



华安证券  
HUAAN SECURITIES

证券研究报告  
2025年12月15日

# AI推理启新程，硬件升级迎新机

## ——电子行业2026年度策略

分析师：陈耀波（S0010523060001）

分析师：李美贤（S0010524020002）

分析师：刘志来（S0010523120005）

分析师：李元晨（S0010524070001）

联系人：闫春旭（S0010125060002）

华安证券研究所

## 核心观点：

- **总量：**全球AI技术正从训练主导转向推理主导，驱动硬件产业链迎来新一轮成长机遇。多模态大模型如谷歌Gemini 3 Pro、OpenAI Sora 2的迭代，以及AI Agent的规模化落地，显著提升了推理算力需求。在这一趋势推动下，云服务提供商持续上调资本开支，预计2025年全球八大CSP资本开支将达4310亿美元，同比增长65%，2026年有望进一步增至6020亿美元。与此同时，各国主权AI计划纷纷启动，例如美国“星际之门”计划投资约5000亿美元，欧盟拟投入215亿美元建设AI超级工厂，这些举措共同推动全球AI基础设施步入高景气建设周期。据预测，到2030年，全球AI数据中心容量将达156GW，占数据中心总需求的71%。
- **云侧：**
  - **PCB：**AI服务器带来明确的价值量提升，例如英伟达DGX H100单GPU对应PCB价值量达211美元，较前代提升21%；GB200 NVL72更是将单GPU价值量推高至346美元。随着Rubin架构采用无缆化设计，以及交换机向800G/1.6T演进，PCB正朝着高层数、使用如M9等低介电材料的高性能方向升级。与此同时，2026年国内高端PCB产能将迎来集中释放，以支撑下游需求。这一趋势也带动了上游材料的升级迭代：包括M9级别中碳氢树脂比例的提升、第三代石英玻纤布的引入、以及HVLP4铜箔的使用，国产材料厂商正在各环节加速实现替代与突破。
  - **存储：**2025年因AI需求导致的结构性供需失衡，已推动DRAM与NAND Flash价格显著上涨。预计2026年行业资本开支增速预计放缓，投资重心转向高附加值产品。技术演进方面，3D DRAM技术通过TSV与4F<sup>2</sup>垂直结构为国内厂商提供了绕开先进光刻限制的机遇；同时，服务于大模型推理优化的KV Cache技术，正推动QLC SSD加速替代HDD，预计其2026年在企业级SSD市场的渗透率将达到30%。
  - **光互连：**光互连技术作为AI算力集群的关键，正步入新时代。光交换机凭借其高带宽、低时延、低功耗的特性，完美适配大规模AI集群的互联需求。目前，以MEMS为主的技术路线已占据主导，产业链条长且壁垒高，从上游的核心器件（如MEMS阵列、光纤准直器），到中游的设备集成与解决方案，国内已有厂商在各个环节积极布局并切入全球供应链。
- **端侧：**
  - **AI手机：**AI手机正在重塑产业，2025年市场整体保持温和增长，而竞争焦点已转向端侧AI能力。手机操作系统正从“应用启动器”向“系统级智能体”演进，以豆包手机为代表的创新产品尝试实现底层AI融合与跨应用操作，苹果与安卓阵营的旗舰芯片也在持续提升NPU算力，共同推动端侧AI的普及与体验升级。
  - **AR眼镜：**AI与AR融合的智能眼镜被视为可穿戴设备的未来形态，市场正处于高速增长期，产品形态从无摄像头眼镜持续演进至具备完整显示功能的AR眼镜。在技术路径上，光波导因其在清晰度与体积上的优势，有望成为AR眼镜光学成像模组方案的主流选择；光机方案则呈现多元化趋势，LCOS是目前消费级产品的主流，MicroLED凭借其性能优势被公认为未来的发展方向。

## 核心观点:

- 建议关注：基于AI算力范式向推理切换、硬件产业链迎来升级周期的核心判断，我们建议关注以下细分领域及标的：
- PCB及上游材料：胜宏科技、沪电股份、景旺电子、广合科技、东材科技；
- 存储及设备：北京君正、兆易创新、聚辰股份、精智达；
- 光互连：英唐智控、赛微电子；
- 端侧AI：歌尔股份、立讯精密、佰维存储、龙旗科技、水晶光电、中科蓝讯、豪威集团、舜宇光学科技。
- 风险提示：新技术迭代不及预期风险，原材料价格波动风险，市场需求不及预期风险，市场竞争加剧风险，产能建设不及预期风险等。

证券分类		证券代码	证券简称	营业总收入（百万元）				归母净利润（百万元）				ROE	PE	
				2025E	2026E	25E YoY	26E YoY	2025E	2026E	25E YoY	26E YoY	26	25	26
云侧AI	PCB	300476.SZ	胜宏科技	20,876	31043	95%	49%	5479	8638	375%	58%	40%	48	30
		002463.SZ	沪电股份	18,654	22743	40%	22%	4042	5078	56%	26%	29%	34	27
		603228.SH	景旺电子	15,100	17900	19%	19%	1588	1973	36%	24%	14%	42	34
		001389.SZ	广合科技	5,092	6300	36%	24%	993	1273	47%	28%	26%	33	26
		601208.SH	东材科技	5,260	6647	18%	26%	413	667	128%	61%	12%	49	30
	存储	300223.SZ	北京君正	4,729	5550	12%	17%	362	697	-1%	93%	5%	131	68
		603986.SH	兆易创新	9,407	11518	28%	22%	1551	2073	41%	34%	11%	90	68
		688123.SH	聚辰股份	1,358	1774	32%	31%	454	625	56%	38%	20%	45	33
		688627.SH	精智达	1,258	1729	57%	37%	185	286	131%	55%	13%	109	71
	光互连	300131.SZ	英唐智控	0	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-
300456.SZ		赛微电子	906	607	-25%	-33%	1034	-53	-708%	-105%	-1%	44	-853	
端侧AI	002241.SZ	歌尔股份	105,324	116099	4%	10%	3401	4155	28%	22%	11%	31	25	
	002475.SZ	立讯精密	309,332	354573	15%	15%	11713	15610	-12%	33%	21%	38	28	
	688525.SH	佰维存储	8,796	11349	31%	29%	392	790	143%	102%	19%	139	69	
	603341.SH	龙旗科技	45,649	53321	-2%	17%	648	925	29%	43%	14%	32	22	
	002273.SZ	水晶光电	7,283	8570	16%	18%	1229	1483	19%	21%	14%	28	23	
	688332.SH	中科蓝讯	2,164	2812	19%	30%	361	455	20%	26%	10%	46	37	
	603501.SH	豪威集团	30,751	37084	20%	21%	4504	5742	36%	27%	18%	34	27	
	2382.HK	舜宇光学科技	42,640	48251	11%	13%	3608	4306	34%	19%	13%	20	17	

资料来源：Wind、华安证券研究所

**华安证券研究所**

注：英唐智控为未覆盖标的，且Wind暂无业绩一致预期，故暂无25-27年相关数据



## 目录

### 1

总量：AI算力范式切换至推理，硬件产业链迎成长新周期

### 2

云侧：算力底座，硬件先行

2.1 PCB：景气度上行带来全产业链价值重估

2.2 存储：先进制程持续演进，eSSD成长空间广阔

2.3 光互连：OCS赋能AI算力集群新时代

### 3

端侧：关注AI手机及AR眼镜硬件创新浪潮

3.1 AI手机：关注新产品带来的产业催化

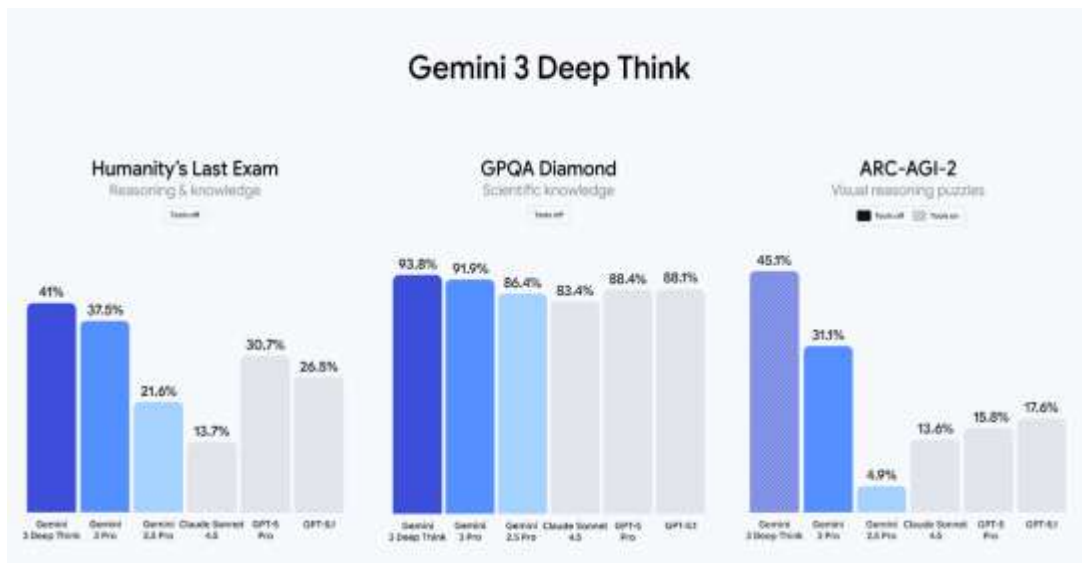
3.2 AR眼镜：AI+AR眼镜是未来可穿戴设备热门终极形态

## 1.1 全球AI大模型加速迭代，多模态推升算力需求

- 目前，以谷歌 **Gemini 3 Pro** 为代表的新一代多模态大模型，凭借其在复杂推理、长文本理解和跨模态交互方面的卓越表现，正在引领全球 AI 技术前沿。
- 谷歌Gemini 3统一处理多模态信息，实现深度跨模态理解与推理，凭借百万级上下文和Deep Think模式领先多项测试。Nano Banana Pro专注图像生成，解决角色一致性与文字渲染问题。Gemini 3 Pro融合Agent与UI，重塑前端开发，印证Scaling Law仍是AGI发展关键路径。
- Sora 2是OpenAI于2025年10月发布的新一代AI视频生成模型，其核心突破是从“视频生成器”进化为“世界模拟器”，显著提升了物理模拟的真实感，并能同步生成与画面匹配的环境音和对话，实现“声画一体”。

Gemini 3 “Deep Think” 在多项最具挑战性的 AI 基准测试中表现卓越

SORA 2: 视频领域的“GPT-3.5”时刻

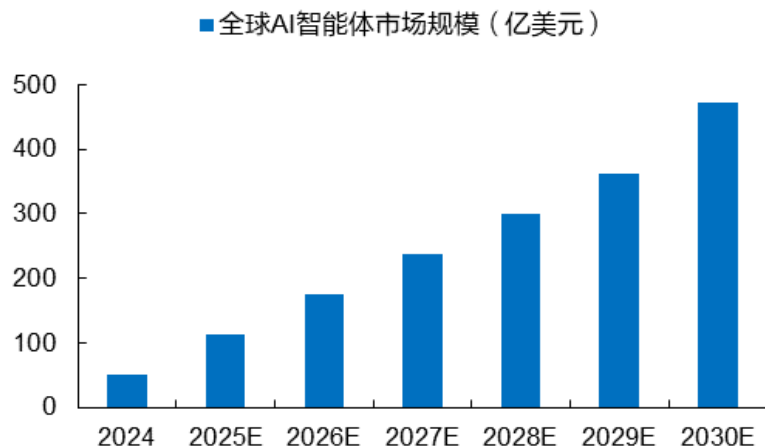




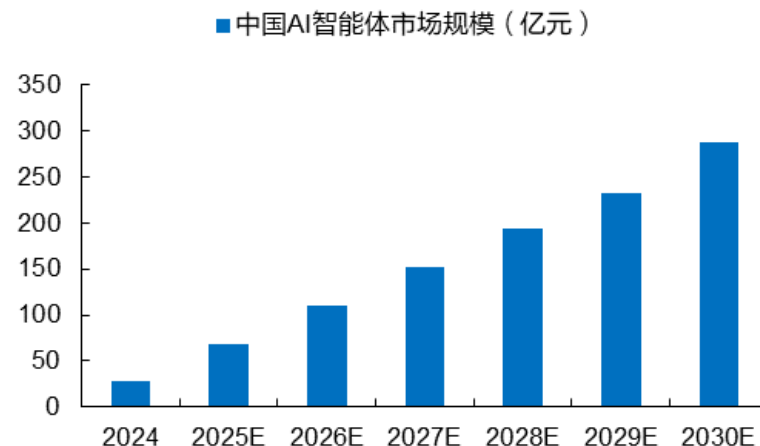
## 1.2 AI应用场景持续落地，Agent元年推理需求高增

- **2025年是“AI Agent元年”，标杆产品集中发布与验证。** OpenAI在2025年推出自动化AI Agent “Operator”，可模拟人类操作计算机；国内Monica发布通用型Agent “Manus”并在GAIA基准取得SOTA成绩。此外，海外谷歌、亚马逊等科技巨头和国内字节跳动、百度、阿里巴巴、腾讯等头部互联网厂商均已推出智能体相关产品与解决方案。
- **AI Agent市场规模迎来爆发式增长。** 中商产业研究院预测，2025-2030年年全球AI智能体市场规模将由113亿美元增至500亿美元，5年CAGR达33%。根据GrandViewResearch、中商产业研究院数据，2025-2030年中国AI智能体市场规模将由69亿元增至287亿元，5年CAGR达33%。

全球AI智能体市场规模（2024-2030E）



中国AI智能体市场规模（2024-2030E）

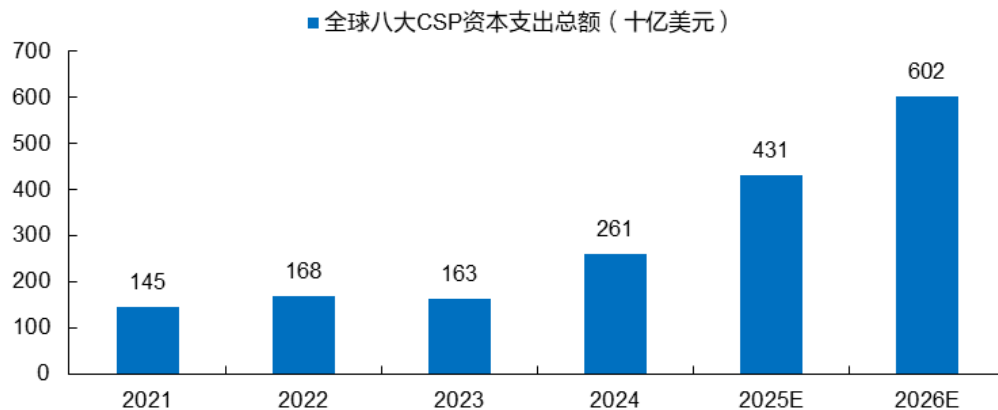


资料来源：思瀚研究院、GrandViewResearch、中商产业研究院、华安证券研究所

## 1.3 CSP持续上修资本开支，主权AI如火如荼，AI 基础建设仍处高景气周期

- **CSP持续上修资本开支指引。**预计2025年全球八大CSP资本开支总额将达4310亿美元，同比增长65%，较先前预期的61%的同比增速上修约4 pct。预计2026年，全球八大CSP资本开支总额将进一步提升至6020亿美元。
- **主权AI推动了全球AI算力规模的扩大和格局的重塑。**美国推动由OpenAI牵头，联合软银、甲骨文、英伟达等科技巨头宣布投资5000亿美元发起“星际之门”计划，打造超大规模数据中心；欧盟发布《人工智能大陆行动计划》，计划投入215亿美元、支持5个AI超级工厂建设；韩国科技部宣布投入约117亿美元，由国家主导构建AI组织和基础设施以集中开发主权AI。

全球八大CSP资本支出情况（2021-2026E）



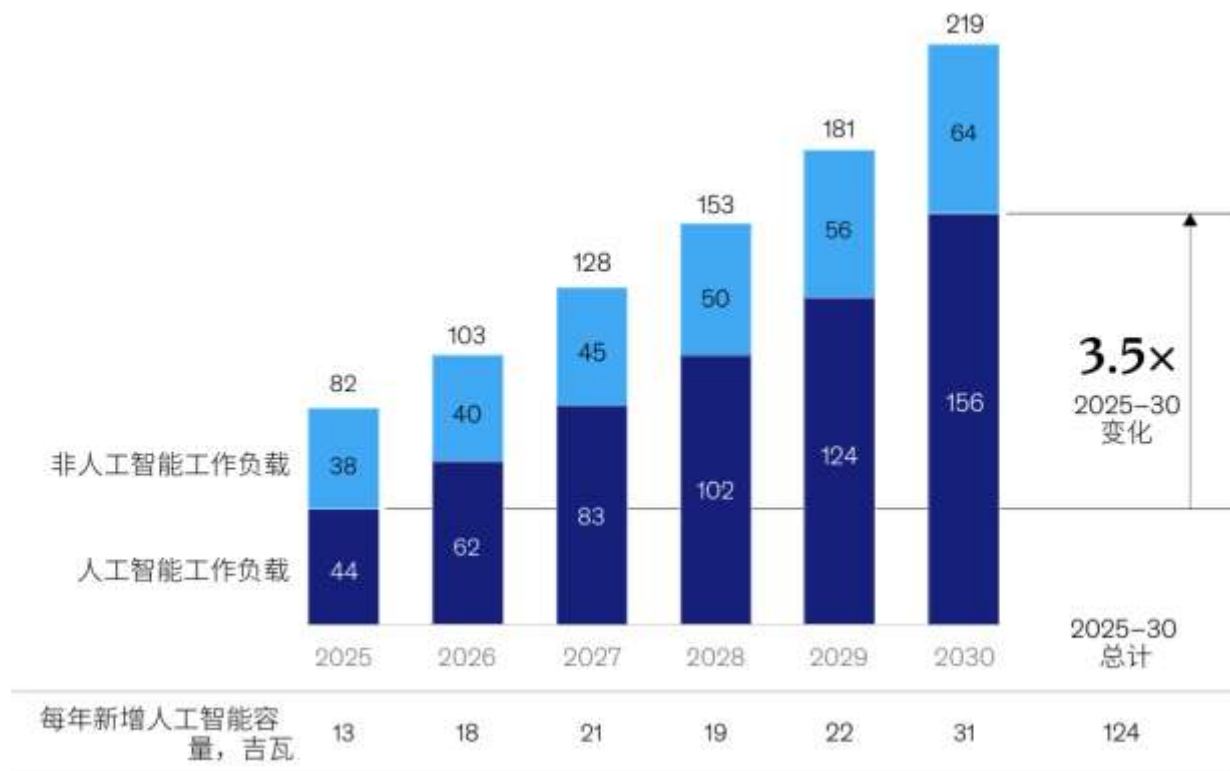
- ✓ **Google:** 已上调2025年资本支出至**910-930亿美元**，以因应AI数据中心与云端运算需求激增；
- ✓ **Meta:** 上修2025年资本支出至**700-720亿美元**，并指出2026年还将显著成长；
- ✓ **Amazon:** 调升2025年资本支出预估至**1250亿美元**；
- ✓ **Microsoft:** 虽未揭露完整年度细项，但预期2026财年的资本支出将高于2025年。

注：八大CSPs包含Google、AWS、Meta、Microsoft、Oracle以及腾讯、阿里巴巴、百度。

资料来源：Trendforce、华安证券研究所

## 1.4 预计2030年全球AI数据中心有望达到156GW规模

“持续发展”情形下全球数据中心容量需求预测，GW（2025-2030E）



- 根据麦肯锡“持续发展”情景的预测数据，到2030年，全球数据中心总容量需求预计将达到219吉瓦（GW），较2025年的122 GW增长约3.5倍。
- AI工作负载将从2025年的次要贡献者（44 GW，占36%），转变为最主要的驱动力。到2030年，其需求预计达156 GW，占总需求的71%，年均新增容量显著攀升。

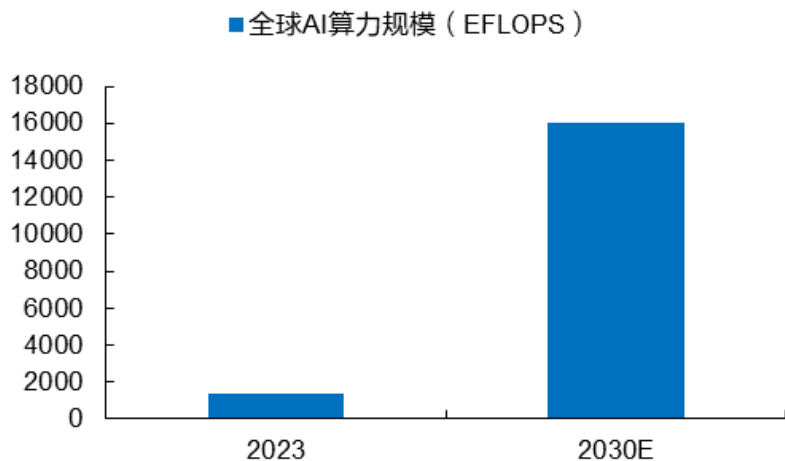
资料来源：麦肯锡、华安证券研究所



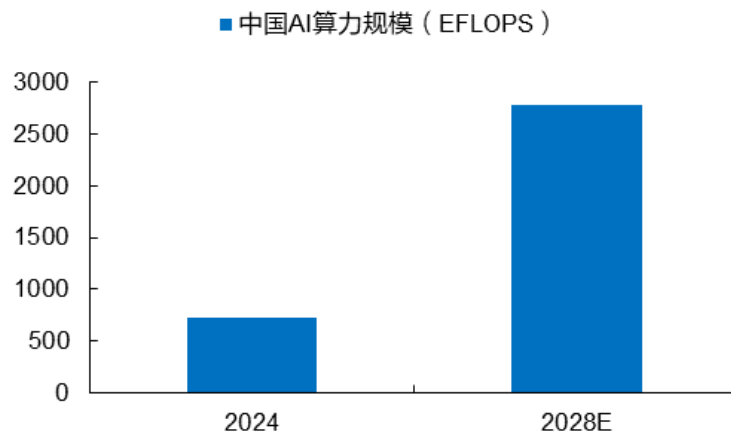
## 1.5 算力需求高增仍是长期发展趋势

- 人工智能进入算力新时代，全球算力规模高速增长。根据 IDC、Gartner、TOP500、中国信通院的预测，预计全球算力规模将从 2023 年的 1397 EFLOPS 增长至 2030 年的 16 ZFLOPS，预计 2023-2030 年全球算力规模复合增速达 50%。根据 IDC 的数据，2024 年中国智能算力规模为 725.3 EFLOPS，预计 2028 年将达到 2781.9 EFLOPS，预计 2024-2028 年中国智能算力规模的复合增速为 46.2%。

全球AI算力规模（2023-2030E）



中国AI算力规模（2024-2038E）



资料来源：思瀚研究院、GrandViewResearch、中商产业研究院、华安证券研究所



## 目录

### 1

总量：AI算力范式切换至推理，硬件产业链迎成长新周期

### 2

云侧：算力底座，硬件先行

2.1 PCB：景气度上行带来全产业链价值重估

2.2 存储：先进制程持续演进，eSSD成长空间广阔

2.3 光互连：OCS赋能AI算力集群新时代

### 3

端侧：关注AI手机及AR眼镜硬件创新浪潮

3.1 AI手机：关注新产品带来的产业催化

3.2 AR眼镜：AI+AR眼镜是未来可穿戴设备热门终极形态

## 2.1.1 需求端：AI PCB的价值量通胀逻辑有望在2026年延续

- **AI服务器方面**，以英伟达为例，其**OAM、UBB、Bianca板**、交换板等设计的创新和性能的提升，对高多层、HDI的需求迅速提升，其生产工艺、上游材料性能也持续提升，带动单**GPU**对应**PCB**价值量持续通胀。
- DGX A100 AI服务器单机PCB价值量约为1400美元，对应单GPU PCB价值量约为**175美元**；
- DGX H100 AI服务器单机PCB价值量约为1688美元，对应单GPU PCB价值量为**211美元**，较DGX A100提升**21%**；
- GB200 NVL 72 AI服务器单机PCB价值量保守估计约为24900美元，对应单GPU PCB价值量为**346美元**，较DGX H100提升**64%**，较DGX A100提升**98%**。

DGX/HGX Hopper、DGX/HGX Blackwell以及GB200NVL72机架PCB方案变迁

*Red and bolded = main share		DGX/HGX Hopper	DGX/HGX Blackwell	GB200
CCL				
OAM/SXM	CCL Grade	M6	M7	M7/M5
	Supplier	<b>EMC</b>	<b>Doosan (80%)</b> , EMC (20%)	<b>Doosan (80%)</b> , EMC (20%)
UBB	CCL Grade	M7	M7	-
	Supplier	<b>EMC, TUC, Doosan</b>	Doosan, EMC, TUC	-
NVSwitch	CCL Grade	-	-	M7
	Supplier	-	-	<b>EMC</b>
Mainboard	CCL Grade	M6	M6	-
	CCL Grade	M5	M5	M5/M6
PCB				
OAM/SXM	PCB Technology	16/18L HDI (5+n+5)	20L HDI (5+n+5)	24L HDI (6+n+6)
	Supplier	<b>Unimicron, WUS, TTM</b>	<b>Unimicron, WUS, TTM</b>	<b>Unimicron, WUS, TTM</b>
UBB	PCB Technology	26L-28L	28L-30L	-
	Supplier	<b>WUS, TTM, ISU, GCE</b>	<b>WUS, TTM, ISU, GCE</b>	-
NVSwitch	PCB Technology	-	-	20L HDI (5+n+5)
	Supplier	-	-	<b>Unimicron, WUS, TTM</b>
Mainboard	PCB Technology	16-18L	16-20L	-
Peripheral	PCB Technology	less	less	12L-14L
ABF Substrate				
GPU		3,190 sq mm (14 layers)	4,785 sq mm (16 layers)	4,785 sq mm (16 layers)
	Supplier	<b>ibiden</b>	<b>ibiden, Unimicron</b>	<b>ibiden, Unimicron</b>
CPU	x-86	CPU:GPU = 1:4	CPU:GPU = 1:4	-
	Supplier	<b>ibiden, Shinko, Unimicron</b>	<b>ibiden, Shinko, Unimicron</b>	-
	ARM	-	-	CPU:GPU = 1:2
	Supplier	-	-	<b>Unimicron, ibiden</b>

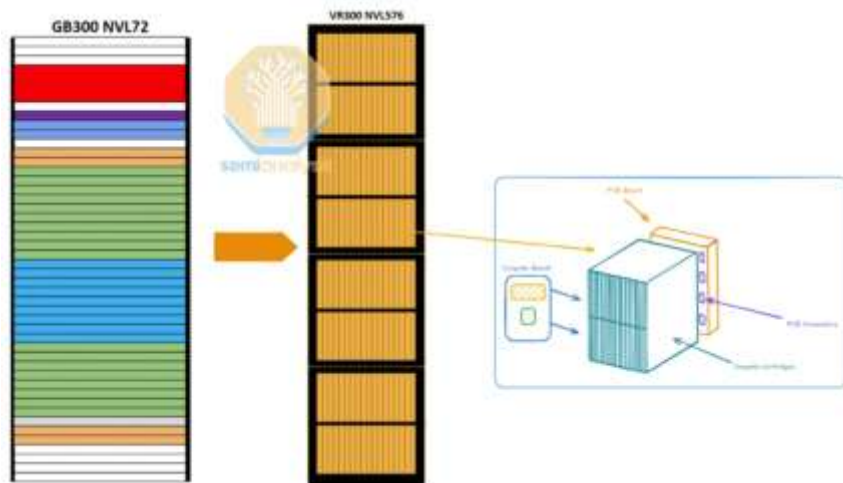
英伟达AI服务器单芯片对应PCB价值量持续通胀

	DGX A100	DGX H100	GB200 NVL 72
PCB价格	1400美元	1688美元	24900美元
GPU数量	8颗	8颗	72颗
单GPU对应PCB价值量	175美元	211美元	346美元

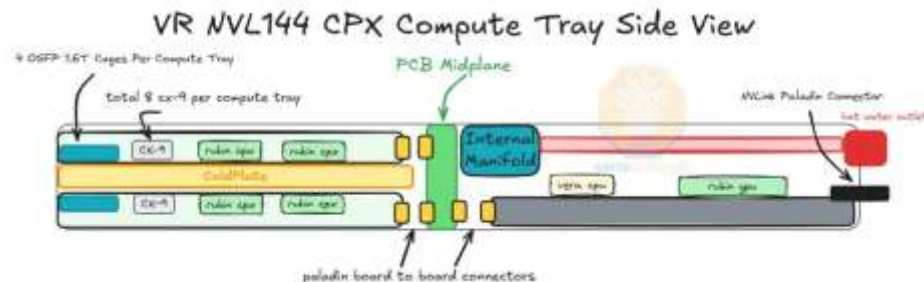
## 2.1.1 需求端：AI PCB的价值量通胀逻辑有望在2026年延续

- 英伟达Rubin系列架构与材料的双重升级仍将持续，推动单GPU对应PCB价值量持续提升。
- Rubin系列核心突破在于采用无缆化互连设计，将GPU与Switch间的高速传输由传统线缆转向Switch tray、Midplane及CX9/CPX等多层PCB板直接承载。这一转变对信号完整性与传输稳定性提出更高要求，进而推动PCB设计与材料体系向高端化演进。
- 为满足低损耗、低延迟的性能目标，Rubin平台全面升级关键材料：Switch Tray采用M8U等级（Low-Dk2 + HVLP4）结合24层HDI板；Midplane与CX9/CPX则导入M9材料（Q-glass + HVLP4），层数最高达104层。该材料与层数升级不仅提升电气性能，也显著推高PCB单体价值。
- Rubin所确立的高层数HDI、低介电常数（Dk）材料及极低粗糙度铜箔的设计逻辑，正逐步成为AI服务器PCB的共性技术方向。预计未来包括Google TPU V7、AWS Trainium3在内的云端大厂自研ASIC服务器，也将沿袭这一技术路径，进一步带动高端PCB需求与价值量提升。

英伟达NVL 576架构正交中板位置示意图



英伟达VR NVL 144 CPX Compute Tray侧面图



资料来源：Trendforce、SemiAnalysis、华安证券研究所

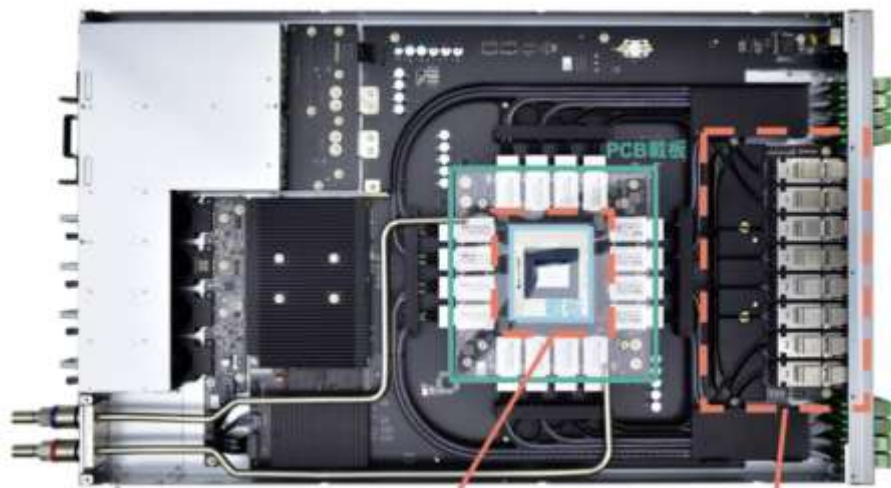
## 2.1.1 需求端：AI PCB的价值量通胀逻辑有望在2026年延续

- 交换机方面，AI集群网络架构的升级正驱动交换机端口速率正向800G、1.6T演进，交换机采用的多层PCB规格随带宽跃进而显著提升。具体而言，为实现25.6T总带宽，交换机需采用约30层、Ultra Low Loss等级的覆铜板（CCL）；而实现51.2T带宽则要求使用38至46层、Super Ultra Low Loss等级的CCL，这标志着高多层、高性能PCB的需求将随800G、1.6T交换机的渗透而大幅放量。

博通Tomahawk系统芯片带宽升级趋势



锐捷网络25.6T硅光CPO交换机



资料来源：中证鹏元评级、阳明电路、博通、华安证券研究所





## 2.1.2 供给端：26年后AI PCB产能仍将持续释放

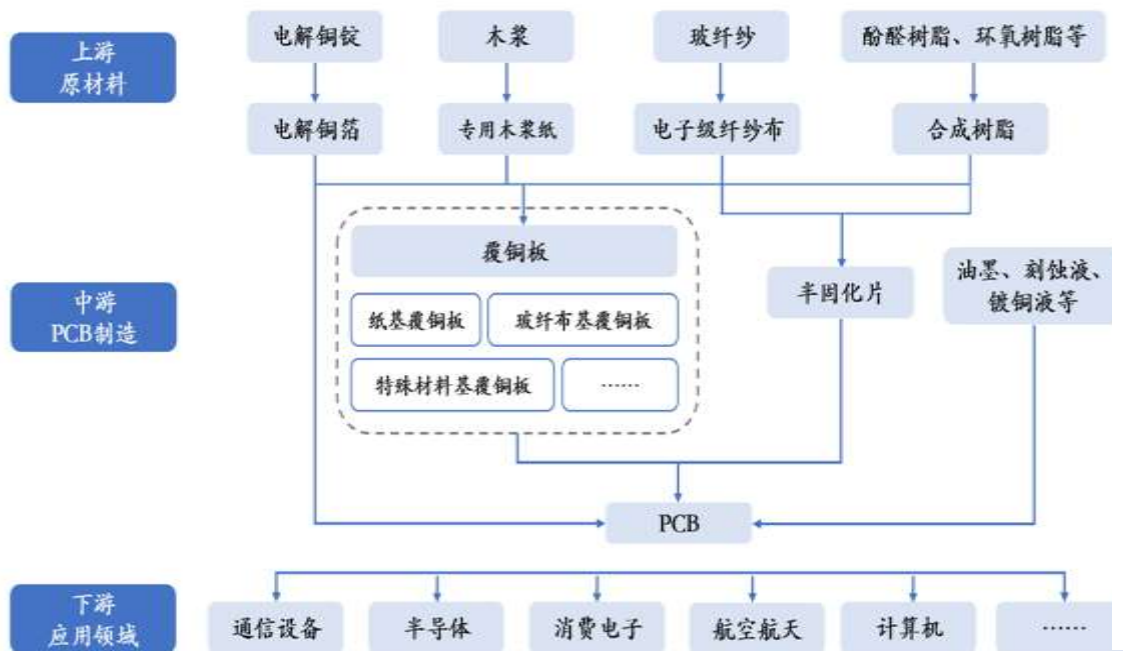
公司	扩产规划
沪电股份	算力网络的高密高速互连印制电路板生产线技改项目：于24Q1针对HDI和HLC进行技术升级和产能扩张；2024年总投资预算约为5.1亿人民币，2025年追加3亿人民币。 泰国大城府：于23H1针对HDI和HLC新建生产基地，投资2.8亿美元。
胜宏科技	厂房四项目：针对HDI和HLC进行产能扩张，总投资26.5亿元人民币。 泰国大城府：针对HLC进行产能扩张，总投资约14.02亿元，计划年产能150万平方米。主要应用领域为AI服务器及终端、交换机和汽车电子。 越南北宁省：针对HDI新建生产基地，计划投资金额不超过2.6亿美元。项目计划年产能15万平方米。主要应用领域为人工智能。
生益电子	江西吉安：针对HDI和HLC进行产能扩张，调整后投资总额约为11.98亿人民币。其中第一阶段计划2026年试生产，第二阶段计划2027年试生产。在产能规划上，每阶段各年产35万平方米，整体项目完成后计划年产印制电路板70万平方米。主要应用领域为服务器、高多层网络通信。 东城四期：调整后投资总额约为19.98亿人民币；目前已实现HDI、光模块及软硬结合板等高端产品的规模化生产。 智能算力中心：项目计划分两阶段实施，第一阶段预计在2025年试生产，第二阶段预计在2027年试生产；该项目计划年产25万平方米的高多层高密互连印制电路板，其中第一期计划年产15万平方米，第二期计划年产10万平方米。 泰国基地：于24年11月动工新建，项目投资金额从1亿美元增加至1.7亿美元，预计于2026年试生产。
深南电路	泰国基地：针对HDI和HLC新建，总投资额为12.74亿元人民币，目前已连线试生产。 江苏南通：针对HDI/HLC进行产能扩张，项目计划总投资18.6亿元；达产后可年生产HDI、FPC印制电路板66万平方米，南通四期在25Q4连线。
方正科技	珠海F7二期：针对HDI进行产能扩张和技术升级，投资6.896亿元；24年5月底完工，新增11.5万平方英尺/月HDI产能。 泰国基地：针对HDI/HLC新建，增加投资后泰国生产基地总投资12.23亿元。
鹏鼎控股	泰国基地：针对HDI/HLC新建，一期计划投资2.5亿美金；主要应用领域为汽车、AI服务器。
景旺电子	珠海金湾：针对HDI进行技术升级和产能扩张，主要应用领域为AI服务器、光模块汽车智驾等。 追加50亿投资用于三个方面，第一，在高多层工厂针对性的技术改造补齐瓶颈工序产能、在HDI工厂新增AI服务器高阶HDI产线，计划于2025年下半年实施完成并投入使用；第二，投资新建高阶HDI工厂，计划于2025年下半年动工建设2026年中投产；第三，利用储备用地增加投资强化关键工序产能，计划于2027年初建设、2027年内投产。 泰国基地：针对HDI/HLC新建，一期工程预计投入20亿元资金，预计每月可实现10万平方米产能，预计26年H1投产。主要应用领域为汽车电子、AI服务器和数据中心。

- 供给端，2026年国内AI PCB产能将迎来集中投放。
- 2026年是验证本轮PCB行业高端产能扩张成果的重要时间窗口。届时，主要厂商的新增产能将陆续开出，为下游AI基础设施的持续放量提供关键支撑。

## 2.1.3 PCB规格高速迭代，带动上游材料迎来量价齐升的高景气周期

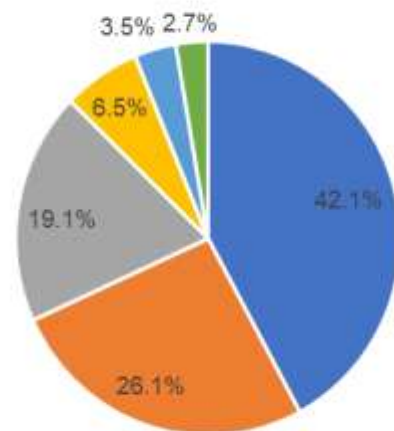
- PCB位于产业链中游，上游主要为覆铜板的制造。覆铜板三大主要原材料为铜箔、树脂和玻璃纤维布，占覆铜板成本比例分别为42%、26%和19%，三者性能直接决定了PCB的高频、高速传输能力以及整体可靠性，因此在产业链中的价值持续提升，是推动PCB行业升级的核心动力。

PCB产业链结构



覆铜板成本占比

■ 铜箔 ■ 树脂 ■ 玻璃纤维布 ■ 制造 ■ 人工 ■ 其他原材料



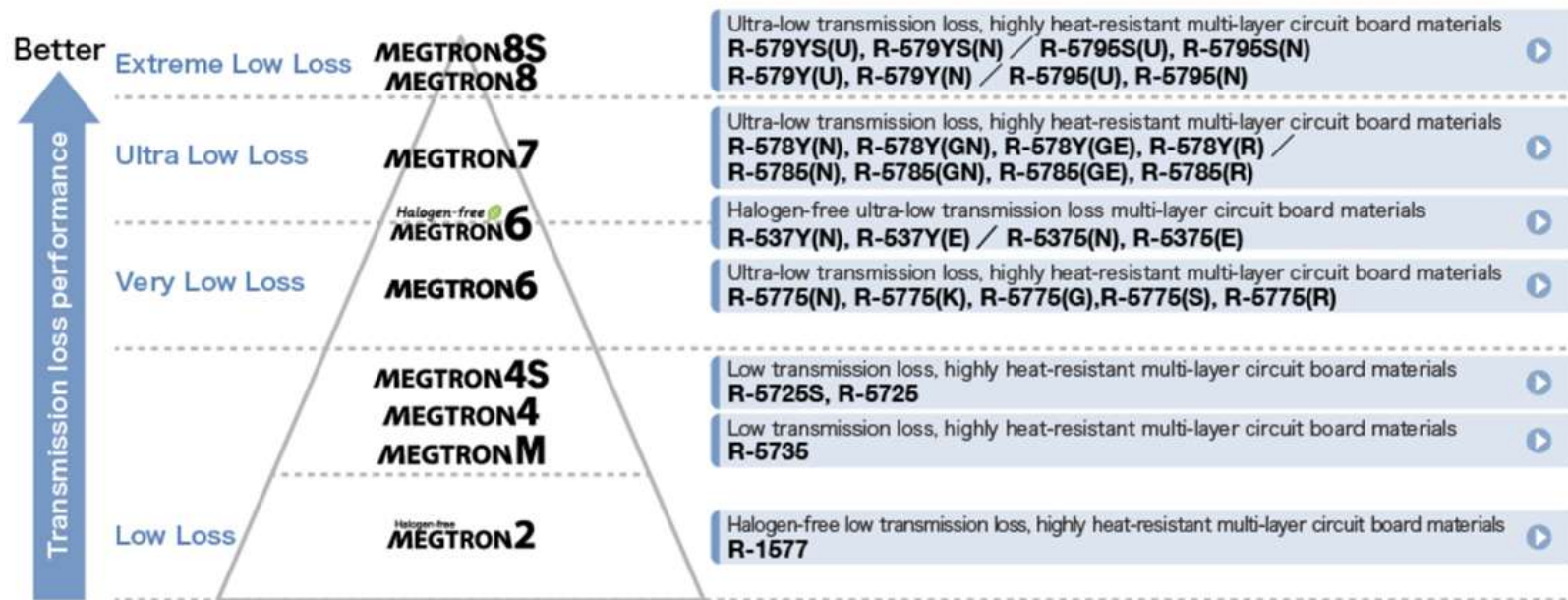
资料来源：前瞻产业研究院、中商产业研究院、华安证券研究所



## 2.1.3 PCB规格高速迭代，带动上游材料迎来量价齐升的高景气周期

- 当前，在AI服务器及400G-800G交换机等高性能计算场景中，M7和M8材料是主要使用材料。随着AI服务器的迭代升级以及800G交换机的量产，M8材料在AI领域的渗透率正在快速提升。未来，M9材料有望凭借极低介电常数和介质损耗、优异的尺寸稳定性和高可靠性，被英伟达Rubin架构AI服务器的CPX板、midplane板及部分高层数背板方案选用，成为AI PCB从M7/M8向更高代次升级的关键基材。

松下Megtron CCL分类标准



资料来源：中证鹏元评级、QYResearch、格隆汇、松下电工、华安证券研究所

## 2.1.4 树脂：M9树脂碳氢比例持续提升

- 电子级树脂是用于电子工业领域的一类高性能合成树脂，具备极高纯度及特定的电学、力学与热学性能。随着AI技术爆发推动高频高速PCB需求激增，传统环氧树脂因介电损耗较高已难以满足要求，而如PPO、碳氢树脂、PTFE等新型树脂凭借低介电常数和超低损耗特性成为主流迭代方向。
- 树脂体系随材料等级呈阶梯式演进。M6及以下以BMI为主，M7开始转向PPO-碳氢复合体系，其中PPO占比约30%，碳氢10%-15%，BMI降至5%以下；进入M9后，为追求更低Df与更好耐热性，碳氢比例预计将再度提升，并与Q级石英布协同使用。

高频高速覆铜板用电子级树脂性能对比（典型值）

树脂类型	Dk @ 1MHz	Df @ 1MHz	性能优势	技术难点
<b>PTFE</b>	2.1	<0.001	介电性能好，稳定性高	导热性差，加工困难，需改性
<b>PPO</b>	2.45	0.001	工程塑料中最低，几乎不受温湿度、频率影响	耐热氧化性差，加工性较差，需要改性，价格高
<b>碳氢</b>	<2.8	0.005	导热、绝缘性较好	力学、热稳定性差，需增强改性
<b>LCP</b>	2.7-8.0 可调	0.001-0.01 可调	力学、热学、尺寸稳定性等性能均很好	加工工艺复杂、难度大，成本高
环氧树脂	2.5-5.0 可调	>0.01	绝缘、防腐、耐候性等较好	低 Df 性能较难实现
<b>BMI</b>	3.7-4.1	0.008	加工性能较好，耐热性好	抗冲击性较差，脆性大

资料来源：智研咨询、诺廷资本 NY Capital、中证鹏元评级、华安证券研究所



## 2.1.4 树脂：M9树脂碳氢比例持续提升

- **高端树脂国产替代加速。**当前，我国高端应用的高频高速树脂、PTFE等高度依赖进口，国际企业如杜邦、巴斯夫、三菱化学、日本化药等凭借先进技术和全球化布局，在高端市场占据主导地位。国内企业圣泉集团、同宇新材等通过技术突破和产能扩张加速追赶，在通用树脂领域实现规模化生产，并在电子级环氧树脂、高频高速树脂等细分市场逐步打破外资垄断，市场份额持续提升。

中国电子树脂企业布局情况

企业名称	核心优势	产能 / 技术亮点
东材科技	全品类布局	环氧树脂量产；6000吨电子级PPO在建产能，打破国外垄断；布局马来酰亚胺（BMI）、官能化PPO等高端树脂研发。
圣泉集团	国内唯一量产电子级PPO	1000吨/年PPO（ $Dk \leq 2.4$ ）供应不应求，客户涵盖华为、中兴等；开发低介电常数（ $Dk \leq 2.2$ ）PPO材料，满足通信用求；规划扩产至5000吨/年（2026年）。
宏昌电子	环氧树脂成本优势	环氧氯丙烷自给率超80%，毛利率高于行业平均10%；布局高速覆铜板使用低Df环氧树脂（ $Df \leq 0.008$ ）。
昊华科技	PTFE技术攻关	通讯线缆用PTFE树脂研发突破， $Df \leq 0.001$ ，达到国际先进水平；规划建设2000吨/年高频PTFE树脂产能（2025年投产）；开发PTFE/PPO复合树脂，兼顾低损耗与耐热性。
世名科技	卡位光模块树脂	500吨/年碳基树脂投产后，达3000吨/年；6G快速封装树脂；开发低吸水性（ $< 0.1\%$ ）、高耐热（ $T_g \geq 280^\circ\text{C}$ ）光模块封装树脂；与中际旭创、新易盛等光模块厂商合作验证。
中化国际	产业链垂直整合	收购西班牙Elix Polymers，获取高端ABS树脂技术；国内首套10万吨/年环氧树脂一体化装置投产，成本降低15%。
万华化学	新材料平台化布局	研发聚苯醚（PPO）与聚苯硫醚（PPS）共混树脂，提升耐热性（ $T_g \geq 300^\circ\text{C}$ ）；规划建设5000吨/年高频树脂中试装置；开发低应力环氧塑封料（EMC），满足FC-BGA封装需求。



## 2.1.5 玻纤布：三代布站上AI风口

- 玻璃纤维电子布（Glass Fiber Electronic Cloth），又称电子布、电子级玻璃纤维布，是一种以玻璃纤维为基材，经特殊织造工艺制成的高性能织物，是电子信息产业中关键的基础材料之一。电子布作为覆铜板的重要增强材料，其介电性能对覆铜板的性能起着决定性作用。M7级别覆铜板通常对应一代玻纤布；M8级别开始混合使用一、二代改性玻纤布；而在追求极致性能的M9级别中，预计将引入第三代石英纤维布，以满足更低损耗、更高信号完整性的要求。

高频高速覆铜板用电子级树脂性能对比（典型值）

技术	核心参数	技术特征	代表产品	技术瓶颈
第一代电子布 (基础绝缘阶段)	介电常数 (Dk) $\approx 4.0$ , 介电损耗 (Df) $\approx 0.003$ , 纱线细度 $\geq 150\text{tex}$	满足消费电子、普通家电等场景的基础绝缘需求，但无法适应高频信号传输。	7628 布 (Dk=4.5)，广泛应用于低端 PCB	信号传输损耗高，无法支持 5G 基站、AI 服务器等高速场景。
第二代电子布 (中高频适配阶段)	Dk $\approx 3.5$ , Df $\leq 0.002$ , 纱线细度 75-150tex, 单丝直径 6-9 $\mu\text{m}$	通过优化玻璃配方（如引入硼硅酸盐）和表面处理工艺（硅烷偶联剂），提升与树脂的结合力，降低介电损耗。	5G 基站天线板、汽车电子（车载雷达）等普通通讯设备	日本日东纺、AGY（美国），国内企业如泰山玻纤已实现量产。
第三代电子布 (高频高速阶段)	Dk $< 3.0$ , Df $< 0.001$ , 纱线细度 $\leq 50\text{tex}$ , 单丝直径 $\leq 5\mu\text{m}$ （超细纱）	采用石英纤维 (Dk=3.7) 或低介电玻璃配方（如含氟化合物），突破传统 E 玻纤的性能极限；	AI 服务器（英伟达 GB200 采用 M8 级覆铜板，需第三代电子布）、数据中心高速 PCB（PCIe 6.0 传输速率达 64GT/s）、半导体封装基板（FCBGA）和航空航天电子设备。	设备壁垒：高端织机交期长达 18 个月，全球仅日本津田驹、意大利范美特能生产。 认证壁垒：车规级 / AI 服务器认证需 2-3 年周期，仅中材科技和宏和科技通过英伟达验证。

资料来源：智研咨询、思瀚产业研究院、华安证券研究所



## 2.1.5 玻纤布：三代布站上AI风口

- 高端电子布技术壁垒高，当前全球市场呈现寡头垄断格局，日本日东纺、旭化成占据全球70%以上高端电子布份额。但日本日东纺、旭化成扩产周期长达18-24个月，短期新增产能几乎为零，电子布实际有效供给呈现下降趋势，需求端却呈现爆发式增长，导致2025年Q2全球用于AI服务器的高端电子布供需缺口高达25%-30%。巨大的供需缺口下国产替代加速推进。2025年以来中材科技等国内企业加速扩产，抢占市场份额。

中国玻璃纤维电子布行业企业产能及布局动态

企业	产能及布局动态
中材科技	产能：2025年特种电子布产能2600万米，预计2026年扩至3500万米/年 产线布局：5条Low-Dk产线（含1条在建），Q布/低膨胀布专用线逐步投产。
中国巨石	主攻7628电子布产品，至2024年底拥有10亿米电子布产能，在行业内市占率达20%-30%。
宏和科技	2025年高性能电子布产能50-60万米/月（一代50%、二代25%、Low-CTE25%），年底爬坡至80-100万米/月。 拟定增9.9亿元扩产1254吨高性能纱线，降本增效。
光远新材	2024年年产10万吨电子纱和2亿米电子布； 生产线采用世界先进工艺技术和装备，主导产品为4—7微米电子纱和123—104g/m <sup>2</sup> 薄型电子布以及5G用低介电电子纱和电子布； 2025年3月，在已投产一条一代低介电和一条二代低介电项目的基础上，加紧投资建设剩余两条一代和一条二代低介电项目，2025年内按期全部点火投产，实现低介电一代月产能600万米、二代月产能100万米。2026年实现低介电一代月产能突破1000万米、二代月产能突破300万米，并实现LOW-CTE和Q布量产。
国际复材	其第一代Low-Dk电子布已在珠海基地实现量产，第二代项目预计于2025年9月投入生产。 2024年高端电子布产量占比首次超过30%，约为6500万米。
菲利华	菲利华已经形成5万米/月的规模产能，2026年规划70万米，2027年达到200万米。 菲利华在三代布（Q布）上技术/能断层领先，英伟达下一代Rubin架构已经确定使用Q布。

资料来源：观研天下、智研咨询、华安证券研究所

## 2.1.6 铜箔：HVLP4有望成为26年主流

- PCB铜箔是电路板上用于连接电子元件的导电材料。根据制造工艺和性能，可将PCB铜箔划分为压延铜箔（RA）和电解铜箔（ED）两类。按照表面粗糙度的大小可划分为HTE（高温延伸性铜箔）、RTF（反转处理铜箔）、ULP（超低轮廓铜箔）、HVLP（高速低轮廓铜箔）。其中，HVLP铜箔凭借超低粗糙度和高导电性，正成为AI服务器高频高速传输的关键材料，而HVLP4系列预计于2026年成为AI服务器的主流规格。

PCB 铜箔分类（按表面粗糙度与处理工艺）

类别	表面粗糙度	关键特征	典型应用
HTE	4–8 $\mu\text{m}$	高温延展性好、与树脂结合力强	多层刚性板内层
RTF	2–4 $\mu\text{m}$	光面覆树脂涂层，兼顾粘合与低粗糙度	常规 FR-4、高速板
ULP	1–2	特殊电解工艺，极低轮廓	高速信号传输
HVLP	0.5–1	在 ULP 基础上提速制造，粗糙度更低、效率更高	高频/高速、超低损耗板

PCB 铜箔分类（按制造工艺和性能分类）

项目	压延铜箔（RA）	电解铜箔（ED）
制造方式	纯铜坯料连续碾压、压缩	电解沉积在钛辊上
表面形貌	两面光滑、平整	一面光面，一面粗糙（瘤化）
典型粗糙度 Rz	0.3–1.2 $\mu\text{m}$	光面 0.5–1 $\mu\text{m}$ ，毛面 3–8 $\mu\text{m}$ （HTE）
厚度范围	9–105 $\mu\text{m}$ （受轧机限制）	5–400 $\mu\text{m}$ （可继续电镀加厚）
导电性能	晶粒致密、杂质少，导电率 $\uparrow$	含少量杂质与针孔，导电率略低
高频适用性	粗糙度低，介质损耗小，适合 $\geq 10$ GHz	粗糙度高，介质损耗大，一般 $\leq 5$ GHz
与树脂结合力	光滑面需额外处理（黑化、棕化）	毛面可直接高剥离强度粘合
成本	高（约为电解箔 2–3 倍）	低（大规模连续箔，产能高）
主要用途	柔性板、高频/高速刚性板、车载雷达、天线	普通 FR-4 多层板、电源厚铜板、常规 HDI

## 2.1.6 铜箔：HVLP4有望成为26年主流

- HVLP 铜箔市场主要由日、韩、台企占据，CR4（三井矿业冶炼、古河电工、福田金属箔粉、索路思高新材料）占据全球约50%的市场份额。我国HVLP厂商奋起直追，德福科技有望凭借收购卢森堡铜箔登顶全球产能，HVLP3-5迭代节奏最快；铜冠铜箔HVLP4已送样、HVLP5突破关键指标，订单饱满倒逼产能扩张，2025年有望率先实现国产HVLP3及以上规模量产替代。

HVLP铜箔市场竞争格局



国内主要HVLP铜箔厂商产品进度

国内厂商	进展详情
德福科技	HVLP1-2已批量供货，用于高速及400G/800G光模块；HVLP3通过日系覆铜板认证，预计2025年内批量供货，实现国产首家量产突破。HVLP4正与客户测试试验板，HVLP5处于特性分析测试。2025年收购卢森堡铜箔与公司在HVLP领域形成战略协同。预计德福科技收购卢森堡铜箔后电解铜箔产能将跃居全球第一。
铜冠铜箔	公司HVLP4铜箔已于2024年下半年开始送样给多家CCL厂商认证，HVLP5铜箔也已完成关键性能突破；目前公司HVLP铜箔订单饱满，正通过新增表面处理机和完整产线扩产以满足需求。

资料来源：恒州诚思、datainsightsmarket、《九江德福科技股份有限公司投资者关系活动记录表》（2025年7月30日）、《安徽铜冠铜箔集团股份有限公司投资者关系活动记录表》（2025年9月15日）、华安证券研究所



## 2.1.7 建议关注

证券分类	证券代码	证券简称	营业总收入（百万元）				归母净利润（百万元）				ROE	PE	
			2025E	2026E	25E YoY	26E YoY	2025E	2026E	25E YoY	26E YoY	26	25	26
PCB	300476.SZ	胜宏科技	20,876	31043	95%	49%	5479	8638	375%	58%	40%	48	30
	002463.SZ	沪电股份	18,654	22743	40%	22%	4042	5078	56%	26%	29%	34	27
	603228.SH	景旺电子	15,100	17900	19%	19%	1588	1973	36%	24%	14%	42	34
	001389.SZ	广合科技	5,092	6300	36%	24%	993	1273	47%	28%	26%	33	26
	601208.SH	东材科技	5,260	6647	18%	26%	413	667	128%	61%	12%	49	30

资料来源：Wind一致预期、公司已发布报告、华安证券研究所





## 目录

### 1

总量：AI算力范式切换至推理，硬件产业链迎成长新周期

### 2

云侧：算力底座，硬件先行

2.1 PCB：景气度上行带来全产业链价值重估

2.2 存储：先进制程持续演进，eSSD成长空间广阔

2.3 光互连：OCS赋能AI算力集群新时代

### 3

端侧：关注AI手机及AR眼镜硬件创新浪潮

3.1 AI手机：关注新产品带来的产业催化

3.2 AR眼镜：AI+AR眼镜是未来可穿戴设备热门终极形态

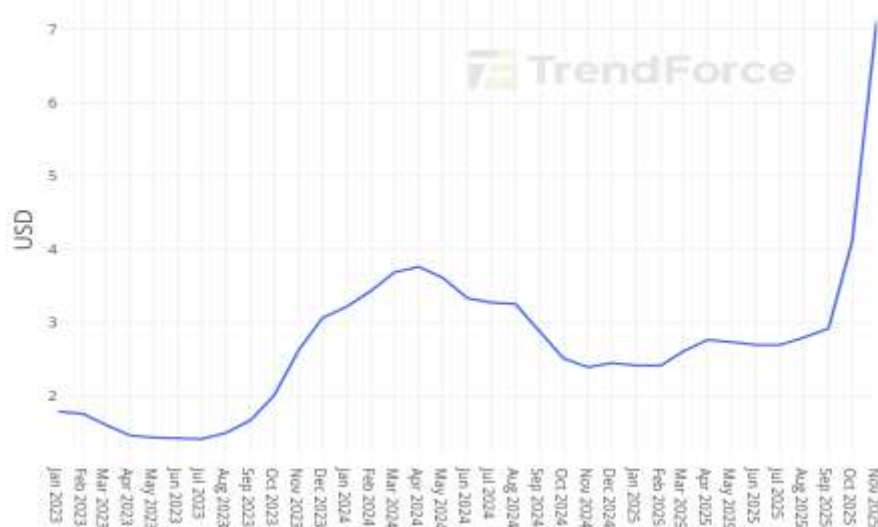
## 2.2.1 AI算力需求持续拉动，26年存储板块仍将处于上行周期

- **2025年存储芯片涨价，主要源于AI需求引发的供需结构性失衡**
- **DRAM：**为满足AI服务器对HBM和DDR5的强劲需求，2025年由于三大原厂将产能转向先进制程，并计划停产DDR4等旧产品，导致DRAM供不应求。根据Trendforce最新预测，25Q4一般型DRAM价格涨幅将达18-23%。
- **NAND Flash：**供给端，原厂上半年减产去化库存，并将产能聚焦于高毛利的QLC eSSD。需求端，生成式AI对海量数据储存的需求叠加HDD供给短缺，推动CSP将需求快速转向QLC Enterprise SSD，导致急单大量涌入。受此影响，TrendForce预计NAND Flash25Q4合约价将全面上涨5-10%。

主流DRAM现货价格（2023-2025年）



主流NAND Flash晶圆现货价格



资料来源：Trendforce、华安证券研究所

## 2.2.2 2026年存储行业CAPEX增速放缓，重心向高附加值产品转移

- **2025年存储行业资本开支增速创新高，以扩充产能为投资重心。**根据Trendforce数据，2025年DRAM产业资本开支预计达537亿美元，同比增长81%；NAND Flash产业资本开支预计达211亿美元，同比增长8%。
- **2026年存储行业资本开支增速放缓，投资重心向高附加产品转移。**根据Trendforce数据，2026年DRAM产业资本开支将达613亿美元，同比增速降至14%；NAND Flash产业资本开支将达222亿美元，同比增速降至5%。存储行业资本开支的重心已发生根本性转变，从传统的产能扩张，转向了对制程技术升级、高层数堆栈、混合键合及HBM等高附加值产品的投资。

DRAM与NAND Flash产业资本支出（2022-2026年）



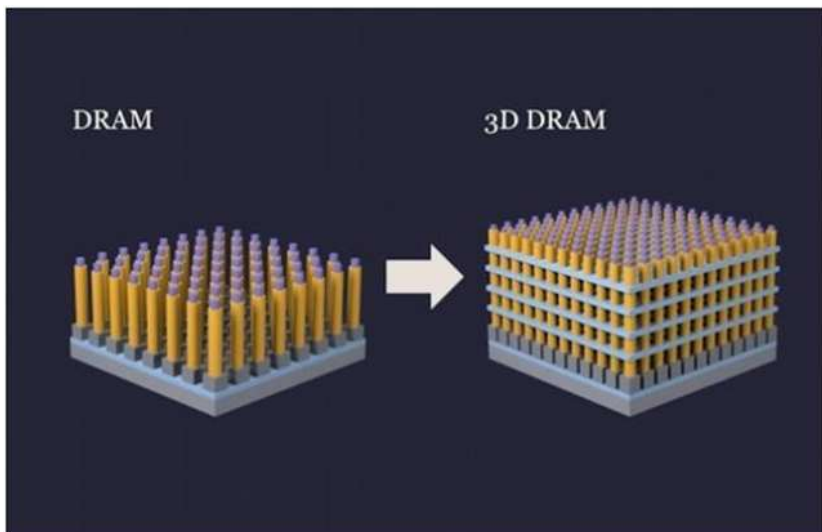
资料来源：Trendforce、华安证券研究所



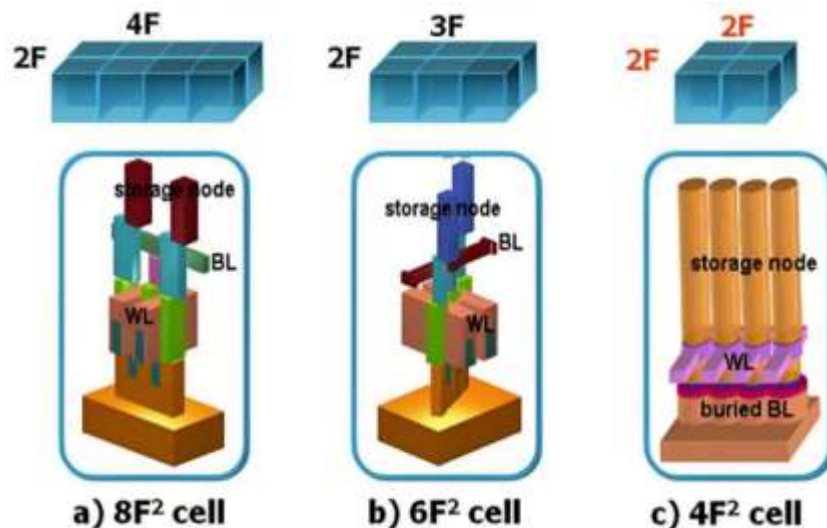
## 2.2.3 关注3D DRAM技术发展为国内存储原厂及设备厂带来的机会

- 随着 DRAM 制程工艺的不断缩小，电流泄漏、信号干扰等问题越发严重。3D DRAM能够提供更高的存储密度、更低的功耗和更高的带宽，适用于高性能计算、数据中心等应用场景。3D DRAM的结构由多个DRAM层组成，每一层都包含大量的存储单元。每一层中的存储单元按照行和列的方式排列，类似于传统DRAM的平面排列方式。3D DRAM通过在晶圆中穿孔并填充导电材料来连接不同的存储层。TSV技术可以显著减少信号传输路径，降低延迟并提高数据传输速率。
- 4F<sup>2</sup>是一种DRAM存储单元的极限面积表示法，指每个位单元仅占2F×2F的面积，通过把源极、栅极、漏极由水平排布改为垂直堆叠来实现，比传统6F<sup>2</sup>节省约30%芯片面积。4F<sup>2</sup>的垂直单元结构正是3D DRAM的核心构建方式，它是平面DRAM向垂直化发展的关键技术，被视为水平微缩走到极限后的突破口。

3D DRAM结构示意图



4F<sup>2</sup>结构示意图



## 2.2.3 关注3D DRAM技术发展为国内存储原厂及设备厂带来的机会

- **3D DRAM降低光刻设备依赖，为中国厂商创造弯道超车创造有利条件。**在3D DRAM的工艺流程中，图形化步骤大幅精简，高难度蚀刻/沉积工序显著增加，产业价值正在从光刻设备向蚀刻、沉积环节迁移，这一特点为中国大陆存储原厂及存储设备厂商在3D DRAM领域的发展提供了有利条件。

主流厂商3D DRAM技术进展

参与者	技术路线/方案	最新进展
三星电子	垂直通道晶体管 (VCT) DRAM	已公布开发路线图，计划在未来2-3年内推出初期实物产品，并将其确立为第八代DRAM的发展方向。
SK海力士	垂直栅极 (VG) DRAM / IGZO晶体管	2024年已成功展示 <b>5层堆叠的3D DRAM原型</b> ，良率达 <b>56.1%</b> 。同时研究将 <b>IGZO材料</b> 用于晶体管通道以降低功耗。
美光科技	独特3D架构（可能改变晶体管/电容器形状）	已积累 <b>超过30项3D DRAM相关专利</b> ，数量领先。其研究路径侧重于不改变存储单元排布方式的情况下，调整晶体管与电容器的形态
国内龙头存储厂商	Xtacking架构DRAM	已具有Xtacking架构的DRAM专利。根据国家知识产权局网站查询，早在2020年其就申请了关于具有Xtacking架构的DRAM专利，Xtacking架构为其生产3D NAND存储器的特有架构，采用了三维晶圆混合键合工艺。

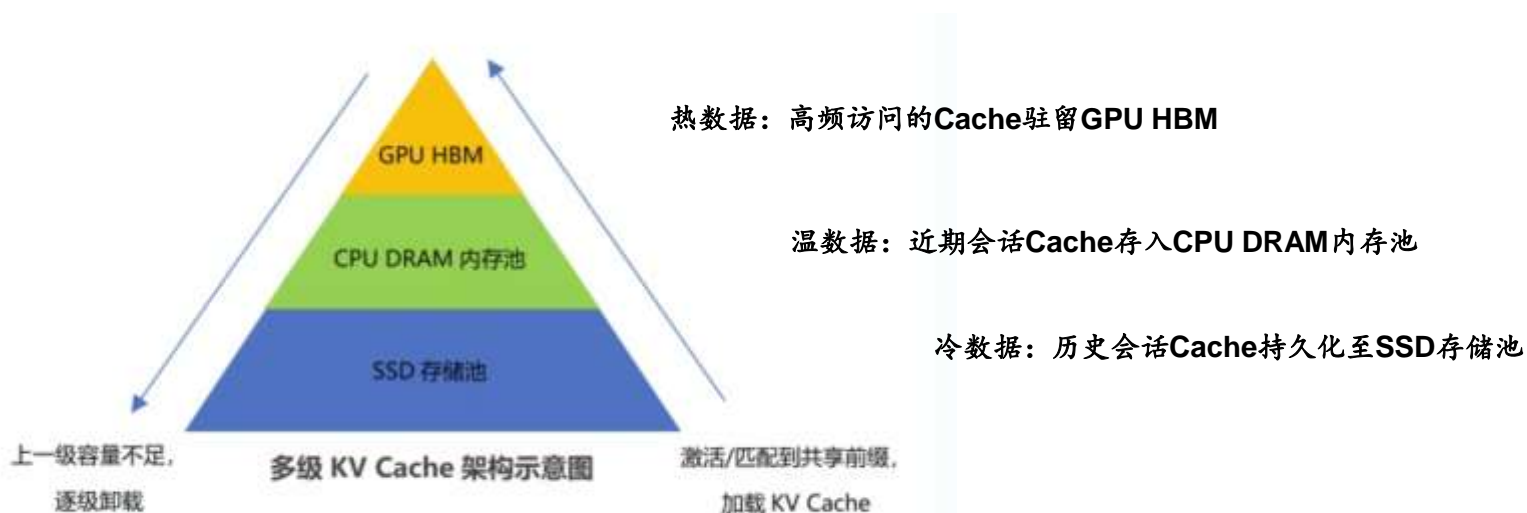
资料来源：36Kr、半导体产业纵横、华安证券研究所



## 2.2.4 KV Cache成为LLM优化关键技术，QLC SSD渗透率有望持续提升

- **KV Cache (Key-Value Cache)** 是大语言模型推理优化的关键技术。在Transformer模型进行自回归推理时，它会将已计算好的历史Key和Value矩阵缓存在高速存储中。这样，后续生成新token时，就只需计算当前Query并与缓存的K/V做注意力计算，从而避免了 $O(n^2)$ 的重复计算，将生成长度为 $n$ 的序列的复杂度降至 $O(n)$ 。此项技术通过加速首token响应、降低长序列推理的内存占用与计算开销，实现了硬件资源的高效利用。在实际应用中，可通过构建GPU HBM→CPU DRAM→SSD存储池三级缓存体系，对KV Cache进行动态分层管理，进一步释放HBM的缓存占用。

多级KV Cache架构示意图



## 2.2.4 KV Cache成为LLM优化关键技术，QLC SSD渗透率有望持续提升

- 与传统机械硬盘（HDD）相比，QLC SSD凭借更高密度和更低成本，正加速替代HDD，成为AI温/冷数据层的核心解决方案。QLC SSD其每晶粒容量较TLC高出33%，能显著降低存储成本。预计到2026年，QLC SSD在企业级SSD市场的渗透率将达到30%。

近线HDD与QLC SSD重点比较

	Nearline HDD	QLC SSD
交付周期	52周	8周
每GB平均售价 (美元)	0.015	0.05-0.06
最大容量	32 TB	122 TB
性能	弱	强
能效	较低	较高

主流厂商3D DRAM技术进展



资料来源：Trendforce、全球半导体观察、华安证券研究所

2.2.5 建议关注

证券分类	证券代码	证券简称	营业总收入（百万元）				归母净利润（百万元）				ROE	PE	
			2025E	2026E	25E YoY	26E YoY	2025E	2026E	25E YoY	26E YoY	26	25	26
存储	300223.SZ	北京君正	4,729	5550	12%	17%	362	697	-1%	93%	5%	131	68
	603986.SH	兆易创新	9,407	11518	28%	22%	1551	2073	41%	34%	11%	90	68
	688123.SH	聚辰股份	1,358	1774	32%	31%	454	625	56%	38%	20%	45	33
	688627.SH	精智达	1,258	1729	57%	37%	185	286	131%	55%	13%	109	71

资料来源：Wind一致预期、公司已发布报告、华安证券研究所



## 目录

### 1

总量：AI算力范式切换至推理，硬件产业链迎成长新周期

### 2

云侧：算力底座，硬件先行

2.1 PCB：景气度上行带来全产业链价值重估

2.2 存储：先进制程持续演进，eSSD成长空间广阔

2.3 光互连：OCS赋能AI算力集群新时代

### 3

端侧：关注AI手机及

3.1 AI手机：关注新产品带来的产业催化

3.2 AR眼镜：AI+AR眼镜是未来可穿戴设备热门终极形态



## 2.3.1 什么是光交换机（OCS）？

- 光交换机（Optical Circuit Switch, OCS）指的是基于全光信号的交换机设备，其工作原理是通过配置光交换矩阵，从而在任意输入和输出端口间建立光学路径以实现信号的交换。相较于电交换机，OCS无需光电信号转换和相应的数据包处理过程，可显著降低时延和功耗，系统故障概率也有所降低，且OCS无需进行端口速率的频繁迭代，通过单纯的光路重定向即可实现跨代设备的无缝互联，可大幅提高硬件使用寿命。
- 电交换机（EPS）就像繁忙的邮局：当数据包（信件）抵达时，邮递员（交换机处理器）需要先读取地址信息（数据包头），再对信件进行分类，最后将其重新纳入邮件流继续传输。这种读取、分类和重定向的过程不仅会造成延迟，还会消耗大量电能。这就是所谓的光-电-光转换。
- 光电路交换机（OCS）则如同自动化铁路调车场：当列车（光信号）抵达时，系统仅需重新配置物理轨道，即可创建从起点到终点之间的直达且不间断的传输路径，无需开启车厢或读取内容，数据便能沿着专用物理线路以光速传输。这种设计彻底消除了传统光-电-光转换过程中存在的延迟与能耗问题。

光电交换与光交换原理示意图



资料来源：观研天下、智研咨询、光算圈、迅石光通讯网、华安证券研究所





## 2.3.2 AI大模型持续迭代，Scale-Up/Scale-Out/Scale-Across场景催生OCS需求

- AI大模型训练需要海量GPU/TPU协同计算，对通信传输带宽、时延、功耗提出了极高要求，而OCS技术凭借其高带宽、低延迟、低功耗的特性，完美适配AI算力集群中Scale-up（例如：谷歌TPUv4集群）、Scale-out（例如：谷歌在Jupiter架构引入OCS替代Spine层）和Scale-across（例如：英伟达DCI跨数据中心互联）对高效、灵活互联的核心需求。

采用OCS的AI集群趋势

公司	技术路线	核心产品/解决方案	市场进展
谷歌	压电陶瓷(DLBS)、MEMS微镜	ApolloOCS平台（MEMS方案）、压电陶瓷OCS测试系统	2025年OCS采购量预计超2.3万台；2026年TPU出货量达300万颗时需求或近3.5万台
微软	数字液晶（DLC）、MEMS微镜	Azure云数据中心采用Coherent的DBS-OCS产品，评估MEMS和硅基液晶方案	2024年已部署首批DBS-OCS设备；计划2025年扩展至更多Azure区域
英伟达	数字液晶（DLC）、CPO共封装光学	Spectrum-XGS以太网（跨区域扩展技术），Lightmatter合作开发内置OCS的光互联产品	2025年Spectrum-XGS已供货，计划2026年量产集成OCS的CPO交换机
Meta	CPO共封装光学、DBS动态带宽分配	博通Bailly51.2T CPO交换机实测试验、参与OCP联盟推动OCS开放标准	2025年完成博通CPO交换机百万小时可靠性测试，计划2026年部署首个全光互联数据中心
Cisco	传统光模块+OCS集成	12000系列OC-48 POS线路卡、ONS15454光交叉连接模块（支持OCS扩展）	2025年推出支持OCS的400G光模块，计划2026年发布下一代全光交换机平台
开放计算项目（OCP）	多厂商协同技术路线（MEMS、DLC、CPO）	OCS项目组推动开放标准和硬件参考设计（如Switchless架构）	2025年发布首份OCS硬件设计指南，计划2026年完成多厂商设备兼容性认证咨询

资料来源：专精特新研习社、光隆科技、智研咨询、华安证券研究所

### 2.3.3 四种光交换技术特点及代表厂商总结

- 光交换技术一般可分为**MEMS**、数字液晶、直接光束偏转 **DLBS**、硅光波导技术四类。
- **MEMS技术**：工作原理是通过电信号精确控制镜的二维转角度，将输入光信号准导向目标出口。MEMS为主流技术，市场份额超过 70%，具有性能与成本的均衡性。谷歌和 Lumentum 等厂商均以 MEMS 方案为主。
- **数字液晶（DLC）/硅基液晶（LCoS）技术**：利用外加电场改变液晶分子排列，从而影响入射光的偏振状态，再配合偏振分束器来实现光路的切换。Coherent是该方案的主要推动者，既有DLC又有LCoS技术方案布局，产品较为成熟。
- **直接光束偏转CLBS技术（又称压电陶瓷方案）**：利用压电陶瓷在电压控制下能够沿某一轴向发生尺寸变化的特性实现光路的交换。该技术光路简洁，传输损耗较低，但随着端口数增加，大角度对准时的机械位移需求会制约扩展规模。该方案的主要推动者为Polatis。
- **硅光波导**：在硅基芯片上构建出结构确定的光路矩阵，光信号沿着预设的路径传输。该方案主要问题是损耗较高，而且在多通道场景下容易产生串扰和可靠性问题。光波导方案适合高密度集成应用，当前尚未大规模商用，主要由iPronics等公司推动。

四种光交换技术特点及代表厂商总结

技术类型	端口数量	端口成本	整机成本	插入损耗	切换时间	串扰	可靠性	代表厂商
<b>MEMS</b>	多	高	高	< 3 dB	25 ms	低	低	Google、Lumentum
液晶	多	高	高	< 3 dB	100 ms	低	高	Coherent
压电陶瓷	少	高	高	< 3 dB	中等	高	高	Polatis
硅光波导	少	低	低	~6 dB	1 ms	高	高	iPronics

### 2.3.4 OCS产业链长，市场参与者多集中于单一环节

- **OCS**产业链条长，技术壁垒呈阶梯状分布，导致市场参与者多集中于单一环节。

- **上游（核心器件与材料）：**

涉及MEMS微镜阵列、光放大器等，国内厂商如赛微电子（MEMS工艺代工）；光迅科技、光隆集成（MEMS光开关）、腾景科技（精密光学元件）等在此环节竞争。该环节的工艺技术壁垒极高，先发优势突出。

- **中游（设备集成与解决方案）：**

全球市场目前由Ciena等主导，国内厂商中光库科技是谷歌OCS代工龙头，德科立自研光子路由引擎获海外样品订单，中兴通讯、亨通光电等则依托光网络设备基础延伸OCS业务，推出适配不同场景的定制化方案。

- **下游（应用）：**

需求明确集中于超大规模AI数据中心与智算中心，由谷歌、Meta等国际巨头及国内头部IDC服务商主导。

OCS产业链

上游：  
核心器件与材料

中游：  
设备集成与解决方案

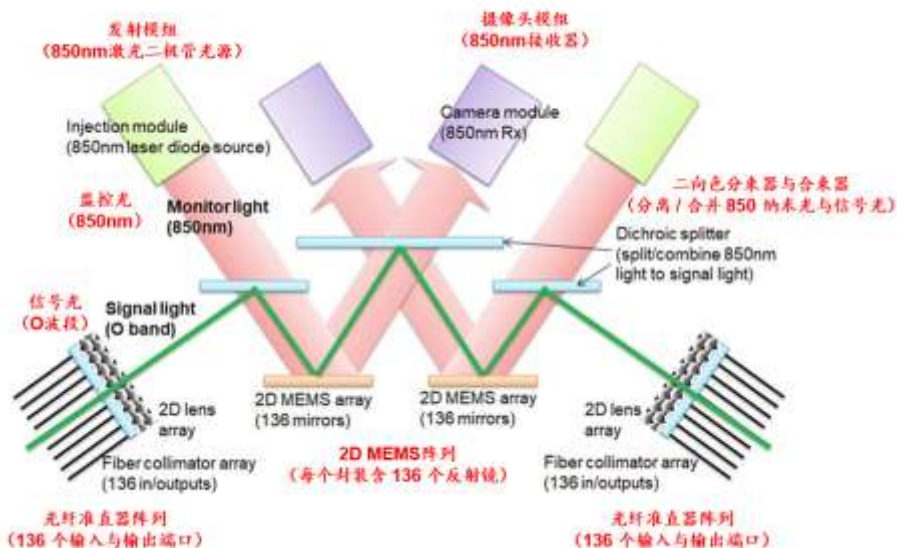
下游：  
AI数据中心与智算中心

资料来源：Ofweek电子工程网、华安证券研究所

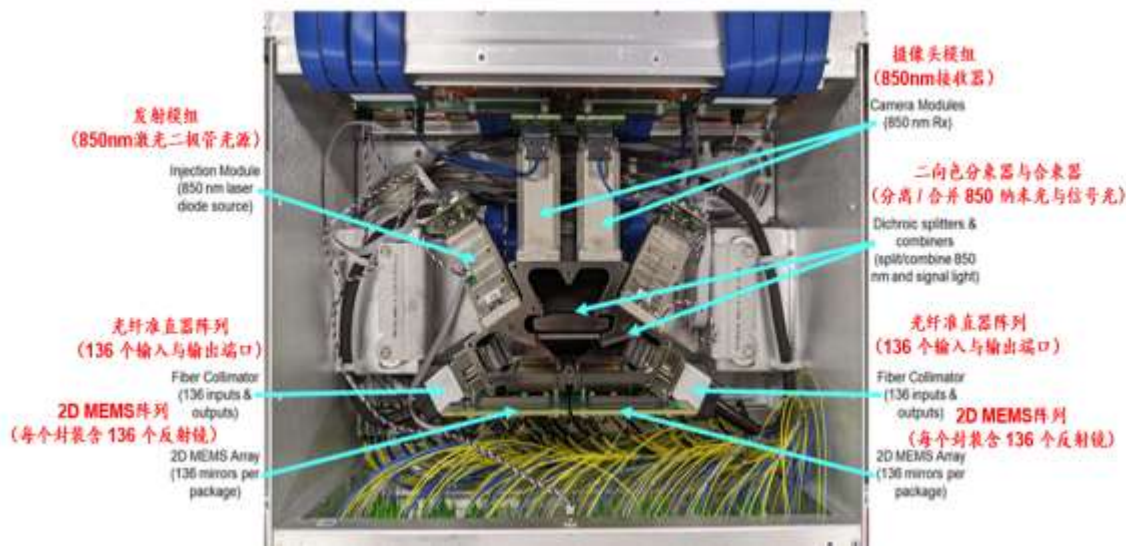
## 2.3.5 OCS MEMS核心元器件有哪些？

- **OCS**是一个纯光学的物理层设备，需要的核心元器件包括：**MEMS阵列**、**光纤准直器阵列**、**滤光片**、**光环形器**等。按成本拆分数据，单台**MEMS OCS**的**BOM成本**约**2-2.5万美元**，**售价**约**6万美元**，成本主要来自**MEMS阵列**、**光纤阵列**、**透镜阵列**、**环形器**与**光电模组**，其中阵列部分占比最高，是决定性能与成本的核心。
- **MEMS阵列**：其核心是一个由成百上千个可独立驱动的微米级反射镜构成的阵列。通过对单个微镜阵列施加精确的电压信号，使其进行三维角度偏转，从而将任意一束输入光纤的光束精准反射到任意一个目标输出光纤。

谷歌Palomar OCS光路示意图



谷歌Palomar OCS光学核心实物图



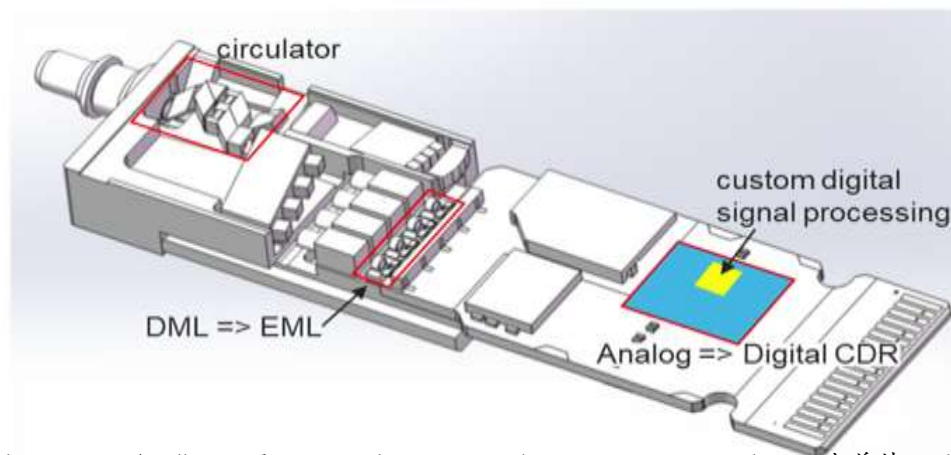
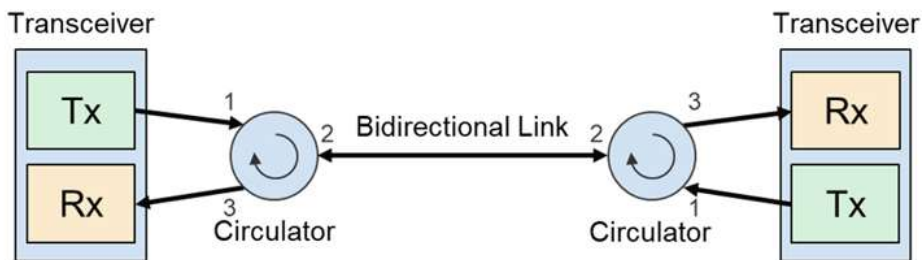
资料来源：硬科技洞察、超链科技、Urata,et al. 《Mission Apollo: Landing Optical Circuit Switching at Datacenter Scale》、华安证券研究所



### 2.3.5 OCS MEMS核心元器件有哪些？

- **光纤准直器阵列**：每个准直器阵列包含一个 $N \times N$ 光纤阵列和一个二维透镜阵列。光纤阵列利用V型槽基片把一束或一条光纤带按照规定间隔安装在基片上形成阵列，从而实现矩阵光信号交换，支持多光束输入/输出。透镜阵列核心功能是准直发散的激光束，确保光信号在传输过程中的稳定性。
- **滤光片**：选择性地让特定波长的光通过，而反射或吸收其他波长的光学元件。在OCS中常使用二向色滤光片，主要用于850nm监控光（用于微镜校准）和工作信号光的合波和分波。
- **光环形器**：一种无源器件，其核心功能是实现单根光纤的双向通信。通过在链路两端部署光环形器，可将传统需要两根光纤（一收一发）的连接，合并到一根光纤上完成，从而使OCS所需的物理端口和光纤布线数量减半。

光环形器及工作原理图



资料来源：硬科技洞察、Urata, et al. 《Mission Apollo: Landing Optical Circuit Switching at Datacenter Scale》、杰普特、深圳中小企业沙龙、亿源通科技、讯石光通讯网、华安证券研究所



2.3.6 建议关注

证券分类	证券代码	证券简称	营业总收入（百万元）				归母净利润（百万元）				ROE	PE	
			2025E	2026E	25E YoY	26E YoY	2025E	2026E	25E YoY	26E YoY	26	25	26
光互连	300131.SZ	英唐智控	0	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-
	300456.SZ	赛微电子	906	607	-25%	-33%	1034	-53	-708%	-105%	-1%	44	-853

资料来源：Wind一致预期、公司已发布报告、华安证券研究所



## 目录

### 1

总量：AI算力范式切换至推理，硬件产业链迎成长新周期

### 2

云侧：算力底座，硬件先行

2.1 PCB：景气度上行带来全产业链价值重估

2.2 存储：先进制程持续演进，eSSD成长空间广阔

2.3 光互连：OCS赋能AI算力集群新时代

### 3

端侧：关注AI手机及AR眼镜硬件创新浪潮

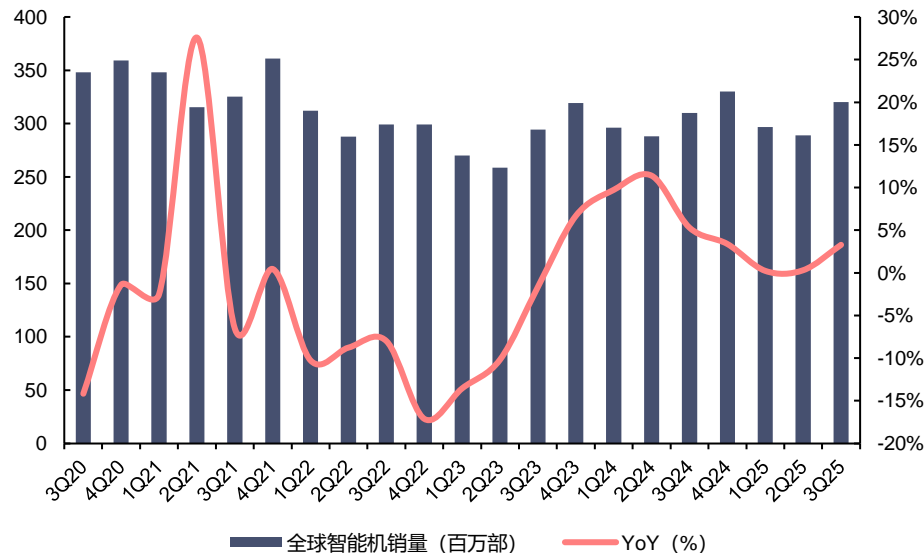
3.1 AI手机：关注新产品带来的产业催化

3.2 AR眼镜：AI+AR眼镜是未来可穿戴设备热门终极形态

### 3.1.1 手机大盘保持温和增长，AI开始重塑智能手机

- 智能手机市场经历了2023年的低迷后，2024年实现了全年的稳步增长，2025年增速虽有所放缓但仍保持正向态势。3Q25出货量3.2亿部，同比增长3%，新兴市场需求相对更优。
- 竞争格局方面，三星和苹果的“双雄”格局稳固，小米稳居第三，而第四、五名的争夺在OPPO、vivo和传音之间轮转。就3Q25来看，三星以6060万台保持领先；苹果取得该季度历史最强表现之一，同比增长约9%；传音库存调整结束后强势反弹，重回第四。

手机市场出货情况



手机市场份额情况

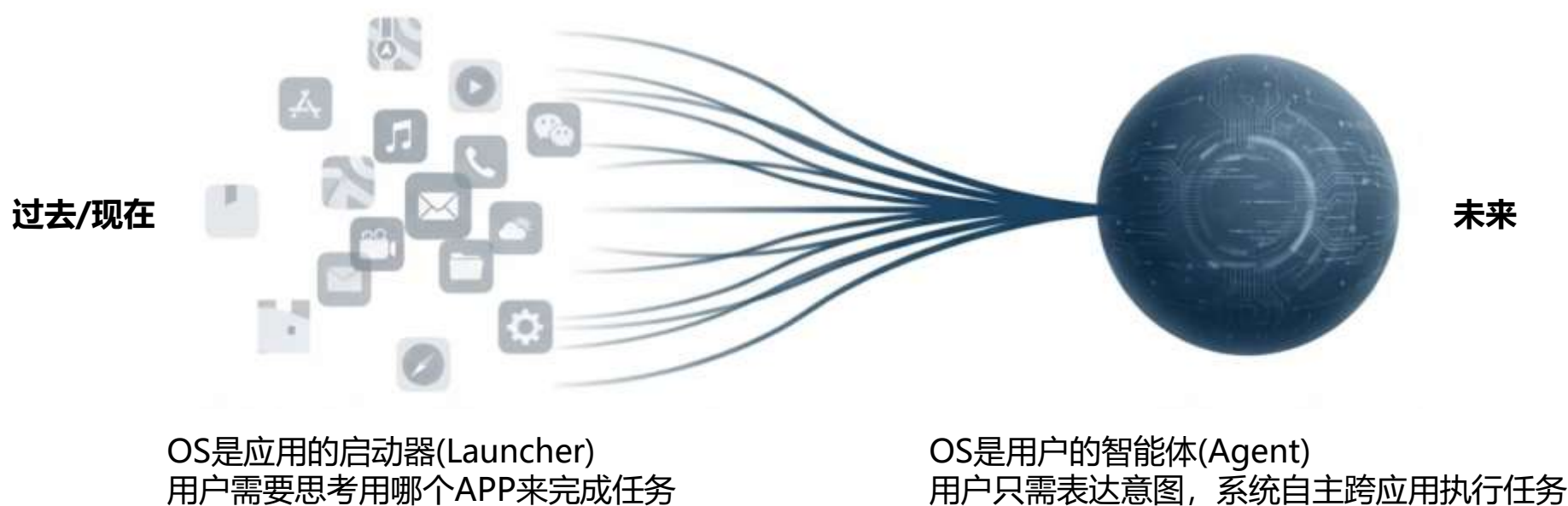
厂商 (Vendor)	25Q3 出货量 (百万台)	25Q3 市场份额	24Q3 出货量 (百万台)	24Q3 市场份额	同比增长
三星	60.6	19%	57.5	19%	6%
苹果	56.5	18%	54.5	18%	4%
小米	43.4	14%	42.8	14%	1%
传音	28.6	9%	25.5	8%	12%
vivo	28.5	9%	27.2	9%	5%
Others	102.5	32%	102.5	33%	0%
总计	320.1	100%	309.9	100%	3%

数据来源：Omdia、Canalys、华安证券研究所

### 3.1.1 手机大盘保持温和增长，AI开始重塑智能手机

- AI在逐步重塑智能手机，核心逻辑从“应用导向”逐渐转向“意图导向”。

AI重塑智能手机形态



数据来源：各公司官网，华安证券研究所整理

### 3.1.1 手机大盘保持温和增长，AI开始重塑智能手机

- 各大厂商纷纷将OS升级为AI OS，引入系统级智能体（System-level Agent），试图打破APP之间的孤岛。荣耀和华为更为激进，致力于将OS本身变为一个大的智能体（Agent），强调“自主执行”和“意图理解”，试图减少用户打开APP的步骤。

厂商	AI 助手/智能体	大模型	核心 AI 特性与差异化优势	典型应用场景
荣耀	YOYO 智能体	魔法大模型 (MagicLM)	支持跨应用自主执行任务；具备 Deepfake（AI换脸）检测能力。	一句话点咖啡（自动跨应用下单）；视频通话反诈检测。
华为	小艺智能体	盘古大模型 (Pangu Model)	AI下沉至系统内核，控件级AI能力（如直接在文本框调用AI）；支持投喂式交互，深度理解屏幕内容。	将文档拖拽给小艺生成摘要；全系统范围内的图片/文字即指即用。
vivo	蓝心小V	蓝心大模型 (BlueLM)	结合“原子岛”交互，支持屏幕感知与意图预判；端侧模型覆盖广，支持方言交互。	拖拽地址到原子岛自动导航；通话实时语音转文字摘要。
OPPO	小布助手	安第斯大模型 (AndesGPT)	强调“一键问屏”的全局查询能力；打破安卓与iOS壁垒，支持与iPhone一键互传文件。	无论在什么界面，长按电源键问“这是什么”；与iPhone用户秒传照片。
小米	超级小爱	MiLM / Google Gemini (海外)	HyperAI 深入系统底层，调度优化性能（HyperCore）；AI功能全面覆盖锁屏、写作、绘画等创意场景。	AI电影感锁屏（静态变动态）；涂鸦实时变画作；跨设备调用汽车摄像头。
Apple	Siri	Apple Foundation Models	区分端侧处理与“私有云计算”；极强的生态掌控力，Siri拥有屏幕感知和跨App操作权限。	“把这张照片发给刚刚发短信给我的人”；邮件语气润色与通知摘要。
Samsung	Bixby / Gemini	Samsung Gauss / Gemini	深度集成Google Gemini；主打商务效率，如笔记助手、转录助手和实时通话翻译。	跨语言商务通话实时翻译；圈选即搜 (Circle to Search)。



### 3.1.2 互联网厂商相继推出AI手机创新产品

- 2025年12月1日发布的“豆包手机”具有极强的标志性意义。尽管它只是一款工程样机，但效果确实比较震撼。通过与中兴通讯的深度合作，字节将豆包AI助手植入到了Android操作系统的底层，获取了INJECT\_EVENTS权限，使得AI能够像人类一样“看懂”屏幕内容，并模拟手指点击去操作第三方应用，实现跨APP的精细操作。
- 当然，因为INJECT\_EVENTS权限会有隐私和安全方面的疑虑，因此也看到了如微信、支付宝等APP对豆包手机进行了登录限制。但是，我们认为随着隐私和安全权限的进一步规范，跨APP运行的Agent有望逐步落地。

#### 豆包跨APP转发文件



#### 豆包跨APP比较价格



The screenshot displays the 'Dou Bao' AI assistant interface on a mobile device, showing a price comparison task. The AI has completed a task (用时8分钟9秒) and provided a summary of the results. The task was to compare the prices of a second-hand Nintendo Switch OLED version (white) across different platforms.

**一、各平台二手任天堂Switch OLED版(白色九九新)价格汇总**

平台	价格范围	主流成交价
闲鱼	1126元-1649元	1343元-151元
转转	1468元-1658元	1468元-151元
拍拍严选	-	-

**三、闲鱼挂售吸引人文案**

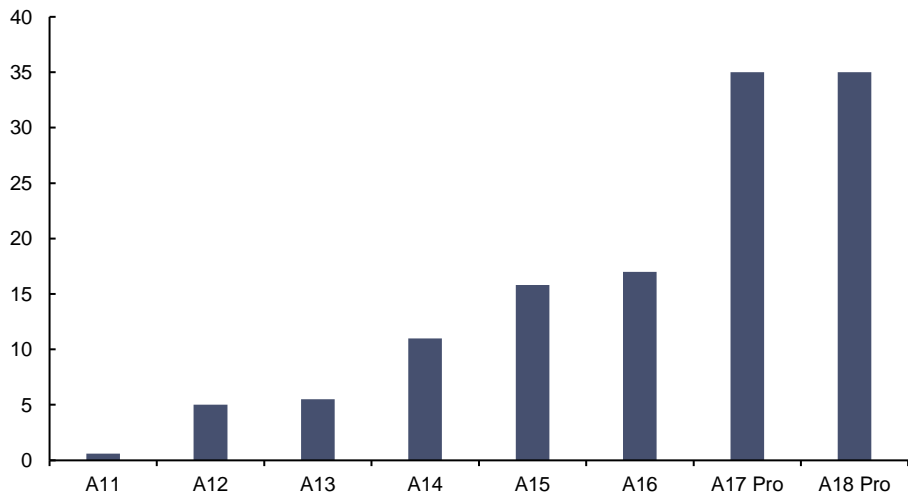
【九九新白颜值党必入！】任天堂 Switch OLED版白色单机  
 机器真·几乎全新！白色机身无任何划痕，使用痕迹，屏幕亮度，按键响应，续航都跟新机没差，开机秒连，功能全好，到手直接玩！  
 对比了闲鱼，转转同成色价格，1499元直接挂，比转转便宜，比闲鱼高价省50+，不搞虚价，不磨叽！  
 平时自己很爱惜，一直带保护套使用，配件齐全(原装充电器+底座)，爽快买家包邮，当天拍当天发，可小刀但不接受大砍~  
 想要的直接拍，主页还有其他闲置，多买可再优惠！



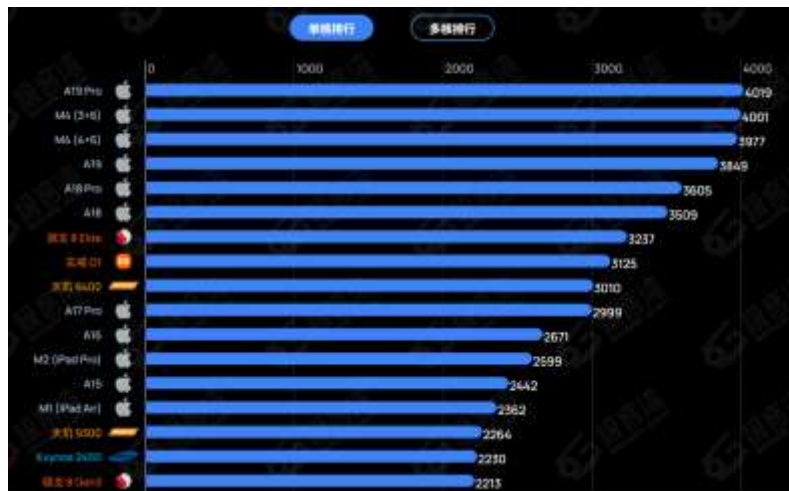
### 3.1.3 手机性能持续提升，助力AI落地手机

- 苹果的Apple Intelligence对AI手机普及会有积极作用。苹果为支持AI大模型打好了基本的硬件基础，其A系列和M系列芯片算力基本每年都有提升，A17 Pro、A18 Pro的NPU算力已经达到35TOPS，较之前的A16翻倍增长，M系列芯片算力也在大幅提升，新一代的M5芯片图形处理器峰值计算性能较M4芯片提升4倍以上，基于AI任务的图形处理器峰值性能较M1芯片提升6倍以上。
- 安卓系的SoC性能也在持续进化，高通的第五代骁龙 8 至尊版AI性能提升37%，可实现每秒220 Tokens输出，并支持32K 2-bit上下文窗口。MTK天玑9500的AI峰值性能相较上一代提升111%，在大语言模型摘要输出能力、多模态理解能力皆有大幅跃进，并率先实现 4K 高清画质文生图；同时在峰值性能下的功耗降低56%。

苹果A系列芯片NPU算力 (TOPS)



主要移动端SoC单核性能对比



数据来源：维基百科、socpk、华安证券研究所



## 目录

### 1

总量：AI算力范式切换至推理，硬件产业链迎成长新周期

### 2

云侧：算力底座，硬件先行

2.1 PCB：景气度上行带来全产业链价值重估

2.2 存储：先进制程持续演进，eSSD成长空间广阔

2.3 光互连：OCS赋能AI算力集群新时代

### 3

端侧：关注AI手机及AR眼镜硬件创新浪潮

3.1 AI手机：关注新产品带来的产业催化

3.2 AR眼镜：AI+AR眼镜是未来可穿戴设备热门终极形态

### 3.1.1 AI智能眼镜的三种形态

- 无摄像头眼镜方面，在基础眼镜的功能上集成音频模块、无线通讯模块、AI加速器等器件用于实现音频功能、无线通讯功能以及人工智能应用，主要交互手段依靠语音交互和触摸交互。产品方面，2024年4月26日，李未可科技推出旗下首款AI眼镜 Meta Lens Chat，可听歌通话，主打AI语音交互能力。用户通过触摸镜腿唤醒AI助手，并通过语音与AI助手进行交互，实现问答或简单任务布置。
- 带摄像头智能眼镜方面，在无摄像头智能眼镜的基础上，集成摄像头器件，用于提供图像拍摄能力，同时可依据内置的人工智能算法，配合摄像头实现图像识别等功能。产品方面，2023年9月28日，meta联合rayban发布新一代智能眼镜Ray-Ban Meta，用户可通过Ray-Ban Meta听音乐、通话、拍照片、拍短视频、直播等，同时内置的人工智能模型Meta AI也支持用户的问答交互，调用摄像头识别图像等。
- 带AR智能眼镜方面，在带摄像头智能眼镜的基础上，集成显示模块，用于提供实时内容的输出，配合摄像头模块可实现手势交互、3DoF/6DOF空间交互功能。产品方面，2023年10月13日，雷鸟发布一体式AR眼镜雷鸟X2，该眼镜提供640×480分辨率的屏幕显示，搭配摄像头和传感器，内置人工智能大模型，用户可通过语音交互、戒指交互以及镜腿上的触摸板交互等方式，实现听音频、看视频、玩游戏、与人工智能交谈等功能。

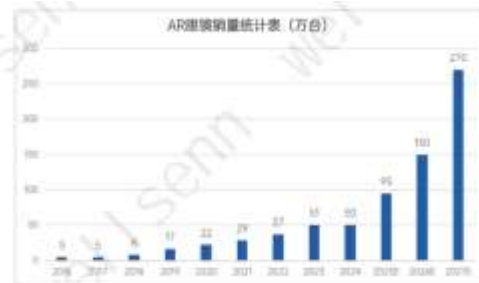
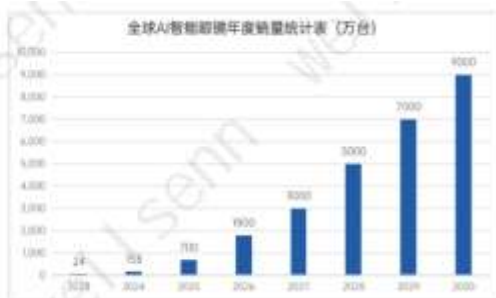
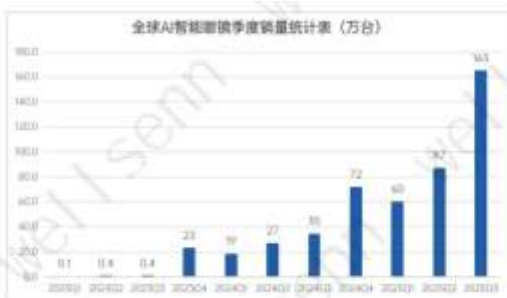
基础眼镜	音频AI眼镜	视频AI眼镜	AR+AI眼镜
			
			多模态交互
			空间感知
			显示（单色/全彩）
		视频	视频
		拍照	拍照
	音频	音频	音频
	AI大模型	AI大模型	AI大模型
墨镜/老花/近视/平光	墨镜/老花/近视/平光	墨镜/老花/近视/平光	墨镜/老花/近视/平光

资料来源：Wellsenn XR  
、华安证券研究所



### 3.1.2 可穿戴AI/AR眼镜市场跟踪—2025年Q3 同比增长370%

- **根据Wellsenn XR发布的数据**，2025年Q3全球AI智能眼镜销量165万台，同比增长达370%，Q3 销量增长主要来自于Ray Ban Meta智能眼镜的增长，销量112万台，第三季度小米、Rokid、雷鸟、等AI眼镜也贡献一定增量，全志V821方案等低价AI拍摄眼镜开始出货销售，贡献了15万台销量。上调2025年AI智能眼镜销量700万台预测，预计全年Meta 实现500万、小米20万销量，华强北白牌AI眼镜预计全年能达到30万-50万台销量，根据Meta在2025年给供应链下单1200万台的信息，以及音频眼镜逐步上线AI大模型，全年AI智能眼镜有望超700万更高预期的可能。
- **根据Wellsenn XR发布的数据**，2025年Q3全球AR销量为30.2万台，与去年同比增长180%，三季度AR眼镜销量大幅增长，主要原因来自几点：BB观影眼镜成本持续下探、场景逐渐深耕，越来越多的企业发布和销售类型的眼镜，企业融资到位，市场推广投放预算增加；光波导AR眼镜受益于AI眼镜的热度销量逐步走高；智能眼镜受关注度头部企业融资到位，产品研发和销售投放重回正常轨道。将2025年全球AR销量预期提高至95万台，与去年同比增长90%，BB眼镜重回今年销量创新高，AR眼镜受益于AI眼镜的热度销量持续增长，Rokid、影目、阿里夸克、Meta等AR+AI眼镜新产品持续发布和上市，为全年高增长贡献新增量，运动类AR眼镜今年预计也会有超预期的销量贡献。



资料来源：Wellsenn XR、华安证券研究所



### 3.1.3 可穿戴AI/AR眼镜海外方面—Meta 持续引领产业变革（海外互联网厂商）

Meta 眼镜发布时间

产品具体特点

2021年9月发布 Ray-Ban Stories	2021年9月，Meta与雷朋联名的初代智能眼镜Ray-Ban Stories发布。到2023年2月仅售出了约30万副。
2023年9月发布 Ray-Ban   Meta 并 后续迭代AI功能	Connect 2023大会中，Meta与雷朋母公司EssilorLuxottica共同发布了下一代智能眼镜系列，并取名为Ray-Ban   Meta。  是Meta与雷朋（Ray-Ban）母公司EssilorLuxottica合作的第二款产品。相比初代产品，雷朋第二代在硬件和功能上进行了全面升级，包括摄像头、增强、隐私、芯片存储等方面。2024年4月，Meta为该产品增加了AI功能，支持语音交互、视线识别和文字翻译等功能，深受用户喜爱。  销量方面：Meta-Rayban第二代在2024年5月全球销量突破100万副。Ray-Ban Meta拥有时尚的外观设计、出色的影像拍摄能力和效果结合AI大模型的实用性功能，使其2024年表现爆发式增长，也点燃了全球智能眼镜市场。
2024年9月发布 Orion概念机	Meta在9月举行的Connect大会中展示了首款AR眼镜Orion。Orion不会进入消费者市场，Meta只会生产大约1000台用于内部测试。新型碳化硅透镜之外，Orion同时采用了MicroLED投影仪。预计最终的消费者版Orion将在2030年之前上市，价格在1500美元左右。  Meta首款配备显示屏的智能眼镜Meta Ray-Ban Display首次亮相。该眼镜在右侧镜片上配备了一块全彩高分辨率屏幕，把“脸上的AI”从概念变成现实。 1 右眼嵌入彩色光波导 HUD，可在不影响视线的情况下显示关键信息。 2 支持字幕翻译、导航地图、消息提醒，甚至相机取景预览。 3 搭配 Meta Neural Band 神经腕带，通过手势和肌电信号实现精准操控，还能实现“空中打字”。 4 混合使用续航约 6 小时，搭配充电盒总续航 30 小时。
2025年9月在Meta Connect 2025大会 上发布三款全新 智能眼镜	专为运动员设计的Oakley Meta Vanguard。配备了一个居中摄像头，可以与GoPro相媲美，并且还配有开放式耳机扬声器。  Ray-Ban Meta（Gen 2）智能眼镜，致力于打造 <b>大众型 AI 眼镜</b> 。其电池续航时间长达八小时，几乎是初代型号的两倍。这款第二代智能眼镜仍然配备了 <b>1200万像素</b> 的超广角摄像头，支持 <b>3K视频拍摄</b> ，并允许佩戴者以高达每秒60帧的速度录制视频。 Meta还升级了眼镜附带的充电盒，现在它能额外提供48小时的电量，高于之前的36小时。此外，Ray-Ban Meta 和 Oakley Meta HSTN 眼镜还将新增一个名为“ <b>对话焦点</b> ”的功能，可在嘈杂环境中放大与你交谈的人的声音。
Meta 眼镜目前销 量情况	Meta 雷朋联名智能眼镜的制造商 EssilorLuxottica（依视路陆逊梯卡）在 2025 年第二季度财报电话会议中透露， <b>今年（至今）Meta 雷朋联名智能眼镜的销量同比增长超过 300%</b> 。该公司首席执行官 Francesco Milleri 向投资者表示，系列智能眼镜在市场上的表现“极为出色”。
Meta 和 EssilorLuxottica的 股权合作	Meta 与 EssilorLuxottica 已经签署协议，将双方合作延伸至“未来十年”，共同开发多代智能眼镜产品。而今年 7 月时，Meta 宣布向 EssilorLuxottica 投资 30 亿欧元（现汇率约合 248.08 亿元人民币），收购其 3% 股权，并正在考虑将持股比例提升至 5%。
未来产能分配	参考 EssilorLuxottica 的 2024 年第四季度财报，当时该公司曾披露 Meta 雷朋联名智能眼镜累计销量已达 200 万台，该公司同时计划在 2026 年底前将相应产品的年产能提升至 1000 万台。

### 3.1.4 可穿戴AI+AR眼镜国内方面—Rokid眼镜持续受到市场关注（本土AR硬件厂商）

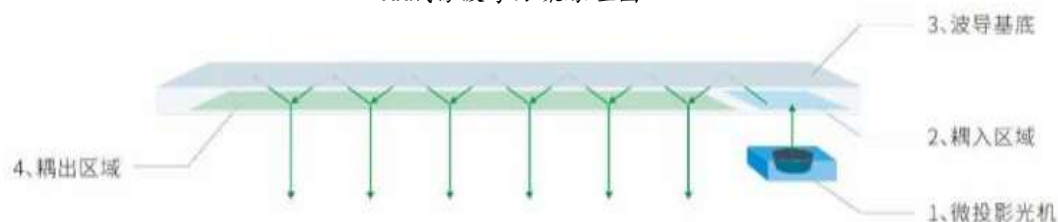
	Rokid 重要时间节点	重要意义
2024年12月	李强总理在 Rokid 展台现场佩戴体验了 Rokid AR Lite 和 Rokid Glasses 两款产品。	本次调研充分展示了中国AR行业的技术实力和巨大发展潜力。
2025年2月	Rokid Glasses首次作为提词器，亮相政府大会。	Rokid创始人兼CEO祝铭明佩戴Rokid Glasses，并借助其提词功能，以《十年长跑练就东方力量》为主题发表演讲。
2025年2月	蓝思科技携手灵伴科技，开启AR新时代。	此次合作不仅标志着AI眼镜从单点技术创新迈向全链条生态构建，更为2025年全球AI眼镜出货量的爆发式增长提供坚实支撑。
2025年2月	Rokid宣布其AR眼镜已在中国空间站正式服役，成为唯一在太空中使用的AR产品。	戴上AR眼镜后，空间站的工程师们便可将眼前景象“虚实融合”，天和核心舱的电缆线路路一呈现。他们按照“虚拟电缆”的位置，便可将实体电缆安装到位。提升了行动效率。
2025年5月	Rokid x 高德地图：联合打造首个智能眼镜导航行业标杆。	深度融合Rokid的AI+AR能力与高德地图的空间智能，通过"语音+视觉+环境感知"维交互重构导航体验，树立智能眼镜在出行领域的应用新标杆。
2025年6月	中国驻美大使馆开展“科技外交”，Rokid展现中国科创力量。	活动当天Rokid展位成为人气最高的区域，排队体验者络绎不绝。这种热度折射出两个信号，一是中国科技正从“高精尖”走向“接地气”，满足全球化时代的多元需求。二是通过科技载体，中国传统文化与现代发展理念得以更生动地传递。
2025年6月	Rokid携手支付宝，上线全球首个智能眼镜“看一下支付”。	Rokid Glasses是围绕全天候佩戴使用而设计的全功能智能眼镜，也成为全球首款实现支付功能的智能眼镜。
2025年6月	全球首台Rokid Glasses下产线，Rokid携手蓝思科技打开全球消费电子产业新篇章。	作为全球首款实现规模化量产的消费级AI+AR眼镜，该产品凭借25万台全球预售订单与全产业链国产化突破，标志着中国在AI眼镜终端领域迈入商业化爆发新阶段。
2025年8月	Rokid Glasses 在美国纽约正式海外发布。	Rokid Glasses在美国纽约正式在海外发布，标志着全球可穿戴人工智能领域迈入新阶段。
2025年9月	Rokid乐奇眼镜登顶Kickstarter消费数码冠军	Rokid眼镜登陆Kickstarter仅14天众筹突破200万美金。获得全品类产品亚军和消费数码产品冠军，再创历史新高。
2025年11月	科技破圈，时尚入局：Rokid乐奇 & BOLON眼镜联合发布会。	这次联合首发不仅是技术的融合，更是对“智能穿戴”场景边界的突破。Rokid乐奇的技术赋能BOLON眼镜的时尚基因，让用户在享受科技便利的同时，无需妥协对美学和舒适的追求。智能眼镜不应是冰冷的科技产品，而是用户表达个性与生活方式的载体。
2025年11月	Rokid乐奇 x 广汽集团：让人车交互“近在眼前”。	当前，智能汽车体验日趋同质化，Rokid乐奇联合广汽以创新科技构建“AI智能眼镜+车”新生态，融合远程车控、智能显示与全场景导航等创新功能，有效提升了驾驶安全与交互效率，构筑起差异化的智能体验。



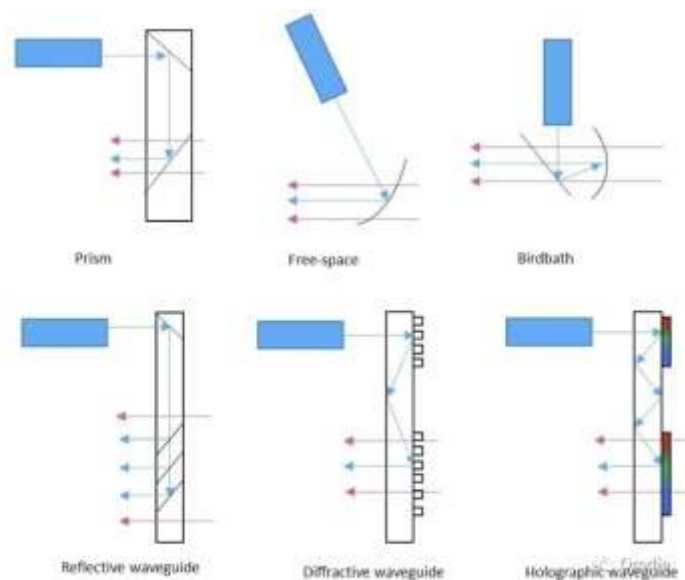
### 3.1.5 技术路线：光波导，一个应AR眼镜需求而生的光学方案

- 光波导方案在清晰度、视场角、体积和光线穿透性方面具有优势，是AR眼镜中最佳的光学实现路径。AR成像由显示模组投射图像，通过耦合光学元件进入镜片中。在成像原理上，又分为传统几何光学和光波导技术路线。其中传统光学主要基于光学反射和折射，有棱镜、自由空间、Birdbath等几种主流方案，虽然色彩还原度高，但视场角较小、镜片相对厚重。基于波导技术的AR眼镜，由显示模组、波导和耦合器三部分组成。其原理是耦入区域将微投影光机的光束耦入到波导片中，使得光束满足在波导片中全反射传播的条件，耦出区域用于将全反射传播的光束耦出波导片并传到人眼。基于综合性能和规模量产优势，业内普遍认为未来AR眼镜中光波导技术将成为主流。Yole 预测，波导技术在AR设备中的渗透率将从2021年的38% 逐步提升至2027年99%。

AR成像波导方案原理图



AR眼镜光学成像的各种技术路线



光波导种类	几何光波导	衍射光波导 (DOE)	全息光波导 (HOE)
代表性厂商	Lumus、Lingxi、Lochn、Optivent	Microsoft、Vuzix、Magic Leap、Waveoptics、Dispelex	Digilens、Sony、Akonia (被苹果收购)
光学元件材料组成	半透反射镜阵列：玻璃或带薄膜涂层的塑料	表面浮雕光栅 (SRG)：高折射率聚合物	体积全息光栅 (VHG) 或全息光学元件 (HOE)：液晶，光敏聚合物
优势	出色的图像质量，无色散	2D瞳孔扩大，量产验证	2D瞳孔扩大，量产可能更划算
劣势	一维瞳孔扩大，制造工艺步骤复杂	色散，更高的设计壁垒	色散、雾度、低效率和视场角



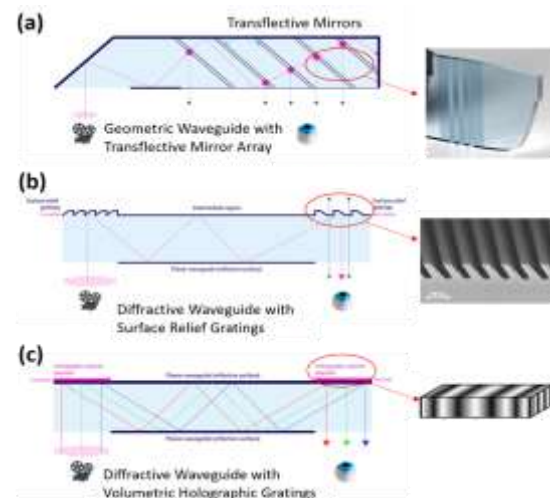
### 3.1.6 技术路线：光波导技术短期分为几何光波导、衍射光波导和全息光波导三种

- 根据制造工艺，光波导技术分为几何光波导（ROE）、衍射光波导（DOE）和全息光波导（HOE）三种。
- 几何光波导（又叫阵列光波导）通过阵列反射镜堆叠实现图像的输出和动眼框的扩大（俗称“扩瞳”），这种技术使用传统几何光学耦合光线，色彩还原度、亮度等极佳。但由于基于几何波导传播的光通常是偏振的，导致镜面镀膜层数繁多，镜面阵列的胶合和波导切割对一致性要求也很高。ROE代表光学公司是以色列的Lumus，国内的灵犀光子、Optivent等。
- 衍射光波导中，传统的光学结构被平面的衍射光栅(Diffractive Grating)取代。根据衍射光栅的制造工艺，又分为表面浮雕光栅衍射波导（DOE）和全息光栅衍射波导（HOE）。表面浮雕光栅波导制作难度较高，但得益于光通信行业中技术积累（例如AWG在石英晶圆上的波导光刻工艺），技术已较为成熟，设计难度主要在微纳米衍射光栅的物理光学仿真设计。目前微软的HoloLens1&2、Magic Leap等行业级明星产品都采用了DOE波导技术。
- 全息光栅衍射波导制作工艺更为高效（不需要模具），利用激光双束干涉在材料内部曝光形成“明暗干涉条纹”，但制造参数需要经过大量实验获得，无法通过光学分析反推，所以研发难度较大，采用HOE技术路线的主要有DigiLens、Akonia以及国内的三极光电、光粒科技等。

波导的显示效果和优势

主要显示效果优势			
	几何阵列光波导	表面浮雕光栅	体全息
光能利用率	一维10%-15%；二维5%	<1%	1%~3%
偏色	微小	严重	较严重
正面漏光	微弱	严重且暂无消除方案	已有改善方案
最大视场角	60°	50°	40°
厚度	单片三色	三片三色或双片三色	单片三色

三种波导原理图



敬请参阅末页重要声明及评级说明

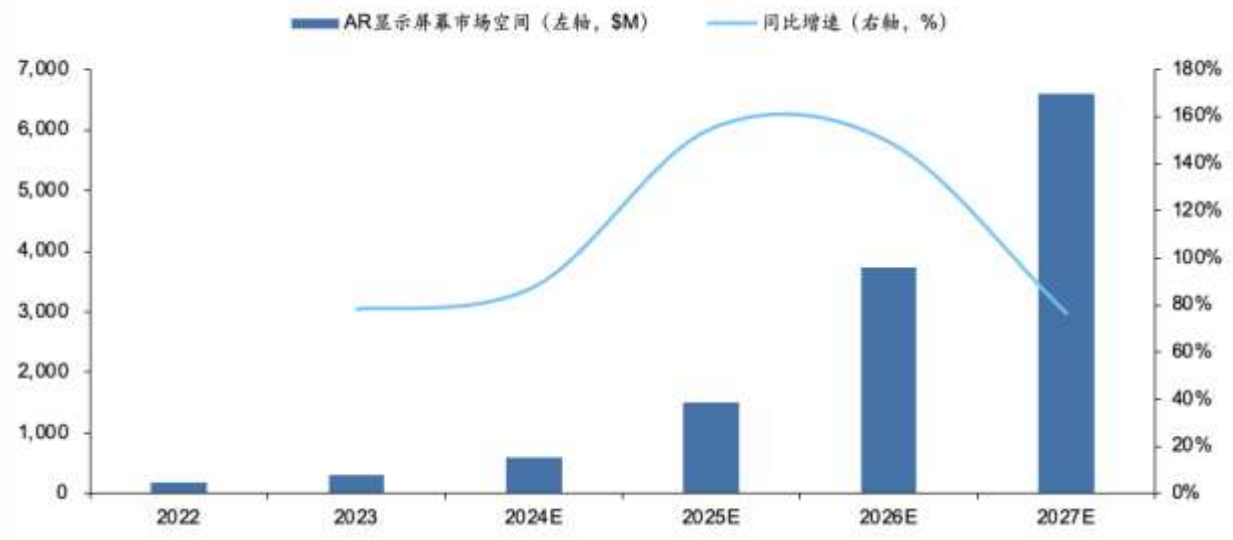
资料来源：量子位，华安证券研究所



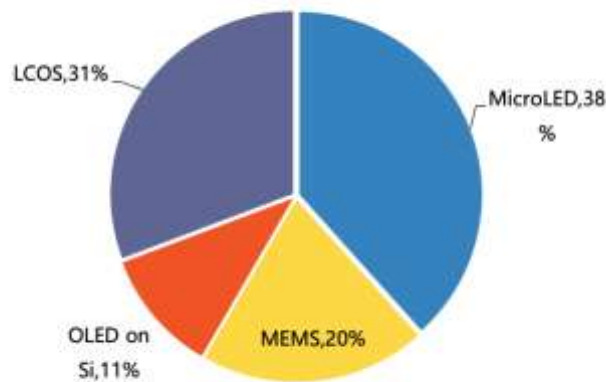
### 3.1.7 技术路线：LCOS有望成为近期消费级主流，MicroLED 是未来市场希望

- AR光机多种技术路线并存，LCOS或将成为近期消费级产品主流技术路线，MicroLED是未来市场主流技术路线。AR光机显示技术路径主要分为自发光的MicroLED、硅基OLED（OLED on Si）、激光+MEMS 微镜以及反射式液晶显示LCOS。根据Yole 的预测和统计，全球AR显示光机市场将由2022年的1.76亿美元快速增长至2027年66亿美元。其中LCOS技术方案从2023年的30%预计提升至2024年的40%；MicroLED方面，2022年是Micro LED 的出货元年，凭借优异的性能，预计到2027年成为微型屏幕显示第一大技术路径，市场规模达25亿美元，占比38%。

AR显示屏幕将在2027年达到近70亿美金



YOLE预测2027年MicroLED将成为AR显示屏最主流方案





### 3.1.8 技术路线：MicroLED 是未来微显示屏主流技术路径，优势显著但目前成本过高

- MicroLED 是未来微显示屏主流技术路径，优势明显。从用户体验角度上，光机显示需要考虑的技术指标主要有像素密度、亮度、对比度、光谱纯度；从量产和设计角度上需要重视的则是尺寸和成熟度。综合考虑各项指标，业内商业化已成熟的几项技术中，MEMS、LCOS综合评价较高。
- 其中MEMS对于微振镜、激光器等芯片要求较高，但主要专利和技术掌握在TI、英飞凌、Colorchip等公司手中，除了微软外，参与研发的公司还有德国OQmented等。目前LCOS已具备较高的商业成熟度，除了AR光机外，也广泛应用于车载HUD、光通讯、光计算等新兴领域。全球范围内，索尼目前是LCOS技术最主流的供应商，其次有台湾的himax、Liteon等，国内的芯视元、韦尔股份（豪威科技）也有布局。
- MicroLED 具有像素密度高、高对比度、高亮度等优势，非常适合作为小尺寸的AR光机。但目前MicroLED还存在磊晶技术瓶颈、LED晶粒的巨量转移良率、封装测试成本等量产困难，仍未实现在面板显示领域的规模商用。国内三安光电布局MicroLED芯片产能；京东方等主要面板厂商也在加紧研发MicroLED技术；JBD主要研发用于AR/VR HUD近眼显示的MicroLED微显示面板。

	硅基OLED	MEMS 扫描	反射式液晶显示LCOS	数字微镜DLP	MicroLED
像素密度	中等 < 6μm	中等 N/A	中等 < 6μm	中等 < 6μm	高 < 3μm
亮度	低 <10000 nits	中等 >10000 nits	中等 >10000 nits	中等 >10000 nits	高 >100000 nits
光谱纯度	低 (OLED 材料)	高 (激光源)	高 (LED/激光源)	高 (LED/激光源)	高 (LED)
对比度	高 (纯黑)	中等	低 (漏损)	中等	高
效率	高	高	低	中等	高
显示屏尺寸	尺寸小 (自发光)	中等 (投影)	中等 (投影)	中等 (投影)	尺寸小 (自发光)
成熟度	中等 (已量产)	低 (新产品)	高 (成熟度)	高 (成熟度)	低 (未量产)
代表性公司	索尼、奥雷德、视涯	意法、英飞凌	索尼、韦尔股份（豪威）	德州仪器	三安光电、三星

资料来源：Yole，华安证券研究所

AR眼镜核心显示屏技术路径和优缺点

华安证券研究所

### 3.3 建议关注

证券分类	证券代码	证券简称	营业总收入（百万元）				归母净利润（百万元）				ROE	PE	
			2025E	2026E	25E YoY	26E YoY	2025E	2026E	25E YoY	26E YoY	26	25	26
端侧AI	002241.SZ	歌尔股份	105,324	116099	4%	10%	3401	4155	28%	22%	11%	31	25
	002475.SZ	立讯精密	309,332	354573	15%	15%	11713	15610	-12%	33%	21%	38	28
	688525.SH	佰维存储	8,796	11349	31%	29%	392	790	143%	102%	19%	139	69
	603341.SH	龙旗科技	45,649	53321	-2%	17%	648	925	29%	43%	14%	32	22
	002273.SZ	水晶光电	7,283	8570	16%	18%	1229	1483	19%	21%	14%	28	23
	688332.SH	中科蓝讯	2,164	2812	19%	30%	361	455	20%	26%	10%	46	37
	603501.SH	豪威集团	30,751	37084	20%	21%	4504	5742	36%	27%	18%	34	27
	2382.HK	舜宇光学科技	42,640	48251	11%	13%	3608	4306	34%	19%	13%	20	17

资料来源：Wind一致预期、公司已发布报告、华安证券研究所

## 重要声明

### 分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来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接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

### 免责声明

华安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。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证，据此投资，责任自负。本报告不构成个人投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

## 投资评级说明

以本报告发布之日起6个月内，证券（或行业指数）相对于同期沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

### 行业评级体系

增持：未来6个月的投资收益率领先沪深300指数5%以上；

中性：未来6个月的投资收益率与沪深300指数的变动幅度相差-5%至5%；

减持：未来6个月的投资收益率落后沪深300指数5%以上；

### 公司评级体系

买入：未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；

增持：未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；

中性：未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；

减持：未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至15%；

卖出：未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上；

无评级：因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，致使无法给出明确的投资评级。市场基准指数为沪深300指数。



# 谢谢！