

- ◆ **电池主栅持续迭代，0BB呼之欲出。** 电池栅线图从MBB/SMBB（多主栅/超多主栅）向0BB进一步发展。0BB仅保留副栅，减少金属电极使用，并降低遮光面积，提高光电转换效率：**主栅去除在组件环节用焊带替代汇集，降低银耗10%+；预计可提高组件约5W功率。**0BB量产分为覆膜、焊接点胶、点胶、Smartwire等4种方案：**覆膜方案**需新购设备+增设承载膜，工艺成熟良率高，新扩产线可快速导入；正泰ZBB组件于23年12月已实现量产出货，当前海宁基地产能1GW，预计24H1扩至6GW，优品率可达99.8%，预计量产良率达99.6%；**焊接+点胶方案**承接原有工艺，设备可改造升级；头部厂晶科能源测试基本完成，组件良率相对略低，较常规SMBB相差约1pct，但已触达量产水准，后续扩产节奏核心看设备投资成本；**Smartwire方案**工艺复杂，设备及材料成本高；**点胶方案**工艺简单，产品结合力及可靠性不足，存在焊带与电池片结合力不足、需引入新材料等问题；**量产导入方面**，头部企业已率先完成验证，各有GW级规划规划。对HJT厂而言0BB必要性充足、为量产必选；TOPCon而言符合降本增效行业趋势，渗透率逐步提升。
- ◆ **0BB经济性基本打平，规模化潜力更足。**0BB经济性基本触达，**测算成本打平SMBB**，叠加组件提效约5W+后续规模化降本，效益明显。**新扩产线情境下**两种方案皆满足要求：导入0BB后银浆降本2分、点胶增加5厘（覆膜增加3分）、焊带基本打平、设备降本4厘（串焊设备略增、丝印设备减少）；**覆膜方案**工艺成熟+可靠性高，但经济性略低；**焊接点胶**当前良率略低，但量产化经济性效益更强。考虑**存量改造情况**，设备成本发生变化，**焊接点胶**（存量改造升级成本约600-1000万/GW）经济性提升；**覆膜方案**无法改造，更适配新扩产线。随贵金属整体通胀，银价上涨降本潜力进一步提升，23年来伦敦金价上涨31%、银价上涨19%；工业用银持续增加，**若银价上涨30%、0BB可降低银价成本约2分，性价比进一步提升**；同时**规模化量产后，成本有望进一步下降**。材料端：胶膜预计可从420g+下降至380g，承载膜后续或将降价50%，降至1分+/W，0BB焊带大规模量产后或将有所让利；设备端：规模效应起量后，0BB设备有望从近3000万/GW降至2000万/GW；工艺端：量产工艺持续优化，良率有望进一步提升，降低工艺成本。
- ◆ **0BB趋势显现，各环节损益参差。**0BB趋势显现，0BB在头部企业起量后亦会向全行业推进，各环节损益参差。**电池组件**：0BB推动降本增效，头部企业享受技术先发 α 。正如SMBB在头部企业跑通后享受先发优势，0BB在头部企业起量后亦会向全行业推进。**设备**：串焊机价值量提升，丝印价值量下降；测算新增+改造需求下，3年累计串焊机市场空间约109亿，龙头随TOPCon 量产有望受益。**胶膜（覆膜方案）**：增加承载膜；胶膜龙头福斯特已实现承载膜批量出货供应。**焊带**：耗量下降但盈利能力提升；预计0BB加工费高4元/kg，带动盈利结构性提升，头部企业宇邦新材、同享科技、威腾电气有望凭借龙头优势+技术迭代提升行业份额。**胶水（点胶方案）**：新增需求，价值量提升；**银浆**：价值量下降10%，但有头部企业为提效当前选择微降银耗；银浆龙头聚和材料积极布局0BB胶水，行业内已实现批量供应，保持领先地位。
- ◆ **投资建议**：0BB技术的研发及量产符合行业发展方向，可以带来更高的电池效率、更低的银耗、更细的焊带等。技术渗透率提升后反映在各环节损益呈现参差，**推荐设备更替受益的串焊机龙头奥特维（机械组覆盖），技术渗透率提升后盈利改善的焊带（宇邦新材、同享科技，建议关注威腾电气）；增加承载膜价值的胶膜龙头福斯特；新增胶水价值量（聚和材料等）；以及先发导入、享受技术成本 α 的头部电池组件（晶科能源、阿特斯、晶澳科技、天合光能、隆基绿能等，建议关注正泰新能（未上市）。**
- ◆ **风险提示**：竞争加剧、政策超预期变化、电网消纳问题限制、可再生能源装机不及预期、原材料供应不足等。



■ 电池主栅持续迭代，**OBB**呼之欲出

■ 经济性基本打平，规模化潜力更足

■ 产业链：**OBB**趋势显现，各环节损益参差

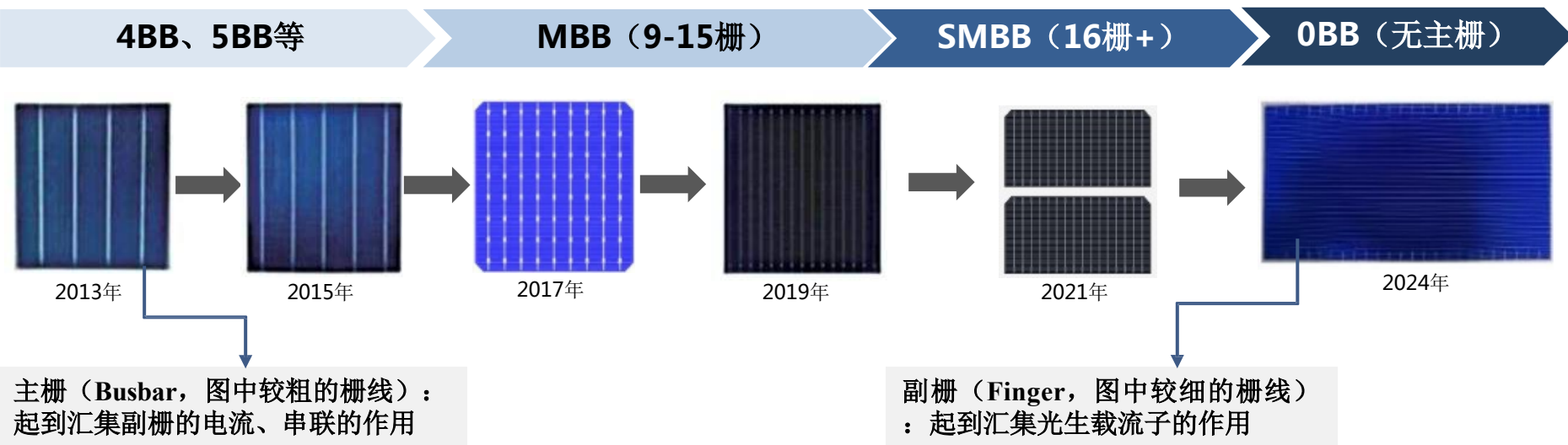
■ 投资建议与风险提示

电池主栅持续迭代，**0BB**呼之欲出

1 OBB: 电池主栅持续迭代, OBB呼之欲出

- ◆ 栅线图形从**MBB**（多主栅）向**SMBB**（超多主栅）发展，**OBB**为进一步升级。传统的太阳能电池组件在金属电极部分包含主栅和副栅（细栅），其中主栅用于汇流和串联副栅电流，副栅则用于收集光生载流子。**OBB技术取消了主栅，仅保留副栅，从而减少了金属电极的使用，降低了遮光面积，提高了光电转换效率。**
- ◆ 主栅用于汇集电流、可用焊带替代，去除后降银增效。**1）主栅（Busbar）主要由银浆制成，起到汇集副栅电流的作用，可去除后在组件环节用焊带替代汇集，直接降低银耗10%+、推动电池降本。****2）遮光更少、接触更优，提高整体组件效率。**①**OBB焊带更细，整体遮光面积更小，光学增益提高组件效率；**②**同时焊带汇集电流截面体积更大、接触电阻小，效率仍有增益；预计可提高组件5W+功率。**

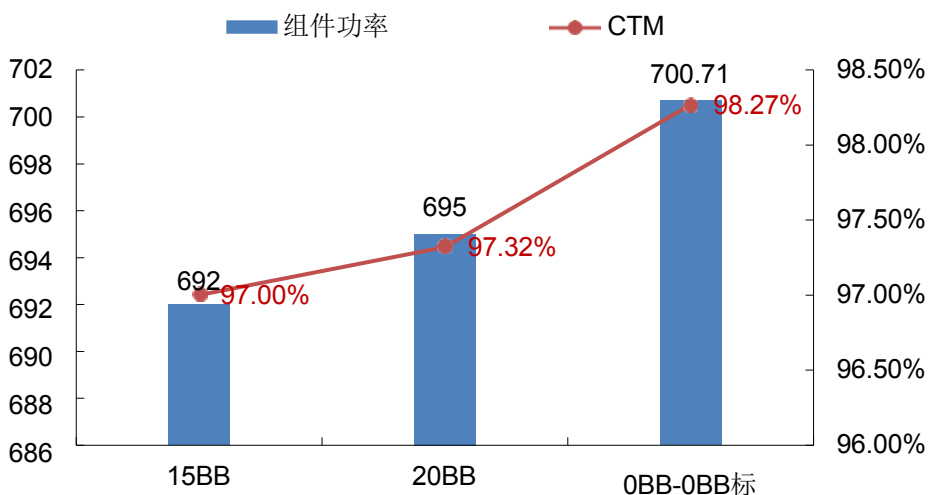
图表：电池栅线示意图（上）及电池主栅由**MBB**向**SMBB**及**OBB**发展趋势（下）



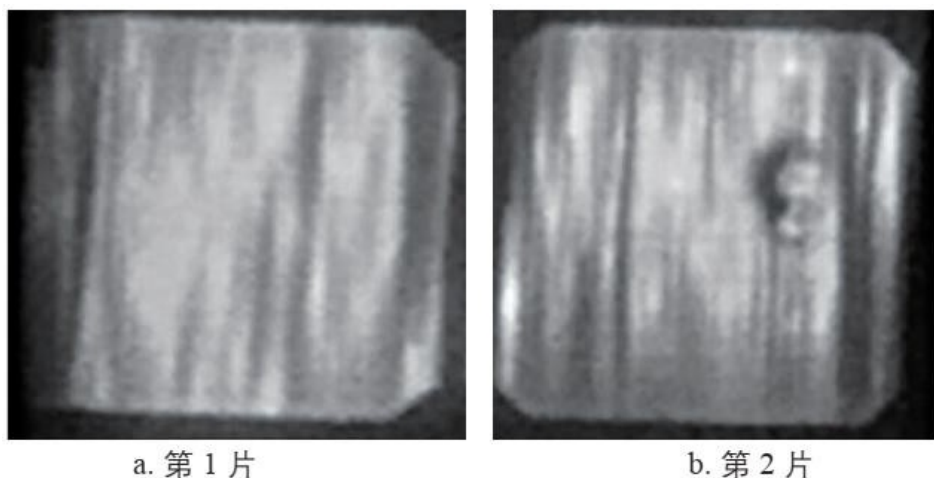
2 OBB: 降本增效下工艺复杂度提升, 需权衡稳定性及成本效益

- ◆ **OBB技术优势包括降低生产成本、提高功率、提高良品率等。**
 - 1) 降低生产成本:** OBB技术可以降低银浆耗量, 可以大幅降低生产成本。相较3BB电池, OBB电池单片银浆耗量从0.14mg降低到0.07mg, 降低约50%。
 - 2) 提高功率:** OBB技术在增加电池受光面积的同时, 通过增加主栅/金属丝数量, 缩短电流传输路径, 减小串联电阻, 提高组件功率。同时采用圆形金属丝封装技术可以利用光的二次反射, 进一步提高组件效率。
 - 3) 部分方案提高良品率:** OBB电池电流传导途径密集, 当遇到断栅或隐裂现象时对电流收集影响程度小, 组件封装损失显著降低, 性能更可靠。
- ◆ **OBB技术也存在工艺复杂、稳定性不足、成本效益平衡等问题。**
 - 1) 工艺复杂:** OBB电池取消主栅且背面只有背电场或分段电极, 这一过程可能增加电池串接和组件封装的工艺复杂性, 且对原辅材也有更高要求, 可能会增加工艺复杂性。
 - 2) 稳定性不足:** 电池片焊接、层压后EL检测四周微暗, 电池边缘与铜丝结合力不足。
 - 3) 成本效益平衡:** OBB技术无法采用常规串焊设备, 且需要增加胶水和绝缘材料, 实际应用中需平衡材料成本、设备投资和生产效益等因素。

图表: OBB技术可以提高组件功率和良品率



图表: 焊接层压后电池边缘与铜丝结合力不足

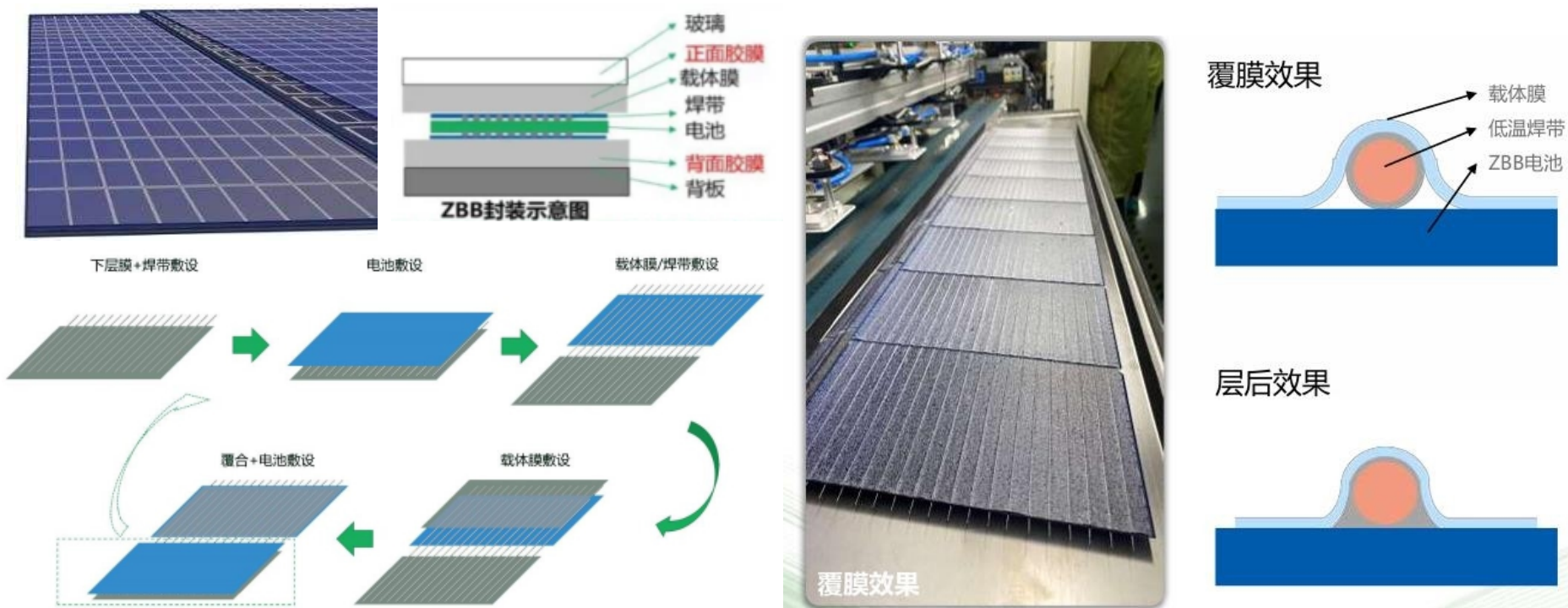


方案	覆膜IFC	SmartWire	点胶/印胶	焊接+点胶
图示				
工艺方法简述	低温预焊接+覆膜固定，通过层压实现焊接金属化	先实现焊带与薄膜固定，然后通过薄膜预粘接串联电池，并通过层压实现焊接合金化	在电池副栅线间点胶，通过胶点实现焊带与电池栅线连接，并通过层压实现焊接合金化	减小焊点，通过高温焊接将焊带固定到电池，通过胶点进一步加固
优势	<ol style="list-style-type: none"> 1) 低温工艺无焊接应力 2) 焊带与电池贴合力度高 3) 电池单耗及材料下降空间大 4) 工艺简单 5) 兼容未来新技术 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 低温工艺无焊接应力 2) 焊带与电池贴合力度高 3) 电池单耗及材料下降空间大 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 低温工艺无焊接应力 2) 电池单耗及材料下降空间大 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 常规设备可升级 2) 保持高温焊接，技术接受度高
劣势	引入载体膜，前期成本高	<ol style="list-style-type: none"> 1) 工艺复杂 2) 设备成本高 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 电池与焊带无法形成直接紧密贴合 2) 引入载体膜或者低流动胶膜 3) 引入新的材料体系(胶水)，材料耐候性未知 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 极小焊点+高温焊接潜在应力风险高 2) 引入新的材料体系(胶水)，材料耐候性未知
胶膜需求	皮肤膜+封装胶膜	承载膜(钢丝复合膜)+封装胶膜	皮肤膜+封装胶膜一体膜(常规胶膜改性处理)/PVB	常规封装胶膜
设备迭代	薄膜互联设备替换常规串焊设备	SWCT铺膜设备替换常规串焊设备	组件环节: 新增UV丝网印刷机 薄膜互联设备替换常规串焊设备	组件环节: OBB串焊机替换常规串焊设备, 新增点胶装置
设备厂商				
应用厂商				

3 覆膜方案：需新购设备+增设承载膜，以膜实现低温互联

- ◆ 以承载膜实现焊带+电池互联，低温层压实现二次封装。ZBB技术（IFC一体化覆膜）通过低温低流动性承载膜，将低温焊带紧密贴合在每根横向细栅线上；再通过低温层压工艺实现二次封装，以实现传统焊接工艺一致，甚至更优的互联封装效果。
- ◆ 较传统焊接变化较大+增设载体膜，需新购设备、新产线性价比更高。覆膜方案用高分子膜代替传统焊接，固定焊带与电池片，与传统pad点焊接方式变化较大、原有设备兼容性低；同时增设高分子膜填充在叠片电池之间，起到缓冲作用。

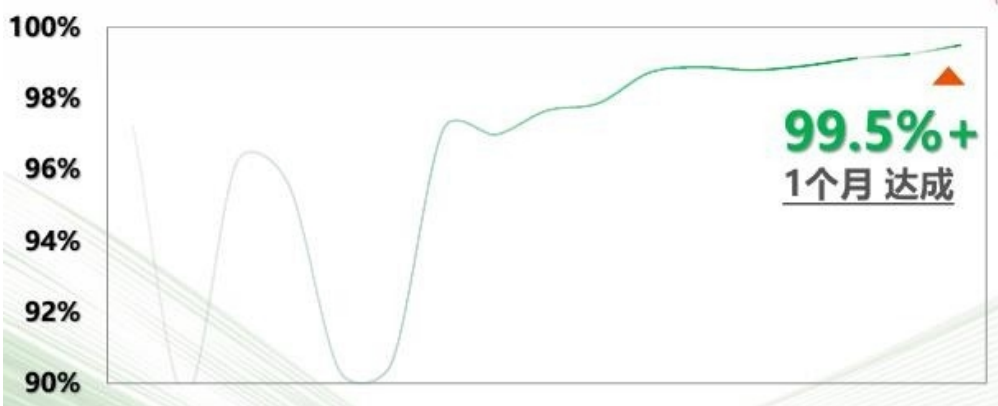
图表：覆膜方案工艺步骤及覆膜层压后效果



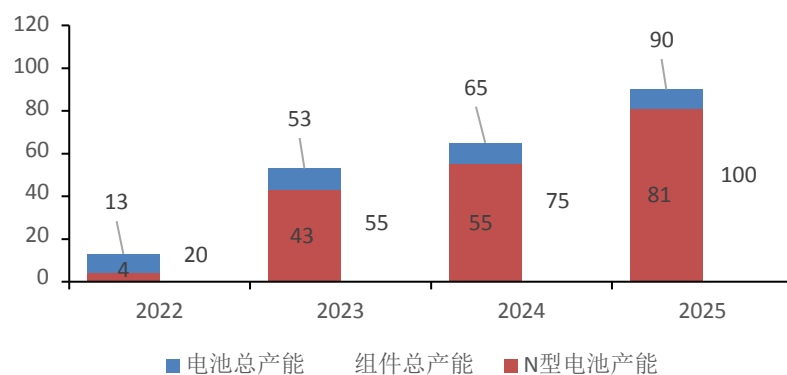
3 覆膜方案：工艺成熟良率高，新扩产线可快速导入

- ◆ 覆膜方案工艺成熟、良率高，快速导入量产。**1) 工艺成熟、新产能可快速导入：**技术已完全成熟，正泰ZBB-TOPCon组件于23年12月已实现量产出货；当前海宁基地产能1GW，预计24H1扩至6GW；**2) 良率更高、工艺优势明显：**正泰ZBB优品率可达**99.8%**，得益于低温工艺技术、焊接温度下降70%，碎片率0.3%以内，且在薄硅片优势更明显；预计量产良率达99.6%，工艺优势明显。

图表：正泰ZBB工艺良率进展迅速



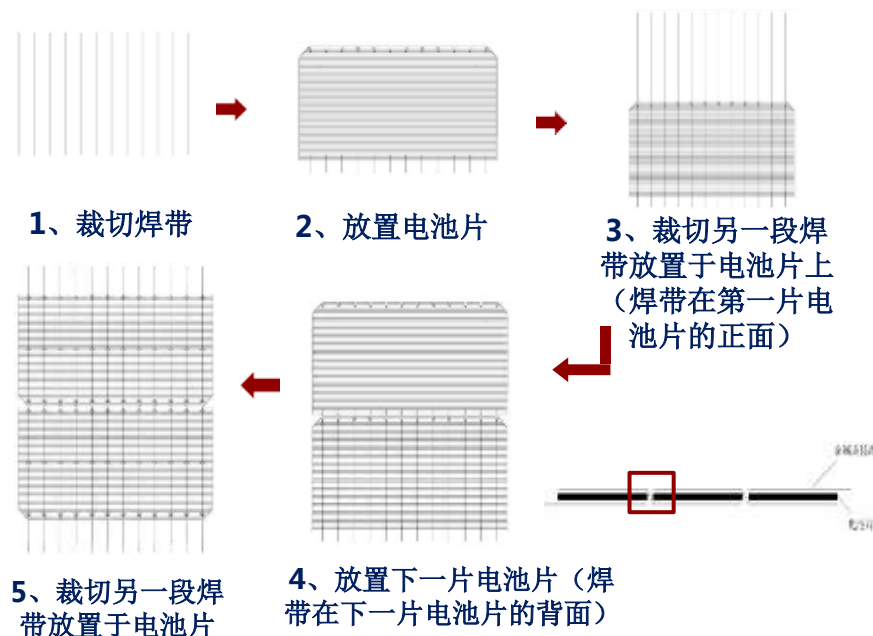
图表：正泰N-TOPCon电池组件产能布局（GW）



4 焊接+点胶：承接原有工艺，设备可改造升级

- ◆ **承接传统串焊方式，原有设备可改造升级。**减小焊点、保留首尾pad点焊接，通过高温焊接将焊带固定到电池；再通过胶点进一步将焊带加固在电池上。工艺步骤可分为三步：1) 焊接：通过红外加热使得焊带表面合金熔化并与电池片表面及细栅完成初步连接；**2) 点胶：**在焊接好的电池片-焊带的指定位置施加粘附点，根据遮光面积和机械性能需要，粘附点数量3-8排；**3) 固化：**将电池串正面粘附点固化，将电池串保持一定温度条件下进行翻转，并在电池串背部施加粘附点，同时固化形成电池串。
- ◆ **结合力强+无需引入承载膜，但易断栅、良率低。**焊接点胶方案需要先焊接预固定，再通过点胶加固。因此该方案的优点在于焊带和电池片的结合力足，不易脱栅，缺点在于焊接过程中容易导致断栅，对点胶精度要求高，难度大、速度慢。**若原有设备改造，则串焊速度亦有一定下降。**

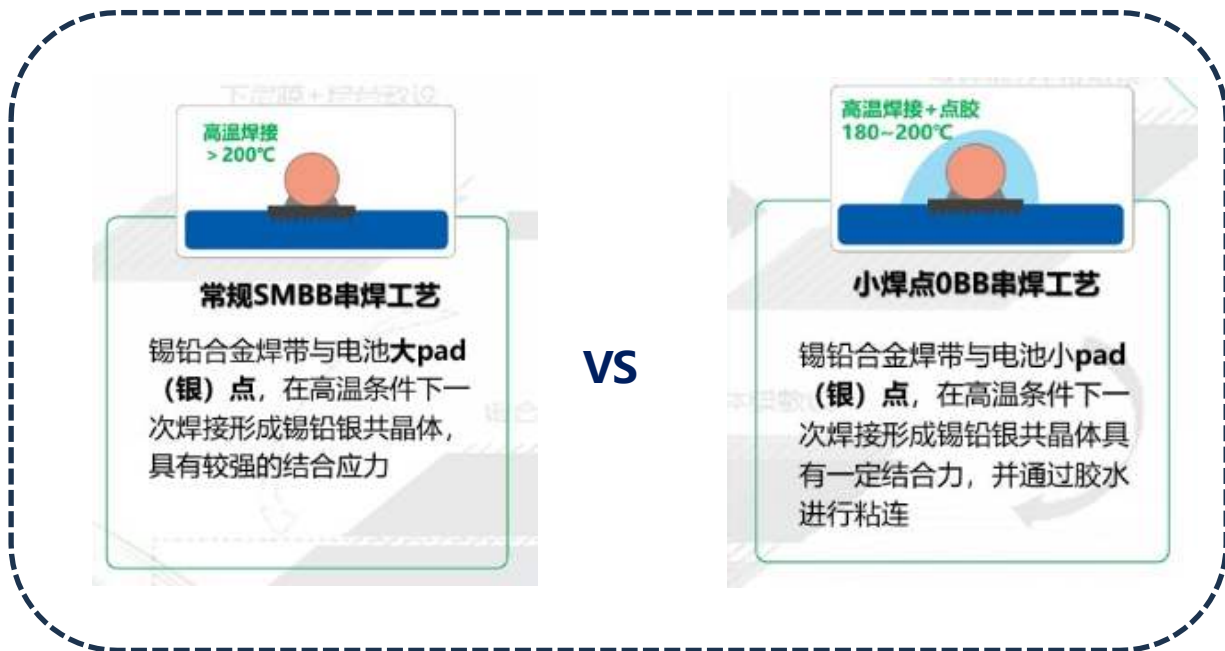
图表：焊接点胶工艺流程及摆串方式



4 焊接+点胶：头部测试基本完成，良率略低但已达量产水平

- ◆ 改进导入阶段，大厂带队持续推动。TOPCon龙头晶科能源尝试导入焊接+点胶方案0BB，并联合串焊机设备厂奥特维持续进行技术改进。当前具备GW级产能，预计后续Q2导入6GW、并逐步启动进一步规模化量产。
- ◆ 当前良率偏低，持续改进有望加速导入。焊接+点胶方案承接原有SMBB串焊工艺，可在原设备上升级改造，改造成本低+可利用存量产能，对原有SMBB产能更友好。焊接点胶方案组件良率相对略低，较常规SMBB相差约1pct，但已触达量产水准，后续扩产节奏核心看设备投资成本。

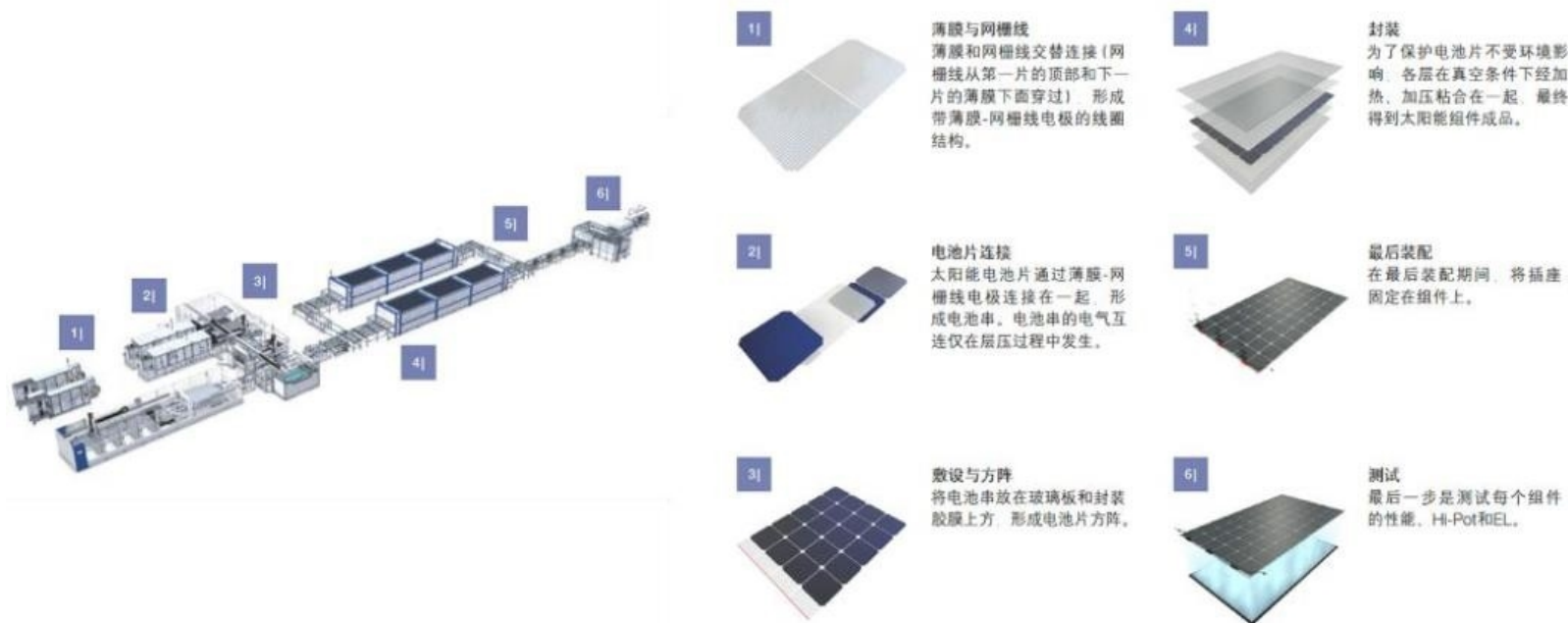
图表：TOPCon组件SMBB与焊接点胶0BB工艺对比



5 Smartwire: 工艺复杂, 设备及材料成本高

- ◆ **通过层压实现焊接合金化。**先实现焊带与薄膜固定, 然后通过薄膜预粘接串联电池, 并通过层压实现焊接合金化。SWCT技术主要包含两个方面: 1) 实现太阳能电池片的机械和电气连接, 形成电池串; 2) 对电池串进行封装, 将电池串放在玻璃板和封装胶膜上方形成电池片方阵, 并在真空条件下加压、加热粘合, 实现电极与细栅的稳定电接触。
- ◆ **降低银耗+提升组件效率, 但是存在工艺复杂、材料设备成本高等问题。**SWCT采用细网栅线和密集的矩阵式连接不仅降低了电阻损失还减少了太阳能电池片表面被遮盖的面积, 有效提升组件功率; 不使用主栅可以显著降低银耗。但同时因为需要膜线复合、定位预压等工艺替代传统串焊环节, 增加工艺复杂程度; 虽然降低银耗, 但是需要增加承载膜, 并且用铺膜设备替换传统串焊机, 影响材料及设备成本。

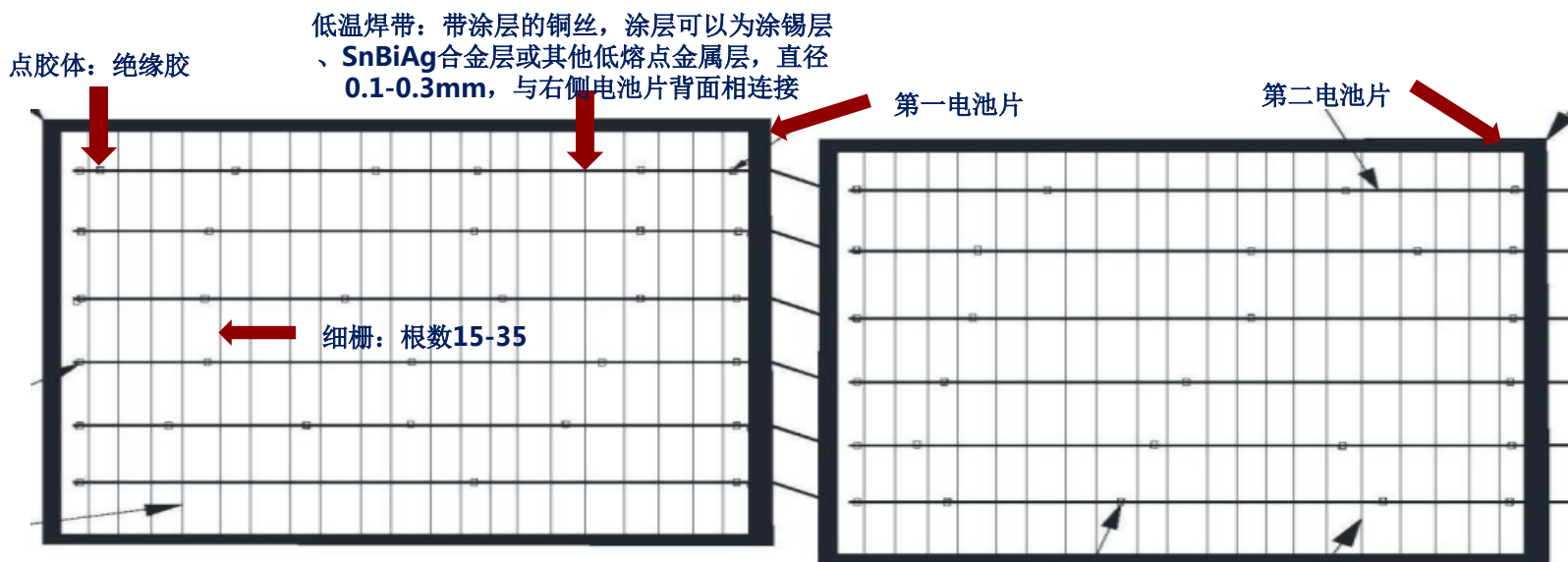
图表: Smartwire工艺流程



6 点胶：方案简单，产品结合力及可靠性不足

- ◆ 点胶方案主要包含预施胶、布线、加固、固化、层压合金化等步骤。在电池副栅线间点胶，通过胶点实现焊带与电池栅线连接，并通过层压实现焊接合金化。点胶方案流程大致分为四步：1) 点胶：在电池片正面和背面的固定位置预施胶；2) 布线：沿着垂直于每个电池片表面的细栅线的方向均匀间隔布置多条焊带，与细栅线垂直；3) 固化：通过热固化、UV固化或者光固化方式对胶结构进行固化，使得胶结构更牢固的粘在电池片表面和焊带外侧；4) 层压：对电池组件进行加热层压及封装。
- ◆ 该方案设备简单、低温工艺，但存在焊带与电池片结合力不足、需引入新材料等问题。点胶方案加工温度在140-150°C，对电池产生的热机械应力较小。点胶不能有效将焊带与电池片结合，仍需经过层压才能完成焊接合金化，故层压后才能确定是否存在EL不良，影响组件端良率。同时需要引入皮肤膜或一体膜和UV胶或热固胶，增加新材料后材料耐候性待验证。同时新增加皮肤膜后，常规封装胶膜需要进行改性处理，工艺需要进行优化。

图表：点胶连接电池串结构示意图



1 导入进展：头部率先完成验证，量产导入拾级而上

- ◆ 多家厂商布局导入**0BB**技术，部分企业已量产。**HJT**：**0BB**为降本导入的胜负手。东方日升5GW点胶法制异质结**0BB**电池已量产，预计在24Q2新增0.5GW；**TOPCon**：符合降本增效行业趋势。23年5月，正泰新能在SNEC中发布了搭载低应力无主栅技术的**TOPCon 3.0**产品，并且已实现1GW量产，计划在24年上半年新增5GW产能；晶科1GW量产产线完成，后续扩产计划视设备商务洽谈结果。

图表：主要厂家**0BB**进展和布局

企业	电池技术	技术方案	设备供应	进展和规划
晶科	TOPCon	焊接点胶-UV固化	奥特维	验证通过，24Q1新增1GW 后续量产进度视设备商务洽谈结果。
		覆膜IFC	小牛	方案验证
天合	TOPCon	焊接点胶-UV固化	设备改造	方案验证
	HJT	覆膜IFC	小牛	方案验证
东方日升	HJT	点胶-UV固化	光远为主 奥特维/小牛	5GW已量产
		覆膜IFC	小牛	24Q2新增0.5GW
通威	HJT	覆膜IFC	小牛	方案验证中，规划2.6GW
		焊接点胶-UV固化	迈为	
		点胶-热固 点胶-UV固化	奥特维 光远	
正泰	TOPCon	覆膜IFC	小牛	1GWW已量产 计划24H1再新增5GW
华晟	HJT	焊接点胶-UV固化	迈为	合肥5.4GW项目中2GW已开始批量测试 后续规划全面推广，20GW+
一道	TOPCon	点胶-UV固化	奥特维	方案验证

经济性基本打平，规模化潜力更足

TOPCon-0BB经济性测算对比表—新扩产线*

TOPCon 182电池片	SMBB	0BB-覆膜方案	0BB-焊接点胶
	16BB (当前主流)	小批量产	小批量产
电池片功率 (W)	8.06	8.13	8.13
72-182版型组件功率	580	585	585
浆料 (纯银浆)			
单片耗量 (mg/片)	100	85	85
单W耗量 (mg/W)	12	10	10
银浆价格 (元/kg)	8100	8100	8100
银浆单W成本 (元/W)	0.10	0.08	0.08
0BB相较16BB单W银浆成本变化 (元/W)		-0.02	-0.02
热固胶水			
胶水单W成本 (元/W) ⑦	0.0	0.0	0.005
0BB胶水成本变化 (元/W)		0.00	0.005
承载膜			
承载膜价格 (元/平)	0	3.5	
承载膜单耗 (W/平)	100	100	
承载膜单W成本 (元/W)	0.00	0.035	
承载膜成本变化 (元/W)		0.035	0.00
焊带			
焊带价格 (元/吨)	91000	95000	95000
--焊带毛利率 (%)	11%	15%	15%
--焊带加工费 (元/kg)	10	14	14
焊带耗量 (吨/GW)	400	380	380
焊带价值量 (万元/GW)	3640	3610	3610
焊带单W成本 (元/W)	0.036	0.036	0.036
焊带成本变化		0.000	0.000
良率			
良率	99.5%	99.5%	98.5%
良率成本变化 (元/W)		0.00	0.01
运营成本合计			
运营成本 (元/W)	0.11	0.14	0.11
运营成本变化 (元/W)	0.000	0.02	-0.01
设备			
丝印设备价值量 (亿元/GW)	0.4	0.2	0.2
串焊机价值量 (亿元/GW)	0.2	0.27	0.27
丝印+串焊机价值量合计 (亿元/GW)	0.6	0.47	0.47
BB相较SMBB设备价值量变化 (亿元/GW)		-0.13	-0.13
折旧年限	3	3	3
0BB设备成本变化 (元/W)		-0.004	-0.004
整体成本变化	基准	0.015	-0.015

- ◆ 成本基本打平，考虑效率溢价及降本潜力，技术经济性基本触达！以新扩产线进行测算，较当前主流SMBB相比，0BB主要带动的成本变动有：**1）银浆成本下降**：TOPCon银浆耗量可下降10%+，对应降本2分；**2）胶水成本增加（点胶方案）**：0BB点胶方案需增加胶水（热固胶），测算成本增加约5厘；**3）封装方案增加承载膜（覆膜方案）**：当前承载膜约3-3.5元/平（100克重），对用成本增加约3分；**4）焊带成本变动**：耗量下降，价格提升，测算成本基本打平；**5）设备成本**：串焊机成本提升，传统的SMBB串焊机约2000万/GW，0BB串焊机约3000万/GW，未来有望下降。但去除主栅后丝印设备下降（减正背主栅2道），设备价值量由4000万/GW下降至2000万/GW；**测算0BB成本基本打平SMBB，考虑组件提效约5W，效益增量明显。**
- ◆ 覆膜方案工艺成熟+可靠性高，但经济性略低；焊接点胶当前良率略低，但量产化经济性效益更强。两种方案皆满足新扩产线要求。

TOPCon-0BB经济性测算对比表—存量改造*

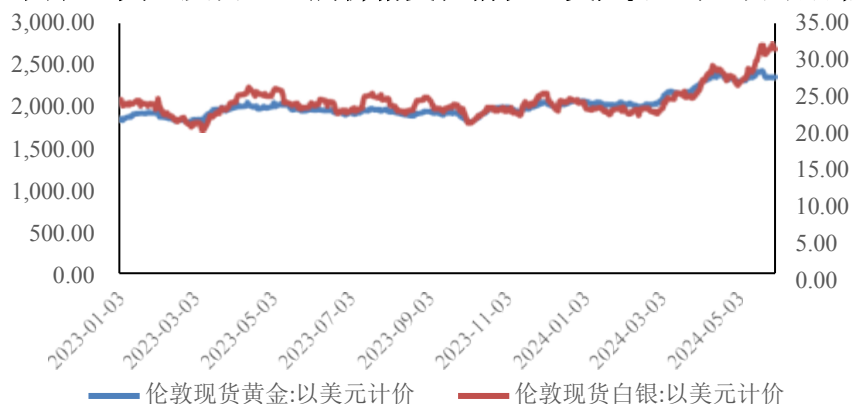
TOPCon 182电池片	SMBB	0BB-覆膜方案	0BB-焊接点胶
	16BB (当前主流)	小批量产	小批量产
电池片功率 (W)	8.06	8.13	8.13
72-182版型组件功率	580	585	585
浆料 (纯银浆)			
单片耗量 (mg/片)	100	85	85
单W耗量 (mg/W)	12	10	10
银浆价格 (元/kg)	8100	8100	8100
银浆单W成本 (元/W)	0.10	0.08	0.08
0BB相较16BB单W银浆成本变化 (元/W)		-0.02	-0.02
热固胶水			
胶水单W成本 (元/W) ⑦	0.0	0.0	0.005
0BB胶水成本变化 (元/W)		0.00	0.005
承载膜			
承载膜价格 (元/平)	0	3.5	
承载膜单耗 (W/平)	100	100	
承载膜单W成本 (元/W)	0.00	0.035	
承载膜成本变化 (元/W)		0.035	0.00
焊带			
焊带价格 (元/吨)	91000	95000	95000
--焊带毛利率 (%)	11%	15%	15%
--焊带加工费 (元/kg)	10	14	14
焊带耗量 (吨/GW)	400	380	380
焊带价值量 (万元/GW)	3640	3610	3610
焊带单W成本 (元/W)	0.036	0.036	0.036
焊带成本变化		0.000	0.000
良率			
良率	99.5%	99.5%	98.5%
良率成本变化 (元/W)		0.00	0.01
运营成本合计			
运营成本 (元/W)	0.11	0.14	0.11
运营成本变化 (元/W)	0.000	0.02	-0.01
设备			
串焊机价值量 (亿元/GW)		0.27	0.07
折旧年限	3	3	3
0BB设备成本变化 (元/W)		0.009	0.002
整体成本变化	基准	0.028	-0.009

- ◆ 存量改造情况下，焊接点胶经济性提升！覆膜方案无法改造，更适配新扩产线。以存量改造情况进行测算，较新扩产线方案相比，主要**设备成本**发生变化：焊接点胶方案可以进行存量设备改造升级，预计成本约600-1000万/GW；覆膜方案无法进行存量升级，新购设备成本2000-3000万/GW，整体成本抬升，经济性略有下降，更适配新扩产线情景。

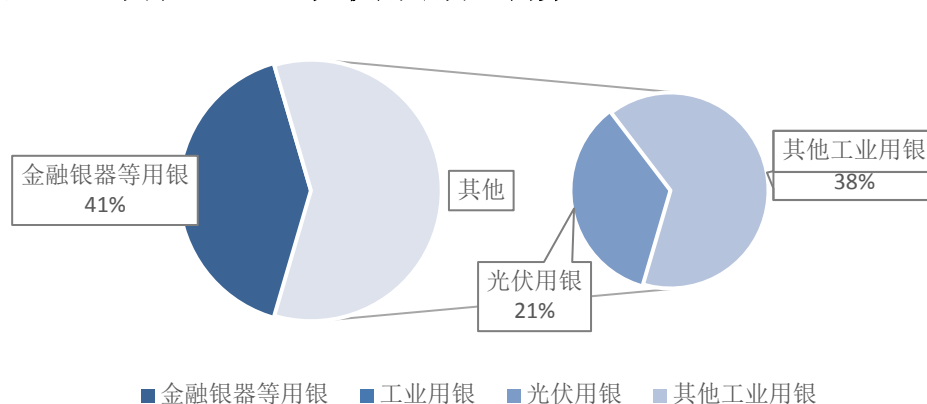
3 贵金属整体通胀，银价上涨降本潜力进一步提升

- ◆ 贵金属进入上涨通道，23年来伦敦金价上涨31%、银价上涨19%。贵金属价格持续上涨，23年来伦敦金价上涨30%、银价上涨31%；24年加速向上；工业用银持续增加，助推银价上涨。23年白银年产量约3.1万吨/需求量约3.7万吨，其中金融投资需求等约1.7万吨；工业用银需求约2万吨，其中光伏约占6000吨，预计24年光伏用银7500-8000吨，光伏用银持续提升，或助推银价上涨。
- ◆ 银价上涨OBB经济性提升，降本潜力更高。随光伏用银占比提升+全球贵金属价格上涨，预计银价或持续上涨，增加光伏银价成本。在银价上涨情境下测算，若银价上涨30%、OBB可降低银价成本约2分，性价比进一步提升。

图表：黄金及白金金属价格变化情况（美元/盎司，白银右轴）



图表：2024E光伏用银占比测算



银价上涨对 OBB银浆降本弹性 测算

	SMBB-当前银价	OBB-当前银价	OBB-银价上涨10%	OBB-银价上涨20%	OBB-银价上涨30%
TOPCon 182电池片					
电池片功率① (W)	8.06	8.13	8.13	8.13	8.13
单片耗量 (mg/片)	100	85	85	85	85
单W耗量 (mg/W)	12	10	10	10	10
银浆价格 (元/kg)	8100	8100	8910	9720	10530
银浆单W成本 (元/W)	0.100	0.085	0.093	0.102	0.110
OBB相较16BB单W银浆成本变化 (元/W)		-0.016	-0.017	-0.019	-0.020

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/205010122332011232>