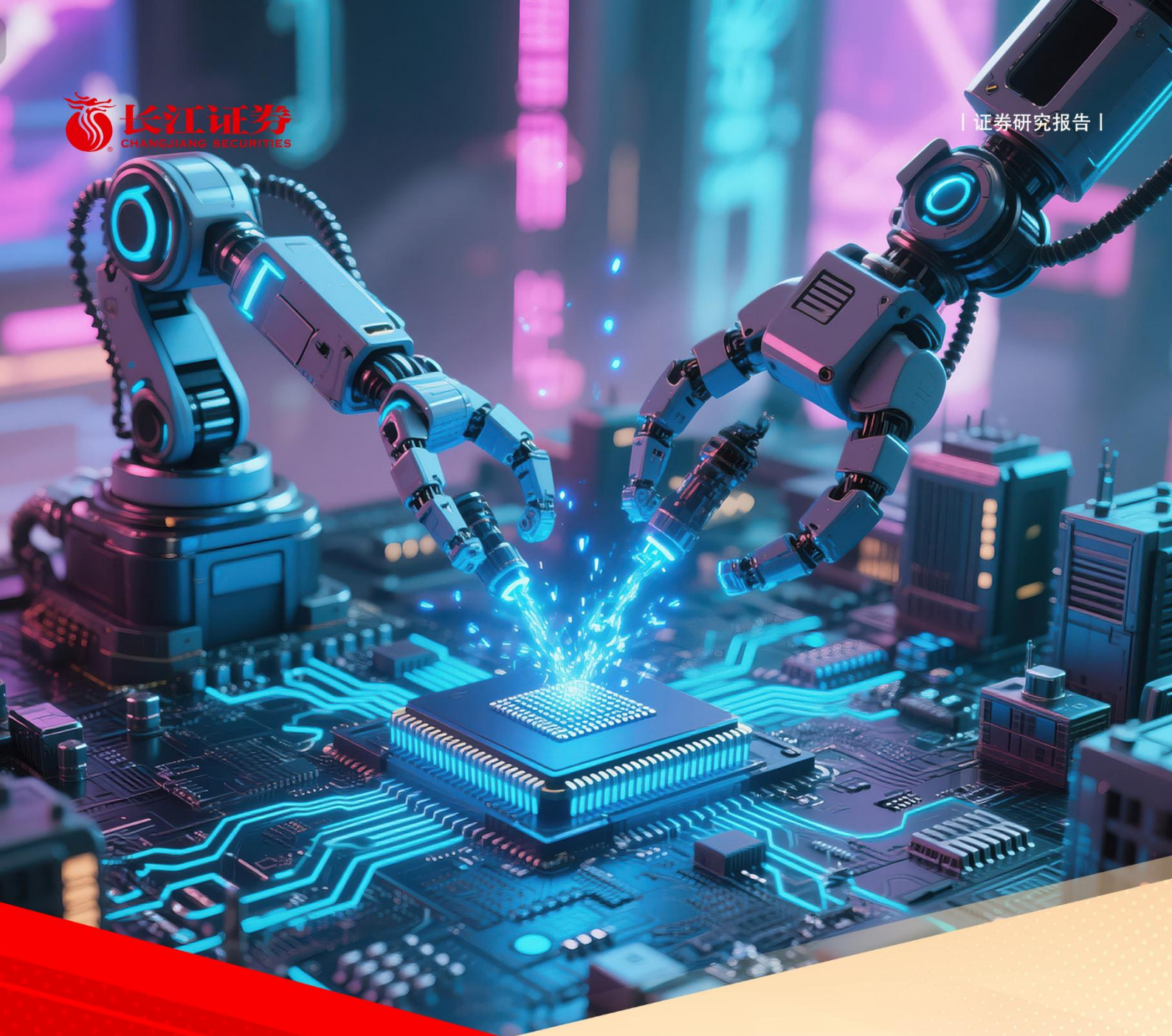




行业研究 | 深度报告 | 机械

AI 装备：需求通胀量价齐升，技术革新再造新空间 ——机械行业 2026 年度中期投资策略（一）

报告要点

AI 驱动需求周期，具有算力需求外溢、硬件价值量抬升、关键环节供给约束的特点，利润流向上游硬件。一方面呈现上游硬件与材料的结构性通胀，另一方面持续技术革新。通胀决定利润向稀缺环节集中，技术革新决定了产业的新增价值重新分配。AI 相关装备投资，沿着通胀与技术革新两条线索，寻找稀缺通胀环节与新技术方向。

分析师及联系人



赵智勇

SAC: S0490517110001

SFC: BRP550



臧雄

SAC: S0490518070005

SFC: BVO790



倪蓁

SAC: S0490520030003



曹小敏

SAC: S0490521050001



刘晓舟

SAC: S0490524030001



屈奇

SAC: S0490524070003



杨文建

SAC: S0490525070003

机械

AI 装备：需求通胀量价齐升，技术革新再造新空间——机械行业 2026 年度中期投资策略（一）

行业研究 | 深度报告

投资评级 看好 | 维持

AI 驱动下的装备&耗材需求通胀与技术革新

本轮 AI 产业大周期由全球算力基建扩容、先进封装等多重因素共同推动，带来硬件耗材结构性通胀与全链条技术革新，利润向稀缺瓶颈环节集聚。行业需求的景气驱动力从消费终端切换为云厂商 AI 资本开支，消费周期影响弱化，算力瓶颈倒逼新技术落地，稀缺的核心部件出现价值通胀。因此，在装备与耗材端，投资可围绕两条主线布局：一是供需紧张、利润上行的稀缺耗材设备赛道，二是重构硬件价值链的创新技术环节。

AI 装备&耗材各环节持续通胀

光模块测试设备：AI 算力迭代推动光模块升级至 1.6T，测试标准全面拔高，高端测试设备带宽、精度要求提升，实现量价齐升。目前海外厂商垄断国内高端市场，高端设备供给紧张。国产厂商已完成 1.6T 适配设备技术突破，依托稀缺产能与技术优势，充分受益行业扩产及国产替代红利。

半导体设备：AI 算力基建与本土产能扩张，驱动全球半导体设备持续高增。摩尔定律放缓推高制程难度，AI 芯片、HBM 等产品复杂度提升，拉长测试时长、增加测试项目，带动设备量价齐升。国内厂商研发持续加码，国产化率稳步提升，中高端设备替代空间广阔。

PCB 钻针&设备：AI 服务器推动 PCB 向高层数、低损耗、高密度迭代，让 PCB 钻针从周期品类转向成长赛道。高端板材加工难度提升、钻针寿命缩短、打孔密度增加，带动钻针量价齐升。海内外 PCB 厂持续扩产，高阶板及新工艺升级，带动配套加工设备扩容，国产龙头优势凸显。

锡膏：锡膏是光模块封装与 SMT 工艺的核心耗材，800G、1.6T 高速光模块放量，大幅提升单模块焊点数量与锡膏用量。产品迭代推动行业切换高端超细粉锡膏，实现量价齐升。行业受出货量、单耗提升、产品升级三重驱动，国产替代空间广阔。

燃气轮机：北美 AI 数据中心用电激增，叠加油气、电网调峰需求，全球燃气轮机需求爆发。海外龙头订单饱满、产能受限，交付周期大幅拉长，市场供给缺口显著。国内已实现重型燃机技术自主可控，整机及零部件成熟，国产厂商持续出海接单，替代窗口明确。

新技术持续迭代拓展新需求

先进封装：传统芯片制程迭代放缓，先进封装依托 Chiplet、2.5D/3D 异构集成突破算力瓶颈，成为产业核心发展方向。高端 AI 芯片封装及测试成本占比大幅提升，新增多项特殊工序，带动光刻、刻蚀、检测等封装设备需求扩容。叠加地缘因素与行业高景气，国内封测设备国产替代进程持续加速。

TGV 玻璃基板：TGV 玻璃基板具备低损耗、低成本、尺寸可调等优势，性能优于硅基与有机基板，适配 CoPoS 先进封装与 CPO 光电共封装场景。全球巨头密集布局，行业将于 2026 年开启小批量量产，后续需求持续释放。产业呈现设备先行格局，国内激光、电镀、检测设备及基板加工环节，迎来快速追赶与国产替代机遇。

风险提示

1、AI 基础设施建设支出不及预期的风险；2、国产替代与海外市场拓展受阻的风险；3、新技术产业化进程不及预期的风险；4、行业竞争加剧的风险。

请阅读最后评级说明和重要声明

市场表现对比图(近 12 个月)



资料来源：Wind

相关研究

- 《机械周报 0719：AI 检测系列——PCB 检测设备&零部件迎来提速》2026-07-20
- 《机械周报 0712：人形机器人：国内外量产稳步推进》2026-07-14
- 《顺周期：出口叠加 AI 新动能，寻找低位改善方向——机械行业 2026 年度中期投资策略（二）》2026-07-14



更多研报请访问
长江研究小程序

目录

AI 驱动下的装备&耗材需求通胀与技术革新	6
AI 装备&耗材各环节持续通胀	7
光模块测试设备：受益 1.6T 光模块扩产，量价齐升	7
半导体设备：制程升级+芯片复杂度提升推动量价齐升	9
PCB 钻针&设备：PCB 结构+材料升级，钻针&设备量价齐升	11
锡膏：关键焊接材料，光模块需求驱动量价齐升	18
燃气轮机：海外燃机巨头订单高增，国产燃机出海迎来机遇	21
新技术持续迭代拓展新需求	24
先进封装：芯片性能突破关键，催生新设备需求	24
玻璃基板 TGV：产业化导入迎来质变，设备先行，基板加工、玻璃原片加速追赶	27
风险提示	30

图表目录

图 1：AI 装备&耗材投资策略	7
图 2：联讯仪器示波器售价近年来稳步提升（万元）	8
图 3：2024 年光通信测试仪器市场竞争格局	8
图 4：全球半导体设备销售额持续增长	9
图 5：全球半导体设备销售额/全球半导体销售额	9
图 6：国内半导体设备上市公司研发投入持续增加	10
图 7：国内半导体设备公司份额持续提升	10
图 8：华峰测控测试机单价逐年提升（万元）	10
图 9：全球半导体测试设备市场规模持续扩大	11
图 10：PCB 刀具市场产业链	12
图 11：2020-2025 全球 PCB 钻针市场规模	12
图 12：全球 PCB 钻针厂商销售量份额变化	15
图 13：2025 全球 PCB 钻针生产商销售量份额占比	15
图 14：全球 PCB 设备传统市场规模及增速（2025 年前）	16
图 15：内资 PCB 厂资本开支情况（亿元人民币）	16
图 16：海外 PCB/载板厂资本开支情况（亿美元）	16
图 17：PCB 生产工序及对应的生产设备梳理	17
图 18：不同服务器产品对应 PCB 的差异	17
图 19：AI 服务器产品的 PCB 层数和材料显著升级	17
图 20：HDI 板的内部结构	18
图 21：6 层 1 阶 HDI 板	18
图 22：锡膏在 SMT 贴片或 DIP 封装过程中的具体应用	18
图 23：微电子焊接材料行业产业链	19
图 24：全球电子级锡焊料市场规模及预测	19
图 25：光模块传输信号示意图	19

图 26: 800G 及以上光模块出货量图	20
图 27: 全球光模块出货量图 (百万支)	20
图 28: 不同规格锡膏价格对比图	21
图 29: 国内微电子焊接材料市场情况	21
图 30: 北美部分机构对 2025-2030 年数据中心增量的预测 (GW)	22
图 31: Grid Strategies 对北美未来 5 年数据中心增量的预测 (GW)	22
图 32: GEV 燃机在手订单及预留槽位跟踪	22
图 33: 2025 年 GEV 燃机新签订单同比增长 48%	23
图 34: GEV Power 板块在手订单持续增长	23
图 35: 西门子能源 Gas Services 业务季度新签订单 2024Q2 以来保持同比增长	23
图 36: 西门子能源 Gas Services 业务季度在手订单稳步提高	23
图 37: 东方电气国产 F 级 50 兆瓦重型燃气轮机	24
图 38: 瀚辰精英采购航发燃机“太行 7”燃气轮机作为核心动力设备	24
图 39: 全球传统封装与先进封装市场空间 (亿美元)	24
图 40: 中国传统封装与先进封装市场空间 (亿元)	24
图 41: 封装设备市场空间 (亿美元)	26
图 42: 半导体封装设备价值量占比 (2026E)	26
图 43: 先进封装设备环节梳理	26
图 44: 英特尔封装基板材质、封装技术路线图	28
图 45: 从 CoWos 到 CoPos 封装的演绎	29
图 46: CPO 结构中, 玻璃基板的应用	29
表 1: 1.6T 测试设备标准较 800G 有明确提升	7
表 2: 芯片复杂度提升带来测试时间拉长	10
表 3: 不同钻针特征与应用范围	13
表 4: 分段钻工艺流程	13
表 5: 几种玻璃布的特性对比	14
表 6: 不同类型涂层对比	14
表 7: PCB 钻针行业主要参与公司梳理	15
表 8: 光模块不同工艺环节对应使用的锡膏牌号	20
表 9: 不同速率的光模块对应焊点数量及锡膏用量等情况	21
表 10: 集成芯片的主要封装技术对比	25
表 11: 高算力芯片产品成本结构 (美元/颗)	25
表 12: 不同基板的参数对比	27

AI 驱动下的装备&耗材需求通胀与技术革新

当前由 AI 驱动的需求周期，并非由单一终端创新变化带来，而是由全球 AI 资本开支高增、算力基础设施扩容、先进封装与存储瓶颈强化、端侧 AI 渗透启动共同驱动的产业大周期，具有算力需求外溢+硬件价值量抬升+关键环节供给约束的特点。这一轮 AI 周期一方面呈现上游硬件与材料的结构性通胀，另一方面是系统架构、半导体封装路线、PCB 材料、光通信封装方式等带来的持续技术革新。通胀决定利润向稀缺环节集中，技术革新决定了产业的新增价值沿着 GPU、HBM、先进封装、高速互联、PCB、电源散热、端侧模组等重新分配。

装备需求从终端消费周期升级为 AI 基础设施建设

过去 3C、半导体、PCB 等相关板块的装备、耗材需求，更多来自于终端消费的周期波动，而自 2023 开始，AI 生产力体系的底层基础设施建设，成为了需求的新驱动力。

2021—2022 年，AI 在产业尚未形成明确主线，而 2022 年底 ChatGPT 发布后，AI 从技术演示迈向商业化预期确认，2023 年成为生成式 AI 元年，科技行业的景气锚开始从传统消费电子切换至 AI 算力基础设施。模型能力提升，成为行业的一大驱动力，模型参数、训练量与推理调用量同步上升，使算力、互联和存储从辅助资源变为核心生产资料。2024 年开始全球 AI 投资进入斜率跃迁阶段，北美云厂商的资本开支持续上修，数据中心的 Capex 成为巨大增量，包括 AI 服务器、AI 交换机、AI 光模块及相关基础设施建设持续高景气，这使得相关产业链需求不再只是被动承接下游终端复苏，而是由全球头部云厂商和模型厂商的资本开支主动拉动，进入“先基建、后应用；先硬件、后软件；先供给瓶颈、后需求扩散”的新周期。

这一转变给行业带来了三方面变化：1) 需求来源从居民消费切换为企业和平台型资本开支，行业景气对宏观消费周期的敏感度下降，对云厂商与主权 AI 投资的敏感度上升。2) 价值创造从单点器件转向系统协同，先进封装、网络、存储、电源散热、机柜级架构和端侧算力共同决定价值量。3) 竞争逻辑从成本领先转向技术路径和供给控制能力，掌握瓶颈环节、具备扩产能力、率先跨越技术代差的环节，能够获得超额利润。

AI 需求推动价值通胀与技术持续迭代

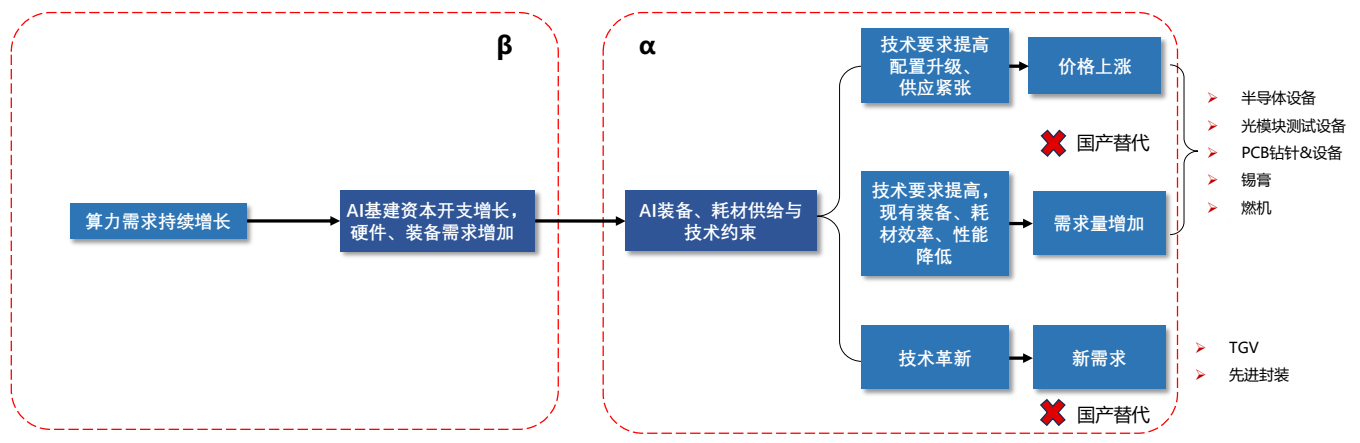
需求爆发导致稀缺环节价格上行，形成通胀；为应对瓶颈而持续推进系统级技术跃迁，驱动技术革新。

以 AI 芯片为例，AI 芯片没有延续传统半导体制程演进—单位成本下降，而是推动产业进入系统级提效优先于单芯片降本的新阶段。产业需求的核心矛盾不再只是晶体管数量、成本，而是算力、互联、存储、功耗和封装等系统能力能否协同优化。在技术上，AI 芯片面对功耗墙、存储墙和面积墙的约束，单纯依靠先进制程已难以支撑性能持续跃迁，催生了众多新的封装技术迭代，如 Chiplet、2.5D/3D 封装、CoWoS、混合键合等，从后道工艺升级为系统设计的重要变量，如台积电的 CoWoS 产能虽持续增加，但仍有较大的供需缺口。价值通胀上，HBM 需求在 AI 服务器驱动下快速提升，并且在 AI 芯片的成本占比快速提升。这表明，AI 带来的并非过去一样的普遍性通缩，而是在关键性能瓶颈环节形成了明显的价值通胀。

在 AI 相关的装备和耗材领域，我们的策略是，沿着通胀与技术迭代两条线索，寻找 AI 基础设施建设产业链中：1) 价值量通胀的稀缺环节，后续有望在利润上兑现高增；2)

正在重塑硬件价值链的技术创新环节，后续有望受益于新需求且有望获得估值抬升。在通胀方面，主要受益的包括：半导体设备、光模块测试设备、PCB 钻针&设备、锡膏、燃机等环节。在新技术方面，主要包括 TGV、先进封装等环节。

图 1：AI 装备&耗材投资策略



资料来源：长江证券研究所

AI 装备&耗材各环节持续通胀

光模块测试设备：受益 1.6T 光模块扩产，量价齐升

当前光模块需求持续提升，本质是 AI 算力爆发推动 AI 算力基建在网络侧集中兑现。当前受益于 AI 训练进一步演进为多轮推理，工具调用、Agent 工作流、代码、办公、搜索等高并发场景出现，token 的消耗与服务稳定性要求持续提升。这进一步推动 AI 算力基建投资持续扩容，拉动高速光模块需求，也持续推动光模块从 800G 向 1.6T、3.2T、CPO、NPO 等迭代。

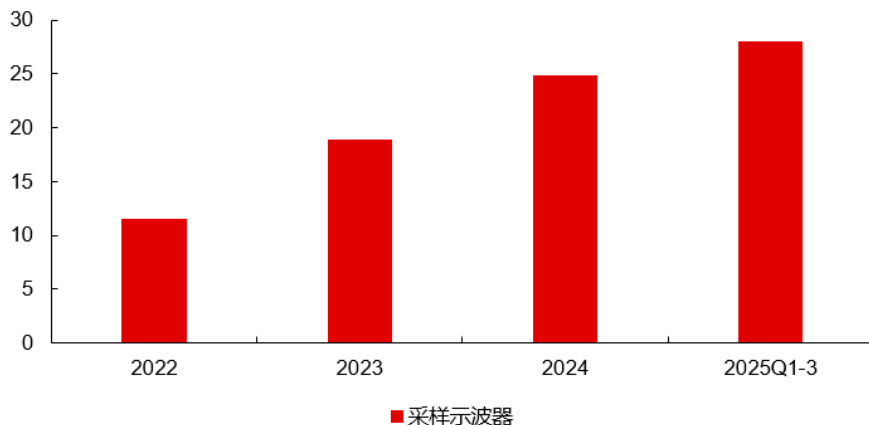
光模块设备的需求弹性预期将更加积极。一方面，本轮算力通胀带动的设备投资有明显的“代际替换通胀”特征。以光模块检测设备示波器产品为例，根据联讯仪器招股说明书，2024 年以来，大客户持续放量采购公司 50GHz 产品，50GHz 产品收入占比持续提升。2024-2025 年前三季度公司采样示波器单价分别为 24.84 万/台、28.0 万/台。而由于 1.6T 光模块测试标准提升，1.6T 的采样示波器价格预计将有大幅增加。近期广东工业大学采购 Keysight 的 N1000A 高速采样示波器中标金额单台价格高达 279.5 万/台。

表 1：1.6T 测试设备标准较 800G 有明显提升

代/总容量	关键 IEEE 标准	单通道速率/调制	奈奎斯特频率	核心技术挑战
100G	802.3bj	25Gbps NRZ	12.9GHz	NRZ、长插损，时钟恢复
400G	802.3bs/802.3cd	53.125Gbps PAM4/106Gbps PAM4	26.5GHz/53GHz	串扰控制、DSP 功耗、信噪比压缩，FEC
800G	802.3df	106Gbps PAM4	26.5GHz/53GHz	高密度热管理、LPO/CPO 架构探索
1.6T	802.3dj(Draft)	224Gbps PAM4	56GHz	极高插入损耗、突发误码、封装寄生效应，增强 FEC

资料来源：Onetest 仪器资源库，长江证券研究所

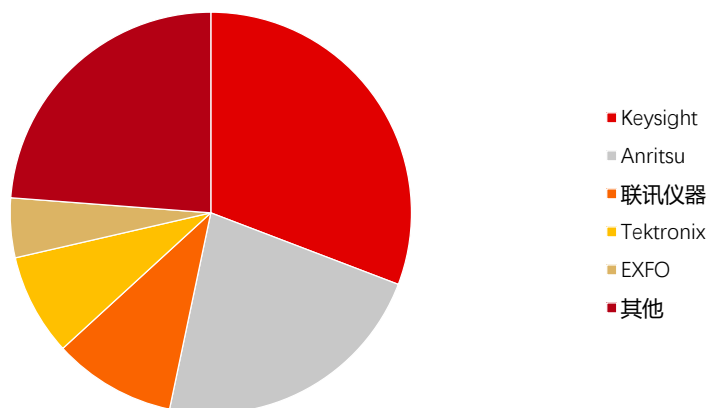
图 2：联讯仪器示波器售价近年来稳步提升（万元）



资料来源：联讯仪器招股说明书，长江证券研究所

另一方面，国产测试设备有望实现“弯道超车”。根据联讯仪器招股说明书，此前光通信检测仪器竞争格局主要是 Keysight、Anritsu 等为代表的海外企业占据 2024 年中国光通信测试仪器市场约 84% 的份额，行业集中度较高。本土企业市场份额占比约为 16%，其中联讯仪器占据中国光通信测试仪器市场 9.9% 的市占率。随着光模块技术迭代至 1.6T，国内外竞争格局均有望产生变化。

图 3：2024 年光通信测试仪器市场竞争格局



资料来源：联讯仪器招股说明书，Frost&Sullivan，长江证券研究所

当前全球具备 60GHz 以上示波器厂商主要有 Keysight、安立、联讯仪器和万里眼，供给格局较 800G 设备更加收敛。国产设备积极与光模块头部企业合作，有望获得高速光模块的扩产红利。

- Keysight: DCA-X 系列模块化配置采样示波器高达 120GHz 光带宽以及支持 >200 GBaud; SX2 系列 DCA-M 高达 60GHz 带宽，支持高达 120 GBaud 数据速率。
- 安立: MP2110A 系列集成 BERT 和采样示波器的一体化方案，60GHz 带宽满足单通道 200G 测试。
- 联讯仪器: 已推出满足目前业内最高水平 1.6T 光模块测试需求的 65GHz 采样示波器、120GBaud 时钟恢复单元、1.6Tbps 误码分析仪。

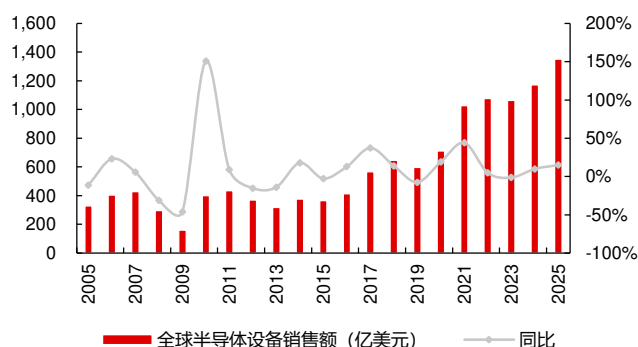
- 万里眼：2026 年发布 65GHz 采样示波器，65GHz 超高带宽支持单通道 200G 测试。

半导体设备：制程升级+芯片复杂度提升推动量价齐升

全球半导体设备销售额创新高。2025 年全球半导体制造设备销售额从 2024 年的 1171 亿美元增长 15%，达到 1351 亿美元，主要得益于对先进逻辑、内存和人工智能相关产能扩展的持续投资。国产半导体设备需求持续提速，一方面，AI 驱动半导体 CAPEX 增加，新一轮扩产周期利好上游设备，设备公司订单高增，且产能紧缺，设备价格上涨；另一方面，国产替代与本土产能扩张加速，本土先进制程需求旺盛，但供应链国产化率尚处于较低水平，国产设备替代空间大，需求旺盛。

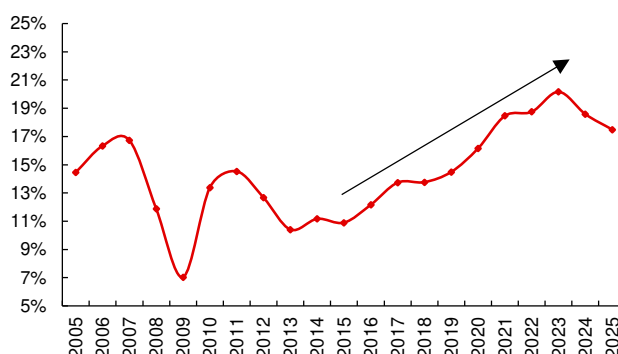
同时，在摩尔定律放缓的情况下，单纯的缩放晶体管的方式正在失效，需要新的三维结构和材料来提升平面晶体管密度，工艺难度在不断加大，每万片晶圆产线对应的设备需求，随着制程的升级，呈现出不断增长的趋势。

图 4：全球半导体设备销售额持续增长



资料来源：SEMI，长江证券研究所

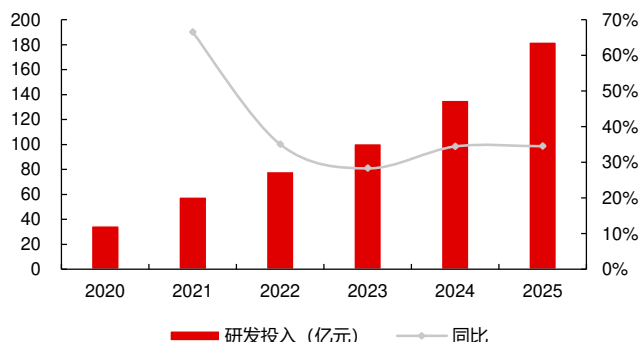
图 5：全球半导体设备销售额/全球半导体销售额



资料来源：WSTS，SEMI，长江证券研究所

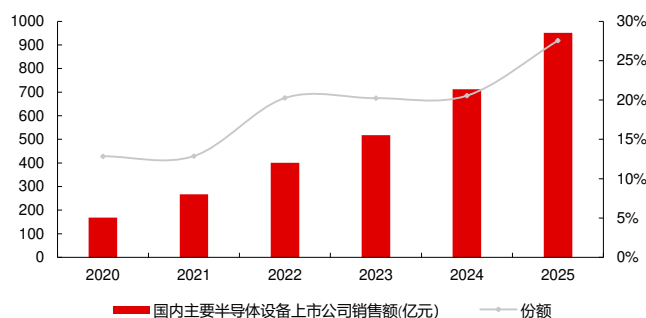
随着国内半导体设备公司的营收规模持续扩大，其研发投入力度也随之增强，有望加速国产替代进程。2025 年国内主要半导体设备上市公司的研发投入总计达到 182 亿元，同比增长 35%。国产替代目前已经完成了从 0 到 1 的突破，2025 年国内主要上市半导体企业营收总和，占中国大陆半导体设备销售额比重达到约 28%。后续需要进一步加大研发投入，在中高端产品层面超越海外领先厂商。

图 6：国内半导体设备上市公司研发投入持续增加



资料来源：Wind，长江证券研究所

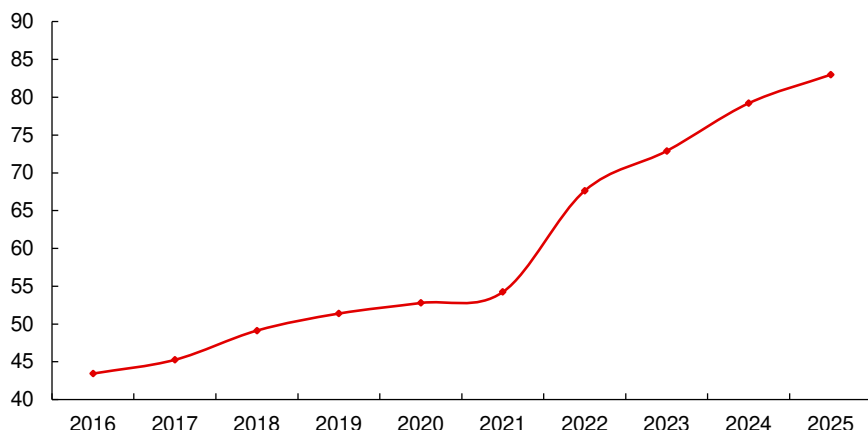
图 7：国内半导体设备公司份额持续提升



资料来源：Wind，SEMI，长江证券研究所，注：份额为国内半导体设备上市公司营收占中国大陆半导体设备销售额比重

近年来，在 AI 的驱动下，芯片持续迭代升级，包括从常规的 CPU，到 AI GPU，从传统的 DDR DRAM，到 HBM，从此前的 2D NAND 到 3D NAND 且堆叠层数持续提高。芯片功能不断提升，越来越复杂，促使测试机功能跟随迭代升级，配置逐渐升高，测试机单价不断提升。以华峰测控为例，2016 年公司测试机均价约 43 万元，2025 年提升至约 83 万元。

图 8：华峰测控测试机单价逐年提升（万元）



资料来源：华峰测控招股说明书，华峰测控年报，长江证券研究所

芯片复杂度提升对测试也提出了更高要求，基于设备需求量=（芯片出货量×单颗芯片测试时间）÷（单台设备并行度×利用率），因此芯片复杂度提升后，将使得测试时间拉长，为了满足芯片产能，将带来更多设备需求。

表 2：芯片复杂度提升带来测试时间拉长

芯片类型	复杂度	测试时间/强度变化
常规服务器 CPU	晶体管数量较少，封装方式不复杂；	芯片测试和系统级测试时长较短；
AI 算力芯片	晶体管数量较多，封装方式复杂；	芯片测试和系统级测试时间拉长，且由于逻辑太复杂，单纯芯片测试无法完全覆盖测试项，必须跑真实 AI 负载；

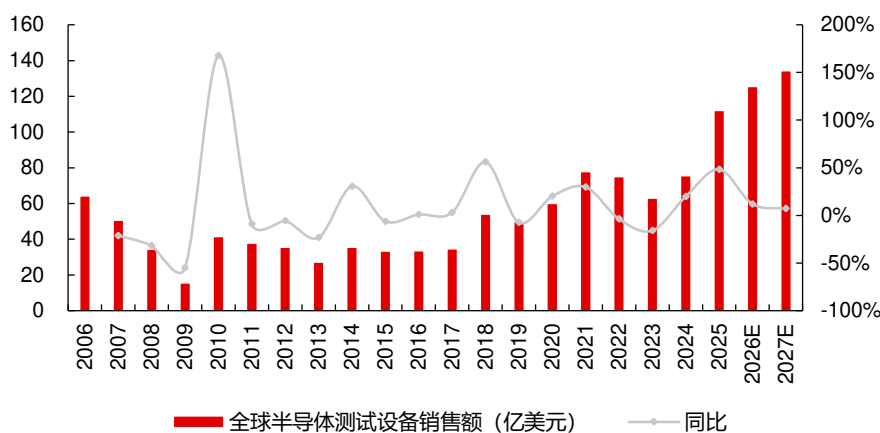
DRAM	常规 DDR 内存	单层芯片，I/O 通道数少，存储密度低；	老化测试时间较短；
	HBM	堆叠芯片，I/O 通道数多，存储密度高；	老化测试时间较长； 探针卡单次需要接触的微凸数量增多；
NAND	2DNAND		
	低层数 3D NAND	单颗芯片容量较低；	全盘读写验证时长无法随容量线性提升，容量增大使得测试时间大幅增加；
	高层数 3D NAND	单颗容量较高； 制造工序中蚀刻深宽比增大较多，更容易出现坏块；	

资料来源：爱德万，泰瑞达，长江证券研究所

根据 SEMI 统计和预测，2025 年半导体测试设备销售额增长 48.1%至 112 亿美元，2026、2027 年测试设备销售额预计继续增长 12.0%和 7.1%，分别达到 125 亿美元、134 亿美元，驱动力来自器件架构复杂度提升、先进/异构封装加速渗透，以及 AI 与 HBM 对性能的严苛要求。

日本半导体测试设备龙头公司爱德万预测较 SEMI 更乐观：1) 预计 SoC 测试机市场规模将从 2025 年的约 69 亿美元扩大到 87-95 亿美元，驱动力在于 AI 芯片的复杂度大幅提升，随着先进制程（如 2nm/3nm）的应用，单颗芯片测试时间显著拉长；2) 预计存储测试机市场规模将从约 21 亿美元提升至约 22-27 亿美元，HBM 的持续渗透仍是核心驱动力，HBM 堆叠层数增加导致单颗芯片测试量增加。

图 9：全球半导体测试设备市场规模持续扩大



资料来源：SEMI，长江证券研究所

PCB 钻针&设备：PCB 结构+材料升级，钻针&设备量价齐升

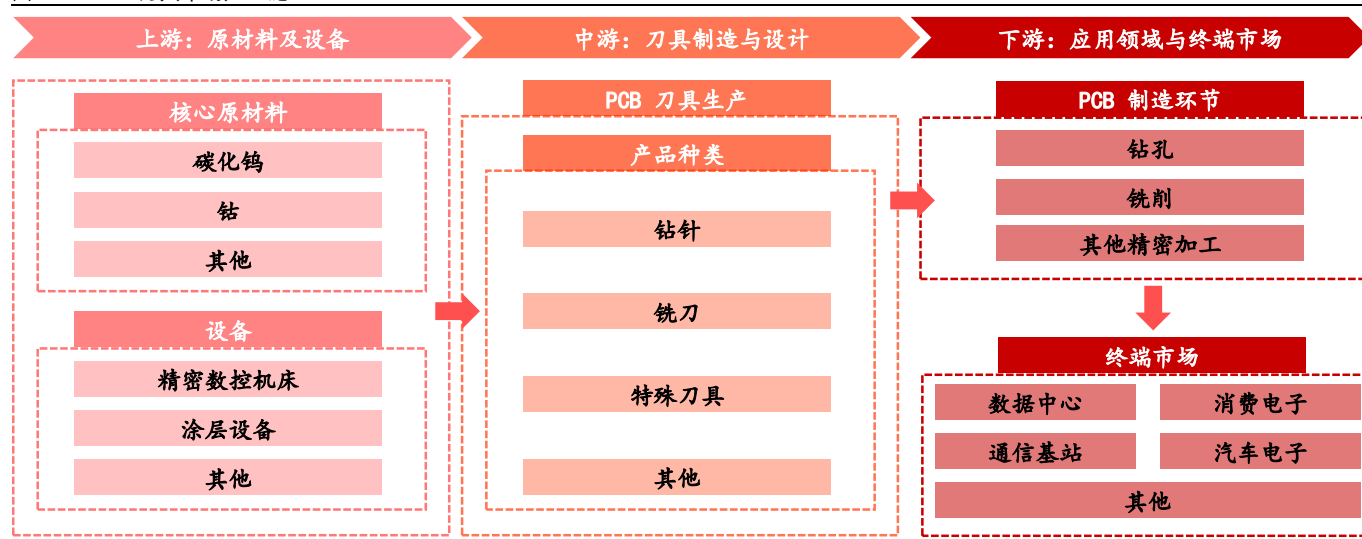
PCB 钻针：从周期到成长，PCB 钻针迎来价值重估

PCB 刀具是印制电路板加工制造中的专用切削工具，主要应用于钻孔、轮廓加工、表面处理等关键工序。按核心功能划分，PCB 刀具主要分为钻针、铣刀及特种刀具。

PCB 钻针作为 PCB 机械钻孔工序的核心关键工具，具备耗材属性，其性能与品质直接决定电路板的精度、可靠性及性能上限。从 PCB 刀具产业链结构来看，上游为产业发展奠定基础，主要提供高性能原材料与专用生产设备；中游聚焦高精度刀具的研发生产，

核心产品以钻针、铣刀为主，承担着将上游材料转化为终端可用工具的关键环节；下游以 PCB 制造为核心需求端，终端应用广泛覆盖服务器、通信设备、消费电子、汽车电子等多个领域。

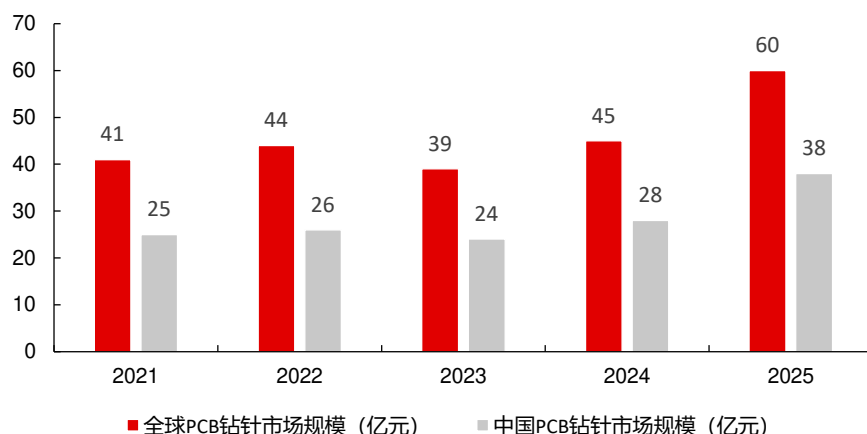
图 10：PCB 刀具市场产业链



资料来源：鼎泰高科公告，长江证券研究所

从周期向成长过渡，PCB 钻针需求有望迎来快速增长。全球 PCB 钻针市场发展走势与全球 PCB 行业的演进节奏趋同。2024 年之前，行业主要体现为周期性发展，市场空间相对较小。2025 年起，行业的成长性开始凸显。展望未来，随着人工智能、AI 服务器、自动驾驶等前沿赛道的技术突破与商业化落地，PCB 产业正加速向高多层、高性能、高密度的技术方向迭代演进，这一产业变革趋势将大幅催生对高端钻针产品的增量需求，钻针需求有望迎来爆发性增长。

图 11：2020-2025 全球 PCB 钻针市场规模



资料来源：鼎泰高科公告，长江证券研究所

层数、板厚提升促使钻针长径比提升，钻针价值量更高。AI 服务器 PCB 板的孔径较小，一般需要使用微小钻；封装基板使用的钻针直径更达到 0.15mm 以下。另一方面，在孔径相对固定的情况下，长径比成为关键指标，板材越厚，长径比越大，对应钻针的加工难度和断刀风险就越大，钻针价格也呈倍数升级。

表 3：不同钻针特征与应用范围

产品大类	产品子分类	特性 / 应用	尺寸范围
通孔	极小径 ($\Phi d \leq 0.15\text{mm}$)	封装基板专用 (Package Substrate Drilling)	$\Phi 0.09\text{-}0.20$
		封装基板专用, 2.0 柄 (Package Substrate Drilling, 2.0 mm Shank)	$\Phi 0.09\text{-}0.15$
		软板专用钻头 (FPC Drills)	$\Phi 0.075\text{-}0.40$
	小径 ($0.15\text{mm} < \Phi d < 0.50\text{mm}$)	高多层板专用 (High Layer Drilling)	$\Phi 0.075\text{-}0.50$
		增层提效专用 (Stack Up Drilling)	$\Phi 0.20\text{-}0.60$
		通用型钻头, 综合性能优异 (High Universality Drills)	$\Phi 0.075\text{-}1.00$
		高速钻机用 2.0 柄中径钻头 (High Speed Machine Medium Diameter Drills)	$\Phi 0.25\text{-}2.00$
		预钻专用钻头, 刚性强 (Pilot Drills)	$\Phi 0.105\text{-}0.50$
	中径 ($0.50\text{mm} \leq \Phi d \leq 3.175\text{mm}$)	中大尺寸粗糙度解决方案 (Excellent Wall Roughness)	$\Phi 0.80\text{-}3.175$
		中尺寸通用钻头 (Standard Drills)	$\Phi 1.05\text{-}3.175$
		中尺寸通用钻头 (Standard Drills)	$\Phi 1.05\text{-}1.75$
		231 - 高速钻机用 2.0 柄大径钻头 (High Speed Machine Large Diameter Drills)	$\Phi 2.05\text{-}3.175$
		大尺寸通用钻头 (ST Type Large Size Drill)	$\Phi 3.20\text{-}10.0$
	大径 ($\Phi d > 3.175\text{mm}$)	大尺寸强排屑性能优化钻头 (ST Type Large Size Drill with Chip Breakers)	$\Phi 3.20\text{-}6.50$
特殊	背钻	深孔背钻 (Deep Hole Back Drills)	$\Phi 0.18\text{-}1.00$
		浅孔背钻 (Shallow Hole Back Drills)	$\Phi 0.20\text{-}1.00$
	槽孔	常规长槽 / 短槽加工用 (Normal Long & Short Slot Drills)	$\Phi 0.25\text{-}2.50$
		超短槽 / 异形槽加工用 (Ultrashort & Special Shape Slot Drills)	$\Phi 0.30\text{-}2.00$

资料来源：金洲精工产品说明书，长江证券研究所

板材升级加快钻针损耗，带动需求量进一步增长。AI PCB 不仅基材硬度更高、线路布局更紧凑，钻孔工序的数量也显著增加。这一趋势对钻针的耐磨性、加工精度及耐热稳定性等核心性能指标，提出了更为严苛的适配要求。

量增逻辑 1：分段钻带动钻针耗量呈倍数增长。板厚提升时，通常需要使用分步钻孔。分步钻孔的具体实施流程需要根据板材特性动态调整。以某 4.5mm 厚 FR-4 板材钻 0.25mm 通孔（厚径比 18:1）为例，可采用五步钻孔法。

表 4：分段钻工艺流程

分段钻孔阶段	具体钻孔流程
预钻孔阶段	使用 0.15mm 钻头以 95Krpm 转速和 1.8m/min 进给速度钻至 0.6mm 深度，建立精确导向基准。此阶段关键控制进刀加速度，采用渐变加速曲线，避免冲击导致钻头偏摆。
初级扩孔	换用 0.20mm 钻头在 110Krpm、2.2m/min 参数下钻至 2.0mm 深度。此阶段每钻 0.4mm 退刀一次，利用离心力和压缩空气辅助排屑。
半程成型	使用设计直径 0.25mm 钻头，调整转速至 105Krpm，进给 1.9m/min，钻至 3.0mm 深度。此时需引入自适应进给控制，根据主轴电流波动动态调整进给率。
背面预钻	翻转板材后，先以 0.15mm 钻头钻 0.5mm 深度的引导孔，光学对位精度需达到 $\pm 5\mu\text{m}$ 。采用红外测温仪监控加工温度，确保不超过 120℃，防止树脂热降解。
最终贯通	使用 0.25mm 钻头完成剩余 1.5mm 深度钻孔，在即将贯通的 0.2mm 阶段将进给降至 1.2m/min，减少出口毛刺。最终采用旋风刷毛刺工艺，使孔壁粗糙度控制在 12 μm 以内。

资料来源：CQPCA，长江证券研究所

量增逻辑 2：板材升级，钻孔寿命大幅下降。 钻针寿命随着材料升级急剧下降，针对 M7 级别板材约 1000 孔寿命，针对 M8 级别板材降至约 400 孔左右，若升级成 M9+Q 布级别板材，钻针寿命或降至 100-200 孔。

表 5：几种玻璃布的特性对比

属性	E-glass	Low DK-glass	Low DK2-glass	Q-glass
Dk@10GHz	6.9	4.8	4.4	3.74
Df@10GHz	0.007	0.0033	0.002	<0.001
SiO ₂ 含量 (%)	52-56	52-56	52-56	99.99

资料来源：金洲精工公众号，长江证券研究所

量增逻辑 3：孔径变小，孔密度提升，单位面积打孔数量增加。

面对材料升级后钻针寿命急剧下降的问题，钻针厂商目前也在进行相关的工艺测试，例如可尝试升级涂层来提升寿命。涂层钻针通过在钻体表面沉积 TiCN、金刚石等高性能涂层材料，可大幅强化钻针的表面硬度，同时降低钻孔过程中的摩擦损耗。相较于传统无涂层钻针（白刀），其使用寿命显著延长，既能保障高端 PCB 加工过程中的良率与效率稳定性，还能有效摊薄单孔加工的综合成本。

不同钻针涂层的特性与应用场景高度适配，核心参数差异显著。两类耐磨涂层硬度、摩擦系数一致，仅厚度不同，分别对应普通 PCB 板材的铣削与钻削加工，可实现增层提效、延长刀具寿命；超润滑涂层凭借超薄厚度与超低摩擦系数，能针对性解决极小径长径比钻头加工难加工基材时的断刀、排尘问题；金刚石涂层硬度最高且厚度支持定制，适用于陶瓷填充板等特殊基材加工，可有效提升小直径金刚石微钻性能。

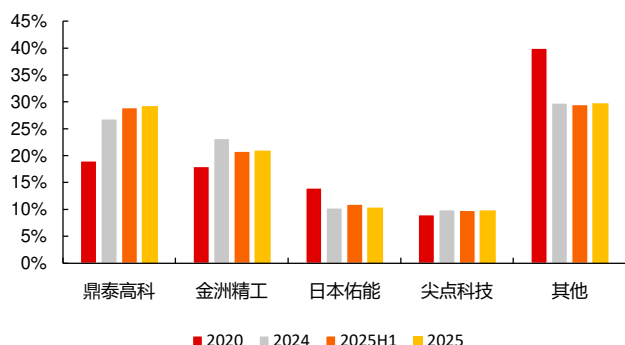
表 6：不同类型涂层对比

涂层类型	耐磨涂层		超润滑涂层	金刚石涂层
涂层厚度	3.5±1.0μm		4.5±1.5μm	0.3±0.10μm
涂层硬度	35±5GPa		35±5GPa	40~80GPa
摩擦系数	0.3		0.3	<0.1
涂层特点	纳米多层结构 / 涂层韧性好 / 抗崩刃卓越		超大厚度超耐磨 / 寿命极长	超低摩擦系数 / 排屑性能极好
适用场景	纳米复合多层 / 超耐磨 / 高润滑		铣削加工普通 PCB 板材、中高 TG 的 PCB 板、无卤素 PCB 板	钻削加工普通 PCB 板材、中高 FPC 软板 / 高速板 / 有色金属基板 / 厚铜板 / 难加工封装基板 / 高多层板材 / 高厚径比板材
核心优势	增层提效，提升加工寿命		增层提效，提升加工寿命	有效改善极小径大长径比钻头断刀和排尘

资料来源：金洲精工产品说明书，长江证券研究所

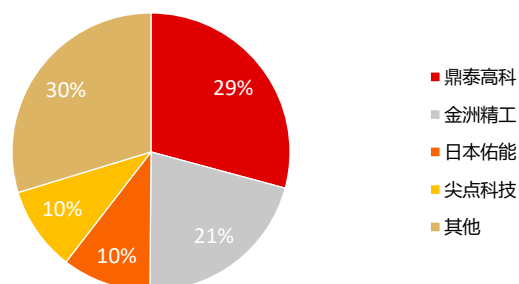
产能+成本+技术壁垒高筑，看好产能与技术龙头。 当前，全球 PCB 钻针行业正步入加速整合与技术迭代的发展新阶段。从区域竞争格局来看，中国内地、中国台湾及日本的头部制造商凭借深厚的技术积淀与规模化产能，占据了行业的核心主导地位，推动市场呈现出较高的集中度特征。根据 Prismark 数据，以 2025 年全球 PCB 钻针销量为统计口径，鼎泰高科凭借 11.3 亿支的销量稳居全球首位，对应市场份额高达 29%，中钨高新子公司金洲精工（21%）、日本佑能（10%）和尖点科技（10%）分列二至四位。2026 年鼎泰、金洲持续扩产，预计份额将持续上升。

图 12：全球 PCB 钻针厂商销售量份额变化



资料来源：鼎泰高科公告，长江证券研究所

图 13：2025 全球 PCB 钻针生产商销售量份额占比



资料来源：鼎泰高科公告，长江证券研究所

表 7：PCB 钻针行业主要参与公司梳理

公司名称	主要产品及服务	市场地位
鼎泰高科	PCB 钻针、铣刀、刷磨轮、精密数控刀具、自动化设备等	全球 PCB 刀具生产的龙头企业，全球 PCB 钻针销量市场占有率排名第 1 位
金洲精工（中钨高新）	PCB 钻针、铣刀、精密数控刀具等	全球排名靠前的 PCB 刀具生产企业，全球 PCB 钻针销量市场占有率排名第 2 位
日本佑能	PCB 钻针、铣刀、测量仪器等	日本佑能在全全球 PCB 钻针销量市场占有率排名第 3 位
尖点科技	PCB 钻针、铣刀、槽刀等，PCB 钻孔加工业务	台湾证券交易所上市公司，全球排名靠前的 PCB 刀具生产企业
厦芝精密（民爆光电）	PCB 钻针	公司深耕钻针领域三十余载，技术底蕴源自日本东芝，专注于高端钻针研发与生产
永鑫精工（欧科亿）	PCB 铣刀、钻针等	专注于 PCB 专用刀具的生产制造，积累了多家 PCB 行业百强企业客户
慧联电子（新锐股份）	PCB 铣刀、钻针等	专注于 PCB 专用刀具的生产制造，积累了一定技术储备与行业经验，和电子行业知名企业形成了良好合作关系，具有一定的市场竞争力

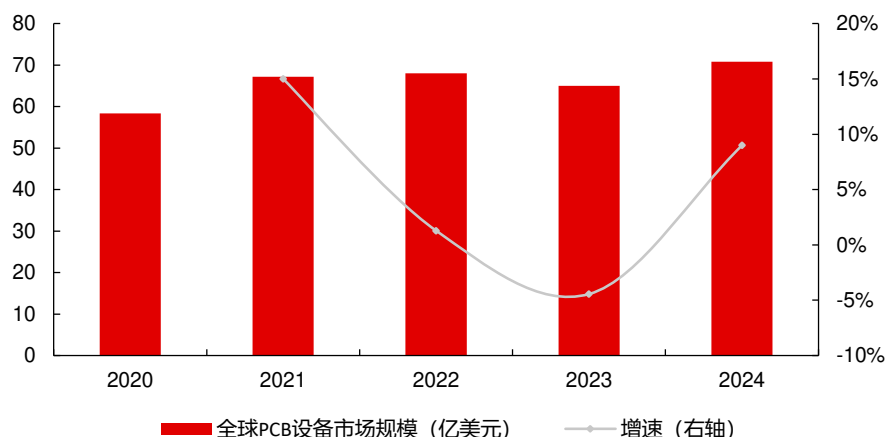
资料来源：各公司公告，长江证券研究所（金洲精工为中钨高新子公司；厦芝精密已被民爆光电收购；慧联电子拟被新锐股份收购；永鑫精工拟被欧科亿收购）

钻针扩产需要综合考虑市场需求、场地、设备、人员等各种因素，其中生产设备通常受较长的交付周期影响容易成为扩产瓶颈。综合以上，受益于 PCB 扩产+技术升级，钻针环节具备量价逻辑，目前国产龙头扩产幅度和速度行业领先，弹性最大，有望演绎 AI/ 高端占比提升→均价上涨、盈利提升逻辑，重点推荐产能与技术布局领先的国产钻针厂商。

PCB 设备：下游扩产加速+技术升级+份额提升，设备充分受益

传统 PCB 设备市场：2024 年 PCB 设备市场全球空间为 70.85 亿美金（约 500 亿人民币），其中中国市场空间为 41.11 亿美金（约 290 亿人民币）。

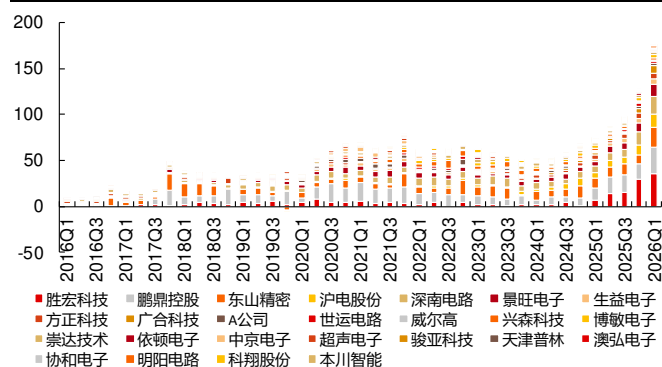
图 14：全球 PCB 设备传统市场规模及增速（2025 年前）



资料来源：大族数控公告，长江证券研究所

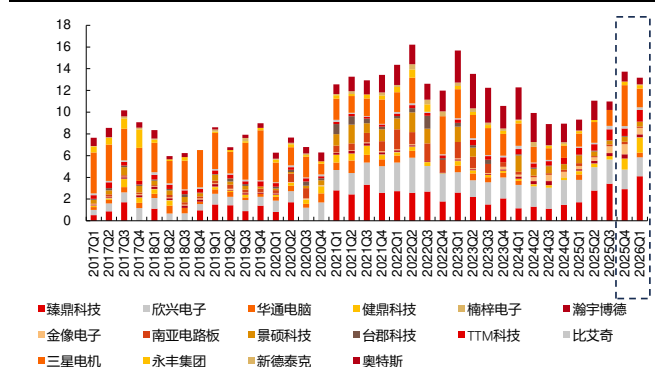
AI 扩产持续升级加速，PCB 设备迎来历史级机遇。从海内外 PCB 上市公司 capex 来看，大陆板厂对 AI PCB 投资自 24Q4 以来持续加码，海外板厂自 25Q4 开始显现扩产加速迹象。PCB 设备迎来“下游扩产加速+升级+份额提升”三重历史机遇，预计向千亿级市场规模跃升。

图 15：内资 PCB 厂资本开支情况（亿元人民币）



资料来源：Wind，长江证券研究所

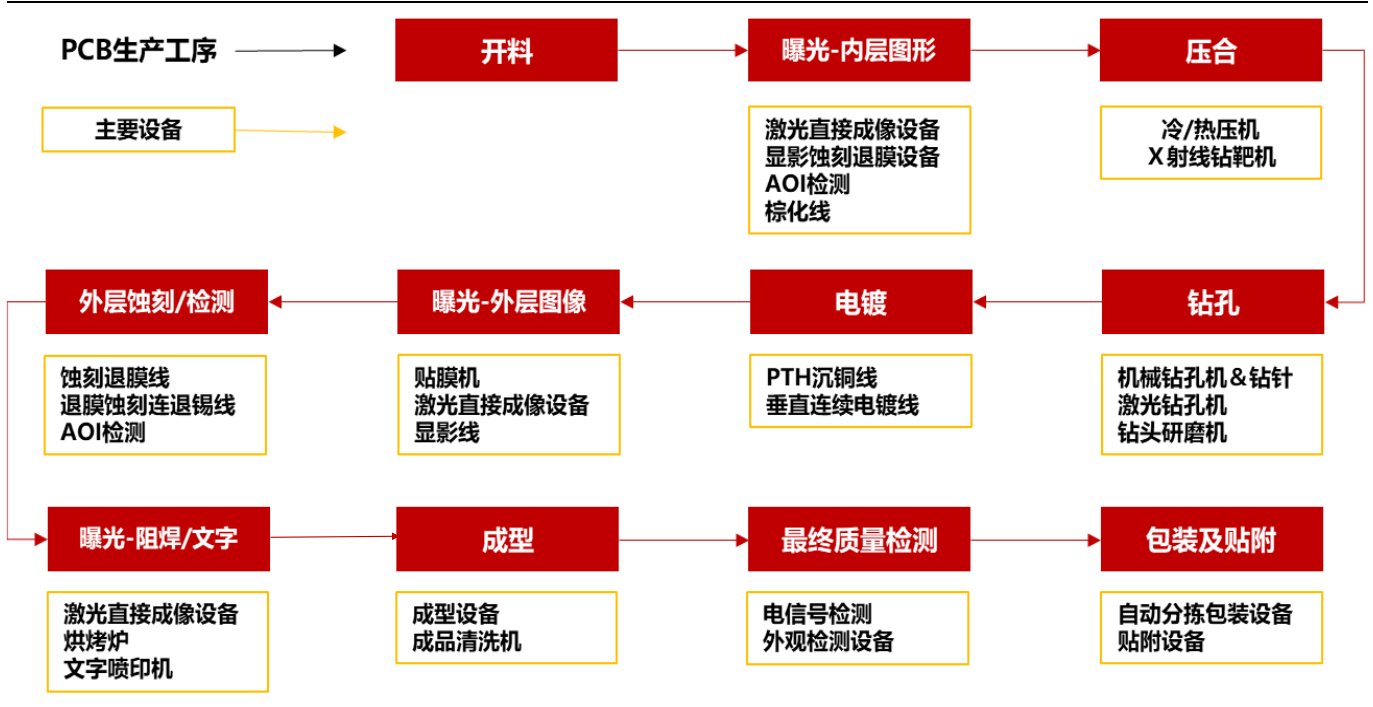
图 16：海外 PCB/载板厂资本开支情况（亿美元）



资料来源：Bloomberg，长江证券研究所

PCB 生产主要包括以下主要工序及设备：核心加工设备（钻孔设备、曝光设备、电镀设备、层压设备、成型设备等）、检测设备、辅助设备。不同类型 PCB 的生产流程虽存在差异，但核心涉及的设备体系一致，其中钻孔设备价值量占比最大（20%+）。其生产工序以开料为起点，随后进入曝光-内层图形环节，通过激光直接成像设备等完成内层线路图形的构建与预处理；接着进行压合工序，实现多层板材的复合。复合后的板材进入钻孔环节，此后借助电镀工序（利用 PTH 沉铜线、垂直连续电镀线）达成孔金属化及线路电镀增厚。电镀完成后推进至曝光-外层图像工序，通过贴膜机、激光直接成像设备等完成外层线路图形转移；随后进入外层蚀刻/检测环节，对蚀刻出的外层线路进行质量筛查。后续依次开展曝光-阻焊/文字工序与成型工序，其中成型环节依托成型设备、线路清洗机加工出 PCB 的最终外形尺寸；最后通过质量检测、包装及贴附工序，完成 PCB 全部生产流程。

图 17: PCB 生产工序及对应的生产设备梳理



资料来源：大族数控公告，长江证券研究所

服务器平台升级推动 PCB 向更高层、更多阶发展。随着服务器平台的升级，对应于 Intel Purley 服务器平台一般使用 8-12 层的 PCB 主板，Whitley 平台则要求 12-14 层的 PCB 层数，对于 Eagle Stream 平台而言，PCB 层数需要达到 16-20 层。传统服务器层数一般不超过 20 层，而 AI 服务器 PCB 层数通常在 20 层以上，其单价较传统服务器 PCB 有成倍提升。

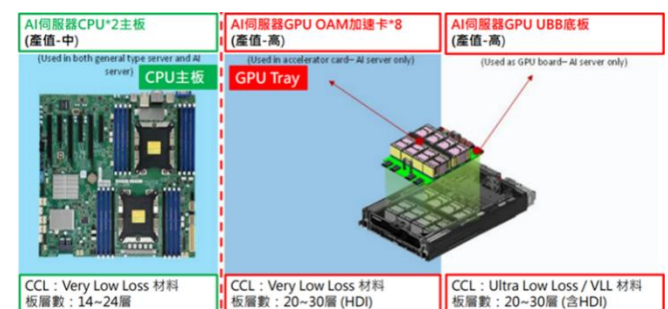
图 18: 不同服务器产品对应 PCB 的差异

参数	Whitley	Eagle Stream	AI Level
PCB层数	12-14	16-20	20+
CCL材料	Low loss	Very Low loss	Ultra Low loss
传输速度	10Gbps	25Gbps	56Gbps
损耗 (Df)	0.006-0.009	0.005-0.006	0.0015-0.005
CCL ASP	1x	1.25x-2x	2x-2.5x
单价/单片	800元	2000元	5000元以上

资料来源：优分析官网，长江证券研究所

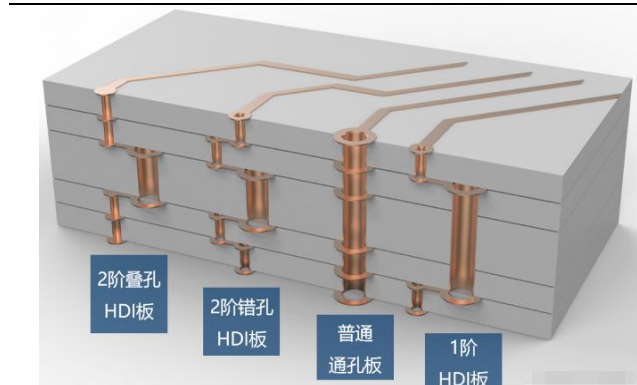
高密度互连（HDI）电路板依据盲孔层叠压次数的差异，可划分为一阶、二阶、高阶及任意阶四大类。其中，一阶 HDI 的典型层数结构表述为“1+N+1”，即芯板两侧各叠加 1 层线路层，中间为 N 层芯板线路层。一般而言，HDI 板的阶数与线路布线密度呈正相关关系，阶数越高意味着布线密度越大，电路板能够承载的功能也更为复杂精密。当前主流的高性能 HDI 板多在 5 阶以上，以此满足设备对信号传输效率与稳定性的严苛标准。

图 19: AI 服务器产品的 PCB 层数和材料显著升级



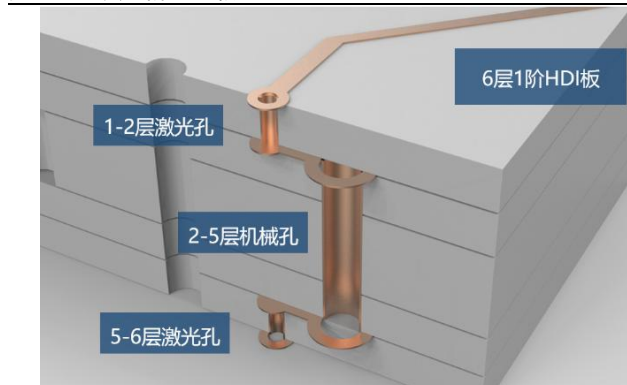
资料来源：优分析官网，长江证券研究所

图 20: HDI 板的内部结构



资料来源：江西省电子电路行业协会，长江证券研究所

图 21: 6 层 1 阶 HDI 板



资料来源：江西省电子电路行业协会，长江证券研究所

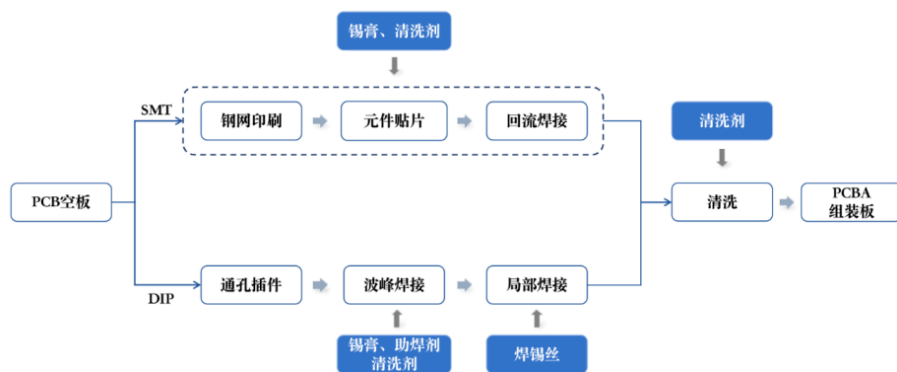
下游产业持续升级，驱动设备通胀，龙头公司有望实现平台化发展。一方面，从先进封装视角看，PCB 正在尝试承接一部分原本由 substrate 负责的功能，呈现 PCB 半导体化特征。另一方面，以高速光模块为例，也需要使用 mSAP 工艺制成的 PCB，超快激光/曝光/电镀等设备升级方向受益。

综上所述，伴随 PCB 向高复杂、高性能、更高层和 HDI 等方向发展，一方面，新技术迭代带动上游设备需求高景气，匹配下游 AI PCB 的高端产品占比提升；另一方面，设备环节在下游扩产阶段有望迎来量、价、利齐升，重点推荐钻孔设备、曝光设备、电镀设备等环节龙头公司。

锡膏：关键焊接材料，光模块需求驱动量价齐升

电子装联是 PCB 裸板向 PCBA 组件转化的关键环节，通过 SMT 贴装、DIP 插件等工艺将芯片、电阻、电容、连接器等元器件固定并连接至 PCB，实现电路功能从“裸板”向“整机部件”的转化。锡膏、焊锡丝、焊锡条、助焊剂、清洗剂等均服务于电子装联过程，其中锡膏主要嵌入 SMT 贴片流程，在“锡膏印刷—元件贴装—回流焊”中完成微小焊盘的精准供料和焊点成形。

图 22: 锡膏在 SMT 贴片或 DIP 封装过程中的具体应用

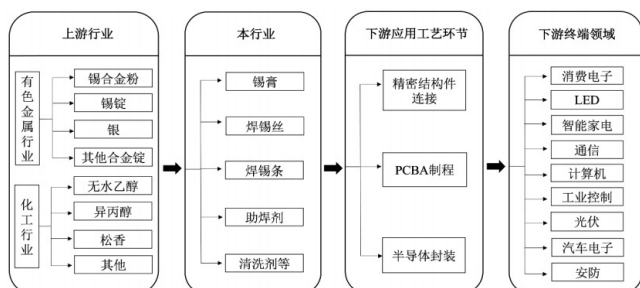


资料来源：唯特偶招股说明书，长江证券研究所

锡膏产业链上游包括锡、银、铜、铋、铟等金属原料以及锡基焊粉，中游包括助焊膏配方、粉膏混合、脱泡、分装和检测，下游覆盖 PCBA、LED 封装、半导体封装、通信设备、汽车电子、光伏、电源和工控等应用领域。锡膏行业表面是电子焊接耗材，实质上

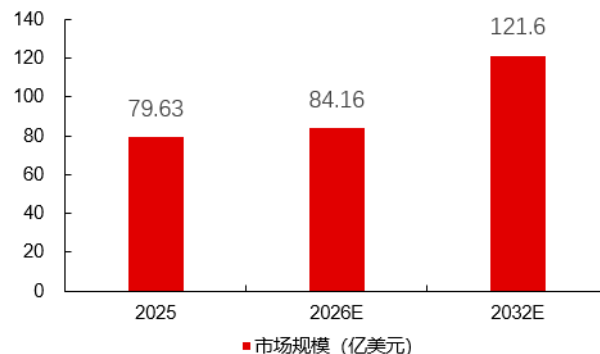
横跨粉体冶金、精细化工和电子装联工艺。全球电子级锡焊料市场预计由 2025 年的 79.63 亿美元提升至 2032 年的 121.6 亿美元，行业整体具备稳健成长属性。

图 23：微电子焊接材料行业产业链



资料来源：唯特偶招股说明书，长江证券研究所

图 24：全球电子级锡焊料市场规模及预测

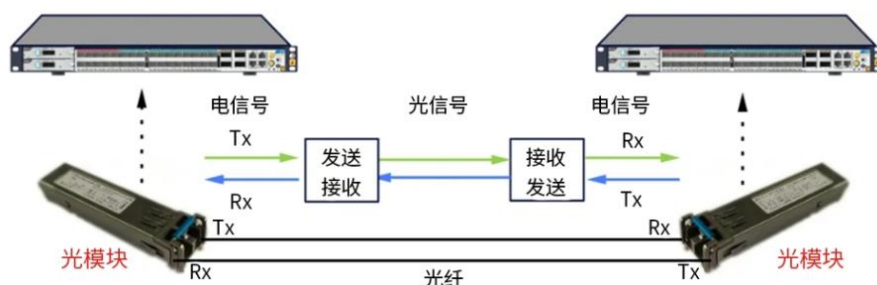


资料来源：QY Research，长江证券研究所

800G 及以上光模块加速渗透，高速互联从可选升级走向标配

光模块(optical module)由光电子器件、功能电路和光接口等组成，光电子器件包括发射和接收两部分。简单的说，光模块的作用就是发送端把电信号转换成光信号，通过光纤传送后，接收端再把光信号转换成电信号。

图 25：光模块传输信号示意图

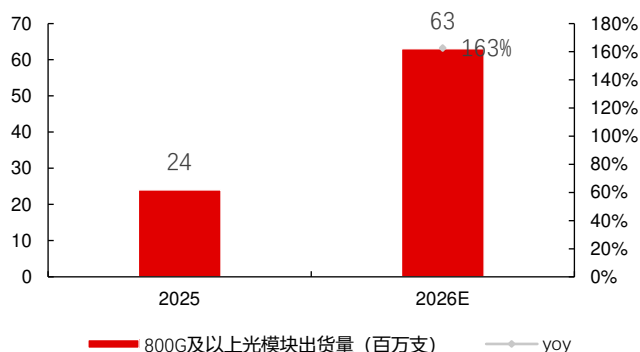


资料来源：一博科技，长江证券研究所

AI 集群规模扩张后，数据中心内部瓶颈从单机算力逐步转向系统级互联能力。随着 AI 训练和推理负载提升，网络带宽、功耗、时延和可靠性要求同步提高，光模块速率从 400G 向 800G、1.6T 及更高速率演进。

800G 及以上光模块已经进入快速放量阶段。出货量预计由 2025 年的约 2400 万支提升至 2026 年的约 6300 万支；从结构看，800G 以上产品占比预计由 2024 年的 19.5% 提升至 2026 年的 60% 以上。高速光模块从 AI 数据中心的高端配置逐步变为标准化配置，为上游光芯片、电芯片、PCB、连接器、封装材料和焊接材料带来同步升级需求。

图 26：800G 及以上光模块出货量图



资料来源：TrendForce，长江证券研究所

图 27：全球光模块出货量图（百万支）



资料来源：TrendForce，长江证券研究所

量价齐升：高速率带来单模块焊点数量提升和锡膏粉径升级

光模块生产过程中，锡膏主要用在四个环节：**PCB 主板 SMT、TOSA/ROSA 光器件与 COB 光引擎焊接、高速 FPC 软板热压焊接、结构件/壳体接地焊接**。各环节适配锡膏粉径不同：主板 SMT 主流用 T4-T6 锡膏，部分客户选用 T5-T6 超细粉锡膏，高速产品因 BGA 微焊点增多，因此锡膏消耗量有所增加；光器件及 COB、高速 FPC 焊接多使用 T5-T7 高端超细粉锡膏，800G/1.6T 产品 FPC 工序进一步升级至 T6-T7 规格；结构件/壳体接地焊接则采用常规 T4 锡膏，各速率产品均少量使用。

表 8：光模块不同工艺环节对应使用的锡膏牌号

工艺环节	锡膏牌号	典型焊盘
PCB 主板 SMT	T4-T6	阻容件 0201: 0.3×0.15mm; QFN/BGA 按开孔面积
TOSA/ROSA 光器件封装/主芯片 COB 光引擎焊接	T5-T7	TO 引脚 φ0.3mm 圆形焊盘; COB 微焊盘 0.1~0.2mm
高速 FPC 软板热压焊接	T5-T7	窄间距引脚 0.2~0.4mm 长条焊盘
结构件/壳体接地焊接	T4	大焊盘 2~5mm

资料来源：唯特偶公司公告，长江证券研究所

光模块速率提升后，**通道数、DSP 基座、光芯片、电芯片、无源器件及连接器数量增加，单模块焊点数量显著提升**。100G 光模块焊点数量约 600-700 个，400G 提升至约 1000-1300 个，800G 进一步提升至约 2200-2500 个，1.6T 则提升至约 4000-5000 个。焊点数量增加的同时，单模块锡膏用量也从 100G 的约 0.2-0.3g 提升至 1.6T 的约 2.0-2.4g。这一变化决定了光模块对锡膏的拉动并非单纯依赖出货量增长，而是“出货量增长×单模块用膏量提升”的复合驱动。800G 和 1.6T 进入规模化放量后，即使单个光模块中锡膏价值量占比仍低，材料端也会因下游高频迭代和用膏量提升获得结构性增量。

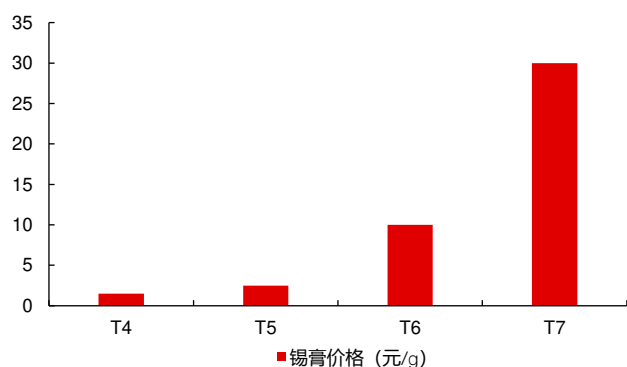
表 9：不同速率的光模块对应焊点数量及锡膏用量等情况

光模块速率	焊点数量（个）	锡膏用量（g）	锡膏牌号	锡膏价格（元/g）	单个光模块锡膏成本金额（元）	光模块产品价格（元）	锡膏产品占光模块产品价格比例
100G	600-700	0.2-0.3	T4-T5	1.5-2.5	0.3-0.75	250-3000	0.025%-0.12%
400G	1000-1300	0.5-0.6	T5-T6	2.5-10	1.25-6	1450-4000	0.086%-0.15%
800G	2200-2500	1.0-1.2	T5-T7	2.5-30	2.5-36	2500-4800	0.10%-0.75%
1.6T	4000-5000	2.0-2.4	T5-T7	2.5-30	5-72	6500-9500	0.077%-0.758%

资料来源：唯特偶公司公告，长江证券研究所

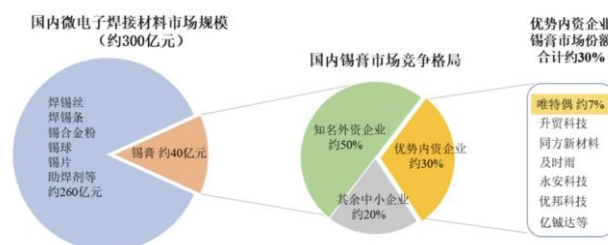
高速光模块锡膏空间由“出货量×单模块用膏量×锡膏单价”共同决定。随着 400G 向 800G、1.6T、3.2T 升级，单模块用膏量和焊点密度同步提升，同时锡膏等级从 T4/T5 向 T6/T7 升级，带来单只用量增长及价值量提升。

图 28：不同规格锡膏价格对比图



资料来源：唯特偶公司公告，长江证券研究所

图 29：国内微电子焊接材料市场情况



资料来源：唯特偶招股说明书，长江证券研究所

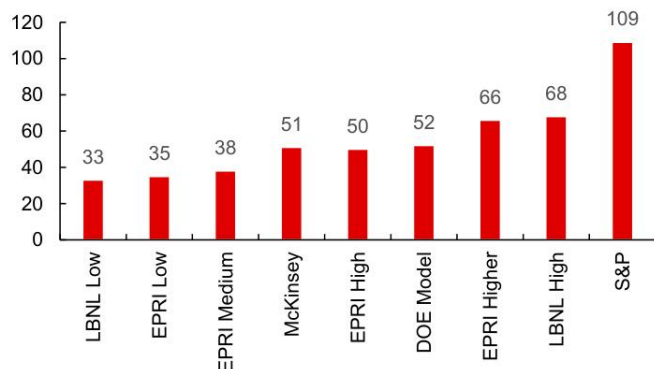
随着 800G/1.6T 光模块放量，单模块焊点数量和锡膏用量提升，同时 T5/T6/T7 超细粉锡膏占比提高，行业增长有望从传统焊料用量扩张转向产品等级升级和国产替代。建议关注产业链核心标的：1）高端锡膏龙头；2）锡基钎料和锡焊膏平台型企业；3）上游超细锡基焊粉企业、锡资源和锡材深加工企业；4）高精度锡膏印刷、点锡及光模块自动化设备企业等。

燃气轮机：海外燃机巨头订单高增，国产燃机出海迎来机遇

北美缺电持续加速，燃机巨头订单持续增长

AI 算力引领北美负荷需求迎来拐点。北美官方机构预测未来 5 年数据中心累计装机量约为 30-100GW 的水平。当前，北美 AI 产业快速发展，2022 年底，北美数据中心总容量约为 13GW，根据美国能源部 (DOE) 于 2025 年 7 月发布的资源充裕性报告，LBNL、ERPI、McKinsey、S&P 等机构对至 2030 年的北美数据中心负荷建设需求预测范围介于 33GW-109GW 之间，波动区间较大，但 DOE 对数据中心 2025-2030 年累计增长取值约为 50GW。2025 年 4 月，Grid Strategies 发布 2025 年国家负荷预测报告《Strategic Industries Surging: Driving US Power Demand》的更新版报告，其中对数据中心 2024-2029 年的增量预测更新至更高 80GW 的水平。

图 30：北美部分机构对 2025-2030 年数据中心增量的预测（GW）



资料来源：DOE，Grid Strategies，长江证券研究所

图 31：Grid Strategies 对北美未来 5 年数据中心增量的预测（GW）

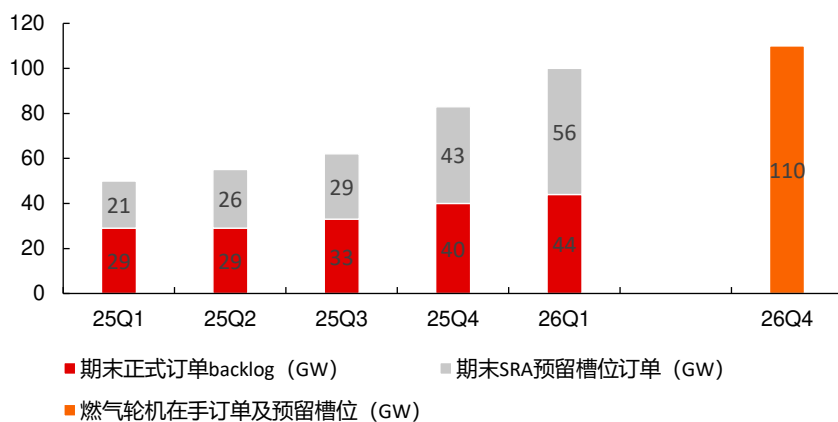


资料来源：Grid Strategies，长江证券研究所

燃机产能紧缺态势持续。数据中心需求之外，燃机非数据中心领域需求同样高增。在油气领域，燃机可用于 FPSO 全船生产+生活用电主发电、带压缩机的机械驱动、炼化/气田发电等，此外电网发电、工商业调峰调频、应急发电等需求均有望增加，后续燃机需求有望持续释放。

GEV 26Q1 Power 板块订单同比+59%，总签约容量增至 100GW (Backlog 占 44 GW，机位保留协议占 56 GW)。订单高增的同时，GEV 排产饱满，且在热端叶片等瓶颈约束下，GEV 等龙头厂商即使扩产亦难以迅速缓解燃机紧缺现状。

图 32：GEV 燃机在手订单及预留槽位跟踪



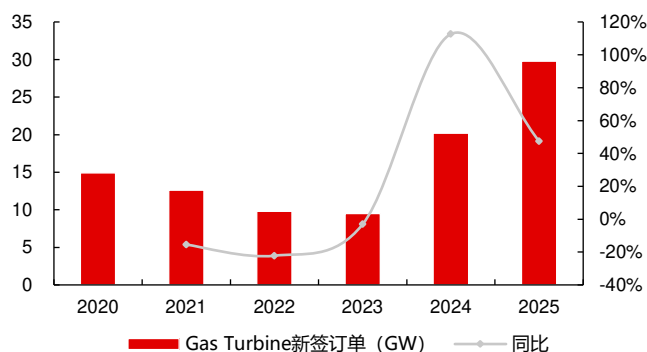
资料来源：GEV 财报，长江证券研究所

海外燃机巨头新签订单放量，在手订单持续创近年来新高。

GEV：燃气轮机业务主要在电力（Power）业务旗下，燃机业务约占电力业务的 80%。2025 年燃机新签单达 29.8GW，同比增长 48%，在 2024 年翻倍增长的基础上继续实现高增长；在手订单方面，截至 2026Q1，电力板块在手订单达 997 亿美元，同比+30%、创近 5 年来新高，按过去四个季度收入测算交付周期约为 5 年。

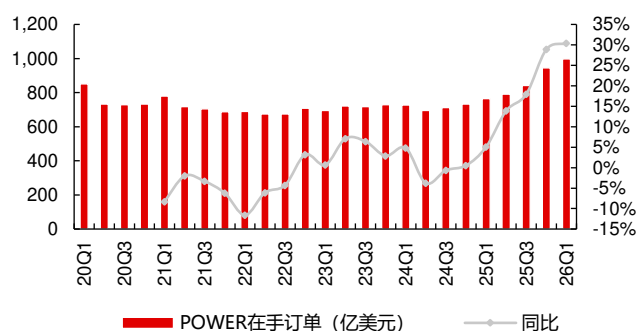


图 33：2025 年 GEV 燃机新签订单同比增长 48%



资料来源：GEV 年度报告，长江证券研究所

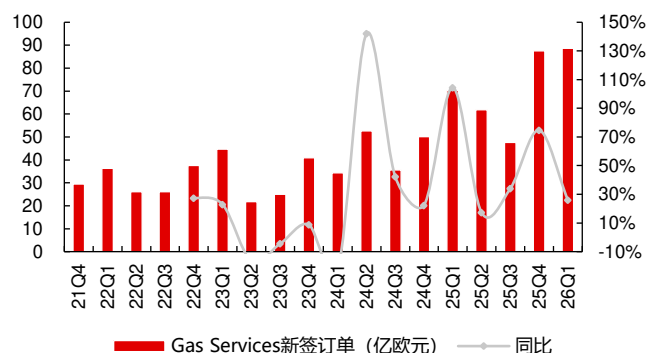
图 34：GEV Power 板块在手订单持续增长



资料来源：GEV 季度报告，长江证券研究所

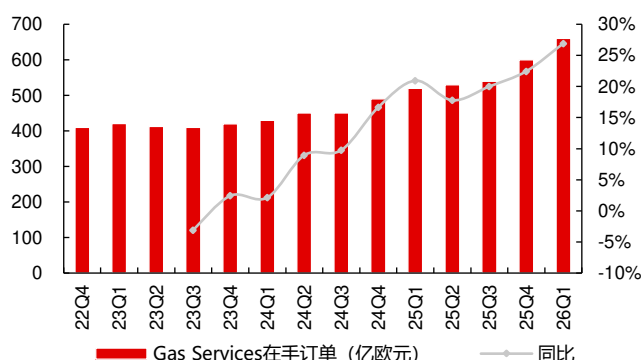
西门子能源：燃气轮机相关业务主要在 Gas Services 板块，新签订单量已连续八个季度保持同比增长态势；截至 2026 年 Q1，Gas Services 在手订单达 660 亿欧元，同比增长 27%，在手订单绝对额再创新高，北美数据中心驱动燃机订单增长。

图 35：西门子能源 Gas Services 业务季度新签订单 2024Q2 以来保持同比增长



资料来源：Siemens Energy 公司财报，长江证券研究所（注：西门子能源财年为前一年 10 月至当年 9 月，已进行自然年度调整）

图 36：西门子能源 Gas Services 业务季度在手订单稳步提高



资料来源：Siemens Energy 公司财报，长江证券研究所（注：西门子能源财年为前一年 10 月至当年 9 月，已进行自然年度调整）

国际燃机市场集中度较高，供不应求下存在后方补位机遇。燃气轮机属于技术密集型和资本密集型行业，当前全球燃机市场主要由西门子能源、GE Vernova、三菱重工等巨头垄断，三家巨头即占据全球市场的 80% 以上份额。随着北美地区电力供需矛盾突出、AI 数据中心引发电力基建热潮，燃机需求的确切性日益已由三家巨头纷纷达到历史高点的在手订单所印证。然而，受制于供应链及 OEM 自身产能等因素，燃机交付周期延长，供需矛盾仍然突出，供应风险增高之下的全球客户正在寻求多元化供应方案，为后方燃机厂商带来显著市场机遇。

国产燃机出海进展加速，有望迎来国产化浪潮

燃机产业高景气延续，海外缺电对燃气发电有较强的拉动，国产燃机整机、零部件厂商、集成商迎来出海机遇。2026 年 3、4 月杰瑞股份连续斩获数据中心领域燃机大单，合同金额分别为 3.41 亿美元、3.01 亿美元，均为美国数据中心领域，单笔订单金额及签单总量均快速增加；2025 年 11 月东方电气自主 G50 重型燃机首次出口哈萨克斯坦；2026 年 4 月航发燃机“太行 7”进入海外高端 FPSO 市场，获得 5 台订单需求；同时，海外燃机龙头产能持续紧张，为中国企业提供了持续的时间窗口，我们认为在当前燃机板块

供需错配状态下，国产燃机出海进度有望加速，为板块业绩释放带来机遇。**燃机赛道布局几个重要方向：**1) 燃机产业链零部件及配套环节出海的机遇，如燃机叶片、铸锻件、余热锅炉等环节；2) 燃机主机厂整机成套出海。**此外，天然气发电也是重要发电补充。**

图 37：东方电气国产 F 级 50 兆瓦重型燃气轮机



资料来源：新华社，长江证券研究所

图 38：瀚辰精英采购航发燃机“太行 7”燃气轮机作为核心动力设备



资料来源：人民网，长江证券研究所

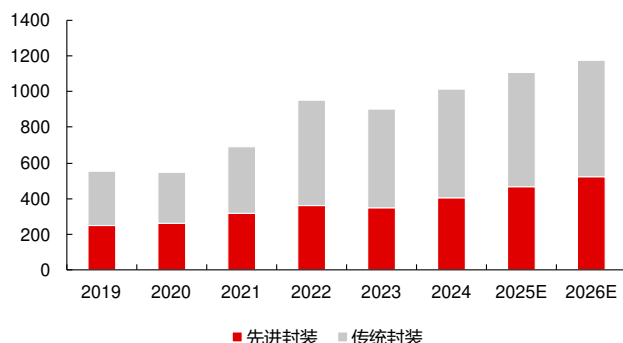
新技术持续迭代拓展新需求

先进封装：芯片性能突破关键，催生新设备需求

先进封装成为突破 AI 芯片性能瓶颈的关键。近十年来，前道晶圆制造工艺技术持续进步的难度显著增加，且又受到单芯片集成下加工尺寸、功耗墙、内存墙等的限制，异构集成芯片能够突破上述限制，被认为是微电子行业正在经历的第四波重大技术浪潮。在此过程中，晶圆制造技术与封装技术经历了从相对独立，到出现结合，再到深度融合的过程，芯片进步的因素也由延续摩尔定律（即缩小晶体管尺寸）向超越摩尔定律（即使用集成芯片设计理念或发展新器件、新材料）转变。

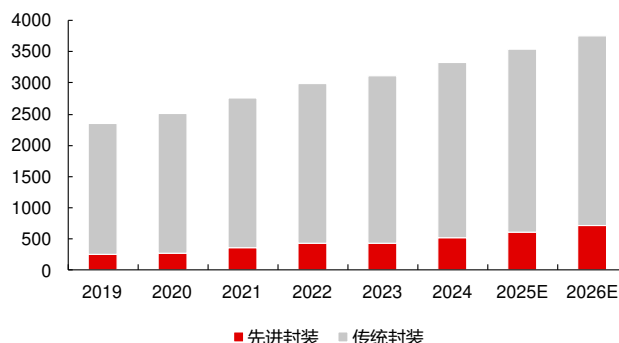
先进封装的本质，是在前道制程边际收益下降、系统算力瓶颈转向“互连、带宽、功耗、热管理”之后，用封装重构芯片系统架构。从技术路径看，产业已经由传统单芯片封装，演进到 2.5D 横向异构集成、3D 垂直堆叠、高密度中介层及多样化混合架构并行推进的阶段，以实现更短互连、更高 I/O 密度与更优功耗带宽比，最终达成封装即系统。

图 39：全球传统封装与先进封装市场空间（亿美元）



资料来源：中国半导体行业协会，盛合晶微招股说明书，长江证券研究所

图 40：中国传统封装与先进封装市场空间（亿元）



资料来源：中国半导体行业协会，盛合晶微招股说明书，长江证券研究所

集成芯片中，需要使用到封装技术将芯粒（Chiplet）集成制造为芯片，实现集成芯片的主要封装技术包括通过封装基板实现芯片之间信号互联的常规封装（大尺寸 MCM），以及通过转接板实现芯片之间高密度信号互联的先进封装（2.5D）。从提升性能的总体效果来看，大尺寸 MCM < 基于有机转接板的 2.5D < 基于硅转接板/硅桥转接板的 2.5D。

从价值量上看，芯粒多芯片集成封装及配套的测试环节也已进入高算力芯片制造产业的价值链高端，一定程度上重构了集成电路制造产业链的价值分布。

表 10：集成芯片的主要封装技术对比

项目	常规封装	先进封装		
		2.5D（通过转接板互联）		
主要封装技术	大尺寸 MCM（通过封装基板互联）	基于有机转接板	基于硅转接板	基于硅桥转接板
凸块间距	130um-180um	20um-80um	20um-80um	20um-80um
互联距离	10mm-50mm	< 2mm	< 2mm	< 2mm
最小互联线宽/线距	≤15um/15um	2um/2um	0.4um/0.4um	0.4um/0.4um

资料来源：盛合晶微招股说明书，长江证券研究所

表 11：高算力芯片产品成本结构（美元/颗）

高算力芯片产品成本结构	集成电路制造环节		非集成电路制造环节	
	先进制程芯片制造环节	CoWoS 及配套测试环节	HBM	其他
英伟达 B200 GPU	1,500	1,367	2,720	953
占比	23%	21%	42%	15%
博通公司 TPU v6	624	620	991	255
占比	25%	25%	40%	10%
美满科技 Trainium 2	815	725	1,060	905
占比	23%	21%	30%	26%

资料来源：盛合晶微招股说明书，长江证券研究所

不同先进封装与传统封装工艺流程差距较大，先进封装新增应用包括晶圆研磨薄化、RDL 制作、Bump 制作、TSV 制作等，其所需的半导体封装设备由原有后道封装设备如划片、固晶贴片机、键合、塑封等，近年来也新增了许多原来用于前道的工序和设备如光刻、刻蚀、薄膜沉积等。

图 41：封装设备市场空间（亿美元）

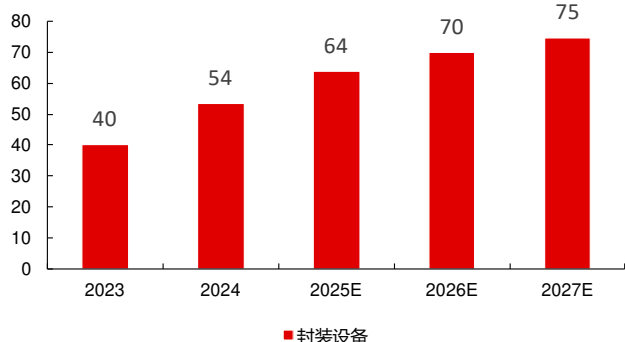
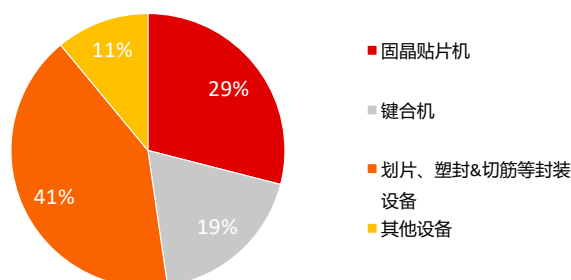


图 42：半导体封装设备价值量占比（2026E）



资料来源：SEMI，长江证券研究所

资料来源：fortunebusinessinsights，长江证券研究所

国产替代有望加速。封测设备呈现出高度垄断的特点，且过去并没有限制海外进口，因此国产替代的进程相对较慢，随着全球景气度的提升和地缘政治的风险加剧，封测设备的国产替代有望加速。

图 43：先进封装设备环节梳理

分类	设备名称	先进封装应用实例	作用说明
新增中前道设备	光刻机	RDL制作	在芯片表面或中介层上定义金属布线的图案，实现信号的重新分布
		Bump制作	定义微凸点或铜柱图案，用于芯片与基板的电气连接
		TSV对准与图案化	3D封装中通过光刻定义TSV孔的开口位置
	蚀刻设备	TSV刻蚀	3D封装中在硅中介层或芯片中刻蚀深宽比高的TSV孔
		TDL图形化	刻蚀金属层以形成精细的金属线路
	薄膜沉积设备	RDL沉积	沉积铜、铝等金属层，形成电路连接
		TSV金属填充	填充TSV孔以实现垂直互连
	涂胶显影设备	介质层沉积	沉积绝缘层（如SiO ₂ 、SiN），隔离金属线路
		光刻工艺配套	在光刻前涂覆光刻胶，显影后形成图案
		TSV/凸点工艺	在TSV或凸点制作中，光刻胶用于定义刻蚀或电镀区
原有后道设备	划片机	薄片切割	3D堆叠中切割超薄芯片
		WLP	切割晶圆级封装后的芯片
	减薄机	芯片薄化	3D堆叠或扇出型封装中将芯片减薄
		中阶层处理	减薄硅中介层
	固晶机	高精度贴装	将芯片以纳米级精度贴装到中介层或基板
		多芯片堆叠	实现多层芯片的垂直堆叠
	键合机	混合键合	实现Cu-Cu或SiO ₂ -SiO ₂ 共价键合
		热压键合	用于TSV凸点或微凸点的回流焊接
		临时键合	将芯片键合到载片以实现薄化或堆叠
	模塑机	扇出型封装	将芯片嵌入环氧树脂并形成RDL
		多芯片模塑	封装多芯片异构集成（如Chiplet）
	电镀设备	TSV填充	电镀铜或钨填充深孔
		RDL金属化	沉积铜或铝作为重布线层
		Bump制作	形成微凸点（如铜柱或金凸点）
	清洗设备	TSV/混合键合前清洗	去除表面颗粒和有机物（如等离子清洗）
		电镀后清洗	清除金属残留和溶液污染

资料来源：头豹研究院，长江证券研究所

玻璃基板 TGV：产业化导入迎来质变，设备先行，基板加工、玻璃原片加速追赶

先进封装迎来新纪元，玻璃基板时代来临。伴随高性能计算、人工智能及数据中心等领域的快速发展，对封装平台提出了更高的要求，亟需实现极高的互连密度、极低的信号延迟与功耗极低的封装成本。玻璃材料凭借其独特的优势，正在成为半导体先进封装、CPO、6G 通信等领域的重要选择，其优势主要包括：**1) 成本优势**：玻璃转接板制作成本约为硅基转接板的 1/8；**2) 低损耗特性**：玻璃介电常数约为硅的 1/3，高频信号完整性更好；**3) 无需绝缘层**：玻璃本身绝缘，无需沉积绝缘层；**4) 大尺寸面板**：面板级玻璃（510×515mm）利用率更高，同时，玻璃基板的热膨胀系数（CTE）精准可调，能够解决芯片封装面临的热膨胀问题；**5) 互联密度提升**，玻璃相比传统 ABF 基板 400 纳米的粗糙表面，玻璃基板表面粗糙度小于 4nm，从而可以在其表面绘制低于 0.5 微米的超精细重布线层，互连密度明显提升。

表 12：不同基板的参数对比

参数	子项 / 详细说明	TSV 基板	有机基板	TGV 基板
	(再布线层 RDL)	极小	高	小
互连密度与规格尺寸	最小线宽 / 线间距 (L/S)	0.4 μm /0.4 μm	6 μm /6 μm	2 μm /2 μm
	最小通孔直径 / μm	5 (极小)	32 (中等)	10 (小)
	最小通孔节距 / μm	25 (极小)	>100 (大)	50 (小)
	介电常数 Dk (1 GHz,25°C) $\times 10^{-4}$	11.7~12.9 (较高) 需绝缘层	4.2~4.9 (低)	3.3~5.1 (低)
电性能	介电损耗 Df (1 GHz,25°C) $\times 10^{-4}$	50 (低)	180 (高)	0.2 (HPFS 7980)/35 (AF 32 eco)(极低)
	介电损耗 Df (10 GHz,25°C) $\times 10^{-4}$	150 (高)	250 (高)	21 (SCHOTT® low-loss) 极低
	绝缘电阻 R/($\Omega \cdot \text{cm}$)	10^4 (低)	$\geq 10^8$ (高)	$\geq 10^{12}$ (极高)
热机械性能	CTE/($\times 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)	3 (与芯片匹配)	>13 (与芯片失配严重)	可调, 约 3~9 (匹配芯片 / 缓冲应力)
	热导率 /(W $\cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	150 (高)	<1 (低)	~1 (低)
	杨氏模量 / GPa	150 (高)	18.9 (低)	74.8 (高)
	尺寸稳定性 / 翘曲控制	较好 (与芯片匹配)	差 (CTE 失配大) 大尺寸面临挑战	优异 (CTE 可调, 刚性高)
工艺与成本	工艺复杂度	高 (需绝缘层沉积)	低 (成熟 PCB 工艺)	中等 (无需绝缘层)
	相对成本	非常高	低	中低 (尤其面板级)
	尺寸可扩展性	晶圆级 (受限: $\leq 300 \text{ mm}$)	面板级 (成熟)	面板级 (潜力巨大: $\geq 500 \text{ mm}$)

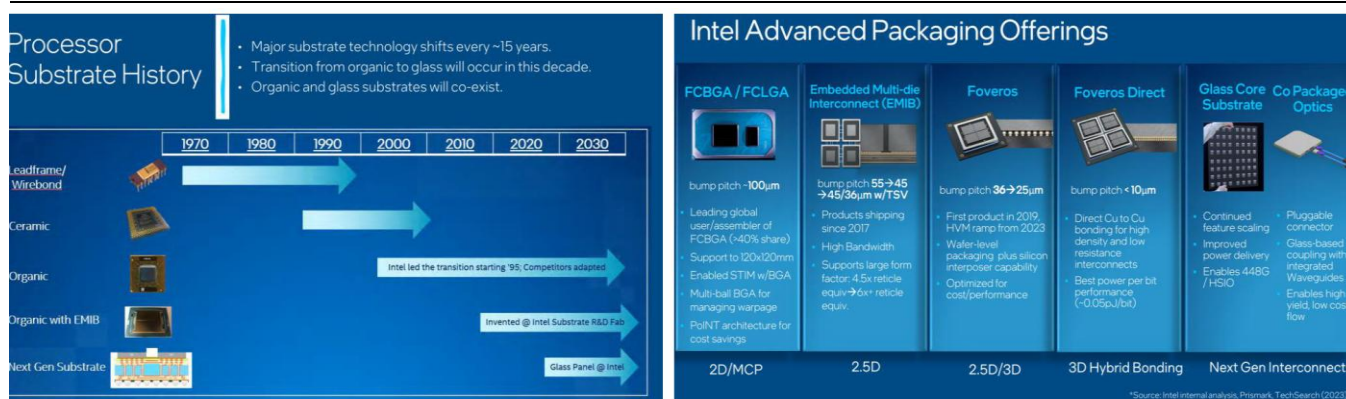
资料来源：《TGV 技术发展现状与未来挑战》李圣斌、杨鹏飞 2025 年 12 月，长江证券研究所

巨头纷纷加速布局，玻璃基板封装产业趋势加速，TGV 正从技术验证阶段迈向产业化。

玻璃基板作为下一代先进封装的重要技术方向，英特尔、三星、台积电、苹果、博通、AMD 等纷纷布局玻璃基板方案。目前，行业已经从此前的技术验证阶段转入中试验证及产能建设阶段，2026 年将是玻璃基板+TGV“小批量量产元年”，真实需求高增窗口大概率在 2027–2030 年。

- **英特尔：**英特尔在玻璃基板产业化推进上更为积极，已投入超 10 亿美元在美国亚利桑那州建立了 1 条完整的玻璃基板研发线，2023 年英特尔展示基于玻璃基板的先进处理器并规划 2026–2030 年量产，并设定目标于 2030 年前实现单个封装集成 1 万亿个晶体管。
- **三星电机：**韩国三星与 SK 集团旗下的 Absolics 紧随其后，分别计划于 2026 年及 2025 年下半年实现量产。
- **台积电：**除加速扩大 COWOS 产能，将携手 ABF 载板大厂 Ibiden、面板厂群创，共同验证玻璃基板导入下一代先进封装的可行性，台积电首次公开玻璃基板技术应用进程，标志着玻璃基板正式跨入产业化验证阶段。

图 44：英特尔封装基材质、封装技术路线图



资料来源：英特尔，长江证券研究所

AI 芯片先进封装：从 CoWoS 到 CoPoS 的玻璃基板应用。台积电的 CoWoS 封装是目前领先的封装工艺，但也面临面积利用率不足、芯片翘曲带来良率挑战等问题。为此，业界催生了 CoWoS 面板化概念，台积电推出了 CoPoS 技术。CoPoS 本质上是 CoWoS 的面板化演进版本，核心概念是采用方形的面板 RDL 层取代传统圆形矽中介层，芯片可直接排列于矩形的基板上，透过化圆为方大幅提升面积利用率与生产效率，而玻璃基板成为中介层材料的重要选择。

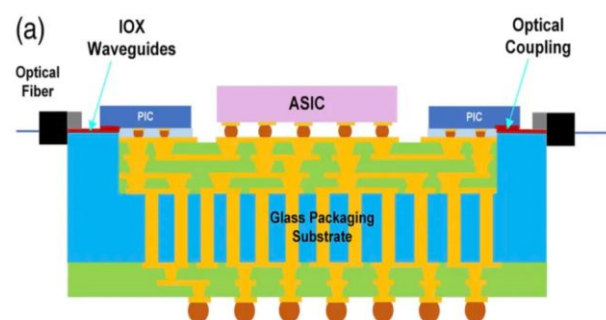
芯片封装外，关注 CPO 光电共封装，玻璃是 CPO 更优的材料选择。光波导是实现光互连的核心。光波导结构可在不同材料上实现，包括玻璃、聚合物和硅材料等。这些材料各具优势，例如硅基光波导与现有互补金属氧化物半导体（CMOS）工艺兼容性好，但在高频下损耗较高；聚合物波导易于加工但长期可靠性较差；而玻璃基板因其在宽光谱范围内的高透明性、低介电损耗、高尺寸稳定性以及良好的工艺兼容性，近年来逐渐成为封装级光波导集成技术的首选材料。

图 45：从 CoWoS 到 CoPoS 封装的演绎



资料来源：半导体行业观察，长江证券研究所

图 46：CPO 结构中，玻璃基板的应用



资料来源：半导体行业观察，长江证券研究所

玻璃基板重塑先进封装生态，设备先行，基板加工、玻璃原片加速追赶。玻璃基板产业环节包括上游原片材料/装备、中游玻璃基板加工、下游封测与应用三个层级。竞争格局看，海外在高端材料与率先量产上领先，国内在加工制造、设备国产替代与面板/封测协同上加速追赶。从产业化过程中订单兑现节奏来看，设备先行，同时基板加工、玻璃原片等环节空间明显。

设备先行：完整的 TGV 玻璃基板生产主要包括玻璃原片生产、TGV 通孔形成、金属化处理、背面处理与整合、RDL 布线、检测等，其中，TGV 激光微孔、电镀填孔、PVD、曝光等为核心环节，并占据设备价值量主要部分，其他还包括检测、清洗等。

- **TGV 微孔：**需要在不引入微裂纹等缺陷的前提下形成高深宽比的通孔，是玻璃基板产业化的第一关，打孔质量直接决定后续种子层溅射、电镀填孔和 RDL 的良率上限。目前，主流的商业化量产方案为激光诱导刻蚀（激光改质+湿法蚀刻两步法），设备格局呈现海外 LPKF/4JET 领先，国内以帝尔激光为首的厂商引领设备国产化，大族数控、德龙激光、华工科技等加快布局。
- **电镀填孔&PVD/ALD：**电镀为玻璃基板 TGV 的核心关键之一，需要在高深宽比、小孔径、大面积面板环境下实现无空洞、无缝隙、低应力、均匀的填充。电镀设备很大程度影响着中试线能否爬坡、量产线能否达产。同时，在电镀填孔之前，需要先使用 PVD/ALD 在孔壁上形成连续、附着力足够强的导电种子层。
- **LDI/直写光刻：**随着先进封装尺寸变大，面板级封装技术趋势兴起，传统掩膜光刻在大面积全域曝光时成本极高，且无法灵活校正基板形变，而直写光刻（LDI）具备更强的灵活性与更低换版成本，在玻璃基板先进封装中得到重视。
- **检测：**TGV 检测需要在透明基板、多层结构、高深宽比孔、纳米级裂纹与空洞场景下，实现多模态、全流程、可追溯的检测闭环。

风险提示

1、AI 基础设施建设支出不及预期的风险。当前相关装备与耗材的需求驱动力已从传统终端消费周期切换为全球云厂商的 AI 资本开支。若未来生成式 AI 的商业化应用落地节奏放缓，导致头部云厂商或主权 AI 投资削减对数据中心、AI 服务器及光模块等基础设施的投入，将直接影响光模块测试设备、半导体设备及高端 PCB 等环节的需求释放。

2、国产替代与海外市场拓展受阻的风险。目前在高端光通信测试设备、半导体制造设备等领域，海外厂商仍占据较高份额。若国内企业在新产品研发进度上不及预期，可能导致国产替代进程受阻。此外，燃气轮机等环节的海外订单交付亦可能受全球物流、关税或当地电网政策波动的影响。

3、新技术产业化进程不及预期的风险。TGV 玻璃基板、先进封装（2.5D/3D）、1.6T 光通信等新技术正处于从技术验证迈向产业化的关键期。若后续小批量量产不及预期，或新技术路线因成本过高、良率瓶颈、工艺兼容性问题导致落地推迟，将影响相关新增设备需求的释放。

4、行业竞争加剧的风险。AI 驱动下的硬件价值向稀缺瓶颈环节集聚，随着更多国内厂商涌入 AI 供应链，若行业供给侧扩张过快导致市场竞争白热化，或海外龙头通过降价、扩产维持份额，可能导致相关企业的议价能力下降、毛利率收缩，从而影响业绩兑现。

投资评级说明

行业评级	报告发布日后的 12 个月内行业股票指数的涨跌幅相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅为基准，投资建议的评级标准为：
看好	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
看淡	相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数
公司评级	报告发布日后的 12 个月内公司的涨跌幅相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅为基准，投资建议的评级标准为：
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
中性	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-5%~5%之间
减持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于-5%
无投资评级	由于我们无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使我们无法给出明确的投资评级。

相关证券市场代表性指数说明：A 股市场以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准。

办公地址

上海

Add /虹口区新建路 200 号国华金融中心 B 栋 22、23 层
P.C / (200080)

武汉

Add /武汉市江汉区淮海路 88 号长江证券大厦 37 楼
P.C / (430023)

北京

Add /朝阳区景辉街 16 号院 1 号楼泰康集团大厦 23 层
P.C / (100020)

深圳

Add /深圳市福田区中心四路 1 号嘉里建设广场 3 期 36 楼
P.C / (518048)

分析师声明

本报告署名分析师以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰地反映了作者的研究观点。作者所得报酬的任何部分不曾与，不与，也不将与本报告中的具体推荐意见或观点而有直接或间接联系，特此声明。

法律主体声明

本报告由长江证券股份有限公司及/或其附属机构（以下简称「长江证券」或「本公司」）制作，由长江证券股份有限公司在中华人民共和国大陆地区发行。长江证券股份有限公司具有中国证监会许可的投资咨询业务资格，经营证券业务许可证编号为：10060000。本报告署名分析师所持中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格证书编号已披露在报告首页的作者姓名旁。

在遵守适用的法律法规情况下，本报告亦可能由长江证券经纪（香港）有限公司在香港地区发行。长江证券经纪（香港）有限公司具有香港证券及期货事务监察委员会核准的“就证券提供意见”业务资格（第四类牌照的受监管活动），中央编号为：AXY608。本报告作者所持香港证监会牌照的中央编号已披露在报告首页的作者姓名旁。

其他声明

本报告并非针对或意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许该报告发送、发布的人员。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本报告内容的全部或部分均不构成投资建议。本报告所包含的观点、建议并未考虑报告接收人在财务状况、投资目的、风险偏好等方面的具体情况，报告接收者应当独立评估本报告所含信息，基于自身投资目标、需求、市场机会、风险及其他因素自主做出决策并自行承担投资风险。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。本研究报告并不构成本公司对购入、购买或认购证券的邀请或要约。本公司有可能会与本报告涉及的公司进行投资银行业务或投资服务等其他业务(例如:配售代理、牵头经办人、保荐人、承销商或自营投资)。

本报告所包含的观点及建议不适用于所有投资者，且并未考虑个别客户的特殊情况、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。投资者不应以本报告取代其独立判断或仅依据本报告做出决策，并在需要时咨询专业意见。

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、价值及投资收入可升可跌，过往表现不应作为日后的表现依据；在不同时期，本公司可以发出其他与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告；本报告所反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表本公司或其他附属机构的立场；本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。本公司及作者在自身所知范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

本报告版权仅为本公司所有，本报告仅供意向收件人使用。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布给其他机构及/或人士（无论整份和部分）。如引用须注明出处为本公司研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的，应当注明本报告的发布人和发布日期，提示使用证券研究报告的风险。本公司不为转发人及/或其客户因使用本报告或报告载明的内容产生的直接或间接损失承担任何责任。未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。

本公司保留一切权利。