下载日志已记录，仅供内部参考

国海证券 SEALAND SECURITIES

证券研究报告
电子
2026年06月23日

PCB加工工艺专题报告：mSAP工艺紧缺，产业链具备发展机遇

评级：推荐(维持)

胡剑(证券分析师)
S0350526040004
huj05@ghzq.com.cn

傅麒丞(证券分析师)
S0350524080001
fuqc@ghzq.com.cn

下载日志已记录，仅供内部参考

最近一年走势



相对沪深300表现

表现	1M	3M	12M
电子	16.0%	65.2%	156.1%
沪深300	4.4%	10.8%	31.5%

下载日志已记录，仅供内部参考

重点关注公司及盈利预测

重点公司代码	股票名称	2026/6/22 股价（元）	EPS摊薄（元/股）			PE（倍）			投资评级
			2025	2026E	2027E	2025	2026E	2027E	
002938.SZ	鹏鼎控股	112.99	1.61	2.33	3.19	70.07	48.49	35.42	买入
002916.SZ	深南电路	457.34	4.81	8.34	11.47	95.08	54.84	39.87	买入
002463.SZ	沪电股份	145.26	1.99	3.17	4.77	73.13	45.82	30.45	买入
300476.SZ	胜宏科技	365.40	4.39	9.07	16.26	83.23	40.29	22.47	买入
002436.SZ	兴森科技	53.30	0.08	0.27	0.44	671.28	197.41	121.14	买入
603228.SH	景旺电子	76.59	1.25	2.10	2.40	61.27	36.47	31.91	买入
301377.SZ	鼎泰高科	659.60	1.06	2.53	4.67	623.68	260.71	141.24	买入
001389.SZ	广合科技	192.10	2.38	4.16	6.70	80.62	46.15	28.66	未评级
301511.SZ	德福科技	164.12	0.18	1.50	2.08	919.44	109.24	78.85	未评级
301217.SZ	铜冠铜箔	196.50	0.08	0.62	0.91	2599.21	319.25	215.34	未评级
688630.SH	芯碁微装	488.00	2.20	3.90	5.39	221.74	125.22	90.51	未评级
301200.SZ	大族数控	338.96	1.94	3.29	5.15	174.98	103.06	65.76	未评级
688700.SH	东威科技	96.17	0.41	0.99	1.60	237.28	97.06	60.10	未评级

资料来源：Wind，国海证券研究所（注：“未评级”公司数据取自Wind一致预期。）

下载日志已记录，仅供内部参考

核心提要

本篇报告解决了以下核心问题：1、阐述了当下PCB加工工艺的现状；2、详细介绍了mSAP工艺的优势、应用场景、发展现状，3、展望mSAP工艺未来的发展前景。

- **PCB工艺主要分为减成法、全加成法和半加成法。**三种类型的加工工艺在“铜的增减逻辑”上存在根本差异。对比来看：全加成法因工艺特性仅限个别高阶加工场景；半加成法（尤其是mSAP）相比减成法在“高精度”、“高材料利用率”上具有显著优势，但其工艺复杂度和设备投入也更高，因此主要用于高端PCB制造；而减成法因成本低、工艺简单，仍适用于中低端产品。

- **传统多层PCB以成熟的减成法工艺为主，mSAP工艺是高端PCB制造的主流选择。**mSAP工艺助力电子器件可实现更密集的导电路径布局、短信号路径增强了PCB上的信号传输、PCB轻薄化电子器件轻薄化、缩小PCB尺寸为其他元器件腾出空间。

- **mSAP伴随PCB高频高速趋势而规模化应用。**PCB高频高速化驱动线宽线距精度提升，对加工工艺逐渐呈现“类载板化”、“载板化”的要求。高工艺要求下mSAP产业链部分材料、设备环节紧缺。

- **AI芯片与高性能计算/数据中心高速网络/AI端侧/智能驾驶/5G通信是mSAP工艺的市场驱动力。**其中，AI芯片与高性能计算方面，GPU与HBM之间的高速信号传输、CoWoP封装革命拉动高密度互联PCB需求；光模块800G/1.6T的迭代等数据中心网络传输的升级有望进一步打开mSAP工艺的市场空间。

- **mSAP厂商产能扩张，产业链同步受益。**具有mSAP能力厂商主要有鹏鼎控股、深南电路、兴森科技、胜宏科技等均在扩张产能。mSAP上游超薄可剥铜箔等高端材料现阶段由海外企业主导、供给高度集中，存在较高技术壁垒与供给约束；国内厂商正推进技术突破与国产替代，以匹配高阶 mSAP 工艺量产需求。

- **基于行业发展现状，我们维持mSAP产业链“推荐”评级。建议关注（1）具备mSAP量产能力的PCB厂商；（2）上游核心设备与材料环节有望率先实现国产替代的标的。**

- **相关标的：**鹏鼎控股、深南电路、兴森科技、沪电股份、胜宏科技、广合科技、景旺电子、德福科技、铜冠铜箔、方邦股份、光华科技、天承科技、艾森股份、福斯特、容大感光、芯碁微装、大族数控、东威科技、合锻智能、泰金新能、亚洲联网科技、鼎泰高科。

- **风险提示：**技术发展不及预期、AI发展不及预期、供应链风险、竞争风险、mSAP新增产能释放不及预期、上游高端材料国产替代不及预期、重点公司业绩不及预期、报告结论存在局限性、环保污染风险。

下载日志已记录，仅供内部参考

目录

1.1 PCB加工工艺现状：中低端普通PCB以成熟的减成法工艺为主

1.2 工艺对比：半加成法用于高端PCB制造，mSAP工艺是更优解

1.3 mSAP工艺是高端PCB制造的主流选择

2.1 mSAP发展史：mSAP伴随PCB高频高速趋势而规模化应用

2.2 mSAP发展趋势：PCB高频高速化驱动线宽线距精度提升

2.3 mSAP产业链：高工艺要求下核心材料紧缺

3.1 市场驱动：AI芯片与高性能计算/数据中心高速网络

3.2 市场驱动：AI端侧/智能驾驶/5G通信

4 mSAP产业链现状：工艺紧缺，产业链扩产

5 mSAP技术发展趋势：精度持续提升，向ABF载板边界趋近

6 投资建议

7 风险提示

下载日志已记录，仅供内部参考

1.1 PCB加工工艺现状：中低端普通PCB以成熟的减成法工艺为主

- PCB工艺主要分为**减成法、全加成法和半加成法**。

  ➢减成法：技术成熟、成本效益高、适用于简单的设计，线宽/线距（L/S）超过50μm，多用于中低端普通PCB。

  ➢全加成法：线路精度高、线宽/线距（L/S）可以做到10μm以下，但工艺复杂、成熟度不高，成本偏高，可应用于部分IC封装载板制造。

  ➢mSAP（改进型半加成法）：以超薄铜箔为基材，平衡工艺成本与量产能力，线宽/线距（L/S）可做到15~25μm（25μm以下），主要用于SLP类载板等领域。

- 三种类型的加工工艺在**“铜的增减逻辑”**上存在根本差异。对比来看：全加成法受限于工艺复杂度/成熟度、成本高，应用场景有限；**半加成法（尤其是mSAP）相比减成法在“高精度”、“高材料利用率”上具有显著优势**，但其工艺复杂度和设备投入也更高，因此主要用于高端PCB制造；而**减成法因成本低、工艺简单，仍适用于中低端产品**。

表：PCB加工工艺类型对比

工艺类型	核心逻辑	线宽 / 线距能力	铜层均匀性	材料利用率	适用场景
减成法	基板覆铜→蚀刻去除多余铜	≥50 μ m	较差（±10%）	低（50%−60%）	普通消费电子 PCB、玩具 PCB
半减成法	薄铜基板→电镀加厚→蚀刻	30−50 μ m	一般（±8%）	中（70%−80%）	中端 HDI 板、路由器 PCB
半加成法（SAP）	无铜基板→化学镀 + 电镀	30−40 μ m	良好（±5%）	高（90%−95%）	高端 HDI 板、服务器 PCB
改良半加成法（mSAP）	**超薄种子层→差分蚀刻**	**15−25 μ m**	**优秀（±3%）**	**高（95% 以上）**	**类载板、5G 模块、汽车高端 PCB**
全加成法（FAP）	无基铜→化学镀铜沉积	<10 μ m	−	−	精细线路，工艺可靠性待提高

注：全加成法信息截至2023年7月，其他工艺类型信息截至2025年10月。

下载日志已记录，仅供内部参考

1.2 工艺对比：半加成法用于高端PCB制造，mSAP工艺是更优解

mSAP在SAP基础上进行了关键改良，以实现更高精度：

•改良1：超薄初始铜层制备

采用“物理气相沉积（PVD）+化学镀铜”复合工艺，先通过PVD形成0.1-0.5μm的金属薄膜，再叠加化学镀铜至1-2μm，相比SAP的纯化学镀铜，初始铜层的均匀性提升40%，为精细线路制造奠定基础。

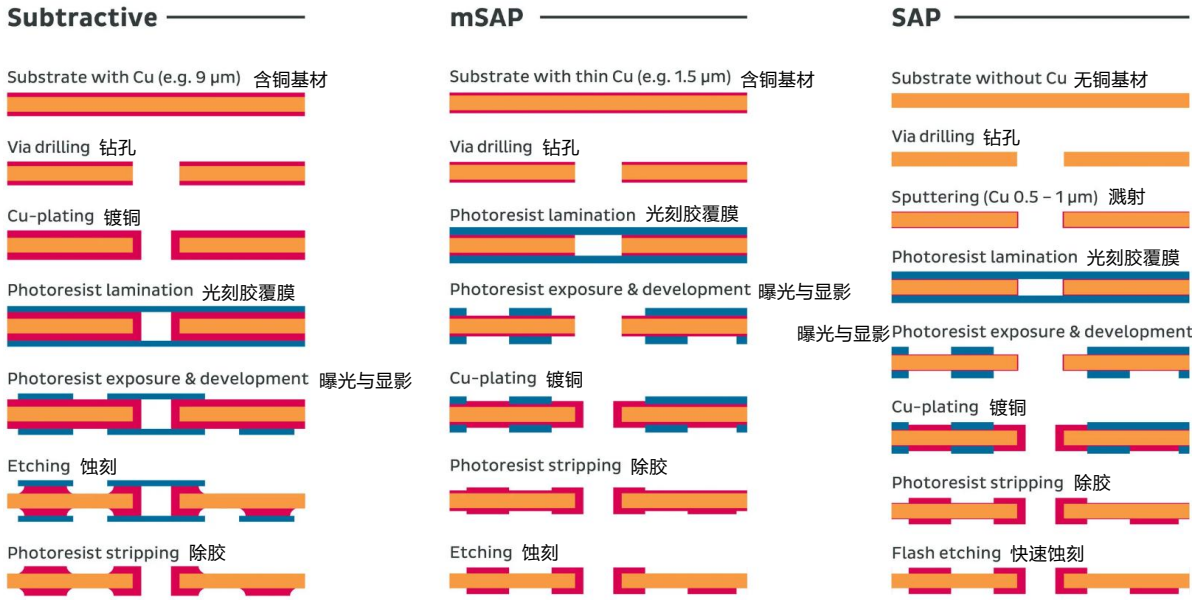
•改良2：差分蚀刻技术

传统SAP的闪蚀为“一次性蚀刻”，而mSAP采用“两次差分蚀刻”：第一次蚀刻去除大部分多余种子层，第二次用低浓度蚀刻液（如盐酸+双氧水）精细修正线路边缘，使线路边缘粗糙度（Ra）控制在1μm以下，线宽偏差缩小至±1μm。

•改良3：光刻工艺升级

采用“深紫外光刻（DUV）”替代传统紫外光刻，曝光分辨率从30μm提升至10μm，同时搭配高精度显影设备，解决细线路（≤20μm）的显影残留问题。

图：减成法-mSAP-SAP加工工艺流程对比



表：减成法-SAP加工工艺流程对比

减成法流程	标准半加成法SAP工艺流程
①起始材料为包铜层压板； ②在基材的整个表面上涂上一层光刻胶； ③使用含有所需电路图案的光掩膜，将光刻胶暴露在光下； ④曝光后，光刻胶显影以显现图案； ⑤暴露的铜区会被化学蚀刻去除，只留下对应电路图案的铜像； ⑥剩余的光刻胶被剥离。	**•步骤1：基板预处理** 选用玻璃纤维布基板（如FR-4）或高频基板（如PTFE），通过“脱脂→微蚀→粗化”处理，去除基板表面油污及杂质，增加表面粗糙度。此步骤需控制微蚀深度（通常50-100nm），确保后续化学镀铜层的附着力。 **•步骤2：化学镀铜（种子层形成）** 将预处理后的基板浸入化学镀铜液（主要成分：硫酸铜、甲醛、EDTA），在常温（25-30℃）下反应15-20分钟，形成2-5μm的均匀薄铜层。这层铜是后续电镀的“种子”，需保证无针孔、无漏镀。 **•步骤3：光刻胶涂覆与显影** 在化学镀铜层表面涂覆感光光刻胶（干膜或湿膜），通过紫外光曝光（曝光能量80-120mJ/cm²），将线路图案转移至光刻胶层；再用显影液（如碳酸钠溶液）去除未曝光区域的光刻胶，露出需电镀加厚的线路区域。 **•步骤4：图形电镀（线路加厚）** 将显影后的基板放入电镀槽（电镀液含硫酸铜、硫酸），以基板为阴极、纯铜为阳极，通以1-2A/dm²的电流密度，电镀20-30分钟，使露出的铜层厚度从2-5μm加厚至15-30μm（根据设计需求调整）。 **•步骤5：光刻胶剥离** 用剥离液（如氢氧化钠溶液）去除线路表面残留的光刻胶，此时基板表面形成“加厚线路+未加厚的种子层”两种结构。 **•步骤6：闪蚀（去除多余种子层）** 采用弱蚀刻液（如过硫酸铵溶液）轻微蚀刻（蚀刻时间30-60秒），去除未被电镀线路保护的种子层（2-5μm），最终保留完整的加厚线路。此步骤需严格控制蚀刻时间，避免损伤目标线路。

下载日志已记录，仅供内部参考

1.3 mSAP工艺是高端PCB制造的主流选择

mSAP工艺特色

1、支持超精细线路制造，适配小型化需求

随着智能手机、可穿戴设备的“微型化”，PCB线路从“毫米级”向“微米级”跨越。**mSAP工艺可实现15μm线宽/15μm线距，相比传统减成法（≥50μm），线路密度提升3倍以上**，能在相同基板面积上集成更多元器件，满足设备小型化需求。

2、铜层质量更高，提升PCB可靠性

半加成法的铜层形成过程为“化学镀（均匀覆盖）+电镀（加厚）”，**铜层晶粒更细小、结晶更致密，且无传统减成法“蚀刻残留”问题**。mSAP工艺制造的PCB铜层抗拉强度可达350MPa以上，耐弯折次数（-40℃~125℃循环）比减成法产品提升50%，适用于汽车电子、工业控制等对可靠性要求高的场景。

3、适配高端基板材料，拓展应用边界

传统减成法对基板表面平整度要求高，难以适配高频基板（如PTFE）、柔性基板（PI）等特殊材料。而**半加成法的“化学镀铜”可在非导体表面均匀成膜，即使是表面粗糙度较高的高频基板，也能形成稳定的铜层**。这一特性使其在5G通信（需高频基板）、柔性电子（需PI基板）领域具有优势。

4、材料利用率高，符合环保趋势

传统减成法需蚀刻掉70%以上的覆铜，不仅浪费铜资源，还产生大量蚀刻废液（含重金属离子）。**半加成法仅需蚀刻“种子层”（占总铜量的10%-20%），铜资源利用率提升至90%以上，蚀刻废液排放量减少60%**，符合国家“双碳”政策及PCB行业绿色制造趋势。

mSAP工艺优势：

- **工艺：“做加法”**的工艺避免了蚀刻导致的侧向腐蚀，**线宽线距精度更高**，降低共面波导的损耗，**改善毫米波频段的信号**；
- **材料：**对铜材的要求更高、材料利用率高，可适配特殊材料的加工；
- **信号：**完整性更好，阻抗控制精度达±5%，适合56Gbps+高速信号传输；
- **环保性能优越。**

mSAP工艺助力电子器件可实现：

✓ 允许**更密集的导电路径布局**；
✓ 短信号路径**增强了PCB上的信号传输**；
✓ PCB**轻薄化**，电子器件轻薄化；
✓ 缩小PCB尺寸，**为其他元器件腾出空间**。

下游产品应用

1、类载板（SLP）制造：智能手机核心组件

类载板是“介于PCB与IC载板之间的高端产品”，主要用于智能手机主板（如苹果、华为），需承载CPU、内存等核心芯片。由于芯片引脚间距仅0.3mm以下，需线路精度达20μm以内，mSAP工艺成为类载板制造的选择。目前全球类载板市场中，80%以上的产品采用mSAP工艺。

2、5G通信模块：高频、高密度需求

5G通信模块（如基站射频单元、终端毫米波模块）需使用高频基板（如PTFE），且线路密度高（需集成多通道信号线路）。半加成法可在PTFE基板表面形成稳定铜层，同时mSAP的精细线路能力可减少信号串扰，提升模块通信效率。国内通信企业（如华为、中兴）的5G基站模块已采用mSAP工艺。

3、汽车电子高端 PCB：高可靠性要求

新能源汽车的车载雷达、自动驾驶控制器等组件，需在-40℃~150℃的极端温度下稳定工作，且线路需耐受振动、冲击。半加成法制造的PCB铜层附着力强、耐温性好，可满足汽车电子的“车规级”可靠性要求。目前特斯拉、比亚迪等车企的高端车型已采用mSAP工艺PCB。

4、Mini/Micro LED驱动板：超高密度线路

Mini/Micro LED显示屏的驱动板需为每颗LED芯片提供独立线路，线路密度达 “每平方厘米千条以上”，线宽 / 线距需控制在20μm 以内。mSAP工艺的精细线路能力可精准匹配这一需求，目前三星、京东方的Mini LED显示屏驱动板已采用mSAP工艺量产。

资料来源：深圳市赛姆烯金科技有限公司公众号，iPCB官网，AT&S官网，国海证券研究所

下载日志已记录，仅供内部参考

2.1 mSAP发展史：mSAP伴随PCB高频高速趋势而规模化应用

图：HDI PCB自20世纪90年代至今的发展可分为三个阶段

第一阶段：传统减成法时期（1990年代-2000年代初）

早期的HDI板基于减成法或印刷蚀刻工艺，利用传统的板芯和顺序层压步骤可生产线宽/线距约为60μm的高端电路板。这一阶段的技术特点是**依靠微通孔**来达到当时用其他技术很难实现的高密度互连特性。

第二阶段：任意层技术发展期（2000年代初-2010年代中期）

随着智能手机的发展，21世纪初第二代HDI应运而生。在**保留激光钻微通孔的同时，堆叠的通孔开始取代交错的导通孔，并结合“任意层”构建技术**，HDI板最终的线宽/线距达到了40μm。这种任意层的方法仍然基于减成法工艺，对于移动电子产品来说，大多数高端HDI仍然采用这种技术。

第三阶段：mSAP工艺革命期（2010年代中期至今）

2017年出现关键转折点，苹果iPhone主板导入**类载板SLP**（Substrate-Like PCB），从此HDI板迈入新的发展阶段，开始从减成法工艺转向mSAP工艺。半加成法（SAP）采用图形电镀工艺，可使电路特征<15μm，主要为应对封装载板尺寸要求。而半加成法和改良型半加成法是经过修改和高级修改后的版本，现在有望成为下一代HDI PCB工艺。

2016年：iPhone 7推动InFO封装技术应用

缩小线宽/线距的最新驱动力与2016年iPhone 7的发布有关。由于iPhone 7，Apple选择放弃基于应用处理器（AP）封装的载板，选择台积电新的InFO（集成扇出）封装。对于InFO，**典型的IC载板被直接沉积在芯片和封装模具表面上的精细特征HDI板混搭**的技术方案：双层堆叠的2片类载板外加1片连接用的Interpose板，即PCB业界常说的“三明治”结构。**再分布层（RDL）取代**，这些封装类型集中分组为扇出晶圆级封装（FO-WLP），不仅可以减小厚度，还可以在RDL中应用低于5μm的线宽/线距。

2017年：SLP技术导入推动mSAP工艺发展

基于SLP的导入，苹果手机主板从2017年开始由**1片HDI板分为2+1结构的3片小板**，采用**类载板与**

2020年代初：1.5μm超薄铜箔技术突破

2020年代初进入了三井金属附**载体超薄铜箔**应用发展到mSAP工艺基板市场迅速扩大的阶段。三井金属开发成功了牌号为“MT12GN/MT18GN”的薄载体、极低轮廓度的超薄电解铜箔，表面粗糙度（Rz）达到0.9μm（典型值），可用于线宽线间距（L/S）为10/10μm的mSAP基板制造。

2024-2025年：CoWoP封装技术带来新机遇

2025年7月，英伟达流出的**CoWoP**（Chip-on-Wafer-on-Platform）封装路线图引发产业链震动。这项**取消传统封装基板、将芯片模组直接焊接至高密度PCB主板的新架构**，使mSAP工艺从辅助技术跃升为AI硬件制造的核心工艺。

下载日志已记录，仅供内部参考

2.2 mSAP发展趋势：PCB高频高速化驱动线宽线距精度提升

图：PCB高频高速趋势下对加工工艺逐渐呈现“类载板化”、“载板化”的要求

终端应用高频高速化	PCB高性能化	CCL高频高速化：低介电常数（Dk）和低介质损耗因子（Df）
	高性能化要求PCB层数更高、配线更短、电路阻抗更低，可高频高速工作、性能稳定、可承担更复杂的功能	
终端应用轻薄短小	PCB高密度化	CCL轻薄化：HDI用覆铜板→SLP用覆铜板→IC载板用覆铜板
	高密度化要求电路板孔径更小、布线宽度更窄、层数更高、布线面积更小	
环保标准提高	清洁生产	CCL无铅无卤化：无铅板和无卤板
劳动力成本上升	降低劳动力成本	PCB/CCL制程自动化、智能化、信息化

图：2019-2024年mSAP工艺技术实现了显著的精度提升

2019-2020年：技术验证阶段

这一时期，**主流mSAP工艺能够稳定实现30/30μm的线宽线距**，主要应用于高端智能手机的SLP类载板制造。兴森科技等领先企业开始布局mSAP技术，为后续的技术突破奠定基础。

2021-2022年：精度突破阶段

随着设备技术和工艺控制的改进，mSAP工艺开始**突破20μm精度门槛。**同时，**三井金属推出了Rz值为1.3μm的HVLP超薄铜箔**，支持20/20μm线宽线距的制造需求。

2023-2024年：极限精度探索阶段

技术发展进入了极限精度探索期，行业领先企业开始**挑战10/10μm的线宽线距精度。**三井金属推出的MT18GN超薄铜箔，**Rz值降至0.9μm**，专门针对10/10μm线宽线距的mSAP基板制造。

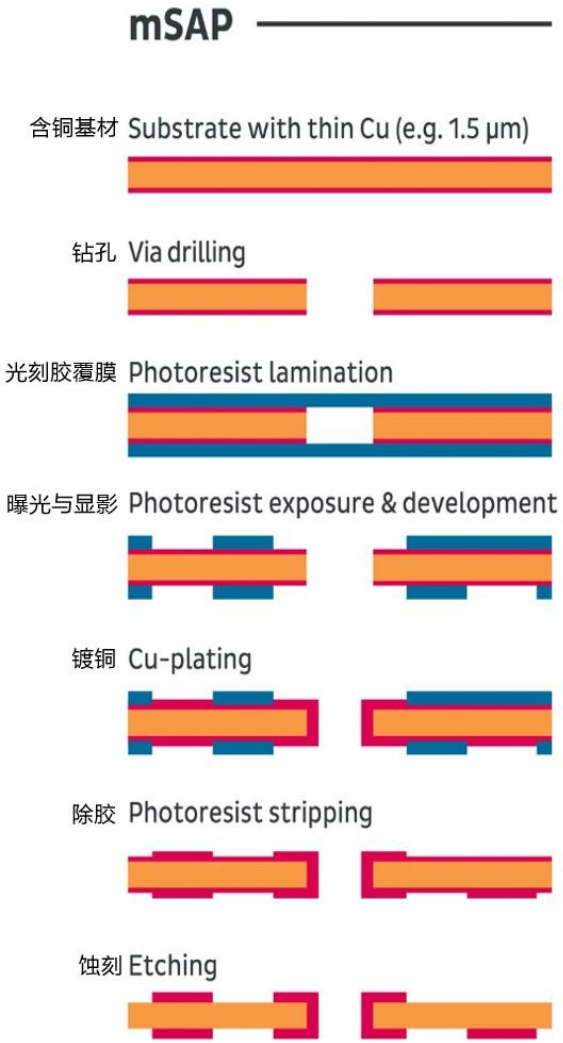
2025年及未来：亚10μm时代展望

当前行业正在**向亚10μm精度进军。**2025-2030年，mSAP工艺有望实现5-8μm线宽线距的量产能力，部分领先企业**有望突破5μm精度门槛。**

下载日志已记录，仅供内部参考

2.3 mSAP产业链：高工艺要求下核心材料紧缺

图：mSAP工艺的核心步骤包括基板处理/图形转移/电镀加厚/蚀刻去除，每个步骤都经历了显著的技术改进



基板处理技术改进

mSAP采用**1~3μm超薄铜层**（传统工艺使用18μm铜箔），以减少蚀刻时的侧向腐蚀

载体铜箔技术的突破使得**超薄铜箔**的处理更加稳定。载体铜箔由载体箔、剥离层、超薄铜箔三部分构成，载体箔起着承载超薄铜箔主体的作用，主导品种的载体箔厚度为18μm铜箔。三井金属的MT12GN采用厚度为**12μm铜箔载体**，有助于激光钻孔中加工能力与质量的提升。

图形转移技术进步

实现精细线路的关键步骤，采用**激光直接成像（LDI）技术**

大族数控作为全球全工序设备厂商和钻孔设备龙头，**二氧化碳激光钻机**精度达50μm，**超快激光钻孔**方案突破30μm。**曝光设备**是图形转移的关键设备，mSAP工艺对曝光设备的分辨率和精度提出了更高要求。芯碁微装的LDI光刻设备分辨率达10μm。

电镀技术创新

mSAP工艺的核心难点，对**深孔电镀和图形电镀**的均匀性控制方面要求较高

东威科技的**垂直连续电镀设备**采用脉冲电镀技术，多项指标上达到甚至超过国际技术水平，刚性板垂直连续电镀设备在板厚0.1-3.0mm的均匀性可达25μm±2.5μm，贯孔率在纵横比8:1时≥85%；东威科技的MVCP（针对mSAP）**填孔电镀设备**专门用于载板、类载板的制造，能够实现98%的孔铜均匀度。

蚀刻技术优化

精确控制**蚀刻深度和侧壁垂直度**

mSAP工艺采用快速闪蚀技术，目标是被蚀刻线条侧壁垂直。由于附**载体超薄铜箔**的Rz极低（Rz:3.0μm~0.8μm）、铜箔厚度极薄（5.0μm~1.5μm），在实施mSAP工艺进行精细线路加工中，截面呈现出矩形状况，蚀刻因子大，这样可以满足被蚀刻线条侧壁垂直的要求。

超薄铜箔技术发展

三井金属的MT系列附载体超薄铜箔发展经历了三个阶段：、

- 第一阶段（90年代末期~2010年代中期）的主要品种为MT18SD-H（常规轮廓度型，Rz:3.0μm）和MT18Ex（低轮廓度型，Rz:2.0μm），超薄铜箔产品厚度以5~7μm为主。
- 第二阶段（2010年代中期~2020年代初）发展出MT18EL等品种，超薄铜箔厚度规格以3~7μm为主。
- 第三阶段（2020年代初至今）实现**了1.0μm厚超薄铜箔的规模化生产，MT18GN的Rz值降至0.9μm，最薄厚度规格可达1.5μm。**

国内企业方邦股份、德福科技也在积极追赶。**方邦股份攻克了可剥铜技术，表面轮廓Rz≤1.5μm，剥离强度≥1.2N/cm，性能比肩三井金属。**

下载日志已记录，仅供内部参考

3.1 市场驱动：AI芯片与高性能计算/数据中心高速网络

AI芯片与高性能计算

GPU芯片对高密度互连的需求

AI芯片（包括GPU）因运算效能最大化需用HBM高带宽存储器紧密环绕在周围，传统的PCB工艺已经无法满足HBM与GPU之间的高速信号传输要求，**HBM的使用推动了对超高密度互连PCB的需求**，mSAP工艺受益。**在AI服务器中，PCB层数已提升至18-22层，部分高端产品甚至达到44层。**这种高多层、高密度的设计要求推动下，mSAP工艺直接受益。

CoWoP封装技术的革命性需求

2025年7月，英伟达内部流出的**CoWoP**（Chip-on-Wafer-on-Platform）封装路线图，是**取消传统封装基板、将芯片模组直接焊接至高密度PCB主板的新架构**，使mSAP工艺成为AI硬件制造的核心瓶颈。CoWoP技术的核心优势在于能够将芯片通过硅中介层直连PCB，信号路径缩短15%，散热效率提升20%，单颗封装成本直降30%以上。**需要PCB具备与IC载板相当的精细线路加工能力**，mSAP工艺成为实现这一目标的关键技术。

数据中心网络设备升级

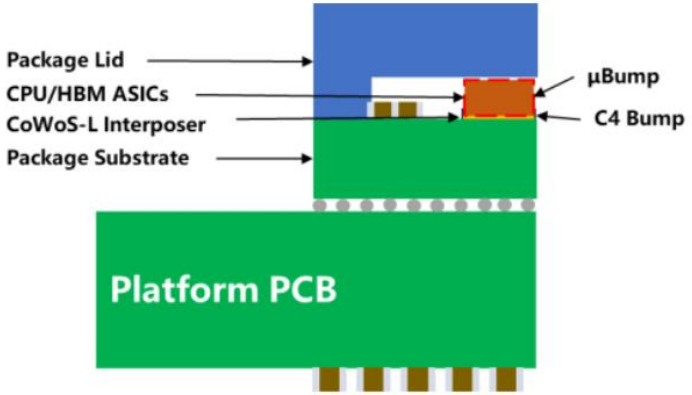
800G/1.6T光模块

光模块需要在极小的空间内集成大量的高速信号通道，对PCB的线宽线距、信号完整性、散热性能都提出了更高要求。mSAP工艺从根本上克服了减成法的物理缺陷，实现了对精细线路的“增材制造”，能够满足800G及以上高速信号对低损耗、高精度要求。

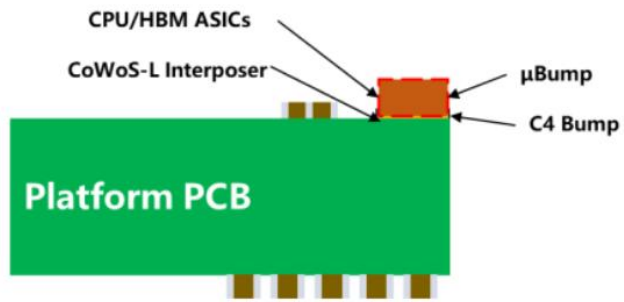
网络设备小型化

数据中心规模的扩大对网络设备的密度要求越来越高。这推动了**网络设备向小型化、高密度方向发展**，对PCB的集成度提出了更高要求。mSAP工艺通过实现10μm/10μm的线宽线距，能够在相同的PCB面积内集成更多的功能模块，满足网络设备小型化的需求。同时，mSAP工艺的高可靠性也能够确保网络设备在长期运行中的稳定性。

图：CoWoP = CoWoS – 封装基板，核心逻辑是去掉封装基板、让芯片直接与PCB相连

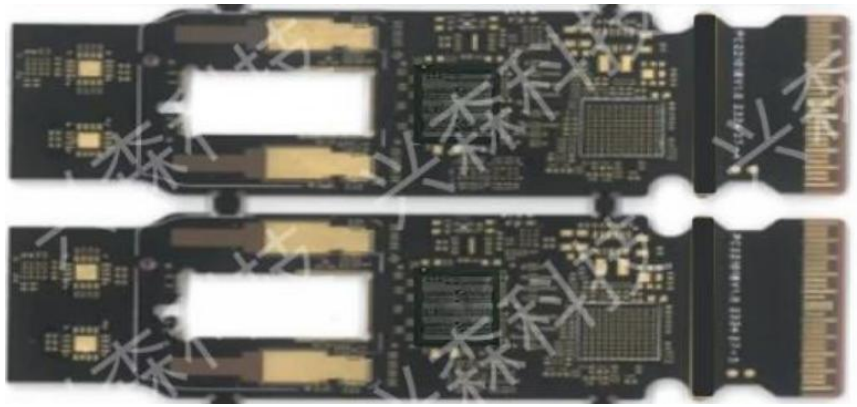


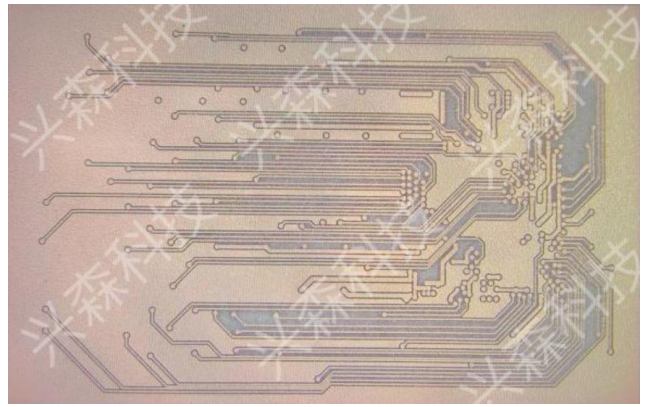
BGA attached Chip on Wafer on Substeate
CoWoS



Chip on Wafer on Platform PCB
CoWoP

图：1.6T光模块Flipchip PCB，采用BT板材或玻璃基板并基于mSAP工艺制成的高密高速光模块类载板





下载日志已记录，仅供内部参考

3.2 市场驱动：AI端侧/智能驾驶/5G通信

5G/6G通信技术推动

5G基站建设

5G毫米波频段要求PCB介电常数（Dk）波动≤±0.2，介质损耗因子（Df）≤0.002；并且在5G毫米波基站（28GHz相控阵）应用中，64通道阻抗一致性要求达到±1Ω。mSAP工艺通过精确控制线路与参考平面的间距（<10μm）能够将共面波导的损耗降低20%，改善信号完整性。

6G技术发展的前瞻性

6G将采用更高的频段（如太赫兹频段）和更复杂的天线阵列设计。mSAP工艺通过与超低介电常数（Dk=2.8）的聚酰亚胺基材配合，有望将100GHz频段插损控制在-60dB/m以内，为6G技术的发展奠定了基础。

智能手机与移动设备

智能手机设计的小型化

手机厚度逐渐下降，目前为7-8毫米；手机面积增加，目前通常为90-100cm²；主PCB面积从约25cm²下降到15-20cm²；PCB层数保持不变，约为10层；PCB复杂性增加，线宽/线距从60μm降至约30μm。手机轻薄短小趋势推动PCB从传统减成法向mSAP工艺的转变。

折叠屏手机带来的新机遇

折叠屏手机需要在有限的空间内集成更多的功能模块，对PCB的弯曲性能、可靠性和集成度都提出了更高要求。mSAP工艺通过采用柔性基材和优化的线路设计，能够满足折叠屏手机对PCB性能的特殊要求。同时，折叠屏手机的高附加值特性也为mSAP工艺的应用提供了经济支撑。

新能源汽车与智能驾驶

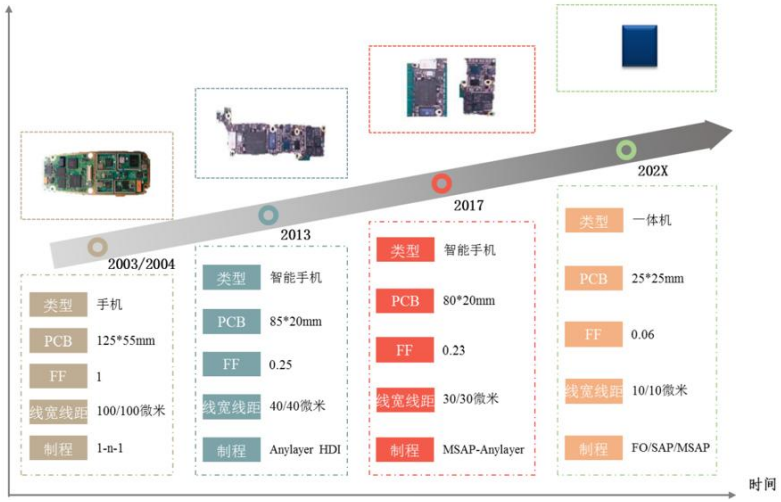
新能源汽车电子化程度

新能源汽车单车PCB价值量从传统车500元提升至电动车的2000元，BMS与智能座舱为核心增量。车规级标准对PCB的可靠性、耐高温性能、信号传输性提出了更高要求，mSAP工艺可实现精确的线路控制和优异的信号完整性，满足新能源汽车电控系统的严苛要求。

智能驾驶技术的推动

自动驾驶系统需要处理大量的传感器数据和复杂的算法运算，对PCB的高速信号传输能力和高集成度提出更高要求，为mSAP工艺等高端PCB技术提供了发展空间。

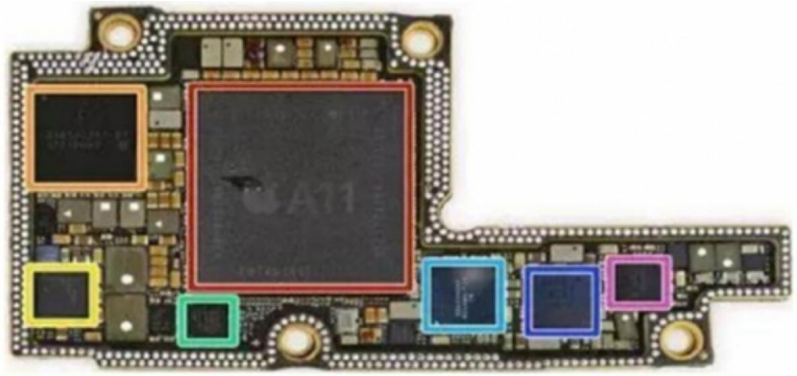
图：PCB产品革新趋势



图：PCB向高密度方向演变

Type	Line/Space	Import time
Double-sided PCBs	100um	
Multilayer PCBs	100um	2002~2003
HDI Microvia PCBs	60um	2005
HDI any-layer PCBs	40um	2010
Substrate-like PCBs	30um	2017

图：iPhoneX内部SLP结构



下载日志已记录，仅供内部参考

4 mSAP产业链现状：工艺紧缺，产业链扩产

公司	规划
鹏鼎控股	光模块领域自2025年起公司SLP产品已切入800G/1.6T高端市场并将实现量产出货，3.2T产品已进入研发阶段。 产能布局方面，淮安园区、泰国园区作为核心AI相关产能布局基地，目前，泰国一期处于良率爬坡阶段，预计达产后新增产值十多亿元，其余产能建设在有序进行中。公司正加速1.6T/3.2T光模块及车载HDI等前沿领域产能布局。
兴森科技	光模块业务是公司2026年的工作重心之一，北京兴斐1.6T光模块产品板目前处于量产爬坡阶段，并在同步开展多家客户的验证导入工作。 珠海兴科2025年扩产的1.5万平方米/月产能处于爬坡阶段，爬坡进展较快。目前公司CSP封装基板的总产能为5万平方米/月，公司扩产计划将视市场情况及订单情况分期建设。
深南电路	2025年以来，公司广州封装基板项目产品线能力持续提升，其中BT类封装基板产能爬坡稳步推进，FC-BGA类封装基板已实现22层及以下产品量产，24层及以上产品技术研发及打样工作按期推进。
沪电股份	2026年初，公司公告在常州市金坛区投资设立全资子公司，搭建CoWoP等前沿技术与mSAP等先进工艺的孵化平台，构建“研发-中试-验证-应用”的闭环体系，布局光铜融合等下一代技术方向，系统提升产品的信号传输、电源分配及功能集成能力，待相关技术工艺验证成熟并具备产业化条件后，投建高密度光电集成线路板的规模化生产线
胜宏科技	公司在惠州配置了mSAP车间，该产能目前用于满足1.6T光模块的生产需求，产能利用率处于良好水平，产品良率行业领先。此外，公司正积极推进CoWoP技术的研发及生产工作，该技术需同时具备高阶HDI和mSAP工艺能力，预计相关PCB产品价值量将有较大幅度提升。
广合股份	公司有启动针对光模块PCB产品的预研，800G光模块产品已在送样测试阶段。
景旺电子	公司珠海金湾基地规划有60万平米的HDI年产能，具备Anylayer任意阶的量产能力和mSAP工艺，可生产SLP产品。
红板科技	公司首发募资投向年产120万平方米高精密电路板项目，预计2026年下半年投产，提升高端产能与制程能力。
德福科技	公司自主研发量产的载体铜箔可应用于IC封装载板、高密度互连技术板、Coreless基板、IC封装制程材料、HDI领域等用途。
方邦股份	公司可剥铜陆续通过相关客户及终端的测试认证，持续获得小批量订单，后续将根据客户及终端应用反馈，持续提升产品品质和良率，并结合相关项目排产节奏，推动订单上量工作
芯碁微装	公司WLP系列直写光刻设备已实现多家头部厂商类CoWoS-L产品的量产导入，并预计于2026年下半年进入量产爬坡阶段。

下载日志已记录，仅供内部参考

5 mSAP技术发展趋势：精度持续提升，向ABF载板边界趋近

据深圳市赛姆烯金科技有限公司公众号：

- **1、2027-2028年：亚10μm技术或将成熟**

这一阶段有望迎来亚10μm（5-8μm）技术的成熟和规模化应用。随着CoWoP封装技术的大规模商用，对5-8μm线宽线距的需求将快速增长。

在技术突破方面，这一阶段将重点发展超高密度互连技术，实现5μm/5μm线宽线距的量产能力。同时，在材料技术方面，将实现1μm超薄铜箔的规模化生产，Rz值控制在0.5μm以下。

- **2、2029-2030年：5μm精度规模化应用期**

到2030年，mSAP工艺将实现5μm/5μm线宽线距的规模化应用，部分领先企业有望突破3μm精度门槛。这一阶段的技术发展将重点关注以下几个方向：

超高精度图形转移技术：通过极紫外光刻、电子束光刻等新技术的应用，实现更高精度的图形转移。

三维集成技术：发展立体多层互连技术，进一步提高PCB的集成度和性能。

智能化制造技术：实现mSAP生产流程智能化，通过AI技术实现工艺参数的自动优化和质量的实时监控。

下载日志已记录，仅供内部参考

6 投资建议

mSAP产业链相关标的建议关注：

- -PCB：鹏鼎控股、深南电路、兴森科技、沪电股份、胜宏科技、广合科技、景旺电子
- -载体铜箔：德福科技、铜冠铜箔、方邦股份
- -电镀（添加剂）/填孔镀铜：光华科技、天承科技、艾森股份
- -感光干膜：福斯特、容大感光
- -设备/耗材：芯碁微装、大族数控、东威科技、合锻智能、泰金新能、鼎泰高科、亚洲联网科技

下载日志已记录，仅供内部参考

7 风险提示

1、技术发展不及预期：向更高精度发展面临技术瓶颈，5μm以下精度的工艺稳定性和良率仍需验证；同时，新技术的研发投入大、周期长，存在技术路线选择错误的风险。

2、AI发展不及预期：mSAP工艺高度依赖AI算力发展需求,下游应用市场的需求波动可能影响mSAP产业的发展；科技巨头的投资、市场环境的变化或将直接影响产业发展节奏。

3、供应链风险：关键材料和设备的进口依赖度高，国际政治经济环境的变化可能影响供应链安全；特别是在当前国际贸易环境下，技术封锁和供应链中断的风险需要重点关注。

4、竞争风险：随着mSAP技术的成熟和市场需求的增长，越来越多的企业将进入这一领域，竞争将日趋激烈。

5、mSAP新增产能释放不及预期：行业扩产所需设备紧缺，新增产能释放节奏或将不及预期。

6、上游高端材料国产替代不及预期：上游主要原材料可剥离铜箔依赖进口，国产厂商的产品技术有待提升。

7、重点公司业绩不及预期：行业需求、成本、竞争等多重变量均可能导致相关企业盈利承压。

8、报告结论存在局限性：报告仅为定性分析、缺少定量数据，结论存在局限性。

9、环保污染风险：mSAP工艺流程长，产生的危废种类较多，警惕环保污染风险。

下载日志已记录，仅供内部参考

研究小组介绍

电子小组介绍

胡剑：电子行业首席分析师，复旦大学电子系学士，复旦大学世界经济系硕士，法国EDHEC商学院交换生。2026年4月加入国海研究所，此前任国信研究所电子首席、华泰研究所消费电子首席。2018年第一财经最佳分析师电子行业第3名，2019年证券时报金翼奖分析师电子行业第2名，2019年II China科技行业入围，2019年新浪财经金麒麟新锐分析师电子行业第1名，2020年II China科技行业第2名，2023年Wind金牌分析师电子行业第3名，2023年新浪财经金麒麟菁英分析师半导体行业第2名、消费电子行业第3名，2024年Wind金牌分析师电子行业第1名，2024年证券业分析师金牛奖最佳行业分析师团队，2024年新浪财经金麒麟菁英分析师半导体与消费电子行业第4名，2025年证券业分析师金牛奖最佳行业分析师团队，2025年Wind金牌分析师电子行业第2名，第十三届Choice最佳分析师团队。
孙华圳，电子行业分析师，复旦大学理学博士，3年实业经验，4年证券研究经验。主要覆盖半导体制造、封测、上游耗材、零部件等。
高力洋，电子行业分析师，福特汉姆大学硕士，加州大学圣巴巴拉分校学士，5年证券研究经验。主要覆盖半导体，主覆盖IC设计(存储，SoC)，分立器件碳化硅产业链等。
李明明，电子行业分析师，纽约大学硕士，加州大学圣地亚哥分校学士，4年证券研究经验。主要覆盖模拟IC，面板，LED，被动元件等。
李惠，电子行业研究助理，复旦大学硕士，4年电子行业研究经验。主要覆盖半导体设备、零部件等。
李晓康，电子行业分析师，中国科学技术大学硕士，3年证券研究经验。主要覆盖消费电子。
傅麒丞，电子行业资深分析师，谢菲尔德大学金融硕士、国际商务管理硕士，2022、2023年所在团队新财富最佳分析师入围，4年证券研究经验。

分析师承诺

胡剑, 傅麒丞, 本报告中的分析师均具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立，客观的出具本报告。本报告清晰准确的反映了分析师本人的研究观点。分析师本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收取到任何形式的补偿。

国海证券投资评级标准

行业投资评级

推荐：行业基本面向好，行业指数领先沪深300指数；
中性：行业基本面稳定，行业指数跟随沪深300指数；
回避：行业基本面向淡，行业指数落后沪深300指数。

股票投资评级

买入：相对沪深300指数涨幅20%以上；
增持：相对沪深300指数涨幅介于10%～20%之间；
中性：相对沪深300指数涨幅介于-10%～10%之间；
卖出：相对沪深300指数跌幅10%以上。

下载日志已记录，仅供内部参考

免责声明和风险提示

免责声明

本报告的风险等级定级为R3，仅供符合国海证券股份有限公司（简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户及/或投资者应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于公开资料及合法获得的相关内部外部报告资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，不保证其中的信息已做最新变更，也不保证相关的建议不会发生任何变更。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。报告中的内容和意见仅供参考，在任何情况下，本报告中所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价和征价。本公司及其本公司员工对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。

风险提示

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向本公司或其他专业人士咨询并谨慎决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，请公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司的证券研究报告。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议。

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。本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

郑重声明

本报告版权归国海证券所有。未经本公司的明确书面特别授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他任何方式非法使用本报告的部分或者全部内容，否则均构成对本公司版权的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。

下载日志已记录，仅供内部参考

国海证券 SEALAND SECURITIES

国海证券·研究所·电子研究团队

心怀家国，洞悉四海

国海研究上海

上海市黄浦区绿地外滩中心C1栋国海证券大厦

邮编：200023

电话：021-61981300

国海研究深圳

深圳市福田区竹子林四路光大银行大厦28F

邮编：518041

电话：0755-83706353

国海研究北京

北京市海淀区西直门外大街168号腾达大厦25F

邮编：100044

电话：010-88576597