

《全球氢能观察 2021》系列研究报告 之四：全球氢能应用发展趋势观察

随着全球工业技术的快速发展，氢能应用正迅速从化工原料向交通、建筑和储能领域渗透。未来还将在氢冶金、绿色氢化工、氢能储存、混合能源系统、智能能源系统等领域有所应用。根据国际能源署的可持续发展情景预测，到 2030 年，全球氢能终端应用的氢需求预计将达到 9000 万吨左右。如此巨大的氢能需求如何更有效地应用于全球各个领域？哪些应用可以从综合成本、碳减排、需求竞争力等因素中脱颖而出？本文将从氢能应用技术现状、各种应用方式的成本对比以及氢能应用在各种场景下的竞争力等角度梳理未来全球氢能应用的发展趋势，并关注氢能应用的布局。让我们一起开启氢能的新天地。

氢能将成为多领域最具竞争力的碳减排方案

在国际氢能委员会的《氢能洞察》报告中，梳理并预测了氢能未来在各个领域应用与传统能源和低碳替代能源的竞争力。从总拥有成本（TCO）来看，在全球氢气生产、储运、配送成本快速下降的趋势下，氢能各个领域的应用潜力将逐渐凸显。到 2030 年，氢能将有 22 种类型。它已成为终端应用中最具竞争力的碳减排解决方案，包括炼油、化肥、商用车、长途卡车运输、航运和氢气冶炼等应用。（见图 1）。

四个终端应用有额外的成本驱动因素：在全球控制碳排放的背景下，绿色氢应用在传统化工、炼油等领域深度脱碳；氢能直接还原铁、废钢的绿色技术路线，有助于减轻冶炼领域的碳排放压力，提高成本竞争力；随着燃料电池技术的进步，氢在交通领域的传统能源替代率将会提高；以及氢或氢基燃料的新应用。这些应用，随着未来各国环保要求的提高，政府目标、能源安全、终端应用客户需求（对无碳解决方案的关注度增加）、ESG 投资以及能源“绿色溢价”等因素都会影响每个领域具体的投资和采购决策。例如，在新冠疫情背景下，全球航空、游轮、集装箱运输和钢铁行业都在努力推动更加环保的市场重启。

降低应用成本有助于加速氢能在各个领域的推广

根据传统技术与 2030 年各领域氢应用成本对比预测 (见图 2), 可以看出, 在不考虑碳成本的情况下, 计算氢能终端应用成本为 1.6-2.3 美元/公斤排放, 氢只能在大规模道路运输应用 (不包括乘用车) 中具有竞争力。如果增加各个领域的碳排放成本 (按 100 美元/吨 CO₂ 计算), 氢能在大多数道路运输和工业应用中具有显著的成本优势 (见图 3)。

在工业应用方面, 降低制氢、储存和运输成本对于提升其应用竞争力尤为重要。其中, 在炼油领域, 氢原料将在未来十年逐步转向绿色氢供应; 化肥生产方面, 到 2030 年, 欧洲生产的灰氨成本将达到每吨二氧化碳 50 美元, 届时将使用可再生能源生产的绿色氨。将非常具有成本竞争力; 钢铁是工业二氧化碳排放的最大来源之一, 也可能通过氢能的应用成为成本最低的脱碳应用之一。到 2030 年, 氢气冶炼粗钢成本仅为 515 美元/吨, 同时每吨碳排放成本节约 45 美元。

在交通方面, 到 2030 年, 燃料电池汽车 (FCEV) 在不考虑碳排放成本的情况下, 可以比大多数传统交通解决方案具有竞争优势, 尤其是在重卡和长途运输领域。在重载长途运输中, 如果加氢终端价格达到 4.5 美元/公斤 (包括制氢、储运和加氢费用), FCEV 计划在 2028 年可以实现与柴油车同价。另外, 燃料电池在对功率和续航要求非常高的领域 (例如重型矿用卡车等) 提供了一种可行的替代方案。

同样, 氢能在火车、航运、航空等领域不断发展。预计到 2030 年, 清洁氨作为运输燃料将成为集装箱运输脱碳最具成本效益的方式。它可以实现与重燃料油 (HFO) 持平, 同时每吨碳排放量节省 85 美元。航空业可以通过氢和氢基燃料实现竞争性脱碳。中短程航线可以用液氢燃料替代原燃料, 每吨碳排放节省 90-150 美元。远程航线可根据具体情况使用氢合成燃料, 每吨碳排放可节省 200-250 美元。

建筑和电力等其他终端应用中的氢能需要更高的碳成本才能具有成本竞争力。但是, 为

了永久解决全球大型天然气管网脱碳问题，天然气加氢应用也将得到快速发展；由于氢能储运的流动性，还可以建立分布式能源网络，实现区域或城市电力和热能、冷能联合供应；同时，氢能作为备用电源解决方案，尤其是在数据中心等大功率场景下，也越来越受到重视。

氢能在我国未来能源系统中具有丰富的应用场景

目前，我国各地氢能的发展方向大多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，行业同质化突出。事实上，燃料电池技术路线更具优势的中重型卡车示范运行尚未真正开展，而其他领域如化工、冶炼、轨道交通、航空航天、分布式发电、热电联产、动力等方面仍需充分挖掘氢能的价值和潜力。

石油化工是我国发展氢能的催化剂。一方面，由于氢气需求量大，可以通过规模经济降低氢气供应链成本。另一方面，企业相对集中，可以在基础设施等方面取得领先。推动全社会发展氢能。未来，随着工业脱碳要求的提高，CCUS 技术生产的蓝氢将成为向绿氢过渡的主要氢源。未来随着可再生能源制氢成本的降低，传统炼油化工生产中使用的氢气将逐步替代为绿氢，实现化工行业深度脱碳。

钢铁行业碳排放量占全国碳排放量的 18%，仅次于电力行业，是碳中和的重要责任主体，氢冶金技术有助于深化钢铁行业脱碳。氢冶金使用氢气代替焦炭作为高炉的还原剂，以减少甚至完全避免冶炼生产中的二氧化碳排放。随着氢冶金成本的逐步下降，以及碳中和背景下的传统冶炼，需要叠加碳税等成本。预计到 2030 年，氢冶金成本与传统炼钢相比，在拥有成本和减排方面具有优势，实现氢冶金总量规模增长。

目前，随着国家燃料电池汽车示范城市政策的出台，未来将极大地促进燃料电池汽车产业的发展。各地将加大示范经营力度，提升企业科技创新能力，加强基础设施建设。预计到 2030 年，国内燃料电池汽车年产量将达到 40 万辆，销量达到 38.9 万辆，国内保有量达到 108 万辆，商用车平均成本达到 50 万元，乘用车平均成本将达到 20 万元，交通部门的氢

气需求量达到约 255.9 万吨。

根据我们的预测，到 2030 年，我国年均氢气需求量将达到 4800 万吨，其中能源总需求量为 2000 万吨，占国内能源需求体系的 2.3%。2030 年，以绿氢、蓝氢为主的氢能应用，将为实现碳达峰目标做出巨大贡献。在预计的氢能供应规模下，来自可再生能源或配备碳捕获、利用和储存（CCUS）技术的电解水获得低碳氢替代电网电力和传统化石能源生产将至少产生 1.8 亿吨/年碳减排效果。在我国能源转型过程中，氢能将作为重要的清洁能源和良好的能源载体，实现跨能源网络协同优化，助力工业、能源、交通、建筑等重大终端应用实现低能耗碳转型。