

碱性电解槽：从1到N，谁主沉浮？

2023年05月22日

【投资要点】

- ◆ **结论：**我们判断绿电制氢正迎来从1到N的产业爆发阶段，绿电度电成本、电解槽单位电耗和设备投资的下降，驱动水电解制氢在能源化工等领域与灰氢平价。碱性电解槽作为核心制氢设备，将迎来千亿级市场需求。我们看好具备技术和客户资源优势的国产龙头。
- ◆ **一、碱性电解槽：电解水制氢系统核心设备，从1到N产业加速：**
 - 1) **优势：**技术成熟，产氢量大，成本最低；
 - 2) **核心部件：**双极板（催化剂）、隔膜和流场，均有降本提效空间；
 - 3) **发展方向：**大标方，大功率，大电流密度。
- ◆ **行业需求：**据考克利尔竞立的数据，全球绿氢年需求将从2021年的47万吨提升到2025年的1055万吨，CAGR达到118%。假设以1万吨绿氢对应约28台碱性电解槽测算，至2025年碱性电解槽累计需求量达2.95万台，对应市场规模约为2044亿元。
- ◆ **政策驱动：**央国企担当+地方政府“股权财政”催化下，绿氢项目将加快落地。目前仅内蒙古地区已批复的绿氢项目规划达37个，共计制氢能力超过67万吨，对应1894台电解槽，以单台电解槽价格692万元测算，市场空间合计131亿元。
- ◆ **二、经济性——制氢成本：可再生能源发电成本、电解槽电耗、电解槽设备投资为核心决定因素。**
- ◆ **基准情形：**1000标方/h产能，年工作时间4000h，电解水制氢系统合计成本1330万元，度电成本0.28元/kwh，电耗4.5kwh/标方，此时单位制氢成本(LCOH)为20.2元/kg，略高于煤制氢和天然气制氢的11-20元和15-20元。
- ◆ **可再生能源度电成本：**2025年光伏地面电站发电度电成本有望降至约0.18元/kwh，其他条件不变情况下，对应单位制氢成本为15.19元/kg。
- ◆ **电解槽电耗：**从远期来看，随着技术的进步，电耗可能会从基准的4.5kwh/标方下降到3.5kwh/标方，其他条件不变情况下，单位制氢成本为17.10元/kg。
- ◆ **设备投资：**长期看，随着单槽产能扩大和零部件国产化，电解水制氢系统价格有望逐步下降，当电解水制氢系统价格下降至500万元/套时，单位制氢成本为17.99元/kg。
- ◆ **中性情景下，2025年电解水制氢成本为13.03元/kg，成本低于天然气制氢和工业副产氢，可与煤制氢平价竞争。乐观情景下，考虑电价及设备补贴，2025年电解水制氢成本为11.9元/kg，接近煤制氢成本下限，相比其他制氢方式具有显著经济性。**

强于大市（维持）

东方财富证券研究所

证券分析师：周旭辉

证书编号：S1160521050001

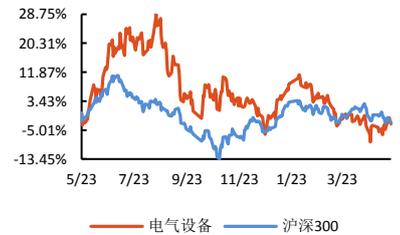
证券分析师：朱晋潇

证书编号：S1160522070001

联系人：唐硕

电话：021-23586475

相对指数表现



相关研究

- 《政策出新，充电桩行业有望高增》
2023.05.10
- 《温控下游星辰大海，“储能+数据中心”双重共振》
2023.04.03
- 《人工智能助力能源互联网加速形成》
2023.03.28
- 《下一代锂电池技术，固态电池未来可期》
2023.03.16
- 《4680从0到1，结构件厂商受益》
2023.02.28

- ◆ **三、格局推演：百舸争流，客户+技术制胜。**目前，国内电解水制氢设备玩家主要包括老牌电解水设备龙头、风光储龙头和传统设备厂商三大类。从产能格局看，预计到2023年底，全球前20电解水制氢设备企业合计产能达26.4GW，产能CR5集中度为47.35%，我们预计，随着下游需求持续放量及头部企业快速扩产，电解水制氢行业集中度有望进一步提升。短期看，国内电解水制氢设备需求主要来自于各省市示范项目，与项目主体关系紧密或存在合作关系的设备厂商有望率先实现放量，形成先发优势；长期看，技术和材料创新带动制氢成本下降是电解水制氢技术大规模推广应用的关键，具备技术研发实力、产品性能能够持续领先的企业将具备更强竞争力。

【配置建议】

- ◆ 我们认为客户渠道和技术实力将成为电解水制氢设备企业核心竞争力，建议关注：
- ◆ **1、国内较早布局电解水制氢设备并具备业务协同效应的光储龙头：**
 - 1) **隆基绿能：**全新产品ALK Hi1系列产品发布，直流电耗低至4.1kwh/Nm³，2022年末电解槽产能达1.5GW，预计23年底产能2.5GW，25年规划产能达5-10GW，目前公开中标金额达4.65亿元；
 - 2) **阳光电源：**同时布局碱性和PEM技术路线，21你那3月率先发布国内首款、最大功率SEP50 PEM电解槽（50Nm³/h，250kw），目前公开中标金额达1.80亿元；
 - 3) **双良节能：**绿电制氢系统中后端气液分离及纯化装置涉及压力容器制造，是公司的传统强项，双良自主研发的“绿电智能制氢系统”采用新型隔膜，氢气纯度达到6N，同时自动化集成度高，实现100%无人值守，目前产品已交付大全新能源和润阳悦达新能源，客户端运行稳定；
 - 4) **天合光能：**公司电解槽相比传统同等级设备电流密度提高50%-75%，电耗降低10%-15%，直流电耗3.9-4.6kwh/Nm³，预计2023年底将建成1GW电解水制氢设备产能。
- ◆ **2、背靠绿氢项目资源丰富的大型集团、具备客户渠道优势的装备厂商：**
 - 1) **华电重工：**背靠华电集团，项目资源丰富，2022年与内蒙古华电氢能签署了《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》，合同金额3.45亿元；
 - 2) **亿利洁能：**依托控股公司亿利资源集团三十多年治沙成果，联手大型央企，聚焦“光氢新能源治沙”，正在鄂尔多斯库布其沙漠投资建设光伏风电、绿氢、绿氨、绿肥、绿色化工、绿电替代等低碳产业链基地，电解槽出货有保障；
 - 3) **三一氢能（未上市）：**三一集团旗下风电企业三一重能与巴里坤哈萨克政府签订招商引资协议，涉及100万千瓦风电制氢制氨项目，保证公司电解槽出货，同时公司中标了大安风光制绿氢合成氨一体化示范项目第7标段8套水电解制氢设备，中标金额达5759.42万元。
- ◆ **3、研发和技术实力强劲的设备厂商：**
 - 1) **华光环能：**携手大连理工，实现碱性电解槽催化剂、隔膜等关键材料自产，2023年3月自主知识电解槽下线，产氢压力达3.2Mpa，填补国内高压电解槽空白；
 - 2) **昇辉科技：**历时仅120天完成1000标方电解槽下线，采用高电流密度设计和第三代隔膜技术，较传统碱槽提升30%以上电流密度、降低10%能耗，同时依托公司电气成套设备技术优势，实现设备电子电气组件的自控、自产。

【风险提示】

- ◆ 下游需求不及预期；
- ◆ 政策支持力度不及预期；
- ◆ 电解水制氢降本不及预期。

正文目录

1. 碱性电解槽：2025 年千亿规模，从 1 到 N 大势所趋.....	5
1.1. 碱性电解槽（ALK）技术成熟领跑市场.....	5
1.2. 绿氢项目接连落地，电解槽市场前景广阔.....	8
2. 经济性：电价+电耗+设备成本优化，平价制氢可期.....	11
2.1. 2022 年基准情形下制氢成本：有望与天然气平价.....	12
2.2. 度电成本、电耗、设备成本因素推动制氢成本下降.....	13
2.3. 2025 年电解水制氢成本：中性情景接近煤制氢，乐观情景有望赶超煤制氢.....	15
3. 格局推演：百舸争流，客户+技术制胜.....	16
3.1. 格局：竞争加剧，国产突围.....	16
3.2 竞争要素：短期示范看客户，长期降本看技术.....	20
4. 投资建议.....	22
4.1. 业务协同的光储龙头：隆基绿能、阳光电源、双良节能等.....	22
4.2. 集团旗下装备厂商：华电重工、亿利洁能、三一氢能.....	26
4.3. 研发和技术实力强劲的设备厂商：华光环能、昇辉科技.....	27
5. 风险提示.....	28

图表目录

图表 1：不同电解水技术路线介绍.....	5
图表 2：碱性电解水制氢工作原理.....	6
图表 3：碱性电解槽构成示意图.....	6
图表 4：碱性电解槽主要组成部分.....	6
图表 5：碱性电解槽隔膜材质对比.....	7
图表 6：中石化新疆库车绿氢示范项目评标情况.....	8
图表 7：国内外绿氢需求持续提升.....	8
图表 8：内蒙古各地区风光制氢项目.....	9
图表 9：2023 年一季度全国氢能项目电解槽需求.....	9
图表 10：截至 2023 年一季度除内蒙古地区外氢能项目电解槽需求（部分）.....	10
图表 11：2021 年全球制氢结构.....	11
图表 12：碱性电解水制氢、煤制氢、天然气制氢成本对比.....	11
图表 13：LCOH 计算公式.....	12
图表 14：碱性电解水制氢成本测算.....	12
图表 15：光伏电站投资成本与度电成本.....	13
图表 16：度电成本与单位制氢成本变化.....	13
图表 17：电解槽电耗与制氢成本.....	14
图表 18：碱性电解槽结构组成.....	14
图表 19：电解水系统设备成本与单位制氢成本.....	15
图表 20：在中性/乐观情景下，2025 年有望实现平价制氢.....	15
图表 21：2021 年起部分新进入电解槽装备行业企业（部分）.....	16
图表 22：国内主要电解水制氢设备企业概况.....	17
图表 23：海外主要电解水制氢设备企业概况.....	19

图表 24: 国内主要电解水制氢设备企业概况.....	20
图表 25: 电解水制氢应用场景.....	21
图表 26: 内蒙古具备实施条件风光制氢一体化示范项目一览.....	21
图表 27: 主要碱性电解槽企业产品性能对比.....	22
图表 28: 风光互补耦合发电制氢系统结构图.....	23
图表 29: 隆基绿能氢能产业全球化布局.....	23
图表 30: 隆基绿能电解槽项目中标情况.....	24
图表 31: 阳光电源氢能业务主要产品.....	24
图表 32: 阳光电源电解槽项目中标情况.....	25
图表 33: 行业重点关注公司 (截至 2023-05-22)	27

1. 碱性电解槽：2025 年千亿规模，从 1 到 N 大势所趋

1.1. 碱性电解槽（ALK）技术成熟领跑市场

1820 年，法拉第在他 1834 年发表的科学著作中，首次提到电解水的原理。1900 年，施密特发明第一台工业电解槽。此后百年间，海外对电解槽多次改造优化，形成以碱性电解槽和 PEM 电解槽为主的电解水制氢市场格局。

目前国内电解水市场中主流技术路线为碱性水电解设备（ALK）技术，已完成商业化进程并占据市场主导地位，PEM 技术受限于成本仍处于商业化初期，SOEC 与 AEM 技术仍处于研发阶段。国内发布的最大碱性电解槽单槽制氢规模达到 2000Nm³/h，直流电耗最低可达 4kWh/Nm³。由于碱性电解槽相较于 PEM 技术成本更低，单槽规模更大，是目前电解水制氢技术的首选。2021 年国内碱性电解水制氢设备出货量达 350MW，占据电解水制氢设备总出货量的 99%。

图表 1：不同电解水技术路线介绍

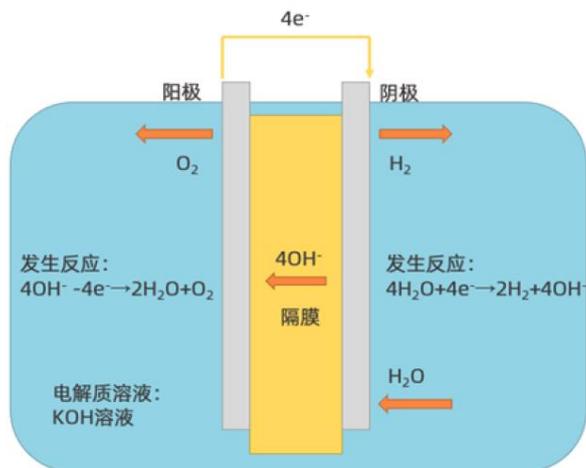
技术路线	ALK	PEM	SOEC	AEM
技术成熟度	商业化应用	商业化初期	研发和示范	研发和示范
电解液	氢氧化钾	质子交换膜	陶瓷材料 YSZ	苯乙烯类聚合物
电流密度 (A/m ²)	3000~6000	10000 以上	-	-
氢气纯度	99.8%	99.99%	99.99%	-
产氢压力 (MPa)	1.6	4	4	3.5
直流能耗 (kWh/Nm ³)	4~5.5	4.3~6	3.0~4.0	4.5~5.5
最大单槽制 氢规模 (Nm ³ /h)	2000	260	-	0.5
优点	技术成熟、成本 低	电流密度高、 体积小重量 轻、无碱液带 来的腐蚀、产 品纯度高	效率高、单 机容量大、 无腐蚀电解 液	系统简单易操作、 电流密度高、可使 用非金属催化剂、 成本低
缺点	电流密度低、 体积和重量 大、电解液有 腐蚀性	设备成本相对 较高、催化剂 成本高且稀缺	装置体积较 大、技术处 于试验阶段	寿命曲线不稳定、 电极结构差、催化 剂动力学慢、技术 处于研发阶段

资料来源：《中国电解水制氢产业蓝皮书 2022》，东方财富证券研究所

碱性电解水制氢电解槽包括电极、电解液、隔膜。电解槽内装填 KOH 或 NaOH 溶液作为电解质，隔膜将槽体分为阴、阳两室。在 70~90℃ 的温度下通电反应，阴极和阳极分别产生氧气和氢气。由于电解质为碱性，电解槽设备容易受到腐蚀，设备使用时间相对较短，未来主要降本方式为延长设备使用

时间以降低折旧成本。

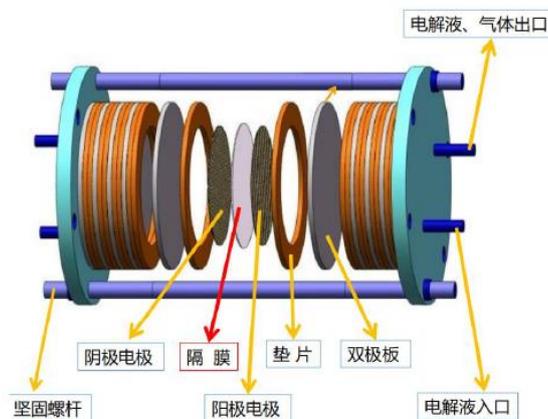
图表 2：碱性电解水制氢工作原理



资料来源：《中国电解水制氢产业蓝皮书 2022》，东方财富证券研究所

碱性电解水制氢系统主要包括碱性电解槽主体和 BOP (Balance Of Plant) 辅助系统。其中碱性电解槽主体由端压板、密封垫、极板、电极、隔膜等零部件组装而成。电解槽包括多个小电解室，通过螺杆和端板组装而成。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。

图表 3：碱性电解槽构成示意图



资料来源：《中国电解水制氢产业蓝皮书 2022》，东方财富证券研究所

图表 4：碱性电解槽主要组成部分

组成部分	极板和极框	隔膜	电极
主要作用	支撑电极和隔膜以导电	防止气体混合	发生电化学反应，决定制氢效率
性能要求	耐高浓度碱液腐蚀	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；孔隙率尽可能高；在电解温度和碱液条件下隔膜能够保持化学稳定	耐碱、耐高温、表面积大

材质/组成设备	铸铁金属板、镍板或不锈钢板	石棉隔膜、聚四氟乙烯树脂改性石棉隔膜、聚苯硫醚隔膜、聚砒类隔膜、聚醚醚酮隔膜	大多采用镍基（纯镍网、泡沫镍或喷涂催化剂）
---------	---------------	--	-----------------------

资料来源：《中国电解水制氢产业蓝皮书 2022》，东方财富证券研究所

碱性电解槽膜片和电极的成本在电解槽电解电堆成本中占比 57%，是碱性电解槽的重要组成部分。

膜片部分：隔膜的主要功能包括允许电解槽内电路中离子的自由移动以及隔离电催化过程产生的氢气和氧气。目前市场上使用的隔膜包括多种：最早使用的石棉薄膜、目前主流使用的聚苯硫醚 PPS 隔膜，作为高性能隔膜的 PPS 涂覆无机层的复合膜，以及目前的研发重点聚四氟乙烯树脂改性石棉隔膜、聚醚醚酮纤维隔膜、聚砒纤维隔膜。根据势银《中国电解水制氢产业蓝皮书 2022》，国内碱性电解槽企业使用 PPS 隔膜居多，部分企业开始使用复合隔膜。

图表 5：碱性电解槽隔膜材质对比

隔膜种类	优点	缺点
石棉隔膜	耐化学腐蚀、耐高温、高抗张强度、亲水性高	具有溶胀性，使电解能耗升高；限制温度，使电流效率无法提高；对人体有害
聚四氟乙烯树脂改性石棉隔膜	通过薄膜结构提升了耐腐蚀性和机械强度，同时降低了溶胀性	加入聚四氟乙烯使得隔膜亲水性下降，电流效率降低
聚苯硫醚隔膜 (PPS)	耐热性能优异、机械性能好、耐腐蚀性强、尺寸稳定性好、电性能优良	PPS 隔膜亲水性差，电阻高
聚砒类隔膜 (PSF)	抗氧化性、热稳定性、高温熔融稳定性强；耐高温、酸碱、细菌腐蚀；原料价廉易得	亲水性差，隔膜水通量低，抗污染性能不理想
聚醚醚酮 (PEEK)	耐高温、耐化学腐蚀	性能与厚度受编制方式影响

资料来源：《中国电解水制氢产业蓝皮书 2022》，东方财富证券研究所

电极部分：电极在碱性电解槽中是发生电化学反应的场所，因此是决定电解槽制氢效率的关键。目前国内碱性电解槽使用的电极以镍基为主，多以纯镍网、泡沫镍为基材涂覆高活性催化剂，以提高电解效率。

目前国内镍网和泡沫镍产品成熟，价格低廉。其中镍网一般由 40~60 目的镍丝网经过裁圆而成，镍丝的直径大约在 200 μm 左右，具有良好的耐酸、耐碱、耐高温等性能；泡沫镍产品内部充满大量微孔，极大地增加了溶液与电极的接触面积，提升了电解反应效率。

用以提升反应效率的催化剂主要分为两种：高活性镍基催化剂（包括雷尼镍、活化处理的镍铝粉等）和含贵金属的催化（铂系催化剂等）。目前国内主要使用雷尼镍（平均比表面积约为 100m²/g）作为催化剂，可以进一步增大电极的比表面积，提高电流密度以提升反应效率。

1.2. 绿氢项目接连落地，电解槽市场前景广阔

绿氢项目区域：主要在西部和北部地区，弃电率高、电价便宜。2022 年我国弃风、弃光现象主要集中在三北地区，其中蒙东地区弃风率最高，达到 10.0%；西藏弃光率最高，达到 20.0%。通过弃风、弃光进行电解水制氢，将能源转化为氢能储存，可以为燃料电池提供氢源、为工业领域提供绿色燃料。

根据中石化新疆库车绿氢示范项目招标统计，苏州竞立、隆基氢能及中船 718 所对碱性电解槽的报价基本一致。共计 52 台 1000Nm³/h 规格的碱性电解槽报价约为 3.6 亿元，由此测算得到单台电解槽售价约为 692 万元。

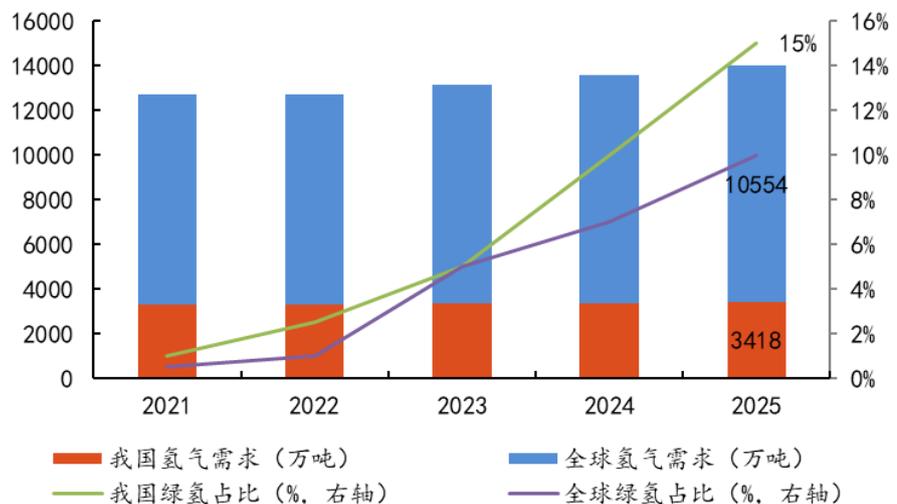
图表 6：中石化新疆库车绿氢示范项目评标情况

投标人	评标价格 (万元)	质量	备注
考克利尔竞立 (苏州) 氢能科技有限公司	35996.00	合格	入围候选人
西安隆基氢能科技有限公司	35988.00	合格	入围候选人
中国船舶重工集团公司第七一八研究所	35087.60	合格	入围候选人

资料来源：全国公共资源交易平台公告，东方财富证券研究所

2025 年，全球氢气需求将达 10554 万吨，其中 10% 占比将为绿氢，即约 1055 万吨绿氢。假设每台电解槽每年开机时间均为 4000h，据此测算，共计需要 1000Nm³/h 规格的碱性电解槽 2.95 万个 (1 吨氢气=11200Nm³)；按照单价 692 万元测算，碱性电解槽市场规模约为 2044 亿元。

图表 7：国内外绿氢需求持续提升



资料来源：中国国际氢能及燃料电池产业展览会-考克利尔竞立 (苏州) 氢能科技有限公司，东方财富证券研究所

为响应国家氢能产业发展中长期规划，国内三北地区多数省份均有对绿氢目标产量的规划发布，部分地区对绿氢生产直接进行补贴。因此目前风光制氢一体化项目基本集中于三北地区，其中内蒙古地区截至目前已批复四批共计 37 个风光制氢项目，风电装机总规模超过 15GW，光伏装机总规模超过 8GW，总制氢能力超过 67 万吨，总投资超过 1692 亿元。

据统计，内蒙古目前批复的 37 个风光制氢项目中，11 个已于 2022 年开工，剩余 26 个项目将于 2023 年内陆续开工。据测算，内蒙古规划产能落地后

绿氢产能达到 67 万吨，假设每年开机时间为 4000h，需要 1000Nm³/h 规格的电解槽 1894 个（1 吨氢气=11200Nm³），仅内蒙古已批复项目对应碱性电解槽市场空间达 131 亿元。

图表 8：内蒙古各地区风光制氢项目

地区	光伏规模（万千瓦）	风电规模（万千瓦）	制氢能力（万吨/年）
阿拉善	60	120	4.31
巴彦淖尔	15	61	4.6
包头	8	163.4	8.05
赤峰	25	74	4.28
鄂尔多斯	228.5	154.95	13.12
通辽	407	614	5.92
乌兰察布	95.4	259.2	12.57
锡林郭勒	3	23.2	10
兴安盟	-	100	4.84
总计	841.9	1569.75	67.68

资料来源：国际氢能网，内蒙古能源局，东方财富证券研究所

2023 年一季度，已有 13 个项目进入招标环节，总计电解槽需求达到 835MW，超 2022 年全年出货量。根据势银发布的《中国氢能与燃料电池产业年度蓝皮书（2022）》及隆基氢能数据，2022 年全年中国碱性电解水设备的出货量约为 776MW，电解槽总出货量约为 800MW；2021 年碱性电解槽总出货量仅为 350MW。

图表 9：2023 年一季度全国氢能项目电解槽需求

时间	项目名称	相关企业	电解槽招标量（MW）	技术路线
1 月 6 日	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	25	ALK
1 月 16 日	涑源县 300W 光伏制氢项目	氢阳新能源开发有限公司	6	ALK
1 月 29 日	深圳能源库尔勒绿氢制储加用一体化示范项目	深能库尔勒发电有限公司	5	ALK
2 月 11 日	广汇能源旅店制氢及氢能一体化示范项目	广汇能源	5	ALK
2 月 11 日	平凉海崆峒区峡门 100 兆瓦风电及制氢项目	平凉海螺水泥有限责任公司	5	ALK
2 月 16 日	鄂托克前旗上海庙经济开发区光伏制氢项目	深能北方能源开发有限公司	45	ALK
2 月 18 日	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	390	ALK
2 月 23 日	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	7.5	ALK
2 月 23 日	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	195	ALK
3 月 1 日	华能清能院碱性电解制氢系统试制设备招标	华能集团清洁能源技术研究院	6.5	ALK
3 月 6 日	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	60	ALK
3 月 20 日	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	50	PEM
3 月 27 日	华电潍坊氢储能示范项目	华电潍坊发电有限公司	35	ALK
总计			835MW	

资料来源：国际能源网，东方财富证券研究所

除内蒙古外，新疆、甘肃、辽宁、吉林等地区风光制氢项目合计超过 20 个，总制氢能力超过 36 万吨。对应规格为 1000Nm³/h 的碱性电解槽超过 1015 台，市场前景广阔。

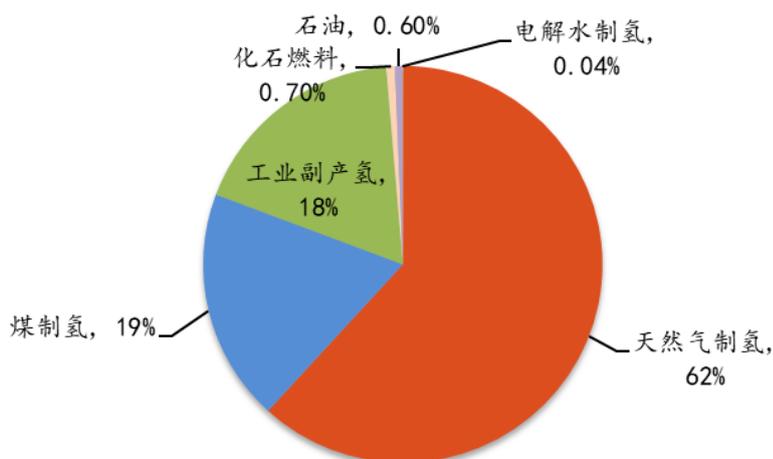
图表 10：截至 2023 年一季度除内蒙古地区外氢能项目电解槽需求（部分）

地区	项目名称	风电规模 (万千瓦)	光伏规模 (万千瓦)	制氢能力 (万吨/年)
	玉门油田 160 兆瓦可再生能源制氢示范项目	-	2	0.7
	液态太阳能燃料合成示范工程项目	-	1	0.15
甘肃	甘肃酒泉风光氢储及氢能综合利用一体化示范一期	85	130	0.733
	中能建兰州氢能产业园制储加用氢及配套光伏项目	-	-	2
	甘肃平凉海螺峡门乡 100 兆瓦风电及制氢项目	100	-	-
河北	国电投、中铁签约张家口风光制氢合成氨项目	210	30	9
黑龙江	黑龙江七台河勃利县 200MW 风电制氢项目	200	-	0.02
	吉林松原氢能产业园一期项目	80	10	4.5
	吉电股份大安风光制绿氢合成氨一体化示范项目	70	10	3.2
吉林	上海电器吉林白城绿色氢氨一体化项目	-	-	-
	美国 AP 公司“风光氢+绿色化工”项目	-	-	-
	华电长春市榆树风电制氢合成氨一体化项目	-	-	0.95
	中远集团绿色甲醇项目	-	-	-
辽宁	辽宁铁岭开原储能制氢一体化项目	-	-	-
	中能建辽宁台安县新能源制氢制氨项目	-	-	5.6
	沈阳风电离网制氢一体化项目	3	-	0.123
宁夏	国家级太阳能电解水制氢综合示范项目一期	-	20	2.14
	国家级太阳能电解水制氢综合示范项目二期	-	-	-
	宁夏电投太阳山能源可再生能源制氢合成氨项目	-	160	1.5
陕西	府谷县绿电制氢合成氨及储氢电池产业链项目	-	-	3.6
上海	上海临港四团中日产业园氢能示范项目一期	-	0	-
四川	华能彭州水电解制氢科技创新示范项目	-	-	0.035
新疆	中国石化新疆库车绿氢示范项目一期	-	30	2
	伊宁市光伏绿电制氢源网荷储一体化项目	-	100	0.015
	总计	748	493	36.266

资料来源：北极星氢能网，东方财富证券研究所

电解水制氢行业渗透率低，提升空间广阔。2021 年全球制氢方式主要以化石燃料制氢为主，天然气和煤制氢合计占比 81%；其次为工业副产氢，为 18%。而电解水制氢占比较少，在全球制氢结构中占比仅有 0.04%，根据考克利尔竞立数据，2025 年全球绿氢渗透率将提升至 10%。

图表 11：2021 年全球制氢结构



资料来源：国际能源署，东方财富证券研究所

2. 经济性：电价+电耗+设备成本优化，平价制氢可期

根据《中国不同制氢方式的成本分析》的资料来源，传统制氢方式主要有煤制氢和天然气制氢两种，煤制氢成本最低为 11 元/kg，天然气制氢和工业副产氢成本在 15~20 元/kg 之间。

图表 12：碱性电解水制氢、煤制氢、天然气制氢成本对比

制氢方式	原料价格	制氢成本 (元/kg)			优点	缺点	
		下限	上限	中枢值			
传统制氢方式	煤制氢	500-800 元/t	11.00	20.00	15.50	煤炭资源丰富且廉价，商业模式成熟	碳排放量高
	天然气制氢	2-3.5 元/标方	15.00	20.00	17.50		天然气储量有限，碳排放量较高
电解水制氢	碱性电解水	度电成本 0.1-0.5 元/kwh	11.16	31.32	21.24	碳排放量极少	成本相对高昂
	PEM 电解水	水价 2 元/吨	28.88	49.00	31.40		

资料来源：《中国不同制氢方式的成本分析_王彦哲》，东方财富证券研究所

采用平准化氢气成本 (Levelized Cost of Hydrogen, LCOH) 作为量化核算电解水制氢经济性的指标，将电解水制氢项目进行全生命周期经济性分析，把所需的固定投入和运维投入折算至每标准立方米氢气，即可得到 LCOH 值。

图表 13: LCOH 计算公式

$$LCOH = \frac{\text{年设备折旧} + \text{运行维护支出}}{\text{年产氢量}}$$

$$\text{年设备折旧} = \frac{\text{一次性购入费用} \times \text{利率}}{1 - \frac{1}{(1 + \text{利率})^{\text{设计年限}}}}$$

资料来源:《电解水制氢厂站经济性分析》, 东方财富证券研究所

2.1. 2022 年基准情形下制氢成本: 有望与天然气平价

基准情形: 考虑国内现状, 以 1000 标方/h 产能的碱性电解槽为例, 假设年工作时间 4000h, 电解水制氢系统合计成本 1330 万元, 度电成本 0.28 元/kwh, 电耗 4.5kwh/标方, 不考虑碳交易, 此时单位制氢成本 (LCOH) 为 20.23 元/kg。其中, 电费成本占比 70%, 设备折旧占比 12%, 人工费占比 12%, 设备维修等其他费用占比 6%。

图表 14: 碱性电解水制氢成本测算

碱性水电解制氢成本			
产能	产能	1,000	标方/h
	工作时间	11	h/天
	年工作时间	4,000	h/年
	年产能	4,000,000	标方
固定成本	年产能	357,200	kg
	土地安装	1,054	万
	制氢电源 (5.5MW)	119	万
	碱性水电解系统 (1000 标方/h)	700	万
	其中: 多孔传输层	56	万
	结构层	98	万
	小组件 (密封、框架)	28	万
	双极板	49	万
	电堆组装和端板	70	万
	制备	287	万
	膜片	56	万
	Ni 基阳极	44	万
	Ni 基阴极	16	万
	纯水制取系统 (1m ³ /h)	14	万
	储氢罐 (2MPa、50m ³)	7	万
	氢气压缩机 (500 标方/h、20Mpa 排气)	420	万
	其他 (管路、仪表风、集控系统等)	70	万
	设备合计	1,330	万
	折旧年限	25	年
	年设备折旧	0.22	元/标方
设备维修	0.10	元/标方	
电费	耗电量	4.5	kwh/标方
	度电成本	0.28	元/kwh
	电费	1.26	元/标方

原材料及人工费	耗水量	0.002	吨/标方
	水价	2	元/吨
	水费	0.004	元/标方
	耗 KOH	0.0004	kg/标方
	单价	10	元/kg
	KOH 耗费	0.004	元/标方
	人工费	0.22	元/标方
合计成本		1.81	元/标方
折算系数		11.20	标方/kg
合计成本		20.23	元/kg

资料来源：《电解水制氢厂站经济性分析》，东方财富证券研究所测算

注：人工费考虑通胀因素，测算结果可能存在误差，请谨慎识别。

2.2. 度电成本、电耗、设备成本因素推动制氢成本下降

电解水制氢成本关键影响因素包括可再生能源度电成本、电解槽电耗以及制氢设备投资成本等。

1) 可再生能源度电成本：光伏降本增效带动度电成本下行

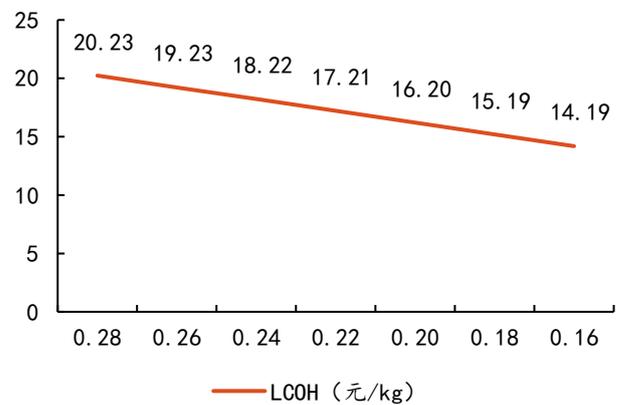
考虑到国内电解水制氢项目多处于内蒙古等太阳能资源丰富地区，光伏年利用小时数可达 1500 小时以上，参考《中国光伏产业发展路线图(2022-2023)》，2025 年光伏地面电站发电度电成本有望降至约 0.18 元/kwh，此时对应单位制氢成本为 15.19 元/kg。电解水制氢初步具备与煤制氢的竞争力，在经济性方面已经赶超绝大部分天然气制氢与工业副产氢。

图表 15：光伏电站投资成本与度电成本



资料来源：《中国光伏产业发展路线图（2022-2023）》，东方财富证券研究所

图表 16：度电成本与单位制氢成本变化

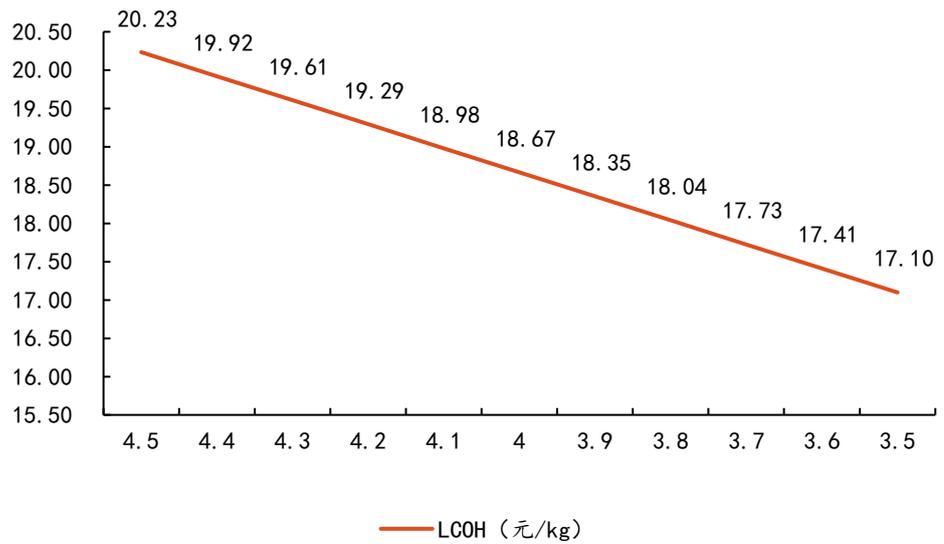


资料来源：《电解水制氢厂站经济性分析》，东方财富证券研究所测算
注：横轴为光伏度电成本（元/kwh），纵轴为制氢成本 LCOH（元/kg）

2) 电解槽电耗：技术进步推动能耗下行

从远期来看，随着技术的进步和催化剂优化，碱性电解槽电耗有望 4.5kwh/标方下降至 3.5kwh/标方，此时单位制氢成本为 17.10 元/kg。

图表 17: 电解槽电耗与制氢成本



资料来源:《电解水制氢厂站经济性分析》, 东方财富证券研究所测算

注: 横轴为电解槽电耗 (kwh/标方), 纵轴为单位制氢成本 LCOH (元/kg)

3) 设备投资: 大标方和材料国产化, 系统价格有望降低

制氢设备: 主要包括电解电堆组件和辅机, 电解电堆组件部分成本占比约 45%, 辅机部分成本占比约 55%。其中, 设备成本主要由电极、膜片等核心部件的成本驱动。在碱性电解槽电解电堆的成本组成中, 超过 50%的成本与电极和膜片有关。

隔膜国产化有望降低设备成本。 隔膜是电解槽及其重要的一个组件, 核心是对 PPS 疏水性材料的亲水化处理。目前国内的电解槽隔膜大多来自于外国进口, 其中以日本东丽为代表。日本东丽相较国内厂家的优势在于长期的技术积累和严格的过程检验, 相较国内采用浓硫酸浸泡, 紫外线照射等处理工艺, 特点是在前道工序对材料的表面官能基团进行特殊处理。

增大电解槽制氢标方扩大产能。 可能的解决方案有两个, 一是提升电流密度, 扩大电极面积; 二是增加小室数量, 将电解槽做得更长, 但是会对结构的密封性、碱液的流通造成较大影响。

图表 18: 碱性电解槽结构组成

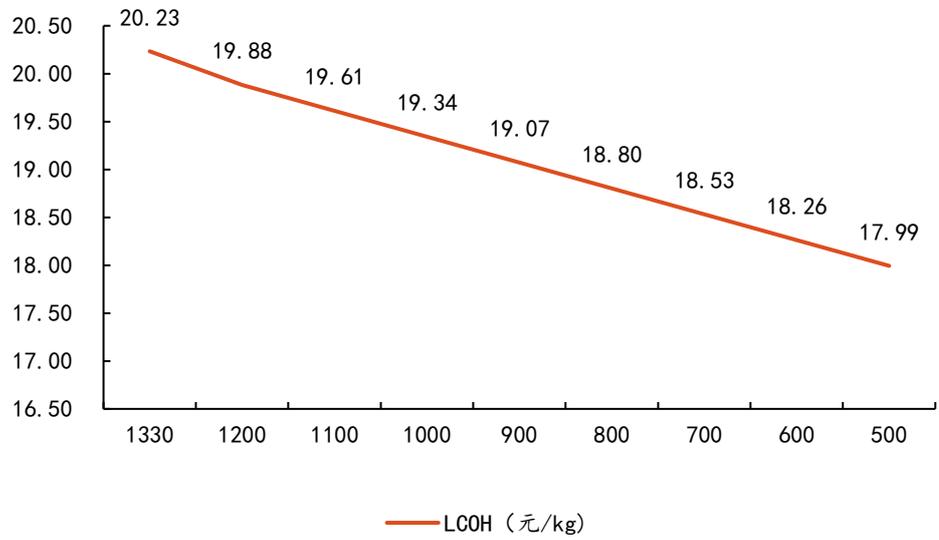


资料来源:《“双碳”目标下电解制氢关键技术及其应用进展_赵雪莹》, 东方财富证券研究所

长期看, 随着单槽产能扩大和零部件国产化, 电解水制氢系统价格有望逐

步逐步下降，当电解水制氢系统价格下降至 500 万元/套时，单位制氢成本为 17.99 元/kg。

图表 19：电解水系统设备成本与单位制氢成本



资料来源：《电解水制氢厂站经济性分析》，东方财富证券研究所测算

注：横轴为电解水系统成本（万元），纵轴为单位制氢成本 LCOH（元/kg）

2.3. 2025 年电解水制氢成本：中性情景接近煤制氢，乐观情景有望赶超煤制氢

中性情景下，2025 年电解水制氢成本为 13.03 元/kg，成本低于天然气制氢和工业副产氢，可与煤制氢平价竞争。根据 CPIA 对未来光伏电站度电成本的预测，假设 2025 年电解槽电耗下降至 4.0kwh/标方，制氢系统价格下降至 900 万元/套，制氢成本可下降至 13.03 元/kg，与煤制氢平价成本相差无几。

乐观情景下，2025 年电解水制氢成本为 11.9 元/kg，接近煤制氢成本下限，相比其他制氢方式具有显著经济性。考虑未来绿氢政策支持下，可再生能源制氢有望获得电价和设备补贴，假设 2025 年电解水制氢电价 0.165 元/kwh、电耗 3.9kwh/标方，设备成本 800 万/套，电解水制氢成本可下降至 11.9 元/kg。

图表 20：在中性/乐观情景下，2025 年有望实现平价制氢

		2023E	2024E	2025E	2027E	2030E
乐观情景	光伏度电成本 (元/kwh)	0.19	0.175	0.165	0.16	0.155
	电解槽电耗 (kwh/标方)	4.4	4.1	3.9	3.7	3.5
	制氢系统价格 (万元/1000 标方)	1200	1000	800	600	500
	制氢成本 (元/kg)	15.13	13.27	11.9	10.78	9.96
中性情景	光伏度电成本 (元/kwh)	0.2	0.19	0.18	0.175	0.17
	电解槽电耗 (kwh/标方)	4.4	4.2	4.0	3.8	3.6
	制氢系统价格 (万元/1000 标方)	1200	1000	900	750	600
	制氢成本 (元/kg)	15.63	14.17	13.03	12.01	11.01
悲观情景	光伏度电成本 (元/kwh)	0.23	0.22	0.21	0.2	0.19
	电解槽电耗 (kwh/标方)	4.4	4.3	4.2	4.0	3.8

制氢系统价格 (万元/1000 标方)	1200	1100	1000	900	800
制氢成本 (元/kg)	17.11	16.1	15.11	13.92	12.78

资料来源：《电解水制氢厂站经济性分析》，《中国光伏产业发展路线图（2022-2023）》，东方财富证券研究所

3. 格局推演：百舸争流，客户+技术制胜

3.1. 格局：竞争加剧，国产突围

电解水制氢设备产业链包括：上游光伏风电发电设备和电堆集成供应商、中游氢气制造设备企业和下游制氢厂商。在“双碳”目标驱动下，中国电解水制氢产业发展迅速，产业链各环节入局企业在迅速增加，据《中国电解水制氢产业蓝皮书 2022 年》统计，中游电解槽装备企业数量从 2020 年约 10 家迅速上升到超过百家，其中包括大量光伏、风电、电力燃料电池行业企业。

图表 21：2021 年起部分新进入电解槽装备行业企业（部分）

企业简称	原先所属行业	产品	单槽制氢规模 (Nm ³ /h)
隆基氢能	光伏	碱性电解槽	1000
凯豪达	房地产	碱性电解槽	1000
奥扬科技	气瓶	碱性电解槽	1200
希倍优氢能	氢能	碱性电解槽	1400
远景能源	风电	碱性电解槽	-
华电重工	工程	碱性电解槽	1200
国富氢能	氢能	碱性电解槽	1000
天合光能	光伏	碱性电解槽	1000
双良节能	工业机械	碱性电解槽	1000
亿利洁能	化工	碱性电解槽	1000
昇辉科技	电气设备	碱性电解槽	1000
华光环能	工程	碱性电解槽	1500
国电投	电力	PEM 电解槽	50
阳光氢能	光伏	PEM 电解槽	50
上海治臻	燃料电池	PEM 电解槽	50
中石化	石油炼化	PEM 电解槽	30

资料来源：《中国电解水制氢产业蓝皮书 2022》，东方财富证券研究所

目前，国内电解水制氢设备玩家主要包括老牌电解水设备龙头、风光储龙头和传统设备厂商三大类。

1) 老牌电解水设备龙头：以中船 718 所（派瑞氢能）、苏州竞立和天津大陆为代表，老牌龙头具备技术和产品积累，先发优势明显，但面临人才流失问题。

2) 风光储龙头：以隆基绿能、阳光电源为代表，依托风光储现有客户基础，布局可再生能源制氢系统，与原有业务具有较强协同效应。

3) 传统设备厂商：以华电重工、华光环能等为代表，具备多年装备制造经验，在制氢设备生产上拥有一定的技术和工艺基础。

图表 22：国内主要电解水制氢设备企业概况

所属分类	公司	技术路线	公司概况
国内老牌第一梯队	中船 718 所 (派瑞氢能)	ALK、 PEM、SOEC	1) 派瑞氢能为中船 718 所全资子公司； 2) 1984 年起利用军工技术开发出加压水电解制氢装置； 3) 目前可年产碱性制氢装备 350 台/套、PEM 纯水制氢装备 120 台/套，以及进行各型加氢站建设； 4) 已发布 2000 标方电解槽。
	苏州竞立	ALK	1) 苏州竞立为 JohnCockerill 集团氢能业务在中国区的总部； 2) 2021 年生产超 50 台产氢量 1000Nm ³ /h 电解水制氢设备，参与了 1200Nm ³ /h 和 1300Nm ³ /h 电解水制氢设备的研发和生产； 3) 2022 年绿氢产能达 1GW，全球市场占有率超 35%； 4) 计划 2025 年前发布 3000 标方单槽设备。
	天津大陆	ALK	1) 公司可生产 0.1Nm ³ /h~1000Nm ³ /h 的电解水制氢设备和 2Nm ³ /h~1000Nm ³ /h 的气体纯化设备； 2) 公司主要客户包括普莱克斯亚洲工程有限、宝钢集团、本溪钨钼、洛阳石化、长兴电厂、核工业部 202 厂、福耀浮法玻璃、株洲硬质合金厂等； 3) 公司目前被清华系控股，正在进行中国氢能联盟 1000 标方设备实测。
国内老牌第二梯队	扬州中电制氢设备	ALK	1) 已发布 1000 立方业绩，被中集海工收购； 2) CIMC-GH 系列已具备 2000Nm ³ /h 技术和工艺储备并可扩容至 3000Nm ³ /h
	北京中电丰业技术开发	ALK、PEM	1) 已通过中国氢能联盟 1000 立方设备实测
	山东赛克赛斯氢能源	PEM	1) 目前单槽最大 200 立方
	苏州苏氢制氢设备	ALK	1) 已发布 1000 立方电解槽
	隆基绿能	ALK	1) 2018 年起对氢能产业链进行战略研究； 2) 2021 年 3 月成立控股子公司隆基氢能，聚焦电解水制氢设备和可再生能源制氢系统解决方案； 3) 2023 年 2 月发布碱性电解水制氢设备 ALKH1 系列产品，直流电耗满载状况下低至 4.1kWh/Nm ³ ； 4) 引进竞立技术，目前在 1000 立方和 4000 立方设备都有了相应业绩，正在参与中国氢能联盟 1000 立方设备实测。
光伏企业	阳光电源	ALK、PEM	1) 2021 年 6 月成立阳光氢能； 2) 2021 年 3 月阳光电源发布国内首款、最大功率 SEP50PEM 制氢电解槽 (50Nm ³ /h、250kw)； 3) 2022 年 4 月，阳光氢能与正能集团合作打造鄂尔多斯首个氢能源制储用一体化项目； 4) 1000 标方设备已有业绩。
	天合光能股份	ALK	2023/2025/2030 分别 1/2/5GW 产能
	正泰集团股份	ALK	1) 即将发布兆瓦级氢能电站产品，与深圳市瑞麟科技有限公司联合发布了绿氢装备联合实验室项目
	双良节能	ALK	1) 2022 年 9 月子公司江苏双良新能源首套绿电智能制氢系统 (最大产氢量 1100Nm ³ /h) 下线。双良绿电制氢装备智造基地规划厂房面积超 10000 平方米，能够实现年化 1000-1500Nm ³ /h 电解槽 100 台套的产能

			<p>1) 2020 年投资设立宁波氢能（公司持股 10%），22H1 公司已完成单台 1000 标方产量制氢装置气液分离系统、氢气纯化系统的工艺结构设计；</p> <p>2) 优势：“光伏+氢能+化工”一体化融合发展，拥有达拉特、库布其两大工业园区，制氢产量大；</p> <p>3) 公司三峡鄂尔多斯签订合作投资协议，共同投资设立三峡亿利（从事光伏治沙及氢能、储能经营），公司持股 50%；</p>
	亿利洁能	-	
	远景能源	ALK	1) 正在生产 500 立方设备
	明阳智能	ALK	1) 10 月 13 日，公司全球最大单体碱性水电解制气装备在广东成功下线，单体产气量为 1500-2500Nm ³ /h，单体产气能力全球最大，具备 10%-110%宽频调谐制氢能力
风电企业	华电重工	ALK	<p>1) 21 年公司氢能业务收入 10 万以上，22 年 5 月公司以现金 2.50 亿元通过受让股权及增资扩股相结合方式持股深圳氢能 51%；</p> <p>2) 22 年末。公司与氢能科技签署《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》，合同金额为 3.45 亿元（含税），预计 2023 年内投产。</p>
	三一重能	ALK	1) 正在生产水电解制氢设备
	昇辉科技	ALK	<p>1) 氢能布局：2021 年 8 月设立控股子公司昇辉新能源，聚焦氢能产业，从氢能储能等核心产业环节；资本投资方面，参股氢燃料电池电堆-国鸿氢能、氢能源汽车整车制造-飞驰汽车、膜电极-鸿基创能三家公司，完善产业链布局；</p> <p>2) 电解槽产品：2023 年 1 月，公司联营企业广东盛氢制氢开发的 1000 标方制氢设备下线，采用碱性技术路线，氢气纯度达 99.9995%，工作压力在 1.6Mpa。</p>
	山东奥氢动力科技	ALK	1) 已发布 1200 立方水电解制气设备
装备企业	天津瀚氢源制氢设备有限公司	ALK	1) HydrogenProAS 公司已从三菱电力公司获得 1100 立方单增高压碱性电解槽系统采购订单。公司正在扩大和验证氢技术以实现全球脱碳的努力。该大型单堆电解槽系统将具有 1100 立方米/小时(Nm ³ /h)的容量。该设备将于 2022 年第一季度安装在挪威的 Heroya 工业区，由 HydrogenPro 运营，并将立即开始工作。已获得 40 余台 1000 立方订单
	江苏国富氢能技术装备股份	ALK、PEM	-
	华光环能	ALK	<p>1) 成功实现了碱性水电解槽制氢技术、装备及系统集成成功落地，成功研发并下线产氢量 1500Nm³/h 的碱性电解槽；</p> <p>2) 公司已有 10000m² 电解槽水制氢设备制造场地，并同步推进新制造基地的建设。</p>
	长春绿动	PEM	<p>1) 第一批 3200Nm³/hPEM 电解水制氢系统；第二批 3200Nm³/hPEM 电解水制氢系统；第三批 3600Nm³/hPEM 电解水制氢系统。三批共计 10000Nm³/hPEM 电解水制氢系统</p>

资料来源：各公司公告，各公司官网，东方财富证券研究所

海外 PEM 制氢设备占比较高，扩产速度较快。海外 PEM、SOEC 等非碱性电解槽制氢设备技术成熟度较高，PEM、SOEC 电解槽需求较国内更大，海外企业在 PEM、SOEC 电解槽上的布局领先于国内企业。产能规划上，挪威 Nel ASA、美国 ITM Power、康明斯等均有扩产计划。Nel 计划于 2024 建设第二条碱性电解槽生产线，投产后可形成 1GW 碱性电解槽产能；ITM Power 计划 2023 年底将 PEM 电解槽产能提升至 2.5GW，24 年再翻一倍提升至 5GW；康明斯国内基地 500MW PEM 电解槽产线今年建成，未来产能可扩大至 GW 级别。

图表 23：海外主要电解水制氢设备企业概况

国家	公司	氢能业务	氢能产品情况
挪威	Nel ASA	碱性电解槽、PEM 电解槽	电解槽的最大制造商 NEL 碱性电解槽制氢功耗可低至 3.8kWh/Nm ³ 水平，单堆容量最高可达 2.2MW PEM 电解槽产品规格丰富
英国	ITM Power	PEM 电解槽、加氢站运营	PEM 电解槽的最大制造商之一
德国	Sunfire	碱性电解槽、SOEC 电解槽	1) 碱性电解槽系统寿命 90000 小时，一套系统在 30 bar (g) 压力下生产 2,230 Nm ³ /h 氢气，功耗为 4.71kWh/Nm ³ 。 2) SOEC 在 850° C 下运行，利用工业余热以最高转化效率将水蒸汽加工成氢气。一个系统产生 750Nm ³ /h 的氢气，功耗为 3.6kWh/Nm ³ ，实现 84%电效率。
德国	Linde plc	PEM 电解槽、氢运输、氢储存	
德国	Enapter	AEM 电解槽	1) AEM 电解槽 4.0：生产率 500 NL/h 或 1.0785kg/24h；可在一个 20 英尺的集装箱内堆放 70 个电解槽 2) AEM 多核：生产率 210 Nm ³ /h，使用许多 AEM 电解槽核心来实现最佳可靠性和对波动的可再生能源的反应性
法国	McPhy	碱性电解槽、加氢站	电解槽有三款产品互补满足需求 1) Piel: 0.4 to 20 Nm ³ /h 1 至 30 bar 2) McLyzer: 从 100 到 800 Nm ³ /h 在 30bar 3) Augmented McLyzer: 20、100 MW 及以上, 30 bar
美国	Cummins	燃料电池、碱性电解槽、PEM 电解槽	模块化电解槽范围从 10Nm ³ /h 到 1000Nm ³ /h
美国	FuelCell Energy	沼气制氢、SOEC 电解槽、氢能储存	1) 以接近 90%的电效率生产氢气，并且在使用余热时可以达到 100%的效率。生产率 600KG/天
美国	Bloom Energy	SOEC 电解槽、燃料电池	每公斤氢气消耗 37.7KWH
美国	Plug Power	燃料电池、PEM 电解槽、加氢站、液化器	1) 提供一系列支持轻型、中型和重型电动汽车的 ProGen 发动机 2) 制氢成本每公斤 1.5 美元
印度	Reliance Industries Ltd	电解槽	
挪威	HydrogenPro	碱性高压电解槽	

资料来源：各公司公告，各公司官网，东方财富证券研究所

从产能格局看, 23 年全球前 20 电解水制氢设备企业合计产能可达 26.4GW, 产能 CR5 为 47.35%。根据 BNEF 统计, 2022 年底全球前 20 电解水制氢设备企业合计产能为 14GW, 其中产能超过 1GW 企业达 9 家; 预计到 2023 年底, 全球前 20 电解水制氢设备企业合计产能达 26.4GW, 产能 CR5 为 47.35%, 较 22 年提升 3.78pct。我们预计, 随着下游需求持续放量及头部企业快速扩产, 电解水制氢行业集中度有望进一步提升。

图表 24：国内主要电解水制氢设备企业概况

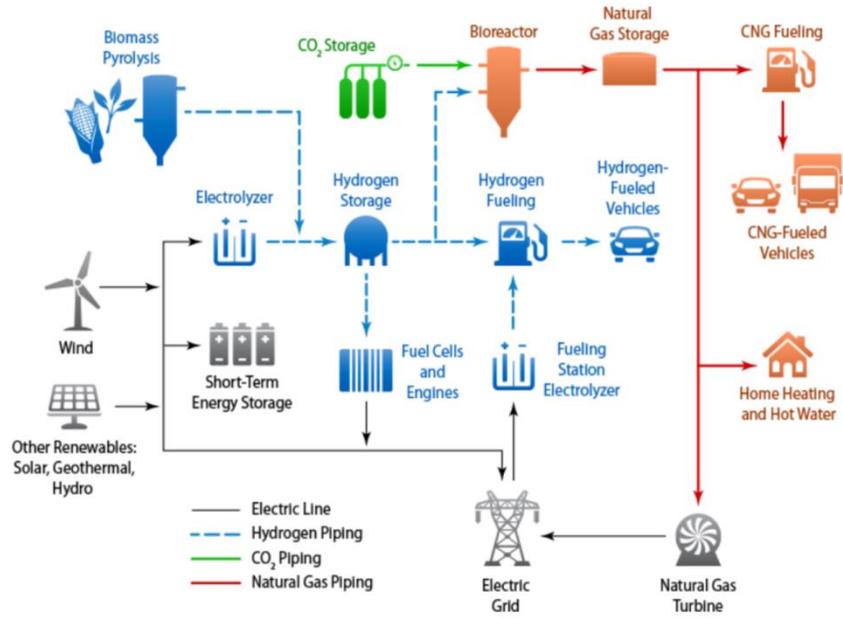
2022					2023				
排名	企业	产能 (GW)	国家	技术路线	排名	企业	产能 (GW)	国家	技术路线
1	隆基绿能	1.5	中国	ALK	1	普拉格能源	3	美国	PEM
1	派瑞氢能	1.5	中国	ALK/PEM	2	隆基绿能	2.5	中国	ALK
3	阳光电源	1.1	中国	ALK/PEM	2	考克利尔竞立	2.5	比利时	ALK
4	考克利尔竞立	1	比利时	ALK	2	ITM Power	2.5	英国	PEM
4	蒂森克虏伯	1	德国	ALK	5	Ohmium	2	美国	PEM
4	奥扬科技	1	中国	ALK	6	康明斯	1.6	美国	PEM
4	ITM Power	1	英国	PEM	7	派瑞氢能	1.5	中国	ALK/PEM
4	普拉格能源	1	美国	PEM	7	蒂森克虏伯	1.5	德国	ALK
4	Ohmium	1	美国	PEM	9	Hydrogen Pro	1.3	挪威	ALK
10	康明斯	0.6	美国	PEM	9	西门子	1.3	德国	PEM
10	Nel (耐欧)	0.6	挪威	ALK/PEM	11	阳光电源	1.1	中国	ALK/PEM
12	中电丰业	0.5	中国	ALK	12	奥扬科技	1	中国	ALK
12	国富氢能	0.5	中国	ALK	12	国富氢能	1	中国	ALK
14	西门子	0.3	德国	PEM	14	Nel (耐欧)	0.6	挪威	ALK/PEM
14	瑞麟科技	0.3	中国	ALK	15	中电丰业	0.5	中国	ALK
14	HydrogenPro	0.3	挪威	ALK	15	Sunfire	0.5	德国	ALK
17	凯豪达	0.3	中国	ALK	15	凯豪达	0.5	中国	ALK
17	Sunfire	0.3	德国	ALK	15	希倍优	0.5	中国	ALK
19	麦克菲	0.1	法国	ALK	15	昇辉科技	0.5	中国	ALK
19	Green Hydrogen Systems	0.1	丹麦	ALK	15	印度瑞来斯实业公司	0.5	印度	ALK

资料来源：北极星电力网，BNEF 彭博新能源财经，东方财富证券研究所

3.2 竞争要素：短期示范看客户，长期降本看技术

国内已有超百个在建和规划中的电解水制氢项目，涵盖石油炼化、化工合成、钢铁冶炼和交通等多个领域。2020 年之前，大型电解水制氢主要应用于多晶硅等极少数领域；2020 年以后，双碳目标对电解水制氢项目在工业领域的应用起到了极大的推动作用，国内炼化、钢铁、交通和氢储能领域开始大规模规划绿氢项目。

图表 25：电解水制氢应用场景



资料来源：NREL 美国可再生能源实验室，东方财富证券研究所

国内可再生能源制氢处于示范推广阶段，下游客户渠道至关重要。目前，国内可再生能源制氢行业仍处于发展初期，绝大部分电解水制氢设备需求来自于各省市示范项目，在各家产品性能差异不大的情况下，具备客户渠道优势，尤其与项目主体关系紧密或存在合作关系的设备厂商有望率先实现放量。同时，示范项目中电解槽调试与运行数据是后续大型项目招标的重要参考依据，因此率先实现电解槽出货并应用于示范项目的企业在订单获取能力上将具备明显先发优势。

图表 26：内蒙古具备实施条件风光制氢一体化示范项目一览

地点	项目名称	项目类型	制氢能力 (吨/年)	总投资 (亿元)	计划开工时间	计划投产时间
兴安盟	兴安盟京能煤化工可再生能源绿氢替代示范项目	离网型	26816	36.76	2023/4/1	2024/12/1
锡林郭勒	京能查干淖尔风电制氢一体化项目	离网型	383.93	0.9072	2023/4/1	2023/6/1
巴彦淖尔	三一重能乌拉特中旗甘其毛都口岸加工园区风光氢储氨一体化示范项目	离网型	36000	42.7	2023/4/1	2023/12/1
巴彦淖尔	中能建巴彦淖尔乌拉特中旗绿电制氢制氨综合示范项目	离网型	10000	23.15	2023/6/1	2024/12/1
兴安盟	中核科右前旗风储制氢制氨一体化示范项目	并网型	21600	45	2023/1/1	2024/7/30
赤峰	赤峰市能源物联网零碳氢氨一体化示范项目	并网型	24200	43.62	2023/3/1	2023/8/1
赤峰	中电建赤峰风光制氢一体化示范项目	并网型	18600	35.22	2023/1/1	2024/6/1
锡林郭勒	中国大唐集团新能源股份有限公司多伦15万千瓦风光制氢一体化示范项目	并网型	5419	10.94	2023/6/1	2024/12/1
鄂尔多斯	鄂尔多斯市伊金霍洛旗圣圆能源风光制氢加氨一体化项目	并网型	5445	13.55	2023/6/1	2024/6/1

鄂尔多斯	10万吨/年液态阳光——二氧化碳加绿 氢制甲醇技术示范项目	并网型	21000	49	2023/6/1	2025/5/1
包头	国际氢能冶金化工产业示范区新能源制 氢联产无碳燃料配套风光发电一体化示 范项目	并网型	28009	32.48	2023/4/1	#####
乌兰察布	乌兰察布兴和县风光发电制氢合成氨一 体化项目	并网型	25700	41.39	2023年年 初	2024年年 底
阿拉善	国能阿拉善高新区百万千瓦风光氨氢+基 础设施一体化低碳园区示范项目	并网型	22300	50.8225	2023年	2024年
阿拉善	腾格里60万千瓦风光制氢一体化示范项 目	并网型	20827	40.77	2023/3/1	2024/12/1
鄂尔多斯	鄂尔多斯库布其40万千瓦风光制氢一体 化示范项目	并网型	15460	29.45	2023/6/1	2024/8/1

资料来源：内蒙古能源局，东方财富证券研究所

长期看，可再生能源制氢技术大规模推广应用关键在于降本，具备技术研发实力、产品性能领先的企业具备更强竞争力。可再生能源制氢成本主要来自于电费和设备折旧，因此，一方面可以通过降低电耗，带动终端制氢电费成本下降；另一方面可以通过提升电流密度增大单槽产氢量以降低单位设备折旧成本，电耗和电流密度的优化核心在于技术和材料的创新。目前，国产碱槽单槽产氢量达到1000Nm³/h以上、直流电耗在3.9-4.6kWh/Nm³，未来具备技术研发实力、产品性能能够持续领先的企业将具备更强竞争力。

图表 27：主要碱性电解槽企业产品性能对比

公司	技术路线	最大单槽制氢量 (Nm ³ /h)	直流电耗	操作压力 (Mpa)	负荷范围 (%)	寿命 (h)
隆基绿能	碱性	1500	3.9-4.4	1.6 (可调)	25-115	200000
阳光电源	碱性	1000	-	1.8 (可调)	25-110	-
华光环能	碱性	1500	≤4.2	3.2	10-200	-
华电重工	碱性	1200	<4.6	1.6	-	-
昇辉科技	碱性	1000	<4.6	1.6	20-115	-
亿利洁能	碱性	1000	4.3-4.6	0.8-1.6	20-110	-
双良节能	碱性	1000	4.2-4.8	1.6	-	-
派瑞氢能	碱性	2000	≤4.5	1.5-2.5	50-100	-
考克利尔竟立	碱性	1500	≤4.4	1.6	-	-

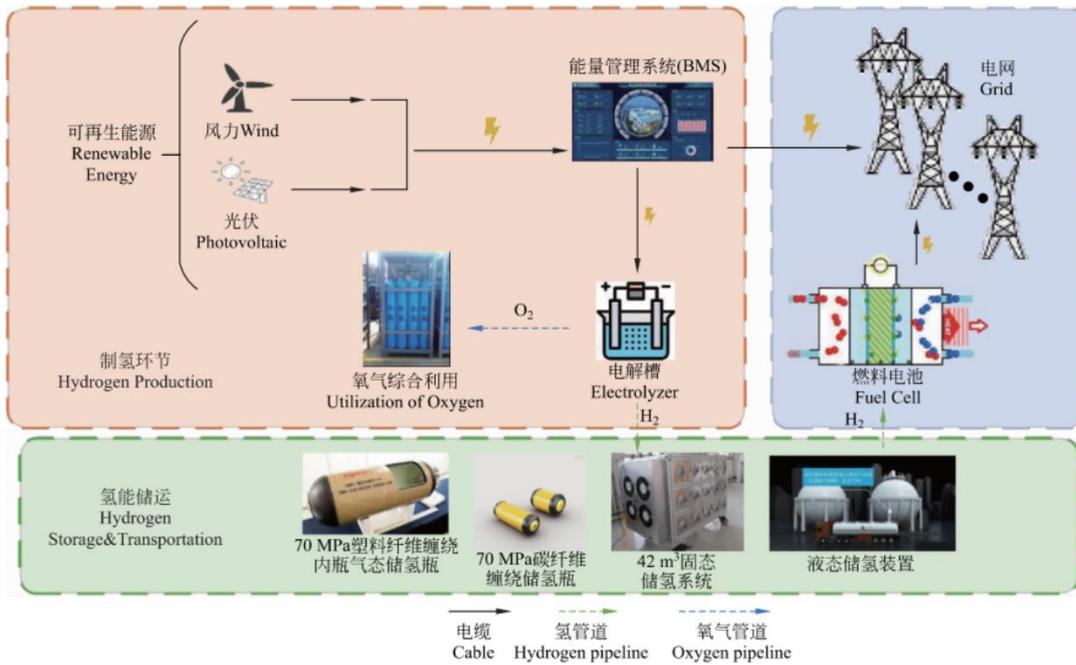
资料来源：各公司公告，各公司官网，东方财富证券研究所

4. 投资建议

4.1. 业务协同的光储龙头：隆基绿能、阳光电源、双良节能等

风光储龙头企业依托现有客户基础，延伸布局电解水制氢系统，可为客户提供光氢、风氢一体化系统解决方案，与原有光伏、风电业务发挥协同。

图表 28：风光互补耦合发电制氢系统结构图



资料来源：《“双碳目标”下可再生能源制氢技术综述及前景展望》，东方财富证券研究所

1) 隆基绿能

氢能战略布局清晰，预计 2025 年形成 5-10GW 产能。公司 2018 年起对氢能产业链进行战略研究，并于 2021 年 3 月成立控股子公司隆基氢能，聚焦电解水制氢设备和可再生能源系统解决方案。2021 年 10 月，首台碱性水电解槽下线，单台制氢能力超 1000Nm³/h，2022 年 4 月，3 台套 1000Nm³/h 电解槽设备顺利启运发至西部某项目现场。2022 年末，公司电解水制氢设备产能达 1.5GW，预计 2023 年产能有望达 2.5GW，2025 年规划产能达 5-10GW。

全新产品发布，性能领先同行。2023 年 2 月 14 日，公司发布全新一代碱性电解水制氢设备 ALK Hi1 系列产品，其中，ALK Hi1 plus 产品，直流电耗满载状况下低至 4.1kWh/Nm³，在 2500A/m² 电流密度下，更可低至 4.0kWh/Nm³，可连续运行 72 小时。

图表 29：隆基绿能氢能产业全球化布局



资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

图表 30：隆基绿能电解槽项目中标情况

中标时间	项目	项目地点	中标套数	中标金额(万元)	制氢设备类型
2022/5/6	中石化新星新疆库车绿氢示范项目	新疆库车	-	35988	碱性电解槽
2023/4/11	吉电股份大安风光制绿氢合成氨一体化示范项目(标段5)	吉林大安	15	10470	碱性电解槽

资料来源：北极星氢能网，东方财富证券研究所

2) 阳光电源

公司较早涉及光伏制氢业务，布局多种制氢产品。2019年7月和9月，公司分别与山西晋中榆社县和山西屯留区签订300MW光伏和50MW制氢综合示范项目、500MW光伏制氢项目，开始逐步涉及光伏制氢业务。2019年10月与中科院大连化物所合作，成立PEM电解制氢技术联合实验室。2021年成立阳光氢能，完成对氢能产业的初步布局。

在技术路线选择上，碱性和PEM电解槽均有布局，2021年3月发布国内首款、最大功率SEP50 PEM制氢电解槽(50Nm³/h, 250kw)，目前，公司碱性和PEM电解槽最大单机功率分别为1000Nm³/h、500Nm³/h，2022年底，配备公司200Nm³/h PEM电解槽的长江电力绿电绿氢示范项目产氢成功，产氢纯度达99.999%，公司产品和技术已获得下游龙头客户验证。

图表 31：阳光电源氢能业务主要产品

产品	特点	图示
制氢电源	可再生能源制氢专用电源 全控型功率器件和PWM控制技术 网侧电流谐波含量<3%，功率因数>0.99 功率调节响应时间<100ms，完美匹配可再生能源波动特性	
	离网制氢专用电源 IGBT全控型功率型器件和PWM控制技术 功率调节响应时间<100ms，快速匹配可再生能源波动性	
制氢装置	额定产氢能力1000 Nm ³ /h，由SEA1000电解槽，气液分离与纯化装置、公用工程装置组成 25%-110%宽负荷调节范围，适应可再生能源波动特性，提升能量利用率 优化的结构与流场设计，直流电耗更低	
	额定产氢能力200Nm ³ /h，由PEM电解槽、气液分离与纯化装置、公用工程装置组成。 5%-110%宽负荷调节范围，适应可再生能源波动特性，提升能量利用率 分钟级快速启停，适应可再生能源间歇特性 高品质核心部件，先进的结构与流场设计，直流电耗更低	
智慧氢能管理系统	实现多套制氢系统之间，制氢系统与多种能量来源之间的协调控制，具备运行监测、分析诊断、协调控制、运营管理四大功能，保障系统高效、智慧、安全	

资料来源：阳光电源官网，东方财富证券研究所

图表 32：阳光电源电解槽项目中标情况

中标时间	项目	项目地点	中标台套数	中标金额(万元)	制氢设备类型
2023/3/14	上海浦东经济开发区光伏制氢项目	鄂尔多斯市鄂托克前旗	9	8978.39	碱性电解槽
2023/4/11	吉电股份大安风光制绿氢合成氨一体化示范项目(标段6)	吉林大安	12	8986.29	碱性电解槽

资料来源：北极星氢能网，东方财富证券研究所

3) 双良节能

配备先进的电源技术和能量优化算法，绿电制氢系统稳定性大大提升。双良自主研发的“绿电智能制氢系统”，由“一体化 IGBT 电源、高性能电解槽、气液分离装置、氢气纯化装置”四大核心部分组成。凭借先进的电源技术和能量优化算法，该系统实现了在波动性大的场景中高效稳定运行；采用高电流密度设计，使单槽制备量达到了 1200Nm³/h 以上，通过气液分离装置将碱液沉降分离后，氢气纯度可达 99.9999%；自动化集成度高，实现 100%无人值守。真正实现低成本、低能耗、高性能。

产品交付光伏企业，可靠性通过客户验证。公司光伏多晶硅还原炉业务市场占有率达 65%，稳居国内第一，硅料厂商客户资源丰富。而硅料生产过程中，氢气是重要原料之一，因此硅料厂具有潜在电解槽需求。目前，公司绿电制氢系统已交付大全新能源和润阳悦达新能源，产品通过下游客户验证。

4) 天合光能

天合元氢率先抢跑，天擎制氢系统已正式出货。2022 年 12 月 19 日，天合元氢首套自主独立设计的碱性电解槽正式下线。下线的成套碱性电解水装置主体设备包括电解槽、后处理装置、氢气纯化装置、干式变压器、整流柜、控制柜、配电柜、除盐水冷却装置等。次年 1 月 6 日，天擎系列碱性电解槽及制氢纯化辅助设备出货，正式交付宜昌南玻硅材料有限公司，标志着天擎系列首批产品开始进入量产出货阶段，为大规模绿氢制取以及新能源发电提供了保障。到 2023 年，天合元氢将建成 1GW 电解水制氢设备产能。

持续技术创新，天擎系统电解槽降本成效显著。天擎碱性电解水制氢系统的首台电解槽单槽产氢量为 1000Nm³/h，为了降低系统成本，天擎电解槽能耗满足国标一级能效的标准，性能领先。与传统同等级设备相比，电解槽电流密度提高 50%-75%，与传统电解槽相比直流电耗降低 10%-15%，具有高密度低能耗的特性，可实现多维能源融合，更加契合绿电的发展需求。该系统的 LCOH（氢的生产成本）在直流电耗满载状况下可低至 4.3kwh/Nm³，未来将有望达到 4.0kwh/Nm³。天擎系列具备 25%-120%宽功率波动的制氢能力，配合独有的控制技术，更好的适配可再生能源电力。

4.2. 集团旗下装备厂商：华电重工、亿利洁能、三一氢能

1) 华电重工

积极布局电解槽业务，电解槽产品成功下线。公司自开展氢能业务以来，积极承担国家、华电集团重大科技攻关项目，已成为推动华电集团氢能产业发展的重要力量。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，并持续加大在新型高效电解制氢技术（包括高效质子交换膜电解水制氢膜电极、质子交换膜电解水装置等）等方面的研发力度。2022年7月，公司1200Nm³/h碱性电解水制氢装置与气体扩散层产品成功下线，后续将依托氢能产业链示范项目推进相关电解水制氢装置的应用。

依托华电集团，出货有保障。华电重工作为华电集团专门承包和制造各种能源装备的子公司，于2022年与内蒙古华电氢能科技有限公司签署了《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》，合同金额3.45亿元，依托华电集团，公司获取订单的能力不断提升。

2) 亿利洁能

四大核心亮点，抢占电解槽行业领先赛道。亿利洁能电解槽展示了四个方面的硬核实力，即能耗低、自动化强、适应性强、降本成效显著。该电解槽一是采用高电流密度技术，实现单槽制氢产量1000Nm³/h，能耗4.3-4.6kWh/Nm³H₂，工作压力0.8-1.6Mpa；二是系统无人值守、全自动化运行、远程一键启停；三是系统的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；四是同时构建光伏发电产业，实现从源头降低制氢用电的费用，大幅降低绿氢成本。

构建“光、氢、化”三位一体发展格局，充分发挥产业链优势。亿利洁能依托控股公司亿利资源集团十多年治沙成果，联手大型央企，聚焦“光氢新能源治沙”，正在鄂尔多斯库布其沙漠投资建设光伏风电、绿氢、绿氨、绿肥、绿色化工、绿电替代等低碳产业链基地，创新“上游绿电、中游绿氢、下游绿色化工”的融合发展模式，具备高技术，高附加值的特点。背靠集团所带来的完备产业链，亿利洁能电解槽业务打造独具一格的消纳优势。

3) 三一氢能

三一集团深耕装备领域多年，氢能战略布局领先。早在2020年，全球首台氢燃料电池搅拌车和三一首台氢燃料电池自卸车下线，标志着三一集团正式迈入“氢时代”。2022年，三一在长沙建成了湖南首座制氢加氢一体站，成功布局氢能的“绿色制取-储运-加注装备”全产业链。根据集团氢能装备产业化建设项目规划，项目建成后，在长沙经开区内年产电解水制氢电解槽400套、氢气瓶1.5万件、加氢站（装备）90座。

集团内部协同，技术+出货优势明显。三一集团旗下上市公司三一重工是国内机械设备龙头，具备多年设备制造经验，在电解水制氢设备制造具备一定的工艺和技术基础。同时，集团旗下风能企业三一重能于2022年12月与巴里坤哈萨克政府签订招商引资协议，计划建设年产能200万千瓦大兆瓦智能风电装备制造产业园（主机、叶片）、50万千瓦风储新能源项目及100万千瓦风电制氢制氨项目，公司电解槽产能有望实现集团内部消纳。除此之外，三一氢能

中标吉电股份大安风光制绿氢合成氨一体化示范项目第7标段8套水电解制氢设备，中标金额达5759.42万元。

4.3. 研发和技术实力强劲的设备厂商：华光环能、昇辉科技

1) 华光环能

携手大连理工，自研核心材料。2022年，公司与大连理工合作成立零碳氢出技术研究中心，进行电解水制氢、碳捕捉技术等示范项目的开发。大连理工在碱性电解槽催化剂、隔膜等关键材料制备生产方面具备丰富研究和专利布局。

自主知识产权电解槽成功下线，高压指标领先同行。2022年10月，公司成功研制开发储30Nm³/h碱性电解水制氢中试示范工程设备。公司在中试试验机基础上，采用具有自主知识产权的双极板和电极催化剂，历时仅72天成功研发产氢量1500Nm³/h的碱性电解槽，并于2023年3月成功下线。该产品产氢压力3.2Mpa，较同行1.5-1.6Mpa具备明显领先优势。公司已具备500Nm³/h以下、500-1000Nm³/h，1000-2000Nm³/h，多个系列碱性电解水制氢系统制造技术。公司已有10000m²电解槽水制氢设备制造场地，并同步推进新制造基地建设。

2) 昇辉科技

研发实力强劲，电解槽进展迅速。2022年8月22日，公司推出首台套100标方碱性电解槽制氢设备，历时仅120天1000标方碱性电解槽制氢成套设备在佛山成功下线，加入国内大标方制氢设备俱乐部。公司电解槽采用高电流密度设计和第三代隔膜技术，较传统碱槽提升30%以上电流密度、降低10%能耗，同时依托公司电气成套设备技术优势，实现设备电子电气组件的自控、自产。

氢能产业多点布局，“3+3”业务模式初步形成。公司氢能业务采用参股投资3家氢能产业链头部企业，自主经营3大氢能业务板块的布局。在战略投资方面，昇辉新能源对氢燃料电池生产商国鸿氢能、氢能源汽车整车制造商飞驰汽车、膜电极生产商鸿基创能进行了参过投资，形成从燃料电池核心零部件到整车的产业链布局；在自主运营方面，公司已建立氢能汽车运营平台打造氢能汽车的规模化应用场景、引进国内领先技术团队开展大规模碱性电解水制氢业务、建立氢能核心电气零部件生产线。

图表 33：行业重点关注公司（截至2023-05-22）

简称	总市值 (亿元)	EPS (元)				PE (倍)				评级
		2022A	2023E	2024E	2025E	2022A	2023E	2024E	2025E	
隆基绿能	2,498.87	1.95	2.48	3.10	3.60	21.89	13.29	10.63	9.15	未评级
阳光电源	1,703.22	2.42	4.63	6.23	8.18	60.44	24.73	18.33	14.00	增持
双良节能	246.18	0.58	1.36	1.77	2.06	21.87	9.70	7.44	6.39	未评级
华电重工	83.53	0.27	0.38	0.47	0.57	32.98	18.92	15.21	12.51	未评级
亿利洁能	124.98	0.21	-	-	-	14.15	-	-	-	未评级
华光环能	106.09	0.78	1.05	1.24	1.51	12.50	10.70	9.06	7.44	增持
昇辉科技	56.87	-1.97	-	-	-	24.15	-	-	-	未评级

资料来源：Choice，东方财富证券研究所

注：未评级数据来自Choice一致预期

5. 风险提示

下游需求不及预期；

政策支持力度不及预期；

电解水制氢降本不及预期。

东方财富证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

分析师申明：

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

投资建议的评级标准：

报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后3到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的3到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深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；美国市场以标普500指数为基准。

股票评级

买入：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅15%以上；
增持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于5%~15%之间；
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-5%~5%之间；
减持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-15%~-5%之间；
卖出：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅15%以上。

行业评级

强于大市：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅10%以上；
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间；
弱于大市：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅10%以上。

免责声明：

本研究报告由东方财富证券股份有限公司制作及在中华人民共和国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。

本研究报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本研究报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的报告之外，绝大多数研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

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，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。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，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。

那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

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，投资者需自行承担风险。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为东方财富证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。