

氢燃料电池催化剂

行业简析报告

2026

THE BRIEF MARKET ANALYSIS REPORT ON HYDROGEN FUEL CELL CATALYST

MICR



报告摘要

Report Summary

氢燃料电池催化剂作为质子交换膜电化学反应的核心枢纽，直接决定了电堆的活性与使用寿命，其成本占电堆总成本高达24.6%至36%，是产业链高壁垒、高价值的核心环节。现阶段行业呈现以碳载铂为主导、低铂合金化加速渗透的技术格局，突破阴极氧还原反应动力学迟缓、有效抑制动态工况下的贵金属溶解与碳载体腐蚀，构成了当前车规级工程化降本与耐久性攻关的核心技术锚点。

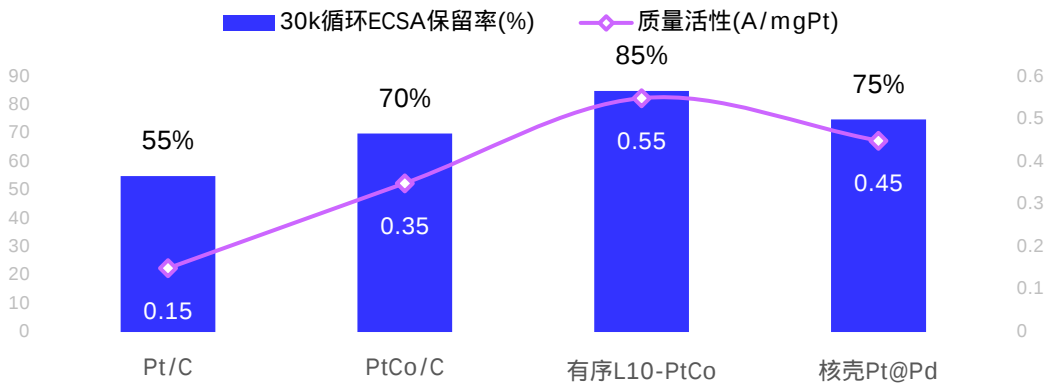
市场端在氢能示范城市群商用车运营放量与西北绿氢PEM电解水项目开工潮的双轮驱动下，催化剂市场规模与出货量稳步放量，中国市场增速显著领跑全球。竞争格局方面，虽然庄信万丰、优美科及田中贵金属等跨国巨头在高端车规级市场仍占据主要份额，但以贵研铂业、济平新能源为代表的本土企业已突破吨级自动化产线，凭借卓越的性价比与本土服务优势，推动国产化替代从前期的送样验证迈入规模化批量切换阶段。

展望未来，重卡规模化运营与PEM制氢第二增长曲线将打开广阔市场空间，有序合金化与核壳结构等前沿工艺持续赋能产业降本增效；与此同时，我国催化剂产业仍面临铂铑资源高度依赖海外进口、超低铂化与车规长寿命性能博弈、以及国际专利壁垒等现实瓶颈。企业需深化全产业链自主可控与贵金属循环回收布局，以在未来的全球清洁能源重构中确立核心竞争壁垒。

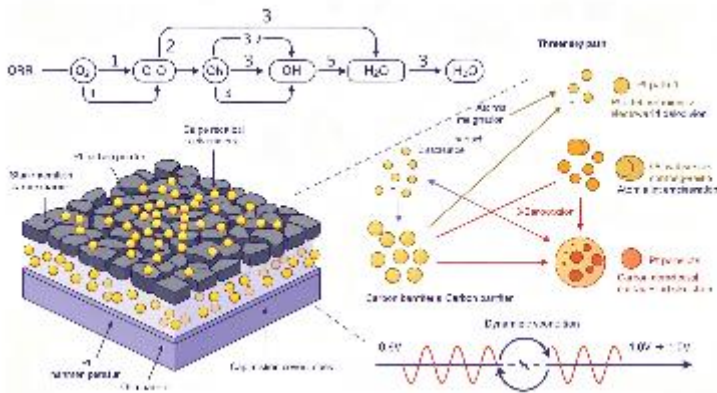
01. 氢燃料电池催化剂概念界定、核心性能指标与主流技术路线

- 氢燃料电池催化剂是质子交换膜燃料电池（PEMFC）及电解水制氢设备中的关键核心材料，主要作用在于降低电化学反应的活化能，加速阳极氢氧化反应与阴极氧还原反应的进行。在质子交换膜燃料电池体系中，由于阴极氧还原反应的动力学过程极其缓慢，反应速率比阳极氢氧化反应低约6个数量级，因此绝大部分催化剂用量集中于阴极。
- 评判氢燃料电池催化剂性能的指标构成了衡量其工程化商业价值的基石，核心指标包括：
 - 质量活性：指单位质量贵金属所产生的极限电流强度（通常以 A/mg_{Pt} 表示），该数值直接决定了电堆在相同功率输出下所需贵金属的用量。
 - 比活性：单位电化学活性面积上的电流密度（ $\mu A/cm^2_{Pt}$ ），表征催化剂本征活性。
 - 电化学活性面积：指催化剂表面可参与电化学反应的活性位点总面积（ m^2/g_{Pt} ）。
 - 耐久性与抗衰减性能：通常采用加速耐久性测试进行评估。按行业车规级标准，催化剂在经过30,000次动态电压循环后，电化学活性面积衰减率需低于30%，且质量活性保持率需高于70%。
- 主流技术路线方面，现阶段行业呈现出“铂基催化剂主导、低铂合金化推进、非贵金属催化剂远期探索”的发展格局。目前商业化应用最为广泛的是碳载铂催化剂（Pt/C），其技术成熟且导电性良好。为解决纯铂催化剂在动态工况下易发生溶解、团聚以及高温迁移的问题，过渡金属合金化（如PtCo/C、PtNi/C）已成为中游制造的主流。此外，具有核壳结构及有序金属间化合物（ L_{10} 相结构）的催化剂正在加速导入高端市场，其通过应变效应和配位效应改变了铂原子层的表面电子结构，既提升了本征氧还原反应活性，又显著增强了耐酸性腐蚀性能。

主流催化剂技术路线性能对比（质量活性与ECSA保留率）



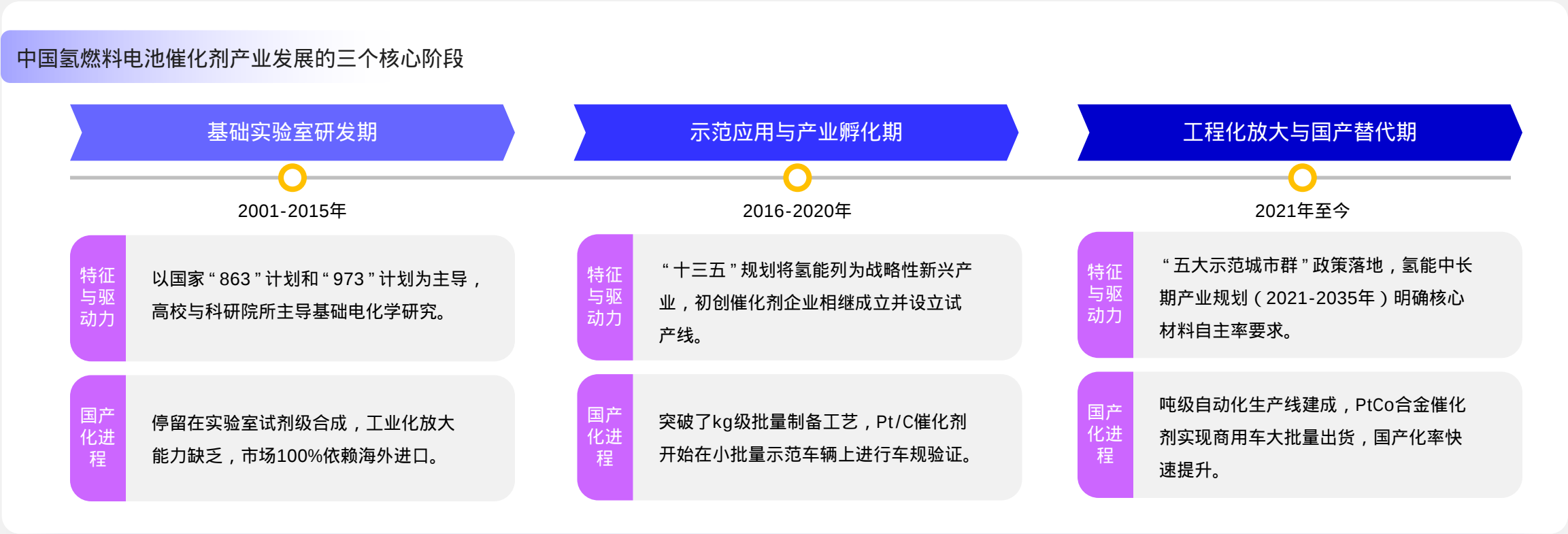
催化剂反应机理与衰减路径微观示意



数据来源：公开数据整理；嘉世咨询研究结论；图源网络

02. 中国氢燃料电池催化剂行业发展历程与产业政策、标准体系发展

- 中国氢燃料电池催化剂行业的发展经历了从早期学术跟跑、科技部“863”计划基础攻关，到如今进入大规模工程化应用与国产化替代的新阶段。回顾其演进历程，大致可划分为三个核心阶段。
- 在产业政策体系层面，国家与地方政府形成了高度协同的政策合力。2022年国家发改委、国家能源局联合印发的《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》将催化剂列为关键核心零部件攻关首位。在“五大氢燃料电池汽车示范城市群”奖励政策中，催化剂作为核心材料获得了较高的积分奖励权重，直接倒逼下游电堆及系统厂商提高国产催化剂的采购比例。
- 在标准体系建构方面，我国催化剂国家标准经历了从无到有、从基础测试规范向车规级耐久性标准升级的过程。早期发布的国标如 GB/T 20042.4-2009《质子交换膜燃料电池 第4部分：电催化剂测试方法》规范了电化学活性面积及活性的基本测量手段。随着技术的演进，行业正加速推动包含抗毒化性能测试、加速老化测试标准以及针对电解水制氧/制氢催化剂的新型标准制定，规范了市场竞争准入门槛。



03. 中国氢燃料电池催化剂行业宏观驱动力分析

- 政治环境：国家层面将氢能升格为国家能源战略的重要组成部分，“双碳”目标的确定为氢能产业提供了长期制度保障。五大示范城市群（京津冀、上海、广东、河南、河北）通过“以奖代补”机制，对搭载国产催化剂等核心零部件的燃料电池车辆给予精准补贴。
- 经济环境：随着氢燃料电池重卡在钢铁厂、煤炭运销、港口短驳等特定场景下的全生命周期成本逐步具备与柴油车竞争的优势，下游商用车出货量迎来规模化增长。规模效应的释放显著降低了催化剂的制造成本，同时国际贵金属价格波动促使电堆厂商强力倒逼中游催化剂环节降本。
- 社会环境：高排放重型柴油车的绿色替代需求极为迫切。钢铁、化工及物流龙头企业在ESG考核与绿色供应链压力下，主动选择氢能重卡进行干线运输。全社会对氢安全及清洁能源应用接受度的提升，进一步拓宽了氢能应用场景。
- 技术环境：国内企业与科研院所在高耐久性PtCo合金化、有序化结构调控及超细纳米颗粒分散技术上取得重大突破。高精自动化生产设备与连续化浸渍还原工艺的结合，大幅提升了批量产品的一致性与收率，制约国产替代的技术瓶颈正被逐一突破。



04. 产业链全景：上游高附加值，中游制备与电堆匹配形成价值共振

- 氢燃料电池催化剂产业链涵盖了从上游基础原料提取与高精设备制造，到中游催化剂合成与抗衰减改性，再到下游膜电极（MEA）、电堆及终端应用的全过程。
- 产业链上游主要由铂族贵金属（铂、钌、钌）矿产供应商、高比表面积石墨化碳载体研发商以及微通道反应与高温气氛退火设备商构成。中游为催化剂制造企业，负责通过化学还原、水热沉积以及退火合金化等工艺将前驱体转化为车规级催化剂成品。下游为膜电极（MEA）制造厂商，将催化剂浆料涂覆于质子交换膜上形成三相界面，最终组装为燃料电池电堆，并应用于商用车及电解水制氢装备中。
- 从全产业链的价值分布与成本构成来看，催化剂在整个燃料电池系统乃至电堆中占据着举足轻重的经济价值地位。在燃料电池电堆成本结构中，膜电极（MEA）成本约占电堆总成本的61.8%，而双极板约占27.5%。在膜电极内部，催化剂是最大的成本构成项，约占膜电极整体成本的39.8%。这意味着，催化剂占燃料电池电堆总成本的比例高达24.6%至36%左右。

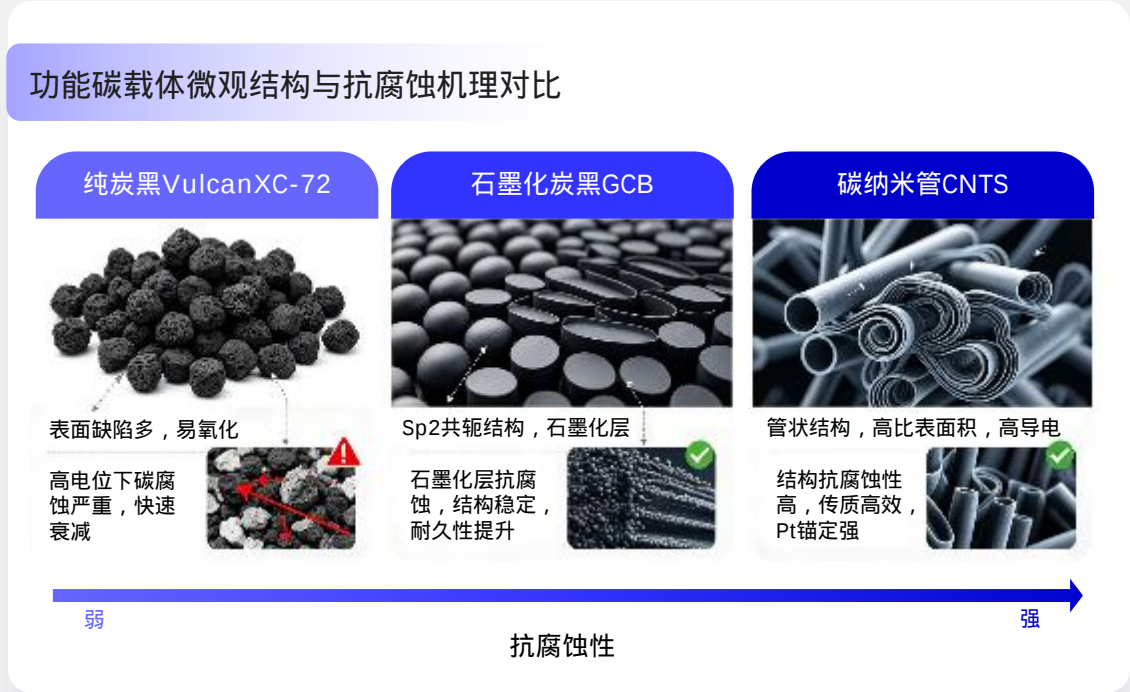
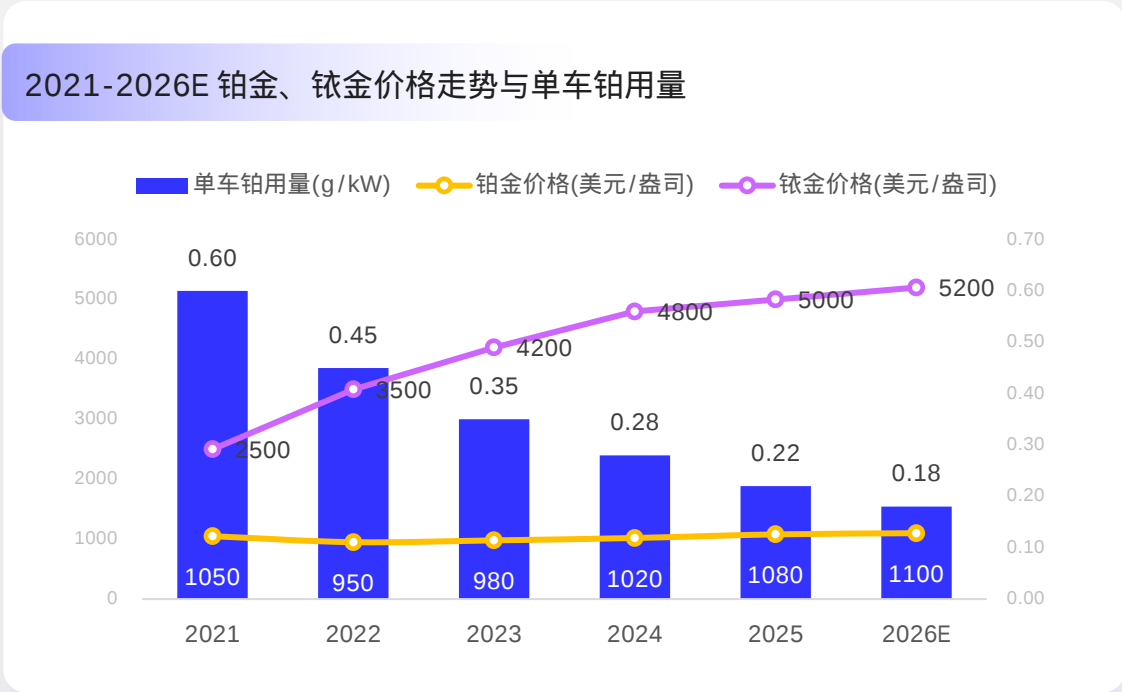
氢燃料电池催化剂产业链全景图



数据来源：公开数据整理；嘉世咨询研究结论；图源网络

05. 产业链上游：铂族贵金属原料、功能碳载体与高精制备设备

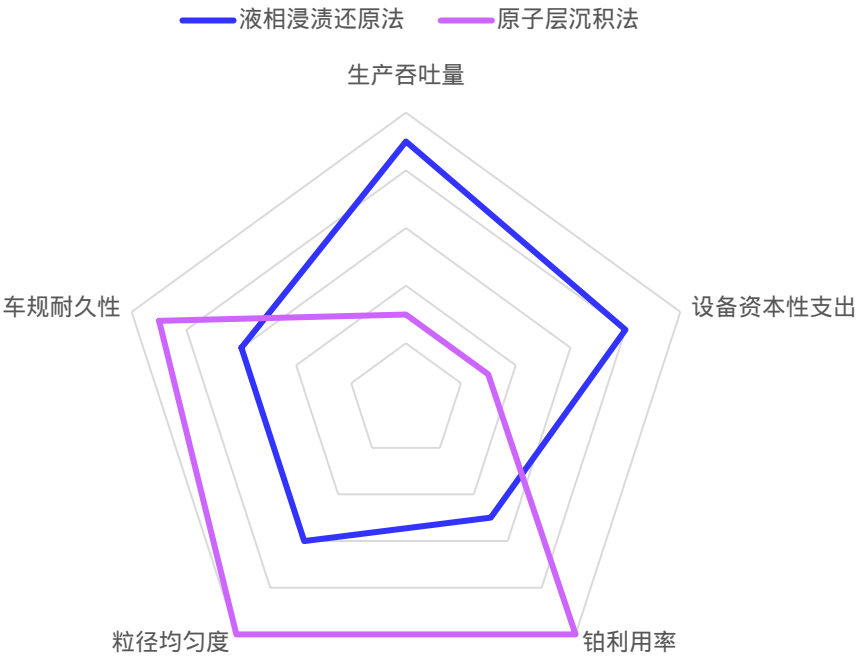
- 氢燃料电池催化剂的生产高度依赖铂（Pt）、铱（Ir）、钌（Ru）等铂族贵金属。其中，阴阳极电催化剂大量消耗金属铂，而质子交换膜电解水制氢阳极则不可替代地使用贵金属铱。全球铂族金属矿产资源分布极不均衡，南非与俄罗斯占据了全球90%以上的原始矿产供给。我国属于铂族金属资源匮乏国，95%以上的工业用铂依赖进口，这引发了供应链地缘风险与成本可控性的双重担忧。从价格走势来看，2021至2026年间，国际铂金价格受全球宏观经济及贵金属供给链影响呈现区间震荡。然而，电解水制氢所需的铱金因年产量极低，价格出现剧烈飙升，曾创下超过5000美元/盎司的高位。高昂且波动的贵金属原料成本，构成了倒逼下游催化剂制造向“超低铂化”和“极低铱化”方向演进的核心经济驱动力。
- 功能碳载体是决定催化剂电化学活性面积与耐久性的另一关键上游材料。理想的碳载体需具备高比表面积、优异的导电性以及极强的抗电化学腐蚀能力。当前，高比表面积炭黑仍占据主流，但由于纯炭黑在燃料电池频繁启停下极易发生氧化腐蚀，导致铂纳米颗粒脱落与团聚，行业正加速向高石墨化碳（GCB）、碳纳米管（CNTs）、石墨烯及介孔碳材料升级。
- 制备设备中，超声波分散系统、微通道反应器确保分子级均匀混合；高精度管式退火炉及气氛还原炉控温精度在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，精准控制合金化过程中的晶格转变与相变；透射电子显微镜、X射线衍射仪、感应耦合等离子体质谱仪及旋转圆盘电极测试系统，用以监测催化剂微观形貌、负载量及本征活性。



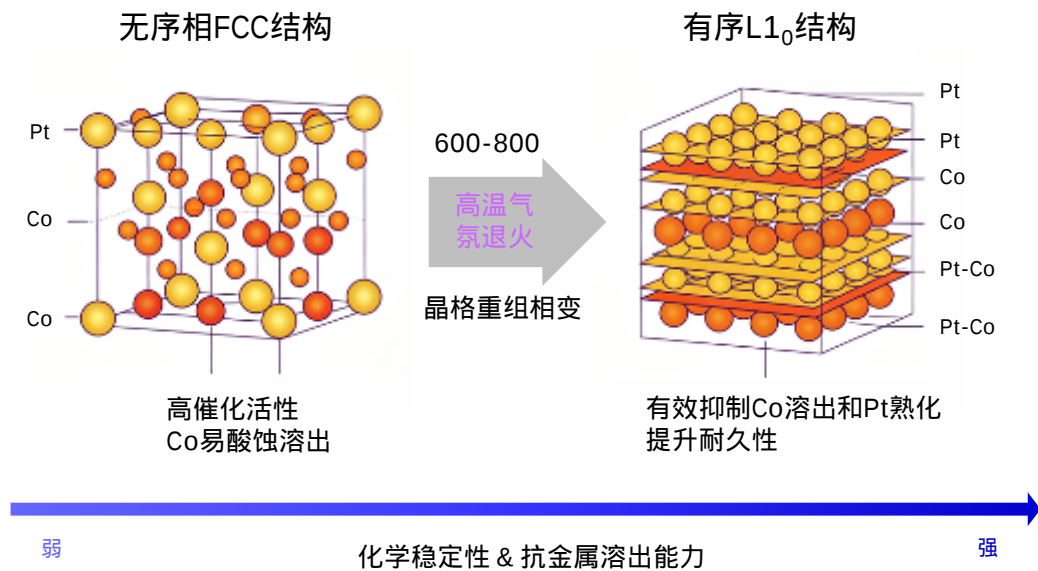
06. 产业链中游：制备工艺壁垒与抗衰减改性技术

- 中游催化剂制备的精髓在于精准控制贵金属纳米颗粒的粒径（最佳区间为2-4 nm）、高度分散性以及强金属-载体相互作用（SMSI）。目前业界核心的制备工艺为传统的液相浸渍还原法和前沿的原子层沉积法，两种工艺呈现出不同的特性。
- 此外，为解决重卡等商用车终端长期运行下的催化剂衰减问题，中游企业采用了多种抗衰减改性手段。中游企业首先对碳载体进行高温石墨化处理以提高抗腐蚀位点，随后将铂与过渡金属进行合金化（如PtCo），并通过高温气氛退火诱导晶格重组，形成有序金属间化合物（L1₀相结构）。此外，通过在颗粒表面构建原子级厚的保护壳层，可大幅抑制催化剂的衰减。

液相浸渍还原法和原子层沉积法多属性综合对比



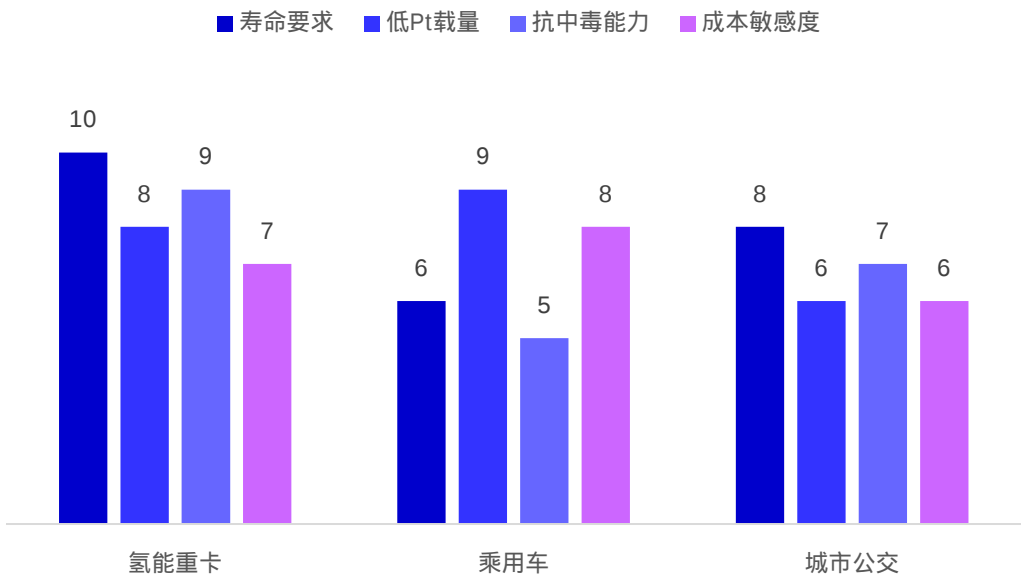
PtCo合金无序相向有序L1₀相转变及抗酸蚀机制



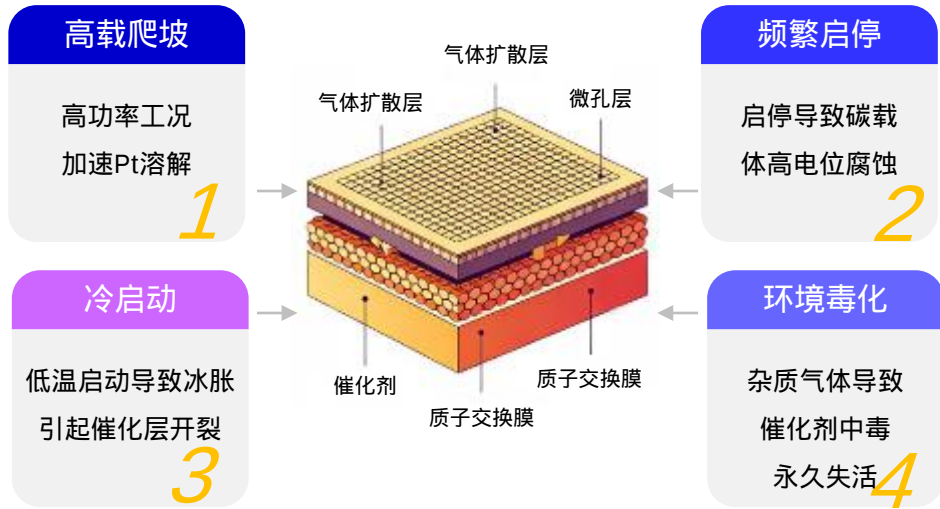
07. 产业链下游：MEA集成匹配、商用车终端场景与车规级验证

- 催化剂在转化为实际电堆输出功率的过程中，必须与膜电极（MEA）内部的其他组件实现极致的界面协同。催化层不仅包含催化剂颗粒，还混有离聚物。离聚物与催化剂的比例至关重要，I/C比过高会阻碍气体的分子扩散并掩盖活性位点；I/C比过低则无法形成连续的质子传输通道，导致内阻剧增。因此，催化剂制造企业需与下游膜电极厂商进行深度联合工艺开发，针对催化剂的表面亲疏水性调整浆料配方及涂布工艺。
- 在商用车领域，我国氢燃料电池汽车以重卡、冷链物流车及客车等商用车为绝对主力，2024年牵引车和专用车占比达78.8%，商用车终端工况对催化剂提出了极度严苛的要求。首先，重卡要求系统寿命达到 2.5万至3万小时；其次，重载爬坡、频繁启停导致电池电压在0.6V与0.9V之间频繁剧烈波动，加速了铂的电化学溶解；最后，道路空气中的硫化物、氮氧化物及一氧化碳极易造成催化剂活性位点永久或可逆中毒。因此，目前国内催化剂在车规级验证环节仍存在三大行业痛点：加速老化实验与实车工况相关性较差、测试周期长且资金成本高、微观失效机理表征手段匮乏。

不同车辆类型对催化剂关键指标需求权重对比



商用车复杂工况下催化剂多维衰减机制

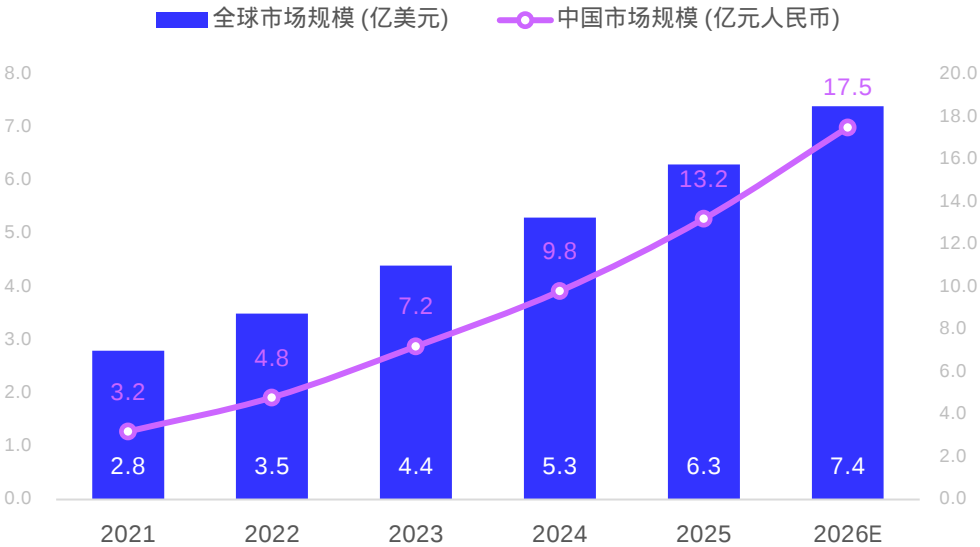


✅ 各类工况协同作用下导致ECSA衰减和活性下降
车规级要求3万次循环后ECSA衰减低于30%

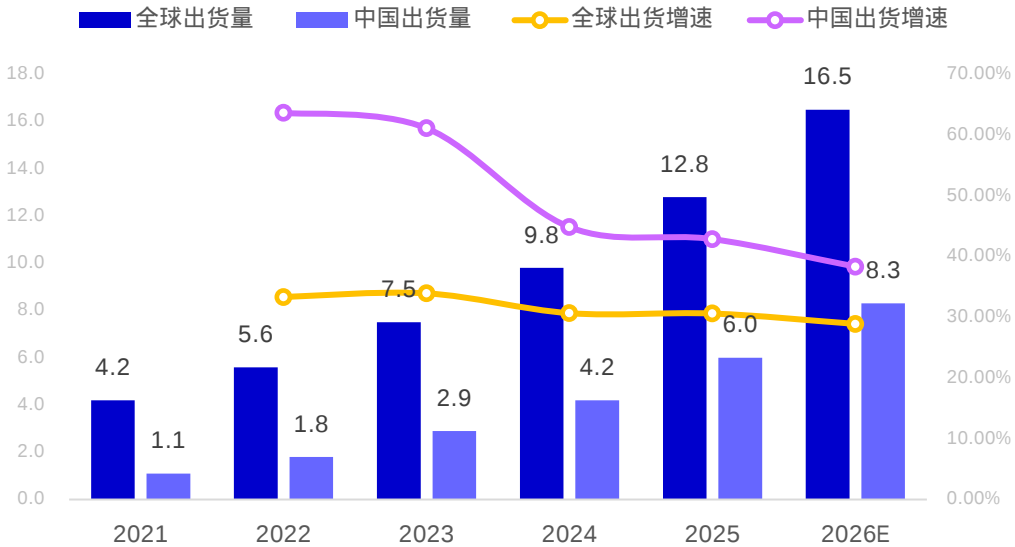
08. 全球及中国氢燃料电池催化剂市场规模与出货量测算

- 随着全球氢能交通示范项目的推进以及中国“五大示范城市群”政策的深入实施，全球及中国燃料电池催化剂市场呈现快速增长态势。数据显示，全球燃料电池催化剂市场正在以约 17%~25% 的年复合增长率稳步扩张，到2026年全球市场规模将达到7.4亿美元。中国市场增速显著高于全球平均水平，2021-2023年间中国市场经历了爆发式增长，主要得益于示范城市群政策的启动与商用车大批量交付。
- 在出货量层面，随着单车催化剂用量的逐年下降，催化剂出货量的增速略高于市场规模的增速。这种差异反映出行业技术进步带来的降本效应，即虽然单位功率的贵金属消耗量减少，但下游电堆总装机功率的快速放大依然支撑了催化剂总出货量的强劲上升。

2021-2026E年全球与中国氢燃料电池催化剂市场规模



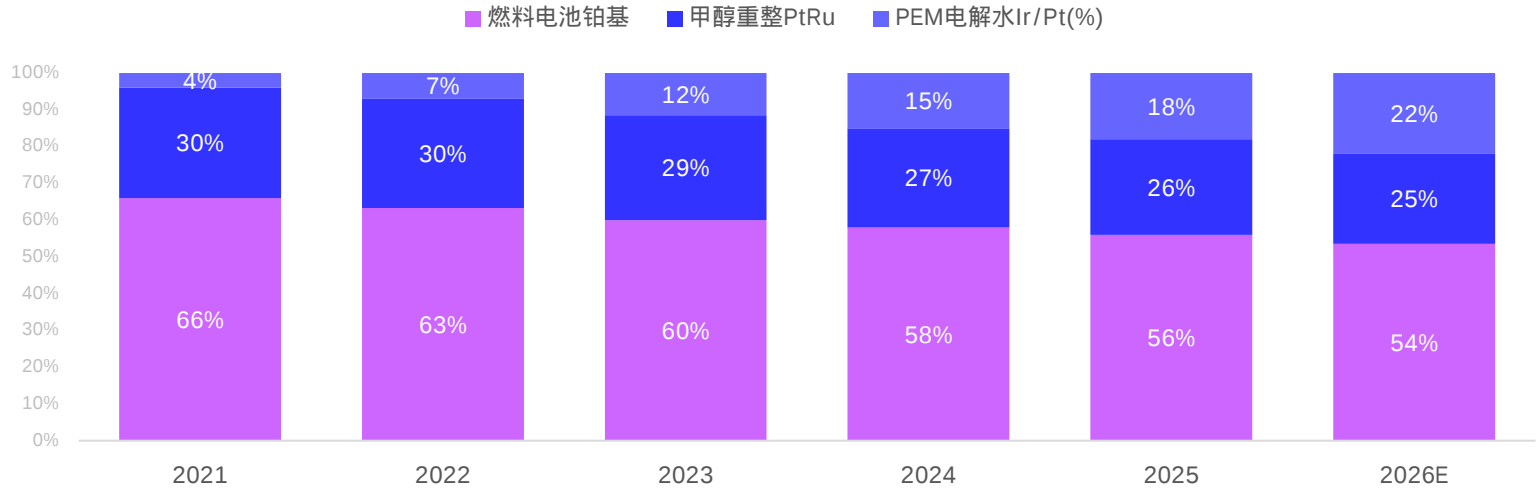
2021-2026E全球与中国氢燃料电池催化剂出货量（吨）及增速（%）



09. 催化剂市场结构：燃料电池用铂基催化剂与电解水制氢用催化剂

- 根据终端应用场景与反应电极特性的不同，氢催化剂市场划分为“燃料电池用铂基催化剂”、“甲醇/重整燃料电池用PtRu催化剂”以及“PEM电解水制氢用Ir/Pt催化剂”三大核心细分领域。从结构演变趋势来看，燃料电池用铂基催化剂目前占据市场主导地位。但随着绿氢产业的大规模放量以及质子交换膜（PEM）电解水制氢项目的密集开工，PEM电解水用Ir/Pt催化剂的占比正呈爆发式上升增长态势。
- 在燃料电池领域，燃料电池用铂基催化剂2025年占据了约56% 的市场份额，广泛应用于氢燃料电池商用车与固定式电源。甲醇与重整燃料电池用PtRu合金催化剂占26%左右，主要用于便携式电源与杂质较高的重整气系统，钌的加入显著增强了抗一氧化碳中毒能力。
- 在电解水制氢领域，受全球绿氢项目开工潮驱动，PEM电解槽市场预计将以30%以上的年复合增长率高歌猛进。其阳极析氧反应不可替代地依赖贵金属铱及铱钌复合物，阴极析氢反应则使用负载铂催化剂。预计到2026年，PEM电解水制氢用催化剂在整个氢催化剂市场的占比将提升至 22.00%，成为行业第二增长曲线。

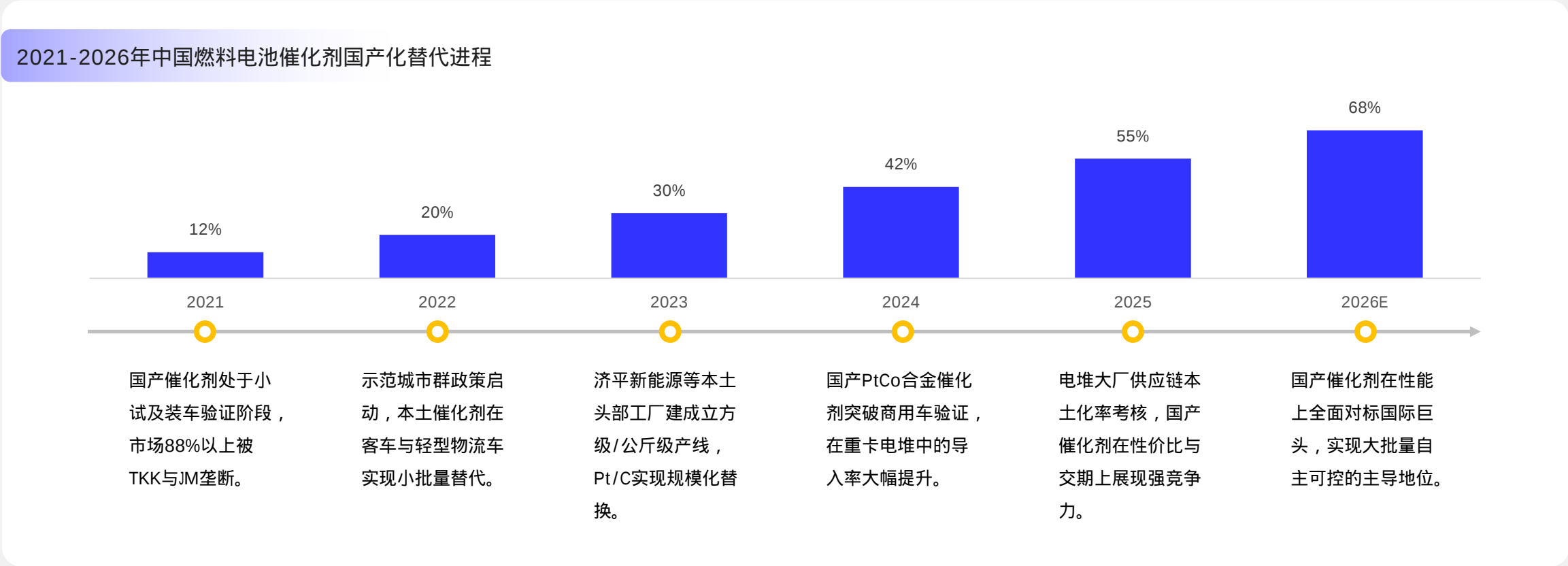
2021-2026E 全球氢催化剂细分市场结构占比



数据来源：公开数据整理；嘉世咨询研究结论；图源网络

10. 全球竞争格局演变与中国市场集中度及国产化替代率

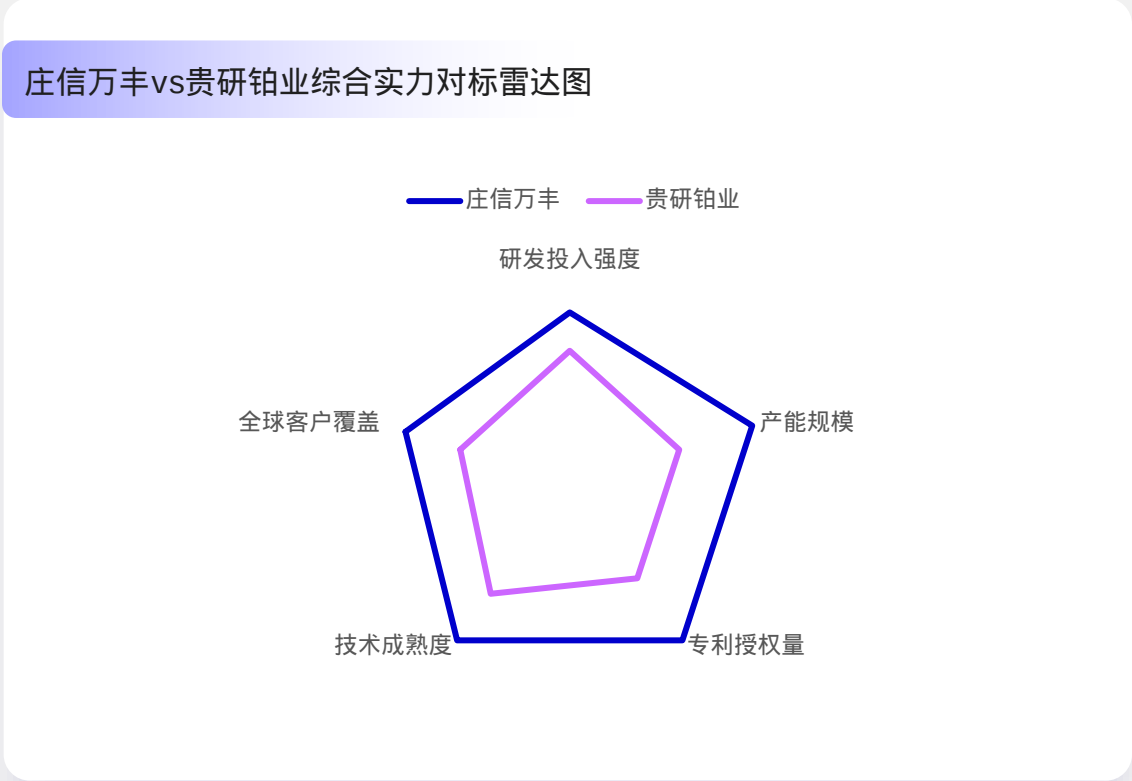
- 全球氢燃料电池催化剂市场长期呈现高度垄断的格局，欧洲与日本的百年贵金属化工巨头凭藉深厚的技术积累、完整的贵金属回收闭环以及先发专利布局占据行业主导地位。其中，比利时优美科（Umicore）以约18%的全球市场份额位居榜首，英国庄信万丰（Johnson Matthey）以16%的份额紧随其后，日本田中贵金属（TKK）亦在亚洲乃至全球市场占据核心份额。
- 在国内市场，虽然本土企业快速崛起，行业整体集中度依然保持在高位。按催化剂实际出货量计算，中国燃料电池催化剂市场前五大供应商占比估算约为70%-75%。主要参与者包括日本TKK、英国庄信万丰（JM）、济平新能源、贵研铂业以及凯立新材，其中海外巨头在高端商用车及高功率电堆领域的渗透率依然较高。近年来在示范城市群政策及下游电堆降本压力的双重推动下，中国氢燃料电池催化剂的国产化替代呈现出显著加速趋势。



11. 行业典型竞争梯队与标杆企业对标：庄信万丰 vs 贵研铂业

- 目前氢燃料电池催化剂市场中的典型竞争可以划分为以下三个梯队：第一梯队（国际贵金属及化工巨头），第二梯队（国内领军企业与贵金属上市公司），第三梯队（新锐创企与科研院所孵化企业）。
- 国际巨头庄信万丰和国内领军企业贵研铂业是国内市场中的标杆企业。庄信万丰成立于1817年，总部位于英国伦敦，是全球贵金属炼制、精细化工与可持续技术的百年巨头，在全球燃料电池催化剂市场占据约16%的份额，高居全球第二。贵研铂业成立于2000年（起源于1938年建立的昆明贵金属研究所），是国内在上海证券交易所上市的贵金属新材料与资源循环利用龙头企业，代表了中国贵金属催化剂自主化的最高水平。公司拥有国家贵金属工程技术研究中心，具备涵盖“贵金属矿产/深加工-催化材料合成-贵金属二次资源回收”的完整产业闭环优势。在氢能领域，贵研铂业重点攻克了车规级铂基催化剂的超细纳米分散、多元素合金化及退火改性工艺，正加速推动千公斤级与吨级自动化催化剂示范产线建设，产品性能全面对标国际巨头，是打破进口垄断的核心国产力量。

中国氢燃料电池催化剂市场竞争中的三大梯队及代表企业	
第一梯队 国际贵金属及化工巨头	• 英国庄信万丰（Johnson Matthey）、日本田中贵金属（TKK）、比利时优美科（Umicore） • 特点：掌握全套贵金属前驱体合成、回收及全球专利布局，产品广泛用于全球主流燃料电池车企。
第二梯队 国内领军企业与贵金属上市公司	• 贵研铂业、济平新能源、凯立新材、中自科技 • 特点：具备公斤级至吨级生产能力，通过了本土主流电堆及系统厂商的车规级验证，正处于规模化放量阶段。
第三梯队 新锐创企与科研院所孵化企业	• 凯大催化、格林美（氢能板块）、唐锋能源、氢电中科 • 特点：专注于特定前沿技术路线（如超低铂、核壳结构、单原子催化剂），处于中试及送样测试阶段。



12. 前沿技术演进趋势：低铂化、核壳合金化与非铂催化剂探索

- 低铂化与超低铂化：降低铂用量是系统成本压降最直接途径。美国能源部（DOE）设定终极目标将电堆总铂载量降至极低水平。前沿手段包括单原子/团簇分散技术和超薄铂外壳沉积技术。
- 核壳结构与有序化合金：核壳结构，如Pd@Pt、FeNi@Pt等，以非贵金属或低成本贵金属为核、极薄铂层为壳，核与壳之间晶格错配产生表面应变效应优化氧中间体吸附自由能，ORR本征活性提升数倍。有序金属间化合物相比无序合金具有更高电化学稳定性和抗金属溶出能力，确保长时间高电位波动下结构完整性。
- 非贵金属催化剂：为彻底摆脱对铂族金属的资源依赖，学术界与产业界正在积极探索非贵金属催化剂。过渡金属-氮-碳复合物在碱性介质中展现媲美纯铂的ORR活性。但在PEMFC强酸性高电位环境中，Fe-N-C面临Fenton反应导致自由基攻击，过氧化氢对碳载体和活性位点快速破坏，运行寿命目前难以满足车规级要求。短期内非贵金属难以在车规商用车全面替代铂基，但在固定式低功耗备用电源及便携式电源领域具备潜在应用前景。

三种前沿催化剂微观形貌及特性对比示意图



13. 氢燃料电池催化剂行业未来发展的核心机遇

商用车重卡规模化放量带动的需求爆发

商用车特别是重型牵引车已成为中国燃料电池商业化的核心突破口。由于重卡需要高功率输出与长续航里程，其单车催化剂用量是乘用车的5至8倍。钢铁、煤炭及港口等特定闭环运输场景下，氢能重卡的经济性正逐步显现。随着示范城市群考核进入冲刺期，氢能重卡的大规模交付将直接引爆中游催化剂的吨级采购需求，为催化剂制造企业带来确定性极高的业务增长空间。

01

国产化替代由“送样验证”迈入“大规模批量切换”阶段

前期国产催化剂历经多年的车规级验证与小批量示范，其批次稳定性与耐久性已获得下游主流电堆和系统厂商的认可。在当前下游系统价格战加剧的背景下，电堆企业具有强烈的自主降本诉求。国产催化剂凭借显著的价格优势（比进口低30%-50%）与高效本土化服务，正在从“备胎”转变为“首选”，市场份额将实现跨越式提升。

03

绿氢产业爆发打开PEM电解水催化剂“第二增长曲线”

在“双碳”目标下，西北地区大型风光绿氢基地建设全面启动，电解水制氢项目迎来了开工潮。质子交换膜（PEM）电解水制氢因具备高动态响应速度和高纯度产氢优势，正在快速提高其在电解槽市场的渗透率。作为PEM电解槽阳极的核心材料，二氧化铱及铂基催化剂将迎来继燃料电池之后的第二条快速增长曲线，极大地扩展了催化剂企业的市场边界。

02

高耐久低铂前沿技术突破拓宽多元化应用场景

高耐久 L1₀ 有序化合金与超低铂核壳催化剂的工程化应用，大幅降低了燃料电池系统的初始购置成本与全生命周期使用成本。催化剂成本与寿命瓶颈的突破，将加速氢燃料电池在轨道交通、船舶、航空及分布式发电等多元化非车用场景的渗透，为催化剂行业开辟全新的增量市场领域。

04

14. 氢燃料电池催化剂行业未来发展的主要挑战

铂族贵金属高度依赖进口与资源供给安全性风险

我国铂族金属矿产极度匮乏，催化剂生产所需的铂、钌资源高度依赖从南非和俄罗斯进口。在地缘政治局势紧张与供应链摩擦加剧的背景下，贵金属进口可能面临断供或关税加码风险。同时，贵金属现货价格剧烈波动，将直接推高催化剂企业的原料采购成本与现金流压力，构成了产业链最基础的资源安全隐患。

01

低铂化与车规级超长寿命之间的“性能博弈”难题

降低铂载量虽然能显著降低初始成本，但会导致催化层厚度变薄，进而对水气传输管理和抗毒化能力提出更高的要求。在商用车重载高频动态工况下，超低铂催化剂更容易遭遇电化学活性面积快速衰减的问题。如何在进一步压低铂用量的同时，确保重卡所需的车规级超长寿命，是当前全行业面临的核心技术难题。

02

加氢站基础设施建设滞后与终端氢气成本企高风险

虽然燃料电池催化剂与电堆技术持续突破，但下游终端车辆的实际推广速度仍受制于加氢站等基础设施的建设进度。部分区域加氢站分布不均、储运氢成本高昂，导致终端加注氢气价格偏高（高于35元/kg），直接抑制了商用车队的购车意愿，进而可能导致催化剂下游市场需求增长不及预期。

03

国际巨头专利壁垒与国内同质化低价竞争隐患

国际催化剂巨头在基础前驱体合成、核壳结构设计及合金化退火领域已构建了密不透风的国际专利网。国内部分企业缺乏基础本征创新，存在一定的专利侵权风险。此外，随着资本涌入催化剂赛道，国内初创企业在高端车规级产品尚未完全成熟前，可能陷于中低端产品的低价无序竞争，挤压行业整体利润空间。

04

版权说明

本报告为简版报告，内容为嘉世咨询研究员通过桌面研究整理撰写。如有深度调研需求，请联系：
mcr@chinamcr.com或021-52987060；

本报告中的所有内容，包括但不限于文字报道、照片、影像、插图、图表等素材，均受《中华人民共和国著作权法》、《中华人民共和国著作权法实施细则》及国际著作权公约的保护。

本报告的著作权属于上海嘉世营销咨询有限公司所有，如需转发、转载、引用必须在显著位置标注出处，并且不得对转载内容进行任何更改。

