

# 中国氢能产业发展 蓝皮书 (2023)

北京金正纵横信息咨询有限公司  
能源战略研究中心

# 序言

氢能是一种来源丰富、绿色低碳、应用广泛的二次能源，正逐步成为全球能源转型发展的重要载体之一。氢能产业链较长（图1），氢能产业的快速发展有望带动全球就业、促进经济发展、减少二氧化碳排放、保障国家能源安全等。根据国际氢能委员会（Hydrogen Council）预测，到2050年，氢能产业将创造3000万个工作岗位，减少60亿吨二氧化碳排放，创造2.5万亿美元产值，在全球能源中所占比重有望达到18%。



图1 氢能产业链示意图<sup>[1]</sup>

近年来，氢能在世界各国国家战略布局中的地位日益凸显，以日本、韩国、欧盟、美国为代表的世界发达国家和地区都开展了氢能战略布局，纷纷制定氢能发展政策，积极探索氢气制备、储运及应用的全产业链技术路线，致力于建设“氢能社会”，助力国家实现能源转型、节能减排、保障国家能源安全以及刺激经济增长。

氢能是我国实现“双碳”战略目标的重要抓手，近年来，随着国家政策的密集出台，我国氢能产业呈现出快速发展的趋势，但是相较于日本、欧洲、美国等国家，我国氢能产业仍存在政策引导不够、统筹协调不足、关键零部件未完全自给、基础设施建设不充分、产业经济性较差等方面的挑战<sup>[2]</sup>。如何应对这些挑战，是我国政府、企业、学者需要持续思考和探索的问题。本报告基于全球氢能产业发展现状及趋势的分析，重点梳理了我国氢能“制、储、运、用”产业链发展中存在问题，并提出针对性的建议，以期对我国氢能产业的可持续发展提供参考。

## 目 录

<b>1、全球氢能产业发展现状及趋势</b> .....	<b>1</b>
1.1 全球氢能产业政策及规划现状 .....	1
1.2 全球氢能需求、应用现状 .....	2
1.3 全球氢能项目、投资现状 .....	4
1.4 全球氢能产业技术发展现状 .....	6
1.5 全球氢能产业总体发展趋势 .....	8
<b>2、我国氢能产业发展现状及存在问题</b> .....	<b>9</b>
2.1 我国氢能产业发展现状 .....	9
2.1.1 国家及地方政策 .....	9
2.1.2 制氢：我国是世界最大产氢国，氢源以煤炭为主，电解水制氢占比小 .....	19
2.1.3 储氢：以 III 型储氢瓶高压气态储氢方式为主，储氢技术及设备与国外差距较大 .....	25
2.1.4 运氢：以 20MPa 高压气氢拖车运输为主，正在逐步探索管道掺氢输送方式 .....	27
2.1.5 应用：主要应用于能源及石化、化工领域，其他领域处于试验或小规模应用阶段 .....	28
2.2 我国氢能产业发展存在的问题 .....	30
2.2.1 各地方政策规划同质化严重，缺乏统筹协调，全国统一大市场尚未形成 .....	30
2.2.2 技术创新不足，产业链各环节部分关键技术水平与国外差距较大 .....	31
2.2.3 基础设施建设不足，影响氢能应用场景的推广 .....	32
2.2.4 氢能产业处在培育初期，产业链各环节成本较高，商业化推广困难 .....	32
2.2.5 标准规范建设尚未形成完整体系，储运、加氢、安全等领域的标准规范仍不健全 .....	33
<b>3、我国氢能产业发展政策建议</b> .....	<b>33</b>
3.1 加强政策引导，统筹氢能产业发展布局 .....	33
3.2 实施龙头企业保链稳链工程，以技术创新为价值引领，加强关键技术的研发攻关 .....	33
3.3 依托我国成熟的加油站点布局及管道建设基础，加快推进氢能基础设施建设 .....	34
3.4 加强财政扶持及企业间合作，创新运营模式、加强示范应用，提升氢能经济性 .....	35
3.5 加强国际合作，依托氢能制储输用示范工程，建立完善氢能产业标准体系 .....	35
<b>附表一 我国氢能相关的国家标准</b> .....	<b>36</b>
<b>附表二 我国氢能相关的行业标准</b> .....	<b>38</b>

# 1、全球氢能产业发展现状及趋势

## 1.1 全球氢能产业政策与规划现状

目前全球已有 30 多个国家推出氢战略、制定了氢能发展路线图。日本早在 2017 年就推出了《基本氢能战略》，计划在 2030 年形成 30 万吨/年的供应能力，建设加氢站 900 座。之后，韩国、欧洲国家以及美国也已相继推出氢战略/氢能发展路线图，支持氢能产业的发展。以欧洲为例，2020 年 4 月，荷兰正式发布国家级氢能政策，计划到 2025 年建设 50 个加氢站、投放 15000 辆燃料电池汽车和 3000 辆重型汽车，到 2030 年投放 30 万辆燃料电池汽车。2020 年 6 月，德国政府正式通过了国家氢能源战略，为清洁能源未来的生产、运输、使用和相关创新、投资制定了行动框架。2020 年 7 月，欧盟发布了《欧盟氢能战略》和《欧盟能源系统整合策略》，希望借此为欧盟设置新的清洁能源投资议程，以达成在 2050 年实现碳中和的目标，同时在相关领域创造就业，进一步刺激欧盟在新冠疫情后的经济复苏。

我国在 2022 年 3 月推出了《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》<sup>[3]</sup>，明确了氢能的战略定位，并提出氢能产业 2030 年和 2035 年发展目标，为加快推动能源革命、科技革命和产业变革注入了新动能。

表 1 全球典型国家氢能战略/规划

时间	国家	战略/规划	关键内容
2017 年	日本	《基本氢能战略》	2030 年形成 30 万吨/年的供应能力，加氢站 900 座；燃料电池轿车 80 万辆；燃料电池公共汽车 1200 辆；燃料电池叉车 1000 辆；2050 年目标，形成 500-1000 万吨/年的供应能力，主要用于氢能发电；加氢站取代加气站；燃料电池汽车取代传统汽油燃料车；引入大型燃料电池车。
2019 年	韩国	《氢经济发展路线图》	在 2030 年进入氢能社会，率先成为世界氢经济领导者。政府计划到 2040 年氢燃料电池汽车累计产量增至 620 万辆，加氢站增至 1200 个，燃料电池产能扩大至 15GW，氢气价格约为 3000 韩元/kg（约 17.6 元/公斤）。韩国计划五年内投资 2.6 万亿韩元（约 152 亿元人民币），加大氢燃料电池汽车的推广普及。
2020 年	荷兰	《国家氢能战略》	计划到 2025 年建设 50 个加氢站、投放 15000 辆燃料电池汽车和 3000 辆重型汽车，到 2030 年投放 30 万辆燃料电池汽车。
2020 年	德国	《国家氢能战略》	为清洁能源未来的生产、运输、使用和相关创新、投资制定了行动框架。第一阶段为 2020~2023 年，国内氢能市场打好基础，第二阶段为 2024~2030 年，稳固国内市场，加强欧洲与国际市场，服务德国经济。同时，德国政府任命了一个国家氢能源委员会，由多领域产学研专业人士组成，并将在现有基础上投入 70 亿欧元用于氢能源市场推广、

时间	国家	战略/规划	关键内容
			20 亿欧元用于相关国际合作。
2020 年	欧盟	《欧盟氢能战略》	把绿氢作为未来发展的重点，主要依靠风能、太阳能生产氢，并制定了三大阶段性目标。第一阶段为 2020-2024 年，在欧盟境内建成装机容量为 6GW 的电解槽（单槽功率达 100MW），可再生氢能年产量超过 100 万吨。第二阶段为 2025~2030 年，建成多个地区性制氢产业中心，电解槽装机容量提升至 40GW 及以上，可再生氢能年产量达到 1000 万吨。第三阶段为 2030~2050 年，重点是氢能能源密集产业的大规模应用，典型代表是钢铁和物流行业。
2020 年	美国	《氢能项目计划 2020》 <sup>[4]</sup>	为美国的氢能研究、开发和示范活动提供战略框架。其中一些关键的美国家氢能项目目标如下：氢气生产成本降至 2 美元/公斤、输配成本 2 美元/公斤；工业和固定发电部门用氢价格降至 1 美元/公斤；用于长途运输的重型卡车的燃料电池成本降至 80 美元/千瓦，运行寿命达到 25000 小时；车载氢气存储成本降至 8 美元/千瓦时、2.2 千瓦时/公斤、1.7 千瓦时/升；电解槽成本降至 300 美元/千瓦，运行寿命达到 80000 小时，转换效率 65%；用于燃料适应性固定高温燃料电池系统的燃料电池系统成本 900 美元/千瓦，40000 小时稳定运行寿命。
2022 年	美国	《国家清洁氢战略与路线图（草案）》	该草案确定了清洁氢的关键战略方向，以及近、中、长期行动时间表。2030 年将清洁氢产量从目前的几乎为零增加到每年 1000 万吨，到 2040 年增加到每年 2000 万吨，2050 年增加到 5000 万吨。
2022 年	中国	《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》	到 2025 年，形成较为完善的氢能产业发展制度政策环境，产业创新能力显著提高，基本掌握核心技术和制造工艺，初步建立较为完整的供应链和产业体系。燃料电池车辆保有量约 5 万辆，部署建设一批加氢站。可再生能源制氢量达到 10-20 万吨/年，成为新增氢能消费的重要组成部分，实现二氧化碳减排 100-200 万吨/年；到 2030 年，形成较为完备的氢能产业技术创新体系、清洁能源制氢及供应体系，产业布局合理有序，可再生能源制氢广泛应用，有力支撑碳达峰目标实现；到 2035 年，形成氢能产业体系，构建涵盖交通、储能、工业等领域的多元氢能应用生态。可再生能源制氢在终端能源消费中的比重明显提升，对能源绿色转型发展起到重要支撑作用。

## 1.2 全球氢能需求、应用现状

国际能源署发布的《全球氢能回顾 2022》报告显示，全球氢能需求正在增长，关键应用领域需求正在提升。2021 年，全球氢能需求增长 5%，达到 9400 万吨，超过新冠疫情前的水平（2019 年为 9100 万吨），约占全球终端能源消费总量的 2.5%。

全球氢气需求的增长主要来自炼油和工业等传统应用领域。2021 年随着全球经济复苏，

精炼石油产品需求恢复，炼油行业氢气需求快速恢复，需求量约 4000 万吨，同比增长 5.3%。与此同时，氢气的应用场景不断拓宽，在新兴领域的应用飞速发展。例如，氢燃料电池已经不局限于应用在车辆上，在航运领域、民用无人机领域都有成熟应用。随着氢能各种技术成本的下降，国际氢能委员会预计到 2030 年，氢气可能成为在 20 多种应用场景中最具竞争力的低碳解决方案，主要包括长途卡车运输、航运、炼油和钢铁冶金等。

据国际能源署统计，2021 年，全球新兴应用领域的氢能需求增长 60%，至约 4 万吨。在首个纯氢还原铁示范项目开工仅一年后，全球多个新项目迅速发布公告，第一批氢燃料电池列车已在德国开始运营，还有 100 多个氢及氢基燃料用于航运的试点和示范项目；在电力领域，氢和氨的使用受到越来越多的关注，根据已公布项目统计，到 2030 年氢和氨发电规模将达到近 3.5 吉瓦。

氢能下游应用场景的拓宽为提振氢气需求起到了重要作用。截至 2021 年底，全球燃料电池汽车存量已经超过了 5.1 万辆，较 2020 年底的 3.3 万辆增长超过 50%，创下了历史最高纪录。交通已经成为氢能应用扩张最为迅速的行业。自 2020 年起，交通部门对氢能需求已增长 60%。

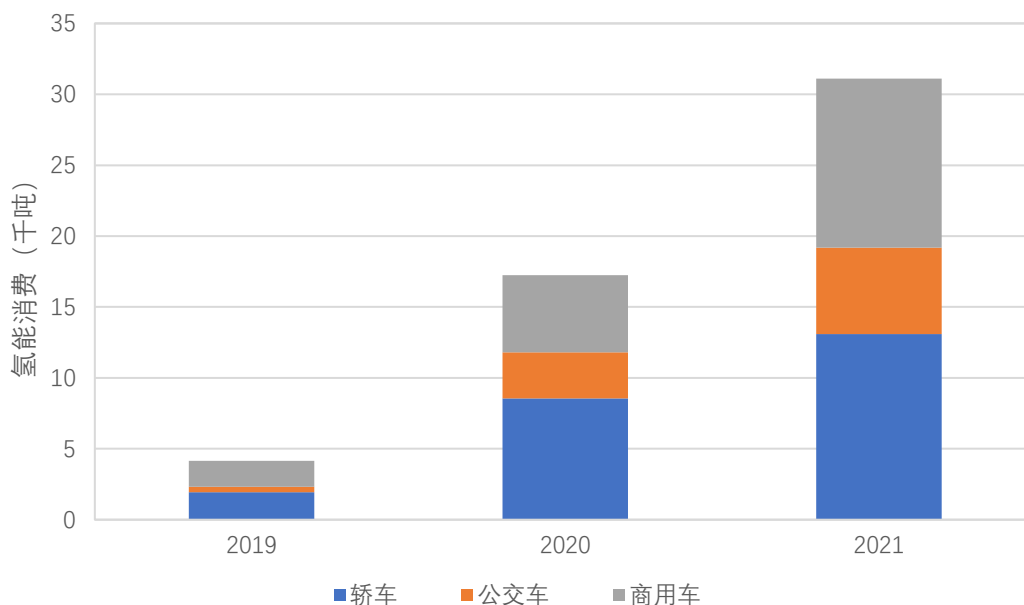


图 2 2019-2021 年交通领域的氢能消费（按车辆部分划分）

中国是全球最大的氢消费国，2021 年氢需求量约为 2800 万吨，比 2020 年增长 5%；其次是美国和中东，都在 1200 万吨左右，同比分别增长 8%和 11%。在 IEA 既定政策情景<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 既定政策情景代表了一条根据政府迄今为止实际实施的能源和气候措施，以及正在制定的具体政策举措而设想的路径。

（STEPS）下，预计到 2030 年全球氢需求将达到 1.15 亿吨，但新兴应用领域的氢需求不到 200 万吨。如果要达到各国政府作出的气候承诺目标，根据 IEA 承诺目标情景（APS）<sup>2</sup>，全球氢需求需要达到 1.3 亿吨（其中 25%来自新兴应用领域）；而要实现 2050 年净零排放目标，则 2030 年氢需求要达到 2 亿吨。

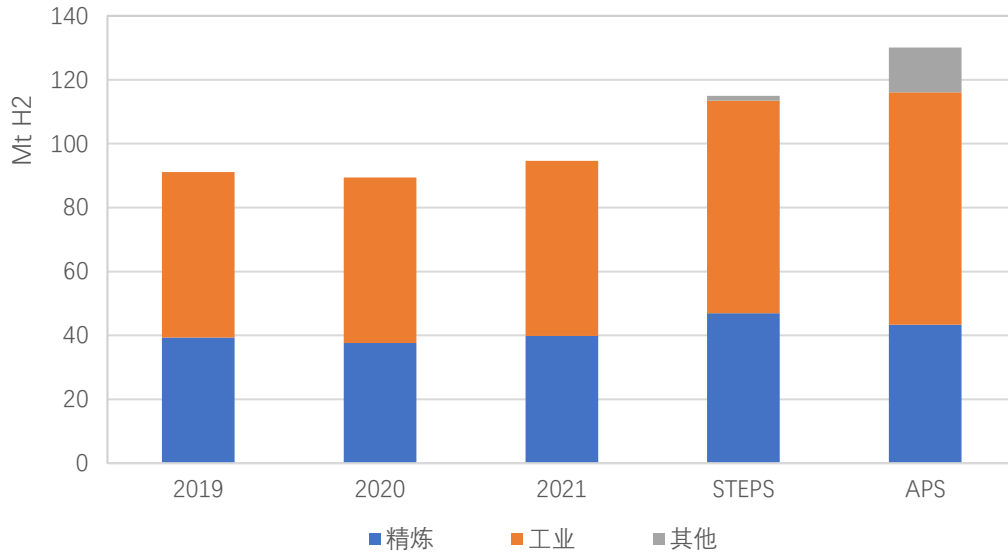


图 3 2019-2030 年既定政策情景（STEPS）和承诺目标情景（APS）中按部门划分的全球氢能需求（单位：百万吨）

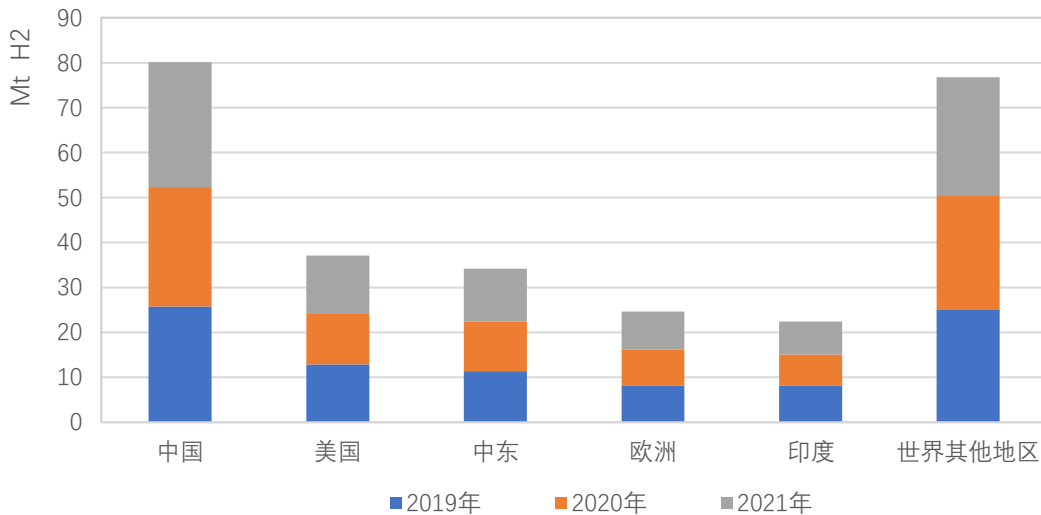


图 4 2019-2021 年按地区划分的全球氢能需求（单位：百万吨）

### 1.3 全球氢能项目、投资现状

根据国际氢能委员会（Hydrogen Council）研究发布的报告显示<sup>[5]</sup>，截至 2021 年，氢能

<sup>2</sup> 承诺目标情景是指假设政府宣布的各项目标都按时足额实现，包括长期净零排放目标和能源普及目标。

产业链上不同国家共宣布了 228 个大型氢能项目。其中 126 个位于欧洲，46 个位于亚洲，占比共达到了 75%（图 5）。欧洲宣布的氢能项目在数量上领先全球，其次是澳大利亚、日本、韩国、中国和美国。在项目类型上，规模化工业利用的氢能项目最多，共 90 个，占比达 40%；其次是氢能源运输项目，共 53 个；大型制氢项目（即每年超过 1 千兆瓦的可再生能源发电和超过 20 万吨的低碳氢项目）有 17 个，主要位于欧洲、澳大利亚、中东和智利。国际氢能委员会预计，如果这 228 个项目全部实施，预计到 2030 年氢能产业链总投资将超过 3000 亿美元。



图 5 氢能源项目地理位置分布区域及项目类型分布图

资料来源：国际氢能委员会发布的《氢产业洞察报告 2021》

全球规划的低排放制氢项目不断增加，但达到最终投资决定阶段的极少。2021 年，全球氢需求的大部分增长由化石燃料制氢满足；低排放氢产量不到 100 万吨，而且几乎全部来自于配备碳捕集、利用与封存（CCUS）的化石燃料制氢。当前，低排放制氢项目规划正以惊人的速度增长，根据目前规划项目推算，到 2030 年全球低排放氢产量将达到 1600-2400 万吨/年，其中基于电解水制氢产量为 900-1400 万吨/年，电解槽装机容量将达到 134-240 吉瓦，基于化石燃料制氢结合 CCUS 的氢产量为 700-1000 万吨/年。在世界各国的承诺目标情景下，到 2030 年低排放氢产量需将达到 3400 万吨/年，要实现 2050 年净零排放目标则需要 2030 年低排放氢产量达到 1 亿吨/年。目前，很大一部分低排放制氢项目处于高级规划阶段，只有少数（4%）项目正在建设中或已达成最终投资决定（FID），主要原因包括需求不确定性、缺乏监管框架以及向最终用户输送氢的可用基础设施不足等<sup>[6]</sup>。



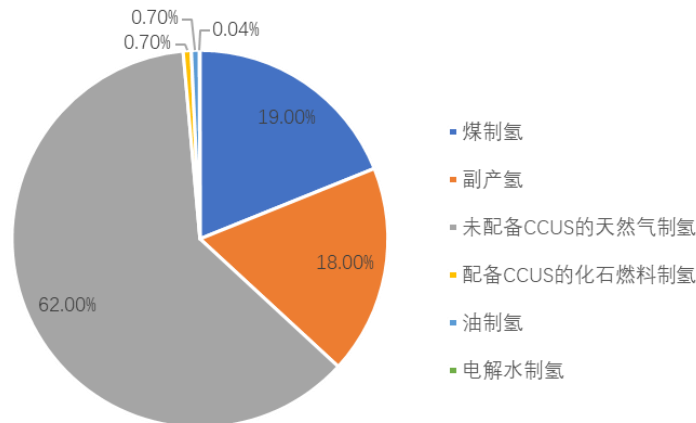


图6 2020和2021年全球氢气生产来源（单位：百万吨）

欧洲和澳大利亚是电解水制氢项目的领跑者。根据目前的项目统计，到2030年欧洲电解制氢产量可能接近500万吨，其中德国和西班牙合计有140万吨。澳大利亚由于其良好的光伏和风力发电资源条件，已成为电解制氢项目的热门地区，到2030年该国可再生能源电力制氢产量可能达到300万吨，电解槽装机容量将接近50吉瓦。预计到2030年拉丁美洲、中东和非洲电解制氢产量也将超过400万吨，通常用于向欧洲和亚洲出口。我国2021年公布了几个电解槽项目，但是2022年3月之后宣布项目有所减少，可能与我国的疫情封控以及我国3月新出台的氢能发展规划有关。

#### 1.4 全球氢能产业技术发展现状<sup>[7]</sup>

氢能产业链包括制、储、运、用等环节，其涉及到的技术种类繁多。据智慧牙专利数据库统计，目前全球氢能相关的授权专利多达130万件，从专利申请年份来看，自2003年开始爆发性增长，2013-2016年专利申请达到顶峰，2016年之后逐年下降。氢能产业链各环节的技术经过了20余年的重点研发，虽然取得了一定的成就，但是目前仍然存在多方面的挑战。

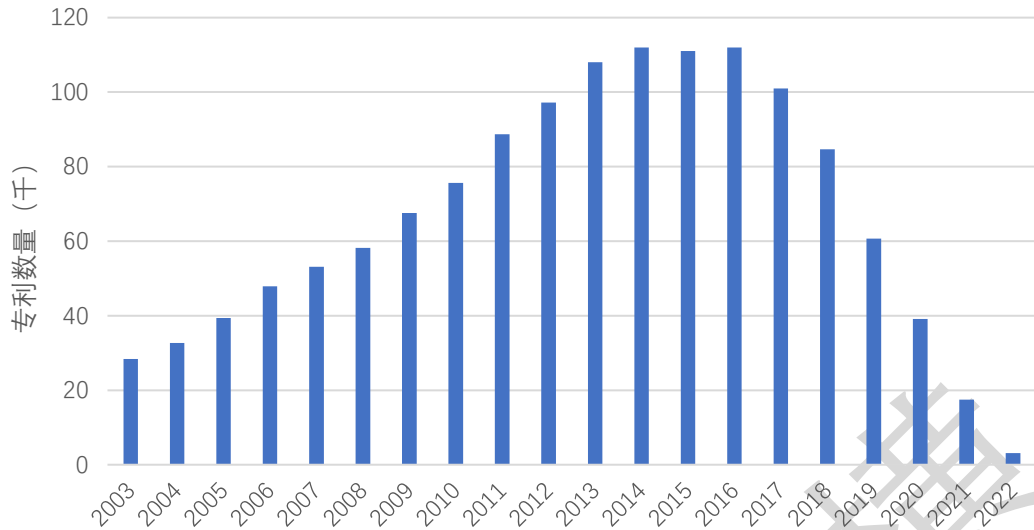


图 7 近 20 年全球氢能相关专利申请年份分布

**在制氢领域**，化石能源制氢以及工业副产制氢技术已经成熟，目前全球约有占比 90%以上的氢是基于化石能源制氢和工业副产氢这两种技术路线生产而来。但是，工业副产氢的产能有限，化石能源制氢则存在较大的碳排放。改进现有制氢工艺，或者开发全新的绿色制氢工艺以减少碳排放，是氢气规模化应用面临的主要挑战。其主要的解决途径包括：（1）将常规制氢与 CCUS 相结合，这是当前低碳制氢的主要途径，但是当前还并没有成熟的常规制氢+CCUS 商用项目，其经济型有待进一步探索和验证；（2）利用可再生能源（太阳能、风能等）电解水制氢，但是当前全球可再生能源制氢成本大大高于常规能源制氢，目前尚不能实现盈亏平衡。绿氢经济性受到制氢方式、应用场景、运输距离和储运方式等多因素的影响，因此，未来应当提升各种技术的技术经济性并平衡好环境效应，因地制宜使用。<sup>[8]</sup>

**在氢能储运环节**，高压气态和高压液态氢储运技术相对成熟，是现阶段主要的储运方式。而固态储运因其是以金属氢化物、化学氢化物或纳米材料等作为储氢载体，具有储氢密度高、安全性好、氢气纯度高优势，是未来热门的研究方向之一，但目前国内外均仍处于研究开发阶段。长时且大量的氢气可以被储存到盐穴、枯竭油气层或含水层中，其中盐穴储存具备相对成本较低、污染较小的优势，最适合大规模储氢，但是盐穴储氢技术还存在一定的难点技术问题亟待解决，例如盐穴储氢库的选址、造穴、排卤、泄露监测等<sup>[9]</sup>。

**管道输氢**被视为未来氢气运输的主要方式，包括纯氢管道输送以及天然气掺氢输送，其特点是面向大规模长距离输送，其运营成本低，管道使用寿命可达 40~80 年，但是输氢管道建设成本高，安全维护要求高。目前管道输氢技术在国外相对较为成熟，但是全球输氢管道建设里程不足，短期内也难以实现快速新建大量氢气运输管网。

**在应用环节**，由于燃料电池汽车具备长续航里程、快速加注、高功率密度、低温自启动等技术特点。因此，氢燃料电池汽车是新能源汽车的最具发展前景的技术路线之一。但整体而言，氢燃料电池仍处于起步阶段，产业化进程尚需时日。在传统石化、化工领域，例如炼油化工加氢、化工合成氨、尿素、甲醇等，这些领域技术路线成熟，目前面临的主要挑战为，在碳排放约束下，如何改进工艺，降低能耗及碳排放，降低成本。在其他领域，例如绿氢化工、钢铁冶金、储能、建筑、发电、天然气掺氢等领域的应用仍处于初级阶段，目前技术仍不成熟。

### 1.5 全球氢能产业总体发展趋势

氢能是一种来源丰富、绿色低碳、应用广泛的二次能源，近年来，在“能源安全、降低碳排放以及实现经济增长”等关键因素的驱动下，全球氢能产业展现出蓬勃发展的态势。

（1）氢能在国家战略布局中的地位日益凸显。2020年以来，世界经历百年未遇之大变局：地缘政治冲突导致国际不稳定因素增加，能源安全成为欧洲各国乃至世界各国共同关注的重点；疫情的冲击导致全球经济衰退，急需寻找新的经济增长点；全球气候变暖驱动世界各国发展绿色能源，节能减排，碳中和战略逐渐成为国际共识和大多数国家的普遍行动。氢能作为一种来源丰富、绿色低碳、应用广泛的二次能源，在世界各国战略布局中的地位日益凸显，日本、韩国、欧洲、美国等发达国家和地区纷纷制定氢能发展政策，积极探索氢气制备、储运、加注及应用的全产业链技术路线，致力于建成“氢能社会”，实现能源转型、节能减排、保障国家能源安全以及刺激经济增长。

（2）可再生能源制氢是最终方向。由于资源禀赋各异、发展定位不同，各国制备氢气的技术路线也各有侧重。如欧洲国家长期致力于可再生能源制氢，澳大利亚采取可再生氢优先的战略兼具发展化石燃料制氢，而日本更多依赖海外氢能供应体系。但毋庸置疑的是，可再生能源制氢将是未来氢源的核心方向，也是开展国际合作的重要领域。但是当前，全球可再生能源制氢成本大大高于常规能源制氢，目前尚不能实现盈亏平衡，其经济性受到制氢方式、应用场景、运输距离和储运方式等多因素的影响。但是随着可再生能源发电项目的大规模布局、电解槽等相关设备供应链的扩大以及氢能利用水平的提高，国际氢能委员会预测，到2030年可再生能源制氢成本与2020年相比将降低60%，制氢成本可能在1.4美元-2.3美元/千克之间。对于灰氢和蓝氢而言，由于制氢过程产生CO<sub>2</sub>排放，碳排放成本极大地影响了其经济性，但是目前全球低碳制氢的势头非常强劲，成本也在持续下降。随着碳捕获、利用与封存（CCUS）技术的成熟和CO<sub>2</sub>储存和运输基础设施的规模化建设，如果每吨CO<sub>2</sub>当

量成本为 35-50 美元，那么预计最早可在 2028 年实现盈亏平衡。

（3）应用场景逐步走向多元<sup>[10]</sup>。主要国家氢能应用场景主要聚焦在交通领域，目前也开始往发电、储能和工业脱碳领域拓展。如日本运用氢与氨掺烧的方式来探索发电脱碳化和工业部门脱碳化，德国在氢能冶金、泛欧加氢网络等方面均有示范项目持续推进。随着俄乌冲突带来的地缘政治影响，氢能加速发展的时间窗口或将会提前。可以预见，未来围绕氢能领域的技术、标准、产业、市场等方面的竞争将会更加激烈，国际合作的空间也会更加广阔。

## 2、我国氢能产业发展现状及存在问题

### 2.1 我国氢能产业发展现状

#### 2.1.1 国家及地方政策：产业发展政策密集发布，为氢能产业发展注入动力

在减少碳排放、能源安全、促进经济增长等因素的驱动下，我国紧跟国际步伐，制定并发布了一系列氢能产业政策。早在 2006 年，我国《“十一五”科学技术发展规划》将氢能与燃料电池技术列入超前部署的前沿技术，并开展重点研究。之后，在“十二五”、“十三五”《国家战略性新兴产业发展规划》中多次提出将可再生能源制氢、燃料电池技术创新发展作为重点发展内容<sup>[11]</sup>。2019 年两会期间，氢能首次写入《政府工作报告》。随后氢能产业政策密集出台，工信部、国务院、发改委等多部门陆续发布支持、规范氢能产业的发展政策。

2020 年 9 月，财政部、工业和信息化部、科技部、国家发展改革委、国家能源局印发《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》（以下简称《通知》），决定将燃料电池汽车的购置补贴政策调整为燃料电池汽车示范应用支持政策，对符合条件的城市群开展燃料电池汽车关键核心技术产业化攻关和示范应用给予奖励，争取用 4 年左右时间，逐步实现关键核心技术突破，构建完整的燃料电池汽车产业链，为燃料电池汽车规模化产业化发展奠定坚实基础。

根据《通知》，中央财政通过对新技术示范应用以及关键核心技术产业化应用给予奖励，加快带动相关基础材料、关键零部件和整车核心技术研发创新。奖励资金由地方和企业统筹用于燃料电池汽车关键核心技术产业化，人才引进及团队建设，以及新车型、新技术的示范应用等，不得用于支持燃料电池汽车整车生产投资项目和加氢基础设施建设。中央财政将采取“后补助”方式，以结果为导向，依据验收评估和绩效评价结果核定并拨付奖励资金。牵头城市要组织确定中央财政奖励资金在示范城市间的分配方案。对工作进度慢、未按进度完成任务的示范城市群，经专家委员会审定，将视情况采取调整实施方案、扣减或暂停拨付奖



励资金、暂停或取消示范资格等措施。

2022年3月，国家能源局发布《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》，明确氢的能源属性，提出氢能产业发展基本原则、氢能产业发展各阶段目标，部署推动氢能产业高质量发展的重要举措等，为氢能产业及氢燃料电池汽车的发展注入动力。

此外，双碳目标下，氢能作为清洁能源的未来，已被30多个省市写入了“十四五”发展规划中。北京、河北、四川、辽宁等省份还纷纷出台了氢能产业发展实施方案（表2），一场关于氢能产业的“万亿争夺战”悄然打响。

表 2 我国主要省市氢能战略/规划目标及关键内容

省市	战略/规划	关键内容	关键内容/具体路径
北京市	《北京市氢能产业发展实施方案（2021-2025年）》	2023年前力争建成37座加氢站，推广燃料电池汽车3000辆；2025年前，京津冀区域累计实现氢能产业链产业规模1000亿元以上，力争完成新增37座加氢站建设，实现燃料电池汽车累计推广量突破1万辆。	<p>以冬奥会和冬残奥会重大示范工程为依托，2023年前，实现氢能技术创新“从1到10”的跨越，培育5-8家具有国际影响力的氢能产业链龙头企业。推广加氢站及加油加氢合建站等灵活建设模式，在京津冀区域开展氢能与可再生能源耦合示范项目，推动在商业中心、数据中心、医院等场景分布式供电/热电联供的示范应用；开展绿氢、液氢、固态储供氢等前沿技术攻关，实现质子交换膜、压缩机等氢能产业链关键技术突破，全面降低终端应用成本超过30%。</p> <p>2025年前，培育10-15家具有国际影响力的产业链龙头企业，形成氢能产业关键部件与装备制造产业集群，建成3-4家国际一流的产业研发创新平台。在京津冀范围探索更多应用场景供电、供热的商业化模式，建设“氢进万家”智慧能源示范社区，累计推广分布式发电系统装机规模10MW以上；建设绿氢、液氢、固态储供氢等应用示范项目，实现氢能全产业链关键材料及部件自主可控。</p>
天津市	《天津市科技创新“十四五”规划》	扩大锂离子电池产业优势，壮大风电产业规模，强化太阳能产业集成，加快氢能产业布局。到2025年，产业规模达到1200亿元，年均增长8%。	<p>研发高效低成本电解制氢、综合供能燃料电池、副产氢高纯化及应用、规模化氢能储存与快速输配技术装备，研究氢能“制—储—运—加”规模化集成技术。</p> <p>依托滨海新区临港、空港片区，以提升氢能应用示范和产业创新为核心，打造氢能应用先行区、京津冀氢能供给集散枢纽、燃料电池集成创新基地。</p>
辽宁省	《辽宁省氢能产业发展规划（2021-2025年）》	到2025年，全省氢能产业实现产值600亿元，集聚100家以上氢能产业相关企业，培育10家左右具有核心竞争力和影响力的知名企业；全省燃料电池车辆保有量达到2000辆以上，燃料电池叉车保有量达到1000辆以上，燃料电池船舶保有量达到50艘以上，燃料电池轨道交通车辆保有量达到10辆以上，分布式发电系统、备用电源、热电联供系统装机容量达到100兆瓦，加氢站30座以上。	<p>根据辽宁省现有氢能产业发展基础，以“合理集聚、产业协同、政企联动、互为支撑”为原则进行空间布局和优化，着力构建“一核、一城、五区”的氢能产业空间发展格局。</p> <p>以现有化工、钢铁企业的工业副产氢资源为基础，发展氢气提纯，挖掘高纯氢气产能；同时积极开展风电、光伏、核能等清洁能源电解水制氢试点示范，推动规模化、绿色化、低成本的清洁能源制氢技术突破；发展50兆帕以上高压气态储氢装备和低温液态储氢装备，同时开展有机液态储氢、合金固态储氢等储氢材料的研发和生产；发展氢气压缩机、超高压阀门、减压阀门、调节阀门、气动阀门、安全阀门、气体增压泵、压力传感器、加氢枪等加氢站关键零部件；重点发展低成本、大功率的燃料电池电堆及规模化生产；推动发展燃料电池汽车、船舶、轨道交通等领域的应用。</p>

省市	战略/规划	关键内容	关键内容/具体路径
吉林	《“氢动吉林”中长期发展规划（2021-2035年）》	到2025年底，打造吉林西部国家级可再生能源制氢规模化供应基地、长春氢能装备研发制造应用基地，逐步开展横向“白城-长春-延边”氢能走廊建设。开展可再生能源制氢示范，形成可再生能源制氢产能达6-8万吨/年。2025年氢能产业产值达到100亿元。	<p>1、实施风光消纳规模制氢工程：加快推进可再生能源制氢项目建设，提高氢源保障。加快推进长春、白城、松原可再生能源电解水制氢项目建设，保障重点示范项目氢气需求。鼓励大型能源企业布局风光氢储一体化示范项目，推动一批基地项目开工。</p> <p>2、实施工业领域规模用氢工程：开展可再生能源制氢合成氨示范，初步打造绿色化工产业。有效结合白城、松原化工园区环境容量、资源承载力、产业基础、社会经济效益等情况以及可再生能源制氢资源优势，推动可再生能源制氢合成氨一体化示范项目建设。</p> <p>3、实施多元应用生态构建工程：推动交通领域氢能应用、推动加氢服务网络建设、推动能源领域氢能应用。</p>
河北	《河北省氢能产业发展“十四五”规划》	以雄安为核心、张家口为先导，到2025年建成100座加氢站、燃料电池汽车规模达到1万辆、氢能产业链年产值达到500亿元。	<p>产业格局：重点实施八大工程，谋划布局128个氢能项目，构建“一区、一核、两带”产业格局。一区：打造张家口氢能全产业发展先导区。一核：以雄安新区为核心打造氢能产业研发创新高地。两带：一是氢能装备制造产业带。二是沿海氢能应用示范带。</p> <p>充分发挥张家口、承德地区风电、光伏可再生资源丰富的优势，大力推动绿氢制备工程建设，打造国内规模和技术领先的绿氢基地。“十四五”期间，规划布局可再生能源电解水制氢和工业副产氢提纯项目36个，总投资317亿元。储运方面，重点采用高压气态储氢和长管拖车方式，逐步将氢能储运成本控制在百公里8元/公斤以内。</p> <p>探索加氢站、加油站、加气站、充电站多站合一模式布局。探索新型高效加氢站运营模式，鼓励配套智能化运营管理系统。“十四五”期间，规划布局加氢站项目100座，总投资约50亿元。</p>
河南	《河南省氢能产业发展中长期规划（2022-2035年）》	到2025年，氢能产业关键技术和设备制造领域取得突破，产业链基本完备，产业链相关企业达到100家以上，氢能产业年产值突破1000亿元。发挥基础设施引领作用，适度超前布局建设一批加氢站。	<p>抢抓黄河流域生态保护和高质量发展战略机遇，紧紧围绕省委、省政府前瞻布局未来产业、提升我省战略位势的安排部署，立足我省氢能产业发展基础和各地氢能产业发展定位，加强顶层设计，优化产业布局，“十四五”期间，重点打造“一轴带、五节点、三基地”的郑汴洛濮氢走廊，形成辐射全省和连通陕西“氢能产业集群”、山东“鲁氢经济带”的黄河中下游氢能产业发展格局。远期，在现有空间布局基础上沿京港澳高速、连霍高速进行延伸，构建“十字形”发展轴，形成可持续发展和良性循环的产业链、生态链、价值链，在全国氢能发展格局中承接东西、贯通南北的枢纽作用更加凸显。</p>

省市	战略/规划	关键内容	关键内容/具体路径
山东	《山东省能源发展“十四五”规划》	2025年，加氢站数量达到100座，实现产值规模1000亿元。	<p>健全完善制氢、储（运）氢、加氢、用氢全产业链氢能体系，加快形成“中国氢谷”“东方氢岛”两大高地，打造山东半岛“氢动走廊”。</p> <p>实施“氢进万家”科技示范工程，大力发展工业副产氢纯化技术，积极推进可再生能源制氢和低谷电力制氢试点示范，培育风光+氢储能一体化应用模式。加快发展高压气态储氢和长管拖车运输，探索推进高效、智能氢气输送管网的建设和运营。</p> <p>加快氢能多领域多场景应用，开展加油、加气、充电和加氢站合建模式试点。在通信基站、数据中心等场所推进氢能应急电源示范，在海岛、园区等特定区域开展以氢为核心的能源综合利用试点。</p>
山东 青岛	《青岛市氢能产业发展规划（2020-2030年）》	<p>2025年，培育超过10家氢能相关企业，氢能产业年产值达到200亿元。</p> <p>2030年，培育超过20家氢能相关企业，氢能产业年产值达到约500亿元，累计建成50座以上加氢站。</p>	<p>谋划实施“三区”协同发展，以建设氢能技术创新核心区、氢能创新发展试验区、燃料电池汽车产业集聚区为抓手，利用好青岛市在新能源汽车、石化化工、轨道交通、港口航运、智能制造等方面的产业基础，探索氢能纳入区域能源体系及多种能源协调发展的策略，加大氢能基础设施建设力度，形成氢能制—储—运—用相关产业集群，完善氢能产业链体系，将青岛市打造成国际知名的氢能城市。</p>
山西	《山西省氢能产业发展中长期规划（2022-2035年）》	<p>到2025年，形成较为完善的氢能产业发展制度政策环境，协同创新能力进入全国前列，基本构建较为完备的产业链体系。氢能示范应用取得明显成效。燃料电池汽车保有量达到1万辆以上，部署建设一批加氢站，应用规模全国领先。可再生能源制氢量显著增长，成为新增氢能的重要组成部分，有力推动二氧化碳减排。</p>	<p>围绕氢能高质量发展重大需求，推动省内创新资源与国内外知名机构、龙头企业联合布局建设一批创新平台，强化基础研究、关键技术和颠覆性技术创新，建立更加协同高效的创新体系。统筹全省氢能产业布局，适度超前有序推进氢能基础设施建设，构建安全、稳定、高效的氢能供应网络。充分发挥山西省氢源富集、应用场景丰富和整车制造优势，科学规划布局，有序推进氢能在交通、储能、工业等领域规模化应用，加快形成符合山西特色、多能互补的氢能产业商业化路径。加快推动制、储、运、加等相关装备产业发展，着力提升燃料电池装备水平，积极推动燃料电池汽车等装备产业发展，贯通上下游产业链条，形成制造业核心竞争力，抢占发展制高点。加快构建“1+N”政策和制度保障体系，坚持以规划为引领，聚焦氢能产业发展的关键环节和重大问题，建立健全氢能标准体系，加强基础设施建设运营审批、财税支持等方面制度供给，有效发挥政策引导规范作用。</p>
安徽	《安徽省氢能产业发展中长期规划（2022-2035年）》	<p>到2025年，力争燃料电池系统产能达到10000台/年，燃料电池整车产能达到5000辆/年，加氢站数量达到30座，氢能产业总产值达到500亿元。</p>	<p>根据氢能产业特性，分阶段明确氢制备、氢储运、氢加注、氢应用等领域的技术路径。在省内率先形成氢能及燃料电池产业示范城市群，重点开展氢能及燃料电池产业技术研发、装备制造以及示范应用。同时，充分发挥示范城市群引领及示范作用，带动、促进两翼地区氢能产业协同发展，积极融入“长三角”氢走廊的建设。</p>



省市	战略/规划	关键内容	关键内容/具体路径
湖北	《湖北省氢能产业发展规划（2021-2035年）》	到 2025 年，形成较为完善的氢能产业发展制度政策环境，产业创新能力显著提高，基本掌握核心技术和制造工艺，初步建立较为完整的供应链和产业体系。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、持续提升关键核心技术水平：加快推进质子交换膜燃料电池技术创新，开发关键材料，提高主要性能指标和批量化生产能力，持续提升燃料电池可靠性、稳定性、耐久性；</li> <li>2、着力打造产业创新支撑平台聚焦氢能重点领域和关键环节，构建多层次、多元化创新平台，加快集聚人才、技术、资金等创新要素。支持高校、科研院所、企业加快建设重点实验室、前沿交叉研究平台，开展氢能应用基础研究和前沿技术研究；</li> <li>3、推动建设氢能专业人才队伍以氢能技术创新需求为导向，支持引进和培育高端人才，提升氢能基础前沿技术研发能力。加快培育氢能技术及装备专业人才队伍，夯实氢能产业发展的创新基础；</li> <li>4、积极开展氢能技术创新国际合作鼓励开展氢能科学和技术国际联合研发，推动氢能全产业链关键核心技术、材料和装备创新合作，积极构建国际氢能创新链、产业链。</li> </ol>
湖南	《湖南省氢能产业发展规划》	2022-2025 年为全省氢能产业培育期，形成氢源和燃料电池整车双轮驱动、100 家以上氢能产业相关企业全面发展格局，氢能全产业链初具规模。建成加氢站 10 座，推广应用氢燃料电池汽车 500 辆，氢能基础设施逐步完善。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、加大氢能技术攻关力度：围绕氢能产业高质量发展需求，聚焦氢能技术未来发展方向，加大氢能技术攻关力度，实现核心技术突破，抢占战略制高点；</li> <li>2、搭建氢能产业创新平台：依托企业、高校及研究机构，围绕省内氢能重点技术攻关领域，打造氢能产业创新平台，为氢能技术创新提供支撑；</li> <li>3、建设氢能专业人才队伍：以氢能技术创新需求为导向，瞄准人才制高点，加大引才、聚才、育才、留才力度，不断强化省内氢能专业人才队伍。</li> </ol>
江苏	《江苏省氢燃料电池汽车产业发展行动规划》	至 2025 年，基本建立完整的氢燃料电池汽车产业体系，力争全省整车产量突破 1 万辆，建设加氢站 50 座以上，基本形成布局合理的加氢网络，产业整体技术水平与国际同步，成为我国氢燃料电池汽车发展的重要创新策源地。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、着力培育产业集群：优化产业布局、研制优势整车产品、做强关键零部件；</li> <li>2、打造坚强产业链条：制氢储运及成套装备产业链、氢燃料电池动力系统产业链、氢燃料电池整车集成与控制产业链；</li> <li>3、推进产业示范引领：推动试点示范、完善基础设施、加大推广力度、创新商业模式；</li> <li>4、建设完善标准体系：实施标准领航计划、推动重点产品标准制定、完善加氢站审批建设管理规范；</li> <li>5、推动产业技术进步：加快突破关键核心技术、建设产业创新平台、加强新技术推广应用；</li> <li>6、加快加氢站的建设：强化规划设计、创新发展模式、提升建设水平；</li> <li>7、促进国际交流合作推进国际技术合作、积极引进高端人才、支持全球布局。</li> </ol>

省市	战略/规划	关键内容	关键内容/具体路径
浙江	《浙江省能源发展“十四五”规划》	到 2025 年推广氢燃料电池汽车 1000 辆以上。	<p>探索发展氢燃料电池发电装备，推动氢燃料电池热电联供系统在用户侧的应用，推动氢燃料电池汽车在城市公交、港口物流等领域应用。</p> <p>强化氢能产业链上游制氢优势，培育可再生能源制氢产业，加快氢能储运核心装备研发，加大整机产品、核心部件及制造设备的创新力度，培育壮大氢燃料电池汽车及零部件产业。重点突破高比功率车用氢燃料电池电堆、质子交换膜、储氢罐制备技术等一批关键共性技术，加速科技创新成果转化应用。</p> <p>探索海上风电制氢，研发发电、热、冷、储、氢等多能流运行的区域能源管理系统，开展智慧综合能源服务示范。</p>
上海	《上海市氢能产业发展中长期规划（2022-2035 年）》	到 2025 年，产业创新能力总体达到国内领先水平。建设各类加氢站 70 座左右，培育 5-10 家具有国际影响力的独角兽企业，建成 3-5 家国际一流的创新研发平台，燃料电池汽车保有量突破 1 万辆，氢能产业链产业规模突破 1000 亿元，在交通领域带动二氧化碳减排 5-10 万吨/年。	<p>强化关键核心技术攻关，依托上海汽车产业基础，提高催化剂、质子交换膜、碳纸等关键材料的可靠性、稳定性和耐久性，提升电堆设计、系统集成的工艺技术水平，形成全链条关键技术的自主化和产业化，打造具有综合竞争力的燃料电池整车品牌。</p> <p>加强产业创新能力建设，发挥复旦大学、上海交通大学、同济大学、华东理工大学、上海大学以及中科院应用物理研究所和硅酸盐研究所等高校和科研院所在基础研究方面的优势，持续加强基础研究，强化颠覆性技术的前瞻布局。</p> <p>培育壮大行业领军企业，建立产业标准及检测体系，加强产业人才队伍建设；持续推进中长期供氢“绿色化”，逐步推动氢能输运“网络化”，有序推动加氢站“普及化”；加快在交通、能源领域的商业应用；积极推动工业领域的替代应用；打造上海氢能产业城市群，支撑长三角一体化发展，推动国际开放创新合作。</p>
福建	《福建省氢能产业发展行动计划（2022—2025 年）》	到 2025 年，氢能产业发展初具规模，特色氢能产业集群初步构建，核心技术实现阶段性突破，达到国内领先水平，形成一批具有较强市场竞争力的氢能核心产品和符合我省产业结构、具备技术优势的氢能产业技术路线，氢燃料电池汽车初步实现规模化商业应用。	<p>围绕氢能“制备-存储-运输-加注-应用”全产业链，发挥产业基础、资源禀赋和市场空间等优势，补短板、抢机遇，鼓励传统发电、石化、油气输配企业和氢冶金企业等开展制氢、用氢、氢储运、氢储能等业务，加快推进氢能产业高质量可持续发展，在全省范围内打造若干氢能产业集聚区和特色产业集群，形成辐射全省的氢气制备、储运、供应体系。</p>

省市	战略/规划	关键内容	关键内容/具体路径
广东	《广东省能源发展“十四五”规划》	利用低温氢燃料电池产业区域先发优势，形成广州-深圳-佛山-环大湾区核心区燃料电池产业集群；建设多个氢燃料电池产业集群。	打造氢能产业发展高地、多渠道扩大氢能应用市场。聚焦氢能核心技术研发和先进设备制造，加快培育氢气制储、加运、燃料电池电堆、关键零部件和动力系统集成的全产业链、布局电解水制氢、天然气制氢、工业副产氢提纯装备制造产业、推进高密度储氢装备制造、短期加强高压气态储氢建设、长期布局低温液氢、低压固态储氢产业、利用低温氢燃料电池产业区域先发优势，形成广州-深圳-佛山-环大湾区核心区燃料电池产业集群、基于在 SOFC（固体氧化物燃料电池）电解质隔膜片等核心零部件制造方面全球领先的优势、发展 SOFC 及其分布式发电成套装备、推广高温燃料电池冷热电三联供应用示范，支持建设大型民用液氢示范工程、推进佛山（云浮）产业转移、广州开发区、佛山南海仙湖氢谷、佛山高明等氢燃料电池产业园建设，建立广深高温燃料电池及系统研发制造基地、建立广州、佛山、东莞、云浮氢能高端装备产业集聚区和惠州、茂名、东莞、湛江氢能制储运产业集聚区。
江西	《江西省氢能产业发展中长期规划（2023-2035年）》	当前到 2025 年，全省氢能产业制度政策环境逐步完善。氢能产业发展基础日益夯实，产业发展跟进战略取得积极成效。氢能技术研发领军人才及专业化团队加快积聚，产业创新能力逐步提高。可再生能源制氢量达到 1000 吨/年，成为新增氢能消费和新增可再生能源消纳的重要组成部分。全省氢能产业总产值规模突破 300 亿元。	结合省情实际，我省氢能产业一方面在制、储、输、用环节实施整体跟进，以逐步扩大氢能供给、提升储运便利性、降低用氢成本、保障用氢安全。另一方面，结合省内能源资源禀赋、产业结构和区位条件，从具有比较优势的领域入手实施局部突破。一是依托稀土等矿产资源优势，大力发展储氢新材料产业，实现重点细分领域突破。二是把握好重要区域发展战略机遇，积极壮大氢能一般装备制造业，实现氢能产业规模突破。三是结合关联产业特点，积极拓展氢能产业化应用场景，实现氢能应用模式突破。
四川	《四川省氢能产业发展规划（2021-2025年）》	到 2025 年，燃料电池汽车达 6000 辆，加氢站 60 座；建设氢能分布式能源站和备用电源项目 5 座，氢储能电站 2 座。	空间格局：围绕成渝地区双城经济圈建设的战略部署，按照省委“一干多支、五区协同”发展要求，以各地自然资源禀赋及现有氢能相关产业为基础，遵循合理配置、重点突出、有序协同、互联互通的原则，形成“一轴、一港、一区、三路”的“1113”发展格局。 到 2025 年，逐渐健全强化氢能产业链，培育国内领先企业 25 家，覆盖制氢、储运氢、加氢、氢能利用等领域。其中核心原材料企业 2 家，制氢企业 7 家，储运和加氢企业 6 家，燃料电池及整车制造企业 10 家。

省市	战略/规划	关键内容	关键内容/具体路径
重庆	《重庆市能源发展“十四五”规划（2021—2025年）》	建设成渝氢走廊，开展氢能在交通领域示范应用，推广应用氢燃料电池汽车，到2025年规模达到1500辆，建设多种类型加氢站30座。	围绕中国西部（重庆）氢谷、成渝氢走廊建设，稳步提升制氢能力，并探索优化储运方式，适度超前建设加氢基础设施网络。以两江新区、九龙坡区、西部科学城重庆高新区为龙头，积极打造氢燃料电池及核心零部件产业集群，推动氢气制备、储运、终端供应全产业链发展。大力发展动力电池单体及电池系统、正负极材料、驱动电机及控制器、整车控制系统等新能源汽车技术。依托太阳能薄膜项目和航空发动机项目，力争在光伏发电设备、燃气轮机等领域有所突破。
陕西	《陕西省“十四五”氢能产业发展规划》	到2025年，氢能发展的政策环境体系基本形成，氢燃料电池实现本省研发生产，示范应用取得显著效果，初步建立较为完整的供应链和产业体系。	以支撑实现碳达峰、碳中和目标为出发点，以培育壮大氢能产业链为着力点，以技术突破和产业培育为主攻方向，通过资源优势吸引企业聚集，打造氢能运力运营平台，推动氢燃料、氢原料应用协同发展，构建陕西特色氢能产业生态。氢气制取方面健全氢气供应能力，打造榆林、渭南、咸阳等省级氢气供应枢纽。储运加注方面按照“整体规划、合理布局、分步实施、急需急建”原则，围绕示范应用配套建设储运及加注基础设施。氢能应用方面积极引进燃料电池行业头部企业，培育本地关键材料、零部件、系统集成、检测技术等配套产业，做大做强整车产业。
青海	《青海省氢能产业发展中长期规划（2022-2035年）》	到2025年，绿氢生产能力达4万吨左右，建设绿电制氢示范项目不少于5个，燃料电池车运营数量不少于150辆，矿区氢能重卡不少于100辆，建设3-4座加氢示范站。在化工、冶金、能源等领域开展绿氢示范应用。	<p>以上游绿氢资源推动下游市场需求，先期通过新能源电站“离网制氢”等方式开展电解水制氢，后续依托高比例可再生能源和电网支撑能力，探索建立电网制氢模式下的合理市场交易机制，逐步形成具有价格优势的绿氢供给，驱动下游多元化应用，逐步培育用户、形成市场、扩大规模。</p> <p>以基础设施先行推动终端推广应用着力破解基础设施配套不足问题，结合不同地区、不同领域的氢能需求，做好基础设施建设整体规划，科学确定规模和空间布局，适度超前布局氢能储运、加氢站等基础设施，探索大规模、长距离专用输氢管道建设，构建安全高效的运氢、加氢服务网络，为终端推广应用提供支撑。</p> <p>以多点示范带动产业规模化发展，加快氢能在我省化工、冶金、交通、能源等多领域、多场景示范推广应用，通过示范运营扩大市场需求，以不断增长的市场需求和市场空间为牵引，坚持“内研、外引、集聚、壮大”发展路径，强化招商引资，提升产业链韧劲，带动氢能产业规模化发展。</p> <p>以绿电制氢促进产业融合发展，依托我省可再生能源资源优势，结合电解水制氢技术，着力打造绿电制氢综合示范基地，促进可再生能源在省内的大规模就地消纳，实现可再生能源与氢能互补协同发展。</p>

省市	战略/规划	关键内容	关键内容/具体路径
内蒙古	《内蒙古自治区促进氢能产业发展若干政策（试行）》（征求意见稿）	到 2025 年，绿氢制取能力达到 50 万吨/年，建成加氢站 100 座，累计推广燃料电池汽车 10000 辆以上，氢能产业总产值力争达到 1000 亿元。	<p>实施“风光氢储”多能互补，推进风光等可再生能源大规模电解水制氢，提高工业副产氢利用规模，建立绿色、安全、高效的氢能供应体系，打造国内重要的绿氢生产、应用、输出基地。</p> <p>优先在矿山、物流、短驳等领域推广燃料电池汽车，推进氢能在钢铁冶炼等领域应用；推动氢能与煤化工深度融合，对煤化工产生的副产氢实行能源化利用，通过电解水制氢结合碳捕集利用，实现化工产业碳中和，替代化石能源生产化工产品；推动氢作为一二次能源介质，在大规模储能及分布式发电、备用电源、移动式电源、家用热电联供系统等领域取得应用突破；推动在应用条件较好的地区开展天然气管网掺氢应用等。</p>
甘肃	《甘肃省“十四五”能源发展规划》	要有序推动制氢产业基础设施建设，谋划制氢、氢存储、氢运输、加氢站、氢燃料电池“五位一体”的氢能产业园；推动高温制氢装备、加氢催化制精细化学品相关产业	<p>“十四五”时期要大力发展分散式风电、分布式光伏发电，形成分布式与集中式相互融合的新能源发展格局；加强能源储备与应急能力建设，提高石油储备能力，完善调峰储气设施，加大绿色能源消费，积极推进充电桩、新能源汽车、能源大数据、云计算、互联网、人工智能等产业，推动能源与科技、经济、产业深度融合，重点发展新一代储能设备、氢燃料电池等技术及产业化应用，加大全产业链氢能技术研发，推动氢能技术利用场景示范。白银市、定西市、临夏州、甘南州要围绕黄河流域生态保护和高质量发展战略，坚持生态优先，积极推进黄河上游抽水蓄能电站建设，稳步推进风光电项目建设，打造风光水储综合能源基地。</p>
宁夏回族自治区	《宁夏回族自治区氢能产业发展规划（征求意见稿）》	到 2025 年，可再生能源制氢量达到 8 万吨以上，布局建设加氢站 10 座以上，氢燃料电池重卡保有量 500 辆以上，完成国家氢燃料电池汽车示范城市群创建任务；到 2030 年，可再生能源制氢量达到 30 万吨以上。	<p>依托宁夏丰富的太阳能和风电资源，以宁东、银川、石嘴山、吴忠等地区为重点，引导氢能产业发展要素向重点区域聚集，推动产业链互补、应用链互联、科技链条互促，着力构建“一核示范、多点支撑”的产业发展格局，走出一条以绿能开发、绿氢生产、绿色发展为主的能源转型发展之路，加快构建清洁低碳安全高效的现代能源体系。</p>

## 2.1.2 制氢：我国是世界最大产氢国，氢源以煤炭为主，电解水制氢占比小

### 2.1.2.1 制氢技术路线

氢按照制取过程及碳排放可以分为“灰氢”“蓝氢”和“绿氢”。“灰氢”指采用化石燃料制取的氢气，如石油、天然气、煤炭制氢等，制氢过程中有大量的碳排放。“蓝氢”指采用化石燃料制取，但过程中采用了碳捕捉及封存技术（CCS）的氢气。“绿氢”指采用可再生能源（如风电、水电、太阳能等）通过电解制氢，制氢过程完全没有碳排放。

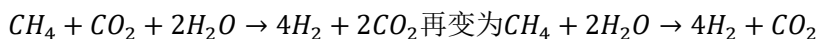
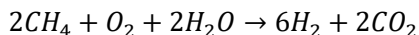
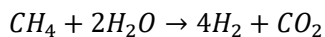
目前，氢的制取主要有以下三种较为成熟的技术路线：一是以煤炭、天然气为代表的化石能源制氢；二是以焦炉煤气、氯碱尾气、丙烷脱氢为代表的工业副产气制氢；三是以碱性电解水、酸性质子交换膜电解水为代表的电解水制氢。其他制氢方式，例如微生物直接制氢和太阳能光催化分解水制氢等，仍处于实验和开发阶段，尚未达到工业规模制氢要求。

#### （1）煤制氢

以煤为原料制取  $H_2$  的方法主要有两种：一是煤的焦化（或称高温干馏），二是煤的气化。焦化是指煤在隔绝空气条件下，在  $900\sim 1000^\circ C$  制取焦炭，副产品为焦炉煤气。焦炉煤气组成中含  $H_2$  55%~60%（体积分数）、甲烷 23%~27%、一氧化碳 6%~8%等。每吨煤可得煤气  $300\sim 350m^3$ ，可作为城市煤气，亦是制取  $H_2$  的原料。煤的气化是指煤在高温常压或加压下，与气化剂反应转化成气体产物。气化剂为水蒸气或氧气（空气），气体产物中含有  $H_2$  等组分，其含量随不同气化方法而异。气化的目的是制取化工原料或城市煤气。煤制氢需要大型的气化设备，装置投资成本较高，只有规模化生产才具有经济效益，因此，煤制氢不适合分布式制氢，适合于中央工厂集中制氢。

#### （2）天然气制氢

天然气制氢是通过  $CH_4$  和水蒸气、氧气介质在高温下反应，生成合成气，再经过化学转化与分离，制备氢气。其总反应方程式为：



蒸汽重整制氢（SMR）在天然气制氢技术中发展较为成熟、应用较为广泛。其生产过程需要将原料气的硫含量降至 1ppm 以下，以防止重整催化剂的中毒，因此制得氢气的杂质浓度相对较低。中国天然气资源供给有限且含硫量较高，预处理工艺复杂，导致国内天然气制氢的经济性远低于国外。

#### （3）工业副产氢

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/788126142074006026>