



增持（首次）

所属行业：机械设备

当前价格(元)：698.81

证券分析师

倪正洋

资格编号：S0120521020003

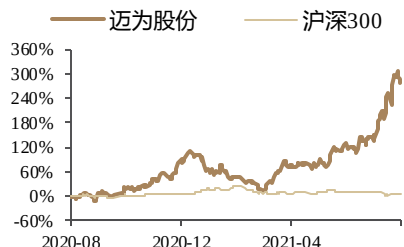
邮箱：nizy@tebon.com.cn

研究助理

杨云道

邮箱：yangyx@tebon.com.cn

市场表现



沪深 300 对比	1M	2M	3M
绝对涨幅(%)	53.18	66.80	111.90
相对涨幅(%)	57.00	72.13	112.84

资料来源：德邦研究所，聚源数据

相关研究

迈为股份（300751.SZ）：提速 HJT 产业化进程的突击者

投资要点

- 从丝网印刷龙头走向 HJT 整线，布局印刷、真空、激光三大平台技术。公司 2020 年丝网印刷市占率维持在 70% 以上，连续五年位列全球第一。2020 年公司收入达 22.9 亿元，17-20 年 CAGR 达 68.7%，归母净利润达 3.9 亿元，CAGR 达 44.4%（利润增速低于收入主要系向客户降本增效让利，促进行业发展）。公司通过内生（自主研发 HJT PECVD、PVD、丝网印刷）+外延（引进日本 YAC 制绒清洗技术），实现了 HJT 电池设备的整线供应。在从丝网印刷向 HJT 整线发展过程中，公司积累了印刷、真空（可用于 HJT 及泛半导体薄膜沉积）、激光（光伏、面板、半导体切割等）三大技术，逐步实现泛半导体平台化布局。

HJT 迎来“从 0 到 N”的高增长期，具备先发优势的设备公司最先受益。转化效率提升是光伏降本的重要途径，拥有更高效率的 HJT、TOPCon 有望替代效率接近极限的 PERC。目前 HJT 量产效率约 24.4%，良率接近 PERC，随着通威、晶澳、华晟、金刚玻璃等加入或扩产 HJT，未来两年 HJT 扩产总规模约 60GW。在 HJT “从 0 到 N”过程中，设备公司业绩增长确定性最强。不同于 PERC 取代 BSF 时国内设备依赖国产替代抢夺份额，在 HJT 进入大规模量产前夕，以迈为股份等公司为代表的国内厂商已经占据了 HJT 设备主要份额，从“后发优势”转为“先发优势”。据测算，2024 年国内 HJT 设备空间达 200 亿元，四年 CAGR 达 117%，随着 HJT 渗透率提升，设备赛道有望高速增长。

- 迈为股份是提速 HJT 产业化进程的关键设备商，充分受益 HJT 渗透率提升。成本是 HJT 实现大规模量产主要障碍，据 solarzoom 数据，HJT 较 PERC 单 W 成本高约 25%，主要体现在银浆、靶材和设备环节。目前 HJT 设备投资额为 4~4.5 亿元/GW，为 PERC 2-3 倍，包括制绒（投资占比 8%-10%）、PECVD（50% 以上）、PVD（20%）、丝网印刷（15%-20%）。迈为股份将通过带动：① SMBB ② 银浆国产化 ③ 退火吸杂技术下 NP 同价 ④ 25% 量产效率 ⑤ 银包铜国产化 ⑥ 大硅片半棒薄片，六个节点推动 HJT 性价比超越 PERC（前 3 个有望于今年下半年完成，后续明年完成）。据通威、华晟、阿特斯等电池厂设备中标数据，公司 HJT 设备市占率领先，未来订单有望充分受益 HJT 渗透率提升，释放高弹性。
- 盈利预测与投资建议：公司从全球丝网印刷龙头迈向 HJT 总包，受益 HJT 渗透率提升及公司核心装备高市占率。预计 2021-2023 年归母净利润 5.6、8.6、11.9 亿元，对应 PE 128、84、61 倍，首次覆盖给予“增持”评级。

- 风险提示：光伏电池技术迭代不及预期，市场竞争加剧风险。

股票数据

总股本(百万股):	103.10
流通 A 股(百万股):	52.47
52 周内股价区间(元):	163.79-753.94
总市值(百万元):	72,048.50
总资产(百万元):	6,272.20
每股净资产(元):	24.80

资料来源：公司公告

主要财务数据及预测

	2019	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入(百万元)	1,438	2,285	3,157	4,625	6,088
(+/-)YOY(%)	82.5%	59.0%	38.1%	46.5%	31.6%
净利润(百万元)	248	394	562	862	1,190
(+/-)YOY(%)	44.8%	59.3%	42.4%	53.4%	38.1%
全面摊薄 EPS(元)	2.40	3.83	5.45	8.36	11.54
毛利率(%)	33.8%	34.0%	38.8%	39.8%	40.0%
净资产收益率(%)	18.2%	22.6%	19.8%	24.5%	26.7%

资料来源：公司年报（2019-2020），德邦研究所

备注：净利润为归属母公司所有者的净利润



内容目录

1. HJT 技术：接力 PERC，引领光伏降本增效的重要电池路径	6
1.1. 从 BSF 到 PERC 再到 TOPCon 与 HJT，转化效率提升成为电池发展的关键	6
1.2. HJT：理论转化效率叠加钙钛矿可超 30%，短期困囿于成本	10
1.2.1. HJT 研发超 40 年，理论转化效率超 27%，叠加钙钛矿可超 30%	10
1.2.2. 设备、银浆、靶材等成本制约 HJT 量产，降本成为效率提升前的关键	12
1.3. 设备：从国产替代到国产先发，高效工艺和降本增效的重要承载环节	14
1.3.1. 后发优势阶段：从 BSF 到 PERC，国内设备商提高性价比实现国产替代 ..	14
1.3.2. 先发优势阶段：从 PERC 到 HJT，国产设备加速行业降本增效和产业化 ..	20
2. 迈为股份：吹动 HJT 春风的关键“卖铲者”，六大降本节点推动 HJT 生态建设	24
2.1. 从光伏电池丝网印刷设备龙头，走向 HJT 整线总包	24
2.1.1. 丝网印刷设备全球市占率超 7 成，多次中标国内 HJT 产线订单	24
2.1.2. 定增加码 HJT 设备产能，印刷、真空、激光三大技术铸就平台化优势	28
2.2. 六大降本节点培育 HJT 的“迈为生态”，引领 HJT 走向产业化	31
2.2.1. 公司设备生产节拍领先，准动态镀膜强化核心设备降本	31
2.2.2. 自建实验室推进 HJT 先进工艺验证，完善 HJT 产业链生态	32
2.2.3. 2021 下半年降本节点：SMBB、银浆国产化、退火吸杂技术下 NP 同价 ..	33
2.2.4. 2022 年降本节点：25% 量产效率、银包铜国产化、大硅片半棒薄片	36
3. HJT 捷报频传，预计 2024 年 HJT 设备空间达 200 亿，迈为订单向上弹性强	38
3.1. HJT 产业链良率、效率捷报频传，目前累计扩产计划超 50GW	38
3.2. 设备空间：预计 2024 年 HJT 设备空间达 200 亿元，20-24 年 CAGR 达 117% ..	40
3.3. 迈为股份凭借设备性能和产业链整合优势，HJT 市占率靠前，订单向上弹性大 ..	41
4. 财务分析：财务整体指标优秀，业绩增长企稳	42
4.1. 受益行业发展+公司实力提升，2017-2020 年收入 CAGR 达 69%	42
4.2. HJT 新订单收入确认加速有望释放盈利能力，费用管控优秀	43
4.3. 预收（合同负债）、存货持续增长，充裕在手订单保障未来收入稳定释放	44
4.4. 经营活动现金流大幅改善，资本结构优化，偿债能力向好	45
5. 盈利预测与相对估值	47
5.1. 盈利预测	47
5.2. 相对估值	47
6. 风险提示	48

图表目录

图 1: 目前光伏发电成本较煤电运营成本仍有较大下降空间	6
图 2: 2021 年上半年, 硅片、电池片、组件利润率受到原材料涨价侵蚀.....	7
图 3: 提效是光伏降本最有效手段.....	7
图 4: 在当前转化效率下, 效率每提升 1%降低电站初始投资 4.5%	8
图 5: 2017 年以来, 转化效率更高的 PERC 开始全面取代 BSF.....	9
图 6: HJT 电池具备天然的对称结构	11
图 7: 2020 年折旧+浆料成本占 PERC 电池 17%.....	13
图 8: 2020 年折旧+浆料+靶材成本占 HJT 电池 37%.....	13
图 9: 效率上限是选择电池技术的标准, 成本下降是高效技术发展的前提	14
图 10: PERC 较 BSF 增加背面钝化叠层设备、激光开槽、激光 SE 设备.....	14
图 11: PERC 电池在背面增加钝化层, 减少光损失和电损失	15
图 12: 激光 SE 通过局部磷掺杂实现转化效率的提高	15
图 13: 捷佳伟创产品性价比不断提高.....	17
图 14: 微导纳米快速发展, 促进了 ALD 设备国产替代.....	17
图 15: 2017 年迈为股份丝网印刷国内市占率达 72.6%	17
图 16: 2018 年帝尔激光 PERC+SE 设备全球市占率高达 86%	19
图 17: 2018 年帝尔激光 PERC 消融设备全球市占率高达 77%.....	19
图 18: PERC 阶段, 设备的最终胜利者为后来居上的国产玩家.....	19
图 19: HJT 阶段电池生产工序脱离原有工艺路线.....	20
图 20: 迈为股份清洗制绒设备引入日本 YAC 技术	21
图 21: 梅耶博格 PECVD	22
图 22: 迈为股份 PECVD 采取无行车设计	22
图 23: 迈为股份 PVD.....	23
图 24: 捷佳伟创 RPD.....	23
图 25: 2017 年迈为股份丝网印刷国内市占率达 72.6%	24
图 26: 十余年发展, 迈为股份从光伏丝网印刷龙头走向 HJT 整线总包.....	26
图 27: 公司客户主要是国内外头部光伏企业.....	27
图 28: 公司实际控制人为董事长周剑先生、总经理王正根先生 (截至 2021H1)	28
图 29: 迈为进军 HJT 2 年内, HJT 设备产能提升 3 倍.....	31
图 30: 公司 PECVD 多腔室连续镀膜设计可降低成本	32
图 31: SMBB 多主栅银浆使用量降至 128mg	34
图 32: SMBB 多主栅组件 CTM 提升至 99.5%.....	34

图 33: 国内银浆优秀厂商众多.....	35
图 34: 迈为股份链式退火吸杂设备效率领先.....	36
图 35: 银包铜电池组件老化数据较常规组件有一定优势.....	37
图 36: 六大降本节点有望促使 HJT 性价比超越 PERC.....	38
图 37: 通威 HJT 中试线良率稳定在 98.3%左右.....	40
图 38: 公司 2020 收入 22.9 亿元, 17-20 年 CAGR 达 68.7%.....	42
图 39: 公司 2020 归母净利 3.9 亿元, 17-20 年 CAGR 达 44.4%.....	42
图 40: 2021H1 公司成套设备收入占比超 8 成.....	43
图 41: 公司分业务毛利率介绍.....	43
图 42: 公司 2021H1 毛利率 38.6%, 同比+4.4pp.....	43
图 43: 2021H1 三费率 (不含研发) 7.6%, 同比-1.7pp.....	43
图 44: 2021H1, 公司研发费用收入占比达 10.5%.....	44
图 45: 2020 年研发人员占比达 26.6%, 研发人员比重持续上升.....	44
图 46: 2021H1 公司存货达 29.4 亿元.....	45
图 47: 公司预收账款 (合同负债) 持续增长.....	45
图 48: 公司 2021H1 经营活动现金流量净额为 3.0 亿元, 同比+677.2%.....	45
图 49: 2021H1 公司现金比率较之前两年有所改善.....	46
图 50: 2021H1 公司资产负债率 59.5%, 长期偿债能力向好.....	46
表 1: 组件成本每下降 1%, 对应电站投资成本下降 0.4%.....	8
表 2: HJT、TOPCon 较 PERC 拥有更高的光电转化效率.....	10
表 3: 2019 年以来 HJT 技术布局进入快速发展阶段.....	11
表 4: HJT 转化效率及双面率高, 衰减及温度系数低.....	12
表 5: HJT 投资成本高, 主要源于银浆、靶材和设备成本.....	13
表 6: PECVD 与 ALD 均可用于介质钝化膜沉积.....	15
表 7: 2012-2014 年国外 PERC 设备厂商全面领先国内设备商.....	16
表 8: 2017 年迈为股份丝网印刷设备在产能、精度、价格方面较 Baccini 优势明显.....	18
表 9: 2018-2019 年微导纳米 ALD 市占率位列全球第一.....	18
表 10: 迈为股份产品产能、精度、碎片率不断提升.....	19
表 11: PECVD 是目前 HJT 生产主流技术.....	22
表 12: 国内厂商在 HJT 设备布局领先, 具备先发优势.....	24
表 13: 迈为股份在国内 HJT 产线中多次中标.....	25
表 14: 公司产品包含丝网印刷设备、HJT 整线设备、柔性屏激光及晶圆激光等设备.....	26

表 15: 公司研发团队综合素质过硬, 实力强劲	29
表 16: 大力投入 HJT、显示、半导体等领域新技术研发, 开拓未来成长空间	29
表 17: 28 亿定增加码 HJT 设备生产, 预计满产后年均收入 60 亿元	31
表 18: 迈为 HJT PECVD 及 PVD 产能达 8000 片/小时, 年底有望达 10000 片/小时	31
表 19: 迈为股份多腔准动态 PECVD 有效提升利用率	32
表 20: 公司地处苏州, 周边光伏企业众多	33
表 21: SMBB 与 HJT 电池的结合能显著降本增效	34
表 22: 微晶层是实现 25% 以上转化效率的关键	36
表 23: 银包铜技术降低银耗 30% 以上	37
表 24: 多家公司布局 HJT, 产能规划合计约 60GW	39
表 25: HJT 量产转化效率最高超越 25%, 良率逐渐提升	39
表 26: 迈为股份、捷佳伟创、钧石能源、金辰股份等在国内 HJT 产线中标率靠前	40
表 27: 2024 年 HJT 市场空间达 200 亿元, 4 年 CAGR 达 117%	41
表 28: 迈为股份在当前 HJT 产线的市占率约 70%	41
表 29: 迈为股份分业务盈利预测	47
表 30: 可比公司相对估值 (截至 2021.8.13)	47

1. HJT 技术：接力 PERC，引领光伏降本增效的重要电池路径

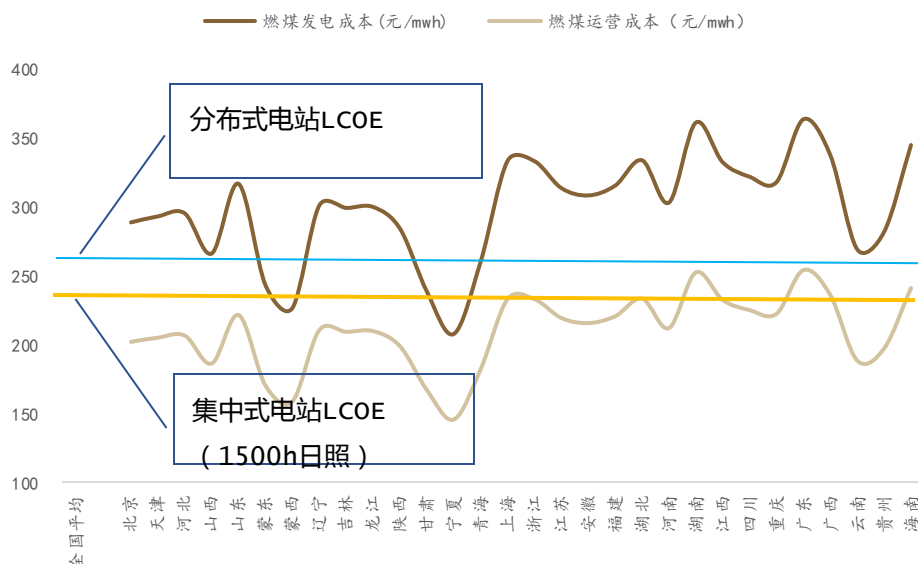
1.1. 从 BSF 到 PERC 再到 TOPCon 与 HJT，转化效率提升成为电池发展的关键

降本增效始终是光伏发展的主旋律，两大因素刺激当前光伏继续降本增效。光伏发电具有清洁、低碳优势，但过去由于光伏发电的度电成本较高，经济性成为阻挠光伏发电应用的最大障碍，光伏上网必须依靠大量政府补贴才得以实施。国内企业通过发电技术升级和设备产能提升，不断降低光伏度电成本，光伏发电成本近十年下降超 80%，国内部分地区光伏发电成本已低于当地燃煤标杆电价。随着“双碳”目标，以及能源局关于“风光”发电占全社会发电比重要求的提出，光伏已成为未来十年确定性最强的成长赛道之一。尽管目前部分地区光伏发电成本已经低于燃煤电价，但依然有两大因素驱动光伏继续降本增效：

1、目前存量火电厂渗透率较高，光伏若想大面积取代火电地位，度电成本不仅需要比火电厂发电成本低，更需要较火电厂运营成本有经济优势。

根据 CPIA 数据，2020 年我国光伏集中式电站和分布式电站 LCOE 分别为 240 元/MWH（年据 1500h 有效日照下）和 260 元/MWH（年均 1200h 有效日照下）。假设火电厂毛利率为 20%，火电运营成本（以煤炭材料+运费+水费等为主）占火电度电成本 70%，结合能源局披露的 2019 年全国火电上网电价，可以看出目前部分地区光伏发电成本较火电发电成本有一定优势，但较火电运营成本仍有较大降本空间。

图 1：目前光伏发电成本较煤电运营成本仍有较大下降空间



资料来源：CPIA、能源局，德邦研究所整理

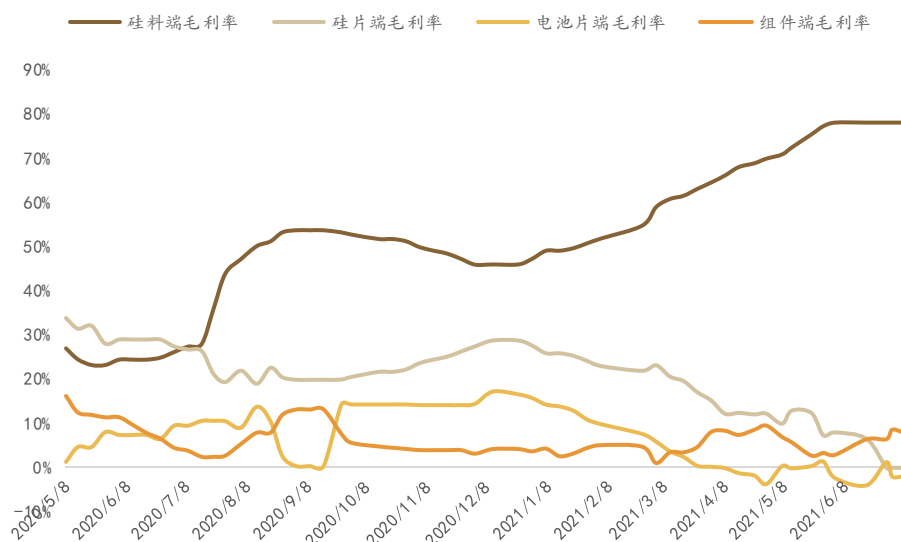
2、光伏硅料等原材料存在较大周期波动，降本增效可以抵御原料周期波动对利润率的侵蚀。

以光伏目前的发电成本条件下，在面临上游价格上涨周期时，硅片、电池片、组件端的利润将会被严重侵蚀，以 2021 年上半年为例，根据 solarzoom 数据显示，在硅料价格自 2021 年初以来，半年内涨幅约 150% 的情况下，下游硅片、

电池片、组件毛利率不断下滑，特别进入二季度以来，硅片、组件端毛利率接近 0，电池片平均毛利率部分时段转负，毛利率的下滑影响行业开工率和装机量，解决方式一方面体现在光伏下游客户一体化进度加速，另一方面刺激光伏行业进一步降本增效。

因此，降低发电成本依然是光伏未来发展的主旋律基调。

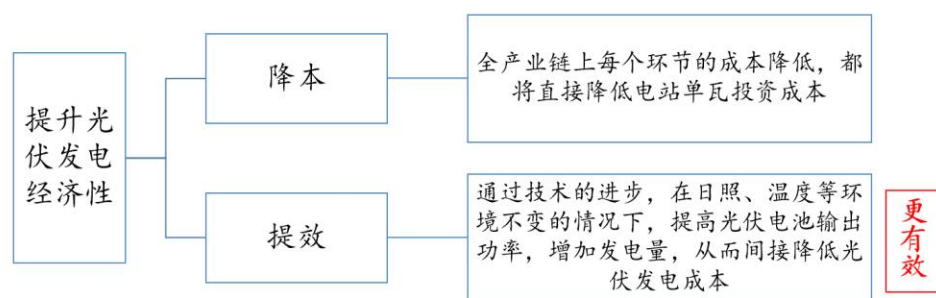
图 2：2021 年上半年，硅片、电池片、组件利润率受到原材料涨价侵蚀



资料来源：solarzoom，德邦研究所整理

光伏发电经济性提升主要体现在降本和提效两方面，提效是最有效手段。光伏发电成本的降低主要依靠增加转换效率或降低光伏生产、运营成本。成本降低是指全产业链上每个环节的成本降低，都将直接降低电站单瓦投资成本，具体来看又分为硅成本降低和非硅成本的降低；转化效率的提升是指通过技术的进步，在日照、温度等环境不变的情况下，提高光伏电池输出功率，增加发电量，从而间接降低光伏发电成本。

图 3：提效是光伏降本最有效手段



资料来源：德邦研究所整理

降本敏感性分析：光伏产业链主要分为多晶硅料、单晶硅片、单晶电池、单晶组件四个环节，当前硅料成交价格较 2021 年初上涨超 140%，截至 2021 年 8 月初，硅料占硅片成本比例约 83%，硅片占电池片成本约 74%，电池片占组件成本约 61%，同时根据 Solarzoom 数据库显示，2021 Q2 组件平均成交价格为 1.77 元/W（含税），同时根据 PVinfoink 数据分析，2021 Q2 中标的大型 EPC 项

目平均中标价格为 4.2 元/W，组件价格约占光伏电站建设成本的 40%。若想使光伏电站投资成本下降 1%，需要组件成本下降 2.5%，或者电池片成本下降 4.1%，或者硅片成本下降 5.5%，或者硅料成本下降 6.6%。

表 1：组件成本每下降 1%，对应电站投资成本下降 0.4%

		硅料		硅片		电池片		组件	
弹性系数		0.15		0.18		0.25		0.40	
成本构成	电力	30.8%	硅料	83.3%	硅片	74.4%	电池片	61.4%	
	金属硅	40.3%	坩埚	0.5%	化学试剂	1.3%	玻璃	6.3%	
	蒸汽	2.2%	石墨热场	1.3%	正银	7.1%	背板	3.7%	
	硅芯	5.9%	电力	4.2%	背银	1.4%	EVA	6.6%	
	人工	4.5%	氩气	0.7%	背铝	0.7%	铝边框	12.0%	
	其他制造费用	4.7%	人工	0.4%	TMA	0.3%	焊带	3.4%	
	折旧	11.7%	折旧	3.0%	电力	4.7%	接线盒	2.7%	
			其他制造费用	1.9%	人工	1.5%	硅胶	0.5%	
			开方线	0.5%	折旧	2.0%	包装	0.9%	
			金刚线	1.1%	其他制造费用	6.6%	人工	1.1%	
			冷却液	3.1%			折旧	0.5%	
							其他制造费用	1.1%	

成本构成图

■ 电力

■ 金属硅

■ 蒸汽

■ 硅芯

■ 人工

■ 其他制造费用

■ 折旧

32%

38%

5%

6%

2%

12%

5%

■ 硅料

■ 坩埚

■ 石墨热场

■ 电力

■ 氩气

■ 人工

■ 折旧

■ 其他制造费用

■ 开方线

■ 金刚线

■ 冷却液

83%

2%

1%

1%

4%

1%

1%

2%

1%

1%

1%

■ 硅片

■ 化学试剂

■ 正银

■ 背银

■ 背铝

■ TMA

■ 电力

■ 人工

■ 折旧

■ 其他制造费用

74%

2%

2%

7%

1%

2%

6%

7%

1%

1%

■ 电池片

■ 玻璃

■ EVA

■ 铝边框

■ 焊带

■ 接线盒

■ 硅胶

■ 包装

■ 人工

■ 折旧

■ 其他制造费用

61%

1%

1%

1%

3%

7%

4%

6%

12%

1%

1%

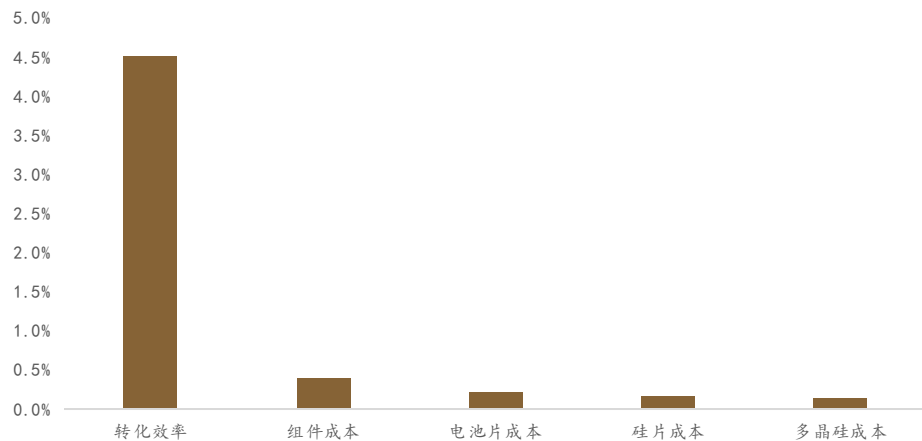
资料来源：solarzoom，德邦研究所测算（弹性系数为：在当前各环节毛利率不变的情况下，各环节成本每下降 1% 对应电站投资成本下降比例）

提效敏感性分析：根据 CPIA 预测，2020 年 PERC P 型电池平均量产转化效率约为 23.0%，组件较电池约有 2% 的损失，即 PERC P 型组件的转化效率约为 22.3%（23%×98%）。假设组件转化效率在当前基础上增加 1%，忽略效率损失等问题，相当于同等面积组件功率增加 4.5%（1%÷22.3%），在日照时间和强度等条件不变的情况下，相当于增加 4.5% 的发电量，即可以看做发电量不变的情况下成本下降 4.5%。即相当于电站成本投资成本下降 1%，仅需要转化效率提升 0.3%-0.5% 左右。

图 4：在当前转化效率下，效率每提升 1% 降低电站初始投资 4.5%

效率提升or成本下降1%，对应电站初始投资下降程度

■光伏电站初始投资下降程度

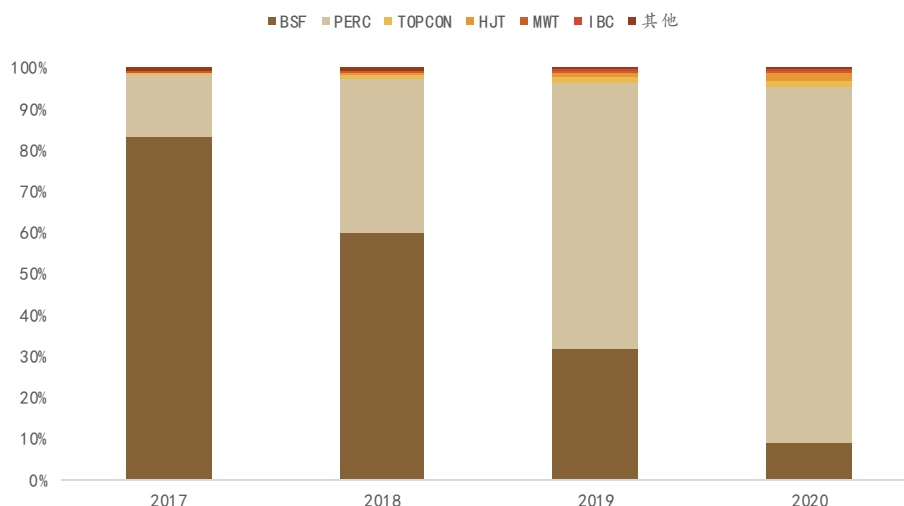


资料来源：solarzoom，CPIA，德邦研究所测算

硅料成本回落后，效率转化提升相对产业链成本下降的优势更明显。考虑目前硅料价格处于高位顶点，呈现逐渐回落的趋势。随着硅料扩产，硅料价格下降带动产业链成本下降，硅片、电池片及组件端成本对度电成本的敏感性系数将更低，而在当前转化效率下，提升转化效率带来度电成本下降幅度较大，例如激光SE工艺，在每GW增加约500-600万投入的情况下，即可提升0.3%-0.5%左右转化效率，相当于降低1.8%的度电成本，假设激光SE设备使用周期为3年，则增加SE设备对每W电池成本仅增加0.0017元/W成本。假设电池片成本为1元/W，相当于增加0.17%的电池片成本，对应电站初始投资增加0.04%，远小于1.8%的电站成本节约值。因此，**转化效率提高，对电站投资成本和度电成本的降低幅度高于产业链降本带来的效应。**

复盘 PERC 取代 BSF 技术，PERC 较 BSF 拥有更高的转化效率是关键。PERC 电池，全称为“发射极和背面钝化电池”，是从常规铝背场电池（BSF）结构自然衍生而来。常规 BSF 电池由于背表面的金属铝膜层中的复合速度无法降至 200cm/s 以下，致使到达铝背层的红外辐射光只有 60-70%能被反射，产生较多光电损失，因此在光电转换效率方面具有先天的局限性，理论转化效率上限为 20%左右；而 PERC 技术通过在电池背面附上介质钝化层，可以较大程度减少这种光电损失，从而提升光伏电池 1%左右的光电转换效率。受益于 PERC 量产转化效率不断提升，以及设备的国产替代进一步降低度电成本，PERC 市占率从 2017 年的 15%，上升到 2020 年 86%，且近年来新增产能基本均为 PERC 技术，PERC 凭借更高的转化效率实现了全面替代 BSF 技术。

图 5：2017 年以来，转化效率更高的 PERC 开始全面取代 BSF



资料来源: CPIA, 德邦研究所整理

PERC 转化效率提升已面临极限, TOPCon 与 HJT 有望成为下一阶段重要技术。根据 CPIA 数据, 2020 年 PERC P 型单晶电池量产转化效率行业均值为 22.8%, 2021 年有望超越 23%, PERC P 型单晶的实验室最高转化效率为隆基股份在 2019 年创造的 24.06%, 理论效率上限为 24.5%。由于理论上限实际很难达到, 所以目前 PERC P 型单晶电池的转化效率已经接近理论极限。HJT 与 TOPCon 理论转化效率均超 27%, 其中 HJT 叠加钙钛矿理论效率可超 30%, 目前实验室已知最高效率中, 福建钜能电力有限公司 HJT 效率达 25.31%, 已知 TOPCon 最高效率中, 晶科 6 月份公布的大面积 N 型单晶硅单结电池效率达 25.25%, 均比当前 PERC 技术有明显提升。PERC 单 GW 投资已经降到 1.2-1.3 亿元/GW, 后续降本空间有限, 而光伏发电仍有较高的降本增效需求, 参考 PERC 取代 BSF 的过程, 作为上一时代的电池王者技术, PERC 终将面临被更高效技术取代的过程。目前 TOPCon 与 HJT 凭借更高的理论转化效率, 有望取代 PERC 成为下一阶段重要的高效电池技术。

表 2: HJT、TOPCon 较 PERC 拥有更高的光电转化效率

	理论最高转换效率	实验室转换效率	量产平均转换效率
BSF			19.40%
PERC	24.50%	24.06%	23.10%
TOPCON	28.70%	25.25%	24.00%
HJT	27.5% (叠加钙钛矿可超 30%)	25.31%	24.40%
IBC		26.60%	23.60%

资料来源: solarzoom, 各公司公告, 德邦研究所

1.2. HJT: 理论转化效率叠加钙钛矿可超 30%, 短期困囿于成本

1.2.1. HJT 研发超 40 年, 理论转化效率超 27%, 叠加钙钛矿可超 30%

HJT 采用不同材质构成 PN 结, 目前主流的 HJT 技术专利最早由日本三洋公司申请。HJT 即晶体硅异质结太阳能电池, 是 Heterojunction Technology 的缩写。所谓异质结, 就是由不同种材料构成的结。HJT 采用一种掺杂类型的晶体硅衬底作为光吸收区 (通常为 N 型硅), 在其上沉积另一种掺杂类型的薄膜硅层, 与硅衬底一起构成异质 PN 结。1974 年 Walter Fuhs 提出非晶硅与晶硅结合的 HJT 结构, 1983 年异质结电池正式面世, 但转换效率仅为 12.3%。日本三洋公司 1992

年在异质结太阳能电池研究上取得了突破性的进展，三洋将本征非晶硅引入异质结电池结构后，取得转换效率的大幅提升，在 1cm^2 面积上实现了 18.1% 的转化效率，并于 2009 年在 100cm^2 的面积上实现了 23% 的转化效率，三洋公司也为自己的异质结技术申请了专利。此外，德国光伏设备公司 Roth&Rau(后被梅耶博格收购)以及法国国家太阳能研究所(CEA/INES)也投入 HJT 电池的研发。2010 年，日本三洋公司的 HJT 专利保护结束，HJT 迎来了快速发展时期，2017 年，日本 Kaneka 以背接触技术与 HJT 结合，实现了 26.6% 的电池转换效率世界纪录。2019-2021 年国内晋能科技、通威股份、钧石能源、华晟新能源、金刚玻璃、明阳智能等多家企业纷纷宣布进行 HJT 电池的研发和扩产。

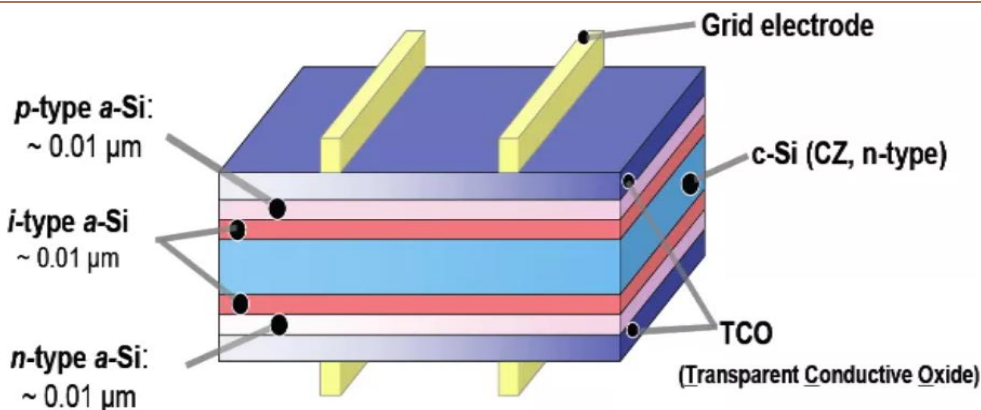
表 3：2019 年以来 HJT 技术布局进入快速发展阶段

时间	事件
1951	Gubanov 提出了异质结的概念。
1968	第一个晶体硅/非晶硅异质结器件：Grigorovici 等在单晶硅衬底上首次报导实现了晶体硅/非晶硅异质结。采用的是热蒸发的方法沉积非晶硅，因此非晶硅中不含氢，制备的非晶硅薄膜缺陷密度较高。
1974	第一个晶体硅/氢化非晶硅异质结器件：Fuhs 受从实现晶体硅/氢化非晶硅 (c-Si/a-Si:H) 异质结器件。此时异质结器件结构还局限为晶体硅/本征非晶硅，非晶硅没有引入掺杂。
1983	第一个晶体硅/非晶硅异质结用于太阳电池：Okuda 等采用 n-a-Si:H/p-mc-Si 异质结为底电池，n/i/p a-Si:H 为顶电池，获得了转换效率为 12.3% 的叠层电池，电池面积为 0.25 平方厘米。
1992	第一个带本征薄膜层的晶体硅/非晶硅异质结太阳电池：日本三洋电机 (Sanyo) 受从讲本征非晶硅薄膜用于晶体硅/非晶硅异质结太阳电池，在 P 型非晶硅和 n 型单晶硅的 p-n 异质结之间插入一层本征氢化非晶硅，实现了异质结界面的良好钝化效果，获得了 18.1 的电池效率，电池面积为平方厘米。并将其命名为 HIT 电池。
1997	晶体硅/非晶硅异质结太阳电池是实现批量生产：Sanyo 公司的 HIT 电池实现量产，并推出适应不同场合的 HIT 电池组件。
2003	批量生产 200Wp 功率、17% 的 HIT 电池组件，其中电池效率为 19.5%。
2009	HIT 电池效率达到 23%。
2013	松下公司宣布 HIT 电池的转换效率最高已达 24.7%，其面积为 101.8 平方厘米。
2017	日本 Kaneka 以背接触技术与 HJT 结合，实现了 26.6% 的电池转换效率世界纪录
2019-2021	隆基股份、晋能科技、通威股份、钧石能源、华晟新能源、金刚玻璃、明阳智能等多家企业纷纷宣布进行 HJT 电池的研发和扩产

资料来源：《晶体硅太阳能电池制造技术》、solarzoom，德邦研究所

HJT 电池具备天然的对称结构。相比于传统的扩散制造太阳能电池来讲，异质结电池的发射极是沉积而成的薄膜硅层。由于薄膜硅发射极层的厚度较低，所以横向电阻很大。为了减少电流收集时的串联电阻，在发射极上需要进一步制作透明导电电极，一般是透明导电氧化物 (TCO) 层，比如氧化铟锡等。这个透明导电电极层还能起到像晶体硅电池上的氮化硅层类似的减反射作用，并在透明导电电极上再进一步制作金属栅线。通常，在掺杂异质结界面上会存在较多界面态，为了降低这些界面态，在掺杂薄膜硅与晶体硅之间可以插入一层本征薄膜硅作为钝化层。为了进一步提高太阳能电池性能，可以在电池背面进一步制作异质结背场，形成双面对称结构。简单来说，HJT 从衬底向上的结构依次为 N 型晶硅层 (n-a-Si:H)，本征非晶硅薄膜 (i-a-Si:H)、P 型非晶硅薄膜 (p-a-Si:H)、透明导电氧化物薄膜 (TCO)、以及金属集电极，具备天然的对称结构。

图 6：HJT 电池具备天然的对称结构



资料来源：HIT 电池模拟计算的研究，德邦研究所整理

HJT 为全新技术路线，理论转化效率超 27%，叠加钙钛矿最高可超 30%，短期量产效率目标剑指 25%以上。 HJT 其在 P-N 结之间插入了本征非晶硅层作为缓冲层，在薄膜硅和晶体硅之间形成比较大的接触势，同时本征非晶硅层对晶体硅表面有很好的钝化作用，可以大幅避免载流子的复合，实现较高的少子寿命和开路电压，从而提高了转化效率。此外，相比传统的靠 800 度以上的高温扩散制备 PN 结的太阳能电池相比，消耗能量少，工艺相对简单，此外，异质结电池具有更小的温度系数，从而可以在高温下产生更高的功率输出，因此 HJT 可以实现比 PERC 更高的光电转换效率和双面率，同时具备更低光致衰减和无 PID 现象（组件性能衰减）等优点。由于 HJT 以上提效优点，其理论效率超 27%，叠加钙钛矿最高可超 30%。隆基股份、通威股份、华晟等厂家 HJT 实验室效率已超过 25%，量产效率短期内也将剑指 25%以上的目标。

表 4：HJT 转化效率及双面率高，衰减及温度系数低

HJT 电池优点	
高转换效率	HJT 开压电路高，可以接近 750mV，其理论转化效率超 27%，叠加钙钛矿最高可超 30%，短期量产效率剑指 25%目标。
低衰减	HJT 电池表面的 TCO 具有导电性，电荷不会产生极化现象，无电位诱导衰减 PID；N 型硅片掺磷，没有硼氧复合体，光致衰减 LID 很小。
低温度系数	HJT 电池具有更小的温度系数，从而可以在高温下产生更高的功率输出。
高双面率	HJT 电池正反面三层膜和 TCO 都是透光的，且结构对称，天然就是双面电池，其双面率轻松可达 90%，甚至是 98%的水平。

资料来源：《晶体硅太阳能电池制造技术》，德邦研究所

1.2.2. 设备、银浆、靶材等成本制约 HJT 量产，降本成为效率提升前的关键

HJT 制作主要步骤为制绒清洗、非晶硅薄膜沉积、透明导电薄膜沉积、丝网印刷四步。 HJT 工艺主要包括制绒清洗、非晶硅薄膜沉积、TCO 薄膜沉积和金属化四个步骤，其关键技术在于非晶硅薄膜沉积环节，该环节采用低温工艺，不仅可减少热损伤，降低电池的温度系数，同时制备出的本征非晶硅层 i-a-Si 厚度决定了晶硅的表面负荷抑制程度，有效提升了开路电压和转化效率。相比 PERC 电池通常的 9~10 步，HJT 的生产步骤大大减少，但由于 HJT 电池与 PERC 生产步骤及技术不同，其生产线无法在 PERC 线上改造。

HJT 投资成本高，主要源于银浆、靶材和设备成本。 1)由于 HJT 所需低温银浆的导电性能相对更弱，且焊接拉力偏低，因此耗用量较大，同时低温银浆的国产化率较低，使得其价格目前大幅高于高温银浆。2)HJT 需要额外沉积透明导电层，所用的 ITO(PVD 路线)或 IWO(RPD 路线)等靶材价格较高。3)HJT 设备投资较高。根据迈为股份、捷佳伟创等公司公告及产业链调研数据，2021 年上半年

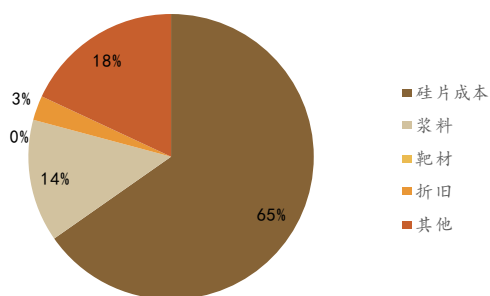
HJT 设备投资额为 4~4.5 亿元/GW，为 PERC(约 1.3 亿元/GW)的 2-3 倍。根据 solarzoom 2020 年 8 月测评数据，HJT 电池相比 PERC 电池的生产成本高出约 0.18 元/W，其中：浆料成本高约 0.13 元/W，增量的靶材成本约 0.05 元/W，折旧成本高约 0.03 元/W，硅片成本高约 0.01 元/W，其他成本低约 0.03 元/W。

表 5：HJT 投资成本高，主要源于银浆、靶材和设备成本

单位 (元/W)	2020 年 8 月 PERC 成本	2020 年 8 月 HJT 成本
1、硅片成本	0.47	0.48
2.1、浆料	0.1	0.23
2.2、靶材	无	0.05
2.3、折旧	0.02	0.05
2.4、其他	0.13	0.1
2、非硅成本	0.25	0.42
3、生产成本	0.72	0.9

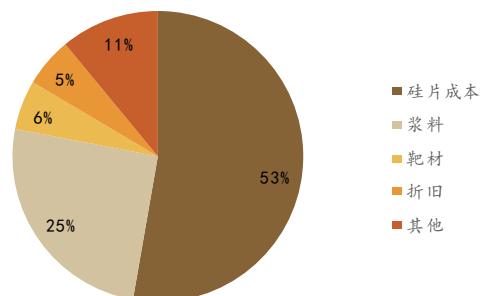
资料来源：Solarzoom，德邦研究所

图 7：2020 年折旧+浆料成本占 PERC 电池 17%



资料来源：Solarzoom，德邦研究所

图 8：2020 年折旧+浆料+靶材成本占 HJT 电池 37%



资料来源：Solarzoom，德邦研究所

HJT 电池的降本问题成为其大规模产业化前的最大障碍。HJT 当前量产效率较 PERC 量产效率高约 1.3%，对应度电成本降低约 5.85%，通过 solarzoom 测算可得，HJT 电池每瓦成本较 PERC 成本高约 25%，根据上文敏感性系数测算，对度电成本有约 6.25%的提升，在不考虑良率、组件设备投资、后期运营等情况下，当前 PERC 技术较 HJT 相比还有一定的成本优势。尽管 HJT 有较高的理论转化效率，对未来度电成本的降低至关重要，但只有成本下降到量产阶段，才会吸引更多玩家加入 HJT 量产，从而迅速提升 HJT 的量产效率。因此短期来看，成本依然是 HJT 最大痛点，主要体现在浆料、靶材及设备环节降本，此外硅片薄片化也将有效降低 HJT 成本。由于靶材主要源于进口，未来两年 HJT 电池在生产成本上赶超 PERC 电池，将主要来自于浆料降本、硅片薄片化、设备降本三大贡献。而设备除了本身的降本以外，还将配合硅片薄片化、无主栅（用于降低银浆消耗）等工艺的开发，成为 HJT 增效降本的重要承载环节。

综上，效率上限决定了何种电池技术路径有更长远的利润释放，是电池技术路径升级的判断标准，而成本决定了短期何种电池技术可以最早实现量产。HJT 相比 PERC 拥有更高的光电转化效率，即更广阔的盈利空间。

HJT 目前的发展重点在于尽快实现生产成本的下降，引入更多玩家量产，从而提升量产效率，进一步释放利润，最终提升市占率水平。

图 9：效率上限是选择电池技术的标准，成本下降是高效技术发展的前提



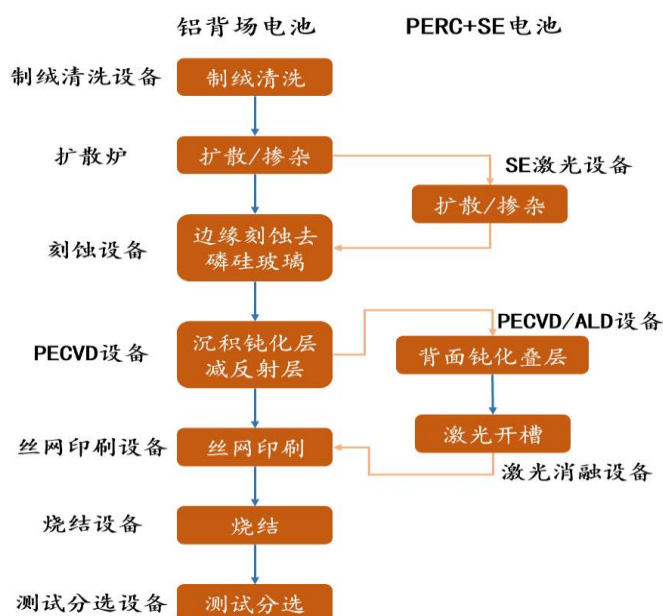
资料来源：德邦研究所整理

1.3. 设备：从国产替代到国产先发，高效工艺和降本增效的重要承载环节

1.3.1. 后发优势阶段：从 BSF 到 PERC，国内设备商提高性价比实现国产替代

PERC 电池与常规全铝背场（BSF）电池最大的区别在于：电池背面用全表面介质膜钝化和局域金属接触方式取代全铝背场电极。从电池结构的角度，PERC 电池与常规铝背场电池的结构是较为相似的，但两者最大的区别在于，PERC 电池在背面进行了介质膜钝化，具备钝化叠层。这使得 PERC 电池能在降低背表面复合速度的同时，提升背表面的光反射，提升了电池的转换效率。相较于传统的 Al-BSF 电池，PERC 电池在传统制绒、扩散、刻蚀、正面减反膜制备、丝网印刷、烧结、分选等工序的基础上，增加了背面钝化膜制备与激光开槽两道工序，此外，SE 掺杂工艺的提效性价比也促进了自身激光 SE 设备渗透率的提升。**PERC 电池的飞速增长带动了背钝化设备、激光开槽设备和激光 SE 设备市场的扩张。**

图 10：PERC 较 BSF 增加背面钝化叠层设备、激光开槽、激光 SE 设备



资料来源：德邦研究所整理

为实现介质钝化膜的沉积，PERC 产线需要添加 PECVD/ALD 设备。PERC 电池的背部钝化主要包括氧化铝膜沉积和覆在其上起保护作用的氮化硅膜沉积。

由于增量工艺流程的缘故，相比BSF电池产线，PERC电池需要新增沉积背面钝化叠层的设备，即PECVD或者ALD或者PECVD与ALD的二合一设备。

表 6：PECVD 与 ALD 均可用于介质钝化膜沉积

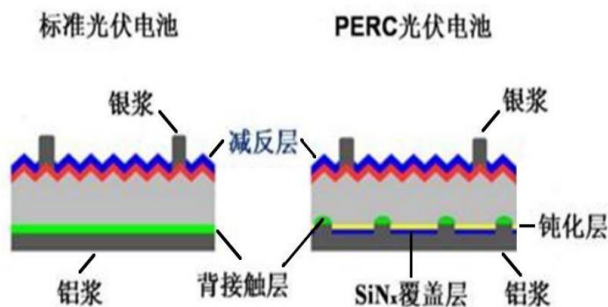
设备工艺	类型	优点	缺点
PECVD	板式	成膜均匀性好，良率高，集成度好，需要人工少。	维护成本高，UP-TIME 短 94%，会有锅巴状 AlOx 粉末充斥在腔体内，难清洁。
	管式	膜质好，效率提升潜力大，可在背面氧化铝及氮化硅膜之间沉积一层氧化硅，钝化效果更好，UP-TIME 高。	易发生绕镀，制备过程易损伤硅片表面，工艺待提升。
	单片	非真空沉积，单面生长，低功耗、in-line 方式、占地小。	易碎片。
ALD	管式	双面生长，管管叠加架构，产能增加容易，PM 间隔时间长，片盒承载方式。	长厚膜产率下降快。
	板式	单面生长，对正面银浆要求低，板式承载方式，碎片率低，生产兼容性和上下料自动化程度高。	体积大，产能提高难度大。

资料来源：Taiyang News, 德邦研究所

为实现背面电极透过钝化层实现微纳级高精度的局部接触，PERC 产线需要添加激光消融设备。早期实验室主要采用湿法刻蚀工艺，产业化难度高，且成本高。使用激光消融设备，配合特制的激光器和光路控制，配合长期积累的工艺经验，可以实现对钝化膜精密刻蚀的同时，不损伤到硅衬底材料。

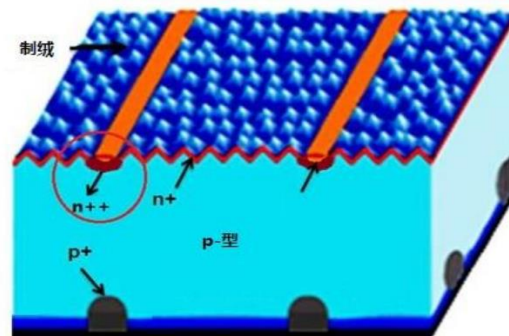
为实现选择性发射极的制备，需要增加激光 SE 设备。激光掺杂法 (SE) 是通过在晶硅太阳能电池电极栅线与硅片接触部位区域进行高浓度磷掺杂，从而降低电极和硅片之间的接触电阻；电极以外区域进行低浓度浅掺杂，降低表面复合速率，从而有效实现电池的开压、电流和填充因子的改善。PERC+SE 电池较普通 PERC 电池的光电转换效率绝对值可提高 0.3%至 0.5%，在“531”补贴退潮后市占率迅速提升。

图 11：PERC 电池在背面增加钝化层，减少光损失和电损失



资料来源：帝尔激光公告，德邦研究所

图 12：激光 SE 通过局部磷掺杂实现转化效率的提高



资料来源：帝尔激光公告，德邦研究所

后发优势：PERC 阶段，国内设备商通过国产替代“后发优势”获得份额。 PERC 电池技术最早起源于上世纪八十年代。1989 年，澳洲新南威尔士大学的马丁·格林教授的研究组在 Applied Physics Letter 上首次正式公布。2012 年，德国最大的组件厂商 Solar World，使用氮硅化物作为背部钝化原料，率先实现 PERC 电池的商业化，打开了 PERC 电池商用的可能性。随后 IMEC、RENA 和 SoLayTec 等国外厂商以及旭泓、茂迪等台湾厂商纷纷实现 PERC 量产。由于此时 PERC 技术主要由国外厂商主导，其上游的 PERC 设备也主要被梅耶博格、Baccini 所垄断，国内设备商如迈为股份、捷佳伟创、理想万里晖、帝尔激光等厂商正处于技术储备和小批量订单阶段。纵观从 BSF 到 PERC 阶段国内设备商的发展，主要经历了起跑阶段 (2012-2014)、国产替代 (2014-2017)、实现超

越（2018-2019）三个阶段。

一、起跑阶段（2012-2014）：PERC 市场初步兴起，国外设备商占据绝对优势，国内设备商处于技术储备阶段。

背面钝化叠层的设备方面，Meyer Burger 是这一阶段 PECVD 设备绝对龙头。其他海外设备供应商主要有 CT、Singulus 以及 SoLayTec，这些企业与国内外电池厂商达成了一系列合作，部分厂商如 Meyer Burger 等已经能够提供 PERC 电池的整套解决方案。相较而言，虽然国内设备供应商捷佳伟创、丰盛装备、理想能源和中电科 48 所等陆续有 PECVD 设备下线，但其应用仍集中于电池正反面减反膜的沉积，尚未涉及背钝化，且性能上与进口设备仍存在差距。

丝网印刷方面，Baccin 基本垄断了国内的丝网印刷市场。国外企业 Baccini、Asys、DEK 等丝网印刷技术水平领先，但国外设备商对我国市场并不熟悉，因此均选择寻找销售顾问帮助开拓客户。2010 年，迈为股份前身吴江迈为技术有限公司成立，并于当年完成首台印刷机过程样机试制，斩获首套生产线合同。2014 年迈为股份推出具备二次印刷功能的单头单轨丝印机，进一步实现对国外技术的替代。

激光开槽设备也以国外设备为主。德国 InnoLas Solutions 一直是 PERC 和电池切割等先进光伏制造工艺的技术领导者。2012 年，InnoLas 就与 Roth & Rau 共同研发出 PERC 电池的整体解决方案，应用其激光接触开放 ILS TT 系统实现 PERC 电池的背部接触，该方案可将单晶硅太阳能光伏电池的转换效率提高 1%。2011 年开始，帝尔激光在公司此前的光伏激光技术基础上，积极研发激光消融设备、激光掺杂设备等光伏激光工艺设备。

表 7：2012-2014 年国外 PERC 设备厂商全面领先国内设备商

	公司	时间	具体内容
国外厂商	CT	2012 年	为 SolarWorld 提供管式 PECVD 设备。
	Singulus	2013 年 3 月	与浙江鸿禧签署高效电池生产合作协议，为其提供氧化铝背钝化技术设备和湿刻技术，使其晶体硅电池大规模生产效率提升近 1%。
	Meryer Burger	2013 年 7 月	已有超过 1GW 的 PERC 电池处理设备 MAiA 完成安装。
	SoLayTec	2013 年 11 月	获得中国一线电池制造商 In Passion ALD 设备订单，用于单晶 PERC 电池生产。
	SoLayTec	2014 年 5 月	向中国某光伏制造商出货其第十个 In Passion 系统，包括：背面平整、钝化、氮化硅镀膜和激光烧蚀的全套解决方案，可将平均转换效率提高 0.8%，PERC 太阳能电池效率可超过 20%。
	SoLayTec	2014 年 11 月	获得美国光伏制造商 Mission Solar ALD 设备订单。
国内厂商	捷佳伟创	2009 年 5 月	自主研发出 PD-305 型 PECVD 设备，并成功推向市场，该产品独特的技术，使得在晶体硅片上形成的减反射膜的工艺指标达到国际先进水平，能够提高多晶硅电池转换效率 0.2%。
	丰盛装备	2010 年 7 月	新一代 PECVD 设备实现设备当年生产，当年进入市场，当年批量生产。
	理想能源	2011 年 1 月	我国首薄膜太阳能电池关键生产设备 PECVD 设备下线。打破了高端薄膜太阳能电池设备一直被国外厂商垄断的局面。
	中电科 48 所	2011 年 3 月	成功自主研发了 PECVD 设备。
	里新能源	2012 年 10 月	理想能源首台单腔室 PECVD 研发设备于客户成功交付并使用后，设备运行稳定，性能优异，实现开机率高达 >98%，受到客户高度认可。
	丰盛装备	2013 年 8 月	丰盛装备合作 PID-Free 技术设备改造的客户纷至沓来，经过批量客户的使用验证，在进口 PECVD 设备上也顺利集成并成熟量产。
	捷佳伟创	2014 年	推出大产能设备，使管式 PECVD 设备每管产能由原来的 240 片/管提升到 308 片/管
	理想能源	2014 年 6 月	推出的用于高效电池钝化的 Ideal ALD 设备，是全球首款采用 ALD 技术的平板 In-line 设备，目前产品已经全面推向市场。

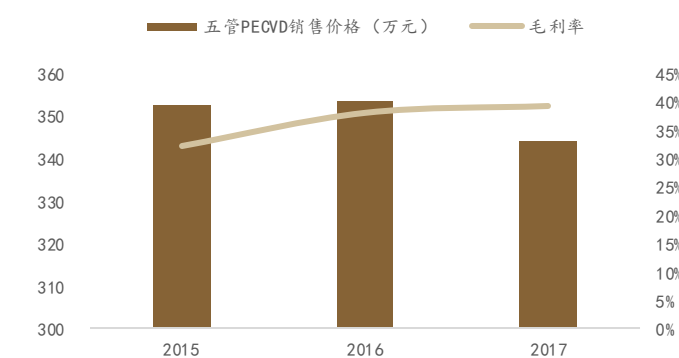
资料来源：各公司官网，德邦研究所

二、奋起直追阶段（2015-2017）：国内设备商凭借设备在产能、性价比方

面的优势，在 PECVD、ALD、丝网印刷、激光设备方面市占率逐步提升。

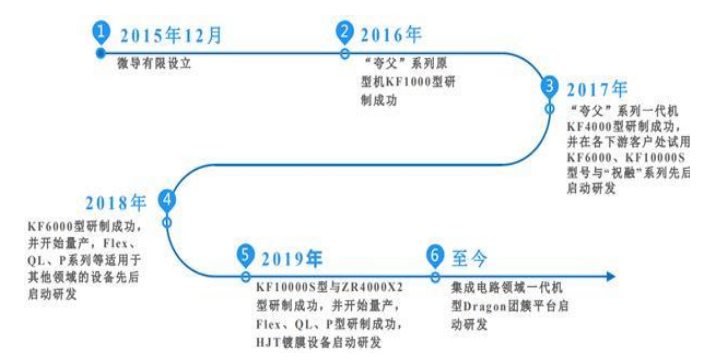
背面钝化叠层的设备方面，捷佳伟创产品性价比优势凸显，微导、理想 ALD 进步较快。这一阶段 Meyer Burger 仍为 PECVD 设备主要供应商，但国外设备商在此时暴露出产品价格高、交付周期长、售后保障差等问题，随着产业化进程持续推进以及下游降本增效的呼声日益高涨，国内主要设备厂商如捷佳伟创凭借高性价比，营收和订单快速增长。此外，ALD 凭借高产能、高精度、前驱体材料消耗更少等优势，逐步替代 PECVD 的市场份额。国内 ALD 代表厂商理想能源与早期布局 ALD 设备的 SolayTec 相比，虽然在技术参数上略有落后，但差距并不明显。理想能源的 ALD 设备在 2016 年实现量产，所生产的 PERC 电池的效率可达 21.36%，高于行业内同类技术平均 20.6%-20.9% 的效率水平。此外，国内另一家 ALD 领先企业微导纳米于 2015 年成立，2016 年 11 月，微导 ALD 一代量产机型 KF4000 机型发货泰州中来，并于 2017 年 3 月开始工艺验证，2017 年 7 月开始试量产。

图 13：捷佳伟创产品性价比不断提高



资料来源：捷佳伟创公告，德邦研究所

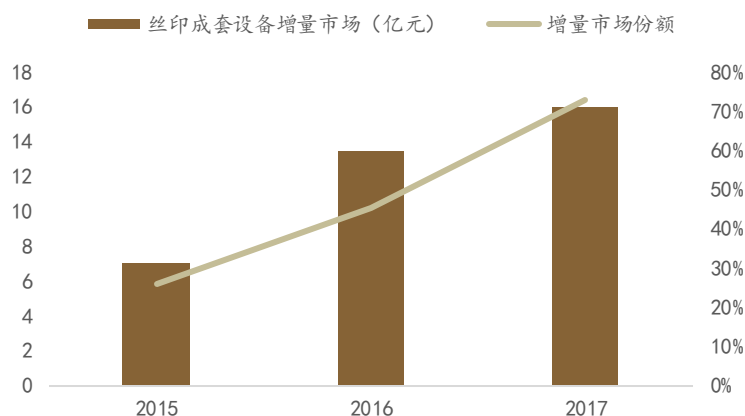
图 14：微导纳米快速发展，促进了 ALD 设备国产替代



资料来源：微导纳米公告，德邦研究所

丝网印刷设备方面，迈为股份凭借设备在精度、产能方面的优势，市场份额超越 Baccini。相较于 Baccini 等国外厂商，迈为股份虽然起步较晚，但通过持续增加研发投入，实现了在二次印刷、双头双轨印刷、高速高精软件控制等前沿技术上的突破，具备了与 Baccini 等国外厂商角逐市场的实力。并且相较国外厂商，迈为股份产品在价格、进度、产能方面均有较大优势。此外，公司能够充分发挥本土化的优势，快速响应客户的需求，前往客户现场完成检测调试、新品研讨、技术培训等专业支持，从而提供更优质的服务。因此，公司自 2016 年市占率超越 Baccini，2017 年公司丝网印刷增量市场市占率达 72.6%，稳固丝网印刷设备龙头地位。

图 15：2017 年迈为股份丝网印刷国内市占率达 72.6%



资料来源：迈为股份公告，德邦研究所整理

表 8：2017 年迈为股份丝网印刷设备在产能、精度、价格方面较 Baccini 优势明显

	Baccini	迈为股份
产能	双轨 3200 片/小时	双轨 5500 片/小时
精度	±6.25 微米 3σ	±5 微米 3σ
碎片率		0.10%
价格	迈为股份产品价格较 Baccini 低 10%-20%	

资料来源：迈为股份招股说明书，德邦研究所

在激光开槽领域，“PERC+激光新工艺”成为光伏行业提升电池效率的一个重要选择方向。帝尔激光凭借积累的行业经验、技术储备和客户资源，把握行业上升机遇，激光开槽设备市占率迅速提升，2017 年公司收入首次过亿，达 1.65 亿元，同比+114.9%，已占据大部分市场份额。

三、全面超越阶段（2018-2020）：关键设备完成进口替代，国产设备成为行业主流。“平价上网”大背景下，PERC 技术成为最优技术路径，产能快速扩张，不断刺激设备市场需求。国产设备基本实现对国外设备的全面超越。

背面钝化叠层的设备方面，2018-2019 年微导纳米市占率全球第一。国内厂商江苏微导的 ALD 设备的关键技术指标超越现有的主流国外技术，在通威等大客户的认证下，市占率迅速提升至全球第一，与理想能源共同成为 ALD 设备的国内主要供应商。PECVD 设备方面，捷佳伟创管式二合一 PECVD 设备得到了通威股份等国内电池厂认可，市占率不断提升，根据产业链调研，捷佳伟创在电池片前道设备（从制绒至印刷之前的设备工序）市场综合市占率约为 60%。

表 9：2018-2019 年微导纳米 ALD 市占率位列全球第一

	2019 年	2018 年
PERC 电池背钝化设备市场占有率	48.41%	44.79%
全球市场排名	1	1

资料来源：微导纳米公告，德邦研究所

丝网印刷设备方面，迈为股份产品性能不断提升，稳定龙头地位。迈为股份继续在原有的设备产能、精度基础上精益求精，此外公司研发的高精度栅线印刷定位及二次印刷技术、双头双轨印刷技术、丝网角度调整技术、高速恒压力印刷技术等先进核心技术的成熟应用，不但在国内实现全面国产替代，同时也逐步打

开海外市场。据我们估算，从 2016 年起，公司丝网印刷整线设备的国内市占率连续五年位居第一。

表 10：迈为股份产品产能、精度、碎片率不断提升

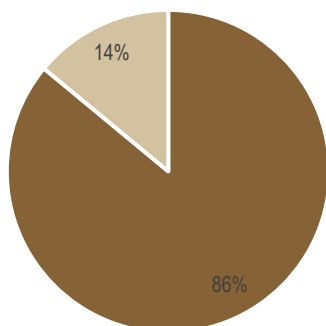
	2011	2014	2017	2018
产能（折算为单轨，片/小时）	1,400	1,800	2750	3400
精度	± 50 微米	± 15 微米	± 5 微米 3 σ	± 5 微米 4 σ
碎片率	0.50%	0.30%	0.10%	<0.10%

资料来源：公司公告，德邦研究所

激光设备，激光 SE 渗透率迅速提升，帝尔激光市占率位列全球首位。在 2017 年激光消融市场随 PERC 渗透率提升迅速增加以外，2018 年，激光 SE 在 PERC 中的使用率迅速增加。根据 Energy Trend 对 2018 年对主要太阳能电池制造厂商 PERC 电池及 PERC+SE 电池产能数据统计，2018 年有超过 60% 的 PERC 电池产能引进了 SE 工艺。2018 年公司 PERC 消融设备市占率 77%、SE 设备市占率 86%，且近两年市占率稳定提升。

图 16：2018 年帝尔激光 PERC+SE 设备全球市占率高达 86%

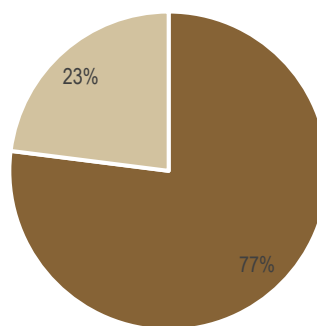
■ 帝尔激光PERC+SE工艺 ■ 其他公司PERC+SE工艺



资料来源：帝尔激光招股说明书，德邦研究所

图 17：2018 年帝尔激光 PERC 消融设备全球市占率高达 77%

■ 帝尔激光PERC消融设备 ■ 其他公司PERC消融设备



资料来源：帝尔激光招股说明书，德邦研究所

PERC 阶段，设备的最终胜利者为后来居上的国产玩家。复盘 PERC 发展过程，国内设备商经历了 PERC 市场初步量产时期的技术储备，PERC 渗透率提升时的追赶与逐步国产替代，并在 2018 年 PERC 市场大规模爆发时，全面取代国外设备商的市场地位。

图 18：PERC 阶段，设备的最终胜利者为后来居上的国产玩家

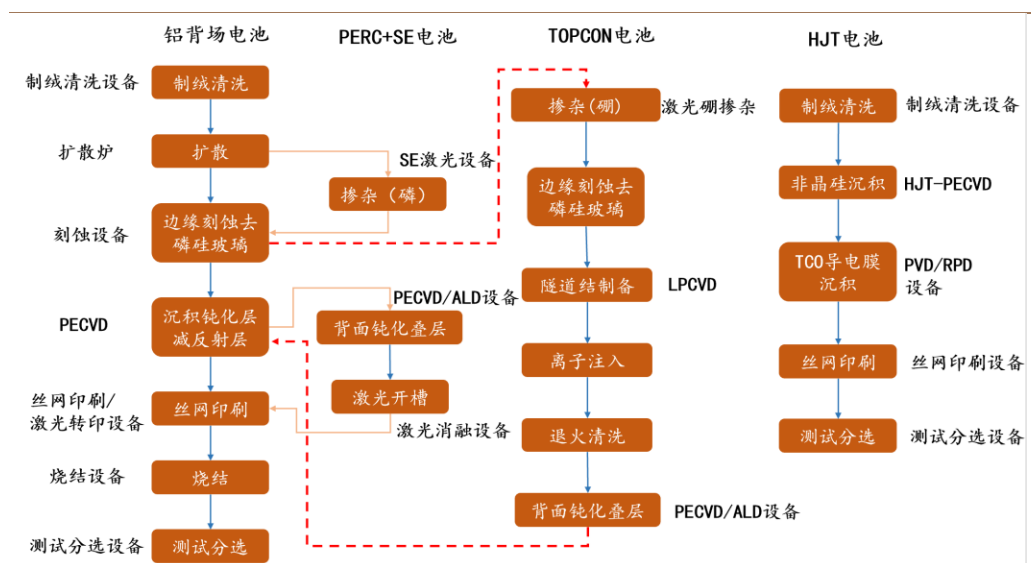


资料来源:各公司公告,德邦研究所整理

1.3.2. 先发优势阶段:从 PERC 到 HJT, 国产设备加速行业降本增效和产业化

HJT 阶段,国内设备商从后发优势转向先发优势。HJT 诞生历史较早,但苦于投资成本较高,一直未能大规模商用量产,HJT 设备最早同样由国外设备商垄断,2011 年,钧石能源开始 HJT 电池技术与设备的开发,2012 年,梅耶博格开发了 SmartWire 智能网栅连接技术 (SWCT),解决了 HJT 低温银浆及精密主栅带来的组件封装问题。但与 PERC 不同在于,在 PERC 阶段全面替代 BSF 的过程中,HJT 仅在国外有少量试验线,国外厂商对 HJT 设备的垄断基本停留在 HJT 大规模量产前,特别是国内 HJT 玩家在布局之初就大量引入本土设备商设备,因此,HJT 阶段国内设备商不再是 PERC 阶段追逐者的角色,而成为推动 HJT 行业发展的重要引导者,率先布局 HJT 设备的本土企业具有先发优势。

图 19: HJT 阶段电池生产工序脱离原有工艺路线



资料来源:德邦研究所整理

HJT 四大环节设备均已实现国产化, 国产设备商在生产节拍、可靠性、性价

比方面领先国外竞争对手。HJT 电池四大工艺步骤为制绒清洗、非晶硅薄膜沉积、TCO 制备以及电极制备，分别对应清洗制绒设备、PECVD 设备、PVD/RPD 设备、丝网印刷设备。目前国内电池设备厂商如迈为股份、捷佳伟创、金辰股份、钧石能源等均在不同技术环节有所布局。其中，迈为股份在稳定自身丝网印刷优势的同时，在 HJT 核心设备 PECVD、PVD 环节取得较高市场份额，并通过参股江苏启威星引入日本 YAC 清洗制绒技术，目前已具备 HJT 整线生产能力。捷佳伟创依托在 PERC 时代制绒、CVD 等技术积累，同样具备 HJT 整线总包能力。其他国产设备商如福建钧石能源、金辰股份、理想万里晖、京山轻机等也都在部分环节有所布局。

1) 清洗制绒技术：清洗制绒为 HJT 制程首要工序，主要是利用化学制剂（如 KOH、 HNO_3 +HF、臭氧超纯水等）对硅片进行清洗和表面结构化。在 HJT 异质结电池结构中，异质结及界面决定电池的最终特性。硅衬底是异质结界面的一部分，其品质是决定电池性能的关键因素之一。因此制绒清洗工序，需要优化电池的陷光性能，有效绒面结构可使入射光在表面进行多次反射和折射，延长光程，增加光生载流子；需要形成洁净表面，减少硅片表面不洁净而引入的缺陷和杂质，从而降低结界面处载流子的复合损失。

核心设备：湿式化学清洗设备（投资价值占比约为 8%-10%）。

国内厂商：捷佳伟创、迈为股份（引入日本 YAC 技术）、京山轻机等。国外厂商：日本 YAC、德国新格拉斯、德国 RENA 等。

图 20：迈为股份清洗制绒设备引入日本 YAC 技术



资料来源：迈为股份官网，德邦研究所

2) 非晶硅薄膜沉积技术：非晶硅薄膜的沉积包括本征非晶硅膜和掺杂非晶硅膜的沉积。优越的表面钝化能力是获得较高电池效率的重要条件，利用非晶硅优异的钝化效果，可将硅片的少子寿命大幅度提升。对于 HJT 电池，非晶硅薄膜的沉积是该技术的难点之一，本征非晶硅膜层可使硅片表面获得良好的钝化效果，但异质结界面上存在的能带失配会对载流子运输造成影响，因此非晶硅膜层的沉积，对 HJT 电池的性能至关重要。

核心设备：PECVD/ Cat-CVD（投资价值占比超 50%）。常用于非晶硅薄膜沉积的方式为等离子体增强化学气相沉积（PECVD）和热丝化学气相沉积（Cat-CVD/HWCVD）。

PECVD 则是借助于辉光放电等离子体使含有薄膜组成的气态物质发生化学反应，从而实现薄膜生长的一种制备技术，该设备镀膜均匀性较高，工艺窗口较宽，但是镀膜过程中对衬底有一定损伤。从技术路径上来看，板式 PECVD 是目前 HJT 生产主流技术，管式 PECVD、Cat-CVD 同样具备发展潜力。

Cat-CVD 是利用高温热丝催化作用使 SiH_4 分解来制备非晶硅薄膜，对衬底无损伤，且成膜质量非常好，但镀膜均匀性较 PECVD 还有提升空间，且热丝作为耗材，成本较高，而且工艺过程中可能会导致金属污染（热丝导致）。

表 11：PECVD 是目前 HJT 生产主流技术

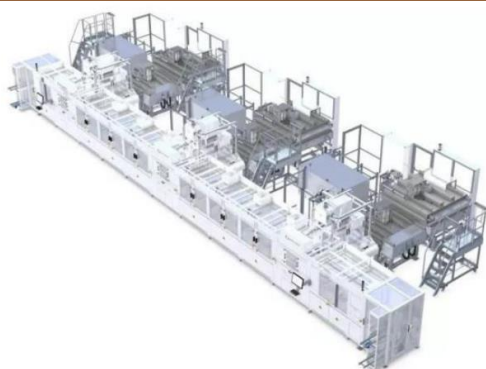
特征	PECVD	HWCVD
生长速率	慢	快
生长均匀性	好	一般
薄膜质量	较好	更好
工艺稳定性	好	一般
生产成熟度	成熟	快速发展

资料来源：《异质结量产技术报告》，德邦研究所

国内厂商：迈为股份、金辰股份、捷佳伟创、理想能源、钧石能源等。

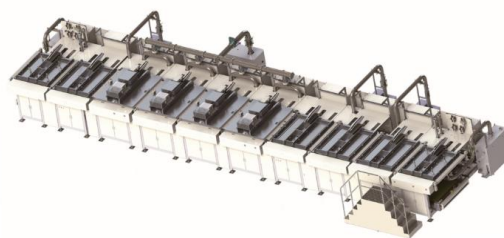
国外厂商：梅耶博格（已不对外提供）、应用材料、日本真空等。

图 21：梅耶博格 PECVD



资料来源：梅耶博格官网，德邦研究所

图 22：迈为股份 PECVD 采取无行车设计



资料来源：迈为股份官网，德邦研究所

3) TCO 透明导电薄膜技术：该工艺步骤主要是在电池正背面非晶硅薄膜上沉积一层透明导电膜层，通过该层薄膜实现导电、减反射、保护非晶硅薄膜的作用。由于非晶硅的导电性较差，所以在 HJT 电池的制作过程中，在电极和非晶硅层之间加一层 TCO 膜可以有效地增加载流子的收集。透明导电氧化薄膜具有光学透明和导电双重功能，对有效载流子的收集起着关键作用，可以减少光的反射，起到很好的陷光作用，是很好的窗口层材料。

核心设备：PVD/RPD（投资价值占比超 20%）。目前行业内常用的 TCO 镀膜方法为磁控溅射（PVD）和反应等离子体沉积（RPD）。

PVD 是当前制备 TCO 薄膜主要技术，靶材寿命较长，适合连续生产，但光电转化效率较 RPD 略低。PVD 方法基本原理是在电场和磁场作用下，使工艺气体 Ar 电离成 Ar^+ ，形成等离子体，被加速的高能粒子（ Ar^+ ）获得高能量并轰击靶材（靶面为阴极），靶材表面的原子脱离原晶格而逸出，溅射粒子沉积到衬底表面与氧原子发生反应而生成氧化物薄膜。PVD 溅射镀膜膜厚均匀易控制，

镀膜工艺稳定可控，工艺重复性较好，靶材寿命较长，适合连续生产。但离子轰击对薄膜的性能损伤较大，同时 ITO (PVD 使用的靶材) 光电学性能略差于 RPD 生产的 WO 导电薄膜，要获得高性能薄膜，必须制备出高质量靶材。近年来出现了一些使用 PVD 法制备的新种类的 TCO 薄膜，在综合性能上拉近了与 IWO 的差异，目前，两者间的电池效率差距已经可以缩小到 0.3% 以下，PVD 设备技术更加成熟，设备和运营成本更低，因此，当前异质结电池 TCO 薄膜的主流技术应该是 PVD。

RPD 转化效率较好，但均匀性和靶材使用寿命仍有提升空间。镀膜原理为 Ar 等惰性气体通过等离子枪产生的等离子体进入到工艺腔体内，然后在磁场作用在打到靶材上，靶材升华沉积至衬底上。RPD 具有低离子损伤、低沉积温度、可大面积沉积和高生长速率等优势，但 RPD 为蒸发镀膜，总体来说膜厚均匀性差于 PVD 溅射镀膜，且由于受日本住友重工的专利保护，发展较为缓慢，核心部件依赖于进口。

国内厂商：迈为股份 PVD 设备已达到 8000 片/小时产能，设备可靠性和性价比优势显著。捷佳伟创通过与日本住友合作也具备了 RPD 设备的供应能力，工艺成熟，并推出了 PAR (RPD+PVD) 二合一设备、在转换效率和成本端取得平衡。此外，钧石能源、京山轻机等均有 PVD 设备布局。

国外厂商：梅耶博格、德国冯阿登纳、德国新格拉斯、日本住友等。

图 23：迈为股份 PVD



资料来源：迈为股份官网，德邦研究所

图 24：捷佳伟创 RPD



资料来源：捷佳伟创官网，德邦研究所

电极制备：丝网印刷为主要电极制备方法，HJT 需要进行低温银浆等工艺升级。制备电极的基本要求是能与硅形成牢靠的欧姆接触，具有良好的导电性能，高电流收集效率等。目前行业内最常用的制备电极的方法为丝网印刷，使用丝网印刷的方式在电池正背面印刷银浆。由于 HJT 电池不耐高温，所以本工艺采用银浆不同于常规产品，工艺中使用低温银浆印刷及低温固化，具体工艺流程包括背电极印刷、烘干、正电极印刷、烘干和低温固化，固化温度一般控制在 200°C 左右。

核心设备：丝网印刷设备（投资价值占比 15%-20%），除丝网印刷方法以外，电镀铜、激光转印等方法也有望成为未来电极制备的路径。

国内厂商：迈为股份占主导地位，捷佳伟创、金辰股份、奥特维、东莞科隆威均有相关布局，此外 2021 年晶盛机电收购应用材料旗下丝网印刷业务 (Baccini)，进一步强化国内企业在丝网印刷领域地位。

国外厂商：Baccini（AMAT 的子公司，现被晶盛机电收购）、Micro-tec 等。

表 12：国内厂商在 HJT 设备布局领先，具备先发优势

工序	设备类型	国内主要厂商	国外主要厂商
制绒清洗	RCA 清洗设备	捷佳伟创、迈为股份（YAC）	RENA
（投资占比 8%-10%）	臭氧清洗设备		新格拉斯
非晶硅薄膜沉积	PECVD 设备	迈为股份、理想能源、钧石能源、捷佳伟创、金辰股份	梅耶博格、AMAT、新格拉斯
（投资占比超 50%）	HWCVD 设备	捷佳伟创	日本真空（爱发科）
TCO 薄膜沉积	RPD 设备	捷佳伟创	日本住友
（投资占比 20%）	PVD 设备	迈为股份、京山轻机	梅耶博格、新格拉斯、冯阿登纳、日本真空（爱发科）
金属化	丝网印刷	迈为股份、捷佳伟创、金辰股份、奥特维、晶盛机电（收购 AMAT 旗下丝网印刷业务）	Baccini（AMAT 旗下，现被晶盛机电收购）、Micro-tec
（投资占比 15%-20%）	激光转印	帝尔激光	巴斯夫
	电镀	钧石能源	
修复设备	LED 光注入	迈为股份、奥特维	
	激光 LIA 修复	帝尔激光	

资料来源：各公司公告、官网，德邦研究所

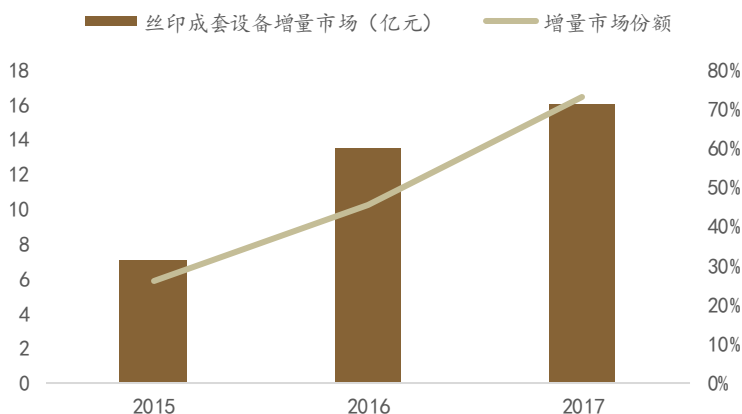
2. 迈为股份：吹动 HJT 春风的关键“卖铲者”，六大降本节点推动 HJT 生态建设

2.1. 从光伏电池丝网印刷设备龙头，走向 HJT 整线总包

2.1.1. 丝网印刷设备全球市占率超 7 成，多次中标国内 HJT 产线订单

光伏电池丝网印刷设备龙头，全球市占率七成。公司成立于 2010 年，2016 年实现股份制改革，并于 2018 年 11 月 9 日成功上市创业板。公司起家于光伏电池片后段生产环节中的丝网印刷设备，产品历经单头单轨丝网印刷线、双头双轨丝网印刷线等众多突破性发展，2016 年公司在国内太阳能电池丝网印刷设备领域的增量市场份额已经跃居首位，2020 年全球市占率超过 70%，继续保持行业龙头地位。公司自 2019 年开始加大 HJT 设备研发力度，在丝印设备的基础上向前段核心环节镀膜设备延伸，目前公司已完成 HJT 整线设备布局并可提供高性价比整线方案，电池片技术迭代下最为受益。此外，公司还依托激光、真空、印刷等技术向平板显示、半导体领域拓展。

图 25：2017 年迈为股份丝网印刷国内市占率达 72.6%



资料来源：迈为股份公告，德邦研究所整理

深耕光伏设备十余年，厚积薄发。公司发展历程可分为 4 个阶段：

蓄力期 (2008-2010): 2010 年实现首台丝网印刷设备销售。2008 年立项研发太阳能丝网印刷, 2009 年创始人为寻求长期可持续发展的赛道而瞄准光伏设备领域, 走访了大量电池片生产企业, 深入了解丝网印刷工艺。**2010 年, 迈为股份前身吴江迈为技术有限公司成立, 并于当年完成首台印刷机过程样机试制, 斩获首套生产线合同。**

锋芒初露 (2011-2015): 坚持丝网印刷设备研发, 进入国产替代初期。2011 年, 形成软件著作权《迈为太阳能电池丝网印刷控制系统软件 V1.0》; 2012 年, 公司企业被评为高新技术企业, 取得第一项发明专利; 2013 年, 公司产品被评为江苏省首台套重大装备。在此时期, 公司研发的传统单头单轨太阳能电池丝网印刷生产线 (SL Single Lane) 是国产设备在太阳能电池丝网印刷领域的一大进步, 技术水平处于国内领先地位。

高速发展 (2016-2018): PERC 渗透率提升+国产替代, 公司市占率迅速提升。随着太阳能光伏行业的竞争加剧, 终端应用厂商出于降低生产成本的考虑, 愈发重视太阳能电池片的产量、碎片率和转换率等指标。其中, 公司的主营产品丝网印刷设备作为关键生产工序, 起着至关重要的作用, 进入天合、晶科、阿特斯等主流产品产线。公司研发的高精度栅线印刷定位及二次印刷技术、双头双轨印刷技术、丝网角度调整技术、高速恒压力印刷技术等先进核心技术的成熟应用, 不仅使公司逐渐成为丝印设备龙头, 也改变了我国太阳能电池丝网印刷设备主要依赖进口的局面, 同时也逐步打开海外市场。从 **2016 年起, 公司丝网印刷整线设备的国内市占率连续五年位居第一。**2018 年, 公司正式登陆深交所创业板, 并逐步拓展业务领域。

迈向 HJT 总包 (2019-至今): 进军 HJT 电池设备整线总包, 三大技术助力公司泛半导体平台化布局。

1、内生外延掌握 HJT 整线技术。公司于 2019 年进军 HJT 异质结电池生产设备领域, 通过自主研发陆续突破核心工艺环节非晶硅薄膜沉积、TCO 膜沉积所需的 PECVD 设备和 PVD 设备, 并通过参股江苏启威星吸收引进日本 YAC 的制绒清洗技术, 实现了 HJT 电池设备的整线供应能力。

2、多次中标国内 HJT 中试、量产线, 2020 年 12 月 HJT 在手订单达 5.9 亿元。2020 年 7 月, 公司自研的 PECVD、PVD 和丝网印刷设备中标阿特斯 250MW HJT 中试线项目; 8 月, 公司的 PECVD、PVD 和丝网印刷设备中标安徽华晟 500MW HJT 产线。10 月, 公司在通威 1GW HJT 项目里实现整线中标; 12 月, 迈为召开 HJT 2.0 新品发布会, 发布第六代 PECVD 设备, 设备效率由 5000 片/小时提高至 8000 片/小时, 新推出的准动态镀膜技术使得腔体利用率达 70%。根据公司公告, 截至 2020 年 12 月, 公司 HJT 在手订单达 5.9 亿元。

表 13: 迈为股份在国内 HJT 产线中多次中标

项目	时间	中标设备
新加坡 REC600MW	2019	丝网印刷
通威合肥 200MW 异质结中试线	2019	PECVD、丝网印刷
阿特斯 250MW 中试线	2020.7	PECVD、PVD、丝网印刷
华晟 500MW HJT 产线 1	2020.8	PVD、丝网印刷
华晟 500MW HJT 产线 2	2020.8	制绒 (YAC)、PECVD、PVD、丝网印刷
通威金堂 1GW 中线 1	2020.10	制绒 (YAC)、PECVD、PVD、丝网印刷

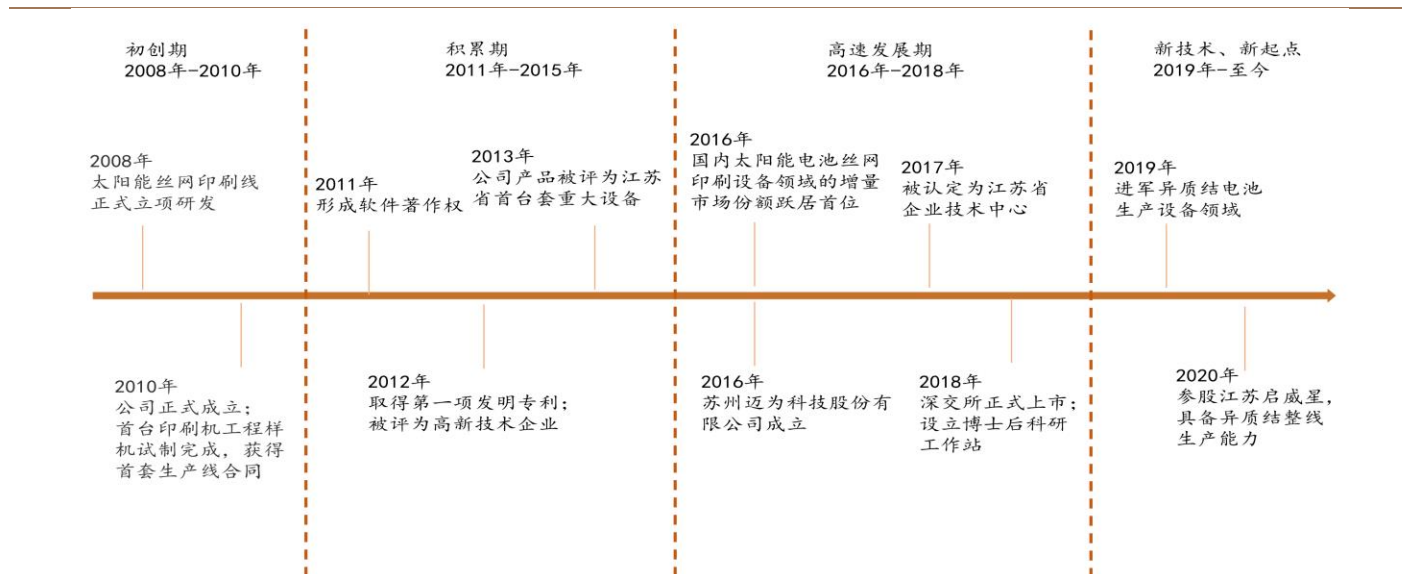
通威金堂 1GW 中线 3	2020.10	制绒 (YAC)、丝网印刷
通威金堂 1GW 中线 4	2020.10	丝网印刷
金刚玻璃 1.2GW HJT 量产线	2021.7	制绒 (YAC)、PECVD、PVD、丝网印刷

资料来源: solarzoom、各公司官网, 德邦研究所

3、建立 HJT 生产实验室, 提升设备性能, 推动行业发展。2021 年 5 月 25 日, 经德国哈梅林太阳能研究所 (ISFH) 测试认证, 迈为研制的异质结太阳能电池片, 其全面积(大尺寸 M6, 274.3cm²) 光电转换效率达到了 25.05%, 刷新了异质结量产技术领域的最高纪录。迈为股份通过建立实验室的方式, 不仅可以更全面、更快速的了解认知 HJT 技术的发展, 结合生产工艺更好的提升设备性能, 同时有利于行业内新进玩家试验 HJT 技术, 协助客户布局 HJT 技术, 推动行业发展。

4、未来依托印刷、激光、真空三大技术模块, 形成多层次、立体化布局, 打造平台型技术公司。在光伏技术面对变革时期, 公司有望凭借在 HJT 设备的先发优势, 保持异质结设备行业领先地位。同时, 公司将依托真空、激光、印刷三大技术平台, 继续开拓光伏、OLED 和半导体市场, 实现泛半导体平台化布局。

图 26: 十余年发展, 迈为股份从光伏丝网印刷龙头走向 HJT 整线总包



资料来源: 公司官网, 公司招股说明书, 德邦研究所

表 14: 公司产品包含丝网印刷设备、HJT 整线设备、柔性屏激光及晶圆激光等设备

产品名称	应用领域	产品用途	产品图片
太阳能电池丝网印刷整线设备	光伏电池片	该产品主要应用于光伏产业链的中游——电池片生产环节, 包括核心设备全自动太阳能电池丝网印刷机及自动上料机、PERC 激光、红外线干燥炉、自动缓存机、自动冷却机、烧结炉、炉后一体机、太阳能模拟器、检测机、分选机、EL 测试机等生产线配套设备。	
清洗制绒设备	光伏电池片	该设备主要用于对高效太阳能电池异质结电池片进行制绒、清洗。兼备两种预清洗工艺: PreIn#1(O□) → SDE → PreIn#2(H□O□)	
PECVD 设备	光伏电池片	该设备主要用于高效太阳能电池异质结电池片制备中非晶硅薄膜沉积环节, 全自动完成双面镀膜、连续镀膜, RPS 自清洗。	

PVD 设备	光伏 电池片	该设备主要用于高效太阳能电池异质结电池片制备中 TCO 膜沉积环节，	
【屏体】OLED 柔性屏激光切割设备	显示 OLED	该设备利用激光将整张柔性基板(最大尺寸:1500mmx 925mm)切割成指定尺寸与数量的 Cell 并排出。设备包含基板入料单元、激光切割单元、废料去除单元、转台单元、下料单元。	
【屏体】OLED 柔性屏自动激光修复设备	显示 OLED	该设备应用于 AMOLED 屏（柔性、硬屏）亮点或者暗点修复，能够实现顶部自动修复和底部手动修复工艺，从而提升屏体整体良率。设备包含自动上下料、对位压接点亮、激光修复等单元。	
【模组】OLED 柔性屏激光异形切割设备	显示 OLED	该设备利用激光能量，通过切割对产品局部进行去除，实现特定的产品形状。设备包含入料单元、激光切割单元、下料单元。	
【模组】OLED 柔性屏激光打孔设备	显示 OLED	该设备利用激光能量，按照特定形状对产品局部进行去除，实现产品孔状切割。设备包含入料单元、激光切割单元、下料单元。	
【模组】柔性屏激光打标设备	显示 OLED	该设备利用激光能量，根据客户要求，在 FFC 板连接器金属加强板上进行激光打码。设备包含入料单元、激光打标单元、下料单元。	
Mini LED 晶圆激光改质切割设备	显示 微型 LED	该设备主要用作 LED 蓝绿光蓝宝石晶圆的分切加工，内部改质加工工艺。设备包含自动上下料单元、对位单元、激光划片单元、控制单元。	
Micro LED 晶圆激光剥离设备	显示 微型 LED	该设备采用深紫外激光器，用作 Micro LED 晶圆及垂直结构 LED 晶圆的剥离，实现 GaN 外延层和蓝宝石衬底的分离。设备包含自主倍频单元、激光扫描单元、自动上下料单元。	
LED 晶圆激光表切设备	显示 微型 LED	该设备主要用作 LED 硅晶圆（红黄光）的切割加工，也可用以蓝宝石或 SiC 等材料的开槽。设备采用紫外激光烧蚀去除工艺，包含自动上下料单元、清洗涂胶单元、激光切割单元、对位单元、控制单元。	
Mini LED 晶圆劈裂设备	显示 微型 LED	晶圆在经过激光切割后，呈半切的状态，晶粒与晶粒之间尚未分开，需进行劈裂工艺。本设备采用物理加工方式，将晶圆放置在受台上，以劈刀升降运动作用在晶粒切割道上，使得晶粒单颗分开。设备包含自动上下料单元、对位单元、劈刀受台单元、击锤单元。	
MX-SSD2C 半导体晶圆激光改质切割设备	半导体	该设备适用于硅晶圆如 MEMS，RFID 等产品的激光改质切割，以其先进的智能系统确保产品加工的品质与效率。	
MX-SLG1C 半导体晶圆激光开槽设备	半导体	该设备使用激光在晶圆表面刻线开槽，以人性化的操作设计提升用户体验、智能化的软件系统提高生产效率。	
MX-SSG1A 半导体晶圆研磨设备	半导体	该设备用于半导体多种材质晶圆的减薄，以先进的操作及管理系统提升了生产效率与产品品质。	

资料来源：公司公告、公司官网，德邦研究所

大客户关系紧密助公司市占率保持稳定。光伏行业经历了近十年降本增效和优胜劣汰后，行业集中度明显。公司自成立以来深耕光伏设备领域技术，不断拓展业务领域。目前公司客户涵盖隆基股份、通威股份、晶科能源、晶澳太阳能、协鑫、阿特斯、天合光能、东方日升、江西展宇等全球大型光伏企业集团，与大客户的紧密关系保障了公司市占率的稳定提升。

图 27：公司客户主要是国内外头部光伏企业



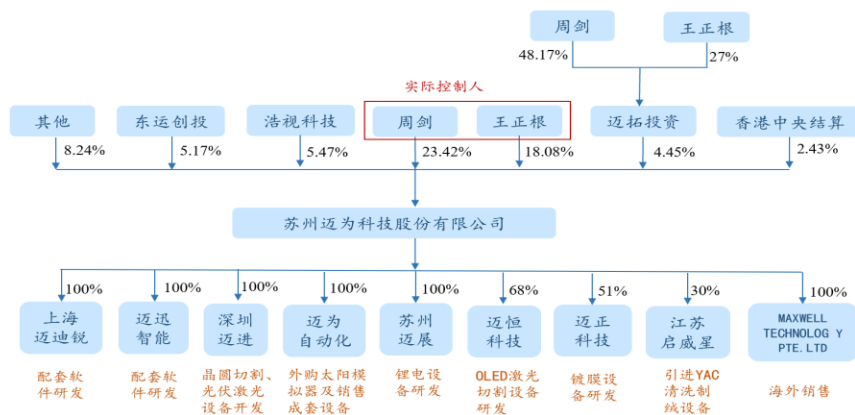
东方环晟光伏(江苏)有限公司
Dongfang Huansheng Photovoltaic (Jiangsu) Co., Ltd

资料来源：公司招股说明书，德邦研究所

2.1.2. 定增加码 HJT 设备产能，印刷、真空、激光三大技术铸就平台化优势

公司实际控制人为董事长周剑先生、总经理王正根先生。公司共计 6 个全资子公司，其中苏州迈正负责 HJT 中 PECVD、PVD 等设备业务；深圳迈进负责半导体晶圆改质切割、激光开槽等设备业务；苏州迈恒负责面板切割等设备的研发；2020 年，公司参股江苏启威星 30% 股份，江苏启威星已引进日本 YAC 的清洗制绒设备，配套迈为自研的 HJT PECVD、PVD、丝网印刷设备，实现 HJT 设备整线布局。公司于 2021 年 1 月完成定向增发（补充流动资金，2021 年 7 月再次拟增发用于提升 HJT 设备生产能力），发行数量 504.14 万股，由实际控制人周剑、王正根全额认购，其中周剑认购 285.34 万股，王正根认购 218.80 万股，募集资金 6.08 亿元，主要用于补充企业流动性资金。

图 28：公司实际控制人为董事长周剑先生、总经理王正根先生（截至 2021H1）



资料来源：公司公告，德邦研究所

研发团队综合素质过硬，研发能力出众。公司自成立以来始终重视研发投入和技术创新，经过多年积累，打造了一支技术先进、经验丰富的研发团队。2017年公司被认定为省级企业技术中心，2019年设立博士后科研工作站，并依托高新技术企业平台，承担江苏省重大成果转化项目、太阳能电池丝网印刷生产线被认定为江苏省首台（套）重大装备，获颁**姑苏创业创新领军人才**。截至目前，公司已拥有**13项软件著作权**，**162项专利权**，并通过了知识产权管理体系认证，进一步加强知识产权保护工作，使得公司核心竞争力得到有效巩固。公司立足**印刷、激光、真空三大关键技术平台**，秉持以自主研发与技术创新实现核心设备国产化的信念，以行业顶尖水平为标准，持续探索、致力为泛半导体领域的客户提

供优质的产品与可靠的服务。

表 15：公司研发团队综合素质过硬，实力强劲

姓名	公司职务	个人履历
李强	副总经理、研发总监	硕士学历。2005 年 6 月至 2009 年 9 月任日本 SAKI 株式会社上海分公司任开发主管；2009 年 9 月至 2012 年 7 月任上海复蝶智能技术有限公司技术总监、联合创始人；2012 年 7 月至今任苏州迈为科技股份有限公司高级工程师、研发副总监、研发总监；2020 年 4 月至今任苏州迈为科技股份有限公司副总经理、研发总监。
施政辉	副总经理、核心技术人员	硕士学历。2000 年 7 月至 2004 年 5 月任良瑞电子（深圳）有限公司机械工程师；2004 年 7 月至 2006 年 5 月担任深圳大族数控科技有限公司主管工程师；2006 年 7 月至 2009 年 8 月任深圳市冰海科技有限公司机械主管；2009 年 8 月至 2012 年 8 月，担任深圳市迈为科技有限公司技术总监、监事；2010 年 9 月至 2012 年 7 月任吴江迈为技术有限公司研发总监；2012 年 8 月至 2016 年 4 月任吴江迈为技术有限公司总经理兼研发总监；2016 年 5 月至 2017 年 4 月，任苏州迈为科技股份公司监事会主席、研发总监；2017 年 4 月至今任股份公司副总经理。
连建军	核心技术人员	工程师职称。2000 年 8 月至 2002 年 10 月任岳阳市天元电子有限公司技术服务工程师，2003 年 1 月至 2007 年 7 月任职岳阳超盟科技有限公司研发副总监，2007 年 8 月至 2009 年 7 月任深圳康必达自动化有限公司电气工程师，2009 年 8 月至 2010 年 8 月任深圳市迈为科技有限公司电气主管，2010 年 9 月至 2016 年 4 月任有限公司技术服务部总监；2016 年 5 月至今任股份公司技术服务部总监、迈展自动化副总经理。
曹新民	真空设备研发负责人	东南大学电子工程学士和硕士，美国托莱多大学物理学硕士和博士，曾先后在德国斯图加特大学、德国乌尔姆大学和美国托莱多大学从事访问研究和进修学习，拥有 20 余年先进薄膜半导体器件及其高端真空镀膜自动化设备的研究、工艺技术开发、工程设计、产线优化和规模生产的资深专业经验。
郁操	高效电池技术研发团队负责人	南开大学微电子学与固体电子学硕士，从事薄膜光伏技术、高效太阳能电池研发工作十余年。曾带领团队研发的 HJT 电池于 2019 年 8 月经世界权威机构 ISFH 认证，效率突破 24.85%，打破了当时的世界纪录。
汪玉树	OLED 面板设备光学设计和工艺开发负责人	厦门大学物理系光学硕士，高级工程师，长期从事工业激光领域研究，目前负责公司 OLED 面板设备光学设计和工艺开发，参与了 10 余项发明专利和实用新型的申请。

资料来源：公司招股说明书，公司公告，德邦研究所

大力投入 HJT 研发，依托印刷、真空、激光三大技术打造泛半导体平台化布局。光伏行业技术迭代速度较快，公司的丝网印刷整线生产设备在 PERC 工艺中获得成功后，积极拓展 PERC 之后的 HJT、BC 等电池技术，同时延伸至微型显示、半导体领域，持续强化自身未来成长空间。目前，公司已具备 HJT 整线生产能力。自主研发的第一条 OLED FILM CUT 整线设备已于 2019 年 5 月交付，实现了该设备领域的首次国产化，且有着行业领先的稳定性、产量及良率。2020 年完成了全尺寸半导体晶圆激光改质切割设备、半导体晶圆激光开槽设备以及半导体晶圆研磨设备的研发与生产，成为了半导体封装设备领域的新生力量。随着公司各类项目研发落地，公司在 PERC 时代的竞争壁垒和市占率水平有望继续延续至新技术时代。

表 16：大力投入 HJT、显示、半导体等领域新技术研发，开拓未来成长空间

项目名称	项目描述	当前阶段
HJT 真空镀膜 PECVD 研发项目	公司研发的 PECVD 真空镀膜设备为采用线性排布方式，创新的产品传送方式实现超大产能。设备采用射频放电方式使反应气体离子化，并在电池片上沉积成膜，厚度根据电源功率、气压、气体流量可调节。	试产阶段
HJT 真空镀膜 PVD 研发项目	公司研发的 PVD 双面真空镀膜设备采用先进的磁控溅射阴极，高摆效率的正背面双面镀膜托盘，均匀的布气方式，稳定的进出口传输系统等。同时预留未来各种工艺的开发接口，同时以未来大硅片，大产能生产设备作为未来的研发重点。	试产阶段
高效异质结电池工艺技术项目	该研发项目旨在：1.优化 HJT 工艺方案，提升电池片转化效率；2.测试、分析、实验助力完善 PECVD/PVD 设备，并协助客户端工艺调试；3.耗材、辅料评估，节能降本，助力降低度电成本。	试产阶段
HJT 异质结整线自动化项目	以无人化生产为基础，设计开发清洗上料及下料机，PECVD 上料机、翻片机、下料机，PVD 自动化上料机、下料机及上下一体机等。以上均具备生产及检测一体智能型设备。目前为了适应产能的需求开发及硅片的多种类定制化。不断的在进行技术升级创新。	试产阶段
原硅片无损切割项目	根据现有原片规格开发兼容性切割机，将高精度定位及高性能激光切割系统结合，从定位精度判断系统运算自行分析，自动规划切割路径。兼顾环境因素自行切割补偿。目前开发应对市场的多元化，设计在不断的技术储备及升级。同步分析产品的优缺点，采用多种类方案并行。	试产阶段
电池片无损切割项目	项目产品包括平台设计、冷却系统、激光热量输出模式等，其中激光热量输出模式和冷却系统是项目核心内容，对激光热量输出的控制精度，冷却系统的工作原理应用直接决定了裂片的效果。此切割设备分为上料--预切（激光+振镜）--红外激光切割--冷却--烘干--下料。此技术主要针对 hjt 电池片，可以将此类电池片切割前后效率差控制到 0.3% 左右。	样机阶段
炉后 AOI 检测和膜色检测项目	该项目用于检测丝网印刷线烧结炉后硅片外观质量。包括背面和正面外观检测以及色差分选。	样机阶段

高速 PERC 激光开槽设备项目	本项目研发一种全新的全自动太阳能电池片高速双轨激光开槽 (PERC) 的研发项目采用进口激光器、高速振镜系统、多组 CCD 视觉系统以及现有的转台技术来实现电池片的开槽技术, 并保证电池片的同进同出, 装配到印刷线上配合整线的 CT。	试产阶段
高速 SE 项目	研发内容: 1. 对接 AGV 采用料盒自循环上下料结构; 2. 整线采用双轨进双轨出进出料系统; 3. 整线设计 CT0.8S, 产能 4500PCS/H (X2); 4. 碎片率小于 0.5%; 5. 选择一种合适的激光器, 适用于高产能高精度的选择性掺杂工艺。	试产阶段
叠瓦裂片叠片一体机研发项目	新研发一种新的裂片和叠片集成一体机, 采用高速叠片机器人, 特殊的裂片机构, 先转角度裂开, 后拉开距离。一种特殊的贴片集成头, 可以同时贴多片, 减少了电池小片搬运时间, 提高产能。对位模式: CCD 定位; 产能: 3000pcs/H; 碎片率: 0.2%; 叠片: 两轨两个机器人同时叠片。	研发完成
叠瓦组件划片印刷一体机项目	叠瓦电池通常采用激光切割工艺, 工艺要求损伤深度小, 且损伤宽度小, 通常采用的工艺为高脉冲激光器, 多次切割。切割之后需要印刷设备在电池片上印刷导电胶。为了节省设备的占地空间, 提高切割和印刷的精度, 该项目研发出一种满足叠瓦工艺需求的激光切割和导电胶印刷一体设备, 该设备配备一款满足叠瓦工艺要求合适的激光器, 高速振镜, 平稳的大理石平台, 高速转台机构以及精准的相机定位系统。产能: 2400/H (单轨); 碎片率: 0.2%; 切割定位精度要求: $\leq \pm 20\mu\text{m}$; 印刷精度: $\leq \pm 50\mu\text{m}$ 。	研发完成
叠瓦组件端引线自动焊接检测设备项目	该设备主要完成叠瓦电池串出炉后汇流条焊接和检测工序。目前以人工焊接为主, 目前市面上汇流条焊接机出现的主要问题有: 虚焊漏焊, 焊接精度差, 焊接产能低等。此设备的成功开发对于叠瓦整线的量产具有重要意义, 对提升良品率, 降低成本有重大改善。	研发完成
叠瓦组件端引线自动焊接检测设备项目	该设备主要完成叠瓦电池串出炉后汇流条焊接和检测工序。目前以人工焊接为主, 目前市面上汇流条焊接机出现的主要问题有: 虚焊漏焊, 焊接精度差, 焊接产能低等。此设备的成功开发对于叠瓦整线的量产具有重要意义, 对提升良品率, 降低成本有重大改善。	研发完成
一种特殊的转移印刷设备项目	该项目研究一种转移印刷的方法来代替丝网印刷, 能够做到更细的栅线, 形貌更好。开发一种可以转移太阳能电池银浆的薄膜, 该薄膜由特殊材料和工艺制成, 采用一种特殊的转移工艺, 并配合高精度 CCD 系统, 可以很精准的将银浆从薄膜上转移到电池片上。	研发完成
高速 IBC 电池丝网印刷线研发项目	该项目研制出 IBC 电池丝网印刷整线, 由高精度高产能全自动双头双轨丝网印刷机、自动上片机、自动缓存机、红外干燥炉等组成, 用于太阳能电池的印刷, 是光伏太阳能产业链中重要的核心生产设备。该项目在原有双头双轨基础上增加一些特殊的机型, 例如上纸机, 卡塞式烘干炉, 卡塞循环系统, 上下片机等。	研发完成
原硅片 PL 检测机项目	该项目用于检测丝网印刷之前的工序硅片的 PL 缺陷。主要是制绒后, 刻蚀后, PE 前后的硅片质量。	研发完成
适用于大硅片的高速丝网印刷线研发项目	研发内容: 1. 设计兼容 166 及 210 两种硅片尺寸的高速丝网印刷线设备; 2. 210 大尺寸硅片整线 CT 达到 1.2S; 3. 各道配在线称重的功能, 称重精度 $\pm 1\text{mg}$; 4. 166 硅片碎片率 $\leq 1.5\%$, 210 硅片碎片率 $\leq 0.09\%$ 。	研发完成
喷墨印刷试验平台项目	该项目通过研发一种新的喷头结构, 全新的浆料喷墨控制系统, 用于太阳能电池片一些浆料的喷印。通过多次试验, 对不同黏度的浆料进行喷印, 并达到所要求的线条的高度、直线度, 宽度, 湿重等技术参数。能做到对浆料的精细控制, 较传统的丝网印刷工艺更有优势, 尤其是在成本、质量和效率方面。	研发阶段
基于面阵激光的太阳能电池片的 PL 检测项目	PL 检测软件主要包括两大部分, 第一部分主要是人机交互界面, 良好的人机交互界面可以给人以赏心悦目的感觉, 更加方便以及灵敏的操作体验可以很好的提高现场工人的工作效率, 第二部分是本软件核心的部分, 基于深度学习的太阳能电池片缺陷检测算法, 通过收集客户端的各种不良图片, 经过人工标注, 在搭建好的神经网络下进行训练学习, 通过原有样本的大量学习, 视觉软件具有了自我识别的能力, 可以很好的兼容不同客户对于 PL 缺陷检测的不同需求。	研发阶段
太阳能电池片高速丝网印刷线提速改善项目	研发内容: 1. 考虑采用双刮刀和双墨刀机构, 减少印刷时间, 以提高产能; 2. 整线 CT 工作周期不大于 1.05 秒, 精简转台机构, 提高转台精度、提升转台速度。3. 印刷精度达到 $\pm 5\mu\text{m}$; 4. 破片率小于 1.5%。	试产阶段
钙钛矿激光技术研究项目	研究对钙钛矿型太阳能电池组件的切割工艺, 分割标准件成电池, 让电池形成串联, 到达绝缘和可靠性的处理。因此需在 P1/P2/P3/P4 制程中通过激光划线工艺在基板上刻蚀出精密的电池线路, 使得电池尺寸精度分布均匀, 宽度一致, 从而显著增加模组有效发电面积, 使模组转化效率达到最大化。	样机阶段
柔性材料激光切割项目	通过激光设备对柔性材料印刷网版进行烧蚀划线, 提高线宽一致性, 减少 P 面 S 面线宽极差, 使印刷后线条平整度及线型更好, 通过高宽比提升及线型优化, 节约印刷耗材, 降低企业成本, 提升发电效率。	研发阶段
全开口金属网版激光划线项目	对金属网版进行激光划线; 通过设计激光光路, 减少产品切割划线锥度, 减少产品 S 面和 P 面线宽极差; 对切割位置进行精确吹气, 减少线缝内熔渣残留, 优化切割面的光滑度; 采用黏附工作台, 使产品整个平面完全贴附在平台上, 减少产品加工时的变形, 从而保证线宽的一致性。	研发阶段
半导体激光改制切割机项目	研发内容: 性能上设备要达成以下参数指标: 1. 自动跟随技术, 并且保证全部切割道均可跟随, 跟随误差 $\pm 1\mu\text{m}$; 2. 加工速度 300~600mm/s, 加速度 2G; 3. 最大加工速度 1000mm/s; 4. 切割蛇形 $\leq 3\mu\text{m}$; 5. 切割, 分断后的 particle 增加 $\leq 1\%$; 6. 切割+扩片后, 分断率 100%; 7. 可实现光束质量改善和整形, 适应不同切割道宽度和切割品质要求的产品。	研发阶段
全自动晶圆开槽设备的研发项目	研发内容: 性能上设备要达成以下参数指标: 1. Host 联网功能; 2. 切割模式: 单细光、双细光、单宽光、双宽光; 3. X 轴切割最大速度 1000mm/s; 4. 清洗、涂覆、切割可同时进行; 5. 对应尺寸: 8inch、12inch; 6. 清洗涂覆最大转速可达 3000r/min; 7. 具备边缘背光识别; 8. 刀痕检测功能; 9. wafer 形状: 可对应 notch、平边 wafer; 10. 切痕自动校准; 11. 首片检测功能; 12. 能量监测功能; 13. wide 光路切割宽度无极可调; 14. 消除静电功能。	研发阶段

资料来源: 公司年报, 德邦研究所

定增加码 HJT 设备产能, 预计满产后年均贡献收入 60 亿元。随着通威、华晟、金刚玻璃、明阳智能等玩家参与 HJT 扩产, 基于 HJT 行业的快速发展, 公司 2021 年 7 月公告拟定增 28.1 亿元, 其中 23.1 亿元用于新建位于苏州吴江经济开发区的 HJT 电池设备制造基地。项目建成达产后可实现年产 PECVD、PVD 及自动化设备各 40 套, 预计达产后每年可实现销售收入 60 亿元; 其余 5 亿元用于补充流动资金。

表 17: 28 亿定增加码 HJT 设备生产, 预计满产后年均收入 60 亿元

项目	项目总投资 (万元)	拟投入募集资金金额 (万元)
异质结太阳能电池片设备产业化项目	231,156.00	231,156.00
补充流动资金	50,000.00	50,000.00
合计	281,156.00	281,156.00

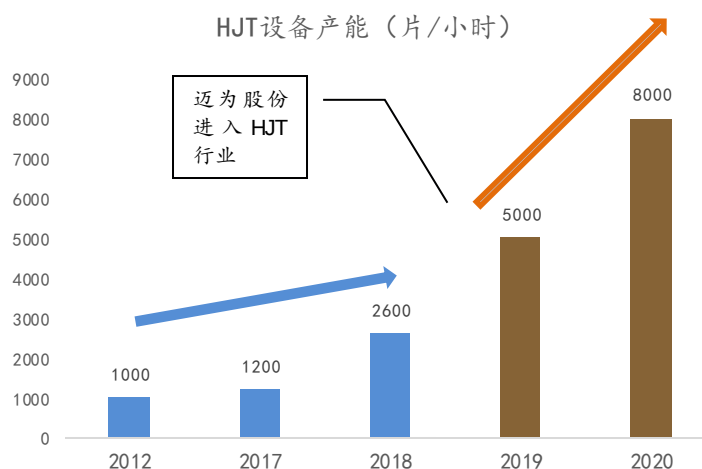
资料来源: 公司公告, 德邦研究所

2.2. 六大降本节点培育 HJT 的“迈为生态”，引领 HJT 走向产业化

2.2.1. 公司设备生产节拍领先，准动态镀膜强化核心设备降本

迈为进军 HJT 2 年内，HJT 设备产能提升 3 倍。公司专注于研发制造专用于 HJT 异质结高效太阳能电池量产的大产能低成本 PECVD 和 PVD 设备，据公司 2020 年 12 月份公告显示，公司拥有专项研发人员 200 余人，目前已提交 HJT 异质结高效太阳能电池工艺和 PECVD 设备及工艺相关专利多件。自 2019 年公司 HJT PECVD 和 PVD 项目启动至今，先后首创性地研制了第一代产能 200MW、第二代产能 400MW 的 PECVD 设备。公司当前 HJT 2.0 产品 CVD、PVD 设备产能达 8000 片/小时，对应年产约 400MW。根据公司新品发布会披露，预计公司 2021 年将推出 10000 片/小时，600MW 产能的 3.0 产品。迈为进军异质结 2 年内，关键设备产能增长 3 倍，1GW 设备投资成本下降 50%。

图 29: 迈为进军 HJT 2 年内，HJT 设备产能提升 3 倍



资料来源: 迈为股份新品发布会, 德邦研究所

表 18: 迈为 HJT PECVD 及 PVD 产能达 8000 片/小时，年底有望达 10000 片/小时

	PECVD	PVD
型号	LH05C	MVP8K
产能	8000 片/小时	8000 片/小时
硅片尺寸	M6-M12	M2-M12
载板材质	碳复合材料	不锈钢
载板规格	8×8 (M6)	9×12 (M6)
碎片率	0.25%	≤0.2%
设备稼动率	90%	90%
节拍时间	29s	49s

特点

- | | |
|--|----------------------|
| 1) 能够全自动完成双面镀膜、多腔室准动态连续镀膜。 | 1) 能够连续完成正背面 TCO 镀膜。 |
| 2) M6-M12 大产能, 兼容半片。 | 2) M6-M12 大产能, 兼容半片。 |
| 3) 进行 RPS 自清洗, 清洗时间 2.5 小时, 确保设备稼动率高于 90%。 | 3) 载板镀膜利用率高达 80%。 |
| 4) 无需行车, 对厂房高度要求低。 | 4) 无需行车, 对厂房高度要求低。 |

资料来源: 迈为股份新品发布会, 德邦研究所

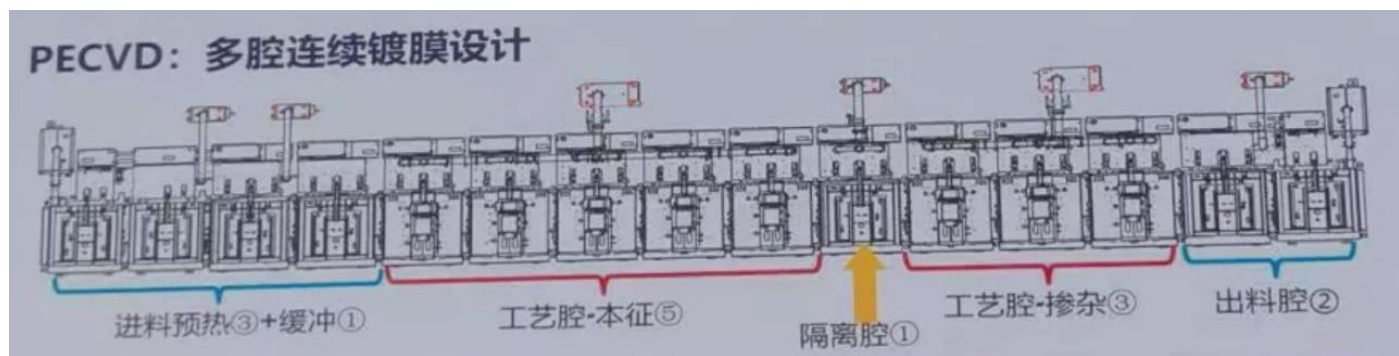
PECVD 多腔室准动态镀膜技术下, 腔室利用率由原来的 40%提升至 70%。 PECVD 在 HJT 设备产线投资中占比 50%以上, 该环节利用率的提升及成本的下降将有效降低 HJT 整体设备投资额。公司致力于研发专属于 HJT 的 PECVD 设备, 创造性推出了多腔室准动态镀膜技术。该技术下, 包含 4 个预热腔, 8 个工艺腔, 2 个出料腔, 其优点如下: 1) 每种工艺腔只沉积一种膜层, 省去了大量的抽换气时间, 尤其适合异质结非晶硅沉积。2) 镀膜腔利用率高, 由传统的 40%提升至 70%。3) 多层钝化和掺杂膜层在不同工艺腔内能够快速沉积。4) 本征腔和掺杂腔之间有隔离层, 能够杜绝交叉污染。

表 19: 迈为股份多腔准动态 PECVD 有效提升利用率

多腔准动态单工艺	单腔静态多工艺
简单磁流体真空传承载盘, 连续平稳可靠	复杂真空机械手传送及升降载盘, 昂贵不可靠
生产过程中压力、气氛、RF 参数不变, 避免了频繁换气和匀气时间, 工艺逻辑简单	生产过程中压力、气氛、RF 参数需随工艺各膜层 Recipe 变化, 工艺逻辑复杂
各腔各自优化匹配方式, 启辉稳定, 运行重复稳定	启辉易有波动, 不重复
工艺腔 Plasma 有效镀膜时间占比高, 为 70%	工艺腔 Plasma 有效镀膜时间占比不高, 为 40%

资料来源: 迈为股份新品发布会, 德邦研究所

图 30: 公司 PECVD 多腔室连续镀膜设计可降低成本



资料来源: 迈为股份新品发布会, 德邦研究所

MES 中控系统助公司产品实现单片追踪, 产品数字化不断提升。公司单片追踪系统立项已有五年, 在实现 HJT 整线后, 公司贯通全部电池片生产环节, 有利于实现全生产环节的量产片级跟踪。跟踪系统有利于提升生产效率并追踪失误, 提高良率, 目前该软件只适用于迈为自身设备, 有助于增加客户使用黏性。除了单片追踪系统以外, 公司的 MES 中控系统 2.0 在 1.0 的基础上增加了产线检测、产线级 MES、统计分析等功能, 包含自动生产报表、数据追踪统计分析、设备检测、制程检测、MES 基础模块六大模块, 进一步提升设备数字化程度。

2.2.2. 自建实验室推进 HJT 先进工艺验证, 完善 HJT 产业链生态

自建实验室加速 HJT 产业生态化建设。迈为在苏州吴江建立 HJT 整线实验室，供靶材、浆料等供应商做试验，同时满足部分有意愿布局 HJT 的客户试验。目前该实验室已投入 2 亿元以上，每年维护费用约 3000 万元，迈为拥有的 HJT 高效电池研发团队和真空装备研发团队，现由 200 多名专业研发技术人员组成，研发人才聚集及产业内各类上下游企业聚力，形成以迈为股份为重要力量的 HJT 生态圈。目前迈为股份实验室已吸引了国内外辅料辅材的供应商——银浆，靶材，特种气体，零部件等在实验室做试验，加快各个环节设备的磨合时间和新供应商的验证时间。

表 20：公司地处苏州，周边光伏企业众多

公司	主要产品	地点
苏州晶银	银浆	苏州
聚合股份	银浆	常州
金刚玻璃	HJT 电池	苏州
华晟	HJT 电池	安徽宣城
奥特维	组件串焊机	无锡
苏州晟成	组件流水线	苏州
上机数控	单晶硅片	无锡

资料来源：各公司公告，德邦研究所

迈为实验室转化效率比肩龙头，未来还将牵头推动 HJT 6 大降本节点。2020 年 5 月，经德国哈梅林太阳能研究所 (ISFH) 测试认证，迈为股份研制的异质结太阳能电池片，其全面积(大尺寸 M6，274.3cm²) 光电转换效率达到了 25.05%，刷新了异质结量产技术领域的最高纪录。此次的异质结太阳能电池，全部采用迈为股份自主研发的高效异质结电池量产设备和工艺技术制成。一方面展现了迈为设备优秀性能，另一方面展现了迈为实验室行业领先水平，可促进行业内 HJT 材料、客户的试验需求。此外，公司为推动 HJT 产业发展，主动研发 SMBB 串焊，推动半片工艺在电池片、硅片、硅棒中的使用，牵头验证银包铜等去银技术。据公司公告显示，自 2021 年下半年开始，迈为还将主导或牵头带领行业实现 6 大降本节点，促进 HJT 性价比在 2022 年超越 PERC，分别是 2021 年下半年要实现的：1)SMBB、2) 银浆国产化、3) 退火吸杂技术下 NP 同价，2022 年要实现的：1) 25%量产效率、2) 银包铜国产化、3) 大硅片半棒薄片。

2.2.3. 2021 年下半年降本节点：SMBB、银浆国产化、退火吸杂技术下 NP 同价

节点一：SMBB 技术可降低银浆用量 8mg/W，迈为二代 SMBB 设备预计今年 8 月验证。

银浆是电池生产制造非硅成本中占比最高的一项，多主栅技术有效降低银耗量。根据 solarzoom 数据显示，目前银浆在 HJT 非硅成本中占比 55%，是所有非硅成本中占比最高的一项。为缩减银浆使用量，将栅线精度提高，宽度变细成为重要手段。然而除了丝网印刷精度提升以外，串焊精度也需要匹配栅线变细的程度。多主栅技术可以降低 pad 点面积，让焊带和细栅直接汇联，降低主栅宽度，从而增加栅线数量。

多主栅降银逻辑有三：1) 降低电流。电池片里的栅线电流量取决于栅线对应收集电流的面积，多主栅大幅缩小了单根细栅对应的收集电流的面积，9 栅变 12 栅，可节约面积 43%。2) 降低线长。多主栅能够降低线长，在相同电池片尺寸下，9 栅变 12 栅，但跟副栅线长减少 25%。3) 降低截面和密度。多主栅后，

一方面可以大幅降低副栅宽度和高度，即降低截面积；另一方面可降低副栅根数。

考虑到市场上的串焊精度与丝网印刷精度不匹配，迈为股份推出与之匹配的多主栅、低银浆的组件焊接方案。该方案具有高精度、柔性连接、高光利用率以及低成本优势。1) 高精度：机械+真空定位，对准精度为 0.05mm。2) 柔性连接：片间距采用超薄柔性焊带，更有利于叠片等高密度封装。3) 高光利用率：采用独特的网版设计，增加电池受光面积，提升光能利用率。4) 低成本：银浆耗量降低 36%，背面封装材料克重降低 30%。目前公司 SMBB 串焊设备已在客户端生产，二代线预计将于 2021 年 8 月进入客户端验证。

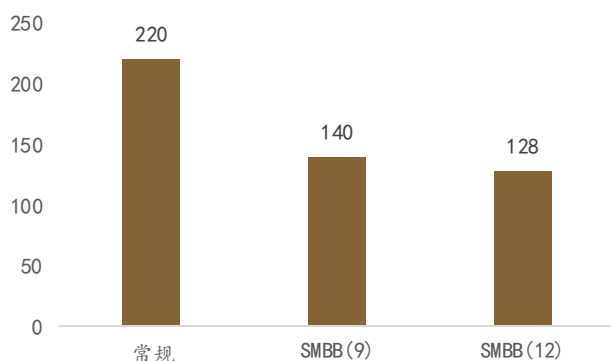
公司通过 SMBB 主栅的改进能够有显著降低成本，提高 HJT 电池效率。据公司新品发布会及公司公告显示，SMBB 技术相较于传统的 5BB 技术电池浆料使用量能够减少至 128mg/片，减少程度约 100mg/片，相当于 8mg/W，同时对转化效率有 0.6%的提升幅度。

表 21：SMBB 与 HJT 电池的结合能显著降本增效

BOM 差异	4BB	5BB	SMBB	SWCT
电池浆料 mg/pcs	350	300	<200	120
单片成本 ¥/pcs	2.1	1.8	<1.3	0.72
效率	22.8%	23.2%	23.8%	24.0%
M2 功率 W	5.57	5.668	5.815	5.864
单瓦成本	0.395	0.318	0.224	0.123
浆料成本占比	21.7%	19.2%	14.7%	7%
浆料占组件成本	14.6%	12.9%	9.9%	5.0%

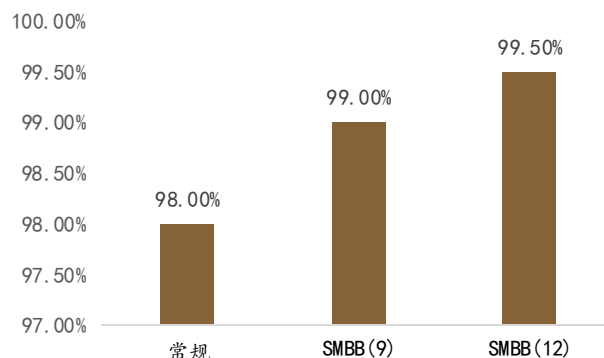
资料来源：迈为股份新品发布会，德邦研究所

图 31：SMBB 多主栅银浆使用量降至 128mg



资料来源：迈为股份新品发布会，德邦研究所

图 32：SMBB 多主栅组件 CTM 提升至 99.5%



资料来源：迈为股份新品发布会，德邦研究所

节点二：低温银浆国产化，可以降低银浆成本 2000 元/公斤，叠加 SMBB 技术，合计可以降本超过 0.12 元/W，钜能电力 HJT 产线已实现低温银浆国产化。

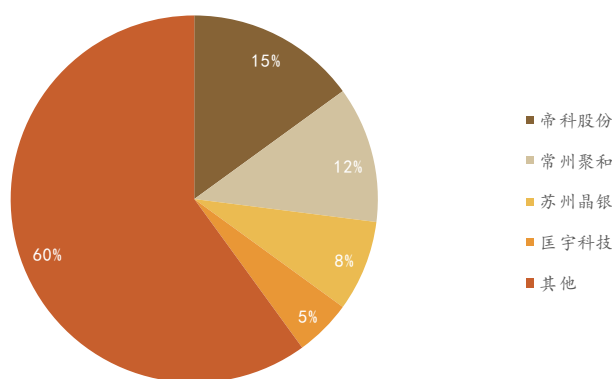
低温银浆与高温银浆成本差距较小，低温银浆溢价主要体现在进口冷链运输及技术垄断溢价。在降低银浆用量方面，除了 SMBB 技术以外，银浆国产化和银包铜技术成为未来的主要手段。从配方来看，低温银浆和高温银浆存在较大差异。低温银浆是通常在低于 250° C 的条件下，采用银粉、树脂和其它溶剂按一定比例进行混合而成，而高温银浆是通过烧结工艺（500° C）将银粉、玻璃氧化物、其它溶剂按照一定比例混合而成。但从固定资产投资来看，高、低温银浆设备差

异较小。银浆生产设备主要包括：三辊机、搅拌机、印刷机等。对于低温银浆和高温银浆的生产不存在设备端的差异，良率相差不多。行业门槛主要集中在技术积累、浆料配方和高端人才等无形资产。

当前低温银浆较高温银浆格高约 2000 元/kg，主要体现在进口冷链运输成本及技术垄断溢价。目前 DOWA 是全球最大的太阳能导电浆料银粉供应商，据北极星太阳能光伏网显示，其旗下合资公司京都 ELEX 更是占领 90% 以上低温银浆市场，其垄断市场的核心原因在于银粉处理技术。由于目前低温银浆均需进口，叠加日本企业的技术垄断溢价，低温银浆在成本差异不大的情况下，价格较高温银浆高约 2000 元/kg（其中包含 1000 多元国际冷链运输成本）。

低温银浆国产化可以降低银浆成本 2000 元/公斤，叠加 SMBB 技术，合计可以降本超过 0.12 元/W，迈为 HJT 实验室可为国产低温银浆验证提供良好机会。目前国内四大银浆厂商(帝科股份、苏州晶银、常州聚和、匡宇科技)在高温银浆市场份额靠前，其中帝科股份、苏州晶银、常州聚和均有低温银浆国产化的布局，其中 2021 年 7 月，钜能电力 25.31% 的 HJT 转化效率记录所使用的低温银浆便是和苏州晶银共同研发，后续可进行量产导入，低温银浆的大面积国产化即将到来。由于国产低温银浆若要实现产线量产需要多次验证，而目前下游 HJT 客户整体规模较小，出于经济性需求无法满足浆料厂商频繁验证，因此迈为股份的 HJT 实验室成为其验证银浆国产化的场所之一。根据迈为股份公告显示，低温银浆国产化可以降低银浆成本 2000 元/公斤，叠加 SMBB 技术，合计可以降本超过 0.12 元/W。

图 33：国内银浆优秀厂商众多



资料来源：前瞻产业研究院，德邦研究所

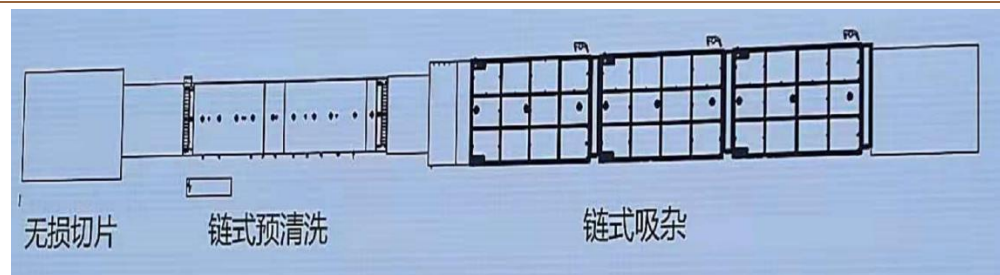
节点三：退火吸杂技术下 N 型硅片与 P 型硅片的同价

HJT 对金属等杂质容忍度较低，退火吸杂可有效缓解 HJT 效率因杂质而衰减。HJT 转化效率较高，对于金属杂质、氧杂质低含量的要求比较高，因此 HJT 所用的 N 型硅片对硅料、硅锭的纯度要求超过 P 型。退火吸杂采取高温扩散的方式，利用磷将金属杂质和氧杂质置出来，并最后洗掉，从而较少后期电池效率因金属等杂质的存在而发生衰减。根据迈为股份公告，退火吸杂工艺可以显著提升 0.15% 以上的效率，降低对硅料以及硅片的要求，从而实现 N 型硅片与 P 型硅片的同价。

迈为股份链式退火吸杂设备效率领先，未来可能前置到硅片端。当前 HJT 退火吸杂设备主要放在电池端试验，未来有可能会在硅片端，从源头提升硅片纯度，

进一步降低生产成本，提高 HJT 量产经济性。以往的吸杂设备主要采用管式炉，公司创新的链式退火吸杂设备在保障效率的同时，更适合薄片、半片的生产，成本也较管式炉更加节约，有望成为 HJT 必备技术。

图 34：迈为股份链式退火吸杂设备效率领先



资料来源：金刚玻璃异质结光伏项目启动会，德邦研究所

2.2.4. 2022 年降本节点：25%量产效率、银包铜国产化、大硅片半棒薄片

节点四：2022 年实现 25%以上量产效率。

微晶层是光电转化效率提升的关键。根据前文所述，转化效率是降低度电成本的关键指标。目前 HJT 量产效率保持在 24.4% 左右，正实现从 24.4% 走向 25% 的关键节点，其中微晶层或纳米晶层技术有望成为 HJT 光电转化效率突破 25% 的关键。掺杂层的存在可以提升电池的导电性和光透过性，但过度掺杂可能会降低光电转化效率，削弱掺杂优势。微晶层可以避免这种转化效率的降低，同时微晶工艺是 HJT 未来叠加钙钛矿的必经之路，有利于光电转化效率的长期提升。

微晶生长速度慢，迈为多腔室、高节拍 PECVD 有利于行业技术向微晶升级。由于微晶生长速度较慢，因此采用原有设备可能会降低生产速率，行业需要大产能、高节拍的设备。由于不同的薄膜层会用不同的硬件沉积，迈为 PECVD 的多腔体结构有望在微晶层中起到更好的作用，因为多腔体可以保障部分腔室沉积微晶层，部分腔室沉积非晶硅层，大大加快了沉积速度。微晶层设备投资与之前比有所提高，但不算多，迈为正在抓紧研发和推进，有望于年底推出大产能微晶层设备。此外，除了微晶技术以外，据金刚玻璃异质结光伏项目启动会介绍，固化炉改进、网版图形改进、浆料塑性改进、制绒均匀性等技术同样是光电转化效率突破 25% 的重要途径。

表 22：微晶层是实现 25% 以上转化效率的关键

内容	预期提升
制绒均匀性，反射率降低	0.05% (15mA)
高效镀膜工艺（微晶层等）	0.5%(120mA, -0.2mΩ)
硅片规格和 PVD 设计，缩小边缘遮挡	0.15% (40mA)
烘干固化炉设备改进	0.1%(1mV, 0.2%)
网版图形改进	0.1% (0.3%)
浆料塑性改进	0.1% (30mA)
同步在新型 TCO 薄膜技术、新型金属化工艺、组件互连工艺进行的降低成本探索	

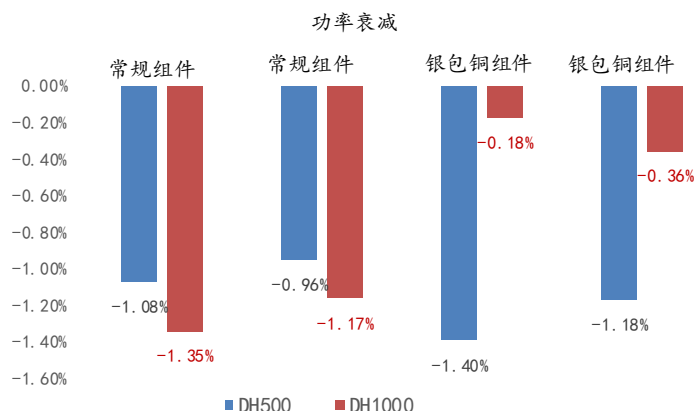
资料来源：金刚玻璃异质结光伏项目启动会，德邦研究所

节点五：银包铜技术国产化。

银包铜技术降银耗 30%，提升组件抗衰减能力。在大产能 PECVD、PVD、多主栅低银浆串焊的助力下，银浆使用量已经显著降低，然而 130mg 左右的银

浆使用量仍然高于 PERC 电池。HJT 电池想要进一步实现经济性，银包铜技术首当其冲。现有技术基础上进一步采用银包铜技术可以有效减少银耗量，同时其抗环境能力与纯银类似，具有一定的可靠性。根据实验室银包铜组件老化数据显示，未来在组件方面，采用银包铜可以明显降低组件功率衰减能力。

图 35：银包铜电池组件老化数据较常规组件有一定优势



资料来源：迈为股份新品发布会，德邦研究所

62%比例银包铜验证顺利，45%比例正在验证，耗银量未来有望低于 PERC。根据迈为股份 HJT 新品发布会数据，公司 62% (130mg*62%) 含银量的验证浆料已经结束，银包铜浆料的组件已经通过了 3 倍可靠性实验验证。实验室当前正在进一步验证 45% (130mg*45%) 含银量的浆料，一旦 45% 验证成功，HJT 银耗量将有望比肩 PERC。未来迈为将继续推动 30% 银包铜浆料的验证，实现浆料用量完全低于 PERC。

银包铜国产化成为银浆国产化和银包铜验证后又一大降本路径。去银化是光伏行业一个非常重要的任务，全球的银产量约 3 万吨，光伏已经用到了 2500-3000 吨，而且光伏现在年度装机只有 150GW，未来还有很大的增量，随着光伏市场进一步扩大，银浆的紧缺型会导致光伏度电成本的上升，因此提前布局去银化的方向和技术成为推动行业稳定发展的关键。在实现银浆国产化和 45% 乃至 30% 银包铜验证后，银包铜国产化成为 2022 年 HJT 降本增效的又一重要路径。迈为凭借自身实验室和对设备、工艺的了解，有望助力浆料厂国产化进程，成为推动银包铜国产化的重要力量之一。

表 23：银包铜技术降低银耗 30% 以上

	Gen.1	Gen.2	Gen.3
	一次印刷	分步印刷	非全银
	KE 359	细栅	主栅
银含量 wt%	90-94	90-94	89-93
体电阻率 $\mu\Omega\text{ cm}$	5-7	4-5	7-9
拉力 N/mm	0.5-1.0	-	>2.0
印刷速度 mm/s	100-150	300-350	300
			银包铜细栅
银含量 wt%			58-62
体电阻率 $\mu\Omega\text{ cm}$			6-8
拉力 N/mm			-
印刷速度 mm/s			300-350

资料来源：迈为股份新品发布会，德邦研究所

节点六：半棒技术有望解决大硅片与薄片化矛盾。

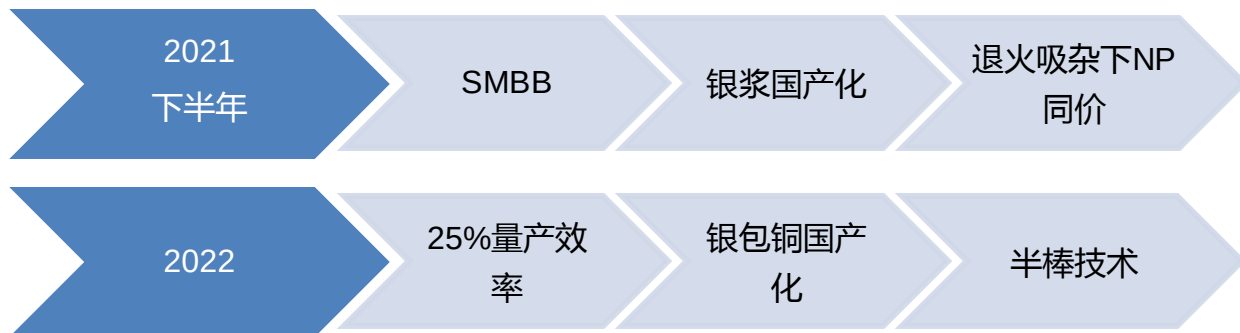
薄片化有利于降低硅耗和硅片成本，经济性明显成为发展趋势。2020 年，多晶硅片平均厚度为 180 μm ，P 型单晶硅片平均厚度在 175 μm 左右，N 型硅

片平均厚度为 $168\mu\text{m}$ ，较 2019 年基本持平，其中，用于 TOPCon 电池的 N 型硅片平均厚度为 $175\mu\text{m}$ ，用于异质结电池的硅片厚度约 $150\mu\text{m}$ ，用于 IBC 电池的硅片厚度约 $130\mu\text{m}$ 。目前光伏硅片主流厚度从 $175\mu\text{m}$ 进一步变薄，中环股份等部分厂家正在研发下一代 $140\mu\text{m}$ 以下厚度的硅片。薄片化经济性来源于其对材料的节省，根据中环股份测算，硅片每减薄 $10\mu\text{m}$ ，原材料成本对应下降 2.5%，对整体经济性有一定提升。

硅片薄片化是 HJT 电池技术的一项特色，薄片化可进一步降低 HJT 成本。HJT 电池片的对称结构及低温工艺减少了电池制作中的机械应力和热应力，有利于电池片进行薄片化生产，日本三洋早年的 HIT 电池厚度仅 $98\mu\text{m}$ 。据 solarzoom 数据显示，硅片在 $120\text{-}130\mu\text{m}$ 厚度下，相比 $170\mu\text{m}$ 的普通电池片，不仅电池转换效率的损失不足 0.1%，而且碎片率的上升也不到 2%（未来有望压缩至 1% 以内）。这两项损失将显著小于薄片化所带来的好处：（1）减少硅料的耗量，（2）在光伏需求不变的前提下，大规模推广 HJT 的过程由于减少每 W 的耗硅量，由此将导致硅料环节企业的利润向下游延伸，使产业链利润更合理分配。

半片化是大片化和薄片化的基础，公司已着手研制半片设备。半片化变形小，是做大片化和薄片化的基础。大硅片时代，薄片化和半片化是 HJT 电池量产的必然趋势，主要原因包括：1) 切损少、CTM 高；2) 切割隐裂少；3) 半片色差效率分档；4) 工艺简单；5) 减少 N 型复投料。目前迈为股份已着手研制半片 HJT 电池整线设备，向 HJT 电池大片化、薄片化、半片化努力，在实现 HJT 整线半片化生产的同时，做到相对于全片生产的产能不变。同时公司积极推进半片工艺向硅片端延伸，半片工艺前置可进一步降低硅料损耗。2021 年行业内有望实现采用半棒技术制造 $120\mu\text{m}$ 以下的硅片，进一步降低 HJT 生产成本。

图 36：六大降本节点有望促使 HJT 性价比超越 PERC



资料来源：公司公告，德邦研究所

3. HJT 捷报频传，预计 2024 年 HJT 设备空间达 200 亿，迈为订单向上弹性强

3.1. HJT 产业链良率、效率捷报频传，目前累计扩产计划超 50GW

多家公司布局 HJT，产能规划合计近 60GW。2020 年开始出现 GW 级布局，2021 年有望开启第一轮 HJT 产线热。布局异质结的企业中，以新玩家居多，而老玩家考虑到自身庞大的 PERC 产线，更倾向于 TOPCon 技术路径布局。但随着晶澳宣布进军 HJT，隆基股份 HJT 效率打破世界纪录，HJT 量产进度愈加明朗。而新进入市场的企业在 PERC 及 TOPCon 电池领域很难竞争过现有企业，

更加想要借助 HJT 实现弯道超车。目前根据不完全统计，规划及量产的 HJT 产能接近 60GW。

表 24：多家公司布局 HJT，产能规划合计约 60GW

公司	项目	地点	产能规模	投资金额 (亿元)
通威	二代 HJT 中试线	金堂	1GW	-
华晟	安徽华晟宣城 500MW 异质结电池组件项目	安徽	500MW	-
华晟	二期产线	安徽	2GW	-
金刚玻璃	大尺寸 HJT 产线	苏州	1.2GW	-
爱康	泰兴高新区管委会合作项目	泰兴	6GW	-
爱康	6GW 异质结+6GW 高效组件	湖州	6GW	50
东方日升	2.5GW 异质结电池组件		2.5GW	-
阿特斯	250MW 异质结电池中试线	嘉兴	250MW	5
山煤国际	与珞华思越、宁波齐贤合作 10GW 异质结项目	晋中	10GW	31.98
晋能	晋中基地二期 100MW 异质结项目	晋中	100MW	-
晋能	计划扩产 5GW		5GW	-
比太新能源	1GWN-HIT 太阳能电池片生产线 (1 期)	蒙城	1GW	13.2
比太科技	5GW 高效异质结电池生产项目	颍上	5GW	-
金石能源	与张家口市政府合作项目	张家口	1.5GW	-
厦门神科	衢饶示范区项目	衢饶示范区	2GW	18
中利集团-腾辉光伏	新建 1GW 高效异质结电池及组件	常熟	1GW	12
斯坦得-晶非光伏	安徽和县招商引资项目	和县经济开发区	1GW	10
唐正能源	高效异质结太阳能电池项目	东营	500MW	-
国家电投福建电力&钜能电力	5GW 异质结电池项目	莆田	5GW	40
明阳智能	5GW 光伏高效电池+5GW 光伏高效组件项目		5GW	30
金寨嘉悦	规划产能 2GW 的 HJT 项目	安徽	2GW	-
合计			57.55GW	

资料来源：各公司官网、公告，德邦研究所

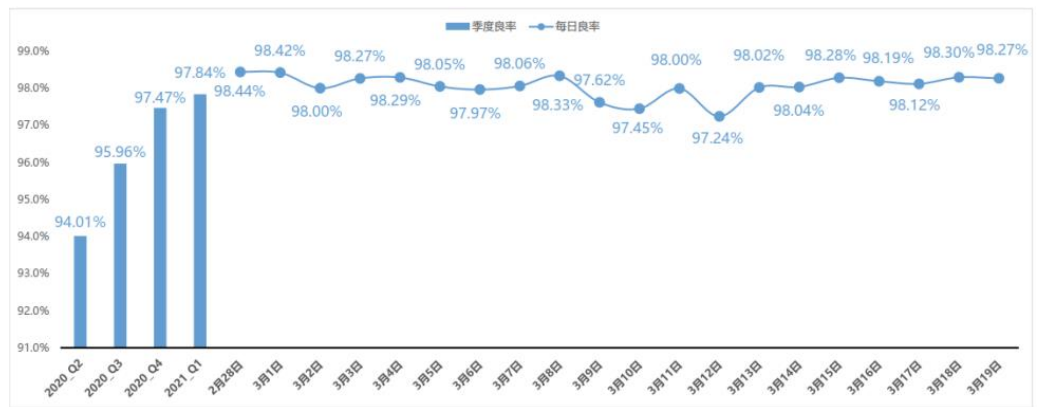
HJT 为全新技术路线，国内认证转化效率已超过 25%。晶体硅异质结太阳能电池 (HJT) 是在晶体硅上沉积非晶硅薄膜，综合了晶体硅电池与薄膜电池的优势，实现了晶硅/非晶硅界面态的有效钝化。因此 HJT 可以实现比 PERC 更高的光电转换效率和双面率，更低光致衰减、低温度系数和无 PID 现象 (组件性能衰减) 等优点。日本三洋公司在 1990 年研发了 HJT 电池，2010 年核心专利过期后，多家公司开始专注于 HJT 技术的研发和产业化。2016 年 Kaneka 沿用 IBC-HJT 技术，转换效率达到 26.6%。2019-2020 年国内晋能科技、通威股份、钧石能源、华晟新能源、金刚玻璃、明阳智能等多家企业纷纷宣布进行 HJT 电池的研发和扩产。

表 25：HJT 量产转化效率最高超越 25%，良率逐渐提升

公司名称	时间	进展情况
钧石能源	2021 年 2 月	异质结电池量产最高转化效率 25.2%，经 TUV 北德检测认证
晋能科技	2021 年 3 月	M6 尺寸异质结电池量产平均效率达 24.3%，最高效率 24.7%，经中国计量院认证。
安徽华晟	2021 年 3 月	500 MW HJT 电池产线平均效率达 23.8%，最高效率 24.39%
爱康科技	2012 年 3 月	220MW 异质结电池项目 iCell 异质结电池片最优批次转换效率 24.2%
通威股份	2021 年 3 月	200MW HJT 中试线平均效率达 24.2%，良率 97% 以上，接近 PERC 水平，预计 2021 年底 HJT 量产效率达 25%。
隆基股份	2021 年 6 月	商业化尺寸单晶 HJT 电池转换效率达到创纪录的 25.26%
安徽华晟	2021 年 7 月	安徽华晟的 M6 HJT 电池转换效率达到 25.26%，电流密度提升至 40mA/cm ²
钜能电力	2021 年 7 月	钜能电力在金石能源的 HJT 设备量产线上创造了 25.31% 的转化效率记录

资料来源：国际能源网，各公司官网，德邦研究所

图 37：通威 HJT 中试线良率稳定在 98.3%左右



资料来源：通威股份，德邦研究所

3.2. 设备空间：预计 2024 年 HJT 设备空间达 200 亿元，20-24 年 CAGR 达 117%

国内 HJT 产线正处于各家设备试水期，迈为股份当前市占率较高。2020 年下半年，国内 HJT 项目落地加速，多个项目完成设备招标，包括安徽华晟 500MW 量产线，通威 1GW 量产线，阿特斯 250MW 中试线，爱康科技 220MW 量产线及 260MW 量产线。国内中标的设备商包括迈为股份、捷佳伟创、钧石能源、理想万里晖等，国外中标设备商包括 YAC、冯阿登纳、梅耶博格等。综合来看，目前 HJT 中标呈现两个要点：1) 国内设备商份额显著高于国外设备商，主要系国内设备商在 HJT 向量产转移阶段拥有较强的先发优势，且国内设备商在产品性价比、客户服务方面具有优势；2) 目前 HJT 招标大多以总包整线方式招标，这种方式有利于设备更快导入产线，主要的总包商包括迈为股份、捷佳伟创、钧石能源等。

表 26：迈为股份、捷佳伟创、钧石能源、金辰股份等在国内 HJT 产线中标率靠前

项目	时间	清洗制绒	PECVD	PVD/RPD	丝网印刷
金刚玻璃 1.2GW	2021 年 7 月（签约）	迈为 YAC	迈为	迈为 PVD	迈为
通威金堂 1GW 线 1	2020.10（招标）	迈为 YAC	迈为	迈为 PVD	迈为
通威金堂 1GW 线 2	2020.10（招标）	捷佳	理想	捷佳	捷佳
通威金堂 1GW 线 3	2020.10（招标）	迈为 YAC	钧石	钧石 PVD	迈为
通威金堂 1GW 线 4	2020.10（招标）	捷佳	钧石	钧石 PVD	迈为
通威合肥 200MW HJT 中试线	2019.9（设备入场）	日本 YAC	迈为	冯阿登纳 PVD	迈为
爱康长兴 1 线 220MW	2020.5	YAC	应用材料	捷佳 RPD	应用材料
爱康长兴 2 线 260MW	2020.5	捷佳	捷佳	捷佳 PAR	捷佳
捷佳伟创常州研究院 HJT 中试线项目	2021.6.1（设备入场）	捷佳	捷佳	捷佳	捷佳
华晟 500MW HJT 产线 1	2020.8	迈为 YAC	理想	迈为	迈为
华晟 500MW HJT 产线 2	2020.8	迈为 YAC	迈为	迈为	迈为/中辰昊
阿特斯 250MW 中试线	2020.7（招标）	YAC	迈为	迈为	迈为
新加坡 REC 600MW	2019	YAC	梅耶博格	梅耶博格 PVD	迈为
晋能二期 100MW	2019.8（招标）	未知	金辰	未知	未知

资料来源：各公司官网、solarzoom，德邦研究所

空间测算：2024 年 HJT 设备空间达 200 亿元,2020-2024 年 CAGR 达 117%。

假设一：根据各公司 TOPCon 及 HJT 扩产计划，同时参考自 2017 年起，PERC 渗透率提升的过程，我们假设 2021-2024 年电池片扩产产能分别为 120GW、150GW、160GW、170GW，其中 PERC 产能分别约为 90GW、70GW、20GW、0GW，TOPCon 产能分别约为 20GW、60GW、100GW、90GW，HJT 产能分别约为 10GW、20GW、40GW、80GW。

假设二：根据迈为股份、捷佳伟创等公司公告，2021 年上半年 HJT 单 GW 投资约为 4-4.5 亿元以上，假设 2021 年底 HJT 单 GW 投资降到 4 亿元，2022-2024 年单 GW 投资分别为 3.5 亿元、3 亿元、2.5 亿元。

根据上述假设测算，2024 年全球 HJT 设备空间为 200 亿元，2020-2024 年 CAGR 达 117%，其中清洗制绒环节市场空间达 20 亿元、PECVD 环节市场空间达 100 亿元，PVD/RPD 市场空间达 40 亿元，丝网印刷环节市场空间达 40 亿元。此后随着 HJT 技术渗透率的进一步提升，HJT 设备市场空间有望持续高速增长。

表 27：2024 年 HJT 市场空间达 200 亿元，4 年 CAGR 达 117%

	2020	2021	2022	2023	2024
电池扩产 (GW)	142	120	150	160	170
——PERC	135	90	70	20	0
——TOPCon	5	20	60	100	90
——HJT	2	10	20	40	80
HJT 整线设备市场空间					
HJT 投资额 (亿元/GW)	4.5	4	3.5	3	2.5
HJT 整线市场空间(亿元)	9	40	70	120	200
清洗制绒	0.9	4	7	12	20
PECVD	4.5	20	35	60	100
PVD/RPD	1.8	8	14	24	40
丝网印刷	1.8	8	14	24	40

资料来源：公司公告，CPIA，德邦研究所

3.3. 迈为股份凭借设备性能和产业链整合优势，HJT 市占率靠前，订单向上弹性大

迈为股份当前在已披露具体设备招标的国内产线中市场份额约 70%。根据上文梳理的目前披露设备招标情况的国内 HJT 产线，按照 PECVD 占设备投资比重 50%以上，PVD 占比 20%，丝网印刷占比 15%-20%，制绒清洗占比 8%-10% 的假设进行设备商市占率的计算，同时按照 HJT 投产规模进行加权，迈为股份凭借自身在 HJT 设备中的先发优势和产业链整合优势，在当前 HJT 产线的市占率约 70%，市占率领先其他设备商。

表 28：迈为股份在当前 HJT 产线的市占率约 70%

项目	清洗制绒 (占比 8%-10%)	PECVD (占比 50%以上)	PVD/RPD (占比 20%)	丝网印刷 (占比 15%-20%)
通威金堂 1GW 线 1	迈为 YAC	迈为	迈为 PVD	迈为
通威金堂 1GW 线 2	捷佳	理想	捷佳	捷佳
通威金堂 1GW 线 3	迈为 YAC	钧石	钧石 PVD	迈为
通威金堂 1GW 线 4	捷佳	钧石	钧石 PVD	迈为
通威合肥 200MW HJT 中试线	日本 YAC	迈为	冯阿登纳 PVD	迈为
爱康长兴 1 线 220MW	YAC	应用材料	捷佳 RPD	应用材料
爱康长兴 2 线 260MW	捷佳	捷佳	捷佳 PAR (RPD 与 PVD 结合)	捷佳
华晟 500MW HJT 产线 1	迈为 YAC	理想	迈为	迈为

华晟 500MW HJT 产线 2	迈为 YAC	迈为	迈为	迈为/中辰昊
阿特斯 250MW 中试线	YAC	迈为	迈为	迈为
金刚玻璃 1.2GW	迈为 YAC	迈为	迈为	迈为

资料来源：各公司公告，德邦研究所

HJT 总包能力稳定产品市占率，迈为股份订单、收入向上弹性大。目前随着越来越多的电池厂拓展 HJT 相关工艺，HJT 下游对设备的需求逐渐增多。为赶在 HJT 量产规模爆发前夕推出自身产品，越来越多的设备商开始切入 HJT 赛道并展开迅速布局。在未来竞争加剧的预期下，迈为股份有望凭借自身的 HJT 总包整线能力，保持市场占有率的稳定。考虑到 HJT 新单毛利率预计较传统丝网印刷设备高，HJT 订单的快速增长将显著增厚公司未来业绩。

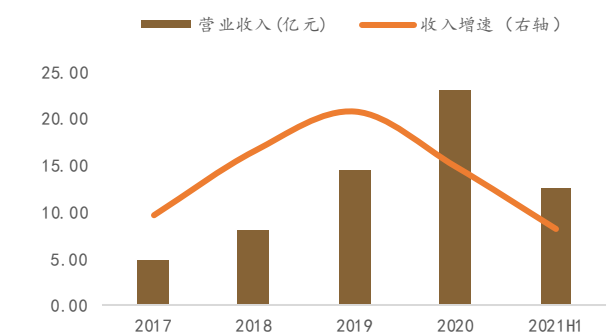
4. 财务分析：财务整体指标优秀，业绩增长企稳

4.1. 受益行业发展+公司实力提升，2017-2020 年收入 CAGR 达 69%

2017-2020 年收入 CAGR 达 68.7%，归母净利润 CAGR 达 44.4%。2017 至 2020 年，公司营业收入由 4.8 亿元上升至 22.9 亿元，CAGR 达 68.7%。公司收入增长主要来源于：1) 下游光伏产业发展迅速，PERC 渗透率提升，设备市场成长迅速；2) 国产化替代步伐加快，公司丝网印刷设备在性能、价格、服务方面超越国际巨头，市占率快速提升，市场份额保持国内首位；3) 纵向+横向技术布局，光伏 HJT、面板、半导体等新业务发展迅猛。2017 至 2020 年归母净利润由 1.3 亿元上升至 3.9 亿元，CAGR 为 44.4%，利润增速低于收入主要系 2018 年“531 新政”之后，下游电池厂客户愈加重视降本增效，以公司为代表的光伏设备商为配合下游客户降本增效，在提升产品性能、产能的情况下，保持了价格的稳定，以牺牲部分盈利能力为代价换取了光伏行业的降本增效。

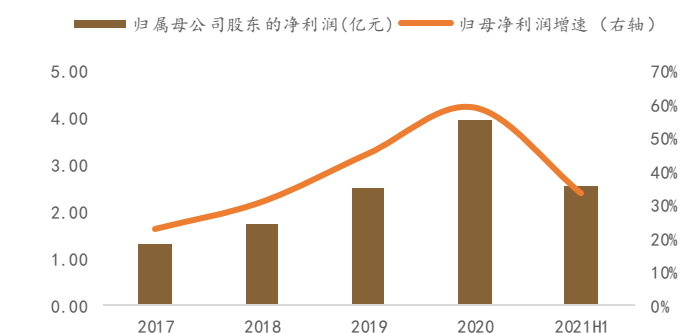
2021H1 公司收入 12.4 亿元，同比+32.1%，归母净利润 2.5 亿元，同比+33.2%。公司 2021 中报利润增速高于收入，主要系在 210 大尺寸电池片渗透率加速的背景下，公司产品价格有所回升，同时成本管控能力上升，推动毛利率上升。

图 38：公司 2020 收入 22.9 亿元，17-20 年 CAGR 达 68.7%



资料来源：Wind，德邦研究所

图 39：公司 2020 归母净利 3.9 亿元，17-20 年 CAGR 达 44.4%

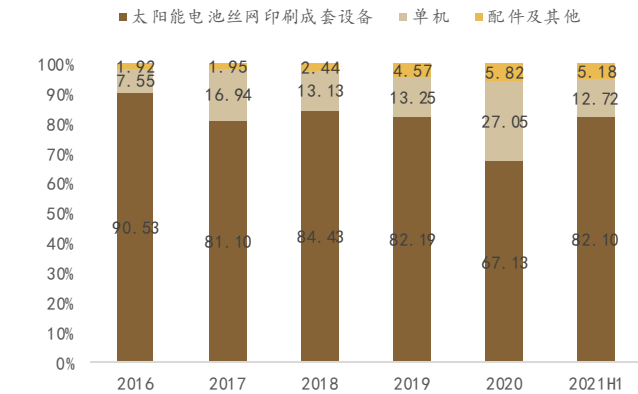


资料来源：Wind，德邦研究所

2021H1 公司成套设备收入占比超 8 成。公司 2020 年公司丝网印刷成套设备收入 15.3 亿元，同比增长 29.8%，占总收入的六成以上，同时，受益于光伏激光设备等单机设备销量的增长，2020 年公司单机收入达 6.2 亿元，同比

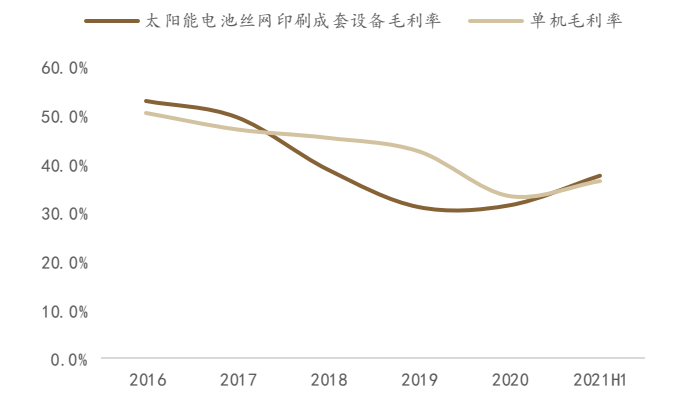
+224.6%，占公司收入比重近三成。2021H1 公司成套设备收入达 10.2 亿元，占总收入比重超八成，单机收入达 1.6 亿元，占收入比重达 12.7%。毛利率方面，丝网印刷成套设备毛利率达 37.7%，同比+5.8pp，单机业务毛利率达 36.7%，同比+0.6pp。

图 40：2021H1 公司成套设备收入占比超 8 成



资料来源：公司年报，德邦研究所

图 41：公司分业务毛利率介绍



资料来源：公司年报，德邦研究所

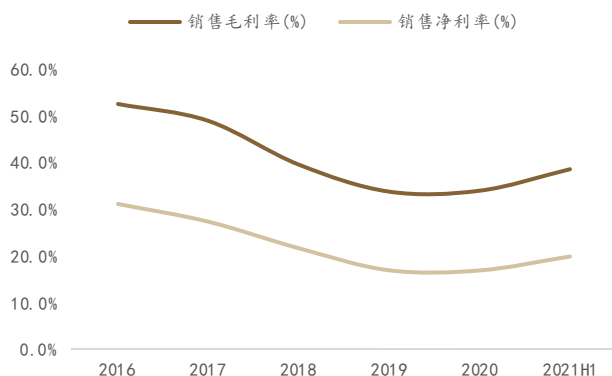
4.2. HJT 新订单收入确认加速有望释放盈利能力，费用管控优秀

毛利率趋稳回升，HJT 等新产品释放未来盈利空间。2020 年公司毛利率 34.0%，同比+0.2pp，净利率 16.9%，同比持平。2016 至 2019 年公司毛利率、净利率呈持续下滑趋势，主要原因系：1) 相较于自主研发的设备，外购设备毛利率较低，但是应客户代采要求，外购设备占比上升。2) 技术迭代，每条整线单机数量增加，在价格稳定的情况下，毛利率有所下降。3) 新领域激光产品初期售价较低。4) 光伏行业降本增效大趋势下，设备商为配合下游客户降本增效，公司在提升产品性能且成本增加的情况下，销售价格并未有明显提升。2021H1 公司毛利率 38.6%，同比+4.4pp，净利率 19.9%，同比+0.4pp。净利率增幅低于毛利率增幅主要系 2021 年上半年公司加强 HJT、泛半导体领域研发，研发费用率达 10.5%，同比+4.3pp。随着公司持续加码 HJT、泛半导体设备研发，以及 HJT 等市场放量，公司盈利能力有望持续上升。

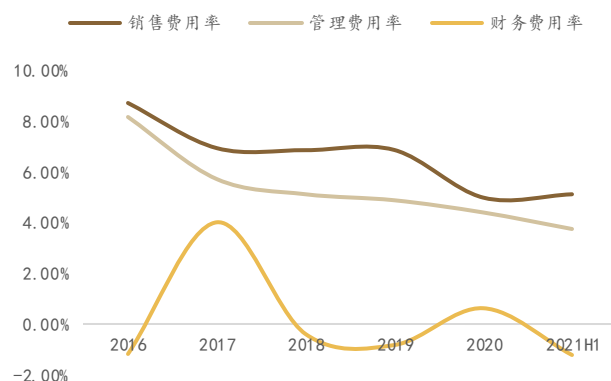
三费管控优秀，2020 年三费率（不含研发）达 10.0%，同比-0.9pp，2021H1 三费率（不含研发）合计 7.6%，同比-1.7pp。受益于规模优势提升，公司销售费用率不断下降，2020 年公司三费率（不含研发）达 10.0%，同比-0.9pp，其中销售/管理/财务费用率分别为 5.0%/4.4%/0.6%，同比-1.9pp/-0.5pp/+1.4pp。2021H1 公司三费率（不含研发）合计 7.6%，同比-1.7pp，其中销售/管理/财务费用率分别为 5.1%/3.7%/-1.2%，同比-0.4pp/-0.6pp/-0.8pp，费用管控能力持续提升，促进公司在强化研发投入的同时保障净利率的稳定。

图 42：公司 2021H1 毛利率 38.6%，同比+4.4pp

图 43：2021H1 三费率（不含研发）7.6%，同比-1.7pp



资料来源: Wind, 德邦研究所

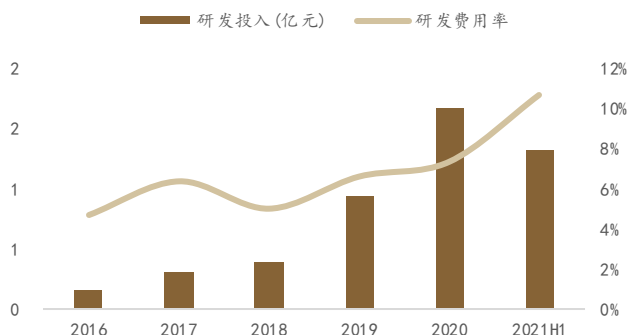


资料来源: Wind, 德邦研究所

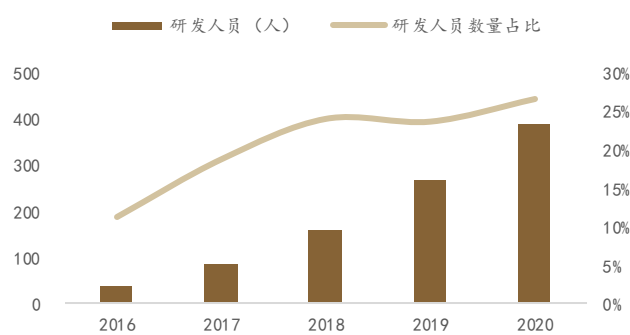
2021H1 公司研发投入占收入比重达 10.5%，2019-2021H1 公司研发投入占营收平均比例超 8%。公司自成立以来始终重视研发投入和技术创新，通过对核心技术的优化和对新前沿技术的不断开拓保持其核心竞争力。2020 年，公司研发投入 1.7 亿元，研发费用率达 7.3%，2021H1 公司研发费用 1.3 亿元，研发费用率达 10.5%。研发人员覆盖印刷、激光、显示多领域，专业化程度强。研发人员占总员工比重持续上升。公司产品的持续技术进步契合了下游客户的需求，同时，公司前瞻性布局异质结电池技术，较早投入相关项目研发，促进了下游 HJT 行业的发展，保障了公司 HJT 设备的高市占率。

图 44: 2021H1, 公司研发费用收入占比达 10.5%

图 45: 2020 年研发人员占比达 26.6%，研发人员比重持续上升



资料来源: 公司年报, 德邦研究所

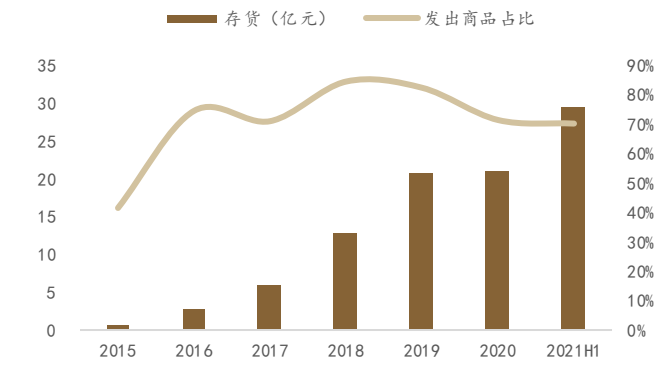


资料来源: 公司年报, 德邦研究所

4.3. 预收 (合同负债)、存货持续增长, 充裕在手订单保障未来收入稳定释放

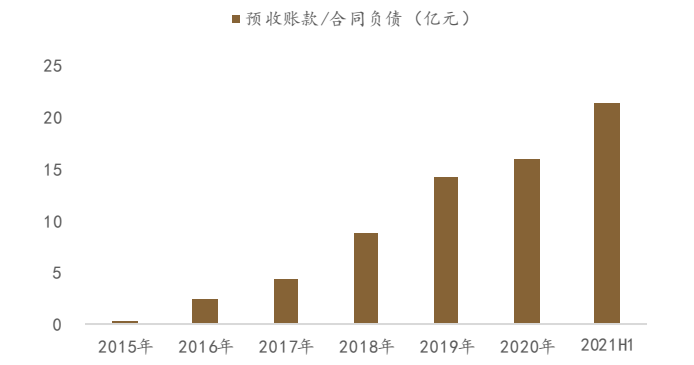
在手订单饱满, 下半年 HJT 新签订单有望持续突破。存货中的发出商品及负债中的预收账款是订单及未来收入的先导指标。公司预收账款/合同负债自 2015 年不断上升, 2020 年为 16.0 亿元, 2021H1 达 21.3 亿元, 持续增长。2021H1 公司流动资产占总资产比重超过 90%, 其中存货达 29.4 亿元, 占流动资产比例超过一半, 存货中 70% 以上为发出商品。与此同时, 随着 HJT 转换效率成果频繁落地, 叠加降本路径日益清晰, HJT 商业化趋势不断明朗, 公司订单不断增加。据公司公告披露, 截至 2020 年 12 月, 公司 HJT 设备在手订单 5.88 亿元, 2021 年 7 月, 金刚玻璃 1.2GW HJT 产线宣布全部采用迈为整线设备, 同时下半年华晟等 HJT 玩家有望继续投入扩产, 我们预计截至 2021 年年底, 公司新签 HJT 订单有望持续突破。

图 46: 2021H1 公司存货达 29.4 亿元



资料来源: 公司年报, 德邦研究所

图 47: 公司预收账款 (合同负债) 持续增长

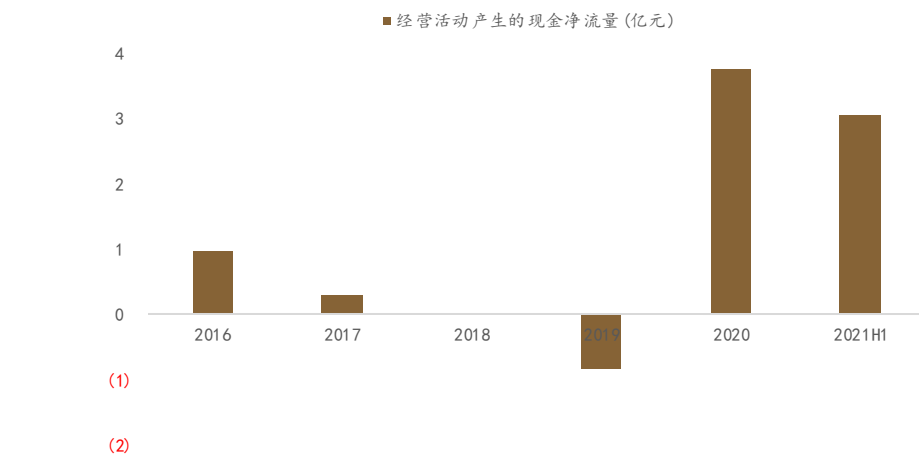


资料来源: 公司年报, 德邦研究所

4.4. 经营活动现金流大幅改善, 资本结构优化, 偿债能力向好

2020 年经营活动现金流量净额为 3.8 亿元, 同比+545.6%, 2021H1 经营活动现金流量净额为 3.0 亿元, 同比+677.2%。公司 2019 年经营活动现金流量为负, 主要原因系: 1) 新签订单比例增长较快, 原材料采购大幅增加使得经营活动现金流出大幅增加, 进而导致经营活动现金流量净额为负。2) 公司规模不断扩大, 人员增长明显, 管理费用、销售费用、研发费用大幅增加。2020 年以来, 公司现金流量大为改善, 主要原因系: 1) 销售商品、提供劳务收到的现金持续增加。2) 公司应收票据托收比去年同期有较大幅度增加。3) 公司收到的各类政府补助同比有较大幅度上升。4) 公司支付的银行业务保证金有所降低。

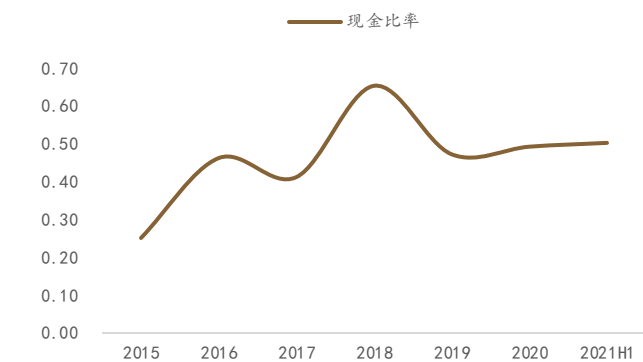
图 48: 公司 2021H1 经营活动现金流量净额为 3.0 亿元, 同比+677.2%



资料来源: 公司年报, 德邦研究所

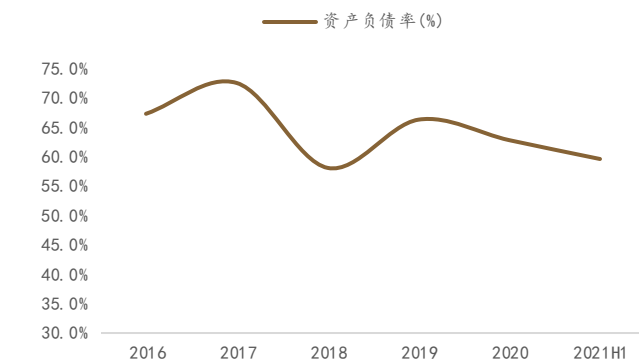
短期偿债能力改善, 长期偿债能力向好。现金比率反映公司现金及现金等价物对流动负债的保障程度, 以现金比率衡量公司短期偿债能力, 公司的短期偿债能力有所改善, 主要原因系近年来公司订单充裕, 销售回款及订单预付款表现良好, 促进公司现金比率回升。公司长期偿债能力向好, 产权比例、资产负债率均处于下降趋势。2020 年公司资产负债率为 62.7%, 2021H1 公司资产负债率为 59.5%, 合理的资本结构保障公司既能利用财务杠杆扩大企业生产经营, 又能如期偿还负债, 不会产生较大的经营风险。

图 49：2021H1 公司现金比率较之前两年有所改善



资料来源：公司年报，德邦研究所

图 50：2021H1 公司资产负债率 59.5%，长期偿债能力向好



资料来源：公司年报，德邦研究所

5. 盈利预测与相对估值

5.1. 盈利预测

关键假设：

1、成套设备：

受益于 HJT 扩产，公司 HJT 设备有望加速放量。假设 2021-2023 年公司成套设备业务增速为 60%、52%、29%，毛利率为 38.4%、39.5%、39.5%。

2、单机：

假设 2021-2023 年单机收入增速分别为-20%、15%、30%，毛利率为 36%、36%、36%。

3、配件及其他

随着光伏行业技术迭代加速，以及公司产品销量提升，客户对配件、维修及技术服务需求量提升。假设 2021-2023 年公司配件及其他业务收入增速为 50%、60%、60%，毛利率稳定在 50%。

表 29：迈为股份分业务盈利预测

迈为股份		2020A	2021E	2022E	2023E
成套设备	收入（百万元）	1534.0	2449.7	3715.4	4803.4
	增速	29.8%	59.7%	51.7%	29.3%
	毛利率（%）	31.6	38.4	39.5	39.5
单机	收入（百万元）	618.0	494.6	568.8	739.4
	同比	225.3%	-20.0%	15.0%	30.0%
	毛利率（%）	33.6	36.0	36.0	36.0
配件及其他	收入（百万元）	133.0	212.9	340.6	545.0
	同比	101.5%	50.0%	60.0%	60.0%
	毛利率（%）	64.16	50.00	50.00	50.00
合计	收入（百万元）	2,285.0	3,157.2	4,624.8	6,087.8
	增速	58.9%	38.2%	46.5%	31.6%
	毛利率（%）	34.0	38.8	39.8	40.0

资料来源：Wind，德邦研究所

5.2. 相对估值

我们选取光伏行业布局电池设备的 3 家企业进行对比，其中【捷佳伟创】作为 PERC 时代前道设备龙头，同时布局 TOPCon 与 HJT 设备；【北方华创】作为国内半导体设备龙头，拥有包括单晶炉、CVD 等光伏设备；【金辰股份】业务从组件自动化生产流水线、层压机，向 HJT、TOPCon 设备延伸。

公司从全球丝网印刷龙头迈向 HJT 总包，受益 HJT 渗透率提升及公司核心装备高市占率。预计 2021-2023 年归母净利润 5.6、8.6、11.9 亿元，对应 PE 128、84、61 倍，参考可比公司估值，首次覆盖给予“增持”评级。

表 30：可比公司相对估值（截至 2021.8.13）

证券代码	可比公司	总市值 (亿元)	归母净利润 (亿元)				PE (倍)			
			2020A	2021E	2022E	2023E	2020A	2021E	2022E	2023E
300724.SZ	捷佳伟创	516.3	5.2	9	12.3	15.9	99	57	42	32
603396.SH	金辰股份	165.9	0.8	1.3	1.9	2.6	207	128	87	64
002371.SZ	北方华创	1732.8	5.4	7.9	11.3	14.6	321	219	153	119
PE 平均值							209	135	94	72

资料来源：采用 Wind 一致预期，德邦研究所

6. 风险提示

光伏电池技术迭代不及预期，市场竞争加剧风险。

财务报表分析和预测

主要财务指标	2020	2021E	2022E	2023E
每股指标(元)				
每股收益	3.83	5.45	8.36	11.54
每股净资产	16.94	27.53	34.14	43.26
每股经营现金流	3.64	4.45	6.56	9.93
每股股利	1.50	3.00	1.75	2.43
价值评估(倍)				
P/E	182.66	128.24	83.62	60.55
P/B	41.26	25.38	20.47	16.15
P/S	15.93	22.79	15.56	11.82
EV/EBITDA	88.46	116.02	74.56	53.34
股息率%	0.2%	0.4%	0.3%	0.3%
盈利能力指标(%)				
毛利率	34.0%	38.8%	39.8%	40.0%
净利润率	17.3%	17.8%	18.6%	19.5%
净资产收益率	22.6%	19.8%	24.5%	26.7%
资产回报率	8.5%	8.3%	10.0%	11.2%
投资回报率	17.4%	16.9%	21.6%	23.8%
盈利增长(%)				
营业收入增长率	59.0%	38.1%	46.5%	31.6%
EBIT 增长率	79.6%	55.2%	55.8%	38.9%
净利润增长率	59.3%	42.4%	53.4%	38.1%
偿债能力指标				
资产负债率	62.7%	58.1%	59.6%	58.2%
流动比率	1.5	1.6	1.6	1.6
速动比率	0.7	0.9	0.8	0.9
现金比率	0.3	0.4	0.4	0.4
经营效率指标				
应收帐款周转天数	93.7	95.0	85.0	80.0
存货周转天数	507.7	540.0	490.0	450.0
总资产周转率	0.5	0.5	0.5	0.6
固定资产周转率	12.3	8.2	9.9	10.0

现金流量表(百万元)	2020	2021E	2022E	2023E
净利润	394	562	862	1,190
少数股东损益	-8	-8	-4	6
非现金支出	70	20	24	29
非经营收益	2	-12	-21	-38
营运资金变动	-83	-102	-185	-164
经营活动现金流	375	459	676	1,023
资产	-153	-88	-111	-141
投资	-5	0	0	0
其他	0	0	0	0
投资活动现金流	-158	-88	-111	-141
债权募资	213	0	0	0
股权募资	11	51	0	0
其他	-308	473	-187	-257
融资活动现金流	-84	524	-187	-257
现金净流量	116	896	378	626

备注：表中计算估值指标的收盘价日期为 8 月 13 日
资料来源：公司年报（2019-2020），德邦研究所

利润表(百万元)	2020	2021E	2022E	2023E
营业总收入	2,285	3,157	4,625	6,088
营业成本	1,508	1,932	2,783	3,650
毛利率%	34.0%	38.8%	39.8%	40.0%
营业税金及附加	13	19	28	37
营业税金率%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%
营业费用	114	155	224	292
营业费用率%	5.0%	4.9%	4.9%	4.8%
管理费用	100	126	183	239
管理费用率%	4.4%	4.0%	4.0%	3.9%
研发费用	166	328	476	578
研发费用率%	7.3%	10.4%	10.3%	9.5%
EBIT	385	597	930	1,292
财务费用	14	3	-2	2
财务费用率%	0.6%	0.1%	-0.0%	0.0%
资产减值损失	-14	-9	-14	-18
投资收益	-0	0	0	0
营业利润	389	636	983	1,363
营业外收支	62	18	27	44
利润总额	451	654	1,010	1,407
EBITDA	405	607	940	1,302
所得税	64	100	153	211
有效所得税率%	14.1%	15.3%	15.1%	15.0%
少数股东损益	-8	-8	-4	6
归属母公司所有者净利润	394	562	862	1,190

资产负债表(百万元)	2020	2021E	2022E	2023E
货币资金	763	1,659	2,037	2,663
应收账款及应收票据	1,196	1,514	2,027	2,418
存货	2,097	2,858	3,736	4,500
其它流动资产	156	168	189	207
流动资产合计	4,212	6,198	7,989	9,788
长期股权投资	4	4	4	4
固定资产	186	384	467	610
在建工程	131	14	51	79
无形资产	39	54	62	66
非流动资产合计	440	535	664	838
资产总计	4,652	6,733	8,652	10,626
短期借款	65	65	65	65
应付票据及应付账款	930	1,560	2,287	2,700
预收账款	0	0	0	0
其它流动负债	1,800	2,167	2,681	3,296
流动负债合计	2,794	3,791	5,033	6,061
长期借款	91	91	91	91
其它长期负债	31	31	31	31
非流动负债合计	122	122	122	122
负债总计	2,917	3,914	5,156	6,183
实收资本	52	103	103	103
普通股股东权益	1,746	2,839	3,520	4,460
少数股东权益	-11	-19	-24	-18
负债和所有者权益合计	4,652	6,733	8,652	10,626

信息披露

分析师与研究助理简介

倪正洋，2021 年加入德邦证券，任研究所大制造组组长、机械行业首席分析师，拥有 5 年机械研究经验，1 年高端装备产业经验，南京大学材料学学士、上海交通大学材料学硕士。2020 年获得 iFinD 机械行业最具人气分析师，所在团队曾获机械行业 2019 年新财富第三名，2017 年新财富第二名，2017 年金牛奖第二名，2016 年新财富第四名。

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，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人不保证该等信息的准确性或完整性。分析逻辑基于作者的职业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

投资评级说明

1. 投资评级的比较和评级标准： 以报告发布后的 6 个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后 6 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期市场基准指数的涨跌幅； 2. 市场基准指数的比较标准： A 股市场以上证综指或深证成指为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普 500 或纳斯达克综合指数为基准。	类 别	评 级	说 明
	股票投资评级	买入	相对强于市场表现 20%以上；
		增持	相对强于市场表现 5%~20%；
		中性	相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
		减持	相对弱于市场表现 5%以下。
	行业投资评级	优于大市	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%与 10%之间；
		弱于大市	预期行业整体回报低于基准指数整体水平 10%以下。

法律声明

本报告仅供德邦证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

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、价值及投资收入可能会波动。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。

市场有风险，投资需谨慎。本报告所载的信息、材料及结论只提供特定客户作参考，不构成投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。在法律许可的情况下，德邦证券及其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并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经德邦证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。如欲引用或转载本文内容，务必联络德邦证券研究所并获得许可，并需注明出处为德邦证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。

根据中国证监会核发的经营证券业务许可，德邦证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。