

高景气产业专题

碳中和背景下的能源革命

刘 易

中信证券研究部 首席主题策略分析师

2021年5月31日

■ 碳中和下的能源安全，起笔能源革命新篇章

- “30·60碳达峰碳中和”背景下，能源安全首当其冲，而解决能源安全问题的根本之道在于推进以光伏、氢能为代表的可再生能源本土化、多元化发展；
- 中短期看光伏，中长期看氢能。

■ 光伏：平价元年扩需求，支架储能待掘金

- 光伏平价时代来临，碳中和目标支撑光伏装机量高速增长，支架、储能环节更具爆发潜力；
- 光伏支架：享受跟踪支架渗透率提升及国产化替代双重红利；
- 光伏储能：政策引导按比例配置，平价时代下装机规模有望爆发。

■ 氢能：产业化拐点将至，氢能蓄势待发

- 氢能定位能源革命中重要角色，储氢、燃料电池为核心突破方向；
- 储氢：关键设备国产化亟待突破，液氢存储技术未来可期；
- 氢燃料电池：技术链逐层解耦，上游技术突破进行时。

能源革命投资全景图

路径

产业链

储能方式

光伏

硅料
↓
硅棒或硅锭
↓
硅片

焊带
玻璃
银浆
边框
电池片
接线盒
背板
EVA

逆变器
汇流箱
光伏支架
光伏组件
线缆

光伏电站



电池组
电池管理系统
能量管理系统
储能变流器

电化学储能系统

中短期

氢能

催化剂
质子交换膜
气体扩散层

双极板
膜电极
密封层

上游材料

电堆
供气系统

燃料电池系统

中游集成

燃料电池产业链



储氢瓶
集成瓶阀
储氢系统控制器
泄压排氢装置

储氢系统

中长期

交通运输

固定式发电设备

便携式电源

下游应用

资料来源：中信证券研究部

氢智会

CONTENTS

目录

1. 碳中和下的能源安全，起笔能源革命新篇章
2. 光伏：平价元年扩需求，支架储能待掘金
3. 氢能：产业化拐点将至，氢能蓄势待发

1.碳中和下的能源安全，起笔能源革命新篇章

- I. 2030碳达峰，2060碳中和
- II. 中短期看光伏，中长期看氢能

1.1 2030碳达峰，2060碳中和

- **供应安全：**2019年原油、天然气进口占比分别达约70%、40%，对外依存度极高。
- **生态环境安全：**2019年我国化石能源消费比重约84.7%，占一次性能源消费比重较高。
- **解决能源安全问题的根本之道在于推进以光伏、氢能为代表的可再生能源本土化、多元化发展。**

我国能源安全战略强调“四个革命，一个合作”

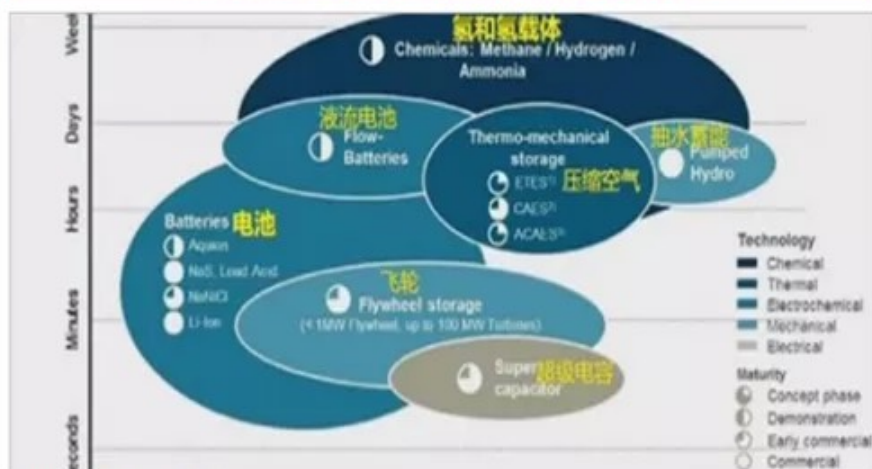
能源安全战略	详情
推动能源消费革命，抑制不合理能源消费	坚持节能优先方针，完善能源消费总量管理，强化能耗强度控制。坚定调整产业结构，推动形成绿色低碳交通运输体系。培育节约能源和使用绿色能源的生产生活方式，加快形成能源节约型社会。
推动能源供给革命，建立多元供应体系	坚持绿色发展导向，大力推进化石能源清洁高效利用，优先发展可再生能源，安全有序发展核电，加快提升非化石能源在能源供应中的比重。大力提升油气勘探开发力度，推动油气增储上产。推进煤电油气产供储销体系建设，完善能源输送网络和储存设施。
推动能源技术革命，带动产业升级	深入实施创新驱动发展战略，构建绿色能源技术创新体系，全面提升能源科技和装备水平。加强能源领域基础研究以及共性技术、颠覆性技术创新。着力推动数字化、大数据、人工智能技术与能源清洁高效开发利用技术的融合创新。
推动能源体制革命，打通能源发展快车道	推进能源价格改革，形成主要由市场决定能源价格的机制。推进“放管服”改革，加强规划和政策引导，健全行业监管体系。
全方位加强国际合作，实现开放条件下能源安全	推动共建“一带一路”能源绿色可持续发展，促进能源基础设施互联互通。畅通能源国际贸易、促进能源投资便利化，共同构建能源国际合作新格局，维护全球能源市场稳定和共同安全。

资料来源：《新时代的中国能源发展》白皮书（国务院新闻办）、中信证券研究部

1.2 中短期看光伏，中长期看氢能

- 从技术水平看，光伏各环节技术已经成熟，可实现全面平价；但当前国内氢能制备、储运和应用均不完善。
- 从储能的功率和存储时间看，电池是中小功率、短周期，氢是大规模、长周期的载体，所以电池储能和氢能两个必须组合才能构成一个总的储能业态。

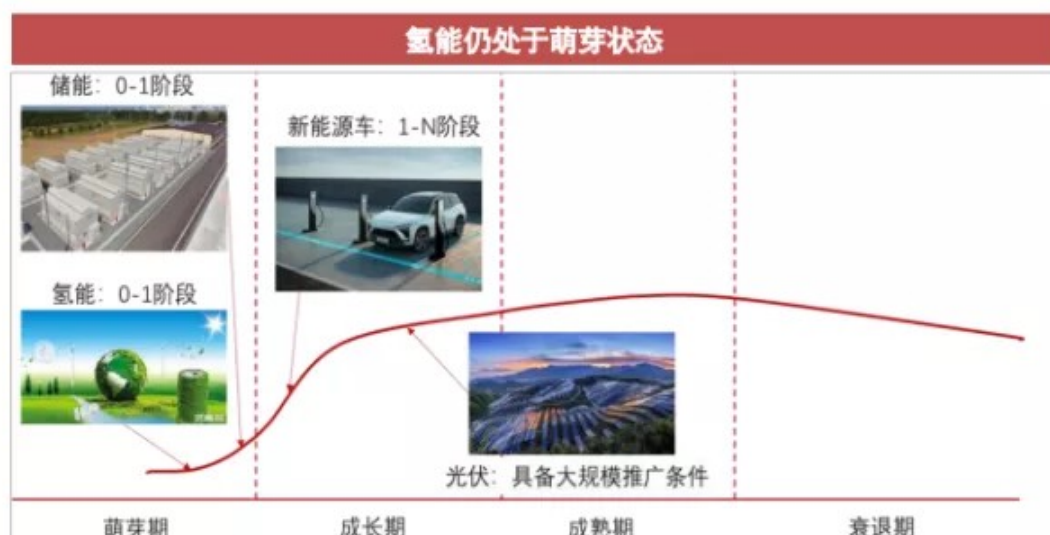
电池和氢能性能各有特点，应用互补性强



资料来源：北极星储能网

1.2 中短期看光伏，中长期看氢能

- 氢燃料汽车作为氢能的应用之一，目前商业模式和技术储备仍在积极探索之中。
- 氢气作为工业领域的燃料，还原剂以及储能载体仍未大规模普及。
- 未来随着氢能应用技术的成熟和大规模应用，瓶颈技术的突破，利用氢能的经济型问题有望得到解决。



资料来源: OFweek, CPIA, 中信证券研究部

2.光伏：平价元年扩需求，支架储能待掘金

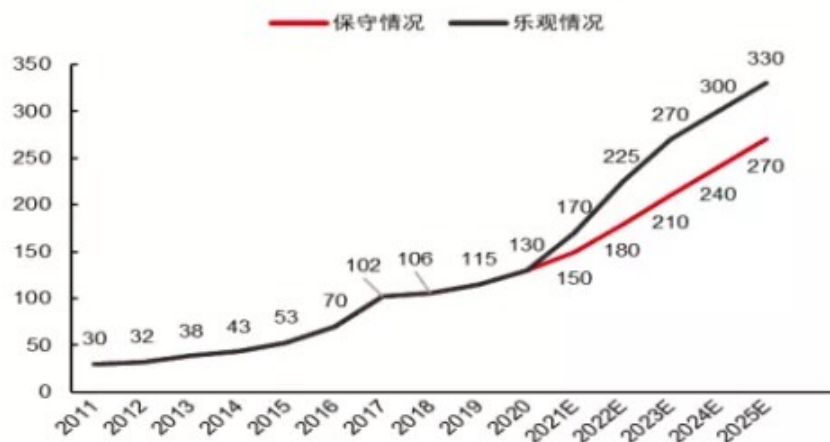
- I. 光伏平价时代来临，支架、储能环节更具爆发潜力
- II. 光伏支架：享受跟踪支架渗透率提升及国产化替代双重红利
- III. 光伏储能：政策引导按比例配置，平价时代下装机规模有望爆发

2.1 光伏平价时代来临，支架、储能环节更具爆发潜力

■ 平价时代来临，碳中和目标支撑光伏装机量高速增长

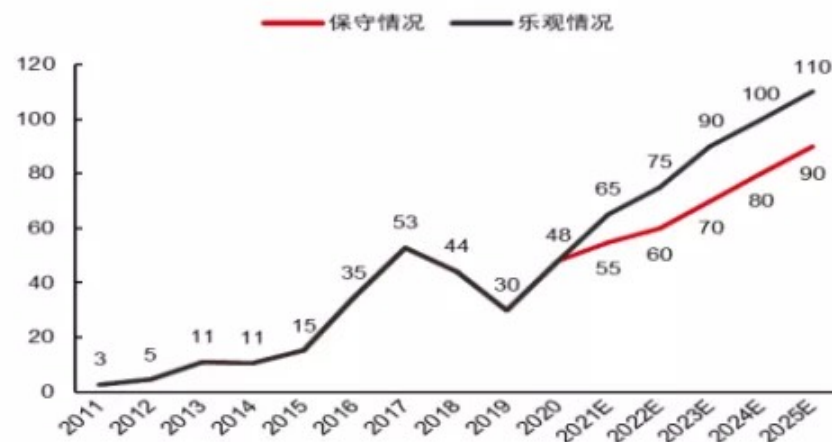
- 随着各国可再生能源规划的战略地位上升，预计光伏新增装机量有望进一步提速。根据CPIA数据，乐观情形下预计2021-2025年全球光伏新增装机量为170/225/270/300/330GW；国内新增装机量为65/75/90/100/110GW，对应2021-2015年CAGR分别为18%、14%。保守情形下，全球新增装机量预计为150/180/210/240/270GW，国内新增装机量预计为55/60/70/80/90GW，对应2021-2015年CAGR分别为16%、13%。

全球光伏装机规模预计加速扩大（单位：GW）



资料来源：CPIA（含预测），中信证券研究部

国内装机规模预计维持高增长（单位：GW）



资料来源：CPIA（含预测），中信证券研究部

2.1 光伏平价时代来临，支架、储能环节更具爆发潜力

■ 光伏成为中国著名产业之一

- 从装机量来看，我国光伏发电新增装机连续6年全球第一，累计装机规模连续4年位居全球第一。
- 从市场份额角度来看，国内光伏主辅材、组件及逆变器领域在全球范围内产能及产量市场份额领先优势明显。

中国光伏各环节产销量在全球市场份额较大

	多晶硅	硅片	电池片	组件
全球产能	67.5万吨	185.3GW	210.9GW	218.7GW
中国产能在全球产能占比	69%	93.70%	77.70%	69.20%
全球产量	50.8万吨	138.3GW	140.1GW	138.2GW
中国产量在全球产量占比	67.30%	97.40%	78.70%	71.30%

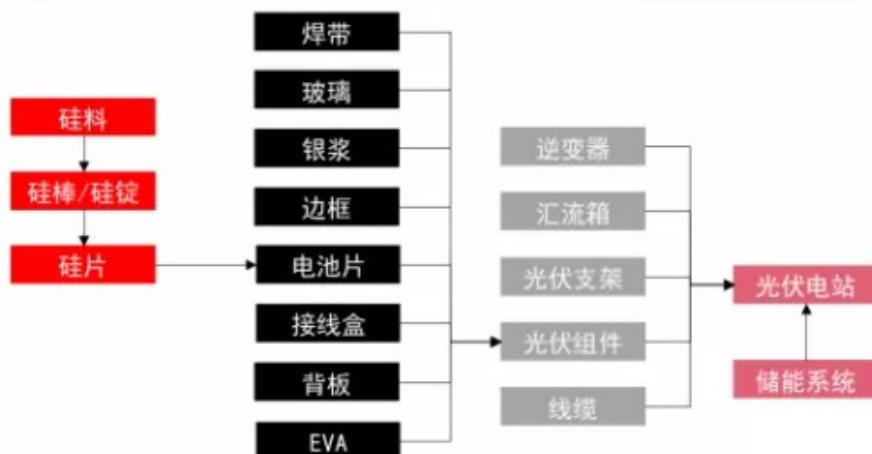
资料来源：CPIA，中信证券研究部

2.1 光伏平价时代来临，支架、储能环节更具爆发潜力

■ 产业链格局：主辅材格局清晰稳定，支架、储能环节更具爆发潜力

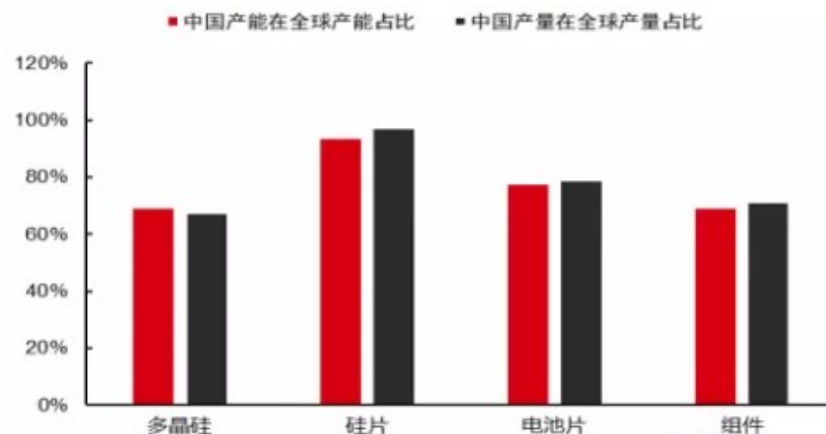
- 主辅材（硅料、光伏玻璃、胶膜）、中游制造（硅片、电池片、组件）、逆变器等环节竞争格局稳定。
- 目前跟踪支架全球国产占比不足10%，伴随着国内跟踪支架市场逐步起步，国内领先企业具备爆发的潜质。
- 各地方政府在政策端持续加码“光伏+储能”项目，引导光伏项目按5%-20%的比例配置储能，有望带动储能装机快速增长。

光伏产业链的核心环节



资料来源：中信证券研究部

相较光伏其余领域，光伏跟踪支架国产化提升空间较大



资料来源：CPIA，中信证券研究部

2.2 光伏支架：享受跟踪支架渗透率提升及国产化替代双重红利

■ 跟踪支架系统组成较为复杂，技术壁垒较高

- 按能否跟踪太阳转动区分，光伏支架可分为固定支架及跟踪支架两类产品。
- 固定支架以机械结构为主，技术门槛相对较低，对应的优点为稳定性较强，初期投入成本较低。
- 跟踪支架构成包括结构系统（可旋转支架）、驱动系统、控制系统（通讯控制箱、传感器、云平台、电控箱等部件）三大系统，控制系统涉及算法优化设计。



资料来源：中信博招股说明书，中信证券研究部

2.2 光伏支架：享受跟踪支架渗透率提升及国产化替代双重红利

■ 跟踪支架可有效提高发电效率、降低度电成本

- 跟踪支架可根据光照情况进行自动调整组件方向，可减少组件与太阳直射光之间的夹角，获取更多的太阳辐照，从而有效提高光伏电站发电量。
- 按旋转支架数量划分，跟踪支架可细分为单轴及双轴跟踪支架，双轴跟踪支架理论发电量增厚效益更高，但受制于成本因素，目前单轴跟踪支架为市场主流选择。

利用“单轴跟踪+双面组件”的组合可在全球93.1%区域实现最低度电成本

区域	双面-固定（美分/度）	双面-单轴（美分/度）	双面-双轴（美分/度）
中国（Zhongba）	2.8 ± (0.4)	2.4 ± (0.4)	3.1 ± (0.6)
美国（Yuma）	4.5 ± (0.6)	3.9 ± (0.5)	4.6 ± (0.8)
日本（Mine）	4.7 ± (0.6)	4.3 ± (0.6)	5.1 ± (0.8)
德国（Dornstetten）	6.2 ± (0.8)	5.6 ± (0.7)	6.5 ± (1.0)
印度（Kavalanahalli）	4.7 ± (0.8)	4.1 ± (0.7)	5.4 ± (1.1)
意大利（San Biagio Platani）	4.8 ± (0.7)	4.2 ± (0.6)	5.2 ± (0.9)
英国（Liskeard）	7.6 ± (0.9)	6.8 ± (0.8)	7.9 ± (1.2)
澳大利亚（St.George Ranges）	5.9 ± (0.7)	5.0 ± (0.6)	5.6 ± (0.8)
法国（Meyreuil）	5.4 ± (0.6)	4.7 ± (0.6)	5.4 ± (0.8)
韩国（Uiseong County）	5.3 ± (0.7)	4.8 ± (0.6)	5.7 ± (0.9)

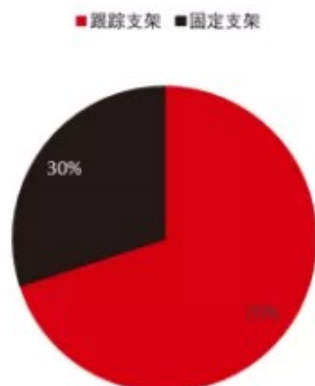
资料来源：SERIS，中信证券研究部

2.2 光伏支架：享受跟踪支架渗透率提升及国产化替代双重红利

■ 影响跟踪支架接受度的因素

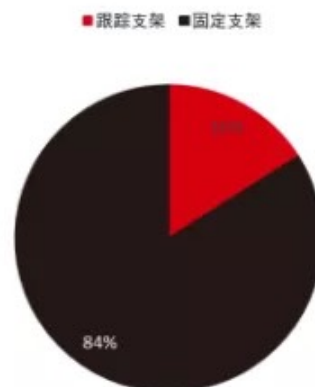
- **环境因素：**在纬度低、太阳直射比高的地方，跟踪支架接受度更高。
- **成本因素：**在系统成本高、度电价格低的地方，跟踪支架接受度更高。
- 中国作为光伏产业大国，跟踪支架2019年渗透率仅16%，**主要原因：**国内系统成本较低；前几年国内光伏度电补贴水平较高，跟踪支架技术不够成熟，稳定性和可靠性不高，性价比不足。

2019年美国光伏跟踪支架渗透率



资料来源：Array招股说明书，CPIA，中信证券研究部

2019年中国光伏跟踪支架渗透率



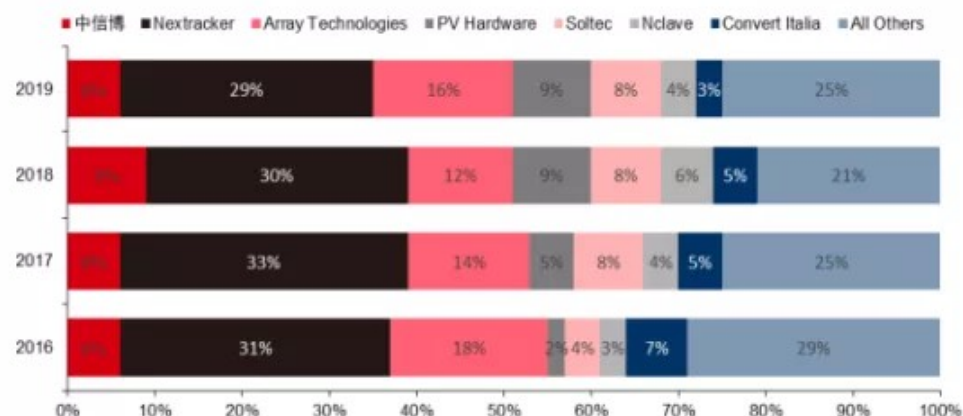
资料来源：Array招股说明书，CPIA，中信证券研究部

2.2 光伏支架：享受跟踪支架渗透率提升及国产化替代双重红利

■ 过去“得美国市场得天下”，未来新兴市场将快速崛起

➢ 过去，美国市场资源优越，技术成熟，税收优惠制度完善，成为了跟踪支架的主要应用市场，占比超过一半，这也导致美国本土龙头 NEXTracker 和 ATI 稳居全球前二，份额优势明显；未来，一方面中东、非洲、拉美等新兴市场装机占比会有所提高；另一方面这些市场光照资源好、纬度低、土地充沛，也较适合跟踪支架的应用。因此，我们认为跟踪支架的应用地区趋势也将呈现和光伏装机一样，从早期欧美为主逐步过渡到全球市场的多点开花。

2016-2019年全球跟踪支架市场份额



资料来源：Array招股说明书，CPIA，中信证券研究部

2.2 光伏支架：享受跟踪支架渗透率提升及国产化替代双重红利

中信博跟踪支架产品和海外龙头的对比

项目	NEXTracker	Array Technologies	中信博
产品线	独立驱动型	联排驱动型	独立驱动型、联排驱动型
跟踪范围	$\pm 60^\circ$ 或 $\pm 50^\circ$	标准 $\pm 52^\circ$ ($\pm 62^\circ$ 可选)	$\pm 60^\circ$
跟踪控制精度	$\pm 2^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 2^\circ$
驱动形式	多点同步驱动 (非平行)	多排单点驱动	多点平行同步驱动
单机搭载普通组件最高值	112-120块	100块	120块
控制系统供电方案	独立组件给蓄电池充电, 蓄电池供电	交流供电	直流组串供电, 电池备用
人工智能技术应用	优势: 对于地形复杂, 散射比例高项目的发电量增益为2%-6%; 劣势: 阴天采用统一放平, 非最佳辐射角度。	优势: 对逆跟踪、散射光、双面及叠片组件进行了优化; 劣势: 无法很好地解决地形起伏地影响; 阴天采用统一放平, 非最佳辐射角度。	优势: 对于地形复杂, 散射比例高、应用双面组件的项目, 发电量增益最高达6%; 劣势: 数据量大, 对配套处理器要求较高。
安装便捷性	安装便捷性较高, 省事省力		一般
用户粘性与习惯	境外客户对其技术方案和运维方式的认可度和接受度较高。		一般

中信博跟踪支架和海外龙头的成本对比

光伏支架产品合计							跟踪支架	
	Array		Soltec		中信博		中信博	
年份	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018
销售总量 (MW)	6137	2407	2909	1515	5330	4396	1722	1498
销售单价 (\$/w)	0.106	0.121	0.098	0.088	0.061	0.066	0.097	0.099
单位成本 (\$/w)	0.081	0.116	0.075	0.072	0.046	0.052	0.072	0.076
毛利率	23.58%	4.13%	23.47%	18.18%	24.18%	20.55%	25.75%	23.42%

资料来源: 中信博招股说明书, 中信证券研究部

2.2 光伏支架：享受跟踪支架渗透率提升及国产化替代双重红利

国内领先企业有望享受“全球市场国产替代+国内市场份额集中度”提升双重红利

- 随着技术进步，平价时代来临背景下催生的光伏电站精细化管理需求，采用跟踪支架成为提高光伏电站收益的重要措施之一。
- 海外市场跟踪支架渗透率较高，我国2019年渗透率仅16%，提升潜力巨大。
- 全球跟踪支架CR4约62%，国产占比提升潜力较大。
- 跟踪支架迎来快速增长期，预计2023年市场空间达535亿。

	跟踪支架迎来快速增长期				
	2019	2020E	2021E	2022E	2023E
全球光伏新增装机（GW）	117	127	159	189	236
YOY		9%	25%	19%	25%
地面电站占比	60%	60%	59%	59%	58%
地面电站新增装机（GW）	70	76	94	112	137
非地面电站占比（包括：户用、工商业分布式等）	40%	40%	41%	41%	42%
非地面电站新增装机（GW）	47	51	65	77	99
跟踪支架渗透率（地面电站）	51%	59%	65%	69%	71%
跟踪支架新增装机量（GW）	36	45	61	77	97
固定支架新增装机量（GW）	81	82	98	112	139
跟踪支架单价（元/w）	0.68	0.64	0.60	0.57	0.55
固定支架单价（元/w）	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26
跟踪支架市场空间（亿元）	243	288	366	439	535
YOY		18%	27%	20%	22%
固定支架市场空间（亿元）	244	238	274	303	361
YOY		-2%	15%	10%	19%
合计市场空间（亿元）	487	526	640	742	896
YOY		8%	22%	16%	21%

资料来源：CPA、GTM、中信博招股说明书、中信证券研究部预测

2.3 光伏储能：政策引导按比例配置，平价时代下装机规模有望爆发

■ 储能是可再生能源大规模发展的关键支撑技术

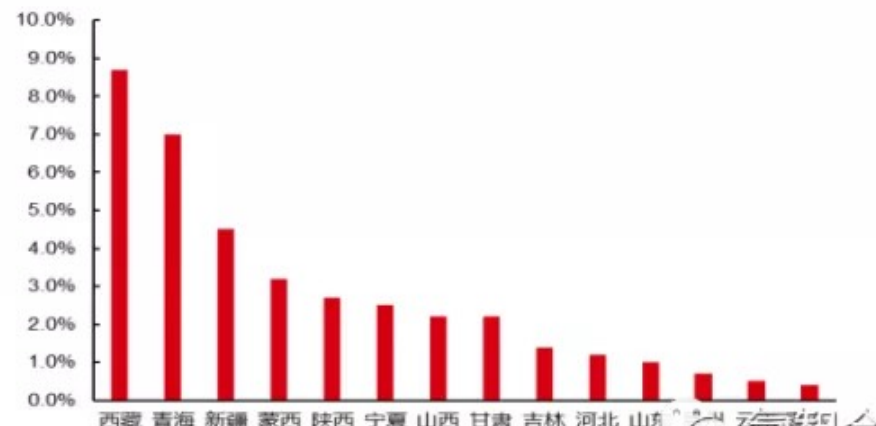
- 根据国家能源局数据，2020年全国平均弃光率2%，光伏消纳问题较为突出的西北地区弃光率达4.8%。
- 储能是可再生能源大规模发展的关键支撑技术。核心作用在于弥补一般光伏发电系统中所缺失的“储-放”的功能，缓解光伏大规模接入电网带来的波动性，同时减少光伏弃电比率，提高电能利用率。

2020年全国平均弃光率约2%



资料来源：国家能源局，中信证券研究部

西藏、青海、新疆等地弃光率仍较高



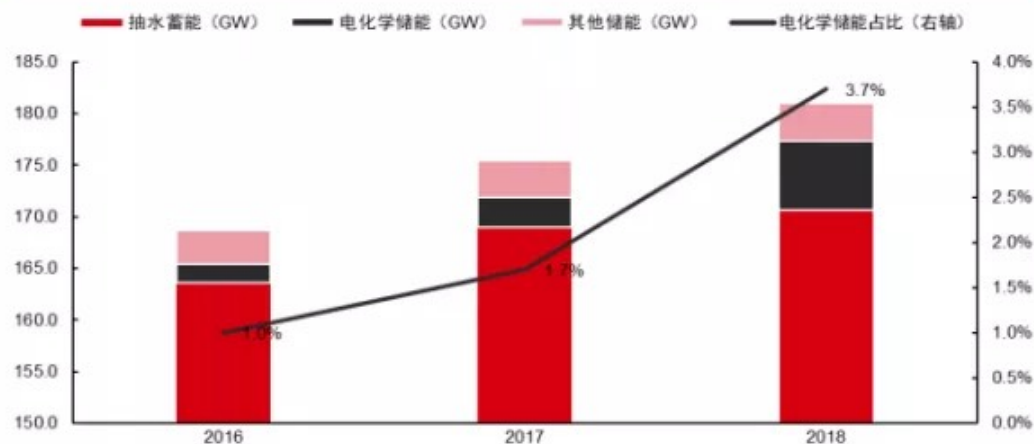
资料来源：国家能源局，中信证券研究部

2.3 光伏储能：政策引导按比例配置，平价时代下装机规模有望爆发

■ 从储能的技术路径来看，电化学储能占据未来制高点

- 抽水蓄能是当前最为成熟的电力储能技术，根据CNSA数据，目前占全球储能累计装机规模的90%以上。但受地理选址和建设施工的局限，抽水蓄能未来发展空间有限。
- 随着成本持续下降、商业化应用日益成熟，电化学储能技术优势愈发明显，逐渐成为储能新增装机的主流。

电化学储能占比较低，提升空间较大



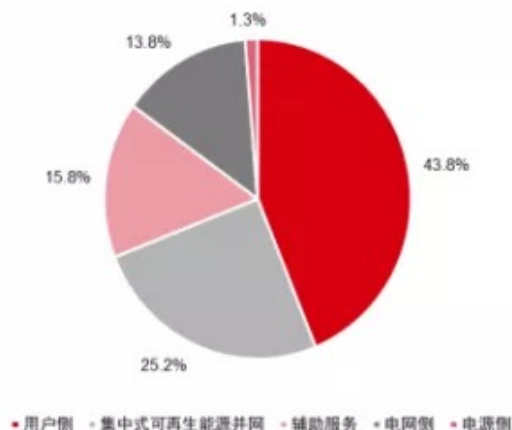
资料来源：CNSA，中信证券研究部

2.3 光伏储能：政策引导按比例配置，平价时代下装机规模有望爆发

■ 光伏等可再生能源并网将成为我国电化学储能市场未来重要增长动力

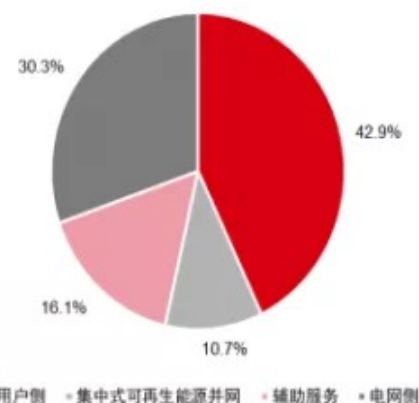
- 2018年中国电化学储能项目在电力系统的新增装机规模为0.7GW，同比增长465%。从应用分布上看，我国集中式可再生能源并网储能占比仅10.7%，与全球25.2%的占比仍存一定差距。占比较低的核心原因在于国内可再生能源储能商业模式尚未完全打通，储能收益（调峰补偿收益+弃电储能收益）无法覆盖系统建设成本。

2018年全球集中式可再生能源并网储能占比约25.2%



资料来源：CNSA，中信证券研究部

2018年国内集中式可再生能源并网储能占比仅10.7%



资料来源：CNSA，中信证券研究部

2.3 光伏储能：政策引导按比例配置，平价时代下装机规模有望爆发



■ 光伏储能容量需求空间巨大

➢ 预计国内市场未来3年新增光伏储能容量需求可达17.55GWh，存量改造长期将释放更大空间。

预计未来三年新增光伏储能容量需求达17.55GWh

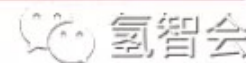
年份	国内光伏新增装机量 (单位: GW)	储能配置比例	功率配比	储能装机功率 (单位: GW)	充电时长 (单位: h)	储能容量 (单位: GWh)
2021E	55	20%	15%	1.65	2	3.30
2022E	65	30%	15%	2.93	2	5.85
2023E	70	40%	15%	4.20	2	8.40

资料来源：中信证券研究部预测

预计20%配置比例下，长期存量改造配置需求达15.12GWh

2020年累计光伏装机量 (单位: GW)	储能配置比例	功率配比	储能装机功率 (单位: GW)	储能时长 (单位: h)	储能容量 (单位: GWh)
252	5%	15%	1.89	2	3.78
	10%	15%	3.78	2	7.56
	15%	15%	5.67	2	11.34
	20%	15%	7.56	2	15.12

资料来源：CPIA，中信证券研究部测算

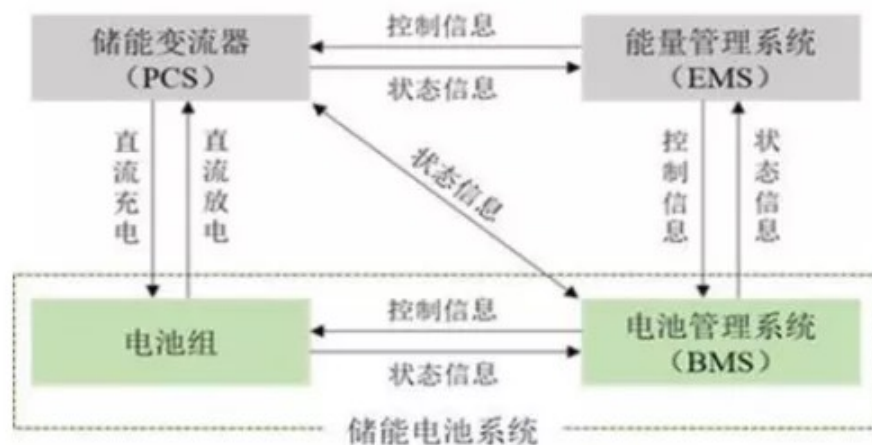


2.3 光伏储能：政策引导按比例配置，平价时代下装机规模有望爆发

■ 电池组、BMS、PCS为电化学储能系统三大核心环节

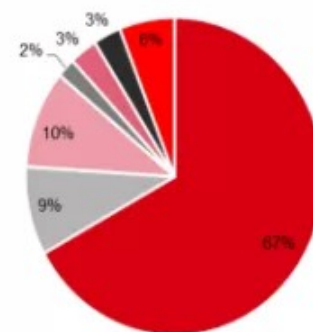
- 电化学储能产业链主要包括储能设备提供商、储能系统集成商及安装商。完整的电化学储能系统主要由电池组、电池管理系统（BMS）、能量管理系统（EMS）、储能变流器（PCS）以及其他电气设备构成。从成本构成的角度来看，电池组、PCS、BMS和EMS分别占比67%、10%、9%和2%。

储能电池系统由电池组、BMS、EMS及PCS构成



资料来源：派能科技招股书

电池组是储能系统最主要的成本构成部分



■ 电池组 ■ BMS ■ PCS ■ EMS ■ 屏柜电缆 ■ 土建安装 ■ 升压装置

资料来源：高工锂电官网，中信证券研究部

2.3 光伏储能：政策引导按比例配置，平价时代下装机规模有望爆发



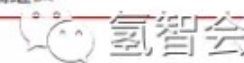
■ 竞争格局初步显现，锂电池龙头及逆变器龙头凭借技术、渠道优势占据先机

- 细分领域来看，储能电池组及BMS与锂电池技术同源，行业内锂电大厂凭借技术及产能优势将布局顺势延伸至电网侧。从国内竞争格局来看，2019年国内新增投运的电化学储能项目中，储能技术供应商（主要为电池组、BMS）出货量前三为宁德时代、海基新能源、国轩高科，其中宁德时代出货量约386MWh，领先优势较为明显。

2019年国内新增投运项目出货量中宁德时代等处领先地位

出货量排名	储能技术提供商	储能逆变器	储能系统集成
1	宁德时代	阳光电源	阳光电源
2	海基新能源	科华恒盛	科陆电子
3	国轩高科	南瑞继保	海博思创
4	亿纬锂能	盛弘电气	库博能源
5	猛狮科技	科陆电子	猛狮科技
6	南都电源	索英电器	南都电源
7	中天科技	昆兰新能源	上海电气国轩
8	力神	上能电气	睿能世纪
9	圣阳电源	许继	智光储能
10	比克	智光储能	南瑞继保

资料来源：CNESA，中信证券研究部



3.氢能：产业化拐点将至，氢能蓄势待发

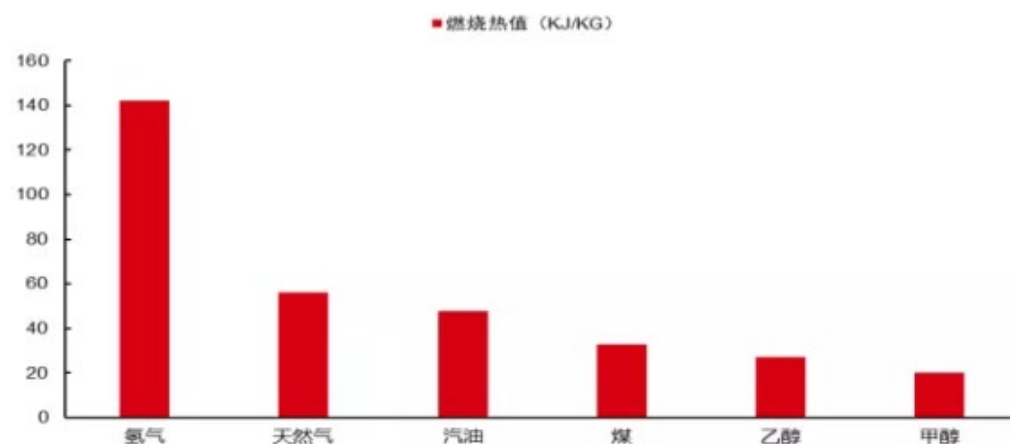
- I. 氢能定位能源革命中重要角色，储氢、燃料电池为核心突破方向
- II. 储氢：关键设备国产化亟待突破，液氢存储技术未来可期
- III. 氢燃料电池：技术链逐层解耦，上游技术突破进行时

3.1 氢能定位能源革命中重要角色，储氢、燃料电池为核心突破方向

■ 氢能在全球能源革命中扮演重要角色

- 与传统化工燃料相比，氢能具有高含能特性、高能源转化效率及碳零排放三大优势。
- 除核燃料外，氢的发热值是所有化石燃料、化工燃料和生物燃料中最高的，达142 KJ/KG，约为汽油的三倍。氢燃料电池在产生电能的过程中不会产生碳排放，可以实现良性循环。

氢气燃烧热值可达142 KJ/KG



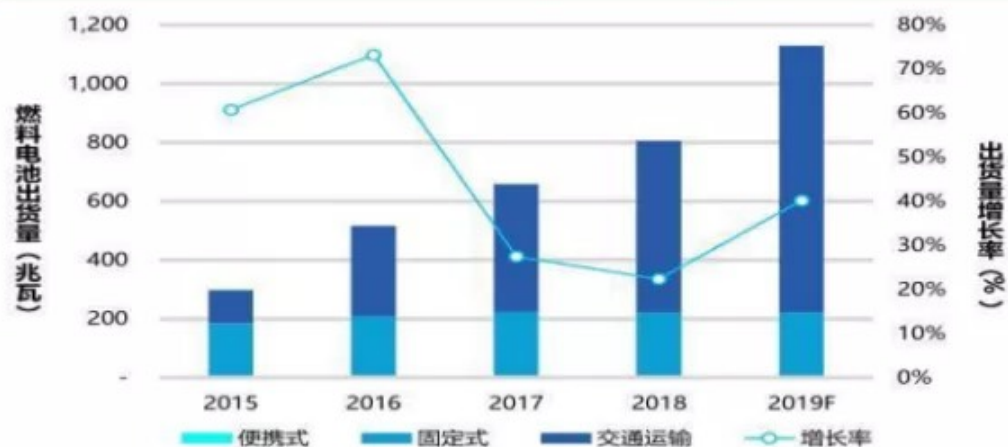
资料来源：前瞻产业研究院，中信证券研究部

3.1氢能定位能源革命中重要角色，储氢、燃料电池为核心突破方向

■ 氢能在全球能源革命中扮演重要角色

- 氢能在全球能源转型革命中扮演重要角色，燃料电池是其重要应用场景。
- 根据E4tech数据，2019年度全球燃料电池出货量达1129.6MW，2015年-2019年CAGR达39.52%，其中交通运输领域需求上升尤为显著，CAGR达68.13%。。

交通领域的应用拉动燃料电池出货量快速增长

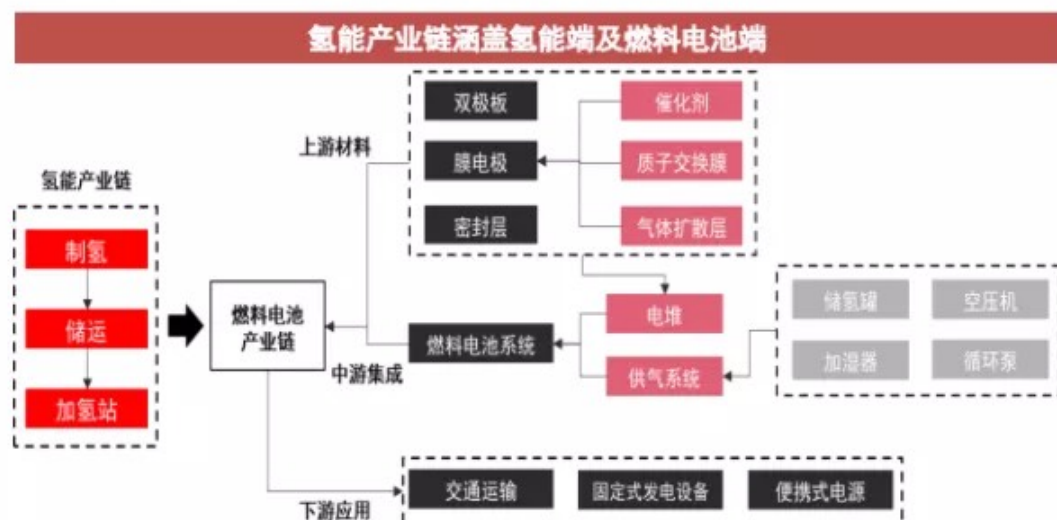


资料来源：E4Tech - 《The Fuel Cell Industry Review 2019》

3.1 氢能定位能源革命中重要角色，储氢、燃料电池为核心突破方向

■ 产业链梳理：储氢、燃料电池电堆及核心材料为突破方向

- 从产业链发展的视角出发，储氢、燃料电池电堆及其核心材料为重要突破方向。
- 从氢能端来看，氢能源作为理想的新型能源和含能体能源，制约其实用化、规模化的关键在储氢环节。
- 从燃料电池端来看，国内燃料电池产业链呈现自下而上发展的态势。



资料来源：中信证券研究部

3.2 储氢：关键设备国产化亟待突破，液氢存储技术未来可期

■ 储氢技术为氢气生产到使用过程中的桥梁

- 储氢技术贯穿产业链氢能端至燃料电池端，是控制氢气成本的重要环节。
- 高压气态储氢技术目前应用最为广泛，核心设备为高压气态储氢瓶。储氢瓶根据其材料不同主要分为四种类型：纯钢制金属瓶（I型）、钢制内胆纤维缠绕瓶（II型）、铝内胆纤维缠绕瓶（III型）和塑料内胆纤维缠绕瓶（IV型）。

目前国内35MPaIII型瓶应用已较为成熟

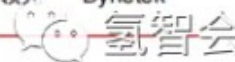
	I型	II型	III型	IV型
材料	纯钢制金属瓶	钢制内胆 外层缠绕玻璃纤 维复合材料	铝制内胆 外层缠绕CFRP	塑料内胆 外层缠绕CFRP
工作压力	17.5~20MPa	26.3~30MPa	30~70MPa	70MPa以上
重容比 (kg/L)	0.9~1.3	0.6~0.95	0.35~1	0.3~0.8
寿命	15年	15年	15~20年	15~20年
成本	低	中等	最高	高
应用场景	固定式	固定式	车载式	车载式

资料来源：北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心，中科院宁波材料所，中信证券研究部

国内以III型瓶为发展重点，IV型瓶尚处于研发阶段

类型	国内现状	国外现状	主要企业
III型	III型瓶是我国发展重点，已开发35MPa、70MPa两种类型瓶，技术和产品已经较为成熟，35MPa已广泛应用。 70MPaIII型瓶的使用标准已经在2017年发布的《车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》中有所规定，并开始小范围的使用。	III型瓶技术成熟，车用主要以IV型瓶为主	富瑞特装、中材科技、天海工业、科泰克、斯林达
IV型	处于研发阶段，面临工艺落后、碳纤维、数值性能不高、标准缺失等问题	已研制成功多种型号规格的纤维全缠绕高压储氢气瓶，制造技术较为领先	Hexagon、Quantum、通用、丰田、Dynetek

资料来源：中科院宁波材料所，中信证券研究部



3.2 储氢：关键设备国产化亟待突破，液氢存储技术未来可期

■ 碳纤维复合材料为储氢瓶核心材料，在III型、IV型瓶中成本占比超75%

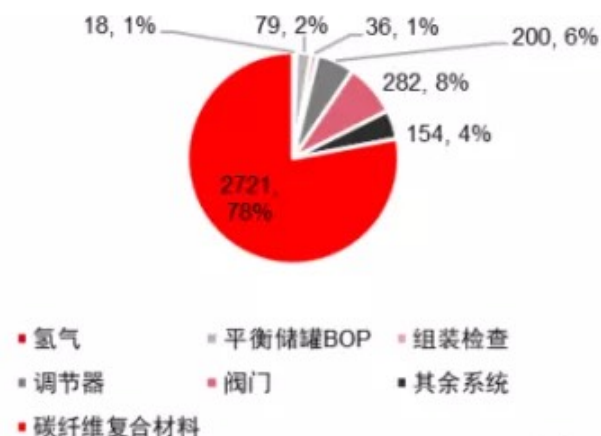
- 成本构成最大的三项依次为碳纤维复合材料、阀门、调节器，分别占比为77%-78%、8%、6%。
- 国内大部分高压储气瓶生产企业所用碳纤维以国外产品为主，全球市场由东丽、东邦、三菱丽阳三家企业主导。

35MPa高压储氢IV型瓶中碳纤维材料成本占比约77%



资料来源：中科院宁波材料所，中信证券研究部

70MPa高压储氢IV型瓶中碳纤维材料成本占比约78%



资料来源：中科院宁波材料所，中信证券研究部

3.2 储氢：关键设备国产化亟待突破，液氢存储技术未来可期

■ 低温液态储氢为重点研发方向，目前主要受制于技术、成本、政策等因素

- 技术及成本方面，将氢气液化的过程中耗能较大，储氢罐材质未达到技术要求。政策方面，国内目前缺乏液氢相关的技术标准和政策规范，应用仅限于航天行业，在民用方面还未实现使用。

目前涉及液氢的民用相关标准及规范缺失

标准号	中文名	备注
GJB 2645-1996	液氢贮存运输要求	军用标准
GJB 2645-XXX	液氢包装贮存运输要求	军用标准
GJB 5405-2005	液氢安全应用准则	军用标准
GJB 2427.3-1992	航天发射场推进剂使用规则：液氢	军用标准
GJB 71-1985	液氢	军用标准
GJB 71-XXX	液体火箭发动机用氢规范	军用标准
QJ 3028-1998	液氢加注车通用规范	航天标准
QJ 3271-2006	氢氧发动机试验用液氢生产安全规程	航天标准
QJ2485-1993	低温液体（液氢、液氧）密度测量规范	航天标准
QJ 2489-193	电容式液氢、液氢密度传感器通用技术条件	航天标准
QJ 2298-1992	用氢安全技术规范	航天标准
GJB 7763.1-2013	航天发射场低温推进器加注系统设计规范第一部分：液氢	航天标准
GB/T 24499-2009	氢气、氢能与氢能系统术语	国标
GB/T 30719-2014	燃料加注系统接口	国标
GB/T 34584-2017	加氢站安全技术规格	国标
GB 50516-2010	加氢站技术规范	国标

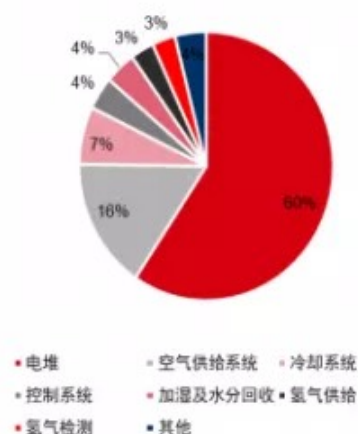
资料来源：北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心，中信证券研究部

3.3 氢燃料电池：技术链逐层解耦，上游技术突破进行时

■ 电堆为整个燃料电池系统的核心部件，膜电极为电堆的核心部件

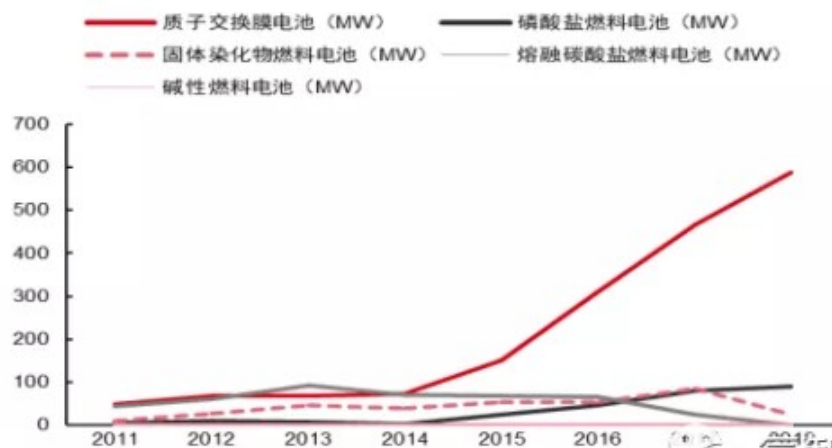
- 质子交换膜燃料电池是燃料电池领域发展最为成熟的方向。按电解质不同，燃料电池可分为质子交换膜燃料电池、固体氧化物燃料电池、熔融碳酸盐燃料电池、磷酸盐燃料电池、碱性燃料电池等。
- 燃料电池电堆主要由质子交换膜、催化剂、双极板、气体扩散层、电堆的平衡器件等构成，其中质子交换膜、催化剂、气体扩散层称为膜电极，是电堆中最重要的部分，成本占整个电堆成本约60%左右。

电堆成本占系统总成本约60%

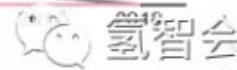


资料来源：美国能源部，中信证券研究部

全球质子交换膜燃料电池出货量自2015年起快速增长



资料来源：Fuel Cell Today，中信证券研究部

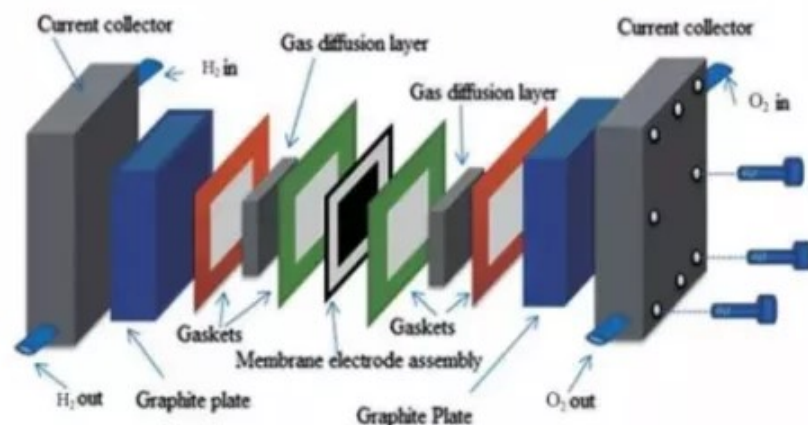


3.3 氢燃料电池：技术链逐层解耦，上游技术突破进行时

■ 质子交换膜燃料电池（PEMFC）系统是燃料电池商业化的主流选择

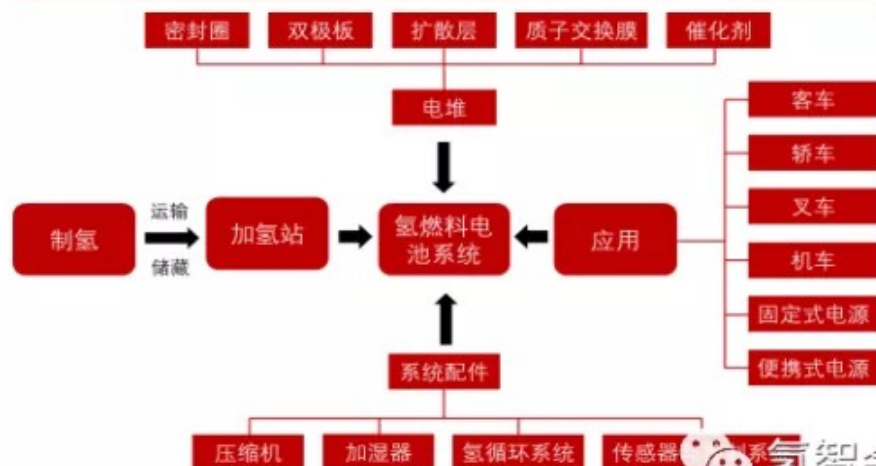
- PEMFC 单电池由阳极、阴极和质子交换膜组成，质子交换膜作为传递 H^+ 的介质，只允许 H^+ 通过。
- PEMFC 主要包括燃料电池电堆及系统配件，系统配件包括压缩机、加湿器、氢循环气系统，电堆由多个单体电池以串联方式组合。单体电池由质子交换膜、催化剂、气体扩散层、双极板以及密封圈构成。单体电池由质子交换膜、催化剂、气体扩散层、双极板以及密封圈构成。

质子交换膜作为传递 H^+ 的介质，只允许 H^+ 通过



资料来源：NPTEL，中信证券研究部

以质子交换膜燃料电池为核心的燃料电池产业链



资料来源：中信证券研究部

3.3 氢燃料电池：技术链逐层解耦，上游技术突破进行时

■ 美、日、韩厂商占据供应链主导地位，部分国内企业进入上游电堆部件供应链体系

- 从燃料电池整车视角来看，海外氢燃料电池汽车发展相对较早，其供应链配套体系发展已较为成熟。丰田Mirai年2018-2020销量分别为2457、2494、1770辆。
- 从上游电堆视角来看，目前全球燃料电池电堆龙头企业为巴拉德（Ballard）、普拉格（Plug）及水吉能（Hydrogenics），供应链以自主配套及海外巨头配套供应为主，部分国内企业也进入了其供应链体系。

丰田Mirai已基本实现本土垂直供应链闭环

核心供应商	供应零部件	备注
TOTYOTA BOSHOKU 丰田纺织	空压机消音器、离子交换器(去离子装置)、燃料电池堆歧管、双极板	丰田汽车持股39.66%
TOYOTA INDUSTRIES丰田工业公司	六叶螺杆罗茨式空压机、氢气循环泵和氢气循环泵逆变器	丰田汽车持股24.67%
DENSO 电装	冷却系统：散热器、水泵、节温器(三通阀)；加氢系统：氢罐、压力传感器、红外线发射器	丰田汽车持股24.23%，丰田工业持股8.89%
AISIN GROUP 爱信精机	空气阀门模块和电堆端板	丰田汽车持股24.81%，丰田工业持股7.68%
JIEKT 捷太格特	氢罐阀门和减压阀	丰田汽车持股22.5%
AISAN 爱三工业	氢气喷射器	丰田汽车持股28.77%，丰田工业持股7.57%
CATALER 科特拉	催化剂	
GORE戈尔、Dupont美国杜邦、Asahi Kasei旭化成、Asahi Glass旭硝子	质子交换膜	
TORAY东丽、日本UBE宇部兴产、日本东洋、TKK株式会社	氢罐、气体扩散层	
TORAY 东丽	电堆外壳	
Mitsui Chemicals三井化学、SUMITOMO RIKO住友理工	密封层	

3.3 氢燃料电池：技术链逐层解耦，上游技术突破进行时

■ 国内政策补贴下游商用车，带动中游系统厂商蓬勃发展

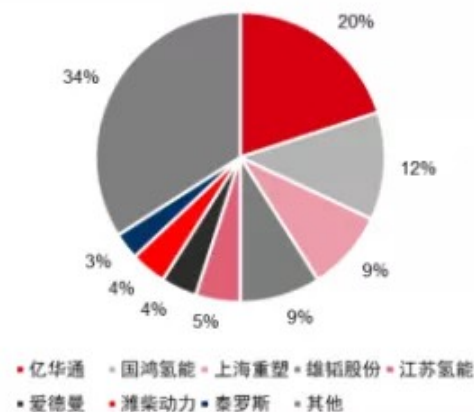
- 根据中汽协数据，2019年燃料电池汽车销量增长至2737辆，同比增长近80%。根据各城市相关规划来看，上海、武汉、佛山等10座重点城市2025年燃料电池汽车发展数量规划合计约达8.3万-10.3万辆。

2019年我国燃料电池汽车销量达2737辆



资料来源：中汽协，中信证券研究部

推荐目录中的系统供应商以国内企业为主



资料来源：工信部，中信证券研究部

3.3 氢燃料电池：技术链逐层解耦，上游技术突破进行时

■ 技术链逐环解耦，上游核心组件国产化亟待突破

- 从技术发展路径来看，我国燃料电池产业链呈现典型的自下而上发展模式，沿“燃料电池系统-电堆-膜电极-质子交换膜及催化剂等核心材料”路径逐次发展。当前我国正处于第三阶段向第四阶段演进的区间内。
- 国内大部分系统供应商在电堆及膜电极等关键部件主要靠海外进口或技术授权为主，部分领先企业在电堆领域已实现国产化突破，但在功率、使用寿命等关键参数较海外龙头差距仍较大。

技术路线围绕性能、使用寿命、环境适应性及成本等核心参数持续优化



资料来源：《中国新能源汽车技术路线展望》（欧阳明高，2019年），中信证券研究部

3.3 氢燃料电池：技术链逐层解耦，上游技术突破进行时

■ 国内企业正逐步实现核心技术突破

- 国内电堆及上游材料企业正通过自主研发、技术引进及股权投资等方式，逐步实现核心技术突破。按企业的核心技术来源做划分，国内电堆及上游材料企业可分为三类。

国内电堆及上游材料企业已逐步实现技术突破

类型	代表企业	具体方式
纯自主研发	武汉理工新能源	依托武汉理工膜电极领域技术优势开发自主产品，具备膜电极（CCM/MEA）制备技术，进入普拉格膜电极供应链
	安泰科技	与清华大学、上海交大等高校合作研发，多孔钛气体扩散层产品进入普拉格供应链
	新源动力	由中国科学院大连化学物理研究所发起设立，自主研发电堆，成功推出我国首例自主研发耐久性突破5000小时的燃料电池产品
	上海神力	国家科技部重点支持企业，承担多项科技部“863计划”课题，自主研发电堆，具备电堆半自动化和MEA自动化的生产工艺。2015年被亿华通收购。
技术引进+自主研发	亿华通	与巴拉德、水吉能合作，引入海外电堆先进技术；与丰田合作，引入金属双极板技术；与清华、武汉理工等高校合作技术开发，具备空压机、控制系统等核心系统部件自主开发能力；收购上海神力，开发自主电堆。
技术引进	潍柴动力	股权投资巴拉德，1.6亿美元持股19.9%成为第一大股东；成立合资公司潍柴巴拉德氢能科技有限公司，获得巴拉德最新一代Fcggen LCS的非独家免税许可。
	大洋电机	股权投资巴拉德，0.48亿美元持股9.9%；与巴拉德达成技术授权转让协议，组装销售FCveloCity燃料电池发动机。
	国鸿氢能	与巴拉德合资成立广东国鸿巴拉德氢能动力有限公司，拥有巴拉德Fvelocity-9SSL系列燃料电池发动机专利权。

资料来源：北极星氢能网，各公司官网，中信证券研究部