我国港口城市氢能发展潜力与对策研究

刘岢孟[1]，高俊莲[1]，孙旭东[1]，张博[1]，吴荣[2]

（1.中国矿业大学（北京）管理学院，北京100083；2.北京市煤气热力工程设计院有限公司，北京100032）

摘要：氢能是我国未来能源转型与产业发展的重要方向；港口城市是我国经济发展与对外开放的关键地带，加快和推动能源绿色低碳转型、布局氢能规模化开发利用是推动我国港口城市高质量发展的重要手段。本文首先明确了我国港口城市氢能产业发展的基础，分析了港口城市氢能产业发展的现状、已有规划目标以及存在的问题，进而提出了港口城市氢能发展的方向和路径选择。研究发现，我国港口城市具有区位优势明显、氢能资源丰富、应用场景突出、研发实力雄厚、人才集聚力强等发展基础，可以通过港口、重型卡车、公交车等应用场景，推进氢能重点工程项目的部署落实，将港口城市打造为氢能技术先进、氢能供应充足、产业链完备的国际能源枢纽。为进一步把握港口城市氢能产业发展的战略机遇，研究建议，各地要积极开放合作，构建良好生态；抓关键补短板，构建创新体系；坚持安全为先，推进场景应用；加快技术创新，激发发展动力。

一、前言

作为我国对外开放的重要门户，港口城市的工业、货运等行业发展迅速，能源需求量大，能源转型需求迫切。氢能作为一种绿色、高效、应用范围广泛的二次能源，在能源转型中的地位愈发凸显。据国际氢能委员会预计，到2030年全球将大规模利用氢能，到2040年氢能在全球终端能源消费中的占比将达到18%，到2050年氢能消耗量将占能源消耗总量的20%[1]。全球各主要国家都积极推进氢能的产业布局、技术研发及配套设施建设，如美国、日本、韩国、欧盟等主要国家和地区纷纷将氢能产业纳入国家能源发展战略，不断加大对氢能技术研发与产业化发展的扶持力度，设立研发专项，开展试点示范，并制定各类政策，以求在氢能产业推广和基础设施建设方面抢占先机[2]。

我国氢能产业发展已经进入加速期，氢能产业将在我国能源转型中扮演更加重要的角色。近年来国家陆续出台了多项政策和规划，支持氢能产业的发展[3,4]。随着我国“双碳”目标的提出，构建清洁、低碳、安全、高效的现代能源体系，推动能源发展方式转型，成为国家能源战略的主要方向。氢能应用场景丰富，可在工业、交通、建筑与发电等领域逐步渗透[5]，港口城市因其特殊的地理优势，具有良好的氢能发展基础和潜力。

我国海岸线长，港口城市众多。目前涉及港口城市氢能产业的研究还相对不足。已有研究多集中于国家层面及产业层面氢能产业现状的分析[1,6,7]、氢气制取和储运技术的应用现状[8~13]、氢燃料电池技术及政策分析[14~17]等。部分学者针对特定区域进行了研究，如长江三角洲（简称“长三角”）区域氢能发展的路径[18]和沿海地区氢能制备技术路线[19]。

本文以港口城市为研究对象，从其发展氢能的基础出发，针对港口城市氢能产业发展现状及存在的问题，对其总体发展布局进行研判，提出重点发展方向、应用场景及重大工程示范项目，为港口城市氢能产业发展提供参考。

二、我国港口城市氢能发展基础

（一）区位优势明显，辐射能力较强

我国港口城市多地处亚太经济区的中心地带，贯穿东北、华北、华东、华南城市群，环临渤海、黄海、东海、南海，与日本、韩国等国家隔海相望，是我国对外开放的航运枢纽，也是欧亚大陆通往太平洋的重要通道。其中，辽宁的大连、营口等港口已同160多个国家和地区的300多个港口有贸易往来；秦皇岛、唐山、天津等港口在京津冀协同发展中具有重要地位；山东省的港口城市处于京津冀和长三角两大氢能产业集群之间的核心地带，以经济规模庞大的黄河经济带为腹地；长三角地区港口城市众多，口岸资源优良，国际联系紧密，协同开放水平较高；福州、广州、海口等南部港口城市是国家“一带一路”倡议的重要枢纽城市。总的来看，港口城市内部完善的海陆空综合立体交通体系和优越的区位条件为港口城市氢能发展提供了重要基础，使其既便于向内陆地区输入氢气，又方便向国外运氢气，具有发展成为能源传输枢纽的潜力。

（二）氢能资源丰富，制氢成本较低

首先，港口城市普遍具有丰富的海上风能、地热能等可再生能源，可以充分利用弃风和地热资源进行电解水制氢，在提高新能源利用率的同时，降低制氢用电成本，为零碳制氢提供丰富的电力保证。其次，部分港口城市是我国重要的钢铁和石化产品生产基地，具有丰富的工业副产氢资源；化工企业具备海量的焦炉煤气副产氢、生物发酵沼气制氢资源，制氢潜力大，氢气纯度高。

（三）应用场景突出，市场需求较大

港口城市交通运输产业发达，在港口、厂区、集聚区等运输场景对氢燃料重卡运输的需求较大，为氢燃料重卡的示范运行提供了广阔的应用平台和使用场景，具备打造“氢能重卡物流基地”的基础。依托港口应用场景，对牵引车、自卸车等的氢能专用车应用需求也有较大潜力。部分港口城市以发展重工业为主，在发展氢冶金方面具有巨大潜力。

（四）研发人才雄厚，制造能力较强

目前，我国港口城市在氢气“制－储－运－注”等方面已具备较强研发能力。再加上，我国众多高校和科研院所在氢能基础研究领域具有较强研发实力，如中国科学院大连化学物理研究所、山东省科学院能源研究所、山东大学、天津大学、上海交通大学、浙江大学、浙江清华长三角研究院、福州大学、中国科学院福建物质结构研究所、华南理工大学、中国科学院广州能源研究所等，长期开展氢能制备与利用方面的研究。同时，我国港口城市也具备较强的制造能力，部分港口城市拥有雄厚的工业基础，是我国近代工业发展的重要基地。

综上，借助先天的区位优势，大力发展氢能产业，契合港口城市的发展需要，同时也是实现城市能源综合改革战略的要求，可为港口城市经济结构和能源结构转型提供新的动力，具有重要的意义。

三、我国港口城市氢能发展现状

（一）现有氢能产业发展现状

1.研发制造能力日渐凸显

目前，大连已经成为氢能与氢燃料电池的基础研究和技术创新高地，在众多基础研究领域处于国内领先地位，已获燃料电池关键材料、核心部件、电堆系统等方面的授权发明专利300余项，主导制定了50%以上的燃料电池国家标准。天津在车载动力技术和分布式发电/热电联供技术领域取得了一系列突破，研发生产了国内首批氢燃料电池叉车、国内首套固体储氢燃料电池发动机系统及国内首套燃料电池叉车配套加氢装置等，在产业链关键环节取得了一定进展。山东港口城市的有关氢能企业建成了“单电池－电堆－发动机－整车”的全套研发试验台架，具备了完整的燃料电池系统及整车研发试验能力，最新研发的燃料电池堆功率技术指标处于世界先进水平。浙江的港口城市不断提升设备研发能力，在制氢方面，宁波、嘉兴等地高纯
度氢气年产能可达1×10^5
t以上。福州拥有东南（福建）汽车工业有限公司、福建奔驰汽车有限公司等整车生产及研发基地，已具备燃料电池汽车技术路线。

2.氢能产业链条基本形成

我国港口城市已初步形成相对完整的氢能产业链（见图1）。天津、青岛、大连、上海、福州、广州等开展了氢能制取、储运、加注、燃料电池动力系统及氢能应用全产业链项目，形成了一批龙头企业。天津依托石化产业，优势布局氢能产业，形成了制氢、加氢、用氢的全产业链条；青岛国际院士港联合同济大学、上汽集团等开展氢能制取、储运、加注、燃料电池动力系统及氢能应用全产业链项目。大连在氢气制备储运、氢燃料电池系统及零部件、氢燃料电池整车整机等方面，拥有众多经验丰富的企业，已初步形成相对完整的氢能产业链。上海引进了一批氢能产业链企业，初步形成了集膜电极等关键零部件研发、燃料电池动力系统生产和加氢站基础设施配套等较为完整的氢能产业框架体系。福州在氢气供应、燃料电池核心零部件、整车生产研发等产业链环节具有一定基础。广州部分氢能企业已完成整合氢能核心零部件、供氢系统、整车厂商等上下游产业的全供应链体系，推动了当地氢能产业的提速发展。

图1　我国部分港口城市的涉氢企业

3.氢能创新平台日趋完善

我国港口城市氢能产业创新体系建设不断加速发展，创新平台不断培育。青岛市通过引入同济大学国家燃料电池汽车及动力系统工程研究中心青岛创新基地，为氢能产业的研发和应用提供了强大的创新平台。苏州市氢能产业创新中心由苏州市科学技术局、张家港市政府和中国科学院大连化学物理研究所三方共建，建立了氢燃料电池材料、部件、电堆和系统中试平台，已成功纳入省级产业创新中心培育名单。上海市鼓励“产学研用”深度合作，不断加快建设和完善院士研究成果转化中心、嘉定同济大学科技园、长三角碳中和创新中心等科创孵化平台，以开展燃料电池汽车关键技术攻关，形成创新技术策源地，推动技术成果转化和产业化。广州市引进国际著名电化学及燃料电池专家并建立

了氢能创新中心，致力于攻克相关领域的核心技术。

4.氢能应用示范初具成效

①在氢能运营示范方面，青岛美锦新能源汽车制造有限公司制造的首批氢燃料城市公交车已投入运营，标志着青岛正式进入氢燃料电池客车商业示范运行之列。②在氢燃料电池有轨电车方面，中车唐山机车车辆有限公司研制的世界首列商用型氢燃料混合动力100%低地板现代有轨电车于2017年10月首次投入商业载客运营；2019年，嘉兴市嘉善县在长三角一体化示范区内开通了氢能公交车，与上海、苏州实现互联互通。③在氢气加注方面，海南首座加氢站于2021年在博鳌正式投入运营；由海马汽车股份有限公司与中国航天科技集团公司101研究所合作建设的海马制氢加氢一体站正式落成，将同步推进氢燃料电池汽车的自主研发与示范运营，打通氢能产业的上下游。④在加氢站建设方面，已初具规模。上海、广州、嘉兴、青岛等城市加氢站投运数量较多，处于在建和规划状态的加氢站数量也逐步增多。未来，建成的加氢站数量将不断上升，以满足氢燃料电池汽车示范运营需求。

（二）现有氢能相关规划的目标分析

在“双碳”目标引领下，氢能作为清洁能源的未来，已被全国30个省份写入了“十四五”发展规划中，其中大连、天津、唐山、青岛、广州等港口城市已出台了氢能产业发展规划。本文将具体介绍上述港口城市的氢能产业发展规划，据此对氢能产业发展目标进行梳理。

①大连市目前已印发《大连市加快培育氢能产业发展的指导意见》和《大连市氢能产业发展规划（2020—2035年）》。到2035年，在产业发展方面，将培育具有国际水平的龙头企业超过30家，累计拉动社会资本超过2500亿元，氢燃料电池整车产能超过1×10^5辆；在技术创新方面，力争实现关键部件本地化率达到100%；在应用推广方面，全市氢燃料电池车辆（含公交车、乘用车、重型卡车、牵引车、环卫车等）保有量达到57000辆以上，氢燃料电池船舶保有量达到500艘以上。②天津市目前已出台《天津市氢能产业发展行动方案（2020—2022年）》《天津港保税区关于扶持氢能产业发展若干政策》等政策规划。预计到2022年，氢能产业总产值有望突破150亿元；培育2~3家在氢燃料电池及核心零部件、动力系统集成、检验检测等领域具有国际竞争力的优势龙头企业；打造3个氢燃料电池车辆推广应用试点示范区。③唐山市发布了《唐山市氢能产业发展规划（2021—2025）》。到2025年，全市氢能产能达到60000t/a，氢燃料电池汽车运营数量达3000辆以上，其中氢能重卡不少于2000辆。④青岛市出台了《青岛西海岸新区氢能产业发展规划（2021—2030年）》和《青岛市氢能产业发展规划》。其中，西海岸新区将氢能产业发展分为产业培育阶段、产业加速阶段和产业成熟阶段3个阶段，氢能产业累计产值将分别达到50亿元、100亿元和300亿元。⑤舟山市发布的《舟山市加快培育氢能产业发展的指导意见》指出，到2035年，基本建成国内具有影响力的氢能海洋应用示范城市。⑥广州市发布的《广州市氢能产业发展规划（2019—2030年）》中表明，到2030年，将建成加氢站100座以上，氢能产业实现产值预计约2000亿元以上。

综上，我国港口城市氢能产业的发展目标多聚焦在创新研发、产业规模、基础设施和推广应用等方面，力争早日攻关关键技术，使氢能核心领域达到国际先进水平，初步建成氢能源产业高地。

四、我国港口城市氢能发展面临的挑战

（一）产业链布局分散，区域协作有待加强

我国港口城市氢能产业的发展正处于起步阶段，氢能产业链虽已初步形成，但部分环节仍需进一步完善。氢能产业上下游企业之间的联系较少，制氢企业生产的大部分氢气无法直接向下游企业供给，氢气储运装备产品的生产、制造、研发、示范仍未广泛开展。现有氢能企业的布局比较分散，缺乏区域氢能产业协同总体规划，企业间无法有效协作联动；各环节研发活动趋于封闭，资源不能共享，难以突破规模化量产的技术屏障。

（二）基础设施不完备，市场运营基础薄弱

终端氢能源产品投放市场的运营基础相对薄弱，配套设施匮乏成为氢能技术在我国港口城市应用和推广的关键制约因素。特别是作为基础设施的加氢站严重欠缺，数量与性能仍落后于发达国家，运维成本较高，用氢规模较小，在经营上难以实现盈亏平衡，致使港口设备加氢时的使用成本攀升。氢能基础设施布局不足、推广普及艰难，不利于培育终端氢能产品应用市场。

（三）研发竞争力不足，关键技术亟需攻克

我国港口城市氢能部分技术水平已接近国际先进水平，但整体核心技术与国外先进水平依然有较大差距。在氢气提纯、储氢材料与装备、加氢站装备制造等领域，与国际先进技术存在一定差距；在氢燃料电池领域，质子交换膜、碳纸、低铂催化剂、金属双极板、氢循环部件、空压机、固体氧化物燃料电池系统集成等方面的核心技术尚未实现完全突破，重型卡车用的大容量燃料电池系统中的关键技术指标与国际先进水平仍存在较大差距，距规模生产和市场应用还有较大距离。

（四）发展环境需改善，产业政策有待完善

我国多个港口城市虽已出台了相关氢能产业发展规划，但在与氢能产业相关的扶持政策、管理办法、审批手续、法律法规以及安全保障机制等方面还有所欠缺。例如，燃料电池汽车政策准备情况总体水平较低，已发布燃料电池汽车专项政策的港口城市较少。目前，我国氢能技术标准体系尚不健全，测试标准严谨性仍需提升，港口城市作为各省市安全管理的重点区域，应保障氢能应用的可靠性。同时，氢气在我国仍作为危化品进行管理，氢能产业项目在审批、实施和运营等相关环节都存在一定的体制障碍，缺乏统筹管理和配套政策措施。

五、我国港口城市氢能发展方向与路径选择

（一）总体布局

将港口城市打造为氢能供应充足、重卡产业完备、氢能技术先进及国际氢能交通枢纽的氢能城市。以制氢资源优势为保障，使氢能供应“保内需、争外输（含国内、海外）”；建设燃料电池重卡示范基地，以氢能源燃料电池重卡物流圈为特色；结合城市氢能供给与应用情况，发展有特色、独立自主的氢能研发技术；发挥港口优势，打造成为具有影响力的国际氢能枢纽。

目前，我国主要港口城市的氢能发展布局情况具体如下。①辽宁省的港口城市以大连为中心，今后将建设协同发展、绿色高效的世界级港口集群，促进辽宁沿海港口氢能资源与东北腹地运输资源整合，大力发展“公海铁”多式联运，开辟融入东北亚氢能经贸格局的陆海物流新通道，形成对腹地新能源发展的重要支撑。②天津市与河北省的港口城市发挥作为京津冀发展轴重要节点城市的区位优势，重点发展氢能物流，建设加氢站网络，促进跨区域合作和京津冀协同发展。③山东省的港口城市将着力布局绿色港口建设，进一步推广和应用港口氢能化，加快推进建设成为“国际领先的智慧绿色港”。④江浙沪区域的港口城市群要充分利用长三角一体化国家战略的契机，加强产业间的合作交流，发挥氢燃料电池汽车技术水平的领先优势，建设国内氢能与燃料电池产业发展高地。⑤福建省的港口城市以福州市为核心打造氢能全产业链，发挥厦门金龙汽车集团股份有限公司、福建雪人股份有限公司等重点企业的作用，壮大氢燃料电池车辆的生产规模，打造海峡西岸重要的氢燃料电池及汽车产业制造高地、核心技术创新区和示范应用基地。⑥广东省的港口城市要加速构建氢能全产业链，形成氢能规模化应用，带动粤港澳大湾区氢能产业发展，面向全国、全球输出氢能成套装备和关键零部件。⑦海南省的港口城市要利用海南自由贸易港的优势条件，吸引一批氢能企业落户，完善氢能产业链，为自由贸易港建设提供新动能。

（二）产业发展重点方向

1.保障氢能供应充足

利用港口城市的地理优势，发挥工业副产氢与可再生能源氢源的优势，发展多元化制氢体系，打造以副产气提氢为主、可再生能源制氢为有效补充的氢供应基地。一是大力发展优质的工业副产氢气，开展工业尾气制氢、天然气重整制氢、甲醇裂解制氢、太阳能光解制氢等技术攻关，实现多元化制氢，降低制氢成本。二是依托港口城市丰富的可再生资源
优势，大力发
展新能源电解水制氢等绿色
制氢技术，作为氢源的重要补充，以应对未来“绿氢”
的需求[20]
。三是发展氢气提纯工艺和纯度检测技术，开发高效变换制氢技术以及采用变压吸附（PSA）制氢技术，掌握核心设备、催化剂等关键技术，提高吸附和变换效率，提升高纯氢气生产能力。四是加快打造沿海地区氢气供应重要基地，扩大氢能供需规模，尽快形成市场规模。

推动城市内部氢能供给网络建设。将城市企业产生的工业副产品焦炉煤气统一纳入管网，根据各城市氢燃料电池车用、氢外输的运输及供给需求，结
合交通路线，合理布局加氢站，构建加氢站网络[21]

。坚持资源综合利用优先，探索加氢站选址与科学决策方法[22]，积极寻求在加气站位置建设气改氢、气氢合建、扩建及液氢加氢站等多种形式加氢站可行性方案，并着眼于区域布局。通过基础管网建设、第五代移动通信技术（5G）等信息化管理技术、先进智能化决策方法等，实现车与加氢站、加氢站与加氢站、加氢站与高速公路等互联的氢供应网络化管理，实现整体网络的连通互补和完善协调。

2.布局氢能重卡产业

一是打造燃料电池重卡制造基地。以氢燃料电池重卡整车制造为核心，以燃料电池电堆及关键部件为支撑，加快引进和发展一批具有自主知识产权、掌握核心技术的企业，全力打通氢能重卡汽车装备制造及组装全产业链，配套建立氢燃料电池重卡集成制造基地。发展具备传统能源、新能源、氢能源重卡整车生产资质企业，通过合资、参股、技术引进等方式逐步推动车载储氢瓶、氢燃料电池、氢能关键零部件等装备制造产业落地，逐步完善重卡产业集群建设。打造港口城市燃料电池重卡制造基地，满足燃料电池重卡用车的应用需求；氢燃料电池重卡在整车制造工艺水平上要对标国际先进水平，形成国家燃料电池重卡供应基地。

二是构建氢能重卡“制、运、站”与“研产用”的全产业链生态圈。以港口码头运输重卡为应用场景，打造“燃料电池重卡+加氢站+长管拖车”连锁运营的方式。打造“柴改氢”示范区，发挥重卡运力优势，推进氢燃料重卡车示范应用。加快开展氢燃料电池重卡运营业务，开展氢燃料电池重卡的运行测试，进一步验证大规模商业化运营的可行性。

3.打造气体能源枢纽

一是推动国际氢能港口应用。目前，澳大利亚和文莱已实现了对日本的氢气出口，我国在氢能国际贸易方面同样具备优势。我国与日本、韩国的距离相比于澳大利亚更近，更具经济优势，为此，可在港口城市大力布局绿氢相关产业，利用地理优势进行氢气出口[23]。依托港口城市所具备的资源和物流运输市场，着重打造国际“氢港”；结合国务院发布的《交通强国建设纲要》中的要求，发挥氢能在构建绿色交通、物流和港口的重要作用，严格执行国家和地方污染物控制标准要求，建设绿色港口；发展氢能在港口环卫车、物流车、动力机械、燃料电池船舶等方面的示范应用；增加氢能在港区能源消费结构中的占比，包括燃料电池轨道交通、分布式发电、备用电源、港口机械等。

二是发展液化储氢产业，打造液氢枢纽。在港口率先应用先进技术，发展液化储氢产业，促进氢气资源的高效储存和利用，同时规划和利用港口城市富余的工业副产氢，建设液氢工厂以及液氢示范加氢站，通过液氢工厂的建设和液氢储运，构建沿海液氢枢纽与生产基地。根据沿海各市氢能应用发展的实际情况，使港口城市丰富、高质量、低成本的氢源可以配送到下游城市群，逐步布局和建设可覆盖2000km半径范围内的液氢供给网络，乃至成为我国有氢源需求地区的供应基地，带动周边城市群氢能产业的协同发展。此外，按照示范试点、提早谋划、超前布局的理念，参与推动我国液氢民用化进程。

4.增强科技创新能力

一是加强氢能与燃料电池核心技术创新。重点开展制、储、运、加及储能发电等关键技术研发。加快推进低成本制氢技术，研发工业副产氢提纯和纯度检测技术、高效电解水制氢技术、海上风电制氢技术、开发分布式天然气制氢技术；开发气态、液态、固态、有机液体、天然气掺氢管道输送等多元化储（运）氢技术，发展70MPa以上高压气体储氢瓶设备及液态储氢、固态储氢等前沿技术[24,25]，探索开发车用及站用固态储氢装置，开展输氢管道用金属材料研发，建设氢气运输专用管道；突破核心加氢技术瓶颈，研发核心加氢装置、高转速空压机、氢站关键核心设备和核心零部件等氢能产业关键核心技术；研发氢燃料电池关键材料、燃料电池膜电极和电堆以及燃料电池车辆、船舶、轨道交通、燃料电池分布式发电等装备产业的集成应用核心技术等。

二是加快氢能产业链各环节的技术创新和模式创新。积极引进科研团队，吸引大中型科技企业牵头、科研院所与高校共同参与，搭建技术研发平台，关注氢能领域的前沿技术动态；探索氢能产业发展模式，将氢能与大数据、人工智能等数字技术融合创造氢能应用新模式，将氢能与可再生能源相结合开拓能源开发新模式；加快科技成果转化，鼓励企业加大技术研发力度，开发技术先进、拥有自主知识产权的产品体系。

（三）应用场景与工程示范

未来的能源格局将以新能源为供应侧主体，氢能的应用领域和场景将更加丰富。氢能产业的健康发展需要进一步把握产业发展节奏，保持产业链各环节的均衡发展，探索多领域应用示范场景，落实重点氢能工程项目，充分发挥氢能的脱碳潜力。

氢能未来在港口城市的应用场景主要包括3个方面（见图2）。在打造氢能港口应用示范区方面，发展高压气态储氢和液氢产业，建设国际液氢枢纽；依托港口资源和物流运输市场，发展氢能在港口交通方面的示范应用；围绕港口用电需求，开展燃料电池分布式发电示范应用，推动氢燃料电池在备用电源领域的市场应用。在打造氢能重型卡车示范区方面，在港口城市重点布局重卡燃料电池汽车应用，并建立重卡加氢站及运氢、储氢立体化管网试点。在打造氢能公交车示范区方面，优先支持在市内氢能产业发展较快的地区布局建设加氢站和公交示范线路，全面推进氢能交通应用。

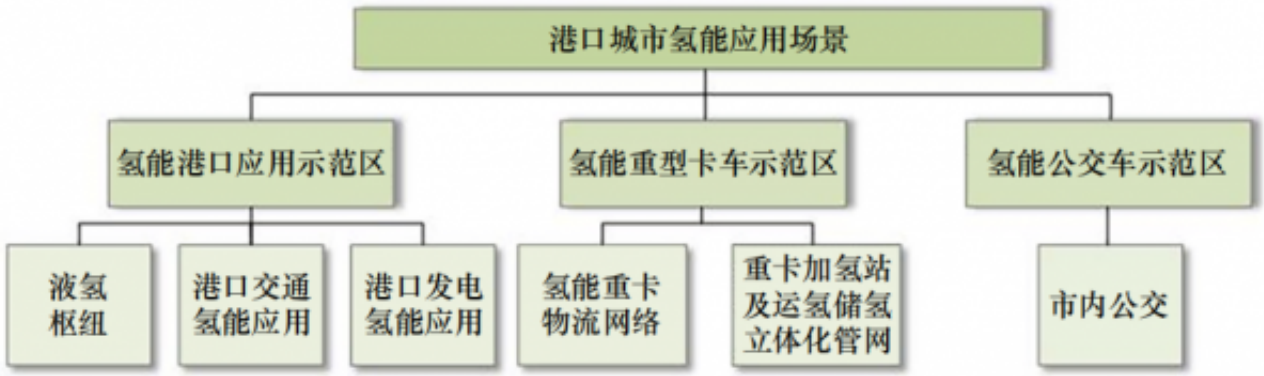

图2　港口城市氢能应用场景布局图

根据港口城市氢能产业发展的总体布局和基础，可重点实施10项重点工程项目，通过有序推进重大工程建设，督促和落实重点产业项目，实现对我国港口城市氢能产业发展的有效支撑。

1.焦炉煤气聚集纳网建设工程

在原有管网的基础上，通过逆向构建焦炉煤气聚集管网，实现氢源的统一利用，将城市所有企业产生的工业副产品焦炉煤气全部纳入管网，收集输送到制氢基地。

2.规模化、低成本制氢示范工程

利用港口城市丰富的工业副产品，基于焦炉煤气统一输送管道工程聚集的氢源，打造集中制氢的研发与生产基地。开发高效变换和PSA制氢技术，掌握核心设备及催化剂等关键技术，提升高纯氢气生产能力，促进规模化工业制氢项目落地。

3.氢能重卡制造示范工程

以氢燃料电池重卡整车制造为核心，以燃料电池电堆及关键部件为支撑，加快发展和引进一批具有自主知识产权、掌握核心技术的企业，重点发展氢燃料电池系统生产线项目，并以氢燃料重卡组装线项目为重点示范工程。

4.氢冶金示范工程

结合氢冶金工程项目建设的现实情况，联合氢冶金技术相关机构，研发以氢能为核心的新型钢铁冶金生产工艺，加快推广氢冶金项目示范应用，逐步取代传统冶金方式，促进工业脱碳。

5.加氢站建设试点示范工程

结合示范区的实际需要，选择部分加油站或加气站作为示范点，探索气、油改氢，气油氢合建扩建等加氢站建设方案，加快推进加氢站试点工程建设，打造“气油氢”综合供能服务站，为氢能重卡、公交运营提供保障。

6.氢燃料电池车示范运行工程

结合港口城市加氢站建设的布局情况，研究制定未来氢燃料电池车的示范推广计划，开展氢燃料电池车示范运行重点工程，包括开通氢燃料电池公交线路、重卡线路、旅游大巴线路、通勤车线路以及省际运输线（货运）。

7.绿色氢能港口建设示范项目

以港口环卫车、物流车、动力机械、氢燃料电池船舶为主要方向，建设“氢能+5G”的国际氢能枢纽工程，推进港口智能化发展，利用大数据与信息化技术，科学规划氢能运输路径，构建高效率、低成本的运输分配网络。

8.电解水制氢示范项目

发展可再生能源高效、低成本的电解水制氢技术，研究高压紧凑型碱性液体电解质电解水技术（AE），开发新型电极和隔膜材料；降低质子交换膜贵金属催化剂负载量，开发非贵金属催化剂、高效膜材料及扩散层材料。开发高温固体氧化物电解水技术（SOEC），研究电解质的薄膜化技术并进行新型密封性材料、连接体材料的研发。

9.氢能协同创新中心项目

联合国内知名科研院校、科研机构以及国内外氢能企业，共建氢能产业研究机构，加强氢能与燃料电池产业技术创新协同研究，建立科技创新创业孵化基地和支持氢能产业发展的科技服务平台。

10.智慧氢能大数据平台

建设和利用智慧氢能大数据平台，监控氢气整个生命周期的实时数据，确保氢气在“制－储－运－注－用”全过程中的安全。构建集氢能物流、产业监管、安全保障于一体的智慧氢能大数据平台。

六、政策建议

“十四五”期间，氢能产业的发展正迎来新的机遇，氢能市场发展潜力巨大。我国的港口城市具有区位优势明显、氢能资源丰富、应用场景突出、研发人才雄厚等优势，为此应高效贯彻和落实《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》，把握氢能产业发展的战略机遇，结合自身优势，发挥氢能在港口城市能源转型的重要作用，实现沿海地区生态文明与经济发展的双赢之路，完善我国沿海经济布局，助力我国“双碳”目标的实现。

（一）积极开放合作，构建良好生态

港口城市要依托区域优势，加强与周边国家在氢能产业、技术、标准和人才等多方面的合作，实现互利共赢；开展氢气贸易，促进共同发展，共享发展成果；积极参与构建国际氢能体系，尽快融入全球氢能产业链、供应链，增强国际氢能发展的话语权。

（二）抓关键补短板，构建创新体系

基于港口城市在产业链上的薄弱环节，培育和引进氢能龙头企业，发展具有核心竞争力的企业群体，推进港口城市氢能企业发展为产业集群；加强机制建设，构建氢能创新体系，完善氢能产业发展环境，持续推动关键核心科技创新。

（三）坚持安全为先，推进场景应用

坚持落实氢能安全对策和措施，加大氢气储运在技术、标准、设备设施、人员专业性等方面的资金投入。在安全的基础上，打造沿海氢能产业带，将氢能产业链延伸到氢能港口、氢能重卡、氢能公交等领域，以提供更加智能、环保、高效、安全的能量供应结构。

（四）加快技术创新，激发发展动力以关键核心技术和装备攻关为抓手，加快突破核心技术和关键材料瓶颈，促进技术装备取得突破，增强自主可控能力。探索氢能产业发展模式，将氢能与大数据、人工智能等数字技术融合创造氢能应用新模式，将氢能与可再生能源相结合开拓能源开发新模式。

参考文献

[1]殷伊琳. 我国氢能产业发展现状及展望[J]. 化学工业与工程,2021, 38(4): 78 – 83.

[2]魏凤, 任小波, 高林, 等. 碳中和目标下美国氢能战略转型及特征分析[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(9): 1049 – 1057.

[3]吴小员, 卢新宝, 董嘉璇, 等. 燃料电池汽车地方政策研究[J].储能科学与技术, 2021, 10(6): 1987 – 1997.

[4]何青, 孟照鑫, 沈轶, 等. “ 双碳 ”目标下我国氢能政策分析与思考[J]. 热力发电, 2021, 50(11): 27 – 36.

[5]刘玮, 万燕鸣, 熊亚林, 等. “ 双碳 ”目标下我国低碳清洁氢能进展与展望[J]. 储能科学与技术, 2022, 11(2): 635 – 642.

[6]徐硕, 余碧莹. 中国氢能技术发展现状与未来展望[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(6): 1 – 12.

[7]孟照鑫, 何青, 胡华为, 等. 我国氢能产业发展现状与思考[J].现代化工, 2022, 42(1): 1 – 6, 12.

[8]曹军文, 张文强, 李一枫, 等. 中国制氢技术的发展现状[J]. 化学进展, 2021, 33(12): 2215 – 2244.

[9]俞红梅, 邵志刚, 侯明, 等. 电解水制氢技术研究进展与发展建议[J]. 中国工程科学, 2021, 23(2): 146 – 152.

[10]殷卓成, 杨高, 刘怀, 等. 氢能储运关键技术研究现状及前景分析[J]. 现代化工, 2021, 41(11): 53 – 57.

[11]李星国. 氢气制备和储运的状况与发展[J]. 科学通报, 2022,67(4 – 5): 425 – 436.

[12]曹军文, 覃祥富, 耿嘎, 等 . 氢气储运技术的发展现状与展望[J]. 石油学报(石油加工), 2021, 37(6): 1461 – 1478.

[13]凌文, 刘玮, 李育磊, 等. 中国氢能基础设施产业发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2019, 21(3): 76 – 83.

[14]朱明原, 刘文博, 刘杨, 等. 氢能与燃料电池关键科学技术: 挑战与前景[J]. 上海大学学报(自然科学版), 2021, 27(3): 411 – 443.

[15]于广欣, 纪钦洪, 刘强, 等. 氢能及燃料电池产业瓶颈分析与思考[J]. 现代化工, 2021, 41(4): 1 – 4, 10.

[16]邵志刚, 衣宝廉. 氢能与燃料电池发展现状及展望[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(4): 469 – 477.

[17]刘应都, 郭红霞, 欧阳晓平. 氢燃料电池技术发展现状及未来展望[J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 162 – 171.

[18]朱松强, 孙士恩, 李想, 等. “ 碳中和 ”目标下长三角氢能产业发展路径探析[J]. 现代化工, 2021, 41(5): 1 – 6.

[19]厉劲风, 吴舒琴, 王西明. 沿海地区氢制备路线探究[J]. 现代化工, 2021, 41(7): 26 – 28, 34.

[20]杜泽学, 黄顺贤, 曹东学. 石化低碳转型发展绿氢的挑战与建议[J]. 石油学报(石油加工), 2021, 37(6): 1452 – 1460.

[21]项寅. 考虑产业布局和用户满意度的氢能汽车加氢网络优化模型[J/OL]. 中国管理科学: 1 – 13 (2021-08-06)[2022-04-22]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=ZGGK20210805006&DbName=DKFX2021.

[22]张轩, 樊昕晔. 氢能可持续发展模式探讨[J]. 现代化工, 2021,41(10): 1 – 6.

[23]孟翔宇, 顾阿伦, 邬新国, 等 . 中国氢能产业高质量发展前景[J]. 科技导报, 2020, 38(14): 77 – 93.

[24]曹湘洪, 魏志强. 氢能利用安全技术研究与标准体系建设思考[J]. 中国工程科学, 2020, 22(5): 144 – 151.

[25]王璐, 金之钧, 黄晓伟. 氢气的制取与固体储集研究进展[J]. 天然气工业, 2021, 41(4): 124 – 136.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/186264.html