



电力设备与新能源行业研究

买入（维持评级）
行业专题研究报告

证券研究报告

新能源与电力设备组
 分析师：姚遥（执业 S1130512080001）
 yaoy@gjzq.com.cn

OBB 工艺专题：从可选到必选，N 型组件降本增效最优解

——高效太阳能电池系列深度（六）

投资逻辑

多数环节重大技术变革渐缓，组件环节短期内仍有迭代空间：光伏行业现阶段硅料、硅片、电池环节已基本完成技术跳跃，基于对光伏行业所处的周期位置及技术现状的判断，我们认为短时间内主链环节很难再有颠覆性的技术变化及迭代，关于光伏行业新技术的关注点，更应放到“缝缝补补”的降本增效工艺方面，栅线工艺的演进便是其中主要的关注点，栅线越细越有利于减少银浆用量从而降低成本，同时减少对电池片的遮光、提升发电效率。为进一步去银降本，市场研发方向朝 OBB（无主栅）技术推进，即采用铜丝焊带替代原有银主栅直接汇集细栅电流，并实现电池片之间的互连，串焊设备是实现 OBB 工艺的核心环节。

国内 OBB 技术研究蓬勃发展，工艺实践具体路径多样化：根据焊带与电池片的互连方式，无主栅组件的串焊方案可以分为“SmartWire”、“覆膜”、“焊接+点胶”、“点胶”四大类。SmartWire 技术是将嵌有铜网的聚合物薄膜（铜丝复合膜）覆盖在仅有细栅的电池片上；覆膜技术通过胶膜、焊带、无主栅电池片的一次性固定、层压，或者各部件多次组合固定的方式形成组件；焊接+点胶技术通过焊接和胶粘两种方式共同保证焊带对电池片及其细栅的拉力和可靠性；点胶技术仅使用胶粘的方法实现焊带与电池片的连接，有望进一步减少工序、降低成本。上述四类工艺均能实现 OBB 组件的串联，从电学性能、光电性能、机械性能等角度看各具优势。目前，国内光伏设备、组件主要制造商等在无主栅技术方面均进行了较为全面的工艺布局。

从“可选”到“必选”，我们预计 2024-2026 年 OBB 串焊设备市场空间有望达到 194 亿元：在行业尤其是组件企业盈利较好的时代，栅线工艺的演进并不迫切，对于串焊设备的替换更新主要考虑因素落到产品端的差异化，而在行业下行周期，降本增效的栅线工艺变革受到了更大的重视，对于 OBB 这种降本增效的工艺需求也更为迫切。根据我们测算，TOPCon 导入 OBB 后，总制造成本下降约 0.012-0.019 元/W；HJT 导入 OBB 后，总制造成本下降约 0.042-0.050 元/W。假设新增的 OBB 串焊机单位价值量为 0.21 亿元/GW，存量改造的 OBB 串焊机单位价值量为 0.15 亿元/GW，则 2024-2026 年，OBB 串焊机对应的市场空间分别为 33/77/84 亿元，2024-2026 年市场空间有望达到 194 亿元，头部串焊设备厂商有望直接受益。

投资建议与估值

针对 OBB 工艺加速产业化所带来的投资机会，目前看主要有三个方向：方向一是可以提供 OBB 串焊设备的头部设备厂商，重点推荐奥特维、迈为股份；方向二是在 OBB 工艺方面研发及量产有望引领行业的头部组件厂商，重点推荐晶科能源、通威股份；方向三是研发实力领先，产品布局全面的辅材龙头。

风险提示

OBB 工艺研发进展不及预期；终端接受程度不及预期；行业盈利长时间承压风险。



内容目录

1 多数环节重大技术变革渐缓，组件环节短期内仍有迭代空间.....	4
1.1 硅环节降本增效幅度有限，后续重点关注非硅环节技术进步.....	4
1.2 栅线工艺迭代助力电池片降本增效.....	8
2 国内 OBB 研究蓬勃发展，工艺实践路径多样化.....	9
2.1 SmartWire：铜丝复合膜实现组件串联，具有良好欧姆接触.....	10
2.2 覆膜方案：利用胶膜自身粘性实现组件串联，焊带、电池片结合力强.....	11
2.3 焊接+点胶方案：合金化+固化共同实现组件串联，提高可靠性.....	12
2.4 点胶方案：仅依靠固化剂实现组件串联，工序简单.....	13
2.5 OBB 组件总制造成本显著下降，2024-2026 年串焊机市场空间近 200 亿.....	14
3 OBB 催生组件环节辅材迭代，焊带、胶膜技术壁垒提高.....	16
3.1 焊带直径细线化，材料性能和工艺控制难度提升.....	17
3.2 胶膜类型多样化，材料体系和膜层设计可能性增加.....	18
4 相关标的及投资建议.....	19
4.1 奥特维：光伏设备平台化龙头企业，充分受益于 OBB 技术迭代.....	19
4.2 迈为股份：泛半导体领域高端装备制造制造商.....	20
4.3 晶科能源：N 型电池产能规模行业领先，研发实力稳居行业前列.....	20
4.4 通威股份：自上而下完成一体化转型，稳步扩张巩固竞争优势.....	21
5 风险提示.....	22

图表目录

图表 1：光伏产业链主要环节技术变革情况.....	4
图表 2：2023 年以来硅料价格（万元/吨）快速下行.....	5
图表 3：2024 年以来银价大幅上涨（元/kg）.....	6
图表 4：2024 年以来光伏银浆价格持续爬升（元/kg）.....	6
图表 5：光伏用银占比持续提升.....	6
图表 6：N 型电池技术渗透率有望快速提升.....	6
图表 7：预计 2024 年光伏银浆需求同比增长 29%至 7830 吨.....	7
图表 8：预计 24-25 年全球白银包括金融属性的供需缺口扩大.....	8
图表 9：多主栅技术发展路线.....	8
图表 10：2023 年 9BB 及以上技术成为 PERC 技术主流.....	9
图表 11：2023 年 TOPCon 技术 SMBB 及以上占比达 87.5%.....	9
图表 12：无主栅技术可以缩短细栅距离，提升细栅电流收集能力（L3 < L1 < L2）.....	9
图表 13：“覆膜”、“点胶”工序简洁、“焊接+点胶”可靠性高.....	10
图表 14：SmartWire 工艺中，复合膜的金属丝一侧与电池片接触.....	11
图表 15：SmartWire 组件依靠金属框架连接、导通.....	11
图表 16：覆膜工艺相关专利汇总.....	11
图表 17：一体化覆膜——胶膜、焊带、电池片一体成型.....	12
图表 18：多步覆膜——焊带组件与电池片结合.....	12



图表 19: 焊接+点胶工艺专利汇总	13
图表 20: 点胶工艺专利汇总	13
图表 21: 不同地区合理溢价范围在 0.01 元/W-0.02 元/W	14
图表 22: TOPCon 导入 OBB 后, 总制造成本下降 0.012-0.019 元/W	15
图表 23: HJT 导入 OBB 后, 总制造成本下降 0.042-0.050 元/W	15
图表 24: 预计到 2024-2026 年, OBB 串焊机市场空间将达 194 亿元	16
图表 25: OBB 组件采用细焊带和低克重胶膜	16
图表 26: 光伏焊带产品持续迭代	17
图表 27: 互联焊带、汇流焊带向多主栅、细线化发展	17
图表 28: 焊带细线化在涂锡厚度、屈服强度、同心度等方面提出更高要求	18
图表 29: 合金化后, 采用常规封装胶膜粘结电池片和盖板 (玻璃或背板)	18
图表 30: 承载膜连接焊带, 粘结膜连接玻璃	19
图表 31: 胶膜结构可以根据焊带位置进行调整 (水平排列)	19
图表 32: 奥特维串焊机产品迭代历程十年	19
图表 33: 迈为全资子公司迈展自动化提出“焊接+点胶”专利方案	20
图表 34: 晶科无主栅组件专利提出特殊细栅方案	21
图表 35: 通威 HJT 组件功率持续增长	21

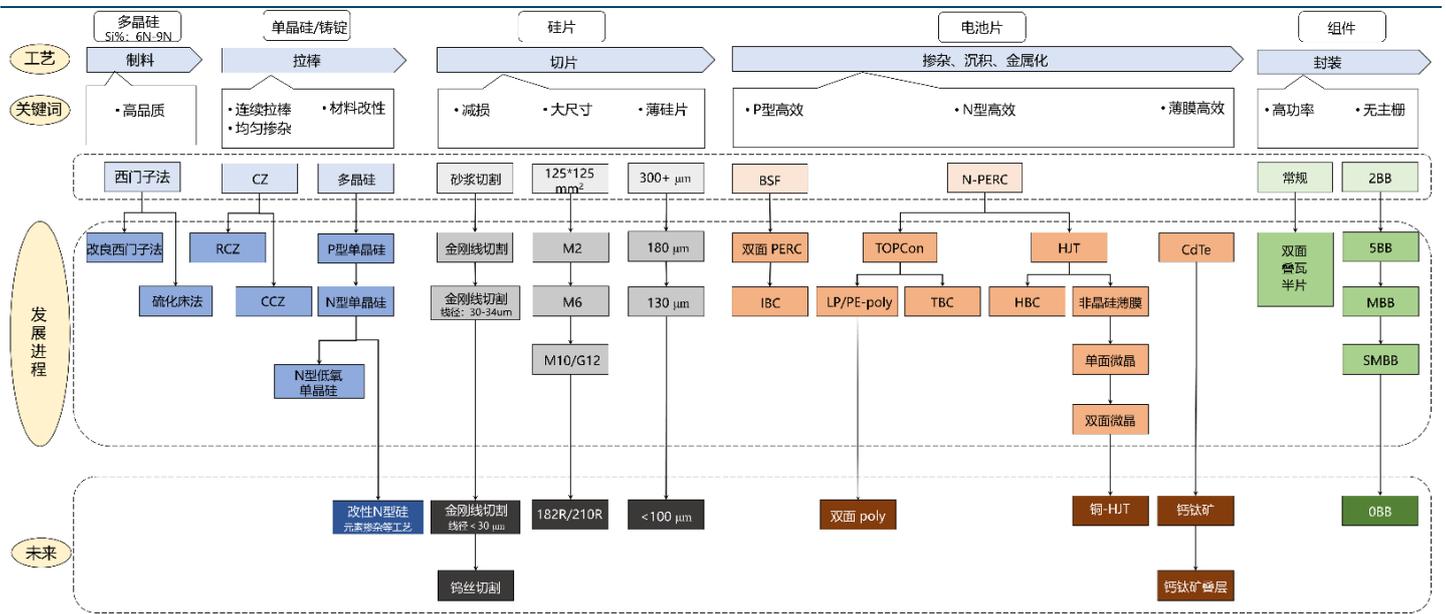


1 多数环节重大技术变革渐缓，组件环节短期内仍有迭代空间

1.1 硅环节降本增效幅度有限，后续重点关注非硅环节技术进步

硅料、硅片、电池环节已基本完成技术跳跃，短期内再难有大的技术变革：过去十五年里光伏行业发展势如破竹，主要环节均实现了较大的技术创新：硅料环节协鑫于2009年率先突破了冷氢化工艺，使得硅料环节价格大幅下降，后续2020年协鑫又在硅烷流化床法制作的颗粒硅方面取得进展，进一步下降了硅料的生产成本，目前已经进入行业放量期；硅片环节2017年隆基瞄准金刚线与快速直拉工艺的逐渐成熟的机遇，全力押注单晶硅工艺，并引领了全行业由多晶向单晶的转型；电池环节2022年晶科能源上市以后全力扩产N型TOPCon电池，引领了全行业N型电池对于P型电池的技术迭代，根据Infolink预测，2024年N型电池渗透率有望达到79%，基本实现了光伏行业由P型向N型的迭代。然而从当前时点展望，基于对光伏行业所处的周期位置及技术现状的判断，我们认为短时间内主链环节很难再有颠覆性的技术变化及迭代，关于光伏行业新技术的关注点，更应放到“缝缝补补”的降本增效工艺方面，其主要对应到非硅环节的成本降低。

图表1：光伏产业链主要环节技术变革情况



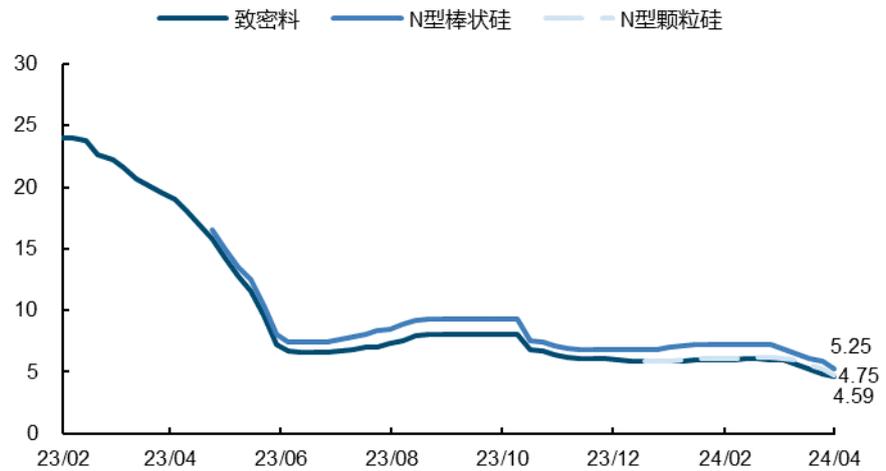
来源：国金证券研究所绘制

硅料价格接已近硅料企业的成本线，硅环节降本难度加大：2023年以来硅料产能快速释放，2023年底多晶硅产能合计约250万吨，其中15万吨高成本海外硅料（OCI、Hemlock、Wacker、REC）用于出口美国市场，价格体系将具有一定的独立性。我们预计2024年光伏组件需求650-700GW，按照硅耗2.4g/W测算硅料需求约160万吨，扣减海外硅料后国内硅料需求约145万吨，对应现金成本约4.5万元/吨。产能过剩后理性价格应维持在供需均衡状态下边际产能的现金成本附近，同时考虑到边际产能在价格低位时可能因成本控制、现金管理、费用摊销等因素造成成本上升，我们预计硅料价格“理性底部区间”为致密料含税价5.5-6.5万元/吨。

根据硅业分会2024年4月17日最新报价，目前多晶硅致密料价格约4.6万元/吨，目前硅料价格已跌破企业生产成本，达到部分企业现金成本，后续进一步下降的空间不大，因此短期内制造环节硅成本直接下降空间有限，虽然硅成本仍可以通过硅片减薄等手段进一步降低，但考虑到硅片过度薄片化一方面会对电池片的效率良率产生影响，另一方面进一步薄片化后组件制造环节中机械载荷、层压引起的破片以及隐裂都会相应提高，最终影响良率，因此短期内难有进一步下降的诉求。



图表2：2023年以来硅料价格（万元/吨）快速下行



来源：硅业分会，国金证券研究所

备注：截至 2024/4/17 价格

非硅环节成本仍有下降空间：非硅环节的成本下降目前主要分为直接降本和间接降本，直接降本指制造环节的辅材、耗材用量的节省，如电池片环节的银浆等环节、组件环节的胶膜、玻璃等环节；间接降本指通过电池片效率提升所带来的各环节成本进一步摊薄，同时助力终端组件产品提升销售溢价。

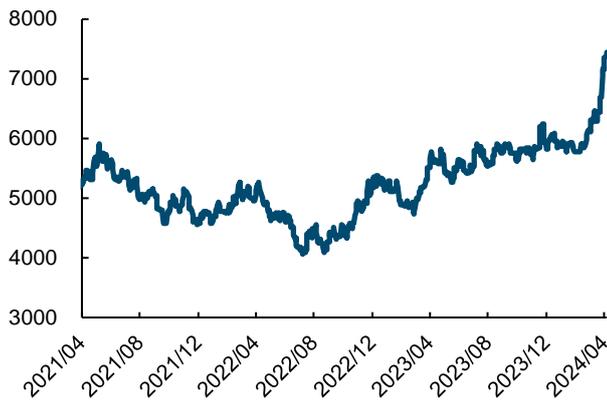
银浆是制备太阳能电池金属电极的关键材料。太阳能电池片生产商通过丝网印刷工艺将光伏银浆分别印刷在硅片的两面，烘干后经过烧结，形成太阳能电池的两端电极。太阳能电池金属电极主要包括主栅和细栅，主栅是电池片正面上较粗的银质导电线，用于汇流、导出，细栅是电池片上较细的银质导电线，用于收集电池内部产生的光生载流子。

与传统 P 型电池相比，N 型电池是天然的双面电池，N 型硅基体的背反面亦需要通过银浆来实现如 P 型电池正面的电极结构；同时 N 型电池的正面 P 型发射极需要使用相对 P 型电池更多的银浆，才能实现量产可接受的导电性能，因此 N 型电池对银浆的需求量要高于 P 型电池。据 CPIA，2023 年 PERC 电池片正银消耗量降低至约 59mg/片、背银消耗量约 25mg/片，TOPCon 电池双面银浆（铝）（95%银）平均消耗量约 109mg/片，异质结电池双面低温银浆消耗量约 115mg/片。随着 2024 年 N 型电池快速放量，N 型银浆用量大概率超市场预期。

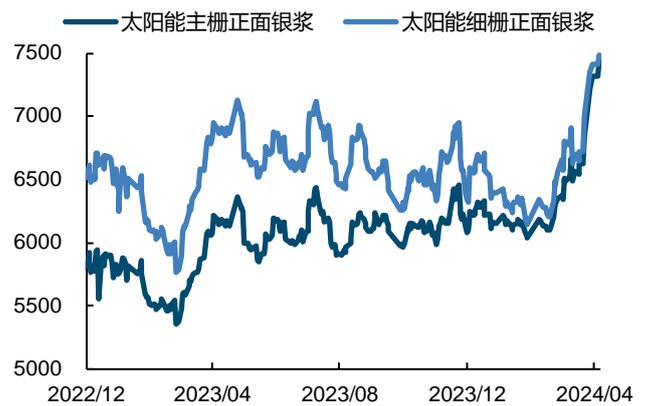
贵金属属性叠加供需失衡，N 型时代降银需求愈发迫切：银浆生产所需的直接材料为银粉、玻璃氧化物、有机原料等，其中：银粉为核心原材料，据 SMM 光伏视界，银浆中的银粉含量占比约 98%，银粉在直接材料成本中的占比高达 90%以上。2021 年以来白银结构性供应短缺的市况持续，2021-2022 年交易所白银库存急剧下降，当前库存仍处于近几年低位；今年 3 月以来美联储官员“反向扭转操作”及放缓 QT 等发言驱动实际利率下行，黄金价格短期出现大幅上涨激发白银价格拉升，带动银浆价格持续上行。此外，光伏用银占比有望持续超预期。根据世界白银协会，2023 年全球光伏白银需求量达到 6017 吨，同比增长 64%，光伏白银需求量占比进一步提升至 16%。在全球光伏装机持续增长，N 型电池加速渗透的背景下，2024 年全球光伏白银需求量有望提高 20%达到 7217 吨。



图表3: 2024 年以来银价大幅上涨 (元/kg)



图表4: 2024 年以来光伏银浆价格持续爬升 (元/kg)



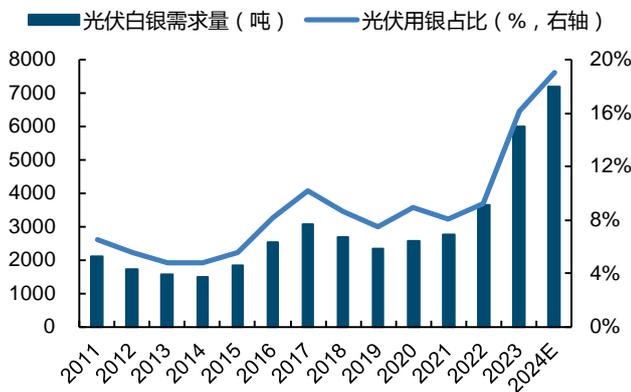
来源: Wind, 国金证券研究所

来源: SMM 光伏视界, 国金证券研究所

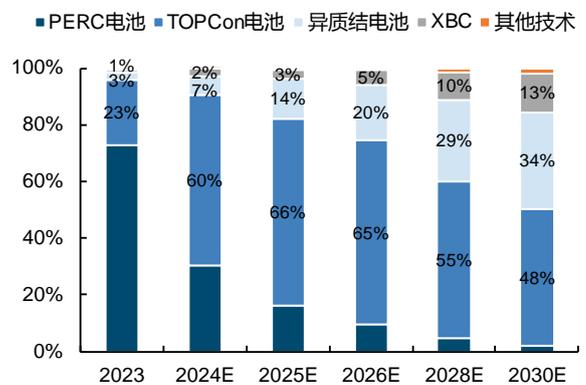
备注: 截至 2024/04/17 价格

备注: 截至 2024/04/17 价格

图表5: 光伏用银占比持续提升



图表6: N 型电池技术渗透率有望快速提升



来源: 同花顺 iFinD, 世界白银协会, 国金证券研究所

来源: 《中国光伏产业发展路线图 (2023-2024)》, 国金证券研究所

我们预计 2024-2025 年全球光伏新增装机 520/620GW, 对应组件需求 676/806GW, 电池需求 690/822GW, 同增 28%/19%。

组件出货结构方面, TOPCon 技术路线凭借较高的性价比、设备及工艺流程较为成熟等优势, 率先大规模量产, 随着 TOPCon 产能加速释放, 预计 2024-2025 年 TOPCon 份额快速提升至 70%/85%; HJT、xBC 等技术有望随成本、工艺进步逐渐放量, 预计到 2025 年, PERC/TOPCon/HJT/xBC 出货占比分别达到 4%/85%/5%/6%。

单位银耗方面, 随着电池效率不断提升, PERC、TOPCon、xBC 电池单位银耗小幅下滑, HJT 未来随着 OBB 和银包铜等技术导入单位银耗预计有较大幅度下滑, 预计到 2025 年, PERC/TOPCon/HJT/xBC 单位银耗分别下降至 9.84/11.08/10.52/11.12 mg/W。

综上, 预计 2024-2025 年全球光伏银浆需求量 7830/9047 吨, 同比增长 29%/16%。


图表7：预计 2024 年光伏银浆需求同比增长 29%至 7830 吨

	2022	2023	2024E	2025E
全球光伏装机 (GW)	230	405	520	620
容配比	1.28	1.3	1.3	1.3
组件需求 (GW)	294	527	676	806
电池需求 (GW)	300	537	690	822
YOY		79%	28%	19%
各类电池出货及份额				
PERC 出货 (GW)	270	399	152	33
TOPCon 出货 (GW)	24	124	483	699
HJT 出货 (GW)	5	7	28	41
XBC 及其他出货 (GW)	2	8	28	49
PERC 占比	90.0%	74.3%	22.0%	4.0%
TOPCon 占比	8.0%	23.0%	70.0%	85.0%
HJT 占比	1.5%	1.3%	4.0%	5.0%
XBC 及其他占比	0.5%	1.4%	4.0%	6.0%
各类电池功率				
PERC (W/片)	7.69	7.72	7.79	7.82
TOPCon (W/片)	8.09	8.25	8.38	8.48
HJT (W/片)	8.12	8.32	8.52	8.65
XBC 及其他 (W/片)	8.09	8.22	8.32	8.45
各类电池银浆单耗				
PERC 正面银浆单耗 (mg/W)	8.45	7.64	7.19	6.90
PERC 背面银浆单耗 (mg/W)	3.38	3.24	3.08	2.94
TOPCon 银浆单耗 (mg/W)	13.51	12.55	11.63	11.08
HJT 银浆单耗 (mg/W)	15.64	13.82	12.21	10.52
XBC 及其他银浆单耗 (mg/W)	13.51	12.60	11.72	11.12
各类电池银浆需求量				
PERC 正面银浆需求 (吨)	2284	3048	1090	227
PERC 背面银浆需求 (吨)	914	1291	467	97
TOPCon 银浆需求 (吨)	325	1550	5613	7743
HJT 银浆需求 (吨)	70	97	337	433
XBC 及其他银浆需求 (吨)	20	95	323	549
光伏银浆需求合计 (吨)	3613	6080	7830	9047
YOY		68%	29%	16%

来源：中国光伏行业协会，国金证券研究所测算

白银需求方面，除了光伏装机高增持续提振白银需求，AI、机器人等应用也将带动含银元器件需求提升。然而，矿产银供给的增速放缓对白银的供需平衡构成压力。全球矿产银主要来源于其他金属矿的伴生矿，受铜锌等主金属矿山资本开支和供应扰动的影响，未来矿产银的供给增量可能放缓，从而限制了白银的整体供给。我们预计 24-25 年全球白银包括金融属性的供需缺口将有所扩大，白银价格存在大幅波动风险，企业降银需求愈发迫切。



图表8: 预计 24-25 年全球白银包括金融属性的供需缺口扩大

单位: 吨	2022	2023	2024E	2025E
矿产银	26,025	25,830	26,337	26,855
再生银	5,504	5,556	5,713	5,874
政府净销售	54	51	51	51
总供应量	31,583	31,437	32,101	32,780
工业	18,298	20,353	22,441	24,016
其中: 光伏	3,540	5,959	7,674	8,867
其他	14,758	14,394	14,767	15,149
摄影	855	840	841	843
银饰	7,295	6,318	6,976	7,702
银器	2,286	1,717	2,078	2,514
实物净投资	10,486	7,562	7,562	7,562
净套保需求	557	379	-	-
总需求量	39,778	37,169	39,898	42,637
供需平衡	-8,195	-5,732	-7,796	-9,857

来源: 世界白银协会, 中国光伏行业协会, Metal Focus, 国金证券研究所测算

1.2 栅线工艺迭代助力电池片降本增效

降本提效诉求下, 栅线工艺得到了快速发展, SMBB (超多主栅)、OBB (无主栅) 技术快速渗透。对电池片而言, 栅线越细越有利于减少银浆用量从而降低成本, 同时减少对电池片的遮光、提升发电效率, 2010 年起电池栅线设计朝着增加主栅数量和减小栅线宽度的方向发展, 多主栅技术从 2BB 一路发展到近几年的 MBB (9BB-15BB), 目前出现了在 MBB 基础上发展的 SMBB 技术, 全新的无主栅技术等。

图表9: 多主栅技术发展路线



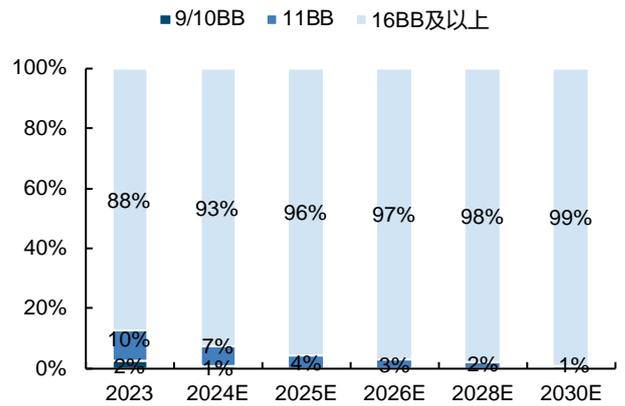
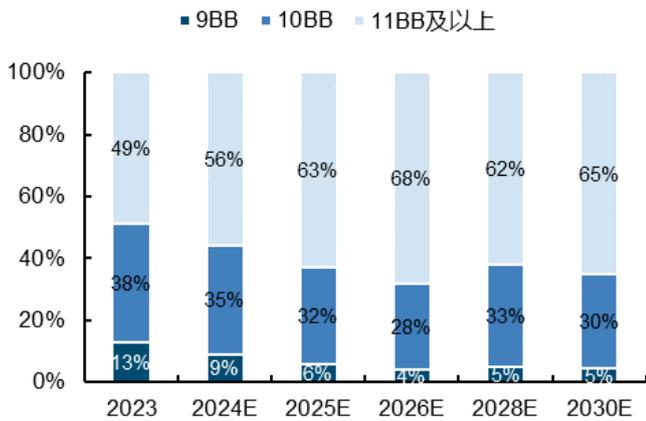
来源: 国金证券研究所绘制

2019 年 MBB 技术快速渗透, 2022 年 9BB 以下市场份额已下降至 2%, 目前 MBB 技术已成为绝对主流。SMBB (16BB 及以上) 技术是 MBB 的升级版, 将主栅数增加至 16 及以上, 在主栅增加的同时, 配合更细的焊带, 提高串焊精度、降低主栅 PAD 点面积, 不仅能够降低银浆耗量、减少成本, 还能够减少电流传输距离, 降低栅线遮挡, 提高光学利用率, 有效降低组件的串联电阻, 最大化利用太阳光。目前主流厂商 SMBB 主栅数已增加到 16-20, 据 CPIA, 2023 年 TOPCon 电池片中 16BB 及以上的 SMBB 技术占比达 87.5%。



图表10: 2023年9BB及以上技术成为PERC技术主流

图表11: 2023年TOPCon技术SMBB及以上占比达87.5%



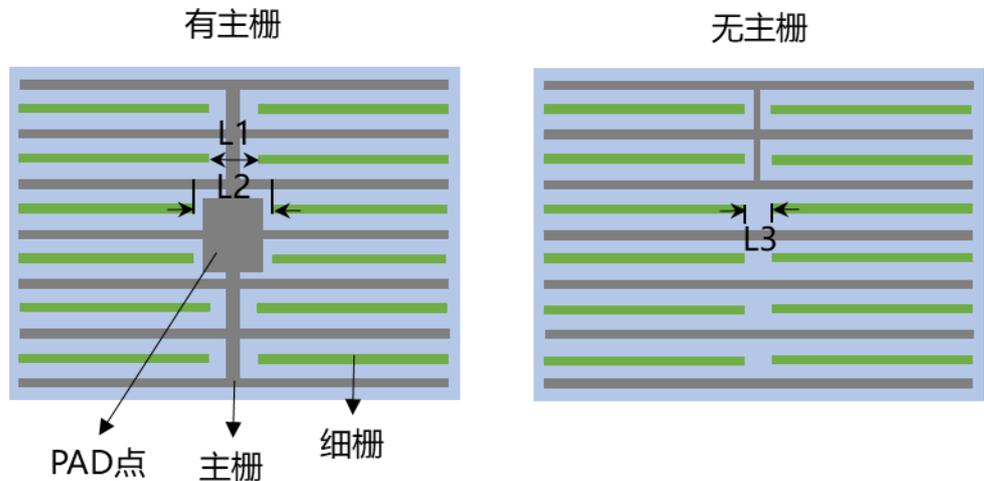
来源:《中国光伏产业发展路线图(2023-2024)》,国金证券研究所

来源:《中国光伏产业发展路线图(2023-2024)》,国金证券研究所

为进一步去银降本,市场研发方向朝 OBB(无主栅)技术推进,即采用铜丝焊带替代原有银主栅直接汇集细栅电流,并实现电池片之间的互连。相比 SMBB 技术,OBB 技术有以下优势:

- 1) 直接节省主栅银浆和便于定位、焊接的 PAD 点银浆,从而降低银浆成本;
- 2) 使用更细、数量更多的焊带导出电流,导电能力提高,组件 CTM 因此提高;
- 3) 组件端低温封装,可以进一步降低硅片减薄的临界厚度;
- 4) 更多数量的焊丝与细栅连接,接触点增多,对电池片的拉力增大,组件可靠性提高。

图表12: 无主栅技术可以缩短细栅距离,提升细栅电流收集能力 ($L3 < L1 < L2$)



来源:小牛自动化公众号,国金证券研究所绘制

2 国内 OBB 研究蓬勃发展,工艺实践路径多样化

根据焊带与电池片的互连方式,无主栅组件的串焊方案可以分为“SmartWire”、“覆膜”、“焊接+点胶”、“点胶”四大类。SmartWire 技术是将嵌有铜网的聚合物薄膜(铜丝复合膜)覆盖在仅有细栅的电池片上;覆膜技术通过胶膜、焊带、无主栅电池片的一次性固定、层压,或者各部件多次组合固定的方式形成组件;焊接+点胶技术通过焊接和胶粘两种方式共同保证焊带对电池片及其细栅的拉力和可靠性;点胶技术仅使用胶粘的方法实现焊带与电池片的连接,有望进一步减少工序、降低成本。目前,国内头部光伏设备、组件主要制造商等在无主栅组件方面均进行了一定的技术布局。

从电学性能、光电性能、机械性能等角度综合对比:

- 1) “SmartWire”工艺是最早提出、最早应用、最早量产的 OBB 组件技术,铜丝复合膜保证了铜丝与电池片连接的可靠性,以及实现良好的欧姆接触。但是复合膜不可避免地增



加了组件在封装环节的成本，并对组件的光学透过性有一定程度的损失。此外，对于国内厂商来说，目前仍受制于梅耶伯格的专利侵权风险。

2) “覆膜”工艺由国内设备厂商提出，依赖于胶膜的粘接力固定焊带和电池片，实现串联。工艺简单，焊带与电池片之间的结合力强。但与焊带接触的一侧为改性胶膜，制作成本增加，容易造成光学阻挡，使得电池片透光率下降、光电性能降低。

3) “焊接+点胶”工艺是基于常规串焊工艺，针对 OBB 组件进行的技术升级。合金化和固化共同实现焊带对电池片的强大拉力，耐热斑能力强。但是对点胶的精度和面积提出了较高要求，快速焊接过程容易破坏细栅，对设备的控制强度和精度有一定要求。

4) “点胶”工艺是在“焊接+点胶”工艺的基础上，节省焊接的步骤，依靠绝缘或者导电胶实现焊带和电池片、细栅的接触。但仅依靠固化剂，焊带与电池片间的拉力相对较弱；从设备看，由于不再涉及焊接工序，当前的串焊机不再适用。

图表13: “覆膜”、“点胶”工序简洁、“焊接+点胶”可靠性高

	SmartWire	覆膜	焊接+点胶	点胶
工艺流程	以铜丝复合膜与电池片连接，实现电池片组串，后续层压，加热合金化	胶膜、焊带、电池片通过融化，胶膜再次固化形成连结	先将焊带焊接在电池片上，再点胶增加粘附点然后 UV 固化	在细栅之间施加胶点体（UV 胶、热熔胶等粘合剂），将焊带固化在电池片上，通过层压把焊带和电池连接成串
关键点	制作铜丝复合膜	制作皮肤膜	焊接、点胶、UV 固化	UV 固化
封装材料	铜丝复合膜+胶膜	皮肤膜+胶膜	常规胶膜	皮肤膜+胶膜
优点	焊带与电池贴合度高，高导电性	焊带与电池贴合度高，操作简单	无需皮肤膜，焊带与电池结合性好，耐热斑能力强，可以在原有设备上改造	工艺简单，无焊接过程
缺点	增加铜丝复合膜材料成本，工艺复杂度高，层压后 EL 测试难以通过	增加皮肤膜；光学透过性差，层压后 EL 测试难以通过	点胶精度要求高，焊接过程容易断栅，速度慢	焊带与电池片结合力一般，层压后 EL 测试难以通过
设备厂商	梅耶博格	宁夏小牛、奥特维等	迈为股份、奥特维等	东方日升、奥特维、光远股份、沃特维等

来源：北极星太阳能光伏网，各公司专利，国金证券研究所

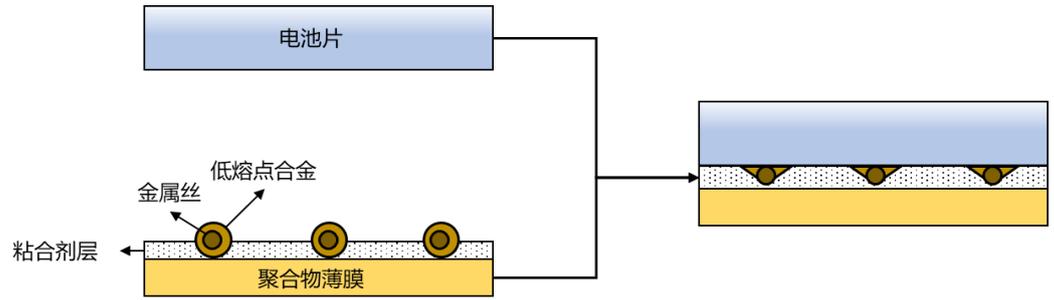
2.1 SmartWire: 铜丝复合膜实现组件串联，具有良好欧姆接触

梅耶伯格 SmartWire 方案于 2013 年向市场发布，最早可以追溯到加拿大电池组件公司 Day4 Energy，其于 2008 年 10 月 6 日提交名为《Electrode for photovoltaic cells, photovoltaic cell and photovoltaic module》的专利申请文件，2011 年 9 月 6 日获得正式授权，专利有效期预计截至 2025 年 1 月 14 日。Day4 energy 于 2010 年收购当时光伏制造和集成最先进的生产自动化和设备公司德国 ACI，同年与异质结电池设备制造厂商德国 Roth & Rau 共同研发建设先进光伏电池、组件和生产系统，2011 年 Roth & Rau 被瑞士公司梅耶伯格收购，2012 年 Day4 energy 将所有业务、资产和运营转让给加拿大公司 0941212 B.C. Ltd.（简称“094”），截至目前，该专利所有者显示分别为德国 ACI、加拿大 094、瑞士梅耶伯格及旗下全资子公司德国 Somont GmbH。

SmartWire 技术提出的初衷是寻找一种低成本实现电极与电池片表面良好欧姆接触的方法。电池制作环节中主栅的作用在组件制作环节被金属丝取代，金属丝在 90-110°C 的工作温度下嵌入聚合物薄膜表面的粘合剂层中，在组件层压的过程中，与电池片的导电表面（细栅、ITO 等导电薄膜等）形成直接欧姆接触。聚合物薄膜的厚度在 10-50μm，必须具有较大的延展性、良好的绝缘性、光学透明度、热稳定性、耐收缩性，并且具有良好的粘接能力；粘合剂层不能完全浸没金属丝（与电池片直接接触的金属丝），且对聚合物薄膜和电池片均需具有良好的附着力。该技术较特别的一点是，每个电池片外部设有绝缘膜连接的金属框架（优选铜箔），用于固定金属复合膜与电池片的位置，以及实现组件中各电池片之间的导电通道。

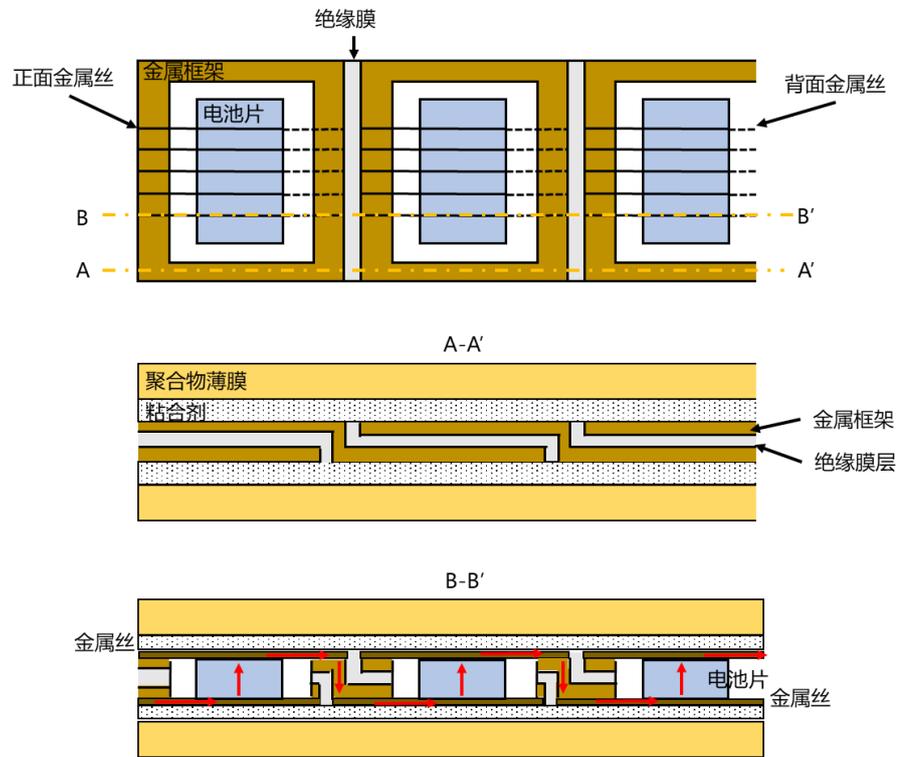


图表14: SmartWire 工艺中, 复合膜的金属丝一侧与电池片接触



来源: 梅耶伯格专利 US8013239B2, 国金证券研究所绘制

图表15: SmartWire 组件依靠金属框架连接、导通



来源: 梅耶伯格专利 US8013239B2, 国金证券研究所绘制

2.2 覆膜方案: 利用胶膜自身粘性实现组件串联, 焊带、电池片结合力强

OBB 组件覆膜方案简单来说是通过热压的方式将胶膜和焊带同时或者组合后与电池片形成连接, 由国内光伏设备厂商提出, 具体实施办法存在差异。

图表16: 覆膜工艺相关专利汇总

公司	授权公告日/ 申请公布日	发明名称	专利号	备注
小牛	2022/07/12	一种电池串生产方法及电池串铺设设备	CN114744080A	一体化覆膜
奥特维	2021/3/12	电池串生产线及电池串生产设备	CN112490329A	多步覆膜
	2021/10/29	电池串生产设备	CN214542264U	覆膜设备
爱康科技	2022/4/27	一种无主栅的光伏组件及其制备方法、 焊带焊接方法	CN114864721A	一体化覆膜

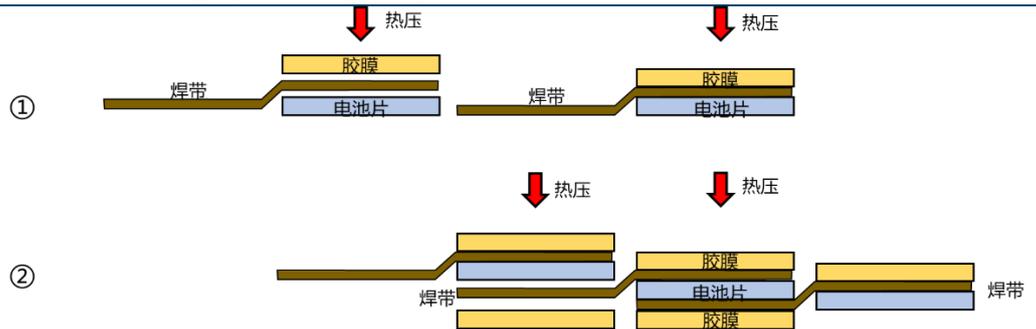
来源: 国家专利局, 国金证券研究所整理



从宁夏小牛方案来看，具体实现路径如下：胶膜、焊带同时与电池片完成固定。以正面方向为例，按从下到上分别为电池片、焊带、胶膜的顺序依次叠放，利用胶膜在加热状态下具有粘接性，冷却后固化的特点，在胶膜粘结在电池片上的同时，将焊带固定在指定位置，一次性完成电池片、焊带、胶膜的连接。

该方法由宁夏小牛在 2022 年率先提出，称为一体化覆膜技术（Integrated Film Covering, IFC）。用于一次性固定的胶膜是经过改性的 EVA、POE、PVB 等，可以作为组件封装所需胶膜的一部分，称为皮肤膜；由于焊带和电池片金属化部分的接触不涉及焊接工艺，不受焊接点厚度（锡珠直径）影响，封装所需胶膜的克重（厚度）有望进一步下降。2023 年 12 月，小牛出货首台 GW 级直接覆膜串联设备，助力客户 TOPCon 无主栅电池组件项目量产；2024 年 4 月，小牛中标正泰新能年产 5GW 无主栅组件项目，标志小牛 IFC 技术即将在无主栅领域实现大规模应用。

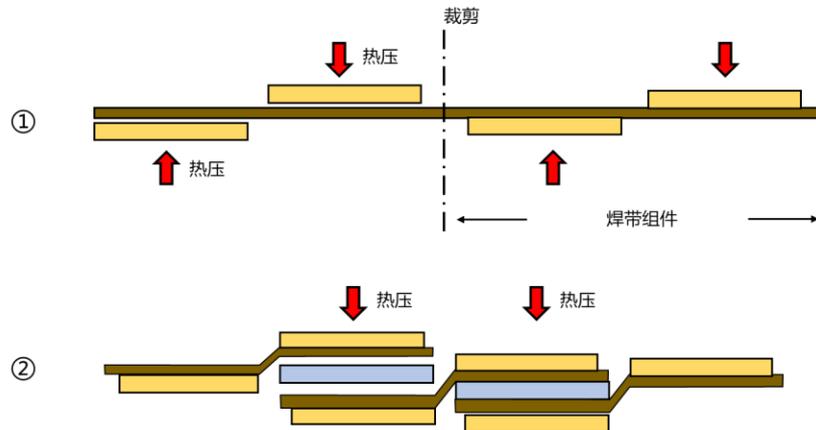
图 17：一体化覆膜——胶膜、焊带、电池片一体成型



来源：小牛专利 CN114744080A，国金证券研究所绘制

奥特维方案有所差异化：胶膜、焊带合成零件，再与电池片连接。根据每条焊带连接相邻电池片正背面的特点，先将胶膜热压在焊带不与电池片接触的一侧，并按一定的位置周期裁剪成焊带组件，按从下到上为焊带组件 1 的背面接触部分、电池片、焊带组件 2 的正面接触部分的顺序叠放，再次热压固定，制成电池串。

图 18：多步覆膜——焊带组件与电池片结合



来源：奥特维专利 CN112490329A，国金证券研究所绘制

2.3 焊接+点胶方案：合金化+固化共同实现组件串联，提高可靠性

OBB 组件“焊接+点胶”方案保留了原本焊带与主栅的连接方式，但考虑到细栅线宽远小于主栅，焊点存在稳定性问题，焊点断裂将会影响电流从细栅中导出，使得组件 CTM 损失增大，因此采用额外的粘合剂将焊带与电池片进行固定，缓解焊接点附近的应力，提高组件可靠性。

国内厂商基于“焊接+点胶”的基本原理，针对具体的工艺实践提出了不同的方案，基本工序可以分为三类：先焊接再点胶加固、先胶粘固定焊带位置再焊接、粘合剂在串焊的同时稳定焊带和电池片的相对位置。例如，迈为专利 CN115224161A 中，通过加热使涂有助焊剂的焊带与电池表面完成焊接，再在电池串的金属连接线上设置粘附点并固化，消除连接不稳定的风险；通威专利 CN220253256U 中，先通过粘合剂对焊带位置进行预固定，绝缘胶位于每个焊带和细栅接触点的附近，再进行焊接，有效防止焊接位置偏离；通威专利 CN110993733A 中，将一侧依次带有胶带和低温焊料涂层的焊带（从外部到焊带的方



向) 排布在电池片表面, 通过施加压力固定焊带和电池片。

为了匹配不同的组件工艺, 焊点和胶点的位置、粘合剂性质的选择也各不相同。例如上述通威专利 CN110993733A 中使用的胶带为导电的压敏胶带; 而公司专利 CN220253256U 中的粘合剂则为绝缘胶。上述迈为专利 CN115224161A 中焊带与细栅接触位置均进行了合金化, 粘合剂用于固定焊带和电池片位置。

图表19: 焊接+点胶工艺专利汇总

公司	授权公告日/申请公布日	发明名称	专利号	备注
迈展(迈为子公司)	2022/8/22	一种新型无主栅太阳能光伏组件的制作方法	CN115224161A	先焊接后点胶
	2022/11/27	一种光伏太阳能电池片组件的制备方法	CN115939253A	固定上述专利工艺中焊带的方法
奥特维	2023/3/28	一种光伏电池串制造设备	CN218769576U	0BB 串焊设备整体设计
	2023/5/2	一种电池片成串装置及成串方法	CN116053359A	先点胶后焊接
通威	2023/5/12	电池串生产方法及电池组件生产方法	CN116111004A	先焊接后点胶
	2020/4/10	一种光伏组件制作方法	CN110993733A	焊接、固化同时
爱康科技	2023/12/26	一种无主栅的电池片、无主栅的电池串及光伏组件	CN220253256U	先点胶后焊接
	2022/6/2	一种高密度无主栅的光伏组件	CN217562580U	点胶+焊接
正泰新能	2023/12/4	一种无主栅光伏组件制备方法、无主栅光伏电池及组件	CN117374165A	锡膏+助焊剂(仅焊接)
晶科能源	2023/05/12	一种电池片以及光伏组件	CN116110980A	特殊细栅(仅焊接)

来源: 国家专利局, 国金证券研究所整理

2.4 点胶方案: 仅依靠固化剂实现组件串联, 工序简单

0BB 组件“点胶”方案本质上仅通过粘合剂在电池片和焊带间的固化实现两者的粘连。根据粘合剂是否具有导电性, 胶点的位置被区分是否与细栅直接接触, 当使用非导电的粘合剂时, 胶点应位于不与细栅接触的区域, 如相邻两条细栅之间(奥特维专利 CN217280819U); 当使用导电粘合剂时, 胶点应与细栅直接接触, 并且为了保证粘接可靠性, 胶点可以横向延长、覆盖多根细栅(东方日升专利 CN214848646U)。

图表20: 点胶工艺专利汇总

公司	授权公告日/申请公布日	发明名称	专利号	方案	备注
奥特维	2022/4/12	一种电池片成串装置及成串方法	CN114335246A	点胶	绝缘胶
	2023/3/28	一种点胶装置及串焊机	CN115846134A	点胶	点胶设备
	2022/8/23	一种电池串焊接机	CN217280819U	点胶	UV 固化胶
东方日升	2023/3/10	一种太阳能电池片、电池串及太阳能组件	CN218602452U	点胶	绝缘胶
	2021/7/8	光伏组件	CN214848646U	点胶	绝缘胶/导电胶
宁夏小牛	2022/7/19	一种太阳能电池组件的封装方法及太阳能电池组件	CN114765229A	点胶	绝缘胶
	2023/6/27	一种电池串及光伏组件	CN219267667U	点胶	绝缘胶/导电胶
光远股份	2022/5/17	一种用于光伏行业电池片无应力焊接设备的焊接工艺	CN114512573A	点胶	热熔胶、UV 胶
通威股份	2023/8/29	太阳能电池及光伏组件	CN219610443U	点胶	UV 固化胶
华晟新能源	2022/8/19	太阳能电池组件及其制备方法	CN115347080A	点胶	液态胶、粘接胶带
沃特维	2021/3/18	一种串联光伏电池组件及其封装方法	CN113066885A	点胶	绝缘胶
	2022/5/23	一种电池组件的制作方法	CN115050851A	点胶	UV 固化胶

来源: 国家能源局, 国金证券研究所整理



点胶工艺中，非导电胶在电池片上的涂覆面积会影响光伏电池组串的制程，涂覆面积太小无法保证焊带和电池片的接触可靠性，面积太大与细栅直接接触将影响细栅的导电性，发生电致发光不良的问题，进一步还会影响组件的运行可靠性。国内各家厂商分别从细栅和焊带的角度优化点胶工艺，以应对 OBB 组件非导电粘合剂的点胶工艺：

- 1) 在电池环节调整细栅的几何形状。东方日升专利 CN218602452U 中，电池片上制作了隔断细栅的导电环，一方面粘合剂位于导电环内，阻挡了与细栅直接接触的可能性，并且获得了可靠的涂覆面积；另一方面导电环连通多条细栅，保证汇流能力，细栅上设置加粗栅块，层压后的焊带与细栅可以实现良好的导电性。
- 2) 在组件环节使用非常规形貌的焊带。小牛专利 CN219267667U 中采用了一体成型的网面焊带，一方面网面结构具有更高的稳定性，焊带在制程中不易受外界应力被拉断；另一方面，网面焊带为电流导出提供了更多通道的可能性，即使是电池片局部失效、焊带局部断点，都不影响其他区域电流的引出，继续保持良好的发电表现，保障甚至可能提高组件在全寿命周期的发电量水平。

2.5 OBB 组件总制造成本显著下降，2024-2026 年串焊机市场空间近 200 亿

OBB 组件主要成本优势体现在非硅端降本和终端功率的提升：根据我们测算，以 TOPCon 电池为例，电池效率每提升 0.2%-0.3%，对应组件端功率提升约在 5W 左右，不同地区合理溢价范围在 0.01 元/W-0.02 元/W。

图表 21：不同地区合理溢价范围在 0.01 元/W-0.02 元/W

面积相关 BOS成本 (元 /w)	N型组件功率对比P型PERC组件功率(W)						
	N型	580	585	590	705	710	715
	P型	560	560	560	670	670	670
1.3	溢价情况	0.04	0.06	0.07	0.06	0.07	0.08
1.4		0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09
1.5		0.05	0.06	0.08	0.07	0.08	0.09
1.6		0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10
1.7		0.06	0.07	0.09	0.08	0.10	0.11
1.8		0.06	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11

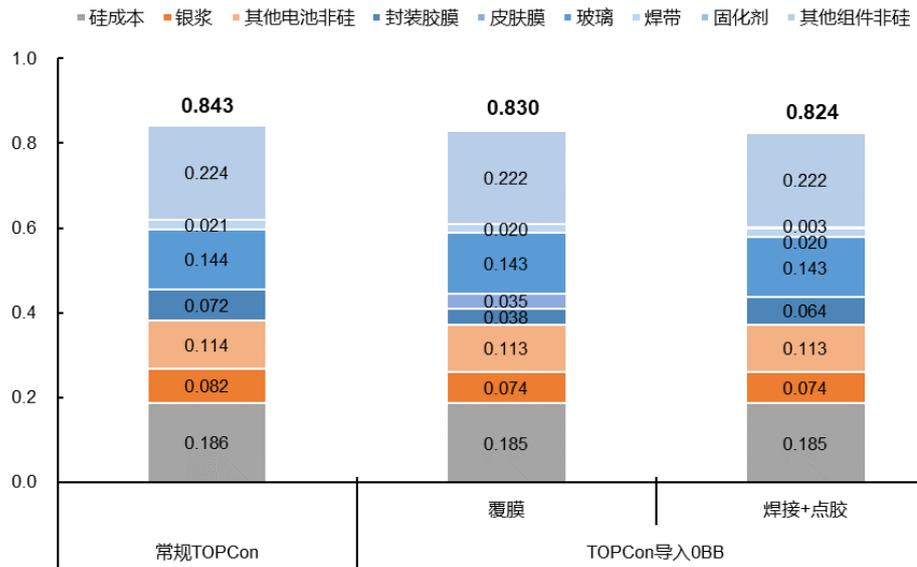
来源：中国光伏行业协会，国金证券研究所测算

根据奥特维公众号报道，TOPCon 导入 OBB 技术后，组件功率可以提升 5W 以上，银浆耗量降低 10%以上。根据我们测算，以 182mm-72 版型组件为例，TOPCon 电池导入 OBB 采用“覆膜”技术，电池端非硅成本降低约 0.009 元/W，组件端非硅成本降低约 0.002 元/W，总成本降低 0.012 元/W；采用“焊接+点胶”技术，电池端非硅成本下降约 0.009 元/W，组件端非硅成本下降约 0.008 元/W，总成本节省 0.019 元/W。

根据宁夏小牛公众号报道，HJT 电池导入 OBB 技术，可以进一步减小硅片厚度、除了银浆、焊带等辅材环节的降本，硅成本端也有望降低。在我们的测算中，以 182mm-72 版型组件为例，HJT 电池导入 OBB 采用“覆膜”技术，电池端非硅成本降低 0.021 元/W，组件端非硅成本降低 0.012 元/W，总成本降低 0.042 元/W；采用“焊接+点胶”技术，电池端非硅成本下降 0.021 元/W，组件端非硅成本下降 0.029 元/W，总成本节省 0.050 元/W。



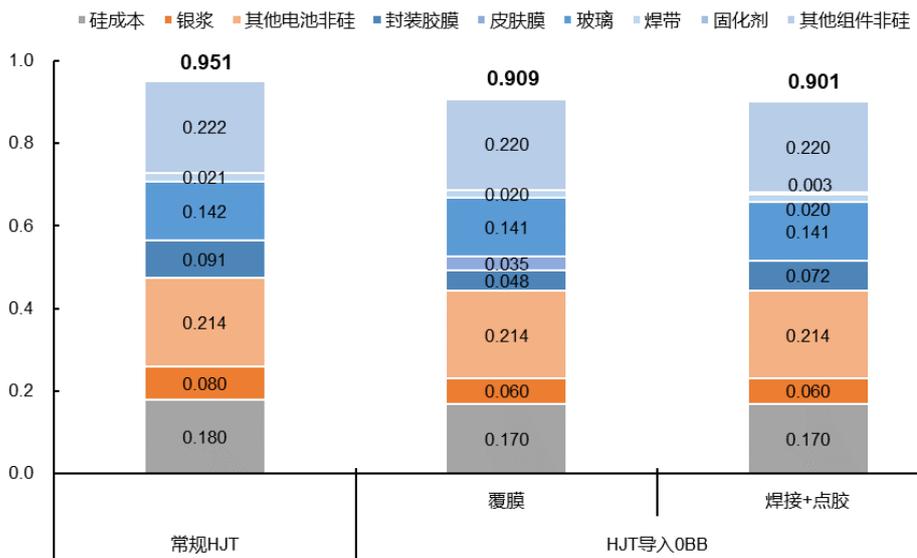
图表22: TOPCon 导入 OBB 后, 总制造成本下降 0.012-0.019 元/W



来源: Infolink, SMM 光伏视界, 卓创资讯, 国金证券研究所测算

备注: 以 2024/04/17 价格进行测算, 其中 N 型硅料价格为 55 元/kg, 银浆价格为 7441 元/kg, 封装胶膜价格为 9.24 元/m², 皮肤膜价格为 4.5 元/m², 玻璃价格为 18.5 元/m², 焊带价格为 60 元/kg。

图表23: HJT 导入 OBB 后, 总制造成本下降 0.042-0.050 元/W



来源: Infolink, SMM 光伏视界, 卓创资讯, 国金证券研究所测算

备注: 以 2024/04/17 价格进行测算, 其中 N 型硅料价格为 55 元/kg, 银浆价格为 7441 元/kg, 封装胶膜价格为 9.24 元/m², 皮肤膜价格为 4.5 元/m², 玻璃价格为 18.5 元/m², 焊带价格为 60 元/kg。

假设 2024-2026 年全球光伏组件需求为 676/806/927GW, OBB 技术渗透率为 20%/70%/90%, 那么 OBB 串焊设备对应每年新增组件产能分别为 50/152/181GW; 假设 2022 年以前的串焊设备改造成 OBB 串焊机的性价比较低, 从 2024 年开始对 2022 年及以后的串焊机进行改造, 并集中在 2024 年下半年-2026 年替换完成, 那么替换的 OBB 串焊机对应的每年组件产能分别为 152/304/304GW。

假设新增的 OBB 串焊机单位价值量为 0.21 亿元/GW, 存量改造的 OBB 串焊机单位价值量为 0.15 亿元/GW, 则 2024-2026 年, OBB 串焊机对应的市场空间分别为 33/77/84 亿元。



图表24: 预计到2024-2026年, OBB串焊机市场空间将达194亿元

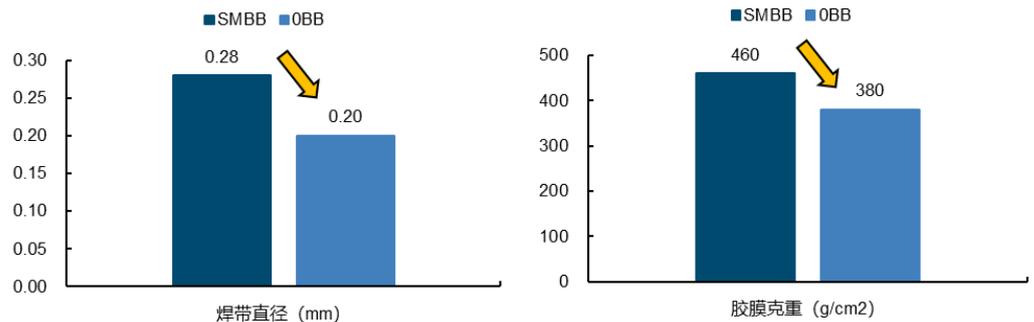
	2022	2023	2024E	2025E	2026E
组件需求 (GW)	294	527	676	806	927
组件产能利用率 (考虑淡旺季、设备冗余等因素)	55%	60%	60%	60%	60%
全球组件产能预测 (GW)	535	878	1127	1343	1545
年内新增组件产能 (GW)	133	344	248	217	202
新增产能对应光伏串焊设备产能 (GW)	133	344	248	217	202
其中: MBB 及以前	119	241	12	0	0
占比	90%	70%	5%	0%	0%
SMBB	13	103	186	65	20
占比	10%	30%	75%	30%	10%
OBB	0	0	50	152	181
占比	0	0	20%	70%	90%
假设: 2022年以前的设备改造OBB无性价比, OBB改造从2024年开始, 主要针对2022年及以后的串焊设备					
存量可供改造串焊设备产能 (GW)					
其中: MBB 及以前	119	241	12	0	0
SMBB	13	103	186	65	20
共计					760
假设: 可供改造OBB的存量设备集中在2024年下半年-2026年替换完毕					
年内新增OBB串焊设备更新+扩产 (GW)					
其中: OBB替换产能	-	-	152	304	304
单GW替换价值量 (亿元)			0.15	0.15	0.15
OBB新增产能	-	-	50	152	181
单GW新增价值量 (亿元)			0.21	0.21	0.21
新增+存量改造OBB串焊机空间 (亿元)	-	-	33	77	84

来源: 国金证券研究所测算

3 OBB催生组件环节辅材迭代, 焊带、胶膜技术壁垒提高

焊带和胶膜是保证光伏组件运行可靠性和稳定性的重要材料, 焊带实现电池片之间的机械串联和电学串联; 胶膜实现电池串与外部封装材料的结合, 缓解机械碰撞, 减少水汽和温差对电池片性能的影响。根据国金证券研究所测算, 以TOPCon电池为例, 焊带在组件非硅成本中占比为4.6%; 光伏胶膜在组件非硅成本中占比15.6%。随着组件价格持续低迷, 在不影响效率的情况下, 焊带耗量和胶膜克重的减少成为组件厂商维持盈利能力的必要手段之一。层压工艺中电池片不碎裂, 需要足够厚度的胶膜提供一定的缓冲应力, 所用的焊带直径越细, 理论上所需胶膜的临界厚度可以降低, 相同胶膜密度对应的克重需求也相对减少。

图表25: OBB组件采用细焊带和低克重胶膜



来源: 华晟新能源新品发布会, 国金证券研究所

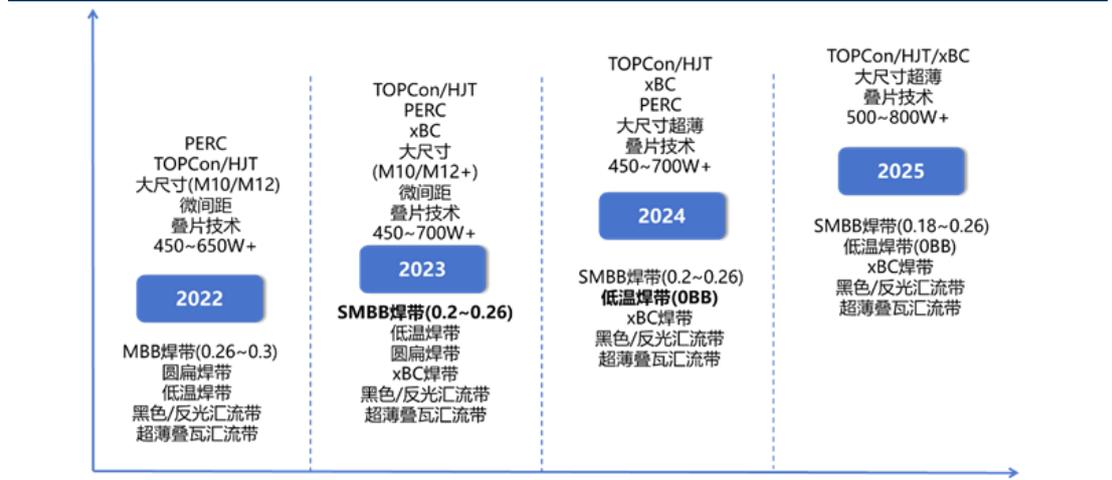


3.1 焊带直径细线化，材料性能和工艺控制难度提升

近年来，光伏需求的快速增长催生了多样化的组件需求。除主流 PERC、TOPCon 组件外，针对差异化市场的 HJT 组件、xBC 组件、黑组件、叠瓦组件等产品也快速进步，催生出 HJT 低温焊带、xBC 扁焊带、特殊汇流焊带等差异化焊带产品的需求，也对焊带企业多品种研发能力提出更高的要求。

当前 HJT 低温焊带以含铋的焊料体系为主，但焊料中铋含量越高可靠性表现越差，需要改进焊料配方来提升焊料耐腐蚀性能，对焊带企业配方体系提出了较高要求；xBC 电池由于特殊的电极布置，对焊带形状的包容性相对较高，目前主要采用扁焊带互连，与圆形焊带相比，扁焊带在涂锡步骤之前需要增加压延工艺；特殊汇流焊带用以满足组件的性能需求，例如美观、反光等。

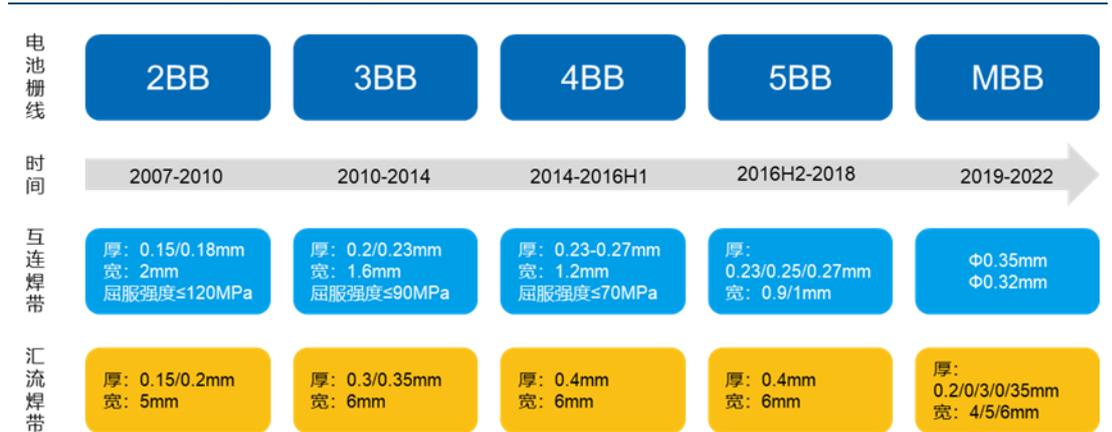
图表26：光伏焊带产品持续迭代



来源：中国光伏行业协会，国金证券研究所

为匹配银浆栅线变化，焊带产品也朝着 SMBB 焊带、OBB 焊带等方向迭代，互连焊带平均宽度从 2BB 时代的 2mm 降低到 MBB 时代的 0.32mm，目前主流厂商 SMBB 主栅数已增加到 16~20，焊带线径也逐步下降至 0.30mm 以下。随着 OBB 技术发展，配套 OBB 焊带直径有望进一步下降至 0.20mm 以下。

图表27：互联焊带、汇流焊带向多主栅、细线化发展



来源：宇邦新材招股说明书，国金证券研究所

互连焊带生产主要包括压延、退火、涂锡、收线四个步骤，汇流焊带在四个环节基础上增加铜杆拉丝环节，将粗铜杆拉成细铜丝。

焊带细线化提高了生产技术的壁垒。根据《光伏焊带对光伏组件输出功率及老化可靠性的影响研究》，光伏焊带厚度减小会导致其相关力学性能降低，从而降低焊带的抗拉强度和屈服强度；同时细线化导致铜基材的占比逐渐变小，涂层合金的电阻率比铜基材的电阻率高，因此焊带的电阻率随着直径的减小而增加。此外，光伏焊带的横截面积减小导致收集电流的能力降低，组件短路电流减小；焊接效果也会随着焊带与栅线的接触面积减小而变差，伴随着接触电阻的增大和填充因子的降低，最终影响组件的输出功率。



因此，焊带细线化对焊带的材料性能、涂锡厚度、机械稳定性、同心度等方面的精确控制提出了更高的要求，技术壁垒进一步提升。

图表28: 焊带细线化在涂锡厚度、屈服强度、同心度等方面提出更高要求

焊带规格 (mm)	0.26	0.22	0.2
涂层厚度均值 (um)	15±3	12±3	10±3
屈服强度 (MPa)	≤75	≤85	≤90
延伸率 (%)	≥20%	≥20%	≥20%
抗拉强度 (MPa)	≥150	≥150	≥150
米克重 (g/m)	0.47±0.03	0.36±0.03	0.3±0.03
米电阻 (mΩ/m)	≤410	≤540	≤665
同心度 (%)	≥45%	≥40%	≥40%

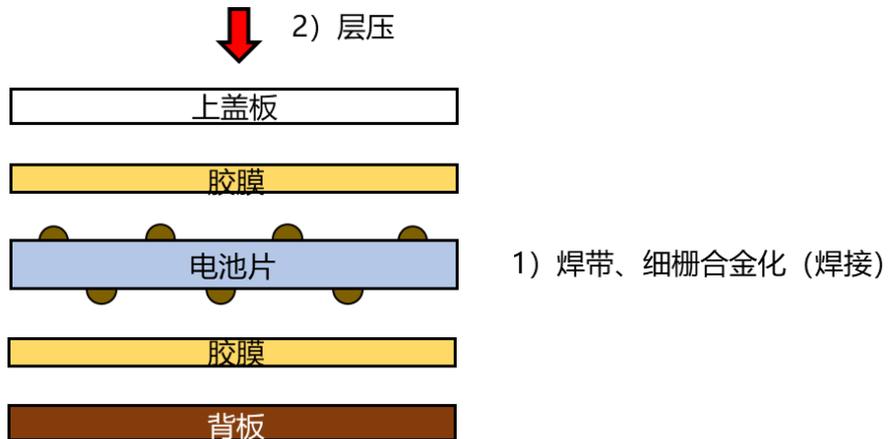
来源：中国光伏行业协会，国金证券研究所

3.2 胶膜类型多样化，材料体系和膜层设计可能性增加

传统光伏组件中，常规封装胶膜主要起三大作用：1) 在组件层压工艺中保护电池片，起到应力缓冲的作用；2) 结合电池串与封装玻璃和背板，构成组件；3) 隔绝水汽，延长电池片寿命。

OBB 光伏组件中，不同的串联工艺衍生出侧重作用不同的胶膜类型。当前市场上 OBB 胶膜的名称看似种类丰富，如一体膜、皮肤膜、承载膜等，但从其侧重的主要作用看，基本可以被总结为两种类型：1) 起连接或承载焊带的作用；2) 起粘结电池片、玻璃的作用。这两类胶膜的使用场景主要发生在焊带预设后在胶膜热压过程中完成与细栅的合金化，以及焊带与细栅合金化后通过胶膜结合电池片和玻璃的工艺中。

图表29: 合金化后，采用常规封装胶膜粘结电池片和盖板（玻璃或背板）



来源：晶科专利 CN116110980A，国金证券研究所

1) 粘结膜与常规封装胶膜体系基本一致，要求自身黏度低、流动性好，与玻璃具有良好的粘结性，多选用价格上有优势、交联速率快、成型效果好的 EVA 胶膜。根据对各家 OBB 胶膜专利的总结，粘结膜一般较厚，在百微米量级，与玻璃形成的初始粘结力约在 150N/cm 左右。

2) 承载膜与焊带连接，层压后直接接触电池片，为了防止层压过程中因胶膜流动而使焊带位移，导致焊带和细栅之间出现虚焊或者焊带变形等问题，要求承载膜具有黏度高、流动性低的基本特点。根据对各家 OBB 胶膜专利的总结，承载膜一般比粘结膜层薄，同样在百微米量级，与电池片形成的初始粘结力约在 50N/cm 左右。

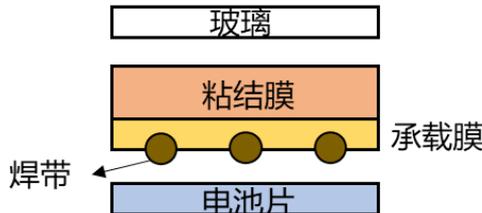
承载膜的制作可以使用除常规封装胶膜材料以外的体系，如不饱和聚合物（百佳年代专利 CN219586034U）、水性涂料等（福斯特专利 CN113707744A）；也可以采用预交联的形式（赛伍技术专利 CN117467364A），对常规胶膜进行辐照预交联，获得一定程度固化的胶膜，降低流动性。

3) 即使在所谓的一体膜中，同样也可以分为发挥上述两个作用的部分，例如鹿山新材专利 CN117025108A 中，承载膜（专利中表述为支撑层）和粘结膜（专利中表述为粘结层）进行双层共挤，热压成膜，再对承载膜一侧进行电子束辐照预交联，得到封装胶膜。

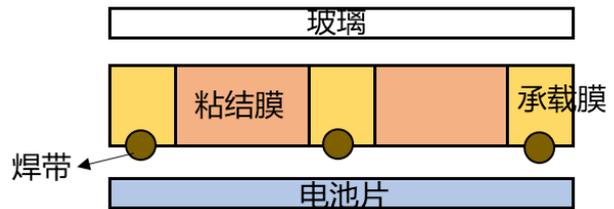


基于两类胶膜的主要作用，封装胶膜层的具体结构可以根据焊带的位置进行设计。大部分专利中，粘结膜、承载膜、焊带在玻璃和电池片之间以垂直方向进行层叠；福斯特专利 CN114864722A 中也提出了根据焊带位置水平排列的承载膜和粘结膜结构，焊带连接位置附近使用流动性低的承载膜，其他位置采用流动性高的粘结膜，防止胶膜渗入焊带和细栅间造成虚焊的同时，也可以避免不同胶膜与电池片和焊带的粘结力不同所导致的膜层分离。

图表30：承载膜连接焊带，粘结膜连接玻璃



图表31：胶膜结构可以根据焊带位置进行调整（水平排列）



来源：福斯特专利 CN113707744A，国金证券研究所

来源：福斯特专利 CN114864722A，国金证券研究所

4 相关标的及投资建议

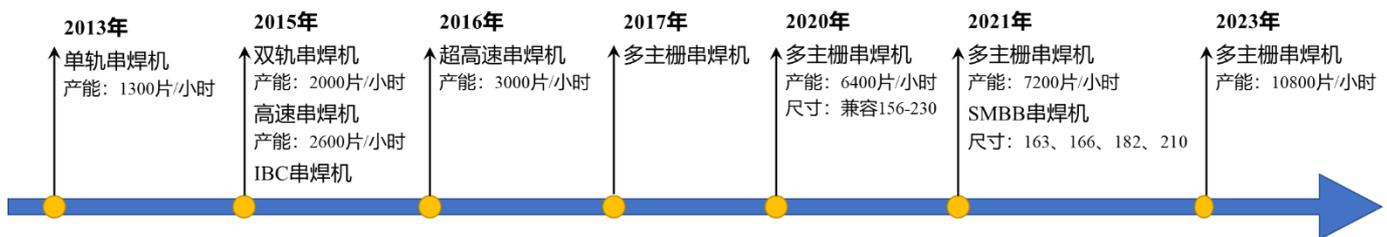
针对 OBB 工艺加速产业化所带来的投资机会，目前看主要有三个方向：方向一是可以提供 OBB 串焊设备的头部设备厂商，重点推荐奥特维、迈为股份；方向二是在 OBB 工艺方面研发及量产有望引领行业的头部组件厂商，重点推荐晶科能源、通威股份；方向三是研发实力领先，产品布局全面的辅材龙头，建议关注福斯特、宇邦新材、聚和材料。

4.1 奥特维：光伏设备平台化龙头企业，充分受益于 OBB 技术迭代

奥特维是光伏、锂电、半导体领域知名的智能装备制造厂商，集团旗下拥有奥特维智能、松瓷机电、奥特维旭睿、普乐新能源、奥特维科芯、立朵科技等子公司，光伏相关产品覆盖产业链的拉棒、硅片、电池、组件四大环节，核心产品光伏串焊机拥有强劲的市场竞争力，获得行业龙头企业客户的高度认可，市场占有率超过 70%。

过去十年，公司串焊机设备历经持续的迭代升级。据奥特维招股说明书整理及官方微信公众号报道，2013-2016 年，公司针对串焊机产能进行了重点研发，推出第一款超高速串焊机等；2017 年为适应光伏栅线技术革新，推出多主栅串焊机；2020 年为适应 182、210 等大尺寸硅片电池片，推出 156-230 全尺寸超高速串焊机。

图表32：奥特维串焊机产品迭代历程十年



来源：奥特维招股说明书，2020 年报，2021 年报，2023 年报，国金证券研究所整理

此后，公司一方面继续提高串焊机产能，据公司 2023 年报披露，最新的多主栅串焊机产品可稳定实现 10800 半片/小时；另一方面针对光伏浆料端迫切的降本需求，研发 OBB 串焊机。据奥特维官方微信公众号报道，公司自 2020 年中开始结合 PERC、TOPCon、HJT 电池预研 OBB 焊接技术，涉及多种 OBB 串焊工艺。2024 年 3 月，公司发布 TOPCon OBB 焊接量产工艺，单片电池银耗可降低 10%，组件功率提升 5W。

根据公司最新业绩情况，2023 年实现营业收入 63.02 亿元，同比+78.05%；实现归母净利润 12.56 亿元，同比+76.10%；实现净利率 19.91%，同比+0.28pct，为 2016 年以来最高水平，盈利能力持续增强。截至 2023 年 12 月 31 日，公司在手订单 132.04 亿元（含税），同比+80.33%；2023 全年新签订单 130.94 亿元（含税），同比+77.57%，新签订单屡创新高。根据公司在手订单情况及最新业务进展，我们预计公司 2024-2026 年盈利有望达 19.39/28.16/30.53 亿元，对应 EPS 为 8.65、12.57、13.63 元，当前股价（2024 年 4 月



19 日收盘价 101.02 元) 对应 PE 分别为 12/8/7 倍, 维持买入评级。

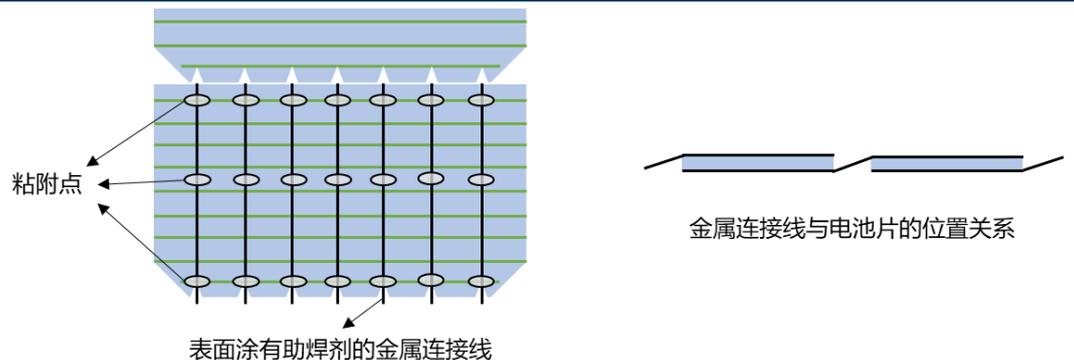
4.2 迈为股份：泛半导体领域高端装备制造商

公司成立于 2010 年 9 月成立, 是一家集机械设计、电气研制、软件开发、精密制造于一体的高端装备制造商, 面向太阳能光伏、显示、半导体三大行业, 研发、制造、销售智能化高端装备。公司立足真空、激光、精密装备三大关键技术平台, 以自主研发与技术创新实现核心设备国产化。

公司专注“焊接+点胶”方案, 电池片与金属连接线(焊带)按指定位置摆放好后, 通过红外加热初步焊接, 再在指定位置施加粘附点, 考虑到遮光面积和机械性能的平衡, 粘附点数量应适中(3-8 排), 整体工艺流程中温度应维持在 40-140°C, 焊带热应力缓慢释放, 与栅线形成稳定连接。

公司致力于异质结光伏电池降本增效技术的研发及相关设备的制造。据公司官方微信公众号报道, 2023 年 9 月, 公司与华晟新能源签订 20GW 高效异质结太阳能 NBB (None Busbar, 中文名为“无主栅”) 组件串焊设备需求订单, 首期 5.4GW NBB 串焊设备采购合同已签订, 于 2023 年底开始交付。迈为的无主栅技术, 较常规 SMBB 节省银耗 30%, 组件效率提升 1%, 采用超细超柔焊带, 可减少胶膜克重 30%, 具有 1) 过程可控, 保证可靠性; 2) 无需特殊胶膜, 成本低; 3) 焊点饱满, 组件 CTM 高; 4) 采用中温焊带, 不受热斑影响等优点。

图表 33: 迈为全资子公司迈展自动化提出“焊接+点胶”专利方案



来源: 专利 CN115224161A, 国金证券研究所绘制

4.3 晶科能源：N 型电池产能规模行业领先, 研发实力稳居行业前列

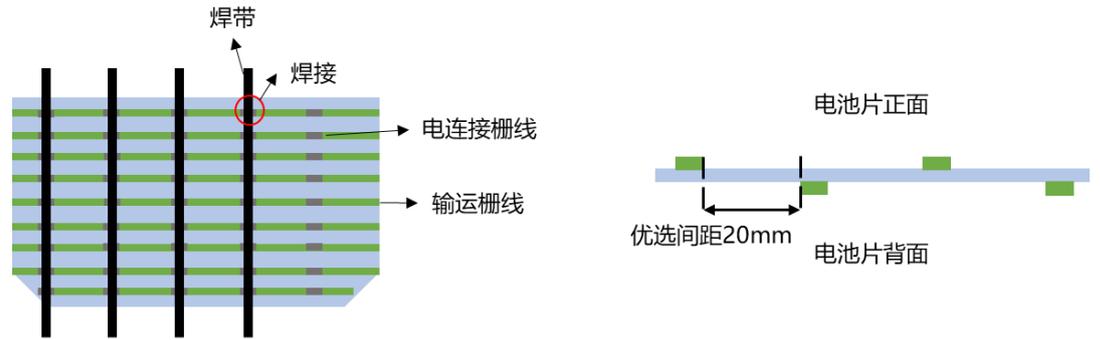
晶科能源是全球知名的太阳能科技企业, 聚焦光伏产品一体化研发制造和清洁能源整体解决方案提供, 销量领跑全球主流光伏市场, 据公司官网显示, 截至 2023 年第四季度, 公司组件出货量累计超过 210GW。公司在中国、马来西亚、越南、美国共拥有 14 个全球化生产基地, 是行业中率先建立从硅片、电池片到组件生产“垂直一体化”产能的企业之一。截至 2023 年末, 公司单晶硅片、电池、组件产能分别将达到 85GW、90GW 和 110GW, 其中 N 型产能占比将超过 75%, N 型产能规模行业领先。

据公司官方公众号, 2021 年 11 月, 公司发布 Tiger Neo N 型 TOPCon 组件及产品白皮书; 2022 年 1 月安徽一期 8GW 高效 N 型电池片下线; 同年 8 月青岛实证数据中, N 型 Tiger Neo 组件发电增益超过 P 型 13.94%。截至 2024 年 3 月, 晶科 Tiger Neo 电池转换效率高达 26.5%, 覆盖户用、工商业、地面电站等应用场景的主流版型组件效率为 23.3%-23.6%, 组件功率 465W-635W。

公司 2021 年 11 月发布无主栅技术相关专利, 在传输光生载流子的细栅上通过丝网印刷的方式布设用于焊接焊带、实现电连接的栅线段, 焊带被用于代替常规技术中的主栅线, 从而降低银浆耗量、提高产品可靠性。优选的正背面细栅在电池片法线方向上的投影的间距为 20mm, 电连接栅线和输运栅线的宽度为 200um。根据 2024 年 3 月 1 日万得公告的晶科能源投资者调研纪要内容, 目前公司在一体化各环节具备多种技术储备, 未来提效降本路线规划明确, 目前 OBB 已经按进度导入。



图表34: 晶科无主栅组件专利提出特殊细栅方案



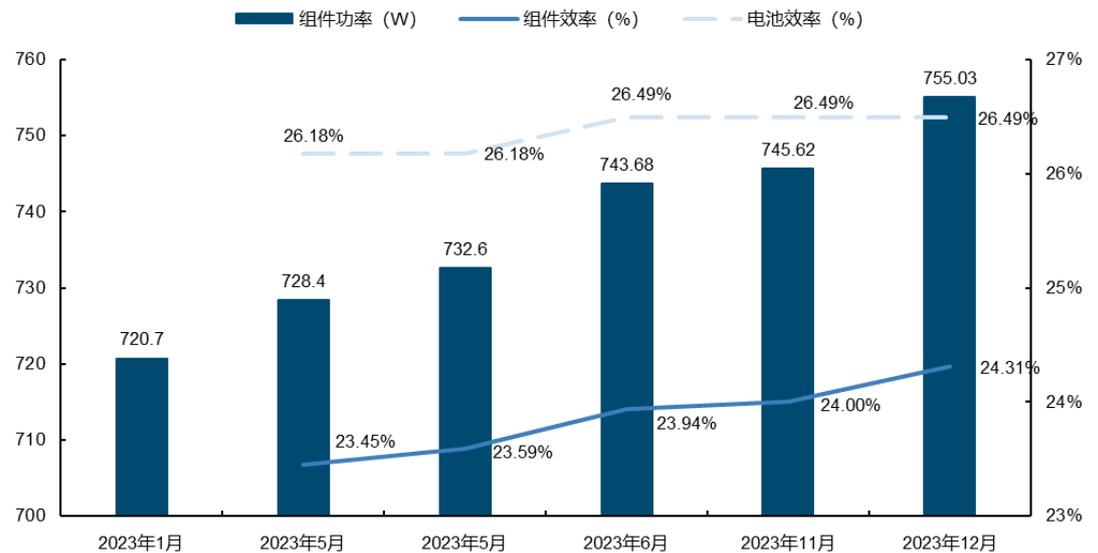
来源: 专利 CN116110980A, 国金证券研究所

4.4 通威股份: 自上而下完成一体化转型, 稳步扩张巩固竞争优势

通威股份于 2006 年进军光伏新能源产业, 历经 10 余年快速发展, 已成为拥有上游高纯晶硅生产、中游高效太阳能电池片及高效组件生产、到终端光伏电站建设与运营的光伏企业。据公司 2023 半年报披露, 公司已形成高纯晶硅年产能超 42 万吨, 太阳能电池产能达 90GW, 组件年产能 55GW。多晶硅产量、电池片出货量多年位居全球第一。

公司在技术研发、产能推进上积极顺应“N 型”趋势。据公司官方公众号报道, TOPCon 方面, 四川眉山 25GW 量产电池效率达到 26.0%, 组件功率超 585W; HJT 方面, 2022 年 7 月公司建立行业内首条双面微晶产线, 2023 年 7 月导入 OBB 技术, 同年 12 月, 通威 210-66 尺寸 HJT OBB 组件转换效率达 24.31%, 组件功率高达 755.03W, 并获得权威机构 TUV 南德认证。

图表35: 通威 HJT 组件功率持续增长



来源: 通威公众号, 国金证券研究所



5 风险提示

OBB 工艺研发进展不及预期：OBB 组件串焊精度要求高，可选路径繁多，国内厂商在技术路线上的侧重各不相同，导致研发力量分散，若 OBB 工艺研发进度缓慢，则会使得光伏组件全面导入 OBB 技术的时点延后，进而对相关公司业绩造成影响。

终端接受程度不及预期：在 OBB 组件串焊工艺中，焊带与线宽更窄的细栅连接，接触面积减小，对焊带与电池片的结合强度提出考验，若市场对 OBB 组件的可靠性存疑，则会影响 OBB 组件在终端的装机应用，进而对相关公司业绩造成影响。

行业盈利长时间承压风险：OBB 工艺的渗透需要下游组件厂商在设备端进行相应的资本开支，若光伏组件价格持续低迷，则会导致行业盈利水平承受更大压力，进而对相关公司设备订单造成影响。



行业投资评级的说明：

- 买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
- 增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；
- 中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；
- 减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。



特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于C3级(含C3级)的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海
电话：021-80234211
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn
邮编：201204
地址：上海浦东新区芳甸路1088号
紫竹国际大厦5楼

北京
电话：010-85950438
邮箱：researchbj@gjzq.com.cn
邮编：100005
地址：北京市东城区建国内大街26号
新闻大厦8层南侧

深圳
电话：0755-86695353
邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：518000
地址：深圳市福田区金田路2028号皇岗商务中心
18楼1806



【小程序】
国金证券研究服务



【公众号】
国金证券研究