

投资评级：推荐（首次）

报告日期：2019年04月12日

分析师

分析师：马晓明 S1070518090003

☎ 021-31829702

✉ maxiaoming@cgws.com

联系人（研究助理）：蔡紫豪

S1070118070018

☎ 0755-83667984

✉ caizihao@cgws.com

行业表现



数据来源：贝格数据

相关报告

<<对补贴退坡后盈利的判断>> 2019-03-26

<<底部下拐点渐近 分化中龙头崛起>>

2018-07-07

<<天之将明其黑尤烈 至暗时刻坚信光明>>

2018-07-07

政策力推技术并进 燃料电池蓄势待发

——电力设备与新能源行业深度报告

- **与锂电形成优势互补 燃料电池汽车率先起量。**相比于锂电池汽车，氢燃料电池汽车在续航、载重、长途运输、能源快速补给方面拥有较大优势，有望成为长途交通运输市场中的核心运输工具。
- **国家补贴支持政策加码 氢燃料电池国产化进程加速。**锂电池汽车已经进入后补贴时代，而燃料电池补贴强度依然较大，根据2019年补贴政策，过渡期内乘用车、轻型商用车和大中型商用车补贴上限分别为16、24、40万元/辆，过渡期后地补全面转向加氢等基础设施建设。且氢能源发展于2019年首次进入政府工作报告，按照《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书》提出的目标，到2020年，中国燃料电池车辆要达到1万辆、加氢站数量达到100座，行业总产值达到3000亿元，行业增长空间巨大。
- **基础设施先行 氢气产储运有望率先实现成本优化。**1)影响我国氢气售价的最主要因素是氢气储运环节，短途运输主要用气氢拖车，长途则采用液氢罐车方式，可以保证单位输氢成本在10~15元/吨公里；2)我国氯碱副产氢气成本低廉、氢气纯度较高，目前产能可供应约19万辆氢燃料电池汽车运行，且风光等新能源走入平价时代，有望提供大量低价电力用于电解水制氢；3)加氢站等基础设施补贴优厚，补贴占成本比重至少为19%，氢燃料电池汽车补贴占成本比重约17%，且部分地区在加氢销售环节依然给予补贴，19年缓冲期结束后地补全面转向加氢等基础设施建设，因此从补贴成本占比来看，加氢环节更具有吸引力；4)借鉴锂电池汽车发展历史，车桩比呈现U型变化，发展初期车桩比快速下降以满足充电要求，我们认为氢燃料电池产业也将以此进程发展，产业发展初期，加氢站等基础设施增速将快于终端汽车以及中游动力系统。
- **产业并购整合加快 电池系统各环节逐个击破。**我国氢能源产业发展速度与国际水平还有较大距离，看好与国际领先企业积极交流、采用战略合作协议或者持股的方式与国际龙头企业深度绑定的企业，有望实现弯道超车。两者在国际合作中将形成优势互补，促进我国氢能源产业发展。
- **投资建议：**目前氢燃料电池汽车处于产业发展初期，题材炒作叠加政策催化带来行情出现，最先看到的将是下游产品的出现，短期看加氢站等基础设施配套的快速崛起；之后带动中上游材料环节技术进步，中期看技术突破实现国产化大批量供应；最后是成本不断优化实现经济性，长期终极目标是氢燃料电池汽车的平价化。看好研发实力优秀、主业经营稳定、资金雄厚的优质公司在长期胜出：1)氢气产储运加环节补贴相对有吸引力，且其成本有望率先实现突破，推荐关注金灵通（2018年10月在江苏如皋经开区投资4.5亿进行2000万立方的生物质制氢、加氢站、空压机等项目建设）；2)中游国产化进程加速将获取超额收益，推荐关注雄韬股份（制氢-膜电极-电堆-燃料电池系统-整车运营全产业链布局）；3)与国际龙头

深度合作的国内企业有望实现技术弯道超车，推荐关注潍柴动力（电堆龙头巴拉德第一大股东）。

- **风险提示：**氢燃料电池政策不及预期；国内技术进步不及预期；国内企业量产进度不及预期。

目录

1. 与锂电优势互补 政策催化氢能汽车	6
1.1 交通领域拉动氢燃料电池快速成长	6
1.2 与锂电优势互补 政策加码催化崛起	8
2. 国产化进程加速 氢燃料电池蓄势待发	12
2.1 电堆：燃料电池的动力核心	12
2.2 正负极气体系统：国产化进行时 成本突破加速	19
3. 氢气产储运加：降低成本的重要环节	23
3.1 氢气生产：氯碱副产氢可满足当下需求	23
3.2 氢气储运：短途气氢拖车 长途液氢罐车	25
3.3 氢气加注：我国加氢站建设成本相对高昂	28
4. 投资建议与标的推荐	32
4.1 核心观点	32
4.2 选股策略	32
4.3 推荐标的	34
5. 风险提示	35

图表目录

图 1: 交通领域拉动燃料电池快速增长 (MW)	6
图 2: 2017 年燃料电池交通领域应用占比达到 66%	6
图 3: 质子交换膜燃料电池渗透率超过 70%	7
图 4: 不同燃料电池适用领域	7
图 5: 燃料电池成本下降迅速 (美元/kW)	7
图 6: 氢燃料电池工作原理	7
图 7: 燃料电池内部加湿和外部加湿系统	8
图 8: 燃料电池系统组成	8
图 9: 燃料电池系统成本构成	8
图 10: 多能互补概念图	9
图 11: 氢燃料电池汽车动力系统结构图	9
图 12: 氢燃料电池汽车成本构成	10
图 13: 我国燃料电池汽车产量 (辆)	10
图 14: 锂电池汽车早期从商用车开始普及	10
图 15: 电堆组成成分	13
图 16: 电堆结构图	13
图 17: 膜电极示意图	14
图 18: 燃料电池电堆成本构成	14
图 19: 金属铂价格变化 (元/克)	16
图 20: 催化剂发展方向	17
图 21: 催化剂 2020 年技术目标	17
图 22: 气体扩散层示意图	17
图 23: 气体扩散层材料	17
图 24: 丰田车载储氢瓶结构	22
图 25: 丰田车载储氢瓶参数	22
图 26: 制氢方法成本比较 (元/Nm ³)	24
图 27: 我国主要类型电源装机占比	25
图 28: 我国主要类型电源发电量占比	25
图 29: 气氢拖车成本构成	27
图 30: 气氢拖车单位氢气运输成本 (元/吨公里)	27
图 31: 液氢罐车成本构成	27
图 32: 液氢罐车单位氢气运输成本 (元/吨公里)	27
图 33: 气氢管道单位氢气运输成本 (元/吨公里)	27
图 34: 三种氢气运输方式对比	27
图 35: 外供氢加氢站	28
图 36: 内供氢加氢站	28
图 37: 截止 2017 年 1 月末全球在运营加氢站分布	28
图 38: 截止 2018 年末各国建设中加氢站数量统计	28
图 39: 截止 2018 年末我国在建及在运营加氢站地域分布	29
图 40: 加氢站工艺流程	30
图 41: 200kg 日加氢能力加氢站成本分布	31
图 42: 锂离子电池汽车车桩比的 U 型发展曲线	33

表 1:	燃料电池下游应用	6
表 2:	主要燃料电池类型	6
表 3:	锂电池和氢燃料电池对比	9
表 4:	燃料电池产业政策梳理	11
表 5:	历年燃料电池汽车补贴汇总 (万元/辆)	12
表 6:	国内外燃料电池公交车参数对比	12
表 7:	巴拉德与国内企业合作	13
表 8:	国内电堆主流企业	14
表 9:	燃料电池膜电极制备方法	15
表 10:	不同厂商全氟磺酸膜基本参数	15
表 11:	主要质子交换膜类型	16
表 12:	铂需求量估计	16
表 13:	扩散材料性能对比	18
表 14:	台湾碳能科技 GDS090 与 GDL120 碳纸产品规格	18
表 15:	DOE 双极板性能指标	18
表 16:	双极板类型与性能对比	19
表 17:	不同类型空压机性能比较	20
表 18:	主要类型空压机优缺点对比	20
表 19:	国内主要空压机生产企业	20
表 20:	气态储氢、液态储氢和固态储氢的特点比较	21
表 21:	不同材质储氢瓶性能对比	22
表 22:	主要公司储氢瓶产品	23
表 23:	工业制氢方法比较 (元/Nm ³)	23
表 24:	氢气需求量估算	24
表 25:	氢气储运产业结构	25
表 26:	站内和车载储氢瓶差异对比	26
表 27:	不同储氢方式经济性比较 (美元/GJ)	26
表 28:	气氢拖车与液氢罐车运输氢气差异对比	27
表 29:	2018 年末国内在建及在运营加氢站情况	29
表 30:	我国氢能产业基础设施技术发展路线	31
表 31:	佛山市加氢站建设补贴标准	33
表 32:	燃料电池产业链国内外公司	34

1. 与锂电优势互补 政策催化氢能汽车

1.1 交通领域拉动氢燃料电池快速成长

氢燃料电池是将燃料蕴含的化学能直接变为电能的发电装置，拥有以下特点：1) 能量密度高。氢气本身的燃烧能量密度是汽油的3倍。即使是在燃料电池系统中，能量密度可达500Wh/kg，远高于锂电池水平；2) 无污染。电能转换是化学反应而非燃烧，产物是水，能量转化效率可以达到60%；3) 应用场景丰富。可用于交通运输、便携式设备、发电站和航空航天等领域。

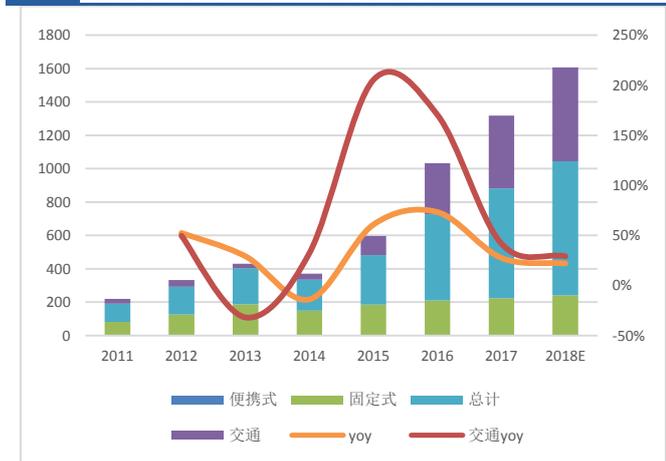
表 1: 燃料电池下游应用

功率等级	市场需求	应用产品
100W-10kW	民用	移动基站、分立电源、电动自行车、游艇等
10KW-100kW	电动汽车	燃料电池汽车
100kW 以上	特殊动力源	军用、航天航空

资料来源：长城证券研究所

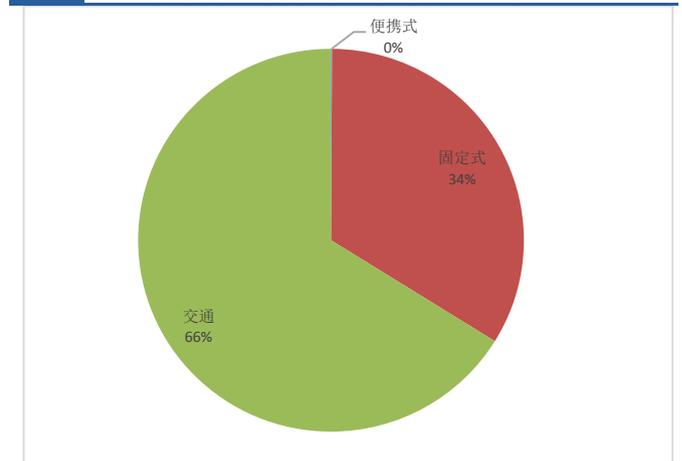
氢燃料电池本质是发电机，而非储能装置，能量储存在氢气和氧气中。氢气作为负极失去电子，氧气作为正极得到电子，通过不断消耗电极气体材料，从而在外电路产生电流。氢燃料电池下游应用广泛，任何需要产生电力的场景均可以使用。近年来交通领域的应用成为燃料电池快速增长的主要动力，2011~2017年复合增速达到1.48倍，且2017年交通领域燃料电池应用占比已达到66%，预计未来随燃料电池汽车渗透率的不断升高，这一比例有望继续提升。

图 1: 交通领域拉动燃料电池快速增长 (MW)



资料来源：Fuel Cell Today 长城证券研究所

图 2: 2017 年燃料电池交通领域应用占比达到 66%



资料来源：Fuel Cell Today 长城证券研究所

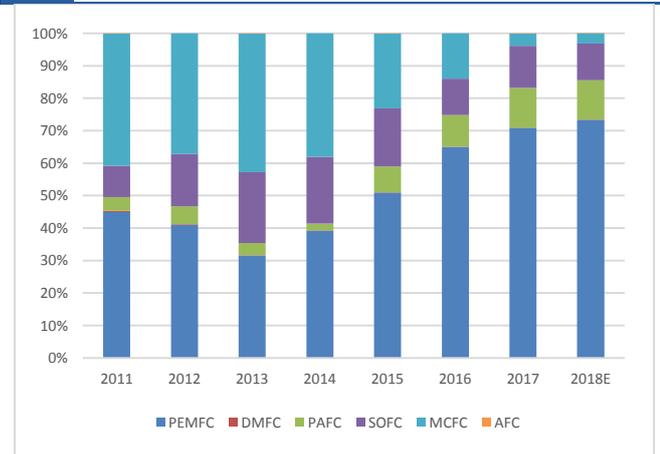
燃料电池种类多样，有碱性燃料电池、质子交换膜燃料电池、磷酸型燃料电池、熔融碳酸盐燃料电池、固体氧化物燃料电池，它们的区别主要在于燃料和电解质。其中，质子交换膜燃料电池兼具能量转化效率、工作温度、环境友好、成本降幅空间大等特性，是目前氢燃料电池的主要应用载体，2017年其渗透率已经超过70%；磷酸型燃料电池和固体氧化物燃料电池主要应用在固定式燃料电池电站以及便携式电源领域，因此依然保持一定渗透率，合计约25%。

表 2: 主要燃料电池类型

项目	低温燃料电池		中温燃料电池	高温燃料电池	
温度	(60~200℃)		(160~220℃)	(600~1000℃)	
电解质	碱性燃料电池	质子交换膜	磷酸燃料电池	熔融碳酸盐	固态氧化物
简称	AFC	PEMFC	PAFC	MCFC	SOFC
优点	启动快; 电效率高	功率密度高; 启动快; 空气可作氧化剂	对CO ₂ 不敏感	能源效率高; 内重整能力; 燃料广	能源效率高; 内重整能力; 燃料广
缺点	氧化剂限制严、寿命短、成本高	对CO很敏感、反应需加湿	发电效率相对较低	启动时间长; 电解液腐蚀性	启动时间长; 工作温度过高
燃料	纯氢	氢气、甲醇	氢气	氢气、天然气、煤气、沼气	氢气、天然气、煤气、沼气
氧化剂	纯氧	空气、氧气	空气、氧气	空气、氧气	空气、氧气
应用	宇航飞船; 潜艇 AIP系统	交通工具电源; 便携式电源; 分布式电站; 宇航、潜艇	热电联供电厂; 分布式电站	热电联供电厂; 分布式电站	电联供电厂; 分布式电站; 交通工具电源; 移动电源

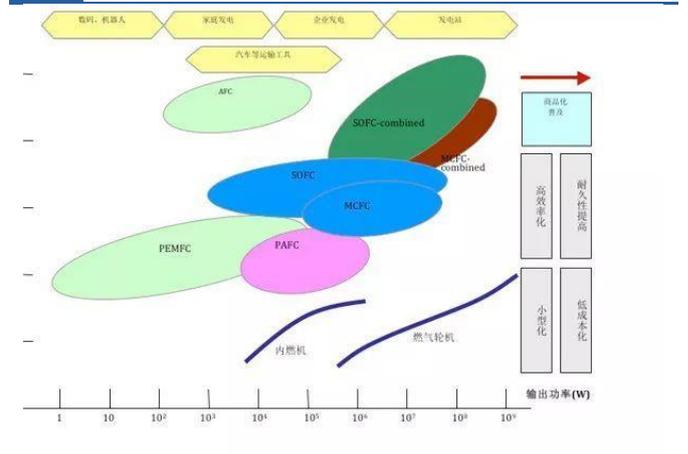
资料来源: 长城证券研究所

图 3: 质子交换膜燃料电池渗透率超过 70%



资料来源: Fuel Cell Today 长城证券研究所

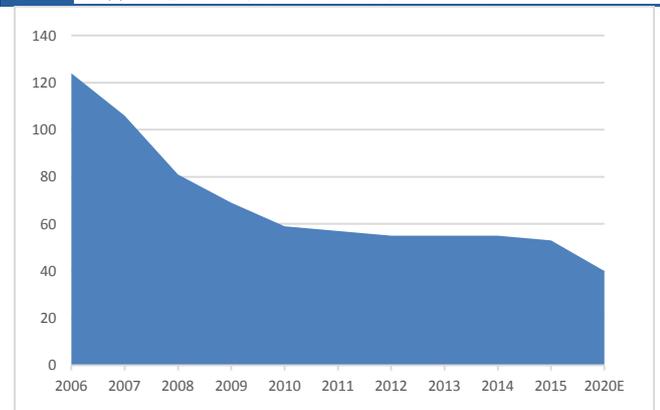
图 4: 不同燃料电池适用领域



资料来源: 长城证券研究所

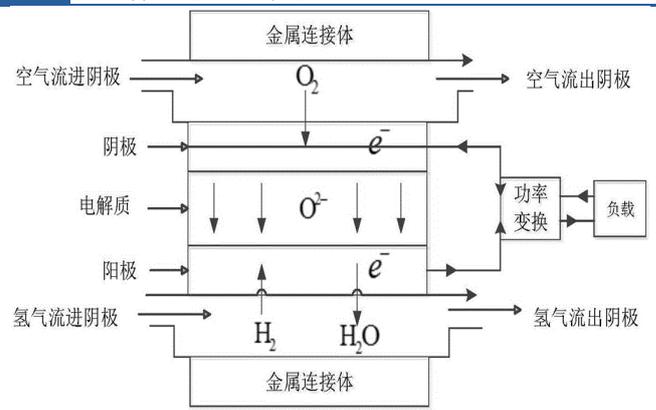
成本的持续下降是近年来燃料电池快速增长的主要原因。根据美国能源部(DOE)的测算, 在年产 50 万套燃料电池系统情况下, 燃料电池系统成本将从每千瓦 53~55 美元下降到 2020 年每千瓦 40 美元, 未来目标成本是每千瓦 30 美元, 降幅达到 43%。

图 5: 燃料电池成本下降迅速 (美元/kW)



资料来源: DOE 长城证券研究所

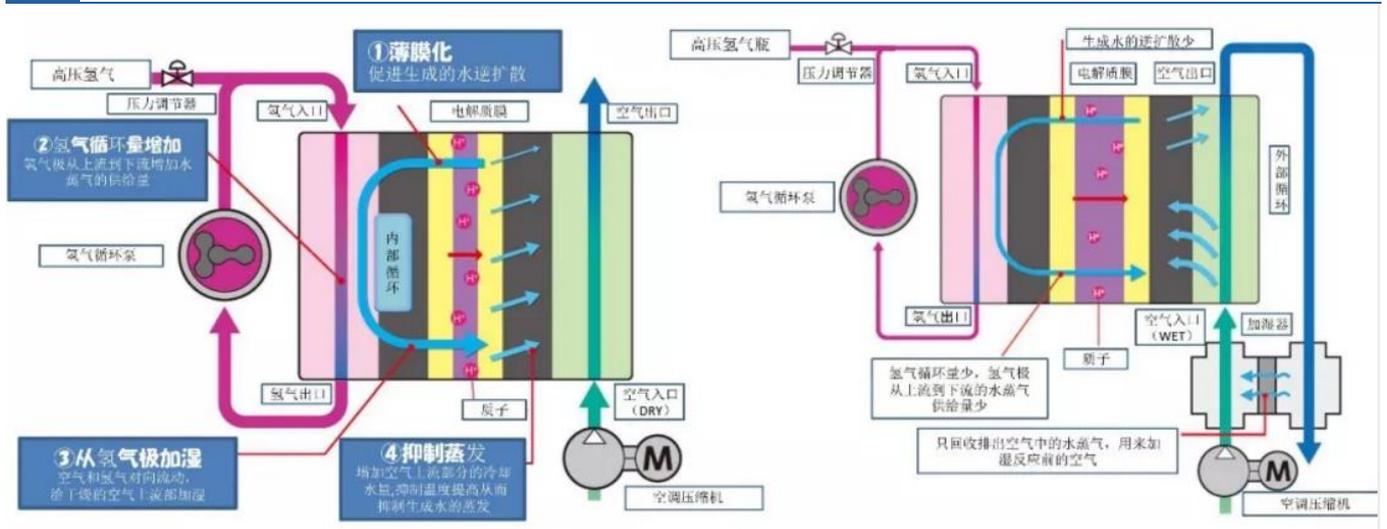
图 6: 氢燃料电池工作原理



资料来源: 《Energy》 长城证券研究所

氢燃料电池系统主要由电堆和辅助系统构成，电堆是燃料电池的核心，是将氢能转化为电能的场所，因此决定了燃料电池的关键性能（效率、能量密度等），其主要由双极板和膜电极构成；而辅助系统是燃料存放的区域，主要由储氢瓶和空压机等构成，而氢气和氧气分别来自于加氢站和空气，辅助系统进行气体过滤、除杂和加湿后将氢气和氧气送入电堆，提供燃料电池的正负极材料。

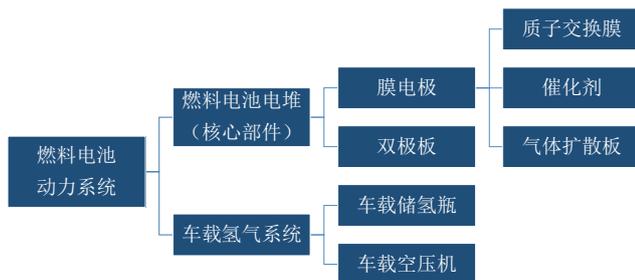
图 7：燃料电池内部加湿和外部加湿系统



资料来源：石墨萌 长城证券研究所

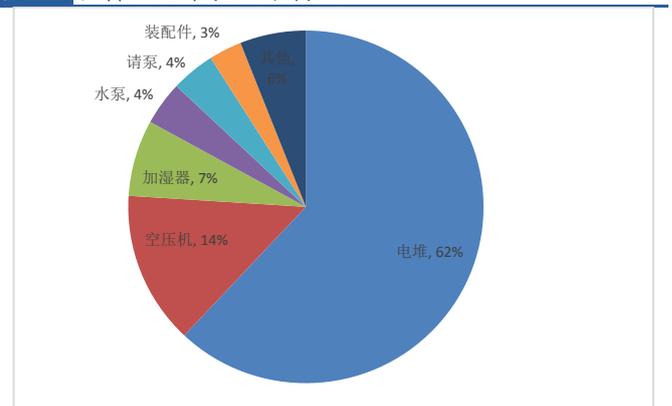
成本方面，电堆和辅助系统在燃料电池系统中占比均为 49%：1）燃料电池电堆中，双极板和催化剂是成本主要来源，占比分别为 30%和 43%；2）辅助系统成本构成主要是空气循环、氢循环以及热管理系统，成本占比分别为 43%、11%和 19%。

图 8：燃料电池系统组成



资料来源：长城证券研究所

图 9：燃料电池系统成本构成



资料来源：盖世汽车 长城证券研究所

1.2 与锂电优势互补 政策加码催化崛起

锂电池汽车经过 2009 年“十城千辆”发展后，目前已经进入后补贴时代，产品技术与成本已经有长足的进步，虽然在与燃油车平价化的道路上还有距离，但是目前已经实现了大规模商业化应用。作为锂电池汽车的动力核心，动力电池有些缺陷限制其广泛应用：1）由于能量密度的天然上限以及低温下续航能力大幅衰退的缺点，锂电汽车在远程和重型运输领域的大规模应用受到限制；2）锂电池的快充性能和能量密度

难以兼具，充电时间长以及充电桩分布密度也影响了其在私人领域的推广；3）锂电池材料大部分为有机物，一旦发生交通事故，安全隐患成为最大的风险点。

氢能源在一定程度上可以弥补锂电池汽车的短板：1）锂电池目前单体能量密度最高可以达到 300Wh/kg，但是成组后能量密度损失在 20%~40%之间。氢气能量密度远高于锂电池，其提供的续航里程可以实现汽车长途运行；2）氢燃料电池汽车在加氢站加氢仅需要 3~5 分钟，与燃油车补充能源时间相仿。而在目前技术水平下，锂电池汽车补充能源至少需要 1 个小时。当然加氢站依然需要大规模普及；3）安全性方面，由于氢气密度极小，泄露后会以极快的速度进行扩散，达不到爆炸浓度，因此即使发生氢气泄露点燃的情况，氢气也是呈现燃烧而非爆炸的状态。锂电池汽车在发生碰撞后，极片短路会产生大量的热量引燃电池材料，导致汽车火焰难以扑灭。

表 3: 锂电池和氢燃料电池对比

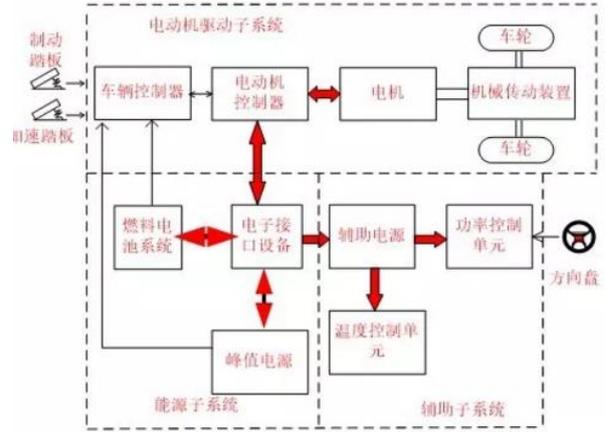
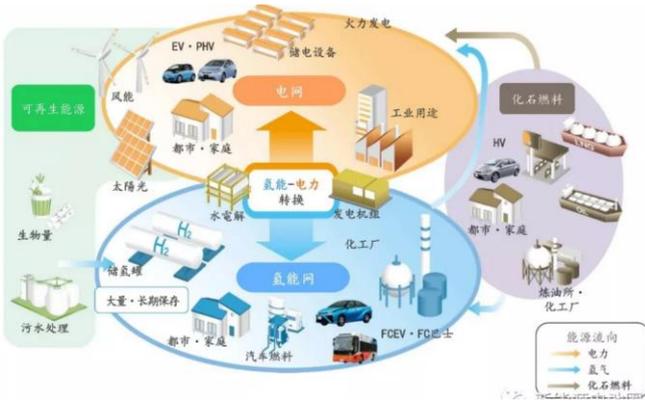
电池类型	氢燃料电池	锂电池
时间	补给时间短，直接加氢，3-5 分钟	充电时间长，充满电 3-8 小时不等
污染程度	氢燃料电池主要的成分是氢，在使用寿命结束后，不会对环境造成污染	锂离子电池含有重金属镍、钴、砷等有毒污染物，要进行回收处理
续航	续航里程均超过 500 公里	普遍集中在 150-250 公里，超过 300 公里的电动汽车仅有特斯拉等少量产品
充电站成本	氢站成本高达 100-200 万美元	特斯拉超级充电站修建成本约为 30 万美元
电池成本	氢燃料电池化学反应所需的催化剂成本高，使用铂这种稀有贵金属，价格比黄金还高	锂电池广泛使用在手机，电脑，汽车中，成本低，已经商业化
安全性	易燃不易爆，相对安全	电池材料燃烧剧烈，难以扑灭
低温性	可以在 -30~-40℃ 的范围实现启动，启动 70 秒后可以实现 100% 的功率，燃油车大约需要 40 秒达到 100% 功率	低温下电池容量下降迅速，内阻也会快速上升，需要加大电池热管理系统技术要求

资料来源：长城证券研究所

因此，燃料电池汽车在续航里程、低温性和安全性方面优于锂电池汽车，可以与锂电池汽车在应用领域上形成优势互补：1）从出行距离来看，锂电池汽车由于运营成本较低，家庭都市使用可以达到低成本节能环保效果。而中长途旅行方面，锂电池汽车续航里程存在天花板，且能源补充耗时较长，氢燃料汽车弥补了续航里程和能源补给时间过长的问题，与锂电池汽车形成良好互补；2）载重量方面，锂电池汽车载重量相对较小，一般不超过 2 吨，载重过大将缩短续航，难以满足运营要求。氢燃料汽车续航能力较强，可以承担更大载重量（2 吨以上）；3）车辆大小。氢气密度极小，在 70Mpa 下 5kg 氢气需要占用空间 122.4 升，B 级车尼桑天籁油箱容积大概 70 升，多占近一倍的空间，大型车更适合采用燃料电池系统。

图 10: 多能互补概念图

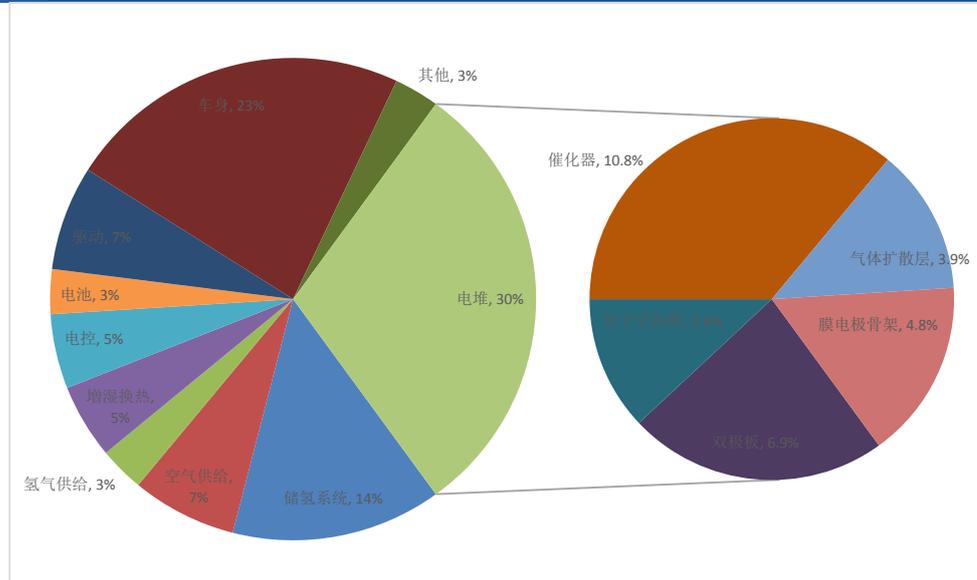
图 11: 氢燃料电池汽车动力系统结构图



资料来源：丰田 长城证券研究所

资料来源：《现代电动汽车技术》 长城证券研究所

图 12：氢燃料电池汽车成本构成



资料来源：《燃料电池汽车现状与发展》 长城证券研究所

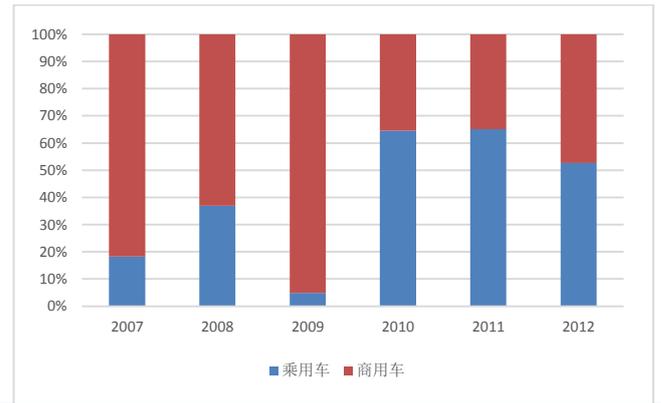
由于燃料电池汽车对锂电池汽车在部分领域优秀的替代性，我国政府也加大对氢燃料电池汽车的推广力度，2018年燃料电池产量仅1619辆，且全部为商用车，2017年燃料电池乘用车仅有上汽集团销售一款荣威950，用于出租租赁。与锂电池“十城千辆”的推广方式相似，氢燃料电池汽车也由商用车起步，积累新能源汽车运营经验，再不断配套完善基础设施建设，降低动力系统成本，实现乘用车领域的大规模应用，完成汽车能源结构转型。

图 13：我国燃料电池汽车产量（辆）

图 14：锂电池汽车早期从商用车开始普及



资料来源: Ofweek 锂电网 长城证券研究所



资料来源: 新华信 长城证券研究所

燃料电池的快速推广也离不开政策支持。燃料电池汽车早在 2001 年就与锂电池汽车进入“863 计划”，之后多次出现在国家能源转型的战略规划目标中。2016 年，工信部在《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书》中规划，到 2020 年，加氢站数量达到 100 座；燃料电池车达到 10000 辆；氢能轨道交通车辆达到 50 列；到 2030 年，加氢站数量达到 1000 座，燃料电池车辆保有量达到 200 万辆；到 2050 年，加氢站网络构建完成，燃料电池车辆保有量达到 1000 万辆。

表 4: 燃料电池产业政策梳理

类型	时间	文件	主要内容
规划目标	2001	“863 计划——电动汽车重大专项”	形成了“三纵三横”为核心的电动汽车专项矩阵式研发体系，其中包含了对燃料电池汽车和燃料电池系统的研发。
	2015	《中国制造 2025》	继续支持电动汽车、燃料电池汽车发展，掌握汽车低碳化、信息化、智能化核心技术，提升动力电池、驱动电机、高效内燃机、先进变速器、轻量化材料、智能控制等核心技术的工程化和产业化能力，形成从关键零部件到整车的完整工业体系和创新体系，推动自主品牌节能与新能源汽车同国际先进水平接轨。
	2016	《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》	燃料电池系统及核心零部件，燃料电池整车、站用加氢及储氢设备均纳入其中。
	2016	《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书》	首次提出了我国氢能产业的发展路线图：到 2020 年，加氢站数量达到 100 座；燃料电池车达到 10000 辆；氢能轨道交通车辆达到 50 列；到 2030 年，加氢站数量达到 1000 座，燃料电池车辆保有量达到 200 万辆；到 2050 年，加氢站网络构建完成，燃料电池车辆保有量达到 1000 万辆。
技术指引	2012	《节能与新能源汽车产业发展规划（2012-2020 年）》	首次对燃料电池汽车未来发展要达到的技术指标做了规划，提出到 2020 年燃料电池汽车、车用氢能源产业要达到与国际同步的水平。
	2014	《“十三五”电动汽车规划》	在未来几年要攻克薄金属双极板表面改性技术、车用燃料电池耐久性技术、推进加氢站建设和燃料电池汽车示范运行等多项工作。
	2016	《能源技术革命创新行动计划(2016-2030)》	基本掌握高效氢气制备、纯化、储运和加氢站等关键技术，以及低成本长寿命电催化剂技术、聚合物电解质膜技术、低铂载量多孔电极与膜电极技术、高一一致性电堆及系统集成技术，突破关键材料、核心部件、系统集成、过程控制等关键技术，实现氢能及燃料电池技术在动力电源、增程电源、移动电源、分布式电站、加氢站等领域的示范运行或规模化推广应用。
	2017	《“十三五”交通领域科技创新专项规划》	深入开展燃料电池汽车核心专项技术研发，推进加氢基础设施和示范考核技术发展，制定车用 70MPa 氢瓶四型瓶标准，进行燃料电池及燃料电池发动机创新，建立测试评价平台，提出发展无人机燃料电池、氢燃料，提出突破燃料电池汽车重点

			专项技术。
	2017	《乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理办法》	规定了燃料电池乘用车标准车型积分算法，燃料电池乘用车： $0.16 \times P$ 。P为燃料电池系统额定功率，单位为kW。
税收减免	2011	《中华人民共和国车船税法》	燃料电池汽车免征车船税。
	2014	《关于免征新能源汽车车辆购置税的公告》	2014.9.1-2017.12.31，对购置的新能源汽车免征车辆购置税。

资料来源：国务院 财政部 工信部 科技部 发改委 长城证券研究所

最直接的，国家给予燃料电池汽车购置补贴：从2009年乘用车和轻型商用车补贴定额25万元/辆，十米以上客车60万元/辆，到2018年乘用车按照额定功率补贴6000元/kW（上限20万元/辆），燃料电池轻型客车、货车定额补贴上限30万元/辆，大中型客车、中重型货车定额补贴上限50万元/辆，并制定了电堆额定功率技术要求，大大降低了燃料电池汽车的购置费用。

表 5：历年燃料电池汽车补贴汇总（万元/辆）

车辆类型	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018 过渡	2019 过渡
燃料电池乘用车	20	19	18	20	20	20*	20*	16*
燃料电池商用车	50	47.5	45	-	-	-	-	-
燃料电池轻型客车、货车	-	-	-	30	30	30*	30*	24*
燃料电池大中型客车、中重型货车	-	-	-	50	50	50*	50*	40*

资料来源：财政部 工信部 科技部 发改委 长城证券研究所

注：*表示补贴上限

表 6：国内外燃料电池公交车参数对比

参数	美国 VanHool	美国 NewFlyer	日本丰田 Sora	宇通 12 米客车	飞驰 11 米客车
燃料电池功率 (kW)	120	150	2*114	50/60	60
燃料电池厂家	UTC	Ballard HD6	丰田	亿华通	鸿运氢能
燃料电池双极板	石墨	石墨	金属	石墨	石墨
动力电池容量 (kWh)	17.4, 锂电池	47, 锂电池	2*1.6, 镍氢电池	108, 锂电池	50, 锂电池
电机功率 (kW)	2*85	2*85	2*113	max:200	max:200
储氢瓶	35Mpa, 8 个	35Mpa, 8 个	70Mpa, 10*60L	35Mpa, 8*140L	35Mpa, 8*140L
储氢量 (kg)	40	56	-	25	26.5
续航里程	300 英里	300 英里	200km	600km (氢+锂电)	360km (纯氢)
寿命 (h)	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
动力系统结构	全功率	全功率	全功率	电-电混能	电-电混能
整车成本	120 万美元	150 万美元	售价 1 亿日元	200-300 万人民币	200-300 万人民币

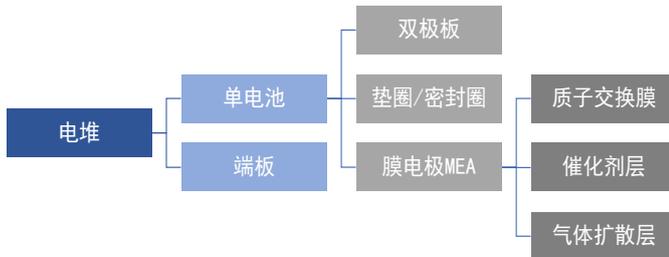
资料来源：势银智库 长城证券研究所

2. 国产化进程加速 氢燃料电池蓄势待发

2.1 电堆：燃料电池的动力核心

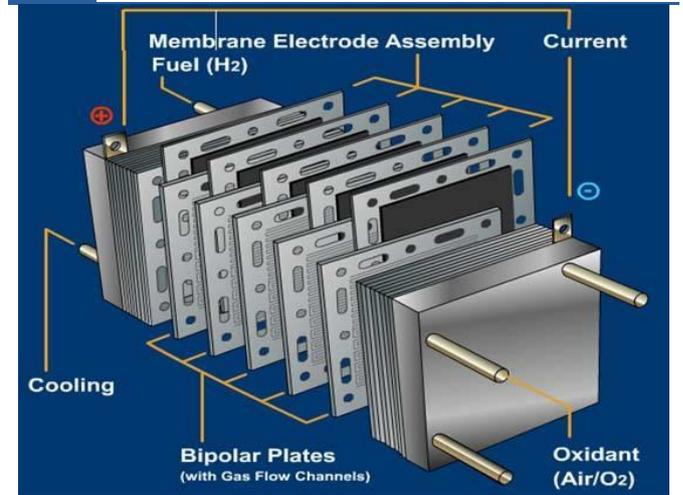
电堆是燃料电池动力系统的核心，相当于锂电池的 PACK，决定了燃料电池的主要性能。其由膜电极与双极板交替层叠组合。氢气和氧气分别由双极板进入电堆，在气体扩散层分散加湿后通过质子交换膜发生电化学反应。

图 15: 电堆组成成分



资料来源: 长城证券研究所

图 16: 电堆结构图



资料来源: 百度 长城证券研究所

国内电堆已经实现国产化，且寿命可以达到 15000 小时，与国际水平接轨。按照燃料电池汽车每日行驶 6~8 个小时，燃料电池电堆可以使用 5~7 年，基本满足运营类车辆每年 2 万公里运行的里程要求。国际电堆龙头是巴拉德 (BLDP)，其已经与超过 15 家巴士制造公司建立了合作关系，生产超过 270 万片膜电极(MEA)，出货超过 270MW 的 PEM 燃料电池产品。近年来巴拉德加大了与国内企业的合作，国鸿氢能、南通泽禾、大洋电机、厦门金龙、潍柴动力先后以战略合作协议或者持股的方式与巴拉德建立深度合作关系，加快我国电堆和膜电极产品研发和技术推进的速率。

表 7: 巴拉德与国内企业合作

时间	合作方式
2015	与国鸿氢能签订金额 1700 万美元的长期许可及供给协议（为佛山市和云浮市提供约 300 辆燃料电池汽车），预计 2016- 2017 年生产完成。
2015	与南通泽禾、国鸿氢能签署总金额 1000 万美元的长期许可及供给协议，包括在两个城市 33 辆燃料电池汽车，预计 2016 年交付使用。
2015	与厦门金龙达成了关于开展燃料电池汽车业务的战略合作协议。
2016	与国鸿氢能签署价值 1200 万美元的设备供给协议，为国鸿氢能提供用于客车的 FCvelocity TM-9SSL 燃料电池组；1.68 亿美元的燃料电池组技术引进、生产营运合作协议，将成立合资企业来经营氢电池组的生产。
2016	大洋电机拟以 2830 万美元认购巴拉德 9.9% 的股权，还包括股份增持、电池本地化生产、产品开发等事项。
2018	潍柴动力对巴拉德进行约 1.63 亿美元的重大股权投资，将持有巴拉德 19.9% 的股权，成为巴拉德第一大股东，并且双方在山东成立燃料电池生产的合资公司。

资料来源: 公司公告 长城证券研究所

当然还有部分国内企业自主研发燃料电池电堆，如新源动力和神力科技，但是在产能规模、功率密度和耐久性方面与巴拉德还存在差距。生产工艺方面，电堆主要是材料结构件的组装，目前核心壁垒在于质子交换膜和催化剂的技术突破和成本降低。

表 8: 国内电堆主流企业

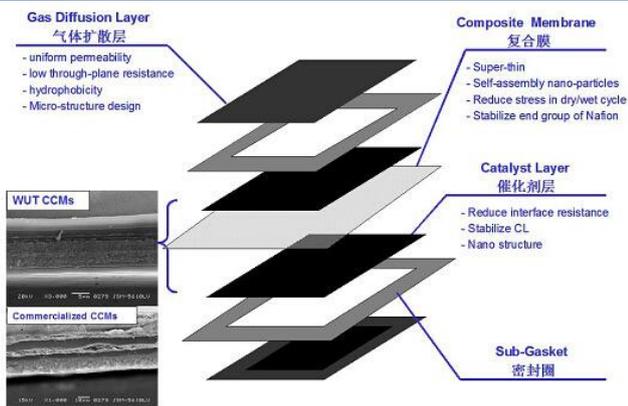
项目	新源动力	神力科技	广东国鸿
技术模式	自主研发	自主研发	巴拉德技术引进
产品	HYMOD®-300 型车用燃料电池电堆	SL-C 系列	巴拉德 FCvelocity-9SSL
功率密度	1.13kw/L	1.3kw/L	1.52kw/L
耐久性	5 千 h	1 万 h	超过 2 万 h
低温性能	-10℃ 低温启动, -40℃ 储存	-40℃ 储存	-20℃ 到 75℃
产能	1.5 万 kw	6 万 kw	30 万 kw
客户	新源动力	亿华通	国鸿重塑
应用车型	轿车、荣威 750 燃料电池轿车、上汽大通 FCV80	商用车	商用车、东风物流车
优势	自主研发实力强, 依托上汽发展	自主研发实力较强, 与亿华通形成协同优势	产能最大, 寿命最长, 巴拉德电堆产品成熟, 广东大力支持

资料来源: 公司官网 长城证券研究所

■ 膜电极: 燃料电池的电芯 国内可以自产

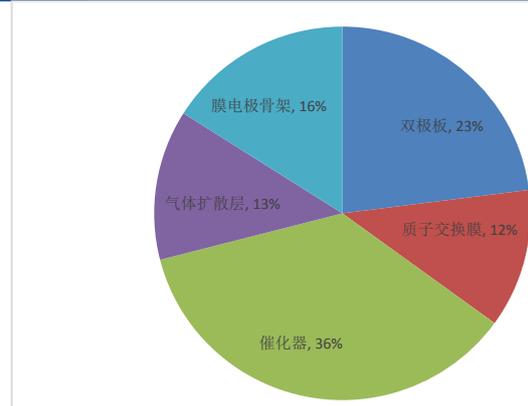
膜电极是质子交换膜燃料电池发生电化学反应的场所, 相当于锂电池的电芯, 其主要由质子交换膜、催化剂和气体扩散层 3 部分组成, 成本占比超过燃料电池系统的 50%。目前国内武汉理工新能源等企业已经可以自产, 产品功率密度最高可达 $1W/cm^2$, Pt 含量低至 $0.3mg/cm^2$, 其部分产品已经出口美国、欧洲市场, 自动化产线产能可达数十万片/年; 广东国鸿投资约 8 亿元的开展膜电极项目, 预计 2019 年实现年产 10 万平方米膜电极的规模, 2020 年实现产业化大规模发展。国外企业巴拉德可以自产膜电极供应其电堆, 其他专业膜电极生产厂商如 Gore、JM、3M、Toray (Greenerity) 则专注于各类膜电极产品供应。

图 17: 膜电极示意图



资料来源: 武汉理工新能源 长城证券研究所

图 18: 燃料电池电堆成本构成



资料来源: 《燃料电池汽车研究现状与发展》 长城证券研究所

生产工艺方面, 膜电极的发展经历了气体扩散电极 (gas diffusion electrode, GDE)、催化剂涂覆在质子交换膜上的 CCM 型膜电极 (catalyst coated membrane) 和有序化膜电极三代。有序化膜电极具有优良的多相传质通道, 大幅度降低了膜电极中催化剂 Pt 的载量, 并且提升了膜电极的性能和使用寿命。但是有序化膜电极还处在实验室研究阶段, 面临着水管理等问题需要解决, 是未来膜电极技术的主流方向, 目前最可能实现商业化的低铂膜电极是第二代 CCM 型膜电极。

表 9: 燃料电池膜电极制备方法

历程	名称	特征
1.0	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 PTFE 溶液、再烧结, 并与膜热压后形成膜电极
1.5	热压法膜电 (Nafion)	采用 Nafion 溶液替代 PTFE 乳液的制备方法
2.0	CCM 三合一膜电极	将催化层直接制备在质子交换膜表面上。制备方法有扩喷涂、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
2.5	梯度化膜电极	通过对 Nafion 含量、Pt 载量、空隙度等量的分布进行梯度化设计以实现 Pt 的最大利用率
3.0	有序化膜电极	通过将三相传输通道的有序化, 实现超低铂载量和高功率密度

资料来源: CNKI 长城证券研究所

■ 质子交换膜: 低氟化是方向 国内可自产

质子交换膜是膜电极的核心, 相当于锂电池的电解液和隔膜, 起着隔离燃料和氧化剂及充当电解质的作用, 是电池内部质子传递的导体, 对电子绝缘, 另外还需要对催化剂具有支撑作用, 属于具有选择透过性的功能高分子膜。其需要具有以下性质: 质子传导率高、化学稳定性好、热稳定性强、机械性能好、气体渗透性小、水的电渗系数小、价格低廉等性质。

按照含氟量划分, 质子交换膜分为全氟、非全氟、无氟化质子交换膜以及复合膜, 目前主流的质子交换膜材料是全氟磺酸树脂, 市场上在售的主要有美国杜邦的 Nafion 系列膜(Nafion 117、Nafion 115、Nafion 112 等), 比利时苏威的 Aquivion 膜, 美国陶氏化学的 XUS-B204 膜, 日本旭硝子的 Flemion 膜, 日本旭化成的 Aciplex 膜, 和日本氯工程的 C 膜等, 国内比较出色的生产厂家有山东东岳集团, 东岳 DF260 膜技术已经成熟并定型量产, 二代规划产能 20 万平。

表 10: 不同厂商全氟磺酸膜基本参数

品牌及生产商	结构参数	EW 值/(g · mol ⁻¹)	厚度/μm
Nafion (Du Pont)	n=1, x=5~13.5	1100~1200	25~250
Dow membrane (Dow chemical)	p=2	800	125
Flemion (Asahi Glass)	n=0, p=2	1000	50~120
Aciplex (Asahi Chemical)	n=0, x=1.5~14, p=2~5	1000~1200	25~100
东岳集团膜	n=1, x=5~13.5 p=2 或 n=0, p=2	800~1000	50~150

资料来源: CNKI 长城证券研究所

全氟磺酸膜虽然性能优秀, 但是也存在缺陷: 1) 全氟产品合成以及磺化的难度高, 工序复杂也导致成本高居不下, Nafion 膜的价格在 600 美元/平左右, 相当于 120 美元/kW(单位电池电压为 0.65V), 在燃料电池系统中, 此膜的成本几乎占总成本 20%~30%; 2) 对温度和含水量要求高。Nafion 系列膜的最佳工作温度为 70~90℃, 超过此温度会使其含水量急剧降低, 导电性迅速下降, 因此电极反应速度难以提高, 催化剂也容易中毒, 从而损害电堆寿命。

鉴于此, 部分氟化、无氟化以及复合质子交换膜由此诞生, 它们加工相对简单、价格便宜、化学稳定性好; 另外, 由全氟的非离子化微孔介质与全氟离子交换树脂结合制成的复合质子交换膜使原有膜的性能得到改善, 同时又提高了复合膜的机械强度和尺寸稳定性。

表 11: 主要质子交换膜类型

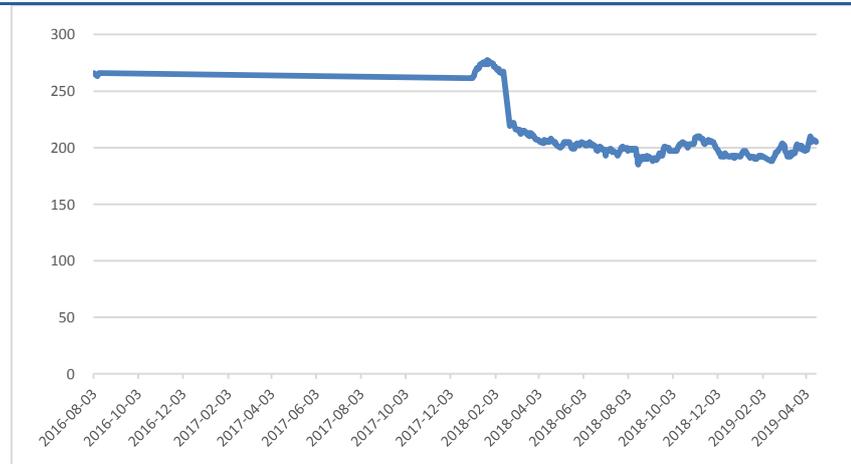
类型	全氟磺酸膜	非全氟化质子交换膜	无氟化质子交换膜	复合膜
组成	由碳氟主链和带有磺酸基团的醚支链构成	用取代的氯化物代替氟树脂, 或用氟化物与无机或其他非氟化物共混	无氟化烃类聚合物膜	修饰材料和全氟磺酸树脂构成的复合膜
优点	机械强度高, 化学稳定性好, 导电率较高, 低温时电流密度大, 质子传导电阻小	成本低, 工作效率高, 并且能够使电池寿命提升 15000h	成本低, 污染小	机械性能改善, 改善膜内水传动与分布, 降低质子交换膜内阻
缺点	温度升高使质子传导性能变差, 高温易发生化学降解, 成本高	机械强度及化学稳定性较差	化学稳定性较弱	制备技术要求较高
商业应用	杜邦-Nafion 系列旭化成-AcipleX 膜氯工程-C 膜 Ballard-BAM 型膜	Ballard-BAM3G 膜	DAIS-硫化苯乙烯-丁二烯/苯乙烯嵌段共聚物膜(研制)	Gore-select-PTFE 增强膜

资料来源: CNKI 长城证券研究所

■ 催化剂: 低铂去铂化 国内外差距较大

燃料电池中的阴极和阳极的反应都需要催化剂来降低其电化学电位, 其中阴极还原的反应速率仍然是电堆能量密度的核心问题。目前来说 Pt 催化剂是最优的选择, 但是 Pt 的价格昂贵, 所以对于催化剂的研究在于如何减少金属 Pt 的载量以及制备多金属复合金催化剂。

图 19: 金属铂价格变化 (元/克)



资料来源: Wind 长城证券研究所

丰田的燃料电池车 Mirai 每辆车用铂 20g, 约合 0.17g/kW, 2017 年 100kW 燃料电池用铂量为 10~15g, 这在目前来看是相对稳定的状态, 随着未来技术不断进步, 可能会有一定程度的下降。根据美国能源部的规划, 到 2020 年燃料电池汽车用铂量预计会下降到 0.125g/kW, 一辆功率为 100kW 的燃料电池汽车用铂量将为 12.5g, 若出货量为 200MW, 需求量约合 2.5 吨。供给方面, 根据英美铂金公司预测, 2018 年全球铂产量估计在为 245~250 万盎司, 约合 70 吨, 供给相对充足, 即使中长期氢燃料电池汽车产销达到 100 万辆, 粗略估计需求 11 吨, 约占产量的 16%, 影响逐渐扩大。因此低铂、去铂化的催化剂是产业发展方向。

表 12: 铂需求量估计

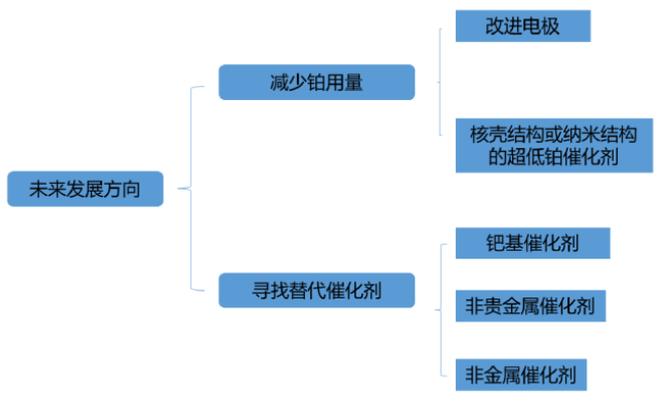
氢能源汽车产量 (辆)	1272	1619	5000	10000	200000
氢燃料电池单车装机 (kW)	30	33	38	44	70

氢能源汽车产量 (辆)	1272	1619	5000	10000	200000
新增装机 (MW)	37.83	53.49	189.97	436.94	140000.00
单耗 (g/kW)	0.22	0.20	0.16	0.13	0.08
铂需求 (t)	0.008	0.011	0.030	0.056	10.752

资料来源: 长城证券研究所

另外, 催化剂耐久性问题也值得关注。若氢气中含有硫、磷、砷等化合物杂质, 可能会使得铂中毒从而失效, 因此产业一边通过提高催化剂的催化活性来实现 Pt 用量降低, 一边也在寻找替代 Pt 的催化剂, 如钌基催化剂、非贵金属催化剂和非金属催化剂。

图 20: 催化剂发展方向



资料来源: 长城证券研究所

图 21: 催化剂 2020 年技术目标

名称	单位	2015 现状	2020 目标
铂族金属总含量 (两电极)	g/kW	0.16	0.125
铂族金属总负载 (两电极)	mg/cm ²	0.13	0.125
质量比活性	A/mg	>0.5	0.44
初始催化活性的损失	%	66	<40
在 0.8A/cm ²	mV	13	<30
电催化剂稳定性	%	41	<40
在 1.5A/cm ² 时的损失	mV	65	<30
无铂族金属催化剂活性	A/cm ²	0.016	>0.044

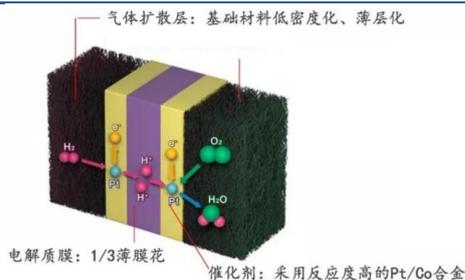
资料来源: DOE 长城证券研究所

在燃料电池催化剂方面, 国外企业的研究和工艺相对领先, 他们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; 国内企业依然处于研发阶段, 主要是大连物化所和贵研铂业。大连物化所制备的 Pd@Pt/C 核壳催化剂的氧化还原活性以及稳定性表现优秀; 贵研铂业与上海汽车集团合作 3 年, 已经研发出铂基催化剂。

■ 气体扩散层: 技术最为成熟 已实现出口

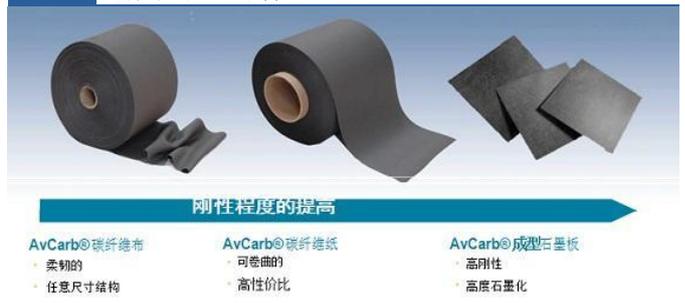
气体扩散层位于膜电极的两侧, 主要功能及材料要求是: 1) 均匀的多孔质结构, 透气性能好; 2) 电阻率低, 电子传导能力强; 3) 结构紧密且表面平整, 减小接触电阻, 提高导电性能; 4) 具有一定的机械强度, 适当的刚性与柔性, 利于电极的制作, 提供长期操作条件下电极结构的稳定性; 5) 适当的亲水/憎水平衡, 防止过多的水分阻塞孔隙而导致气体透过性能下降; 6) 具有化学稳定性和热稳定性; 7) 制造成本低, 性价比高。

图 22: 气体扩散层示意图



资料来源: 丰田 长城证券研究所

图 23: 气体扩散层材料



资料来源: 百度 长城证券研究所

气体扩散层一般由两部分构成：1) 基层层：通常使用多孔的碳纸碳布，厚度约100~400um，主要起支撑微孔层和催化层的作用；2) 微孔层：通常是为了改善基层层的空隙结构而自其表面制作的一层致密碳粉，厚度约10~100um，主要作用是降低催化层和基层层之间的接触电阻，使气体和水发生再分配，防止电极催化剂“水淹”，同时防止催化层在制备过程中渗漏到基层层。

气体扩散通道是由经过憎水处理的憎水性孔道充当，聚四氟乙烯是常用的憎水剂，而未经憎水处理的亲水性孔道充当产物水的传递通道。其性能主要取决于扩散层厚度，过厚会增加传质阻力，过薄会发生催化剂渗漏引起电堆寿命减少。

表 13: 扩散材料性能对比

指标	碳纤维纸	碳纤维编制布	炭黑纸
厚度 (mm)	0.2-0.3	0.1-1.0	<0.5
密度 (g/c m ²)	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: CNKI 长城证券研究所

产业化情况来看，目前日本东丽、德国 SGL、巴拉德和台湾碳能公司的碳纸在机械性能和电学、热力学方面较为优质，东丽占据了更大的市场份额，而性价比最高的是台湾碳能公司的产品，其产品专注于燃料电池领域，更贴近客户需求。国内方面安泰科技多孔钛气体扩散层产品已稳定供应全球知名综合能源供应商普拉格能源公司。

表 14: 台湾碳能科技 GDS090 与 GDL120 碳纸产品规格

测量结果	单位	GDS090(无微孔层 MPL 与聚四 氟乙烯 PTFE)	GDL120(有 MPL 与 PTFE)
厚度	mm	0.09	0.12
标准重量	g/m ²	50	80
表征透气率	sec	<50	<100
拉伸强度 (纵向)	N/cm	15	20
拉伸强度 (横向)	N/cm	10	15
电压损失	mV	<7	<15
平面电阻	mΩ cm ²	<6	<15
孔隙率	%	68	N/A

资料来源: 公司官网 亚化咨询 长城证券研究所

■ 双极板: 趋向金属化 国内已量产出口

双极板与膜电极交替层叠组成电堆，是电堆的骨架，主要作用是：1) 收集、传导电流；2) 将正负极气体均匀分配到气体扩散层；3) 收集并排出反应水和热量，保持电池温场均匀；4) 支撑燃料电池电堆，保护膜电极。双极板的厚度应在保证机械强度的情况下尽可能薄，减少对电流和热传导的阻力。

表 15: DOE 双极板性能指标

序号	性能	指标	序号	性能	指标
1	电导率 (S/cm)	> 100	7	重量功率密度 (kg/kW)	< 1
2	腐蚀电流 (μ A/cm ²)	< 16	8	冲击吸收能 (J/cm)	> 40.5

序号	性能	指标	序号	性能	指标
3	接触电阻 (mΩ cm ²)	< 30	9	热稳定性 (°C)	-160
4	弯曲程度 (Mpa)	≥ 25	10	肖氏硬度 (H/S)	> 48
5	热传导系数 (W/(mK))	> 10	11	抗拉强度 (Mpa)	41
6	透气率 (cm ³ / (s · cm ²))	< 2*10 ⁻⁶	12	成本 (\$/kW)	< 10

资料来源: DOE 长城证券研究所

双极板材料大致可分为 3 类: 1) 炭质材料。炭质材料包括石墨、模压炭材料及膨胀(柔性)石墨。传统双极板采用致密石墨,经机械加工制成气体流道。石墨双极板化学性质稳定,与 MEA 之间接触电阻小; 2) 金属材料。铝,镍,钛及不锈钢等金属材料可用于制作双极板。金属双极板易加工,成本低,厚度薄,热导和电导效果好,电池的体积比功率与比能量高; 3) 复合材料。在常用的各种双极板材料中,石墨材料的接触电阻最小,金属材料易加工,且机械强度高,但表面形成的氧化物会增加接触面积电阻,复合材料可以较好结合两者优点。

表 16: 双极板类型与性能对比

分类	金属板	石墨板		复合板
		无孔石墨板	模压石墨板	
材料成分	不锈钢、铝、钛等	石墨		聚合物
导电率	非常高	高		良好
散热性能	良好	高		一般
渗透率	可忽略	良好		良好
化学稳定性	差	良好		良好
可加工性	好	差		良好
生产周期	短	长		一般
制造成本	与金属材料有关	高		高
主要加工方式	冲压成型	铣削	模压成型	模压成型/注塑成型
材料改进措施	表面镀膜涂层处理	树脂密封处理	掺杂金属粉末碳纤维	优化填充料配比

资料来源:《中国氢能及燃料电池年度报告 2018》 长城证券研究所

石墨是第一代双极板材料,主流供应商包括应该 Bac2 公司、美国 SHF、美国 Graftech、日本 Fujikura Rubber LTD、日本 Kyushu Refractories CO.LTD、巴拉德等;国内主流企业是上海神力、杭州鑫能石墨、江阴沪江科技、上海喜丽碳素等。巴拉德开发的无孔石墨双极板,用碳粉和石墨粉为原料,其石墨化温度通常高于 2500°C,且时间长达 1~3 个月,致使无孔石墨板生产成本很高;另外在石墨板上必须采用机械加工蛇形通道流场的方法也费工费时。因此,巴拉德开发 MK55kW PEMFC 中,双极板成本费用占比 60%~70%。

金属双极板是未来发展的重要方向,其功率密度可以达到 3~5kW/L,有助于提升电堆功率密度,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。国内上海治臻新能源装备有限公司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;安泰科技钛双极板 2018 年已实现量产,已向巴拉德供货。

2.2 正负极气体系统: 国产化进行时 成本突破加速

■ 空压机: 提升电堆反应速率 降耗提效是趋势

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。空气压缩机可让气体压力提升至原来外界环境压力的 2 到 4 倍，从而提升电堆的反应速度。但空压机的寄生功耗很大，约占燃料电池辅助功耗的 80%，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。

燃料电池空压机需要满足：1) 无油。润滑油会使电堆发生中毒，因此空压机需要采用水润滑轴承或空气轴承；2) 高效。空压机的寄生功率巨大，其效率直接影响着燃料电池系统的性能；3) 小型化和低成本。燃料电池受其功率密度和成本的限制，小型化和低成本有助于燃料电池汽车的产业化；4) 低噪声。空压机是燃料电池系统最大的噪声源之一，空压机的噪声必须被控制；5) 喘振线在小流量区。可以实现燃料电池在小流量高压比工况下高效地运行；6) 良好的动态响应能力。当需求功率发生变化时，空气流量和压力需进行无延迟地进行调整，以跟踪输出功率的变化。

表 17: 不同类型空压机性能比较

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
转动惯性			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

资料来源: CNKI 长城证券研究所

注: +: 适合; 0: 适合且有限制; -: 不建议; --: 不适合

表 18: 主要类型空压机优缺点对比

空压机类型	优点	缺点
螺杆式	压力和流量可以灵活调整, 启停方便, 安装简单	噪音大、体积大、质量重、价格高
旋涡式(包括罗茨式)	容积量较高, 且压力与气量连续可调, 在宽的工况下都能达到较高的效率	体积和质量大
离心式	价格相对便宜, 响应较快, 寿命长	在偏离设计工况情况下性能下降严重
电磁式	质量和体积功率密度高, 噪音极小	--

资料来源: CNKI 长城证券研究所

丰田 mirai 采用罗茨式压缩机, 性能稳定, 虽然有噪音但是配套降噪措施, 其成本有很大下降空间; 雪人股份采用螺杆式压缩机, 其持有 OPCON17.01% 股权, OPCON 市场占有率较高。离心式压缩机转速很高, 可以达到 80000r/min, 其可靠性还需要验证, 成本控制上也有很大问题, 其在效率上也不如螺杆和罗茨式压缩机。

表 19: 国内主要空压机生产企业

公司名称	情况
------	----

公司名称	情况
国家电力投资集团有限公司	国电投总经理江毅透露，集团在氢燃料电池开发领域获重大突破，其中就包括空压机，据其表述，该集团已经实现燃料电池全产业链完全自主化。
潍坊富源增压器有限公司	2019年1月，中科合创（北京）科技成果评价中心组织对潍坊富源增压器有限公司完成的“燃料电池用空气悬浮离心压缩机项目”进行了科技成果评价。
福建雪人股份有限公司	2015年收购了压缩机全球知名企业SRM和OPCON，2016年之前，OPCON供应量全球燃料电池空压机领域领先。主要设计制造了进气量5-20公斤进气量的螺杆空压机。2018年销量在20台以上，预计19年能实现超过500台。
江苏金通灵氢能机械科技有限公司	公司全资子公司江苏金通灵氢能机械科技有限公司与加速如皋经开区签订《氢能源产业投资项目合作框架性协议书》，金通灵氢能机械规划总投资4.5亿元，其中包含有在如皋经开区氢能产业园区投建“燃料电池空气压缩机和氢能备用电源的研发制造”。
嘉兴德燃动力系统公司	公司2018年，在浙江嘉兴总部首次发布了公司自主研发的两款燃料电池专用空压机，为车用15-50KW燃料电池发动机系统量身打造，其型号分别为FAC-40-D和FAC-50-D。
北京伯肯节能科技股份有限公司	公司2018年展出自主研发的世界一流的高效无油空气悬浮离心空压机产品，目前正在自测，2019年有望正式供货，这一产品为一级离心增压和永磁电机直联，采用空气箔片轴承，压比超过2，稳定转速每分钟8万转（2018年数据）以上，效率可达70%以上，有明显产品性能优势。
广东广顺新能源动力科技有限公司	广顺新能源于2010年成立，成立至今，在上汽集团、新源能力、同济大学、清华大学等支持下已完成了第一、二代产品的开发，现已开始第三代产品的研发。其中，公司第二代产品曾与上汽荣威750及950燃料电池车配套，产品压比 ≥ 2 。
毅合捷汽车科技股份有限公司	毅合捷是一家专业研发和制造涡轮增压器的国际企业，产品应用于内燃机，混合动力，燃料电池动力和通用航空发动机等。销售覆盖世界5大洲100多个国家和地区，旗下自主品牌“JRONER”畅销全球，是全球涡轮增压器领导品牌之一。
势加透博	突破了高效低比转速压气机、动压气浮轴承、高速电极控制等核心关键技术，成功研发了XT-FCC系列气悬浮空压机，覆盖了30kw~110kw燃料电池系统需求。

资料来源：长城证券研究所

■ 车载储氢瓶：高压气氢为主 IV型瓶国产化较差

目前主要的储氢方式有高压气态、低温液态、固态。

1) 通过增加氢气压力和提高容器材料的比强度，可有效提高气态储氢系统的质量储氢密度，但由于气体分子间作用力的影响，高压气态储氢的体积储氢密度较低。同时过高的氢压对储氢罐的安全性设计和成本也是一大挑战。

2) 通过加压、降温液化氢气实现的液态储氢拥有理想的质量储氢密度和体积储氢密度，但保存液态氢对设备要求十分苛刻，且液化氢气所需能耗为氢燃烧热值的40%，能量损耗过大。

3) 固态储氢方式将氢以原子、离子的形式存储于氢化物中，因此固态储氢材料的体积储氢密度可观，且材料吸/放氢条件温和，安全性高，但固态储氢材料的质量储氢密度不占优势。高压复合储氢罐将高压储氢技术与固态储氢材料相结合，同时拥有气态储氢与固态储氢的优势，是实现安全高密度储氢的有效途径。通过气-固复合的储氢方式，可有效提升高压储氢罐的体积储氢密度，减小储氢罐体积，降低充氢压力，提高安全性。而发展在高压条件下具有良好充/放氢特性的储氢材料是提升高压复合储氢罐性能的关键。

表 20: 气态储氢、液态储氢和固态储氢的特点比较

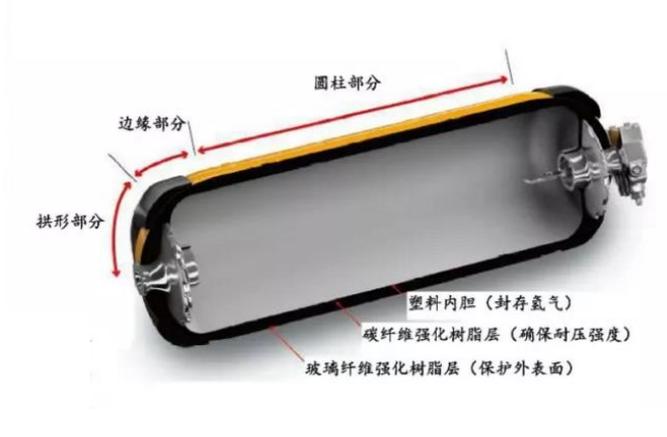
储存形势	压力 (MPa)	质量密度 (%)	体积密度 (kg · m ⁻³)	温度 (°C)	响应速度 (s)
------	----------	----------	------------------------------	---------	----------

高压气体	35	4.8	23	-30~120	快
液态氢	70	5.7	40.8	-30~120	快
固态氢	(MgH ₂) 0.01~0.1	7.6	132.4	200~400	慢
	(TiFeH _{1.95})1.5	1.86	83.7	20~100	中

资料来源:《材料导报》 长城证券研究所

目前车载氢能均以铝合金内胆碳纤维缠绕的高压储氢瓶进行存储,氢气也多以高压气态随车辆行驶,国内 35MPa 储氢瓶已经商业化应用,但是携带氢量相对较少,储氢质量占总运输质量接近 5%。储氢罐一般由三层组成:内部是塑料内胆,用于封存氢气;中间层是碳纤维强化树脂,保证整个储氢瓶的耐压强度;外层是玻璃纤维强化树脂层,保护储氢瓶防止外力破坏。

图 24: 丰田车载储氢瓶结构



资料来源: 丰田 长城证券研究所

图 25: 丰田车载储氢瓶参数



额定使用压力	70 MPa(约700个大气压)
气瓶储氢性能	5.7 wt%(世界领先)
气瓶内容积	122.4 L(前方60.0 L、后方62.4 L)
储氢量	约5.0 kg

资料来源: 丰田 长城证券研究所

按照材质分类,储氢瓶分为 I、II、III、IV、V 型,材质分别为纯钢制、钢制内胆碳纤维缠绕、铝内胆纤维缠绕、塑料内胆纤维缠绕、无内胆纤维缠绕储氢瓶。

表 21: 不同材质储氢瓶性能对比

类型	I 型	II 型	III 型	IV 型	V 型
材料	纯钢制金属	钢制内胆纤维缠绕	铝内胆纤维缠绕	塑料内胆纤维缠绕	无内胆纤维缠绕
工作压力	17.5~20MPa	26.3~30MPa	30~70MPa	70MPa 以上	研发中
介质相容性	有氢脆有腐蚀性	有氢脆有腐蚀性	有氢脆有腐蚀性	有氢脆有腐蚀性	
产品重容比 (kg/L)	0.90-1.3	0.60-0.95	H2:0.35-1.00	H2:0.30-0.80	
使用寿命	15 年	15 年	15/20 年	15/20 年	
储氢密度	14.28~17.23	14.28~17.23	40.4	48.8	
成本	低	中等	最高	高	
车载是否使用	否	否	是	是	

资料来源: 北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心 长城证券研究所

车载储氢瓶主要以 III、IV 型瓶为主,国内 III 型储氢瓶技术成熟,35MPa 气瓶应用广泛,70MPa 气瓶开始推广使用。主要企业有科泰克、天海、中材、斯林达、中国中氢、富瑞特装。

IV 型瓶在成本、储氢容量和轻量化方面相对 III 型瓶优势明显,国外开始推广应用,但是国内技术还不成熟。美国 Quantum 公司、通用汽车公司、Impco 公司和 Hexagon

Lincoln Inc 等世界著名气瓶生产厂商已研制成功多种规格型号的纤维全缠绕高压储氢气瓶，国内企业工艺落后、碳纤维和树脂性能差、标准缺失等问题限制了IV型瓶的研发进度。

表 22: 主要公司储氢瓶产品

公司名称	型号	容积 (L)	重量 (kg)	压力 (Mpa)	质量储氢密度 (wt%)
Hexagon Lincoln. Inc	IV型	64	43	70	6.0
丰田汽车有限公司	IV型	60	42.8	70	5.7
北京天海工业有限公司	III型	140	75	35	4.0
	III型	165	88	70	4.2
	III型	54	54	70	4.0
北京科泰克科技有限公司	III型	140	75	25	4.0
	III型	65	45	70	4.0
沈阳斯林达安科技新技术有限公司	III型	128	67	35	4.0
	III型	52	52	70	4.0
中材科技股份有限公司	III型	140	78	35	4.0
	III型	162	88	35	4.0
	III型	320	180	35	4.0

资料来源: 势银智库 长城证券研究所

成本方面，储氢罐的成本主要集中在外部缠绕用的碳纤维上，占比近 60%，目前使用的级别是 T800，国内主要从日本东丽进口，东丽在碳纤维市场份额占比超过 80%；国内企业碳纤维仅有百吨级量产能力，产能扩大进行进口替代是目前降低成本的最便捷方式。

3. 氢气产储运加：降低成本的重要环节

3.1 氢气生产：氯碱副产氢可满足当下需求

氢能源是氢燃料电池汽车的核心动力来源，其生产方案较多，主要有：1) 化石燃料制氢：天然气制氢、煤炭制氢等；2) 富氢气体制氢：合成氨生产尾气制氢、炼油厂回收富氢气体制氢、氯碱厂回收副产氢制氢、焦炉煤气回收氢等；3) 甲醇制氢：甲醇分解制氢、甲醇水蒸气重整制氢、甲醇部分氧化制氢、甲醇转化制氢；4) 水解制氢：电解水、碱性电解、聚合电解质薄膜电解、高温电解、光电解、生物光解、热化学水解；5) 生物制氢：生物质通过气化和微生物催化脱氢制氢。

目前全球主要制氢方法来源于化石燃料(66%)和甲醇重整(30%)，电解水成本较高，仅 4%氢气来源于电解水。国内方面，我国氢气主要来源于焦炉煤气(66%)、氯碱工业副产氢、天然气、甲醇、液氨重整。焦炉煤气中含硫量较高，会引起催化剂中毒从而减少电堆寿命，加装脱硫装置会大幅增加系统成本，因此目前氢燃料电池的氢气主要来源于氯碱工业副产氢。但是长期来看，随着可再生能源在我国发电占比逐渐升高，且新能源电力成本持续降低后，低成本高纯度氢气依然来源于电解水。

表 23: 工业制氢方法比较 (元/Nm³)

制氢方法	技术特点	制氢纯度	场地要求	投资规模	制氢成本
天然气蒸汽	工艺复杂，操作条件严	99.999% (杂质为	管道天然气或槽车	一次性投资高，一般适合	2.33

制氢方法	技术特点	制氢纯度	场地要求	投资规模	制氢成本
转化制氢	格, 设备设计制造要求高, 技术成熟	CO ₂ 、CO、CH ₄)	CNG 的供应方便	1000Nm ³ /h 以上的制氢规模	
甲醇蒸汽转化制氢	工艺流程简单, 操作简单, 设备常见, 技术成熟	99.999% (杂质为 CO ₂ 、CO)	原来供应充足, 储运方便	投资较低, 适用于 2500Nm ³ /h 以下的制氢规模	1.91
水电解制氢	流程简单, 操作简便, 甚至可无人值守	99.9999% (杂质为 O ₂ 、H ₂ O)	条件宽裕	投资较高, 单槽适合 300Nm ³ /h 以下的制氢规模	4.31

资料来源: CNKI 长城证券研究所

目前我国氯碱副产氢产能约 76 万吨/年, 完全满足目前氢燃料电池汽车需求, 叠加天然气、甲醇、液氨裂解的氢气产能, 合计 278 万吨/年, 可供 68 万辆氢燃料电池汽车使用, 其中氯碱副产氢即可供应 19 万辆汽车的氢气需求, 因此短期内氯碱副产氢完全满足氢气用量。

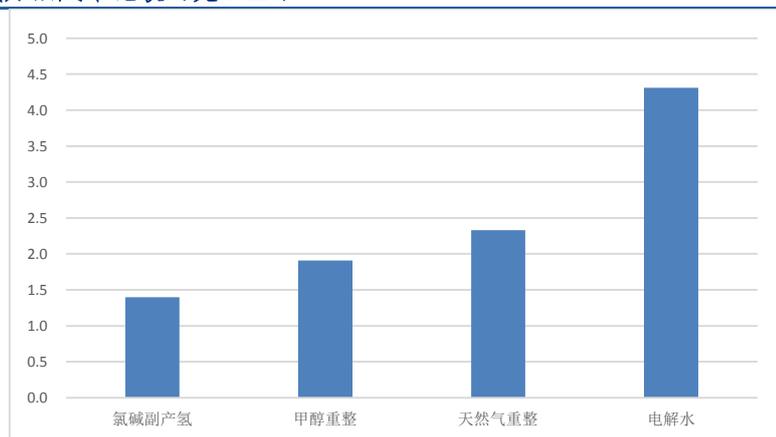
表 24: 氢气需求量估算

项目	2014	2015	2016	2017	2018	2019E	2020E
氢能源汽车产量 (辆)	6	10	629	1272	1619	5000	10000
yoy		67%	6190%	102%	27%	75%	75%
累计产量 (辆)	6	16	645	1917	3536	8536	18536
氢燃料电池单车装机 (kW)	23	24	25	29.74	33.04	37.99	43.69
累计装机量 (MW)	0.14	0.38	16.13	57.01	116.83	324.32	809.91
利用小时数 (h)	1095	1460	1460	1460	1825	2190	2190
耗电量 (Mwh)	151	561	23543	83236	213207	710268	1773706
氢气单耗 (kg/kWh)	0.075	0.075	0.075	0.071	0.068	0.064	0.061
氢气需求 (t)	11	42	1770	5945	14468	45787	108624
yoy		271%	4099%	236%	143%	216%	137%

资料来源: GGII 长城证券研究所

随着未来氢燃料电池汽车的快速增长, 远期氢气供应依然不足, 我们认为电解水制氢有望成为未来氢气生产的主要来源。电解水制氢目前唯一缺点是耗电量导致成本过高, 约在 2.5~3.5 元/Nm³ 之间, 而氯碱副产氢氢气成本仅 1.3~1.5 元/Nm³。电解水制氢成本来源主要是电耗, 能耗水平约为 4.5~5.5kwh/Nm³, 能效在 72%~82% 之间, 成本相当于 30~40 元/kg, 用电解法生产气态氢的价格比汽油约高 65%, 如果生产液态氢, 则比汽油高约 260% 以上。

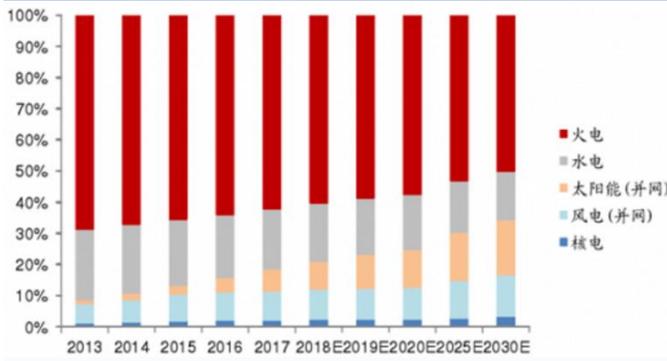
图 26: 制氢方法成本比较 (元/Nm³)



资料来源：国铁新能 长城证券研究所

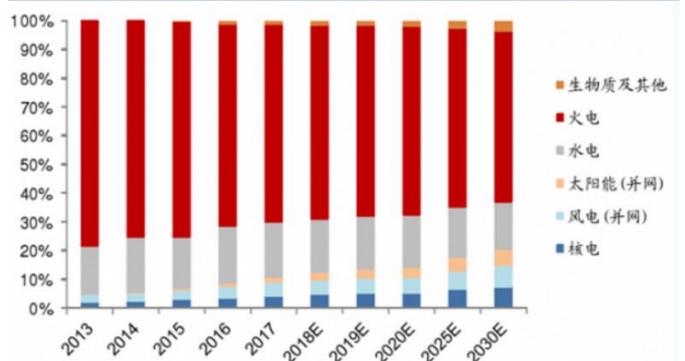
我国电力装机及消费结构转型，可再生能源高速增长，光伏风电占比逐渐扩大，低成本可再生能源将逐渐成为我国电力消费结构的重要来源：1) 2019 年光伏风电已经开始进入平价时代，部分风电光伏项目已经满足平价要求，未来有望进一步降本，从而产生大量低成本低价可再生电力；2) 近年来，降低弃风弃光率是国家发展新能源的重要目标之一，2018 年弃光弃风率分别为 3%和 7%，另外弃水率为 5%，合计浪费可再生能源 909.45 亿度电，对应可产生氢气 617 万吨，是目前氢气产能的一倍，若将这一部分浪费的资源用于电解制氢，可产生边际成本极低的氢能源。

图 27: 我国主要类型电源装机占比



资料来源：中电联 长城证券研究所

图 28: 我国主要类型电源发电量占比



资料来源：中电联 长城证券研究所

3.2 氢气储运：短途气氢拖车 长途液氢罐车

氢气使用和生产地域的不匹配造成了储运问题。相对生产环节，氢气储运问题相对更大：我国氢气输运技术仍不足，存储和运输企业较少，产业化水平低。

氢气生产后的储存方式与车载储氢方式基本相同，均为高压气态、低温液态和固态储氢，加氢站的气源也多采用外供高压气氢。

表 25: 氢气储运产业结构

	关键技术环节	主要制造商	国内技术水平
低温液态氢储运装备	大容积液氮圆柱形储罐、液氢球罐	中国航天科技、中集安瑞科、美国 MVE、日本 JCI、Chart 公司、JSC Cryogenmash、林德公司	大容积液氢球罐、罐车技术与国外存在差距、关键零部件仍依赖进口
	液氢运输及加注设备		
	液氢罐车		
高压气态氢储运装备	车载高压氢气瓶	意大利 Faber Industries、美国 Hexagon Lincoln、日本 SAMTECH、富瑞氢能、北京有色金属研究总院、沈阳斯林达安、浙江大学、巨化集团	与国际先进水平存在一定差距
	固定式高压储氢容器		
	移动式高压储氢容器		
储氢新材料	金属氧化物储氢材料、有机液体储氢材料、多孔材料吸附存储材料等	美国 Brookhaven 实验室、日本 AKIBA 实验室、德国纽伦堡能源研究中心、北京有色金属研究总院、中国地质大学、荷兰飞利浦、日本三德、美国 OVONIC 公司、日本松下电器、日本福瑞能源、日本积水化学、氢阳能源	与国际先进水平存在较大差距、但是大多处于研发试验阶段
加氢站建设与运营	35MPa、70MPa 加氢站技术整备及建设	奥地石油友天然气集团、法国道达尔、荷兰皇家壳牌、德国林德、美国 True Zero 公司、美国空气产品公司、日本岩谷、上海舜华新能源系统有限公司、富瑞氢能	与国际先进水平存在较大差距
	气态氢加注装备、气态氢品质		

检测设备、加氢质量计量设备

资料来源：中商产业研究 长城证券研究所

储运气瓶与车载气瓶的差别在于压力不同：储运气瓶的压力高于车载氢气瓶。当为燃料电池汽车加注时，以站内储氢瓶和车载瓶之间的压差为驱动力，高压气态氢气由站内向车载储气瓶不断加注，直到目标加注质量或者压力则加注完毕。目前加氢站目标加注压力多为 35MPa，站内储气压力为 40~45MPa。为了满足更长续航里程的需求，70MPa 的加氢站成为未来发展趋势，其储气瓶压力需要达到 80~90MPa，因此储运气瓶需要承担更大的压力，对强度和材质要求相对更高。

表 26: 站内和车载储氢瓶差异对比

参数	站内储氢瓶	车载储氢瓶
容积 (m ³)	0.767*9	0.154*1
初始压力 (MPa)	40	2
稳态压力 (MPa)	40~45 或 80~90	35 或 70
初始温度 (K)	298	298

资料来源：CNKI 长城证券研究所

液氢储存问题与车载储氢瓶相同。利用低温铁路槽车长距离运输液氢是一种既能满足较大的输氢量，又比较快速、经济的运氢方法。这种铁路槽车常用水平放置的圆筒形低温绝热槽罐，其储存液氢的容量可达 100m³。特殊大容量的铁路槽车甚至可运输 120~200m³ 的液氢。液化氢气所需能耗将近氢气本身的 40%，且需要保持低温，在 101 千帕压强下，温度 -252.87℃ 时，氢气才可转变成无色的液体，导致储氢罐内外温差较大，因此其储存的容器及输液管道都带有高度的绝热性能。

固态储氢材料是未来氢气储存与运输的重要研究方向，包括物理吸附与金属或非金属氢化物储氢三个方向，目前都处于研究或者小规模实验状态。

表 27: 不同储氢方式经济性比较 (美元/GJ)

储存方法	使用系统成本	储存系统成本	能耗	总成本
液体灌装 (T=20K)	1.46	2.36	15.37	19.02
金属氢化物	0.60	7.844	5.41	13.85
气体压缩 (P=20MPa)	0.82	8.12	2.65	11.59
固体吸附 (T=150K, P=5.4MPa)	2.10	2.61	2.46	7.38

资料来源：CNKI 长城证券研究所

针对氢气的储存方式，氢气运输方式主要是三种：气氢拖车、气氢管道、液氢灌车。总体来说，300 公里以下的短距离运输，液氢管道运输成本和气氢拖车拥有成本优势，400 公里以上的长距离运输则液氢罐车更具优势。

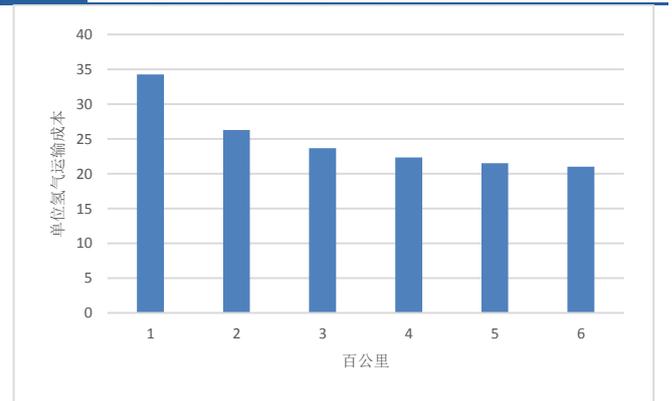
1) 气氢拖车：由于高压储氢瓶中氢气质量约占储氢瓶总质量的 5%，因此运输气氢拖车运输效率非常低，在运输 300 公里左右时成本为 7000 元/吨。其成本主要包括：拖车折旧费、维护保养费、氢气压缩耗电、人员工资及运输油耗等。目前国内集装管束拖车的价格约 100 万/台，使用年限 10 年。每辆拖车配备司机两名，每人每年工资及福利费共 15 万。拖车满载氢气可达 460kg，每百公里消耗柴油约 25 升。拖车平均运行速度假设为 50km/小时，两端装卸时间约 5 小时，年有效工作时间为 4500 小时，氢气压缩过程耗电 1kwh/kg。

图 29: 气氢拖车成本构成

项目	成本结构	金额	单位
固定成本	折旧	100000	元/年
	人工	300000	元/年
	车辆保险	10000	元/年
可变成本	保养	0.2	元/km
	油料	1.5	元/km
	过路	0.7	元/km
	电耗	0.6	元/kg

资料来源: 致牛咨询 长城证券研究所

图 30: 气氢拖车单位氢气运输成本 (元/吨公里)



资料来源: 致牛咨询 长城证券研究所

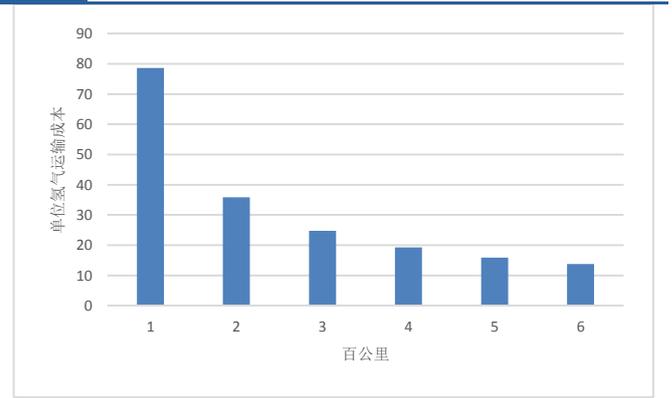
2) 液氢罐车: 液氢罐车的运输成本结构与气氢拖车类似, 只是增加氢气液化成本及运输途中液氢的沸腾损耗。槽罐车市场价格约 45 万/辆, 每次装载液氢约 4300kg, 运输途中由于液氢沸腾平均每小时损耗 0.01%, 液化过程损耗 0.5%。液化过程耗电 11kwh/kg。槽罐车充卸一次约耗时 6.5 小时

图 31: 液氢罐车成本构成

项目	成本结构	金额	单位
固定成本	折旧	45000	元/年
	人工	300000	元/年
	车辆保险	10000	元/年
可变成本	保养	0.2	元/km
	油料	1.5	元/km
	过路	0.7	元/km
	电耗	6.6	元/kg
	液化损耗	0.5	元/kg
	运输损耗	0.01	%/小时

资料来源: 致牛咨询 长城证券研究所

图 32: 液氢罐车单位氢气运输成本 (元/吨公里)



资料来源: 致牛咨询 长城证券研究所

表 28: 气氢拖车与液氢罐车运输氢气差异对比

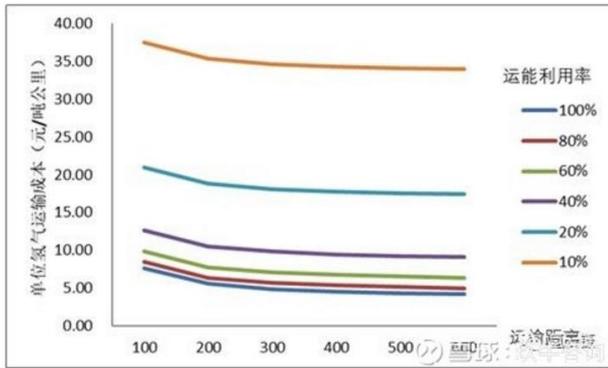
项目	能耗	高压储罐投资	压力	液化损耗
气氢拖车	15%~30%	1000~2000 美元/kW	20~35MPa	0
液氢罐车	40%~50%	1500~2500 美元/kW	>101kPa	0.1%~0.3%/天

资料来源: CNKI 长城证券研究所

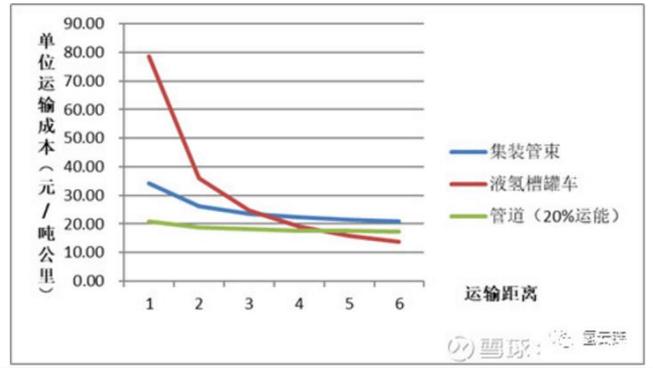
3) 气氢管道: 管道输送的年运输能力取决于设计能力, 而与运输距离基本无关。目前, 氢气管道使用的直径都不大(多数直径 $d < 200\text{mm}$), 输氢压力不高($p < 7\text{MPa}$), 管道输送距离并不很长(最长的为 208km), 故中间不设氢气加压站。按照 $\phi 502\text{mm}$ 的管道计算, 年输送能力为 10.04 万吨。管道运输的吨公里成本受运能利用率的显著影响, 随着运能利用率的下降, 单位运输成本大幅度提升, 在利用率提升到 40% 以上之后运输成本的变化幅度减缓。

图 33: 气氢管道单位氢气运输成本 (元/吨公里)

图 34: 三种氢气运输方式对比



资料来源: 致牛咨询 长城证券研究所



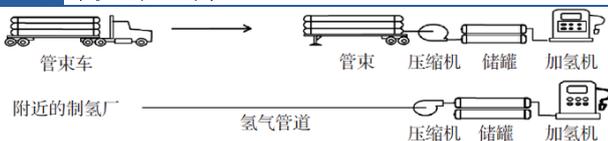
资料来源: 致牛咨询 长城证券研究所

对比三种运输方式可以发现, 300 公里以下的短距离运输, 液氢管道运输成本和气氢拖车拥有成本优势, 400 公里以上的长距离运输则液氢罐车更具优势。

3.3 氢气加注: 我国加氢站建设成本相对高昂

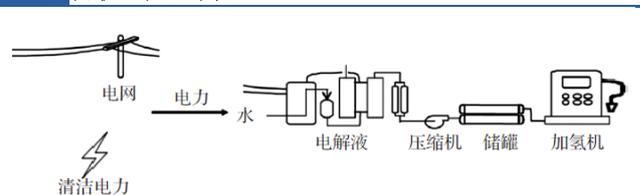
目前的加氢站主要集中在欧美和日本, 采用的燃料形式主要分为液氢和压缩气体氢气。多数氢气加注需要利用高压氢气为原料, 即压缩氢气的加氢站。此类加氢站主要包括气体输送和在站制氢两种。在站制氢主要有两种方式: 天然气水蒸气重整和水电解制氢。目前国外已有的加氢站主要以水电解制氢为主, 少部分采用天然气水蒸气重整制氢。各种制氢工艺中, 以天然气现场制氢的经济性最好, 电解水制氢次之。考虑到燃料电池汽车对氢气质量的苛刻的要求, 目前国外已有的加氢站主要以水电解制氢为主。

图 35: 外供氢加氢站



资料来源: CNKI 长城证券研究所

图 36: 内供氢加氢站

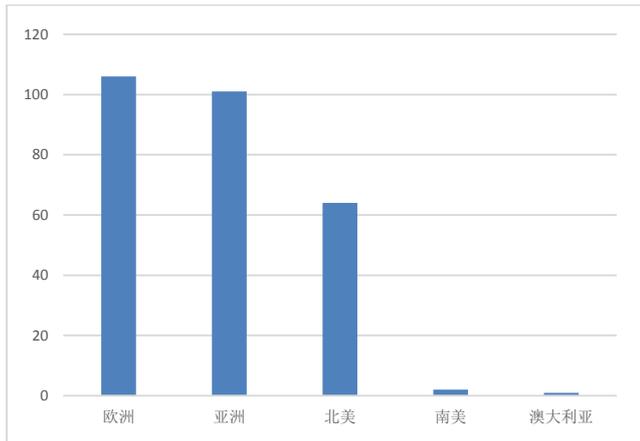


资料来源: CNKI 长城证券研究所

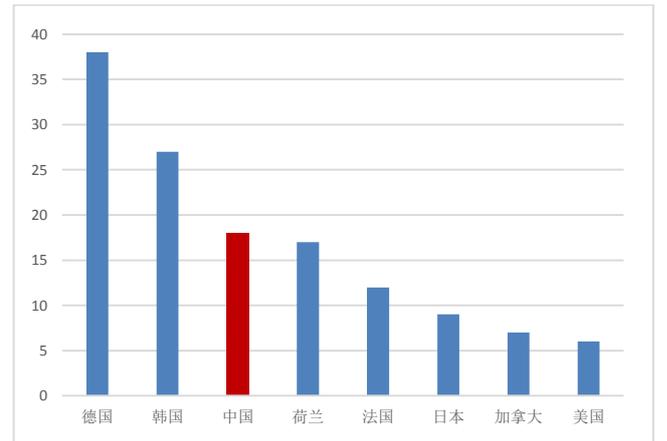
据 H2stations.org 统计, 截至 2017 年 1 月, 全球正在运营的加氢站达到 274 座, 其中欧洲 106 座、亚洲 101 座、北美 64 座、南美 2 座、澳大利亚 1 座。这些加氢站中有 188 座加氢站对外开放, 占全球加氢站总数的 2/3。其次, 加氢站分布数量最多的国家是日本、美国和德国, 分别为 91 座、60 座和 31 座。同时, 日本、美国和德国都有加氢合建站的范例, 如戴姆勒、壳牌和林德公司合作建立的不莱梅市加氢站就是加氢合建站的范例, 该加氢站是在壳牌加油站的基础上改造的。

图 37: 截止 2017 年 1 月末全球在运营加氢站分布

图 38: 截止 2018 年末各国建设中加氢站数量统计



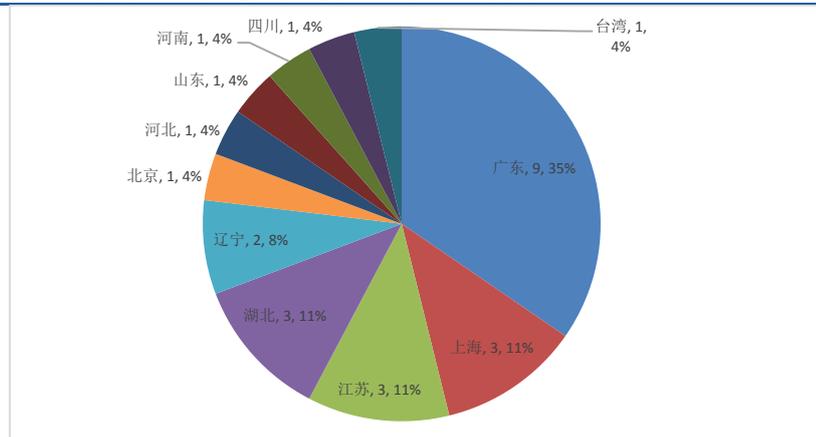
资料来源: H2stations 长城证券研究所



资料来源: T ü V S ü D H2stations 长城证券研究所

根据深圳国铁新能源开发有限公司统计,截止 2018 年底,我国已建成或在运营的加氢站有 26 座,前 80%的加氢站集中在广东、上海、江苏、湖北、辽宁五个省份地区。加氢站投资主体主要是: 1) 政府投资、或国资能源企业: 神华集团、中石化、地方国资委等; 2) 汽车厂商: 上汽、东风特汽、丰田汽车、宇通、中通、奥新汽车、西安新青年、佛汽运输等; 3) 燃料电池或系统企业: 新源动力、广东国鸿、亿华通、上海神力、爱德曼、明天氢能、大洋电机、武汉氢雄等; 4) 交通物流运营商: 氢车熟路、上海驿动、国能联盛、国能联盛、国联氢能、新宾沐与康等; 5) 加氢站建设运营企业: 上海舜华、北京海德利森科技、氢枫能源、北京派瑞华氢等; 6) 加氢站设备集成供应商: 北京海德利森科技、富瑞氢能、厚普股份等; 7) 气体公司: 上海浦江特种气体、南海燃气、四川燃气、林德、空气化工、顺德兴顺燃气、华昌化工、滨化集团、广东联悦氢能等。

图 39: 截止 2018 年末我国在建及在运营加氢站地域分布



资料来源: 国铁新能 长城证券研究所

表 29: 2018 年末国内在建及在运营加氢站情况

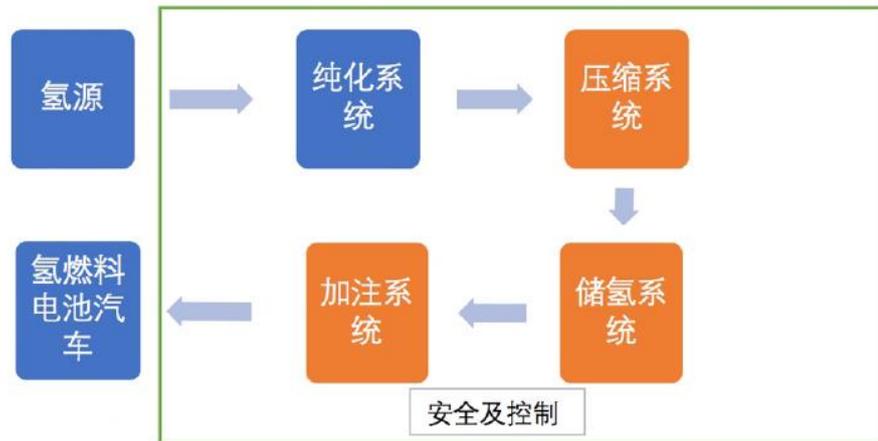
运营状态	加氢站名称	建成时间	城市	地区	建设方	运营方
在运营(16)	永丰加氢站	2006	北京	北京	北京氢能华通; BP 公司	亿华通
	安亭加氢站	2007	上海	上海	上海舜华; 同济大学	上海舜华
	台湾微生物制氢加氢站	2011	台湾	台湾	-	-
	上海电驱动加氢站	2015	上海	上海	氢枫能源	上海电驱
	宇通加氢站	2016	郑州	河南	宇通	宇通

	同新加氢站	2016	大连	辽宁	同济大学	同济大学; 新源动力
	沙朗加氢站	2017	中山	广东	氢枫能源	大洋电机
	丰田加氢站	2017	常熟	江苏	丰田	-
	瑞晖佛山加氢站	2017	佛山	广东	瑞晖能源	瑞晖能源
	东风特汽十堰加氢站	2017	十堰	湖北	氢枫能源	东风特汽
	张家口临时加氢站	2018	张家口	河北	亿华通	亿华通
	禅城区加氢站	2018	佛山	广东	佛汽集团	-
	云浮新兴加油加氢站	2018	云浮	广东	氢枫能源	国鸿
	张家港加氢站	2018	张家港	江苏	氢枫能源	-
	罗定加氢站	2018	罗定	广东	云浮舜为; 上海舜华	-
	抚顺新宾沐与康加氢站	2019	新宾满族自治县	辽宁	沐与康氢能科技产业发展有限公司	-
已拆除或闲置(3)	上海世博会加氢站	2010	上海	上海	-	-
	广州亚运会加氢站	2010	广州	广东	-	-
	深圳大运会加氢站	2011	深圳	广东	上海舜华	上海舜华
已建成不确定是否运营(7)	三水加氢站	2016	佛山	广东	国鸿	-
	云浮加氢站	2017	云浮	广东	氢枫能源	国鸿
	南通百应加氢站	2018	南通	江苏	-	-
	郫都区加氢站	2018	成都	四川	四川天然气投资公司; 四川金星能源	四川燃气
	佛罗路加氢站	2018	佛山	广东	锦鸿新能源有限公司	-
	聊城中通加氢站	2018	聊城	山东	-	-
	神华如皋加氢站	2018	如皋	江苏	氢枫能源	南通百应
无具体建成消息(2)	武汉氢雄加氢站	2018	武汉	湖北	-	-
	武汉中极加氢站	2019	武汉	湖北	-	-

资料来源: 长城证券研究所

从工艺布置上考虑, 一个标准的氢气加注站系统的基本构成为: 氢源(输送或站内制氢)、氢气压缩机、储氢罐、加注器, 此外还有高压阀门组件和安全及控制系统等。充装站的工艺流程是, 变压吸附后输送的高纯原料氢经压缩机压缩加压后进入工艺管路, 经汇流排分配后进入各个充装工位, 最后经加注管路装入管束拖车。

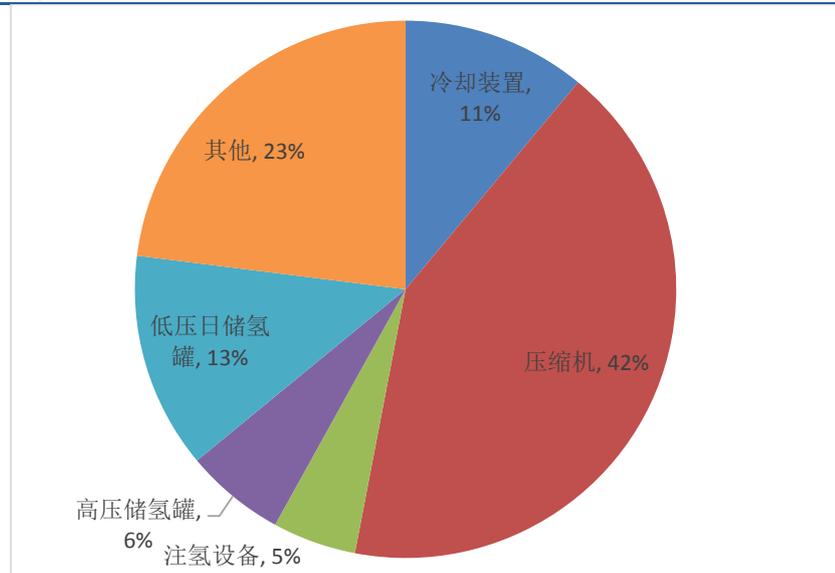
图 40: 加氢站工艺流程



资料来源: CNKI 长城证券研究所

根据 GGII, 中国单座加氢站投资规模为 1200~1800 万元, 500kg/d 供氢能力加氢站的单站投资规模约为 1510 万元, 欧洲同等量级的加氢站所需成本约 800~1000 万元。主要因为 1) 国内加氢站的核心设备来自国外, 设备价格占加氢站总价格的 55%~65%; 2) 产业前期, 为了保障加氢站的安全, 国内加氢站的占地面积大; 3) 中国加氢站建设数量少, 相关法规、加氢站建设运营管理办法等还未有明确、正规的流程, 加氢站的设计、审批、建设等周期较长, 人力物力成本较高。

图 41: 200kg 日加氢能力加氢站成本分布



资料来源: 交能网 长城证券研究所

表 30: 我国氢能产业基础设施技术发展路线

项目	2016 年	2020 年	2030 年	2050 年
制氢	工业副产氢气回收 天然气制氢煤制氢 电解水	可再生能源制氢 CCS 技术	低碳煤基制氢技术可再生能源制氢 多元化制氢体系	规模化可再生能源制氢工业 副产氢气网收规模低碳煤制 氢形成绿色氢能供应体系
氢储存与运输	35MPa 气态储存液 氢罐车长管拖车	20MPa 气瓶技术安全预 测预警技术高效液态储 氢复合体系储氢	高压储氢设备轻量化技术安全控制 技术 100MPa 级氢安全仪器仪表	掺氢天然气管道输送技术长 距离高压氢气管道技术
氢能利	35MPa 加氢 4 座加	70MPa 加氢 100 座加氢	1000 座加氢站氢能高速公路 1 亿 kw	全国范围氢能共建设和利用设

项目	2016年	2020年	2030年	2050年
用设施	氢站	站 20W1W 发电 1 万辆车	发电 200 万辆车 3000km 氢气管线	施 1000 万辆车

资料来源:《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书》 长城证券研究所

4. 投资建议与标的推荐

4.1 核心观点

与锂电形成优势互补 商用燃料电池汽车率先起量。相比于锂电池汽车,氢燃料电池汽车在续航、载重、长途运输、能源快速补给方面拥有较大优势,有望在长途交通和大重量运输市场中成为核心运输工具,与锂电池汽车形成互补。

国家补贴支持政策加码 氢燃料电池国产化进程加速。锂电池汽车已经进入后补贴时代,而燃料电池补贴强度依然较大,根据 2019 年补贴政策,过渡期内乘用车、轻型商用车和客车补贴上限分别为 16、24、40 万元/辆,过渡期后地补全面转向加氢等基础设施建设。且氢能源发展于 2019 年首次进入政府工作报告,按照《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书》提出的目标,到 2020 年,中国燃料电池车辆要达到 1 万辆、加氢站数量达到 100 座,行业总产值达到 3000 亿元,行业增长空间巨大。

基础设施先行 氢气产储运有望率先实现成本优化。影响我国氢气售价的最主要因素是氢气储运环节,短途运输主要用气氢拖车,长途则采用液氢罐车方式,可以保证单位输氢成本在 10~15 元/吨公里;另外我国氯碱副产氢气成本低廉且氢气纯度较高,目前产能可供应约 19 万辆氢燃料电池汽车运行,且风光等新能源走入平价时代,有望提供大量低价电力用于电解水制氢。

产业并购整合加快 电池系统各环节逐个击破。我国氢产业链公司加快与国际领先企业的合作交流,采用战略合作协议或者持股的方式与国际龙头企业深度绑定,实现弯道超车。在国际化合作中将形成优势互补,加快我国氢能源产业发展速度。

4.2 选股策略

氢燃料电池处于发展初期,目前厂商很难实现盈利,产业发展将以补贴政策导向为主。企业为了获得利润将布局补贴优势更为明显的环节,这些环节有望率先取得成效;另一方面,同属于新能源汽车板块的锂电池汽车发展历史拥有研究借鉴意义,通过对比两类汽车和电池特点,也能找到投资机会。

■ 下游运营环节: 补贴数量丰厚, 加氢站优于整车。

从补贴政策方面考虑,补贴主要是补车和补氢两方面: 1) 补车方面。2019 年缓冲期,氢燃料电池乘用车、轻型商用车、大中型商用车的补贴上限分别为 16、24、40 万元,以申龙客车为例,补贴占成本的比重约为 17%,缓冲期后难以达到这一比例; 2) 补氢方面。①广东中山、佛山等地出台加氢站补贴方案,可获得每站 100~500 万元的补贴额度,补贴资金占投资资金比例至少 19%。②在加氢销售环节依然有补贴,如江苏如皋市给予加氢站 15 元/公斤的加氢销售补贴,对 70Mpa 加氢设施建成运营后,给予加氢设备额 20% 的补贴;佛山南海区将对 2018~2019 年度加氢站销售价格为 40 元及以下的氢气给予 20 元/kg 的补贴,对 2020~2021 年度销售价格为 35 元及以下的氢气给予 14 元/kg 的补贴,对 2022 年度销售价格为 30 元及以下的氢气给予 9 元/kg 的补

贴。③缓冲期后新能源汽车地方购置补贴转向加氢，等因此从补贴成本占比来看，加氢环节更具有吸引力。

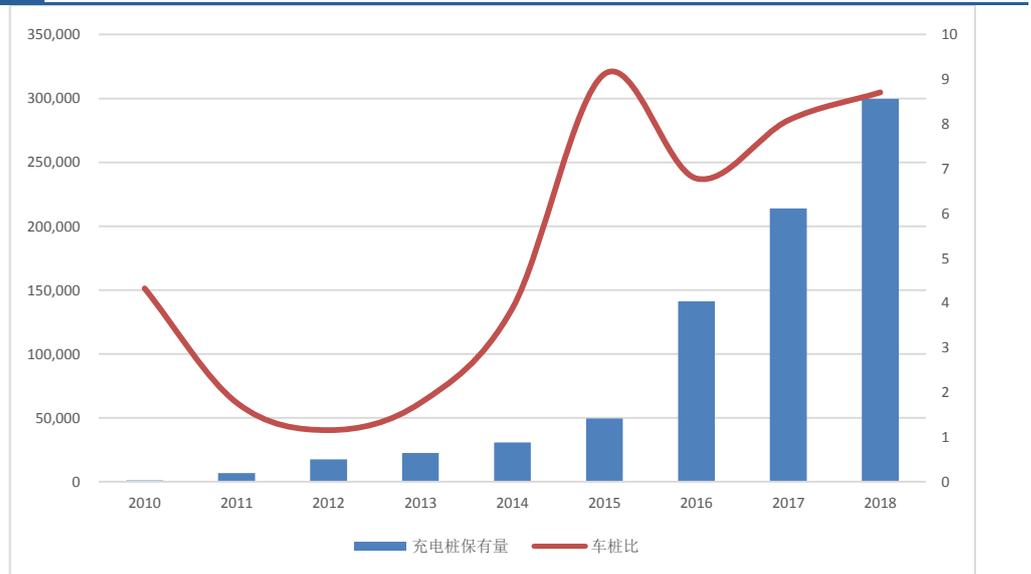
表 31: 佛山市加氢站建设补贴标准

加氢站类型	日加氢能力 (公斤)	补贴金额 (万元)	标准造价 (万元)	
固定站	300 (含) ~500 (不含)	300	1200	25%
	500 (含) ~1000 (不含)	500	1800	28%
	不少于 1000	500	2200	23%
撬装站	不少于 200	150	800	19%

资料来源: 长城证券研究所

从产业增速考虑，短期内加氢站等基础设施建设增速将快于氢燃料电池汽车增速：1）根据《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书》中规划，到 2020 年，加氢站数量达到 100 座，燃料电池车达到 10000 辆，氢燃料电池汽车和加氢站累计增速分别为 86% 和 1.29 倍；2）基础设施的迅速配套是新能源汽车快速发展与应用的必要条件，初期的加氢站布局将先以广度为主，后期不断填充提高密度，提升加氢便利性。锂电池汽车车桩比经历了 U 型发展曲线，发展初期车桩比快速下降以满足充电要求，后来随着车辆的大规模起量，车桩比逐渐回升。我们认为氢燃料电池产业也将以此进程发展，车桩比呈现 U 型变化，产业发展初期，加氢站等基础设施增速将快于终端汽车以及中游动力系统。

图 42: 锂离子电池汽车车桩比的 U 型发展曲线



资料来源: 中汽协 Wind 长城证券研究所

■ 中游电池系统环节：技术突破实现低成本的环节最为受益

中期来看，基础设施配套逐渐完善后，技术的国产化替代将成为行业主旋律，率先实现中游材料量产的企业将会受益；长期来看，2009 年锂电池汽车十城千辆计划后，2014 年实现汽车起量，之后中游材料和上游资源品环节需求被快速拉动。氢燃料电池汽车起量后，类比锂钴等资源品，催化剂若没有顺利实现低铂去铂化，铂价格将有望实现快速攀升。当然两类新能源汽车也有差异性：锂电池成本构成主要是正极材料，正极材料又以镍钴锰等相对贫乏的资源为核心原材料，而燃料电池电堆成本构成相对均匀，

除催化剂铂以外，其他材料供给量相对较大，将不易出现供给受限引起的价格暴增，因此中长期行业趋势以成本优势为主要核心驱动力。

策略总结：目前氢燃料电池汽车处于产业发展初期，题材炒作叠加政策催化带来行情出现，最先看到的将是下游产品的出现，短期看加氢站等基础设施配套的快速崛起；之后带动中上游材料环节技术进步，中期看技术突破实现国产化大批量供应；最后是成本不断优化实现经济性，长期终极目标是氢燃料电池汽车的平价化。看好研发实力优秀、主业经营稳定、资金雄厚的优质公司在长期胜出：1) 氢气产储运加环节补贴相对有吸引力，且其成本有望率先实现突破，推荐关注金灵通（2018年10月在江苏如皋经开区投资4.5亿进行2000万立方的生物质制氢、加氢站、空压机等项目建设）；2) 中游国产化进程加速将获取超额收益，推荐关注雄韬股份（制氢-膜电极-电堆-燃料电池系统-整车运营全产业链布局）；3) 与国际龙头深度合作的国内企业有望实现技术弯道超车，推荐关注潍柴动力（电堆龙头巴拉德第一大股东）。

表 32: 燃料电池产业链国内外公司

环 节	整车					燃料电池动力系统			加注	
	乘用车	客车	物流车	空压机	储氢制氢	燃料电池电堆			加氢站	
						膜电极				
						质子交换膜	催化剂	气体扩散层		
国外企业	丰田		OPCON	东芝	美国 Gore	英国 JM	日本肖旭子	美国 POCO	本田	
	本田	戴姆勒		通用电气	美国 3M	日本 TKK	三菱	日本 Kyushu	丰田	
				日本村田	日本 Asahi		东丽集团			
国内企业	上汽集团	宇通客车	东风	雪人股份	科泰克	雄韬股份	贵研铂业	北京碧空	安泰科技	厚普股份
		金龙汽车	一汽	汉钟精机	富瑞特装	东岳集团			杭州鑫能	美景能源
		佛山飞驰	普拉格		京城股份	同济科技				金灵通
			神力科技		华昌化工					
					中材科技					
					滨化股份					

资料来源: Wind 长城证券研究所

4.3 推荐标的

■ 金通灵：离心风机龙头进军氢能源 政策支持打造氢能加注产业

公司专注于大型工业鼓风机、压缩机、蒸汽轮机等流体机械领域，依托高效气化炉、小型高效再热锅炉、高效汽轮机为核心的小型发电岛成套技术开拓新能源、可再生能源等业务。2018年10月，公司全资子公司江苏金通灵与江苏如皋经开区签订战略合作协议，计划投资4.5亿建造氢燃料电池空压机、氢能备用电源、氢燃料电池产业园智慧能源岛、加氢站、生物质制氢基地、压缩空气站等项目。江苏如皋18年10月发布氢能鼓励政策，计划在2020年前达成氢能产业年产值突破100亿元，建成加氢站3-5座，公交、物流配送等公共服务领域新增车辆中氢燃料电池汽车比例不低于50%，分布式电源等示范应用项目不少于2个的目标，并对人才、关键材料、氢能汽车、加氢站等方面与优厚补贴，将大力促进氢能产业发展。

■ 雄韬股份：铅酸锂电转型燃料电池 氢能全产业链布局推进产业化

公司原主营业务涵盖阀控式密封铅酸蓄电池和锂离子电池，从事化学电源、新能源储能、动力电池的生产和销售，目前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布局。2017年11月与武汉经济开发签订协议，计划投资至少50亿元在武汉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，在全省范围内推广不少于5000辆氢燃料整车。2018年1月，公司计划投资至少30亿元在山西大同市建设雄韬氢能大同产业园。3年之内建成年产能不少于5万套的氢燃料发动机系统生产基地；2年之内全市范围内推广不少于3000辆氢燃料整车，全省范围内推广不少于5000辆氢燃料整车。

■ 潍柴动力：燃油动力系统优秀供应商 巴拉德第一股东进军氢燃料电池

公司是国内综合实力最强的汽车及装备制造产业集团之一，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，部分产品在国内处于市场领先和主导地位，深得客户信赖。2016年公司进军氢燃料电池，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Ballard 19.9%的股份，成为其第一大股东。目前已经掌控氢燃料电池和固态氧化物燃料电池等新能源业务优质资源，有望推进国内氢燃料电池、中游电堆等环节的快速进步。

5. 风险提示

氢燃料电池政策不及预期；国内技术进步不及预期；国内企业量产进度不及预期。

研究员承诺

本人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，在执业过程中恪守独立诚信、勤勉尽职、谨慎客观、公平公正的原则，独立、客观地出具本报告。本报告反映了本人的研究观点，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接收到任何形式的报酬。

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。因本研究报告涉及股票相关内容，仅面向长城证券客户中的专业投资者及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者。若您并非上述类型的投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研究报告中的任何信息。

因此受限于访问权限的设置，若您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

免责声明

长城证券股份有限公司（以下简称长城证券）具备中国证监会批准的证券投资咨询业务资格。

本报告由长城证券向专业投资者客户及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者客户（以下统称客户）提供，除非另有说明，所有本报告的版权属于长城证券。未经长城证券事先书面授权许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布，亦不得作为诉讼、仲裁、传媒及任何单位或个人引用的证明或依据，不得用于未经允许的其它任何用途。如引用、刊发，需注明出处为长城证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

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投资标的的邀请或向他人作出邀请。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。

长城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。长城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。

长城证券版权所有并保留一切权利。

长城证券投资评级说明

公司评级：

强烈推荐——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅15%以上；
推荐——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅介于5%~15%之间；
中性——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅介于-5%~5%之间；
回避——预期未来6个月内股价相对行业指数跌幅5%以上

行业评级：

推荐——预期未来6个月内行业整体表现战胜市场；
中性——预期未来6个月内行业整体表现与市场同步；
回避——预期未来6个月内行业整体表现弱于市场

长城证券研究所

深圳办公地址：深圳市福田区深南大道6008号特区报业大厦17层

邮编：518034 传真：86-755-83516207

北京办公地址：北京市西城区西直门外大街112号阳光大厦8层

邮编：100044 传真：86-10-88366686

上海办公地址：上海市浦东新区世博馆路200号A座8层

邮编：200126 传真：021-31829681

网址：<http://www.cgws.com>