

# 追风逐光系列一：光伏晶硅电池新技术趋势



五矿证券研究所

分析师：蔡紫豪

登记编码：S0950523070002

邮箱：caizihao@wkzq.com.cn

联系人：钟林志

邮箱：zhonglinzhi@wkzq.com.cn



中国五矿

五矿证券  
MINMETALS SECURITIES

## 结论、建议与风险提示

### 结论:

- 行业下行期技术革新对光伏降本效果更为明显，当前的电池技术选择成为企业中期重要竞争战略。2022~2023年，虽然TOPCON逐渐成为主流电池技术，但是新的电池结构或者平台技术层出不穷，电池技术路线选择是企业中长期重要战略，这也是企业在2021~2022年扩产谨慎的重要原因。
- 目前来看，TOPCON电池的生命周期还处于前期，按照理想的回收期来计算，需要5~6年完成产线投资回收；站在企业革新的动力上看，TOPCON电池技术生命或许会延续这个周期以上的时间。
- **HJT降本提效还在推进，BC电池优势逐步凸显。**目前看HJT实现经济性需要较多的技术（如电镀铜、少钢无钢化等）突破，但其双面率以及高转化效率可以帮助其在地面电站市场率先得到应用。BC电池是平台技术，较多电池技术可以叠加实现产品优化，估计实现产业化的顺序是HPBC、TBC和HBC，BC技术的成熟会对电池技术产生较大变化，龙头企业有望脱颖而出。
- 电池技术的更替大概率由头部厂商引导，更替速度往往也会相对漫长。历史上看，引导技术进步的企业往往是头部企业，同时这些企业在行业下行期具备更强的资金实力，财务报表也更加稳健。短期内一体化企业已经基本完成电池产能与组件产能的匹配，新技术的产生还需要新的产能缺口带来企业扩张动力，可见新技术对现有技术的替代也是缓慢的。

## 结论、建议与风险提示

### 建议：

- ❑ **引导技术革新是企业**在行业下行期的重要战略。行业下行期，技术进步对产业发展的贡献更加凸显，产业链发展方向在于提效降本、优胜劣汰，高效产能的稳健、持续投资依然是产业发展的方向，也是企业过冬的重要方式之一。强研发强储备的企业可以获得弯道超车的行业红利。
- ❑ **跟随战略也是不错的选择**。新技术的普及需要整个产业的协同配合，并非某家或者某几家企业可以快速推动，引领新技术发展的企业可以获得产业化前中期的超额盈利，但也可能需要独自度过较长的等待期。若不具备强研发强投资能力，作为跟随者也是不错的策略，可以避免度过产业链配套的艰难时光，但是跟随速度需要较为快速，同样对研发提出了不低的要求。
- ❑ 二级市场方面，因行业依然处于下行期，整体不具备较为明确的趋势性机会，技术突破等事件可能会带来阶段性投资机会。

### 风险提示：

- ❑ 行业需求不及预期，会带来竞争进一步恶化，竞争加剧会减缓新技术发展，导致新技术发展迟缓。
- ❑ 地缘政治风险，逆全球化带来落后产能出现，中国产能相对领先，其他国家建设产能预计较为落后，会引起行业产能整体落后，新技术进步也会放缓。

# Contents 目录



01

光伏行业进入下行期，技术进步作用更加凸显

02

电池技术迭代时间较长，企业技术路线选择慎重

03

晶硅电池路径多样，发展方向逐渐清晰

04

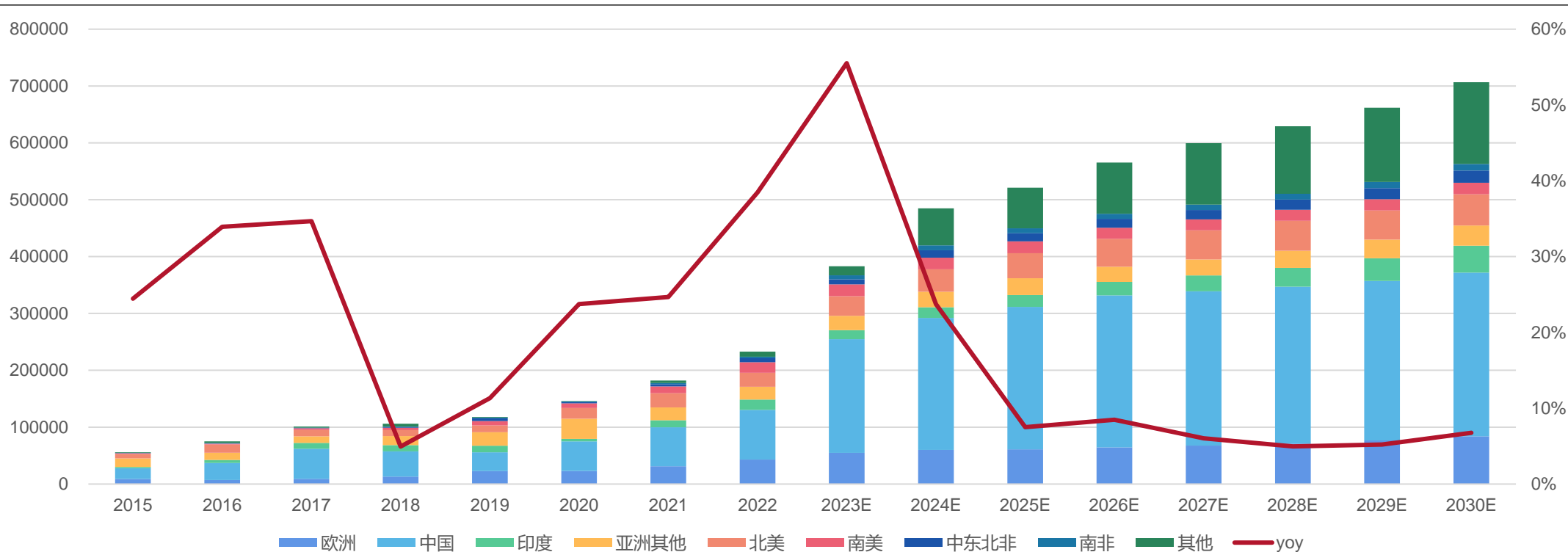
头部企业更易引导电池技术革新

01

光伏行业进入下行期，  
技术进步作用更加凸显

## 经过快速增长期，全球光伏增长降速

图表1：全球光伏需求（MW）

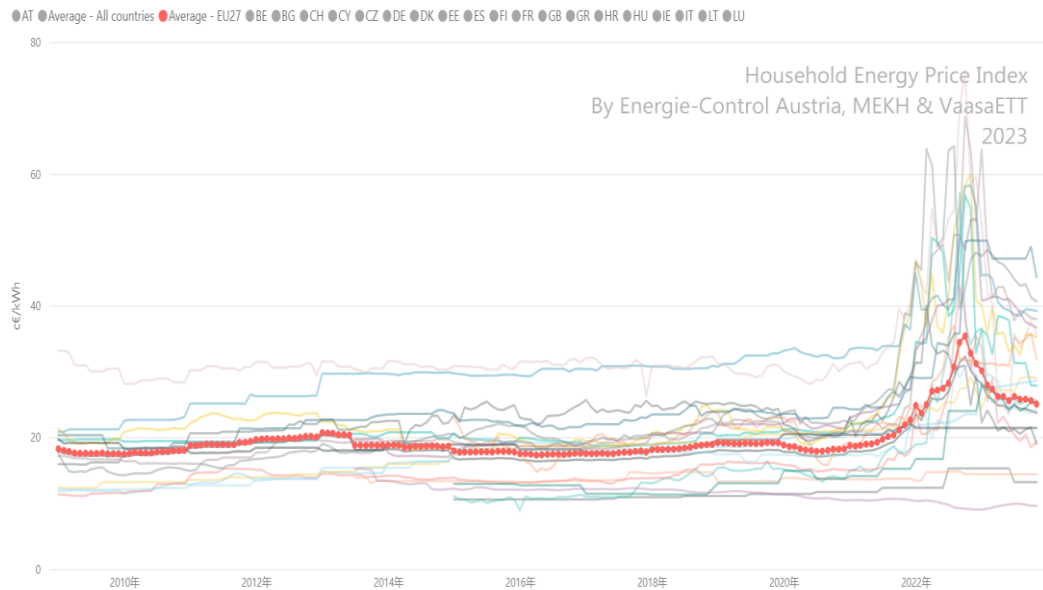


资料来源：BNEF，五矿证券研究所

- **行业上行期：**2020~2023年，全球光伏迎来了快速发展，中、美、欧三个国家地区贡献了主要增量。2023年硅料价格下降，进一步释放国内需求，我们预计国内装机大约200GW，同比增长129%，全球需求有望冲击400GW，同增56%。
- **行业下行期：**根据BNEF，未来全球光伏增长开始降速，主要因新能源电源侧增长过快，新能源电价下行带来新能源需求的抑制；同时新能源不具备调节能力，电网消纳也成为制约。

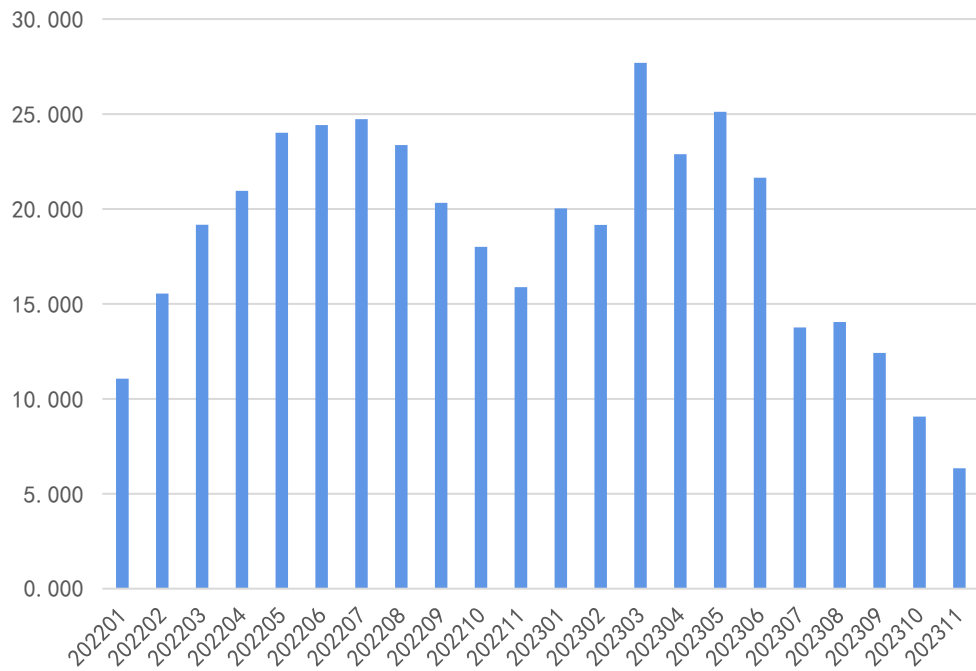
## 下游电价下行，光伏需求降速

图表2：俄乌冲突后，欧洲电价下行（EUR/MWh）



资料来源：Household Energy Price Index，五矿证券研究所

图表3：欧洲组件出口金额（亿美元）



资料来源：海关总署，五矿证券研究所

- ❑ **欧洲电价回归，组件持续去库：**欧洲分布式光伏占比较高，分布式光伏需求主要受到居民电价影响。俄乌冲突后，电价逐步回归正常水平波动，恐慌带来欧洲市场累库明显，目前持续进行库存去化。
- ❑ **欧洲去库或将进入尾声：**从出口数金额上来看，2023年3月以来出口金额持续下降，预计依然在去库存。我们预测2022~2023年我国出口欧洲组件170GW，根据solar power europe，2022~2023年欧洲装机数量估计为98GW，库存去化或将进入尾声。

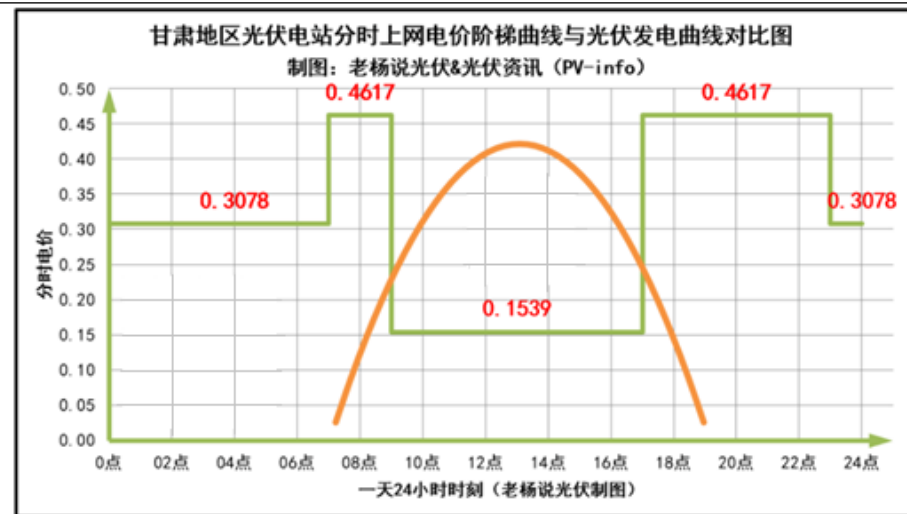
## 下游电价下行，光伏需求降速

图表4：国内光伏、风电参与现货电价均低于基准价（元/MWh）

	2022年		2023年	
	全网	较基准价	全网	较基准价
统调火电	505.8	+110.9	513.7	+118.8
<b>风电</b>	<b>359.3</b>	<b>-35.6</b>	<b>349.0</b>	<b>-45.9</b>
<b>光伏</b>	<b>355.7</b>	<b>-39.2</b>	<b>343.4</b>	<b>-51.5</b>
核电	394.0	-0.9	383.6	-11.3
独立储能	469.3	+74.4	677.2	+282.3

资料来源：华润电力，五矿证券研究所

图表5：甘肃分时电价（元/MWh）



资料来源：巅峰能源，五矿证券研究所

- 我国新能源电力价格主要由长协价和现货价决定，比例大概为9:1。电价的下行会显著降低业主投资的积极性，带来光伏需求降速。
- 现货电价下行：2022~2023年新能源现货电价比基准电价均有明显降低，同时2023年以来我国各省份加快新能源参与现货市场，新能源现货电价较基准价降低幅度加大。
- 长协电价下行：2023年新能源长协电价维持在火电标杆价附近，相对火电有所折价。但是在2024年，新能源长协电价开始出现明显松动，如甘肃省明确要求新能源企业峰、谷、平各段交易基准价格为燃煤基准价格乘以峰谷分时系数（峰段系数=1.5，平段系数=1，谷段系数=0.5），各段交易价格不超过交易基准价，带来甘肃新能源长协的分时电价明显降低。

## 消纳限制新能源接入，国内分布式首当其冲

图表6：国内多地区分布式光伏接入受限

省份	时间	说明
广东	2023/10/31	已无可接网容量的县（市、区）：韶关市乐昌市、南雄市、仁化县、始兴县，阳江市阳西县，湛江市徐闻县、雷州市，梅州市梅县区，清远市连山壮族瑶族自治县、阳山县、连州市。
河南	2023/10/31	分布式光伏可开放容量仅8.6GW。
辽宁	2023/7/1	营口地区分布式电源可新增容量仅为981.97MW。
山东	2023/6/8	截至2023年4月底，聊城市可开放容量为455.5兆瓦
河南		根据初步摸排，53个县已无接入空间。
湖南	2023/5/29	明确叫停“全额上网”小型地面分布式光伏电站项目备案工作，表示需将其统筹纳入全省建设方案并按管理权限由发展改革委备案后方可建设
江西	2023/9/15	明确要求红色预警地区原则上暂停所有分布式电源并网，包括户用光伏。
湖南	2023/9/25	在低压配网接网预警等级为红色的县（市、区），自公布之日起暂停分布式光伏发电项目备案，待接网消纳能力改善、退出红色预警后重新开放。

资料来源：光伏盒子，五矿证券研究所

图表7：美、欧相继推出电网改造计划以加强新能源消纳

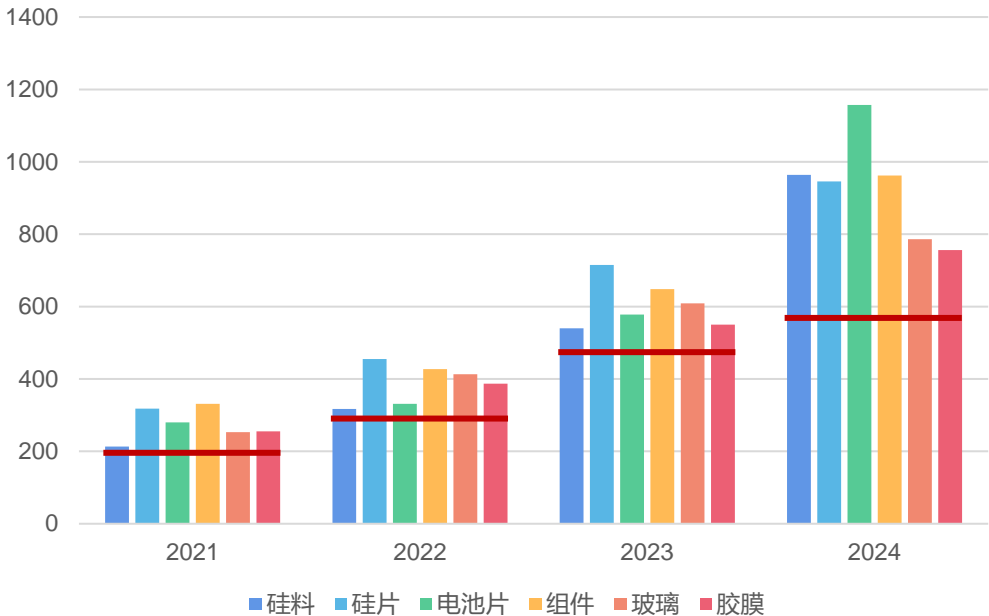
发布者	时间	内容
欧盟委员会	2023/11/24	欧盟委员会将制定一项5840亿欧元的计划，对欧洲电网进行全面升级以应对更多的可再生能源接入，这一投资计划旨在支持电动汽车科技和可再生能源的发展，并实现能源的智能化管理。此外，分布式光伏发电的规模化发展也需要建设坚强智能的配电网作为支撑。
美国能源部	2023/10/18	美国能源部宣布将拨款近35亿美元支持58个项目，提高美国全国电网可靠性。GRIP计划包括三种资助机制。增强电网韧性基金（25亿美元）旨在资助输电技术解决方案，减少极端天气和自然灾害造成的影响。智能电网基金（30亿美元）注重增加输电系统的容量，旨在增强电力系统的灵活性、效率和可靠性。电网创新计划（50亿美元）将通过向州、地方政府和公用事业委员会等提供财政援助，与电力公司合作使用创新方法建设输配电基础设施和储能项目，以增强电网的韧性和可靠性。

资料来源：欧委会，美国能源部，五矿证券研究所

- ❑ **国内分布式并网受限：**2023年末，中国多地发生分布式光伏电网接入压力问题。国内分布式光伏经过2021~2023年的高速发展，低压配网接入能力受到较明显的挑战，预计该问题将成为短期内国内分布式光伏并网的重要制约因素。
- ❑ **欧美亦扩张电网投资缓解并网压力：**欧洲出台2030年5840亿欧元的电网改造计划，美国能源部宣布将拨款35亿美元以提高全国电网可靠性，这些举措说明海外电网已成为新能源发展制约，电网配套的缺失可能影响新能源并网需求。

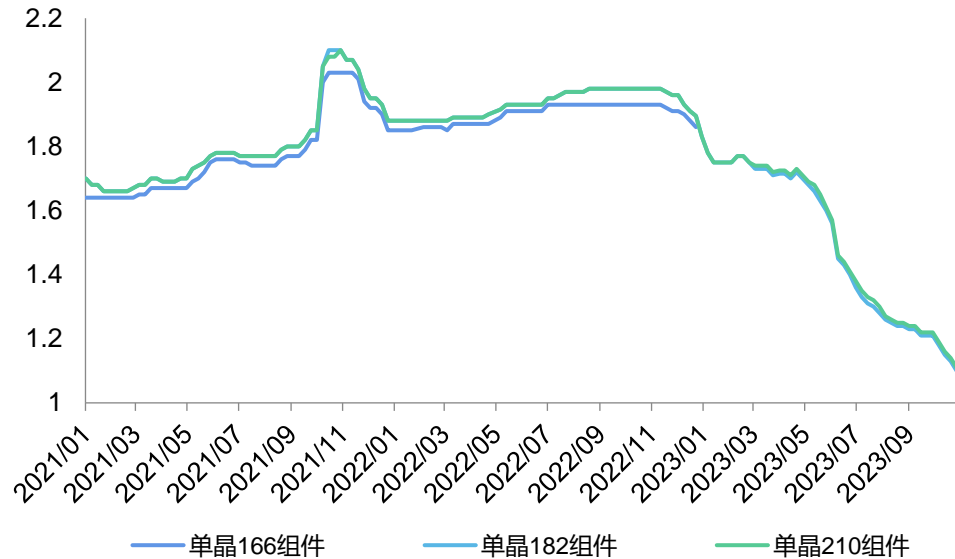
## 中游产能过剩，产业盈利压缩

图表8：各环节产能以及当年需求量（GW）



资料来源：公司公告，五矿证券研究所  
注：红线代表当年直流侧需求

图表9：供给过剩下主产业链进入降价区间（元/W）

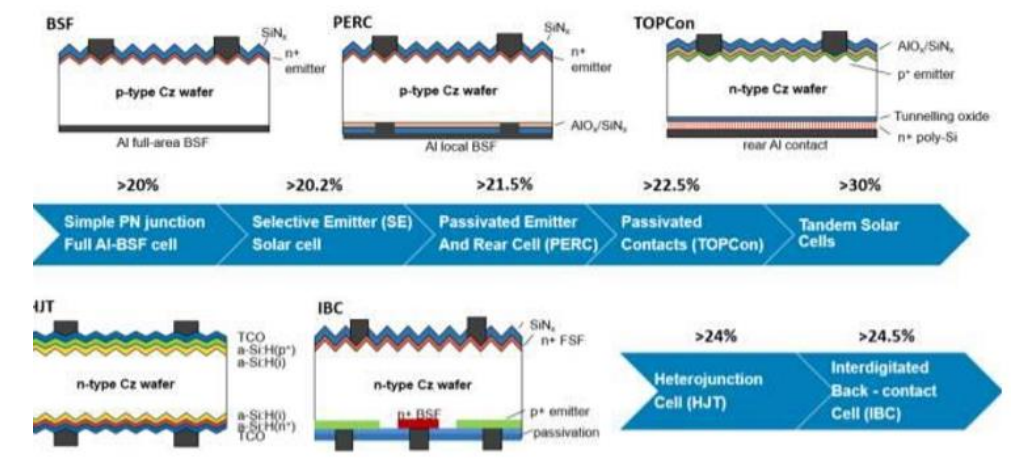


资料来源：PVInfolink，五矿证券研究所

- 制造端产能过剩，盈利承压：**目前主产业链处于过剩状态，辅材仅石英砂等少部分环节处于相对紧张状态，但预计也不会成为产业链瓶颈，产业链竞争恶化已经显现。根据BNEF，预计2030年全球光伏组件需求约850GW，预计中期内，主产业链盈利压力将持续存在，光伏行业需要继续降本提效打破目前下游不景气、中游压力大的状态。
- 价格上，主产业链价格均下降明显，盈利有较大压力。**行业下行期，技术优化带来的增效会比规模扩张带来的成本优化效果更明显。

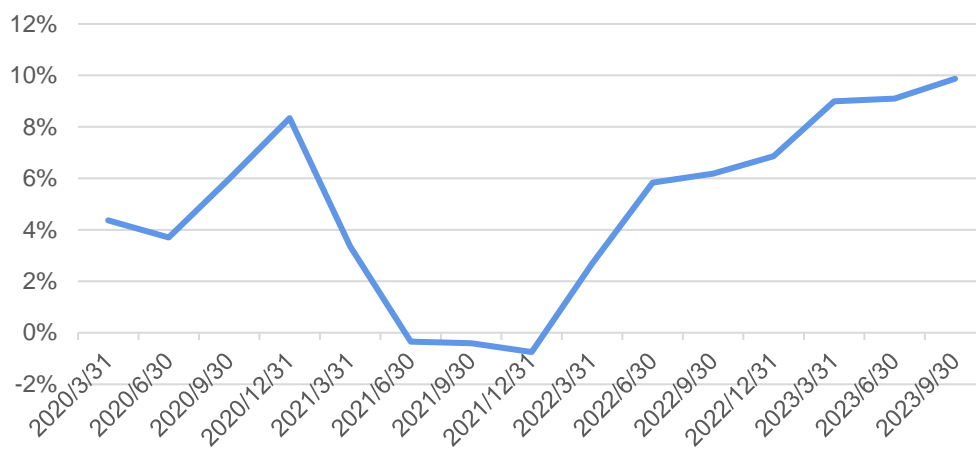
## 延续类技术持续进步，革新类技术层出不穷

图表10：光伏电池技术路线演变



资料来源：贺利氏可再生能源，五矿证券研究所

图表11：主要光伏电池企业平均毛利率变化

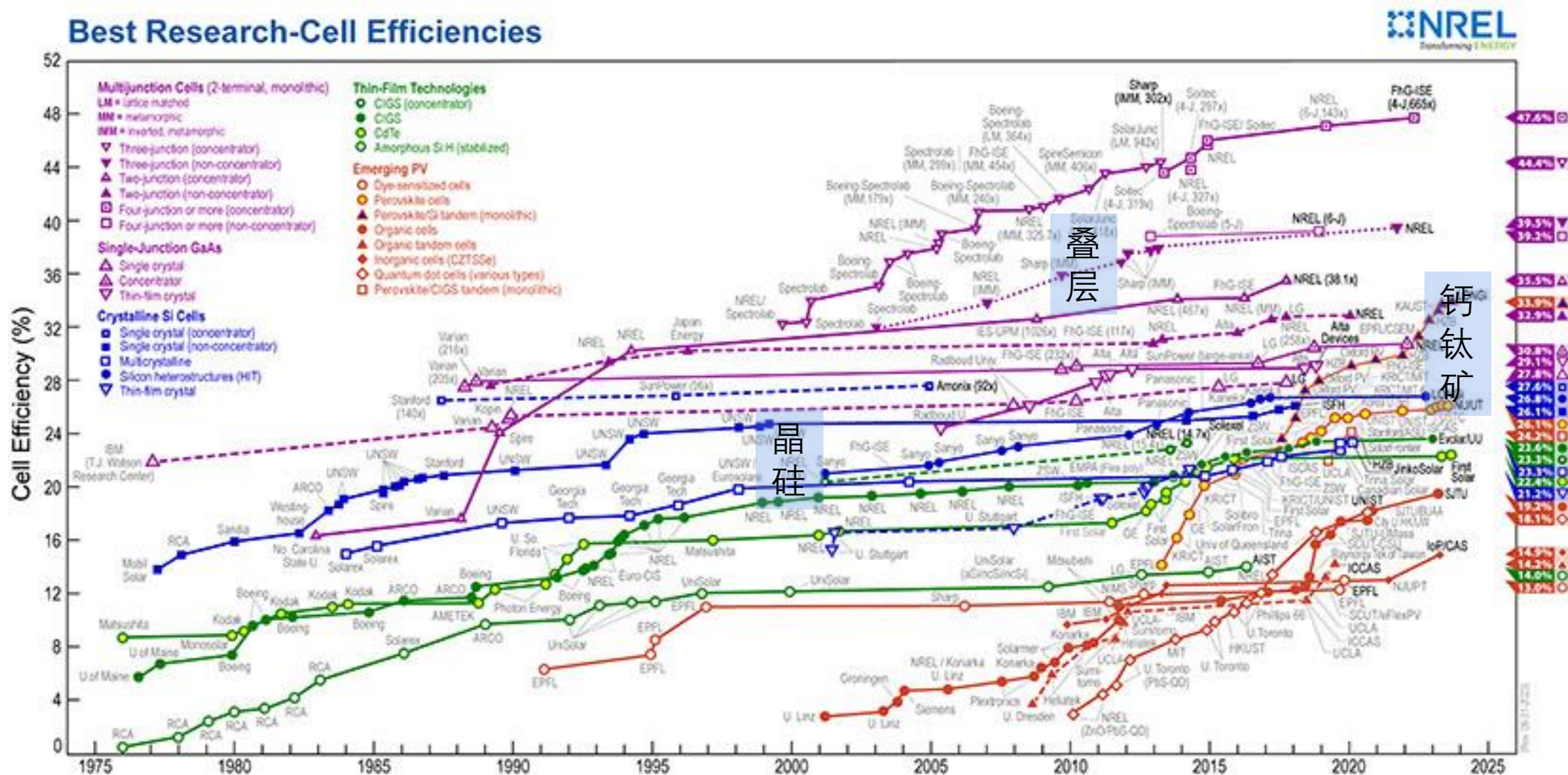


资料来源：Wind，五矿证券研究所

- 过去光伏电池演进过程看似技术的替代，实际上也是技术的延伸。过去BSF电池是铝背场电池，PERC电池在BSF电池技术上叠加了钝化和开槽技术，减少了背表面复合率，提升转化效率；TOPCON电池在PERC电池基础上，改变了电池基底，增加了隧穿氧化硅钝化技术，一方面增加少数载流子寿命，一方面进一步减少背表面复合率。可见，绝对意义的技术替代在过去光伏发展中还不存在，实际替换主要是技术延伸带来的产线替代。
- 未来可能迎来真正意义上的技术迭代。在电池两边制备不同PN结的HJT技术，或者形成将栅线转移到电池背面的BC电池技术，甚至薄膜类钙钛矿电池以及叠层电池，这些新技术在结构上与原有电池大相径庭，成为企业重点关注的方向。技术路线选择错误会导致企业重大战略失误，这也使得企业在2021~2022年电池产能扩张非常谨慎，2022~2023H1电池产能也因此紧缺。可见，下一代电池技术路线方向非常重要，需要对比新技术的降本增效进展以及旧技术的生命延伸。

# 晶硅路线是主流技术，叠层电池效率更高

图表12：光伏电池效率演进图

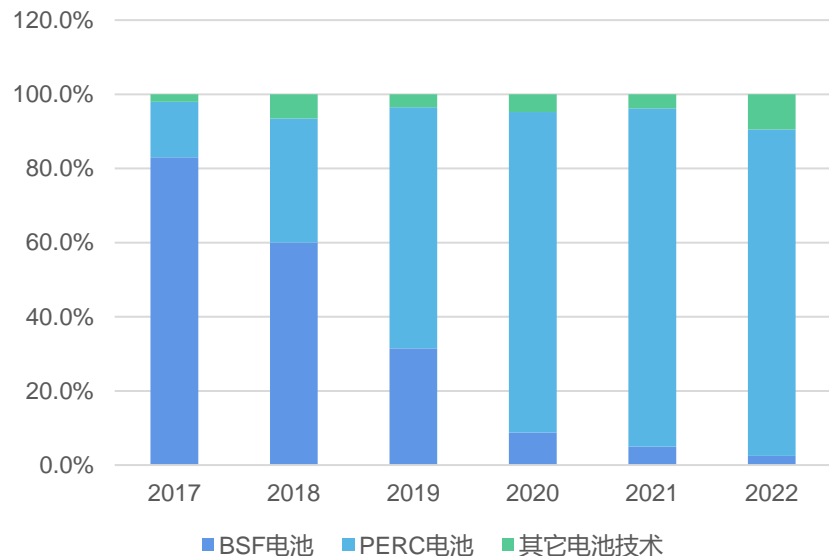


资料来源：NREL，五矿证券研究所

# 02 电池技术迭代周期较长， 企业技术路线选择慎重

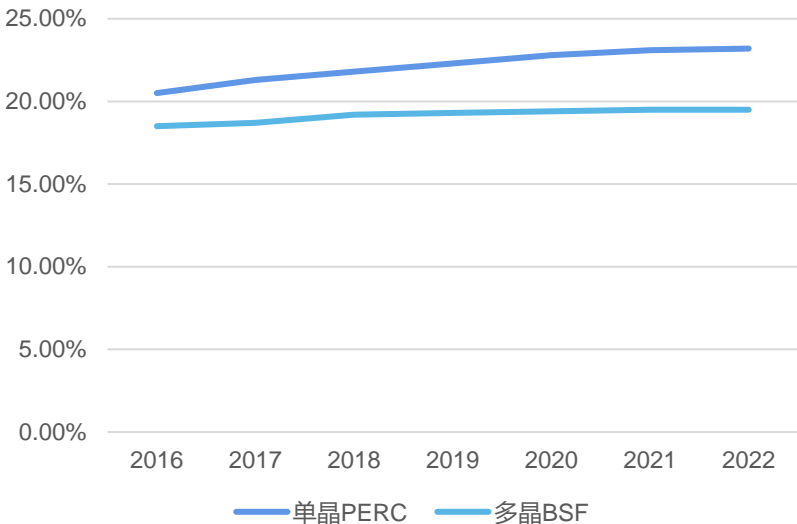
## 电池生命周期分析：持续降本和增效，达到临界值时进行更替

图表13: PERC电池快速替代BSF电池



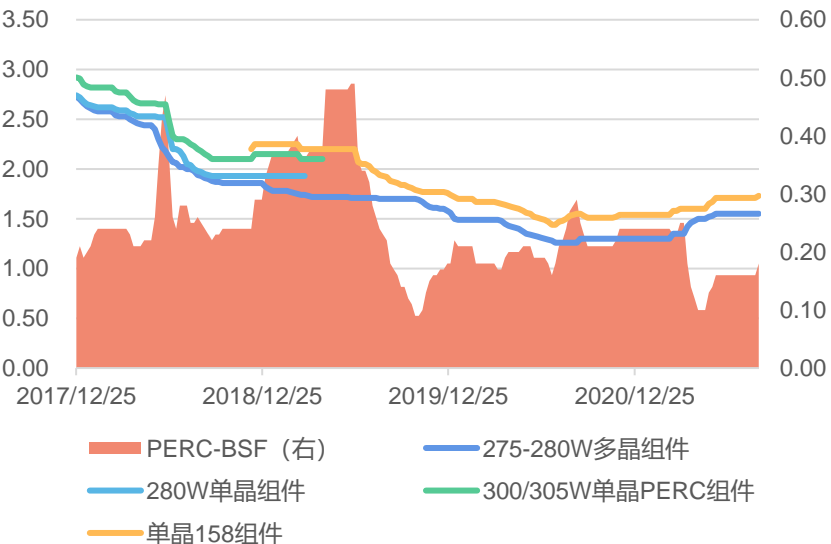
资料来源：中国光伏产业发展路线图，五矿证券研究所

图表14: PERC与BSF电池效率差持续提升



资料来源：中国光伏产业发展路线图，五矿证券研究所

图表15: PERC与BSF组件价差缩小 (元/W)

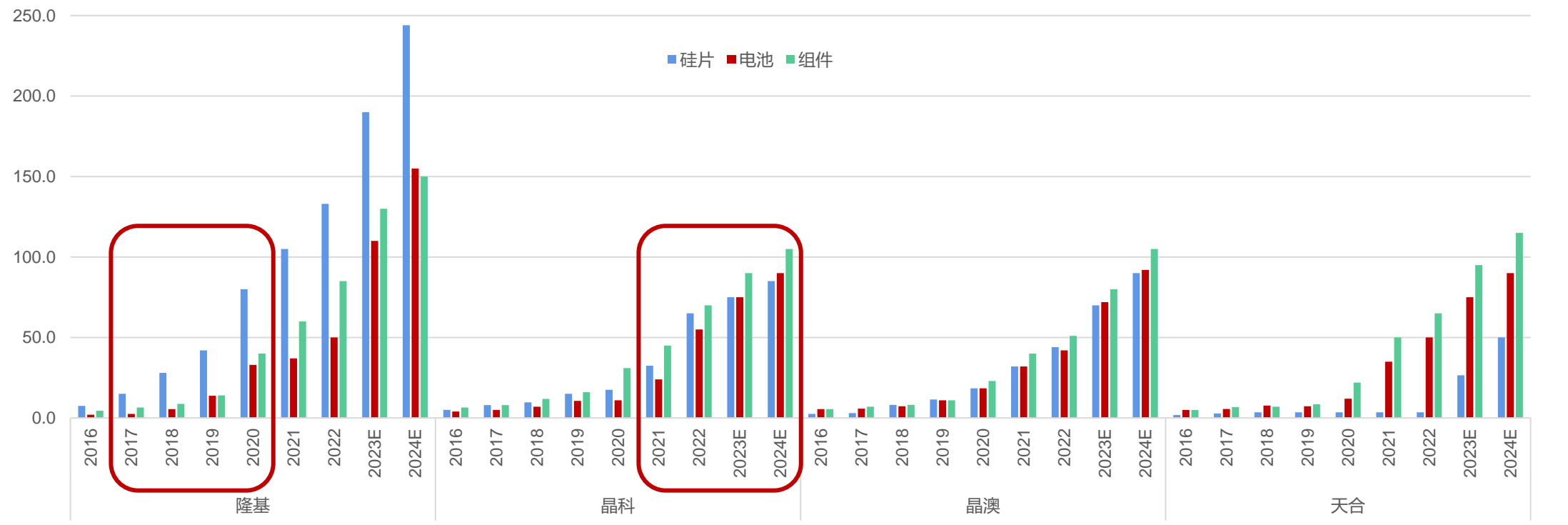


资料来源：PVInfolink，五矿证券研究所

- 降本增效是新技术实现老技术替代的必要条件。2018~2019年是PERC电池快速替代BSF电池的黄金时期，两者效率差的扩大及其组件价差的缩小，实现了PERC电池相对BSF电池的增效降本。另一方面，行业需求下行期间如2018年的“531”政策，技术进步带来的效果会更加显著，如PERC加速对BSF电池的替代以及单晶对多晶的替代。
- 电池技术更替的临界值：1) 电池产能有缺口的龙头企业引领新技术产业化；2) 当前主流电池技术的投资是否满足回报要求。

## 电池产能缺口是企业扩产必要条件

图表16：主要一体化企业产能布局（GW）

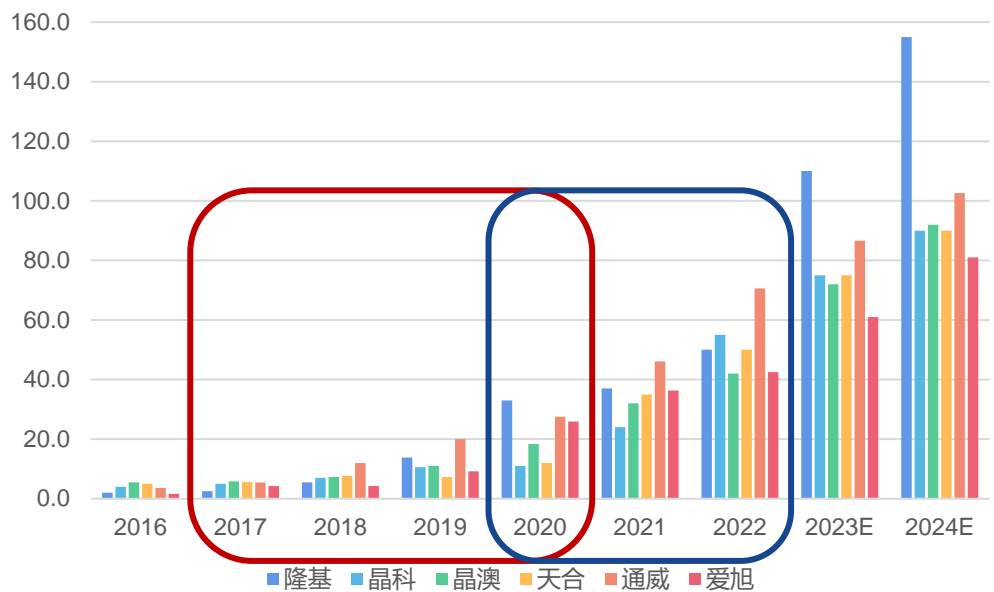


资料来源：公司公告，五矿证券研究所

- ❑ **电池环节轻资产以及多变化，厂商留有产能缺口保持灵活性：**电池片环节轻资产，同时是产业链中技术迭代较快的环节，因此组件厂商一般会选择余留电池产能缺口，一方面分散电池技术更替风险，另一方面保留独立电池企业产品供应实现内外部产品竞争比对。
- ❑ **电池产能缺口是企业扩产必要条件：**当一种电池技术成为当期较为确定性的路线时，具备产能缺口的电池企业会引领该技术产能的迅速扩张，而电池产能基本匹配组件产能的企业则期待电池技术革新降速，延长现有电池产能的生命周期。

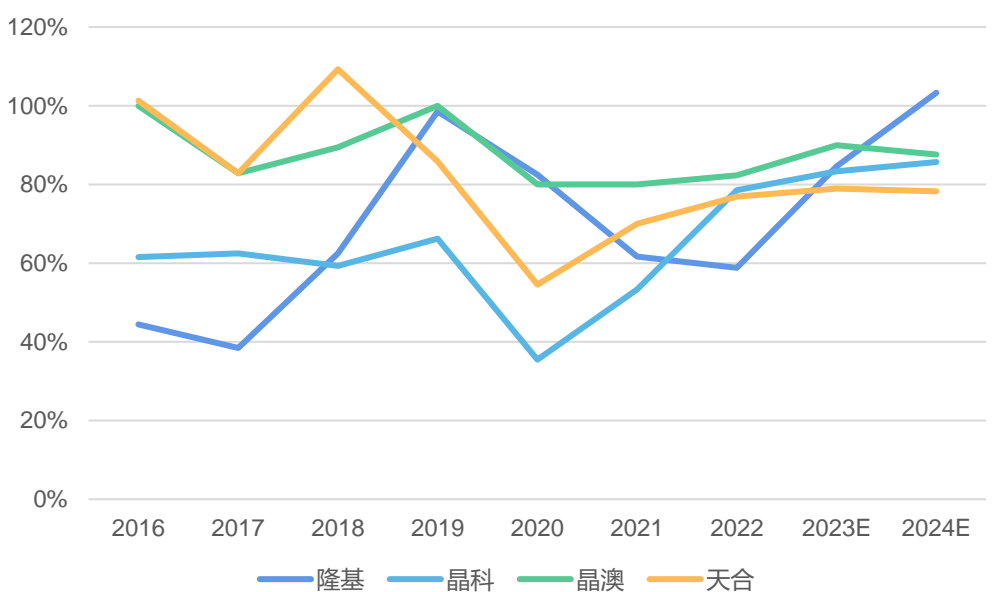
## 电池产能缺口是企业扩产必要条件

图表17: 主要电池企业产能 (GW)



资料来源: 公司公告, 五矿证券研究所

图表18: 电池产能/组件产能

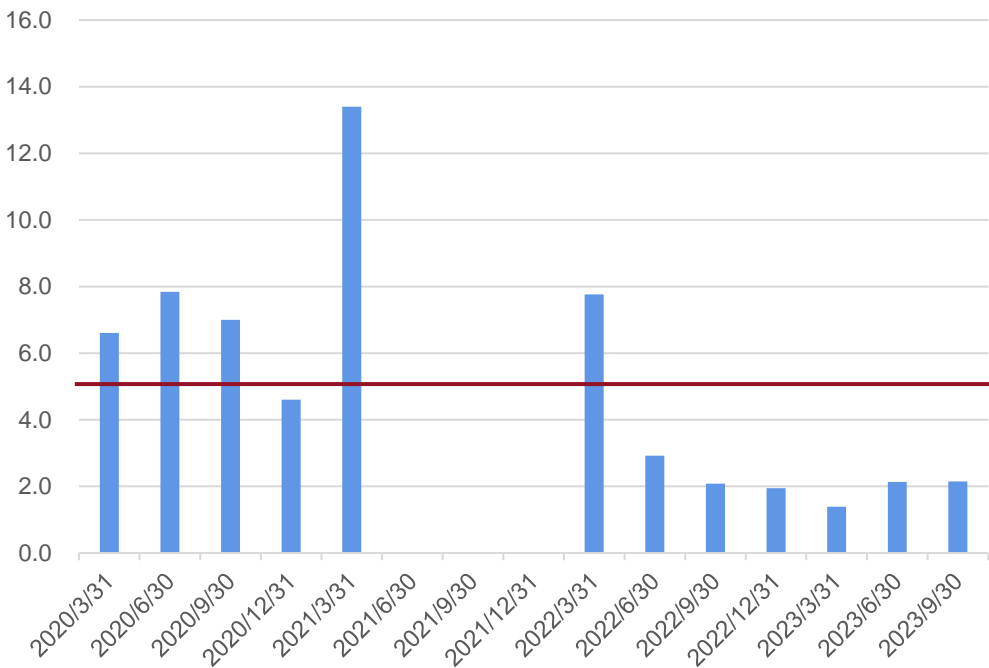


资料来源: 公司公告, 五矿证券研究所

- ❑ **隆基绿能引导PERC电池快速迭代:** 2017~2020年单晶PERC电池迅速实现BSF电池的替代, 隆基股份因为较低的电池自供率, 每年以翻倍以上速度扩产电池产能, 电池自供率水平也快速上升, 快速实现PERC电池的一体化。
- ❑ **晶科能源引导TOPCON电池快速迭代:** 2021~2024年是TOPCON电池的快速应用时期, 晶科能源电池自供率较低, 从而快速引导TOPCON产业化, 其2021~2022年电池产能均翻倍以上增长, 一体化水平也迅速提高。同时, 晶科能源通过TOPCON技术, 2023年成为全球组件出货第一名。

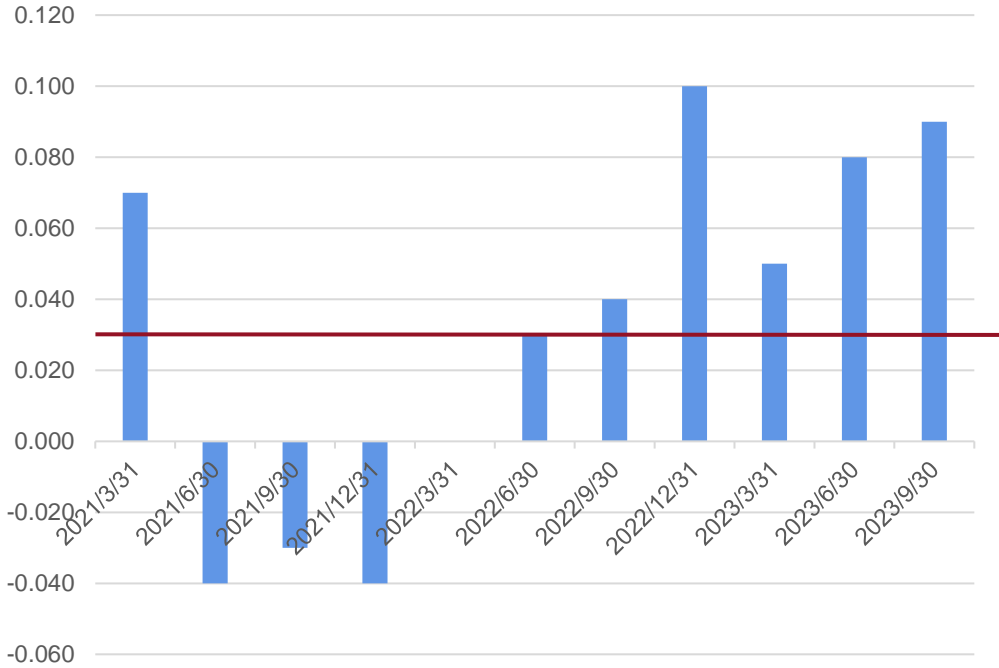
## 历史数据来看，电池产能平均投资回收期约5~6年

图表19：主要电池企业投资回收期（年）



资料来源：Wind，五矿证券研究所

图表20：电池单W净利（元/W）



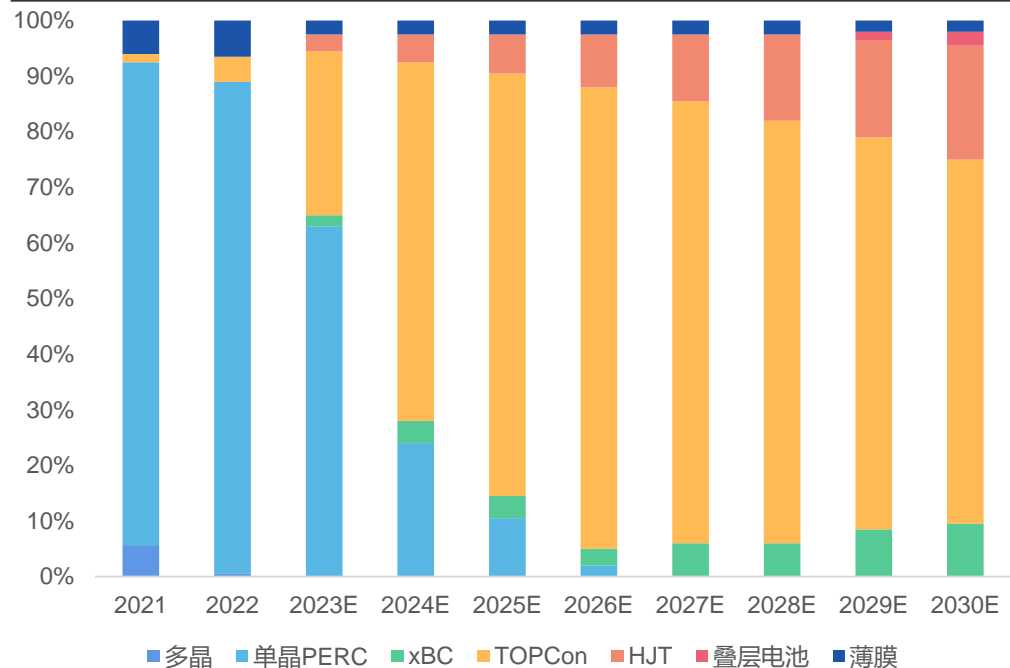
资料来源：PVInfolink，五矿证券研究所

□ **ROIC角度，电池产能投资回收期大概5~6年：**我们选取主要电池企业的ROIC的倒数作为电池企业投资回收期，平均电池产能回收年限在5年；同时根据PVInfolink测算，电池环节单W净利的均值在0.032元/W，按照主流电池目前1.5~2亿元/GW的投资测算，回收期也在5~6年。

□ **单瓦净利角度：**电池厂商希望尽可能多的延长电池寿命，从而扩大固有资产盈利水平。另一方面，期待通过新技术弯道超车的企业会积极投产新电池产能，从而压缩原有电池生命周期，导致大部分电池产能生命周期在5~6年。

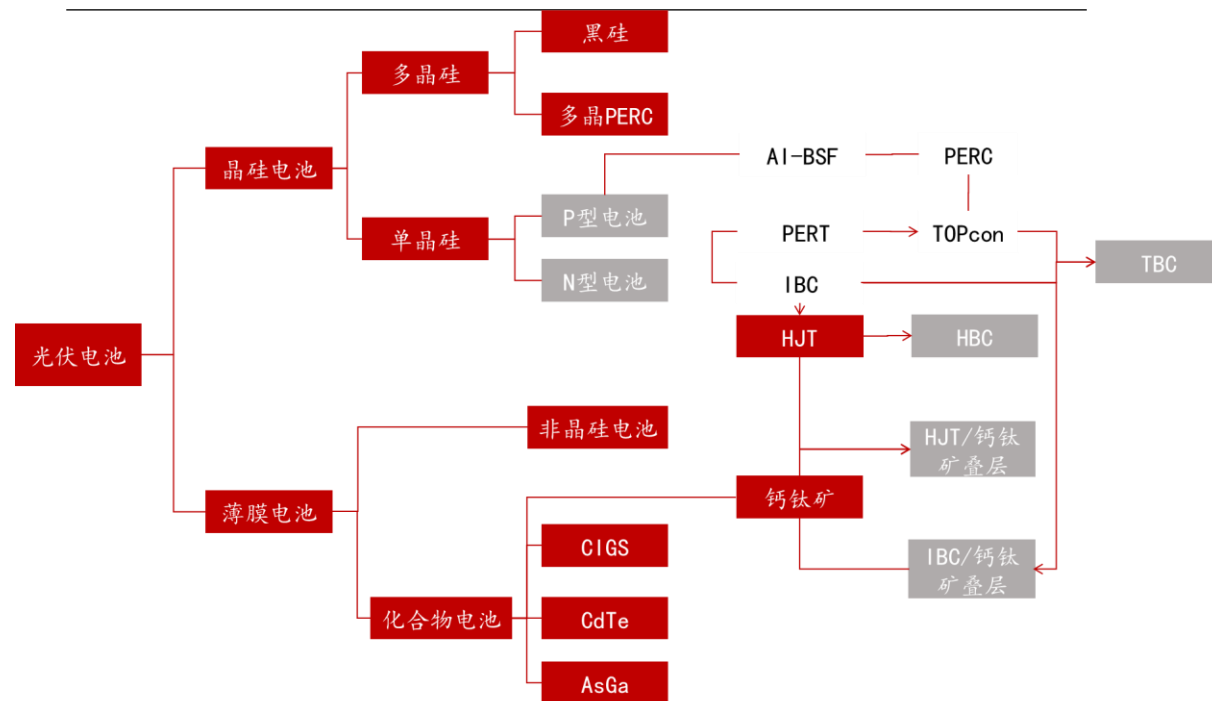
## TOPCON电池产能也或将延续5~6年生命周期

图表21：2022~2030年不同电池技术路线市场占比变化趋势



资料来源：PVInfolink，五矿证券研究所

图表22：光伏电池技术路线

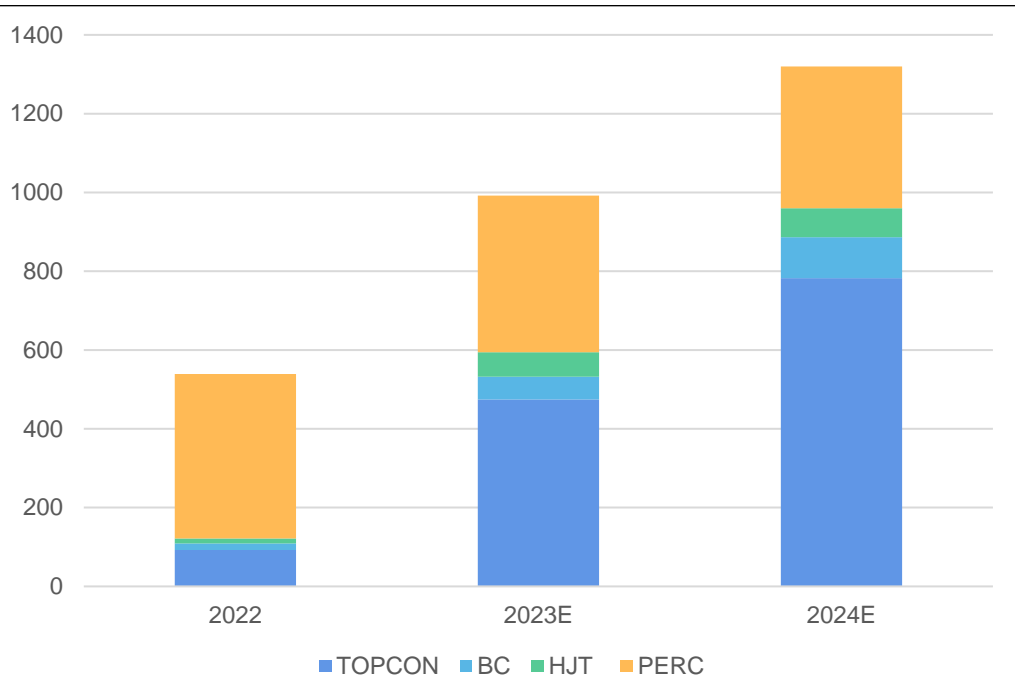


资料来源：正点光伏，五矿证券研究所整理

- ❑ 未来TOPCON电池生命周期或将依然维持5~6年：其他电池技术在实现降本增效的必要条件后会成为下一代主流电池技术，而引领下一代电池技术的厂商也会是届时具备电池产能缺口的厂商。
- ❑ 由于更替时间较为久远，无法预测厂商的电池产能以及电池自供率的变化，但是我们可以在一定程度上预测电池技术的演进。

## 电池技术路线多样，厂商选择较多

图表23：电池各技术类型产能预测（GW）



资料来源：公司公告，五矿证券研究所

图表24：主要光伏电池技术路线性能对比

	Perc	TOPCon	HJT	HPBC	ABC
最高量产组件效率	0.217	0.2265	0.2253	0.232	0.24
电池片良率	0.985	97%-98%	96%-98%	有望实现95%+	95%-97%
电池片单瓦银浆耗量	8-9mg	12-13mg	20-22mg	10-11mg	无银
当前薄片化	155-160微米	130微米	110微米	-	-
组件端较Perc溢价	-	0.06元/瓦	0.27元/瓦	-	-
设备投资	1.2	1.6-1.8	3-3.5	1.8-2	3.5-4.5
优点	极度成熟	性价比较高	降本增效、叠层空间大	美观、产能成本低	美观、效率高
目前瓶颈	极限效率	后续增效进程	量产经济性尚未凸显	良率	设备成本、良率

资料来源：TaiyangNews，普乐科技，五矿证券研究所整理

- 根据主要公司产能扩张计划，我们预计2024年TOPCON产能会继续迅速上升，PERC电池产能因逐步淘汰有所下降，HJT和BC电池产能出现稳定增长，待HJT和BC成本出现明显优化时，再出现下一波技术更替热潮。
- 这些技术路线中，目前转化效率最高的产品是BC产品，主要针对分布式市场，主打美观高效，头部企业之后也补充了地面电站类产品。其他电池技术在地面电站和分布式市场都可以应用，其中HJT因其较高的转化效率、较短的生产流程以及高双面率，也备受关注。

## 电池技术路线多样，生产工序差异化程度较大

图表25：各电池生产工序对比

PERC	TOPCon			HJT		IBC
制绒	制绒			硅片吸杂		制绒清洗
磷扩散	硼扩散			背面抛光		磷扩散
激光SE	SE预留			清洗制绒		镀掩膜
PSG刻蚀和背面抛光	BSG刻蚀和背面抛光					激光开槽（局部BSF开孔）
	LPCVD ex-situ 隧穿层+a-Si(i)	LPCVD/PVD in-situ 隧穿层+a-Si(i)	PECVD 隧穿层+a-Si(i)	PECVD制备双面非晶硅掺杂层	Cat-CVD制备双面非晶硅掺杂层	清洗
	硼扩散	退火	退火			硼扩散
	去绕镀	去绕镀	清洗	PVD制备双面TCO	RPD制备双面TCO	清洗
背面Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	正面Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					正面镀氮化硅层
正面+背面SiN <sub>x</sub>	正面+背面SiN <sub>x</sub>					背面镀氮化硅层
激光开槽						激光开槽（PN隔离）
丝网印刷	丝网印刷			丝网印刷		丝网印刷
烧结	烧结			烧结		烧结
光注入退火增效	光注入退火增效			光注入退火增效		

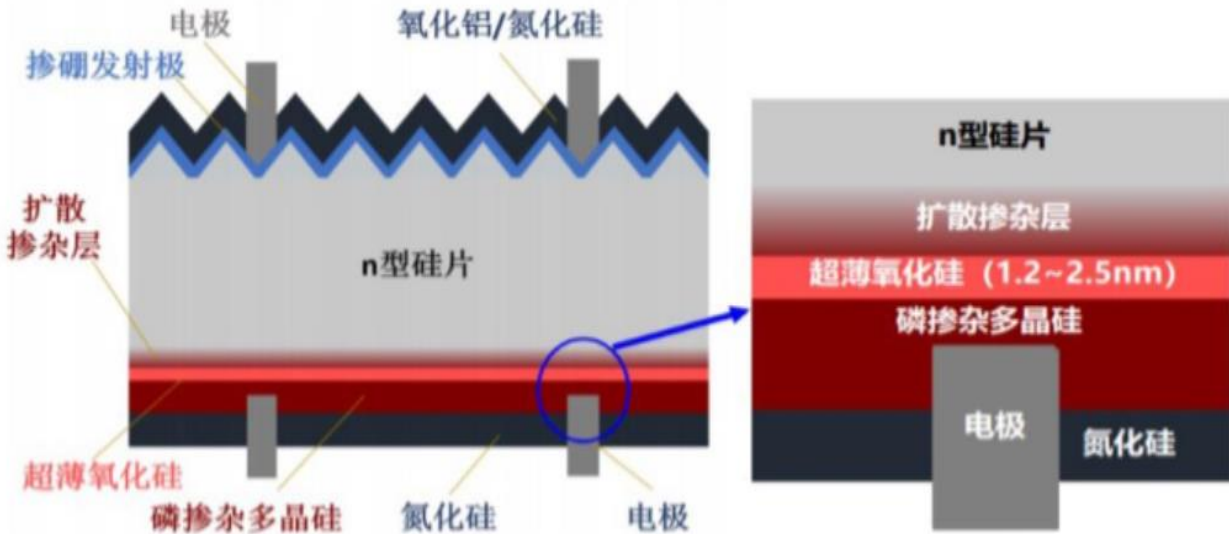
资料来源：普乐科技，五矿证券研究所整理

03

晶硅电池路径多样，  
发展方向逐渐清晰

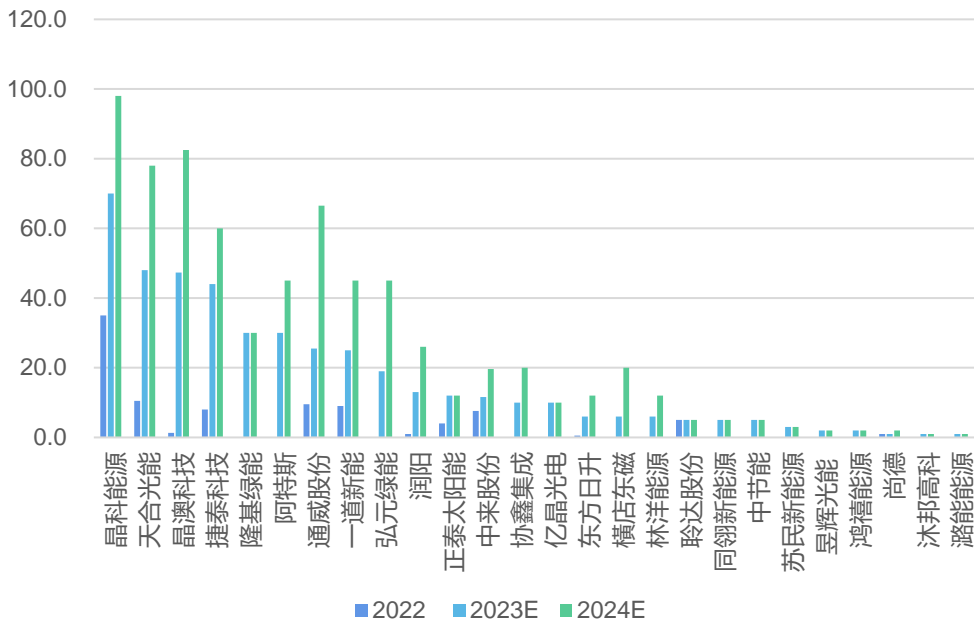
## TOPCON是同质结技术，与PERC路线相似

图表26：TOPCON电池结构示意图



资料来源：口袋光伏，五矿证券研究所

图表27：主要TOPCON玩家产能规划（GW）



资料来源：公司公告，五矿证券研究所

- TOPCON是隧穿氧化层钝化接触电池技术，与PERC电池结构具有较大的相似性，在PERC电池基础上将磷扩散替换为硼扩散制备PN结、在背面增加隧穿氧化层以及多晶硅膜层工序。因此，电池厂商可以在PERC电池产线基础上升级成为TOPCON产线，但是限于经济性，目前较少厂商选择升级改造，多数以新建为主，未来改造情况还需观察。
- 晶科能源和钧达股份是目前行业内引领TOPCON技术发展的厂商，两个厂商技术路径相似。其他一体化厂商也有不同程度的TOPCON产能布局。

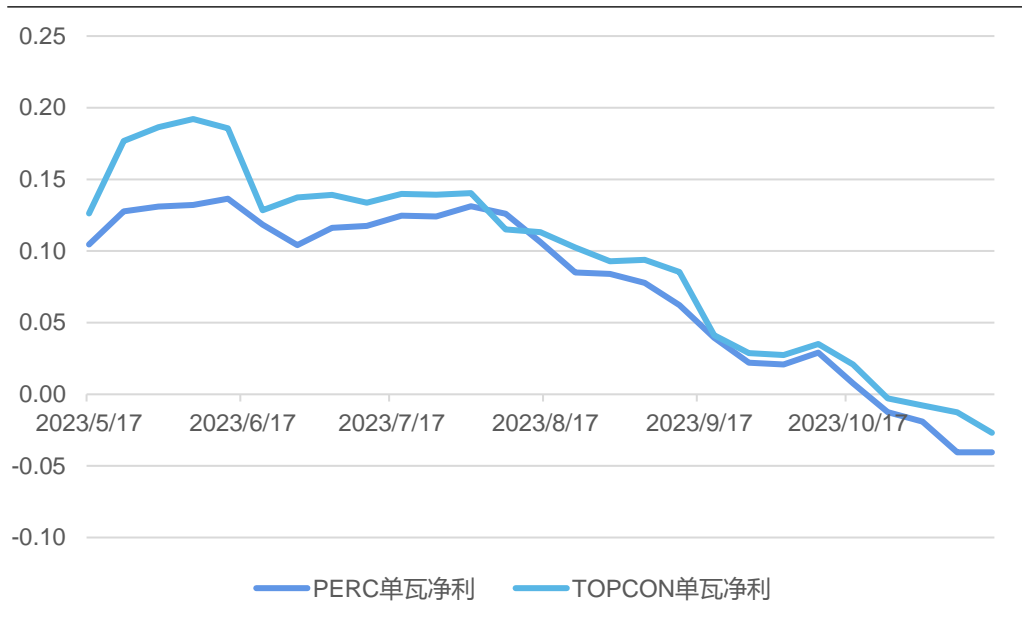
## TOPCON快速降本实现对PERC电池的替代

图表28：目前价格体系下TOPCON的LCOE低于PERC

组件类型	PERC	TOPCON
公司	隆基绿能	晶科能源
系列	Hi-MO Sm	Tiger Neo
型号	LRS-72HPH 540-560M	JKM585N-72HL4-V
尺寸	182	182
板型	144	144
功率	560W	585W
效率 (%)	21.7%	22.7%
组件价格 (元/W)	1.02	1.08
EPC价格 (元/W)	3.24	3.30
利用小时数 (h)	1100	1100
LCOE(元/kWh)	0.3050	0.3043

资料来源：TaiyangNews，五矿证券研究所

图表29：TOPCON与PERC电池单W净利对比（元/W）

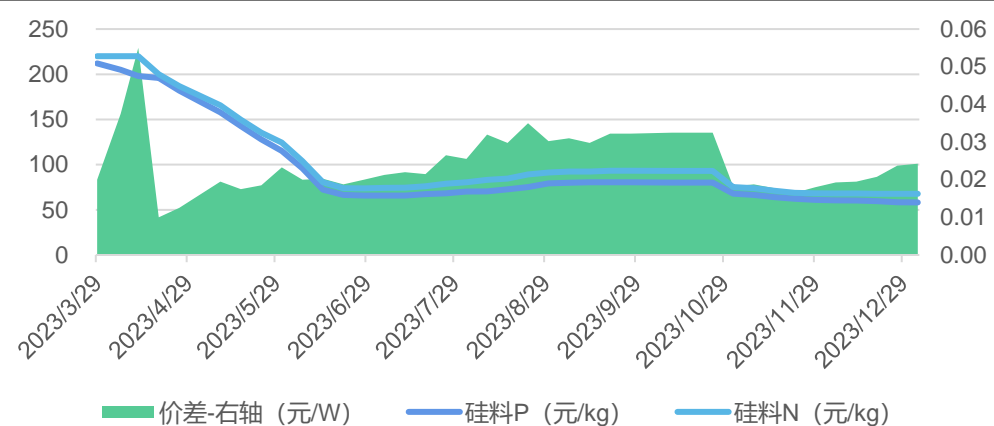


资料来源：PVInfolink，五矿证券研究所

- 下游应用上TOPCON经济性优于PERC：**下游应用上，对比主流企业182mm的TOPCON和PERC组件，转化效率为22.7%和21.7%，对应价格为1.08和1.02元/W，在1100小时的假设下，测算LCOE分别为0.3043和0.3050元/kWh，TOPCON效率提升带来的发电量提升抵消了其组件的溢价，具备性价比。理论上，若TOPCON转化效率高于PERC 1.0%，在当前价格体系下，TOPCON组件可以有0.07元左右的单W溢价，而实际上目前组件端溢价也是0.05~0.08元/W。
- 中游制造上TOPCON盈利优于PERC：**目前TOPCON电池盈利也优于PERC约0.05~0.1元/W，而硅片端N型硅片比P型硅片溢价0.02元/W，可见大部分N型溢价由电池环节吸收。

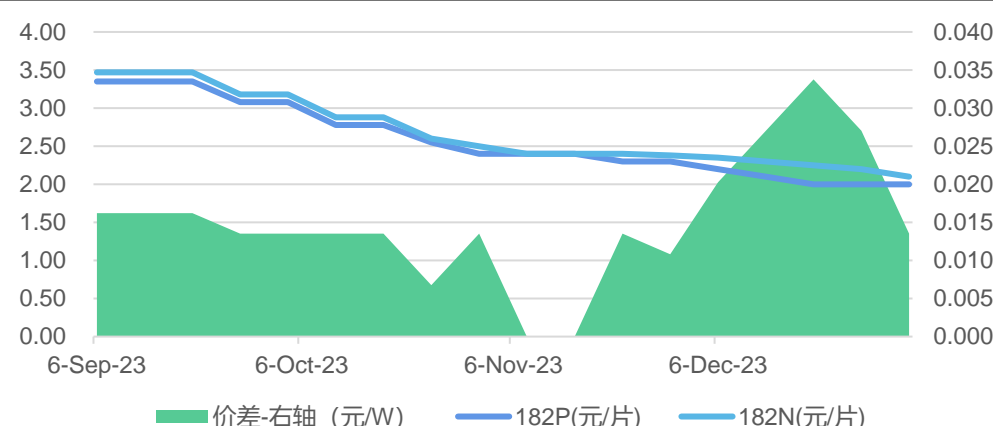
## N-P产品溢价主要聚集于电池环节

图表30: N-P硅料价格趋势



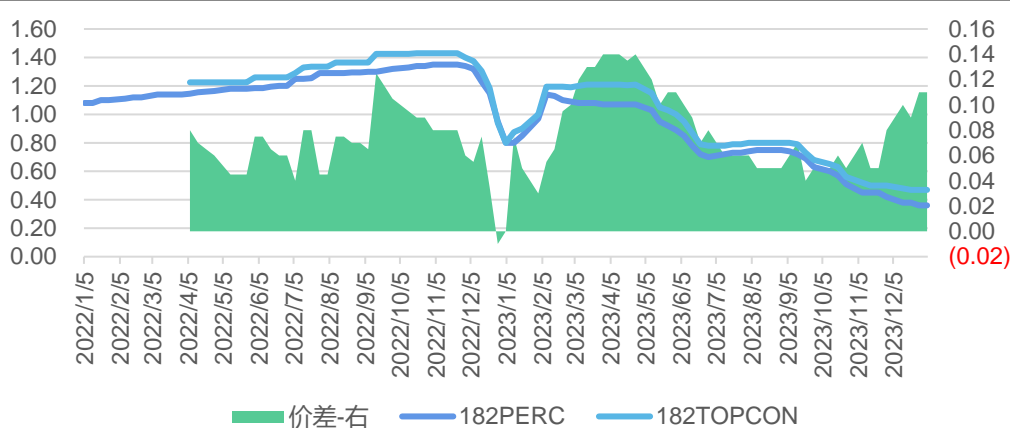
资料来源: 硅业分会, 五矿证券研究所

图表31: N-P硅片价格趋势



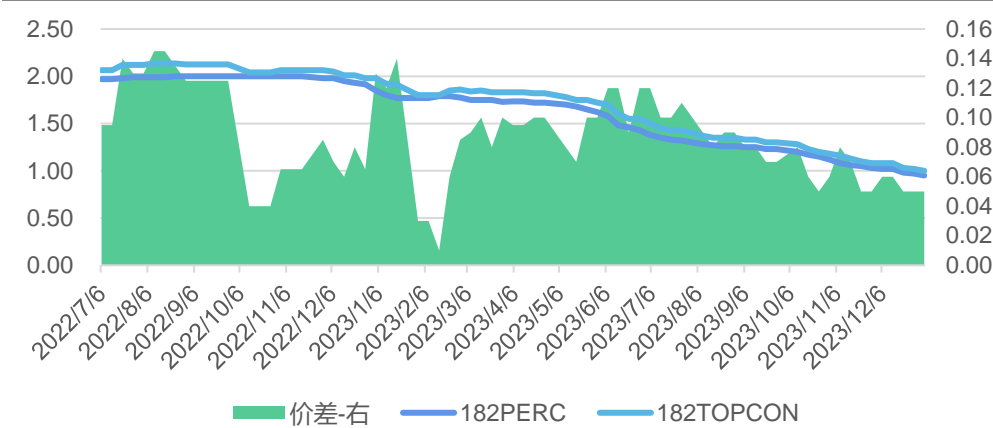
资料来源: PVInfolink, 五矿证券研究所

图表32: N-P电池价格趋势 (元/W)



资料来源: PvinfoLink, 五矿证券研究所

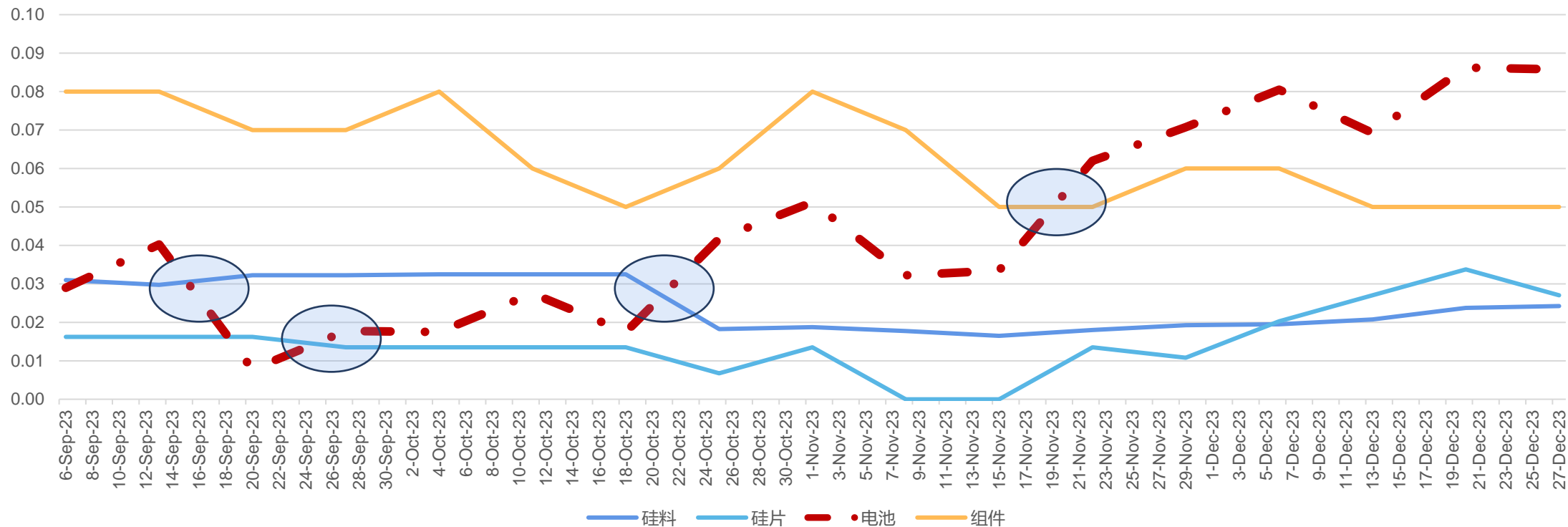
图表33: N-P组件价格趋势 (元/W)



资料来源: PVInfolink, 五矿证券研究所

## 电池盈利波动较大，处于行业弱势地位

图表34：N-P产品价差（元/W）



资料来源：硅业分会，PVInfolink，五矿证券研究所

❑ **电池环节N-P盈利波动更大。**理论上讲，N-P组件的盈利差应该主要是被电池环节获取，但实际上电池环节N-P溢价相对不稳定。一体化企业一般会预留电池产能缺口防止排产下滑时对自身产能利用率的冲击，因此行业需求向上和向下时，电池环节N-P价差体现较为明显的波动，排产上行，N-P价差趋于缩小；排产下行，P型加速淘汰，N型需求相对有刚性带来N-P价差拉大。

## TOPCON虽较为成熟，依然有降本提效空间

图表35: TOPCON提效方案

N TOPCon	SE	Poly finger	双面Poly
EFF: > 25%	EFF: > 25.5%	EFF: > 26% + 双面率提升	EFF: > 26.5%
效率提升方案: 1. 正面光学优化; 2. 正面发射极优化; 3. 背面接触电阻优化;	效率提升方案: 1. 正面接触电阻降低; 2. 正面复合降低;	效率提升方案: 1. 背面光学优化; 2. 背面接触电阻优化;	效率提升方案: 1. 正面复合降低; 2. 栅线图形优化;
技术要点及机会点: a. 稳定的超薄隧穿层; b. 均匀致密的Poly-Si; c. 陷光模型优化;	技术要点及机会点: a. 无损SE技术; b. 高方阻下高B扩均匀性;	技术要点及机会点: a. 薄Poly结构; b. 图形化;	技术要点及机会点: a. 正面Poly结构导入; b. 薄Poly结构; c. 图形化;

资料来源: 拉普拉斯, 五矿证券研究所

图表36: TOPCON降本方式

方式	说明
金属化	逐步导入激光诱导烧结/激光增强金属化技术,降低栅线和硅基体之间的接触电阻,提升开压和短路电流,从而显著提高电池光电转化效率和填充因子,目前验证结果确认提效最高可达0.3%以上
硅片薄片化	目前主流N型硅片厚度是130um,随切片技术升级,钨丝细线进入,硅片厚度依然有下降空间。
大尺寸	目前大尺寸硅片的接受度还不高,主要以182为主,主要因为210的TOPCON电池碎片率过高,大型化降本依然是方向。
OBB	降低银含量,同时降低生产成本,提升电池效率。

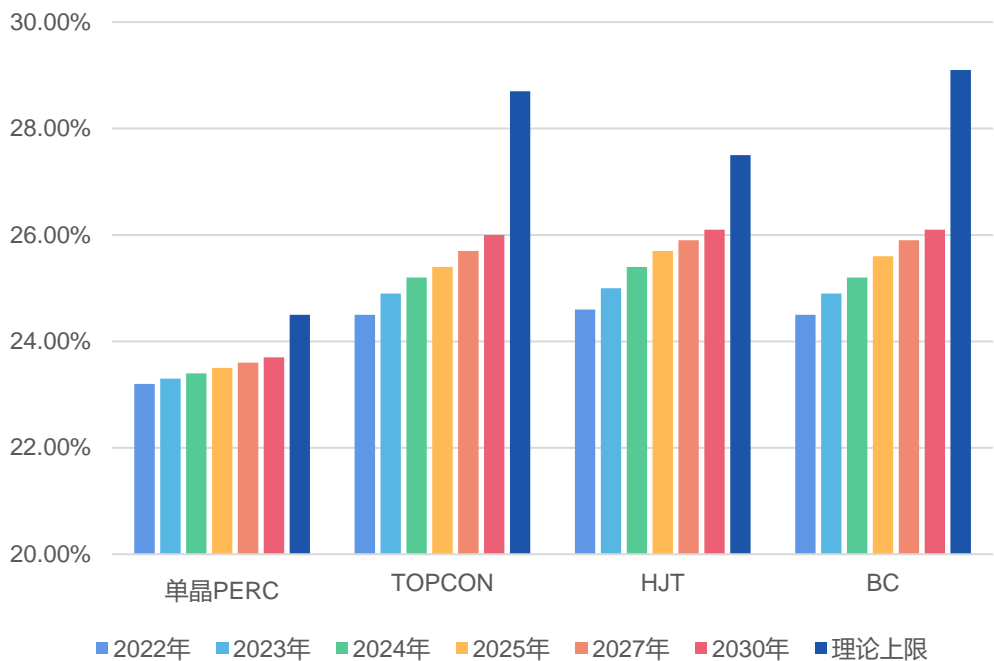
资料来源: Alchemy\_Solar, 五矿证券研究所整理

TOPCON过去主要采用硅片减薄、提高良率来进行降本,目前该技术进入快速扩产期,依然具备较多的降本空间。

- **提效降本:** 目前SE已经逐渐成为行业标配,将效率提升至25.5%以上。之后的技术差异可能在双面poly工艺,将钝化技术用于电池前表面减少载流子复合。我们预计该技术可能在24H1逐步实现量产,有望将TOPCON电池效率提升到26%+。
- **材料降本:** 可以在金属化、硅片薄片化、大尺寸化、OBB等技术方向降低成本。

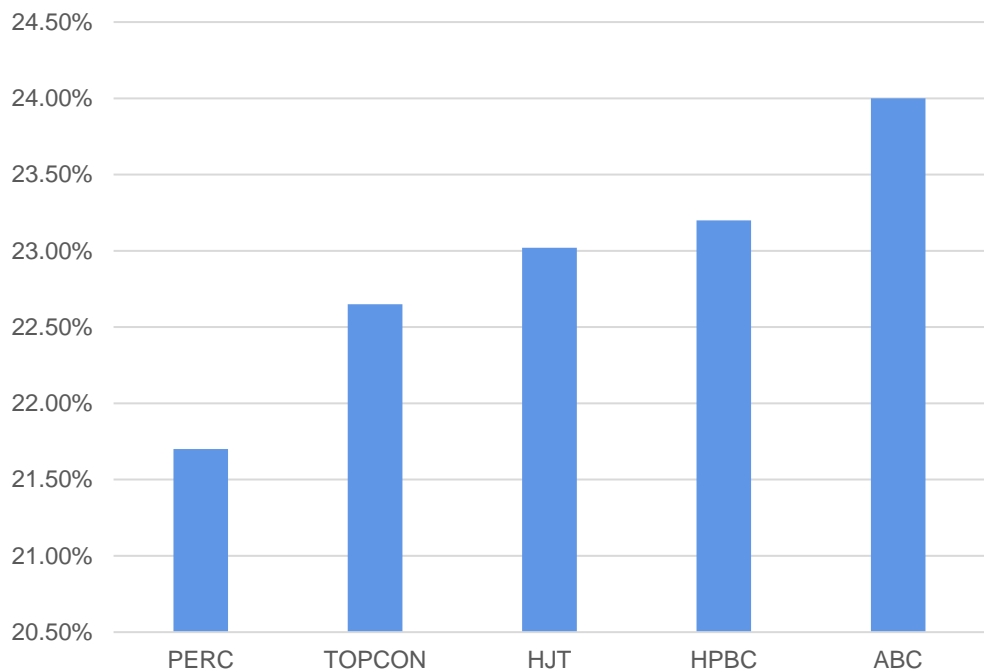
## 可能对TOPCON电池形成替代的技术路线

图表37：主要电池技术路线效率提升路径以及理论效率上限



资料来源：CPIA，ISFH，五矿证券研究所

图表38：目前主要量产组件产品最高转化效率

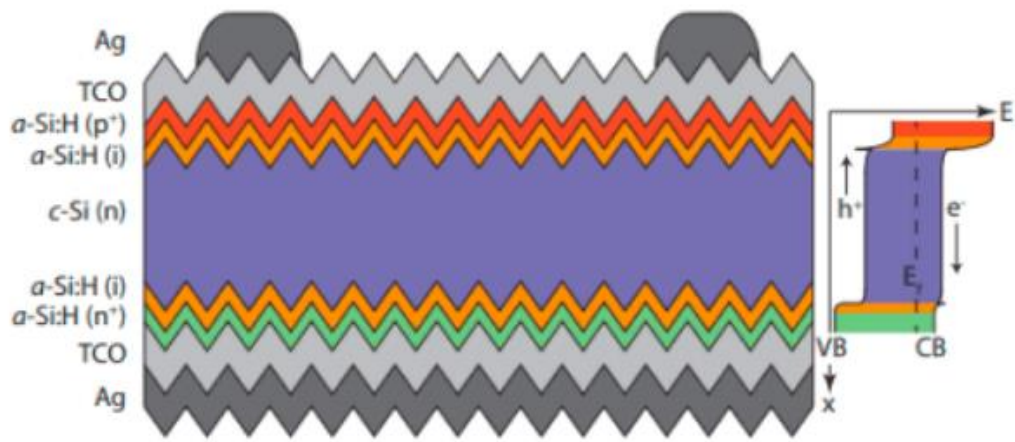


资料来源：TaiyangNews，五矿证券研究所

- 可能形成替代的技术方案包括HJT和BC电池：由于TOPCON效率超预期追赶HJT，2022~2023年市场选择了TOPCON，根据TaiyangNews的最高组件效率排名，HJT比TOPCON仅高出0.37PCT。之后HJT是否可以后来居上，主要取决于量产成本和量产效率。
- 隆基绿能和爱旭股份选择BC路线主要考虑差异化竞争策略，防止过快技术扩散。BC是平台类技术，可以与任何电池技术叠加，主要将正面栅线转移到背面，但是BC技术在上述路线中工艺最为复杂，生产良率低，设备投资高昂。

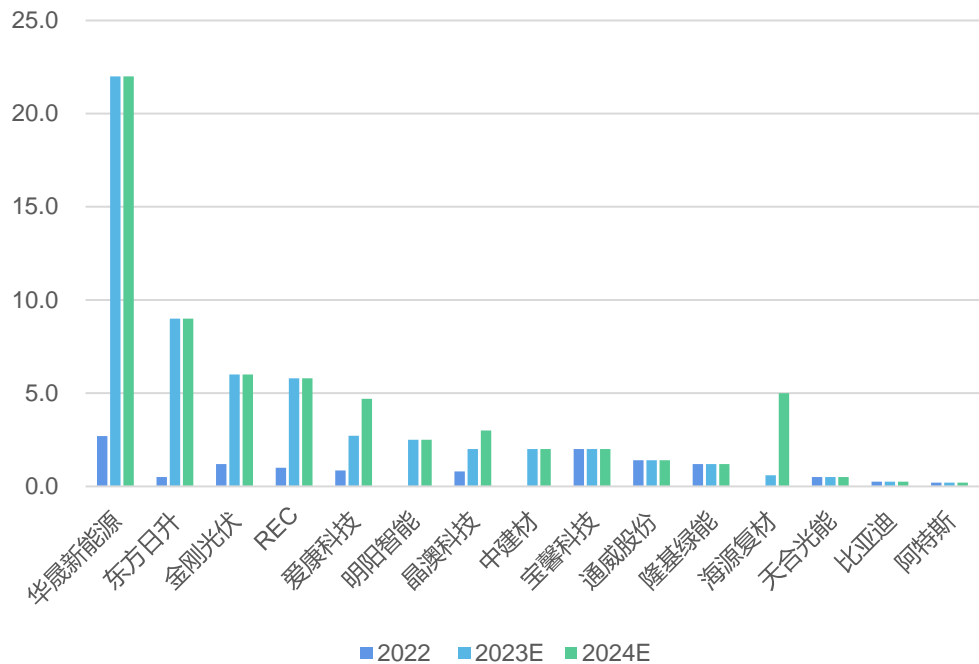
## HJT性能优势明显，厂商扩产还不积极

图表39：HJT电池结构



资料来源：中科院电工所，五矿证券研究所

图表40：主要HJT扩产企业（GW）



资料来源：公司公告，五矿证券研究所

- ❑ HJT是非晶硅薄膜异质结电池，其特点在于较高的双面率和转化效率。BSF、PERC以及TOPCON均属于同质结，异质结的PN结由本征非晶硅层和晶体硅层组成，这会减少载流子复合，提升少子寿命，带来转化效率的提升。但是相应缺点就是更高难度的钝化技术以及设备投资。
- ❑ 目前主要进行扩产的厂商包括华盛新能源和东方日升，且大部分厂商还没有明确的中期扩产计划，主要还是因为目前制造成本降低难度大，同时转化效率没有与TOPCON电池拉开明显差距。

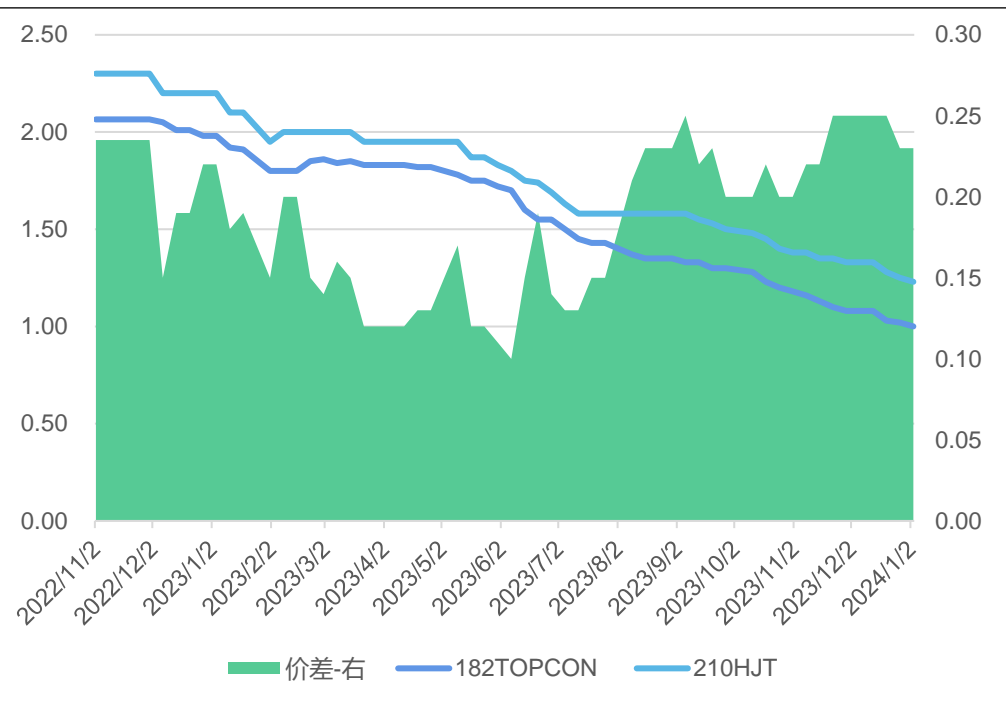
## HJT在地面电站更易实现经济性

图表41：目前价格体系下HJT的LCOE高于TOPCON

组件类型	PERC	TOPCON	HJT
公司	隆基绿能	晶科能源	华盛新能源
系列	Hi-MO Sm	Tiger Neo	Himalaya
型号	LR5-72HPH 540-560M	JKM585N-72HL4-V	HS-210-B132DS
尺寸	182	182	210
板型	144	144	132
功率	560W	585W	715W
效率 (%)	21.7%	22.7%	23.0%
组件价格 (元/W)	1.02	1.08	1.33
EPC价格 (元/W)	3.24	3.30	3.47
LCOE-1100h	0.3050	0.3043	0.3136
LCOE-1500h	0.2241	0.2229	0.2217

资料来源：TaiyangNews，五矿证券研究所测算

图表42：HJT与TOPCON组件价差（元/W）

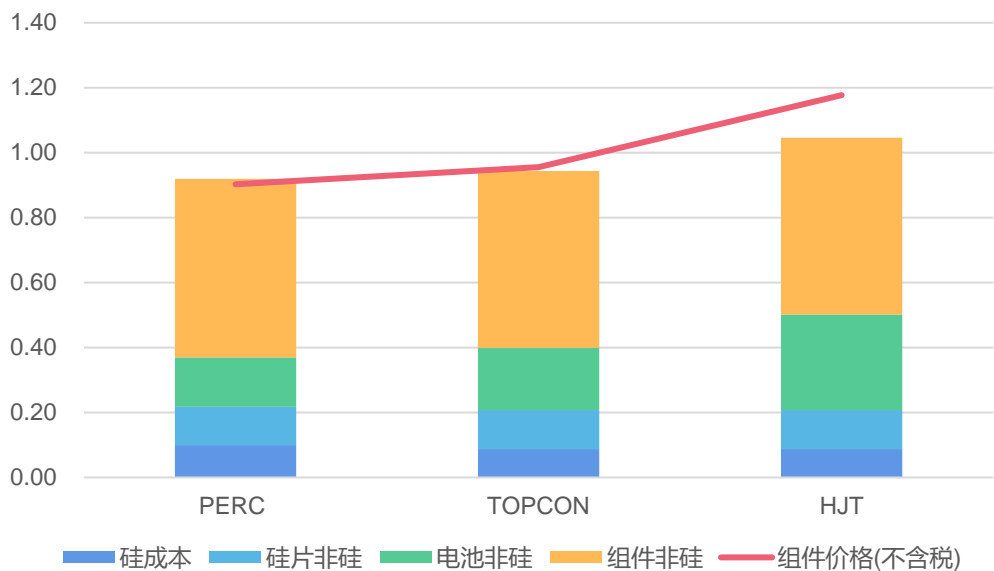


资料来源：PVInfolink，五矿证券研究所

- 下游应用上，HJT还不具备经济性，集中式电站更易实现HJT经济性。经济性上，在1100小时利用小时数情况下测算，HJT的LCOE为0.3136元/kWh，还略高于TOPCON和PERC；HJT主打地面电站领域，利用小时数的提高会显示高转化效率带来的优势，在1500h的假设下，HJT和TOPCON组件的LCOE为0.2217和0.2229元/kWh。
- HJT还需降本：但是从价格数据上可以看到，TOPCON放量后，HJT与其价差逐步拉大，一方面反映的是HJT的成本端的刚性，也难以出现规模效应降低成本，需要在金属化、浆料等方面持续优化降本；另一方面也说明TOPCON在加速淘汰PERC电池。

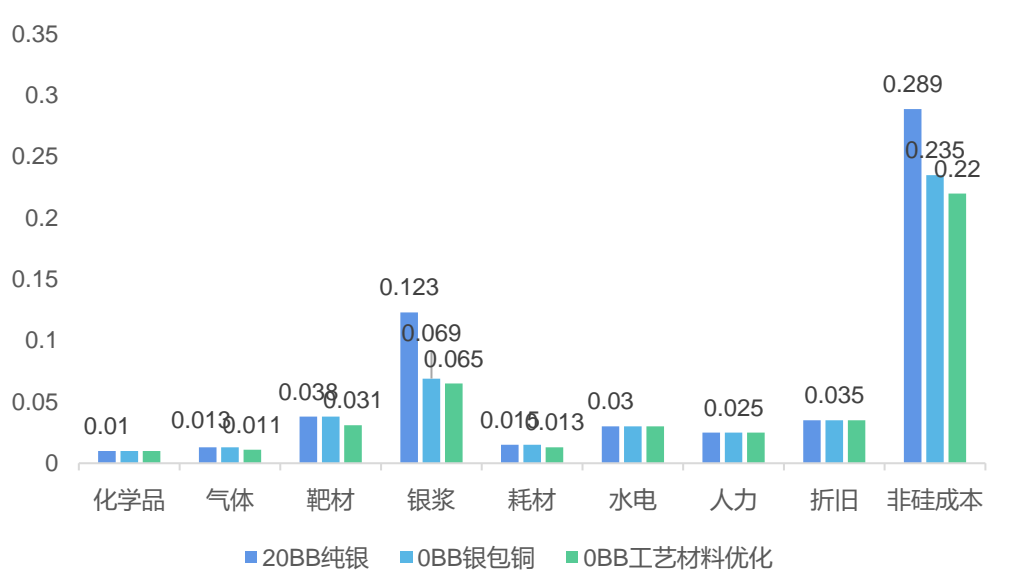
## HJT制造端压力较大，短期降本靠0BB+银包铜

图表43：主要电池技术路线成本拆分（元/W）



资料来源：PVInfolink，五矿证券研究所测算

图表44：HJT非硅成本（元/W）



资料来源：捷佳伟创，五矿证券研究所

- 浆料成本居高是目前HJT需要解决的问题：**按照目前产业链价格测算，HJT相比PERC和TOPCON毛利率较高，但是限于规模，预计盈利不可观，导致其价格相对具有刚性。成本端拆分看，HJT的非硅成本高于TOPCON主要因为低温银浆的高价格带来的电池非硅过高，主要解决方案包括银包铜、电镀铜或者0BB技术。
- 目前PERC电池非硅在0.15元/W左右，TOPCON略高于该值，HJT非硅成本估计在0.29元/W，长期非硅成本目标为0.15元/W，则有望实现其经济性。**测算目前HJT银浆成本高于TOPCON约4分钱/W，若采用银包铜+0BB技术，可以降低银浆成本至6分钱/W，与TOPCON基本持平，使得整体非硅成本低于0.25元/W。

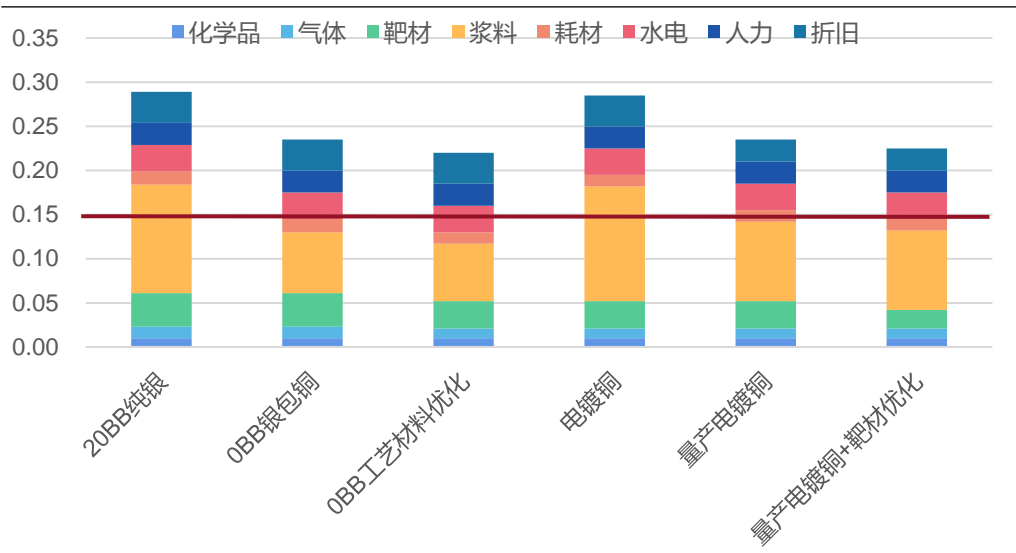
## HJT中期看电镀铜, 降本依然有难度

图表45: HJT与TOPCON平价需要降本0.14元/W

组件类型	PERC	TOPCON	HJT	HJT-平价	HJT降价
效率	21.7%	22.7%	23.0%	23.0%	
组件价格	1.02	1.08	1.33	1.19	0.14
EPC价格	3.24	3.30	3.47	3.33	0.14
利用小时数	1100	1100	1100	1100	
LCOE	0.3050	0.3043	0.3136	0.3043	

资料来源: TaiyangNews, 五矿证券研究所测算

图表46: 中期HJT非硅成本降低方式 (元/W)

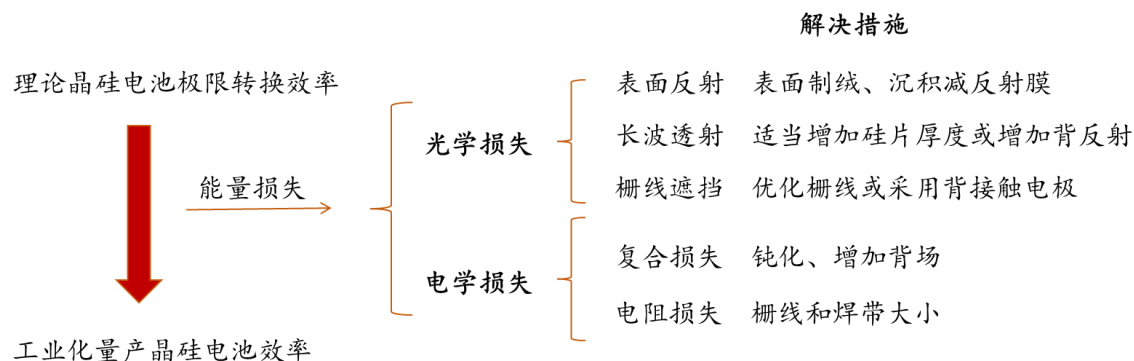


资料来源: 捷佳伟创, 五矿证券研究所

- 根据我们测算, 假设HJT组件效率不变的情况下, HJT组件还需降低约0.14元/W才可以实现和TOPCON电池平价, 非硅成本还需降低到0.15元/W的中期目标, 而0BB和银包铜可以降低其非硅至0.25元/W, 其余部分需要电镀铜、靶材等环节提供降本空间。
- 电镀铜被认为是下一代HJT降本提效的重要方式, 铜的低价以及窄线宽可以降低成本和遮光面积。目前电镀铜成本较高, 主要在于设备投资贵、工艺不稳定以及污水处理等问题, 估测其金属化成本在0.15元/W左右, 未来量产后该成本可能降低到0.1元/W以下。
- 靶材亦有助于HJT降本: 靶材用于TCO膜层制备, 常见靶材为ITO (氧化铟锡), 需要降低铟的使用量实现降本, 方式是降低ITO的耗量; 使用含铟和无铟的叠层膜; 回收铟三种方式。根据捷佳伟创, 目前靶材成本约0.02~0.03元/W, 未来有望降到到0.01~0.02元/W。

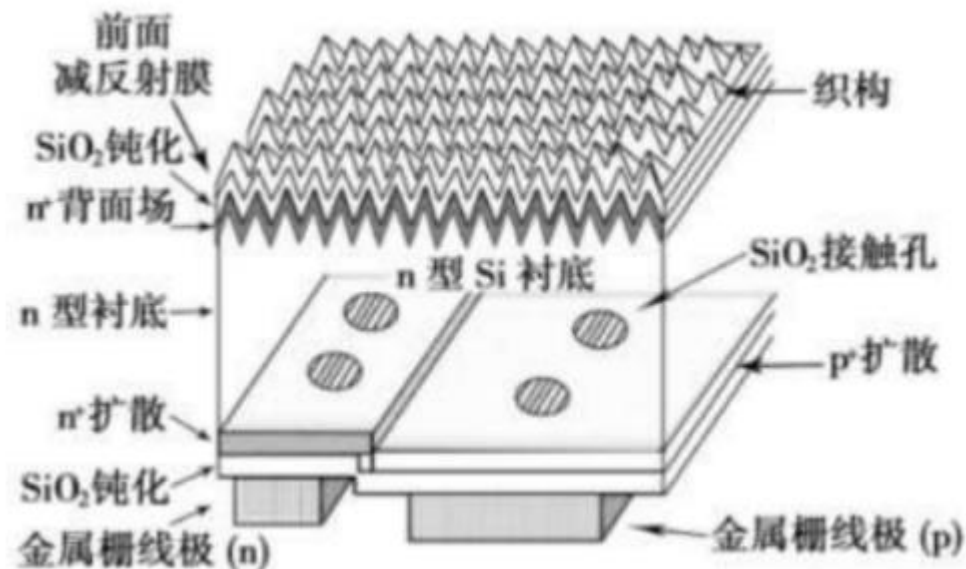
## 平台类电池技术BC，可与其他技术叠加

图表47：光伏电池效率影响因素



资料来源：超锂氢伏，五矿证券研究所整理

图表48：BC电池结构

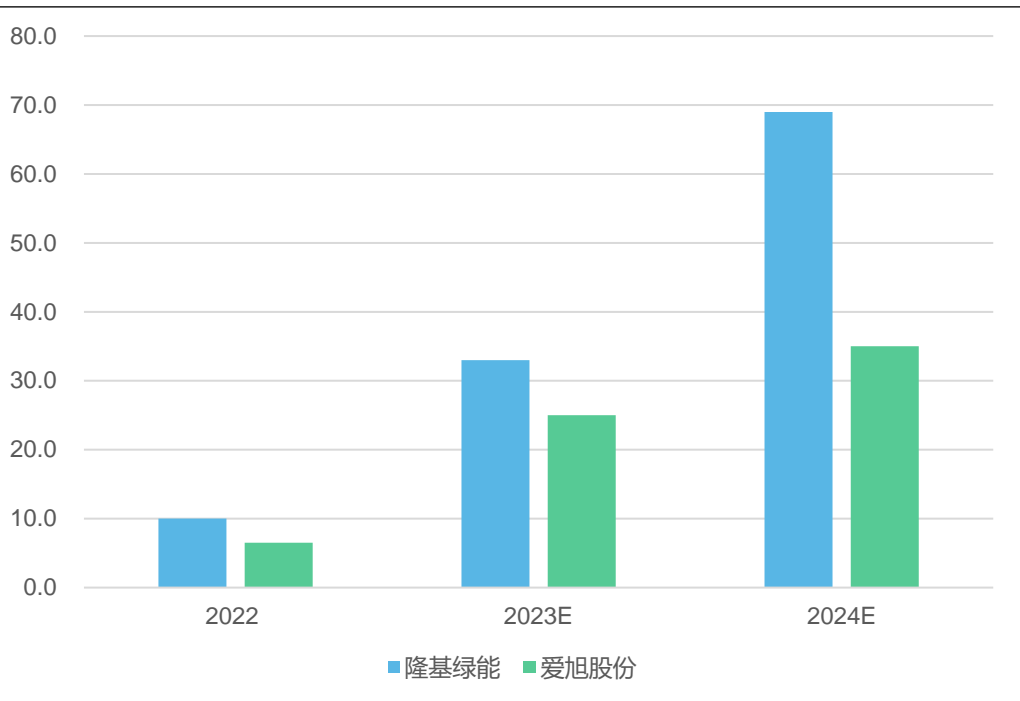


资料来源：《高效率n型Si太阳能电池技术现状及发展趋势》，五矿证券研究所

- BC电池提效路径和异质结、同质结电池不同，后者主要提升少子寿命（无主栅技术例外），前者则通过减少遮光面积，将正面栅线移到背面，实现电池正面无遮挡降低光学损失。该技术可以和PERC、TOPCON、HJT叠加形成PBC、TBC、HBC等技术路线。
- BC电池主要问题在于生产流程长导致的设备投资高，以及生产难度大带来的低良率。目前估计单GW的BC电池投资金额在3~4亿元左右，2倍于TOPCON电池；生产难度上，由于栅线放在背面，需要在背面形成叉指状间隔排列的P区和N区，并对应金属化接触。

## BC组件转化效率优势明显

图表49: BC电池产能 (GW)



资料来源: 公司公告, 五矿证券研究所

图表50: 主要产业化组件产品对比

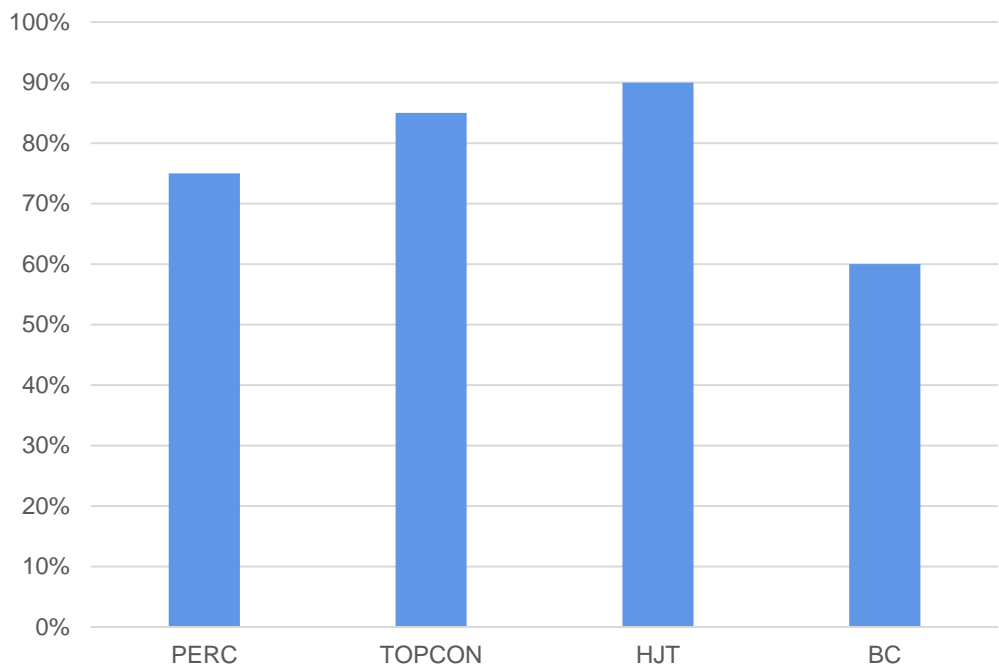
组件类型	PERC	TOPCON	HJT	HPBC	ABC	IBC
公司	隆基绿能	晶科能源	华盛新能源	隆基绿能	爱旭股份	Maxeon
系列	Hi-MO Sm	Tiger Neo	Himalaya	Hi-MO6	白洞	Maxeon 6
型号	LR5-72HPH 540-560M	JKM585N- 72HL4-V	HS-210- B132DS	LR5- 72HTH- 600M	AIKO- A620- MAH72 Mw	SPR-MAX6- 445-E4-AC
尺寸	182	182	210	182	182	-
板型	144	144	132	144	144	66
功率	560W	585W	715W	600W	620W	445W
效率 (%)	21.7%	22.7%	23.0%	23.2%	24.0%	23.0%

资料来源: TaiyangNews, 五矿证券研究所

- 目前行业内引领BC电池扩产的企业主要是隆基绿能和爱旭股份, 产品是HPBC和ABC电池, 分别是在BC电池上叠加了P型电池和N型电池技术。从两家企业扩产计划来看, 在技术和生产上可能实现了经济性, 但是后期依然需要关注实际产能落地情况。
- BC组件转化效率优势明显:** BC电池技术变化多样, 很多工艺细节和研发能力会体现在BC电池上, 成为企业差异化竞争的方式。目前在TaiyangNews公布的2023年11月的产业化组件里面, BC类组件比其他组件转化效率高一些, TOP5组件中BC组件占领4个名额。

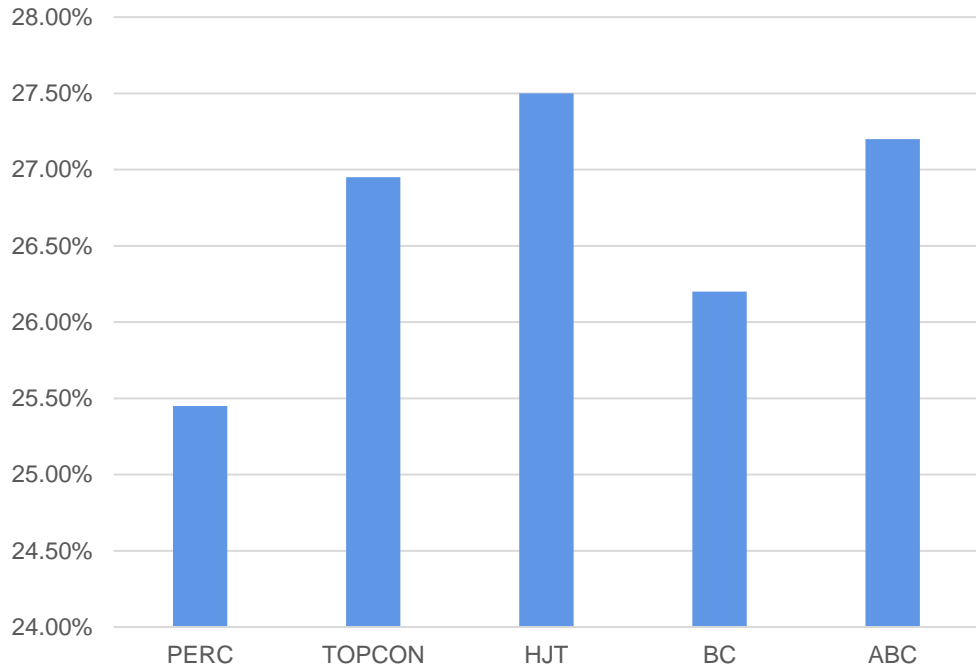
## BC提升双面率可进入地面电站市场

图表51：各技术路线电池的双面率对比



资料来源：天合光能，五矿证券研究所

图表52：考虑双面率后的组件转化效率



资料来源：TaiyangNews，五矿证券研究所

- ❑ BC电池因将电极放在背面，导致背面转化效率太低，双面率显著低于其他电池企业，这会使其在地面电站场景的应用，除非组件正面的效率增益可以弥补双面率的缺陷。
- ❑ 一般认为背面发电增益为5%，因此双玻组件带来的发电增益为3.0~4.5%，双面率每提升10%，对应提升0.5%的转化效率，对BC电池效率提升有明显改善。爱旭股份地面电站新产品恒星系列目前双面率已经做到70%，测算其双面效率或超越TOPCON组件。

## BC电池可能成为下一代电池技术，需要关注成本优化

图表53：ABC与TOPCON组件经济性对比

组件类型 (2382×1134)	TOPCon	ABC	差值	备注
容量 (MW)	100	106		
组件功率 (Wp)	605	640		
直流BOS (元/Wp)	箱逆变	0.150	0.150	-
	支架	0.336	0.317	-0.0182.5米支架
	基础	0.192	0.181	0.000
	电缆设备	0.173	0.163	-0.009
	场区建安	0.527	0.498	-0.029
	土地税费	0.100	0.091	-0.009
	升压站	0.240	0.227	-0.013
交流BOS (元/Wp)	送出工程	0.192	0.181	-0.010
	其他费用	0.288	0.272	-0.016
总BOS (元/Wp)	2.196	2.080	-0.116	
EPC总价 (元/Wp)	3.400	3.280	0.071	
首年发电量 (MWh)	116900	125161	7.10%	
25年发电量 (MWh)	2780803	2996288	7.70%	
IRR (税前)	8.54%	9.31%	0.77%	
IRR (税后)	7.40%	8.10%	0.70%	

资料来源：爱旭股份发布会，五矿证券研究所

图表54：各类BC电池生产流程差异

流程	IBC	TBC	HBC
1	清洗制绒	清洗制绒	清洗制绒
2	磷扩散	隧穿氧化层 + n型非晶硅本征氢化非晶硅(正面)	
3	镀掩膜	掩膜	减反射膜(正面)
4	激光开槽	激光开槽	本征氢化非晶硅(背面)
5	刻蚀	硼掺杂非晶硅 (p+)	硼掺杂非晶硅(背面) p+
6	清洗掩膜	刻蚀	掩膜
7	双面减反+钝化	双面减反+钝化	激光开槽
8	激光开槽 (类PERC)	激光开槽 (P/N分隔)	刻蚀
9	金属化	金属化	磷掺杂非晶硅(背面)n++
10			透明导电膜(背面)
11			激光开槽(PN隔离)
12			金属化

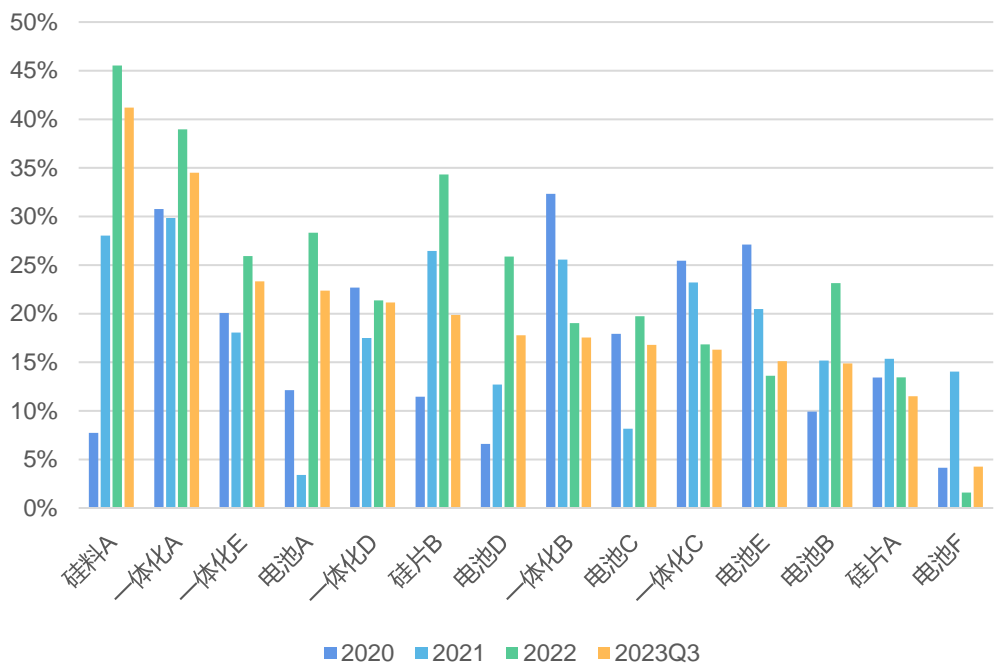
资料来源：全球光伏，五矿证券研究所

- ❑ **BC组件在下游具备经济性：**根据爱旭股份产品发布会，ABC电池组件带来的容量增益将整体系统BOS成本拉低，带来25年IRR增益达到0.7%，实现地面电站的经济性；在土地成本高、BOS造价高、地表反射率低的地区，BC组件展示的增益更加明显。
- ❑ **制造成本方面，BC电池无论与何种电池叠加，其制造流程均很复杂，导致生产成本高企，同时较高的银浆耗量，以及组件端网版设计也需要修改，都带来了成本的抬升。**HPBC因简化了生产流程，工艺制程缩短，产业化进程更快，但是我们估计HPBC、ABC、HBC的制造成本会高于PERC、TOPCON和HJT电池。

# 04 头部企业更易引导电池 技术革新

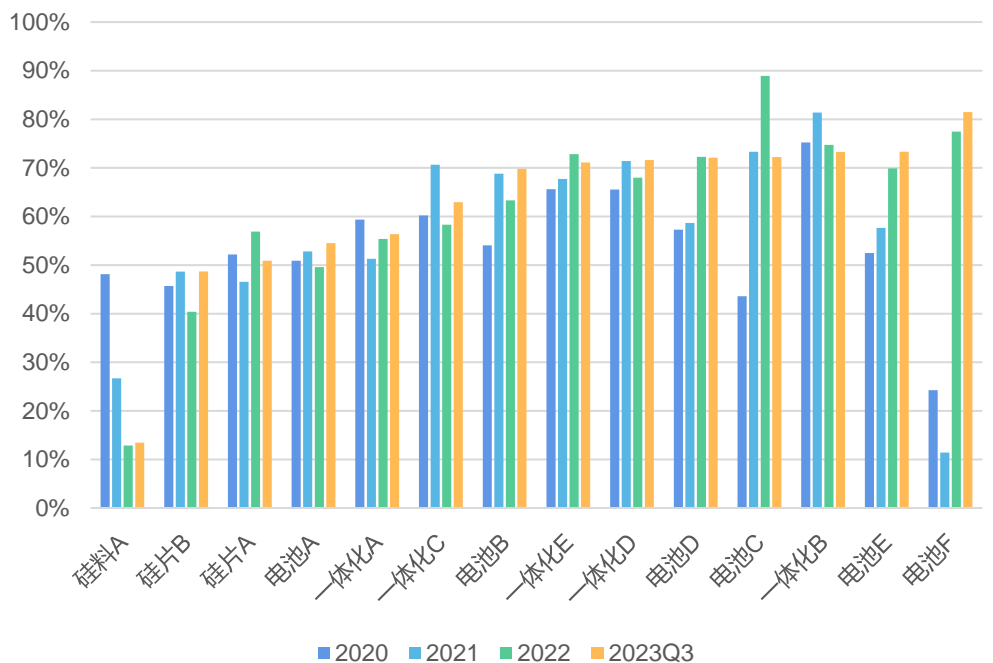
## 哪些企业可能引领下一代电池技术产业化

图表55: (货币资金+交易性金融资产)/总资产比例



资料来源: Wind, 五矿证券研究所

图表56: 资产负债率

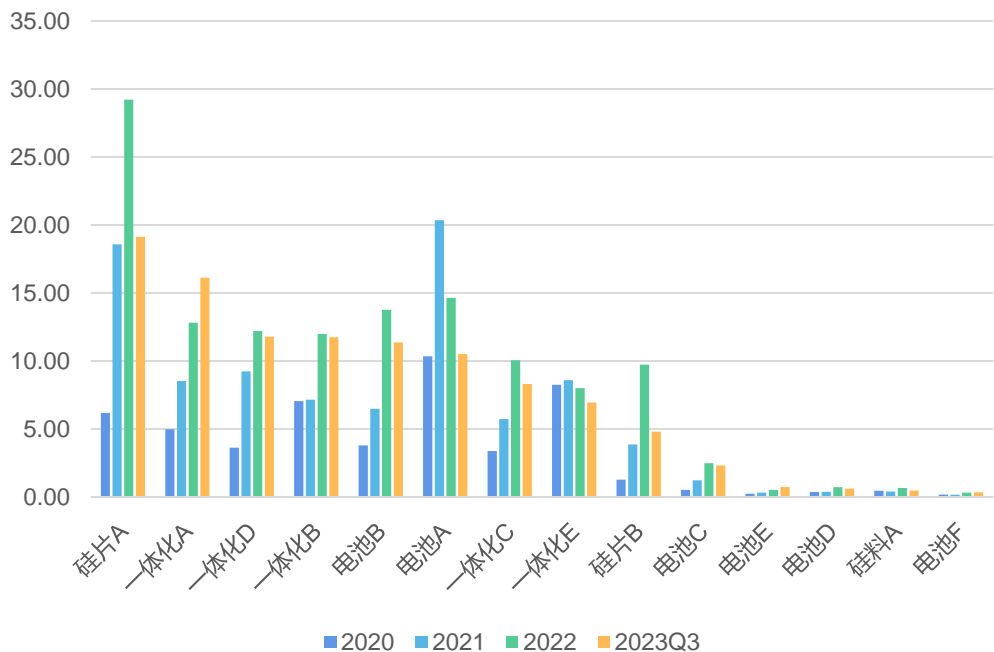


资料来源: Wind, 五矿证券研究所

- 行业下行期，企业竞争加剧，现金储备是过冬的必需也是产生研发创新的必须；同时，较低的杠杆可以帮助企业维持住现金储备。
- 龙头企业资产负债率相对稳定，而加速扩产或者跨界进入行业的公司，其资产负债率出现明显变化，而目前行业景气下行盈利下滑，高杠杆会明显放大下行压力。同时，跨界以及扩张较明显的企业，其现金储备消耗也更为明显。

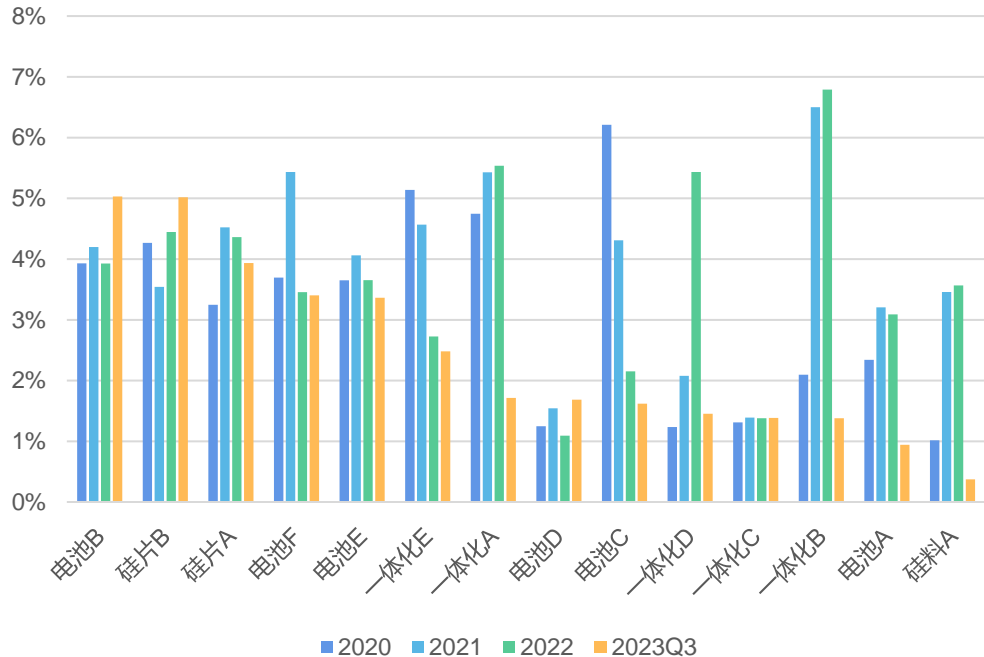
## 龙头企业研发费用处于高位，更容易引领技术创新

图表57：研发费用绝对值决定了研发水平（亿元）



资料来源：Wind，五矿证券研究所

图表58：研发费用率



资料来源：Wind，五矿证券研究所

- ❑ 研发费用绝对值与创新、工程能力正相关，龙头企业天然处于高研发费用状态，且体现出逐年递增的趋势；研发费用率上，专业化厂商研发费用率高于一体化厂商，体现专业化厂商引导自身环节的技术创新，但这也可能与一体化厂商收入规模更大有关。
- ❑ 另外，长期深耕某个行业的企业才能够实现技术创新，跨界企业往往难以实现技术的引领。

## 历史上引导重大光伏技术变革的企业主要是龙头企业

图表59：全球光伏制造端重大技术变革汇总

环节	时间节点	公司	技术	被替代/改进技术	技术普及率	成本	效率
硅料环节	2009	协鑫	冷氘化工艺	第一代西门子法	1.0	↓70%	↑
	2021	协鑫	硅烷法颗粒硅	西门子法	<5%	↓30%	↑
硅片环节	2013	隆基	金刚线工艺	砂浆切割	1.0	↓60%	↑
	2013	隆基	直拉法	多晶铸锭	95.00%	↓60%	↑
	2015	隆基、中环	统一市场尺寸	硅片向大尺寸发展	100.00%	↓	↑
	2020	隆基	182尺寸		~45.00%	↓	↑
	2020	中环	210尺寸			↓	↑
	2021	设备厂主导	钨基金刚线	碳钢金刚线	进入量产	↓	↑
电池片环节	2016	隆基	PERC	BSF技术	100.00%	↓	↑2%
	2020	晶科、钧达	TopCon	p型电池技术	~9.00%	↓	↑1%
	2021	爱康、华晟	HJT		逐渐起量, 3~4%	↓	↑1%
	2021	隆基、爱旭	IBC		进入量产	↓	↑1%
	2022	协鑫光电、纤纳光电	钙钛矿电池	晶硅技术	未商业化	↓	↑
	组件环节	2015	组件厂商	双面组件	单面发电（常规背板）	~43.00%	↓
2018		组件厂商	半片	高密度封装	90.00%	↓	↑
2019		通威、环晟、赛拉佛	叠瓦		4-5%	↓	↑
2017		组件厂商	多主栅技术	电池片与组件环节联合创新（电极与焊带）	>90%	↓	↑
2021		银浆公司	银包铜、电镀铜		小批量	↓	↑
2021		迈为	无主栅技术		研发阶段	↓	↑
2021		日托光伏	MWT		<1%	↓	↑
2022		隆基	基于HPBC电池技术的HI-MO6	--	量产	↓	↑

资料来源：黑鹰光伏，五矿证券研究所

□ 历史上看，重大光伏电池技术进步均发生在龙头企业里。

## 结论、建议与风险提示

### 结论:

- 行业下行期技术革新对光伏降本效果更为明显，当前的电池技术选择成为企业中期重要竞争战略。2022~2023年，虽然TOPCON逐渐成为主流电池技术，但是新的电池结构或者平台技术层出不穷，电池技术路线选择是企业中长期重要战略，这也是企业在2021~2022年扩产谨慎的重要原因。
- 目前来看，TOPCON电池的生命周期还处于前期，按照理想的回收期来计算，需要5~6年完成产线投资回收；站在企业革新的动力上看，TOPCON电池技术生命或许会延续这个周期以上的时间。
- **HJT降本提效还在推进，BC电池优势逐步凸显。**目前看HJT实现经济性需要较多的技术（如电镀铜、少钢无钢化等）突破，但其双面率以及高转化效率可以帮助其在地面电站市场率先得到应用。BC电池是平台技术，较多电池技术可以叠加实现产品优化，估计实现产业化的顺序是HPBC、TBC和HBC，BC技术的成熟会对电池技术产生较大变化，龙头企业有望脱颖而出。
- 电池技术的更替大概率由头部厂商引导，更替速度往往也会相对漫长。历史上看，引导技术进步的企业往往是头部企业，同时这些企业在行业下行期具备更强的资金实力，财务报表也更加稳健。短期内一体化企业已经基本完成电池产能与组件产能的匹配，新技术的产生还需要新的产能缺口带来企业扩张动力，可见新技术对现有技术的替代也是缓慢的。

## 结论、建议与风险提示

### 建议：

- ❑ **引导技术革新是企业**在行业下行期的重要战略。行业下行期，技术进步对产业发展的贡献更加凸显，产业链发展方向在于提效降本、优胜劣汰，高效产能的稳健、持续投资依然是产业发展的方向，也是企业过冬的重要方式之一。强研发强储备的企业可以获得弯道超车的行业红利。
- ❑ **跟随战略也是不错的选择**。新技术的普及需要整个产业的协同配合，并非某家或者某几家企业可以快速推动，引领新技术发展的企业可以获得产业化前中期的超额盈利，但也可能需要独自度过较长的等待期。若不具备强研发强投资能力，作为跟随者也是不错的策略，可以避免度过产业链配套的艰难时光，但是跟随速度需要较为快速，同样对研发提出了不低的要求。
- ❑ 二级市场方面，因行业依然处于下行期，整体不具备较为明确的趋势性机会，技术突破等事件可能会带来阶段性投资机会。

### 风险提示：

- ❑ 行业需求不及预期，会带来竞争进一步恶化，竞争加剧会减缓新技术发展，导致新技术发展迟缓。
- ❑ 地缘政治风险，逆全球化带来落后产能出现，中国产能相对领先，其他国家建设产能预计较为落后，会引起行业产能整体落后，新技术进步也会放缓。

# Thank you



五矿证券研究所

上海

上海市浦东新区富城路99号震旦国际大厦30楼  
邮编：200120

深圳

深圳市南山区滨海大道3165号五矿金融大厦23层  
邮编：518035

北京

海淀区首体南路9号，4号楼603  
邮编：100037

## 免责声明

### 分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。作者保证：(i) 本报告所采用的数据均来自合规渠道；(ii) 本报告分析逻辑基于作者的职业理解，并清晰准确地反映了作者的研究观点；(iii) 本报告结论不受任何第三方的授意或影响；(iv) 不存在任何利益冲突；(v) 英文版翻译若与中文版有所歧义，以中文版报告为准；特此声明。

投资建议的评级标准		评级	说明
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6到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的6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；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在20%及以上；
		增持	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于5%~20%之间；
		持有	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于-10%~5%之间；
		卖出	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在-10%及以下；
		无评级	对于个股未来6个月的市场表现与基准指数相比无明确观点。
	行业评级	看好	预期行业整体回报高于基准指数整体水平10%以上；
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%~10%之间；
看淡		预期行业整体回报低于基准指数整体水平-10%以下。	

### 一般声明

五矿证券有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本公司不会因接收人收到本报告即视其为客户，本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。本报告的版权仅为本公司所有，未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式对本研究报告的任何部分以任何方式制作任何形式的翻版、复制或再次分发给任何其他人。如引用须联络五矿证券研究所获得许可后，再注明出处为五矿证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。在刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的同时，也应注明本报告的发布人和发布日期及提示使用证券研究报告的风险。若未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入或将产生波动；在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告；本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。在任何情况下，报告中的信息或意见不构成对任何人的投资建议，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下，本公司、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。本公司及作者在自身所知知情范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

五矿证券版权所有。保留一切权利。

### 特别申明

在法律许可的情况下，五矿证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到五矿证券及其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。