

## 行业深度报告

## 三类新型技术抢棒 PERC，N 型高效时代开启

## 强于大市（维持）

## 行情走势图



## 证券分析师

**皮秀** 投资咨询资格编号  
S1060517070004  
010-56800184  
PIXIU809@pingan.com.cn

**吴文成** 投资咨询资格编号  
S1060519100002  
WUWENCHENG128@pingan.com.cn



## 平安观点：

- **PERC 逼近理论效率极限，N 型技术拐点已至。**在行业“降本增效”主题驱动下光伏电池历经技术迭代，当前主流产品 P 型 PERC 电池效率逼近理论极限且降本趋缓，具备转换效率高、温度系数低、光致衰减低等优势。N 型电池是下一步迭代发展的方向。目前，N 型 TOPCon 电池经济性提升明显，HJT 电池中长期提效降本空间较大，IBC 电池技术延伸空间广阔，未来较长一段时间多种技术路线将竞相发展。
- **TOPCon 经济性凸显，引领 N 型技术产业化元年。**TOPCon 为隧穿氧化层钝化接触电池，产线可与 PERC 产线兼容，经济性和性价比凸显支撑其率先占据 N 型产品扩产高点。目前一体化龙头如晶科、天合、晶澳等推动 TOPCon 向规模化发展，中来、钧达、一道新能也有较大规模布局，协鑫和正泰开发提速。2022 年 TOPCon 电池产能规模有望超过 50GW，2023 年或达 80GW。TOPCon 在终端应用已具备与 PERC 竞争的实质，预计中短期内率先布局的企业有望获得超额收益。
- **设备、材料端齐推“降本增效”，HJT 加速产业化。**HJT 是具有本征非晶层的异质结电池，可通过双面微晶、半棒薄片、银包铜、SMBB 高精度串焊、靶材无钢化等工艺进一步降本增效。产能布局方面，新进者如华晟新能源、金刚玻璃、明阳智能等和下游央国企运营商如华润电力、国电投等加速扩产布局。到 2022 年底，国内 HJT 产能规模(含在建)或超过 15GW，待其经济性优化后，技术迭代红利将加速兑现并有望争夺市场主导地位。
- **IBC 兼容性优越，技术延伸空间广阔。**IBC 交指式背接触电池，PN 结及正负极金属栅线位于电池背面，适于中高端分布式市场及 BIPV 商业化应用。目前，隆基绿能主推 P 型 IBC 电池 (HPBC)，爱旭股份在 6 月底发布了名为“黑洞”的 N 型 ABC 组件新产品。IBC 兼容性优越，未来可结合 TOPCon、HJT 等技术优势进一步拓展应用空间。
- **投资建议。**布局 N 型技术将成为光伏厂商差异化竞争和盈利提升的重要因素，建议关注三大主线：关注短期性价比较优的 TOPCon 电池组件厂商如天合光能、晶澳科技、钧达股份等，以及聚焦分布式领域 HPBC 技术应用的隆基绿能；N 型技术产业化发展需要设备环节持续助力降本增效，建议关注设备企业迈为股份、捷佳伟创、高测股份、金博股份、帝尔激光等；原材料及辅材的国产化与提质降本将提升 N 型技术性价比，建议关注帝科股份、福斯特等企业。
- **风险提示。**光伏下游装机需求受贸易政策及疫情等因素影响不及预期；N 型电池组件效率提升水平不及预期；国产化设备及材料降本力度不足，N 型技术产业化速度不及预期。

股票名称	股票代码	股票价格		EPS			P/E			评级	
		2022-07-14	2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E		2024E
隆基绿能	601012.SH	61.91	1.20	2.50	3.07	3.84	51.7	24.8	20.2	16.1	推荐
通威股份	600438.SH	60.06	1.82	5.43	4.70	3.68	32.9	11.1	12.8	16.3	推荐
迈为股份	300751.SZ	491.45	3.72	4.94	7.56	10.39	132.3	99.5	65.0	47.3	推荐
天合光能	688599.SH	75.09	0.83	1.67	2.41	3.07	90.2	44.9	31.2	24.5	未评级
晶澳科技	002459.SZ	77.34	0.87	1.83	2.47	3.17	89.1	42.3	31.3	24.4	未评级
捷佳伟创	300724.SZ	124.20	2.06	2.72	3.48	4.33	60.3	45.6	35.7	28.7	未评级
帝尔激光	300776.SZ	178.66	2.24	2.99	4.32	6.13	79.7	59.7	41.3	29.2	未评级

资料来源: Wind, 平安证券研究所, 未评级公司参照Wind一致预测

# 正文目录

<b>一、</b>	<b>PERC 逼近理论效率极限，N 型技术拐点已至</b>	<b>5</b>
1.1	“降本增效”推进技术迭代，PERC 电池仍为行业主流	5
1.2	N 型技术拐点已至，多种技术路线竞相发展	6
<b>二、</b>	<b>TOPCon 经济性凸显，引领 N 型技术产业化元年</b>	<b>9</b>
2.1	兼容 PERC 产线，TOPCon 强化钝化接触工艺	9
2.2	效率与成本优势支撑，一体化厂商力推 TOPCon 量产	13
2.3	TOPCon 经济性提升，技术迭代红利将兑现	15
<b>三、</b>	<b>设备、材料端齐推“降本增效”，HJT 加速产业化</b>	<b>16</b>
3.1	HJT 工艺步骤相对简化，但工艺精度要求严苛	16
3.2	HJT 经济性仍待提升，设备、材料端助推降本增效	17
3.3	新进者与央企运营布局发力，HJT 加速产业化	18
<b>四、</b>	<b>IBC 兼容性优越，技术延伸空间广阔</b>	<b>19</b>
4.1	IBC 工艺相对复杂，兼容性优越	19
4.2	隆基爱旭规模化布局，抢占分布式光伏市场	20
<b>五、</b>	<b>投资建议</b>	<b>20</b>
<b>六、</b>	<b>风险提示</b>	<b>21</b>

# 图表目录

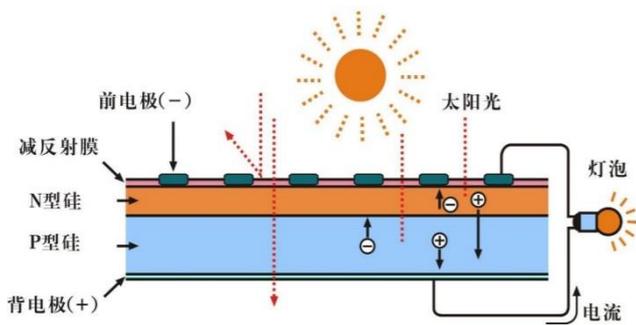
图表 1	太阳能晶硅电池发电原理.....	5
图表 2	2021-2030 年国内不同类型硅片市场占比趋势.....	5
图表 3	太阳能电池分类.....	5
图表 4	光伏电池技术路线演进.....	6
图表 5	光伏电池各技术路线对比.....	7
图表 6	主要光伏厂商 N 型电池组件产品梳理.....	8
图表 7	2021-2030 年各种电池技术平均转换效率趋势.....	9
图表 8	2021-2030 年国内电池技术市场占比趋势.....	9
图表 9	常规铝背场电池与 PERC 电池结构对比.....	9
图表 10	TOPCon 电池结构示意图.....	10
图表 11	超薄隧穿氧化层示意图.....	10
图表 12	TOPCon 电池提效方案示意图.....	10
图表 13	PERC 与 TOPCon 电池工艺流程及主要设备厂商.....	11
图表 14	TOPCon 电池四种钝化技术比较.....	12
图表 15	晶科 TOPCon 电池效率刷新纪录.....	13
图表 16	双面率提升影响发电增益对比.....	13
图表 17	TOPCon 技术发展路径与效率预测.....	13
图表 18	TOPCon 电池进一步降本增效发展路径.....	13
图表 19	TOPCon 电池开启产业化元年.....	14
图表 20	国内主要 N 型高效电池产能预测 ( GW ).....	14
图表 21	TOPCon 电池组件主要厂商扩产布局情况.....	14
图表 22	PERC 与 TOPCon 电池组件价格对比.....	15
图表 23	TOPCon 实证案例情况.....	15
图表 24	HJT 电池结构示意图.....	16
图表 25	22 年 6 月隆基刷新 HJT 效率世界纪录 26.5%.....	16
图表 26	HJT 电池工艺流程及重点设备.....	17
图表 27	全产业链助力 HJT 降本增效.....	18
图表 28	PERC 与 HJT 电池组件价格对比.....	19
图表 29	HJT 电池组件主要厂商扩产布局情况.....	19
图表 30	IBC 电池结构.....	20
图表 31	IBC 电池简版工艺流程.....	20
图表 32	N 型电池主要设备厂商梳理.....	21

# 一、PERC 逼近理论效率极限，N 型技术拐点已至

## 1.1 “降本增效” 推进技术迭代，PERC 电池仍为行业主流

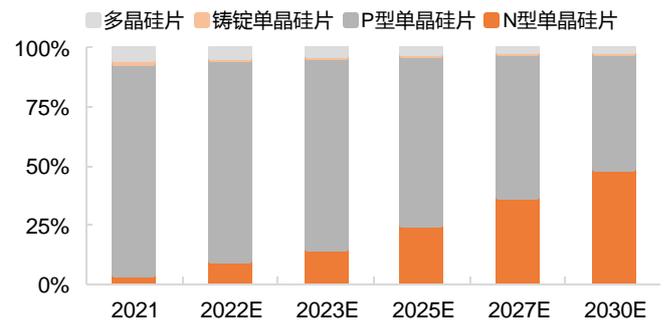
光伏发电是利用半导体材料的光生伏特效应，把太阳能转化为电能的过程。其发电原理是太阳光照在半导体 P-N 结上，形成新的空穴-电子对，在 P-N 结内建电场的的作用下，光生空穴（正电荷）由 N 区流向 P 区，光生电子（负电荷）由 P 区流向 N 区，形成从 N 到 P 的光生电动势，从而使 P 端电势升高，N 端电势降低，接通电路后就形成 P 到 N 的外部电流。太阳能电池是实现光电转换最为核心的环节。

图1 太阳能晶硅电池发电原理



资料来源：润阳股份招股说明书，平安证券研究所

图2 2021-2030 年国内不同类型硅片市场占比趋势



资料来源：CPIA，平安证券研究所

太阳能电池根据半导体材料的不同分为晶硅太阳能电池和薄膜太阳能电池，晶硅太阳能电池在太阳能电池中份额占比超 95%，是目前产业化水平与可靠性最高的光伏电池类型。晶硅电池根据用料的不同可分为单晶硅电池和多晶硅电池，单晶硅片因具有完美的晶体结构，易制备高品质的 PN 结从而获得更高的光电转换效率，且通过改进单晶炉、金刚线切片等环节大幅降本，已成为行业的主流选择。单晶电池根据硅片掺杂元素不同，又分为 P 型电池和 N 型电池。传统 P 型电池硅片基底掺硼，通过扩散磷形成 N+/P 结构，虽然扩散工艺简单但转换效率上限较低；新型 N 型电池硅片基底掺磷，通过扩散硼形成 P+/N 结构，扩散工艺难度大，但少子寿命长，且没有硼氧复合和硼铁复合，从而避免了形成复合中心的光致衰减损失，是未来的技术迭代方向。

图3 太阳能电池分类



资料来源：智汇光伏，SOLARZOOM，平安证券研究所

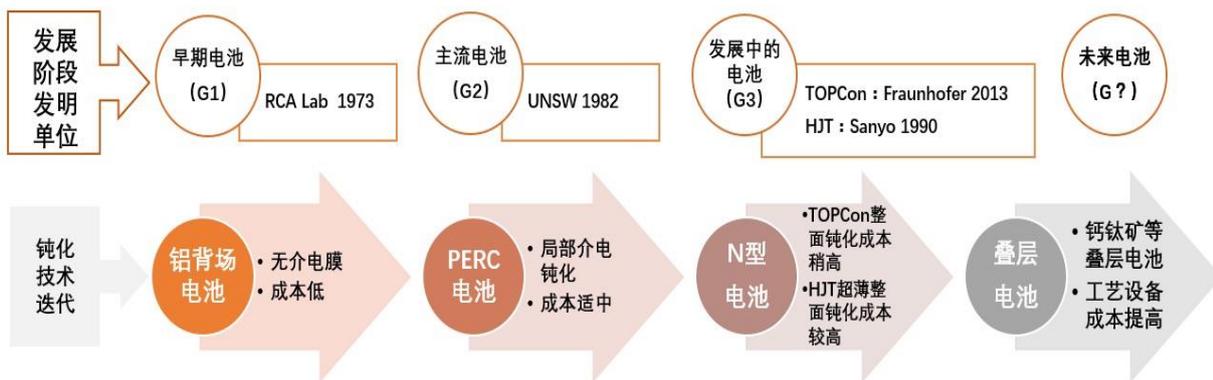
历经两代技术变革，N 型电池技术拐点已至，单晶 P 型 PERC 电池最具经济性仍为行业主流。

**第一代电池技术(2016年之前)**为常规 Al-BSF 铝背场电池 (Aluminium Back Surface Field), 在电池 P-N 结制备完成后, 于硅片的背光面沉积一层铝膜, 无介电膜。铝背场电池效率损失来自于背面全金属的复合, 背钝化电池结构 PERC 应运而生。2021 年 BSF 电池市场占比下降至 5%, 基本面临淘汰。

**第二代电池技术(2017 至今)**为单晶 P 型 PERC 及 PERC+ 电池, PERC 发射极钝化和背面接触电池 (Passivated Emitter and Rear Contact), 在电池片背面形成氧化铝钝化层作为背反射器, 增加长波光的吸收, 同时降低背表面电子复合, 增大 P-N 极间的电势差, 提高转换效率。2017-2020 年 PERC 电池加速迭代, 市占率从 15% 上升至 86%, 4 年间渗透率提升近 6 倍。随着近两年大尺寸 PERC 电池新产能的释放, 2021 年其市场占比进一步提升至 91.2%。目前, PERC+ 利用提效工艺如激光 SE、碱抛、光注入/电注入等, 延长了技术生命周期, 2022 年平均转换效率约为 23.3%, 是目前最具经济性的主流电池产品。但 PERC 效率逼近理论极限 24.5%, 大尺寸 PERC 的降本路径也临近扩产瓶颈, 下一场竞赛将是高效率的比拼。

**第三代电池技术(开启产业化元年)**为 N 型高效电池技术, 其钝化接触技术大幅减少金属电极和电池的接触复合, 从而实现比 PERC 电池更高的转换效率。具体包括 TOPCon 隧穿氧化层钝化接触电池 (Tunnel Oxide Passivated Contact)、HJT 具有本征非晶层的异质结电池 (Hetero-Junction with Intrinsic Thin-layer)、IBC 交指式背接触电池 (Interdigitated Back Contact) 等。N 型电池相对成本较高, 2021 年市场占比约为 3%, 2022 年产业化元年正式启动。随着国内外需求开始转向高效产品以及“降本增效”提速, N 型电池是下一步迭代发展的方向。

图表4 光伏电池技术路线演进



资料来源: 一道新能, 平安证券研究所

## 1.2 N 型技术拐点已至, 多种技术路线竞相发展

**降本增效是光伏行业永恒主题, 降低度电成本 LCOE 的终端目标驱动市场向高功率高效率组件转换。**高效晶硅电池迭代迅速, 根据晶硅太阳能电池的工作原理, 要实现高转换效率 ( $\eta = FF * Voc * Jsc / Pin$ ) 需要高的填充因子 (FF)、开路电压 (VOC) 和短路电流密度 (JSC)。相应地, 电池技术演进的逻辑是: 用更低成本的规模化工序手段, 减少电池载流子的复合, 提高开路电压、短路电流和转换效率, 最终降低度电成本 LCOE, 实现全行业降本增效。早期第一代 Al-BSF 铝背场电池, 背面沉积一层铝膜, 金属复合严重。第二代 PERC 电池利用背面氧化铝钝化层沉积, 增强光线的内背反射、降低了复合。而 N 型电池的钝化接触技术, 大幅减少金属电极和电池的接触复合, 其中 TOPCon 通过背面隧穿氧化层和掺杂多晶硅层形成钝化接触结构, 形成了良好的界面钝化, 降低金属接触区域的复合; HJT 综合了晶体硅电池优异的光吸收性能与薄膜电池的钝化性能优势, 利用本征非晶硅层将 N 型衬底与两侧的掺杂非晶硅层完全隔开, 实现了晶硅/非晶硅界面态的有效钝化, 获得更高的开路电压; IBC 电池将 P+ 掺杂区域和 N+ 掺杂区域均放置在电池背面, 受光面无任何金属电极遮挡, 从而有效增加电池的短路电流, 使电池的能量转化效率得到提高。

图表5 光伏电池各技术路线对比

内容	PERC	TOPCon	HJT	IBC
名称释义	发射极钝化和背面接触：背面形成钝化层作为背反射器，增加长波光的吸收，同时增大 p-n 极间的电势差，降低电子复合，提高效率。	隧穿氧化层钝化接触：在电池背面制备一层超薄氧化硅，然后再沉积一层掺杂硅薄层，二者共同形成了钝化接触结构。	具有本征非晶层的异质结：在电池片里同时存在晶体和非晶体级别的硅，非晶硅的出现能更好地实现钝化效果。	交指式背接触：把正负电极都置于电池背面，减少置于正面的电极反射一部分入射光带来的阴影损失。其中，TBC 电池在 IBC 基础上叠加钝化接触技术；HBC 异质结背接触电池将非晶硅钝化技术应用于 IBC，结合了 IBC 电池高的短路电流与 HJT 电池高的开路电压的优势，能获得更高的电池效率。
核心工艺	背钝化等	硼扩及 LPCVD/PECVD 等	非晶硅/微晶薄膜沉积 TCO 制备，低温浆料	交叉排列 p+区和 n+区 金属电极设计等
平均效率	23%以上	24%以上	24.3%以上	25%以上
双面率	75%	85%	95%	单面为主
衰减	首年 2.5%，此后 0.5%	首年 1%，此后 0.4%	零 PID、零 LID	零 PID、零 LID
代表企业	目前主流厂商	晶科、中来、天合等	华晟、日升等	隆基、爱旭等
优势	成本低、技术成熟度高	设备可接轨、成本与效率性价比高	工序少、效率较高	效率高
2021 产能	390GW	10GW	7GW	
量产情况	成熟	已量产	经济性待提高	难度较大
设备投资	1.5 亿元/GW	1.5-2 亿/GW	3.5-4 亿/GW	约 3 亿元/GW
发展难点	逼近效率极限，降本空间小	工序较多，良率偏低	成本高、银耗大	成本高，技术难度大

资料来源：CPIA，SOLARZOOM，北极星电力，平安证券研究所

N 型单晶硅杂质少、纯度高、少子寿命长，N 型电池具备转换效率高、温度系数低、光致衰减低、弱光响应好、双面率高、降本空间大等综合优势，全生命周期内的发电量高于 P 型电池，是下一步迭代发展的方向。根据权威测试机构德国哈梅林太阳能研究所测算，PERC、HJT、TOPCon 三种类型电池技术理论极限效率分别为 24.5%，28.5%，28.7%（双面）。随着 P 型 PERC 电池效率逼近理论极限，且降本趋缓步入薄利时代，光伏企业围绕“降本增效”争先布局 N 型高效新型技术路线。预计 2022 年 N 型电池市场渗透率将超过 8%，2023 年有望超过 20%。其中，能兼容 PERC 生产线的 TOPCon 电池量产领先一步，N 型新技术拐点已至。

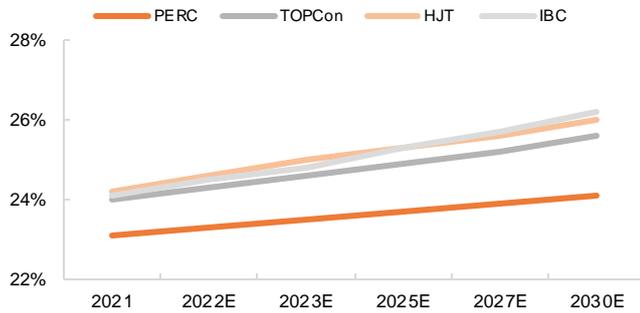
当前，多样化的终端应用市场推进着多种 N 型电池路线并存发展，已有部分光伏厂商发布了 N 型新产品。TOPCon 短期量产经济性显著，HJT 中长期提效降本空间较大，P 型 IBC 受一体化龙头力推，三类电池处于发展导入期；此外，IBC 有望与 TOPCon 和 HJT 结合成下一代 TBC 及 HBC 技术，钙钛矿叠层电池极具远期发展潜力，技术前沿方案不断优化。未来较长时间，多种 N 型技术路线将竞相发展。

图表6 主要光伏厂商N型电池组件产品梳理

主要厂商	重点产品	技术路线	产品特性
晶科能源	Tiger Neo 系列组件	TOPCon	电池量产效率已达 24.75%，良率接近 PERC 量产水平，兼具高功率、高效率、高可靠性和低衰减等特点。2022 年 N 型 TOPCon 组件出货量预计达到 10GW。
晶澳科技	DeepBlue4.0X 组件	Bycium+ TOPCon 技术	由 182 PERC 产线技改量产，组件单瓦发电量比 p 型组件高 3.9% 左右，最高功率可达 625W，量产电池效率可达 24.8% 以上，组件最高转换效率可达 22.4%，BOS 成本最大可降低 2.1% 左右，LCOE 成本最大可降低约 4.6%
中来股份	J-TOPCon 2.0 电池 JW-HD144N 组件	TOPCon	采用 M10 大尺寸硅片，电池量产效率 24.5%，功率可以达到 570W，温度系数为 -0.32%/°C，首年衰减 1%，年度衰减 0.4%。TOPCon 组件较 PERC 高出 2-3% 发电量。
一道新能	DAON 组件	TOPCon	电池效率 24.6%，实验室电池效率 25.5%，采用 182 尺寸，有 54 片、72 片、78 片三种版型，满足户用分布式屋顶、工商业屋顶、集中式电站场景需求，30 年功率质保，首年衰减不超过 1%，此后每年衰减不超过 0.4%。
东方日升	“伏羲”系列组件	HJT	电池效率突破 25.5%，组件功率达 700W，组件效率达到 22.53%。
阿特斯	HiHero 屋顶组件	HJT	针对户用电站，采用 54 片 182 尺寸 HJT 电池，组件功率最高达到 440W，组件效率最高达到 22.5%。
华晟新能源	喜马拉雅 G12 系列组件	HJT	210 大尺寸 HJT 结合单面微晶技术，双面双玻半片，可实现高达 85% 的双面率以及更优的 LCOE 成本。G12 组件由公司宣城二期电池、组件产线生产，平均组件功率为 680-700W，最高可达 710W，高于同版型的 PERC 组件 50W 左右。HJT 二期项目电池批次平均转换效率 24.73%，冠军电池片效率 25.1%，组件全面积转化效率超过 23%。
爱旭股份	All Back Contact “黑洞” ABC 组件	N 型 IBC	采用了全新的背接触结构，正面无电极栅线遮挡，电池量产平均效率高达 25.5%，组件量产效率最高达 23.5%，最大功率 720 瓦。ABC 组件全生命周期发电量提高 11.6%，系统成本降低超 3%，同时采用了非银技术，材料成本大幅降低。
正泰	ASTRO N 系列组件	TOPCon	ASTRO N6(700W+)、ASTRO N5 ( 570W+ )、ASTRO N5s，对应地面电站、大型分布式电站、海外户用场景等，其中 ASTRO N5s 系列中，全黑设计的组件功率可达 420W，常规设计可达 430W。新品涵盖 M10 和 G12 两种 N 型大硅片，目前电池的正面效率 24.6%，背面做到 20%~21% 效率，整体双面率折算为 85%。
国电投黄河公司	Andromeda 仙女座 系列组件	IBC	IBC 电池平均量产转换效率 24.2%，组件量产转换效率 22.1%。

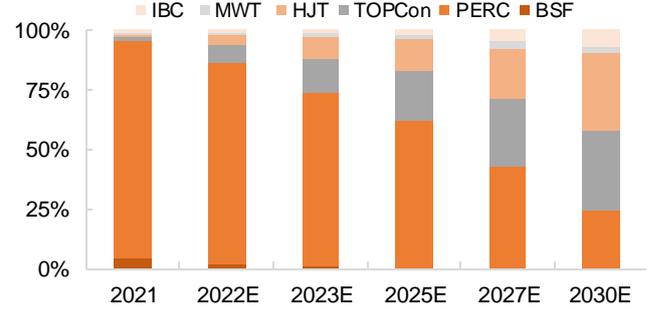
资料来源：北极星电力，公司公众号，平安证券研究所

图表7 2021-2030年各种电池技术平均转换效率趋势



资料来源: CPIA, 平安证券研究所

图表8 2021-2030年国内电池技术市场占比趋势



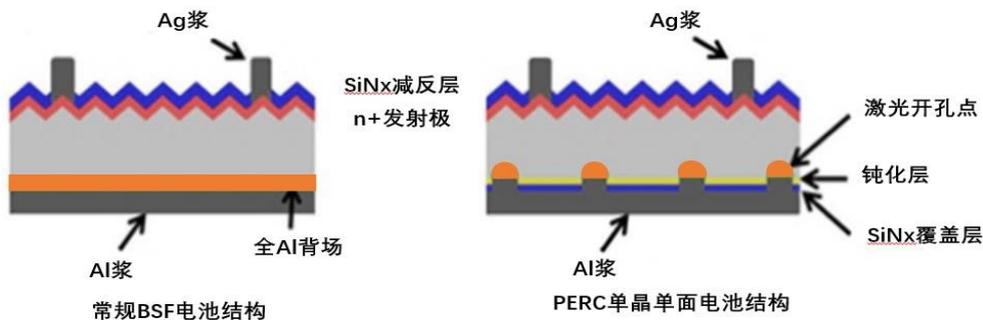
资料来源: CPIA, 平安证券研究所

## 二、TOPCon 经济性凸显，引领 N 型技术产业化元年

### 2.1 兼容 PERC 产线，TOPCon 强化钝化接触工艺

PERC 电池结构方面，与常规铝背场电池相比，PERC 电池背面增加了氧化铝 AlOx，氧化硅 SiOx 和氮化硅 SiNx 等钝化叠层，在工艺制程上主要增加了背面抛光、背面 ALD/PECVD 钝化及镀膜、激光开槽等三道工艺，在背面钝化和局部铝背场的共同效应下，PERC 电池效率得到有效提升。

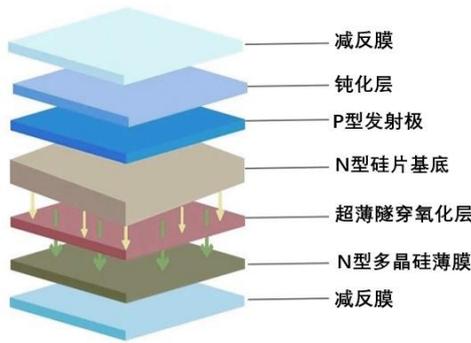
图表9 常规铝背场电池与 PERC 电池结构对比



资料来源: 全球新能源网, 平安证券研究所

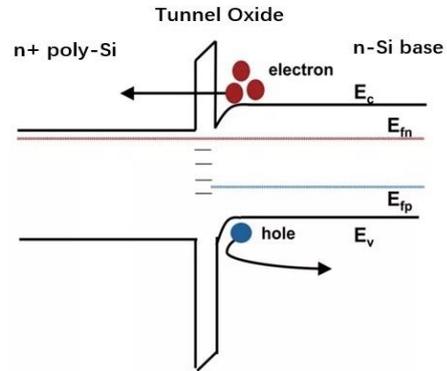
TOPCon 电池结构方面，该技术利用量子隧穿效应，在电池背表面制备一层超薄隧穿氧化层（1.5-2nm 氧化硅 SiO<sub>2</sub>），形成良好的化学钝化性能，允许多数载流子（电子）通过，阻止少数载流子（空穴）通过，降低多少子表面复合。同时，隧穿氧化层与高掺杂的 n 型多晶硅薄层 Poly-Si 共同形成了钝化接触结构，使电极不接触硅片就完成电流传输，降低背面金属复合，提升电池的开路电压和转换效率。TOPCon 产线与 PERC 产线兼容，工艺流程在 PERC 基础上增加了硼扩、隧穿氧化层和掺杂多晶硅层沉积等步骤，需要扩散炉和沉积设备等。

图表10 TOPCon 电池结构示意图



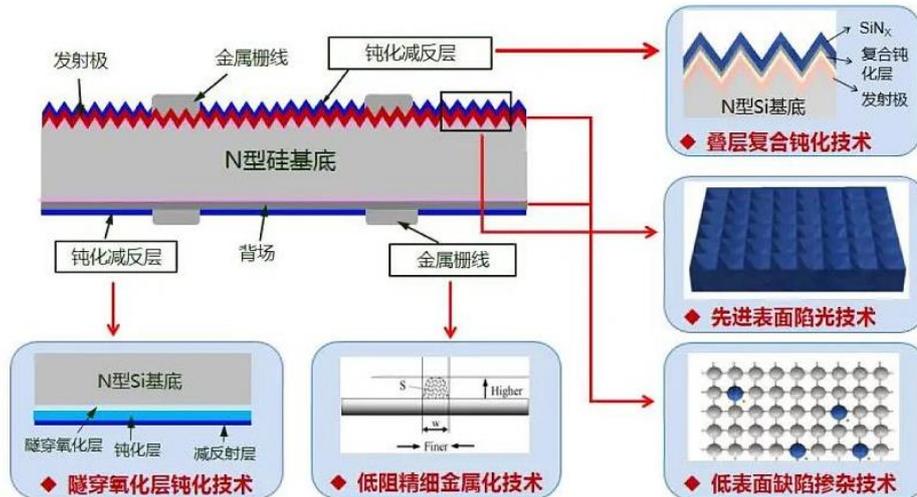
资料来源：一道新能，平安证券研究所

图表11 超薄隧穿氧化层示意图



资料来源：中来股份，平安证券研究所

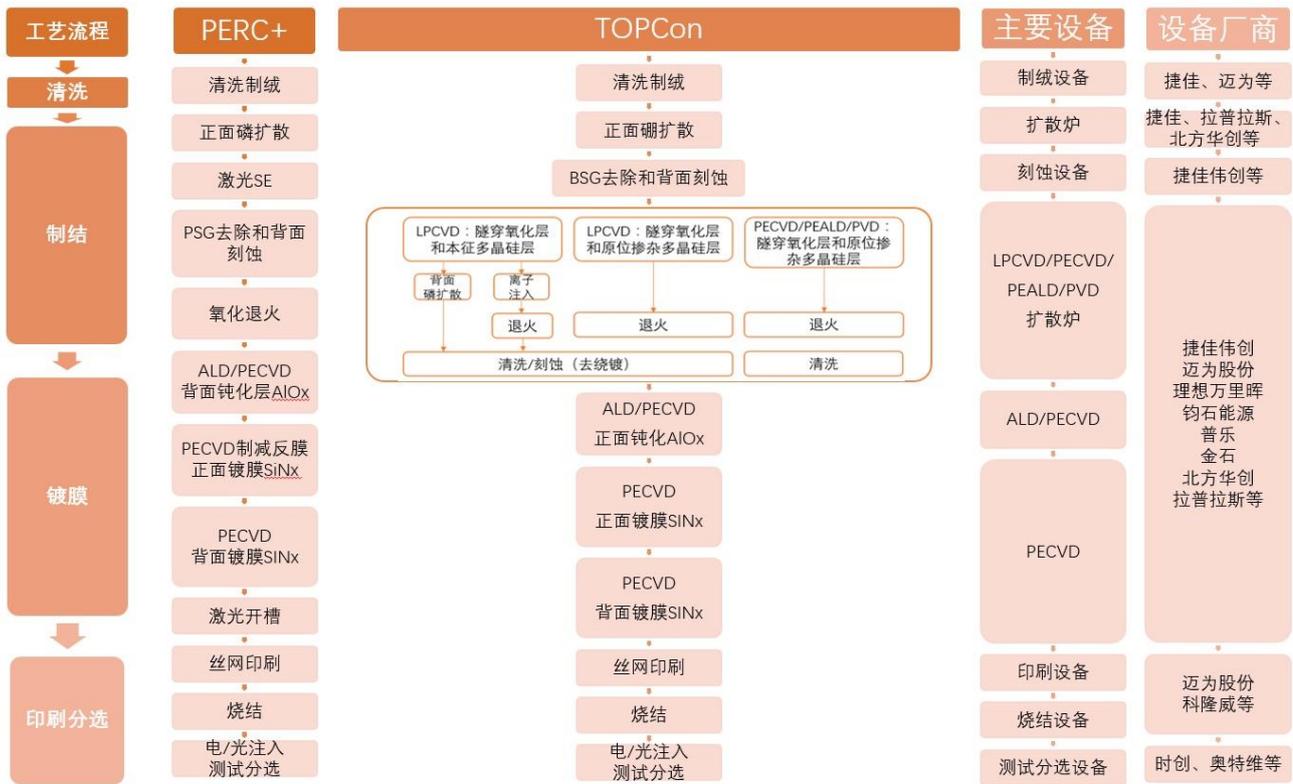
图表12 TOPCon 电池提效方案示意图



资料来源：英利能源，平安证券研究所

TOPCon 技术的核心工艺包括隧穿层氧化物生长、本征多晶硅沉积及多晶硅掺杂。在硼扩环节中，尽管硼扩与磷扩工艺及设备高度相似，但是因为硼在硅中的固溶度较低，导致硼扩相较常规的磷扩较难。在隧穿氧化层及多晶硅沉积——钝化接触结构制备环节中，主要有 LP+扩散/离子注入、LP+原位掺杂、PE+原位掺杂、PVD+原位掺杂等几种方式。

图表13 PERC与TOPCon电池工艺流程及主要设备厂商



资料来源: PVInfoLink, 一道新能, 北极星电力, 平安证券研究所

按照隧穿氧化层和多晶硅层的不同制备方式, 薄膜沉积主要包括 LPCVD、PECVD、PEALD、PVD 等作为核心设备的制作流程。当前主流的工艺为通过热氧法生长约 1.5-2nm 的隧穿氧化层, 同时通过 LPCVD 方法沉积 150-200nm 的薄多晶硅层, 再辅之磷扩进行掺杂, 但是该技术路线镀膜速度较慢, 或伴随绕镀、石英件沉积和良率偏低等问题。目前, 晶科等企业采用 LPCVD 路线为主, 已实现成熟量产, 可用良率基本与 PERC 持平。也有设备厂商逐步应用新的技术路线, 如 PECVD/PEALD/PVD。PECVD 配合原位掺杂, 可以实现同一台设备一次性完成氧化硅、多晶硅膜的沉积并掺杂, 工艺流程简化, 效率与 LPCVD 基本持平或略低, 且具有沉积速率快、绕度易去除、无石英耗材、设备与运维成本较低等优势, 单 GW 设备投资较 LP 低约 2000 万元, 但仍需解决成膜不稳定、良率较低等问题, 待客户端数据验证后有望逐渐打开市场空间。目前 TOPCon 主要任务尚需简化工艺、降本提效, 现各工艺路线并行存在, 新技术路线的设备需量产能力和市场应用进一步验证。当前捷佳伟创布局 LPCVD 和 PECVD 两条技术路线, 其中核心专用设备 PECVD-Poly 实现了隧穿层、Poly 层、原位掺杂层的“三合一”制备。

图表14 TOPCon 电池四种钝化技术比较

内容	LPCVD 路线	PECVD 路线	PEALD 路线	PVD 路线
工作原理	低压化学气相沉积法 将一种或数种气态物质，在较低压力下，用热能激活，使其发生热分解或化学反应，沉积在衬底表面形成所需的薄膜	等离子体增强化学气相沉积法 借助微波或射频等使含有薄膜组成原子的气体，在局部形成等离子体，而等离子体化学活性很强易发生反应，在基片上沉积出薄膜	等离子增强原子层沉积：结合了 ALD 和等离子体辅助沉积的优势	等离子氧化及等离子辅助原位掺杂技术——物理气相沉积：在真空条件下，用物理的方法（真空溅射镀膜）使材料沉积在被镀工件上的薄膜制备技术
掺杂方式	二次掺杂磷扩散 or 离子注入结合退火	原位掺杂	原位掺杂	原位掺杂
薄膜绕镀	绕镀，需增加额外刻蚀，且刻蚀控制较为复杂	原则上可实现无绕镀沉积，轻微绕镀易清洗	绕镀<1mm	预期无绕镀
优点	工艺成熟，控制简单容易 厚度均匀性好，致密度高	原位掺杂，几乎无绕镀，成膜速率快，成本低，易于制备硼掺杂及其他掺杂非晶硅	具有 PECVD 优势，更好的隧穿氧化物性能，镀膜均匀度好，氧源安全	原位掺杂，无绕镀，流程少，成膜速率快
缺点	成膜速率慢，有绕镀，需要高温，石英器件沉积严重，耗材成本较高	膜厚度均匀性差，纯度低，气泡问题，膜层致密度不高，膜含氢造成爆膜		设备成本高，靶材用量大，方阻均匀性偏差
成膜速度	3-6 nm/min (intrinsic 本征) 1-3 nm/min (in-situ doping 原位掺杂)	>10 nm/min (in-situ doping 原位掺杂)		>10 nm/min (in-situ doping 原位掺杂)
工艺时间	本征多晶硅沉积 (>120min) 磷扩散/离子注入结合退火	掺杂非晶硅沉积 (20-40min) 晶化退火 (30min)		NA
产品良率	90-95%	较 LPCVD 高，待验证		97% (中来)
设备需求	扩散炉 或 离子注入机/退火炉、刻蚀机	晶化处理需退火炉等 取决于技术方案的配套设备		隧穿氧化层需 PECVD 制备，晶华处理需退火炉等
常见问题	绕镀，石英器件沉积严重	气泡、掉粉		方阻均匀性
设备厂商	普乐、捷佳伟创、北方华创 LAPLACE、SEMCO	捷佳伟创、金辰股份 MB、微导	微导、艾华	江苏杰太、科锐、普乐
电池厂商	晶科、钧达、天合、隆基等	通威、晶澳、润阳等	通威、尚德	中来

资料来源：PV InfoLink, SOLARZOOM, 平安证券研究所

效率与成本优势显著，支撑着 TOPCon 电池在后 PERC 时代率先占据扩产高点。TOPCon 可基于 PERC 技术积累、人才储备和成熟设备的积淀进一步发展，同时投资成本相较于其他 N 型电池技术更具有经济性，单 GW 设备投资低于 HJT 和 IBC 电池，且可通过改造升级 PERC 产线（费用约 0.5 亿元/GW）拉长原有设备生命周期。此外，TOPCon 具有可观的发展潜力，目前平均量产效率约 24.5%+，晶科创造的实验室效率纪录为 25.7%，理论效率可达 28.7%（双面）。TOPCon 技术拥有完整的可持续发展的技术路线支撑，可应用选择性发射极/激光硼掺杂技术降低发射级钝化区域的复合损失和载流子传输损失，同时通过大尺寸薄片化、银铝浆替代、设备降价等途径进一步降本。后续，TOPCon 可与 IBC 技术结合形成 TBC（POLO-IBC）技术，量产效率达 26%-28%，还可实现与钙钛矿结合的叠层电池，迭代升级空间广阔。



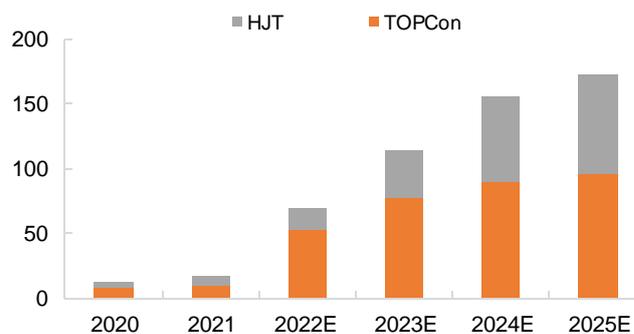
今年以来，多家光伏厂商公布其 TOPCon 电池组件扩产计划及量产进度，截止目前国内规划产能超百 GW，TOPCon 大规模量产开启了 N 型电池产业化元年。其中，一体化组件龙头如晶科、天合、晶澳等推动 TOPCon 由中试向规模化发展，一定程度上反应技术演进的市场化方向。中来、钧达、一道新能也有较大规模布局，协鑫和正泰正在布局赶上。2021 年国内 TOPCon 电池产能约 10GW，伴随效率、良率和规模化生产性价比的提升，其市占率将逐步提升，2022 年 TOPCon 电池产能规模有望超过 50GW，2023 年产能或达 80GW。

图表19 TOPCon 电池开启产业化元年



资料来源：一道新能，平安证券研究所

图表20 国内主要 N 型高效电池产能预测 (GW)



资料来源：PVInfoLink，平安证券研究所

**TOPCon 于技术竞赛中率先出圈，下半年产能将加速落地。**晶科能源海宁与合肥 16GW 182 TOPCon 产能已经满产，海宁电池量产效率已达 24.75%，可用良率与 PERC 持平，晶科成为行业首家建成 10GW 以上规模 N 型产品生产线的企业。6 月 28 日晶科“尖山二期 11GW 高效电池及 15GW 组件智能生产线项目”开工，电池量产平均效率目标 25% 以上。晶澳科技 2022 年末将形成 6.5GW N 型技术的产能，2023 年预计新增 15GW 以上产能。天合光能江苏宿迁 8GW TOPCon 电池项目已经启动，预计 2022 年下半年投产，其电池量产平均效率突破 24.5%。阿特斯 210 N 型 TOPCon 高功率组件计划在三季度试生产，四季度进入正式量产，很快达到 GW 级别，其正面最高功率可达 690W、双面最高可达 765W。中来股份在山西基地规划建设年产 16GW 高效单晶电池智能工厂，一期 8GW 规模，6 月 30 日中来山西一期首批 4GW 的 182/210 TOPCon 电池首片成功下线，并将快速推进一期后续 4GW 及二期 8GW 项目建设。钧达股份在 2021 年完成 TOPCon 技术路线的研发验证，将在安徽投资 112 亿建设 16GW 高效 TOPCon 电池片项目，预计一期 8GW 规模在 2022 年下半年投产爬坡。

图表21 TOPCon 电池组件主要厂商扩产布局情况

主要厂商	基地	现有产能	规划产能	电池效率
晶科能源	浙江海宁尖山 安徽合肥	中试 800MW 海宁+合肥 16GW 满产	合肥二期 8GW 在建 尖山二期 11GW 电池及 15GW 组件开工，电池量产平均效率目标 25% 以上 22 年 TOPCon 电池产能或达 35GW，出货目标 10GW；23 年 N 型出货占比 50%	24.6%+
中来股份	江苏泰州 山西	2.1 GW-166 尺寸 1.5 GW-182 尺寸 山西一期首批 4GW 部分产线开机分步爬坡	山西一期后续 4GW 在建，年底达 11.6GW 山西二期 8GW 规划建设中	24.5%
天合光能	江苏宿迁 西宁产业园	常州 500MW 新中试 210 尺寸	宿迁 8GW-尺寸 210 下半年投产 西宁一期 5GW 电池组件 (西宁二期 5GW 路线待定)	24.5%
晶澳科技	义乌、曲靖、合肥、扬州	宁晋 100MW 中试线	义乌 10GW 电池组件或为 Topcon， 曲靖 10GW 电池 5GW 组件、扬州 10GW 电池组件规划产能或为 Topcon	24.4%+

一道新能	浙江衢州	6GW	2022年或达20GW 2023年或达30GW	24.6%
钧达股份	安徽滁州	一期8GW年内达产	二期N型8GW待建	24.5%
协鑫集成	乐山		10GW, 一期5GW	
通威股份	眉山、金堂	中试1GW	金堂7.5GW及眉山7.5GW已预留可升级	试生产
阿特斯			GW级别, 三季度试生产, 四季度正式量产	组件效率 22.2%
无锡尚德	无锡	2GW尺寸182&210		
润阳			10GW下半年建成	
正泰电器	浙江海宁		2022年3GW, 2023年6GW 2025年达到20GW以上 十四五N型产能占比68%	24.6%
中清智慧光伏 (国电投参股)	湖北当阳	一期2GW组件	二期3GW电池+组件待建 10GW玻璃、背板、EVA胶膜等材料	

资料来源: PVInfoLink, 公司公告, 北极星电力, Wind, 平安证券研究所

### 2.3 TOPCon 经济性提升, 技术迭代红利将兑现

光伏电池组件进入技术迭代红利期, 布局 N型技术将被持续验证。根据正泰海宁研发基地实测数据, 由于 TOPCon 组件的弱光性能、工作温度和温度系数等因素影响, N型 TOPCon 电池单瓦发电量较常规 PERC 平均增益约 4%。在辐照度低的条件下, N型 TOPCon 组件更优的弱光性能可使组件单瓦发电量增益可达 3%。

当前, TOPCon 凭借效率较高、LCOE 较低、全生命周期性价比凸显等优势, 在终端应用中已经具备与 PERC 组件竞争的实力。今年以来, 晶科能源、一道新能等主要 TOPCon 厂商已经在国内大型地面电站招标过程中批量中标, 晶科全年 N型出货目标超过 10GW。与此同时, 华能集团、中广核、国家电投、中国华电、大唐集团、中核汇能等央企先后采购 TOPCon 组件, 其中华电与大唐采购量分别达 1.5GW 和 1GW, 华能在 2022 年度首批集采项目设置了针对 N型组件的独立标段。下游电站对 TOPCon 组件的采购意愿逐渐增强, 预计四季度 TOPCon 市场渗透率有望达到 10%, 1-2 年内率先布局的企业有望获得超额收益。

成本与溢价空间方面, 目前 TOPCon 组件成本较 PERC 高约 0.03-0.05 元/W, M10 尺寸 TOPCon 组件价格较 PERC 溢价约 0.03-0.1 元/W。目前在导入地面电站初期有让利开拓市场情况, 对终端电站厂家的吸引力较大, 技术迭代红利正在兑现。预计随着国产化银浆降价、银耗量下降、效率良率提升, TOPCon 电池组件盈利性将进一步提升。

图表22 PERC 与 TOPCon 电池组件价格对比

电池/组件	PERC 价格	TOPCon 价格	一道新能 TOPCon 报价
M10 电池	1.24-1.28 元/w	售价未形成主流、自用为主 1.3-1.36 元/w	双面 1.37 元/w (效率>24.6%)
M10 组件	单面单玻 1.90-2.02 元/w 双面双玻 1.92-2.05 元/w	单面 2-2.05 元/w 双面 2.05-2.08 元/w	双面双玻 2.15 元/w (功率>560W)

资料来源: PVInfoLink (2022.7.13), 一道新能 (2022.6.30), 平安证券研究所

图表23 TOPCon 实证案例情况

项目	TOPCon 品牌	运营数据
海兴领跑者某项目	-	2019.11-2020.9, TOPCon 整体发电能力优于 PERC 组件, 平均单瓦发电增益为 4.85%
白城领跑者某项目	中来股份	2019.8-2020.9, 同样平单轴支架, TOPCon 组件发电能力比两家 PERC

山西某大基地项目	晶科能源	组件分别高出 4.87%和 6.65%，发电量增益明显 晶科 N 型 TigerNeo 组件较 PERC 组件：降低 BOS 成本 3-4 分/w，提升发电量约 3%，项目全投资收益率提升 0.4%-0.46%
----------	------	--

资料来源：光伏盒子，中来股份，晶科能源，平安证券研究所

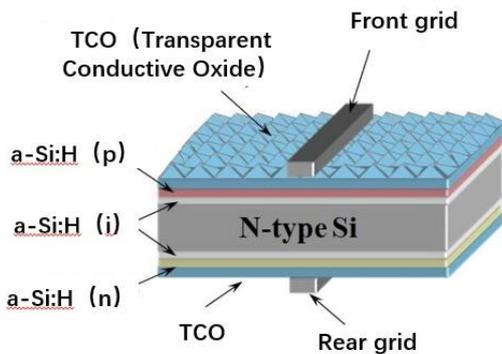
### 三、设备、材料端齐推“降本增效”，HJT 加速产业化

#### 3.1 HJT 工艺步骤相对简化，但工艺精度要求严苛

HJT 电池是具有本征非晶层的异质结电池，即在晶体硅上沉积非晶硅薄膜。电池结构方面，HJT 以 N 型单晶硅为衬底光吸收区，经过制绒清洗后，其正面依次沉积厚度为 5-10nm 的本征非晶硅薄膜 i-a-Si 和掺杂的 P 型非晶硅薄膜 p-a-Si，并与硅衬底形成 P-N 异质结。硅片的背面又通过沉积厚度为 5-10nm 的本征非晶硅薄膜 i-a-Si 和掺杂的 N 型非晶硅薄膜 n-a-Si 形成背表面场。在掺杂非晶硅薄膜的两侧沉积透明导电氧化物薄膜 (TCO)，再通过丝网印刷在 TCO 两侧顶层形成金属电极。异质结电池的关键技术在于超薄本征非晶硅层 i-a-Si，该薄层将 N 型衬底与两侧的掺杂非晶硅层完全隔开，大幅度降低晶体的表面复合，从而获得很高的开路电压。

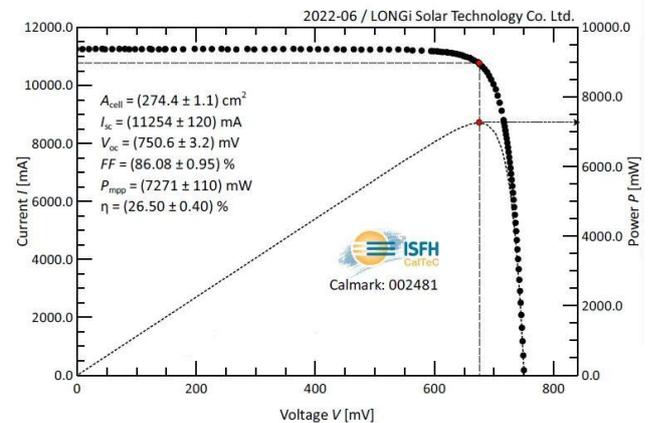
HJT 电池中长期发展优势显著，到 2022 年底国内 HJT 产能规模 (含在建) 或超过 15GW，后续经济性凸显后有望争夺市场主导地位。具体来看，HJT 电池 (1) 本征非晶硅钝化，开路电压较大，理论效率高达 28.5%；(2) 核心工艺流程仅 4 步，相对 PERC 与 TOPCon 流程简化；(3) 天然双面发电电池，双面率 >95%，增加发电增益；(4) 掺磷 N 型硅片，无硼氧复合、硼铁复合，无光衰；(5) 电池对称结构和低温工艺，适于薄片化降本；(6) 温度系数较小，高温环境下衰减较小，发电量相对较高。

图表24 HJT 电池结构示意图



资料来源：隆基 LONGi Solar，平安证券研究所

图表25 22 年 6 月隆基刷新 HJT 效率世界纪录 26.5%



资料来源：隆基 LONGi Solar，平安证券研究所

HJT 工艺流程方面，HJT 产线与 PERC 不兼容，需增配非晶硅与导电膜沉积设备，增加靶材需求。具体工艺中，清洗制绒主要有 RCA 和臭氧清洗法两种技术，其中臭氧清洗法的化学品耗量和废料处理成本更低，应用更广泛。非晶硅镀膜有等离子增强沉积 PECVD 与热丝镀膜沉积 HWCVD 两种设备，其中 PECVD 已实现国产化应用更为广泛，目前 VHF-PECVD 推动“微晶-HJT”技术变革。微晶工艺有助进一步提升 HJT 效率，使用掺杂微晶硅或者掺杂微晶氧 (碳) 化硅替代掺杂非晶硅，进一步提高掺杂浓度、增加透光性能，同时降低掺杂层的电阻，增大 HJT 电池的电流密度。HJT 工艺环节中，透明导电膜 (TCO) 可采用 PVD (磁控溅射)、RPD (反应等离子体沉积) 两种方法制备，PVD 工艺用直流磁控溅射制备 TCO，较为成熟，量产性更好；RPD 工艺采用蒸发镀膜法制备 WO 导电薄膜 (氧化钨掺钨)，薄膜导电性好，但设备价值量更高，

且靶材尚未规模量产。金属化丝网印刷工序因低温银浆需两次印刷，对印刷线的精度有较高要求，辐照退火也能有效提高电池效率。目前迈为股份、捷佳伟创均具备全套设备供应能力。

**图表26 HJT 电池工艺流程及重点设备**

工艺流程	工艺核心	主要设备	主流设备企业
硅片吸杂、背面抛光			
清洗制绒	硅片衬底双面制绒	制绒清洗机	迈为股份、捷佳伟创
制结	制备双面非晶硅薄膜	PECVD / HWCVD 设备	迈为股份、捷佳伟创、理想万里晖、 钧石能源、金辰股份
镀膜	制备双面 TCO 导电膜	PVD / RPD 设备	捷佳伟创、迈为股份、钧石能源
印刷电极	丝印前后电极 固化不超 250 度	丝网印刷机 烧结固化炉	迈为股份、捷佳伟创、金辰股份
电/光注入退火增效、测试分选			

资料来源: SOLARZOOM, 公司公告, 平安证券研究所

### 3.2 HJT 经济性仍待提升，设备、材料端助推降本增效

2022 年 6 月，经德国哈梅林太阳能研究所 ( ISFH ) 测试，隆基硅 HJT M6 全尺寸电池 ( 274.4cm<sup>2</sup> ) 光电转换效率达 26.5%，创造了大尺寸单晶硅光伏电池效率新的世界纪录。当前，HJT 电池平均效率约 24.5-24.7%，成本是制约 HJT 产业化发展的核心因素，HJT 与 PERC 正面竞争仍需设备端、材料端等全产业链环节助力降本增效，进一步提升经济性。

**HJT 降本增效发展路线主要分为 HJT1.0, HJT2.0, HJT3.0 三个阶段。**1.0 阶段采用非晶硅制备异质结，目前 HJT 主流企业 M6-12BB 电池单片银耗约 150mg ( 每瓦银耗量 22.3mg )，130-135μ m 厚度已获大量验证。2.0 阶段由正面微晶硅代替非晶硅，平均效率约 24.5%-24.7%，目标效率为 25%-25.2%，厚度或可降至 120μ m，采用钢板印刷+SMBB+背面银包铜等技术后单片银耗或可降至 120mg。3.0 阶段采用双面微晶 PECVD 设备，量产效率有望达到 25.5%，同时应用接近 100μ m 薄片和全面银包铜技术，银耗量有望降至 80mg/片 ( 每瓦银耗量约 11-12mg )，含银量约 30%。未来，利用电镀铜技术或可全面取代含银浆料，同时 HJT 与钙钛矿叠层电池技术结合，在全尺寸上效率有望突破 30%。HJT 的具体提效降本进度仍待实践数据验证。

综合来看，HJT 技术降本提效的过程中，电池设备企业主导工艺革新，较大程度确定电池转换效率与成本的基准水平，主要通过大产能设备、双面微晶 PECVD、半棒薄片技术、电镀铜设备、钢板印刷及激光转印、SMBB 高精度串焊等设备工艺革新降本增效；原材料企业辅助配合，实现高品质、低成本原辅料供应，推进低温银浆国产化、银包铜替代方案、靶材无钢化等进程；电池企业则通过温度湿度等环境把控、材料配比、气体速率、高精度工艺手法提升效率上限。

图表27 全产业链助力 HJT 降本增效

产业环节	降本增效事项	具体路径及目标效果	主导企业
设备端	微晶化—提效	微晶代替本征非晶硅，从单面微晶 PECVD 到双面微晶 PECVD 设备，双面微晶可提升效率至 25.5%	迈为股份等
	薄片化—降硅耗	前置半棒半片，薄片切割设备工艺 厚度 $\leq 120\mu\text{m}$ 可至 $100\mu\text{m}$ ，切片良率 $\geq 95\%$	高测股份等
	电镀铜—金属替代降银	目前电镀设备约 1.8 亿元/GW，需进一步降本 实现降银耗	迈为股份等
	超细栅+高精度串焊—降银耗	SMBB、SWCT 技术降银耗	奥特维等
	激光转印、钢板印刷	降银耗	帝尔、迈为等
材料端	低温银浆国产化、银包铜国产化—降银耗	背面银包铜、正背面全面银包铜 含银量 $\leq 30\%$ ，即 $12\text{mg/w}$ （成本约 3 分/w）	帝科、迈为等
	靶材无钢化—优化降本	双面 ITO—单面 ITO—SiNx/ITO 复合膜 设备降钢、叠层和回收降钢至 $2\text{mg/w}$ ，再到无钢化	迈为股份等
	高品质硅料	电子 II 级以上	通威股份等
	N 型硅片	掺杂元素更均匀、碳含量更低、厚度更薄	隆基、中环等
	高性能胶膜	POE 胶膜（抗 PID 性）、转光胶膜	赛伍技术等
	金刚线细线化	细线化、钨丝替代碳钢母线	美畅股份等
	高纯度热场	灰分要求 $< 100\text{ppm}$ 、降低杂质	金博股份等
	高纯度石英坩埚	降低杂质	石英股份等
电池组件端	工艺精度、温度湿度等环境把控、操作水平、材料配比、串焊封装、良品率等提效方式 降银耗、供应链管理、高精度串焊等成本管控		华晟、隆基等

资料来源：北极星电力，华晟新能源，平安证券研究所

### 3.3 新进者与央国企运营商布局发力，HJT 加速产业化

一直以来，光伏龙头企业是技术革新与应用的引领和主导者，但从 HJT 布局进展来看，主流一体化龙头对 HJT 的大规模量产安排相对谨慎，目前通威股份拥有 1GW 中试线，东方日升主推大尺寸异质结组件。而业外新进者如华晟新能源、金刚玻璃、明阳智能等，和下游央国企运营商如华润电力、国电投等则加速扩产布局。作为目前产能最大的 HJT 厂商，华晟新能源于 6 月 26 日发布了喜马拉雅 G12 系列组件，采用其宣城二期 HJT 电池，批次平均转换效率 24.73%，组件全面积转化效率超过 23%。预计到 2022 年三季度华晟将形成总计 2.7GW 的 HJT 产能，并积极推进宣城三期 4.8GW 项目建设，2023 年华晟合计 HJT 电池产能将突破 7.5GW，并有望达到 10GW。金刚玻璃将在原有的 1.2GW HJT 产能基础上新建 4.8GW 产能。央国企也开始入局异质结，国家电投拟与福建钜能电力共同建设 5GW 异质结项目；华润电力在舟山规划布局 12GW 的 HJT 产能，已启动厂房工程总承包招标。当下 HJT 的合计产能已经超过 6GW，伴随新技术的经济性优化与市场成熟度提升，后续具备进一步扩产潜力。

成本与溢价空间方面，目前 HJT 与 PERC 电池在单 W 成本端差距约 0.2 元/W 左右，国内 M6 尺寸 HJT 组件较 PERC 溢价约 0.2-0.3 元/W。HJT 转换效率已步入 24.6%+时代，随着设备和工艺的不断升级，今年 HJT 有望实现 25.00%+的量产效率。待微晶替代非晶、省硅省钢省银等降本增效路径验证成熟后，具备量产性价比的 HJT 扩张将越来越多，技术迭代的超额利润也会加速兑现。

图表28 PERC 与 HJT 电池组件价格对比

电池/组件	PERC 价格	HJT 价格
M6 电池	1.22-1.25 元/w	1.4-1.45 元/w
M6 组件	1.9-1.98 元/w	国内 2.15-2.2 元/w 海外 0.29-0.33 美金/w

资料来源: PVInfoLink (2022.7.13), 平安证券研究所

图表29 HJT 电池组件主要厂商扩产布局情况

主要厂商	基地	现有产能	规划产能
东方日升	常州金坛、宁海基地	常州 500MW 中试线	宁海总规划 15GW, 一期 5GW 预计 2023 年 4 月投产, 其中 2GW 或年底投产
华晟新能源	宣城 1-3 期、大理	一期 500MW 满产 二期 2GW 单面微晶投产 三季度达 2.7GW 产能	2023 年宣城三期 4.8GW 投产-双面微晶 大理规划 5GW 850MW 异质结硅片切片项目调试爬坡
通威股份	合肥、金堂	400MW 试验线 1GW 中试线	
爱康科技	江苏泰州、江西赣州、浙江湖州		五年内 22GW 异质结产能
明阳智能	盐城、信阳		规划布局 5GW 电池组件产线
金刚玻璃	苏州吴江	1.2GW 半片 210 尺寸 微晶 PECVD, 年目标效率 25.5%+, 功率 700w+	4.8GW 双面微晶 2023 年底前形成 6GW 产能
隆基绿能		HJT 研发与中试线	
华润电力	舟山		12GW 分 4 期建设, 2025 年达产
山煤国际			10GW, 一期 3GW
阿特斯	嘉兴	200MW	
晶澳科技		200MW 中试线	

资料来源: PVInfoLink, 公司公告, 北极星电力, 平安证券研究所

## 四、IBC 兼容性优越，技术延伸空间广阔

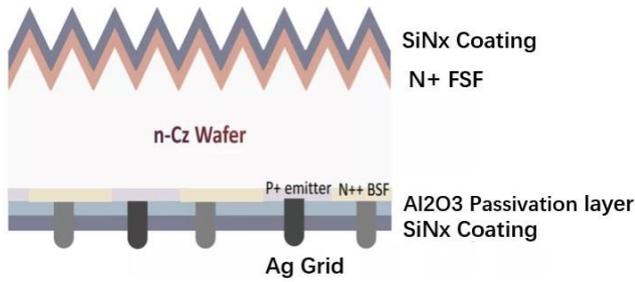
### 4.1 IBC 工艺相对复杂，兼容性优越

IBC 为交叉背接触电池，是指电池正面没有电极，正负金属栅线交叉排列在电池背面的结构。电池结构方面，IBC 电池的 PN 结和金属接触位于太阳电池的背部，前表面避免了金属栅线电极对光的遮挡，而金字塔绒面结构和减反层组成的陷光结构，能够最大限度地利用入射光，减少光学损失，具有更高的短路电流。电池前表面无遮挡，提高转换效率且外形美观，适合应用于中高端分布式光伏市场特别是光伏建筑一体化 BIPV，具有较大的商业化前景。

从工艺制程来看，IBC 工艺较为复杂且成本较高，重点包括离子注入、掩膜、开槽、刻蚀以及 PN 区的制备。离子注入环节需采用精度高、均匀性好的离子注入设备，掩膜使用 PECVD 或 APCVD 设备，刻蚀使用湿法设备，PN 区的制备使用 PECVD，开槽使用激光开槽设备。IBC 的关键工艺在于在电池背面形成交叉排列的 p+区和 n+区，以及在上面形成金属化接触。因此，IBC 电池的制作需要采取局部掺杂法，利用光刻或者激光形成所需要的图案，然后采取两步单独的扩散过程来形成 p 型区和 n 型区。同时，IBC 关键工艺还在于丝网印刷的对准精度问题和印刷重复性问题，因此对电池背面图案和栅线的设计要求非常高。

作为产业化 IBC 电池技术的领先者，Sunpower 研发的第三代 IBC 电池最高效率已经达到 25%。然而，目前 IBC 电池制备需要多种复杂的工艺使得其制造成本较高，一定程度制约 IBC 电池的大规模应用。未来依托其兼容性，IBC 将与 TOPcon 技术结合形成 TBC 电池，利用 IBC 高的短路电流与 TOPCon 优异的钝化接触特性，获得更高的电池效率；同时可与 HJT 技术结合成 TBC 电池，利用 IBC 高的短路电流与 HJT 高的开路电压的优势，获得高电池效率。对于提前布局 IBC 路线的光伏企业，未来将有储备优势进行下一步延伸拓展。

图表30 IBC 电池结构



资料来源：口袋光伏，平安证券研究所

图表31 IBC 电池简版工艺流程



资料来源：未来智库，平安证券研究所

## 4.2 隆基爱旭规模化布局，抢占分布式光伏市场

当前光伏电站的应用场景愈发多样化，组件厂商也需差异化、定制化技术产品满足下游运营商复杂场景下的安装需求。目前 IBC 技术路线应用中，国电投下属公司黄河水电拥有 200MW IBC 电池组件产线，平均量产转换效率达到 24.2%，组件量产转换效率达到 22.1%；光伏龙头隆基绿能主推应用于分布式领域的 P 型 IBC 技术（HPBC 技术路线），到 2022 年底有望在西咸和泰州形成 19GW 的产能；爱旭计划年内在珠海形成 6.5GW 的 N 型 IBC 产能（ABC 技术路线）。

HPBC 电池利用 P 型单晶硅衬底作为 P 区，正背面无需硼掺杂，也省去了较贵的离子注入和光刻、掩膜设备，工艺步骤相对简单；同时，P 区正电极采用铝浆，银浆使用量降低 50%，降低了生产成本。预计改良后 P 型 IBC 设备与 PERC+/TOPcon 设备成本较为接近，预计单 GW 投资额约在 1.5-2 亿元左右。隆基 HPBC 新电池产能预计将于今年三季度投产，主要针对中高端分布式及 BIPV 市场，有望在国内及欧美市场通过差异化竞争贡献业绩弹性。

爱旭股份旗下子公司深圳赛能于 2022 年 6 月 28 日发布全新产品 N 型 ABC 组件，全称“All Back Contact”，正面全黑名为“黑洞”系列。其电池为背结背接触结构，正负两极金属接触均在电池背面，正面无电极栅线遮挡，可 100%接收太阳光，最大限度优化电极栅线，降低串联电阻，电池量产平均效率高达 25.5%。本次 ABC 组件分为 54、66、72、78 片四种版型，适应户用屋顶、工商业屋顶、光伏建筑一体化等各类应用场景需求。ABC 组件量产效率最高达 23.5%，最大功率 720 瓦，同时应用非银化技术进一步降本。据爱旭测算，相较于目前主流的 P 型产品，ABC 组件产品全生命周期发电量提高 11.6%，系统成本降低超 3%，降本增效明显。

## 五、投资建议

N 型技术降本进度、扩产计划、商业应用的经济性情况值得关注，建议投资布局围绕三条主线：

### 1、关注采取差异化竞争策略的光伏电池组件龙头

N 型高效电池组件将成为光伏厂商市场差异化竞争和盈利提升的重要因素，新型技术将为电池组件企业贡献业绩弹性。建议

关注布局 TOPCon 电池组件的主要厂商如天合光能、晶澳科技、钧达股份等，预计今明年大规模出货的厂商将获得超额收益；关注 HJT 布局企业如通威股份、东方日升等，伴随经济性与性价比优化，后续技术迭代红利将快速兑现；关注分布式领域主推 P 型 IBC 技术应用的一体化龙头隆基绿能。

## 2、关注硅片、电池片、组件等环节 N 型电池设备龙头

N 型电池的快速发​​展需设备环节持续助力降本增效，设备先于光伏电池和组件产品成熟，电池设备企业主导工艺革新，建议关注迈为股份、捷佳伟创、高测股份、金博股份、帝尔激光等企业。

图表32 N 型电池主要设备厂商梳理

产业链环节	设备企业	产品特性
硅片环节	晶盛机电	单晶炉龙头，受益于 N 型硅片扩产
	高测股份	布局切割设备及金刚线，HJT 半棒、薄片切割技术领先
	上机数控	异质结 N 型硅片切片机，制备异质结薄片化 N 型硅片
电池环节	金博股份	高纯度热场
	京山轻机	HJT 清洗制绒设备，钙钛矿电池设备
	迈为股份	HJT 整线设备国内市占率与全球市占率双项第一，在双面微晶、低钢无钢、电镀等领域率先布局，与硅片、电池、原材料、辅材等环节深度合作
	捷佳伟创	实现 PERC+/TOPCon/HJT 设备全覆盖，具备 HJT 整线能力 其 TOPCon PE-poly 三合一设备有望获得更多应用
组件环节	帝尔激光	布局 TOPCon/HJT/IBC 多种高效技术，转印技术持续突破，XBC 路线有望受益
	金辰股份	具备光伏组件设备“全链条”供应能力，持续发力 HJT、TOPCon 电池核心设备，非晶 HJT 用 PECVD 设备已获晋能产线验证，微晶 HJT PECVD 设备已运抵晋能科技。
	奥特维	成熟组件的设备，新进入硅片设备、电池片设备领域：高精度串焊技术领先，光注入设备可以修复 N 型电池效率损失，子公司松瓷机电单晶炉布局 N 型硅片

资料来源：北极星电力，公司公告，平安证券研究所

## 3、关注推进 N 型技术降本与国产化的原材料及辅材企业

N 型电池规模化、经济性发展需要全产业链的供应配合。N 型电池对于硅片的品质乃至硅料的质量要求较高，目前国内 N 型硅料供应产能偏紧，N 型硅片品质也影响着电池良率水平。建议关注 N 型高品质硅料、N 型硅片、国产化银浆、银包铜材料、无钢靶材、适宜 N 型组件的转光/POE 胶膜等原材料和辅材的降本提效与国产化替代的投资机会，建议关注帝科股份、福斯特等企业。

## 六、风险提示

- 1、光伏需求受国内外行业及贸易政策、疫情、产业链上游产品价格等因素影响，存在市场需求不及预期的风险；
- 2、N 型电池组件效率提升水平及可靠性仍待长期实证数据验证，或存在提效水平不及预期的风险；
- 3、N 型技术快速发展需设备端和材料端进一步降本，或面临国产化程度不足、经济性瓶颈难突破等情况，存在新型技术产业化速度不及预期的风险。

## 平安证券研究所投资评级：

### 股票投资评级：

- 强烈推荐（预计 6 个月内，股价表现强于市场表现 20% 以上）
- 推 荐（预计 6 个月内，股价表现强于市场表现 10% 至 20% 之间）
- 中 性（预计 6 个月内，股价表现相对市场表现在  $\pm 10\%$  之间）
- 回 避（预计 6 个月内，股价表现弱于市场表现 10% 以上）

### 行业投资评级：

- 强于大市（预计 6 个月内，行业指数表现强于市场表现 5% 以上）
- 中 性（预计 6 个月内，行业指数表现相对市场表现在  $\pm 5\%$  之间）
- 弱于大市（预计 6 个月内，行业指数表现弱于市场表现 5% 以上）

### 公司声明及风险提示：

负责撰写此报告的分析师（一人或多人）就本研究报告确认：本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格。

平安证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本公司研究报告是针对与公司签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本公司研究报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。未经书面授权刊载或者转发的，本公司将采取维权措施追究其侵权责任。

证券市场是一个风险无时不在的市场。您在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。请您务必对此有清醒的认识，认真考虑是否进行证券交易。

市场有风险，投资需谨慎。

### 免责条款：

此报告旨在发给平安证券股份有限公司（以下简称“平安证券”）的特定客户及其他专业人士。未经平安证券事先书面明文批准，不得更改或以任何方式传送、复印或派发此报告的材料、内容及其复印本予任何其他人。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被平安证券认为可靠，但平安证券不能担保其准确性或完整性，报告中的信息或所表达观点不构成所述证券买卖的出价或询价，报告内容仅供参考。平安证券不对因使用此报告的材料而引致的损失而负上任何责任，除非法律法规有明确规定。客户并不能仅依靠此报告而取代行使独立判断。

平安证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。报告所载资料、意见及推测仅反映分析员于发出此报告日期当日的判断，可随时更改。此报告所指的证券价格、价值及收入可跌可升。为免生疑问，此报告所载观点并不代表平安证券的立场。

平安证券在法律许可的情况下可能参与此报告所提及的发行商的投资银行业务或投资其发行的证券。

平安证券股份有限公司 2022 版权所有。保留一切权利。

## 平安证券

### 平安证券研究所

电话：4008866338

#### 深圳

深圳市福田区益田路 5023 号平安金融中心 B 座 25 层  
邮编：518033

#### 上海

上海市陆家嘴环路 1333 号平安金融大厦 26 楼  
邮编：200120

#### 北京

北京市西城区金融大街甲 9 号金融街中心北楼 16 层  
邮编：100033