

存储周期与算力需求共振, AI 时代大展宏图

2024 年 07 月 18 日

存储行业全球巨头, AI 时代“存力”核心标的之一。美光创立于 1978 年, 总部位于美国, 当前业务包括 DRAM, NAND 及 NOR, 并向下延伸提供各类模组产品。经过多年外延并购和内生发展, 公司逐步成长为全球存储市场的主要参与者之一。据 CFM 闪存市场数据, 2023 年美光在全球 DRAM 及 NAND 市场占有率分别为 23.90% 和 10.80%。

公司不仅在传统存储市场拥有完整的产品线, AI 时代, 公司亦拥有多种新产品用于云端数据中心和终端 AI PC、AI 手机中, 是 AI 存力需求兴起的核心受益者。美光针对云端应用提供 HBM、高端 RDIMM 及 CXL 内存等产品, 以满足其训练与推理的需求, 其中 HBM3E 已经成功应用于英伟达 H200 Tensor Core GPU, 基于 32Gb DRAM 芯片的 128GB DDR5 RDIMM 也已经出货。

传统存储: 减产+HBM 挤出限制供给, AI 贡献新需求, 涨价有望持续。存储器具有大宗属性, 存储行业具有周期性特征, 目前全球范围内的供给收紧叠加需求增长, 存储行业已经步入新一轮上行周期。

供给端,三星、美光及海力士等主要存储原厂均在 2023 年采取了减产的措施, 同时约束资本支出, 目前仍未见明显的扩产动作, 传统存储供应增长比较有限。从新技术对产能的影响来看, HBM 生产相同容量所需晶圆量为 DDR5 的三倍, 目前 HBM 供不应求, **存储原厂将更多资源倾斜到 HBM 上, 进一步挤占传统存储产品的产能。**存储产能供给因此持续收紧。**需求端,**AI 贡献了最大的边际增长, 云端训练及推理需要大量 HBM、DDR5 及 SSD, 未来端侧 AI 的发展也将带动单机存储用量的提升。

根据 CFM 闪存数据, 自 2023 年 9 月存储产品价格见底以来, 截至 2024 年 5 月下旬, DRAM 指数已涨超 31.82%, NAND 指数已涨超 91.4%, 但距离前高仍有较大空间。

HBM: 后发先至, 市场份额有望加速提升。HBM 是算力硬件突破内存墙瓶颈的突破性技术, 该市场早期由海力士和三星引领, **美光则后发先至完成赶超, 率先发布 HBM3E 产品, 并于 FY24Q3 实现约 1 亿美元收入。**从产品性能来看, 美光 HBM3E 能够提供高达 1.2TB/s 的带宽, 引脚速度超过 9.2Gb/s, 较主要竞争对手的性能高出约 10%, 功耗节省约 30%, 优势凸显。根据公司后续产品规划, 公司将在 2025 年发布 36GB 12-High HBM3E, 并于 2026 年推出 36GB 12-High HBM4。

截至 FY24Q3 季报披露, 美光 2024 年和 2025 年的 HBM 产能均已售罄, 预计 FY2025 实现数十亿美元营收, 公司预计未来将在 HBM 市场取得与 DRAM 市场接近的市场份额。

投资建议:公司传统业务受益周期回暖, 且兼具 HBM、LPCAMM 等新品带来的成长性, 中短期 HBM 出货及存储涨价将带来的业绩释放。长期来看, AI 将从云侧存储和端侧存储两方面引领公司更长维度的业绩增长, 建议积极关注。

风险提示:终端需求增长不及预期、存储行业供给超预期增长、AIPC 及 AI 手机销量不及预期、新品研发进展不及预期。

重点公司盈利预测、估值与评级

代码	简称	股价 (美元)	EPS (美元)			PE (倍)		
			FY2023A	FY2024E	FY2025E	FY2023A	FY2024E	FY2025E
MU.O	美光科技	119.50	-4.92	1.23	9.68	-	97	12

资料来源: Bloomberg, 民生证券研究院; (注: 股价为 2024 年 7 月 17 日收盘价; 公司数据采用 Bloomberg 一致预期)

推荐

维持评级


分析师 方竞

执业证书: S0100521120004

邮箱: fangjing@mszq.com


分析师 易永坚

执业证书: S0100523070002

邮箱: yiyongjian@mszq.com

分析师 张文雨

执业证书: S0100524060002

邮箱: zhangwenyu@mszq.com

相关研究

- 海外 AI 研究系列 (二): 英伟达 (NVDA.O) 深度报告: AI 时代的算力领军人-2024/07/08
- 电子行业周报: AI 终端新趋势: 散热、耳机、AR-2024/07/07
- 半导体行业点评: 长鑫金桥扩产, 看好存储封测产业链机遇-2024/06/30
- 电子行业点评: 全球视角, 探讨晶圆厂投资-2024/06/24
- 电子行业 2024 年中期投资策略: AI 产业的新范式-2024/06/18

目录

1 四十余年耕耘，缔造存储市场巨头	3
1.1 全球份额领先，存储全产品覆盖	3
1.2 并购+研发齐头并进，成就全球存储巨头	6
1.3 周期上行拉动业绩，持续去库+控产紧缩供给	9
2 传统存储：周期上行趋势延续，价格继续回升	13
2.1 存储行业周期性显著，供需反转下拐点明确	13
2.2 端侧 AI 接力云端，存储需求长期趋势向好	19
3 HBM：后发先至，份额快速提升	27
3.1 HBM 满足 AI 高带宽+存储密度需求	27
3.2 HBM 市场空间广阔，三大原厂竞争激烈	30
4 投资建议	35
5 风险提示	36
插图目录	37
表格目录	37

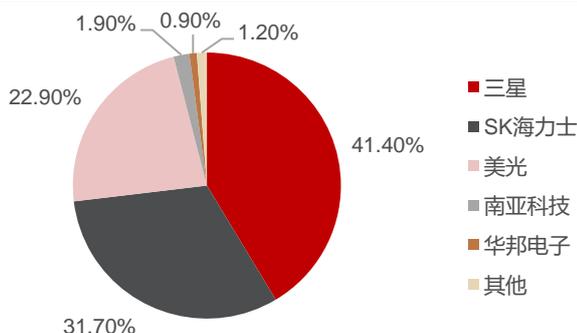
1 四十余年耕耘，缔造存储市场巨头

1.1 全球份额领先，存储全产品覆盖

1.1.1 产品系列齐全，下游场景全覆盖

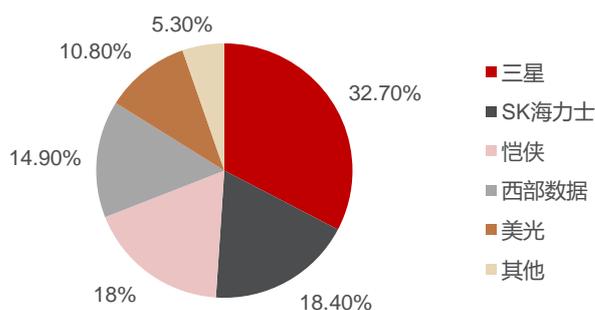
美光创立于 1978 年，总部位于美国爱达荷州，主要产品包括 DRAM、NAND 和 NOR，下游应用场景涵盖消费电子、汽车、通信、数据中心等各领域，是全球领先的存储器设计与制造公司之一。根据美光 FY2024 前三季度分业务营收数据，美光 DRAM 产品营收占比为 71%，NAND 占比为 28%，其他产品(主要为 NOR) 占比为 1%。就市场地位来看，根据 CFM 闪存市场数据，2023 年公司在全球 DRAM 份额位居 TOP3，市场占有率约为 22.8%，仅次于三星和 SK 海力士；在全球 NAND 市场占有率则为 10.8%，同样为市场主要供应商之一。

图1：2023 年全球 DRAM 竞争格局



资料来源：CFM 闪存市场，中商产业研究院，民生证券研究院

图2：2023 年全球 NAND 竞争格局



资料来源：CFM 闪存市场，中商产业研究院，民生证券研究院

公司产品覆盖面广，能够满足市场绝大部分应用场景的需求。**内存领域**，公司产品囊括 DRAM 及 LPDDR，并且能够提供 RDIMM(服务器)、LPDIMM(桌面)、SODIMM(桌面) 等各类模组产品。同时，针对行业创新趋势，公司推出 CXL 内存及 HBM 等具有跨时代意义的产品。其中 CXL 技术针对内存墙和 IO 墙提供全新的内存解决方案，美光已于 2023 年 8 月宣布推出 CZ120 内存扩充模块，并开始向客户和合作伙伴送样；HBM 则大幅提高了带宽，并显著降低了功耗，为 AI 时代大模型运算推理提供了强力内存支持，公司则已推出 HBM3E，并为 AI 时代 HBM 的三家核心供应商之一。

闪存方面，公司分为 NOR Flash 和 NAND Flash。公司在 NAND 产品领域完成 SLC、MLC、TLC、QLC 全覆盖，同时在 3D NAND 技术方面世界领先。公司于 2022 年宣布推出的全球首款 232 层 NAND，在当时实现了有史以来最高的每平方毫米 TLC 密度 (14.6Gb/mm²)；NOR 产品领域，公司则涵盖串行 NOR 和并行 NOR，并推出 Xccela™ flash，与传统的代码执行并行 NOR 闪存相比，引脚数大大减少，传输速度更快。其性能和优势对于汽车、工业多元化市场、消费类产品和网络行业都非常有吸引力。

公司同时还涉足下游模组，产品组合包括适用于各应用场景的 SSD、各类规范的 MCP 以及存储卡等，产品系列充足，能够为客户提供全面的存储解决方案。

图3：美光科技产品结构



资料来源：美光科技官网，民生证券研究院

从业务和市场分类来看，美光科技共有 4 个部门：包括计算和网络业务部门 (CNBU)、移动业务部门 (MBU)、嵌入式业务部门 (EBU) 及存储业务部门 (SBU)。

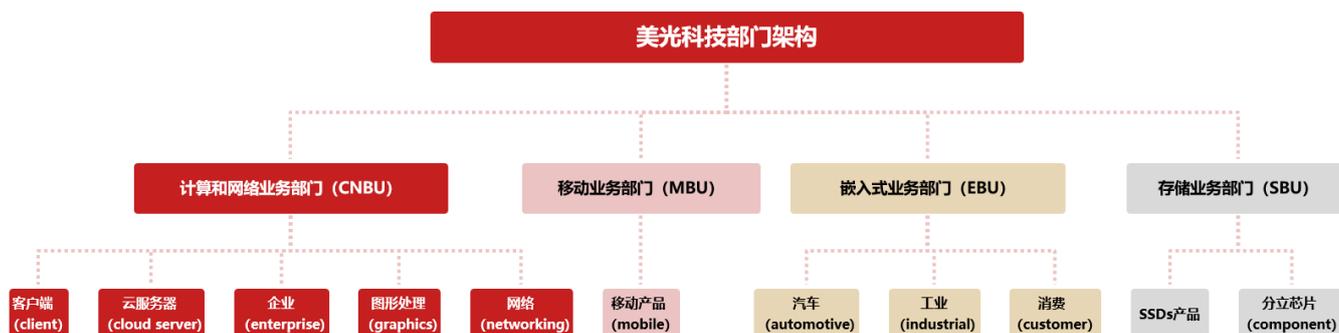
CNBU 包括销售到客户端、云服务器、企业、图形和网络市场的存储产品和解决方案，主要销售产品包括 DRAM 和 CXL DRAM、HBM 等前沿产品；

MBU 包括销售到移动市场的存储和存储产品，包括独立的 NAND、DRAM 和管理型 NAND 产品。MBU 的管理型 NAND 包括嵌入式多媒体控制器 (eMMC) 和通用闪存存储 (UFS) 解决方案，每种解决方案都将高容量的 NAND 与高速控制器和固件相结合，以及 eMCP/uMCP 产品，将 eMMC/UFS 解决方案与 LPDRAM 相结合。

EBU 包括销售到汽车、工业和消费者市场的存储和存储产品和解决方案，例如独立和模块 DRAM、独立的 NAND、管理型 NAND、固态硬盘和 NOR。

SBU 包括销售到企业和云端、客户端以及消费者存储市场的固态硬盘 (SSDs) 和组件级解决方案。

图4：美光科技部门架构



资料来源：美光科技《2023 Form 10-K》，民生证券研究院

1.1.2 产品性能为业界标杆，HBM 助力 AI 蓬勃发展

内存：持续迭代 DRAM 技术，HBM+GDDR+DDR5 模组并驾齐驱。 DRAM 为美光科技最主要的业务，FY2024 前三季度营收为 123 亿美元，占比高达 71%。

目前美光在 DRAM 系列持续追赶最新前沿技术。HBM 方面，生成式 AI 带动高算力 GPU 需求增长，使得其配套的高带宽内存如 HBM 等供不应求，**美光于 2023 年 7 月发布业界首款 24GB 8-High HBM3E**，总带宽大于 1.2TB/s，引脚速度超过 9.2Gb/s，较 HBM3 提高了 50%，较竞品减少约 30%的功耗，有助于降低数据中心的运营成本，该产品已应用于 NVIDIA H200 Tensor Core GPU，在 2024 年第二季度开始发货并带来营收。**此外，公司 36GB 12 层 HBM3E 也在今年 3 月推出样品，预计将在 2025 年大规模量产**，为 AI 的蓬勃发展添砖加瓦。

DDR 方面，美光基于 32GB DRAM 芯片的 128GB RDIMM 模块已经通过验证并开始为 AI 数据中心发货，预计 2024 年下半年带来数亿美元的收入；同时，公司开始送样 256 GB MCRDIMM，数据速率高达 8800MHz，进一步扩展了公司在服务器领域可提供产品种类；此外，美光基于 LRDDR5X 面向笔记本电脑推出 LPCAMM2 内存模组，高速率、低能耗及模块化设计使得 LPCAMM2 不仅契合当下笔记本电脑需求，更提前迎合了 AIPC 趋势，目前该产品已经供应于联想 ThinkPad P1 Gen7 笔记本。当下 DDR5 持续渗透，2023 年 DDR5 渗透率约为 25-30%，据国内内存接口芯片龙头澜起预计 2024 年起 DDR5 即将进入快速渗透期，2024 年年中后渗透率有望过半。

GDDR 方面，美光于 2022 年 4 月量产 16GB GDDR6X，主要搭载于 NVIDIA GeForce RTX 系列等高端显卡，能够将游戏图形性能提升到接近现实水平。同时还应用于 AI 推理加速器，释放高性能的 AI 推理能力。以 NVIDIA Geforce RTX 3090 Ti 为例，其采用 12 颗 GDDR，显存带宽能够达到 1008 GB/s。

表1：内存产品梳理

产品	主要应用场景	性能规格
DRAM/LPDRAM	客户端、服务器	DRAM 最高 24GB/6400MHz，LPDDR 最高 256GB/8532MHz
CXL 内存	数据中心、高性能计算	/
GDDR	客户端，AI 推理加速器	单引脚速率最高 24Gbps，单颗粒容量 2GB，系统容量一般为 24GB，总带宽可达 1.15TB/s
HBM	高性能计算、人工智能	引脚数据速率超 9.2Gbps，总容量一般为 24GB 或 36GB，总带宽可高达 1.2TB/s

资料来源：美光科技官网，民生证券研究院

闪存：NAND 产品广泛，SSD、eMMC 等模组全覆盖。 美光通过不断研发与持续并购已经成为 NAND 市场大型原厂之一，可提供 SLC、MLC、TLC 及 QLC 四种存储类型，涵盖 128Mb 到 2Tb+ 的存储密度，以满足不同客户对性能、容量和成本的需求。2024 年 2 月，美光宣布开始送样增强版 UFS 4.0 移动解决方案，主要面向智能手机存储，最高容量支持 1TB，读写速率可达 4000 MBps，是 UFS 3.1 的两倍，并采用 9mm x 13mm 托管型 NAND 封装，高性能及低能耗加持，助力智能手机加速普及生成式 AI 功能。

SSD 方面，美光拥有针对不同应用场景的全系列 SSD，能够全面满足数据中心、客户端及汽车工控客户的需求。公司产品技术行业领先，例如美光 7500 SSD 是最先进的主流 PCIe®Gen4 数据中心 SSD，也是首款采用 200+层 NAND 的 SSD，能够提供卓越的 QoS 和性能。

NOR 方面，美光可提供高达 2Gb 的密度，主要用于可靠的代码存储以及频繁更改的小数据存储。公司锐意创新，其 Xccela 闪存刷新了 NOR 闪存速度记录，读取速度最快可达 400MB/s，能够满足汽车、工业、消费者和网络应用中即时启动性能和快速系统响应性的需求。

表2：闪存产品梳理

产品	主要应用场景	性能规格
NAND Flash	移动设备、嵌入式系统	容量覆盖 1GB-2TB+，其中 SLC NAND 可支持超过 100000 次擦写
NOR Flash	嵌入式系统、工控、汽车	容量覆盖 128MB-2GB，Xccela Flash 功耗可低至 28PJ/bit
SSD	客户端、数据中心、汽车、工控	最新 9400 SSD 混合作业负载 IOPS 高出竞品 2.3 倍，接口可选 SATA 6 Gb/s 及 PCIe NVMe
e.MMC-based MCP	移动设备、嵌入式系统	存储密度覆盖 16Gb-1088Gb
UFS-based MCP	移动设备、嵌入式系统	存储密度覆盖 536Gb-4224Gb，最高 DRAM 带宽 6.4Gb/s，支持 UFS 3.1

资料来源：美光科技官网，民生证券研究院

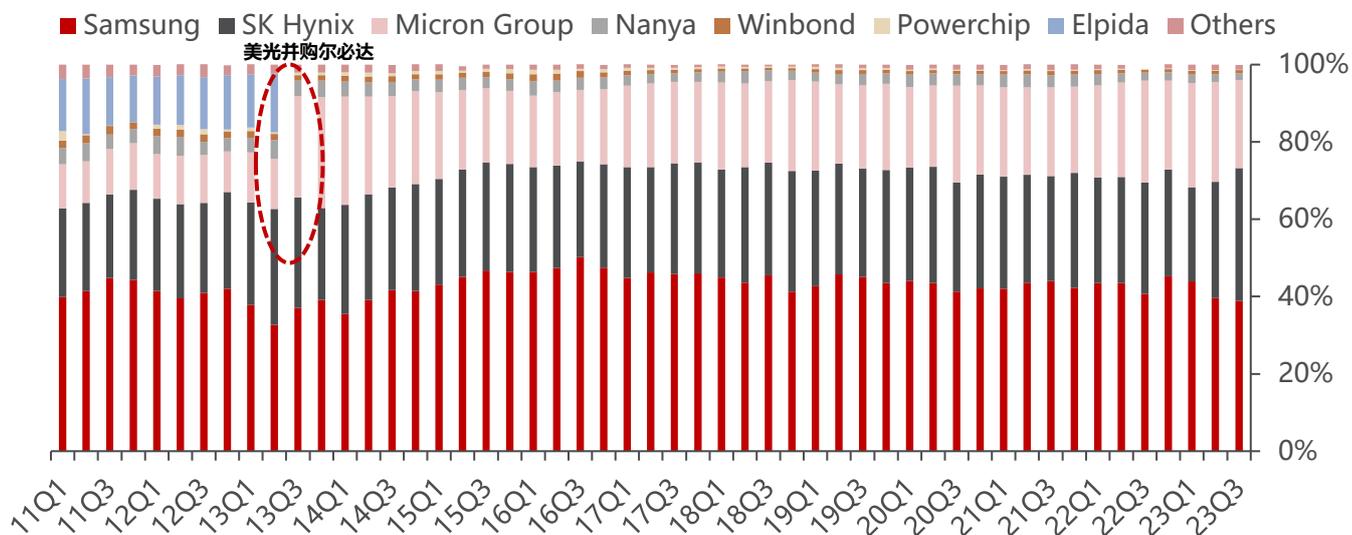
1.2 并购+研发齐头并进，成就全球存储巨头

1.2.1 周期底部逆势收购，实现产能扩张、市占提升

经过四十余年发展，美光通过不断的产业并购以提升其市场份额和竞争地位，或进入新市场。同时美光以战略眼光布局未来，为公司长期发展铺平道路。

DRAM 方面，美光曾在行业低谷阶段通过低价收购德州仪器存储业务、东芝 DRAM 事业部和尔必达等，不仅使得自身 DRAM 产能迅速扩张，也使得其议价能力大幅提升和生产成本大幅降低。1998 年，由于 DRAM 业务连续亏损，德州仪器决心退出 DRAM 领域专攻其 DSP 产品。美光则借机收购德州仪器 DRAM 工厂，加强了自身技术与研发能力。进入 21 世纪之后，美光又运用一连串的海外并购，并购日本 KMT、东芝美国工厂等，使其在 DRAM 行业的研发与生产能力再度得到大幅提升。2012 年，美光收购全球第三大 DRAM 厂商尔必达及瑞晶 24% 的股份。由此，全球 DRAM 行业形成三星、美光、海力士三寡头垄断格局。

图5：2011 年以来全球 DRAM 市场格局变化



资料来源：Statista，民生证券研究院

Flash 方面，公司和英特尔等业界巨头进行合作，在 2006 年为 IM Flash Technologies 各自投资了约 12 亿美元，以缓和当时市场 NAND 供应紧张的局面。2010 年，通过对 NOR 闪存芯片厂商 Numonyx 的兼并，美光科技借机进入 NOR 市场。2016 年，IMFT 宣布推出首款 32 层第一代 3D NAND Flash。2019 年 10 月，美光收购剩余股份后，IM Flash 成为美光子公司。

此外，公司布局数据中心和高性能计算市场。2019 年美光科技宣布收购 FWDNXT（其主要提供基于深度学习和神经网络的高效、高性能硬件和软件解决方案）。基于此次收购，美光正在将计算、内存、工具和软件集成到该综合性人工智能开发平台中，探索针对人工智能工作负载优化的创新内存。

表3：美光资本运作梳理

年份	资本运作行为	业务描述	影响
1998	收购德州仪器的全球内存业务	DRAM	成为世界上最大的内存生产商之一，加强了 Micron 在内存领域的市场地位。
2002	收购东芝的普通 DRAM 业务	DRAM	增强了 Elpida 在 DRAM 领域的技术实力和市场份额。
2005	与 Intel 合资 IM Flash	NAND Flash	巩固了两家公司在 NAND 闪存市场的竞争力。
2006	收购 Lexar Media	消费级存储卡和固态硬盘	扩张了存储解决方案领域，增加了 Micron 的产品线和市场覆盖。
2010	收购 Numonyx B.V.	NOR Flash	提升了 Micron 在 NOR 闪存市场的地位，增强了其产品多样性。
2013	收购尔必达	DRAM	使其 DRAM 市场份额跃居全球第三，加强了 Micron 在全球内存市场的竞争力。
2013	瑞晶电子	DRAM	增强了 Micron 在存储技术领域的研发和生产能力。
2015	Tidal Systems、Convey Computer 和 Pico Computing	数据中心和高性能计算	支持了 Micron 在数据中心和高性能计算市场的布局，扩展了其业务范围。
2016	Inotera Memories	DRAM 代工	完全控制了 DRAM 生产能力，提高了效率和市场竞争力。
2019	FWDNXT	机器学习和人工智能解决方案	扩张了 Micron 在数据中心存储解决方案领域的业务，加强了其在 AI 和机器学习领域的技术实力。

资料来源：美光科技官网，民生证券研究院

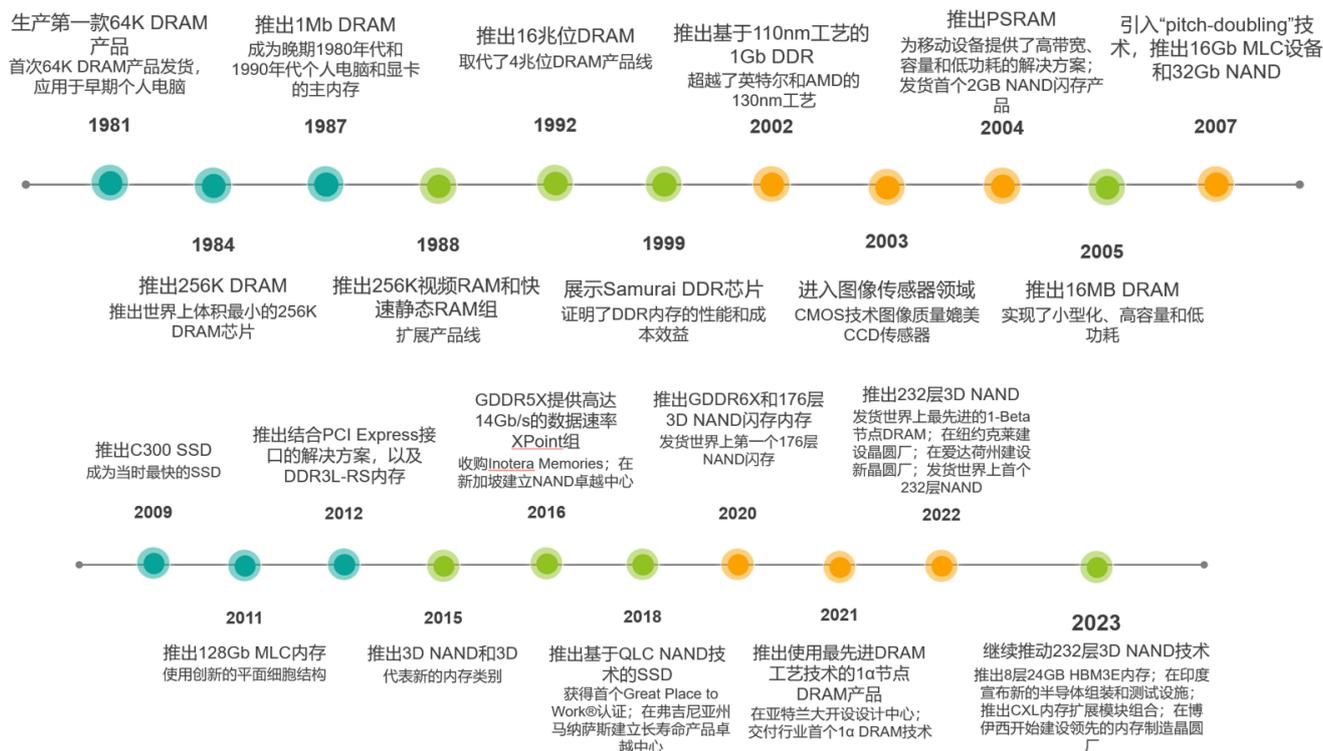
1.2.2 不断投入产品研发，全面覆盖主流存储产品

除在市场积极寻找可并购标的，公司同时通过投入研发和产品创新来提升公司核心竞争力。从第一款 64K DRAM 产品到当今如 HBM 等前沿产品，美光强大的研发团队是其能在市场经久不衰的原因之一。

早期公司通过推出体积最小化的 256K DRAM 和高性能的 1Mb DRAM，为个人电脑和显卡的发展奠定了基础。随着时间的推移，公司不断突破技术障碍，如推出 16 兆位 DRAM 和 Samurai DDR 芯片组，不仅提升了产品性能，也证明了公司在内存解决方案方面的专业能力，并积累了客户资源。

进入 21 世纪，公司推出基于 110nm 工艺的 1Gb DDR 和 PSRAM 等产品，进一步推动存储产品性能发展，并巩固了其在移动设备竞争地位。2006 年，美光与英特尔合作成立了 IMFT，将产品线从单一的 DRAM 领域拓展到 NAND 闪存芯片业务。在随后的年份中，公司通过推出 3D NAND 和 GDDR5X 等革命性产品，不断刷新行业标准，公司于 2016 年的 GDDR5X 数据速率高达 14Gb/s，极大提升了显存带宽，并广泛应用于下游市场。

图6：美光产品历史复盘



资料来源：美光科技官网，民生证券研究院

近年，美光持续走在行业前列，深入洞察行业趋势。NAND 方面，美光在 2022 年率先发布 232 层 3D NAND，并在同年 6 月推出基于 232 层 3D NAND 的 UFS 4.0，最高容量支持 1TB。

DRAM 方面, 1) 美光于 2023 年 8 月推出 MCR-DIMM 以应对人工智能时代下服务器的高带宽需求, 其能够提供高达 8800MHz 的数据速率; 2) 同年 10 月, 美光送测其首款 CXL 2.0 内存扩展模组工程样品, 针对内存墙和 IO 墙提出全新解决方案; 3) 2024 年 1 月, 美光推出业界首款标准低功耗压缩附加内存模块 (LPCAMM2), 用于桌面端。LPCAMM2 支持数据传输速率达 9600Mbps, 与传统 SODIMM 内存相比, 体积缩小了 64%, 功耗低 61%, 在 PCMark 10 基本性能测试中速度提升了 71%, 与 LPDDR 相比则具有可拓展的优点, 有望成为下一代桌面端主流内存模组; 4) 最值得注意的是: 美光于 2023 年 7 月推出 24GB 8 层 HBM, 产品带宽高达 1.2TB/s, 引脚传输速率高达 9.2Gb/s, 2024 年 3 月已首次发货并为公司带来营收。

表4: 公司近年重点产品布局

年份/时间	产品/技术	进展	性能/影响
2022	232 层 3D NAND	率先发布	行业领先
2022 年 6 月	UFS 4.0	基于 232 层 3D NAND	最高容量支持 1TB
2023 年 8 月	MCRDIMM	应对人工智能时代下服务器的高带宽需求	能够提供高达 8800MHz 的数据速率
2023 年 10 月	CXL 2.0 内存扩展模组	样品送测	容量 128/256GB, 布局 CXL 时代
2024 年 3 月	24GB 8 层 HBM	已首次发货并为公司带来营收	产品带宽高达 1.2TB/s, 引脚传输速率高达 9.2Gb/s
2024 年 5 月	Crucial LPCAMM2	宣布推出, 并将搭载于联想搭载 AI 的 ThinkPad P1 Gen 7 笔记本电脑	速度高达 7500MT/s, 比 SODIMM 快 1.3 倍, 待机功耗最多可下降 80%, 同时相对 LPDDR 具有可插拔优势
2024 年 5 月	基于 32GB DRAM 芯片的 128GB RDIMM	已验证并出货给 AI 数据中心	速度超过 5600 MT/s, 采用 1-beta 节点, 与同类 3DS 硅通孔 (TSV) 产品相比, 位密度提高了 45% 以上, 能效提高了 22%, 延迟降低了 16%。
FY24 Q2 业绩说明会	DRAM	超过 3/4 的 DRAM 比特现在处于前沿的 1-alpha 和 1-beta 节点, 已开始使用 EUV 的 1-gamma DRAM 试生产, 并计划在 2025 年日历年进行量产	预计 FY24 前端成本降低
FY24 Q3 业绩说明会	NAND	超过 90% 的 NAND 比特在 176 层和 232 层节点上, 下一代大容量 NAND 节点计划在 2025 年量产	推动性能进一步提升

资料来源: 美光科技官网, 美光科技 FY24 Q2 业绩说明会, 美光科技 FY24 Q3 业绩说明会, 民生证券研究院

1.3 周期上行拉动业绩, 持续去库+控产紧缩供给

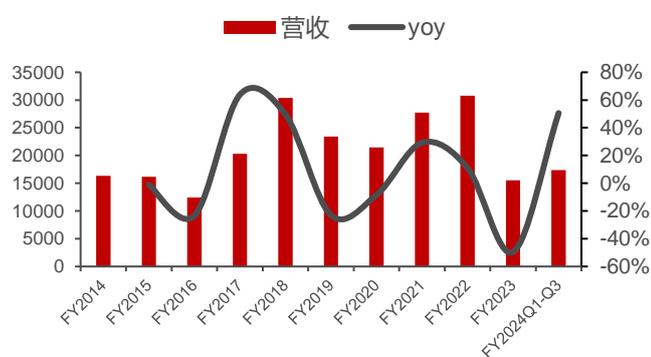
1.3.1 业绩复苏明显, 毛利率预计维持较高水位

营收和利润周期性波动大, 目前行业迎来周期上行。受下游库存高企, 以及 2023 年以来需求疲软带来的影响, 大容量存储产品销量和价格在 2023 年上半年经历了持续下跌, 对美光 2023 年美光业绩带来一定负面影响。美光 FY2023 实现营收 155.4 亿美元, 同比下降 49.48%; 实现营业利润-56.65 亿美元, 同比下降-158.96%。随着各存储厂商减产带来的供给减少, 以及终端需求复苏带来的需求增长, 下游库存水位逐渐回归正常, NAND 和 DRAM 价格自 2023 年 8 月逐渐回

升, 受益于此, 公司业绩开始逆转, FY24 H1 实现营收 105.50 亿美元, 同比增长 35.67%, 其中 FY24 Q3 实现营收 68.11 亿美元, 是公司连续第五个季度实现环比增长。

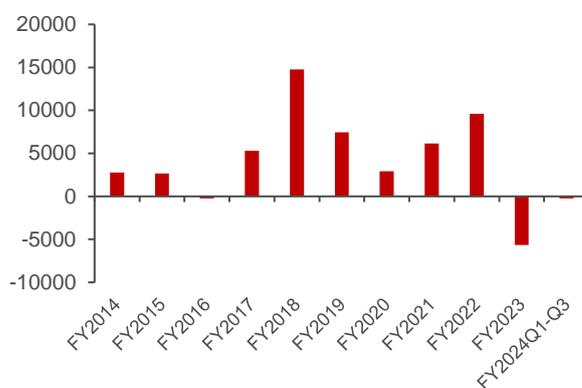
根据美光 FY24 Q3 电话会中的指引, 受益于人工智能模型趋于复杂, 对存储容量等服务器性能要求增加, 人工智能应用向下渗透到 PC、手机、汽车和工业系统等下游广泛领域, 叠加 HBM 晶圆消耗比增加带来的挤出效应等综合影响, 预计存储价格将会继续上升, AI 驱动的需求增长或将为全球存储市场带来持续数年的增长机会。值得注意的是, 美光表示 FY2025 营业收入将可能创新高。

图7: 美光营收 (百万美元)



资料来源: Bloomberg, 民生证券研究院

图8: 美光营业利润 (百万美元)

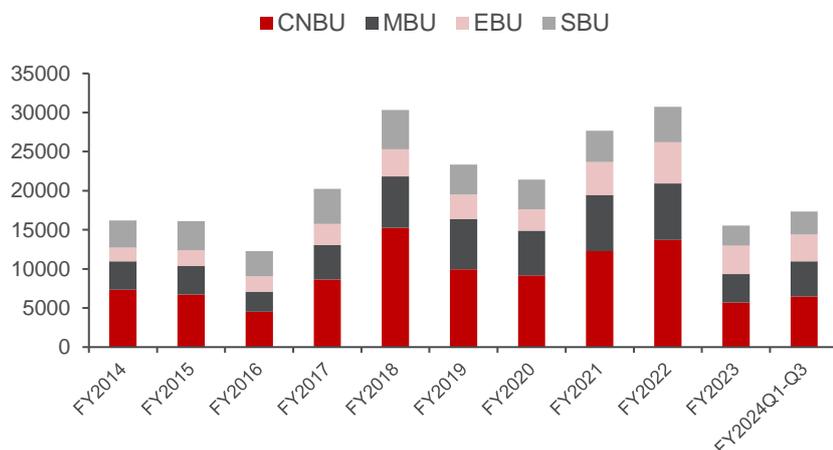


资料来源: Bloomberg, 民生证券研究院

从收入结构来看, CNBU 为美光科技第一大部门, 2023 年收入 57.1 亿美元, 占比达 36.7%, 同比下滑 58%, MBU 和 EBU 都贡献了约 23.4% 的收入, SBU 占比则最少, 约为 16.43%。

FY24 Q3 业绩情况来看: CNBU 实现收入为 26 亿美元, 环比增长 18%; MBU 实现收入约 16 亿美元, 环比微降 0.63%; EBU 实现收入 13 亿美元, 环比增长 16%; SBU 则实现营收 13.53 亿美元, 环比增长 50%。

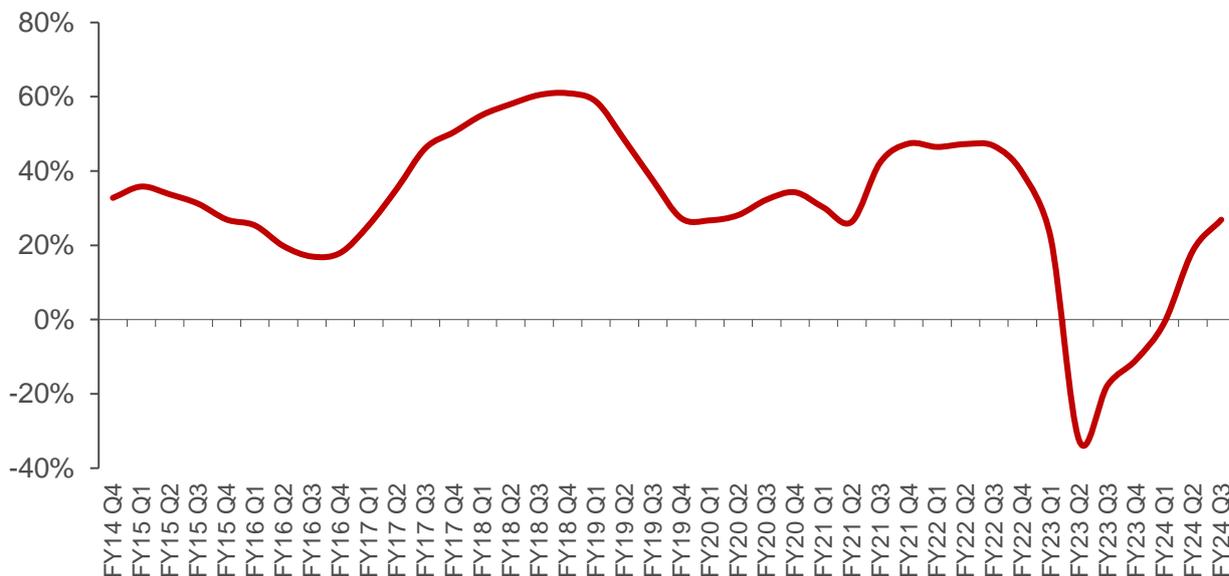
图9: 美光科技收入构成 (按部门, 百万美元)



资料来源: Bloomberg, 民生证券研究院

随着 2023 年第三季以来存储产品价格逐渐恢复，以及下游市场复苏带来的需求增长，美光毛利率逐步改善，FY2024 Q3 实现毛利率 26.9%，继 FY24 Q2 毛利率转正后，强劲的 HBM 需求开始带动整体毛利率上行。

图10：美光科技 FY14Q4-FY24Q3 单季度毛利率



资料来源：Bloomberg，民生证券研究院

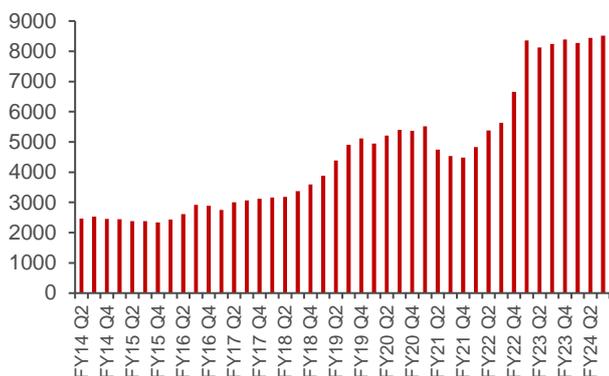
在过去两个周期中，美光在 FY 2017 年 Q3 恢复到 46.2%的毛利率水平，并一直持续较高毛利率，直到 FY 2019 年 Q2，维持 7 个季度；FY 2021 年 Q3 毛利率恢复到 42.3%后，直到 FY 2022 年 Q4 后毛利率才开始明显下跌，毛利率维持 6 个季度。

目前美光科技毛利率仍处于较低水平，FY 2024 Q3 毛利率 26.9%，至 40% 以上的毛利率仍需时间，美光表示将维持资本支出纪律，持续严控资本开支，2024 财年将维持 80 亿美元的资本开支，并主要用于投入 HBM，传统产品资本开支仍将有限。

1.3.2 库存持续消化，HBM 拉动资本支出增长

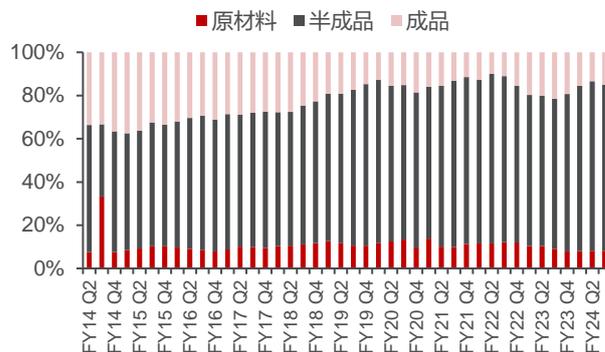
需求增加供应减少，存储价格有望继续向上。截至 FY24 Q3，美光科技的库存为 85.12 亿美元，连续 7 个季度保持稳定。但从库存占比来看，成品库存占比下降，而半成品占比连续三个季度上升，原材料稳定小幅下降，这与美光减产动向一致。随着行业内产品供应逐渐减少，逐渐走向供需平衡状态，产品价格有望随之逐渐上行。

图11: 美光科技总库存水平 (百万美元)



资料来源: Bloomberg, 民生证券研究院

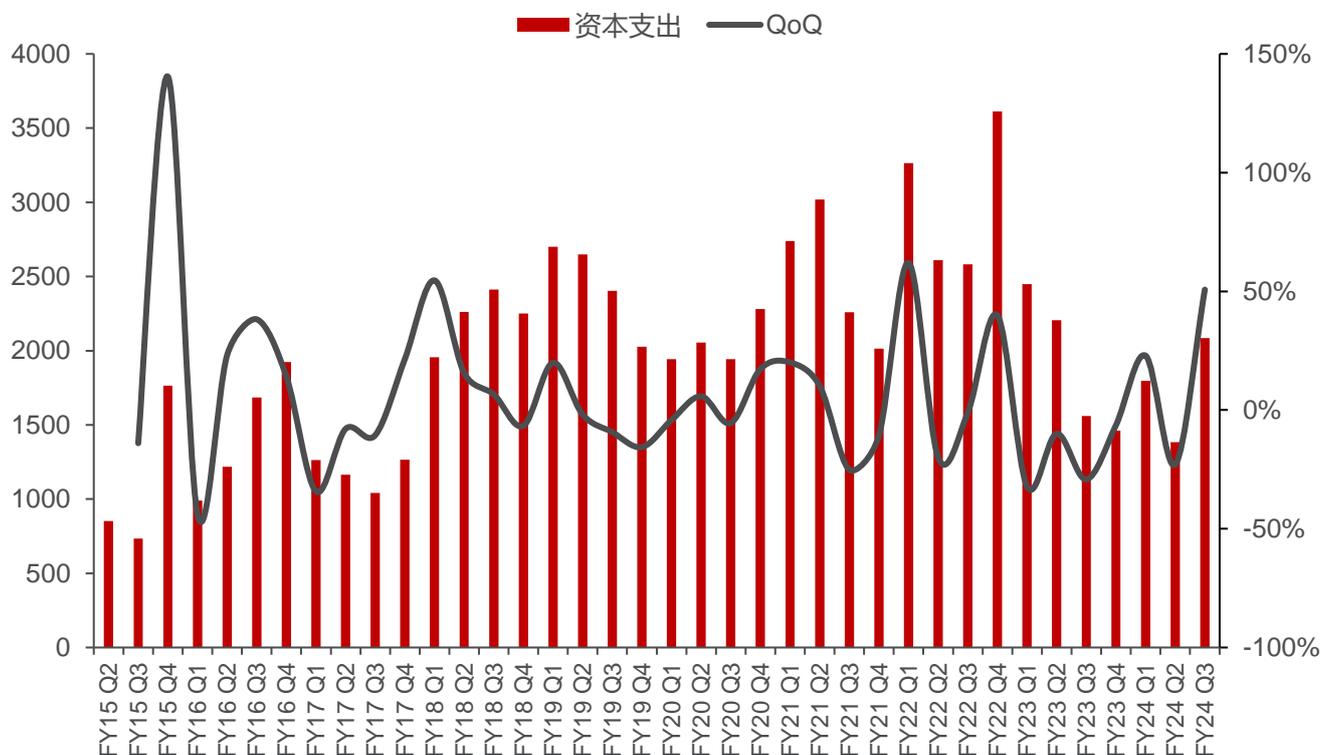
图12: 美光科技库存占比



资料来源: Bloomberg, 民生证券研究院

传统存储的资本支出已连续多个季度保持在较低水平, FY24 Q2 之前, 季度资本开支连续四个季度未超过 18 亿美元, 但 FY24 Q3 资本支出录得 21 亿美元, qoq+51%。目前, 根据美光科技在 FY24 Q3 业绩说明会中公布的资本开支计划, 美光 2024 财年将保持 80 亿元的资本支出, 25 年预计资本支出达到营收的 30%。资本支出或将重返增长区间, 新增资本支出的一半以上将用于建设公司位于爱达荷州和纽约的两座晶圆厂, 两座晶圆厂分别计划于 FY2027 和 FY2028 后供给上量, 为 HBM 等高需求产品提供产能保障。

图13: 美光资本支出情况 (百万美元)



资料来源: Bloomberg, 民生证券研究院

2 传统存储：周期上行趋势延续，价格继续回升

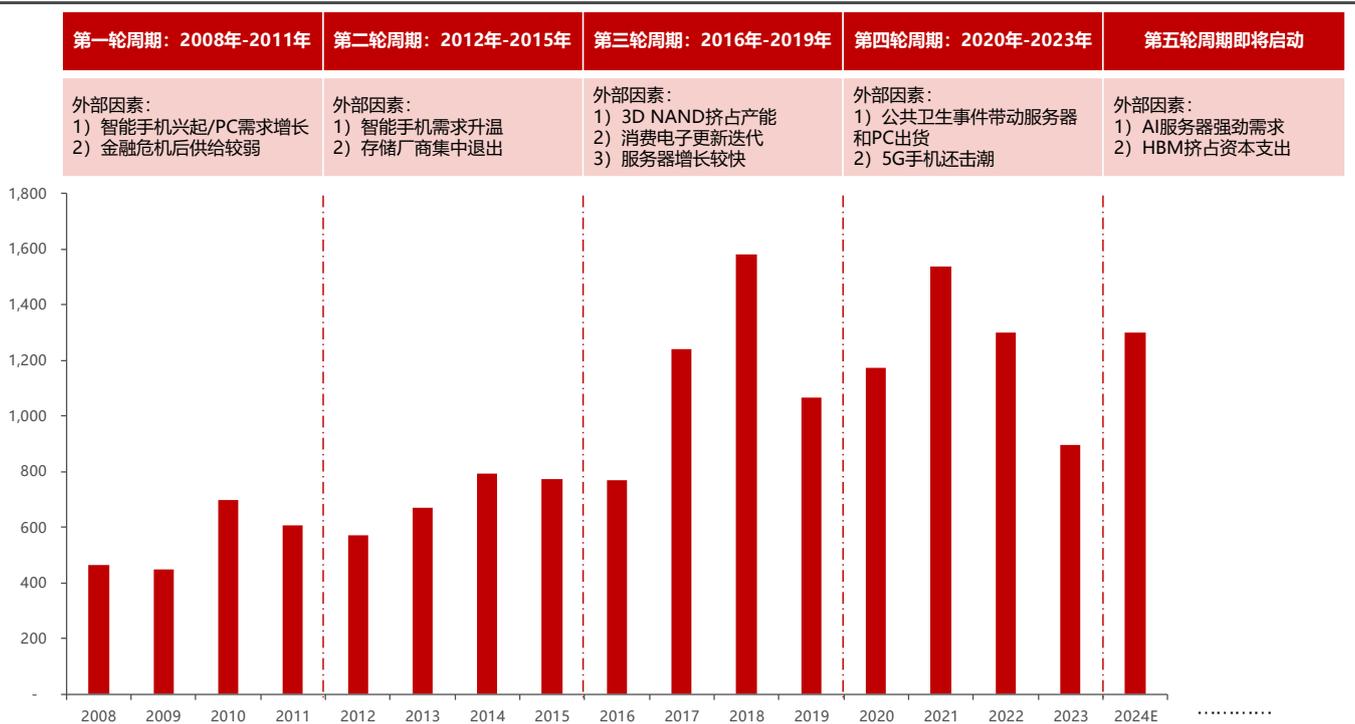
2.1 存储行业周期性显著，供需反转下拐点明确

2.1.1 存储行业复盘：生成式 AI 引领新一轮周期

存储大宗商品属性强，受供需影响，价格周期性波动显著。当市场增长时，例如由于新技术或者新产品出现，存储产品需求将会增加，存储价格开始上涨时，由于存储产品标准化程度较高，存储厂商会积极扩产以扩充份额；这种情况将一直持续到供给过剩，此时厂商为了回笼资金会采取降价甚至抛售产品等措施，造成价格进一步下降，同时会采取减产等措施来降低库存水位，直到其恢复正常，并开启下一个周期。

存储产品周期约为 3-4 年，回顾过去 16 年，全球存储市场经历了 4 个周期。我们复盘四轮周期，每一轮周期都起始于外部因素带来的需求扩张或者供给紧缩，随着厂商扩产由繁荣步入衰退。

图14：存储芯片市场规模（亿美元）



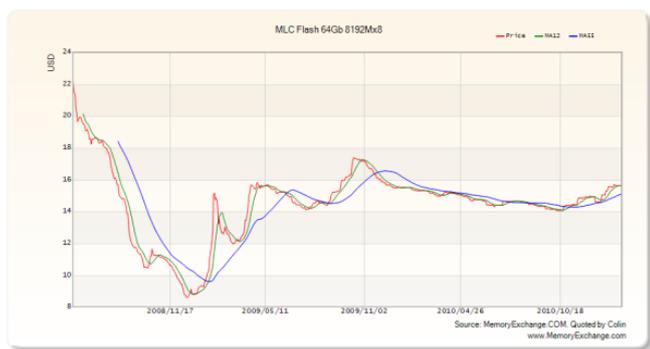
资料来源：Statista，民生证券研究院整理

复盘四轮存储周期具体情况：

第一轮周期 (2008-2011 年)：智能手机及 PC 的需求增长和后金融危机的弱供给错配。受 2008 年金融危机的影响，下游需求疲软，供求关系严重倒挂，DDR2 颗粒供过于求，内存价格逐渐走低，在 08 年末 09 年初，单条 2G 的 DDR2 800 内存均价跌破 90 元。此外奇梦达倒闭带来市场约为 10% 的空白，各大存储厂商

纷纷减产，以应对低谷。2009 年中旬内存市场迅速走高，缺货状况频出，而年末拥有内存颗粒 20% 出货量的中国台湾又遭受风灾，内存市场出现长期供不应求的局面。智能手机引领的创新周期，以及 PC 市场的火热带动了存储需求的增长，2010 年智能手机出货量开始放量，同比增长 72.67%，PC 出货量同样在较高的基数下实现快速增长。供需错配明显，截至 2009 年年末，国内主流 DDR2、DDR3 内存价格已上涨至年初的 2~3 倍，部分性价比较高的型号和新产品出现断货现象。

图15：2008-2010 年 MLC Flash 64GB 价格走势



资料来源：MemoryExchange，民生证券研究院

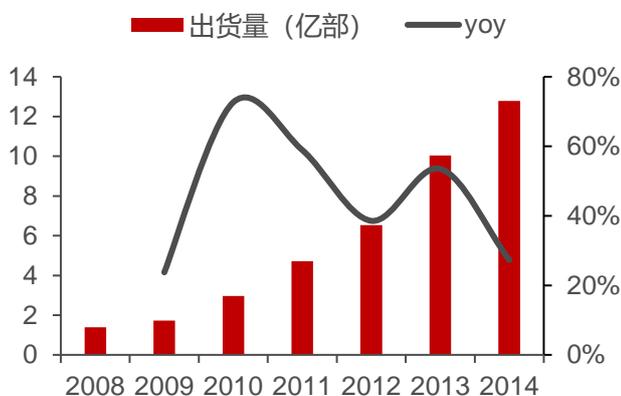
图16：2008-2010 年 DDR2 1Gb 800MHz 价格走势



资料来源：MemoryExchange，民生证券研究院

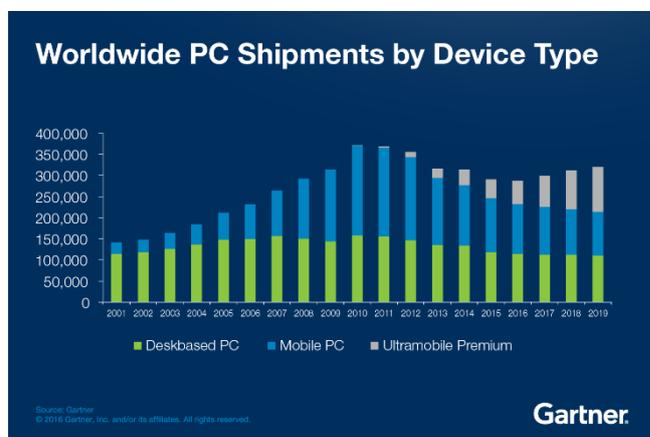
第二轮周期（2012-2015 年）：智能手机需求快速增长和存储厂商格局优化带来供需错配。需求方面，随着 4G 技术不断走向成熟，智能手机出货量迅速增长，根据移动互联网产业发展报告，2011 年全球智能手机出货量为 4.72 亿部，至 2014 年时则为 12.78 亿部，2012-2015 年四年 CAGR 高达 39.38%。而 PC 出货量则在 2010 年达到顶峰并缓慢下滑。**供给方面**，尔必达于 2012 年 2 月破产，并于 2013 年 7 月被美光科技收购；同时南亚科技、PQI 也于 2013 年宣布退出内存模组市场。因此存储供给急剧下降，存储市场进入卖方市场，存储产品价格也由此开启快速上涨。

图17：2008-2014 年全球智能手机出货量



资料来源：《移动互联网产业发展报告（2014~2015）》，民生证券研究院

图18：2001-2019 年全球 PC 出货量



资料来源：Gartner，民生证券研究院

第三轮周期（2016-2019 年）：消费电子升级换代带来存储需求，3D NAND 产能挤出及大硅片紧张限制供给。2014 年后全球智能手机市场趋于饱和，手机厂

商为争夺市场份额不断提高硬件配置。各厂商主流级产品普遍搭载 4G 或 6G 的 RAM, 64G 以上的 ROM, 刺激对存储器的需求。供给方面, 全球大硅片开始供不应求, 前几大硅片供应商的产能利用率均达到 100%, 部分小型的晶圆制造厂甚至由于无法拿到足够的硅片而被迫减产。且存储厂商由 2D NAND 生产线向 3D NAND 产线升级的过程中, 由于 3D NAND 良率和性能难以保证, 量产严重不足。NAND 市场价格迅速上涨, 在需求火爆但供给十分有限的情况下, 存储市场经历近十几年最大的一次向上周期。

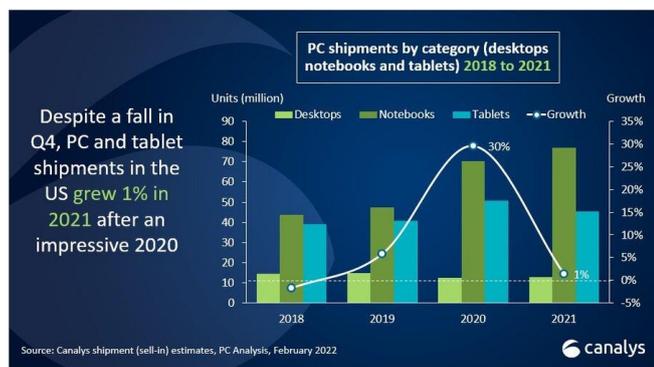
表5: 2016 年存储原厂纷纷转向 3D NAND

原厂	主要投产工厂	2016 年投产情况
三星	Fab 12	14nm/16nm
	Fab 16	16nm MLC 转向 48 层 V-NAND
	中国西安厂	32 层转向 48 层 V-NAND
东芝/WD	Fab 3	A19nm/15nm
	Fab 4	15nm
	Fab 5	15nm 和少量 3D NAND
	Fab 2	少量 3D NAND
美光	MTV	16nm
	IMFT	16nm
	IMFS	16nm/32 层 3D NAND
海力士	M11	14 nm /16nm
	M12	16nm/36 层 3D NAND

资料来源: 中国闪存市场网, 民生证券研究院

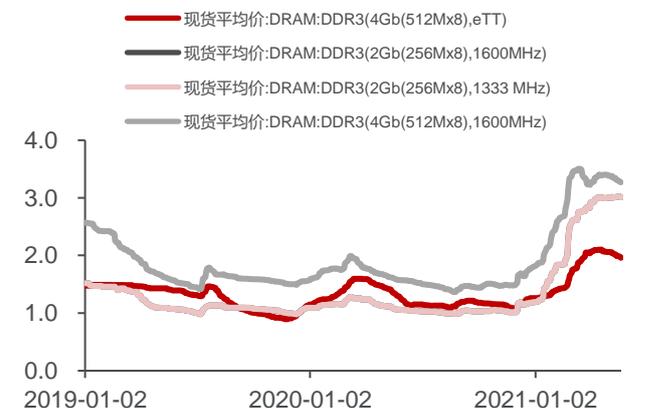
第四轮周期 (2020-2023 年): 全球公共卫生事件带动服务器与 PC 出货增加和行业整体缺芯引发供需错配。受全球公共卫生事件的影响, 2020 年全球兴起线上办公与在线教育的模式, 带动 PC 及服务器的需求。根据 Canalsy 的数据, 2020 年笔记本电脑出货量同比增长 30%, 创下历史新高。强劲的消费电子需求带动了存储需求的增长, 反观供给方面, 全球公共卫生事件带来的停工停产和供应链受损, 导致了半导体整体短缺, 供需关系紧张也带来了产业链从源头到终端产品各环节不同程度的价格上涨。存储产品也不例外, DRAM 价格从 2020 年 8 月开始上涨, 至最高位时部分类型内存条涨幅达 200%以上。

图19: 2018-2021 年 PC 出货量



资料来源: Canalsy, 民生证券研究院

图20: 2019 年-2021 年 5 月 DRAM 价格 (元)



资料来源: Wind, 民生证券研究院

展望未来：生成式大模型的发展有望带动存储需求周期。大模型的训练和推理需要海量的算力以及内存，目前大量推理和训练过程都在云端进行，这将显著带动服务器，特别是人工智能服务器的需求，而人工智能服务器对内存需求比普通服务器更高，例如英伟达 H100 系列采用的是可提供高达 3TB/s 内存带宽的 80GB HBM3 显存。无论是 AI 服务器数量还是单台存储用量均有明显提升，这有望显著拉动存储需求。

供应方面，相同位元下 HBM3E 颗粒对晶圆的的需求将是普通 DRAM 的三倍，HBM4 将会更高，在 HBM 需求强劲的背景下，普通 DRAM 及 NAND 供应将有可能受到挤压。另一方面，三大存储厂商在 2023 年均经历严重的业绩下滑，美光在 FY24 Q2 业绩会中表示其将会维持资本开支纪律，更注重企业盈利能力的把控。

综上，我们预计存储供应在未来一段时间将会继续趋紧，而 AI 模型训练推理及下游各行业的复苏将带来强劲的存储产品需求。因此，存储价格将有可能进一步上涨，存储市场周期向上。

2.1.2 美光股价复盘，探寻周期的起点和终点

我们对美光科技过去 16 年股价进行了复盘，总结出以下结论：

1) 存储厂商开始减产时，其股价往往见底，而扩产时股价往往处于相对高位：

存储厂商在 2008 年末、2011 年末、2013 年初、2016 年初、2019 年末及 2022 年末均出现了不同程度的产能削减。其中前 5 轮减产消息传出后一段时间，美光股价在最高点和最低点之间的涨幅区间分别达到了约 300%、42%、560%、450% 及 118%。股价由预期先行，供不应求与供过于求的预期节点，即为股价的拐点。前期下游需求的萎靡带来下游库存水位的上升，存储厂商同样为了降低自身库存周期采取减产措施，而一致的减产导致了市场存储产品供应减少，即使在需求稳定情况，依旧带来供需平衡，乃至供不应求状况，从而带来存储产品价格的上升，市场预期公司业绩好转，带动股价上涨。除第二轮减产外，其它减产行为发生后即迎来股价止跌上行。

自 2022 年 11 月最近一次美光宣布存储芯片减产 20% 以来，至 2024 年 6 月美光科技股价涨幅已超 100%。

2) 新技术迭代，可能会挤压整体产能供应，加剧供不应求，而带来存储价格上涨。

2016 年各存储厂商纷纷转向 3D NAND 投资，对其他产品投入则较为保守。从 2016 年初开始转移供应，到 2018 年中 3D NAND 良率才明显改善，这段历时 2 年的周期是近年来存储板块持续时间最长的周期，美光科技股价自 16M3 至 18M5 涨幅也超过 450%。

分析其主要原因：在 2D NAND 向 3D NAND 的更新换代中，除了三星、美光较成熟之外，其他家的 3D NAND 良品率并不太高，量产严重不足，致整体的

NAND 颗粒总出厂量不足，供应无法满足市场需求。此外存储厂商每年资本支出有限，在大量资本投入 3D NAND 的情况下，能够投入其他存储产品的资本受到限制，也对其供应带来了负面影响。

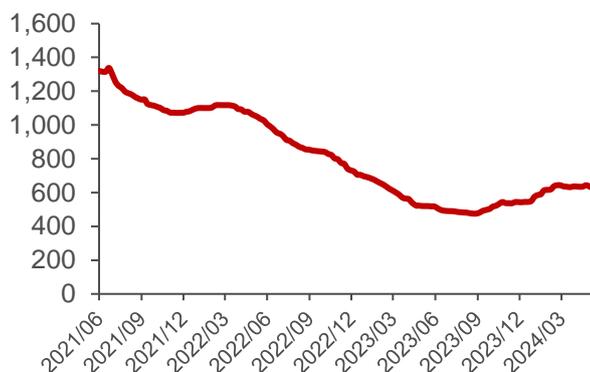
图21：美光科技股价复盘（美元）



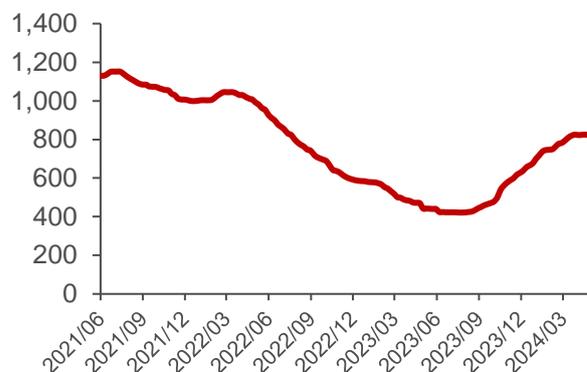
资料来源：Bloomberg、新浪、Trendforce、中国证券报、搜狐、DRAMeXCHANGE、CFM 闪存市场、BBC、闪德资讯、美光科技官网，民生证券研究院

当下存储行业需求复苏，而供给受限。结合到当下存储市场所发生的变化，一方面三大原厂纷纷宣布减产，维持资本支出纪律；另一方面，生成式大模型的火爆带动 HBM 的强劲需求，厂商为了满足供应不得不把资本支出向 HBM 产品转移，再加上相同位元 HBM 需要的晶圆会是传统 DRAM 的三倍多，传统存储产品面临严重的供给不足问题。需求方面，下游 PC、手机等市场正迎来复苏，带动存储产品需求好转。

综合供需判断，存储产品涨价仍存空间。根据 CFM 闪存数据，自 2023 年 9 月存储产品价格见底以来，截至 2024 年 5 月下旬，DRAM 指数已涨超 31.82%，NAND 指数已涨超 91.4%，但距离前高仍有空间，DRAM 指数仍有一倍的上漲空间，NAND 虽上涨更为充分，不过距离前高仍有接近 50% 的空间。**展望未来，我们认为：AI 终端带来存储需求的上涨，而 HBM 等高端产品持续挤占传统产品产能，且存储厂商资本开支紧张，存储产品价格上涨仍有空间，存储厂商业绩释放可期。**

图22: DRAM 价格指数


资料来源: iFinD, 民生证券研究院

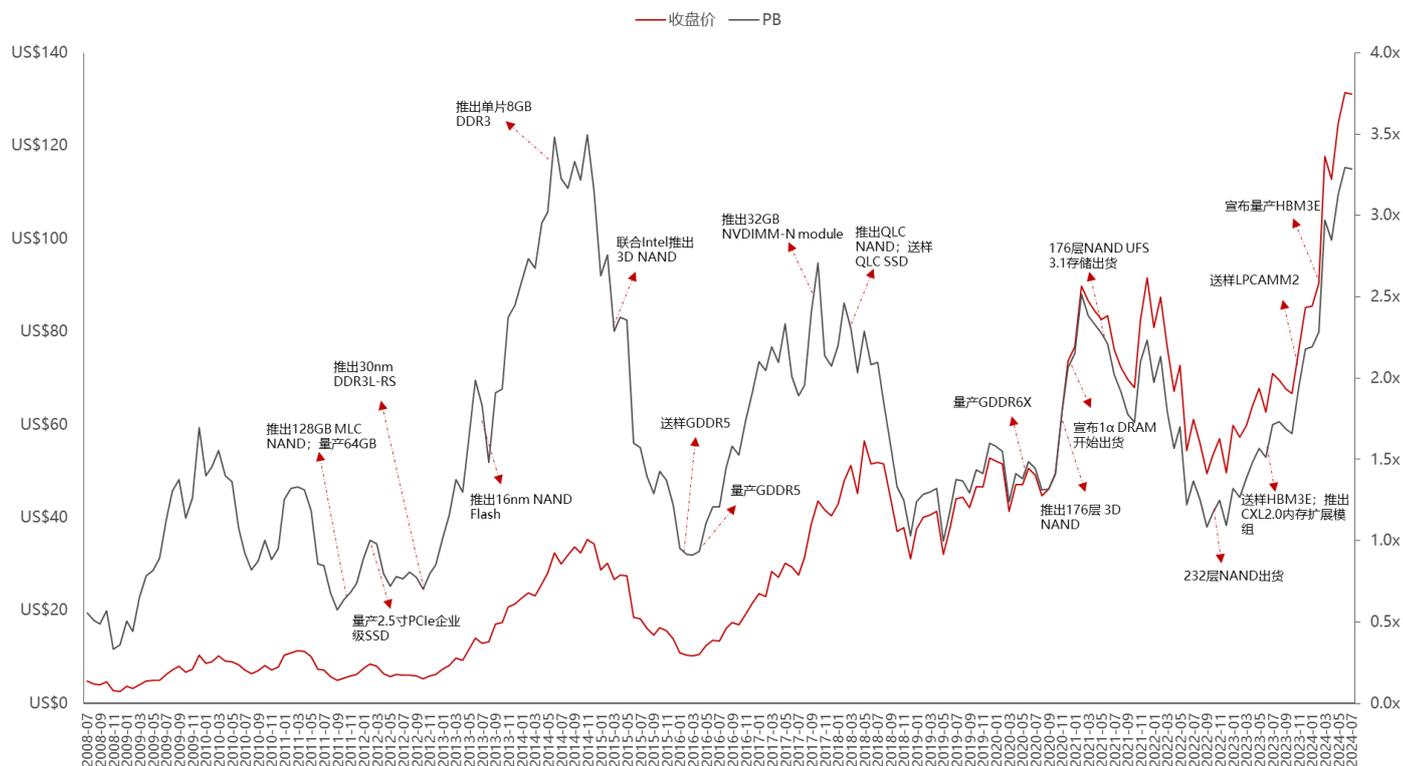
图23: NAND 价格指数


资料来源: iFinD, 民生证券研究院

此外,周期上行叠加新品发布之时,公司PB有望明显拔升。2013年推出16nm NAND Flash后,公司PB从1.7x左右最高达到了3.7x左右;2016年量产GDDR5后,公司PB从最低点的0.81x也上涨到3x的阶段高点。我们认为,新品拓展是存储厂商未来业绩的重要驱动力,能适时推出符合行业趋势的存储产品也会为公司筑起核心竞争壁垒。无论是2D NAND至3D NAND此类产品技术革新,还是GDDR此类新市场的拓展,美光科技始终走在行业前列。

展望未来,美光科技面向AI服务器推出HBM,以满足其对高带宽、低延时及低功耗的需求,有望弯道超车,公司24GB 6层HBM3E已经导入英特尔H200 Tensor Core GPUs,并持续拓展其他平台,该产品于2024年3月份开始为公司带来营收,目前供不应求,美光表示2024年全年产能已经售罄,2025年绝大部分产能也已分配。针对PC推出LPCAMM2,同时兼具体积小、速率快及可扩展等优点,有望替代SODIMM成为下一代主流PC内存模组,将搭载于联想新一代AI笔记本电脑;同时,美光针对未来的发展趋势进行布局,例如公司针对CXL规范推出其内存扩展模组,而针对新一代服务器内存模组推出了MCR-DIMM,也有望助力公司在激烈的竞争中始终保持较高的产品力。

图24：美光股价、PB 及新品发布复盘



资料来源：Bloomberg、SocialBarrel、美光科技官网、techpowerup、Anandtech、extremetech、tom's hardware、Forbes、HPC wire，民生证券研究院

2.2 端侧 AI 接力云端，存储需求长期趋势向好

2.2.1 云端 AI 发展火热，AI 服务器推高存储需求

AI 服务器解决算力瓶颈，存储配置较普通服务器升级较大。AI 训练中往往涉及到大量并行计算，以 CPU 为主要处理器的服务器以串行计算为主，效率较低，而 AI 服务器通常采用异构计算，引入 GPU、NPU 等处理器进行加速处理，极大提高了 AI 训练和推理的效率，成为 AI 发展的硬件基础。AI 服务器对存储需求更高，主要体现在单服务器存储容量提升及引入显存带来的增量两方面：

1) AI 服务器需要快速处理和存储大量数据，以支持复杂的机器学习模型和算法的运行，同时存储大量模型参数、中间输出及模型权重等数据，因此 DRAM 和 SSD 用量更高。普通服务器单服务器 DRAM 用量大约是 500-600GB，SSD 约为 4.1TB，而单 AI 服务器 DRAM 用量 1.2-1.7TB，SSD 用量 4.1TB，未来的 AI 服务器 DRAM 用量更是将达到 2.2-2.7TB，SSD 用量也将达到 8TB。

表6：一般服务器与 AI 服务器平均容量差异

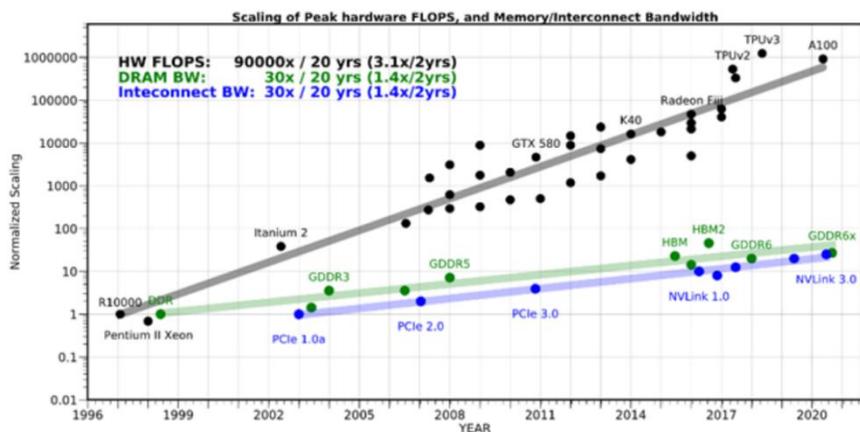
	普通服务器	AI 服务器	未来的 AI 服务器
DRAM	500-600GB	1.2-1.7TB	2.2-2.7TB
SSD	4.1TB	4.1TB	8TB
HBM	-	320-640GB	512-1024GB

资料来源：Trendforce，民生证券研究院

2) AI 服务器采用 HBM、GDDR 等显存用于加速计算,进一步扩充存储用量。根据冯诺依曼的计算结构,存储器与处理器互相依靠总线连接,数据需要反复在总线上进行传输,一方面带来了较高的延迟,另一方面功耗也较高。这种存储与计算分离的结构,在大数据、云计算为基础的人工智能计算时代,更加凸显原本已经存在的“存储墙”问题。事实上,目前内存向处理器传输的速度已经远远跟不上处理器计算的速度,这势必会导致处理器资源的浪费。

而 HBM 等显存直接与 GPU 相连,位宽和带宽大大提升,以 HBM3E 为例,其直接和 GPU 封装在一起,位宽 1024bit,显存带宽通常在 1.2TB/s 左右,同时满足功耗要求,因此成为 GPU 的“最佳辅助”。目前 AI 服务器中的显存容量通常在 320GB-640GB,未来甚至可能达到 1TB,带来较大内存增量。

图25：存力增幅远不及算力增幅



资料来源：Eet-China，民生证券研究院

以英伟达 DGX H100 服务器为例,其 NAND 容量 34.56TB, DRAM 容量 2TB, 并且搭载 8 颗 H100GPU, 每颗 H100 包含 80GB HBM2e 或 HBM3, 相对普通服务器存储用量具有成倍的提升。

图26: 英伟达 H100 配置

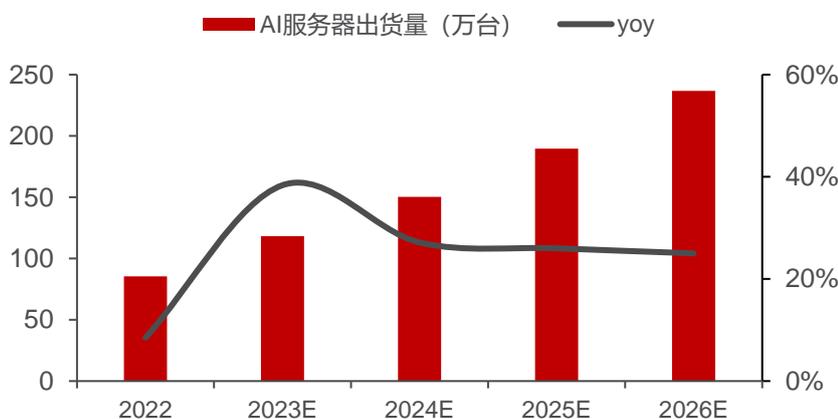


资料来源: 英伟达官网, 民生证券研究院

生成式 AI 发展火热, AI 服务器出货快速增长, 存储需求随之受益。自 2022 年 11 月 Chatgpt 横空出世, 人们开始意识到生成式 AI 的潜力, 随后 2023 年 3 月, Open AI 再度发布 GPT-4, 在多个任务上展现了更强大的能力, 各家科技巨头开始进行围绕生成式 AI 的军备竞赛。谷歌在 2023 年 2 月 7 日正式宣布推出其生成式 AI 模型 Bard; 中国的科技公司也相继推出其生成式 AI 模型: 百度发布“文心一言”, 科大讯飞发布“星火大模型”, 今年 Moonshot 所推出的生成式 AI 模型 kimi 更是在中英文生成能力已经接近 GPT-4 水平。

各 AI 模型训练和推理的需求带动了对 AI 服务器的增长, 根据 Trendforce 统计, 在云服务厂商的推动下, 2023 年 AI 服务器出货量接近 120 万台, 年增长率高达 38%。展望 2024 年及以后, 各行各业的兴趣日益浓厚, 将继续推动对 AI 模型开发, Trendforce 预计 AI 服务器 2023-2026 年 CAGR 将超过 20%。如前所述, AI 服务器存储配置相对普通服务器较高, 出货量的提升将直接带动存储用量提升。

图27: 2022-2026 年全球 AI 服务器出货量预估



资料来源: TrendForce, 民生证券研究院

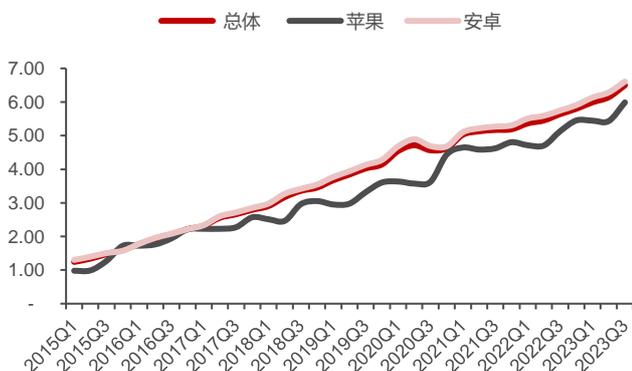
2.2.2 PC、智能手机容量稳步向上，端侧 AI 贡献边际增长

智能手机和 PC 同样为存储产品的主要下游，根据 CFM 市场数据，2021 年 DRAM 市场应用中，手机、PC 占比分别为 35%、16%；2021 年 NAND 市场应用中，分别以手机、PC 为主要应用领域的嵌入式存储和 cSSD 占比为 34%、22%。**手机和 PC 的存储需求在过去稳步提升，并且随着 AI 手机、AIPC 的上量有望进一步扩容。**

手机方面，容量持续升级，高端产品逐步渗透：复盘 2015-2023Q3 的手机存储配置，平均容量整体呈现显著的上升趋势。内存方面，手机单机平均内存容量从 2015 年第一季度的 1.24GB 增长到 2023 年第三季度的 6.5GB，年复合增长率达 21.5%。分系统看，苹果手机初始容量较低但增速更快，单机平均内存容量从 2015 年第一季度的 0.98GB 增长到 2023 年第三季度的 5.99GB，年复合增长率为 23.75%；而安卓手机单机平均内存容量从 2015 年第一季度的 1.30GB 增长到 2023 年第三季度的 6.61GB，年复合增长率为 21.07%。

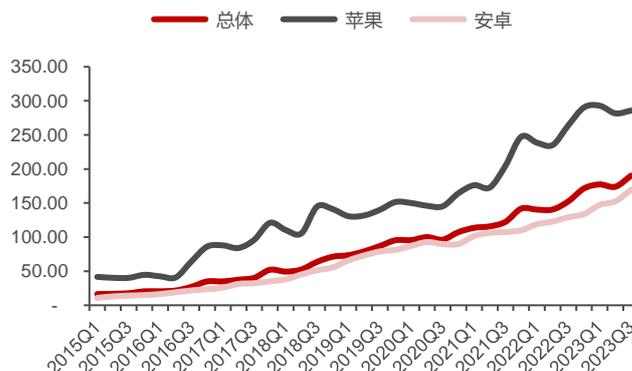
闪存容量增长速度更为迅猛。2015 年第一季度手机的总体单机平均存储容量为 16.46GB，而这一数字在 2023 年第三季度达到 190.29GB，增长超过 10 倍，年复合增长率达 33.37%，其中苹果和安卓分别为 25.43%和 38.22%。

图28：智能手机 RAM 容量升级趋势图 (GB)



资料来源：IDC，民生证券研究院

图29：智能手机 ROM 容量升级趋势图 (GB)



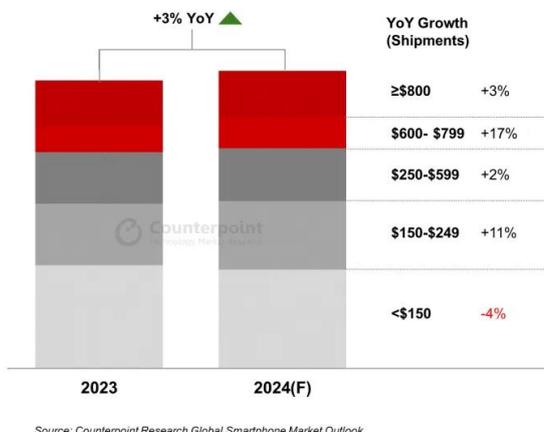
资料来源：IDC，民生证券研究院

展望未来，手机方面中低端手机的存储容量朝向 128/256GB 发展，高端手机的存储容量迈向了 512GB，甚至 1TB，手机内存也迈向 10+GB，尤其在中高端的安卓手机中越来越多地搭载 12GB/16GB 的 LPDDR。

此外，高端机型占比有望提升，也将带动整体存储需求提升。根据 Counterpoints 预测，2024 年 800 美元以上机型出货量将增长 3%，600-799 美元机型出货量将增长 17%，为增长的主力。250-599 美元机型和 150-249 美元机型出货量将分别增长 2%和 11%，而低于 150 美元机型出货量将减少 4%。高端机型通常具有更高的硬件配置，随着其占比提升，将为存储需求贡献边际增长。

图30: 2023-2024 全球智能手机出货量 (按价格区间)

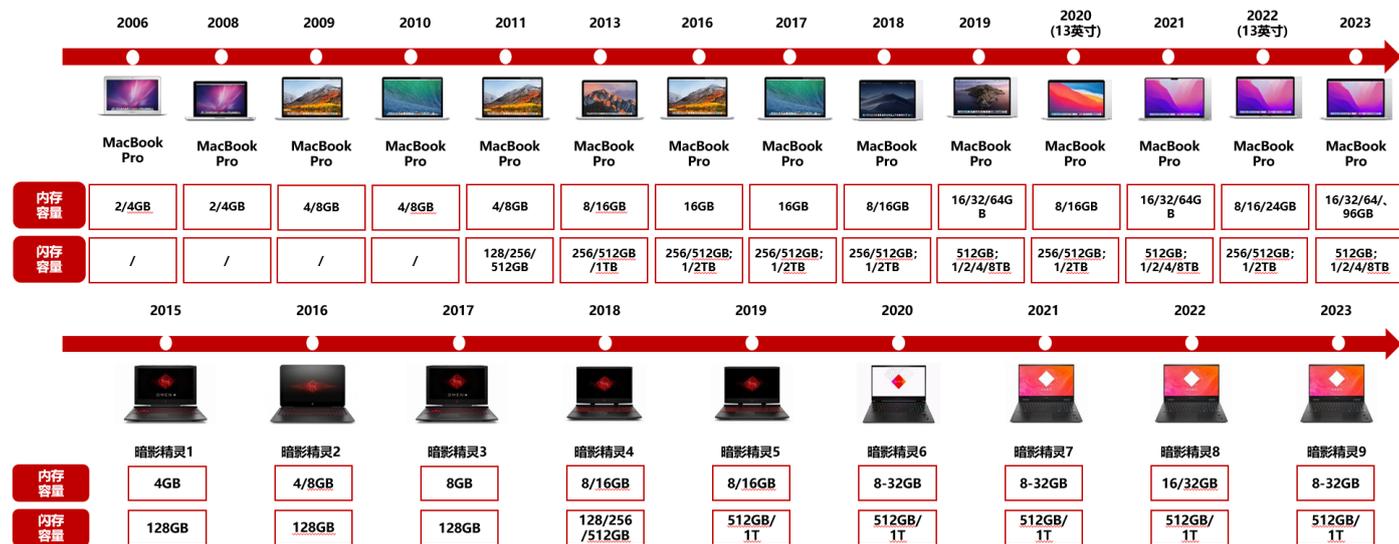
Global Smartphone Market Shipments by Price Band, 2023 vs 2024(F)



资料来源: Counterpoint, 民生证券研究院

从 PC 来看, 内存及闪存容量同样不断攀升。以 Macbook 和惠普暗影精灵系列产品为例: 2006-2023 年, Macbook pro 最低内存容量从 2GB 升级到 18GB, 而最高容量则从 4GB 升级到 128GB; 最低闪存容量从 80GB 升级到 512GB, 最高闪存容量从 120GB 升级到 8TB; 暗影精灵系列产品存储配置则从 2016 年的 4GB 内存, 128GB 闪存升级到了 2023 年的最低 16GB 内存, 512GB 闪存。

图31: 苹果 Macbook 及惠普暗夜精灵系列存储容量升级趋势



资料来源: 苹果官网、惠普官网、ZOL 中关村在线、太平洋产品, 民生证券研究院

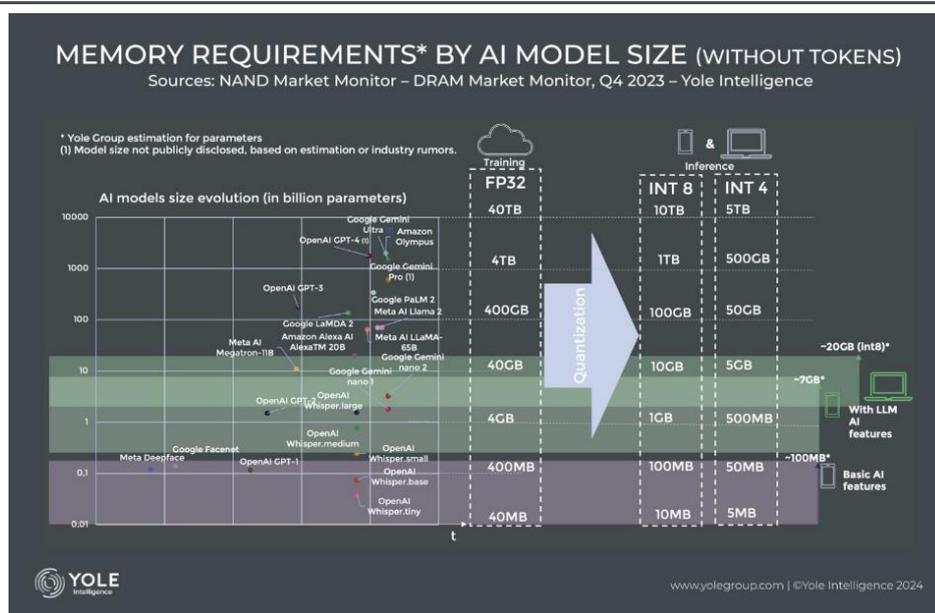
端侧 AI 发展, 有望带动存储容量提升。长期来看, AI 端侧发展对存储需求的边际提升作用值得重视, AI 终端将不仅加速消费电子更新换代, 同时单机存储价值量提升。

运行‘端侧 AI 模型’对存储提出较高要求。个人大模型将用于 AI 手机、PC 等终端, 对于能够解决用户痛点的 AI 模型, 模型参数要 70 个亿, 而在端侧运行

基于 7B 参数量 LLM 的功能（图片创建、实时翻译、预测用户界面等）需要约 7GB 额外内存，催生容量提升需求。同时，运行 AI 模型带来大量训练数据存储需求及参数存储需求，也会需要额外的闪存。

对于未来端侧 AI 模型的业态，美光认为 700 亿以上参数的模型可能会用在高级系统，主要用来运行聊天补全及对话用例优化等应用，而 100 亿参数以下的可能用在主流终端设备，完成语言任务等应用，包括文本补全、整理列表和分类等，**此类模型所需要的增量内存大约是 2GB。**

图32：不同数量的 AI 模型在不同精度下所需内存容量



资料来源：Yole Intelligence，民生证券研究院

目前端侧 AI 加速落地，存储容量具有显著提升。手机方面，三星率先推出 Galaxy S24 系列手机，也是全球首款 AI 手机。S24 采用本地与云端 AI 结合的方式重塑智能手机体验，可实现即圈即搜、通话实时翻译、实时转录等功能，提升生活和办公体验，销量 28 天突破 100 万部，刷新了 S 系列手机销量最快破 100 万部的记录。国内厂商 OPPO 紧跟步伐推出 AI 手机 Find X7 系列，开售 5 分钟便取得上一代销量 402% 的成绩。AI 手机销量较为乐观，体现消费者对 AI 手机的认可度，未来更多手机厂商或将推出其 AI 产品，以在 AI 时代保持较高的竞争力。

而 AI 手机存储配置普遍较高：三星 Galaxy S24 系列最低内存为 8GB，主流内存 12GB，最低闪存 256GB。OPPO Find X7 系列内存 12GB 起，闪存 256GB 起。而根据 IDC 数据，截至 2023 年 Q3，普通智能手机平均单机内存 6.5GB，闪存 190GB，AI 手机存储配置提升显著。

图33: AI 手机内存容量提升



资料来源: 三星官网, 民生证券研究院

PC 方面, 2024 年 4 月 18 日联想发布多款 AIPC 产品, 均预装 AI 智能体联想小天, 内置文档总结、会议纪要、AI 画师、AI PPT 等十余款 AI 应用, 覆盖学习、工作、社交和生活等场景。联想 AI 元启系列产品内存配置均为 32GB, 闪存配置 1TB 起, 较此前市场主流配置也有较大幅度的提升。

图34: 联想 AIPC 配置



资料来源: 第一财经, 2024 联想创新科技大会, 民生证券研究院

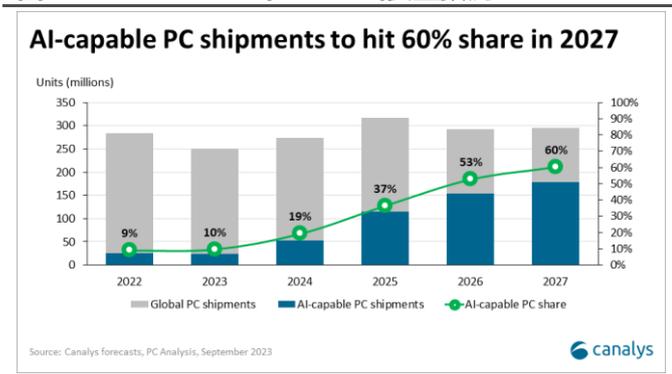
图35: 联想 AIPC 配置



资料来源: 第一财经, 2024 联想创新科技大会, 民生证券研究院

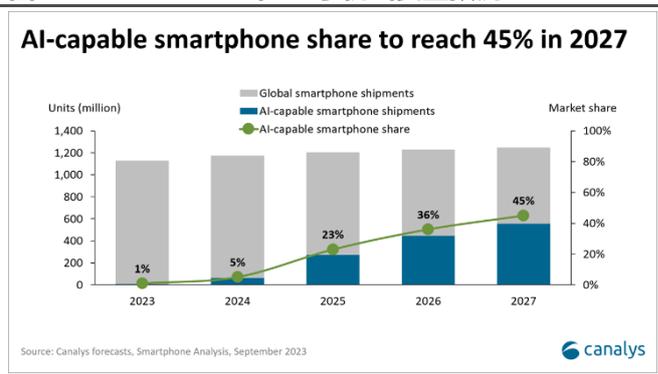
展望未来, AI 终端发展趋势乐观。Canalys 估计从 24H1 开始 AIPC 新型号将开始加速面世, 到 24Q4 出货量将达到 2000 万台, 占当季全球 PC 出货量大约 25%。预计 2024 年底发布的 Windows 新版本将集成 AI 增强功能, AIPC 市场在 2025-2026 年经历大幅增长, 到 2027 年出货量将超过 1.75 亿台, 占全球 PC 出货量的 60%以上。2024 年至 2028 年销量 CAGR 将达到 64%。手机方面, Canalys 预测, 2024 年, 出货的智能手机中有 5%具备 AI 功能, 到 2027 年将上升到 45%。如前所述, AI 终端存储配置较高, 随着 AI 终端在市场逐步渗透, 存储产品同样迎来边际增长。

图36: 2022-2027 年 AIPC 出货量预测



资料来源: Canalis, 民生证券研究院

图37: 2023-2027 年 AI 手机出货量预测



资料来源: Canalis, 民生证券研究院

3 HBM：后发先至，份额快速提升

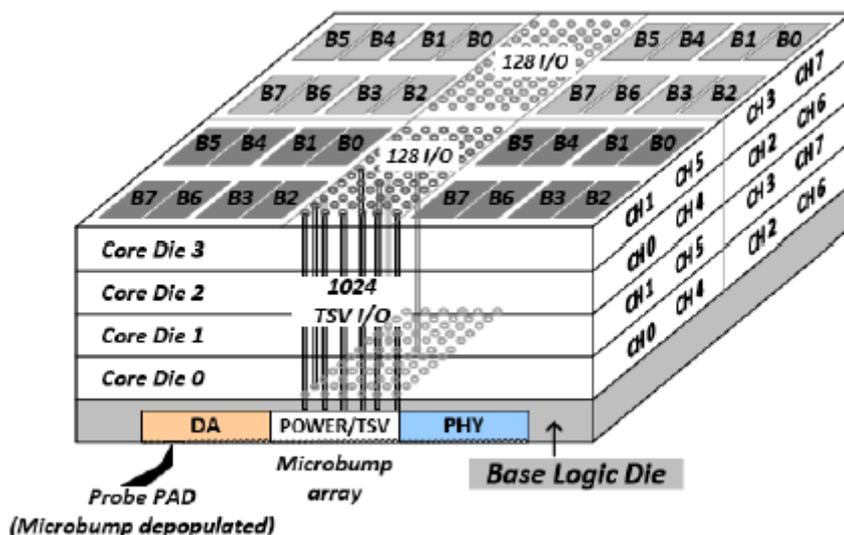
3.1 HBM 满足 AI 高带宽+存储密度需求

3.1.1 堆叠式架构和 TSV 技术，助力加速卡突破内存墙瓶颈

随着人工智能和大数据应用的日益流行，处理大量数据的需求不断增加，这导致了“内存墙”问题变得日益严重。“内存墙”本质上是由于内存带宽和处理器速度存在差异，从而限制了数据处理的效率，成为系统性能提升的瓶颈。高带宽内存（HBM）通过提供远高于传统内存的数据传输速率，成为解决内存墙问题的有效方案。

HBM 利用堆叠式 DRAM、TSV 以及 2.5D/3D 封装技术相结合的方式，通过增强层间连接通路，实现了数据传输速度的提高和存储密度的增加。传统的 DRAM 芯片水平平铺在主板上，而 HBM 则垂直堆叠多个 DRAM 芯片，极大地提高了数据存储密度，同时增加了数据传输的带宽。在 DRAM 芯片堆栈下面的是基础逻辑芯片（basic logic die）。这一基础组件控制着处理器与上方内存芯片之间的数据流。

图38：HBM 基本结构

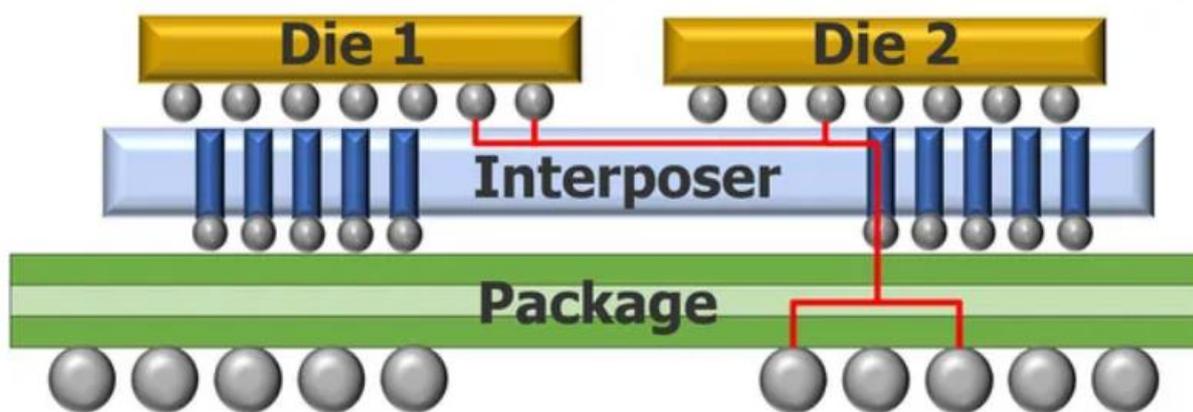


资料来源：3DInCities，民生证券研究院

TSV 是一种在芯片内部通过蚀刻沟槽形成垂直电气连接的方法。这种方法使得垂直堆叠的多个 DRAM 芯片中间存在多个自上而下穿透晶圆的柱形路径，用以传递电气信号。新技术显著减小了电气通路的长度，从而增加了传输速率并降低丢失信号的可能性。使用 TSV 技术，内存间数据传输速率提高约 100 倍，功耗降低约 15 倍，具体数值取决于存储架构和工作量。

2.5D 封装是将多个芯片并排堆叠，并用中介层（interposer）连接的技术。这种技术加快数据传输速率的核心在于中介层。中介层是一种硅制品，可以设计成高密度互连（HDI）以形成大量的电气通路，从而使信号传输路径更短、数量更多。3D 技术则是利用硅通孔（TSV）等技术，将多个芯片叠放在一起，从而提高内存和处理能力。

图39：2.5D 封装技术中介层



资料来源：SemiconductorEngineering，民生证券研究院

3.1.2 性能翻倍增长，美光在第五代产品具先发优势

第一代 HBM 技术的位宽和存储密度远超同时期 GDDR5。2014 年，由 AMD 和 SK 海力士联合研发的第一代 HBM（HBM1）问世。这一技术通过 3D 堆叠 4 层 DRAM Die，并采用 TSV（Through-Silicon-Via，硅通孔）技术，实现了更高的带宽和更小的体积。HBM1 提供了 128GB/s 的带宽和 4GB 的内存容量，相较于当时的主流显存技术 GDDR5 在带宽和体积效率方面有显著优势。AMD 的 Fiji 系列 GPU 是首款采用 HBM1 技术的处理器，提供了 4096bit 的位宽，远远超过同时期主流显存技术 GDDR5 所能提供的位宽。

第二代 HBM 带宽达到 256GB/s，开始应用在高性能计算领域。2016 年初，首款应用 HBM2 标准的 4GB DRAM 开始量产，随后在性能上又进行了数次升级，三星电子是其主要推动者。它的核心 DRAM Die 层数从 4 个增加到 8 层，提供更高的带宽和更大的内存容量。HBM2 能够提供 256GB/s 的带宽和 8GB 的内存容量，传输速度达到 2.4Gbps。这一时期的 HBM 技术开始被应用于高性能 GPU 产品中，特别是在高性能计算、人工智能（AI）、机器学习和图形密集型技术等领域。

第三代 HBM（HBM2E）性能较上代提升 1.75 倍，广泛应用在 AI 服务器和高性能计算中。HBM2E 是三星电子推出的第三代高带宽内存技术，于 2018 年发布，2020 年正式推出。它被看作是 HBM2 的增强版，支持 3.2Gbps 的稳定数据

传输速度，并且已经测试出可以达到 4.2Gbps 的最大数据速率，比前一代 HBM2 提高了 1.75 倍。HBM2E 通过垂直堆叠八个 16Gb 的 DRAM 芯片，而且精确布局超过 40000 个硅通孔 (TSV) 微凸点进行互连，实现了 16GB 的封装容量，并且确保了数据传输的稳定性和高效性。这一技术的进步使得 HBM 在 AI 服务器和高性能计算领域的应用更加广泛。

第四代 HBM (HBM3) 性能提升 78%，产品可靠性大幅提高。 2021 年 10 月，SK 海力士在业界首次成功开发 HBM3，通过将其独家供应给在 AI 用 GPU 上拥有全球领先份额的英伟达，从而获得 HBM 市场的领先份额。HBM3 通过增加堆叠层数和管理通道，传输速度最高可达 819GB/s，与上一代 HBM2E 相比速度提高了约 78%。HBM3 还内置 ECC 校检，可自身修复 DRAM 数据传输的错误，使产品可靠性大幅提高。2022 年 6 月，SK 海力士开始量产首款 HBM3 内存，并搭载于英伟达的 H100 GPU，该款 GPU 于 2022 年第三季度开始发货。

美光在第五代 HBM 技术 (HBM3E) 研发取得优先权，性能提升 50%，率先实现量产。 2023 年 5 月 30 日，SK 海力士发布了具有 8Gbps 数据处理速度（比 HBM3 快 25%）的 HBM3E 内存。在 1024 位总线下，其每个堆栈的带宽从 HBM3 的 819.2GB/s 提高到 1TB/s。2023 年 7 月 26 日，美光发布了数据处理速度为 9.2Gbps 的 HBM3E 内存（比 HBM3 快 50%），数据传输速度为 1.2TB/s。内存采用 8 层堆叠 DRAM 构造，可以存储 24GB 数据，2024 年将推出容量为 36GB 的 12 层堆叠 DRAM 芯片。**2024 年 2 月 26 日，美光宣布量产 HBM3E，早于三星和海力士，并于 FY24 Q3 实现超过 1 亿美元收入。**

HBM4 扩充并发通道数和堆叠层数，对技术提出新挑战。 预计第六代 HBM 技术 (HBM4) 将采用 2048 个并发通道的解决方案，较上一代增加一倍，在显著提高带宽的同时也增加了晶圆的 TSV 密度，因而是制程工艺的新挑战。另外，HBM4 还将 DRAM 堆叠从 12 层进一步增加到 16 层，对封装工艺和散热性能提出了新要求。

表7：各代 HBM 技术参数对比

	HBM1	HBM2	HBM2E	HBM3	HBM3E	HBM4 (预计)
发布时间	2014	2018	2020	2022	2024	2026
通道数	8	8	8	16	16	16
并发 I/O 总数	1024	1024	1024	1024	1024	2048
I/O 速度	1Gbps	2.4Gbps	3.6Gbps	6.4Gbps	9.8Gbps	>9Gbps
最大带宽	128GB/s	307 GB/s	461 GB/s	819 GB/s	1.2TB/s	>2TB/s
DRAM 层数	4	4 or 8	4 or 8	8 or 12	8 or 12	12 or 16
总容量	1GB	4GB/8GB	8GB/12GB	16GB/24GB	24GB/36GB	36GB/64GB
应用	HPC、图形计算	HPC、图形计算、AI	HPC、图形计算、AI	HPC、图形计算、AI	HPC、图形计算、AI	HPC、图形计算、AI

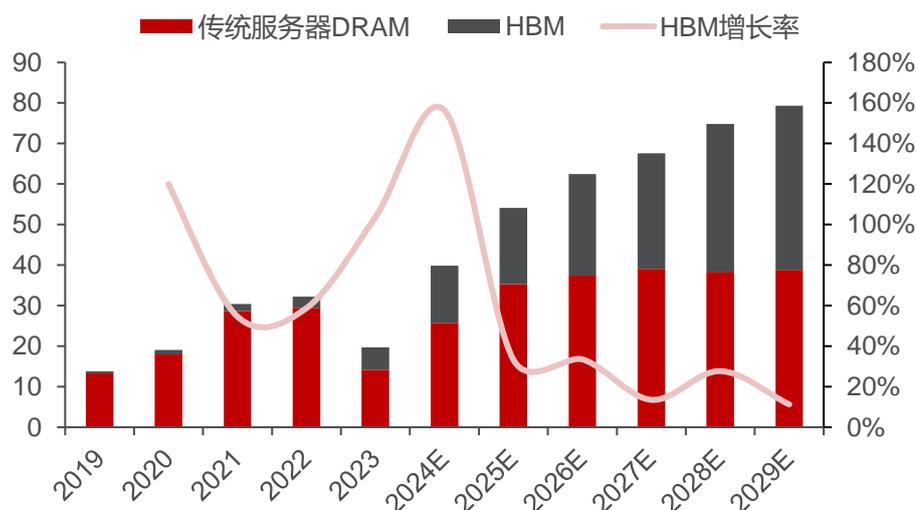
资料来源：Yole Group，民生证券研究院

3.2 HBM 市场空间广阔，三大原厂竞争激烈

3.2.1 AI 推动 HBM 需求快速增长，海力士和三星占据主要市占

AI 服务器需求的推动下，HBM 市场规模快速提升。生成式 AI 和数据中心 HPC 计算推动 2023 年 DRAM 比特传输量的增加，主要表现为对 HBM 产品需求的增加。从芯片厂商的新产品技术参数看，新发售的数据中心 GPU 和 AI 芯片倾向于使用容量更高的 HBM。英伟达的下一代 Blackwell B100 GPU 将 HBM 容量扩充至 192GB，未来可能进一步扩充至 250GB 以上；英特尔的 Gaudi 3 AI 芯片也将存储容量提升至上一代 Gaudi 2 的 1.5 倍。HBM 渗透率的提升叠加 GPU 存储扩容推动 HBM 市场大幅增长。根据 Yole Group 统计，2023 年，在传统服务器 DRAM 市场缩水 53% 的前提下，HBM 市场逆势实现翻倍增长，占 DRAM 市场的份额从 8.4% 提升到 27.9%。2024 年 HBM 市场规模可能保持高速增长趋势，达到 140 亿美元，2023-2027 年 HBM 市场的复合增长率将会超过 50%。

图40：服务器 DRAM 和 HBM 市场空间（十亿美元）

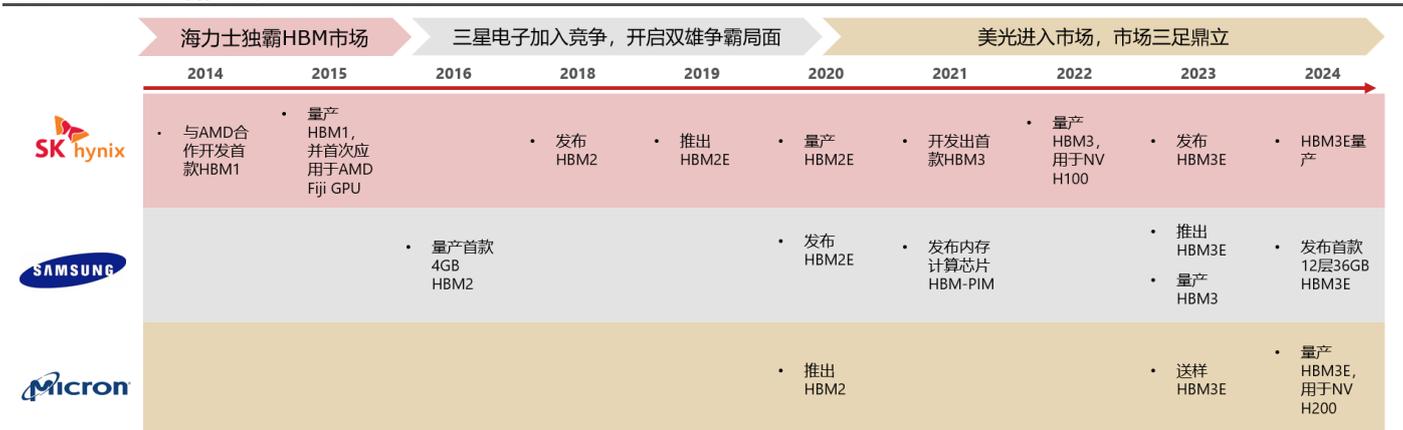


资料来源：Yole Group，民生证券研究院

3.2.2 三大原厂争抢 HBM 技术高地，美光积极推进 Roadmap

三星与海力士占领主要市场份额，HBM 营收占比快速提高。根据 Yole Group 统计，2023 年海力士以 55% 的营收占比在 HBM 市场占据主导权，其后是三星和美光，营收占比分别为 41% 和 3%。海力士和三星合计营收占比 96%，基本垄断市场。同时，海力士和三星营收中 HBM 占 DRAM 的比重快速提升，海力士从 2022 年 5% 的体量提升到 2023 年的 21%，三星也从 4% 提升到 11%。而截止到 2023 年底，美光在 HBM 的营收仅占其 DRAM 业务的 1.5%，提升空间广阔。

图41：三大存储厂商 HBM 进展图



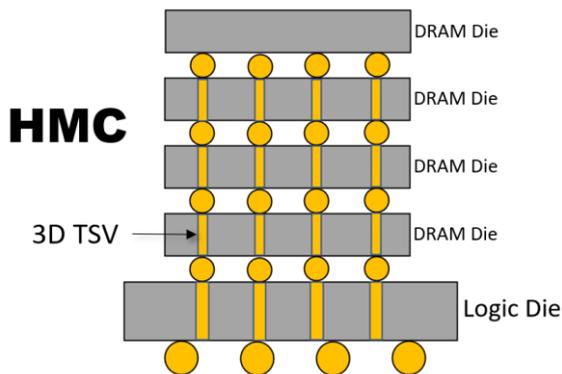
资料来源：海力士官网、IT之家、三星官网、CFM 闪存市场、美光科技官网，民生证券研究院整理

海力士率先布局 HBM1，持续巩固研发优势。2013 年，海力士与 AMD 成立合作团队，共同开发基于 3D 堆叠的高带宽存储产品，并于 2014 年率先将 HBM 技术应用在 AMD 的 Fiji 系列 GPU 中，以高带宽和低功耗为传统 GDDR 面临的技术瓶颈提供了解决思路。随后，海力士在新 HBM 技术的研发中保持领先，2017 年建立新的研发中心，并于落成后加大在 TSV 技术的研发投入。并且海力士率先研发出 MR-MUF 技术，用于提高 TSV 的传输效率并减小热损失。搭载这些新技术，海力士的 HBM2E 产品以更低的功耗在竞争对手中胜出。长期的技术优势积累，海力士随后率先实现 HBM3 量产，并成为 NVIDIA H100 系列 GPU 的首家供货商。**截至 2024 年 3 月，市场中 90% 的 HBM3 产品由海力士提供，在由生成式 AI 推动的 HBM 涨价潮中，海力士或成为最大受益者。**2024 年 4 月，海力士宣布与 TSMC 合作进行 HBM4 研发，借助 TSMC 的先进制程优势进一步提高 DRAM die 的性能，以期继续保持其在行业的领先地位。

三星推动 HBM 商业化，是 HBM2 和 HBM2E 的主要供货商。三星也是 HBM 商业化的主要推手，2016 年宣布开始量产基于 HBM2 的 4GB DRAM 产品，随后进行数次升级，并于 2018 年率先发布 HBM2E。但是由于技术误判，三星于 2019 年解散了 HBM 研发团队，没有在 HBM3 的研发上继续保持优势，因此主要供给相对低价的 HBM2 和 HBM2E。而当下，三星重新组建了技术专家团队，专攻 12 层 HBM3E 产品研发，并于 2024 年 7 月 4 日通过英伟达认证，Trendforce 预计即将进入量产。三星还组建了 1 个 300 人的 HBM4 研发团队，计划在 2024 年底之前完成研发，2025 年开始给英伟达供货。

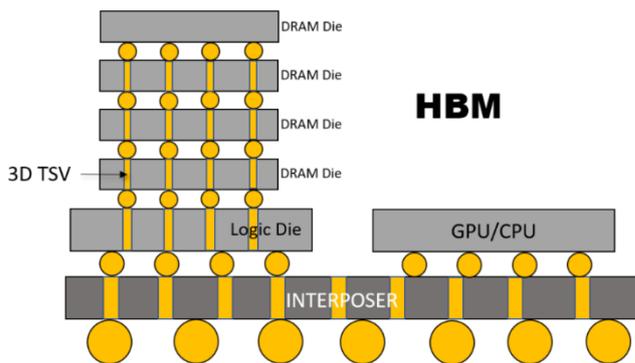
美光此前技术误判，及时转向并缩小差距。与海力士、三星等厂商不同，美光在堆栈式 DRAM 的探索中最先选择了 HMC 技术。HMC 同样使用 TSV (硅穿孔) 技术实现 DRAM 芯片的多层堆叠，但与 HBM 不同的是：HMC 并没有中介层用于连接堆叠的 DRAM 和 CPU、GPU 等处理器，而是采用 serdes 将逻辑芯片于 GPU 连接起来，在数据传输时延迟和速度方面存在劣势，因而在与 HBM 的竞争中败下阵来。

图42: HMC 结构示意图



资料来源: eet-china, 民生证券研究院

图43: HBM 结构示意图



资料来源: eet-china, 民生证券研究院

而随着 GPU 需求高增, HBM 则在 GPU 算力不断升级的背景下提供了足够的带宽与较低的功耗, 成为 AI 服务器的最佳选择。因此, 美光顺应趋势发展转而加入 HBM 阵营。

美光加快研发脚步, HBM 产品不断迭代。美光在 2020 年推出首款 HBM2 产品, 此后跃过 HBM3, 直接投入研发 HBM3E, 并于 2023 年 7 月及时发布业界首款 24GB 8-High HBM3E, 在产品进度方面完成赶超。从产品性能来看: 美光 HBM3E 能够提供高达 1.2TB/s 的带宽, 引脚速度超过 9.2Gb/s, 较当时市场主流出货的 HBM3 提高了 50%。横向比较来看, 美光 HBM3E 产品较主要竞争对手的功耗节省约 30%。

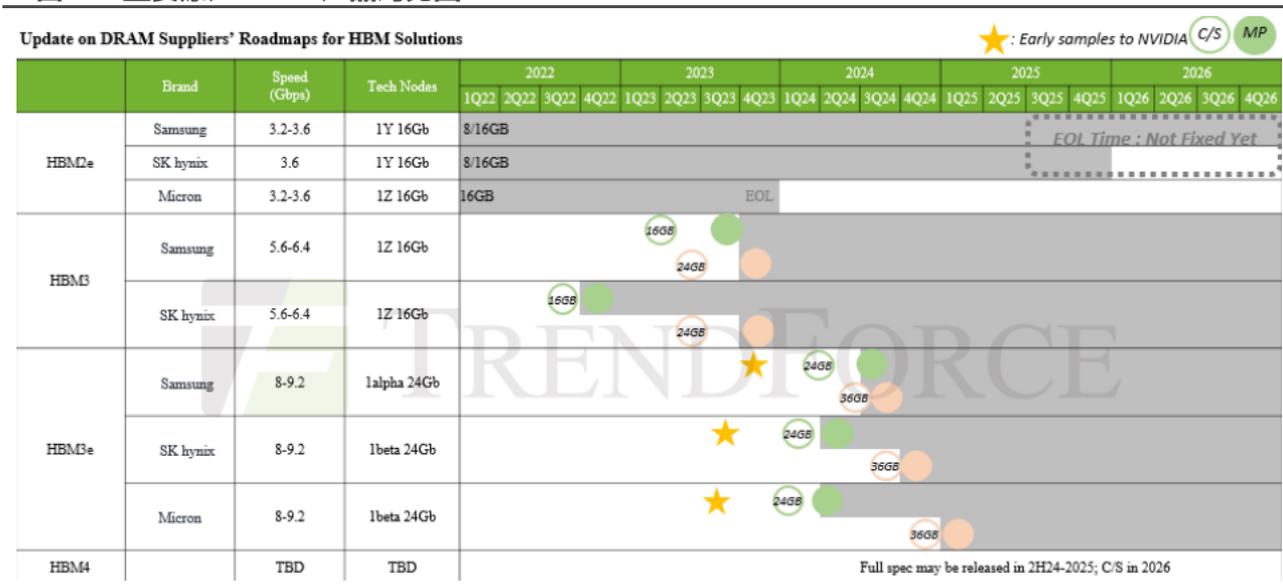
根据美光公布的规划, 其将于 2025 年发布 36GB 12-High HBM3E 用以完善其 HBM3E 产品线, 并于 2026 年推出革命性产品 36GB 12-High HBM4, 具有 2048 位接口, 带宽预计将超过 1.5TB/s。预计在 2027 年前, 美光将对 HBM4 产品容量进一步升级, 发布 48GB 16-High HBM4。2028 年, 美光预计发布带宽升级至 2 TB/s 以上的 HBM4E。2023-2028 年内, 美光几乎年均推出一款 HBM 系列新产品, 展示出其对高速增长 HBM 市场的勃勃雄心。

图44: 美光高带宽内存技术路径



资料来源: DRAMeXCHANGE, 民生证券研究院

图45：主要原厂 HBM 产品对比图



资料来源：Trendforce，民生证券研究院

3.2.3 三大原厂 HBM3E 各具特色，美光功耗优势显著

低能耗是美光 HBM3E 产品的主要竞争优势。美光提供了两种容量版本的 HBM3E：一种是 8 层堆叠的 24GB 内存，另一种是 12 层堆叠的 36GB 内存，均能提供超过 1.2TB/s 的带宽和大于 9.2Gbps 的数据传输速率。在功耗方面相较竞争对手降低约 30%。与上一代产品相比，美光设计了一种高能效数据路径，可降低热阻，并使性能每瓦特提高 2.5 倍以上。

三星电子的 HBM3E 产品为高层数堆叠芯片封装提供解决方案。2024 年 2 月 27 日，三星电子发布其首款 12 层堆叠 HBM3E 产品——HBM3E 12H，这是三星目前为止容量最大的 HBM 产品。三星 HBM3E 12H 支持最高带宽达 1280GB/s，产品容量也达到了 36GB。相比三星 8 层堆叠的 HBM3 8H，HBM3E 12H 在带宽和容量上大幅提升超过 50%。HBM3E 12H 采用了先进的热压非导电薄膜 (TCNCF) 技术，将芯片之间的间隙最小化至 7 微米 (μm)，使得 12 层和 8 层堆叠 DRAM 的高度保持一致，解决了 HBM 封装时带来的芯片弯曲问题，为高层数堆叠芯片封装提供了解决方案，且提高了产品的良率。目前，三星已开始向客户提供 HBM3E 12H 样品，预计于 2024 年下半年开始大规模量产。

SK 海力士的 HBM3E 产品散热性能显著。SK 海力士在新发布的产品中使用了其开发的 MR-MUF (质量回流焊成型底部填充胶) 填料技术，使 HBM3E 的散热性提高了 10%，功率效率也提高了 10%。同时，HBM3E 提供 36GB 的最大容量和最大每引脚数据速率为 9.2Gbps，其中最大带宽超过 1.18TB/秒，在容量和带宽方面均比 HBM3 提高了 1.4 倍。

表8：三大原厂 HBM3E 产品对比

	美光	SK 海力士	三星
发布时间	2024 年 2 月 26 日	2024 年 3 月 19 日	2024 年 2 月 27 日
容量	24GB or 36GB	最高 36GB	36GB
最大带宽	超过 1.2TB/s	超过 1.18TB/s	1.25TB/s
堆叠层数	8 or 12	12	12
最大数据传输速率	超过 9.2Gbps	9.2Gbps	10Gbps
出货时间	2024 年 2 月	2024 年 3 月	2024H2
特点	功耗低，率先导入到 NVIDIA H200 GPU 中	散热性能提高 10%	芯片堆叠间隙更小，密度更高

资料来源：各公司官网，民生证券研究院

3.2.4 HBM 严重供不应求，原厂积极扩产

目前 HBM 供不应求，美光在 FY2024Q2 业绩说明会表示其 2024 年和 2025 年 HBM 产能均已售罄。受快速增长的 HBM 需求影响，三大存储原厂都在积极布局扩充供应，纷纷公布了其扩产计划：

表9：三大原厂扩产计划

原厂	HBM 扩产规划
美光	积极筹备 HBM 生产，于 2023 年 11 月 6 日在台中开设了新工厂。美光表示，台中四厂将整合先进探测与封装测试功能，量产 HBM3E 及其他产品，从而满足人工智能、数据中心、边缘计算及云端等各类应用日益增长的需求。
三星	三星计划投资 1 万亿韩元（约合 7.6 亿美元）扩产 HBM，目标 2024 年将 HBM 产能提高至 2023 年的 2.5 倍
海力士	2024 年对通过硅穿孔(TSV)相关的设施投资将比 2023 年增加一倍以上，力图将产能翻倍。

资料来源：华尔街见闻，经济日报，Trendforce，民生证券研究院

美光积极扩产 HBM，积极抢夺市场份额。美光 FY24 Q3 业绩会表示，NAND 和 DRAM 供给将低于需求增长，整体库存水位有望下降，但将会加大 HBM 方面投入，美光 2024 财年资本支出预测为 80 亿美元，2025 年资本支出比例更是预计将达营收的 30%。主要是为了应对人工智能产业的快速增长需求，特别是在 HBM 的市场需求。

根据美光 FY24 Q3 业绩说明会的指引，HBM3E 已量产出货并产生超过 1 亿美元营收，预计 HBM 将在 FY24 带来数亿美元的营收，FY25 年营收规模达到数十亿美元规模，公司亦预计未来将在 HBM 市场获得与 DRAM 市场接近的份额。随着美光 HBM 营收开始放量，叠加激进的产能扩张计划，公司 HBM 份额的长期提升和业绩成长性值得期待。

4 投资建议

存储涨价趋势或将延续，带来传统存储业务业绩的提升。供给方面：三星、美光及海力士等主要存储原厂均在 2023 年采取了减产的措施，同时约束资本支出，目前仍未见明显的扩产动作，传统存储供应增长比较有限。从新技术对产能的影响来看，HBM 生产相同位元所需晶圆量为 DDR5 的三倍，目前 HBM 供不应求，存储原厂将更多资源倾斜到 HBM 上，进一步挤占传统存储产品的产能。需求方面，AI 贡献了最大的边际增长，云端训练及推理需要大量 HBM、DDR5 及 SSD，未来端侧 AI 的发展也将带动单机存储用量的提升。此外，各下游的库存已逐步恢复正常，需求增长可期。综合来看，存储供给的增长受限，而中长期需求增长可期，短期需求增长当前也不具备高库存带来的压力，存储价格有望继续向上，美光将有望受益涨价趋势，业绩释放可期。

云端 AI 存储需求火爆，端侧 AI 存储配置的提升将接力增长。当前生成式人工智能发展火热，带动人工智能服务器增长，而人工智能服务器在存储配置方面远高于普通服务器，不仅采用更多 DRAM 和 SSD，同时引入 HBM 等显存，带来全新存储增量。美光在 HBM3E 完成赶超，率先推出并已经开始贡献营收，且 2024 年全年产能和 2025 年的绝大部分产能已经被分配，预计 2025 年 HBM 将会为美光重要的业绩贡献因素之一。此外，我们认为端侧 AI 或将接力云端 AI，带来下一个高速增长领域。AI 模型逐步落地终端，由于运行 AI 大模型需要额外的内存及闪存，PC 存储总量将随着 AIPC 渗透而持续提升。

持续推出具有竞争优势的新品，奠定行业领先地位。美光针对行业需求推出一系列具有竞争力的产品。例如 HBM3E 已经于 2024 年 3 月应用于英伟达 H200 Tensor Core GPU,并已带来营收;针对 PC,美光于 2024 年 5 月推出 LPCAMM2,已经运用于联想 ThinkPad P1 Gen7, LPACAMM 是处理 AIPC 和复杂工作负载的理想高性能内存解决方案，将随 AIPC 不断渗透而持续受益。

公司传统业务受益周期回暖，且兼具 HBM、LPCAMM 等新品带来的成长性，我们看好中短期 HBM 出货及存储涨价带来的业绩释放，并认为 AI 将从云侧存储需求和端侧存储需求两方面引领公司更长维度的业绩增长，建议积极关注。

表10：行业重点关注个股

股票代码	公司简称	收盘价 (美元)	EPS (美元)			PE (倍)		
			FY2023A	FY2024E	FY2025E	FY2023A	FY2024E	FY2025E
MU.O	美光科技	119.50	-4.92	1.23	9.68	-	97	12

资料来源：Bloomberg，民生证券研究院预测；（注：股价为 2024 年 7 月 17 日收盘价；公司数据采用 Bloomberg 一致预期）

5 风险提示

1) 终端需求增长不及预期的风险：若终端需求不足，下游模组及整机厂商将减缓存储颗粒及模组的采购，存储产品价格将缺乏进一步上涨的动力，对公司业绩造成负面影响。

2) 存储行业供给超预期增长的风险：存储行业具有周期性特征，受供需关系影响较大，当前行业刚步入上行周期，若业内存储厂超预期扩擦还能，存储价格将面临下跌的风险，从而影响存储厂商业绩。

3) AIPC 及 AI 手机销量不及预期：AIPC 及 AI 手机对存储需求提升，若销量不及预期，公司将面临业绩不及预期的风险。

4) 新品研发进展不及预期：公司在 HBM 及 CXL 内存等新品方面投入较大，如不能及时推出符合市场需求的新品，将会在产品导入及上量等方面面临竞争劣势，从而影响公司业绩。

插图目录

图 1: 2023 年全球 DRAM 竞争格局.....	3
图 2: 2023 年全球 NAND 竞争格局.....	3
图 3: 美光科技产品结构.....	4
图 4: 美光科技部门架构.....	4
图 5: 2011 年以来全球 DRAM 市场格局变化.....	7
图 6: 美光产品历史复盘.....	8
图 7: 美光营收 (百万美元)	10
图 8: 美光营业利润 (百万美元)	10
图 9: 美光科技收入构成 (按部门, 百万美元)	10
图 10: 美光科技 FY14Q4-FY24Q3 单季度毛利率.....	11
图 11: 美光科技总库存水平 (百万美元)	12
图 12: 美光科技库存占比.....	12
图 13: 美光资本支出情况 (百万美元)	12
图 14: 存储芯片市场规模 (亿美元)	13
图 15: 2008-2010 年 MLC Flash 64GB 价格走势.....	14
图 16: 2008-2010 年 DDR2 1Gb 800MHz 价格走势.....	14
图 17: 2008-2014 年全球智能手机出货量.....	14
图 18: 2001-2019 年全球 PC 出货量.....	14
图 19: 2018-2021 年 PC 出货量.....	15
图 20: 2019 年-2021 年 5 月 DRAM 价格 (元)	15
图 21: 美光科技股价复盘 (美元)	17
图 22: DRAM 价格指数.....	18
图 23: NAND 价格指数.....	18
图 24: 美光股价、PB 及新品发布复盘.....	19
图 25: 存力增幅远不及算力增幅.....	20
图 26: 英伟达 H100 配置.....	21
图 27: 2022-2026 年全球 AI 服务器出货量预估.....	21
图 28: 智能手机 RAM 容量升级趋势图 (GB)	22
图 29: 智能手机 ROM 容量升级趋势图 (GB)	22
图 30: 2023-2024 全球智能手机出货量 (按价格区间)	23
图 31: 苹果 Macbook 及惠普暗夜精灵系列存储容量升级趋势.....	23
图 32: 不同参数的 AI 模型在不同精度下所需内存容量.....	24
图 33: AI 手机内存容量提升.....	25
图 34: 联想 AIPC 配置.....	25
图 35: 联想 AIPC 配置.....	25
图 36: 2022-2027 年 AIPC 出货量预测.....	26
图 37: 2023-2027 年 AI 手机出货量预测.....	26
图 38: HBM 基本结构.....	27
图 39: 2.5D 封装技术中介层.....	28
图 40: 服务器 DRAM 和 HBM 市场空间 (十亿美元)	30
图 41: 三大存储厂商 HBM 进展图.....	31
图 42: HMC 结构示意图.....	32
图 43: HBM 结构示意图.....	32
图 44: 美光高带宽内存技术路径.....	32
图 45: 主要原厂 HBM 产品对比图.....	33

表格目录

重点公司盈利预测、估值与评级.....	1
表 1: 内存产品梳理.....	5

表 2: 闪存产品梳理	6
表 3: 美光资本运作梳理	7
表 4: 公司近年重点产品布局	9
表 5: 2016 年存储原厂纷纷转向 3D NAND	15
表 6: 一般服务器与 AI 服务器平均容量差异	20
表 7: 各代 HBM 技术参数对比	29
表 8: 三大原厂 HBM3E 产品对比	34
表 9: 三大原厂扩产计划	34
表 10: 行业重点关注个股	35

分析师承诺

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并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

评级说明

投资建议评级标准	评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
	谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
	中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上
行业评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
	中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上

免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 32 层 05 单元； 518026