

国信通信·云基建专题（三）

AI驱动下光模块趋势展望及弹性测算

行业研究·行业专题

通信·通信设备

投资评级：超配（维持评级）

证券分析师：马成龙

021-60933150

machenglong@guosen.com.cn

S0980518100002

投资摘要

- ◆ **光模块行业传统应用场景为电信市场和数通市场，具备一定的周期性。**光模块下游一直应用在电信市场和数通市场，其中电信市场的需求和全球基站建设节奏明显相关，当前国内5G基站建设节奏稳中略降，全球光纤接入市场仍保持较高景气度。数通市场的需求往往取决于海外大型云厂商的资本开支，整体而言数通市场需求持续性较强，电信市场的周期性更强。
- ◆ **AI等新应用场景的出现，有望成为未来云基建投资的重要推动力，带来光模块持续新增需求。**云基建作为算力底座持续受益于数据流量的增长，AI等新应用场景的出现有望推动行业新一波的建设周期，叠加传统投资动能的底部复苏，我们预计未来云基建行业将会呈现总量增长叠加技术等级持续升级的趋势，而光模块作为算力基础设施一环，有望充分受益。
- ◆ **AI大模型推动高速光模块需求加快释放。**AI大模型的使用对与网络架构的提出更高要求，向着低时延和高速率方向演进，由于AI计算需要同时调用的模型参数在千亿甚至万亿级别，存储、计算、通信网络带宽需要同步提升，其中计算部分通过利用GPU，性能已实现快速提升，存储部分也实现了演进，因此通信网络带宽需要明显提升，对应首选网络技术为Infiniband，而网络通信速率也由传统数据中心25G/100G需求快速提升至端到端的200G/400G，甚至向着800G速率演进。
- ◆ **光模块弹性需求测算：我们均基于下游需求规模展开情境下，进行服务器、交换机和光模块的弹性测算**
- ◆ **A100服务器集群：服务器、交换机、光模块的市场弹性分别为60%、19%、28%。**
- ◆ **H100服务器集群：服务器、交换机、光模块的市场弹性分别为78%、8%、28%。**
- ◆ **以Chatgpt为代表的AI应用正在得到快速发展，并不断实现迭代，进而有希望形成赋能多行业的多样化新型应用落地，提升行业效率，软端的快速发展离不开硬件基础设备的保障，因此AI数据中心内部的各类的硬件基础设施环节有望充分受益AI行业进步带来的需求提升。在光模块环节，重点推荐国内光模块企业【中际旭创】、【天孚通信】、【新易盛】，建议关注【源杰科技】、【光库科技】等。**

目录

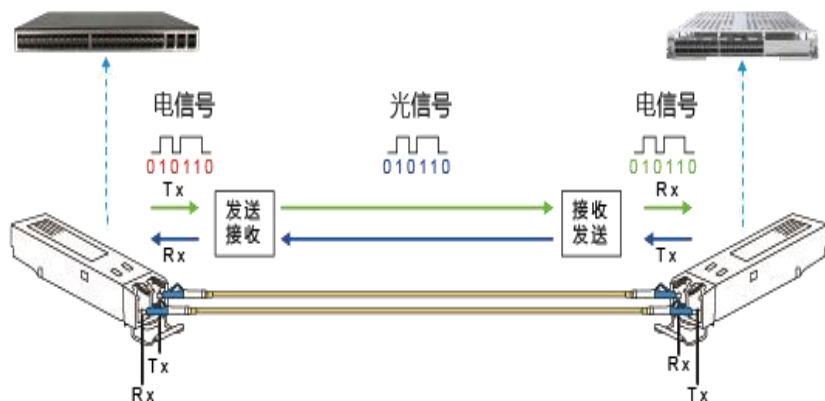
- [01] 传统光模块市场概述
- [02] AI驱动高速光模块迭代加快
- [03] ChatGPT场景下需求弹性测算
- [04] 投资建议

一、传统光模块市场概述

光模块主要用于实现光、电信号的转换

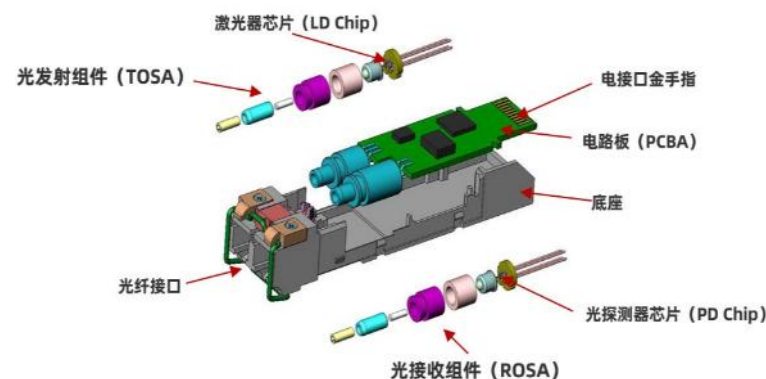
- ◆ 光模块是用于设备与光纤之间光电转换的接口模块。光模块主要用于实现光电信号的转换。
- ◆ 光模块主要由光学器件和辅料（外壳、插针、PCB与控制芯片）构成。光学器件（包括光芯片和光学元件组件）约占光模块成本70%以上，辅料（外壳、插针、PCB与电路芯片等）占光模块总成本近30%。
- ◆ 光发射组件TOSA一般包含激光二极管、背光监测二极管、耦合部件、TEC以及热敏电阻等元件。一定速率的电信号经驱动芯片处理后驱动激光器（LD）发射出相应速率的调制光信号，通过光功率自动控制电路，输出功率稳定的光信号。光接收组件ROSA一般包含光电探测器、跨阻放大器、耦合部件等元件。一定速率的光信号输入模块后由光探测器转（PD/APD）换为电信号，经前置放大器（TIA)放到后输出相应速率的电信号。

图 1：光模块工作原理



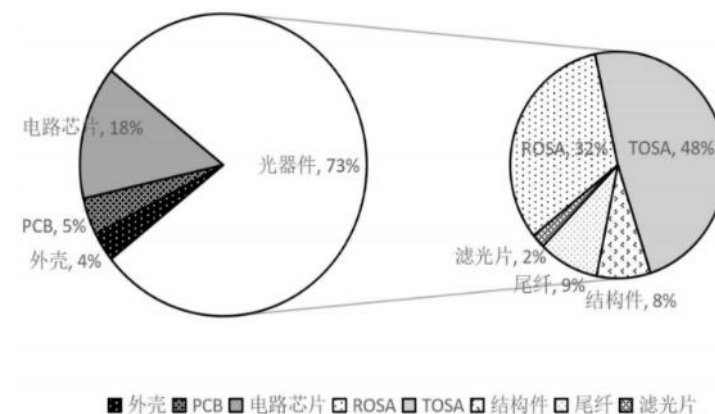
资料来源：头豹研究院，国信证券经济研究所整理

图 2：光模块结构示意图（SFP+封装）



资料来源：讯石光通讯，国信证券经济研究所整理

图 3：光模块成本构成

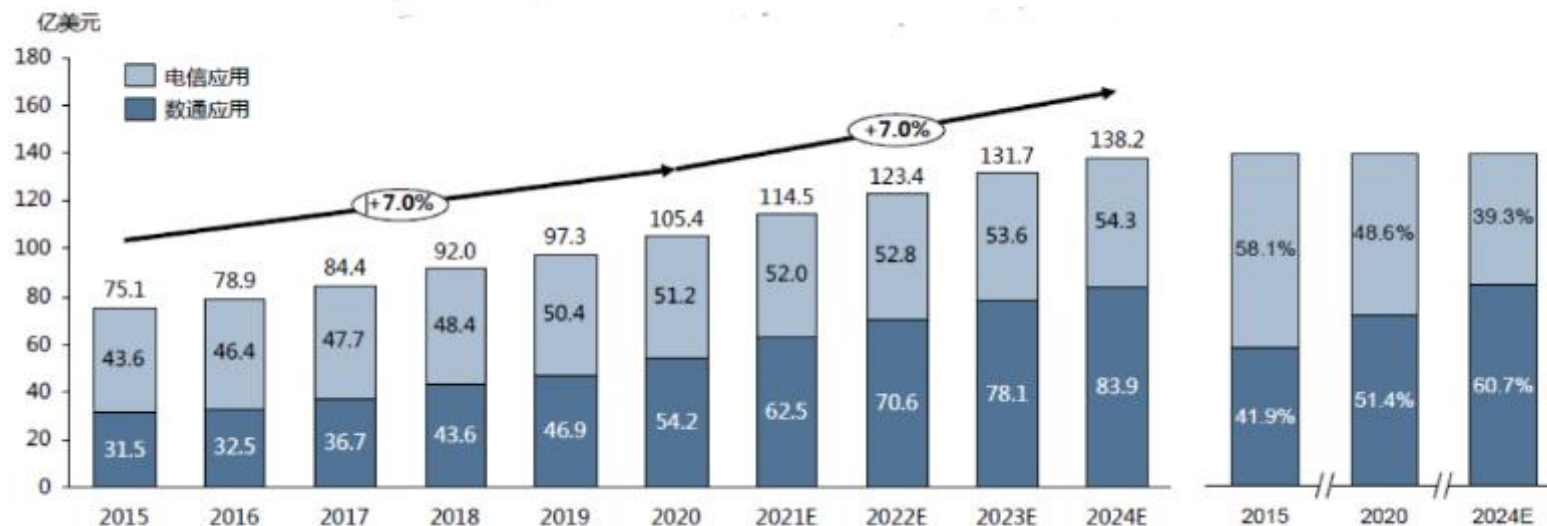


资料来源：头豹研究院，国信证券经济研究所整理

光模块传统应用场景：电信网络和数据中心

- ◆ **电信网络的光通信应用**：1980年代光纤诞生以来，光通信应用从骨干网到城域网、接入网、基站。目前国内传输网络基本完成光纤化，但数据在进出网络时仍需要进行光电转换；未来向全光网演进。
- ◆ **数据中心的光通信应用**：1990年代开始，光通信应用中短距离的园区、企业网络延伸到大型数据中心的系统机架间、板卡间、模块间、芯片间应用。仍以光模块为例，据LightCounting数据，**数通市场（以太网+光互连+光纤通道）收入占比在55%-60%左右**。
- ◆ **数据中心应用占比已经超过电信市场**。据FROST&SULLIVAN预测，2020-2024年全球光模块市场规模预计从2020年的105.4亿美元增长到2024年的138.2亿美元，年复合增长率约为7.0%。应用于数通领域的光模块市场规模预计则由2020年的54.2亿美元快速增长到2024年的83.9亿美元，年复合增长率约为11.5%，其占比从51.4%进一步提高至60.7%。

图 4：2015-2024数通光模块市场占比持续提升



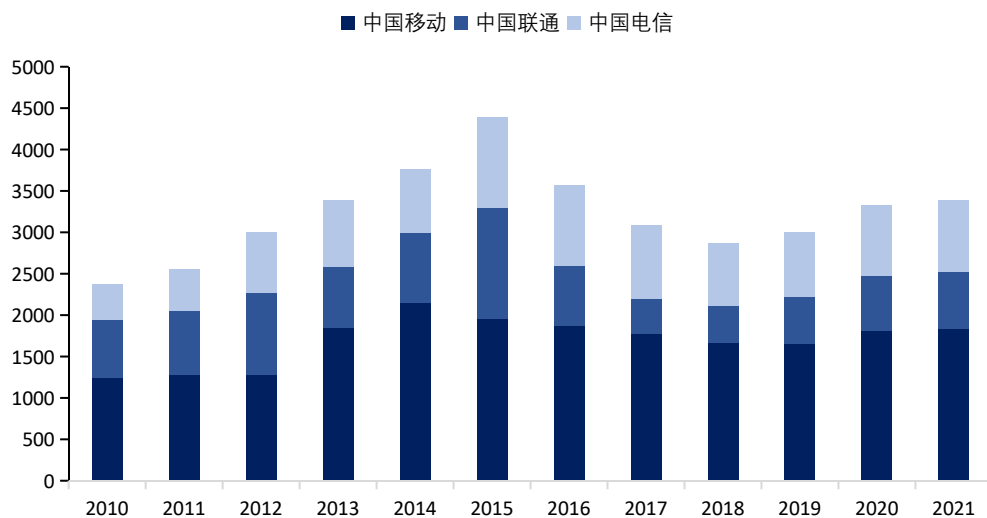
资料来源：FROST&SULLIVAN，国信证券经济研究所整理

电信市场：运营商5G资本开支平稳，光纤接入市场景气度高



- ◆ **无线侧：**用于5G资本开支预计2022年达到高点，后期逐步下行，电信运营商的Capex具有周期性特点，在代际升级的主建设期，运营商Capex会有明显的上升。
- ◆ **接入侧：**技术升级和渗透率提升带来持续需求。国内在政策驱动千兆光网渗透，海外大部分国家光纤接入率仍较低，具有明显提升空间；技术上光纤接入步入10G-PON时代，带来持续新增需求。根据LightCounting的数据，2020年FTTx全球光模块市场出货量约6289万只，市场规模为4.73亿美元，随着新代际PON的应用逐渐推广，预计至2025年全球FTTx光模块市场出货量将达到9208万只，年均复合增长率为7.92%，市场规模达到6.31亿美元，年均复合增长率为5.93%。

图 5：2012-2021年三大运营商资本开支（亿元）



资料来源：三大运营商推介材料，国信证券经济研究所整理

图 6：全球FTTx光模块用量及市场规模预测

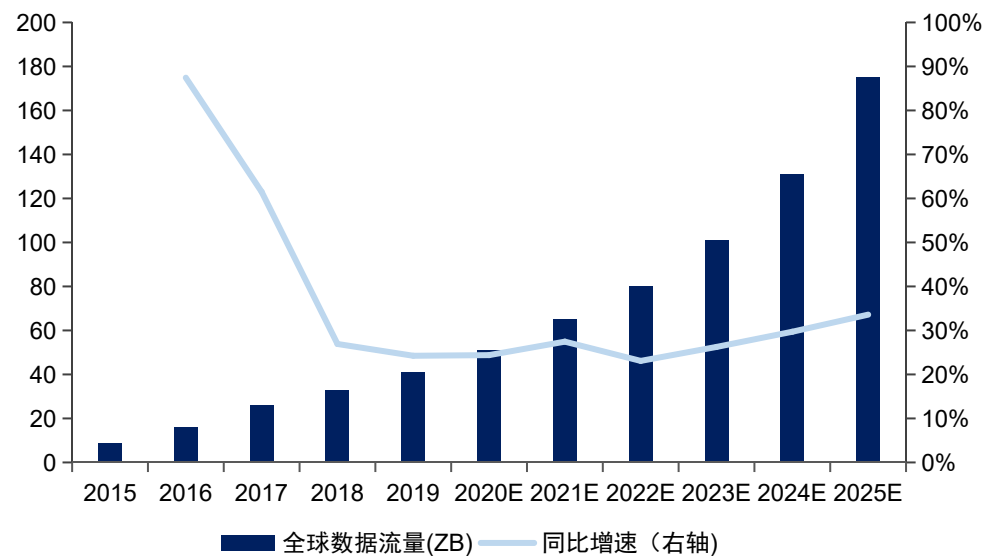


资料来源：LightCounting，国信证券经济研究所整理

数通市场：受海外云厂商资本开支驱动

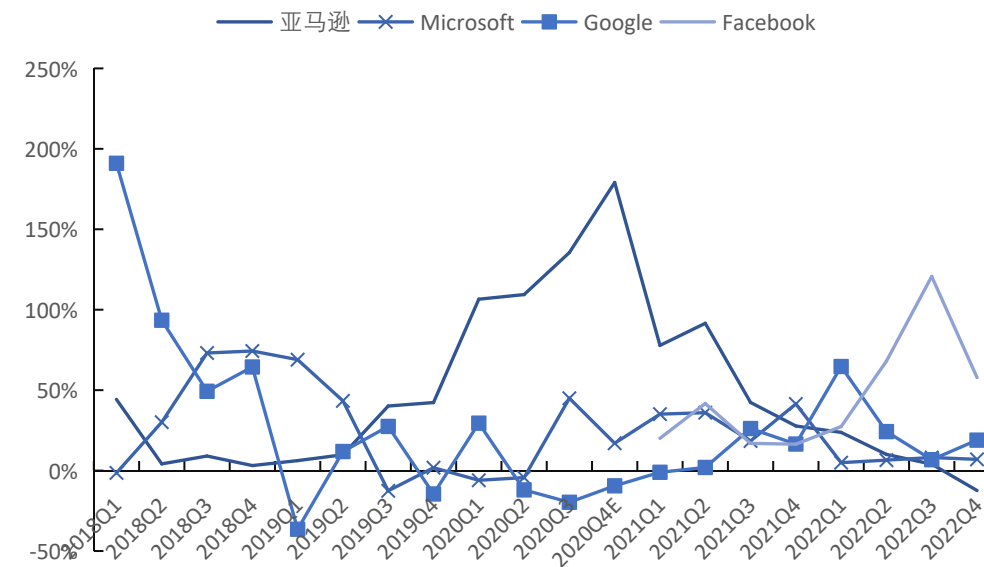
- ◆ 数通市场需求长期变化本质是流量增长驱动，长期趋势保持向上。
- ◆ 数通市场当前需求变化主要由海外云厂商为主导，下游客户具有投资意愿度高，且代际迭代快等特点，国内云厂商客户需求迭代较慢，需求量一般。
- ◆ 整体来看，海外云厂商资本开支随长期趋势向上，但季度间存在波动。22Q4，海外四大云厂商及Meta资本开支合计389亿美元（同比+6.5%，环比-1.3%）。在全球数据流量快速增长背景下，云厂商资本开支整体呈稳定增长态势，但会存在季度波动和宏观环境影响。
- ◆ 国内云厂商资本开支波动性较大，整体驱动力有限。

图 7：2015-2025全球总流量保持快速增长



资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

图 8：海外三大云厂商及Meta资本开支（百万美元）



资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

交换机系统升级推动数通光模块迭代

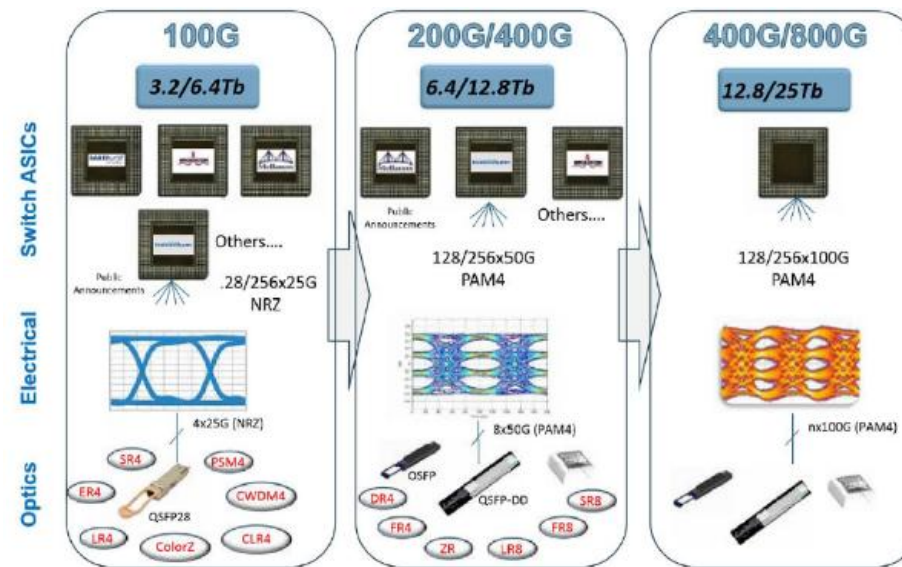
- ◆ 数通市场：交换机芯片产品升级节奏影响光模块升级部署。一般来说，从交换机芯片推出到光模块开始放量需要2-3年的时间。
 - ◆ 博通首款32X100G交换机芯片2014年开始送样，亚马逊等北美云厂商2016H2起量部署100G光模块。
 - ◆ 2017年底博通32X400G交换芯片Tomahawk3开始送样，亚马逊、谷歌等北美云厂商从2018年H2开始部署400G产品。2019年底具备25.6Tbps交换能力的交换机芯片Tomahawk4发布，2020-2022年是400G光模块的快速起量期。
 - ◆ 2022年博通和英伟达、思科等均有800G交换机布局

图 9：交换机芯片周期



资料来源：LightCounting，国信证券经济研究所整理

图 10：光模块对应交换机芯片的演进路径

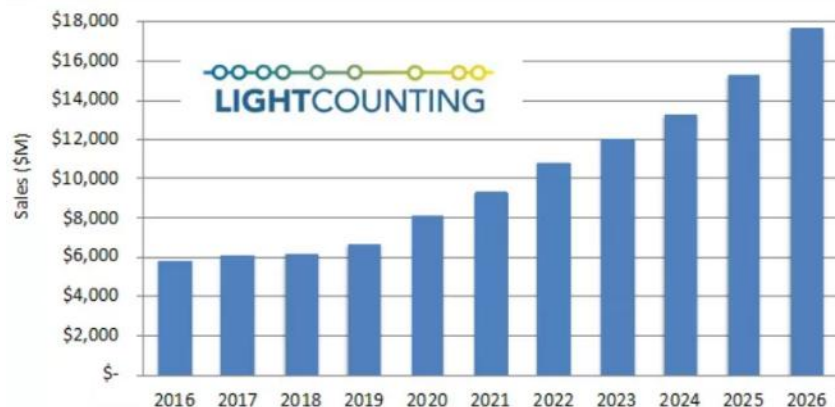


资料来源：Inphi，国信证券经济研究所整理

光模块市场空间：预计2026年超过170亿美元

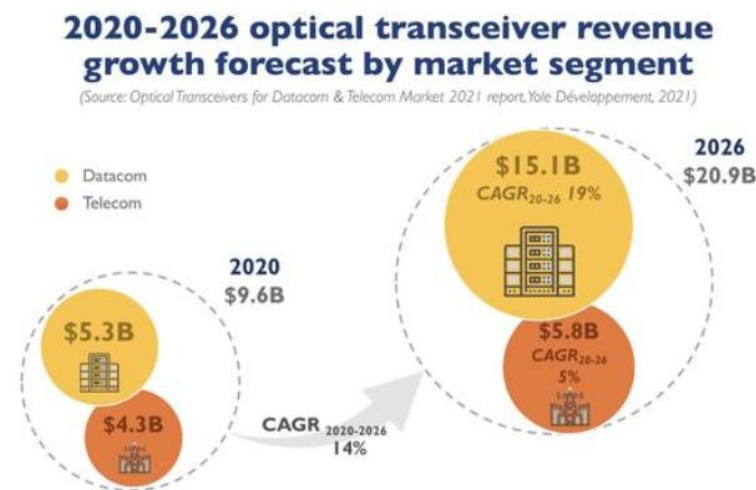
- ◆ **2020年全球光模块市场规模80亿美元，未来五年预计稳步增长。**根据LightCounting预测，2016-2018年光模块行业增长平缓，2019年后光模块升级加速，尤其2020年受疫情和新基建政策催化，电信和数通市场需求强劲，全年光模块市场规模为80亿美元，同比增长23%。预计到**2026年，全球光模块市场将超过170亿美元，2021-2026年的五年CAGR为14%**。
- ◆ **分下游客户来看，数通客户市场规模超过电信客户市场规模，是未来光模块行业的主要驱动力。**根据Yole数据，2020年光模块市场中，数通市场规模约为电信市场的1.2倍；2026年预计数通市场将为电信市场2.6倍。

图 11：全球光模块市场规模统计及预测（百万美元）



资料来源：LightCounting，国信证券经济研究所整理

图 12：数通市场成为增长动力

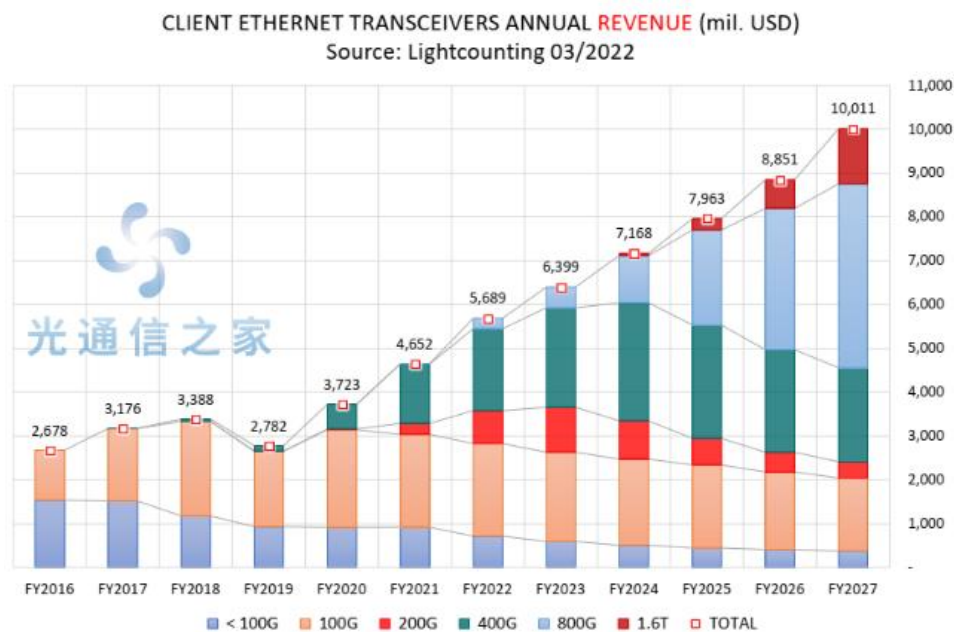


资料来源：Yole，国信证券经济研究所整理

以太网光模块市场空间：高速光模块放量是核心动力

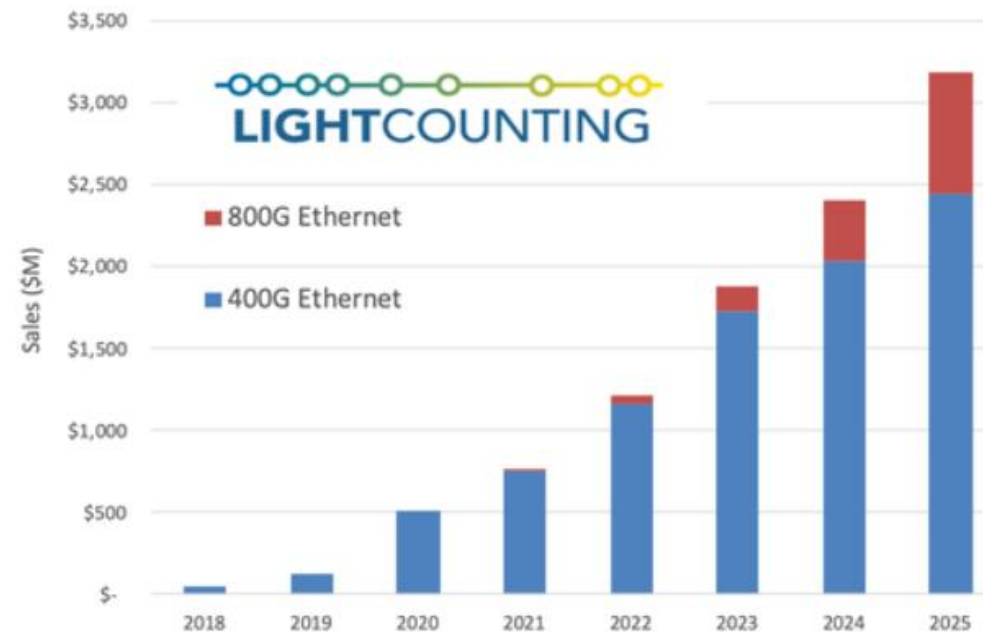
- ◆ 以太网光模块的收入在光模块市场中占比将近一半，市场空间超过百亿美金。
 - ◆ 根据LightCounting最新报告，以太网光模块的销售额在2021年达到**46.52亿美元**，同比增长**25%**。预计2022年用户侧以太网光模块的营收增幅为22.3%。未来随着新技术的发展和网络流量长期保持持续增长，以太网光模块销售额也将保持较快增长并不断迭代升级。预计到**2026年**，以太网光模块市场将达到**88.51亿美元**，约为全球光模块市场规模的**52%**。22-26年复合增速**11.7%**
- ◆ 高速以太网光模块（**200G、400G和800G**）是以太网光模块需求增长的核心驱动。2021年100G及以下的光模块收入规模约为30亿美元，在以太网光模块市场中占比**64%**。当前200G及以上光模块迅速放量，后续将成为增长主力。

图 13：用户侧以太网光模块市场总营收（单位：百万美元）



资料来源：LightCounting，光通信之家，国信证券经济研究所整理

图 14：400G和800G以太网光模块的销售预测（单位：百万美元）

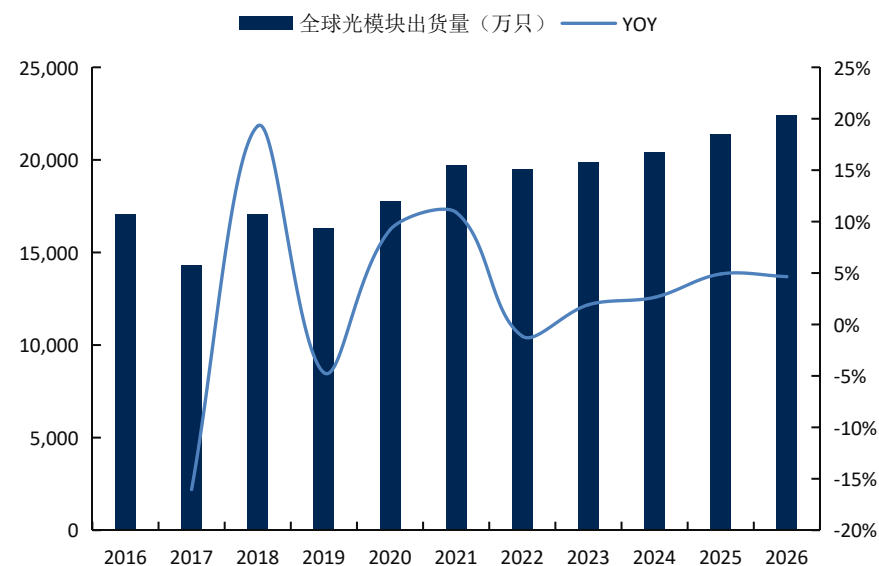


资料来源：LightCounting，国信证券经济研究所整理

出货量：400G已进入放量阶段，800G逐步可期

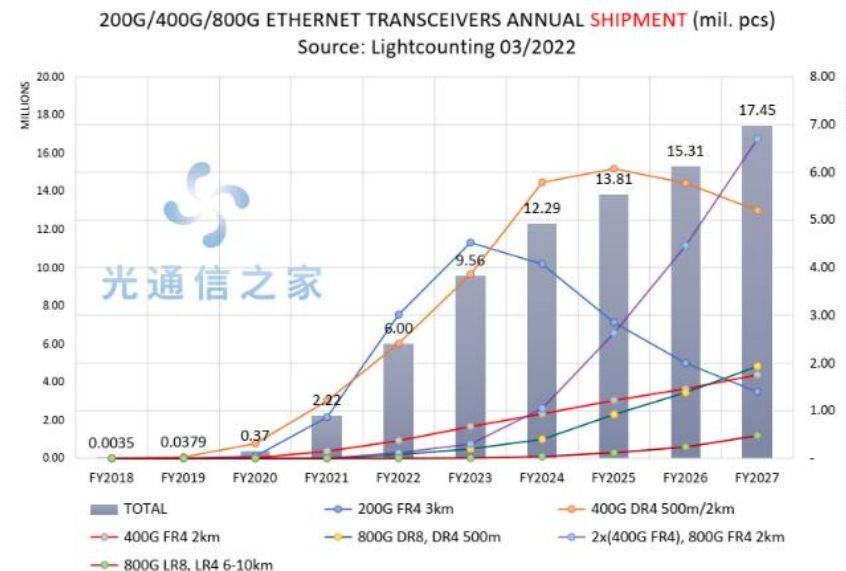
- ◆ 全球光模块的年出货量接近2亿只，呈现平稳增长。以太网光模块占比31%，约6000万只，以100G及以下的光模块为主
- ◆ 200G、400G、800G的高速以太网光模块出货量快速增长，根据LightCounting数据，2021年，数据中心市场100G、200G和400G的出货量分别已达1496/105/297万片。100G光模块2016年开始起量，2022年逐渐接近高峰。400G DR4从2020年开始起量，预计于2025年达到高峰期；200G FR4从2020年开始起量，预计于2023年达到高峰期。

图 15：全球光模块出货量（单位：万只）及增速



资料来源：LightCounting，国信证券经济研究所整理

图 16：200G/400G/800G高速光模块出货量（单位：百万只）



资料来源：LightCounting，光通信之家，国信证券经济研究所整理

市场格局变化：国内厂商已占据领先地位

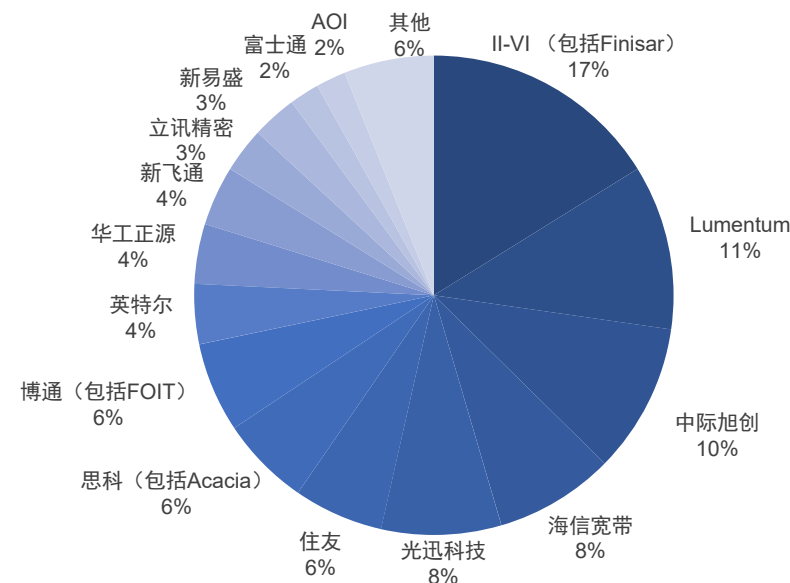
- ◆ 国内光模块企业全球地位持续提升。10G时代以北美光模块厂商为主，40G时代，中际旭创和AOI崛起，2021年旭创和II-VI成为出货量头部厂商。
- ◆ 国产厂商崛起原因分析：（1）欧美日光模块厂商起步较早，专注于芯片和产品研发，部分厂商剥离低毛利的光模块业务，制造生产端产能逐步向以中国为代表的发展中国家转移；（2）国内光模块厂商依托劳动力成本、市场规模以及电信设备商扶持等优势，在光模块封装、测试等环节积累了大量实践经验，以中际旭创和新易盛为代表的国内厂商在竞争中取得份额突破，积极扩建产能；（3）云厂商采购模式变化和封装工艺的变化，带来行业洗牌机会。

图 17：全球光模块市场竞争格局变化

Ranking of Top 10 Transceiver Suppliers				
2010	2016		2018	2021
Finisar	Finisar	1	Finisar	II-VI & Innolight (tie)
Opnext	Hisense	2	Innolight 中际旭创	Innolight (tie) 中际旭创
Sumitomo	Accelink	3	Hisense 海信	Huawei (HiSilicon) 华为
Avago	Acacia 光迅科技	4	Accelink 光迅科技	Cisco (Acacia)
Source Photonics	FOIT (Avago)	5	FOIT (Avago)	Hisense 海信
Fujitsu	Oclaro 中际旭创	6	Lumentum/Oclaro	Broadcom (Avago)
JDSU	Innolight	7	Acacia	Eoptolink 新易盛
Emcore	Sumitomo	8	Intel	Accelink 光迅科技
WTD	Lumentum	9	AOI	Molex
NeoPhotonics	Source Photonics	10	Sumitomo	Intel

资料来源：LightCounting，国信证券经济研究所整理

图 18：2020年全球光模块市场格局



资料来源：Yole，国信证券经济研究所整理

光模块技术演进趋势：更高速率、低成本、低功耗

◆ 光模块速率升级的方法有两种：1、提高单通道的比特速率；2、增加通道数。

- 10G到40G，提升的是通道数；从40G到100G，提升的是单通道波特率；从100G到400G，可用16*25G、4*100G（100G激光器的波特率存在瓶颈，可用50G激光器叠加更高的调制方式，即PAM4；对比传统NRZ调制，PAM4单个脉冲可以传递两比特信息，相同条件下信道容量可以提升一倍），或者采用8*50G方案。

◆ 下游客户的降本需求驱动光模块的封装工艺向小型化、集成化和低功耗升级。

- 从低速率的GBIC、SFF到SFP光模块，从10Gbit/s速率的Xenpak、X2、XFP到SFP+，从100G速率的CFP（24W）、CFP2（8W）到现今宽度1/4的CFP4（5W）以及QSFP+和更小的QSFP28（3.5W），意味着光模块在交换机上具有更高的端口密度，同样的功率可以驱动更多的光模块。从气密封装向非气密封装演进，也是迎合提效降本的需求。

图 19：100G光模块封装方式和性能的发展情况



资料来源：讯石光通讯，国信证券经济研究所整理

表 1：光模块封装工艺路线对比

封装工艺路线	封装工艺	介绍	特点
气密封装	TO-CAN同轴封装	将激光二极管、光电探测器等有源部分密闭封装，其他的元件集成在一起，在TO-CAN封装的基础上，又会配套耦合和接口部分，整体上成为同轴型的封装结构	优点：使用能完全防止液体或固体侵蚀的封装材料（金属、陶瓷和玻璃）及工艺
	蝶形封装	将激光器或者探测器管芯直接安装在一个子装配上，然后再粘接到一个更大的基底上面以提供热沉，上面可能还有热敏电阻、透镜等元件，这样的单元一般称为光学子装配。在此基础上连接耦合和接口系统，整体上就形成了蝶形封装结构。	缺点：组装工艺较长、部件较多、成本较高等，同时使得光集成（光混合集成或者硅光等）较困难，不能满足当前数通市场迅速发展的需求
非气密封装	COB	该封装最开始使用在半导体封装领域，是一种将裸芯片用导电或非导电胶粘附在互连基板上，然后进行引线键合实现其电气连接的封装技术。之后会引入到LED的封装技术中，有效解决散热问题，提高发光效率。在传统的COB基础上，将原来独立的驱动器与发光体进行整体式集成所形成的LED产品就是所谓的光引擎，光引擎非常适合在结构紧凑、空间有限的产品中使用	光芯片必须满足非控制环境下的可靠性要求条件，要在光器件中使用IC产业的非气密封装技术，还必须提高各种封装方法的可靠性

资料来源：讯石光通讯，国信证券经济研究所整理

发展趋势：2023年有望迎来800G商用

- ◆ **800G光模块已有多家厂商推出**，包括英特尔、II-VI、中际旭创、新易盛、光迅科技、华工科技、索尔思、剑桥科技和亨通光电等。其中，DR8和2*FR4 被更多云计算厂商作为主流方案推进，主要由于可与目前部署的400G模块平滑演进或对传，而 800G DR8 和 DR4 则作为硅光最有优势的方案成为硅光厂商重点布局的产品。
- ◆ **800G交换机进展顺利**：2023年3月博通宣布开始量产全球首款51.2Tbps交换机芯片（Tomahawk 5），2022年思科等已经推出800G交换机系列。

表 2：800G光模块光芯片方案比较

光芯片类型	芯片流片难度	芯片封装难度	模块封装难度	优势	劣势
EML	很高	一般	较高	带宽大，外调制性能	芯片成本高，对温度敏感
DFB	很高	一般	较高	带宽大	芯片成本高，对温度敏感
VCSEL	较高	一般	较高	芯片成本	带宽最高50Gbaud，传输距离只有50m
SiPh	一般	较高	低	外调制性能、无制冷、集成度高	损耗大、不适合WDM

资料来源：光迅科技，国信证券经济研究所整理

表 3：多家厂商推出800G产品

厂商	发布时间	发布产品
华为	2020年2月	800G 可调超高速光模块，支持 200G-800G 速率灵活调节，单纤容量达到 48T，传输距离相比业界提升 20%
光迅科技	2020年9月	OSFP 封装规格，CWDM4 波分复用，共计 8 发 8 收，采用单波 106Gbps 的 PAM4 调制的 800G 光模块
旭创科技	2020年12月	800G OSFP 和 QSFP-DD800 光模块产品线，且已向海外客户送测
新易盛	2021年6月	基于 EML 激光器和硅光芯片的不同型号的800G 光模块系列产品，其 800G OSFP 光模块已经在 800G 交换机上进行了测试，显示出良好的性能
索尔思	2021年6月	800G OSFP和QSFP-DD800光收发器产品线，新发布的PAM4模块满足800G DR8和2x400G FR4配置，可满足随着25.6T交换机ASIC问世的数据中心未来期望的连接要求

资料来源：各公司官网，国信证券经济研究所整理

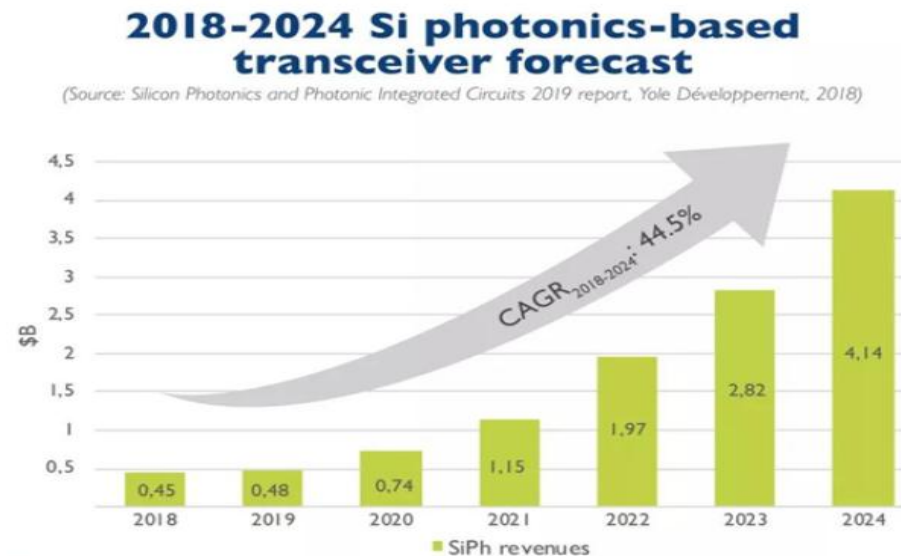
技术演进趋势：硅光子集成

◆ 硅光子技术意在提升光模块集成度。

- 基于标准硅制造的硅衬底材料，利用半导体晶圆材料可延展特性，采用CMOS等工艺应用于光电一体集成器件制造。其物理架构由硅衬底激光器、硅衬底光电集成芯片、光纤等辅助物料封装构成。硅光技术的难点之一是集成激光器和调制器，PD各种被动器件，目前，相关技术主要包括独立激光器，混合集成，异质集成，单片集成等。
- 硅光模块市场空间：根据Yole预测，硅光模块市场将从2018年的约4.55亿美元增长到2024年的约40亿美元，复合年增长率达44.5%。

◆ 硅光行业市场格局：Infinera是大规模InP PIC技术及产业的领导者；Intel、Luxtera等是硅基光子集成产业应用的引领者，Sicoya、Rockley、Inphi、Acacia在硅基光电集成收发芯片的设计方面也较为领先，硅光模块封装环节依旧是传统光模块的封装厂商占主导。

图 20：硅光模块市场规模预测

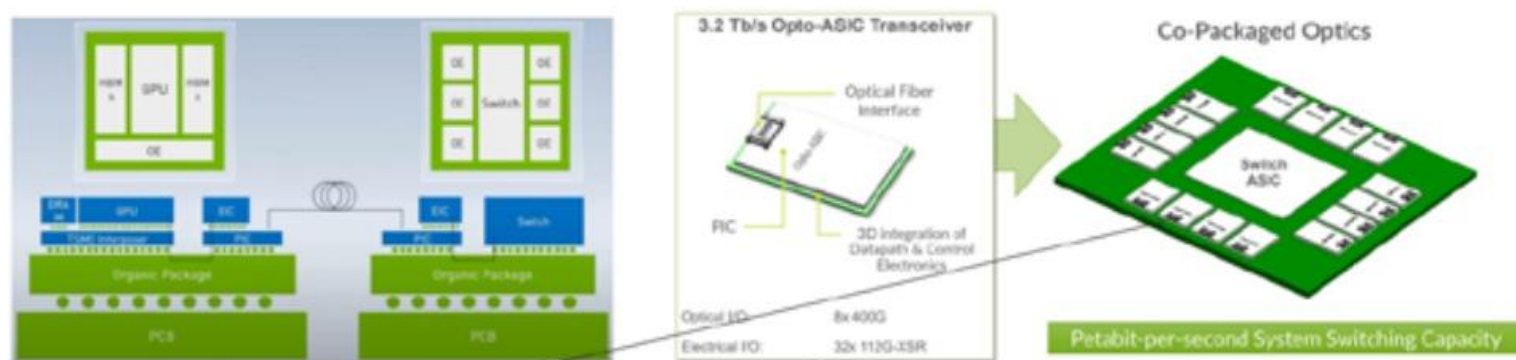


资料来源：Yole，国信证券经济研究所整理

技术演进趋势：CPO（光电共封装）

- ◆ 随着电口速率提升到112G，高速信号在PCB传输中的损耗随之增加，对PCB的设计难度、材料成本带来挑战，同时还需要在可插拔光模块和交换芯片之间的高速走线上增加更多的Retimer芯片，整机的运行功耗也将大幅提升，行业提出CPO技术方案。
- ◆ CPO：将光模块不断向交换芯片靠近，缩短芯片和模块之间的走线距离，最终把交换芯片（或XPU）ASIC和光/电引擎（光收发器）共同封装在同一基板上，引擎尽量靠近ASIC，以最大程度地减少高速电通道损耗和阻抗不连续性，从而可以使用速度更快、功耗更低的片外I/O驱动器。CPO形势下，交换机和光模块实现高度集成，无可插拔接口。

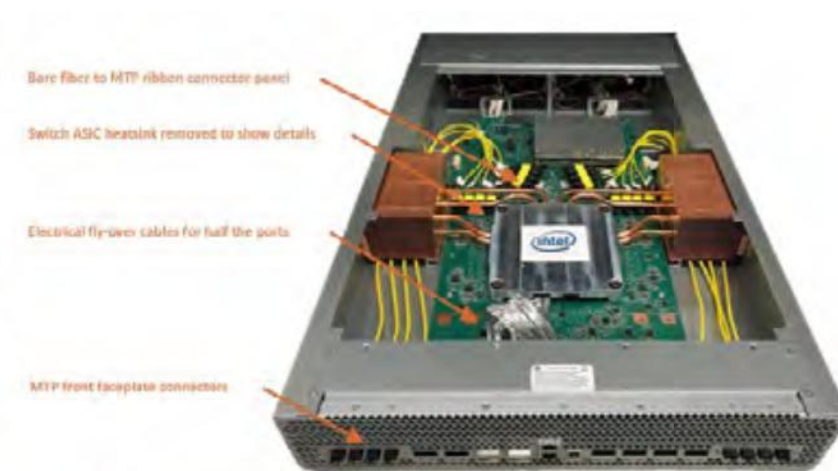
图 21：光电共封装图例



CPO ← = optic transceiver and switch ASIC in one package (technology)

CPO IO = high BW transceiver/optical engine

图 22：CPO co-packaged 交换机图例



技术演进趋势：CPO（光电共封装）

◆ 从行业趋势来看，CPO是光模块演进形态之一，行业仍在持续探索。

- 目前CPO还有许多亟待解决的关键技术问题需要突破，例如如何选择光引擎的调制方案、如何进行架构光引擎内部器件间的封装以及如何实现量产可行的高耦合效率光源耦合。传统的基于像EML、DML等分立式光学引擎设计的一些方式，基本上不再能满足Co-packaging对空间的一些要求。

◆ 目前主流的CPO有两种技术方案和应用场景。一是基于VCSEL的多模方案，30m及以下距离，主要面向超算及AI集群的短距光互联；二是基于硅光集成的单模方案，2公里及以下距离，主要面向大型数据中心内部光互联。硅基方案具有无需气密封装、高带宽、易集成等优势。

表 4：交换机芯片和光模块方案的推出时间表

交换芯片速率 (Tbs)	交换芯片发布时间	交换机发布时间	光模块速率 (32口)	应用方案趋势
12.8	2018年	2020年	400G	传统方案够用
25.6	2020年	预计2022年	800G	传统方案够用
51.2	预计2023年	预计2025年	1.6T	可插拔够用，可能需要用CPO
102.4	预计2025年	预计2027年	3.2T	可能需要用CPO

资料来源：《共封装光学CPO行业标准解读》、国信证券经济研究所整理

表 5：CPO产业链主要玩家CPO的现状和未来规划

玩家类型	玩家	当前状况及未来规划
芯片/模块公司	Intel	2020年展示12.8T样机，集成8*1.6T光引擎
	Rockley	2020年OFC展示25.6T样机
	Ranovus	2020年OFC发布和IBM合作的3.2T硅光平台Odin，支持可插拔和CPO，2021和2022年OFC对Odin平台进行技术迭代。未来预计将异质集成量子点激光器改为独立封装芯片，降低成本
	Broadcom	2021年发布基于DSP密封的CPO硅光平台的800G DR8光模块，2022年OFC发布的25.6T样机。2021年1月宣布2022年底退出25.6T CPO芯片Humboldt，2023年推出51.2T Bailly，2025年推出硅光平台芯片Janssen
设备商	Inphi	2020年12月发布400G DR4硅光引擎
	Cisco	2019年收购硅光公司Acacia（传输网）和Luxtera（数据中心）2021年起收购硅光公司coreoptics和lightwave，发布CPAK硅光模块。思科和Marvell合作，预计2024年发布一款51.2T的交换机
	Arista	无自研模块，与Google合作退出400G/800G OSFP交换机，未来方向是1.6T
	Juniper	2016年收购Aurion，可实现片上激光器集成，2019年发布100G/400G硅光模块
	华为	2012年收购光自己成公司CIP和硅光子公司Caliopa
终端用户	锐捷	美国子公司Ragile在2021年11月的OCP会议上发布25.6T冷板CPO样机，2022年OFC发布51.2T液冷CPO样机
	Facebook	2019年成立CPO部门，规划3.2T光引擎，实现400G DR4和FR4规格。规划2024年部署Gen1 51.2T
	Microsoft	2019年成立CPO联盟，起草相关标准
	Google	在200G电口/51.2T时代，倾向于可插拔模块
	腾讯	通过传统产品堆叠也可以实现等效于51.2T交换能力，倾向于可插拔模块
	阿里巴巴	2019年发布硅光400G DR4模块，倾向于可插拔模块

资料来源：《共封装光学CPO行业标准解读》、国信证券经济研究所整理

二、AI驱动高速光模块迭代加快

AIGC等新场景：有望成为新一轮的云基建建设驱动力

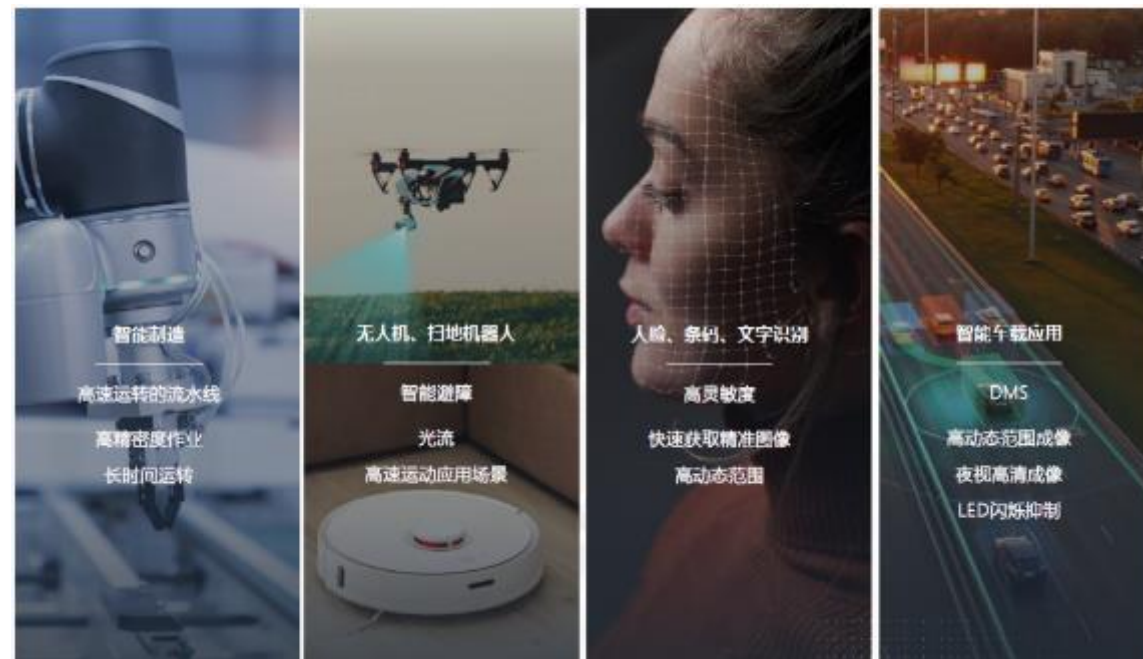
- ◆ AIGC等新应用场景的出现，成为未来云基建投资的重要推动力。数据中心作为流量的基石，算力的重要载体，核心受益于算力和流量的扩张，近十年行业经历了几轮快速的发展增长，分别受益于移动互联网、疫情带来的线上流量增长等；随着AI等新应用场景的出现，为行业赋予了新的增长动能，有望带动行业新一轮建设升级。

图 23：移动互联网、线上流量增长带动第一波IDC蓬勃发展红利



资料来源：C114、国信证券经济研究所整理

图 24：AI等新应用场景成为未来的增长动力

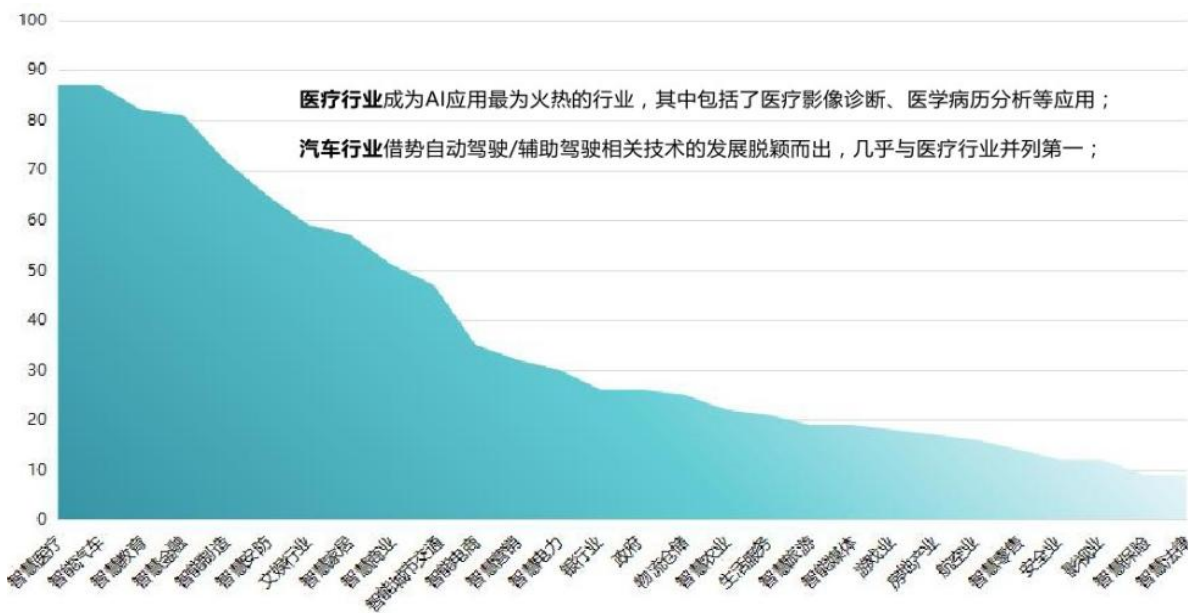


资料来源：C114、国信证券经济研究所整理

AI：无人机、自言语言处理以及计算机视觉为主要应用场景

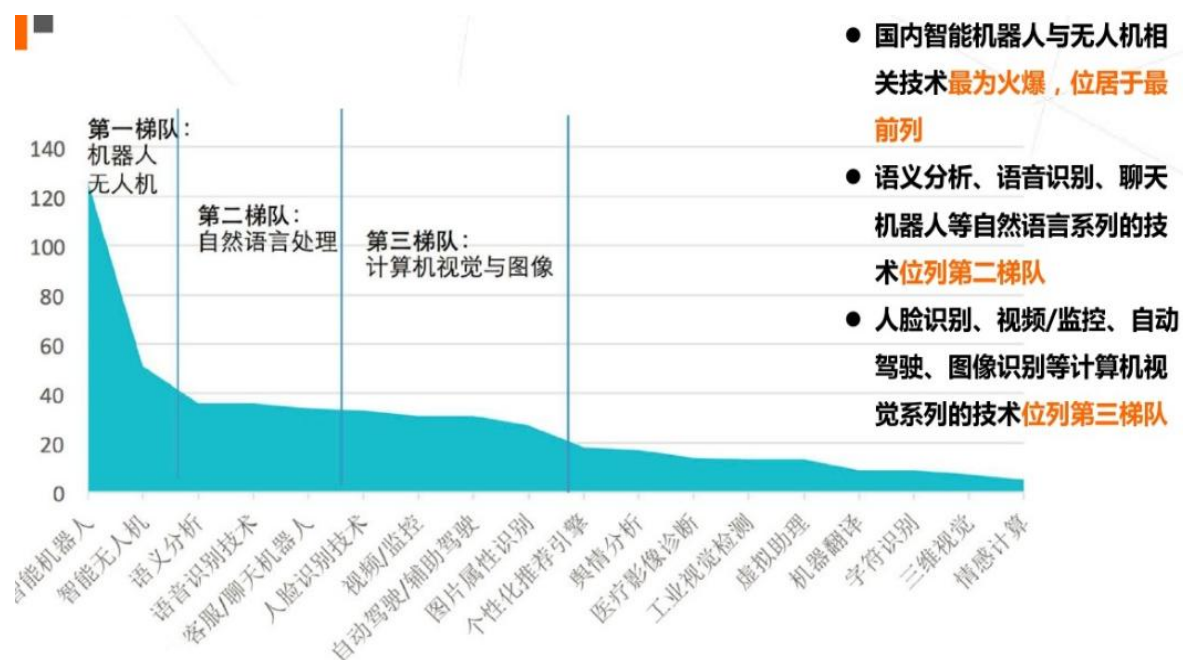
- ◆ 人工智能主要利用数字计算机或者由数字计算机控制的机器，模拟、延伸和扩展人类的智能，感知环境、获取知识并使用知识获得最佳结果的理论、方法、技术和应用系统
- AI的核心技术主要包含：深度学习（DL）、计算机视觉（CV）、自然语言处理（NLP）和数据挖掘（DM）等，
- AI目前主要的应用场景包括：医疗、无人机、自然语言处理和计算机视觉与图像处理等。

图 25：AI技术行业渗透率情况



资料来源：腾讯研究院&IT桔子，国信证券经济研究所整理

图 26：AI技术主要应用场景



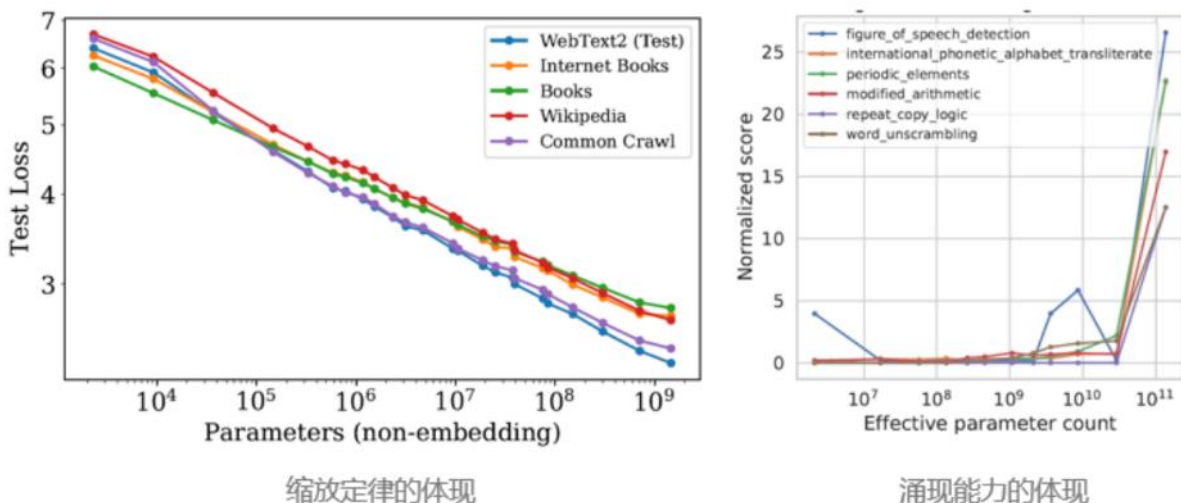
资料来源：腾讯研究院&IT桔子，国信证券经济研究所整理

ChatGPT：确立LLM模型的大参数和深度学习两大属性

◆ ChatGPT的出现确立了大语言模型两个必备元素：大参数+深度学习（Large&Deep）

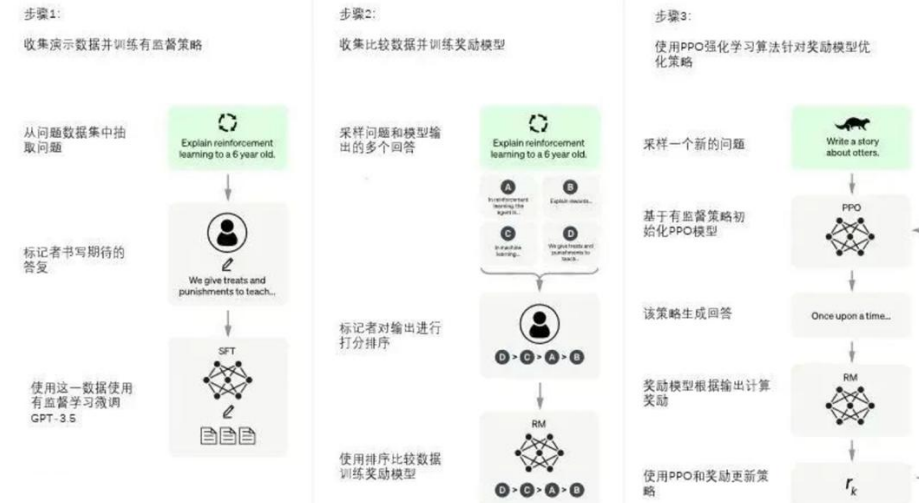
- ChatGPT是基于自然语言处理（NLP）下的AI大模型，产品能够通过大算力、大规模训练数据突破AI瓶颈，通过理解和学习人类的语言来进行对话，并引入新技术RLHF (Reinforcement Learning with Human Feedback, 即基于人类反馈的强化学习)进一步提升了人工智能模型的产出和人类的常识、认知、需求、价值观保持一致。
- 在GPT模型出现之前，行业对于AI大模型的构建并没有取得较高关注，核心在于没看到模型展现出靠近人类的特征。GPT模型首次展示出了通过深度学习和大模型参数的输入，AI模型可以涌现出靠近人类的特征。
- 一般认为模型的思维推理能力与模型参数大小有正相关趋势，一般是突破一个临界规模（大概62B，B代表10亿），模型才能通过思维链提示的训练获得相应的能力。如果在6B以下，那很可能还只是GPT-2级别的初级模型。

图 27：模型参数增加可以减少精度损失，获得涌现能力



资料来源：Open AI，国信证券经济研究所整理

图 28：ChatGPT模型基本原理



资料来源：Open AI，国信证券经济研究所整理

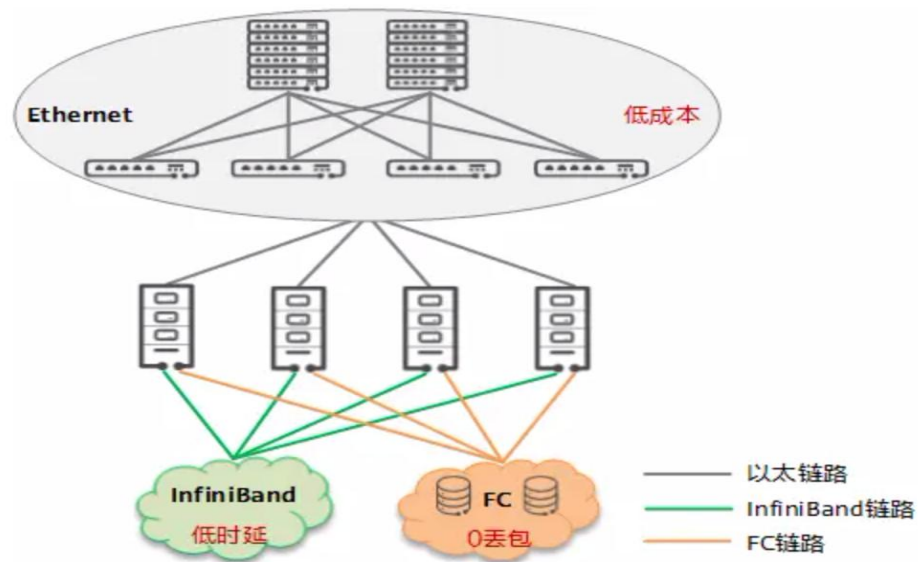
AI大模型下，网络结构向低延时高速率演进

◆ AI模型作为高性能计算业务，强调低时延高速率，通常由IB网络承载。

- 数据中心内部有三类典型的业务：通用计算（一般业务）、高性能计算（HPC）业务和存储业务。每类业务对于网络有不同的诉求，比如：**HPC业务的多节点进程间通信，对于时延要求非常高**；而存储业务对可靠性诉求非常高，要求网络0丢包；通用计算业务规模大，扩展性强，要求网络低成本、易扩展。
- 由于上述业务对网络的要求不同，数据中心内部一般会部署三张不同的网络：**由IB（InfiniBand）网络来承载HPC业务**，由FC（Fiber Channel）网络来承载存储网络，由以太网来承载通用计算业务。

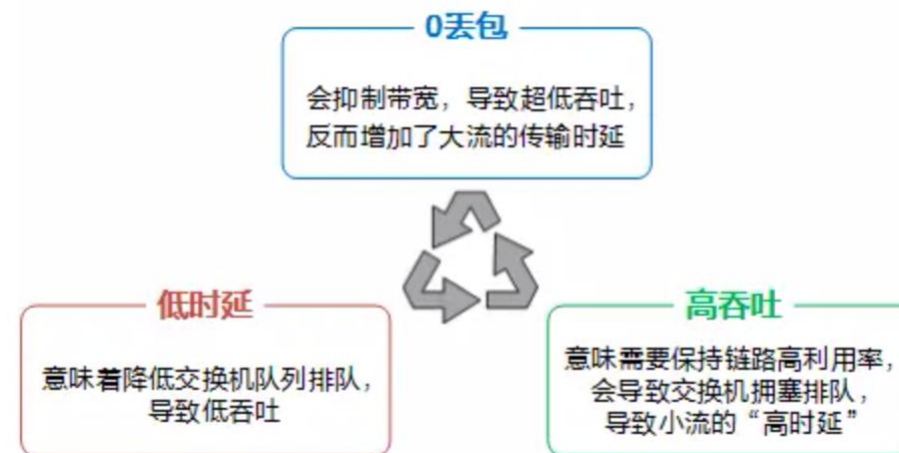
◆ 数据中心从云时代进入AI时代。在企业数字化转型的大背景下，数据资产逐步成为企业的核心资产。和云计算时代比，AI时代企业数据中心的使用正在聚焦业务快速发放向聚焦数据高校处理转变。未来满足在AI时代下数据高效处理诉求，0丢包、低时延、高吞吐成为AI数据中心核心考核指标。

图 29：数据中心不同业务采用不同网络部署方式



资料来源：微思网络，国信证券经济研究所整理
 请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

图 30：数据中心不同业务采用不同网络部署方式

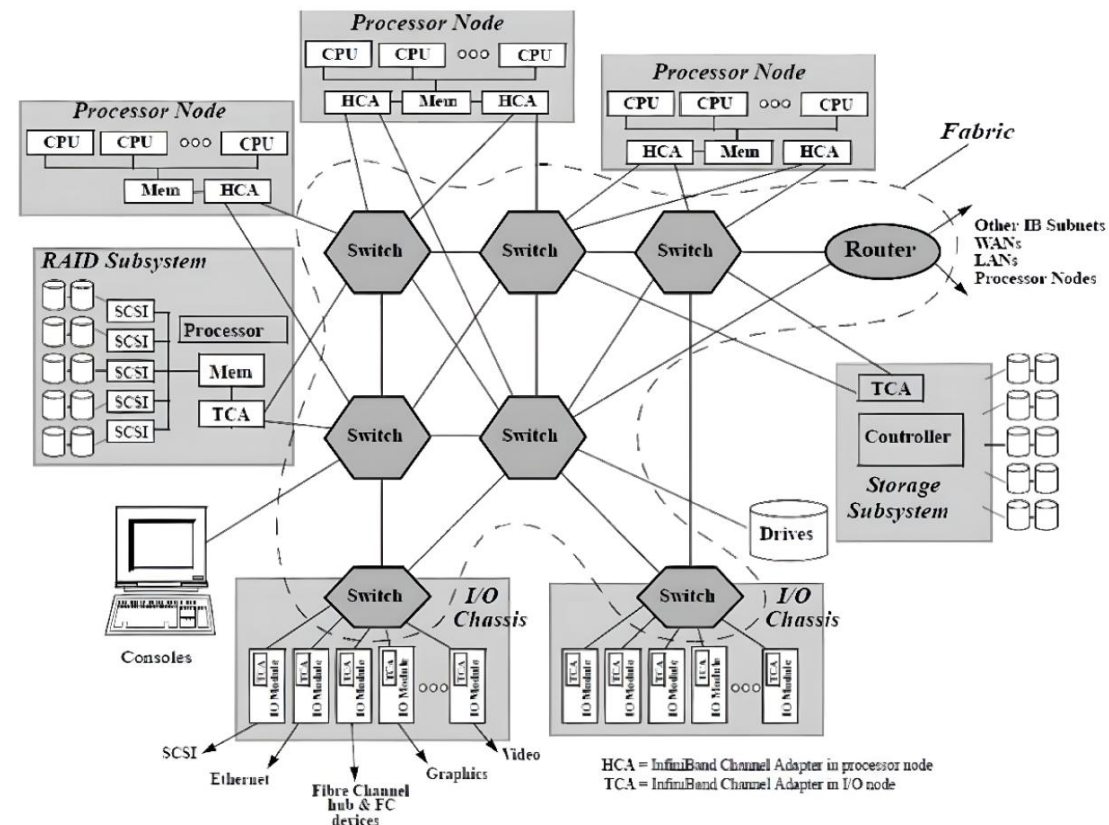


资料来源：微思网络，国信证券经济研究所整理

Infiniband高速网络，大模型下优选网络技术

- ◆ 以太网是一种广泛使用的网络协议，但其传输速率和延迟无法满足大型模型训练的需求。相比之下，端到端IB（InfiniBand）网络是一种高性能计算网络，能够提供高达 400 Gbps 的传输速率和微秒级别的延迟，远高于以太网的性能。这使得IB网络成为大型模型训练的首选网络技术。
- ◆ **Infiniband网络（IB网络）**：是指通过一套中心 Infiniband 交换机在存储、网络以及服务器等设备之间建立一个单一的连接链路，通过中心 Infiniband 交换机来控制流量，能够降低硬件设备间数据流量拥塞，有效解决传统 I/O结构的通信传输瓶颈，还能与远程存储设备和网络设备相连接。
- ◆ 端到端IB网络还支持数据冗余和纠错机制，能够保证数据传输的可靠性。在处理大模型中较多的数据时，数据传输错误或数据丢失可能会导致训练过程中断甚至失败，因此保证传输的可靠性尤为重要，而IB网路有效实现了保证。

图 31：Infiniband互连架构图



资料来源：纳多德，国信证券经济研究所整理

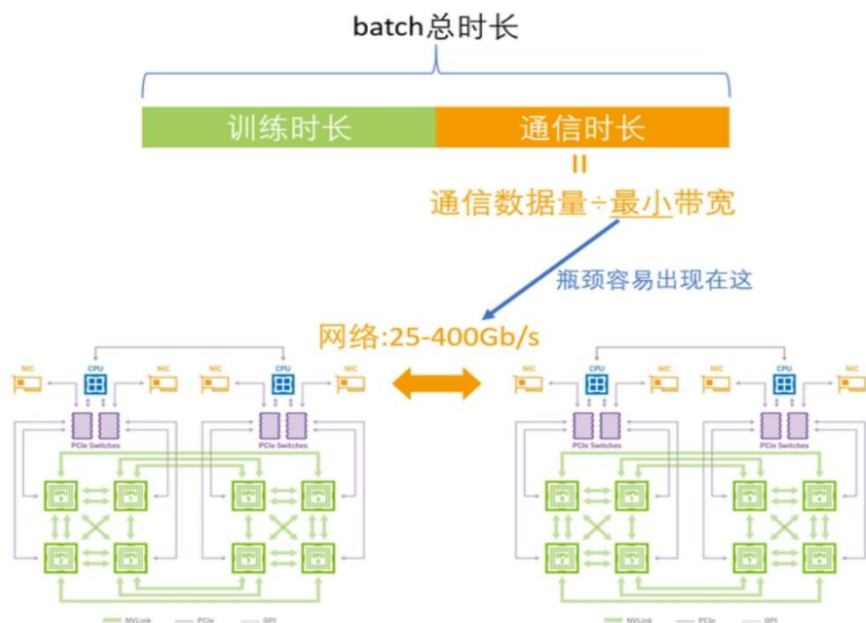
AI大模型驱动高速率光模块需求释放

◆ AI模型高并行计算+低时延，驱动网络部署速率门槛快速提升。

- AI大语言模型下，存储和计算部分发生了较多变化，存储介质从机械硬盘（HDD）演进到闪存盘（SSD），来满足存储介质时延降低了不止100倍数；高效计算部分，已经普遍采用GPU或者专用ASIC芯片，处理数据能力提升百倍。
- 一个高效的模型在硬件依赖三个环节性能的改进，**存储、计算和网络通信能力**，存储和计算已经通过芯片迭代快速提升，因此通信时延的优化决定了性能进一步提升的可能性，因此加快推进大带宽高速网络部署。

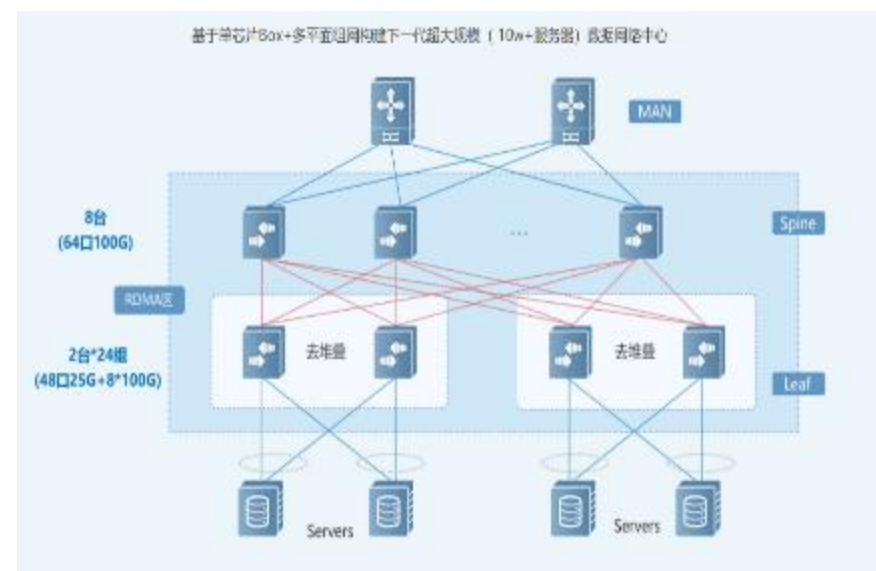
◆ 英伟达方案下，网络带宽从传统方案的25G/100G快速提升至端到端200G和400G，加快高速率光模块需求释放。

图 32：AI大模型下不断提升通信带宽降低时延



资料来源：纳多德，国信证券经济研究所整理

图 33：传统数据中心25G/100G部署方案



资料来源：锐捷网络，国信证券经济研究所整理

AI投资：海外巨头布局，国内有望迎来加速

ChatGPT&AI等应用推出衍生出大模型算力的需求：

- 全球OpenAI推出的最新ChatGPT模型参数已经超过1750亿个。在美国，OpenAI、谷歌、微软、脸书等机构形成了GPT-3、Switch Transformer、MT-NLG等千亿或万亿参数量的大模型。

表6：海外企业布局对AI产品的布局

公司名称	AI产品布局情况
微软	早在2019年，微软就对 OpenAI 进行了高达10亿美元的投资，并获得了GPT（ChatGPT早期模型）的独家授权，而与此同时，OpenAI同意从“谷歌云”转向“微软云”。2021年，微软再次进行投资，推出OpenAI与自有产品深度集成的新工具（如GitHub Copilot）。而后在今年1月23日微软又宣布向OpenAI追加数十亿美元的投资，且于2月2日宣布旗下所有产品将 全线整合ChatGPT ，包括且不限于Bing搜索引擎、包含Word、PPT、Excel的Office全家桶、Azure云服务、Teams聊天程序等。
谷歌	尽管被微软后来居上，但是谷歌早在2013年就开始研究AI聊天机器人，于2016年出资6亿美元收购了英国人工智能公司 DeepMind 。2017年时谷歌已实现了重大的技术突破，推出了神经网络系统Transformer，并研发出了一款名叫Meena的聊天机器人，于2021年更名为 LaMDA 推出，但由于舆论争议谷歌取消了原本的发布安排。但是由于最近微软的步步紧逼，谷歌开始向AI方向倾斜，今年二月谷歌向 ChatGPT 的竞品公司 Anthropic 投资3亿美元，并计划于今年发布Sparrow内测版等一系列AI产品。
亚马逊	22年11月， 亚马逊 已宣布将与AI制图平台Stability AI合作。

资料来源：公司公告，澎湃新闻，国信证券经济研究所整理

AI投资：海外巨头布局，国内有望迎来加速

- ◆ 国内企业积极陆续布局AI等应用场景投资，后续有望持续加大。在中国，浪潮、中科院、阿里达摩院等陆续推出源1.0、紫东太初、M6等。其中，浪潮“源1.0”巨量模型，参数量和数据集分别达到2457亿和50000GB，相比于美国GPT-3，源1.0参数集规模高40%，训练数据集规模领先近10倍。

表7：国内企业布局对AI产品的布局

公司名称	AI产品简介
百度	2月7日晚，百度在官方微信公众号宣布即将推出大模型新项目“文心一言”（ERNIE Bot），并透露首站将直接接入百度搜索。目前百度可能是国内最有实力推出类ChatGPT产品的科技公司。
阿里	2023年1月，阿里巴巴达摩院发布2023年十大科技趋势，其中多模态预训练大模型、生成式AI在列，阿里版聊天机器人ChatGPT正在研发中，目前处于内测阶段。在AI、大模型等ChatGPT所需的底层技术上，达摩院此前曾先后推出超越谷歌、微软的10万亿规模的M6大模型、AI模型开源社区“魔搭”等。
腾讯	2022年4月21日，腾讯对外正式对外披露“混元”AI大模型，该模型包含但不限于：计算机视觉、自然语言处理、多模态内容理解、文案生成、文生视频等多个方向的超大规模AI智能模型。去年12月，腾讯又推出了国内首个低成本、可落地的NLP万亿大模型，并公布了大模型的训练方法——最快用256张卡，1天内就能训练完成，成本直接降至原来的1/8。今年2月9日，腾讯表示目前在ChatGPT相关方向上已有布局，专项研究也在有序推进。
京东	2月10日，京东正式宣布，京东云旗下言犀人工智能应用平台将整合过往产业实践和技术积累，推出产业版ChatGPT：ChatJD，并公布ChatJD的落地应用路线图“125”计划。ChatJD将以“125”计划作为落地应用路线图，包含一个平台、两个领域、五个应用。
网易	2月8日，网易有道对外表示，该公司未来或将推出ChatGPT同源技术产品，应用场景围绕在线教育。
浪潮	2021年9月“源1.0”大模型正式发布，2022年3月，基于“源1.0”大模型研发了对话、问答、翻译和古文四个技能模型。截至目前，“源1.0”大模型通用能力上，尤其在用户意图理解方面，与ChatGPT还存在差距，“源1.0”大模型表现的能力距通用智能的差距也较大，存在短期内无法大规模落地行业应用的风险。
360	2月6日，360明确表态，计划尽快推出类ChatGPT技术的demo版产品。2月8日晚，360发布公告称，目前公司的类ChatGPT技术的各项指标只能达到略强于GPT-2的水平，与当前的ChatGPT相比尚有代差的落后。

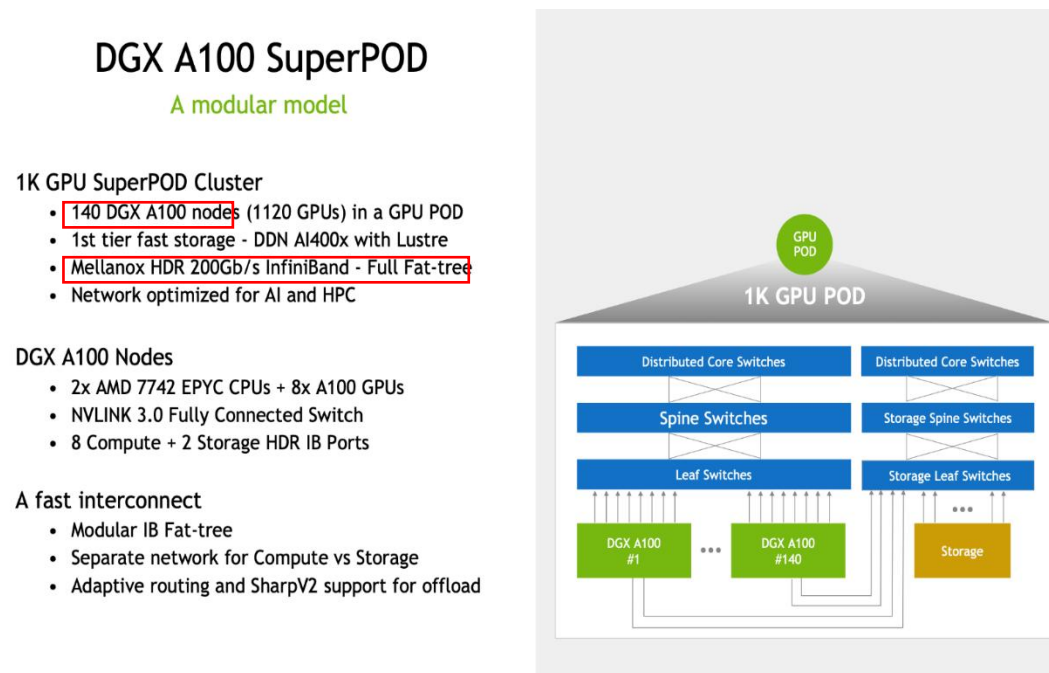
资料来源：公司公告，澎湃新闻，国信证券经济研究所整理

三、ChatGPT场景下需求弹性测算

A100：网络结构解析（1）

- ◆ AI大集群数据中心的方案部署通过切分基本单元进行部署，每个基本单元英伟达定义为SuperPOD。
- ◆ 对于一个网络集群的用量测算逻辑需要关注三个关键指标:1) 单集群服务器个数；2) 网络拓扑结构（决定交换机和光模块用量）；3) 交换机速率（决定光模块速率上限）
- ◆ 每个DGX A100 SuperPOD基本部署结构信息为：
 - 140台服务器(每台服务器8张GPU) +交换机（每台交换机40个端口，单端口200G）
 - 网络拓扑结构为IB fat-tree（胖树），交换机速率为200Gb/s

图 34：数据中心不同业务采用不同网络部署方式



资料来源：英伟达，国信证券经济研究所整理

图 35：Mellanox HDR 200GB/s InfiniBand交换机



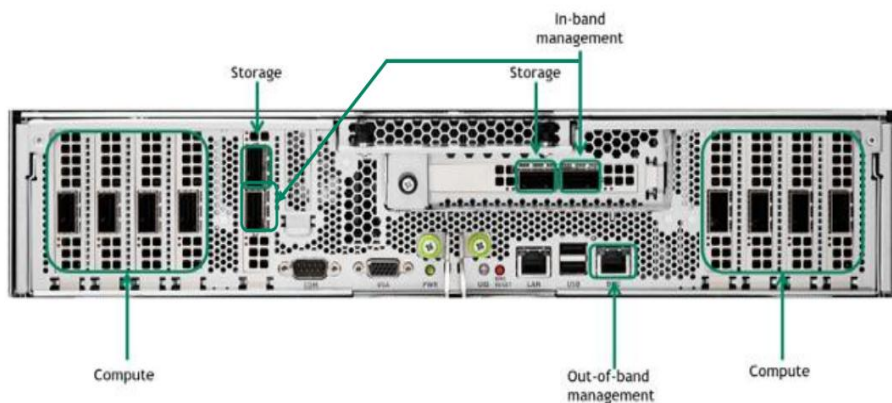
40 端口非阻止外部管理 HDR 200Gb/s InfiniBand 智能交换机
 更快的服务器，加上高性能存储和使用越来越复杂的计算的应用程序，导致数据带宽要求螺旋上升。随着服务器与下一代处理器的部署，高性能计算（HPC）环境和企业数据中心（EDC）将需要与下一代 HDR InfiniBand、高速智能交换机一起提供最后一点带宽。

资料来源：Mellanox，国信证券经济研究所整理

A100：网络结构解析（2）

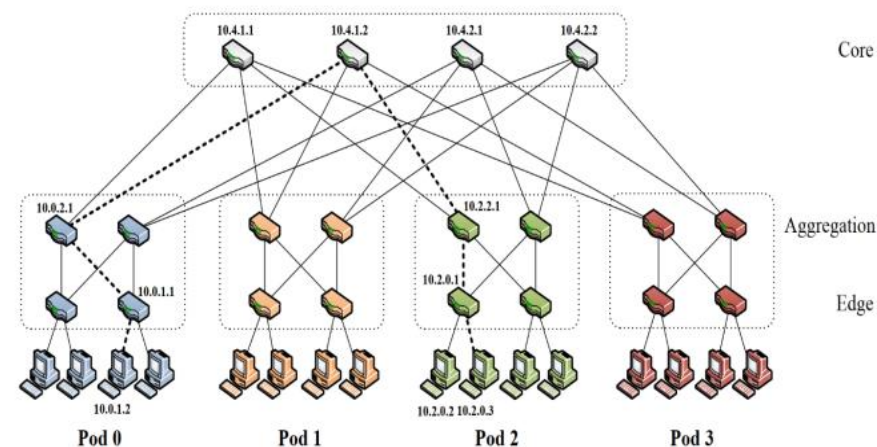
- ◆ 根据A100的端口来看，一共分为四个网络，计算网络（compute）、存储网络（storage）、In-band管理网络和out-of-band管理网络，其中计算侧的端口数为8个，存储两个，In-band两个，out-of-band 1个，一共13个端口。
- ◆ 考虑到光模块的用量集中在计算侧，我们仅针对计算网络的需求进行光模块用量测算。
- ◆ 关于网络拓扑结构：英伟达在计算网络部分选择了无收敛胖树，无收敛胖树的结构的特点在于上下行的端口数是完全一致的，所以只要知道其中一层的网络的连接线缆数就可以推算出每一层网络的线缆数。

图 36：数据中心不同业务采用不同网络部署方式



资料来源：英伟达，国信证券经济研究所整理

图 37：胖树拓扑结构示意图

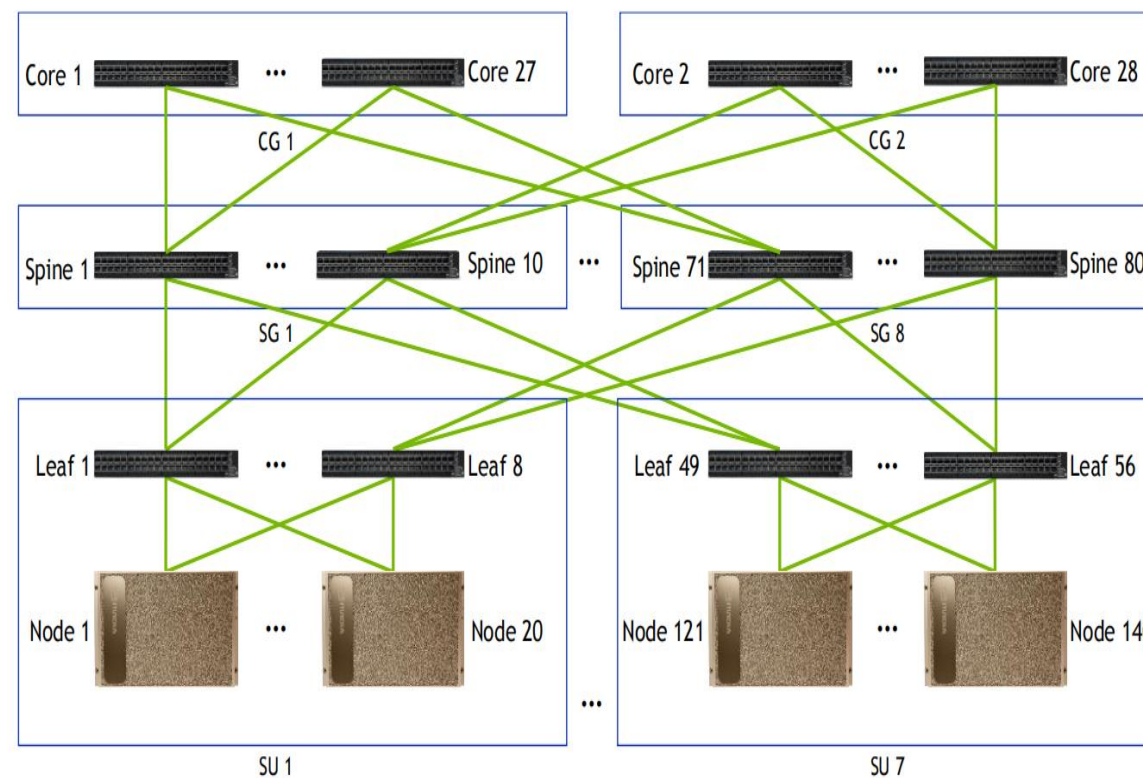


资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

A100：网络结构解析（3）

- ◆ 关于网络结构的层数：针对于80台及以下A100服务器集群，一般会进行两层网络结构部署（服务器-leaf层交换机-Spine层交换机），针对140台服务器，会进行三层网络结构部署（服务器-Leaf层交换机-Spine层交换机-Core层交换机）。
- ◆ 140台服务器三层交换机的部署数量分别为56台-80台-28台，一共是164台交换机。
- ◆ 每层交换机对应的线缆数分别为1120根-1124根-1120根。
- ◆ 假设服务器和交换机之间采用铜缆，其余采用AOC或者光纤，均使用光模块，
- ◆ 所以光模块的需求为 $(1124+1120) * 2 = 4488$ 个。
- ◆ 一个基本单元内各网络硬件需求比例：
- ◆ 交换机：光模块=140：164：4488=1：1.2=32.1

图 38：140台服务器计算网络部署方案



资料来源：英伟达，国信证券经济研究所整理

算力角度，A100服务器用量需求测算

- ◆ 从用户使用角度来测算，我们对于服务器算力的测算受大模型参数，日活人数，每日每人提问等多因素影响。
- ◆ 在ChatGPT中，一个token通常指的是响应请求所需的最小文本单位，一般一个30词的提问大约对应40个token，推理是token的算力调用是2N。对应模型算力的需求我们分摊在一天24h的每一秒。

$$\text{服务器用量} = \frac{2N * \text{模型参数}}{\text{算力利用率} * \text{时间分摊} * \text{单台服务器算力}} \times \text{峰值需求倍数}$$

- ◆ 基于以下假设，我们可得到对应一个在1亿日活的应用需要的AI服务器的需求约为1.5万台。

表8：单GPT4.0服务器用量测算

假设	参数详情
模型FLOPS利用率	假设20%（可提升）
峰值利用是平均算力	5倍
单台A100服务器的算力	5 PFLOPS
模型参数（GPT 4.0）	1万亿+
用户月活（亿）	1亿人次日活
假设每人每日提问（字）	1000词
测算结果	
A100服务器用量需求	约为1.5万台

资料来源:国信证券经济研究所整理

A100：网络结构各环节需求弹性测算

基于下游应用呈现规模角度，即按照单GPT4.0模型对于服务器需求用量测算。

- ◆ 假设1：单个应用的需求角度看，服务器潜在用量为1.5万台。
- ◆ 假设2：全球假设国内和海外有潜在20家公司可能形成同样类型规模应用。
- ◆ 假设3：网络结构比例按照单个SuperPOD方式部署，即服务器：交换机：光模块的用量比例=1：1.2：32.1
- ◆ 假设4：服务器价格参考英伟达价格，为20万美元；交换机结合Mellanox售价，假设为2.5-3w美金，光模块根据交换机速率，现在主流为200G，假设单个售价为250美金。
- ◆ 结论：
- ◆ 服务器、交换机、光模块的市场弹性分别为60%、19%、28%。

表9：A100下游应用大规模使用角度硬件需求角度测算

	全球服务器	交换机	光模块
原有需求			
国内出货量（万台）	391	170	
全球出货量（万台）	1354	1200	2000
国内市场规模（亿美元）	251	53	
全球市场规模（亿美元）	992	376	85
单个GPT4.0模型（规模应用角度）			
单个需求量(万台)	1.5	1.8	48.1
单价（万美元）	20	2	0.025
增量市场（假设20家同样规模投入）			
需求量（万台）	30	36	962
投入规模（亿美元）	600	72	24
弹性比例			
需求量增量(全球)	2%	3%	51%
规模增量（全球）	60%	19%	28%

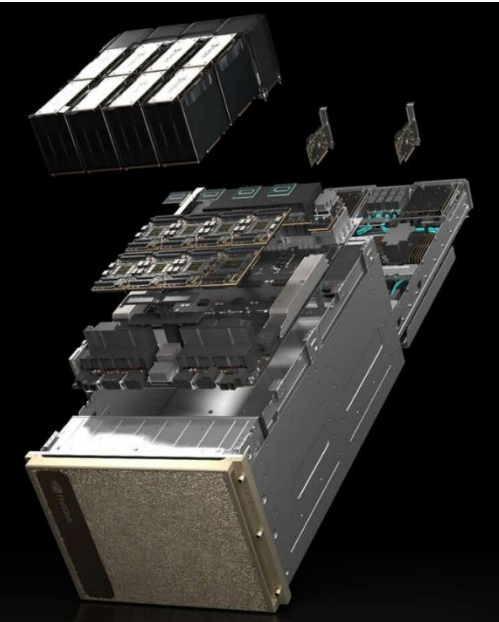
资料来源:Lightcounting，IDC，国信证券经济研究所整理

注：光模块需求出货为100G以上速率光模块出货总和大致估计

从A100到H100，性能全面提升

- ◆ 2023年一季度英伟达发布A100下一代H100 GPU方案，性能全面提升，主要体现在以下几个方面：
 - 新增FP8数据类型和新的Transformer引擎相结，与 A100 GPU 相比，提供6倍的吞吐量。Transformer Engine明显加速了基于 Transformer 的模型（例如大型语言模型）的AI计算。
 - H100拥有18个第四代NVLink 互连，提供900GB/秒的总带宽，是A100 GPU 600 GB/秒总带宽的1.5倍，是 PCIe Gen5 带宽的7倍。
 - NVSwitch: H100采用全新的第三代NVSwitch，提供64个第四代NVLink互连端口，加速节点内GPU通信；节点外的二级NVSwitch 互连支持具有地址空间隔离和保护的大型 NVLink 域（最多32个节点或256个GPU），并提供57.6TB/秒的全部带宽。

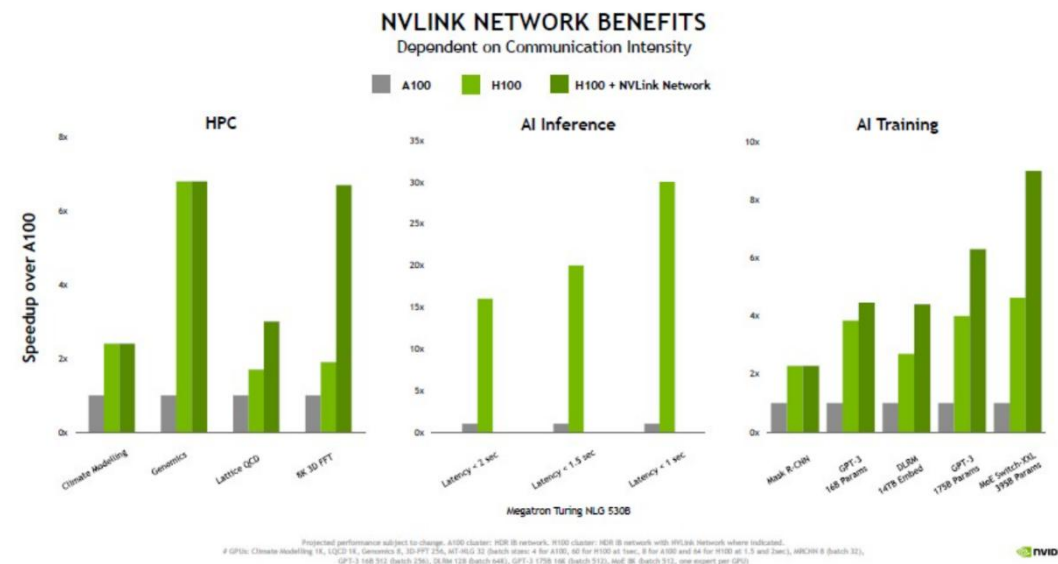
图 39：数据中心不同业务采用不同网络部署方式



- 8 个 NVIDIA H100 GPU，总 GPU 显存高达 640GB
每个 GPU 配备 18 个 NVIDIA NVLink[®]，GPU 之间的双向带宽高达 900GB/s
- 4 个 NVIDIA NVSWITCHES[™]
GPU 之间双向带宽为 7.2 TB/s，比上一代提高 1.5 倍
- 8 个 NVIDIA CONNECTX[™]-7 和 2 个 NVIDIA BLUEFIELD[®] DPU 400Gb/s 网络接口
1TB/s 的双向网络带宽峰值
- 双路 x86 CPU 和 2TB 系统内存
强大的 CPU 适用于密集型 AI 作业
- 30TB NVME SSD
高速存储以获得出色的性能

资料来源：英伟达，国信证券经济研究所整理

图 40：H100+NVLINK使得AI训练效率更高



资料来源：英伟达，国信证券经济研究所整理

H100：网络结构解析（1）

◆ 每个DGX H100 SuperPOD基本部署结构信息为：

- 32台服务器(每台服务器8张GPU) +12台交换机
- 网络拓扑结构为IB fat-tree（胖树），交换机单端口400G速率，可合并形成800G端口

◆ 关于交换机变化：

- 和A100时期采用的交换机不同，此次在计算网络采用交换机型号为NVIDIA Quantum QM9700 NDR 400 Gbps InfiniBand交换机，虽然拥有64个端口，但采用OSFP方式合并成为32个口，对应单口800G速率（本质是2*400G）。

图 41：英伟达H100



资料来源：英伟达，国信证券经济研究所整理

图 42：英伟达交换机方案（32 OSFP接口）

NVIDIA Quantum-2 Switches

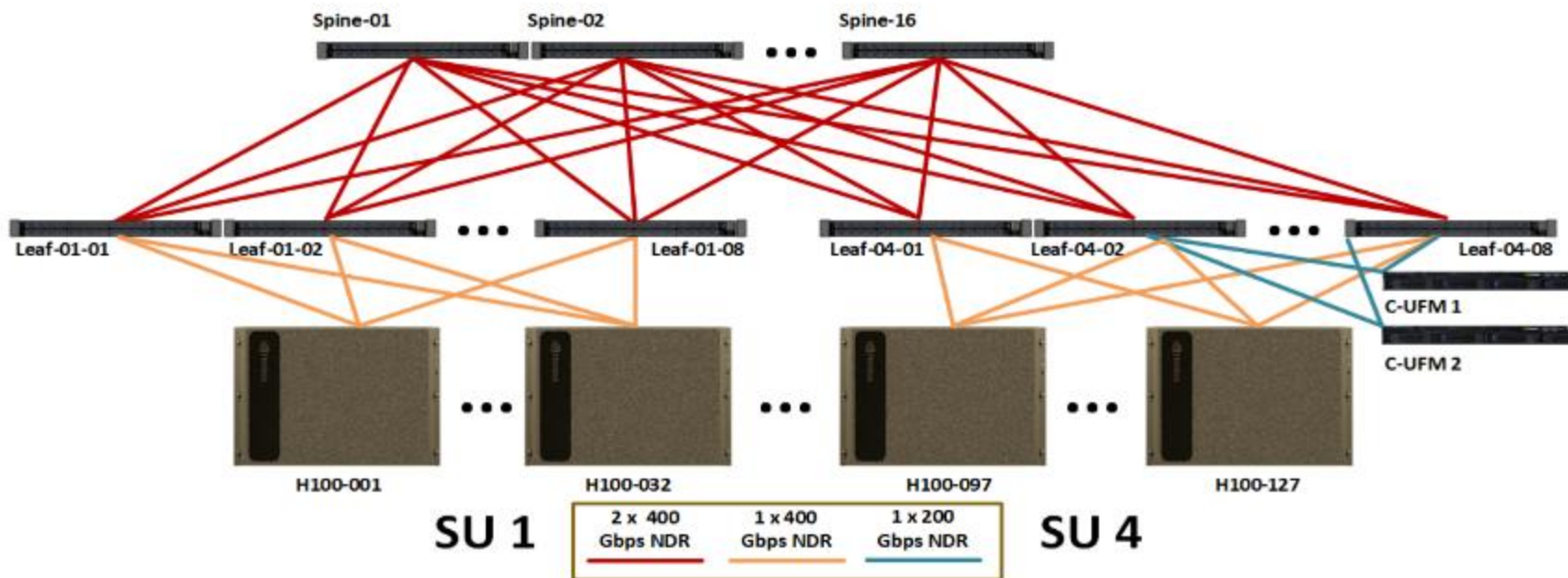
Orderable Part Number (OPN)	Description
MQM9790-NS2F	NVIDIA Quantum-2-based 400Gb/s InfiniBand switch, 64 400Gb/s ports, 32 OSFP ports, non-blocking switching capacity of 51.2Tb/s, two power supplies (AC), standard depth, unmanaged, power-to-connector (P2C) airflow, rail kit
MQM9790-NS2R	NVIDIA Quantum-2-based 400Gb/s InfiniBand switch, 64 400Gb/s ports, 32 OSFP ports, non-blocking switching capacity of 51.2Tb/s, two power supplies (AC), standard depth, unmanaged, connector-to-power (C2P) airflow, rail kit
MQM9700-NS2F	NVIDIA Quantum-2-based 400Gb/s InfiniBand switch, 64 400Gb/s ports, 32 OSFP ports, non-blocking switching capacity of 51.2Tb/s, two power supplies (AC), standard depth, managed, P2C airflow, rail kit
MQM9700-NS2R	NVIDIA Quantum-2-based 400Gb/s InfiniBand switch, 64 400Gb/s ports, 32 OSFP ports, non-blocking switching capacity of 51.2Tb/s, two power supplies (AC), standard depth, managed, C2P airflow, rail kit

资料来源：英伟达，国信证券经济研究所整理

H100：网络结构解析（2）

- ◆ 光模块用量测算：仅从计算网络侧测算光模块需求。
 - ◆ 一个H100 SuperPOD 一共12台交换机，其中leaf层拥有8台，Spine拥有4台
 - ◆ 同样采用fat-tree架构，上下行端口数一致
 - ◆ 针对32台的一个SU，假设为全光网络，使用400G光模块数量为 $32*8=256$ 只，使用800G的数量为 $32*4*3=384$
- ◆ 服务器：交换机：400G光模块：800G光模块用量比例=32：12：256：384=1：0.375：8：12。

图 43：英伟达H100 4SU方案展示



资料来源：英伟达，国信证券经济研究所整理

算力角度，H100服务器用量需求测算

- ◆ 从用户使用角度来测算，我们对于服务器算力的测算受大模型参数，日活人数，每日每人提问等多因素影响。
- ◆ 和A100时期的不同，需求测算的参数有以下更改：
 - ◆ 关于单台H100服务器的算力：A100时期，在FP16位时，单台A100的算力处理能力为5 PFLOPS，在H100时，首先新增FP 8位，对应算力能力提升到23 PFLOPS，提升了6倍，在FP16位时对应算力能力为15PFLOPS，考虑到模型调用时会存在不完全使用FP8位，折中选择单台H100的算力处理能力为20PFLOPS。
 - ◆ 关于每人每天提问字数，考虑到算力的提升以及模型升级为多模态，假设提问字数升级为5000字
- ◆ 基于以下假设，我们可得到对应一个在1亿日活的应用需要的AI服务器的需求约为7716台。

表10：单GPT4.0服务器用量测算

假设	参数详情
模型FLOPS利用率	假设20%（可提升）
峰值利用是平均算力	5倍
单台A100服务器的算力	20 PFLOPS
模型参数（GPT 4.0）	1万亿+
用户月活（亿）	1亿人次日活
假设每人每日提问（字）	2000词
测算结果	
H100服务器用量需求	约为7716台

资料来源:国信证券经济研究所整理

H100：网络结构各环节需求弹性测算

基于下游应用呈现规模角度，即按照单GPT4.0模型对于服务器需求用量测算。

- ◆ 假设1：单个应用的需求角度看，服务器潜在用量为7716台。
- ◆ 假设2：全球假设国内和海外有潜在20家公司可能形成同样类型规模应用。
- ◆ 假设3：网络结构比例按照单个SuperPOD方式部署，服务器：交换机：400G光模块：800G光模块用量比例=1：0.375：8：12。
- ◆ 假设4：服务器价格参考性能提升的幅度，假设提升为50万美元；交换机假设单价较200G时期提升2.5倍，对应为5w美金，光模块假设400G光模块单个售价为400美金，800G光模块售价为1000美金。
- ◆ 结论：
- ◆ 服务器、交换机、光模块市场弹性分别为78%、8%、28%（6%+22%）。

表11：A100下游应用大规模使用角度硬件需求角度测算

	全球服务器	交换机	400G光模块	800G光模块
原有需求				
国内出货量（万台）	391	1700		
全球出货量（万台）	1354	1200	2000	2000
国内市场规模（亿美元）	251	53		
全球市场规模（亿美元）	992	376	85	85
单个GPT4.0模型（规模应用角度）				
单个需求量(万台)	0.77	0.29	6.2	9.3
单价（万美元）	50	5	0.04	0.1
增量市场（假设20家同样规模投入）				
需求量（万台）	15	6	123	185
投入规模（亿美元）	772	29	5	19
弹性比例				
需求量增量(全球)	1%	0.5%	6%	9%
规模增量（全球）	78%	8%	6%	22%

资料来源:Lightcounting, IDC, 国信证券经济研究所整理

注：光模块需求出货为100G以上速率光模块出货总和大致估计

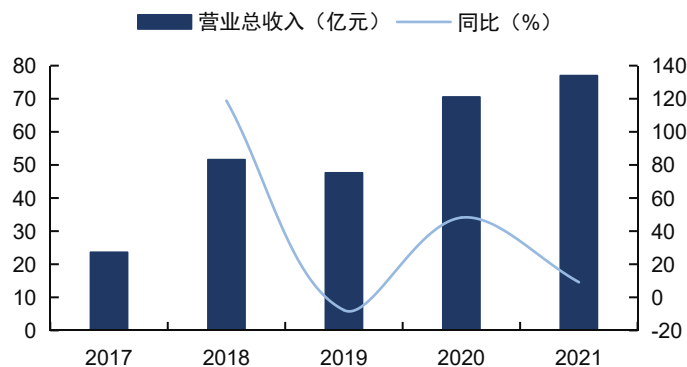
四、投资建议

中际旭创—全球数通光模块领军企业，充分受益AI行业发展



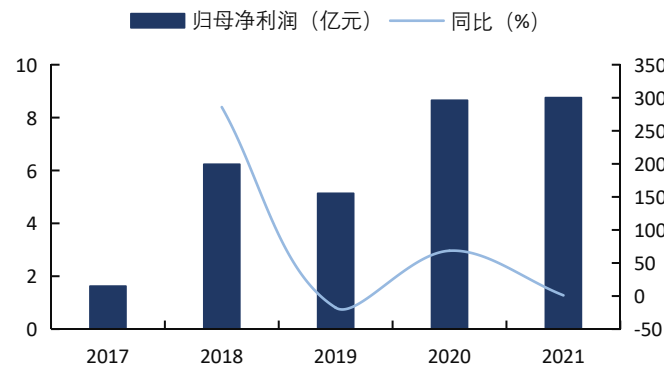
- ◆ 公司是全球数通光模块领军企业，深耕行业十余年，率先实现100G/400G的批量出货和800G的送样认证，在谷歌、亚马逊、Meta等北美云厂商供应商中均占据领先份额。公司2018年中标华为25G光模块招标，2020年收购成都储瀚科技公司布局电信接入网市场，形成受数通和电信协同拉动的业务布局。2020年25G/100G/400G光模块收入占比85%。
- ◆ 公司成长性：1) 受益于光模块市场需求的持续增长；2) 产品持续迭代，200G、400G等高端产品收入占比提升；3) 定增助力公司产能升级，2021年10月，公司启动定增，将带来各类高端光通信模块175万只的年产能、接入网用高端光电器件920万只的年产能。
- ◆ 公司竞争优势：1) 市场份额领先，规模优势明显，芯片采购和生产成本费用管控能力优于同行；2) 产品设计和开发能力领先，公司重视研发，在800G、相干、硅光等领域持续投入，率先实现100G/400G的批量出货和800G的送样认证，享受新产品溢价；3) 客户资源丰富，与谷歌深度绑定，在海外三大云厂商和Meta的市场份额居于全球前列，客户关系稳定。

图 44：2017-2021年公司营业收入（亿元）及同比增速



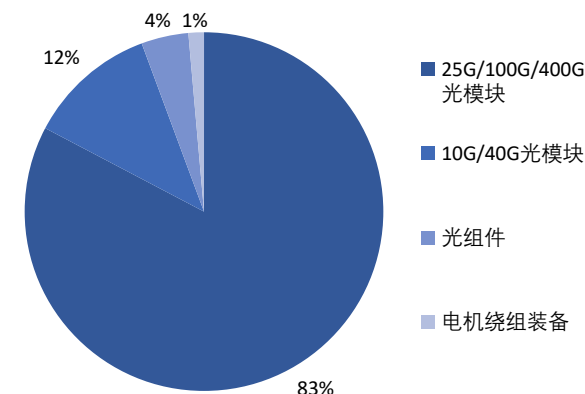
资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图 45：2017-2021年公司归母净利润（亿元）及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图 46：2021年公司营业收入结构



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

新易盛—高速率光模块已实现批量交付

- ◆ 公司在高速光模块市场实现批量交付，并成功推出800G光模块产品。公司目前已成功研发出涵盖5G前传、中传、回传的25G、50G、100G、200G系列光模块产品并实现批量交付，同时是国内少数批量交付运用于数据中心市场的100G、200G、400G高速光模块企业。公司目前已成功推出800G光模块产品系列组合、基于硅光解决方案的400G光模块产品及400G ZR/ZR+相干光模块。经过多年来的潜心发展，公司新产品研发和市场拓展工作持续取得进展，已与全球主流通信设备商及互联网厂商建立起了良好的合作关系。
- ◆ 参股海外公司，积极部署硅光和高速光模块市场。公司正在收购境外参股公司Alpine Optoelectronics, Inc，通过本次收购，公司将深入参与硅光模块、相干光模块以及硅光子芯片技术的市场竞争。公司力争抓住数据中心市场高速发展及5G网络建设的良好市场发展契机，聚集优势资源持续提升5G相关光模块、100G光模块和400G光模块市场占有率，加速硅光模块、相干光模块、800G光模块产品的研发及商用，实现公司产品和技术升级，进一步巩固提升公司在光通信行业领域中的核心竞争优势，努力成为全球光通信模块、组件和子系统的核心供应商。
- ◆ 根据公司业绩预告，2022年全年实现归属于上市公司股东的净利润8.9-10.2亿元，同比上涨34.46-54.10%；实现扣除非经常性损益后的归属母公司净利润7.76-9.06亿元，同比增长29.84%-51.60%；实现每股收益1.76-2.02元/股，上年同期为1.31元/股。

天孚通信—稀缺的一站式光器件完整解决方案提供商



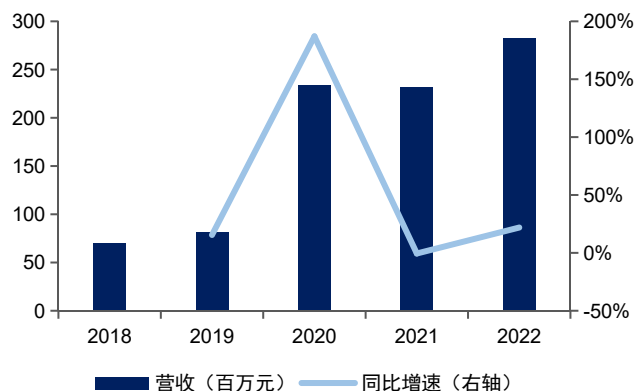
- ◆ **国内稀缺的一站式光器件平台型厂商，受益于光模块市场需求持续增长和产业价值链结构调整。** 公司从早期陶瓷套管、光纤适配器、光收发接口组件三类基础无源光元件延伸到高端无源光器件（隔离器、光纤透镜、线缆连接器、光学镀膜器件、AWG、保偏器件、FA等），并同时发展有源光器件代工和封装产品线（OSA ODM/OEM产品线、BOX/TO封装产品线等），又通过收购扩产产品线，目前形成15条产品线和8大一站式解决方案。一站式光器件平台能力的优势在于客户响应速度快、客户粘性高、业务协同性好、成本管控能力强等。光模块厂商出于成本和竞争环境的考虑，倾向于将光器件封装代工环节逐渐外包，同时具备光器件自制和有源产品封装代工能力的厂商优先受益。
- ◆ **新产品线爬坡上量，持续突破新客户和现有客户市场份额。** 公司多条新产品线（包括AWG、透镜、FA/PM等）还在爬坡上量，定增项目高速光引擎目前已突破大客户，并和多家客户合作，按定增项目规划，三年后有望达到产值10亿元，相当于现有收入规模。2020年收购的北极光电订单饱和，整合扩产后带来新成长。同时，公司加大海外客户拓展力度，发挥客户资源协同效应，海外客户份额有望继续提升。
- ◆ **布局激光雷达和医疗检测等非通信领域，打开成长空间。** 公司的无源光器件和有源封装能力在医疗检测设备和激光雷达产品制造上有较强的复用性，目前部分产品通过客户认证，有望分享行业增长红利。
- ◆ **根据公司业绩预告，2022年预计实现营业收入12.06亿元，同比增长16.77%，实现归母净利润3.99亿元，同比增长30.16%，实现扣非后归母净利润3.63亿元，同比增长30.78%。**

源杰科技—国内少数实现25G以及上激光器芯片规模量产厂商



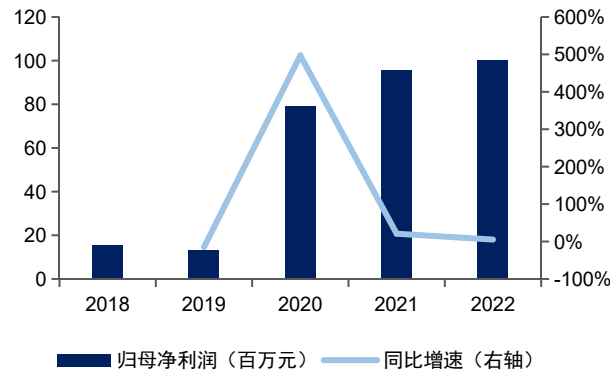
- ◆ 公司聚焦于光芯片领域，主要产品包括2.5G、10G、25G及更高速率激光器芯片系列产品等，目前主要应用于光纤接入、4G/5G移动通信网络和数据中心等领域。公司已实现向国际前十大及国内主流光模块厂商批量供货，10G、25G 激光器芯片系列产品的出货量在国内同行业公司中均排名第一，2.5G 激光器芯片系列产品的出货量在国内同行业公司中排名领先，2021年完成50G DFB的开发。
- ◆ 公司亮点：1) 技术领先优势：公司在国内厂商中率先实现25G激光器芯片的规模化生产和商业应用，其中25G MWDM12波段DFB激光器芯片成为满足中国移动相关5G建设方案唯一批量供货的厂商。目前公司已着手50G、100G高速率激光器芯片产品以及硅光直流光源大功率激光器芯片产品的商用推进。2) 差异化竞争模式：公司凭借长期技术积累实现激光器光源发散角更小、抗反射光能力更强等差异化特性，为光模块厂商提供全波段、多品类产品，同时提供更低成本的集成方案。3) IDM全流程业务体系：拥有多条覆盖MOCVD外延生长、光栅工艺、光波导制造、金属化工艺、端面镀膜、自动化芯片测试、芯片高频测试、可靠性测试验证等全流程自主可控的生产线。4) 丰富的客户资源优势：与现有国内外知名客户的良好合作，使得公司快速建立新品开发及量产的全套供应体系，建立了较高的客户资源壁垒。

图 47：2018-2022年公司营业收入（百万元）及增长率



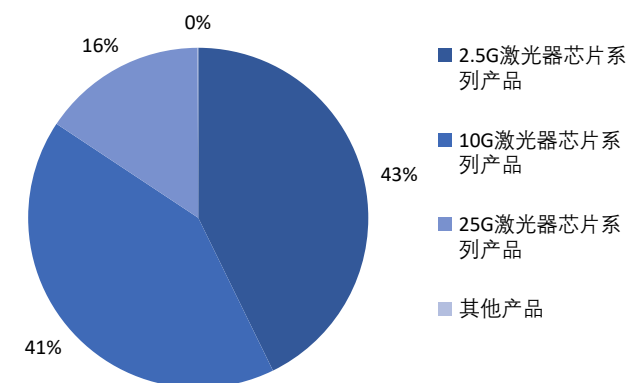
资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图 48：2018-2022年公司净利润（百万元）及增长率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图 49：2021年公司收入结构



资料来源：源杰科技招股说明书，国信证券经济研究所整理

光库科技—优质光器件厂商，铌酸锂调制器打造新动能



- ◆ 光库科技主要产品包括光纤激光器元器件、光通讯器件、铌酸锂调制器等。
- ◆ 光纤激光器应用场景持续丰富，需求端维持较快增长。以光库科技为代表的国内厂商在连续光纤激光器的核心光纤元器件如高功率光纤光栅、高功率合束器和高功率输出头等产品方面，打破了国外厂商的市场垄断，提升产品性能。随着国内高功率光纤激光器国产替代进程加速，公司的市场占有率有望持续提升。
- ◆ 光通信器件受益于运营商基站光网络以及数据中心等投资建设需求拉动。
- ◆ 铌酸锂调制器国产化率提升空间大，受益于铌酸锂调制器产能快速释放。同时公司深耕薄膜铌酸锂调制器技术，薄膜铌酸锂调制器量产突破后应用场景广泛，有望在城域网高带宽等场景替代现有磷化铟调制器方案，打开成长空间。

重点推荐公司盈利预测及估值

- ◆ 以Chatgpt为代表的AI应用正在得到快速发展，并不断实现迭代，进而有希望形成赋能多行业的多样化新型应用落地，提升行业效率，软端的快速发展离不开硬件基础设备的保障，因此AI数据中心内部的各类的硬件基础设施环节有望充分受益AI行业进步带来的需求提升。
- ◆ 在光模块环节，重点推荐国内光模块企业【中际旭创】、【天孚通信】、【新易盛】，建议关注【源杰科技】、【光库科技】等。

表12：重点公司盈利预测及估值（截至0411）

公司代码	公司名称	收盘价/元	总市值/亿元	EPS				PE				PB	投资评级
				2021	2022E	2023E	2024E	2021	2022E	2023E	2024E		
300308.SZ	中际旭创	68.30	547	1.21	1.55	1.83	2.22	62	56	37	31	4.62	买入
300394.SZ	天孚通信	61.39	242	0.79	1.02	1.29	1.61	79	78	48	38	9.75	买入
300502.SZ	新易盛	72.08	366	1.31	1.87	2.05	2.50	55	55	35	29	7.83	买入
688498.SH	源杰科技	277.77	168	2.12	2.23	2.58	3.54	177	131	108	79	24.21	无评级
300620.SZ	光库科技	53.31	87	0.80	0.84	1.15	1.47	67	66	46	36	5.42	增持

数据来源：WIND，国信证券经济研究所整理及预测

光通信器件模块产业链一览

板块	证券代码	证券简称	公司简介
光电芯片	688498.SH	源杰科技	国产优质光芯片公司，主营产品包括2.5G、10G和25G及更高速率激光器芯片系列产品
	688048.SH	长光华芯	高功率半导体激光芯片龙头，已形成由半导体激光芯片、器件、模块及直接半导体激光器构成的四大类、多系列产品矩阵
	688313.SH	仕佳光子	国产无源光芯片龙头，主营业务包括光芯片和器件、室内光缆和线缆材料三类业务
	300620.SZ	光库科技	铌酸锂调制器国产厂商，主营业务包括光纤激光器件、光通讯器件和铌酸锂调制器
光器件	300570.SZ	太辰光	MTP/MPO光纤连接器领先厂商，主营产品包括陶瓷插芯、光纤连接器、耦合器、光纤光栅等光器件以及光传感监测系统
	300394.SZ	天孚通信	无源光器件平台型厂商，持续布局有源代工/封装及高速光引擎业务
	300408.SZ	三环集团	电子陶瓷一体化龙头，陶瓷插芯国产龙头
	002281.SZ	光迅科技	国产光器件领先企业，具备光芯片自制能力
	300548.SZ	博创科技	光电子器件领先企业，主营产品包括PLC分路器、PON光模块、波分复用器件等，下游应用市场以电信市场为主
光学元件	688195.SH	腾景科技	精密光学元件、光纤器件优质厂商，下游深耕光通信和光纤激光器
	002222.SZ	福晶科技	主营产品包括非线性光学晶体、激光晶体、精密光学元件和激光器件等，广泛应用于激光、光通讯等工业领域
	603297.SH	永新光学	国产高端显微镜龙头，主营光学元组件和光学仪器产品，布局条码扫描及机器视觉镜头、车载光学、激光雷达等领域
	688167.SH	炬光科技	国产激光元器件领域领先企业，下游面向半导体设备、激光雷达、医疗美容等领域
	688127.SH	蓝特光学	精密光学元件优质厂商，产品包括光学棱镜、玻璃非球面和玻璃晶圆三大系列
	2382.HK	舜宇光学科技	全球光学龙头厂商，产品包括光学零件、光电产品和光学仪器
光模块	300308.SZ	中际旭创	国产光模块龙头，应用领域以北美数通市场为主
	300502.SZ	新易盛	国产光模块领先厂商
	000988.SZ	华工科技	国产无线前传光模块领先厂商，主营业务包括激光设备、激光全息防伪产品、敏感元器件、光电器件系列产品等
	002281.SZ	光迅科技	国产光器件领先企业，具备光芯片自制能力
	603083.SH	剑桥科技	主营业务包括光接入终端、无线网络设备、光模块、工业物联网软硬件及解决方案
	002902.SZ	铭普光磁	光磁通信元器件厂商
	300548.SZ	博创科技	光电子器件领先企业，主营产品包括PLC分路器、PON光模块、波分复用器件等，下游应用市场以电信市场为主

资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

免责声明



国信证券投资评级		
类别	级别	定义
股票投资评级	买入	预计6个月内，股价表现优于市场指数20%以上
	增持	预计6个月内，股价表现优于市场指数10%-20%之间
	中性	预计6个月内，股价表现介于市场指数±10%之间
	卖出	预计6个月内，股价表现弱于市场指数10%以上
行业投资评级	超配	预计6个月内，行业指数表现优于市场指数10%以上
	中性	预计6个月内，行业指数表现介于市场指数±10%之间
	低配	预计6个月内，行业指数表现弱于市场指数10%以上

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032