

存储行业深度：供需格局、市场机遇、产业链及相关企业深度梳理

存储行业作为半导体核心赛道，正站在新一轮景气周期的起点。AI 算力、终端智能化、汽车电子等需求爆发，推动存储容量和性能持续提升。国际原厂减产保价，国产厂商加速技术突破，国产替代从“可选”变为“必选”。从 NOR Flash 到 NAND Flash，从利基 DRAM 到 HBM，从主控芯片到存储模组，中国存储产业链正迎来全面崛起的历史性机遇。未来几年，将是国产存储厂商“技术+市场”双突破的关键窗口期，具备核心技术、产品布局和产能能力的公司，将很可能成为这一轮产业变革的最大受益者。

沿着以上产业发展趋势，我们将具体聚焦存储行业，对行业相关问题展开分析梳理。首先，我们将从存储行业行业概况、市场现状、供需格局出发，对存储行业进行基础梳理；其次，我们将聚焦产业链、相关公司发展布局层面，对存储行业进行进一步分析；解决上述问题的同时，我们也将对存储行业在未来发展层面上的技术趋势、市场机遇及整体产业前景进行分析，以期帮助大家从具体问题，加深对存储行业的认知，更好地了解该行业现阶段及后续发展的相关问题。

目录

一、行业概况	1
二、市场现状	6
三、供需格局	10
四、产业链分析	16
五、相关公司	19
六、技术趋势	22
七、市场机遇	24
八、产业前景	33
九、参考研报	38

一、行业概况

1、存储器是数字信息的载体，是集成电路的重要组成部分

存储器是数字信息的载体，是 IT 基础设施三大核心板块之一。半导体存储器也叫存储芯片，是指利用磁性材料或半导体等材料作为介质进行信息存储的器件，其存储与读取过程体现为电荷的贮存或释放。它是电子系统中存储和计算数据的载体，是应用面最广、市场比例最高的集成电路基础性产品之一。据忆恒创源招股说明书，IT 基础设施总体分为计算、存储和通信三大板块，分别以处理器、存储器、交换机/路由器等为核心产品。数字经济的发展与 IT 基础设施产业互为表里、相辅相成，而存储板块在数字经济的发展中具备先导性和需求刚性，数字经济规模的高速增长推动存储行业蓬勃发展。

IT 基础设施三大核心板块



资料来源：《2021-12-28：忆恒创源：北京忆恒创源科技股份有限公司科创板首次公开发行股票招股说明书（申报稿）》，东莞证券研究所

存储器构成集成电路的重要组成部分。市场规模方面，据 WSTS，2024 年全球半导体市场规模为 6305.49 亿美元，同比增长 19.7%，其中集成电路市场规模为 5395.05 亿美元，占比达 85.6%。存储器作为集成电路重要分支，2024 年市场规模为 1655.16 亿美元，同比增长 79.3%，占集成电路比重达 30.68%。

存储器分类：易失性存储、非易失性存储。按照是否需要持续通电以维持数据，半导体存储器可分为易失性存储和非易失性存储。其中易失存储芯片主要包含静态随机存取存储器（SRAM）和动态随机存取存储器（DRAM）；非易失性存储器主要包括可编程只读存储器（PROM），闪存存储器（Flash）和可擦除可编程只读寄存器（EPROM/EEPROM）等。

易失性存储：主要指随机存取存储器（RAM），需要维持通电以临时保存数据供主系统 CPU 读写和处理。由于 RAM 可以实现对数据的高速读写，因此通常作为操作系统或其他正在运行中的程序的临时数据存储媒介。

RAM 根据是否需要周期性刷新以维持数据存储，进一步分为动态随机存取存储器（DRAM）和静态随机存取存储器（SRAM）。动态随机存取存储器（DRAM）需要在维持通电的同时，通过周期性刷新来维持数据，故称“动态”存储器。DRAM 结构简单，因此单位面积的存储密度显著高于 SRAM，但访问速度慢于 SRAM；此外，由于 DRAM 需要周期性刷新以维持正确的数据，因此功耗较 SRAM 更高。DRAM 作为一种高密度的易失性存储器，主要用作 CPU 处理数据的临时存储装置，广泛应用于智能手机、个人电脑、服务器等主流应用市场。

非易失性存储：主要指只读存储器（ROM），无需持续通电亦能长久保存数据。早期的 ROM 产品信息首次写入后即固定下来，以非破坏性读出方式工作，只能读出而无法修改或再次写入信息，故称“只读”存储器。ROM 经过不断演变发展，经过掩膜只读存储器（Mask ROM）、可编程只读存储器（PROM）、可编程可擦除只读存储器（EPROM）、电可擦除可编程只读存储器（EEPROM）和快闪存储器（Flash）等阶段，已经突破原有的“只读”限制。

存储芯片的分类

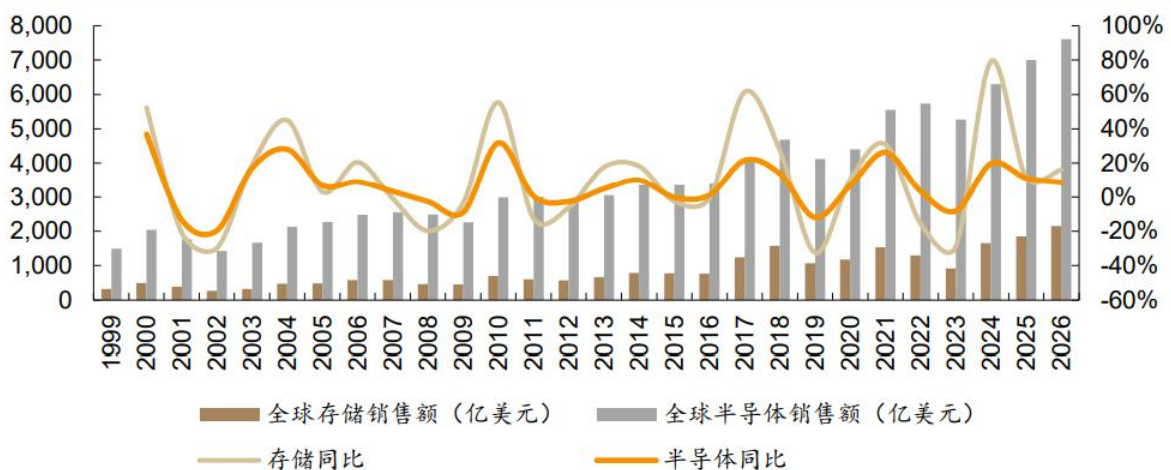


资料来源：力积存储招股说明书，东莞证券研究所

2、存储行业市场空间大，周期属性明显

存储芯片相比其他半导体品种周期性较强，一般以 3-4 年为一个周期。以 2023-2024 年为例，2023 年存储芯片市场规模为 923 亿元，同比下滑 29%，2024 年市场规模为 1655 亿元，同比增长 79%；相比之下 2023-2024 年半导体总体市场规模增速为-8%/20%。

全球半导体/存储芯片销售额及同比增速（亿美元，%）



资料来源：WSTS，德邦研究所

同时，存储厂商自身毛利率变动也非常明显，以存储大厂美光、海力士为例，两家厂商 23Q1、23Q2 毛利均为负数，而 2025 年海力士毛利率修复到 50% 以上，美光毛利率则接近 40%。

相关人士认为，存储行业的强周期性主要有以下几个原因：

技术端：产品标准化程度高。存储器的代际标准一般以 JEDEC 固态技术协会标准为主，核心指标包括电压、传输频率、存储容量等。以 JEDEC 最近发布的 LPDDR6 标准为例，LPDDR6 采用双子通道架构，可实现灵活的操作，同时保持 32 字节的小访问粒度，同时采用比 LPDDR5 更低电压、低功耗的 VDD2 电源供电。因此，各家存储厂商同代产品性能差距不会特别大，使得存储芯片具有一定大宗商品属性。

存储行业为寡头市场，全球市场基本被 3-5 家大厂垄断。根据 TrendForce，DRAM 市场被三星、海力士、美光三家垄断，25Q2CR3 份额超过 90%；Nand Flash 市场主要供应商有三星、海力士、凯侠、美光、闪迪，25Q2CR5 份额超过 90%。大厂的扩产或减产对整体行业影响较大。

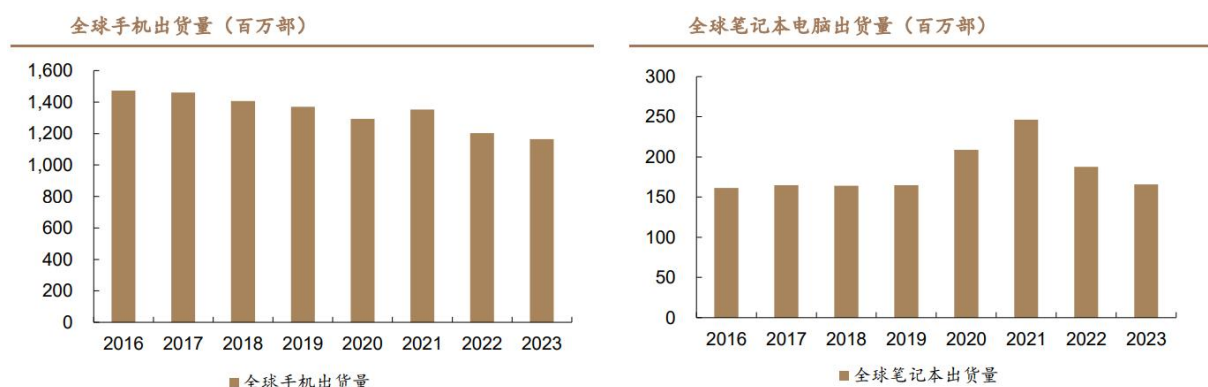
存储的主要下游是手机、PC 等消费电子，这些行业本身就具有周期属性，例如 2020-2021 年手机，笔记本电脑等销量增长明显，而 2022-2023 年间销量有所下滑。

3、历史复盘来看，本轮受 AI 驱动，持续性可能更强

从 2016 年开始，存储行业经历了三轮周期。总体来看，2016-2019 年周期核心受益 DDR4 换代带来的价格快速上涨；2020-2023 年周期核心受益笔记本电脑/手机等消费电子产品需求增长；2024 年开启的新周期核心受益 AI 基建带来的需求增长。

2016-2017 年，尽管手机、PC 等消费电子产品销量并无明显增长，但手机游戏等应用的火爆对硬件内的存储性能提出了更高的要求。以手机游戏为例，根据 CINNIC，2016/2017 年中国手机网络游戏用户分别增长 26%/16%至 3.52/4.07 亿人，手机游戏对手机的处理器芯片和内存芯片提出更高的要求。同时，内存正在从 DDR3 时代过度到 DDR4 时代，下游应用的需求推动 DDR4 渗透率大幅提升。原厂方面，2016 年存储厂转向 3D Nand Flash 扩产，加深了市场对于 DDR4 供给紧张的预期。同时 2016 年三星西安工厂停电等厂务因素也进一步推高存储器价格。

2020-2021 年，随着全球受到疫情影响，远程办公、线上网课等形式逐渐普遍，带动笔记本电脑、手机销量大幅增长，其中笔记本电脑出货量在 2020 年大幅增长 27%。另外全球数据中心建设对服务器需求也有所提升，根据 IDC，2020/2021 全球服务器出货量分别增长 3.9%和 6.9%。2022-2023 年消费电子销量有所下滑，存储景气度开始下行。



2024 年开始，海内外大厂对 AI 服务器的需求增加了存储芯片的出货，同时高性能的 AI 服务器又需要 DDR5、HBM 等新一代内存芯片来释放算力芯片的性能。根据弗若斯特沙利文的数据，DDR5 在服务器上的渗透率预计在 2025 年超过 85%；同时，根据 TrendForce，HBM 单价相较 DDR5 高大约 5 倍，HBM 芯片的大规模应用进一步打开了市场空间。WSTS 预计 25/26 年存储芯片市场规模将继续增长至 1848/2148 亿美元，同比增长 12%/16%。

总体来看，本轮存储行业的上行周期，和 2016-2019 年、2020-2023 年有所不同，前两轮周期本质更多依托消费端发力，而本轮存储芯片的需求更多源自大型科技公司在 AI 时代的算力基建，持续性可能更强。

4、数据本地化与新兴市场双重驱动，创造全球性增长机遇

终端用户对数据本地化的需求不断增长。中国对国内数据管理的重视程度不断提高，相关法规中明确要求相关数据存储在中华人民共和国境内。同时，国家对存储产品产业的发展扶持力度也在稳步加大，再加上终端用户越来越重视本地采购和可靠性，这都为中国国内存储器产品企业创造了巨大的市场机遇。

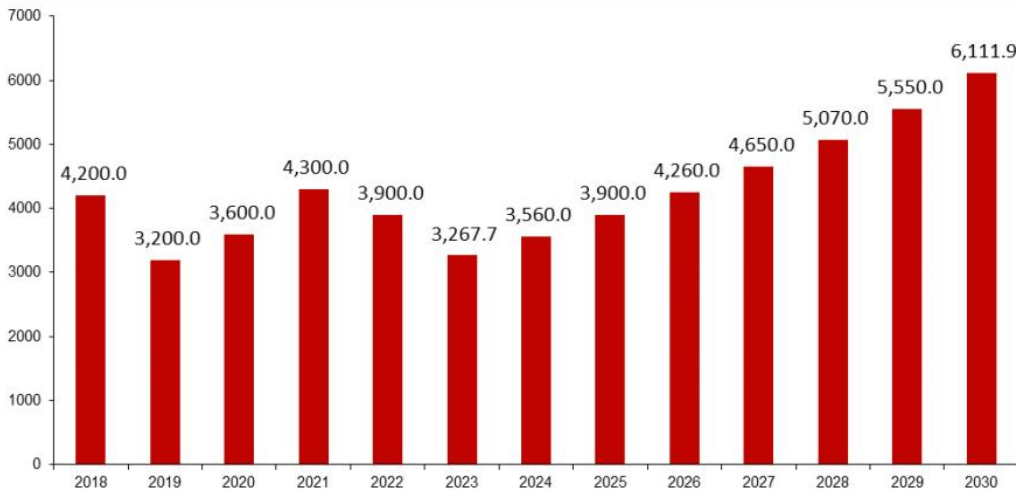
中国数据本地化相关法规

法规	条款
《中华人民共和国网络安全法》	关键信息基础设施运营者收集的个人信息和重要数据应当存储在中华人民共和国境内。确需向境外传播的，应当会同国务院有关部门按照国家互联网信息办公室的办法进行安全评估。
《个人信息保护法》	关键信息基础设施运营者和个人身份信息处理者处理个人数据超过国家网信办规定的数量时，收集和处理的个人信息应当存储在中华人民共和国境内。
《中华人民共和国数据安全法》	在中国境内采集或者产生重要数据的其他数据经营者的出境安全管理办法，由国家网络安全信息化管理部门会同国务院有关部门制定。
《网络出版服务管理规定》	书、音像、电子、报纸、期刊的出版者应当保证具有提供出版服务所需的技术设备，并在中国境内设置相应的服务器和存储设备。在提交网络出版服务申请时，应当包括在中国境内存储相关存储设备的承诺。
《中国人民银行关于银行业金融机构保护个人金融信息的通知》	规定在中国境内收集的个人金融信息应当存储在中国境内。但是，在其他法律法规或中国人民银行另有规定的情况下，银行业金融机构可以将个人金融信息发送到中国境外。如果银行金融机构与外包服务提供商签订协议，它们必须确保这些协议包括所有必要的数据保护义务，这些义务必须由监管机构遵守
《汽车数据安全管理办法》	汽车行业经营者和保险公司应当在中国境内存储个人数据和重要数据。需要向境外转移个人数据和重要数据的，经营者必须经过国家网信办组织的出境数据安全评估。

资料来源：德勤，浙商证券研究所

新兴市场半导体存储器增长迅速。拉丁美洲和东南亚等地区正在加快数字化转型，并大幅扩建其数据中心和云服务基础设施。这些地区生活水平的提高也推动消费电子市场的持续增长。在此背景下，新兴市场对数据存储的蓬勃需求为全球半导体存储器产品市场的持续扩张带来了巨大市场机遇。以拉丁美洲为例，根据 Horizon 的数据显示，拉丁美洲半导体存储器市场规模有望从 2024 年的 35.6 亿美元增长至 2030 年的 61.12 亿美元，CAGR 为 9.4%。市场规模的快速增长不仅为拉美本土厂商提供了市场机遇，也为有实力的国内出海企业贡献新增量。

2018-2030 年拉丁美洲半导体存储器市场规模(百万美元)



资料来源: Horizon, 浙商证券研究所

二、市场现状

1、需求改善叠加供给端减产，或将开启新一轮景气周期

AI 产业趋势下“云侧”和“端侧”需求改善叠加上游减产，需求+供给联合驱动本轮周期复苏。22~24 年的上一轮周期主要由供给驱动，需求确定性低，股价上涨持续性较差；对比来看本轮周期在 AI 驱动下需求确定性高，新一轮减产和涨价落地叠加企业级存储国产化加速，国内公司有望实现业绩和估值的双重提升带来股价持续上涨，开启新一轮景气周期。

图：A股存储主要上市公司股价平均涨跌幅指数（以2022年1月4日收盘价为基期）



资料来源: Wind, DRAMeXchange, 集微网, 超能网, 观网财经, 搜极新闻, IT之家, 界面新闻, 江苏半导体协会, 泰商中国, 电科技术, 西部证券研发中心

2、AI 高速发展，驱动存储技术迭代升级

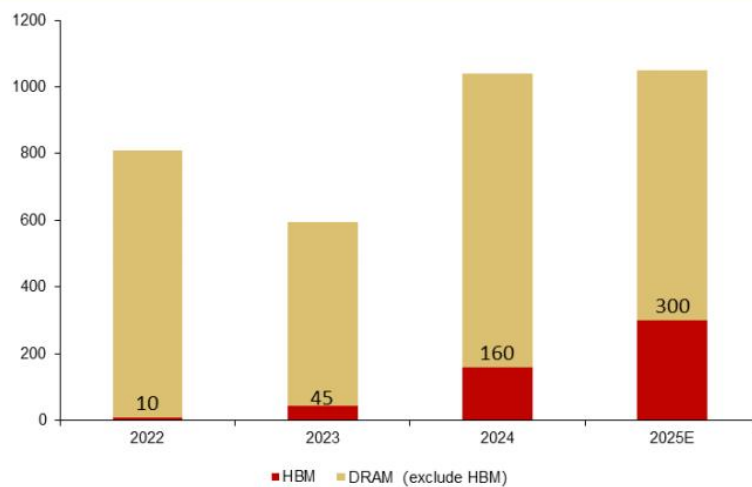
随着大模型技术的爆发式发展，人工智能存储正经历前所未有的变革。AI 大模型训练对数据吞吐量和计算效率的要求激增，根据中国通信院数据，2025 年全球 AI 训练数据量将达到惊人的 1.2ZB（1ZB=10 亿

TB)，是 2022 年的 15 倍，这一爆炸式增长直接推动了存储技术的革新，促进存储技术向高带宽、低延迟方向升级。

HBM 作为 GPU 的“黄金搭档”，通过 3D 堆叠和 TSV（硅通孔）技术实现带宽跃升。根据 CFM 闪存市场发布《2024-2025 年全球存储市场趋势白皮书》，2024 年全球 HBM 市场规模达 160 亿美元，同比增长 300%，预计 2025 年突破 300 亿美元，占 DRAM 市场 28%。

HBM 高速发展，推升了 DDR5 的需求。DDR5 内存的高速度和大容量特性，特别适合需要处理大量数据和执行复杂计算任务的应用。DDR5 传输速率达 6.4Gbps，是 DDR4 的 2 倍以上，且单条容量可突破 64GB，完美适配 AI 服务器高并发数据处理需求。

HBM 市场规模变化（亿美元）

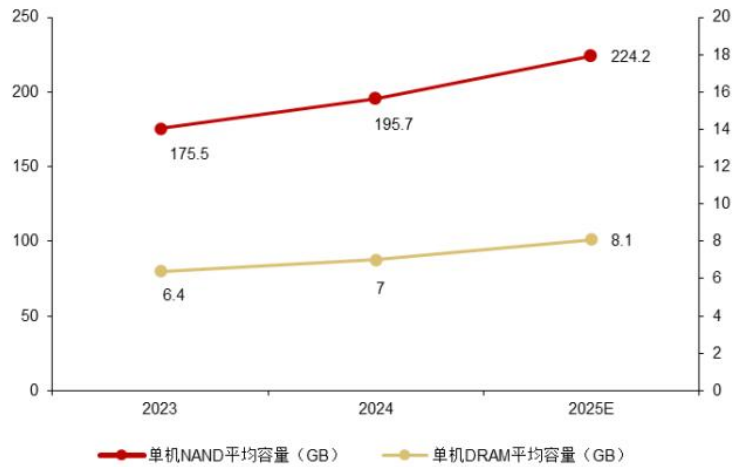


资料来源：CFM，浙商证券研究所

HBM 快速发展带来的丰厚利润和规模增长前景，令存储原厂持乐观态度并积极扩大 HBM 产能。据 CFM 数据显示，按 2025 年初 HBM 的市场价格，HBMperGBASP 约为 DDR5RDIMM 的 2.5 至 3 倍。AI 服务器需求明朗且高性能存储利润充裕，叠加消费类需求复苏缓慢，因此存储原厂积极调整产能，在有限的资本支出下，将旧制程产线升级至先进制程，并将先进产能倾向于高利润的 DDR5 和 HBM。

端侧智能终端迎来存储容量与性能双重升级。端侧大模型推动智能手机内存需求跃升。2024 年各大手机制造商竞相研发适用于移动设备的大型模型。然而，要在手机中集成这些大模型，需要克服包括算力、内存管理、存储空间以及电池效率等方面的问题。因此，除了苹果之外，其他主流手机厂商的新一代旗舰机型普遍配备了 12GB 的 DRAM，预计 2025 年后将逐步过渡到 16GB 以上甚至更高。同时，NAND 闪存容量也正从 256GB 向 512GB 乃至 1TB 的方向发展。据 CFM 闪存市场的预测数据表明，2025 年单部智能手机的 NAND 闪存平均容量有望突破 220GB，而 DRAM 容量也有望突破 8GB。

智能手机 NAND/DRAM 平均容量变化



资料来源：CFM，浙商证券研究所

UFS4.0 在高端智能手机中渗透率的提升，为江波龙等模组厂带来技术升级红利与市场份额扩张的双重机遇。根据 CFM 的市场调研，当前智能手机嵌入式存储的需求趋势呈现出分层特征。eMMC5.1 的需求量趋于平稳，UFS3.1 已成为 5G 普及型机型的主流选择，并保持着稳定的增长势头。而在高端与旗舰级设备中，UFS4.0 的应用范围正迅速扩大，以满足不断增长的人工智能功能需求。

各大品牌厂商高端旗舰机型竞争激烈，“高性能 SOC 处理器+LPDDR5/5X+UFS4.0”被视为新一代性能铁三角。2024 年末发布的旗舰标准版手机，大多数都配备了最新的处理器，同时搭配了顶级的 LPDDR5/5X 内存和 UFS4.0 存储配置。

主流手机旗舰标准版对比

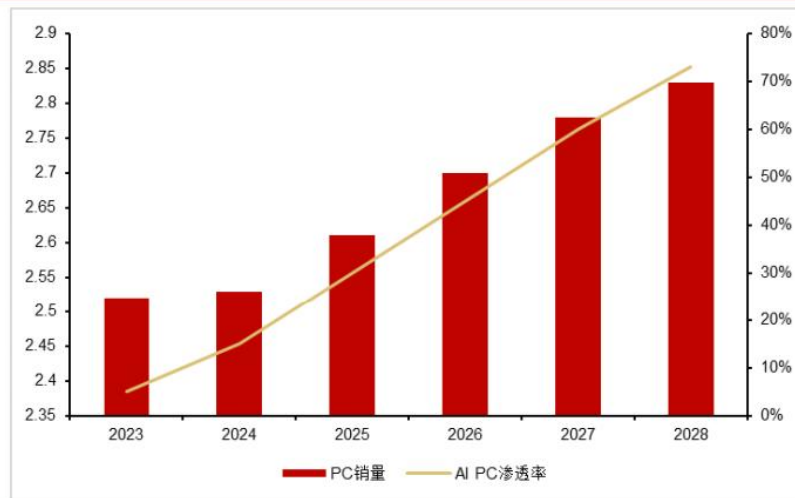
品牌	苹果 16	三星 Galaxy S25	华为 Mate70	小米 15	vivo x200	OPPO FindX8
处理器	A18 芯片	骁龙 8 至尊版 For Galaxy	9010 麒麟芯片	骁龙 8 至尊版	天玑 9400	天玑 9400
储存配置	LPDDR5+NvMe 储存	LPDDR5X+UFS4.0	LPDDR5X+UFS3.1	LPDDR5X+UFS4.0	LPDDR5X+UFS4.0	LPDDR5X+UFS4.0
存储容量/售价	8+128GB: 5999 元	12+256GB: 6499 元	12+256GB: 5499 元	12+256GB: 4499 元	12+256GB: 4499 元	12+256GB: 4499 元
	8+256GB: 6999 元	12+512GB: 7499 元	12+512GB: 5999 元	12+512GB: 4799 元	12+512GB: 4699 元	12+512GB: 4699 元
	8+512GB: 8999 元		12+1TB: 6999 元	16+512GB: 4999 元	16+512GB: 4999 元	14+256GB: 4399 元
				16+1TB: 5499 元	16+1TB: 5499 元	16+512GB: 4999 元

资料来源：CFM、浙商证券研究所

AIPC 有望推动消费类 PCIe 4.0/5.0 SSD 应用增长。2024 年全球 PC 出货量预计达到 2.53 亿台，其中 AIPC 出货量约为 4500 万台，占整体市场的 18%。AIPC 凭借本地 AI 大模型所带来的便捷性、数据安全性和提升工作效率等优势受到市场欢迎。随着芯片厂商与 PC 制造商不断推出 AIPC 相关产品，产业链的规模效应逐步显现。市场热度有望在 2025 年至 2026 年持续攀升。

在 PC 领域，随着 AIPC 渗透率不断提升，以及 NAND Flash 芯片性能和主控技术的持续优化，PCIe 4.0/5.0SSD 的应用比例已超过 75%。凭借更高的性能和更低的功耗，PCIe 5.0 SSD 有望率先在 AIPC 中得到广泛应用。据 CFM 预测，2025 年至 2026 年期间，PCIe 4.0 SSD 将成为市场主流，而 PCIe 5.0 SSD 则逐步进入高端消费和企业级市场。

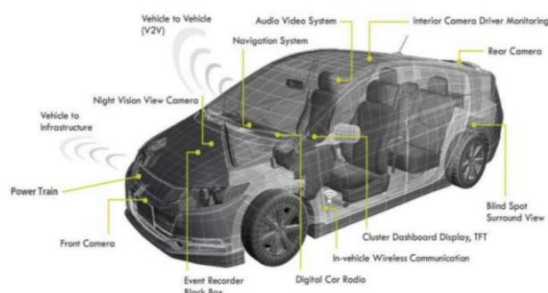
AI PC 在 PC 市场的渗透率（亿台）



资料来源：CFM、浙商证券研究所

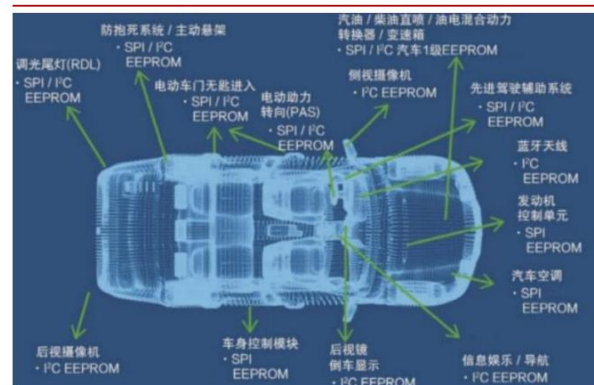
智能驾驶重塑存储架构与技术需求，车载存储容量需求快速成长。随着智能驾驶技术的快速发展，车载存储系统正经历从“分散式”向“集中式”的根本性变革。传统汽车电子架构中，多个独立 ECU（电子控制单元）各自管理不同功能模块（如动力系统、娱乐系统、驾驶辅助等），导致存储资源分散且冗余。而智能驾驶对多模态感知数据（摄像头、雷达、激光雷达）、高精度地图、AI 算法模型的实时处理需求，迫使车企采用集中式电子电气架构（EEA），通过域控制器或中央计算平台实现算力与存储资源的统一调配。这一转型直接推动了车载存储容量高速增长。2024 年，智能座舱的 DRAM 需求已攀升至 8-16GB，NAND Flash 容量更是突破 1TB（较 2022 年翻倍），为过去 NOR Flash 主导的存储规格标准带来颠覆性革新。

Nor Flash 在汽车上的应用



资料来源：思瀚产业研究院、浙商证券研究所

EEPROM 在智能车上的应用



资料来源：思瀚产业研究院、浙商证券研究所

服务器成为核心驱动力，AI 将重构储存产品应用。随着各大云服务提供商加大对数据中心的投资，据麦肯锡《The cost of compute:A\$7 trillion race to scale data centers》（2024）报告，到 2030 年，全球数据中心预计需要 6.7 万亿美元才能满足计算能力的需求。用于处理人工智能负载的数据中心预计需要 5.2 万亿美元的资本支出。在如此庞大的投资背景下，存储的选择至关重要。在 AI 推理、实时分析、在线事务处理等业务上，传统 HDD 的毫秒级延迟已无法满足需求。相比之下，企业级 NVMe SSD 能提供数十万 IOPS、微秒级延迟，显著提升应用响应速度，成为“热数据”首选存储层。同时随着 60TB、

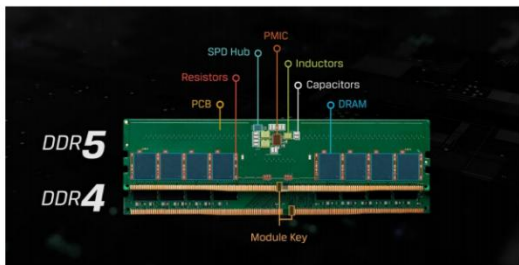
122TB 等高容量 SSD 的量产，SSD 的单位容量成本已从两年前的\$0.15-0.20 降至\$0.10 以下，SSD 价格开始接近甚至优于部分企业级 HDD 型号。成本拐点一旦出现，SSD 在吞吐、空间密度和能耗三方面的优势就能全面释放，驱动其在存储层面加速取代传统 HDD。

3、DDR5 和 HBM 是当前各大 DRAM 芯片厂商主要扩产方向

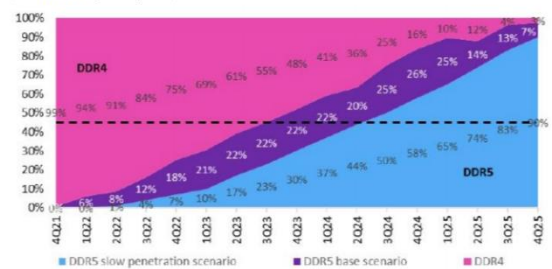
DDR5 逐步取代 DDR4/DDR3 成为主流应用。DRAM 广泛用于计算机、服务器、智能设备等领域，具体产品分为标准 DDR、LPDDR、GDDR 及 HBM 等，AI 应用对存储性能要求不断提升下，最新的 DDR5 产品逐步成为主流。

HBM 具备高带宽、低功耗优势，配套 AI 芯片需求旺盛。HBM 作为 3D 堆叠的 DRAM，在 AI 计算中目前仍供不应求，是各家 DRAM 厂商当前主要扩产方向之一。

图：典型的DDR5内存模组结构



图：DDR5渗透率趋势



资料来源：Omdia, 金士顿官网, CSDN, 电子发烧友, 集微网, 超能网, 西部证券研发中心

4、企业级和消费级 SSD 是目前 NAND Flash 主要应用领域

NAND Flash 广泛用于固态硬盘（SSD）、智能手机、存储卡、嵌入式系统等，适用于大容量存储。

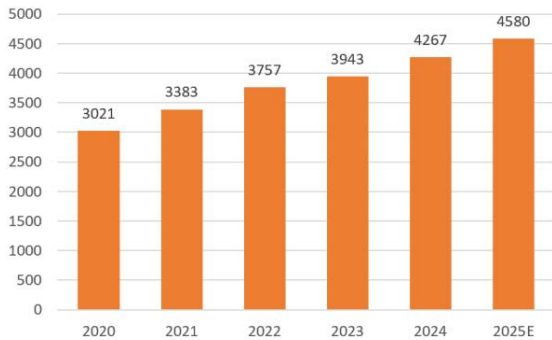
企业级 SSD 是新技术 NAND 的主要应用方向。当前主流技术为 3D NAND，在 AI 应用推动下，企业级和消费级 SSD 需求持续提升，美光推出最新的 PCIe6.0SSD，将率先在 AI 服务器平台使用。UFS 在手机、车载等移动领域也有较多需求。

三、供需格局

1、供给侧：海外龙头减产 DDR4 利好国产厂商，国内龙头占比持续提升

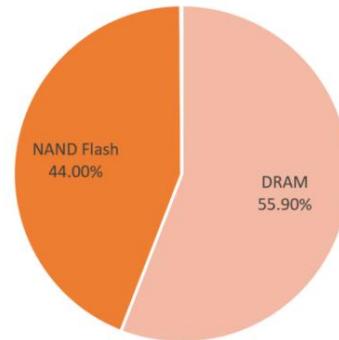
根据中商产业研究数据显示，2023 年中国半导体存储器市场规模约为 3943 亿元，2024 年约为 4267 亿元，预计 2025 年市场规模将达 4580 亿元。目前存储芯片市场主要以 DRAM 和 NAND Flash 为主。其中，DRAM 市场规模最大，占比约为 55.9%，NAND Flash 占比约为 44.0%。

2020-2025E 年中国存储芯片市场规模（亿元）



资料来源：中商产业研究院公众号，天风证券研究所

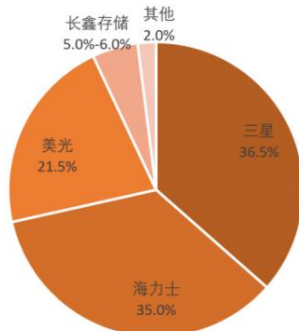
存储芯片市场结构占比情况



资料来源：中商产业研究院公众号，天风证券研究所

存储芯片是典型的寡头垄断市场，长期由韩美企业主导，国内企业近些年占比持续提升。DRAM 存储器市场份额高度集中，主要被三星、SK 海力士和美光三者垄断。根据芯存社数据，2024 年三家企业市场份额分别为 36.5%、35%和 21.5%，竞争格局稳定，国内存储厂商长鑫存储的市场份额约为 5%-6%。NAND Flash 全球市场 2024 年前五企业分别为三星（33.5%）、SK 海力士（19%）、铠侠（17.5%）、美光（12%）、西部数据（10.5%）。国内存储厂商长江存储作为后进者，在 2024 年达到了约 5%-6%的市场份额。

2024 年 DRAM 市场竞争格局



资料来源：芯存社公众号，天风证券研究所

2024 年 NAND 市场竞争格局

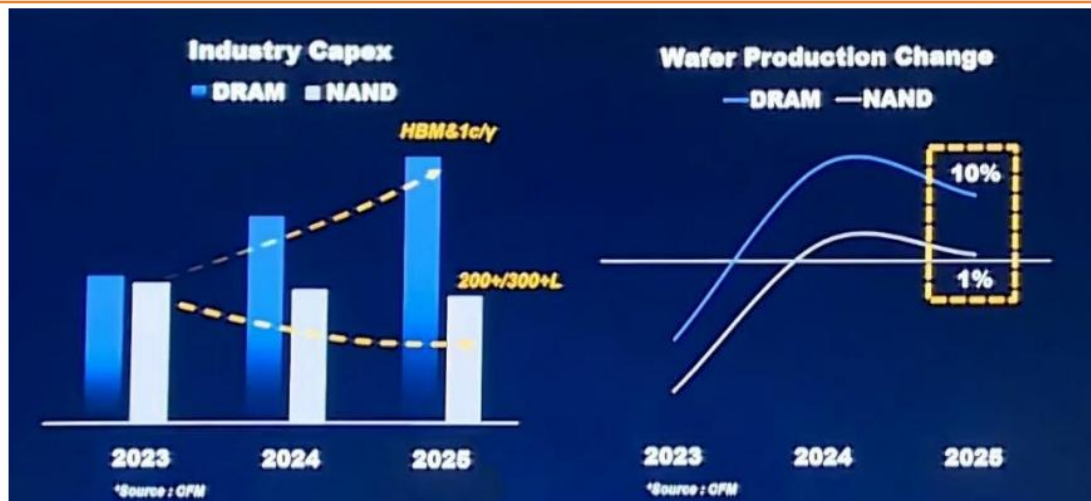


资料来源：芯存社公众号，天风证券研究所

根据闪存市场邵炜表示，在供应端，从各大存储原厂的财报都可看出，存储原厂基于稳住价格跌幅、保证利润的策略重心，减少旧产能、聚焦先进制程产品的生产以及技术的迁移。整个资本支出将更多投入到更先进封装或研发上，更侧重于 HBM、1c、1γ 和 200 层、300 层这些先进产能。而整体 wafer 产出相比以往的增量将减少很多。

在技术路线上，NAND 将继续朝更高堆叠发展，2025 年将进入 300 层以上的时代，同时混合键合技术已经成为 NAND Flash 重要的技术发展方向，存储原厂持续通过优化技术架构和材料，克服超高层 NAND Flash 的量产挑战。在 DRAM 方面，2025 年更会看到在 1c、1γ 这些 DRAM 制程上的演进。

存储厂商资本支出及 Wafer 产量变化



资料来源：闪存市场，天风证券研究所

国际存储厂商近期产能动态

三星电子

HBM4 量产：计划 2025 年下半年量产 HBM4，并预计 2026 年开始商业供应。

DRAM 扩产：在韩国华城和平泽工厂扩建 1cDRAM（第六代 10nm 级）产线。三星 2025 年稍早已在平泽第四园区（P4）启动首条 1cDRAM 制程技术产线，目标月产能为 3 万片晶圆。之后若继续扩产顺利，月产能将有望提升至 4 万片。

技术调整：退出消费端 MLCNAND 闪存业务，转向 TLC/QLCNAND。

SK 海力士

HBM4 布局：计划 10 月量产 12 层 HBM4，单封装容量 36GB，良率突破 70%。

产能收缩：2025 年上半年 NAND 减产 10%，聚焦高附加值产品。

美光科技

外包策略：将 HBM2 封装外包给力成科技，腾出产能专注 HBM3E/HBM4 研发。

技术突破：联合 AsteraLabs 展示 PCIe6.0SSD 样品，将 SSD 性能提升至 27GB/s 的新水平。

国内存储厂商近期产能动态

长鑫存储

产能提升：2025 年 DRAM 晶圆投产量预计达 273 万片（同比+68%），可能达到 SK 海力士 50%产能。

技术转型：重点转向 DDR5 及 HBM3 研发。

长江存储

3DNAND 突破：294 层 NAND 已量产。

政策驱动

深圳设立 50 亿元半导体基金，重点支持存储产业链。

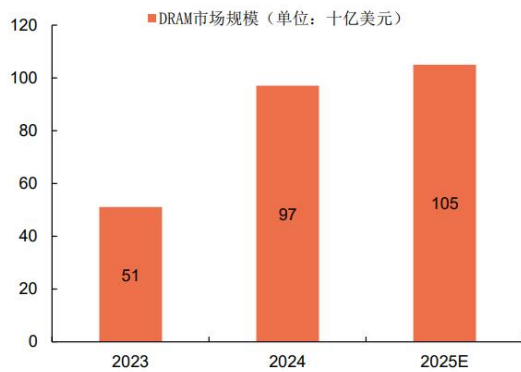
2、需求侧：AI 驱动存储需求有望延续复苏态势

AI 算力投资和端侧应用需求延续，带动存储位元需求扩容。随着 AI 训练和推理对算力需求的快速增长，数据中心对 HBM、大容量 DDR5 及企业级 SSD 的存储需求同步增加，AI 与云服务成为存储需求核心驱动力。根据金融界援引 Bloomberg 数据，2025 年 Meta、谷歌、亚马逊和微软合计资本开支预计达 2972 亿美元，同比增长 36.8%。微软在 2024 财年基础设施投资已超 800 亿美元，并明确未来三年保持同等投资强度，重点覆盖 AI 算力需求。

国内方面，云服务商和电信运营商算力资本开支有望维持和加码，根据财联社消息，阿里巴巴宣布未来三年将投入 3800 亿元用于云和 AI 基础设施。另外，根据 IT 之家及腾讯控股 2024 年第四季度及全年业绩交流会消息，腾讯资本开支连续四个季度实现同比三位数增长，2024 年度突破 767 亿元，同比增长 221%，创下历史新高，公司 2024 年资本开支占营收比例 12%，2025 年指引为低双位数。中国联通年报显示，公司 2024 年算力投资同比上升 19%，2025 年算力投资预计同比增长 28%，公司预计固定资产投资在人民币 550 亿元左右，加快推进 IDC 向 AIDC、通算向智算升级。

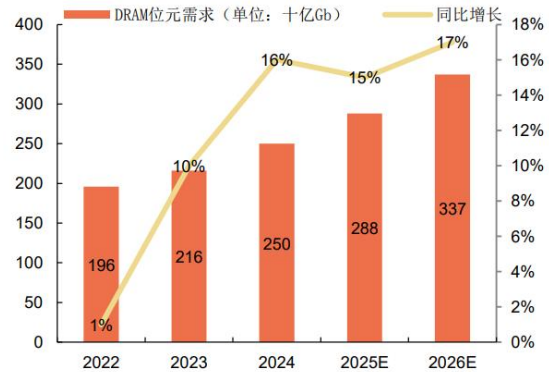
根据闪存市场预测数据，DRAM 位元需求 2025/2026 年分别有望同比增长 15%/17%，NAND 位元需求 2025/2026 年分别有望同比增长 12%/15%，同比增速较 2024 年有望加速。

DRAM 市场规模展望



资料来源：闪存市场，电子工程专辑，中港证券研究所

DRAM 位元需求持续增长



资料来源：闪存市场，电子工程专辑，中港证券研究所

(1) 服务器市场成存储需求核心驱动力

1) 服务器存储容量持续增长

服务器市场已成为存储产业发展的核心驱动力。根据闪存市场数据，受益于 AI 的带动，服务器市场已经成为存储需求发展的核心驱动力，2024 年服务器 NAND 的容量高增 108%，而服务器 DRAM 和 HBM 分别增长 24%和 311%，手机和 PC 市场相比 2024 年也将有所增长。2025 年服务器整机出货量预计将继续增长至 1330 万台，其中 AI 服务器占比将达到 14%，进一步推高服务器的存储配置。

服务器存储容量增长成为行业核心驱动力

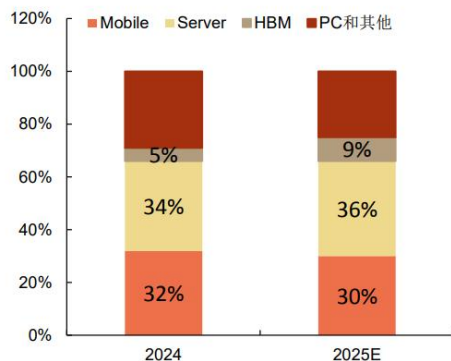
各应用领域存储容量同比增速		2024	2025E
NAND Flash	PC	0%	8%
	Mobile	8%	12%
	Server	108%	10%
DRAM	PC	-4%	-1%
	Mobile	12%	8%
	Server	24%	21%
	HBM	311%	107%

资料来源：闪存市场，电子工程专辑，申港证券研究所

2) 高端存储技术和产品加快落地

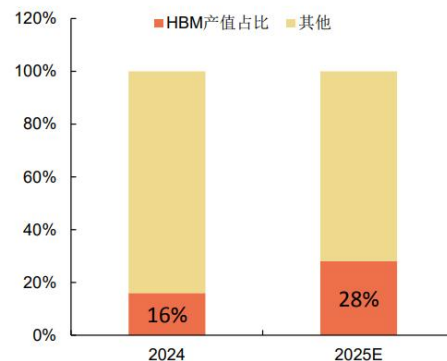
服务器平台迭代带动存储产品加快升级。闪存市场数据显示，在 CPU 的支持和训练效率提升作用下，2025 年部分厂商的服务器 PCIe5.0 的搭载率将达到 30%。在服务器 DRAM 方面，随着后期 AMD 图灵平台的上市，预计 6400MT/s 的 96GB/128GB 的 DDR5 在服务器市场将会迎来放量增长。同时，英伟达 GPU 架构由 Hopper 转向 Blackwell 的再次升级，在 2025 年将带动 HBM 从 HBM3 正式进入 HBM3E，而在 2026 年 HBM4 的出现也会带来更多定制化需求。

预计 DRAM 应用方向中服务器和 HBM 占比提高



资料来源：闪存市场，电子工程专辑，申港证券研究所

预计 2025 年 HBM 产值占比提升



资料来源：闪存市场，电子工程专辑，申港证券研究所

行业龙头美光调高 2025 年 HBM 市场规模展望至 350 亿美元。根据闪存市场消息，美光发布 FY2025Q2 财季业绩后表示近期其大型超大规模客户重申了在 2025 年资本投资将实现同比强劲增长。预计 2025 年服务器出货量将实现中个位数百分比增长，传统服务器和 AI 服务器均将实现增长。公司预计 2025 年 HBM 总市场规模将达 350 亿美元以上，比之前预估的 300 亿美元有所提高，并预计 2025 年第四季度有望 HBM 份额达到与整体 DRAM 供应份额相当的水平。公司表示其 2025 年 HBM 已售罄，2026 年 HBM 市场需求将保持强劲态势。目前公司已开始批量生产 HBM3E12H，预计 2025 年下半年 HBM3E12H 将占 HBM 总出货量的绝大部分、HBM4 将于 2026 年实现量产。

大容量存储需求使 QLC 产能占比提高，技术进步为存储产业带来新增长机遇。AI 的发展带动存储容量迅速扩张的同时，也对存储性能提出更高要求，如大容量存储的需求使得 QLC 时代提前到来。据闪存市

场预计，2025 年 QLC 产能占比将接近 20%，并且在企业级 SSD 的大规模量产以及手机存储的突破性应用方面展现出巨大潜力。QLC 技术的快速发展，使 32TB 企业级 SSD 实现大规模量产，64TB/128TB 的 QLC eSSD 已进入应用阶段。预计 2025 年 QLC 将有超过 45% 的产能用于服务器领域。除服务器和 PC 以外，手机端的 QLC 使用也将迎来突破，更多手机开始搭载 512GB 甚至 1TB 的 QLCUFS。

高堆叠和先进制程在存储技术路线上持续演进，新形态产品不断涌现。根据闪存市场消息，NAND 将继续朝更高堆叠发展，2025 年将进入 300 层以上的时代，同时混合键合技术已成为重要技术发展方向。DRAM 方面，2025 年会更多在 1c、1γ 等制程上继续升级。在数据中心领域，因低功耗运行需要，基于 LPDDR 的 LPCAMM、SOCAMM 等新形态存储产品不断涌现。

3D DRAM 与 NAND 等技术路线



资料来源：闪存市场，电子工程专辑，中港证券研究所

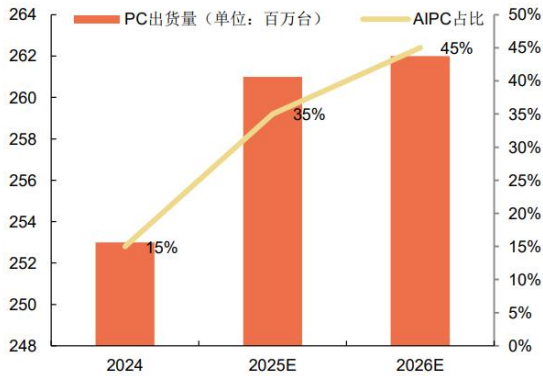
(2) AI 带动终端应用领域存储升级

1) AIPC、手机快速渗透带动新增需求

AI 手机比例提高对存储容量和存储方案等产生新增需求。AI 手机的出现为存储市场注入了新的活力，根据闪存市场消息，预计 2025 年 AI 手机的比例将达到 30%，这将带动手机存储容量的显著提升。同时，为了满足超薄型智能手机的需求，集成式嵌入式存储应用也呈现出一定的增长趋势。AI 加速了对更高性能 LPDDR 的需求，目前旗舰机 ePOP 方案均是 496ba11 的 LPDDR5X。随着 LPDDR6 的出现，LPDDR5X 预计将下沉至中端手机，此外尺寸更小、成本也更有优势的 245ba11LPDDR5/5X 也将具备较大的优势。

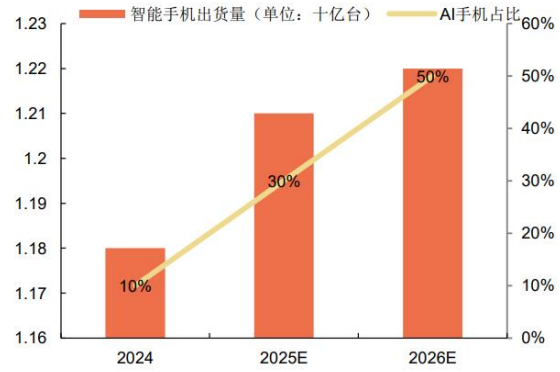
龙头厂商展望移动端存储出货量年内将获得环比改善。根据闪存市场消息，美光发布 FY2025Q2 财季业绩后表示，Mobile 客户持续优化库存水平导致其 FY2025Q2 收入环比减少，FY2025Q3mobileDRAM 和 NAND bit 出货量有望获得环比增长。AI 应用的普及仍是推动 mobile DRAM 需求增长的重要动力，支持 AI 功能的旗舰手机 DRAM 容量普遍提升至 12GB 以上，而去年主流机型仅为 8GB。智能手机 OEM 厂商正采用公司行业领先的 9.6Gbps LPDDR5X DRAM 来提升 AI 性能。

预计 AIPC 快速渗透



资料来源: 电子工程专辑, 中港证券研究所

预计 AI 手机占比持续提高



资料来源: 电子工程专辑, 中港证券研究所

AIPC 的快速渗透持续带动大容量高性能存储需求。AIPC 正在成为提升生产力效率的重要工具, 根据闪存市场消息, 预计 2025 年 AIPC 的比例将达到 35%, 并且在 2026 年进一步增长至 45%。AI 向端侧发展的趋势已经确定, 美光预计未来的 AIPC 将需要比当前 PC 多 80% 的内存容量。PC 销量增长同时, 也对高性能存储提出新需求。LPDDR5X 和 DDR5 成为 PCDRAM 的主要应用, 其中 LPCAMM2 这些形态的存储产品也将提供更多选择。预计随着先进制程 PCIe5.0 主控芯片的量产, SSD 功耗、散热将得到有效的解决, PCIe 5.0 产品在 PC 上的应用或将加速。

2) 自动驾驶带动汽车存储扩张

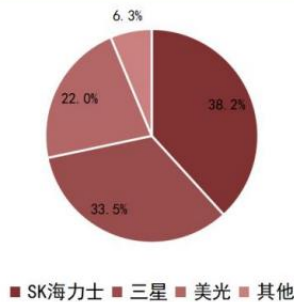
根据闪存市场消息, 随着自动驾驶的普及率提升, 存储系统已从辅助部件蜕变为智能汽车的核心战略资源, 车用存储迎来新的发展阶段。从 eMMC 到 UFS 到 AutoSSD, 汽车存储技术的迭代速度明显加快。美光数据显示, 先进的自动驾驶出租车平台已配置超过 200GB 的 DRAM, 比普通汽车中的 DRAM 高出 20 到 30 倍。随着算力的提升和功能的丰富, 汽车存储的带宽需求也在急剧增加, 这为存储产业在汽车领域的拓展提供了广阔的空间。

四、产业链分析

1、产业链概况

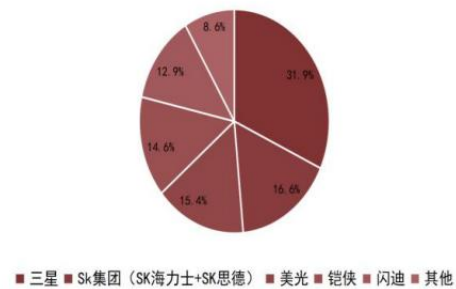
存储器产业链情况: 原厂掌握产业链核心技术, 并推动技术迭代与标准制定。据江波龙招股说明书, 存储器产业链从上至下分别为: 晶圆厂、主控芯片、封装测试、存储模组与产品供应商、存储品牌商、下游具体应用场景等。其中, 上游晶圆厂即存储“原厂”, 是业内对具备自有晶圆制造能力的存储芯片厂商的通称, 掌握核心颗粒 (Die) 的制造权, 如三星、美光、海力士、长鑫存储等。原厂拥有晶圆制造能力, 掌握制程工艺、架构设计等核心技术, 是存储芯片性能、寿命、功耗等指标的决策者, 同时控制着行业最关键的产能资源。此外, 原厂还推动行业技术迭代与标准制定, 新一代存储技术 (如 3D NAND 层数提升、DRAM 制程升级、接口标准变更) 通常由原厂率先研发并量产, 其强话语权决定了产业升级节奏和方向。

2025Q2 各原厂 DRAM 市场份额情况



资料来源：CFM 闪存市场，东莞证券研究所

2025Q1 全球 NAND Flash 品牌商竞争格局



资料来源：Trendforce，东莞证券研究所

3、商业模式

主要晶圆厂仍采用 IDM 模式运营，部分原厂向下游存储产品渗透。不同于逻辑芯片从 IDM 模式向产业链分工模式切换，半导体存储器由于布图设计与晶圆制造结合更为紧密，业内主要晶圆厂仍采用 IDM 模式运营。此外，由于存储晶圆标准化程度高，应用场景所需的功能在 NAND Flash 主控芯片设计、固件开发以及 SiP 封装等产业链后端环节实现，因此存储原厂完成晶圆制造后，仍需开发大量应用技术以实现从标准化存储晶圆到具体存储产品的转化。

存储原厂通过规模效应锁定大客户，保证产能的高效利用。作为存储产业链中下游，目前业内的存储模组厂商可分为大型 IDM 厂（即原厂）和第三方独立模组供应商。从服务客户类型来看，存储原厂掌握晶圆制造、设计和封测全流程，规模效应显著，主要覆盖大宗市场和大型客户，如智能手机、PC、服务器、数据中心等整机厂商或全球头部 OEM/ODM 客户，通过大批量出货来摊薄成本。由于这类客户出货规模巨大且产品标准化程度高，通常能与原厂形成长期稳定的采购与议价关系，保证原厂产能的高效利用。

美光下游客户以大中型企业为主

客户类型	代表性公司/厂商
PC 与服务器品牌商	Dell、HP、Lenovo、ASUS、Acer、IBM 等
消费电子与手机品牌商	Apple、Xiaomi、OPPO、vivo、Samsung 等
云服务与数据中心	Google、Microsoft、Amazon、Meta 等
芯片与平台厂商	Nvidia、AMD、Qualcomm、Intel 等

资料来源：美光，东莞证券研究所

第三方独立模组深耕广泛细分市场，满足中小客户定制化需求。相比大型存储原厂，第三方模组厂商缺乏晶圆制造能力，而是从三星、美光、SK 海力士等原厂采购 DRAM/NAND 颗粒，再搭配主控芯片与 PCB 封装为标准化或定制化模组产品（如 SSD、U 盘、内存条等）。由于难以与原厂在大客户市场进行正面竞争，模组厂通常通过灵活的小批量、多品类产品切入市场，更多聚焦于消费电子配件、工控、安防、车载电子、渠道分销等细分领域，以满足下游细分客户充分且广泛的定制化需求。

第三方模组厂商的核心价值在于系统集成能力与良好的响应机制，而非底层制造。一般来说，原厂的性能与定位偏高端，客户数量有限但体量庞大，而模组厂虽然技术壁垒低于原厂，但需要具备出色的 BOM 控制、颗粒筛选、固件调校与测试验证能力，以及较强的交付、品质与售后响应机制。总而言之，存储

模组厂核心在于“颗粒之外”的增值，如系统集成、固件优化、产品化能力与交付服务，是典型的下游价值实现环节。

模组厂需从原厂采购晶圆，晶圆价格变动对公司盈利能力影响较大。由于第三方模组厂商并不自建晶圆厂，因此依赖原厂的产能与定价。以国内老牌存储模组龙头企业**江波龙**为例，据公司招股说明书，公司从全球及国内领先的晶圆原厂采购存储晶圆，从知名的存储主控厂商采购主控芯片，在采购完成原材料后，通过委外方式进行产品生产过程中所需的封装测试、组装加工等。从成本占比来看，存储晶圆成本占公司主营业务成本比重约 75%-80%，因此存储晶圆价格变动对毛利率影响较大。

模组厂的成本变化具有滞后性。在存储行业，模组厂商的产品单位成本变化通常滞后于产品的销售单价变化，主要原因在于晶圆采购到产品销售之间存在时间间隔。当存储价格上涨时，模组销售单价先于成本上升，模组企业的毛利率短期走高，价格下跌时则相反。由此可见，晶圆的价格波动会以一定时滞传导至成本端，形成模组厂盈利能力的周期性波动。

五、相关公司

1、江波龙：企业级 SSD 产品组合+自研主控芯片的双轮驱动

江波龙专注于半导体存储领域，为客户提供从产品设计、存储芯片、主控芯片设计及固件开发，到封装、测试、制造等全方位的存储定制服务。

国产替代龙头，企业级存储实现放量增长。2025H1 公司企业级存储业务规模增长明显，企业级存储业务收入达到 6.93 亿元，同比增长 138.66%。公司是国内少数具备“eSSD+RDIMM”产品设计、组合以及规模供应能力企业，在 eSSD 与 RDIMM 产品组合基础上，已成功点亮 SOCAMM 产品，结合 MRDIMM、CXL2.0 内存拓展模块构建了全面的企业级产品体系。公司的 eSSD 与 RDIMM 产品已成功完成鲲鹏、海光、飞腾等多个国产 CPU 平台服务器的兼容性适配，DDR5RDIMM 产品也通过了 AMD 旗下 Threadripper PRO 9000 WX 系列工作站 CPU 认证，为在主流平台上的广泛应用提供了坚实的技术基础。公司企业级业务进入快速增长阶段，客户涵盖运营商、大型及中型互联网企业、服务器企业等，产品已在通信、互联网、金融等行业历经多次严苛考验并成功交付。

主控自研构筑技术壁垒，TCM 模式不断突破，加码长期高毛利高壁垒。截至 2025 年 7 月底，公司主控芯片全系列（含 UFS/eMMC/SD/高端 U 盘等场景）产品累计实现超过 8000 万颗的批量部署。公司设计并成功流片了历史上首批 UFS 自研主控芯片，搭载公司自研主控的 UFS4.1 产品的整体性能超越市场同类产品。基于公司 UFS 主控芯片的技术实力优势，公司已与闪迪达成战略合作，共同面向移动及 IOT 市场推出定制化的高品质 UFS 产品及解决方案。

2、佰维存储：产品布局与 AI 战略深度融合，SSD 技术领先

佰维存储专注于半导体存储器的研发设计、封装测试、生产和销售，核心产品及服务涵盖半导体存储器和先进封测服务，具体可分为六大产品线：嵌入式存储、PC 存储、工业规存储、企业级存储、移动存储和先进封测服务。

公司企业级存储有 4 大类别，分别为 SATASSD、PCIe SSD、CXL 内存及 RDIMM 内存条，主要应用于数据中心、通用服务器、AI/ML 服务器、云计算、大数据等场景。公司 SS 系列企业级 2.5" SATASSD 产品包含 SS811、SS821 等系列，支持异常掉电保护、端到端的数据保护、Thermal Throttling、动态和静态

磨损平衡、支持电源动态管理、S.M.A.R.T、垃圾回收和 TRIM、固件备份、Internal RAID 等特性。公司 SP 系列企业级 PCIe SSD 产品，包含 Gen4 和 Gen5 两类产品。用创新架构，可实现超低且一致的读写延迟，具备优秀的能效比表现，可为客户提供业界领先的 KIOPS/Watt 综合性能。

佰维存储企业级 SSD



资料来源：佰维 BIWIN 公众号，天风证券研究所

3、兆易创新：利基存储格局优化，端侧 AI 推动定制化需求增长

公司专用型存储芯片包括 NOR Flash、SLC NAND Flash 和利基型 DRAM 三条产品线，形成了丰富的产品矩阵，满足客户在不同应用中对容量、电压以及封装形式的多元需求，已在消费电子、工业、通讯、汽车电子等领域实现了全品类覆盖。

NOR Flash 方面，公司产品覆盖 512Kb 到 2Gb 的容量范围，支持 1.2V、1.8V、3V、1.65~3.6V 以及 1.8 VVCC&1.2VVIO 等多种供电类型，并针对不同市场应用需求分别提供高性能、低功耗、高可靠性、小封装等多个产品系列，可满足客户在不同应用领域多种产品应用中对容量、电压以及封装形式的需求。2025 年上半年，公司推出了专为 1.2VSoC 应用打造的双电压供电 SPI NOR Flash 产品，进一步强化公司在双电压供电闪存解决方案领域的战略布局，为市场提供先进嵌入式存储解决方案，可应用于智能可穿戴设备、医疗健康、物联网、数据中心及边缘人工智能等新兴领域。2025 年，公司为率先实现 45nm 节点 SPI NOR Flash 大规模量产的公司之一，存储密度得到显著改善，持续保持技术和市场的领先。

SLC NAND Flash 方面，公司产品容量覆盖 1Gb~8Gb，采用 3V/1.8V 两种电压供电，具有高速、高可靠性、低功耗的特点，其中 SPI NAND Flash 在消费电子、工业、汽车电子等领域已经实现了全品类的产品覆盖。2025 年上半年，公司推出了兼备更快读取速度和坏块管理功能的高速 QSPI NAND Flash 产品，可应用于工业、IoT 等快速启动应用场景。

公司利基型 DRAM 产品广泛应用于网络通信、电视、机顶盒、智能家居、工业等领域。2025 年上半年，公司 8Gb 容量 DDR4 产品市场推广顺利进行，营收稳步增长；LPDDR4 产品开始贡献营收。公司控股子公司青耘科技开展的定制化存储业务正有序推进中，业务进展顺利。

4、德明利：国内存储模组领先厂商，企业级存储打开成长空间

公司产品线涵盖固态硬盘、嵌入式存储、内存条及移动存储四大系列，已广泛应用于车载电子、数据中心、新能源汽车、手机、平板、安防监控等多元应用场景。公司以闪存主控芯片的设计、研发为差异化核心竞争力，结合固件方案及量产工具开发、存储模组测试和供应链管理等形成完善的存储解决方案，公司目前研发量产了多款存储主控芯片，最终通过存储模组产品形式实现销售。

2024 年公司实现营业收入 47.73 亿元，同比增长 168.74%；实现归母净利润 3.51 亿元，同比增长 1302.30%。企业级 SSD 方面，公司面向高性能应用领域推出了 M.22280NVMePCIe5.0x4SSD，顺序读写性能达到 14100/12200MB/s，容量规格设定为 1TB-8TB，显著降低数据传输的延迟，内置智能电源管理模块，确保在高性能运行的同时保持低功耗和高稳定性，广泛支持 AI+ 技术，满足大数据、云计算和高性能计算的存储需求。公司正在加快推进产品研发与客户验证工作，目前已给多家云服务企业进行送样，部分产品已顺利通过客户验证并成功导入。

公司营业收入及同比增速



数据来源：ifind，兴业证券经济与金融研究院整理

公司归母净利润及同比增速



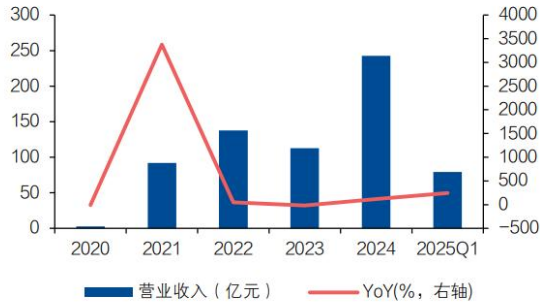
数据来源：ifind，兴业证券经济与金融研究院整理

5、香农芯创：构建“分销+产品”一体两翼发展格局，企业级存储有望成为新增长点

公司在高端存储领域历经多年耕耘，现已形成“分销+产品”一体两翼的发展格局。“芯片分销业务”与“自研产品业务”互为表里，二者在渠道、研发、服务、供应链等环节紧密呼应。电子元器件产品分销目前为公司的主要收入来源，公司已具备数据存储、控制芯片、模组等电子元器件产品提供能力，产品广泛应用于云计算存储（数据中心服务器）、手机等领域。

2024 年公司实现营业收入 242.71 亿元，同比增长 115.40%；实现归母净利润 2.64 亿元，同比下降 30.08%。公司自主品牌“海普存储”建设、开发进展顺利，以深度服务国家大数据产业为出发点，围绕国产化、定制化路线，已完成企业级 DDR4、DDR5、Gen4eSSD 的研发、试产，产品性能优异，用于云计算存储（数据中心服务器）等领域。目前已完成部分国内主要的服务器平台的认证和适配工作并正式进入产品量产阶段。

公司营业收入及同比增速



数据来源: ifind, 兴业证券经济与金融研究院整理

公司归母净利润及同比增速



数据来源: ifind, 兴业证券经济与金融研究院整理

六、技术趋势

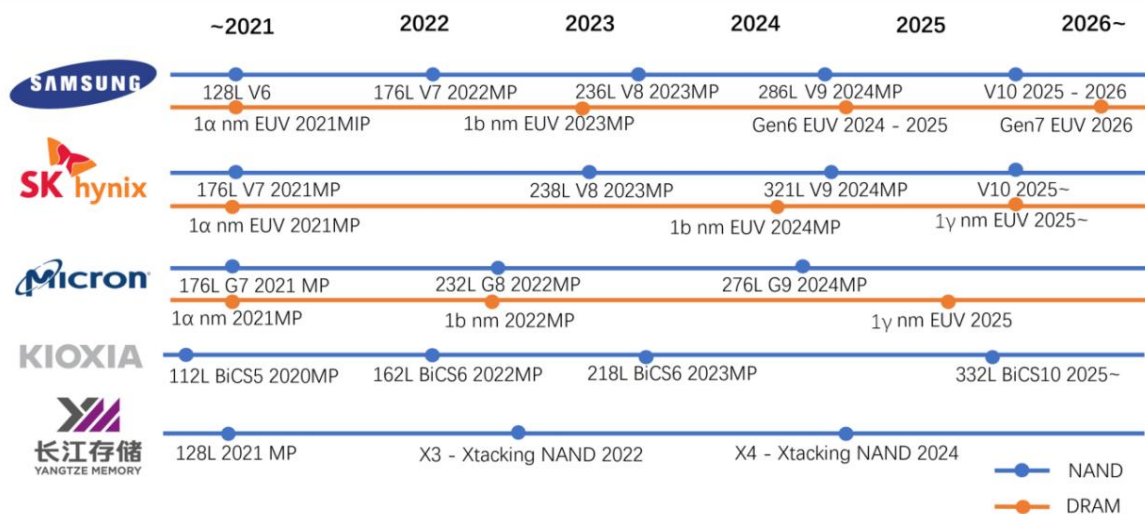
存储行业正经历多维度的技术变革: DDR5 和 MRDIMM 提升内存带宽, HBM 满足 AI 极致需求, 3D NAND 突破存储密度极限, DRAM 制程迈向更高能效。国际巨头主导创新, 国内企业加速追赶, 未来竞争将围绕性能、功耗和成本展开, 而 AI 的持续发展将进一步驱动存储技术的演进。

1、NAND: 3D 层数竞赛与存储密度提升

在 NAND Flash 领域, 3D 堆叠技术已成为提升存储密度的主要手段。2023 年开始, 各大厂商正式突破 200 层, 三星推出第八代 236 层、海力士推出了 238 层、美光推出了 232 层, 铠侠推出 218 层的 NAND Flash 产品, 长江存储推出 232 层颗粒固态硬盘。

随着应用领域和使用场景越来越多样化, 特别是 AI 的推动, 市场对 NAND Flash 的要求也随之提升, 对容量的要求越来越高。比如 2024 年, 手机主流的存储容量也到了 256GB 至 1TB 之间。因此, 在 2025 年, 三星、SK 海力士、美光、铠侠、西部数据、长江存储等这些 NAND Flash 的头部企业的目标瞄准了 300 层的 3D NAND Flash 商用化。三星甚至宣称将在 2030 年推出 1,000 层的 NAND Flash 产品。

3D NAND 与 DRAM 技术发展路径图



资料来源: CFM 闪存市场, 天风证券研究所

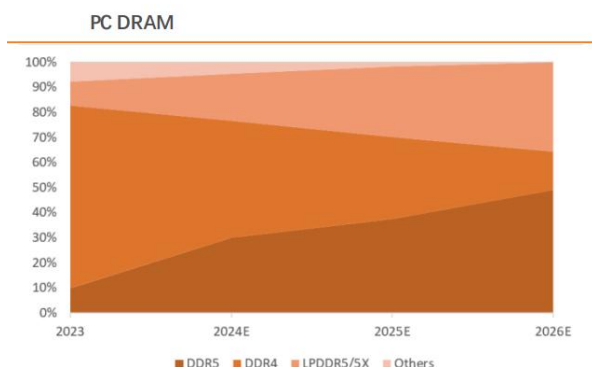
2、DRAM：制程进入 1 γ 时代，能效与性能并重

DRAM 制程已进入 10nm 以下节点，美光的 1 γ （12nm）技术率先量产，使 DDR5 速度达到 9200MT/s，功耗降低 20%。三星和 SK 海力士也在积极推进 1 α （14nm）和 1 β （13nm）工艺。不同 DRAM 类型针对特定场景优化：DDR5 适用于服务器和 PC，LPDDR5X 专注移动设备低功耗，GDDR6X 满足图形处理需求，而 HBM 则专攻 AI 高带宽应用。国内长鑫存储已推出 LPDDR5 芯片。

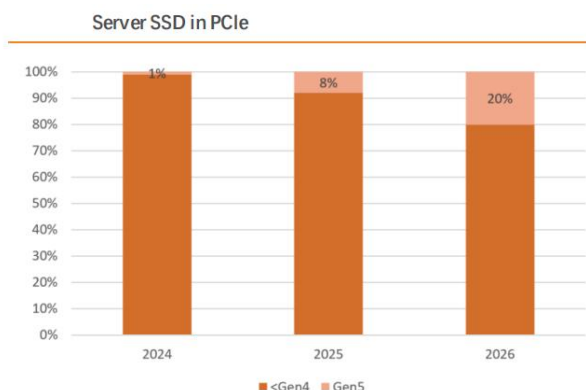
3、DDR5、PCIe 5.0 SSD、QLC 渗透率提高

DDR5 作为 DDR4 的迭代产品，在性能、能效和架构上实现了显著提升。DDR5 的每引脚数据传输速率比其前代 DDR4 翻了一番，初始 DDR5 将提供 50% 的带宽增加，达到 4.8 GT/s。随着时间的推移，DDR5 内存最终将扩展到高达 8.4 GT/s。此外，DDR5 的工作电压从 1.2V 降至 1.1V，结合 DIMM 集成的电源管理 IC（PMIC），进一步优化了功耗控制。在架构方面，DDR5 采用双通道设计，每个通道 40 位（32 数据位+8 ECC 位），相比 DDR4 的单一 72 位通道，显著提高了内存访问效率。同时，DDR5 支持更高的芯片密度（单颗 64Gb，DDR4 仅 16Gb），使得单条 DIMM 容量可达 256GB，为数据中心和 AI 服务器提供了更强的扩展能力。

在 PC DRAM 上 LPDDR5X 和 DDR5 将成为主要应用，其中 LPCAMM2 这些形态的存储产品也将提供更多选择。在 SSD 上，随着先进制程的 PCIe5.0 主控芯片由 12nm 制程演进至 5/6/7nm 的先进制程，采用四通道 DRAM-less 的设计可达到超 10GB/s 的连续读取性能，使得功耗和散热得到有效缓解，预计 PCIe5.0 方案将在 2026 年的消费类市场上得到普及。



资料来源：CFM 闪存市场，天风证券研究所



资料来源：CFM 闪存市场，天风证券研究所

LPDDR5X 方面，GRACE CPU 预计推动 2025 同比增长 427%。QLC 方面，产出将持续增长，预期 2025 年 QLC 手机存储渗透率达到 21%。

4、HBM 技术：AI 加速器的核心存储方案

目前 HBM 已发展至 HBM3E 和 HBM4 阶段，SK 海力士占据 HBM3 85% 的市场份额，其 12 层 HBM4 样品已开始送样。HBM 的关键挑战在于热管理，2019 年，SK 海力士推出了新型封装技术 MR-MUF 应对 HBM 产品热量过高的问题。美光的 HBM3E 产品通过优化堆叠结构，已经实现了功耗降低 30% 的技术突破。在空间互联方面，随着 TSV 技术不断成熟，未来 HBM4 的封装方案将借助更先进的微间距互联技术，实现 10 μ m 甚至更小间距的精密互联，从而大幅提升内存模块的集成度和带宽密度。

5、MRDIMM：突破内存带宽瓶颈的新方案

在 DDR5 的基础上，MRDIMM（多路复用双列直插内存模块）进一步提升了内存带宽，成为应对“内存墙”问题的关键技术。MRDIMM 沿用了类似 LRDIMM 的“1+10”架构（1 颗 MRCD+10 颗 MDB），通过同时操作两个内存通道，将数据速率提升至 8800MT/s（第一代）甚至 12800MT/s（第二代）。例如，英特尔至强 6 处理器搭配 MRDIMM 后，性能提升高达 33%。此外，高尺寸（TFF）MRDIMM 无需增加物理插槽即可扩展容量，适用于 2U 及以上服务器。目前，英特尔、AMD、SK 海力士等厂商已推出相关产品，而国内澜起科技也在 MRCD/MDB 芯片领域占据重要地位。随着 AI 算力需求的增长，MRDIMM 有望成为高性能计算和 AI 训练的主流内存方案。

七、市场机遇

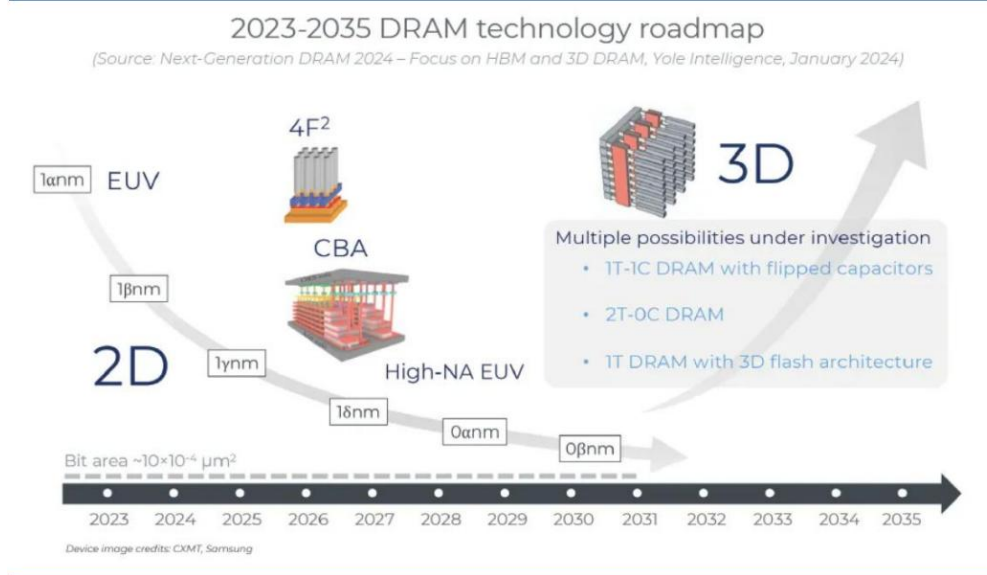
1、3D DRAM：高密度 DRAM 架构最具潜力的长期解决方案之一，国产厂商有望实现弯道超车

各大 DRAM 厂商不断升级 DRAM 制程，但平面形式下进一步缩小制程已接近极限。从各厂商制程节奏来看，十纳米级 DRAM 有第一代 1x（18~19nm）、第二代 1y（17~18nm）、第三代 1z（16~17nm）、第四代 1α 或 1a（14~15nm）、第五代 1β 或 1b（12~13nm）、第六代 1γ 或 1c（11~12nm）、第七代 1δ 或 1d（10~11nm）、第八代 1ε（10nm）。其中，三星在 1x、1y 和 1z 制程技术领先，并在 1a 采用 EUV，但美光延续采用 DUV 机台，反而抢先量产 1a 和 1b 制程。目前 1c 制程竞争激烈，美光已送样 1γ DDR5，只用一层 EUV 加速量产并降低成本；SK 海力士 1c 制程 2025 上半年量产，应用于 DDR5、LPDDR6、GDDR7 等；三星的 1c 制程可能 2025 年下半年量产。预计 2027 年左右将量产第七代 1d 制程、2028 年之后将量产第八代 1ε 制程。然而，随着物理极限的逼近，出现电流泄漏、信号干扰等问题，进一步缩小变得非常困难。

4F² 结构为 3D DRAM 重要技术方向。为实现有限面积的高效利用，存储单元布局需突破传统水平排列模式，核心路径分为两类：一是将单元结构垂直化以压缩占用空间，二是借鉴建筑堆叠逻辑实现单元阵列的立体排布。其中，4F² 结构是单元垂直化的关键技术，4F² 结构的技术核心在于重构存储单元的内部组件布局，将传统水平分布的源极、栅极与漏极转化为垂直层级结构。具体而言，其结构设计遵循自上而下的层级逻辑：最底层设置与位线连接的源极，源极上方部署连接字线的栅极，栅极之上再依次堆叠漏极与电容器。这种垂直堆叠的单元架构不仅能大幅降低组件间的电气干扰，还能将单个单元的面积缩减约三分之一，为高密度集成奠定基础。

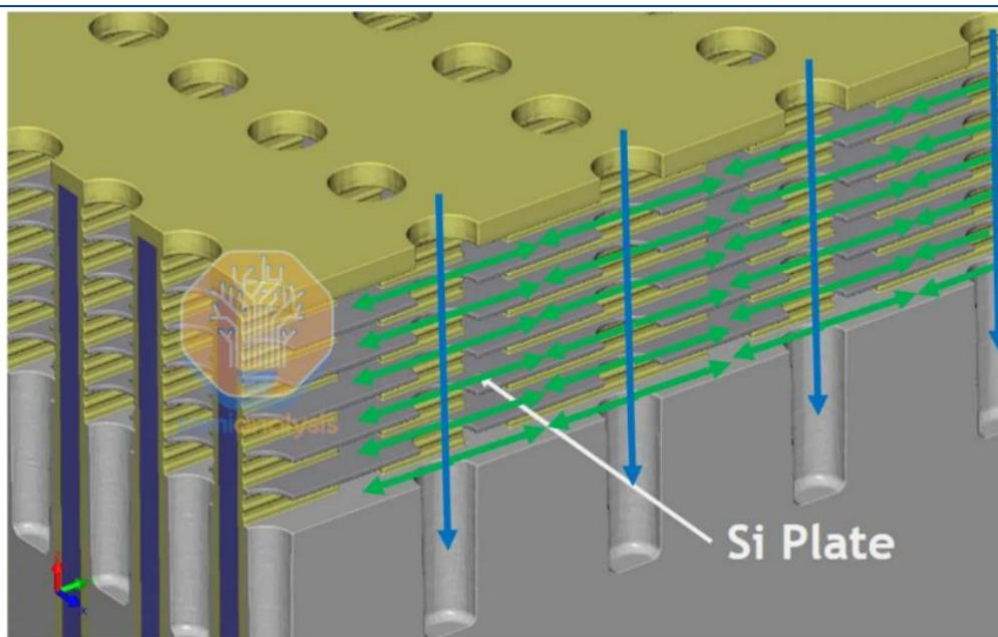
从技术对比视角来看，传统 DRAM 单元阵列采用源极、栅极、漏极（含电容器）的横向排列方式，而 4F² 结构则通过自上而下的垂直堆叠重新定义单元形态。在空间占用上，传统结构需依托位线占据 3 个单位空间，4F² 结构则仅需 2 个单位空间，这使得在相同面积内可集成的存储单元数量显著提升。当前，该技术路线已成为行业重要研发方向，三星正在开发的垂直通道晶体管（VCT）DRAM，以及 SK 海力士推进的垂直栅极（VG）DRAM，均以 4F² 结构为核心技术架构。

2023-2035 年 DRAM 技术演进



高深宽比蚀刻与沉积设备厂商或将受益于 3D DRAM 产业变革。从 3D DRAM 的工艺流程来看，交替沉积硅/锗硅多层结构（类似全环绕栅晶体管初始工艺）；蚀刻隔离柱孔并填充介质，形成位线绝缘支撑结构；蚀刻位线/电容器阵列通孔；选择性去除锗硅牺牲层，悬空硅层作为沟道；沉积氮化层包裹沟道，填充绝缘材料防漏电；临时填充电容器孔，在位线通孔内蚀刻形成栅极/字线；金属填充位线通孔，替换电容器孔填料为电容介质。我们看到，图形化步骤大幅精简，高难度蚀刻/沉积工序显著增加。二维 NAND 曾是光刻精度竞赛的主战场，其存储单元平面微缩需求远超 DRAM 与逻辑芯片。但转向三维架构后，NAND 通过堆叠层数实现密度跃升，受益者是材料工艺设备商。3D DRAM 的产业变局下相关设备厂商或将受益，产业价值正在从光刻设备向蚀刻/沉积设备迁移。行业推测可能采用深冷蚀刻（纵向）+湿法蚀刻（横向）的复合工艺方案。

三维 DRAM 非视线高深宽比蚀刻示意图



3D DRAM 亦增加 W2W 键合需求，预计 bonder 市场规模 2030 年达 3000 亿日元。在 4F² 和 3D DRAM 中，有一项重要技术是将控制电路（周边电路，如感应放大器、WL 驱动器、解码器等）垂直堆叠，芯片（Die）的面积可以进一步缩小，就需要将绘制有 DRAM 单元阵列的晶圆和绘制有控制电路的晶圆分开制作，再进行晶圆对晶圆（W2W）键合或混合键合（Hybrid Bonding）。根据 TEL，W2W 混合键合将用于内存中的 3DDRAM，东京电子预计，bonder 机的市场 TAM 将从 2025 年的 1000 亿日元增加到 2030 年的 3000 亿日元。

3D DRAM 需要混合键合

Broad Applications and Expansion of Bonding Technology

Application	Frontend Process					
	CIS ¹	NAND		DRAM		Logic
Stacking Device	BSI ² Pixel + (Peripheral) + Logic	3D NAND Cell + Peripheral Cell + Peripheral		VCT ³ DRAM (Si Substrate) + Peripheral Cell + (Si Substrate)	3D DRAM (Si Substrate) + Peripheral Cell + (Si Substrate)	BSPDN BSPDN & CFET Logic + Logic + Si Substrate
Bonding	Wafer to Wafer (CHB ³ /Fusion)	Wafer to Wafer (CHB)		Wafer to Wafer (CHB/Fusion)	Wafer to Wafer (CHB/Fusion)	Wafer to Wafer (CHB/Fusion)
Structure						
Status	HVM ⁴	R&D-HVM	R&D	R&D	R&D	R&D-HVM R&D

The design of future devices is transitioning from single bonding to multi-bonding structures

Investor Relations / February 26, 2025

¹ CIS: CMOS Image Sensor
² BSI: Backside Illumination
³ CHB: Cu Hybrid Bonding

⁴ HVM: High Volume Manufacturing
⁵ VCT: Vertical Channel Transistor

TEL 98

三星 VCTDRAM 预计最快在未来两到三年内实物产品将正式面向市场。Memcon2024 期间，三星正式发布基于垂直通道晶体管（VCT）技术的 3DDRAM 开发路线图，致力于在 2030 年前完成量产完善型 3DDRAM 的技术落地与产能搭建。与此同时，据韩国媒体报道，三星半导体（DS）部门管理层已针对 VCTDRAM 制定明确的量产路线图，且相关筹备工作已正式启动。从现有 DRAM 产品迭代节奏来看，三星电子当前正推进第五代 10 纳米级 DRAM 的量产工作；在产品规划层面，其已确定 2025 年启动第七代 10 纳米级 DRAM 的开发工作，并最终明确将 VCTDRAM 技术定为第八代 DRAM 产品的核心开发方向。对于 VCTDRAM 的商业化进程，业界普遍预计最快在未来两到三年内，该技术的实物产品将正式面向市场。

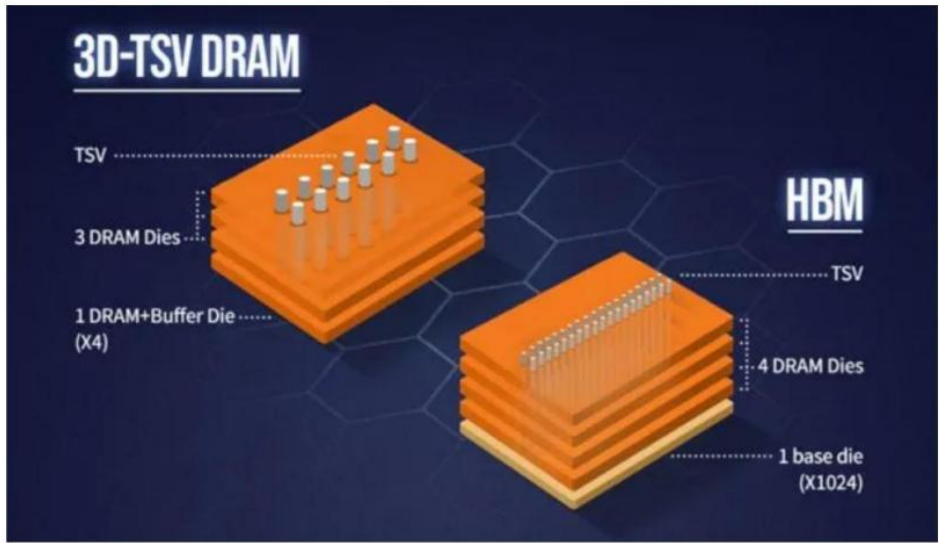
VCT 技术路线

DRAM Technology Roadmap: Generic

Year of HVM (20k/month)	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Node	1b	1c	1d	0a	0b	0c	0d				
Cell layout / Structure											
F [nm] in 6F ²	13	12~11	11~10	10~9	8	7					
Cap. pitch [nm]	39	36~33	33~30	30~27	24	21					
Cap. A.R.	>50	>55	>65	>70	>75	>80					
Cap. Mat.	ZrAlHfO						Alternative (HfZrO Anti Ferro, STO etc.)				
BL	W						Low R metal				
Peri. CMOS	HKMG										

海力士展示 5 层堆叠结构的 3D DRAM 原型产品，良率达 56.1%。SK 海力士在 VLSI2024 大会上，对外展示了采用 5 层堆叠结构的 3DDRAM 原型产品，并同步宣布该原型已实现 56.1% 的良率；其发布的相关研究论文进一步指出，实验过程中的 3D DRAM 原型展现出与当前市场主流 2D DRAM 相近的运行特性。此外，SK 海力士正同步推进将 IGZO 材料应用于 3DDRAM 的技术研究，旨在通过材料创新解决 3DDRAM 在带宽与延迟方面面临的技术挑战。IGZO 材料是由铟、镓、氧化锌组成的金属氧化物材料，主要分为非晶质 IGZO 与晶化 IGZO 两大类；其中，晶化 IGZO 具备物理与化学性质双重稳定的特点，在半导体制造工艺流程中能够保持结构的均匀性，而 SK 海力士当前重点研究的正是这类晶化 IGZO 材料。该材料的最大技术优势在于低待机功耗，这一特性与对续航时间有较高要求的 DRAM 晶体管需求高度适配，可有效改善 DRAM 的刷新特性，为 3D DRAM 性能优化提供关键支撑。

3D TSV DRAM 与 HBM 的对比



美光 3D DRAM 专利布局积极，技术路径为在不放置 Ce11 的情况下改变晶体管和电容器的形状。美光 2019 年就开始了 3D DRAM 的研究工作，截止 2022 年 8 月，美光已获得了 30 多项 3D DRAM 专利，是三星和 SK 海力士的两三倍。根据 Yole 资料，美光提交了与三星电子不同的 3D DRAM 专利申请，其方法是在不放置 Ce11 的情况下改变晶体管和电容器的形状。

三家存储大厂 3D DRAM 进展

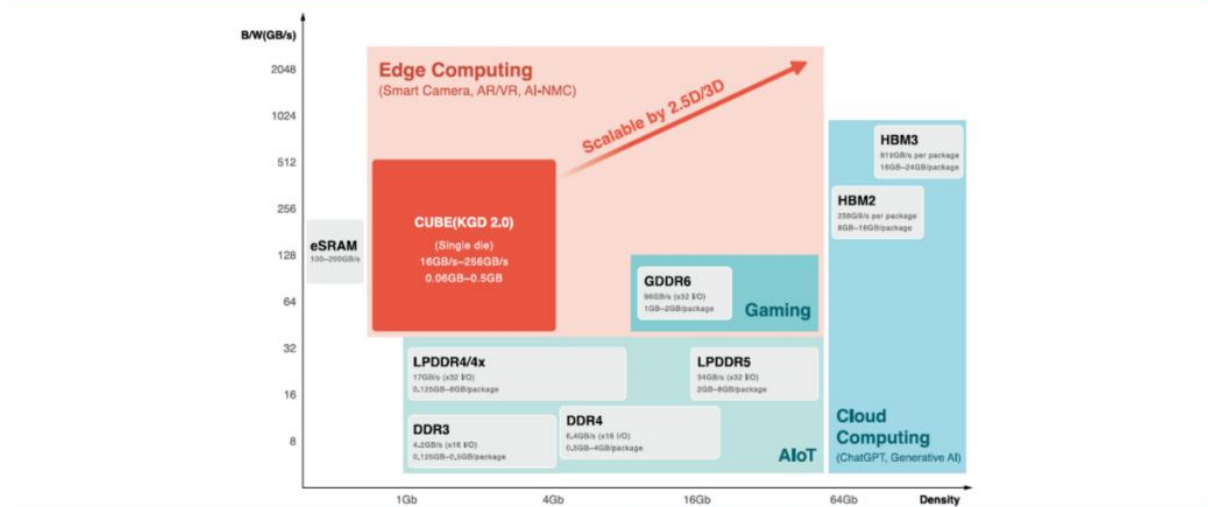
技术方向	三星	SK海力士	美光
核心架构	垂直通道晶体管+混合键合	垂直栅极+IGZO材料	晶体管/电容器形态创新
量产进度	2025年（4F ² 架构）	研发中（混合键合量产）	专利布局阶段
技术优势	高带宽、低延迟	低功耗、高良率	架构灵活性、成本优化
目标市场	AI服务器、数据中心	移动设备、HPC	通用计算、工业存储

长鑫采用横向堆叠技术路径，通过混合键合整合。长鑫直接用横向堆叠方式，把传统 DRAM 的电容与晶体管组合转为躺在同一层的内存单元，再逐层堆叠起来，电容横向尺寸约 500nm，晶体管约 200nm，加上字线与位元线，一个单元占据的横向空间接近 1 微米，比现有制程大不少，但简化了垂直整合工艺，有望先实现量产，再逐步优化，外围电路如控制单元依然放在独立芯片上，通过混合键合整合，整体思路与早期 3DNAND 类似。长鑫在 2D 工艺还落后三星、海力士、美光等大厂两三代，目前中国大陆光刻资源受限，3D DRAM 更倚重蚀刻、薄膜、键合等技术而非 EUV，中国厂商或有望在 3D DRAM 时代实现弯道超车。

2、定制化存储助力端侧 AI，国产厂商有望迎积极进展

运行 AI 应用的系统对内存性能提出多维要求，现有方案存在瓶颈，创新技术 CUBE 可有效突破限制，推动高级 AI 应用发展。随着人工智能应用尤其是大模型应用的普及，带宽、功耗和外形尺寸等限制对内存技术形成更大挑战，亟需更高效节能的计算能力。CUBE 作为创新专利高带宽内存接口技术，通过增加 I/O 数量、提升数据速度、支持 TSV（可选）及采用散热优异的 3D 架构，精准解决传统内存 IC 和模组痛点，既能增强带宽以满足大模型 AI 性能需求，又能降低功耗。此外，CUBE 可提升前端 3D 结构和后端 2.5D/3D 硅中介层上芯片及 Fan-Out 解决方案的性能，且便于应用于新产品设计。该技术适用于功耗敏感的高带宽端侧 AI 设备，能在不同平台和应用场景（如边缘设备、监控设备）中无缝高效部署 AI 模型，有望开启高级 AI 应用易用化的新时代。

CUBE 用于边缘计算且具备可扩展性



CUBE 具有高带宽、低功耗、优化散热、灵活可定制等特性。具体来看，高带宽：CUBE 通过提供高带宽内存解决方案来提高整体系统性能，解决现有方案的局限性。低功耗：CUBE 具有出色的能效，功耗低于 1pJ/bit，低功耗特性能够使其适用于功耗敏感的应用，非常适合替代低能效的内存方案。解决散热问题：基于 3D 堆叠以及小尺寸实现的紧凑外形，使 CUBE 成为便携式设备和空间受限设备的理想之选。CUBE 的创新 3D 架构巧妙地将 SoC 置上，更加靠近散热器，从而有效缓解边缘 AI 计算的散热问题。灵活性（可定制化）：CUBE 允许定制来满足各种应用的特定要求，从而为客户提供量身打造的解决方案。通过引入 TSV，CUBE 能够进一步提高信号完整性、电源完整性以及整体系统效率。CUBE 的灵活设计允许根据特定客户的 SoC 规格来定制芯片面积。

华邦电子 CUBE 性能：

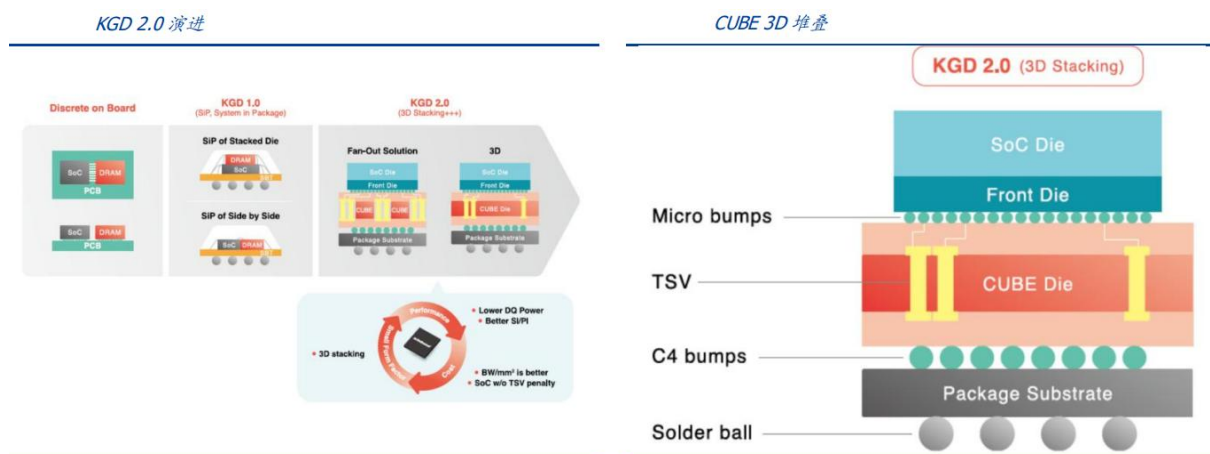
✓基于 D20 工艺的 CUBE 可以设计为 1-8Gb/die 容量，基于 D16 工艺的为 16Gb/die 容量。非 TSV 和 TSV 堆叠均可用，这为各种应用提供了优化内存带宽的灵活性。

✓CUBE 具有出色的能效，在 D20 工艺中功耗低于 1pJ/bit，能够延长设备运行时间、优化电源消耗。

✓CUBE 的 IO 速度于 1KI/O 可高达 2Gbps，提供从 16GB/s 至 256GB/s 的总带宽。通过这种方式，CUBE 能够确保带来高于行业标准的性能提升，并通过 uBump 或混合键合增强电源和信号完整性。

✓基于 D20 标准的 1-8Gb/die 产品，以及灵活的设计和 3D 堆叠选择，使得 CUBE 能够适应更小的外形尺寸。TSV 的引入也进一步提高了性能，改善了信号完整性、电源完整性和散热性能。

✓最后，TSV 技术以及 uBump/混合键合可降低功耗并节省 SoC 设计面积，从而实现高效且极具成本效益的解决方案。利用 TSV 实现高效的 3D 堆叠，简化了与先进封装技术的集成难度。通过减小芯片尺寸，CUBE 能以更短的电源路径以及更紧凑、更轻巧的设计来降低器件成本、提高能效。



华邦预期 CUBE 应用首批导入的终端产品会出现在一些国外穿戴类设备客户。边缘运算有不同的等级，对算力、存储的要求差别很大。其中穿戴类设备、边缘服务器设备、监控设备、ADAS 及协作机器人等典型的边缘运算应用场景，需要处理实时高清信号，做 AI 推理，但同时又要求低功耗，是 CUBE 的主要应用领域。在华邦的边缘运算产品中，CUBE 是目前最高级的形态，主要与 SoC 搭配。预期 CUBE 应用首批导入的终端产品会出现在一些国外穿戴类设备客户，特别是轻量级的 AI 眼镜，考虑到 CUBE 采用半定制、3D 封装结构，对客户在封装、验证等方面的要求更高，华邦还推出了一款标准化的 CUBE 产品。华邦认为目前 CUBE 在独立的 ISP 芯片应用的潜力非常大，现在摄像头越来越多，仅靠主控处理器自带的 ISP 不够用的情况下，厂商会研发自己的 ISP 芯片，这就给带宽高、功耗低的 CUBE 带来很大的机会。另外就是家用或行业用 IP Camera，目前最高阶存储用到 DDR4 或 LPDDR4，但未来不排除 CUBE 的应用机会。

南亚科定制化存储目标于 2025 年底完成验证、2026 年开始导入量产。除了华邦之外，南亚科目前开发中的定制化存储产品，主要结合高密度 DRAM、3DIC 设计与高频宽架构，并配合客户逻辑芯片（logic die）整合。这类产品目标应用涵盖 AI 服务器、AIPC、AI 手机、AI 机器人与 AI 汽车，并强调可实现特殊功能、降低功耗与优化成本等目的。定制化 DRAM 产品目标于 2025 年底完成验证、2026 年开始导入量产。

兆易创新控股子公司青稞科技紧贴客户需求，从容量、带宽、能耗等方面为客户提供更为定制化的解决方案，重塑端侧存储新形态。公司定制化存储在 AI 手机、AIPC、汽车、机器人等若干领域的客户拓展

进展顺利。端侧 AI 芯片公司**光羽芯辰**由燧原科技和兆易创新等合资成立，专注研发大模型端侧芯片。该公司采用创新的 3D 堆叠技术，整合燧原的 AI 专长与兆易的 DRAM 技术，以提升存储性能。光羽芯辰专注于为各类智能设备提供高性能人工智能技术。公司推出的 AI 一体化解决方案，以显著的成本效益和低功耗特性为核心竞争力，可广泛适用于智能手机、智能计算机、智能机器人、智能家居以及可穿戴设备等众多领域，为行业发展提供强大的技术支持和应用拓展。

3、AI 服务器为全球存储市场增长核心引擎，企业级存储国产化大势所趋

（1）闪存模组：中国企业级 SSD 市场迎爆发式增长，国产厂商重塑行业格局

企业级 SSD 主要应用于互联网、云服务、金融和电信等客户的数据中心。在数字经济时代，企业越来越将数据视为一项自身核心资产，对数据安全的重视程度越来越高。大量企业将内部信息系统和业务系统实现了数字化升级，底层数据对内关乎着企业日常经营的稳定，对外决定着信息化业务的正常运营。固态硬盘作为数据的载体，除了高性能和大容量的需求之外，企业客户还对产品包含使用寿命、稳定可靠、功耗控制、系统兼容、数据纠错、数据保存能力在内的多方面性能提出了严格的要求。整体来看，企业客户更加在意产品可靠性，而闪存介质的特性在带来高速度和大容量的同时也存在相应的缺陷，需要固态硬盘厂商通过固件技术创新进行优化，更好地满足企业客户的使用需求。

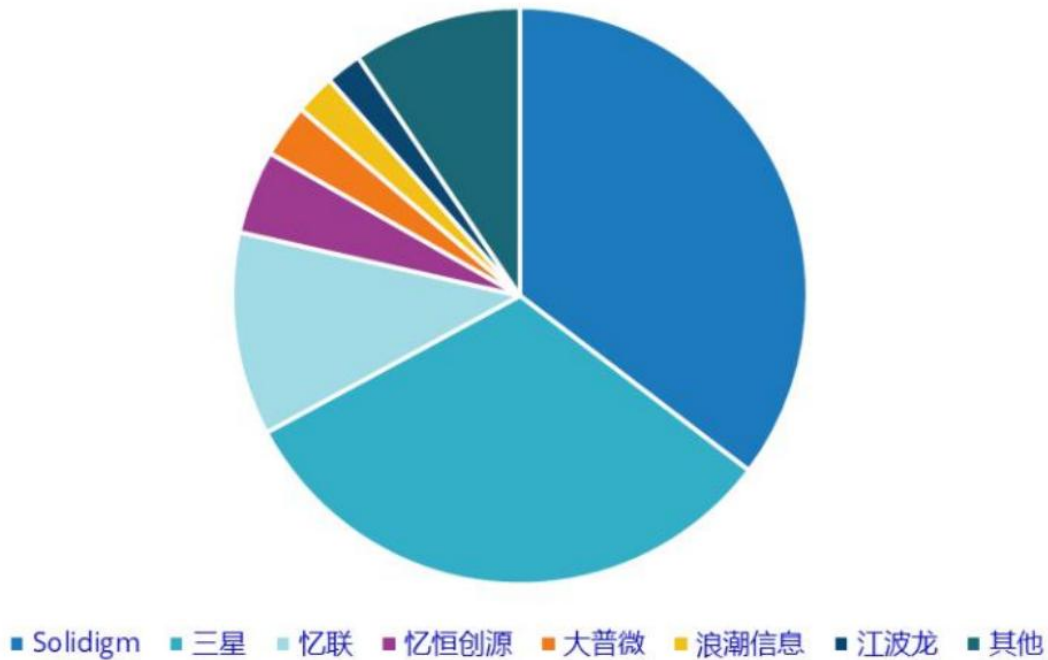
消费级 SSD 及企业级 SSD 的主要对比情况



资料来源：亿恒创源招股说明书

伴随着云计算、数据库、虚拟化、大数据和人工智能等新兴领域的快速发展，以及互联网服务的加速普及、企业数字化转型进一步加快以及工业互联网加速开展，数据量呈现出井喷的状态，数据的生命周期亦大幅延长，数字经济规模持续扩大，企业级 SSD 的市场规模不断提升。根据智通财经援引 IDC 数据，2024 年中国企业级固态硬盘市场规模增长 188%，达到 62.5 亿美元。Solidigm 和三星依托技术生态、供应链整合等能力要素处于主导地位；国内厂商方面**忆联**与**忆恒创源**分别占据国产品牌头部的市场份额，此外**大普微**、**浪潮**、**江波龙**等本土厂商持续提升研发水平与品牌力，发展势头强劲，有望实现破局。

2024 年中国企业级 SSD 市场份额情况



(2) 内存模组：原厂高度垄断企业级市场，国产模组厂加速实现 0-1 突破

内存模组是计算机架构的核心组成部分之一，主要作为 CPU 与硬盘的数据中转站，用于临时存储数据，其存储和读取速度远高于硬盘。根据应用领域不同，内存模组可分为以下几类：服务器内存模组，目前主要包括 RDIMM 和 LRDIMM 等类型，随着服务器数据存储和处理负载的不断增加，对服务器内存模组的稳定性、纠错能力以及低功耗的要求也日益提高；普通台式机、笔记本内存模组，主要类型为 UDIMM、SODIMM 等。全球 DRAM 市场中，90% 左右的市场份额由三星电子、海力士及美光科技占据。

内存模组的发展遵循清晰的技术升级路径，预计 2025 年服务器 DDR5 渗透率达到八成。近年来，服务器内存模组行业正经历从 DDR4 世代向 DDR5 世代的切换，目前 DDR5 第一子代、第二子代、第三子代内存产品已实现量产，JEDEC 已完成 DDR5 第四子代产品标准制定，并正在推进第五子代产品标准的制定。同时，为满足传输速率提升及新的产业需求，JEDEC 还陆续定义了多种新型服务器用内存模组架构，例如 MRDIMM。内存模组与 CPU 是计算机的两个核心部件，是计算机生态系统的重要组成部分。随着支持更高速率 DDR5 的 CPU 的持续迭代，DDR5 内存模组的渗透率将提升，同时其子代的更新迭代也将持续推进。据 CFM 数据，截至 2024 年二季度末，全球服务器市场 DRAM 出货中 DDR5 占比已过半，预计 2025 年末全球服务器市场 DRAM 出货量中约 80% 为 DDR5。

DDR-DDR5 标准主要变化

项目	DDR	DDR2	DDR3	DDR4	DDR5
标准发布时间	1998 年	2003 年	2007 年	2014 年	2020 年
电压 VDD/VDDQ	2.5V	1.8V	1.5-1.3V	1.2V	1.1V
数据传输速率 (MT/s)	200-400	400-800	800-2133	1600-3200	3200-6400
容量标准	1GB	4GB	8GB	32GB	128GB
预取设计 (bit)	2	4	8	8	16
通道数	1	1	1	1	2

服务器新型存储模组 MRDIMM，专注解决现有计算架构“内存墙”瓶颈。在服务器端，随着人工智能和大数据分析等应用快速发展，处理器内核数量日益增多，对内存带宽的需求急剧增长，JEDEC 制定了新型高带宽内存模组多路复用双列直插内存模组 MRDIMM (Multiplexed Rank DIMM) 的相关技术标准。根据 JEDEC 公布的信息，DDR5MRDIMM 通过创新设计提高了数据传输速率和整体系统性能。多路复用允许将多个数据信号组合并通过单个通道传输，从而在不增加额外物理连接的情况下提升带宽，实现无缝带宽升级，使数据速率超过同期的 DDR5RDIMM。其特性包括：

平台与 RDIMM 兼容，提供灵活的用户带宽配置。

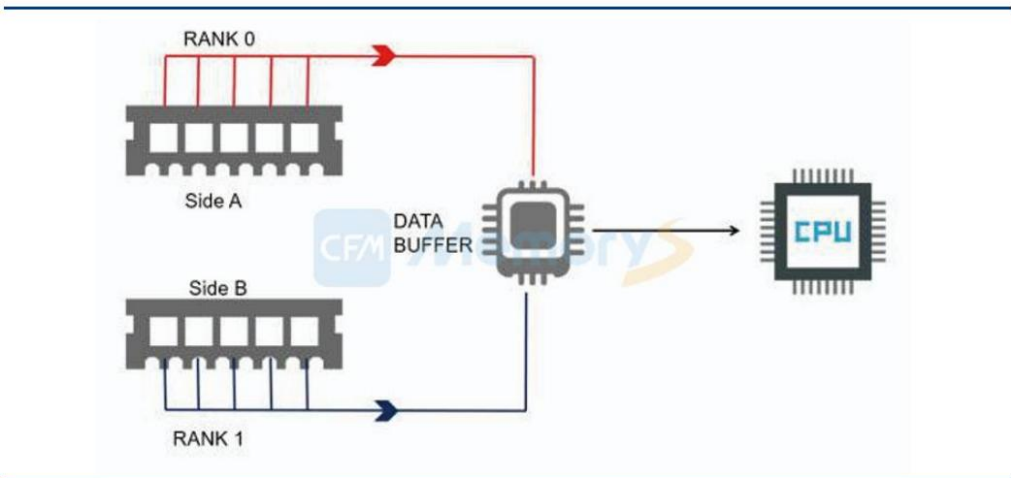
采用标准的 DDR5DIMM 组件(包括 DRAM、外形尺寸、引脚分布、SPD、PMIC 和 TS)，便于推广。

利用 RCD/DB 逻辑处理能力实现高效的 I/O 扩展。

借助现有的 LRDIMM 生态系统进行设计和测试。

MRDIMM 子代仍将持续迭代，规划支持速率有望大幅提高。MRDIMM 使用常规的 DRAM 颗粒，且与现有 DDR5 生态系统有良好的适配性，还能大幅提升内存模组的带宽，将共同推动 MRDIMM 渗透率的提升。未来 MRDIMM 仍将持续迭代升级，第一子代 MRDIMM 支持 8800MT/s 速率，第二子代 MRDIMM 支持 12800MT/s 速率，正在定义的第三子代 MRDIMM 支持的速率预计超过 14000MT/s。

MRDIMM 示意图



资料来源：闪存市场《2024-2025 年全球存储市场趋势白皮书》

国内企业级内存条近百亿美元规模，国产供应商加速实现 0-1 突破。根据相关闪存市场数据中全球 NAND 市场规模及服务器应用占比，可测算得 2024 年全球企业级 SSD 市场规模为 209 亿美元，而据 IDC 数据，24 年中国企业级 SSD 模组市场规模为 62.5 亿美元，中国企业级 SSD 全球占比约为 30%。根据全球 DRAM 市场规模及服务器应用占比，可测算得 24 年全球企业级 DRAM 市场规模为 331 亿美元。假设中国企业级内存条市场全球占比在 25%~30%，则可测算得 24 年中国企业级内存条市场规模约 83~99 亿美元。由于内存条市场原厂高度垄断，独立品牌的模组厂市场份额仍较小，目前江波龙、海普存储（香农芯创子公司）等公司已有企业级内存条相关产品，并实现量产销售，正在实现国产 0-1 突破。

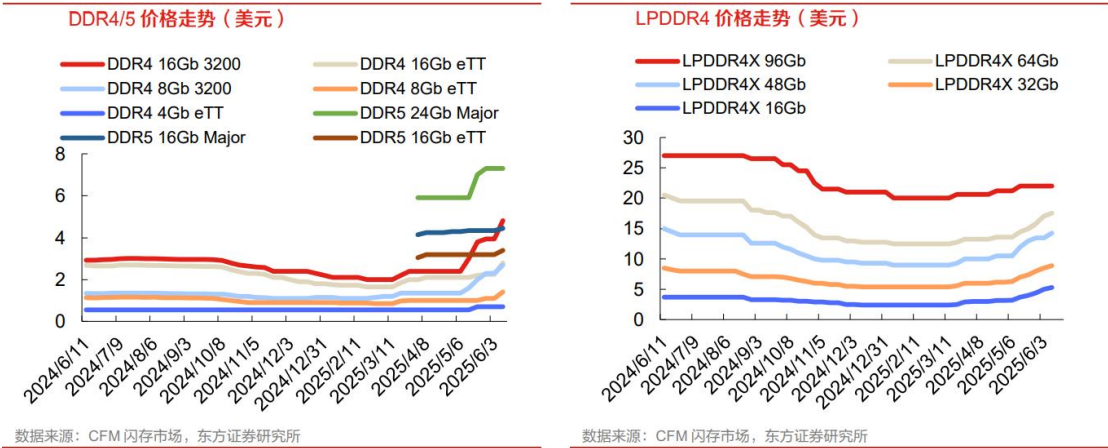
中国企业级 SSD/内存条市场规模及全球占比测算（2024 年）

	NAND	DRAM
全球市场		
全球市场规模（亿美元）	696	974
服务器应用占比（%）	30%	34%
全球企业级模组市场规模（SSD/内存条，亿美元）	209	331
中国市场		
中国企业级模组市场规模（SSD/内存条，亿美元）	62.5	83~99
中国企业级模组在全球占比	29.93%	25%~30%

八、产业前景

1、存储需求回暖，价格上涨趋势持续

存储需求回暖，5 月份存储器半导体 DRAM 和 NAND 闪存的月平均价格连续两个月上涨。据市场调查公司 DRAmExchange 报道，NAND Flash 方面，5 月份用于存储卡和 USB 驱动器的 NAND 闪存通用产品（128Gb 16Gx8 MLC）平均固定交易价格为 2.92 美元，环比上涨约 5%。NAND 价格从去年 9 月份开始连续 4 个月呈现下跌趋势，1 月份出现反弹（约 5%），已连续 5 个月上涨。DRAM 方面，5 月份 PCDRAM 普通产品（DDR48Gb1Gx8）固定交易均价为 2.1 美元，较上月大幅上涨 27%，继 4 月份上涨 22%后，连续两个月涨幅超过 20%。



25 年上半年，多家原厂已实施 DRAM 价格上调。美光、闪迪等此前宣布于今年 4 月 1 日开始对渠道和消费类产品实施全面涨价；SK 海力士已上调消费类 DRAM 芯片价格，涨幅达到了 12%。据 TrendForce 此前消息，三星电子 5 月初已与主要客户敲定了提高 DRAM 供应价格的方案，DDR4DRAM 的平均增长率为两位数，DDR5DRAM 的平均增长率为个位数。

DRAM 和 NAND 价格上涨有望持续到第三季度：

NAND Flash 方面，二季度价格上涨受国际形势变化影响，三季度企业级 SSD 需求增长成主要价格支撑。据 TrendForce 报告，四月初国际形势变化影响第二季市场的价格走势变量，预计 NAND Flash 价格季增 3%到 8%。以北美大厂为主的 CSP 持续加强 AI 投资，预期将带动企业级 SSD 需求于 2025 年第三季显著成长；在成品库存水位偏低的背景下，预期 Enterprise SSD 市场将转为供应吃紧，将支撑 NAND Flash 价格出现上涨，季增幅度有望达到 10%。

DRAM 方面，受原厂停产计划影响补货需求，DDR4 系列有望大幅上涨。依据 TrendForce，全球三大 DRAM 供应商宣布即将停产 DDR3 与 DDR4DRAM，停产消息在一定程度上推动补货需求增长；此外，美国对等关税政策和 90 天的暂停期等政策下，PCDRAM 模块领域，买家囤货热情提升。2025 年第二季度和第三季度，DRAM 有望连续上涨，其中 ServerDDR4module、ConsumerDDR4 颗粒的涨幅显著。

2、AI 浪潮已成为存储市场增长的强劲动力

全球 DRAM 市场规模及 HBM 规模预计保持增长。据力积存储港股上市申请资料，随着 AI 应用的快速发展、消费电子的扩张以及技术创新将在长期内持续推动 DRAM 市场增长，市场规模有望从 2024 年的 6979 亿元增长到 2029 年的 8934 亿元，2024 年至 2029 年的复合年增长率达 5.1%。AI 芯片相关产品迭代也促使 HBM 单机搭载容量扩大，推动 HBM 之于 DRAM 产能及产值占比均大幅向上。根据 TrendForce 数据，产能方面，2025 年 HBM 占 DRAM 总产能占比预估将超过 10%；产值方面，2025 年 HBM 之于 DRAM 总产值有机会逾三成。TrendForce 集邦咨询预估，2025 年 HBM 需求位元可望在 2024 年基础上再翻倍。

MRDIMM 新型内存模组有望缓解 AI 时代“内存墙”问题。在 AI 时代，数据驱动的工作负载需求不断增长，传统内存 RDIMM 传输带宽的线性增长与 CPU 核心数量的指数级增长不相匹配，“内存墙”问题凸显。MRDIMM 借助 DDR5 规范，采用特殊多路复用技术，可在单一时钟周期内对两个 Rank 执行读写操作，有效提升带宽与内存运算效能。MRDIMM 容量大、成本低、扩展方便，能直接兼容现有 DDR5 插槽，在科学计算、大语言模型推理等场景性能提升显著。目前，SK 海力士、美光科技、三星、英特尔等内存厂商积极支持该技术，澜起科技等可提供关键 MRCD/MDB 芯片套片。随着技术成熟，预计更多服务器 CPU 将支持 MRDIMM，推动 AI 基础设施建设中终端市场对其的需求增长。

CXL 技术凭借其内存池化、缓存一致性和低延迟特性，有望成为重构算力基础设施的关键，市场规模有望快速增长。CXL 技术是一种高速互联技术，旨在改善计算系统内部各个组件之间的通信效率。它提供了一种高带宽、低延迟的通信通道，使内存、加速器和其他计算资源能够直接连接，从而大幅提升了数据传输速度和系统整体性能。市场调研机构 ABI Research 表示，CXL 技术通过内存池化和共享内存资源，显著提高了内存利用率。例如，与传统方案相比，CXL 内存扩展可以将每 GB 内存的成本降低约 52%。据市场咨询机构 Yole 预测，到 2028 年，CXL 市场新增规模将达到近 160 亿美元。中国市场规模预计将占 1/2，达 80 亿美元。

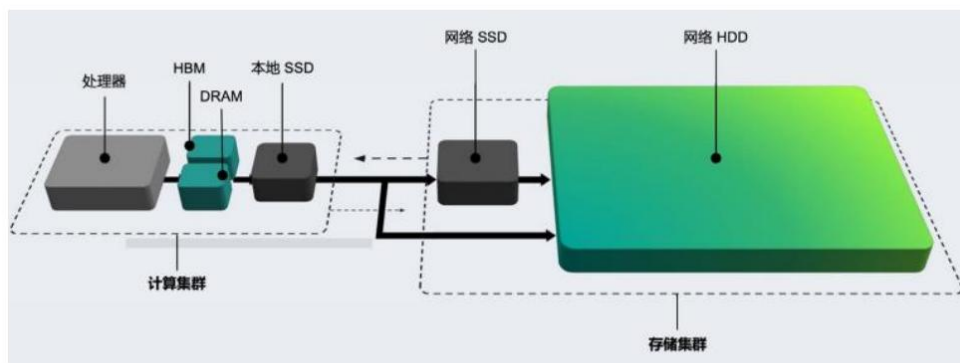
在 AI 技术迅猛发展的背景下，存储容量和性能的提升显得尤为重要。随着数据的爆炸式增长，生成式 AI 应用走向普及，更丰富的内容、更频繁的复制以及更持久的数据留存，带来了更多的数据创建和存储

需求。AI 应用所产生的数据不仅规模庞大，而且类型多样，包括结构化数据、非结构化数据以及流数据等。这些数据的存储和管理对存储系统提出了更高的要求。在 AI 赋能业务的过程中，企业利用数据的能力提升，带动数据存储、管理、使用的需求增长。用户越来越关注数据存储容量、数据访问速度、设备与系统的能效等方面。

在大型数据中心部署中，大容量、高性能的 AI 存储系统能够显著节省训练所需的时间，并确保 AI 集群计算能力的高可用性。通过网络访问的存储便于共享和扩展，其中硬盘（HDD）能够长期保存原始数据并提供数据保护，固态硬盘（SSD）则充当可即时访问的数据层。在模型的训练过程中，先要快速地从存储中加载数据到 HBM（高带宽内存）、DRAM 以及本地固态硬盘以供后续的计算密集型操作使用。网络硬盘和固态硬盘存储检查点，以保护和优化模型训练。推理过程中的内容创建主要依靠 HBM、DRAM 和本地固态硬盘或硬盘完成。随后，内容被存储起来，以便不断进行优化。硬盘用于存储并保护内容的副本。

分布式存储技术通过将数据分散到多个节点上存储，提高了系统的可扩展性和容错性。这种技术不仅能够满足 AI 应用对大容量存储的需求，还能够提供高并发访问和数据共享功能，为 AI 应用的训练和推理过程提供有力支持。

大型数据中心部署中的存储系统



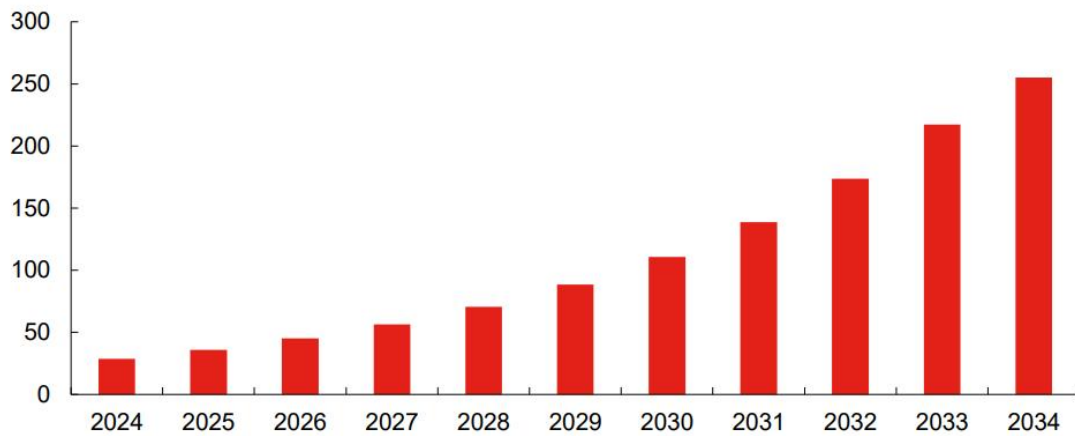
数据来源：益企研究院，东方证券研究所

边缘侧计算能力增长需存储能力同步提升。边缘侧的推理应用有显著的实时性要求，且边缘侧采集的数据并不全部向云端转移，其中包括实时性、稳定性、传输带宽/成本、数据安全/合规的约束，去中心化更符合边缘侧推理的要求。大多数数据在边缘侧处理和存储，由此带动了边缘侧算力和存储空间的增长。根据希捷科技和益企研究院，业界预测边缘存储的增长速度是核心存储的 2 倍。

高阶智能驾驶时代，数据闭环是核心要素。数据闭环即从车端数据采集，到处理后形成有效数据集，再通过云服务器进行存储、运输，经过算法模型训练、验证后，将有效数据成果部署上车，各环节相互连接，形成数据循环。自动驾驶需要处理来自多种类型传感器的多模态数据，包括但不限于图像、视频流、点云等。这些数据在结构、大小和访问频率上都存在差异。因此，存储系统需要具备灵活的数据管理能力，能够适应不同类型数据的存储需求，并提供高效的数据检索和分析功能。另外，自动驾驶技术对边缘侧的数据存储可靠性也有着极高的要求，存储系统必须采用多种数据冗余和保护机制，确保数据的完整性和可用性，即使在面临硬件故障或自然灾害等极端情况下，也能保证数据的可靠存储。

全球 AI 驱动存储市场预计保持高速增长。据 Precedence Research，全球 AI 驱动存储市场预计将从 2024 年的 287 亿美元，激增至 2034 年的 2552 亿美元，年复合增长率达 24.4%。越来越多企业正在积极寻求更智能、更灵活的数据管理解决方案。

2024-2034 年 AI 驱动的存储市场规模预测（十亿美元）



数据来源：Precedence Research，益企研究院，东方证券研究所

3、预计 2025 年存储行业将以 25%的同比增速领先于半导体行业整体同比增速 12.46%

2024 年开始伴随行业逐步回暖，存储行业同比增速 77%显著高于 半导体行业整体同比增速 16.01%。展望 2025 年，据 WSTS 预测，预计存储行业仍将以 25%的同比增速领先于半导体行业整体同比增速 12.46%。

全球存储器市场规模及增速



资料来源：WSTS，国海证券研究所

4、存储行业国产化前景广阔

半导体存储作为集成电路产业的核心分支，影响着社会信息化进程。近年来，以长江存储、长鑫存储为代表的国内存储晶圆厂商在技术进步和产能扩张方面持续展现出强劲的发展势头。与此同时，国内半导体存储企业在存储芯片、存储模组、封装测试等核心技术领域不断加强自主研发，持续提升半导体存储产业的综合竞争力。

目前存储芯片国产化率较低，国产化前景广阔。根据 Gartner 数据，2024 年国产 DRAM 份额低于 5%，国产 NAND Flash 芯片市场份额低于 10%，发展前景较大。存储器行业属于集成电路领域国家重要的战略性新兴产业基础产业，对国家的电子信息产业和信息安全有重大的意义，存储芯片的国产化率随着市场和政策的双向推动将会大幅提升，国产存储产业前景广大。

存储芯片方面，国内上市公司主要覆盖利基 DRAM 芯片、NOR Flash 芯片、小容量 NAND Flash 芯片和 EEPROM 芯片领域，与存储原厂形成差异化格局。兆易创新 NOR Flash 市场产品份额位居全球第二，24 年总体出货容量创历史新高，车规 NOR Flash 保持高增长；24 年 DDR3L 和 DDR4 产品出货量进一步增长，25 年将持续推进 DDR48Gb 产品在 TV 等领域的客户导入，并推出 LPDDR4 进一步补齐利基型 DRAM 产品线。北京君正存储产品主要面向汽车、工业、医疗等行业市场及高端消费类市场，SRAM、DRAM 等产品在全球车规存储市场占据重要的产业地位。

国内主要存储 IC 相关上市公司业务梳理

公司 名称	RAM		ROM						
	DRAM	SRAM	Flash				MLC NAND Flash	SLC NAND Flash	EEPROM
	利基 DRAM		NOR FLASH						
			车规	工规	消费级				
兆易 创新	DDR4、 DDR3L，将推 出 LPDDR4		512Kb-2Gb，其中 2Mb-2Gb 车规级覆盖				1Gb-8Gb， 消费电子、 工业、车规		
北京 君正	DDR4、 LPDDR4	同步/异步/高速 QDR SRAM	256Kb-1Gb				1Gb-8Gb		
紫光 国微		特种 SRAM	特种 NOR Flash			特种 NAND Flash 23 年推出		特种 EPROM、特 种 EEPROM	
东芯 股份	DDR3(L)、 LPDDR1/2/4X				64Mb 至 1Gb		512Mb- 32Gb		
复旦 微电			首款车规考 核完成	512Kb-1Gb			512Mb- 8Gb，首款 车规级产品 完成考核	覆盖工规、车 规、消费级	
普冉 股份			4Mb-512Mb					2Kb-4Mb，车 载、工控	
聚辰 股份			512Kb-8Mb 产品通过车 规验证		512Kb-32Mb 批 量出货，64Mb- 128Mb 片验证中			境内领先的汽 车规供应商	
江波 龙					样片测试阶段	32Gb 已流片	512Mb-8Gb		
恒烁 股份			1Mb-512Mb						

数据来源：Wind，公司官网，东方证券研究所整理

存储产品方面，国内上市公司已实现嵌入式存储、固态硬盘、移动存储、内存条等产品线的广泛覆盖，并在主控芯片领域有所延伸。江波龙是全球第二大独立存储器企业及中国最大的独立存储器企业，面向消费电子、数据中心、工业、通信、汽车、安防、监控等行业应用市场和消费者市场，为客户提供高性能、高品质、创新领先的存储芯片与产品，2024 年公司企业级存储业务规模增长明显，实现营业收入

9.22 亿元，同比增长 666%；江波龙延伸产业链条，开发的三款自研主控芯片已实现累计超 3000 万颗的自主应用。佰维存储、德明利等存储模组厂亦均开发了主控芯片产品。德明利的闪存模组以自研主控芯片为核心持续研发拓展，新一代自研 SD6.0 存储卡主控芯片成功量产，待客户验证通过后即可批量导入；SATASSD 主控芯片成功量产进展顺利；已立项 PCIe SSD、UFS、eMMC 主控芯片项目。佰维存储的第一款 eMMC 国产自研主控已进入小批量生成环节。

国内主要独立存储器公司产品覆盖

公司名称	嵌入式存储						固态硬盘		移动存储			内存条	
	LPDDR	eMMC	UFS	ePoP、eMCP和 uMC	LPDDR	BGA SSD	SATA SSD	PCIe/NVMe SSD	移动 SSD	U 盘	存储卡	DRAM	CXL
江波龙	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√	√
德明利	√	√	√		√		√	√	√	√	√	√	√
佰维存储	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
朗科科技		√					√	√	√	√	√	√	
万润科技	√	√				√	√	√	√			√	
帝科股份	√												

数据来源：Wind，东方证券研究所整理

九、参考研报

- 1. 华金证券-存储行业系列报告：AI 大模型引爆需求，存储行业站上新一轮成长周期
- 2. 东方证券-电子行业深度报告：部分存储涨价，AI 和国产化驱动行业增长
- 3. 天风证券-半导体行业专题研究：涨价持续性+AI 强催化+国产化加速，重点推荐存储板块机遇
- 4. 申港证券-电子行业点评：存储供需好转，复苏有望延续
- 5. 德邦证券-存储行业：存储芯片，周期属性凸显，AI 基建打开新空间
- 6. 天风证券-半导体行业专题研究：AI 存储革命已至，“以存代算”开启存储新纪元
- 7. 兴业证券-电子行业跟踪报告：AI 驱动存储行业景气向上，国内企业级存储厂商加速崛起
- 8. 西部证券-存储行业专题研究报告：“供给出清+国产替代加速”，国内存储厂商迎来历史性机遇
- 9. 浙商证券-江波龙-301308-深度报告：全矩阵存储行业龙头，“主控拓延+企业级突破”双轮驱动
- 10. 东莞证券-存储模组行业专题报告：AI 驱动景气向上，受益供给格局改善



慧博公众号



慧博 PC 版



慧博 APP

免责声明：以上内容仅供学习交流，不构成投资建议。