

2022年06月17日

光伏

从颠覆性技术视角看 HJT 电池商业化

——HJT 商业化系列专题报告（四）

■光伏制造业和光伏设备行业的高弹性与高估值很大程度上来源于其降本增效过程中众多颠覆性技术创新带来的价值重塑。技术进步的方式分为颠覆性创新与延续性创新，当光伏电池片技术从 P 型转向 N 型时代出现了较为明显的技术分流：一路以 TOPCon 为代表的延续性技术，工艺与 P 型时代主流的 Perc 技术一脉相承；另一路以 HJT 为代表的颠覆性技术，性能上具有众多优势，但产线、工艺与 Perc 时代互不相通。目前来看 HJT 与 TOPCon 技术在电池片制造端已进入实战对垒阶段，二者孰优孰劣，市场声音莫衷一是。我们认为，TOPCon 作为 Perc 的延续性技术其产业化之路是顺理成章之事，短期的确定性已然显现。而从中长期维度看，HJT 电池技术未来有望在众多电池片技术中脱颖而出，并在一定时间内成为业内的主流技术。

■HJT 作为颠覆性技术，当下时点产业化之路仍有一定阻碍。(1) 从技术角度看：①HJT 电池制备的核心工艺发生本质性变化，对于在位电池片厂商而言，上一个技术代际累积的产能会变为技术转型的“包袱”；②在位电池片厂商在新的技术方向上布局、以及等待 HJT 市场成熟需要一定时间的沉淀；③电池厂商 PERC 时代的部分核心研发人员在 HJT 时代有被边缘化的风险。(2) 从成本的角度看：我们测算 2022 年达产的 HJT 电池（基于 M6 硅片）单瓦生产成本比主流 PERC 电池仍将高出 0.1 元，对主流电池片厂商而言，大规模投产暂不经济。这些因素共同导致当前主流电池片厂商暂不大规模下场扩产 HJT。

■HJT 电池技术具有未来在众多电池片技术中脱颖而出的“杀手锏”。

(1) 性能方面：①相较其他电池片技术路线具有更高的光电转换效率，拉低平准化度电成本 (LCOE)，使得未来 HJT 组件在光伏发电系统中接受度更高；②作为平台级技术，与下一代钙钛矿电池技术融合形成叠层电池更加顺畅，突破晶体硅太阳电池范畴。(2) 降本方面：①HJT 电池更加支持硅片薄片化发展趋势，未来有望大幅降低电池片第一大成本硅片成本，直击电池片行业痛点；②“银包铜”技术产业化及设备降本也能在一定程度上降低 HJT 电池片单瓦生产成本。HJT 电池未来有望成为极具性价比的电池片技术。

■投资建议：设备环节是光伏全产业链较好投资赛道，设备领先于电池片产品成熟，行业景气来临，设备先行。针对电池片设备环节，建议关注应对产业变革能力强，综合竞争优势明显的企业：(1) 迈为股份：

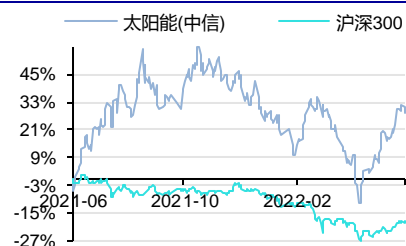
行业专题报告

证券研究报告

投资评级 领先大市-A
维持评级

首选股票	目标价	评级
300751	迈为股份	买入-A
300724	捷佳伟创	买入-A
688556	高测股份	买入-A
300316	晶盛机电	买入-A

行业表现



资料来源：Wind 资讯

%	1M	3M	12M
相对收益	12.46	-5.08	46.67
绝对收益	18.32	0.91	28.40

郭倩倩

分析师

SAC 执业证书编号：S1450521120004
guoqq@essence.com.cn

范云浩

分析师

SAC 执业证书编号：S1450521120007
fanyh@essence.com.cn

相关报告

光景这边独好，产业变革下适者胜出
2022-05-09

从供需平衡表，论光伏 EVA 产业链投资机会
2021-07-08

三论光伏跟踪系统：全球市场景气向上，中国跟踪展露锋芒
2021-05-29

受益大尺寸硅片扩产潮，碳/碳热场加速渗透
2021-05-18

光伏逆变器：行业景气持续，龙头业绩高增
2021-05-07

HJT 整线设备代表性供应商，根据我们统计的公开招标及中标信息，按规模计算，2021 年以来，公司 HJT 核心设备市占率超过 70%，设备持续迭代，先发优势明显。(2) **捷佳伟创**：PERC 时代电池片核心设备龙头，多技术路线布局契合行业当下发展特点，独家 TOPCon PE-poly 设备未来有望在细分技术领域获得较高市场份额。(3) **金辰股份**：趁 HJT 颠覆性技术东风，由组件设备切入高价值量电池片设备赛道，把握 HJT 产业化前期设备认证窗口期，微晶工艺进展顺利。(4) **帝尔激光**：全球光伏激光设备龙头，在 PERC 电池激光消融+SE 激光掺杂环节全球市占率近八成。(5) **海目星**：国内激光及自动化综合解决方案的领先企业，有望率先受益于 TOPCon 激光硼掺技术的规模化应用。

■ **风险提示**：HJT 产业化及降本进度不及预期；HJT 并非光伏电池片最终技术被其他电池片技术分流或绕过；下游装机量不及预期；技术分流带来产业价值分流；技术迭代过快在位设备企业应对不力。

内容目录

1. 我们认为投资光伏制造及设备行业的底层逻辑是买其“高弹性”.....	4
2. N型电池片时代技术分流带来价值分流，以HJT为代表的颠覆性技术与以TOPCon为代表的延续性技术渐入实战对垒阶段.....	4
3. 颠覆性技术 HJT 当前的产业化壁垒，当下时点为何主流电池片厂商暂不大规模下场扩产HJT?	5
4. 颠覆性技术 HJT 未来有望脱颖而出的“杀手锏”是什么?	7
5. 投资建议：设备端是光伏全产业链较好的投资环节.....	11
6. 风险提示.....	12

图表目录

图 1: 2012-2021 全球风电主机厂市场份额排名，10 年来竞争格局相对稳定.....	4
图 2: 2011-2020 全球光伏电池片龙头厂商几经易主.....	4
图 3: TOPCon 工艺与产线与 PERC 兼容性较强，HJT 与 PERC 工艺与产线不兼容.....	5
图 4: BSF 电池结构示意图.....	6
图 5: HJT 电池结构示意图.....	6
图 6: 从成本角度，预计 2022 年 HJT 单瓦生产成本比主流 PERC 仍将高出 0.1 元.....	6
图 7: LCOE 模型预设 (Presets)	8
图 8: LCOE 模型输入参数 (Input Parameters)	8
图 9: LCOE 模型其他参数.....	8
图 10: 光电效率提升对 LCOE 降幅的敏感性分析表.....	9
图 11: 光电效率提升对 LCOE 降幅的敏感性分析图.....	9
图 12: 2021-2030E, CPIA 预测各类电池技术平均转换效率变化趋势.....	9
图 13: HJT+钙钛矿可以突破晶体硅太阳电池的效率极限.....	10
图 14: 若 HJT 电池工艺硅片薄片化实现、银包铜技术产业化、单 GW 设备投资额下降单瓦生产成本为 0.49 元.....	10
图 15: 光伏设备板块重点关注公司盈利预测.....	12

1. 我们认为投资光伏制造及设备行业的底层逻辑是买其“高弹性”

我们认为，行业发展属性决定投资属性，光伏制造及设备赛道的高弹性来源于降本增效过程中技术创新带来的价值重塑。对比光伏与风电两种不同发电侧的能源形式，其“降本增效”的形式截然不同。风机通过大型化增加风资源捕捉能力并摊低单 MW 生产成本，由于机械制造属性较强，其大型化的技术演进趋势更多是“渐进式”创新，技术创新不算极快，各环节制造端 Know-How 的延续性更强，业态相对稳定。而光伏行业技术创新与迭代层出不穷，单晶硅太阳能电池技术取代了多晶硅太阳能电池技术、金刚线切割技术取代了砂浆切割技术，背钝化（PERC）太阳能电池技术取代了常规铝背场（BSF）太阳能电池技术等等。生产力进步的同时往往意味着业态的重塑。从制造端角度看，产能通常具有颠覆性，即上一个技术代际累积的产能越多，下一个技术代际转型的“包袱”越大，每一轮技术变革过程中应对不力的企业往往陷入经营困境，而新上位者弹性极大。

行业稳定性方面，我们以风电主机厂与光伏电池片厂商各自竞争格局进行对比，技术延续性较强的风电主机厂竞争格局相对稳定，尤其前三大主机厂金风科技、远景、明阳在 2016-2021 年连续 6 年格局维持稳定。而技术变化较快的电池片厂商格局并不稳定，从 2010-2020 年间龙头企业几经易主，呈现“王无恒王”的格局。

图 1：2012-2021 全球风电主机厂市场份额排名，10 年来竞争格局相对稳定

排名	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	金风	金风	金风	金风	金风	金风	金风	金风	金风	金风
2	联合动力	联合动力	联合动力	联合动力	远景	远景	远景	远景	远景	远景
3	华锐	明阳	明阳	远景	明阳	明阳	明阳	明阳	明阳	明阳
4	明阳	远景	远景	明阳	联合动力	联合动力	联合动力	运达	上海电气	运达
5	湘电风能	湘电风能	湘电风能	重庆海装	重庆海装	重庆海装	上海电气	东方电气	运达	上海电气
6	上海电气	上海电气	上海电气	上海电气	上海电气	上海电气	运达	上海电气	中车风电	中国海装
7	远景	华锐	东方电气	湘电风能	湘电风能	湘电风能	中国海装	中国海装	东方电气	中车风电
8	Camesa	重庆海装	重庆海装	东方电气	东方电气	运达	湘电风能	联合动力	三一重能	三一重能
9	东汽	东汽	运达	运达	运达	东方电气	Vestas	中车风电	中国海装	东方电气
10	Vestas	运达	华锐	三一重能	华创风能	华创风能	东方电气	三一重能	联合动力	联合动力

资料来源：CWEA，安信证券研究中心

图 2：2011-2020 全球光伏电池片龙头厂商几经易主

排名	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	First Solar	英利	英利	晶澳	晶澳	晶澳	天合	通威	通威	通威
2	晶澳	First Solar	天合	英利	天合	天合	晶澳	韩华	晶澳	爱旭
3	尚德	尚德	晶澳	天合	韩华	韩华	韩华	天合	隆基	晶科
4	英利	天合	新日光	茂迪	茂迪	晶科	阿特斯	晶澳	韩华	晶澳
5	天合	阿特斯	晶科	韩华	晶科	茂迪	晶科	晶科	爱旭	隆基
6	茂迪	晶澳	茂迪	新日光	英利	英利	通威	阿特斯	天合	韩华
7	昱晶	夏普	韩华	晶科	新日光	顺风	顺风	隆基	晶科	阿特斯
8	新日光	韩华	昱晶	昱晶	阿特斯	通威	爱旭	爱旭	阿特斯	天合
9	阿特斯	Sun Power	阿特斯	阿特斯	顺风	阿特斯	茂迪	展宇	东方日升	展宇
10	Sun Power	晶科	Sun Power	海润	昱晶	新日光	英利	顺风	展宇	东方日升

资料来源：CPIA，安信证券研究中心

2. N 型电池片时代技术分流带来价值分流，以 HJT 为代表的颠覆性技术与以 TOPCon 为代表的延续性技术渐入实战对垒阶段

技术进步的方式通常分为颠覆性创新与延续性创新，在光伏电池片领域，我们认为相较于 2021 年的主流 PERC 电池片技术，HJT 是较为典型的颠覆性技术创新，TOPCon 是较为典型的延续性创新。颠覆性技术（disruptive technology）的内涵是现有技术造成巨大冲击甚至革命最终超越原有技术，既可以是在重大技术范式变革中形成的新技术，也可以是现有技术的颠

覆性创新组合或创新应用。延续性技术 (sustaining technology) 是对现有技术进行“增量式”的改进。颠覆性技术一旦成功上位，可能不仅改变现有的产品性能，还对市场规则、竞争格局、产业形态产生深远影响。2021 年 PERC 电池的产业化平均光电转换效率达 23.1% 逼近其理论极限，更高转换效率的 N 型技术路线替代 PERC 成为主流电池片技术已成为大势所趋。N 型电池片阶段出现技术分流，形成 TOPCon/IBC/HJT 多种技术路线并行的局面。本文将主要工艺、产线与 PERC 兼容性强的 N-TOPCon 技术路线定为延续性技术；将工艺与 PERC 不兼容，产线需要完全重置，但初始光电转换效率高，未来与钙钛矿电池融合更为顺畅的 HJT 技术界定为颠覆性技术。若未来 HJT 电池技术大爆发，会给全行业带来极大的价值重置，制造端与设备端弹性大。

图 3：TOPCon 工艺与产线与 PERC 兼容性较强，HJT 与 PERC 工艺与产线不兼容



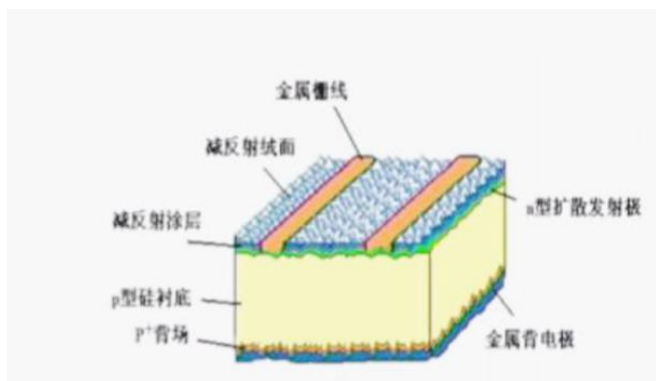
资料来源：安信证券研究中心整理绘制

3. 颠覆性技术 HJT 当前的产业化壁垒，当下时点为何主流电池片厂商暂不大规模下场扩产 HJT？

(1) 技术角度：电池片制结工艺与钝化工艺发生根本性变化，会产生产能包袱问题，同时电池片厂商研发、专利布局需要时间沉淀，若 HJT 技术上位则上一技术代际研发人员有被边缘化风险。太阳能电池的工作原理是基于光电效应，在光照下，产生电子和空穴对，由于局部电场 (p-n 结场)，空穴和电子会走向相反的方向进行分离 (电子向 N 区，空穴向 P 区)，接通电路后就形成电流。自 1954 年贝尔实验室首次制备单晶太阳能电池以来，太阳能电池的基本工作原理没有发生变化，然而电池结构及制备工艺却在不断迭代。光伏电池片的核心结构是 PN 结，早期的 BSF 电池、PERC 电池是一种较为典型的同质 PN 结，基于 P 型衬底，刻蚀挖孔，“热扩散”掺杂磷形成 N 区，结合界面形成 p-n 结，形成耗尽层，电子与空穴相遇，载流子消失，耗尽层 P 型侧带负电，n 型侧带正电，聚集形成内建电场，其核心的制结工艺属于 600℃ 以上的高温工艺体系，而 HJT 的核心制结工艺采用 200℃ 以下低温超薄薄膜工艺，且在制备工艺上与钝化 (防止载流子复合增加光电转换效率) 效果合二为一。以图 5 日本三洋 HJT 电池片结构为例，前表面采用 CVD (化学气相沉积) 镀膜的方式形成 p-i-n 结 (也有 HJT 电池采用反式结构暂不讨论)，核心制结工艺与 BSF、PERC、TOPCon 一脉相承的高温

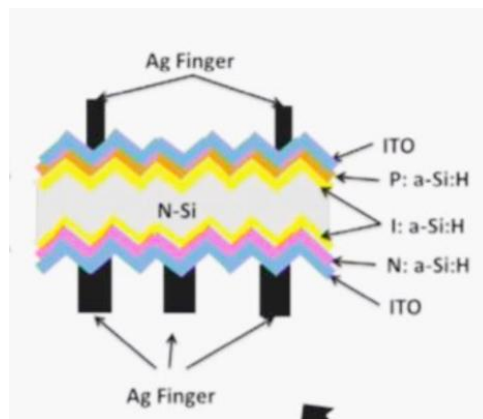
工艺体系发生了根本性变化。因此，电池片厂商研发体系的搭建、专利布局需要一定时间上的沉淀，同时 PERC 时代在位的研发人员不愿被边缘化或是主流电池片厂商短期更为支持延续性技术 TOPCon 路线的重要因素之一。

图 4：BSF 电池结构示意图



资料来源：CNKI，安信证券研究中心

图 5：HJT 电池结构示意图



资料来源：CNKI，安信证券研究中心

(2) 成本角度：通过测算，2022 年达产的 HJT 电池（基于 M6 硅片）单瓦生产成本比主流 PERC 电池仍将高出 0.1 元。具体来看多出的单瓦制造成本主要来源于：(1) 设备折旧，预计 2022 年 HJT 设备初始投资价格在 4 亿元/GW，PERC 1.5 亿元/GW，HJT 设备折旧成本 0.08 元/W，PERC 设备折旧成本 0.03 元/W；(2) 银浆浆料，预计 2022 年银浆含税价格 6500 元/kg，PERC 使用的高温银浆单片银浆耗量 96mg，HJT 使用低温银浆单片银耗量 170mg，则 PERC 银浆含税成本 0.10 元/W，HJT 银浆含税成本 0.16 元/W。(3) 靶材成本，HJT 电池结构含 TCO（透明导电膜）因此需要贵金属靶材钨，HJT 靶材含税成本 0.01 元/W。综合来看，2022 年，HJT 电池总成本（含税）0.68 元/W，PERC 电池总成本（含税）0.7 元/W，HJT 单瓦生产升本比主流 PERC 电池仍高出 0.1 元。

图 6：从成本角度，预计 2022 年 HJT 单瓦生产成本比主流 PERC 仍将高出 0.1 元

参数		PERC 单晶硅太阳能电池	HJT 单晶硅太阳能电池
关键技术信息	光电转换效率 (%)	23.4	24.8
	M6 硅片单片标称功率 (W)	6.42	6.80
关键假设	税率 (%)		13
	设备折旧期 (年)		5
M6 硅片成本	含税价格 (元/片)	2.1	2.1 (假设 NP 同价)
	含税成本 (元/W)	0.33	0.31
	生产设备价格 (亿元/GW)	1.5	4
设备折旧	折旧成本 (元/W)	0.03	0.08
	M6 太阳能电池单片银浆消耗量 (mg)	96	170
浆料	银浆含税价格 (元/kg)	6500	6500
	银浆含税成本 (元/W)	0.10	0.16
非硅成本	M6 太阳能电池单片靶材消耗量 (mg)	-	50
	靶材含税价格 (元/kg)	-	2000
	靶材含税成本 (元/W)	-	0.01
其他成本 (元/W)		0.12	0.12
非硅成本 (含税) 合计 (元/W)		0.25	0.37
总成本 (含税) (元/W)		0.58	0.68

资料来源：Solarzoom，安信证券研究中心测算

4. 颠覆性技术 HJT 未来有望脱颖而出的“杀手铜”是什么？

颠覆性创新技术要战胜传统在位技术与其延续性技术，需要在性能或成本方面具备“杀手铜”。我们认为 HJT 技术在性能方面的杀手铜在于：更高的光电转换效率及与作为平台级技术升级为 HJT+ 的巨大发展潜力。在成本方面在于低温工艺体系下更加支持硅片薄片化发展，大幅降低电池片硅成本。

(1) 性能方面：更高的转换效率及与作为平台级技术升级为 HJT+ 的巨大发展潜力。降本增效是新能源行业永恒的主题，增效的本质也是为了降本，光伏产业通过提升能量转换效率即光电效率降低 LCOE（平准化度电成本）。平价时代，无论是光伏、风电、还是水电一类清洁能源，对于电站投资方来说，经济性是其首要考量因素。LCOE 作为量化指标，其含义是将项目生命周期内的成本和发电量按照一定折现率进行折现后，计算得到的发电成本，即项目生命周期内的总成本现值/总发电量现值。就光伏发电系统而言可理解为：光电转换效率越高，其他条件不变的情况下，其全生命周期的发电量越高，分母变大摊低 Capex 与 Opex 的现值。我们根据美国国家可再生能源实验室（NREL）提供的“PV LCOE Calculator”工具（<https://www.nrel.gov>）测算电池效率提升对于降低电站端 LCOE 的敏感性分析。以公用规模 100MW 的光伏电站为例，在其他条件不变的前提下，组件端光电转换效率在 23%-30% 区间范围内，光电转换效率每提升 1%，对应 LCOE 分别下降 6.68%/6.20%/5.93%/5.77%/5.35%/5.25%/5.12%/4.94%，具体模型假设与计算过程如下：

(1) LCOE 模型选择：学界根据不同用途，对 LOCE 模型进行了相应的“优化”。本文我们选择 NREL 提供的“简单 LCOE 模型”，总公式为：

$$LCOE = \frac{\sum_{n=0}^{n_s} \frac{C_n}{(1+d)^n}}{\sum_{n=0}^{n_s} \frac{e_n}{(1+d)^n}}$$

其中， C_n 是第 n 年时的成本， e_n 是第 n 年时的发电量， d 是贴现率， n_s 是第 n 年；

$$C_n = \begin{cases} C_{capital} & n = 0 \\ C_{O\&M} & n > 0 \end{cases}$$

其中， $C_{capital}$ 是初期建设成本， $C_{(O\&M)}$ 是年度运维成本；

$$e_n = \begin{cases} 0 & n = 0 \\ \max[e_0(1 - R_d(n - 0.5)), 0] & n > 0 \end{cases}$$

其中， e_0 是理论发电量， R_d 是功率衰减率；

$$e_0 = K \cdot \eta$$

其中， η 是光电转换效率， K 是考虑了年平均太阳辐射总量、电池总面积等的乘数系数。由于其它条件不变的假设前提下，本模型中 K 为常数 7887.18。

(2) 假设条件 (输入参数)

图 7: LCOE 模型预设 (Presets)

Presets (预设)		
Cell technology	电池技术	单晶硅电池
Package type	包装方式	玻璃-聚合物背板
System type	系统类型	固定倾角/公用规模 (100MW)
Location	模拟地点	美国堪萨斯
Inverter Loading Ratio (ILR)	逆变器负载比	1.3 (默认)

资料来源: NREL, 安信证券研究中心

图 8: LCOE 模型输入参数 (Input Parameters)

Input parameters (输入参数)		
Front layer cost	正面玻璃成本	3.50 USD/m ² (默认)
Cell cost	光伏电池成本	22.20 USD/m ² (默认)
Back layer cost	背板成本	2.40 USD/m ² (默认)
Non-cell module cost	非电池成本	13.60 USD/m ² (默认)
Extra component cost	额外组件成本	0 USD/m ² (默认)
O&M cost	运维成本	16.32 USD/kWDC/year (默认)
BOS cost, power-scaling*	与功率输出成比例的系统成本	0.2 USD/W (默认)
BOS cost, area-scaling*	与物理尺寸成比例的系统成本	53.38 USD/m ² (默认)

资料来源: NREL, 安信证券研究中心

图 9: LCOE 模型其他参数

Performance (工作表现)		
Efficiency	光电转换效率	% (变量)
Energy yield	发电量	kWh/kWDC (变量)
Reliability (可靠性)		
Degradation rate	功率衰减	0.7%/年 (默认)
Service life	工作周期	25年 (默认)
Financial (金融因素)		
Discount rate	贴现率	6.3% (默认)

资料来源: NREL, 安信证券研究中心

(3) 模型测算结果

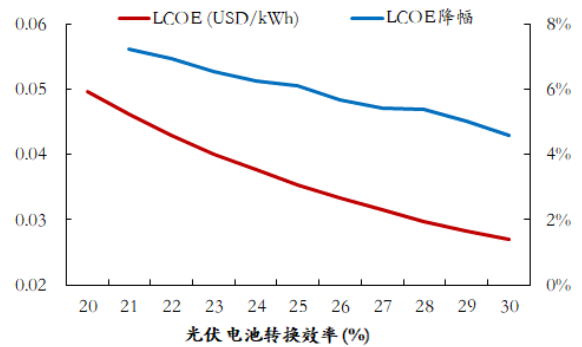
根据“PV LCOE Calculator”工具测算结果,在其他条件不变的情况下,光电转换效率每提升1%,在23%-30%的区间对应的LCOE分别为4.01/3.76/3.53/3.33/3.15/2.98/2.83/2.70美分/kwh, LCOE的降幅分别为6.53%/6.23%/6.12%/5.67%/5.41%/5.40%/5.03%/4.59%。(本模型不考虑电池片光电转换效率提升可能带来组件用量减少,占地面积减少,配套零部件减少等因素可能影响电站初始投资额)

图 10: 光电效率提升对 LCOE 降幅的敏感性分析表

光伏电池转换效率 (%)	发电量 (kWh/kWDC)	LCOE (USD/kWh)	LCOE降幅
20	1577	0.0497	
21	1656	0.0461	7.24%
22	1735	0.0429	6.94%
23	1814	0.0401	6.53%
24	1893	0.0376	6.23%
25	1972	0.0353	6.12%
26	2051	0.0333	5.67%
27	2130	0.0315	5.41%
28	2208	0.0298	5.40%
29	2287	0.0283	5.03%
30	2366	0.0270	4.59%

资料来源: NREL, 安信证券研究中心

图 11: 光电效率提升对 LCOE 降幅的敏感性分析图



资料来源: NREL, 安信证券研究中心

理论上 HJT 产业化平均量产效率高于 PERC 及 TOPCon 等技术路线。对于 HJT 电池技术光电转换效率方面相较于 PERC 与 TOPCon 等技术方向的优势, 市场莫衷一是。《2020 年中国光伏产业发展路线图》对 PERC、TOPCon、HJT、IBC 等不同太阳电池技术类型的转换效率进行了预测分析, 结果如下图所示。预测显示, 2023—2030 年 HJT 转换效率较 TOPCon 均高出 0.4%, 结合我们对于电池技术的理解与产业调研综合形成认知来看, 我们认为这一预测对于 HJT 电池技术的性能优势预计偏保守。放眼未来, 无论是 TOPCon 还是单纯的 HJT 电池技术, 均仍属于“晶体硅太阳电池”的范畴, 学界认为晶体硅太阳电池最高转换效率为 29.43%, 若想进一步打开转换效率的天花板, 需与下更下一代电池技术(如钙钛矿)进行融合, 形成叠层电池。如上文所属, HJT 核心功能层为一层层的薄膜沉积而来, 未来与钙钛矿电池融合形成叠层电池在可行性方面天生要好于其他技术路线。

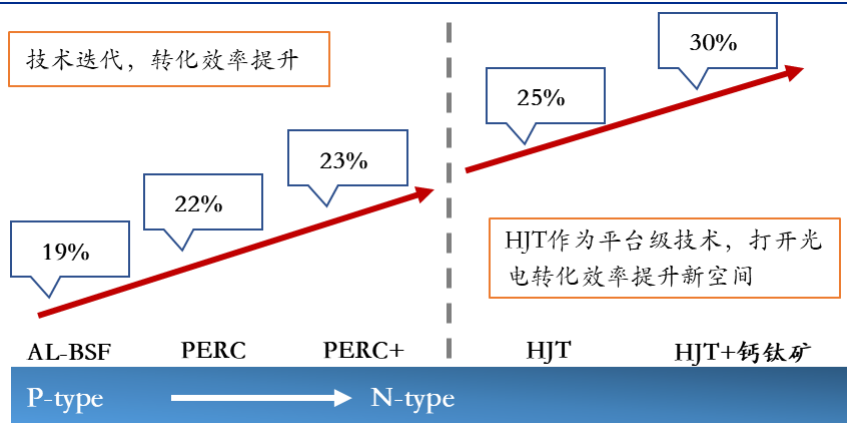
图 12: 2021-2030E, CPIA 预测各类电池技术平均转换效率变化趋势

分类		2021	2022E	2023E	2025E	2027E	2030E
多晶	BSF P 型多晶黑硅电池	19.5%	19.5%	19.7%			
	PERC P 型多晶黑硅电池	21.0%	21.1%	21.3%	21.5%	21.7%	21.9%
	PERC P 型铸锭单晶电池	22.4%	22.6%	22.8%	23.0%	23.3%	23.6%
P 型单晶	PERC P 型单晶电池	23.1%	23.3%	23.5%	23.7%	23.9%	24.1%
N 型单晶	TOPCon 电池	24.0%	24.3%	24.6%	24.9%	25.2%	25.6%
	异质结电池	24.2%	24.6%	25.0%	25.3%	25.6%	26.0%
	背接触电池	24.1%	24.5%	24.8%	25.3%	25.7%	26.2%

注: 1.背接触N型单晶电池目前处于中试阶段;
2.均只记正面效率。

资料来源: CPIA, 安信证券研究中心

图 13: HJT+钙钛矿可以突破晶体硅太阳能电池的效率极限



资料来源: 梅耶博格, 安信证券研究中心

(2) 成本方面: HJT 电池技术更加支持硅片薄片化技术大幅降低电池片硅成本。由上文所述, 预计 2022 年 Perc 电池 (基于 M6 硅片) 硅成本为 0.33 元/W, HJT 电池的硅成本 0.31 元/W, 分别占两类电池片总成本的 57%与 46%, 是晶体硅太阳能电池的第一大成本。因此, 硅片薄片化是降低硅耗量是电池片环节降本之必由之路, 同时也是光伏全产业链超额收益从硅料、硅片等原材料环节, 流向技术附加值更高的电池片环节的一大契机。HJT 是最有利于薄片化的电池片结构, 最主要原因系: HJT 电池制备的低温工艺相较于 Perc、TOPCon 的高温工艺, 更薄的硅片碎片率更低, 且不会有因高温引发的物理形变。亚化咨询数据显示 HJT 硅片厚度有望实现 100 μ m, 而 Perc 硅片厚度的极限在于 170 μ m 上下, 假设 N 型硅片与 P 型硅片同价的前提下, HJT 电池硅成本较 Perc 电池下降 40%。未来产业化与此同时, 低温工艺下, 电池片栅线使用活性较强的铜部分替代高价的银成为可能。“银包铜”的商业化量产, 可以使得银浆的消耗量至少降低 30%。此外, 我们预计至 2023 年, HJT 技术进入相对成熟期, 设备迭代速度变慢以后, 单 GW 设备投资额有望降至 3 亿元/GW。若上述 HJT 降本条件都能实现, 则 HJT 电池单瓦生产成本为 0.49 元, 低于 Perc 电池 (Perc 电池成本相比于 2022 年未来基本已无下降空间)。

图 14: 若 HJT 电池工艺硅片薄片化实现、银包铜技术产业化、单 GW 设备投资额下降单瓦生产成本为 0.49 元

参数		PERC单晶硅太阳能电池	HJT单晶硅太阳能电池
关键技术信息	光电转换效率 (%)	23.4	24.8
	M6硅片单片标称功率 (W)	6.42	6.80
关键假设	税率 (%)	13	
	设备折旧期 (年)	5	
M6硅片成本	含税价格 (元/片)	2.1	2.1 (假设NP同价)
	含税成本 (元/W)	0.33	0.19
设备折旧	生产设备价格 (亿元/GW)	1.5	3
	折旧成本 (元/W)	0.03	0.06
浆料	M6太阳能电池单片银浆消耗量 (mg)	96	120
	银浆含税价格 (元/kg)	6500	6500
	银浆含税成本 (元/W)	0.10	0.11
非硅成本	M6太阳能电池单片靶材消耗量 (mg)	-	50
	靶材含税价格 (元/kg)	-	2000
	靶材含税成本 (元/W)	-	0.01
其他成本 (元/W)		0.12	0.12
非硅成本 (含税) 合计 (元/W)		0.25	0.30
总成本 (含税) (元/W)		0.58	0.49

资料来源: Solarzoom, 安信证券研究中心测算

5. 投资建议：设备端是光伏全产业链较好的投资环节

设备领先于电池片产品成熟，行业景气来临，设备先行。HJT 属于颠覆性技术，颠覆性技术的诞生与发展会对中游制造商的格局带来不确定性，同时可能带来产业升级的重置成本。设备是工艺的物化，作为生产工具其领先于电池片产品成熟是产业发展的必然。当下时点，HJT 电池对于头部电池片厂商及一体化厂商而言整体尚处于小规模量产或试产阶段，但却是设备厂商入局开启倒计时的关键入场期，一旦真正迈入“扩产期”，中游电池片厂商为保证自身的产能与良率会倾向于选择被市场证明过的设备（Proven Tools），不会轻易使用或验证新的设备，届时头部企业的竞争优势或被放大，实现赢者通吃。从当下时点来看，TOPCon 作为 Perc 的延续性技术其产业化之路是顺理成章之事，短期确定性已然显现，中长期维度看，HJT 脱颖而出成为下一代主流电池片技术仍值得期待。**针对电池片设备缓解，建议关注应对产业变革能力强，综合竞争优势明显的企业：**

- (1) **迈为股份：**HJT 整线设备代表性供应商，2021 年以来，HJT 核心设备公开招标市占率超过 70%，已实现从单一丝网印刷成套设备供应商升级为光伏电池片设备平台化企业。在光伏行业多技术路线并行扩张期，针对延续性技术的传统丝印设备业务地位稳固；针对颠覆性技术，公司产品持续迭代助力 HJT 降本提效，微晶工艺应用、银包铜市场化推广加速 HJT 产业化。目前，HJT 海外订单率先放量，迈为斩获 4.8GW 整线大单，示范效应下，未来有望充分受益于电池片颠覆性技术切换，具备先发优势。
- (2) **捷佳伟创：**PERC 时代电池片核心设备龙头，多技术路线布局契合行业当下发展特点。公司在 TOPCon 尤其是 PERC 延续性设备方面竞争优势明显，独家 TOPCon PE-Poly 三合一设备目前进入市场推广阶段，随着客户认可增多，PE-Poly 路线的效率和成本优势预计有明显体现，未来有望成为 TOPCon 扩产的最优选择，在该细分技术路线下公司有望获得较高市场份额。公司同时战略性布局 XBC、钙钛矿、HJT 等新型电池技术，技术储备深厚。
- (3) **金辰股份：**趁 HJT 颠覆性技术东风，由组件设备切入高价值量电池片设备赛道，把握 HJT 产业化前期设备认证窗口期。公司引进海外技术团队，绑定下游客户普能联合研发，首台 HJT 核心 PECVD 设备处于客户验证阶段，同时已着手开启微晶工艺升级。未来若 HJT 进入扩产阶段，设备、工艺都将趋于成熟，革新升级都将基于一定的技术储备和客户基础上进行，后入者面临更高的客户认证壁垒和技术壁垒，而金辰有望凭借提前布局储备和下游客户绑定，分享 HJT 技术扩产红利。
- (4) **帝尔激光：**公司是全球光伏激光设备龙头，在 PERC 电池激光消融+SE 激光掺杂环节全球市占率近八成。公司基于微纳级激光加工技术积累和光伏激光工艺理解，已布局激光开槽、激光硼掺杂、LIA 激光修复、激光转印和激光无损划片等多项用于 TOPCon、HJT 和 IBC 电池的激光工艺，并取得隆基绿能 6.74 亿元 XBC 激光开槽设备的大批量订单。在光伏电池片环节多技术路线并行发展阶段，公司布局全面，产品成熟，应对产业变革能力较强。
- (5) **海目星：**公司是国内激光及自动化综合解决方案的领先企业，下游应用领域覆盖消费电子、动力电池、钣金加工、光伏等行业。2022 年，凭借自身在皮秒、纳秒激光器技术和短波长、短脉冲类激光加工工艺上的积累，成功进入光伏领域，已布局有激光开槽、激光掺杂、激光无损划片等应用于各类光伏电池片生产环节的激光设备，公司公告斩获晶科能源 10.67 亿元 TOPCon 激光硼掺设备订单，一旦 TOPCon 激光硼掺技术路线降本、提效优势得以证明，公司有望率先受益。

图 15: 光伏设备板块重点关注公司盈利预测

公司名称	最新收盘价	营收 (亿元)				净利润 (亿元)				PE			
		2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E	2024E
双良节能	14.51	38.3	132.54	174.8	207.57	3.1	9.19	14.65	19.25	119.13	25.68	16.12	12.26
鼎盛机电	59.78	59.61	100.21	133.8	169.62	17.12	25.42	33.92	42.62	104.19	30.25	22.67	18.05
上机数控	124.36	109.15	170.82	228.92	260.76	17.11	22.34	36.97	42.83	86.49	21.45	12.96	11.19
京运通	6.67	55.26	85.71	139.26	163.19	8.28	10.72	14.53	16.35	50.31	15.02	11.08	9.85
高测股份	73.55	15.67	31.16	44.1	57.08	1.73	4.57	6.66	8.64	185.57	36.47	25.04	19.29
捷佳伟创	93.2	50.47	63.44	79.38	99.19	7.17	9.42	12.04	15.07	76.11	34.46	26.95	21.53
迈为股份	376	30.95	43.16	62.03	89.03	6.43	8.57	12.59	17.93	175.98	75.93	51.68	36.28
帝尔激光	144.5	12.57	16.36	23.47	32.7	3.81	5.1	7.46	10.55	72.88	48.19	32.94	23.29
海目星	79.51	19.84	41.03	70.66	92.76	1.09	3.54	7.89	11.51	154.39	44.98	20.15	13.82
罗博特科	37.62	10.86	14.92	20.02	26.04	-0.47	0.93	1.59	3.04	—	44.66	26.15	13.68
鑫辰股份	78.08	16.1	21.8	29.72	—	0.61	1.91	2.61	—	172.82	47.47	34.83	—
奥特维	253.5	20.47	32.84	45.58	59.52	3.71	5.52	7.68	10.25	156.06	45.34	32.56	24.39

资料来源: wind, 安信证券研究中心测算 (按 2022 年 6 月 14 日收盘价计算, 迈为股份使用安信证券研究中心盈利预测, 其他公司采用 wind 一致预期)

6. 风险提示

HJT 产业化及降本进度不及预期; HJT 并非光伏电池片最终技术被其他电池片技术分流或绕过; 下游装机量不及预期; 技术分流带来产业价值分流; 技术迭代过快在位设备企业应对不力。

■ 行业评级体系

收益评级:

领先大市 — 未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 10%以上;

同步大市 — 未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-10%至 10%;

落后大市 — 未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 10%以上;

风险评级:

A — 正常风险, 未来 6 个月投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动;

B — 较高风险, 未来 6 个月投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动;

■ 分析师声明

本报告署名分析师声明, 本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格, 勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责, 保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据, 特此声明。

■ 本公司具备证券投资咨询业务资格的说明

安信证券股份有限公司(以下简称“本公司”)经中国证券监督管理委员会核准, 取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告, 是证券投资咨询业务的一种基本形式, 本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析, 形成证券估值、投资评级等投资分析意见, 制作证券研究报告, 并向本公司的客户发布。

■ 免责声明

本报告仅供安信证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因为任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息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。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准，如有需要，客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下，本公司及所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务，提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，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。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“安信证券股份有限公司研究中心”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

本报告的估值结果和分析结论是基于所预定的假设，并采用适当的估值方法和模型得出的，由于假设、估值方法和模型均存在一定的局限性，估值结果和分析结论也存在局限性，请谨慎使用。

安信证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

安信证券研究中心

深圳市

地址：深圳市福田区深南大道 2008 号中国凤凰大厦 1 栋 7 层

邮编：518026

上海市

地址：上海市虹口区东大名路 638 号国投大厦 3 层

邮编：200080

北京市

地址：北京市西城区阜成门北大街 2 号楼国投金融大厦 15 层

邮编：100034