

CIC灼识咨询  
中国氢能行业蓝皮书



灼识咨询是一家知名咨询公司。其服务包括IPO行业咨询、商业尽职调查、战略咨询、专家网络服务等。其咨询团队长期追踪物流、互联网、消费品、大数据、高科技、能源电力、供应链、人工智能、金融服务、医疗、教育、文娱、环境和楼宇科技、化工、工业、制造业、农业等方面最新的市场趋势，并拥有上述行业最相关且有见地的市场信息。

灼识咨询通过运用各种资源进行一手研究和二手研究。一手研究包括访谈行业专家和业内人士。二手研究包括分析各种公开发布的数据资源，数据来源包括中华人民共和国国家统计局、上市公司公告等。灼识咨询使用内部数据分析模型对所收集的信息和数据进行分析，通过对使用各类研究方法收集的数据进行参考比对，以确保分析的准确性。

所有统计数据真实可靠，并是基于截至本报告发布日的可用信息。

若您希望获取CIC灼识咨询的详细资料、与灼识建立媒体/市场合作，或加入灼识行业交流群，欢迎扫码、致电021-23560288或致函marketing@cninsights.com。



1

中国氢能行业概览

2

中国氢能行业竞争格局分析

3

附录



氢能产业布局成为未来低碳经济转型重点发展方向，投资主线关注产业链重点环节与商业化突破口，具备商业化前景与技术壁垒的标的公司具有可投资性

宏观市场

具有广阔的发展空间

“双碳”战略目标背景下，氢能产业布局成为未来能源结构优化和低碳经济转型重要发展方向

氢能产业生态持续丰富支撑十数万亿元产业链市场空间

- 政策支持氢能产业推广验证及长期规划
- 氢能产业链技术瓶颈取得突破
- 相关配套设施及市场转化机制持续完善

应用场景拓宽  
开发应用成本经济性提升

交通运输  
工业脱碳  
新能源网络  
...

中观行业

产业链重点环节与商业化突破口

行业特征

- 政策引导作用强**
  - 中央分阶段发展规划
  - 示范城市群落地场景
  - 财政扶持产业规模化提高成本经济性
- 技术瓶颈持续攻关**
  - 产业规模化发展关键技术核心零部件国产
  - 电堆寿命、高功率区间性能长期提升
- 成本结构核心部件集中**
  - 核心部件成本结构集中
  - 现行补贴周期难以扭转
- 区域性特点强**
  - 产业环节资源禀赋、应用场景区域分布，氢能产业集群呈现类似特征

微观标的

具有可投资性

行业关键成功因素

持续资源投入保持市场领先地位

与供应商和下游产业保持良好关系

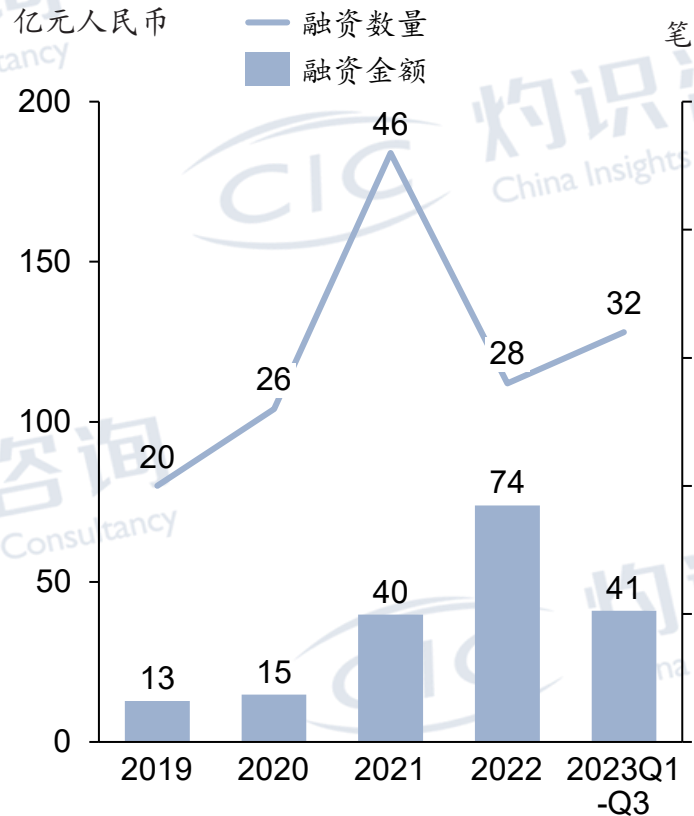
市场布局的先发优势

领先的技术研发水平

- 商业化前景明确**
  - 面向汽车行业应用，商业化前景明确
  - 下游燃料电池汽车投放规模增长
- 产业链资源整合能力强**
  - 与主流车企建立稳定合作关系
  - 一体化零部件供应体系
- 具备先发优势**
  - 行业发展初期建立规模化优势
  - 盈利潜力行业领先
- 建立技术壁垒与创新属性**
  - 研发实力雄厚
  - 生产运营效率与产品质量领先
  - 技术迭代开发更高功率区间产品

# 氢能行业股权融资规模稳步上升，早期阶段投资活跃，热门赛道与产业链各板块均有分布，市场信心逐步提振

## 氢能行业股权融资数量和金额\*，2019-2023Q1-Q3



- 2019年以来，氢能行业股权融资金额逐年上升，虽然2022年股权融资数量有所回落，目前2023年前三季度股权融资数量表现良好，预计2023年相较2022年有所提升

\*注：不包括未披露融资金额的融资事件

\*\*注：包括IPO进心中的企业

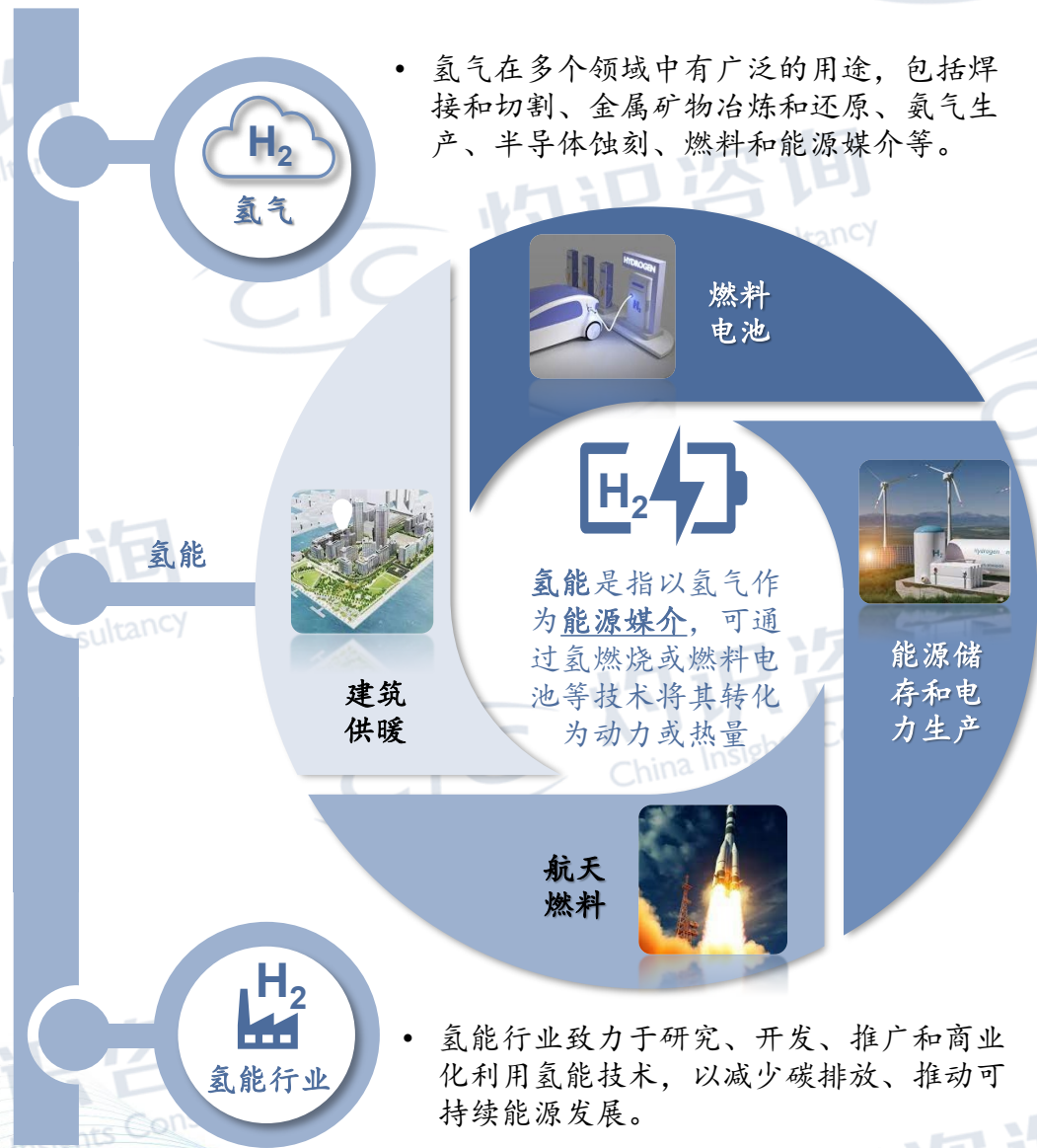
## 2022年至今氢能行业股权融资情况，分融资轮次



- 2022年至今氢能行业股权融资集中于早期轮次，同时产业链中游燃料电池相关标的成为氢能行业焦点
- 随着亿华通港交所上市成为首个A+H氢能源概念股、国氢科技B轮融资45亿元创下纪录并成为估值130亿元的独角兽企业，氢能行业市场信心逐步恢复，预期2023年氢能行业股权融资整体呈现较为乐观态势



氢能是指利用氢气作为媒介的能源形式，具有来源广泛、绿色低碳、产储稳定、能量密度高等优势，是实现双碳目标的一种关键工具，有助于推动我国构建更清洁、更可持续的能源体系



- 氢气在多个领域中有广泛的用途，包括焊接和切割、金属矿物冶炼和还原、氨气生产、半导体蚀刻、燃料和能源媒介等。

- 氢能行业致力于研究、开发、推广和商业利用氢能技术，以减少碳排放、推动可持续能源发展。

氢能优势分析



- A** • 氢元素分布广泛，按原子数量算，氢大约占到地球总原子量的17%
- B** • 氢气制备手段多样，制氢能源如化石燃料和风光电能源充足



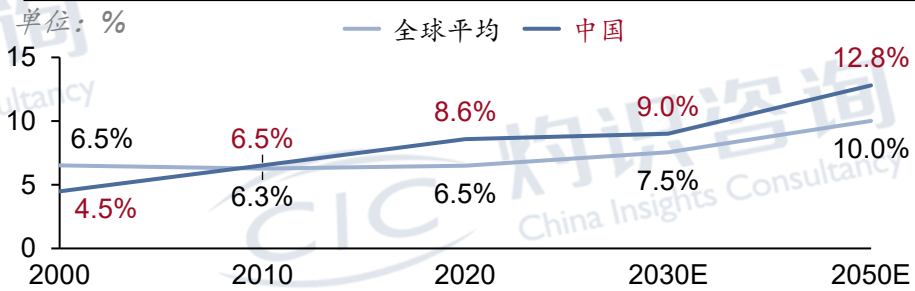
能源类型	燃烧效率	热值*, kJ/g
氢气	57%-62%	143
化石燃料	25%-60%	24-55

→ 更优

\*注：热值指单位质量（或体积）燃料完全燃烧时所放出的热量，是表示燃料质量的一种重要指标

双碳背景下各国家和地区积极谋划氢能产业战略布局，目前中国氢产量居世界首位，但在发展质量上尚存在提升空间，为此各地政府围绕宏观规划纷纷设立氢能发展目标规划，有望进一步提升我国氢能产业的发展水平

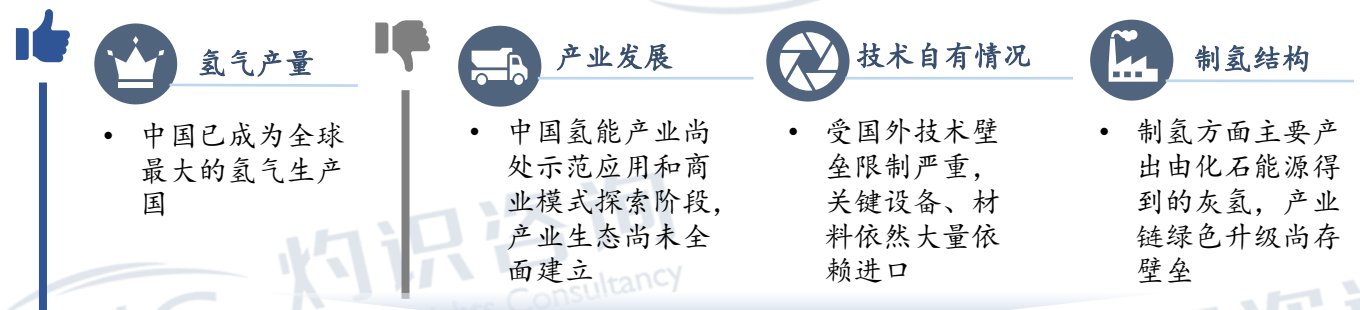
全球及中国能源结构中氢气占比，2000-2050E



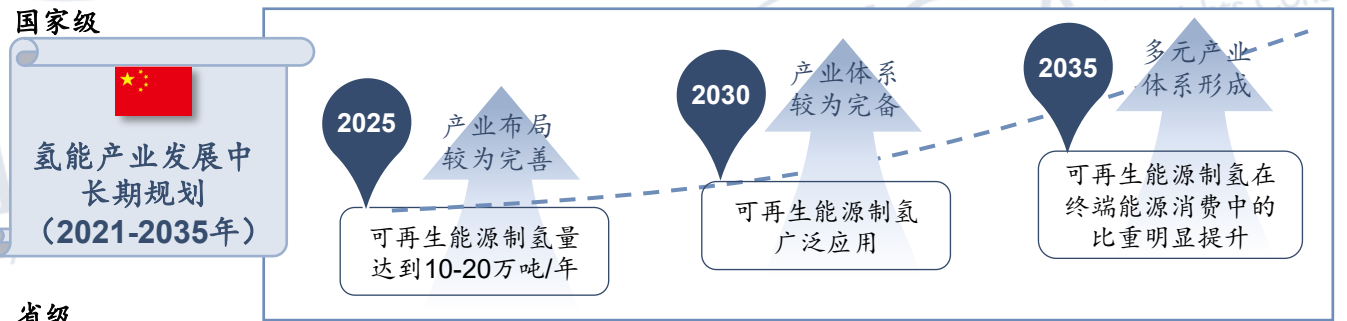
世界各国/地区氢能发展目标举例

地区	时间	名称	主要内容
美国	2023年6月	《国家清洁氢能战略与路线图》	2030、2040和2050年美国内氢需求将分别升至1,000、2,000和5,000万吨/年
欧盟	2022年3月	《Repower EU规划》	2030年实现自产和进口各1,000万吨/每年的可再生氢目标
日本	2020年12月	《绿色增长战略》	2030年实现国内氢产量达到300万吨/年，2050年达到2,000万吨/年
韩国	2020年2月	《促进氢经济和氢安全管理法》	提出2050年实现进口氢替代进口原油的目标

中国氢能行业发展现状分析



中国国家级和省级氢能发展目标举例



	省级单位	发布时间	产值或者产氢量目标
产值目标	北京市	2021年8月	到2025年，京津冀区域累计实现氢能产业链产业规模1,000亿元以上
	上海市	2022年6月	到2025年，氢能产业链产业规模突破1000亿元
	辽宁省	2021年12月	到2025年，全省氢能产业实现产值600亿元
产氢量目标	青海省	2022年12月	到2025年，绿氢生产能力达4万吨左右
	内蒙古自治区	2021年7月	到2025年，绿氢制取能力达到50万吨/年
	宁夏回族自治区	2022年5月	到2025年，可再生能源制氢量达到8万吨以上

资料来源：美国能源部，欧盟委员会，日本经济产业省，韩国国会，中国发改委，各省发改委，BP plc，灼识咨询



氢能行业产业链长，且参与方众多；上游氢能制备储运技术进步与氢能基础设施完善以及下游政策扶持带来的交通运输方面的需求增长是中游产业的基础

氢能行业产业链，中国，2022年

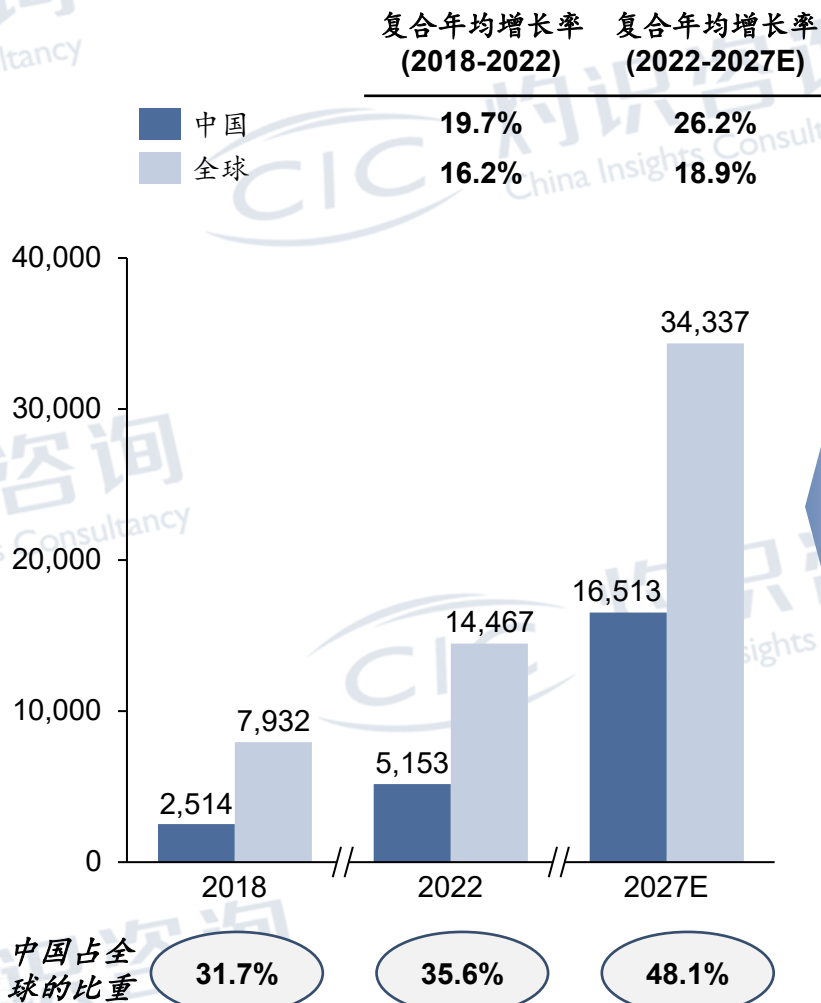




目前中国氢能行业市场规模已超五千亿元人民币，预计到2027年中国氢能行业规模接近全球一半，中国氢能行业的发展很大程度上立足政府的扶持和推动，包括宏观层面的氢能发展规划以及执行层面的财政补贴

氢能行业市场规模，产值口径，中国及全球，2018-2027E

单位：亿元人民币



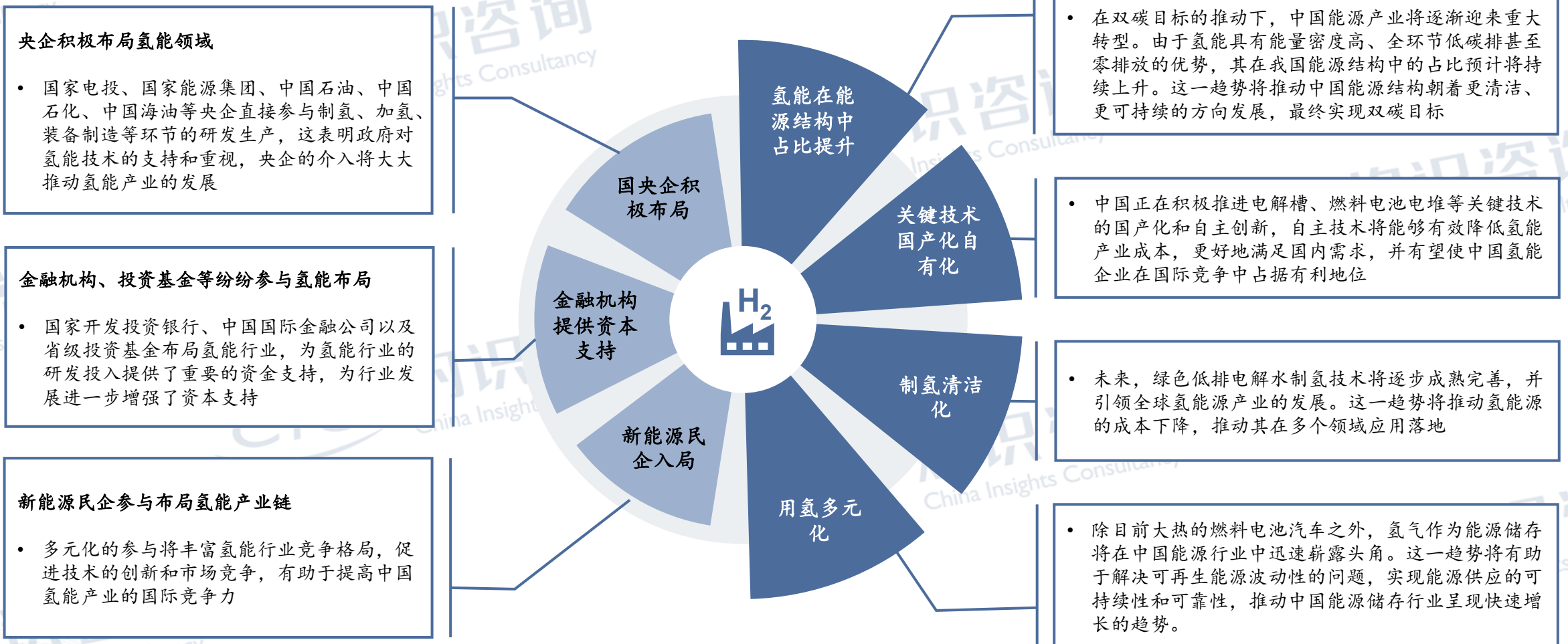
中国氢能行业驱动因素分析



在双碳政策引领下，氢能行业正受到国央企、金融机构以及其他民企的广泛关注，未来，随着氢能在能源结构占比不断提升，我国氢能行业将朝着技术国产化、制氢清洁化和用氢多元化的方向发展

### 氢能行业发展各方布局现状

### 氢能行业未来发展趋势



根据制取及碳排放量不同，制氢可分为绿氢、蓝氢、灰氢三种，现阶段由于我国煤炭资源丰富，灰氢成本低，灰氢是主要的氢气制取方式，但灰氢碳排放较高，未来低碳零碳的蓝氢和绿氢将会成为重点发展的制氢方式

### 氢气分类

碳排放依次增加

绿氢



绿氢定义：绿氢是完全利用可再生能源电力对水进行电解制取的零碳排放氢气，主要技术难点在于进一步提升电解制氢的系统效率，代表着氢能产业可持续发展的未来方向

属于绿氢的制氢方式：

碱性电解（ALK）制氢、质子交换膜电解（PEM）制氢、固体氧化物电解（SOEC）制氢、阴离子交换膜电解（AEM）制氢等

蓝氢



蓝氢定义：蓝氢是在化石燃料制氢过程中配置CCUS技术实现大规模碳捕集与封存的低碳氢生产途径，与直接制氢相比，蓝氢减少了90%以上的碳排放量，是氢能产业向低碳可持续发展的重要过渡技术

属于蓝氢的制氢方式：

天然气蒸汽重整制氢、天然气热化学裂解制氢、煤气化制氢+CCUS、煤制氨制氢+CCUS、石油制氢+CCUS等

灰氢



灰氢定义：灰氢是直接从煤等化石燃料中生产氢气的过程，没有采取任何碳捕集或减排措施，过程中的大量二氧化碳排放会造成严重环境影响，属于高碳的“脏氢”，目前灰氢的主要生产方式是煤的气化制氢，这是商业化最成熟的煤基制氢途径

属于灰氢的制氢方式：

煤气化制氢、天然气无捕碳制氢、煤制甲醇制氢、煤制氨制氢、石油制氢等

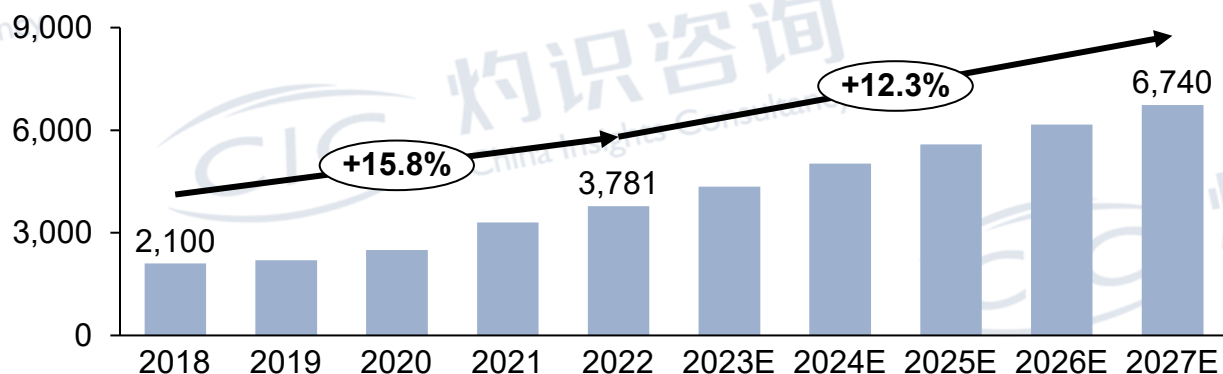
注：颜色由浅至深表示碳排放量越高



2022年中国年氢气产量3,781万吨，占全球37.1%，与全球制氢结构相比中国凭借丰富的煤炭储量目前以煤制氢为主，未来随着“双碳”政策的实施以及对清洁能源的需求增加中国将持续增加更加清洁的制氢方式比例

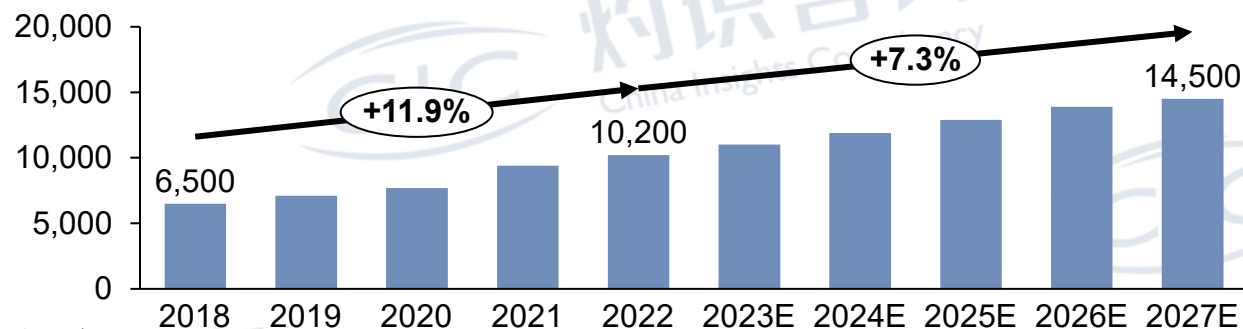
中国氢气产量，2018-2027E

单位：万吨



全球氢气产量，2018-2027E

单位：万吨



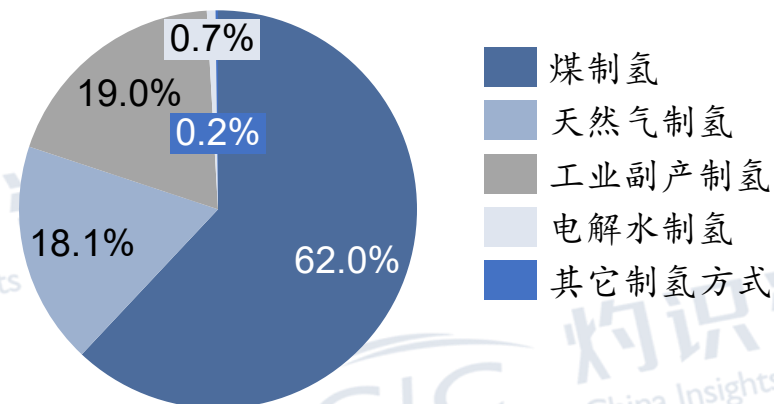
中国氢气产量占全球比重

32.3%

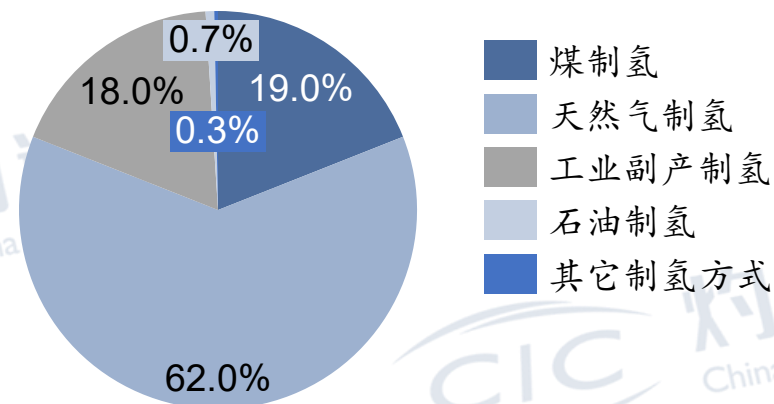
37.1%

46.5%

中国制氢结构，以产量为口径，2022年



全球制氢结构，以产量为口径，2022年



绿氢可有效降低碳排放，推动可持续发展。中国政府致力于应对气候变化，通过大力发展绿氢技术，实现能源转型，提升能源结构的环保可持续性，同时促进新能源产业发展，推动经济转型升级

氢气制备方式对比分析

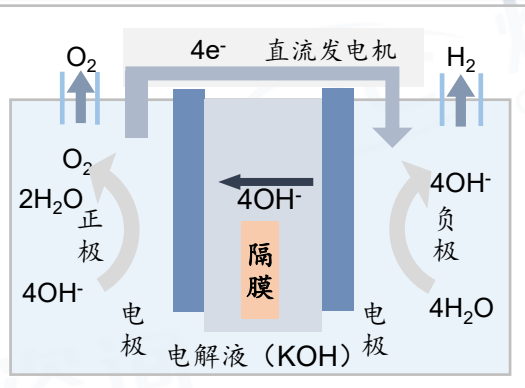
制氢方式	原理	优点	缺点	工艺痛点	发展趋势
1 绿氢 -光解水、生物质能等制氢方法	使用光催化剂对水直接进行光照分解；利用生物工程菌通过发酵分解生物质生成氢气	原料来源广泛，环保	氢气产率较低，工艺系统复杂	提高稳定性和活性	发展技术发展，推进工业化和商业化应用
	在碱性溶液中通电分解水生成氢气	成熟可靠，设备成本低	电解效率较低，电力消耗大	碱液浓度管理困难、电极需要耐受碱性环境	适合大规模中央制氢，成本有望进一步下降
	通过质子交换膜进行水的电解制氢	电解效率高，可压缩氢气	电解堆成本较高，需使用贵金属催化剂	质子交换膜的稳定性和寿命难以长期稳定运行	模块化设计，可规模化分散应用
2 绿氢 -电解水制氢	电解池中设置有阴离子交换膜，可以阻隔氢气和氧气的混合	电解效率高，纯度高，安全性强	运行成本高，使用寿命有限	阴离子交换膜易老化，使用寿命短	开发新型阴离子交换膜，提高膜的导电性、选择性和稳定性
	高温条件下，利用固体电解质进行水或水蒸气的电解	电解效率高，可直接输出高压氢气	工作温度高，热绝缘和材料要求高	电解质的长期稳定性较差	简化系统，降低工作温度
	收集焦炉煤气，进行脱硫精制后蒸汽重整制取氢气	综合利用副产气，减少排放	气量不稳定，制氢成本较高	脱硫工艺的不稳定影响制氢	积极开发焦炉气综合利用，提升经济性
3 蓝氢 -工业副产制氢	电解食盐水制氢	制氢原料低廉，可与主业产品补贴	能耗高、环境污染大	需要处理回收的氯气	提升电解效率，改进氯气处理及综合利用
	煤进行气化反应生成合成气，经煤气提纯生成氢气产品	煤储丰富、产量丰富、成本较低、技术成熟	CO2排放量大，后处理复杂	合成气制取提纯氢工艺效率有限	研发清洁高效的煤制氢技术，实现低碳转型
4 灰氢 -化石燃料制氢	对甲烷进行蒸汽重整反应得到合成气并提纯氢气	原料纯度高，工艺成熟，制氢效率高	受资源供给的局限性	合成气中CO进一步转换提纯氢的能效	持续优化制氢系统效率，降低成本
	对石油进行、催化、氧化、加压、热裂等技术处理提取含氢化合物	成本较低	石油资源的可持续性存疑	提高轻烃裂解和合成气转换制氢的选择性	简化工艺路线，与石油炼制相结合实现高效制氢

电解水制氢主要技术路径包括ALK、PEM、AEM和SOEC四种；其中，ALK和PEM已进入商业化阶段，且ALK占据市场主流，而SOEC和AEM仍处于实验室阶段

## 工作原理

## 应用情况

## 碱性(ALK)电解制氢



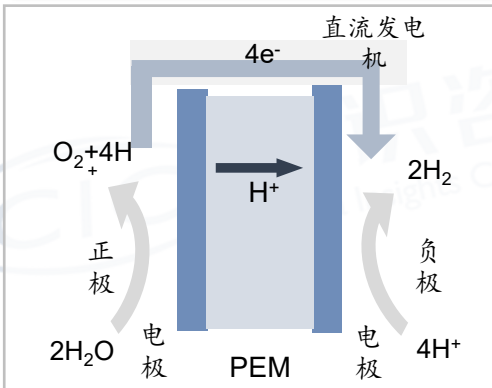
## 电极反应

- 正极:  $4\text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$
- 负极:  $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$

## 关键分析

- 技术成熟，成本低，易于实现规模化应用
- 实际电耗高，需要稳定的供电

## 质子交换膜 (PEM) 电解制氢



## 电极反应

- 正极:  $2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$
- 负极:  $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2$

## 关键分析

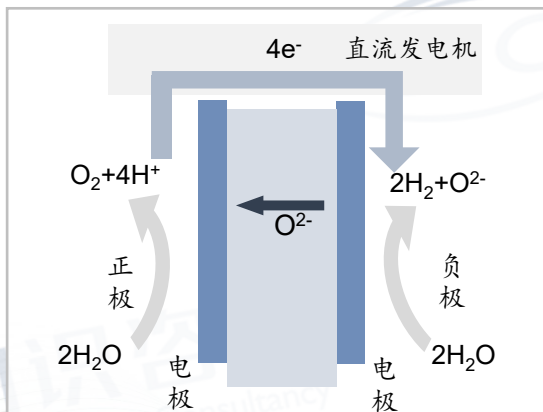
- 占地面积小，对间歇性供电的适应性强，易于与可再生能源整合
- 设备成本高



## 商业化阶段

- ALK和PEM电解水制氢技术已经进入商业化阶段
- 中国碱性电解槽设备最具经济性，在电解水制氢市场占据主流

## 固体氧化物(SOEC)电解制氢



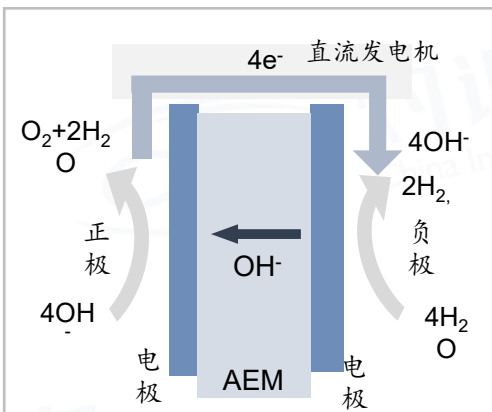
## 电极反应

- 正极:  $2\text{O}^{2-} = \text{O}_2 + 4\text{e}^-$
- 负极:  $2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2 + 2\text{O}^{2-}$

## 关键分析

- 高温电解槽能耗低并且使用非贵金属催化剂
- 电极材料的稳定性存在问题，需要额外加热

## 阴离子交换膜(AEM)电解制氢

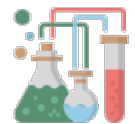


## 电极反应

- 正极:  $4\text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$
- 负极:  $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$

## 关键分析

- 高电流密度，快速响应，寿命长且价格低的材料，并且无需贵金属
- 尚处于发展初始阶段，性能远低于PEM



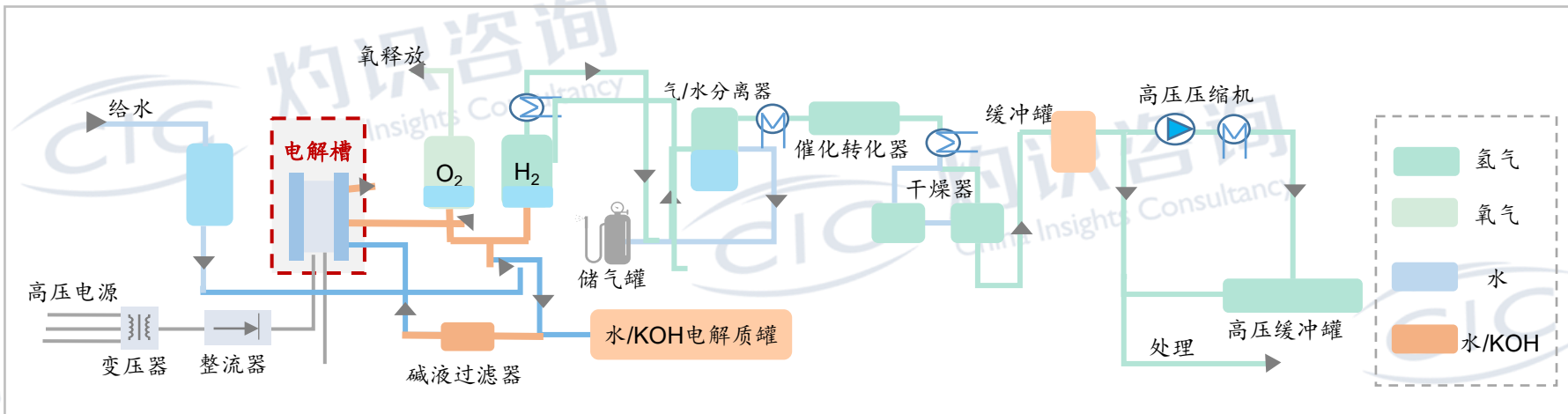
## 实验室阶段

- SOEC与AEM有很大的潜力，但技术不够成熟，只有少数公司和设备制造商参与其中
- 目前两种技术路线主要集中在欧洲



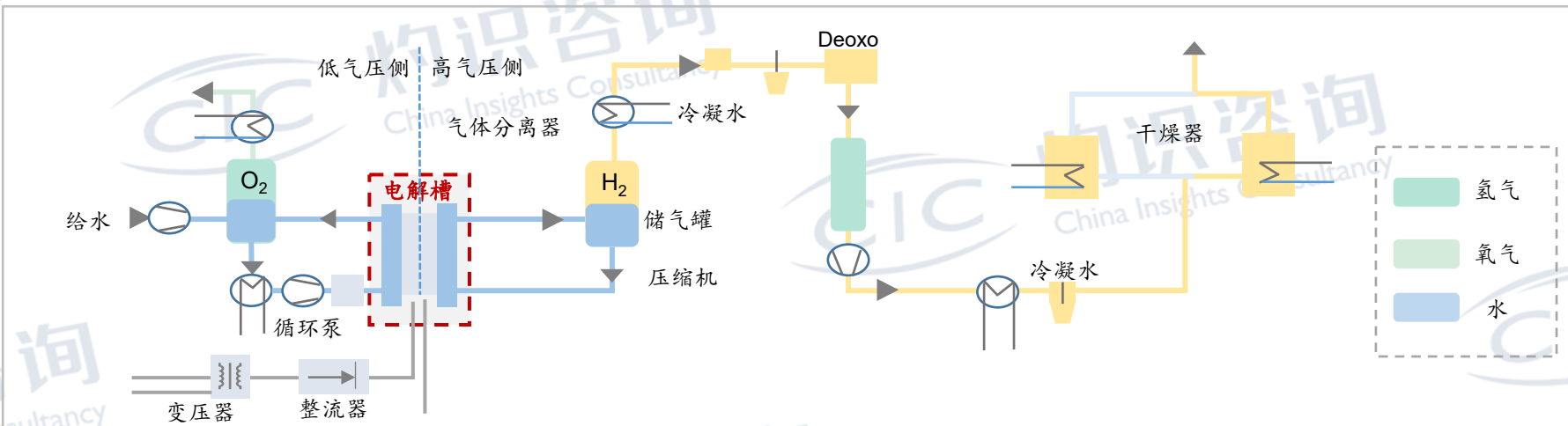
ALK和PEM两种主要电解水制氢路径中，ALK技术成熟、运行成本低，系统组成相对复杂；而PEM技术路径系统相对简单，但其设备及贵金属催化剂成本远高于ALK技术

## 工艺流程

碱性(ALK)  
电解水制氢

## 碱性电解水制氢基本原理

- 碱性电解水制氢设备系统相对复杂，主要包括电解槽、压力调节阀、碱液过滤器、碱液循环泵、碱液制备及贮存装置、氢气纯化装置以及气体检测装置等模块组成
- 碱性电解水制氢技术成熟，投资、运行成本低，但存在碱液流失、腐蚀、能耗高、占地面积大的问题

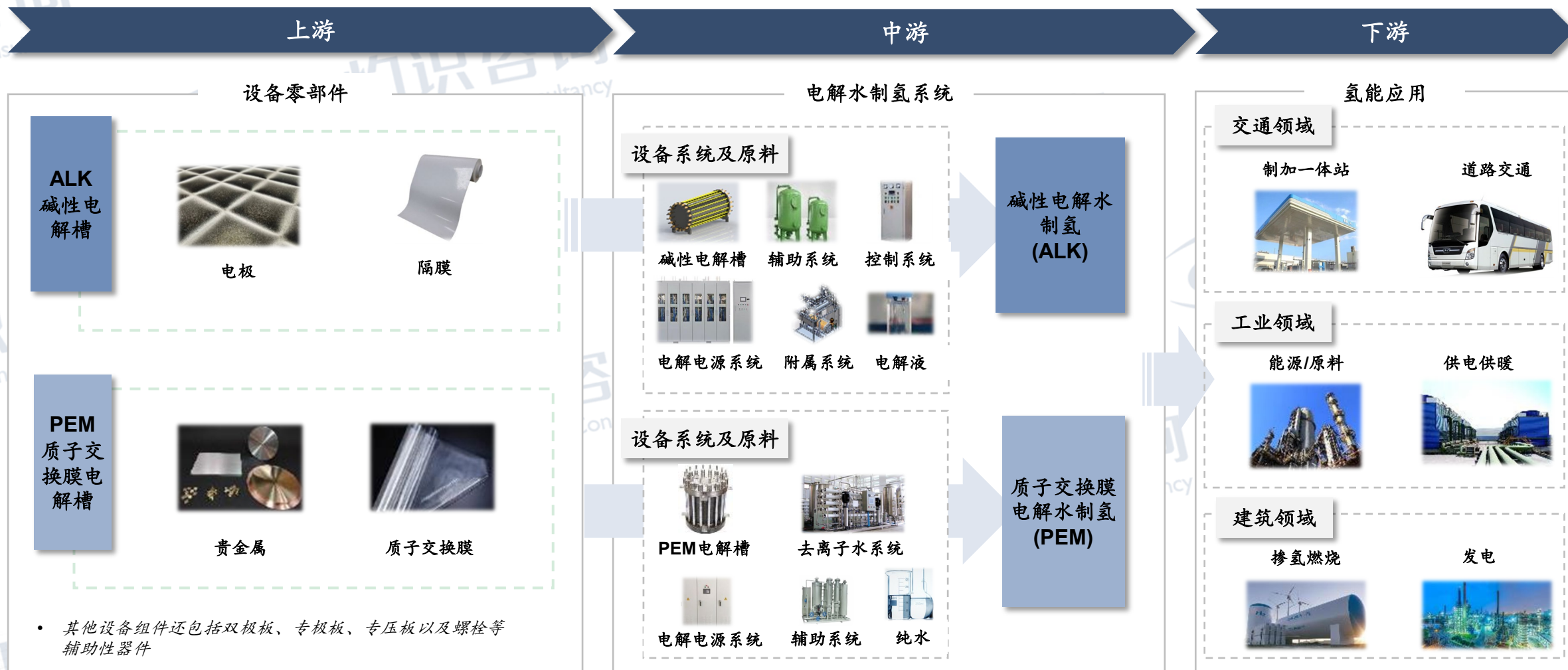
质子交换膜  
(PEM)电解水制氢

## PEM电解水制氢基本原理

- PEM系统比碱性系统简单得多。主要部件包括具有质子交换能力的聚合物薄膜和分别与电解质薄膜两侧紧密连接的阴阳极催化层
- PEM电解水制氢技术设备成本远高于碱性电解水制氢技术。PEM电解无法离开贵金属催化剂，对铱、铂、钛等贵金属依赖性高，高成本阻碍了PEM的产业化

电解水制氢产业链上游为电解槽设备的零部件，中游主要是ALK和PEM两种电解水制氢技术所需的制氢系统设备及原料，下游应用则涵盖了交通、工业以及建筑等领域

### 电解水制氢产业链



电解槽是电解水制氢的核心设备，随着电解槽核心组件和关键技术的不断进步，电解水制氢技术将得到更广泛应用，预计至2030年中国电解槽出货量有望超过35GW，并于2050年突破350GW

## 电解槽的定义与分类

- 定义：电解槽是电解水制氢的核心设备，亦是电解反应发生的主要场所；电解槽通常由若干个电解小室组成，每个电解小室又由电极、隔膜和电解质构成。

### 电解槽分类

### 详细描述

01

碱性电解槽  
(ALK)

- 商业化情况：发展最为成熟，已被广泛商业化使用
- 优势：技术发展成熟，安全可靠，设备使用寿命长达15年，且具有操作简单、成本较低、产业链成熟等优点
- 制约因素：难以快速启动或变载，无法快速调节制氢的速度，因而与可再生能源发电的适配性较差

02

质子交换膜电解槽  
(PEM)

- 商业化情况：已进入商业化初期，未来随着PEM技术发展成熟及设备成本下降，渗透率有望快速提升
- 优势：运行灵活，利于快速变载，与风电、光伏（发电波动性和随机性较大）等可再生能源具有良好的匹配性
- 制约因素：成本高、产品寿命低、制氢规模小

03

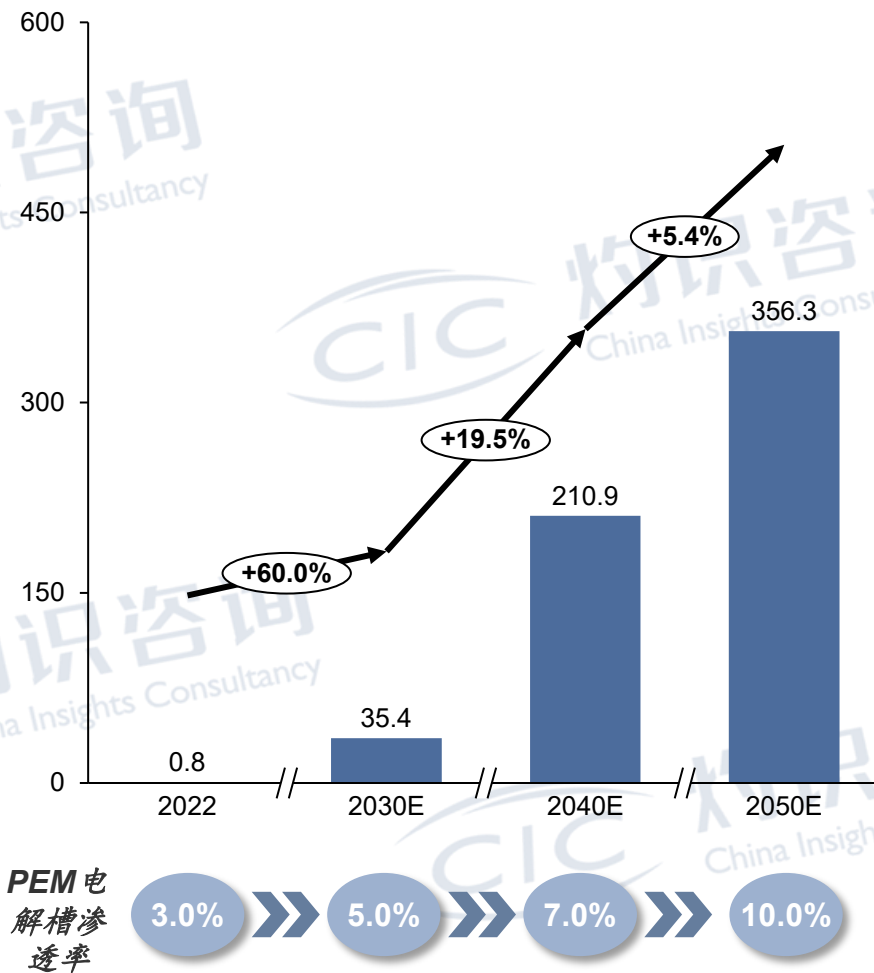
固体氧化物电解槽  
(SOEC)

- 商业化情况：目前仍在研发示范阶段，尚未商业化
- 优势：效率高于ALK与PEM电解槽，且产氢纯度较高，高温操作可降低电池电压并增加反应速率
- 制约因素：高温制氢让设备面临着材料热稳定性和密封性的挑战，因此设备的使用寿命和耐久性问题亟待解决

\*注：SOEC电解槽尚未商业化，且未来几年市场将仍以ALK电解槽为主，同时大力发展PEM电解槽，因此暂未考虑SOEC电解槽市场规模

## 中国电解槽市场规模\*，以出货量计，2022-2050E

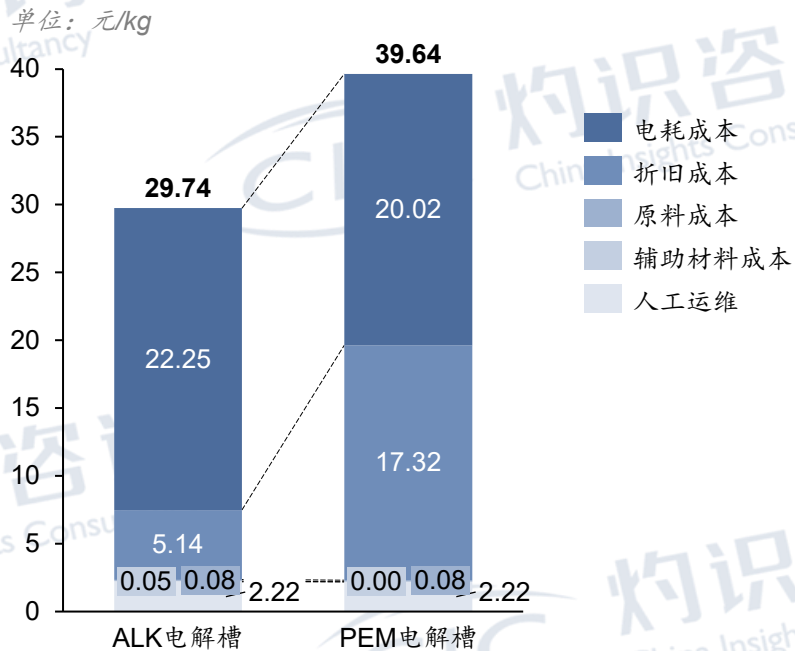
单位：GW





根据固定折旧、电耗、原料以及人工运维等成本测算，ALK电解槽相较于PEM电解槽更具经济优势。其中，电解槽的单槽设备价格是ALK电解槽相较于PEM电解槽的主要成本优势所在

电解水制氢单槽成本分析比较，2021年



- **ALK电解槽成本相较于PEM电解槽具有明显优势。**单槽设备价格为主要因素；ALK单槽设备价格在2021年为1,700元/KW，而PEM则为6,700元/KW。其优势之大足以弥补甚至忽略原先ALK电解槽设备电耗大所带来的电力成本问题以及其他劣势成本项的计入
- 随着氢能行业的发展，当氢气需求达到一定水平，并且在可再生能源发电占比上升以及光伏电站投资成本的持续下降，可以通过延长电解槽工作时间以摊薄其折旧成本，电耗成本也将有较大幅度下调，**ALK电解槽依然保持经济性成本特点的优势**

➤ ALK电解槽成本分析

成本项	单位	2021	2035E	2050E
电耗成本 <sup>1</sup>	元/kg	22.25	11.12	7.23
折旧成本 <sup>2</sup>	元/kg	3.43	1.77	0.88
原料成本 <sup>3</sup>	元/kg	0.08	0.08	0.08
辅助材料成本	元/kg	0.05	0.05	0.05
人工运维成本	元/kg	1.48	1.48	1.48
<b>制氢总成本</b>	<b>元/kg</b>	<b>27.28</b>	<b>14.50</b>	<b>9.72</b>

核心假设：

<sup>1</sup>根据《中国2050年光伏发展展望（2019）》，至2035年和2050年光伏发电成本预计下降至0.2元/kWh和0.13元/kWh。

<sup>2</sup>工作时间与设备价格协同降低折旧成本。根据《中国氢能产业发展报告》的预测，2035年、2050年ALK电解槽设备价格将分别为1,125元/KW和800元/KW；PEM电解槽设备价格分别为4,125元/KW和1,400元/KW；设备价格与工作时间协同降低折旧成本；ALK与PEM电解槽工作时间的提升依赖于技术的进步，假设2035年、2050年的电解槽工作时间分别达到4,000h/年以及6,000h/年。

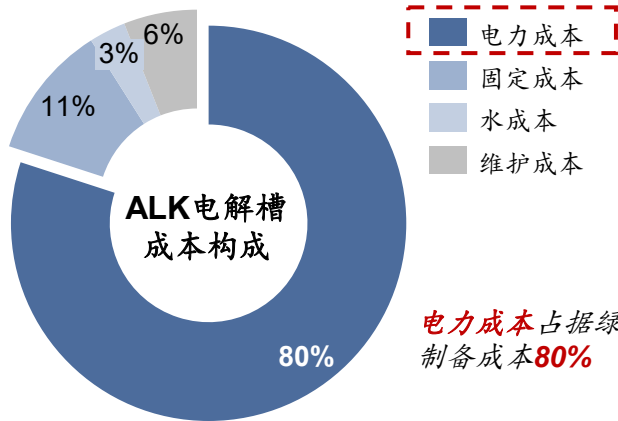
<sup>3</sup>人工运维以及原料及辅助材料成本保持不变。

➤ PEM电解槽成本分析

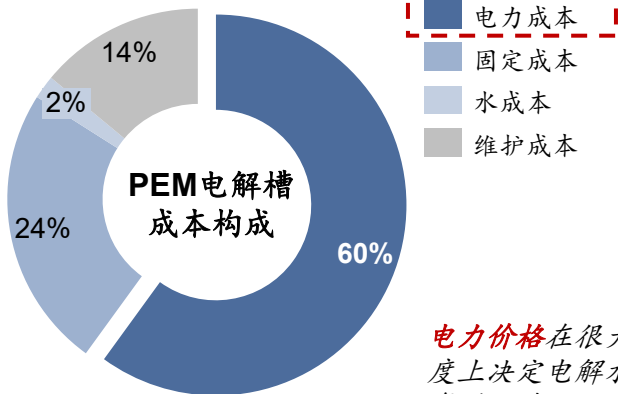
成本项	单位	2021	2035E	2050E
电耗成本	元/kg	20.02	10.01	6.51
折旧成本	元/kg	11.55	7.25	2.71
原料成本	元/kg	0.08	0.08	0.08
辅助材料成本	元/kg	0.002	0.002	0.002
人工运维成本	元/kg	1.48	1.48	1.48
<b>制氢总成本</b>	<b>元/kg</b>	<b>33.14</b>	<b>18.83</b>	<b>10.78</b>

可再生能源与电价的协同效应足够有效减少碱性设备电耗，同时规模化的生产能够降低从原材料到加工再到生产所有环节的金额花费

电力成本为电解水制备核心因素



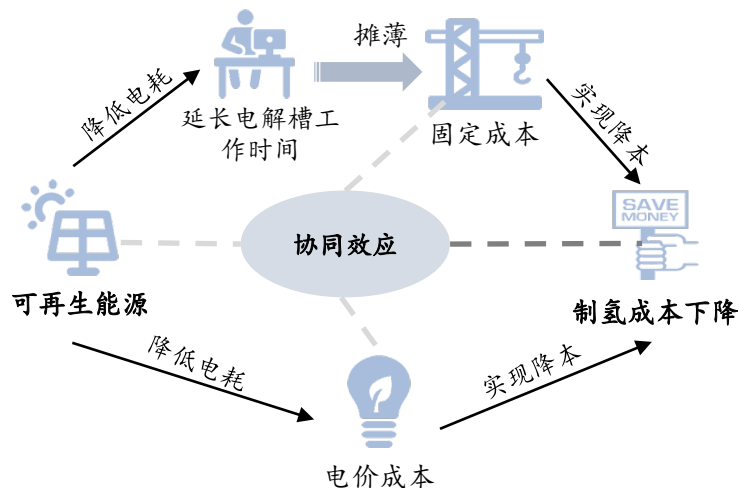
电力成本占据绿氢制备成本80%



电力价格在很大程度上决定电解水制氢的经济性

可再生能源降低电耗协同电解槽工作时间降低制氢成本

可再生能源与电价以及电解设备的协同效应



- 根据电能来源的不同，可将可再生能源制氢技术分为并网型制氢、离网型制氢两种。目前并网制氢商业化落地较为成熟
- ALK电解槽更适用于并网制氢。电网可以作为稳定电源弥补ALK设备无法适配可再生能源波动性的劣势

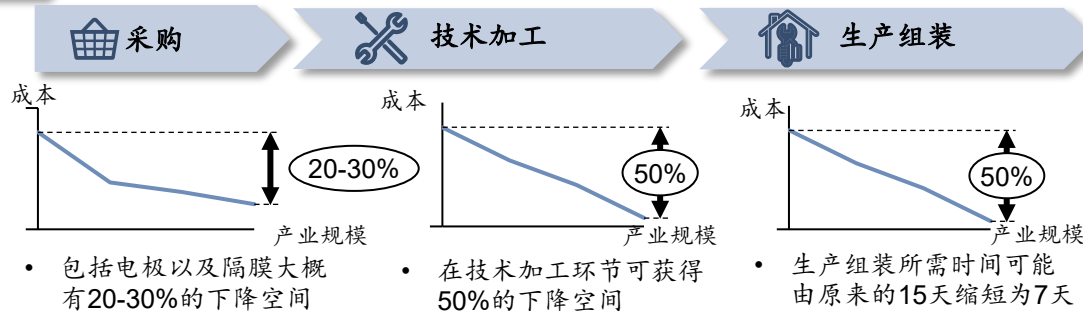
	并网制氢	离网制氢
原理	将风光机组产生的电能并入电网，再从电网取电的制氢方式，主要应用于大规模弃光弃风消纳和储能	将风光机组产生的电能直接提供给电解水制氢设备制氢，主要应用于分布式制氢
优势	成熟电网能源支持 设备完善稳定电压	建设时间大幅缩短 显著降低电力价格
弊端	多次逆变导致损耗 电能利用效率较低	快速启停需求严格 尚未适应工作负荷
应用	国内落地项目较多： 三峡集团制氢项目 深圳能源投资光伏制氢项目 白城市太阳能制氢项目	目前国内成熟项目较少，多为中标或示范项目： 深能库尔勒绿氢制储加用一体化示范项目

设备规模化生产进一步降低制氢成本



规模化趋势

- 随着氢能产业发展逐渐成熟，国内电解水制氢设备行业的头部企业纷纷抓紧扩充产能。产能规模迅速上升，制氢各个环节成本进而展现相应下跌



当前高压气态存储是主流氢气存储方式，因其便捷性和稳定性而受青睐，未来随着对低温液态存储和有机液态存储方式的安全性提升以及用氢成本的降低，将丰富氢气的存储方式，拓展氢能各个领域的应用场景

### 氢气存储方式及原理

#### 高压气态存储：

高压气态储氢是当前应用最为广泛也最为成熟的储氢技术，它是指在氢气临界温度以上，通过高压压缩方式存储气态氢



#### 低温液态存储：

低温液态储氢也是先将氢气压缩，冷却产生一些液体。将液体分离后，将其储存在高真空的绝热容器中

#### 固态存储：

固态储氢可以将氢气吸附在其表面或内部，可以通过物理或化学方法实现从而实现氢气的储存和释放

#### 有机液态存储：

借助某些烯烃、炔烃或芳香烃等不液体有机物和氢气的可逆饱和反应、加氢反应实现氢的储存（化学键合），借助脱氢反应实现氢的释放

### 氢气存储方式对比

对比指标	高压气态储氢	低温液态储氢	有机液态储氢	固态储氢
储氢密度 (kg/m <sup>3</sup> )	20-40	40-70	200-50	10-150
压力 (MPa)	~20-80	~0.6	常压	~4
工艺成熟度	长达百年的商业化应用	小规模示范阶段	处于实验室研究阶段	处于材料开发和试验阶段
安全性	相对安全	存储安全隐患大	相对安全	相对安全
用氢成本 (元/kg)	2.0	12.2	15.0	/
工艺痛点	<ul style="list-style-type: none"> <li>提高储罐的承压强度和安全性</li> <li>防止氢气泄漏和积聚</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保持液氢的持续稳定低温</li> <li>液氢汽化管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提高载体循环使用寿命</li> <li>改进载体与氢化学吸收反应过程</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提高储氢材料的化学稳定性</li> <li>改善材料的相变动力学过程</li> </ul>
发展趋势	<ul style="list-style-type: none"> <li>研发高强度与低重量的复合材料储氢罐</li> <li>开发智能压力监控和安全管理系统</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>优化热管理系统，提高绝热效率</li> <li>简化液化工艺，降低能耗</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>设计高孔隙硅基载体</li> <li>开发低成本液态载体</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提高储氢材料的化学稳定性</li> <li>改善材料的相变动力学过程</li> </ul>



目前主流的高压气瓶运输方式更适用于中短途和小规模的氢气运输需求，通过发展有机和低温液态储氢方式，有望实现相对低成本的长距离氢气运输，长期来看，管道运输有望成为长距离和大规模氢气运输的最佳模式

## 氢气运输方式

## 氢气运输方式对比



对比指标	气态运氢	液态运氢	固态运氢
用途	适用于短距离运输，例如城市内的氢气输送，用于工业用途或氢燃料站供应	适用于中长距离的氢气运输，例如跨洲际输送	目前仍在研究和发展中，适用于一些特殊的应用，可能包括高密度氢气存储和运输
运输距离(公里)	几十到几百	数百到数千	暂未实现商业化应用
安全性	相对较安全	安全性较弱	安全性强
运输成本	相对低成本	液态氢气的液化和储运设施成本较高	暂未实现商业化应用
工艺痛点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高能耗的氢气压缩过程</li> <li>• 高压气体的储存和运输成本高</li> <li>• 管道系统建设和维护的昂贵</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 液态氢气液化需要极低温度</li> <li>• 液态氢气的储存和运输设备成本高</li> <li>• 蒸发损失问题</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 吸附和释放技术仍在研究中</li> <li>• 缺乏适用于固态氢气运输的载体材料</li> </ul>
发展趋势	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提高氢气压缩效率</li> <li>• 提高气体管道系统的安全性</li> <li>• 探索新兴应用领域</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 研究更高效的液态氢液化技术</li> <li>• 开发更轻便和经济的设备</li> <li>• 提高液态氢气的安全性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 改进固态氢气吸附和释放技术</li> <li>• 开发高性能载体材料</li> <li>• 推动固态氢气运输技术的研究和商业应用</li> </ul>

目前中国以固定式加氢站为主，气体加压式为加氢站主流加注方式，我国加氢站虽然发展较晚，但发展迅速，并进一步带动氢气使用成本的下降，从而促进未来中国终端用氢更加经济、便捷与高效

加氢站的种类，按建设类型分

1 固定式加氢站

是永久性的设施，通常建在固定地点，适用于大规模氢气供应需求

2 撬装式加氢站

是可移动的，用于临时或短期氢气供应，适用于小规模氢气需求，并具有较低的建设与维护成本

3 移动式加氢站

是一种特殊的撬装式加氢站，具有更高的灵活性，可以快速移动到需要供氢的地点，适用于紧急救援或远程地区的氢气供应需求

氢气加注方式对比分析

气体加压式

工艺:压缩机将氢气加压到高压注入储罐  
现状:技术成熟，应用广泛  
趋势:压缩机效率提升，快速加注

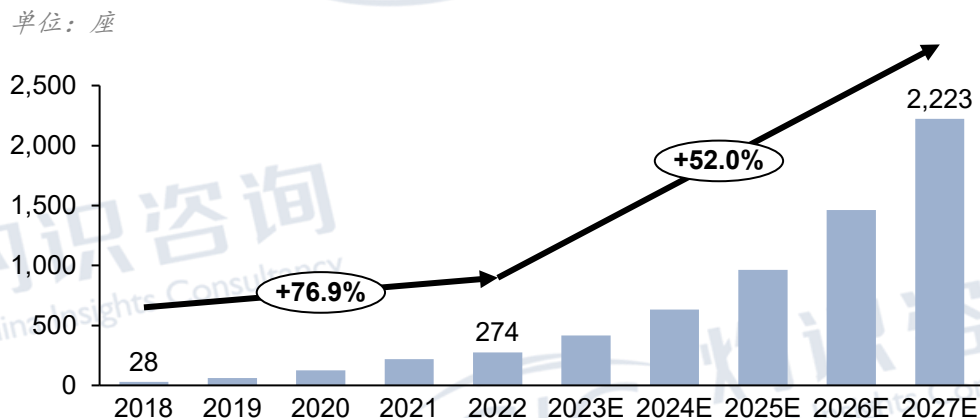
液化加注式

工艺:使用液氢直接注入储罐  
现状:低温系统复杂，应用有限  
趋势:简化液化系统，提高加注效率

固体释氢加注

工艺:利用储氢材料在用氢点释放氢气  
现状:固态储氢材料性能有待提高  
趋势:开发新型储氢载体，实现固态加氢

中国加氢站数量及加氢成本，2018-2027E



中国加氢站数量占全球比重

8.2%

25.4%

28.2%

随着中国加氢站数量上升，中国加氢成本持续下降

中国加氢成本 (不含补贴)

72元/公斤

CAGR -6.5%

55元/公斤

CAGR -8.6%

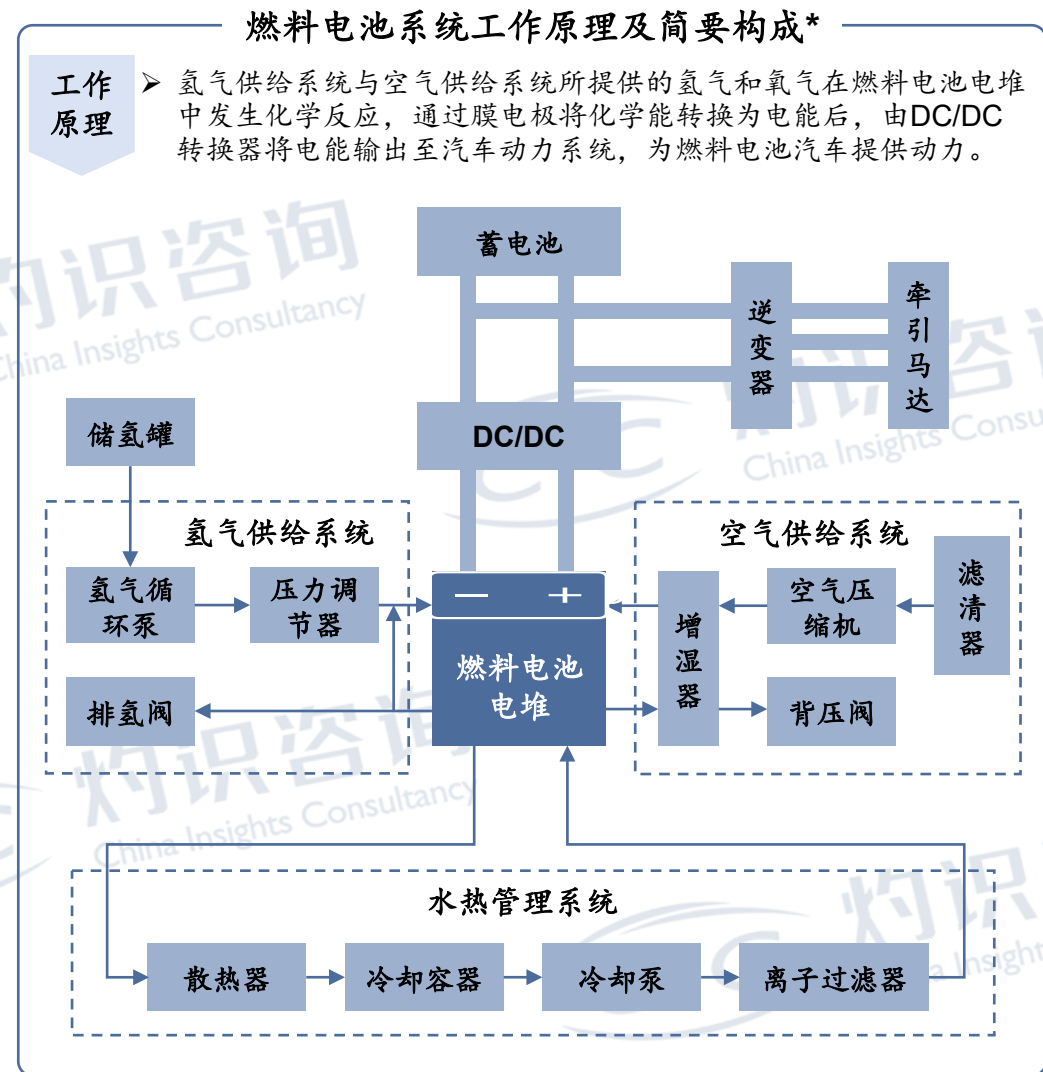
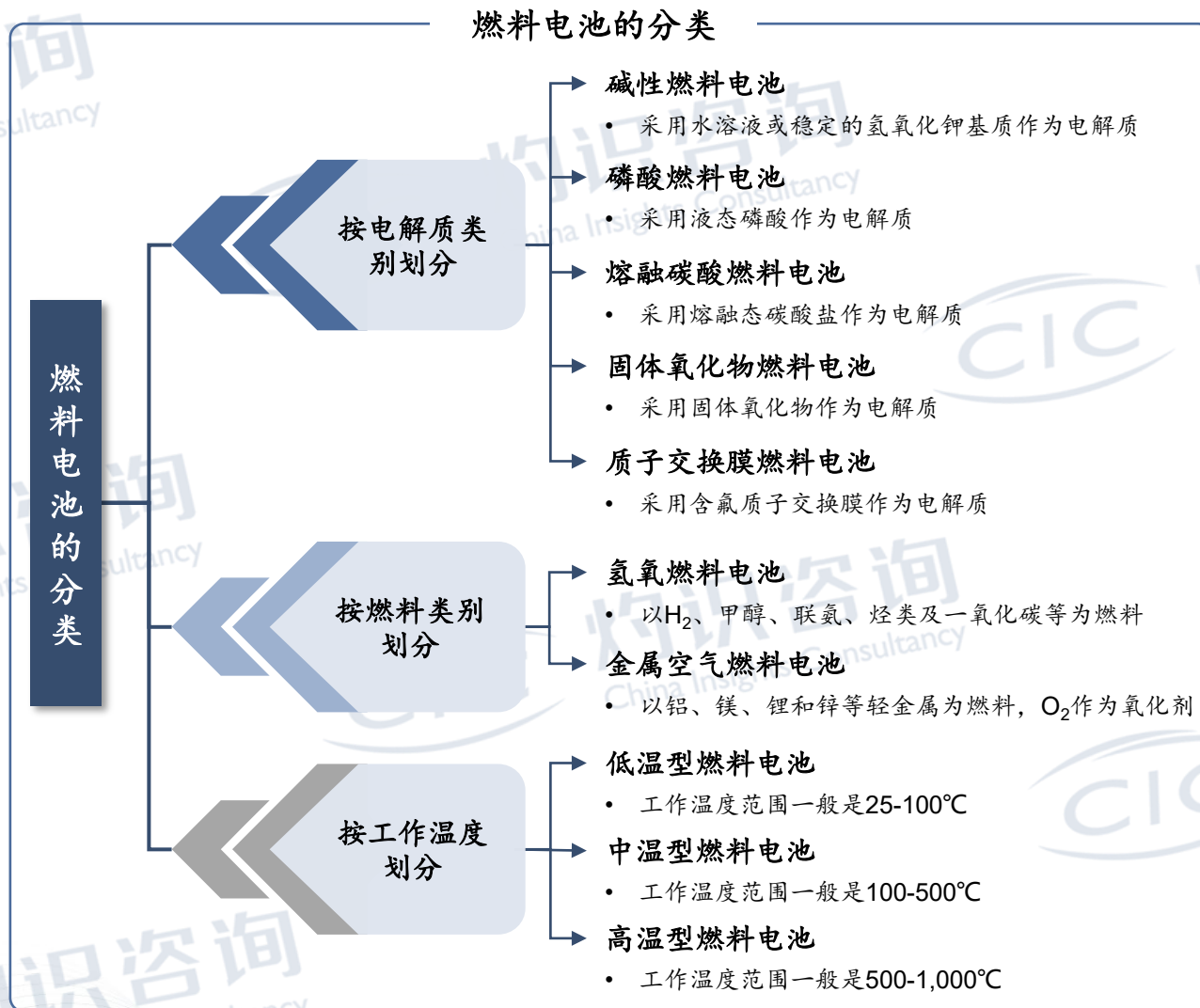
35元/公斤

2018年

2022年

2027E

燃料电池有多种分类方式，按电解质类别划分是最主流的一种方式，可分为碱性燃料电池、磷酸燃料电池、熔融碳酸盐燃料电池、固体氧化物燃料电池、质子交换膜燃料电池



\*注：此处特指燃料电池汽车中燃料电池系统的工作原理



燃料电池技术路线主要分为五种，目前AFC技术的发展已非常成熟，PEMFC和PAFC技术近几年发展迅速已进入商业化阶段，MCFC技术也结束了工业试验，而SOFC技术起步最晚，尚处在工业示范阶段

燃料电池的基本工作原理是电解水的逆反应，即把氢和氧分别供给阳极和阴极，氢通过阳极向外扩散和电解质发生反应后，放出电子通过外部的负载到达阴极。

### 燃料电池不同技术路线及其特点

技术路线	1 AFC	2 PEMFC	3 PAFC	4 MCFC	5 SOFC
电解质	碱性电解液	磷酸	磷酸	熔融碳酸盐	固体氧化物
工作原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>阳极: <math>H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H^+ + 2e^-</math></li> <li>阴极: <math>O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>阳极: <math>2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-</math></li> <li>阴极: <math>4e^- + 4H^+ + O_2 \rightarrow 2H_2O</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>阳极: <math>H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-</math></li> <li>阴极: <math>O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>阳极: <math>H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-</math></li> <li>阴极: <math>O_2 + 2CO_2 + 4e^- \rightarrow 2CO_3^{2-}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>阳极: <math>2H_2 + 2O^{2-} \rightarrow 4e^- + 2H_2O</math></li> <li>阴极: <math>O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}</math></li> </ul>
燃料	氢气	H <sub>2</sub> 、天然气	H <sub>2</sub> 、天然气	H <sub>2</sub> 、甲醇、沼气	H <sub>2</sub> 、甲醇、沼气
催化剂	镍/银	铂金	铂金	镍	LaMnO <sub>3</sub> /LaCoO <sub>3</sub>
运行温度 (°C)	90-100	150-200	150-200	600-700	650-1,000
质量功率密度 (W/Kg)	35-105	100-200	100-200	30-40	15-20
发电效率 (%)	45-60	35-40	35-40	45-60	50-60
优势	启动快、工作温度低	对CO <sub>2</sub> 不敏感	对CO <sub>2</sub> 不敏感	可将空气作为氧化剂、能量效率较高	可将空气作为氧化剂、能量效率较高
劣势	需要纯氧作为催化剂	对CO敏感、启动较慢	对CO敏感、启动较慢	运行温度较高	运行温度较高
应用领域	航空航天、军事领域	分布式发电	分布式发电	大型分布式发电	大型分布式发电、便携式电源

2022年我国燃料电池系统装机量达551.0MW，受下游燃料电池汽车产销量的增长驱动，保守/乐观预计到2027年，中国燃料电池系统装机量将达到6.2GW/9.3GW

保守预测

VS

乐观预测

假设前提

- 到2025年，中国燃料电池汽车销量达到1.7万辆，对应的燃料电池汽车保有量约5.0万辆；
- 到2027年，中国燃料电池汽车销量达到3.7万辆

假设前提

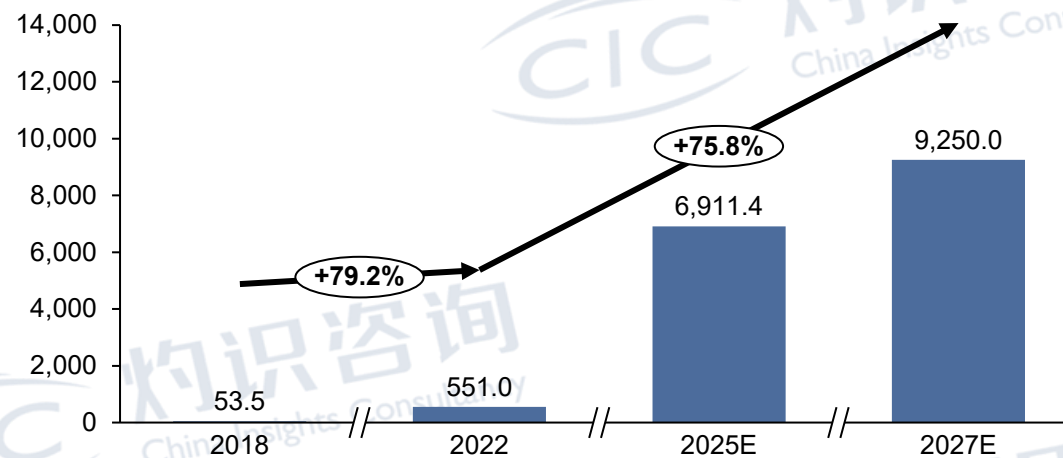
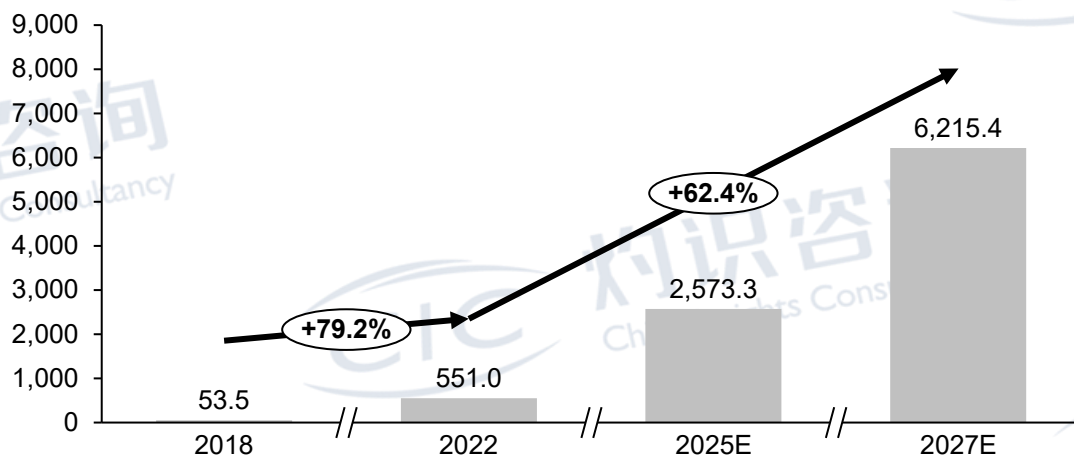
- 到2025年，中国燃料电池汽车销量达到4.6万辆，对应的燃料电池汽车保有量超过10万辆；
- 到2027年，中国燃料电池汽车销量达到5.6万辆

中国燃料电池系统市场规模\*，以装机量计，2018-2027E

中国燃料电池系统市场规模，以装机量计，2018-2027E

单位：MW

单位：MW



关键分析

- 受示范城市群自2020年陆续出台相关产业政策，并于2021年逐步实施、加氢成本及燃料电池系统成本下降等因素的驱动，燃料电池汽车的产销量取得了快速增长。未来随着下游燃料电池应用大规模爆发引起对燃料电池系统需求提高，技术水平进步带来平均装机功率的提高，预计2022年至2027年我国燃料电池系统市场规模有望迎来快速增长
- 此外，随着燃料电池技术进步，系统额定功率和装机功率不断提升，燃料电池系统也将拥有支撑客车以外的重载长途运输载具的能力

\*注：本页市场规模测算暂未考虑汽车以外的应用场景，如船舶、储能、电源等；  
车用燃料电池未考虑旧车燃料电池的更换

资料来源：GGII，中国汽车工业协会，灼识咨询

25

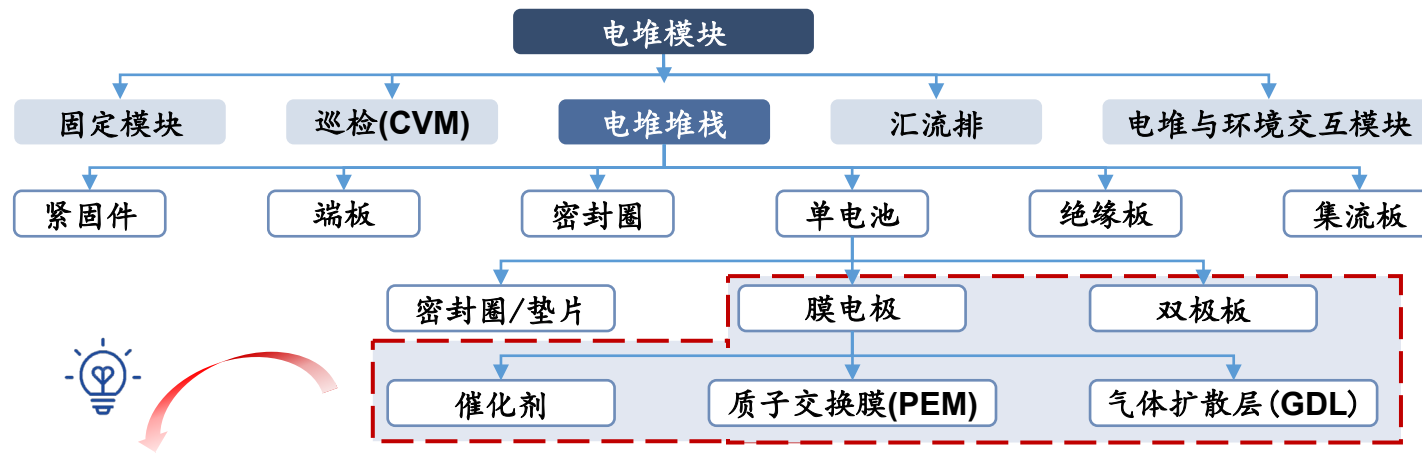
燃料电池电堆是燃料电池系统的核心，直接决定系统最终的性能表现，其核心零部件主要包括双极板和膜电极，而膜电极则由催化剂、质子交换膜以及气体扩散层组成



### 定义

**燃料电池电堆**是发生电化学反应场所，是燃料电池系统的核心。燃料电池电堆由端板、绝缘板、集流板以及多个单电池等组成，每个单电池又主要由双极板和膜电极组成。

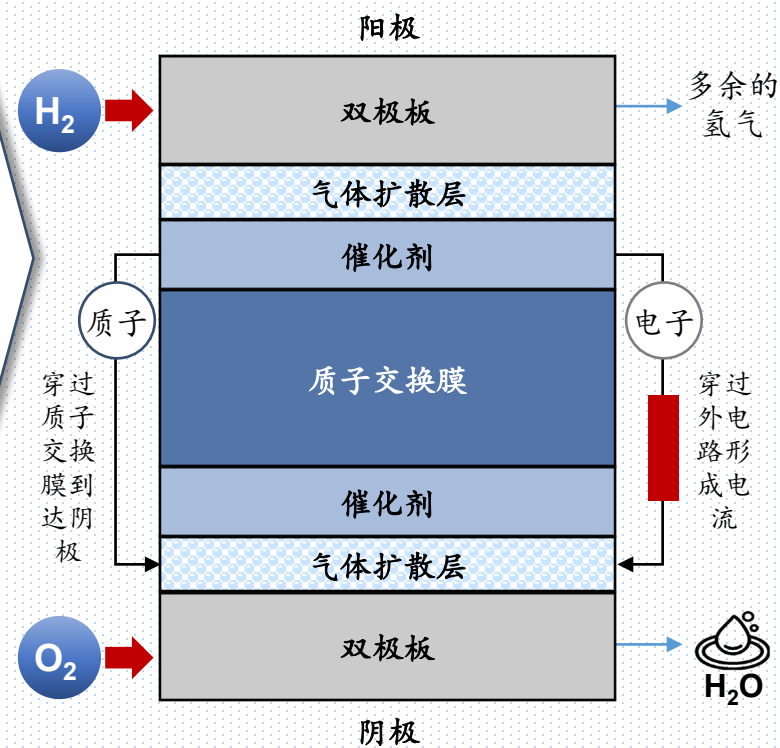
### 燃料电池电堆的构成



核心零部件	主要功能	性能要求	材料/种类
膜电极	<p><b>催化剂</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>促进氢、氧在电极上的氧化还原过程</li> </ul> <p><b>质子交换膜</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>充当质子通道实现质子快速传导、分离氧化剂与还原剂</li> </ul> <p><b>气体扩散层</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>支撑催化层，实现气体在催化层表面的扩散，导通电流等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高催化活性、高稳定性、高吸附能力以及导电性</li> <li>机械强度高、化学稳定性强、导电率高等</li> <li>机械强度高、合适的孔结构、化学稳定性强、热稳定性好等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>铂 (Pt) 为目前主流</li> <li>超低铂、无铂是未来方向</li> <li>全氟磺酸型膜为目前主流</li> <li>复合膜是未来发展方向</li> <li>碳纤维纸</li> <li>碳纤维织布</li> <li>碳纤维非纺材料及碳黑纸</li> </ul>
双极板	<ul style="list-style-type: none"> <li>支撑膜电极，提供氢气、氧气和冷却液流体通道并分隔氢气和氧气，收集和传导电流等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要具有高导电率、良好的导热性和耐腐蚀性、疏水性高、热容小等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>石墨双极板</li> <li>金属双极板</li> <li>复合双极板</li> </ul>

### 电堆工作原理

电堆工作时，氢气和氧气分别由进口引入，经电堆气体主通道分配至各单电池的**双极板**，经**双极板**导流均匀分配至**电极**，通过**电极支撑体**与**催化剂**接触进行电化学反应。





目前主流膜电极采用**CMM**技术，其让催化剂的利用率更高，有效提高膜电极导电性和使用寿命；第三代有序化膜电极技术通过有序化物质的结构，进一步延长膜电极寿命、提升燃料电池性能，但目前尚处于研发阶段

### 膜电极技术路线及技术原理分析

膜电极技术路线	技术原理	优势	劣势	应用现状	未来发展方向
第一代膜电极	<p>气体扩散电极技术 (GDL)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>利用刮涂、喷涂、滚压、丝网印刷等方法将催化层涂敷在气体扩散层表面，然后将承载催化层的气体扩散层与质子交换膜热压完成膜电极制备</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技术发展成熟</li> <li>工艺简单，电极气孔易形成</li> <li>质子交换膜不易发生形变</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>催化层与质子交换膜结合较差</li> <li>催化剂利用率低</li> <li>膜电极总体性能不高</li> </ul>	已经基本被淘汰	
第二代膜电极	<p>催化剂涂覆膜技术 (CMM)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>利用沉积法、转印法、喷涂、直涂等方法将催化剂直接涂敷在质子交换膜上，再将气体扩散层粘接或热压到催化层两侧制备出膜电极</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>催化层与质子交换膜结合较好，不易发生剥离</li> <li>催化剂利用率较高、耐久性较好</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>反应过程中催化层结构不稳定，寿命有限</li> </ul>	是目前主流的燃料电池膜电极商业制备方法	
第三代膜电极	<p>有序化膜电极技术</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>实现催化层中催化剂载体、催化剂和聚合物等物质的有序分布，从而达到三相界面处水、气、质子和电子等物质的多相传输通道有序化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大幅降低大电流密度下的传质阻力，实现高效三相传输</li> <li>降低催化剂和贵金属用量，提高催化剂效率，进一步提升燃料电池性能</li> <li>有序的结构减少了催化剂的聚集现象，有效延长膜电极寿命</li> </ul>	/	该技术仍处于研发阶段，目前技术被以美国3M公司为代表的国际材料巨头所掌握，仅有3M公司的NSFT催化剂可以实现产业化生产	/

技术路线不断更新迭代

有序化膜电极

膜电极的生产过程主要分为混浆、涂布、压合三个核心环节，而每个核心环节通常有三种工艺路线，国内外不同公司在膜电极生产工艺路线方面也有不同的选择

### 膜电极制备工艺及机理分析

膜电极生产环节	工艺路线	特征/机理	优势	劣势
1 混浆	超声分散	通过超声波的空化作用，颗粒在强烈的机械作用下实现分散	<ul style="list-style-type: none"> <li>分散无杂质引入，操作简单</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>噪声显著，无法处理高粘度浆料，不易放大</li> </ul>
	高速搅拌/剪切	通过搅拌浆的高速旋转形成强烈往复的剪切、摩擦、离心挤压以及颗粒碰撞等作用效果，使得颗粒分散	<ul style="list-style-type: none"> <li>可实现大规模连续化处理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>无法处理高粘度浆料</li> </ul>
	球磨分散	研磨球在研磨腔内高速运动，与颗粒产生高能摩擦力与撞击力，从而实现颗粒的分散与粉碎	<ul style="list-style-type: none"> <li>分散效率高，可处理高粘度浆料</li> <li>可实现大规模连续化处理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>设备辅件存在损耗</li> <li>清洗维护耗时</li> </ul>
2 涂布	超声波喷涂	催化剂浆料在超声条件下进行雾化，喷到质子交换膜表面，干燥后形成催化层	<ul style="list-style-type: none"> <li>对浆料要求适配窗口宽</li> <li>设备操作简单，占地面积小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生产节拍慢、产能低</li> <li>材料利用率低</li> </ul>
	转印涂布	催化剂浆料先由涂布头涂敷至转印基材上，通过热转印方法转印至质子交换膜表面	<ul style="list-style-type: none"> <li>工艺窗口相对较宽，材料利用率高</li> <li>涂布时可免质子交换膜溶胀</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生产工序多</li> <li>需要用到昂贵的转印耗材</li> </ul>
	双面直接涂布	阴阳极催化剂浆料均由涂布头直接涂敷至质子交换膜表面	<ul style="list-style-type: none"> <li>产品尺寸与载量精度高</li> <li>工艺稳定，可支持规模化大批量生产</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工艺开发难度较大</li> <li>工艺窗口相对较窄</li> </ul>
3 压合	片材式生产制造	生产过程采用独立片材形式进行制造	<ul style="list-style-type: none"> <li>制造过程分段，各工序可灵活组合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生产效率低</li> </ul>
	注塑封装	基于注塑成型的形式进行膜电极封装制造	<ul style="list-style-type: none"> <li>结构稳定性较高</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>单件加工时间长且成本高</li> </ul>
	卷对卷封装	通过卷对卷走带方式进行连续性生产制造	<ul style="list-style-type: none"> <li>生产节拍和效率高，产线集成度高，制造费用低</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>多种规格产品共线生产</li> <li>需要较多工装夹具</li> </ul>

双极板存在三种技术路线，其中石墨双极板技术发展最为成熟、应用最为广泛，但更具性能和成本优势的金属双极板技术成为当前发展热点，而复合双极板技术多处于研究阶段，暂时难以商业化应用

### 双极板技术路线及制备工艺分析

双极板技术路线	制备工艺	特征/机理	核心技术	优势	劣势	应用现状	未来发展方向
石墨双极板	CNC机加工	<ul style="list-style-type: none"> <li>膨胀石墨板材经过研光、成型和去料后再进入浸渗树脂、硫化、粘接和密封硫化工艺，形成双极板产品</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>流道技术</li> <li>模压成型技术</li> <li>数控铣削技术</li> <li>.....</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐腐蚀性较好</li> <li>化学性能稳定、制造工艺成熟</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>机械性能差、易脆</li> <li>质量和体积较大</li> <li>加工成本高</li> </ul>	石墨双极板寿命长且商用车对于体积比功率要求相对较为宽松，因此在商用车领域应用广泛	/
	采用无孔/膨胀/柔性石墨材料 模压成型	<ul style="list-style-type: none"> <li>制备石墨粉与树脂的混合材料，并对混合材料和模具进行模压前处理，再进行模压和硫化，最后进行粘接及密封固化并形成双极板产品</li> </ul>					
金属双极板	冲压成形	<ul style="list-style-type: none"> <li>用压力装置和刚性模具对板材施加一定的外力，使其产生塑性变形</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>流道技术</li> <li>数控压印技术</li> <li>涂层技术</li> <li>镀膜技术</li> <li>.....</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>导电性、导热性良好，单位功率密度更高</li> <li>塑性高、厚度薄，成本低</li> <li>气密性良好，适用于大功率电堆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐腐蚀性较弱，对金属表面的涂层有较高要求</li> </ul>	金属双极板因具有更大的功率密度和更为成熟的生产工艺而成为乘用车应用主流	未来须突破金属薄板成型、表面涂层寿命等关键技术，今后在乘用车市场将有更广阔的发展空间
	采用碳基/金属基涂层金属材料 液压成形	<ul style="list-style-type: none"> <li>利用液体或模具作为传力介质，加工制成双极板产品</li> </ul>					
	化学刻蚀	<ul style="list-style-type: none"> <li>将要金属蚀刻区域的保护膜去除，在金属刻蚀时接触化学溶液，达到溶解腐蚀的作用</li> </ul>					
复合双极板	模压成型	<ul style="list-style-type: none"> <li>制备石墨粉与树脂的混合材料，并对混合材料和模具进行模压前处理，再进行模压和硫化，最后进行粘接及密封固化并形成双极板产品</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>流道技术</li> <li>模压成型技术</li> <li>数控铣削技术</li> <li>.....</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>结合石墨双极板和金属双极板优点</li> <li>耐腐蚀、体积小、重量轻、强度高</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>密封性较差</li> <li>制造工艺繁琐、成本高</li> </ul>	复合双极板多数处于研究阶段，目前市场上复合石墨板电堆较少，主要是因为其成本高，工艺复杂，难以批量生产	改进复合材料，提高应用可靠性，并结合金属双极板与石墨双极板的优点，会有更好的应用前景
	采用碳基/金属基复合材料 注塑成型	<ul style="list-style-type: none"> <li>将石墨与树脂的混合材料送入注塑机筒内，被加热融化后的混合材料通过加压经由喷嘴注入闭合模具内，经冷却定形脱模得到双极板产品</li> </ul>					

技术路线不断更新迭代



2022年我国燃料电池电堆出货量达732.1MW，在燃料电池电堆能量密度持续提升、电堆朝着大功率化发展趋势下，保守/乐观预计到2027年，中国燃料电池电堆出货量将达到7.8GW/11.6GW

保守预测

VS

乐观预测

假设前提

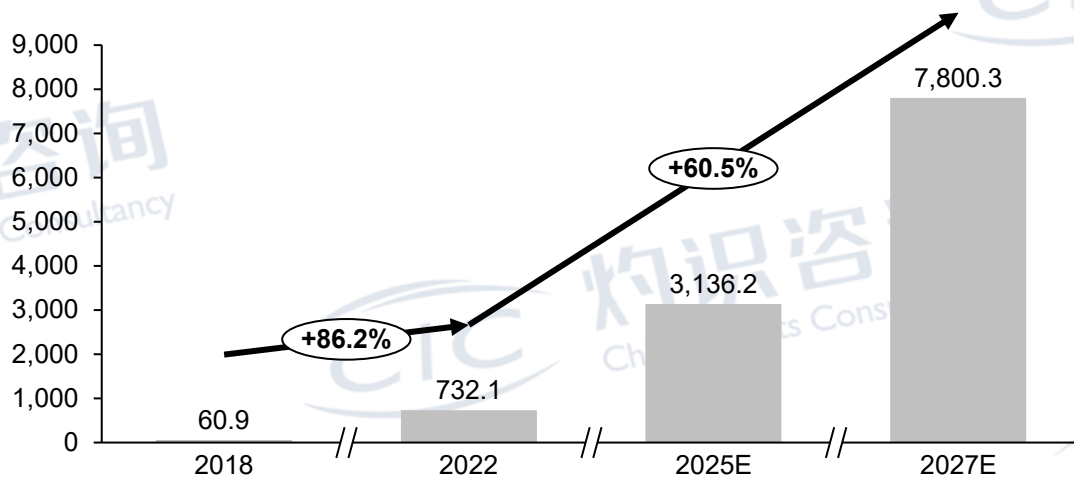
- 到2025年，中国燃料电池汽车销量达到1.7万辆；
- 到2027年，中国燃料电池汽车销量达到3.7万辆，预计对应的燃料电池系统装机量达到6.2GW

假设前提

- 到2025年，中国燃料电池汽车销量达到4.6万辆；
- 到2027年，中国燃料电池汽车销量达到5.6万辆，预计对应的燃料电池系统装机量达到9.3GW

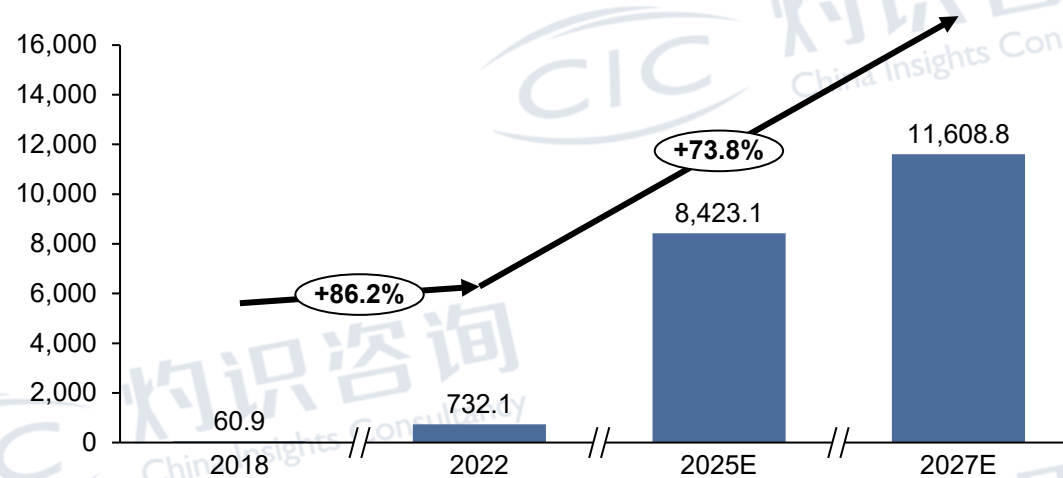
中国燃料电池电堆市场规模\*，以出货量计，2018-2027E

单位：MW



中国燃料电池电堆市场规模，以出货量计，2018-2027E

单位：MW



关键分析

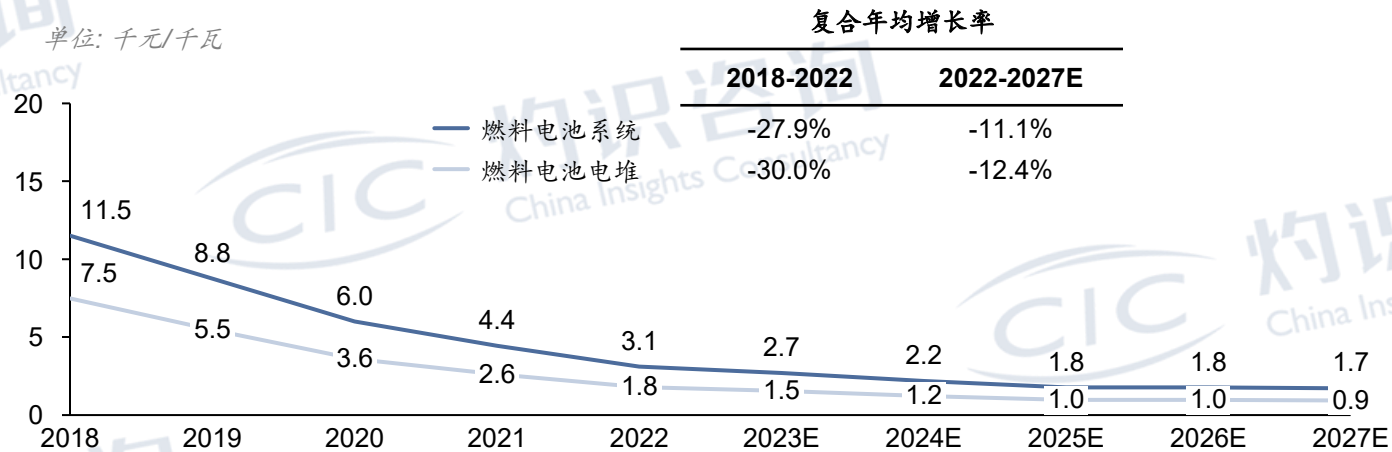
- 2018年至2022年期间，受益于中国燃料电池汽车销量的快速增长，中国燃料电池电堆按出货量计的市场规模由60.9MW迅速增至732.1MW，复合年均增长率达到86.2%
- 随着燃料电池汽车示范城市群的建立、电堆能量密度及运行寿命方面持续实现技术突破，以及燃料电池电堆继续朝着大功率化方向发展，预期中国燃料电池产业将迎来一个全新的增长期，推动燃料电池电堆的出货量继续保持快速地增长

\*注：本页市场规模测算暂未考虑汽车以外的应用场景，如船舶、储能、电源等；  
车用燃料电池未考虑旧车燃料电池的更换

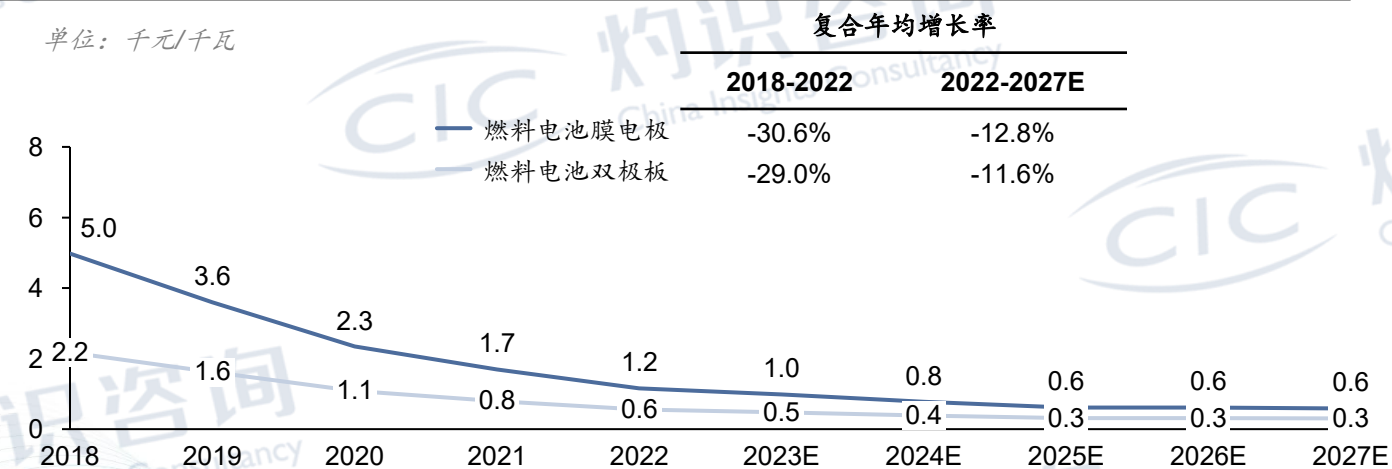
资料来源：GGII，中国汽车工业协会，灼识咨询

随着国内燃料电池自主研发水平不断提高，本土原材料成本优势及下游需求爆发式增长，共同促进燃料电池系统行业实现规模经济效应，进一步带动燃料电池成本的下降

燃料电池系统及电堆成本，中国，2018-2027E



燃料电池电堆原材料成本，中国，2018-2027E



### 国内燃料电池系统自主研发能力不断提高

- 由于政策的大力支持，国内越来越多的企业开始投入到燃料电池系统的研究中，这大大提高了中国的研发能力和效率
- 同时，燃料电池电池组的制造工艺也在同一时期得到了改进，生产效率的提高加快了燃料电池电池组及其原材料的成本降低



### 国内原材料的使用推动价格下滑

- 随着国内燃料电池系统研发的不断深入和研发效率的不断提高，关键原材料的本地化生产和加工，使得国内原材料代替了进口原材料，进而导致燃料电池系统的成本大幅降低



### 规模经济效应带动系统成本下降

- 随着各地燃料电池汽车产业激励政策的进一步实施，对燃料电池汽车的需求将持续增加，这将直接刺激对膜电极、双极板等燃料电池堆关键原材料的需求。因此，规模经济效应将进一步降低燃料电池堆关键原材料的成本



受益于下游应用需求的扩张、电池核心技术持续突破，以及政策支持，中国燃料电池电堆行业有望迎来更大的发展，并朝着膜电极功率密度持续提升、双极板技术路线不断升级、国产化替代逐步实现等方向发展

## 中国燃料电池电堆行业的市场驱动因素及未来发展趋势分析

### 驱动因素

#### 下游应用需求进一步提高

- 目前，燃料电池汽车是燃料电池应用最广泛的领域。未来，在燃料电池汽车进一步普及下，燃料电池电堆出货量也将持续增长。此外，随着全球对清洁能源和零排放交通工具的需求不断增加，燃料电池电堆在船舶、轨道交通，以及航空航天等其他下游领域的应用需求将进一步提高，从而推动燃料电池电堆行业的蓬勃发展

#### 技术突破加快电堆产业化发展进程

- 作为燃料电池电堆的关键零部件，膜电极、双极板等生产技术壁垒较高，早期主要依赖进口，成本高昂。近年来，国内自主品牌或促进电堆关键零部件研发生产自主化，或通过资本整合进行氢能全产业链布局，降低电堆成本，提高竞争力。持续的研发投入和不断革新的技术生产加快了燃料电池电堆从实验室到产业化的进程

#### 国家扶持政策激励行业发展

- 2023年1月，国家工信部发布《关于推动能源电子产业发展的指导意见》，提出要突破电堆、双极板、质子交换膜、催化剂、膜电极材料等燃料电池关键技术；支持制氢、储氢、燃氢等系统集成技术开发及应用。燃料电池电堆作为燃料电池产业链的核心领域，必将在政策支持以及燃料电池的商业化推广下迎来更大的发展

### 发展趋势

#### 膜电极功率密度持续提升

- 2020年，国内膜电极研发较浅，功率密度约为1.2 W/cm<sup>2</sup>；到2022年，随着研发投入的增加以及生产经验的积累，膜电极功率密度已达到约1.4 W/cm<sup>2</sup>。未来，随着新型催化剂、有序化膜电极技术、高效质子交换膜技术等方面得到进一步突破，膜电极功率密度将继续提高，有望达到2W/cm<sup>2</sup>以上

#### 双极板技术路线不断升级

- 过去，国内燃料电池电堆行业以解决可用性问题为首要目标，因此研发成本低、加工技术相对简单、稳定性好的石墨板双极板成为了首选技术路线。2022年，燃料电池市场快速起量，金属双极板路线逐渐发展，复合双极板路线也在开发。未来，双极板等核心零部件技术升级和燃料电池系统性能的深入优化将成为更加核心的目标

#### 电堆核心零部件国产化替代逐步实现

- 国内氢能产业起步较晚，但在政策推动及市场需求拓宽的背景下，空压机、氢循环泵等装备类产品已迅速实现国产替代。然而，质子交换膜、气体扩散层等材料类产品的国产化脚步相对较慢。未来质子交换膜、气体扩散层等电堆核心零部件即将进入国产替代规模化发展阶段，预计到2025年左右可基本完成国产化替代



高压气氢储氢瓶具备运营成本低、安全系数高及制造工艺成熟等特点，是目前主要的车载储氢方式；车载减压阀在燃料电池系统中广泛应用，但由于国内减压阀技术尚未实现突破，目前仍依赖进口，价格较高

### 车载储氢瓶的定义及分类

**定义：**车载储氢瓶是安装在燃料电池汽车上的高压容器装置，用于存储和供应氢气燃料。这个装置通过储存高压压缩氢气，以满足汽车需要轻量、紧凑、快速充放氢和安全使用的要求。它是燃料电池汽车的关键组件之一，为这些车辆提供所需的氢气以驱动发动机

对比指标	低温液氢储氢瓶	高压气氢储氢瓶
储氢密度	质量密度70-80 kg/m <sup>3</sup> 体积密度约40kg/L	质量密度约25 kg/m <sup>3</sup> 体积密度约0.6 kg/L (70MPa)
运营成本*	约18-20元/千克氢	约7-21元/千克氢
加注温度	-253℃	常温(-40℃~85℃)
安全性	需要处理及低温，如防护服	需要强化容器以防止高压气泄露
应用场景	氢能源站储氢、燃料电池车辆等	氢气供应设施、工业应用、燃料电池车辆等
工艺成熟程度	处于示范和试商用阶段	已很成熟，批量商用

注：运营成本是指储氢瓶进行中短距离运输(<300km)时每千克氢气需要的费用

### 车载减压阀的定义及分类

**定义：**车载减压阀是一种用于降低储氢瓶内高压氢气的压力的装置。它通常安装在燃料电池汽车或其他使用氢气燃料的车辆上，以确保将高压氢气储存器中的气体以安全的方式释放到燃料电池系统中，以供电。这有助于维持燃料电池系统所需的适宜氢气压力，同时确保系统的可靠性和安全性

对比指标	35MPa减压阀	70MPa减压阀
材质	铝合金	新型铝合金
额定工作压力	35MPa	70MPa
最大工作压力	43.8MPa	87.5MPa
温度范围	-40℃~85℃	-50℃~85℃
重量	~650g	~1,000g
应用场景	低压氢气储存和输送系统，以及特定型号的燃料电池车辆	高压氢气储存和输送系统，以及高压燃料电池车辆
价格(元/个)	3,200-5,000	8,000-15,000

资料来源：灼识咨询

III型瓶和IV型瓶对容器材料的革新，使得其自重减轻、系统储氢密度提升、成本降低，IV型瓶通过容器内胆材料的改进，提高抗氢脆能力，增加容重比，同时安全性得到进一步提升

### 车载储氢瓶技术路线原理及适用场景分析

#### 技术路线

	1 低温液态储氢瓶	2 III型储氢气瓶	3 IV型储氢气瓶
低温液氢存储材料	材料密度 0.07-0.09g/cm <sup>3</sup> 材料强度 >600MPa 使用温度 <-253℃	工作压力 30-70MPa 容积 50-60L	>70MPa 40-57L
隔热绝热系统	采用高纯度真空隔热板，热损耗一般小于5%	储氢量 ~1.5-2.0KG	3.5-4.0KG
智能监控	采用液位传感器对氢液位进行监控	容器材料 金属内胆碳纤维全缠绕瓶	塑料内胆碳纤维全缠绕瓶
安全系统	一般确保不会超过1.25倍的工作压力	使用寿命 15年	15年
加注接口	需要选择特殊的密封材料以此进行传热控制和增加连接到可靠性	加注时间 ~5-8分钟	~3-5分钟
优势	储氢密度高，长距离续航	优势 成熟可靠	储氢量大，重量轻
劣势	液氢制备能耗高，液氢加注时间较长，使用复杂，安全风险大	劣势 储氢量相对较低，重量大	制作工艺复杂，成本较高
应用场景	重型商用车、城市公交客运车辆等	应用场景 短程用车、城市公交等	中远距离燃料电池汽车，货运车等

由于国内技术尚未突破，目前氢气减压阀主要依赖进口，未来随着对于氢气减压阀的密封以及加工工艺的提升，减压阀的国产化将是发展的主要方向

### 35MPa氢气减压阀技术路线原理

高压氢气减压阀用于储氢系统高压气源控制及减压输出，以单级活塞减压结构为例：



#### 技术特点：

选用高强度高硬度，抗疲劳，具有良好的耐腐蚀性的弹簧材料，在瓶口阀设计阶段运用专业软件对弹簧进行有限元分析，确保弹簧压缩率、稳定性和疲劳设计合理。保证阀门调压的可靠性。

高压接口：连接瓶阀和高压传感器

中压接口：连接卸荷阀和中压传感器



输出压力：0~5.0MPa

H<sub>2</sub>

流量特性：不小于 1000SLM



外泄漏率：不大于  $1.0 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{s}$

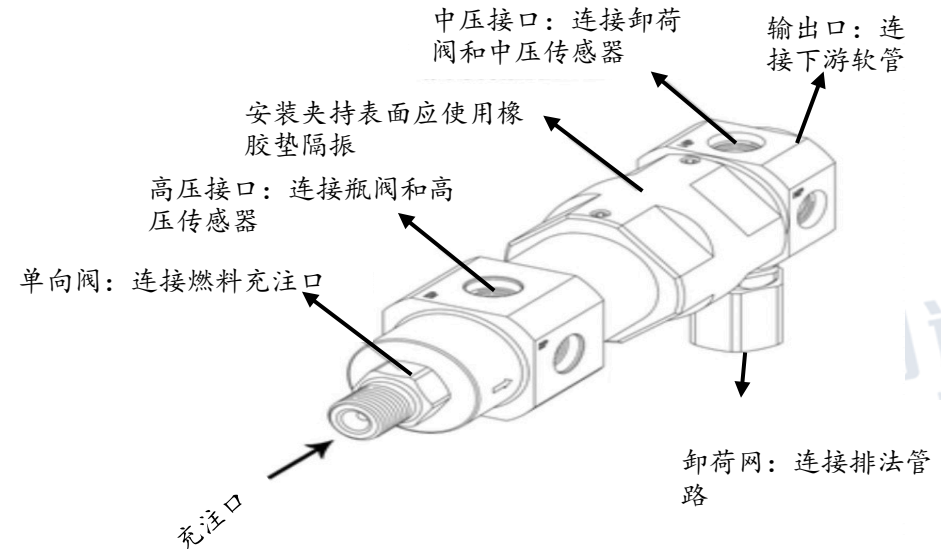
### 70MPa氢气减压阀技术路线原理

#### 特殊设计要求：

- 阀门应满足 (-50~85) °C 使用环境。
- 阀门应满足宽压使用范围，在设计阀门时，应使阀门在 (0.2~70) MPa 范围内具有输出稳定压力能力。
- 阀门应集成单向阀、安全泄放阀、服务口等结构。
- 减压阀耐脆性 (循环寿命:  $\geq 50,000$  次)

#### 技术特点：

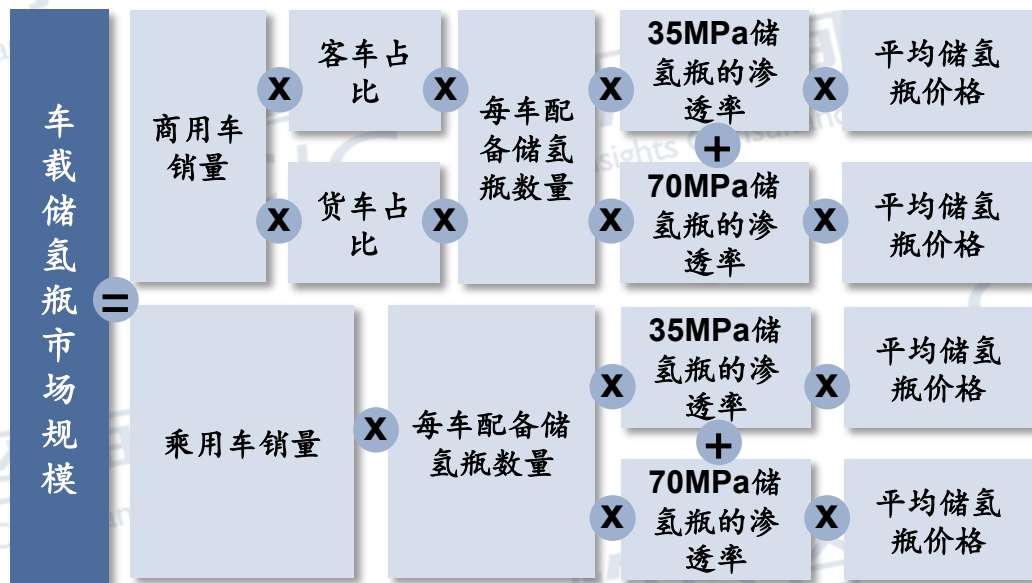
氢用减压阀与其它通用阀门的工作环境有很大的区别，在减压阀设计、制造和检验等过程中除了要遵守阀门设计、制造和检验的一般规则外，还应当注意对减压阀所处的工况环境，如高温、高压、腐蚀性等予以充分考量





中国车载氢储存市场到2027年有望达到80.0亿元人民币，五年间复合年均增长率高达50.4%，得益于燃料电池汽车的大范围应用、储氢瓶性能提升、安全性和使用寿命的增加，都推动我国车载储氢瓶产业进一步发展

车载储氢瓶市场测算框架，中国，2022

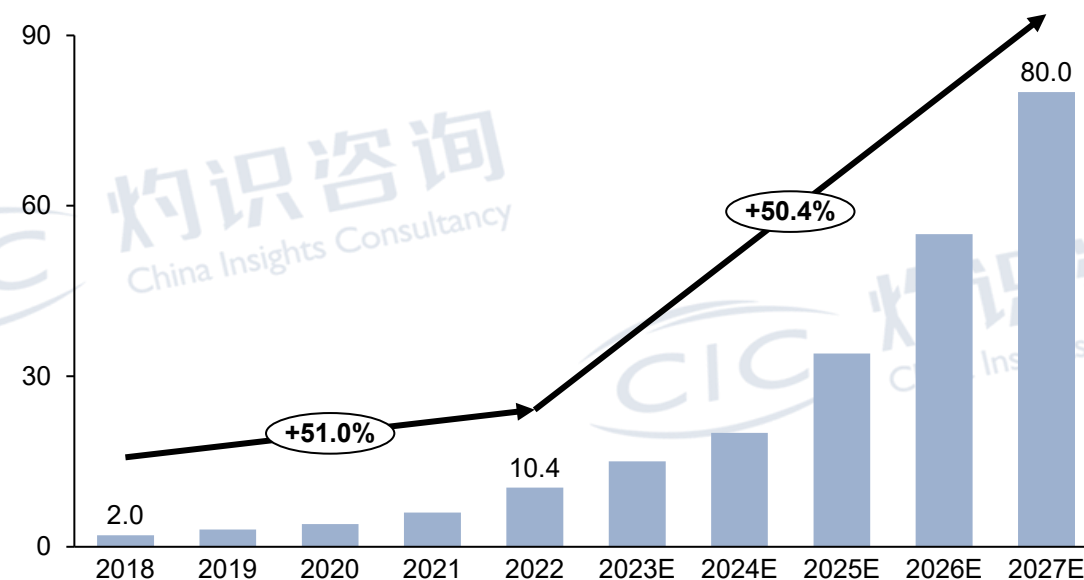


## 关键分析

- 随着燃料电池汽车的大规模商用，车载储氢瓶市场前景广阔。这不仅体现在燃料电池汽车数量增加，也体现在这些车型从商用车扩展至乘用车市场。为抓住这一发展机遇，技术研发应聚焦提升储氢性能、开发轻量化材料和智能制造，以降低成本、实现规模化生产。同时，汽车制造企业的批量采购也将带动市场快速扩大。中国企业需要加快自主创新，掌握核心技术。产业政策支持也至关重要，可帮助持续降低成本，实现车载储氢瓶与整车匹配。预计到2027年，车载储氢瓶市场规模将达到80亿元，2022-2027年复合增长率可达50.4%，保持高速增长

车载储氢瓶市场规模分析，中国，2018-2027E

单位：亿元人民币



目前我国车载储氢瓶主要以高压气态储氢瓶为主，车载储氢瓶占车载储能系统成本高达50%，未来将向着超高压、轻量化等性能发展，减压阀行业处于发展落后的情况，未来将向着高精度和可靠性强等方向发展

## 车载储氢瓶及减压阀行业发展情况

## 市场驱动因素及未来发展趋势

### 车载储氢瓶

#### 车载储氢瓶市场发展现状

- 随着燃料电池汽车的快速发展，车载储氢瓶市场需求正在爆发式增长，国内外企业纷纷布局，中国企业整体实力增强
- 35MPa产品已较成熟，70MPa产品也在加速批量化，国产产品性能水平提升显著，部分指标达到国际领先
- 当前技术发展方向是轻量化和智能化制造，同时模块化和系统集成也是一个重要趋势
- 行业需加强标准建设和质量管理，持续开拓海外市场
- 产业政策的进一步明确也将有力推动市场健康发展，但核心技术还需要继续创新

#### 高压气态储氢瓶为车载储氢主流解决方案

储氢四种技术路线中高压气态储氢瓶商业化程度高，高压气态储氢基于充放氢速度快、储氢耗能低、成本低和技术成熟等优点，成为目前率先商业化应用的储氢技术

#### 车载储氢瓶占车载储能系统成本高达50%

我国燃料电池系统、车载储氢系统等燃料电池汽车技术和规模仍处在早期发展阶段，燃料电池汽车购买成本虽整体小于美国和欧洲，但燃料电池系统和储能系统占购买成本的比例高达50%左右，远高于海外

### 减压阀

#### 减压阀行业处于“卡脖子”发展落后的情况

##### “卡脖子”环节

- 国外企业布局氢能领域较早，具有先发优势，减压阀产品具有一定的技术壁垒，加之目前市场容量小，对减压阀的需求量也相对较少
- 目前国内已经有一些公司突破了技术壁垒，成功研制70MPa的减压阀，打破技术封锁

#### 市场驱动因素

##### 1. 燃料电池汽车的快速发展

对于“双碳目标”的落实，燃料电池汽车作为一种零碳排放的解决方案，未来有望替代传统汽车

##### 2. 续航里程的进一步提升

续航里程一直是消费者选择电动汽车的关键因素之一，高续航有望提高用户对燃料电池汽车的兴趣

##### 3. 轻量化和小型化的需求增长

轻量化是汽车制造业的一个重要趋势，同时小型化对于空间利用效率会有所提升

##### 4. 氢能商用车的推广应用

货运卡车、巴士、出租车和物流车辆等商用车通常需要更长的续航里程和更快的加注时间

##### 1. 燃料电池车辆的快速增长

随着各类燃料电池车的推广，减压阀作为氢系统的重要组成部分，其需求快速增长

##### 2. 对系统安全性的关注

氢气存在一定安全隐患，减压阀的准确可靠工作关系到系统安全

#### 未来发展趋势

- 随着燃料电池续航里程的要求提高，超高压储氢瓶将成为主流
- 开发和利用碳纤维等新型轻量化材料
- 实现储氢型系统的智能监控和远程管理
- 推进产品的模块化和标准化设计
- 不断加速迭代的新产品开发

1 高精度和可靠性，轻量化和小型化

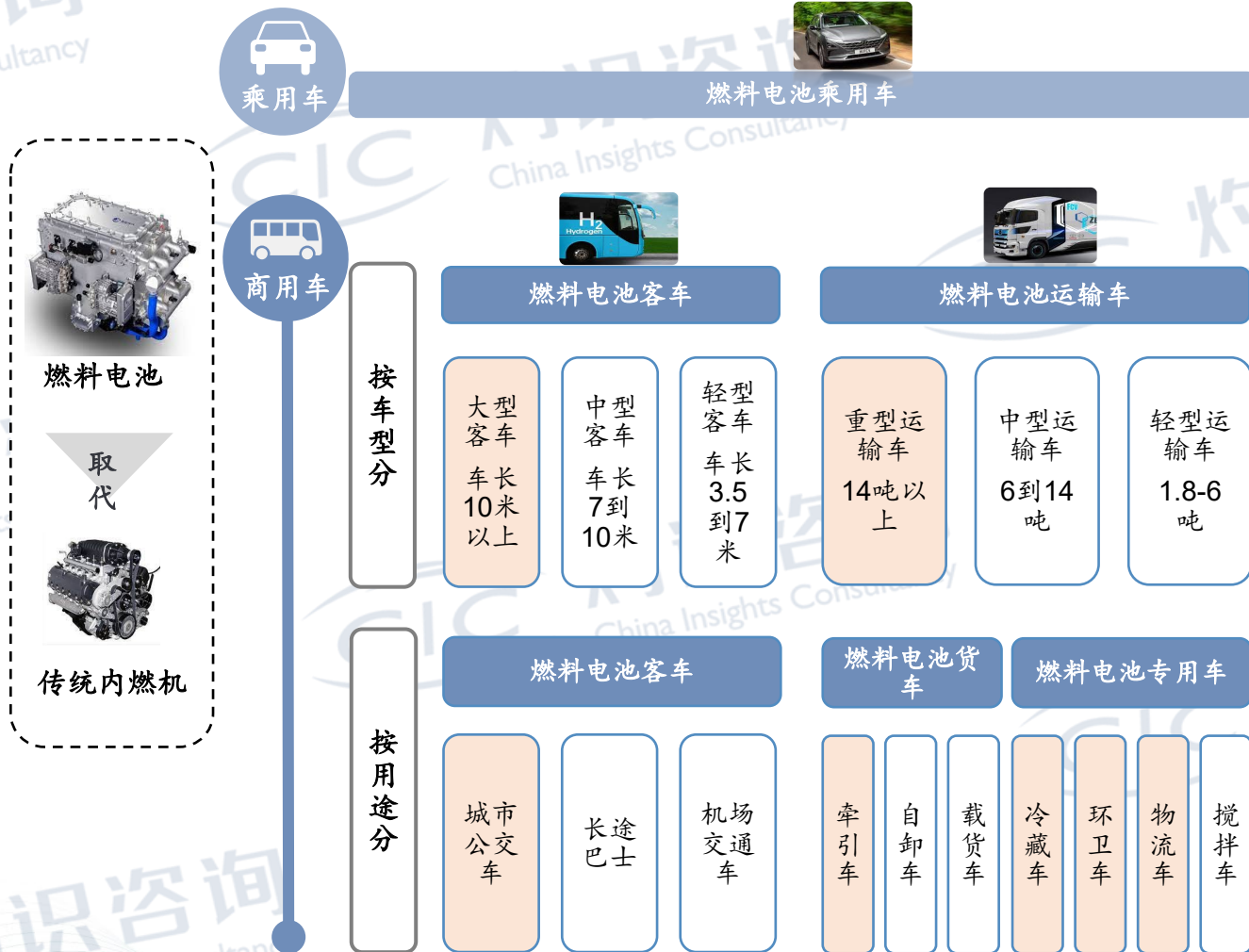
2 智能化和远程控制

3 各类新型减压阀的开发



燃料电池车行业目前呈现“重商轻乘”的发展特征，与乘用车相比，燃料电池在重卡、大客车、物流车等细分领域已获得市场认可，且短期未来内，燃料电池商用车渗透率将持续提升

燃料电池车分类

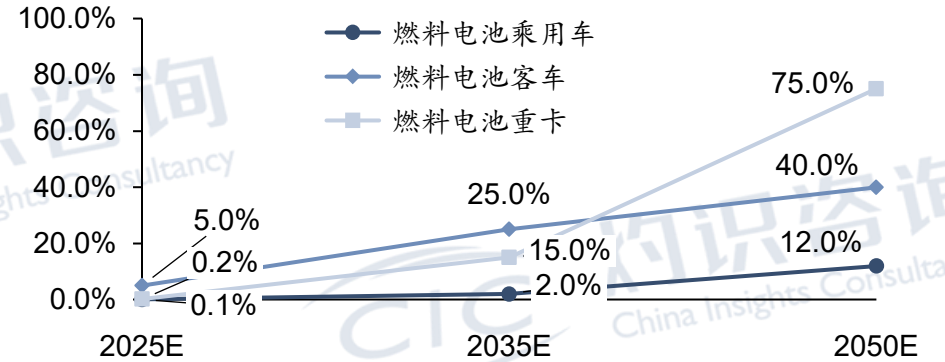


目前中国燃料电池车行业重点发展车型

\*注：燃料电池汽车的市场渗透率定义为：燃料电池客车、物流车、重卡、乘用车的年销量与客车、物流车、重卡、乘用车的总体市场销量的比值

燃料电池各类车型未来发展趋势分析

中国燃料电池车渗透率\*预测，按车型，2025E-2050E



中国燃料电池车车型发展特征及趋势分析，2023

目前

- 重商轻乘，优先发展商用车

燃料电池和用氢成本降低



公共领域人均用车成本低，且可起到良好社会推广效果



商用车行驶在固定线路上且车辆集中，建设配套加氢站可行性强

未来




- 商用乘用车等应用场景共同发展

资料来源：中国氢能联盟，中国电动汽车百人会《中国氢能产业发展报告2020》，灼识咨询



燃料电池汽车在能量转换效率、使用效率及低温条件性能表现等方面优势显著，更适用于中长途、重载交通运输领域，未来有望与锂电池共同推动交通领域碳中和

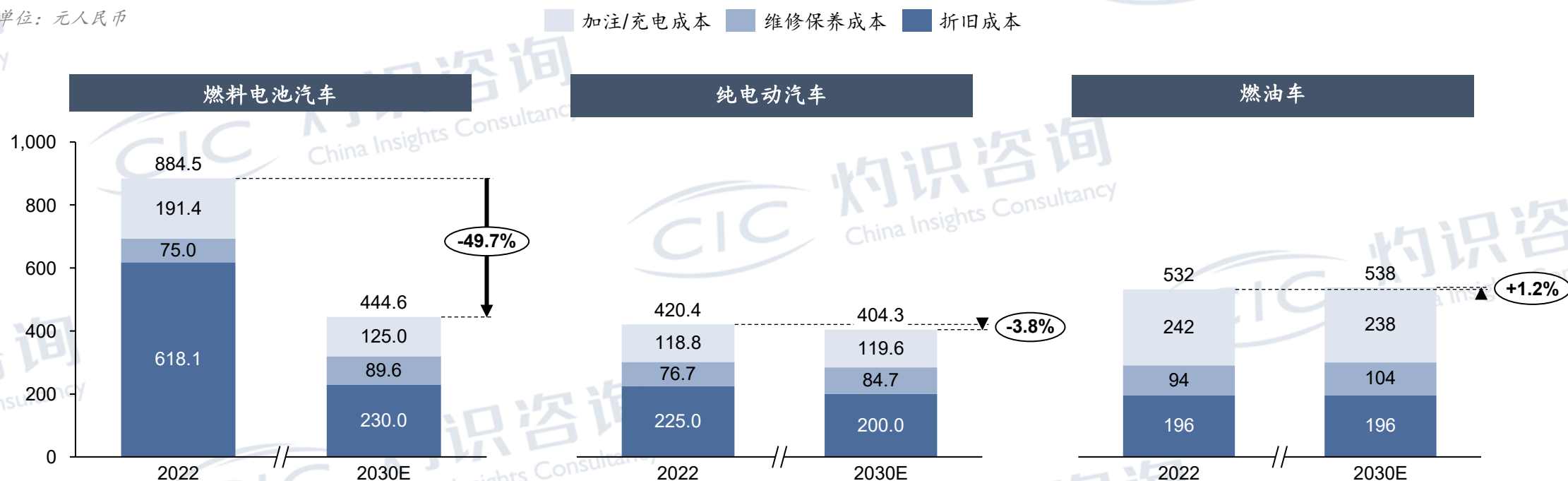
燃料电池汽车、纯电动汽车、燃油汽车对比概览，2023

	 燃料电池汽车	 纯电动汽车	 燃油车
动力系统	燃料电池	锂电池	内燃机
加注物	氢：以氢等为燃料，燃料电池通过水电解槽产生氢和氧逆反应，继而产生电能	电：正极材料使用镍钴锰酸锂或镍钴铝酸锂等三元聚合物的锂离子二次电池	汽油或柴油
安全性	风险主要来自于氢气储存和加氢过程，储氢罐需密封，加氢时氢气泄露易引起燃烧；碰撞时氢气易泄露	风险主要来自于电池系统，高能量密度与安全性难以兼容，存在电池过充过放问题；碰撞时电解液泄露易起火；电解液和本体有毒性	/
低温性能	<b>-30° C低温启动，-40° C低温存储</b>	常规锂电池在-20° C以下低温环境无法充电，且里程损失可能达到约30%	-18° C以下需要配置高性能汽油机润滑油、进气道低温预热装置和高能辅助点火装置并执行相应冷启动作业等
环境保护	工业副产氢、天然气重整制氢可减少碳排放，可再生能源制氢可实现零排放，实现全产业链环境保护	污染部分转移到上游	排放CO <sub>2</sub> 、CO、SO <sub>2</sub> 等温室气体及污染物
整车续航里程	较长，500公里以上	受限，200-400公里	约500公里
整车加注时间	<b>5-15分钟</b>	2-8小时	10分钟
能量转换效率	<b>50-60%</b>	/	30-40%
加注基础设施	加氢站，当前仍较稀缺，截至2023年6月，中国加氢站数量为351座	充电桩，重点城市覆盖，截至2023年6月，中国约215万个	加油站，已普及，截止2022年底，全国加油站共10.8万座，六年来首次降低
应用领域	中长途、中重载运输	中短距离运输	普适

随着未来燃料成本逐渐降低，燃料电池汽车价格和折旧成本进一步降低，预计未来至2030年，燃料电池汽车的百公里综合成本将显著低于燃油车，与纯电动车基本持平，进一步凸显经济性优势

中国燃料电池汽车、纯电动汽车及燃油车等汽车百公里综合成本<sup>(1)</sup>，2022&2030E

单位：元人民币



关键  
分析

- 伴随着中国加氢站建设逐步完善，车用氢气价格不断下降，燃料电池汽车的燃料成本逐渐降低。另一方面，燃料电池技术的提高和燃料电池汽车行业的规模化发展，带动燃料电池汽车价格及车辆折旧成本的快速降低。由2022年至2030年，中国燃料电池12米大巴的百公里综合成本将大幅下降
- 考虑到燃料电池汽车整体规模及推广量仍较比燃油车及纯电动汽车要低，未来随着氢能产业进一步发展、燃料电池汽车推广持续扩大，燃料电池汽车的百公里综合成本在2030年后将进一步下降，从而使其经济性优势更加显著

注(1)以12米大巴为例，其综合成本主要包括加注/充电成本、维修保养成本和折旧成本；假设车辆日均行驶里程150公里，每天运营200天，全生命周期年限为8年

燃料电池汽车行业尚处于产业发展早期，其发展很大程度上受到政策导向的影响，随着各地政策进一步落地实施，燃料电池汽车行业将扩大生产规模，逐步走向商业化

## 宏观政策定调

## 示范城市群领头

## 全国各省市跟进

示范城市群燃料电池汽车推广目标及达成情况，截至2023年6月

批次	示范城市群	参与城市	示范期官方推广目标(辆)	截至2023年6月底已推广(辆)
	京津冀城市群	北京七区、天津滨海新区、保定、唐山滨州等共6个城市地区	5,300	2,475
第一批	上海城市群	上海、苏州、南通、嘉兴等共7个城市地区	5,000	1,774
	广东城市群	佛山、广州、深圳、珠海等共12个城市	10,000	691
第二批	河北群	张家口、雄安新区、保定、定州等共14个城市地区	7,710	410
	河南群	郑州、新乡、洛阳、开封等共15个城市地区	5000	787
合计			32,305	6,137

中国各省份关于燃料电池汽车的发展规划（节选），截至2023年6月

政策名称	发布时间	主要内容
《青海省氢能产业发展中长期规划（2022-2035年）》	2023.2	2025年实现燃料电池车运营数量不少于 <b>150辆</b> ，矿区氢能重卡不少于 <b>100辆</b>
《北京市氢燃料电池汽车车用加氢站发展规划（2021—2025年）》	2022.11	2025年实现燃料电池汽车累计推广量突破 <b>1万辆</b>
《山西省氢能产业发展中长期规划（2022-2035年）》	2022.10	2025年燃料电池汽车保有量 <b>超过1万辆</b> ；2030年燃料电池汽车保有量 <b>达到5万辆</b>
《河南省氢能产业发展中长期规划（2022-2035年）》	2022.8	2025年推广各类燃料电池汽车 <b>5,000辆</b> 以上
《山东省氢能产业发展工程行动方案》	2022.7	2025年累计推广燃料电池汽车 <b>1万辆</b>
《陕西省“十四五”氢能产业发展规划》	2022.7	2025年推广各型燃料电池汽车 <b>1万辆</b> 左右
《上海市氢能产业发展中长期规划（2022-2035年）》	2022.5	2025年燃料电池汽车保有量突破 <b>1万辆</b>
.....		

截至2023年8月，已有超过**20**个省级行政单位颁布氢能规划相关政策文件，其中，省级氢车保有量目标共计**超过10万辆**，**远超国家政策规划目标**



国家发改委

&



国家能源局  
National Energy Administration

联合印发

《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》



**国家**政策规划目标：

2025年我国燃料电池车辆保有量达到约**5万辆**



2022年我国燃料电池汽车总销量超5,000辆，为历史最高水平，由于市场要素和扶持政策存在一定复杂性，预计到2027年中国燃料电池汽车保有量将达到11.3万辆到21.1万辆区间

保守预测

VS

乐观预测

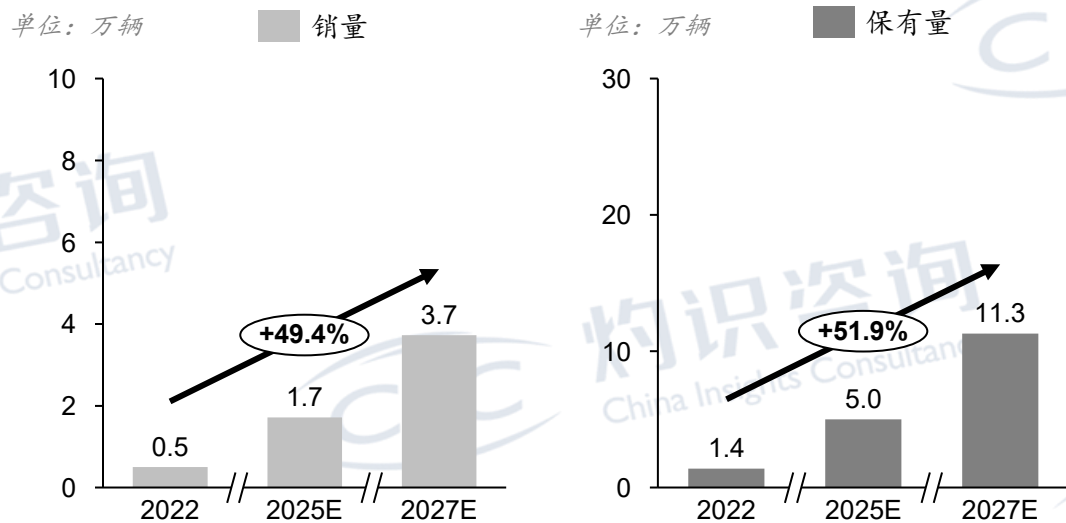
假设依据

- 按《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》规划目标计，2025年我国燃料电池车辆保有量达到**约5万辆**

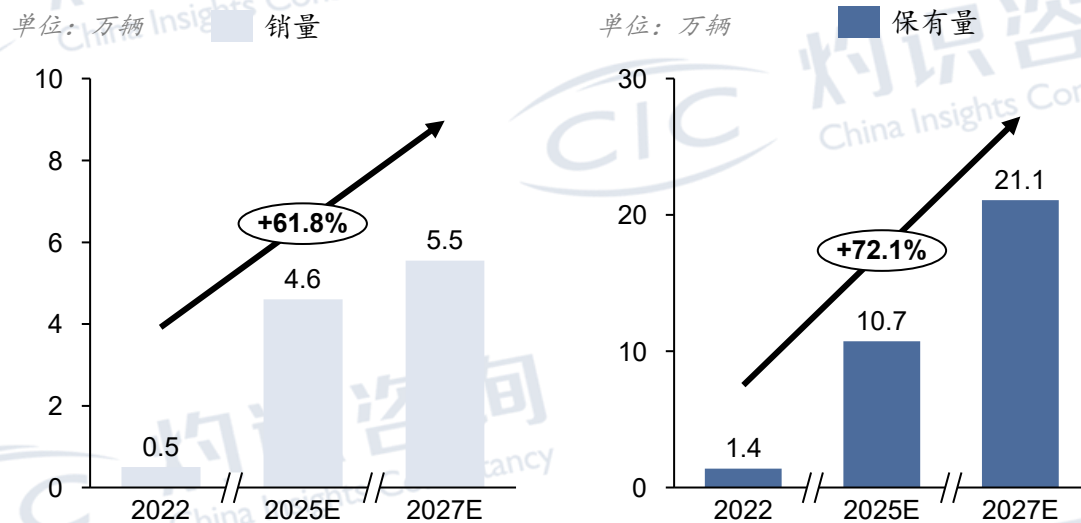
假设依据

- 根据各省发改委颁布氢能规划相关政策文件规划总和计，到2025年我国燃料电池汽车保有量目标共计**超过10万辆**

中国燃料电池汽车市场规模及预测，2022-2027E



中国燃料电池汽车市场规模及预测，2022-2027E



关键分析

- 国家级产业中长期规划是一种**战略性的计划**，旨在引导国家在未来数年内取得经济、社会和科技方面的发展目标，在经济环境良好的外部状况下，中长期目标有望**提前完成或者超额完成**

关键分析

- 基于国家总体发展战略，各省级政府制定相应发展路线，但基于目前氢能发展现状，回顾**各省政策目标的指定可能存在过于激进乐观的情况**，因此在实际推进过程中会存在**达不成目标**的现象。

中国燃料电池汽车受到政策扶持补贴、基础设施助推、整车用氢成本降低等要素影响，将以商用车为近期主线，不断扩展特殊用车领域和海外市场，长期来看乘用车仍有提升空间

### 中国燃料电池汽车市场驱动因素分析

政府政策扶持引入，提供补贴

- 燃料电池汽车行业尚处于初期阶段，需政府从财政激励、研发资金支持、推广宣传提升认知度等一系列手段来扶持引导，以降低市场进入障碍、刺激技术创新，推动行业走向商业化
- 围绕《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》，各示范城市群及其他省市纷纷推进建立燃料电池汽车推广的目标规划

氢能基础设施发展进一步完善

- 随着压缩系统技术的不断创新和国内对进口机器设备的自主替代加速进行，中国的加氢站建设步伐有望迎来显著的扩张
- 中石油和中石化在内的国内主要汽油生产商也相继宣布了详细加氢站的建设规划，将为中国氢能基础设施的未来发展注入更强的活力，并有助于推动燃料电池汽车产业的进一步增长

上游研发加大，整车成本和用氢成本降低

- 上游制氢、储运氢、燃料电池等环节不断加大研发投入，推动技术进步，提高燃料电池汽车的动力里程和效率，降低燃料电池汽车购置成本和使用成本
- 燃料电池车相较于燃油车和电动车的优势逐渐显现，推动燃料电池系统的的市场需求不断增加

### 中国燃料电池汽车风险要素分析

- 与锂电池汽车相比，燃料电池汽车技术和商业成熟度尚存在进步空间，在锂电池车已经获取先发优势的乘用车领域，燃料电池汽车短期内难以依靠市场化手段扩张市场份额

部分赛道与发展强势的锂电池车存在竞争

### 中国燃料电池汽车市场趋势分析

近期趋势

✓ 燃料电池汽车将以商用车为主线，进一步扩展特型车应用

- 考虑到加氢便利度，燃料汽车将有限发展港口码头、矿区厂区、城市公交、城际物流、城际客运等领域
- 除常规的货运、客运外，也将进一步扩展到特殊领域，如市政环卫车辆、土木工程车辆和拖车运输等

✓ 我国燃料电池汽车正快步迈向国际市场

- 随着国际氢能源市场的不断扩大，中国的氢能源企业正在积极寻求国际机会，参与全球氢能源产业链的竞争，推动中国氢能源产业的国际化进程，为全球清洁能源和可持续发展做出贡献。

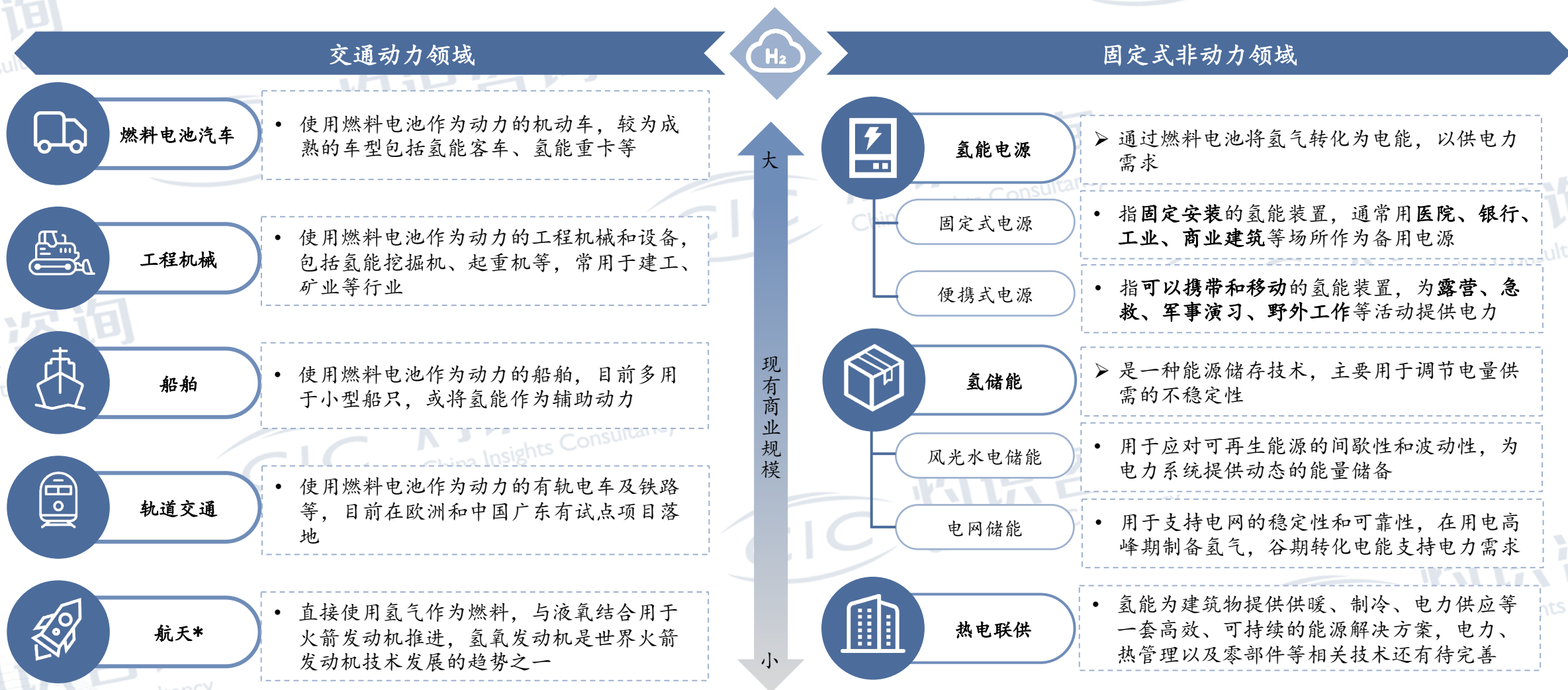
✓ 乘用车需求将通过汽车共享和租赁业务得到促进

- 从长远来看，燃料电池乘用车有望推动整个燃料电池汽车行业的增长。为了促进燃料电池乘用车的需求，分时和租赁燃料电池汽车正在重庆等重点示范区推出，并将在未来五年内在更多城市推出

长远趋势

氢能下游行业以燃料电池汽车为主要应用场景，以动力和电力为两条主要线索，横向往向储能、建筑、发电等领域探索，纵向深挖交通领域，持续探索新的场景

氢能下游行业应用分类分析\*, 2023

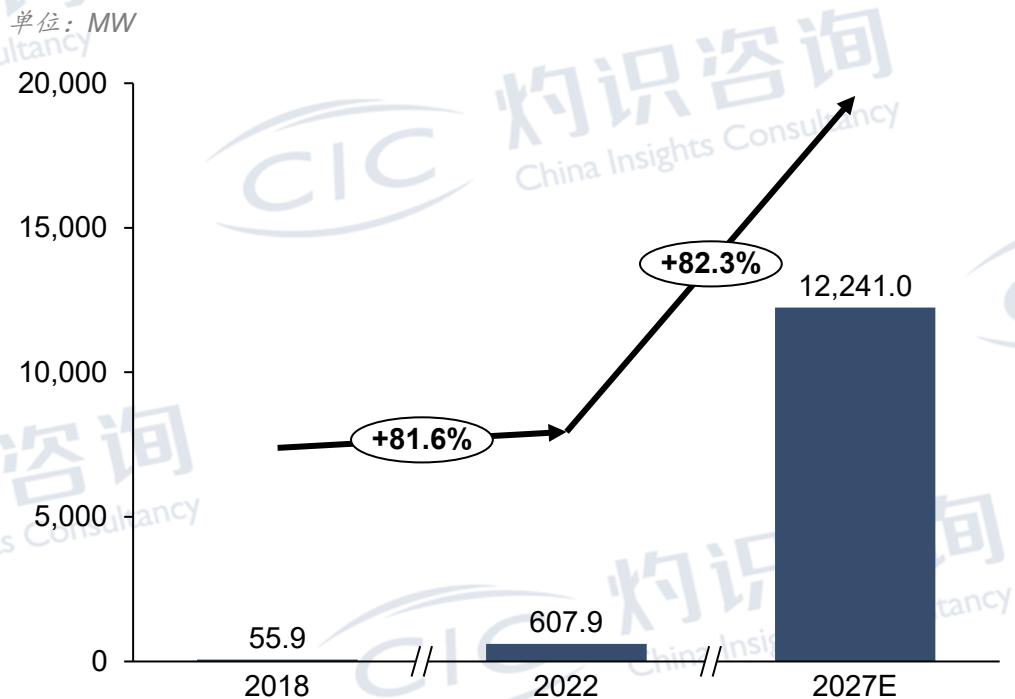


注：仅考虑氢气作为能源的使用领域，不包含氢气直接作为原材料、还原剂、金属加工的气氛处理剂等工业用途；航天氢氧发动机领域在我国尚未有规模化商业资本介入，暂不考虑其商业规模



由于氢能具备储能容量大、储能周期长，以及快速响应的优势，与可再生能源发电的高度耦合性，因此，除燃料电池汽车之外，氢能有机会成为的氢能行业的新动力来源，到2027年将达到约12.2GW的总装机量

氢能下游应用市场规模，装机量口径，2018-2027E\*

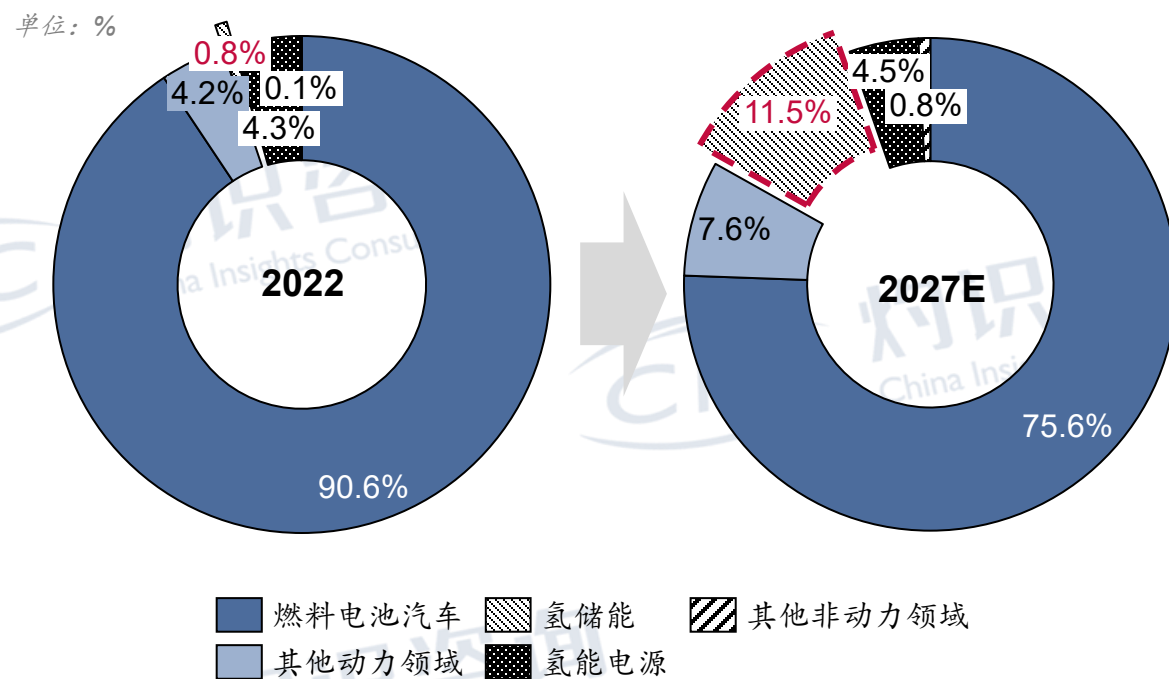


### 关键分析

- 由于氢能行业的技术不断发展成熟，氢能设备成本和用氢成本进一步下降，氢能行业的下游应用场景不断扩张，预计未来五年内氢能行业下游总装机量将以超过80%的复合年均增长率增长，到2027年将达到约12.2GW的总装机规模

注：此市场规模不包含氢氧发动机市场，仅包含基于燃料电池的氢能下游市场，未来预测基于乐观假设给出

氢能下游应用市场规模，按应用拆分，装机量口径，2022和2027E



### 关键分析

- 在可预见的未来内，燃料电池汽车行业将继续作为氢能行业的绝对优势下游应用，其装机量占比将维持在七成以上
- 氢能具备大储能容量、长储能周期以及快速响应等优势，与不稳定的可再生能源发电具有高度耦合度，因此，在双碳背景下，除了燃料电池汽车之外，氢能是最具发展潜力的下游应用，随着电解槽等成本下降，氢能将进一步凸显其优势，成为氢能的重要发展领域

资料来源：中国汽车工业协会，百人会氢能中心，GGII，灼识咨询

由于技术研发和成本限制，目前氢能行业大部分下游应用的商业成熟度还不高，仍处于政府推动项目试点或市场化初期阶段，未来动力领域将朝高功率高续航方向发展，非动力领域将朝向规模化发展

## 中国氢能下游应用

## 发展现状分析

## 驱动因素分析

## 未来发展趋势分析

## 交通动力领域

燃料  
电池  
汽车工程  
机械船舶  
航运轨道  
交通

航天



## 固定式非动力领域

氢能  
电源氢储  
能热电  
联供

## 技术成熟度

## 商业成熟度

## 成本控制

电池系统核心材料技术已经有突破	已完成初步产品化	<ul style="list-style-type: none"> <li>高功率车辆相对乘用车更具有望形成成本优势</li> </ul>
特种用车技术难度较重卡等高功率车辆较低，成熟度较高	市场化初期，商业研发和产品化阶段	<ul style="list-style-type: none"> <li>运营场景密集的设备存在一定成本优势</li> </ul>
目前仅作为辅助动力，输出功率、续航及寿命尚未达到远洋需求	政府推动项目试点应用	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用成本远高于传统燃油船舶，降本周期预计较长</li> </ul>
动力、储氢系统受空间限制，时速续航里程暂无法比肩高铁	政府推动项目试点应用	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用成本远高于传统高铁，降本周期预计较长</li> </ul>
氢氧发动机于50年代中期研制成功，长期作为运载火箭核心部件	在我国仍以政府和国企主导，私人资本参与较少	/
电池系统核心材料技术已经有突破	市场化初期，已经完成初步产品化	<ul style="list-style-type: none"> <li>发电成本在 2.5-3 元/度，降本周期预计较长</li> </ul>
电解槽等核心设备尚存在一定进口依赖	市场化初期，处于项目建设和试运行阶段	<ul style="list-style-type: none"> <li>度电成本高于蓄水储能和电机储能</li> </ul>
电力、热管理以及零部件等相关技术还有待完善	政府推动项目试点应用	<ul style="list-style-type: none"> <li>氢气供热成本远高于传统方案，降本周期预计较长</li> </ul>



## 政策扶持推动行业发展成熟

- 大部分氢能下游新兴行业尚未完成商业化，前期需要政府从项目试点、研发激励、购买补贴等方式促进行业的发展和成熟



## 技术研发调整匹配场景特性

- 不同的下游场景对燃料电池的功率、续航、稳定性要求不同。目前车用燃料电池系统较为成熟，其他应用领域还需针对性调整研发方向，以匹配具体场景需求

成本控制带动下  
游需求

- 随着使用成本的进一步降低，下游客户对氢能设备的接受程度将有所提高，与使用化石燃料和电力的传统交通工具和能源设备相比，氢能应用渗透率将进一步提升



## 动力领域向高功率、高续航发展

- 随着燃料动力电池功率性能的进一步提升，交通动力领域有望向高功率、高续航的远洋船只、航天飞机等领域拓展



## 非动力领域向规模化、体系化发展

- 固定式项目规模越大，土地、建设以及核心设备的摊销成本越低，度电成本越低，商业上更有望取代非氢能的解决方案



## 传统行业向氢能行业渗透布局

- 电力、热力、传统船舶轨交等传统行业向氢能行业渗透布局，加深氢能作为新型能源与传统电业、工业领域的有机融合





1

中国氢能行业概览

2

中国氢能行业竞争格局分析

3

附录



传统能源企业依托其主营业务能够制备大规模的氢气，但是其清洁程度较低，实力雄厚的企业目前正探索低碳型的制氢方式，但由于制氢成本和技术原因，目前量产能力有待进一步提升

中国氢气制取行业部分代表公司竞争格局



公司背景和主要技术路径

主要特点



中国电解槽企业可分为传统电解槽企业和新进入企业，传统电解槽企业技术积淀深厚，处于市场领先地位；新进入企业来自传统能源、装备制造、燃料电池和清洁能源等行业

## 中国电解槽行业各类代表公司分析

企业类型	比较维度					优势总结	代表企业	
	技术实力	项目资源	资金规模	制造成本	业务关联性			
传统电解槽企业	●	◐	◑	◑	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>技术积淀深厚：深耕行业多年掌握核心技术，产品核心性能和参数领先</li> <li>市占率领先：客户资源丰富，产品累计出货量高，目前市占率领先</li> </ul>	   	
新进入企业	清洁能源企业 	◐	◐	◐	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>电力成本优势：将弃光弃电所浪费的电量用于水电解制氢，节约电力成本</li> <li>业务联动：风电企业将风电与制氢结合获取风电指标</li> </ul>	   	
	装备制造企业 	◑	◑	●	●	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>制造成本优势：掌握设备制造核心工艺和技术，愿意投入资源实现电解槽制造规模化、自动化，降低制造成本</li> </ul>	  
	燃料电池企业 	◐	◐	◑	◑	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>设备原理和结构类似：燃料电池的原理是通入氢气和净化，为电解制氢的反向过程，在设备结构上是很相似的</li> </ul>	  
	传统能源企业 	◑	●	●	◑	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>项目资源丰富：主导投资布局氢能项目，有助于设备出货</li> <li>资金雄厚：多为央、国企，资金充足可支持高昂的电解槽研发制造投入</li> </ul>	  

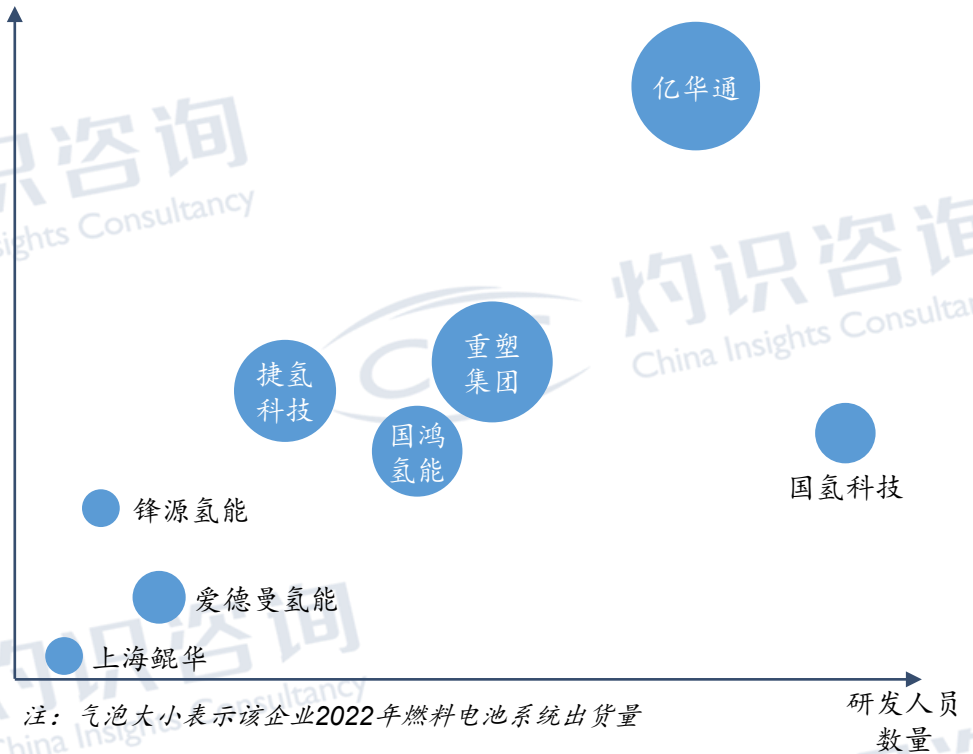


中国燃料电池系统行业市场集中度较高，按公司成立背景可分为高校派、背靠大集团派、以及海外技术背景派三类；但行业整体还处于市场化初期，玩家类型丰富多样，竞争格局仍在不断演变

中国燃料电池系统行业各类代表公司分析，按成立时间排序

公司类别	代表企业名称	成立时间	主要特点
高校产学研孵化的企业	亿华通 	2012年7月	<ul style="list-style-type: none"> <li>由高校孵化或与高校密切合作，更注重科研与创新，因此在燃料电池领域具有独特的技术优势和前沿研究成果</li> </ul>
	锋源氢能 	2018年5月	
	重塑集团 	2017年6月	
背靠大型国企/汽车集团的企业	国氢科技 	2017年5月	<ul style="list-style-type: none"> <li>依托大型的国有企业/汽车集团，享有政策的支持和丰富的资源，在技术研发、生产规模和市场拓展方面具备强大的竞争力</li> <li>通常不仅仅涉足燃料电池领域，而是制-储-运-加-应用全产业链布局</li> </ul>
	捷氢科技 	2018年6月	
	上海鲲华 	2021年7月	
转化海外技术实现国产化的企业	爱德曼氢能 	2012年7月	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过与国际合作伙伴合作或收购境外技术，再经过本土化改进完成国产化，能够较快实现技术的商业化落地</li> </ul>
	国鸿氢能 	2015年6月	

科技创新含量\*



### 关键分析








- 中国燃料电池系统行业的市场集中度相对较高，CR3超过50%，且领先的企业已经具备技术、资金和市场优势。尽管市场集中度高，但行业内的玩家背景多元化，大致可以分为三类：一是高校孵化的企业，以出身于清华系的亿华通为代表；二是依托国企或汽车集团的企业，如背靠国家电投的国氢科技，以及脱胎于上汽集团的捷氢科技；三是对海外技术引进并转化实现国产化的企业，如国鸿氢能
- 然而，中国燃料电池系统行业正处于发展的早期阶段，竞争格局仍在不断演变，各类型的企业未来都具备较强的增长潜力。鉴于行业整体还处于市场化初期，因此是否有背景较强的合作伙伴、大型企业支持、以及当地政策扶持对于各类燃料电池企业至关重要

\*注：科技创新含量来源于企查查披露，是根据企业发明专利、发明专利、实用新型专利、软件著作权、外观设计专利五项知识产权加权计算得出，仅作参考



中国燃料电池电堆行业玩家类型多元，以立足产业中游为基石，布局上游制、储、加氢环节，并不断拓展下游应用场景，积极探索氢能行业全产业链，希望形成深厚的氢能产业生态

中国燃料电池电堆行业各类代表公司分析，按成立时间排序

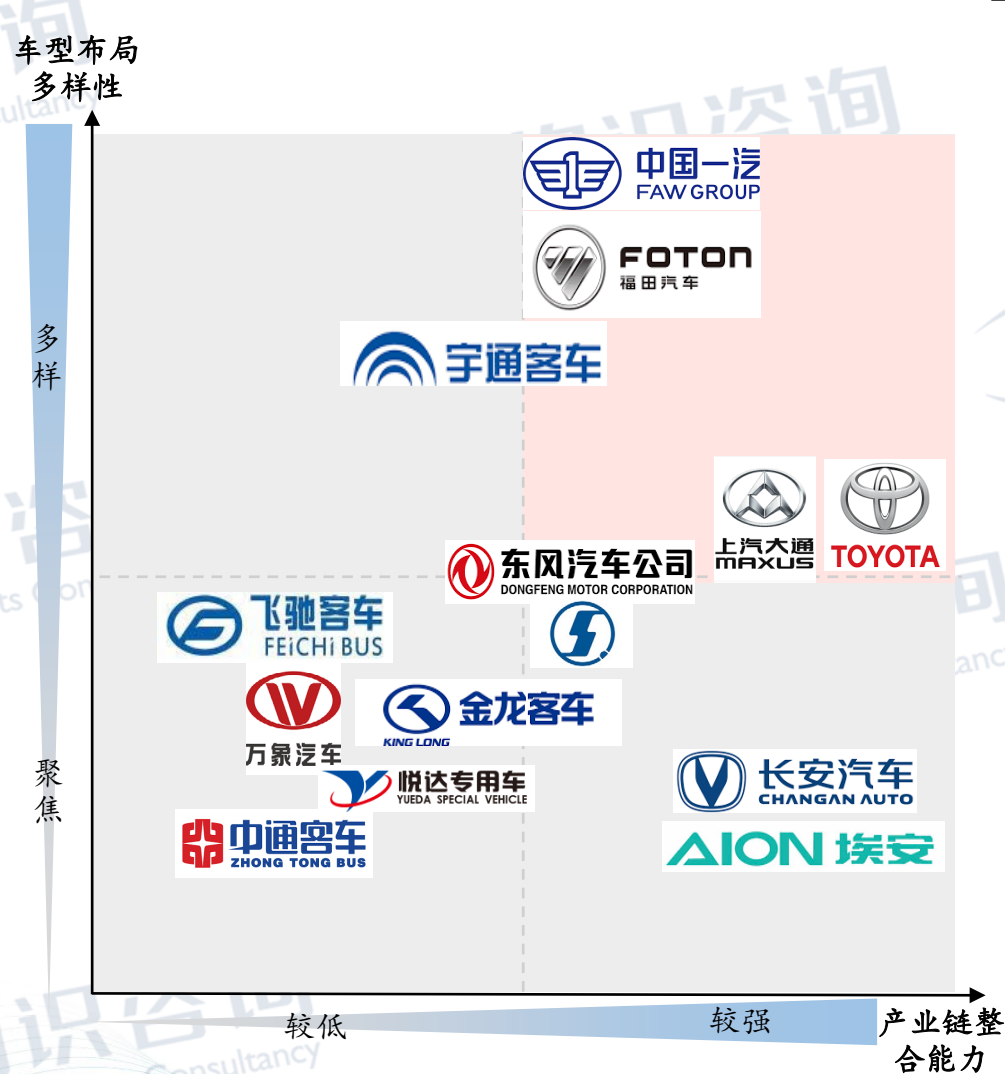
公司类别	代表企业名称	成立时间	上游布局能力			中游电堆核心零件研发生产能力						下游应用场景分布
			制备	储运	加注	电堆设计集成	双极板	膜电极	催化剂	PEM	GDL	
高校产学研孵化的企业	新源动力 	2001年4月	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>卡车、客车、乘用车、工程机械、轨道交通、船舶、航空航天、电源</li> </ul>
	氢晨科技 	2017年12月	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>卡车、公交车、物流车、环卫车、乘用车</li> </ul>
背靠大型国企/汽车集团的企业	国氢科技 	2017年5月	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>卡车、客车、公交车、物流车、工程机械、船舶、航空航天、电源</li> </ul>
	捷氢科技 	2018年6月	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>卡车、客车、公交车、乘用车、工程机械</li> </ul>
	未势能源 	2019年4月	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>卡车、客车、乘用车、轨道交通、热电联供、船舶、储能、电源</li> </ul>
转化海外技术实现国产化的企业	清能股份 	2012年7月	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>卡车、公交车、物流车、工程机械、轨道交通、电源</li> </ul>
	国鸿氢能 	2015年6月	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公交车、物流车、轨道交通、船舶、电源</li> </ul>

\*注：表示企业在该领域有自主布局或者联合布局；表示企业拥有该核心零件的研发生产能力；

表示企业在该领域已有合作研发/正在逐步布局该领域；表示企业在该领域暂无布局

中国燃料电池汽车行业的头部集中程度高，优势企业通常具备传统燃油车制造背景，具备销售渠道和产业链协同优势，同时整车企业通过入场布局燃料电池核心技术，以期提升技术层面的竞争实力

中国燃料电池汽车竞争格局分析



中国燃料电池汽车行业竞争玩家分类分析

公司类别/背景	整车企业名称	开始布局燃料电池汽车行业年份**	车型布局*			
			乘用车	商用客车	商用货车	专用车
综合车企集团	中国一汽  中国一汽 FAW GROUP	2021	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	东风汽车  东风汽车公司 DONGFENG MOTOR CORPORATION	2016	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
商用车车企	北汽福田  FOTON 福田汽车	2006	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	金龙汽车  金龙客车 KING LONG	2005	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	中通客车  中通客车 ZHONG TONG BUS	2014	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	郑州宇通  宇通客车	2009	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	佛山飞驰  飞驰客车 FEI CHI BUS	2017	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	上海万象	2021	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	陕汽集团	2019	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
乘用车车企	广汽埃安  AION 埃安	2020	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	丰田汽车	1992	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	上汽大通	2016	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	长安汽车  长安汽车 CHANGAN AUTO	2009	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\*注:  表示该车型为企业核心布局产品;  表示该车型为企业次要布局产品;  表示企业暂未在该领域布局

\*\*注: 开始布局燃料电池汽车年份指整车企业自行披露对燃料电池汽车的开始研发投入或与燃料电池系统企业形成合作的年份



1

中国氢能行业概览

2

中国氢能行业竞争格局分析

3

附录



## 附录——氢能政策梳理

政策名称	颁布时间	主要内容
广东省加快建设燃料电池汽车示范城市群行动计划（2021-2025年）征求意见稿	2021.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>实现推广1万辆以上燃料电池汽车目标</li> <li>建成加氢站约200座</li> </ul>
山东省氢能产业中长期发展规划（2020—2030年）	2020.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>2020年到2022年，燃料电池整车产能达到5,000辆，燃料电池汽车在公交、物流等商用车领域率先示范推广，省域内累计示范推广燃料电池汽车3,000辆左右，累计建成加氢站30座（含合建站）</li> <li>2023年到2025年，燃料电池整车产能达到20,000辆，累计推广燃料电池汽车10,000辆左右，累计建成加氢站100座</li> </ul>
上海市加快新能源汽车产业发展实施计划（2021-2025年）	2021.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2025年，燃料电池汽车应用总量突破1万辆，建成并投入使用各类加氢站超过70座</li> </ul>
江苏省“十四五”新能源汽车产业发展规划	2021.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2025年，累计投放燃料电池汽车超过4,000辆，建成商业加氢站100座</li> </ul>
四川省氢能产业发展规划（2021—2025年）	2020.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2025年，燃料电池汽车（含重卡、中轻型物流、客车）应用规模达6000辆，氢能基础设施配套体系初步建立，建成多种类型加氢站60座</li> </ul>
河南省加快新能源汽车产业发展实施方案	2021.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2025年，全省燃料电池汽车示范运营总量力争突破1万辆，建成并投入使用各类加氢站100座以上</li> </ul>
长治市氢能产业发展规划(2020年—2030年)和长治市氢能与燃料电池汽车产业发展行动计划(2020年—2023年)	2020.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2023年，推广应用3,000辆燃料电池重型牵引车、自卸车及若干其他车型，公交车50辆，乘用车500辆，客车100辆，建成70座1,000公斤以上的固定式加氢站</li> <li>到2025年，全市燃料电池重型货车保有量5,000辆以上，公交车130辆，乘用车1,500辆，客车200辆建成超过80座加氢站</li> </ul>
大同市氢能产业发展规划（2020-2030年）	2020.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2023年，氢燃料汽车示范投放数量达到1000辆以上（客车300，货车725），加氢能力不低于500kg/天的示范性加氢站数量达到17座</li> <li>到2025年，氢燃料汽车投放数量达到6300辆，配套建设加氢能力不低500kg/天的示范性加氢站数量超过50座</li> </ul>
河北省氢能产业发展“十四五”规划	2021.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2022年，全省建成25座加氢站，燃料电池公交车、物流车等示范运行规模达到1000辆，重载汽车示范实现百辆级规模</li> <li>到2025年，累计建成100座加氢站，燃料电池汽车规模达到1万辆，实现规模化示范</li> </ul>
北京市氢能产业发展实施方案（2021-2025年）	2021.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>2023年前，推广加氢站及加油加氢合建站等灵活建设模式，力争建成37座加氢站，推广燃料电池汽车3000辆</li> <li>2025年前，力争完成新增37座加氢站建设，实现燃料电池汽车累计推广量突破1万辆</li> </ul>

## 附录——氢能政策梳理

政策名称	颁布时间	主要内容
浙江省加快培育氢燃料电池汽车产业发展实施方案	2021.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2025年，在公交、港口、城际物流等领域推广应用氢燃料电池汽车接近5000辆，规划建设加氢站接近50座</li> </ul>
内蒙古自治区人民政府办公厅关于促进氢能产业高质量发展的意见	2022.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>2025年前，建成加氢站（包括合建站）100座以上；加速推进燃料电池车替代中重型燃油矿用卡车和公共服务车辆，推广氢燃料电池重卡5000辆以上，累计推广燃料电池汽车突破1万辆</li> </ul>
大连市氢能产业发展规划（2020—2035年）	2020.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2025年，氢燃料电池整车产能1000辆，全市氢燃料电池车辆（含公交车、乘用车、重型卡车、牵引车、环卫车等）保有量达到1000辆以上，氢燃料电池船舶保有量达到20艘以上，氢燃料电池轨道交通车辆保有量达到10辆以上，分布式发电系统、备用电源、热电联供系统装机容量达到20MW，加氢站15座以上。</li> </ul>
六安市氢能产业发展规划（2020-2025年）	2020.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>力争到2025年，燃料电池电堆和系统合计产量达到每年8000台左右，燃料电池汽车累计推广应用规模达到600辆左右，燃料电池船舶示范应用规模达到10艘左右，加氢站数量达到5座左右；</li> </ul>
岳阳氢能城市建设及氢能产业发展规划（2020-2035年）	2020.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2025年，氢能占终端能源消费比例达到8%，全市在公交车、物流车、环卫车、公务车、出租车、共享汽车等领域推广应用燃料电池汽车1000辆以上，建设加氢站15座以上</li> </ul>
株洲市氢能能源产业发展规划（2019-2025）	2019.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2025年，形成氢能和燃料电池支柱产业，建成加氢站8座至10座，燃料电池公交大巴生产能力10000辆/年，燃料电池乘用车生产能力10万辆/年，长株潭城市群公交运营燃料电池车辆5000辆</li> </ul>
重庆市加速构建完善的智能新能源汽车产业生态行动计划（征求意见稿）	2021.12	<ul style="list-style-type: none"> <li>建成加氢站10座；累计推广氢燃料电池汽车5,000辆</li> </ul>
天津市能源发展“十四五”规划	2022.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>“十四五”期间，累计推广物流车、叉车、公交车等氢燃料电池车辆900辆以上</li> </ul>
荆州市氢能及燃料电池产业发展规划（2021-2025年）征求意见稿	2021.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>到2022年，车运营规模达到100辆，加氢站（包括合建站）达到3~5座</li> <li>到2025年，全市氢燃料电池商用车、专用车运营规模达到1000辆，荆州建设各类加氢站15座以上</li> </ul>
武汉市氢能产业突破发展行动方案	2020.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>力争通过3年时间，燃料电池汽车示范运营规模不低于3000辆，建成15座以上加氢站</li> </ul>



扫码关注公众号「灼识CIC」



扫码添加CIC灼识小助手

## CIC灼识咨询

电话: +86 21 2356 0288

地址: 上海市静安区普济路88号静安国际中心B座10楼

如需更多信息, 请访问: [www.cninsights.com](http://www.cninsights.com)

敬请致函: [marketing@cninsights.com](mailto:marketing@cninsights.com)