

好风凭借力，送我上“氢”云

——氢能产业链深度研究

民生电新团队：邓永康、郭彦辰、李京波、李佳

概要

1. **氢能行业是万亿级产业链，涉及环节众多。**
2. **政策：当前氢能产业链处于培育阶段，政策先行。** 1) **制储运环节**，“双碳”战略指引下，制氢储氢的顶层设计有望有政策倾斜，绿氢对灰氢替代空间很大。 2) **燃料电池车应用环节**，“以奖代补”政策下，上海、北京、广东三大城市群第一批申报已通过，未来还有新城市群加入，行业进入快速发展期。
3. **制氢：绿氢将是未来方向。应用上**，当前氢气主要为工业用，未来车用占比有望提升。**工艺上**，当前化石能源制氢占比较高，未来清洁能源电解水制氢将成为方向。
4. **储运氢**：气态&液态各有适用。液态运输更适用于长距离大规模运输；气态适合短距离运输。
5. **燃料电池：FCV是最大应用**。将于商用车最先落地，随着核心零部件国产化和大规模生产，降本空间大；
6. **相关标的**：推荐**阳光电源、隆基股份、金博股份**；建议关注**潍柴动力、雄韬股份、亿华通、东方电气**。
7. **风险提示**：燃料电池技术进步不及预期；配套基础设施建设滞后；氢能产业链扶持政策波动



01

政策引导日臻完善，自上而下同频共振

02

制氢：四条路线齐头并进，绿氢占比有望提升

03

氢的储运：高压气态&液态各有应用

04

燃料电池：将于商用车最先落地，降本空间大

05

相关标的

06

风险提示

CONTENTS

目录



01. 政策引导日臻完善， 自上而下同频共振

01

产业链：制取-储运-燃料电池-FCV

- 氢能产业链长，产值大。中国氢能联盟数据显示，到2025年我国氢能产业产值将达1万亿元，氢气需求量将接近6000万吨，实现二氧化碳减排约7亿吨。

图1：氢能产业链

上游：氢生产与供应				中游：燃料电池及核心零部件				下游：燃料电池应用		
氢制取	化石重整（煤、天然气）		电解水	燃料电池电堆	质子交换膜	碳纸/碳布	交通领域	乘用车	物流车	专用车
	工业副产（焦炉煤气、化肥氯碱轻烃工业）				铂基催化剂	膜电极		重型卡车	大型客车	
	变压吸附PSA装置				双极板	密封垫片		船舶	有轨电车	飞机
氢储运	高压气氢拖车	储氢瓶		燃料电池系统配件	空气压缩机	压力调节阀	工业及新能源领域	固定式电源/电站		
	液氢槽车	管道气氢			各种电磁阀及管路	稳压罐		天然气掺氢	氢能冶金	
加氢站	加氢机	卸氢机	压缩机		氢气循环泵或喷射器	加湿器	建筑领域	天然气掺氢		
	站控系统、管道及阀门		储氢瓶组	传感器	DC/DC	微型热电联供				
	氮气汇流排				储氢瓶	加湿器			

资料来源：中国氢能产业发展报告2020，民生证券研究院

政策时间线：有序加码，引导发展

- 国家政策有序加码，引导氢能产业健康发展。**2019年两会期间，氢能首次写入《政府工作报告》，之后工信部、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，“十四五”规划中更是提到要加速氢能产业发展。当前我国氢能产业发展政策框架呈现以下特点：1) 发文的政府部门和机构较多；2) 相关政策文件逐渐全方位覆盖氢能产业，系统性和严谨性日趋改善；3) 内容以政府规划指导、财政补贴、技术标准为主；4) 与双碳目标并轨，能源转型趋势下，氢能有望成为下一个新能源风口。

图2：氢能产业政策时间线



资料来源：各部委官网，民生证券研究院

产业鼓励政策汇总

表1：近年国家层面氢能产业政策汇总

日期	地区	政策文件	主要内容
2021/12/1	工信部	《“十四五”工业绿色发展规划》	指出加快氢能技术创新和基础设施建设，推动氢能多元利用。
2021/11/1	工信部等四部委	《关于加强产融合作推动工业绿色发展的指导意见》	引导企业加大可再生能源使用，推动电能、氢能、生物质能替代化石燃料；加快充电桩、换电站、加氢站等基础设施建设运营。
2021/10/1	国务院	《2030年前碳达峰行动方案的通知》	从应用领域、化工原料、交通、人才建设等多个方面支持氢能发展。
2021/10/1	国务院	《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》	统筹推进氢能“制储输用”全链条发展；推进可再生能源制氢等低碳前沿技术攻关；加强氢能生产、储存、应用关键技术研发、示范和规模化应用。
2021/8/1	工信部	《对十三届全国人大四次会议第5736号建议的答复》	将积极配合相关部门制定氢能发展战略,研究推动将氢气内燃机纳入其中予以支持。
2021/3/1	全国人大	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要(草案)》	在类脑智能、量子信息、基因技术、未来网络、深海空天开发、氢能与储能等前沿科技和产业变革领域，组织实施未来产业孵化与加速计划，谋划布局一批未来产业。
2021/2/1	国务院	《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	提升可再生能源利用比例，大力推动风电、光伏发电发展，因地制宜发展水能、地热能、海洋能、氢能、生物质能、光热发电。
2020/1/1	发改委	《西部地区鼓励类产业目录(2020年本)》	鼓励贵州省氢加工制造、氢能燃料电池制造、输氢管道、加氢站等涉氢产业，陕西省风电、光伏、氢能、地热等新能源及相关装置制造业。
2020/12/1	国务院	《新时代的中国能源发展》	加速发展氢制取、储运和应用等氢能产业链技术，促进氢能燃料电池技术链以及产业发展。
2020/11/1	国务院	《新能源汽车产业发展规划(2021-2035年)》	要求推进加氢基础设施建设，引导企业根据氢燃料供给、消费需求等合理布局加氢基础设施，提升安全运行水平；开展高压气态、深冷气态、低温液态及固态等多种形式储运技术示范应用，探索建设氢燃料运输管道，逐步降低氢燃料储运成本。
2020/9/1	国家能源局	《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》	将对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，形成布局合理、各有侧重、协同推进的燃料电池汽车发展新模式。示范期间，五部门将采取“以奖代补”方式，对入围示范的城市群按照其目标完成情况给予奖励
2020/6/1	国家能源局	《2020年能源工作指导意见》	制定实施氢能产业发展规划，组织开展关键技术装备攻关，积极推动应用示范。
2020/4/1	国家能源局	《中华人民共和国能源法(征求意见稿)》	氢能被列为能源范畴
2020/3/1	国家标准化管理委员会	《2020年国家标准化立项指南》	围绕燃料电池、高性能动力电池、动力电池回收利用等方面开展标准研制。
2019/11/1	发改委	《产业结构调整指导目录(2019年本)》	鼓励氢能、风电与光伏发电互补系统技术开发与应用。
2019/3/1	国务院	《政府工作报告》	氢能首次被写入政府工作报告，要求“推动充电、加氢等设施建设”。

资料来源：各部委官网，民生证券研究院

- **政策涉及面广：**燃料电池车、加氢站等基础设施建设、氢能源技术路线等主要内容。
- **强调技术创新：**引导部分环节攻克核心技术、关键零部件等对进口的依赖，产业配套能力不足等问题。
- **向基础设施建设倾斜：**鼓励布局加氢站等基础设施，同时地方政府积极响应落实，有助于氢能产业发展形成良性循环。
- **重视安全标准体系建设。**

表2：中国氢能及燃料电池产业发展方向

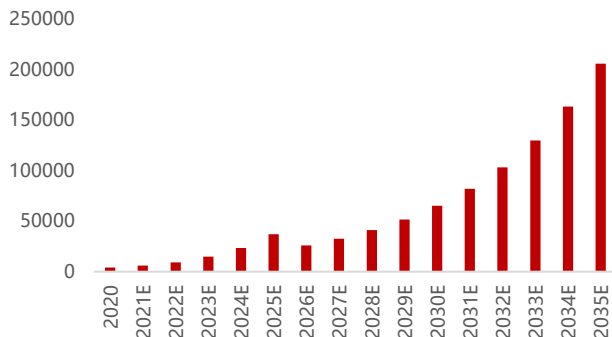
产业链环节	政策体系	技术装备	标准规范
氢能制取	推动氢气市场体系建设，因地制宜给予电解水制氢电价优惠政策	加大二氧化碳捕捉与封存技术，电解水技术核心装备的研发	破解制氢需在化工区内生产的限制
氢能储运	积极研究液氢民用，鼓励开展掺氢运输示范	加大储氢材料研究，提升高压气态储氢罐、液氢罐的装备自主化水平	推动形成完整的氢气储运标准，尤其是液氢的管道输送标准
加氢基础设施	明确加氢占主管部门，加强规划管理，财政、金融扶持力度	提升压缩机、储氢容量、加氢机等核心装备的自主化水平	完善加氢站规划建设和验收标准
燃料电池	加强基础研究，引导提升关键环节自主创新能力；完善不同应用场景的政策体系	提高功率电流密度和比功率；提升膜电极、双极板、空压机、氢气循环泵等关键部件的自主化水平	建立关键部件、电堆和电池系统的测试与耐久性快速评价标准

资料来源：中国氢能产业发展报告2020，民生证券研究院

政策：氢燃料电池或迎来春天

2020年10月27日，由工信部指导、中国汽车工程学会编制的《节能与新能源汽车技术路线图2.0》发布，提出到2025年氢燃料电池汽车保有量达10万辆左右，到2030-2035年，保有量达100万辆左右。

图3：路线图2.0指引下燃料电池汽车年销量（辆）



资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图2.0》，民生证券研究院

- 2020年燃料电池汽车保有量为1万辆，销量为11777辆；
- 预计2020-2025年年销量增速均值为56%，2025年年销量为3.7万辆；
- 预计2025-2035年年销量增速均值为20%，2035年年销量为20.6万辆。

2020年11月2日，国务院办公厅发布了《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》

- 支持有条件的地区开展燃料电池汽车**商业化示范运行**。
- 储运方面，开展**工业副产氢及可再生能源制氢技术应用**；开展高压气态、深冷气态、低温液态及固态等多种形式**储运技术示范应用**，探索建设氢燃料运输管道
- 基础设施方面，建立完善**加氢基础设施**的管理规范。引导企业根据氢燃料供给、消费需求等合理布局加氢基础设施。

政策：“以奖代补”送来氢燃料电池汽车春天

• 2020年9月21日财政部、工信部、科技部、发改委和能源局发布《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》推动“以奖代补”，示范期暂定为4年。

- **奖励对象：**示范城市群为单位，进行积分核算；
示范城市群需满足：已推广不低于100辆燃料电池汽车，已建成并投入运营至少2座加氢站且单站日加氢能力不低于500公斤
- **奖励范围：**燃料电池汽车和氢能供应两个领域，包括**燃料电池总成和零部件以及氢气成本、来源和运输。**
- **奖励顺序：**原有的**事先购置补贴政策**→示范城市群**经验收事后给予奖励**
- **奖励倾向：**明确提出了**引导商用车的示范应用；对重载车有积分加成：**在燃料电池系统的额定功率大于80kW的货运车辆上随质量增加奖励积分，最大设计总质量12-25（含）吨按1.1倍计算，25-31（含）吨按1.3倍计算，31吨以上按1.5倍计算。
- **奖励上限：**1分=10万元奖励，**单个城市群不超过17亿元**
- **奖励空间：**目前已有16个示范城市群申报。2021年8月31日，五部委正式批复首批示范城市群，包括
 - 1) 京津冀城市群：北京六区、天津滨海新区、保定市、唐山市、滨州市、淄博市等共 12 个城市（区）；
 - 2) 1+6上海城市群：上海、苏州市、南通市、嘉兴市、淄博市、宁夏宁东能源化工基地、鄂尔多斯等；
 - 3) 广东城市群：广州、云浮、佛山、深圳、珠海、东莞、江门、阳江及陕西榆林等地组成。

表3：16个城市群申请成为示范城市群

序号	城市群	牵头城市	参与城市
1	上海市	上海市	上海市及其他城市（待定）
2	广东省	佛山市	广州市、深圳市、珠海市、云浮市、中山市、阳江市、东莞市
3	山东省	济南市	青岛市、潍坊市、淄博市、济宁市
4	四川省、重庆市	成都市	重庆市、阿坝州、资阳市、内江市、乐山市、攀枝花市、凉山州、雅安市、绵阳市、眉山市、自贡市、德阳市
5	湖北省	武汉市	黄冈市、襄阳市、十堰市、随州市
6	浙江省	嘉兴市	宁波市、杭州市、金华市、绍兴市、衢州市
7	江苏省	苏州市	南京市、无锡市、徐州市、南通市、盐城市、扬州市
8	安徽省	合肥市	芜湖市、六安市、淮北市、铜陵市、滁州市、马鞍山市、阜阳市
9	河南省	郑州市	新乡市、安阳市、开封市、焦作市、洛阳市
10	山西省	大同市	太原市、长治市、晋中市
11	吉林省	待定	白城市、长春市、松原市
12	辽宁省、黑龙江省	大连市	
13	河北省、天津市、北京市	北京市	天津市、张家口市、保定市
14	陕西省	待定	榆林市
15	云南省	待定	昆明市
16	湖南省	待定	岳阳市

资料来源：工信部，各政府官网，民生证券研究院

* 请务必阅读最后一页免责声明

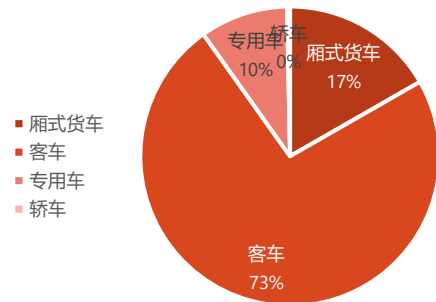
07 FCV vs BEV 早期政策：以商用车示范运行为主，将快速落地

表4：发展初期在燃料电池商用车和电动客车上示范运营的优势类似

类别	燃料电池商用车	电动客车
政策	2020年4月重点支持城市群开展示范应用，推动在中重型商用车领域的产业化应用。	2009年1月推出的“十城千辆节能与新能源汽车示范推广应用工程”开启了覆盖25个城市的公共用车方面的试点。
财政支持	按示范城市群给予每个城市17亿元的中央财政奖励	给予电动客车生产商以补贴
集中化管理	<p>高成本的加氢站易于布局；</p> <p>固定线路运营，便于实现车辆跟踪和维护；</p> <p>汽车企业、公交和物流公司、燃料电池及电机企业的服务成本较低；</p> <p>集中存储和补充燃料，为大量且数量可测的车辆提供服务</p>	<p>充电站易于布局；</p> <p>定线、定时、定区域使用，便于实现车辆跟踪和维护；</p> <p>汽车企业、公交和物流公司、电池及电机企业的服务成本较低</p>
示范效应	以集团客户为主，示范带动效果好，政府的支持力度大；推动加氢站、充电桩等基础设施建设，为大规模推广奠定基础	
技术门槛	<p>运行区域固定、起停频繁，对动力电池/燃料电池的容量要求低；</p> <p>高速行驶需求小；</p> <p>对空间不敏感，对容量不敏感；</p> <p>便于收集运行数据，进行技术积累。</p>	

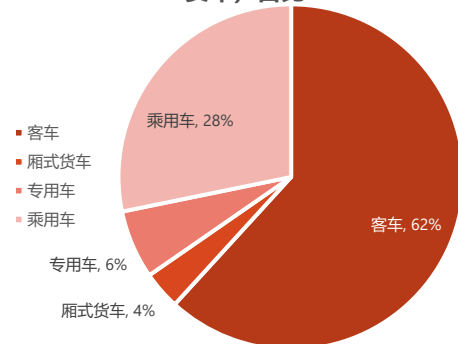
资料来源：工信部，民生证券研究院

图4：2019-2020年第8批工信部推荐车型中燃料电池商用车（客车+货车）占比90%



资料来源：工信部，民生证券研究院

图5：2014年工信部推荐车型中电动和混动商用车（客车+货车）占比66%



资料来源：工信部，民生证券研究院

制氢：四条路线齐头 02. 并进，绿氢占比有望 提升

01 制氢结构：中国是制氢大国，当前化石能源制氢为主流

- 根据中国氢能产业发展报告，中国是世界第一大产氢国，2019年全年氢气产量约为2000万吨，当前下游主要为工业原料
- 中国在合成氨、合成甲醇、炼焦、炼油、氯碱、轻烃利用等传统石油化工行业中有成熟的经验

表5：不同方式制氢的比例

制氢原料及方式		全球	国内-统计口径1	国内统计口径2
化石能源制氢	煤制氢	18%	43%	62%
	天然气重整制氢	48%	16%	19%
	石油制氢	30%	13%	合计18%
工业副产提纯制氢	焦炉煤气、氯碱尾气等	/	28%	
电解水制氢		4%	微量	1%
其他方式产氢	生物质、光催化等	/	微量	微量

资料来源：《中国氢能产业发展报告2020》，民生证券研究院

表6：电解水制氢与化石能源制氢的碳排强度比较

制氢方式		生产过程单位碳排放 (kgCO ₂ /kgH ₂)
煤制氢	传统煤气化	~19
	传统煤气化+CCUS	<2
天然气制氢	SMR	~9.5
	SMR+CCUS	<1
电解水制氢	电网电力	38-45
	水电风电	<1
	光伏发电	<3

资料来源：《中国氢能产业发展报告2020》，民生证券研究院

技术路线：电解水制氢环保、纯度高，前景广阔

- 传统制氢工业中以煤、天然气等化石能源为原料，称为“灰氢”。制氢过程产生二氧化碳排放，制得氢气中普遍含有硫、磷等杂质，对提纯及碳捕获有较高要求。
- 焦炉煤气、氯碱尾气等工业副产提纯制氢，能够避免尾气中的氢气浪费，实现氢气的高效利用，但从长远看无法作为大规模集中化的氢能供应来源。
- 电解水制氢称为“绿氢”。纯度等级高，杂质气体少，易与可再生能源结合，被认为是未来最具发展潜力的绿色氢能供应方式。

表7：主要制氢路径及优缺点对比

方式	原料	优点	缺点	适用范围
化石能源制氢	煤	技术成熟	储量有限，制氢过程存在碳排放问题，需提纯及去除杂质	合成氨、合成甲醇、石油炼制
	天然气	技术成熟		
电解水制氢	电、水	工艺过程简单，制氢过程不存在碳排放	尚未实现规模化应用，成本较高	结合可再生能源制氢；电子、有色金属冶炼等对气体纯度及杂质含量有特殊要求
化工过程副产氢	焦炉煤气、化肥工业、氯碱、轻烃利用等	成本低	需提纯及杂质去除，无法作为大规模集中化的氢能供应源	合成氨、石油炼制
生物质制氢	农作物、藻类等	原料成本低	氢含量较低	——
核能制氢	水	合理利用核能发电废热	技术不成熟	——
光催化制氢	水	原料丰富	技术不成熟	——

资料来源：《中国氢能产业发展报告》，民生证券研究院

路线一：煤制氢

- **传统工艺路线：**固定床、流化床、气流床等
- **传统工艺缺点：**合成气中CO₂、CO等体积分数高（45%-70%），碳排放高、含有硫化物等腐蚀性气体，不符合低碳趋势。
- **煤制氢新技术：**超临界水煤气化技术（尚未工业化）
- **技术方法：**利用超临界水（温度≥375℃，压力≥22.1MPa）作为均相反映媒介
- **技术优点：**气化效率高、氢气组分高、污染少等

表8：国内煤制氢主要技术路线对比

	固定床	流化床	气流床（粉煤）	气流床（水煤浆）	超临界水煤气化
技术成熟度	大规模应用	小规模应用	大规模应用	大规模应用	尚未商业化
气化温度	560℃	816-1204℃	1450℃	1260℃	650℃
气化压力	2-2.5MPa	0.1MPa	3.0MPa	3.8MPa	26MPa
合成气H ₂ 占比	38.1-38.6%	40%	25.9%	34.7%	80%
合成气CO ₂ 占比	32.6-34%	19.5%	0.9%	18%	0.2%
合成气CO占比	14-14.7%	36%	68.4%	48.3%	--
合成气硫含量	H ₂ S 0.3%	H ₂ S 0.3%	H ₂ S 0.13%	H ₂ S 0.24%	以硫化盐形式固化
其他污染物	焦油产率 0.35%； 轻油产率 0.11%	不含酚类及焦油等 污染物	不含酚类及焦油等 污染物	不含酚类及焦油等 污染物	不含酚类及焦油等 污染物
冷煤气效率	79.3-81.9%	74.4%	82%	74.9%	123.9%

资料来源：《中国氢能产业发展报告》，民生证券研究院

传统天然气制氢原理：

- 先对天然气进行预处理，然后在转化炉中将甲烷和水蒸汽转化为一氧化碳和氢气等，余热回收后，在变换塔中将一氧化碳变换成二氧化碳和氢气。

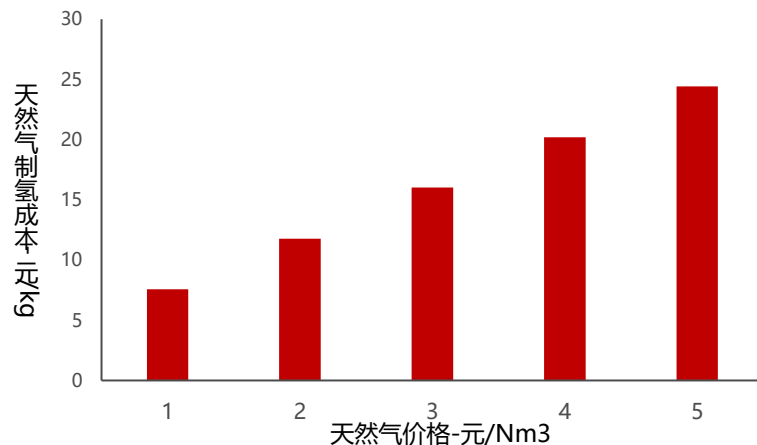
工艺流程：

- 原料气处理→蒸汽转化→CO变换→氢气提纯

主要制氢技术路线：

- 高温裂解制氢、天然气自热重整制氢、天然气部分氧化制氢、绝热转话制氢、天然气水蒸气重整制氢

图6：天然气制氢成本变化趋势



路线三：工业副产氢

工业副产氢：在生产化工产品的同时得到氢气

表9：国内工业副产氢主要技术路线对比

工艺路线	工艺介绍	国内现有年制氢潜力
丙烷脱氢	丙烷脱氢丙烯装置对原料丙烷纯度要求高，丙烷脱氢后粗氢的纯度已经高度99.8%，变压吸附提纯后可达99.999%，其中O ₂ 、H ₂ O、CO和CO ₂ 的含量基本达到燃料电池用氢气的标准要求，仅有总硫含量超出标准。	30万吨
乙烷裂解	乙烷裂解目前在国内项目基本处于在建或在规划的状态，暂未释放氢气供应的潜力，其优势是项目投资低、原料成本低、乙烯收率高、乙烯纯度高。当前乙烷裂解产生的氢气纯度95%以上。	
氯碱副产氢	氯碱行业的离子膜烧碱装置每生产1吨烧碱可副产280Nm ² 氢气。离子膜点解电解的副产氢纯度一般在99.99%以上，CO含量较低且不含有机硫和无机硫。单个氯碱化工企业可利用放空副产氢量较小，且产能比较分散，更适合用于短副率、小规模的分分布式氢源供应。	33万吨
合成氨合成甲醇等副产氢	合成氨和合成甲醇生产过程会有合成放空气及驰放气排出，其中氢气含量在18%-55%之间，合成氨醇企业可通过回收利用现有合成放空气及驰放气、调整下游产品结构等途径实现氢气的外供。	118万吨
焦炉煤气副产氢	煤焦化过程中每1吨焦炭可产生约400Nm ³ 的焦炉煤气，其中氢气含量约44%，有40%-50%供焦油炉自身加热，一小部分作为合成氨与合成甲醇的原料，剩下39%的放空氢气可被回收利用。	271万吨

资料来源：《中国氢能产业发展报告》，民生证券研究院

路线四：电解水制绿氢

- **碱性电解**：设备成本较低，单槽电解制氢产量较大；已经实现大规模工业应用，国内关键设备主要性能指标均接近国际先进水平。
- **质子交换膜（PEM）电解**：运行灵活性和反应效率较高，能够以最低功率保持待机模式，与波动性和随机性较大的风电和光伏具有良好的匹配性；国内较国际先进水平差距较大，体现在技术成熟度、装置规模、使用寿命、经济性等方面。
- **固体氧化物（SOEC）电解**：电耗低于碱性和PEM电解技术，但尚未广泛商业化，国内仅在实验室规模上完成验证示范。

表10：国内电解水制氢主要技术路线对比

	碱性电解	PEM电解	SOEC电解
技术成熟度	大规模应用	小规模应用	尚未商业化
运行温度	70-90°C	70-80°C	600-1000°C
电流密度	0.2-0.4A/cm ²	1.0-2.0A/cm ²	1.0-10.0A/cm ²
单台装置制氢规模	0.5-1000Nm ³ /h	0.01-500Nm ³ /h	/
电解槽能耗	4.5-5.5KWh/Nm ³	3.8-5.0KWh/Nm ³	/
系统转化效率	60-75%	70-90%	85-100%
系统寿命	已达10-20年	已达10-20年	/
启停速度	热启停：分钟级 冷启停：>60分钟	热启停：秒级 冷启停：5分钟	启停慢
电源质量要求	稳定电源	稳定或波动电源	稳定电源
电解槽价格	2000-3000元/KW（国产） 6000-8000元/KW（进口）	7000-12000元/KW	/

资料来源：《中国氢能产业发展报告》，民生证券研究院

03. 氢的储运：高压气态 & 液态各有应用

- **目前，氢的储存主要有气态储氢、液态储氢和固体储氢三种方式。**高压气态储氢已得到广泛应用，低温液态储氢在航天等领域得到应用，有机液态储氢和固态储氢尚处于示范阶段。
- **气态储氢是目前应用最广泛的方式。**气态储氢来看，高压气态储氢具有充放氢速度快、容器结构简单等优点，是现阶段主要的储氢方式，分为高压氢瓶和高压容器两大类。其中钢质氢瓶和钢质压力容器技术最为成熟，成本较低，而碳纤维缠绕高压氢瓶的开发应用，实现了高压气态储氢由固定式应用向车载储氢应用的转变。

表11：储氢瓶组类别

类型	I型瓶	II型瓶	III型瓶	IV型瓶
材质	铬钼钢	钢制内胆纤维环向缠绕	铝内胆纤维全缠绕	塑料内胆纤维全缠绕
工作压力 (MP)	17.5-20	26.3-30	30-70	30-70
应用情况	加氢站等固定式储氢应用		国内车载	国际车载

资料来源：车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶（GB/T 35544-2017）等，民生证券研究院

- **液态储氢适用距离较远场景，但仍有局限性。** 液态储氢具有储氢密度高等优势，可分为低温液态储氢和有机液体储氢，总体来看，通过低温液态储氢将氢气冷却至 -253°C ，储氢密度可达 $70.6\text{kg}/\text{m}^3$ ，但液氢装置一次性投资较大，液化过程中能耗较高，储存过程中有一定的蒸发损失，其蒸发率与储氢罐容积有关，大储罐的蒸发率远低于小储罐。国内液氢已在航天工程中成功使用，但受制于设备和标准的缺失，且投资高，能耗大，目前仍有局限性。
- **固态储氢具有多方面优势，但尚少规模化应用。** 固态储氢是以金属氢化物、化学氢化物或纳米材料等作为储氢载体，通过化学吸附和物理吸附的方式实现氢的存储。固态储氢具有储氢密度高、储氢压力低、安全性好、放氢纯度高等优势，其体积储氢密度高于液氢，但还需解决吸放氢温度偏高、循环性能较差等问题，且技术复杂，投资成本较高，目前尚鲜有规模化应用。

氢的运输：气态/液态各有适用

- 氢的运输方式也分为气态运输、液态运输和固体运输三种方式。
- 气态运输来看，长管拖车和管道运输各有利弊。气态运输分为长管拖车和管道运输，高压长管拖车是氢气近距离运输的重要方式，技术较为成熟，管道运输是实现氢气大规模、长距离运输的重要方式，具有输氢量大、能耗小和成本低等优势，但建造管道投资较大。
- 液氢运输通常适用于距离较远、运输量较大的场合。在长距离环境下，采用液氢储运能够减少车辆运输频次，提高加氢站单站供应能力。日本、美国已将液氢罐车作为加氢站运氢的重要方式之一。
- 固态运输方面，将低压高密度固态储氢罐仅作为随车输氢容器使用，加热介质和装置固定放置于充氢和用氢现场，可以同步实现氢的快速充装及其高密度高安全运输，提高单车运氢量和运氢安全性。

表12：氢不同运输方式的技术比较

储运方式	运输工具	压力 (MPa)	载氢量	体积储氢密度 (kg/m ³)	质量储氢密度 (wt%)	成本 (元/kg)	能耗 (kwh/kg)	经济距离 (km)
气态储运	长管拖车	20	300-400	14.5	1.1	2.02	1-1.3	≤150
	管道	44200	-	3.2	-	0.3	0.2	≥500
液态储运	液氢槽罐车	0.6	7000	64	14	12.25	15	≥200
固态储运	火车	4	300-400	50	1.2	-	10-13.3	≤150
有机液体储运	槽罐车	常压	2000	40-50	4	15	-	≥200

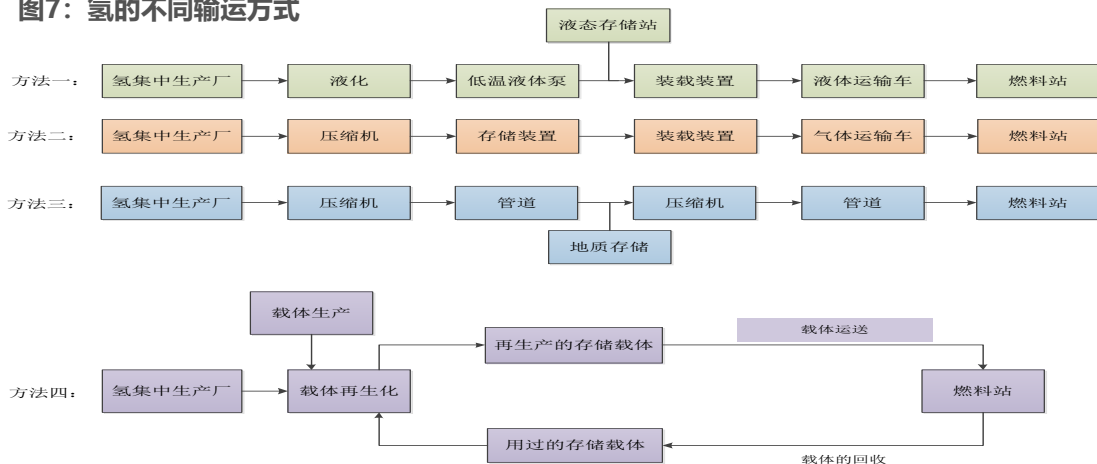
资料来源：中国钢研科技集团，民生证券研究院

氢的运输：短期气态，长期液态

根据我国氢能行业规划来看，我国氢能示范应用主要围绕工业副产氢和可再生能源制氢产地附近（小于200公里）布局，氢能储运以高压气态方式为主。

- **前期**，车载储氢将以70MPa 气态方式为主，辅以低温液氢和固态储氢，氢的运输将以45MPa 长管拖车、低温液氢、管道（示范）运输等方式，因地制宜，协同发展。
- **中期（2030年）**，车载储氢将以气态、低温液态为主，多种储氢技术相互协同，氢的运输将以高压、液态氢罐和管道运输相结合，针对不同细分市场和区域同步发展。
- **远期（2050年）**，氢气管网将密布于城市、乡村，车载储氢将采用更高储氢密度、更高安全性的储氢技术。

图7：氢的不同运输方式



资料来源：美国能源部，节能与新能源汽车网，民生证券研究院

➤ 加氢基础设施分类

- **根据氢气来源，加氢站可分为外供氢加氢站和站内制氢加氢站。**外供氢加氢站通过长管拖车、液氢槽车或者管道运输氢气至加氢站后，在站内进行压缩、存储、加注等操作。站内制氢加氢站是在加氢站内配备了制氢系统，制得的氢气经纯化、压缩后进行存储、加注。站内制氢可以省去较高的氢气运输费用，但是增加了加氢站系统复杂程度和运营水平，目前我国仍以外供加氢站为主。
- **根据氢气储存相态不同，加氢站有气氢加氢站和液氢加氢站两种。**根据《全球氢能产业发展的现状与趋势》，目前全球加氢站中，约30%以上为液氢储运加氢站，主要分布在美国和日本。相比气氢储运加氢站，液氢储运加氢站占地面积小，同时液氢储存量更大，适宜大规模加氢需求。

表13：中国加氢站的等级划分

等级	储氢罐容量 (kg)	
	总容量 (G)	单罐容量
一级	$4000 < G \leq 8000$	≤ 2000
二级	$1000 < G \leq 4000$	≤ 1000
三级	$G \leq 1000$	≤ 500

资料来源：中华人民共和国国家标准：加氢站技术规范 (GB 50516-2010)，民生证券研究院

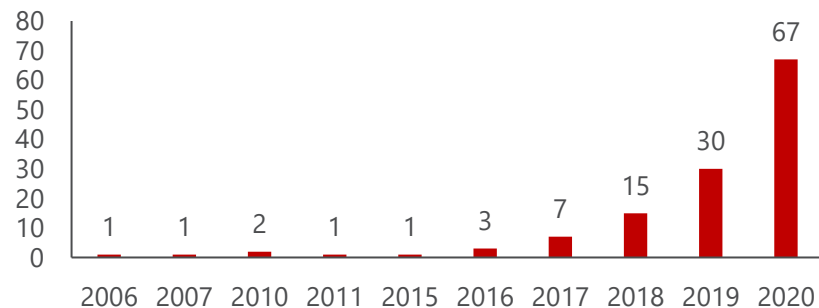
氢的加注：加氢站快速建设，成本待下降

- 加氢站近年来建设呈现高速增长势头。**根据中国氢能联盟，截至2020年底，全球加氢站约为544座，我国建成加氢站128座，但目前部分加氢站的规划设计、工艺流程及设备配置、氢源选择、自动控制系统等尚不能满足商业化运营要求，耐久性验证较少。随着相关政策的逐渐完善，技术标准的逐步规范，装备技术的不断进步，中国加氢站建设将进入快速发展阶段。
- 国内加氢站建设成本较高，规模效应和设备降本在未来方向。**根据加州能源局的测算，外供液氢加氢站建成所需的与设备相关的费用约为193万美元，相当于传统加油站的数倍。而对于商业化运营的加氢站，除建设成本外，还面临着设备维护、运营、人工、税收等费用，随着氢气加注量的增大或通过加油/加氢、加气/加氢合建，单位加注成本会随之下降。

表14：加氢站设备成本下降趋势

	10套/年 (单位：千美元)	100套/年 (单位：千美元)
压缩机	145	46
储氢罐	320	176
程控盘	87	82
冷装置	120	96
其它设备	450	400
安装成本	408	408
总投资成本	1530	1208

资料来源：车百智库，中国氢能联盟，民生证券研究院

图8：中国新建加氢站数量（座）


资料来源：车百智库，中国氢能联盟，民生证券研究院

04. 燃料电池：将于商用车 最先落地，降本空间大

01

原理：高效环保的电化学反应

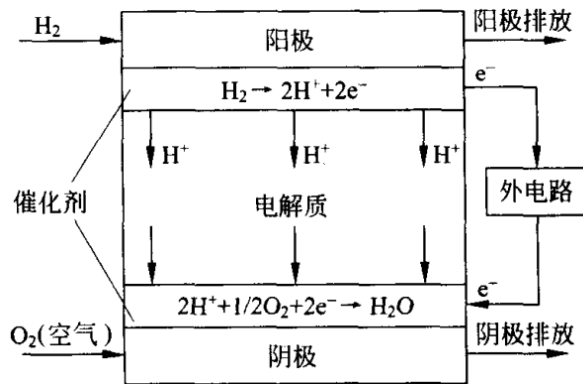
- (1) 氢气通过管道或导气板到达阳极；
- (2) 在**阳极催化剂**的作用下，1个氢分子解离为2个氢离子，即质子，并释放出2个电子，阳极反应为： $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
- (3) 在电池的另一端，氧气（或空气）通过管道或导气板到达阴极，同时，氢离子穿过电解质到达阴极，电子通过外电路也可以到达阴极；
- (4) 在**阴极催化剂**的作用下，氧与氢离子和电子发生反应生成水，阴极反应为： $1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$

总化学反应：



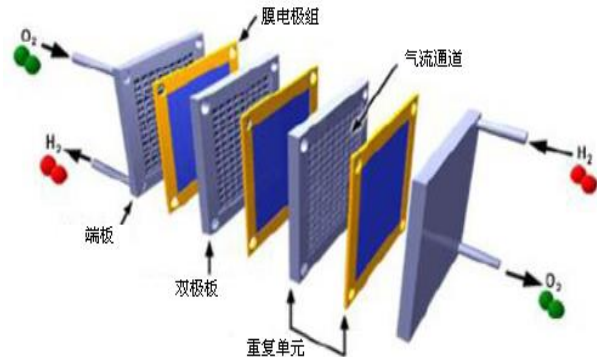
与此同时，电子在外电路的连接下形成电流，通过适当连接可以向负载输出电能。

图9：燃料电池结构示意图



资料来源：《燃料电池电动汽车》，汽车之家，民生证券研究院

图10：质子交换膜燃料电池结构示意图



资料来源：《燃料电池电动汽车》，汽车之家，民生证券研究院

分类：PEMFC燃料电池或成未来前景

电解质的类型决定了燃料电池的工作温度、电极上所采用的催化剂以及发生反应的化学物质。根据电解质的不同，燃料电池可以分为六类：质子交换膜燃料电池（PEMFC）、直接甲醇燃料电池（DMFC）、固体氧化物燃料电池（SOFC）、碱性燃料电池（AFC）、熔融碳酸盐燃料电池（MCFC）、磷酸燃料电池（PAFC）。

表 15：燃料电池的分类

	碱性染料电池 AFC	磷酸燃料电池 PAFC	固体氧化物燃料 电池SOFC	质子交换膜燃料 电池PEMFC	直接甲醇燃料电 池DMFC	熔融碳酸盐燃料电 池MCFC
电解质	KOH-H ₂ O 或NaOH-H ₂ O	H ₃ PO ₄	Y ₂ O ₃ -ZrO	含氟质子交换膜	三氟甲烷磺酸 或质子交换膜	Na ₂ CO ₃
燃料种类	H ₂	天然气、液化石油气、 甲醇	H ₂ 、CO、CH ₂	H ₂	氢、液态甲醇	天然气、甲烷
工作温度	80°C	60-200°C	1000-1200°C	80°C-100°C	25-135°C	600-700°C
质量功率密度 (W/kg)	35-105	100-200	15-20	300-1000	-	-
体积功率密度 (W/cm ²)	0.5	0.1	0.3	1-2	-	-
发电效率	45%-60%	35%-60%	50%-60%	>60%	60%左右	>60%
特性	需高纯度氢气作燃料； 低腐蚀性、低温，较 易选择材料	进气中含CO会导致 催化剂中毒；废热可 利用	不受进气CO影响； 高温反应，不需要依 赖催化剂；废热可利 用	功率密度高、体积小、 质量轻；低腐蚀性、 低温。较易选择材料	甲烷来源丰富，价 格低廉	电池效率高，对材料 的要求也要
优点	启动快；室温常压下 工作；可用非贵金属 做催化剂，成本低	对CO ₂ 不敏感	可用空气做氧化剂， 天然气或甲烷作燃料	可低温运行；低温启 动迅速；寿命长；可 用空气做氧化剂	能量密度较高，容 易运输和存储	对贵金属催化剂的依赖 较低；比起低温电池， 可减少催化剂中毒概率； 可以使用多种燃料
缺点	对CO ₂ 敏感；需纯氧 作氧化剂；成本高	对CO敏感；工作温 度较高；低于峰值功 率输出时性能下降	工作温度较高	对CO敏感；反应物 需要加湿；需采用贵 金属催化剂，成本高	功率密度低；功率 响应慢；效率低	存在高温腐蚀；采用昂 贵的催化剂
适用领域	主要用于宇航	应用广泛，用于发电、 航天等	固定式燃料电池电站、 家用热电联产	新能源汽车	消费电子	大型电站

资料来源：美国能源部，节能与新能源汽车网，民生证券研究院

应用：交通领域前景广阔

早期燃料电池的应用主要集中在潜艇、航天等特殊领域。在民用领域，燃料电池的应用主要包括固定式电源、交通运输和便携式电源三大类领域。**交通领域应用商业化进程加速。**

表16：燃料电池应用分类

应用类型	便携式	固定式能源站	交通领域
定义	可移动的便携式电源装置，如辅助充电装置	固定式提供电能或热电联产的供给站	为交通工具提供主驱动力或辅助驱动力
功率等级	5W-20kW	0.5kW-400kW	1kW-150kW
技术类型	PEMFC DMFC	MCFC PAFC PEMFC SOFC	PEMFC DMFC
应用案例	-辅助充电设备（露营、船只、照明）； -军事用途（便携电源、发电装置）； -便携式产品（火炬、电池充电装置、个人电子产品）；	-大型固定式热电联产供给站（CHP）； -小型固定式热电联产供给站（Micro-CHP）； -不间断电源（UPS）；	-物料搬运车（MHV）； -燃料电池车（FCV）； -卡车/客车；

资料来源：Fuel Cell Today, E4tech, 民生证券研究院

表17：各应用领域容量（单位MW）

应用领域/年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020E
便携式	0.4	0.5	0.3	0.4	0.9	0.3	0.6	0.7	0.4	0.4
固定式	81.4	124.9	186.9	147.8	183.6	209	222.3	220.6	274.8	324.8
交通领域	27.6	41.3	28.1	37.2	113.6	307.2	435.7	584.5	921.1	993.5
总计	109.4	166.7	215.3	185.4	298.1	516.5	658.6	805.8	1,196.3	1,318.7

资料来源：Fuel Cell Today, E4tech, 民生证券研究院

04 新能源车对比：FCV在环保、能效方面领先，成本下降空间大

表18：燃料电池汽车、锂离子电动车和燃油车对比

类型	项目	氢燃料电池汽车	锂离子电动车	燃油车
动力	动力系统	燃料电池发动机	锂电池	内燃机
	全生命周期CO2排放	~125g/km	~158g/km	~180g/km
环保	环境污染	工业副产氢、天然气重整制氢可减少碳排放；可再生能源制氢可实现零排放	污染部分转移到上游	排放CO2、CO、SO2等温室气体及污染物
	噪音	低	低	高
	能源可再生	是	否	否
能效	全生命周期综合效率	29%	28%	14%
	燃料能量密度	氢气：40kWh/kg	NCA三元电池：0.25kWh/kg	汽油：12kWh/kg
续航	平均续航里程	~600km	~450km	~600km
	充能	3min	快充30min，慢充8hr	3min
	低温	-30℃低温自启动、-40℃低温存储	常规锂电池在-20℃以下低温环境无法充电，且里程损失可能达到约30%	-18℃以下需要配置高性能汽油机润滑油、进气道低温预热装置和高能辅助点火装置并执行相应冷启动作业等技术成熟，自燃可能性较低
安全	事故严重性	氢气逃逸性强，点燃危害较小	有自燃可能性	技术成熟，自燃可能性较低
成本	购置	5.8万美元 (2019 丰田Mirai)	3.5万美元 (2019 特斯拉Model 3)	4.1万美元 (2019 宝马3系)
	运营燃料成本	氢源富集地区具备较强经济性	具备较强经济性	受石油价格波动影响
	能量站建设成本	加氢站： 75-330万美元	特斯拉超级充电桩： 9000美元	加油站成本： ~20万美元
	资源约束	铂单车用量不断减少	三元电池钴资源短缺、仅少数国家可开发经济可用的锂资源	-
技术	技术难度	较高	适中	较低
应用	行业周期	幼稚期	成长期	成熟期/衰退期
	应用领域	中长距离、重载运输	中短距离运输	普适

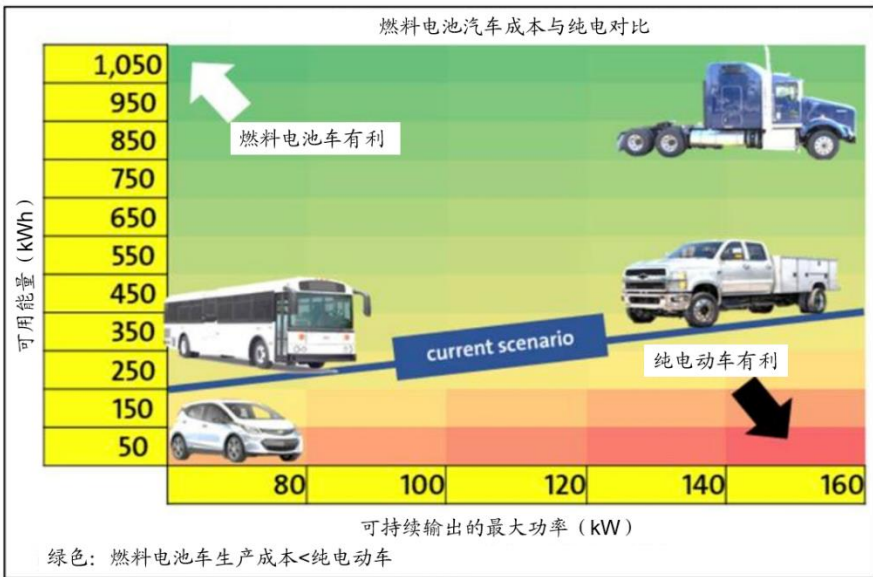


全生命周期碳排放和环境污染最小、综合效率最高；

目前成本相对较高，短期需要国家和地方政策推动，在有限领域商业化示范运营。

重要下游：商用车应用首先落地

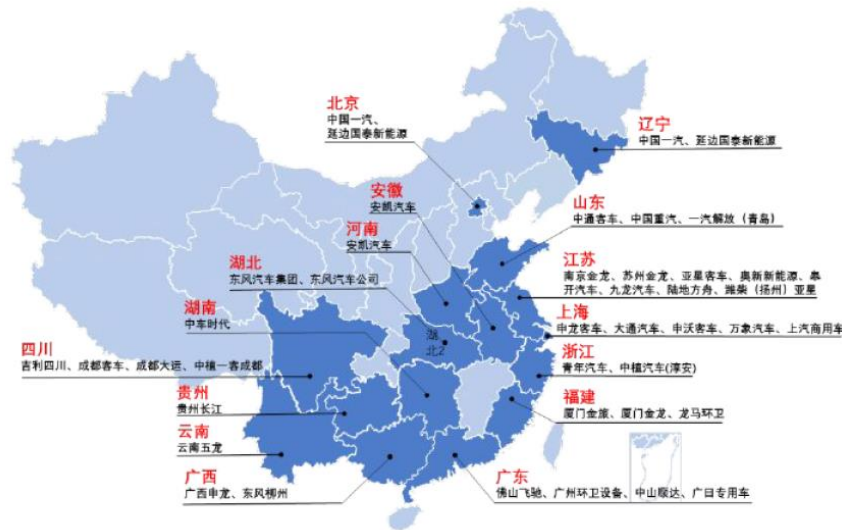
图11：氢燃料电池汽车适用于重载和商用车



资料来源：氢云链，中国氢能产业发展报告2020，民生证券研究院

- **相对电动车**，燃料电池汽车中燃料电池的功率密度和能量密度比锂电池大得多。锂离子电动车适用于短距离运输，而氢燃料电池汽车有望首先在长距离的重载和商用车领域落地。
- **相对燃油车**，燃料电池汽车零排放，而燃油车有排放问题。

图12：全国FCV厂商分布（不完全统计）



资料来源：氢云链，中国氢能产业发展报告2020，民生证券研究院

乘用车车型供给：各主机厂均有布局

全球多家车企量产氢燃料电池乘用车。现代ix35 FCV于2013年上市，随后丰田、本田相继推出Mirai和Clarity Fuel Cell。欧洲市场目前量产的主要有奔驰GLC F-Cell（混动），奥迪h-tron Quattro作为概念车并未上市，2018年现代推出升级版的NEXO Blue，续航里程和百公里加速均有大幅提升。

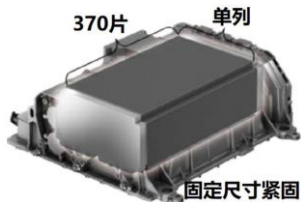
表19：燃料电池乘用车对比

技术参数	丰田Mirai-2	本田Clarity	上汽大通EUNIQ7	上汽大通FCV80	奔驰GLC F-Cell (混动)	奥迪h-tron quattro	现代ix35 FCV	现代NEXO Blue	荣威950 (混动)
车型图片									
发布时间	2021年	2021年	2020年	2019年	2017年	2016年	2013年	2018年	2017年
储氢重量	5.6kg	5.46kg	6.4kg	/	4.4kg	6kg	5.64kg	6.3kg	4.2kg
续航里程	647km	580km	605km	纯电45km	纯电49km	600km	426km	612km	430km
百公里加速	9.2s	8.8s	/	/	15s	7s	12.5s	9.8s	12s
百公里氢耗	74 MPGe	68MPGe	/	/	/	约1kg	49MPGe	65MPGe	/
燃料电池输出功率	128kW	103kW	150kW	30kW	155kW	90kW	100kW	95kW	/

资料来源：公司官网，汽车之家，民生证券研究院

Mirai: 架构、技术世界领先

- 2020年丰田Mirai全球累计销售3320台，同比增长43.8%。截止2021年3月底，Mirai全球累计销量为13963台。



固定尺寸紧固

燃料电池系统:

体积和质量分别为37L和56kg，电堆最大输出功率114kW，由370片单电池串联组成，单电池厚度1.34mm，面积功率密度为1.15W/cm²。

首次实现全球领先的3.1kW/L体积功率密度；具备自增湿性能、3D fine-mesh钛合金流场、高耐久性和强环境适应性等特性。



丰田拥有大约5680项与氢燃料电池相关的全球专利。1970个燃料电池方向，290个高压氢罐方面，3350个燃料电池系统控制方向。



PCU：决定何时使用电池存储的能量或直接从燃料电池系统获取能量，控制Mirai的节能效率。



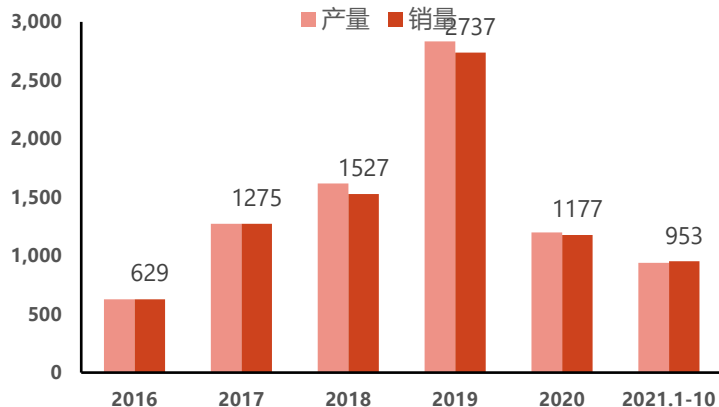
氢罐：专为Mirai设计，碳纤维编织，创造的碳纤维包裹工艺，打包速度提高了六倍以上。

- 1.内层：聚合物衬里层以容纳氢；
- 2.中层：碳纤维增强聚合物结构层，提供强度；
- 3.外层：玻璃纤维增强聚合物层，防止表面磨损。

空间：当前销量有限，政策引导下未来不可限量

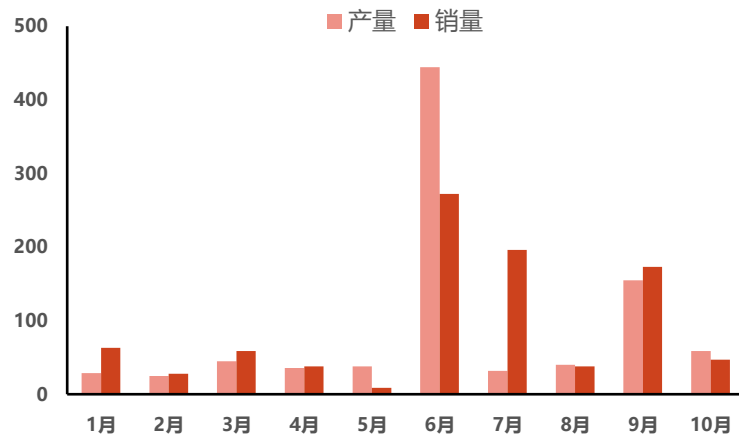
- 截至2020年底，根据香橙会统计，全球氢燃料电池汽车保有量为32535辆，同比增长38%，韩国保有量达10906辆，位居全球第一，美国为8931辆，中国7352辆位居第三，日本3902辆。
- 氢燃料汽车产销呈增长趋势。根据香橙会数据，2016-2020年，我国燃料电池汽车的销量分别为629辆、1275辆、1527辆、2737辆、1177辆，累计超7100辆。最新数据显示，2021年1-10月，我国氢燃料汽车产量达903辆，销量达923辆，同比增长分别为39.57%和40.27%。月度之间销售情况极不平衡，有的月份甚至是负增长。由此可见，我国氢燃料电池车的产销量的发展并不稳定，受到一些氢能项目的影响会出现阶段性变化。

图13：中国氢燃料汽车产销数据（辆）



资料来源：香橙会，民生证券研究院

图14：2021年1-10月中国氢燃料汽车产销数据（辆）



资料来源：香橙会，民生证券研究院

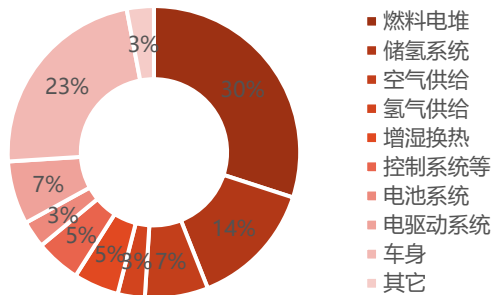
成本构成：系统复杂，电堆是核心

氢燃料系统技术复杂，国内待突破。与电池电动车不同，氢反应电堆是氢燃料车的动力来源，也是氢燃料车动力系统的核心。加上车载储氢罐等，形成整体氢燃料电源系统。**电堆能量密度**等技术发展和**成本**是当前制约燃料车发展的主要因素。

燃料电池系统占整车成本65%，催化剂成本占据电堆成本36%。

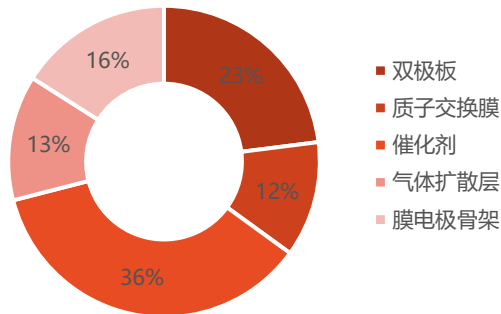
制氢成本下降是关键。工业废氢利用&可再生能源制氢成本下降可显著降低氢使用成本。据IRENA与Hydrogen Council预测，到2050年可再生能源制氢成本将降至1美元/kg（6.5元/kg），带来整体FCV使用成本降低。此外,当前我国每年大约有10亿立方米的废氢被排放。若能有效的在燃料电测领域加以应用，预计能产生电能约130亿度电，有较高经济价值。

图15：氢燃料电池成本结构



资料来源：《燃料电池汽车研究现状及发展》，民生证券研究院

图16：燃料电堆成本结构

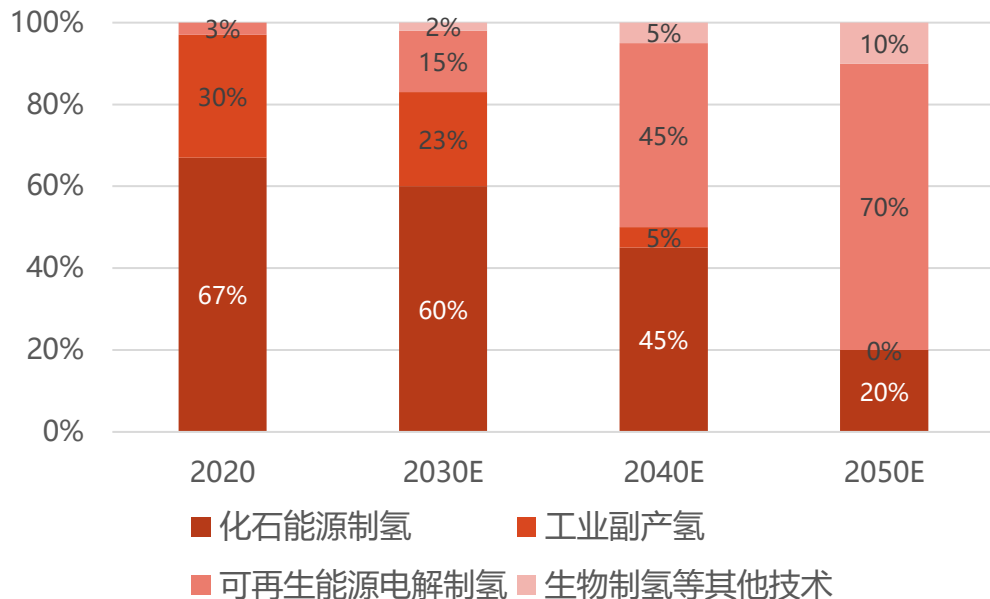


资料来源：《燃料电池汽车研究现状及发展》，民生证券研究院

降本：空间广阔，需全产业链共同努力

- 据德勤估计，目前与锂电池电动汽车相比，燃料电池电动汽车的总拥有成本高40%；与内燃机车相比，总拥有成本约高90%。
- 根据TCO模型测算，到2026年，燃料电池车的全生命周期成本将会开始低于纯电动车，到2027年，将会开始低于燃油车，主要得益于：
 - 1) 燃料电池汽车核心零部件成本较低，较少受到像锂电池需求的昂贵的材料的束缚；
 - 2) 未来规模化生产下工艺成熟和固定资产分摊将实现成本大幅度下降，2018年以来电堆每年保持20%-30%左右的价格降幅；
 - 3) 制氢加氢基础设施完善、制氢结构优化后带来氢气成本降低。

图17:制氢结构有望优化，降低氢气成本



资料来源：中国氢能源及燃料电池产业白皮书，民生证券研究院

降本路径一：国产化替代前景广阔

表20：国内外质子交换膜燃料电池系统技术指标对比

领域	技术指标	国内先进水平	国际一流水平
燃料电池电堆	额定功率等级	36kW (在用)	60-80kW*
	体积功率密度	1.8kW/L (在用)	3.1kW/L
		3.1kW/L (实验室)	
	耐久性	5000h	> 5000h
	低温性能	-20°C	-30°C
	应用情况	百台级别 (在用)	数千台级别
膜电极	电流密度1.5A/cm ²	电流密度2.5A/cm ²	
核心零部件	空压机	30kW级实车验证	100kW级实车验证
	储氢系统	30MPa储氢系统——Ⅲ型瓶组	70MPa储氢系统——Ⅳ型瓶组
	双极板	金属双极板-试制阶段；石墨双极板小规模使用缺少耐久性和工程化试验	金属双极板技术成熟、完成实车验证；石墨双极板完成实车验证
	氢循环装置	氢气循环泵-技术空白，30kW级引射器-可量产	100kW级燃料电池系统用氢气循环泵技术成熟
	催化剂	铂载量约0.4g/kW 小规模生产	铂载量约0.2g/kW 产品化生产阶段
关键原材料	质子交换膜	性能与国际相当	产品化生产阶段
	碳纸/碳布	中试阶段	产品化生产阶段
	密封	国内尚无公开资料和产品	产品化批量生产阶段

12

降本路径一：燃料电池系统是核心

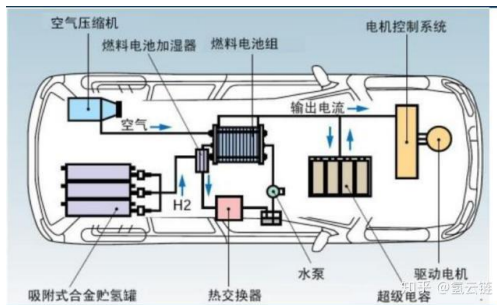
表21：国产厂商技术参数追赶全球领先企业

厂商	额定功率 (kW)	质量功率密度 (W/kg)	冷启动 (°C)	系统峰值效率	耐久性 (h)
Ballard	70/85/100	280/330/350	-30	57%	> 30000
Hydrogenics	60/93/198	220/258/275	-10	55%	> 10000
US Hybrid	40/80/120	270	-30/-40/-25	46.3~56.9%	> 10000
北京亿华通	31.3/65/75	230/250/302	-30	55%/57%/58%	\
新源动力	60	\	-30	≥43.5%	\
上海重塑	32/46/60/80/110	237/301/400/530/650	-15/-30	\	12000/15000/25000/30000
弗尔赛	30/45/60/120	267/375	-10/-20/-30	≥47%	10000
捷氢科技	40/66/92	\	-25/-30	51%/60%	10000
江苏清能	30/40/45/60	\	\	46~52%	\

资料来源：中国氢能产业发展报告2020，各公司官网，民生证券研究院

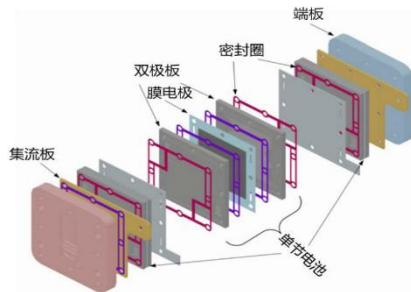
- 水吉能 (Hydrogenics)** 成立于1988年，位于加拿大密西沙加，制造工厂位于德国、比利时和美国。目前已经成为氢能供应、氢燃料电池和兆瓦级储能解决方案的企业。2019年6月，公司被康明斯以每股15美元收购，收购后康明斯将获得水吉能81%股份。
- 巴拉德 (Ballard)** 成立于1979年，1989年开始从事质子交换膜燃料电池业务，已投入超过10亿美元，并已生产超过850兆瓦的质子交换膜燃料电池产品。巴拉德与国内如国鸿氢能、潍柴动力、大洋机电等多家公司展开合作，通过技术转让和建立生产线切入国内燃料电池领域。其产品覆盖膜电极、电堆和燃料系统等。
- 上海重塑** 成立于2014年12月17日，注册资本为2.3亿元，主营业务包括燃料电池系统的研发、制造和相关工程服务，产品应用于轻、中、重型商用车领域。上海重塑在广东省云浮市建有商用车用燃料电池系统生产基地，其一期产能为5,000套/年，扩产后产能有望达到20000套/年。
- 武汉雄韬氢能** 由深圳雄韬投资成立。目前，深圳的首条电堆产线已落成，年产能5000套；武汉、大同、广州的首条燃料电池发动机产线均已落成，总年产能达25000套。

图18：FCV的结构原理



资料来源：氢云链公众号，民生证券研究院

图19：燃料电池中电池单元的结构



资料来源：亿华通，民生证券研究院

降本路径一：产业链上国产“玩家”众多

表22：燃料电池系统产业链上国产“玩家”众多，推动进口替代降本

类别	核心部件	制造厂商
系统及BOP辅件	燃料电池系统	亿华通、新源动力、上海捷氢、上海重塑、广东国鸿、雄韬氢雄、清能股份、武汉众宇、潍柴、爱德曼、洛源科技、未势能源、明天氢能、东方电气、吉林中博源等
	空压机	金士顿、势加透博、东德实业、思科涡旋、雪人股份、稳力科技、潍坊富源、伯肯节能、德燃动力
	DC-DC	动力源、福瑞电气、力行远方、聚通、华熵能源、重庆合硕、上海氢荣、纽特动力、常州易控
	氢气循环泵	东德实业、雪人股份、广顺新能源、兰天达、艾尔航空
	增湿器	深圳伊藤迪、平衡新能源
电堆及核心部件	电堆	神力科技、新源动力、上海捷氢、氢璞创能、国电投、上海氢展、爱德曼、新研氢能、清能股份、上海骥骅
	膜电极	武汉理工新能源、唐峰、上海亿氢、国电投、鸿基创能
	双极板	上海弘枫、喜丽碳素、上海至臻、上海弘骏、华熔科技、浙江纽能
	质子交换膜	东岳集团、武汉理工新能源、苏州科润
	催化剂	贵研铂业、昆山桑莱特、上海济平、中自环保、福达合金等
车载氢系统	气体扩散层	上海河森电气、江苏天鸟
	气瓶	科泰克、天海工业、中材科技、国富氢能、南通中集、河南豫氢
	瓶阀类	上海翰氢、南通神通、舜华新能源、长城、富瑞阀门
	管件类	飞托克、江苏星河、宁波星箭
	碳纤维	中复神鹰、江苏恒神、威海光威、中简科技

资料来源：亿华通，GGII，民生证券研究院

- 根据GGII数据，目前燃料电池系统产业链已初步完成自主化，其中燃料电池系统、电堆、空压机、车载氢系统等可实现大规模量产，带来了成本降低。关键零部件国产“玩家”迅速崛起，现阶段国产化替代预计对电堆降本的贡献超过50%。
- **膜电极**方面，国内头部“玩家”产品的整体性能较进口产品提升35%，成本下降30%，同比成本下降50%，将实现替代。
- **石墨双极板**方面，国内双极板以石墨为主，单组石墨双极板的成本已降至150元以内，预计未来国产双极板的轻薄化可节约材料成本60%，而提高石墨CNC切割利用率，可以再节约材料成本的45%。
- **离心式空压机**方面，50kW级的进口离心式空气轴承空压机价格在几十万元，目前国产化后价格已降至5万元以内。目前，我国的催化剂、扩散层用碳纸、质子交换膜等应用基础研究的样品测试已达到国际水平，有望在未来实现量产，进一步降低成本。

14

降本路径二：批量化生产

表23：公交车燃料电池电堆/系统随年产量提升可降低成本42%/38%

电堆年产量 (台/年)		200		1000		成本降低百分比
系统输出净电功率 (kW)		160				
	成本 (美元)	成本占比	成本 (美元)	成本占比		
双极板	1873	6.9%	1876	12.0%	0%	
膜电极总成	23719	87.9%	12962	82.7%	-45%	
质子交换膜	9563	35.4%	3980	25.4%	-58%	
催化层	6759	25.0%	5504	35.1%	-19%	
气体扩散层	6641	24.6%	2952	18.8%	-56%	
其他	756	2.8%	526	3.4%	-30%	
端板	168	0.6%	142	0.9%	-15%	
绝热板	482	1.8%	340	2.2%	-29%	
电堆绝缘壳体	275	1.0%	70	0.4%	-75%	
电堆组装	158	0.6%	130	0.8%	-18%	
电堆测试	290	1.1%	120	0.8%	-59%	
电堆成本	26995	100.0%	15669	100.0%	-42%	

- 根据美国能源局的研究，规模化生产将分摊制造费用、提升熟练度，在燃料电池的技术导入期带来成本大幅度下降，当年产量从200提升至1000台时，燃料电池电堆成本可下降42%，系统成本可下降38%；从2000台扩大至10000台可使系统整体成本减少接近50%。

系统年产量 (台/年)		200		1000		成本降低百分比
系统输出净电功率 (kW)		160				
	成本 (美元)	成本占比	成本 (美元)	成本占比		
电堆成本 (双电堆)	53989	76.9%	31338	72.1%	-42%	
辅助系统BOP	15784	22.5%	11856	27.3%	-25%	
系统组装测试	464	0.7%	262	0.6%	-44%	
系统成本	70237	100.0%	43456	100.0%	-38%	

资料来源：DOE，民生证券研究院

05. 相关标的



产业链梳理

制氢

- 宝丰能源600989.SH
- 美锦能源000723.SZ
- 中国石化600028.SH
- 滨化股份601678.SH
- 卫星化学002648.SZ
- 鸿达兴业002002.SZ
- 东华能源002221.SZ
- 九丰能源605090.SH
- 金能科技603113.SH
- 华昌化工002274.SZ
- 隆基股份601012.SH
- 阳光电源300274.SZ

储运氢

- 中国石化600028.SH
- 中国石油601857.SH
- 雄韬股份002733.SZ
- 鸿达兴业002002.SZ
- 美锦能源000723.SZ
- 雪人股份002639.SZ
- 深冷股份300540.SZ
- 厚普股份300741.SZ
- 东方电气600875.SH

燃料电池系统

- 亿华通688339.SH
- 潍柴动力000338.SZ
- 大洋电机002249.SZ
- 雄韬股份002733.SZ
- 雪人股份002639.SZ
- 美锦能源000723.SZ
- 腾龙股份603158.SH
- 东方电气600875.SH
- 亿纬锂能300014.SZ

燃料电池部件

- 美锦能源000723.SZ
- 亿华通688339.SH
- 雪人股份002639.SZ
- 贵研铂业600459.SH
- 威孚高科000581.SZ
- 冰轮环境000811.SZ
- 金博股份688598.SH
- 科威尔688551.SH

资料来源：Wind，各公司公告，民生证券研究院

01

潍柴动力：电堆龙头巴拉德的第一大股东

- 公司是国内重卡及动力总成。**公司主要产品包括全系列发动机、变速箱、车桥、液压产品、重型汽车、叉车、供应链解决方案、燃料电池系统及零部件、汽车电子及零部件等，其中，发动机产品远销全球110多个国家和地区，广泛应用和服务于全球卡车、客车、工程机械、农业装备、船舶、电力等市场。“潍柴动力发动机”“法士特变速器”“汉德车桥”“陕汽重卡”“林德液压”等深得客户信赖，形成了品牌集群效应。
- 氢燃料电池将成为公司未来核心战略业务。**2016年公司战略投资苏州弗尔赛能源科技，此后公司与博世、Ceres Power等展开氢能源相关合作。2018年公司投资公告出资 1.63亿美元认购Ballard19.9%的股份，成为其第一大股东，与此同时公司启动林德液压产业园项目主要发展方向包括氢燃料电池和固态氧化物燃料电池等。与瑞士飞速集团战略合作，进一步纵向延伸燃料电池产业链布局，提高燃料电池动力总成的核心竞争力，弥补我国氢燃料电池核心部件短板。氢燃料电池加速产业化、规模化。建成集研发、测试、检验、试制等功能于一体的国际一流水平的燃料电池产业园，形成了完整产业链检验检测能力；在全国开通燃料电池公交专线29条，运行里程超过800万公里。

图20：公司营收

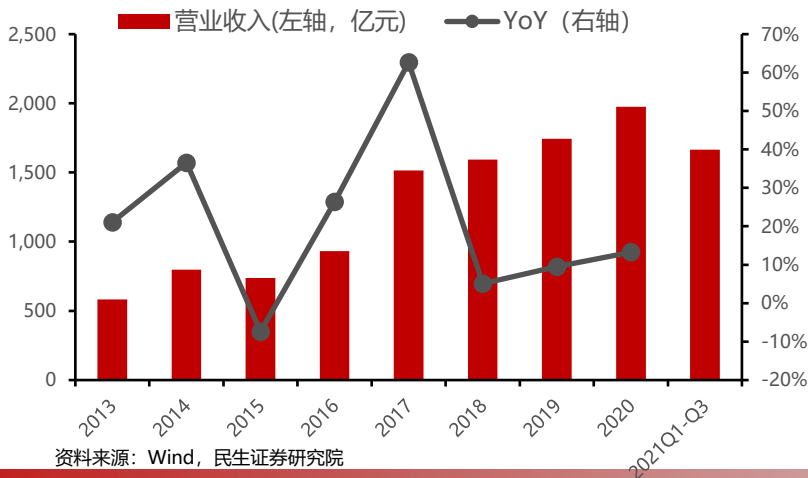
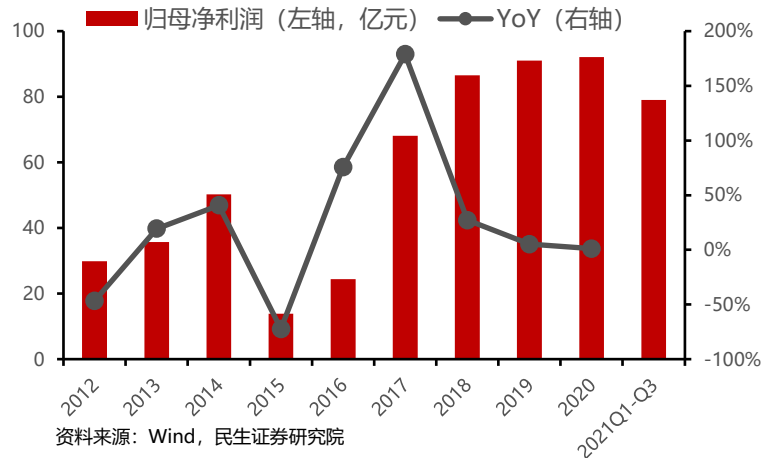


图21：公司归母净利润



雄韬股份：布局氢能全产业链并积极推进产业化

- 电源为公司主营业务。**产品包括阀控式密封铅酸蓄电池、锂离子电池、燃料电池三大品类。公司下游包括通讯、电动交通工具、储能、电力、UPS、IDC数据中心等行业领域的客户，提供完善的电源产品应用与技术服务。
- 氢燃料电池广布局。**在氢能产业链上已完成制氢、膜电极、燃料电池电堆、燃料电池发动机系统、整车运营等关键环节的卡位布局，旨在打造氢能产业平台，整合和拓展氢能产业链的相关资源。公司投资武汉雄韬氢雄发动机，目前该车间已具备量产条件，产能达10000套/年，并在12月与宁波鲍斯能源、上海华瀚能源签订了《战略合作三方协议》，将在全国范围内就氢燃料电池汽车关键零部件的生产、研发及供应链等多方面展开深度股权合作和产业合作。
- 公司积极推进氢燃料电池产业化应用。**2017年11月，公司与武汉经济开发签订作协议，计划投资50亿元建设雄韬氢燃料电池产业园，3-5年之内建成年产能不少于10万套的氢燃料发动机系统生产基地，并在湖北省范围内推广不少于5000辆氢燃料整车。2019年，与国家电力投资集团达成50亿元氢能源项目战略合作框架协议，主要包括40MW分散式风电项目、规划建设加氢站和公交和物流运输示范项目，欲打造制氢-储氢-运氢-用氢一体化氢能源产业链；2019年11月，公司与相关合作方签订合作框架协议，助力大同氢都建设。

图22：公司营收

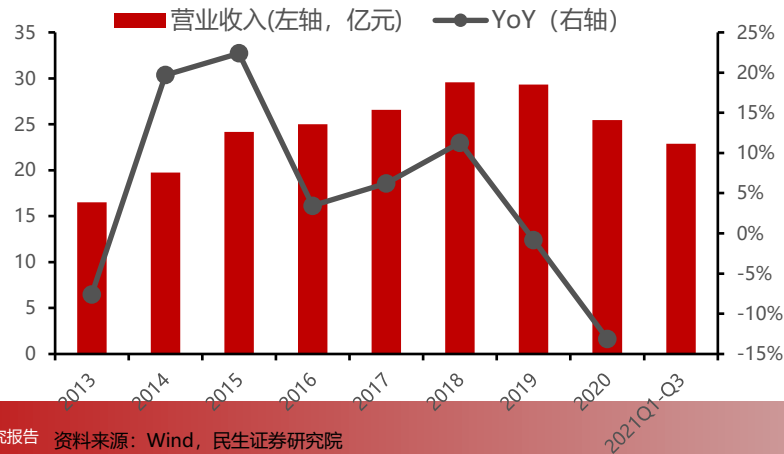
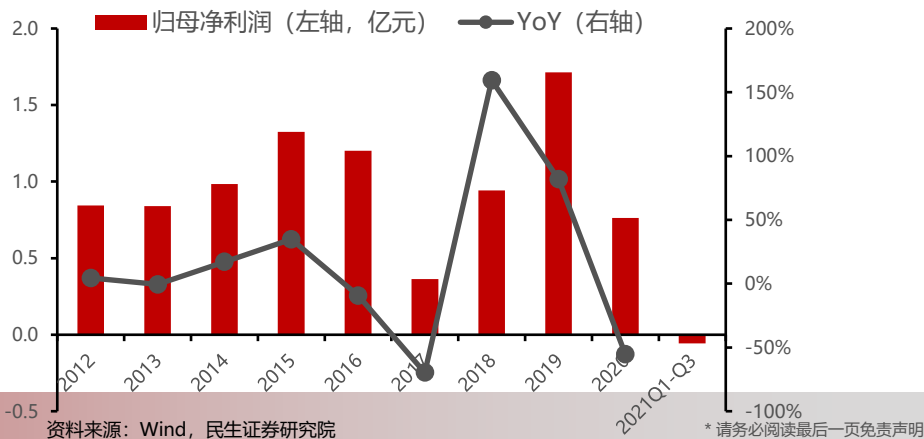
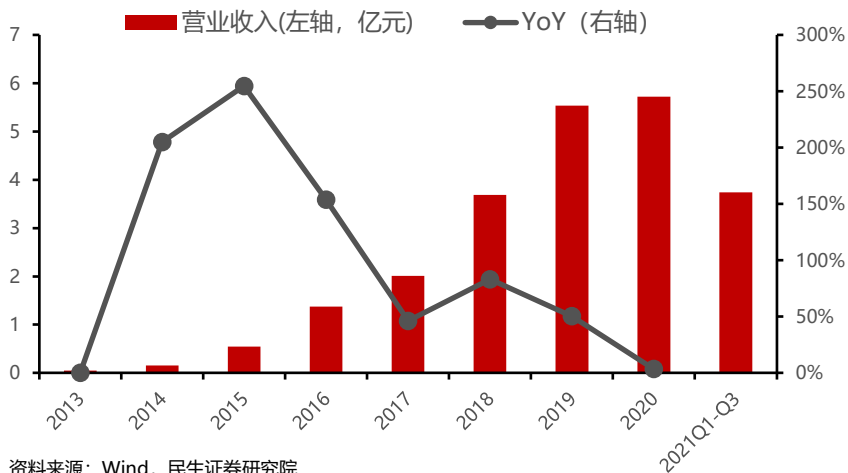


图23：公司归母净利润

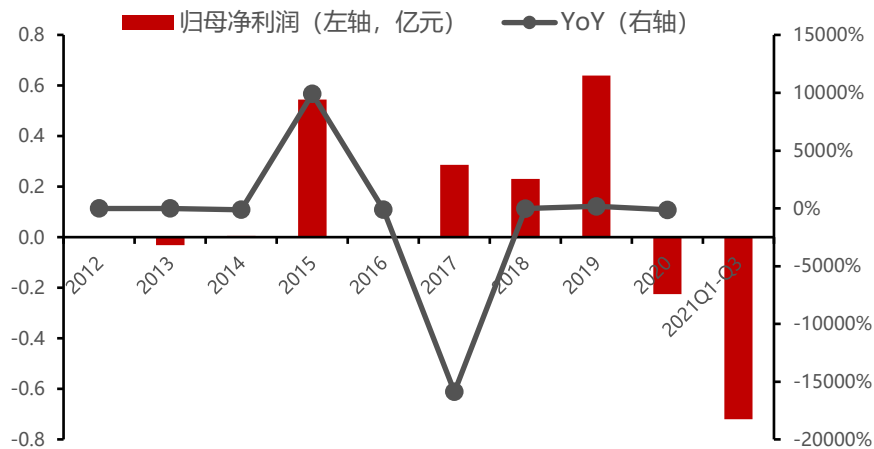


亿华通：燃料电池系统龙头公司

- **公司为氢燃料电池龙头，行业发展叠加新政带来的产业集中度提升，公司将首先受益：**公司在2019-2020年第8期工信部目录上的产品装配率第一、市占率在20%左右，国内领先。
- **公司自主研发、推动国产化降本，保持核心竞争力、受益于新政对关键零部件的补贴：**公司实现了燃料电池系统核心部件电堆和膜电极在子公司神力科技和亿氢科技的工业化生产，并实现了其他零部件的国产化。
- **公司在下游客户资源和地域资源上有优势，受益于示范城市群推进，订单可期：**公司绑定下游客户宇通客车、北汽福田、申龙客车、水木通达等，同时是现阶段进入城市数量最多、配套厂家数最多的系统厂商。

图24：公司营收


资料来源：Wind，民生证券研究院

图25：公司归母净利润


资料来源：Wind，民生证券研究院

04 金博股份：碳基复合材料龙头企业，第二成长曲线持续加速度

- **产能扩张夯实龙头优势，定增确立未来方向。**大尺寸硅片扩产潮下，行业需求旺盛供应偏紧，公司持续加速产能扩张，预计到2022初将形成年化产能近1800吨。公司形成对大客户的深度配套，先后与隆基股份、晶科能源、上机数控、青海高景、包头美科硅签订16/4/5/10/4亿元的碳碳热场材料供应框架协议，涉及产品约3900吨，将持续有效保障下游的需求。同时，公司定增高纯热场规划超1500吨，涉及N型硅片热场，半导体热场等多个方向，持续夯实竞争力。
- **公司产品优势凸显，第二成长曲线持续加速度。**硅片向高纯度、大尺寸发展趋势明确，碳基复合材料强度更高、耐热性更好、更易设计成型，已在光伏晶硅热场系统实现有效替代。从成本上来看，大硅片时代下两种工艺的成本差异被大幅度缩小。除光伏外，公司在碳基复合材料半导体、汽车制动，氢能领域皆有布局，第二成长曲线持续加速度。在此基础上，定增项目金博研究院的建设将帮助公司加速实现碳基材料平台公司愿景。其中氢能方面，公司设立湖南金博氢能科技，主要从事包括氢气的尾气利用、储氢瓶和碳纸等相关方面产品布局。
- 考虑到公司今年产能扩张超预期，第二成长曲线进展超预期，且规划定增项目持续夯实竞争力，我们预计公司2021-2023年营收分别为13.67、20.78和30.01亿元，增速分别为221%、52%、45%；归母净利分别为4.7、7.0和10.0亿元（此前为4.12、6.3、7.59亿元），增速分别为179%、49%、42%。公司业绩持续高增，参考ZX光伏设备板块77倍PE水平（TTM，Wind一致盈利预期）维持“推荐”评级。
- 风险提示：下游需求不及预期，产能扩张不及预期等。

图26：公司营收

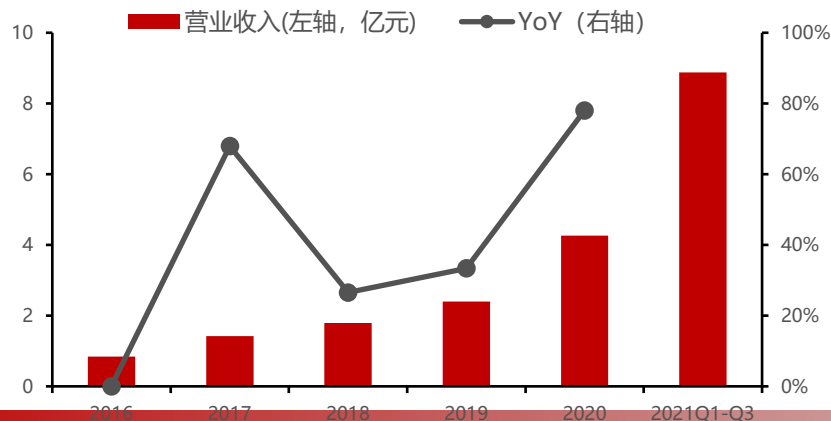
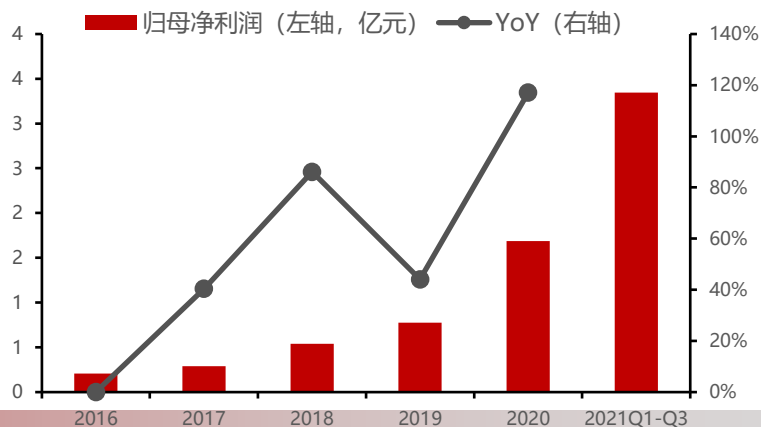


图27：公司归母净利润



东方电气：业绩持续增长，低碳转型初见成效

- 坚持多电并举，公司业绩持续向好。**公司拥有完整的发电装备制造体系，可批量研制 100 万千瓦等级水轮发电机组、135 万千瓦等级超临界火电机组、175 万千瓦等级核电机组、重型燃气轮机设备、直驱和双馈全系列风力发电机组、高效太阳能电站设备。公司构建了具有自主知识产权的燃料电池产品体系，形成了氢获取、氢储存、氢加注、氢使用全环节整体解决方案。今年前三季度公司营收达334.19亿元，同比增长23.44%；归母净利润达18.66亿元，同比增长39.02%。
- 紧跟国家政策，加速落实产业转型。**“双碳”目标提出后，公司通过多地、多企、多轮调研，系统地梳理了产业发展的方向，明确了企业未来的战略定位。成都市郫都区东方氢能产业园、白城市通榆县新能源装备制造基地正式开工建设，产业发展布局加速落实落地。今年上半年，各业务营收的占比趋于低碳化，转型初见成效，期中清洁高效发电设备占比 27.22%，可再生能源装备占比 34.62%，现代制造服务业占比 10.40%，工程与贸易占比 11.33%，新兴成长产业占比16.43%。
- 氢能全产业链布局，多项技术取得突破。**目前公司自主研制40-110千瓦等级燃料电池系统、核心电堆和高性能膜电极，突破燃料电池关键核心技术；自主知识产权氢燃料电池动力城市客车在四川省示范运行，系统关键指标和示范运营效果实现国内领先；自主研发撬装式加氢系统、加氢站高压储氢容器、国内首套100千瓦等级燃料电池热电联供系统和配套微型甲醇裂解装置，以燃料电池为核心实现了氢能全产业链关键装备技术的突破。

图28：公司营收

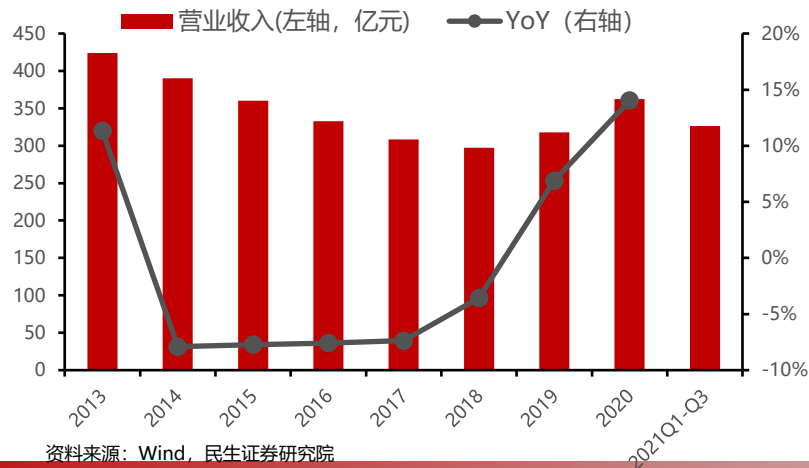
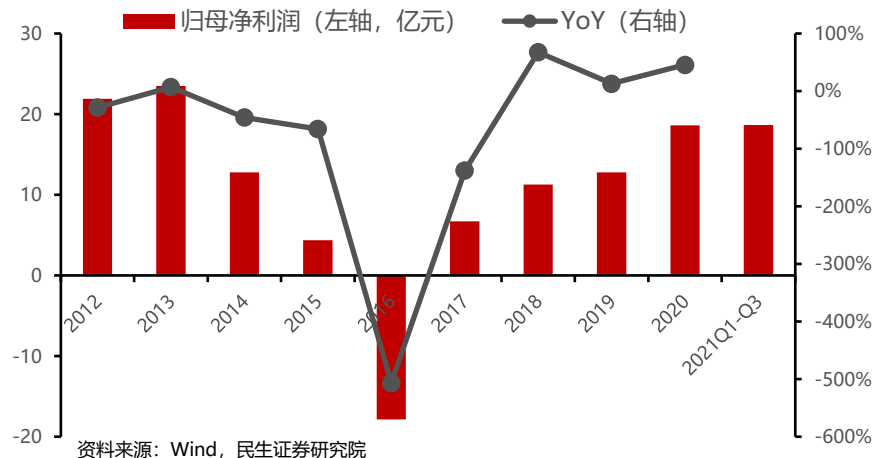


图29：公司归母净利润



阳光电源：全面布局可再生能源制氢

- 逆变器龙头地位稳固，持续优化渠道与产品布局。**公司是光伏逆变器龙头，截至2021年6月逆变器累计发货182GW。公司持续优化渠道与产品布局，发力海外新兴市场与户用市场，在印度、澳洲、韩国、中东、北非、南部非洲区市占率稳居第一，2021H1中国户用逆变器发货台数同比增加6倍以上。产品覆盖上，进一步丰富分布式中小功率逆变器型谱，率先发布300kW+大功率组串逆变器，以及光储“1+X”模块化逆变器，实现对传统集中式逆变器重大革新。
- 储能业务增长亮眼。**2021年上半年储能业务收入9.2亿元，同比267.38%，营收占比提升至11.2%（2020年为6.06%）。公司储能系统广泛应用在美、英、德等成熟电力市场：发电侧市场，公司凭借逆变器和电站开发业务的技术积累和协同效应，1500V全场景储能系统解决方案降本增效显著；用户侧市场，公司积极发力家庭和工商业储能系统。公司持续发挥风光储协同创新优势，实现全方位布局，储能业务有望成为公司全新增长极。全面布局可再生新能源制氢。
- 积极介入光伏制氢领域。**早在2019年7月，阳光电源就在山西晋中榆社县签订了一个300MW光伏和50MW制氢综合示范项目，拉开了公司光伏制氢的序幕。光伏制氢指利用太阳能生产氢气的系统，有光分解制氢，太阳能发电和电解水组合制氢系统。2021年3月，阳光电源发布“SEP 50” PEM电解槽，推进了制氢的进程。阳光电源进入光伏逆变器行业较早，占据了一定市场份额，但是近几年光伏产业国内市场竞争激烈，阳光电源有望通过光伏制氢这一新风口，持续巩固在清洁能源中的领先地位。

图30：公司营收（亿元）

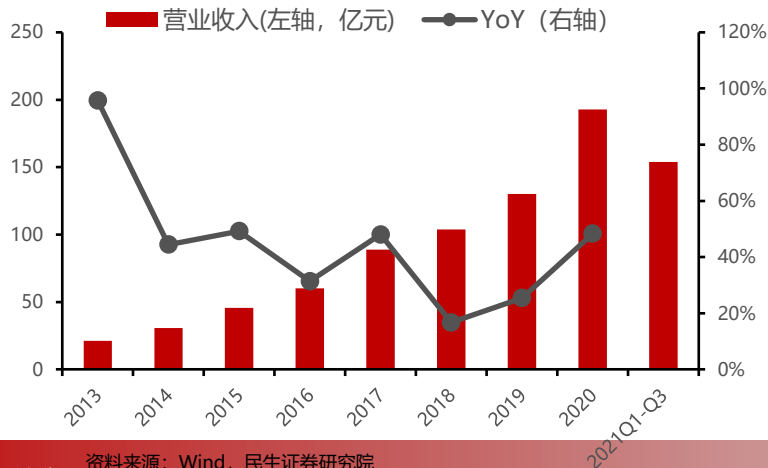


图31：公司归母净利润（亿元）



隆基股份：正式入局氢能产业，产能逐渐释放

- 持续推进全球化，稳固行业龙头地位。**公司始终贯彻以客户为导向的经营理念，将客户的需求放在首位，及时洞察客户需求并做出反应，持续提高全球化营销体系运营能力。公司加大研发，通过技术进步为客户创造价值，根据客户的需求和不同的应用场景提供相应的产品和解决方案。今年上半年公司组件出货量仍处于行业领先地位，其中单晶硅片出货量38.36GW，其中对外销售18.76GW，同比增长36.48%，自用19.60GW；实现单晶组件出货量17.01GW，其中对外销售16.60GW，同比增长152.40%，自用0.41GW，组件收入占比由2020年上半年的57%提升至2021年上半年的67%。
- 正式入局氢能产业，产能逐渐释放。**今年三月，隆基股份子公司隆基绿能创投与上海朱雀赢私募投资基金合资设立隆基氢能科技，致力于氢能研发。公司成立后，先后与同济大学、中石化、无锡高新区和西安高新区等机构与单位达成战略合作，2021年10月，隆基氢能科技首台碱性水电解槽下线仪式在江苏无锡举行。该电解槽采用高电流密度设计，单台电解槽的氢气制备能力达1000Nm³/h及以上水平，公司预计到2021年末，公司将电解水制氢装备产能将达到500MW，并且在未来五年还有5-10GW的规划产能。

图32：公司营收

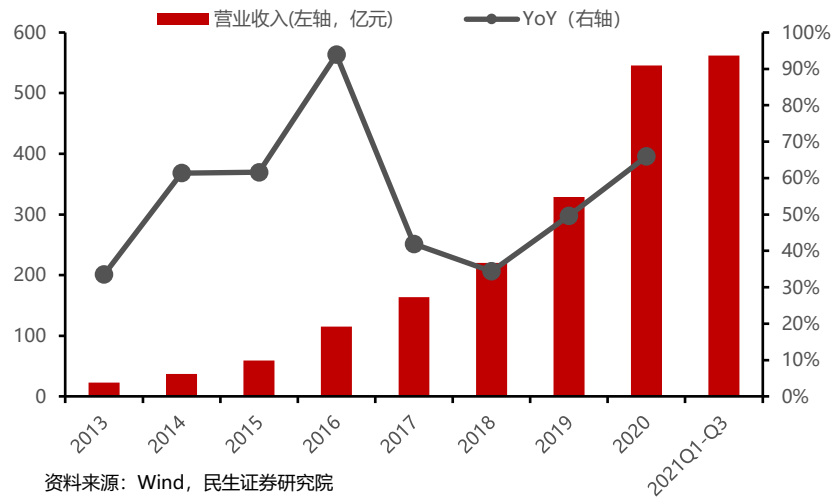
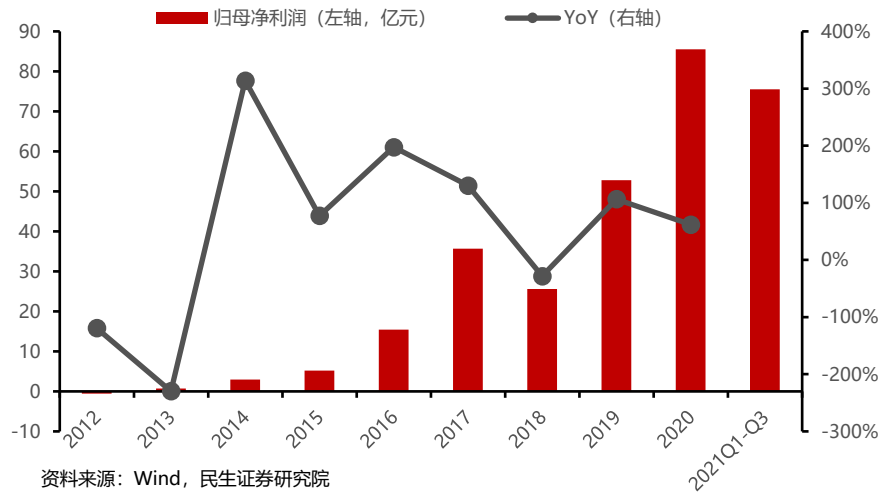


图33：公司归母净利润



06. 风险提示



风险提示

- **燃料电池技术进步不及预期：**燃料电池行业技术仍在迭代，需成本下降效率提升方才能商业化应用，若技术进步不及预期，则行业商业化将趋缓
- **配套基础设施建设滞后：**氢能产业链需要制氢、储氢、运氢和终端应用上下游共同发力，若部分基础设施建设滞后，则行业发展进度不及预期。
- **氢能产业扶持政策波动：**当前氢能产业处于前期培育环节，政策引导关键，若产业政策波动，则可能存在行业增速不及预期。

THANKS 致谢

电新研究团队：

分析师 邓永康

执业证号：S0100521100006

电话：13852292811

邮件：dengyongkang@mszq.com

研究助理 郭彦辰

执业证号：S0100121110013

电话：19821223996

邮件：guoyanchen@mszq.com

研究助理 李京波

执业证号：S0100121020004

电话：13127673698

邮件：lijingbo@mszq.com

研究助理 李佳

执业证号：S0100121110050

电话：15797736048

邮件：lijia@mszq.com

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路8号财富金融广场1幢5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街28号民生金融中心A座19层； 100005

深圳：广东省深圳市深南东路5016号京基一百大厦A座6701-01单元； 518001

分析师声明:

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师, 基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论, 独立、客观地出具本报告, 并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰地反映了研究人员的研究观点, 结论不受任何第三方的授意、影响, 研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

评级说明:

投资建议评级标准	评级	说明	
以报告发布日后的12个月内公司股价(或行业指数)相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中:A股以沪深300指数为基准;新三板以三板成指或三板做市指数为基准;港股以恒生指数为基准;美股以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	公司评级	推荐	相对基准指数涨幅15%以上
		谨慎推荐	相对基准指数涨幅5%~15%之间
		中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
		回避	相对基准指数跌幅5%以上
	行业评级	推荐	相对基准指数涨幅5%以上
		中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
		回避	相对基准指数跌幅5%以上

免责声明:

民生证券股份有限公司(以下简称“本公司”)具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用, 并不构成对客户的投资建议, 不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要, 客户应当充分考虑自身特定状况, 不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下, 本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写, 但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断, 且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期, 本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告, 但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下, 本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易, 也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务, 本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突, 勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告, 则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权归本公司所有, 未经书面许可, 任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记, 除非另有说明, 均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。