

# AI 数据中心 PCB 需求深度研究报告

下游驱动力 · 技术趋势 · 持续性 · 投资映射

(PCB 五大下游研究系列 · 第一篇)

**研究范围:** AI 数据中心对 PCB 行业的需求驱动

**方法论:** 下游需求三维拆解 (量×单价×复杂度乘数) + 持续性评估

**报告日期:** 2026 年 5 月

# 执行摘要 / 核心结论

---

AI 数据中心是当前全球电子产业最大的结构性增长引擎，也是 PCB 行业未来 5 年最确定的结构性 alpha 来源。本研究运用「下游需求三维拆解 + 持续性评估」框架，对 AI 数据中心的技术趋势及其向 PCB 端的需求传导进行系统分析。

## 四个核心结论如下：

**第一，需求三个维度同时正向。** AI 算力系统的出货量、单系统 PCB 价值量、单板技术复杂度三个维度同时向上。Nvidia GB200/Rubin 级 AI 服务器的单系统 PCB 价值量约为传统通用服务器的 15-20 倍，叠加 AI 服务器出货量 2024-2026 年 CAGR 50%+，PCB 需求传导呈乘积式爆发。保守估算 2024-2030 年累计为 PCB 行业贡献 250-300 亿美元增量。

**第二，持续性判断为高（5+ 年）但非永续。** 未来 3 年（2025-2027）确定性极强——hyperscaler 全球 capex 已锁定到 2026 年、Nvidia/AMD/博通/Marvell 路线图明确到 2027-2028。2028-2030 年看推理算力对训练算力的接力，持续性中等偏强。2030 年以后取决于模型架构是否突破 scaling law，存在不确定性。

**第三，价值集中在四个 PCB 子赛道。** 受益最显著的是 ABF/玻璃载板（最大单点增量）、32-40 层高多层板（AI Switch+加速卡板）、M7/M8 高速 CCL（上游卡脖子）、CPO 相关基板（2026-2028 新增量）。这四个赛道占 AI 拉动 PCB 增量的 80% 以上。

**第四，三方面风险需要警惕。** 第一是 hyperscaler capex 同步回落（最大风险，但暂无信号）；第二是模型 scaling 收敛导致训练算力增速放缓（推理算力可部分对冲）；第三是 CPO 商业化对部分超长距铜板的渐进替代（2027+）。

投资映射要点：当前周期最纯粹的 alpha 标的为沪电股份（AI Switch 高多层板）、胜宏科技（GPU 加速卡板）；结构性长期标的为深南电路、兴森科技（载板国产替代+玻璃基板布局）、台光电子（M7/M8 CCL 寡头）、揖斐电/欣兴（海外 ABF 王者）；前瞻性配置为沃格光电（玻璃基板纯标的）。

# 第一部分：AI 数据中心行业全景

## 1.1 什么是 AI 数据中心

AI 数据中心是专门用于支撑大规模 AI 模型训练与推理的算力基础设施。它和传统通用数据中心（云计算、企业 IT）在硬件架构上有本质差异：通用数据中心以 CPU 为核心，AI 数据中心以 GPU 或专用 ASIC 为核心；通用数据中心的网络是松耦合的（毫秒级延迟可接受），AI 数据中心的网络是紧耦合的（微秒级延迟决定训练效率）。

这种架构差异直接决定了硬件 BOM 的结构差异。一台传统通用服务器的成本结构里，CPU 占比约 20-30%、内存 15%、存储 10%、网卡 5%、机箱电源散热 20%；而一台 AI 服务器（如 Nvidia HGX H100）的 GPU 占成本 60-70%，HBM 占 10-15%，剩下的 PCB、网络、电源、散热合计约 20%。但 AI 服务器单台总价格是通用服务器的 30-50 倍，所以即使占比下降，绝对值仍然显著高于通用服务器。

## 1.2 全球市场规模与增长曲线

AI 数据中心市场规模可以从三个口径衡量：终端 capex（hyperscaler 资本开支）、芯片营收（Nvidia 数据中心 + 自研 ASIC）、整机出货（服务器+交换机）。三个口径相互印证。

**Hyperscaler 资本开支视角：**

| 公司        | 2023 capex | 2024 capex | 2025E capex | 2026E capex | AI 占比 |
|-----------|------------|------------|-------------|-------------|-------|
| Microsoft | ~\$28B     | ~\$56B     | ~\$80-90B   | ~\$100B+    | 70%+  |
| Meta      | ~\$28B     | ~\$40B     | ~\$60-65B   | ~\$70B+     | 60%+  |
| Google    | ~\$32B     | ~\$52B     | ~\$75B      | ~\$80B+     | 65%+  |

|                |         |         |             |          |      |
|----------------|---------|---------|-------------|----------|------|
| (Alphabet)     |         |         |             |          |      |
| Amazon (AWS)   | ~\$48B  | ~\$75B  | ~\$100B+    | ~\$110B+ | 50%+ |
| 美国四大合计         | ~\$136B | ~\$223B | ~\$315-330B | ~\$360B  | —    |
| 中国四大 (字、阿、腾、百) | ~¥80B   | ~¥180B  | ~¥280-320B  | ~¥350B   | —    |

数据说明：以上为公司公告及主流卖方一致预期估算（含部分估值口径差异）。中国四大 capex 数据按人民币口径披露，按美元约合 \$40-50B。全球 hyperscaler 合计 AI 相关 capex 2025 年约 \$360-380B，2026 年预计接近 \$420-450B。这是人类电子工业历史上最大规模的硬件资本开支。

#### AI 芯片营收视角：

| AI 芯片营收口径               | 2023   | 2024    | 2025E       | 2026E       |
|-------------------------|--------|---------|-------------|-------------|
| Nvidia 数据中心营收           | \$48B  | \$115B  | \$180-200B  | \$240B+     |
| AMD MI 系列               | \$1B   | \$5B    | \$10-12B    | \$15-20B    |
| Google TPU (自用估算)       | ~\$10B | ~\$15B  | ~\$20B+     | ~\$28B+     |
| AWS Trainium/Inferentia | ~\$3B  | ~\$8B   | ~\$15B      | ~\$22B      |
| 其他 (华为昇腾、Meta MTIA 等)   | ~\$5B  | ~\$10B  | ~\$18B      | ~\$28B      |
| 全球 AI 加速器营收合计           | ~\$70B | ~\$155B | ~\$245-265B | ~\$335-345B |

### 1.3 主要参与方与生态结构

AI 数据中心生态可以分四层来看：

第一层是终端用户/算力消耗方——OpenAI、Anthropic、Google、Meta、xAI、字节、阿里、腾讯、百度等，他们直接或间接消费 AI 算力。这一层的需求强度由模型规模和商业化进展决定。

第二层是云算力提供方/Hyperscaler——微软、谷歌、亚马逊、Meta、字节、阿里、腾讯、Oracle 以及新兴的 AI Cloud 玩家（CoreWeave、Lambda Labs、Crusoe）。他们是直接的硬件采购方，决定整个产业链的需求节奏。

第三层是系统集成商/OEM/ODM——超微、Dell、HPE、联想、浪潮、工业富联（鸿海）、广达、纬创、英业达等。他们组装 AI 服务器和机柜，是 PCB、连接器、电源等零部件的直接采购方。其中 ODM（鸿海、广达等）份额最大，约占全球 AI 服务器制造的 60% 以上。

第四层是核心硬件提供方——Nvidia、AMD、Intel、博通、Marvell（GPU/ASIC）、SK 海力士/三星/美光（HBM）、TSMC（先进制程+CoWoS）。这一层是 PCB 等中游零部件的需求源头。

**PCB 厂直接对接的客户主要是第三层 ODM 和第四层芯片厂的指定供应链：**

服务器主板/加速卡板：PCB 厂 → ODM（鸿海、广达） → Hyperscaler；网络交换机主板：PCB 厂 → 思科/Arista/华为/H3C → Hyperscaler；IC 载板：载板厂 → 芯片厂（Nvidia、AMD、博通） → ODM 集成。

## 1.4 AI 数据中心硬件价值链拆解

以 Nvidia GB200 NVL72 机柜（72 颗 GPU+36 颗 Grace CPU）为基准做价值拆解，单机柜终端售价约 \$300 万：

| 组件                               | 单机柜价值占比 | 对应供应商类型               |
|----------------------------------|---------|-----------------------|
| GPU+CPU+HBM<br>(Blackwell+Grace) | 55-60%  | Nvidia + SK 海力士/三星/美光 |
| IC 载板 (ABF)                      | 5-7%    | 揖斐电、欣兴、AT&S、深南        |
| PCB (含主板+Switch 板+电源板)           | 8-10%   | 沪电、胜宏、深南、TTM、Wus      |
| NVLink 铜缆+背板                     | 5-7%    | 安费诺、TE、莫仕             |
| 电源模块 (含 VRM)                     | 5-7%    | MPS、英飞凌、TI            |
| 液冷系统                             | 4-6%    | 英维克、维谛、库柏             |
| MLCC+连接器+其他被动                    | 3-5%    | 村田、TDK、太诱+连接器         |
| 机箱+组装+其他                         | 8-10%   | ODM                   |

这张表的关键启示：PCB+载板合计在单机柜价值中占 13-17%，是排名第二大的零部件类目（仅次于 GPU/HBM）。随着 AI 服务器架构持续向更高速、更大尺寸演进，这个比例预计还会缓慢上升。

## 第二部分：核心技术趋势的四层递进

AI 数据中心的技术演进是个多维度同步推进的复杂系统，单看任何一层都不够。我把它拆成四个递进的层次——算力规模 → 单卡架构 → 互联架构 → 封装电源散热。每一层都对 PCB 有独立的传导路径。

### 2.1 第一层：算力规模演进

#### 训练算力 vs 推理算力的范式差异

AI 算力分两类：训练算力用于训练大模型（一次性大规模 capex），推理算力用于运行已训练模型（持续性运营 capex）。目前 hyperscaler 的 AI capex 大约 60-70% 是训练，30-40% 是推理。但这个比例在快速变化——随着 AI 应用商业化，推理算力的占比会逐步上升，预计 2027 年达到 50%。

对 PCB 行业的意义：训练系统对 PCB 的需求集中在「极致互联+大功率密度」（NVL72、NVL576），单系统 PCB 价值极高；推理系统对 PCB 的需求更分散（每个城市数据中心都需要本地推理算力），总需求量更大但单系统价值略低。这意味着即使训练算力增速放缓，推理算力的接力可以维持 PCB 总需求的稳健增长。

#### 集群规模演进

| 时间窗口      | 代表模型                    | 训练集群规模        | 对应硬件            |
|-----------|-------------------------|---------------|-----------------|
| 2022-2023 | GPT-3.5、GPT-4           | 1 万-2.5 万 GPU | A100、H100       |
| 2024      | GPT-4o、Claude 3、Llama 3 | 5 万-10 万 GPU  | H100、H200       |
| 2025      | GPT-5、Claude 4、         | 10 万-20 万 GPU | H200、B200、GB200 |

|           |         |               |                     |
|-----------|---------|---------------|---------------------|
|           | Llama 4 |               |                     |
| 2026      | 下一代旗舰模型 | 20万-50万 GPU   | GB200、B300、Rubin    |
| 2027-2028 | 百万卡时代   | 50万-100万+ GPU | Rubin Ultra、Feynman |

马斯克的 xAI 在田纳西州孟菲斯的 Colossus 集群是当前最大的单点训练集群之一（约 20 万张 H100/H200，2025 年上半年），微软+OpenAI 规划的「Stargate」计划目标是百万卡级别的训练集群（2026-2028 年间分阶段投产）。Meta 已经公开规划 2025 年底前部署超过 130 万颗 H100 等效算力。

集群规模的指数级增长，意味着每一代硬件对应的服务器数量都在翻倍以上增长，PCB 需求的「量」维度持续放大。

## 模型架构演变对算力需求的影响

过去三年算力需求的爆发本质上由「scaling law」驱动——参数量越大、数据越多、算力投入越高，模型能力越强。但 2024-2025 年开始出现两个分化趋势：

其一，MoE（Mixture of Experts）架构成为主流。GPT-4、Llama 4、Claude 3.5、DeepSeek V3 都采用 MoE。MoE 在推理时只激活部分参数，可以在更大模型规模下保持推理成本可控。这意味着推理算力需求被一定程度压缩，但训练算力仍在增长。

其二，「推理 scaling」（OpenAI o1/o3 系列、DeepSeek R1）开辟了新维度。通过让模型在推理时进行多步思考（chain-of-thought）来提升性能，\*\*推理算力需求开始爆发\*\*。OpenAI o3 在某些任务上的推理算力消耗是 GPT-4 的 100-1000 倍。这是 PCB 需求侧的潜在新驱动力——推理 scaling 如果成为主流，会显著扩大推理算力的总盘子。

## 2.2 第二层：单卡架构升级

### GPU/ASIC 双路线

AI 加速器有两条路线：通用 GPU (Nvidia、AMD) 和专用 ASIC (Google TPU、AWS Trainium、Meta MTIA、微软 Maia、华为昇腾)。

GPU 路线的优势是通用性——一颗 GPU 可以跑训练也可以跑推理、可以跑 LLM 也可以跑视觉模型。但通用性的代价是对特定工作负载的能效比不是最优。

ASIC 路线的优势是针对特定工作负载 (比如 Google TPU 优化 Transformer) 做极致优化, 能效比比 GPU 高 30-50%。但开发周期长、投资大。

目前的格局：GPU 占 AI 加速器市场约 70-75% (Nvidia 占 GPU 市场 90%+)，ASIC 占 25-30% 且份额上升。对 PCB 行业的意义：无论 GPU 还是 ASIC，对载板和高多层板的需求都很大，差异不显著。ASIC 路线的胜出者 (特别是博通和 Marvell 的定制 ASIC 业务) 会成为重要的需求方。

### Chiplet 化与多 Die 集成

单颗芯片受 Reticle Limit (光刻视野极限) 约束，最大约 858mm<sup>2</sup>。AI 算力需求超出单颗芯片极限后，Chiplet (小芯片) 成为必然路径——把多颗 Die 拼接成一个大封装。

Nvidia Blackwell B200 是双 Die 拼接 (每颗 800mm<sup>2</sup>，合计接近 1600mm<sup>2</sup>)；AMD MI300X 由 13 颗 Chiplet 组成；Rubin、Rubin Ultra 进一步增加 Die 数量。

对 PCB/载板的传导：芯片 Die 数量增加 + 总封装面积扩大 → 载板尺寸从 70×70mm → 110×110mm → 120mm+，且层数从 14 层增加到 20-26 层。这是 ABF 载板「面积+层数」双重爆发的根本原因。

## HBM 高带宽内存的代际演进

| 代际         | 堆叠层数    | 单堆栈容量   | 单堆栈带宽        | 量产时间      |
|------------|---------|---------|--------------|-----------|
| HBM3       | 8 层     | 16-24GB | 819 GB/s     | 2022-2023 |
| HBM3E      | 8-12 层  | 24-36GB | 1.2-1.5 TB/s | 2024-2025 |
| HBM4       | 12-16 层 | 32-48GB | 1.6-2.0 TB/s | 2025-2026 |
| HBM4E      | 16+层    | 48-64GB | 2.5+ TB/s    | 2027-2028 |
| HBM5 (路线图) | 20+层    | 64+GB   | 3.5+ TB/s    | 2028+     |

HBM 是 AI 芯片性价比的关键瓶颈。HBM4 引入「Logic Die」技术——堆栈底部加一颗逻辑芯片做控制，可以做 Custom HBM（按客户需求定制接口和功能），AMD/Nvidia/Broadcom 都在推动。对 PCB 的间接传导：HBM 容量提升允许单芯片处理更大模型，进一步推动单系统价值密度上升。

## CoWoS 封装的演进

CoWoS (Chip on Wafer on Substrate) 是台积电的先进封装方案，目前是 AI 芯片封装的事实标准。它有三个分支：

CoWoS-S：使用硅中介层 (Silicon Interposer)，最成熟、性能最优、成本最高。Nvidia H100、H200 用此方案。

CoWoS-L: 使用 RDL (重布线层) + 局部硅桥 (LSI), 把硅中介层的「关键互联部分」用小硅桥实现, 其他用 RDL, 大幅降低中介层尺寸和成本。Nvidia B200/GB200/Rubin 用此方案, 是当前主流。

CoWoS-R: 纯 RDL 方案, 不用硅桥, 进一步降低成本, 适合中端 AI 芯片。

从 CoWoS-S 到 CoWoS-L 的切换, 是台积电应对产能压力的关键策略。CoWoS 总产能从 2024 年约 30K wafer/月扩展到 2026 年 80-100K wafer/月, 但仍处于供需紧张状态。  
**\*\*CoWoS 产能是整个 AI 硬件供应链最关键的瓶颈之一\*\***, 间接限制了下游 PCB 需求的释放节奏。

## 2.3 第三层: 互联架构革命

互联架构是 AI 数据中心和传统数据中心差异最大的环节, 也是 PCB 行业受益最显著的环节。

互联可以分四个层级:

### 节点内互联 (Die to Die / Chip to Chip)

在单台服务器内部, 多颗 GPU 之间需要超高带宽的互联。这是 NVLink 的战场:

NVLink 4 (Hopper): 单 GPU 900 GB/s 双向带宽, 2022-2023。NVLink 5 (Blackwell): 1.8 TB/s, 2024-2025, GB200 NVL72 使用。NVLink 6 (Rubin): 3.6 TB/s, 2026-2027。

AMD 的 Infinity Fabric 是类似方案, CXL 是开放标准。这一层互联通过载板、高多层板、铜缆背板实现, 是 PCB 高端品类的核心需求源。

### 节点间互联 (Server to Server)

训练集群中的服务器之间需要高速以太网或 InfiniBand 互联。当前主流是 400G/800G, 正在向 1.6T 演进:

| 速率   | 时间窗口      | 主要协议       | PCB 要求         |
|------|-----------|------------|----------------|
| 400G | 2022-2024 | 以太网/IB NDR | M6 CCL+24 层左右  |
| 800G | 2024-2026 | 以太网/IB XDR | M6/M7 CCL+28 层 |
| 1.6T | 2025-2027 | 以太网/IB GDR | M7/M8 CCL+32 层 |
| 3.2T | 2027-2029 | 以太网+CPO    | M8 CCL+CPO 基板  |

节点间互联是网络交换机的需求来源。Broadcom Tomahawk 5 (51.2T, 2024)、Tomahawk 6 (102.4T, 2025-2026)、Cisco Silicon One、Marvell Teralynx 是核心交换机 ASIC。每一代交换机带宽翻倍意味着主板层数和 CCL 等级跃升一档。\*\*这是沪电股份的核心业务赛道\*\*。

## 机柜级互联 (Rack-scale)

Nvidia GB200 NVL72 是机柜级互联的标志性产品——把 72 颗 GPU+36 颗 CPU 通过 NVLink Switch 连成一个「超级节点」，对外表现为一台超级计算机。NVL72 内部用 5000+ 根铜缆实现 GPU 之间的全互联。

下一代 NVL576 计划把 576 颗 GPU 连成超级节点，用 CPO + 光纤替代部分铜缆。\*\*这是 PCB 与 CPO 接力交班的标志性事件\*\*。

## 数据中心间互联

传统数据中心间互联用长距光通信 (DCI)，主要由长距光模块和长光纤承载。AI 时代出现了新需求——单个训练任务跨多个数据中心进行 (受电力供应限制，单个 GW 级数据中心难以建造)。Microsoft 的 Stargate 计划据传分布在多个站点，需要超长距光通信支持。这一层对 PCB 的传导有限，主要是光模块和光通信设备 PCB。

## 2.4 第四层：封装、电源与散热

### 玻璃基板：下一代载板形态

随着 AI 芯片封装尺寸继续扩大（120mm+），ABF 载板的翘曲控制和大尺寸良率成为瓶颈。玻璃基板的优势——天然平整、CTE 与硅匹配、Df 更低、TGV 密度更高、可面板级生产——使它成为下一代主流候选。

Intel 在 2023 年首次 demo 玻璃基板，目标 2026-2027 量产；Samsung、TSMC、AT&S、揖斐电都在跟进；Nvidia 据报道在评估玻璃基板用于 Rubin 之后的下一代产品。\*\*这是 2027-2030 年最大的封装级技术变量。\*\*

### 电源架构：48V→垂直供电→背板供电

AI 芯片功耗从 H100 的 700W 涨到 GB200 的 1200W、Rubin 预计 1800W、Rubin Ultra 可能 2300W+。传统 12V 供电下电流大到不可控（ $1200W \div 1V \approx 1200A$ ），导致电源传输效率严重下降。解决方案是分阶段升级：

第一步：12V → 48V 母线供电。同样功率下电流降到 1/4， $I^2R$  损耗降到 1/16。Tesla 风格。Nvidia GB200 已采用 48V 架构。

第二步：垂直供电（VPD）。电源模块从芯片侧边搬到芯片正下方，缩短电源传输路径。Rubin 时代将广泛应用。这要求 PCB 主板有专门的电源平面设计。

第三步：背板供电（BSPDN）。电源平面挪到芯片背面，与信号平面完全分离。Intel 在制程层面推进 PowerVia，2026-2028 普及。

对 PCB 的传导：厚铜板（3-6oz）需求增加；嵌入式电感、嵌入式被动元件（包括 MLCC 埋入板内）越来越普遍。

## 液冷散热的标配化

GB200 单卡功耗 1200W+，风冷已无法处理（散热极限约 700-800W），液冷成为标配。

液冷分两种：D2C（直接到芯片，主流）和浸没式（小众，特定场景）。

液冷渗透率：2023 年 AI 服务器液冷渗透率约 5%；2024 年约 15%；2025 年预计 35%；2027 年超过 60%。对 PCB 的间接影响：液冷允许更高功率密度，进而支持更大的 PCB 尺寸和更密集的元素布局。

## 第三部分：持续性判断（关键）

---

判断 AI 数据中心需求持续性是这个研究最关键的部分。市场对此分歧最大，也是研究 alpha 最容易产生的地方。我从三个时间维度分别评估。

### 3.1 短期（2025-2027）：确定性极高

未来 3 年的需求几乎已经被锁定，原因有三：

第一，hyperscaler capex 已经公告到 2026 年，且四大美国云厂商在 2024Q4-2025Q1 财报中持续上调指引。微软 2025 年 capex 从原计划 \$80B 上调至 \$90B+，Meta 从 \$60B 上调至 \$65B+。这种「指引→上调→再上调」的模式说明需求强度仍在加速。

第二，Nvidia 路线图明确到 2027-2028。Blackwell (B200/GB200) 是 2024-2025 主力，Blackwell Ultra (B300) 是 2025 下半年-2026，Rubin 是 2026-2027，Rubin Ultra 是 2027 末期。每一代产品都需要对应的 PCB+载板供应链同步扩产，需求节奏与路线图高度耦合。

第三，CoWoS、HBM、ABF 等关键供给环节仍处于紧缺状态。CoWoS 产能 2024-2026 都被预订满，HBM3E/HBM4 供给紧张持续到 2026 年，\*\*供给紧缺反向证明需求强度\*\*。

### 3.2 中期（2028-2030）：持续性中等偏强

2028-2030 年的需求强度依赖几个关键变量：

变量一：训练 scaling law 是否继续有效。如果模型规模继续推升带来能力提升，训练算力需求继续增长。目前看 GPT-5、Claude 4 时代仍然遵循 scaling law，但收益递减开始显现。

变量二：推理 scaling 的需求接力。OpenAI o3 这类「推理 scaling」模型对推理算力的消耗是过去模型的 100-1000 倍。如果这种模式成为主流（最有可能的情况），\*\*推理算力需求会接力训练算力，整体 AI 算力需求保持高增\*\*。

变量三：AI 应用商业化进展。如果企业级和消费级 AI 应用大规模铺开（Copilot、Agent、RAG、视频生成等），推理算力需求会爆发。当前 AI 应用收入对算力 capex 的覆盖率仍然不高（2025 年约 30-40%），需要看到这个比例提升到 70%+ 才能形成自我循环。

我的判断：2028-2030 年 AI 数据中心需求\*\*大概率维持 20-30% 增速\*\*（vs 2024-2027 的 50%+），节奏上趋于平稳但绝对量仍在创新高。这个阶段对 PCB 行业仍是黄金期。

### 3.3 长期（2030+）：取决于范式变化

2030 年以后存在两个潜在的范式级变化：

范式一：AGI/超级智能商业化。如果 AI 真正达到能广泛替代人类知识工作的水平，算力需求会再次爆发。这是「乐观情况」，对 PCB 行业是巨大利好。

范式二：算法效率突破导致算力需求放缓。如果出现远超 Transformer 的新架构，或者「人类大脑级别能效比」的算法出现，单位智能的算力消耗会大幅降低。这是「悲观情况」，但即使如此，\*\*总智能消耗在涨（更多人/企业用 AI），算力总盘子未必下降\*\*。

我的总体判断：AI 算力是「人类智能基础设施」级别的需求，类似电力、互联网。短期波动可能很大，但\*\*长期看 AI 算力总需求只会越来越大\*\*。PCB 行业作为 AI 硬件的核心配套，未来 10-15 年都不缺需求。

持续性总结：3年（2025-2027）确定性 9/10，5年（2025-2030）确定性 7/10，10年（2025-2035）确定性 5-6/10。对应到投资策略：3年视角可以重仓 AI 弹性标的；5年视角需要平衡 AI alpha 和其他下游分散；10年视角必须关注玻璃基板、CPO 等下一代技术的卡位。

## 第四部分：对 PCB 各品类的需求传导

AI 数据中心的需求并不是均匀地传导到 PCB 行业的每个品类，而是\*\*集中在四个高端子赛道 + 一个新兴赛道\*\*。理解这个传导结构是从「行业研究」走向「公司选股」的关键一步。

### 4.1 AI Switch 高多层板 (32-40 层 + M7/M8 CCL)

对应的下游环节：网络交换机 (Tomahawk、Cisco Silicon One、Marvell Teralynx) 。

技术规格演进：从 25.6T 交换机 (24 层 + M6 CCL) → 51.2T (28 层 + M6/M7) → 102.4T (32-40 层 + M7/M8) 。每一代带宽翻倍意味着层数+2-4 层，CCL 升一档。

| 指标     | 传统服务器板   | AI Switch 板 (当前) | AI Switch 板 (下一代) |
|--------|----------|------------------|-------------------|
| 层数     | 8-12 层   | 28-32 层          | 32-40 层           |
| CCL 等级 | M4       | M6/M7            | M7/M8             |
| 单板价值   | \$50-200 | \$3000-6000      | \$5000-10000      |
| 典型应用   | 通用服务器    | Tomahawk 5/6     | Tomahawk 6/7、CPO  |

全球市场规模：2024 年约 \$50 亿，2025 年 \$80 亿，2026 年 \$120 亿，2028 年 \$200 亿 +。CAGR 30%+。 \*\*这是 PCB 行业最纯粹的 AI alpha\*\*。

### 4.2 AI GPU/ASIC 加速卡板

对应的下游环节：Nvidia HGX 模组、ODM 加速卡板 (如鸿海/工业富联组装的 GB200 计算板) 。

加速卡板的特点是「中等层数+极高复杂度」——通常 16-24 层，但 HDI 工艺要求高（盲埋孔、任意层互连），且要承载多颗 GPU+HBM+载板，单板良率要求极高。

全球市场规模：2024 年约 \$40 亿，2025 年 \$70 亿，2027 年 \$130 亿。CAGR 25%+。 \*\*胜宏科技是 A 股最纯粹的标的\*\*。

### 4.3 IC 载板 (ABF Substrate)

对应的下游环节：每颗 GPU/ASIC 都需要一片 ABF 载板做封装基底。

AI 用 ABF 载板的特殊性：尺寸大 (110×110mm+)、层数多 (20-26 层)、良率要求极高、ABF 膜 (味之素独家供应) + 低 Dk 玻纤布 (日东纺等) + VLP 铜箔 (三井金属等) 三重上游卡脖子。

全球市场规模：2024 年 ABF 总市场约 \$110 亿，AI 用约 \$30 亿；2027 年 AI 用约 \$80 亿，2030 年 \$130 亿+。 \*\*揖斐电、欣兴、AT&S 是海外王者，深南、兴森是国产替代主力\*\*。

### 4.4 玻璃基板 (前瞻性赛道)

对应的下游环节：下一代 AI 芯片封装 (2026-2028 起步)。

玻璃基板是 ABF 载板的潜在替代品，技术路径完全不同。从 2024 年的 demo 阶段过渡到 2026-2027 的小批量量产，再到 2028-2030 的规模化。

全球市场规模：2024 年 < \$5 亿，2026 年 \$10 亿，2028 年 \$30 亿，2030 年 \$80 亿+。 CAGR 60%+。 \*\*当前阶段属于「高赔率高风险」配置，沃格光电是 A 股纯标的，深南、兴森布局中\*\*。

## 4.5 CPO 相关基板 (新兴赛道)

对应的下游环节：CPO（共封装光学）芯片的载板和光电混合基板。

CPO 把光收发器件搬到 ASIC 旁边，要求载板支持光电混合集成（嵌入光波导+电信号）。

Nvidia Rubin Ultra（2027）、Broadcom Tomahawk 6+（2026）等是首批商用产品。

全球市场规模：2024 年 < \$2 亿，2027 年 \$10 亿，2030 年 \$50 亿+。CAGR 70%+。 \*\*

当前是产业链布局期，受益玩家不明确，需要持续跟踪\*\*。

## 4.6 配套需求：MLCC、连接器、铜缆

AI 服务器对配套元件的需求同样爆发性增长。这些不是 PCB 但与 PCB 紧密配套，研究 PCB 行业时必须看到：

MLCC：单台 AI 服务器 MLCC 用量超过 1.5-2 万颗，是普通服务器的 3-5 倍。村田、TDK、太诱、三星电机最受益。

高速连接器：NVL72 机柜内 5000+ 根铜缆 + 配套连接器。安费诺、TE Connectivity、莫仕显著受益。

光模块：800G、1.6T 光模块大规模铺开。中际旭创、新易盛、华工正源、Lumentum、Coherent 是核心玩家。

## 4.7 PCB 增量价值地图

| 子赛道            | 2024 规模 | 2028E 规模 | CAGR | 代表受益公司     |
|----------------|---------|----------|------|------------|
| AI Switch 高多层板 | \$50 亿  | \$200 亿  | 32%  | 沪电、TTM、Wus |
| AI 加速卡板        | \$40 亿  | \$130 亿  | 27%  | 胜宏、深南、鹏鼎   |

|                    |               |         |      |              |
|--------------------|---------------|---------|------|--------------|
| <b>IC 载板 (ABF)</b> | \$30 亿 (AI 用) | \$100 亿 | 27%  | 揖斐电、欣兴、深南、兴森 |
| <b>玻璃基板</b>        | <\$5 亿        | \$30 亿  | 60%+ | 沃格光电、深南、兴森   |
| <b>CPO 相关基板</b>    | <\$2 亿        | \$15 亿  | 70%+ | 早期布局阶段       |
| <b>合计</b>          | \$125-130 亿   | \$475 亿 | ~30% | —            |

这五个子赛道合计 2024-2028 年增量约 \$345 亿，是 AI 数据中心驱动 PCB 行业增量的 80%+。如果加上 MLCC、连接器、光模块等关联配套，整个 AI 硬件配套链的增量超过 \$600 亿。

## 第五部分：受益玩家分级清单

---

### 5.1 PCB 板端

**沪电股份 (002463.SZ)** ——AI Switch 高多层板纯 alpha，绑定 Nvidia/Broadcom/Marvell，毛利率 30%+。未来 3 年最直接的 AI 硬件弹性标的。

**胜宏科技 (300476.SZ)** ——AI GPU 加速卡板核心供应商，HDI 工艺优势。业绩弹性极大但客户集中度高。

**深南电路 (002916.SZ)** ——ABF 载板 + 高多层板 + 玻璃基板布局，多线作战。是 PCB 行业转型的最佳样本。

**鹏鼎控股 (002938.SZ)** ——全球 PCB 第一大，主营苹果链 FPC+主板，AI/汽车业务拓展中。规模壁垒+客户绑定。

**TTM Technologies (TTMI.US)** ——北美最大 AI 高多层板供应商，国防+AI 双引擎。

**Wus Printed Circuit (2316.TW)** ——台股 AI 服务器板核心供应商，绑定 ODM 厂商。

**景旺电子 (002953.SZ)** ——汽车 PCB 龙头，部分服务器主板业务。AI 弹性偏弱但稳健。

### 5.2 CCL 端 (覆铜板)

**台光电子 (6213.TW)** ——全球 M7/M8 高速 CCL 第一供应商，几乎独家供应 Nvidia AI 产业链。CCL 端最纯粹的 AI alpha。

**联茂电子 (6213.TW)** ——M6 主力，M7 追赶中。台股 CCL 第二梯队。

**生益科技 (600183.SH)** ——国内 CCL 龙头，M6 成熟，M7 验证中。国产替代关键标的。

**松下电工**——Megtron 系列发明者，长期供应高端交换机 CCL。

**南亚塑胶 (1303.TW)** ——传统通信 CCL 玩家，AI 业务跟进。

## 5.3 IC 载板端

**揖斐电 (4062.T)** ——全球 ABF 载板技术王者，Nvidia/AMD/Intel 核心供应商。海外 AI 硬件投资经典标的。

**欣兴电子 (3037.TW)** ——全球 ABF 载板规模王者，市占率第一。

**AT&S (ATS.VI)** ——奥地利上市，欧洲唯一 ABF 大厂。AMD MI 系列重要供应商。

**南亚电路板 (8046.TW)** ——台积电关联，AI 载板布局加速。

**三星电机 (009150.KS)** ——韩国 ABF 载板主力，三星生态绑定。

**深南电路 (002916.SZ)** ——国内 ABF 载板国产替代龙头，FCBGA 突破中。

**兴森科技 (002436.SZ)** ——A 股 IC 载板纯标的，FCBGA + 玻璃基板双布局。

**珠海越亚**——A 股注入预期，无核载板特色路线。

## 5.4 玻璃基板端（前瞻性）

**沃格光电 (603773.SH)** ——A 股最纯粹的玻璃基板标的，TGV 技术储备早。早期阶段，弹性极大但风险高。

**长信科技 (300088.SZ)** ——玻璃基材+模组双布局。

**Corning (GLW.US)** ——全球电子级玻璃材料龙头，玻璃基板基材主供。

**AGC (5201.T)** ——日本玻璃巨头，电子级玻璃材料。

**SCHOTT (未上市)** ——德国玻璃巨头，特种玻璃配方。

**Disco (6146.T)** ——全球切片+TGV 设备龙头。

## 5.5 配套 (MLCC、连接器、光模块)

**MLCC: 村田 (6981.T)、TDK (6762.T)、太诱 (6976.T)、三星电机**——高端 MLCC 寡头，AI 服务器拉动。

**连接器: 安费诺 (APH.US)、TE Connectivity (TEL.US)、莫仕 (私有)** ——高速连接器和铜缆解决方案。国内立讯精密、华丰科技在追赶。

**光模块: 中际旭创 (300308.SZ)、新易盛 (300502.SZ)、Coherent (COHR.US)** ——800G/1.6T 光模块核心供应商。

**液冷: 英维克 (002837.SZ)、维谛技术 (VRT.US)、高澜股份 (300499.SZ)** ——AI 服务器液冷标配化的直接受益者。

## 第六部分：核心跟踪指标体系

AI 数据中心是数据丰富、信号密集的下游，建立一个系统化的跟踪体系比单点深度更重要。

我把指标分成四个层级：每周/每月跟踪、每季度跟踪、关键里程碑事件、核心数据源。

### 6.1 月度高频指标

| 指标                 | 数据源             | 频率      | 意义           |
|--------------------|-----------------|---------|--------------|
| Nvidia/AMD 数据中心营收  | 公司财报            | 季度      | AI 芯片需求最直接信号 |
| 台股月度营收 (沪电、台光、欣兴等) | 台交所             | 每月 10 日 | 供应链最高频信号     |
| TSMC 月度营收          | 台积电公告           | 每月 10 日 | 上游晶圆需求       |
| HBM 月度出货           | TrendForce/SEMI | 月度      | 存储产能瓶颈       |
| 美股大厂 AI capex 指引   | 财报+电话会          | 季度      | 终端需求信号       |
| A 股 PCB 公司公告       | 深交所/上交所         | 随时      | 国内供应链动态      |

### 6.2 季度战略指标

每季度需要回顾的更宏观指标：

Hyperscaler 全球合计 capex (含中国) ；

全球 AI 服务器出货量 (IDC、Counterpoint) ；

CoWoS 产能扩张进度 (台积电指引) ；

ABF 载板供需缺口 (揖斐电、欣兴的产能利用率和扩产指引) ；

M7/M8 CCL 价格与库存 (台光电子季度披露) ；

玻璃基板量产进度 (Intel、Samsung、Corning 公告)。

## 6.3 关键里程碑事件 (影响行业景气拐点)

### Nvidia 重要事件——

GTC 大会 (每年 3 月) 发布新一代产品路线图; 新一代 GPU 量产时间 (Rubin 2026 上半年、Rubin Ultra 2027 末); 数据中心营收同比增速变化 (拐点信号)。

### Hyperscaler 重要事件——

微软、Meta、Google、Amazon 季度 capex 指引 (最关键); 字节、阿里、腾讯 AI 投入披露; Stargate (微软+OpenAI) 等超大型项目进展。

### 技术拐点事件——

玻璃基板首颗商用 AI 芯片 (预计 2027 上半年); CPO 大规模商用 (Nvidia Rubin Ultra、Broadcom Tomahawk 6); HBM4 量产 (2025 末-2026 初); 新一代模型架构发布 (GPT-5、Claude 5、Gemini 3)。

### 风险预警事件——

Nvidia 数据中心营收增速跌破 30% YoY (持续两个季度即为预警); Hyperscaler capex 指引下调; AI 应用商业化进展不及预期 (OpenAI 收入增速、企业 AI 采用率); 中美科技战升级 (出口管制、关税)。

## 6.4 核心数据源清单

| 数据源类型  | 推荐渠道                 | 覆盖范围          |
|--------|----------------------|---------------|
| 行业研究机构 | TrendForce、Yole、IDC、 | AI 服务器、HBM、芯片 |

|               |   |         |
|---------------|---|---------|
|               | Counterpoint、SemiAnalysis                           |         |
| <b>上市公司公告</b> | Nvidia、TSMC、SK 海力士、<br>Microsoft、Meta、Google、Amazon | 需求 + 供给 |
| <b>台股月度营收</b> | 台交所观察站  | 供应链高频   |
| <b>产业链调研</b>  | PCB 公司投关、Tier1 OEM 调研、专家访谈                          | 深度信号    |
| <b>专家平台</b>   | GLG、Mosaic、第三方专家库                                   | 技术细节    |
| <b>公开新闻</b>   | The Information、SemiAnalysis、电子<br>工程专辑             | 战略动向    |
| <b>官方协会</b>   | TPCA、CPCA、SEMI                                      | 行业数据    |

## 第七部分：风险因素

---

### 7.1 Hyperscaler capex 同步回落（最大风险）

AI 算力 capex 是高度集中的需求——四家美国 hyperscaler + 中国四大 + 几家新兴 AI 实验室合计占需求 80%+。如果他们在某个时点同步降低 capex，对整个 AI 硬件供应链是断崖式打击。

触发场景：(1) AI 应用商业化速度不及预期，企业级 AI 收入跟不上 capex 投入；(2) 监管收紧（美国对 AI 监管、欧盟 AI Act）影响商业部署；(3) 宏观经济衰退导致企业级 IT 预算收缩。

概率评估：未来 2 年低（10-15%），未来 3-5 年中等（25-30%）。应对策略：跟踪季度 capex 指引，一旦出现两个季度连续下调指引立即降低仓位。

### 7.2 模型 scaling 收敛（中等风险）

如果训练 scaling law 在某个规模点出现明显收益递减（即「再投入算力也提升不了多少能力」），训练算力需求增速会显著放缓。GPT-5、Claude 5 的实际能力提升幅度是关键观察点。

对冲机制：推理 scaling（OpenAI o3 模式）和 AI 应用普及可以接力。整体看不会让 AI 算力需求回到 2022 年水平，但增速从 50%+ 回落到 20-30% 是可能的。

应对策略：观察新一代旗舰模型发布后的能力提升幅度；如果跨代提升 < 30%，需要警惕 scaling 收敛信号。

### 7.3 CPO 替代加速（长期风险）

CPO 在 2026-2028 年大规模商用后，部分原本属于 PCB 高速板的需求会被光替代。影响主要在「224G PAM4 之上的超长距铜走线」，相对 PCB 总盘子是 5-10%，不构成致命冲击。

应对策略：对纯押注超高速铜板的公司保持警惕（如沪电的部分长走线产品）；重视布局 CPO 相关基板和玻璃基板的公司（深南、兴森、沃格光电）。

## 7.4 估值过热风险

当前 AI 相关 PCB 公司估值已经显著抬升。沪电、胜宏 PE 均处于历史 80%+ 分位。如果 AI 景气度边际变化或行业出现调整，估值收缩风险存在。

应对策略：分批建仓、避免追高、关注估值与基本面的背离信号。

## 7.5 地缘政治风险

美国对中国的 AI 芯片出口管制（H100、H200 不可对华出口，B200 受限）影响中国 AI 算力部署。这对国内 PCB 厂的影响有两面性：负面是中国 AI 服务器需求受制约；正面是国产化加速（华为昇腾、寒武纪等）。

应对策略：关注国产 AI 芯片出货量提升对国内 PCB 厂（特别是配套华为产业链）的拉动。

## 第八部分：结论与投资建议

---

### 8.1 一句话核心判断

AI 数据中心是 PCB 行业未来 5 年最确定的结构性 alpha 来源——三个维度（量、价、复杂度）同时正向驱动，但需求高度集中在四个高端子赛道（Switch 高多层板、加速卡板、ABF 载板、玻璃基板），选股时必须精确识别公司的产品组合在哪个子赛道、客户绑定多深、技术储备多前瞻。

### 8.2 三档投资标的建议

#### 第一档：当前周期最纯粹的 AI alpha

沪电股份（AI Switch 高多层板纯标的，业绩弹性大、估值有支撑）；胜宏科技（GPU 加速卡板核心供应商，业绩弹性最大但客户集中）；台光电子（M7/M8 CCL 寡头，AI 弹性的上游版本）。

#### 第二档：结构性长期 alpha

深南电路（载板+高速板+玻璃基板三引擎，转型样板）；兴森科技（FCBGA 载板国产替代+玻璃基板布局）；鹏鼎控股（规模壁垒+苹果链+AI 拓展，稳健成长）；揖斐电、欣兴电子（海外 ABF 王者，海外资金标配）。

#### 第三档：前瞻性配置

沃格光电（玻璃基板纯标的，2026-2028 关键观察期）；长信科技（玻璃基材+模组双布局）；AT&S（欧洲唯一 ABF 大厂，估值合理）。

## 8.3 仓位与时机建议

时机视角：当前（2026 年 5 月）处于 AI 硬件周期的高景气阶段，首要任务是不被估值波动带走，建议分批建仓而非追高。拐点信号：Hyperscaler capex 指引连续下调 2 个季度即降低 AI 弹性标的仓位。

仓位结构建议（仅供参考，需结合个人风险偏好）：第一档（业绩兑现型）50-60%；第二档（结构成长型）30-40%；第三档（前瞻性配置）10-20%。组合中保留 20-30% 的弹性仓位用于估值波动时加仓优质标的。

## 8.4 与上一篇报告（PCB 行业整体）的衔接

上一篇《PCB 行业技术与投资研究报告》对整个 PCB 行业做了金字塔分层，识别了五个增量品类。本篇 AI 数据中心研究是对其中两个品类（AI Switch 高多层板、IC 载板/玻璃基板）的下游驱动力深度挖掘。

下一步研究序列：根据五大下游研究系列，下一篇将聚焦汽车（EV+智能驾驶）下游。汽车下游与 AI 数据中心形成天然对冲——AI 数据中心是高弹性高估值，汽车是稳健成长低估值，两者组合可以构建抗波动的 PCB 板块投资组合。

## 附录：核心术语表

| 缩写     | 全称                                      | 含义               |
|--------|---|------------------|
| GPU    | Graphics Processing Unit                | 图形处理器, AI 训练核心硬件 |
| ASIC   | Application-Specific Integrated Circuit | 专用集成电路 (如 TPU)   |
| HBM    | High Bandwidth Memory                   | 高带宽内存            |
| CoWoS  | Chip on Wafer on Substrate              | 台积电先进封装方案        |
| NVLink | Nvidia 互联协议                             | GPU 间超高带宽互联      |
| PAM4   | 4-level Pulse Amplitude Modulation      | 四电平脉冲幅度调制        |
| MoE    | Mixture of Experts                      | 混合专家模型架构         |
| TPU    | Tensor Processing Unit                  | Google 自研 AI 芯片  |
| DCI    | Data Center Interconnect                | 数据中心间互联          |
| VRM    | Voltage Regulator Module                | 电压调节模块           |
| VPD    | Vertical Power Delivery                 | 垂直供电             |
| BSPDN  | Backside Power Delivery Network         | 背板供电网络           |
| D2C    | Direct-to-Chip Cooling                  | 直接到芯片液冷          |
| ODM    | Original Design Manufacturer            | 原始设计制造商          |
| RDL    | Redistribution Layer                    | 重布线层             |
| TSV    | Through Silicon Via                     | 硅通孔              |
| TGV    | Through Glass Via                       | 玻璃通孔             |
| CPO    | Co-Packaged Optics                      | 共封装光学            |
| LPO    | Linear-drive Pluggable Optics           | 线性驱动可插拔光学        |
| DSP    | Digital Signal Processor                | 数字信号处理器          |
| FEC    | Forward Error Correction                | 前向纠错             |
| IB     | InfiniBand                              | 高速网络协议           |