



华安证券

HUAAN SECURITIES

证券研究报告

# 乘风而起，电解槽技术掀起氢能浪潮

分析师：尹沿技（SAC职业证书号S0010520020001）

2023年3月16日



## 主要观点

**绿氢是未来氢能发展的主要方向，电解槽作为绿氢核心设备重要性凸显。**氢能是可持续发展最具潜力的二次清洁能源，根据制氢工艺所产生的碳排放程度可分为灰氢、蓝氢、绿氢，灰氢成本较低但污染较大，绿氢通过使用再生能源电解水制取的氢气，满足双碳要求。电解槽是绿氢的核心设备，设备成本占比达到50%，在能耗、安全性、降本等方面对绿氢的制备产生十分重要的影响。

**绿氢未来代替空间巨大，技术迭代以及电价下降推动电解槽需求持续高增。**目前全球及中国绿氢在氢能占比较小均不到1%，主要由于绿氢成本高于灰氢成本，未来随着风电光伏与电解水制氢结合以及电解槽性价比逐步提升，制氢成本有望进一步下探，根据我们的测算，理想情况下绿氢成本可达到5.8元/kg，低于灰氢成本。未来随着绿氢性价比提升及政策驱动，2025/2030年全球绿氢需求量将达到1583/4727万吨，2022-2025年CAGR为156%；受益于下游绿氢市场需求旺盛，电解槽出货量有望在未来几年迎来爆发期，2023/2025年电解槽市场规模将达到1872/5280亿元，2022-2025年CAGR为141%。

**碱性电解槽为市场主流选择，质子交换电解槽未来具有较大的增长空间。**2022年全球前20家电解槽企业产量合计达到14GW，2023年规划产能达到26.4GW，根据彭博新能源预测，2030年全球电解槽装机规模将达到242GW。碱性电解槽凭借商业成熟度高、成本低等优势为目前制氢企业的首选，未来逐步向复合隔膜、大标方方向迭代。质子交换膜由于其成本较高，目前应用规模较小，未来随着性能逐步提升，还具有较大的增长空间。

**投资建议：未来电解槽企业出货量有望快速增长，建议关注龙头企业隆基绿能、阳光电源；新入局企业华光环能、昇辉科技、华电重工、亿利洁能。**

**风险提示：政策支持力度不及预期、光伏风电发电上网价格不及预期、产品技术研发不及预期。**



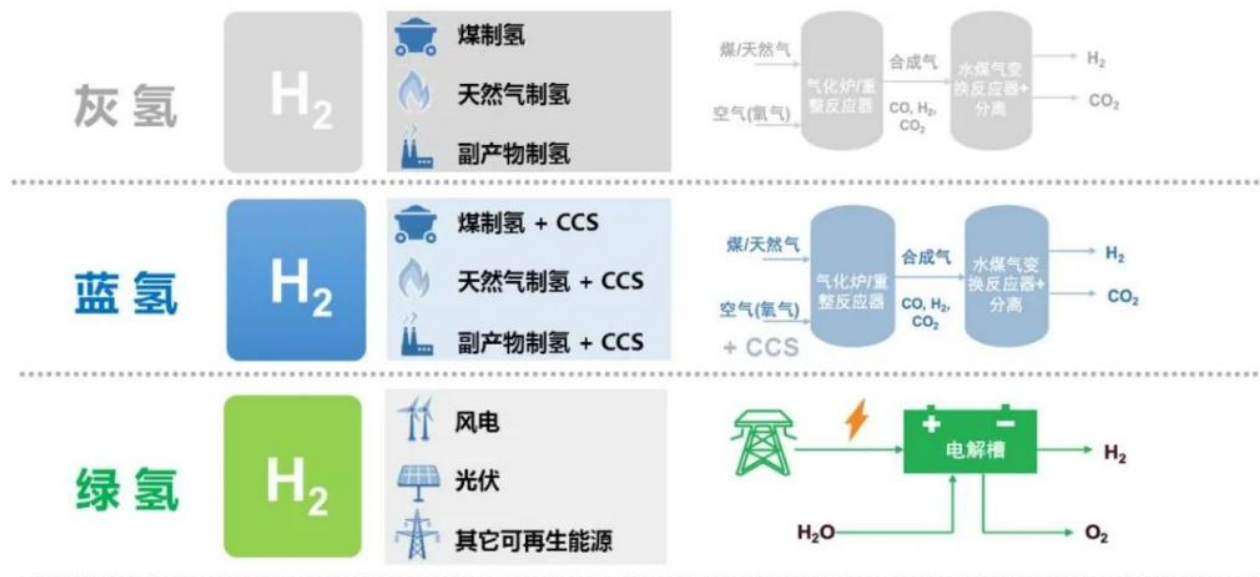
## 目录

- 1 行业概况：绿氢发展带动电解槽放量
- 2 需求侧：技术&成本推动电解槽需求增长
- 3 供给侧：碱性电解槽主流地位稳固
- 4 重要标的：新玩家入局，抢占先机

# 绿氢是氢能未来的主要发展方向

- ▶ 氢能是可持续发展最具潜力的二次清洁能源，绿氢是氢能未来的主要发展方向。自16世纪氢气首次被发现以来，因其来源丰富、能量密度高、绿色低碳、储存方式等诸多优点被视为未来重要的清洁能源。近年来随着《巴黎协定》的签订，氢能受到全球范围的高度重视。
- ▶ 按照制氢工艺所产生的碳排放程度可分为灰氢、蓝氢、绿氢。灰氢为由化石原料及工业副产制得，会大量二氧化碳、氮氧化物等气体，对环境造成严重污染，不利于达成碳中和目标。蓝氢主要将灰氢产生的二氧化碳通过碳捕获、利用和存储技术实现低排放生产。绿氢通过使用再生能源电解水制取的氢气，工艺简单、无温室气体和有害气体排放，且制成氢气纯度高，是最为清洁的制氢方法，是氢能未来的主要发展方向。

## 绿氢是清洁能源未来的主要发展方向





## 绿氢是氢能未来的主要发展方向

目前灰氢制氢成本较低，但是环境污染问题严重。蓝氢环境污染情况较小，但成本相较于灰氢提升10%-40%，并且蓝氢并不是绿氢的替代品，其主要目的为实现从灰氢到绿氢的过渡，加速灰氢向绿氢的转变。绿氢制得的氢气纯度较高，并且没有任何温室气体及污染其他排放，但成本较高，随着电解槽技术的逐渐成熟推动制氢成本下降，绿氢未来有望代替灰氢。

### 灰氢目前成本低于绿氢，但绿氢更符合未来“双碳”要求

类别	原料	优点	缺点	能源效率	原材料价格	氢气成本
灰氢	煤	技术相对成熟，工艺流程简单，投资成本较低。可以综合利用煤炭中的其他物质，例如煤焦油、煤气等。	制备过程中会产生大量二氧化碳、氮氧化物等气体，对环境造成严重污染。	83%	450-600元/吨	9.73-12.36元/kg
	天然气	工艺比较成熟，技术稳定，投资成本较低，气体污染较小。	排放大量温室气体，运输和储存过程中存在安全隐患。	63%	1.2-2元/m3	9.81-15.17元/kg
	工业副产物	工业副产物制氢可以适度减少废弃物的处理成本和环境污染。	技术成熟度较低，建设地点受限于原材料供应，产生污染性气体。			9.29-22.40元/kg（根据不同工业副产杂质的不同，成本区间较大）
蓝氢	以煤制氢为例	采用碳捕捉及封存技术，可以有效降低生产过程的碳排放水平。	煤制氢的成本分别增加10%和38%	90%	450-600元/吨	14.4-18.29元/kg
绿氢	电解水	无温室气体和有害气体排放，制成氢气纯度高	耗电量大，成本较高	45-55%	0.1-0.4元/千瓦时	14元/kg-27.5元/kg



## 电解水制氢制氢步骤原理简单

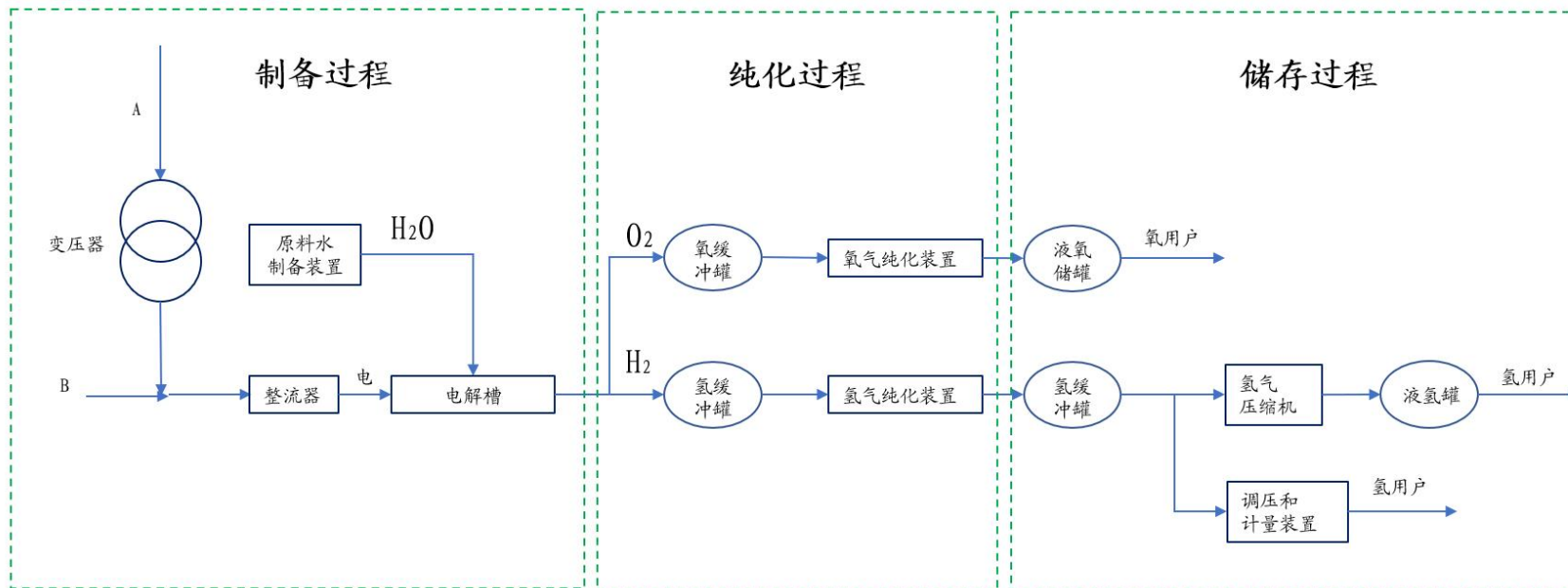
绿氢主要由电解水制得。电解水制备氢气的过程主要分为**制备**、**纯化**、**储存**三大步骤。

**氢气制备：**电解槽接通直流电源，电解电流上升到一定值时，槽内的水就电解成氢气和氧气。

**氢气纯化：**从槽内电解小室阴极电解出来的氢气与循环碱液一起借助于碱液循环泵的扬程和气体的升力，通过极板阴极侧的出气孔流过氢气道环，从左右端极板流出，汇合后进入氢分离器。在氢分离器中，由于重力的作用，氢气和碱液分离。

**氢气储存：**分离后的氢气通过氢气冷却器降温，氢气捕滴器、氢气气水分离器除去夹带的水分后，经差压调节阀进入氢气干燥器，干燥后的氢气进入氢气储存罐。有部分氢气会经过再一次的压缩液化为液氢，便于运输和储存。

### 电解水制备流程



# 电解槽是电解水制氢系统的核心部分

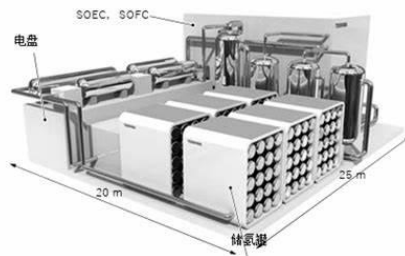
目前主流电解水制氢技术包括碱性水电解（ALK）、质子交换膜电解（PEM）、高温固体氧化物电解（SOEC）、固体聚合物阴离子交换膜电解（AEM）四种。电解槽的性能与整个制氢系统的制氢效率有着直接的关系，在能耗，安全性方面也有十分重要的影响，所以**电解槽是电解水流程的核心**。



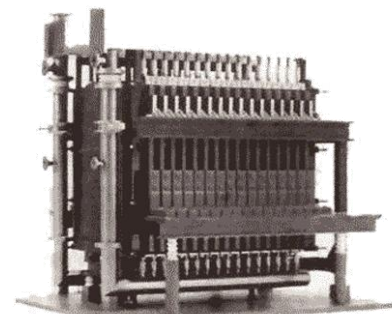
碱性水电解槽（ALK）



质子交换膜电解槽（PEM）



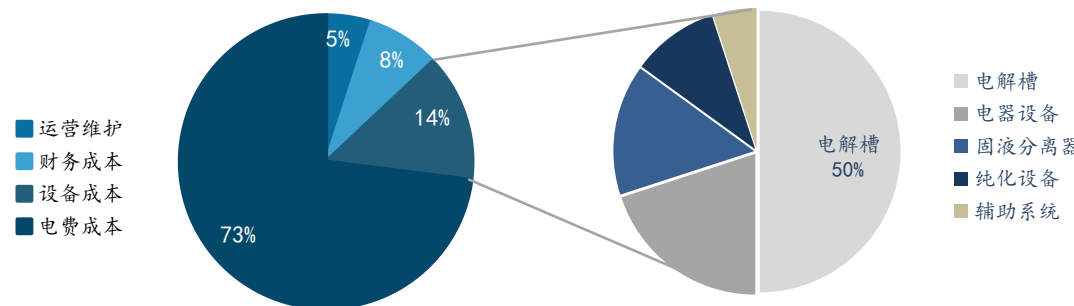
高温固体氧化物电解槽（SOEC）



固体聚合物阴离子交换膜电解槽（AEM）

在电解水制氢的成本中，设备成本占了14%。电解水制氢系统由电解槽及辅助系统组成，其中电解槽是电解反应发生的主要场所，辅助系统则包括电力转换、水循环、气体分离、气体提纯等模块。从成本构成来看，电解槽在制氢系统总成本中的占比约为50%，而且设备在单位时间内的产氢量越大，电解槽所占整个设备制造成本的比例就越高，所以电解槽的成本会直接影响制氢系统的产品价格。**电解槽的成本是电解水制氢系统生产成本的核心。**

## 电解水制氢成本结构





## 目录

1 行业概况：绿氢发展带动电解槽放量

2 需求侧：技术&成本推动电解槽需求增长

3 供给侧：碱性电解槽主流地位稳固

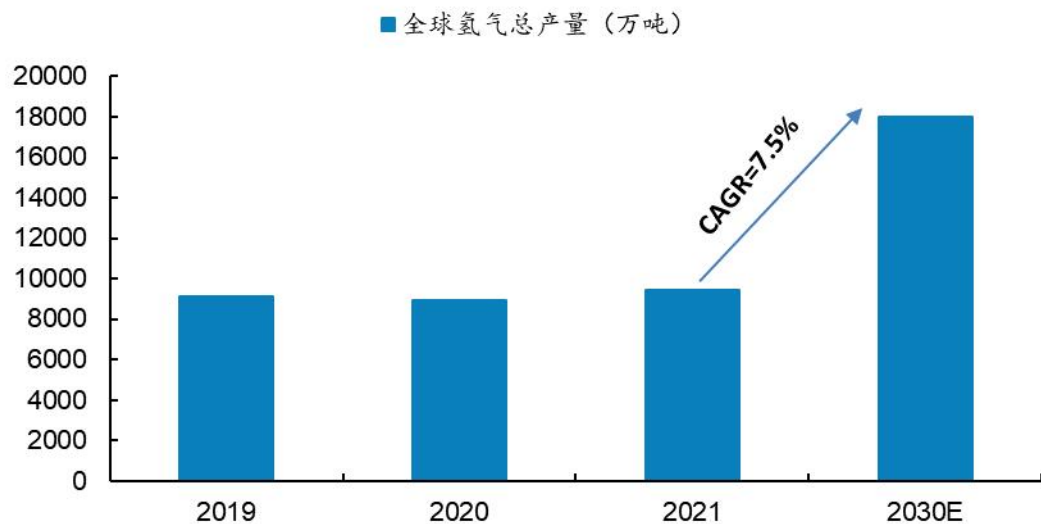
4 重要标的：新玩家入局，抢占先机



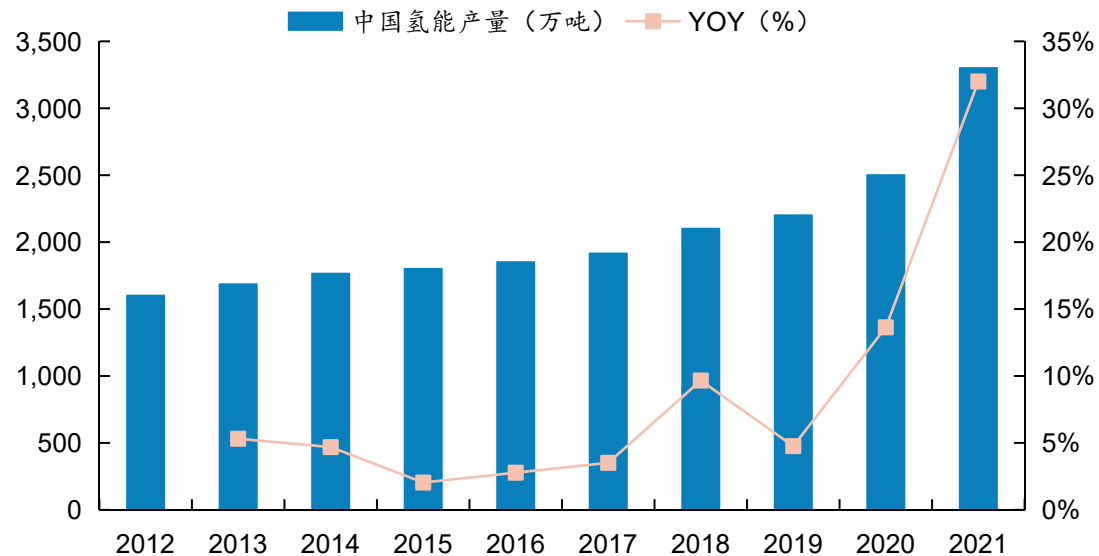
## 市场现状：全球氢能行业逐渐步入快车道，绿氢代替空间广阔

- ▶ 全球氢能市场快速扩张，中国成为第一大制氢国。随着欧洲、美国、中国以及众多国家与地区氢能中长期发展战略规划的不断推进，全球氢能市场规模迅速扩大。根据IEA数据，2021年全球氢气总产量达到9423万吨，同比增加5.5%，全球氢能市场规模达到1250亿美元，2030年产量有望达到17998万吨，CAGR达到7.5%。中国作为全球最大的制氢国，氢能产量占比超过全球产量的1/3，自2020年“双碳”目标提出后，氢气产量迅速提升，发展进入快车道，根据中国煤炭工业协会数据，2021年中国氢能产量达到3300万吨，同比增加32%，增速远超前于全球增速。

2021-2030年全球氢气总产量CAGR达到7.5%



中国氢气产量步入快车道





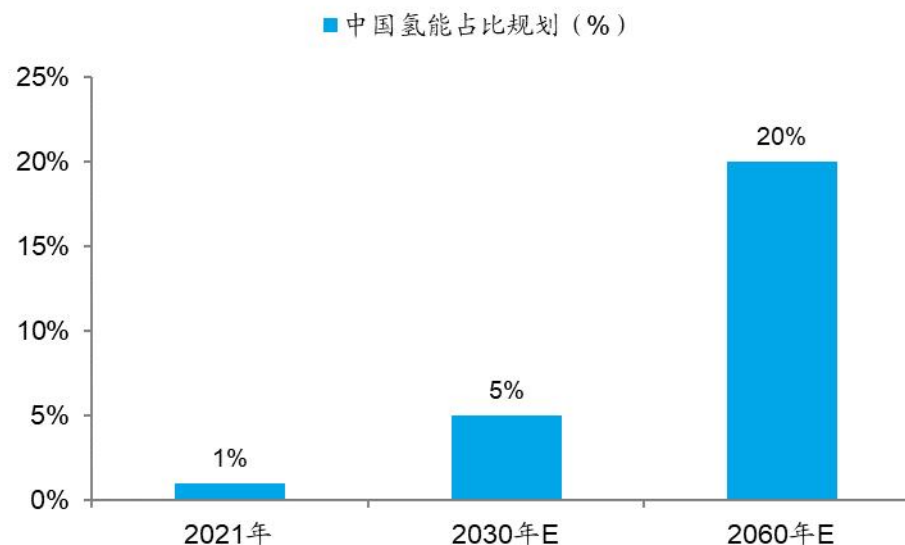
## 市场现状：全球氢能行业逐渐步入快车道，绿氢代替空间广阔

- ▶ **氢能需求量不断提升，终端能源占比快速提升。**随着政策及下游市场的不断驱动，未来氢能需求量将持续增加。目前市场对氢能行业需求较为乐观，根据不同机构的预测，2030年全球氢能需求量将达到1.15-2亿吨，占终端能源比重达到5%左右，我们认为氢能行业处于发展初期，未来政策及降本路线还未明确，**预计2030年全球氢能需求将达到1.2亿吨，占比在3%左右，2050年氢能需求量将超过5亿吨，占比达到12%。**根据中国氢能联盟预测，到2030年我国氢气的年需求量将达到3715万吨左右，在终端能源消费中占比约5%；到2060年，我国氢气的年需求将增至1.2亿吨左右，在终端能源消费中占比进一步提升至20%。

### 2030/2050年全球氢能需求量将达到1.2/5亿吨

	2020	2030E	2050E
IEA预测（亿吨）	0.94	2.00	5.20
终端能源占比（%）	2.50%	5%	13%
国际可再生能源署（IRENA）预测（亿吨）		1.54	6.14
终端能源占比（%）		3%	12%
中国能源报预测（亿吨）		1.15	
麦肯锡预测预测（亿吨）			5.36
<b>我们预测（亿吨）</b>		<b>1.2</b>	<b>5</b>
<b>终端能源占比（%）</b>		<b>3%</b>	<b>12%</b>

### 2030年中国氢能在终端能源占比将达到5%

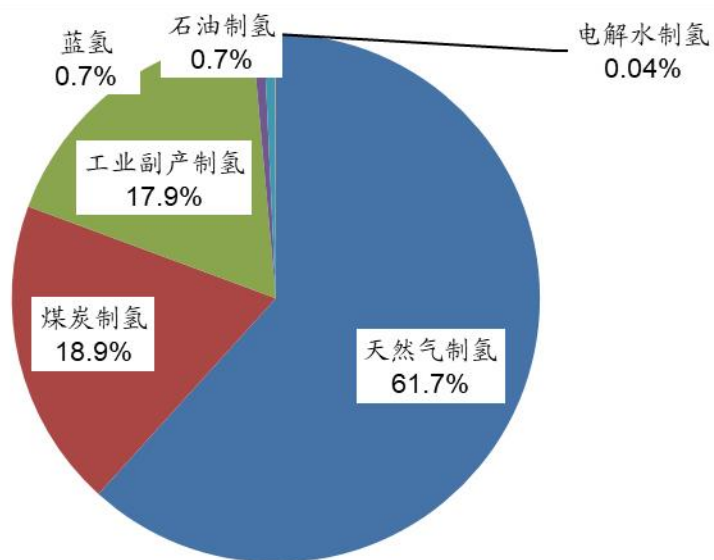


资料来源：中国氢能联盟，华安证券研究所整理

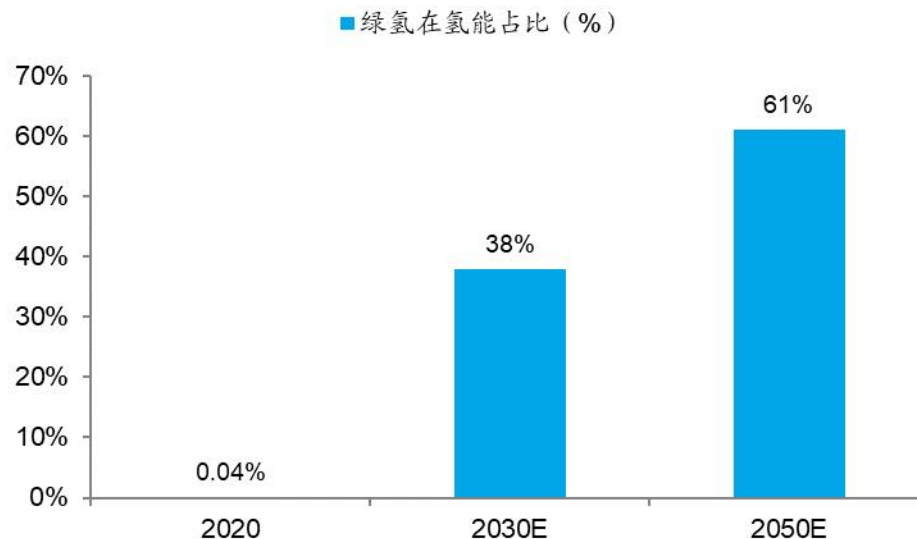
## 市场现状：全球氢能行业逐渐步入快车道，绿氢代替空间广阔

- 目前灰氢占比主要市场份额，绿氢未来提升空间巨大。从产量结构来看，目前化石能源制备的灰氢占比较高，2021年全球灰氢占比达到99%，蓝氢及绿氢占比均未达到1%，绿氢全球占比仅为0.04%。我国制氢结构与全球类似，绿氢占比仅为1%。未来随着碳排放进一步趋严以及电价逐步下降，绿氢成本有望与灰氢成本持平，从而带动绿氢需求进一步提升。根据IEA预测，2030年绿氢占比有望达到38%，绿氢需求量预计超过4000万吨，2050年绿氢占比将达到61%，需求量预计超过3亿吨。

### 2021年全球绿氢占比仅为0.04%



### 全球绿氢仍具有较大提升空间

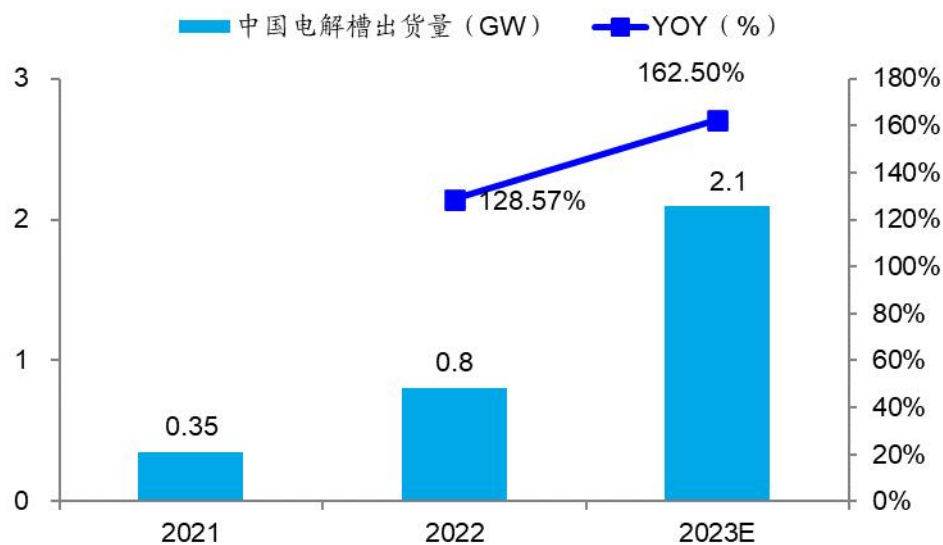




## 市场现状：氢能需求持续旺盛，电解槽出货量快速提升

- ▶ **电解槽需求量持续攀升。**根据高工锂电数据，2022年全球电解槽市场出货量达到1GW，其中中国电解槽总出货量超过800MW，同比增长129%以上，全球占比超过80%。碱性电解槽设备凭借运行稳定、售价低廉等优点，2021年出货量达到776MW，为目前市场主流选择。根据 BloombergNEF 数据，2023 年中国电解槽出货量将持续保持高增，出货量有望达到1.4-2.1GW，占当年全球出货量的 60%以上，同比增加75%-163%。

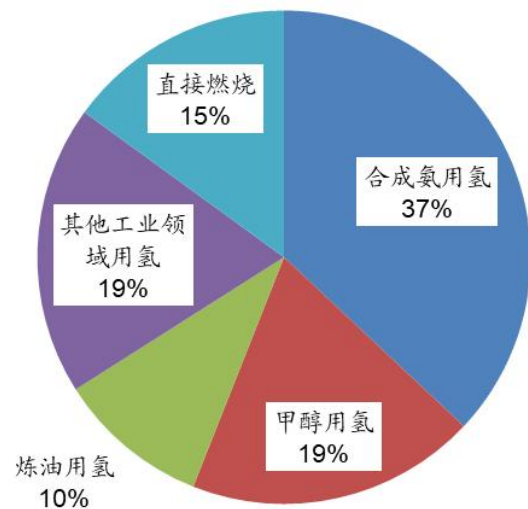
### 国内电解槽出货量快速增加



## 市场现状：绿氢主要应用于工业领域

- ▶ 氢能与电解槽下游领域高度重合，工业领域占据较大市场份额。目前我国制备的氢气主要应用于石油炼制及化工产品合成等工业领域，2020年合成氨用氢及甲醇用氢占比分别为37%/19%，同时氢气可作为燃料电池用于电动车驱动，占比达到15%，未来随着氢能技术逐步成熟，制氢成本逐渐下降，有望在更多领域实现氢能的应用。
- ▶ 电解槽下游应用领域与氢能应用领域高度重合，主要因为制氢企业大多为能源集团及大型化工企业。对于能源集团来讲，通过从下游氢能的使用到上游制氢的一体化布局可以降低能源成本，同时公司掌握氢能原材料，通过制氢可以赚取额外利润；对于化工企业来讲，向上游布局制氢可以减少氢能的支出，同时化工副产物制氢可以实现氢气的循环，更好的满足“双碳”目标。

氢能主要应用于工业领域



电解槽应用领域与氢能应用领域高度重合

电解槽下游应用领域	公司名称	业务/产品
原油精炼领域	中国石化	石油、氢气等
	中国石油	石油、氢气等
	华昌化工	化工产品
化工产品合成	东华能源	丙烯、聚丙烯、氢气综合利用
	宝丰能源	聚乙烯、聚丙烯、焦炭等化工产品
	滨化股份	环氧丙烷、烧碱
	嘉化能源	脂肪醇（酸）、蒸汽、氢气等
煤炭领域	中国旭阳	焦炭
	金马能源	焦炭、焦化副产品、能源产品等
	航天工程	煤气化技术及关键设备
	美锦能源	焦煤、氢燃料电池汽车等
其他领域	卫星石化	新材料、蓝氢等
	鸿达兴业	氢气的生产、销售及综合应用等
	凯美特气	工业气体、特种气体等
	金宏气体	特种气体、大宗气体和天然气
	隆基股份	单晶硅、电池组件、分布式电站、地面电站

资料来源：前瞻产业研究院、中国煤炭工业协会、华安证券研究所整理



## 市场现状：绿氢项目逐步落地商业化发展加速

➤ 随着全国氢能产业的进一步发展，氢能成为更多省份的重点产业。据氢云链统计，2023年已有9个省份公布35个氢能产业项目，总投资额超650亿，其中绿氢项目达到7项，主要分布在宁夏、河北和江苏等风光资源优势地区，进一步推进绿氢商业化发展。

2023年各省氢能项目汇总

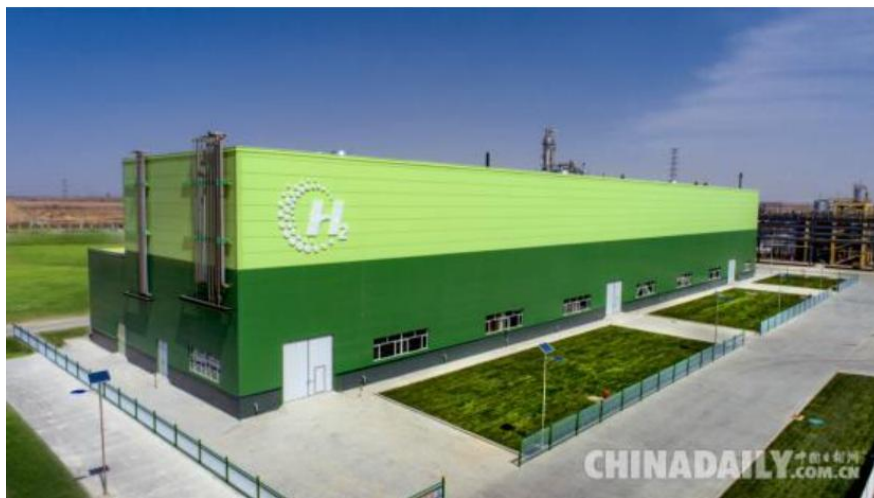
省份	项目名称	总投资（亿元）
广东	康明斯恩泽质子交换膜电解槽制氢装置研发生产基地项目（一期）	5
	国电投华南氢能产业基地（一期）	20
	宝钢湛江钢铁氢基竖炉系统项目（一步）	18.95
	东莞塘厦东益新能源汽车产业项目	20
	绿色化工和氢能产业园基础设施建设项目	64.04
	明阳智慧源集团总部基地项目	11
	广州石化安全绿色高质量发展技术改造项目	90.2
	现代汽车氢燃料电池系统/电堆建设项目	16
江苏	常熟未势能源氢能总部项目	
	如东国华光氢储一体化项目	
四川	成都市新都区厚普国际氢能产业集群一期项目	24.00*
福建	泉州港固态储氢系统活化及应用项目	9.27*
宁夏	宁夏宝丰能源集团股份有限公司太阳能电解制氢储能及应用示范扩建项目	14.12
	宁夏鲲鹏清洁能源有限公司绿电制氢项目	4.06
	宁夏永利电子新材料有限公司光电制绿氢绿胺溶剂产业链延伸示范项目	6.5
山东	中广核灵武100万千瓦新能源离网制氢项目	18.6
	山东凯信重机有限公司制氢装备及关键零部件智能制造项目	
	博远（山东）新能源科技发展有限公司年产300万套氢燃料电池金属双极板智能制造项目	
	氢装上阵昌乐物联科技产业园项目	7.00*
	山东东岳未来氢能材料股份有限公司500万m <sup>3</sup> /a全氟质子膜与20000t/aETFE及其配套化学品产业化项目	18
	鲁西化工集团股份有限公司轻经氢能综合利用项目	
	烟台东德实业有限公司氢能核心装备产业园	5.00*
	临沂钢投新能源有限公司氢能产业基地项目	
天津	济南绿动氢能科技有限公司黄河流域氢能产业基地崔寨产业园二期项目	40.00*
	华电重工机械c03车间转产氢燃料电池关键材料产线技术改造项目	
	天津东丽氢能产业园及综合服务配套提升项目	19.9*
河北	液化空气天津氢能供应基地项目	
	临港氢能产业低碳示范基地	
	河北润丰低温高压储氢容器项目	
	沧州天瑞航天氢能装备制造基地项目	
	国华新能源风光氢储100万千瓦风光项目	
上海	国电投滦源县300M光伏制氢项目	
	滦州美锦新能源14000Nm <sup>3</sup> /h焦炉煤气制氢项目	
	河北正元煤炭清洁高效综合利用项目	28.84*
	彼欧新能源（上海）有限公司	

资料来源：氢云链，华安证券研究所整理

## 市场现状：下游企业布局绿氢内驱力充足

- 目前市场认为很多企业布局绿氢项目内驱力不足，很难具有盈利能力，但我们认为不同企业根据企业情况及政策要求内驱力充足。目前行业还未发布实质性绿氢补贴政策，能源及化工企业布局绿氢的内驱力主要来源于：1) 碳排放趋严驱动，提前战略性布局发挥卡位优势。未来随着双碳政策趋严使得碳排价格逐渐升高，没有优势的企业将通过购买碳权指标维持生产并且政策严格限制新建产能，目前绿氢下游应用领域都是碳排放较高的大型企业，未来绿氢可通过替代灰氢贡献收入；2) 绿氢盈利能力初见改善：目前绿氢在煤炭行业的盈利能力已逐步修复，宝丰能源公告资料显示，公司“国家级太阳能电解水制氢综合示范项目”综合制氢成本可以控制在1.54元/m<sup>3</sup>（17元/kg），低于2021年9月辽宁、上海、江西、川渝等地天然气氢价2-2.5元/m<sup>3</sup>（22-28元/kg）。同时对于终端产品来讲，煤制甲醇项目使用绿氢代替灰氢后，甲醇产量提高到原来的约1.9倍，进一步降低终端产品成本。

### 宝丰能源绿氢项目已于2021年投产

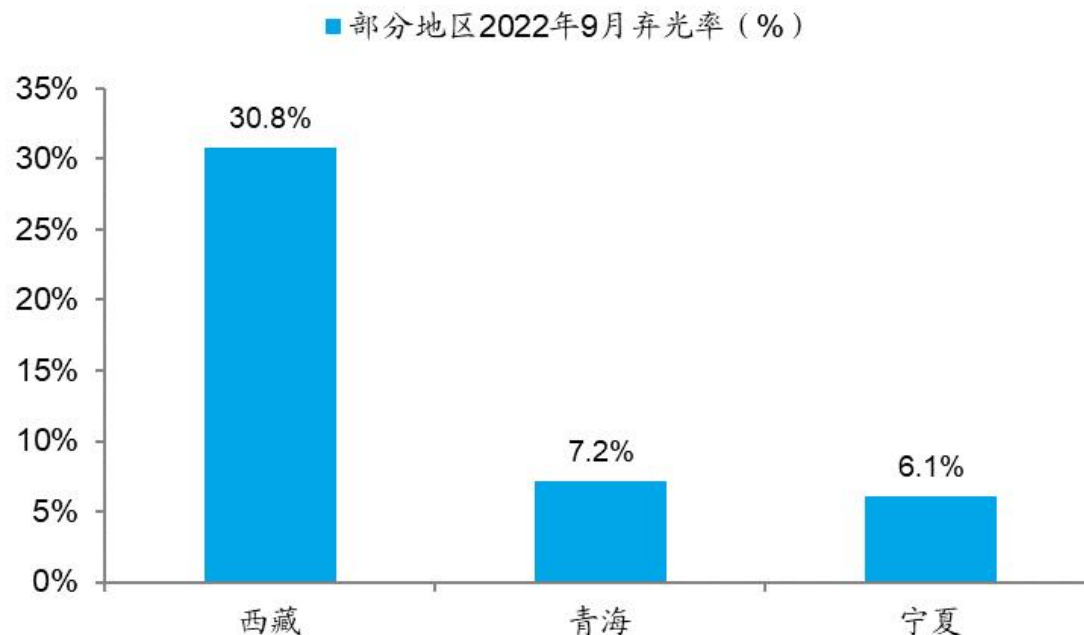




## 市场现状：下游企业布局绿氢内驱力充足

- ▶ 可再生能源电厂布局绿氢的内驱力主要来源于：弃风弃光率逐步提升，绿氢保障新能源消纳。随着新能源装机快速增长，各省缺乏内部消纳条件的问题愈加严重，部分地区弃风弃光率逐步提升，2022年9月，西藏/青海/宁夏弃光率分别达到30.8%/7.2%/6.1%。氢能没有刚性的储存容量限制，并且在空间上的转移也更为灵活，有望应用于长时间、跨区域的储能场景，未来运用新能源发电离网制氢后就地消纳或通过其他方式运输可有效实现对当地风光资源的充分利用。

### 部分地区弃光率仍处于高位





## 驱动因素：未来国内绿氢补贴政策有望陆续出台

- 据势银(TrendBank)统计，目前内蒙古自治区、甘肃省、宁夏回族自治区和四川省成都市都在相应的政策中明确了2025年可再生能源制氢产量，合计年产量约80万吨，远超国家发改委在国家氢能规划中提及的2025年可再生能源制氢年产量目标。由于电解水制氢项目的设备成本和运营成本较高，政策主要包含设备的购置成本补贴和项目运营的电费补贴，目前仅四川省成都市、广东省深圳市和河南濮阳市等地区发布了相关补贴政策，未来随着绿氢的关注度及重要性逐渐提升，我国有望发布更多的绿氢补贴政策从而推动行业快速发展。

### 成都市、深圳市等地发布相关补贴政策

日期	地区	政策文件	补贴内容
2022年6月	成都市	《成都市优化能源结构促进城市绿色低碳发展政策措施》	对绿电制氢项目提供0.15-0.2元/度的电价补贴
2022年7月	深圳市	《深圳市氢能产业创新发展行动计划（2022-2025年）（征求意见稿）》	对站内制氢设备购置成本，按购置成本30%予以资助，最高不超过200万元。对制氢加氢一体化站的运营成本，站内电解水制氢用电价格执行蓄冷电价政策，电解制氢设施谷期用电量超过50%的免收基本电费
2022年7月	濮阳市	《濮阳市出台促进氢能产业发展升级版政策》	对绿氢出厂价格不高于工业副产氢平均出厂价格的企业，按照年度累计供氢量，首年给予每公斤15元补贴，补贴最高可达500万元；与此同时，对绿氢制备企业给予一定风电、光伏指标配备支持



## 驱动因素：电解水制氢性价比逐步凸显，推动电解槽需求提升

- ▶ **目前电解水制氢成本远高于灰氢成本。**目前化石燃料制氢成本普遍低于电解水制氢，灰氢成本主要来源于原材料，煤炭、天然气制氢原材料占比分别为36.9%/73.4%，所以原材料价格变动对制氢成本有很大的影响。当煤炭价格为450元/吨时，煤炭制氢成本为9.9元/kg；天然气价格为2.5元/m<sup>3</sup>时，天然气制氢成本为14.4元/kg；焦炉煤气价格为0.3元/m<sup>3</sup>时，制氢成本为10.6元/kg。
- ▶ 电解水制氢的成本主要来源于电耗，单标方氢气耗电量大约为5kwh，当电价为0.3元/kwh时，电耗成本占比达到69%，随着电价的下降，电解水制氢成本迅速下降，当电价为0.15元/kwh时，制氢成本达到15.9元/kg，接近灰氢的制氢成本。

### 绿氢成本敏感性分析

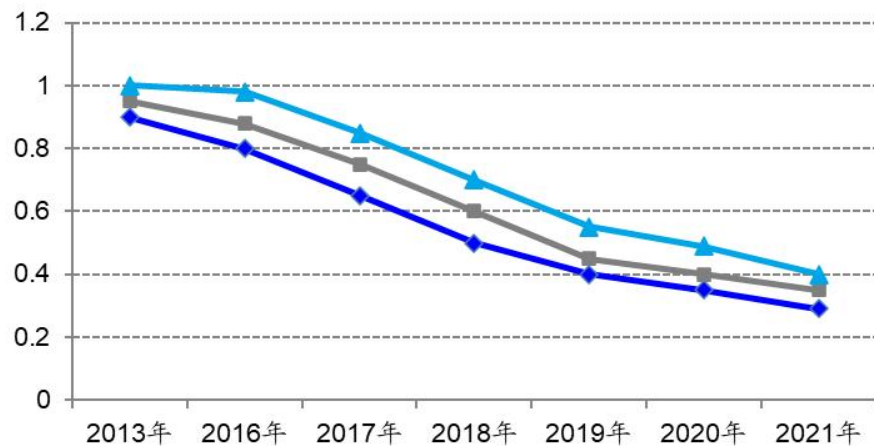
电价 (元/ kwh)	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
单耗 (kwh)	5	5	5	5	5	5	5
能源成本/(元/m <sup>3</sup> )	2.25	2	1.75	1.5	1.25	1	0.75
能源成本占比 (%)	77%	75%	72%	69%	65%	60%	53%
其他成本/(元/m <sup>3</sup> )	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
其他成本占比 (%)	23%	25%	28%	31%	35%	40%	47%
单位体积氢气成本/(元/m <sup>3</sup> )	2.92	2.67	2.42	2.17	1.92	1.67	1.42
单位质量氢气成本/(元/kg)	32.7	29.9	27.1	24.3	21.5	18.7	15.9

## 驱动因素：电解水制氢性价比逐步凸显，推动电解槽需求提升

- ▶ 光伏风电+电解水制氢有望快速降低制氢成本。目前由于我国电力以火电为主，如果采用电网电力则电解水制氢的碳排放强度高于煤制氢和天然气制氢，不符合目前的“双碳”政策导向。当电解水与光伏、风电等可再生电力耦合，一方面可以减少碳排放实现真正意义的绿氢。同时，光伏上网电价从2013年1.09元/kWh下降至2021年0.29元/kWh，降幅达到210%。2021年我国光伏及风电正式实现平价上网，未来随着光伏及风电成本下降，根据国家发改委能源所预测，2035年和2050年我国光伏发电成本将达到0.2元/kWh和0.13元/kWh，光伏及风电上网电价有望进一步下探，从而带动电解制氢的成本持续下降，进一步缩小电解制氢与化石能源制氢成本的差距。

### 光伏已进入平价上网时代

◆ I类资源区光伏电价 (元/kwh)    ■ II类资源区光伏电价 (元/kwh)  
▲ III类资源区光伏电价 (元/kwh)



### 光伏上网价格有望进一步下探

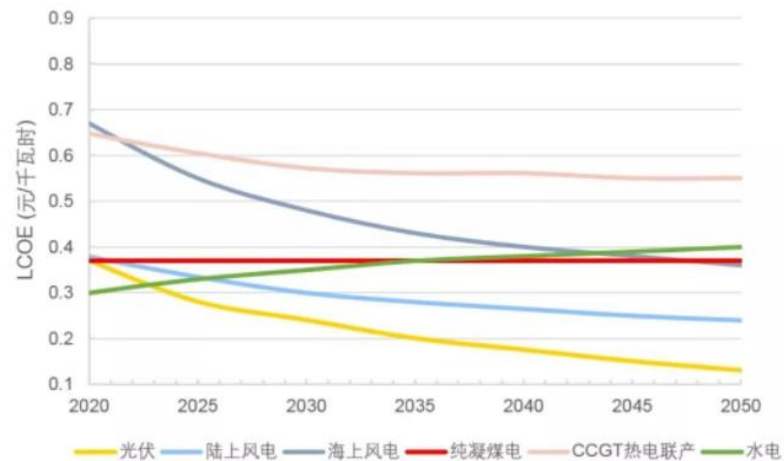
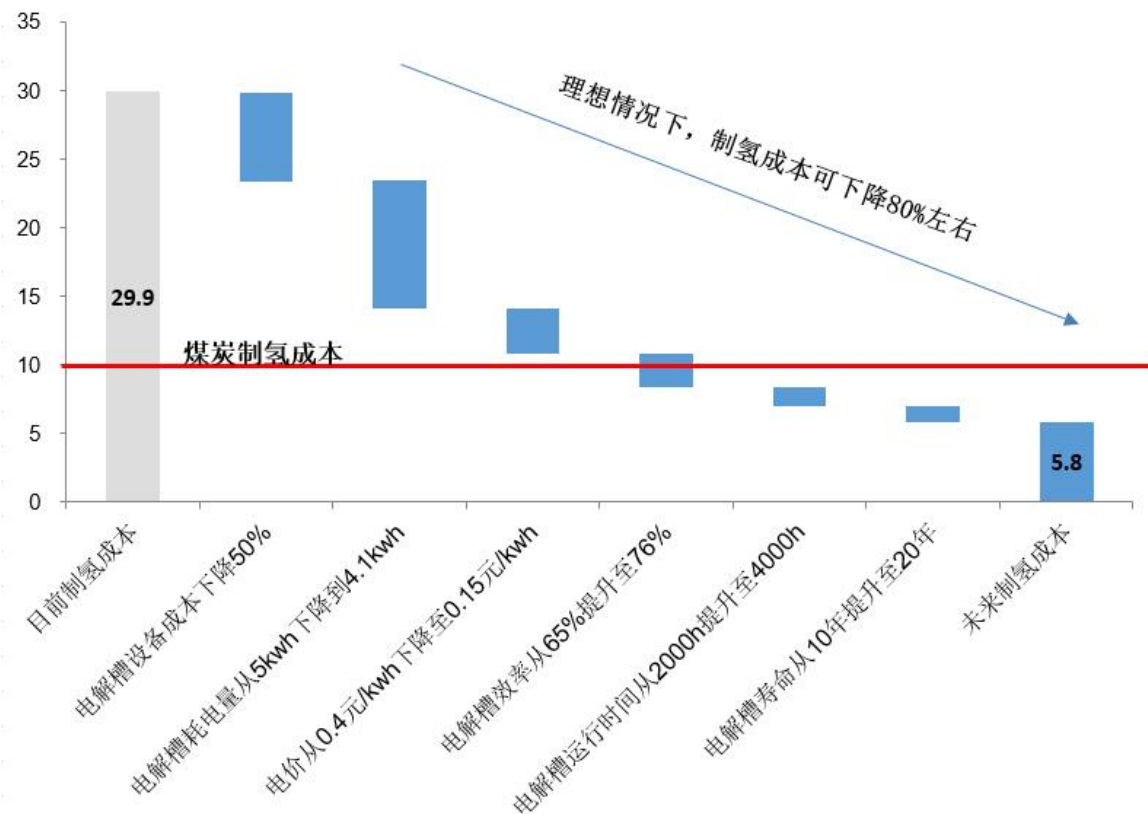


图2 不同发电技术发电成本 (含税, 含6-8%内部收益率的全成本) 趋势

## 驱动因素：电解水制氢性价比逐步凸显，推动电解槽需求提升

- ▶ **电解槽技术不断迭代，性价比提升有望降低制氢成本。** 电解槽工作时间不断延长：通过延长电解槽工作时间可生产更多“绿氢”从而摊薄其固定成本，根据我们的测算，当电解槽工作时长从2000小时提升至4000小时后氢气成本有望降低4.6%。
- ▶ **电解槽能量转换效率不断提升：**目前行业主流的碱性电解槽能量转换效率较低仅为60%-75%，成为阻碍电解水行业发展的一大难题，质子交换膜电解槽和固体氧化物电解槽可将能量转换效率提升至75%-85%，有望进一步降低制氢成本。
- ▶ **电解槽耗电量逐步下降：**电解水的主要成本来源于电费，降低电耗一直是困扰行业多年的难题，2023年隆基氢能发布碱性电解槽新品ALK Hi1率先打破僵局，ALK Hi1可以将耗电量由5度降低到4.3度，降幅达到16.3%，ALK Hi1 Plus则能将耗电量降低到4.1度，降幅达到22%，未来随着电解槽技术的不断迭代，耗电量有望继续下降。理想情况下，未来随着电解槽技术迭代及电价不断下降，制氢成本可下降80%达到5.8元/kg，低于煤炭9.9元/吨制氢成本。

未来随着电解槽技术迭代，理想情况下制氢成本可下降80%





## 市场规模：2025年电解槽市场规模将达到5280亿元

- 随着政策及市场的双轮驱动，氢能需求快速提升，根据我们的假设，2030年全球氢气需求量将达到1.2亿吨，占终端能源比重达到3.3%，根据中国氢能联盟预测，我国2030年氢气需求量将达到3715万吨，占终端能源比重达到5%。目前全球绿氢在氢能中的占比较小不足1%，未来具有较大得提升空间，我们预计2025/2030年全球绿氢占比可以达到15%/38%。目前行业主流碱性电解槽功率为1000Nm/h，全年工作时长预计为2400h，单台设备年产量将达到0.02万吨，未来随着电解槽产品不断升级，单台设备投资额有望持续下降。预计2023/2024/2025/2030年全球碱性电解槽市场规模可以达到1872/3651/5280/9425亿元，2022-2025年CAGR达到140.62%。

### 2022-2025年全球电解槽市场规模CAGR达到140.62%

	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2030E
全球氢气需求（万吨）	2500	3300	3306	3344	3381	3418	12438.36
占终端能源比重	3.4%	4.4%	4.45%	4.50%	4.55%	4.60%	3.30%
我国氢气需求（万吨）	8933	9423	9423	9800	10177	10554	3715
占终端能源比重	2.37%	2.40%	2.50%	2.60%	2.70%	2.80%	5%
全球绿氢需求（万吨）	22	47	94	490	1018	1583	4727
占比	0.25%	0.50%	1.00%	5.00%	10.00%	15.00%	38.00%
中国绿氢需求（万吨）	25	33	83	134	186	239	502
占比	1%	1%	2.5%	4.0%	5.5%	7.0%	13.5%
电解槽年产量（万吨）	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04
需求折算电解槽设备台数（台）	1063	2199	4311	21765	43466	64394	130906
碱性电解槽价格（万元/台）	920	900	880	860	840	820	720
全球碱性电解槽市场规模（亿元）	98	198	379	1872	3651	5280	9425
增速（%）		102.34%	91.72%	393.38%	95.06%	44.62%	25-30CAGR: 12.29%



## 目录

1

行业概况：绿氢发展带动电解槽放量

2

需求侧：技术&成本推动电解槽需求增长

3

供给侧：碱性电解槽主流地位稳固

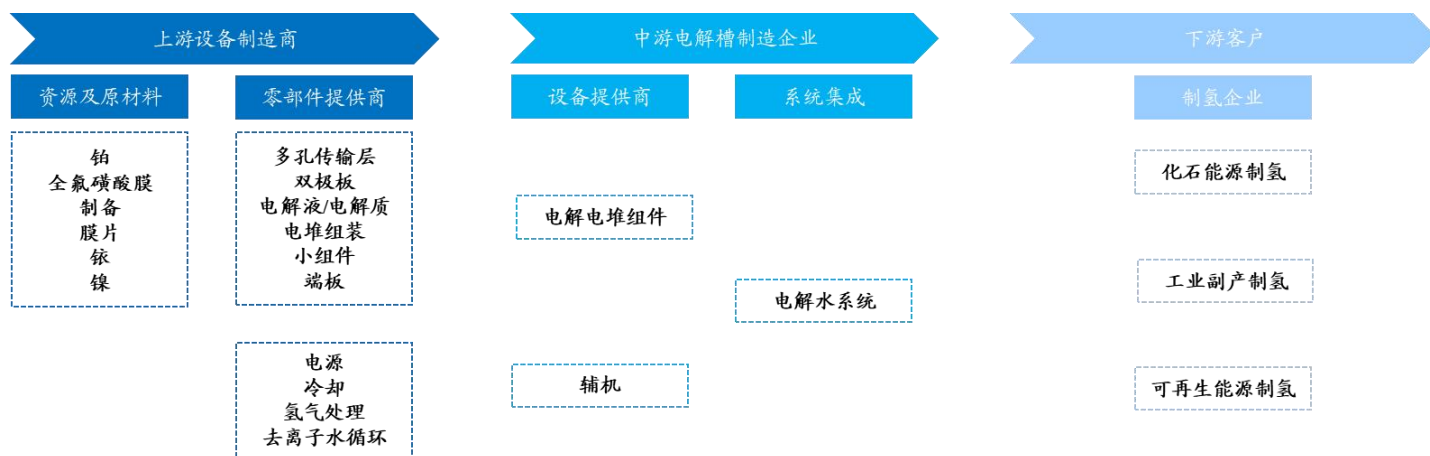
4

重要标的：新玩家入局，抢占先机

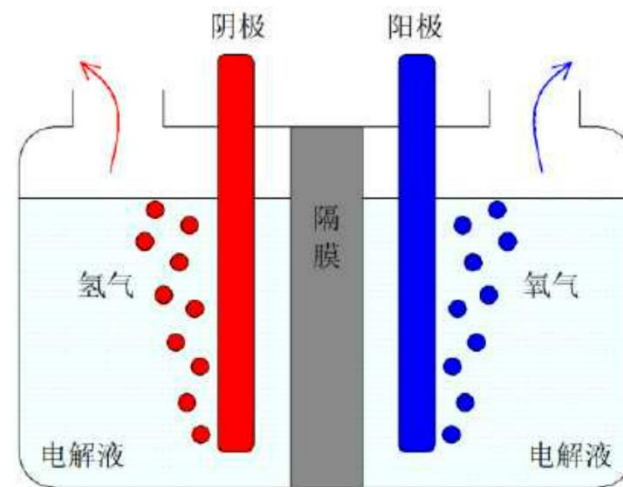
# 电解槽：水电解制氢的主要设备

➤ 水电解制氢设备的主机是电解槽。电解槽将水在直流电的作用下电解成氢气和氧气。电解槽的每个电解小室分为阳极小室和阴极小室。在电解槽中电解质，阴极小室产生氢气，阳极小室产生氧气。其主要性能要求包括：制得的氢气纯度高；能耗低；结构简单；制造维修方便且使用寿命长；材料的利用率高。电解槽主要部件和材料包括电极、隔膜、绝缘材料和电解液。

## 电解槽产业链



## 电解槽工作原理





## 电解水制氢技术：ALK和PEM已商用

- 主流电解水制氢技术包括碱性水电解（ALK）、质子交换膜电解（PEM）、高温固体氧化物电解（SOEC）、固体聚合物阴离子交换膜电解（AEM）四种。目前在中国，ALK已经完成可商业化，产业链较为成熟；PEM目前还处于商业化初期，产业链国产化程度不足；SOEC和AEM仍处于研发和示范阶段，目前没有进行商业化应用。

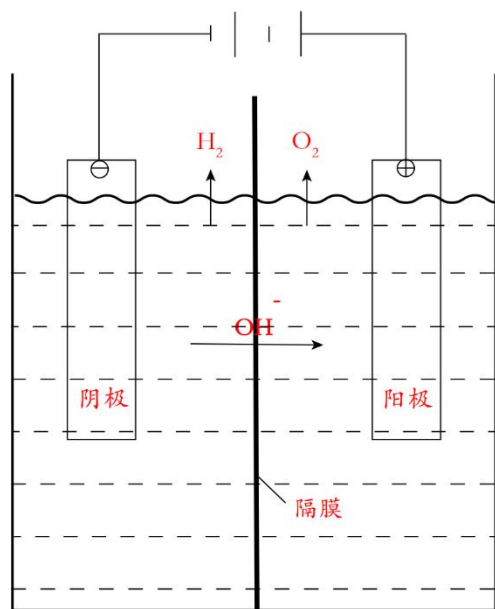
### 四种电解水制氢技术对比

电解技术	碱性水电解（ALK）	质子交换膜电解（PEM）	高温固体氧化物电解（SOEC）	固体聚合物阴离子交换膜电解（AEM）
电解质隔膜	30%KOH石棉膜	质子交换膜	固体氧化物	阴离子交换膜
电流密度/（A/cm <sup>2</sup> ）	<0.8	1-4	0.2-0.4	1-2
电耗/效率/（kWh/Nm <sup>3</sup> ）	4.2-5.5	4.0-5.0	预期效率约为100%	-
氢气纯度	≥99.8%	≥99.99%	-	≥99.99%
工作温度/°C	≤90	≤80	≥800	≤60
产氢压力/MPa	1.6	4	4	3.5
电解效率	60%-75%	70%-90%	85%-100%	60%-75%
单机规模/（Nm <sup>3</sup> /h）	2000	260	-	-
优点	技术成熟，成本低	安全无污染，灵活性高，能适应波动电源	安全无污染，效率高	使用非铂金属催化剂，能适应波动电源，安全无污染
缺点	存在腐蚀污染问题，维护成本高，响应时间长	质子交换膜等核心技术有待突破，成本高	工作温度过高，技术不够成熟	交换膜技术有待突破，生产规模有待提高

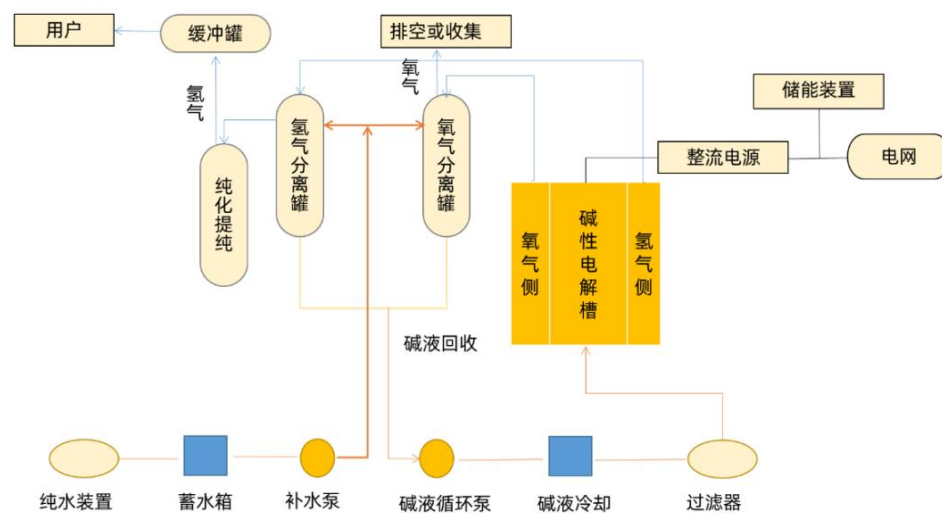
## 电解水制氢技术：碱性水电解技术（ALK）

- **碱性电解水制氢**是指在碱性电解质环境下进行电解水制氢的过程，电解质一般为30%质量浓度的KOH溶液或者26%质量浓度的NaOH溶液。碱性电解水制氢系统主要包括碱性电解槽主体和BOP辅助系统。电解槽主体由端压板、密封垫、极板、电板、隔膜等零部件组装而成。
- 碱性电解技术最大的优势是阴阳电极板中不含有贵金属，因此电解槽的**成本相对较低**。最核心的特点是**要求电力稳定可靠**，不适合风光等间歇性电能。**商业成熟度高**，运行经验丰富，国内一些关键设备主要性能指标均接近于国际先进水平，**单槽电解制氢量大**，易适用于电网电解制氢。

### 碱性水电解技术工作原理



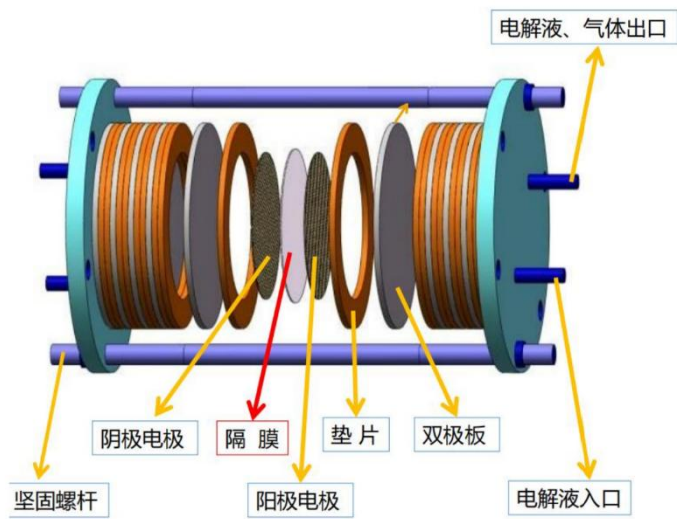
### 碱性电解水制氢工艺流程示意图



# 碱性水电解技术（ALK）：碱性电解槽主要组成部分

- 碱性电解槽主体由端压板、密封垫、极板、电板、隔膜等零部件组装而成，电解槽包括数十甚至上百个电解小室，由螺杆和端板把这些电解小室压在一起形成圆柱状或正方形，每个电解小室以相邻的2个极板为分界，包括正负双极板、阳极电极、隔膜、密封垫圈、阴极电极6个部分。碱性电解水制氢电解槽主要成本构成为电解电堆组件（45%）和系统辅机（55%）；电解槽成本中55%是膜片及膜组件。

碱性电解槽结构



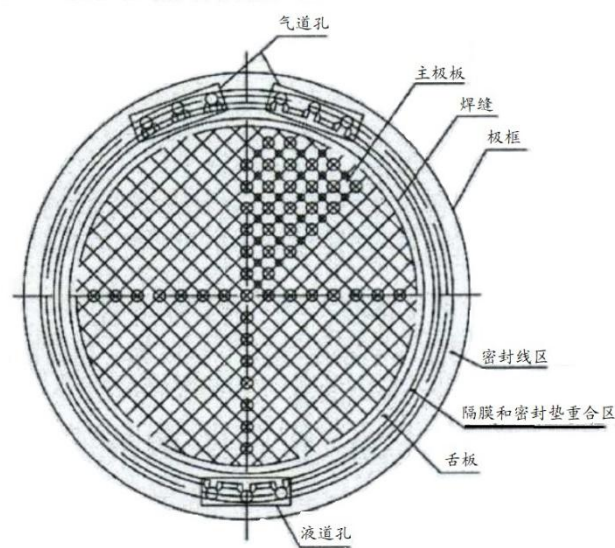
碱性电解槽主要组成部分

	极板和极框	隔膜	电极
主要作用	支撑电极和隔膜以及导电	防止氢气和氧气混合	发生电化学反应的场所，决定制氢效率的关键
性能要求	在碱液中不易被腐蚀	保证氢气和氧气分子不能通过隔膜，但允许电解液离子通过；耐高浓度碱液腐蚀；具有较好的机械强度；隔膜孔隙率尽可能高；在电解温度和碱液条件下能够保持化学稳定；原料易得、无毒、无污染，废弃物易处理	耐碱、耐高温、表面积大
材质/组成设备	铸铁金属板、镍板或不锈钢金属板	石棉隔膜（最早）、聚苯硫醚PPS隔膜（目前国内主流）， <b>未来研发重点</b> ：聚四氟乙烯树脂改性石棉隔膜、聚醚醚酮纤维隔膜、聚砜纤维隔膜等	国内大多采用镍基的，如纯镍网、泡沫镍或者以纯镍网或泡沫镍为基底喷涂高活性催化剂（高活性镍基催化剂、含贵金属催化剂）
主要供货商	-	PPS隔膜绝大部分依赖进口品牌供应，部分企业开始用复合膜，隔膜制造企业主要有东丽（中国）投资、Agfa-Gevaert Group及碳能科技	镍网代表性企业：安平县辉瑞丝网制造厂；电极喷涂代表性企业：保时来、北京盈锐优创氢能科技有限公司

## 碱性水电解技术 (ALK) : 碱性电解槽极板和极框起支撑作用

- 碱性电解槽极板是碱性电解槽的支撑组件，其作用是支撑电极和隔膜以及导电。国内极板材质一般采用铸铁金属板、镇板或不锈钢金属板，加工方式为：经机加工冲压成乳突结构，和极框焊接后镀镇而成。
- 碱性电解槽极框上分布有气道孔和液道孔，与主极板焊接的部分被称为舌板，极框最外侧为密封线区，其余为隔膜和密封垫的重合区。极框整个宽度为密封线宽度、流道区域宽度、隔膜和密封线重合区域宽度、舌板宽度。

碱性电解槽极板图片及示意图



## 碱性水电解技术（ALK）：碱性电解槽隔膜成本占比高

- **碱性电解槽隔膜**在电解槽成本中占比55%，用于碱性电解槽的隔膜最早使用石棉隔膜，目前主流使用的是聚苯硫醚PPS隔膜，高性能隔膜采用的是PPS涂覆无机层的复合膜，另外科研院所研发的重点隔膜还有聚四氟乙烯树脂改性石棉隔膜、聚醚醚酮纤维隔膜、聚砜纤维隔膜等。
- **复合隔膜性能佳，已逐步被采用。**碳能科技的新型无机-有机复合隔膜（简称复合隔膜），是由陶瓷粉体和支撑体组成。复合隔膜表面纳米多孔，内部为微米孔道结构，阻断氢气穿越能力强，同时透过电解液离子，具有永久亲水性，与进口隔膜性能相当，具有较好的电解性能和使用寿命。目前复合隔膜最大宽幅可达2米，可以满足大型电解槽尺寸需求。

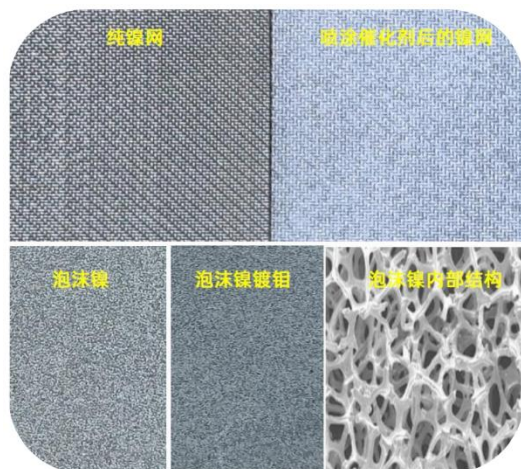
### 碱性电解槽隔膜材质对比

	石棉隔膜	聚四氟乙烯树脂改性石棉隔膜	聚苯硫醚隔膜（PPS）	聚砜类隔膜（PSF）	聚醚醚酮（PEEK）
优点	耐化学腐蚀、耐高温、高抗张强度、亲水性强	聚四氟乙烯包覆石棉纤维的隔膜结构增强了隔膜的耐腐蚀性和机械强度，也降低了石棉的溶胀性，有效地克服了石棉隔膜溶胀和易遭受碱腐蚀的缺点	耐热性能优异；刚性极强，表面硬度高，具有优异的耐蠕变形和耐疲劳性，耐磨性突出；耐腐蚀性强；高温条件下依然表现出良好的尺寸稳定性；高温、高湿、高频率下仍具有良好的电性能	具有优良的抗氧化性、热稳定性和高温熔融稳定性，同时具有优良的机械性能、耐高温、耐酸碱、耐细菌腐蚀、原料价廉易得，pH值应用范围广等	耐高温、耐化学腐蚀
缺点	具有溶胀性，使电解能耗升高；限制电解温度，使电流效率无法提高；对人体有毒性，可能引起砂肺病，许多国家都已经限制石棉材料的使用。	由于聚四氟乙烯树脂亲水性差，加入聚四氟乙烯的石棉隔膜亲水性大大降低，使得电流效率降低能耗升高，加入量越大隔膜亲水性也下降得越多。	电阻高，亲水性差，导致能耗增加	亲水性能差，使隔膜的水通量低，抗污染性能不理想，影响其应用范围和使用寿命。	隔膜性能与厚度受编织方式影响

## 碱性水电解技术（ALK）：电极决定制氢效率

- **碱性电解槽电极**是电化学反应发生的场所，也是决定电解槽制氢效率的关键。
- 目前国内大型碱性电解槽使用的电极大多是**镍基**的，如纯镍网、泡沫镍或者以纯镍网或泡沫镍为基底喷涂高活性催化剂。泡沫镍价格低廉、产品成熟，电极材料内部充满大量微孔，表面积非常大，溶液与电极的接触面积因此大大增加，缩短了传质距离，极大地提高电解反应效率。碱性电解槽用镍网目前**全部国产化**，主要分布在河北。
- **涂层催化剂**种类主要有两种：一种是高活性镍基催化剂，目前常见的有雷尼镍、活化处理的硫化镍、镍钼合金或者活化处理的镍铝粉等；一种是含有贵金属的催化剂（铂系催化剂，钌系催化剂，铱系催化剂等）。
- **电极制备是碱性电解槽的核心环节**。涂层方式有喷涂、滚涂、化学镀等方式，不同方式性能和成本也会有差异。国内电解槽电极喷涂分三种：只喷涂阳极、只喷涂阴极和阴阳极全部喷涂。阴极专用的镍铂钼涂层的优点是高电密、低电压、低成本、高寿命，是目前比较有优势的技术。

碱性电解槽电极图片

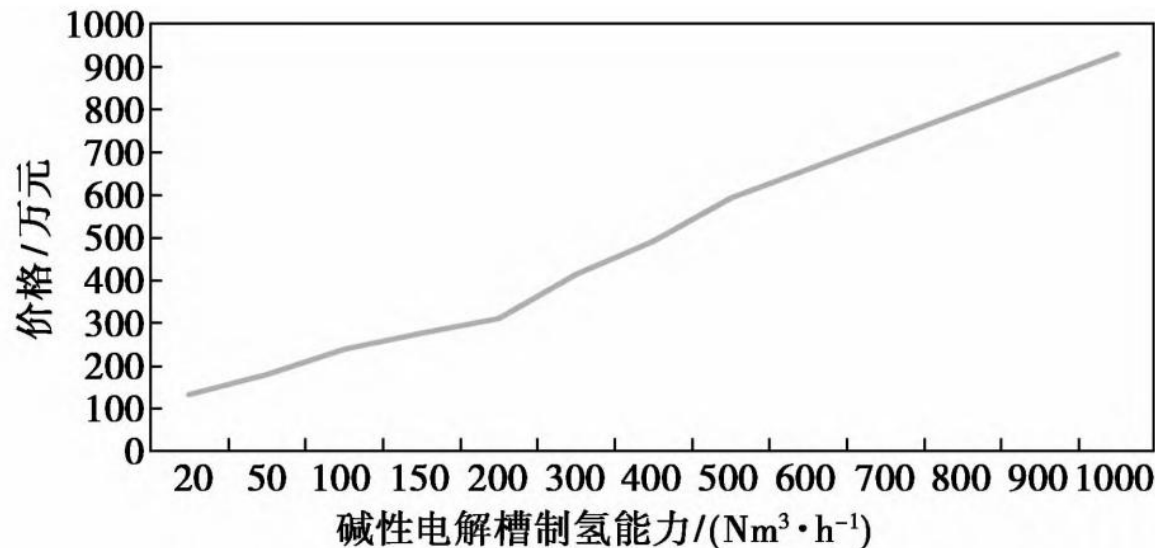




## 碱性水电解技术（ALK）：制氢能力越大，设备成本越高

- 一般碱性电解槽的成本与其制氢能力有关，制氢能力越大，设备成本越高。根据市场主要碱性电解槽厂家的报价，发现设备的制氢能力与其成本基本呈线性正相关关系。1台1000Nm<sup>3</sup>/h电解水制氢装置的成本是2台500 Nm<sup>3</sup>/h成本的70-75%，正在研制的更大产量的电解槽会进一步降低投资和运行成本，更有利于电解水设备的大规模应用。
- 针对可再生能源发电的波动性、不稳定性特点，电解水制氢装置确定设备型号、数量及制氢/供氢的均衡/负荷率，原则上应进行技术与经济的综合比较，确定选型、总制氢容量等，然后进行合理配置，具体拟建绿氢系统的总制氢量所用电力应小于可再生能源发电的额定输出功率。

碱性电解槽制氢能力与成本的关系





## 碱性水电解技术（ALK）：碱性电解槽主要供应商及产品

- 国内已有超百家企业布局或规划碱性电解槽的研发或生产，国内主流的碱性电解槽企业，均具备大功率电解槽的生产能力，负载可调范围广，产品成熟度高。其中中船（邯郸）派瑞氢能科技有限公司（2022年产能1.5GW（碱性+PEM））、考克利尔竞立（苏州）氢能科技有限公司（2022年产能1GW）、天津市大陆制氢设备有限公司（2022年产能1GW）是主流供货商，从其产品应用情况看，电力、冶金、化工、电子等应用领域，各家均有涉足。从客户分布看，除了中国市场，各家国外的碱性电解槽市场也很广阔，说明国内产品在国际上同样具备较强的竞争力。
- 2021年8月至今，多家企业陆续发布了碱性电解槽新品，其中单槽最大产氢量已达到 2000Nm<sup>3</sup>/h,碱性电解槽的大型化迭代升级，正突飞猛进发展。

### 碱性电解槽主要供应商及产品

地区	企业名称	成立时间	产品发布时间	单槽最大产氢量 (Nm <sup>3</sup> /h)	2022年产能
安徽	安徽马钢重型机械制造有限公司	2013年10月	2021年8月	30	-
陕西	西安隆基氢能科技有限公司	2021年3月	2021年10月	1000	1.5GW
江苏	考克利尔竞立（苏州）氢能科技有限公司	2018年12月	2021年11月	1300	1GW
江苏	扬州吉道能源有限公司	2021年3月	2021年12月	1350	-
湖南	湖南氢氢松松科技发展有限公司	2019年12月	2022年2月	500	-
江苏	江苏国富氢能技术装备股份有限公司	2016年6月	2022年4月	1000	0.25GW
广东	深圳市瑞麟科技有限公司	2008年6月	2022年6月	500	0.3GW
北京	华电重工股份有限公司	2008年12月	2022年7月	1200	-
江苏	苏州希倍优氢能源科技有限公司	2021年7月	2022年8月	1400	1GW
山东	山东奥扬新能源科技股份有限公司	2022年2月	2022年8月	1200	1GW
广东	广东盛氢制氢设备有限公司	2022年5月	2022年8月	100	-
河北	中船（邯郸）派瑞氢能科技有限公司	2021年9月	2022年12月	2000	1.5GW



## 碱性水电解技术（ALK）：2023年1-2月碱性电解槽招标超730MW

- 2023年1-2月，全国有至少8个采用碱性水电解技术的绿氢项目开工或进入制氢设备招标环节，而2022年同期则主要只有中石化新疆库车项目，该项目电解槽招标量为260MW。电解槽需求预计超730MW，约为去年同期2.8倍。
- **碱性电解槽制氢应用领域拓展。**全国首个海水制氢项目开工，大连清洁能源集团旗下的海水制氢产业一体化示范项目，一期投资约8亿元，建设100兆瓦滩涂光伏，60兆瓦制氢，计划于今年10月1日正式建成投产，形成年发电量1.37亿千瓦时绿电和年产2000吨的新能源绿氢产能。

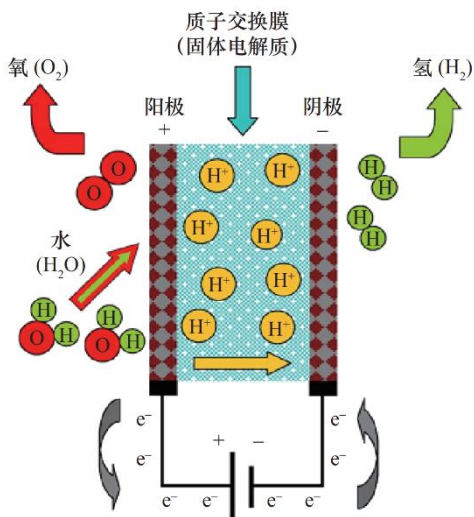
### 2023年1-2月碱性电解槽项目招标

项目名称	招标人/相关企业	电解槽招标量
国能宁东可再生氢碳减排示范区一期项目	国华投资宁夏分公司	5000Nm <sup>3</sup> /h (25MW)
陕源县300MW光伏制氢项目	涑源氢阳新能源开发有限公司	2×600Nm <sup>3</sup> /h (6MW)
海水制氢产业一体化示范项目	大连洁净能源集团有限公司	12×1000Nm <sup>3</sup> /h (60MW)
平凉海螺岭洞区峡门100兆瓦风力发电及制氢项目	平凉海螺水泥有限责任公司	5MW
鄂托克前旗上海庙经济开发区深能北方光伏制氢项目	长江勘测规划设计研究有限责任公司	9000Nm <sup>3</sup> /h (45MW)
鄂尔多斯市风光融合绿氢示范项目	中石化新星内蒙古绿氢新能源有限公司	390MW
七台河勃利县200MW风电制氢项目	七台河润沐新能源有限公司	1500Nm <sup>3</sup> /h (7.5MW)
大安风光制绿氢合成氨一体化示范项目	吉林电力股份有限公司	39×1000Nm <sup>3</sup> /h (195MW)
		733.5MW

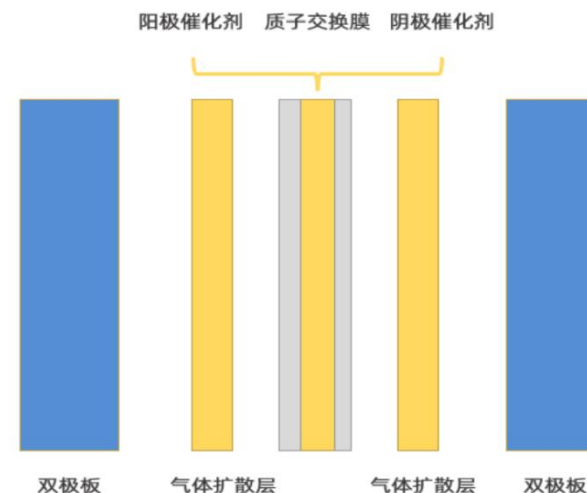
## 电解水制氢技术：质子交换膜电解（PEM）

- 质子交换膜水电解制氢是指使用质子交换膜作为固体电解质，并使用纯水作为电解水制氢的原料的制氢过程。PEM电解水制氢系统由PEM电解槽和辅助系统（BOP）组成。
- 和碱性电解水制氢技术相比，PEM电解水制氢技术具有**电流密度大、氢气纯度高、响应速度快**等优点，PEM电解水制氢技术工作效率更高。但是由于PEM电解槽需要在强酸性和高氧化性的工作环境下运行，因此设备对于价格昂贵的金属材料如铱、铂、钛等更为依赖，导致**成本过高**。目前中国的PEM电解槽发展和国外水平仍然存在一定差距，国内生产的PEM电解槽单槽最大制氢规模大约在 $260\text{Nm}^3/\text{h}$ ，而国外生产的PEM电解槽单槽最大制氢规模可以达到 $1000\text{Nm}^3/\text{h}$ ，国产大型质子交换膜水电解技术还有很大的进步空间。

### 质子交换膜水电解制氢原理



### PEM电解槽内部结构





## 质子交换膜电解（PEM）：质子交换膜电解槽主要组成部分

▶ 质子交换膜电解槽由质子交换膜、催化剂、气体扩散层和双极板等零部件组装而成，是PEM电解水制氢装置的核心部分。电解槽的最基本组成单位是电解池，一个PEM电解槽包含数十甚至上百个电解池。质子交换膜电解槽成本45%是电解电堆、55%是系统辅机；其中电解电堆成本中53%是双极板；膜电极成本由金属Pt、金属Ir、全氟磺酸膜和制备成本四要素组成。由于PEM电解槽的质子交换膜需要150-200微米，在加工的过程中更容易发生肿胀和变形，膜的溶胀率更高，加工难度更大，主要依赖于国外产品。

### PEM电解槽主要组成部分

主要组成部分	质子交换膜	催化剂	气体扩散层/集流器	双极板
主要作用	质子交换的通道；作为屏障防止阴阳极产生的氢气和氧气互相接触；为催化剂涂层提供支撑	电化学反应的场所	确保气体和液体在双极板和催化剂层之间的传输，并提供有效的电子传导	支撑膜电极和气体扩散层；汇流气体（氢气和氧气）及传导电子的通道
性能要求	极高的质子传导率和气密性，极低的电子传导率；良好的化学稳定性，承受强酸性；较强的亲水性	具备良好的抗腐蚀性、催化活性、电子传导率和孔隙率等	拥有合适的孔隙率，良好的导电性，确保电子传输效率	具备较高的机械稳定性、化学稳定性和低氢渗透性
材质/组成设备	全氟磺酸基聚合物	依赖贵金属，阴极催化剂为以碳为载体材料的铂碳催化剂；阳极催化剂一般选用耐腐蚀且析氧活性高的贵金属，如铱、钌及其对应的氧化物	阳极气体扩散层主要选择耐酸耐腐蚀的钛基材料，并涂抹含铂或铱的涂层进行保护；阴极扩散层主要选择碳纸或钛毡	钛材料，并涂抹含铂的涂层
主要供货商	生产技术长期被海外所垄断，国内工业级PEM产品供货来自杜邦的Nafion™系列。国内仅东岳未来氢能和科润新材料等少数企业在民用领域取得一定应用	国内生产商包括中科科创、济平新能源等；国外企业有优美科、贺利氏等。	国内目前可以生产钛基气体扩散层的企业较少，包括浙江玖显、菲尔特、西部材料等	国内生产商包括上海治臻和金泉益
未来发展方向	注重质子传导率、气体交叉渗透和高压机械稳定性三者之间的平衡，开发复合增强膜，在材料中引入聚芳烯类的聚合物对膜进行结构强化和改性	降低催化剂中贵金属的含量，阴极催化剂开发方向集中于降低铂在催化剂中的用量，加入非贵金属基化合物	关键在于保持系统的动态平衡，在气液逆流的情况下，减少气液阻力，及时移除阳极产生的氧气，并将液态水及时运输至阳极催化层。孔隙率、孔径尺寸和厚度等指标都是未来需要研究的重点。	冲压工艺



## 质子交换膜电解（PEM）：质子交换膜电解槽主要供应商及产品

- 国内涉及质子交换膜电解水制氢技术的**企业相对较少**，目前约有20家企业在质子交换膜电解水制氢领域布局。2021年之前，聚焦质子交换膜电解水制氢技术的企业主要包括中船派瑞氢能和赛克赛斯等深耕多年的企业，2021年后，多家新能源企业纷纷进入。质子交换膜制氢设备的传统应用领域主要集中在电子加工、半导体、电力、金属粉末加工和高校实验室等领域。在这些领域，中船派瑞氢能和赛克赛斯等企业生产的小型**质子交换膜电解制氢设备**得到了广泛应用。
- 目前中国质子交换膜制氢设备的**产能已经超过百兆瓦级**，和碱性制氢设备吉瓦级的产能差距明显。未来，质子交换膜制氢设备**将向大功率制氢的方向发展**。包括中船派瑞氢能、赛克赛斯和国氢科技长春绿动等都开始研发兆瓦级以上的大功率质子交换膜电解槽。

### 质子交换膜电解槽主要供应商及产品

#### 派瑞氢能科技有限公司

制氢规模：0.01-300 (Nm<sup>3</sup>/h)

运行负荷：0-100%

产能：年产120套PEM制氢设备

#### 山东赛克赛斯氢能源有限公司

制氢规模：0.5-260 (Nm<sup>3</sup>/h)

运行负荷：0-100%

产能：达到百兆瓦级

#### 阳光氢能科技有限公司

制氢规模：200 (Nm<sup>3</sup>/h)

运行负荷：5-110%

2021年3月发布SEP50PEM电解槽；  
2022年7月发货兆瓦级PEM制氢设备



## 质子交换膜电解（PEM）：国内PEM产业化和市场应用均有所突破

- 目前聚焦技术研发和设备生产的科研机构和公司主要有中科院大化所、山东赛克赛斯、中船718所、淳华氢能等。近两年，阳光电源、国电投和中石化等企业也开始布局 PEM 电解槽的研发和生产。
- 随着国产燃料电池产业化的提速和成本下降，未来其成本下降的效益可以被 PEM 制氢设备共享。预计未来对大型 PEM 电解水制氢设备的需求将进一步增加，随着产能扩大、设备国产化和技术提升，国产 PEM 制氢系统的成本有望下降 50% 以上。

### 国内的MW级PEM电解水制氢项目

时间	地点	项目名称	开发商	PEM设备供应商	规模（MW）
2020	北京延庆	氢能创新产业园	国家电投	西门子	1.25
2021	河南濮阳	兆瓦级可再生电力电解水制氢示范项目	中石化中原油田	康明斯	2.5
2021	内蒙古乌兰察布	“源网荷储一体化”示范项目	中国三峡集团	康明斯	2.5
2021	安徽六安	兆瓦级质子交换膜PEM电解制氢项目	国网安徽公司	中科院大化所	1
2022	北京	MW级PEM膜电解水制氢技术研发项目	北京燕山石化	中石化	1
					8.25



## 电解水制氢技术：两种新型电解水制氢技术——SOEC和AEM

- ▶ **高温固体氧化物电解水制氢 (SOEC)** 是指在高温下将电能和热能转化为化学能的过程。SOEC电解系统的最基本组成单元是SOEC电解池，多个电解池组装在一起成为SOEC电堆。多个电堆和气体处理系统、气体输送系统一起可以组合成SOEC电解模块。高温固体氧化物电解水制氢技术电解池由电解质、阴极和阳极等核心部分组装而成。
- ▶ SOEC电解水制氢技术最大的优势是**电耗低**，适合产生高温、高压蒸汽的光热发电系统。但由于对阴阳极材料的特性要求较高，使得材料的成本大大增加，因此**商业化应用受到限制**。
- ▶ 高温固体氧化物电解水技术总体**产业化程度不高**，推出的商业化产品较少，仍处于研发阶段。国外企业主要包括德国Sunfire公司和美国Bloom Energy公司等。国内目前尚处于研发示范阶段。
- ▶ 由于在运行过程中对于热能的需求更大，国内外SOEC示范项目主要集中于**热能资源丰富或废热较多的地区**，如钢铁冶炼工厂、化工合成工厂或者核能发电工厂，这些是未来SOEC的主要应用场景。

### SOEC电解水制氢电解池主要组成部分

主要组成	电解质	阴极	阳极
主要作用	将阴极产生的氧离子传导至阳极，阻隔电子传导，并防止阴阳极产生的氢气和氧气接触	原料水分解的场所，提供电子传输通道	产生氧气的场所
材质	通常选用导电陶瓷材料。800-1000℃常用有钇稳定的氧化锆 (YSZ) 和铈稳定的氧化锆 (ScSZ)；600-800℃常用镧锶镓镁 (LSGM)、钐掺杂的氧化铈 (SDC) 和钐掺杂的氧化铈 (GDC)	通常选用金属陶瓷复合材料，如镍、钴、铂、钨等金属	常用钙钛矿氧化物，掺杂铈的锰酸镧 (LSM) 最具代表性

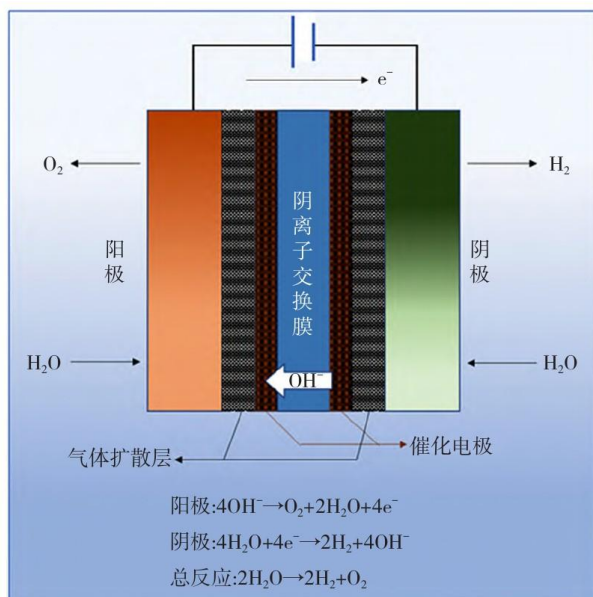
### SOEC电解水制氢技术主要企业及产品

国外企业	国内企业
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sunfire</b>: 产品制氢规模45Nm<sup>3</sup>/h，制氢电耗3.3kWh/Nm<sup>3</sup>，主要应用于钢铁冶炼、油品冶炼</li> <li>• <b>Bloom Energy</b>: 产品制氢规模87Nm<sup>3</sup>/h，制氢电耗3.5kWh/Nm<sup>3</sup>，主要应用于核能制氢</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>上海应用物理研究所</b>: 产品电解功率可达7.2kW，性能衰减率仅为0.5%/kh。研制的20kW级高温电解制氢与加氢一体化系统，结合100kW光伏系统，开展微能源网技术验证；200kW级高温电解制氢系统启动研发</li> <li>• <b>浙江氢邦科技有限公司</b>: SOEC千瓦级电解堆研发成功并顺利运行，H2-Bank已经建成MW级单电池制备的试验线</li> <li>• <b>北京质子动力发电技术有限公司</b>: 产品为阳极支撑平板型SOEC，2022年，质子动力为国家电网提供5kW SOEC制氢，系统，用于国家电网谷电制氢示范项目，是该公司首套SOEC制氢系统示范运营项目</li> </ul>

## 电解水制氢技术：两种新型电解水制氢技术——SOEC和AEM

- 固体聚合物阴离子交换膜水电解（AEM）是指使用成本较低的阴离子交换膜作为隔膜，低浓度的碱性溶液或纯水作为电解液，非贵金属催化剂作为反应催化剂的制氢过程。AEM电解池核心构成包括阴极材料、阳极材料和阴离子交换膜。目前开发的阴离子交换膜仍然无法兼顾工作效率和设备寿命，还未找到最合适的材料，阴极材料主要是镍，阳极材料主要是镍铁合金。
- AEM电解水技术是目前较为前沿的电解水技术之一，AEM电解水技术结合了ALK电解水技术和PEM电解水技术的优点，目前处于实验室研发阶段，全世界只有极少数的公司在尝试将其商业化。

AEM工作原理示意图



AEM电解水制氢技术代表性企业

### 国外企业

- **Enapter**：是少数成功生产出商业化AEM制氢设备的企业，产品生产速率 $0.5Nm^3/h$ ，制氢电耗 $4.8kWh/Nm^3$ ，于2021年开始AEM产线的建设

### 国内企业

- **北京未来氢能科技**：于2022年8月开始建设AEM制氢设备中试基地，包含阴离子交换膜、金属双极板和催化剂等关键部材产线
- **稳石氢能**：自主研发的AEM电解水制氢系统由多个电解模块组成，可以满足 $1-200Nm^3/h$ 的制氢需求



## 电解水制氢技术：技术&成本分析

- ▶ 电解水制氢的成本主要取决于**电力成本、电解槽投资成本和运行负荷**，其中电力成本对电解水制氢的敏感性影响最高，占60%~70%。随着电力成本下降，设备投资成本的占比逐渐增加。未来降本驱动因素主要在于：**电价降低、设备利用率的增加以及技术进步降低电解槽成本**，但由于碱性电解槽工艺技术已经十分成熟，通过技术革新降低成本幅度不大，PEM存在较大降本空间，未来10年通过技术改进和规模扩张，可以降本40%，制氢成本将下降5%-10%。
- ▶ 对于碱性电解槽在新能源发电系统中的应用，目前国内部分碱性电解槽厂商将**提高电流密度、采取热启动**作为解决碱性电解槽响应速度的重要方式。有示范项目利用多种混合储能方式进行平抑波动，优化运行。利用碱性电解槽可以**适应高功率和功率快速调节运行工况**，但无法长时间处于低功率工况运行的特点，在混合储能系统协调运行中，进行设计使其在高功率运行和快速功率调节工况中运行，同时，为了保持运行安全性和稳定性，尽量避免其在低功率工况下运行。

### ALK与PEM技术&成本分析

比较角度	项目	ALK	PEM
成本角度	固定成本/万元	1500	4500
	电成本 (元/kg)	14.19	13.86
	水成本 (元/kg)	0.56	0.56
	维护成本 (元/kg)	1.11	3.33
	LEOC (元/kg)	17.71	23.3
技术角度		存在碱液流失、腐蚀、能耗高等问题	工作电流密度、总体效率、氢气体积分数、产气压力更高
与清洁能源发电的匹配性		差	适应可再生能源发电的波动性

### ALK与PEM技术经济指标对比

项目	ALK			PEM		
	目前	2030年	远期	目前	2030年	远期
电效率, %	63-70	65-71	70-80	56-60	63-68	67-74
工作压力/MPa	0.1-3.0			3-8		
运行寿命 × 10 <sup>4</sup> /h	6-9	9-104	10-15	3-9	6-9	10-15
负载范围, %	15-100			0-160		
单位耗能 (kW/m <sup>3</sup> )	4.2-5.9			4.2-5.6		
投资成本 (元/kW)	2000-10000	2800-6000	1400-4800	8000-13000	4500-10500	1400-6200

## 电解水制氢技术：规模化集中式以ALK为主，PEM补充小型分布式

- 随着产业的进一步发展，未来应用场景将不断拓宽，大型化、低成本、低能耗是产业发展共识。需要大规模制氢产能的化工冶金领域将持续采用碱性电解槽制氢，而在分布式能源场景中，如现场制氢加氢站这种氢能产量较小的场景，PEM电解槽将具有独特优势。
- 相比于碱性电解槽，PEM电解槽由于设备成本过高，制氢成本相对较高，未来随着氢能行业的发展，氢气需求的增加，以及技术的进步，会带来PEM电解槽成本的下降，叠加可再生能源电力成本的下降和产氢数量的增加因素，以及如果考虑用地面积，即土地成本，PEM电解槽更加紧凑，同等规模下PEM占地面积几乎为碱性装置的一半，在土地昂贵的地区PEM电解槽优势更加明显，结合其效率高、能耗少、响应快、负载高等优势，预计PEM未来发展空间大。

### ALK与PEM系统组成成本占比

系统组成	主要部分	ALK	PEM
电解电堆组件 (45%)	双极板	7%	53%
	膜电极/膜片及电极组件	55%	24%
	多孔传输层	8%	17%
	电堆组装和端板	11%	-
	结构层	15%	3%
	小组件	4%	3%
辅助系统 (55%)	电源	50%	50%
	冷却	8%	8%
	氢气处理	20%	20%
	去离子水循环	22%	22%

### PEM组成部件技术改进方向

PEM组成部件	技术改进方向
电催化剂	未来减少贵金属催化剂用量以降低成本的方法是研发超低载量、有序化膜电极或开发适应酸性环境的非贵金属析氢催化剂。
质子交换膜	PEM质子交换膜材料由碳、氢、氟等元素组成，成本下降空间较大。目前电解制氢质子交换膜多为全氟磺酸膜，制备工艺复杂，长期被美国和日本企业垄断，若实现国产化，则有较大的成本降低空间。
膜电极	新制备方法从多方向、多角度改进膜电极结构，改善传质能力，提高贵金属利用率，提升膜电极的电化学性能。
双极板	技术创新推动双极板性能和耐久性增强以及成本降低，目前研究集中于寻找价格更廉价的替代材料，如使用Ti涂层来保持功能特性不受影响的同时降低成本。
多孔传输层	国产化后有较大的成本降低空间。
电解槽整体性能	可以重新设计电解槽以实现更高的效率、更长的寿命及更高的电流密度；通过增加生产规模和单槽规模实现规模经济效益。



## 电解水制氢技术：电解槽供应商产能及预测

- 根据彭博新能源，2030年全球电解槽装机规模将增长120倍以上，从如今的2GW到2030年的242GW，2022年底预期年生产力全球前20家电解槽生产商中，年生产量共计14GW，其中8家企业来自中国，隆基氢能以1.5GW产能位列榜首。2023年底预期年生产力全球前20家电解槽生产商中，年生产量共计26.4GW，其中共9家企业来自中国。

电解槽生产商2022年及2023年产量预测

2022年			2023年		
地区	企业名称	年生产量 (GW)	地区	企业名称	年生产量 (GW)
中国	隆基	1.5	美国	普拉格能源	3
中国	派瑞氢能	1.5	中国	隆基	2.5
中国	阳光电源	1.1	比利时	考克利尔竞立	2.5
比利时	考克利尔竞立	1	英国	ITM Power	2.5
德国	蒂森克虏伯	1	美国	Ohmium	2
中国	奥扬科技	1	美国	康明斯	1.6
英国	ITM Power	1	中国	派瑞氢能	1.5
美国	普拉格能源	1	德国	蒂森克虏伯	1.5
美国	Ohmium	1	挪威	HydrogenPro	1.3
美国	康明斯	0.6	德国	西门子	1.3
挪威	Nel (耐欧)	0.6	中国	阳光电源	1.1
中国	中电丰业	0.5	中国	奥扬科技	1
中国	国富氢能	0.5	中国	国富氢能	1
德国	西门子	0.3	挪威	Nel(耐欧)	0.6
中国	瑞麟科技	0.3	中国	中电丰业	0.5
挪威	HydrogenPro	0.3	德国	Sunfire	0.5
中国	凯豪达	0.3	中国	凯豪达	0.5
德国	Sunfire	0.3	中国	希倍优	0.5
法国	麦克菲	0.1	中国	异辉科技	0.5
丹麦	Green Hydrogen Systems	0.1	印度	印度瑞来斯实业公司	0.5
	合计	14		合计	26.4

## 电解水制氢技术：新品快速向大标方跃升

- 碱性电解槽仍占绝对主流。2022-2023年23款新电解槽产品中，18款是ALK电解槽，占比约80%，部分企业推出了电解制氢系统产品，“系统商”开始出现。
- ALK电解槽进入大标方时代。大多数单台产氢量在1000Nm<sup>3</sup>/h及以上，部分达到2000Nm<sup>3</sup>/h；5家企业发布PEM电解槽，单台产氢量最高达200Nm<sup>3</sup>/h。

2022-2023.01 电解槽产品新品发布情况

技术路线	时间	企业名称	新品参数
ALK	2023.01.16	中集集电（广东）科技发展有限公司	单台产氢量为1200Nm <sup>3</sup> /h
	2022.12.19	江苏天合元氢科技有限公司	单槽产氢量为1000Nm <sup>3</sup> /h
	2022.12.16	中船（邯郸）派瑞氢能科技有限公司	单台产氢量2000Nm <sup>3</sup> /h
	2022.12.08	上海氢气时代科技有限公司	单槽产氢量1500 Nm <sup>3</sup> /h
	2022.11.25	清耀（上海）新能源科技有限公司	MW级全自动并/离网制氢装备
	2022.11.15	深圳市图灵科创产业发展有限公司	海水/碱水电解制氢设备
	2022.10.13	明阳智慧能源集团有限公司	单台产氢量1500-2500Nm <sup>3</sup> /h
	2022.09.29	内蒙古亿利氢田时代技术有限公司	单台产氢量1000 Nm <sup>3</sup> /h
	2022.09.21	双良节能系统股份有限公司	单台产氢量1000Nm <sup>3</sup> /h
	2022.08.28	山东奥扬新能源科技股份有限公司	单台产氢量1500 Nm <sup>3</sup> /h
	2022.08.22	广东盛氢制氢设备有限公司	单台产氢量100Nm <sup>3</sup> /h
	2022.08.18	海德氢能源科技（江苏）有限公司	“氢舟”电解水制氢系统
	2022.08.18	苏州希倍优氢能源科技有限公司	单台产氢量1400 Nm <sup>3</sup> /h
	2022.07.12	中国华电集团有限公司	单套产氢量1200Nm <sup>3</sup> /h
	2022.04.08	江苏国富氢能技术装备股份有限公司	单套产氢量1000 Nm <sup>3</sup> /h
	2022.03.11	湖南氢氢松松科技发展有限公司	单台产氢量500 Nm <sup>3</sup> /h
	2022.01.16	苏州苏氢制氢设备有限公司	单套产氢量为2000Nm <sup>3</sup> /h
	2022.01.10	中国宝武钢铁集团有限公司	单台产氢量30Nm <sup>3</sup> /h
PEM	2022.12.10	中国石油化工集团有限公司	MW级PEM制氢装备
	2022.12.08	上海氢气时代科技有限公司	单槽产氢量50 Nm <sup>3</sup> /h
	2022.11.15	广东卡沃罗氢科技有限公司和江苏国富氢能技术装备股份有限公司合作开发	单台产氢量100Nm <sup>3</sup> /h
	2022.11.08	融科氢能源有限公司	单槽产氢量200Nm <sup>3</sup> /h
	2022.07.19	长春绿动氢能科技有限公司	单套产氢量200Nm <sup>3</sup> /h



## 电解槽入局玩家及最新进展介绍

公司名称	电解槽项目
天合光能	2021年6月，天合光能与中国石化集团公司签署战略合作框架协议，将围绕绿电制氢业务展开深度合作。2022年12月19日，天合元氢首台套碱性电解水制氢设备正式下线，该设备产氢量为1000Nm <sup>3</sup> /h，可以有效解决新能源弃电问题。
林洋能源	2021年8月，林洋能源全资子公司林洋创业投资有限公司与舜华新能源合资成立清耀（上海）新能源科技有限公司，正式进军氢能业务，其中舜华控股60%林洋参股40%。2022年11月25日，清耀（上海）新能源科技有限公司正式发布新产品“全自动并/离网SAK1600系列碱性电解水制氢装备”，单套产氢量可达500Nm <sup>3</sup> /h。
明阳智能	明阳集团于2021年先后与中国石化、宁德时代、隆基股份等巨头名企在氢能领域签署战略合作协议，2022年又陆续与中海油、中国能建等央企达成氢能领域的合作，积极布局氢能源产业。2022年10月13日，明阳智能全球最大单体碱性水电解制氢装备在广东成功下线，其单体产氢量达1500-2500Nm <sup>3</sup> /h，单体产氢能力全球最大。与同等级设备相比，该制氢装置电解槽长度缩小50%，产氢能损更低；在大规模制氢项目的应用中，单位产能设备投资可以减少30%。
亿利洁能	2022年9月29日，亿利阳光谷库布其低碳产业园500台套电解槽生产线正式投产，首台套1000Nm <sup>3</sup> /h碱性电解槽正式下线，这也是内蒙古自治区首台套。亿利洁能电解槽在2022年实现年产50台套（250MW），预计2024年实现年产500台套（共2.5GW）碱性电解制氢设备，2030年在我国年产1000台套。
双良节能	2022年3月，双良节能成立氢能研究中心，专注氢能产业链技术研发，旗下子公司双良新能源负责设备的研发和制造。2022年9月，双良绿电首个单槽1000Nm <sup>3</sup> /h碱性电解槽成功下线。11月，双良新能源首套绿电智能制氢系统顺利发货。
昇辉科技	2021年8月6日昇辉科技成立昇辉新能源有限公司，正式进入新能源领域，重点聚焦氢能产业。 2022年8月22日，昇辉新能源制氢板块的实施主体——广东盛氢推出了首台套100Nm <sup>3</sup> /h碱性电解水制氢设备产品，并已成功下线。
派瑞氢能	中船(邯郸)派瑞氢能科技有限公司是中国船舶集团第七一八研究所全资子公司，七一八所是我国水电解制氢行业的领军企业，拥有国内规模领先的水电解制氢装备科研生产基地，打造了多个全球首台套水电解制氢装备，国内市场占有率近50%，产品对外出口30多个国家和地区。2022年12月16日，公司自主研发的全球首台套单体产氢量达2000Nm <sup>3</sup> /h的水电解制氢装备成功下线，标志着我国绿氢行业水电解制氢装备与技术取得国际性突破。



## 电解槽入局玩家及最新进展介绍

公司名称	电解槽项目
考克利尔竞立	考克利尔竞立成立于2018年12月，专注于碱性电解水制氢设备的研发、生产、销售。2021年，考克利尔竞立生产了超50台产氢量1000Nm <sup>3</sup> /h电解水制氢设备，参与了1200Nm <sup>3</sup> /h和1300Nm <sup>3</sup> /h电解水制氢设备的研发和生产。2022年产能达1GW，具备生产超大型电解水制氢设备的技术和能力。据统计，2021年考克利尔竞立碱性电解槽的出货量约占全球50%。
宝丰能源	宝丰能源是国内首家实现规模化生产绿氢的企业。2021年2月，宝丰能源第一台1000 Nm <sup>3</sup> /h的高效碱性电解槽制氢设备开始送电调试；2022年上半年，公司首批30台电解水制氢设备已全部投运。公开资料显示，公司现已形成全球最大的3亿方绿氢、1.5亿方绿氧产能，并以每年新增3亿标方绿氢的速度不断扩大产能，未来将形成年产百亿标方、百万吨绿氢产业的规模。
上海电气	近年来，上海电气加快向氢能等领域转型，2021年3月，上海电气电站集团与中国科学院大连化学物理研究所合作成立PEM电解水制氢技术研发中心，在绿电制氢等方面开展合作。2022年12月8日，上海电气的全资子公司上海氢器时代科技有限公司正式揭牌，单体产氢量1500Nm <sup>3</sup> /h的碱性电解水制氢装备，以及单体产氢量50Nm <sup>3</sup> /h的PEM电解水制氢装备也在当日正式下线。氢气时代在规划2023年达到500MW的碱性电解槽产能，相当于能生产2000Nm <sup>3</sup> /h的碱性电解槽50台；在2025年达到百兆瓦级产能的PEM产线，相当于能生产100台200Nm <sup>3</sup> /h的PEM电解槽。
华电重工	2020年7月7日中国华电成立氢能技术研究中心，围绕氢能装备等方面开展研究工作。2022年5月以现金25万元通过受让股权及增资扩股相结合方式持有深圳市通用氢能科技有限公司51%股权。深圳市通用氢能科技有限公司是深圳市高新技术企业，主要从事质子交换膜燃料电池关键材料的开发与生产，拥有氢能燃料电池核心材料产品气体扩散层、质子交换膜及催化剂的生产配方、生产工艺、核心技术。2022年7月12日，中国华电首套1200Nm <sup>3</sup> /h碱性电解槽产品成功下线。
中国石化	中石化提出成为“中国第一氢能公司”的目标。2022年中石化与发动机巨头康明斯成立合资公司康明斯恩泽生产质子交换膜电解水制氢装置，并与隆基股份在光伏绿氢领域展开合作。2021年11月4日，石科院和燕山石化合作开发建设的中石化首套30Nm <sup>3</sup> /h PEM电解水制氢示范站成功投用。2022年12月10日中国石化首套自主研发的兆瓦级PEM电解水制氢装置在燕山石化成功下线。
国家电投	国家电投从2016年入局氢能，子公司国氢科技自主开发研制的兆瓦级PEM制氢技术。目前，子公司国氢科技在质子交换膜等核心技术上实现突破，已实现PEM制氢设备完全国产化。产能布局上，国家电投在武汉、北京、佛山、长春、济南、宁波等地建立产业基地，开发建设电解水制氢项目，形成了规模化绿氢制备能力。其中长春绿动是国家电投PEM电解槽重要生产基地。



## 目录

1

行业概况：绿氢发展带动电解槽放量

2

需求侧：技术&成本推动电解槽需求增长

3

供给侧：碱性电解槽主流地位稳固

4

重要标的：新玩家入局，抢占先机

## 昇辉科技：强大研发实力和前瞻性布局带来竞争优势

- **电解槽研发生产进展迅速。**2022年8月22日，昇辉科技旗下公司广东盛氢制氢设备有限公司推出了首台套100标方碱性电解水制氢设备产品，仅仅120天后，盛氢制氢1000标方碱性电解水制氢成套设备在佛山成功下线。目前盛氢制氢已具备年产50台套大功率电解槽的生产能力以及快速交付整体解决方案的能力。
- **氢能全产业链布局。**公司一方面通过战略投资完成覆盖氢能产业上中下游产业布局；另一方面通过自主运营，搭建氢能运营平台、制氢装备、氢能电气零部件3大板块，构筑强大的竞争优势。
- **产品性能优异。**公司碱性电解槽性能好，具备制氢纯度高、制氢能耗低、系统效率高、系统适应性高、系统集成度高的优点。

### 昇辉科技碱性电解槽优势

#### 子公司盛氢制氢1000标方碱性电解槽



公司电解槽优势	说明
制氢纯度高	单槽制氢产量1000标方/小时及以上，氢气纯度达99.9995%，工作压力在1.6Mpa。
制氢能耗低	能耗低至4.6kWh/Nm <sup>3</sup> ，较行业平均指标减少0.4度，破解行业长期存在能耗高的问题。
隔膜性能领先	隔膜采用国际先进的第三代隔膜技术：与传统的石棉隔膜或PPS布相比，可提高30%以上电流密度，降低10%能耗，远高于国内同类型设备水平。
系统效率高	系统效率达到77%以上，助力实现大规模制氢项目应用。
系统适应性高	系统具备20%—115%宽频调谐能力和快速启动能力，可以很好适应可再生能源波动性的特点，有利于实现风光离网绿电制氢模式。
系统集成度高	系统集成度和智慧化程度高，可进行远程监控和中央集控，实现系统无人值守、全自动化运行。

资料来源：高工氢电、华安证券研究所整理

## 亿利洁能：自发自产自消，产业链优势明显

- **氢产业成熟，氢气消纳能力强。**亿利集团拥有三十多年沙漠绿色经济经验，近年来重点投资和创新发展光伏和氢新能源产业链，同时依托多年氢气工业制取与应用经验和成熟的氢产业消纳优势，拓展实施光伏制氢与氢装备制造产业投资运营。
- **碱性电解制氢产品已成功下线。**2022年9月，亿利洁能旗下企业亿利氢田时代生产的首台套1000标方碱性电解槽产品已经下线。亿利电解槽产能在2022年为50台套（250MW）碱性电解制氢设备，2024年将实现年产500台套（共2.5GW），到2030年达到1000台套。

### 亿利洁能氢产业消纳优势

说明
控股股东亿利资源集团在鄂尔多斯周边自建有两大煤化工园区，氢气是其原料之一，因而可消纳电解槽生产的氢气。
合资子公司实施的鄂尔多斯库布其40万千瓦风光制氢一体化示范项目在今年1月初获批，项目设计用自发的绿电生产绿氢，需要使用电解槽。
合资子公司内蒙古库布其氢肥科技有限公司同样需要氢气作为原料来生产绿色肥料产品。

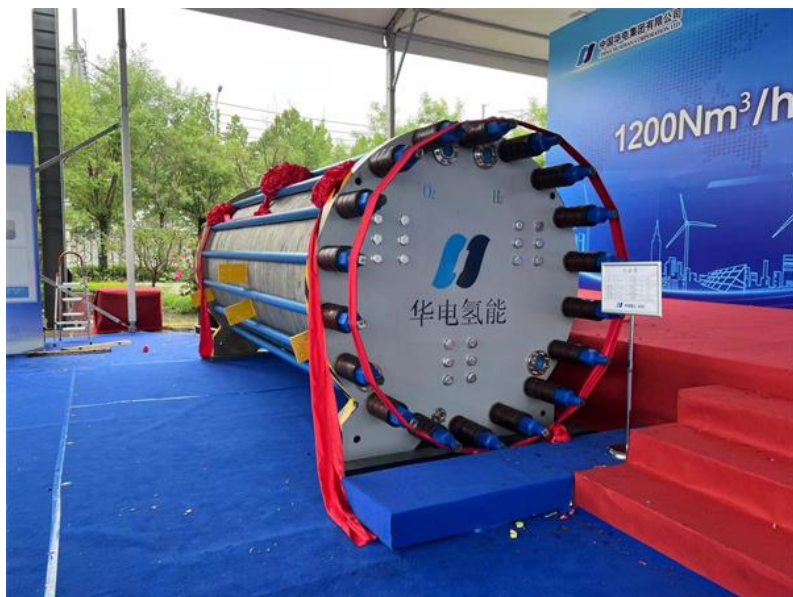
### 亿利洁能1000标方碱性电解槽

亿利洁能电解槽优势	说明
制氢能耗低	能耗为4.3-4.6kWh/Nm <sup>3</sup> ，工作压力0.8-1.6Mpa。
自动化程度高	系统无人值守、全自动化运行、可以远程一键启停。
系统适应性高	系统的20-110%宽频调谐能力和快速启动能力很好地适应了可再生能源波动性的特点，从而可直接接入非并网电力。
环境友好	系统零排污创新设计满足节能环保的严苛要求，同时保障系统稳定长效运行

## 华电重工：依托华电集团，具备渠道优势

- ▶ **公司具备高产业协同效应，渠道优势强。**华电重工是华电集团专门承包和制造各型能源装备的子公司。依托华电集团，华电重工与内蒙古华电氢能签署《内蒙古华电包头市达茂旗20万千瓦新能源制氢工程示范项目PC总承包合同制氢站部分》，电解槽订单获取能力强。
- ▶ **电解槽相关产品已下线。**目前公司已完成大容量碱性电解水制氢装置和部分氢能核心材料的开发。公司1200Nm<sup>3</sup>/h碱性电解槽已成功下线，其单机产氢量、电解效率、电流密度等主要技术指标达到国际先进水平。此外，正在积极推进PEM电解槽装备研发工作，双技术路线并行发展。

华电重工1000标方碱性电解槽



华电重工电解槽优势	说明
重量轻	相较传统电解槽，整体重量减少近10%。
效率高	相比传统电解槽，电流密度提高约30%，直流能耗指标小于4.6kWh/Nm <sup>3</sup> ，达到国际先进水平。

## 隆基绿能：光伏领域龙头，电解槽市占率领先

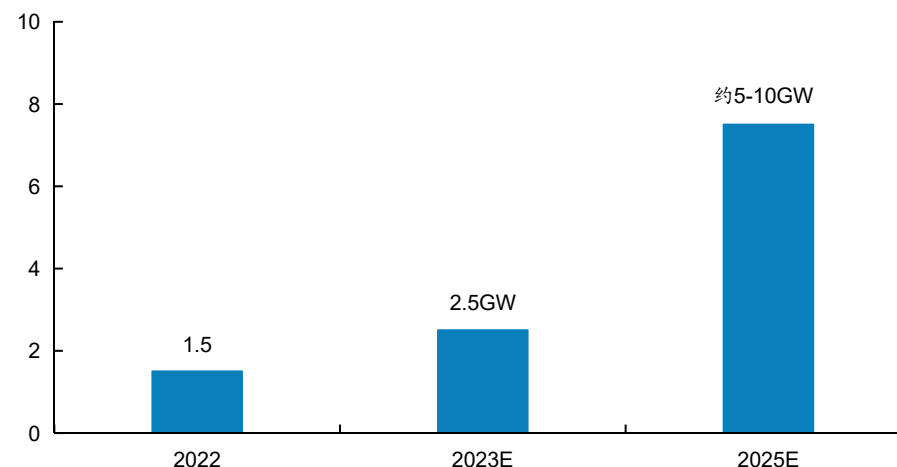
- ▶ **光伏龙头入局绿氢装备领域。**自2018年起，隆基开始对氢能产业链进行战略研究，与国内外科研机构研究合作研发电解水制氢装备技术，并于2021年3月31日正式成立隆基氢能科技有限公司，积极布局绿氢装备业务。2022年5月，隆基氢能入围中石化首个万吨级绿氢示范项目。2022年10月，隆基氢能已按期完成16台套电解水制氢设备发货。
- ▶ **新产品性能优异，降本效果凸显。**2021年，公司下线首台1000Nm<sup>3</sup>/h碱性水电解槽，2023年2月14日，隆基氢能发布ALK Hi1系列新产品，直流电耗低至4.0kWh/Nm<sup>3</sup>，比行业现行平均能效满载水平为4.5-4.8kWh/Nm<sup>3</sup>低0.5-0.8Wh/Nm<sup>3</sup>。
- ▶ **市占率领先。**2022年国内电解水制氢设备出货量达到722MW，同比大幅增长106%。其中，隆基氢能电解水制氢设备产能达1.5GW，位居全球第一、出货量跻身国内前三。目前公司电解槽的客户包括万华化学、中国化学等。

隆基氢能Lhy-A1500电解槽及详细参数



产氢量 (Nm <sup>3</sup> /h)	1500
操作压力 (MPa)	1.6
负荷范围	25%-115%
氢气纯度 (纯化后)	99.999%
寿命 (h)	≥200,000

隆基氢能电解槽产能



资料来源:隆基绿能公告, 华安证券研究所整理

## 阳光电源：先发优势与解决方案设计优势突出

- ▶ **技术积累深厚，具备先发优势。**阳光电源是国内最早布局氢能领域的新能源企业，公司技术积累深厚，甚至有能力和部分产业标准、规范的制定。公司双技术并行发展：阳光氢能自主研发的1000Nm<sup>3</sup>/h大型碱性电解制氢设备已在吉林、青海等多地光伏、风电制氢项目中得到应用；公司的PEM电解槽为国内首个PEM电解槽，具备体积小、电耗低、功率波动适应性强等优点。目前公司已有生产GW级制氢设备能力，2022年电解槽的产能为1GW。
- ▶ **制氢系统解决方案设计优势。**阳光电源的制氢系统解决方案采用一体化集装箱式解决方案，包含IGBT制氢电源、PEM电解槽、气液分离与纯化设备、智慧氢能管理系统等产品，可降低初始投资成本，并且适应多种能源融合、多种模式接入和多种应用场景管理。

分布式发电制氢加氢一体化示范项目（吉林）



阳光氢能PEM电解槽优势

SEP50 PEM 电解槽优势	说明
体积小	仅800多公斤，同等制氢能力的碱性电解槽要10吨重
电耗低	电流密度是国内量产PEM电解槽中最高的，为1.5A/cm <sup>2</sup> ，生产每立方米氢气耗电4.1度，电压效率86%，氢转化效率高
功率波动适应性强	可以更快实现冷启动和热启动，对波动性输入功率适应性更强，能够在秒级内实现输出功率的浮动，可以在10%-150%的宽功率输入范围内实现高纯氢输出。

资料来源：阳光电源官网，华安证券研究所整理



## 投资建议&风险提示

**投资建议：**未来电解槽企业出货量有望快速增长，建议关注龙头企业隆基绿能、阳光电源；新入局企业华光环能、昇辉科技、华电重工、亿利洁能。

### 风险因素：

- 1、政策支持力度不及预期；
- 2、光伏风电发电上网价格不及预期；
- 3、产品技术研发不及预期。



华安电新



感谢关注!



## 重要声明

### 分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，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，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

### 免责声明

华安证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也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。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。华安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，未经华安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。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

## 投资评级说明

以本报告发布之日起6个月内，证券（或行业指数）相对于同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准，A股以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克指数或标普500指数为基准。定义如下：

### 行业评级体系

- 增持—未来 6 个月的投资收益率领先市场基准指数 5%以上；
- 中性—未来 6 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至 5%；
- 减持—未来 6 个月的投资收益率落后市场基准指数 5%以上；

### 公司评级体系

- 买入—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；
- 增持—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；
- 中性—未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；
- 减持—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至；
- 卖出一未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上；

无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。