

电子行业研究

买入（维持评级）

行业深度研究

证券研究报告

国金证券研究所
 分析师：樊志远（执业
 S1130518070003）
 fanzhiyuan@gjzq.com.cn

分析师：罗露（执业
 S1130520020003）
 luolu@gjzq.com.cn

分析师：邓小路（执业
 S1130520080003）
 dengxiaolu@gjzq.com.cn

人工智能加速发展，电子通信硬件迎来发展新机遇

行业观点

ChatGPT 引爆新一轮人工智能应用，人工智能将成为未来无所不在的工具。ChatGPT 是由 OpenAI 推出的人工智能聊天机器人，基于 GPT-3.5/GPT-4 大模型，并引入人工标注数据和强化学习进行训练。ChatGPT 通过问答形式与用户完成交互，凭借近似真实的对话和互动效果迅速成为近期发展最快和关注度最高的应用之一，上线两个月活跃用户突破 1 亿，成为历史上用户增长最快的应用程序，它的应用火爆使得人工智能赛道迅速升温。我们认为人工智能平台（包括芯片，模组，算法，云训练/推理）不算新型应用，而是整合电子，通信，软件及云/边缘运算/设备电子端后成为各种提升应用效能的人工智能工具平台，各类 AI+应用即将落地，像 ChatGPT 对话机器人，以及特斯拉即将自动驾驶中引入 AI 学习框架，传统应用在引入 AI 后将迎来巨变。因此人工智能平台除了被广泛利用在云端大数据的深度学习训练和推断外，也将出现在各式各样的应用端、边缘运算及终端。

人工智能高速发展，电子半导体产业链大有可为

人工智能的发展将重塑电子半导体基础设施，海量数据的收集、清洗、计算、训练以及传输需求，将带来算力和网络的迭代升级，利好 AI 数据中心及边缘高速运算大量使用的 CPU，GPU，FPGA，ASIC，HBM 存储器，3D NAND，以太网 PHY 芯片及电源管理芯片。根据 PrecedenceResearch 的数据，2022 年全球人工智能芯片市场规模为 168.6 亿美元，22-32 年 CAGR 有望达 29.7%。我们看好人工智能加速发展对电子行业带来的发展新机遇，细分板块有望持续受益：1) 计算芯片：AI 拉动 CPU/GPU/FPGA/ASIC 量价齐升，国产替代空间巨大；2) 存储芯片：看好 2023 年存储板块止跌反弹，DDR5 内存有望放量。据 Yole，21-28 年内存储接口及配套芯片市场规模 CAGR 达 28%；3) 以太网芯片：有限局域网通信之基，服务器端大有可为。据观研天下信息，25 年中国数据中心用以太网交换芯片市场规模将达到 120.4 亿元；4) 电源管理芯片：2023 年下半年有望迎来需求回暖。随着云计算、人工智能以及大功率处理器和加速卡需求的不断增长，加速服务器电压转向 48V，DC-DC 受益明显；5) PCB/CCL：AI 催化算力需求，服务器主板和载板量价齐升。AI 需求兴起，服务器 PCB/CCL 升级大潮将至。算力对 CPU/GPU 要求大幅提升，先进封装凸显载板价值。6) 光芯片：全球数据量爆炸式增长，光通信逐渐崛起。据 Lightcounting 数据，2027 年全球光模块市场规模超 200 亿，光芯片为光模块核心组件。

人工智能高速发展对通信行业的加持

ChatGPT 等 AIGC 业务快速迭代，带来新一轮通信基础设施升级机遇。一方面，ChatGPT 大幅提振高算力需求，带动服务器增长与 AI 服务器占比提升。据 TrendForce，截至 2022 年搭载 GPGPU 的 AI 服务器年出货量占整体服务器比重近 1%，2023 年预估在 ChatGPT 加持下出货量年成长可达 8%，2022-2026 年 CAGR 将达 10.8%。浪潮信息、中科曙光等国内龙头公司 AI 算力业务成长有望提速。另一方面，ChatGPT 带动云计算产业链升级，加速 800G 光模块商用，同时带动 CPO 等先进封装技术需求。据 LightCounting，全球 TOP5 云厂商 2020 年以太网光模块支出为 14 亿美元，到 2026 年其支出有望超 30 亿美元，800G 光模块将从 2025 年底开始主导这一细分市场。中际旭创 800G 前沿产品已接收小规模批量订单，且天孚通信和中际旭创在 CPO 封装已经有所布局，有望开辟新成长曲线。

投资建议与估值

重点推荐：英伟达、AMD、澜起科技、裕太微、沪电股份、兴森科技、浪潮信息、中际旭创、天孚通信、通富微电。

风险提示

海外市场陷入衰退；人工智能终端应用落地不如预期；各下游市场需求不如预期；美国加大对华制裁力度。

内容目录

一、人工智能高速发展对电子行业的加持.....	5
1.1 ChatGPT 点燃新一轮人工智能热情.....	5
1.2 计算芯片：AI 拉动 GPU/FPGA/ASIC 量价齐升.....	7
1.3 存储芯片：看好 23 年存储板块有望迎来拐点，DDR5 内存放量.....	14
1.4 以太网芯片：有限局域网通信之基，服务器端大有可为.....	18
1.5 电源管理芯片：2023 年下半年有望迎来需求回暖.....	21
1.6 PCB/CCL：AI 催化算力需求，服务器主板和载板量价齐升.....	23
1.7 光芯片：数通和电信市场水大鱼大，光芯片国产替代空间广阔.....	27
二、人工智能高速发展对通信行业的加持.....	29
2.1 ChatGPT 大幅提振算力需求，带动服务器增长与 AI 服务器占比提升.....	29
2.2 ChatGPT 刺激高速率光模块占比提升，CPO 产品迎来爆发期.....	31
三、投资建议.....	33
四、风险提示.....	34

图表目录

图表 1： ChatGPT 成为历史上最快突破 1 亿活跃用户的应用程序.....	5
图表 2： AI 人工智能不同落地场景.....	6
图表 3： 2025 年全球人工智能市场规模达 2219 亿美元.....	6
图表 4： 2025 年中国人工智能市场规模达 184 亿美元.....	6
图表 5： 英伟达加速计算平台示意图.....	7
图表 6： 大模型时代训练所需算力增速远超摩尔定律.....	7
图表 7： 22-32 年人工智能芯片市场规模 CAGR 达 29.7%.....	7
图表 8： CPU、GPU、FPGA、ASIC 特点对比.....	8
图表 9： CPU 采用串行计算架构.....	8
图表 10： CPU 采用低延迟设计架构.....	8
图表 11： 2026 年全球服务器市场规模 1665 亿美元.....	8
图表 12： Intel 主导全球 CPU 市场.....	8
图表 13： 国产 CPU 芯片对比.....	9
图表 14： X86 架构 CPU 国产替换空间测算.....	10
图表 15： GPU 采用串行计算架构.....	10
图表 16： GPU 采用高吞吐设计架构.....	10
图表 17： 2016 年-2021 年数据中心负载任务量变化.....	11
图表 18： 2024 年全球超大规模数据中心超 1000 个.....	11

图表 19:	2030 年全球 GPU 市场规模有望达 4774 亿美元	11
图表 20:	英伟达主导独立 GPU 市场	11
图表 21:	国内 GPU 产业链情况	12
图表 22:	英特尔 FPGA 技术路线图	13
图表 23:	2030 年全球 FPGA 市场规模有望达 221 亿美元	13
图表 24:	2021 年中国 FPGA 芯片下竞争格局	14
图表 25:	谷歌历代 TPU 性能对比	14
图表 26:	机器数据量图表	15
图表 27:	2021-2023E NAND 产能	16
图表 28:	2021-2023E NAND 需求	16
图表 29:	2021-2023E DRAM 产能	16
图表 30:	2021-2023E DRAM 需求	16
图表 31:	2023 年 NAND 供需格局大幅缓解	17
图表 32:	2023 年 DRAM 供需格局小幅缓解	17
图表 33:	我们看好弹性最大的存储板块 2023 年止跌反弹	17
图表 34:	2028 年全球内存模组出货量有望达 6.5 亿	18
图表 35:	2028 年内存接口芯片及配套芯片市场规模有望达 40 亿美元	18
图表 36:	以太网下游应用场景	19
图表 37:	英伟达 Spectrum 以太网交换机	19
图表 38:	英伟达 LinkX 以太网电缆	19
图表 39:	以太网结构示意图	20
图表 40:	以太网 PHY 芯片功能示意图	20
图表 41:	以太网技术发展路线	20
图表 42:	数据中心脊叶架构示意图	20
图表 43:	中国数据中心以太网芯片市场规模及预测	20
图表 44:	国内外主要公司以太网芯片技术对比	21
图表 45:	电源管理芯片产品类别与应用场景	21
图表 46:	2020 年全球模拟芯片各品类销售占比	22
图表 47:	全球模拟芯片市场规模变化情况	22
图表 48:	48V 电源与 12V 电源功耗对比	22
图表 49:	48V 电源 DC/DC 转换器选择方案	22
图表 50:	2020 年全球电源管理芯片集中度	23
图表 51:	2020 年中国企业电源管理芯片集中度	23
图表 52:	杰华特 DC-DC 产品与海外竞品性能对比情况	23
图表 53:	PCB 是支撑服务器内部结构的重要元器件	24

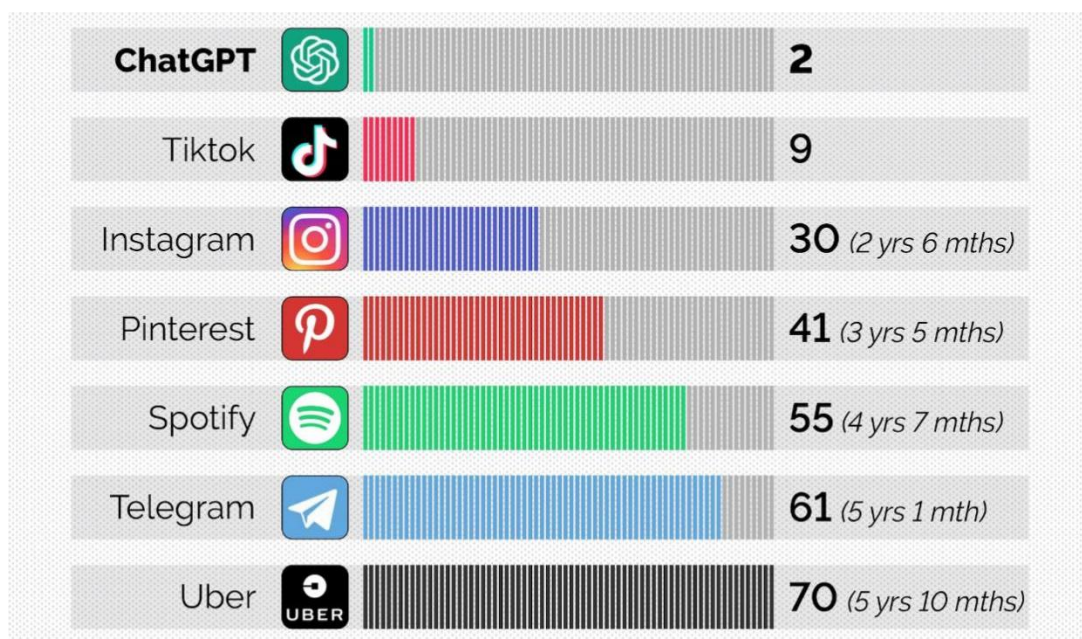
图表 54: 服务器平台升级	24
图表 55: CCL 材料等级划分	24
图表 56: 服务器平台升级	25
图表 57: 2021 年全球特种基材 CCL 市场格局	25
图表 58: 全球先进封装市场规模（十亿美元）	25
图表 59: 封装基板结构示意图	25
图表 60: 先进封装中载板成本占比达到 50%	26
图表 61: 各类载板的产值变化（百万美元）	26
图表 62: 国内载板厂商在载板市场占有率	26
图表 63: 国内载板第一梯队厂商布局情况	27
图表 64: 光芯片在光通信中用于产生和接受光信号	27
图表 65: 激光器芯片和探测器芯片细分品类	28
图表 66: 2025 年全球光模块市场规模有望达 113 亿美元	28
图表 67: 光芯片竞争格局	29
图表 68: 全球服务器出货量	30
图表 69: 全球服务器市场规模（亿美元）	30
图表 70: 数据中心硬件成本结构	30
图表 71: 2022-2026 年全球 AI 服务器出货量	31
图表 72: 2021 年全球 AI 服务器市场份额	31
图表 73: 亿欧智库算力服务综合价值力评估	31
图表 74: 全球光模块市场规模（亿美元）	32
图表 75: 全球 TOP5 云厂商以太网光模块销售额（\$M）	32
图表 76: 光电共封装的封装形式及发展趋势	33

一、人工智能高速发展对电子行业的加持

1.1 ChatGPT 点燃新一轮人工智能热情

ChatGPT 是由 OpenAI 于 2022 年 11 月推出的人工智能聊天机器人,该程序使用基于 GPT-3.5 架构的大型语言模型,并通过人类反馈的监督学习和强化学习进行训练。ChatGPT 通过问答形式与用户完成交互,可以完成自动生成文本、自动问答、自动摘要等多种任务。ChatGPT 因其能提供类似人类的响应,迅速成为近期发展最快和关注度最高的应用之一,上线 5 天用户突破百万,上线两个月活跃用户突破 1 亿,使其成为历史上用户增长最快的应用程序,它的爆火出圈使得人工智能赛道迅速升温。

图表1: ChatGPT 成为历史上最快突破 1 亿活跃用户的应用程序

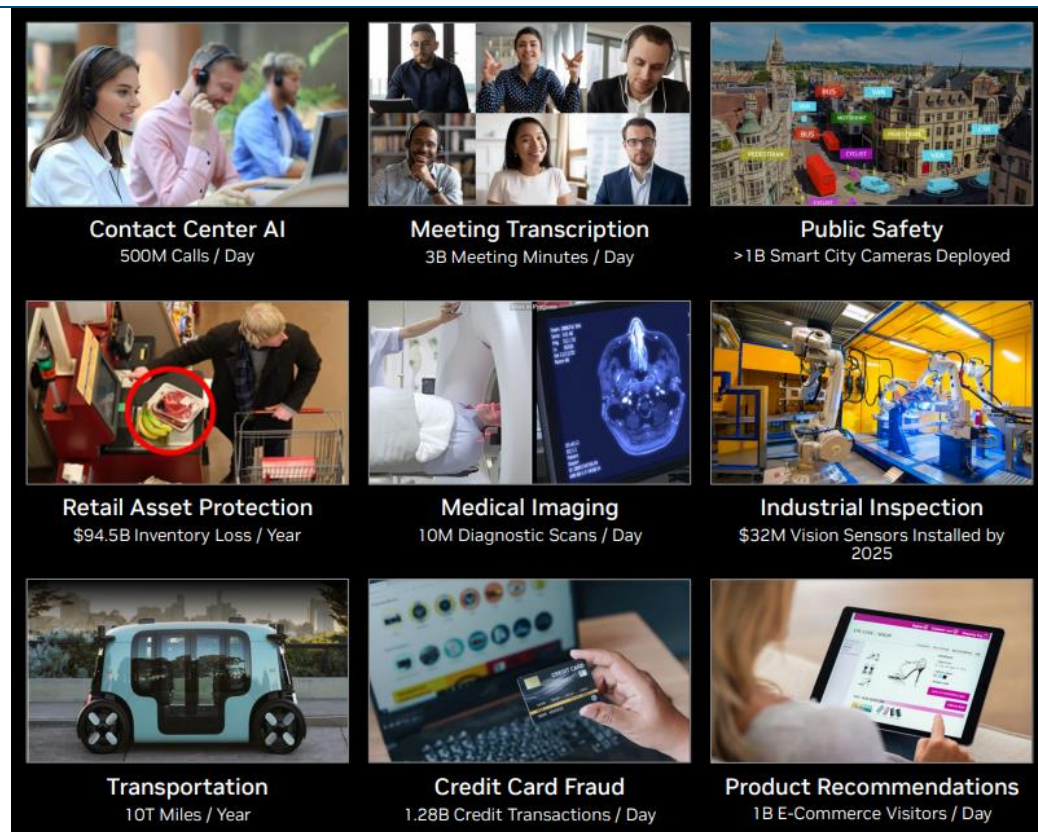


来源: CNBC, 国金证券研究所

人工智能 AI 顾名思义就是通过高性能计算机来模拟人脑的认知及推理过程,尤其是在收集大量原始数据后,再通过高性能计算机加上各类特殊的 AI 算法来训练和提高 AI 的认知能力,其中包括视觉(图像,视频),听觉(语言,声音)等各类能力。当 AI 的认知能力训练完成后,推理算法能够使用高性能计算机举一反三完成数据收集、推理和决策,形成对人类部分工作的代替。

人工智能正在由云端应用场景走向终端应用场景。人工智能平台(包括芯片,模组,软件)在一般人看起来像是一种新型应用,但在我们看来人工智能芯片在整合软硬件后将成为各类终端应用的提升效能工具平台,各类 AI+应用即将落地,像 ChatGPT 对话机器人,以及特斯拉即将自动驾驶中引入 AI 学习框架,传统应用在引入 AI 后将迎来巨变。这就像我们常用的微软 Bing 搜索,微软 Bing 搜索是我们应付各种陌生问题的生财工具,引入类 ChatGPT 的 AI 模型后能够直接给用户提供部分答案。因此人工智能平台除了被广泛利用在云端大数据的深度学习训练和推断外,我们认为人工智能平台也将出现在各式各样的应用端的边缘运算及终端。AI 的第一波浪潮是学习感知和推理,例如自然语言处理、机器视觉、推荐算法等,而 AI 的下一波浪潮将会是人工智能规划, AI 将感知、学习和推理的结果通过各类机器人形成计划和付诸行动。

图表2: AI 人工智能不同落地场景

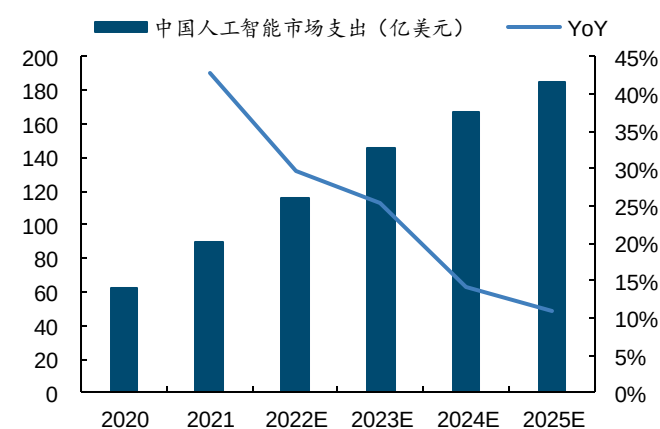
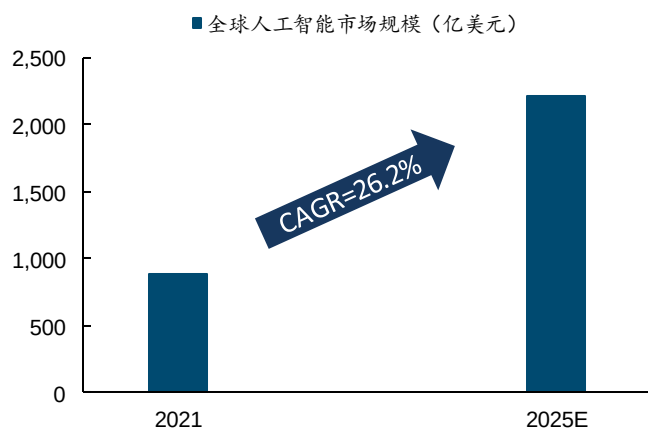


来源：英伟达，国金证券研究所

人工智能技术已在人机交互、智能家居、智能驾驶、智慧金融、智能安防等多个领域实现技术落地，且应用场景愈来愈丰富，AI 产业已进入全方位商业化的发展阶段。根据 IDC 的数据，2021 年全球人工智能市场规模达到 885.7 亿美元，预计 2025 年将达到 2218.7 亿美元，21-25 年 CAGR 达 26.2%。当前我国人工智能产业加速发展，从基础支撑、核心技术到行业应用的产业链条基本形成，一批创新活跃、特色鲜明的创新企业加速成长，新模式、新业态不断涌现，整体呈现蓬勃发展态势。政策支持、投资引导和巨头布局将推动中国 AI 产业的结构调整，进一步扩大市场规模。根据 IDC 的数据，中国人工智能市场规模预计 2025 年有望达 184.3 亿美元，21-25 年 CAGR 达 24.4%。

图表3: 2025 年全球人工智能市场规模达 2219 亿美元

图表4: 2025 年中国人工智能市场规模达 184 亿美元



来源：海天瑞声 2021 年年报，国金证券研究所

来源：海天瑞声 2021 年年报，国金证券研究所

人工智能产业链可分为基础层、技术层、应用层三个层面。我们以英伟达的加速计算平台为例：基础层包括各类软硬件设施（CPU、GPU、DPU、ASIC、FPGA、存储芯片等）以及数据服务。技术层包括各类技术框架和算法模型，涵盖深度学习、计算机视觉、自然语言处理、语音识别等。应用层包括各类解决方案和终端应用场景。

图5：英伟达加速计算平台示意图

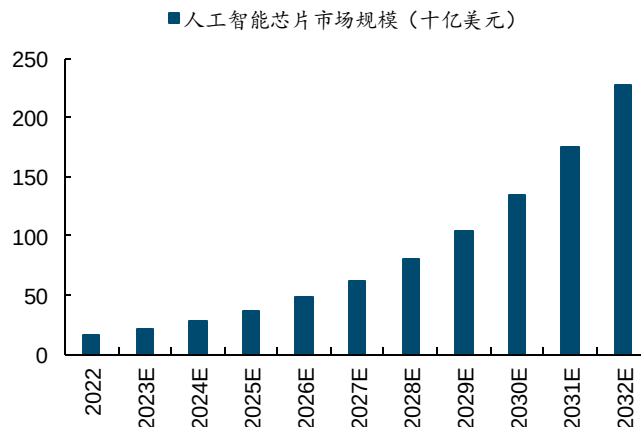
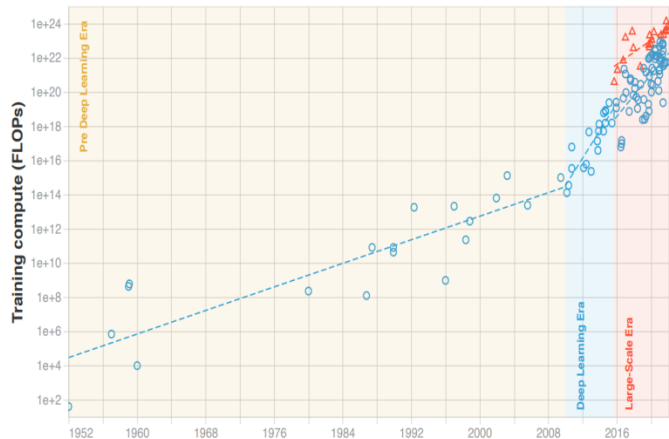


来源：英伟达、国金证券研究所

2017 年谷歌提出 Transformer 模型使得深度学习进入了大模型时代，大模型所需算力的增长幅度远超过摩尔定律提供的性能成长速度，势必带来更多人工智能芯片需求。在 2010 年前，AI 模型所需算力的增长幅度与摩尔定律同步，约每 20 个月翻倍。2015 年以后出现的大模型所需算力为原来的 10-100 倍，所需算力的翻倍时间缩短到 10 个月。这意味着，AI 芯片基于摩尔定律的性能迭代和升级速度可能不如算力需求的增长速度，云计算厂商需要堆叠更多的人工智能芯片等来满足模型训练。根据 PrecedenceResearch 的数据，2022 年全球人工智能芯片市场规模为 168.6 亿美元，22-32 年 CAGR 有望达 29.7%。

图6：大模型时代训练所需算力增速远超摩尔定律

图7：22-32 年人工智能芯片市场规模 CAGR 达 29.7%



来源：COMPUTE TRENDS ACROSS THREE ERAS OF MACHINE LEARNING, 国金证券研究所

来源：PrecedenceResearch, 国金证券研究所

1.2 计算芯片：AI 拉动 GPU/FPGA/ASIC 量价齐升

人工智能芯片多用传统型芯片，或用昂贵的图形处理器（GPU），或用现场可编程门阵列芯片配合中央处理器（FPGA+CPU）为主，用以在云端数据中心的深度学习训练和推理，通用/专用型 AI 芯片（ASIC），也就是张量处理器或特定用途集成电路（ASIC），主要是针对具体应用场景，三类芯片短期内将共存并在不同应用场景形成互补。

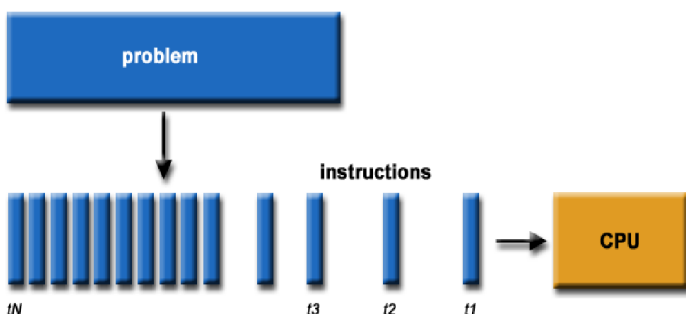
图表8: CPU、GPU、FPGA、ASIC 特点对比

类别	CPU	GPU	FPGA	ASIC
特点	进行大规模并行计算方面受到限制 擅长于处理逻辑控制， 提供系统可靠性 通用性好	性能高、计算能力强 功耗高 通用性好	可编程性、灵活功耗和 通用性介于 GPU 与 ASIC 之间	定制化设计 性能稳定 优秀的功耗控制
代表公司	英特尔、AMD	英伟达、AMD	赛灵思	寒武纪、地平线、比特大陆、谷歌 (TPU)

来源: ADLINK, 国金证券研究所

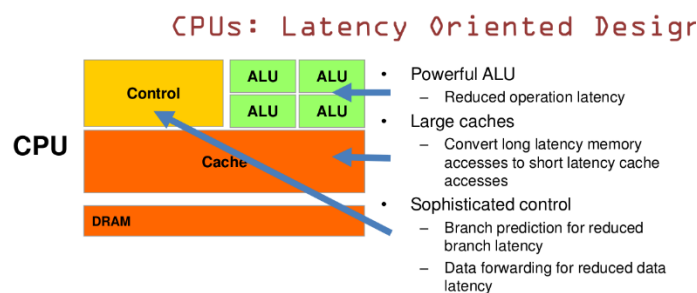
中央处理器 CPU: X86 和 ARM 结构在内的传统 CPU 处理器架构往往需要数百甚至上千条指令才能完成一个神经元的处理,但对于并不需要太多的程序指令,却需要海量数据运算的深度学习计算需求,这种结构就显得不匹配。中央处理器 CPU 需要很强的处理不同类型数据的计算能力以及处理分支与跳转的逻辑判断能力,这些都使得 CPU 的内部结构异常复杂,现在 CPU 可以达到 64bit 双精度,执行双精度浮点源计算加法和乘法只需要 1~3 个时钟周期,时钟周期频率达到 1.532~3gigahertz。CPU 拥有专为顺序逻辑处理而优化的几个核心组成的串行架构,这决定了其更擅长逻辑控制、串行运算与通用类型数据运算,当前最顶级的 CPU 只有 6 核或者 8 核,但是普通级别的 GPU 就包含了成百上千个处理单元,因此 CPU 对于影像,视频计算中大量的重复处理过程有着天生的弱势。

图表9: CPU 采用串行计算架构



来源: SERIAL COMPUTING vs. PARALLEL COMPUTING: A COMPARATIVE STUDY USING MATLAB, 国金证券研究所

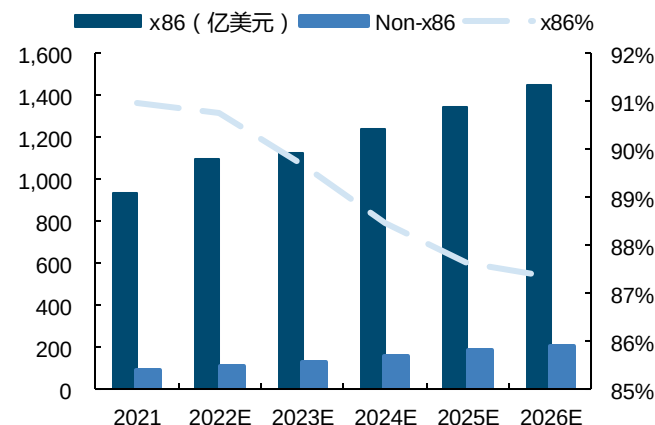
图表10: CPU 采用低延迟设计架构



来源: Github, 国金证券研究所

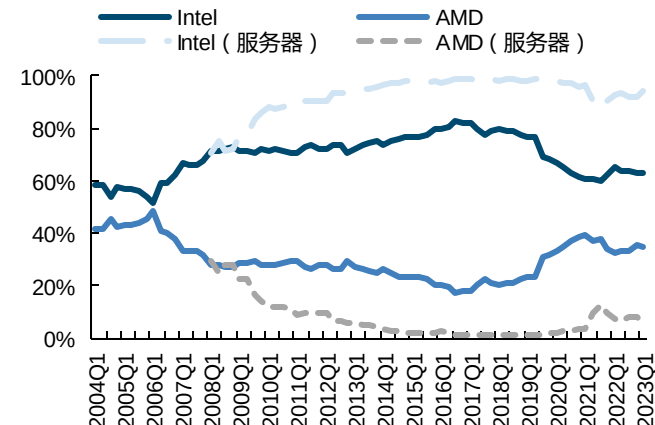
英特尔和 AMD 垄断全球 CPU 市场,英特尔在服务器 CPU 市场占据绝对优势。根据 IDC 的数据,2022 年全球服务器市场规模有望达 1216 亿美元,2026 年全球服务器市场规模有望达 1665 亿美元,22-26 年 CAGR 达 10.2%。截至 23Q1, intel 在全球 CPU 市场中的占比为 63.0%,在全球服务器 CPU 市场中的占比为 94.2%,在服务器 CPU 市场中占据绝对主导地位。

图表11: 2026 年全球服务器市场规模 1665 亿美元



来源: IDC, 国金证券研究所

图表12: Intel 主导全球 CPU 市场



来源: Cpubenchmark, 国金证券研究所

国产服务器芯片渗透率低,对应巨大国产替代空间。根据海光信息招股说明书的数据,2020 年国内 x86 服务器芯片出货量 698.1 万颗,绝大部分市场份额被 Intel 和 AMD 两家

公司占据，合计市场份额超过 95%，其中 Intel 产品市场占有率遥遥领先。2020 年海光信息 CPU 产品销售量约占总市场份额的 3.75%，占据了国产 x86 服务器 CPU 绝大部分市场份额。除了海光之外，国内 CPU 厂商主要有海思、龙芯、兆芯、飞腾、申威等。

图表13：国产 CPU 芯片对比

	飞腾	鲲鹏/海思	龙芯	海光	申威	兆芯
研发单位	天津飞腾(中国长城)	华为	龙芯中科	海光信息	申威科技	上海兆芯
团队背景	国防科技大学	华为	中科院计算机所	中科曙光(中科院控股)	江南计算所	上海市国资委+台湾威盛电子
指令集体系来源	SPARC/ARM 授权+自研	ARM 授权+自研	MIPS 授权+自研	X86 授权	Alpha 授权+自研	X86/ARM 授权
授权层级/创新可信程度	ARMv8 架构层级永久授权，自主化程度大	ARMv8 架构层级永久授权，自主化程度大	获 MIPS 指令集修改权限，但需付费，自主化程度大	X86 内核层级授权，自主化程度弱	已完全实现自主可控	X86 内核层级授权，自主化程度弱
应用领域	党政+商用市场	党政+商用市场	党政市场	党政+商用	军方	党政
优势	架构层级授权自主化性能最强；党政+商用起步最早，适配厂商程度较高，用市场接受程度高			X86 最新授权，性能较强，应用生态丰富，在军方市场占优，底层应用、超算为主力方向		
相关产品	腾云 S 系列/腾锐 D 系列/腾珑 E 系列	鲲鹏系列/麒麟系列	龙芯 1 号/龙芯 2 号/龙芯 3 号	海光 1 号/2 号/3 号/4 号	SW-1600/ SW-1610	ZX-C/ZX-D/KX-5000/KX-6000/KH-2000
产品覆盖领域	服务器、桌面、嵌入式	服务器、桌面、嵌入式、移动端	桌面、服务器	服务器	服务器、桌面	嵌入式、服务器、桌面
实际应用	天河一号/天河二号/天河三号	华为服务器/华为手机	玲珑/逸珑/福珑/北斗导航卫星	国家级超算项目	神威蓝光、神威·太湖之光	联想笔记本、笔记本、服务器、火星舱存储系统
2019 年出货量	预计 20 年底出货 100 万片	—	50 万片	10 万片	—	累计出货量超 100 万片
代工厂	中芯国际	鲲鹏由台积电代工；麒麟由中芯国际代工	意法半导体、新思科中芯国际、台积电和三星	—	—	华力
最小制程	16nm	鲲鹏：7nm；麒麟：12/14nm	28nm	12nm	28nm	16nm

来源：各公司官网，国金证券研究所

我们测算国内 x86 服务器用 CPU 市场规模为 315.1 亿美元。IDC 数据显示，预计 2025 年国内 x86 服务器出货量将达到 525.2 万台。根据 x86 服务器出货量和 x86 服务器路数分布情况进行计算，2020 年中国市场 x86 服务器芯片出货量约为 698.1 万颗。假设到 2025 年 x86 服务器的平均路数为 3，预测 2025 年中国市场 x86 服务器芯片出货量可达 1575.6 万颗，对应市场空间可达 315.1 亿美元，22-25 年 CAGR 达 19%。

我们测算 2025 年整体 x86 架构国产 PC+服务器端 CPU 国产替代空间达 554.3 亿元，22-25 年 CAGR 为 32%。我们认为服务器领域国产替代空间，主要在于政府机关、事业单位以及核心央企等，有望率先放量。测算逻辑如下：

1) 相关人数测算：根据人社部 2016 年发布的《2015 年人力资源和社会保障事业发展统计公报》，中国共有公务员 716.7 万人，我们假设目前公务员人数为 800 万人。根据国家统计局，2020 年我国国有单位就业人员共 5563 万人，此口径以政府机关、事业单位为主，根据国家统计局，剔除教育、卫生&社会保障和社会福利院后，2020 年中口径国有单位就业人员共 3032 万人，因此假设国央企及事业单位人数预计有 8000 万人。

2) 假设每人配备一台 PC, PC 与服务器配置比例为 10:1, 根据海光 3000 系列, PC 端 CPU 单颗价值 1000 元/颗, 服务端:海光目前最高端 7200 芯片 ASP 11000 元, 低端 7100 ASP 4000 元, 整体服务器 CPU 均价大约 8000 元/颗。

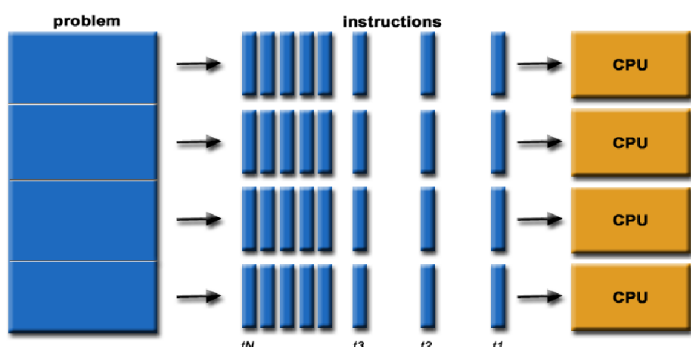
3) 假设到 2025 年党政机关国产服务器替换比例为 95%, 其中国产 x86 服务器占比 20%; 国央企及事业单位国产 x86 服务器替换比例为 20%。那么测算得出, 预计 2022 年 X86 架构国产 PC+服务器 CPU 替换空间为 242.8 亿元, 到 2025 年有望达到 554.3 亿元, 22-25 年 CAGR 为 32%。

图表14: X86 架构 CPU 国产替换空间测算

	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E
国内 X86 服务器 CPU 市场空间测算						
X86 服务器出货量 (万台)	343.9	375.1	408.4	445	483.8	525.2
单 x86 服务器 CPU 价值量 (美元)	1600	1800	2000	2000	2000	2000
平均单服务器搭载 CPU 颗数	2.03	2.3	2.5	2.7	2.8	3
国内 X86 服务器 CPU 市场规模 (亿美元)	111.7	155.3	204.2	240.3	270.9	315.1
国产替代空间测算						
党政公务员 (万人)	800	800	800	800	800	800
PC 国产替换率	50%	60%	70%	80%	90%	95%
X86 架构占比	5%	10%	13%	15%	18%	20%
国产 X86 架构 PC 出货量	20	48	72.8	96	129.6	152
国产 x86 架构服务器出货量	4.06	11.04	18.2	25.92	36.288	45.6
PC 用 CPU 均价 (元)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
服务器用 CPU 均价 (元)	8000	8000	8000	8000	8000	8000
党政 PC+服务器替代空间 (亿元)	0.3	1.4	2.8	4.6	7.6	10.3
国央企及事业单位人员 (万人)	8000	8000	8000	8000	8000	8000
国产替换率	5%	8%	10%	15%	18%	20%
国产 X86 架构 PC 出货量	400	640	800	1200	1440	1600
国产 x86 架构服务器出货量	40	64	80	120	144	160
PC 用 CPU 均价 (元)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
服务器用 CPU 均价 (元)	8000	8000	8000	8000	8000	8000
PC+服务器替代空间 (亿元)	105.0	181.8	240.0	379.2	466.6	544.0
整体 X86 架构 CPU 国产替换空间 (亿元)	105.2	183.1	242.8	383.8	474.1	554.3

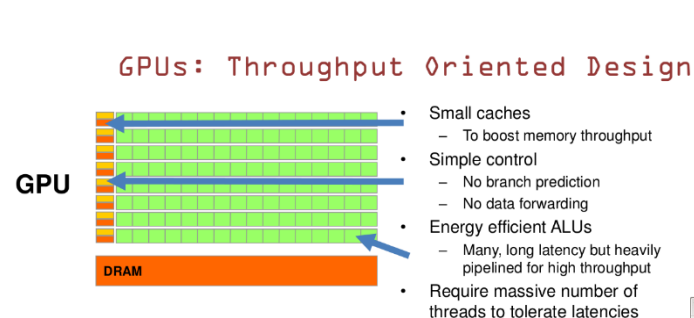
来源: 国金证券研究所测算

图表15: GPU 采用串行计算架构



来源: SERIAL COMPUTING vs. PARALLEL COMPUTING: A COMPARATIVE

图表16: GPU 采用高吞吐设计架构

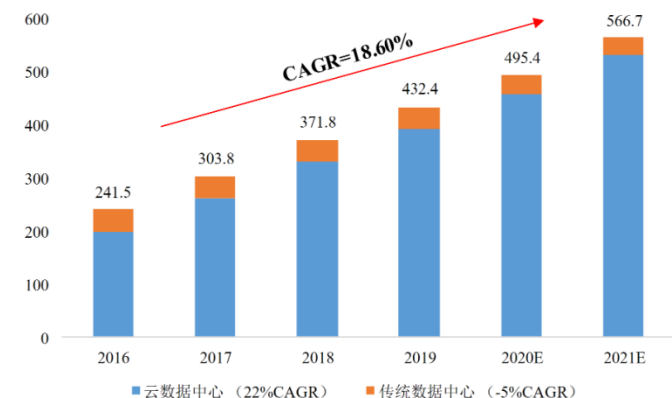


来源: Github, 国金证券研究所

STUDY USING MATLAB, 国金证券研究所

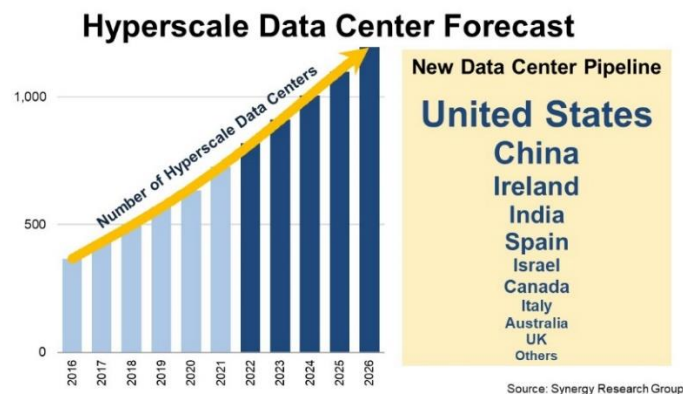
近年来,随着人工智能、数据挖掘等新技术的发展,集成电路行业迎来了数据中心引领发展的阶段,对海量数据进行计算和处理将成为带动集成电路行业发展的新动能大规模张量运算、矩阵运算是人工智能在计算层面的突出需求,高并行度的深度学习算法在视觉、语音和自然语言处理等领域上的广泛应用使得计算能力需求呈现指数级增长。根据 Cisco 的预计,2021 年全球数据中心负载任务量将超过 2016 年的两倍,从 2016 年的不到 250 万个负载任务量增长到 2021 年的近 570 万个负载任务量。这也将驱动全球范围内云数据中心、超级数据中心的建设速度不断加快, Synergy Research Group 预计到 2024 年,全球范围内计算能力更强的超大数据中心将超过 1000 个。

图表17: 2016 年-2021 年数据中心负载任务量变化



来源: Cisco, 国金证券研究所

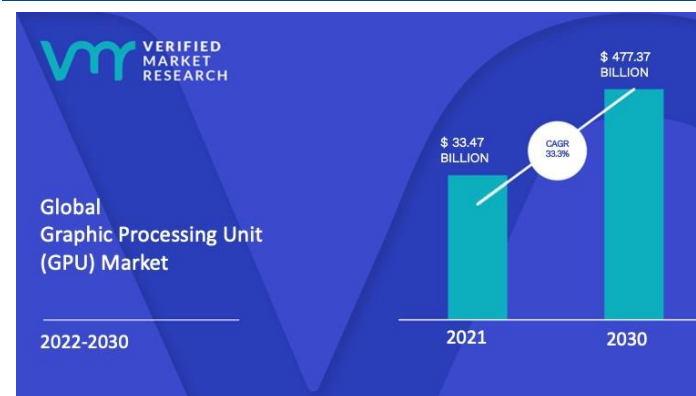
图表18: 2024 年全球超大规模数据中心超 1000 个



来源: Synergy Research Group, 国金证券研究所

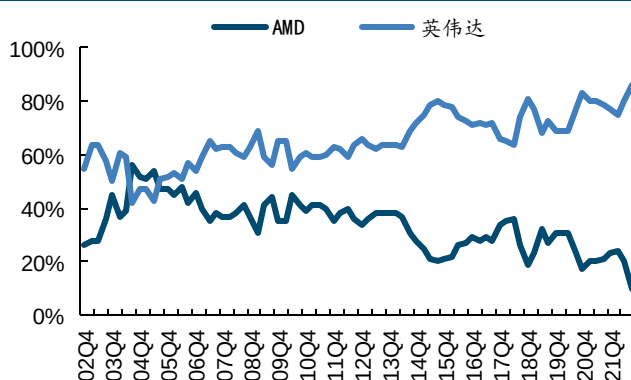
人工智能算法的不断普及和应用,以及对商业计算和大数据处理的算力需求的不断增长,使得全球范围内对于计算加速硬件的需求不断上升。根据 VerifiedMarketResearch 的数据,2021 年全球 GPU 市场规模 335 亿元,2028 年全球 GPU 市场规模有望达到 4774 亿元,22-30 年 CAGR 达 33.3%。作为 GPU 领域的代表性企业,英伟达在全球独立显卡的市占率高达 80%。其高端 GPU 如 H100, A100 和 V100 等占据了 AI 算法训练市场绝大部分的份额。英伟达数据中心业务收入在 2017 年仅为 19 亿美元,2021 年高速增长至为 106 亿美元。从 2017 年至 2021 年,英伟达数据中心业务的 CAGR 达 53%,其增速远超英伟达其他板块业务的收入增速。英伟达数据中心业务收入的快速增长体现了下游数据中心市场对于 GPU 等 AI 芯片的旺盛需求。

图表19: 2030 年全球 GPU 市场规模有望达 4774 亿美元



来源: VerifiedMarketResearch, 国金证券研究所

图表20: 英伟达主导独立 GPU 市场



来源: JRR, 国金证券研究所

国内厂商 GPU 市占率不足 1%,美国对华制裁加速 GPU 国产替代。2015 年以来美国对 GPU 的制裁不断升级,美国国防部研究员曾提出中美竞争中,利用人工智能更多且更快的一方将获胜。前几年主要是美国将中国超算中心及相关 GPU 芯片企业拉入实体清单,以此达到限制中国 AI 以及超级计算机的发展,但是限制范围限于超算单一场景。2022 年 9 月,美国针对 AI、HPC 及数据中心研发所用的高端 GPU 发出限制,英伟达的 A100 和 H100 以及 AMD 的 MI250 芯片暂停向中国客户销售。2022 年 10 月,美国升级禁令限制范围,对高算力芯片的连接速度和每秒运算次数等具体参数做限制,除英伟达和 AMD 外,国内厂商海光信息的部分产品也被加入到限制范围内。美国将制裁限制范围由应用场景扩大到芯片和产

品层面，其实也是代表着国内相关 GPU 产品或下游应用发展超过美国政府的预期。我们认为美国持续加大对中国高端芯片的出口限制，高速运算相关的 GPU、CPU 等芯片国产化进程必然加快。从国产替代方案来看，景嘉微、海光信息、好利科技、壁仞科技（未上市）等厂商有望受益。

图表21：国内 GPU 产业链情况

	核心技术/具体情况	相关产品	主要应用领域
景嘉微	国内首家实现自主研发本土化 GPU 并产业化的企业。具备支持本土 GPU 和本土操作系统的自主知识产权 GPU。	JM5400、JM7201、JM92 系列	军用工业、人工智能、金融、云计算等
龙芯中科	2020 年公司成立 GPU 突击队，加快 GPU 研发设计。自研统一渲染架构。	7A2000 桥片的自主研发 GPU 模块	金融、政务办公、网络安全等
海光信息	海光 DCU 属于 GPGPU（通用图形处理）一种。2021 年，公司深算一号 DCU 产品已实现商业化应用	深算一号 DCU 产品	人工智能训练等
寒武纪	3 月发布 AI 训练 GPU 新品，搭载双芯片四芯粒封装的思元 370，集成寒武纪 MLU-Link 多芯互联技术。	MLU370-X8	人工智能训练等
芯原股份	GPU IP 供应厂商。GPU（含 ISP）市场占有率排名全球前三名，2020 年全球市场占有率约 10.2%	Arcturus GC8800、GC8400、GC8200、GC8000、GPU Nano IP	小型物联网 MCU、人工智能等
壁仞科技	已有自主原创 GPU 芯片架构	BR100 GPU	人工智能、云计算、图形渲染等
沐曦	具备自主研发高性能 GPU 芯片架构、兼容国际主流生态的完整软件栈	MXN、MXC、MXG	物理仿真、云游戏、元宇宙等
摩尔线程	具备 3D 图形计算和高性能并行计算技术	MTTS60、MTTS2000	物理仿真、人工智能、自动驾驶等领域
芯动科技	一站式高速混合电路 IP 及芯片定制解决方案供应商	风华 1 号	元宇宙、云游戏、人工智能等

来源：科创板日报，国金证券研究所

现场可编程门阵列芯片 FPGA 的优势在低功耗，低延迟性：CPU 内核并不擅长浮点运算以及信号处理等工作，将由集成在同一块芯片上的其它可编程内核执行，而 GPU 与 FPGA 都以擅长浮点运算著称。FPGA 和 GPU 内都有大量的计算单元，它们的计算能力都很强。在进行人工智能神经网络 (CNN, RNN, DNN) 运算的时候，两者的速度会比 CPU 快上数十倍以上。但是 GPU 由于架构固定，硬件原来支持的指令也就固定了，而 FPGA 则是可编程的，因为它让软件与应用公司能够提供与其竞争对手不同的解决方案，并且能够灵活地针对自己所用的算法修改电路。虽然 FPGA 比较灵活，但其设计资源比 GPU 受到较大的限制，例如 GPU 如果想多加几个核心只要增加芯片面积就行，但 FPGA 一旦型号选定了逻辑资源上限就确定了。而且，FPGA 的布线资源也受限制，因为有些线必须要绕很远，不像 GPU 这样走 ASIC flow 可以随意布线，这也会限制性能。FPGA 虽然在浮点运算速度，增加芯片面积，及布线的通用性比 GPU 来得差，却在延迟性及功耗上对 GPU 有着显著优势。英特尔斥巨资收购 Altera 是要让 FPGA 技术为英特尔的发展做贡献。表现在技术路线图上，那就是从现在分立的 CPU 芯片+分立的 FPGA 加速芯片，过渡到同一封装内的 CPU 晶片+FPGA 晶片，到最终的集成 CPU+FPGA 系统芯片。预计这几种产品形式将会长期共存，因为 CPU 和 FPGA 的分立虽然性能稍差，但灵活性更高。

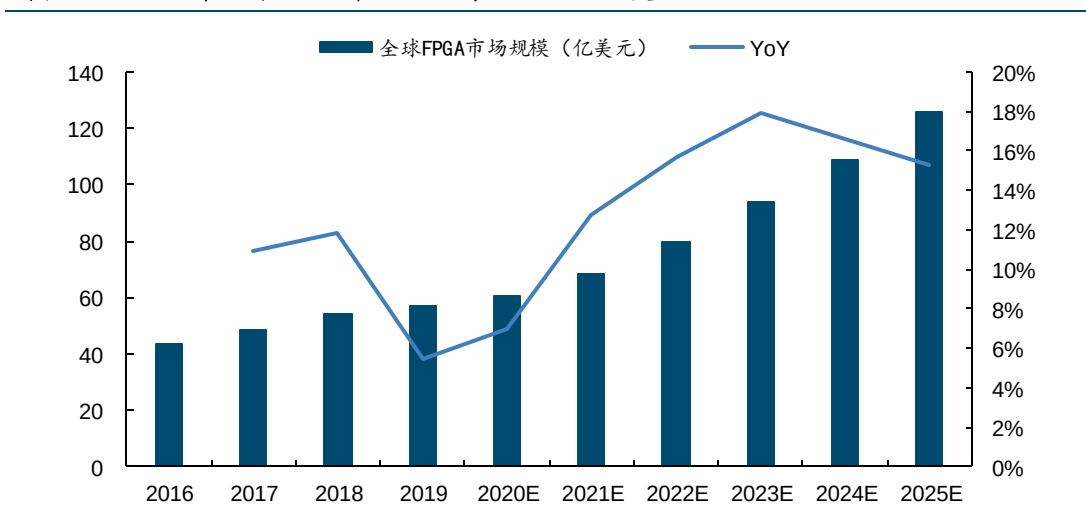
图表22：英特尔 FPGA 技术路线图



来源：英特尔，国金证券研究所

随着全球新一代通信设备以及人工智能与自动驾驶技术等新兴市场领域需求的不断增长，预计全球 FPGA 市场规模将从 2021 年的 68.6 亿美元增长至 2025 年的 125.8 亿美元，年均复合增长率约为 16.4%。根据 Gartner 预测，军工、航天特种 FPGA 市场稳定增长，占 FPGA 市场整体份额维持在 15% 左右，FPGA 在航空航天和军事领域的应用越来越多，包括飞行控制、传感器接口和图像处理的无人机系统，军用雷达射频信号处理等。国内复旦微电和紫光国微在特种 FPGA 领域已经陆续突破 2nm 及 1nm，下游国产化率持续提升。另一方面 FPGA 下游最大应用领域为通信行业，占比超过 40%，国内民用 FPGA 龙头为紫光同创（紫光国微持股 30%）和安路科技，在通信领域验证加速，持续快速增长。

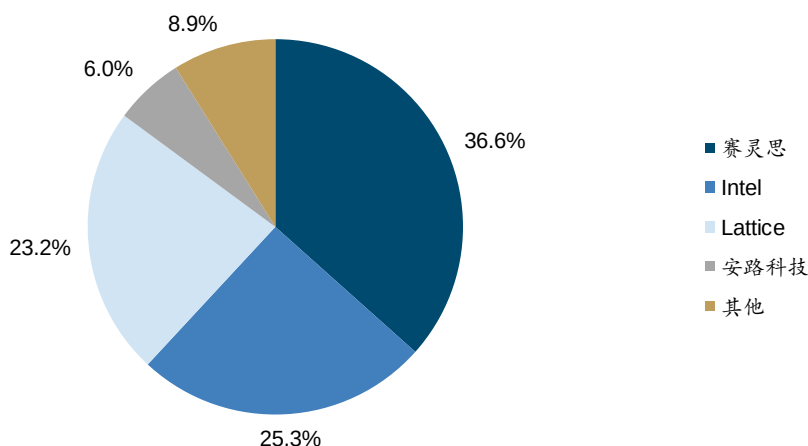
图表23：2030 年全球 FPGA 市场规模有望达 221 亿美元



来源：Frost&Sullivan，国金证券研究所

海外厂商主导全球 FPGA 市场，Xilinx 和 Intel 形成双头垄断，国内企业持续加大 FPGA 芯片的布局，成长空间巨大。FPGA 方面，我们建议关注复旦微电（高可靠 FPGA 技术领先，率先推出亿门级 FPGA 和 PSoC 芯片，应用领域不断丰富）和紫光国微（国内特种集成电路行业领先者，产品覆盖 500 多个品种，特种领域 FPGA 持续更新）、安路科技（国内民用 FPGA 龙头）。

图表24：2021 年中国 FPGA 芯片下竞争格局



来源：Frost&Sullivan，国金证券研究所

专用人工智能芯片（ASIC）的优势在于高性能和低功耗：ASIC 是面向人工智能领域而专门设计的芯片，其架构和指令集针对人工智能领域中的各类算法和应用作了专门优化，以使芯片在计算精度降低的情况下更耐用，这意味每一个操作只需要更少的晶体管，可以使用更多精密且大功率的机器学习模型，同时用户能得到更正确的结果，ASIC 每瓦能为机器学习提供比所有商用 GPU 和 FPGA 更高的量级指令。但 ASIC 并不擅长科学计算任务（CPU 和 GPU）、图形渲染任务（GPU）、通信调制解调任务（DSP）、对硬件架构进行重构（FPGA），且需要大量研发投入，研发周期长，产品定制程度高若不能保证出货量则单颗成本难以下降。ASIC 的典型代表是谷歌 TPU 和寒武纪思元 AI 芯片，除此之外各大云厂商、互联网厂商，如从百度 AI 业务分拆而来的昆仑芯，阿里平头哥，特斯拉以及比特大陆等也纷纷涉猎。以谷歌 TPU 为例，因为它能加速其人工智能系统 TensorFlow 的运行，而且效率也大大超过 GPU，谷歌的深层神经网络就是由 TensorFlow 引擎驱动的，其第四代张量处理器（第四代 TPU 的性能是第三代的 2.7 倍）是专为机器学习由谷歌提供系统设计，博通提供芯片设计服务及 IP 授权服务，台积电提供 7 纳米制程工艺量身定做的，执行每个操作所需的晶体管数量更少，自然效率更高。

图表25：谷歌历代 TPU 性能对比

Feature	TPUv1	TPUv2	TPUv3	TPUv4i	NVIDIA T4
Peak TFLOPS / Chip	92 (8b int)	46 (bf16)	123 (bf16)	138 (bf16/8b int)	65 (ieee fp16)/130 (8b int)
First deployed (GA date)	Q2 2015	Q3 2017	Q4 2018	Q1 2020	Q4 2018
DNN Target	Inference only	Training & Inf.	Training & Inf.	Inference only	Inference only
Network links x Gbits/s / Chip	--	4 x 496	4 x 656	2 x 400	--
Max chips / supercomputer	--	256	1024	--	--
Chip Clock Rate (MHz)	700	700	940	1050	585 / (Turbo 1590)
Idle Power (Watts) Chip	28	53	84	55	36
TDP (Watts) Chip / System	75 / 220	280 / 460	450 / 660	175 / 275	70 / 175
Die Size (mm ²)	< 330	< 625	< 700	< 400	545
Transistors (B)	3	9	10	16	14
Chip Technology	28 nm	16 nm	16 nm	7 nm	12 nm
Memory size (on/off-chip)	28MB / 8GB	32MB / 16GB	32MB / 32GB	144MB / 8GB	18MB / 16GB
Memory GB/s / Chip	34	700	900	614	320 (if ECC is disabled)
MXU Size / Core	1 256x256	1 128x128	2 128x128	4 128x128	8 8x8
Cores / Chip	1	2	2	1	40
Chips / CPUHost	4	4	4	8	8

Table 1. Key characteristics of DSAs. The underlines show changes over the prior TPU generation, from left to right. System TDP includes power for the DSA memory system plus its share of the server host power, e.g., add host TDP/8 for 8 DSAs per host.

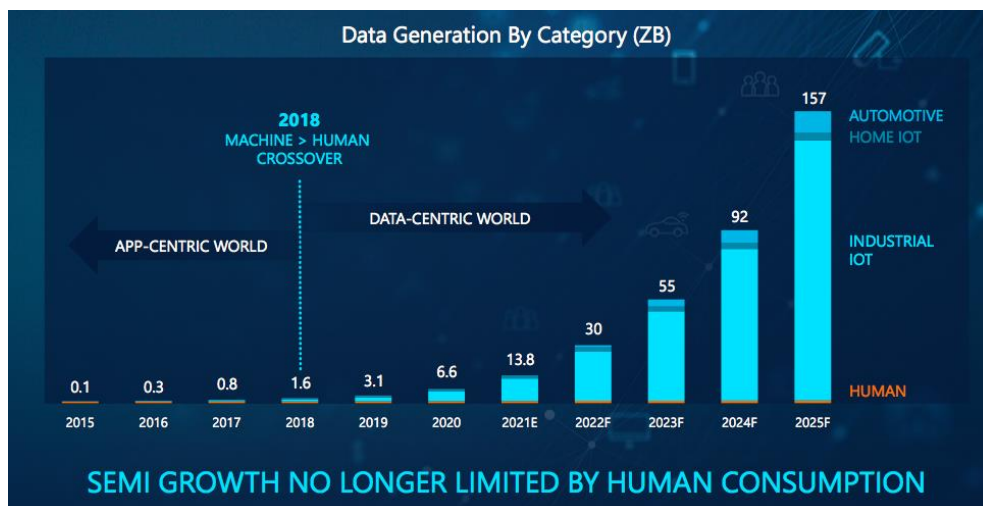
来源：Ten Lessons From Three Generations Shaped Google's TPUv4i: Industrial Product，国金证券研究所

1.3 存储芯片：看好 23 年存储板块有望迎来拐点，DDR5 内存放量

根据应用材料提供的资料，机器所产生的数据量在 2018 年首次超越人类所创造的数据量，从 2019 年，每年几乎以倍数的幅度来增加，从 2020 年到 2025 年，全球数据增量将达到 157Zetabytes (1 Yotabyte=1000 Zetabytes; 1 Zetabyte=1000 Exabytes; 1 Exabyte=1000 Petabytes; 1 Petabyte=1000 Terabytes; 1 Terabyte=1000 Gigabytes)，5 年高达 89% 的复合增速。以这样的速度增长，我们很快在 2028 年就会看到超过 1 Yotabyte 的数据增

量。这么庞大的数据增量，不可能用人工来处理分析，必须运用各种具备高速运算的人工智能芯片来过滤、处理分析、训练及推理，这将持续带动 7nm 以下高速运算 HBM 存储器，3D NAND，CPU，AI GPU，FPGA，网络芯片晶圆代工的需求，及顺势带动成熟制程的配套芯片如电源管理芯片，PCIe Gen 4/5 retimer 等的需求。

图表26：机器数据量图表

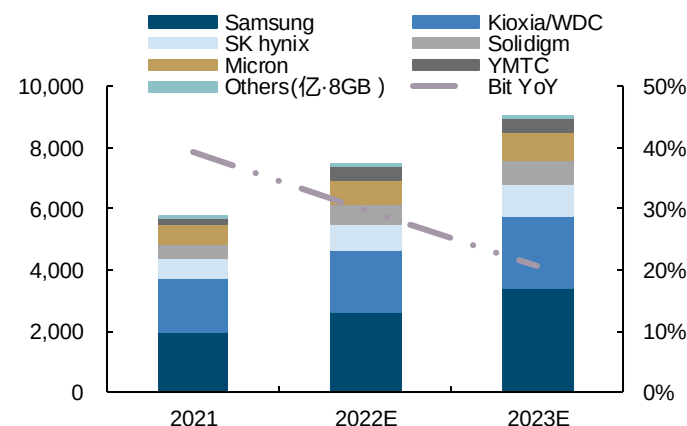


来源：应用材料，国金证券研究所

从 NAND 供给端看，各大厂商已有实质性减产动作，2023 年 NAND 供给位元涨幅收敛到 21%，投产量涨幅收敛到 1%。根据 TrendForce 的数据，以存储位元计算，2023 年全球 NAND 供给位元达 8954 亿（等价 8GB），同比增加 21%。以晶圆产出计算，2023 年全球 NAND 晶圆产量 2061 万片（等价 12 英寸），同比增加 1%。展望 2023 年各大存储厂商 NAND 产能情况，三星、YMTC 将增产，铠侠/WDC、海力士和美光都将减产，同时国内 NAND 大厂长江存储受困于美国制裁，也将减产 128 层以上 NAND Flash 产品。在终端需求不景气以及 NAND 价格持续下跌的背景下，三星激进扩产的原因主要在于：1) NAND 芯片竞争对手较多，部分竞争对手如铠侠与 WDC 的联盟产品组合单一，专注于 NAND 业务，缺乏 DRAM 的产品组合来保护营业利润，因此总体抗风险能力略逊于其他同时专注于 DRAM 和 NAND 的存储厂商。三星或希望通过激进的扩产计划，来抢占部分竞争对手的份额（历史上前几轮也是如此）。2) 三星一部分 NAND 的产能来自西安工厂，长期来看西安厂扩产能力有限，三星或在韩国厂增加弥补西安厂产能下滑的风险。

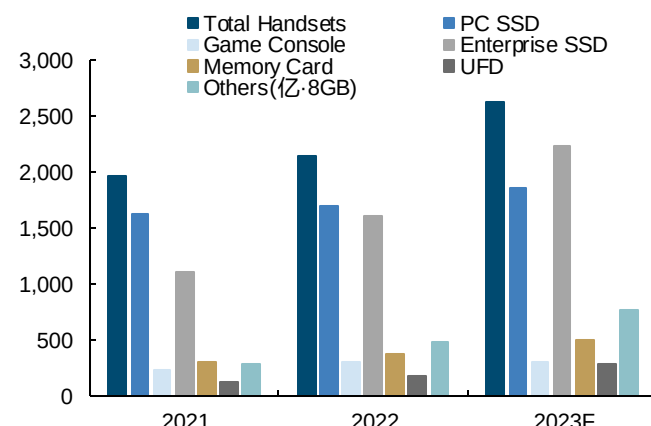
从 NAND 需求端看，2023 年 NAND 终端需求位元同增 27%，供过于求的竞争格局有望缓解。2023 年 NAND 需求位元达 8608 亿，同比增长 27%。手机、企业级 SSD 和 PC SSD 成为需求位元最大的三大细分领域，2023 年需求占比分别达 31%、26%和 22%。其中，企业级 SSD 和手机端成为增长的主要贡献力量，需求位元分别同比增长 39%和 23%。PC SSD 受到需求萎靡与单机搭载容量增速下滑的影响，需求位元成长仅 10%。企业级增长的原因主要系服务器单机搭载闪存容量的上升，全球数据量指数级增长，数据存储的需求持续，因此预计 2023 年服务器单机容量会成长到 4167GB，同比增长 24.3%。手机端，我们看到 UFS 的渗透率在不断提高，UFS3.1 成为中高端手机的标配，甚至部分旗舰手机已经搭载 UFS4.0，有望带动 2023 年手机闪存容量成长到 219GB，同比增长 21.6%。此外，鉴于 ChatGPT 的横空出世，我们认为将推动超高算力数据中心的需求，后续随着各种智能化应用终端的出现将有望带动存储器的需求。

图表27: 2021-2023E NAND 产能



来源: TrendForce, 国金证券研究所

图表28: 2021-2023E NAND 需求

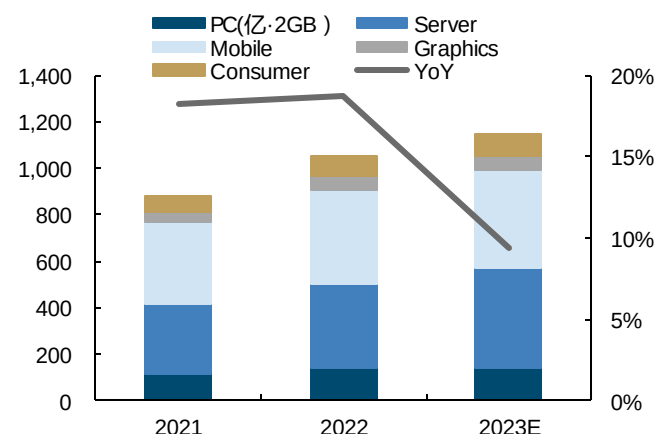


来源: TrendForce, 国金证券研究所

从 DRAM 供给端看, 2023 年 DRAM 位元供给增幅不足 10%, DRAM 厂商扩产计划延后。根据 TrendForce 的数据, 以位元计算, 2023 年全球 DRAM 位元供给 1146 亿 (等价 2GB), 同比增加 9%。以投片量计算, 2023 年全球 DRAM 晶圆产量 1587 万片 (等价 12 英寸), 同比增加 1%。展望 2023 年各大存储厂商 DRAM 供给位元情况, 服务器有望首次超过手机 DRAM 业务成为供给位元的第一大产出, 服务器占比 38%, 手机占比 37%。服务器和 Consumer 则成为供给增速的主要贡献力量, 分别同比增长 18% 和 11%, Consumer 的高增长主要来自车用 DRAM。从投片量看, 三星、海力士和 CXMT 将增产, 分别同比增加 5%、2% 和 26%。美光、南亚和力积电都将减产, 分别同比减少 12%、21% 和 22%。

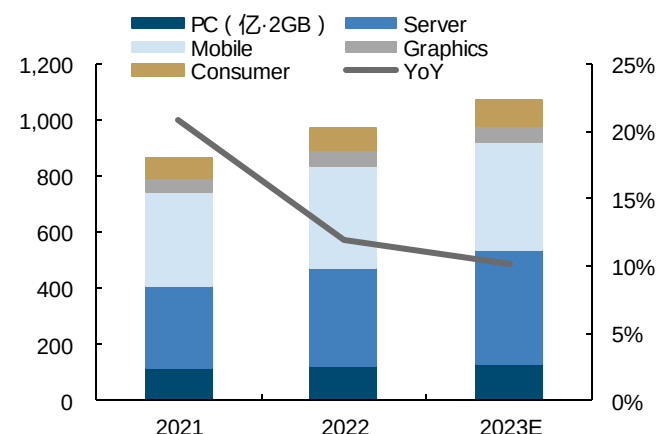
从 DRAM 需求端看, 消费类需求的萎靡导致 2023 年 DRAM 位元需求仅成长 10%。预计 2023 年 DRAM 需求位元达 1071 亿, 同比增长 10%。其中, 服务器和手机 DRAM 为需求最大的细分领域, 分别为 410 亿 (38%)、385 亿 (36%), 分别同比增长 17% 和 5%。2023 年 DRAM 位元需求增长幅度接近历史低位, 主要基于以下原因: 1) PC 市场或将陷入衰退。疫情期间各类企业和学校等超前消费各类 IT 设施, PC 出货量持续超预期, 未来 PC 出货量有恢复常态的需求, 海外 PC 市场陷入同比下滑的可能性较大。下游 PC OEM 已连续两季调低 PC DRAM 的采购量。2) DRAM 单机搭载容量增速不如 NAND, 安卓的内存容量短期内接近上限, 23 年能够期待的也仅仅是 iPhone 15 的内存提升到 8GB。总体来看, 手机内存容量也仅仅从 5.2GB 成长到 5.6GB, 同比增加 6.3%。

图表29: 2021-2023E DRAM 产能



来源: TrendForce, 国金证券研究所

图表30: 2021-2023E DRAM 需求

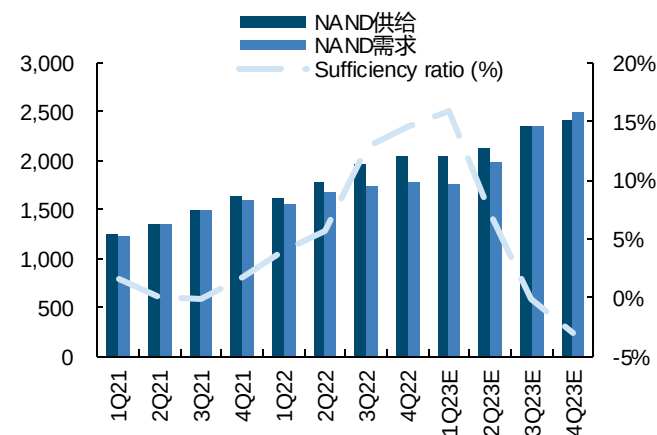


来源: TrendForce, 国金证券研究所

综合供需情况看, 我们认为 23 年存储行业供过于求的竞争格局有望改善, NAND 或先于 DRAM 复苏。2022 年 NAND 供需差占需求的比例约 9%, 2023 年这一数字将下降到 3.9%, 供过于求的情况大幅度缓解。大部分 NAND 厂商从 2022 年第四季度开始实质减产, 同时叠加海外云厂商在 2023 年上半年消化完原有的高价 SSD 库存后, 有望在 2023 年下半年重启采购。2022 年 DRAM 供需差占需求的比例约 8%, 2023 年这一数字将下降到 7%, 供过于求的情况主要在 2023 年下半年开始缓解, 供过于求的缓解要慢于 NAND Flash 市场。我们认为 DRAM 市场更晚复苏主要基于以下原因: DRAM 和 NAND 竞争格局不同。DRAM 市场呈现三星、海力

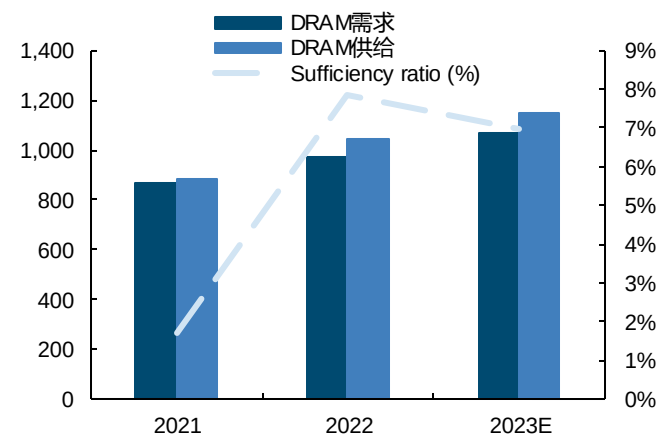
士和美光三强争霸的格局，CR3 高达 96%，且呈现逐年上升的趋势。随着 DRAM 制程越来越接近 10nm，EUV 成为 DRAM 迈向更先进制程的必备工具，进一步提高新玩家进入 DRAM 行业的门槛。在竞争格局稳定的情况下，三大厂商在 DRAM 上的减产意愿并不明显，导致 DRAM 库存可能在 23 年第三季度才能见顶。而 NAND 所有原厂早已明确开始减产，并且 NAND 价格在 2022 年第四季度已经跌破了现金成本，各厂商减产意愿更显著，我们看好 NAND 厂商库存更早见顶迎来拐点。

图表31：2023 年 NAND 供需格局大幅缓解



来源：TrendForce，国金证券研究所

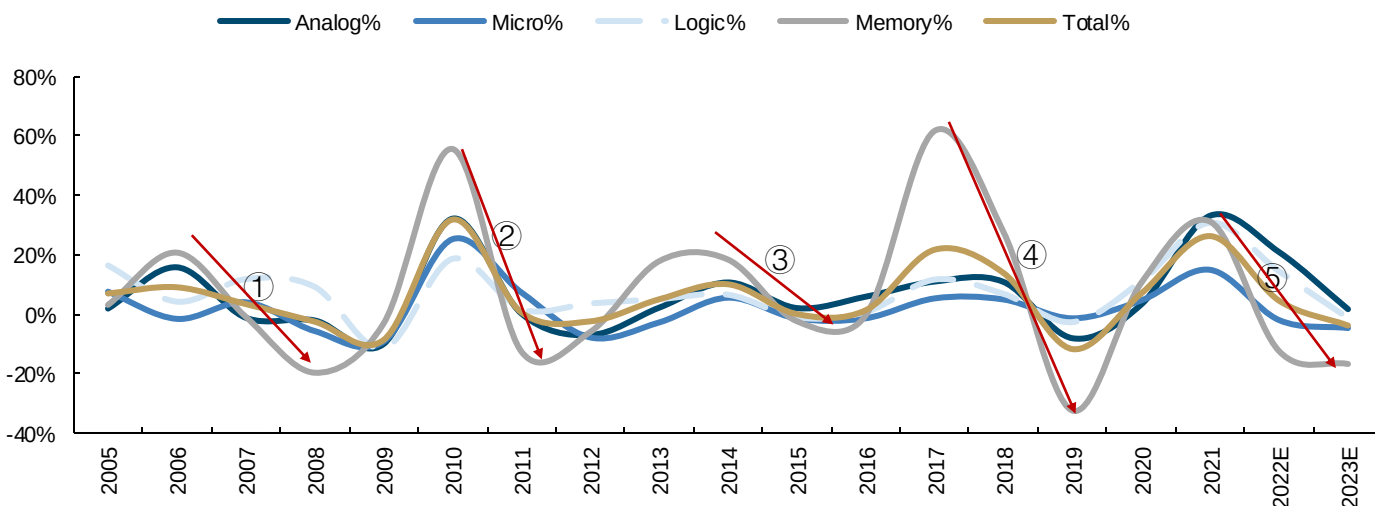
图表32：2023 年 DRAM 供需格局小幅缓解



来源：TrendForce，国金证券研究所

今年我们建议关注半导体领域弹性最大的存储板块，有望在 2023 年下半年迎来止跌。回顾世界半导体贸易统计组织 (WSTS) 披露的历年全球半导体各板块销售同比增速，存储行业的营收增速从见顶到见底通常为 1-2 年：① 2H2006-1H2008，② 2H2020-1H2011，③ 2H2014-1H2016，④ 2H2017-1H2019。从上一轮周期看，存储板块的销售增速在 2017 年上半年见顶，2019 年年中见底。本轮周期中，存储的销售增速在 2021Q3 见顶，2022 年增速转负，但随着三大厂商陆续降价去库、削减资本开支等减少供给，同时汽车智能化快速推进、高端制造信息化升级驱动汽车、工业、医疗等行业强劲的市场需求，以及 ChatGPT 将大力推动数据中心建设均将带来大量存储器需求，我们预计存储板块有望在 23Q3-23Q4 迎来止跌。

图表33：我们看好弹性最大的存储板块 2023 年止跌反弹

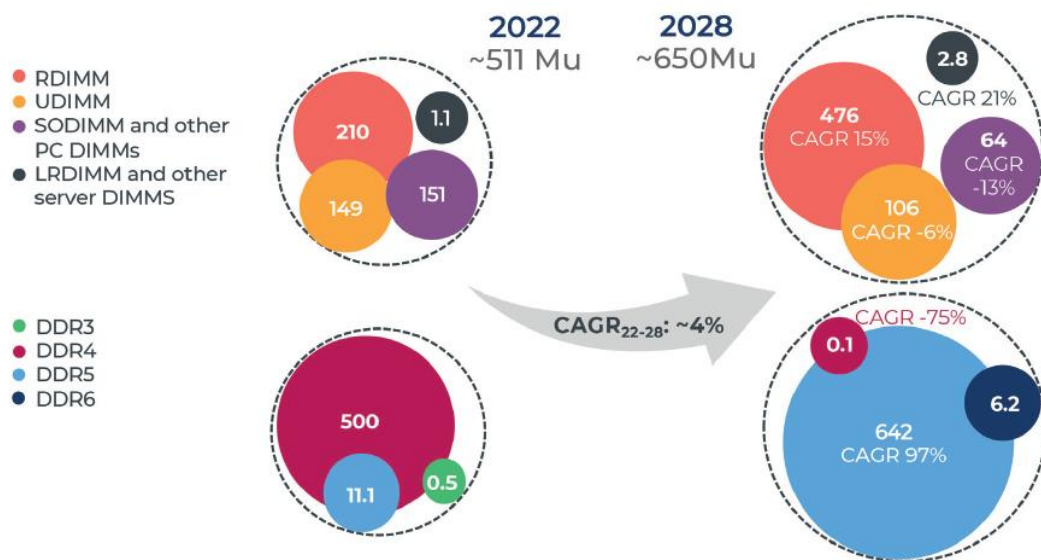


来源：WSTS，国金证券研究所

服务器用 DDR5 即将放量：在英特尔已于 23 年 1 月份正式推出支援 4800MT/s, DDR5 的 Intel 7 服务器 CPU Sapphire Rapids, 而 AMD 在 22 年 1 月推出的 5nm 服务器 Zen4 CPU Genoa, 也将支援 5200MT/s 的 DDR5。我们认为 DDR5 将比 DDR4 芯片面积及价格提升 25-30%，意思就是消耗掉更多的内存 DRAM 芯片产能。根据 Yole 的数据，2022 年全球内存模组市场规模达 420 亿美元，其中 PC 市场规模 66 亿美元，同比下滑 36%，服务器市场规模 331 亿美元，同比增加 0.4%。2028 年全球内存模组市场规模有望达 963 亿美元，22-28 年 CAGR 达 16%，服务器端 CAGR 达 19%。2022 年全球内存模组出货量 5.11 亿，其中 DDR4 出货 5.0

亿, DDR5 出货 0.11 亿。2028 年全球内存模组出货量有望达 6.5 亿, DDR5 占比超过 98.7%, 22-28 年 DDR5 内存模组出货量 CAGR 达 97%。

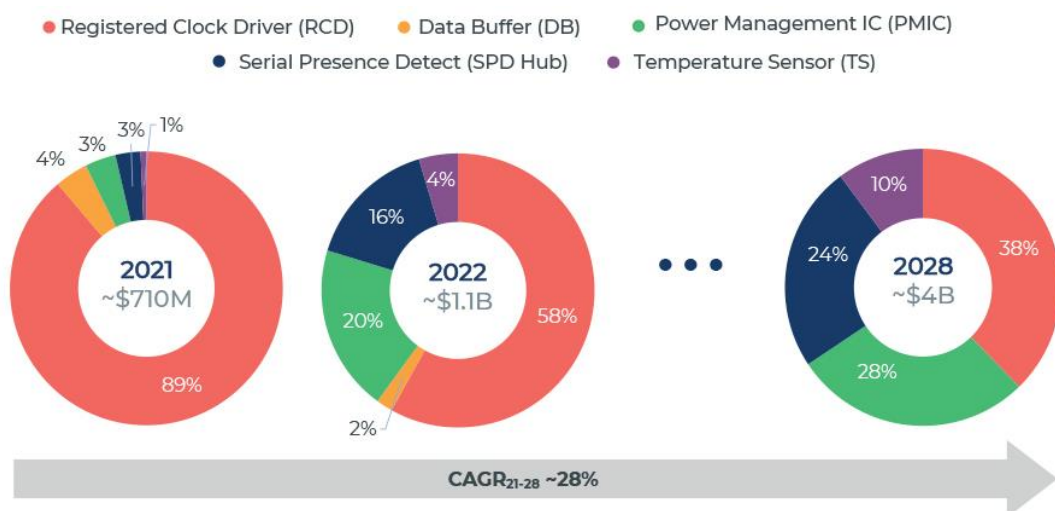
图表34: 2028 年全球内存模组出货量有望达 6.5 亿



来源: Yole, 国金证券研究所

除此之外, 为了能够梳理 CPU 与 DDR5 内存之间大量的数据存取, 整体 DDR5 模组中 DDR5 1+10 内存接口芯片比重应该会提升超过 10%, 内存接口芯片面积也会加大, 还要推新串行检测, 温度传感, 电源管理芯片等配套芯片。Trendforce 研究机构还预期 DDR5 模组的电源管理芯片因产能短缺, 可能面临缺货的窘境。我们估计 2022 年澜起, Renesas/IDT, Rambus 将分食 40%/40%/20% 的 DDR5 内存接口芯片份额, 而目前仅澜起及 Renesas/IDT 能提供完整的内存接口芯片加配套芯片解决方案。根据 Yole 的数据, 2022 年内存接口芯片及配套芯片市场规模达 11 亿美元, 2028 年市场规模有望成长到 40 亿美元, 21-28 年 CAGR 达 28%。

图表35: 2028 年内存接口芯片及配套芯片市场规模有望达 40 亿美元



来源: Yole, 国金证券研究所

1.4 以太网芯片: 有限局域网通信之基, 服务器端大有可为

以太网是 IEEE 电气电子工程师协会制订的一种有线局域网通讯协议, 应用于不同设备之间的通信传输。以太网自 1973 年发明以来, 已经历 40 多年的发展历程, 因其同时具备技术成熟、高度标准化、带宽高以及低成本等诸多优势, 已取代其他网络成为当今世界应用最普遍的局域网技术, 覆盖家庭网络以及用户终端、企业以及园区网、运营商网络、大型数据中心和服务提供商等领域, 在全球范围内形成了以太网生态系统, 为万物互联提供了基础。

图表36：以太网下游应用场景



来源：裕太微招股书，国金证券研究所

机器学习需要海量的数据资源素材作为基础，高清摄像头、语音采集等终端设备联网增多带来数据量不断上升，图像视频处理、模式识别和计算机视觉等领域的数据传输量巨大，均急需快速、高效、可靠、稳定的网络传输作为基础。

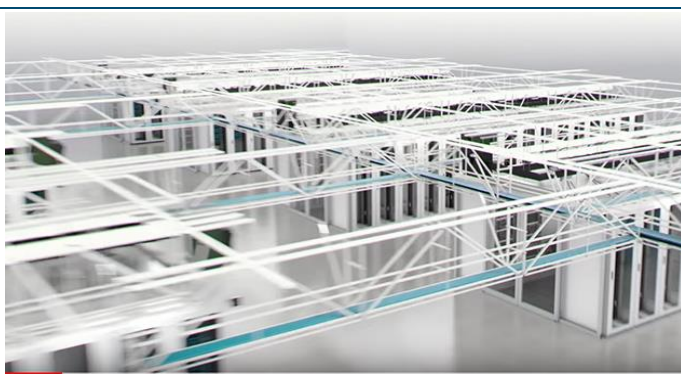
云服务商最早在 2010 年就在超大规模数据中心中采用 10GbE 服务器。随着人工智能和机器学习等应用的快速发展，超大规模服务器已经开始使用 25GbE，并正在向 50GbE 及更高级别过渡。数据中心独特的网络架构推动了 100、200 和 400 GbE 的多种多模和单模光纤解决方案。以英伟达为例，英伟达可以提供完整的以太网解决方案，从服务器连接到电缆再到交换，端到端解决方案可跨各种应用领域（例如云计算、数据存储、人工智能等）提供行业领先的性能、可扩展性、可靠性和价值。其中英伟达的 Spectrum 以太网交换机系列支持 16~128 个端口，最高可支持高达 400GbE 的规模。

图表37：英伟达 Spectrum 以太网交换机



来源：英伟达网站，国金证券研究所

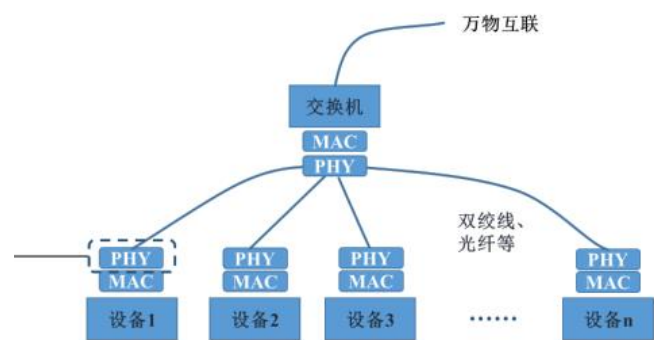
图表38：英伟达 LinkX 以太网电缆



来源：英伟达网站，国金证券研究所

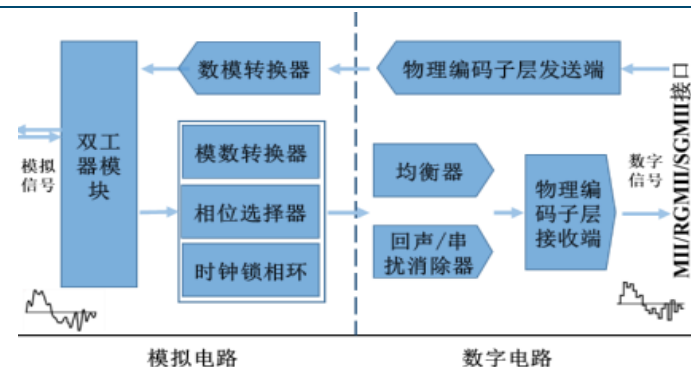
以太网芯片主要包括 PHY（物理层）芯片和交换芯片。以太网 PHY 芯片工作于 OSI 网络模型的最底层，是以以太网有线传输为主要功能的通信芯片，用以实现不同设备之间的连接，广泛应用于信息通讯、汽车电子、消费电子、监控设备、工业控制等众多市场领域。具体而言，PHY 芯片连接数据链路层的设备（MAC）到物理媒介，并为设备之间的数据通信提供传输媒体，处理信号的正确发送与接收。当涉及到多个端口的数据交互时，需要使用以太网交换芯片，其工作原理为对需要传输的数据、报文进行分类、检测、交换、缓存、修改等处理，从而达到数据交换传输目的。

图表39：以太网结构示意图



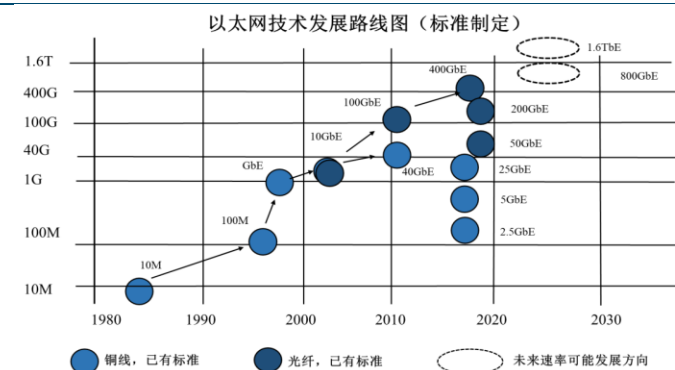
来源：裕太微招股书，国金证券研究所

图表40：以太网 PHY 芯片功能示意图



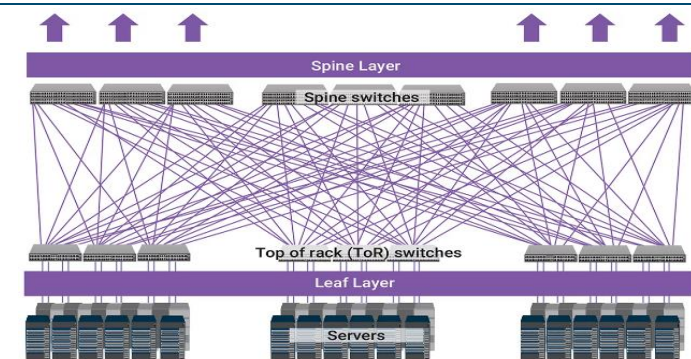
来源：裕太微招股书，国金证券研究所

图表41：以太网技术发展路线



来源：裕太微招股书，国金证券研究所

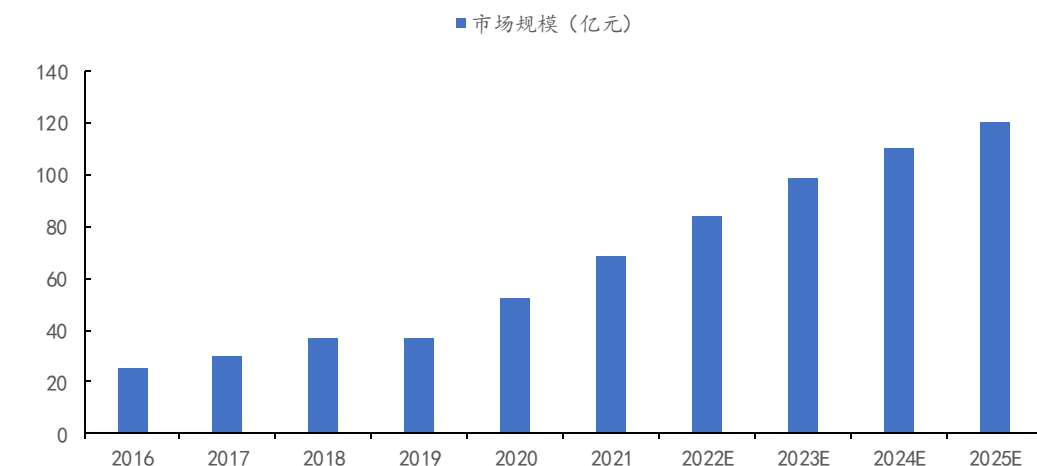
图表42：数据中心脊叶架构示意图



来源：新思科技网站，国金证券研究所

近年来，随着云计算政策环境日趋完善及技术不断发展成熟，其应用逐渐从互联网行业向政务、金融等传统行业发展，同时加上疫情加速企业上云的进度，叠加人工智能应用的强力拉动，市场对数据中心以太网交换芯片行业需求将逐渐加大。根据观研天下数据，以销售额计，2020年，我国商用数据中心以太网交换芯片行业市场规模为52.6亿元，预计至2025年将达到120.4亿元，并且将成为以太网交换芯片行业市场增长的主要推动力。

图表43：中国数据中心以太网芯片市场规模及预测



来源：观研天下，国金证券研究所

在全球以太网物理芯片市场竞争中，博通、美满电子、瑞昱、德州仪器、高通和微芯稳居前列，前五大以太网物理层芯片供应商市场份额占比高达91%。在中国大陆市场，以太网物理层芯片市场基本被境外国际巨头所主导。在中国大陆市场，以太网物理层芯片市场基本被境外国际巨头所主导。

同时在技术上，我国厂商也较海外巨头有一定差距。以太网PHY芯片当中，裕太微目前仅

有 100 兆、1000 兆、2.5GPHY 芯片，而 5G/10G 的以太网芯片还在技术预研阶段。而景略微电子只有百兆和千兆的 PHY 芯片，而博通 PHY 芯片单端口速率最高达到 100G，并可以通过多个端口实现支持 800G 以太网的能力。而在交换芯片领域，裕太微的千兆交换芯片仍在研发当中，景略半导体的千兆交换芯片已经实现量产，而海外巨头厂商的交换芯片最高单端口速率已达到 100G。

图表44：国内外主要公司以太网芯片技术对比

	网速	博通	美满电子	裕太微	景略微电子
	100M	√	√	√	√
	1000M	√	√	√	√
	2.5G	√	√	√	-
	5G/10G	√	√	技术预研阶段	-
	最高速率	100G	100G	2.5G	1000M
以太网交换芯片	100M	√	√	-	√
	1000M	√	√	研发中	√
	2.5G	√	√	-	-
	5G/10G	√	√	-	-
	最高速率	100G	100G	-	1000M

来源：裕太微招股书，各公司官网，国金证券研究所

1.5 电源管理芯片：2023 年下半年有望迎来需求回暖

电源管理芯片属于模拟芯片，是电子设备的电能供应心脏，负责电子设备所需的电能变换、分配、检测等管控功能。电源管理芯片是电子设备中的关键器件，其性能优劣对电子产品的性能和可靠性有着直接影响，广泛应用于各类电子产品和设备中，是模拟芯片最大的细分市场之一。

电源管理芯片同步电子产品技术和应用领域升级，产品种类繁多。主要类型包括：电源管理、AD/DC、DCDC、锂电池充电管理芯片、CPU 电源监测电路、负载开关、LED 驱动器等。广泛应用于手机与通讯、消费类电子、工业控制、医疗仪器、汽车电子等应用领域，随着物联网、新能源、人工智能、机器人等新兴应用领域的发展，电源管理芯片下游市场持续发展。

图表45：电源管理芯片产品类别与应用场景

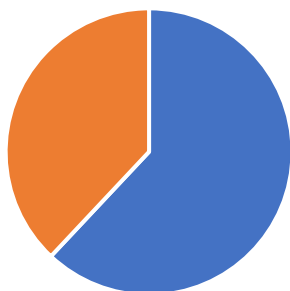
产品类别	应用场景
AC-DC	用于交流市电转换，电力传输的交流电变电器用的直流电
DC-DC	用于直流电之间的管理，二次升降压或电池管理转换
栅驱动芯片	用于 IGBT 驱动或马达驱动等
PFC 芯片	功率因数校正芯片，用于提升电路功率因数
PFM/PWM	脉宽调制与脉冲频率调制，属于开关型稳压电路芯片
DLDO 芯片	一种低压差线性稳压器
充电管理	包括电池充电、保护基电量显示 IC
接口热插拔	免除从工作系统重插入或拔出另一接口的影响

来源：前瞻产业研究院，国金证券研究所

根据世界半导体贸易统计协会数据统计，2020 年电源管理芯片占全球通用模拟芯片市场规模的 62%，信号链产品占比约为 38%。根据世界半导体贸易统计协会的数据，2012 至 2020 年，全球模拟集成电路的销售从 401 亿美元提升至 557 亿美元，年均复合增长为 4.45%。全球模拟集成电路市场在 2019 年经历短期下滑后恢复增长，到 2021 年模拟集成电路销售额预计将达到 728 亿美元，同比增长 30.87%。未来，随着电子产品在日常生活中的更广泛普及，以及通讯、人工智能、物联网、车联网等新兴行业的发展变革，模拟集成电路行业凭借“多品类、广应用”的特点，将有更加广阔的发展空间。

图表46：2020年全球模拟芯片各品类销售占比

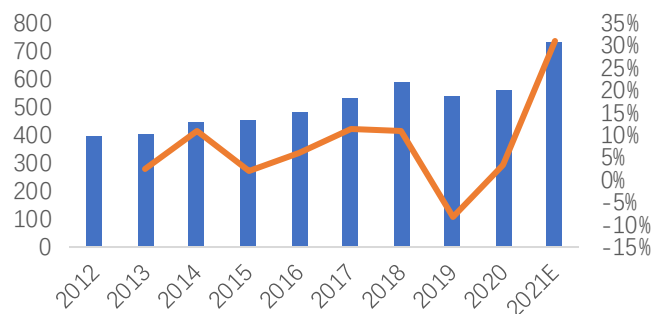
■ 电源管理芯片 ■ 信号链产品



来源：世界半导体贸易统计协会，国金证券研究所

图表47：全球模拟芯片市场规模变化情况

■ 销售额（亿美元，左轴） ■ YoY（%，右轴）



来源：世界半导体贸易统计协会，国金证券研究所

人工智能有望加速服务器电压转向 48V，DC-DC 受益明显。现代数据中心的每个机架平均提供 3kW-5kW 的功率，为服务器、存储器和网络机架供电。大部分功率会供给基础 CPU，以确保其能高效率工作。因此，传统 12V 电源架构被广泛采用。

但随着云计算、人工智能应用以及大功率处理器和加速器需求的不断增长，数据中心也在不断发展以适应新的大功率需求。例如，早期 AI 市场超级计算机的整个电源系统需要 3200W 的功率。第二代 AI 的功率需求增长了三倍，使整个电源系统的总功率达到了 10kW。由于分配大电流时功率损耗随电流的平方增大，必须在背板或走线中使用更多的铜来控制配电损耗。这样最终会限制系统的功率传输。因此电源采用 48V 配电电压，能够将配电损耗降低 16 倍，可以有效满足行业发展的需求。

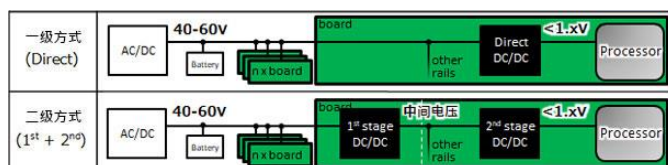
48V 直流供电需要从 AC/DC 电源应用到各运算板的 DC-DC 电源输入端，根据松下公司所提供的两种参考方案，需要引入一个 DC-DC 转换器，或者两个 DC/DC 转换器。因此未来服务器电源转向 48V 的趋势，将大幅拉动 DC-DC 产品的需求。

图表48：48V 电源与 12V 电源功耗对比



来源：松下网站，国金证券研究所

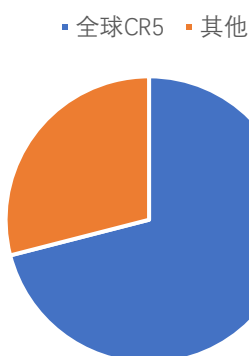
图表49：48V 电源 DC/DC 转换器选择方案



来源：松下网站，国金证券研究所

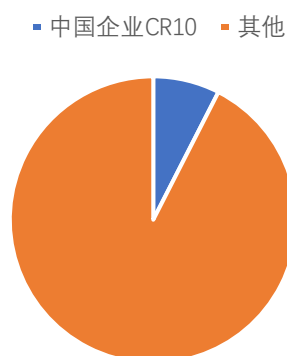
国内模拟集成电路市场仍旧主要被德州仪器、恩智浦、英飞凌、思佳讯和意法半导体等国际龙头模拟集成电路企业所占据，上述五大厂商占据了 35% 的国内集成电路市场份额。而在电源管理芯片领域，国内企业 CR5 不到 10%，高端产品仍然被海外厂商占据。电源管理芯片的国产替代空间广阔。

图表50：2020 年全球电源管理芯片集中度



来源：前瞻产业研究院，国金证券研究所

图表51：2020 年中国企业电源管理芯片集中度



来源：前瞻产业研究院，国金证券研究所

我国电源管理芯片利用虚拟 IDM 模式，与晶圆厂紧密合作，产品性能已能与国际大厂产品对标。根据杰华特招股说明书，其应用于汽车电子、通讯电子和工业应用的 100V 大电流 DC-DC 降压控制器，以及应用于通讯电子、计算和存储领域的 DC-DC 智能功率级模块，核心指标已经达到了国际先进水平。

图表52：杰华特 DC-DC 产品与海外竞品性能对比情况

DC-DC 类产品，100V 大电流降压控制器，用于汽车电子通讯电子和工业应用领域				
关键性能指标	杰华特产品	国际竞品一	国际竞品二	与竞品对比情况
电压范围 (V)	6~75	6~75	4~60	达到国际同类产品标准
驱动能力 (Ω)	1.5/0.9	1.5/0.9	2/1	达到国际同类产品标准
驱动电压 (V)	7.5/10 可选	7.5	5	领先国际同类产品标准
静态电流 (μA)	600	1800	750	达到国际同类产品标准
电压精度	±1%	±1%	±1.5%	达到国际同类产品标准
效率	在 10V 驱动电压下效率更高	中等	较低	领先国际同类产品标准
DC-DC 类产品，智能功率级模块，用于通讯电子、计算和存储领域				
关键性能指标	杰华特产品	国际竞品一	国际竞品二	与竞品对比情况
电压范围 (V)	3~16	3~16	4.5~16	达到国际同类产品标准
关键负载范围效率	高	略低	低	达到国际同类产品标准
重载结温	低	低	中	达到国际同类产品标准

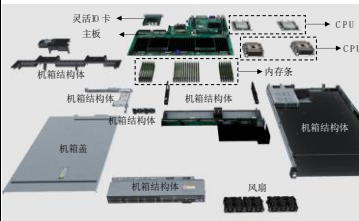
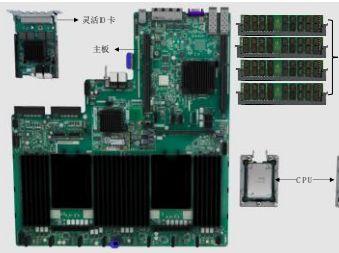
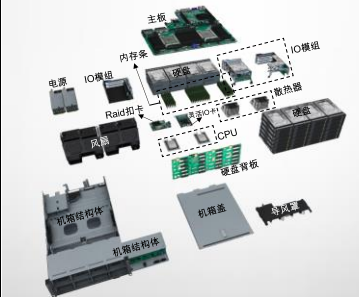
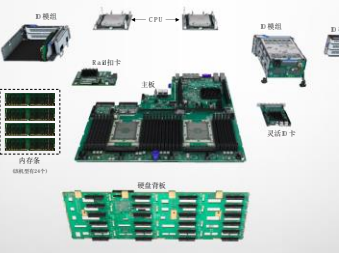
来源：杰华特招股书，国金证券研究所

1.6 PCB/CCL：AI 催化算力需求，服务器主板和载板量价齐升

1) AI 需求兴起，服务器 PCB/CCL 升级大潮将至

需求端，为了更高的数据运算和传输效率来支持技术不断迭代更新云计算平台，PaaS 对 IaaS 以及更上游零部件提供的新一代更优产品有较为迫切的需求。供应端，数据运算和传输效率的性能提升来自两方面：服务器设备数量的增加和单设备算力的提升，其中服务器算力的提升主要依靠整个服务器平台（CPU+芯片组+总线）。

图表53: PCB 是支撑服务器内部结构的重要元器件

服务器型号	整机图	整体拆分图	涉及PCB的部分
Fushion Sever 1288H V5 (1U2路)			
Fushion Sever 5288H V5 (4U2路)			

来源：国金证券研究所整理

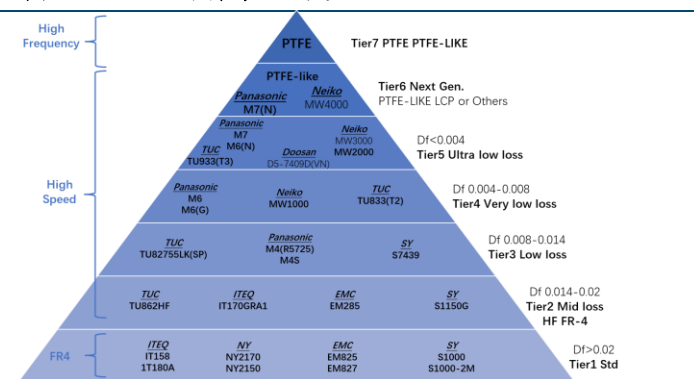
AI 需求兴起将加速服务器平台向更强大性能设备方向的产品换代需求。PCB/CCL 行业在这一发展过程中将呈现产品价值量普遍提升的趋势。从主流厂商规划来看，目前 Intel 服务器平台正经历从 Whitley 升级至 Eagle Stream 的过程，其中 PCB 层数将从 12-16 层升级到 16-20 层，价值量将会至少提升 50%，CCL 等级将从 Low Loss 升级至 Very Low Loss，价值量将提升 50%~100%，可见服务器升级将给 PCB/CCL 带来显著的价值增长。

图表54: 服务器平台升级

Intel	Platform	Purley	Whitley	Eagle Stream		Birch Stream
	CPU	Skylake	Cascade Lake	Ice lake	Sapphire Rapids	Emerald Rapids
	Nano Process	14 nm	14 nm+	10 nm	Intel 7	Intel 7
	PCIe Gen	PCIe 3.0	PCIe 3.0	PCIe 4.0	PCIe 5.0	TBA
	MP Time	2017 Q3	2019 Q3	2021 Q1	2023 H1	2023
AMD	CCL Material	Mid Loss	Mid Loss	Low Loss	Very Low Loss	Very Low Loss
	Layer count	8 to 12	8 to 12	12 to 16	16 to 20	16 to 20
	Architecture	Zen	Zen2	Zen3	Zen4	Zen5
	CPU	Naples	Rome	Milan	Genoa	Bergamo
	Nano Process	14 nm (Intel)	7 nm (TSMC)	7 nm (TSMC)	5 nm (TSMC)	3 nm (TSMC)
AMD	PCIe Gen	PCIe 3.0	PCIe 4.0	PCIe 4.0	PCIe 5.0	PCIe 5.0
	MP Time	2017 Q3	2019 Q3	2020 Q4	2022 Q4	2023
	CCL Material	Mid Loss	Low Loss	Low Loss	Very Low Loss	Very Low Loss
	Layer count	8 to 12	12 to 16	12 to 16	16 to 20	16 to 20
		TBD				TBD

来源：ITEQ，国金证券研究所

图表55: CCL 材料等级划分



来源：CNKI，国金证券研究所

从格局上来看，大陆 PCB 厂商因配合国内服务器厂商研发和供应，已经在全球服务器 PCB 竞争中占有一席之地，只要服务器升级放量，则会对相应的大陆 PCB 厂商带来拉动；大陆 CCL 在全球市场竞争中布局相对较慢，全球特种基材 CCL 市场（包括高速 CCL）竞争中仅有生益科技进入全球前十大供应商，可见国内 CCL 在高端 CCL 市场仍处于追赶的阶段。

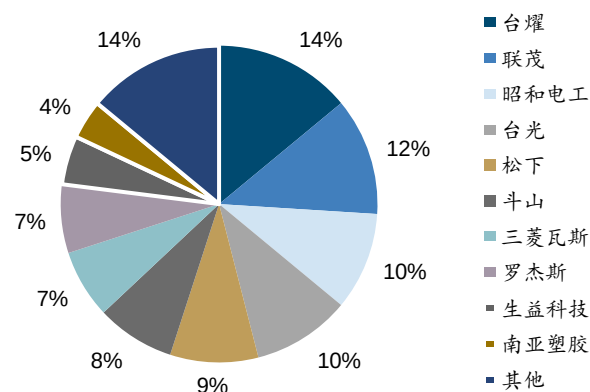
基于此，我们认为从投资上对 PCB 和 CCL 应当采取两种策略，大陆 PCB 厂商因已经形成明确的格局，行业层面放量能够直接催化公司基本面上行，建议关注沪电股份、生益电子、深南电路；大陆 PCB 厂商仍在打破格局的阶段，更重要的观测点在于格局的变化，我们建议关注生益科技、南亚新材、华正新材、中英科技等在高频高速类高端产品积极布局的厂商。

图表56：服务器平台升级

名称	归属地区	市占率
TTM	美国	8%
金像电	中国台湾	7%
健鼎	中国	5%
广合科技	中国大陆	3%
沪电股份	中国台湾	3%
深南电路	中国大陆	2%
生益电子	中国大陆	1%

来源：各公司官网，国金证券研究所

图表57：2021年全球特种基材 CCL 市场格局



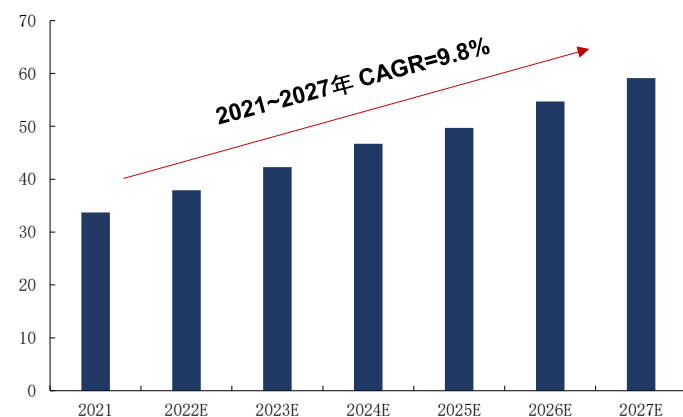
来源：EMC，国金证券研究所

2) 算力对 CPU/GPU 要求大幅提升，先进封装凸显载板价值

AI 对算力提出了较高要求，但随着先进制程的提升越发缓慢，先进封装将成为解决多芯片之间高速互连的关键方向（预计未来复合增速达到 9.8%），而载板作为先进封装的核心材料（成本占比达到 50%），有望在算力提升的大背景下打开价值空间。

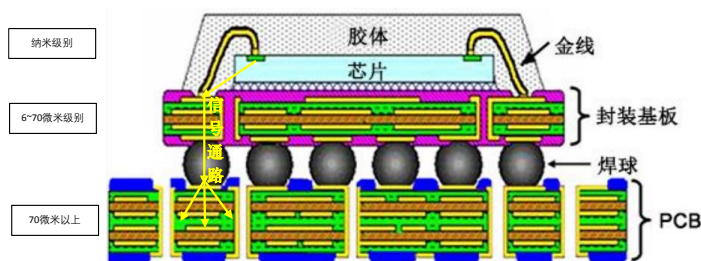
载板的作用是为 CPU 等芯片与 PCB 母板之间提供电气连接与物理支撑。随着 GPU/CPU 芯片的性能提升，其对相应载板的要求也水涨船高，具体来说，FCBGA 载板最能够满足 AI 运算高性能需求。AI 技术发展对先进封装技术要求进一步提升，而 FCBGA 作为能够实现芯片高速化与多功能化的高密度半导体封装基板，相较 FCCSP 产品而言具有层数多、面积大、线路密度高、线宽线距小等特点，能够承载 AI 高性能运算。根据 CPCA，PGA/LGA/BGA 产品 2021-2026 年 CAAGR 将达 11.5%，到 2026 年市场空间超 120 亿美元，为载板产品中增长最快、价值量最高的产品。

图表58：全球先进封装市场规模（十亿美元）



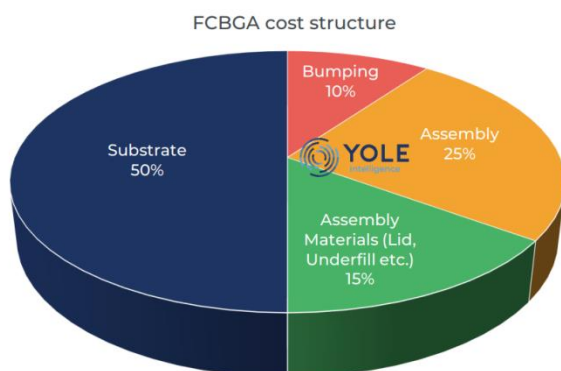
来源：Yole，国金证券研究所

图表59：封装基板结构示意图



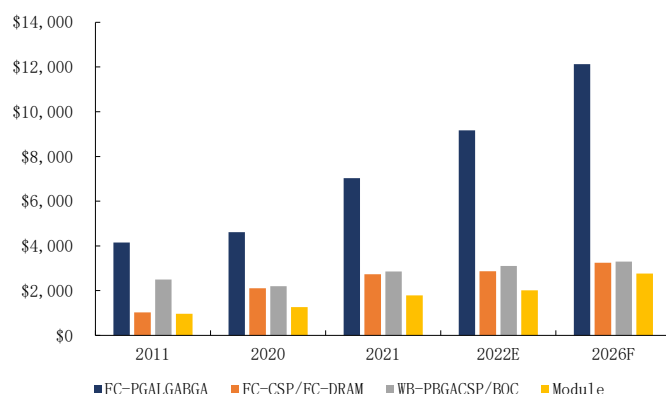
来源：各公司公告，国金证券研究所

图表60：先进封装中载板成本占比达到50%



来源：Yole，国金证券研究所

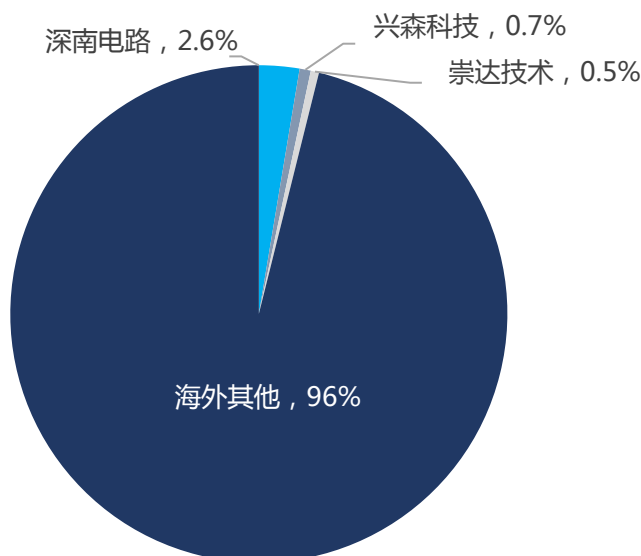
图表61：各类载板的产值变化（百万美元）



来源：CPCA，国金证券研究所

载板应产业链壁垒和技术壁垒较高，因此该市场长期被日韩台厂商高度垄断，根据 2021 年数据，目前国内主要载板公司深南电路、兴森科技在全球的市占率合计不到 5%。我们认为随着半导体产业链国产替代趋势凸显，国内厂商布局步伐加快将带来快速成长机会，行业上升空间较大。国内载板厂商已经形成鲜明的布局梯队，其中深南电路、兴森科技、珠海越亚因布局较早成为国内布局第一梯队厂商，景旺电子、博敏电子、中京电子、崇达技术等也在相应做载板相关布局，我们认为在当前国产替代迫在眉睫的阶段，应当首先关注第一梯队厂商与大客户配合情况，其次应跟踪第二梯队厂商的技术突破情况。

图表62：国内载板厂商在载板市场占有率



来源：Wind，CPCA，国金证券研究所

图表63：国内载板第一梯队厂商布局情况

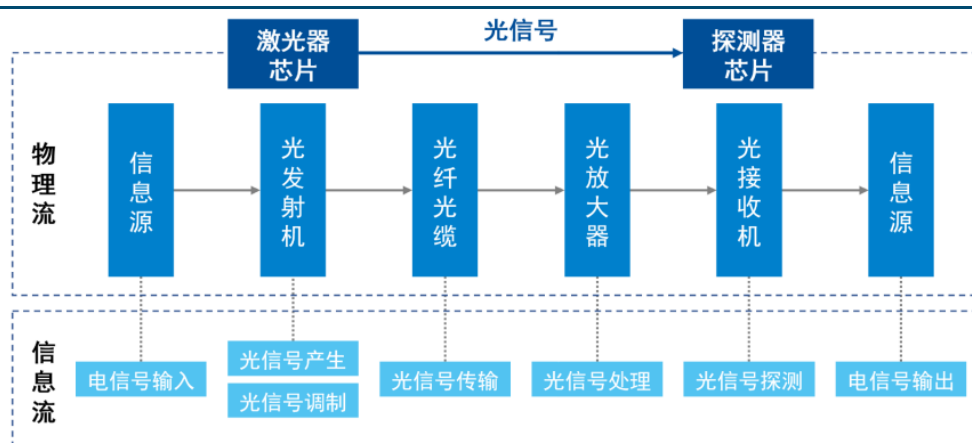
项目	实施主体	项目总投资
深南电路	广州深南	项目总投资约人民币 60 亿元, 其中固定资产投资总额累计不低于 58 亿元, 项目一期固定资产投资不低于 38 亿元, 项目二期固定资产投资不低于 20 亿元。项目整依达产后预计产能为 2 亿颗 FC-BGA、300 万 panel RF/FC-CSP 等有机封装基板。
兴森科技	广州 FCBGA	投资约 60 亿元分两期建设月产能 2000 万颗的 FCBGA 封装基板项目。
珠海越亚	越亚半导体三厂	Via Post 钢柱法载板每月 12 万片以上, 嵌埋封装载板每月 2 万片以上, FCBGA 封装载板每月 6 万片以上的产出。

来源：各公司公告，国金证券研究所

1.7 光芯片：数通和电信市场水大鱼大，光芯片国产替代空间广阔

受益于全球数据量快速增长，光通信逐渐崛起。在全球信息和数据互联快速成长的背景下，终端产生的数据量每隔几年就实现翻倍增长，当前的基础电子通讯架构渐渐无法满足海量数据的传输需求，光电信息技术逐步崛起。光通信是以光信号为信息载体，以光纤作为传输介质，光芯片实现电光转换，将信息以光信号的形式进行信息传输的系统。光通信传输过程中，发射端将电信号转换成激光信号，然后调制激光器发出的激光束，通过光纤传递，在接收端接收到激光信号后再将其转化为电信号，经调制解调后变为信息，其中需要光芯片来实现电信号和光信号之间的相互转换，光芯片是光电技术产品的核心，广泛应用于 5G 前传、光接入网络、城域网和数据中心等场景，处于光通信领域的金字塔尖。光芯片可以进一步组装加工成光电子器件，再集成到光通信设备的收发模块实现广泛应用。

图表64：光芯片在光通信中用于产生和接受光信号



来源：中国电子元件行业协会，源杰科技招股说明书，国金证券研究所

光芯片按功能可以分为激光器芯片和探测器芯片。激光器芯片主要用于发射信号，将电信号转化为光信号，探测器芯片主要用于接收信号，将光信号转化为电信号。激光器芯片根据谐振腔制造工艺的不同可分为边发射激光芯片（EEL）和面发射激光芯片（VCSEL）。边发射激光器芯片是在芯片的两侧镀光学膜形成谐振腔，沿平行于衬底表面发射激光，而面发射激光器芯片是在芯片的上下两面镀光学膜，形成谐振腔，由于光学谐振腔与衬底垂直，能够实现垂直于芯片表面发射激光。面发射激光器芯片有低阈值电流、稳定单波长工作、可高频调制、容易二维集成、没有腔面阈值损伤、制造成本低等优点，但输出功率及电光效率较边发射激光芯片低。面发射芯片包括 VCSEL 芯片，边发射芯片包括 FP、DFB 和 EML 芯片；探测器芯片主要包括 PIN 和 APD 两类。

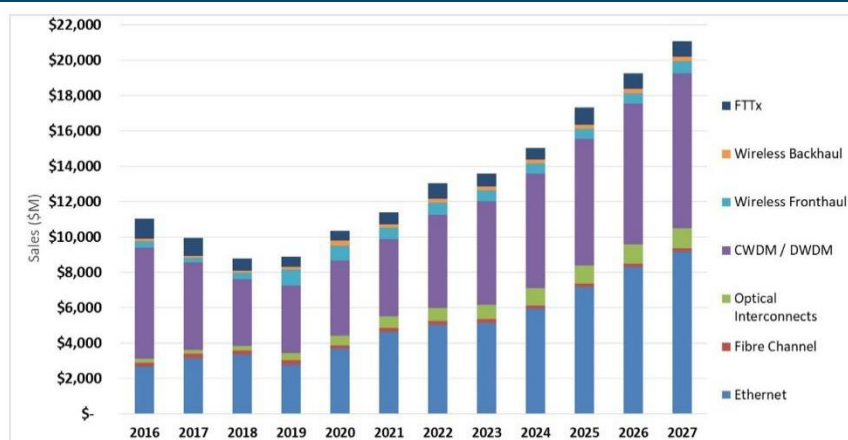
图表65：激光器芯片和探测器芯片细分品类

芯片类型	产品类别	工作波长	产品特性	应用场景
激光器芯片	VCSEL	800-900nm	线宽窄，功耗低，调制速率高，耦合效率高，传输距离短，线性度差	500 米以内的短距离传输，如数据中心机柜内部传输、消费电子领域（3D 感应面部识别）
	FP	1310-1550nm	调制速率高，成本低，耦合效率低，线性度差	主要应用于中低速无线接入短距离市场，由于存在损耗大、传输距离短的问题，部分应用场景逐步被 DFB 激光器芯片取代
	DFB	1270-1610nm	谱线窄，调制速率高，波长稳定，耦合效率低	中长距离的传输，如 FTTx 接入网、传输网、无线基站、数据中心内部互联等
	EML	1270-1610nm	调制频率高，稳定性好，传输距离长，成本高	长距离传输，如高速率、远距离的电信骨干网、城域网和数据中心互联
探测器芯片	PIN	830-860/1100-1600nm	噪声小，工作电压低，成本低，灵敏度低	中长距离传输
	APD	1270-1610nm	灵敏度高，成本高	长距离单模光纤

来源：源杰科技招股说明书，国金证券研究所

需求端,数据中心和电信双轮驱动,预计 2027 年全球光模块市场规模超 200 亿美元,22-27 年 CAGR 达 11%。随着光电子、云计算技术等不断成熟,更多终端应用需求不断涌现,并对通信技术提出更高的要求。受益于全球数据中心、光纤宽带接入以及 5G 通讯的持续发展,光模块作为光通信产业链最为重要的器件保持持续增长。根据 LightCounting 的数据,2027 年全球光模块市场规模预计将超过 200 亿美元,22-27 年 CAGR 达 11%。

图表66：2025 年全球光模块市场规模有望达 113 亿美元



来源：LightCounting，国金证券研究所

供给端,海外光芯片厂商具备先发优势,国内厂商乘国产替代东风正迎头赶上。我国光芯片产业参与者主要包括海外头部光通信厂商、国内专业光芯片厂商及国内综合光芯片模块厂商。1)海外头部光通信厂商:三菱电机、住友电工、马科姆(MACOM)、朗美通(Lumentum)、应用光电(AOI)、博通(Broadcom)等;2)国内专业光芯片厂商:源杰科技、武汉敏芯、中科光芯、雷光科技、光安伦、云岭光电等;3)国内综合光芯片模块厂商或拥有独立光芯片业务板块厂商:光迅科技、海信宽带、索尔思、三安光电、仕佳光子等。从竞争格局和产品布局看,以住友电工、马科姆(MACOM)、博通(Broadcom)为代表的欧美日综合光通信企业在高速率光芯片市场占据主导地位,而中国厂商在中低速率芯片市场占据优势,国产化率较高,但高速光芯片仍存在差距。

图表67：光芯片竞争格局

产品速率	产品类型	竞争情况	主要供应商	国产化水平
2.5G	1310nm DFB 激光器芯片	应用于光纤接入 PON (GPON) 数据上传光模块，技术相对成熟，市场竞争较为激烈	源杰科技、武汉敏芯、三安光电、中科光芯、雷光科技、光安伦	较高
	1490nm DFB 激光器芯片	应用于光纤接入 PON (GPON) 数据下传光模块，产品性能、可靠性要求高，实现批量供货厂商较少，公司等国内厂商市场份额较大，国产化率较高	三菱电机、源杰科技、海信宽带	较高
	1270nm DFB 激光器芯片	应用于光纤接入 10G-PON (XG-PON) 数据上传光模块，产品难度较 2.5G 1310nm DFB 激光器芯片更高，但供应商逐步增多，市场竞争逐步加剧	三菱电机、源杰科技、武汉敏芯、海信宽带、光迅科技	较高
	1550nm DFB 激光器芯片	应用于 40km/80km 长距离传输光模块，产品性能、可靠性要求高，实现批量供货厂商较少	三菱电机、源杰科技、海信宽带、光迅科技	中等
10G	1270nm DFB 激光器芯片	应用于光纤接入 10G-PON (XGS-PON) 数据上传光模块，产品性能、可靠性要求高，实现批量供货厂商较少，公司等国内厂商市场份额较集中	三菱电机、马科姆 (MACOM)、源杰科技、武汉敏芯、海信宽带	中等
	1310nm FP 激光器芯片	应用于 4G 移动通信网络光模块，技术相对成熟，市场竞争较为激烈	三菱电机、源杰科技、云岭光电、武汉敏芯、海信宽带	较高
	1310nm DFB 激光器芯片			
	CWDM 6 波段 DFB 激光器芯片	应用于 4G/5G 移动通信网络光模块，技术相对成熟，国内厂商逐渐扩大市场份额	马科姆 (MACOM)、朗美通 (Lumentum)、源杰科技、武汉敏芯	中等
25G	CWDM 6 波段 DFB 激光器芯片	应用于 5G 移动通信网络光模块，产品难度大，其中 MWDM 12 波段 DFB 激光器芯片主要应用于国内 5G 基站方案，国外厂商发货产品较少，该产品公司等国内光芯片厂商在 2020 年实现大批量发货	马科姆 (MACOM)、朗美通 (Lumentum)、三菱电机、源杰科技、武汉敏芯	中等
	LWDM 12 波段 DFB 激光器芯片			中等
	MWDM 12 波段 DFB 激光器芯片			中等
	CWDM 4 波段 DFB 激光器芯片	应用于 100G 数据中心光模块，产品难度大，国内部分厂商实现产品突破	安华高 (Avago)、马科姆 (MACOM)、朗美通 (Lumentum)、源杰科技、武汉敏芯	较低
	LWDM 4 波段 DFB 激光器芯片			较低
50G	PAM4 CWDM 4 波段 DFB 激光器芯片	应用于 100G/200G/400G 数据中心光模块，技术难度高，国内部分厂商进行产品布局，还未实现批量发货；	安华高 (Avago)、朗美通 (Lumentum)	较低
硅光直流光源	1270/1290/1310/1330nm 大功率 25/50/70mW 激光器芯片	公司 50G PAM4 DFB 激光器处于设计验证测试阶段，工业级大功率硅光激光器处于工程验证测试阶段		较低

来源：源杰科技上市第二轮审核问询函的回复，国金证券研究所

注：根据第二轮审核问询函中 C&C 的调查问卷，以国内光模块厂商采购的光芯片为统计口径：国产光芯片占比超过 70%，定义为国产化率较高；占比 40%-70%，定义为国产化率中等；占比小于 40%，定义为国产化率较低。

二、人工智能高速发展对通信行业的加持

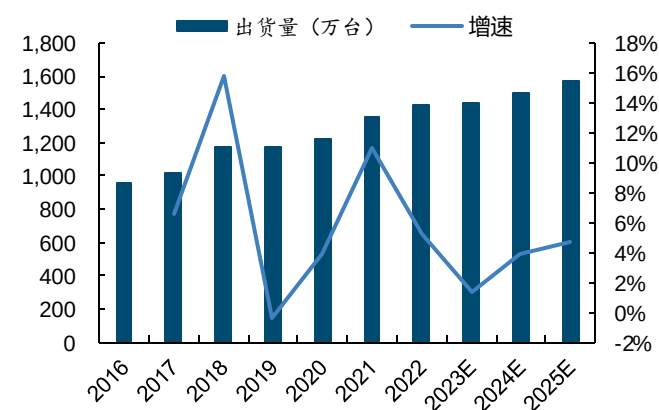
2.1 ChatGPT 大幅提振算力需求，带动服务器增长与 AI 服务器占比提升

ChatGPT 引发高算力需求，带动服务器出货量增长。ChatGPT 背后的支撑是人工智能大模型。在大模型的框架下，每一代 GPT 模型的参数量和数据量均高速扩张，需要庞大的算力基础设施维持。据 OpenAI，截至 2023 年 1 月，ChatGPT 月活跃用户数已达 1 个亿；2 月 7 日-2 月 9 日 ChatGPT 官网多次因为满负荷而无法登入，再次显示当前算力不足的问题，

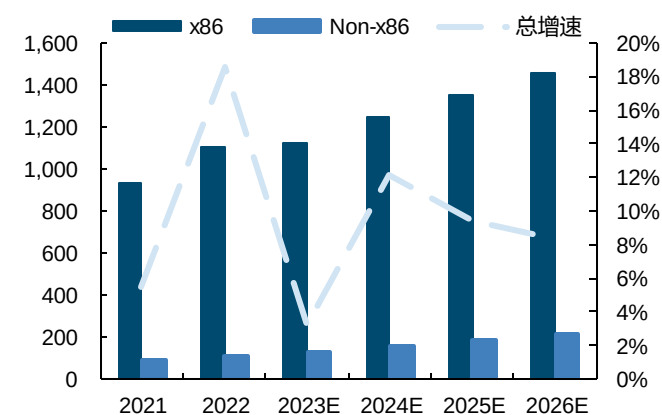
未来随着 AIGC 逐步普及，用户访问量提升。ChatGPT 的快速渗透、落地应用，将大幅提升算力需求，带动服务器等基础设施迅速增长。据 TrendForce 预测，2023 年全球服务器出货量约 1,443 万台，年成长率收敛为 1.31%。随着 AI 应用的快速发展，服务器出货量明显增加，据 MIC 预测，2025 年全球服务器出货量将达到 1570 万台。2022-2025 年全球服务器出货量年均复合增长率约 3.3%。根据 IDC 数据，全球服务器市场规模将在 2023 年放缓，但预计 2021-2026 年 CAGR 达到 10.2%。

图表68：全球服务器出货量

图表69：全球服务器市场规模（亿美元）



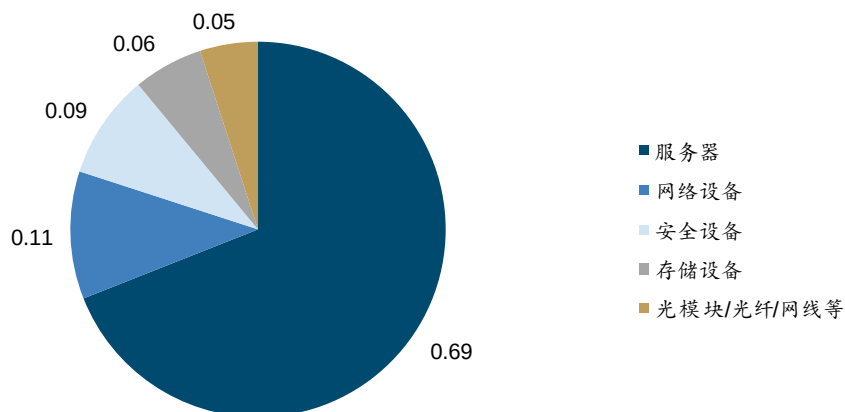
来源：IDC, TrendForce, MIC, 国金证券研究所



来源：IDC, 国金证券研究所

服务器是数据中心最大的成本支出部分。根据中商情报局数据，在硬件采购成本中，服务器占比达 69%，网络设备（交换机和路由器）、安全设备、存储设备和光模块/光纤/网线等分别占数据中心硬件采购成本的 11%、9%、6%和 5%，不同方案略有不同，但总体上服务器成本占数据中心硬件成本 70%左右，是数据中心基础设施的重要组成部分。

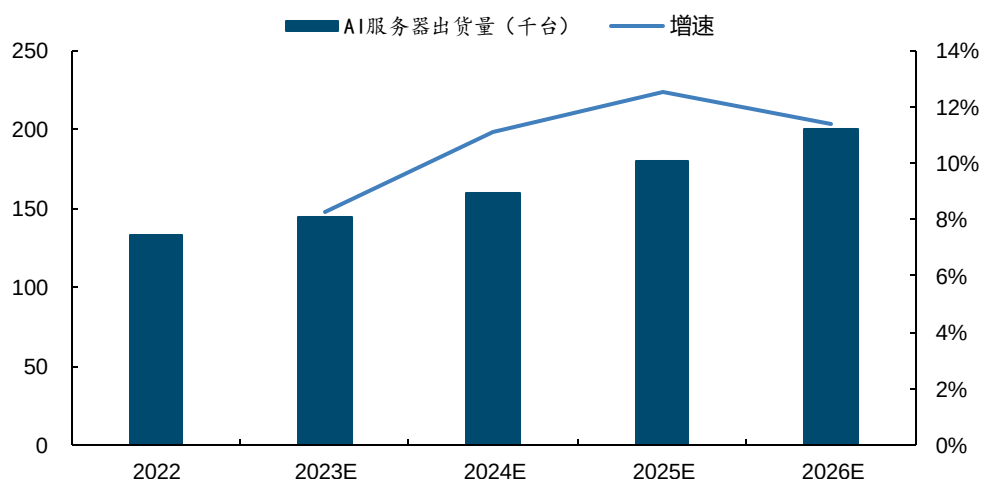
图表70：数据中心硬件成本结构



来源：中商情报局, 国金证券研究所

ChatGPT 带动 AI 服务器占比提升。除存储型服务器以外，数据中心还具有比例不小的算力型服务器，此类服务器的重要应用是人工智能。TrendForce 观察到自 2018 年新兴应用题材的兴起，包含自动驾驶汽车、AIoT 与边缘运算，诸多大型云端业者开始大量投入 AI 相关的设备建设。据 TrendForce 统计，截至 2022 年，预估搭载 GPGPU (General Purpose GPU) 的 AI 服务器年出货量占整体服务器比重近 1%，而 2023 年预估在 ChatGPT 加持下，可望再度刺激 AI 相关领域的活络，预估出货量年成长可达 8%；2022-2026 年年均复合增长率将达 10.8%。

图表71：2022-2026 年全球 AI 服务器出货量

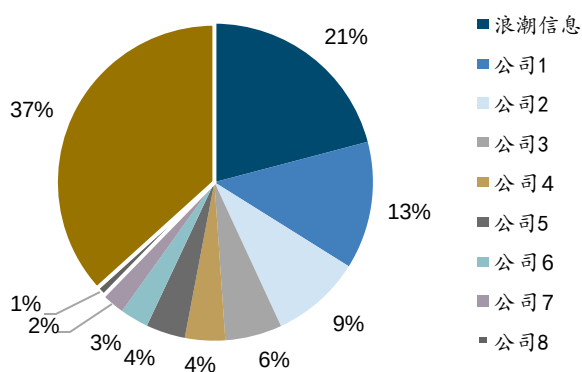


来源：TrendForce，国金证券研究所

浪潮信息 AI 服务器产品矩阵丰富，占据全球市场领先地位。根据 IDC 数据，2021 年全球 AI 服务器市场规模达 156 亿美元（约合人民币 1006 亿元），其中浪潮信息市场占有率达 20.9%，份额同比提升 3.6%，销售额同比增长 68.3%，继续保持全球市场第一。目前浪潮 AI 服务器主要产品型号包括 NF5688M6、NF5488A5 等，2021 年二者在国际权威 AI 基准测试 MLPerf 榜单中，获得医学影像分割、目标物体检测、自然语言理解、智能推荐等 7 项训练冠军，可满足包括自然语言理解等在内的多项 AI 训练需求。此外，浪潮在 AI 领域的积累还包括 AI 资源平台、AI 算法平台等，具备大量算力解决方案实施经验。

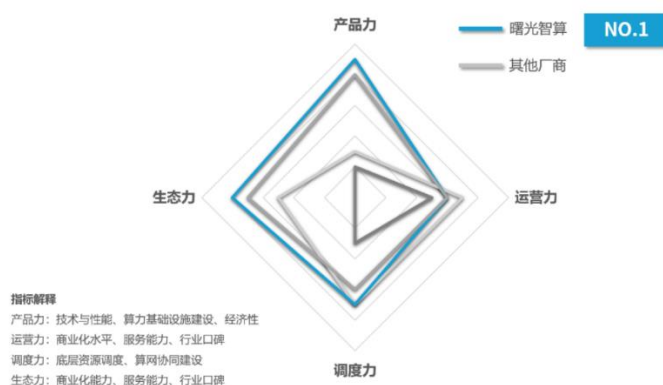
受益于 ChatGPT 浪潮，中科曙光 AI 算力业务成长有望提速。中科曙光自 2019 年起在 AI 算力领域前瞻布局，依托先进计算领域的先发优势和技术细节，构建了完整的 AI 计算服务体系，已与百度、复旦大学等企业及科研院所深度合作，且在国内参建、运营和管理近百家先进计算中心、智算中心、云中心等，具有行业领先规模计算资源。目前，曙光布局首个“全国一体化算力服务平台”，可帮助用户完成 AI 大模型训练等复杂计算任务，并已接入全国上百座计算中心算力资源。2022 年 9 月 3 日，在上海世界人工智能大会上，亿欧智库发布《2022 中国算力服务市场发展研究报告》，曙光算力服务（由曙光智算运营）获得综合价值力第一名，多个指标问鼎榜首，整体综合实力凸显。

图表72：2021 年全球 AI 服务器市场份额



来源：IDC，国金证券研究所

图表73：亿欧智库算力服务综合价值力评估



来源：亿欧智库《2022 中国算力服务市场发展研究报告》，国金证券研究所

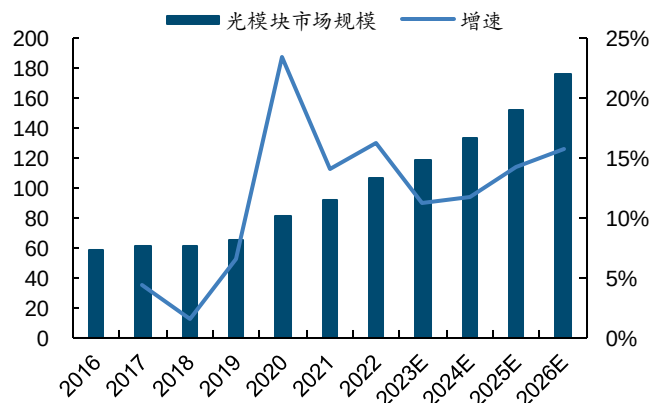
2.2 ChatGPT 刺激高速率光模块占比提升，CPO 产品迎来爆发期

ChatGPT 带动云计算产业链升级，800G 光模块占比提升。据 Lightcounting，光模块市场规模 2021-2026 年将以 14% 的 CAGR 增长至 2026 年的 176 亿美元。2023 年光通信在云计算产业链细分赛道中增速与景气度最高。AI 大模型训练需要高算力支持，数据量、流量增长带动 800G、400G、200G 等高速率产品出货量与渗透率持续提升。LightCounting 指出，全球 TOP5 云厂商阿里巴巴、亚马逊、Facebook、谷歌和微软 2020 年在以太网光模块上的支出为 14 亿美元，到 2026 年其支出将增加至超过 30 亿美元。800G 光模块将从 2025 年

底开始主导这一细分市场。

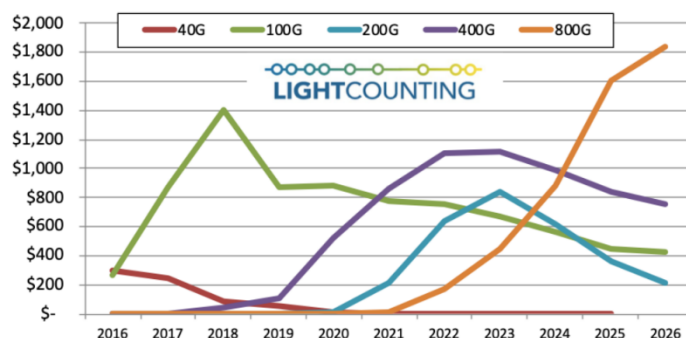
中际旭创 800G 前沿产品接收小规模批量订单，有望开辟新增长曲线。ChatGPT 推动全球 AI 算力需求，光模块产品尤其是 800G 前沿产品，有助于满足国内外未来对算力的深层需求。中际旭创作为全球高速率数通光模块龙头，目前 800G 等新产品技术储备充足，去年 Q4 已实现小批量出货，今年已接收到海外客户批量部署订单，有望大幅度提高 800G 出货量，再次占先发优势，巩固龙头地位。

图表74：全球光模块市场规模（亿美元）



来源：Lightcounting，国金证券研究所

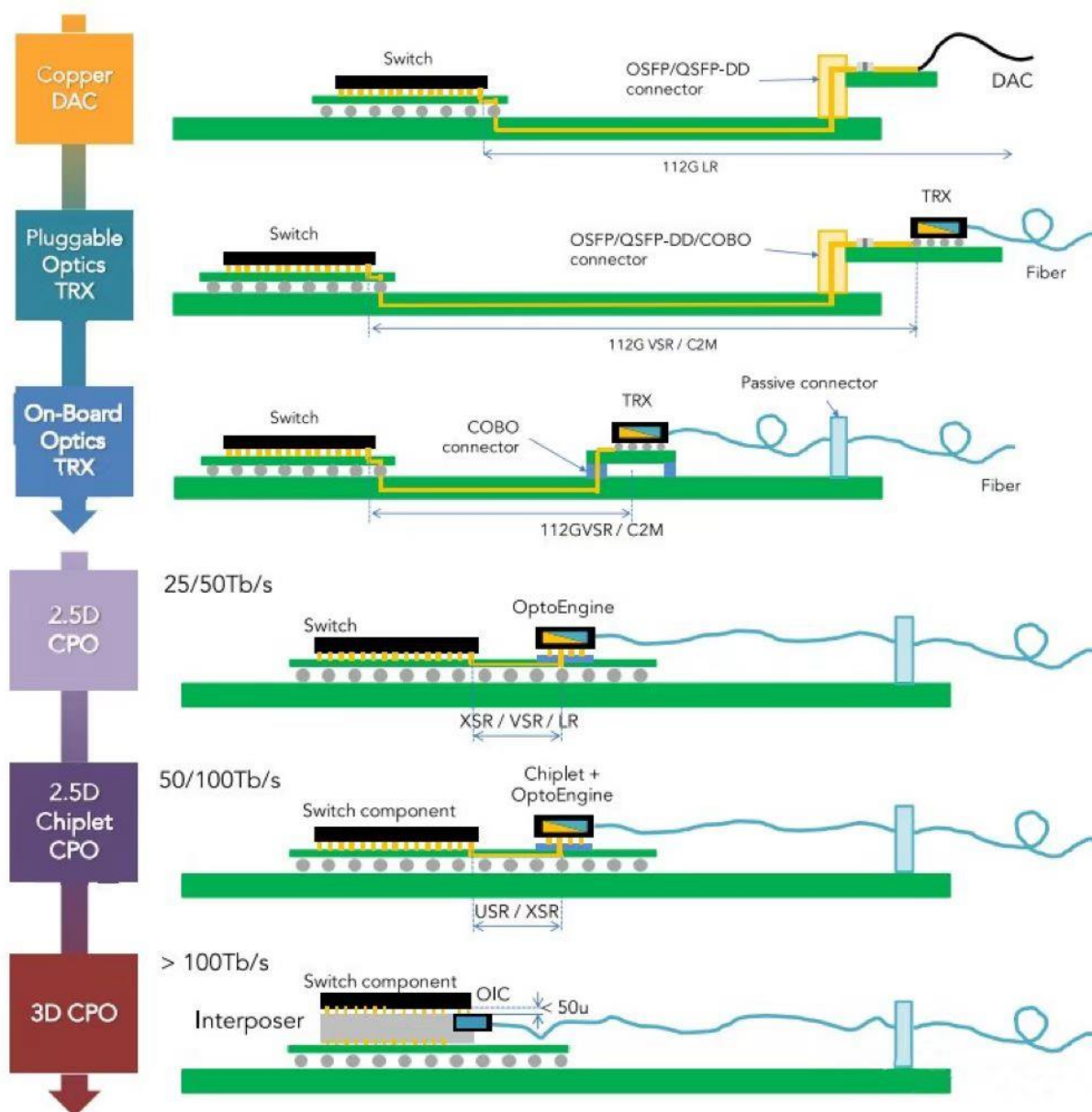
图表75：全球 TOP5 云厂商以太网光模块销售额（\$M）



来源：Lightcounting，国金证券研究所

ChatGPT 带动 CPO 等先进封装技术的需求，天孚通信和中际旭创初步布局。随着算力消耗指数级增长，硅光模块技术，以及 CPO（co-packaged optics，共封装光学）等先进的封装工艺符合 AIGC 的高算力、低功耗、低成本综合需求。CPO 就是把交换芯片和光引擎（光模块）封装在一起。光引擎或光模块的主要功能是将输入的光纤信号转换为数字信号，同时将 ASIC（专用集成电路）芯片输入的数字信号转化为光信号进行输出。CPO 不断演进，2.5D CPO 直接将光驱动与 Switch ASIC 封装在同一个基板上，进一步缩短线距，增加 I/O 密度；3D 封装技术将光学 IC 直接连接到中介层上，实现小于 50um pitch 的 I/O 间距的相连。光电共封的方式缩短了交换芯片和光引擎间的距离，使得电信号能够更快的在芯片和光模块之间传输，提高了效率，减少了尺寸，还降低了功耗。因此，CPO 的高效率、低功耗有可能成为后续 AI 高算力下最好的解决方案，也是目前最有希望解决 ChatGPT 算力需求的一个方向。在 ChatGPT 浪潮下，CPO 产品将会迎来 3-5 年的黄金爆发性成长时期，目前天孚通信和中际旭创在 CPO 封装领域已有所布局。

图表76：光电共封装的封装形式及发展趋势



来源：艾邦半导体网，国金证券研究所

三、投资建议

人工智能加速发展，电子通信硬件迎来发展新机遇，我们看好下列标的有望受益：

- 1) AI 拉动 GPU/FPGA/ASIC 量价齐升，英伟达和 AMD 垄断全球 GPU 市场，有望持续受益。
- 2) 澜起科技作为全球内存接口芯片以及配套芯片的领先厂商，有望受益于服务器及 PC 内存模组从 DDR4 向 DDR5 的迭代。
- 3) 裕太微作为国内稀缺的以太网物理层芯片供应商，持续受益于车规、数通等终端市场网络传输规格升级，以及海外厂商垄断下的国产份额提升。
- 4) AI 需求兴起，服务器 PCB/CCL 升级大潮将至，算力对 CPU/GPU 要求大幅提升，先进封装凸显载板价值，沪电股份、兴森科技、通富微电有望持续受益。
- 5) ChatGPT 带动云计算产业链升级，带动 CPO 等先进封装技术的需求，同时数据中心 800G 光模块占比提升，已有初步布局的天孚通信、中际旭创有望持续受益。
- 6) ChatGPT 引发高算力需求，带动服务器出货量增长，而服务器是数据中心最大的成本支出部分，浪潮信息、中科曙光有望持续受益。

四、风险提示

海外市场陷入经济衰退预期，影响 2023 年对电子、通信产品的需求。俄乌战争以及美国加息将加剧海外市场需求承压，如果海外需求持续低迷，将拖累半导体产品需求改善的进度。

人工智能终端应用场景不如预期。人工智能在终端场景的落地基于国内外政府政策推动、技术持续迭代以及新产品的供给驱动等逻辑，若国内外政策波动、技术升级遇到瓶颈，必然导致落地提升不如预期。

消费类、泛工业、通讯、风光储等领域需求不如预期。2022 年部分下游领域景气度下滑，如果未来市场空间持续发生不利的变化，导致下游客户的需求持续下降，存在需求不及预期以及营收继续下滑的风险。

美国加大对中国半导体相关领域制裁力度的风险。到目前为止，拜登政府对中国科技行业的技术竞争及封锁似乎没有明显改善，若是中美关系持续恶化，可能会影响 2023 年全球半导体的需求，或将更多国内公司放入实体清单。

行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；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，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海	北京	深圳
电话：021-60753903	电话：010-85950438	电话：0755-83831378
传真：021-61038200	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	传真：0755-83830558
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮编：100005	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	地址：北京市东城区建国门内大街 26 号	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号	新闻大厦 8 层南侧	地址：中国深圳市福田区中心四路 1-1 号
紫竹国际大厦 7 楼		嘉里建设广场 T3-2402