

电气设备

2021年06月06日

多重临界点即将到来，氢能源开启向上周期

——行业深度报告

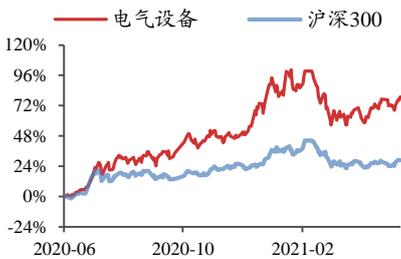
投资评级：看好（维持）

刘强（分析师）

liuqiang@kysec.cn

证书编号：S0790520010001

行业走势图



数据来源：贝格数据

相关研究报告

《行业周报-美国政策超预期，国内供应链受益》-2021.5.30

《行业点评报告-可再生能源消纳权重颁布，稳步推进 2025 目标》-2021.5.26

《行业点评报告-政策扶植充换电基建，头部厂商有望充分受益》-2021.5.24

● 碳中和大背景+能源巨头布局，氢能源即将开启向上周期

碳中和的大背景以及冬奥会的历史性机遇推动氢能源加速推广，预计 2021-2035 年是我国氢能源汽车推广、规模降本、技术完善的阶段，2035 年后氢能将逐渐取代化石能源。我国氢能源产业发展晚于欧美日韩，但发展速度迅猛，在产业链布局方面已逐渐赶上西方国家。隆基股份、美锦能源等能源巨头纷纷布局加速氢能产业链建设，未来伴随氢气成本降低将实现与化石能源应用平价，氢能应用将十分便捷，成为能源的重要组成部分。下游应用端短期重点关注燃料电池汽车，预计 2025 年国内燃料电池汽车保有量将达 10 万台，对应燃料电池系统需求年复合增速达 60%-70%，氢能产业链有望是继锂电、光伏之后新能源领域又一个数千亿级的市场。受益标的包括三个方面：（1）核心燃料电池系统公司：亿华通、重塑股份（拟上市）、潍柴动力等；（2）上游制氢环节：隆基股份、阳光电源等；（3）氢能产业链配套服务：美锦能源、雄韬股份、雪人股份等。

● 碳中和加速氢能源支持政策出台，实质性突破的起点来临

作为清洁脱碳的二次能源，国家和地方对氢能的发展高度重视，2020 年修订的能源法将氢能纳入能源范畴，国务院办公厅发布的《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》中就氢能的发展有明确要求，一半以上省份在十四五规划中指明氢能产业链发展的具体规划和举措。产业发展初期技术成熟度相对不足，需求量小无法实现规模效应，各环节成本相对较高，政府补贴将显著推动全产业链发展。未来几年氢燃料电池汽车的政策是“以奖代补”，主要面向入围城市群的燃料电池汽车商业应用补贴（类似之前分批的十城千辆政策）；政策即将全面落地，预计后续行业需求将实现拐点向上，下半年将是行业新周期的起点。

● 把控核心技术、核心环节的公司有望受益

依据国家的补贴内容判断现阶段的产业链发展重点是燃料电池汽车推广和氢气供给。以隆基股份为代表，在发电端有优势的能源巨头重点布局清洁能源制氢，电费占制氢成本的 70% 以上，随着光伏制氢的规模化应用带来发电成本降低，氢气成本有望从目前约 70 元/KG 降至 30 元/KG 以下。以亿华通、重塑股份（拟上市）为代表的新兴高科技企业通过参股或合资的方式与产业链内各环节龙头合作，实现燃料电池系统的集成；以潍柴动力为代表的传统巨头通过与海外燃料电池龙头巴拉德合资建厂直接引入先进的燃料电池技术。此外，电池系统内部分零部件仍依靠国外企业的核心技术，如电堆中的膜电极、供气系统中的空压机、氢循环泵等，国内鸿基创能、雪人股份等在重点突破上述领域，后续有望深度受益。

● 风险提示：加氢基础设施建设不及预期、技术进步不及预期、政策低于预期。

目 录

1、 国内外纷纷出台政策支持氢能源发展	5
1.1、 全球碳中和框架下氢能源有广阔的应用空间	5
1.1.1、 氢气是高效环保的清洁能源	5
1.1.2、 发展氢能源能够改善能源结构，带动产业链发展	6
1.2、 我国氢能源处于从零到一突破的关键期，政策支持力度大	6
1.3、 国际上美、欧、日等发达国家氢能源产业链相对成熟	8
1.3.1、 欧盟对碳排放要求严格，欧洲工业巨头在氢能源积累较深	9
1.3.2、 美国氢能源发展起步早，加氢站利用率高	10
1.3.3、 日本是目前全球氢能源应用开发最全面和最坚定的国家	10
1.3.4、 韩国氢能源产业快速发展	10
2、 氢气全产业链正在加紧布局建设	11
2.1、 氢气制取：石化制氢是目前主流，清洁能源制氢是未来趋势	11
2.1.1、 石化资源制氢仍是目前氢气主要来源	11
2.1.2、 龙头企业布局，可再生能源制氢是未来趋势	12
2.2、 储运：目前主要通过高压气态的形式	14
2.2.1、 高压气态是目前最经济的储运方式	14
2.2.2、 液化氢气费用很高，技术成熟度有待进一步提升	14
2.2.3、 管道运输前期投入大，适合大规模运输氢气	15
2.3、 加氢：国内加氢站主要采用外供氢的模式	15
2.3.1、 加氢站技术路线&配套核心设备	15
2.3.2、 国内加氢站建设提速，国产化加速氢能源成本下降	16
2.3.3、 加氢站建设成本高，油氢合建站是一种可取的方式	17
3、 中游：燃料电池系统是氢能产业链的核心	17
3.1、 燃料电池系统由电堆和气体循环系统等环节构成	17
3.2、 电堆是燃料电池系统最核心、价值量最高的环节	18
3.2.1、 电堆由膜电极和双极板等技术难度较大的零部件组成	18
3.2.2、 膜电极	20
3.2.3、 双极板	22
3.3、 供气系统是燃料电池系统另一重要组成部分	22
3.3.1、 空气供给系统国内较国外仍有差距	22
3.3.2、 氢气供给系统：研发成本高、价格昂贵，国内企业相对薄弱	23
3.3.3、 储氢瓶：国内常用的储氢瓶压力 35MPa 低于国际通用的 70MPa	23
4、 下游应用：重点关注燃料电池汽车的推广和应用	23
4.1、 燃料电池需求综述	24
4.2、 燃料电池汽车市场尚未打开，静待政策落地	24
4.2.1、 国家对燃料电池汽车的补贴政策更精准	24
4.2.2、 应用场景：燃料电池商用车率先商业应用	24
4.2.3、 燃料电池汽车较锂电池汽车的环保性更佳	24
4.2.4、 从经济性角度考虑目前燃料电池汽车较油车和电车不占优势	25
4.3、 燃料电池应用空间打开的核心因素	26
4.3.1、 各方静待国家层面的补贴政策落地	26
4.3.2、 各环节技术成熟度、规模化后成本下降的空间	26

4.3.3、	消费者对燃料电池汽车认可度的本质提升.....	26
4.4、	氢气是工业生产中的重要原材料.....	26
4.4.1、	半导体工业对氢气的纯度要求高.....	27
4.4.2、	非晶硅与太阳电池亦需要高纯氢气.....	27
4.4.3、	氢气用于生产石英光纤.....	27
4.4.4、	石化工业中加入氢气可以除掉有害化合物.....	27
4.4.5、	氢气在浮法玻璃生产中防止锡液被氧化.....	27
4.4.6、	氢气在冶金工业中作为还原剂或金属高温加工的保护气.....	27
5、	投资机会：国内化工/能源等行业龙头布局氢能源.....	27
5.1、	亿华通：氢燃料电池系统龙头标的.....	28
5.2、	重塑股份（拟上市）：注重与产业链巨头合资开拓的燃料电池龙头.....	30
5.3、	雪人股份：国内氢气空压机龙头，尝试燃料电池系统业务.....	31
5.4、	潍柴动力：电堆龙头巴拉德的第一大股东.....	32
5.5、	雄韬股份：重点布局氢能全产业链并积极推进产业化.....	32
5.6、	美锦能源：控股鸿基创能（膜电极）、持股飞驰汽车（燃料电池汽车）、参与制氢、加氢站等产业链建设.....	33
6、	风险提示.....	34

图表目录

图 1:	氢能与电能协同互补.....	5
图 2:	氢气在能源转换系统中具备储能的作用.....	6
图 3:	全球氢能需求年均复合增长预计约 4%，其中交通领域需求年均复合增长达 16%.....	6
图 4:	2000 年以来世界主要经济体：美国/日本/欧洲/韩国/中国在氢能源领域积极布局.....	9
图 5:	煤制氢单位二氧化碳排放量高于石油和天然气制氢.....	12
图 6:	煤制氢成本随煤炭价格下降而降低.....	12
图 7:	焦炉煤气副产氢的成本略低于其他方式.....	12
图 8:	制氢系统拓扑结构.....	13
图 9:	电-氢转换示意图.....	13
图 10:	随着电价降低氢气生产成本显著降低.....	14
图 11:	天然气重整站加氢站流程与设备.....	15
图 12:	电解水站内供氢流程与设备.....	15
图 13:	不同氢气来源下的站外供氢加氢园区流程与设备.....	16
图 14:	压缩机是加氢站中成本占比最高的部分.....	16
图 15:	燃料电池系统原理.....	18
图 16:	燃料电池核心构成示意图.....	18
图 17:	燃料电池电堆结构示意.....	18
图 18:	电堆中单节电池结构示意.....	18
图 19:	电堆是燃料电池系统的主要成本.....	19
图 20:	随着电堆的生产套数增多，规模化效应将显著带动成本下降.....	20
图 21:	东岳质子交换膜的交换容量可达 1mmol/g，厚度可达 15 微米以下.....	21
图 22:	涡轮式、螺杆式和离心式空压机综合性能较为理想.....	23
图 23:	亿华通发展历程可分为技术探索、技术推广、批量商业化三个阶段.....	29
图 24:	亿华通的股东中含有下游车企，下游子公司布局氢能源产业链多个环节.....	29
图 25:	重塑系燃料电池销量具有较高的市场份额.....	30
图 26:	潍柴动力投资燃料电池领域的龙头企业，形成自己的燃料电池.....	32

图 27: 雄韬股份自有平台和战略投资参股/控股并行发展氢能源.....	33
表 1: 氢气相较于汽油、天然气, 热值与相对安全性更高.....	5
表 2: 国家将氢能源纳入能源范畴并制定了宏观上具体的发展规划.....	7
表 3: 国内多数省份出台政策支持氢能源产业链发展.....	7
表 4: 初步判断 0.5 元/KWh 用电成本对应的碱性电解槽和 PEM 电解槽制氢气成本分别为 28 元/KG 和 37 元/KG....	13
表 5: 气态储氢成本低适合小规模存储.....	14
表 6: 随着氢气用量提升液氢运输和管道运输将是未来的主流.....	14
表 7: 各地政府出台的氢能源发展战略中明确指出加氢站建设的具体规划(不限于以下省市).....	17
表 8: 国内厂商自研的电堆在参数上逐渐接近国际上一流的电堆厂商.....	19
表 9: 车企燃料电池车载铂量具有异质性.....	21
表 10: 金属双极板具有更强的导电性能, 国内仍处于中式阶段.....	22
表 11: 海外车企选用涡轮增压式空压机的比例更高.....	23
表 12: 燃料电池汽车现有购置和运营成本高于锂电池汽车, 燃料电池汽车最终环保性更佳.....	24
表 13: 氢燃料电池乘用车目前在购置成本和使用成本上较油车和电车不占优势.....	25
表 14: 燃料电池商用车的运行成本与油车接近, 高于电动车.....	25
表 15: 2021 年 Q1 燃料电池汽车产销量不及 2019 年和 2020 年同期.....	26
表 16: 氢能源产业链国内重点公司(含上市&非上市).....	27
表 17: 重塑股份历年重视研发投入(单位: 万元).....	31
表 18: 雪人股份拟定增募资不超 6.7 亿元, 用于两大氢能项目建设.....	31
表 19: 产业链受益公司盈利预测与估值表.....	34

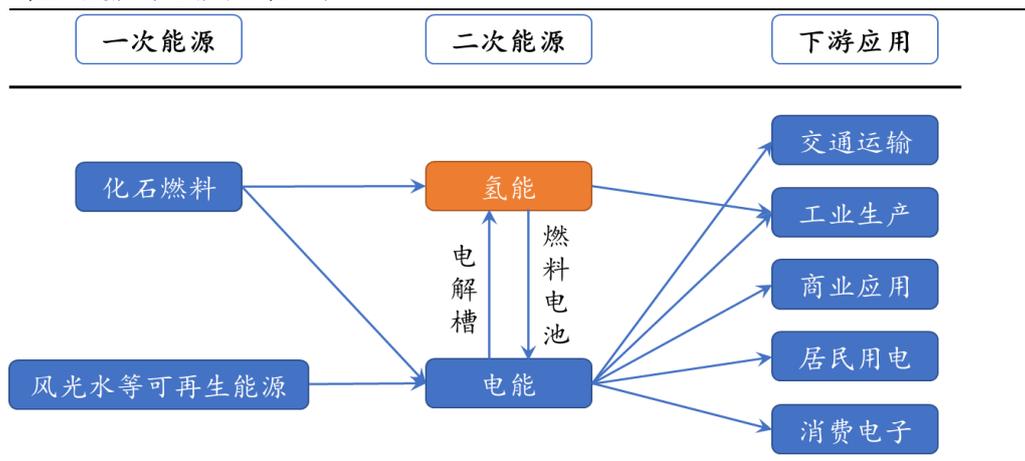
1、国内外纷纷出台政策支持氢能发展

1.1、全球碳中和框架下氢能有广阔的应用空间

1.1.1、氢气是高效环保的清洁能源

氢是宇宙中分布最广泛的元素，构成了宇宙质量的 75%。气态形式的氢气可从水、化石燃料等含氢物质中制取，并通过物理与化学变化过程存储或释放能量，是重要的工业原料和能源载体，可用于储能、交通、石化、冶金等领域。

图1：氢能与电能协同互补



资料来源：《中国氢能产业发展报告》、开源证券研究所

氢能是高效环保的二次能源，能量密度与相对安全性高于其他燃料。其能量密度高，是汽油的 3 倍有余；其使用装置的使用效率高，燃料电池的能量转换效率是传统内燃机的 2 倍；其反应产物是水，排放产物绝对干净，没有污染物以及温室气体排放；安全性相对可控，引爆条件比汽油更为严苛；其物质储备丰富，未来氢能的制取存在更多可能性。

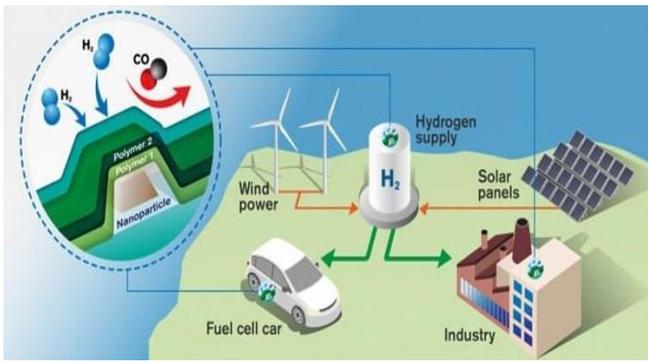
表1：氢气相较于汽油、天然气，热值与相对安全性更高

	氢气	汽油	天然气
常温下的物理状态	气体	液体	气体
热值 (MJ/kg)	120	41.84	46.03
燃烧点能量 (MJ)	0.02	0.2	0.29
扩散系数 (M^2/s)	6.11×10^{-5}	0.55×10^{-5} (蒸汽)	1.6×10^{-5}
起爆体积浓度	4.1% - 75%	1.4% - 7.6% (蒸汽)	5.3% - 15%

资料来源：中国氢能联盟、开源证券研究所

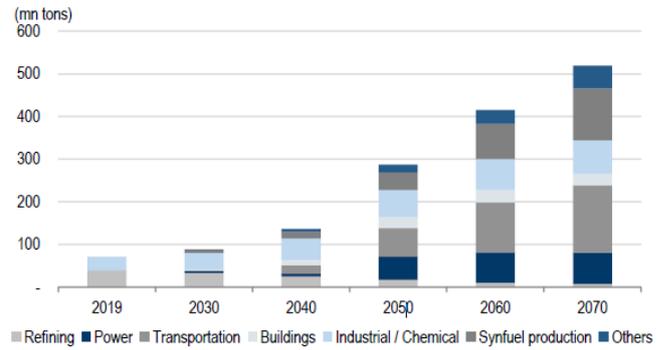
在全球碳中和的框架下，氢能的环保性以及可再生性，使其具有举足轻重的作用。鉴于其种种优势，在新能源体系下，氢能被视为与电能相互补的优质二次能源，目前的分布式能源中，已形成“风光发电-多余电量电解水制氢-氢气储存-利用燃料电池发电”较为完整的能源转换链条，氢作为能量储存的载体形式，有效减少了偏远地区弃风弃光的现象。

图2: 氢气在能源转换系统中具备储能的作用



资料来源: 汽车消费网

图3: 全球氢能需求年均复合增长预计约 4%，其中交通领域需求年均复合增长达 16%



资料来源: IEA

1.1.2、发展氢能源能够改善能源结构，带动产业链发展

打造多元能源结构体系，降低对外油气依存度。化石能源在地球储备有限，根据中国生态环境部报告数据，2020年我国煤炭、石油、天然气在能源消费中分别占比56.7%、19.1%、8.5%。特别地，我国是油气进口大国，石油与天然气对外依存度达73%、43%，因此需在上述化石能源之外，寻找新的能源保障。同时，当某种能源受到限制时，氢能可以快速作为补充，因此打造可再生能源多元化的供应体系势在必行。

促进风光装机，助力实现双碳目标。当前约有28个国家提出碳中和时间节点，中国在2020年9月的第75届联合国大会上进一步明确2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。氢能源作为能源储存的一种方式，通过增强对风光发电的消纳能力，有效减少弃风弃光现象，促进光伏与风电产业发展，并间接地减少温室气体与污染物排放。

带动上下游产业，提供经济增长强劲动力。从产业链角度来看，发展氢能涉及能源、化工、交通等多个行业领域。新兴的产业链机会能够通过拓展全新的赛道，实现相关行业发展的弯道超车，促进我国可再生能源、新能源汽车、工业还原技术等领域的快速发展。

1.2、我国氢能源处于从零到一突破的关键期，政策支持力度大

氢能源作为新兴产业，其发展速度很大程度上取决于政府的支持力度。一方面是加氢基础设施的批建，足量的氢气配套是推广氢能使用的基础条件；另一方面是政府对核心零部件及燃料电池整车的补贴支持，真正掌握核心技术的企业需要大量的时间与资金以支撑其技术变革和规模化生产，从而实现成本降低。

中国自2001年起确立了“863计划电动汽车重大专项”项目，确定了三纵三横战略，以纯电动、混动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。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。在2019年政府工作报告里，有一条“推动充电、加氢等设施建设”，这是氢能源首次写入《政府工作报告》，氢燃料电池的发展进入新的阶段；2020年9月，财政部、发改委等五部门联合印发燃料电池示范应用通知，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，即所谓的“以奖代补”，并进一步明晰了对燃料电池汽车商用及氢能供应的奖励。

表2: 国家将氢能源纳入能源范畴并制定了宏观上具体的发展规划

时间	政策名称	发布单位	主要内容
2017.01	《能源发展“十三五”规划》	国家发改委、国家能源局	集中攻关新型高效电池储能、氢能和燃料电池
2019.03	《国务院关于落实（政府工作报告）重点工作部门分工的意见》	国务院	支持推动充电、加氢等设施建设，使制约氢燃料电池产业发展的加氢站建设工作有相对明确的管理
2020.04	《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》	国家能源局	将氢能列入能源范畴
2020.06	《2020年能源工作指导意见》	国家能源局	推动储能、氢能技术进步与产业发展
2020.09	《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》	国家能源局	规划了氢燃料电池汽车的补贴政策
2020.1	《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》	工业和信息化部指导、中国汽车工程学会编制	到2025年，氢燃料电池车保有量达到10万辆 ，到2035年，保有量达到100万辆。各地政府也针对氢能产业链制定补贴政策
2020.11	《新能源汽车产业发展规划（2021-2035年）》	国务院办公厅	（1）实施新能源汽车基础技术提升工程。突破车用级芯片、车用操作系统、新型电子电气架构、高效高密度驱动电机系统等关键技术和产品，攻克氢能储运、加氢站、车载储氢等氢燃料电池汽车应用支撑技术。（2）有序推进氢燃料供给体系建设
2021.4	《加氢站技术规范》	住房和城乡建设部	《加氢站技术规范》局部修订
预计 2021年下半年	《氢能项目示范城市群》	财政部等5部门	拟将北京、上海、广东、河北、河南等地纳入燃料电池汽车示范应用城市群

资料来源：政府官网、开源证券研究所

各地政府积极出台氢能产业链的补贴政策。地方政策出台较多的区域主要集中在北京、上海、广东、河北、山东等区域，主要聚焦在氢燃料汽车（主要为城市公交大巴车和物流车）的推广、燃料电池核心技术研发、加氢基础设施建设以及氢能示范城区的打造。

表3: 国内多数省份出台政策支持氢能产业链发展

发布时间	政策名称	地方	主要内容
2019.04	《河北省推进氢能产业发展实施意见》	河北省	2022，加氢站20，商用车2500 2025，加氢站50，燃料电池汽车10000 2030，加氢站100，燃料电池汽车50000
2019.05	《山西省新能源汽车产业2019年行动计划》	山西省	2022，加氢站10，公交线路300条 2024，加氢站20，公交车7500台
2019.06	《氢能张家口建设规划2019-2035》	河北省张家口	2021年，燃料电池车辆累计2000量
2019.07	《张家口市支持氢能产业发展的十条措施》	河北省张家口	财政奖励、优惠电价、用电保障
2019.08	《浙江省加快培育氢能产业发展的指导意见》	浙江省	2022，燃料电池汽车产能1000辆，燃料发动机产量1万台，加氢站30座，氢能产值100亿元
2020.01	《天津市氢能产业发展行动方案（2020-2022年）》	天津市	加氢站10，燃料电池车1000辆，氢能产值150亿元
2020.02	《佛山市南海区氢能产业发展规划（2020-2035年）》	广东省佛山市	2025年，氢能汽车产能30000辆/年，加氢站30； 2030年，氢能汽车产能50000辆/年，加氢站60
2020.03	《重庆市氢燃料电池汽车产业发展指	重庆市	2022年，加氢站10，商用车800；

发布时间	政策名称	地方	主要内容
	导意见》		2025年，加氢站15，商用车1500
2020.06	《山东省氢能产业中长期发展规划(2020—2030年)》	山东省	打造氢能产业园
2020.07	《广州氢能产业发展规划(2019-2030)》	广东省广州市	2022年，加氢站30，燃料电池汽车3000，产值200亿； 2025年，加氢站50，产值600亿，1-2家营业收入过50亿
2020.09	《上海燃料电池汽车创新发展行动》	上海市	2023年，加氢站100，燃料电池汽车10000，产值近1000亿
2020.09	《关于促进氢能产业高质量发展若干意见的实施细则(成都)》	四川省成都市	给与加氢站运营补贴(最高500万) 给与燃料电池、零部件企业补贴(最高1000万)
2020.09	《六安市氢能产业发展规划(2020-2025年)》	安徽省六安市	2025年，燃料电池电堆产能8000台/年，产值100亿
2021.4	《河南省推进新型基础设施建设行动计划(2021—2023年)》	河南省	推动加氢站建设，开展油、气、电、氢综合供给服务
2021.4	《关于实施工业倍增行动奋力实现工业大突破的意见》	贵州省	布局发展以氢能产业为代表的十亿级战略性新兴产业集群
2021.4	《北京氢能产业发展实施方案(2021-2025年)》	北京市	2023年，加氢站37，燃料电池汽车3000，产值500亿； 2025年，加氢站74，燃料电池汽车10000，产值1000亿

资料来源：政府官网、开源证券研究所

我国目前的燃料电池补贴政策是以奖代补。随着燃料电池技术的进步，我国正在实施各种财政政策补贴扶持燃料电池汽车商业化发展。2020年9月起，我国对氢燃料电池汽车开始为期4年的“以奖代补”政策，对入围示范的城市群，按照其目标完成情况拨付奖励资金。具体而言，有以下几个特点：

(1) 补贴领域：燃料电池汽车的推广+氢能供应，利好燃料电池核心零部件国产化。燃料电池汽车推广方面，除了对整车进行奖励，同时对国产的电堆、膜电极、质子交换膜、碳纸、催化剂等燃料电池关键核心零部件环节进行积分奖励，促进零部件的国产化替代。氢能供应方面，主要对车用氢气实际加注量给予积分奖励，其中，绿氢的补贴额高于灰氢。

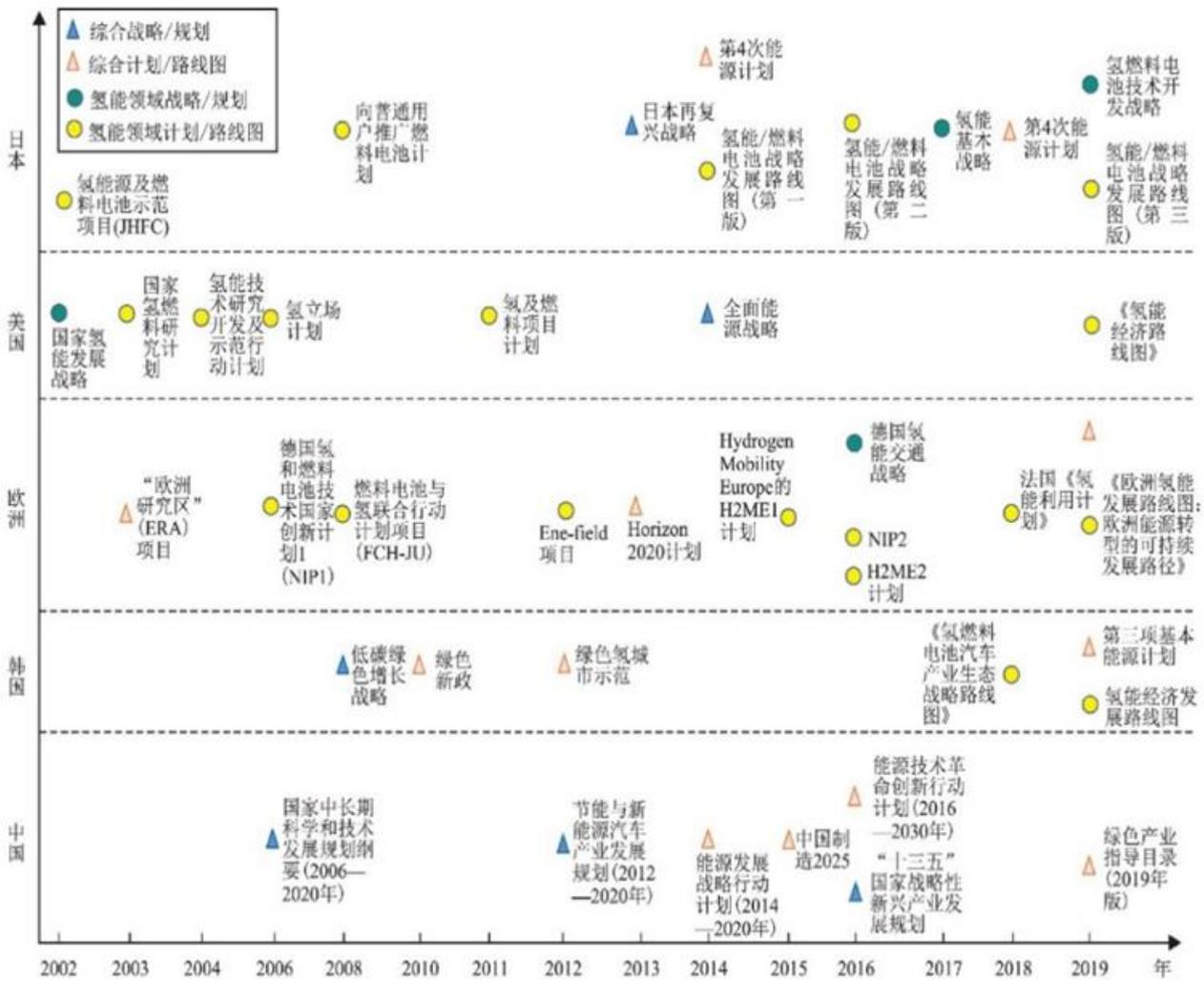
(2) 补贴方式：“以奖代补”而非大面积补贴。氢燃料电池汽车的补贴将由面向全国大范围式的购置补贴方式，转为面向入围城市群的燃料电池汽车商用补贴。同时，补贴需项目完成并达标后，经专家评审通过，对示范城市予以奖励。

(3) 补贴额度：对入选城市群，每个城市群最多获17亿奖励。补贴采用积分制，对获批的城市群组，燃料电池汽车的商业应用补贴上限为15亿元，氢能供应补贴上限为2亿元。加氢站建设没有补贴，避免过去出现的建设充电站没车充电的情况。

1.3、国际上美、欧、日等发达国家氢能源产业链相对成熟

燃料电池技术突破以及环保要求共同促进全球加速氢能源发展步伐。近年来，燃料电池技术取得了重大突破性进展，氢能产业下游的应用潜力逐渐被开发。同时，全球气候压力增大，世界正逐步失去《巴黎协定》的温控目标机会，各国加大了低碳和绿色转型发展的步伐。发展氢能成为世界各主要国家的共识，目前氢经济的全球布局已经初步展开。

图4：2000年以来世界主要经济体：美国/日本/欧洲/韩国/中国在氢能源领域积极布局



资料来源：《全球氢能产业发展战略与技术布局分析》

1.3.1、 欧盟对碳排放要求严格，欧洲工业巨头在氢能源积累较深

欧洲在氢能产业化推广过程中，强调氢能在工业和交通中的脱碳作用，作为低碳发展的保障。2019年发布《欧洲氢能路线图》，计划2050年氢能可占欧洲能源需求的24%。

德国的龙头企业带动全国氢能网络加速布局。道达尔液化空气等龙头企业共同推进的氢能商用化，在德国加快建设氢能网络。

法国的氢能产业链基础较好，致力于成为全球氢能经济的重要参与者，法国液空、法国燃气集团、阿尔斯通等均在氢能产业中有所建树。

荷兰具有完备的物流基础设施，正在积极借助风能发展绿氢。

2020年欧盟委员会发布了《欧盟能源系统整合策略》和《欧盟氢能战略》，意在为欧盟设置新的清洁能源投资议程，以达成在2050年实现碳中和的目标，同时刺激相关就业，进一步刺激欧盟在后疫情时代的经济复苏。其中《欧洲氢能战略》将绿氢作为未来发展重点对象（主要依靠风能，太阳能生产氢），制定了三阶段发展目标：第一阶段为2020-2024年，在欧盟境内建成装机容量6GW的电解槽，可再生氢年产量超过100万吨，第二阶段2024-2030年，电解槽容量提升到40GW以上，可再生氢能源年产量可达到1000万吨，第三阶段2030-2050年，重点是氢能在能源密集产业的大规

模应用，典型代表是钢铁和物流行业。

1.3.2、美国氢能发展起步早，加氢站利用率高

美国是最早将氢能纳入能源战略的国家。早在 1970 年就提出了“氢经济”概念。2002 年，美国发布《国家氢能发展战略》，标志着美国氢能产业从构想转入行动阶段，此后美国陆续出台《氢能技术与开发行动计划》、《氢立场计划》、《氢与燃料项目计划》等。2003 年，以美国为首成立了氢能与燃料电池国际伙伴关系，并简称为全球“氢安全委员会”，设立氢安全知识工具平台，旨在多方位引领全球氢产业发展。自 2004 年以来，美国能源部平均每年投资氢能产业项目超过 1.2 亿美元，通过一系列项目布局 and 持续投资，奠定了氢能产业关键技术的全球优势地位。2019 年，美国氢能与燃料电池协会发布《氢经济路线图》，重申美国将继续保持氢能领域技术优势地位；拟在交通、分布式发电、家用热电联产等多个领域扩大氢能在美国的规模化应用；提出 2030 年达到 530 万辆燃料电池车和 5600 个加氢站的目标。

美国氢燃料电池市场和加氢站利用率等方面世界领先。普拉格能源基本垄断了全球氢燃料电池叉车的市场。根据美国能源部报告数据，截至 2020 年底，美国在运营的加氢站 49 座，根据加州燃料电池合作伙伴的报告数据，截至 2020 年底美国燃料电池汽车保有量接近 9000 台，平均每座加氢站服务汽车接近 180 辆，加氢站利用率高。

未来 5 年内，美国能源部计划投资 1 亿美元支持由美国国家实验室主导的氢能和燃料电池的关键技术研究。

1.3.3、日本是目前全球氢能应用开发最全面和最坚定的国家

日本是目前全球氢能应用开发最全面和最坚定的国家。早在 20 世纪 70 年代就开始氢燃料电池技术探索。2014 年在《能源基本计划》中将氢能定位为与电力和热能并列的核心二次能源，并提出建设“氢能社会”的愿景。先后发布《日本再复兴计划》、《能源基本计划》、《氢能基本战略》等相关文件，规划了实现氢能社会战略的技术路线，建立了全球领先的产业技术和能力储备。氢能应用场景广泛，涉及交通、家庭供电以及工业原料。

根据海外 H2stations 网站统计数据，截至 2020 年底，日本在运营的加氢站约 142 座，燃料电池汽车保有量约 4000 辆，每座加氢站服务车辆约 30 辆。

丰田、本田等企业主导推动日本氢燃料电池汽车的发展，根据丰田 2020 年财报，截至 2021 年 3 月，丰田 Mirai 的销量累计为 13963 辆，主要销往美国加州。

为了保证本土氢能供应，日本正在推进日本-文莱天然气制氢、日本-澳大利亚褐煤治氢的海外船舶输氢项目，并于 2020 年 2 月完成福岛 10MW 级制氢装置的试运营，是目前全球最大的光伏制氢装置。

2017 年日本公布了《基本氢能战略》，2019 年日本公布了《氢能利用战略》。《基本氢能战略》预计 2025 年将发电成本降低至低压 25 日元/kWh, 高压 17 日元/kWh; 预计至 2025 年建设加氢站 320 座，燃料电池轿车 20 万辆，与混合动力轿车的价格相当，氢燃料电池公交车价格减半。《基本氢能战略》中预计 2050 年实现氢气供应能力 500-1000 万吨/年并主要用于氢能发电，氢气的供应成本聚集降至 20 日元/Nm³，预计在 2050 年用氢能发电取代天然气发电，并将发电成本降至 12 日元/KWh，预计实现加氢站取代加气站，燃料电池汽车取代传统汽油燃料车，引入大型燃料电池车；同时实现家用热电联供燃料电池系统取代传统居民的能源系统。

1.3.4、韩国氢能产业快速发展

2008 年以来，韩国政府先后实施“绿色氢城市示范等项目”，以绿色低碳城市发展战略推动氢能产业发展。韩国先进的氢燃料汽车和燃料电池相关技术，其发展战略是以氢能产业下游应用推动上游和中游研发。

韩国与沙特、挪威、澳大利亚、新西兰签署合作协议共同开发制氢项目。确定安山、蔚山、完州和全州作为“氢能经济示范城市”试点。2019 年新建加氢站 20 座，累计投运 34 座，由斗山主导建设的“昌源国家产业园业氢示范项目”将于 2022 年底完工，投产后预计液氢产能将达到 5 吨/天。

2019 年韩国工信部门联合其他部门发布《氢能经济发展线路图》，提出在 2030 年进入氢能社会，率先成为世界氢能经济领导者，计划 2040 年氢燃料电池汽车累计产量增至 620 万辆，加氢站增至 1200 个，燃料电池产能扩大到 15GW，氢气价格约为 3000 韩元/kg(约 17.6 元/公斤)。韩国计划五年内投资 2.6 万亿韩元(约 152 亿元人民币)，加大氢燃料电池汽车的推广和普及。

韩国现代汽车是除日本车企外另一个在燃料电池乘用车上有突破的公司。根据现代汽车财报，现在旗下的 Nexo 截至 2021 年 3 月累计销量为 14768 辆，是全球目前累计销量最高的氢燃料电池车型，Nexo 主要为韩国国内内销。

2、氢气全产业链正在加紧布局建设

2.1、氢气制取：石化制氢是目前主流，清洁能源制氢是未来趋势

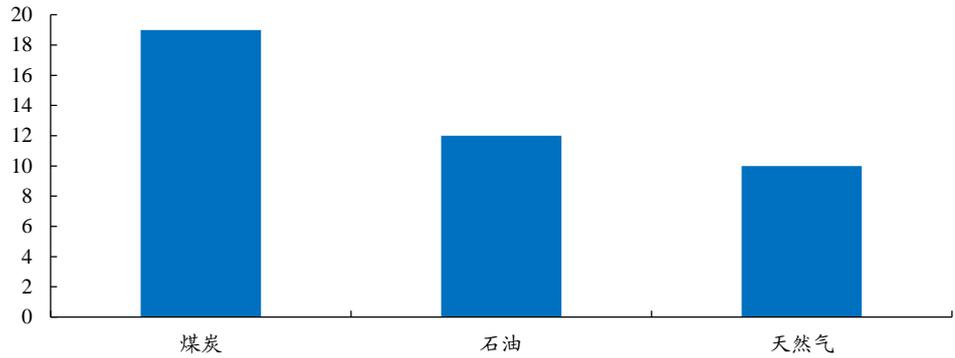
现阶段化石燃料制氢仍是主流路线，电解水基于成本高目前占比较少。在制氢产业方面，根据 Hydrogen From Renewable Power 数据资料，全球的氢气产量将近上亿吨，有 96%来自于化石燃料，其中 48%来自于化石燃料的裂解，30%来自于醇类裂解，18%来自于焦炉气，电解水占比 4%左右，占比小的主要原因在于电解水制氢成本很高，是化石燃料的 2 倍多。

清洁能源制氢是未来趋势。电解水制氢技术能够适应风-光-水等可再生能源发电系统不连续、不稳定的供电缺陷，降低电解水制氢成本，延长使用寿命，促进分布式能源经济发展；风-光-水等可再生能源通过制氢、用氢的过程，将能量进行存储、转换，使能量对用户的供应过程变得更加便捷灵活。因此，利用可再生能源电解水制氢技术的兴起是必然的，同时也是未来的必由之路。

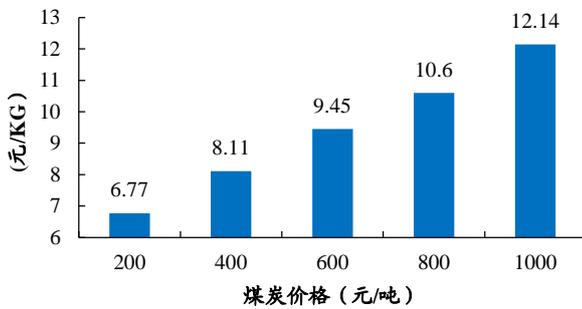
2.1.1、石化资源制氢仍是目前氢气主要来源

氢能产业发展的初衷是基于氢的清洁属性，目前 96%的氢是通过化石燃料制取，技术成熟，成本最低，但是伴随着大量 CO_2 排放，有悖于氢的清洁属性。根据文章《氢在能源转型变革中的潜在优势分析》中测算，煤炭、石油、天然气制氢的碳排放强度分别为 $19tCO_2/tH_2$ ， $12tCO_2/tH_2$ 和 $10tCO_2/tH_2$ 。目前世界上有 130 个在役煤制氢工程项目，其中超过 80%在我国。而在国际上，天然气制氢是主流制氢方式。因此，我国在化石燃料制氢方面的碳排放强度更高，减排压力更大。

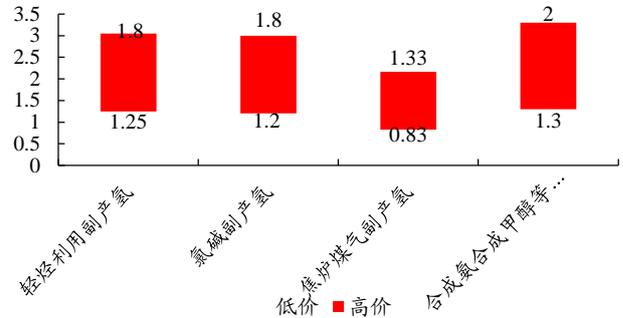
由于我国煤炭储量高、风光等可再生资源丰富，“化石燃料+CCUS”和“可再生能源+电解水”将会成为清洁高效的制氢技术选择。我国 CCUS 产业技术经过十余年发展已经取得较大进步，但在技术推广方面仍然存在诸多瓶颈，经济可行性和环境安全性也面临着挑战。“可再生能源+电解水”制氢技术已经达到可以支撑商业化的程度，目前主要的技术突破点在于 PEM 电解槽电解效率、寿命的提升，以及可再生能源发电成本的下降。近年来，我国风力发电和光伏发电的快速发展，加速推动了可再生能源发电成本大幅降低，电解水制氢成本已经接近传统化石燃料制氢成本。

图5：煤制氢单位二氧化碳排放量高于石油和天然气制氢


数据来源：《氢在能源转型变革中的潜在优势分析》、开源证券研究所

图6：煤制氢成本随煤炭价格下降而降低


数据来源：未势能源、开源证券研究所

图7：焦炉煤气副产氢的成本略低于其他方式


数据来源：车百智库、开源证券研究所

我国煤化工行业相对成熟,基于当前的煤气化炉装置生产氢气,并利用变压吸附(PSA)技术将其提纯到燃料电池用氢要求。煤制氢需要大型气化设备,一次装置投资价格高,单位投资成本在 1-1.7 万元/ (Nm³/h) 之间。只有规模化生产才能降低成本,因此煤制氢不适合分布式制氢,适合中央工厂集中制氢。

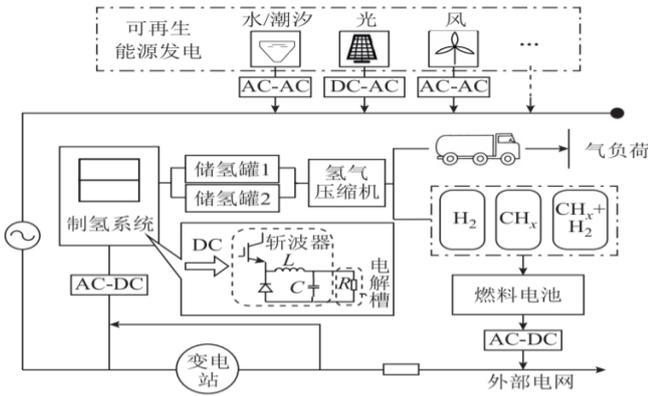
2.1.2、龙头企业布局,可再生能源制氢是未来趋势

国内龙头企业布局可再生能源制氢。可再生能源制氢技术是将可再生能源通过风机、太阳能电池、水泵等发电机组转换成电能,电能通过电解水制氢设备转换成氢气,将氢气输送至氢气应用终端或经燃料电池并入电网中,完成从可再生能源到氢能的转换。

根据电能来源的不同,可将可再生能源制氢技术分为**并网型制氢**和**离网型制氢**两种。**并网型制氢**是将发电机组接入电网,从电网取电的制氢方式,比如从风光耦合系统电网侧取电,进行电解水制氢,主要应用于大规模风光耦合系统的消纳和储能。**离网型制氢**是将发电机组所产生的电能,不经过电网直接提供给电解水制氢设备进行制氢,主要应用于分布式制氢或局部燃料电池发电供能。

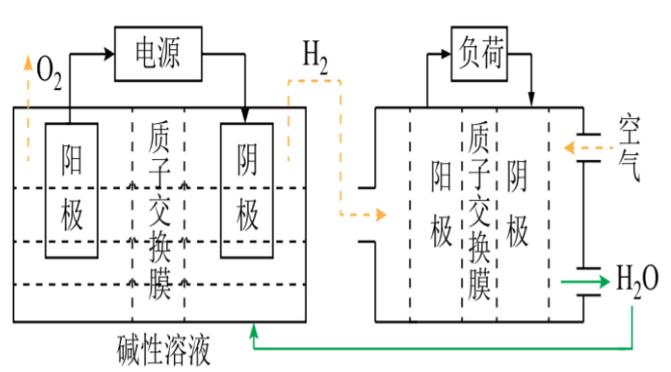
基于风电场、光伏站、水电站等现有结构,结合制氢技术的优势,建立可再生能源多能互补制氢系统拓扑结构,整个制氢系统包括可再生能源发电机组、电解水制氢系统、储氢系统、输运系统、燃料电池、电网等。

图8: 制氢系统拓扑结构



资料来源:《可再生能源多能互补制-储-运氢关键技术综述》

图9: 电-氢转换示意图



资料来源:《可再生能源多能互补制-储-运氢关键技术综述》

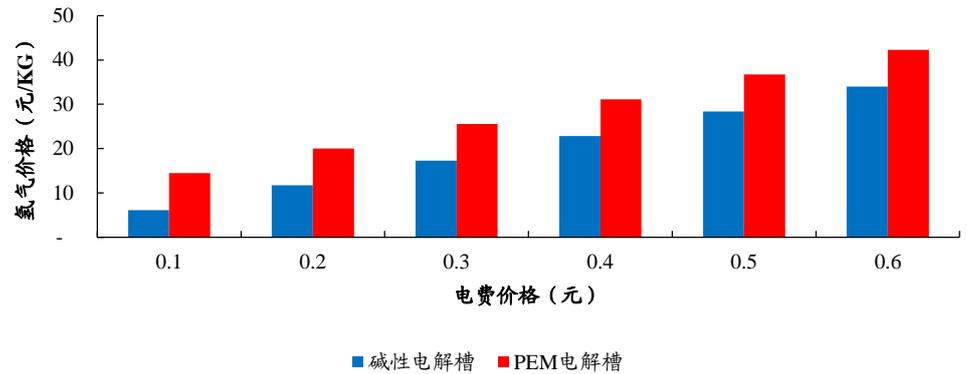
可再生能源制氢技术主要包含电-氢转换和氢气储运两大关键技术。电-氢转换示意图中左侧电解水装置消耗电能产生氢气，实现电能向氢能的转换，右侧燃料电池或热电联产机组利用氢气产生电能，实现氢能向电能的转换。制氢技术的制约因素在于降低成本、提高能效、大规模生产系统搭建等方面。

表4: 初步判断 0.5 元/KWh 用电成本对应的碱性电解槽和 PEM 电解槽制氢气成本分别为 28 元/KG 和 37 元/KG

核心假设	碱性电解槽	PEM 电解槽
产能 (Nm ³ /h)	1000	200
负荷 (h/年)		7500
电价 (元/kWh)		0.5
产氢费电 (KWh/Nm ³)		5
折旧成本 (元/年)	400000	1200000
氢气产量 (万 Nm ³)	750	150
总费用 (万元)	1915	495
氢气成本 (元/Nm ³)	2.56	3.3
氢气成本(元/KG)	28	37

数据来源:《中国氢能产业发展报告 2020》、开源证券研究所

电费成本是目前光伏制氢总成本的主要构成。以目前的价格初步测算,0.5 元/kWh 的电价下,碱性电解水和 PEM 电解水制氢的成本分别为 28 元/KG 和 37 元/KG,其中电费是制氢成本中的主要构成。下图是随着电费变化对应氢气成本的情况。

图10: 随着电价降低氢气生产成本显著降低


数据来源:《中国氢能产业发展报告 2020》、开源证券研究所

2.2、储运: 目前主要通过高压气态的形式

高压气态是目前国内储运最主要的方式。储氢技术目前主要有气态储氢、液态储氢和固态储氢等,气态储氢技术成熟,成本低但密度低,体积比容量小,相比之下液态和固态储氢前期成本较高。运氢技术主要有长管拖车运输、液氢槽车运输、管道运输等,气态管束车运输是目前国内最主流的方式,若氢气大规模应用,随着规模效应有效降低成本,液氢槽车运输和管道运输有望铺开。储运技术也是制约氢能大规模发展的因素之一。

表5: 气态储氢成本低适合小规模存储

储氢技术	优点	缺点
气态储氢	技术成熟, 成本低	密度低, 体积比容量小
液态储氢	密度高, 体积比容量大, 储运简单	制冷能耗大, 成本高, 易挥发
固态储氢	安全, 同时可提纯氢气	储氢材料质量重, 储-放氢存在约束

资料来源: 开源证券研究所

表6: 随着氢气用量提升液氢运输和管道运输将是未来的主流

运氢技术	优点	缺点
长管拖车运输	技术成熟, 运输灵活	运输量小, 不适合远距离运输
液氢槽车运输	容量高, 适用于中等距离运输	液化成本及能耗高, 施加的压力高, 易爆
管道运输	运输容量大, 适用于较远距离运输	一次性投资高, 需防范氢脆现象

资料来源: 开源证券研究所

2.2.1、高压气态是目前最经济的储运方式

根据电池中国的调查结果,现阶段中国普遍采用 20Mpa 气态高压储氢与管束管车运输氢气。在加氢站日需求量 500Kg 以下的情况下,气态拖车运输节省了液化成本与管道建设前期投资成本,在一定储运距离以内经济性较高。当用氢规模扩大、运输距离增长后,提高气氢运输压力或采用液氢槽车、输氢管道等运输方案才能满足高效经济的要求。

2.2.2、液化氢气费用很高,技术成熟度有待进一步提升

氢气液化后便于大规模储运。根据电池中国的数据,由于低温液态氢高密度的特性(液氢密度分别是 20Mpa、30Mpa、70Mpa 气氢密度的 4.9/3.4/1.8 倍),液氢槽车运

输方式相较于 20MPa 高压气氢拖车，可使单车储运量提高约 9 倍，充卸载时间减少约 1 倍，并且在液化过程还能提高氢气纯度，一定程度上可节省提纯成本。随着氢能产业的发展，液氢储运是大规模长距离储运氢的方向之一。

目前氢气用量少，液化成本高。现有技术条件下，液化过程的能耗和固定投资较大。根据国际能源网数据，液化过程中消耗的能量占到整个液氢储运环节的 30%-40% 以上。未来，由于液化设备的规模效应和技术升级，液化能耗和设备成本还有较大的下降空间。

2.2.3、管道运输前期投入大，适合大规模运输氢气

管道适于大量、长距离的氢气输送。氢能源网资料显示氢气的长距离管道输送已有 60 余年的历史。最早的长距离氢气输送管道 1938 年在德国鲁尔建成，其总长达 208 公里，输氢管直径在 0.15~0.30m 之间，额定压力约为 2.5MPa，连接 18 个生产厂和用户，从未发生任何事故。根据 Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) 2016 年的统计数据，欧洲大约有 1500 公里输氢管。世界最长的输氢管道建在法国和比利时之间，长约 400 公里。目前使用的输氢管线一般为钢管，运行压力为 1-2MPa，直径 0.25-0.30m，美国氢气管线长度约 2608 公里，美国氢气管道的造价为 31-94 万美元公里。现有的天然气管道可用于输送氢气和天然气的混合气体，也可经过改造输送纯氢气，这主要取决于钢管材质中的含碳量，低碳钢更适合输送纯氢气。

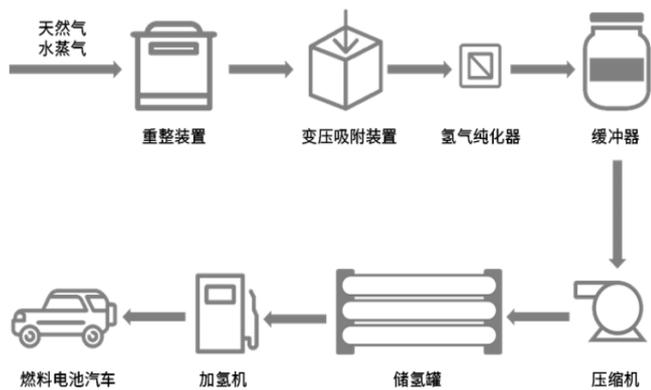
2.3、加氢：国内加氢站主要采用外供氢的模式

2.3.1、加氢站技术路线&配套核心设备

加氢站的主要技术路线有站内制氢技术和外供氢技术。

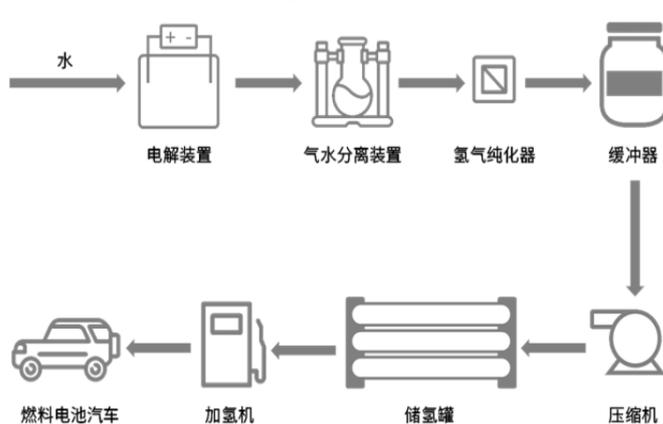
欧美采用站内制氢的比例较国内多。站内加氢技术是用天然气或者其他原料在加氢站内自己制氢然后加注至燃料电池汽车中，或者通过电解水制氢然后压缩，再加注到氢能燃料电池汽车中。天然气重整制氢法由于设备便于安装、自动化程度较高，且能够依托现有油气基础设施建设发展，因而在站内制氢加氢站中应用最多，因此在欧洲、美国，站内制氢加氢站主要采用这种制氢方式。

图11：天然气重整站加氢站流程与设备



资料来源：《加氢站工艺和运行安全》

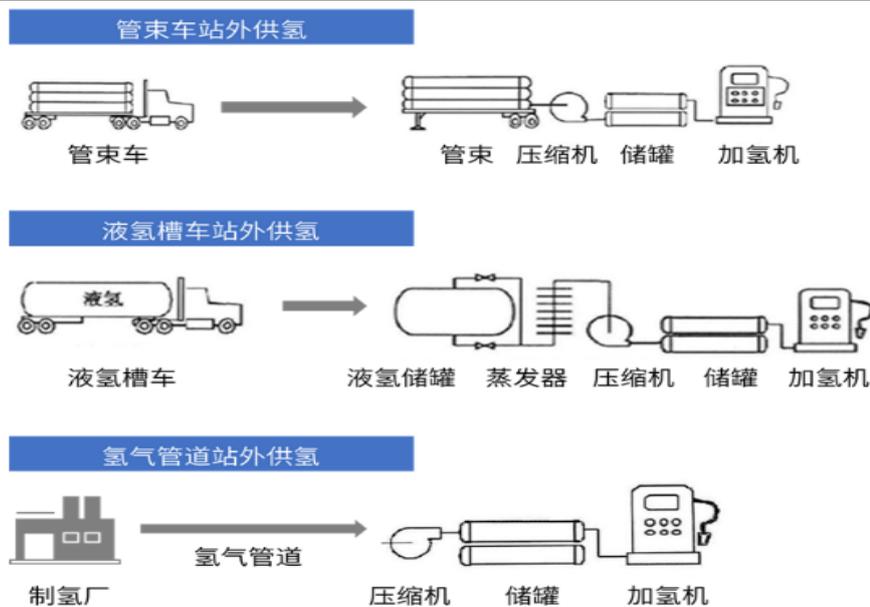
图12：电解水站内供氢流程与设备



资料来源：《加氢站工艺和运行安全》

外供氢加氢站的氢气往往使用高压氢气瓶管来拖车运输至加氢站。加氢站内没有制氢装置，所用的氢气由站外的集中式制氢基地制备，而后再通过长管拖车、液氢槽车或者氢气管道由制氢基地运输至加氢站，由氢气压缩机压缩并输入至高压储氢瓶内存储，最终通过氢气加气机加注到氢能燃料电池汽车中使用。国内目前不采用站内制氢的原因主要在于设备成本过高，目前单个站点氢气的需求量有限。

图13: 不同氢气来源下的站外供氢加氢园区流程与设备

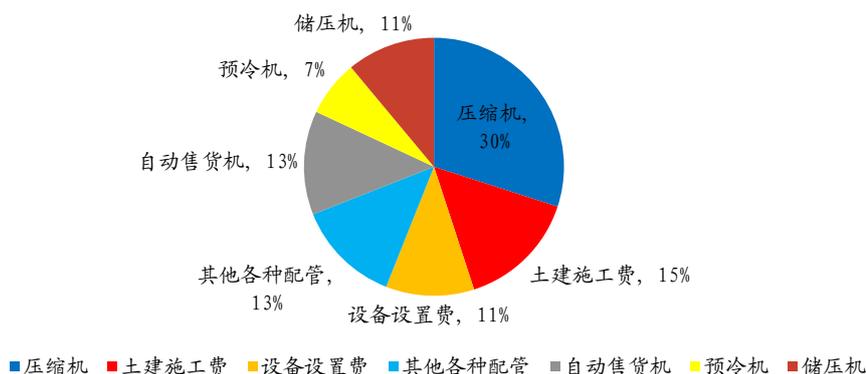


资料来源:《加氢站工艺和运行安全》

氢的储运方式是影响加氢站业态设计重点与技术难点。中国作为产氢大国，氢原料储备充足，但由于运输和储存条件苛刻，储运环节成为了氢产业链上的难关，也直接影响了加氢站的模式设计。根据氢气存储方式的不同，外供氢加氢站又可进一步分为高压气氢站和液氢站两大类。外供氢加氢站中的高压气氢站建设成本最低，是全球应用最广泛的加氢站模式，目前中国的加氢站均为高压气氢站。液氢储运加氢站主要分布在美国和日本，在中国也得到了初步探索，由中科富海和美国空气产品公司(Air Products)合作的首座液氢储运加氢站正在建设中。

加氢站的主要设备包括：压缩机、储氢罐、加气机、泄气柱、管道、控制系统、氮气吹扫装置、监控装置等。其中压缩机、储氢罐、加气机为核心设备。

图14: 压缩机是加氢站中成本占比最高的部分



数据来源: 国际氢燃料汽车大会、开源证券研究所

2.3.2、国内加氢站建设提速，国产化加速氢能源成本下降

截至2020年底，我国国内累计建成加氢站118座，建成并运营加氢站101座，待运营17座，建设和规划建设的加氢站约170座。中国石化主管人员在其主办的交通能源转型产业研讨会上表示规划到2025年，利用原有3万座加油站、870座加气站的布局优势，建设1000座加氢站或油氢合建站、5000座充换电站、7000座分布式

光伏发电站点。各地政府也出台了明确的加氢站建设规划。

表7: 各地政府出台的氢能源发展战略中明确指出加氢站建设的具体规划 (不限于以下省市)

发布时间	政策名称	地方	主要内容
2019.04	《河北省推进氢能产业发展实施意见》	河北省	2022, 加氢站 20; 2025, 加氢站 50; 2030, 加氢站 100
2019.05	《山西省新能源汽车产业 2019 年行动计划》	山西省	2022, 加氢站 10; 2024, 加氢站 20
2019.08	《浙江省加快培育氢能产业发展的指导意见》	浙江省	2022, 加氢站 30
2020.01	《天津市氢能产业发展行动方案(2020-2022 年)》	天津市	2022, 加氢站 10
2020.02	《佛山市南海区氢能产业发展规划(2020-2035 年)》	广东省佛山	2025, 加氢站 30; 2030, 加氢站 60
2020.03	《重庆市氢燃料电池汽车产业发展指导意见》	重庆市	2022, 加氢站 10; 2025, 加氢站 15
2020.07	《广州氢能产业发展规划(2019-2030 年)》	广东省广州	2022, 加氢站 30; 2025, 加氢站 50
2020.09	《上海燃料电池汽车创新发展行动》	上海市	2023, 加氢站 100
2021.4	《北京氢能产业发展实施方案(2021-2025 年)》	北京市	2023, 加氢站 37; 2025, 加氢站 74

资料来源: 政府官网、开源证券研究所

2.3.3、加氢站建设成本高, 油氢合建站是一种可取的方式

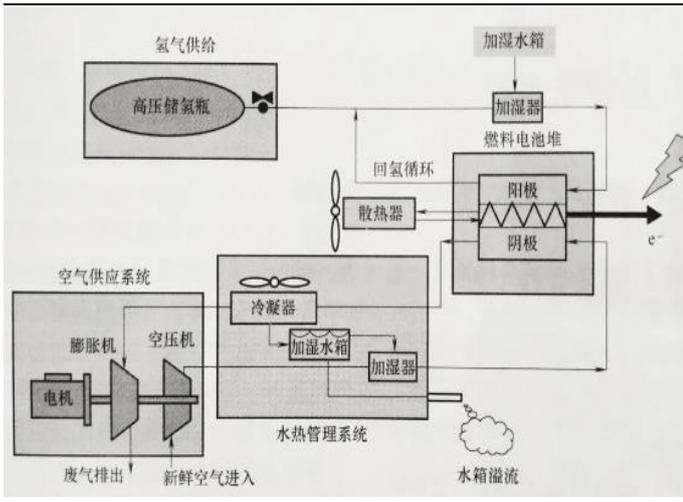
基于目前单独的加氢站成本较高, 氢气需求量相对较少, 独立加氢站面临亏损的局面, 综合性的油氢混合站是未来加氢站发展的方向之一。对氢能产业园而言, 短期内的氢能源市场需求仍处于低位, 单站建设的加氢站运营经济效益有限。油氢合建站是相对更可行的方式, 同时联合建设比单独建设加氢站在土地审批环节也更容易。我国多个省市也出台地方管理法案支持利用现有加油、加气站点网络改扩建加氢设施, 鼓励积极参与加氢站投资建设。以佛山为例, 《佛山市氢能源产业发展规划(2018—2030 年)》中明确了“鼓励加氢站与加油站、加气站或充电桩合并设置”的原则。2019 年 7 月 1 日, 国内首座油氢合建站——中国石化佛山樟坑油氢合建站正式建成, 日供氢能力为 500kg。该油氢合建站采取加油、加氢、充电分区管理方式, 是全国首座集油、氢、电能源供给及现代化综合服务于一体的新型网点。对氢能产业而言, 油氢合建站有望成为现阶段最具有经济性的氢能商业模式。

3、中游: 燃料电池系统是氢能产业链的核心

3.1、燃料电池系统由电堆和气体循环系统等环节构成

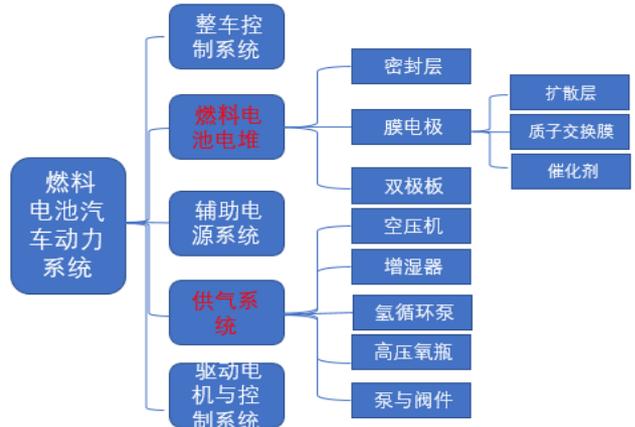
氢能源下游应用, 需重点关注燃料电池系统。燃料电池系统有两部分核心构成: 电堆和气体循环系统。

图15: 燃料电池系统原理



资料来源:《燃料电池系统原理》

图16: 燃料电池核心构成示意图



电堆主要由膜电极和双极板构成，其中膜电极又由催化剂、气体扩散层（碳纸）和质子交换膜组成。气体循环系统主要作用是过滤空气，保证反应过程中压强稳定，控制氢气与空气流量、流速以延长电堆的使用寿命，主要包含空压机、氢气循环泵、储氢瓶等。

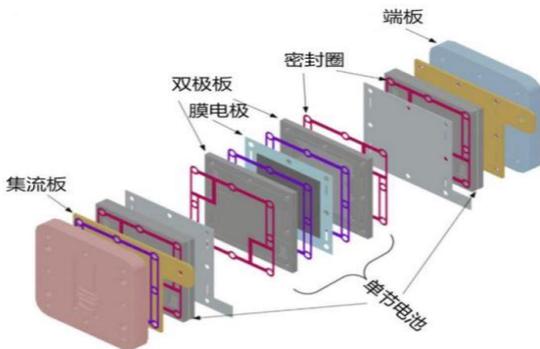
3.2、电堆是燃料电池系统最核心、价值量最高的环节

3.2.1、电堆由膜电极和双极板等技术难度较大的零部件组成

电堆是燃料电池系统最为核心的部件，也是价值量最高的环节。电堆是燃料电池系统发生化学反应的场所，由多个单体电池以串联方式层叠组合而成。氢气与氧气通过一定比例分别通入电堆的阳极与阴极，化学反应生成水与电能。电堆的质量决定了燃料电池系统整体的功率密度。

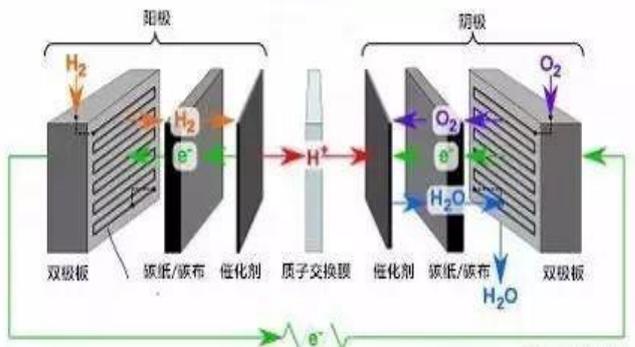
单体电池则是由将双极板与膜电极(催化剂、质子交换膜、碳纸/碳布)、密封垫片、集流板和端板组成。若干单体之间嵌入密封件，经前端与后端板压紧后用螺杆紧固拴牢，即构成燃料电池电堆。单体电池中，膜电极催化剂的催化性能、质子交换膜的传导性、碳纸/碳布的气体扩散性能，以及双极板的导电性等均是决定单体电池功率密度及效用的关键因素；同时，单体电池的一致性也决定了电堆的稳定性与可靠性。

图17: 燃料电池电堆结构示意图



资料来源: DOE

图18: 电堆中单节电池结构示意图



资料来源: 奥冠电池

电堆的性能评价包括体积功率密度以及使用寿命等。国外厂商以丰田、巴拉德和Hydrogenics为典型，研发历史悠久，其中巴拉德对膜电极的研发已超过40年，国外电堆整体性能优于国内厂商。国内电堆近年通过自主研发以及技术引进的方式，正逐步实现燃料电池电堆的国产替代。

当前国内实现电堆产销的企业主要存在两种运营模式：

一种是以亿华通为代表的自主研发一体化机构。这类公司主要依托自身的研发平台进行技术攻关，不断产品迭代，自主更新能力强。这类公司前期研发资金投入可能会压缩利润空间，资本营运压力较大，但其优势在于产品成本可控，议价能力强，依托核心竞争力在未来具有更大的放量空间。采用该模式进行电堆生产的企业正实现由整机采购向关键零部件购销的环节转换，国产替代化进程将会显著降低公司发动机产品制造成本费用。

一种是以国鸿氢能为代表的技术引进机构。这类公司主要通过与外资企业签订购销协议，获取技术引进，在前期具有较大技术优势，能够抢先占领市场份额。但此类模式的弊端在于技术保障缺乏，议价能力较差，容易形成高库存量，营运稳定性较差。国鸿氢能使用巴拉德技术生产的 9SSL 电堆在国内市占率较高。

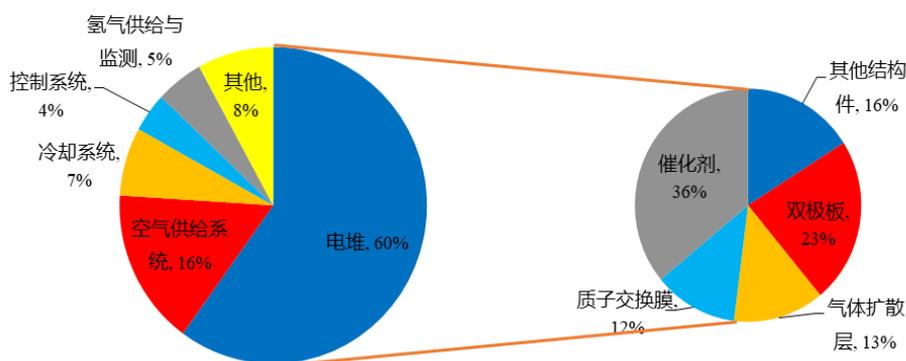
表8：国内厂商自研的电堆在参数上逐渐接近国际上一流的电堆厂商

企业	丰田	本田	现代	巴拉德	神力科技	国鸿氢能	上海捷氢	新源动力
产品型号	Mirai 第一代	Clarity 第三代	NEXO	Fcgen-HPS	SFC-HD120	鸿芯 GI	PROMEM3H	HYMOD-110
额定功率 (kW)	92	80-90	75-85	140	127	84	140	110
体积功率密度 (kW/L)	3.1	3.1	2.8	4.3	2.33	3.18	3.7	4.2
寿命目标 (h)	5000	5000	5000	-	10000	10000	10000	5000
采用双极板类型	金属	金属	金属	金属	石墨	石墨	金属	金属

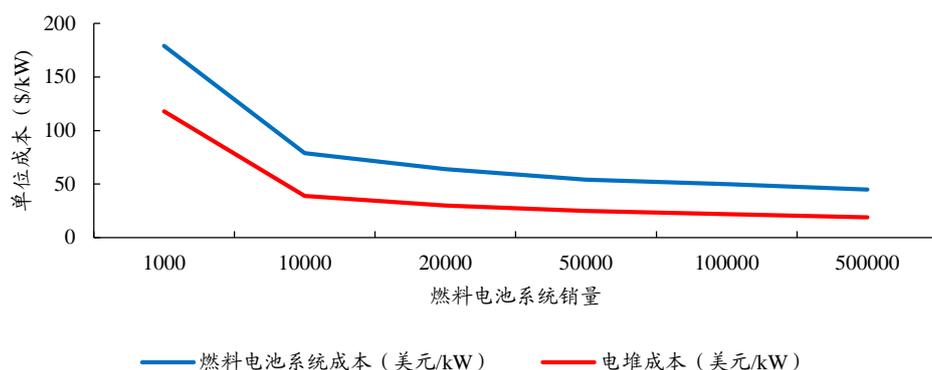
资料来源：丰田等公司官网、《中国氢能及燃料电池手册》、开源证券研究所

高工产研氢电研究所 (GGII) 数据显示，电堆成本约占燃料电池系统成本的 60%。截至 2020 年年底，根据国鸿氢能和雄韬股份等公司新品发布会上的报价，国产电堆面向战略合作伙伴，最低报价已下探至 2000 元/kW，对应燃料电池系统最低价格达到 6000 元/kW。国产电堆的规模化效应逐步释放，将有效降低燃料电池价格，促进燃料电池商用车与乘用车的推广。

图19：电堆是燃料电池系统的主要成本



数据来源：美国能源部、开源证券研究所

图20: 随着电堆的生产套数增多, 规模化效应将显著带动成本下降


数据来源: DOE、开源证券研究所

3.2.2、膜电极

2019 起开启膜电极国产化的元年。现阶段国外企业膜电极主要采用全球供货机制, 产能旺盛, 工业控制水平较为领先, 国内膜电极目前虽未达到规模量产程度, 但发展趋势显著。我国首条膜电极生产线于 2017 年落成, 随后进入高速发展期。2019 年鸿基创能、擎动科技、武汉理工氢电以及泰极动力国产生产线先后正式落成, 标志着我国的膜电极领域逐步开启批量化生产步伐。

膜电极是质子交换膜燃料电池的核心部件, 是燃料电池内部能量转换的场所。膜电极主要由质子交换膜、催化剂层和气体扩散层组成。

(1) 质子交换膜: 性能逐步达标, 国产替代正当时

发生反应时, 质子交换膜只让阳极失去电子的氢离子透过到达阴极, 但阻止电子、氢分子、水分子等通过, 其主要的评价指标在于离子交换容量以及吸水率等。目前常用的商业化质子交换膜是全氟磺酸膜, 复合膜、高温膜、碱性膜是未来发展方向。

我国电堆质子交换膜性能已接近国际水准, 国产替代刚刚起步。随着 2020 年东岳氢能 150 万平米的产线建设, 以及 2021 年 2 月苏州科润每年 100 万平米质子交换膜项目产线正式投建, 国产交换膜有望迎来大幅降本空间。东岳集团是国内质子交换膜领域的领先企业, 2020 年 11 月已落地每年 50 万平米产能, 是国内首家实现大规模量产的企业。其 DMR100 燃料电池膜已满足量产车型需求, 并获得 IATF16949 验证。此外, 科润的质子交换膜 NEPEM-3015 系列配套的燃料电池发动机已通过国家机动车产品质量监督检验中心强检。尽管其性能仍与国外厂商有所差距, 但其价格优势显著, 2021 年预计会实现在燃料电池商业车上一定量的运用。

图21: 东岳质子交换膜的交换容量可达 1mmol/g, 厚度可达 15 微米以下


资料来源: 贤集网

(2) 气体扩散层: 国产产品处于中试阶段

气体扩散层在电池中起到支撑催化剂、收集电流、传导气体和跑出反应产物的作用, 目前以碳纤维纸、碳纤维布的两种形式存在。气体扩散层的评价标准包括透气性、低电阻率、高机械强度等。碳纸产品由日本东丽、德国 SGL、加拿大巴拉德等几个国际大厂垄断, 国内碳纸也主要是从日本东丽进口。

国内研究相对薄弱, 国产产品尚处于中试、送样阶段。通用氢能从产品的设计、制造工艺和设备匹配, 申请了一系列专利, 打通了气体扩散层的整个生产流程, 做到自有知识产权的国产化。2020年4月, 上海华谊与 VIBRANT EPOCH LTD. 正式签署合作框架协议, 在中国建立“气体扩散层用碳纸/碳布”生产基地。我国在气体扩散层环节涉足较浅, 在一段时间内该环节成本下降空间相对有限, 仅华谊集团、通用氢能等少数玩家开始入局。

(3) 催化剂: 载铂含量逐年递减, 整机成本有望回落

催化剂可促进氧化剂和氢气的反应, 使电子离开氢原子。催化剂目前仍依赖铂碳路线, 但铂资源的匮乏和高成本制约了燃料电池大规模商业化。超低铂、无铂催化剂是未来研究方向, 用铂量不断减少, 成本下降空间很大。国内贵研铂业、大连化物所研制的催化剂目前处于中试阶段。

作为电堆成本占比最高的材料, 催化剂对于活性、稳定性以及耐久性有较高要求, 而贵金属铂 (Pt) 成为催化剂以及电堆成本居高不下的主要因素。各车企由于技术禀赋、产品载铂量具有较大异质性, 丰田和现代的铂用量相差值达到一倍。我国催化剂量产虽然进程较慢, 但在系统集成领域, 欧阳明高院士已明确表示我国载铂量已达到丰田厂商生产水平, 若能在产品端进一步压缩催化剂铂含量, 成本上浮空间仍然可观。

表9: 车企燃料电池车载铂量具有异质性

车企	铂用量/g	功率/kw	载铂量 g/kw
丰田	20	114	0.18
现代	40	100	0.40
奔驰	20	100	0.20
日产	30	90	0.33
通用	30	92	0.33

数据来源: 丰田等车企官网、开源证券研究所

3.2.3、双极板

双极板在电堆中起到输送分配燃料、隔离两极气体的作用，主要有石墨双极板和金属双极板两种技术路线。目前丰田 Mirai 采用金属双极板路线，因乘用车对集成度要求高，体积需要尽可能小；国内商用车走石墨双极板路线，一方面因为其成本更低，另一方面使用寿命更长，更符合商用车需求。双极板的技术难点主要在于流道设计，对冲压工艺、制造精度要求高。

石墨双极板在反应过程中不易被腐蚀，使用寿命较长。我国的石墨双极板企业已逐步实现量产化，以亿华通为例，已通过神力科技完全实现双极板自主供应。同时，上海弘枫、嘉裕碳素等自主企业已逐步进入量产阶段。

金属双极板导电性能优异，大幅提升电堆整体的体积功率密度。不少电堆厂商逐渐转向采用金属板，但其使用寿命尚待考察。国内的金属板厂商尚处于小规模生产阶段，以上海治臻、上海佑戈等为主。根据氢能观察的数据，上海治臻在 2020 年 6 月投建 1000 万片/年的产线，2021 年 3 月 340 万片/年的产能投产，有望迎来较大规模的金属双极板国产替代。

表10: 金属双极板具有更强的导电性能，国内仍处于中式阶段

	制备方法	优点	缺点	适用场景	厂家
石墨双极板	石墨板机械加工	导电、导热性良好 耐腐蚀性强	易脆，组装困难 加工工序长，成本高	轮船、商用车	国内（已量产）：上海神力，上海弘枫，嘉裕碳素，国鸿氢能等 国外：美国 POCO、SHF，日本 Fujikura RubberLTD、Kyushu Refractories 等
金属双极板	不锈钢、钛合金、铝合金等 冲压成型	导电、导热性优异 机械强度高 阻气性高 可批量化生产	耐腐蚀性差	乘用车、商用车	国内（小批量供货/中试）：上海治臻，上海佑戈，新源动力，爱德曼等 国外：丰田，瑞典 Cellimpact，德国 Dana、Grabener，美国 treadstone 等

资料来源：开源证券研究所

3.3、供气系统是燃料电池系统另一重要组成部分

3.3.1、空气供给系统国内较国外仍有差距

典型的燃料电池空气供应系统由空气过滤器、空压机、电机、中冷器、增湿器和膨胀机等组成。其中，空压机由电机和膨胀机共同驱动。根据电堆的输出功率，为燃料电池提供所需压力和干净空气。在空气供应系统中，空气的压力和流量对燃料电池系统的性能（能量密度、系统效率、水平衡和热损失）、成本和电堆的尺寸等有很大的影响。高压燃料电池系统不仅能提高电堆的效率和功率密度，同时还能够改善系统的水平衡。

图22: 涡轮式、螺杆式和离心式空压机综合性能较为理想

空压机类型	空压机/膨胀机		空压机				
	涡轮增压	电动增压	罗茨式	螺杆式	涡旋式	滑片式	离心式
体积	0	-	-/--	0/-	-	-	+
质量	0	0/-	---	---	-	-	0
转动惯量			高	中等	低		低
振动	0	0	0	0	-	-	0
内增压比			NO	YES	YES	YES	
温升	0	0	---	+	0/+	0	0
背压	YES	YES	NO	NO	NO	NO	NO
功率	NO	+	---	-	0	-	0
噪声	0	0/-	-	-	-	-	0
压比	3~3.5	3~3.5	2	3	2.2	2	3~4

注: + 适合, 0 适合且有限制, - 不建议, --- 不适合

资料来源:《燃料电池车用空气压缩机的发展现状及趋势分析》

表11: 海外车企选用涡轮增压式空压机的比例更高

项目	上汽	丰田	本田	通用	现代	奔驰 B 级
		FCHV	FCX	Equinox	ix35	F-Cell
空压机类型	离心式	涡旋式	涡轮增压	涡轮增压	鼓风机	涡轮增压

资料来源:《燃料电池车用空气压缩机发展现状及趋势》、开源证券研究所

车用燃料电池空压机与传统空压机的区别在于燃料电池空压机不能有油, 防止污染催化剂。另外整个反应装置对压力波动有严格要求, 所以叶片设计难度也高。目前空压机主流有两条路线: 离心式和双螺杆式。(1) 离心式噪音小、寿命短、工艺复杂、成本较高适合乘用车; (2) 双螺旋杆式噪音大、体积大适合商用车。国内空压机与国外技术差距较大, 价格相对有优势。国内主要企业为广顺、爱德曼、上海重塑科技, 另外雪人股份也在做相关研发。

3.3.2、氢气供给系统: 研发成本高、价格昂贵, 国内企业相对薄弱

氢气供给系统由瓶口阀、过流阀、过滤器、减压阀、泄压阀、截止阀、气水分离器、氢气循环泵及管路和接头组成, 根据系统需求不同还配有单向阀、阻火器和喷射器等。氢气循环泵作为氢气循环动力提供部件, 需要在密封要求很高的情况下提供足够流量。国内企业目前参与氢气循环泵较少, 雪人股份在研发进程中。

3.3.3、储氢瓶: 国内常用的储氢瓶压力 35MPa 低于国际通用的 70MPa

国内储氢瓶整体技术水平有待提高。受制于车载储氢瓶碳纤维等原材料依赖进口、技术成本居高不下等影响, 目前我国广泛使用的车载储氢瓶仍为 35MPa □型瓶, 与国际市场中更为普遍使用的 70MPa □型瓶相比, 其储氢效率相对较低, 应用瓶颈较为明显。尽管国内 70MPa 储氢技术已在不断推进, 但要实现这一技术的商业化应用, 仍有诸多问题需要解决, 主要矛盾则是仍高度依赖进口的碳纤维等关键原材料。一直以来, 碳纤维缠绕复合材料储氢气瓶都是氢能储运领域的重要技术, 但多年以来这一技术为美国、日本等国垄断。近年来, 包括上海石化、中复神鹰等制造企业已开启碳纤维国产化的进程, 尽管国产碳纤维市场占比在不断提升, 但产品整体质量稳定性仍需提升, 储氢领域所需的碳纤维目前仍高度依赖进口。国内目前制备储氢瓶的企业相对较多, 包含京城股份、中材科技、富瑞氢能等。

4、下游应用: 重点关注燃料电池汽车的推广和应用

4.1、燃料电池需求综述

交通运输是燃料电池最主要的应用。燃料电池可用在交通运输、固定领域、便携式电子和航空航天等领域。根据日本 Fuji Keizai 预测，2025 年全球燃料电池市场中燃料电池汽车市场规模有望超过 50%，下文将就交通运输领域展开进行重点分析，并在综述部分简要介绍固定式领域和便携式领域的应用。

固定式领域用途广阔，市场持续增长。固定式燃料电池技术包括 MCPC、SOFC、PAFC 和 PEMFC。主要用于各种固定位置的电力供应，包括发电站、楼宇、工程等领域的大型首要电源、备用电源，用于家庭住宅和商业的微型热电联产 (CHP)，以及电铁塔的首要或备用电源等。

便携式领域目前市场渗透率不高。燃料电池在便携式领域的应用主要包括燃料电池盒、燃料电池玩具，以及小型燃料电池充电器等。在消费电子产品领域，燃料电池在微型外部电池充电器上的应用发展迅速，在消费电子产品中也有应用前景。

4.2、燃料电池汽车市场尚未打开，静待政策落地

4.2.1、国家对燃料电池汽车的补贴政策更精准

燃料电池补贴政策仍保持高标准。我国政府吸取锂电池行业发展初期补贴申请的经验，现将补贴方式调整为选择一部分城市围绕燃料电池汽车关键零部件核心技术攻关，开展燃料电池产业化示范应用，在为期 4 年的示范期内，中央财政将按照结果导向，采取“以奖代补”方式对示范城市给予奖励，支持地方组织企业开展新技术研发攻关和产业化、人才引进和团队建设以及新技术在燃料电池汽车上的示范应用等。

4.2.2、应用场景：燃料电池商用车率先商业应用

燃料电池商用车率先商业应用。未来锂电与燃料电池不会是替代关系，而是互补关系。欧阳明高院士曾在 2018 年 6 月提出：“锂离子电池更适合替代汽油机，氢燃料电池系统更适合替代柴油机”。原因：(1) 氢气运输成本高，加氢站投资成本也比较大，因此固定路线的车辆在应用中更有优势；(2) 客车系统集成难度相对较低一些，目前国内主流客车企业都有燃料电池客车的布局，并且部分企业的产品已经正式交付运营。乘用车的系统集成难度更高，但单车功率不太大，相比重卡车或者大型公交车，搭载燃料电池系统的乘用车经济性不具备优势；(3) 从边际成本的角度考虑，电动汽车构造简单，提升锂电池车的续航和载重需要加装电池，考虑锂电自重，其边际成本递增；燃料电池系统复杂，提高续航仅需增加储氢容量即可，边际成本递减。因此锂电池更适合乘用车领域，燃料电池系统适合有重载、长续航要求的商用车。

4.2.3、燃料电池汽车较锂电池汽车的环保性更佳

氢燃料电池目前成本达不到民用可接受的水平，国内技术成熟度有很大的提升空间，整个产业链正在布局过程当中。相比之下锂电技术已逐步成熟，电池的成本在规模化效应下显著下降。

表12：燃料电池汽车现有购置和运营成本高于锂电池汽车，燃料电池汽车最终环保性更佳

对比内容	锂电池汽车	燃料电池汽车
成本	充电使用现有的电网，输送便捷，成本较低，但当直接充电车辆较多时对电网冲击较大，考验电网耐用程度，仍有未知成本	采用传统制氢方法其成本和汽油相当，若采用水解、生物等制备氢气则成本较高。另外储运、加氢成本均较高，需重新构建配套设备
环保	放电产物为锂氧化物或碱，不会排放到环境中，但最终废料污染大、处理成本高	排放物为水，对环境没有污染，最终废料回收比例高，对环境污染不大
产业发展	技术相对成熟，制造产业链完整，正处在规模效应的扩大阶段	技术含量高，制造难度大，处于产业化初期，有待进一步完善

对比内容	锂电池汽车	燃料电池汽车
技术	仍有较大进步空间，提高能量密度、循环次数等，但理论能量密度明显弱于燃料电池，大量的电池组和考验 BMS 技术	能量密度高，在能量转化效率、去铂催化剂、运输技术更新等都在快速发展
便捷性	充电时间较长、车启动快、加速快	加氢快、启动慢、加速慢、需要附带启动蓄电池
适用地域	温度相对较高的地区，寒冷环境启动比较困难	对气温没有明确要求，可应用于较寒冷的天气（气温高于零下三十摄氏度）

资料来源：开源证券研究所

4.2.4、从经济性角度考虑目前燃料电池汽车较油车和电车不占优势

氢燃料电池车目前在购置成本和使用成本上不占优势。同样的 B 级车，油车的购置成本最低，电动公交车的运营成本最低，氢燃料电池汽车在这两方面目前均不占优势。未来随着应用量提升，氢能源实现一定量的规模化效应，整车成本以及氢气成本均有望显著下降。

表13: 氢燃料电池乘用车目前在购置成本和使用成本上较油车和电车不占优势

	纯电动车（以 Model 3 标准版为例）	氢燃料车（Mirai 为例）	油车（以凯美瑞为例）
续航里程	468 公里	647 公里	约 750-800 公里
补充方式	家庭充电桩或公共充电站	加氢站	加油站
补充时间	快充半小时，慢充 6-7 小时	2-5 分钟	2-5 分钟
行驶能耗	0.12KWh/公里	0.013kg 氢气/公里	0.08 升油/公里
能源单价	0.5 元/KWh	35 元/KG	6.75 元/升
行驶成本	0.06 元/公里	0.455 元/公里	0.54 元/公里
补充站成本	300-500 万	1500-2000 万	约 500 万
电池占整车成本	35%-45%	60%-70%	
动力电池寿命	理论上 40-80 万 KM/1500 次充电	约 1 万小时	
电池能量密度（Wh/Kg）	125-150	1800	
售价（万元）	26.574	约 55	17.98 起
是否有补贴	有	国内未定	无
补贴后价格（万元）	24.99	-	-

资料来源：汽车之家、开源证券研究所

氢能源商用车率先在国内打开应用市场。基于国家政策支持，氢能源商用车在国内率先打开市场，但比较可知氢燃料电池汽车的购置成本是电动公交车或柴油公交车的 2 倍以上，目前经济性角度竞争力有待提升。

表14: 燃料电池商用车的运行成本与油车接近，高于电动车

	纯电动车（以宇通 12 米纯电动公交车为例）	氢燃料车（以宇通 12 米燃料电池公交车为例）	油车（以宇通 12 米柴油公交车为例）
续航里程	300KM		
补充方式	家庭充电桩或公共充电站	加氢站	加油站
补充时间	快充 1 小时，慢充 6-7 小时	2-5 分钟	2-5 分钟
行驶能耗（每百公里）	80-100KWh	7 公斤氢气	30-35 升
能源单价	0.5 元/KWh	35 元/公斤	6.3 元/升
行驶成本(每百公里)	40-50 元	约 245 元	约 190 元
补充站成本	300-500 万元	1500-2000 万元	约 500 万元
电池占整车成本	35%-45%	60%-70%	

	纯电动车（以宇通 12 米纯电公交车为例）	氢燃料车（以宇通 12 米燃料电池公交车为例）	油车（以宇通 12 米柴油公交车为例）
电池能量密度（Wh/Kg）	约 150	1800	
售价（每辆）	40-80 万元	约 150-200 万/辆	20-80 万元
是否有补贴	补贴金额不超过车辆售价的 60%，不超过 50 万元	以奖代补	无

资料来源：宇通汽车官网、开源证券研究所

4.3、燃料电池应用空间打开的核心因素

4.3.1、各方静待国家层面的补贴政策落地

补贴政策尚未完全落地，下游需求递延。2021 年 4 月 9 日，中汽协公布最新数据显示，3 月燃料电池汽车产销分别完成 45 辆和 59 辆，2021 年 1-3 月，燃料电池汽车产销分别完成 104 辆和 150 辆，同比分别下降 43.2%和 27.5%。

表15：2021 年 Q1 燃料电池汽车产销量不及 2019 年和 2020 年同期

	2019 年		2020 年		2021 年	
	产量	销量	产量	销量	产量	销量
1 月	192	187	145	171	34	63
2 月	0	0	0	0	25	28
3 月	86	86	38	36	45	59
一季度合计	278	273	183	207	104	150
全年合计	2833	2737	1199	1177		

数据来源：中汽协、开源证券研究所

基于目前处于整个全行业发展初期，终端需求量有限，导致各项上游、中游生产不具备规模效应，目前氢能源商业化成本较高，从经济性角度考虑下游领域尤其是私营企业或个人消费者能接受的程度较低，企业在实际运营中容易出现入不敷出，持续亏损的局面，因此政府补贴有望引领氢能源产业链迈向成熟。

国家出台的以奖代补政策并划定五个示范发展区域，初步判断北京、上海、广东、河北、河南五个区域将充分受益于国家补贴率先发展，发展阶段有望显著领先未入围的省份。具体政策有待落地。

4.3.2、各环节技术成熟度、规模化后成本下降的空间

技术成熟度进步、规模化与成本下降三者是相辅相成，相互息息相关的关联因素。以锂电为例，电车发展初期技术不够成熟，下游销量少，企业生产无法满足规模效应，电池成本居高不下，最终限制了电车推广应用，这是负向传导的机制。如果随着技术成熟，需求提升，规模化满足后成本将有很大的下降空间，整个市场空间有望彻底打开。

4.3.3、消费者对燃料电池汽车认可度的本质提升

终端消费者对产品的认可是行业发展的根基。同样以电车为例，诸多司机在 2019 年以前对电车保持怀疑、谨慎、保守的态度，伴随特斯拉的崛起、整个锂电产业链的成熟、成本下降以及国产造车新势力纷纷推出自己的作品，越来越多的国内车主认可、接受电车，电车的市场渗透率显著提升。目前氢能源燃料电池汽车更多是商用车推广阶段，未来需得到更多私营企业或是普通消费者的认可，全行业才有望真正的完成从 0 到 1 的跨越。

4.4、氢气是工业生产中的重要原材料

4.4.1、半导体工业对氢气的纯度要求高

在大规模、超大规模和兆位级集成电路制造过程中,需用高纯氢、特高纯氢作为配制 SiH_4/H_2 、 PH_3/H_2 、 $\text{B}_2\text{H}_6/\text{H}_2$ 等混合外延、掺杂气的底气。半导体工业对底气纯度要求极高,微量杂质“掺入”就会改变半导体表面特性。在电真空材料和器件例如钨和钼的生产过程中,用氢气还原氧化物得到粉末,再加工制成线材和带材。氢气纯度越高,特别是水含量越低,还原温度就越低,所得钨、钼粉末粒度就越细。

4.4.2、非晶硅与太阳能电池亦需要高纯氢气

目前,高效 a-Si 太阳能电池均采用射频辉光放电法制造,沉积大面积、高质量、均匀的 a-Si 膜是 a-Si 太阳能电池的关键工序。Pin 结太阳能电池在沉积 i 层时采用氢与硅烷的混合气。对氢气纯度要求高,一般为 5N 以上。

4.4.3、氢气用于生产石英光纤

石英光纤的制造主要包括玻璃体预制棒制备及拉丝两道工序,在制棒工艺中采用氢氧焰加热(1200~1500℃),经沉积,可获得所需沉积层厚度,再经烧灼,制成光纤预制棒。对氢氧焰气体要求无固体粒子,否则棒上会有黑斑产生。对氢气纯度及洁净度均有一定要求。

4.4.4、石化工业中加入氢气可以除掉有害化合物

在炼制工业中,氢气主要用于石脑油加氢脱硫,精柴油加氢脱硫,改善飞机燃料油的无烟火焰高度,燃料油加氢脱硫,加氢裂化;在石油化工领域,氢气主要用于 C_3 馏份加氢,汽油加氢, $\text{C}_6 \sim \text{C}_8$ 馏份加氢脱烷基,生产环己烷。加氢精制的目的是除掉有害化合物,例如硫化氢、硫醇、总硫、水、含氮化合物、芳香烃、酚类、环烷酸、炔烃、烯烃、金属和准金属等。催化重整原料的加氢精制目的是除去石脑油中的硫化物、氮化物、铅和砷等杂质。加氢裂化是在氢气存在条件下进行的催化过程,反应主要特征是 C-C 键的断裂。所用氢量大,压力高,空速低。选择性加氢主要用于高温裂解产物。

4.4.5、氢气在浮法玻璃生产中防止锡液被氧化

在浮法玻璃成形设备(即锡槽)中装有熔融的锡液,600~1000℃的锡液极易被氧化,生成氧化锡,以致玻璃沾锡又增加了锡耗。因此,需将锡槽密封,并连续地送入纯净的氮、氢混合气,维持锡槽内微正压与还原气氛,保护锡液不被氧化。保护气体中氮、氢气体量为 10:1,要求含氧量不高于 $(5 \sim 10) \times 10^{-6}$,露点-60℃以下。

4.4.6、氢气在冶金工业中作为还原剂或金属高温加工的保护气

在冶金工业中,氢可用作还原剂将金属氧化物还原成金属,或可用作金属高温加工时的保护气。氢气还可用于还原若干种金属氧化物来制备纯金属。除此之外,在高温锻压一些金属器材时有时用氢气作保护气,以保护表面不被氧化。

5、投资机会:国内化工/能源等行业龙头布局氢能源

表16: 氢能源产业链国内受益公司(含上市&非上市)

产业链	环节	重点公司
上游	制氢	隆基股份、阳光电源、国家能源、中国石化、金通灵、鸿达兴业、滨化股份、华昌化工、深冷股份、中泰股份、美锦能源、卫星石化、东华能源、嘉化能源、航天工程
	储氢	鸿达兴业、深冷股份、中泰股份、华昌化工、中材科技、富瑞特装、京城股份
	加氢站	厚普股份、富瑞氢能、雪人股份、伯肯节能、美锦能源、嘉化能源、金固股份、浙江电力
中游	燃料电池系统	亿华通、重塑科技、潍柴动力、大洋电机、新源动力、中船重工、明天氢能、苏州弗尔赛、上燃动

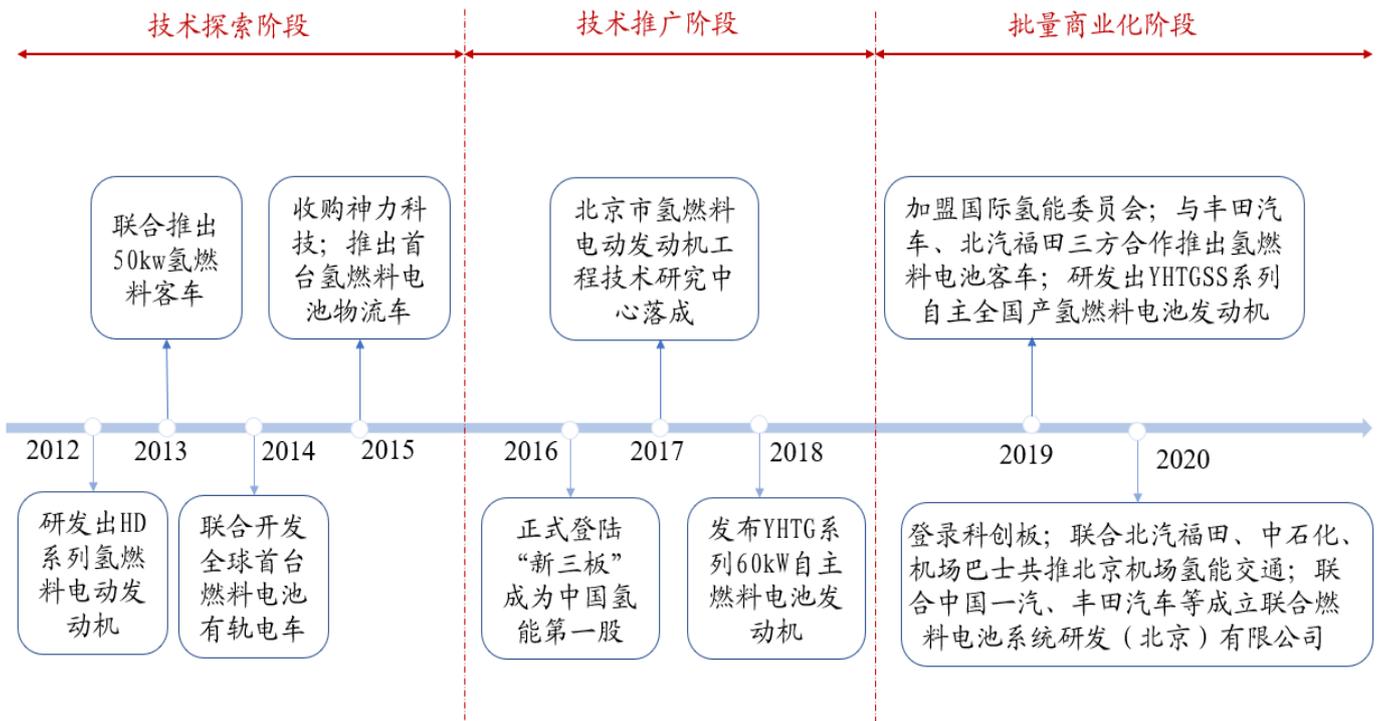
		力、国鸿氢能、宇通汽车、上汽、雄韬股份、德威新材、东方电气、江苏清能、德尔股份、宗申动力
	电堆	新源动力、神力科技、国鸿氢能、南通百应、嘉兴爱德曼
	膜电极	武汉理工新能源、鸿基创能、雄韬股份、美锦能源、星云股份、上海唐锋、新源动力、苏州擎动、昆山桑莱特
	质子交换膜	东岳集团、浙江汉拯
	催化剂	贵研铂业、武汉喜马拉雅、上海唐锋
	碳纸	台湾碳能、中南大学、上海河森
	双极板	国鸿氢能、上海弘枫、鑫能石墨、嘉裕碳素、新源动力、上海治臻、上海佑戈、爱德曼、嘉裕碳素、神力科技、安泰科技
	供气系统	
	空压机	广顺新能源、雪人股份、重塑科技、爱德曼
	氢气循环泵	雪人股份、广顺新能源、汉钟精机
	储氢瓶	中材科技、富瑞特装
下游	整车	美锦能源（飞驰汽车）、中通客车、宇通客车、康盛股份（中植一客）、东旭光电（申龙客车）、福田汽车、上汽集团、东风汽车、长城汽车、金龙汽车、潍柴动力、吉利商用车

资料来源：开源证券研究所

5.1、亿华通：氢燃料电池系统龙头标的

亿华通是国内第一家以燃料电池发动机为主营业务的上市公司。公司的主营业务收入中，发动机系统收入占比约 90%。自创立以来，亿华通成功研发了以氢能源燃料电池发动机为代表的高技术产品系列，实现了国内“从零到一”——燃料电池从技术到落地的全过程。2015 年公司登录“新三板”，2020 年公司实现转板至科创板，是国内目前最纯正燃料电池上市公司。

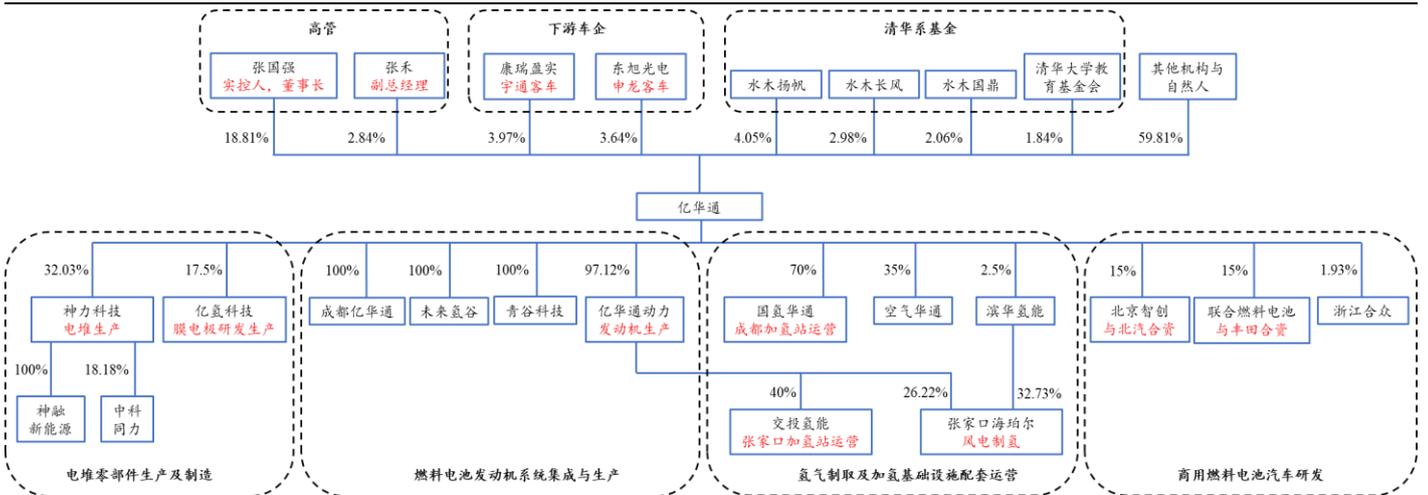
图23: 亿华通发展历程可分为技术探索、技术推广、批量商业化三个阶段



资料来源: 亿华通公告、开源证券研究所

放眼全局, 深入渗透产业链上下游。亿华通具有清华系背景, 长年与清华大学、华东理工大学等高校保持紧密产学研的合作关系。公司股东中, 康瑞盈实是宇通客车的子公司、东旭光电是申龙客车的母公司, 为公司提供稳定优质的燃料电池销售平台; 持股公司全方位布局产业上下游, 从膜电极、电堆、发动机系统集成的核心技术研发, 到氢气制取、加氢基础设施建设运营, 乃至与丰田、北汽合资研发燃料电池商用车, 战略布局全面。

图24: 亿华通的股东中含有下游车企, 下游子公司布局氢能源产业链多个环节



资料来源: 亿华通公告、开源证券研究所

十五年研发积累构筑技术护城河, 规模化生产有效降低生产成本。亿华通多年技术积累使其发动机系统质量功率密度、冷启动、系统效率、耐久性等指标优于可比公司。成本方面, 受益于公司自主研发的电堆及燃料电池系统实现规模化生产, 成本下

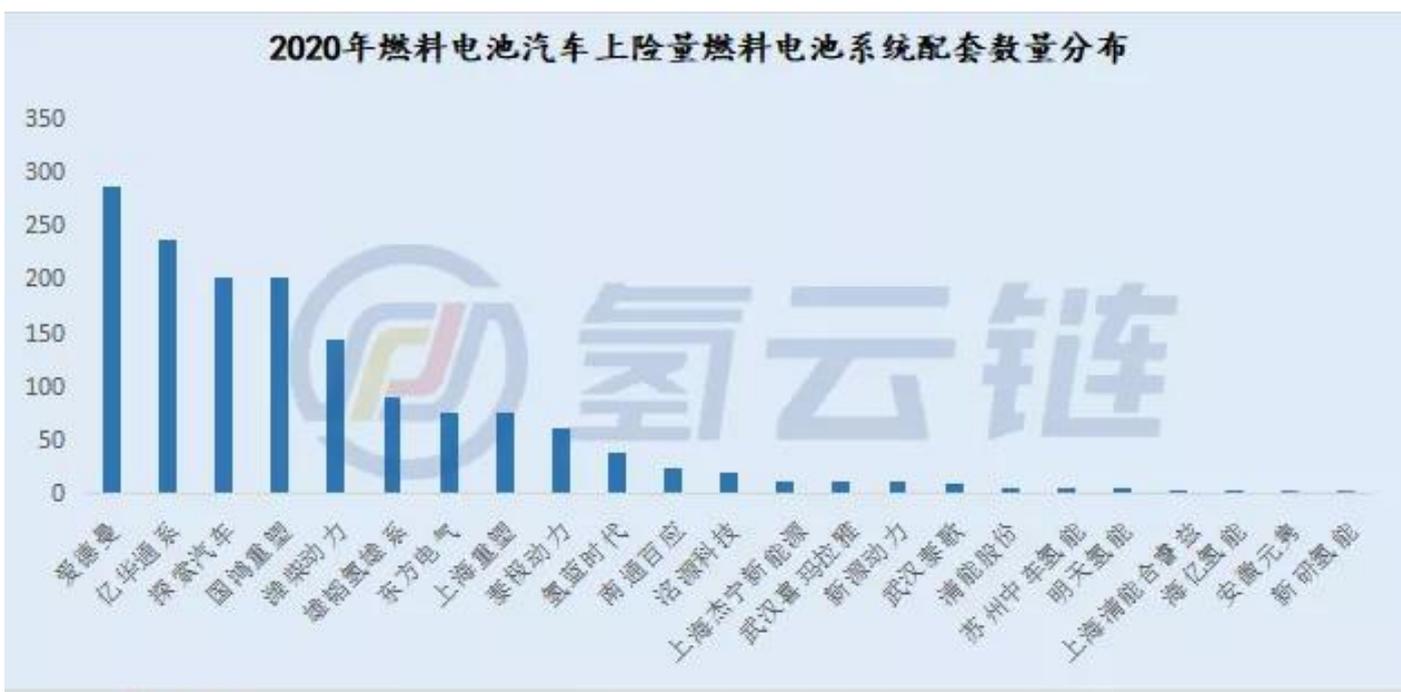
降增厚利润，根据亿华通年报数据，近三年平均毛利率达到 47.25%，在国内处于绝对领先的地位。

绑定优质商用车厂商，2022 东奥会将迎来规模放量。亿华通深度绑定中龙客车、北汽福田、宇通客车、中通客车等优质商用车厂商，根据亿华通招股说明书，其客户的燃料电池商用车市占率将近 40%，下游厂商强劲的整车实力为亿华通持续放量提供稳定保障。同时，鉴于公司燃料电池系统冷启动性能优异以及在张家口的区域优势，亿华通有望成为 2022 年北京冬奥会氢燃料电池汽车的独家供应商，其中张家口明确氢能公交需求 2000 辆。

5.2、重塑股份（拟上市）：注重与产业链巨头合资开拓的燃料电池龙头

公司主营燃料电池系统，是燃料电池系统集成的后起之秀。上海重塑自 2015 年 9 月成立以来，实现了 Caven 系列 32 千瓦至 51 千瓦燃料电池发动机及其核心零部件的自主研发，并授权国鸿重塑使用公司 Caven 系列燃料电池系统集成技术生产燃料电池系统。自 2019 年起，公司产品的销量在全国范围内实现较大的突破，根据重塑股份招股说明书，2019 年实现 1162 套的销量。根据 2020 年燃料电池汽车上险量，“重塑系”包含的上海重塑、国鸿重塑、探索汽车，其燃料电池系统销量全国第一。

图25：重塑系燃料电池销量具有较高的市场份额



资料来源：氢云链

团队源于上汽系，注重研发投入。公司管理团队拥有丰富的技术研发以及企业管理经验，年轻且普遍学历较高，公司的 9 位董事中 4 位拥有名校的博士学位，平均年龄 44 岁。同时，在技术团队方面，大多为上汽出身，对汽车系统开发理解深刻。公司十分看重产品研发，主要研究方向为自主电堆开发以及大功率系统开发。根据上海重塑股份招股说明书，截至 2020 年 9 月，公司研发人员 155 人，近两年研发投入每年约 1.5 亿元，研发投入位居行业前列。

表17: 重塑股份历年重视研发投入 (单位: 万元)

	2017	2018	2019	2020 Q1-Q3
研发费用	2775.94	9167.79	15234.85	14699.08
营业收入	22824.46	15551.16	69366.24	16440.2
研发费用占比	12.16%	58.95%	21.96%	89.41%

数据来源: 重塑股份招股说明书、开源证券研究所

通过与国鸿氢能成立合资公司国鸿重塑, 掌握上游优质燃料电池电堆资源。国鸿氢能引进了巴拉德的商用车氢燃料电池技术, 并获得巴拉德的技术授权在中国生产高功率密度电堆, 其电堆的功率密度达到 3.8kW/L, 高于国内同行 (神力科技、新源动力等) 的电堆产品。重塑的 Caven 系列燃料电池系统基于巴拉德 9SSL 电堆设计生产, 功率密度高, 为公司燃料电池系统的推广提供强有力的品质保障。

与主流客车厂商合作, 应用场景丰富。公司与国内多家知名车企如东风汽车、宇通客车、申龙客车、中通客车、五龙汽车等国内多家车企合作, 为其多款燃料电池汽车车型提供燃料电池系统, 应用地区主要以珠三角为主。而在应用领域上, 公司燃料电池系统产品主要运用于物流运输车与商用车, 同时在洒水车、半挂牵引汽车、垃圾车、自卸车等亦实现商用。公司产品的应用车型种类多样, 对未来各个市场的产量释放打下坚实的基础。

5.3、雪人股份: 国内氢气空压机龙头, 尝试燃料电池系统业务

雪人股份以制冰设备及制冰系统的研发、生产及销售为起点, 经过多年发展, 已成长为以高端压缩机技术为核心、向围绕压缩机的各种应用领域延伸的成套解决方案提供商, 形成了覆盖传统工业制冷、商业冷藏等应用领域, 并将压缩机应用逐步延伸到油气技术服务、氢燃料电池等多领域业务齐头并进的产业布局。

在氢能源领域, 公司长期从事空压机研发制造及燃料电池相关产品的研发, 在氢燃料电池核心零部件 (空压机、氢气循环泵) 及液氢、加氢设备方面进行技术积累以及技术布局。目前已有氢燃料电池系统、氢燃料电池空压机、氢气循环泵、氢气压缩与氢气液化等产品。在实现碳达峰、碳中和目标的能源深刻变革的大背景下, 大力发展氢能尤其是氢燃料电池等绿色能源是推动低碳发展的关键路线之一, 因此氢能、氢燃料电池及其核心零部件将会有广阔的发展空间。但由于我国氢能领域的产业化尚未形成, 2020 年公司氢能相关产品尚未实现商业化和规模化, 收入占比微小。

表18: 雪人股份拟定增募资不超 6.7 亿元, 用于两大氢能项目建设

某投资项目	金额 (万元)	占比
氢燃料电池系统生产基地建设项目	45000	67.16%
氢能技术研发中心建设项目	10000	14.93%
补充流动资金	12000	17.91%
总金额合计	67000	100%

数据来源: 雪人股份公告、开源证券研究所

公司新募资 6.7 亿元做燃料电池系统及氢能相关技术建设。2021 年 4 月 23 日, 雪人股份公告称, 公司拟非公开发行股份, 募资不超过 6.7 亿元用于氢燃料电池系统生产基地建设项目、氢能技术研发中心建设项目和补充流动资金, 实控人林汝捷将以 6000 万元认购本次发行的股票。雪人股份氢燃料电池系统生产基地建设项目总投资 4.5 亿元, 建设期 36 个月。项目有助于公司把握氢燃料电池技术发展带来的市场机遇, 抢占氢燃料电池汽车市场, 将氢燃料电池技术应用在冷链物流与重载运输领域。建设项目的实施将进一步加强雪人股份技术研发能力、完善技术研发体系。通过该项目实施, 公司有望成为全球领先的氢燃料电池系统供应商。

公司通过参股收购以及自主研发相结合的方式掌握了国际领先的氢燃料电池动力系统

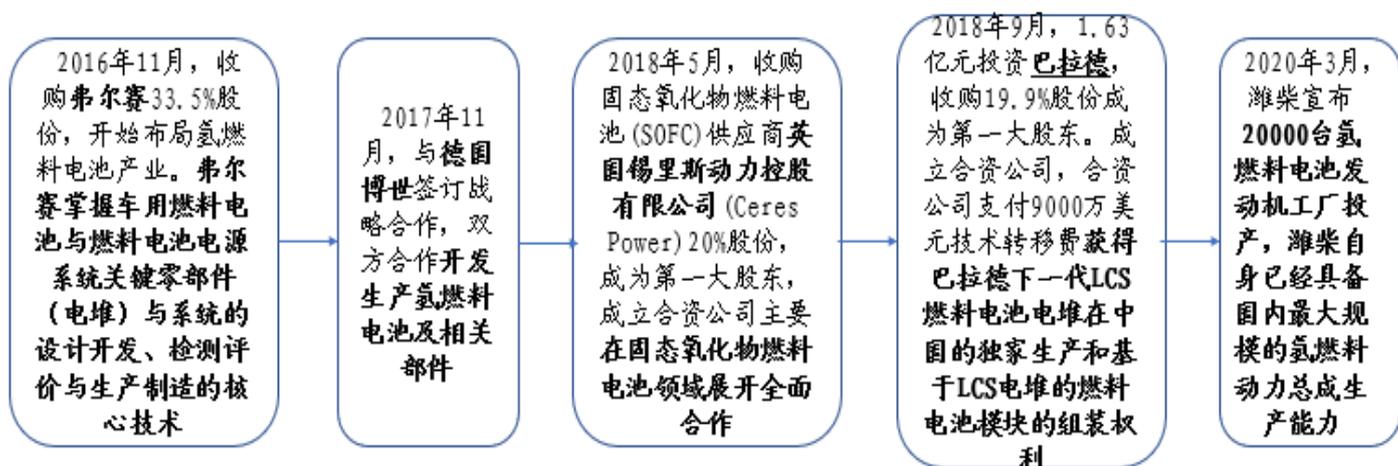
集成与零部件制造技术。目前其氢燃料电池系统功率覆盖 30-200kW 范围内多个规格，产品性能具备竞争力。在氢能关键技术领域，该公司与瑞典 SRM 公司建立长期技术合作关系，并拥有全球知名的“SRM Tec”氢燃料电池空压机，为氢燃料汽车生产商提供空气循环系统。

5.4、潍柴动力：电堆龙头巴拉德的第一大股东

潍柴动力主营业务为动力总成(发动机、变速箱、车桥)、整车整机、智能物流等产业板块。公司主要产品包括全系列发动机、重型汽车、轻微型车、工程机械、液压产品、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。

加速氢能源布局，构建发展新优势。公司为推动产业链再造和价值链升级，在 2020-2030 战略中将新能源、液压、智能驾驶等新产业列为重点发展对象。同时发展氢能源也推动山东省“绿色动力氢能城市”战略落地。

图26: 潍柴动力投资燃料电池领域的龙头企业，形成自己的燃料电池



资料来源：潍柴动力公告、开源证券研究所

与全球燃料电池系统龙头巴拉德合作研发。2018年以来，潍柴动力子公司潍柴巴拉德与加拿大巴拉德联合开发下一代质子交换膜燃料电池电堆，以及应用于客车、商用卡车和叉车的下一代质子交换膜燃料电池模组。潍柴巴拉德为联合开发提供工程服务、市场需求信息等相关支持，加拿大巴拉德为联合开发提供技术研发服务。

双方合作过程中巴拉德仍把控膜电极技术不对中方开放。燃料电池电堆里面有两个最核心的核心部件技术：双极板和膜电极。巴拉德与国内企业合作，模块组装类劳动密集型技术和双极板（巴拉德石墨双极板技术成熟，国内企业受益在石墨双极板领域发展较快）、电堆生产的高科技技术在一定程度上进行转移，但膜电极仍通过合资公司向巴拉德采购的模式，并未获得膜电极的技术授权。膜电极等核心技术能否自主可控决定了能否突破燃料电池发展瓶颈。

5.5、雄韬股份：重点布局氢能全产业链并积极推进产业化

蓄电池和锂离子电池是公司的传统业务。公司主要从事化学电源、新能源储能、动力电池、燃料电池的研发、生产和销售业务，主要产品涵盖阀控式密封铅酸蓄电池(2020年约占营收 77.60%)、锂离子电池(2020年约占营收 18.77%)、燃料电池(2020年占营收 3.54%，约 9000 万元)三大品类。

氢燃料电池是公司最核心的发展战略。公司在传统业务的基础上大力发展氢能源市场，在氢能产业链上已完成制氢、膜电极、燃料电池电堆、燃料电池动力系统、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。在产品研发方面，已完成 45~120kW 燃料电池发动机及 42-120kW 燃料电池电堆的研发及试生产。

图27: 雄韬股份自有平台和战略投资参股/控股并行发展氢能源



资料来源：雄韬股份公告、开源证券研究所

自有平台和战略投资参股/控股并行发展。雄韬股份一方面通过自有平台进行加氢站建设、氢燃料电池的核心零部件膜电极和催化剂（主要来自于武汉理工新能源关联企业）、氢燃料电池以及动力总成的研发和生产；另一方面通过战略投资参股或控股上海氢枫的加氢站以及储运设备的相关布局、氢璞创能的电堆研发制造、浙江氢途的动力总成集成、苏州擎动动力科技的膜电极催化剂国产化研发和生产等。

5.6、美锦能源: 控股鸿基创能(膜电极)、持股飞驰汽车(燃料电池汽车)、参与制氢、加氢站等产业链建设

美锦能源主要从事煤炭、焦化生产和销售，拥有储量丰富的煤炭和煤层气资源，具备“煤-焦-气-化”一体化的完整产业链。公司和母公司美锦集团共储备优质煤炭资源 35 亿吨，涵盖了炼焦所需的全部煤种。作为清徐精细化工循环产业园“煤炭焦化—制氢”产业链循环发展的代表，美锦能源旗下华盛化工项目秉承低碳绿色理念，装配国内最先进的 7.65m 顶装焦炉，规划年产 385 万吨焦化，有效减少碳排放的同时，副产氢气和乙二醇、LNG、硫酸等化工原料。在制氢端，华盛化工项目以焦炉气为原料，一期规划年产 2,000 Nm³/h 工业高纯氢项目，二期规划 10,000 Nm³/h 工业高纯氢项目。

公司已经布了从氢气气源-加氢站-膜电极（鸿基创能）-电堆（国鸿氢能）-整车（飞驰汽车）的燃料电池全产业链。并于 2020 年底发布了重卡车型，且公司氢能产业园已经覆盖了几个主要经济发展区域，并且获得当地政府的支撑，包括青岛（渤海湾区域）、嘉兴（长三角区域）、佛山、广州、云浮（粤港澳大湾区及周边区域）等城市以及内陆山西省晋中市。

美锦能源布局的加氢-新能源商用车试点在青岛开启投入运营。美锦能源重点突破的城市群中，以青岛为例，2021 年 1 月 28 日，“青岛美锦氢能科技园”三大项目之一的

青岛美锦新能源商用车整车制造中心项目在青岛西海岸新区投产，青岛首条氢能公交示范运行线正式开通。另外，由青岛美锦运营的青岛首座固定式加氢站已经配套投运，具备 1000 公斤/天的加氢能力。2021 年 3 月 31 日，国家工信部发布《道路机动车辆生产企业及产品（第 342 批）公告》，青岛美锦新能源汽车制造有限公司成功通过核准。

表19：产业链受益公司盈利预测与估值表

公司	评级	收盘价/元				归母净利润/亿元			P/E		
		2021/6/4	2020	2021E	2022E	2020	2021E	2022E	2020	2021E	2022E
隆基股份	买入	95.63	85.52	116.11	147.02	40.66	33.10	26.10			
阳光电源	买入	85.80	20.55	29.16	36.96	45.60	32.14	25.36			
亿华通*	暂未评级	292.16	-0.23	1.27	2.28	-852.41	153.40	85.73			
潍柴动力*	暂未评级	17.55	92.07	109.37	123.68	13.61	13.96	12.35			
美锦能源*	暂未评级	7.58	7.05	24.19	25.54	38.67	13.22	12.52			

数据来源：Wind、开源证券研究所 注：标*公司表示其盈利预测来自 Wind 一致预测

6、风险提示

氢气存储安全性事故发生、行业标准体系建设不及预期、加氢基础设施建设不及预期、全产业链成本降低不及预期。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R3（中风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在 -5%~+5%之间波动；
	减持	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡	预计行业弱于整体市场表现。

备注：评级标准为以报告日后的6~12个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中A股基准指数为沪深300指数、港股基准指数为恒生指数、新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）、美股基准指数为标普500或纳斯达克综合指数。我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于机密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

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。本报告所载的资料、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金融工具的邀请或向人做出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，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。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。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。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。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所引致的任何损失负任何责任。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼10层

邮编：200120

邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座16层

邮编：100044

邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层

邮编：518000

邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层

邮编：710065

邮箱：research@kysec.cn