



公用事业

优于大市（维持）

证券分析师

倪正洋

资格编号：S0120521020003

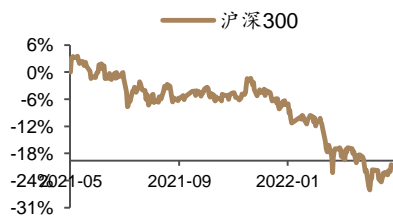
邮箱：nizy@tebon.com.cn

联系人

郭雪

邮箱：guoxue@tebon.com.cn

市场表现



相关研究

氢能系列报告（一）：氢燃料电池 - “氢”风杨柳万千条，百亿市场 尽舜尧

投资要点：

- **氢能是能源转型的不二选择。**当前，全球各国面临资源枯竭，环境污染，但传统燃料使用量仍居高不下的严重问题。在这种背景下，各国纷纷寻找传统化石燃料的替代方案。氢能作为新型清洁能源，其使用过程无污染，热值高达 140MJ/kg，远高于煤炭与石油，还克服了传统清洁能源存在的随机性大、波动性强等严重缺点成为解决能源与环境问题的不二选择。另外，氢能可以储存废弃能源、能够推动化石燃料向绿色清洁能源转换，可以说氢能是未来能源革命的颠覆性方向。
- **氢燃料电池逐步迈向商业化推广，2030 年或达百亿市场。**整个氢燃料电池发展可以分为 2000 年之前以概念车形式推出氢燃料电池汽车、2000-2010 年的燃料电池汽车示范运行验证、技术攻关研究阶段、2010-2015 年的燃料电池汽车性能提升阶段以及 2015 年之后燃料电池汽车进入商业化推广阶段。氢燃料电池电堆是燃料电池的核心；燃料电池电堆包括催化剂、质子交换膜、气体扩散层、双极板，以及其他结构件如集流板、密封件、端板等各种部件。据沙利文数据，2021 年电堆成本约占燃料电池系统成本 65%，所以降低电堆成本是燃料电池汽车商业化的关键。2021 年我国燃料电池电堆新增市场规模约为 6.2 亿元，预计 2021-2025 年燃料电池电堆新增市场需求的 CAGR 为 87%，预计到 2025 年和 2030 年，燃料电池电堆新增市场分别为 75、238 亿元。
- **本土企业发力追赶，氢燃料电池市场潜力无限。**目前，氢燃料电池系统中，膜电极、质子交换膜、双极板与催化剂等重要组件均取得了较大技术进步。质子交换膜燃料电池是目前燃料电池发展主流，金属双极板是双极板领域研究热点，降低催化剂中的铂用量是催化剂领域面临的主要问题。国内厂商在膜电极制备产能上取得较大进展，技术上已部分达到先进水平；在质子交换膜方面，虽未突破技术壁垒，但已取得较大进步。在双极板方面已具备较大产能。在燃料电池辅助组件方面，我国生产商已具备一定产能，主要集中在几个头部企业。例如在燃料电池电堆领域的捷氢科技的 PROME-M4H 以及新源动力 HYMOD-150 等；在燃料电池系统方面上海重塑的镜星十二系统等。未来随着燃料电池相关技术不断突破，我国燃料电池市场潜能巨大。
- **投资建议：**由于全球性能源紧缺问题日趋突出以及环境保护和可持续发展的迫切要求，氢能因其突出的优越性得到了蓬勃的发展。国家加大对氢能领域的关注力度，不断出台政策加强对氢能产业的扶持也将成为推动氢燃料电池产业发展的强大推动力。建议关注：冷链压缩机龙头，积极布局 CCUS 及氢能产业带来业绩增长新动能的【冰轮环境】；氢燃料电池电堆龙头【亿华通】；通过战略投资巴拉德布局氢燃料电池行业的【潍柴动力】；膜电极催化剂铂基氢燃料电池(FCEV)技术获得重大突破的【贵研铂业】。
- **风险提示：**政策推进不及预期、成本下降不及预期、氢燃料电池车销量不及预期、技术创新不及预期。

内容目录

1. 氢能是能源转型的不二选择.....	5
1.1. 能源紧缺背景下，氢能源蕴藏巨大发展潜力.....	5
1.2. 发展氢能成为各国共识，我国氢能顶层设计落地.....	6
2. 氢燃料电池逐步发展，电堆降本商业化关键.....	9
2.1. 氢燃料电池逐步迈向商业化推广，具有独特优越性.....	9
2.2. 燃料电池之“心”——氢燃料电池电堆.....	11
2.2.1. 膜电极是燃料电池电堆核心.....	12
2.2.2. 质子交换膜构成电堆重要组成部分.....	15
2.2.3. 催化剂与双极板为重要辅助部件.....	17
2.3. 其他燃料电池辅助组件.....	21
3. 氢燃料电池受到重视，碳中和背景下前景可期.....	23
3.1. 氢燃料电池出货量逐年增加，本土企业发力追赶.....	23
3.2. 规模化发展带来成本降低，增强产业的竞争力.....	26
4. 投资建议.....	28
5. 风险提示.....	28

图表目录

图 1: 化石燃料占全部能源消耗比例 (%)	5
图 2: 全球二氧化碳排放量	5
图 3: 2020 年石油能源 CO ₂ 排放量占全部能源 CO ₂ 排放量比例	6
图 4: 氢气优势	6
图 5: 天然气优势	6
图 6: 氢燃料电池发展史	9
图 7: 氢燃料电池工作原理	10
图 8: 燃料电池功率与耗氢量关系	10
图 9: 燃料电池电压-面电流曲线	10
图 10: 燃料电池系统构成	11
图 11: 2018-2021 年我国燃料电池电堆出货量及增速情况	12
图 12: 我国氢燃料电池电堆年新增市场需求	12
图 13: 国产膜电极生产成本情况及预测	14
图 14: 我国燃料电池膜电极出货情况	14
图 15: 我国氢燃料电池膜电极新增市场需求	15
图 16: 质子交换膜国产化进展	17
图 17: 我国氢燃料电池催化剂出货占比	19
图 18: 我国氢燃料电池催化剂市场占比	19
图 19: 2015-2021 年中国贵金属催化剂进口情况	19
图 20: 2021 年中国贵金属催化剂进口分布 (按金额)	19
图 21: 2021 年中国贵金属催化剂进口分布 (按数量)	19
图 22: 我国燃料电池双极板出货组成	21
图 23: 2021 年我国氢循环部件销售市场分布	22
图 24: 2021 年氢循环部件产品类型分布	22
图 25: 2019-2021 年氢循环部件市场集中度	22
图 26: 2018-2019 年我国空压机出货量	23
图 27: 2018-2019 年我国空压机市场规模	23
图 28: 2012-2020 年全球燃料电池出货量 (MW)	24
图 29: 2012-2020 年全球燃料电池市场规模 (亿美元)	24
图 30: 2020 年全球燃料电池出货量占比	24
图 31: 国内燃料电池出货主体情况	24

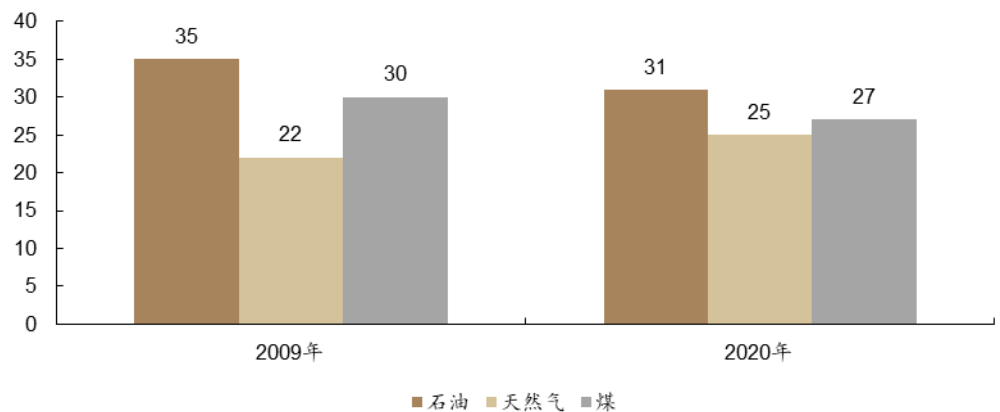
图 32: 2021 年燃料电池成本构成	26
图 33: 近五年铂价走势 (元/g)	26
图 34: 年产 1000 套系统时燃料电池电堆成本构成	27
图 35: 年产 100000 套系统时燃料电池电堆成本构成	27
图 36: 单套金属双极板成本随生产规模变化情况	27
图 37: 氢燃料电池系统变化趋势 (随年份, 以商用车为例)	28
表 1: 部分国家氢能产业规划	7
表 2: 氢能产业相关政策	7
表 3: 我国部分省及直辖市氢能专项政策汇总	8
表 4: 几种主要燃料电池特点	12
表 5: 国内部分膜电极企业生产情况	13
表 6: 国内外膜电极产品主要参数情况	13
表 7: 不同类型质子交换膜对比	15
表 8: 质子交换膜生产工艺情况	16
表 9: 国内外膜电极产品情况	16
表 10: 国内外催化剂生产企业情况	18
表 11: 电堆双极板分类及供应商情况	20
表 12: 国内主要双极板公司生产情况	20
表 13: 不同氢循环方案对比	21
表 14: 不同类型空压机对比	22
表 15: 国产燃料电池电堆产品及参数	25
表 16: 氢燃料电池电堆发展	25
表 17: 国内主要燃料电池系统产品情况	25

1. 氢能是能源转型的不二选择

1.1. 能源紧缺背景下，氢能源蕴藏巨大发展潜力

当前，全球各国面临资源枯竭，环境污染，但传统燃料使用量仍居高不下的严重问题。据统计，2009年所有的能源消耗中石油、天然气、煤的比例分别占到35%、22%、30%；而到了2020年，尽管各国已经加大了推进环保措施的力度，这三种主要化石能源占总能源消耗的比例仍占31%、25%、27%。

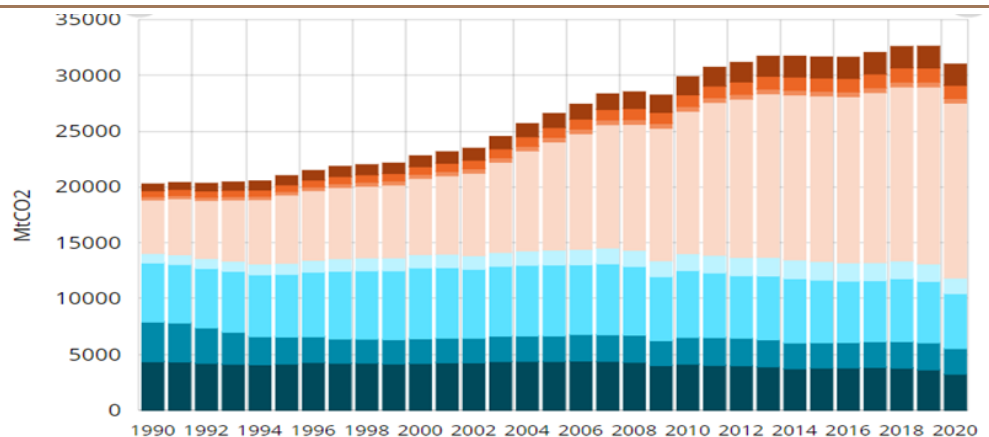
图 1：化石燃料占全部能源消耗比例（%）



资料来源：BP，德邦研究所

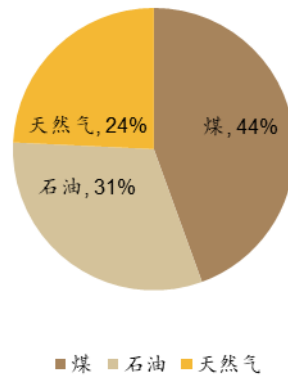
自工业革命以来，人类活动已经显著造成了全球温度的不正常上升，截至2017年，人类活动已经使全球温度较工业革命之前水平上升了1°C左右。如果不采取切实可行的措施，使得全球变暖按当今速度持续，到2040年人为引起的全球变暖将达到1.5°C。在这种背景下，各国纷纷寻找传统化石燃料的替代方案。而氢能作为清洁能源，具备热值高、无污染、蕴藏丰富等多种优点，成为解决能源与环境问题的不二选择。

图 2：全球二氧化碳排放量



资料来源：yearbook，德邦研究所

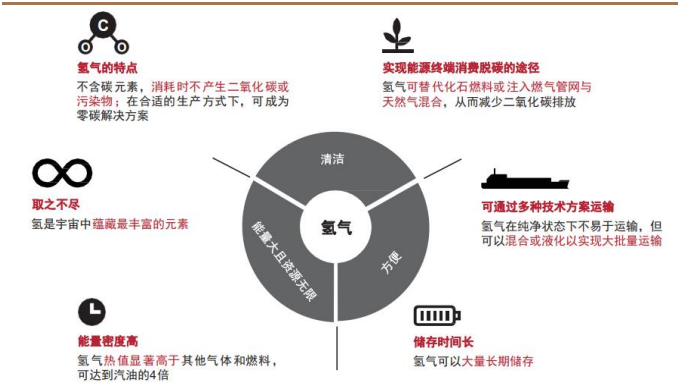
图 3：2020 年石油能源 CO₂ 排放量占全部能源 CO₂ 排放量比例



资料来源：yearbook，德邦研究所

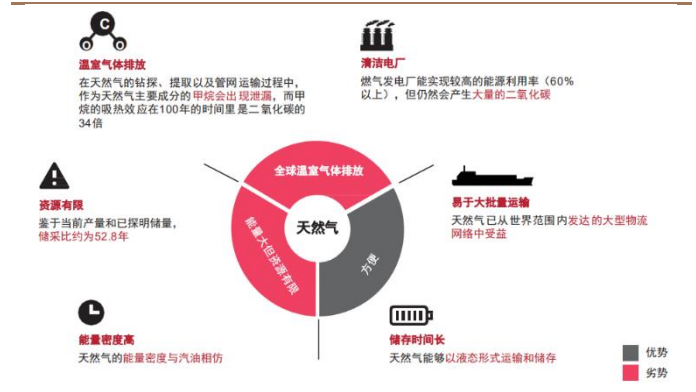
氢能是一种蕴藏丰富、用途广泛、清洁方便的能源载体，人类一直在研究将氢气作为燃料源的可能性，虽然目前开发有限，但随着技术突破以及能源成本的不断下降，为氢能的大规模应用带来了可能性。氢气在电力、工业和化工制造中可替代天然气，在长途运输中可替代石油。随着俄乌的战争的拖延，以及欧洲和亚洲的天然气价格达到创纪录的高位，氢气的吸引力也越来越大。

图 4：氢气优势



资料来源：思略特《氢能行业前景分析与洞察》，德邦研究所

图 5：天然气优势



资料来源：思略特《氢能行业前景分析与洞察》，德邦研究所

1.2. 发展氢能成为各国共识，我国氢能顶层设计落地

目前，各国均将目光转向清洁能源领域。但传统的可再生能源如水能、风能以及光能等均存在随机性大、波动性强等缺点，这导致了弃水、弃风，弃光现象。而氢能具有清洁无污染、可以储存可再生能源、能够推动化石燃料向绿色清洁能源转换等诸多优点。另外，氢的能量密度高达 140MJ/kg，是煤炭的 4.5 倍，石油的 3 倍，可以说氢能是未来能源革命的颠覆性方向。由于氢能在多个方面具有无与伦比的优越性，各个主要国家均开始了对氢能的大幅投入。

表 1: 部分国家氢能产业规划

国家	主要举措	目标
美国	截至 2025 年, 拟投资 1 亿美元进行关键技术研究	计划突破大规模、长寿命、高效率、低成本的电解槽技术, 以及加速重型车辆 (包括长途卡车) 燃料电池系统的开发, 以实现其与传统燃油发动机相当的经济性
法国	出资一亿欧元进行氢能在工业、交通等领域建设	到 2028 年, 电解制氢成本降低至 2~3 欧元/公斤, 加氢站规模建设增加至 400-1000 座, 轻型商用车 2~5 万辆, 重型车辆 800-2000 辆, 工业用氢中无碳氢占 20~40%。在 2035 年实现飞机的碳中和, 并在未来三年投入 15 亿欧元用于研发。
德国	通过了国家氢能源战略, 并在现有基础上投入 70 亿欧元用于氢能源市场推广、20 亿欧元用于国际合作。	到 2025 年, 氢燃料电池汽车规模扩大, 加氢站达到 400 座
日本	发布《基本氢能战略》以及《氢能进度利用表》	到 2030 年, 建成加氢站 900 座, 燃料电池汽车 80 万辆, 燃料电池公共汽车 1200 辆, 燃料电池叉车 1000 辆; 到 2050 年, 氢燃料电池汽车取代传统汽油燃料车, 加氢站取代加气站, 氢能发电取代天然气发电, 引入大型燃料电池汽车。
韩国	发布首个《氢经济发展基本规划》	到 2050 年韩国氢能将占最终能源消耗的 33%, 发电量的 23.8%, 成为超过石油的最大能源, 将在全国建立 2000 多处加氢站。
澳大利亚	发布《国家氢能战略》	政府已投资超过 13 亿澳元以加快国内氢产业的生长。如果所有正在开发的项目都成功部署, 到 2030 年, 澳大利亚的电解氢产能将达到近 20 吉瓦, 其中大部分将以氢气和氨的形式出口。
新西兰	宣布《塔拉纳基氢气管线图》	建议每年出口约 30 万吨氢气, 约占产量的 40%。

资料来源: 中国氢能产业报告 2020, 《中国石化杂质》2022 年第 5 期, 德邦研究所

自十三五计划以来, 我国对氢能领域的重视程度显著提升。2020 年 9 月, 财政部发布《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》, 文件提出根据示范城市在燃料电池汽车推广应用、氢能供应等方面的实际情况给予奖励。2022 年 3 月 23 日, 国家发改委、国家能源局联合印发了《氢能产业发展中长期规划 2021-2035 年》, 明确了氢的能源属性、产业规划、产业发展要求、发展目标、具体措施和实施的保障措施。《规划》明确提出, 到 2025 年, 燃料电池车辆保有量约 5 万辆, 部署建设一批加氢站; 可再生能源制氢量达到 10-20 万吨/年, 成为新增氢能消费的重要组成部分, 实现二氧化碳减排 100-200 万吨/年。这次规划落地表明国家对氢能战略地位的肯定, 行业有望在政策加持下迎来快速发展。根据氢能观察不完全统计, 目前已有北京、江苏、广东、上海等 29 个省市出台了氢能专项政策。

表 2: 氢能产业相关政策

颁布时间	相关政策	相关内容
2022 年 3 月	《氢能产业发展中长期规划 (2021-2035 年)》	到 2025 年, 燃料电池车辆保有量约 5 万辆, 部署建设一批加氢站。可再生能源制氢量达到 10-20 万吨/年, 成为新增氢能消费的重要组成部分, 实现二氧化碳减排 100-200 万吨/年; 到 2030 年, 形成较为完备的氢能产业技术创新体系、清洁能源制氢及供应体系, 产业布局合理有序, 可再生能源制氢广泛应用, 有力支撑碳达峰目标实现。
2021 年 12 月	《“十四五”工业绿色发展规划》	指出加快氢能技术创新和基础设施建设, 推动氢能多元利用
2021 年 11 月	《综合运输服务“十四五”发展规划》	加快加氢等基础设施布局和建设
2021 年 11 月	《十四五全国清洁生产推行方案》	在石油化工行业, 实行绿氢炼化等降碳工程, 推动氢能产业的技术进步和产业发展
2021 年 11 月	《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》	明确提到推动氢燃料电池汽车示范应用, 有序推广清洁能源汽车
2021 年 11 月	《关于加强产融合作推动工业绿色发展的指导意见》	引导企业加大可再生能源使用、推动电能、氢能、生物质能替代化石燃料; 加快充电桩、换电站、加氢站等基础设施建设运营
2020 年 10 月	《新能源汽车产业发展规划 (2021-2035 年)》	有序推进氢燃料供给体系建设, 攻克氢能储运、加

2020年9月	《关于完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》	氢站、车载储氢等氢燃料电池汽车应用支撑技术 将购置补贴调整为选择示范城市或区域，重点围绕关键零部件的技术攻关和产业化应用开展示范。示范为期4年，采取“以奖代补”方式对示范城市给予奖励
2020年6月	《2020年能源工作指导意见》	推动氢能产业的技术进步和产业发展

资料来源：各政府网站，德邦研究所

表 3：我国部分省及直辖市氢能专项政策汇总

地区	政策	要点
北京	《北京市氢能产业发展实施方案（2021-2025）》	2023年前，力争建成37座加氢站，推广燃料电池汽车3000辆；2025年前，培育10-15家具有国际影响力的产业链龙头企业，京津冀区域累计实现氢能产业链产业规模1000亿元以上，实现燃料电池汽车累计推广量突破1万辆，累计推广分布式发电系统装机规模10MW以上。
天津	《天津市氢能产业发展行动方案（2020-2022年）》	到2022年，氢能行业总产值突破150亿元。力争建成至少10座加氢站，打造3个氢燃料电池车辆推广应用试点示范区，重点在交通领域推广应用。开展至少3条公交或通勤线路示范运营，累计推广使用物流车、叉车、公交车等氢燃料电池车辆1000辆以上；实现其他领域应用突破，建成至少2个氢燃料电池热电联供示范项目。
河北	《河北省氢能产业发展“十四五”规划》	到2022年，氢能产业链年产值150亿元，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；到2025年，培育国内先进的企业10-15家，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，氢能产业链年产值达到500亿元。
河南	《河南省氢燃料电池汽车产业发展行动方案》	到2025年，示范应用氢燃料电池汽车累计超过5000辆、加氢站达80个以上，全省氢燃料电池汽车相关产业年产值要突破1000亿元。
山东	《山东省氢能产业中长期发展规划（2020-2030年）》	2020年到2022年，聚集100家以上的氢能产业相关企业，燃料电池发动机产能达到20000台，燃料电池整车产能达到5000辆，氢能产业总产值规模突破200亿元。累计建成加氢站30座（含与其他能源合建站）；试点示范取得初步成效，燃料电池汽车在公交、物流等商用车领域率先示范推广，省内累计示范推广燃料电池汽车3000辆左右
内蒙古	《内蒙古自治区促进氢能产业发展若干政策（试行）》（征求意见稿）	2021-2023年氢能产业发展试验示范阶段。绿氢制取能力达到10万吨/年，工业副产氢有效利用，培育引进5-10家氢能相关核心企业，建成加氢站60座，矿山、物流、公交等领域的燃料电池汽车推广应用形成一定规模，达到3800辆以上，氢能在冶金、化工、交通等领域的应用取得突破。氢制取、氢储运、氢加注、氢应用等产业链基本形成。氢能产业总产值达到400亿元
江苏	《江苏省氢燃料电池汽车产业发展行动规划》	2025年，基本建立完整的氢燃料电池汽车产业体系，力争全省整车产量突破1万辆，建设加氢站50座以上，基本形成布局合理的加氢网络，产业整体技术水平与国际同步，成为我国氢燃料电池汽车发展的重要创新策源地。
上海	《上海市燃料电池汽车产业创新发展实施计划》	到2023年，上海燃料电池汽车产业发展实现“百站、千亿、万辆”总体目标，规划加氢站接近100座并建成运行超过30座，加氢网络全国最大，形成产出规模约1000亿元，发展规模全国前列，推广燃料电池汽车接近10000辆，应用规模全国领先；到2025年，上海成为全球燃料电池汽车产业发展高地，建成运行超过70座加氢站，推广应用燃料电池汽车达到万辆级规模以上。
四川	《四川省氢能产业发展规划（2021—2025年）》	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；氢能示范领域进一步拓展，实现热电联供（含氢能发电和分布式能源）、轨道交通、无人机等领域示范应用，建设氢能分布式能源站和备用电源项目5座，氢储能电站2座。
重庆	《重庆市氢燃料电池汽车产业发展指导意见》	到2022年，建成加氢站10座，探索推进公交车、物流车、港区集卡车等示范运营，氢燃料电池汽车运行规模力争达到800辆；到2025年，建成加氢站15座，在区域公交、物流等领域实现批量投放，氢燃料电池汽车运行规模力争达到1500辆

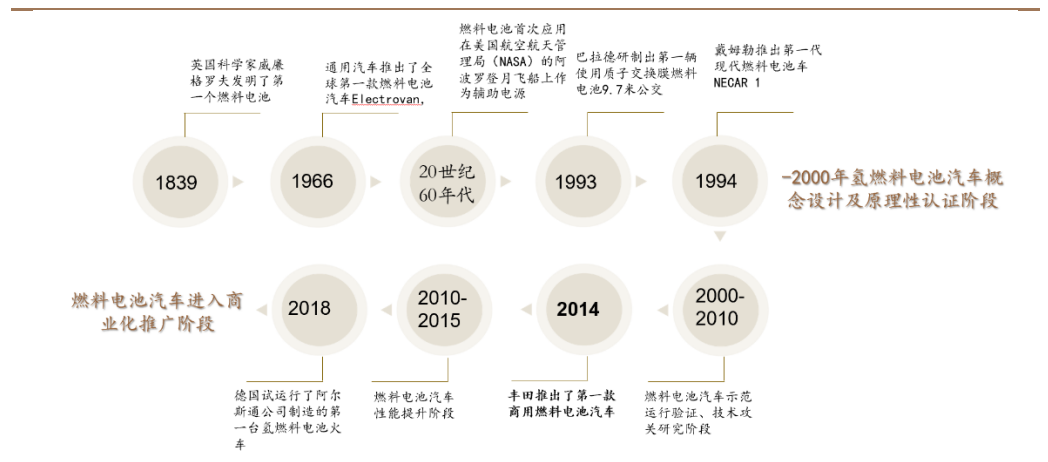
资料来源：各省市官网，氢能观察，德邦研究所

2. 氢燃料电池逐步发展，电堆降本商业化关键

2.1. 氢燃料电池逐步迈向商业化推广，具有独特优越性

燃料电池最早可以追溯到 19 世纪。1839 年英国科学家威廉格罗夫发明了第一个燃料电池。进入 60 年代，燃料电池首次应用在美国航空航天管理局(NASA)的阿波罗登月飞船上作为辅助电源，这也标志着燃料电池由实验室阶段开始转入军用阶段的应用。1966 年通用汽车推出了全球第一款燃料电池汽车 Electrovan，完美诠释了燃料电池技术的可行性潜力。之后各大车厂均纷纷展开燃料电池汽车的研究。整个发展可以分为四个阶段：第一个阶段是 2000 年之前燃料电池汽车产业发展氢燃料电池汽车概念设计及原理性认证阶段，以概念车形式推出氢燃料电池汽车；第二个阶段是 2000-2010 年的燃料电池汽车示范运行验证、技术攻关研究阶段；第三个阶段是 2010-2015 年的燃料电池汽车性能提升阶段，这一阶段燃料电池的汽车功率密度、寿命取得进步，在特定领域商业化取得成功，在物流运输等领域率先使用，初步实现特定领域用车商业化；第四个阶段是 2015 年之后燃料电池汽车进入商业化推广阶段。

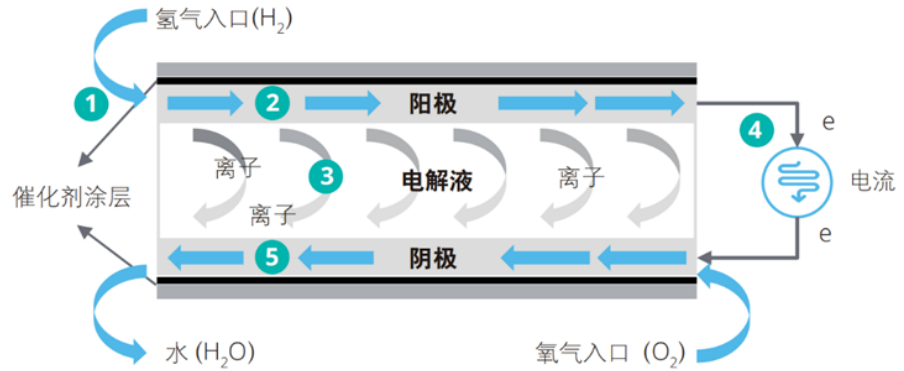
图 6：氢燃料电池发展史



资料来源：第一电动网，易书科技，氢能源及燃料电池交通解决方案白皮书，德邦研究所

氢燃料电池是以氢为燃料，通过电化学反应，将氢燃料中的化学能转化为电能的装置。与传统的化石燃料发动机相比，氢燃料电池具有能量转换效率高、无污染排放、噪声很低的优点。另外，氢燃料电池的技术进步将以点带面，带动氢的制取、储存、运输等多方面的技术进步，极大地加快氢能产业整体技术升级。

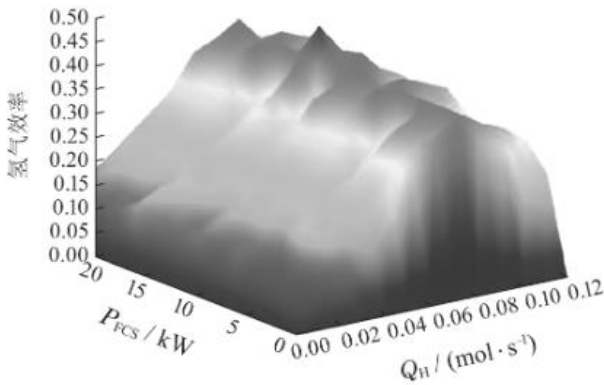
图 7：氢燃料电池工作原理



资料来源：氢能源及燃料电池交通解决方案白皮书，德邦研究所

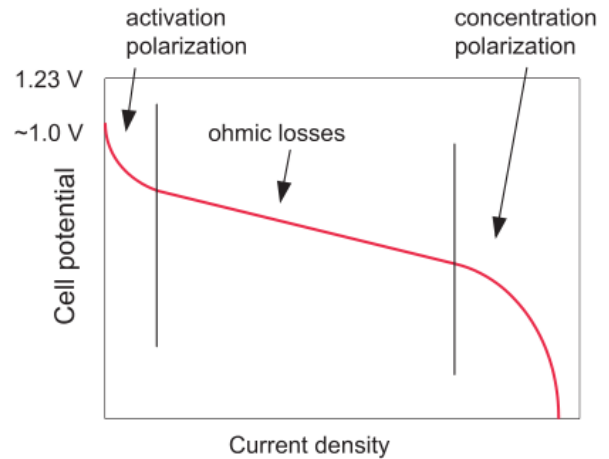
与常规的锂电池不同，氢燃料电池的系统更为复杂。燃料电池主要由燃料电池电堆和燃料电池系统其他部分（包括空压机、增湿器、氢循环泵、氢瓶等多个组件）构成。燃料电池电堆及燃料电池系统的耐用性等性能决定了燃料电池的使用寿命等多个指标。近年来，氢燃料电池技术方面的研究主要集中于电堆、双极板以及燃料电池系统等方面。对于完整的燃料电池系统来说，发电的全过程除了发电和供热，还包括燃料重整，反应气体的输送，电极的加热、冷却，电力调节和转换等，这些过程的效率都影响燃料电池系统的效率，其中最主要影响效率的因素有电流密度、极化、温度、燃料利用率。

图 8：燃料电池功率与耗氢量关系



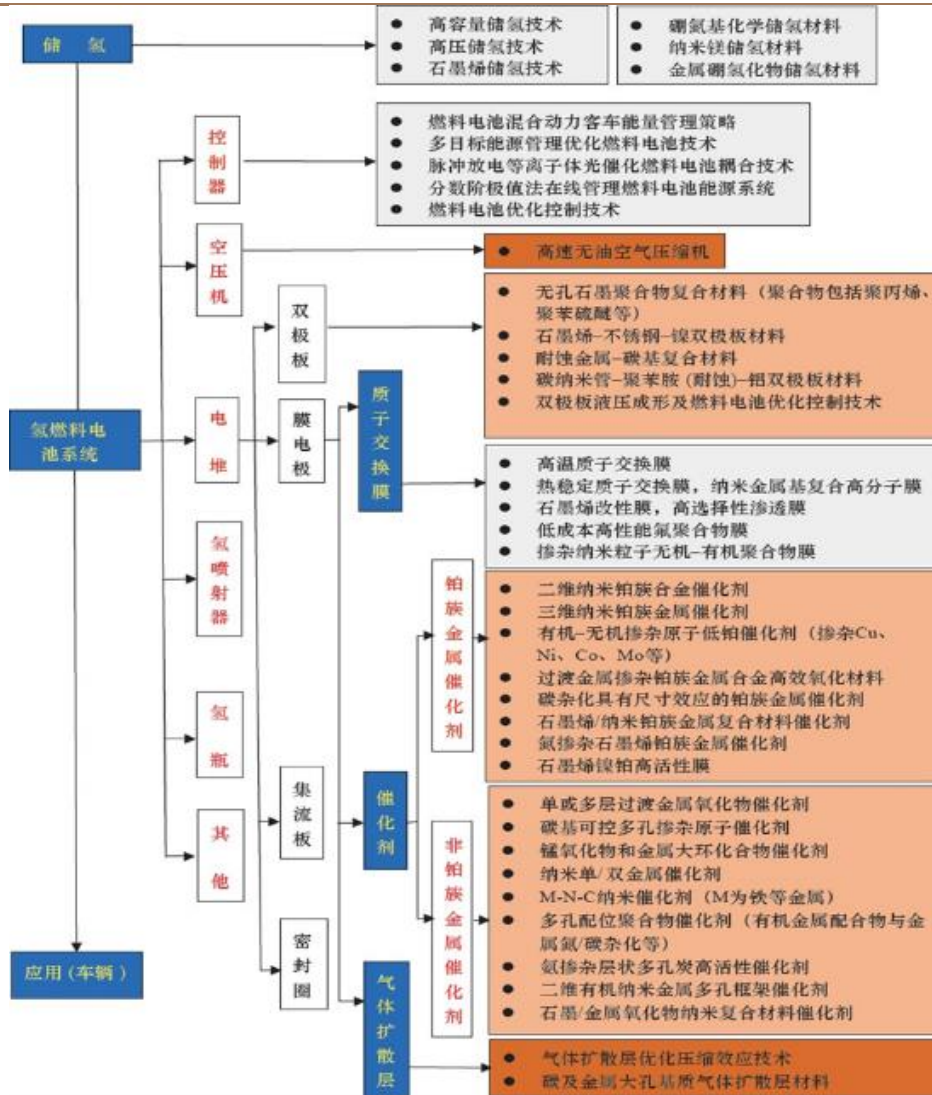
资料来源：付江涛《燃料电池汽车最优氢耗马尔科夫决策控制》2021，德邦研究所

图 9：燃料电池电压-面电流曲线



资料来源：Wind energy and the hydrogen economy - review of the technology, 德邦研究所

图 10：燃料电池系统构成



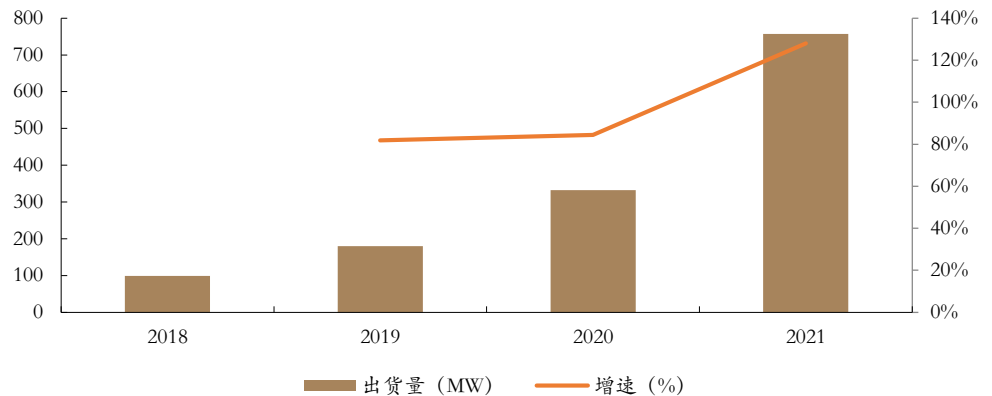
资料来源：氢燃料电池技术发展现状及未来展望，德邦研究所

2.2. 燃料电池之“心”——氢燃料电池电堆

氢燃料电池电堆是燃料电池中氢燃料发生化学反应的场所，是燃料电池的核心。燃料电池电堆包括催化剂、质子交换膜、气体扩散层、双极板，以及其他结构件如集流板、密封件、端板等各种部件。据沙利文数据，2021年电堆成本约占燃料电池系统成本65%，所以降低电堆成本是燃料电池汽车商业化的关键。

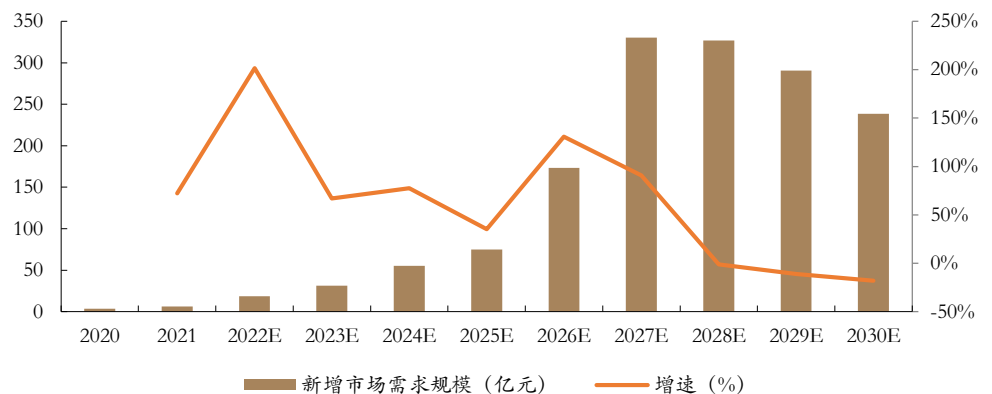
从出货量情况来看，据华经情报网数据，2021年我国燃料电池电堆出货量为757MW，同比增长128%，行业增速趋快，新增市场规模约为6.2亿元，预计2021-2025年燃料电池电堆新增市场需求的CAGR为87%，预计到2025年和2030年，燃料电池电堆新增市场分别为75、238亿元。

图 11：2018-2021 年我国燃料电池电堆出货量及增速情况



资料来源：华经情报网，德邦研究所

图 12：我国氢燃料电池电堆年新增市场需求



资料来源：华经情报网，德邦研究所

2.2.1. 膜电极是燃料电池电堆核心

膜电极主要包括催化剂、质子交换膜以及气体扩散层。作为核心部件，膜电极的质量直接决定了氢燃料电池的功率密度、寿命以及耐久性等重要指标。常见的膜电极根据其中电解质的不同，可分为碱性燃料电池（AFC）、熔融碳酸盐燃料电池（MCFC）、磷酸燃料电池（PAFC）、固态氧化物燃料电池（SOFC）、质子交换膜燃料电池（PEMFC）几种。其中，质子交换膜 PEM 目前是处于商业化最前沿的燃料电池，具有多种优点，包括功率密度高、启动时间短（1min 左右）、操作温度低（<100℃）、对氧化剂要求较低（空气就可以作为其氧化剂来源）等，使得 PEM 成为研究热点并得到了快速发展。

表 4：几种主要燃料电池特点

燃料电池类型	电解液	运行温度 (°C)	催化剂	主要优势	主要劣势	应用领域
AFC	碱性电解液	90-100	镍/银	启动快 工作温度低	需要纯氧作为氧化剂	航空航天 军事领域
MCFC	熔融碳酸盐	600-700	镍	可将空气作为氧化剂 能量效率较高	运行温度较高	大型分布式发电
PAFC	磷酸	150-200	铂金	对 CO ₂ 不敏感	对 CO 敏感	分布式发电

启动较慢						
SOFC	固体氧化物	650-1000	LaMnO ₃ /LaCoO ₃	可将空气作为氧化剂 能量效率较高	运行温度较高	大型分布式发电 便携式电源
PEMFC	质子交换膜	50-100	铂金	启动快 工作温度较低 可使用空气做为氧化剂	对 CO 敏感 需要加湿反应物	汽车 便携式电源

资料来源：氢能源及燃料电池交通解决方案白皮书，德邦研究所

表 5：国内部分膜电极企业生产情况

企业	生产设备	设计年产能
鸿基创能	双面涂布	30 万 m ² ，1000 万片
武汉理工氢电	卷对卷	2 万 m ² （目标为 10 万 m ² ）
百应能源	喷涂+卷对卷	100 万片
清能股份	卷对卷	3 万 m ²
擎动科技	卷对卷	100 万片
国家电投氢能	卷对卷	2000 片/天
东方电气	喷涂	1 万 m ²
新源动力	喷涂	4 万片
太极动力	喷涂	5-10 万片
苏州纳尔森	喷涂	4000m ² （二期 1 万 m ² 在建）
亿氢科技	卷对卷	50 万片
唐锋科技	卷对卷	2000 台套（100kW 级）

资料来源：华经情报网，德邦研究所

我国膜电极的起步虽然较晚，但发展非常迅速。自 21 年后，国内多家企业纷纷布局膜电极产业。在生产技术方面，双面直接涂布技术和膜电极一体成型技术为当前主流。19 年以后以擎动科技，武汉理工氢电及太极动力等企业的国产膜电极生产线先后落成，国产膜电极正逐步向批量生产阶段迈进。在技术参数方面，国内企业生产的膜电极的技术参数已经接近国际先进水平，部分指标已经优于国际领先水平。例如：国内在膜电极方向处于领先地位的企业武汉理工新能源、擎动科技以及鸿基创能的产品功率密度均已超过 1W/cm²，鸿基创能的产品膜电极功率已经达到 1.4W/cm²，测试使用寿命达到 1 至 2 万小时，基本已经满足商业化要求。

表 6：国内外膜电极产品主要参数情况

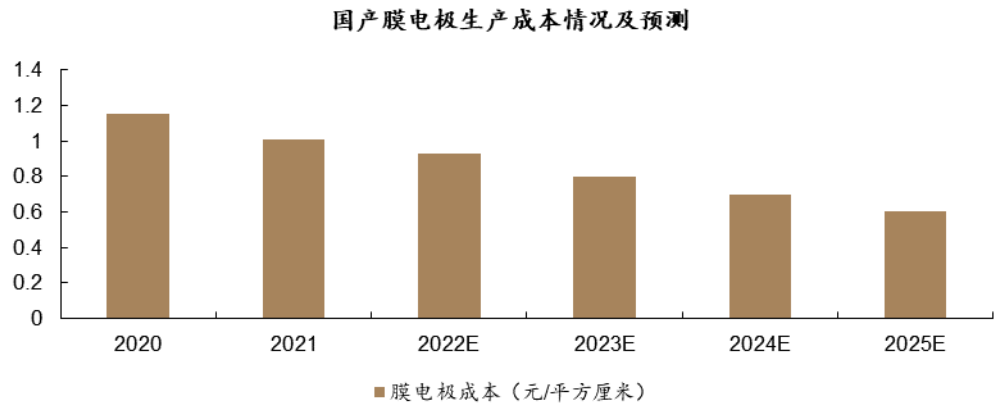
	国外	国内	鸿基创能	擎动科技	武汉理工新能源
功率密度 (W/cm ²)	1.2-1.6	1.4	1.4	1.2	1.4
测试寿命 (h)	>20000	>20000	>20000	>10000	-
运行环境 (°C)	-40~90	-30~95	-	-	-
抗反极能力 (min)	>200	>200	-	-	-
铂载量 (mg/cm ²)	0.2-0.4	0.25	0.3	-	0.28

资料来源：华经产业研究院，德邦研究所

国内膜电极在成本方面具有较强的优势，并且在未来有持续下降的可能。这是由于：（1）国产燃料电池膜电极将开始规模化应用，这将显著增强供应商的议价能力，在大批量采购的情况下原材料成本存在大幅下降的空间；（2）在生产规模增大带来规模效应的情况下，高昂的设备成本将得到进一步摊薄，这将进一步

带动膜电极成本的下降。

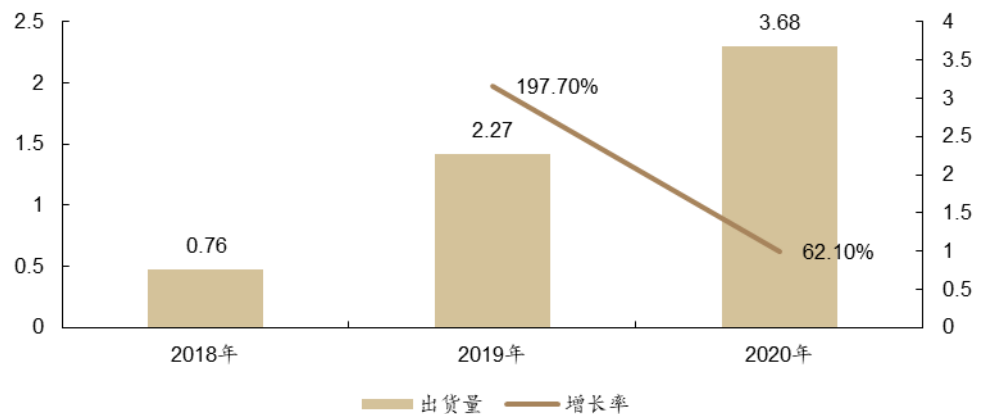
图 13: 国产膜电极生产成本情况及预测



资料来源: 华经产业研究院, 德邦研究所

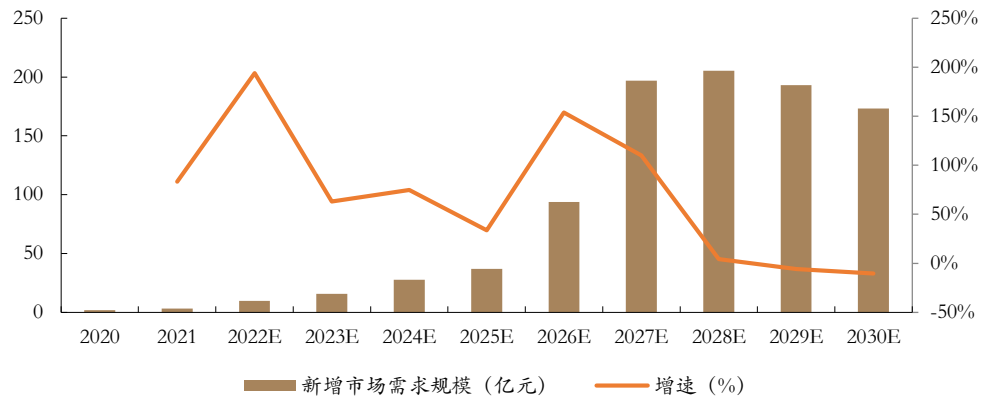
据统计 2020 年度我国氢燃料电池膜电极出货量已由 2018 年的 0.76 万平方米上升至 3.68 万平方米。由于氢能在我国的整体关注度持续提升, 预计膜电极产品的出货量将进一步增加。2020 年中国膜电极新增市场需求为 1.8 亿元, 预计 2021-2025 年我国氢燃料电池车用膜电极的年新增市场需求的 CAGR 为 83%, 我国膜电极新增市场 2025 年和 2030 年将分别达到 37、173 亿元。

图 14: 我国燃料电池膜电极出货情况



资料来源: 华经情报网, 德邦研究所

图 15: 我国氢燃料电池膜电极新增市场需求



资料来源：华经情报网，德邦研究所

2.2.2. 质子交换膜构成电堆重要组成部分

质子交换膜为燃料电池电堆的重要组成部分之一，按照含氟情况分类，可分为全氟磺酸膜、部分氟化聚合物质子交换膜、复合质子交换膜以及非氟化物质子交换膜几种。目前，常用的商业化离子交换膜为全氟磺酸膜。这种膜的原理为利用碳氟主链的疏水性以及侧链的亲水性来达到高效工作的目的。这种质子交换膜具有质子传导率高、耐强酸以及耐强碱等优良特性。

目前国际上代表性的质子交换膜产品包括日本旭化成株式会社的 Aciplex 膜、旭硝子株式会社的 Flemion 膜，加拿大巴拉德动力系统公司的 BAM 膜，美国杜邦公司的 Nafion 膜，3M 公司的 PAIF 膜，科慕公司的 NC700 膜，以及陶氏公司的产品等。根据刘应都等《氢燃料电池技术发展现状及未来展望》，这些质子交换膜的主要差异在于全氟烷基醚侧链的短、磺酸基的含量有所不同。

表 7: 不同类型质子交换膜对比

类型	全氟磺酸膜	非全氟化质子交换膜	复合膜	无氟化质子交换膜
组成	由碳氟主链和带有磺酸基团的醚支链构成	用取代的氯化物代替氟树脂，或用氟化物与无机或其他非氟化物共混	修饰材料加上全氟磺酸树脂构成的复合膜	无氟化烃类聚合物膜
优点	机械强度高，化学稳定性好，导电率较高，低温时电流密度大，质子传导电阻小	成本较低，工作效率较高，并能将燃料电池寿命提升	机械性能获得改进，能改善膜内水传功与分布小	成本较低，环境污染较小
缺点	温度升高会使质子传导性能变差，高温条件下已发生化学降解，成本较高	机械强度和化学稳定性较差	制备技术要求较高	化学稳定性较弱
研究/商业应用	杜邦 Nafion、陶氏 Xus-B204、苏威 Aquivion、旭化成 Aciplex、旭硝子 Flemion、东岳集团 DF 等	加拿大巴拉德的 BAM3G 为代表产品	Gore-select-PTFE 增强膜	DAIS-磺化苯乙烯-丁二烯/苯乙烯嵌段共聚物膜系列（处于研制阶段）

资料来源：华经产业研究院，德邦研究所

在质子交换膜制备工艺方面，目前的制备工艺可分为熔融成膜法以及溶液成膜法两大类。其中，溶液成膜法是目前科研领域以及商业化领域采取的主流制备方法。根据后段工艺的不同，溶液成膜法可进一步分为溶液浇铸法、溶液流延法以及溶液-凝胶法等几种方法。根据刘应都等《氢燃料电池技术发展现状及未来展望》，现在商业化制备膜电极的工艺以溶液流延法为主。

表 8：质子交换膜生产工艺情况

制备工艺	工艺说明	优点	缺点
熔融成膜法	将树脂熔融后通过挤出流延或压延成膜，经过转好，生产效率高，适合大批量生产、对环境友好产品，此过程中难以保证膜的平整	薄膜厚度均匀，性能很好	无法有效解决成本问题，挤出成型的膜仍需经过水解转型才能得到最终产品
溶液浇铸法	直接将聚合物溶液浇铸于平整的模具中，在一定温度下使溶剂挥发后成膜	制备工艺较为简单	不能用于较大规模连续生产，因此主要用于实验室研究以及商业工业中配方改进和工艺优化。
溶液流延法	在溶液浇铸法上更进一步，可通过卷对卷的工艺进行连续化生产。主要包	产品性能较佳、质子交换膜厚度更薄	工序较长，流程较为复杂，溶剂需要回收处理
溶胶-凝胶法	将预制的聚合物均质膜溶胀后浸泡于有醇盐（Si、Zr、Ti 等）的小分子溶剂内，通过溶胶-凝胶的方法将无机氧化物原位掺杂在膜中得到	可用于制备无机-有机复合膜，并可实现无机填料在聚合物基体中较为均匀的分散	无法实现大批量连续生产，目前尚未投入商业化使用。

资料来源：刘应都等《氢燃料电池质子交换膜研究现状及展望》，德邦研究所

在质子交换膜市场方面，常用的商业化膜即全氟磺酸膜产能基本被外国垄断。主要的生产商有美国科慕公司、陶氏公司、3M 公司以及戈尔公司，比利时索尔维公司，日本旭硝子公司和旭化成公司等。国内质子交换膜发展虽与国际发展存在一定差距，但相对于整体垄断的格局来说，我国相关产业已迈出关键一步。目前国内企业需要解决的问题分布于产品价格、产品竞争力等方面。

表 9：国内外膜电极产品情况

生产厂家	产品型号	厚度 (μ度)	E.W 值	备注
科慕 (美)	Nafion 膜	25-250	1100-1200	化学稳定性强，机械强度高，在高温下导电性能好，低温下电流密度大，质子传导电阻较小
陶氏 (美)	Xus-B204 膜	125	800	因含氟侧链较短，合成难度较大以及价格较高，目前已经停产
戈尔 (美)	Groe-select 膜	8-12	1100	改性全氟型磺酸膜技术处于领先地位
3M (美)	PAIF 高温质子交换膜	-	-	主要用于碱性工作环境
旭硝子 (日)	Flemion 膜	50-120	1000	具有较长支链，性能与 Nafion 膜相当
旭化成 (日)	Alcplex 膜	25-1000	1000-2000	具有较长支链，性能与 Nafion 膜相当
东岳集团 (中)	DF988、DF2801 质子交换膜	50-150	800-1200	性能较高，具有适用于高温 PEMFC 的短链全氟磺酸膜
武汉理工新能源 (中)	复合质子交换膜	16.8	-	已向国外数家研究机构提供测试样本，好评率较高。

资料来源：华经产业研究院，德邦研究所

随着我国氢能行业迅速发展，质子交换膜的需求量将大幅提升。由于质子交换膜是膜电极的重要组成部分，因此膜电极需求的快速增长将带动质子交换膜需求量的大幅增加。

图 16：质子交换膜国产化进展



资料来源：华经产业研究院，德邦研究所

2.2.3. 催化剂与双极板为重要辅助部件

除了膜电极以及质子交换膜等重要部件外，燃料电池中催化剂与双极板等部件均在燃料电池的正常运行中发挥着重要作用。提升催化剂与双极板的性能有利于提高燃料电池电堆整体发展水平。

综合考虑燃料电池汽车的性能，以及催化剂本身的经济性等因素，催化剂需要考虑燃料电池工作时的耐高温与抗腐蚀等问题。鉴于这种问题，目前常用的催化剂为担载型催化剂 Pt/C，即将纳米级 Pt 颗粒分散到碳粉载体上。但这种催化剂存在使用时间延长后 Pt 颗粒溶解等问题。另外，纳米 Pt 颗粒也存在容易发生氧化反应等问题。因此开发新型的燃料电池催化剂成为燃料电池领域重要的研究方向。目前，无 Pt 的单/多层过渡金属氧化物催化剂、纳米单、双金属催化剂、碳基可控掺杂原子催化剂、石墨烯负载多向催化剂、纳米金属多空框架催化剂等多种新型催化剂成为研究热点。根据刘应都等《氢燃料电池技术发展现状及未来展望》，这些新型催化剂在燃料电池的实际工作场景下的包括稳定性、耐腐蚀性、氧化还原反应催化活性质量比活性等多种性能需要进行进一步考察。

在新兴催化剂开发领域，美国 3M 公司已实现在阴极、阳极平均低至 0.09mg/cm² 的铂用量，催化功率密度已经达到 9.4Kw/g (150Kpa 反应气压)、11.6kW/g (250kPa 反应气压)。德国大众汽车集团引领研究的 PtCo/高表面积碳 (HSC) 也取得重要进展，催化功率密度、散热能力均超过了美国能源部制定的规划目标值 (2016—2020 年)。但减少铂基催化剂用量、提高功率密度等仍是推进氢燃料电池进一步商业化的重要课题。目前，日本田中贵金属、英国庄信万丰和比利时优美科是全球较大的氢燃料电池催化剂供应商，催化剂制备技术处于绝对领先地位，并且已经实现每批 10kg 以上的批量化生产。在国内，贵研铂业、武汉喜马拉雅、中科科创、苏州擎动、武汉理工新能源等是催化剂开发的代表性企业。其中，贵研铂业在氢燃料电池赛道布局较早，并且贵研铂业与上汽集团合作开发出了铂基催化剂。另外，苏州擎动科技开发的铂合金催化剂可降低 7% 的铂消耗量，是国内首个实现量产的燃料电池用铂合金催化产品。

表 10：国内外催化剂生产企业情况

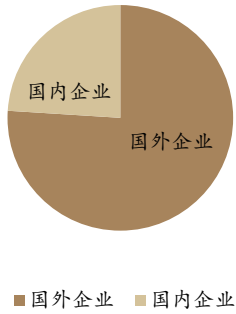
国家	公司名称	公司产品情况	技术及产能情况
英国	Johnsonat thery	Pt 纯度达到 99.95%,产品有 PtC, PtRu/C 等	拥有全球最先进生产技术的公司,催化剂产品类型多样,包括纯铂、合金以及含有和不含铂催化剂载体
日本	Tanaka 日清坊	PtC, Pt3Co/C 铂合金,非铂	建立了稳定的催化剂供应系统,产品合金化,单原子层。催化剂为合金化,碳基金属复合物替代铂,主要供应巴拉德的燃料电池系统
美国	3M	Pt/C	生产质子交换膜和膜电极各组件的企业,生产的铂催化剂分散度高
比利时	优美科 Umicore	Pt/C	碳载铂,高载量,高分散度
	中科科创	主要研究铂碳催化剂	日产量>200g,电催化活性面积为 85g 每平方米
	贵研铂业	铂黑:黑色粉末;铂含量>99%,比表面积:28.0±1.0m/g	国内燃料电池催化剂唯一的上市标的企业
	武汉喜马拉雅	催化剂颗粒 2-3nm,电催化活性面积达 90g 每平方米	PtC 日产能达 200g
	南示东森	达到国内领先水平,纳米颗粒粒径分布均匀;电催化活性优秀;催化剂寿命高于商用合金催化剂 60%	南京汤山 4.5 万平米氢能产业园年底封顶,预计 2022 年 6 月催化剂产线建成,一期量产规模日产 500 克-1000 克
中国	武汉理工新能源	PtC	主要研究方向分别为电堆和膜电极,催化剂生产的比重较小
	济平新能源	PtC, PtCo/C, PtIr/C	催化剂年产量 2 吨,其性能较同类进口催化剂有明显提升,同时价格比进口产品低 15% 以上
	苏州擎动	PuC, PtCo/C, PtCuNi/CNT	高催化性,质量比活性可达传统 Pt/C 的 4 倍以上;优异的耐久性能,20000 个循环后活性仅下降 40%
	氢电中科	批量生产铂碳催化剂和铂合金催化剂	-
	中自环保	炭铂催化剂和低铂催化剂处于小试阶段	-

资料来源:华经情报网,德邦研究所

从催化剂整体行情来看,我国在贵金属催化剂方面主要依赖进口。我国在 2021 年贵金属催化剂进口数量达到 6179 吨,其中,美国是我国的主要进口国,进口数量达到 219.3 吨,进口金额为 5.15 亿美元。

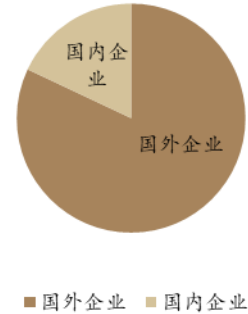
从氢燃料电池催化剂行情来看,根据 GGII 的统计,2019 年我国氢燃料电池市场规模达到 1.8 亿元,催化剂出货量已达到 524.25kg,其中约有 466.58kg,即 89% 的量是以出售催化剂和膜电极的形式进入市场,剩余为电堆或系统的形式进入市场。但我国的氢燃料电池催化剂市场基本被外国企业占据,外国企业占据国内市场份额的比例大约在 75%-82% 左右。这主要是由于国内外燃料电池催化剂技术差距较大。根据华经产业研究院的数据,铂族金属载量海外已经进展到 0.06g/kw, 0.35mg/cm²;国内为 0.3g/kw, 0.16mg/cm²;活性衰减方面,海外已经实现 3 万次循环后衰减在 5% 以内;国内 3 千次循环后衰减达到 86%。但国内氢燃料电池催化剂企业正在快速追赶。

图 17: 我国氢燃料电池催化剂出货占比



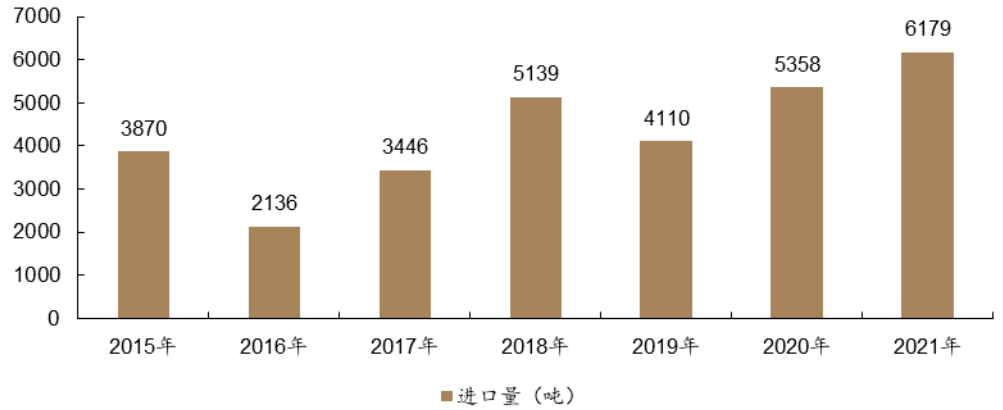
资料来源: GGII, 德邦研究所

图 18: 我国氢燃料电池催化剂市场占比



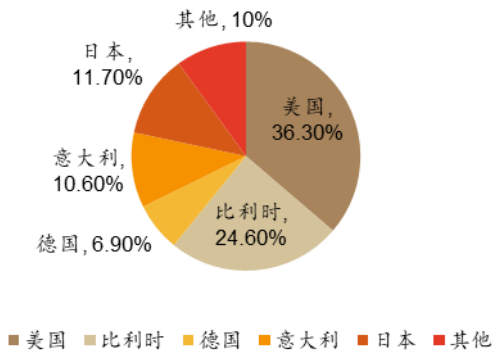
资料来源: GGII, 德邦研究所

图 19: 2015-2021 年中国贵金属催化剂进口情况



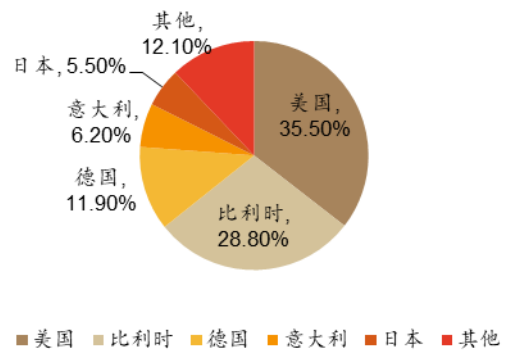
资料来源: 海关总署, 华经产业研究院, 德邦研究所

图 20: 2021 年中国贵金属催化剂进口分布 (按金额)



资料来源: 华经产业研究院, 德邦研究所

图 21: 2021 年中国贵金属催化剂进口分布 (按数量)



资料来源: 华经产业研究院, 德邦研究所

氢燃料电池中另一个重要的组件是双极板, 即在氢燃料电池中起到分隔反应气体、除热、排出化学反应产物(水)的作用的部件。因此, 双极板需要满足电导率高、导热性强、气体致密性好、机械以及耐腐性能优良等要求。

目前，根据基体材料的种类不同，双极板可以分为石墨双极板、金属双极板、复合材料双极板。目前，石墨双极板由于拥有优良的导电性以及较好的抗腐蚀能力，是商业化应用较为广泛的双极板材料。但石墨双极板具有机械强度差、厚度难以缩小导致的重量较大以及在紧凑型、抗冲击条件下的应用困难等缺点。而金属双极板具有厚度较低，体积和质量较小，电堆功率密度显著增加，延展性良好，导电和导热性能好，断裂韧性优良等多重优点，因此成为目前发展的热点。

表 11：电堆双极板分类及供应商情况

类型	主要优势	主要劣势	供应商/研究机构
石墨双极板	导电性、导热性、耐腐蚀性好，重量轻，技术成熟	体积大，强度和加工性能较差	美国 POCO、SHF、Graftesch、加拿大 Ballards 日本 Fujikura、Rubber LTD、Kyushu Refractories、英 Bac2、杭州鑫能石墨、江阴沪江科技、上海喜丽碳素
金属双极板	强度高，导电性、导热性较好、成本较低	密度较大、耐腐蚀性差	Treadstones、Cellimpact、DANA、Grabener、Siemens、大连物化所
复合材料双极板	兼具石墨材料的耐蚀性能和金属材料的高强度的特点，阻气性好	质量大，加工繁琐，成本较高	Porvair, 美国橡树岭国家实验室、华南理工大学

资料来源：华经产业研究院，德邦研究所

目前，在氢能行业越发受关注的情况下，国内双极板产能急速扩张。据华经情报网统计，目前，双极板的全国总产能已经超过 2000 万片，并且布局双极板行业的企业较 2020 年同比新增 20% 以上，其中包括青岛详碳等上下游转型的企业以及博远新能源等新成立的公司。除产量和参与者不断增加外，头部企业在技术发展方面取得很大进展，已经突破国家制定的 2025 年单组突破 1.5mm 的技术要求，部分企业的产能已经突破 50 万片以上。2021 年 3 月，上海治臻千万片级生产线投产。另外，根据华经产业研究院，头部企业上海弘枫 2021 年度产量达到 200 万片，同比 2020 年增长 100%。其出货量累计超过 500 万片。

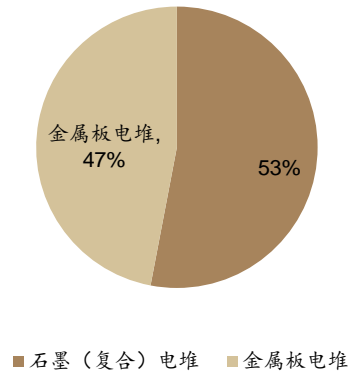
表 12：国内主要双极板公司生产情况

国内代表公司	双极板类型	产能及技术情况
华熔科技	石墨双极板	目前拥有百万片级石墨双极板量产经验。随着公司二期项目逐步实现投产，其月产能有望达到 15-20 万组。
青岛杜科	复合石墨双极板	已经建成年产 100 万组超薄复合石墨双极板的生产线。
弘竣新能源	石墨双极板	拥有浙江嘉善、山东泰安两大生产基地，年产能 200 万片
嘉裕碳素	石墨双极板	产能约 80-120 万片/年
上海治臻	金属双极板	2021 年 3 月年产千万片级金属极板产线在常熟市投产
三佳机械	金属双极板	年产双极板 200 万片、年产双极板模具 50 套
博远新能源	金属双极板	一期产能为 60-100 万副/年（后续产能逐步提升，预计在 2023-2024 年会达到 600 万副/年）
上海弘枫	石墨双极板	年产能可达 400 万片

资料来源：华经产业研究院，德邦研究所

按不同类型双极板出货量分析，随着金属双极板各项指标不断提升，金属双极板出货量以及占双极板总出货量的比例明显增加。2021年，我国金属双极板出货量已经达到354MW，较2020年增长203%，占总出货量的比例已经达到47%。

图 22：我国燃料电池双极板出货组成



资料来源：华经情报网，GGII，德邦研究所

2.3.其他燃料电池辅助组件

除燃料电池电堆这一至关重要的部件之外，维持燃料电池系统的正常工作还需要包括氢气供应系统，水管理系统，空气系统等辅助子系统的协同配合，对应的系统部件包括氢瓶、氢循环泵、增湿器以及空气压缩机等重要部件。

根据刘应都等《氢燃料电池技术发展现状及未来展望》，与氢瓶与增湿器相比较，氢循环系统负责控制燃料电池系统中水的平衡，实现气体吹扫以及氢气重复利用，将氢气加湿等重要功能，因此氢循环系统的性能将在很大程度上决定氢燃料电池的性能。

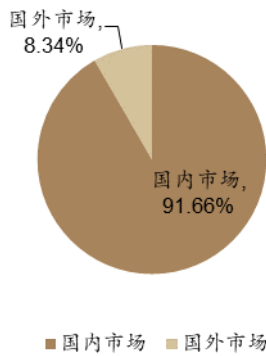
表 13：不同氢循环方案对比

系统模式	主要优点	主要缺点
死端模式	通入的过量氢气可以完全反应完，不存在氢气浪费以及造成环境污染的现象	需要定期清理多余的液态水，使得燃料电池经济性与寿命降低
流通模式	不会造成水淹现象	直接与大气相通，排放出的气体会造成环境污染以及能源的浪费，甚至产生安全隐患。
引射器模式	结构紧凑、运行可靠、无移动部件、无污染、无寄生功率等	在低功率下，由于一次流压力较低，引射效果不是很理想
氢气循环泵模式	适应工况范围较广泛，工作稳定性好，且可提供较高的循环压力	工作过程中会消耗额外的能量，增加能耗，产生噪音
引射器与循环泵并联模式	既避免了低功率区引射器工作不理想的问题，又降低了氢气循环泵所消耗的功率	需采取方案使氢气循环泵和引射器更好地协调工作

资料来源：董凯瑞等《燃料电池氢气循环系统综述》2021，德邦研究所

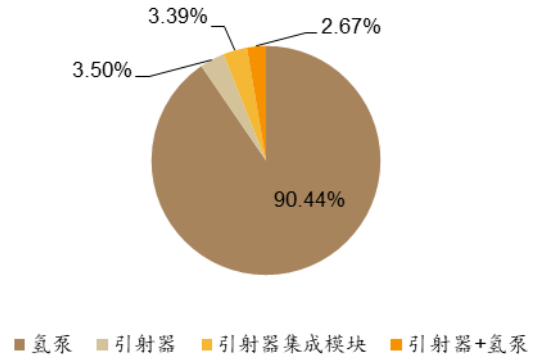
2021年，中国氢燃料电池循环部件市场规模为1.60亿元，较2020年增长256%，从国内企业出货市场看，国内市场占比为91.66%。从企业出货的产品类型来看，企业产品仍以氢泵为主，但引射器和引射器集成模块的市场占有率在逐年上升。2021年，引射器与氢泵的并联模式的解决方案在下游应用的实际案例正逐渐增加。

图 23：2021 年我国氢循环部件销售市场分布



资料来源：高工氢电，德邦研究所

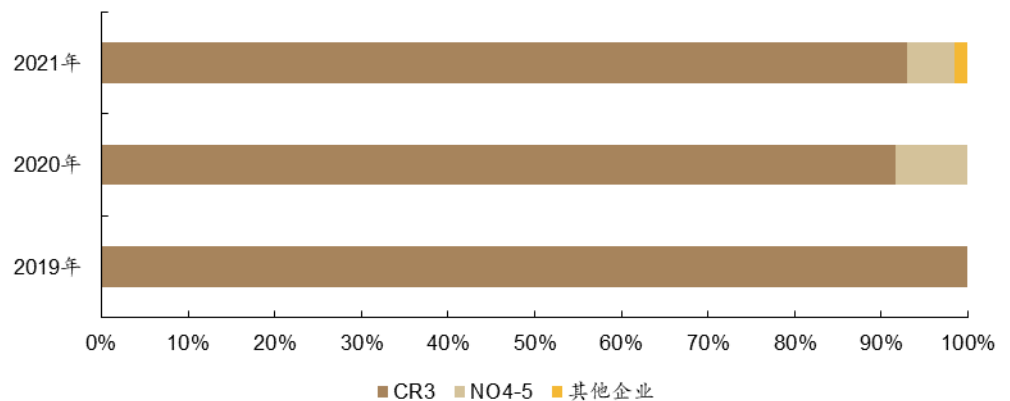
图 24：2021 年氢循环部件产品类型分布



资料来源：高工氢电，德邦研究所

目前氢循环部件市场仍呈现头部集中现象，2021 年，行业前五企业市场规模集中度 CR5 为 98.52%，较上年下降 1.48%，而前三企业市场集中度 CR3 为 92.97%，较上年上升 1.25%。

图 25：2019-2021 年氢循环部件市场集中度



资料来源：高工氢电，德邦研究所

另一个重要的辅助系统部件是氢燃料循环系统中的空气压缩机。空气压缩机需提供与燃料电池电堆功率密度相匹配的氧化剂（空气），优良的空气压缩机还需具备压比高、体积小、噪声低、功率大、无油、结构紧凑等优点。目前，常见的空气压缩机有离心空压机、罗茨空压机以及双螺杆空压机三种。

表 14：不同类型空压机对比

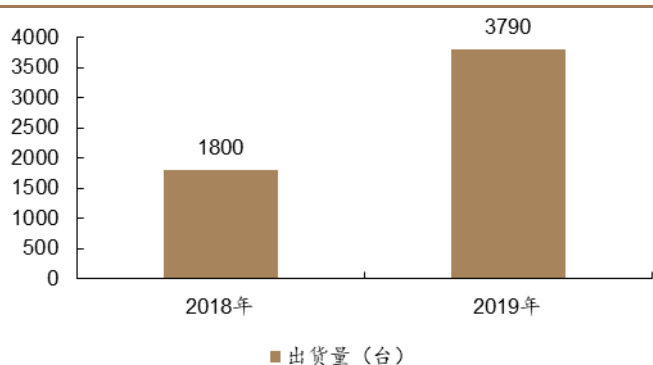
项目	离心式		罗茨式	双螺杆式
	增速器+滚珠轴承	动压空气悬浮轴承		
生产精度要求	低	高	中高	高
耐磨性要求	.	高	中高	高
寄生功率	低 (额定功率)	低 (额定功率)	高	低
润滑方式	润滑油	无润滑	机油	机油
使用寿命	长	有限制	长	短
工作范围	窄	窄	宽	宽
温升	小	小	较小	高

体积	小	小	较大	大
噪音	小	小	大	大
生产成本	高	高	低	高
代表性产品	Rotrex E-Charger—代	盖瑞特 双级增压	下田自动织机 6叶罗茨	雪人股份 双螺杆
压比	1.4—2.2 (推荐范围)	>4	3 (最大, 1代 Mirai)	2.7 0AO75SDH

资料来源: GGII, 德邦研究所

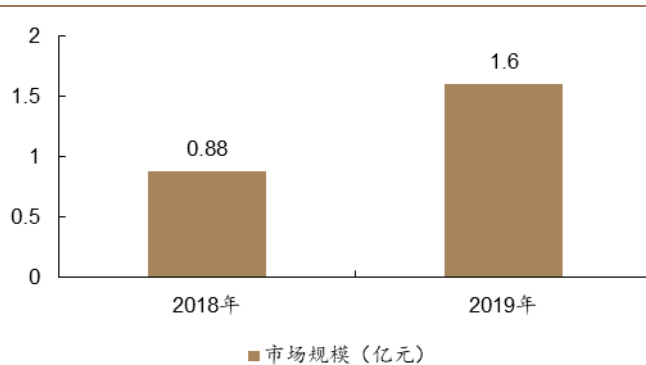
目前, 国内 80%以上空压机供应商均选择离心式空压机作为产品研发方向, 但由于罗茨式空压机价格相对较低, 可以满足下游需求, 2019 年度国内空压机市场中罗茨式空压机出货量和市场占有率均处于 50%以上。2019 年, 国内氢燃料电池空压机的市场规模为 1.60 亿元, 较上一年增长 82.65%, 出货量由 2018 年的 1800 台上升至 2019 年的 3790 台。空压机产品升级成本下行、国产化替代、以及同行竞争等原因使得市场规模增长速度低于出货量增长速度。

图 26: 2018-2019 年我国空压机出货量



资料来源: GGII, 德邦研究所

图 27: 2018-2019 年我国空压机市场规模



资料来源: GGII, 德邦研究所

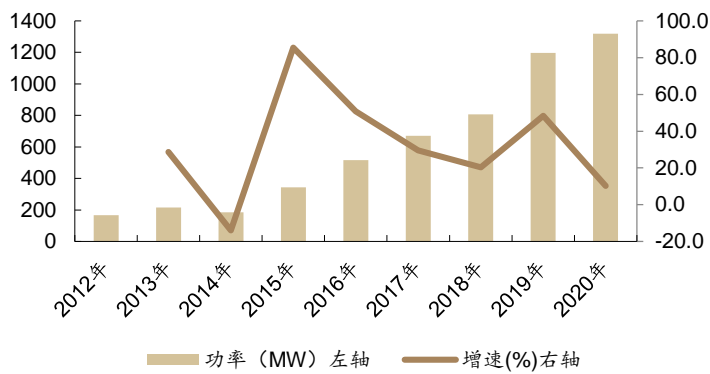
3. 氢燃料电池受到重视, 碳中和背景下前景可期

3.1. 氢燃料电池出货量逐年增加, 本土企业发力追赶

随着人们对氢能行业的关注度持续上升, 氢燃料电池产业处于迅速扩张期。全球燃料电池市场规模由 2012 年的 4.68 亿美元上升至 2020 年的 36.92 亿美元, 出货功率由 2012 年的 167MW 上升至 2020 年的 1319MW。

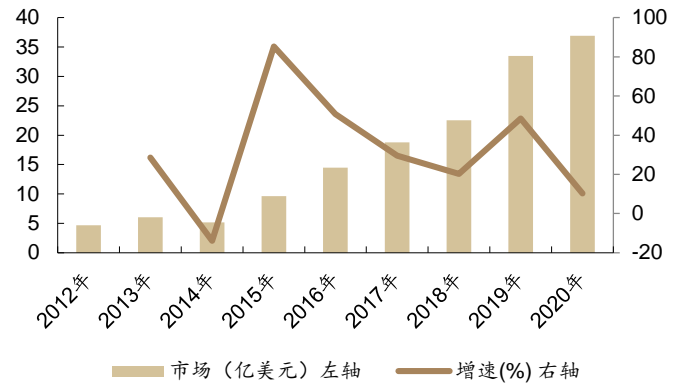
从不同的燃料电池类型来看, 2020 年全球市场出货量占比最高的仍是质子交换膜电池 (PEMFC), 其出货比例占全球燃料电池市场的 78.08%; 出货量占比第二位的是固体氧化物燃料电池, 占比为 11.19%。从市场集中度来看, 目前国内燃料电池市场集中度较高, 2020 年, 燃料电池系统装机量的 CR5 仍高达 69%。从燃料电池电堆来看, 本土燃料电池电堆生产商起步虽然较晚, 但发展非常迅速, 很多企业提供的燃料电池电堆已经具有了较强的竞争力。例如: 捷氢科技的新一代燃料电池电堆产品 PROME-M4H 的额定功率已经达到 130kW, 体积功率密度已经达到 4.2kW/L, 寿命也已经突破 15000h; 新源动力的产品 HYMOD-150 的额定功率也已经达到 130kW, 寿命同样突破了 10000h。

图 28: 2012-2020 年全球燃料电池出货量 (MW)



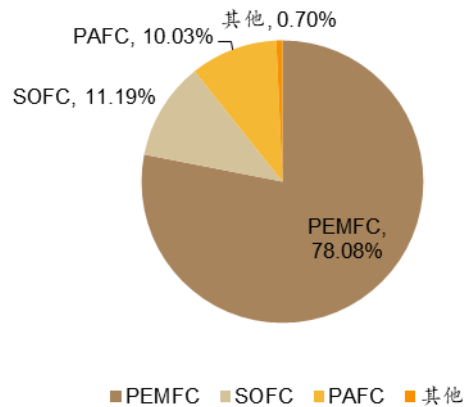
资料来源: 华经情报网, 德邦研究所

图 29: 2012-2020 年全球燃料电池市场规模 (亿美元)



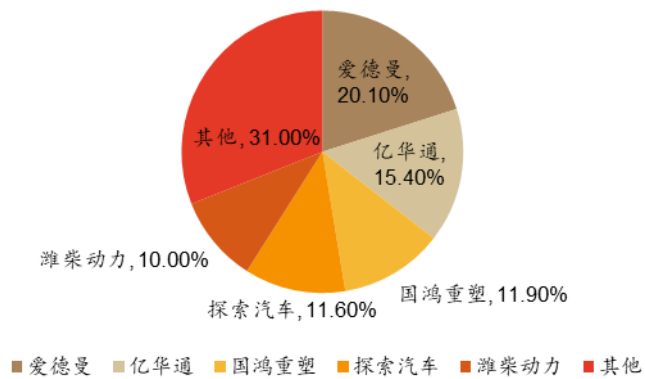
资料来源: 华经情报网, 德邦研究所

图 30: 2020 年全球燃料电池出货量占比



资料来源: 华经产业研究所, 德邦研究所

图 31: 2020 年国内燃料电池出货主体情况



资料来源: 中商产业情报网, 德邦研究所

表 15：国产燃料电池电堆产品及参数

厂商	产品型号	额定功率	体积功率密度	寿命目标	电压范围
氢璞创能	青墨 ST46F	47.5kW	>2.0kW/L	/	100~160V
氢晨科技	H280C	80kW	3.5kW/L	10000h	205~316V
清能股份	VLS II Pro 系列	110-165kW	4.4kW/L	/	/
捷氢	PROME M4H	130kW	4.2kW/L	>15000h	220~370V
新源动力	HYMOD-150	130kW	/	10000h	/

资料来源：各公司官网，德邦研究所

《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》中对燃料电池电堆的发展路径做出了明确规划。《路线》指出，乘用车燃料电池汽车的单堆额定功率将上升到 2025 年的大于 110kW，到 2035 年，单堆额定功率将达到大于 130kW。在寿命方面，到 2035 年，预计电堆的寿命将上升到大于 8000h。而商用电堆的寿命要求比乘用车电池电堆的要求更高，到 2035 年，商用燃料电池电堆的寿命将达到 30000h 以上。在成本方面，到 2035 年，预计乘用车燃料电池电堆的成本将下降至 500 元/kW，而商用车燃料电池电堆的成本将下降到 400 元/kW。

表 16：氢燃料电池电堆发展

	指标	2025 年	2030-2035 年
乘用车电池电堆	单堆额定功率	>110kW	>130kW
	体积功率密度	>4kW/L	>6kW/L
	寿命	>5500h	>8000h
	成本	1800 元/kW	500 元/kW
商用车电池电堆	单堆功率密度	>70kW	>100kW
	体积功率密度	>2.5kW/L	>3kW/L
	寿命	>16500h	>30000h
	成本	1200 元/kW	400 元/kW

资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》，德邦研究所

据《中国氢能产业发展报告 2020》的统计，商用车用燃料电池发动机前沿技术指标如下：额定功率 100kW，冷启动温度零下 40° C，寿命 20000 小时以上，功率密度 0.6kW/L。目前，据工信部发布的《新能源汽车推广应用推荐车型目录（2022 年第三批）》记载，氢燃料电池商用车系统功率基本在 120~400kW。另外，国产燃料电池系统已经获得了极大的发展，部分产品的峰值效率已经突破了 60%，另外，上海重塑的镜星十二系统寿命已经突破了 30000h。

表 17：国内主要燃料电池系统产品情况

厂商	产品名称	额定功率 (kW)	质量功率密度 (W/kg)	冷启动 (°C)	系统峰值效率	耐久性 (h)
北京亿华通	G120	120	701	-30	60%	\
潍柴动力	200kW 燃料电池发动机	200	/	-30	60%	>30000
爱德曼	128kW 电池系统	100	1830	-20	/	/
新源动力	HYSYS-120	115	\	-30	>56%	\
上海重塑	镜星 十二	130	702	-30	\	30000
国鸿氢能	鸿途 G110	110	267/375	-0.016667	47%	10000
捷氢科技	PROME P3X	117	\	-30	60%	10000
江苏清能	VL II 系列	80/120/135	470/500/520	-30	>55%	\

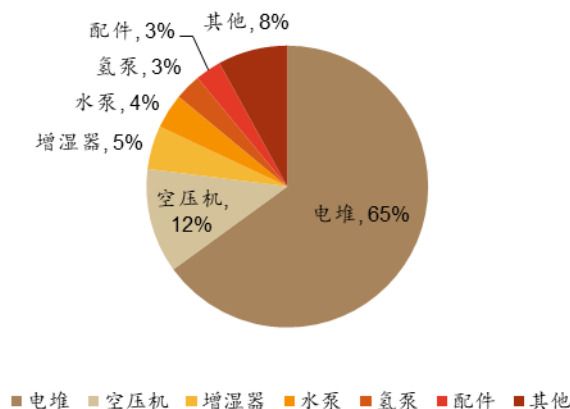
资料来源：各公司官网，德邦研究所

3.2. 规模化发展带来成本降低，增强产业的竞争力

目前，氢能产业尚处于发展早期，商业化应用规模还不是很大。但随着燃料电池需求量逐步扩大以及相应的技术进步而导致的成本下降将使得氢燃料电池更具竞争力。另外，我国不断出台政策对氢能产业进行大力扶持也将进一步提升氢燃料电池产业的发展动力。当前，影响燃料电池商业化的重要原因之一是燃料电池整体的成本较高。但由于氢燃料电池行业正处于快速发展期，燃料电池产业规模扩大带来的氢燃料电池系统的多个部件成本下降都将带来氢燃料电池整体成本下降，从而增强燃料电池产业的竞争力。

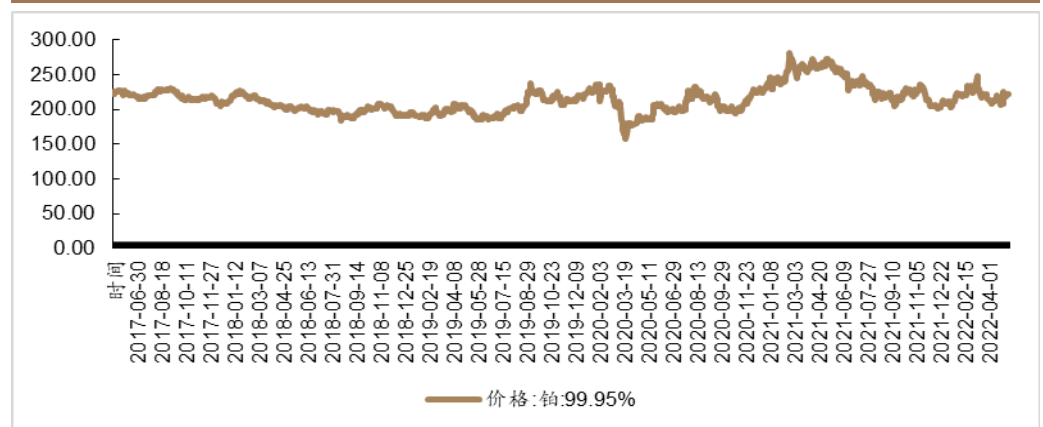
2021年，燃料电池电堆成本约占燃料电池系统总成本的65%，其中，催化剂成本占电堆总成本的36%，双极板占电堆总成本23%，质子交换膜占电堆总成本16%，因此，这几个关键部件的成本下降将极大扩大燃料电池的竞争力。据美国能源部的预估，由于目前主流的燃料电池所用的催化剂几乎都需要使用金属铂，而铂属于典型的贵金属，因此，燃料电池用催化剂的成本降幅将受到一定限制。突破这种限制的主要方法是降低燃料电池催化剂中铂的用量，或开发新型的无铂催化剂。

图 32：2021 年燃料电池成本构成



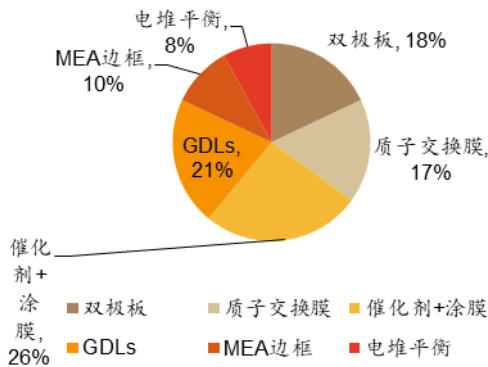
资料来源：弗若斯特沙利文，华经产业研究院，德邦研究所

图 33：近五年铂价走势（元/g）



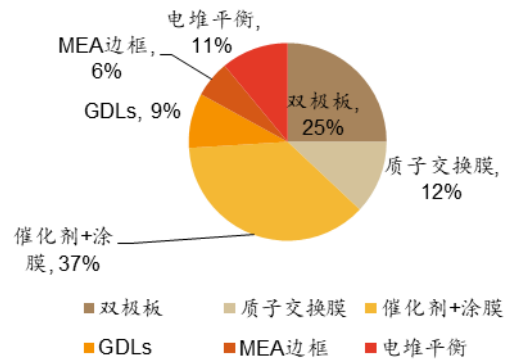
资料来源：wind，德邦研究所

图 34：年产 1000 套系统时燃料电池电堆成本构成



资料来源：DOE，高工氢电，德邦研究所

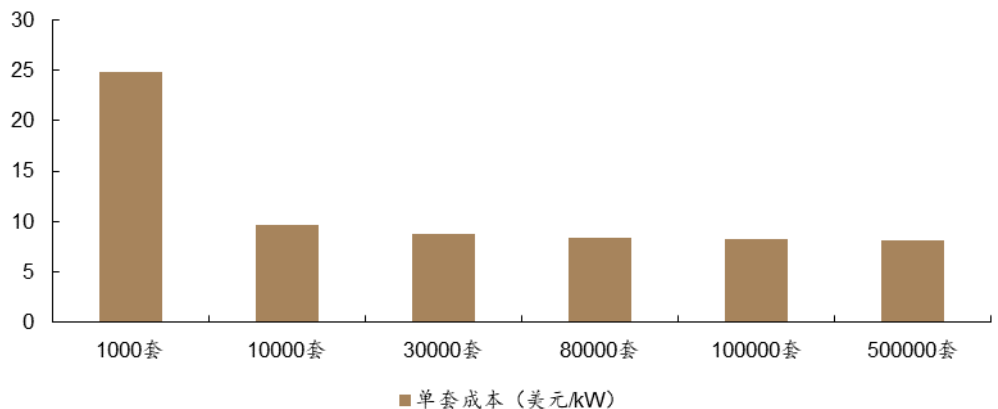
图 35：年产 100000 套系统时燃料电池电堆成本构成



资料来源：DOE，高工氢电，德邦研究所

另一个受到规模效应较大影响的燃料电池电堆配件是金属双极板。与石墨双极板不同，金属双极板受到腐蚀问题的极大影响。因此，需要在金属双极板表面涂膜防腐材料进行保护。美国能源部根据美国 TreadStone 公司的涂层技术进行金属双极板涂层技术核算，发现涂层成本主要与年生产率相关。当年产量在 1000 套的低产量时，单套金属双极板成本高达 24.8 美元/kW；而当年产量达到 10000 套时成本将急剧下降至 9.64 美元/kW；当年产量上升至 100000 套时，单套金属双极板的成本将下降至 8.21 美元/kW。双极板成本的大幅下降将为氢燃料电池产业乃至整个氢能产业带来较大竞争优势。

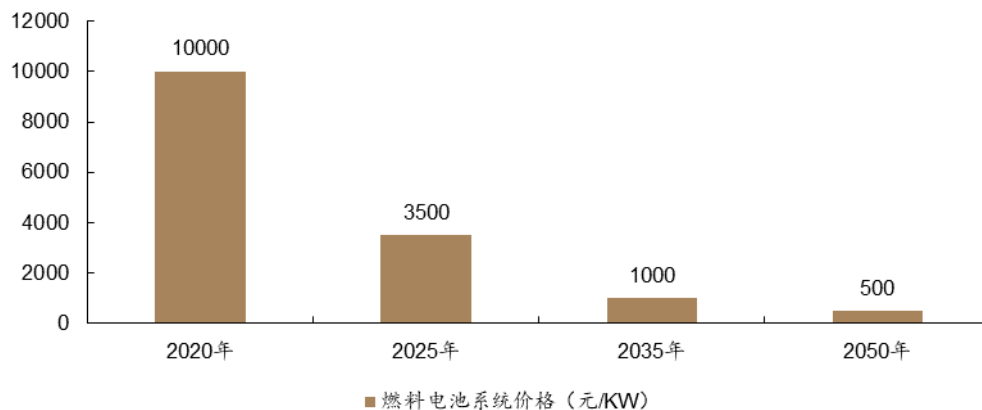
图 36：单套金属双极板成本随生产规模变化情况



资料来源：DOE，华经产业研究院，德邦研究所

除了燃料电池零部件成本随技术进步或生产规模增大而降低带来较大的产业驱动之外，氢燃料电池整体的成本也显示出很强的规模效应。由于目前燃料电池生产规模较小，其制造目前主要处于手工生产阶段，因此燃料电池系统整体成本高达 10000 元/kW。如果规模扩大，除了核心零部件的成本降低外，更大的产能将使公司能够更好地利用其设备。据中国氢能产业发展报告，如果燃料电池汽车，即燃料电池系统的主要使用终端，达到年产量 20 万辆的规模，氢燃料电池的整体成本将降低 45%左右，如果年产量达到 60 万辆，燃料电池系统成本将下降 70%。

图 37：氢燃料电池系统变化趋势（随年份，以商用车为例）



资料来源：中国氢能产业发展报告 2020，德邦研究所

4. 投资建议

由于全球性能源紧缺问题日趋突出以及环境保护和可持续发展的迫切要求，氢能因其突出的优越性得到了蓬勃的发展。国家加大对氢能领域的关注力度，不断出台政策加强对氢能产业的扶持也将成为推动氢燃料电池产业发展的强大推动力。建议关注：冷链压缩机龙头，积极布局 CCUS 及氢能产业带来业绩增长新动能的【冰轮环境】；氢燃料电池电堆龙头【亿华通】；通过战略投资巴拉德布局氢燃料电池行业的【潍柴动力】；膜电极催化剂铂基氢燃料电池(FCEV)技术获得重大突破的【贵研铂业】。

5. 风险提示

1) 政策推进不及预期

氢能产业受政策扶持，若政策发生变化，可能会对行业产生影响。

2) 成本下降不及预期

燃料电池部分原材料价格较高，若不能规模化生产，相关公司盈利水平将受到影响。

3) 氢燃料电池车销量不及预期

氢燃料电池车销售量增长会拉动相关设备需求，若销量不及预期将导致燃料电池需求降低，相关公司业绩将受到影响。

4) 技术创新不及预期

氢燃料电池构成的各项参数以及关键材料、部件等，都对产品的商业化有一定影响。若技术创新不及预期，导致产品性能没有竞争力，将影响企业的盈利水平。

信息披露

分析师与研究助理简介

倪正洋，2021年加入德邦证券，任研究所大制造组组长、机械行业首席分析师，拥有5年机械研究经验，1年高端装备产业经验，南京大学材料学学士、上海交通大学材料学硕士。2020年获得iFinD机械行业最具人气分析师，所在团队曾获机械行业2019年新财富第三名，2017年新财富第二名，2017年金牛奖第二名，2016年新财富第四名。

分析师声明

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人不保证该等信息的准确性或完整性。分析逻辑基于作者的职业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

投资评级说明

1. 投资评级的比较和评级标准： 以报告发布后的6个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后6个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期市场基准指数的涨跌幅； 2. 市场基准指数的比较标准： A股市场以上证综指或深证成指为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普500或纳斯达克综合指数为基准。	类别	评级	说明
1. 投资评级的比较和评级标准： 以报告发布后的6个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后6个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期市场基准指数的涨跌幅； 2. 市场基准指数的比较标准： A股市场以上证综指或深证成指为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普500或纳斯达克综合指数为基准。	股票投资评级	买入	相对强于市场表现20%以上；
		增持	相对强于市场表现5%~20%；
		中性	相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
		减持	相对弱于市场表现5%以下。
1. 投资评级的比较和评级标准： 以报告发布后的6个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后6个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期市场基准指数的涨跌幅； 2. 市场基准指数的比较标准： A股市场以上证综指或深证成指为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普500或纳斯达克综合指数为基准。	行业投资评级	优于大市	预期行业整体回报高于基准指数整体水平10%以上；
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%与10%之间；
		弱于大市	预期行业整体回报低于基准指数整体水平10%以下。

法律声明

本报告仅供德邦证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

市场有风险，投资需谨慎。本报告所载的信息、材料及结论只提供特定客户作参考，不构成投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。在法律许可的情况下，德邦证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经德邦证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。如欲引用或转载本文内容，务必联络德邦证券研究所并获得许可，并需注明出处为德邦证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。

根据中国证监会核发的经营证券业务许可，德邦证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。