

# 政策持续加码，聚焦燃料电池行业投资机会

## ——燃料电池系列报告之一

✍️ : 王鹏 执业证书编号 S1230514080002 李俊莹 执业证书编号 S1230519010001  
 ☎️ : 021-80105904 021-80105903  
 ✉️ : wangpeng@stocke.com.cn lijunying@stocke.com.cn

### 报告导读

2019年两会期间，氢能首次被写入政府工作报告，同时多地出台相关促进政策，随着燃料电池进一步发酵，产业链环节迎来投资机会。

### 投资要点

#### □ 风起亚洲，燃料电池商业化大幕拉起

2019年以来，中日韩政府纷纷提出发展氢能的愿景。日韩发展氢能与其自身当前极高的能源对外依存度密切相关。根据世界银行数据，福岛事故后，日本能源自给率从2010年度的20%降至2015年度的7%左右，韩国电力自给率长期在20%左右。与日韩不同，我国能源存在结构性消纳问题，以风电为例，2018年全国弃风电量277亿千瓦时，弃风率达7%，氢能作为二次能源有望成为一种重要的输出载体。燃料电池行业有望在政府产业政策扶持下进入加速导入期。

#### □ 产业链分析：随着核心设备国产化，燃料电池普及

1) **上游原料端**：氢气和氧气是燃料电池的动力来源，其中氧气比较容易获得，主要是氢气的制取、储运及基础设施加氢站的建设。目前我国的加氢站数量与国外仍有较大差距(23/369)，主要阻碍是成本问题(压缩机与储氢设备)，核心设备仍依赖进口。

2) **中游燃料电池系统**：主要包括燃料电池电堆、空压机、水泵、氢泵、储氢器、加湿器以及部分装配配件，其中电堆是最核心的部分，在燃料电池中成本占比高达60%以上(随着量产占比会减小)。电堆又包括双极板、电解质、催化剂、气体扩散层。根据DOE预测，到2020年，80KW的车用燃料电池在年产50万辆的规模下，系统成本将降为45美元，其中电堆成本降为19美元。在燃料电池中价值量较高的环节包括：**系统集成、电堆、膜电极、空压机、储氢瓶**，目前国内在核心部件与国外差距仍较为显著，很多核心设备依赖进口，但目前很多国内企业都已处于研发阶段，少数企业已有设备投入运行，未来随着价值量高的环节设备逐步国产化，燃料电池的普及将大有可为。

#### □ 车用氢能市场空间测算

**氢气方面**：我们预测到2020年、2025年、2030年国内燃料电池汽车的氢气总需求为3.84万吨、13.64万吨和254.2万吨，对应行业空间为13.4亿元、40.9亿元、508.4亿元。**燃料电池方面**：根据美国能源局的技术路线图，标准80KW的燃料电池系统在产能分别为1000/50000/500000套的情境下，单KW成本分别为197/79/53美元，据此测算国际先进水平对应的市场空间分别为1/20/137亿元。

#### □ 投资建议

根据我们的测算，电堆、膜电极、空压机、储氢等核心零部件价值量最大，建议关注上市公司：**亿华通**(燃料电池系统)、**潍柴动力**(参股巴拉德，电堆供应商)、**大洋电机**(参股巴拉德，电堆供应商)、**雄韬股份**(氢燃料电池、加氢站)、**美锦能源**(参股广东鸿基，膜电极公司)、**雪人股份**(参股Hydrogenics，空压机)、**汉钟精机**(空压机)、**厚普股份**(加氢站)、**中集安瑞科**(氢储运、加氢站)

#### □ 风险提示 政府补贴不及预期、材料风险、技术风险

### 相关报告

报告撰写人: 王鹏

数据支持人: 陈逸凡, 李俊莹

## 正文目录

<b>1. 风起亚洲，燃料电池商业化大幕拉起</b>	<b>4</b>
1.1. 燃料电池将成氢能应用的发动机	4
1.2. 计划三倍提升能源自给率，日本通过氢能实现能源战略转型	7
1.3. 韩国发布氢能经济发展路线图，2025 年建成 10 万辆氢燃料车生产体系	8
1.4. 国内发展氢能既有现实基础，亦有政策愿景	9
<b>2. 上游原料端：制氢、储氢与加氢</b>	<b>11</b>
2.1. 制取：电解水制氢是趋势	11
2.2. 储运：高压气态储氢最常用，储氢材料是发展方向	12
2.3. 加氢站：燃料电池发展必备基础设施，长期降本依靠核心设备国产化	13
<b>3. 中游燃料电池系统：以车用燃料电池（PEMFC）为例</b>	<b>17</b>
3.1. 电堆：燃料电池的核心部件	17
3.2. 气体循环系统：主要部件包括空压机、氢气循环泵及储氢瓶	19
<b>4. 车用氢能市场空间测算</b>	<b>20</b>
4.1. 燃料电池汽车氢气需求测算	20
4.2. 车用燃料电池行业规模测算	20
<b>5. 产业链标的梳理</b>	<b>21</b>

## 图表目录

图 1: 燃料电池构成	4
图 2: 燃料电池构成	4
图 3: 燃料电池产业链	4
图 4: 燃料电池分下游出货数量（单位：千台套）	5
图 5: 燃料电池分下游出货规模（MW）	5
图 6: 2015-2020 年全球及中国市场燃料电池需求量及预测	6
图 7: 中国燃料电池汽车产量（辆）	6
图 8: 2016-2018 年工信部推荐目录中燃料电池数量	6
图 9: 燃料电池分种类出货数量（单位：千套）	6
图 10: 燃料电池分种类出货规模（MW）	6
图 11: 2011 年福岛核电事故后日本进口能源比重剧增	7
图 12: 2011 年起日本化石燃料占比快速提升	7
图 13: 韩国能源对外依赖度较高	9
图 14: 韩国替代能源和核电用电量提升较慢	9
图 15: 我国能源自给率较高（万吨标准煤）	9
图 16: 我国风电弃风问题长期存在（亿千瓦时）	9
图 17: 中国汽车工程学会对燃料电池汽车的发展规划	10

图 18: 全球制氢来源 .....	11
图 19: 不同制氢方法制氢成本对比 .....	11
图 20: 截至 2018 年底加氢站数量按地区分布 .....	13
图 21: 截至 2018 年底加氢站数量按国家分布 .....	13
图 22: 主要国家加氢站短期规划概况 .....	13
图 23: 全球及各地区加氢站分布图 .....	14
图 24: 加氢站主要设备 .....	15
图 25: 200kg 日加氢能力加氢站成本分布 .....	15
图 26: 中国燃料电池产业区域竞争格局 .....	16
图 27: 燃料电池成本构成 .....	17
表 1: 不同燃料电池对比 .....	5
表 2: 不同燃料电池对比 .....	7
表 3: 韩国氢能产业发展规划 .....	8
表 4: 2019 年以来燃料电池发展受到政府频频关注 .....	9
表 5: 北上广三地 2020 年燃料电池汽车推广目标可达 9000 辆 .....	10
表 6: 制氢方法对比 .....	11
表 7: 储氢技术对比 .....	12
表 8: 各国加氢站规划 (中国客车网数据) .....	14
表 9: 我国正在运营的加氢站统计 .....	14
表 10: 佛山市南海区加氢站补贴标准 .....	16
表 11: 2020 年双极板单位成本可下降 57% .....	18
表 12: 我国电堆部件研发目标部分提前达成, 与国外仍有差距 .....	19
表 13: 国内燃料电池汽车氢气需求空间测算 (亿元) .....	20
表 14: 燃料电池系统市场空间测算 (亿元) .....	21
表 15: 燃料电池产业链标的梳理 .....	21

# 1. 风起亚洲，燃料电池商业化大幕拉起

## 1.1. 燃料电池将成氢能应用的发动机

燃料电池是一种把燃料所具有的化学能直接转换成电能的化学装置，是发电装置而非储能装置。燃料电池是继水力发电、热能发电和原子能发电之后的第四种发电技术。与锂电池不同，燃料电池没有储能功能，本质上只是一个能量转换器，更像是一台发电机。它的工作原理是：氢气通入阳极（负极），在催化剂的作用下被氧化成氢离子（质子）和电子，氢离子通过质子交换膜达到阴极（正极），和氧气结合生成水，而电子只能在电场的作用下通过外电路达到阴极，连续不断地反应就产生了电流。

燃料电池发电效率高、无噪声、污染小，是最有发展前途的发电技术。与传统发电方式不同，燃料电池有自己的特殊性：**1）效率高**，通过电化学反应把燃料的化学能（吉布斯自由能）直接转换成电能，不受卡诺循环效应的限制，效率很高；**2）污染小**，燃料电池用燃料和氧气作为反应物，有害气体(SOX,NOX)的排放量极少；**3）无噪声**，没有机械传动部件，故没有噪声污染。从节约能源和保护生态环境的角度来看，燃料电池是最有发展前途的发电技术。

图 1：燃料电池构成

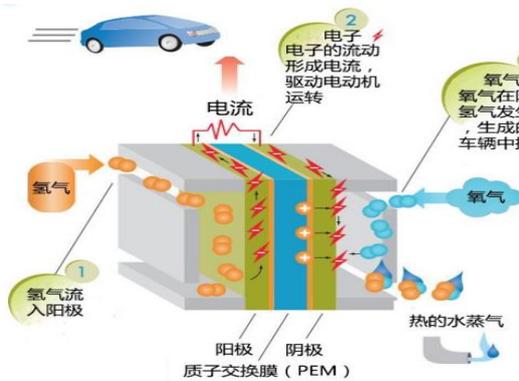
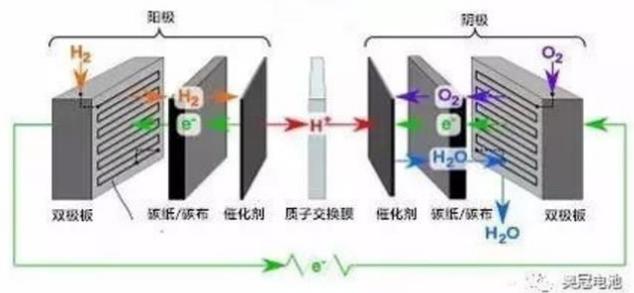


图 2：燃料电池构成



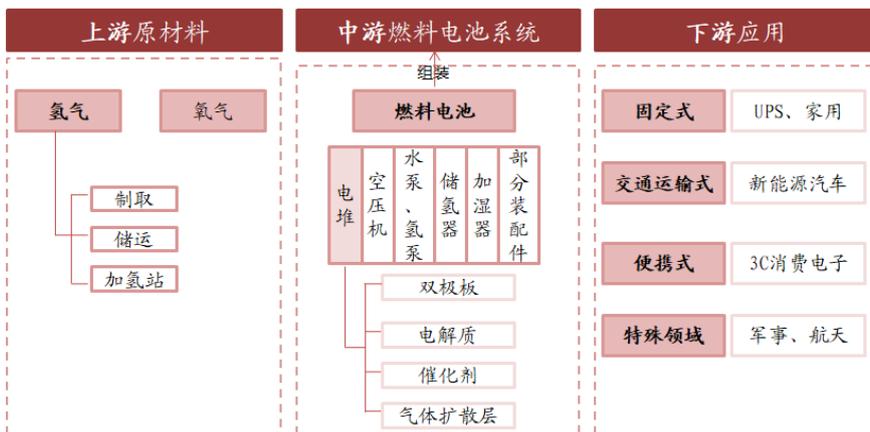
资料来源：百度图片，浙商证券研究所

资料来源：奥冠电池，浙商证券研究所

结合燃料电池的构成及工作原理，燃料电池产业链主要包括上游原料、中游燃料电池系统和下游应用。

- 1) 上游原料端：氢气和氧气是燃料电池的动力来源，其中氧气比较容易获得，主要是氢气的制取、储存和运输。
- 2) 中游燃料电池系统：主要包括燃料电池电堆、空压机、水泵、氢泵、储氢器、加湿器以及部分装配配件，其中电堆是最核心的部分，在燃料电池中成本占比高达 60%以上。电堆又包括双极板、电解质、催化剂、气体扩散层。
- 3) 下游应用：主要包括固定发电、交通运输、便携式电子以及包含军事、航天在内的特殊领域。

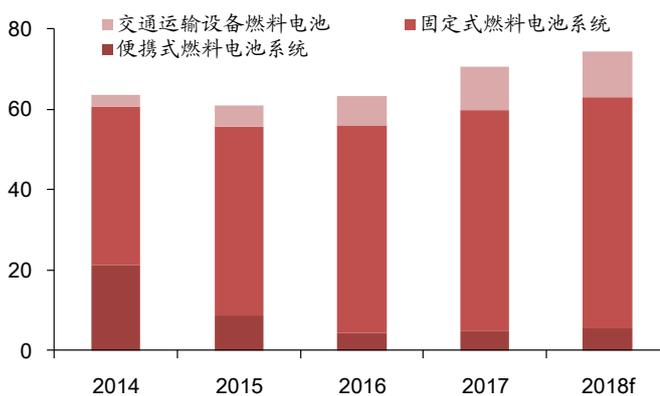
图 3：燃料电池产业链



资料来源：浙商证券研究所

全球燃料电池市场规模巨大，其中交通运输设备燃料电池将成为未来增长主力。按照应用场景的不同，燃料电池可分为便携式燃料电池、固定式燃料电池和交通运输设备燃料电池。其中便携式燃料电池应用于 3C 消费电子、辅助装置系统及无人机等领域，固定式燃料电池多应用于 UPS、家用热电联产设备及边防发电装置，交通运输设备燃料电池主要应用于新能源汽车领域。根据日本富士经济预测，2025 年全球燃料电池系统市场规模将增至 3281 亿元，其中便携式燃料电池系统市场规模将达 20 亿元，固定式燃料电池系统市场规模将达 1419 亿元，交通运输设备燃料电池市场规模将达 1842 亿元。2017 年便携式燃料电池系统出货量约 0.5 万台套，占比为 7.09%，出货规模为 0.6MW，占比 0.09%；固定式燃料电池系统出货量约 5 万台套，占比达 76.7%，出货规模为 222.3MW，占比为 33.75%；交通运输设备燃料电池系统出货量约 1.06 万台套，占比约 15.04%，出货规模为 435.7MW，占比为 66.16%。

图 4：燃料电池分下游出货数量（单位：千台套）



资料来源：E4tech，浙商证券研究所

图 5：燃料电池分下游出货规模（MW）



资料来源：E4tech，浙商证券研究所

表 1：不同燃料电池对比

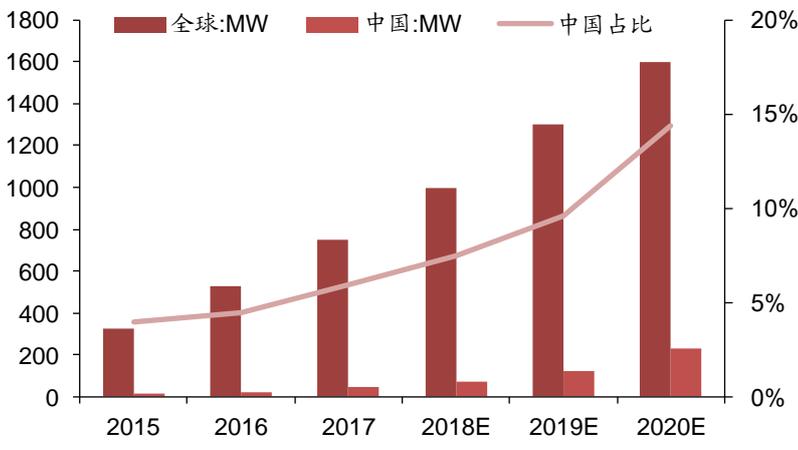
	便携式	固定式	交通运输式
定义	包括小型辅助动力装置(apu)在内的可移动性装置	提供电力(有时也提供热量)的非移动性装置	为车辆提供推进动力或范围扩展的装置
功率范围	1 W to 20 kW	0.5 kW to 2 MW	1 kW to 300 kW
技术	质子交换膜燃料电池 (PEMFC) 直接甲醇燃料电池(DMFC) 固体氧化物燃料电池(SOFC)	质子交换膜燃料电池(PEMFC) 熔融碳酸盐燃料电池 (MCFC) 碱性燃料电池(AFC) 固体氧化物燃料电池(SOFC) 磷酸燃料电池(PAFC)	质子交换膜燃料电池(PEMFC) 直接甲醇燃料电池(DMFC)
举例	1.小型移动式辅助动力装置(露营车,船只,照明) 2.军事应用(便携式军用电源、橇装发电机) 3.便携式产品(手电筒,电池充电器),小型个人电子产品(mp3 播放器,相机)	1.大型固定式原动力及热电联产(CHP) 2.小型固定热点联合 3.不间断电源(UPS) 4.大型永久辅助动力装置(例如货车及船只)	1.物料搬运车辆 2.燃料电池电动汽车(FCEV) 3.卡车和公交车 4.轨道车辆 5.自动驾驶车辆(水陆空)

资料来源：E4tech，浙商证券研究所

中国燃料电池需求量快速增长，预计未来将成为全球主要的燃料电池生产和销售国。根据 EVTank 联合伊维经济研究院发布的《中国燃料电池产业发展白皮书(2018)》，数据显示 2017 年中国市场燃料电池实际需求达到 44.7MW，同比增长 90.2%，主要由于汽车领域对燃料电池需求量的暴增。2017 年中国燃料电池汽车产量由 2015 年的 10 辆增加到 2018 年 1528 辆，而固定式和便携式领域燃料电池在中国市场的需求量进展缓慢。根据 EVTank 预测，随着中国

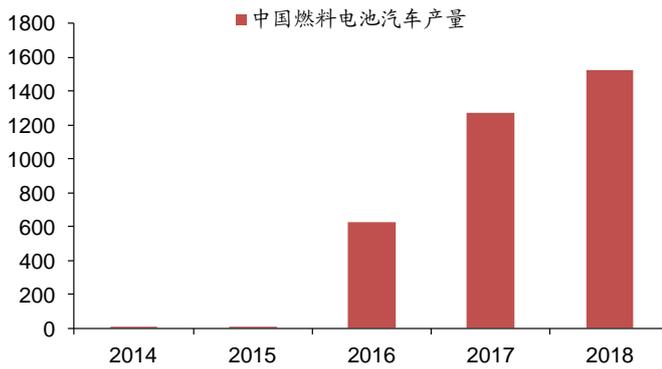
燃料电池汽车市场的快速增长，2020年中国市场燃料电池的需求量将达到230.0MW，占全球的市场的比重由2015年的3.9%上升到14.4%。届时，中国将成为全球主要的燃料电池生产和销售国。

图 6：2015-2020 年全球及中国市场燃料电池需求量及预测



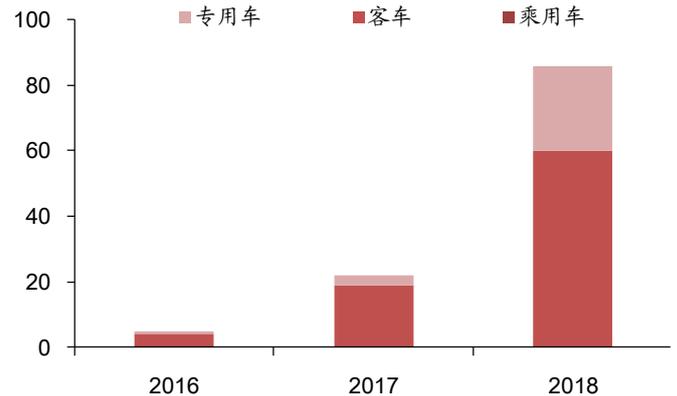
资料来源：EVTank，浙商证券研究所

图 7：中国燃料电池汽车产量（辆）



资料来源：中汽协，浙商证券研究所

图 8：2016-2018 年工信部推荐目录中燃料电池数量

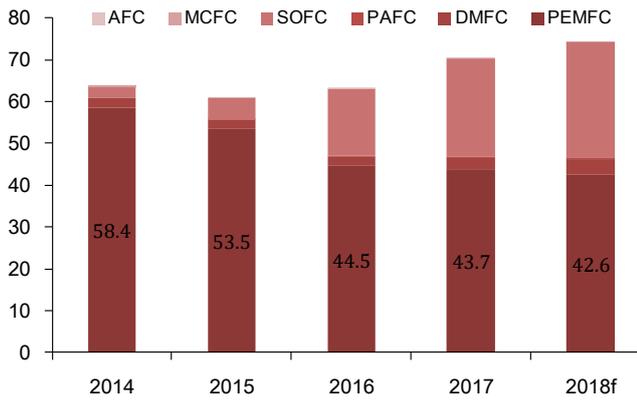


资料来源：工信部，浙商证券研究所

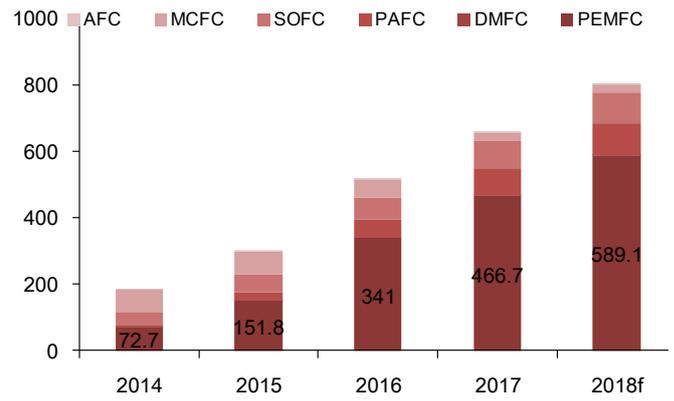
从燃料电池种类来看，质子交换膜燃料电池（PEMFC）应用最为广泛。根据电解质的不同，燃料电池一般分为碱性燃料电池(AFC)、磷酸燃料电池(PAFC)、熔融碳酸盐电池(MCFC)、固体氧化物燃料电池(SOFC)、质子交换膜燃料电池(PEMFC)等五大类。其中前三种类型工作温度不大于200℃，又称低温燃料电池，MCFC和SOFC的工作温度大于650℃，叫做高温燃料电池。质子交换膜燃料电池（PEMFC）出货数量与出货规模绝对领先，是目前应用前景最广阔的燃料电池技术。PEMFC运行温度低于120℃，启动时间短，结构简单，尤其适用于汽车等交通工具，是未来发展最快的燃料电池技术。PEMFC的不足在于技术难度较大，需使用铂作为催化剂，因此生产成本较高。2017年，PEMFC出货数量4.37万台套，占比62%，出货规模466.7MW，占比71%，出货数量与出货规模绝对领先，应用最为广泛。

图 9：燃料电池分种类出货数量（单位：千套）

图 10：燃料电池分种类出货规模（MW）



资料来源：E4tech，浙商证券研究所



资料来源：E4tech，浙商证券研究所

表 2：不同燃料电池对比

类型	质子交换膜燃料电池 (PEMFC)	碱性燃料电池 (AFC)	磷酸盐型燃料电池 (PAFC)	碳酸盐型燃料电池 (MCFC)	固体氧化物型燃料电池 (SOFC)
燃料	氢气、甲醇	纯氢	氢气	氢气、煤气、天然气、沼气等	氢气、煤气、天然气、沼气等
氧化剂	空气、氧气	纯氧	空气、氧气	空气、氧气	空气、氧气
电解质	聚合物膜	氢氧化钾	磷酸盐基质	碳酸锂、碳酸钠、碳酸基质	稳定氧化锆等薄膜或薄板
催化剂	铂	无	铂	无	无
工作温度	80-100°C	90-100°C	190-200°C	600-700°C	700-1000°C
水管理	蒸发排水+动力排水	蒸发排水	蒸发排水	气态水	气态水
发电效率	固定式 35% 运输 60%	60%	40%	45%-50%	60%
发电能力	1kw-2mw	10-100kw	1kw-100kw	100-400kw	300kw-3mw
用途	备用电源、移动电源、分布式发电、运输、特种车辆	太空、军事	分布式发电	分布式发电、电力公司	辅助电源、电力公司、分布式发电

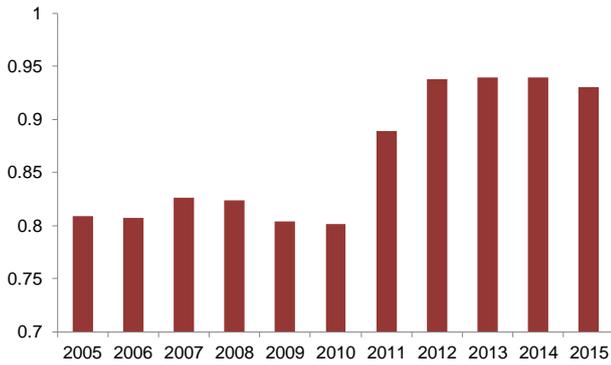
资料来源：公开资料，浙商证券研究所

## 1.2. 计划三倍提升能源自给率，日本通过氢能实现能源战略转型

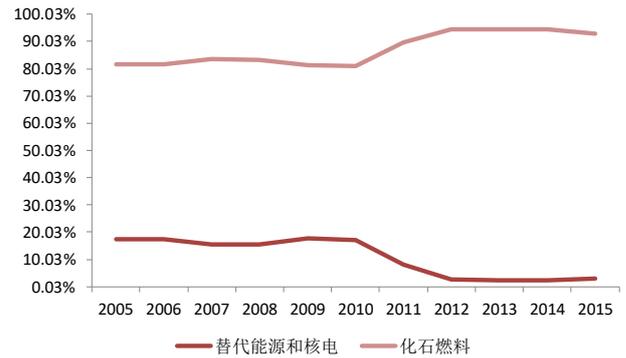
2018 年日本经济产业省公布了第五期《能源基本计划》，提出了面向 2030 年及 2050 年的能源中长期发展战略，未来发展方向是压缩核电发展，降低化石能源依赖度，举政府之力加快发展可再生能源，推进日本能源转型。日本的能源资源严重依赖于海外供给，存在着相当程度的国家能源风险。由于 2011 年的事故导致核电发展停滞等情况恶化，日本能源自给率从 2010 年度的 20% 降至 2015 年度的 7% 左右。目前来看日本电能难以作为能源供应的主力，氢能作为日本作为一种清洁的二次能源，构建完成氢能制备、储存、运输和利用的国际产业链，对于日本有很高的战略价值。因此，日本积极推进氢燃料发电、氢燃料汽车发展，推进“氢能社会”的构建。

图 11：2011 年福岛核事故后日本进口能源比重剧增

图 12：2011 年起日本化石燃料占比快速提升



资料来源：世界银行，浙商证券研究所



资料来源：世界银行，浙商证券研究所

日本面向 2030 年发展规划是一个具体的、可预见的行动纲领，依靠现有的人才、技术创新、基础设施完善和系统开发，设定了明确的发展目标：

- 削减能耗：到 2030 年能耗总量要削减 0.5 亿千升油当量，2016 年度能耗总量已削减 880 万千升油当量；
- 零排放电力比例：2016 年度的数据约为 16%（可再生能源 15%，核能为 2%）。到 2030 年实现零排放电力占比 44% 的目标，其中可再生能源发电在总发电量中占比要提升至 22%~24%，核电占比将要降至 20%~22%，化石燃料电力占比减少至 56%；
- 二氧化碳排放量：2016 年度为 11.3 亿吨，到 2030 年要削减至 9.3 亿吨；
- 电力成本：2013 年电力支出 9.7 万亿日元，2030 年要削减到约 9.2-9.5 万亿日元；
- 能源自给率：2016 年为 8%，2030 年要达到 24%。

### 1.3. 韩国发布氢能经济发展路线图，2025 年建成 10 万辆氢燃料车生产体系

2019 年 1 月，韩国政府发布“氢能经济发展路线图”，计划到 2025 年建成 10 万辆氢燃料车生产体系。具体来看，根据该路线图，韩国政府计划到 2019 年底，在国内普及 4000 辆以上氢燃料电池汽车；到 2025 年，建立年产量 10 万辆氢燃料电池汽车的生产体系；到 2040 年，将分阶段生产 620 万辆氢燃料电池汽车。其中，韩国政府计划在公共交通领域普及氢燃料电池汽车，力争到 2022 年有 2000 辆、到 2040 年有 4 万辆氢燃料电池公交车投入使用。此外，到 2021 年，韩国警方将用氢燃料电池汽车替换 820 辆警务大巴。

表 3：韩国氢能产业发展规划

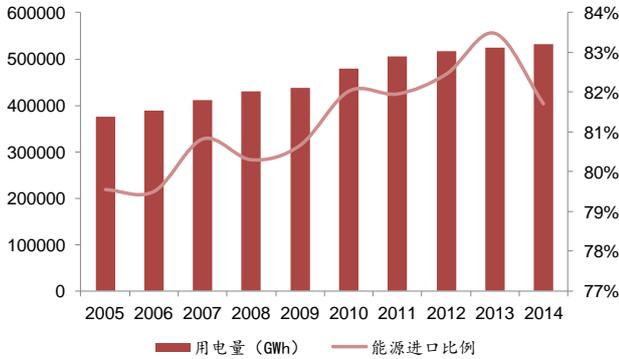
	2018	2019E	2022E	2030E	2040E
氢能源汽车（保有量）	2000	4000	81000	1800000	6200000
其中：公交车		35	2000		41000
出租车					80000
卡车					30000
加氢站	14	86	310		1200
发电量（GW）					15

资料来源：新华网，浙商证券研究所

韩国能源对外依赖度较高，因而大力发展替代能源，但提升速度较慢。韩国能源结构与日本类似，长期依靠进口能源，能源安全问题较为突出。根据世界银行数据，韩国近年用电量稳步上升，同时能源对外依赖度也不断提升，2005 年能源进口比例为 79.55%，至 2014 年提升近 82%，期间能源对外依赖一度超过 83%。因此，韩国政府希望大幅提

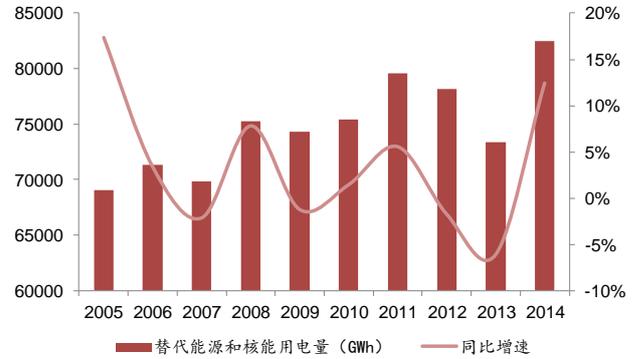
升替代能源的使用水平，例如 2009 年在首尔计划推广氢燃料电池的使用，提出到 2020 年使氢燃料电池的使用量占首尔全部替代能源使用量的 30%。数据显示，2009 年以来，韩国替代能源和核电用电量增长并不快，至 2014 年仅占全国用电量的 15.5%，较 2009 年的 16.5% 反倒有所降低。

图 13：韩国能源对外依赖度较高



资料来源：世界银行，浙商证券研究所

图 14：韩国替代能源和核电用电量提升较慢



资料来源：世界银行，浙商证券研究所

#### 1.4. 国内发展氢能既有现实基础，亦有政策愿景

氢能建设有关内容首次写入政府工作报告，行业发展受到政府关注。3 月 19 日国务院在今年的政府工作报告中提出“推进充电、加氢等设施建设”，此后燃料电池行业频频受到有关部门的关注。此后在 2019 年的新能源补贴政策中，燃料电池相关政策也被明确将被另行制定，且地方补贴也可持续，而非像锂电池汽车一样取消。4 月 23 日，工信部新闻发言人亦表态将联合有关部门开展氢燃料电池汽车的示范运行。我们认为，燃料电池行业在导入期受到政府支持，将有利于行业突破原有的政策桎梏，并在技术研发、市场开拓上获得助力。

表 4：2019 年以来燃料电池发展受到政府频频关注

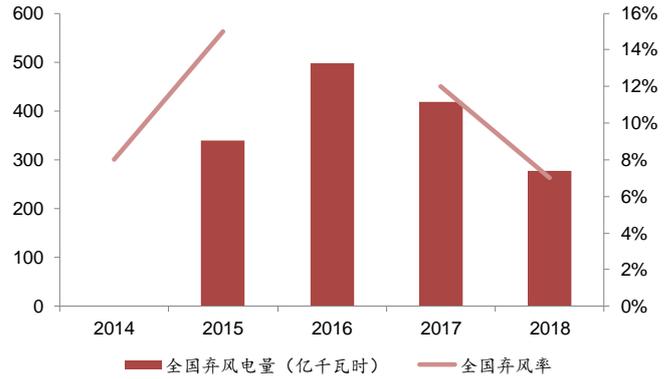
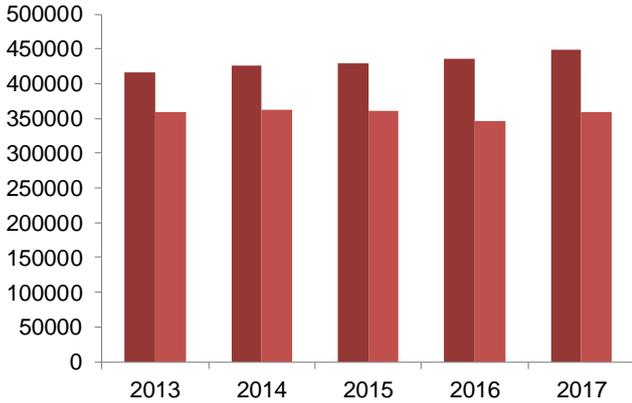
时间	相关部门	有关内容
4.23	工信部	新闻发言人、运行运行监测协调局局长黄利斌公开表态，工信部将联合有关部门开展示范运行，破解氢燃料电池汽车产业化、商业化难题，大力推进我国氢能及燃料电池汽车产业的创新发展。
4.16	中国科协	科协主席万钢表示，燃料电池结构下面，内燃机可以保持在最佳的工作状态，能够延长它的寿命，同时提高它的效率。在远程公交、上班出租、城市物流、长途运输这些交通方式，使用燃料电池汽车，具有清洁、零排放、续驶里程、加注时间短的特点，是适应市场需求的最佳选择。
3.26	财政部	2019 年新能源汽车补贴政策指出，燃料电池相关政策后续将单独推出，且地方补贴仍可持续
3.19	国务院	2019 年政府工作报告中提出“推进充电、加氢等设施建设”。

资料来源：中国政府网，Ofweek，浙商证券研究所

我国能源自给率较高，存在结构性能源消纳问题。与日韩面临的能源自给困境不同，我国能源自给率较高。根据国家能源局，2017 年全国能源消费总量为 44.9 亿吨标准煤，能源生产总量为 35.9 亿吨标准煤，能源自给率接近 80%。与此同时，我国还有结构性的能源消纳问题。以风电为例，2018 年全国弃风电量 277 亿千瓦时，弃风率达 7%，2016 年全国弃风电量甚至高达 497 亿千瓦时，仅弃风部分就可满足韩国 10% 的用电量。因此，我国能源生产在结构上存在输出的需求，氢能作为二次能源有望成为一种重要的载体。

图 15：我国能源自给率较高（万吨标准煤）

图 16：我国风电弃风问题长期存在（亿千瓦时）



资料来源：国家能源局，浙商证券研究所

资料来源：国家能源局，浙商证券研究所

我国在汽车工业上选择新能源汽车作为技术追赶的快速路线，燃料电池车将成为锂电池汽车的良好补充。我国在锂电池汽车规模上已经取得 120 万年销量的成果，未来燃料电池车可对锂电池车形成良好补充，应用于长距离、大牵引力等需求场景。2017 年 11 月，中国汽车工程学会发布《节能与新能源汽车技术路线图》，明确了中国燃料电池汽车的发展目标——2020、2025 和 2030 年燃料电池车目标保有量分别为 5000 辆、5 万辆和百万辆。

图 17：中国汽车工程学会对燃料电池汽车的发展规划

发展目标	技术路径	发展重点																		
2020年到2030年逐步由示范运行向大规模推广应用发展。 > 燃料电池车发展规模： <table border="1"> <tr> <th>2020年</th> <th>2025年</th> <th>2030年</th> </tr> <tr> <td>5000辆</td> <td>5万辆</td> <td>百万辆</td> </tr> </table> > 燃料电池堆比功率 (kW/kg) <table border="1"> <tr> <th>2020年</th> <th>2025年</th> <th>2030年</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2.5</td> <td>2.5</td> </tr> </table> > 燃料电池堆耐久性 (小时) <table border="1"> <tr> <th>2020年</th> <th>2025年</th> <th>2030年</th> </tr> <tr> <td>5000</td> <td>6000</td> <td>8000</td> </tr> </table>	2020年	2025年	2030年	5000辆	5万辆	百万辆	2020年	2025年	2030年	2	2.5	2.5	2020年	2025年	2030年	5000	6000	8000	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料电池关键材料技术</li> <li>电堆技术</li> <li>系统集成与控制技术</li> <li>动力系统开发技术</li> <li>燃料电池汽车的设计与集成技术</li> <li>提高功率密度</li> <li>提高耐久性</li> <li>降低成本</li> <li>提高载氢安全</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新型燃料电池核心材料</li> <li>先进燃料电池电堆</li> <li>关键辅助系统零部件技术</li> <li>高性能燃料电池系统</li> <li>混合型燃料电池动力系统</li> <li>制氢运氢储氢及加氢基础设施</li> </ul>
2020年	2025年	2030年																		
5000辆	5万辆	百万辆																		
2020年	2025年	2030年																		
2	2.5	2.5																		
2020年	2025年	2030年																		
5000	6000	8000																		

资料来源：中国汽车工程学会，浙商证券研究所

各地政府出台规划，仅北上广三地 2020 年燃料电池汽车推广目标可达 9000 辆。根据北京、上海、广东三地规划，至 2020 年将分别实现运行规模 3000 辆、5000 辆和超千辆。另外，根据财政部发布的《2019 年新能源汽车推广补贴政策》，燃料电池汽车的补贴标准上半年将为 2018 年的 80%，对应乘用车补贴标准为 16 万元/辆，轻型客车 24 万元/辆，大中型客车 40 万元/辆，后续还将出台专门政策。

表 5：北上广三地 2020 年燃料电池汽车推广目标可达 9000 辆

地区	相关规划
上海市	根据《上海市燃料电池汽车发展规划》，2017-2020：建设加氢站 5-10 座、乘用车示范区 2 个，运行规模达到 3000 辆，积极推动燃料电池公交、物流等车辆试点；2021-2025：建成加氢站 50 座，乘用车不少于 2 万辆、其它特种车辆不少于 1 万辆。
北京市	根据《北京市“十三五”时期节能降耗及应对气候变化规划》，到 2020 年，北京市燃料电池汽车推

	广要达到 5000 辆。
广东省	佛山和云浮预计在 2019 年投入使用 10 座加氢站，力争实现千辆氢能公交车示范运营项目。到 2025 年，南海区推广燃料电池叉车 5,000 辆，燃料电池乘用车 10,000 辆，燃料电池客车 5,000 辆。

资料来源：政府官网，浙商证券研究所

## 2. 上游原料端：制氢、储氢与加氢

氢气和氧气是燃料电池的动力来源，其中氧气比较容易获得，主要是氢气的制取、储存和运输。

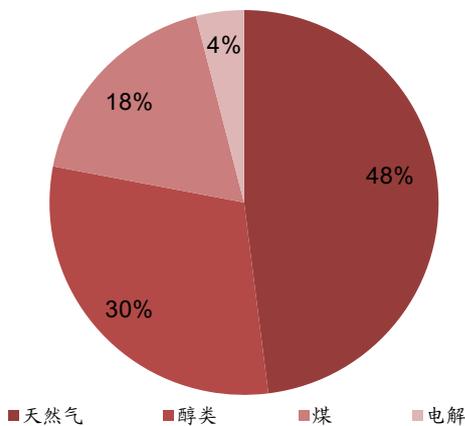
### 2.1. 制取：电解水制氢是趋势

目前工业制氢主要有几种方法：1) 采用化石燃料制取氢气（天然气为主）；2) 从化工副产物中提取氢气（焦炉气为主）；3) 采用来自生物的甲醇甲烷制取氢气，4) 利用太阳能、风能等自然能量进行水的电解。

从全球制氢来源来看，以天然气为主，电解水最少。目前天然气制氢占比高达 48%，醇类制氢占比为 30%，煤制氢占比约为 18%，电解水制氢最少，仅为 4%。

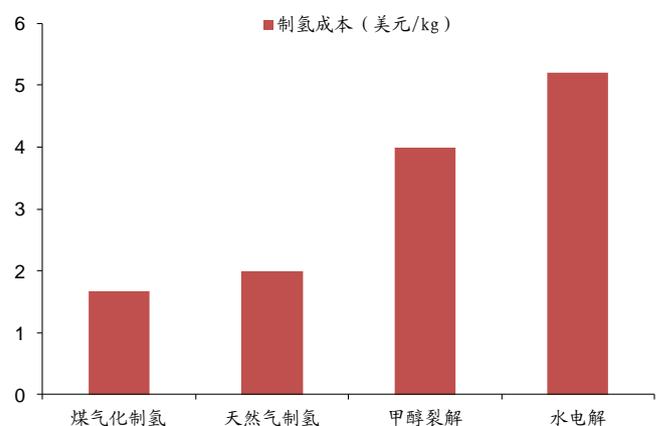
从经济性角度，制氢的成本很大程度上取决于原料的成本，目前煤气化制氢成本最低，电解水成本最高。根据上海国际能源创新中心的数据，目前煤气化制氢的成本最低，为 1.67 美元每千克，其次是天然气制氢，为 2.00 美元每千克，甲醇裂解 3.99 美元每千克，成本最高的是水电解，达到 5.20 美元每千克。相对于石油售价，煤气化和天然气重整已有利润空间，而电解水制氢成本仍居高不下。

图 18：全球制氢来源



资料来源：IRENA，浙商证券研究所

图 19：不同制氢方法制氢成本对比



资料来源：上海国际能源创新中心，浙商证券研究所

目前来看，若制氢装置附近天然气、焦炉气资源丰富，则天然气、焦炉气制氢为首选，甲醇裂解制氢适用于间断性、补充性的氢气制造。天然气、焦炉气均适用于大规模制氢，成本相对较低，且技术相对成熟，如果用氢装置附近有丰富的焦炉气资源或天然气资源，则为优选方案。根据我国燃料电池车用氢气的实践看，焦炉气制氢目前是首选。甲醇裂解制氢的成本波动性大，制氢规模小，但装置成本低，因此适用于间断性、补充性的氢气制造。

从可持续性角度，未来电解水制氢将是趋势。用化石燃料制取氢气对资源的依赖较强，不可持续，不能解决能源和环境的根本矛盾，并且碳排放量高，对环境不友好。而电解水制氢是可持续和低污染的，未来随着技术的推进，新能源发电的进一步推广及规模化效应，电解水制氢。

表 6：制氢方法对比

制氢工艺	具体方法	特点
------	------	----

<b>化石燃料制氢</b>	是传统的制氢方法，一般用于制氢的化石燃料是天然气。天然气制氢的过程是：在一定的压力和一定的高温及催化剂作用下，天然气中烷烃和水蒸汽发生化学反应。转化气经过沸锅换热、进入变换炉使 CO 变换成 H <sub>2</sub> 和 CO <sub>2</sub> 。再经过换热、冷凝、汽水分离，通过程序控制将气体依序通过装有 3 种特定吸附剂的吸附塔，由变压吸附（PSA）升压吸附 N <sub>2</sub> 、CO、CH <sub>4</sub> 、CO <sub>2</sub> ，提取产品氢气。	成本低，适用于大规模制氢，但受限于原料的供应，并且具有污染性。
<b>工业副产物制氢</b>	采用变压吸附的工艺，从炼焦行业副产的焦炉气中提取纯氢。其基本原理是利用固体吸附剂对气体的吸附具有选择性，以及气体在吸附剂上的吸附量随其分压的降低而减少的特性，实现气体混合物的分离和吸附剂的再生，达到提纯制氢的目的	成本低，适用于大规模制氢，但受限于原料的供应，并且具有污染性。
<b>生物原料制氢</b>	甲醇裂解制氢的工艺过程是甲醇和除盐水按一定的配比混合，加热至 270°C 左右的混合物蒸汽，在催化剂（Cu-Zn-Al）或者（Cu-Zn-Cr）的作用下，发生催化裂解和转化反应	投资低、建成快、无污染等特点，并且甲醇作为原料可以更为灵活，但甲醇裂解制氢难以进行大规模的制氢。
<b>水电解</b>	传统的电解水法	能耗过高成本高，但具有可持续和低污染，随着电价下降和技术发展、规模化效应，电解水产业即将兴起。

资料来源：中国电池网等公开资料，浙商证券研究所整理

## 2.2. 储运：高压气态储氢最常用，储氢材料是发展方向

氢气的储运需经过压缩液化处理，压缩后压强极大易爆炸，因此高密度储存氢气至关重要。氢气的质量能量密度高，约是汽油的 3 倍，但体积能量密度很低，氢是所有元素中最轻的，在常温常压下为气态，密度仅为 0.0899kg/m<sup>3</sup>，是水的万分之一。因此氢气的储运需要经过压缩、液化等方法处理。压缩后的氢气压强可达大气压的数百倍，容易爆炸，因此氢气的高密度储存至关重要。

目前主要有三种储氢方法，高压气态储氢最常用且较成熟，低温液态储氢密度高但成本高，储氢材料储氢最具潜力。目前储氢方法主要分为低温液态储氢、高压气态储氢、储氢材料储氢三种。**1) 高压气态储氢：**是目前最常用并且发展比较成熟的储氢技术，其储存方式是采用高压将氢气压缩到一个耐高压的容器里。目前所使用的容器是钢瓶，它的优点是结构简单、压缩氢气制备能耗低、充装和排放速度快。但是存在泄露爆炸隐患，安全性能较差。**2) 液态氢储运：**简单安全体积占比小，不过气态氢转换成液态氢不经济，仅适用于不太计较成本问题且短时间内需迅速耗氢的航天航空领域。**3) 储氢材料储氢：**是利用氢气与储氢材料之间发生物理或者化学变化从而转化为固溶体或者氢化物的形式来进行氢气储存的一种储氢方式。储氢材料最大的优势是储氢体积密度大，相同质量的氢气用储氢材料储存占用空间最少，但是实际中存在吸放氢条件苛刻、容易发生副反应、成本高等问题，短时间内无法大规模应用，是未来储氢技术的发展方向，也是最具发展潜力的一种储氢方式。

**表 7：储氢技术对比**

储氢技术		储氢密度	优点	缺点	应用场景
高压气态储氢	一型：钢瓶	7.1g/L(12-15MPa)	成本低，能耗低，充放氢速度快，发展最成熟	体积储氢密度低（DOE 目标 70g/L）	固定式、车载、散装货运储氢
	二型：纤维环向缠绕钢瓶	14.9g/L(35MPa)			
	三型：金属内胆纤维全缠绕复合材料气瓶	40-70MPa			
	四型：全复合轻质纤维缠绕储气罐	39g/L(70MPa)			

低温液态储氢	70g/L	储氢密度高，纯度高	液化过程耗能大，成本高，易挥发	航天航空
储氢材料储氢	氢阳能源有机液体储氢（常温常压） 58g/L	储氢密度高，储运方便	成本高，吸放氢条件限制，容易发生副反应	研究阶段，未来发展方向

资料来源：氢云链，浙商证券研究所

国内外车载储氢技术差距的关键在于储氢罐材料，我国正处于研发阶段。目前国外车载储氢罐压强已经达到70MPa，质量储氢密度达到5.7%，相应的氢燃料电池汽车最高续航里程可达600公里；而国内车载储氢罐的压强普遍为35MPa，质量储氢密度在3%左右，相应的续航里程约为400公里。差距的关键主要在于储氢罐材料。目前国内储氢罐多是金属内胆，技术升级方向是“全复合轻质纤维缠绕储氢罐”。“全复合轻质纤维缠绕储氢罐”重量更轻、抗冲击能力更强，是未来氢燃料电池汽车的储氢技术的方向。目前只有日本丰田公司和挪威Hexagon公司的全复合纤维缠绕储氢罐进入商业化阶段，其他国家还尚未完全进入商业化阶段。

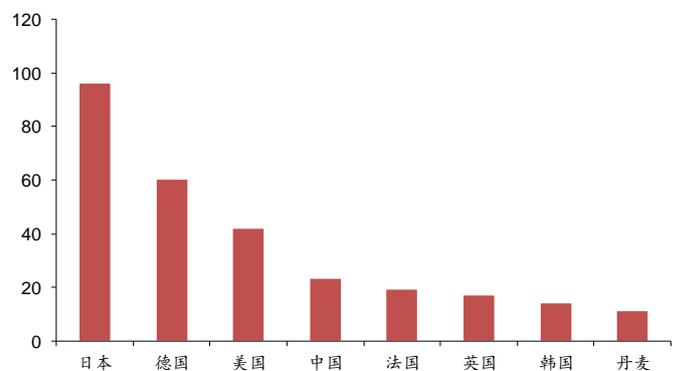
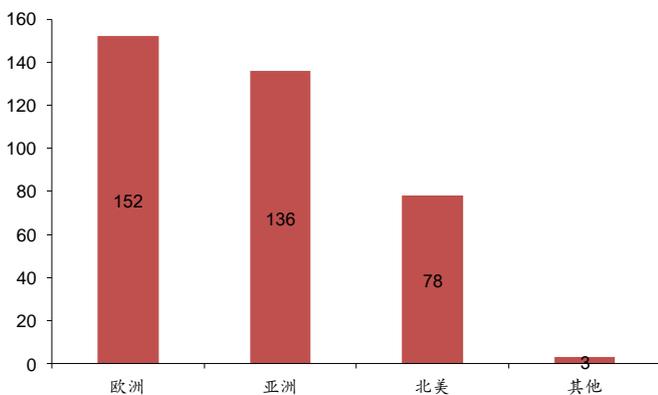
从运输来看，目前管道运输与特殊车辆运输是性价比较高的两种储运方式。不同的储运方式，运输成本有所不同。如气氢拖车是未来一段时间内的主要运输方式。以200Km运输距离和每天10吨的运输规模来看，成本可达到2.02元/Kg；管道运输运营成本低，运输规模庞大，但投资成本高，且只能点对点，难以成为主流；液氢罐车是未来的重要方向，运输能力是气氢拖车的10倍以上，成本随规模上升而下降。

### 2.3. 加氢站：燃料电池发展必备基础设施，长期降本依靠核心设备国产化

加氢站是氢燃料电池汽车发展的必要前提条件之一，为燃料电池的发展提供基础设施，我国的加氢站数量正快速追赶，2018全球排名第四。近日Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (LBST) 和TüV SüD共同运营的H2stations.org网站发布了第十一次全球加氢站年度评估报告，数据显示，2018年全球加氢站新增48座，截止到2018年底，全球加氢站数目达到369座。分地区来看，欧洲最多：欧洲152座，亚洲136座，北美78座。在全部369座加氢站中，有273座对外开放，可以像任何传统的零售站一样使用；其余的站点则为封闭用户群提供服务，比如公共汽车或车队用户。分国家来看，日、德、美前三，中国第四。全球拥有10座加氢站以上的国家分别是日本（96座）、德国（60座）、美国（42座）、中国（23座）、法国（19座）、英国（17座）、韩国（14座）、丹麦（11座）。其中日本、德国和美国加氢站共有198座，占全球总数的54%，显示出三国在氢能与燃料电池技术领域的快速发展及绝对领先地位。从主要国家短期规划来看，德国将成全球第二大加氢站基础设施国家，在中国由各省初步规划的加氢站正在快速增长。

图 20：截至 2018 年底加氢站数量按地区分布

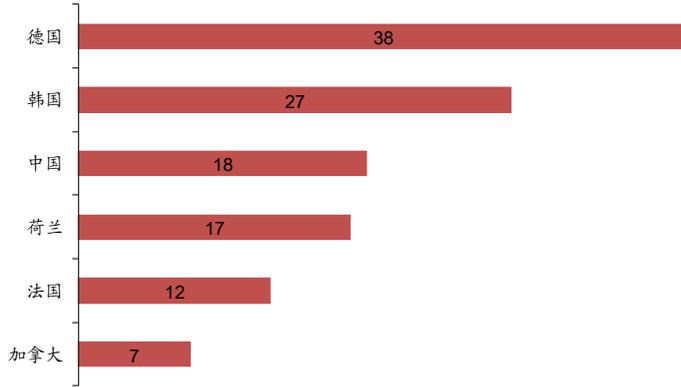
图 21：截至 2018 年底加氢站数量按国家分布



资料来源：H2station，浙商证券研究所

资料来源：H2station，浙商证券研究所

### 图 22：主要国家加氢站短期规划概况



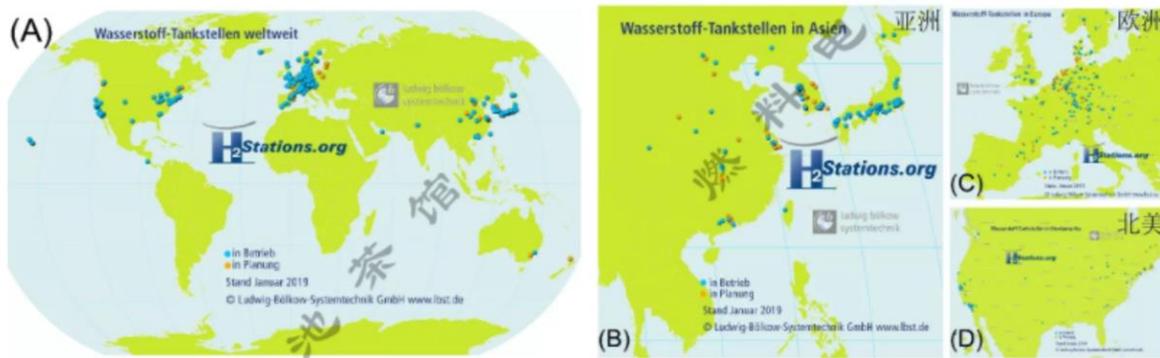
资料来源: H2station, 浙商证券研究所

表 8: 各国加氢站规划 (中国客车网数据)

类别	美国	日本	德国	中国	韩国
运营数量	42 座	96 座	60 座	23 座	14 座
目标数量	2025 年 100 座	2020 年 160 座 2025 年 320 座	2019 年 100 座 2023 年 400 座	2020 年 100 座 2015 年 350 座 2030 年 1000 座	2020 年 100 座 2025 年 210 座 2030 年 520 座 2050 年 1500 座

资料来源: 中国客车网, LBST, 浙商证券研究所

图 23: 全球各地区加氢站分布图



资料来源: LBST, 浙商证券研究所

表 9: 我国正在运营的加氢站统计

	名称	城市	时间	日加注量 (kg)	建设方	运营方	加注压力 (MPa)	储氢压力 (MPa)	存储容量 (kg)	投资额	占地 (m <sup>2</sup> )
1	永丰加氢站	北京	2006	200	北京清能华通&BP	亿华通				350 万美元	4000
2	安亭加氢站	上海	2007	200	上海舜华&同济大学&上海神力	上海舜华	35	43.8	800	1600 万元	
3	上海电驱动	上海	-	500	氢枫能源	上海电驱	35	45			

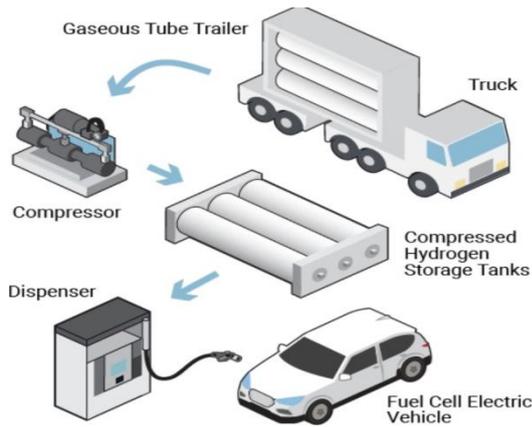
	加氢站											
4	宇通加氢站	郑州	2015	200	宇通	宇通	35					
5	沙朗加氢站	中州	-	1000	氢枫能源	大洋机电						
6	同济-新源 大连加氢站	大连	2016	400	同济大学	同济大学和 新源动力	70	90				
7	思劳加氢站	云浮	-	200	氢枫能源	广东国鸿						
8	丹灶加氢站	佛山	2017	200	瑞晖能源	瑞晖能源	35		360	1250 万元	6.7 亩	
9	丰田加氢站	常熟	2017	-	丰田	丰田						
10	东风特汽 (十堰)加 氢站	十堰	2017	500	氢枫能源	东风特汽						
11	南通百应加 氢站	如皋	2018	2000	氢枫能源	南通百应			980			
12	郫都区加氢 站	成都	2018	400	四川燃气& 四川金星	四川燃气			400	5000 万元	5067	
13	张家口临时 加氢站	张家 口	2018	400	亿华通	亿华通						
14	佛罗路加氢 站	佛山	2018	500	锦鸿新能 源有限公司	-				1250 万元	2000	
15	古镇广丰加 氢站	中山			氢枫能源	国能联盛						
16	上海神力加 氢站	上海			上海神力	上海神力						
17	深圳大运会 加氢站	深圳			上海舜华	上海舜华						

资料来源：GGII，浙商证券研究所整理

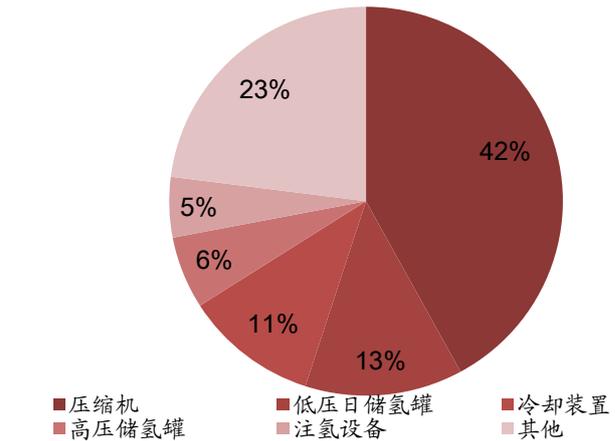
我国加氢站数量与发达国家仍有较大差距，主要阻碍是成本问题。加氢站通过外部供氢和站内制氢获得氢气后，经过调压干燥系统处理后转化为压力稳定的干燥气体，随后在氢气压缩机的输送下进入高压储氢罐储存，最后通过氢气加注机为燃料电池汽车进行加注。加氢站系统的三大核心设备为：氢气压缩机、储氢系统（目前主要有高压储氢罐和低温液态储氢两种形式，但我国加氢站目前全部为高压储氢系统）、氢气加注机。现阶段加氢站建设最大的阻碍就是成本问题，目前我国一个日加氢能力为 200kg 的加氢站成本约为 600-800 万元，而根据国际氢能燃料电池协会（筹）副秘书长王菊介绍，在充分考虑安全以及国际通用性的情况下，以每天加氢能力为 1000kg（10h）的固定式 35MPa 加氢站为例，初始投资金额为 1590 万-2000 万元（不包括土地成本及供氢长管拖车的成本）。根据中国储能网的测算，对于一个日加氢量为 200kg 的串级高压储氢加氢站，其成本结构中，占比最大的是压缩机（42%），其次是低压日储氢罐（13%），冷却装置（11%），高压储氢罐（6%），注氢设备（5%）。

**图 24：加氢站主要设备**

**图 25：200kg 日加氢能力加氢站成本分布**



资料来源：中国储能网，浙商证券研究所



资料来源：中国储能网，浙商证券研究所

**核心设备依赖进口，长期降本需要依靠国产化。**目前国内加氢站核心设备研发还处于起步阶段，核心设备大部分还要依靠进口，以高压氢气压缩机系统为例，国内的氢气压缩机企业较多，但输出压力大部分在 30MPa 以下，仅能生产用于石油、化工领域的工业氢气压缩机，无法满足加氢站技术要求。目前国内燃料电池客车车载供氢系统处于 35MPa 压力的技术水平，为与客车配套，现有加氢站大部分采用了 45MPa 隔膜式压缩机、45MPa 储氢罐和 35MPa 氢气加注机等设备，未来 70MPa 燃料电池汽车的普及会带动压力标准的提升。目前核心设备依赖进口，会导致成本偏高。我国加氢站核心设备研发处于起步阶段，随着未来技术的成熟，核心设备国产化将有助于降低加氢站成本。

**短期建设需政策支持，目前广东佛山市南海区补贴力度最大，未来将有更多城市出台补贴政策推动加氢站建设。**2018 年 4 月 12 日，广东《佛山市南海区促进加氢站建设运营及氢能源车辆运行扶持办法(暂行)》，规定新建固定式加氢站建设最高补贴 800 万元，补贴力度为目前全国各地公开实施的加氢站扶持政策中最大的，而且还可以同时享受上级补贴。2018 年 4 月 9 日举行的佛山五区(禅城区、南海区、顺德区、三水区、高明区)联动加氢站建设项目发布会，会上宣布 2018-2019 年佛山将有 2000 台氢能公交车投入运营，同时建成 30 座加氢站。根据 2019 年新能源补贴政策，“过渡期后不再对新能源汽车(新能源公交车和燃料电池汽车除外)给予购置补贴，转为用于支持充电(加氢)基础设施”，我们预计未来将会有更多城市出台补贴政策来推动加氢站的建设。

表 10：佛山市南海区加氢站补贴标准

加氢站类型	日加氢能力	建设类型	2018 年 12 月 31 日前建成(万元)	2019 年 12 月 31 日前建成(万元)	2020 年后建成(万元)
固定式加氢站	500 公斤及以下	新建	500	300	200
		改建	400	300	200
	500 公斤及以上	新建	800	500	300
		改建	600	450	300
撬装式加氢站	350 公斤及以上	新建	250	150	无
		改建	200	150	无

资料来源：中国储能网，浙商证券研究所

图 26：中国燃料电池产业区域竞争格局

图 3: 中国燃料电池产业区域竞争格局

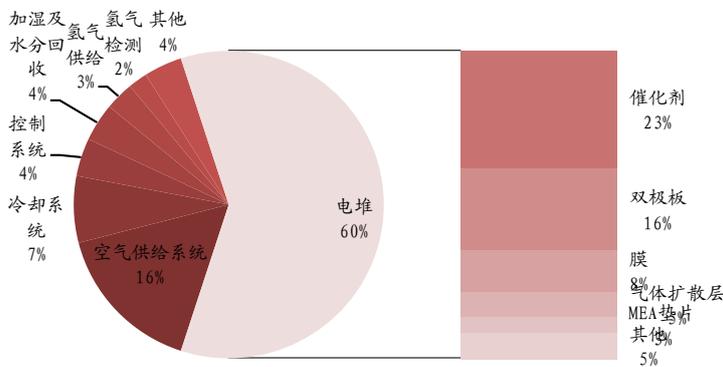


资料来源：公司公告，浙商证券研究所

### 3. 中游燃料电池系统：以车用燃料电池（PEMFC）为例

与动力锂电池的发展路径类似，燃料电池在政府规划中最先投入的应用场景在汽车领域，因此本文着重探讨车用燃料电池，即 PEMFC。燃料电池系统主要由电堆和气体循环系统两部分构成，目前各环节国内外供应商总结如下。

图 27：燃料电池成本构成



资料来源：DOE，浙商证券研究所

#### 3.1. 电堆：燃料电池的核心部件

电堆由多个单体电池以串联方式层叠组合而成。单体电池由双极板与膜电极(MEA，包括催化剂、质子交换膜、GDL)组成。若干单体之间嵌入密封件，经前、后盖板压紧后用螺杆紧固拴牢，即构成燃料电池电堆。目前国内燃料电池电堆及产业链企业数量逐渐增长，产能不断提升，到2018年国内电堆产能超过40万kW。

目前国内电堆厂商主要有两类：

- 1) 自主研发，以新源动力和神力科技为代表；

2) 国外成熟技术引进, 以广东国鸿(技术来自巴拉德)为代表, 其余企业有南通百应、嘉兴爱德曼等。

● **双极板: 由极板和流场组成, 主要作用是气体分配、集流、导热和密封。**

双极板是电、热的良导体, 具有良好的机械性能, 很好的阻气性能, 耐腐蚀性好等特点, 其性能决定了燃料电池堆体积比功率和质量比功率。双极板材质主要是石墨或者合金。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、新源动力也有开发。石墨基双极板方面, 主流供应商有美国 POCO、美国 SHF、美国 Graftech、日本 FujikuraRubberLTD、日本 KyushuRefractories、英国 Bac2 等, 国产化情况也较好, 国产厂商主要有广东国鸿、上海弘枫、杭州鑫能石墨、深圳嘉裕碳素等。据 DOE 预测, 到 2020 年双极板每 Kw 成本可降至 3 美元, 较 2015 年下降 57%。

**表 11: 2020 年双极板单位成本可下降 57%**

指标	单位	2015	2020E
成本	美元/kW	7	3
板重	kg/kW	<0.4	0.4
渗透系数	cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> *Pa	0	<1.3*10 <sup>-14</sup>
电导率	S/cm	>100	>100
面积电阻率	ohm cm <sup>2</sup>	0.006	<0.01
抗弯强度	Mpa	>34	>25
成型伸长率	%	20-40	40

资料来源: DOE, 浙商证券研究所

● **膜电极 (MEA): 燃料电池发生电化学反应的场所, 是电堆的核心。**

MEA 通常有 5 部分: 最中间是质子交换膜, 由此向外两侧为阳极催化层和阴极催化层, 最外侧为阳极气体扩散层和阴极气体扩散层。目前膜电极厂商分两种: 1) 电池厂自供: 以丰田和巴拉德为代表; 2) 专业膜电极供应商: Gore、Johnson Matthey、3M、Toray(Greenerity)和国内的武汉理工新能源。

**质子交换膜: 作为电解质, 起到传导质子, 隔离反应气体的作用。**

在燃料电池内部, 质子交换膜为质子的迁移和输送提供通道, 使得质子经过膜从阳极到达阴极, 与外电路的电子转移构成回路, 向外界提供电流。质子交换膜的性能对燃料电池的性能起着非常重要的作用, 它的好坏也直接影响电池的使用寿命。目前市场上主要生产全氟磺酸膜的企业主要有 Gore (丰田 Mirai、本田 Clarity 和现代 ix35 质子交换膜供应商)、杜邦、陶氏化学、3M、旭化成、旭硝子、巴拉德、Solvay, 国内主要是东岳集团。

**气体扩散层 (GDL): 主要起到传质, 导电, 传热, 支持催化层, 导水的作用。**

目前 GDL 通常由碳纸或者碳布组成。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, 生产的碳纸具有高导电性、高强度、高气体通过率、表面平滑等优点。国内的碳纸生产商主要有上海河森(年产能 1.2 万平)、台湾碳能, 同时中南大学、武汉理工大学以及北京化工大学等研究机构也都有研究。

**催化剂: 燃料电池反应的关键材料。**

催化层是由催化剂和催化剂载体形成的薄层。催化剂的核心材料是铂, 根据铂的用量可分为铂基催化剂、低铂催化剂和非铂催化剂, 载体材料主要是纳米颗粒碳、碳纳米管、碳须等。对材料要求导电性好, 载体耐蚀, 催化活性大。

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, 其中美国 Gore、英国 Johnson Matthey 和日本田中(本田燃料电池车 Clarity 催化剂供应商)是全球铂催化剂的领军企业。国内企业目

前主要包括：**贵研铂业**（主营汽车尾气铂催化剂，和上汽共同研发燃料电池催化剂）、**大连化物所**、**新源动力**、**武汉理工新能源**、**武汉喜马拉雅**等。

根据《节能与新能源汽车技术路线图年度评估报告 2018》，2017 年以来，燃料电池动力系统和关键部件等技术领域取得标志性进展。燃料电池电堆关键材料和部件方面，新开发的燃料电池催化剂成本降低了 50% - 80%；大面积超薄燃料电池金属双极板规模量产，综合性能达到国际领先水平；膜电极性能突破 1W/cm<sup>2</sup>，铂载量 0.45mg/kW，寿命超过 6000 小时，膜电极功率密度达到路线图 2020 年目标水平。

**表 12：我国电堆部件研发目标部分提前达成，与国外仍有差距**

部件	参数	2015	2020E	2017	国外现状
膜电极	功率密度 (W/cm <sup>2</sup> )	0.7	1	1	-
	铂用量 (g/kW)	0.4	0.3	0.3	0.2
催化剂	质量比活性 (Ma/mg, @0.9V)	≥300	≥440	≥440	≥440
	活性比表面积 (m <sup>2</sup> /g)	≥65	≥65	≥65	≥75
质子交换膜	质子导电率(S/cm)	0.05	0.08	0.083	0.008
	机械强度(Mpa)	35	40	35	-
	渗氢电流 (mA/cm <sup>2</sup> )	2.5	2	2	2
碳纸	电阻率 (mohm*cm)	80(垂直) /6 (平行)	60(垂直) /4 (平行)	60(垂直) /4 (平行)	60(垂直) /4 (平行)
	透气率 (ml*mm/cm <sup>2</sup> *h*mmAq)	1500	2000	2100	2000
	弯曲模量 (Gpa)	≥8	≥10	≥10	10
	抗拉强度 (N/cm)	≥30	≥50	≥50	50
双极板 (金属板)	厚度(mm)	1.5	1.2	1	1
	腐蚀电流 (uA/cm <sup>2</sup> )	5	1	0.5	0.5

资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图年度评估报告 2018》，浙商证券研究所

### 3.2. 气体循环系统：主要部件包括空压机、氢气循环泵及储氢瓶

除电堆外，燃料电池系统还有空气循环系统，主要包括空气压缩机、膨胀机、及其他零部件（循环泵、空滤器、加湿器等）。新能源汽车氢燃料电池的主要工作方式是通过氢和氧的化学反应输出电能，再将电能转化为汽车的动力输出来源。其中，**供气系统负责氧气的提供**，氧气可以使用纯氧也可从空气中摄取，纯氧可以提升燃料电池的输出功率，空气摄氧则具有更佳的经济效益，目前商业化燃料电池也多应用后者。为实现燃料电池能量转化的持续性，空气供应系统需要时刻配合电堆的运作，根据输出功率的大小及时调整供气量与供气压力，同时作为高压空气输出装置，对产品安全性有着极高的要求。

**空气压缩机：供气系统的核心部件，主导燃料电池的输出功率。涡旋式和螺杆式是未来发展趋势。**

空压机主要作用是将空气压缩到燃料电池所期望的压力，为燃料电池提供稳定的空气流量，同时通过控制空气压缩机的工作压力来调节电池的输出功率。燃料电池工作过程中的氧气压力与功率密度关系密切，在相同电流密度下，随着空气压缩机供氧压力的提高，电池的输出电压也出现了相应的升高，从而提高了燃料电池的输出功率。空气压缩机种类较多，涡旋式和螺杆式是未来发展趋势。目前日本丰田（TOYOTA）、美国 UTC 等公司的燃料电池系统也都采用了涡旋机械作为其供气系统的核心部件。

我国对于燃料电池用空气压缩机的技术研还处于起步阶段，技术水平较为落后，只有广顺新能源动力和福建雪人两家企业能商业化量产，国内市场对于进口的依赖性较大。

此外，燃料电池系统还包括氢气供给循环系统、水热管理系统、电控系统、数据采集系统等。

**氢气供给循环系统**是由减压阀、电磁阀和氢气回流泵、氢气浓度传感器及管路组成。来自气瓶中的高压氢气经过减压阀使得氢气压力降低，通过电磁阀控制氢气进入电堆，氢气回流泵将电堆反应后剩余的氢气回收重新输入电堆中，提高氢气能源利用率。

**氢气循环泵**：目前主要依赖进口，国内处于研发阶段的企业有：雪人股份、广顺新能源、汉钟精机等。

**储氢瓶**：目前国内可以做储氢罐的企业主要有中材科技、富瑞特装等。

**水热管理系统**：由水泵和水温传感器两大部件组成，和传统内燃机散热小循环系统类似。氢燃料电池发动机冷却液是由去离子水和乙二醇水溶液按照一定比例调和成的溶液。

**电控系统**：主要是由发动机控制器（FCU）及各种传感器构成。

**数据采集系统**：主要是指数据采集器。通过数据采集系统，可以时刻监控氢燃料电池发动机运行的各种参数及状态，如发动机地理位置、运行状态、各项传感器参数等，对各项参数进行数据分析处理，并针对参数异常情况实时报警、记录。

## 4. 车用氢能市场空间测算

### 4.1. 燃料电池汽车氢气需求测算

我们预测到 2020 年、2025 年、2030 年国内燃料电池汽车的氢气总需求为 3.84 万吨、13.64 万吨和 254.2 万吨，对应行业空间为 13.4 亿元、40.9 亿元、508.4 亿元。下表测算的主要假设分别为：1) 燃料电池汽车的使用场景在开始以客车及商用车为主，此后小型乘用车比例开始增加；2) 大型燃料电池车的百公里耗氢为 6kg，此后下降至 5kg，小型燃料电池车的百公里耗氢为 1.2kg（参考本田 Clarity）；3) 车辆年行驶里程参考城市客车及出租车的年行驶里程。

**表 13：国内燃料电池汽车氢气需求空间测算（亿元）**

	2020E	2025E	2030E
燃料电池车保有量	10000	50000	1000000
氢气价格（元/kg）	35	30	20
百公里耗氢（kg）	6	3.48	3.1
氢燃料电池车百公里使用成本（元）	210	104.4	62
燃油车百公里使用成本（元）	98	95	93
年行驶里程（公里）	64,000	78,400	82,000
单车年氢气消耗量（kg）	3840	2728.32	2542
总氢气需求（吨）	38400	136416	2542000
总氢气需求（亿元）	13.4	40.9	508.4

资料来源：中国汽车工程学会，浙商证券研究所

### 4.2. 车用燃料电池行业规模测算

我们测算在年产分别为 1000、50000、500000 套燃料电池系统的情境下，以国际先进水平对应的市场空间分别为 1 亿元、20 亿元和 137 亿元。根据美国能源局的技术路线图，标准 80kW 的燃料电池系统在产能分别为 1000、50000、500000 套的情境下，单 kW 成本分别为 197 美元、79 美元及 53 美元，我们以此为标准测算不同产能规模下的燃料电池系统市场空间。

**表 14：燃料电池系统市场空间测算（亿元）**

产能假设	1000	50000	500000
燃料电池系统	1.03	20.54	137.80
电堆	0.75	13.91	67.60
膜电极	0.63	11.45	49.35
质子交换膜	0.20	3.40	6.76
催化剂	0.16	3.41	30.42
碳纸	0.20	3.22	3.38
膜电机组件	0.07	1.42	8.79
双极板	0.12	2.46	18.25
气体循环系统集成	0.28	6.63	70.20
空压机	0.10	2.32	24.38
氢气循环泵	0.03	0.60	3.56
储氢瓶及其他	0.15	3.70	42.26

资料来源：DOE，浙商证券研究所

## 5. 产业链标的梳理

**表 15：燃料电池产业链标的梳理**

环节		国内公司	国际公司
上游氢	制氢	金通灵、鸿达兴业、滨化股份、华昌化工	Hydrogenics
	储氢	中材科技、富瑞特装	
	加氢站建设	厚普股份、富瑞氢能、雪人股份、伯肯节能	
中游燃料电池系统	燃料电池系统	亿华通、重塑科技、大洋电机、上海新源、中国船舶重工、安徽明天氢能科技、苏州尔塞、上燃动力、宇通、上汽、国鸿等	Plug Power、Toyota、Ballard、Hydrogenics、UTC、GM、Boeing、Raytheon、Siemens、Volkswagen、BMW、Daimler、Hyundai
	电堆	上汽、新源动力、神力科技、广东国鸿、南通百应、嘉兴爱德曼	Toyota、Ballard、Hydrogenics、UTC、GM、Powercell、Intelligent Energy、NedStack
	膜电极	武汉理工新能源、广州鸿基、上海唐锋、新源动力、苏州擎动、昆山桑莱特	Gore、3M、GM、Ballard、Toyota
	质子交换膜	山东东岳、浙江汉拯	Dupont、Dow、Asahi Chemical、Asahi Glass、Ballard
	催化剂	贵研铂业、武汉喜马拉雅、上海唐锋	Johnson Matthey、Umicore、BASF、Tanaka

<b>碳纸</b>	台湾碳能、中南大学、上海河森	SGL、Toray、E-TEK、Freudenberg FCCT、Ballard
<b>极板</b>	广东国鸿、上海弘枫、杭州鑫能石墨、深圳嘉裕碳素	Dana、Bac2、Cell impact、Ballard、Grabener、Treadstone
<b>供气系统</b>		
<b>空压机</b>	广顺、雪人股份、重塑科技	利勃海尔、丰田自动织机、博世、霍尼韦尔
<b>氢气循环泵</b>	雪人股份、广顺新能源、汉钟精机等	丰田、Busch Air、博世、Ogura
<b>储氢瓶</b>	中材科技、富瑞特装	

## 股票投资评级说明

以报告日后的 6 个月内，证券相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、买入：相对于沪深 300 指数表现 +20% 以上；
- 2、增持：相对于沪深 300 指数表现 +10% ~ +20%；
- 3、中性：相对于沪深 300 指数表现 -10% ~ +10% 之间波动；
- 4、减持：相对于沪深 300 指数表现 -10% 以下。

## 行业的投资评级：

以报告日后的 6 个月内，行业指数相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、看好：行业指数相对于沪深 300 指数表现 +10% 以上；
- 2、中性：行业指数相对于沪深 300 指数表现 -10% ~ +10% 以上；
- 3、看淡：行业指数相对于沪深 300 指数表现 -10% 以下。

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。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论

## 法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本报告仅供本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

## 浙商证券研究所

上海市杨高南路 729 号陆家嘴世纪金融广场 29 层

邮政编码：200120

电话：(8621)80108518

传真：(8621)80106010

浙商证券研究所：<http://research.stocke.com.cn>