

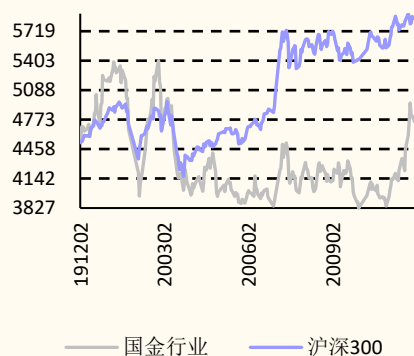
新兴产业中心

燃料电池产业链系列报告十二

行业深度研究

市场数据(人民币)

市场优化平均市盈率	18.90
国金燃料电池指数	4750
沪深 300 指数	4960
上证指数	3392
深证成指	13670
中小板综指	12441



相关报告

- 1.《基础设施先行，加氢站和氢气产业链率先受益》
- 2.《重载领域 FCV 成本优势明显——燃料电池物流车经济性分析》
- 3.《产业核心环节、国产化初见成效——燃料电池电堆行业分析》
- 4.《成本下降路径：国产化、规模经济和技术进步-PEMFC》
- 5.《燃料电池车用氢安全性分析-氢气安全吗？》
- 6.《燃料电池的氢气来源分析-负荷中心附近的氯碱副产氢是最优选择》
- 7.《氢气储存运输问题分析-气氢拖车能够解决目前需求、其他方向潜力大》
- 8.《燃料电池系列研究之加氢站-中期看用户绑定，长期看低成本氢获取能力》
- 9.《看好优势区域的一体化副产氢气供应商——氢气基础设施产业分析》
- 10.《各国积极布局，中日韩领跑——全球主要燃料电池市场分析》
- 11.《燃料电池平价还要多久？》

张帅

分析师 SAC 执业编号: S1130511030009
(8621)61038279
zhangshuai@gjzq.com.cn

张伟鑫

联系人

国产化、规模化、精细化

燃料电池产业系列报告之十二：MEA 篇

行业观点

- **新能源汽车大势所趋，政策落地国内燃料电池产业化提速。**节能减排背景下，新能源汽车大势所趋，氢燃料电池能量密度更高，在重载、长续航领域优势明显。目前国产化燃料电池系统等核心部件使用寿命、功率密度、低温启动均已达标，2020 年 9 月“以奖代补”国补方案落地，政策引导下氢燃料电池迈出产业化第一步，进入放量、降本、技术进步的正向循环。
- **需求：膜电极是燃料电池的成本、技术中枢，预计 2030 年市场规模约 350 亿元。**1) 膜电极是燃料电池电化学反应的场所、占系统成本比例超 30%。在下游系统、电堆已实现国产化批量供应的背景下，膜电极成为当前产业化的关键。2) 根据我们的测算，2030 年国内膜电极需求接近 1 千万平，对应市场规模接近 350 亿元。
- **技术：耐久性>功率密度>成本**
 - 从制备工艺看：第二代 CCM 法为当前主流技术方案，技术难点在于催化剂涂布在质子交换膜上容易出现膜变形、膜吸收催化剂等问题，第三代有序化膜电极制备技术仍待突破。
 - 从构成材料看：质子交换膜仍依赖进口，技术难点主要在于超薄型（高电子传导率）和高耐久性（高机械强度）难以兼得；催化剂是目前膜电极研究的重点，主流催化剂为 Pt 基催化剂，技术难点主要在于低铂载（低成本）和高性能、高耐久性难以兼得；气体扩散层的关键原材料（碳纸纤维）仍被少数海外企业把控核心技术。
- **供给：膜电极国产化快速推进，先发企业优势明显。**
 - 参数达标，规模化供应能力逐步形成：目前国产膜电极企业包括鸿基创能、擎动科技、武汉理工氢电等，领先集团产品在性能参数上已满足商业化目标（寿命超 10000 小时，功率密度达到 1W/cm² 以上），并具备批量供应能力。量产的质子交换膜企业主要为东岳集团；催化剂、气体扩散层具备小规模生产能力。
 - 先发企业调试经验丰富，优势明显：氢燃料电池仍处在导入阶段，下游新兴企业产品尚未定型，需求呈现多样化特点。先发布局企业试错经验丰富，面对“定制化”需求响应速度和产品质量都更有保证。

投资建议

- 政策成本交替推动下 FCV 开启放量，推荐亿华通、美锦能源、雄韬股份、东岳集团、道氏技术。

代码	公司	股价 (元)	市值 (亿元)	EPS (元)			PE		
				2020E	2021E	2022E	2020E	2021E	2022E
688339	亿华通	240.0	169	—	3.61	4.36	—	67	55
000723	美锦能源	7.1	291	0.21	0.49	0.53	34	15	14
002733	雄韬股份	19.5	75	0.22	0.42	0.46	89	47	42
0189.HK	东岳集团	4.0	85	0.40	0.36	0.48	8	10	7
300409	道氏技术	14.2	65	0.28	0.60	0.99	51	24	14

风险提示：政策风险、技术风险、市场竞争风险、基础设施建设不及预期。

内容目录

一、背景：政策、成本推动下，FCV 开启放量降本	4
1. 车辆电动化大势所趋，燃料电池为商用车电动化的优选方案	4
2. 政策、成本交替推动下，产业分两阶段实现快速成长	4
二、需求：燃料电池技术成本中枢，2030 年市场规模 350 亿	7
1. 膜电极是燃料电池的核心部件，在燃料电池成本占比超 30%	7
2. 需求：整车放量拉动膜电极需求，2030 年市场规模将接近 350 亿元	8
三、技术：耐久性>功率密度>成本	10
1. 质子交换膜：海外企业供应为主，突破点在于超薄兼顾高耐久性	10
2. 催化剂：低铂载&高性能&高耐久性仍是技术难点	11
3. 气体扩散层：海外企业把控碳纤维核心技术，碳纸进口为主	14
4. 制备工艺：CCM 是主流，第三代有序化膜电极是未来方向	15
四、国产化：膜电极达到商用标准，国产化推进带动成本下行	17
1. 国产膜电极初步满足商用标准，国产规模化带动成本下行	17
2. 原材料仍主要依赖进口，国产化逐步推进	17
五、相关企业：初期一体化占优，远期第三方或是主流	19
六、风险提示	21

图表目录

图表 1：2017-2019 年重卡销量及市场占比	4
图表 2：2019 年重卡颗粒物、NOx 排放占比	4
图表 3：氢燃料电池汽车分阶段进入平价时代	4
图表 4：2020 年 FCV、ICEV 全周期经济性对比（万元）	5
图表 5：2020-2025 燃料电池系统降本曲线（元/W）	6
图表 6：2020-2025 49t 燃料电池重卡降本趋势（万元）	6
图表 7：燃料电池动力系统构成	7
图表 8：PEMFC 工作原理	7
图表 9：49t 燃料电池重卡成本构成	8
图表 10：燃料电池系统成本构成	8
图表 11：2021-2030 年国内 FCV 产量规模预测（万辆）	8
图表 12：2021-2030 年国内膜电极市场规模预测（亿元）	9
图表 13：我国膜电极性能参数与目标	10
图表 14：质子交换膜性能决定电池性能、寿命	10
图表 15：质子交换膜技术方案	11
图表 16：全氟磺酸质子交换膜几乎都是以 Nafion 结构为基础	11
图表 17：目前最好的催化剂仍是 Pt 和 Pt 基催化剂	12
图表 18：铂载量下降，极化曲线在高电流密度急剧下降	12
图表 19：质量比活性、归一化电化活性面积随循环次数下降	12

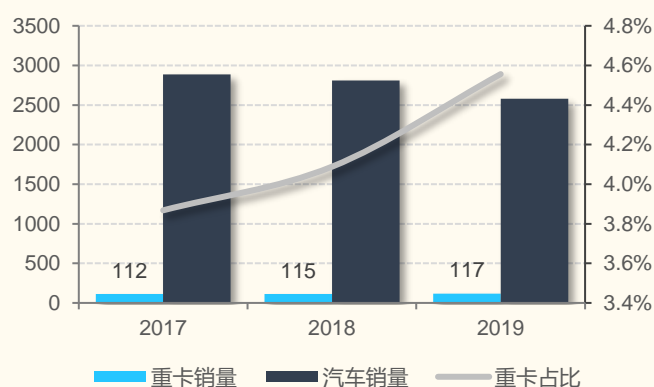
图表 20: 显微镜下的催化剂降解	12
图表 21: 催化剂主要研究方向	12
图表 22: Pt 核壳催化剂制备过程	13
图表 23: Pt 核壳催化剂性能更佳	13
图表 24: Pt ₃ Ni 纳米结构催化剂形成过程	13
图表 25: Pt/SnC 纳米线/Carbon paper 复合物	13
图表 26: 低铂载膜电极技术不断突破, 有助于加快燃料电池产业化进程	14
图表 27: 理想的气体扩散层需要具备高导电性、多孔性、适当的亲水/憎水平衡、高化学稳定性热稳定性	14
图表 28: 电子显微镜下的炭布 (正面/剖面)	15
图表 29: 电子显微镜下的碳纸 (正面/剖面), 结构更加均匀	15
图表 30: 膜电极生产工艺	15
图表 31: CCM 法的贴花工艺	16
图表 32: 溅射技术	16
图表 33: 以反蛋白石结构材料为催化层的膜电极结构	16
图表 34: 反蛋白石结构材料为催化层	16
图表 35: 国内膜电极产能布局	17
图表 36: MEA 降本曲线 (元/W)	17
图表 37: 东岳集团质子交换膜性能达标	18

一、背景：政策、成本推动下，FCV 开启放量降本

1. 车辆电动化大势所趋，燃料电池为商用车电动化的优选方案

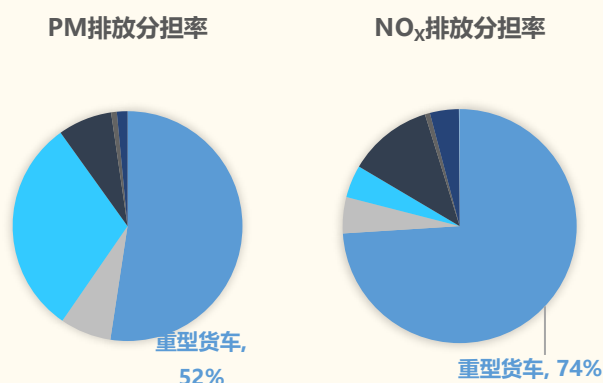
- 电动化趋势下锂电技术路线率先突围，尤其带动了乘用车的电动化浪潮。相较之下，重载运输领域的电动化进程却略显缓慢。从市场规模看，2019 年国内重卡销量 117 万辆，远不及乘用车市场庞大，但其能源消耗大，污染严重，电动化意义不亚于乘用车。2019 年国内汽车销量 2577 万辆，其中重卡仅 117 万，占比不足 5%。从保有量看，截止 2020 年上半年国内汽车保有量 2.7 亿辆，其中载货汽车不足 3000 万辆，远不及乘用车等载客车辆。然而重卡等货运车型负荷重，运营时间长，燃油消耗量大，对推动节能环保意义重大。

图表 1：2017-2019 年重卡销量及市场占比



来源：中汽协、国金证券研究所

图表 2：2019 年重卡颗粒物、NOx 排放占比

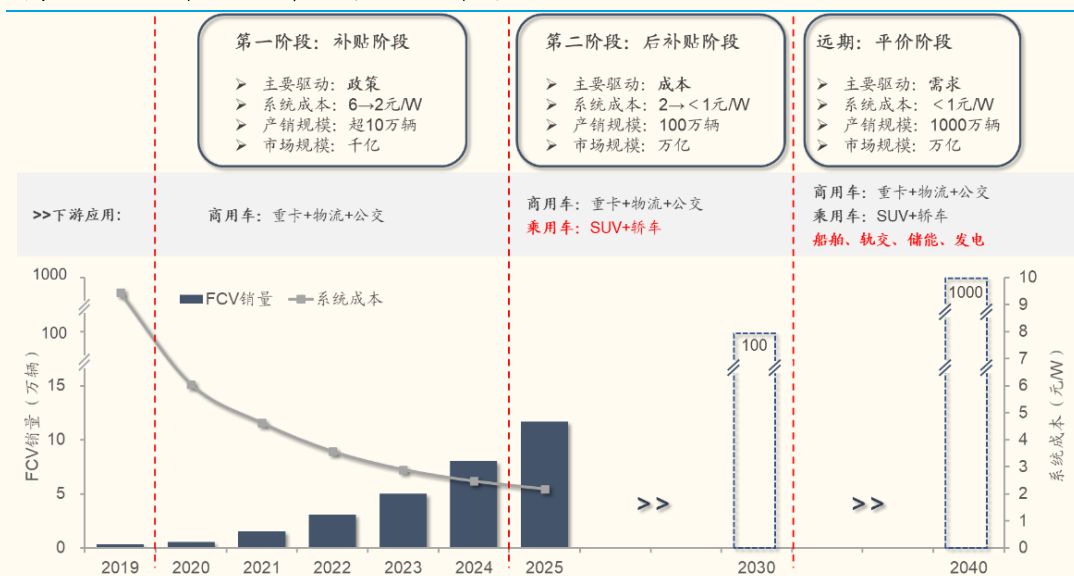


来源：生态环境部、国金证券研究所

- FCV 在重载、长续航领域优势明显，加氢更为便捷，成为商用车电动化的优选。商用场景下续航里程增长，锂电车辆电池质量占比快速提升，造成车辆运载能力下降。相较锂电，燃料电池能量密度更高，相同续航里程下，FCV 在自重方面的优势将增加有效荷载。除此之外，FCV 能够在 10-15min 内完成氢气加注，而对纯电车型，快充桩充电时长仍需 1 小时上下，慢充近十小时。由于商用运营强度更高，FCV 成为其电动化的优选方案。

2. 政策、成本交替推动下，产业分两阶段实现快速成长

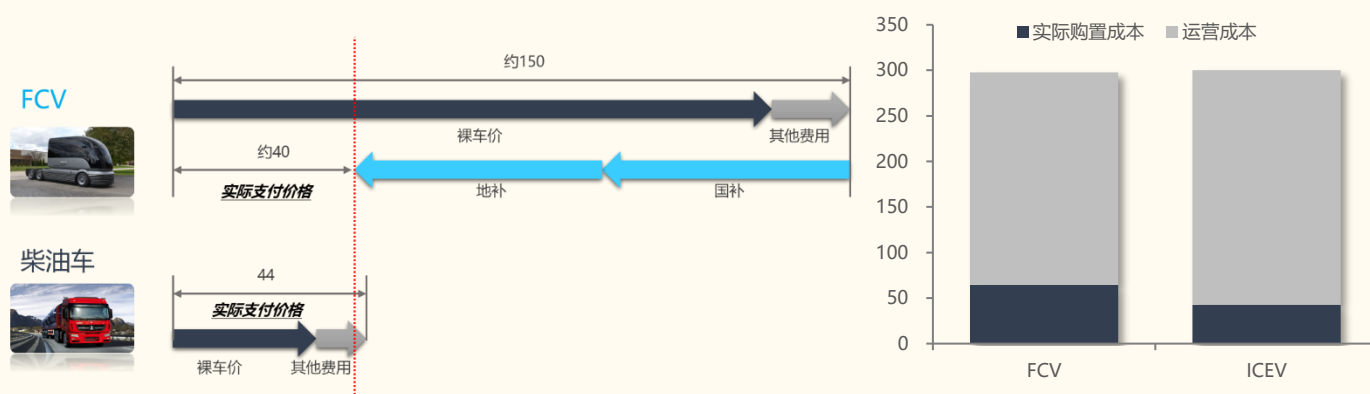
图表 3：氢燃料电池汽车分阶段进入平价时代



来源：国金证券研究所

- **第一阶段：政策补贴阶段（2020-2024）：**2020年9月，财政部等五部委发布《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》，暂定4年示范期，采取以奖代补、城市群申报的扶持方案，推动FCV产业化进程。方案契合燃料电池技术特征和国内产业现状，据补贴方案内容，测算在政策落地后的4年补贴期间，FCV全周期成本可以持平或低于燃油车，调动下游整车运营方的积极性，市场化需求逐步形成带动产销放量。补贴阶段政策是主要推动，产业链国产化进程持续推进，补贴期末FCV产销规模达到十万辆上下，市场规模千亿，燃料电池系统成本降至2元/W附近，商用车为主要放量车型。

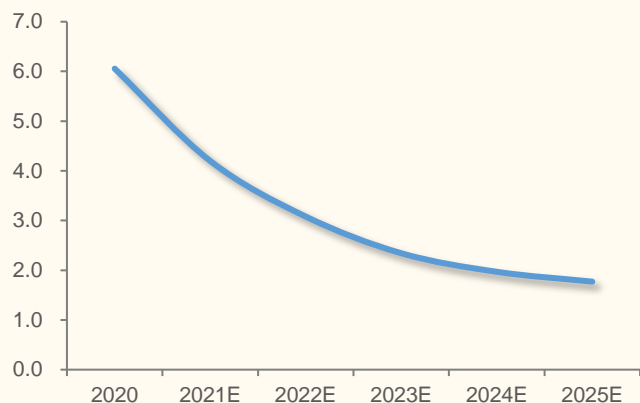
图表4：2020年FCV、ICEV全周期经济性对比（万元）



来源：Hyundai、北汽奔驰、国金证券研究所

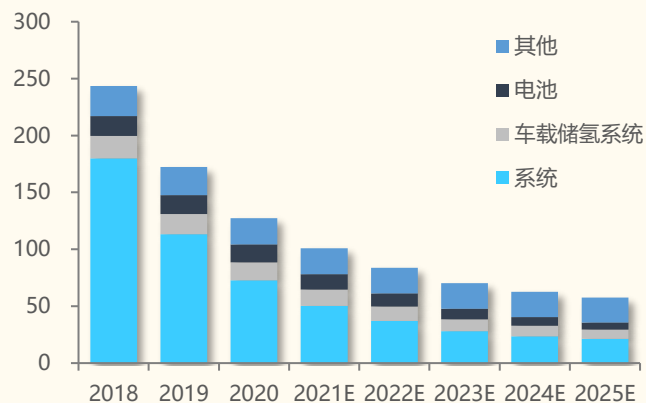
- **第二阶段：后补贴阶段（2025年以后）：**补贴阶段FCV产销量将迅速扩张，产业降本驱动力由“国产化”为主向“国产化+规模化”双重驱动转变，燃料电池核心部件、氢气成本将快速下降。预计2025年前后，在国内氢气资源优势地区，燃料电池整车有望实现全生命周期成本持平甚至低于燃油车，届时成本成为产业发展的主要推动，氢燃料电池产业将更加趋于市场化，加速在重卡等商用车领域的替代进程，并向乘用车拓展，2030年前后整车市场规模达到百万辆，市场规模达到万亿，系统成本降至1元/W以下。
- **平价阶段：**远期氢燃料电池系统成本将持续下降，除车用外将逐步打开轨交、船舶、储能、发电等应用市场，进入平价阶段。
- **系统成本及氢气价格是决定FCV经济性的关键因素。**FCV前期主要在商用领域推广，包含购置成本及营运费用的全生命周期成本成为衡量FCV经济性的有效指标。目前系统占整车成本达到60%以上，而运营阶段费用构成以氢气为主，因此系统单价及氢气售价是影响FCV全生命周期经济性的主要因素。
- **系统降本由“国产化”主导向“国产化+规模化”驱动转变。**2017~2019年国内FCV产销量快速增长但整体规模尚小，核心部件国产化为降本主要贡献。政策引导下未来4年FCV产销将由千辆向万辆、十万辆跨越，同时大功率重卡趋势下，系统装机量增速超过整车产销量，规模化、国产化共同推动系统等部件成本下行。预计未来5燃料电池系统成本再降60%至2元/W合理可期，届时100kW系统售价做到约20万元，49t燃料电池重卡售价由目前140~150万降至60万元上下。

图表 5: 2020-2025 燃料电池系统降本曲线 (元/W)



来源: 国金证券研究所

图表 6: 2020-2025 49t 燃料电池重卡降本趋势 (万元)



来源: 国金证券研究所

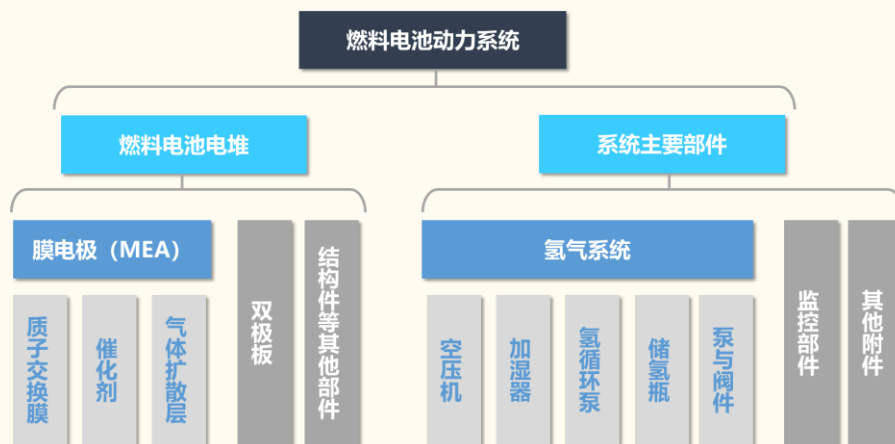
- **氢气成本随用量下行。**氢气成本主要由制氢成本、运氢成本、加氢站固定成本三大成本构成。从制氢环节看，虽然目前国内东部沿海地区副产氢资源充足，但受限 FCV 整体用氢规模尚小，大部分副产氢资源并未形成规模化供应，造成氢气终端售价偏高。从储运加氢环节看，供氢设备利用率越高则分摊至每公斤氢气的投资、费用越低。
- **FCV 放量拉动氢气需求，氢气售价将逐步下调。**政策扶持下 FCV 快速放量，预计 2025 年国内氢气年消耗量将接近 150 万吨。燃料电池氢气用量大幅提升，推动各地具备副产氢资源的企业逐步构建完整的供氢方案，保障供氢体系高效运转，氢气售价将持续下行。

二、需求：燃料电池技术成本中枢，2030 年市场规模 350 亿

1. 膜电极是燃料电池的核心部件，在燃料电池成本占比超 30%

- 燃料电池主要包括电堆、氢气系统，其中电堆以膜电极（MEA）、双极板为主。氢气系统以空压机、加湿器、氢循环泵、高压氢瓶为主。

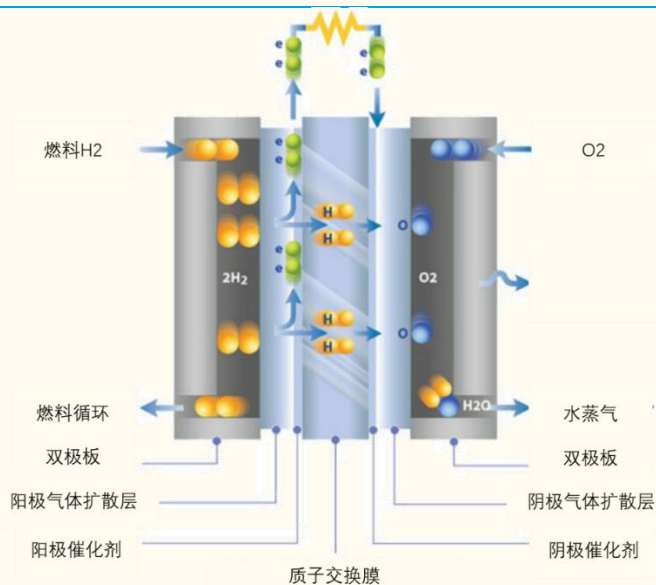
图表 7：燃料电池动力系统构成



来源：国金证券研究所

- **MEA 是燃料电池的技术和成本中枢。** MEA 是燃料电池发生电化学反应的场所，为反应气体、尾气和液态水的进出提供通道，主要由催化剂、质子交换膜、气体扩散层构成。氢气通过阳极气体扩散层扩散至阳极催化层，在阳极催化层的作用下生成氢离子和电子，电子由催化剂中的导电物质传递到阳极气体扩散层向外电路传递，质子（氢离子）由阳极催化层通过质子交换膜传导至阴极催化层，外电路的电子经由阴极气体扩散层向阴极催化层传递，在阴极催化剂的作用下电子、质子、氧气在阴极催化层生成 H_2O ， H_2O 通过阴极催化剂扩散至阴极气体扩散层。理想的 MEA 需要良好的气体扩散能力、液态水管理能力、质子传导能力。

图表 8：PEMFC 工作原理

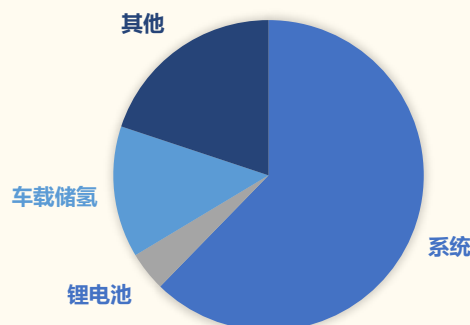


来源：DOE、国金证券研究所

- 从成本构成来看，膜电极占燃料电池成本大头。FCV 主要成本构成包括燃料电池系统、车载供氢系统、动力电池、车架等其他传统车辆部件。其中

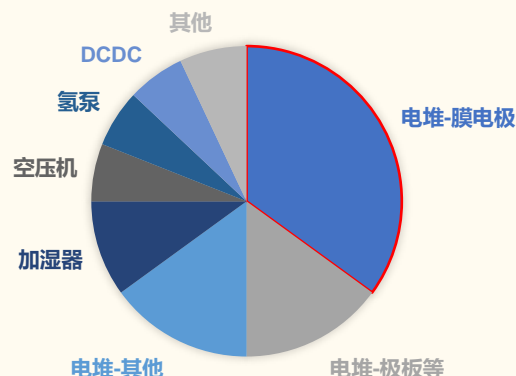
系统为 FCV 的核心部件，在整车成本占比超 60%。系统包含电堆、空压机、氢循环泵等，其中膜电极作为电堆核心部件，在整个系统成本占比约 30%。

图表 9: 49t 燃料电池重卡成本构成



来源：国金证券研究所（注：系统占比随装机功率变化）

图表 10: 燃料电池系统成本构成

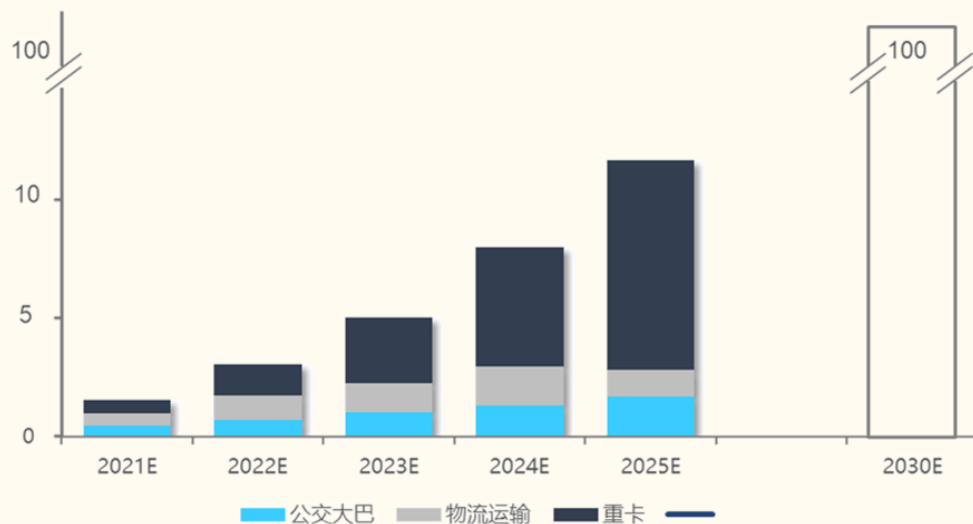


来源：国金证券研究所（注：规模化生产后）

2. 需求：整车放量拉动膜电极需求，2030 年市场规模将接近 350 亿元

- **FCV 市场开启放量，2030 年有望达到百万产销。**政策正式落地将加速国内 FCV 产销，2025 年国内 FCV 产销量有望突破十万辆。规模化、国产化推动下，燃料电池成本将快速下降，补贴期末 FCV 将在部分地区实现无补贴条件下对标燃油车平价，经济性优势驱动下，FCV 将持续放量，2030 年产销规模达到百万。

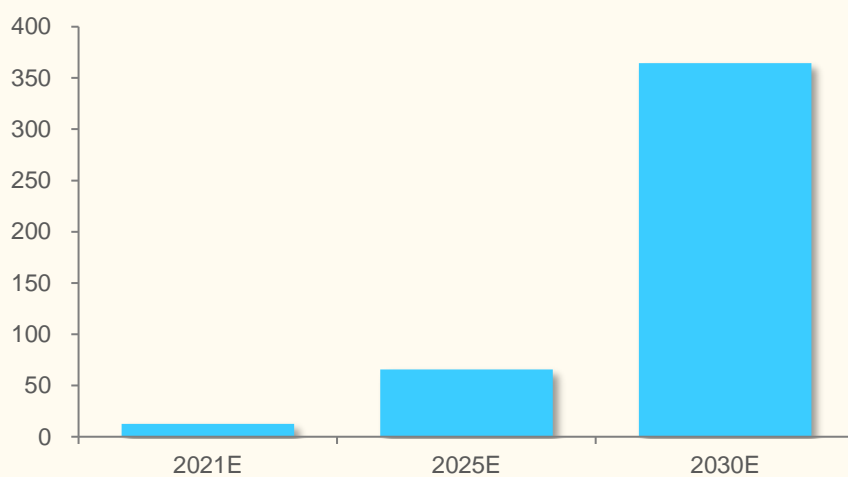
图表 11: 2021-2030 年国内 FCV 产量规模预测（万辆）



来源：国金证券研究所

- **2030 年膜电极需求接近千万平米，对应市场规模超 350 亿元。**假设 2021、2025、2030 年燃料电池车需求达 1.5 辆、10 万辆、100 万辆，考虑燃料电池重卡放量，单车系统额定容量将由此前 30kW 为主逐步提升至 100kW 左右。膜电极功率密度由目前 1W/cm² 逐步升至 1.5W/cm² 以上，对应 2030 年膜电极需求接近 1 千万平米，对应 2030 年市场规模在 350 亿元上下。

图表 12: 2021-2030 年国内膜电极市场规模预测 (亿元)



来源: 国金证券研究所

三、技术：耐久性>功率密度>成本

- 从技术本身看：膜电极行业技术壁垒高，率先实现技术突破的企业有望脱颖而出。2016 年 10 月，汽车工程学会发布《节能与新能源汽车技术路线图》，提出了 MEA 各项核心参数的规划路线，逐步实现高性能、高可靠性、低成本。目前国内膜电极性能、成本基本达到 2020 年规划参数，但与最终目标尚有一定差距，考虑行业技术壁垒较高，未来率先实现技术突破的企业有望在行业内脱颖而出。

图表 13：我国膜电极性能参数与目标

指标		单位	2015	2020E	2025E	2030E	
膜电极	电极功率密度	W/cm²	0.7	1	1.2	1.5	
	Pt 用量	g/KW	0.4	0.3	0.2	0.125	
催化剂	质量比活性 (Pt, 0.9V)	mA/mg	≥300	≥440	≥480	≥570	
	活性比表面积 (Pt)	m²/g	≥65	≥65	≥80	≥80	
	动电位扫描活性衰减率 (0.6V~1.0V, Vs.RHE, 50mV/s)	%	20 (3000 次)	≤40 (3 万次)	≤40 (3 万次)	≤40 (3 万次)	
	1.2V 恒电位运行后活性衰减率	%	20 (100h)	≤40 (400h)	≤40 (400h)	≤40 (400h)	
质子交换膜	质子电导率	S/cm	0.05	0.08	0.1	0.1	
	机械强度	Mpa	35	40	45	50	
	渗氢电流	mA/cm²	2.5	2	1.5	1.5	
	机械稳定性 (20000 次干湿循环, 渗氢电流)	mA/cm²	>10	<10	<10	<10	
	化学稳定性 (1000h 开路, 渗氢电流)	mA/cm²	>10	<10	<10	<10	
碳纸	电阻率	mΩ·cm	≤1.5	≤1	≤0.8	≤0.5	
	透气率	ml·mm/cm²·h·mmH2O	1500	2000	2500	3000	
	抗拉强度	N/cm	≥30	≥50	≥60	≥60	
	耐蚀性 (24h、80℃、1.4V, 0.5mol/LH₂SO₄+5*10⁻⁶HF)	电阻率增量	mΩ·cm	≤1.5	≤1	≤0.8	≤0.5
		湿润角增量	°	≤50	≤30	≤20	≤15

来源：《节能与新能源汽车技术路线图》、国金证券研究所

1. 质子交换膜：海外企业供应为主，突破点在于超薄兼顾高耐久性

- 质子交换膜性能决定电池性能、寿命。质子交换膜在燃料电池的主要功能是实现质子快速传导，同时也阻隔氢气氧气和氮气在阴阳极间的渗透。质子交换膜性能的好坏直接决定着燃料电池的性能和使用寿命。理想的质子交换膜需要具备高质子传导率，低电子导电率，气体渗透性低，化学、电学、热稳定性好。

图表 14：质子交换膜性能决定电池性能、寿命

质子交换膜性能	电池性能/寿命
高质子传导率	提高输出功率密度，电池效率
低电子导电率	使电子都从外电路通过，提高电池效率
气体渗透性低	阻隔燃料和氧气的互串
化学、电学、热稳定性好	不发生化学降解，提高电池寿命
机械性能、尺寸稳定性	溶胀率低，提高电池寿命

来源：《燃料电池原理·关键材料和技术》、国金证券研究所

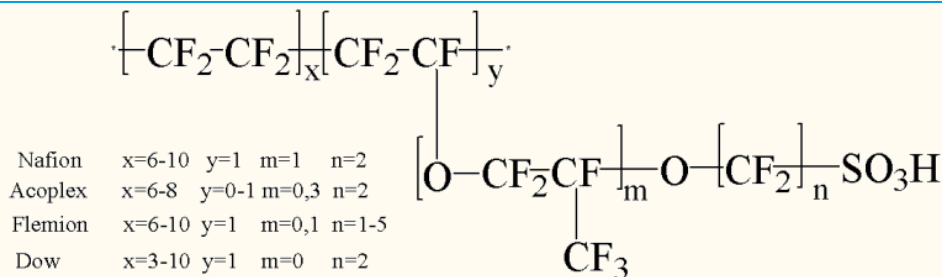
- **全氟磺酸膜是主流质子交换膜。**1) 质子交换膜根据含氟情况进行分类主要包括全氟磺酸膜、部分氟化聚合物质子交换膜、复合质子交换膜和非氟化聚合物质子交换膜。2) 其中由于全氟磺酸聚合物具有聚四氟乙烯结构, 其碳-氟键的键能高, 使其力学性能、化学稳定性、热稳定性佳, 使用寿命远好于其他膜材料的使用寿命, 同时由于分子支链上存在亲水性磺酸基团, 具有优秀的离子传导特性, 全氟磺酸膜成为目前主流质子交换膜方案。

图表 15: 质子交换膜技术方案

类型	全氟磺酸膜	部分氟化质子交换膜	复合膜
组成	由碳氟主链和带有磺酸基团的醚支链构成	用取代的氯化物代替氟树脂，或用氟化物与无机或其他非氟化物共混	修饰材料和全氟磺酸树脂构成的复合膜
优点	机械强度高、化学稳定性好 导电率较高，低温时电流密度大， 质子传导电阻小	成本低 工作效率较高 并且能够使电池寿命提升到 15000h	机械性能改善 改善膜内水传动与分布 降低质子交换膜内阻
缺点	温度升高使质子传导性能变差，易 发生化学降解 成本高	机械强度不足 氧溶解度低	制备技术要求较高
商业应用/ 研究	杜邦-Nafion 系列 旭化成-AcipleX 膜 氯工程-C 膜 Ballard-BAM 型膜	Ballard-BAM3G 膜	Gore-select, e-PTFE 基 增强膜

来源：《化学进展》、国金证券研究所

图表 16: 全氟磺酸质子交换膜几乎都是以 Nafion 结构为基础



来源：国金证券研究所

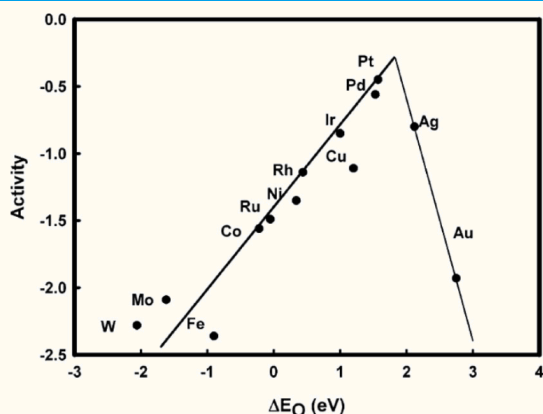
- **研究聚焦于超薄型、高机械强度、高耐久性质子交换膜。**降低质子交换膜的厚度可以大幅提升膜电极性能，但可能造成其机械强度、耐久性降低。目前质子交换膜的研究主要聚焦于超薄型、高机械强度、耐久性好。目前国内主流膜电极厂商采用交换膜厚度在 $15\mu\text{m}$ 上下，丰田 Mirai 搭载质子交换膜已降至 $10\mu\text{m}$ 以下。

2. 催化剂：低铂载&高性能&高耐久性仍是技术难点

- 阳极催化剂层和阴极催化剂层是膜电极最重要的部分，阳极使用催化剂促进氢氧化反应，涉及氧化反应、气体扩散、电子运动、质子运动、水的迁移等多种过程；阴极使用催化剂促进氧还原反应，涉及氧气的还原、氧气扩散、电子运动、质子运动、反应生成的水的排出等。良好的催化剂应该具有良好的催化活性、高质子传导率、高电子传导率和良好的水管理能力、气体扩散能力。
- **提高耐久性为当前关键，未来低铂载为研发方向。**1) 燃料电池在车辆运行工况下，催化剂性能会发生衰减，如在动电位作用下会发生 Pt 纳米颗粒的团聚、迁移、流失，在开路、怠速及启停过程产生氢空界面引起的高电位

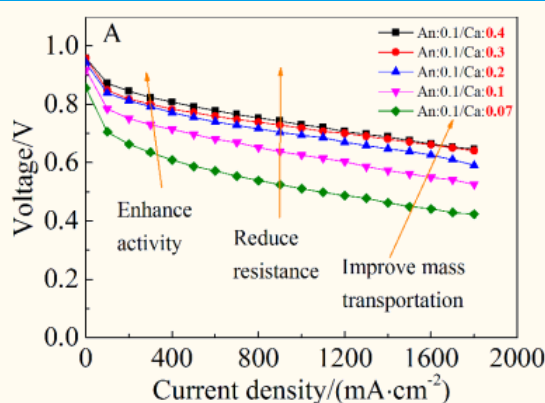
导致的催化剂碳载体的腐蚀，从而引起催化剂流失。2) 目前最优催化剂仍是 Pt 和 Pt 基催化剂,常用的商业催化剂为 Pt/C, 由 Pt 纳米颗粒分散到碳粉载体上的担载型催化剂。使用 Pt 催化剂将会受资源与成本的限制,目前 Pt 用量已从 10 年前 0.8~1.0gPt/kW 降至现在的 0.3gPt/kW 左右,未来有希望进一步降低,使其催化剂用量达到传统内燃机尾气净化器贵金属用量水平 (<0.05gPt/kW)。

图表 17: 目前最好的催化剂仍是 Pt 和 Pt 基催化剂



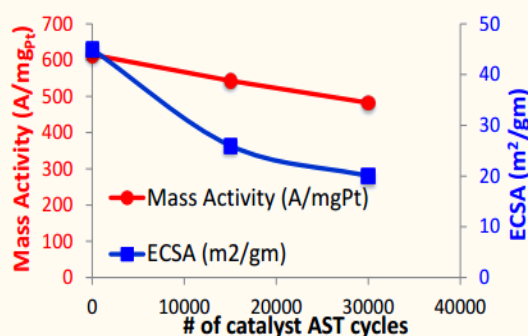
来源: FC-PAD、国金证券研究所

图表 18: 铂载量下降, 极化曲线在高电流密度急剧下降



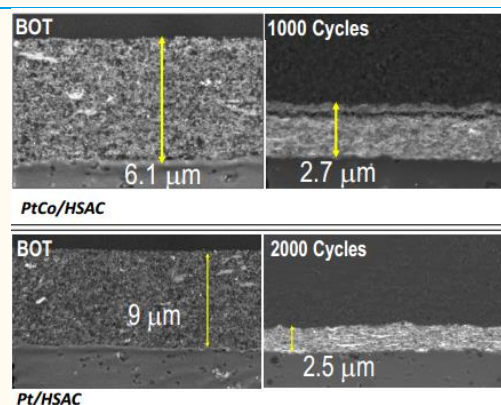
来源: FC-PAD、国金证券研究所

图表 19: 质量比活性、归一化电化学活性面积随循环次数下降



来源: FC-PAD、国金证券研究所

图表 20: 显微镜下的催化剂降解



来源: FC-PAD、国金证券研究所

- 降低铂载的研究途径主要有二: 1) 提高催化剂的催化活性来实现 Pt 用量降低。主要研究方向包括: ①Pt 合金催化剂 (利用过渡金属催化剂提高其稳定性、质量比活性, 包括 Pt-Co/C、Pt-Fe/C、Pt-Ni/C 等二元合金催化剂); ②Pt 单原子层催化剂 (Pt 单原子层的核壳结构,); ③Pt 核壳催化剂 (以非 Pt 材料为支撑核、表面壳为贵金属, 由金属合金通过化学或电化学反应, 去除活性较高的金属元素, 保留活性较低的 Pt 元素。该方法降低 Pt 载量, 提升催化剂活性); ④纳米结构 Pt 催化剂 (以碳纳米管为催化剂载体的催化剂, 是高度有序的催化层, 质子、电子、气体可以更快传输)。2) 寻找替代 Pt 的催化剂, 其研究主要包括过渡金属原子簇合物、过渡金属氮化物等。

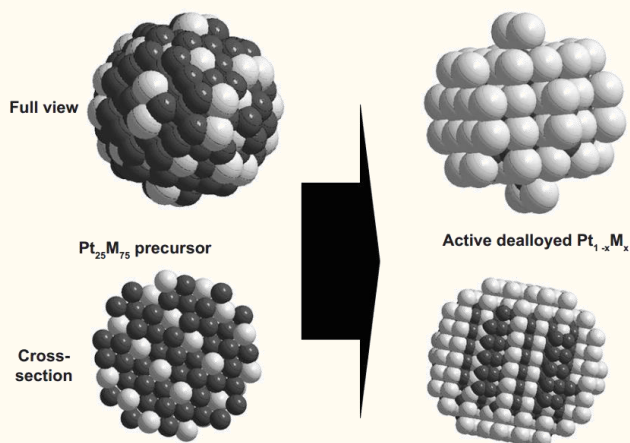
图表 21: 催化剂主要研究方向

定义	优点	举例
Pt-M 催化剂	Pt 与过渡金属合金催化剂	通过过渡金属催化剂对 Pt 的电子与几何效应, 在提高稳定性的同时, 质量比活性也有所提高。同时降低了贵金属的用量。
		如 Pt-Co/C、Pt-Fe/C、Pt-Ni/C 等二元合金催化剂

定义		优点	举例
Pt 单原子层催化剂	Pt 单原子层的核壳结构催化剂	是一种有效降低 Pt 用量、提高 Pt 利用率，同时改善催化剂的 ORR 性能的方式	采用欠电位沉积方法在金属 (Au、Pd、Ir、Ru、Rh 等) 或非贵金属表面沉积一层 Cu 原子层，然后置换成致密的 Pt 单原子层
Pt 核壳催化剂	利用非 Pt 材料为支撑核、表面贵金属为壳的结构	可降低 Pt 用量，提高质量比活性，是下一代催化剂的发展方向之一	Pt-Pd-Co/C 单层核壳催化剂、Pt-Cu-Co/C 核壳催化剂、Pd@Pt/C 核壳催化剂
Pt 纳米管电催化剂	有序碳层上的单晶 Pt 纳米线、规则 Pt 纳米晶等	对氧化还原具有较高的比活性，且解决了关于碳载体的耐久性问题，对于铂溶解和膜化学侵蚀的损耗更小	3M 纳米薄膜催化剂 (NSTF)
非贵金属催化剂	主要包括过渡金属原子簇合物、过渡金属螯合物、过渡金属氮化物等	降低成本	如负载氮协同铁电催化剂 Fe/N/C，在电压不小于 0.9 V 时，与 Pt 载量为 0.4 mg/cm ² 的 Gore 电极性能相当

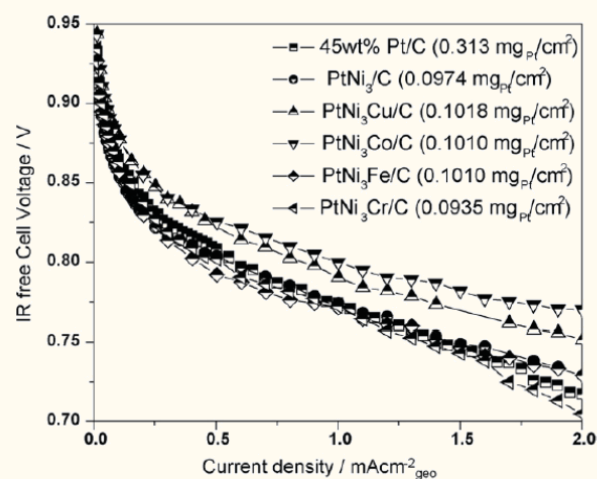
来源：科技导报、国金证券研究所

图表 22: Pt 核壳催化剂制备过程



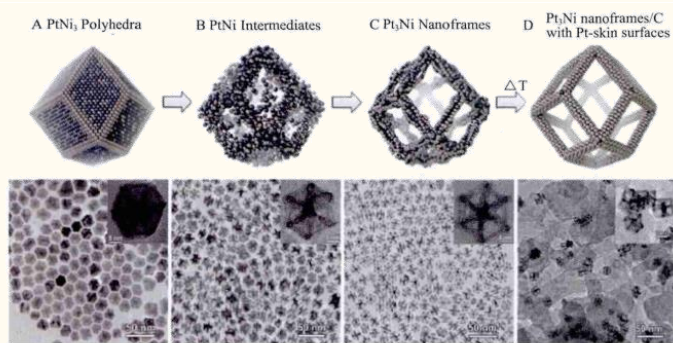
来源：Strem Chemicals、国金证券研究所

图表 23: Pt 核壳催化剂性能更佳



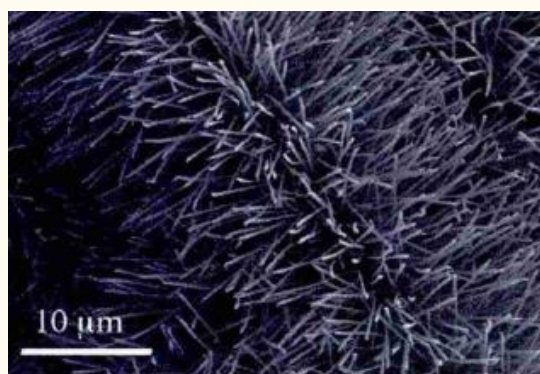
来源：Strem Chemicals、国金证券研究所

图表 24: PtNi 纳米结构催化剂形成过程



来源：Strem Chemicals、国金证券研究所

图表 25: Pt/SnC 纳米线/Carbon paper 复合物



来源：Strem Chemicals、国金证券研究所

- 学术上低铂载膜电极技术不断突破。如今，膜电极催化层中 Pt 载量已经由常规的 0.2mg/cm² 不断降低，进一步加快燃料电池产业化进程。

图表 26: 低铂载膜电极技术不断突破, 有助于加快燃料电池产业化进程

技术	催化层 Pt 载量
溅射技术	阴极催化层 Pt 载量为 0.05mg / cm ² , 相较于传统膜电极性能更佳
直接膜沉积技术	阴阳极催化层铂载量均为 0.029 mg / cm ²
喷墨印刷法	Pt 载量为 0.026 mg / cm ²
电喷涂	Pt 载量为 0.01 mg / cm ² , 相较传统膜电极性能更高

来源: 国金证券研究所

3. 气体扩散层: 海外企业把控碳纤维核心技术, 碳纸进口为主

- 两片多孔气体扩散层 (GDL) 将膜电极组合体夹在中间, 主要作用包括支撑催化层、收集电流、传导气体和排出反应产物水。理想的气体扩散层需要具备高导电性、多孔性、适当的亲水/憎水平衡、高化学稳定性热稳定性、低成本。

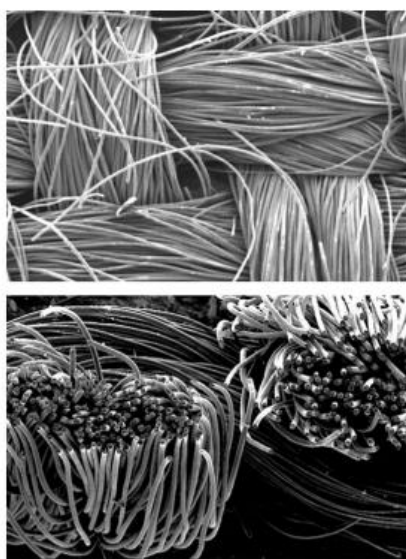
图表 27: 理想的气体扩散层需要具备高导电性、多孔性、适当的亲水/憎水平衡、高化学稳定性热稳定性

气体扩散层性能	电池性能/寿命
高导电性	电子在双极板和催化层之间传递需要以气体扩散层为通道, 且需要收集电流, 故要求 GDL 具有较低的电阻率。
高机械强度	为了使膜电极能够稳定安装, 故要求其具有较高的机械强度, 以稳定整个电极的结构, 提高电池寿命。
多孔性	气体扩散层是氢气和氧气及生成水的传递通道, 故要求其具有高的孔隙率和一定的孔径分布来保证均匀分布气体和产物水顺利排出
适当的亲水/憎水平衡	防止过多的水分阻塞孔隙而导致气体透过性能下降
化学、电化学、热稳定性好	不发生化学降解, 提高电池寿命

来源: 《燃料电池原理·关键材料和技术》、国金证券研究所

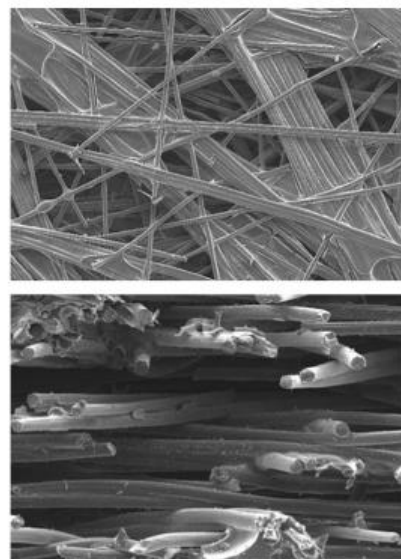
- 1) 气体扩散层由支撑层和微孔层组成, 支撑层材料主要为多孔的碳纤维纸、碳纤维织布、碳纤维无纺布及碳黑纸, 微孔层通常是由导电炭黑和憎水剂构成。其中碳纤维纸具备制造工艺成熟、性能稳定、成本相对较低等优点, 成为支撑层的首选。而碳纤维布编织 (结构存在缺陷易变形)、无纺布 (工艺复杂、强度和耐用性不达标)、碳黑纸 (脆性大、强度低) 均有优化空间。
2) 目前碳纤维的核心技术工艺主要被日本、美国几个少数发达国家把控, 由于其技术含量高、回报率高、政治敏感, 海外长期对我国实行严格的技术封锁, 目前我国碳纤维技术与发达国家差距较大, 我国已将碳纤维列为重点支持的战略性新兴产业, 在政策扶持下技术有望加速成熟。

图表 28: 电子显微镜下的炭布 (正面/剖面)



来源: Strem Chemicals、国金证券研究所

图表 29: 电子显微镜下的碳纸 (正面/剖面), 结构更加均匀



来源: Strem Chemicals、国金证券研究所

4. 制备工艺: CCM 是主流, 第三代有序化膜电极是未来方向

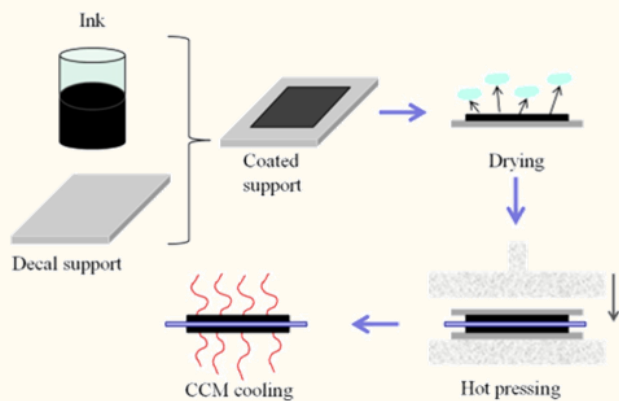
- 产业上膜电极工艺经历了三代发展, 大体上可以分为 GDE、CCM 和有序化膜电极三种类型。
 - 第一代制备技术 GDE (Gas Diffusion Electrode, 气体扩散电极) 法是指将催化剂涂布在气体扩散层上, 然后用热压法将气体扩散电极和质子交换膜结合在一起。但是该技术会导致催化剂的浪费, 同时催化剂和质子交换膜结合程度不好导致膜电极整体性能不佳。
 - 第二代制备技术 CCM (Catalyst Coated Membrane 催化剂直接涂抹技术) 法指将催化剂涂布在质子交换膜两侧, 再通过热压法将气体扩散层和附着催化层的质子交换膜结合在一起。CCM 工艺增加了催化剂和质子交换膜的接触面积, 降低了膜和催化剂之间的阻抗, 提升了膜电极性能。**CCM 法是目前工业应用最广泛的方法, 具体工艺包括贴花工艺、溅射技术等, 难点在于催化剂涂布在质子交换膜上容易出现膜变形、膜吸收催化剂的问题。**
 - 第三代有序化膜电极制备技术指制备有序的催化剂、微孔层, 有序膜电极制备技术可以加快反应气体、质子、电子、水的传输, 传质能力佳, 大幅提升催化剂利用率、膜电极性能。

图表 30: 膜电极生产工艺

代数	名称	企业	制作工艺	特征	Pt 总载量 (mg/cm ²)
1	GDE (气体扩散电极)		将催化剂浆料涂布在气体扩散层上, 构成阳极和阴极催化层, 然后用热压法将气体扩散电极和质子交换膜结合在一起形成膜电极	1. 催化剂浪费、催化剂利用效率低 2. 催化剂和质子交换膜结合程度不好, 导致电极总体性能不佳	4
2	CCM (催化剂直接涂膜)	大部分厂商	将催化层涂布在质子交换膜的两侧后, 通过热压法将气体扩散层和附着催化层的质子交换膜压合在一起形成膜电极	1. 性能有所提升 2. 催化层结构不稳定, Pt 颗粒易脱落	<0.4
3	有序化膜电极	3M	制备三维、有序多孔的类似反蛋白石结构的材料, 并用于膜电极催化层 (Kim) / 以碳纳米管为载体、有序、多孔结构的阴极电极 (Murata) 等	1. 大幅度降低 Pt 载量 2. 提升膜电极的性能和使用寿命	0.118

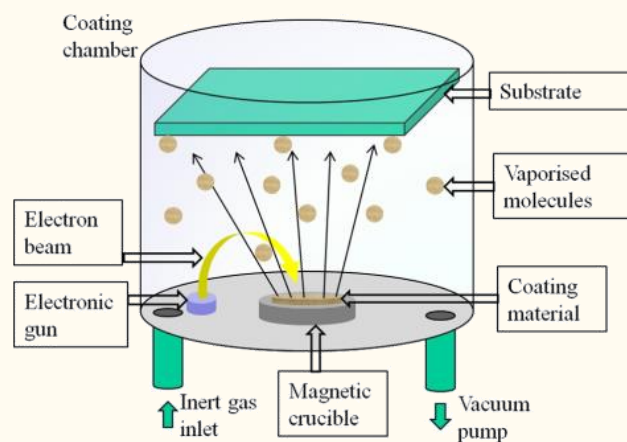
来源：ELSEVIER、国金证券研究所

图表 31：CCM 法的贴花工艺



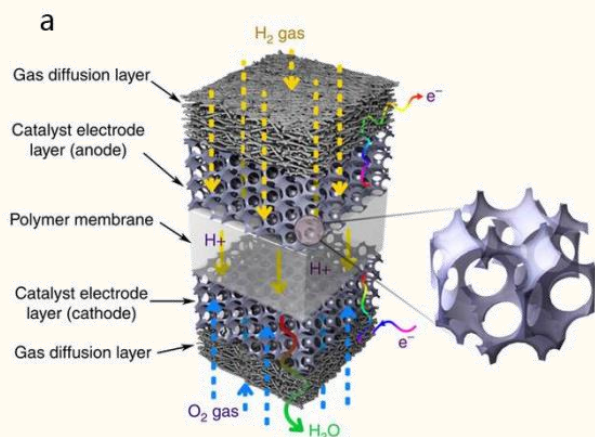
来源：《PREPARATION OF MEA》、国金证券研究所

图表 32：溅射技术



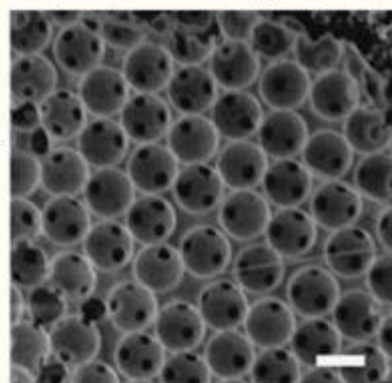
来源：《PREPARATION OF MEA》、国金证券研究所

图表 33：以反蛋白石结构材料为催化层的膜电极结构



来源：Nat Commun、国金证券研究所

图表 34：反蛋白石结构材料为催化层



来源：Nat Commun、国金证券研究所

四、国产化：膜电极达到商用标准，国产化推进带动成本下行

1. 国产膜电极初步满足商用标准，国产规模化带动成本下行

- 目前生产膜电极的厂商分为两类：一种是具备膜电极批量产业化能力、能够自给自足的车企或燃料电池厂商，以丰田、Ballard 为代表。另外一种专业的膜电极供应商，包括 Gore、Johnson Matthey、Toray (Greenerity) 和国内的鸿基创能科技有限公司、苏州擎动动力科技有限公司、武汉理工氢电科技有限公司。
- 国产膜电极已初步达到应用标准，成本较进口产品大幅优化，带动产业链成本下行。目前国内领先膜电极企业鸿基创能、武汉理工新能源、擎动科技膜电极产品功率密度均超过 $1\text{W}/\text{cm}^2$ ，测试使用寿命达到 1~2 万小时，已基本满足产业化应用需求，2019 年开始国产膜电极产品逐步开始供应。国产膜电极较进口产品成本优势明显，带动燃料电池成本持续下行，2020 年采用鸿基创能 MEA 的国鸿新一代“鸿芯”电堆成本已降至 1.99 元/W。

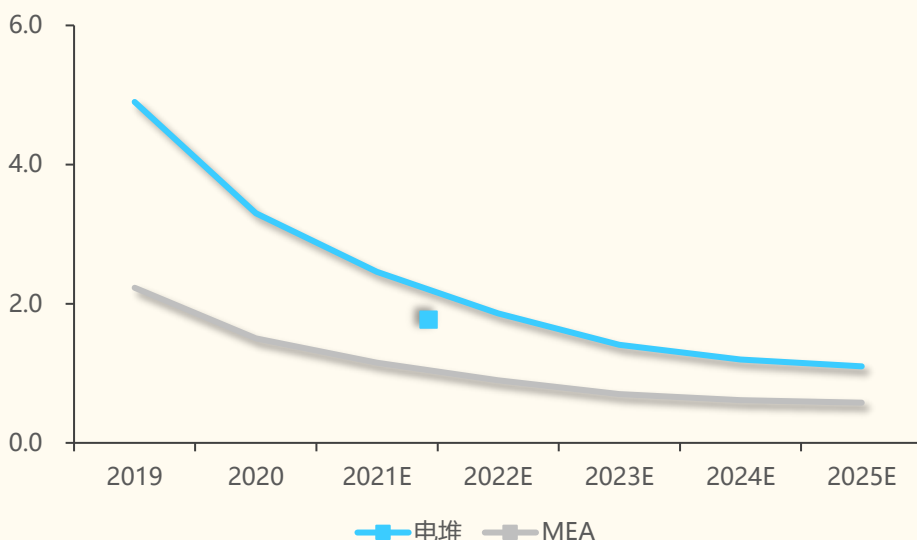
图表 35：国内膜电极产能布局

公司	持股		现有产能	计划产能
	上市公司	持股比例	(万平米/年)	(万平米/年)
鸿基创能科技	美锦能源	22.95%	10	30
苏州擎动动力科技	雄韬股份	7.98%	3	—
武汉理工氢电科技	雄韬股份	—	2	8

来源：国金证券研究所

- 短期国产化、规模化将是降本的主要推动，未来功率密度提升带来更大降本空间。国产化 MEA 产品规模化应用增强供应商议价能力，大批量采购情况下上游原材料成本有望大幅下降，同时规模效应摊薄高昂的设备投入，带动 MEA 成本下行。远期看，MEA 功率密度提升将降低单瓦材料用量，时间更大的降本空间。

图表 36：MEA 降本曲线（元/W）



来源：国金证券研究所

2. 原材料仍主要依赖进口，国产化逐步推进

- **质子交换膜：主要参与者为海外企业。**目前市面上销售的质子交换膜主要包括美国 Gore 公司 SELECT 系列、Dupont 公司的 Nafion 系列、加拿大 Ballard 公司 BAM 膜等以及国内东岳集团的全氟磺酸质子交换膜。
- **东岳集团具备规模化生产能力。**1) 2004 年，东岳集团联合上海交通大学研发出质子交换膜，经日本丰田公司和德国 Fuma.Tch 公司分别检测，东岳公司生产的质子交换膜性能出色不逊于同类产品。2) 目前山东东岳拥有 5 万平米质子交换膜试验生产线，2018 年 9 月公司 150 万平米/年燃料电池膜及配套化学品产业化项目签约，规划质子交换膜产能达 50 万平。目前，东岳 DF260 膜厚度做到 10um，在 OCV 情况下耐久性大于 600 小时；膜运行时间达到 6000 小时；在干湿循环和机械稳定性方面，循环次数都超过 2 万次。

图表 37：东岳集团质子交换膜性能达标

技术参数	燃料电池车辆设计要求	DF260 膜
化学稳定性：OCV 时长 (h)	>600	>620
水合稳定性：RH 循环 (次数)	>20000	>21000
等效车辆运行时间 (h)	6000	6000

来源：DOE，公司官网，国金证券研究所

- **催化剂：**在燃料电池催化剂领域，海外企业处于领先地位，已经能够实现批量化生产，而且性能稳定，其中英国 Johnson Matthey 和日本田中是全球铂催化剂的巨头。
- 国内对催化剂研发以大连化物所、清华大学、北京大学等为主，其中清华大学与武汉喜玛拉雅光电科技股份有限公司开展校企深度合作，目前武汉喜玛拉雅光电科技催化剂产能达到 1200 克/天的规模。2019 年 8 月上海济平新能源催化剂小规模投产，一期催化剂产能约 1500kg。
- **气体扩散层：**从碳纸供应来看，目前碳纸供应商包括日本 Toray、德国 SGL、科德宝、美国 AvCarb 等。国内碳能科技具备小规模产能，产品部分性能达标。

五、相关企业：初期一体化占优，远期第三方或是主流

- **导入阶段下游电堆企业需求多样化，考验 MEA 企业研发调整能力，一体化/类一体化企业更具优势。**MEA 设计制造涉及多学科多领域，本身技术壁垒性较高。除此以外，由于目前国内氢燃料电池仍处在导入阶段，下游应用多样化，涌现出的新兴企业产品尚未定型，提出多样化的 MEA 参数需求，对 MEA 企业的考验更为苛刻。先发布局 MEA 的企业产品开发试错经验丰富，面对“定制化”需求响应速度和产品质量都更有保证。
- **产品相对同质化且规模效应明显，远期第三方 MEA 供应商或成主流。**相较下游系统、电堆环节，膜电极产品差异主要体现在能量密度、使用寿命等，相对同质化。同时，PEM、扩散层等材料采购成本规模效应明显，高市占率企业将在性价比上具备明显优势，因而第三方 MEA 供应商或将占据未来市场的主流。

1. 鸿基创能：技术团队经验丰富，膜电极产能达 10 万平

- 公司成立于 2017 年，注册资本 1.12 亿元，美锦能源持股 22.95%，主营膜电极研发和产业化。
- 2018 年 2 月 26 日，公司与广州黄埔区政府、广州开发区管委会签署战略合作框架协议，在广州市黄埔区共同建设总投资约 8 亿元的氢燃料电池膜电极产业化项目。该项目总投资约 8 亿元，2019 年实现年产 10 万平方米膜电极的规模，2020 年实现大规模产业化。
- 2019 年 3 月 27 日，公司工厂投产，初代 MEA 产品（HyKey1.0）采用 CCM 工艺，功率密度为 1.05W/cm²@1.5A/cm²，1.46W/cm²@2.4A/cm²；铂负载量 0.3mg/cm²；乘用车与商用车用膜电极寿命分别可达 5000h、15000h。2020 年配套公司 MEA 的国鸿新一代鸿芯电堆发布，售价降至 2 元/W 以下。

2. 擎动科技：自主研发高性能催化剂，膜电极产能达 100 万片

- 公司成立于 2016 年，雄韬股份参股 8%，主营膜电极的研发和制造。
- 2019 年 2 月 23 日，公司生产线正式投产，为国内首条“卷对卷”直接涂布法膜电极生产线，设计产能达 100 万片，预计 2020 年实现产值达 3 亿元以上。公司产品采用 CCM 工艺，功率密度为 1.2W/cm²，客车用膜电极寿命可达 10000 小时。
- 2020 年 10 月，公司先后与弗尔赛及科润新材料签订战略合作协议，将围绕燃料电池催化剂、膜电极及电堆等核心零部件展开深入合作。11 月，公司长三角研发中心在常熟落地。

3. 武汉理工氢电科技：雄韬股份控股，膜电极产能达 2 万平米

- 2018 年 3 月，雄韬股份与田明星、潘牧、武汉理工大产业集团有限公司、深圳韬略众志成城一号企业管理合伙企业、深圳韬略众志成城贰号企业管理合伙企业（有限合伙）合资成立武汉理工氢电科技有限公司，注册资本 1 亿元，雄韬股份持股 51%。
- 公司股东潘牧为武汉理工大学教授，2000 年以来从事燃料电池相关研究。武汉理工新能源成立于 2005 年，深耕膜电极领域十余年，其膜电极工艺基于 CCM 技术，目前武汉理工新能源膜电极功率密度最高可达 1.4 W/cm²，Pt 用量为 0.28mg/cm²。
- 2019 年 1 月 14 日，公司膜电极生产线正式投产，目前产能达 2 万平米，最终设计产能达到 10 万平米/年。截止 2020 年 9 月，公司 MEA 累计出货已超过 160 万片。

4. 唐锋能源：产学研结合，实现膜电极国产化

- 唐锋能源起步于 2017 年，主营燃料电池膜电极研发及销售。公司依托上海交大燃料电池研究所技术成果，形成产学研一体化营运生态。公司膜电

极年产量达 40 万片以上，相关产品已应用于上汽集团等 10 余家主流车场及电堆企业。

- 技术方面，公司拥有自主知识产权的低铂膜电极解决了低铂化与高功率密度、高寿命及宽工况之间的矛盾。目前该产品功率密度达到 $1.2\text{W}/\text{cm}^2$ ，并通过 10000h 寿命验证及车规级工况验证。

5. 东岳集团：国内质子交换膜领军企业

- 公司自 2003 年开始质子交换膜的研发、制备，目前东岳 DF260 膜厚度最低可达 10um，通过 AFCC6000 小时测试，在 OCV 情况下耐久性大于 600 小时，在干湿循环和机械稳定性方面，循环次数都超过 2 万次。
- 目前公司 DF260 膜技术已经成熟并已定型量产，公司拥有 5 万平米质子交换膜试验生产线，二代规划产能 100 万平米，2018 年 9 月公司 150 万平米/年燃料电池膜及配套化学品产业化项目签约，2020 年开始一期工程正式投产。

6. Johnson Matthey：全球铂系金属龙头，超 60 年 MEA 技术积累

- 公司成立于 1817 年，致力于发展专用性化工用品，是全球领先的铂系金属提纯及分销商，2019 年实现 42 亿英镑营业收入。J.M. 于 1839 年为世界首台燃料电池供应铂金，并于 1960 年成立公司首个 MEA 生产基地。J.M. 目前在燃料电池催化剂、CCM、MEA 等领域均处于世界领先地位。2020 年 10 月，公司在上海落成年产量 400 万片的膜电极生产线，预计 2021 年 1 月全面投产。

7. Ballard：燃料电池领军企业，膜电极供应国鸿氢能、潍柴动力

- 公司成立于 1979 年，是全球率先开展 MEA 研发、生产并实现商业化应用的企业。2019 年，公司实现营收 1.06 亿美元。
- 电堆寿命超 20000 小时。公司作为领先的燃料电池企业，历经 35 年研发具备专有 MEA，主要产品为燃料电池、燃料电池电堆。燃料电池主要产品包括 FCveloCity®-MD（净功率 30KW，适用于小型公交车）、FCveloCity®-HD（净功率 60KW/85KW/100KW），FCveloCity®-HD（200KW，适用于轻轨），公司燃料电池耐久性达 25000 小时；燃料电池电堆产品以 FCvelocity®-9SSL（净功率 4KW-21KW）为主，寿命超 20000 小时。巴拉德燃料电池累计出货量达 670MW，搭载公司燃料电池的伦敦公交累计运行时长超三万小时，位居全球首位。
- 巴拉德深入布局中国市场。2016 年，公司以技术授权及合资建厂等形式与中国燃料电池企业展开深度合作。国内的燃料电池电堆龙头国鸿氢能前一代 9ssl 产品及潍柴动力 LCS 电堆均引进 Ballard 燃料电池技术，并使用 Ballard 生产的膜电极。

8. Gore：全球质子交换膜主要供应商

- Gore 成立于 1958 年，2019 年实现 38 亿美元营收。依托四氟乙烯（PTFE）技术，公司生产出应用于医疗、纺织等行业的多款产品，公司销售遍布全球 25 个国家，同时在美国、德国、英国、中国和日本均设有生产工厂。
- 1994 年依托在四氟乙烯（ePTFE）技术，开发了增强透气膜专利技术。主要产品为：GORE-SELECT® 质子交换膜、GORE® PRIMEA® 膜电极组件。公司是质子交换膜领军企业，丰田 Mirai、本田 Clarity、现代 NEXO SUV 均选用公司的质子交换膜。

基于 GORE-SELECT 质子交换膜制成的 GORE® PRIMEA®膜电极组件是第一款市售的膜电极组件。截止目前公司已生产数百万件膜电极组件，为全球主要质子交换膜供应商。

六、风险提示

- **政策不及预期：**氢燃料电池产业仍处于产业导入期，产业发展节奏与政策扶持力度密切相关。2020 年以来氢燃料电池扶持政策形势逐步明朗，“以奖代补”方案落地，开启行业规模化进程。但若后期政策导向变化，退坡幅度超预期，行业发展节奏将受到影响。
- **技术风险：**燃料电池在关键技术尤其是寿命上已经取得了突破，并进入了小批量试运行以及降低成本的阶段，但距离进入无补贴平价仍需要规模化降本及技术持续优化，如果未来行业相关关键技术研发进度和国产化水平不及预期，造成成本下降缓慢，将影响行业发展。
- **市场竞争风险：**国外的燃料电池产业发展比国内起步早，国外厂商掌握的核心技术领先国内企业至少 3-4 年的时间，随着各国对于清洁能源的发展越来越重视，国外竞争对手也逐渐进入中国市场，产品在技术稳定性和价格上都对国内厂商形成竞争。
- **基础设施建设不及预期：**加氢站等基础设施建设进度和数量不及预期，影响下游车辆落地。

公司投资评级的说明:

买入: 预期未来 6-12 个月内上涨幅度在 15%以上;
增持: 预期未来 6-12 个月内上涨幅度在 5%-15%;
中性: 预期未来 6-12 个月内变动幅度在 -5%-5%;
减持: 预期未来 6-12 个月内下跌幅度在 5%以上。

行业投资评级的说明:

买入: 预期未来 3-6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上;
增持: 预期未来 3-6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%-15%;
中性: 预期未来 3-6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%-5%;
减持: 预期未来 3-6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明:

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准,已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”(以下简称“国金证券”)所有,未经事先书面授权,任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发,或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发,需注明出处为“国金证券股份有限公司”,且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料,但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证,对由于该等问题产生的一切责任,国金证券不作出任何担保。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断,在不作事先通知的情况下,可能会随时调整。

本报告中的信息、意见等均仅供参考,不作为或被视为出售及购买证券或其他投资标的邀请或要约。客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突,而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品,使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况,以及(若有必要)咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议,国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保,在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下,国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易,并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法,故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致,且收件人亦不会因为收到本报告而成为国金证券的客户。

根据《证券期货投资者适当性管理办法》,本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级(含 C3 级)的投资者使用;非国金证券 C3 级以上(含 C3 级)的投资者擅自使用国金证券研究报告进行投资,遭受任何损失,国金证券不承担相关法律责任。

此报告仅限于中国大陆使用。

上海

电话: 021-60753903

传真: 021-61038200

邮箱: researchsh@gjzq.com.cn

邮编: 201204

地址: 上海浦东新区芳甸路 1088 号

紫竹国际大厦 7 楼

北京

电话: 010-66216979

传真: 010-66216793

邮箱: researchbj@gjzq.com.cn

邮编: 100053

地址: 中国北京西城区长椿街 3 号 4 层

深圳

电话: 0755-83831378

传真: 0755-83830558

邮箱: researchsz@gjzq.com.cn

邮编: 518000

地址: 中国深圳福田区深南大道 4001 号

时代金融中心 7GH