

## 政策落地+成本下降超预期，燃料电池黎明已至

### ——2021 年燃料电池策略报告

#### ● 奖补政策出台，行业规模明年将要提升数倍

根据燃料电池汽车城市群示范目标和积分评价体系，示范城市补贴上限分最多可以拿到 1.7 万分，1 分奖励 10 万元，对应奖励总额 17 亿元。参考电动车曾经的十城千辆，假设最终示范城市有 10 个，则国家总奖励可达到 170 亿（4 年），平均每年奖励 42.5 亿元，而 2019 年燃料电池汽车产辆 2833 辆，对应国补总金额 11.3 亿元，燃料电池产业实际补贴总额将迎来大幅提升，相应产业规模也将迎来数倍提升。

#### ● 国产化率提升至 70%，部分环节具备国际竞争力

中国燃料电池产业链国产化进入快速通道，2017 年燃料电池系统国产化程度 30%，仅掌握系统集成、双极板、和 DCDC，其他零部件均依赖进口，2020 年燃料电池系统国产化程度 60% 左右，电堆、膜电极、空压机和增湿器均自主可控；氢循环泵、气体扩散层、催化剂和质子交换膜环节均处于加速研发中，国产化率有望继续提升。

中国燃料电池系统在功率密度、冷启动温度方面不逊色于国外一流企业，亿华通 YHTG60SS 和重塑科技镜星 11 系统功率密度和寿命表现均不弱于国外同行，并且重塑科技系统已经出口至日本三菱，彰显国际竞争力。

#### ● 成本下降超预期

得益于燃料电池产业链国产化，燃料电池成本与售价迅速下降，2020 年 10 月，电堆龙头国鸿氢能发布会提到，公司鸿芯 G1 电堆给到战略合作伙伴的售价为 1999 元/kW，价格降幅大超预期。根据测算，2018 年行业燃料电池系统和电堆平均成本分别为 11214 元/kW、3920 元/kW；预计 2021 年系统和电堆平均成本分别为 3827 元/kW、1700 元/kW，期间成本降幅 60% 左右。

#### 投资建议

燃料电池前中期应用于商用车，远期应用场景涵盖交通、储能和发电等领域，远期市场规模达到万亿级别，当下国产燃料电池降本超预期，国家奖补政策也出台大力支持行业发展，燃料电池板块将迎来政策与业绩双驱动。推荐标的：1) 亿华通，最纯正燃料电池标的，业务涵盖电堆和系统；2) 美锦能源，主业焦炭景气，投资电堆龙头国鸿氢能、参股膜电极龙头鸿基创能；3) 龙蟠科技，车用尿素保持高增长，投资安徽燃料电池企业明天氢能。

#### 风险提示：

获批示范城市数量不达预期风险，氢气与燃料电池降本不达预期风险。

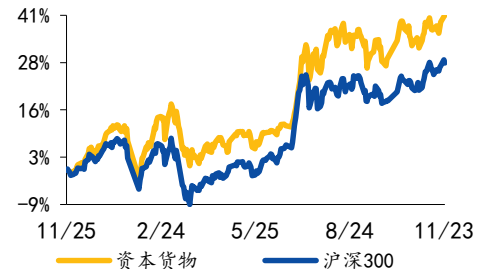
#### 附表：重点公司盈利预测

公司代码	公司名称	投资评级	昨收盘 (元)	总市值 (百万元)	EPS			PE		
					2019A	2020E	2021E	2019A	2020E	2021E
688339	亿华通-U	买入	232.16	16367.28	1.21	1.10	3.66	185.73	211.50	63.36
000723	美锦能源	买入	7.34	29933.20	0.23	0.22	0.43	31.91	32.91	17.05
603906	龙蟠科技	买入	29.74	9999.32	0.42	0.70	1.05	70.81	42.43	28.34

资料来源：Wind，国元证券研究所

## 推荐|维持

#### 过去一年市场行情



资料来源：Wind

#### 相关研究报告

《国元证券行业研究-电力设备与新能源行业点评报告：支持政策明确，燃料电池重卡时代将要来临》2020.09.21

#### 报告作者

分析师 彭聪

执业证书编号 S0020520040002

电话 02151097188

邮箱 pengcong@gyzq.com.cn

联系人 黄浦

电话 02151097188

邮箱 huangpu@gyzq.com.cn

## 目 录

1. 综述：奖补政策推动产业规模化，行业降本拓宽未来空间 .....	4
1.1 黎明已至，当下燃料电池正如 2012-2013 锂电池 .....	4
1.2 国家政策支持力度加大，行业规模预计提升数倍 .....	5
1.3 燃料电池成本下降超预期，长期行业规模将达万亿 .....	6
2. 整车：重卡时代将要来临 .....	8
2.1 产销仍处于小规模，车型功率持续提升 .....	8
2.2 商业化运营规模持续扩大 .....	9
2.3 重卡车型将成为主流 .....	10
3. 中游燃料电池：国产化率达到 70%，技术与成本优势企业有望提升市占率 .....	13
3.1 系统集成显现国际化竞争力，行业格局将在未来三年奠定 .....	13
3.2 电堆实现国产替代，强者恒强 .....	15
3.3 膜电极国产化开启，2020 年开始批量供货 .....	17
3.4 质子交换膜主要依赖进口，国产产品性能与寿命仍有提升空间 .....	18
3.5 催化剂仍需进口，国内企业正在起步 .....	19
3.6 国内气体扩散层还处于小规模生产 .....	20
3.7 石墨双极板实现国产化，金属板小批量供货 .....	21
3.8 空压机：中低端空压机国产替代，价格大幅下滑 .....	22
3.9 氢气循环设备：氢循环泵是当前主流，引射器并行发展 .....	23
3.10 燃料电池 DCDC .....	25
4. 氢气：降本路径明确 .....	27
4.1 氢气制取：区域禀赋决定制氢方式 .....	27
4.2 储运：短期气氢拖车运输，中长期液氢远距离运输 .....	27
5. 加氢站：成本快速下降，建设速度加快 .....	29
5.1 加氢站构成 .....	29
5.2 压缩机、储氢瓶、加氢机为加氢站三大核心设备 .....	30
5.3 加氢站成本快速下降 .....	33
5.4 国内加氢站建设提速 .....	34
6. 各行业巨头纷纷布局氢能 .....	36
7. 投资建议 .....	38
8. 风险提示 .....	38

## 图表目录

图 1：国家对燃料电池政策支持力度逐渐加大 .....	5
图 2：2017 年燃料电池产业链国产化 30% .....	7
图 3：2020 年燃料电池产业链国产化 60% .....	7
图 4：燃料电池电堆和系统成本预测 .....	7
图 5：2014-2021E 燃料电池汽车产量（辆） .....	8
图 6：2017-2021E 燃料电池汽车功率 .....	8

图 7: 2019 年产量 (台) .....	9
图 8: 2019 年产量 (kW) .....	9
图 9: 2019 年装机量 (台) .....	14
图 10: 2019 装机容量 (kW) .....	14
图 11: 全氟磺酸质子交换膜 .....	18
图 12: 燃料电池催化剂 .....	19
图 13: 燃料电池双极板 .....	21
图 14: DCDC 在燃料电池系统提供高压升压作用 .....	25
图 15: 各路制氢成本 (元/kg) .....	27
图 16: 移动撬装式加氢站 .....	29
图 17: 固定式加氢站 .....	29
图 18: 站内制氢加氢站 .....	30
图 19: 外供氢加氢站 .....	30
图 20: 隔膜压缩机 .....	31
图 21: 上海世博会氢气加注系统 .....	32
图 22: 500kg/d 加氢站不含土地成本 (万元) .....	34
图 23: 加氢站成本构成 .....	34
图 24: 各行业巨头纷纷入场氢能 .....	37
表 1: 当下燃料电池正如 2012-2013 年的锂电池 .....	4
表 2: 近 20 省市申报燃料电池汽车示范城市群 .....	6
表 3: 在运营燃料电池汽车车辆 .....	9
表 4: 国内燃料电池重卡车型梳理 .....	11
表 5: 燃料电池汽车城市群示范目标和积分评价体系 .....	11
表 6: 各燃料电池车型奖励金额 (万元) .....	12
表 7: 主要商用车燃料电池系统产品参数 .....	13
表 8: 各电堆企业产能&价格 .....	15
表 9: 膜电极生产工艺发展一览 .....	17
表 10: 国内外主要质子交换膜生产厂家及产品 .....	19
表 11: 不同扩散层材料的性能指标 .....	20
表 12: 国外主要气体扩散成材料生产厂家及产品 .....	20
表 13: 空压机技术路线 .....	22
表 14: 空压机主要企业 .....	23
表 15: 主要燃料电池氢循环泵企业 .....	24
表 16: 国内外主要 DC/DC 企业 .....	26
表 17: 氢气运输成本 (元/kg) .....	28
表 18: 国内加氢站补贴政策一览 .....	35
表 19: 部分在运营加氢站列表 .....	36

## 1. 综述：奖补政策推动产业规模化，行业降本拓宽未来空间

### 1.1 黎明已至, 当下燃料电池正如 2012-2013 锂电池

燃料电池产业与锂电产业发展路径十分类似，前期技术突破瓶颈后，依靠政府政策推动实现规模放大与成本下降，后续产业通过内生驱动成本下降，扩大规模。不同的是，锂电池经历过消费电子产业化，成本已有较大幅度下降，而燃料电池发展时间较短，仍处于早期。燃料电池具备高功率密度、长续航，适用于重载车；与锂电池乘用车互为补充。

中国燃料电池产业目前与 2012-2013 年锂电池极为相似。政策自上而下支持，技术达到产业化条件，产业开启有条件的商业化运营，产业链国产化迅速，企业加快布局速度，资本市场投融资热度持续上升。我们判断，中国燃料电池产业处于产业上行初期，伴随成本下降，3-5 年内将进入高速成长期。

表 1：当下燃料电池正如 2012-2013 年的锂电池

锂电池汽车行业		燃料电池汽车行业	
	新能源汽车小规模示范运行		燃料电池车示范运行
2003-08 年	累计运营车辆超过 500 辆 运行里程超过 1500 万公里	2008-2015	累计运营车辆超过 200 辆 运行里程超过 10 万公里
2008 年奥运	投入 575 辆纯电动及插电混动汽车，累计 370 多万公里	2010 年世博	运行近 200 辆具有自主知识产权的燃料电池车
2009 年	国务院“十城千辆”计划 纯电动客车产量达到 78 辆，纯电动专用车产量达到 60 辆，纯电动乘用车产量达到 37 辆	2015-2016 年	明确加氢站补贴 400 万/站；提高燃料电池车补贴 燃料电池客车产量达到 37 辆
2010 年	私人购车补贴实施 全年电动汽车产量 1963 辆	2017 年	燃料电池补贴不退坡 全年产量达到千辆规模，加氢站达到 14 座
2011 年	四部委发布《关于进一步做好节能与新能源汽车示范推广试点工作的通知》 纯电动汽车产量 5655 辆	2018 年	超过 20 省市提出发展燃料电池 燃料电池汽车产量接近 2000 辆
2012 年	国务院下达关于印发《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020 年）》的通知 2012 年我国新能源汽车生产 12552 辆，其中纯电动汽车 11241 辆，插电式混合动力 1311 辆	2019 年	推动加氢设施写入政府工作报告，国家能源委员会定调氢能，发放首批国补 燃料电池汽车产量 2833 辆（政策真空导致 2019 年产销不达预期）
2013 年	2013 年 7 月 12 日国务院常务会议提到“政府公务用车、公交车要率先推广使用新能源汽车” 2013 年 11 月 26 日，四部委确认 28 个城市或区域为第一批新能源汽车推广应用城市。 纯电动汽车销量为 14604 辆	2020 年	亿华通上市 9 月 23 日，燃料电池汽车补贴调整为“以奖代补”，重点支持城市群开展示范应用，重点推动燃料电池汽车在中重型商用车领域的产业化应用 因政策出台较晚销量低，2021 年预期万辆级规模

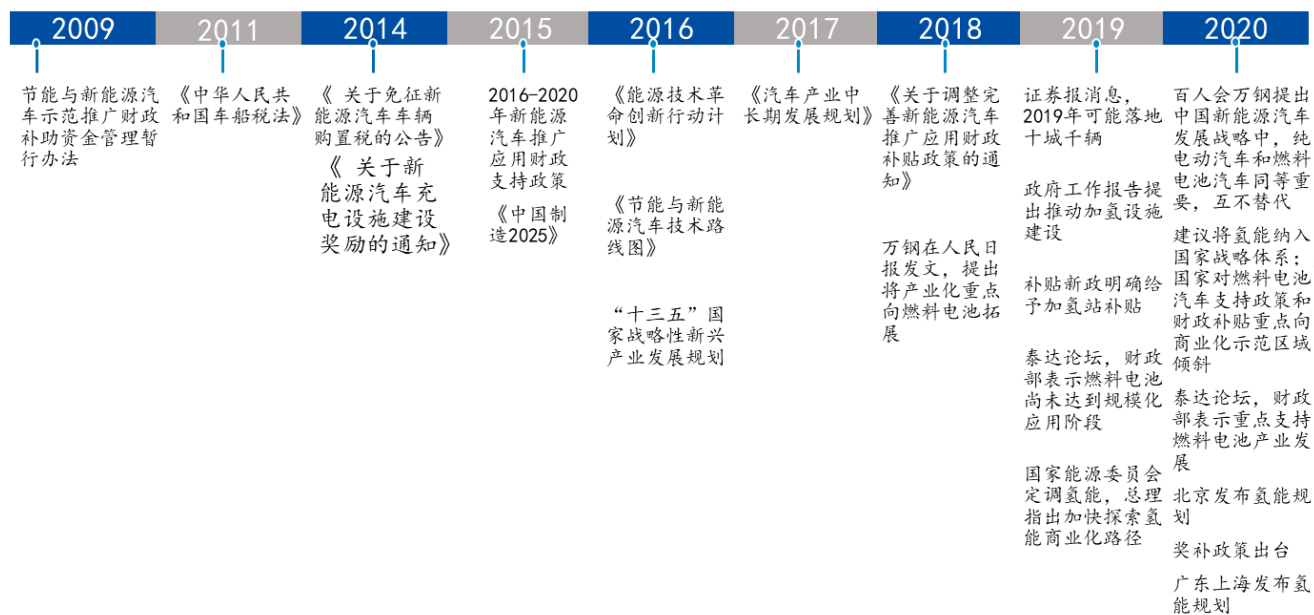
资料来源：政府官网，工信部等，国元证券研究所

## 1.2 国家政策支持力度加大，行业规模预计提升数倍

中国对于燃料电池发展支持处于循序渐进状态，我国从 2001 年就确立了“863 计划电动汽车重大专项”项目，确定三纵三横战略，以纯电动、混合动力和燃料电池汽车为三纵，以多能源动力总成控制、驱动电机和动力蓄电池为三横。近期随着燃料电池产业发展逐渐成熟，中国在燃料电池领域的规划纲要和战略定调已经出现苗头，支持力度逐渐加大。

9 月 21 日，财政部、工信部、科技部和能源局等联合下发《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知（财建〔2020〕394 号）》，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。根据燃料电池汽车城市群示范目标和积分评价体系，示范城市补贴上限分最多可以拿到 1.7 万分，1 分奖励 10 万元，对应奖励总额 17 亿元。参考电动车曾经的十城千辆，假设最终示范城市有 10 个，则国家总奖励可达到 170 亿（4 年），平均每年奖励 42.5 亿元，而 2019 年燃料电池汽车产辆 2833 辆，对应国补总金额 11.3 亿元，燃料电池产业实际补贴总额将迎来大幅提升，相应产业规模也将迎来数倍提升。

图 1：国家对燃料电池政策支持力度逐渐加大



资料来源：发改委 工信部 财政部 人民日报 证券报等，国元证券研究所

全国以富氢优势、弃电较多或者产业领先为代表的地区重视燃料电池发展，多地市兴建氢能产业园区，氢能小镇和产业集群等，推动燃料电池公交、物流车示范运营，目前已有 18 城市群申报氢能示范城市。

北京、上海和广东等多地先后发布最新氢能产业规划《北京市氢燃料电池汽车产业发展规划(2020-2025 年)》提出 2025 年前，培育 5-10 家具有国际影响力的氢燃料电池汽车产业链龙头企业，力争实现氢燃料电池汽车累计推广量突破 1 万辆，氢燃料电



池汽车全产业链累计产值突破 240 亿元；《上海市燃料电池汽车产业创新发展实施计划》提出到 2023 年，上海燃料电池汽车产业发展实现“百站、千亿、万辆”总体目标，规划加氢站接近 100 座并建成运行超过 30 座，形成产出规模约 1000 亿元，推广燃料电池汽车接近 10000 辆。《广东省加快氢燃料电池汽车产业发展实施方案》提出开展氢燃料电池汽车规模化推广应用，加快推进加氢站规划建设和多渠道增加氢源供应。

**表 2：近 20 省市申报燃料电池汽车示范城市群**

	城市群	牵头城市	参与城市
1	上海	上海	上海、大连
2	广东	佛山	广州、深圳、珠海、云浮、中山、阳江、东莞
3	山东	济南	青岛、潍坊、淄博、济宁
4	四川、重庆	成都	重庆、阿坝、资阳、内江、乐山、攀枝花、凉山、雅安、绵阳、眉山、自贡和德阳
5	湖北	武汉	黄冈、襄阳、十堰、随州
6	浙江	嘉兴	宁波、杭州、净化、绍兴、衢州
7	江苏	苏州	南京、无锡、南通、盐城、扬州、陕西渭南、宁夏宁东
8	安徽	合肥	芜湖、六安、淮北、铜陵、滁州、马鞍山、阜阳
9	河南	郑州	新乡、安阳、开封、焦作、洛阳
10	内蒙古	鄂尔多斯	上海嘉定、呼和浩特、包头、乌海
11	山西	大同	太原、长治、晋中、阳泉、运城
12	吉林	白城	长春、松原
13	辽宁、黑龙江	大连	沈阳、鞍山、营口、七台河
14	北京、天津、河北	北京大兴	天津、保定、唐山
15	陕西	待定	榆林
16	云南	待定	昆明
17	湖南	待定	岳阳、株洲
18	河北	张家口	张家口

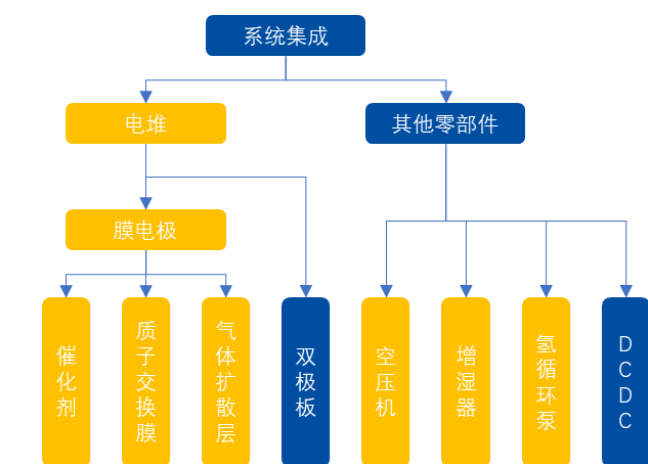
资料来源：氢云链，各政府网站，国元证券研究所

### 1.3 燃料电池成本下降超预期，长期行业规模将达万亿

中国燃料电池产业链国产化进入快速通道，2017 年燃料电池系统国产化程度 30%，仅掌握系统集成、双极板、和 DCDC，其他零部件均依赖进口，2020 年燃料电池系统国产化程度 60%左右，电堆、膜电极、空压机和增湿器均自主可控；氢循环泵、气体扩散层、催化剂和质子交换膜环节均处于加速研发中，国产化率有望继续提升。

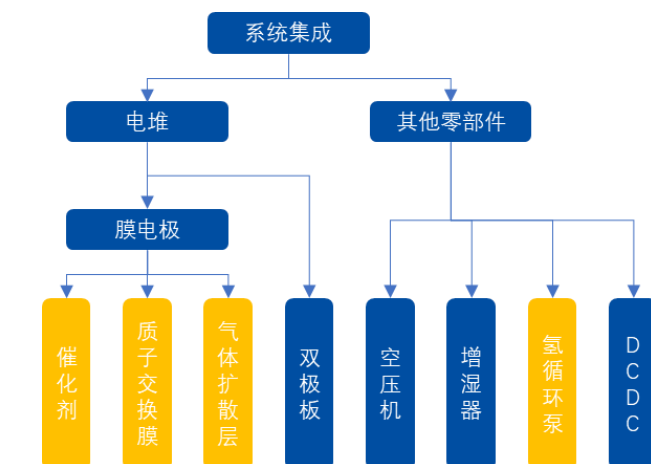
得益于燃料电池产业链国产化，燃料电池成本与售价迅速下降，2020 年 10 月，电堆龙头国鸿氢能发布会提到，公司鸿芯 G1 电堆给到战略合作伙伴的售价为 1999 元/kW，价格降幅大超预期。根据测算，2018 年行业燃料电池系统和电堆平均成本分别为 11214 元/kW、3920 元/kW；预计 2021 年系统和电堆平均成本分别为 3827 元/kW、1700 元/kW，期间成本降幅 60%左右。

图 2：2017 年燃料电池产业链国产化 30%



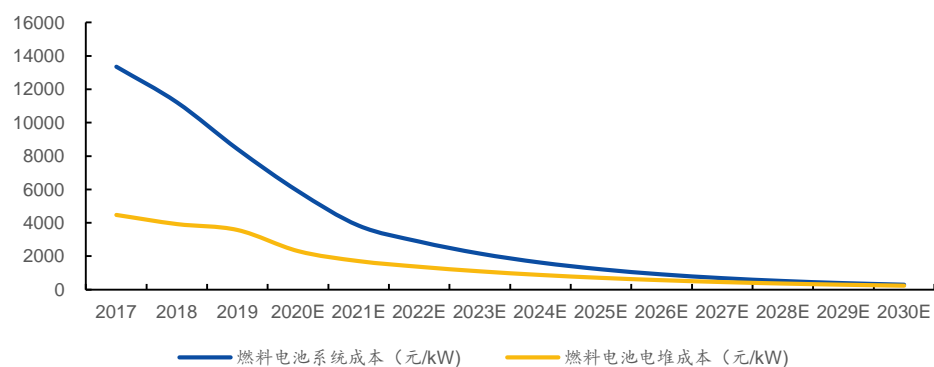
资料来源：国元证券研究所 注：黄色表示未国产化，蓝色表示国产化

图 3：2020 年燃料电池产业链国产化 60%



资料来源：国元证券研究所

图 4：燃料电池电堆和系统成本预测



资料来源：国元证券研究所

燃料电池前中期应用于商用车，远期应用场景涵盖交通、储能和发电等领域，远期市场规模达到万亿级别。氢燃料电池的发展离不开加氢站普及，商用车线路固定，加氢站需求少，是最适合发展燃料电池的应用场景，氢燃料电池将首先起量在商用车，中长期看商用车的柴油发动机完全可以被氢燃料电池替代，远期应用将拓展至交通（乘用车、商用车、轮船和列车）、发电和储能领域。根据《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》，氢能未来将成为中国能源体系的重要组成，预计到 2050 年氢能需求量接近 6000 万吨，年经济产值超过 10 万亿元。

## 2.整车：重卡时代将要来临

### 2.1 产销仍处于小规模，车型功率持续提升

燃料电池汽车产销仍处于小规模，预计 2021 年将达到万台级规模。根据中汽协数据，2019 年燃料电池汽车产量 2833 辆，同比增长 86%；2020 年因为奖补政策直到 9 月 23 日出台，示范城市审批结果预计年底或者 21 年出才能出台，1-9 月燃料电池汽车产销分别完成 570 辆和 579 辆，同比分别下降 56.7%和 53.7%；伴随奖补政策逐渐落地，预计 2021 年燃料电池汽车将迎来万台级产销。

2018 年目录上榜车型燃料电池功率大多集中在 30KW，2019 年的车型功率集中在 40KW-50KW，2020 年车型功率大多在 60KW-80kW 区间，2021 年车型将以 80kW 功率为主。

图 5：2014-2021E 燃料电池汽车产量（辆）

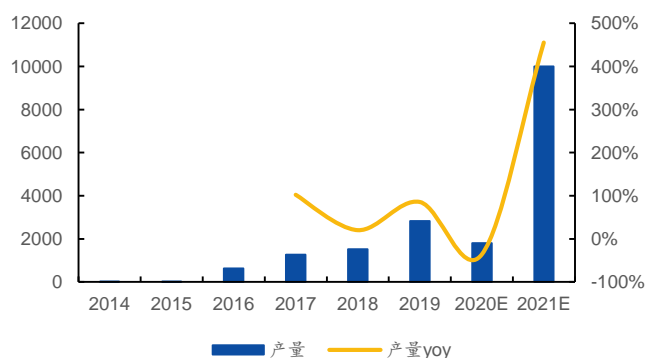
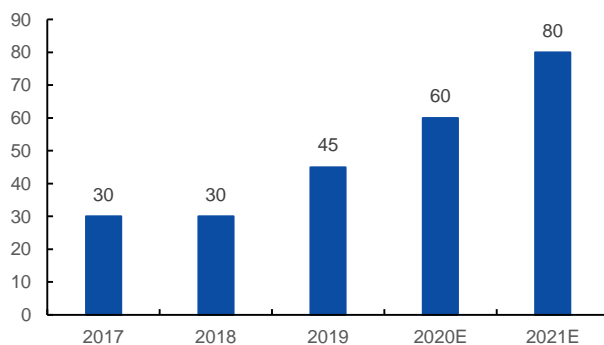


图 6：2017-2021E 燃料电池汽车功率



资料来源：中汽中心、中汽协，国元证券研究所

资料来源：国元证券研究所

据交强险数据口径，2019 年国内燃料电池汽车上牌数目合计 3190 台。分车型看，燃料电池运输车共计搭载 1244 台，占比 39%，配套系统装机总量 39.6MW，单车配套系统功率均值 31.8kW；燃料电池客车搭载 1176 台，占比 37%，配套系统总装机 49.2MW，单车系统均值 41.8kW；此外保温车、冷藏车等专用车型共计搭载燃料电池系统 770 台，装机量合计 37.6MW。

交强险数据显示 2019 年中通客车全年上牌量 1096 辆，占比达到 34%，为全国首位；上海申龙全年上牌量 860 辆，占比 27%，居于次席；此外上汽大通、佛山飞驰、郑州宇通、金龙汽车（包含厦门金龙、厦门金旅联合、南京金龙、金龙联合）上牌数均超过百辆，北汽福田、金华青年、中植汽车、南通皋开上牌量超过 50 辆。



图 7：2019 年产量（台）

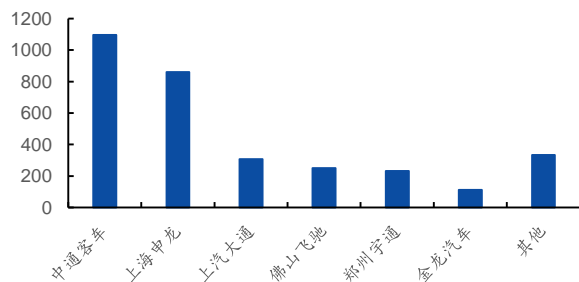
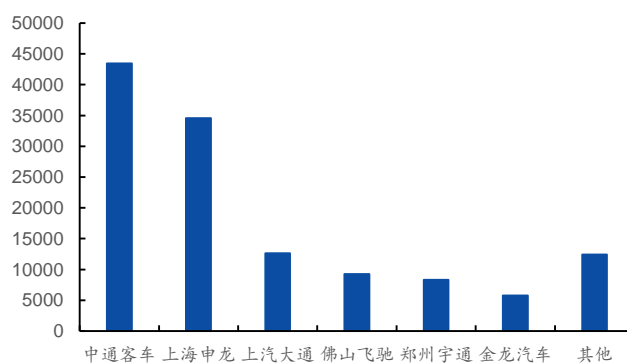


图 8：2019 年产量（kW）



资料来源：交强险数据，国元证券研究所

资料来源：交强险数据，国元证券研究所

## 2.2 商业化运营规模持续扩大

截止目前投入运营车辆约 1462 辆，其中公交 617 辆左右，物流车约 756 辆，轻客 89 辆。其中，燃料电池物流车在上海已经商业化运营超过 2 年时间，目前在运营数量达到 300 辆左右（加氢站限制），运营里程超过 3000 万 km，用户包括京东、申通快递、盒马鲜生、宜家等物流用户。

表 3：在运营燃料电池汽车车辆

省份	地区	投运日期	概况
广东	云浮/佛山	2017.06.16	全国首批量产的 28 辆氢燃料电池公交车今年已在广东云浮、佛山两地投入试运营
	佛山	2018.12.20	佛山禅城区 70 辆氢燃料电池公交车运营启动
	佛山	2019.03.21	飞驰向佛山市三家公交运营公司合计交付 190 辆氢燃料电池城市客车
	佛山	2019.06.12	南海区还进行了氢能公交、物流车投运仪式，投运的氢能源车辆共有 437 辆，其中有 426 辆氢能源物流车和 11 辆氢能源公交车
上海	上海	2018.01.01	东风 500 台氢燃料电池物流车全部上牌完毕在上海市开始落地运营，截止目前京东、申通、唯捷城配等多家物流公司在上海区域投入使用氢燃料电池物流车
		2018.09.27	6 台型号为 SWB6128FCEV01 的上海申沃客车全地板燃料电池城市客车正式交付嘉定 114 公交
		2019.01.18	神力科技联合中龙客车研发的两款氢燃料电池公交车，交付上海奉贤巴士公共交通有限公司、上海奉贤汽车客运有限公司
		2018.01.19	上海汽车集团股份有限公司与上海化学工业区强强合作，现场交付的 20 台 FCV80 将在上海化学工业区内承担通勤职责。上汽大通相关负责人表示，首批 100 台氢燃料电池车 FCV80 将陆续交付
山东	聊城	2019.05.06	聊城首批 30 辆氢燃料新能源公交车已投放至 K11 路和 K351 路两条线路，开始上线试运营
	德州	2019.05.12	山东氢能汽车运营公司成立，首批 30 辆燃料电池物流车将投运
	潍坊	2019.08.23	山东潍坊首批 30 辆氢燃料公交投入运营

江苏	如皋	2018.06.11	青年汽车集团与南通百应能源有限公司共同研发生产的 3 辆氢燃料电池大巴，成功交付如皋运营
	盐城	2018.12.31	江苏盐城市 2 辆氢燃料电池大巴车投入当地 K11 公交线路运行
	苏州	2019.06.14	6 月 14 日，张家港市 28 路氢燃料公交专线正式投入运行，批 15 辆氢燃料电池公交车已经全部到位
	无锡	2019.07.12	上汽大通 MAXUS 燃料电池宽体轻客 FCV80 无锡示范运营项目正式启动，无锡首条氢燃料电池车客运专线“发车”
浙江	嘉兴	2019.10.16	10 辆燃料电池公交投入嘉善高铁环线 702 公交线路
湖北	武汉	2018.09.28	由武汉泰歌和武汉开沃新能源汽车联合研制的首批氢动力公交车在武汉东湖新技术开发区 359 路公交线路试运行
	武汉	2019.05.29	武汉经开区氢能公交示范运营仪式举办，21 台氢能公交上线
	武汉	2018.09.28	由武汉泰歌和武汉开沃新能源汽车联合研制的首批氢动力公交车在武汉东湖新技术开发区 359 路公交线路试运行
河南	郑州	2018.12.25	郑州新增 20 台氢燃料电池公交车，即日起陆续在 727 路公交线上投入使用。至此，郑州市氢燃料电池公交车已达 23 台。
山西	大同	2019.04.16	大同市第一辆氢燃料公交车——中通氢燃料公交在大同 201 线路路正式投入示范运营
	大同	2019.06.03	6 月 3 日，在大同市公交一公司率先投入 50 辆氢燃料电池公交车试运营
四川	成都	2019.07.29	20 辆搭载亿华通最新一代自主氢燃料电池发动机的氢燃料电池公交车，正式驶上成都市龙泉驿区街头
	成都	2018.04~10	10 辆东方电气和蜀都客车研发的氢燃料电池公交车投入郫都区 P09 公交线路载客运行
河北	张家口	2018.07.25	张家口 2018 年 1 月份订购的 74 辆氢能汽车（49 辆氢燃料电池公交车和 25 辆氢燃料电池大客车）投向公交领域开始运行
	张家口	2018.09.25	张家口 2018 年 1 月份订购的 74 辆氢能汽车（49 辆氢燃料电池公交车和 25 辆氢燃料电池大客车）投向公交领域开始运行
北京	北京	2018.10.27	5 台 12 米燃料电池公交车在北京公交 384 线正式投入运营
辽宁	新宾	2018.04.18	40 辆上汽 FCV80 型氢能源汽车上线运营
河南	郑州	2018.08.15	郑州市首批 3 辆氢燃料电池公交车即将投入 727 路公交线路运行

资料来源：搜狐网、政府官网，国元证券研究所

## 2.3 重卡车型将成为主流

燃料电池具备高能量密度，长续航里程，运营阶段零排放的特点，是目前重载领域电动化的最优方案。国内燃料电池汽车推广由公交及轻卡物流车等商用车型切入，公交客车、轻卡物流车是目前国内燃料电池汽车产销、运营的主力车型。重卡对系统功率提出更高要求，目前国内多家系统厂商产品功率超过百千瓦，使用寿命多突破 10000h，提供了重卡车型的国产化前提，重卡车型成为 FCV 整车推广的新鲜面孔。2019 年 9 月，江铃汽车 SXQ4180J1A2FCEV 重汽牵引车成为国内首款进入工信部《道路机动车辆生产企业及产品公告》的燃料电池重卡，搭载江苏清能联合上海杰宁新能源合作开发的 95kW 燃料电池系统，续航里程超过 300km，第一批车辆在 2020 年 1 月投放宝钢运营。10 月，3 辆氢能源集卡车在山东青岛投入实景测试运营，开启国内重卡港口运营模式的尝试。截止目前，已有佛山飞驰、上汽红岩、陕汽集团、江苏奥新等燃料电池重卡车型亮相，系统功率多在百千瓦上下，续航里程在 300~400km 左右。此外，2019 年 12 月，由潍柴动力、中国氢能联盟与国家能源集

团联合研发的国产 200 吨以上氢燃料电池混合能源矿用自卸车成功下线，充分体现了氢能在重载领域的应用潜力，也证明了国内企业已经初步具备在重载、超重载领域实现燃料电池对柴油机的替代能力。

表 4：国内燃料电池重卡车型梳理

发布日期	车厂	系统	电堆	车型信息
2019 年 10 月	江铃汽车	江苏清能 上海杰宁新能源	江苏清能	车型编号：SXQ4180J1A2FCEV
2019 年 10 月	江苏奥新			车型：集卡车
2019 年 11 月	陕汽集团			集团代号：X5000
2019 年 11 月	大运汽车	氢雄云鼎		车型编号：CGC4250FCEV1Z1
2019 年 11 月	上汽红岩	上汽捷氢	上汽捷氢	红岩自卸车
2019 年 12 月	潍柴动力	潍柴动力	潍柴动力	车型：矿卡
2019 年 12 月	南通皋开	江苏清能	江苏清能	车型编号：DYC4180A0FCEV
2020 年 1 月	佛山飞驰	国鸿氢能	国鸿氢能	车型：重卡

资料来源：卡车之家、企业官网，国元证券研究所

**奖补政策鼓励车型朝大功率与重载方向发展。**根据燃料电池汽车城市群示范目标和积分评价体系，对于货车和客车来说，功率和载重越大，对应的国家奖励金额则越多。以 2020 年积分标准测算，50kW 车型，奖励 13 万/辆，80kW&12 吨车型奖励 22.9 万/辆，110kW&25 吨+车型奖励 47.3 万/辆，110kW&31 吨+车型奖励 54.6 万；假设地补 1:1 的话，则 50kW 总补贴 26 万；80kW&12 吨总补贴 45.8 万；110kW&25 吨+总补贴 94.6 万；110kW&31 吨+总补贴 109.2 万。一方面燃料电池适用于重载领域，另一方面奖补政策的鼓励进一步刺激产业链企业向燃料电池重卡方向发展，我们预计未来燃料电池主要应用车型将是重卡。

表 5：燃料电池汽车城市群示范目标和积分评价体系

车型	功率	总质量	折算系数	奖励积分标准
重卡/大客	p≥110kW	31T 以上	Y=2.8	2020 年度 1.3 分/辆（标准车，下同），2021 年度 1.2 分/辆，2022 年度 1.1 分/辆，2023 年度 0.9 分/辆。燃料电池系统的额定功率大于 80kW 的货运车辆，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。
		25-31T		
		12-25T		
	p=80kW	31T 以上	Y=(p-50)×0.03+1	
		25-31T		
		12-25T		
轻型货车、中型货车、中 小型客车	p≥80kW		Y=1.6	
	p=50kW		Y=（p-50）×0.02+1	
乘用车	p≥80kW		Y=1.9	
	p=50kW		Y=(p-50)×0.03+1	

资料来源：关于开展燃料电池汽车示范应用的通知（财建〔2020〕394 号） 国元证券研究所

**表 6：各燃料电池车型奖励金额（万元）**

车型	功率	总质量	2020 奖励金额	2021 奖励金额	2022 奖金金额	2023 奖励金额
重卡	$p \geq 110\text{kW}$	31T 以上	54.6	50.4	46.2	37.8
		25-31T	47.32	43.68	40.04	32.76
		12-25T	40.04	36.96	33.88	27.72
	$p = 80\text{kW}$	31T 以上	37.05	34.2	34.2	25.65
		25-31T	32.11	28.08	28.08	22.23
		12-25T	27.17	25.08	22.99	18.81
轻型货车、中型货车、	$p \geq 80\text{kW}$		20.8	19.2	17.6	14.4
中小型客车	$p = 50\text{kW}$		13	12	11	9
乘用车	$p \geq 80\text{kW}$		24.7	22.8	20.9	17.1
	$p = 50\text{kW}$		13	12	11	9

资料来源：关于开展燃料电池汽车示范应用的通知（财建〔2020〕394 号）》 国元证券研究所

### 3. 中游燃料电池：国产化率达到 70%，技术与成本优势企业有望提升市占率

#### 3.1 系统集成显现国际化竞争力，行业格局将在未来三年奠定

系统产业链国产化达到 70%，成本快速下降，预计到 2020 年成本下降至 5000 元/kW。中国燃料电池产业化历经三年时间，产业链国产化程度从 2017 的 30% 提升至目前的 70%，电堆、空压机、DCDC、加湿器均实现不同程度的国产化，同时燃料电池系统成本也随之快速下降，2018-2021 预计燃料电池系统平均售价分别为 15139 元/kW、11354 元/kW、7948、4592 元/kW。

技术水平持续提升，国际化竞争力开始显现。中国燃料电池系统在功率密度、冷启动温度方面不逊色于国外一流企业，亿华通 YHTG60SS、重塑科技镜星 11 系统功率密度达到 500W/kg，超越 Ballard 和 Hydrogenics 产品；在寿命方面也与国外产品差距不大，重塑科技 CAVEN 系列产品达到 1.2 万小时，超越 Hydrogenics 产品寿命。中国燃料电池系统产品竞争力强劲，开始拓展海外市场，2019 年第 46 届东京车展上，三菱扶桑卡车和公共汽车公司（Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation）展示其首款氢燃料电池轻型卡车 FUSO Vision F-Cell，车辆系统由中国燃料电池系统龙头重塑科技提供。日本为全球燃料电池技术的领头羊，三菱扶桑选择重塑科技作为系统供应方，充分说明了商用车燃料电池系统领域里，国产龙头的技术已经可以媲美国际领先水平。

表 7：主要商用车燃料电池系统产品参数

企业	产品型号	额定功率 kW	质量比功率密 度 W/kg	冷启动温 度℃	耐久性 hr	2018 年出货量 (套)	2019 年出货量 (套)
亿华通	YHTG60	63	254	-30	—	303	498
	YHTG30	31	229.6	-30	—		
	YHT30	30	166.7	-30	—		
	YHT60	60	176.5	-30	—		
	YH5G60SS	60	500	-30	—		
雄韬股份	VISH-120A	120		-30		50	123
	VISH-90A	90		-30			
	VISH-60A	60		-30			
	QX45	45	381	401			
氢途科技	G35	35	291.7	—	—	750	900
	G42	42	311.1	—	—		
	G36	36	150	—	—		
重塑科技	镜星 6	63	403	-30	15000		
	镜星 8	88	497	-30	15000		
	镜星 11	110	542	-30	30000		
	CAVEN4	46	287.5	-15	12000		
	CAVEN3	32	237	-15	12000		



	CAVEN7	80	—	-30	12000
	HYMOD-110	110		-30	5000
新源动力	HYMOD-70	70		-30	5000
	HYMOD-50	50		-20	7000
					300
Ballard	Fcvelo City-HD85	85	332	—	20000
	Fcvelo City-HD60	60	245.9	—	20000
	Fcmove-HD	70	280	-25	—
Hydrogenics	HyPM-HD90	90	250	-10	10000

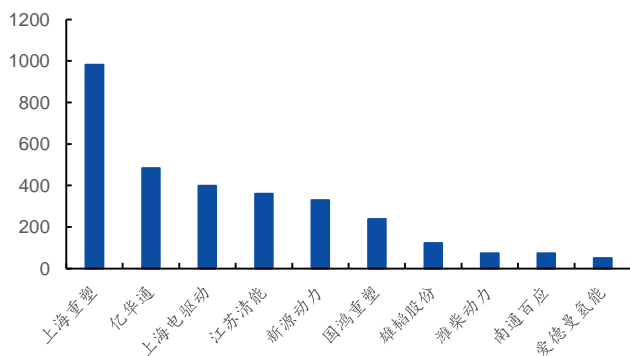
资料来源：公司官网，公司公告，交强险数据，国元证券研究所

具备先发、技术和成本优势企业将赢得长跑。燃料电池系统行业资金壁垒较低，2018年产业开始急速升温，创业企业大量增加，产能也随之快速上升，根据统计2019年国内燃料电池系统产能超过1.6万套；然而产业尚处于导入期，规模化应用时期尚未到来，燃料电池系统产能短期相对富余，但并不严重。

当前燃料电池系统产业格局初显，但是各企业之间差距并不巨大，系统环节仍处于充分竞争的阶段，未来三年后龙头企业有望和其余企业拉开数千台级别装机差距，彼时行业格局将要奠定。当前具备先发优势的龙头企业上海重塑装机量超过1600辆车，紧随其后的亿华通装机量800辆左右，其余企业装机量大多在百台级或者数十台量级，行业龙头和后续企业量级差距在数百台，差距并不十分明显；未来伴随产业发展，国内燃料电池汽车有望在2021年达到万台产销量级别，行业二梯队企业和龙头企业可能会有数千辆的装机差距，产业将形成寡头格局。

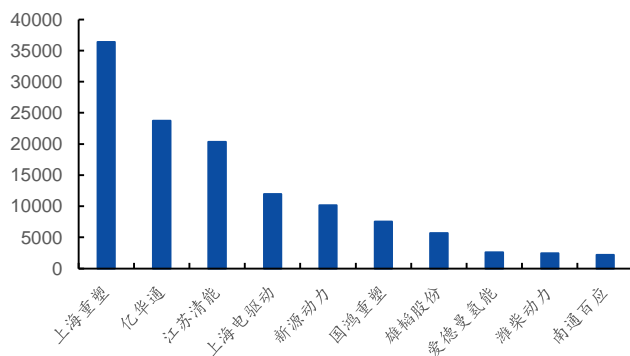
成本、可靠性和寿命，是系统环节最重要的比拼指标。产业前期，上游供应链并不完全成熟，各家系统企业面临相同的上游供应链，比拼的主要是各企业对系统和燃料电池的理解，具备强研发能力的企业可以率先研发出高可靠性的系统，然后凭借稳定性优势扩大下游运营规模。在产业中后期，系统公司将会切入上游电堆、DCDC、空压机、氢循环泵等核心零部件环节，以图提升价值量和上游壁垒，此时各企业成本和性能会有明显差异，龙头企业将会明显垄断市场。

图9：2019年装机量（台）



资料来源：交强险数据，国元证券研究所

图10：2019装机容量（kW）



资料来源：交强险数据，国元证券研究所

### 3.2 电堆实现国产替代，强者恒强

技术路线方面，石墨板电堆和金属板电堆技术研发并行发展；应用层面，石墨板电堆占据绝对主流。当前中国燃料电池产业链成本较高，加氢站基础设施缺乏，商用车兼具补贴较高和加氢站依赖程度相对较低优点，是目前主要商业化应用场景。石墨板电堆因为耐腐蚀，具备长寿命优点，当前因为应用场景主要集中于商用车，所以石墨板电堆在下游应用占据绝对份额；金属板电堆体积功率密度高，启动快，但因为燃料电池弱酸环境下，寿命相对较短，更加适合于乘用车。考虑到燃料电池应用商业模式，我们认为石墨板电堆将在未来 5-10 年时间仍是主流地位；金属板电堆将在 2025 年后逐步放量。

国产电堆功率密度快速上升，可靠性和寿命仍待观察。提高电堆功率密度一方面有利于降低成本，另一方面有利于车型配套，目前国内金属板电堆功率密度达到 3.1kW/L，和丰田 Mirai 电堆功率密度一致；国内新一代石墨板功率密度较高者达到 3kW/L 以上，部分企业在研发石墨板电堆功率密度超过 4kW/L，相对巴拉德 9ssl 电堆 1.7kW/L 有大幅提升。国产电堆的短板主要是在可靠性和寿命方面，国产石墨板电堆寿命大部分在 1 万小时左右，低于巴拉德 9ssl 电堆；国产金属板电堆寿命基本不超过 5000 小时，电堆寿命和可靠性仍需跟踪。

技术引进实现国产替代，国鸿氢能占据市场绝大部分份额。目前国内电堆厂商主要有两类：（1）自主研发，以上汽捷氢、新源动力、神力科技和氢璞创能等为代表；（2）引进国外成熟电堆技术，以广东国鸿和潍柴动力为代表。自 2017 年开始，国鸿氢能引进寿命超过 2 万小时巴拉德 9ssl 电堆生产技术，国产电堆开始实现国产化。2018 年燃料电池电堆出货 48.6MW，国产化率达到 80%；2019 年燃料电池电堆出货量达到 95MW，国产化率达到 95%；得益于 9ssl 电堆的高可靠性和长寿命，国鸿氢能连续两年市占率超过 70%，成为国内市场龙头企业。

电堆创业公司大量增加，将迎来激烈竞争，成本优势龙头将持续提升市占率。电堆行业具备资金壁垒不高和技术壁垒高特点；年产能 1 万台电堆产线资本开支在 1 亿左右，伴随海内外燃料电池创业人才增加，近两年国内电堆创业企业大量增加，截止 2019 年国内燃料电池电堆公司数量超过 20 家。目前先行公司如国鸿氢能、上汽捷氢、氢璞创能和江苏清能等，实现批量供货，国鸿氢能 2018 和 2019 年市占率达到 70% 左右；其余大部分公司产品在小批量验证和路测阶段，预计在 2021 年绝大部分公司产品完成可靠性验证，届时电堆产业竞争将进入异常激烈时刻。电堆是燃料电池系统最重要部件，成本占比最高，可靠性和成本是下游评价主要指标，我们认为具备成本优势的企业市占率将持续提升。

表 8：各电堆企业产能&价格

		产能	价格
1	国鸿氢能	300000kW/2 万台	1999 元/kW
2	新源动力	15000kW	
3	神力科技	2000 台	
4	氢璞创能	72000（4000 台，18kW/台）	
5	爱德曼		

6	锋源动力	1000 台
7	上海氢晨	2000 台
8	江苏清能	30MW
9	南通百应	1500 台
10	骥翀氢能	2000 台
11	东方电气	1000 台
12	上汽捷氢	
13	明天氢能	1 万台
14	雄韬股份	5000 台
15	赛蓝得（现代）	
16	潍柴动力	
17	国电投氢能	
18	武汉众宇	
19	新研氢能	
20	深圳国氢	

资料来源：公司官网，搜狐网，国元证券研究所


### 3.3 膜电极国产化开启，2020 年开始批量供货

2019 年膜电极国产化元年，各家企业经历小批量验证，2020 年将开始批量供货，实现国产替代。2019 年国内主要三家膜电极企业鸿基创能、擎动科技和武汉理工氢电均投产了卷对卷涂布产线，武汉理工氢电 1 月 14 日产线投产，膜电极产能达到 2 万平米/年；苏州擎动 2 月 23 日自主研发的“卷对卷直接涂布法”膜电极生产线正式投产，膜电极年产能 100 万片；鸿基创能膜电极产线 3 月 27 日竣工，发布 HyKey1.0 产品。三家膜电极企业产品均开始批量供货，理工氢电膜电极长期供给国外 Plug Power 叉车系统；擎动膜电极已经供给国内氢璞创能等电堆公司，搭载擎动膜电极的奥新燃料电池物流车在 2019 年 5 月份投入德州运营；鸿基创能膜电极 2019 年 8 月份开始投产，产品已经经过下游电堆厂家验证，性能出色。

国产膜电极功率密度突破 1W/cm<sup>2</sup>，替代进口后有望驱动电堆成本下降 30%和电堆功率密度提升。三家企业膜电极功率密度普遍超过 1W/cm<sup>2</sup>，高于国外巴拉德膜电极，铂金载量低于 0.3mg/cm<sup>2</sup>，预期寿命普遍在 5000-1000 小时区间，实际情况仍需装车检验。膜电极占电堆成本达到 60%以上，过去国内膜电极主要是进口巴拉德、庄信万丰等企业，产品价格居高不下，伴随国内膜电极产品导入，2020 年电堆成本下降 30%。

当前 MEA 生产工艺主要是 CCM 法，制备方法由喷涂走向涂布。膜电极技术经历了三代发展，大体上可以分为热压法、CCM (catalyst coating membrane) 法和有序化膜电极三种类型。目前大部分厂商选择第二代 CCM 三合一膜电极技术，2019 年以前国内绝大部分企业采用喷涂法制备 CCM，2019 年开始，领先企业转换用涂布法制备 CCM。有序化膜电极是当下工艺发展趋势。有序化膜电极能兼顾超薄电极和结构控制，拥有巨大的单位体积的反应活性面积及孔隙结构相互贯通的新奇特性，可以达到高效三相传输、高 Pt 利用率、高耐久性，使其成为了 PEMFC 领域的研究热点，也是下一代膜电极制备技术的主攻方向。

表 9：膜电极生产工艺发展一览

代数	名称	特征	Pt 总载量 (mg·cm <sup>2</sup> )
1	热压法膜电极 (PTFE)	Pt/C 催化剂与 PTFE 乳液按一定比例混合均匀制备到气体扩散层上形成催化层，经过烧结、浸渍 PFRE 溶液、再烧结，并与膜热压后形成膜电极	 4 0.118
1.5	热压法膜电 (Nafion)	采用 Nafion 溶液替代 PTFE 乳液的制备方法将催化层直接制备在质子交换膜表面。制备方法包括喷涂、转印、化学沉积法、电化学沉积法、物理溅射沉积法、干粉喷射法、打印法等	
2	CCM 三合一膜电极		
2.5	梯度化膜电极	通过对 Nafion 含量、Pt 载量、孔隙度等量的分布进行梯度化设计以实现 Pt 的最大利用率	
3	有序化膜电极	通过将三相传输通道的有序化，实现超低铂载量与高功率密度	

资料来源：《科技导报》，国元证券研究所

### 3.4 质子交换膜主要依赖进口，国产产品性能与寿命仍有提升空间

质子交换膜是质子交换膜燃料电池（Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC）的核心部件，对电池性能起着关键作用。它不仅具有阻隔作用，还具有传导质子的作用。

图 11：全氟磺酸质子交换膜



资料来源：东岳集团官网，国元证券研究所

全氟磺酸膜是主流质子交换膜。质子交换膜根据含氟情况进行分类主要包括全氟磺酸膜、非全氟化质子交换膜、无氟化质子交换膜和复合膜。目前世界上主流质子交换膜是全氟磺酸膜，全氟磺酸聚合物具有聚四氟乙烯结构，其碳-氟键的键能高，使其力学性能和化学稳定性优异，其聚合物膜的使用寿命远远好于其他膜材料的使用寿命，其次分子链上的亲水性磺酸基团具有优良的氢离子传导特性。全氟磺酸膜也是目前在 PEMFC 中唯一得到广泛应用的质子交换膜，如美国杜邦的 Nafion 膜、陶氏公司的 Dow 系列质子交换膜、日本旭化成公司的 Aciplex 膜和日本旭硝子公司的 Flemion 膜，其中 Nafion 膜应用最广泛。

质子交换膜国产企业有在持续研发，国内东岳集团可量产 DF260 系列膜，但是目前主要依赖进口。目前市场上主要生产全氟磺酸膜的企业主要来自于美国、日本、加拿大以及中国，其中戈尔的 Select 复合膜广泛应用于燃料电池，丰田 Mirai、本田 Clarity 和现代 ix35 均采用戈尔 Select 系列膜。除此以外，质子交换膜还有杜邦的 Nafion 系列膜、陶氏化学（Dow Chemical）的 Xus-B204 膜、3M 的全氟磺酸膜、日本旭化成的 Alciplex 系列膜、旭硝子的 Flemion 系列膜、加拿大 Ballard 的 BAM 膜和比利时 Solvay 的系列膜。

在国内，山东东岳集团质子交换膜性能出色，具备规模化生产能力。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。目前，东岳 DF260 膜厚度做到 15um，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。东岳 DF260 膜技术已



经成熟并已定型量产，11月18日，东岳质子交换膜150万平米质子交换膜生产线一期工程投产。

表 10：国内外主要质子交换膜生产厂家及产品

公司	国家	产品
杜邦公司 (Du Pont)	美国	Nafion 系列膜：Nafion117、Nafion115、Nafion112、Nafion1135、Nafion105
陶氏化学 (Dow Chemical)	美国	XUS-B204 膜
3M 公司	美国	全氟磺酸膜系列
戈尔公司 (Gore)	美国	SELECT 系列膜
旭化成 (Asahi Chemical)	日本	Aciplex 系列膜
旭硝子 (Asahi Glass)	日本	Flemion 系列膜
Ballard	加拿大	BAM 型膜
Solvay	比利时	Solvay 系列膜
东岳集团	中国	DF260 系列膜

资料来源：公司官网，国元证券研究所

### 3.5 催化剂仍需进口，国内企业正在起步

催化剂是燃料电池的关键材料之一，其作用促进氢、氧在电极上的氧化还原过程。目前最好的催化剂仍是 Pt 和 Pt 基催化剂，当前铂金用量已经降至可接受水平，根据 DOE 数据，2015 年 Pt 含量达到 0.16g/kw，质量比活性大于 0.5A/mg。目前，本田 FCV 和丰田二代 Mirai 燃料电池催化剂 Pt 含量降至 0.12g/kw。

考虑到铂金昂贵和稀有，降低 Pt 用量一直是催化剂研究主要方向。对于质子交换膜燃料电池 Pt 用量的降低，一方面通过提高催化剂的催化活性来实现 Pt 用量降低，Pt 质量比活性可以通过提高表面 Pt 的面积比活性来改善，改变表面 Pt 面积比活性的重要理论指导是 Pt 与其他金属发生相互间作用后，Pt 原子的几何结构和电子结构发生改变。主要研究方向有 Pt 合金催化剂、Pt 单层催化剂、Pt 纳米管和 Pt 核壳等；另一方面寻找替代 Pt 的催化剂，包括钌基催化剂和非贵金属催化剂。

图 12：燃料电池催化剂



资料来源：高工锂电，上海济平，国元证券研究所

催化剂海外企业领先，国内正起步。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（本田燃料电池车 Clarity 催化剂供应商）是全球铂催化剂的巨头。国内企业尚处于研究阶段，有三类机构：（1）催化剂创业企业，如上海济平、喜马拉雅等；（2）膜电极企业，如苏州擎动、鸿基创能等；（3）研究机构，大连化物所等。

### 3.6 国内气体扩散层还处于小规模生产

多孔气体扩散层将膜电组合体夹在中间，主要起气体扩散的作用。多孔扩散层的主要功能包括：①实现气体在催化层表面的扩散；②提供机械支撑；③导通电流；④排除反应生成水。扩散层的材质是经疏水材料处理的碳基材料（碳纸或碳布）。疏水材料的作用是防止水在扩散层孔中积聚，影响气体扩散。

气体扩散层材料按照基材的不同主要有碳纤维纸基材，碳布基材和金属基材等类型。其中碳纤维纸凭借制造工艺成熟、性能稳定、成本相对较低和适于再加工等优点，成为目前商业化的首选材料。

表 11：不同扩散层材料的性能指标

指标	碳纤维纸	碳纤维编织布	碳黑纸
厚度 (mm)	0.2-0.3	0.1-1.0	<0.5
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	0.4-0.45	-	0.35
强度 (MPa)	16-18	3000	-
电阻率 (Ω·cm)	0.02-0.10	-	0.5
透气性 (%)	70-80	60-90	70

资料来源：新材料在线，国元证券研究所

气体扩散层是目前燃料电池堆各部件中技术条件最成熟，商业化利用潜力最好的产品。目前，气体扩散层面临的主要挑战除了大电流密度下水气通畅传质的技术难点外，还存在缺乏大量生产的问题，这使得其成本在燃料电池堆的总成本中仍占相当一部分。DOE 基于巴拉德 (Ballard) 动力系统公司生产的 GDL 进行成本估算，如大量生产（每年批量生产 50 万个电堆），其价格可下降到 4.45 美元/m<sup>2</sup>。因此，在研究提高扩散层的性能的同时，开发扩散层大规模生产工艺同样是研究重点。

目前碳纸产品主要由几个国际大生产商垄断，包括日本东丽 (Toray) 和德国 SGL 等。东丽目前占据较大的市场份额，且拥有的碳纸相关专利较多，生产的炭纸具有高导电性、高强度、高气体通过率、表面平滑等优点。国内产品尚处于小规模生产。上海河森公司和上海济平公司有小批量碳纸产品，台湾碳能科技公司的碳纸产品价格较低，获得了一定市场认可。

表 12：国外主要气体扩散成材料生产厂家及产品

公司	国家	产品
SGL	德国	SIGRACET-25BC、10CA、10BB
东丽 (Toray)	日本	PAN 系碳素纤维、PAN 系碳素纤维织物、TGP-H 系列
Ballard	加拿大	AvCarb 系列

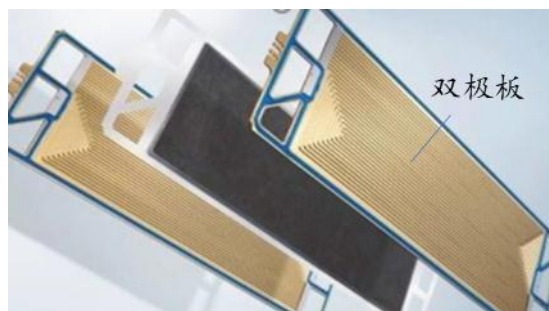
E-TEK	美国	Carbon Cloth A
Freudenberg	德国	H2315 系列
FCCT		

资料来源：公司官网，《燃料电池关键部件碳纤维纸的专利与产品分析》，国元证券研究所

### 3.7 石墨双极板实现国产化，金属板小批量供货

双极板是电堆中的“骨架”，与膜电极层叠装配成电堆，在燃料电池中起到支撑、收集电流、为冷却液提供通道、分隔氧化剂和还原剂等作用。双极板材料主要包括石墨、金属以及复合材料三类。石墨基双极板在燃料电池的环境中具有非常良好的化学稳定性，同时具有很高的导电率，是目前质子交换膜燃料电池研究和应用中最为广泛的材料。金属材料相比石墨材料具有更好的导电和热传导性能，同时金属材料良好的机加工性能会大大降低双极板的加工难度。复合材料双极板能较好地结合石墨板与金属板的优点，使电堆装配后达到更好的效果。

图 13：燃料电池双极板



资料来源：燃料电池干货，国元证券研究所

石墨双极板因为耐久性长，广泛应用于商用车，基本实现国产化。石墨基双极板的主流供应商有美国 POCO、美国 SHF、美国 Graftech、日本 FujikuraRubber LTD、日本 Kyushu Refractories、英国 Bac2 等。石墨双极板难度较低，基本已实现国产化，国产厂商主要有上海弘枫、杭州鑫能石墨等。

乘用车燃料电池具有高能量密度需求，金属双极板相较于石墨及复合双极板具有明显优势。如日本丰田 Mirai 燃料电池汽车用金属双极板 PEMFC 模块的功率密度达到 3kW/L，英国 Intelligent Energy 的新一代 EC200-192 金属双极板燃料电池模块的功率密度达到 5kW/L。金属双极板使 PEMFC 模块的功率密度大幅提升，金属双极板已成为乘用车燃料电池的主流双极板。目前金属双极板主要供应商有瑞典 Cellimpact、德国 Dana、德国 Grabener、美国 treadstone 等。国内上海治臻、佑戈等已经开发了包括氢空/氢氧、空冷/水冷等适用于各种环境的多款量产金属双极板，治臻金属板已经小批量供给上汽捷氢金属板电堆。

复合材料双极板近年来也开始有应用,如石墨/树脂复合材料、碳/碳复合材料等，国内具备研制能力。

### 3.8 空压机：中低端空压机国产替代，价格大幅下滑

空压机向系统供应压缩空气，是燃料电池系统关键零部件之一，其性能直接影响燃料电池系统的效率、紧凑性和水平衡特性。燃料电池的化学反应对空气的温度、湿度、压力和流量等参数有着严格的要求，普通的工业压缩机无法满足燃料电池的工作要求，因此性能优越且与燃料电池系统匹配良好的空压机，对于燃料电池系统至关重要。无油、高效、小型化、低成本、低噪声、喘振线在小流量区和良好的动态响应能力等是对燃料电池系统专用空压机的基本要求。

燃料电池空压机领域主流技术路线分别是机械式（罗茨式、螺杆式）和离心式，离心式空压机又分机械轴承与空气轴承两种方案。

罗茨式空压机属于容积回转压缩机，这种压缩机靠转子轴端的同步齿轮使两转子保持啮合。转子上每一凹入的曲面部分与气缸内壁组成工作容积，在转子回转过程找那个从吸气口带走气体，当移到排气口附件与排气口相连通的瞬时间，因有较高压力的气体回流，此时工作容积中的压力突然升高，然后将气体输送到排气通道。两转子互不接触，靠严密控制的间隙实现密封，故排出的气体不受润滑油污染。丰田 Mirai 使用高效六叶螺旋罗茨方式空压机，在低负载时流量约为 100 L/min，在高负载时约为 5 000 L/min，最大压比约为 3。DOE 与美国伊顿公司基于 P 级和 R 级罗茨式压缩机研制了新型空气供应系统。改进后的压缩机可以提供压比 2.5、流量 92 g/s 的压缩空气，并由电机和膨胀机联合驱动，通过调整峰值效率点，使其适用 80 kW 燃料电池系统。罗茨式空压机在 做功能力、功率密度以及经济性等方面具有较大的优势。

螺杆式空压机利用螺杆间的空气槽压缩空气，使用脂润滑 轴承的无油螺杆压缩机能够保证供气中绝对无油。它能够提供可变压比，在燃料电池低负载时，可以保持水平衡特性。喷水螺杆压缩机可以提供系统部分用水，还可以降低供气温度，避免水平衡由于环境或者温升而破坏，提高压缩机的效率，增加燃料电池系统的能量密度，是比较理想的燃料电池专用空压机。

离心式空压机具有结构紧凑、响应快、寿命长和效率高等特点。它通过旋转叶轮对气体做功，利用离心升压和降速扩压作用，将机械能转换为气体压力能，但在低流量时发生的喘振现象，会严重影响系统性能和使用寿命。本田公司 Clarity 燃料电池汽车、现代 ix35 燃料电池汽车和戴姆勒 GLC F-Cell 燃料电池汽车均采用离心式空压机，其中本田公司旗下 Clarity 燃料电池汽车采用的是两级电动增压方式。

表 13：空压机技术路线

技术路线	机械式（容积式）		离心式
	罗茨式	螺杆式	
传统行业应用场景	工业增压应用、汽车机械增压应用		骑车涡轮增压应用（机械轴承）
结构	均为泵头、电机、电控组成		
优点	采用机械轴承，技术难度较低；流量范围广；在现阶段的少批量的燃料电池车（百台级别），成本低；		结构紧凑；采用空气轴承技术，无油无水，不存在漏油风险；响应快；

缺点	噪音大；体积大；需要润滑剂；	空气轴承技术相对垄断；寿命相对较短；低流量下，会出现喘振现象；
噪音平均水平	90dB 以上	80dB 以下
燃料电池转速要求	8000-9000r/min	80000-100000r/min
技术瓶颈	机械结构导致气动噪声难以下降；机械结构导致无法摒弃润滑剂（即难以达到无油供气）；	空气轴承成熟度不到；泵头的设计能力要求高（解决喘振现象问题）；通过改良制造方式改善动平衡噪音；
噪声导致原因及应对方式	气动原理导致的噪声，可通过机械结构设计、NVH 消音处理来改善	动平衡导致的噪声，可通过制造方式导致，做好转子系统的平衡来改善

资料来源：电池中国，雪人股份，中国氢能网，国元证券研究所

国产空压机突破，价格断崖式下跌。在 2018 年以前，国内氢燃料电池空压机市场基本被国外品牌所垄断，主要进口美国 UQM、美国盖瑞特等企业产品，进口空压机价格居高不下，单台价格超过 10 万/台。2018 年以后，随着国产空压机技术提升，空压机开始迅速国产化，用于商用车的中低端空压机基本使用国产品牌，高端乘用车空压机仍需进口，伴随国产产品导入，空压机价格也快速下跌，单台价格在 2-5 万区间。目前国产空压机厂商可分为两类，一类是传统的压缩机厂商，通过并购或者自主研发切入燃料电池空压机领域，如雪人股份、汉钟精机、金通灵和冰轮环境等；一类是燃料电池专用空压机研发厂商，如势加透博、广顺新能源等。

雪人股份开发的空压机具有重量轻、耐磨性好、效率高、体积小、防腐蚀、高精度等特点。其中 OA075 型空压机最大空气流量可达 100g/s，压比可达 2.8，具有 IP67 的防护等级，达到国际先进水平。

势加透博公司开发的 XTFCC300 离心空压机，采用两级增压，压比达到 2.5，流量 108g/s，应用空气箔片轴承，具有超过 10 万次的启停寿命。

**表 14：空压机主要企业**

	国外						国内				
企业	盖瑞特	Hanon#	UQM	本田织机	伊顿	广顺	势加透博	金士顿	武汉汉钟	恒友	雪人
传统行业应用领域	航空航天	/	/	/	传统压缩机	/	/	轴承开发	传统压缩机	电锤、电镐	/
技术路线	离心式	离心式	罗茨式	罗茨式	罗茨式	离心式	离心式	离心式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
功 (kW)	30-80	/	/	/	30-80	/	/	30-45 左右	/	/	/
压比:	4	/	2.2	/	/	2	/	/	2.2	2.5	2.7
噪 (dB)	68	90-96 之间									
客户	本田	现代	小规模	丰田	/	小规模	样件	样件	样件	小规模	小规模

资料来源：公司官网，国元证券研究所

### 3.9 氢气循环设备：氢循环泵是当前主流，引射器并行发展

在质子交换膜燃料电池中，保持质子交换膜的水平衡对电堆的寿命有重要意义。一方面，含水量过低会产生干膜现象，妨碍质子的传输；另一方面，含水量过高会产生水淹现象，阻碍多孔介质中气体的扩散，导致电堆输出电压降低。此外，从阴极侧穿透



到阳极的杂质气体不断累积，也会对电堆的性能造成影响。

针对以上堵水和气体渗透的问题，通常采用排氢的方法，将电堆内部生成的水和累积的杂质气体排出。排氢频率太低，容易导致堵水和杂质气体累积，从而导致电堆性能下降；排氢频率太高，则既浪费了氢气，又带来潜在危险。为保证 PEMFC 稳定高效运行，同时提高氢气利用率，通常采用氢气循环的方法，即氢气把电堆内部生成的水带出后，经水气分离装置将液态水分离，再将氢气循环送回到电堆阳极重复使用，同时对新鲜氢气进行加湿。

目前主要的氢气循环设备有氢循环泵和引射器两类设备，具体方案可采取单级引射器、双级引射器并联、单级循环泵、引射器和循环泵并联等。

传统循环泵在涉氢涉水环境下，易发生“氢脆”，氢循环泵在结构和材料的设计上不同于传统循环泵，技术难度要高很多，氢循环泵需要具备密封设计好（氢气容易泄露）、耐水性强（经过电堆反应后剩余的氢气带有少量水蒸气）、流量大（适应大功率电堆）、压力输出稳定（低压转为高压）、无油（保证氢气纯度）等特点。氢循环泵难度较大，目前国内产品处于研发验证阶段，尚不成熟，国内系统企业主要是进口德国普旭氢循环泵，普旭在中国市占率达到 90%。

引射器利用高速喷射工作流体造成的压差将喷出的气体不断吸入并再喷出，相比氢气循环泵，这种装置无移动部件、结构简单、运行可靠，而且无寄生功率，是实现燃料电池氢气循环利用的理想装置。已有的质子交换膜燃料电池(PEMFC)系统引射器设计多采用开环设计，无法体现其应用于实际系统时的工作特性。引射器的设计工况点通常为最佳工况点，通过优化引射器的设计尺寸改变其工作特性和最佳工况点。设计上，引射器的最佳工作区间应该能够覆盖 PEMFC 系统的全部工作区间。以往的研究大多采用增加引射器移动部件或采用引射器与循环泵并联的方法实现设计目标。

国内企业涉足氢气循环泵的主要有雪人股份、大洋电机、思科涡旋、艾尔航空、汉钟精机、济南思明特、浙江恒友、伯肯节能等。思科涡旋产品主要是涡旋式氢气循环泵，今年 4 月 15 日，公司收到东风（武汉）工程咨询有限公司组织的东风汽车集团股份有限公司技术中心《FCEV-回氢泵采购 3》项目的《中选通知书》；艾尔航空开发出爪式氢气循环泵，实现小批量供货。

**表 15：主要燃料电池氢循环泵企业**

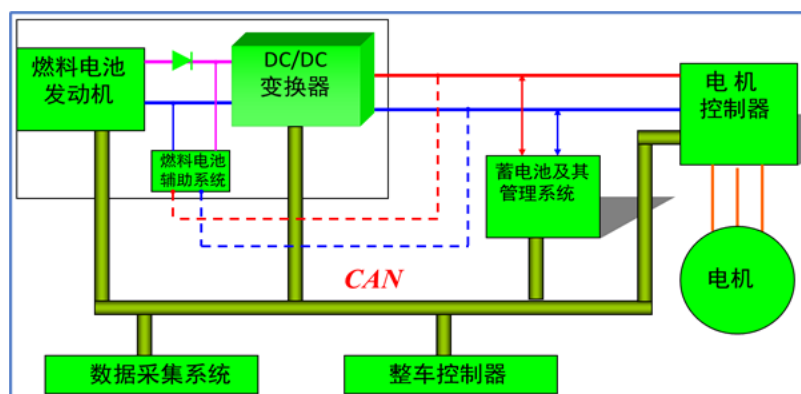
	BUSCH	TICO
型号	MA0018A	
电机功率 W	额定 450，峰值 580	额定 600，峰值 1160
电源电压 VDC	24 (20-32)	200-340(244)
额定转速	6000	6200
泵最高转速 RPM	400-6600	8600
电机操作温度℃	From -30 to +130	From -30 to +125
介质温度范围℃	From -40 to +85	From -30 to +95
额定流量 m3/h	18	40.14 (*条件见备注)
压升	0.4bar	/

资料来源：公司官网，国元证券研究所

### 3.10 燃料电池 DCDC

DC/DC 是新能源汽车中不可或缺的辅助性电子设备，是指将一个固定的直流电压变换为可变的直流电压，也称为直流斩波器。在新能源汽车领域，分小功率 DC/DC 和大功率 DC/DC 两种应用场景。其中小功率 DC/DC 作为高压转低压装置及 12V 电压稳定器使用。大功率 DC/DC 的作用为高压升压器，燃料电池汽车在国内当前的电电混合技术路线下，大功率 DC/DC 是必不可少的器件。

图 14：DCDC 在燃料电池系统提供高压升压作用



资料来源：CNKI，国元证券研究所

在燃料电池轿车的实际应用中，一方面考虑到目前燃料电池价格较高，而单节燃料电池电压较低(0.7V 左右)，且工作电压大小因负载而定，因此有必要将燃料电池输出电压与负载正常工作电压之间进行合理转换。另一方面，考虑到在燃料电池氢气和空气供给过程中出现的一些扰动会使燃料电池堆的输出电压发生波动，从而母线电压也会产生一定幅度的波动，如果在母线和用电器之间没有抗扰动装置的话，燃料电池轿车上用电器的的工作电压可能处于过压或者低压状态，长时间运行的话，会影响所配设备的寿命，这就要求所配降压 DC/DC 具有较好的抗干扰性能，当负载突然变化时，输出电压能够尽快恢复平衡。

燃料电池系统 DC/DC 除了实现功率变换功能以外，具备以下特殊性：1) 实现整车能量分配控制，优化整车动力性和经济性；2) 弥补燃料电池电气特性，实现宽范围电压输入和稳定输出；3) 快速提升燃料电池温升，实现低温快速启动；4) 在线诊断燃料电池状态，延长电堆寿命。

DC/DC 效率差距不大，功率密度和一致性等落后于日韩，成本依赖半导体行业降本。燃料电池 DC/DC 代表企业主要有美国 Victor、Lucent、日本 Cosel、本田和现代等；国内燃料电池 DC/DC 企业有欣锐科技、英威腾、合康动力、中科绿能等。国产企业效率普遍在 95% 以上，与日韩先进产品差距不大，但是体积功率密度上远低于日韩先进企业，国内 DC/DC 体积功率密度低于 1.6kW/L，而日韩产品功率密度可达 8kW/L 以上，此外国内产品一致性和可靠性有待提升。降本方面，燃料电池汽车采用的 DC/DC 依托于半导体行业的发展。

表 16：国内外主要 DC/DC 企业

国外						国内		
企业	美国 Vicor/lucnet	日本 Cosel	本田(京滨)	现代	欣锐	动力源	中车	英威腾/依思普林/同沪/核 达中远通/奥蒂电控/中科 绿能/合康动力等企业
技术路线	IGBT(Si)	IGBT(Si)	碳化硅(SiC)	碳化硅 (SiC)	IGBT(Si)/碳化硅(SiC)		IGBT(Si)	
总效率水平	约 95%	约 95%	约 97-98%		95%以上		约 95%	
体积功率密度	/	/	>8.7kW/L		/		<1.6kW/L	

资料来源：公司官网，国元证券研究所

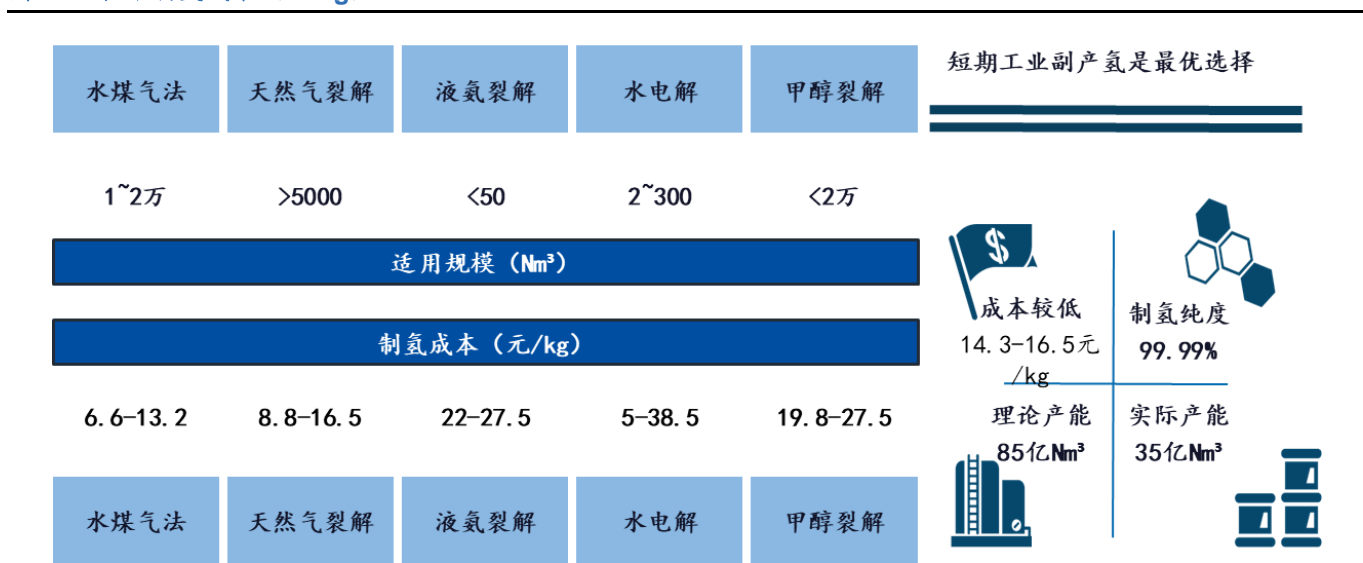
## 4. 氢气：降本路径明确

### 4.1 氢气制取：区域禀赋决定制氢方式

我国氢气来源广泛且低廉，目前年制氢量 2000 万吨左右，是全球第一大产氢国，当前氢气主要来源为化石能源制氢，占比 96%，水电解制氢占比 4%

当下燃料电池汽车规模较小，主要制氢依靠工业副产氢，制氢成本 14.3-16.5 元/kg；随着燃料电池车规模的提升，天然气/煤制氢可以提供大规模、低成本的氢气供应（6.6-16.5 元/kg）；未来弃风弃光电解制氢将成为最洁净环保的能源利用方式，电解水制氢成本与电价高低密切相关。

图 15：各路制氢成本（元/kg）



资料来源：产业调研，国元证券研究所

### 4.2 储运：短期气氢拖车运输，中长期液氢远距离运输

气氢拖车是目前及未来一段时间的主要运输方式。20MPa 长管拖车是当下主流运氢方式，百公里充装及运输成本达到 8.8 元/kg，500km 运输成本达 30.8 元/kg；接下来长管拖车会升级到 45MPa 储氢瓶车。

中期将使用液氢罐车进行中长距离储运，液氢运输能力是气氢拖车的十倍以上，配合大规模可再生能源或者核电的弃电，是燃料电池大规模部署后的氢气解决方案；液氢百公里运输成本达到 8.36 元/kg（包括液化和运输），500km 运输成本达到 10.34 元/kg。

管道氢气运输运营成本低、运输规模庞大，但最致命的缺点是投资成本高且只能点对点，因此在一段时间内很难成为主流；

有机和固态储氢材料是未来氢气储存与运输的重要研究方向，目前都处于研究或者小规模实验状态。

**表 17：氢气运输成本（元/kg）**

氢气运输成本	20MPa 长管拖车（现状）	45MPa 长管拖车（短期未来）	液氢运输（中期未来）
充装成本/氢液化成本	3.3	3.8	7.7
100km 运输成本	5.5	2.5	0.66
500km 运输成本	27.5	12.5	2.64
100km 距离运输总成本 （元/kg）	8.8	6.3	8.36
500km 距离运输总成本 （元/kg）	30.8	16.3	10.34

资料来源：产业调研，国元证券研究所



## 5.加氢站：成本快速下降，建设速度加快

### 5.1 加氢站构成

依据土建方式不同，加氢站可分为移动式加氢站与固定式加氢站：

**1) 移动式加氢站：**多为撬装形式，压缩机等加氢站设备集成安装于整体底座上，占地面积小，安装工作量小，便于移动迁移。除移动撬装式加氢站外，集成储氢及加注设备的加氢车也是移动式加氢站的一种。

**2) 固定式加氢站：**与普通加油站形式类似，加氢站设备需在现场安装固定，设备分散分布，占地面积大，加氢噪声小，通常固定式加氢站储氢量及日加注能力大于移动式加氢站。早期国内固定式加氢站多数专门提供氢气加注功能，近年来中石化、中石油加入加氢网络构建进程，将原有加油站改建为油氢合建站，2019年新建成佛山樟坑、浙江嘉兴、上海西上海、安智共4座加油加氢合建站，提供了传统能源供应企业利用原有能源补给网络建设加氢站的可行方案。除油氢合建站外，油气氢电综合供能站也是针对未来车辆能源多样化供应的合理方案，2019年建成油气氢电综合供能站1座，在建1座。

图 16：移动撬装式加氢站



资料来源：上海氢枫，国元证券研究所

图 17：固定式加氢站



资料来源：重塑科技，国元证券研究所

依据氢气来源不同，加氢站可分为站内制氢加氢站与外供加氢站：

**1) 站内制氢加氢站（制氢加氢一体站）：**于站内配套电解水制氢、天然气重整制氢等制氢设备生产氢气，经压缩机增压后完成氢气加注等后续环节。站内制氢加氢站额外增加制氢设备，但减省氢气运输、卸气环节。目前德国、日本已批量建成制氢加氢一体站，2019年雄韬股份于山西大同建成国内首座站内制氢加氢站——大同经雄制氢加氢一体站，设计加注能力500kg/d。

**2) 外供氢加氢站：**无需现场制氢，氢气由氢源外运，经过加压后完成加注、存储。不同氢气运输形式下，加氢站设备同样存在差异：对于高压氢气运输方式，加氢站需配置卸气柱及与长管拖车气压匹配的氢气压缩机组；当采用液氢运输，需要在站内增设气化器等配套设施，完成液氢气化。

**3) 混合式加氢站：**将站内制氢与外供氢气结合，双重氢源保证供氢可靠性。日本、德国等地曾建成多座混合式加氢站。

图 18：站内制氢加氢站



资料来源：中国能源报，国元证券研究所

图 19：外供氢加氢站



资料来源：搜狐网，国元证券研究所

目前国内加氢站以气氢拖车外供氢加氢站为主，氢气通过管束槽车运输至加氢站，经氢气压缩机增压后储存至站内的高压储罐中，再由加氢机为燃料电池汽车加注氢气，具体流程包括：

- 1) **氢气运输**：氢气运输环节通常由制氢企业或气体公司承担，运输管束槽车储氢管束中氢气压力维持于 20MPa 左右，典型拖车配置管束储氢量 4000Nm<sup>3</sup>，约合 350~380kg。氢气运输方式、运输距离对到站氢气价格影响显著，目前百公里运氢成本约 4.5 元/kg，超过 100km 以后，氢气成本快速增加，300km 时，运氢成本超过 26.8 元/kg。
- 2) **卸气增压**：氢气运至加氢站后，借助站内氢气压缩机增压存至站内储氢瓶组。国内燃料电池汽车车载储氢瓶储气压力多为 35MPa，配套加氢站储氢压力通常在 45MPa 上下，高于车载管束氢气（20MPa），氢气从低压侧流向高压侧需要借助氢气压缩机做功。在进气压力低于拖车管束内氢气压力时，氢气可从管束内流出。受压缩机进气压力约束，管束内氢气有效卸气量占比在 70~80%，约合 250~300kg。氢气加注过程中当站内储氢罐的压力降低至设定值时，控制系统将启动氢气压缩机对储氢罐重新充装增压。
- 3) **分级储存**：加氢站氢气储存于专用储氢罐或储氢瓶组，气氢拖车管束也可作为站点储氢装置。为降低压缩机功耗，优化加氢控制过程，GB 50516—2010《加氢站技术规范》推荐储氢环节采取二级或三级储氢，即多个储氢罐/储气瓶组分组设置不同压力等级。
- 4) **氢气加注**：氢气加注是加氢流程最后一个环节，由储氢配合加注系统完成。加氢机氢气输入端与储氢设备、氢气压缩机排气口互连，加氢控制系统可依据储氢瓶组储氢量、储氢压强等选择合适瓶组或直接从氢气压缩机获取氢气完成加注。

## 5.2 压缩机、储氢瓶、加氢机为加氢站三大核心设备

### （一） 氢气压缩机

氢气压缩机是将拖车管束内氢气卸装，加压至储氢目标压强的关键设备。依据工作原理差异，主流氢气压缩机可分为往复隔膜式压缩机、活塞式压缩机。由于燃料电池

汽车对氢气纯度要求较高 ( $\geq 99.99\%$ )，隔膜式压缩机能够较好保证气体纯净度，是目前的主流选择。

图 20：隔膜压缩机



资料来源：恒久机械，国元证券研究所

隔膜式压缩机由液压系统及气体压缩系统组成，膜片将两大系统完全隔离。工作状态下，液压系统中由电机驱动压缩机曲轴，推动活塞在液压缸内往复运动，产生液压油压力，推动膜片往复振动完成进气、压缩、排气。由于压缩气体不与任何润滑剂、摩擦副接触，可以最大限度保证压缩气体纯净度。

加氢站对氢气纯度要求严格且排气压力较高 (45~90MPa)，当前氢气压缩机供应商仍以海外为主，如美国 PDC Machine、英国 Howden 等。国内氢能产业高速发展，自主压缩机品牌逐步推出适用于加氢站的氢气压缩机产品，并在国内加氢站应用，代表企业包括中鼎恒盛、北京天高、京城压缩机、恒久机械等。

**PDC Machine:** PDC Machine 于 1977 年开始制造往复隔膜式压缩机，公司与全球领先的氢气供应商、科研院校合作，形成完善的氢压缩解决方案，持续促进氢能商业化应用。PDC 专门为燃料电池汽车、公交车和物料运输设备的氢能装置提供全面的氢压缩解决方案。公司压缩机产品线和压缩系统设计交钥匙工程，满足从小型示范到大型商用氢燃料加注站的各种应用要求。目前，PDC 在全球共有超过 350 台氢气压缩机应用于加氢站中。

**豪顿:** 英国豪顿集团创建于 1854 年，为全球领先的压缩机制造厂商。公司业务范围覆盖全球，1994 年 10 月设立豪顿华工程有限公司进入中国市场。豪顿压缩机涵盖螺杆式、往复式、离心式多类别，1916 年公司下属研发成功全球首台金属隔膜式压缩机，可确保任何气体的无污染、无泄漏压缩，开创了压缩机市场的新领域。2019 年 6 月 27 日，豪顿与国内加氢站建运及加氢站设备供应商上海氢枫合作研发的 45Mpa 高性能氢气隔膜压缩机正式落地。

**中鼎恒盛:** 成立于 2008 年，隔膜压缩机为公司核心业务。早期公司氢气压缩机在精细化工领域已有应用，面向加氢站用氢气压缩机为公司新的业务方向，目前中鼎恒盛能够提供 45MPa、70MPa 的加氢站隔膜压缩机，其中 45MPa 加氢站隔膜压缩机流量最大能够做到 2000kg/天。目前公司已向多个加氢站提供了压缩机设备，包括武汉雄众、安徽明天氢能、佛山荔村、上海金山化工园区等。

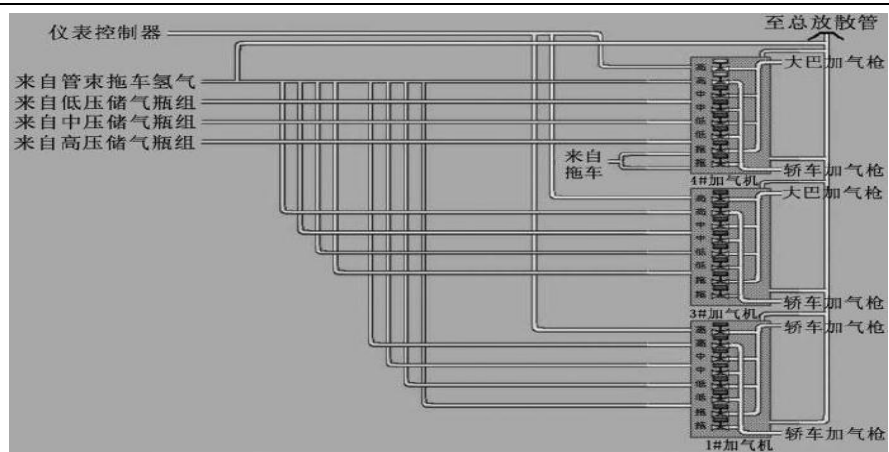


## （二） 储氢罐

加氢站是利用站内储氢容器和车载氢瓶间的压差实现氢气加注，要求站内储氢压力高于车载供氢系统。目前车载氢瓶压强分为 35MPa 及 70MPa 两类，相应 35MPa 加氢站设计压力在 45MPa 上下，70MPa 加氢站储气压力在 90MPa 附近。为降低卸气过程压缩机能耗，提升氢气加注过程可控性，加氢站储氢罐或储氢瓶组通常按照 2~3 级压力分级设置，如 35MPa 加氢站可选择配置 45+22MPa 储氢罐组合，70MPa 加氢站则可配置 90+65+40MPa 组合。

以 35MPa 加氢站为例，卸气过程中若仅配置 45MPa 储氢罐，卸气过程中氢气压缩机需要将拖车管束中 20MPa 氢气全部增压至 45MPa；若配置 45MPa+22MPa 的储氢罐组合，部分拖车管束 20MPa 氢气仅需增压至 22MPa，减小压缩机做功。加注过程中，通常自 22MPa 低压氢罐开始，当车载储氢系统氢气压力达到设定值，切换至 45MPa 高压氢罐。整个加注过程储氢罐与车载氢瓶间的压差控制在合理范围，相较仅采用 45MPa 储罐加注更易控制氢气加注速率。

图 21：上海世博会氢气加注系统



资料来源：《氢气充装与加氢站系统工艺研究》，国元证券研究所

目前国内储氢罐建设周期相较储氢瓶组更长，且造价高约 40%。内加氢站储氢设备供应企业包括中集安瑞科等。

**中集安瑞科：**国内能化与食品装备业内具有领先地位的集成业务服务商与关键设备制造商。公司发挥压力容器制造领域的经验优势，在氢能储运、加注环节着力布局。2010 年，公司为上海世博会提供 45MPa 加氢车、加氢站储氢瓶组；2011 年，为深圳大运会提供 45MPa 加氢车、加氢站储氢瓶组，并成功研制出国内首台 300m<sup>3</sup>高真空多层结构液氢贮罐；2013 年，300m<sup>3</sup>液氢贮罐成功交付海南文昌卫星发射基地；2017 年，完成 25MPa III 型车载氢气瓶开发，启动 45MPa 氢气压缩机开发；2018 年，参与建设国家 863 项目国内首座 70MPa 加氢站，设计制造的 87.5MPa 缠绕大容积储氢容器填补国内空白。

### （三）加氢机

加氢机由控制系统、计量系统、加氢枪三大核心环节构成，完成氢气加注的最终环节。设备层面看，包括：氢气入口、双电磁阀单元、流量计、控制器、显示器（显示流量、压力、温度、金额、气量）、压力感受器、温度感受器、手动截止阀、加注口等。加氢机在整个氢气加注过程中，与多级储氢系统配合，各个储氢罐加注优先级由容器实时储氢压力、储量、车载氢瓶实时压力、压缩机工况等因素决定。海外加氢机供应商众多，包括 **Nel、Air Products、Linde** 等，国内供应商以**国富氢能、舜华新能源、氢枫能源**为代表。

**国富氢能**：成立于 2016 年，公司专注于氢能基础设施装备研发、生产和销售，主要产品包括车载储氢系统、加氢站设备和液氢装备。基于团队多年的行业储备积累，公司历经 3 年即成为氢能装备龙头企业，连续两年储氢系统和加氢站设备国内市占率第一。公司引进国外加氢机控制及制造技术，推出 35MPa 及 70MPa 加氢机，产品搭载国际知名品牌生产的质量流量计、阀门等关键部件，实现定制化设计制造，设备获得加氢机防爆认证及中控防爆认证等。

**上海舜华新能源系统有限公司**：公司成立于 2004 年，公司致力推动氢能技术发展，为国内领先的加氢站整体解决方案供应商。舜华掌握高压供氢加氢核心技术，具备了围绕核心产品进行系统设计及集成并提供技术服务整体解决方案供应能力，业务领域涵盖氢能、核能和分布式能源。公司加氢机产品满足 35/70MPa 加注需求，分钟流量落在 0.18-3.5kg，具备温度压力补偿、全自动控制、流量自调节等特点。公司加氢机已在上海金山化工区等多座加氢站投运。

**江苏氢枫能源装备有限公司**：公司主要产品包括加氢机、压缩机、卸气柜、顺序控制柜等加氢站关键设备。公司 D3 系列基础班加氢机配置冷冻水预冷，平均流量达到 1.8kg/min。设备配套自动化泄露检测、压力变动器、全自动泄压功能等，保证设备运营安全可靠，并延长配件使用寿命。D5 系列增强版平均加氢流量达到 2.5kg/min，能够针对大巴车、物流车实现区分化操作。

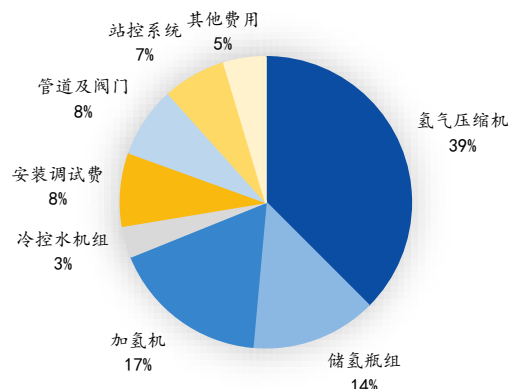
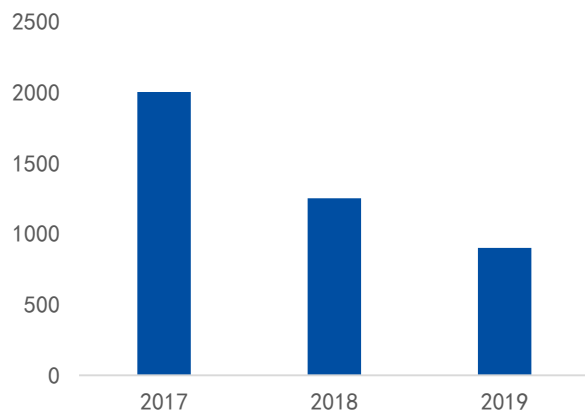
### 5.3 加氢站成本快速下降

伴随加氢站设备国产化率提升，加氢站设备成本不断下降，三年降幅超过 50%。2017 年 500kg/d 加氢站不含土地建设成本 2000 万元左右；目前 500kg/d 加氢站不含土地建设成本在 800~1000 万区间，其中设备成本占比超过 80%，安装建设费用约占 20%。加氢站核心设备中，配套 500kg 级加氢站用氢气压缩机售价约合 300 万上下，占比约 40%，加氢机单台约 70~80 万元，占比 20%，储氢瓶组/储氢罐约占 16%，三部分设备合计占比超过 80%。（注：各加氢站配置压缩机、加氢机、储氢瓶方案存异，成本构成不尽相同）。



图 22：500kg/d 加氢站不含土地成本（万元）

图 23：加氢站成本构成



资料来源：国元证券研究所

资料来源：氢枫能源，METI，国元证券研究所

## 5.4 国内加氢站建设提速

### （一）2018 年以前国内加氢站建设进度滞后制约产业发展

**2017 年以前，车用氢气需求量小，审批流程不明确造成国内加氢站建设节奏缓慢。**国内对氢气研究应用可追溯至上世纪 70 年代，但化工、电子等领域氢气供应环节中并不依赖加氢站。加氢站完全面向车用领域，2017 年以前国内整车规模尚小，加之加氢站作为新生事物在审核流程、负责单位方面缺乏明确规定，国内加氢站建设步调迟缓。2016 年年初国内运营加氢站仅北京永丰、上海安亭和郑州宇通 3 座。

**整车推广拉动氢气需求，加氢站迎来转机。**2017 年国内燃料电池汽车销量大幅增至 1048 辆，其中客车 116 辆，货车 932 辆，乘用车约 50 辆，每日运营氢气用量超 7 吨，同年全国加氢站净增 5 座，累计运营 12 座，日加氢能力合计约 3.6 吨。2018 年国内燃料电池汽车销量达到 1527 辆，其中公交大巴 1418 辆，物流车 109 辆，新增运营氢气用量约 19 吨/天，同年加氢站落地 9 座，累计运营 21 座，日加氢能力合计约 7.3 吨。不考虑地区空间匹配，2017、2018 年国内加氢站供需比例为 51%、28%，成为国内燃料电池汽车运营的制约因素。

### （二）供氢短板获得关注，2019 年以来国内加氢站建设明显提速

从政策上看，加氢基础设施滞后制约氢能产业发展的问题得到国家地方政府的重视，车站协同，适度超前的建站思路成为政企共识。2019 年 3 月，国务院首次将推动加氢设施建设纳入《政府工作报告》，为加氢站建设注入强心剂。部分氢能先行区明确出台优厚建设运营补贴方案，切实降低加氢站建运资金壁垒。2014 年 11 月，财政部、科技部、工信部、发改委曾联合出台加氢站建设补贴方案，对日加注 200kg 站点奖励 400 万元。随 2015 年底补贴有效期截止，国内加氢站建设进入补贴空窗期。2019 年成为国内地补政策的转折点，国内氢能产业先行区地方补贴政策密集出台，截止 2019 年底，国内佛山、六安、重庆等市均已明确加氢站补贴方案，综合考量建

设方式、加注能力、建设投运时点等因素。佛山等地还将根据氢气售价水平提供运营补贴，从初始投资和运营回报两方面缩短加氢站回报周期。

**表 18：国内加氢站补贴政策一览**

日期	部门	文件	内容
2014.11.18	财政部、科技部、工信部、发改委	《关于新能源汽车充电设施建设奖励的通知》	符合国家标准且加氢能力不少于 200 公斤的新建燃料电池汽车加氢站每站奖励 400 万元。
2018.04.17	佛山市南海区人民政府	《佛山市南海区人民政府办公室关于印发佛山市南海区促进加氢站建设运营及氢能车辆运行扶持办法（暂行）的通知》	<b>建设补贴：</b> 固定式加氢站以 500kg/d 为界，最高补贴达 800 万；撬装式加氢站 350kg/d 以上最高提供 250 万补贴； <b>运营补贴：</b> 依据年限、氢气售价划分补贴等级给予 9/14/20 万元/kg 补贴
2018.11.12	中山市发展和改革委员会	《中山市关于广东省新能源汽车充电设施财政补贴专项资金管理实施细则》	<b>建设补贴：</b> 标准为 100 万元/站并要符合国家技术标准，且日加氢能力不少于 200 公斤，按规定竣工验收并投入使用。
2019.01.10	佛山市南海区人民政府	《佛山市南海区人民政府办公室关于印发佛山市南海区促进加氢站建设运营及氢能车辆运行扶持办法的通知》	<b>建设补贴：</b> 暂定版本 2018 年补贴方案延至 2019 年底，明确日加氢能力界定标准等； <b>运营补贴：</b> 与暂定版本一致。
2019.04.22	六安市人民政府	《关于大力支持氢燃料电池产业发展的意见》	<b>建设补贴：</b> 加氢能力 400kg/d 的 35MPa 加氢站或加氢能力达 200kg/d 的 70MPa 加氢站，按设备投入金额 30% 补助，不超过 200 万元；加氢能力达 100kg/d 的 35MPa 加氢站或加氢能力达 400kg/d 的 70MPa 加氢站，按设备投入金额 30% 补助，不超过 400 万元。
2019.06.01	重庆市经信委、财政局、能源局	《关于印发重庆市 2019 年度新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》	<b>建设补贴：</b> 日加氢能力达 500kg 及以上的固定式加氢站一次性给予 200 万元补贴；日加氢能力不低于 300 公斤的撬装式加氢站一次性给予 100 万元补贴。
2020.11.12	广东省发改委	《广东省加快氢燃料电池汽车产业发展实施方案》	对 2022 年前建成并投用，且日加氢能力（按照压缩机每日工作 12 小时的加气能力计算）500 公斤及以上加氢站给予补贴。其中，属于油、氢、气、电一体化综合能源补给站，每站补助 250 万元；独立占地固定式加氢站，每站补助 200 万元；撬装式加氢站，每站补助 150 万元。

资料来源：地方政府网站，国元证券研究所

2019 年成为国内加氢站建设的转折点，国家地方政策持续加码，燃料电池汽车产销运营规模持续扩张，中石化等国资能源巨头加入加氢站建设运营队伍都为国内加氢站建设注入推力。截止 2020 年 11 月 21 日我国累计建成 88 座加氢站，较去年年底新增 27 座。其中已投入运营的有 80 座，另有 50 座正在建设当中，还有 99 座正在规划中的加氢站。

**表 19：部分在运营加氢站列表**

城市	名称	建设方	运营方	加氢能力
上海	上海神力加氢站	上海神力	上海神力	
	上海安亭加氢站	上海舜华和同济大学	上海舜华	400kg/d
	上海电驱加氢站	氢枫能源	上海电驱	400kg/d
	上海江桥加氢站	嘉氢实业	加氢实业	1000kg/d
	上海化工区加氢站	上海舜华	驿蓝能源	2000kg/d
北京	北京永丰	北京清能华通&BP	亿华通	100kg/d
郑州	郑州宇通	宇通	宇通	210kg/d
江苏如皋	江苏如皋加氢站	氢枫能源	南通百应	2000kg/d
浙江嘉兴	中国石化善通加油加氢站	厚普股份	中石化	1000kg/d
四川成都	郫都区加氢站	四川天然气投资公司和四川金星能源	四川燃气	400kg/d
中山	中山古镇加氢站	氢枫能源	国能联盛	1000kg/d
	沙朗加氢站	氢枫能源	大洋电机	1000kg/d
佛山	丹灶瑞晖加氢站	瑞晖能源	瑞晖能源	500kg/d
	三水撬装式加氢站	国鸿		100kg/d
	佛山云浮思劳加氢站	氢枫能源	广东国鸿	400kg/d
	佛山禅城区加氢站	佛汽集团		1000kg/d
	丰田加氢站	丰田		
十堰	东风特汽（十堰）加氢站	氢枫能源	东风特汽	500kg/d
大连	同济-新源加氢站	同济大学	同济大学和新源动力	400kg/d
张家港	氢枫能源张家港加氢站	氢枫能源		1000kg/d

资料来源：搜狐网，公司官网，国元证券研究所

## 6.各行业巨头纷纷布局氢能

整车、能源、汽车零部件、化工等行业巨头纷纷布局氢能与燃料电池。车企中，海外巨头车企丰田、本田、奔驰、宝马、奥迪和现代等均有推出燃料电池汽车车型，并有持续发展规划；国内车企上汽、长城、一汽、广汽和吉利等聚焦产业链和乘用车研发；商用车企超过 41 家 OEM 厂参与研发推广，包括宇通、中通、苏州金龙、亚星客

车、一汽解放、北汽福田、东风特专、佛山飞驰、大运等。

能源巨头中，中石化建设油氢混建站，投资燃料电池系统龙头企业上海重塑，中石油、浙能集团布局加氢站，国电投成立氢能公司切入中游电堆产业链，国家能源集团布局制氢和加氢领域。汽车零部件巨头中，发动机巨头潍柴动力收购 Ballard 和 Ceres 股权，购买 Ballard 电堆技术；康明斯收购 Hydrogenics；零部件企业佛吉亚和米其林合资成立氢燃料电池公司，博世设立氢燃料电池研发中心。具备副产氢的化工企业也积极进取氢能，国内嘉化能源、滨化股份、鸿达兴业和东华能源等企业均在布局制氢和加氢领域。

图 24：各行业巨头纷纷入场氢能

<b>中石化</b> 建设加氢站与油氢混建站；投资燃料电池系统龙头上海重塑	<b>中石油</b> 建设加氢站与油氢混建站；	<b>国家能源集团</b> 布局制氢、加氢站	<b>国电投</b> 组建氢能公司，100kw燃料电池电堆研制成功，向冬奥会提供1000辆燃料电池公交	<b>博世</b> 威孚高科 美锦能源 嘉化能源 浙能集团 雪人股份 雄韬股份 先导智能
<b>中国中车</b> 研制出全球首列氢能源有轨电车；投资膜电极苏州擎动；成立中车氢能公司；推出氢燃料电池客车	<b>上汽集团</b> 收购新源动力34.2%股权；组建上汽捷氢公司，进行燃料电池电堆、系统研发、生产研发生产乘用车、轻客、轻卡	<b>长城汽车</b> 控股上燃动力；建成氢能技术中心；组建未势能源研发电堆、膜电极、储氢系统和液氢等	<b>潍柴动力</b> 参股Ballard和Ceres；购买巴拉德新一代的LCS电堆技术；电堆、系统研发和生产	

资料来源：公司公告，公司官网，企查查，国元证券研究所

## 7.投资建议

当下的燃料电池汽车正如七八年前的锂电池汽车，伴随国产化和规模，成本将迅速下降，目前行业电堆最低售价 1999 元/kW，预计 5 年后燃料电池汽车将与传统柴油车平价，届时燃料电池将逐步替代柴油机，行业空间广阔。示范城市于 11 月 15 日截止申报，预计审批时间将不久远，燃料电池将迎来政策与业绩双驱动时间，推荐：1) 亿华通，最纯正燃料电池标的，业务涵盖电堆和系统；2) 美锦能源，主业焦炭景气，投资电堆龙头国鸿氢能、参股膜电极龙头鸿基创能；3) 龙蟠科技，车用尿素保持高速增长，投资安徽燃料电池企业明天氢能。

### 产业链相关标的

**核心零部件布局全面企业：**亿华通（燃料电池电堆、系统）、美锦能源（控股燃料电池整车飞驰客车、投资电堆龙头国鸿氢能、参股鸿基膜电极、加氢站建设运营、副产氢）、龙蟠科技（投资电堆、系统企业明天氢能）、雪人股份（投资电堆 Hydrogenics、空压机、氢循环泵、系统集成）、雄韬股份（武汉理工膜电极+苏州擎动膜电极+投资氢璞创能电堆+浙江氢途发动机+雄韬氢雄）、大洋电机（巴拉德 9.9%股权，具备燃料电池系统生产能力，投资有机储氢企业 HT）、潍柴动力（巴拉德 19.9%股权+LCS 电堆技术+发动机）

**加氢站设备企业：**国富氢能（成套设备）、厚普股份（成套设备）、京城股份（氢压缩机）、开尔新材（成套设备）

**氢站一体化运营企业：**嘉化能源（副产氢+液氢+加氢站）

**储氢瓶环节：**国富氢能（储氢瓶）、中材科技（储氢瓶）、京城股份（储氢瓶）

**电解水制氢设备：**阳光电源。

## 8.风险提示

获批示范城市数量不达预期风险，氢气与燃料电池降本不达预期风险等。



## 投资评级说明

(1) 公司评级定义		(2) 行业评级定义	
买入	预计未来 6 个月内，股价涨跌幅优于上证指数 20% 以上	推荐	预计未来 6 个月内，行业指数表现优于市场指数 10% 以上
增持	预计未来 6 个月内，股价涨跌幅优于上证指数 5-20% 之间	中性	预计未来 6 个月内，行业指数表现介于市场指数 ±10% 之间
持有	预计未来 6 个月内，股价涨跌幅介于上证指数 ±5% 之间	回避	预计未来 6 个月内，行业指数表现劣于市场指数 10% 以上
卖出	预计未来 6 个月内，股价涨跌幅劣于上证指数 5% 以上		

## 分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本人承诺报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业操守和专业能力，本报告清晰准确地反映了本人的研究观点并通过合理判断得出结论，结论不受任何第三方的授意、影响。

## 证券投资咨询业务的说明

根据中国证监会颁发的《经营证券业务许可证》(Z23834000), 国元证券股份有限公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

## 一般性声明

本报告仅供国元证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。若国元证券以外的金融机构或任何第三方机构发送本报告，则由该金融机构或第三方机构独自为此发送行为负责。本报告不构成国元证券向发送本报告的金融机构或第三方机构之客户提供的投资建议，国元证券及其员工亦不为上述金融机构或第三方机构之客户因使用本报告或报告载述的内容引起的直接或间接损失承担任何责任。本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的信息、资料、分析工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的投资建议或要约邀请。本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司建议客户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。在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取投资银行业务服务或其他服务。

## 免责声明

本报告是为特定客户和其他专业人士提供的参考资料。文中所有内容均代表个人观点。本公司力求报告内容的准确可靠，但并不对报告内容及所引用资料的准确性和完整性作出任何承诺和保证。本公司不会承担因使用本报告而产生的法律责任。本报告版权归国元证券所有，未经授权不得复印、转发或向特定读者群以外的人士传阅，如需引用或转载本报告，务必与本公司研究中心联系。网址：

www.gyzq.com.cn

## 国元证券研究中心

合肥	上海
地址：安徽省合肥市梅山路 18 号安徽国际金融中心 A 座国元证券	地址：上海市浦东新区民生路 1199 号证大五道口广场 16 楼国元证券
邮编：230000	邮编：200135
传真：(0551) 62207952	传真：(021) 68869125
	电话：(021) 51097188