



2023年01月19日

标配

证券分析师

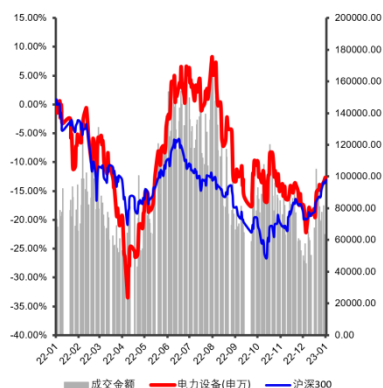
周啸宇 S0630519030001

zhouxiaoy@longone.com.cn

联系人

王珏人

wjw@longone.com.cn



相关研究

西照东升，雄鸡一唱天下白——中国光伏行业深度复盘系列（上）

百舸争流，千树万树梨花开

——中国光伏行业深度复盘系列（下）

投资要点：

➤ **主材端：硅料价格进入下行周期，技术迭代推进下行业红利涌现。**1) **硅料：**周期复盘显示，受上下游扩产周期差及长单机制影响，本轮硅周期已进入反转阶段，硅料价格高位回落；行业格局上，硅料产能由海外老牌化工企业主导到实现中国企业主导，但随着本土化政策的推进，部分幸存海外产能开始复苏。未来趋势上，协鑫通过海外收购及自主研发成为颗粒硅的推行者，随着今年徐州、乐山、包头基地陆续投放产能超20万吨，行业渗透率不断提升。

2) **电池：**随着P型电池转换效率逼近理论极限，技术迭代方案逐步涌现。晶硅电池中，TOPCon、HJT、IBC三种技术路径并行。目前TOPCon量产速度领先，HJT降本仍在推进，IBC实现量产但良率较低且有待实证。钙钛矿方面，目前行业仍在试产及商业化初级阶段，未来与晶硅电池叠层可实现转换效率的进一步提升。

3) **组件：BIPV领域：**受益于双碳政策下建筑节能政策推动，建筑光伏一体化成为建筑节能最佳方案。由于行业具有光伏+双重特性，组件龙头加紧BIPV布局同时和建筑龙头展开战略合作；**海上光伏领域：**海上装机理论空间巨大，政策上沿海各省陆续发布政策扶持，其中山东省已规划42GW。但受到自然环境及极端气候影响，实际装机空间受限，未来漂浮式技术发展及进一步降本才能有望实现产业的大规模商业化。

➤ **设备端：1) 生产设备：**由于组件投资对于降本的需求，以及设备与组件联系密切的行业属性，光伏生产设备在技术迭代中逐步超车，国产设备全球领先。从行业发展趋势看，N型迭代下技术分歧出现，国内主设备龙头厂商再享技术红利，而激光设备在N型放量下应用场景获得拓宽。

2) **逆变器：**历史复盘来看，逆变器的发展历程呈现出国产崛起与行业自身技术发展的双重脉络，从最初的国外领先，到目前华为、阳光电源排名全球前三。未来发展上，微型逆变器有望复刻国产替代之路，目前美国Enphase一家独大，国内昱能科技、禾迈股份奋起直追，但仍有较大差距。国内厂商在成本、产品方面逐步显现，随着品牌力、渠道力提升，预计享受市占率及渗透率的双重红利。

3) **支架：**随着渗透率提升、集中式开工以及成本下降，有机会迎来盈利修复。产能端，国内跟踪支架厂商起步较晚，以代工为主，全球排名前十厂商仅一两家，技术、品牌、渠道均有提升空间。需求端，渗透率约为10%-15%，远低于海外，随着终端成本下行以及集中式动工，预计跟踪支架会迎来量上修复；成本端，钢材、铝材为支架主要成本，随着钢价、铝价回落，盈利能力将获得提升。

➤ **辅材端：**受益于终端高景气，组件需求拉动辅材端需求量的激增。在组件产能本土化大潮下，配套辅材产能的需求应运而生。国内辅材逐步打破海外技术垄断，实现国产替代，并最终占领全球市场。但大部分辅材企业议价能力不强，在2022年硅成本飙升背景下，利润空间被组件环节压缩，2023年有望获得盈利修复。同时在产能整体扩张时，瓶颈环节有望收获超额利润。

1) **胶膜：**竞争格局上表现为一超多强。由于行业壁垒强，龙头凭借顾客粘性及营运能力确保利润。建议关注粒子保供能力，粒子是胶膜最主要成本，对胶膜性能有着重要作用。由于胶膜产能的轻资产属性，粒子存在供需缺口，粒子保供成为企业重要竞争力。未来发展来看，N型迭代下POE胶膜需求提升，POE粒子保供的龙头将可获得一定超额受益。

2) 光伏玻璃: 产品同质化背景下, 规模效应降本成为行业竞争关键, 同时技术差异如 TCO 玻璃技术打开产业新蓝海。历史复盘来看, 光伏玻璃承袭光伏行业国产替代路线, 近几年占据全球份额的 90% 以上; 生产端上, 由于产品同质化, 行业龙头通过原片+镀膜一体化、石英矿收购+大窑炉扩产实现规模效应, 双寡头格局稳定; 从未来发展来看, TCO 玻璃受益于薄膜电池放量, 国产化进程不断推进, 金晶科技打破海外垄断已投产。

3) 背板: 需求端, 组件放量带动背板需求提升; 供给端, 背板是国产替代程度最高的辅材。行业格局上, 背板和上游氟化工、石油化工紧密结合, 国产化不断深入。背板龙头市占率较高, 同时普遍选择开启第二成长曲线, 叠加上游降本, 盈利有望回暖。

➤ **投资建议:** 针对当下光伏产业链利润再分配及 N 型技术迭代稳步推进的大趋势, 我们建议重点关注:

1. 主材端: 有望实现量利齐升的一体化组件龙头, 以及在 N 型技术方面有较强优势的电池片厂商。核心逻辑包括: 1) 硅料价格下行, 产业链整体利润分配回归合理区间, 预计电池、一体化组件龙头将获得盈利修复; 2) 硅成本下降背景下, 组件价格回归合理区间, 预计 2023 年终端将顺利迎来放量, 需求提振; 3) N 型迭代趋势下, 产品同质化趋势减弱, 技术先进的 N 型电池及组件龙头有望获得溢价。

2. 生产设备端及系统设备端: 1) 受益于 N 型扩产, 在 N 型技术方面有着较强优势的 TOPCon、HJT 设备龙头; 2) 受益于户储渗透率提升, 国产替代持续推进, 在户储方面具有领先优势, 预计将获得市占率提升的户储龙头; 3) 受益于跟踪支架利润修复及渗透率提升, 具有较强品牌、渠道、技术优势的跟踪支架龙头。

3. 辅材端: 受益于硅成本下行, 预计将实现利润修复和需求增长, 建议关注: 1) 具有 POE 粒子较强保供能力的胶膜龙头; 2) 规模效应显现, TCO、超模玻璃等技术实现差异化竞争的光伏玻璃龙头; 3) 背板保持出货量稳定, 同时开启第二成长曲线的背板龙头。

➤ **风险提示:** 全球宏观经济波动风险; 行业内部竞争风险; 国际贸易及新能源政策风险等。

推荐标的盈利预测简表

公司名称	总市值 (亿元)	净利润增速 (%)			P/E		
		2022E	2023E	2024E	2022E	2023E	2024E
天合光能	1,545.64	104.59	81.03	30.74	41.87	23.13	17.69
晶科能源	1,558.00	140.33	97.87	32.48	56.80	28.70	21.67
爱旭股份	486.47	1,731.89	54.08	31.55	23.74	15.41	11.71
钧达股份	260.26	522.41	163.16	40.49	34.49	13.11	9.33
迈为股份	776.61	42.31	66.35	48.24	84.90	51.03	34.43
捷佳伟创	409.17	39.63	32.49	26.83	40.85	30.83	24.31
帝尔激光	229.72	32.37	45.10	41.62	45.55	31.39	22.17
禾迈股份	493.36	188.28	98.28	76.44	84.83	42.78	24.25
昱能科技	390.24	277.90	126.44	69.01	100.33	44.31	26.22
福莱特	615.46	18.39	45.80	32.46	31.03	21.28	16.06

亚玛顿	62.11	165.88	91.35	47.57	43.26	22.61	15.32
福斯特	973.36	18.28	34.85	18.02	37.47	27.78	23.54
海优新材	185.08	52.70	106.21	31.30	48.06	23.31	17.75
赛伍技术	144.26	88.46	77.61	47.34	45.01	25.34	17.20
中来股份	186.11	287.16	58.57	46.41	31.73	20.01	13.67

正文目录

1. 主材端：硅料周期下行，技术迭代不断推进	9
1.1. 硅料：光伏周期加速器	9
1.1.1. 价格历史周期：上下游扩产周期差+长单机制	9
1.1.2. 产能：国产实现逆袭后，海外产能蠢蠢欲动	9
1.1.3. 颗粒硅：渗透率不断提升	11
1.2. 电池：技术迭代下，行业技术红利出现	12
1.2.1. 晶硅电池：三种路径下，TOPCon 量产领先，HJT 降本仍在推进	12
1.2.2. 钙钛矿：商业化有待时日，与晶硅电池叠层大有可为	15
1.3. BIPV：建筑节能趋势下，BIPV 有望高速增长	16
1.3.1. 政策端：双碳政策下，建筑节能提上日程	16
1.3.2. BIPV：建筑光伏一体化是建筑节能最佳方案	17
1.3.3. 光伏+建材战略合作，组件龙头加紧 BIPV 布局	18
1.4. 海上光伏：理论星辰大海，亟需配套低成本解决方案	19
1.4.1. 政策发力新蓝海，理论空间巨大	19
1.4.2. 自然环境及极端气候影响下，实际市场空间受限	20
1.4.3. 海上光伏组件形式：固定式为主，漂浮式方兴未艾	21
2. 设备端：生产设备实现红利，系统设备扬帆出海	23
2.1. 电池设备：行业属性下国产替代，技术迭代下享受红利	23
2.1.1. 历史复盘：行业属性下大势所趋，设备国产替代完成	23
2.1.2. N 型迭代下技术分歧，国内厂商再享技术红利	25
2.1.3. 激光设备：N 型放量下应用场景拓宽	26
2.2. 逆变器：国产替代及分布式趋势下受益	28
2.2.1. 历史复盘：逆变器，国产替代到称霸国际	28
2.2.2. 微型逆变器：国产替代再起风云	29
2.3. 支架：集中式开工启动+成本下降+渗透率提升预期	30
2.3.1. 历史复盘：起步较晚，国内跟踪支架发展空间较大	30
2.3.2. 现状：需求侧及成本侧改善，经营状况有望转好	32
3. 辅材端：水涨船高，瓶颈环节有望享受超额利润	33
3.1. 胶膜：粒子保供及 POE 胶膜成为亮点	33
3.1.1. 主要原料粒子产能瓶颈下，龙头效应显著	33
3.1.2. 新产品加速迭代，POE 胶膜有望获得红利	35
3.1.3. 胶膜实现国产主导，上游粒子国产化率有待提升	36
3.2. 玻璃：规模效应下龙头地位稳固，TCO 玻璃打开新蓝海	38
3.2.1. 历史复盘：产能全国化下，政策及成本影响下价格震荡	38
3.2.2. 生产端：一体化规模效应显著，双寡头格局稳定	39

3.2.3. TCO 玻璃:受益于薄膜电池放量, 国产化不断推进	41
3.3. 背板: 盈利修复下, 龙头打开第二成长曲线.....	42
3.3.1. 国产主导, 背板供需两旺	42
3.3.2. 背板材质: 降本驱动下国产替代	42
3.3.3. 产业链格局向好, 硅料放量盈利有望修复	44
4. 投资建议	44
5. 风险提示	45

图表目录

图 1 历史硅料价格周期复盘(美元/千克)	9
图 2 本轮周期硅料价格复盘(万元/吨)	9
图 3 全球及中国多晶硅历年产量及占比 (万吨、%)	10
图 4 全球主要多晶硅厂商排名	10
图 5 颗粒硅示意图	11
图 6 棒状硅示意图	11
图 7 各电池市占率	12
图 8 电池转换效率预测	12
图 9 TOPCon 电池示意图	13
图 10 TOPCon 电池结构图	13
图 11 TOPCon 龙头布局 (GW)	13
图 12 TOPCon 电池企业产能情况 (GW)	13
图 13 HJT 电池结构	14
图 14 HJT 龙头产能 (GW)	14
图 15 IBC 电池结构	14
图 16 IBC 电池效率进化过程	14
图 17 历年钙钛矿发展趋势总览	16
图 18 钙钛矿材料的结构示意图	16
图 19 中国碳排放来源	16
图 20 2021 年中国用电结构 (%)	16
图 21 BIPV 与 BAPV 区别示意图	17
图 22 BIPV 产品	17
图 23 中国大部分海域与海上光伏配适性	20
图 24 海上气候造成危害与部分解决方案	20
图 25 固定式光伏系统	21
图 26 水陆两栖光伏系统	21
图 27 漂浮光伏系统系泊、锚固示意图	22
图 28 挪威 Ocean Sun 浮力环式海上光伏方案	22
图 29 海上风光联合电场	22
图 30 海上漂浮式光伏随规模成本预测 (MW、元/千瓦)	22
图 31 各国光伏设备市场份额 (%)	23
图 32 不同国家光伏设备收入占比 (%)	23
图 33 2007-2014 年外国厂商布局领先	24
图 34 梅耶伯格收入及同比变化 (亿美元, %)	24
图 35 中国主要设备厂商历年营业收入 (亿元)	24
图 36 电池生产流程及设备厂商布局	25
图 37 主要设备公司毛利率变化 (%)	25
图 38 各技术路线电池设备市场占比测算 (%)、亿元)	25
图 39 丝网印刷栅线横截面	27
图 40 激光转印栅线横截面	27
图 41 历年主要逆变器厂商市占率及 CR10 (%)	28
图 42 中国逆变器进出口数量 (个)	28
图 43 全球分布式装机量及占比 (GW、%)	29
图 44 全球微逆出货量及占分布式渗透率 (万台、%)	29
图 45 Top3 厂商出货量及市占率 (万台、%)	30
图 46 主要厂商历年毛利率 (%)	30

图 47 全球及中国跟踪支架渗透率变化 (%)	30
图 48 2021 年全球光伏支架安装量及渗透率 (MW、%)	30
图 49 全球跟踪支架出货量及领先厂商市占率 (MW、%)	32
图 50 2020 年支架出货量分布 (GW、%)	32
图 51 2021 年国内典型平价地面电站支架成本 (元/瓦)	32
图 52 国内钢材现货价格 (元/吨)	32
图 53 固定支架成本构成 (%)	33
图 54 跟踪支架成本构成 (%)	33
图 55 胶膜直接包裹电池片	33
图 56 胶膜成本构成 (%)	33
图 57 主要公司经营性现金流 (万元)	34
图 58 主要公司营业收入及毛利率变化 (亿元、%)	34
图 59 2021 年光伏胶膜行业市场竞争格局	34
图 60 EVA 粒子供需格局预测 (万吨、GW)	34
图 61 各类型胶膜市场占比 (%)	35
图 62 EVA 与 POE 超高显微镜下材料图	35
图 63 不同情景下 POE 的供需情况预测 (万吨)	35
图 64 EVA 与 POE 胶膜体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	35
图 65 2021 年光伏胶膜行业市场竞争格局	36
图 66 光伏胶膜业务毛利率 (%) 与单位成本 (元/平米)	36
图 67 POE 各厂商市占率	37
图 68 POE 粒子国产化进程	37
图 69 光伏玻璃行业发展历程 (百万平米)	38
图 70 光伏玻璃价格变动复盘 (元/平米)	38
图 71 纯碱价格变动 (元/吨)	39
图 72 光伏玻璃成本构成 (%)	39
图 73 光伏玻璃生产流程	40
图 74 2021 年光伏玻璃行业格局 (%)	40
图 75 福莱特市占率提升至第一 (%)	40
图 76 碲化镉薄膜电池结构	41
图 77 钙钛矿电池结构	41
图 78 复合型背板结构	43
图 79 涂覆型背板结构	43
图 80 背板分类	43
图 81 各种材质背板占比预测 (%)	43
图 82 背板分类	44
图 83 背板头部企业市场占比 (%)	44
推荐标的盈利预测简表	2
表 1 国外主要多晶硅厂商历史现状	10
表 2 颗粒硅主要产能及规划	12
表 3 主要技术路径比较	15
表 4 BIPV 相较 BAPV 优势	17
表 5 BIPV 相较 BAPV 优势	18
表 6 主要 BIPV 组件厂商产品及下游合作	19
表 7 海上光伏政策规划	20
表 8 TOPCon 电池设备市场测算 (亿元/GW、亿元)	26
表 9 HJT 电池设备市场测算 (亿元/GW、亿元)	26

表 10 激光技术在电池上的应用	27
表 11 2020 年全球跟踪支架排名以及 2021 年国内支架出货排名（GW、%）	31
表 12 各公司 POE 胶膜布局.....	36
表 13 各企业胶膜产品性能对比	37
表 14 光伏玻璃与普通玻璃性能对比	39
表 15 各类 TCO 玻璃对比	42
表 16 推荐标的盈利预测简表（亿元、%）	45

1.主材端：硅料周期下行，技术迭代不断推进

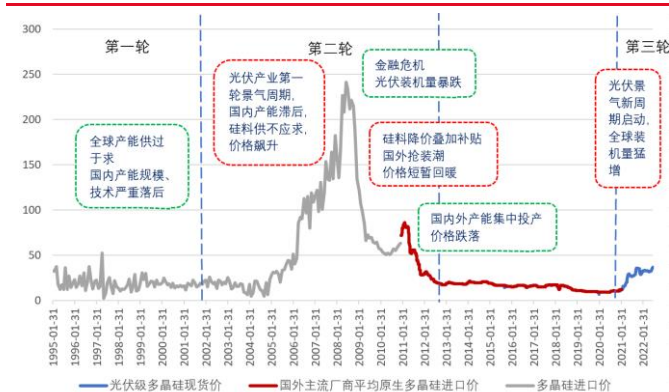
1.1.硅料：光伏周期加速器

1.1.1.价格历史周期：上下游扩产周期差+长单机制

硅料周期主要受光伏周期下供需关系的影响，长协机制则加剧了波动幅度。我们复盘了2013年之前的硅料上涨周期，由于装机需求激增，光伏行业整体大扩产，带动了硅料价格上涨。上轮周期中，由于硅料所需扩产时间长于下游，大部分硅料环节的扩产在周期下行时期才完成，进一步推动了行业产品价格下跌，大量国外产能破产。在上行周期中，长协机制刺激市场散单价格大幅攀升，而下行周期中确定价格的长协机制则拖垮了大批国内外组件厂商。

本轮周期反转，硅料价格高位回落。国内产能依靠发动硅料双反续命，得以赶上本轮周期。而后在终端需求刺激下，下游扩产速度远高于硅料，叠加长协机制造成可流通散单减少，硅料价格大幅上涨。后续随着硅料产能环比上升幅度较大，配合有关部门规范市场的文件及举措出台，硅料价格一度在高位维持。而近阶段以来，随着硅料产能的持续落地，库存水平已由负转正，同时伴随着终端观望情绪浓厚，库存量维持逐日增长的趋势。

图1 历史硅料价格周期复盘(美元/千克)



资料来源：海关总署，PVNEWS，Wind，东海证券研究所

图2 本轮周期硅料价格复盘(万元/吨)



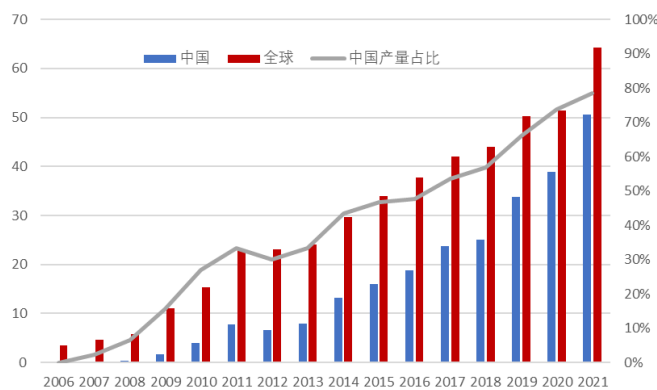
资料来源：硅业分会，东海证券研究所

1.1.2.产能：国产实现逆袭后，海外产能蠢蠢欲动

硅料实现了中国为主导的逆袭。从产能产量来看，2010年左右硅料产能及技术80%以上被外国占据；2021年多晶硅产能达到62.3万吨，同比上升36.3%，占到全球的80.49%。而产量则达到了50.6万吨，占全球的78.72%。从厂商排名来看，2011年全球前十硅料厂商中，中国仅占4个，整个行业由Wacker、Hemlock等企业把控。而到2021年时国外厂商颓势已显，通威、协鑫、新特、大全、东方希望等国内厂商扶摇直上。

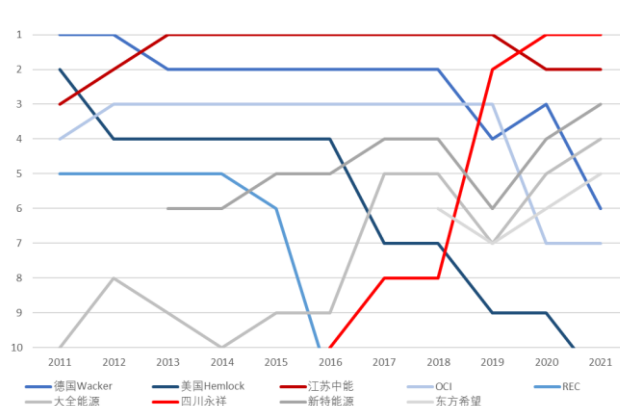
成本控制能力是硅料厂商的核心竞争力。价格端上，由于硅料是类大宗商品的同质化原材料，合格品不会有明显差价，因此成本基本决定了厂商盈利水平。成本端上，多晶硅的折旧成本较高，现金成本主要取决于物料单耗（硅粉、电耗、蒸汽、水等）以及要素价格。而技术能力对硅料的相对售价和物料单耗都有着决定性的影响，对于企业盈利影响较大。国内厂商在技术上成功实现了赶超，叠加国内人力成本较低、产业集聚的优势，特别是内蒙古、新疆等地还拥有电力价格优势，最终形成了相对竞争优势。

图3 全球及中国多晶硅历年产量及占比（万吨、%）



资料来源：CPIA，东海证券研究所

图4 全球主要多晶硅厂商排名



资料来源：CPIA，硅业分会，公司公告，东海证券研究所

国外厂商撑过周期底部，近阶段有复苏趋势。在2010年左右的周期中，主要厂商为国外大型化工龙头，且普遍具有半导体晶圆相关的深厚行业背景。但随着周期逐渐归于底部，叠加中美贸易摩擦给海外巨头带来压力，2016-2020年间大量企业如MEMC、Hemlock、Tokuyama等选择了离开光伏多晶硅领域。而随着本轮需求启动，原本受亏损影响即将绝迹的海外硅料产能出现了一些死灰复燃的趋势，Wacker利润暴增，REC计划重启摩西湖工厂，OCI马来工厂业绩迅速反弹。同时海外新建产能普遍注重N型硅料，而国内产能仍在替换升级中。

表1 国外主要多晶硅厂商历史现状

厂商	2011年排名	历史	现状
Wacker	1	1914年成立的百年化工企业，1953年产出首批超纯硅。1999年占据浮区法半导体50%以上全球份额。2000年光伏多晶硅引入，之后成为新的增长点。工厂爆炸及硅料双反下，2018Q3年开始，多晶硅业务步入亏损，2021年计划启动全球裁员。	起死回生，晶硅业务2021年预计税前利润6.65亿欧元，同比上升13000%。
Hemlock	2	陶氏化学和康宁玻璃合资公司的道康宁旗下子公司，1960年建成第一个集成制造多晶硅的工厂。1984年引进日本三菱及信越战投后迈入里程碑式发展，逐步成为半导体硅料王者。2005-2015年，通过三次扩张计划成为全球光伏和半导体硅料双冠王。	在中国低成本产能崛起及硅料双反下，逐步关闭光伏硅料业务，退守半导体高纯多晶硅。
MEMC	7	孟山都旗下孙公司，成立于1959年，是第一个商业化生产晶圆公司，到20世纪末维持半导体晶圆领先地位。1988年因盈利能力较弱而被出售。2003年开始向太阳能及半导体硅料转型，收购模式下掌握完整颗粒硅技术。	2016年破产重组，马来西亚全部股权被OCI收购，颗粒硅及CCZ技术设备由协鑫收购。
OCI	4	1959年成立的韩国化工企业。2006年成立首家韩国公司建立的多晶硅工厂。之后不断扩产，2017年收购德山马来西亚多晶硅公司，成为世界领先的多晶硅生产企业。	2018年开始，多晶硅业务亏损，2020年关闭韩国工厂。2021年起业绩迅速反弹。
REC	5	1996年在挪威成立，是硅烷流化床生产工艺的代表。两大生产基地均位于美国，摩西湖基地主要生产太阳能级多晶硅，比尤特基地主要生产电子级多晶硅和硅烷气。中美贸易摩擦叠加光伏周期影响下，2019年关闭摩西湖工厂，退出光伏硅料生产领域。	2021年韩华1.604亿美元收购16.67%股份。美国通胀削减法案公布后，计划重启摩西湖工厂，聚集N型。
Tokuyama	9	日本百年化工企业德山化工旗下子公司，1984建成第一个多晶硅厂，是二十世纪末到本世纪初世纪七大多晶硅巨头之一，原计划2015年扩产后占据全球10%以上份额。	2016年放弃马来西亚项目，被OCI收购。

资料来源：CREC，公司官网，CPIA，东海证券研究所

1.1.3.颗粒硅：渗透率不断提升

当前主流的多晶硅生产技术主要有三氯氢硅法和硅烷流化床法，产品形态分别为棒状硅和颗粒硅。三氯氢硅法生产工艺相对成熟，目前是行业主流。2021 年硅烷法颗粒硅产能和产量小幅增加，颗粒硅市占率有所上涨，同比提升了 1.3 个百分点，达到 4.1%，棒状硅仍然能够占到 95.9%。

三氯氢硅法即为改良西门子法，原理是气化的三氯氢硅（ SiHCl_3 ）和氢气（ H_2 ）在高温硅芯（硅棒）表面、 $1050\sim 1100\text{ }^\circ\text{C}$ 下发生还原反应后（气相沉积反应），生成晶体硅。硅烷流化床法将细小的硅颗粒种子铺在有气孔的床层上，然后从下面通入三氯化硅气体和其它反应气体，在加热等反应条件下，硅单质沉积在硅颗粒种子上，生成体积较大的硅粒，通过出料管送出流化床反应器。颗粒硅技术具有技术壁垒高、工艺步骤简化、成本降低、碳排放低等优势。

图5 颗粒硅示意图



资料来源：协鑫科技官网，东海证券研究所

图6 棒状硅示意图



资料来源：协鑫科技官网，东海证券研究所

目前颗粒硅主要作为复投料掺杂使用。目前存在的主要难点为氢跳（即微量氢气顶起，并溅射至导流筒下沿，高温下滴回硅液影响拉晶）、金属杂质含量、碳杂质含量、硅粉等。预计随着技术难点攻克，渗透率有望获得提升。

颗粒硅竞争格局呈现协鑫为主导的特点，历史发展与硅料如出一辙。协鑫、天宏技术从过去国外的 MEMC、REC 承接业务并进一步发展。目前协鑫科技目前规划的 60 万吨颗粒硅总产能已全部开工，年底随着包头基地一期投产，颗粒硅名义产能可以达到 22 万吨以上，产量在中国多晶硅有效供给量中的比重将由 2021 年的 1.4% 上升至 10% 以上。

表2 颗粒硅主要产能及规划

公司	技术来源	产能及概况	进展
协鑫科技	自主研发出高纯硅烷，收购 MEMC 完整技术专利	徐州：2020 年 9 月公司规划产能 10 万吨、首期 5.4 万吨颗粒硅徐州基地项目正式开工建设，预期总投资 47 亿元，计划分两期建设，一期于 2021 年下半年新增 2 万吨产能建设能全部完成，预计到 2022 年 5.4 万吨全部释放。	2022 年 6 月 3 万吨已投产，合计产能 6 万吨
		乐山：2020 年 10 月 19 日，公司保利协鑫四川乐山颗粒硅项目开工建设，规划产能为 10 万吨（投资约 50 亿），预期 2022 年底正式投产。	2022 年 7 月 10 万吨已投产，10 月 25 日，模块二投产
		包头：2021 年 2 月，公司与无锡上机数控签订了战略合作框架协议，拟在包头共同投资建设 30 万吨颗粒硅的研发及生产项目（公司持股 65%65%），总投资 180 亿元。项目将会分为三期实施，第一期设计总产能 6 万吨，产能相应逐步及建设工作已经全面开展，拟投资 36 亿元（人民币）。	第一期 10 万吨年底正式投产
		呼和浩特：7 月 6 日 TCL 科技与协鑫集团有限公司共同投资设立新公司内蒙古鑫环，实施约 10 万吨颗粒硅、硅基材料综合利用的生产及下游应用领域研发项目、1 万吨电子级多晶硅项目。	2022 年 8 月 25 日开工
天宏瑞科	陕西有色与 REC 合资成立公司	原有产能约 1.8 万吨，2022 年启动扩产 8 万吨计划	仍处建设阶段

资料来源：公司公告，东海证券研究所

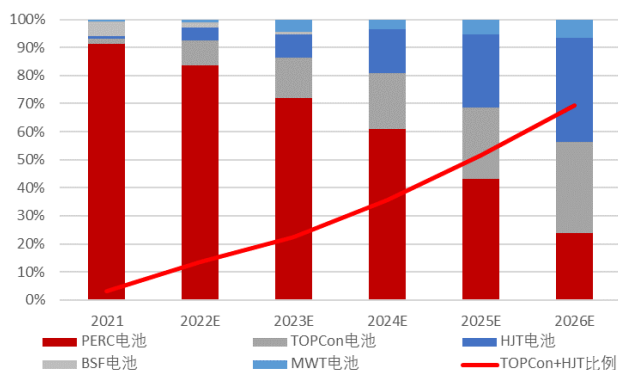
1.2.电池：技术迭代下，行业技术红利出现

1.2.1.晶硅电池：三种路径下，TOPCon 量产领先，HJT 降本仍在推进

转换效率逼近极限，N 型迭代大势所趋。2021 年 PERC 电池片市场占比进一步提升至 91.2%，N 型电池市场占比约为 3%，较 2020 年基本持平。但是相较 P 型电池已逼近理论转换率极限 24.5%，N 型电池片的转换效率极限均在 28%以上。同时技术扩散导致红利日益减弱，N 型迭代已经成为大势所趋。CPIA 预测，自 2025 年开始，TOPCon 及 HJT 合计市占率将超过 50%。

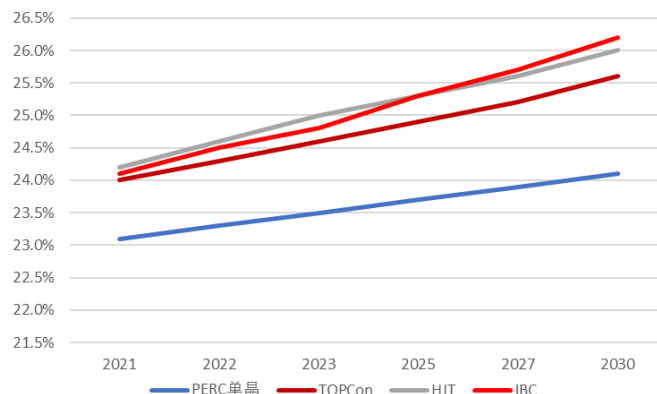
目前 N 型电池呈现三种主要路径分歧。TopCon 及 HJT 电池都通过采用新的钝化接触结构来提高钝化效果，IBC 即交指式背接触（Interdigitated Back Contact）电池将电池正面的电极栅线、正负电极都置于电池背面，减少栅线对阳光的遮挡，则主要是通过结构的改变来提高光电转换效率。

图7 各电池市占率



资料来源：CPIA，东海证券研究所

图8 电池转换效率预测

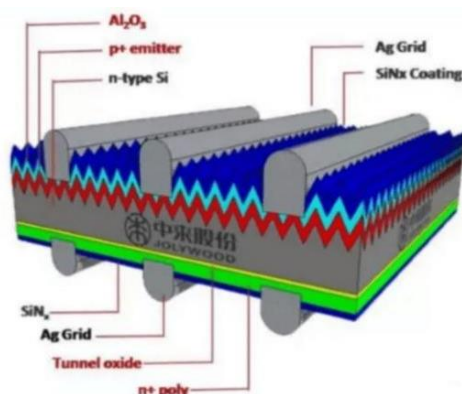


资料来源：CPIA，东海证券研究所

TOPCon：即对隧穿氧化层钝化接触电池（Tunnel Oxide Passivated Contact），通过超薄的隧穿氧化层和掺杂多晶硅层两层结构形成背面钝化接触结构，降低金属接触复合电流，从而提升转换效率。根据掺杂多晶硅层沉积方法的不同，TOPCon 技术路线主要分为 LP 路线、PE 路线和 PVD 路线三类，LP 路线和 PE 路线选择的厂商分别占比 47% 和 46%，市场认可度较高，而 PVD 路线受成本困扰当前占比仅 7%，预计后续 LP 和 PE 路线仍为主流。

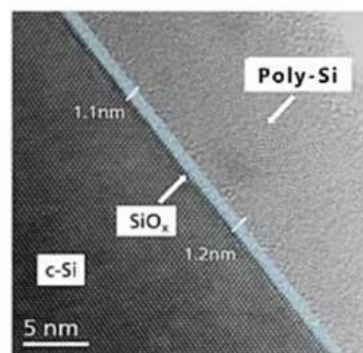
TOPCon 电池的发展历经技术萌芽、技术布局、量产开启三个阶段。1) 2015-2017 年：TOPCon 技术出现并得到应用。TOPCon 技术概念最早是由德国 Fraunhofer 研究所于 2013 年提出，并于 2015 年研发出了效率达到 25.1% 的新一代 TOPCon 电池；2) 2018-2020 年：国内厂商如晶科、天合等纷纷开始布局 TOPCon 技术；3) 2021 年-至今：商业规模化应用逐步展开，国内厂商进一步加大投入，光电转换效率屡次取得突破。

图9 TOPCon 电池示意图



资料来源：中来股份官网，东海证券研究所

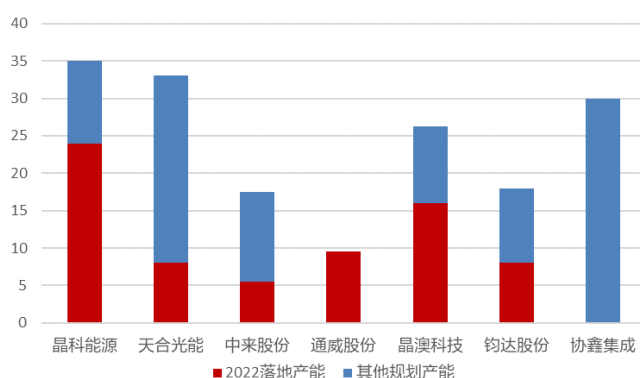
图10 TOPCon 电池结构图



资料来源：中科院宁波材料所，东海证券研究所

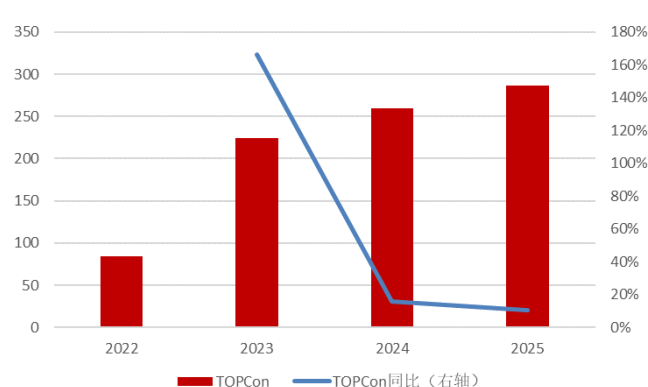
TOPCon 大势所趋，2023 年扩产高增速。2023 年从降本增效来实现市场化的角度考虑，TOPCon 占据明显优势。据统计，目前 TOPCon 规划产能总计约 306GW，2022 年底约 84GW 名义产能，2023 年底预计达到 224GW，同比增加 166.7%。TOPCon 布局以龙头为主，其中晶科能源一马当先，率先布局 35GW，2022 年底实现 24GW；天合光能布局 33GW 产能，预计 2023Q1 实现 10GW，2023 年底实现 30GW；晶澳科技布局 26.5GW，预计年底落地 16GW。

图11 TOPCon 龙头布局（GW）



资料来源：各公司公告，东海证券研究所

图12 TOPCon 电池企业产能情况（GW）



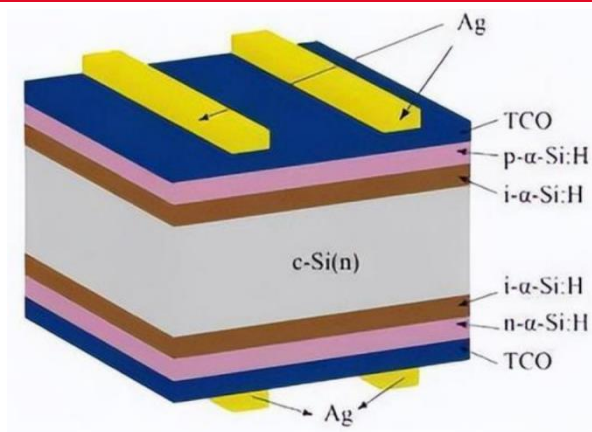
资料来源：各公司公告，东海证券研究所

HJT：电池即为具有本征非晶层的异质结的电池（Heterojunction Technology），指在电池片里同时存在晶体和非晶体级别的硅。非晶硅层作为缓冲层插入 P-N 结之间，实现更好的钝化效果，大幅减少载流子的复合，提高少子寿命和开路电压。

HJT 电池的发展历程可以分为技术萌芽、专利垄断、技术布局 and 量产开启四个阶段。

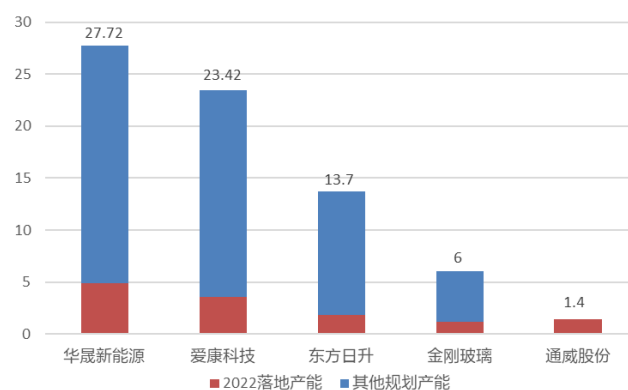
1) 1974-1996 年：HJT 技术雏形出现。1974 年德国马尔堡大学的 Walther Fuhs 在论文中首次提出 HJT 概念，并于 1983 年成功研制出 HJT 电池，其转换效率为 12.3%；2) 1997-2010 年：三洋开启 HJT 技术垄断期，日本三洋通过技术改进实现 15% 的转换效率突破并申请专利，2003 年转换效率进一步达到 21.3%；3) 2010-2015 年：专利到期后，国内外厂商纷纷 HJT 开启布局；4) 2017-至今：国内厂商加快 HJT 产业化的步伐。

图13 HJT 电池结构



资料来源：光伏技术，东海证券研究所

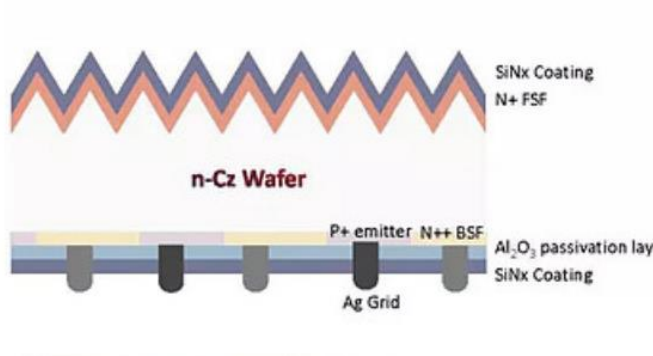
图14 HJT 龙头产能（GW）



资料来源：各公司公告，东海证券研究所

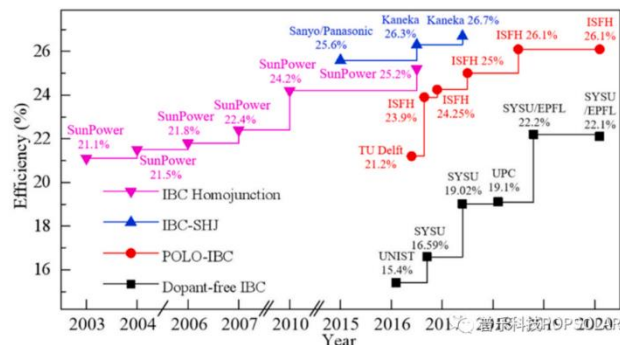
降本仍持续，HJT 产能规划待落地。目前市场上宣布的 HJT 电池产能已经超过 120GW，其中 2022 年下半年新宣布的产能约为 TOPCon 的 1/5，市场对于 HJT 的扩产积极性仍需调动。相较 TOPCon 有着明确的扩产规划，HJT 电池受制于降本预期的不明确及盈利能力的限制，大部分 HJT 扩产计划并未给出明确的达产时间节点。投资 HJT 的主要厂商多为新进入者或二线厂商，如通威、金刚光伏等，主要目的是为实现弯道超车，2022 实际落地产能普遍远低于原规划。

图15 IBC 电池结构



资料来源：中来股份，东海证券研究所

图16 IBC 电池效率进化过程



资料来源：中科院宁波材料所，东海证券研究所

IBC 电池：不同于之前的技术路径从钝化入手，IBC 将电极及栅线安置于电池背部，背面正负电极也呈叉指状分布，背面结构的复杂性造成了对于生产工艺精确度的高要求，难

度较大。IBC 电池的优点在于：1) 正面无栅线，提升了组件对光照的吸收；2) 正负电机在背部，便于栅线结构优化，降低电阻；3) 美观度大幅提升，较受户用及工商业欢迎。

IBC 电池的发展历程可以分为技术萌芽、初步量产、技术布局热潮和技术分支化期四个阶段：

1) 1975-1996 年：技术萌芽。1975 年 Schwartz 和 Lammert 提出背接触式光伏电池概念。1984 年，斯坦福教授 Swanson 实现类 IBC 的点接触 (Point Contact Cell, PCC) 太阳电池在聚光系统下转换效率达到 19.7%，他此后创立了 SunPower 公司；

2) 1997-2010 年：技术领导者 SunPower 开启 IBC 电池初步产业化，并于菲律宾工厂 25MW 产能实现规模量产；

3) 2011-2016 年：更多厂商机构布局 IBC 技术，如天合光能等；

4) 2017 年-至今：IBC 技术形成三大分支化路线——以 SunPower 为代表的经典 IBC 电池工艺；以 ISFH 为代表的 POLO-IBC (集成光子晶体的多晶硅氧化物叉指背接触) 电池工艺；和以 KANEKA 为代表的 HBC (IBC 与 HJT 技术结合) 电池工艺。2022 年 ISFH 设计的 POLO-IBC 电池进一步打破了 IBC 电池的效率极限，通过改进钝化水平，转换效率有望提高到 29.1%。

目前技术路径优劣尚未区分，降本增效仍在进行。目前中短期内 TOPCon 已最先实现落地，产能规划最高。HJT 产能持续规划，后续降本增效空间巨大。IBC 工艺繁复，国内已实现量产，但良率及市场接受度仍需提升。而事实上，各种技术路线并不冲突，多种技术作为平台技术，其叠加后的效果可以实现更高的转换率。其中 IBC 与 TOPCon 技术的叠加被称为 TBC 电池，而与 HJT 技术的叠加则被称为 HBC 电池。HJT 也可以叠加 IBC 和钙钛矿技术。

表3 主要技术路径比较

厂商	TOPCon	HJT	IBC
转换率	理论极限效率 28.7%	转换率极限为 28.5%	转换率极限 29.1%
工艺流程	可在传统 PERC 产线上改进，进行 3-4 步改动，步骤达 12-13 步。	工艺为 4 步，单 GW 设备成本约 4 亿，降本仍待继续	工艺繁复，国内技术布局较少，国内市场仍待实证认可
生产成本	非硅成本略高于 PERC	银浆耗量显著高于其他路线	简化工艺降本仍在进行
产能情况	晶科能源、正泰、天合光能、一道新能、中来股份、钧达股份等均有产能规划，部分实现达产	金刚玻璃、安徽华晟、隆基绿能、东方日升等均有产能规划	爱旭发布黑洞系列，珠海基地 6.5GW 2022 年底已量产；隆基基于 HPBC 分布式产品推出；国电投黄河公司 IBC 产品 2022 年底实现销售

资料来源：ISFH，公司官网，CPIA，光伏技术，东海证券研究所

1.2.2. 钙钛矿：商业化有待时日，与晶硅电池叠层大有可为

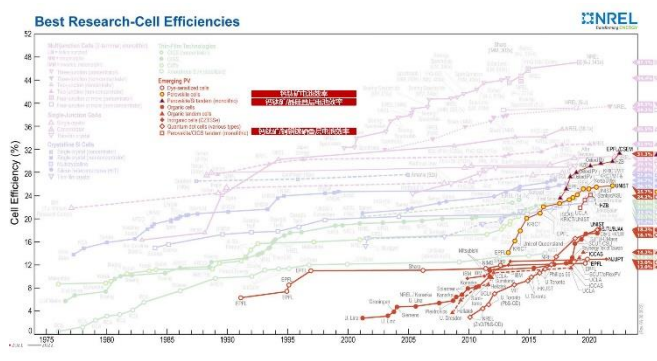
转换效率突破晶硅电池极限，钙钛矿成为更远未来的发展方向。目前晶硅电池的市占率约为 96%，薄膜电池市占率仅 4%，但晶硅电池的转换效率已经逐步靠近理论极限的 29.43%。而钙钛电池单层电池理论效率极值可达 31%，晶硅/钙钛矿双节叠层转换效率可达 35%，三节层电池理论极限可达 45% 以上。如果掺杂新型材料，钙钛矿电池的转换效率更是有望达到 50%。钙钛矿 (PSCs) 是一种分子通式为 ABX_3 的晶体材料，呈八面体形状，结构特性优异，具有转换率极限高、成本低的优点，但仍存在稳定性差和大面积制备困难的问题。

钙钛矿电池的发展历程可以分为技术萌芽、技术飞速进步、初步量产三个阶段。1) 2009 年，日本科学家 Tsutomu Miyasaka 首次成功使用钙钛矿光伏电池发电，当时的电能转换效

率仅有 3.8%；2）2010-2019 年钙钛矿围绕薄膜生长、电子传输层调控、缺陷钝化等方向进步，2019 年转换率达到 25.2%；3）2019-至今，技术持续进步，初步实现小批量试生产。

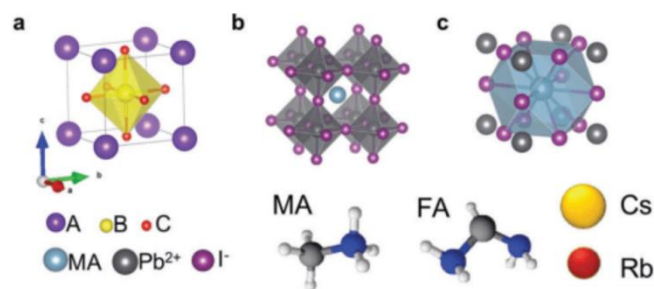
钙钛矿企业仍处试产阶段，商业化初期备受融资青睐。2019 年 2 月，协鑫光电建成 10MW 级别的大面积钙钛矿组件中试产线，2022 年全球首条 100MW 量产线计划投入量产，目前已在昆山完成厂房和主要硬件建设，光电转化效率有望超过 18%。极电光能完成 2.2 亿元 Pre-A 轮融资，并宣布 2022 年 2 月 150MW 生产线投产。纤纳光电则已完成 C 轮融资，2022 年 7 月完成组件 α 产品的发布，宣布率先实现百兆瓦级量产。2022 年 8 月，仁烁光能完成 A 轮融资，宣布 10 月 15 亿元电池系列项目签约落地。

图17 历年钙钛矿发展趋势总览



资料来源：nrel，东海证券研究所

图18 钙钛矿材料的结构示意图



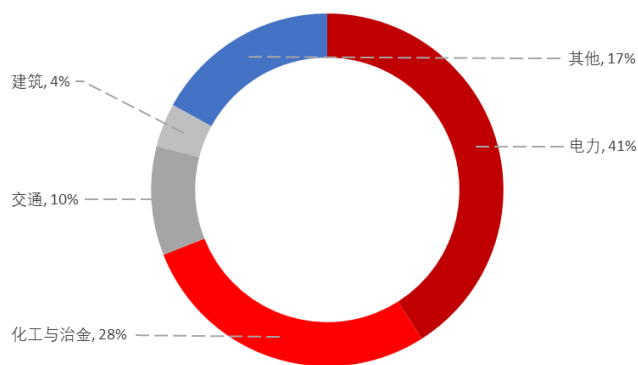
资料来源：Energy Environ. Sci.，东海证券研究所

1.3.BIPV：建筑节能趋势下，BIPV 有望高速增长

1.3.1.政策端：双碳政策下，建筑节能提上日程

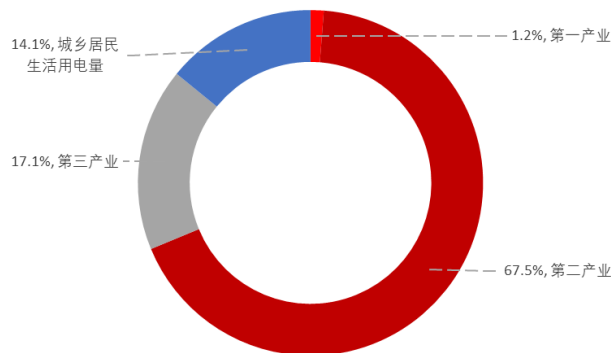
建筑建设、使用产生大量碳排放，建筑节能是碳中和的重要组成部分。建筑领域占碳排放总量的 4%，而占碳排放 41%的电力系统中，大部分活动都发生在室内。因此降低建筑建设、使用过程中产生的碳排放对于实现双碳目标具有重要的作用。

图19 中国碳排放来源



资料来源：氢促会，东海证券研究所

图20 2021 年中国用电结构（%）



资料来源：Wind.，东海证券研究所

随着双碳政策提出，屋顶光伏、建筑光伏一体化政策加速落地。随着双碳政策提出推广光伏发电与建筑一体化应用，《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》《城乡建设领域碳达峰实施方案》等针对性政策相继发布，要求推进建筑太阳能光伏一体化建设，到 2025 年新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖力争达到 50%，同时推动既有公共建筑屋顶加

装太阳能光伏系统。此外，地方政府也针对屋顶光伏等颁布政策提供补贴，共约 31 个省市出台了一系列绿色建筑激励政策，包括财政补贴、优先评奖、信贷金融支持、减免城市配套费用等。

表4 BIPV 相较 BAPV 优势

时间	文件名	内容
2021 年 10 月	《碳达峰碳中和工作的意见》	深化可再生能源建筑应用。推广光伏发电与建筑一体化应用。提高建筑终端电气化水平，建设集光伏发电、储能、直流配电、柔性用电于一体的“光储直柔”建筑。到 2025 年，城镇建筑可再生能源替代率达到 8%，新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖率力争达到 50%。
2022 年 1 月	《“十四五”节能减排综合工作方案》	全面提高建筑节能标准，加快发展超低能耗建筑，积极推进既有建筑节能改造、建筑光伏一体化建设。到 2025 年，城镇新建建筑全面执行绿色建筑标准，城镇清洁取暖比例和绿色高效制冷产品市场占有率大幅提升。
2022 年 3 月	《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》	到 2025 年，完成既有建筑节能改造面积 3.5 亿平方米以上，建设超低能耗、近零能耗建筑 0.5 亿平方米以上，装配式建筑占当年城镇新建建筑的比例达到 30%。全国新增建筑太阳能光伏装机容量 0.5 亿千瓦以上，地热能建筑应用面积 1 亿平方米以上，城镇建筑可再生能源替代率达到 8%，建筑能耗中电力消费比例超过 55%。
2022 年 7 月	《城乡建设领域碳达峰实施方案》	推进建筑太阳能光伏一体化建设，到 2025 年新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖率力争达到 50%。推动既有公共建筑屋顶加装太阳能光伏系统。到 2025 年城镇建筑可再生能源替代率达到 8%。

资料来源：全球光伏、东海证券研究所

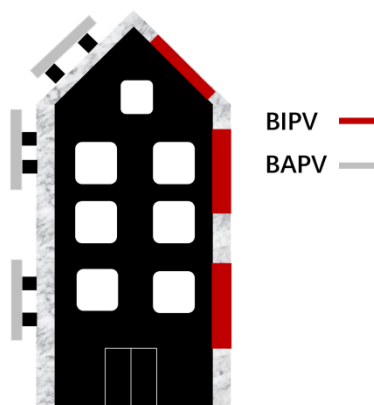
1.3.2.BIPV：建筑光伏一体化是建筑节能最佳方案

我国目前的分布式光伏项目中，光伏与建筑结合占比达到 50%，主要方式分为 BAPV 与 BIPV：

1) BAPV(Building-attached Photovoltaics)：光伏组件通过支架等附着于建筑物墙面或屋顶等位置，光伏组件仅承担发电功能，不承担建筑功能，现在大多数存量的光伏建筑一体化即为 BAPV；

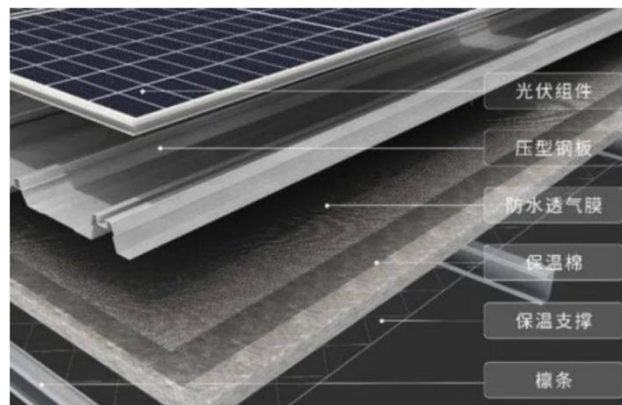
2) BIPV(Building-integrated)：指光伏既实现光伏发电功能，又承担建筑构件和建筑材料的功能，与建筑主体同时设计施工，可以达到与建筑物融为一体的效果，是未来光伏建筑发展的发力点。

图21 BIPV 与 BAPV 区别示意图



资料来源：互联网，东海证券研究所

图22 BIPV 产品



资料来源：互联网，东海证券研究所

BIPV 优势明显，预计渗透率不断提升。相较传统 BAPV，BIPV 在美观度、安全性、安装便捷度、运维成本等方面均有优势，随着技术逐步成熟，经济性也逐渐得到验证。2019 年和 2020 年全球 BIPV 装机总量分别为 1.15GW、2.3GW，约占全球光伏总装机量的 1%，渗透率较低，仍处起步阶段。据 CPIA 数据显示，2020 年我国 BIPV 装机容量已达 709MW，引领全球 BIPV 热潮。

表5 BIPV 相较 BAPV 优势

区别	BAPV	BIPV
美观度	与建筑整体融合度低，各种结构暴露在外，美观度低	与建筑融合，同时可个性化定制颜色、形状、花纹、透明度等，美观度高
安全性	附加在建筑上，增加建筑承重，同时支撑部件易老化产生危险；打孔等操作可能对建筑防水等结构产生损害，安全性较低	作为建材与建筑设计融合，不造成承重负担；同时安装与建筑同步，不会对建筑结构造成伤害，安全性高
安装难度	分期施工，施工分为组件和固定装置两部分安装，难度较大、速度较慢	同期施工，主要进行组件安装，难度低、速度快
运维成本	运维易对建筑造成踩踏等二次破坏，同时组件暴露于外界风雨中，寿命约为 20 年左右，运维成本较高	组件以电池为单位模块化置换、修葺，同时建筑设计预留维修通道，不易对于建筑造成踩踏等破坏；组件置于建筑整体内部，受风雨侵蚀程度相对较低，寿命较长

资料来源：全球光伏，东海证券研究所

薄膜电池市场持续萎缩，期待新的使用场景。CPIA 数据显示，2021 年全球薄膜电池占光伏电池比例仅为 3.8%，而 2010 年、2020 年的比重分别为 14%、4%，占比持续呈现下降趋势。2021 年薄膜电池产能约 10.7GW，产量约 8.2GW，同比上升 27.7%，扩产较多但仍不及晶硅电池的速度。其中碲化镉凭借工艺、原材料等方面的成本优势占据主导，产能占比 97%，约 8.03GW，国内约 130MW。

BIPV 的特性要求与薄膜电池不谋而合，因此薄膜电池未来有望放量。薄膜电池从美观度、弱光性、耐高温、轻质性、耐久度上均有优势，配适 BIPV 系统可达到锦上添花的效果。据 IEA 数据，2020 年全球新增的 1GW BIPV 中，约有 30%使用的是碲化镉薄膜电池组件，使用比例远高于整体光伏市场中的占有率。

1.3.3.光伏+建材战略合作，组件龙头加紧 BIPV 布局

BIPV 产业链具有光伏+建材双重特性，上下游融合度高。BIPV 上游为光伏组件，中游为光伏与建材相结合，形成屋面、幕墙、窗户、外部结构等为代表的建筑部件。下游目前主要应用于工厂，后续工商业建筑、公共建筑等有望发力。BAPV 模式下上游只需负责光伏组件降本增效，下游仅负责接收、安装，产业上下游关联度不大；BIPV 模式下光伏组件建材化，对于防水性、安全性、美观度、支撑性等提出较高要求，同时依据建筑设计个性化定制需求增多，上下游产业链高度融合。

BIPV 趋势下，龙头加紧 BIPV 布局。组件龙头分别推出系列 BIPV 产品，主要为光伏彩钢瓦，隆基、晶科也推出幕墙等系列产品。此外，近期组件企业与建筑企业战略合作有加速趋势，合作主要以签署战略合作协议的形式展开，其中隆基直接入股森特股份，加码金属围护；晶澳科技与东方雨虹成立合资公司共同研发 BIPV。2023 年 1 月 6 日天合光能与上市公司龙元建筑合资建立龙元明筑，推动 BIPV 业务进一步专业化；同日，晶科能源与老牌建筑公司中天集团子公司中天绿能达成战略合作关系。

表6 主要 BIPV 组件厂商产品及下游合作

企业	代表产品	特点	合作
隆基绿能	隆锦、隆顶	隆顶为屋顶具有高防水、防火以及抗风能力等九大优势。 隆锦为立面，拥有 12 种颜色可选。	森特股份
天合光能	天能瓦	榫卯结构和无导轨设计配套 210 组件，转化效率高达 21.4%；天合独家专利快装压块技术，相较传统安装方式施工效率提升 100%	多维集团、精工钢构、龙元建筑
晶澳科技	/	成立雨虹晶澳合资公司，中标多个项目	东方雨虹
晶科能源	晶彩彩钢瓦、彩色幕墙	针对厂房屋顶的彩钢瓦，使用 N 型电池技术，最高效率可高达 21.54%	美联股份、中天集团
东方日升	超能顶、超能瓦	超能顶采用组件和钢板新型集成方式，210 HJT 电池；超能瓦美观度高，采用无积灰设计、精工钢构搭积木式安装方式	精工钢构、博思格
中信博	智顶、双顶、睿顶、智棚	四大解决方案系统解决问题，智顶、睿顶新旧厂房均可使用，双顶可屋顶不拆加盖，智棚针对车棚	中远海运金风新能源
龙焱科技	/	碲化镉产品覆盖 BIPV 各使用场景	中国建筑兴业
协鑫集成	鑫福瓦	彩钢瓦材料选用锌铝镁，可以确保 25~30 年寿命，防水、抗风雪性能好	钢之杰

资料来源：各公司新闻，东海证券研究所整理

1.4.海上光伏：理论星辰大海，亟需配套低成本解决方案

1.4.1.政策发力新蓝海，理论空间巨大

海上光伏方兴未艾，空间巨大。据国家海洋技术中心海洋能发展中心表示，我国大陆海岸线长 1.8 万公里，按照理论研究，可安装海上光伏的海域面积约为 71 万平方公里。按照 1/1000 的比例估算，可安装海上光伏装机规模超过 70GW。目前山东省已规划共计 42GW 的海上光伏项目，其中到 2025 年建设并网 13GW 左右。

海上光伏优势：

1) 节约土地成本。土地成本是光伏系统中的重要成本，CPIA 数据显示，一次性土地成本约占光伏系统中 5% 的支出。

2) 节约土地资源。土地资源瓶颈制约光伏电站建设，随着林地、农田以及内陆水面等用地限制增加，光伏用地受限，而海上光伏目前不在限制范围内。

3) 缩小电力供需两侧地域差。荒漠、戈壁、沙漠占据主体的大基地项目与东南沿海用电密集区域距离遥远，用电供需两端存在着地区差异。而海上光伏主要沿东南沿海布局，与用电需求侧基本吻合，节约了远距离特高压调配的电网成本。

政策大力扶持，助力海上光伏发展。目前海上项目受环境、技术影响，成本和陆上普通项目相比较，政策成为了主要驱动力。立法上，除我国三大涉海法律外，浙江、天津、辽宁、山东、海南均针对海上光伏出台了相关规定，从用海规范、光伏用海问题规定、装机规划、补贴等角度助力海上光伏发展。其中，山东、浙江今年陆续出台海上光伏针对性法规细则。政策规划上，山东率先发布系列明确规划文件并提出补贴政策，2022 年竞配项目已部分动工。

表7 海上光伏政策规划

省份	时间	政策/规划
山东	2022 年 4 月	2022 年“稳中求进”高质量发展政策清单（第二批）的通知：对 2022-2025 年建成并网的“十四五”漂浮式海上光伏项目，省财政分别按照每千瓦 1000 元、800 元、600 元、400 元标准给予补贴。
	2022 年 5 月	山东省电力发展“十四五”规划发布：到 2025 年光伏装机 65GW，海上光伏 12GW 左右。
	2022 年 7 月	《海上光伏建设工程行动》：打造“环渤海、沿黄海”双千万千瓦级海上光伏基地，“环渤海”基地布局海上光伏场址 31 个，总装机 19.3GW。“沿黄海”基地，布局场址 26 个，总装机 22.7GW。
	2022 年 9 月	《山东省海洋局关于推进海上光伏发电项目海域立体使用的通知》发布。
天津	2022 年 8 月	《关于落实支持“滨城”建设若干政策措施的工作方案》提出拓展海域立体利用空间，鼓励利用近海滩涂区、围而未填海域等区域建设海上光伏项目。争取建立海上风电、海上光伏、海上地热项目（南港）涉海审批市级“绿色通道”。
	2022 年 9 月	《关于天津市 2022 年风电、光伏发电项目开发建设方案的公示》：光伏项目共计 16 个项目，规模总计 4.7GW。储备项目汇总，海上光伏 2 个，规模总计 30MW。
江苏	2022 年 6 月	《十四五可再生能源发展规划》提出稳步有序开展海上光伏建设，沿海滩涂地光伏发电基地。重点在连云港、盐城、南通等沿海地区开展滩涂地光伏发电基地建设，并结合海上风电场海域。
浙江	2022 年 4 月	《关于推进海域使用立体分层设权的通知》印发。
	2022 年 12 月	《关于规范光伏项目用海管理的意见（试行）》发布。

资料来源：政府官网，东海证券研究所

1.4.2. 自然环境及极端气候影响下，实际市场空间受限

相比内陆淡水环境，发展海上光伏会受到地形、海浪与自然灾害、温度等自然条件的约束。目前海上光伏主要以滩涂光伏和离岸 1-5km 的近岸光伏为主，一般水深不超过 50 米。我国海域温度在 0-29℃ 左右，均符合光伏组件正常工作区间。海浪、海风、自然灾害可能会引起组件隐裂，甚至形变、断裂、损毁。

1) 渤海、黄海：海岸地势较为平缓，可开发的沿海滩涂面积广且风浪小，江苏以北以上区域适合集中式。但渤海存在海冰现象，冰期约 3 个月，浅滩区形成固定结冰面，河口、滩涂区多堆积冰。山东附近海域海浪损失最高；

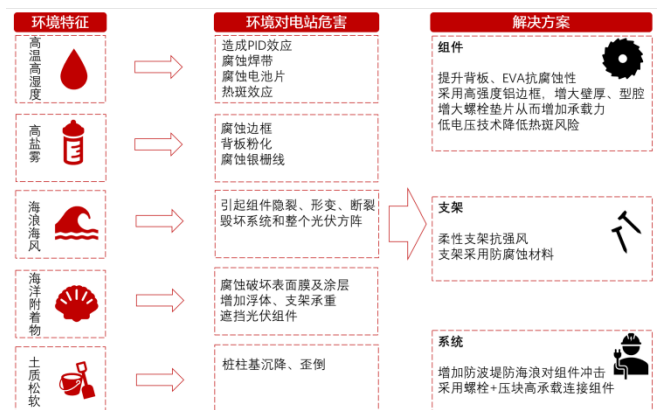
2) 东南沿海：由东向南风浪增大，东南沿海海浪较江苏以北海域高，浙江附近台风登陆频繁，南海台风更为频繁猛烈。山地、礁石间存在海浪削弱区域。

图23 中国大部分海域与海上光伏配适性



资料来源：星球研究所，东海证券研究所

图24 海上气候造成危害与部分解决方案



资料来源：各公司白皮书，东海证券研究所

海上环境中，海洋生物附着物、盐雾、海水对组件功率也产生重大影响，造成 PID 效应 (Potential Induced Degradation)，即电势诱导衰减。PID 直接危害就是大量电荷聚集在电池片表面，使电池表面钝化效果恶化，从而导致电池片的填充因子、开路电压、短路电流降低，电池组件功率衰减。

1.4.3. 海上光伏组件形式：固定式为主，漂浮式方兴未艾

海上光伏应用场景主要分为沿海滩涂和水面两种形式。沿海滩涂区域，一般在冬季出现大面积干塘现象，在夏季时岸边水深 1-2 米，对于光伏系统有水陆适应两方面要求。水面则需要使用漂浮式光伏系统。大规模的海上光伏项目目前主要以沿海滩涂或潮间带中的固定桩基式为主，目前大部分所谓的海上漂浮式案例均位于近海接近岸边的位置，风浪水平与内陆湖泊接近。真正的近海海域漂浮项目当前还没有能够形成可推广的成熟商业化模式。

滩涂环境：1) 以固定式为主，目前固定支架方案是海上光伏主流。使用固定桩基将组件托起在水面以上。但固定式的桩长随着水深加深大幅增加，施工难度和桩基成本也随之大幅增加，后期运维成本也随之增长。长远来看，固定式技术较为成熟，但应用范围有限。

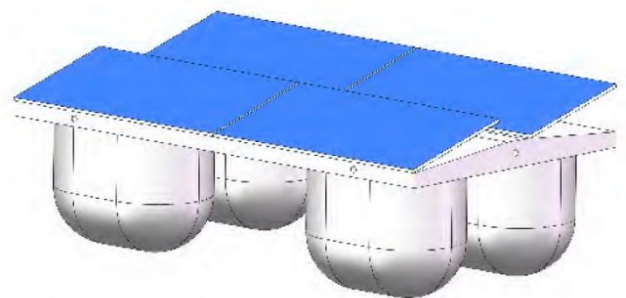
2) 水陆两栖系统尚待成熟。水陆两栖系统配适浮体装置，旱季浮体坐于裸露地面充当桩基，而雨季浮体浮于水面，系统成为漂浮式系统。浮体重力及安装方式有一定要求。浮体要求抗风，自身的重量可以确保承受 50 年一遇的风载荷；安装在浮体上表面的 4 块光伏组件须形成独立的固定单元，即使浮体产生一定倾斜现象，也不会导致光伏组件产生内应力。

图25 固定式光伏系统



资料来源：一道新能，东海证券研究所

图26 水陆两栖光伏系统



资料来源：一道新能，东海证券研究所

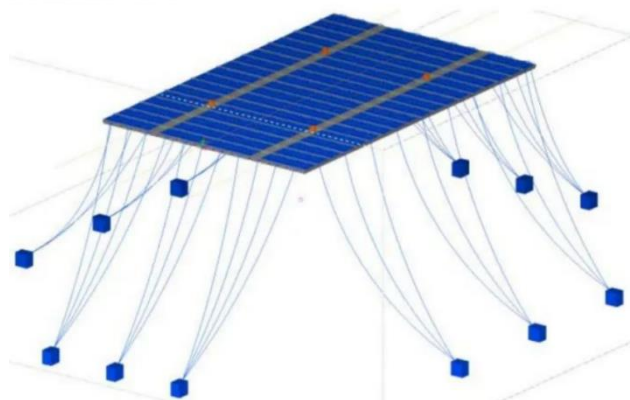
海面上：海上漂浮式光伏增长空间较大，目前中国引领潮流。漂浮式系统尚待技术完善及长周期实证研究，目前主要依靠政策端扶持。山东海上光伏规划已对漂浮式有一定侧重，《山东省海上光伏建设工程行动方案》规划 2022 年启动漂浮式海上光伏示范工作，到 2025 年力争开工建设 200 万千瓦，建成并网 100 万千瓦左右，占装机总量的 10%。2022 年 10 月 31 日，山东烟台 0.5MW 实证项目成功发电，成为全球首个投用的深远海风光同场漂浮式光伏实证项目。

漂浮式光伏系统以浮体、系泊、锚固取代陆上地桩、支架，国内国外各有相关方案。浮体组件浮于水面，系泊、锚固固定范围。漂浮式组件浮体重量、面积、吃水深度等需考虑系统整体重要及 25 年以上海洋附着物重量。组件需与浮体紧密贴合，确保抵御海风、海浪冲击。

1) 国内：一道新能等公司开发块状浮体系统，多组浮体采用特制柔性缆绳连接成一个方阵，相邻浮体的侧面安装橡胶防撞垫，形成柔性连接，并可以抵抗水平冲击力和上下相对运动时的摩擦力。

2) 国外：挪威 Ocean Sun 浮力环式海上光伏方案运用于山东烟台并网示范项目，浮式光伏系统由一套由系泊系统固定在海床上的浮力环组成，塑胶膜能够随波浪上下起伏，可大幅降低风阻并对波浪有缓冲作用。同时，光伏组件采用预制滑轨与弹性薄膜连接，并通过薄膜直接与海水接触，水体对光伏设备的冷却可有效提高发电效率 10%以上。

图27 漂浮光伏系统系泊、锚固示意图



资料来源：一道新能，东海证券研究所

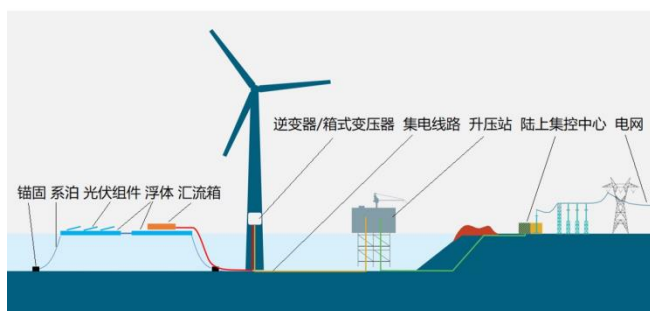
图28 挪威 Ocean Sun 浮力环式海上光伏方案



资料来源：国家电投，东海证券研究所

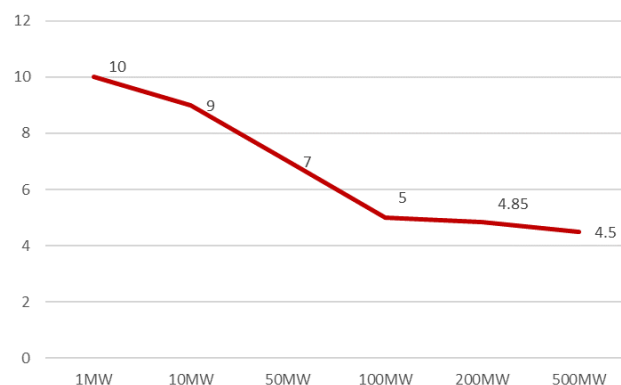
漂浮式光伏降本需求迫切，除了装机量增加带来的规模效应外，技术进步仍是降本主旋律。目前海上光伏主要依靠补贴政策来符合投资收益标准，部分示范性项目不计成本。山东省财政对 2022-2025 年建成并网的“十四五”漂浮式海上光伏项目按照 1 元/W、0.8 元/W、0.6 元/W、0.4 元/W 的标准给予财政补贴，但目前针对部分项目来说仍然是杯水车薪。山东烟台采用挪威 Ocean Sun 的 1MW 示范项目，核算 EPC 成本约 10 元/W。2022 年 11 月，寿光 0.46MW 海上漂浮式光伏科研示范项目 EPC 投标报价为 989.24 万元，约合 21.51 元/W，远超地面项目及补贴弥补范围，其科研示范意义重于经济性。而一道新能数据显示，随着单个漂浮式项目规模扩大成本明显下降，1MW 项目成本约 10 元/W，100MW 项目有望实现 5 元/W，基本符合补贴弥补范围。

图29 海上风光联合电场



资料来源：一道新能、东海证券研究所

图30 海上漂浮式光伏随规模成本预测（MW、元/千瓦）



资料来源：一道新能、东海证券研究所

风光结合，摊薄成本，助力实现平价上网。海上风电补贴 2021 年取消后，海上光伏常与海上风厂相结合构建海上风光联合电场，通过共用箱变、升压、线路、海缆等降低成本，摊薄项目整体装机成本。《山东省海上光伏建设工程行动方案》规划中，“环渤海”千万千瓦

级海上光伏基地中，“风光同场”场址 11 个，装机规模 520 万千瓦，占装机总量的 26.94%。“沿黄海”千万千瓦级海上光伏基地海风较大，“风光同场”场址 17 个，装机规模 1320 万千瓦，占装机总量的 58.15%。根据各地上网电价来看，目前漂浮式成本普遍在 0.4 元/千瓦时以上。而假设成本下降至 0.35 元/千瓦时，按照风光 1:1 配比的项目将会在大部分省份存在平价机会。

风电龙头布局海上光伏，实现风光协同放量。2022 年 6 月 17 日发布的山东省 2022 年度海上光伏项目竞争配置结果显示，竞配规模共计 1125 万千瓦。除了光伏龙头隆基绿能、天合光能之外，风能龙头明阳智能、远景能源、东方电气等均在中标之列。

2.设备端：生产设备实现红利，系统设备扬帆出海

2.1.电池设备:行业属性下国产替代，技术迭代下享受红利

2.1.1.历史复盘：行业属性下大势所趋，设备国产替代完成

设备与主材端联系紧密，国产替代成为大势所趋。1) 降本需求。国外垄断阶段，进口设备单价高。随着国产替代及国内技术扩散，通过国产设备降本，组件投资成本可获得大幅降低；2) 研发需求。由于电池设备技术更新迭代与组件紧密结合，技术迭代下设备研发往往需要与主材厂商进行密切合作，设备试产后需开启交付验证。在国产组件主导全球的格局下，设备端国产化成为行业发展必经之路。

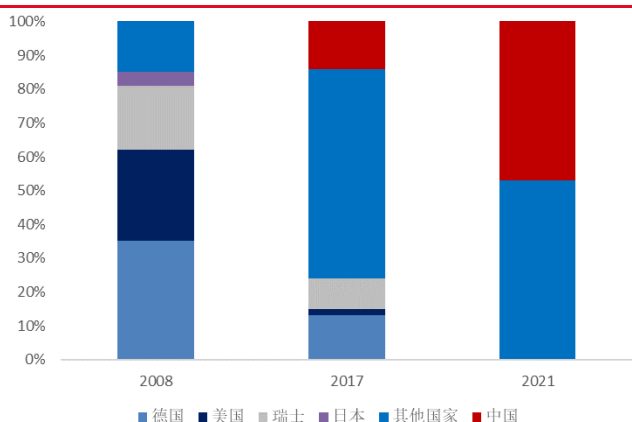
设备端国产替代完成，国内公司引领行业。根据 IEA 相关数据，行业发展初期光伏生产设备领域由国外厂商垄断的局面已彻底改变，目前国产设备成为了光伏生产设备的主流。

1) 2008 年时，德国、美国、瑞士、日本占据全球 90% 的光伏设备市场份额，全球前十设备厂商均出自这四个国家；

2) 2017 年，中国的光伏设备市场份额成功追上市占率第一的德国；

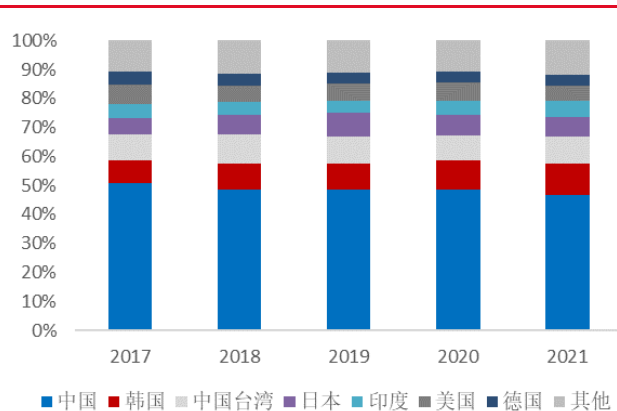
3) 2021 年底时，中国已经成为全球最大的光伏设备供应国，占全球光伏设备总份额的 47%，全球前十厂商均出自中国。从设备收入占比上看，我国连续 5 年光伏设备收入占全球总收入的一半左右，牢牢占据设备厂商头把座椅，约为第二名的五倍。

图31 各国光伏设备市场份额 (%)



资料来源：IEA，东海证券研究所

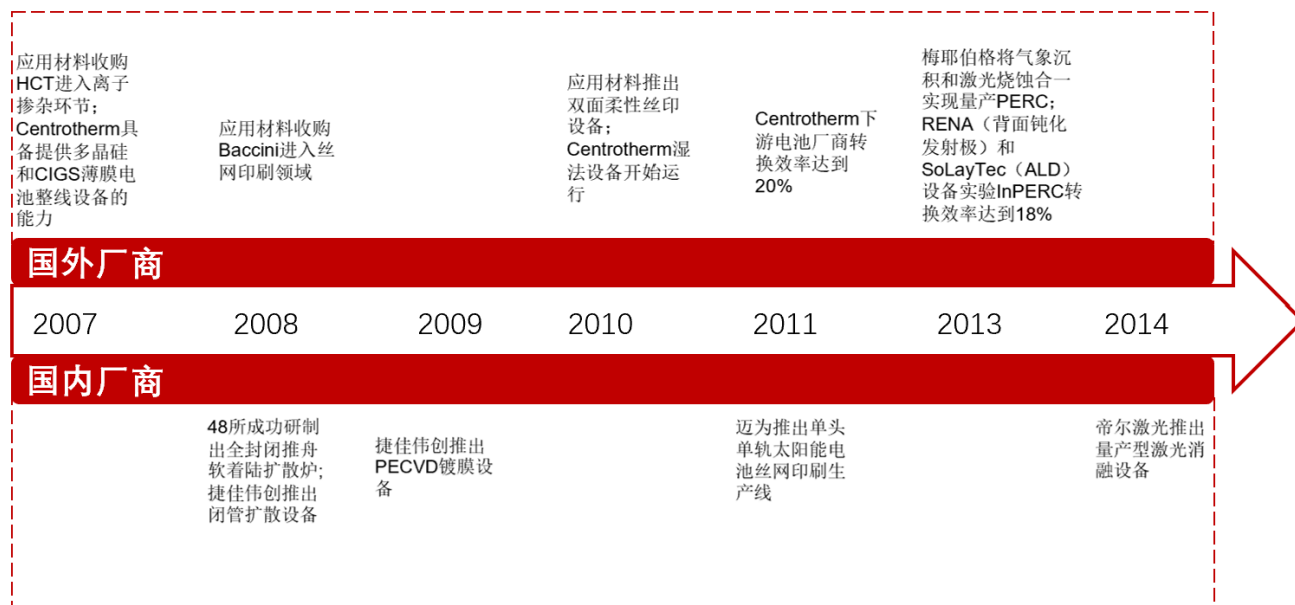
图32 不同国家光伏设备收入占比 (%)



资料来源：IEA，东海证券研究所

发展历程：1) 2014 年前，国外主导。2010 年左右光伏第一轮爆发期时，国产设备厂商刚起步，设备尚未批量生产且稳定性较差，Applied Materials、梅耶伯格、Centrotherm 等国外厂商占据市场主要地位，并且在研发上领先优势明显。国内捷佳伟创在这一时间段推出了清洗制绒等前端及 PECVD 镀膜等设备，迈为推出了丝网印刷设备，帝尔激光则推出激光刻槽、烧结、开膜等设备，但光伏电池生产价值量最高的镀膜设备主要供应商仍是国外厂商。

图33 2007-2014 年外国厂商布局领先



资料来源：各公司公告，东海证券研究所

2) 2015 年之后，P 型电池迭代下，国内设备厂商实现超车。在 2015 年左右，PERC 产线迎来规模化量产，光伏市场的需求刺激促进国内设备厂商加快脚步。1) 丝网印刷环节，迈为股份在 2016 年推出双头双轨太阳能丝网印刷生产线及其升级版，新产品对迈为的市场份额增长推动显著，2017 年迈为在增量市场的份额达到 72.62%，同比增长 27.52pct；2) 在刻蚀和激光掺杂上，帝尔激光于 2016 年和 2017 年分别推出了 SE 激光掺杂和 LID/R 激光修复设备。2018 年其激光刻蚀设备被 77% 的电池厂商使用，在 SE 设备上市占率更是达到 86%；3) 在此期间，捷佳伟创通过推出高性价比的 PECVD 设备迅速抢占国内市场；4) 背面钝化设备上，微导纳米在 2018-2019 年连续两年全球市占率排名第一。

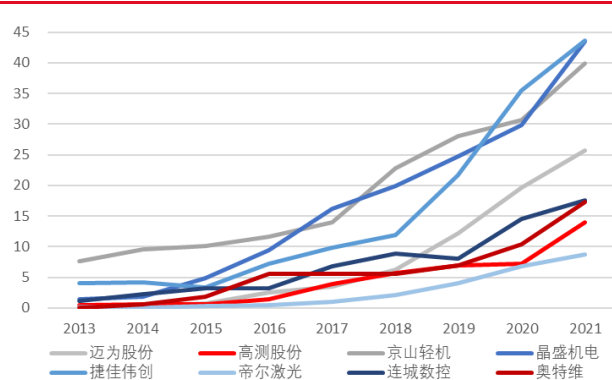
国外厂商业务萎缩，甚至被迫转型退出。以梅耶伯格为例，2016 年其凭借着镀膜技术优势，获得 P 型电池设备中镀膜设备 80% 的市占率，2017 年之后业绩直线下滑，最终在 2020 年宣布转型为组件供应商，黯然退出光伏设备市场。而同期国内龙头设备厂商业绩迅速上升，2016 年开始设备板块整体上市公司历年营收增速超 35%，形成了鲜明对比。

图34 梅耶伯格收入及同比变化（亿美元，%）



资料来源：Wind，东海证券研究所

图35 中国主要设备厂商历年营业收入（亿元）



资料来源：Wind，东海证券研究所

2.1.2.N 型迭代下技术分歧，国内厂商再享技术红利

电池技术变革下，生产工艺、工序正在发生改变，引领电池设备技术变革。BSF 电池的主要生产环节包括清洗制绒、扩散、刻蚀、正面镀减反射膜、丝网印刷等；PERC 电池的生产工艺则在 BSF 的基础上，新增背面钝化层沉积和激光开槽两部分；而 TOPCon 电池在 PERC 电池的生产工艺的基础上，进一步增加了一层超薄隧穿氧化硅和磷掺杂本征多晶硅，并且在前端增加硼扩工艺；HJT 电池的生产工艺相较于其他电池工艺有着明显区别，主要包括清洗制绒、非晶硅薄膜沉积、透明导电膜沉积和丝网印刷四个环节。

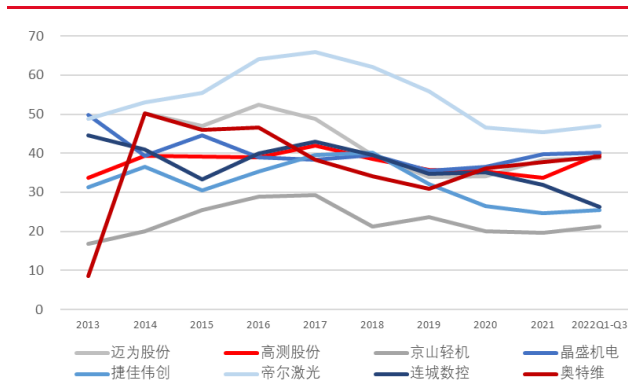
图36 电池生产流程及设备厂商布局



资料来源：公开资料整理，东海证券研究所

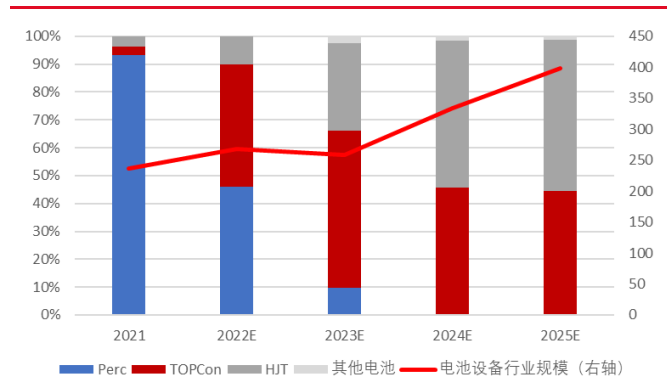
技术迭代下，技术领先厂商享受技术红利及产线更新需求。随着 P 型设备技术扩散，行业盈利能力自 2016 年、2017 年逐年下降，各龙头公司毛利率逐年降低；随着 N 型技术迭代，设备技术红利再次出现。掌握先进技术的设备龙头引领 N 型设备迭代，2021~2022Q1-Q3 上市企业毛利水平再次回暖上升。

图37 主要设备公司毛利率变化（%）



资料来源：Wind，东海证券研究所

图38 各技术路线电池设备市场占比测算（%、亿元）



资料来源：CPIA，东海证券研究所

技术迭代趋势下，电池设备市场格局发生变化，TOPCon 近两年占据主导。据测算，受益于单瓦价值量及渗透率上提升，TOPCon 电池设备市场规模占比预计将由 2021 年的 3% 提升至 2023 年的 56%，其中部分由 PERC 设备通过技改实现。

TOPCon 多技术路线推进，不同厂商各有进展。TOPCon 主要技术路线有 LPCVD（将气态物质在低压情况下用热能激活，使其发生热分解或者化学反应，形成沉积在衬底表面的薄膜）和 PECVD（借助微波或射频使得含有薄膜原子的气体在局部形成等离子体，等离子体通过反应在衬底表面形成所需要的薄膜）两种。拉普拉斯作为 LPCVD 技术路线的主要设备提供商，在 2018 年实现了 LPCVD 的定向销售，并实现 TOPCon 量产，目前下游拥有隆基、晶科等大客户。而晶科在 2022 年 10 月取得了 TOPCon 电池转换率 26.1% 的新纪录。捷佳伟创作为 PECVD 路线的龙头，已经在 2022 年拥有 PE 路线的 TOPCon 整线交付能力，并且推出隧穿层、Poly 层、原位掺杂层的“三合一”制备，该技术不仅解决了绕镀、石英件损耗高的问题，而且节省了原位掺杂时间。

表8 TOPCon 电池设备市场测算（亿元/GW、亿元）

	2022E	2023E	2024E	2025E
产能	10	84	186	296
新增产能	3	74	102	109
TOPCon 电池设备价值量	2.2	1.7	1.6	1.5
升级 TOPCon 的 PERC 产线	0.0	8.8	15.8	10.3
新建 TOPCon 产线	3	65.7	86.4	98.8
升级 TOPCon 的 PERC 价值量	0.8	0.6	0.5	0.4
TOPCon 电池设备行业规模	7.0	117.0	146.2	152.3

资料来源：公开资料整理，东海证券研究所整理

HJT 电池设备预计后续发力，目前受益于技术领先下价值量。HJT 电池设备目前产线单瓦价值量约为 4 亿元，远超其他技术路线。未来 HJT 持续降本带来设备放量时，即使单瓦价值量下降依旧可以支撑市场规模扩大。HJT 电池设备市场规模占比有望从 2021 年的 3% 左右，提升至 2024 年的 50% 以上。

HJT 实现国产设备全覆盖，龙头引领下降本仍是主旋律。目前 HJT 电池的主要技术差异是 TCO 膜的沉积，主流技术路线包括 PVD（运用磁控溅射，使用 ITO 靶材）和 RPD（反应等离子体沉积法，使用 IWO 靶材）两种。迈为作为 PVD 路线的龙头，在 2019 年实现了异质结电池整线交付，并且在 2021 年首次实现整线设备出海。捷佳伟创作为 RPD 路线的代表企业，在 2022 年成功实现 RPD 设备的交货，并且已经具备异质结整线的交付能力。

表9 HJT 电池设备市场测算（亿元/GW、亿元）

	2022E	2023E	2024E	2025E
产能	13	37	96	182
新增产能	7	23	59	86
HJT 电池设备价值量（亿元/GW）	4	3.2	2.8	2
TOPCon 电池设备行业规模	7.0	117.0	146.2	152.3

资料来源：东海证券研究所整理

2.1.3. 激光设备：N 型放量下应用场景拓宽

激光技术与 N 型要求更吻合，有望实现放量。激光设备利用光能量经过透镜聚焦，形成纯色、准直、高亮、同向、高能量密度的光子队列，并通过高能量密度的光束产生的光热效应进行加工。激光设备优势在于非接触式加工、热影响区小、易自动化、精确度高、一致程度高、高速便捷等，与 N 型对电池片精细化、高精度、高性能、高可靠性趋势相吻合。同时，非接触式加工可以有效减少加工过程中对电池片的损伤，防止隐裂、破碎，提升其可靠性。

激光设备在光伏电池端的应用场景不断扩展。薄片化等发展趋势使得光伏行业对于加工技术精确度的要求提升，激光技术的精细化发展叠加多重功能使得激光在光伏行业有着广泛的应用前景。激光技术目前被应用在 PERC 激光消融掺杂、TOPCon 硼掺、HJT 激光修复、IBC 激光开槽、钙钛矿激光刻蚀等环节。

表10 激光技术在电池上的应用

环节	技术名称	技术效果
PERC	激光消融	利用激光在硅片背面进行打孔或开槽，背电场通过薄膜上的孔或槽与硅基体实现接触，提高少子寿命从而提升电池转换效率
	激光掺杂 SE	提升电池浅扩散区域的表面浓度，降低表面复合；在金属接触区域实现重掺杂，改善金属浆料和电池的接触，降低接触电阻
TOPCon	激光硼掺杂	在硼扩散面金属栅线与硅片的接触区域进行重掺杂，金属电极之间非金属接触区域实现轻掺杂，能够降低金属区的接触电阻和金属复合，提高开路电压
HJT	LIA	HJT 电池在 H/c-Si 的界面存在大量的界面态（Si 悬挂键），在光照的情况下，对此结构进行加热退火，可以有效减少界面态（Si 悬挂键）密度，降低界面复合
IBC	无损消融技术	实现背面 P/N 钝化膜层精确消融，得到更加细小的电池单位结构，更小的金属接触开孔和更灵活的设计
钙钛矿	激光刻蚀	激光刻蚀非接触性保证不伤害基板及电池层，同时保证刻蚀线宽、间距准确性

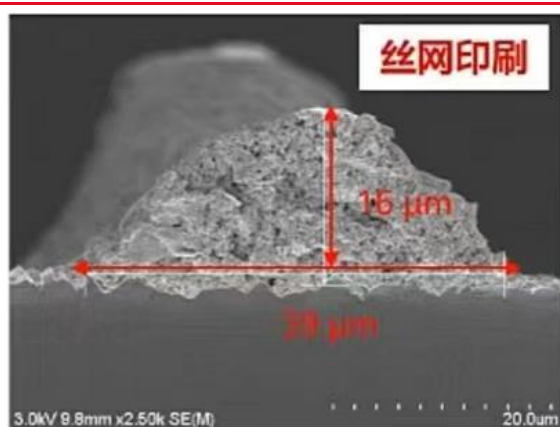
资料来源：光伏技术、东海证券研究所

激光转印有望随 N 型降本增效需求放量。激光图形转印技术（Pattern Transfer Printing 简称 PTP）是通过高功率激光束高速图形化扫描，将浆料从柔性透光材料上转移至电池表面，并形成栅线。

1) 降本优势：N 型银浆成本显著，成为降本重点环节。激光转印栅线宽度下降，银浆消耗量缩小。根据帝尔激光发布的公告，目前激光转印在 HJT 上可实现 30% 以上银浆用量降低，对应每 GW 节约银浆成本千万元以上。激光转印在 XBC 或者 TOPCon 上也较丝网印刷具有银浆降低量。

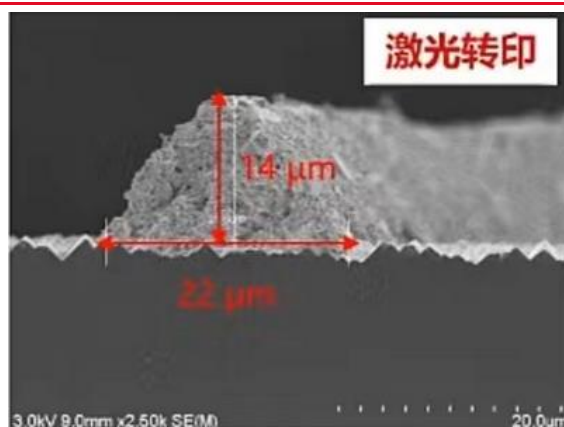
2) 增效优势：激光转印可实现全路线覆盖以及不同尺寸调整，灵活性更强；非接触式减少了电池片碎裂的可能，适应未来薄片化趋势；印刷栅线更为均匀，减小电池电阻，实现增益。

图39 丝网印刷栅线横截面



资料来源：UTlight technical material，东海证券研究所

图40 激光转印栅线横截面



资料来源：UTlight technical material，东海证券研究所

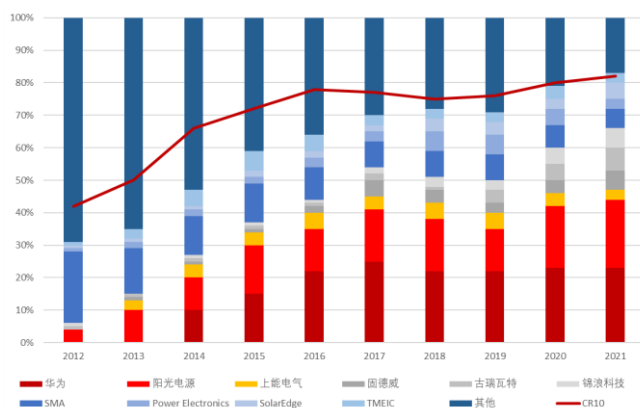
2.2.逆变器：国产替代及分布式趋势下受益

2.2.1.历史复盘：逆变器，国产替代到称霸国际

光伏逆变器是光伏系统的核心设备，它通过将光伏组件所产生的直流电转变为交流电来实现自用或并网。其主要原理为通过电力电子器件（如 IGBT、MOSFET）的高频率开关来调整组件产生电流的电压波形，从而实现对电路的变化和控制。

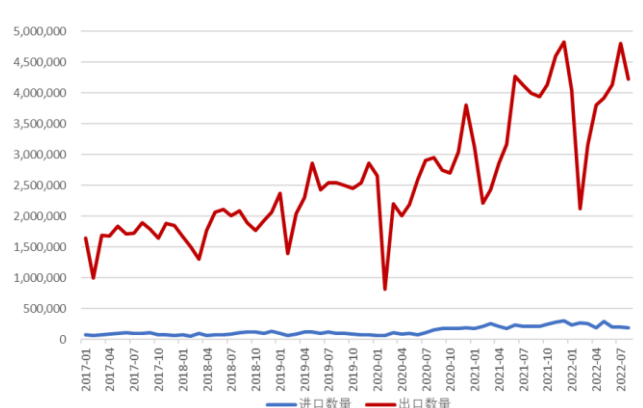
光伏景气度高企下，逆变器需求猛增。为保持高效运转，逆变器与组件较佳配比至少需要大于 1，组件新增装机量高增长下逆变器需求稳固。同时在存量市场上，逆变器使用寿命在 10-15 年左右，低于光伏组件约 25 年的生命周期，10 年前兴起的光伏电站支撑起了替换需求。Wood Mackenzie 数据显示，2021 年全球逆变器出货量实现 225.4GW，同比上升 22%。其中，中国占据了 33% 的市场份额，欧洲则在能源政策刺激下占据 23% 市场份额，同比增长了 52%。

图41 历年主要逆变器厂商市占率及 CR10（%）



资料来源：Wood Mackenzie，东海证券研究所

图42 中国逆变器进出口数量（个）



资料来源：海关总署，东海证券研究所

逆变器的发展历程呈现国产崛起与行业自身技术发展的双重脉络：

1) 1991-2011 年，国外领先。依托欧洲先进电力电子技术与光伏装机先发优势，德国企业 SMA 1991 年推出全球第一台并网组串式逆变器，2007-2011 年公司逆变器全球市占率保持在 30% 以上；

2) 2012-2017，中国企业崛起，引领降本潮流。2012 年 SMA 市占率跌至 22%，同时中国企业凭借人工成本等优势开始崛起，龙头阳光电源市占率达到 4%。2014 年华为通过组串式逆变器入局，当年市占率就达到 10%，开启了中国企业技术降本之路；

3) 2017-至今，行业技术边界、使用场景不断扩宽。2017 年 NEC（美国国家电器规范）发布新规则后，微型逆变器走向崛起之路。而在近年新能源消纳问题凸显的背景下，储能变流器需求激增。

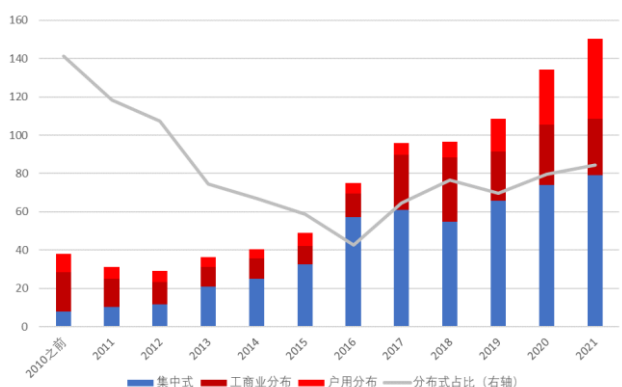
竞争格局中，国产地位持续稳固。逆变器发展历程整体呈现华为、阳光电源和原有龙头 SMA 三方争霸的格局，且伴随着 SMA 份额不断下降，其他国产厂商不断跟进的态势。Wood Mackenzie 数据显示，逆变器行业集中度不断提升，2021 年 top10 厂商市占率达到 82%，而中国的六家厂商占据了全球 48% 的市场份额。其中，SMA 市场份额跌至 6%，华为市占率则达到 23%，阳光电源市占率为 21%。从进出口数据来看，2017 年以来进出口逆变器数量差距不断扩大，2022 年 1-8 月，中国出口逆变器 3019.5 万件，同比上升 15.3%；进口逆变器 186.3 万件，同比上升 8.9%。

2.2.2.微型逆变器：国产替代再起风云

区别于传统逆变器针对一组组件监控运行，微型逆变器对单个组件进行精细化调整及监控，是当前 MLPE 组件级电力电子中重要的组成部分。微逆具有安全性高、发电效率高、体积小、灵活性强的特点，但是单价较高，主要适用于分布式场景。

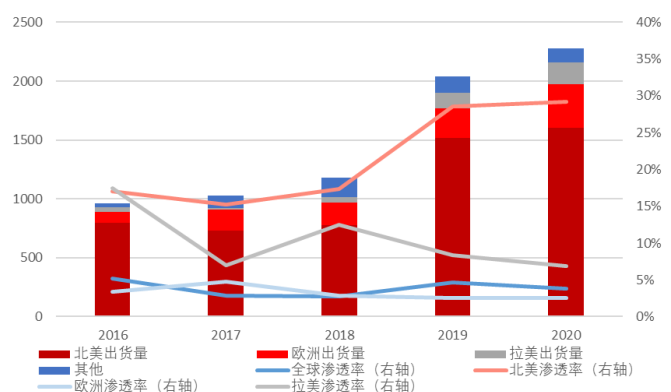
分布式高增长带动微逆渗透率提升。随着 2010 年左右集中式电站兴起，分布式在全球年度新增装机比重逐步下降。近年由于电价、土地、人口、终端价格等因素压力，分布式装机再度放量。IEA 数据显示，2021 年全球分布式新增装机约 71.3GW，占到总装机量的 47.41%，较占比最低点 2016 年的 23.97% 有明显回升，微逆出货量及渗透率则同步上行。当前微逆地区渗透率不均，未来上升潜力较大。全球微逆占分布式的渗透率目前仍低于 10%，GGII 预计到 2025 年时有望达到 20%，其中美国地区渗透率最高，约可达 30%，其他地区仍将处于方兴未艾阶段。

图43 全球分布式装机量及占比（GW、%）



资料来源：IEA，东海证券研究所

图44 全球微逆出货量及占分布式渗透率（万台、%）

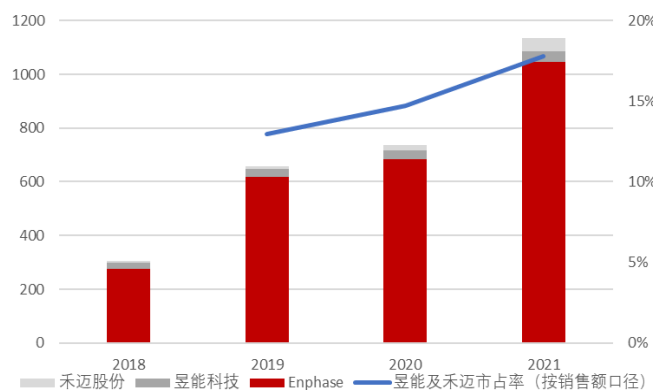


资料来源：Wood Mackenzie，东海证券研究所

竞争格局再次复刻历史，国产替代逐步推进。目前的微逆和过去逆变器的竞争格局类似，美国 Enphase 一家独大，市占率超过 70%。国内昱能科技、禾迈股份虽奋起直追，但仍有较大差距，市占率位列二、三，共计 16% 左右。Enphase 2006 年于美国成立，2008 年推出全球首创微逆技术。2017 年公司受益于美国 NEC 政策出台，微逆市场放量。公司深度绑定美国户用光伏排名前二的安装商 Sunrun 及 Sunpower，并在 2018 年成功收购 Sunpower。2019 年时公司首次实现盈利，目前公司 80% 以上的产品在美国销售。

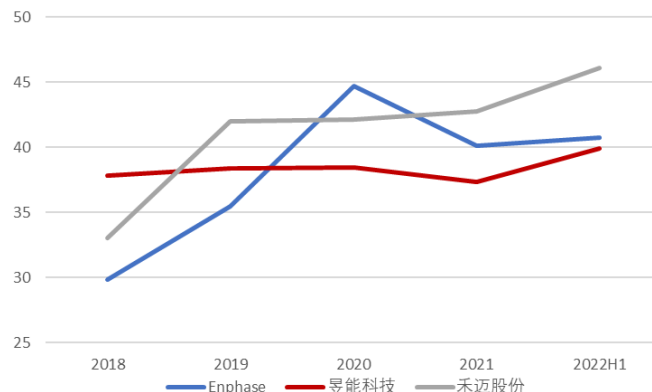
国内厂商成本优势、产品优势显现，品牌、渠道仍待加强。国内厂商的主要劣势在于品牌、渠道方面的差距，凭借产品及成本优势，未来有望逆袭翻盘。国内依托集中供应链和低人力成本，微逆环节的成本优势逐渐凸显。国内厂商毛利率稳步上升，其中禾迈 2022H1 毛利率达到 46.08%，Enphase 的毛利率逐渐被昱能追赶。产品端上，Enphase 在一拖一产品上具有优势，但国内产品迭代升级速度快，一拖二、一拖四、一拖八等产品的陆续推出有望助力弯道超车。

图45 Top3 厂商出货量及市占率（万台、%）



资料来源：Wood Mackenzie，昱能科技公告，东海证券研究所

图46 主要厂商历年毛利率（%）



资料来源：IFind，东海证券研究所

2.3. 支架：集中式开工启动+成本下降+渗透率提升预期

2.3.1. 历史复盘：起步较晚，国内跟踪支架发展空间较大

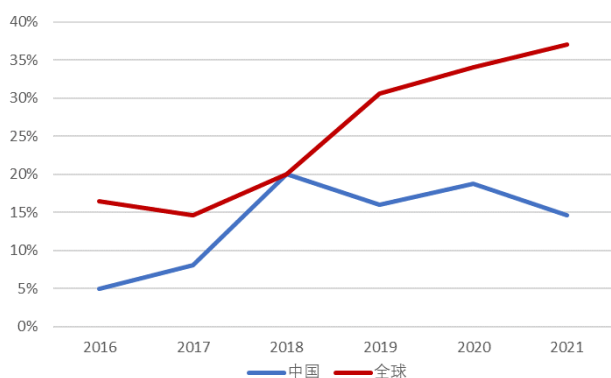
需求端复盘：跟踪支架渗透率较低，未来仍有提升空间。中国电站安装跟踪支架较晚，主要分为三个发展阶段：

1) 2009-2015 年：萌芽期，基本无经济性效益。2009 年，中广核太阳能第一次在敦煌 10MW 特许权项目中全部采用了无锡昊阳的平单轴跟踪支架，之后国内一度兴起了一波跟踪支架安装热潮。但由于技术原因以及部分厂家以次充好，支架耐用性及可靠性较差，故障频发，国产跟踪支架在终端可信度不断降低。此外，降本增效能力难以实现，当时为提升可靠性，电站需采用国外跟踪支架，造成装机成本大幅上升，同时弃光问题突出导致了跟踪支架实现的发电增益无法消纳转换为收益；

2) 2016-2018 年：政策推动期。2016 年开始，领跑者计划带动国内跟踪支架渗透率显著提升。在 2018 年高点处，国内渗透率与国外渗透率接近，达到约 20%；

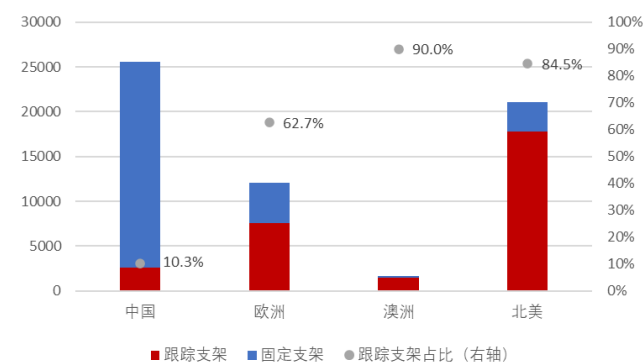
3) 2019-至今：经济性驱动。2019 年开始，随着领跑者计划中跟踪支架项目减少，其渗透率一度滑落至 16%。但随着国内消纳问题逐步解决以及国产替代降本，集中式电站出于经济性考虑自发安装，2020 年的渗透率有所回升。2021 年，由于国内组件将部分硅成本上涨压力转移给终端电站，电站削减支架支出导致渗透率再次回落到了 14.6% 左右。

图47 全球及中国跟踪支架渗透率变化（%）



资料来源：CPIA，Wood Mackenzie，GTM，东海证券研究所

图48 2021 年全球光伏支架安装量及渗透率（MW、%）



资料来源：IHS，东海证券研究所

供给端复盘：国内跟踪支架厂商起步较晚，国产替代待出海。国外厂商拥有几十年的跟踪支架经验，在长期可靠性、技术精密度及品牌、渠道方面具有明显优势。国内厂商起步晚，2015 年开始随着国内跟踪支架产能放量与技术进步，国产替代逐步完成。但国产出海仍在进行之中，大部分企业以代工为主，品牌、渠道构建仍不完备。2020 年全球跟踪支架 TOP10 出货量品牌中，中国仅有中信博及天合光能，占全球比重总计约 12.02%。

国内主要的跟踪支架生产商包括：

1) 中信博：作为固定支架厂商 2012 年开始布局跟踪支架业务，2015 年-2016 年实现放量，出货量同比增速分别达到 400%、700%左右。公司逐步成长为国内跟踪支架龙头，2020 年排名全球第 4；

2) 天合光能：依靠在 2018 年收购全球领先的西班牙跟踪支架公司 Nclave 股权，获得了全球化跟踪支架品牌、技术及产能布局；

3) 国强兴晟：主要为海外厂商代工跟踪支架，代工对象包括 Array Technologies、Soltec 及 STI Norland，目前也在以自有跟踪支架技术和品牌开拓国内市场；

4) 意华股份：子公司主营海外支架代工，业务模式和国强兴晟类似，2021 年外销占比达到 96%。主要客户为 GameChange、NEXTracker、FTC Solar。

表11 2020 年全球跟踪支架排名以及 2021 年国内支架出货排名（GW、%）

排名	企业	地区	出货量	占比	企业	出货量
1	NEXTracker	美国	12.92	29%	国强兴晟	11.95
2	Array Technologies	美国	7.41	17%	中信博	6.52
3	PV Hardware	西班牙	3.81	9%	鑫润恒信	5.63
4	Arctech Solar（中信博）	中国	3.43	8%	安泰科	5.20
5	STI Norland	西班牙	3.10	7%	意华光伏	5.10
6	GameChange Solar	美国	2.51	6%	金海新源	3.00
7	Soltec	西班牙	2.23	5%	火蓝电气	2.80
8	Trina Tracker（天合光能）	中国	1.91	4%	清源股份	2.19
9	FTC Solar	美国	1.52	3%	华鼎新能源	1.99
10	Ideematec	德国	1.30	3%	共益钢铁	1.97
11	ArcelorMittal Exosun	法国	/	2%	天合光能	1.80
12	Convert Italia SpA	意大利	/	2%	泰坦光伏	1.50

资料来源：Wood Mackenzie, 365 光伏，东海证券研究所

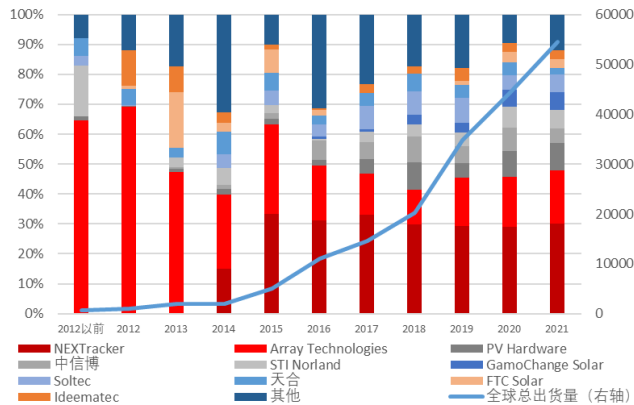
行业格局：欧美引领，海外复盘供需两侧领先。供给上，全球跟踪支架出货量一路走高，2012 年仅约 1GW 出货量，2021 年出货量达到 54.5GW，同比增长率达到 23%。除个别中国企业外，出货前列均为欧美品牌；需求上，全球跟踪支架渗透率持续攀升，2016 年约为 16.44%，2021 年升至 37%。

分区域来看：

1) 美国：北美 2021 年跟踪支架安装渗透率高达 84.5%，是全球跟踪支架最主要的市场。在贸易保护政策下，美国出货量约占全球 50%的比重，形成全球排名前二的两大光伏支架龙头 NEXTracker 和 Array Technologies，其中 NEXTracker 近 7 年均为全球第一，市占率约 30%。两家企业均选择将产品生产外包，仅负责设计，实现轻资产受益。

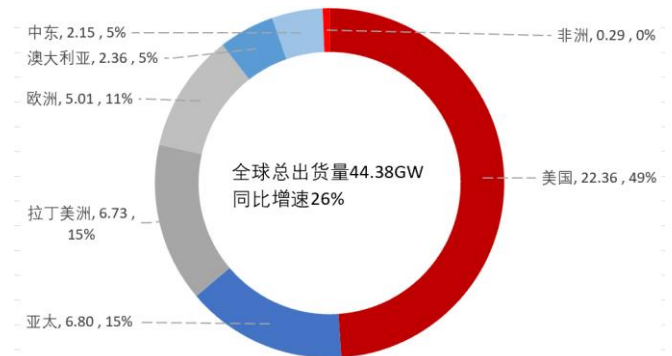
2) 欧洲：2021 年跟踪支架安装渗透率约为 62.7%。欧洲约占 11%的出货量比重，市场竞争较为分散，西班牙有全球排名第三的跟踪支架龙头 PV Hardware，其他德、意、法国等国也均有出货量较高的品牌。

图49 全球跟踪支架出货量及领先厂商市占率 (MW、%)



资料来源：Wood Mackenzie, 东海证券研究所

图50 2020年支架出货量分布 (GW、%)



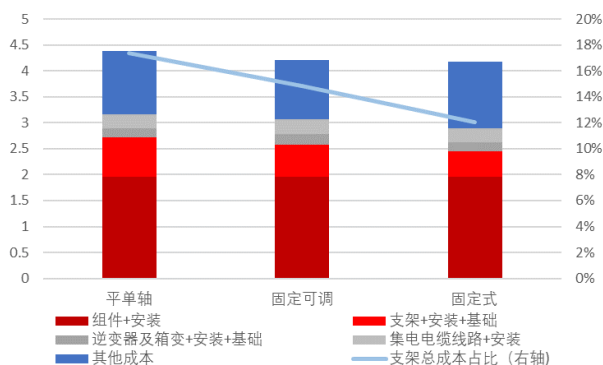
资料来源：Wood Mackenzie, 东海证券研究所

2.3.2.现状：需求侧及成本侧改善，经营状况有望转好

终端成本压力下，跟踪支架渗透率下降，2023年预计情况扭转。2022年，由于国内组件将部分硅成本上涨压力转移给终端电站，终端电站为降低装机成本减少了对跟踪支架的采购。但随着硅料价格下降，地面项目成本缓解，2023年延后项目预计陆续开工，跟踪支架使用场景有望恢复。此外，跟踪支架渗透率有望提升。国内跟踪支架渗透率目前仅为10%-15%，远低于欧美国家，主因是跟踪支架成本高于固定支架，平单轴跟踪支架较固定式造成电站成本提升约0.26元/瓦。而随着硅料价格下降，占地面电站成本46%左右的组件价格将回落，电站成本压力大幅减轻，过去无力选择的跟踪支架有望重获青睐。

实现发电增益，跟踪支架具有低度电成本优势。跟踪支架虽然提升了电站单瓦成本，但同时可以通过提升发电量降低平均度电成本。发电量与组件接受的阳光入射角有关，当阳光垂直于光伏组件照射时，组件吸收太阳辐射量最大，发电量也最大。而太阳入射角会受到时间、季节影响而不停变化，跟踪支架通过改变组件平面角度，提升组件的阳光直射占比，从而提升组件总发电量。

图51 2021年国内典型平价地面电站支架成本 (元/瓦)



资料来源：CPIA, 东海证券研究所

图52 国内钢材现货价格 (元/吨)

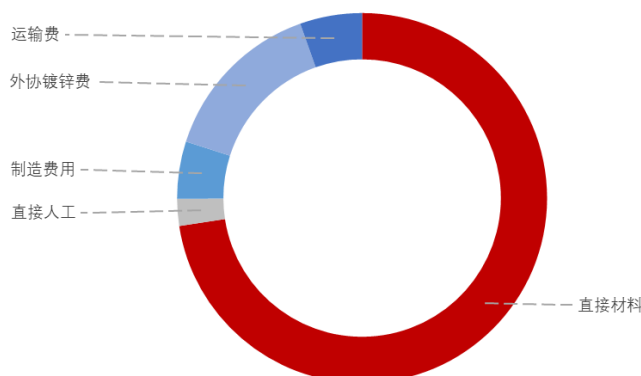


资料来源：ifind, 东海证券研究所

成本压力减弱，跟踪支架盈利能力修复。CPIA数据显示，跟踪支架中原材料占比达到65.29%，其中以钢材和铝材占原材料的比例约为50%以上。相比固定支架，跟踪支架增添了电控箱、回转减速装置，约占总成本的20%，造成成本较高。2022年开始钢材、铝材价

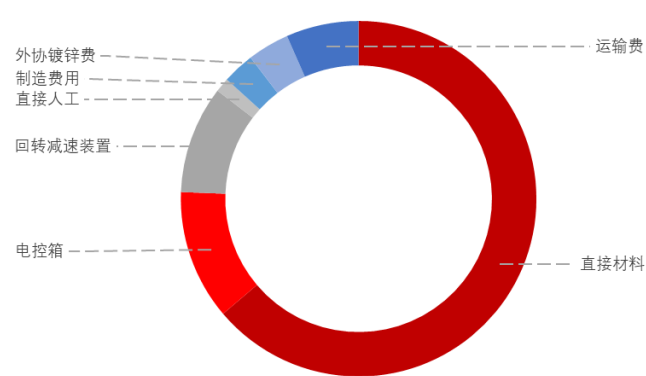
格由高点回落，缓解支架成本压力。按照 1GW 光伏电站使用 3 万吨钢材支架测算，钢材价格每上涨 1000 元/吨，单瓦支架成本上涨 0.03 元/瓦。

图53 固定支架成本构成（%）



资料来源：CPIA，中信博公告，东海证券研究所

图54 跟踪支架成本构成（%）



资料来源：CPIA，中信博公告，东海证券研究所

3.辅材端：水涨船高，瓶颈环节有望享受超额利润

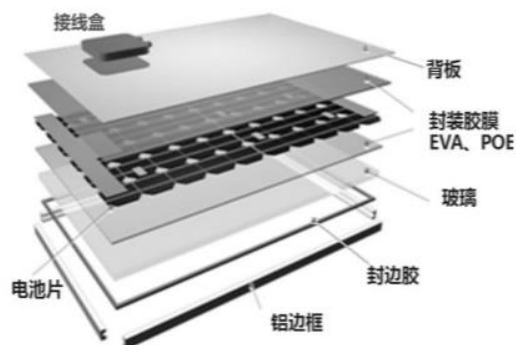
受益于终端高景气，组件需求拉动辅材端需求激增。在组件产能本土化的大潮下，本土化辅材产能的需求应运而生。国内辅材产能逐步打破海外技术垄断，实现国产替代，并最终占领全球市场。大部分辅材企业议价能力不强，在 2022 年硅成本飙升的背景下，辅材利润空间被组件环节压缩，在 2023 年有望实现盈利修复。同时随着行业产能扩张，产业链供应瓶颈环节有望获取超额利润。

3.1.胶膜：粒子保供及 POE 胶膜成为亮点

3.1.1.主要原料粒子产能瓶颈下，龙头效应显著

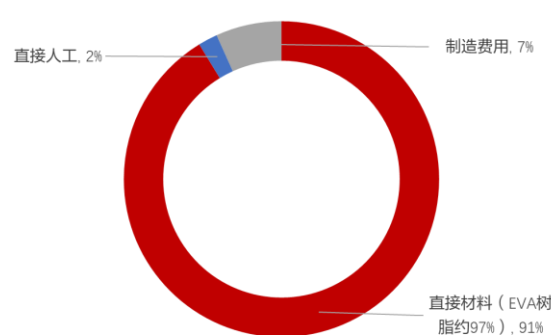
胶膜作为封装材料，对组件寿命与效率起着重要作用，其主要原材料为 EVA/POE 树脂。光伏胶膜作为光伏组件封装材料之一，直接覆盖于电池片的表面，将电池与背板、玻璃相粘合，起着隔绝空气、保护电池的作用。胶膜的光透过率、光反射率、耐候性能等，都将直接影响组件的寿命以及光电转换效率。

图55 胶膜直接包裹电池片



资料来源：海优新材招股书，东海证券研究所

图56 胶膜成本构成（%）



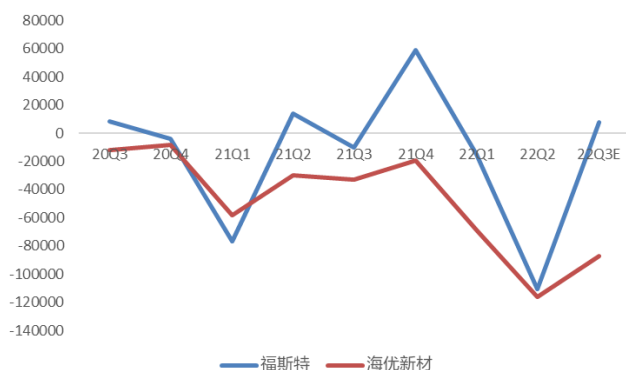
资料来源：福斯特公告，东海证券研究所

上游粒子为主要原材料，产能瓶颈影响胶膜出货量。胶膜系由粒子加工而成，粒子的品质将直接影响胶膜的性能，而上游树脂在胶膜成本中的占比约为 86%-92%。从供需角度看，

胶膜扩产容易，周期仅 3-6 个月，而粒子扩产、爬产可能长达 4 年，产能瓶颈下粒子保供成为行业主要竞争力。

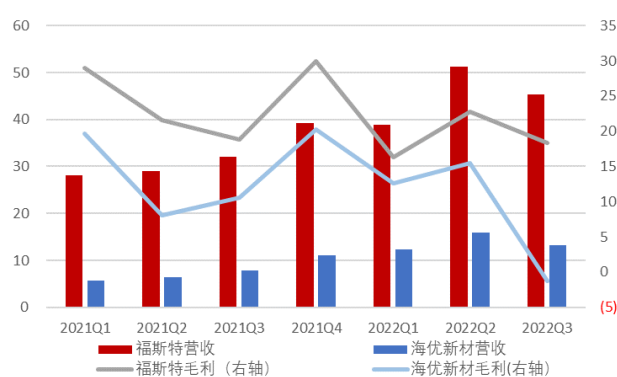
行业壁垒强，龙头凭借顾客粘性 & 营运能力保证盈利。胶膜作为封装材料，需要厂商与组件企业深度协同，配方与组件产品形成紧密联系，转换成本与长期合作形成客户壁垒。同时由于上游粒子主导胶膜实际产能，下游组件直面终端主导行业需求，胶膜在上下游中话语权较低，现金流周转压力较大。从财务数据看，行业公司经营性现金流波动极大，龙头福斯特近 2 年仅有 4 个月实现净流入，海优新材 2 年均为净流出。

图57 主要公司经营性现金流（万元）



资料来源：Wind，东海证券研究所

图58 主要公司营业收入及毛利率变化（亿元、%）

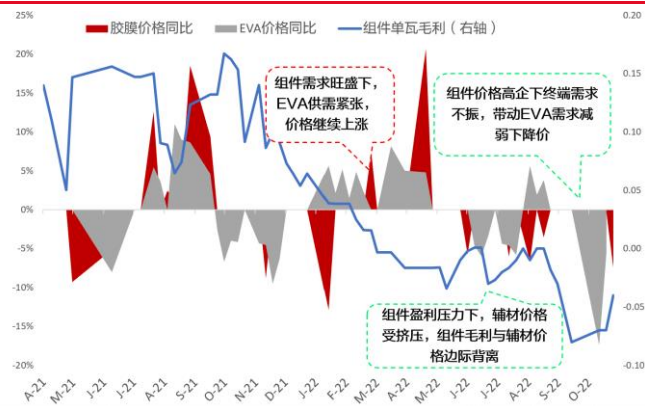


资料来源：Wind，东海证券研究所

下游高需求下，粒子保供是胶膜实现溢价能力的基础。由于光伏胶膜扩产周期较短（一条产线的扩产周期一般在 3-6 个月），且为轻资产行业，扩产相对容易且及时，造成胶膜本身产能远供大于求，EVA 粒子瓶颈下才能实现胶膜实际产能缩小，从而形成对组件的较大议价能力。另外价格变动正常情况下，胶膜落后 EVA 粒子价格变动 1.5 个月，在 EVA 粒子价格高企情况下行业普遍高库存。2022 年年中需求疲软下，EVA 粒子价格不升反跌，高库存造成高成本，拖累胶膜企业盈利。而根据测算，受下游需求提振，2023 年 EVA 仍将处于紧平衡，且需求较今年略紧，预计保供能力强的龙头将会受益。

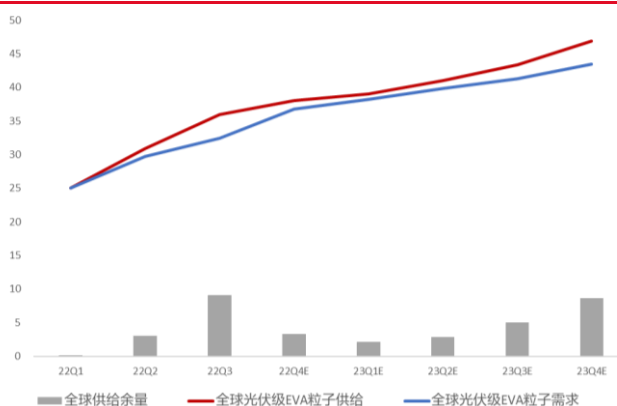
组件盈利修复是实现粒子价值传导的前提。根据近期历史复盘，在硅价造成的成本压力下，组件开始挤压胶膜盈利空间。而 2023 年随着组件环节盈利修复，预计龙头价格传导机制将会重新打通。

图59 2021 年光伏胶膜行业市场竞争格局



资料来源：中商情报网，公司公告，东海证券研究所

图60 EVA 粒子供需格局预测（万吨、GW）

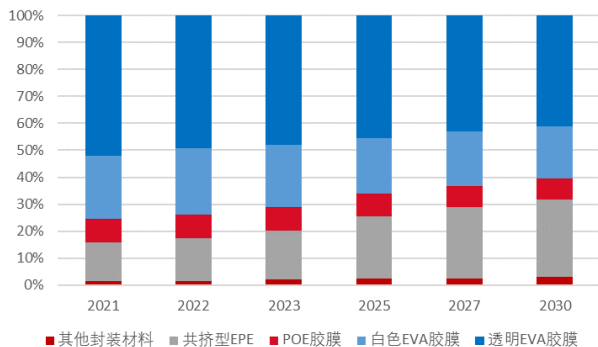


资料来源：各公司公告，东海证券研究所

3.1.2.新产品加速迭代，POE 胶膜有望获得红利

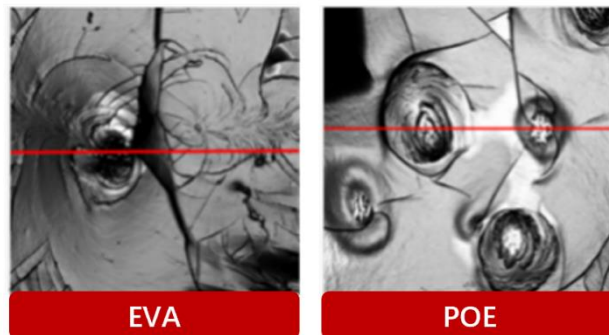
POE 抗 PID 性能更优，N 型推动 POE 需求提升。目前市场上组件的封装材料主要有透明 EVA 胶膜、白色 EVA 胶膜、POE 胶膜、EPE 胶膜（共挤型 POE）。而由于背面有电池片间漏光的现象，随着市场对光伏组件在全产业链、全生命周期提质增效的要求日益凸显，高效率单玻组件和双玻组件的渗透率快速提高，推动了白色 EVA 胶膜、POE 胶膜和 EPE 胶膜等新兴产品的应用迅速增长。当前 P 型电池的转化效率已接近上限 24.5%，而 N 型则拥有更高的上限，2022 年 N 型产能快速放量。N 型电池的 PID 效应在受光面更为敏感，POE 的抗 PID 性能更优异，更加契合 N 型电池的技术要求。

图61 各类型胶膜市场占比（%）



资料来源：CPIA，东海证券研究所

图62 EVA 与 POE 超高显微镜下材料图



资料来源：太阳能杂志，东海证券研究所

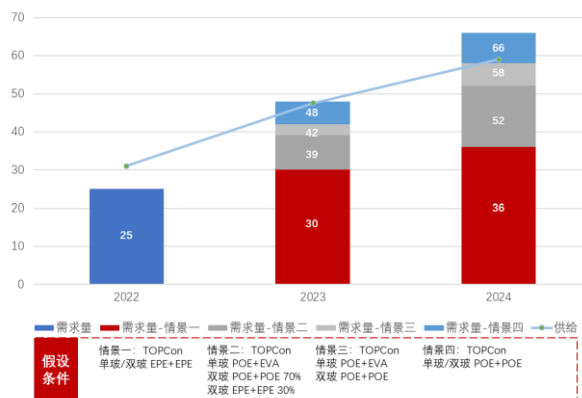
POE 胶膜性能优势如下：

1) EVA 树脂产生醋酸：不论是 EVA 还是 EPE 原料中都含有醋酸乙烯酯(VA)，在光热、热氧、湿热环境下，会分解产生醋酸，并与玻璃中的 Na 反应产生大量可自由移动的 Na⁺，再与电池片表面的银栅线发生反应后导致串联电阻的升高，组件性能衰减（即 PID 效应）；而 POE 分子链结构稳定，老化过程不会产生酸性物质。

2) POE 胶膜具有优异的水汽隔绝性能：POE 属于非极性有机物，不能和水分子形成氢键，且具有疏水性。

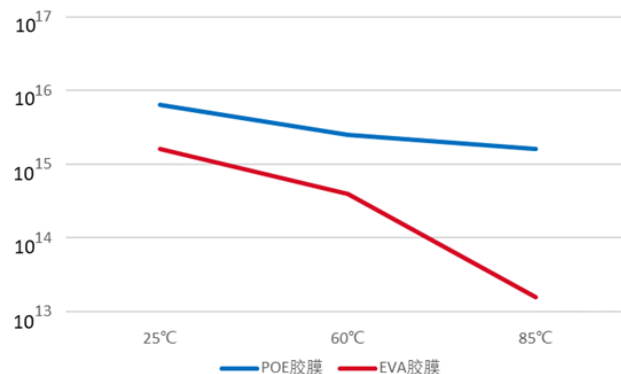
3) POE 体积电阻率更大：在室温下，POE 的体积电阻率较 EVA 略大，但随着温度升高，EVA 体积电阻率迅速下降，当温度升至 85℃时，POE 的体积电阻率较 EVA 高出 2 个数量级。

图63 不同情景下 POE 的供需情况预测（万吨）



资料来源：PVInfolink，东海证券研究所

图64 EVA 与 POE 胶膜体积电阻率（Ω·cm）



资料来源：太阳能杂志，东海证券研究所

N 型放量下，POE 胶膜供需缺口持续扩大，预计盈利提升。封装胶膜存在部分替代方案，在不同的情景预测下，POE 胶膜的供需情况不一。假设 TOPCon 出货量为 2022 年 20GW，2023 年 60GW，2024 年 100GW 时，按三种方案整体来看，POE 胶膜 2023 年的需求在 42-48 万吨之间，而供给约为 47.5 万吨，处于紧平衡状态；2024 年的需求在 58-66 万吨之间，而供给约为 59 万吨，供需缺口持续扩大。在 POE 存在较大供需缺口的背景下，明年能够实现较大 POE 胶膜供应量的企业的盈利能力得到较强保障。

表12 各公司 POE 胶膜布局

公司	POE 胶膜布局
福斯特	2016 年收购陶氏化学部分股份，POE 保供能力最强。同时公司在技术及客户方面具有优势。
赛伍技术	公司拥有 1 亿多平米 POE 产能，在建产能 2.55 亿平米。已实现部分验证出货。
海优新材	单层 POE 膜取得进展，已实现部分出货，开始批量供货。今年年初布局 POE 共挤膜，将运用于 N 型。
激智科技	今年投资建设 3.5 亿平米 POE 膜产能。

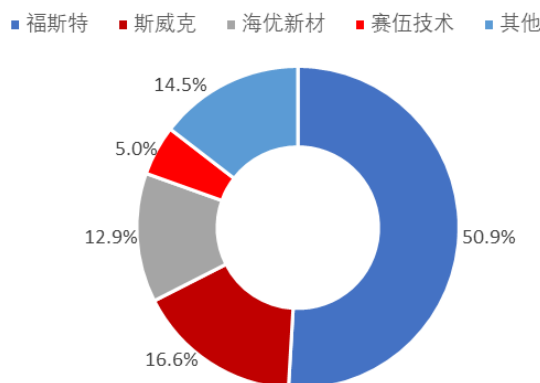
资料来源：各公司公告，东海证券研究所

3.1.3. 胶膜实现国产主导，上游粒子国产化率有待提升

国内厂商自主突破性能瓶颈，迅速占据全球市场。在福斯特大规模生产 EVA 胶膜之前，我国的 EVA 胶膜供给市场主要由国外企业如胜邦、三井、普利司通、Etimex 等垄断，定价普遍很高，光伏胶膜毛利率一度高达 40% 到 60%。2003 年福斯特成立，通过自主研发及大规模扩产，逐步占领市场后采取低价让利策略，从而迅速挤占海外市场份额。

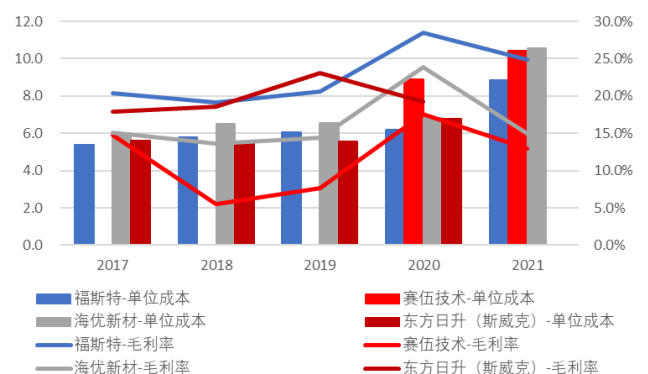
龙头优势显著，行业集中度高。2021 年全球行业市占率前四的公司分别为福斯特、斯威克、海优新材、赛伍技术，CR4 达到 85.5%，其中龙头福斯特市占率超 50%，形成一超多强的竞争格局。此外，福斯特具有显著的成本优势，2021 年公司光伏胶膜业务的毛利率达 24.9%，较市占率第四的赛伍技术高 12pcts；单位成本则为 8.84 元/平米，较赛伍低 1.57 元/平米。

图65 2021 年光伏胶膜行业市场竞争格局



资料来源：中商情报网，公司公告，东海证券研究所

图66 光伏胶膜业务毛利率（%）与单位成本（元/平米）



资料来源：公司公告，东海证券研究所

在产品性能方面，龙头企业的产品透光率以及收缩率均优于二三线企业。以白色 EVA 为例，1）福斯特胶膜的在 1100nm-400nm 波长下光透过率/反射率超 90%，而其他企业的光透过/反射波长区间小于福斯特；2）体积电阻率与其他企业的保持一致（胶膜的体积电阻率越大，系统电压在胶膜的压降越大，在电池上的压降越小，从而组件的抗 PID 性能越好）；

3) 收缩率表现优于斯威克与海优新材, TD (横向) 表现优于斯威克, MD (纵向) 表现优于海优新材, 胶膜的收缩率越大越容易引起电池串的位移, 严重时甚至会引起电池碎片和鼓包刺破背板, 影响组件寿命。未来胶膜龙头凭借规模、产品及成本优势, 有望进一步巩固其行业竞争地位。

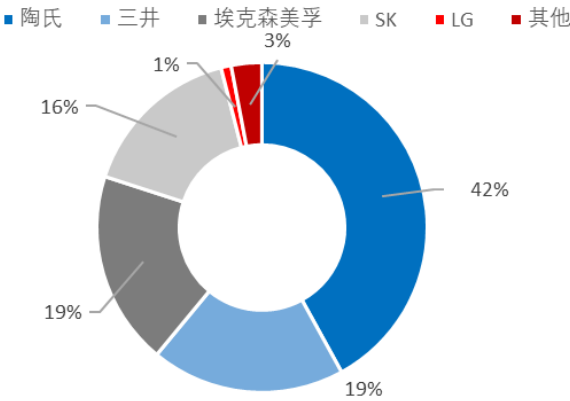
表13 各企业胶膜产品性能对比

种类	公司名称	光学指标 (%)	电性能 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	收缩率 (%)
		光透过率/光反射率	体积电阻率	MD/TD
透明 EVA	福斯特	≥ 91 (1100nm-380nm)	$\geq 1.0 \times 10^{15}$	$\leq 3 / \leq 1.5$
	斯威克	≥ 91 (1100nm-380nm)	$> 1.0 \times 10^{15}$	$< 3 / < 2$
	海优新材	> 91 (1100nm-380nm)	$> 1.0 \times 10^{15}$	$\leq 4 / \leq 1.5$
	上海天洋	≥ 91 (800nm-238nm)	$\geq 1.0 \times 10^{15}$	$< 3 / < 1$
白色 EVA	福斯特	≥ 90 (1100nm-400nm)	$\geq 1.0 \times 10^{14}$	$\leq 3 / \leq 1.5$
	斯威克	反射 ≥ 90 ; 透 ≥ 91 (700nm-400nm)	-	$< 3 / < 2$
	海优新材	> 90 (700nm-400nm)	$> 1.0 \times 10^{14}$	$\leq 4 / \leq 1.5$
	上海天洋	-	$> 1.0 \times 10^{14}$	$< 3 / < 1$
POE	福斯特	≥ 90 (1100nm-380nm)	$\geq 1.0 \times 10^{15}$	$\leq 3 / \leq 1.5$
	斯威克	≥ 91 (1100nm-380nm)	$> 1.0 \times 10^{15}$	$< 3 / < 2$
	海优新材	> 90 (1100nm-380nm)	$> 1.0 \times 10^{15}$	$\leq 4 / \leq 1.5$

资料来源: 各公司官网, 东海证券研究所

POE 粒子仍被海外厂商卡脖子, 未来或呈现紧平衡状态。目前 POE 树脂的生产尚被海外厂商垄断, 主要生产商包括陶氏化学、埃克森美孚、三井化学、韩国 LG、韩国 SK 集团, 其中埃克森美孚的产品市占率达到 42%。而目前国内对于 POE 树脂的研产, 进展较快的有万华化学 (完成中试)、斯尔邦 (中试产出合格品)、茂名石化 (中试产出合格品)。

图67 POE 各厂商市占率



资料来源: 维科网, 东海证券研究所

图68 POE 粒子国产化进程

企业名称	产能 (万吨/年)	当前进度及投产时间
万华化学	20	1000吨/年POE装置已完成中试, 预计2024年投产
斯尔邦	10	拟投资2.04亿元建设800吨/年POE中试装置
卫星化学	10	自主研发成功突破-烯烃关键技术, 已有3款相关专利, 中试建设中
中石化天津	10	二期计划2023-2024年投产
京博石化	5	1000吨/年POE装置已完成中试, 预计2025年投产
中石化茂名	5.1	1000吨/年POE装置完成中试, 5万吨/年POE项目处于环评公示
荣盛石化	2*20	2022.8.18公告新材料投资计划

资料来源: 各公司公告, 东海证券研究所

3.2.玻璃：规模效应下龙头地位稳固，TCO 玻璃打开新蓝海

3.2.1.历史复盘：产能全国产化下，政策及成本影响下价格震荡

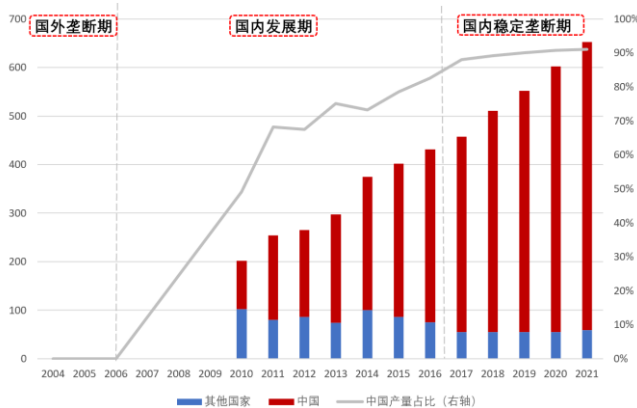
光伏玻璃承袭光伏行业国产替代路线，近几年占据全球份额的 90%以上：

1) 2006 年之前：国外垄断。由于当时尚未掌握核心技术，光伏玻璃市场基本由法国圣戈班、英国皮尔金顿（后被板硝子收购）、日本旭硝子、日本板硝子四家外国公司垄断，国内光伏组件企业完全依赖进口产能，光伏玻璃的进口价格高达 80 元/m²以上；

2) 2006 年-2016 年：国产替代。2006 年，福莱特外购第一条 100t/d 产能的光伏玻璃生产线，标志着国有产能开始打破垄断。随着技术研发与引进，十年之间，中国光伏玻璃产业完成进口替代，旭硝子等国外企业纷纷退出，圣戈班等公司只剩一些产能较小的窑炉仍在生产；

3) 2017 年-至今：稳定垄断。自 2017 年起，国内产能占据了 80%以上的全球份额，到目前国内产能已经占据全球 90%以上份额，福莱特等企业也已经实现了海外建厂。

图69 光伏玻璃行业发展历程（百万平米）



资料来源：中商情报网，CPIA，东海证券研究所

图70 光伏玻璃价格变动复盘（元/平米）



资料来源：维科网，东海证券研究所

光伏玻璃价格与供需情况直接挂钩，受成本影响波动：

1) 需求端：光伏装机量受国内政策及海外出口政策影响，整体上呈现上升趋势，其中531新政导致玻璃价格一度直降。此外，双玻组件渗透率大幅提升也提升了单位组件光伏玻璃需求；

2) 供给端：短期来看，随着窑龄增长，生产隐患正逐步增加，7-8年开始冷修停产需求逐渐迫切，国内产能集中冷修可能导致3-4个月内的供给降低。长期看，2018年起光伏玻璃纳入产能置换范围，2020年继续明确该政策。在行业扩产受限下，供需矛盾积累直接导致2020年末光伏玻璃价格疯涨，出现拥玻璃为王的状况。随着隆基等6家光伏组件龙头联合呼吁，2021年7月工信部将发布《水泥玻璃行业产能置换实施办法》，明确光伏玻璃产能有条件放开，光伏玻璃价格迅速跌落并恢复正常。

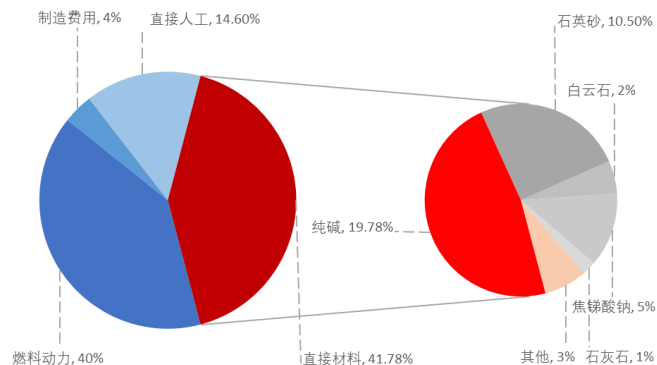
3) 成本端：纯碱为光伏玻璃主要成本，占成本约19.78%，纯碱与光伏玻璃扩产规模不匹配造成供需失衡，光伏玻璃成本上升。由于当前除天然碱外，新建纯碱产能被发改委列为限制类项目，纯碱价格一路走高，目前约2684元/吨，较2020年年中增长约134%。

图71 纯碱价格变动（元/吨）



资料来源：百川盈孚，东海证券研究所

图72 光伏玻璃成本构成（%）



资料来源：福莱特公告，玻璃工业网，东海证券研究所

3.2.2.生产端：一体化规模效应显著，双寡头格局稳定

光伏玻璃是组件封装最外层，性能较普通玻璃有较大提升。光伏玻璃作为组件封装最外层，将组件和外部环境阻隔，对组件长期可靠性起着重要作用，因此光伏玻璃在耐腐蚀、耐高温、抗氧化、机械强度上要明显高于普通玻璃。同时，光伏玻璃将组件与阳光隔开，光伏玻璃透光性对于组件发电增益起着重要作用，光伏玻璃的含铁量明显低于普通玻璃，从而实现阳光透射比的显著提升。

表14 光伏玻璃与普通玻璃性能对比

性能要求	光伏玻璃	普通玻璃
含铁量	≤0.015%	≥20.2%
光伏透射比	≥91.5%	88%-89%
机械强度	较高，可应对风压、冰雹等外力	较低
耐腐蚀性	可抵御雨水、有害气体、各种清洗剂腐蚀	易受腐蚀
耐高温性	增透性超白压花玻璃可以承受超 250 度高温	可承受 80 度左右温度
抗氧化性	使其长期暴露在大气及阳光下，性能无明显变化	暴露空气中易氧化

资料来源：CPIA，东海证券研究所

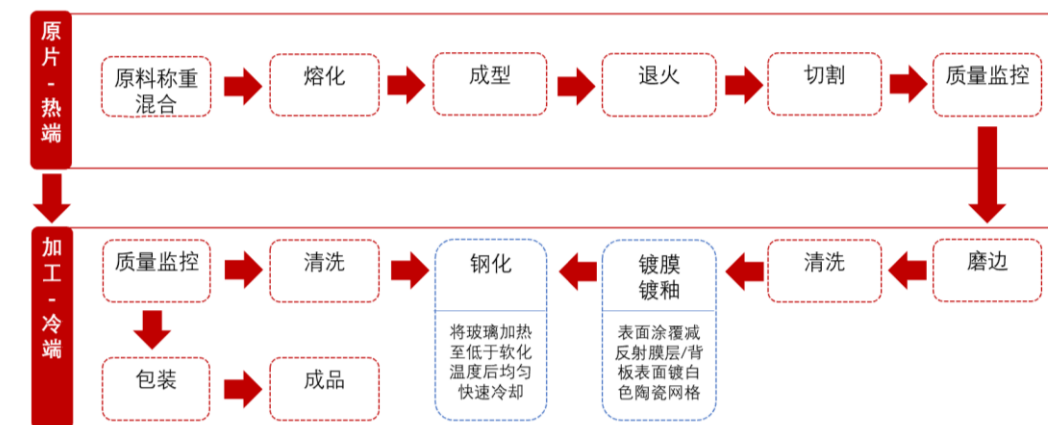
一体化阶段一：原片+加工，一体化逐步成型。光伏玻璃在玻璃原片的基础上，增加钢化、镀膜或镀釉的核心步骤，从而增强光伏玻璃性能。

1）钢化：通过将玻璃加热软化后快速冷却，增加玻璃永久应力，从而增强玻璃强度、热稳定性、抗风压能力和环境耐受力；

2）镀膜：通过玻璃表面涂覆减反射膜，从而减弱光线反射，增加组件吸收光照辐射；

3）镀釉：双面双玻组件背面镀上白色陶瓷网格填补电池片间隙，从而增加组件吸收光照辐射。初期以亚玛顿为代表的镀膜企业，掌握加工步骤，以采购原片方式生产销售。但后期随着大量生产原片的玻璃厂商涌入，技术扩散下一体化根据成本优势，原片、加工一体化逐渐成为主流。

图73 光伏玻璃生产流程

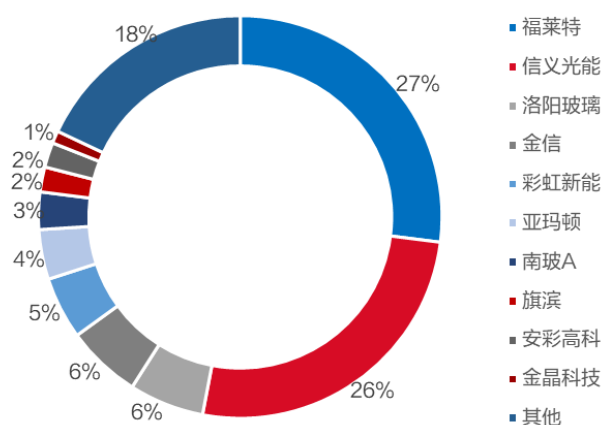


资料来源：各公司公告，东海证券研究所

一体化阶段二：石英矿+大窑炉扩产，上游深度锁定原材料。由于光伏玻璃对于透光性要求高，其低铁的属性要求选用超白石英砂。由于我国便于开采的优质矿源较少，为解决上游环节原材料瓶颈，各光伏玻璃厂商掀起石英砂矿权争夺，福莱特、南玻 A、安彩高科、亚玛顿等纷纷斥巨资购买矿权。另外，收购同时在附近规划扩建大窑炉成为趋势，大窑炉通过规模效应提升生产效率，降低生产成本的优势明显。

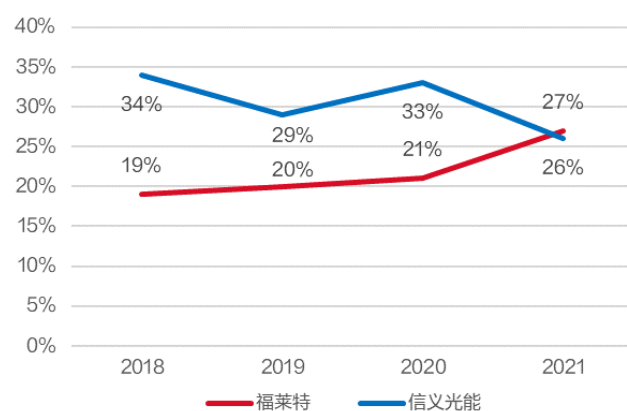
产品同质化下，成本成为行业竞争关键，双寡头格局稳定。由于产品整体呈现同质标准化特点，因此成本优势成为区分成品优劣的关键。成本优势主要依靠打通上游及规模优势体现，收购矿权、扩建窑炉等均为重资产投资，因此行业逐步规模效应显现，形成稳定竞争格局。双寡头福莱特与信义光能 2021 年市占率合计达 53%，二者市占率远超行业第三的洛阳玻璃。此外，福莱特因近年的大幅扩产，其市占率在 2021 年达 27%，超越信义光能，成为行业第一。

图74 2021 年光伏玻璃行业格局（%）



资料来源：维科网，东海证券研究所

图75 福莱特市占率提升至第一（%）



资料来源：维科网，东海证券研究所

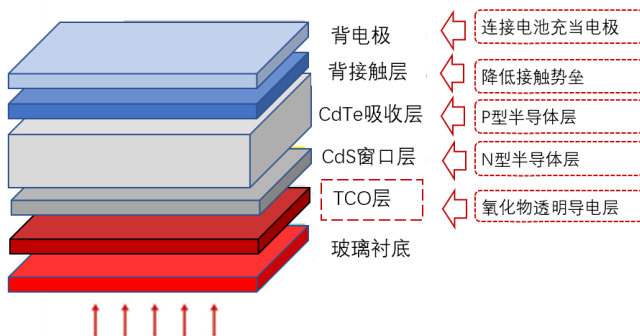
行业整体供给快速释放，过剩格局或将持续。根据测算，2021 年光伏玻璃行业有效产能达到 1406 万吨，对应的实际供给为 16.13 亿平米，虽 21Q4 对应当季供需或有短缺，但由于前三季度皆有库存剩余，因此光伏玻璃全年供给过剩。预计 2022 年行业有效产能达 2087 万吨，对应实际供给为 25.23 亿平米，供需比为 1.2；2023 年行业有效产能达 2474 万吨，对应实际供给为 38.54 亿平米，供需比为 1.35。即预计 2022-2023 光伏玻璃仍将呈供给过剩格局。

生产连续化，行业产能调节困难。光伏玻璃行业整体供给大幅释放，除受到行业高景气推动外，也与光伏玻璃的生产特性有关。光伏玻璃具有连续化生产的特点，即窑炉点火后便一直运转生产，若停窑再重新点火，一般需要3个月重新烤窑，此过程消耗大量燃料，此外停窑还会产生原材料熔化冷却后堵塞设备的问题，因此已投产的产能不能轻易停产，从而导致行业产能调节能力较弱。

3.2.3.TCO 玻璃:受益于薄膜电池放量，国产化不断推进

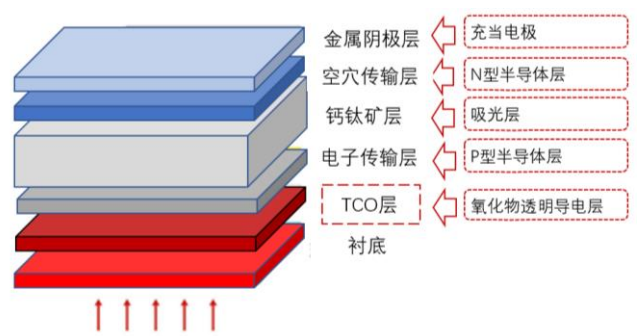
薄膜电池特别是钙钛矿电池对导电、光学性能要求较高，有望带动 TCO 玻璃放量。TCO 玻璃的生产工艺为，在超白浮法玻璃上使用物理气相沉积法（PVD）或化学气相沉积法（CVD）镀上一层均匀的导电氧化薄膜。对于薄膜太阳能电池来说，中间的半导体层几乎没有横向导电性能，因此需要使用 TCO 玻璃有效收集电池的电流，未来薄膜电池随着 BIPV、钙钛矿电池的放量有望带动 TCO 玻璃需求提升。而在性能方面，应用于薄膜电池的 TCO 玻璃除对导电性有要求外，还对光透过率、雾度（光散射指标）、高温稳定性、均匀性、激光刻蚀性以及成本等都有要求。

图76 碲化镉薄膜电池结构



资料来源：维科网，东海证券研究所

图77 钙钛矿电池结构



资料来源：光伏技术，东海证券研究所

FTO 目前为薄膜电池的主流应用产品。目前，与光伏电池较为适配的 TCO 玻璃包括 ITO、FTO、AZO：

- 1) ITO 镀膜玻璃：具有高透光率、膜层牢固、导电性好的优点，但其激光刻蚀性能较差、雾度较低，且由于稀有元素铟导致其价格偏高；
- 2) FTO 镀膜玻璃：其导电性能比 ITO 略差，但成本相对较低，且其激光刻蚀容易、雾度适宜，因此 FTO 目前为薄膜光伏电池的主流应用产品；
- 3) AZO 玻璃：目前仍处于中试阶段，其与 ITO 同样采用磁控溅射的沉积镀膜方式，性能与 ITO 更为相似，且其原料易得、制造成本更低。但目前仍存在工业化大面积镀膜的技术问题，突破后预计很快会成为新型光伏 TCO 产品。

表15 各类 TCO 玻璃对比

	ITO 玻璃	FTO 玻璃	AZO 玻璃
导电膜材料	掺锡的氧化铟 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ 稀有元素铟稀缺	掺氟的氧化锡 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 原料不稀缺	掺铝的氧化锌 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 原料不稀缺
生产工艺	磁控溅射（物理气相沉积 PVD）	化学气相沉积 CVD	磁控溅射（物理气相沉积 PVD）
发展阶段	大规模生产	大规模生产	中试
电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	7.0×10^{-5}	5.0×10^{-4}	1.5×10^{-4}
可见光透过率	>85%	>80%	>80%
原料成本	高	中	低

资料来源：蒂姆新材料，《TCO 玻璃类型与特性剖析》，东海证券研究所

国产替代逐步跟进，突破海外垄断。TCO 导电玻璃技术较早已在国内出现，如亚玛顿 2011 年已开启 TCO 玻璃研发，但由于晶硅电池在中国强势崛起，TCO 玻璃应用场景受限，后续研发国内未再逐步跟进。目前 TCO 玻璃生产商主要为外资企业，其中以 AGC（旭硝子）和 NSG（板硝子）为主导，二者市占率接近 95%。随着钙钛矿、BIPV 等概念逐渐兴起，TCO 玻璃重启国产化进程。2022 年 5 月，金晶科技的 TCO 导电膜玻璃生产线在淄博正式投产，产能为 1800 万平方米/年，这是目前国内第一条 TCO 导电膜玻璃生产线。除金晶科技外，秀强股份、亚玛顿、旗滨集团等企业也均有相关布局。

3.3.背板：盈利修复下，龙头打开第二成长曲线

3.3.1.国产主导，背板供需两旺

背板是光伏组件背面最后一层结构，对于组件在户外环境中耐候绝缘、抵御环境对组件的侵蚀，维护组件性能起着重要作用。因此背板对于耐高低温、耐紫外线辐射、耐环境老化、水汽阻隔、电气绝缘、机械强度等方面均有要求。

需求方面，组件放量带动背板需求提升。2021 年全球组件产量为 220.8GW，其中 62.6% 为需要消耗背板的组件。由于高效电池组件的推广，组件转换效率提升，每 GW 组件的背板耗量同比降低约 2.1%。若按每 GW 光伏组件消耗 500 万平米薄膜背板计算，全球全年背板需求量约 8.3 亿平米。2021 年我国组件产量约为 181.8GW，对应薄膜背板的需求量约为 6.9 亿平米，同比上升约 52.6%。

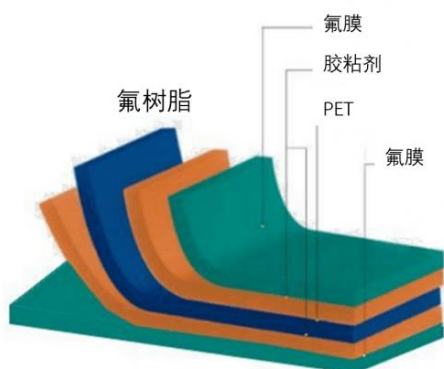
供给方面，背板是国产替代程度最高的辅材。全球 90% 背板都由中国生产，同时产业链中主材、PET 基材、氟涂料、PVDF 膜、主设备等国产化率达到 80%，是产业链中国产化率最高的辅材。2021 年全球产能约 8.5 亿平米，而对应的国内背板企业总设计产能已经可达到约 8 亿平米，而 2022 年底全球产能约可达到 12 亿平米。

3.3.2.背板材质：降本驱动下国产替代

背板按材质可分为含氟型和不含氟型。氟材料具有独特的分子结构，氟元素的电负性大，范德华半径小，C-F 键能高达 439.2kJ/mol，是高分子材料共价键中键能最大的，因此其耐候性、耐热性、耐高低温性，特别是耐紫外线能力强。过去氟膜主要被国外杜邦、Arkema 等国外厂商垄断，随着国内中天、杭福等崛起，除少部分电站制定进口氟膜，国外厂商基本退出市场。出于降本考虑，不含氟的 PET 背板开始出现，但是耐候性较差、抗紫外线能力弱。而随着需求骤升，目前氟膜价格暴涨 3-4 倍，同时 PET 膜也价格暴涨。

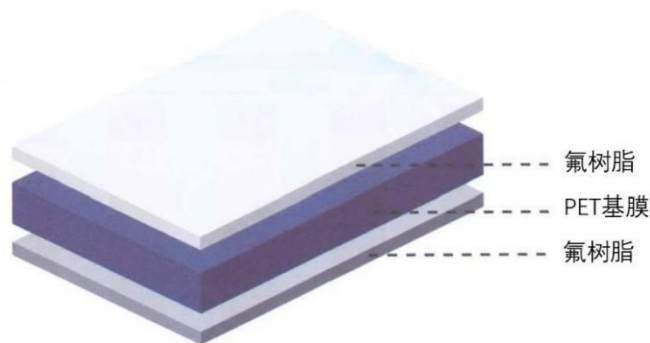
背板按结构可分为复合型和涂覆型，复合型是主流。复合型主要以 TPT/KPK、TPE/KPE 等含氟背板为主，通过胶粘剂将 PET 基板与外侧氟膜粘合，基板起到绝缘性及强度的作用。胶粘剂性能也极其重要，户外温度及湿度作用下一旦水解，基膜与外层氟膜剥离，影响光伏组件耐久。过去胶粘剂壁垒较高，被外商如法国波士胶、德国汉高、日本东洋纺织等垄断。

图78 复合型背板结构



资料来源：中天光伏、东海证券研究所

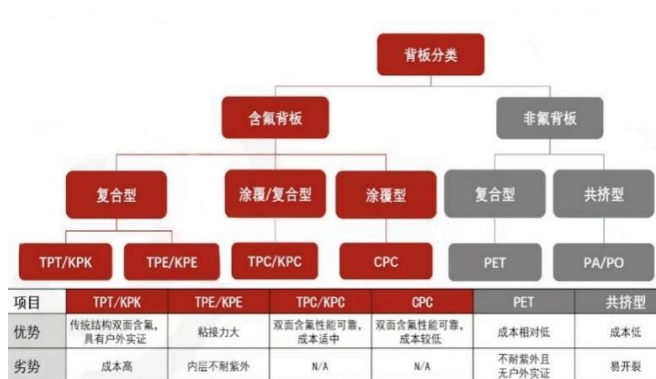
图79 涂覆型背板结构



资料来源：CPIA、东海证券研究所

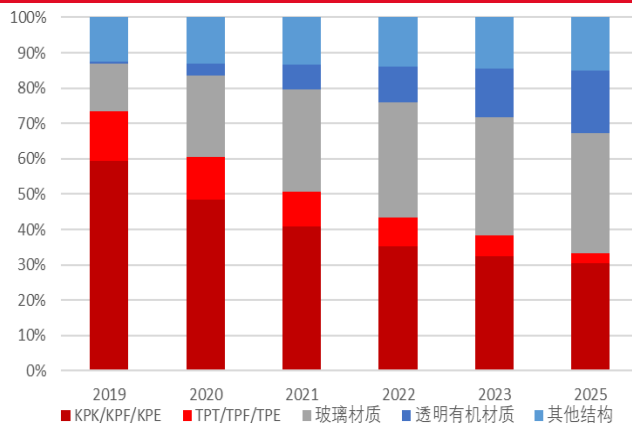
涂覆型背板弯道超车，实现国产替代。不采用胶粘剂将氟膜与基膜粘合，而是直接采用氟树脂制备成的氟碳涂料，采用涂覆工艺涂布到 PET 基膜表面后再经高温固化制备而成。通过高温热固化或微波固化，氟碳涂料在 PET 基膜表面形成致密的氟涂层膜，该氟涂层膜具有很好的耐紫外、高温、高湿及老化性能并具有一定阻隔水汽的性能，对涂覆型背板的长期耐候性能起到关键性作用。在传统复合型背板成本与工艺的双重压力下，中来股份研发出的涂覆型背板逐步占领市场，国外厂商生产的复合型逐渐退出舞台。

图80 背板分类



资料来源：中来股份、东海证券研究所

图81 各种材质背板占比预测（%）



资料来源：CPIA.2019、东海证券研究所

透明背板成为发展趋势。CPIA 预测显示，目前透明背板渗透率约为 10%，2025 年有望达到 18%。目前终端需求呈现多样化趋势，透明背板在美观度方面有优势，同时在双面组件中替代一侧玻璃，可实现组件轻质化，同时对于 BIPV、高速公路、或屋顶光伏等对于承重敏感场景配适度更高。此外，黑色网格透明背板、透明网格背板等应运而生，赛伍技术、中来股份等龙头在该领域均有布局。

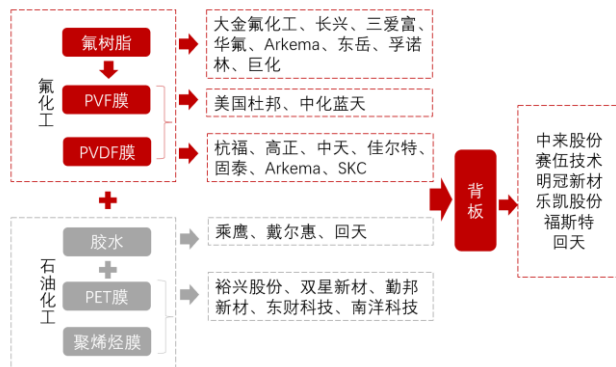
3.3.3. 产业链格局向好，硅料放量盈利有望修复

背板和上游氟化工、石油化工紧密结合，国产化不断深入。主要产业链包括氟树脂形成外侧氟膜或氟涂层，配合 PET 膜及胶粘剂。上游化工厂商如美国杜邦、法国 Arkema、韩国 SKC 等已大部分被国产替代，氟碳涂料环节各厂家大多是根据日本大金、台湾长兴等基础上制备，中来与天赐材料正在合作扩产，全面国产化指日可待。

背板龙头市占率较高，开启第二成长曲线，叠加上游降本，盈利有望修复。目前全球 CR6 达到 83%，均为中国企业，其中赛伍技术 2014 年起连续七年全球第一，中来股份正在逐步迎头赶上。

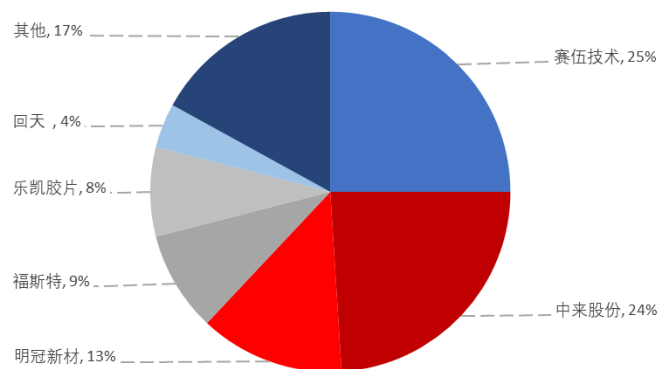
另外受限于行业增速盈利能力，龙头普遍开启第二成长曲线。如赛伍技术布局消费电子、半导体、胶带等材料领域，近期 POE 胶膜投入将显现效果；中来股份则布局光伏产业链，实现 TOPCon 研发、量产。同时受益于硅料放量，此前受制于上游硅料等环节价格上涨，组件端压缩下游盈利空间的局面有望打破，盈利修复预期增强。

图82 背板分类



资料来源：中来股份、东海证券研究所

图83 背板头部企业市场占比 (%)



资料来源：CPIA、东海证券研究所

4. 投资建议

针对当下光伏产业链利润再分配及 N 型技术迭代稳步推进的大趋势，我们建议重点关注：

1. 主材端：有望实现量利齐升的一体化组件龙头，以及在 N 型技术方面有较强优势的电池片厂商。核心逻辑包括：1) 硅料价格下行，产业链整体利润分配回归较合理区间，预计电池、一体化组件龙头将获得盈利修复；2) 硅成本下降背景下，组件价格回归合理区间，预计 2023 年终端将顺利迎来放量，需求提振；3) N 型迭代趋势下，产品同质化趋势减弱，技术先进的 N 型电池及组件龙头有望获得溢价。

2. 生产设备端及系统设备端：1) 受益于 N 型扩产，在 N 型技术方面有着较强优势的 TOPCon、HJT 设备龙头；2) 受益于户储渗透率提升，国产替代持续推进，在户储方面具有领先优势，预计将获得市占率提升的户储龙头；3) 受益于跟踪支架利润修复及渗透率提升，具有较强品牌、渠道、技术优势的跟踪支架龙头。

3. 辅材端：受益于硅成本下行，预计将实现利润修复和需求增长，建议关注：1) 具有 POE 粒子较强保供能力的胶膜龙头；2) 规模效应显现，TCO、超模玻璃等技术实现差异化竞争的光伏玻璃龙头；3) 背板保持出货量稳定，同时开启第二成长曲线的背板龙头。

表16 推荐标的盈利预测简表（亿元、%）

公司名称	净利润增速				P/E		
	总市值（亿元）	2022E	2023E	2024E	2022E	2023E	2024E
天合光能	1,545.64	104.59	81.03	30.74	41.87	23.13	17.69
晶科能源	1,558.00	140.33	97.87	32.48	56.80	28.70	21.67
爱旭股份	486.47	1,731.89	54.08	31.55	23.74	15.41	11.71
钧达股份	260.26	522.41	163.16	40.49	34.49	13.11	9.33
迈为股份	776.61	42.31	66.35	48.24	84.90	51.03	34.43
捷佳伟创	409.17	39.63	32.49	26.83	40.85	30.83	24.31
帝尔激光	229.72	32.37	45.10	41.62	45.55	31.39	22.17
禾迈股份	493.36	188.28	98.28	76.44	84.83	42.78	24.25
昱能科技	390.24	277.90	126.44	69.01	100.33	44.31	26.22
福莱特	615.46	18.39	45.80	32.46	31.03	21.28	16.06
亚玛顿	62.11	165.88	91.35	47.57	43.26	22.61	15.32
福斯特	973.36	18.28	34.85	18.02	37.47	27.78	23.54
海优新材	185.08	52.70	106.21	31.30	48.06	23.31	17.75
赛伍技术	144.26	88.46	77.61	47.34	45.01	25.34	17.20
中来股份	186.11	287.16	58.57	46.41	31.73	20.01	13.67

资料来源：同花顺一致预期，东海证券研究所

5.风险提示

（1）全球宏观经济波动风险：

全球经济衰退压力可能对光伏装机需求端造成一定不利影响，影响组件销售；

（2）行业内部竞争风险：

行业内部竞争激烈化，可能导致各环节产品价格下降或销售量不及预期；

（3）国际贸易及新能源政策风险：

主要光伏装机国家发布对于中国光伏出口相关贸易或政策，可能对于光伏出口及海外工厂生产、出口造成不利影响。

一、评级说明

	评级	说明
市场指数评级	看多	未来 6 个月内沪深 300 指数上升幅度达到或超过 20%
	看平	未来 6 个月内沪深 300 指数波动幅度在-20%—20%之间
	看空	未来 6 个月内沪深 300 指数下跌幅度达到或超过 20%
行业指数评级	超配	未来 6 个月内行业指数相对强于沪深 300 指数达到或超过 10%
	标配	未来 6 个月内行业指数相对沪深 300 指数在-10%—10%之间
	低配	未来 6 个月内行业指数相对弱于沪深 300 指数达到或超过 10%
公司股票评级	买入	未来 6 个月内股价相对强于沪深 300 指数达到或超过 15%
	增持	未来 6 个月内股价相对强于沪深 300 指数在 5%—15%之间
	中性	未来 6 个月内股价相对沪深 300 指数在-5%—5%之间
	减持	未来 6 个月内股价相对弱于沪深 300 指数 5%—15%之间
	卖出	未来 6 个月内股价相对弱于沪深 300 指数达到或超过 15%

二、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并注册为证券分析师，具备专业胜任能力，保证以专业严谨的研究方法和分析逻辑，采用合法合规的数据信息，审慎提出研究结论，独立、客观地出具本报告。

本报告中准确反映了署名分析师的个人研究观点和结论，不受任何第三方的授意或影响，其薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

署名分析师本人及直系亲属与本报告所涉及的内容不存在任何利益关系。

三、免责声明：

本报告基于本公司研究所及研究人员认为合法合规的公开资料或实地调研的资料，但对这些信息的真实性、准确性和完整性不做任何保证。本报告仅反映研究人员个人出具本报告当时的分析和判断，并不代表东海证券股份有限公司，或任何其附属或联营公司的立场，本公司可能发表其他与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告可能因时间等因素的变化而变化从而导致与事实不完全一致，敬请关注本公司就同一主题所出具的相关后续研究报告及评论文章。在法律允许的情况下，本公司的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告仅供“东海证券股份有限公司”客户、员工及经本公司许可的机构与个人阅读和参考。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何机构和个人的投资建议，任何形式的保证证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效，本公司亦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。本公司客户如有任何疑问应当咨询独立财务顾问并独自进行投资判断。

本报告版权归“东海证券股份有限公司”所有，未经本公司书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式的翻版、复制、刊登、发表或者引用。

四、资质声明：

东海证券股份有限公司是经中国证监会核准的合法证券经营机构，已经具备证券投资咨询业务资格。我们欢迎社会监督并提醒广大投资者，参与证券相关活动应当审慎选择具有相当资质的证券经营机构，注意防范非法证券活动。

上海 东海证券研究所

地址：上海市浦东新区东方路1928号 东海证券大厦
 网址：Http://www.longone.com.cn
 电话：(8621) 20333619
 传真：(8621) 50585608
 邮编：200215

北京 东海证券研究所

地址：北京市西三环北路87号国际财经中心D座15F
 网址：Http://www.longone.com.cn
 电话：(8610) 59707105
 传真：(8610) 59707100
 邮编：100089