

光伏设备行业深度研究报告

技术升级百花齐放，设备需求景气延续

推荐（维持）

□ **海内外需求共振，光伏平价打开新空间：**国内政策如期落地，2020年国内装机需求有望迎来反弹，此外，海外需求更加分散化，随着光伏产业链成本下降，光伏有望步入平价时代。

□ **技术迭代叠加竞争性扩产，光伏设备需求景气周期有望延长。**

□ **硅片环节：单晶渗透率加速提升，硅片向大尺寸迭代，未来三年硅片设备市场空间超300亿元。**硅片大型化带动产业链成本下降及效率提升，硅片环节产能结构性过剩，高效大尺寸硅片产能有限，龙头公司或加速扩产构筑规模壁垒以提升自身在大尺寸硅片领域的话语权，同时新建产能成本大幅优于老产能，带动存量替换趋势，加速老产能出清过程。我们预计未来三年光伏硅片环节产能扩增有望带来超300亿元设备需求。

□ **电池片环节：PERC+延展PERC生命力，N型电池产业化前景可期，降本增效+技术升级迭代，共驱扩产浪潮**

技术层面，太阳能光伏电池已逐步步入“PERC+”时代，SE、MWT、双面以及镀膜技术的引入（P-TOPCon），使得PERC电池在终端降本提效趋势下依然保持着生命力；N型电池技术降本路径逐步明晰，跟踪后续降本进展是关键。TOPCon与现有PERC产线兼容性高，若未来性价比提升超越PERC，则有望激发现有产线改造需求，延长现有产线生命周期。HJT效率提升潜力空间大，有望成为新一代主流技术，未来HJT量产工艺和国产设备逐步成熟，将带动产线投资成本进一步下降，提升HJT电池产线IRR，进而提高下游投资积极性。建议积极关注N型技术后续产业化进展。

发展趋势层面，在电池片价格长期下行的趋势下，不同产能的利用率将依旧分化，头部企业先进产能更具成本优势，产能利用率有望维持高位，而尾部企业的落后产能则将面临产能利用率长期低位而被淘汰的困境。我们认为，未来电池厂商所掌握的高效先进产能规模将决定其在光伏平价时代的竞争力，现存企业将围绕高效产能规模展开更加激烈的竞争，故而有资金实力的企业有望加速扩产，后来者由于“历史产能包袱”较少，有望凭借布局先进产能实现快速追赶，太阳能电池片环节有望迎来扩产浪潮。我们预计2020-2022年PERC电池片设备市场空间327~437亿元。而在后续新一轮技术升级迭代的带动下，设备需求成长性料将持续。

□ **组件环节：高效组件助力降本增效，组件端扩产进行时**

随着海外需求逐步释放，具备更强品牌和渠道能力的组件供应商竞争优势更加突出，半片、MBB及高密度组件技术助力组件步入4.0+时代。对高效产能的追求引发了组件端新一轮的技改、扩建潮，有望带动设备需求继续增长。

□ **相关标的：**晶盛机电、捷佳伟创；**建议关注：**迈为股份、上机数控、帝尔激光、金辰股份、奥特维。

□ **风险提示：**下游扩产不及预期。

重点公司盈利预测、估值及投资评级

简称	股价（元）	EPS（元）			PE（倍）			PB	评级
		2020E	2021E	2022E	2020E	2021E	2022E		
晶盛机电	23.47	0.76	0.94	1.17	30.88	24.97	20.06	6.62	推荐
捷佳伟创	65.01	1.72	2.27	2.92	37.8	28.64	22.26	8.18	推荐

资料来源：Wind，华创证券预测

注：股价为2020年04月30日收盘价

华创证券研究所

证券分析师：李佳

电话：021-20572564

邮箱：lijia@hcyjs.com

执业编号：S0360514110001

证券分析师：鲁佩

电话：021-20572564

邮箱：lupei@hcyjs.com

执业编号：S0360516080001

证券分析师：赵志铭

电话：021-20572557

邮箱：zhaozhiming@hcyjs.com

执业编号：S0360517110004

证券分析师：杨达伟

电话：021-20572572

邮箱：yangdawei@hcyjs.com

执业编号：S0360520030001

行业基本数据

		占比%
股票家数(只)	73	1.9
总市值(亿元)	10,959.3	1.68
流通市值(亿元)	8,426.72	1.76

相对指数表现

%	1M	6M	12M
绝对表现	11.31	24.88	16.21
相对表现	5.94	26.53	16.23



相关研究报告

《光伏行业重大事项点评：标杆电价确立，2020光伏政策全面明确》

2020-04-02

《光伏行业深度研究报告：需求端冲击下的行业影响对比之一：“531”与“新冠疫情”》

2020-04-13

《光伏设备行业重大事项点评：3月组件出口数据靓丽，海外需求预期有望迎来修复》

2020-04-14

投资主题

报告亮点

报告的与众不同或创新之处。市场担忧光伏产业链产能过剩影响扩产规划，进而影响光伏设备需求。本篇报告通过梳理硅片、电池片、组件环节技术及发展趋势，认为当前光伏产业链产能结构性过剩，工艺升级趋势下，高效先进产能仍存在缺口，围绕先进优质产能规模的争夺将驱动光伏产业迎来新一轮扩产浪潮，推升设备需求。而技术迭代还将进一步延长设备需求的景气周期。

投资逻辑

- **技术迭代叠加竞争性扩产，光伏设备需求景气周期有望延长。**

硅片环节：单晶渗透率加速提升，硅片向大尺寸迭代，未来三年硅片设备市场空间超 300 亿元。

硅片环节产能结构性过剩，高效大尺寸硅片产能有限，龙头公司或加速扩产构筑规模壁垒以提升自身在大尺寸硅片领域的话语权，同时新建产能成本大幅优于老产能，带动存量替换趋势，加速老产能出清过程。

电池片环节：降本增效+技术升级迭代共驱扩产浪潮。电池片环节技术升级百花齐放，PERC+延展 PERC 生命力，N 型电池产业化前景可期，建议积极关注 N 型技术后续产业化进展。未来电池厂商所掌握的高效先进产能规模将决定其在光伏平价时代的竞争力，现存企业将围绕高效产能规模展开更加激烈的竞争，故而有资金实力的企业有望加速扩产，后来者由于“历史产能包袱”较少，有望凭借布局先进产能实现快速追赶，太阳能电池片环节有望迎来扩产浪潮。我们预计 2020-2022 年 PERC 电池片设备市场空间 327~437 亿元。而在后续新一轮技术升级迭代的带动下，设备需求成长性料将持续。

组件环节：高效组件助力降本增效，组件端扩产进行时。

随着海外需求逐步释放，具备更强品牌和渠道能力的组件供应商竞争优势更加突出，半片、MBB 及高密度组件技术助力组件步入 4.0+时代。对高效产能的追求引发了组件端新一轮的技改、扩建潮，有望带动设备需求继续增长。

- **相关标的：**晶盛机电、捷佳伟创；**建议关注：**迈为股份、上机数控、帝尔激光、金辰股份、奥特维。
- **风险提示：**下游扩产不及预期。

目 录

一、海内外需求共振，光伏平价打开新空间.....	8
（一）国内：政策如期落地，2020 年国内装机有望迎来反弹	8
（二）海外：光伏平价渐行渐进，终端需求更加多元化	8
二、硅片环节.....	10
（一）单晶加速渗透，硅片向大尺寸迭代.....	10
（二）2020~2022 年硅片主设备需求有望达到 306~385 亿元.....	12
（三）国产化程度高，G12 对现有设备提出更高要求	14
三、电池片环节.....	15
（一）发展趋势：“PERC+”延展 PERC 生命力，新一代电池技术酝酿更迭	15
1、PERC 技术已成主流，工艺升级趋势下，生命力有望延续	15
2、N 型技术受青睐，产业化脚步渐行渐近	18
3、展望：短期 PERC 为扩产主力，N 型技术星星之火产业化前景可期	23
（二）技术与成本共驱扩产浪潮，设备厂商迎广阔发展机遇	30
1、PERC：技术进步挖掘降本潜力，PERC 加速扩产	30
2、TOPCon：量产效率再获突破，成本仍需进一步下降	33
3、HJT：期待设备国产化，打开需求空间	34
四、组件环节.....	35
（一）高效组件多点开花，助力降本增效	35
（二）积极布局高效组件，组件端扩产进行时	37
五、相关公司及投资建议.....	40
（一）投资建议.....	40
（二）相关公司	40
1、鼎盛机电：技术领先的国产光伏及半导体硅片设备龙头	40
2、上机数控：切片机龙头切入单晶硅业务，打开新成长极	42
3、迈为股份：丝印设备龙头，定位升级，布局 HJT 设备打开更大成长空间	43
4、捷佳伟创：产品体系日益丰富，有望受益光伏扩产及技术迭代	46
5、帝尔激光：激光设备领军企业，市占率领先	47
6、金辰股份：组件自动化生产线竞争力强，积极延伸电池片装备布局	48
7、奥特维：光伏+锂电设备业务布局，拟 IPO 扩张生产能力，提升技术水平	50
六、风险提示.....	52

图表目录

图表 1 国内光伏新增装机量 (GW)	8
图表 2 531 后光伏组件出口单价快速下跌	9
图表 3 我国光伏组件出口数量大幅增长	9
图表 4 我国组件海外出口市场更加多元	9
图表 5 全球光伏平均发电成本到 2020 年有望低于火电发电最低成本	10
图表 6 2019 年单晶组件出口占比快速提升	11
图表 7 太阳能硅片向大尺寸演进	11
图表 8 五大硅片厂商产能 2020-2021 年硅片产能预测	12
图表 9 全球大尺寸光伏硅片需求测算	12
图表 10 光伏硅片生产流程及相关设备	13
图表 11 硅片环节主要设备价值量拆分	13
图表 12 2020-2022 年硅片设备市场需求测算	13
图表 13 硅片环节各类设备 2020~2022 年市场空间测算	14
图表 14 硅片设备主要厂商及尺寸扩大的影响梳理	15
图表 15 PERC 电池生产工序	16
图表 16 单面 PERC 电池结构	16
图表 17 单晶 PERC 电池量产效率	16
图表 18 PERC SE 电池结构	17
图表 19 PERC+SE 工艺流程	17
图表 20 P 型 PERC+MWT 电池结构示意图	17
图表 21 PERC+MWT 电池基本工艺流程	17
图表 22 双面 PERC 电池结构	18
图表 23 双面 PERC 电池工艺流程	18
图表 24 部分电池/组件厂双面技术发展情况	18
图表 25 N-PERT 电池结构示意图	19
图表 26 N-PERT 电池生产工艺流程	19
图表 27 TOPCon 电池结构示意图	20
图表 28 TOPCon 电池工艺流程	20
图表 29 部分厂商 TOPCon 电池技术发展情况	20
图表 30 异质结电池结构示意图	21
图表 31 HIT 电池工艺流程	21
图表 32 部分企业异质结产能布局及进展情况	21
图表 33 IBC 太阳能电池结构示意图	22

图表 34	利用丝网印刷制备 IBC 电池过程	22
图表 35	国内 IBC 电池产线产能及转换效率	22
图表 36	各类太阳能电池制造技术对比	22
图表 37	光伏电池降本提效主要路径	23
图表 38	PERC 电池效率损失分析	24
图表 39	PERC 电池效率仍有进一步提升空间	24
图表 40	TOPCon 电池生产所需工艺主设备	25
图表 41	HJT 电池生产流程及设备	26
图表 42	RCA 工艺与臭氧清洗工艺步骤对比	26
图表 43	HIT 电池制绒清洗环节主要工艺	26
图表 44	实际生产情况显示“双氧水+臭氧”工艺效果更佳	27
图表 45	异质结电池非晶硅沉积工艺	27
图表 46	PVD 和 RPD 原理图	28
图表 47	PVD 及 RPD 工艺量产情况对比	28
图表 48	多主栅电池示意图	29
图表 49	C/Cu 丝直接金属化无栅线背结 HIT 电池	29
图表 50	HIT 电池丝网印刷环节量产信息汇总	29
图表 51	太阳能电池片产能成本分布概念图	30
图表 52	太阳能电池厂商扩产梳理	31
图表 53	各类电池片成本分析	31
图表 54	2020~2022 年电池片设备市场空间测算	32
图表 55	PERC 及 PERC+ 电池所需设备	32
图表 56	PERC 电池设备主要生产厂商	33
图表 57	部分厂商 TOPCon 技术扩产规划梳理	33
图表 58	生产 LPCVD 系统的主要设备厂商	33
图表 59	HJT 电池生产工序及相关设备厂商	34
图表 60	半片组件结构示意图	35
图表 61	半片组件生产工艺流程	35
图表 62	多主栅/无主栅装备及生产情况	36
图表 63	高密度组件技术比较	36
图表 64	叠瓦技术原理	37
图表 65	叠瓦组件生产工艺流程	37
图表 66	2019 年全球组件出货量排名前十	37
图表 67	2018 年全球组件出货市场份额	37

图表 68	主流组件制造商当前公布的组件扩张计划	38
图表 69	组件设备及相关公司梳理	38
图表 70	公司以晶体生长设备业务为核心	40
图表 71	公司综合毛利率维持在较高水平	40
图表 72	公司研发投入维持在较高水平	41
图表 73	公司技术研发人员占比超过 20%	41
图表 74	公司客户涵盖下游主要厂商	41
图表 75	晶盛机电设备收入远高于国内竞争对手	41
图表 76	上机数控主营业务构成	42
图表 77	上机数控主营业务毛利率	42
图表 78	上机数控营业收入及增速	43
图表 79	上机数控归母净利润及增速	43
图表 80	迈为股份主营产品示例	43
图表 81	迈为股份营业收入快速增长	44
图表 82	迈为股份归母净利润及增速	44
图表 83	迈为股份成套设备业务营收占比 80%以上	45
图表 84	迈为股份各项业务毛利率	45
图表 85	迈为股份客户资源丰富	45
图表 86	捷佳伟创营业收入及增速	46
图表 87	捷佳伟创归母净利润及增速	46
图表 88	捷佳伟创各项业务占比（2019 年）	46
图表 89	捷佳伟创各项业务毛利率	46
图表 90	帝尔激光营业收入及增速	47
图表 91	帝尔激光归母净利润及增速	47
图表 92	帝尔激光已与众多电池及组件厂商建立合作关系	48
图表 93	帝尔激光毛利率维持在较高水平	48
图表 94	帝尔激光净利率	48
图表 95	2016-2019 年金辰股份主营产品收入	49
图表 96	2016-2019 年金辰股份主营产品毛利率	49
图表 97	金辰股份营业收入及增速	49
图表 98	金辰股份归母净利润及增速	49
图表 99	公司产品发展历程	50
图表 100	奥特维主营业务构成	50
图表 101	奥特维主营业务毛利率	50

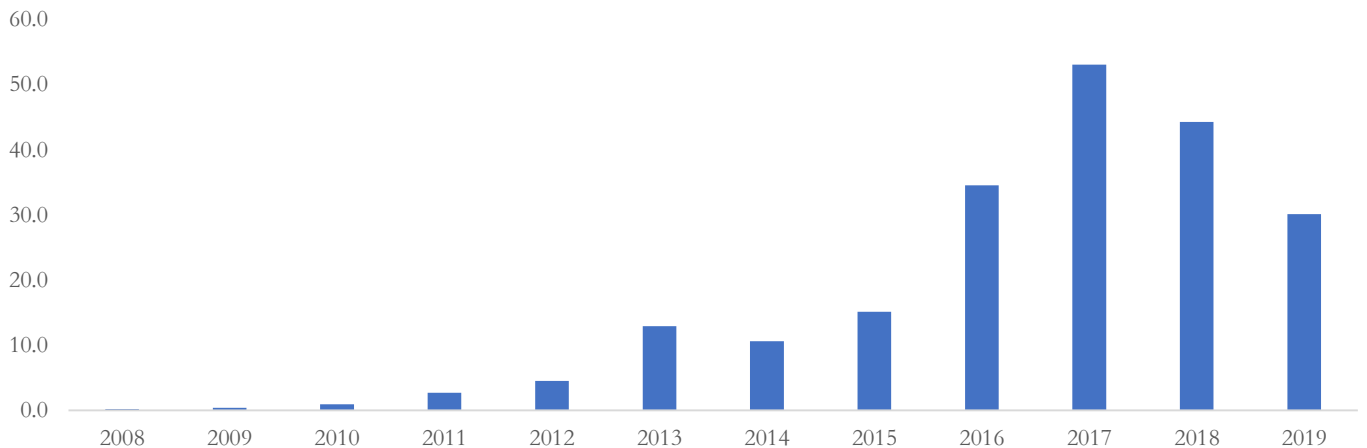
图表 102	核心产品性能指标达到行业领先水平	51
图表 103	奥特维研发投入及占比	51
图表 104	奥特维锂电设备业务研发投入及占比	51

一、海内外需求共振，光伏平价打开新空间

（一）国内：政策如期落地，2020 年国内装机有望迎来反弹

2020 年国内光伏装机有望重回增长：2019 年受竞价、补贴政策落地时间影响，终端市场启动延迟，当年国内光伏装机 30.1GW，同比下滑 32%。而值得关注的是，2019 年我国公布了第一批光伏平价上网项目，合计容量达到 14.78GW，从竞价补贴项目来看，I、II、III 类资源区电价大幅低于指导价，单位发电量平均补贴强度分别不到 0.07 元/kwh、0.06 元/kwh 和 0.1 元/kwh，而随着技术进步和产能扩张，组件价格进一步下跌，我们预计 2020 年单位发电量补贴强度还将进一步下降，光伏平价新时代逐步临近。2020 年 3 月 5 日，《国家能源局关于 2020 年风电、光伏发电项目建设有关事项的通知》正式下发，2020 年度新建光伏发电项目补贴预算总额度为 15 亿元，其中 5 亿元用于户用光伏，补贴竞价项目（包括集中式光伏电站和工商业分布式光伏项目）按 10 亿元补贴总额组织项目建设。考虑 2019 年遗留项目、新增户用式光伏项目、示范项目、竞争性招标项目并网及新增平价项目并网，我们预计 2020 年国内新增光伏装机容量有望超过 40GW，实现反弹。

图表 1 国内光伏新增装机量（GW）

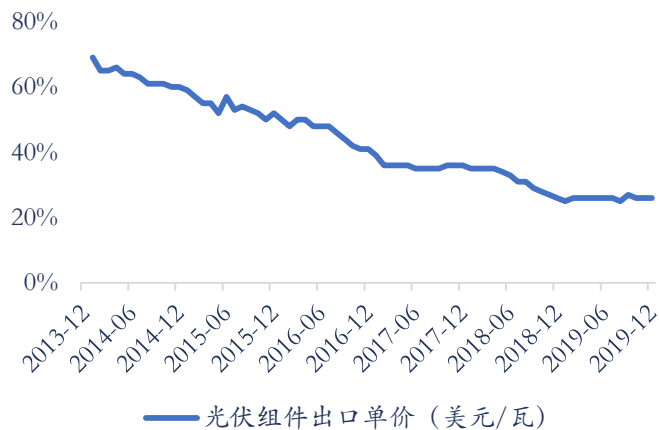


资料来源：CPIA，华创证券

（二）海外：光伏平价渐行渐进，终端需求更加多元化

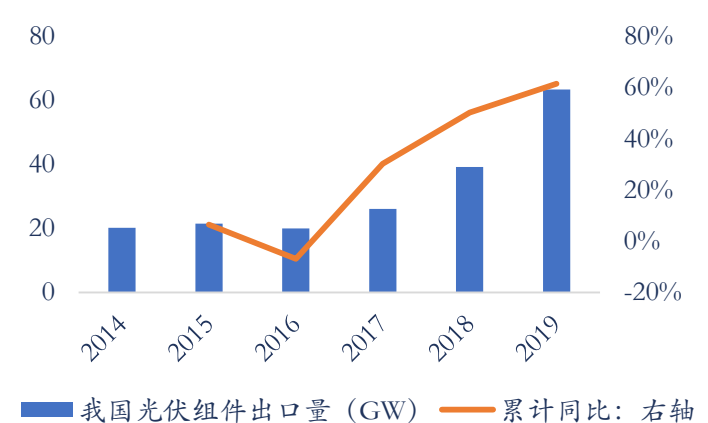
部分国家已实现平价上网，海外需求释放支撑制造端增长：531 新政后，光伏组件出口单价快速下跌，截至 2019M12，已降至 0.26 美元/瓦，相比 531 前跌幅 23.5%，刺激海外装机需求释放。2019 年海外新增光伏装机量 90.9GW，同比增长 81%，其中有 17 个市场体量超过 1GW。我国光伏组件出口量 63.5GW，同比大幅增长 61.6%。

图表 2 531 后光伏组件出口单价快速下跌



资料来源: Wind, 华创证券

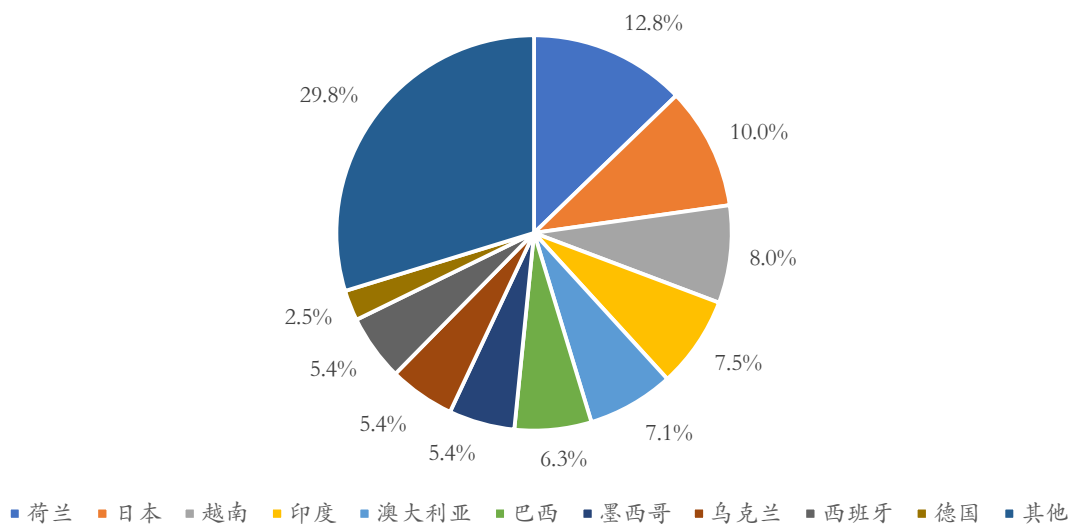
图表 3 我国光伏组件出口数量大幅增长



资料来源: Wind, 华创证券

海外市场多点开花, 需求欣欣向荣。据彭博新能源数据, 2018 年光伏装机规模超过 1GW 的国家或地区数量达到 13 个, 2017 年为 9 个, CPIA 统计数据显示, 2019 年新增光伏装机超 GW 级的市场数量预计在 16 个以上, 包括: 中国大陆地区、中国台湾地区、美国、印度、日本、越南、澳大利亚、西班牙、德国、墨西哥、乌克兰、荷兰、巴西、韩国、阿联酋、巴基斯坦等。2019 年我国光伏组件出口金额 173.1 亿美元, 其中超 1 亿美元的市场有 28 个 (2018 年 22 个), 超 10 亿美元的有 6 个 (2018 年 4 个), 出口量超过 1GW 的国家和地区共 15 个 (2018 年为 11 个)。过去过度依赖单一市场的格局正被打破, 全球光伏市场逐步呈现多点开花的局面。

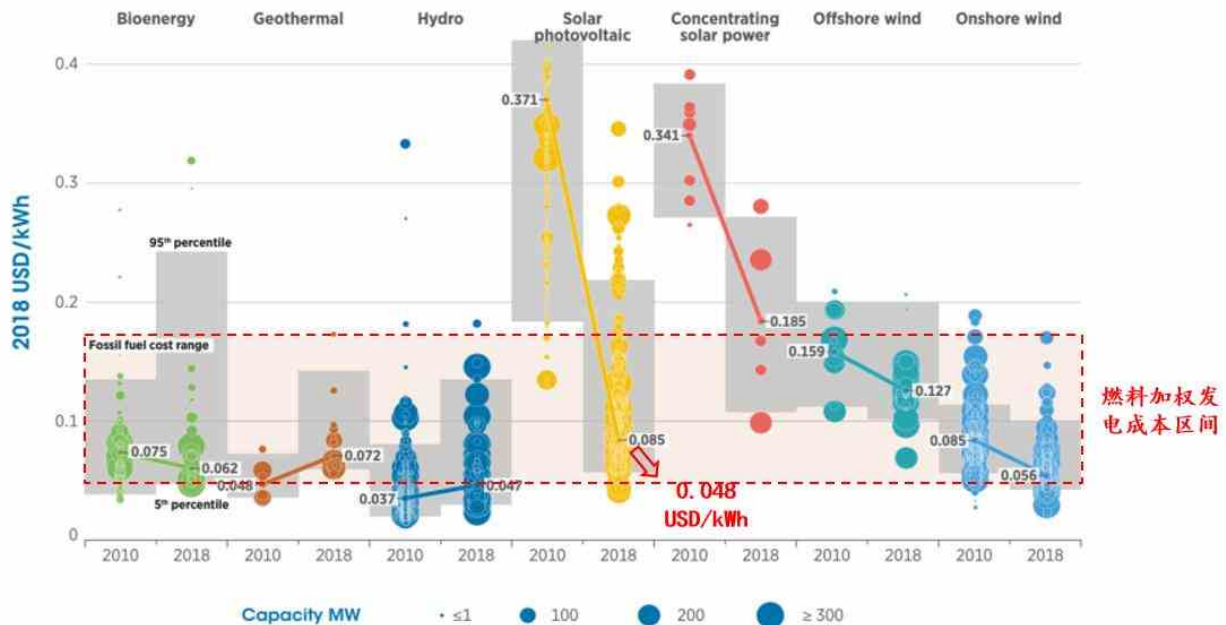
图表 4 我国组件海外出口市场更加多元



资料来源: CPIA, 华创证券

光伏安装成本已大幅下降, 大规模应用前景可期: 技术迭代带动光伏发电成本不断降低, 截至 2018 年, 太阳能安装成本相比 2010 年已实现大幅下降。据 IRENA 统计, 自 2014 年全球光伏加权发电成本已落入化石燃料发电成本区间内, 预计到 2020 年光伏发电成本将进一步降至 0.048 美元/kwh, 低于化石燃料最低发电成本, 届时 83% 的光伏项目发电价格将低于化石能源价格, 经济性更加凸显。

图表 5 全球光伏平均发电成本到 2020 年有望低于火电发电最低成本



资料来源: IRENA, 华创证券

可再生能源受青睐, 占比有望逐步提升, 光伏需求料将实现长期成长: 截至 2018 年底, 全球超过 230 个城市设定了至少在某一领域实现 100% 应用可再生能源的目标, 全球可再生能源发电占比已经达到 26%, 其中光伏发电占比 2.2%, 光伏发电技术成熟, 经济性不断凸显, 已连续 3 年在可再生能源新增装机量中占比居于首位。据 UNEP 预计, 按照 2015 年《巴黎协定》目标, 将全球升温控制在工业化前 2℃ 以内, 2020~2030 间全球碳排放量每年需减少 2.7%。光伏发电有助于减少二氧化碳排放, 应对全球气候变化, 目前已有 180 个国家制定了光伏政策。光伏产业长期成长空间有望逐步打开。我们按照 2020-2025 年全球发电量年均增速 2.5%, 光伏发电占比到 2025 年提升至 6.5%~7.5%, 光伏发电有效利用小时数达到 1300 时测算, 预计到 2025 年全球光伏新增装机达到 194-252GW, 年均增速 9.1%~14.0%。

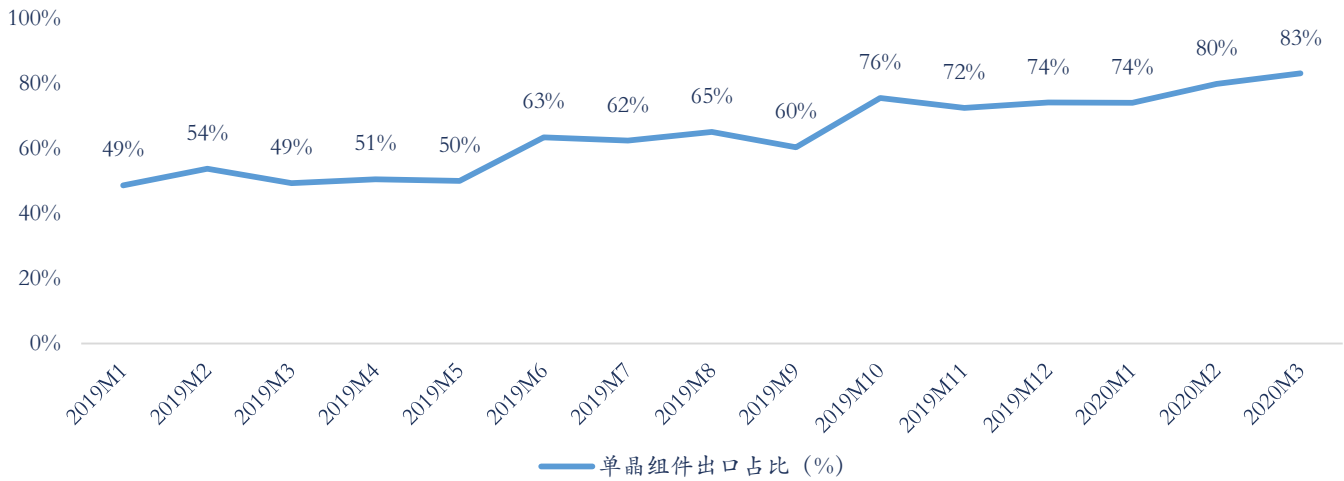
降低终端度电成本的终极目标驱动光伏产业链各环节持续的技术迭代, 高效化趋势日渐明朗, 硅片、电池片、组件环节有望展开新一轮产能扩张竞赛。

二、硅片环节

(一) 单晶加速渗透, 硅片向大尺寸迭代

单晶渗透率加速提升, 转线单晶效应明显: 随着金刚线切割大范围推广, 单晶相比多晶的性价比优势逐步显现, 市场份额逐步扩大, 单晶组件出口占比已从 2019 年 1 月的 49% 大幅提升至 2020 年 3 月的 83%。多晶硅片厂商积极向单晶路线靠拢, 保利协鑫多年持续投入研发的鑫单晶完成新品改造, 于 2018 年正式推出, 2019 年已与阿特斯、正泰、日托光伏、爱康光电签订 6GW 鑫单晶供应合同。保利协鑫将通过现有铸锭炉改造方式和新建产能增加铸锭单晶产能, 预计 2019 年内将鑫单晶产能提升至 10GW。此外, 垂直一体化厂商晶科能源也逐步削减多晶硅片产能, 并大力扩产单晶产能, 年产 25GW 单晶拉棒及切片项目于 2019 年正式签约落户乐山, 一期 5GW 项目已投产。

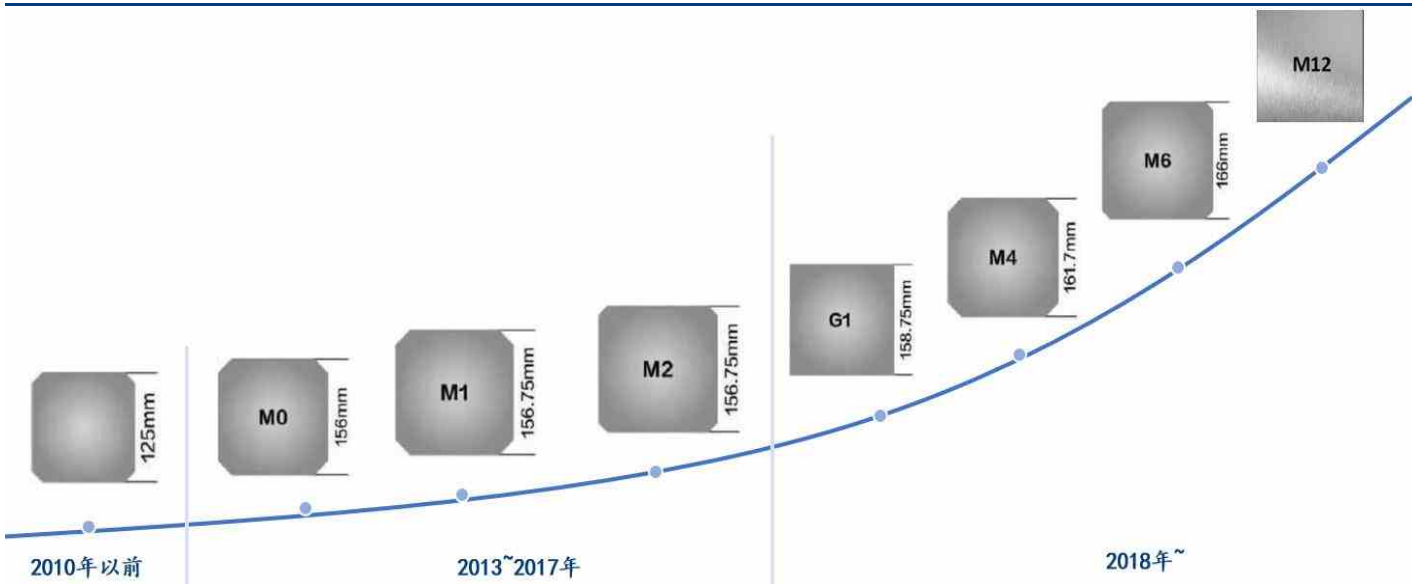
图表 6 2019 年单晶组件出口占比快速提升



资料来源：北极星电力新闻网，华创证券

降本驱动下，硅片逐步向大尺寸迭代：扩大硅片尺寸能够提升组件功率，从制造端看，在单位时间出片率不变的情况下，硅片尺寸的增加可以增加单位时间产出的电池和组件的功率，从而摊薄制造成本，在不改变组件尺寸的情况下，大硅片可减小片间距占比，提升组件功率。在降成本的驱动下，硅片大型化已成趋势，未来 M2 市场份额将逐步萎缩，而受下游产线兼容性、产线改造投资意愿、经营模式以及不同尺寸硅片产能释放节奏的影响，硅片环节在尺寸方面已形成三方割据的局面，其中中环推出 210 硅片，隆基主推 166 尺寸，晶科 Cheetah 组件采用 158.75mm 硅片，tiger 组件采用 163 尺寸硅片，保利协鑫铸锭单晶也向大尺寸迈进。

图表 7 太阳能硅片向大尺寸演进



资料来源：索比光伏网，华创证券

硅片环节开启新一轮产能扩建，落后产能有望加速淘汰，头部化趋势愈发明显：随着光伏平价空间打开，需求逐步释放，我们认为光伏硅片环节有望迎来新一轮优质产能扩建潮，主要原因在于：1）未来光伏高效化趋势明确，然而目前大尺寸硅片产能有限，2019 年 156.75mm 尺寸硅片市场占比仍然高达 61%，158.75mm 尺寸硅片占比 31.8%，而 166 及 210mm 硅片占比则不到 8%，未来专业化龙头公司或加速扩产构筑规模壁垒以提升自身在大尺寸硅片领域的的话语权，大尺寸硅片市场份额有望快速提升；2）以晶科、晶澳为代表的垂直一体化厂商为保证内部供应能力，规划积

极提升硅片环节产能以应对自身组件产能扩张；3）技术迭代及效率提升导致新产能成本大幅优于老产能，带动存量替换趋势，新产能扩建加速老产能出清过程，尾部产能被替代，新产能获得生存空间。考虑到头部公司扩产带来的规模效应更加明显，未来市场集中度有望进一步提升。目前隆基、中环、晶科、晶澳以及保利协鑫均在积极布局大尺寸单晶硅片产能扩张，结合各公司产能规划，预计 2020-2021 年，五家公司单晶硅片产能有望分别达到 182 和 224.5GW，产能分别增加 74 和 42.5GW。

图表 8 五大硅片厂商产能 2020-2021 年硅片产能预测

公司名称	2019	2020E	2021E
隆基股份	42	75	85
中环股份	33	52	71
晶科	11.5	19	25
晶澳	9.5	12	15.5
保利协鑫（铸锭单晶）	12	23	28
合计	108	181	224.5

资料来源：公司公告，华创证券，注：2020-2021 年各公司单晶硅片产能为依据公司已公布的产能扩张计划所做预测

（二）2020~2022 年硅片主设备需求有望达到 306~385 亿元

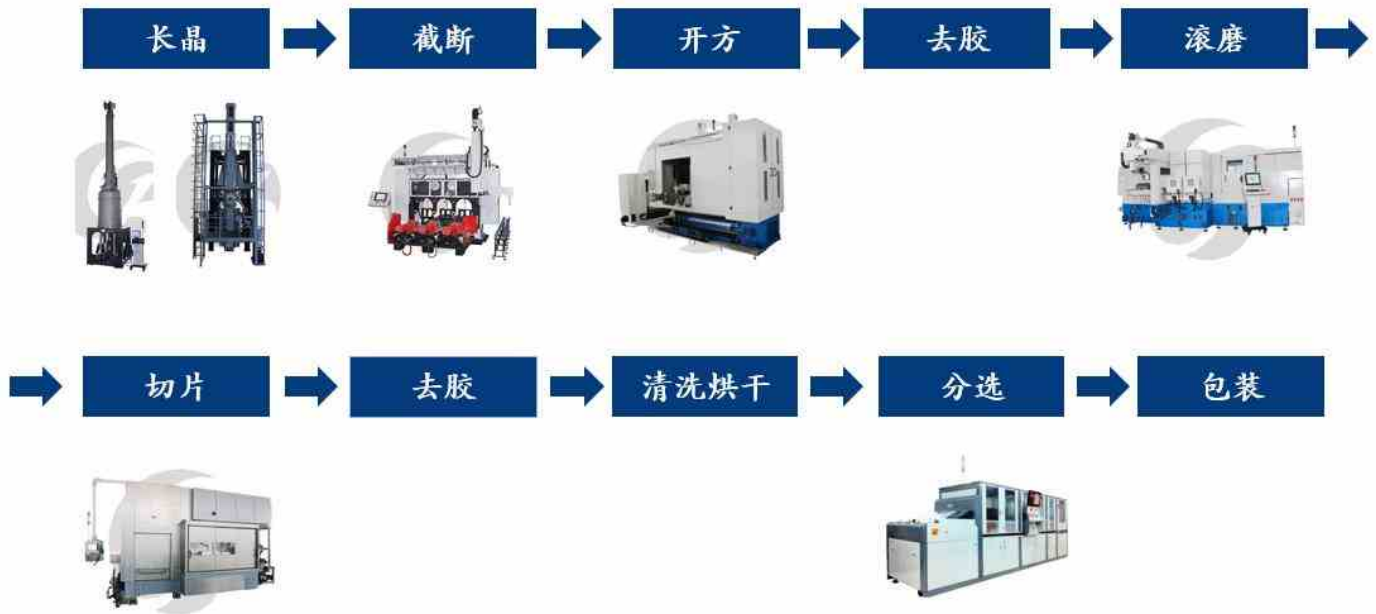
我们假设未来三年全球发电总量年均增速 2.5%，光伏发电占比到 2022 年提升至 4.60%~4.90%，发电有效利用小时数提升至 1300 小时，则到 2022 年全球光伏新增装机量 159GW~183GW，单晶渗透率达到 90%，158.75mm 及以上大尺寸硅片渗透率达到 100%。从历史数据看，硅片环节产能利用率基本维持在 70%~75%左右的水平，考虑到硅片环节不同产能的成本呈阶梯式分布，硅片价格长期下降趋势下先进产能的扩张对落后产能生存空间造成挤压，以及大尺寸迭代趋势刺激产能进一步扩张，进而导致整体产能利用率偏低，假设产能利用率维持在历史平均水平，在悲观和乐观两种情境下，到 2022 年大尺寸硅片产能需求有望达到 200GW~247GW，对应新增大尺寸硅片产能 150GW~197GW。

图表 9 全球大尺寸光伏硅片需求测算

核心假设及指标	2019	2022E			
		悲观		乐观	
全球光伏新增装机量（GW）	115	159		183	
硅片损耗率	5%				
单晶渗透率	65%	90%			
158.75mm 及以上大尺寸硅片渗透率	39%	100%			
硅片环节产能利用率		70%	75%	70%	75%
全球大尺寸硅片产能需求（GW）	50（E）	215	200	247	231
全球新增大尺寸硅片产能需求（GW）		165	150	197	181

资料来源：IEA，CPIA，华创证券

图表 10 光伏硅片生产流程及相关设备



资料来源：晶盛机电，ASM，华创证券整理

在硅片制造工艺流程中，核心设备主要包括长晶炉、截断机、滚磨机、切片机及分选机，其中单晶炉价值占比最大。目前，非 210 硅片单 GW 主设备投资成本约为 2.4~2.7 亿元，210 硅片由于尺寸扩大及设备产能提升，单 GW 投资成本降低至约 1.7~1.8 亿元。

图表 11 硅片环节主要设备价值量拆分

单晶炉 + 截断机 + 切磨加工一体机 + 切片机 + 分选机 =						非210硅片：2.4~2.7亿元
非210硅片：1.8~1.9亿元/GW	200万元/GW	0.25~0.3亿元/GW	0.25~0.35亿元/GW	600~800万元/GW		210硅片：1.7~1.8亿元
210硅片：1.2~1.3亿元/GW	170~180万元/GW	0.2亿元/GW	0.2~0.25亿元/GW	600~800万元/GW		

资料来源：采招网，各公司公告，华创证券估算，注：单 GW 投资金额为估算数据

我们假设到 2022 年，210 硅片在大尺寸硅片市场占比达到 22.4%，同时随着技术进步及设备产能提升，210 及非 210 硅片单 GW 设备平均投资分别下降至 1.65 和 2.25 亿元，则对应 2020-2022 年硅片设备需求有望达到 312~410 亿元，其中单晶炉市场空间 232~306 亿元，截断机 3~4 亿元，切磨加工一体机 32~42 亿元，切片机 35~47 亿元，分选机 9~12 亿元。

图表 12 2020-2022 年硅片设备市场需求测算

指标	2019	2022E	
		悲观	乐观
全球大尺寸硅片产能(GW)	50 (E)	200	247
其中：210 硅片占比		22.4%	22.4%
非 210 硅片占比		77.6%	77.6%
210 硅片产能		45	55

非 210 硅片产能		155	192
新增产能：210 硅片		45	55
非 210 硅片		105	142
单 GW 设备投资规模（亿元）			
其中：210 硅片		1.65	1.65
非 210 硅片		2.25	2.25
总设备投资规模（GW）		312	410

资料来源：华创证券测算

图表 13 硅片环节各类设备 2020~2022 年市场空间测算

指标	悲观	乐观
单晶炉		
210 硅片单 GW 投资（亿元）	1.2	1.2
非 210 硅片单 GW 投资（亿元）	1.7	1.7
单晶炉市场空间（亿元）	232	306
截断机		
210 硅片单 GW 投资（亿元）	0.02	0.02
非 210 硅片单 GW 投资（亿元）	0.02	0.02
截断机市场空间（亿元）	3	4
切磨加工一体机		
210 硅片单 GW 投资（亿元）	0.2	0.2
非 210 硅片单 GW 投资（亿元）	0.2	0.2
切磨加工一体机市场空间（亿元）	32	42
切片机		
210 硅片单 GW 投资（亿元）	0.2	0.2
非 210 硅片单 GW 投资（亿元）	0.3	0.3
切片机市场空间（亿元）	35	47
分选机		
210 硅片单 GW 投资（亿元）	0.06	0.06
非 210 硅片单 GW 投资（亿元）	0.06	0.06
分选机市场空间（亿元）	9	12

资料来源：华创证券测算

（三）国产化程度高，G12 对现有设备提出更高要求

目前，总体来看，我国硅片设备国产化程度已达到较高水平，单晶炉、截断机、切片机等环节设备，国产厂商已具备比较明显的竞争优势，具体而言，国产设备在加工效率、加工效果等方面与进口设备不相上下，且相比进口设备

具备明显的成本优势，此外，与海外厂商相比，国产厂商还有贴近国内市场、售后服务体系更加完善的优势。硅片分选机是光伏硅片制造环节最晚实现国产化的设备，2017 年以前硅片生产厂商所用硅片分选机主要还依赖进口，2017 年开始以奥特维为代表的国内厂商突破核心技术，推出了进口替代产品，2018 年市占率超过 11%。

G12 硅片对单晶炉、滚磨机、截断机、切片机等硅片设备提出了相应的改造需求，晶盛机电成功研制出新一代光伏单晶炉，可兼容更大热场，具备更大的投料量能力，可满足 G12 硅棒全自动生长，并开发了适用于 G12 硅棒加工需求的截断机、切磨复合加工一体线设备，实现光伏硅棒加工设备 G2-G12 全尺寸兼容。此外，晶盛机电还成功研制出新一代切片机，具备高线速、高承载、高精度的切割能力，是国内第一次批量应用针对 G12 大尺寸硅片的专用金刚线切片设备。

图表 14 硅片设备主要厂商及尺寸扩大的影响梳理

设备类型	主要厂商	尺寸扩大对设备的影响
单晶炉	晶盛机电、连城数控、北方华创	扩大炉体、提升热场尺寸、增加温度梯度、提高拉晶速率，对工艺控制稳定性提出了更高的要求，同时坩埚等辅材尺寸也需要随晶棒尺寸的增大而扩大
截断机	小松 NTC 株式会社、梅耶博格、晶盛机电、大连数控、上机数控	需要对设备进行改造，以适应 G12 硅棒直径
切片机	小松 NTC 株式会社、梅耶博格、晶盛机电、大连数控、上机数控	负载功率、轴距、冷却系统性能需要提高，对碎片、破片风险控制需提升
分选机	梅耶博格、应用材料、奥特维（2018 年市占率 11.79%）、天准科技	

资料来源：各公司公告，华创证券

三、电池片环节

（一）发展趋势：“PERC+”延展 PERC 生命力，新一代电池技术酝酿更迭

电池片环节正处在新一代技术路径探索期，提效降本“百花齐放”：PERC 技术已成主流并处在持续推进工艺升级的过程当中，TOPCon 将背接触钝化镀膜思想和技术引入太阳能电池的生产制造环节，可在 N 型和 P 型两类衬底上使用，为降低终端 LCOE 提供了新路径。HIT 作为双极型晶体硅电池的最高形式，技术效率提升潜力巨大，电池厂商纷纷布局寻求突破。

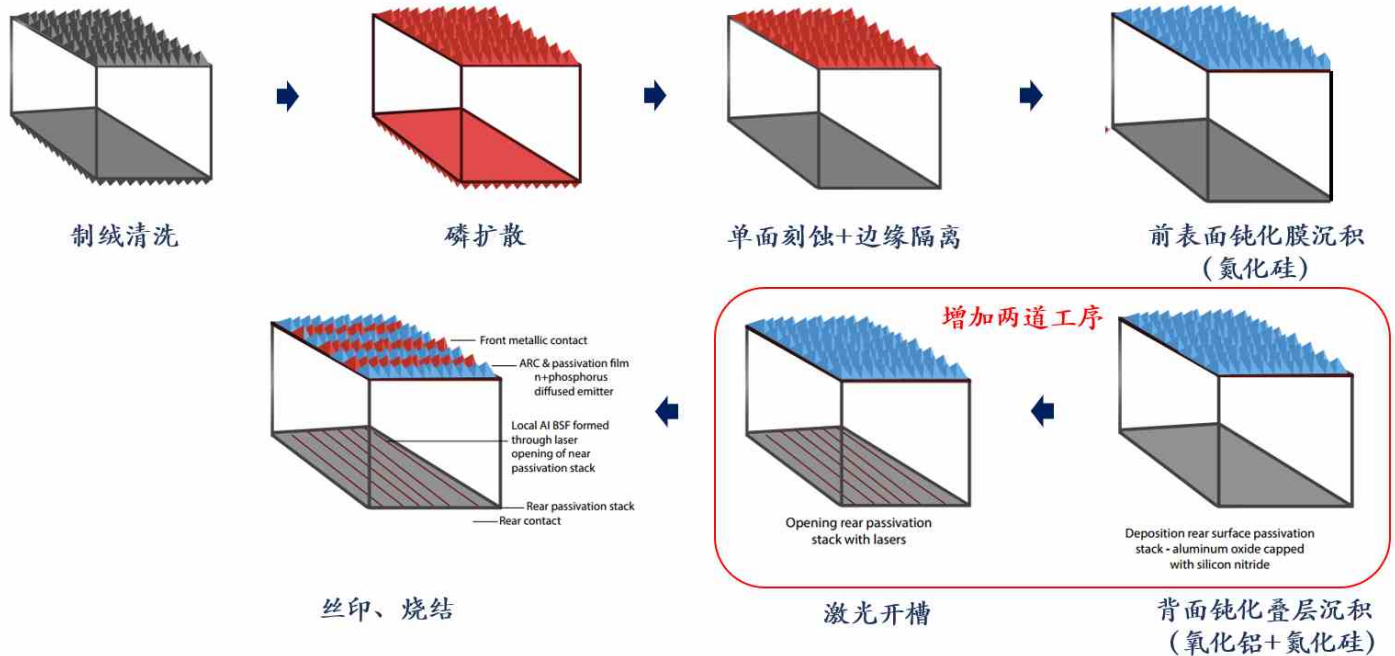
1、PERC 技术已成主流，工艺升级趋势下，生命力有望延续

相比 BSF，PERC 更具效率优势：PERC 电池（钝化发射极和背面电池）起源于上世纪 80 年代，并自 2015 年开始逐步市场化。PERC 电池通过在电池背面增加钝化层，阻止载流子的复合行为，减少电损失，同时增强电池背表面光反射，减少光损失，进而提高电池转换效率和电池性能。PERC 电池内部反射增强，有效降低了长波的光学损失，背面钝化提升了开路电压和短路电流，使得电池转化效率相比传统 BSF 电池更高。**2019 年 PERC 电池的平均量产效率已经从 2014 年的 20.1%提升至 22.3%~22.5%，平均每年提升 0.5%。**

PERC 技术仅需在 BSF 基础上增加两道工序即可完成升级改造：PERC 技术在常规 BSF 电池基础上增加背面钝化层沉积和激光开槽两道工序，此外，针对背部抛光需对基于化学湿台的边缘隔离步骤稍作调整，即可实现传统 BSF 电池产线向 PERC 产线的升级。背钝化层主要采用氧化铝作为背钝化材料（氧化硅、氮氧化硅也可作为背钝化材料），氧化铝由于电荷密度较高，可降低背表面少子的复合速率，钝化效果较好，同时为保证电池背面的光学性能，还会在氧化铝表面覆盖一层氮化硅膜作为保护层。为使背面金属电极与硅形成良好的欧姆接触，需要对钝化层进行刻蚀，

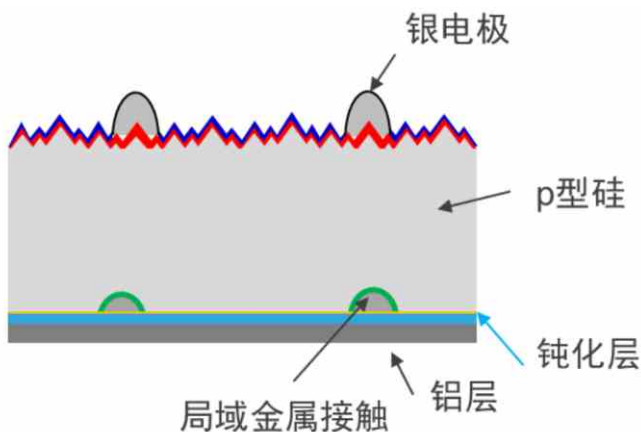
目前主流工艺采用激光开槽的方式来完成这一工序。

图表 15 PERC 电池生产工序



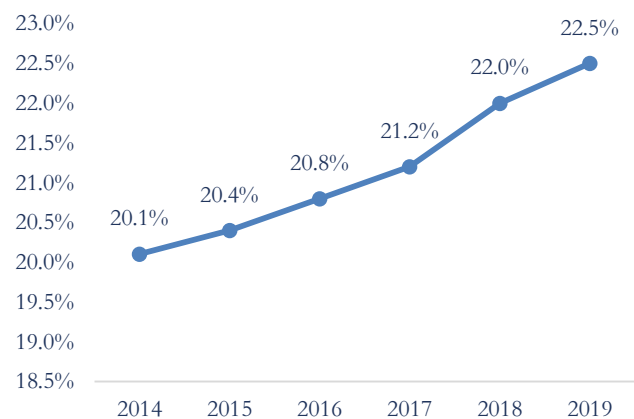
资料来源：taiyangnews，华创证券

图表 16 单面 PERC 电池结构



资料来源：索比光伏网，华创证券

图表 17 单晶 PERC 电池量产效率



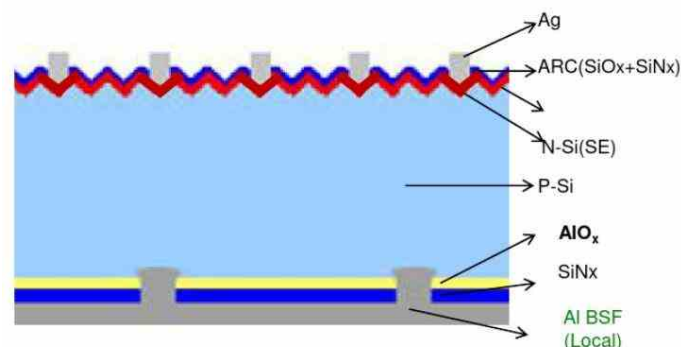
资料来源：隆基股份，华创证券

PERC 技术日趋成熟，“PERC+”成为 PERC 工艺升级，提升光电转换效率的重要方向，目前，PERC 工艺升级路线主要包括 PERC+SE、PERC+MWT、双面 PERC 等。

PERC+SE 技术带来 0.2%~0.3% 的转换效率提升，与现有 PERC 产线兼容性较高，已成为主流标配技术：PERC+SE 技术以扩散后的 PSG 层为磷源，利用激光可选择性加热的特性，在电池正表面电极位置进行磷的二次掺杂，形成选择性重掺 N⁺⁺ 层，可降低硅片与电极之间的接触电阻，降低表面复合，提高少子寿命，同时还能改善光线短波光谱响应，提高短路电流与开路电压，进一步提升电池效率。相比 PERC，SE 技术可带来 0.2%~0.3% 的转换效率提升。

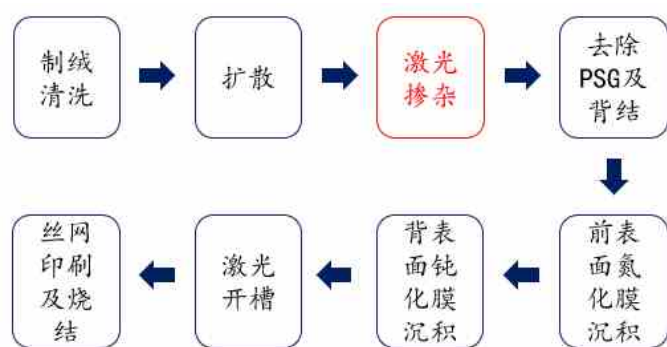
PERC+SE 技术与现有 PERC 产线具备良好的兼容性，通过增加激光掺杂工艺即可实现，对应到设备端，仅需在原有 PERC 产线上增加激光掺杂设备。包括晶科、隆基、晶澳、通威、天合、爱旭、东方日升等在内的大部分电池厂商均在 PERC 产线中引入 SE 技术，据 Energy Trend 统计，2018 年超过 60% 的 PERC 产能配置了 SE 工艺。

图表 18 PERC SE 电池结构



资料来源: JiaYue SOLAR, 华创证券

图表 19 PERC+SE 工艺流程

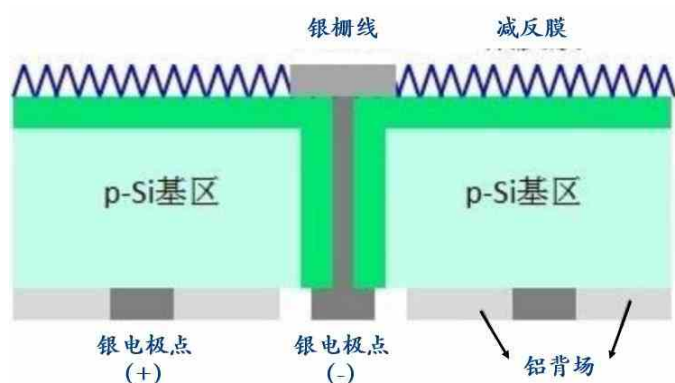


资料来源: 华创证券整理

MWT 工艺可实现 0.4% 的效率提升，产线改造仅需增加激光镭射打孔设备：采用激光打孔、背面布线技术消除正面电极的主栅线，细栅线搜集的电流通过孔洞中的银浆引到背表面，使得正负电极均分布在背表面，有效减少正面栅线的遮光，降低金属电极-发射极界面的载流子复合损失，提高光电转化效率，同时降低银浆消耗量，从而进一步降低成本，MWT 技术可实现约 0.4% 的转换效率提升。由于 MWT 电池正负电极点均分布于背表面，且不在一条直线上，常规焊带焊接互联方式无法适用，因此，MWT 组件采用金属箔作为导电背板，在金属箔上进行电路设计，每片电池片通过导电胶和金属箔电路互联形成完整的电流回路，再利用胶膜等封装材料封装，省去了复杂的高温焊接过程，避免了焊接应力及微裂导致的性能衰减，更容易实现自动化和高产能，降低了破片率。MWT 工艺同样具备良好的产线兼容性，额外增加的关键步骤为在硅片、铜箔及封装材料中精确打孔，通过在前端增加激光镭射打孔设备即可实现。

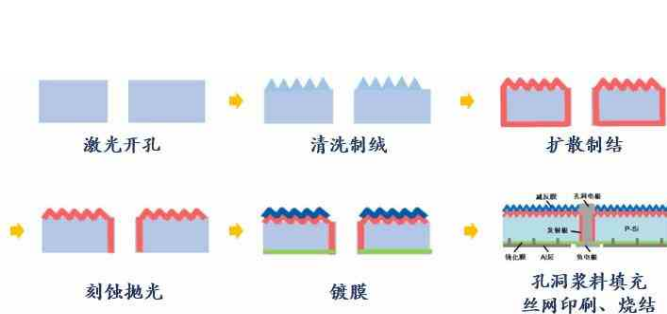
天威、阿特斯、英利、晶澳、日托光伏均宣称具备 MWT 量产能力。成立于 2012 年的日托光伏专注于 MWT 电池的研发和生产，是全球唯一也是首家实现 GW 级 MWT 技术产业化的公司，通过 PERC 叠加 MWT 技术，单晶硅电池效率达到 22.7%，引入 SE 工艺后，转换效率超过 23%，同时可兼容超薄电池片，适合于柔性电池组件的应用。日托光伏已建成超过 2GW “PERC+MWT” 高效产能，可兼容大尺寸、支持超薄硅片工艺要求，单线产能达到 200MW。日托光伏结合先进 MWT 平面封装技术，60 片型单晶 PERC 电池组件效率超过 20.3%。

图表 20 P 型 PERC+MWT 电池结构示意图



资料来源: 帝尔激光招股说明书, 华创证券

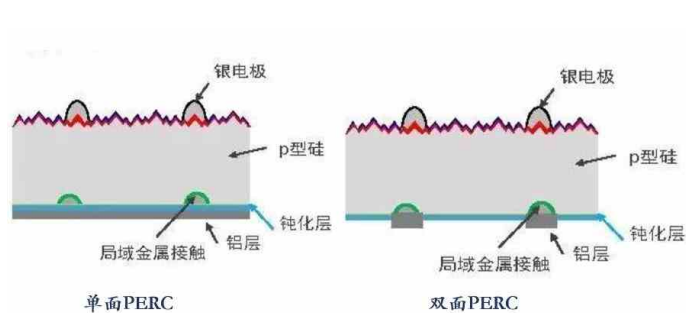
图表 21 PERC+MWT 电池基本工艺流程



资料来源: 日托光伏, 华创证券

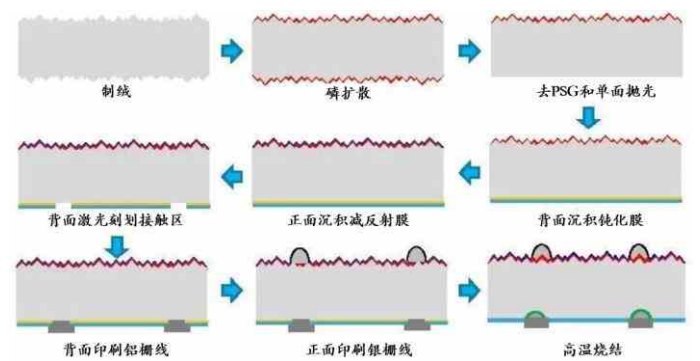
双面 PERC 电池海外接受度有所提升，关键改变在于背面铝栅线印刷：PERC 电池背表面采用铝浆构成的不透明铝背场，转变为双面 PERC 电池需要将背表面变为局部铝栅线结构，不再覆以铝浆，但背表面主栅仍采用银基材料。相比于 PERC，双面 PERC 降低了铝浆的用量，可实现双面发电，主要优化方向在于背面印刷精度和背面铝栅线，在丝网印刷环节尽量将铝浆印刷在激光开孔处，使光生电流可以通过开孔处导出。此外，在浆料中添加硅有助于获得有效的 BSF 并使空隙最小化，目前铝浆技术已经取得较大突破。2019 年 10 月，苏民新能源高效单晶双面 PERC 电池采用 G1 主流尺寸硅片搭配 9BB 设计图形，产业化平均效率达到 22.78%。双面 PERC 电池主要应用于双玻组件、使用背板封装的“单面”PERC 电池和具有透明背板的组件等场景。据 PV Infolink，2019 年海外市场对双面组件接受度有所提升，需求约为 7.7GW，2020 年需求有望达到 11.8~19.5GW 之间。

图表 22 双面 PERC 电池结构



资料来源：天合光能，华创证券

图表 23 双面 PERC 电池工艺流程



资料来源：天合光能，华创证券

图表 24 部分电池/组件厂双面技术发展情况

相关公司	双面电池/组件情况
爱旭	拥有 SE-PERC、双面 PERC 产品，是双面电池最大供应商，预计 2019 年双面 PERC 电池出货量超 2GW，单面和双面占比分别为 60%和 40%。2019 年 4 月 PERC 量产效率 22.5%，预计年底 158.75mm 多主栅方单晶转换效率可达到 22.8%
平煤隆基	二期项目建设规模 2GW，将升级采用 P 型 SE+PERC 双面电池工艺路线，兼容 166mm 大尺寸硅片
正泰新能源	2019 年 8 月，双面电池平均量产效率 22.55%，双面率大于 75%
苏民新能源	2019 年 10 月，新一代高效单晶 PERC 双面产业化平均效率 22.78%，双面率超过 73%
隆基	2019 年 6 月，泰州隆基乐叶技术研究院双面双玻组件正面功率达到 500.5W
晶澳	PERC 双面双玻组件结合高效 PERC 双面电池技术和双玻组件结构，背面功率可达正面的 70%以上
晶科	2020 年 1 月最新研发的 P 型 PERC 双面电池组件正面效率达到 21.82%
天合光能	推出天玑双核系列双面双玻组件产品，发挥电池双面发电性能，组件背面可提升 5%至 30%的发电量。

资料来源：索比光伏网，光伏测试网，各公司公告，中国分布式能源网，华创证券整理

PERC 引领电池端降本增效，市场占比快速提升：PERC 电池在效率方面的优良表现，对传统铝背场电池形成了快速替代。2019 年新建电池片产线均采用 PERC 技术，叠加老线技改，使得 PERC 电池市场占比迅速提升至 65%。

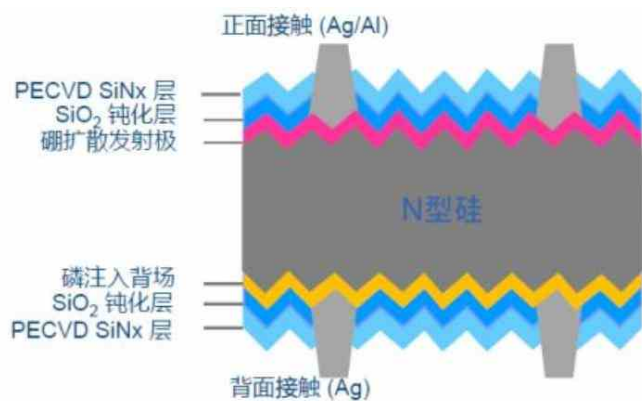
2、N 型技术受青睐，产业化脚步渐行渐近

N 型单晶硅通过在纯净硅晶体中掺入磷元素形成，自由电子为多子，空穴为少子。相比于 P 型单晶硅，N 型单晶硅

由于存在相对较多的自由电子，少子复合速率低、寿命高，且以磷为掺杂元素，无硼氧复合体，因此光致衰减小，具备更大的效率提升空间，因而成为高效电池的优选项。

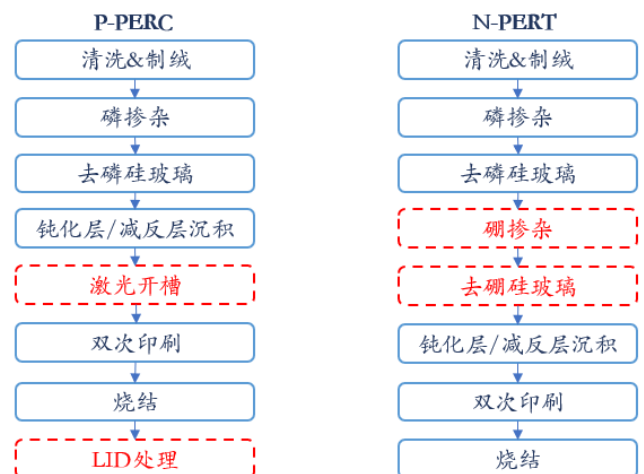
PERT 电池（钝化发射极背面全扩散电池）使用少子寿命高的 N 型硅片作为衬底，电池几乎无光致衰减，正面使用硼扩散形成发射极，背面采用磷全扩散，是钝化接触工艺流程中的入门级结构。**N-PERT 电池工艺的关键在于双面掺杂和双面钝化技术。**正面扩硼主要采用液态三溴化硼管式扩散方式，相比其他扩硼方式更有利于避免金属污染，背面磷背场可通过热扩散和离子注入的方式形成，热扩散工艺由于涉及二次扩散，需要额外的掩模工艺和清洗工艺以及特殊的边缘隔离，提升了制造的成本和复杂性，而离子注入可实现单面掺杂，均匀性好，可简化制造流程。表面钝化方面，背表面采用氧化硅/氮化硅叠层钝化膜可以起到良好的表面钝化和场钝化效果，正表面使用氧化铝钝化膜则效果更好。2019 年 4 月，IMEC 及其合作伙伴 EnergyVille 与中来合作开发的 N-PERT 电池正面转换效率已达 23.2%。相比于 P-PERC，N-PERT 需要增加硼扩散和清洗步骤，且由于在效率提升方面不及 PERC，开始逐步向 TOPCon 钝化接触工艺进行升级。

图表 25 N-PERT 电池结构示意图



资料来源：YINGLI SOLAR，张伟《N 型双面电池技术研究》，华创证券

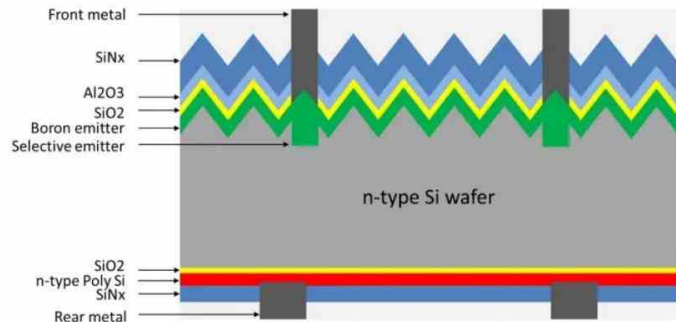
图表 26 N-PERT 电池生产工艺流程



资料来源：YINGLI SOLAR，华创证券

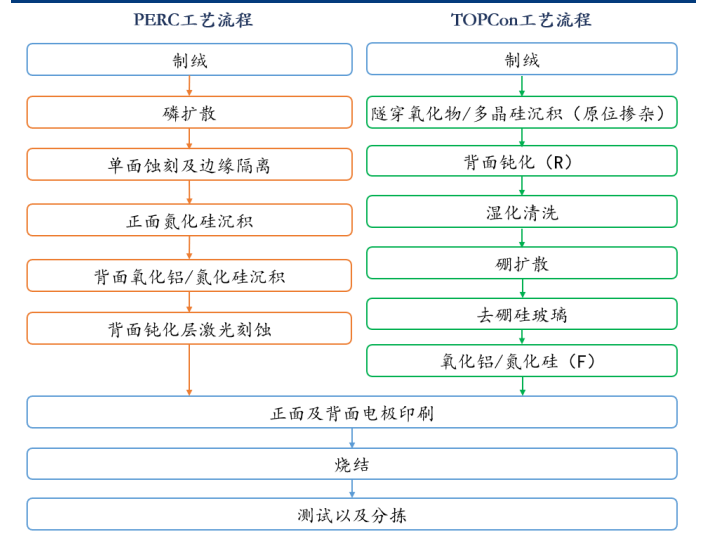
TOPCon 采用超薄氧化硅隧道层和掺杂多晶硅形成的隧道结来钝化晶体硅表面，1-2nm 的超薄隧穿氧化层具有很好的选择性，可使多数载流子隧穿进入多晶硅层，并阻止少数载流子复合，提高开路电压并有效降低电阻损失，具有较好的钝化效果。多子在掺杂多晶硅层的横向传输中被金属收集，电流损失微乎其微。TOPCon 电池结构无需背面开孔和对准，极大地简化了电池生产工艺，相较于 PERC 电池，TOPCon 仅需增加氧化硅及多晶硅叠层钝化、绕镀清洗工序，同时将扩磷改为扩硼，便可与当前的量产工艺兼容。值得注意的是，TOPCon 技术不仅可以在 N 型衬底上应用，在 P 型硅片衬底上也可实现良好应用。

图表 27 TOPCon 电池结构示意图



资料来源：无锡赛睿达科技，华创证券

图表 28 TOPCon 电池工艺流程



资料来源：taiyangnews，华创证券

Fraunhofer ISE TOPCon 电池实验室研发效率可达 $25.8\% \pm 0.5\%$ 的水平，目前工业领域量产效率能够达到接近 23%~23.5% 的水平。LG、REC、中来、天合、林洋、阿特斯、晶科、国电投、中利腾晖等多家厂商均拥有 TOPCon 电池技术储备，并实现了较高的研发或量产转换效率。

图表 29 部分厂商 TOPCon 电池技术发展情况

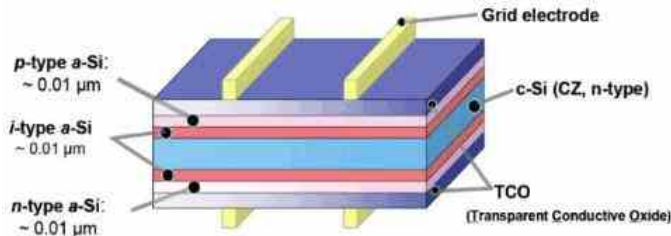
公司	发展现状	平均量产效率	最佳研发效率	更新时间
中来	2.4GW TOPCon 电池产能，2020 年 2 月 2GW TOPCon N 型单晶双面高效电池及组件项目开工，计划进一步提升产能。	22.8%~23.0%（最新量产效率 23.5%）	23.50%	2020 年 3 月
天合	已量产	23%	24.58%	2019 年 11 月
林洋能源	2019 年 N 型高效电池、组件产能达到 400MW，2019 年启动电池从 N-PERT 转为 TOPCon 的技术升级，预计升级完成后电池平均转换效率可达 23%	23%（E）		2019 年 8 月
晶科能源	中试线		24.20%	2019 年 1 月
LG 电子	产能 1600MW	23.50%		
一道新能源	N 型 TOPCon 电池转换效率 22.9%可做到量产水平	22.90%		2019 年 3 月
REC	已量产	22.50%		2019 年 10 月
国电投	TOPCon 和 IBC 电池已完成技术储备，预计将逐步投产			2019 年 9 月
阿特斯	中试线电池效率可达 23.52%，技术优化后量产效率可达 24%			2019 年 9 月
苏州腾晖	拟投资 3.75 亿元改建 TOPCon 电池生产线，产能 1GW			2020 年 3 月

资料来源：PV Infolink，索比光伏网，北极星太阳能光伏网，各公司公告，光伏测试网，华创证券整理，注：此表为不完全统计，资料来源于网络公开资料，恐有疏漏，欢迎指正

相比其他技术路线的电池，HIT 电池优势在于：1）具有天然的双面对称结构，双面受光，双面率高于 90%；2）相比其他工艺流程更加简洁，仅为 4 步；3）高开路电压，有利于获得较高的光电转换效率；4）无 LID 和 PID 效应，HIT 电池采用 N 型硅片作为衬底，从根本上避免了由于硼氧复合因子带来的光致衰减现象；5）低温制造工艺（低于 200℃），可降低制造流程中的能耗及对硅片的热损伤；6）温度系数低，在高温及低温环境下均具备较好的温度特性。以 N 型硅片为衬底，经过制绒清洗后，在正面依次沉积 5-10nm 本征非晶硅薄膜和掺杂 P 型非晶硅薄膜，与硅

衬底形成异质结，背面通过沉积 5-10nm 的本征非晶硅薄膜和掺杂 N 型非晶硅薄膜形成背表面场。在掺杂非晶硅薄膜表面沉积 TCO 透明导电氧化物薄膜，最后在正背表面印刷金属集电极。

图表 30 异质结电池结构示意图



资料来源：光伏技术，华创证券

图表 31 HIT 电池工艺流程



资料来源：华创证券整理

HIT 电池理论效率可达 27% 以上，目前实验室最高效率 26.63% 由日本 Kaneka 创造，现有产线平均量产效率基本在 23% 以上，相比于 PERC 约有 1% 的提升。国内异质结产线基本处在评估或中试阶段，已建产能规模较小，尚未实现大规模发展。目前，钧石、汉能、晋能、中智等国内异质结产线平均效率已站上 23%~23.5% 区间，预计随着工艺的进一步优化，效率可提升至 24% 及以上水平，可进一步拉开与 PERC 的效率差距。

图表 32 部分企业异质结产能布局及进展情况

相关公司	现有产能	进展情况
3SUN	200MW	利用梅耶博格的 PECVD 和 PVD 设备结合无主栅丝网印刷技术在 M2 硅片上获得了 24.63% 的转换效率
CSEM		最佳研发效率：24.4%
松下	1GW	与钧石开展合作，将位于马来西亚的 HIT 电池及组件厂 90% 的股权转让给钧石能源
钧石	600MW	平均量产效率 23.5%，新厂目标转换效率 25%
汉能	120MW	在使用量产设备和低成本量产工艺的前提下取得 25.11% 的光电转换效率，能够很快用于大规模量产
Hevel	260MW	最佳研发效率：23.5%，平均量产效率：22.8%
晋能	100MW	2019 年 9 月，量产平均转换效率 23.8%，在建的第二条产线预计能够达到 24.5%
Sunprime	40MW	平均量产效率：23.5%
中智泰兴	160MW	已打通整个工艺，预计 2020 年量产转换效率达到 24%
REC	600MW	量产效率 24.3%
Ecosolifer	100MW	平均量产效率 23.5%，已经能达到 24.1% 的转换效率
通威	200MW	2019 年 6 月，一期研发项目第一片异质结电池成功下线，转换效率达 23%
国电投	100MW	2019 年 12 月 22 日，中试线第一片 C-HJT 成功下线，以铜代替银浆作为栅线材料，最高效率达 22.56%。

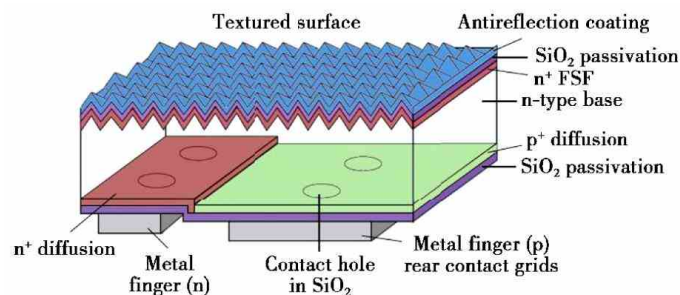
资料来源：taiyangnews，索比光伏网，集邦新能源网，智汇光伏，各公司官网，华创证券整理

IBC 电池（交叉指式背接触太阳能电池）：IBC 电池以 N 型硅为衬底，PN 结和金属接触均位于背表面，成叉指状排列，避免了金属栅线电极对光线的遮挡，前背表面均采用氧化硅/氮化硅叠层作为钝化层，结合前表面金字塔绒面结构能够减少光学损失，最大程度地利用入射光，具有更高的短路电流。在正面无栅线遮光和金属接触的条件下，可对表面钝化及陷光结构进行最优化设计，降低前表面复合速率。背表面采用扩散法形成 p+ 和 n+ 交错间隔的交叉式电极接触高掺杂区，通过在钝化膜上开孔，实现金属电极与发射区的点接触连接，降低载流子的背表面复合速率。由于采用背接触结构，串联电阻低于传统电池，具有较高的填充因子。此外，IBC 电池外形美观，具有较好的商业化前景。缺点在于背表面需要多次掩模和光刻技术，工艺步骤多且复杂，结构设计难度大。

黄河水电、中来光电、天合光能已在 IBC 领域积极布局，其中黄河水电 IBC 产品于 2019 年 10 月正式下线，12 月量

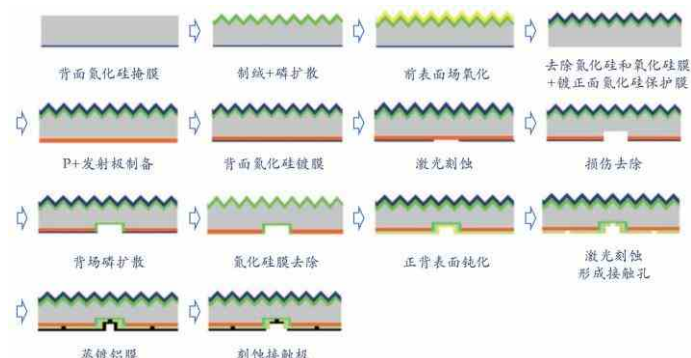
产电池平均转换效率达到 23%，并与意大利 FuturaSun 签订 50MW IBC 组件出口合同。

图表 33 IBC 太阳能电池结构示意图



资料来源：陈俊帆等，《高效单晶硅太阳能电池的最新进展及发展趋势》

图表 34 利用丝网印刷制备 IBC 电池过程



资料来源：张伟康等，《叉指背接触硅太阳能电池》，自然杂志，华创证券

图表 35 国内 IBC 电池产线产能及转换效率

公司	电池类型	产能规模	转换效率	更新时间
黄河水电	IBC	200MW	量产平均转换效率 23%	2019 年 12 月
中来光电	IBC（由 N-PERT 线升级改造）	150MW	平均量产效率 22.8%	2019 年 5 月
天合光能	IBC		实验室研发最高效率 25.04%	2018 年 2 月

资料来源：北极星太阳能光伏网，索比光伏网，华创证券

图表 36 各类太阳能电池制造技术对比

电池技术	关键工艺	主流硅片	钝化			金属化	增加步骤
			硅片侧位	电介质	应用方法		
PERC	背表面钝化技术代替铝背表面场	单晶/多晶	正表面	氮化硅	PECVD	背表面场铝浆，背电极银浆，正面低温银浆	激光开槽、背钝化
		单晶/多晶	背表面	氧化铝/氮化硅（覆盖层）	PECVD,ALD/PECVD		
		单晶		氮氧化硅/氮化硅（覆盖层）	PECVD		
PERT	前后表面都进行全扩散和表面钝化	N 型	正表面	氧化铝,氧化硅,硼硅玻璃/氮化硅（覆盖层）	PECVD,ALD,扩散/PECVD,热氧化,湿化学法	正反面均使用银浆，其中正面是铝掺杂的银浆	硼扩散，前表面钝化，基于湿化学法的清洗步骤
			背表面	氮化硅	PECVD		
PERL	前后表面都进行钝化，其中背表面在金属接触区域是局部扩散的	N 型	正表面	氧化铝,氧化硅,硼硅玻璃/氮化硅（覆盖层）	PECVD,ALD,扩散/PECVD,热氧化,湿化学法	正反面均使用银浆，其中正面是铝掺杂的银浆	硼扩散，前表面钝化，激光局域掺杂，基于湿化学法的清洗步骤
			背表面	氮化硅	PECVD		
钝化接	生长的超薄氧化	N 型	正表面	氧化铝,氧化硅,	PECVD,ALD,扩散	前表面铝掺杂	硼扩散，前表面

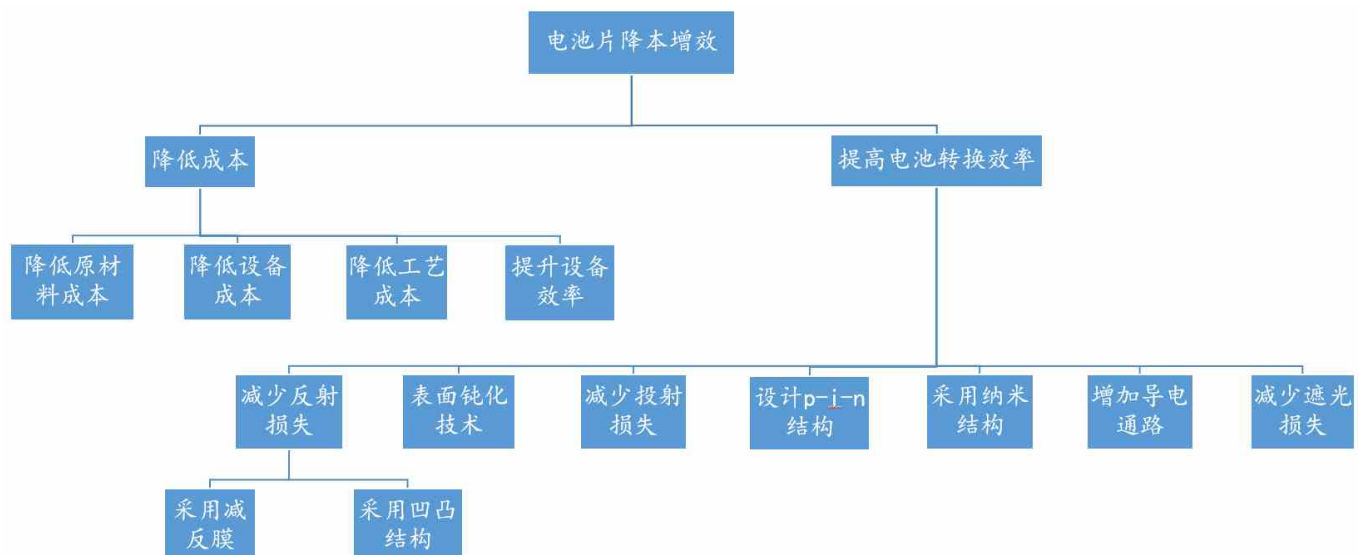
触	硅能使载流子隧穿通过,多晶硅的沉积和掺杂		背表面	硼硅玻璃/氮化硅(覆盖层)	/PECVD,热氧化,湿化学法	的银浆,特殊的背接触银浆,所有电极能承受低温烧结工艺	钝化,基于湿化学法的清洗步骤
				氧化硅(薄)	热生长,化学法,沉积		
				多晶硅	LPCVD,PECVD,APCVD,PEALD,PVD		
HJT 异质结	在掺杂的晶硅衬底和具有相反电导率的非晶硅层之间形成异质结	N 型	正/背	非晶硅	PECVD	需要低温固化浆料,电镀也是一种潜在的替代方法	特殊的湿化学清洗工艺,透明导电氧化物的沉积
IBC 插指式背接触	背表面交替进行N+和P+掺杂	N 型	正	氧化铝,氧化硅,硼硅玻璃/氮化硅	PECVD	正负电极均位于背表面	掩膜和清洗工艺

资料来源: taiyangnews, 华创证券

3、展望：短期 PERC 为扩产主力，N 型技术星星之火产业化前景可期

从产业发展规律看，一种电池技术若要成为有竞争力的主流技术，需要能够达到降低 LCOE 的目标，即降低成本的同时提升发电效率。太阳能电池转换效率损失的主要原因包括载流子损失、欧姆损失和光学损失，改善的途径主要有：减少反射损失，如：采用减反膜、采用凹凸结构；表面钝化技术；减少投射损失；设计 p-i-n 结构；采用纳米结构；增加导电通路，减少遮光损失等方式。从成本角度看，电池片成本的下降来源于原材料成本降低、设备效率提升和成本下降、工艺成本降低以及电池转换效率的提高。

图表 37 光伏电池降本提效主要路径



资料来源: 光伏新闻公众号, 华创证券整理

1) PERC 电池:

“PERC+” 打开转换效率优化空间：太阳能光伏电池已步入“PERC+”时代，SE、MWT、双面以及各类镀膜技术

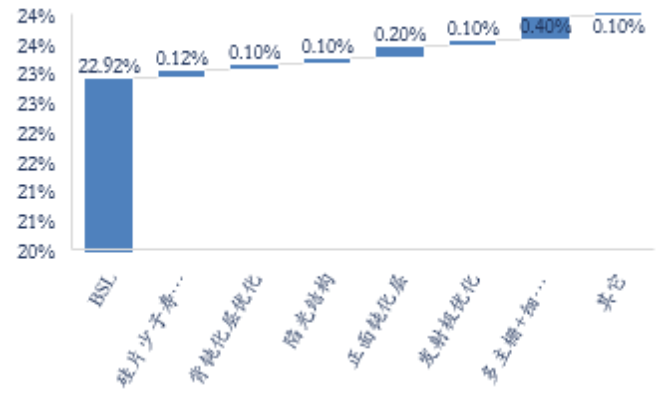
的引入（P-TOPCon），使得“PERC+电池”在终端降本提效的趋势下依然保持着生命力。产业界研究及实践经验表明，通过提升硅片性能、改善背面钝化层（如：调整与钝化层匹配的热处理工艺、优化背面钝化层减少表面缺陷态密度、P区超薄氧化硅钝化层制备及隧穿控制、P区非晶硅或多晶硅层制备等）、优化反射膜层、改善正面钝化层、优化发射极、采用先进的金属化方案（MBB优化设计、浆料升级、印刷方式革新）等方式，“PERC+电池”转换效率仍有进一步提升空间。据隆基股份预测，未来PERC电池转换效率有望实现从22.92%向24%以上的提升。

图表 38 PERC 电池效率损失分析



资料来源：隆基股份，华创证券

图表 39 PERC 电池效率仍有进一步提升空间



资料来源：隆基股份，华创证券

210 硅片摊薄电池端非硅成本，深挖 PERC 成本下降潜力：硅片尺寸扩大可摊薄电池端非硅成本，使得电池片单瓦成本进一步下降。以 G12 为例，面积相比 M2 增加 80.5%，设备投资成本降低 30%，意味着单瓦折旧成本有望降低 60% 左右，可有效摊薄非硅成本，进一步提升 PERC 电池性价比。

2) TOPCon:

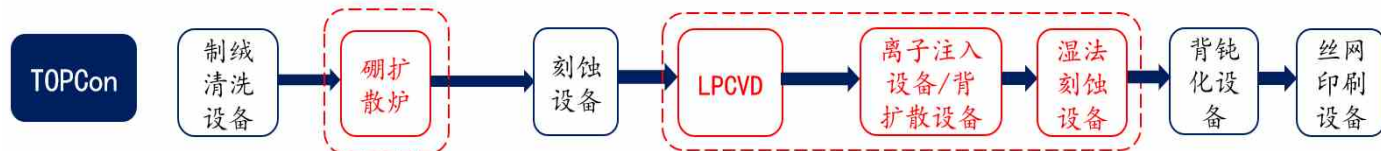
TOPCon 电池已实现 GW 级量产，部分主流厂商规划尝试 TOPCon 量产可行性。相比 PERC，TOPCon 电池生产工艺的改变主要在于：增加了隧穿氧化物沉积、多晶硅沉积、硼扩工序，同时需增加湿法刻蚀步骤来应对非晶硅的绕镀问题。理论上，TOPCon 技术仅需在现有产线基础上增加薄膜沉积设备、硼扩散炉和湿法刻蚀设备即可实现产线升级。目前 LG、天合光能、REC、中来已实现 TOPCon 量产，其中中来拥有 2.4GW 产能。

TOPCon 各环节工艺及国产设备发展已较为成熟：

- **隧穿氧化物的制备：**主要以热氧工艺为主，基本可集成在 LPCVD 机台中实现；
- **多晶硅沉积：**可分为两种方式，一种是先进行非晶硅层生长，而后通过扩散炉晶化并通入磷源进行掺杂，另一种是通入磷源实现原位掺杂，而后退火晶化。实际工业生产中，非晶硅沉积主要利用 LPCVD 设备实现，缺点在于沉积过程中存在绕镀现象。
- **湿法刻蚀：**由于非晶硅沉积存在绕镀，实际量产中采用湿法刻蚀工艺对绕镀的非晶硅进行刻蚀。
- **硼扩是 TOPCon 生产的另一关键点，用于在 N 型硅片上形成发射极：**相比于磷扩散炉，硼扩散炉需要做更多的改进和优化，硼扩所需温度高，周期长使得产能较低，同时对扩散均匀性的控制难度加大。在前驱体的选择上，Tempress 和 Centrotherm 主要采用三溴化硼，由此产生的硼硅玻璃易使石英件粘黏，减少设备的正常运行时间，通过减少前驱体的消耗量可以得到较好的解决。Semco、拉普拉斯将气体形式的三氯化硼作为前驱体，产生的 BSG 更易去除，可降低设备的运营成本和维护成本，但容易形成腐蚀性和安全问题。目前硼扩散技术已经较为

成熟，SEMCO、CT、捷佳伟创、Tempress、拉普拉斯均可提供低压扩散炉。

图表 40 TOPCon 电池生产所需工艺主设备



资料来源：华创证券整理

薄膜沉积设备逐步突破，提效降本前景可期：在 TOPCon 电池制造工艺中，LPCVD 技术被大量应用于非晶硅沉积的量产实践中。目前用于 TOPCon 技术的 LPCVD 设备均可以同时生长隧穿氧化物和多晶硅薄膜且不破坏真空，同时还可以实现多晶硅掺杂，缺点在于沉积过程会产生绕镀，主要生产厂商包括 Centrotech、捷佳伟创、SEMCO 和 Tempress。新设备进展方面，近期微导研发的全球首台适用于 TOPCon 技术的 ALD 设备正式进入量产阶段，产品已交客户使用。据公司官方微信显示，该镀膜平台（祝融系列）兼容 PERC 与 TOPCon 两种工艺，在原有 PERC 工艺上新增一台祝融平台、清洗机以及硼扩设备，即可完成 TOPCon 电池正面氧化铝/氮化硅、背面隧穿氧化层/多晶硅与氮化硅的钝化，相比于传统 LPCVD 设备沉积技术，可大幅改善 N 型电池正面多晶硅绕镀面积与掺杂多晶硅镀膜速率降低的影响，且掺杂钝化效果优于传统磷扩散工艺，具备综合的正背面钝化能力。我们预计，随着设备性能的优化，TOPCon 技术成本仍有下降潜力。

TOPCon 工业量产效率再提升，或提振下游尝试积极性，建议关注后续产业化进展：TOPCon 大规模推广的难点在于：1）主流量产转换效率绝对值较 PERC 高出 1%，但成本较高，性价比优势尚不明显；2）技术路线多样，电池厂商对于技术路线的选择尚处于观望状态。当前 TOPCon 量产方面已发生一些积极变化：其一，中来 TOPCon 电池量产效率于今年 3 月突破 23.5%，研发效率方面，宁波材料实验室针对 PECVD 工艺路线开发出了效率 24.27% 的 N 型 TOPCon 电池；其二，关键的薄膜沉积国产设备效率取得进一步进展，据 PV Infolink 统计，TOPCon 单 GW 投资在 3~3.5 亿元左右，我们预计随着设备效率提升和价格下降，单 GW 投资金额降低至 3 亿元以下是可以期待的；其三，MBB 技术和无主栅技术的使用有望减少银浆耗量，TOPCon 电池由于需要在两面使用银浆，双面银浆耗量约为 130~150mg/片，相比于 PERC（银浆耗量约 85mg/片）成本劣势比较明显。中来已实现 GW 级以上的量产，经验数据得以积累，量产效率进一步提升，新的产线已开始建设，或对 TOPCon 未来确定最优技术路线、进一步降本起到示范作用。我们认为，TOPCon 与现有 PERC 产线兼容性高，若未来技术性价比提升超越 PERC，则有望激发现有产线改造需求，延长现有产线生命周期，建议积极关注后续产业化进展。

3) HJT 电池:

HIT 工艺步骤简单，仅有制绒清洗、非晶硅薄膜沉积、透明导电膜制备和丝网印刷四步，通威、晋能、钧石、中智、国电投等厂商建立了 MW 级试验线积极探索 HJT 大规模量产途径，经过近年来的工艺实践，HIT 降本路径已逐步清晰，降本挖潜空间巨大。

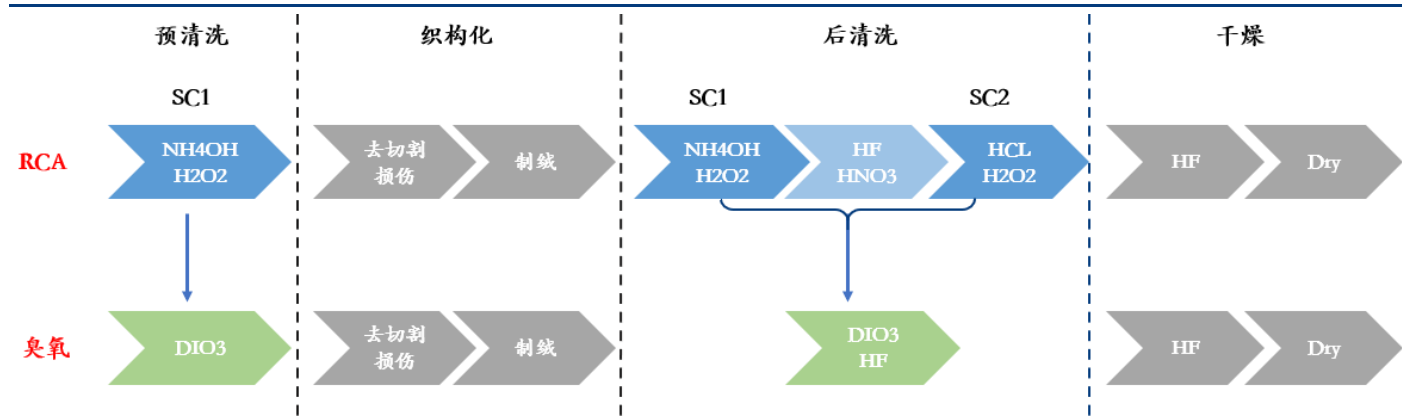
图表 41 HJT 电池生产流程及设备



资料来源：华创证券

制绒清洗环节，双氧水+臭氧工艺效果更佳，有望成为主流路线：HIT 电池非晶硅/晶硅界面钝化质量高，对硅片品质和表面清洁度、金字塔形貌控制提出更高要求，大尺寸绒面可以提升钝化效果，增加绒面反射率，需要精确优化和控制绒面尺寸以最大化电池效率，因此 HIT 对清洗工艺要求也更为严格。针对异质结工艺的硅片清洗主要是 RCA 和臭氧清洗两种，RCA 工艺中所使用的氨水和过氧化氢具有较强的挥发性，在 SC1 和 SC2 工序超过 60℃ 的温度下会带来较大的消耗，因而清洗成本更高。臭氧清洗工艺使用臭氧和氢氟酸溶液代替氨水、过氧化氢和硝酸，生产过程更加环保，且对有机杂质和金属杂质的去除效果更好。此外，臭氧/氢氟酸可实现各向同性的轻微刻蚀，有效地去除富含晶体缺陷的区域，从而提高界面钝化效果。从目前 HIT 实际生产情况看，双氧水+臭氧工艺清洗效果稳定，单片清洗成本可降至 0.22~0.3 元，仅为双氧水+氨氮工艺成本的一半左右，而纯臭氧工艺量产厂家还相对较少，但纯臭氧工艺能够减少过氧化氢的使用，若能克服现有工艺缺点，则能够进一步降低化学品耗量。

图表 42 RCA 工艺与臭氧清洗工艺步骤对比



资料来源：李正平等，《硅基异质结太阳能电池新进展》，华创证券

图表 43 HIT 电池制绒清洗环节主要工艺

工艺	预清洗	去损伤	制绒	SC1	CP	SC2	DHF
双氧水+氨氮	NH4OH+H2O2	KOH	KOH/添加剂	NH4OH+H2O2	HF/HNO3	HCL/H2O2	HF
臭氧+双氧水	KOH+H2O2	KOH	KOH/添加剂	KOH+H2O2	HF/O3	HCL/H2O2	HF
纯臭氧	O3+HCL	KOH	KOH/添加剂	HF+HCL+O3			HF

资料来源：爱康研究院，光伏前沿，华创证券

图表 44 实际生产情况显示“双氧水+臭氧”工艺效果更佳

工艺	单片成本	备注
双氧水+氨氮	0.4~0.6	主要以使用进口添加剂，大小绒面对成本影响较大
双氧水+臭氧	0.22~0.3	清洗去氨氮与部分双氧水成本大幅下降
纯臭氧	--	量产厂家较少，工艺稳定性受片源影响较大

资料来源：爱康研究院，光伏前沿，华创证券

本征非晶硅沉积是 HIT 电池制备的关键：这一步骤的作用在于实现异质结界面的良好钝化，以获得高效率的异质结电池。本征非晶硅薄膜沉积采用化学气相沉积法，根据所用设备的不同，可分为 PECVD 和 HWCVD 两种，目前 PECVD 为主流路线。HWCVD 沉积基于热丝对反应气体的热分解，无等离子体对基底的轰击过程，有助于形成高质量、突变明显的氢化非晶硅/晶体硅界面，HWCVD 能够形成高密度氢原子从而提升钝化效果。此外，HWCVD 气体利用率高，硅粉尘更少，有利于设备后期的维护和保养。实际生产过程中，通过在热丝两侧设置载板，可实现双侧沉积，优化设备产能。但 HWCVD 的劣势在于，镀膜均匀性不及 PECVD，另外热丝使用过程中不可避免地老化和损耗问题，制约了设备的 uptime，增加了设备的运行成本，目前松下的量产技术采用了 HWCVD 法。

图表 45 异质结电池非晶硅沉积工艺

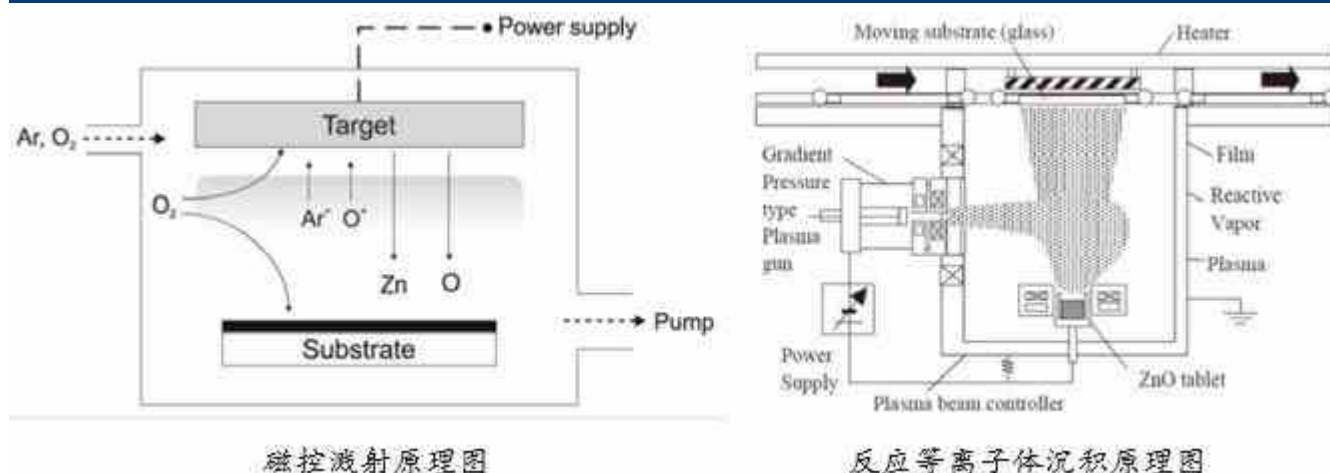
工艺	I 层	N 层	I 层	P 层	NF3 清洗	量产 bom (元/pcs)
热丝化学气相沉积	SiH4/H2	SiH4/H2/PH3	SiH4/H2	SiH4/H2/B2H6	不使用	0.01~0.015
射频化学气相沉积	SiH4/H2/CO2/ CH4	SiH4/H2/CO2/CH 4/PH3	SiH4/H2/CO2/CH4	SiH4/H2/TMB/CO2 /CH4/B2H6	Ar/NF3	0.03~0.04
甚高频化学气相沉积	SiH4/H2/CO2/ CH4	SiH4/H2/CO2/CH 4/PH3	SiH4/H2/CO2/CH4	SiH4/H2/TMB/CO2 /CH4/B2H6	Ar/NF3	0.06~0.08

资料来源：爱康研究院，光伏前沿，华创证券

TCO 主要改进在于沉积方法和材料。HIT 表面的 TCO 薄膜的作用为收集光生载流子并将其输送到金属电极上，导电性好、透过率高是 TCO 薄膜需要具备的关键特性。在工艺方面，目前主要采用 PVD（磁控溅射）和 RPD（反应等离子体沉积法）两种方式，PVD 利用经过加速的高能粒子轰击靶材，使靶材表面的原子脱离晶格逸出沉积在衬底表面发生反应而形成薄膜；RPD 法利用等离子体枪产生氩等离子体，氩等离子体进入生长腔后，在磁场作用下轰击靶材，靶材升华形成蒸气实现薄膜沉积。PVD 技术的优势在于设备成本较低，成膜均匀性更好，镀膜工艺稳定，能够满足大规模产业化需求，但由于等离子体中包含大量高能粒子，会对基板表面产生强烈的轰击刻蚀作用。而 RPD 技术的等离子体能量分布相对集中且离化率更高，高能离子较少，表现出低离子损伤的优良特性。同等条件下，RPD 技术制备的 TCO 薄膜结构更加致密、结晶度更高、表面更加光滑、导电性更高、光学透过率更好¹。此外，RPD 方法还具备低沉积温度、高速生长等优点，缺点在于设备成本较高。

¹ 《物理学进展》第 39 卷 第 1 期，李正平等，《硅基异质结太阳能电池新进展》

图表 46 PVD 和 RPD 原理图



资料来源：张悦，《面向产业化高效硅基异质结电池的关键问题研究》，华创证券

PVD 为当前 HIT 主流方向，成本下降后 RPD 优势有望显现。从效率上看，RPD 效率相比使用 ITO 的 PVD 可提升 0.4%~0.5%，若叠加托盘优化改进，效率优势将进一步拉大至 0.6%~0.7%，但受多方因素影响，RPD 在实际产业化推广中不及 PVD，主要原因在于：一是 PVD 设备成熟稳定，投资成本更低，PVD 设备可实现双面薄膜沉积，因此容易扩大沉积面积，而 RPD 设备为自下而上的单侧沉积，设备产能更低，投资成本更高；二是核心部件及靶材受制于专利。RPD 设备的沉积面积是单个等离子枪单元宽度的 2.5 倍，因此为提升单台设备产能，需要配置更多的等离子枪，而等离子枪这一核心部件的技术专利长期由日本住友把持，目前捷佳伟创已获得等离子枪技术许可并成功研发制造了 RPD 设备。靶材方面，PVD 所用的 ITO 靶材生产企业较多，国产化程度高，但效率偏低；RPD 所用的 IWO 过去主要依赖进口，目前已逐步开始国产化，IWO 国产化后单片电池片成本下降空间更大。

图表 47 PVD 及 RPD 工艺量产情况对比

工艺	靶材种类	靶材密度 (g/cm ³)	靶材成本 (元/kg)	成本 (元/pcs)	效率	迁移率 (m ² /v·s)
PVD	ITO	>7.1	2700	0.4-0.5	a	35
	SCOT	>6.8	3500	0.45-0.5	a+0.2%	80
RPD	IWO (进口)	4-4.5	3200	0.6-0.7	a+0.4%	100
	ICO (进口)	4-4.5	3200		a+0.5%	130
	IWO (国产)	4-4.5	2000	0.2-0.3	a+0.4%	100
	ICO (国产)	4-4.5	2000		a+0.5%	130
	托盘改进	4-4.5	2000	0.2-0.3	a+0.6%	100
		4-4.5	2000		a+0.7%	130

资料来源：爱康研究院，光伏前沿，华创证券

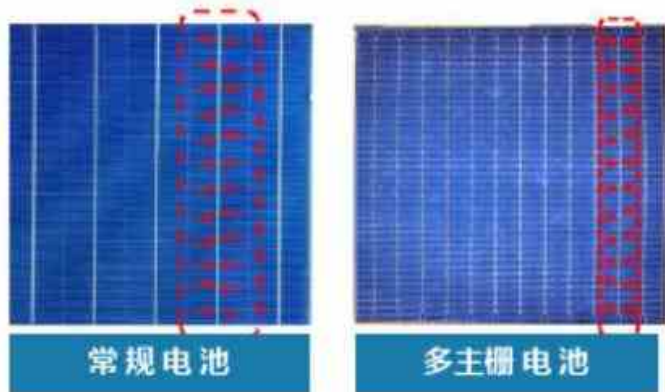
低温银浆及无主栅设计挖掘 HIT 金属化改良潜力：栅线设计方面主要考虑遮光与导电之间的平衡，细化栅线可减少遮光，但电阻损失增大，多主栅技术通过增加主栅数量、细化主栅宽度，在减少遮光的同时减少了电流在细栅中经过的距离和每条主栅承载的电流，进而降低了电阻损失和单位银耗量。研究表明，多主栅技术在电池端转换效率可提升大约 0.2%，节省正银耗量 25%~35%²。细栅宽度受制于网印工艺和主栅需要发挥连接焊带作用的影响，继续增加主栅数量并保证遮光损失和材料成本不增长已面临着较大的限制。除多主栅技术外，为进一步减少正面遮挡和降

² 物理学进展 第 39 卷 第 1 期，李正平等，《硅基异质结太阳能电池新进展》

低银浆消耗量，无主栅技术和镀铜工艺成为改善异质结电池金属化环节的有效手段。

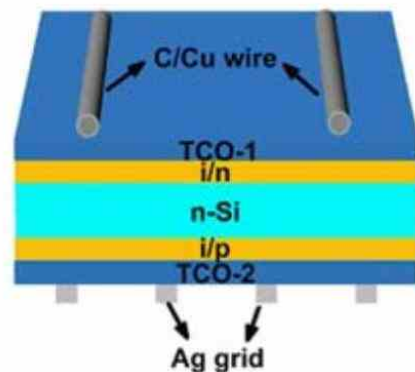
- 无主栅技术保留正面传统的丝网印刷，制作底层细栅线，然后通过不同方法将多条垂直于细栅的栅线覆盖在细栅之上，形成交叉的网格结构，以金属线代替传统焊带，汇集电流的同时实现电池互联。梅耶博格的 SWCT 技术将内嵌铜线的聚合物薄膜覆盖在 HIT 电池正面，在组件层压过程中，依靠层压机的压力和温度使铜线和丝网印刷的细栅线直接结合在一起，铜线代替了银主栅，节省了材料成本。据梅耶博格官网介绍，SWCT 可将组件封装后的电池片性能提高 6%，耗银量最高可减少 83%。进一步地，还可以在沉积 TCO 膜后，直接贴合低温合金包覆的铜丝，在热压下促进与 TCO 形成良好的欧姆接触，将大大降低成本。
- 除无主栅技术外，电镀铜技术也可实现 HIT 金属化环节的成本优化，Kaneka 与 IMEC 合作利用铜电镀技术制作异质结电池的正面栅线，效率达到 23.5%，但镀铜工艺复杂且存在环保问题，钧石能源在 500MW 异质结生产线中采用了电镀技术。2019 年 12 月，国家电投成功下线的 C-HJT 电池在栅线材料上以铜代替了银浆，实现了成本降低。
- HIT 属于低温工艺，正背表面电极印刷时均需要使用低温银浆（银含量高于高温银浆），进口低温银浆价格 6800~7000 元/kg 左右，而高温银浆价格仅 5000 元/kg 左右，较高的银浆耗量和成本也是 HIT 电池成本较高的原因之一。目前，国内生产低温银浆的厂商主要有苏州晶银、首骋、常州聚合等，预计未来低温银浆国产化后仍有进一步降本空间。

图表 48 多主栅电池示意图



资料来源：张颖，上海 SNEC，《高效率多主栅电池组件的设计与研究》，华创证券

图表 49 C/Cu 丝直接金属化无栅线背结 HIT 电池



资料来源：李正平等《硅基异质结太阳能电池新进展》，华创证券

从电池效率和耗费银浆成本看，SWCT 已具备较为明显的优势，而 MBB 相比于 5BB 也实现了较好的电池效率提升、组件端效率增益以及银浆成本的下降。现阶段 MBB 技术在国内产线实际生产中可靠性已获得验证。

图表 50 HIT 电池丝网印刷环节量产信息汇总

类型	低温银浆单耗 (mg)	电池效率	组件端效率增益 (相对于 5BB)	银浆成本 (元/片)	双面率	组件功率 (W)
5BB	280~320	23.10%	0	1.9~2.1	90%	330
MBB	170~200	23.50%	0.35%	1.1~1.2	95%	335
SWCT	100	23.80%	0.40%	0.6~0.7	95%	335

资料来源：爱康研究院，光伏前沿，华创证券（注：效率基于 PVD 直流磁控溅射技术）

整体而言，从技术趋势角度看，PERC 电池通过 SE、MWT、双面、P-TOPCon 技术等方式，转换效率仍有提升潜力可待挖掘，短期而言仍有望稳居主流地位；中长期来看，N 型电池具有更高的转换效率极限，相比 PERC 具有更大

提升空间，有望成为下一代主流电池技术，而成本因素使得目前 N 型技术性价比仍然偏低，目前 N 型电池组件主要应用于国内大型地面电站、海外户用、工商业屋顶分布式等高端小众市场，未来向大众市场进一步渗透则需依赖于 N 型技术降本继续突破。我们认为，TOPCon、HJT 技术降本路径已逐步明晰，未来需求大规模释放时点仍有待进一步观察，产业化进度受效率提升、成本下降进度、产线初始投资等诸多因素影响，跟踪主要环节降本进度是关键，建议积极关注。

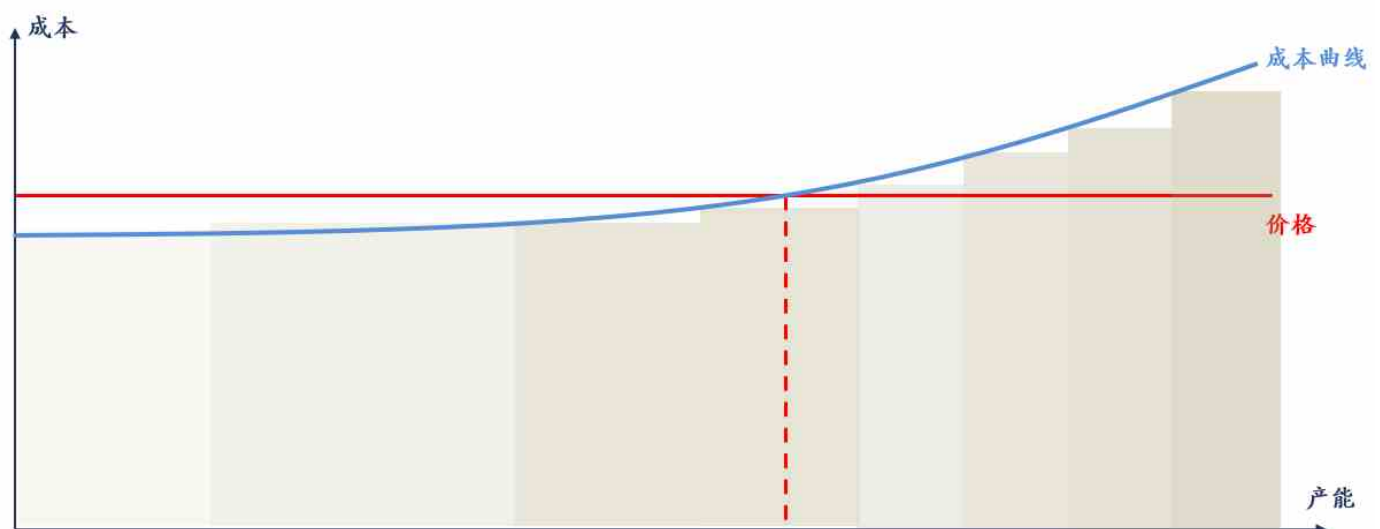
（二）技术与成本共驱扩产浪潮，设备厂商迎广阔发展机遇

当前光伏产业电池片环节正处在龙头企业加速扩产构筑规模壁垒、传统能源国企（如：山煤国际、潞安太阳能、国电投等）加大光伏领域布局力度、新一代电池技术积极蓄势寻求突破的阶段。随着补贴退坡，光伏产业市场化自主发展趋势愈加明显，终端对降低 LCOE 的追求驱动产业竞争的核心逐步转向对高效先进产能的控制能力，具备资金和技术实力的公司有望通过扩张优势产能规模提升市场份额。

1、PERC：技术进步挖掘降本潜力，PERC 加速扩产

技术进步导致新产能相比老产能更具优势：现有 PERC 产能大致可以分为三类：BSF 改造产能、17-18 年新建产能、19 年及以后新建产能。常规产线技改升级形成的产线非硅成本更高、产品转换效率较新建产能更低，且技术提升难度更高，由于电池片环节技术进步迅速，早期建成的 PERC 产线，在产品转换效率、品质及成本较新产能也处于劣势。此外，在硅片端尺寸创新的背景之下，电池端受益于尺寸扩大，通量型成本有望进一步降低，将使得新建产线的成本优势被进一步放大。基于以上特点，不同厂商的不同产线受建设时间、技术优化程度及规模等多重因素影响，**电池片成本呈现阶梯式分布。**据 CPIA 统计，2019 年太阳能电池行业平均非硅成本约 0.31 元/w，而以第一梯队电池厂商通威、爱旭为例，通威 2019 年非硅成本 0.2-0.25 元/w，爱旭 2019 年 1~5 月销售的电池片非硅成本仅为 0.253 元/W，相比尾部厂商产能具备明显的成本竞争力。

图表 51 太阳能电池片产能成本分布概念图

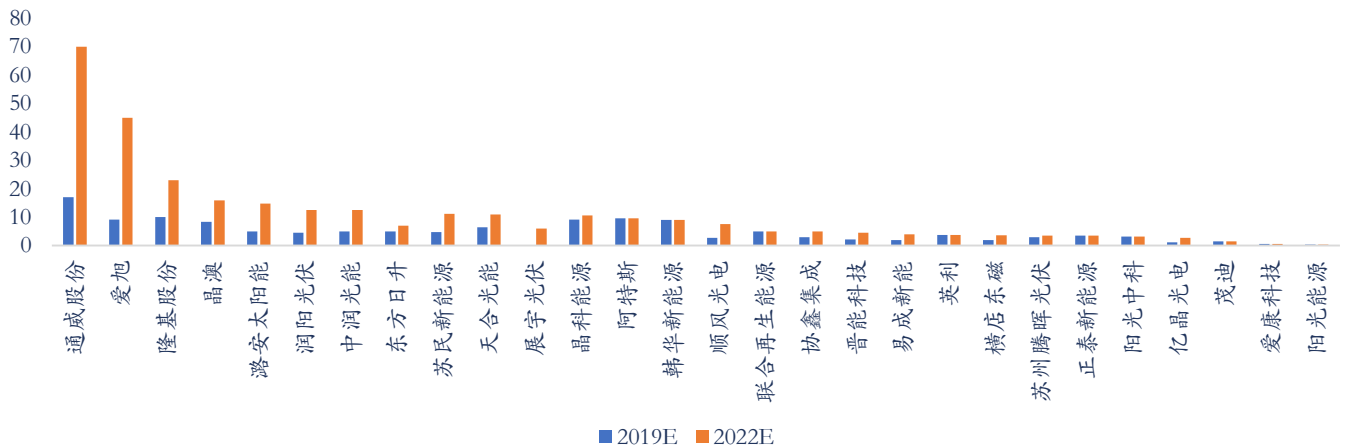


资料来源：华创证券

先进产能争夺有望驱动新一轮扩产周期：从 CPIA 公布的太阳能电池片产能利用率来看，2019 年年产能 > 2GW 的企业平均产能利用率在 70%~90% 之间，年产能 1~2GW 的企业产能利用率在 45%~80% 之间，而年产能低于 1GW 的企业，产能利用率则在 40%~70% 之间。我们预计，在电池片价格长期下行的趋势下，不同产能的利用率将依旧分化，

头部企业先进产能更具成本优势，产能利用率有望维持高位，而尾部企业的落后产能则将面临产能利用率长期低位而被淘汰的困境。我们认为，未来电池厂商所掌握的高效先进产能规模将决定其在光伏平价时代的竞争优势，现存企业将围绕高效产能规模展开更加激烈的竞争，故而有资金实力的企业有望加速扩产，而后来者由于“历史产能包袱”较少，有望凭借先进产能布局快速追赶，太阳能电池环节有望迎来扩产浪潮。

图表 52 太阳能电池厂商扩产梳理



资料来源：各公司公告，索比光伏网，北极星光伏网，华创证券整理预测

我们按照 PV Infolink 3 月公布的电池片成本数据，测算单晶 PERC 新产线的非硅成本已降至 0.3 元/w 以下。我们预计，新扩产能非硅成本在 0.3 元/w 以下具备成本竞争力，而在产业链价格长期下行的背景之下，随着平价的到来，现有低成本产能实则面临一定缺口。

图表 53 各类电池片成本分析

指标/分类	单晶 PERC	单晶 PERC (新产线)	单晶 PERC (新产线)	单晶 PERC (新产线)
硅片尺寸	M2	M2	G1	M6
硅片面积 (平方厘米)	244.32	244.32	251.99	274.15
电池效率	21.9%	21.9%	21.9%	21.9%
电池功率 (W/pc)	5.35	5.35	5.52	6.00
硅片价格 (元/pc)	3.06	3.06	3.31	3.4
硅片价格 (元/W)	0.572	0.572	0.6	0.566
电池片成本 (元/W)	0.942	0.852	0.88	0.846

资料来源：PV Infolink，华创证券

我们沿用前文对 2022 年全球光伏新增装机量的预测，预计到 2022 年全球光伏新增装机量 159~183GW，假设到 2022 年单晶 PERC 渗透率达到 85%，非硅成本在 0.3 元/W 以下的产能占比达到 100%。同时考虑到电池厂商围绕高效产能扩张的竞争更加激烈，电池片环节将出现一定程度的过剩产能，假设到 2022 年电池片环节产能利用率在 65%~70%，则预计到 2022 年全球新增低成本电池片产能在 147~195GW 之间，以单 GW PERC 产线投资 2~3 亿元的中值 2.5 亿元测算，假设设备投资每年下降 5%，则对应 2020~2022 年电池片扩产有望带来 327~437 亿元 PERC 电池片设备需求。

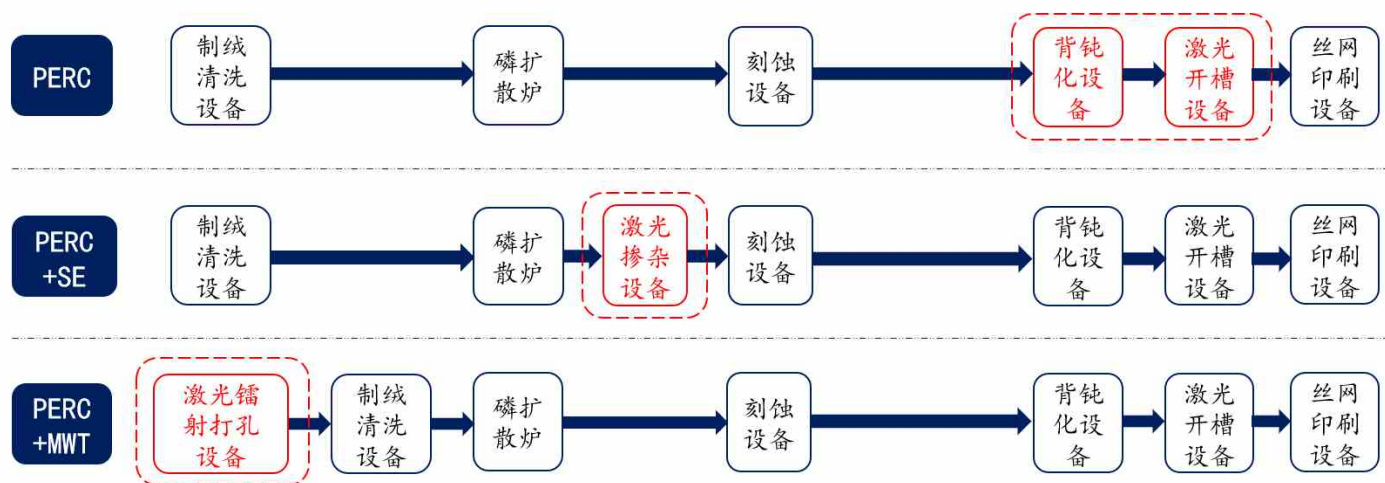
图表 54 2020~2022 年电池片设备市场空间测算

核心指标	情景假设	2019	2020E	2021E	2022E
全球光伏新增装机量（GW）	悲观	115	127	141	159
	乐观		149	164	183
硅片损耗率		5%			
单晶 PERC 渗透率		65%	72%	78%	85%
非硅成本<0.3 元/w 的单晶 PERC 电池片产能占比		40%	60%	80%	100%
电池片环节产能利用率	上限	70%	70%	70%	70%
	下限	65%	65%	65%	65%
非硅成本<0.3 元/w 的单晶 PERC 电池片产能需求（GW）	上限	56	104	166	251
	下限	56	82	133	203
非硅成本<0.3 元/w 的单晶 PERC 电池片产能新增需求（GW）	上限		48	62	85
	下限		26	50	70
单 GW 设备投资		2.5	2.4	2.3	2.1
PERC 电池市场空间	上限		113	140	183
	下限		62	114	151

资料来源：IEA，CPIA，华创证券测算

PERC 电池设备基本完成国产化，成本实现大幅降低：PERC 及 PERC+通过在原有产线增加设备即可实现技术改进升级，我国太阳能电池制造设备企业已具备成套工艺流程设备供应能力，制绒清洗设备、扩散炉、等离子刻蚀机、激光开槽、激光掺杂等环节国产设备已占据主导地位。

图表 55 PERC 及 PERC+电池所需设备



资料来源：华创证券整理，注：红色为此类技术需要增加的设备

图表 56 PERC 电池设备主要生产厂家

生产工艺	相关设备	海外公司	国内公司
激光镭射打孔	激光镭射打孔设备	罗芬、InnoLas Solutions、镭射激光	帝尔激光
制绒	制绒设备	Schmid、Rena	捷佳伟创、苏州聚晶
清洗	清洗设备	YAC、Singulus	捷佳伟创、上海釜川、北方华创
扩散制结	扩散炉	Tempress、Centrotherm Photovoltaics AG	捷佳伟创、丰盛装备、中电 48 所、北方华创
激光掺杂	激光掺杂设备	罗芬、InnoLas Solutions、3D-Micromac	帝尔激光、大族激光、迈为股份
刻蚀	刻蚀设备	Schmid、Rena	捷佳伟创、苏州聚晶
激光开槽	激光开槽设备	罗芬、InnoLas Solutions、3D-Micromac	帝尔激光、大族激光、迈为股份
背钝化膜沉积	PECVD	梅耶博格、Centrotherm	丰盛公司、捷佳伟创、北方华创、中电 48 所、理想能源
	ALD	Levitech、SoLayTec、NCD	理想能源、微导
金属化	丝网印刷设备	Baccini、Asys、DEK	迈为股份、科隆威
烧结	烧结炉	Baccini	迈为股份
自动化	自动化设备	Jonas & Redmann、Schmid、MANZ	捷佳伟创、罗博特科、先导智能、无锡江松

资料来源：捷佳伟创招股书、迈为股份招股书、帝尔激光招股书，华创证券

2、TOPCon：量产效率再获突破，成本仍需进一步下降

针对 TOPCon 电池，林洋能源、苏州腾晖、鸿禧能源均有 GW 级项目规划。由于与 PERC 产线的兼容性更高，通威已在新扩产规划中也针对 TOPCon 技术路线的可能性进行了考虑。

图表 57 部分厂商 TOPCon 技术扩产规划梳理

厂商	规划项目
中来股份	年产 1.5GW N 型单晶双面 TOPCon 电池项目
	年产 2GW TOPCon N 型单晶双面高效电池及组件项目
林洋能源	预计 2020 年建成超 GW 级 N 型高效电池组件产能
苏州腾晖	1GW 高效 TOPCon 电池及组件改造项目
鸿禧能源	年产 2000MW TOPCon 晶体硅太阳能电池技术改造项目

资料来源：各公司公告，华创证券

设备方面，TOPCon 技术主要在原有产线上增加了沉积设备、硼扩设备及湿法刻蚀设备，三类设备均已实现了较高的国产化程度。当前技术路线中，隧穿氧化物及多晶硅沉积主要采用 LPCVD 设备，国产设备已较为成熟，捷佳伟创、北方华创、拉普拉斯等国内厂商等均可提供，此外，PEALD 设备无锡微导已实现量产。硼扩设备方面，北方华创、捷佳伟创等国内厂商可提供。目前 TOPCon 产线单 GW 投资约为 3~3.5 亿元。

图表 58 生产 LPCVD 系统的主要设备厂商

产品	Centrotherm	捷佳伟创	SEMCO	Tempress	拉普拉斯
用途	隧穿氧化物 +多晶硅	隧穿氧化物 +多晶硅	隧穿氧化物 +多晶硅	隧穿氧化物 +多晶硅	隧穿氧化物 +多晶硅
硅片定位	垂直方向	垂直方向	水平方向	垂直方向	水平方向

产品	Centrotherm	捷佳伟创	SEMCO	Tempress	拉普拉斯
设备组成	5 栈管	5 栈管	5 栈管	5 栈管	5 栈管
是否存在绕镀	✓	✓	微量	✓	绕镀小
原位掺杂	可选	✓	✓	✓	✓
每个腔室装载硅片数量			1400	1200	2000
生长速率				4-5nm/min	
氧化层厚度	1.3-2.4nm	1.4-1.6nm	1.4-1.6nm	1.2-1.6nm	
多晶硅层厚度	100-200nm	100-200nm	100-160nm	150nm	
产量(WPH)	4000**	3000*	4000*	3000*; 4000**	
薄膜均匀性	3%批次间 5%片间&片内		3.7%片间	3%批次间 5%片间&片内	<4%片间 <4%片内
正常运行时间	95%	95%	95%	95%	
大规模生产	完成测试	完成测试	YES	YES	

资料来源: taiyangnews, 拉普拉斯, 华创证券, 注: *表示原位掺杂, **表示非原位掺杂; 除拉普拉斯外, 其他厂商相关参数来自 taiyangnews 2019 年报告, 最新数据或有变动

3、HJT：期待设备国产化，打开需求空间

HJT 产线全部采用进口设备，单 GW 投资约 10 亿元，若全部采用国产设备可降至 5~6 亿元左右，目前已有国产设备在电池厂商中试线上试用，若未来 HJT 量产工艺和国产设备逐步成熟，可带动 HJT 产线投资成本进一步下降，提升电池产线 IRR，进而提高下游投资积极性。

在 HJT 四道工序中，国产设备均已取得突破性进展。制绒清洗环节，捷佳伟创已开发出用于 HJT 的制绒清洗设备；非晶硅沉积环节设备国产化程度相对较低，但理想能源、苏州迈为、讯立光电、精曜科技、钧石等国产厂商通过自主研发已实现这一环节设备的成功开发，正稳步推进薄膜沉积设备的国产化；TCO 制备环节，钧石、捷佳伟创已有相应产品开发；金属化环节，异质结丝网印刷设备相比于 PERC 的差别在于由于异质结采用低温工艺，需在低温下进行烘干和固化，印刷速度相对较低，降低了设备性能，且烘干时间延长，需采用与传统电池设计不同的烘箱，异质结丝网印刷设备国外厂商以 Baccini、Micro-tec 为主，国内迈为、捷佳伟创、科隆威等均有布局。

图表 59 HJT 电池生产工序及相关设备厂商

工序	具体工艺	国外厂商	国内厂商
制绒清洗 (价值占比 8%)	RCA		捷佳伟创
	臭氧清洗	YAC、Rena、Singulus	捷佳伟创
非晶硅沉积 (价值占比 43%)	PECVD	梅耶博格、INDEOtec、Singulus	理想能源、苏州迈为、精曜、钧石、讯立； 捷佳伟创（已布局，预计 2020 年可提供）
	HWCVD	Ulvac	
TCO 薄膜沉积 (价值占比 30%)	PVD	梅耶博格、冯阿登纳、Singulus	钧石
	RPD	Ulvac	捷佳伟创、精曜
金属化 (价值占比 19%)	丝网印刷	Baccini（AMAT 旗下）、Micro-tec	苏州迈为、科隆威、捷佳伟创

资料来源：光伏前沿、taiyangnews、华创证券，注：价值占比根据东方日升公告的 2.5GW 异质结电池项目测算，不同产线或存在差距

四、组件环节

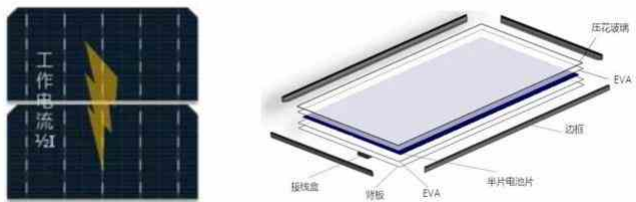
（一）高效组件多点开花，助力降本增效

高功率、低成本、高可靠性是组件产品的关键特性，半片、多主栅、叠瓦、拼片等多种高效组件技术的发展，为进一步提高组件功率、降低终端度电成本提供了有效解决方案。

半片、MBB 及高密度组件技术助力组件步入 4.0+时代：

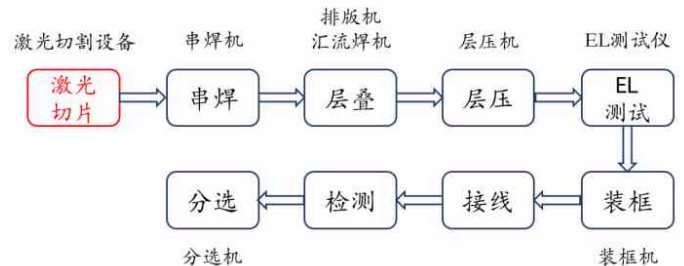
半片组件迎来快速发展：半片组件技术是使用激光切割法沿着垂直于电池主栅线的方向将电池片切成尺寸相同的两个半片电池片，由于电池片的电流和电池片面积有关，切割后就可以把通过主栅线的电流降低到整片的 1/2，当半片电池串联以后，正负回路上电阻不变，功率损耗就降低为原来的 1/4，从而最终降低了组件的功率损失，提高了封装效率和填充因子。以隆基在海南琼海的实证电站测试数据为例，半片双面组件相对于整片双面组件平均发电增益为 2.8%。设备方面，相比于全片技术，半片技术前端增加了切割电池片的步骤，同时需要对串焊及层压过程进行适当的调整，与传统产线设备兼容性高，新增投资少。半片技术的难点在于汇流带引出线从组件背面中间引出时人工操作加大了引出线处电池裂片或隐裂的风险，目前汇流带焊接自动化难题已被攻克，半片技术迎来快速普及，半片几乎成为新扩产组件的标配。据 CPIA 统计，2019 年全片组件市场占比约为 77.1%，较 2018 年下降了 14.6 个百分点。

图表 60 半片组件结构示意图



资料来源：索比光伏网，华创证券

图表 61 半片组件生产工艺流程



资料来源：索比光伏网，华创证券整理

多主栅结合半片技术有望成为高功率组件主流趋势：多主栅技术的栅线分布更密，抗隐裂能力也更强，能够降低遮光面积并减少电阻损耗，提升组件功率输出，并通过降低银浆用量控制成本，提升组件功率，有效降低度电成本。多主栅电池组件的技术难点主要体现在电池片分选、组件串焊、组件叠层等方面，其中对电池片分选的精准度要求更高，串焊过程中需要高精度定位金属化图案的位置，对焊接对准、焊接牢固程度要求更高，因此需要使用新的串焊机。此外，为将栅线做细，还需要新的网版。热焊接方式与传统产线兼容性高，技术成熟度高，是目前的主流方案。具有低热斑风险的半片结合低裂片影响的 MBB，可有效降低组件失效风险，逐渐成为高密度、高功率组件的主流趋势。尽管 2019 年电池组件市场仍以 5BB 为主流（CPIA 数据显示，5BB 技术市场占比超过 75%），但自 2019 年以来，半片+多主栅已成为组件技术技改或扩产的标配，并有望在 2020 年陆续释放高效产能。

图表 62 多主栅/无主栅装备及生产情况

类型	互联方法	印刷图案	焊带形状	浆料节省	功率增益	优势	劣势	设备方案
焊接	涂锡焊带热焊接	多主栅	圆形	>20%	>2.5%	成本低、与现有产线最接近	不能用于 HJT 电池和薄硅片	先导/小牛/奥特维
低温合金层压	层压低温合金包裹铜线焊接	无主栅	圆形	>80%	>3%	适用 HJT 电池和薄硅片	成本偏高	Meyer Burger
导电胶层压	导电胶粘接互联条，层压固化	多主栅	矩形	>75%	>3%	适用 HJT 电池和薄硅片	技术成熟度差	Schmid
Merlin	低温合金等	无主栅	铜网	>80%	>3%	适用 HJT 电池和薄硅片	技术成熟度差	GTAT

资料来源：YINGLI SOLAR，华创证券

高密度组件技术通过减小电池片之间的间距，在相同的组件面积下放置更多的电池片，从而提升组件功率和效率。据 PV Infolink 介绍，高密度组件技术可分为两类，一类是叠瓦、负片间距及叠焊技术，通过电池切片后叠层排列达到增加发电面积的效果；另一类则是拼片和小片间距技术，电池切片后不进行叠串，而是利用特殊的焊带使得电池片间距缩小，甚至为 0。

图表 63 高密度组件技术比较

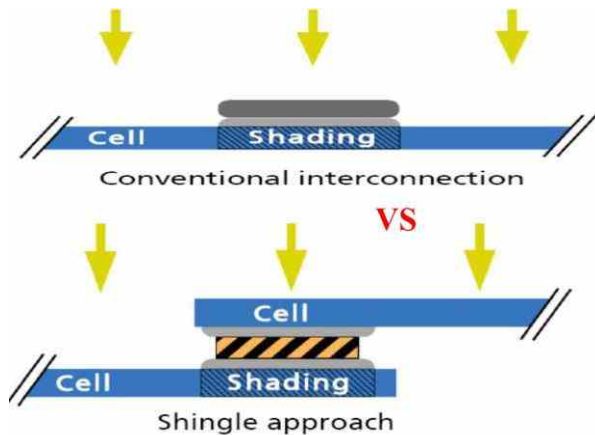
指标	叠瓦	叠焊（负片间距）	拼片	小片间距
设备投资	需要新机台（印刷/点胶）	可用半片机台改机/新机台	购入新机台	可用半片机台改机/新机台
特殊材料	导电胶	超柔性焊带	三角焊带（正面） 超柔性焊带（背面）	超柔性焊带
技术难度	良率波动大、隐裂问题	隐裂问题	焊接难度高（对位偏移、虚焊）	较低
专利问题	有	较无	有	无
组件面积	电池封装增加面积增加显著	电池封装增加面积增加显著	电池封装增加仍有片间距（0.4-0.5mm）面积增加较多	仍有片间距（0.5-0.6mm）面积增加较多
效率提升	最高	稍低于拼片	使用三角焊带，增加正面阳光反射及吸收	可用反光贴膜

资料来源：PV Infolink，华创证券

叠瓦组件是利用切片技术将栅线重新设计的电池片切割成小片（1切5或1切6），将每小片叠加排布，用导电胶材料焊接制作成串，再经过串并联排版后层压成组件，使电池以更紧密的方式互相连结，从而在相同面积下放置更多的电池片，此外无焊带的设计避免了焊带遮挡，减少了组件线损，降低了电池片互联电阻，使得组件功率大幅提升。在可靠性上，叠片的连接方式可分解电池片所受应力，比传统组件更好地承受机械载荷，且隐裂更少。叠瓦技术的难点在于：1）涉及到激光切割损伤，容易造成电池效率降低；2）不同材料导电胶的热膨胀系数存在差异，需要综合考虑导电胶与其他材料的匹配性和综合老化性能；3）栅线设计。

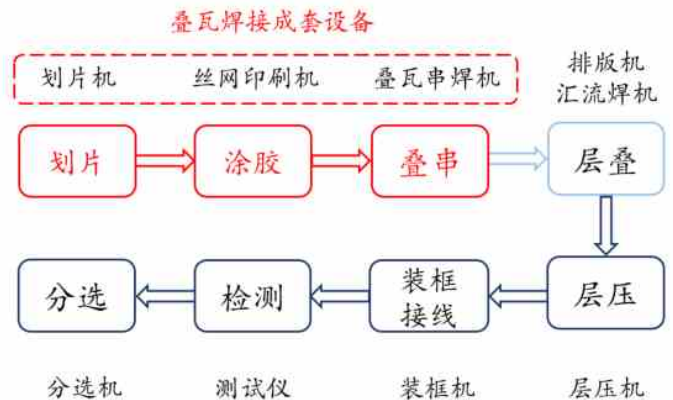
基于上述制作过程，叠瓦组件工艺上需要增加划片、涂胶、叠串工艺，同时对层叠工艺进行改进，对应到设备端，需要在前端增加划片机、丝网印刷机、叠瓦串焊机组成的叠瓦焊接成套设备，同时对层叠步骤所用到的排版机和汇流焊机进行一定的技改。叠瓦组件因技术难度大，设备改进多，单 GW 设备投资相比常规组件设备投资更高，据奥特维招股书披露，目前叠瓦组件设备投资大约为 1.4~1.5 亿元/GW。

图表 64 叠瓦技术原理



资料来源：宋登元《晶硅组件技术发展现状及成本分析 2018 年回顾与 2019 年展望》，华创证券

图表 65 叠瓦组件生产工艺流程

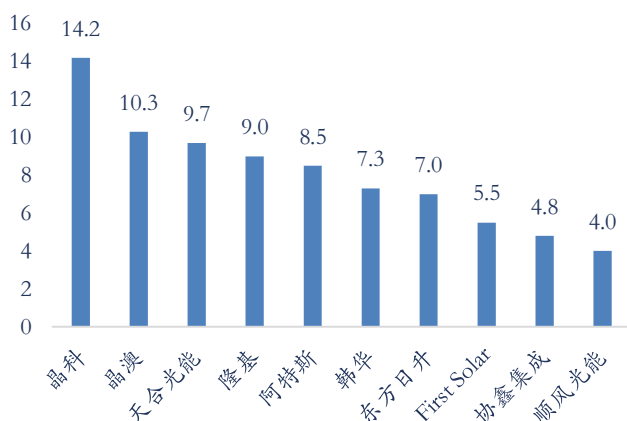


资料来源：华创证券整理

(二) 积极布局高效组件，组件端扩产进行时

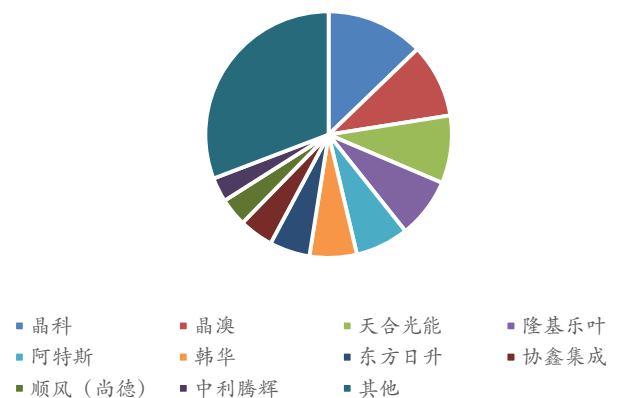
据 CPIA 统计，截至 2018 年底，全球太阳能组件产能 190.4GW，产量 115.8GW，产能利用率 60.8%。相比于其他环节，组件端由于初始投资更少、技术壁垒低、面临的终端市场更加多元，行业整体集中度相对更加分散。随着海外需求逐步释放，具备更强品牌和渠道能力的组件供应商竞争优势更加突出。同时，伴随硅片、电池片、组件各环节技术的不断创新，组件产品向更高功率迈进，对高效产能的追求引发了组件端新一轮的技改、扩建潮。从当前组件制造商已公布的组件扩产计划来看，组件端产能扩增规划超过 150GW，有望释放大量组件设备需求。

图表 66 2019 年全球组件出货量排名前十



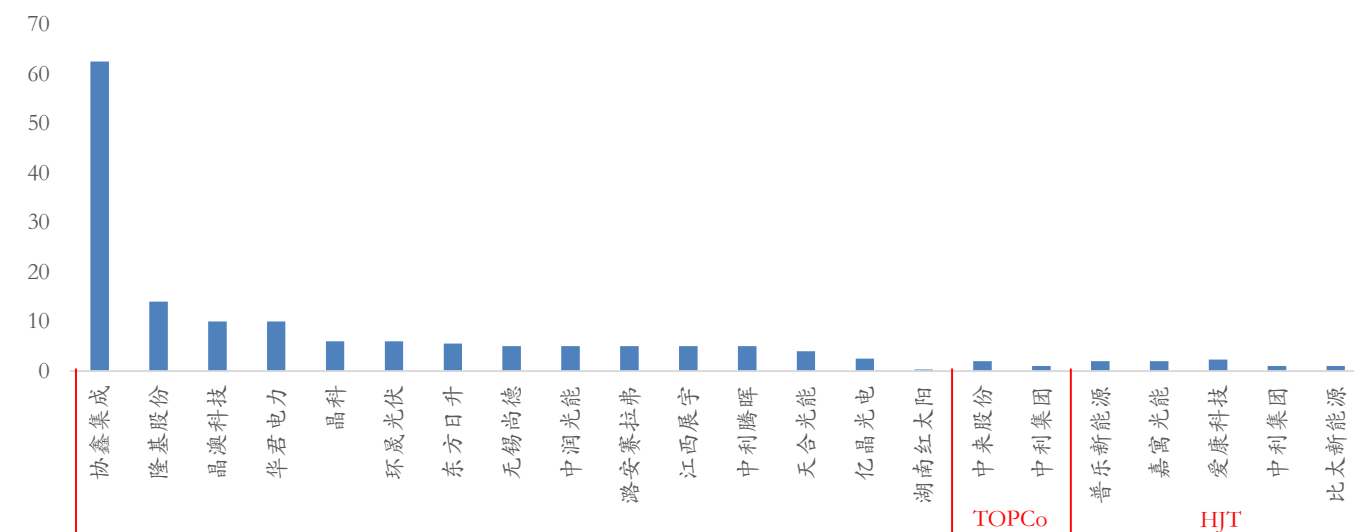
资料来源：Globaldata，华创证券

图表 67 2018 年全球组件出货市场份额



资料来源：Globaldata，华创证券

图表 68 主流组件制造商当前公布的组件扩张计划



资料来源：北极星光伏网，各公司公告，华创证券

组件设备国产化程度高，扩产释放设备需求，国内设备厂商有望受益：目前国内组件生产设备基本已全部实现国产化，激光切割设备生产技术成熟，帝尔激光和大族激光凭借其在电池片环节激光设备的研发能力和生产能力，较早进入这一市场，先导智能、沃特维和光远股份等企业也掌握了激光切割机的生产技术。先导智能开发的叠瓦一体焊接机集整片上料、激光划片、丝网印刷、叠片焊接于一体，设备产能可达 3000 片/小时。目前，串焊机主要厂商包括先导智能、金辰股份、奥特维等；排版机的主要供应商包括宁夏小牛、三工智能和奥特维；层压机主要供应商包括金辰股份、苏州晟成和博硕光电，分选机的厂商主要以奥特维、天准科技为代表。

图表 69 组件设备及相关公司梳理

设备	示例	相关公司
叠瓦焊接成套设备	激光划片机	先导智能（叠瓦一体焊接机）、帝尔激光、大族激光、沃特维、光远股份、金辰股份
	叠瓦焊接机	先导智能、沃特维、金辰股份、晶盛机电、光远股份
	丝网印刷机	迈为股份、先导智能、金辰股份
汇流条焊接机		先导智能、苏州晟成、金辰股份、宁夏小牛
串焊机（常规/多主栅）		先导智能、奥特维、博硕光电、光远股份、宁夏小牛、金辰股份、苏州晟成

排版机		宁夏小牛、三工智能、奥特维、博硕光电
层压机		金辰股份、苏州晟成、博硕光电
装框机		博硕光电、金辰股份、利阳光电、武进振兴
分选机		奥特维、天准科技

资料来源：各公司公告，各公司官网，索比光伏网，华创证券

五、相关公司及投资建议

（一）投资建议

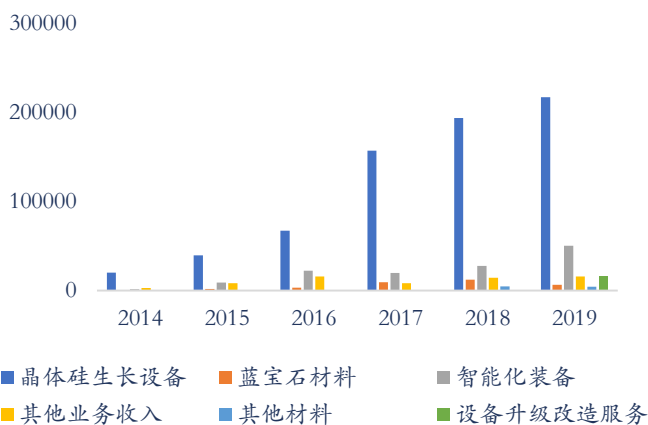
光伏平价逐步打开，叠加高效化趋势加深，光伏产业链上硅片、电池片、组件环节围绕先进产能展开新一轮竞争性扩产，有望释放广阔设备需求，同时各环节技术迭代有望进一步延长设备景气周期，给予光伏设备行业“推荐”评级。

（二）相关公司

1、晶盛机电：技术领先的国产光伏及半导体硅片设备龙头

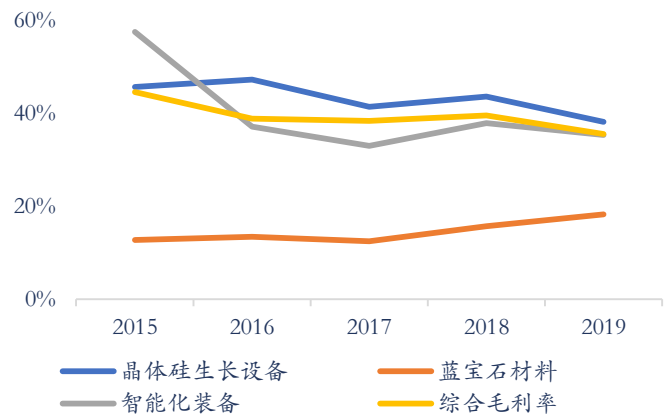
公司主营业务包括晶体生长设备、智能化加工设备、蓝宝石材料及半导体辅材四类，其中晶体生长设备是公司的拳头产品，2019 年实现营收 21.73 亿元，占比接近 70%，智能化加工设备、蓝宝石材料及半导体辅材是公司延伸产业链布局而培育，2019 年智能化加工设备实现营收 5.04 亿元，同比大幅增长 81.97%，营收占比提升 5.29pct 至 16.21%。公司产品技术含量高，盈利性强，综合毛利率基本稳定在 35%~40% 的较高水平，因产品结构而有所差异。

图表 70 公司以晶体生长设备业务为核心



资料来源：公司公告，华创证券

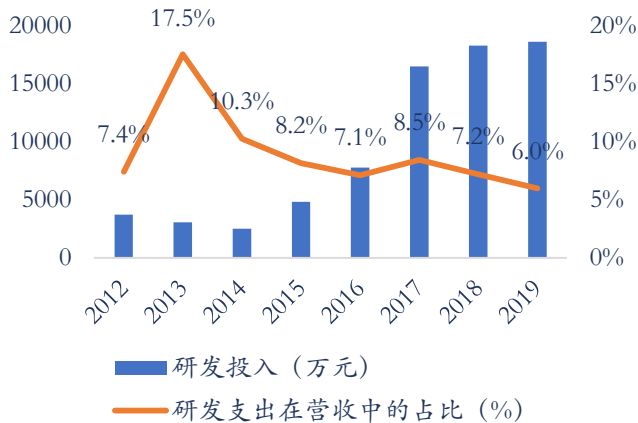
图表 71 公司综合毛利率维持在较高水平



资料来源：公司公告，华创证券

团队技术力量雄厚，研发资源不断扩张：公司实际控制人之一邱敏秀女士为博士生导师，在机械设计、流体传动及控制领域拥有丰富经验，在电液控制技术研究领域卓有建树，参与电液控制技术领域的重大项目 30 多项；另一实际控制人曹建伟先生在机电控制、液压传动与控制等领域有深入研究，曾获第四批国家“万人计划”科技创新人才。公司技术研发及管理团队以教授、博士、硕士为核心，经验丰富、执行力强，对晶体生长设备制造和晶体生长工艺技术具备深刻理解。过去 7 年，研发投入及研发人员数量不断增长，占比基本维持在 6% 和 20% 以上。此外，公司计划投入 4996 万元用于技术研发中心扩建项目，进一步扩大研发能力。

图表 72 公司研发投入维持在较高水平



资料来源：公司公告，华创证券

图表 73 公司技术研发人员占比超过 20%



资料来源：公司公告，华创证券

自主+合作研发+引进消化构筑强大技术实力：在晶体硅生长设备领域，公司通过**独立+合作研发+引进消化**等方式，不断提升对拉晶工艺的理解，掌握了与单晶硅生长炉、多晶硅铸锭炉、单晶硅生长炉系统相关的多项核心技术。

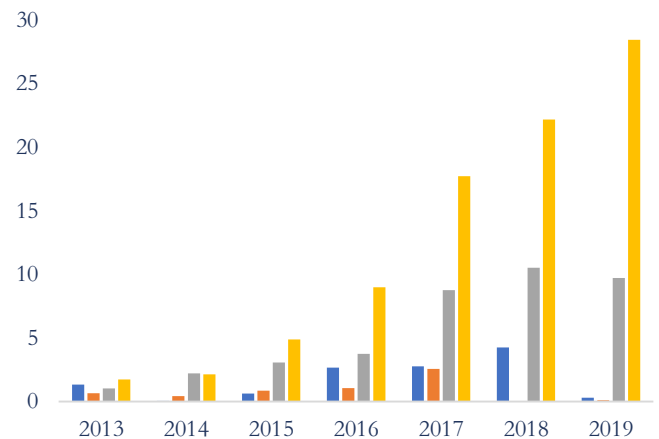
与大客户建立深度合作，受益下游头部化趋势，竞争力持续强化：晶盛机电凭借产品稳定性、可靠性和高性价比已获得业内高端客户认可，并不断扩大对行业头部客户的覆盖范围，与中环、晶科、晶澳、有研、韩华等头部客户建立了紧密合作关系，2019 年前五大客户销售占比 85.38%。在下游硅片企业头部化趋势逐步加深的背景下，公司拓展大客户战略使其相比竞争对手获得了更稳定的需求来源以及跟随下游变化进行前瞻性研发布局的机会，有助于持续增强技术先进性和市场领先优势。

图表 74 公司客户涵盖下游主要厂商



资料来源：晶盛机电官网，华创证券

图表 75 晶盛机电设备收入远高于国内竞争对手



资料来源：公司公告，华创证券

光伏业务：下游扩产驱动订单高增，客户结构更加多样，推进产品迭代亮点纷呈。技术与成本因素正驱动光伏硅片环节迎来新一轮扩产浪潮，除中环、隆基积极布局高效产能外，以晶科、晶澳为代表的垂直一体化厂商积极提升硅片产能、以上机数控为代表的新兴力量亦加速入场。公司凭借优异的产品性价比，斩获包括中环、晶科、晶澳、上机数控在内的多家主流光伏厂商订单，全年新签光伏设备订单超过 37 亿元，其中 2019 年已公告新签晶科、上机数控订单合计金额约 18 亿元，客户结构更加多样。报告期内，公司成功开发出适用于 G12 硅片生产的新一代光伏单晶炉、截断机、切磨复合加工一体机、切片机以及 G12 电池片高效叠瓦组件焊机全自动生产线，进一步优化产品结构、提升产品竞争力，有望深度受益硅片向大尺寸迭代趋势。

半导体业务：装备材料体系日益完善，新产品开发提升竞争力，有望接力成长。经过多年布局，公司逐步完善了以单晶硅生长、切片、抛光、外延四大核心装备为主的产品体系，单晶炉、抛光机、研磨机等设备陆续进入国内主流半导体材料厂商，新产品开发获得实质性突破，已成功研制出新一代 12 英寸半导体单晶炉、8 英寸硅外延炉、8-12 英寸硅片用精密双面研磨机、6-8 英寸硅片用抛光机等产品。客户方面，公司产品已进入中环领先、有研、奕斯伟、金瑞泓等主流厂商供应体系，随着中环、有研等国产半导体硅片项目建设稳步推进，公司半导体业务成长空间有望进一步打开。

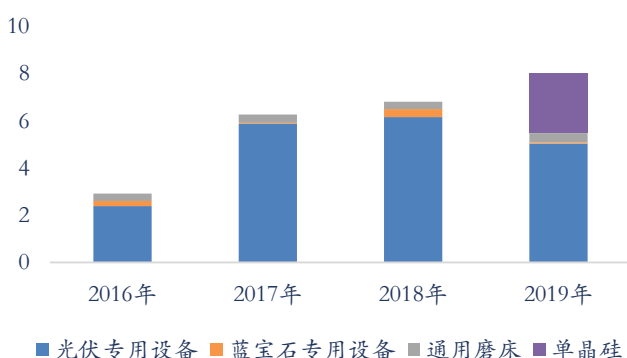
在手订单饱满，公司光伏业务有望受益下游扩产：2020Q1 中环股份启动五期项目第二批设备采购招标，公司再次中标，合计中标金额 14.25 亿元。截至 2020Q1，公司未完成合同 29.81 亿元，若考虑新中标 14.25 亿元（尚未签订合同），公司当前在手订单有望超过 44 亿元。光伏硅片产业正处于产能扩张阶段，公司作为光伏硅片设备龙头，料将持续受益兑现成长。

2、上机数控：切片机龙头切入单晶硅业务，打开新成长极

以高硬脆材料专用加工设备为核心，数控金刚线切片机为拳头产品：上机数控成立于 2002 年，定位于高端智能化装备制造领域，专注精密机床的研发、生产和销售，拥有光伏专用设备、蓝宝石专用设备和通用磨床设备三大产线，其中光伏专用设备是公司主要营收来源，2018 年营收占比 90%，具体而言，公司光伏设备主要产品包括：数控金刚线切片机、全自动磨面倒角一体机、数控多晶硅金刚线截断机、数控硅块平面磨床等，数控金刚线切片机是公司拳头产品，2016-2017 年营收贡献占比分别达到 68.58% 和 87.22%。受益于国内光伏市场的迅速发展，公司光伏装用设备业务实现跨越式增长，营业收入从 2015 年的 0.23 亿元提升至 2018 年的 6.16 亿元，15-18 CAGR 高达 201.3%，2019 年有所下滑，同比下降 18.25% 至 5.03 亿元。在专用设备领域，公司进一步向智能化、大型化、复合化、节能化方向迈进，2019 年成功推出了数控金刚线切片机、数控金刚线开放机、磨面倒角一体机等机型的升级换代产品。

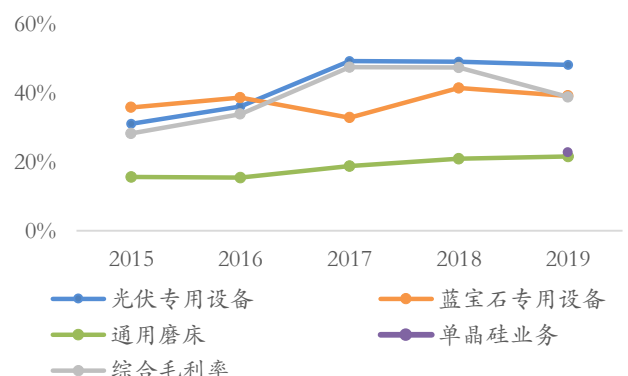
不断优化工艺技术及生产效率，设备产品毛利率维持在较高水平：公司保持对各类产品持续的研发创新和迭代升级，产品效率不断提升，叠加产品设计优化和生产规模效应，过去 5 年，毛利率呈现上升趋势且维持在较高水平，以 2019 年为例，公司光伏专用设备、蓝宝石专用设备、通用磨床毛利率分别为 48.26%、39.28% 和 21.67%。单晶硅业务毛利率 22.84%，受业务结构影响，2019 年公司综合毛利率同比下滑 8.54pct 至 38.95%。

图表 76 上机数控主营业务构成



资料来源：公司公告，华创证券

图表 77 上机数控主营业务毛利率



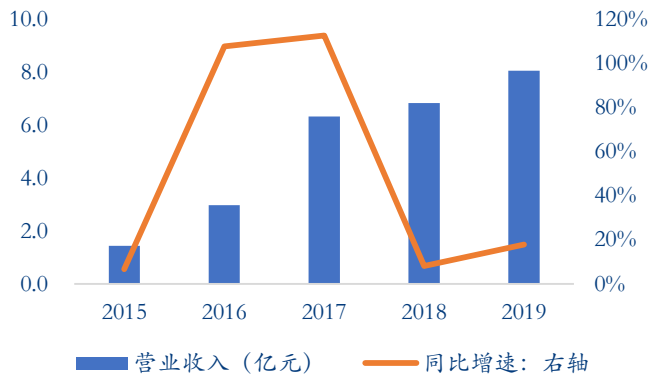
资料来源：公司公告，华创证券

切入单晶硅业务，打造新的业绩增长点，“高端装备+核心材料”双轮驱动格局初现：2019 年公司设立子公司弘元新材切入单晶硅生长业务，在包头建设 5GW 单晶项目，2019 年弘元新材生产的单晶硅产品陆续通过了通威股份有限公司、上海爱旭新能源股份有限公司、阿特斯阳光电力集团有限公司等主流光伏企业的小试、中试、大试论证，

迅速获得市场认可，2019 年弘元新材产销率达到 91.04%，实现销售收入 2.53 亿元，净利润 1952.57 万元，净利率达到 7.72%。

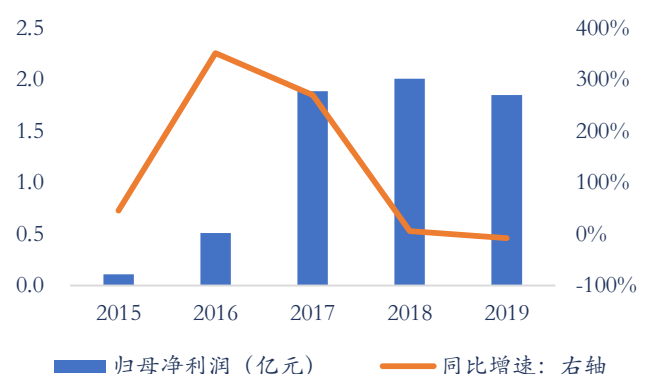
客户资源优质：公司金刚线切片机等光伏专用设备批量供应协鑫集团、阿特斯、晶科能源、奥瑞德等国内主要光伏、蓝宝石厂商，并建立了长期稳定合作关系，此外，单晶硅已通过通威、爱旭、阿特斯等主流光伏企业论证，积累了丰富的客户资源。2019 年，前五名客户的销售额占比达到 76.85%。

图表 78 上机数控营业收入及增速



资料来源：公司公告，华创证券

图表 79 上机数控归母净利润及增速



资料来源：公司公告，华创证券

3、迈为股份：丝印设备龙头，定位升级，布局 HJT 设备打开更大成长空间

苏州迈为科技股份有限公司（原名吴江迈为技术有限公司）成立于 2010 年，主营太阳能电池丝网印刷生产线成套设备，包括核心设备全自动太阳能电池丝网印刷机和自动上片机、红外线干燥炉等生产线配套设备等太阳能电池片后道生产工序设备。2018 年在深交所上市。

图表 80 迈为股份主营产品示例



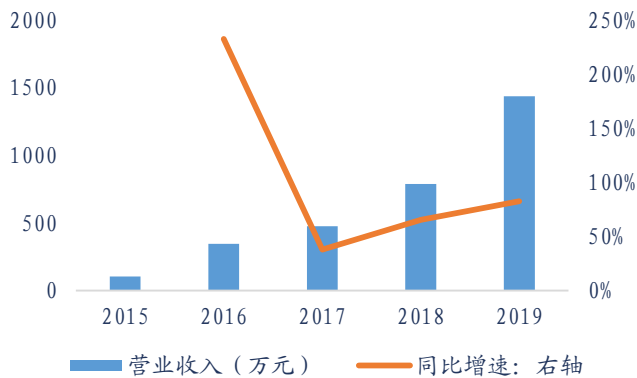
资料来源：公司官网，华创证券

立足丝网印刷环节，打造细分领域龙头：成立以来，公司致力于丝网印刷设备的研发和生产，实现了产品持续的创

新升级，从传统的单头单轨丝网印刷生产线（SL），到成功填补国内空白的带有二次印刷功能的单头单轨丝网印刷生产线（SL-DP），再到双头双轨丝网印刷生产线，公司丝网印刷生产线在产能、碎片率、印刷精度等核心性能指标上不断进步，已媲美甚至超越 Baccini、DEK、ASYS 等海外厂商，成功打破国外垄断，替代进口设备，在增量市场中市占率居于首位，成为当之无愧的丝网印刷设备龙头。公司在逐步占领国内市场的同时进军海外市场，产品向印度、越南、泰国、马来西亚等光伏新兴国家出口，2019 年公司来自境外地区的收入为 1.75 亿元，同比增长 386.11%，在营业收入中的占比达到 12.17%。

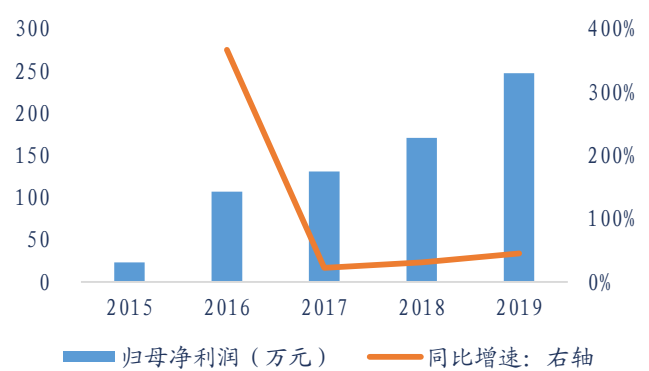
收入及归母净利润快速增长：过去 5 年我国光伏产业迅速扩容，公司丝网印刷设备不断推陈出新，并凭借优异的性价比优势打破国外垄断，营收及净利润体量在过去五年实现持续快速增长。公司营业收入从 2015 年的 1.04 亿元提升至 2019 年的 14.38 亿元，复合增速 92.9%，归母净利润从 2015 年的 0.27 亿元提升至 2019 年的 2.48 亿元，复合增速 81.3%。

图表 81 迈为股份营业收入快速增长



资料来源：Wind，华创证券

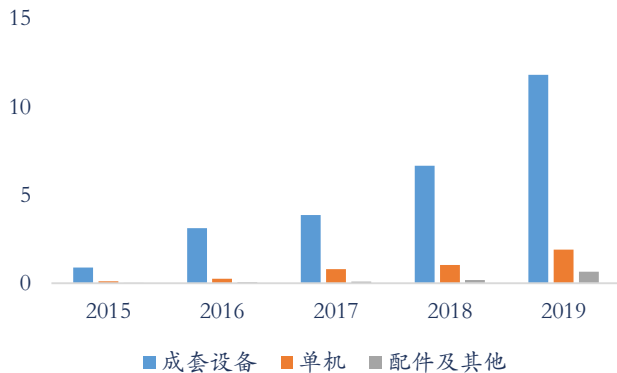
图表 82 迈为股份归母净利润及增速



资料来源：Wind，华创证券

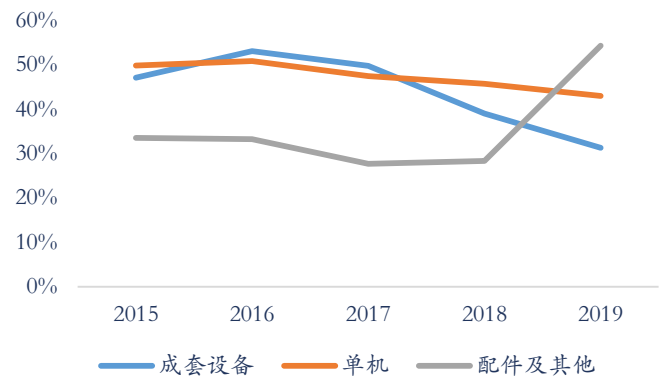
成套设备供应为主，毛利率有望企稳：丝网印刷设备对电池片碎片率、良率等特性具有决定性作用，技术附加值较高，盈利性较强。公司采用以销定产的生产模式，结合客户需求对所生产设备进行局部的个性化设计和调整，通过外购烧结炉、光衰炉等设备形成了以成套设备供应为主的业务结构，2019 年成套设备营收占比达到 82%。成套设备供应具有交付周期短、设备匹配性更佳、售后服务统一等优点，近年来下游客户更多地要求公司代为采购外购设备，同时为进一步巩固市占率，产品迭代提升整线成本的同时，售价并未大幅提升，导致公司成套设备业务毛利率从 2016 年 53% 的最高水平下滑至 2019 年的 31.2%。单机设备价值量相比整线更低，客户对价格敏感性更低，因此单机设备毛利率相比成套设备较高且更加稳定，过去五年毛利率基本维持在 43% 以上的水平。考虑到公司推动设备性能不断提升和新产品迭代以及竞争力巩固，我们预计成套设备毛利率进一步下降空间有限，有望逐步企稳。

图表 83 迈为股份成套设备业务营收占比 80%以上



资料来源: Wind, 华创证券

图表 84 迈为股份各项业务毛利率



资料来源: Wind, 华创证券

客户资源丰富，与大中型客户建立稳定合作关系：公司凭借产品良好的性价比和全方位的售后服务体系，形成了广泛的口碑效应，与包括天合光能、晶科能源、隆基乐叶、通威太阳能、东方日升等在内的大中型客户建立了稳定合作关系。

图表 85 迈为股份客户资源丰富



资料来源: 公司官网, 华创证券

借力技术相通性，横纵向延伸扩张业务版图：自动化智能装备在电气布局、机械装配等方面具有相通性，公司所掌握的高速高精度控制技术、高精度定位技术以及恒压力技术在精密设备制造领域具有很强的迁移能力，供应链相似程度高，技术和经验可复制性强，除丝网印刷设备外，公司通过旗下全资或控股子公司积极进行产业多点布局，形成了软硬件结合、各产品线协同的业务版图。2018 年公司 PERC 激光开槽设备及 SE 激光掺杂设备均实现突破，并取得订单；中标的维信诺固安 AMOLED 面板生产线激光项目已发货至客户现场进行安装调试，目前已处于量产阶段，运行情况良好。

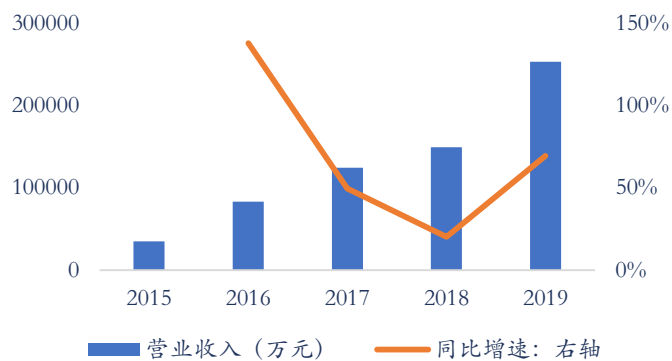
HJT 渐行渐近，公司定位升级，致力于提供 HJT 整线，市场空间进一步打开：公司前瞻性布局 HJT 技术，已自主研发生产出用于 HJT 产线的 PECVD 真空镀膜设备和丝网印刷设备，制绒清洗及 PVD 环节设备采用合作方式，致力于为客户提供 HJT 整线。HJT 电池效率提升潜力巨大，有望成为下一代主流电池技术，单 GW 投资方面，HJT 电池相比 PERC 电池实现大幅增长，公司提前布局 HJT 设备并积极与客户开展合作，有望打开更大市场空间，加速成长。

4、捷佳伟创：产品体系日益丰富，有望受益光伏扩产及技术迭代

清洗设备起家，不断完善产品谱系，已具备整线交付能力：深圳捷佳伟创成立于 2003 年，早期主要从事各类清洗设备的制造与销售，2005 年正式进军光伏行业，2010 年底，捷佳伟创通过重组深圳捷佳创晶体硅太阳能电池制绒、清洗设备资产业务和收购常州捷佳创，全面整合公司业务。2018 年，捷佳伟创正式登陆科创板。回顾公司过去十余年的发展历程，依靠自主研发，公司实现了产品品类的不断扩张和丰富，目前研发技术及生产能力已覆盖电池片环节除激光设备外所有核心及配套设备，包括：PECVD 及扩散炉等半导体掺杂沉积工艺光伏设备、清洗、制绒、刻蚀等湿法工艺光伏设备及自动化（配套）设备、全自动丝网印刷设备等，能够为下游电池片厂商提供整线解决方案。

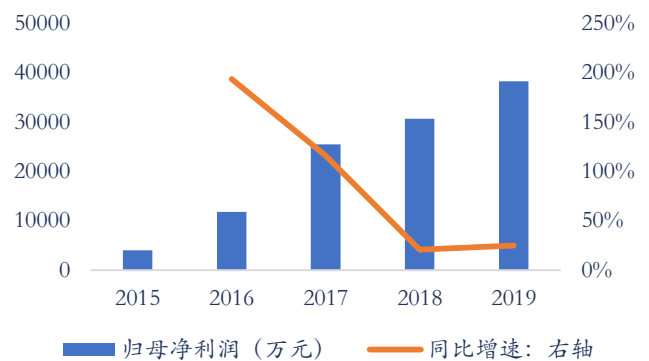
受益于光伏行业快速发展和公司自身日益丰富的产品布局，公司业务体量不断壮大：在光伏产业快速发展的带动下，公司营收及归母净利润快速增长，营业收入从 2015 年的 3.50 亿元增长至 2019 年的 25.27 亿元，过去五年复合增速 64.0%，归母净利润从 2015 年的 4013.69 万元提升至 2019 年的 3.82 亿元，过去五年复合增速 75.6%。

图表 86 捷佳伟创营业收入及增速



资料来源：Wind，华创证券

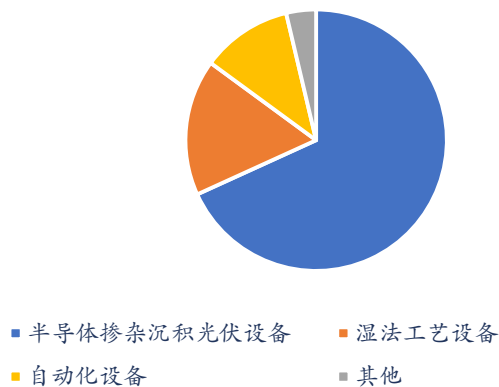
图表 87 捷佳伟创归母净利润及增速



资料来源：Wind，华创证券

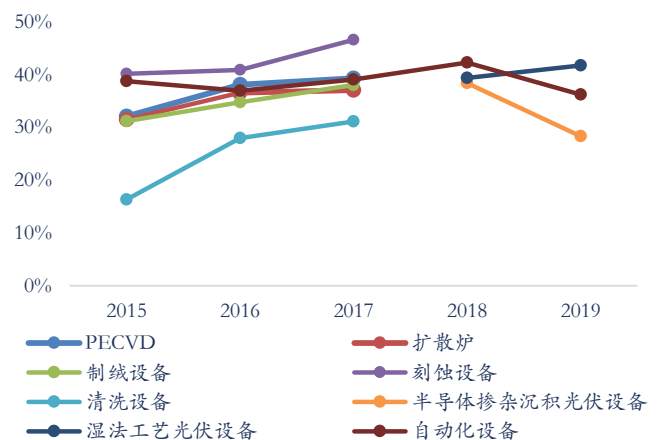
公司专注于附加值较高的研发设计和技术服务环节，针对客户的差异化工艺需求进行软硬件的设计开发，生产环节主要通过供应链管理实现，仅从事模块组装、整机组装和产品检测等少数生产环节。2014~2019 年，公司综合毛利率维持在 30%~40%之间，毛利率受产品结构、客户需求差异、市场竞争以及产业链降本趋势影响而有所波动。

图表 88 捷佳伟创各项业务占比 (2019 年)



资料来源：Wind，华创证券

图表 89 捷佳伟创各项业务毛利率



资料来源：Wind，华创证券

凭借技术及服务优势，打造丰富的客户资源体系：公司采用重研发设计和技术服务的经营模式，针对不同客户的技术需求进行定制化的设计，最大程度地满足下游客户的差异化需求，同时还建立了专业、完善的售后服务体系，能

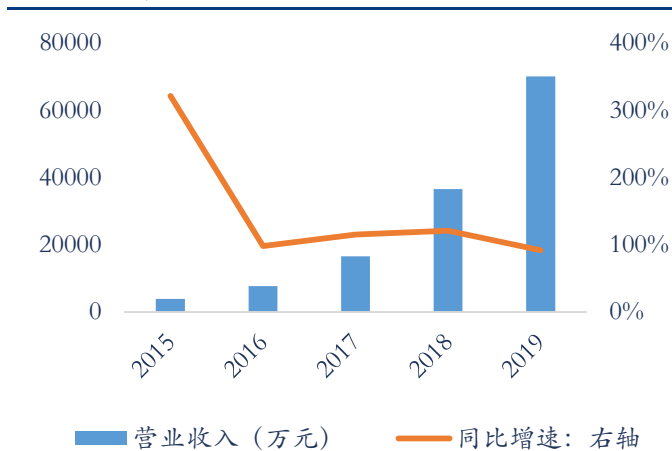
够及时响应客户需求，随着产品谱系的完善，整线供应能力进一步增加了客户粘性。经过多年的发展，公司已与天合光能、阿特斯、中来股份、晶科、中利腾晖、隆基、通威等主流光伏电池厂商建立了紧密稳定的合作关系。

积极应对市场变化，推进新技术研发，有望受益技术迭代：公司以高效率、高产能和智能化为研发方向，持续进行多个代表未来 2-3 年高效电池技术发展的设备的研发，其中 HJT 电池生产设备国产化正在积极推进中；背钝化技术氧化铝镀膜设备研发已形成批量生产销售；TOPCon 电池工艺技术钝化设备研发已进入工艺验证阶段；智能制造车间系统产品技术成熟，步入大规模产业化推广阶段；主营产品高温扩散氧化退火炉、管式等离子体沉积炉、湿法设备、自动化设备、智能制造车间系统的研发向大产能、高度自动化、集成化方向发展，有望受益下游扩产及技术迭代。

5、帝尔激光：激光设备领军企业，市占率领先

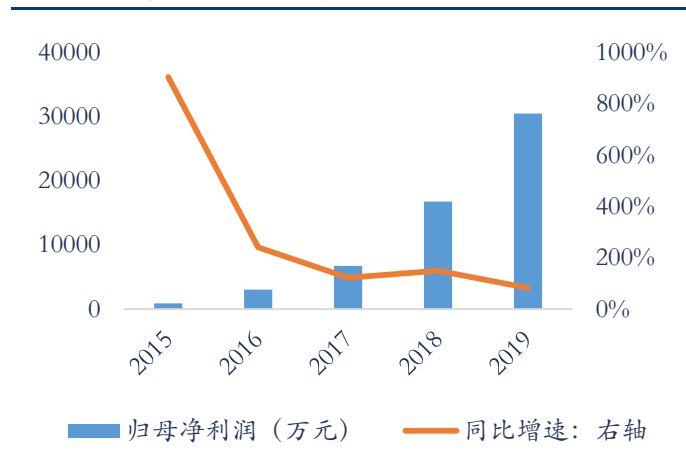
主营光伏激光加工设备，过去 5 年业务体量快速增长：帝尔激光成立于 2008 年，主营产品为应用于光伏领域的精密激光加工设备，包括 PERC 激光消融设备、SE 激光掺杂设备、MWT 系列激光设备、全自动高速激光划片/裂片机、LID/R 激光修复设备、激光扩硼设备等。随着 SE、MWT 等工艺的发展，公司精密激光加工设备在光伏领域得到广泛应用，过去五年公司营收及归母净利润快速增长，业务体量不断壮大，营业收入从 2015 年的 3885.81 万元提升至 2019 年的 7.0 亿元，归母净利润从 2015 年的 884.76 万元提升至 2019 年的 3.05 亿元，过去五年，收入及归母净利润复合增速分别高达 106.0%和 142.4%。

图表 90 帝尔激光营业收入及增速



资料来源：公司公告，华创证券

图表 91 帝尔激光归母净利润及增速



资料来源：公司公告，华创证券

专注激光精密加工应用研究，坚持自主研发创新路线：公司创始人、董事长李志刚博士是激光精密加工领域资深专家，深耕激光领域多年，建立了一支坚持自主研发的研发团队，公司多年来围绕激光加工设备的光学、软件、机械等系统的相关技术和工艺进行自主研发，形成了多项具有自主知识产权的光伏和激光加工设备复合技术体系，拥有包括 PERC 技术、SE 技术、MWT 技术、LID/R 技术和自动边缘绝缘技术在内的一系列核心技术，并正积极储备超快激光消融、激光焊接、激光退火等新技术。

产品性能优，服务响应快，客户资源优质：凭借优质产品性能和紧跟客户动态需求的完善服务体系，公司已与包括晶科能源、天合光能、阿特斯、晶澳、韩华新能源、东方日升、隆基股份、尚德电力、通威、爱旭、亿晶光电等在内的电池及组件厂商建立了合作关系。

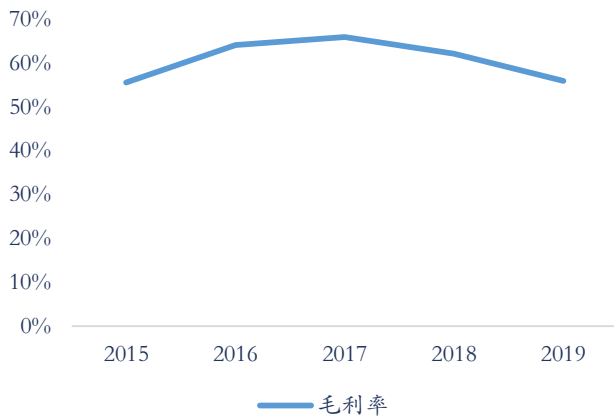
图表 92 帝尔激光已与众多电池及组件厂商建立合作关系



资料来源：公司官网，公司公告，华创证券

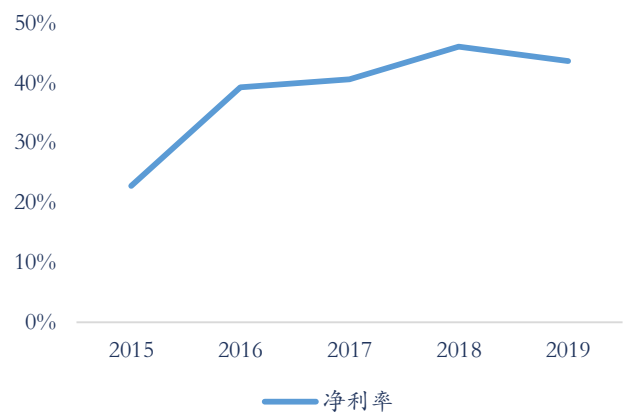
行业市占率领先，持续推进产品升级，盈利能力强劲：据 Energy Trend 统计，截至 2018 年底，主要光伏电池厂商的 PERC 工艺产能中约 77% 采用了帝尔激光的设备，SE 工艺产能中约 86% 采用了公司的设备，市占率行业领先。公司产品采取定制化生产模式，根据客户生产线特点专项定制，技术含量高，同时持续推进产品升级创新，毛利率始终维持较高水平，过去 5 年公司光伏激光设备毛利率维持在 55%~65% 之间，2019 年为打造现代化供应链管理体系，建立良好客户关系，提升产品竞争力，公司适当调整设备价格导致毛利率同比下降 6.12pct 至 55.87%。净利率方面，过去 5 年公司净利率呈现提升趋势，2017-2019 年均维持在 40% 以上的水平，盈利能力强劲。

图表 93 帝尔激光毛利率维持在较高水平



资料来源：Wind，华创证券

图表 94 帝尔激光净利率



资料来源：Wind，华创证券

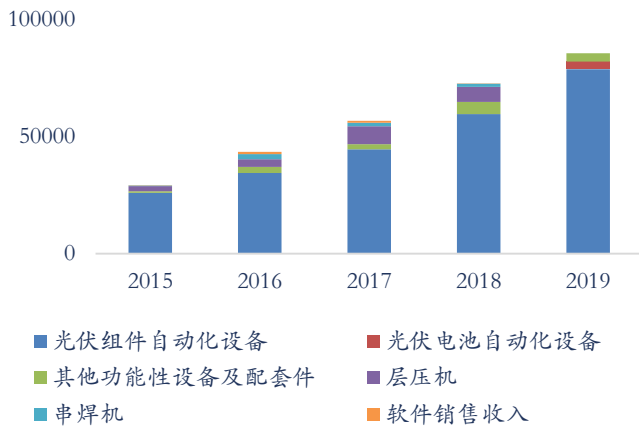
加大研发投入，积极推进产品技术迭代：目前公司正积极研发 TOPCon 高效电池激光应用技术、HIT 高效电池激光应用技术、大尺寸硅片激光应用技术、高效电池转移印刷设备、太阳能电池激光 LID/R 技术与系统集成、基于太阳能电池叠瓦组件应用的高效激光划片智能装备等新技术，以促进产品迭代升级，提升竞争力。

6、金辰股份：组件自动化生产线竞争力强，积极延伸电池片装备布局

金辰股份成立于 2004 年，是国内光伏电池及组件智能成套装备优势企业和工厂自动化解决方案提供商，主营产品包括光伏组件自动化生产线成套装备、光伏电池片工艺及自动化装备、层压机、串焊机和其他功能性配套及配套件，其中，光伏组件自动化生产线成套装备是收入主要来源，占比超过 80%。毛利率方面，受产品更新换代及光伏行业降本压力向设备端传导影响，光伏组件自动化设备毛利率从 2015 年的 47.88% 下降至 2019 年的

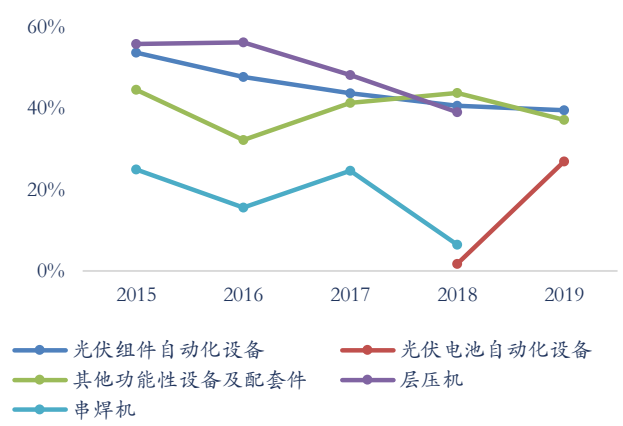
39.65%；其他功能性配套及配套件业务由于各年提供服务差异较大，毛利率波动较大；光伏电池自动化设备业务趋于成熟，2019 年毛利率提升至 26.96%。

图表 95 2016-2019 年金辰股份主营产品收入



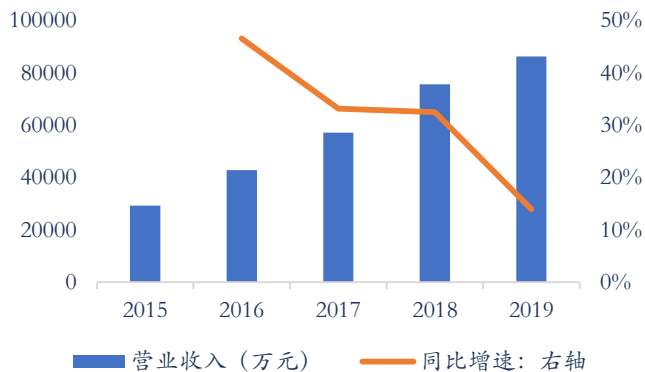
资料来源：Wind，华创证券

图表 96 2016-2019 年金辰股份主营产品毛利率



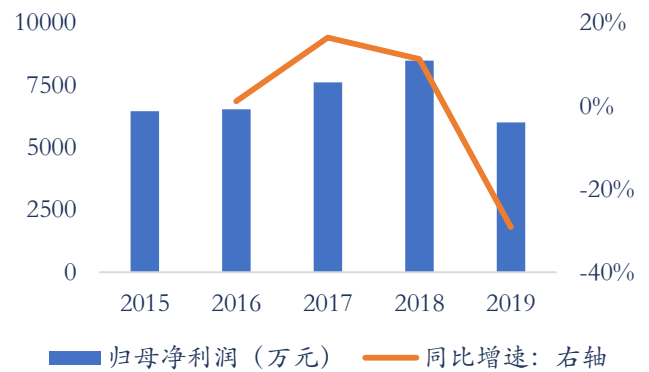
资料来源：Wind，华创证券

图表 97 金辰股份营业收入及增速



资料来源：Wind，华创证券

图表 98 金辰股份归母净利润及增速



资料来源：Wind，华创证券

组件自动化生产线竞争力强，与国内外众多光伏企业建立合作关系。公司光伏组件自动化生产线成套设备能够实现软硬件整体解决方案，具有较强竞争力，已与包括隆基乐叶、通威股份、阳光能源、东方日升、晶科能源、晶澳太阳能、美国 SUNPOWER、印度 TATA、WAAREE、韩国 LG 等在内的众多知名企业建立合作关系，产品出口至东南亚、印度、北美、东欧、非洲、中亚等国家和地区。2019 年前五名客户销售额 4.47 亿元，占年度销售总额的 51.82%，较 2018 年提升 19.67pct。

持续推进技术创新和新产品开发，依托现有光伏电池和组件自动化生产装备的技术、客户和品牌优势，积极拓展光伏电池片自动化生产装备领域。2019 年，公司布局 3500 片/小时的叠瓦组件自动化生产线、HJT 光伏电池片镀膜机（PECVD 和 PVD）、TOPCon 电池工艺装备等新产品的研发和升级改造，新设辰锦智能、拓升智能亮嘉子公司，从事高速丝网印刷机和 TOPCon 高效电池片 PECVD 设备的研发和设计。

7、奥特维：光伏+锂电设备业务布局，拟 IPO 扩张生产能力，提升技术水平

奥特维成立于 2010 年，最初以串焊机为切入口布局光伏组件设备，不断促进产品升级创新，丰富产品类别，2016 年通过并购智能装备公司切入锂电设备领域，目前已形成光伏设备和锂电设备两大产品线，光伏设备包括应用于组件端的常规串焊机、多主栅串焊机、激光划片机和应用于电池端的硅片分选机，是公司的主要收入来源，占比 85% 以上；锂电设备主要是模组 PACK 线，正处在培育期，规模尚小。

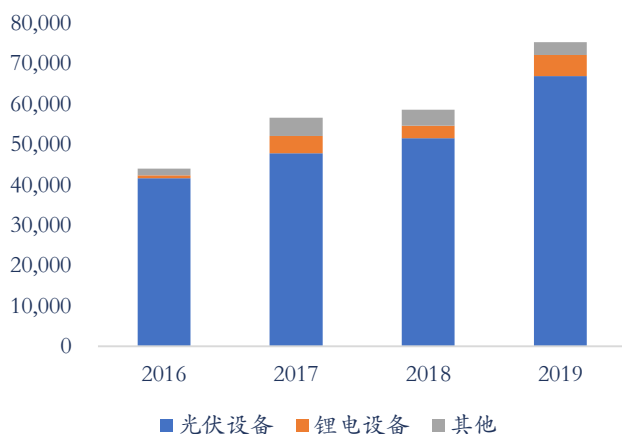
毛利率方面，光伏设备由于价格下降，毛利率由 2016 年的 40.41% 降至 2019 年的 31.31%；锂电设备处于发展前期，尚未形成稳定的毛利率水平，波动较大。

图表 99 公司产品发展历程



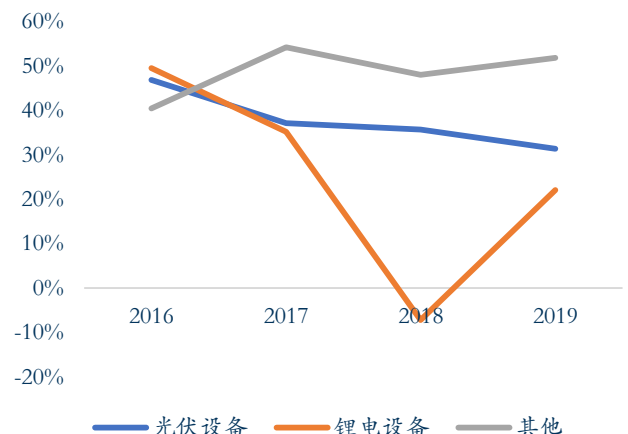
资料来源：奥特维招股说明书

图表 100 奥特维主营业务构成



资料来源：Wind，华创证券

图表 101 奥特维主营业务毛利率



资料来源：Wind，华创证券

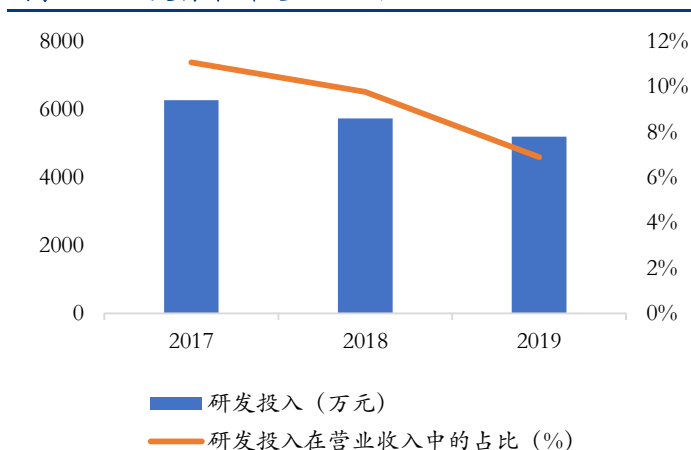
重视研发投入，逐步建立技术优势，获得客户认可。公司光伏设备业务以串焊机为核心，不断升级产品体系，核心产品性能指标达到行业领先水平。公司通过持续的技术迭代提升产品性能，将常规串焊机单机产能从 1300 片/小时提升至 3600 片/小时，并结合贴反光膜、半片等新工艺，推出了贴膜机、激光划片机等周边产品；公司紧跟技术迭代趋势，积极布局新一代组件工艺，多主栅串焊机已量产并实现大规模销售，叠瓦机已取得客户订单；此外，公司推出硅片分选机，成功打破国外垄断，在硅片分选机领域占据一席之地，2018 年硅片分选机贡献营业收入 1.61 亿元。公司光伏设备已与晶科、晶澳、隆基、天合光能、阿特斯、协鑫集成、东方日升、腾晖光伏、正太新能源、无锡尚德、晋能、英利等主流光伏企业建立合作关系。锂电设备以圆柱和软包模组 PACK 线为主，方形模组 PACK 线仍在开发阶段，目前圆柱模组 PACK 线已得到力神、郑州比克等圆柱电池企业认可，软包模组 PACK 线已得到孚能科技、盟固利、卡耐、恒大新能源等软包电池公司认可。

图表 102 核心产品性能指标达到行业领先水平

产品名称	生产/检测效率	其他技术指标
常规串焊机	全片产能 3,400 片/小时 半片产能 3,600 片/小时	焊带对位精度 $\pm 0.2\text{mm}$ ；焊接碎片率 0.1%-0.2% 电池串良率 $\geq 98.5\%$ ；电池串长度误差 $\pm 0.5\text{mm}$
多主栅串焊机	全片产能 3,000 片/小时 半片产能 3,600 片/小时	焊带对位精度 $\pm 0.2\text{mm}$ ；焊接碎片率 0.1%-0.2% 电池串良率 $\geq 98.5\%$ ；电池串长度误差 $\pm 0.5\text{mm}$
硅片分选机	8,500 片/小时	厚度检测精度 $\pm 0.5\mu\text{m}$ ；线痕检测精度 $\pm 2.5\mu\text{m}$ 尺寸检测精度 $\pm 50\mu\text{m}$ ；电阻率检测精度 $\pm 0.05\Omega\cdot\text{cm}$ 隐裂检出率 98%（长度大于 0.5mm）

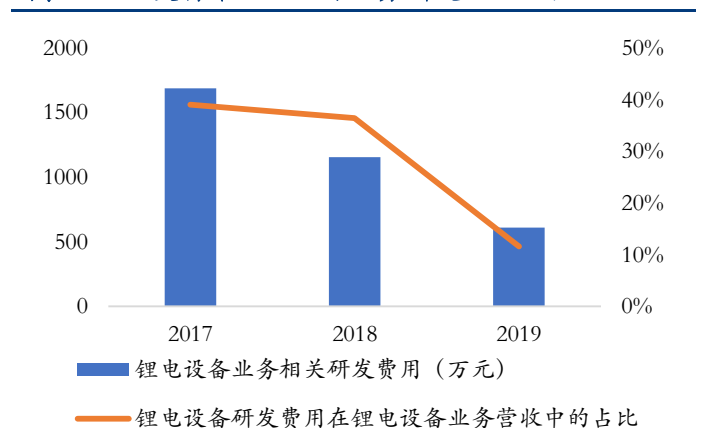
资料来源：奥特维招股说明书，华创证券

图表 103 奥特维研发投入及占比



资料来源：Wind，华创证券

图表 104 奥特维锂电设备业务研发投入及占比



资料来源：Wind，华创证券

紧跟下游技术进步，针对现有产品持续优化升级，同时积极进行前瞻性布局与技术储备，培育新业绩增长点。目前公司储备产品包括：光注入退火炉、叠瓦机、光伏组件叠焊机、车载动力电池模组自动化生产线、圆柱电芯外观分选机、方形模组 PACK 线、半导体键合机。公司规划进一步加强对组件新工艺设备、硅片新特性分选设备进行前瞻性研发，锂电设备方面，拟对锂电模组 PACK 线产品进行标准化开发，并根据市场与技术储备情况，切入电芯制造和电芯装配设备领域。此外，将重点推进半导体键合机量产销售，并以此为切入点向半导体封装领域核心设备延伸，开拓新的业绩增长点。

募投项目拟进一步扩大生产能力，提升技术水平，巩固细分领域竞争优势：公司拟募集资金 76400 万元，用于生产基地建设项目、研发中心项目和补充流动资金，其中生产基地建设项目建成后拟主要用于生产多主栅串焊机、叠瓦机、硅片分选机、激光划片机、超高速串焊机等产品以及锂电设备，并结合在研项目为半导体键合机等新产品预留生产场地；研发中心项目拟新建激光与光学技术实验室、光伏硅片技术实验室、光伏电池片技术实验室、锂电技术实验室、半导体技术实验室、通用技术实验室等 7 个专门实验室，购置先进软硬件实验设备，引进高端技术人员，以提升专业技术能力。

六、风险提示

下游扩产不及预期。

机械组团队介绍

所长助理、首席分析师：李佳

伯明翰大学经济学硕士。2014 年加入华创证券研究所。2012 年新财富最佳分析师第六名、水晶球卖方分析师第五名、金牛分析师第五名，2013 年新财富最佳分析师第四名，水晶球卖方分析师第三名，金牛分析师第三名，2016 年新财富最佳分析师第五名。

高级分析师：鲁佩

伦敦政治经济学院经济学硕士。2014 年加入华创证券研究所。2016 年十四届新财富最佳分析师第五名团队成员。

高级分析师：赵志铭

瑞典哥德堡大学理学硕士。2015 年加入华创证券研究所。

助理研究员：宝玥娇

西南财经大学管理学硕士。2019 年加入华创证券。

华创证券机构销售通讯录

地区	姓名	职 务	办公电话	企业邮箱
北京机构销售部	张昱洁	北京机构销售总监	010-66500809	zhangyujie@hcyjs.com
	杜博雅	高级销售经理	010-66500827	duboya@hcyjs.com
	张菲菲	高级销售经理	010-66500817	zhangfeifei@hcyjs.com
	侯春钰	销售经理	010-63214670	houchunyu@hcyjs.com
	侯斌	销售经理	010-63214683	houbin@hcyjs.com
	过云龙	销售经理	010-63214683	guoyunlong@hcyjs.com
	刘懿	销售经理	010-66500867	liuyi@hcyjs.com
	达娜	销售助理	010-63214683	dana@hcyjs.com
广深机构销售部	张娟	所长助理、广深机构销售总监	0755-82828570	zhangjuan@hcyjs.com
	汪丽燕	高级销售经理	0755-83715428	wangliyan@hcyjs.com
	罗颖茵	高级销售经理	0755-83479862	luoyingyin@hcyjs.com
	段佳音	高级销售经理	0755-82756805	duanjiayin@hcyjs.com
	朱研	销售经理	0755-83024576	zhuyan@hcyjs.com
	包青青	销售助理	0755-82756805	baoqingqing@hcyjs.com
上海机构销售部	石露	华东区域销售总监	021-20572588	shilu@hcyjs.com
	潘亚琪	高级销售经理	021-20572559	panyaqi@hcyjs.com
	张佳妮	高级销售经理	021-20572585	zhangjiani@hcyjs.com
	何逸云	销售经理	021-20572591	heyiyun@hcyjs.com
	柯任	销售经理	021-20572590	keren@hcyjs.com
	蒋瑜	销售经理	021-20572509	jiangyu@hcyjs.com
	沈颖	销售经理	021-20572581	shenyin@hcyjs.com
	吴俊	销售经理	021-20572506	wujun1@hcyjs.com
	董昕竹	销售经理	021-20572582	dongxinzhu@hcyjs.com
	汪子阳	销售经理	021-20572559	wangziyang@hcyjs.com
	施嘉玮	销售经理	021-20572548	shijiawei@hcyjs.com

华创行业公司投资评级体系(基准指数沪深 300)

公司投资评级说明:

强推: 预期未来 6 个月内超越基准指数 20% 以上;
推荐: 预期未来 6 个月内超越基准指数 10% - 20%;
中性: 预期未来 6 个月内相对基准指数变动幅度在 -10% - 10% 之间;
回避: 预期未来 6 个月内相对基准指数跌幅在 10% - 20% 之间。

行业投资评级说明:

推荐: 预期未来 3-6 个月内该行业指数涨幅超过基准指数 5% 以上;
中性: 预期未来 3-6 个月内该行业指数变动幅度相对基准指数 -5% - 5%;
回避: 预期未来 3-6 个月内该行业指数跌幅超过基准指数 5% 以上。

分析师声明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的分析师在此作以下声明:

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断; 分析师对任何其他券商发布的所有可能存在雷同的研究报告不负有任何直接或者间接的可能责任。

免责声明

本报告仅供华创证券有限责任公司(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。

本报告所载资料的来源被认为是可靠的,但本公司不保证其准确性或完整性。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。在不同时期,本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司在知晓范围内履行披露义务。

报告中的内容和意见仅供参考,并不构成本公司对具体证券买卖的出价或询价。本报告所载信息不构成对所涉及证券的个人投资建议,也未考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。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,自主作出投资决策并自行承担投资风险,任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的预期收入可能会波动。

本报告版权仅为本公司所有,本公司对本报告保留一切权利。未经本公司事先书面许可,任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用本报告的任何部分。如征得本公司许可进行引用、刊发的,需在允许的范围内使用,并注明出处为“华创证券研究”,且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

证券市场是一个风险无时不在的市场,请您务必对盈亏风险有清醒的认识,认真考虑是否进行证券交易。市场有风险,投资需谨慎。

华创证券研究所

北京总部	广深分部	上海分部
地址: 北京市西城区锦什坊街 26 号 恒奥中心 C 座 3A	地址: 深圳市福田区香梅路 1061 号 中投国际商务中心 A 座 19 楼	地址: 上海浦东银城中路 200 号 中银大厦 3402 室
邮编: 100033	邮编: 518034	邮编: 200120
传真: 010-66500801	传真: 0755-82027731	传真: 021-50581170
会议室: 010-66500900	会议室: 0755-82828562	会议室: 021-20572500