

# 氢能产业发展趋势及氢能材料机遇剖析



罗兰贝格管理咨询公司  
在全球36个国家设有50家分支机构。作为一家独立咨询机构，罗兰贝格已成功运营于全球各主要市场，而中国是其中最重要的市场之一。罗兰贝格进入中国市场30余年以来，已为众多中外企业提供战略、运营及业绩管理方面的咨询服务。目前，罗兰贝格已在中国成立5个办事处，拥有360余名咨询顾问。

作为应对全球气候变化、保障国家能源供应安全和实现可持续发展的重要产业，氢能是构建“清洁低碳、安全高效”能源体系、推动能源供给侧结构性改革的重要领域。而氢能产业链的高速发展将推动相关材料领域涌现机遇。

鉴于当前氢能产业链蓬勃发展和相关氢能材料需求旺盛，本文将聚焦制氢、储氢、运氢和氢能下游应用的发展趋势，研究伴随氢能全产业链发展的氢能材料需求，以及对相关企业的战略启示。

## 氢能产业链机会多

全球氢能源市场发展迅猛，预计2025年全球氢能源需求达22.8亿千克。中国作为其中最大的区域市场，预计2030年氢能源产值将突破1万亿元，氢能产业链机会不断涌现。

根据《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》所提出的中国氢能及相关产业总体目标，氢能源比例远期将达10%，产值突破12万亿元，加氢站、燃料电池车、固定式电源、燃料电池系统等相关设备保有量不同程度增加（图一）。

四大核心驱动力将推动

氢能市场快速发展：首先，随着电解水制氢技术成本降低，制氢规模快速扩张。其次，燃料电池系统成本不断降低，产业化瓶颈突破在即，相关产业商业化前景广阔。第三，氢能下游应用需求不断突破，交通运输、工业、建筑能源等重点下游应用的能源消耗量和氢能在能源结构中的占比均持续攀升。同时，热点事件和相关政策将推动氢能快速应用。譬如中国借冬奥会契机积极推动氢能产业，加快布局电解水制氢产能、加氢站等。政府出于优化能源结构、保障能源安全的需求，也陆续出台相关政策文件，持续推进氢能产业的商业化水平。

早在2001年，我国就确立了“863计划电动汽车重大专项”项目，促进燃料电池汽车等产业发展。长期以来，中央政府高度支持氢能产业发展，自2019年3月15日氢能源首次写入《政府工作报告》起，顶层政策不断加码，促进氢能产业发展提速。2019年6月26日，《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》发布。《白皮书》对氢能及相关产业所需的标准体系、法律法规、试点示范等政策支持进行了归纳。

氢能产业作为综合性产业，其高速发展将涉及制

氢-储氢-运氢及氢能下游应用等众多环节。氢能全产业链的快速成长将为相关氢能材料领域提供动能。

## 氢能材料现状与趋势

### ①制氢材料

从技术路径看，目前制取氢气的方法主要有化石燃料制氢、电解水制氢、化工尾气制氢等。在具体的制氢工艺选择上，我们认为不同地区需根据资源状况选择适合的工艺路线。

长远来看，可再生能源电解水制氢将上升为未来供氢主体。当前，电解水制氢技术存在的主要问题是电能消耗大，使得生产成本偏高。

### ②储氢材料

从储氢方式来看，当前主要有气态储氢、液态储氢和固态储氢三种方式。其中，气态储氢由于使用方便、储存条件易满足和成本低等优点，成为当前主流的储氢方式。液态储氢需要提供极低温度，而且容器需采用双层真空隔热结构，技术门槛较高。当前技术水平会造成液氢较大程度的挥发损失，因此液态储氢相对不经济，目前主要用于航空航天领域。而固态合金储氢由于具有安全、高效、高密度等优点，是三种方式中最理想

的储氢方式，所采用的钛系合金、稀土系合金等储氢合金是储氢材料领域的前沿研发方向。随着储氢合金使用便利性的提升和成本的降低，固态合金储氢有望成为主流的储氢方式。

气态储氢方面，以车用气瓶为例，IV型气瓶仍处于研发阶段，碳纤维等关键材料性能面临瓶颈。而海外发达国家已成功研制出多种型号和规格的IV型气瓶，中国需要在海外高压储氢罐制造技术领先的背景下，着力进行碳纤维等重点材料的性能攻关。

针对我国碳纤维产业发展落后的问题，国家积极引导相关产业发展，国内行业龙头也开始逐步布局碳纤维全产业链，竞争力持续增强。其中，T300级碳纤维已达到国外先进水平，T700、T800级碳纤维均已实现工业化生产。随着MJ系列碳纤维等高端产品技术的突破，未来国内碳纤维产业将加速发展。

液态储氢方面，液氢储存罐是液化氢储存的关键。

固态储氢方面，由于储氢合金具有安全、无污染、可重复利用等优点，现已在燃料电池车等重点下游领域开发应用，但当前所用储氢合金材料与2017年美国能源部制定的储氢密度标准相比，仍有较大差距。未来还需要加强研发力度，进一步提高储氢密度，降低分解氢的温度和压力，延长使用寿命，促进储氢合金的全面商业化。

### ③运氢材料

虽然氢气的运输方式众多，但我国的氢能运输主要通过气氢长管拖车、氢气管道和液氢罐车开展。其中，高压长管拖车技术较为成熟，是当前主流的运氢方式；远距离管道输氢技术尚处于试验阶段，管道材料焊接点易泄露和氢脆、氢腐蚀的瓶颈一旦有所突破，其重要性将逐步提升；而液氢罐车运输由于液化能耗和成本高、设备要求高等原因，目前仅用于航天及军事领域。

从运输成本来看，管道运输在三者中成本最低，虽然初始投资较大，但其成本增长的主要因素仅为与输送距离正相关的管道材料折旧及维护费用，当运输距离增加时，成本优势越发明显。尤其是当加氢站等基础设施逐渐完备，促进管道利用率上升，管道运输的成本优势将更加显著。

当前，国内管道运氢尚

处于起步阶段，管道材料问题和高昂的造价限制了输氢管道的普及。以美国为例，氢气管道的造价为31万~94万美元/千米，是天然气管道造价的两倍以上。同时，氢气管道运输对压缩机功率提出了更高要求，而且在加氢站等基础设施建设初期，运氢管道利用率较低，导致管道运氢综合成本高企。

### ④氢能下游应用材料

氢能产业下游应用广泛，涵盖工业、电力、供热、新能源汽车等众多领域（图二）。

近年来，由于政府补贴加持、下游氢燃料电池汽车产业蓬勃发展、燃料电池续航里程优势等因素，氢燃料电池作为氢能重点应用领域，市场规模持续攀升。预计至2022年，我国氢燃料电池市场规模将达84.69亿元。

## 燃料电池未来可期

随着燃料电池技术逐渐成熟，相关产品的商业化进程不断加速：在交通领域主要应用于汽车、船舶、轨道交通等，在固定式发电领域可作为建筑热电联供电源、微网电源和移动基地的备用电源。除此之外，燃料电池还能与数字化技术相结合，在深海装备、无人驾驶等领域发挥重要作用。

然而，材料性能和成本是决定氢能源应用前景的重要因素。以燃料电池汽车为例，燃料电池系统约占整车成本的50%，其PEMFC电堆约占燃料电池系统成本的60%。其中，核心材料膜电极占电堆成本的70%，具有极大的降本空间。据美国能源部预测，当燃料电池汽车产量由1000套提升至10万套时，膜电极价格可从400美元/平方米下降至100美元/平方米，下降空间超过燃料电池总成本的15%。

膜电极由催化剂、质子交换膜、扩散层组成，相关部件均对材料提出较高要求。尽管国内技术水平相较于发达国家仍有差距，但针对各部分关键材料的应对技术正在加速突破中，未来将释放大量市场空间。

随着国内攻关技术不断突破，关键材料领域将涌现大量机遇。相关企业应积极把握氢能材料的发展黄金期，针对氢能全产业链对于关键材料的核心需求，择机采用多元方式进行布局，在发展前景广阔的氢能材料市场中抢占竞争高地。

图一：氢能及相关产业总体目标

	现状 (2019)	近期 (2020-2025)	中期目标 (2026-2035)	远期目标 (2036-2050)
氢能源比例 [%]	2.7%	4%	5.9%	10%
产业产值 [亿元]	3.000	10.000	50.000	120.000
装备制造规模	加氢站 [座]	23	200	1.500
	燃料电池车 [万辆]	0.2	5	130
	固定式电源/电站 [座]	200	1.000	5.000
	燃料电池系统 [万套]	1	16	150

图二：氢能产业下游应用图谱

