

行业研究 | 行业深度研究 | 光伏设备

叠栅：SMBB、OBB 下一代降银增效技术解析



| 报告要点

OBB（无主栅）是 SMBB 技术的升级，而叠栅可理解为更极致的 OBB。叠栅利用“种子层+导电丝”取代“副栅+主栅”，可降低 75% 的银浆，未来甚至可以完全不用银；三角导电丝具有超高表面反射率，实现遮光率小于 1%，因此叠栅相较 TOPCon SMBB 可提高组件功率。叠栅降本空间比 OBB 更大，但是目前叠栅良率不及 OBB，仍需进一步提升，而导电丝的对准问题是目前良率提升的掣肘。2024 年 8 月通威-晶盛-时创达成战略合作，拟共同推动叠栅组件技术发展及量产，我们建议持续关注后续量产数据。

| 分析师及联系人



刘晓旭



蒙维涵

SAC: S0590524040006

光伏设备

叠栅：SMBB、OBB 下一代降银增效技术解析

投资建议： 强于大市（维持）
上次建议： 强于大市

相对大盘走势



相关报告

- 1、《光伏设备：通威大产能 HJT 首片流片，大厂扩产有望提速》2024.06.07
- 2、《光伏设备：政策加码引导光伏高质量发展，持续看好龙头设备商》2024.05.30



扫码查看更多

➤ OBB 是 SMBB 技术的升级，而叠栅可理解为更极致的 OBB

随着电池技术发展，栅线图形由 4BB、5BB、MBB 发展到 SMBB（多主栅），OBB（无主栅）是 SMBB 技术的升级，取消了主栅但留有副栅；而叠栅是可理解为更极致的 OBB，主栅+副栅完全被取代。“叠栅”为上下两层结构，下面一层为少量银浆形成的导电种子层（薄层无高宽比要求因此用量少），上面一层为极细三角导电丝（铜），从而形成“叠栅”，其独特的栅线结构进一步打开电极金属化环节的降本增效空间。

➤ 优势：电流无需水平传导而降本，导电丝高反射率而增效

（1）降本：叠栅电流收集路径：电池表面→导电种子层→导电丝，利用“种子层+导电丝”取代“副栅+主栅”，电流无需水平传导，仅需短距离垂直传导，因此种子层不需要传统主副栅的高宽比，仅需很薄种子层形成隧穿，从而大幅降低银耗。目前时创能源的叠栅可降低 75% 的银浆，未来甚至可以完全不用银。（2）增效：三角导电丝具有超高表面反射率，遮光率可降低至 1% 以下（OBB 约 2.5%，SMBB 约 3%），相较 TOPCon SMBB，叠栅可提高组件功率 25-30W 以上。

➤ 难点：导电丝对准种子层难度大，良率仍需进一步提升

叠栅难点来源于两方面：一方面是如何将导电丝与种子层对准，另一方面是如何保证三角导电丝在焊接过程中不倾斜或者翻转（保持直立）。前者考验精准配位问题，后者考验导电丝的收丝、放丝、焊接。我们认为（1）对准：可以借鉴时创“等间距排列的带真空吸附的三角凹槽”；（2）收丝&放丝：可以借鉴时创“稳定控制张力的收放线装置”；（3）焊接直立：可以借鉴时创“新型绕线焊接方式+导电丝焊锡提前加热”。目前时创叠栅已经 0 到 1 突破，但量产良率仍需进一步提升。

➤ 进展：OBB 已实现成熟量产，叠栅仍在良率爬坡阶段

叠栅为更极致的 OBB，可以实现更显著的降本。根据我们测算，在叠栅与 SMBB、OBB 同一良率的前提下，小批量量产阶段，叠栅比 SMBB 节省成本约 6 分/W，比 OBB 节省成本约 3.8 分/W；大批量量产阶段，叠栅比 SMBB 节省成本约 12 分/W，比 OBB 节省成本约 8.7 分/W。目前 SMBB 是成熟的主流组件技术，OBB 也已经获得 10GW+ 量产订单，量产良率已经获得头部厂商的验证和认可。而目前叠栅正在量产突破阶段，我们建议持续跟踪新技术的量产催化节点的相关数据。

➤ 投资建议：关注率先布局叠栅技术的龙头企业

2024 年 8 月通威-晶盛-时创达成战略合作，其中时创提供三角导电丝+叠栅专利技术，晶盛提供叠栅串焊设备，通威负责量产生产；三方拟共同推动叠栅组件技术产业化，我们建议持续关注后续量产数据，建议关注晶盛机电、时创能源。

风险提示：下游需求不及预期；叠栅良率不及预期；技术迭代的风险。

正文目录

1.	OBB 是 SMBB 技术的升级，叠栅可理解为更极致的 OBB.....	4
1.1	OBB 无主栅有副栅，叠栅无主栅无副栅.....	4
2.	优势：电流无需水平传导而降本，导电丝高反射率而增效.....	5
2.1	降本：电流无需水平传导，铜替换银存在空间.....	5
2.2	增效：导电丝超高反射率，遮光率低至 1%以下.....	6
3.	难点：导电丝对准难度大，良率需进一步提升.....	7
3.1	种子层：虚线状金属种子层，丝网印刷成本低.....	7
3.2	导电丝：反光涂层高反射率，底部可低温焊接.....	8
3.3	焊接：导电丝对准难度大，且导电丝不能倾斜.....	9
3.4	工艺升级：叠栅+双面 POLO 可进一步降本增效.....	11
4.	进展：OBB 已实现成熟量产，叠栅仍待良率提升.....	12
4.1	成本对比：叠栅比 OBB 更具成本优势，但良率是掣肘.....	12
4.2	叠栅进展：通威-晶盛-时创战略合作，推动叠栅量产.....	14
5.	投资建议：关注率先布局叠栅技术龙头企业.....	15
5.1	时创能源：独创三角导电丝，提供叠栅专利技术.....	15
5.2	晶盛机电：研发能力优异，配合时创开发叠栅设备.....	16
6.	风险提示.....	18

图表目录

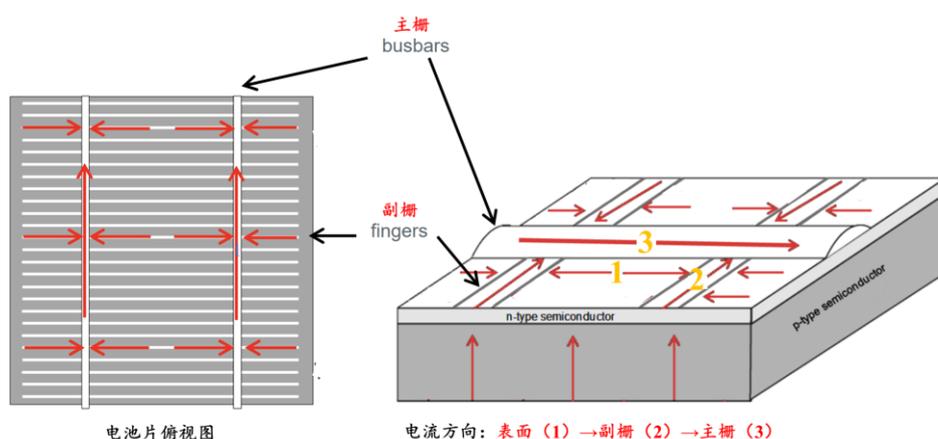
图表 1:	光伏电池一般通过主栅和副栅汇集电流.....	4
图表 2:	光伏电池组件技术发展迭代路径.....	5
图表 3:	OBB 电流传输路径平行电池片表面.....	6
图表 4:	叠栅电流传输路径垂直电池片表面.....	6
图表 5:	三角导电丝可以反射直射光和斜射光.....	7
图表 6:	叠栅组件不仅双面综合功率高且美观.....	7
图表 7:	叠栅断续式的虚线状金属种子层.....	8
图表 8:	三角导电丝的侧面具有高反射率.....	9
图表 9:	叠栅电池片的转印模板.....	10
图表 10:	叠栅新型绕线焊接方式.....	11
图表 11:	新型的稳定控制张力的收放线装置.....	11
图表 12:	金属电极与硅基体直接接触.....	12
图表 13:	金属电极不再与硅基体直接接触.....	12
图表 14:	叠栅相较于传统 SMBB 工艺可节约 6 分/W ~12 分/W.....	13
图表 15:	OBB 相较于传统 SMBB 工艺可节约 1.9 分/W ~3.5 分/W.....	14
图表 16:	时创能源募集资金使用计划.....	15
图表 17:	时创能源产品从光伏湿法辅助品到叠栅组件.....	16
图表 18:	晶盛机电硅片-电池片-组件设备一体化布局.....	17

1. OBB 是 SMBB 技术的升级，叠栅可理解为更极致的 OBB

1.1 OBB 无主栅有副栅，叠栅无主栅无副栅

光伏电池片主要通过其正背面的金属电极来导出内部电流，其中金属电极可分为主栅（Busbar）和副栅（又称细栅，Finger），主栅主要起到汇集副栅的电流、串联的作用，副栅用于收集光生载流子。

图表1：光伏电池一般通过主栅和副栅汇集电流



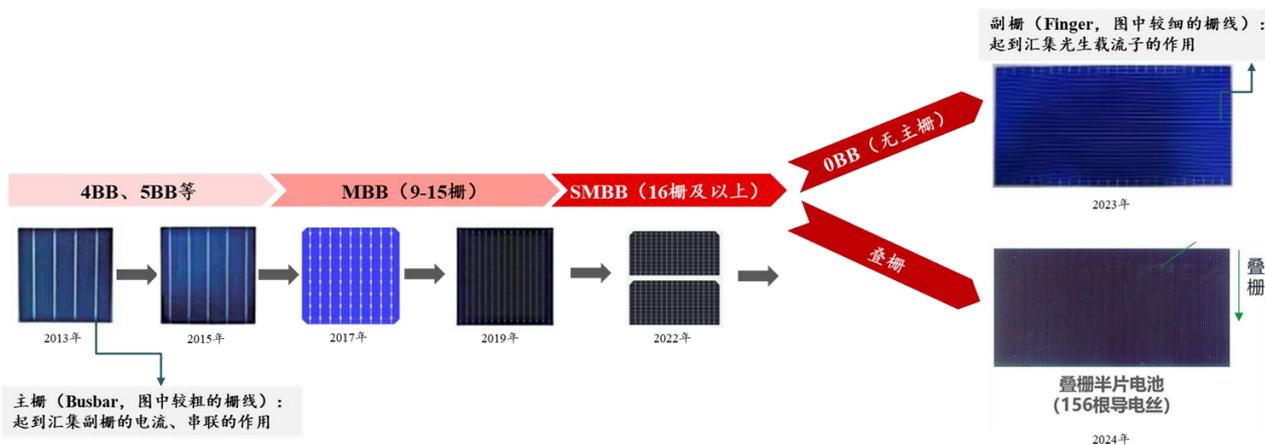
资料来源：MBJ Solutions GmbH，国联证券研究所

SMBB 是目前主流的多主栅技术。随着电池技术发展，栅线图形由 4BB、5BB 发展到 MBB（Multiple-Busbar，9-15 主栅）发展到 SMBB（Super-Multiple Busbar，16 主栅及以上），主栅变得更细（减少遮光损失、降低银耗）、更多（保证导电性能）。主栅变细能够减小表面对太阳光的阻挡，降低银浆用量；但主栅变细会增大电阻，需要增加主栅的数量保证导电性能，因此主栅设计的核心在于宽度与数量的平衡。

OBB（无主栅）是 SMBB 技术的升级，无主栅有副栅。OBB 一方面直接取消电池片主栅，进一步降低银耗；另一方面在组件环节用铜焊带替代原有主栅导出电流的作用，进一步降本且增效。过去 MBB 组件焊带直径在 0.2-0.4mm 之间，而 OBB 焊带更细，直径为 0.2mm，遮光面积更小，理论上能够提升组件功率。

叠栅是更极致的 OBB，主栅+副栅完全被取代。叠栅不仅用导电丝（铜）完全替代了主栅，而且用种子替代了副栅，可以将银浆用量降低到 75%以上，甚至可以完全不用银。

图表2： 光伏电池组件技术发展迭代路径



资料来源：宁夏小牛官网，赶碳号科技，国联证券研究所

2. 优势：电流无需水平传导而降本，导电丝高反射率而增效

2.1 降本：电流无需水平传导，铜替换银存在空间

叠栅为什么叫“叠”？——传统的光伏电池栅线呈“井”字型分布，细的副栅和粗的主栅相互垂直；而“叠栅”为上下两层结构，下面一层为少量银浆形成的导电种子层（薄层无高度要求因此用量少），上面一层为极细三角导电丝（铜），从而形成“叠栅”，其独特的栅线结构进一步打开电极金属化环节的降本增效空间。

(1) 现有电流收集路径 (图3)：电池表面→副栅→主栅→焊带，电流需要水平传导，即平行于电池表面；而银导电性比铜好（但价格高），因此传统方式为了保证电阻不要过高而选择用银作主副栅收集电流。

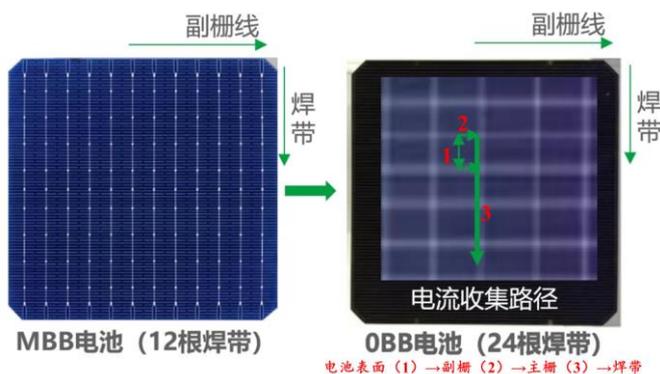
(2) 叠栅电流收集路径 (图4)：电池表面→导电种子层→导电丝，电流通过种子层时不需要水平传导，而是垂直于电池表面传输，因此电流传导的电阻率要求大大降低；因此叠栅可以将银换成便宜的铜，且导电丝可以更细。同时种子层不需要以往主副栅对高宽比的要求，仅需很薄种子层形成隧穿，从而大幅降低银浆耗量。

时创能源通过“导电种子层+导电丝”替换“副栅+主栅”，原则上可降低75%的银浆，未来甚至可以完全不用银；此外，叠栅不需要焊带，导电丝负责与另一片电池形成串联。①种子层：先通过种子层，利用银作为基底，使银与电池形成交联，得到

银硅合金，形成接触；由于银只起到隧穿作用，仅需要非常薄的厚度，因此所需银量极小。**②导电丝**：利用三角焊带的高度，与银种子层结合，提高栅线的电流（电阻率与高度成反比）。目前时创的导电丝是纯铜，但需要在铜表面做一些特殊处理，例如要兼顾导电率、反射率、高温不形变等问题，属于公司的独家配方；而种子层还需要部分银浆，是为了与电池表面更好地接触，未来种子层可以使用别的工艺形成，从而彻底放弃银。

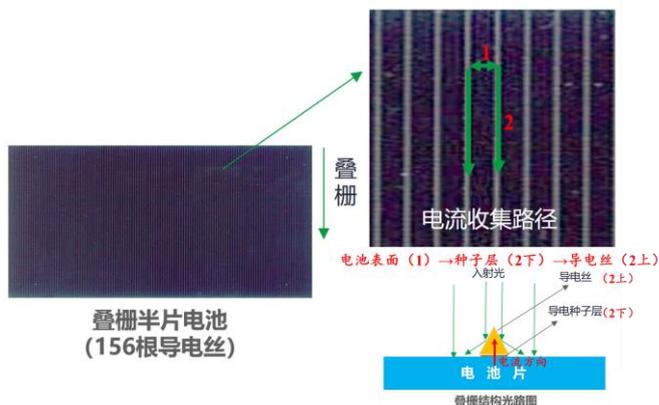
目前 SMBB Topcon 的银浆耗量约 11mg/W，银浆价格约 8000 元/KG（白银现货价格约 7800 元/kg，增加部分加工费），若叠栅可节省 75%的银浆，降本约 0.07 元/W。

图表3：OBB 电流传输路径平行电池片表面



资料来源：赶碳号科技，国联证券研究所

图表4：叠栅电流传输路径垂直电池片表面

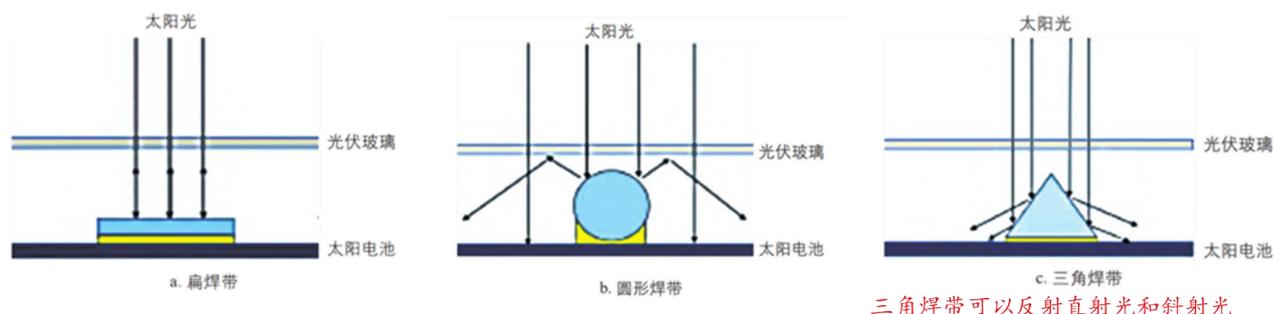


资料来源：赶碳号科技，国联证券研究所

2.2 增效：导电丝超高反射率，遮光率低至 1% 以下

三角导电丝利用侧面提供二次反射，遮光面积 1% 以下。叠栅技术采用了具有超高表面反射率的极细三角导电丝，对太阳光线的利用率很高，几乎可以反射所有的垂直入射光和斜射光（扁焊带不能反射，圆焊带能反射部分）。因此叠栅的遮光率可降低至 1% 以下，而 SMBB 光伏电池遮光率约 3%，OBB 技术遮光率约 2.5%。

图表5：三角导电丝可以反射直射光和斜射光



资料来源：《三角焊带对光伏组件电性能影响的研究》(雷鸣宇等)，国联证券研究所

根据时创能源，遮光率每下降 1%，光伏电池效率绝对值可提升 0.25%左右。结合与叠栅技术相匹配的高效电池技术（双 POLO 钝化技术等），以 2382*1134 组件版型为例，相较 TOPCon SMBB 技术，采用叠栅技术的单块组件功率可提高 25-30W 以上。除此之外，叠栅制作的组件产品不仅正面功率高，同时还有双面综合功率高、美观、极强的抗隐裂能力、热斑风险低等诸多优势。

图表6：叠栅组件不仅双面综合功率高且美观



资料来源：时创能源官网，中来股份官网，国联证券研究所

3. 难点：导电丝对准难度大，良率需进一步提升

3.1 种子层：虚线状金属种子层，丝网印刷成本低

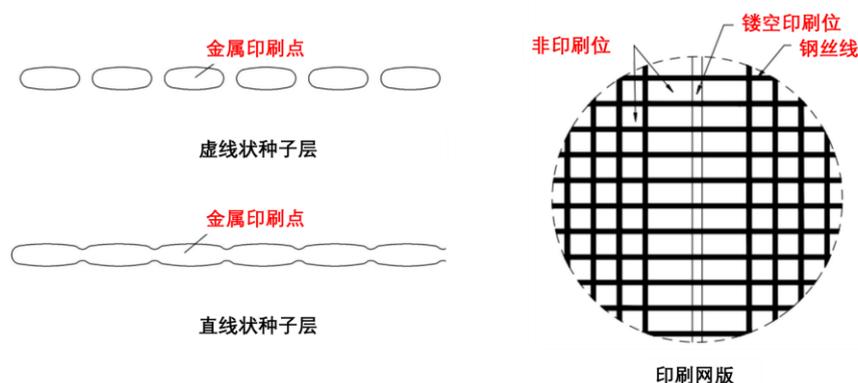
叠栅工艺流程为：制作种子层→制作导电丝→导电丝和种子层的对准&导电丝不倾斜/翻转（保持直立）。其中第三步的难度最大，影响叠栅量产良率。

叠栅种子层由若干金属印刷点构成，印刷点依次排列且彼此断开，形成断续式

的虚线状金属种子层（也可以是直线型，但连接处的宽度较窄），每个金属印刷点之间最大间距约 10-20 μm ，此间距对电池片光生电流收集或电能损耗基本无影响，能有效节约银浆耗量。

叠栅印刷网版比传统的丝网印刷线径更大，成本更低。传统的栅线追求高宽比（栅线越细，高度要越高，才能降低电阻率），且栅线需要连续且均匀，因此对丝网印刷的网版要求较高，网版线需要很细。而叠栅的种子层为薄薄的一层金属层，且栅线可以不连续，对栅线印刷要求相对较低，可以使用线径较大的网版进行印刷。作为参考，一般 9 μm 线径的网版成本是 13 μm 线径的 2~3 倍、且张力小、破损率高。

图表7：叠栅断续式的虚线状金属种子层



资料来源：时创能源专利，国联证券研究所

3.2 导电丝：反光涂层高反射率，底部可低温焊接

时创能源提出一种新型三角导电丝，R角控制在 $<15\mu\text{m}$ 范围内，两侧为高反光面。而常规三角导电丝的R角一般大于 $30\mu\text{m}$ ，由于圆弧过渡区占比较大，反光能力减弱，无法高效发挥三角导电丝的反光作用，功率提升有限。时创能源的三角导电丝工艺如下：

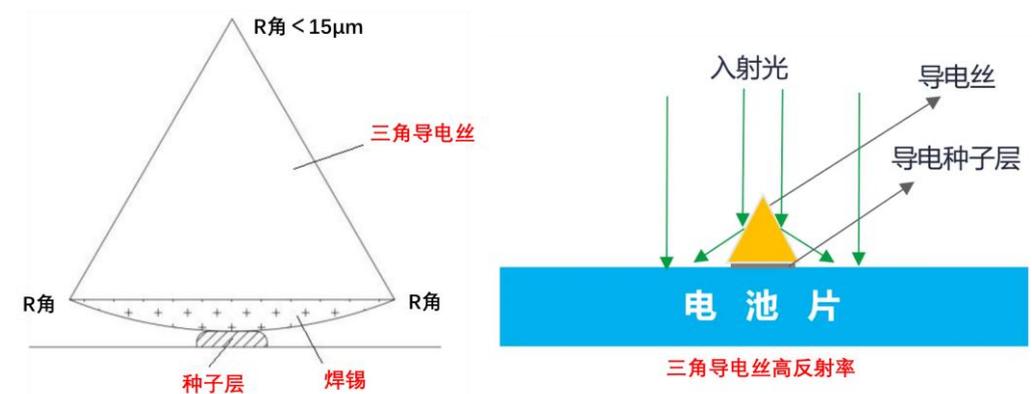
- (1) 采用精密轧机将圆丝基材压延成三角形，两个侧面为反光面，底部为背光面；
- (2) 对压延退火后的三角导电丝进行除油、抛光和钝化处理，确保两个反光面可以被镀层（粗糙度 $R_a < 0.05\mu\text{m}$ ），而背光面无法进行镀层；
- (3) PVD 真空蒸镀方式在三角导电丝两个反光面镀上反光镀层，在可见光范围内，金属 Ag 和 Al 是反射率最高的两款金属，优选 Ag。蒸镀后对反光面进行可见光波长

范围内反光性测试，确保 Ag 镀层反射率 >85%，Al 镀层反射率 >80%。

(4) 便于后续导电丝与种子层的结合，需要采用局部镀锡装置，在三角形底部（背光面）热浸镀低温锡合金，镀层厚度 5-25 μm。

导电丝的难点在于两侧反光涂层+底部焊接镀层的材料特性，其中反光层的反射率要高达 80%以上，焊接镀层的低温合金需实现 <200℃ 的低温焊接。

图表8：三角导电丝的侧面具有高反光率



资料来源：时创能源专利，国联证券研究所

3.3 焊接：导电丝对准难度大，且导电丝不能倾斜

叠栅难点来源于两方面，一方面是如何将导电丝与种子层对准，另一方面是如何保证三角导电丝不倾斜或者翻转（保持直立）。前者考验精准配位问题，后者考验导电丝的收丝、放丝、焊接。

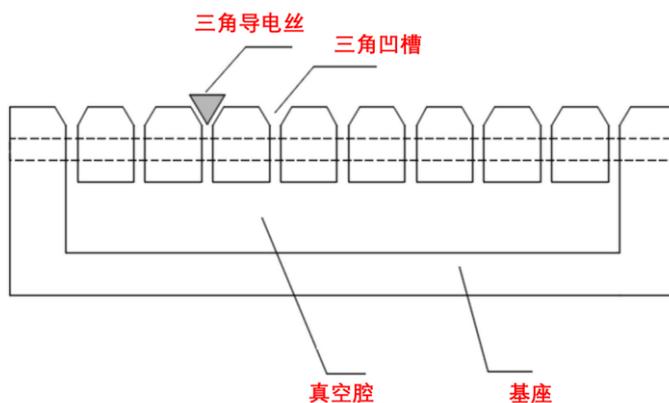
(1) 导电丝与种子层如何对准？

叠栅导电丝的数量高达上百根，且线径较细，如何将上百根导电丝和种子层一次性对准难度非常大，目前对准是影响叠栅良率的关键。我们对时创能源的叠栅专利进行复盘，认为导电丝与种子层的“对准模板”类似于 2023 年 9 月提出的“叠栅电池片转印模板”。

模板表面有等间距排列的带真空吸附的三角凹槽，三角凹槽的间距与三角导电丝的间距（此处指焊接到电池表面后）保持一致约 1-3mm。为更好的固定三角导电丝，在模板中设有真空腔室，真空腔室与每一个三角凹槽相连，可以通过真空吸附将三角

导电丝固定在模板的三角凹槽中。值得解释的是，由于导电丝需要收丝、放丝，“对准模板”需要基于“叠栅电池转印模板”，控制真空度和吸附面积（真空吸附压力取决于绝对真空度和有效吸附面积）或者采用其他固定方式。

图表9：叠栅电池片的转印模板



资料来源：时创能源专利，国联证券研究所

(2) 三角导电丝如何不倾斜或者翻转？

三角导电丝是异形焊带，加之底部焊锡呈圆弧形，与种子层贴合时容易发生左右倾斜甚至翻转。而且叠栅电池所用的导电丝比传统焊带更细，焊接过程中的方向一致性更难以控制；同时，更细的规格也会使导电丝底部锡层弧度增大，左右倾斜以及翻转的情况加剧，从而影响良率。

新型绕线焊接方式+导电丝焊锡提前加热，可有效解决三角导电丝倾斜问题，其工艺如下：

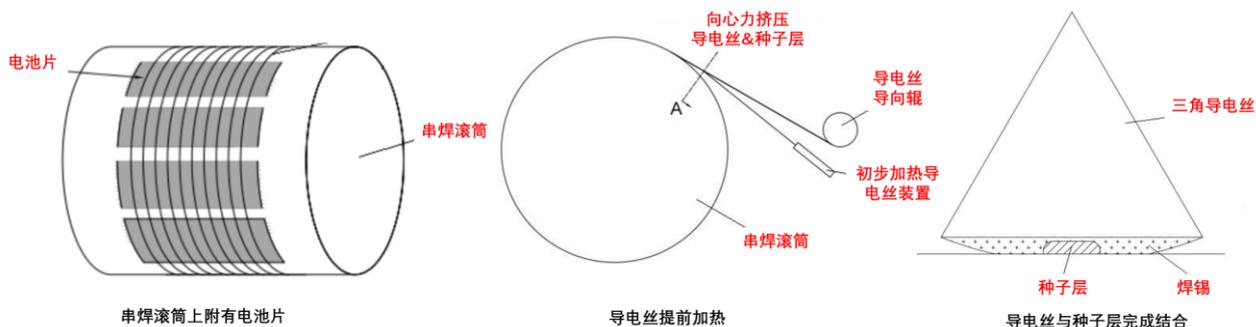
(1) 首先，将电池片弯曲形成圆弧与串焊滚筒贴合。

(2) 其次，三角导电丝基于“对准模板”+滚筒张力绷紧，与电池片种子层对准。

(3) 最后，提前加热三角导电丝底部的焊锡，通过滚筒带动导电丝挤压电池片完成焊接；加热方式可以选择激光加热、加热通道、磁感线圈、电刷加热等。融化后的焊锡可以包裹住种子层，保证三角导电丝顶角朝上，不出现倾斜或翻转情况。

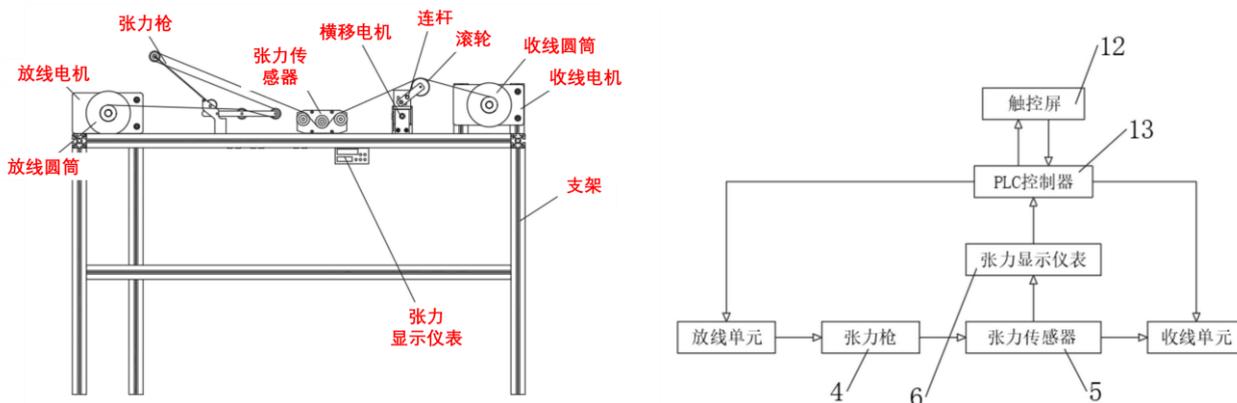
除了焊接问题，三角导电丝的收丝、放丝也非常重要。时创能源对此设计了一种稳定控制张力的收放线装置，装置设有压力传感器、PLC 控制器、PID 速度调节等，可以实现导电丝高速收放线要求。

图表10：叠栅新型绕线焊接方式



资料来源：时创能源专利，国联证券研究所

图表11：新型的稳定控制张力的收放线装置



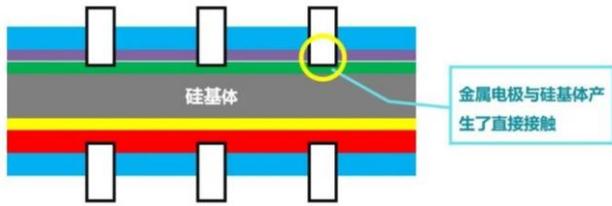
资料来源：时创能源专利，国联证券研究所

3.4 工艺升级：叠栅+双面 POLO 可进一步降本增效

叠栅技术结合双面 POLO 钝化技术可以进一步增效，较常规 N 型 TOPCon SMBB 技术（2382*1134 组件版型），功率可提高 25-30W 以上。

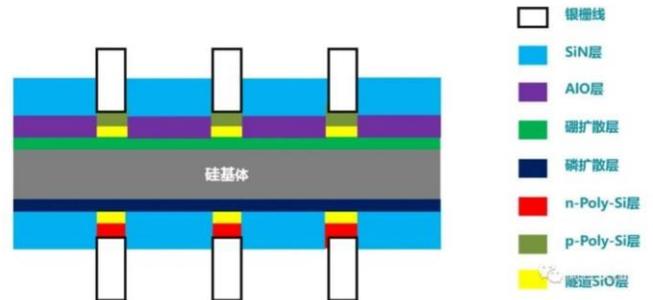
现有的单面 Poly-c-Si TOPCon 电池结构中，上表面金属电极与硅基体依然会有直接接触，依然会产生载流子复合。而双面 Poly-c-Si TOPCon 电池结构中，金属电极则不会和硅基体发生直接接触，会明显的减少复合，电池效率也会得到提升。

图表12: 金属电极与硅基体直接接触



资料来源: 艾邦光伏网, 国联证券研究所

图表13: 金属电极不再与硅基体直接接触



资料来源: 艾邦光伏网, 国联证券研究所

现有 Poly finger 方案存在遮光问题, 时创能源提出一种无额外遮光和对位问题的 Poly finger 制备方法。

(1) 行业的 Poly finger 方案: ①为满足后续金属化对位需求, Poly finger 宽度往往为栅线宽度的 3-5 倍, 而无浆料覆盖的 Poly Si 存在严重的寄生吸收问题, 其对于电池电流存在不利影响; ②金属化与 Poly finger 对位存在印偏风险, 进而影响电池效率及良率。

(2) 时创的 Poly finger 方案: 公司的种子层可以很好的覆盖主 poly 层, 不需要额外的增加 poly 面积造成遮光; 由于电池片上面有一百多根导电丝, 如何用种子层对准 poly 层也是技术难点。

4. 进展: OBB 已实现成熟量产, 叠栅仍待良率提升

4.1 成本对比: 叠栅比 OBB 更具成本优势, 但良率是掣肘

基于以上分析, 我们认为: (1) 设备上, 叠栅因导电丝对准问题需要将 SMBB 串焊机更换成叠栅串焊机, 丝网印刷因种子层工艺改进使用台数减少, 双面 POLO 设备可根据客户需求选择。(2) 材料上: 叠栅增加了导电丝成本, 但是减少了 75% 的银浆使用成本, 以及取消了焊带。

在叠栅与 SMBB 同一良率的前提下, 我们进行了叠栅技术的降本测算, 结论如下:

(1) 当前小批量产阶段, 设备和耗材导电丝的成本相对较高, 我们认为叠栅串焊机价值量约 1 亿元/GW, 导电丝单 GW 5000 万元; 在组件提效 15W 的假设下, 我们认为叠栅相较于传统 SMBB 工艺可节约 6 分/W。



(2) 未来大规模量产情况下，我们认为叠栅串焊机价值量有望下降至 4000 万元/GW，导电丝单 GW 3000 万元，银浆全部取消；在组件提效 25W 的假设下，我们认为叠栅相较于传统 SMBB 工艺可节约 12 分/W。

图表14：叠栅相较于传统 SMBB 工艺可节约 6 分/W ~12 分/W

TOPCon 电池片(72版*182尺寸)	SMBB	叠栅工艺	
		小批量产	大规模量产
组件功率 (W) (1)	600	615	625
电池片功率 (W) (2)=(1)/72	8.3	8.5	8.7
效率提升摊薄成本			
效率提升 (%) (3)		2.5%	4.2%
组件单W生产成本 (元/W) (4)		0.7	0.7
叠栅相较SMBB效率提升摊薄成本 (元/W) (5)=(4)*(3)		-0.017	-0.029
种子层降银耗 (叠栅当前降低75%银耗, 未来全部减银)			
单片耗量 (mg/片) (6)	90	22.5	0
单W耗量 (mg/W) (7)=(6)/(2)	11	3	0
银浆价格 (元/kg) (8)	8000	8000	8000
银浆成本 (元/W) (9)=(7)*(8)/1000000	0.09	0.02	0.00
叠栅相较SMBB银浆成本变化 (元/W) (10)		-0.07	-0.09
导电丝为新增成本			
叠栅相较SMBB导电丝成本变化 (元/W) (11)	0.00	0.05	0.03
SMBB焊带被全部替代			
焊带成本 (元/W) (12)	0.04	0.00	0.00
叠栅相较SMBB的焊带成本变化 (元/W) (13)		-0.04	-0.04
设备 (主要是丝印机、串焊机、掩膜设备发生变化)			
丝印设备价值量 (亿元/GW) (14)	0.2	0.1	0.1
串焊机价值量 (亿元/GW) (15)	0.2	1	0.4
掩膜设备 (亿元/GW) (16)	—	0.1	0.1
丝印+串焊机+掩膜设备价值量合计 (亿元/GW) (17)=(14)+(15)	0.4	1.2	0.6
叠栅相较SMBB设备价值量变化 (亿元/GW) (18)		0.8	0.2
折旧年限(19)	5	5	5
叠栅相较SMBB设备成本变化 (元/W) (20)=(18)/(19)/10		0.016	0.004
叠栅相较SMBB总成本变化 (元/W) (21)=(5)+(10)+(11)+(13)+(20)		-0.057	-0.122

资料来源：CPIA，国联证券研究所。注：按照当前白银现货价格 7800 元/kg，考虑加工费，我们假设银浆价格为 8000 元/kg。

在 OBB 与 SMBB 同一良率的前提下，我们对 OBB 技术的降本测算，结论如下：

(1) 小批量产阶段，假设丝网印刷设备 2000 万元/GW，串焊机设备 2000 万元/GW；在组件提效 8W 的假设下，我们认为 OBB 相较于传统 SMBB 工艺可节约 1.9 分/W。

(2) 大规模量产阶段，假设丝网印刷设备 1000 万元/GW，串焊机设备 2000 万元/GW；在组件提效 15W 假设下，我们认为 OBB 相较于传统 SMBB 工艺可节约 3.5 分/W。

叠栅为更极致的 OBB，可以更显著地降本。在叠栅与 OBB 同一良率的前提下，小批量产阶段，叠栅比 OBB 节省成本约 3.8 分/W (6 分/W-1.9 分/W)；大批量产阶段，叠栅比 OBB 节省成本约 8.7 分/W。目前 OBB 良率已经到量产水平，2024 年 8 月串焊

机龙头奥特维已经获得 10GW+级别的 OBB 订单；而目前叠栅良率还处于量产突破阶段，良率仍需进一步提升，而实际降本效果与良率高度相关，因此我们建议持续关注后续叠栅的量产数据。

图表15：OBB 相较于传统 SMBB 工艺可节约 1.9 分/W ~3.5 分/W

TOPCon 电池片 (72版*182尺寸)	SMBB	OBB	
		小批量产	大规模量产
组件功率 (W) (1)	600	608	615
电池片功率 (W) (2)=(1)/72	8.3	8.4	8.5
效率提升摊薄成本			
效率提升 (%) (3)		1.3%	2.5%
组件单W生产成本 (元/W) (4)		0.7	0.7
OBB相较于SMBB效率提升摊薄成本 (元/W) (5)=(4)*(3)		-0.009	-0.017
浆料 (纯银浆)			
单片耗量 (mg/片) (6)	90	75	72
单W耗量 (mg/W) (7)=(6)/(2)	11	9	8
银浆价格 (元/kg) (8)	8000	8000	8000
银浆成本 (元/W) (9)=(7)*(8)/1000000	0.09	0.07	0.07
OBB相较于SMBB银浆成本变化 (元/W) (10)		-0.02	-0.02
绝缘胶			
OBB相较于SMBB绝缘胶成本变化 (元/W) (11)	0	0.010	0.008
胶膜 (降低7%克重)			
胶膜单成本 (元/W) (12)	0.065	0.061	0.061
OBB相较于SMBB胶膜成本变化 (元/W) (13)		-0.005	-0.005
设备			
丝印设备价值量 (亿元/GW) (14)	0.2	0.2	0.1
串焊机价值量 (亿元/GW) (15)	0.2	0.2	0.2
丝印+串焊机价值量合计 (亿元/GW) (16)=(14)+(15)	0.4	0.4	0.3
OBB相较于SMBB设备价值量变化 (亿元/GW) (17)		0	-0.1
折旧年限(18)	5	5	5
OBB相较于SMBB设备成本变化 (元/W) (19)=(17)/(18)/10		0.000	-0.002
OBB相较于SMBB总成本变化 (元/W) (20)=(5)+(10)+(11)+(13)+(19)		-0.019	-0.035

资料来源：CPIA，国联证券研究所。注：按照当前白银现货价格 7800 元/kg，考虑加工费，我们假设银浆价格为 8000 元/kg。

4.2 叠栅进展：通威-晶盛-时创战略合作，推动叠栅量产

2024 年 8 月，时创能源与通威股份（一体化厂商）、晶盛机电（设备商）签署了《战略合作协议》，拟共同推动叠栅组件技术发展及量产。战略合作中，时创能源提供独家的三角导电丝+叠栅专利技术包，晶盛机电提供叠栅串焊设备，通威进行量产验证。时隔一个月，9 月时创公告将募资不超过 2.85 亿元，用于建设“年产 1GW 叠栅组件制造项目”，项目总投资额约 2.88 亿元，建设周期为 9 个月。

图表16：时创能源募集资金使用计划

序号	项目名称	投资总额 (亿元)	拟投入募集资金 (亿元)
1	年产1GW叠栅组件制造项目	2.88	2.00
2	补充流动资金	0.85	0.85
合计		3.73	2.85

资料来源：时创能源公告，国联证券研究所

5. 投资建议：关注率先布局叠栅技术龙头企业

5.1 时创能源：独创三角导电丝，提供叠栅专利技术

时创能源为国内光伏湿法辅助品龙头，历经四次创业：公司自2009年起步于材料添加剂领域，逐步发展到设备制造，再到光伏电池片领域，现在延伸到光伏组件。

(1) 第一次创业，光伏辅助材料：包括制绒、抛光、清洗辅助品，应用于光伏电池制造中的清洗制绒、刻蚀抛光工序。

(2) 第二次创业，光伏设备：PERC时代是体缺陷钝化设备和链式退火设备，HJT是链式吸杂设备，TOPCON设备（钝化设备和退火设备）技术储备。

(3) 第三次创业，PERC半片电池：电池到组件的第一道工序就是将整片划成半片，期间存在效率损失，因此公司创新性将半片前置，推出半片电池。2018年建立电池中试线，2021年9月新建2GW半片PERC电池生产线，2022年9月实现满产。

(4) 第四次创业，叠栅组件：2024年6月份在展会上展出叠栅组件（实验线）；9月份公司公告将募资不超过2.85亿元，用于建设“年产1GW叠栅组件制造项目”。

时创能源聚焦行业痛点，行业首推叠栅技术。公司前期独立研究和开发的叠栅组件技术，于2024年8月与通威股份、晶盛机电签署了《战略合作协议》，拟共同推动叠栅组件技术发展及量产。彼时，时创与通威进一步签订《技术合作开发合同》，旨在加快叠栅技术从实验中试线到产业化规模量产。

图表17：时创能源产品从光伏湿法辅助品到叠栅组件

光伏湿法制程辅助品			光伏设备			光伏电池		光伏组件
2009 ▶	2013 ▶	2020 ▶	2016 ▶	2019 ▶	2022 ▶	2018 ▶	2021 ▶	2024 ▶
制绒辅助品	抛光辅助品	清洗辅助品	体缺陷钝化设备	链式退火设备	链式吸杂设备	电池中试线	2GW光伏半片电池生产线	叠栅技术
工艺环节： 清洗制绒 工艺难点：解 决制绒重复性 差的问题，解 决绒面结构、 尺寸和反射率 不可控的问题	工艺环节： 刻蚀碱抛 工艺难点：在 硅片背面抛 光的同时保 护住正面的 扩散层	工艺环节： 清洗制绒、 刻蚀碱抛 工艺难点： 解决清洗效 果不佳、成 本较高且废 水处理难度 大的问题	工艺环节： 体缺陷钝化 工艺难点：解 决硼氧复合 体导致的效 率衰减问题 ，同时能对 硅片体内的 杂质和缺陷 进行钝化， 提高电池效 率	工艺环节： 氧化退火 工艺难点： 解决管式退 火设备占地 面积大、单 位投资高、 能耗高，自 动化对接复 杂的问题	发展路线： 围绕TOPCon 、HJT等光 伏电池制造 路线的工艺 难点研发推 出掩膜材 料、光伏设 备等产品	建立目的： 积累光伏电 池小规模量 产经验，同 时为辅助品 和设备快速 研发迭代提 供量产试验 环境	工艺环节： 全工艺环 节 工艺难点： 克服清洗、 粘棒、切割 等难点，使 硅棒切方边 皮料得到经 济高效的利 用	行业首推 叠栅技术， 目前已经 与通威、 晶盛达成 战略合作
								

资料来源：时创能源公告，国联证券研究所

5.2 晶盛机电：研发能力优异，配合时创开发叠栅设备

晶盛机电为全球光伏单晶炉龙头，研发能力行业领先，布局光伏&半导体、材料&设备。光伏设备覆盖了硅片、电池和组件环节，为客户提供光伏整线解决方案。（1）**硅片端**：全球单晶炉龙头，推出超导磁场第五代单晶炉有望引领下一技术迭代。（2）**电池端**：开发管式 PECVD、LPCVD、扩散、退火、单腔室多舟 ALD 和舟干清洗等多种电池工艺设备。（3）**组件端**：配套客户需求开发了含叠瓦焊机、排版机、边框自动上料机、灌胶检测仪等多道工序的组件设备产线。

叠栅技术的难点在于对准，对设备要求高，因此时创与经验丰富的设备商晶盛签订《战略合作协议》，时创提供叠栅专利技术，晶盛负责研发叠栅量产设备。

目前叠栅技术已经实现 0 到 1 的突破，正处于量产突破阶段，我们认为率先布局叠栅技术的企业有望受益，建议关注时创能源、晶盛机电。

图表18：晶盛机电硅片-电池片-组件设备一体化布局



资料来源：晶盛机电公告，国联证券研究所

6. 风险提示

下游需求不及预期。光伏行业的景气度受国内外市场格局及需求影响很大，如果国内及海外需求变弱，行业需求或不及预期。

叠栅良率不及预期。叠栅为光伏新技术，工艺成熟是一个多维度均达标的系统工程，量产取决于包括设备、耗材在内的多因素，由于技术创新受各种客观条件的制约，存在良率不及预期的风险。

技术迭代的风险。光伏行业正处于技术高频迭代期，如果行业相关龙头公司未能及时布局有较大发展潜力的新兴技术，未来新旧技术更替可能会削弱公司竞争优势。

评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的6到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准，北交所市场以北证50指数为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准；韩国市场以柯斯达克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅大于10%
		增持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在5%~10%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-5%~5%之间
		卖出	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于-5%
	行业评级	强于大市	相对表现优于同期相关证券市场代表性指数
		中性	相对表现与同期相关证券市场代表性指数持平
		弱于大市	相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与、不与、也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

法律主体声明

本报告由国联证券股份有限公司或其关联机构制作，国联证券股份有限公司及其关联机构以下统称为“国联证券”。本报告的分销依据不同国家、地区的法律、法规和监管要求由国联证券于该国家或地区的具有相关合法合规经营资质的子公司/经营机构完成。

国联证券股份有限公司具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，接受中国证监会监管，负责本报告于中国（港澳台地区除外）的分销。

国联证券国际金融有限公司具备香港证监会批复的就证券提供意见（4号牌照）的牌照，接受香港证监会监管，负责本报告于中国香港地区的分销。本报告署名研究人员所持中国证券业协会注册分析师资质信息和香港证监会批复的牌照信息已于署名研究人员姓名处披露。

权益披露

国联证券国际金融有限公司跟本研究报告所述公司在过去12个月内并没有任何投资银行业务关系，且雇员或其关联人士没有担任本报告中提及的公司或发行人的高级人员。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属国联证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“国联证券”）。未经国联证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为国联证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，国联证券不因收件人收到本报告而视其为国联证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但国联证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，国联证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，国联证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

国联证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。国联证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。国联证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，国联证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到国联证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

版权声明

未经国联证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、转载、刊登和引用。否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、转载、刊登和引用者承担。

联系我们

北京：北京市东城区安外大街208号致安广场A座4层

上海：上海市虹口区杨树浦路188号星立方大厦8层

无锡：江苏省无锡市金融一街8号国联金融大厦16楼

深圳：广东省深圳市福田区益田路4068号卓越时代广场1期13楼