-27]. https://www.xianjichina.com/special/detail_482241.html.

The domestic and oversea development status of hydrogen-powered vehicles and suggestions on China's hydrogen energy development for future

WANG Ran, LIU Kan*

(Foreign Environmental Cooperation Center, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100035, China)

Abstract: This paper systematically summarizes the development status and policy practices of hydrogen-powered vehicles in major developed countries and regions, and concludes that they have integrated the development of hydrogen-powered vehicles into the overall national strategy of hydrogen economic development, and have entered the stage of reducing costs, improving performance and preparing for large-scale commercialization. In contrast, China's hydrogen-powered vehicle technology started late without a complete development plan. It is now constrained by the incomplete industrial chain and weak innovation in supply chains. The paper finally proposed to draw on international advanced experience to improve the top-level design and clarify the positioning of hydrogen energy development, and improve the standard system for the industry; in view of high carbon emissions of hydrogen production, strengthen the governmental support to hydrogen production from renewable energy; strengthen research and tracking, especially focusing on the hydrogen storage, transportation, refueling and other bottlenecks; conduct problem-oriented and targeted international exchanges and cooperation to promote healthy development of domestic industries.

Keywords: hydrogen fuel cell vehicles; emission of transportation sector; hydrogen energy development

(责任编辑 王彬)