

证券研究报告



国产算力飞跃启新，**AI**引领产业链发展变革

——国产算力系列专题报告

强于大市（维持）

长城证券产业金融研究院

分析师：侯宾

执业证书编号：S1070522080001

分析师：姚久花

执业证书编号：S1070523100001

时间：2024年6月13日

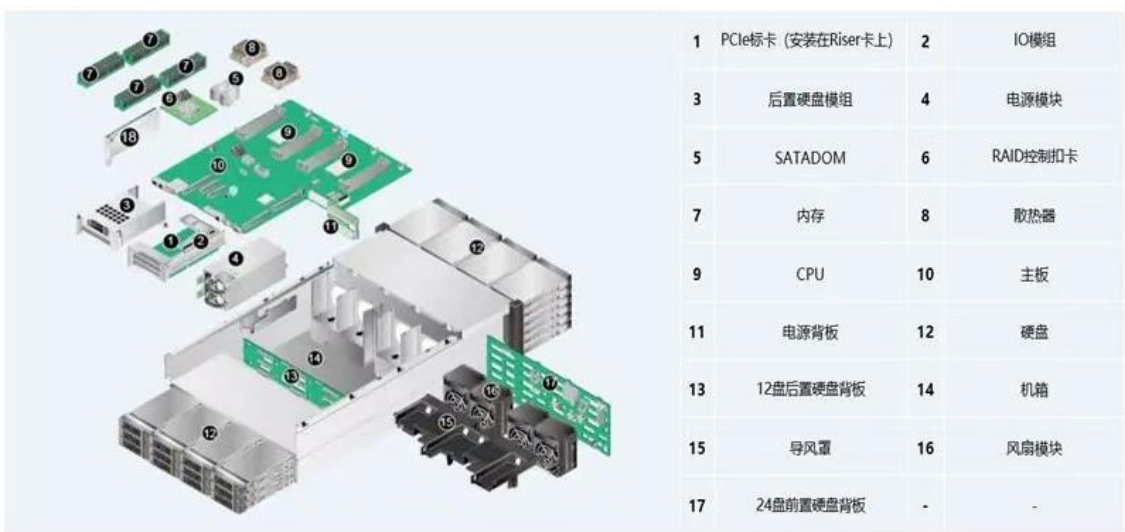
一、计算力篇章

1. 服务器行业

服务器成本构成：芯片和存储占大头

- 服务器的硬件主要包括：处理器、芯片组、内存、硬盘、I/O（RAID卡、网卡、HBA卡）、机箱（电源、风扇）。在成本构成方面，CPU及芯片组、内存、外存占大头，根据美科安防科技（2022年8月29日），以一台普通的服务器生产成本为例，三者的大致占比分别为50%/15%/10%，其他硬件约为25%。
- AI服务器相比于一般服务器而言，主要在于AI芯片和内存带宽上有较大幅度提升，相应价值量也随之提升，并且其他配套组件也有不同程度的升级。根据半导体行业观察（2023年5月30日），以Nvidia DGX H100为例，GPU模组（包含HBM）的价值量占比最高，达到73%，其次是存储占比约4%，其中，DRAM占比3%，NAND占比约1%。

图表：服务器内部构成



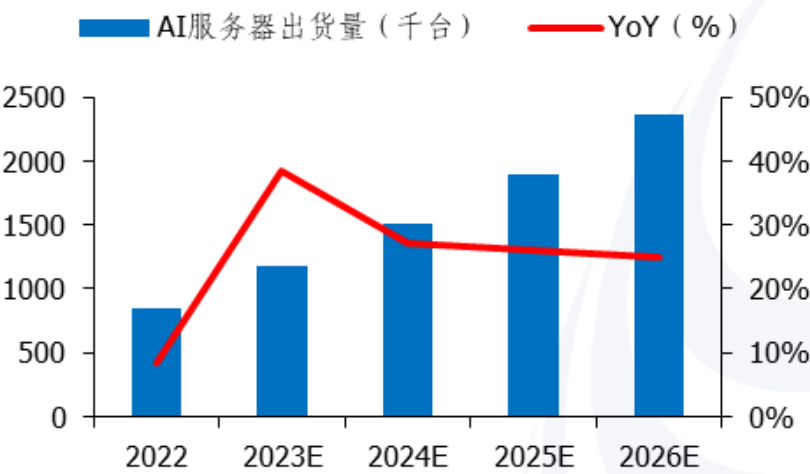
图表：Nvidia DGX H100价值量拆分（截至2023年5月30日）

元器件	成本（美元）	成本占比（%）
CPU	5,200	2%
GPU模组（8GPU+4 NVSwitch Baseboard）	195,000	73%
内存	7,860	3%
外存	3,456	1%
网卡	10,908	4%
机壳（包括机箱、背板、布线）	563	0.2%
电源	1,200	0.4%
散热（包括散热器和风扇）	463	0.2%
主板	360	0.1%
组装和测试	1,485	1%
利润	42,000	16%
总计	268,495	100%

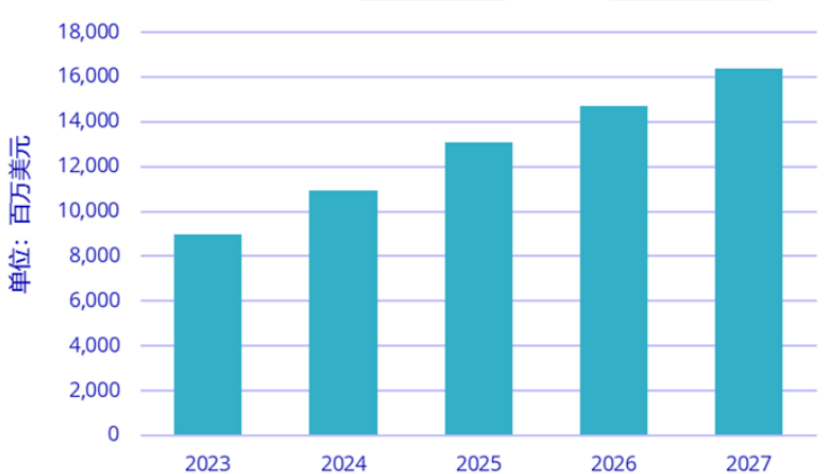
服务器整机：市场出现结构性变化，通用服务器放缓，AI服务器需求快速增长

- 从整个服务器市场来看，由于国际云厂商聚焦于AI投资导致预算排挤效应，叠加中国项目招标推迟，2023年传统服务器整机出货有所承压，根据TrendForce，2023年全球服务器出货量同比减少6%，预计2024年同比增长2%。
- 从内部结构来看，AI服务器市场高速增长，根据TrendForce数据，预计2023年全球AI服务器（包含搭载GPU、FPGA、ASIC等类型的AI服务器）出货量近120万台，同比增长38.4%，占整体服务器出货量比重近9%，2024年将再增长33%，占比近12%，2022-2026年AI服务器出货量CAGR为29%。根据IDC数据，2023年上半年我国AI服务器市场规模达到31亿美元，同比+54%，预计2027年将达164亿美元。
- 一方面，AI的快速爆发带来算力需求的大幅提升，下游CSP厂商比如微软、谷歌、亚马逊等巨头积极投入，随着AI大模型的迭代发展以及在众多行业应用端的落地，将持续带来新的算力需求；另一方面，我国政策积极支持算力基础设施建设和自主可控发展，叠加美国高端芯片出口禁令升级，倒逼国产替代加速，我国AI服务器市场将持续保持快速发展。

图表：2022-2026年全球AI服务器出货量及同比



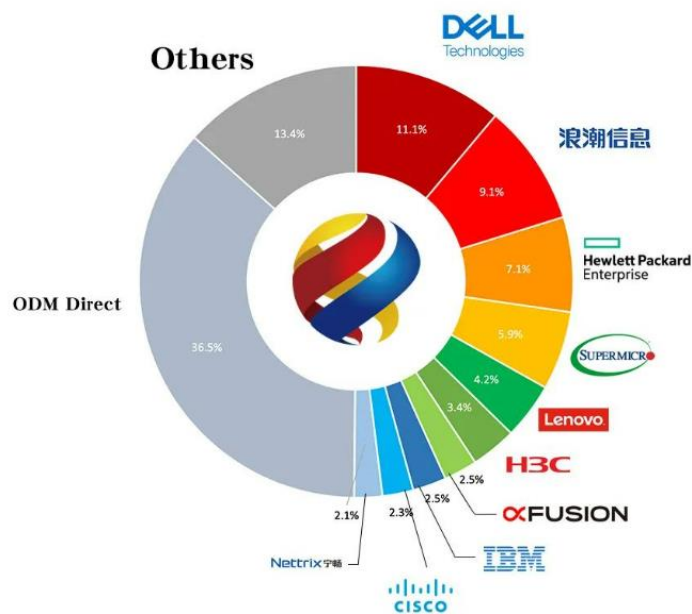
图表：2023-2027年中国AI服务器市场规模（百万美元）



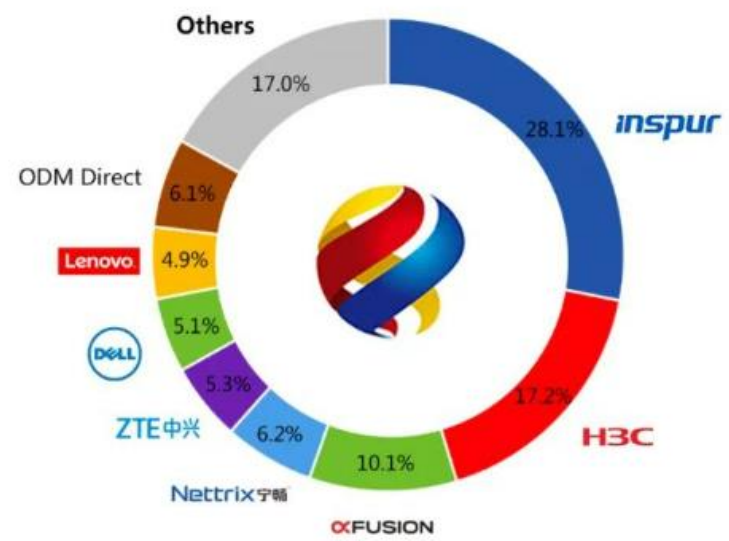
服务器整机：国产厂商占据重要份额，并在加速计算市场份额领先

- 从全球市场来看，中国厂商逐渐占据重要地位，并在加速计算服务器市场份额领先。根据IDC数据，2023年第三季度全球服务器市场份额前五分别是戴尔、浪潮、HPE、超微、联想，占比分别为11%/9%/7%/6%/4%，其中，戴尔和HPE份额同比下降最快，分别下降5.0和3.3pct，而浪潮份额同比提升幅度最大，为1.6%，此外，H3C、超聚变等国产厂商份额基本稳定，并已赶超IBM，表明国产服务商厂商地位持续提升。此外，截至2021年，浪潮在全球AI服务器份额连续第一，表明其在加速计算市场的龙头地位显著。
- 从国内市场来看，目前我国服务器整机以国内品牌为主。我国服务器行业最早是通过引入国外品牌，之后随着国产品牌的兴起，逐步对外资品牌进行替代，根据IDC数据，2022年我国服务器市场中，市场份额前五名分别是浪潮、新华三、超聚变、宁畅、中兴，占比分别为28%、17%、10%、6%、5%，其中，浪潮和新华三份额同比下降2.7和0.3pct，超聚变和中兴份额同比提升6.9和2.2pct，宁畅份额不变。整体来看，我国本土厂商在我国服务器市场中已占据主导地位。

图表：2023年第三季度全球服务器市场格局（%）



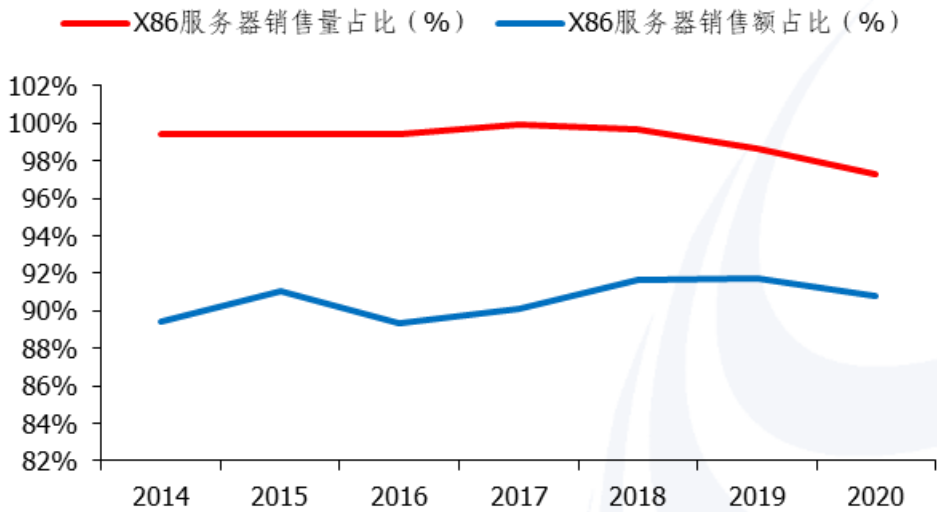
图表：2022年我国服务器市场格局（%）



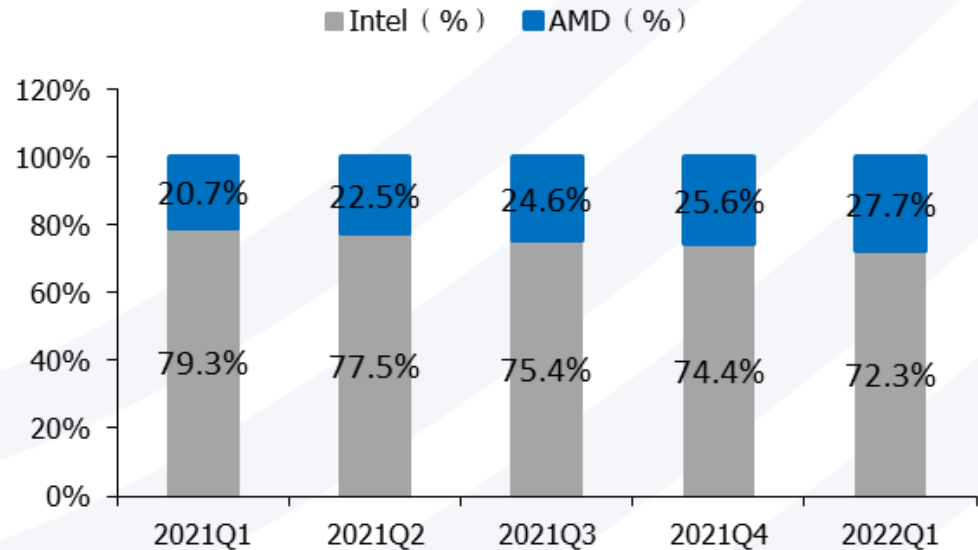
CPU：X86架构为主，外企占据垄断地位

- **当前服务器CPU以X86架构为主：**按照CPU所使用的指令集架构划分，目前主流的CPU可分为X86架构、ARM架构、MIPS架构、RISC-V架构等，其中，X86仍然是全球服务器CPU的主流架构，根据华经产业研究院数据，2014-2020年，全球X86架构的服务器市场份额持续在90%以上，主要是由于X86处理器起步较早，在生态环境方面有明显优势，但从趋势来看，X86架构的占比有所下降，其他类型架构快速发展。
- **研发门槛较高，外企占据垄断地位：**由于CPU研发具有较高技术壁垒，Intel、AMD、ARM公司凭借对X86和ARM指令集的专利在CPU市场中占据垄断地位，在X86架构CPU市场中，Intel市场份额大幅领先，AMD份额不断提升，根据华经产业研究院数据，2022年Q1，Intel和AMD在全球X86服务器市场中的份额分别为72.3%和27.7%。

图表：2014-2020年全球X86服务器销售量及销售额占比（%）



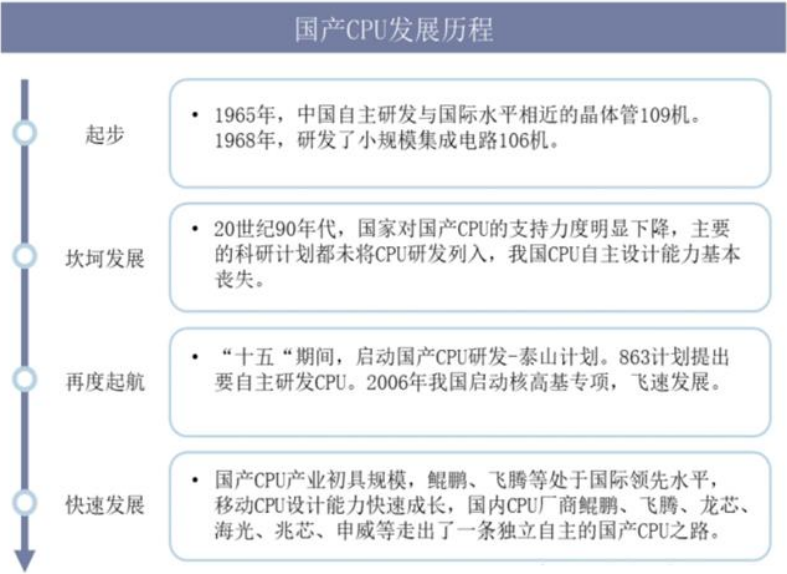
图表：2021-2022年全球X86服务器市场格局（%）



CPU：国产自主化逐步崛起，信创持续规模化落地

- 国产厂商积极推进自主化研发：**根据华经产业研究院，我国CPU厂商主要包括海思、飞腾、龙芯、申威、海光、兆芯，采用的指令集多为授权+自研相结合的方式。其中，龙芯和申威分别在MIPS和Alpha指令集基础上，自主开发指令集架构，国产化突破程度较高，在党政军、超算等国家安全领域占有重要市场份额；海思半导体的鲲鹏处理器和天津飞腾处理器兼容ARM指令集，与众多软硬件厂商完成了大量适配工作，但由于ARM架构授权的限制，面临无法持续迭代的发展瓶颈问题；海光和上海兆芯的产品兼容X86指令集，具有良好的生态，且应用迁移转换成本较低，海光基于从AMD获得的技术授权并独立开展研发工作，但同时面临授权技术不能持续迭代的风险。
- 信创推动行业发展，国产替代不断推进：**近年来，在科技竞争加剧的背景下，我国政策持续加大对信创产业的支持，国产厂商产品性能不断提升，应用领域不断拓展。以电信行业为例，根据中国电信官网，2020年5月，中国电信首次将全国产化服务器单独列入招标目录，此后，三大运营商服务器集采国产化份额逐年提升，截至2023年8月20日，中国电信AI服务器集采中国产化服务器占比已达到47.35%。

图表：国产CPU发展历程



图表：主流国产CPU芯片对比

品牌名称	CPU代表产品	产品优势	产品劣势	研发单位	指令集体系
龙芯中科	龙芯一号 龙芯二号 龙芯三号	国产化程度最高的MIPS架构芯片	MIPS架构市场份额较小，参与者较少	中科院计算所	MIPS
鲲鹏	鲲鹏920	多核架构支撑算力，性能领先	兼容性和生态需要进一步打造	华为	Arm
飞腾	S2500 D2000 FT-2000A-2	高性能、低功耗，有内嵌安全模块	兼容性和生态需要进一步打造	飞腾	Arm
海光	Hygon c86-7285	高效兼容，整机优势明显	未来技术持续更新需要时间	天津海光	X86
兆芯	ZX-C+系列 ZX-C系列 KX6000系列 KH-30000系列	兼容性强，性能和生态具有较强优势	信创市场份额相对较小	上海兆芯	X86 (VIA)

算力芯片：以GPU为主，英伟达占据主导地位

- 目前AI芯片仍以通用GPU芯片为主：算力芯片从用途来看分为训练和推理，训练对算力和精度要求更高；从通用性来看分为ASIC、GPGPU、FPGA三种。根据IDC数据，从加速芯片市场来看，2023年我国加速芯片的市场规模达到近140万张，其中，GPU卡占据85%的市场份额，NPU、ASIC和FPGA等非GPU卡据了15%的市场份额；从服务器市场来看，2023年，我国加速服务器市场规模达到94亿美元，同比+104%，其中，GPU服务器占据92%的市场份额，非GPU加速服务器以49%的同比增速占据近8%的市场份额。
- 目前GPU市场被英伟达和AMD包揽，英伟达占据垄断地位：根据IDC数据，2021年，英伟达占据全球91.4%的企业GPU市场份额，排名第二的AMD市场份额为8.5%。

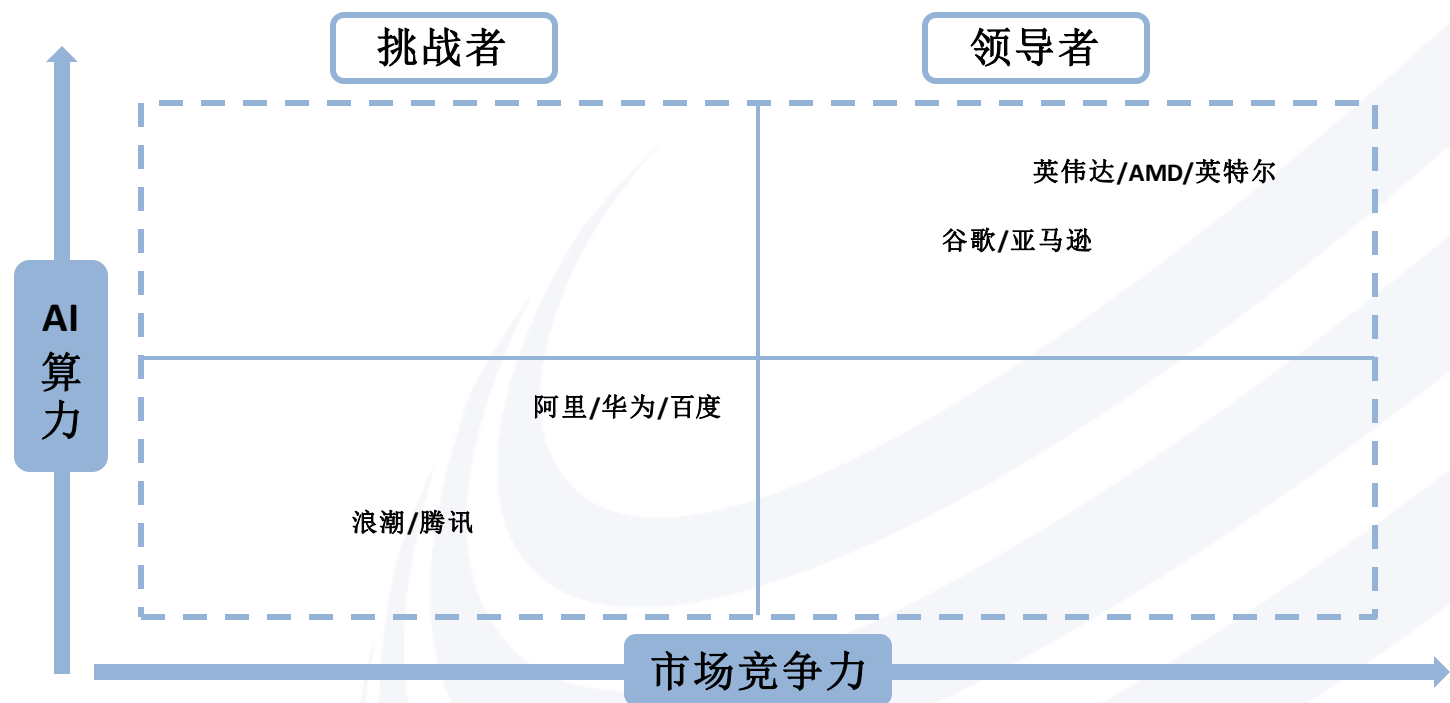
图表：英伟达训练加速卡性能对比（截至2023年11月10日）

	A100 SXM	A800 SXM	H100 SXM	H800 SXM	H200 SXM	H20 SXM
GPU架构	Ampere		Hopper		Hopper	Hopper
工艺	7nm		4nm		4nm	-
显存	80GB HBM2e		80GB HBM2e		141GB HBM3e	96GB HBM3e
显存带宽	2 TB/s		3.35 TB/s		4.8 TB/s	4.0 TB/s
互联带宽	NVLink: 600GB/s PCIe4: 64GB/s	NVLink: 400GB/s PCIe4: 64GB/s	NVLink: 900GB/s PCIe5: 128GB/s	NVLink: 400GB/s PCIe4: 64GB/s	NVLink: 900GB/s PCIe5: 128GB/s	NVLink: 900GB/s PCIe5: 128GB/s
FP8 Tensor Core(TFLOPS)	-		3958			296
FP16 Tensor Core(TFLOPS)	312		990			148
TF32 Tensor Core(TFLOPS)	156		495			74
FP32(TFLOPS)	19.5		67			44
FP64(TFLOPS)	9.7		34	1	34	1
最大功耗	400W		700W		700W	400W

算力芯片：国产替代势在必行，性能明显提升

- **供需持续紧张，国产替代势在必行：**从需求侧来看，AI引领新一轮数字产业变革，随着AI在各行各业的落地和应用，智慧城市、智能制造、数字金融、自动驾驶等越来越多应用场景的发展，企业对AI芯片的关注度和需求量日益增加；从供给侧来看，在科技竞争愈发激烈的背景下，自主可控愈发重要，芯片我国高端芯片产业起步晚，技术仍处于追赶阶段，叠加美国芯片出口管制，我国芯片供应紧缺情况凸显，国产替代势在必行。
- **国产厂商加速追赶，性能和出货量明显提升：**目前国内AI GPU厂商主要有华为、寒武纪、海光信息、天数智芯等，国产芯片性能明显提升，根据IDC数据，2023年我国本土AI芯片品牌的出货量已超过20万张，约占整个市场份额的14%。随着国产芯片性能的提升以及生态的逐步完善，国产替代有望加速。

图表：2023年中国AI算力企业竞争格局



存储：DRAM和NAND Flash是主流产品

❑ 存储芯片分为易失性和非易失性两种，易失性主要包括静态随机存取存储器(SRAM)和动态随机存取存储器(DRAM)；非易失性主要包括闪存存储器(Flash)、可编程只读存储器(PROM)、可擦可编程只读存储器(EPROM/EEPROM)等。其中，DRAM和Flash是主流产品，根据头豹研究院数据，2021年我国存储芯片市场中，DRAM、NAND Flash和NOR Flash市场份额分别为56%/41%/2%，合计占比99%。

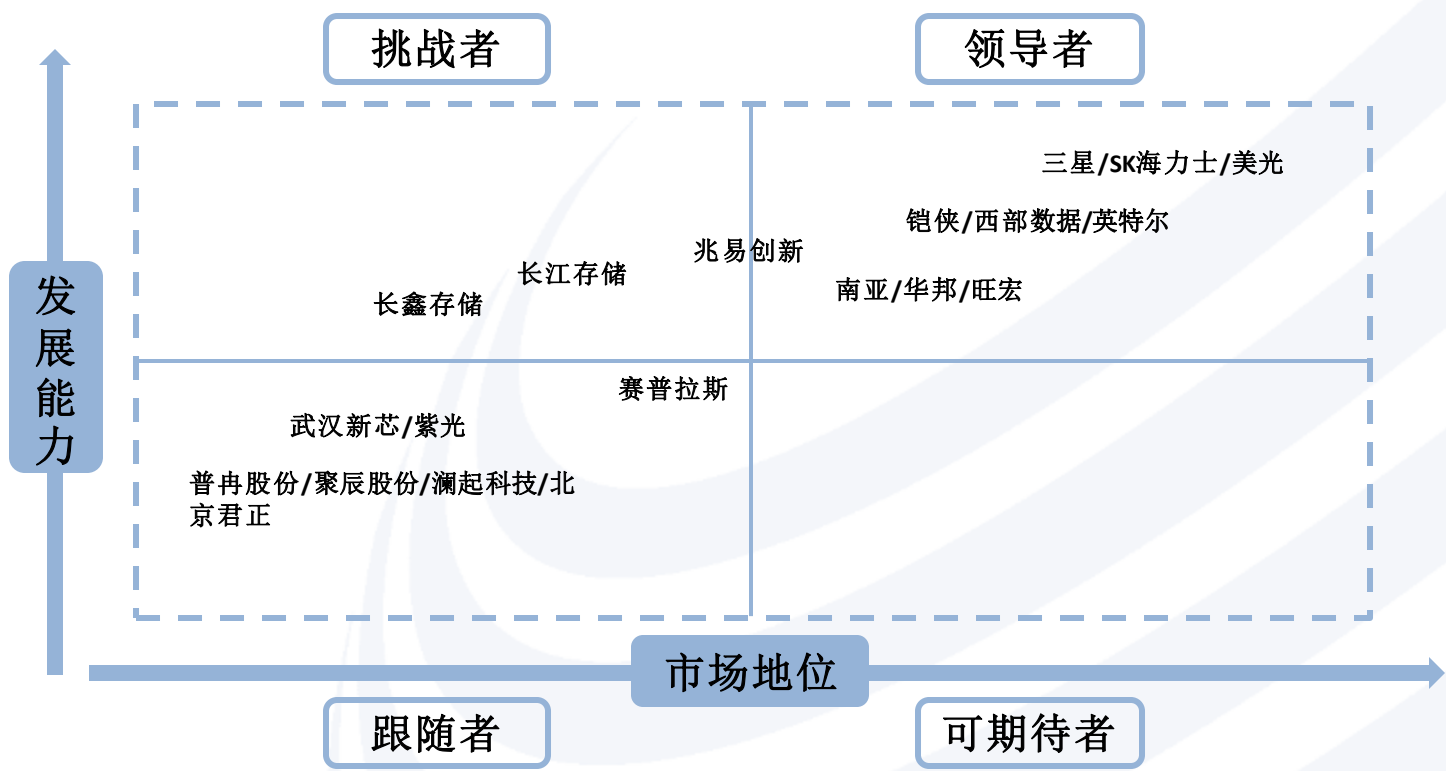
图表：存储芯片细分市场对比（截至2023年7月）

项目	DRAM	NAND Flash	NOR Flash
主要应用	存储临时数据	存储资料	存储编码、运算数据
储存原理	电容充放电型	浮栅型	浮栅型/电子俘获型
当前制程	12-13nm（1β）	15/14nm	40/28nm
读取速度	极快	较慢	较快
擦除/写入速度	极快	快	较慢
存储容量	小（Mb/Gb）	大（Gb/Tb）	中（Mb/Gb）
擦写次数	-	十万级别	十万级别
成本	高	低	中
主要厂商	三星电子、海力士、美光科技	三星电子、铠侠、美光科技	三星电子、西数科技、兆易创新

存储：海外巨头占据主要份额，我国本土厂商仍处于追赶阶段

- 目前我国存储芯片自产率较低，外采依存度较高。存储芯片行业集中度较高，外企占据主要市场份额。
- NAND Flash:** 根据Omdia数据，2020年全球NAND Flash晶圆厂CR6约为98%，主要包括三星电子、铠侠、西部数据、美光科技、SK海力士等，其中三星电子份额最高，约为34%。
- DRAM:** 根据华经产业研究院数据，2021年全球DRAM市场CR3约为94%，其中，三星、SK海力士、美光市占率分别为43%/28%/23%。我国厂商主要提供利基产品，在技术上仍在加速追赶阶段。此外，在DRAM市场中，HBM产品凭借其高带宽、低功耗和高扩展性的优势在AI场景下成为重要的应用趋势，根据半导体行业观察，SK海力士由于先行为英伟达提供HBM3而处于领先地位，但在HBM市场供不应求的情况下，三星、美光或将扩大HBM市占率，竞争格局或将发生变化。

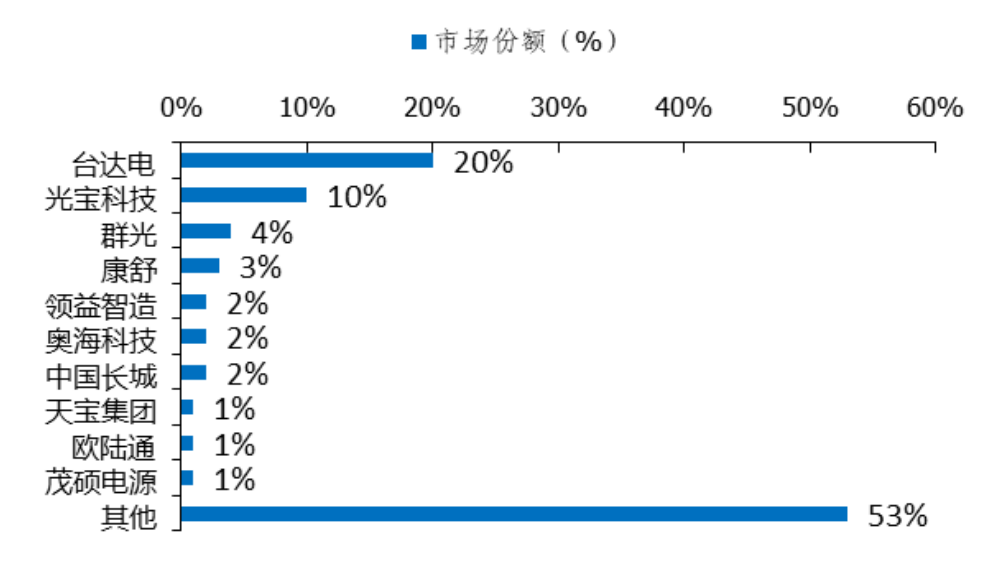
图表：我国存储芯片市场厂商竞争力分析



服务器电源：台企长期占据主导地位，大陆厂商份额有望快速提升

- **开关电源技术较为成熟，AI服务器有望推动电源产品进一步迭代：**根据亿渡数据，开关电源行业已有将近70年的发展历史，目前行业进入成熟期，产品品类和功能更加丰富，并不断延伸到更多下游领域。对于传统开关电源，产品同质化导致市场竞争激烈，且受到上游原材料和汇率波动影响企业盈利空间较小，而在AI服务器出货量增长的背景下，AI服务器GPU芯片配置数量和功耗较传统服务器大幅增加，将推动电源产品进一步向高功率、高效率、高密度方向迭代，有望打开新的增长空间。
- **台湾厂商占据主要市场份额，大陆厂商加大研发有望提升份额：**目前全球电源产业已基本转移至我国，台湾厂商因进入时间较早、技术积累丰富而占据主要市场份额，根据华经产业研究院数据，2020年全球开关电源市场中，台达电、光宝等台企市场份额领先，大陆厂商市占率较低，其中中国长城、奥海、欧陆通等企业处于追赶态势，有望凭借成本控制、服务能力，快速提升市场份额。尤其服务器电源领域技术门槛较传统消费电类电源高，目前能量产的厂商较少，目前大陆主要有中国长城、欧陆通提供相关产品。

图表：2020年全球开关电源市场格局（按收入口径）



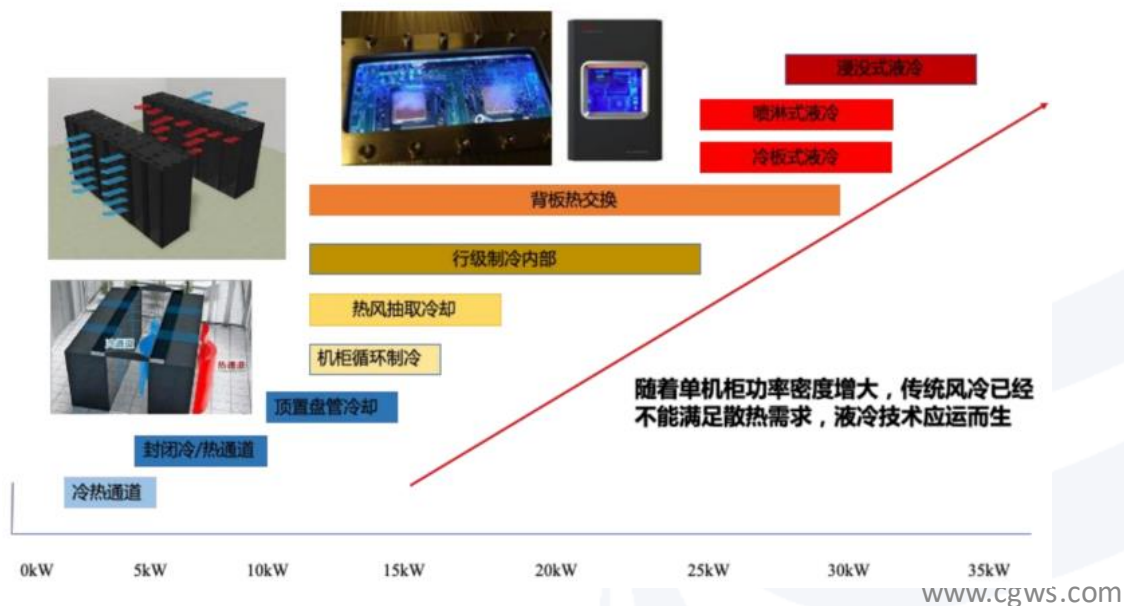
图表：国内部分开关电源制造企业及产品类别情况（截至2021年12月）

企业名称	产品类别(成熟产品)
中国长城	服务器电源、通信光电类电源、PC电源、消费电子产品电源等，可满足市场差异化需求。
奥海科技	电源适配器
中恒电气	数据中心电源
欧陆通	电源适配器、服务器电源
可立克	电源适配器、动力电池充电器、网络通信电源、工业及仪表电源等多个系列
京泉华	电源适配器、充电器、LED驱动电源、逆变电源、储能电源，通讯电源、无线充电电源及其它智能电源
核达中远	通信电源、新能源电源、工控电源及其他电源
茂硕电源	消费电子电源和LED电源

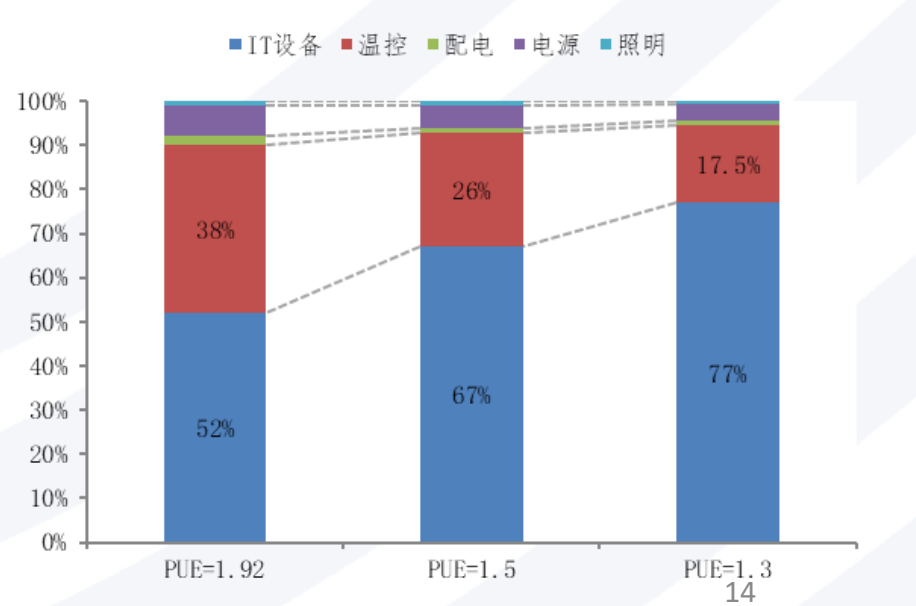
散热：高算力需求+低PUE政策要求，液冷有望加速落地

- 目前的散热技术主要分为风冷和液冷两种，风冷适用的机柜功率密度较低，而液冷具有高散热效率、低能耗、低噪音等优势。液冷分为直接冷却（浸没式、喷淋式）和间接冷却（液冷板式），其中，液冷板式技术成熟度较高，有望凭借较高可靠性、易用性和成本优势率先受益，浸没式液冷有望在技术成熟后凭借更高的散热效率在高功率数据中心推广应用。
- 风冷难以满足高功率散热需求，液冷技术应运而生：AI模型发展催生算力需求升级，带动服务器功率不断提升以及高功率密度数据中心建设，传统风冷方式逐步达到上限，散热系统将向液冷升级，自2011年以来，国内众多厂商如中科曙光、华为、浪潮、联想等在液冷领域积极布局探索，液冷技术发展迅速。
- 政策对数据中心PUE提出明确要求：数据中心作为数字基础设施的关键一环已成为最大的能源消耗方，2023年3月，我国多部门联合出台标准，对数据中心的运维提出具体能耗指引，要求采购人采购数据中心相关设备、运维服务时，按照如下标准：从2023年6月1日起数据中心PUE不高于1.4，2025年起数据中心PUE不高于1.3。IT设备和温控设备能耗占大头，液冷有望凭借更高制冷效率成为高功率数据中心的必然选择。

图表：单机柜密度和对应的冷却方式



图表：不同PUE数据中心能耗分布（截至2020年4月22日）

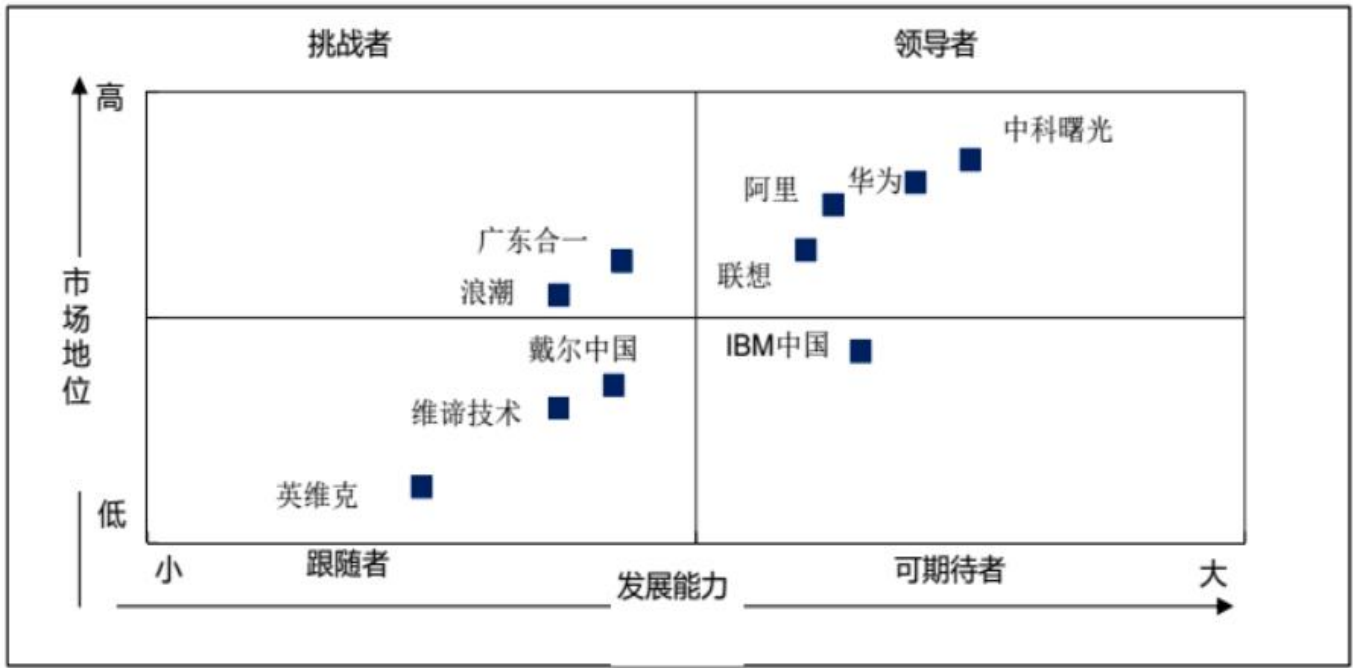


数据来源：赛迪《中国液冷数据中心发展白皮书》，中数智慧研究院《数据中心间接蒸发冷却技术白皮书（2019）》，长城证券产业金融研究院

散热：我国液冷规模化应用领先，多方企业加速布局

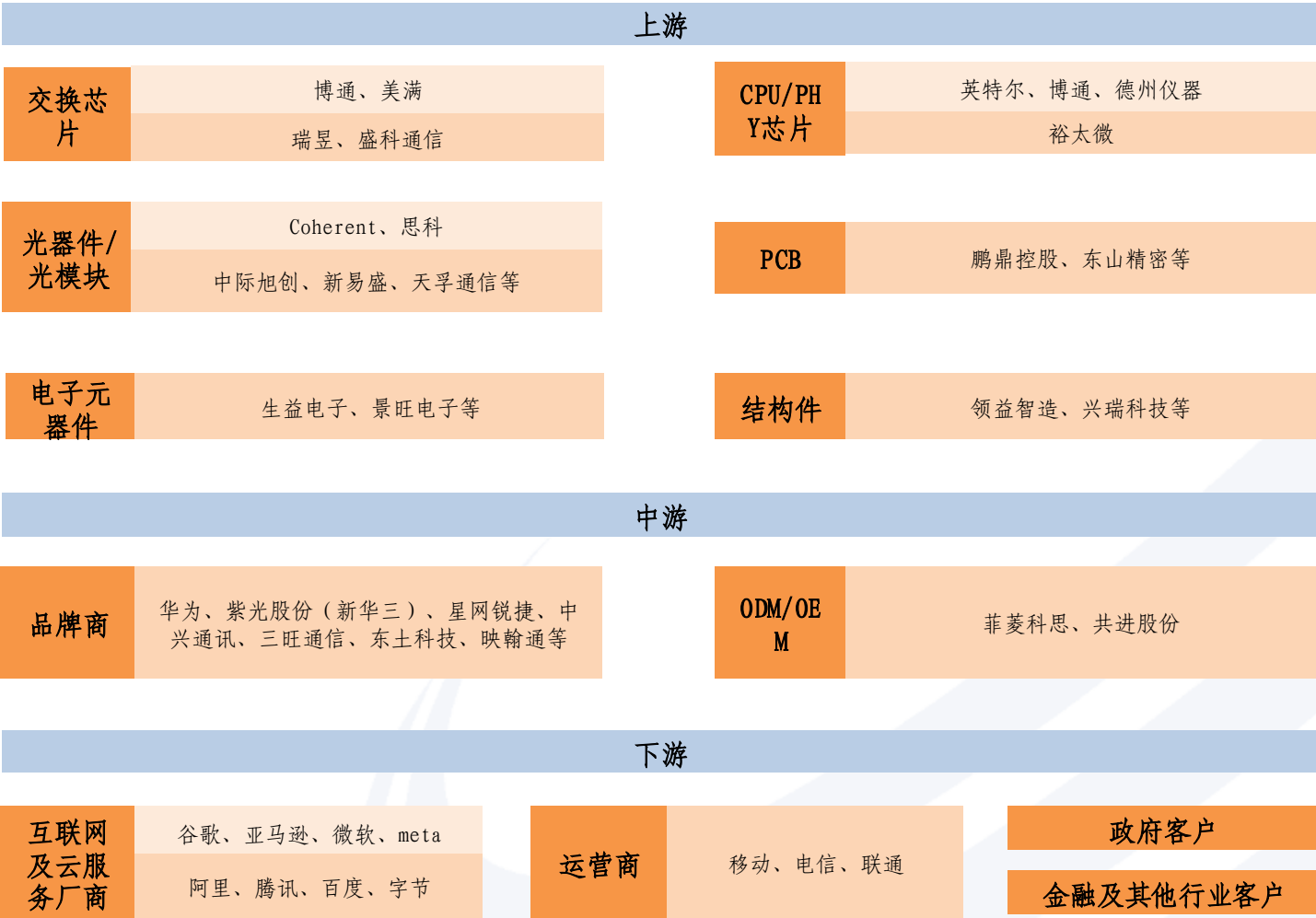
- **市场格局未定，多方企业加速布局：**我国液冷技术发展迅速，经历了实验室阶段和样机阶段，已开始批量出货，目前行业处于发展初期，竞争格局尚未稳定，根据IDC数据，2023H1我国液冷服务器市场规模达到6.6亿美元，同比+284%，预计2022-2027年CAGR将达到55%；从液冷技术类型来看，冷板式占比为90%，主要是由于传统IDC对原有基础设施改造成本和难度较高，以及目前冷板式方案成熟度较高；从市场份额来看，排名前三的为浪潮信息、宁畅、超聚变，合计占据七成左右的市场份额。
- **国内企业更具优势，规模化应用领先：**整体来看，中国液冷发展与国外基本同步，并在液冷的规模应用上积累了更为先进的经验，加上我国对数据安全具有严格的保护政策，国外企业进入困难，国内企业相对更有优势。建议关注布局液冷的第三方温控厂商（英维克/佳力图/依米康）、布局液冷技术的服务器厂商（浪潮信息/中兴通讯/中科曙光）、以及具有芯片级散热解决方案能力的厂商（中石科技/飞荣达）。

图表：2020年中国液冷数据中心厂商竞争力矩阵



2. 交换机行业

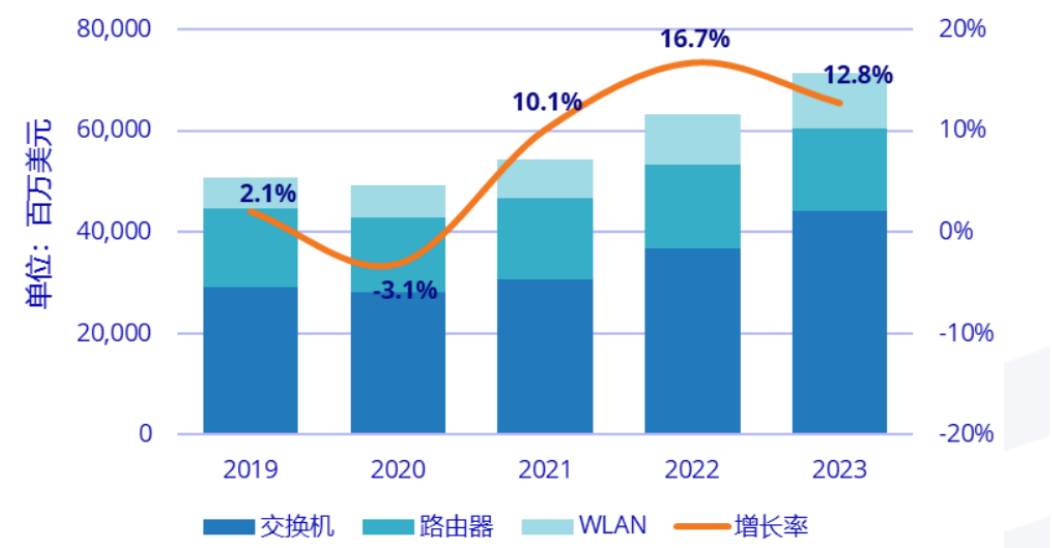
以太网交换机产业链概览



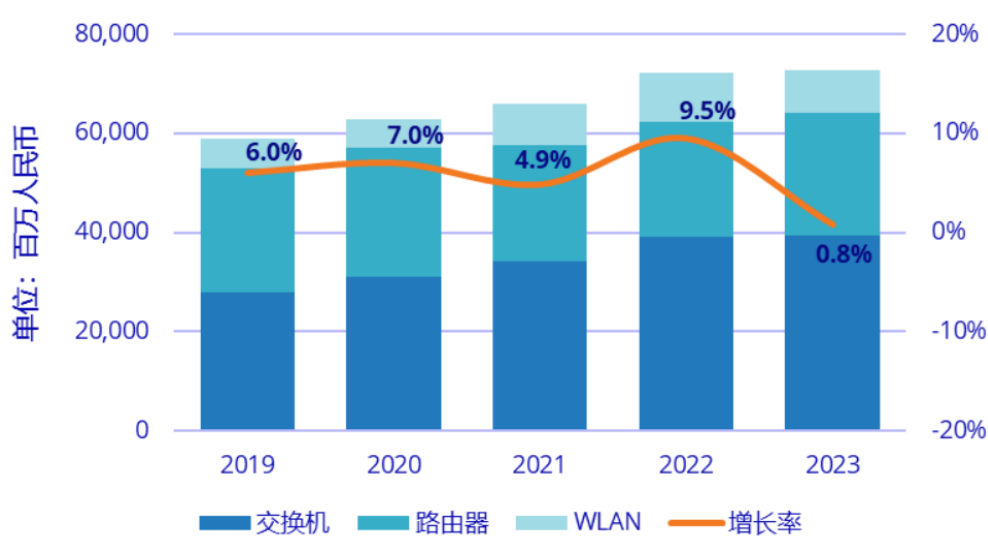
交换机整机：AI推动数据中心市场需求旺盛，加快向高速率产品升级

- **AI推动交换机市场更新升级，全球高速率交换机快速增长：**根据IDC数据，2023年全球交换机市场收入同比增长20%，达到442亿美元，其中，数据中心市场同比增长14%，收入占比为42%，具体来看，高速率交换机保持快速增长态势，数据中心的200/400G以太网交换机同比+69%，100G以太网交换机2023全年同比+6%。
- **我国运营商数据中心加快建设，高速率交换机出货有望持续增长：**根据IDC数据，从中国市场来看，2023年我国交换机市场收入同比+0.7%，其中，1）数据中心交换机同比+2.2%，具体来看，企业网数据中心受到互联网行业持续的投资颓势而有所承压，但运营商数据中心自2022年以来保持建设热潮快速增长，随着AI的火热发展，数据中心超大规模组网需求提升，网络速率的需求也大幅提升，预计从2024年开始，400Gbps端口交换机出货量将继续增长，51.2Tbps芯片的成熟商用也将助推400G产品的应用。2）园区交换机同比下滑0.5%，主要是宏观经济波动的影响导致企业项目部署有所延迟。

图表：2019-2023年全球网络市场规模及增速



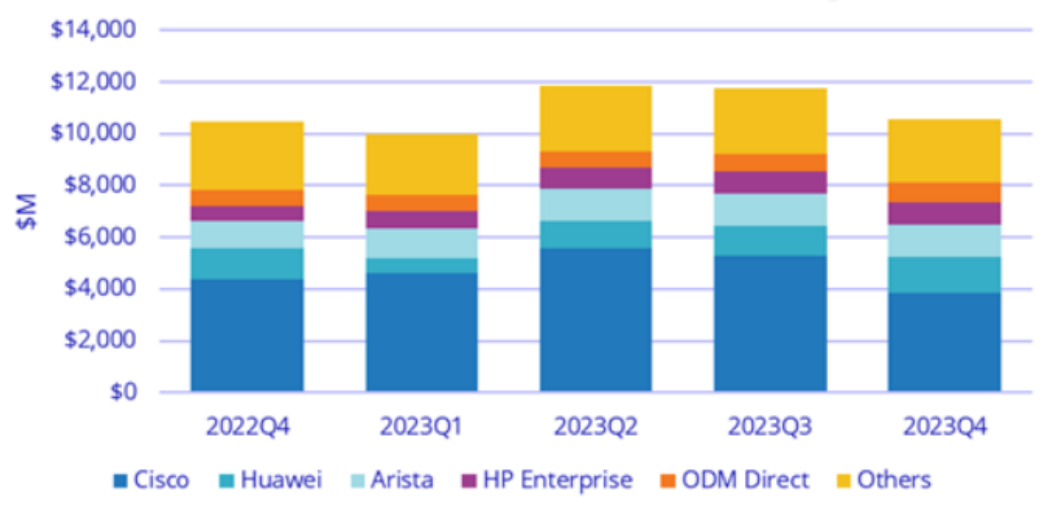
图表：2019-2023年中国网络市场规模及增速



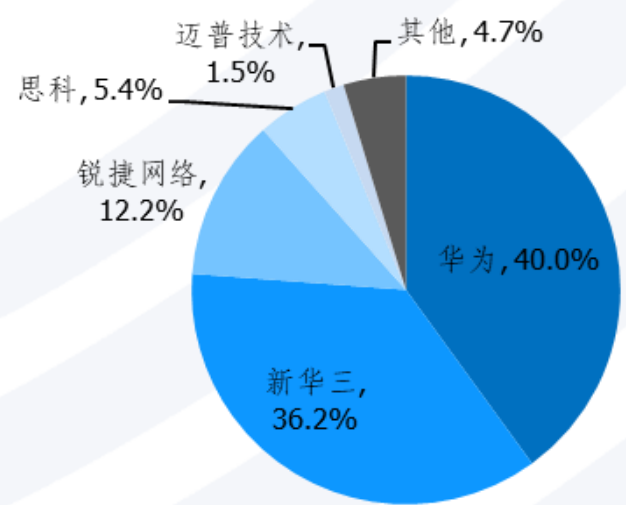
交换机整机：行业集中度高，国内商用市场以本土厂商为主，工业市场国产替代空间大

- 目前交换机市场中以太网交换机为主，按应用场景可以分为1) 数据中心交换机和非数据中心交换机（园区和分支机构）：数据中心用交换机一般对速率要求相对较高；2) 商用交换机和工业交换机：工业交换机需要满足工业控制现场的防水、防爆、抗干扰等苛刻环境和通信稳定性、网络安全性等多种需求，所以相比于普通的商业交换机而言，在设计 and 元器件的选用上更为苛刻。此外，按产品类型可以分为品牌交换机、白盒交换机、裸机交换机。
- 行业集中度高，国内商用市场以本土厂商为主：**从全球市场来看，根据IDC数据，2023年全球排名前三的厂商分别为思科、华为、Arista、HPE；从中国市场来看，根据观研报告网数据，2022年我国以太网交换机市场中，华为、新华三、锐捷网络占据主要份额，分别为40%/36%/12%，CR3超过88%。
- 工业市场国产替代空间大：**对于国内以太网工业交换机市场而言，主要由思科、赫斯曼、摩莎、罗杰康等国际品牌主导，发展历史悠久，具有完善的集成产品和全球供应链体系，品牌溢价高，但近年来，国产厂商凭借成本优势和技术完善快速发展，与头部国际品牌的差距有望缩小。

图表：2022Q4-2023Q4全球前五以太网交换机收入情况（美元）



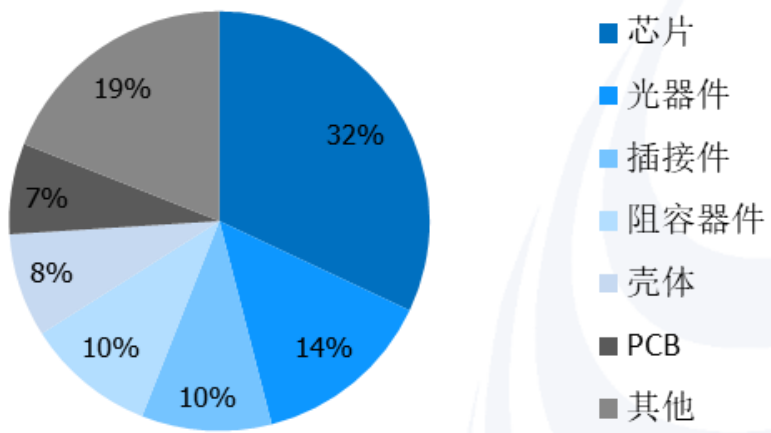
图表：2022年我国交换机行业市场份额（%）



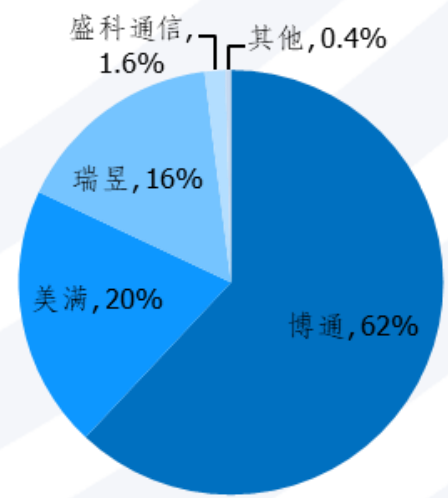
以太网交换芯片：交换机核心组件，向更高速率演进，商用市场国产化程度较低

- ❑ **芯片成本占比最高：**交换机主要由交换芯片、CPU、光电芯片、PCB和电子元器件、光模块、操作系统等组成，从成本结构来看，根据中商产业研究院数据，截至**2024年3月**，芯片在交换机成本构成中占比最高，达**32%**。其中，交换芯片是交换机的主处理芯片，专用于处理大量数据及报文转发。
- ❑ **向更高速率演进是趋势：**在技术方面，随着**AI**的发展和大型数据中心集群的建设，以太网交换芯片需要支持更高的速率和更大的容量，向**400G、800G**等高速率演进是必然的趋势。
- ❑ **行业集中度高，商用市场国产化程度较低：**交换机主芯片存在较高技术和资金壁垒，行业集中度较高，主要分为自用和商用两种，**1）自用厂商**是将自研芯片用于自研的交换机产品中而不对外出售，根据盛科通信招股说明书，**2020年**我国自研以太网交换芯片市场中，华为和思科占据主要份额，市占率分别为**88%/11%**。**2）商用方面**，**2020年**我国商用以太网交换芯片市场中，博通、美满、瑞昱排名前三，市占率分别为**62%/20%/16%**，而我国厂商目前能参与的较少，其中盛科通信以**2%**的市占率在整个市场中排名第四，在本土厂商中排名第一。

图表：交换机成本构成（%，截至2024年3月8日）



图表：2020年中国商用以太网交换芯片行业格局（%）



以太网PHY芯片：市场集中度较高，目前仍由海外巨头主导

- **以太网传输的基础，应用场景广泛：**PHY芯片主要负责处理以太网交换机中的物理层信号，是以太网传输的基石，只要是需要以太网通信的终端设备都可应用PHY芯片，因此PHY芯片广泛应用于通信、汽车电子、消费电子、工控等各行业领域。一方面，通信网络技术不断升级要求以太网设备带宽随之升级；另一方面，AI和物联网的快速发展，带来大量终端设备联网需求和海量数据处理需求，推动以太网端口性能持续提升，以太网物理层芯片前景广阔。
- **物理层国内外市场都以海外巨头为主，行业集中度高：**根据裕太微招股书，2020年全球以太网物理芯片市场中，博通、美满、瑞昱等国际厂商市场份额稳居前列，CR5约为91%；从中国大陆市场来看，2020年瑞昱、博通、美满市占率位居前三，CR5约为81%，本土厂商参与较少，其中，裕太微是中国大陆极少数拥有自主知识产权并实现规模销售的以太网物理芯片供应商。

图表：2020年全球以太网PHY芯片市场格局（%）

企业名称	国家/地区	市场份额
博通	美国	28.0%
美满电子	美国	22.3%
瑞昱	中国台湾	19.0%
德州仪器	美国	13.5%
高通	美国	8.2%
微芯	美国	5.8%
其他	-	3.2%

图表：2020年中国大陆以太网PHY芯片市场格局（%）

企业名称	国家/地区	市场份额
瑞昱	中国台湾	28.6%
博通	美国	23.4%
美满电子	美国	17.7%
德州仪器	美国	10.8%
高通	美国	6.7%
微芯	美国	5.1%
其他	-	7.7%

数据来源：裕太微招股书，长城证券产业金融研究院

二、运载力篇章

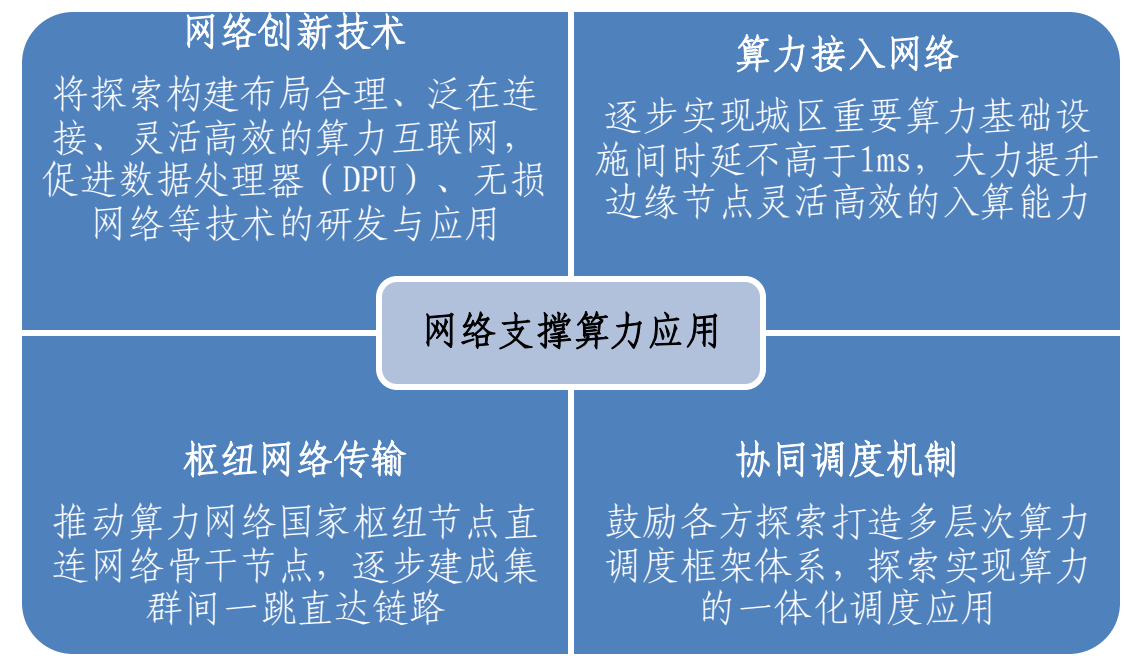
▣ 运载力概念与发展指标

运载力（NetworkPower，NP）是算力基础设施中的一部分，是算力设施数据传输能力的表现，是包含网络架构、网络带宽、传输时延、智能化管理与调度等在内的综合能力。

运载力能够在数据中心内部和数据中心之间进行数据的网络传输，运载力是否高效是衡量网络传输调度能力高低的一个综合指标。

2023年10月，工业和信息化部、中央网信办等6部门联合印发《算力基础设施高质量发展行动计划》，从计算力、运载力、存储力以及应用赋能四个方面提出了到2025年发展量化指标。其中，运载力方面，国家枢纽节点数据中心集群间基本实现不高于理论时延**1.5倍**的直连网络传输，重点应用场所光传送网（OTN）覆盖率达到**80%**，骨干网、城域网全面支持**IPv6**，**SRv6**等新技术使用占比达到**40%**。

图：提升算力高效运载能力



图：运载力基础设施高质量发展指标

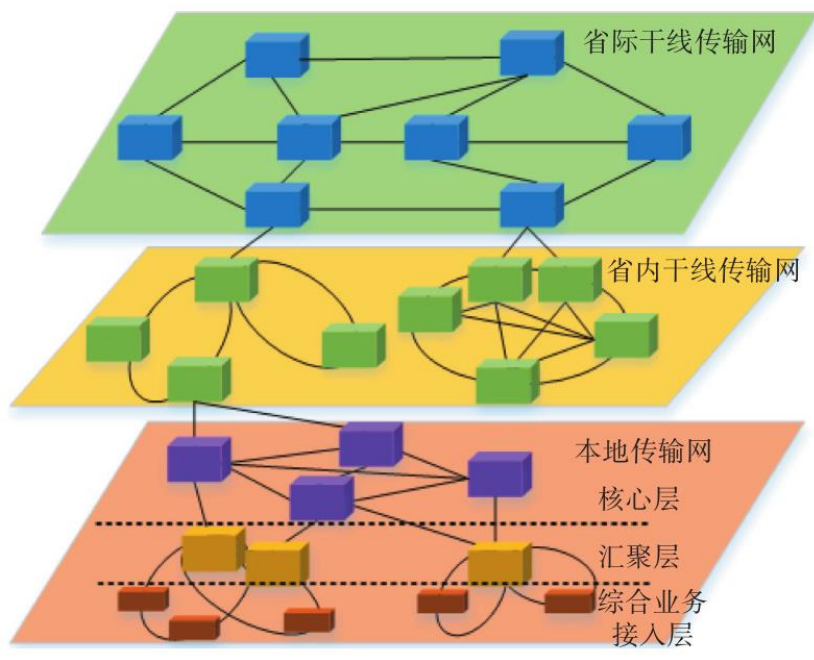
指标	2023年	2024年	2025年
重点应用场所光传送网（OTN）覆盖率（%）	60	65	80
SRv6 等创新技术使用占比（%）	20	30	40
国家枢纽节点数据中心集群间网络时延达标率（%）	65	75	80

运载力产业图谱

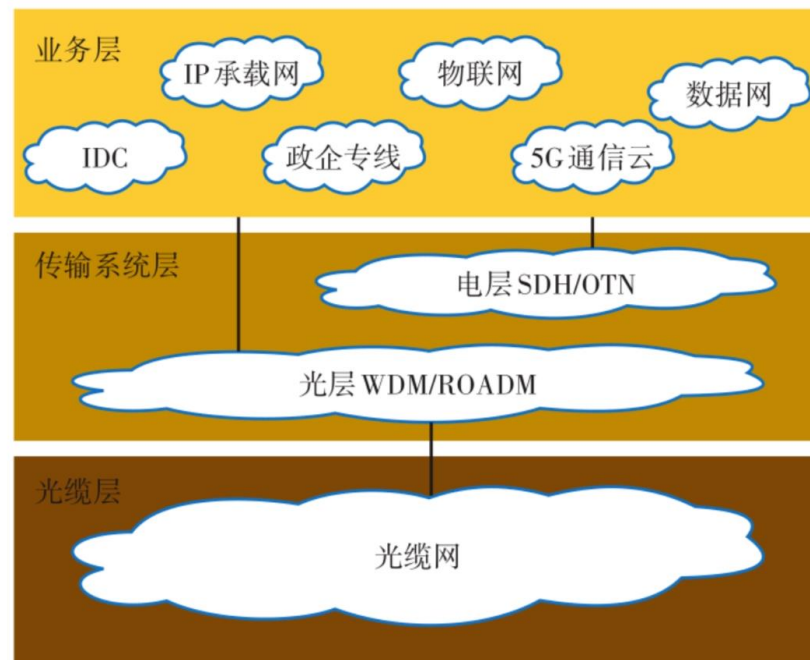
上游	硬件			CPU	GPU	光器件		射频器件					
				Intel、AMD、中兴微电子、ARM、英伟达		天孚通信、光迅科技、中际旭创、华工正源							
	软件			数据库		操作系统	中间件						
				微软、AWS、谷歌		谷歌、微软、苹果		东方通、中创、宝兰德					
	ICT基础设施	IT设备	存储设备			网络安全设备							
			三星、美光、SK海力士										
		接入网设备	4G LTE			5G RAN							
			BBU（基带处理单元）			CU（Centralized Unit，集中单元）							
			RRU（射频拉远单元）			DU（Distribute Unit，分布单元）							
			天馈系统			AAU（Active Antenna Unit，有源天线单元）							
		承载网相关设备	前传										
			光纤直驱		无源WDM/WDM-PON		有源设备（OTN/SPN/TSN）		微波				
			以光层为主										
			中传与回传										
			本地传输网						省内干线	省际干线			
			接入层		汇聚层		核心层						
			方案			SPN（Slicing Packet Network，切片分组网）		L0物理层		基于WDM技术		中国移动	
								L1链路层		基于FlexE技术			
								L2和L3的分组转发层		采用SDN控制的SR-TP（MPLS-TP和SR结合）组网			
						M-OTN（Mobile-optimized OTN）		分段路由（SR）		以太网虚拟专用网络（EVPN）		中国电信	
								IPRAN2.0					中国联通
			核心网设备	路由器		交换机		服务器					
				华为、新华三、迈普技术		II-VI、Lumentum、旭创科技		浪潮信息、新华三、超聚变、航天信息、曙光信息、烽火通信					
		其他硬件设备				电源设备		空调系统		摄像头		传感器	
		中游			AI计算	云计算	算力安全		IDC服务		网络设备		边缘计算
	下游			互联网	政府	教育		电信业		服务业		制造业	金融业

- 数据通过通信网进行传输。通信网包括交换网、传输网与支撑网。传输网是用作传送通道的网络，是一般架构在交换网和支撑网之下用来提供信号传送和转换的网络，属于上述各网络的基础网。
- 传输网形成了省际干线、省内干线、本地传输网三级架构，本地网又分为核心层、汇聚层、综合业务接入层，层级间通过1-2个节点衔接。按逻辑分层看，每一层级可分为光缆层、传输系统层、业务层，传输系统层包括光层和电层。

图：传输网架构分层



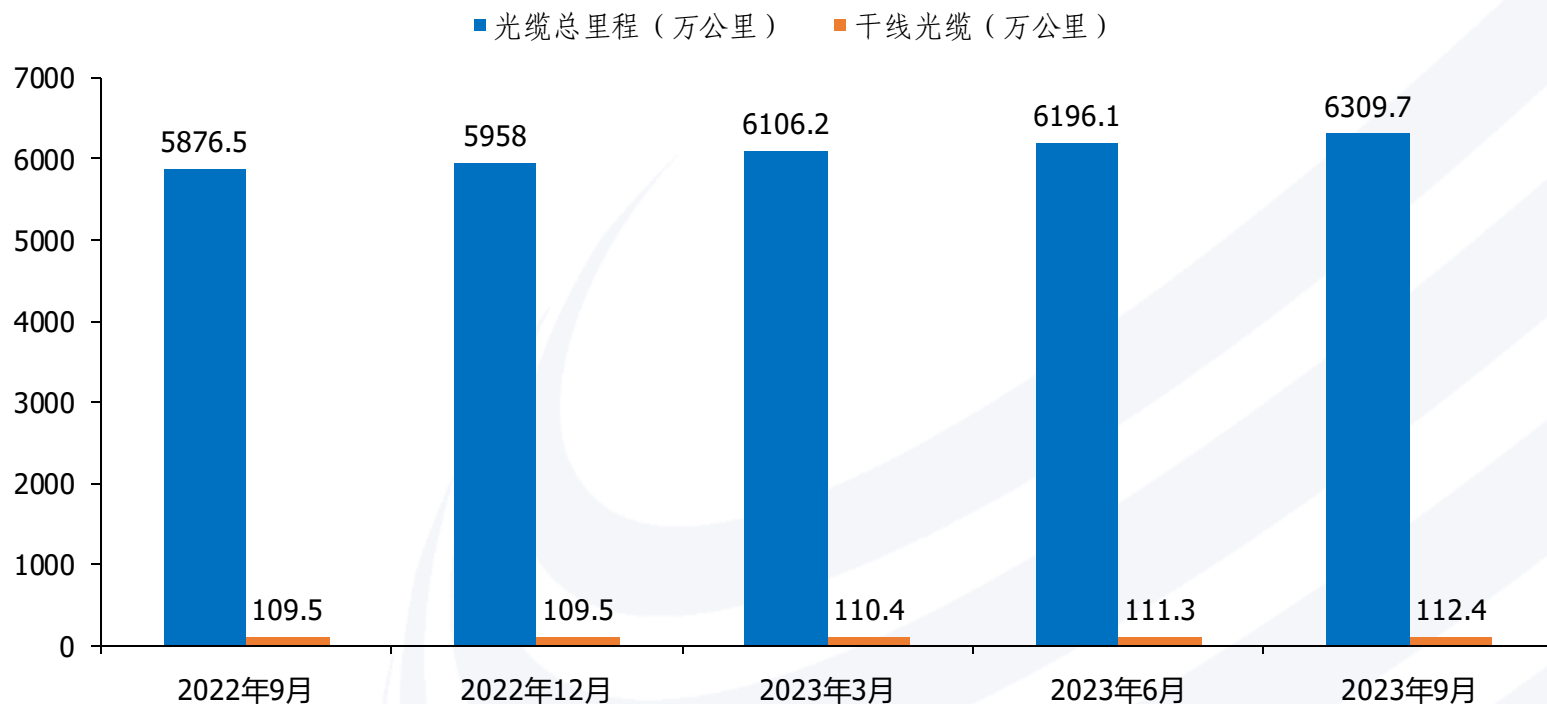
图：传输网承载逻辑分层



传输网建设稳步推进

- 我国光缆线路总长度持续增加,截至**2023年9月底**,我国光缆线路总长度达到**6309.7**万公里,同比增长**7.4%**。其中,干线光缆达到**112.4**万公里,同比提升**2.6%**。
- 干线光缆加速更新换代,新型超低损耗光纤部署规模逐步扩大, **G.654.E**光纤部署规模达到**3**万皮长公里。
- 骨干传输网络持续扩容, **200G**传输系统规模部署, **400G**超高速、超大容量传输系统在部分骨干场景部署。

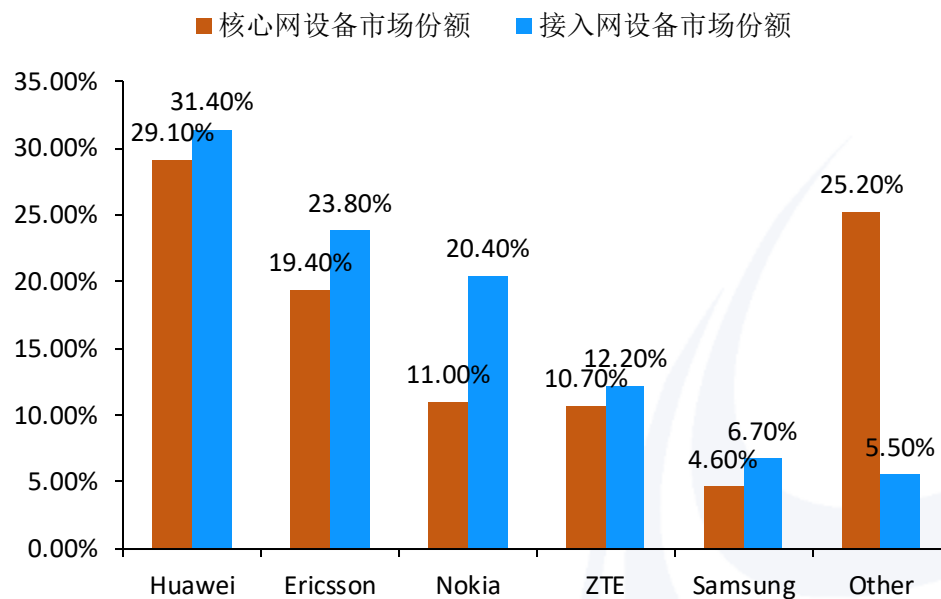
图：我国光缆总里程及干线里程



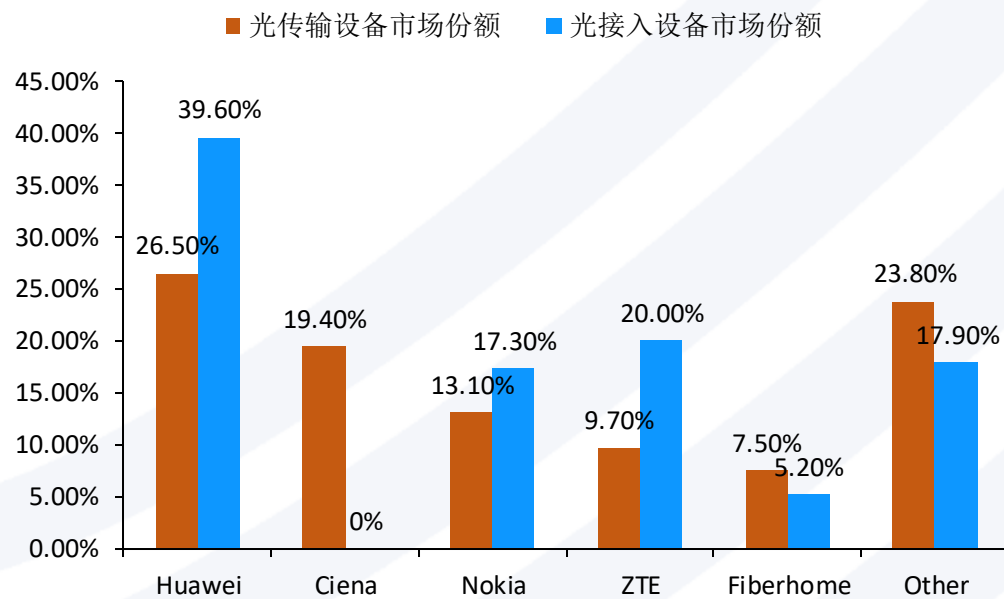
产业基础日益夯实

- 通信设备市场份额全球居前,2023年上半年,我国厂商的移动接入网设备、移动核心网设备的全球市场份额分别达到**43.6%**和**39.8%**。
- 2023年上半年,光传输设备、光接入设备的全球市场份额分别达到**43.7%**和**64.8%**。

图：2023年上半年主要移动通信设备商的全球市场份额



图：2023年上半年主要光通信设备商的全球市场份额



数据来源：中国信通院，长城证券产业金融研究院

政策支持力度加大

政策持续发力推动算力基础设施发展，各部门各地区协同发力，未来政策环境保持良好。

表：运载力近两年相关政策

发布时间	主要内容	政策文件
2022年10月	优化基础设施布局、结构、功能和系统集成,构建现代化基础设施体系。加快5G网络、数据中心、人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设,形成万物互联、人机交互、天地一体的网络空间	《党的二十大报告》
2022年12月	建设高速泛在、天地一体、集成互联、安全高效的信息基础设施,增强数据感知、传输、存储、运算能力	《扩大内需战略规划纲要(2022-2035年)》
2023年2月	“打通数字基础设施大动脉”,围绕5G网络与千兆光网协同建设、IPv6规模部署和应用、移动物联网全面发展、算力基础设施布局优化等作出进一步部署	《数字中国建设整体布局规划》
2023年10月	着力提升算力综合供给能力、运力高效承载能力和存力灵活保障能力,持续增强算力赋能成效	《算力基础设施高质量发展行动计划》

算力运载力未来前景向好

当前传输网建设稳步推进，产业基础日益夯实，叠加政策支持力度加大，预测未来传输网将加快发展，算力运载力未来前景向好。

- 传送网从**200G**向**400G**及更大容量扩容。
- 随着海量数据稳定传输、算力跨区域调度等需求增长,传送网持续向更高速率、更大容量、更长距离演进。截至2023年底，单波容量**400G**短距离传输已经逐步成熟,预计2024年将实现长距离传输规模商用。单波容量**800G**标准即将发布,预计在2025年开启短距离传输试点应用。

运载力支撑来源因素一：基站天线

■ 基站天线是将线上传播的导行波和空间辐射电磁波相互转换的转化器，是充当发射信号或接收信号的中间组件。基站天线按照指向可分为全向天线和定向天线；按照极化特性可分为单极化天线和双极化天线。

- 而随着4G和5G时代的到来，BBU和RRH分离，Massive MIMO技术的引入，总的来说，基站天线的发展出现了三个趋势：
- 无源天线向有源天线发展
 - 光纤替代馈线
 - RRH和天线部分集成

图表：基站天线分类情况

分类方式	分类	相关介绍
指向	全向天线	又称无方向天线，指通过减少垂直方向的增益来实现在水平方向上360°均匀辐射，且在水平方向上每个角度信号强度均相等的天线。在水平方向覆盖范围大，但在垂直方向覆盖范围小，信号较定向天线弱，在遮挡物多的区域，全向天线可能无法实现全方位的有效覆盖，一般多适用于室内信号传输，如吸顶式全向天线和挂壁式全向天线。
	定向天线	又称指向性天线，是用于向特定方向发射和接收电磁波信号的天线，由于定向天线信号凝聚力强，其覆盖范围要小于全向天线，但传输距离更远。定向天线波瓣宽度一般有60°、90°和120°三种，并分别对应不同的扇区。定向天线一般安装在室外，用于解决长距离通信需求，如高速公路。
极化特性	单极化天线	电场传播方向单一，可垂直于地面或水平于地面。通常有两根天线，一根用于发射和接受电磁波，另一根只用于接受电磁波。需要两根天线才能实现电磁波的分级接收，因此需要更多的安装空间，日常维护方面开销也更大。性价比不如双极化天线高，且选址和安装都更繁琐，仅在双极化天线难以使用的场景使用，如在农村或郊区，选择单极化天线可获得较好的空间分集能力。
	双极化天线	双极化天线指+45°和-45°两副极化方向相互正交组合的天线。不同于单极化天线，双极化天线的一根天线即可完成分集接收，且双极化天线的极化正交性可保证两幅天线之间有足够的隔离度，因此安装空间更小，更适用于城市市区使用。但使用双极化天线获得的增益不如使用单极化天线时稳定。

■ 面临不断增长的流量需求，提升网络容量，天线技术是关键。由于容量大小受限于SINR，通过天线技术来提升SINR，就必须最小化扇区间干扰，最大化集中化天线辐射能量。同时射频拉远一步步接近天线，最终实现射频部分和天线融合。

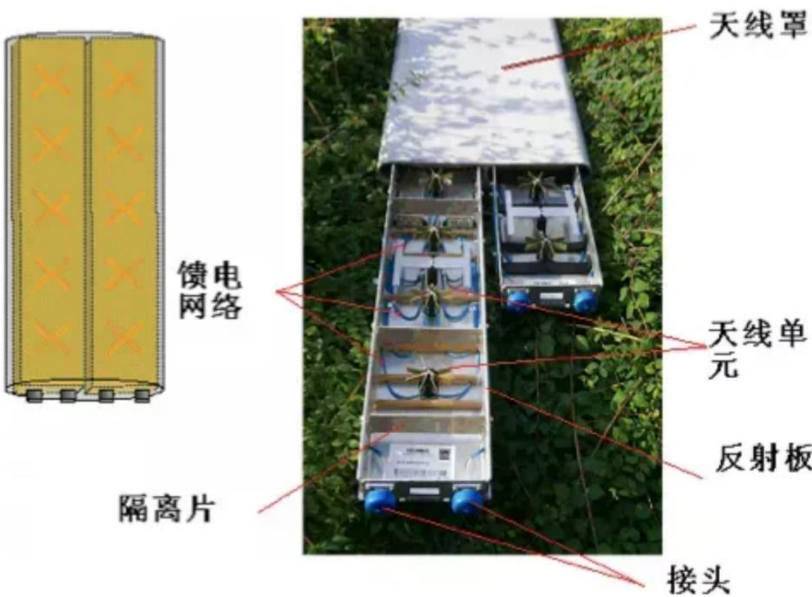
图表：基站天线技术指标

基站天线电压驻波比（VSWR）	VSWR在移动通信蜂窝系统的基站天线中，其最大值应小于或等于1.5:1。
增益(G)	通常增益用分贝表示，dBi（相对于无方向性Isotropic（各向同性天线），若用半波振子Dipole作为参考天线，G的单位为dBd，0dBd=2.15dBi。
半功率波束宽度(HPBW)	通常用垂直面内半功率波束宽度和水平面内半功率波束宽度，HPBW在工作频段内应给出范围值，如65°±6°。
前后比(F/B)	前后比是衡量天线后向波束抑制能力的重要指标，基站天线前后比指天线的后向180°±30°以内的副瓣电平与最大波束电平之差，用正值表示，单位为dB。该指标与天线增益及类型有关，大约在18-45dB范围。
端口隔离	多端口天线，如双极化天线、双频段双极化天线、双频双工双极化天线，收发公用时，端口之间的隔离度应大于30dB。
极化	极化是指天线辐射的电场矢量在空间的取向，基站天线通常使用线极化。以大地为基准面，电场矢量垂直于地面为垂直极化（VP），平行于地面为水平极化（HP）。在双极化天线中，通常使用+45°和-45°正交双极化。
功率容量	指平均功率容量，天线包括匹配、平衡、移相等其它耦合装置。其所承受的功率是有限的，考虑到基站天线的实际最大输入功率。
零点填充	基站天线垂直面内采用赋形波束设计时，为了使业务区内的辐射电平更均匀，下副瓣第一零点需要填充，不能有明显的零深。通常零深相对于主波束大于-20dB即表示天线有零点填充，对于大区制基站天线无这一要求。
上副瓣抑制	对于小区制蜂窝系统，为了提高频率复用能力，减少对邻区的同频干扰，基站天线波束赋形时应尽可能降低那些瞄准干扰区的副瓣，提高D/U值，上第一副瓣电平应小于-18dB，对于大区制基站天线无这一要求。
双频双极化天线	双极化基站天线设计时将两个频段天线融合在一起构成的新型天线。如：GSM/DCS、GSM/WCDMA、DCS/WCDMA等。

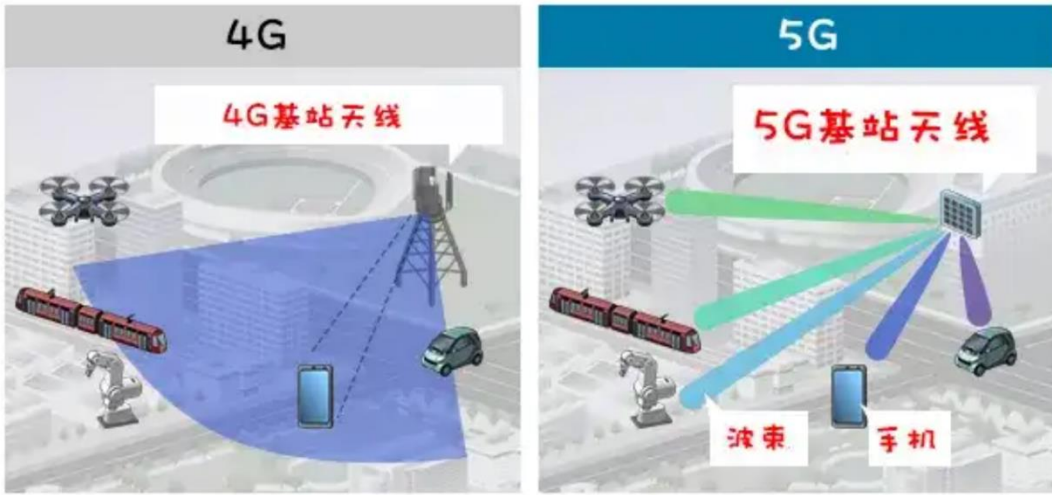
基站天线结构图

- ❑ 天线主要由四部分组成：辐射单元（天线单元）、反射板（底板）、功率分配网络（馈电网络）和封装防护（天线罩）。对于定向天线，辐射单元固定在反射板上，反射板把辐射控制到单侧方向，将平面反射板放在阵列的一边构成扇形区覆盖天线。
- ❑ 从2G到4G，移动基站天线经历了全向天线、定向单极化天线、定向双极化天线、电调单极化天线、电调双极化天线、双频电调双极化到多频双极化天线，以及MIMO天线、有源天线等过程。进入5G时代，随着Massive MIMO技术规模引入，天线的工作模式也发生了变化。

图表：基站天线结构图



图表：4G和5G的天线辐射模型对比



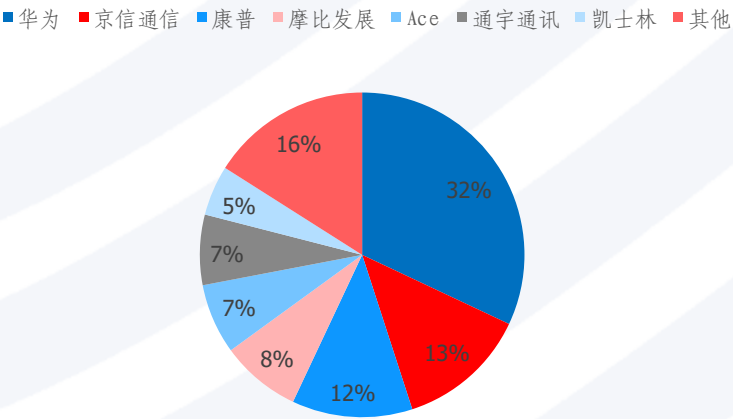
5G基站天线迅速占据市场，高竞争度助力行业发展

- 据智研产业研究院数据，2022年我国基站天线市场规模增长至116亿元，其中4G及其他天线规模从25.29亿元，占比21.8%；5G基站天线市场规模90.71亿元，占比78.2%。
- 同时，我国基站天线产量呈现出显著的波动特性，这主要是由国内通信基站建设进程以及海外市场订单需求变化所共同驱动。据《中国基站天线行业市场前瞻与投资战略规划分析报告》，以2019年为例，随着国内4G基站建设项目的大量实施和推进，对基站天线的需求大幅增加，当年国内基站天线产量跃升至729.1万套的历史高位。然而，在随后的几年中，产量数据有所调整。到了2022年，中国基站天线生产总量大约为657.8万套，相较于2021年增长了310.5万套，而市场需求量约为525万套，同比增长率高达90%。尽管在不同年份间产量有起伏变化，但整体来看，我国基站天线行业的供需关系仍然维持在一个相对均衡的状态。
- 我国通信产业经过几十年的发展，取得了长足的进步。据智研产业研究院，我国基站天线也由网络建设初期国外全部垄断，发展到基本国产，基站天线产业面临着过度竞争的局面。行业内厂商众多，竞争激烈，基站天线领域主要的厂商包括华为、京信通信、康普、摩比、通宇通讯、凯士林、安费诺、安弗施等。

图表：2014年-2022年我国基站天线市场规模及预测



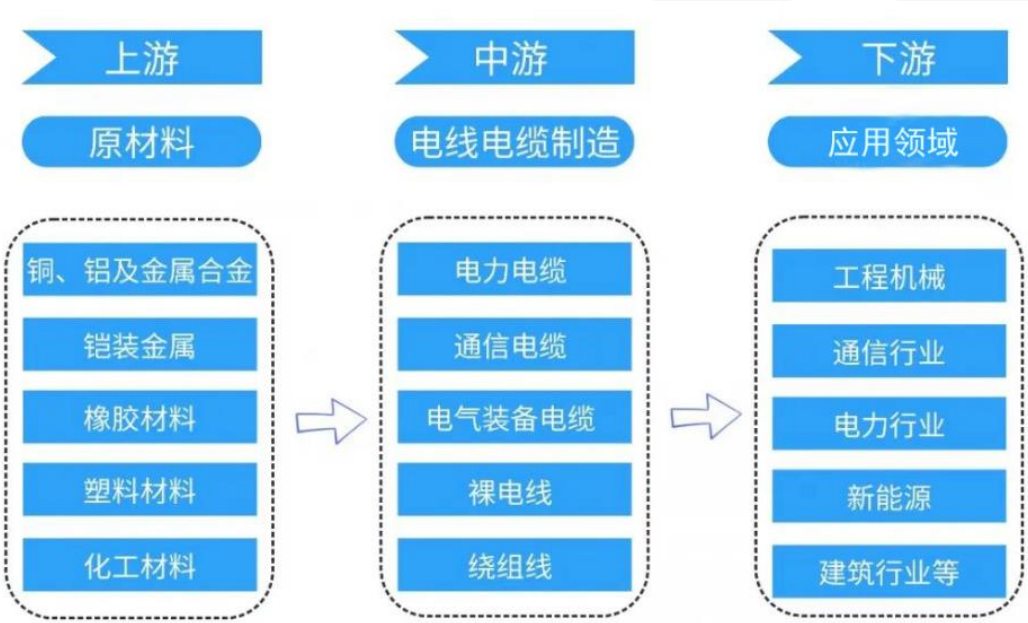
图表：2022年全球基站天线市场格局



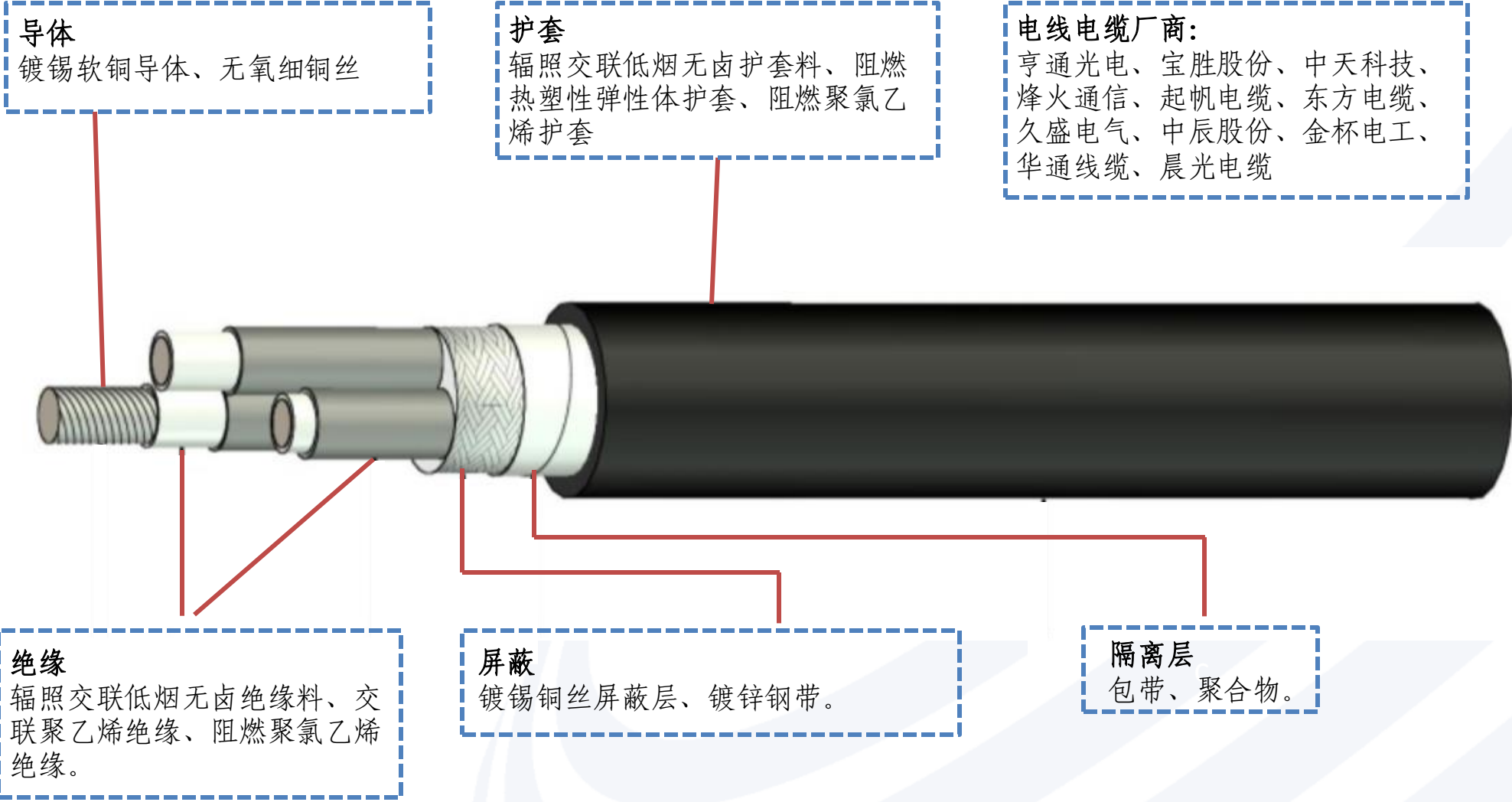
运载力支撑来源因素二：电线电缆

- ❑ 电线电缆主要有两种分类方式：
 - 根据结构和用途的不同：电线电缆可以分为裸线、电磁线及电机电器用绝缘电线、电力电缆、通信电缆与光缆等几大类。其中，裸线是没有绝缘层的电线，主要用于架空线路或者地下线路中；电磁线及电机电器用绝缘电线则主要用于电机、电器等设备的制作；电力电缆主要用于传输电能；通信电缆与光缆则主要用于传输信号。
 - 根据导体截面积的大小：电线电缆可以分为大电线和小电线两类。导体截面积大于6平方毫米的称为大电线，小于或等于6平方毫米的称为小电线。
- ❑ 电线电缆行业上游主要是提供电线电缆产品原材料及制造交联绝缘套、护套料的橡胶行业；中游即为各类型电线电缆制造企业；下游为电线电缆产品的需求方，主要包括电力行业、轨道交通、建筑行业 and 通信行业等。
- ❑ 碳纤维电缆的发展势头强劲，其铝截面积大、单位重量轻的特性使其有可能在未来替代传统钢芯铝绞线，用于110kv~220kv线路，提升传输能力并降低损耗，有助于电网扩容和节约成本。与此同时，高温超导技术因其价格相对较低、容量大、损耗低等优势，正受到国际关注，并在我国取得重大突破。
- ❑ 此外，铝稀土优化处理技术的推广将提升电工铝杆的性能，通过添加铝锆合金、改造燃煤炉等措施，降低成本并满足环保要求。环保型电线电缆的开发则成为行业的必然趋势，旨在减少生产过程中的有毒有害气体排放，满足市场对环保产品的需求。
- ❑ 在安装方面，电线电缆正朝着护套薄、截面小型化的方向发展，旨在提高便利性和降低成本，这需要行业在技术上持续创新。

图：电线电缆行业产业链结构图



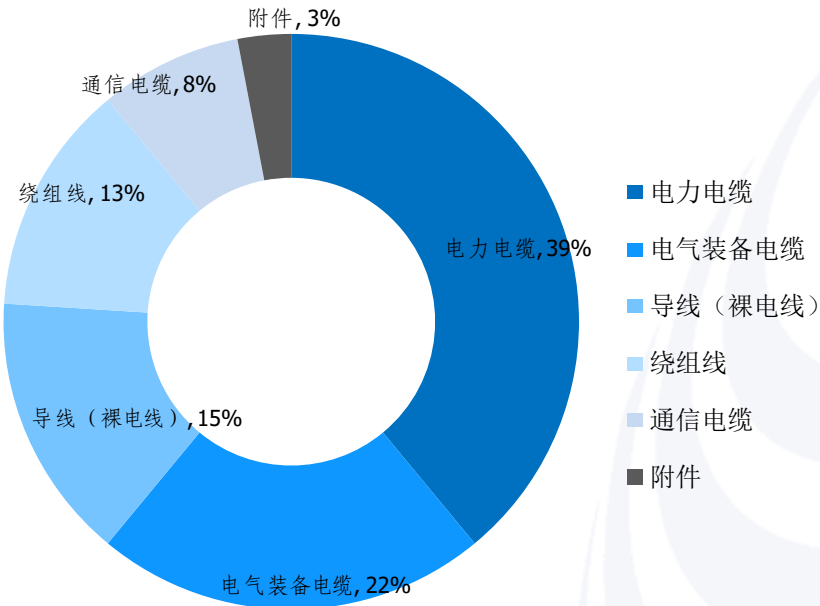
电线电缆结构图



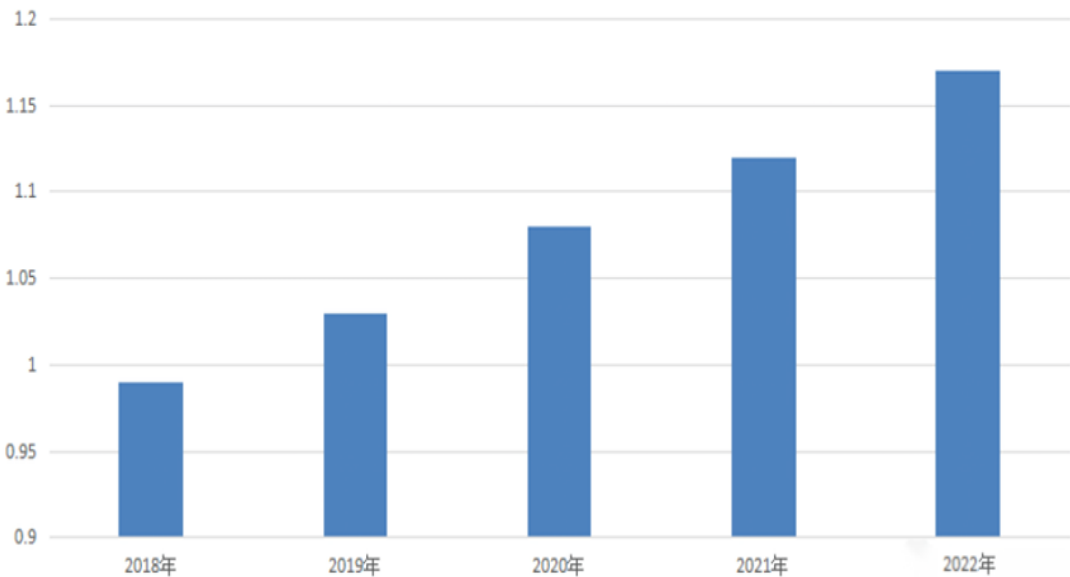
电线电缆市场规模展现出强劲增长趋势

- 在各类电线电缆中，电力电缆应用范围最为广泛，市场规模占比最大，高达**39%**；电气装备用电缆市场规模占比为**22%**，导线（裸电线）、绕组线、通信电缆、附件的占比依次为**15%**、**13%**、**8%**和**3%**。
- 自**2018**年以来，我国电线电缆行业市场规模呈现平稳上升态势，**2019**年突破万亿元，**2022**年达**1.17**万亿元，预计**2023**年市场规模将达到**1.20**万亿元。
- 长三角地区是我国最大的电线电缆生产基地，形成了数个以区域大型电缆企业为龙头的电线电缆企业集群，如以宝胜股份、上上电缆、智慧能源、亨通光电、中天科技、中辰电缆等为代表的江苏企业集群；以杭电股份、万马股份等为代表的浙江企业集群；以太平洋电缆为代表的安徽企业集群；以金龙羽、南洋电缆等企业为代表的珠三角产业集群。宜兴市是我国电线电缆产业最集中的区域之一，区域内配套成熟，企业技术水平、生产能力和市场开拓能力均处于全国领先水平。

图表：2023年中国电线电缆市场产品结构占比（%）



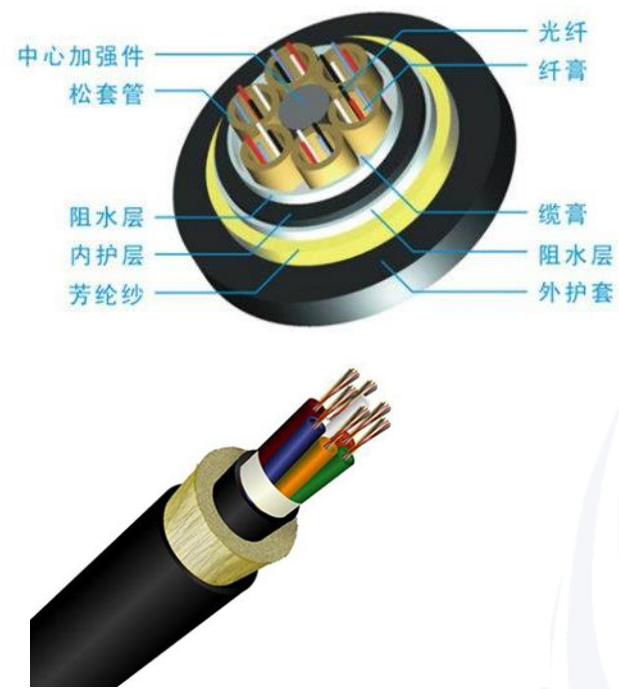
图表：2018-2022年中国电线电缆行业市场规模（万亿元）



运载力支撑来源因素三：光纤光缆

- 光纤光缆是一种通信电缆，由两个或多个玻璃或塑料光纤芯组成，这些光纤芯位于保护性的覆层内，由塑料PVC外部套管覆盖。沿内部光纤进行的信号传输一般使用红外线。
- 光纤光缆可分为突变型、渐变型、单模光纤、玻璃光纤、包层光纤、塑料光纤、被覆光纤。

图：光缆组成示意图



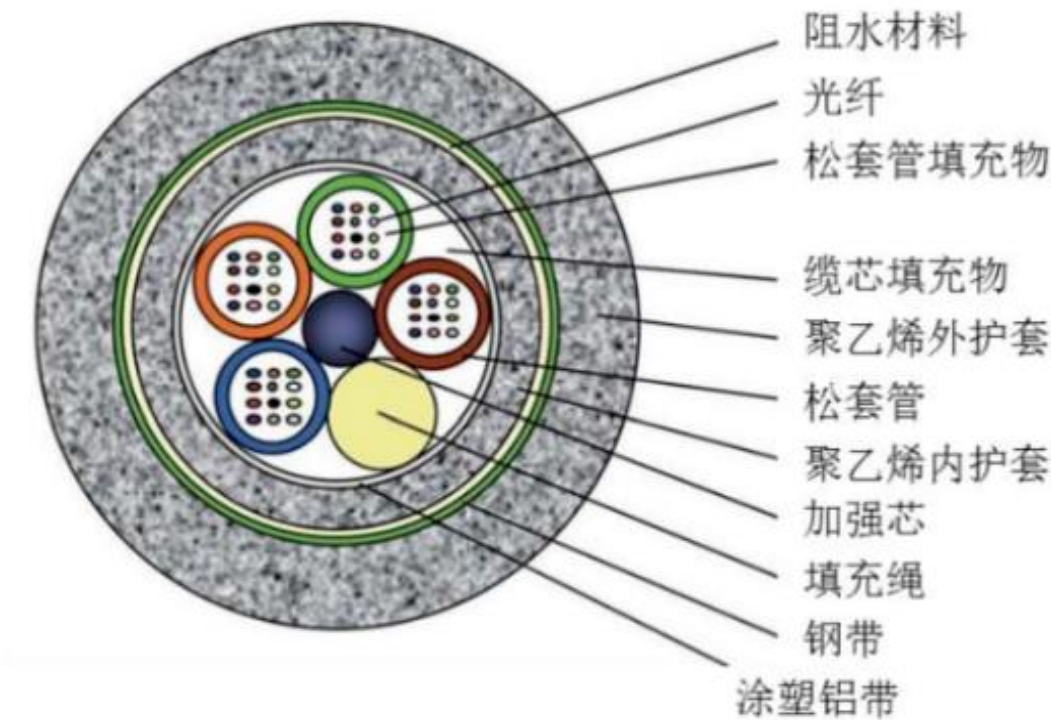
图表：光纤光缆分类及基本介绍

光纤光缆分类及基本介绍	
分类	基本介绍
突变型光纤	纤芯部分折射率不变，而在芯-包界面折射率突变。纤芯中光线轨迹呈锯齿形折线。这种光纤模间色散大，带宽只有几十兆赫每公里。常做成大芯径，大数值孔径(例如芯径为100微米，NA为0.30)光纤，以提高与光源的耦合效率，适用于短距离、小容量的通信系统。
渐变型光纤	纤芯折射率分布。纤芯中心折射率最高
单模光纤	当光纤的归一化频率 $v < 2.41$ 时，光纤中只允许单一模式(基模)传输，就成为单模光纤。这种光纤芯径和数值孔径很小，一般芯径只有数微米，因此连接耦合难度大。由于是单模传输，消除了模间色散，在波长1.3微米附近材料色散又趋近于零，因此带宽极大(可达数百吉赫·公里)。单模光纤被视为今后大容量长途干线通信的主要传输线。
玻璃光纤	组成光纤的玻璃成分以 SiO_2 为主，约占百分之几十，此外还含有碱金属、碱土金属、铅、硼等的氧化物。它的特点是熔点低(1400摄氏度以下)，可用传统的坩埚法拉丝，适于制做大芯径、大数值孔径光纤。这种光纤尚处于研制阶段，故应用不多。
包层光纤	这是一种以高纯石英作纤芯、塑料(如有机硅)作包层的突变型多模光纤。芯径和数值孔径较大，例如芯径大于200微米，NA大于0.3。这种光纤便于连接和耦合，适于短距离小容量系统使用。
塑料光纤	光纤材料主要是特制的高透明度的有机玻璃、聚苯乙烯等塑料，可做成突变型或渐变型多模光纤，光纤衰减已从初期的500~1000分贝/公里降低到数十分贝/公里，但仍须进一步降低。它的特点是柔软、加工方便、芯径和数值孔径大。
被覆光纤	裸光纤脆而易断，这是因为玻璃光纤表面总是存在随机分布的微裂纹，在潮气、尘埃和应力作用下迅速增殖而导致破坏。在光纤拉丝的同时立即涂覆一层塑料护层，制成一次被覆光纤，可保证光纤的高强度和长寿命。但为了进一步提高其耐压和抗弯折等机械性能，便于成缆和使用，往往在表面上再挤覆一层较厚的塑料层，这就是二次被覆光纤，也称被覆光纤。它的外径一般为1毫米左右。按照光纤在二次被覆护层中的松动状态，还可分为松包光纤和紧包光纤两类。

运载力支撑来源因素三：光纤光缆

- 光缆是由一定数量的光纤按照一定方式组成的通信线缆。光缆通常由缆芯和护套两部分组成。光纤是光缆的核心，决定着光缆的传输特性，护套通常由聚乙烯或聚氯乙烯和铝带或钢带组成，主要用于保护缆芯，具有良好的抗侧压力性能及密封防潮和耐腐蚀的能力。
- 光缆作为光纤光缆行业的最终产成品，一般直接销售给终端客户，例如中国移动、中国联通和中国电信等三大国有电信运营商，用于通信线路的建设。光缆敷设的通信网络按照范围大小一般可分为广域网、城域网和局域网等，按照线路连接区域一般可分为一级干线和二级干线等。

图表：光缆产品组成示意图

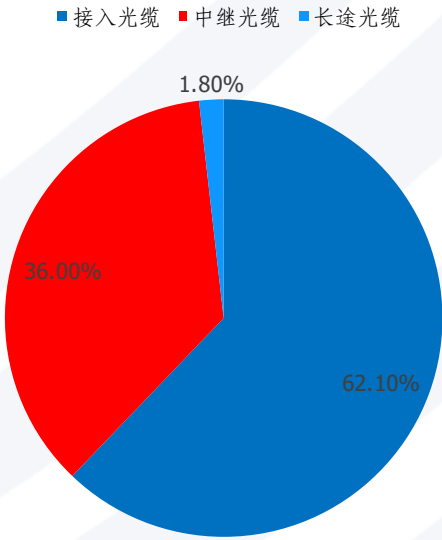


图表：中国光纤光缆重点企业业务布局情况

中国光纤光缆重点企业业务布局情况	
企业名称	业务布局
长飞光纤	公司专注于通信行业，是全球领先的光纤预制棒、光纤、光缆以及数据通信相关产品的研发创新与生产制造企业，并形成了棒纤缆、综合布线、光模块等光通信相关产品与服务一体化的完整产业链及多元化和国际化的业务模式。
中天科技	公司具备完整光纤光缆产业链，有以特种预制棒、光纤、光缆、ODN、25/100G高速光模块、10GPON 等为核心的承载网群。
亨通光电	公司生产超低损耗光纤、激光光纤、多模光纤等多种光纤产品，并且掌握多种海底光缆建设核心技术。
富通信息	公司专注于光通信领域的发展，已逐步形成了“棒材-光棒-光纤-光缆”的光通信全产业链优势。公司是国内主要的光纤预制棒、光纤和光缆专业供应商，产品服务于国家信息化网络建设，广泛应用于骨干信息网、城域网、接入网、基站、室内分布等领域，开发多种系列的特种光纤和特种光缆产品。
通光线缆	公司主要产品有高频用通信电缆、航空航天用耐高温电缆、特种光电缆、光电连接器、光电电缆组件、EWIS布线设计及综合线束产品。产品涵盖了电子、航空、航天、兵器、船舶及民用通讯领域。
华脉科技	公司开发面向高速光通信网络的超低损耗光纤光缆，系统性能提高，成本降低，在高速光通信干线系统中得到大规模应用。室内外微族型光缆可大大，节约空间资源，适用于资源紧张区域。FTTR超柔耐查折光缆项目、分体式悬垂线夹类产品在电力 光缆架设过程中应用广泛。
永鼎股份	公司立足光棒、光纤、光缆等网络基础通信产品，延伸至光芯片、光器件、光模块、光网络集成系统等全产业链，实现从芯到线到设备传输、到数据采集和应用的产业布局，并将数据采集和应用业务在保持运营商市场稳定发展的同时，向行业 ICT(信息通信技术)应用和数据安全应用领域拓展。
通鼎互联	公司以传统的光纤光缆业务为主，不断拓展产业链的上下游，通过多种方式完善产业链，构建基于一体化产业链的竞争优势。目前，公司在光纤光缆、光棒领域的一体化优势已基本形成，拥有光纤预制棒、光纤、光缆、通信电缆、电力电缆等通信线缆产业的全产业链产品的生产能力。

■ 运营商光纤光缆部署分为长途光缆、中继光缆和接入光缆三类。数据显示，2022年我国接入网光缆线路、本地网中继光缆线路和长途光缆线路长度分别达3702万公里、2146万公里和109.5万公里，占比分别为62.1%、36.0%、1.8%。

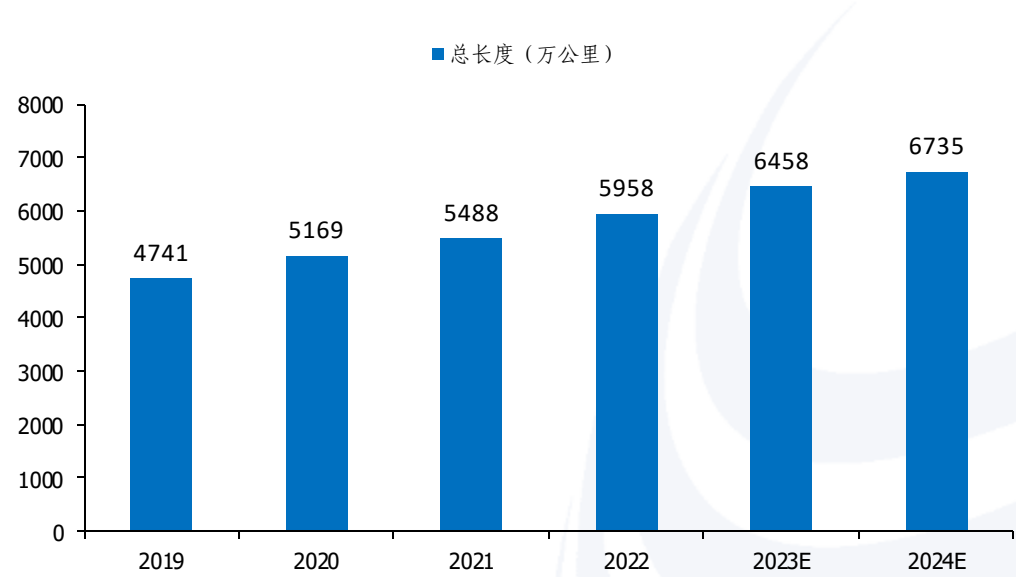
图表：2022年中国光缆线路市场占比情况（%）



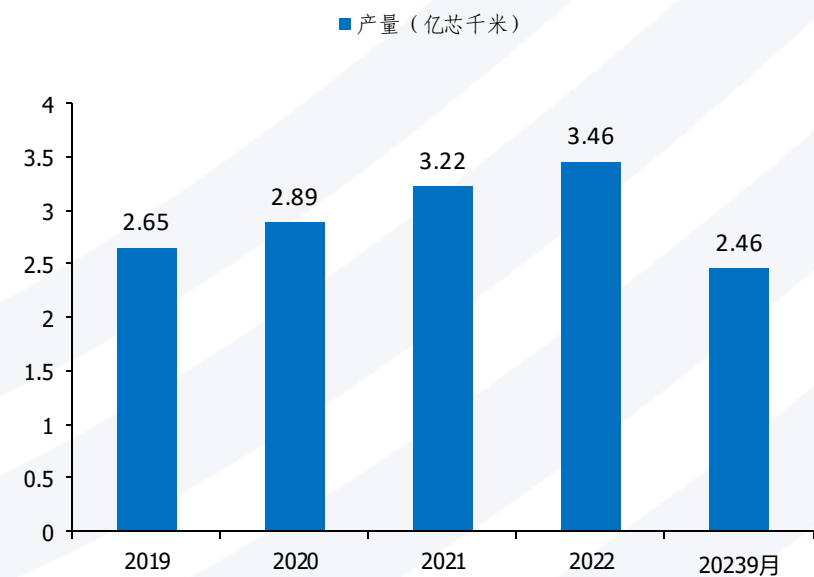
光纤光缆市场繁荣，众多技术升级共筑行业动力

- 光缆线路总长度不断提升。据中商产业研究院数据，2022年新建光缆线路长度477.2万公里，全国光缆线路总长度达5958万公里，同比增长8.6%。截至2023年9月末，全国光缆线路总长度达到6310万公里，比上年末净增351.7万公里。2023年全国光缆线路总长度将达6458万公里，2024年有望增至6735万公里。
- 同时，我国光缆产量呈现稳定上升的趋势。据中商产业研究院数据，产量由2019年的2.65亿芯千米增至2022年的3.46亿芯千米，年均复合增长率为9.2%。2023年1-9月，我国光缆累计产量达2.46亿芯千米。
- 据谈纤说缆公众号，光纤光缆存量市场主要包括：骨干网更替、演进和升级，FTTR, 信号升格，宽带边疆，双千兆。增量市场主要包括：东数细算，数据中心内部连接，数据中心间的互联、元宇宙、数字孪生、工业光总线、数据要素X，汽车光纤总线，人工智能对算力需求的增加。

图表：2019-2024中国光纤光缆线路总长度统计预测



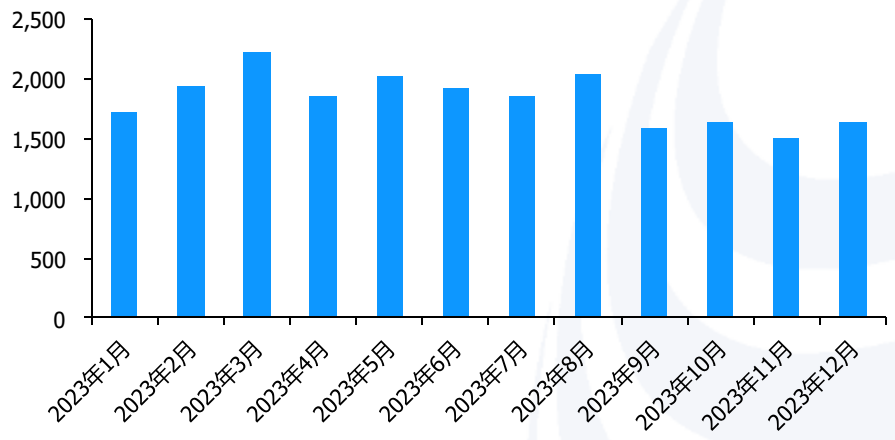
图表：2019-2023年9月中国光缆产量统计情况



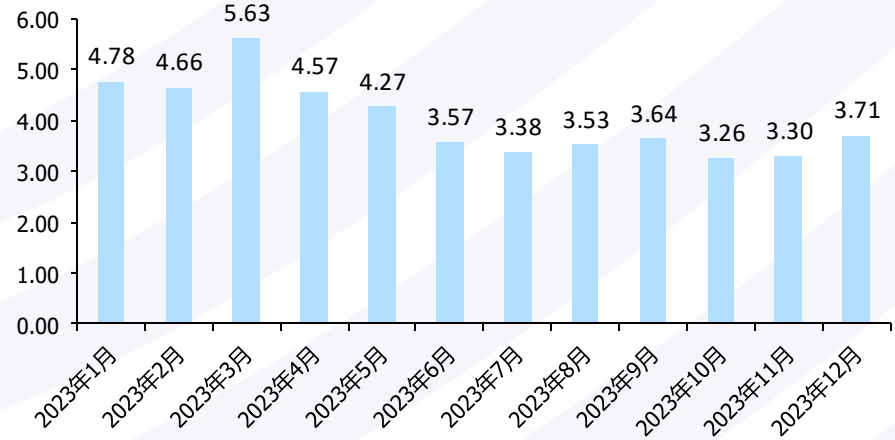
发展驱动力：固网宽带改造升级、5G基站部署、数据中心改造扩容和运营商需求回暖

- ❑ **固网宽带改造升级：**我国光纤渗透率接近饱和，但光纤从百兆升千兆仍有提升空间。
 - ❑ **5G基站部署：**据湖报资本数据，预计**2026年**，我国将新建成**538万个5G基站**。在**5G基站**顺利建成规模后，**5G小基站**的需求也将释放，填补**5G基站**无法覆盖的场景漏洞。**1个基站需要2-10个小基站**来实现扩容，乐观估计**5G小基站**市场规模能达到数千万量级。
 - ❑ **数据中心改造扩容：**国内数据中心机架数量持续增长，市场规模加速扩大；大型数据中心数据传输采用**AOC光模块**，进一步催化光纤光缆需求。到**2026年**，中国数据中心市场规模有望达到**3866亿元**，**CAGR**仍能保持在**26.7%**。
 - ❑ **运营商需求回暖：**2022年以来，受益于**5G**和千兆光网的加速发展，运营商招投标需求回暖，集采量价齐升，夯实需求端基础底座，推动光纤光缆行业景气度回升，加速市场繁荣。
- 量上看，据财联社数据，**2021-2022年**三大运营商中中国移动的集采规模最大，集采普通光缆规模达**447.05万皮长公里**，折合**1.432亿芯公里**，相比**2020年**提升**20%**，相比**2019年**提升了**36%**。

图表：2023年中国光纤光缆出口数量/吨



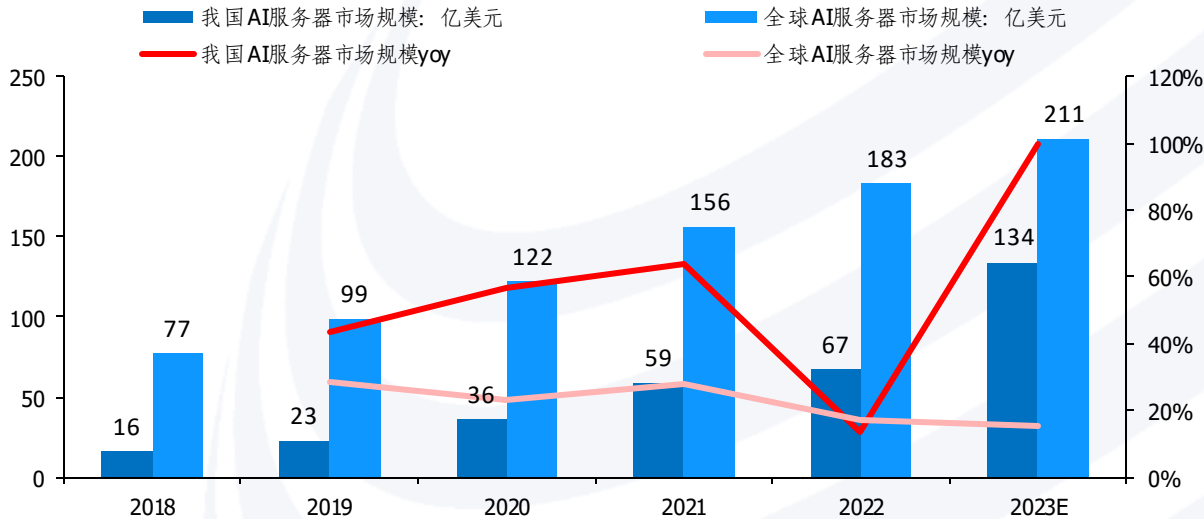
图表：2023年中国光纤光缆出口额/亿元



运载力基础设施之光模块：算力基础设施底座，高度受益AI发展起量

- ❑ 光模块（Optical Modules）作为光纤通信中的重要组成部分，是实现光信号传输过程中光电转换和电光转换功能的光电子器件。光模块工作在OSI模型的物理层，是光纤通信系统中的核心器件之一。它主要由光电子器件（光发射器、光接收器）、功能电路和光接口等部分组成，主要作用就是实现光纤通信中的光电转换和电光转换功能。
- ❑ 发送接口输入一定码率的电信号，经过内部的驱动芯片处理后由驱动半导体激光器（LD）或者发光二极管（LED）发射出相应速率的调制光信号，通过光纤传输后，接收接口再把光信号由光探测二极管转换成电信号，并经过前置放大器后输出相应码率的电信号。
- ❑ 光模块行业上游主要是光器件、光芯片、电芯片、PCB和结构件的制造商以及光模块封装及测试设备供应商；下游则主要是通信设备制造商，从简单的数字短信通讯逐渐发展至5G时代在AR/VR、车/物联网、元宇宙、工业智能化以及AI等领域丰富的拓展。
- ❑ AIGC发展带动AI服务器快速起量。据智研咨询, ChatGPT、文心一言等AIGC大模型带来计算资源需求快速增长，催生AI服务器需求增长，随着国内数字基础设施建设数据负载量的需求量不断上升，我国AI服务器市场保持较快增速。
- ❑ 根据IDC数据，2022年大陆AI服务器出货量达28.4万台，预计到2027年达到65万台，CAGR为17.9%，按金额计算，2022年大陆AI服务器销售额为67亿美元，预计到2027年销售额将达到163.99亿美元，CAGR为17.7%。
- ❑ 根据IDC数据，2021年全球AI服务器市场规模156亿美元，预计到2025年全球AI服务器市场将达到318亿美元，2125CAGR为19.5%。

图表：我国及全球AI服务器市场规模及预测（亿美元）



光模块结构图

激光器芯片

光迅科技、华工科技、海信宽带、云岭光电、福建中科、源杰科技

光发射组件:

天孚通信、博创科技、新易盛、海信宽带、拓光通信、储翰科技、Finisar

点对点光模块

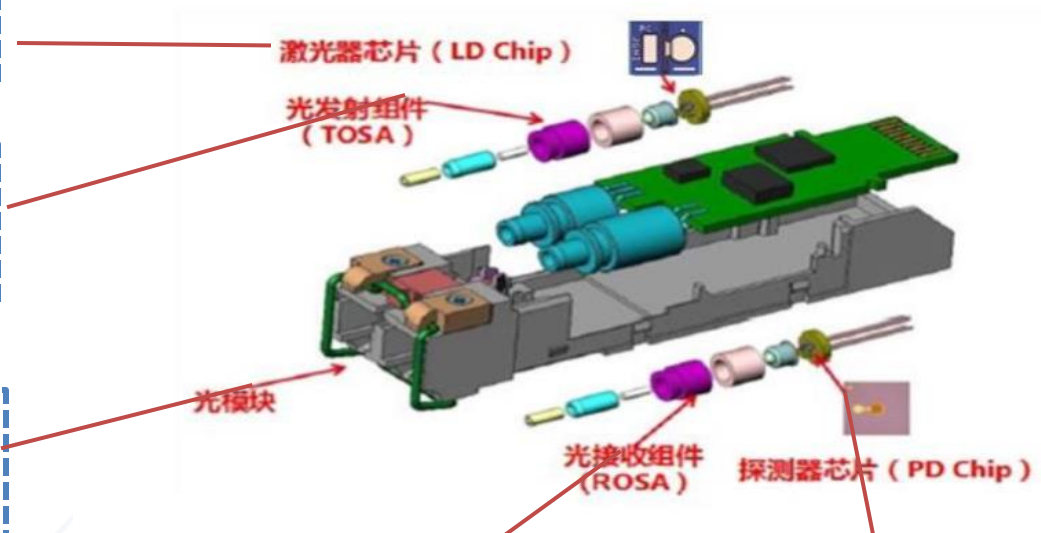
中际旭创、新易盛、光迅科技、华工科技、海信宽带、德邦立、联特科技、北亿纤遥、索尔思、易飞扬

点对多点光模块

光迅科技、新易盛、共进股份、海信宽带、易飞扬、索尔思

基础光组件

天孚通信、太辰光、潮州三环、日海智能、科信技术、威仪光通、惠富康、翔通光电、威迪光电、富士康、爱德曼



光接收组件

拓光通信、储翰科技、天孚通信、博创科技、海信宽带

探测器芯片

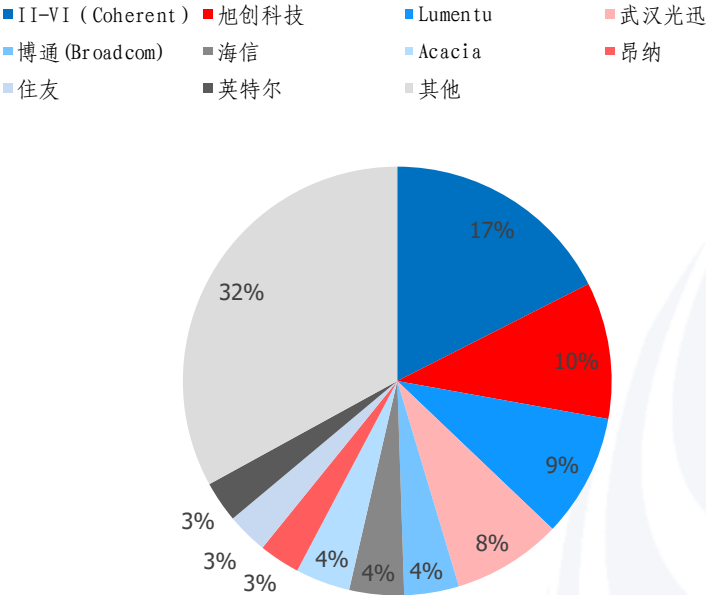
芯思杰、快灵光电、芯视界、聚芯微、三安光电、光特科技

光模块竞争格局：格局稳定，光模块国产化替代完成

■ 产能逐步东移，国内光模块厂商市场份额占据半壁江山

■ 国产厂商市场份额不断提升，光模块应用领域拓宽，光模块国产替代已基本完成。2016年，国内光模块厂商全球前十中只有三席，随着产能不断东移，国内光模块厂商市场份额实现快速突破。截止至2021年，旭创科技、光迅科技、海信宽带、昂纳信息市场份额排名全球前十，合计占据26%总份额。据Lightcounting 统计，2010 年全球十大光模块厂商中国内厂商仅有1家，2021年有5家国内光模块厂商跻身 TOP10。我国光模块龙头企业的全球市场竞争力突飞猛进，海外厂商逐渐趋于劣势地位，光模块国产替代已基本完成。

图：2021年全球光模块市场份额



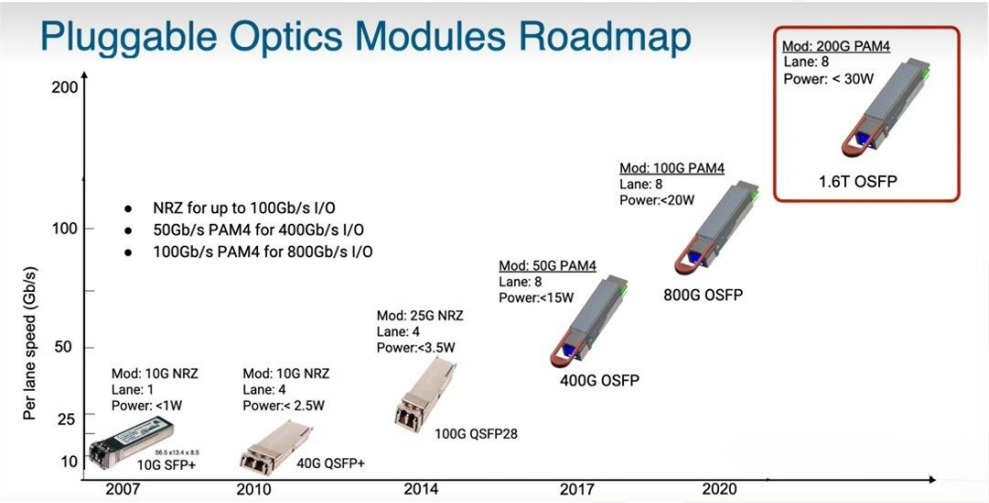
图表：2010-2021全球光模块TOP10企业（按销售额排名）

排名	2010	2016	2018	2019	2020	2021
1	Finisar	Finisar	Finisar	II-V (Finisar)	II-V (Finisar)	II-VI、Innolight (tie) (中际旭创)
2	Opnext	Hisense (海信宽带)	Innolight (中际旭创)	Lumentum/Oclaro	Innolight (中际旭创)	
3	Sumitomo	Accelink (光迅科技)	Hisense (海信宽带)	FOIT (Avago)	Hisense (海信宽带)	Huawei (HiSilicon) (华为海思)
4	Avago	Acacia	Accelink (光迅科技)	Accelink (光迅科技)	Accelink (光迅科技)	Cisco (Acacia)
5	Source Photonic	FOIT (Avago)	FOIT (Avago)	Innolight (中际旭创)	Cisco	Hisense (海信宽带)
6	Fujitsu	Oclaro	Lumentum/Oclaro	Sumitomo	Broadcom	Accelink (光迅科技)
7	JDSU	Innolight (中际旭创)	Acacia	Acacia	Intel	Broadcom
8	Emcore	Sumitomo	Intel	Hisense (海信宽带)	Lumentum	HGG (华工正源)
9	WTD (光迅科技)	Lumentum	A0i	NeoPhotonics	Eoptolink (新易盛)	Eoptolink (新易盛)
10	NeoPhotonics	Source Photonic	Sumitomo	HGG (华工正源)	HGG (华工正源)	Molex

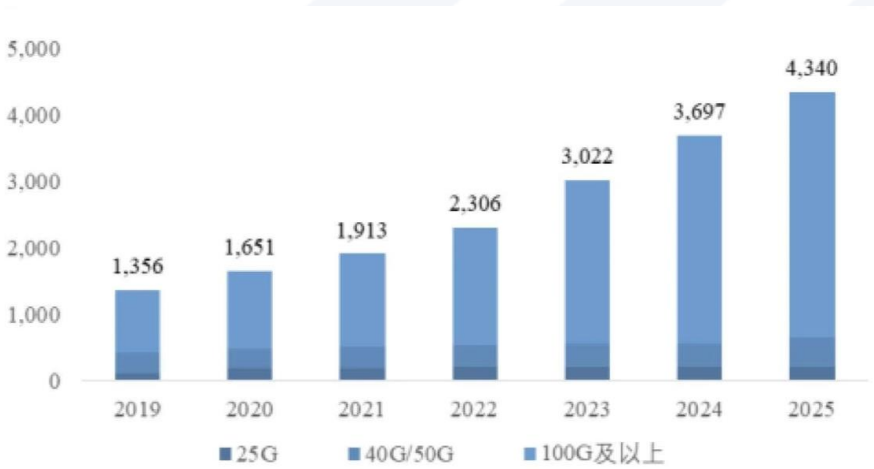
光模块技术：多种路线繁荣发展，1.6T产业进展加速

- 光模块技术演进方向:更小型化、更高速率、更低成本
- 数据中心侧:随着数据流量爆发与下游应用的丰富,带动高速光模块速率的持续升级,当前全球主要玩家800G进入导入验证及批量出货进程,1.6T产品不断前瞻研发中。
- 电信侧:随着“双千兆”网络建设持续推进,不断推动国内外10G PON光模块持续升级。此外,海外光纤到户渗透率较低,随着新一轮升级改造,海外PON模块有望加速发展。
- 产品向高速率升级,驱动多种技术路线变革
- 随着人工智能、物/车联网、工业互联网、AR/VR等新技术的逐步应用与产业化带来数据流量的快速增长,数据中心进一步向大型化、集中化转变,将带动高速率及中长距离光模块的快速发展。目前全球主要的云厂商已在数据中心内部批量部署200/400G光模块,随着AIGC发展趋势明朗,高算力需求催化更高速率的800G/1.6T光模块需求。
- 由于光模块速率升级过程中会带来功率损耗、信号失真等问题,以及速率提升中对光芯片性能提出了更高要求,进而导致整体成本提升,驱动更高速率光模块的多种技术演进。

图：光模块技术演进路线图



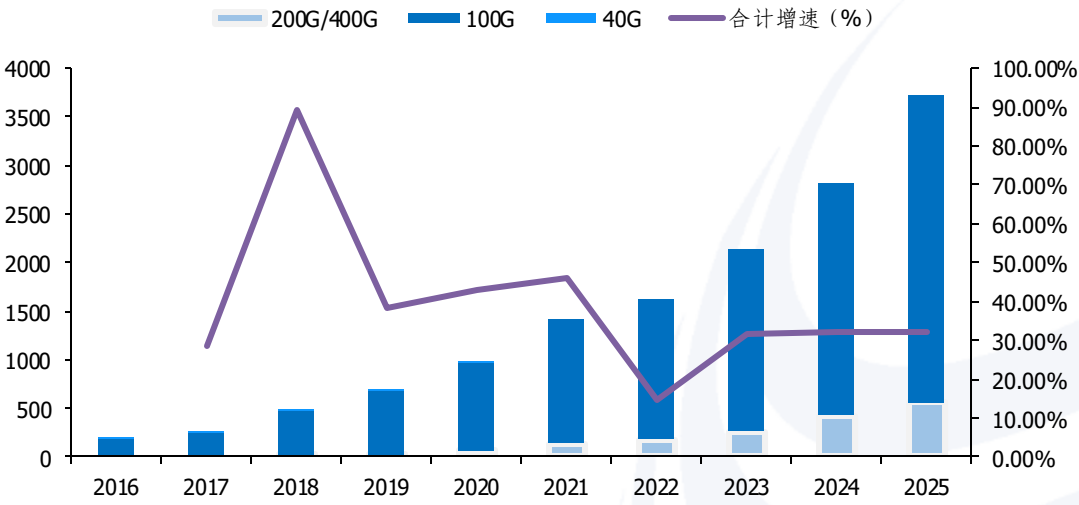
图表：高速率模块光芯片市场空间及预测 (百万美元)



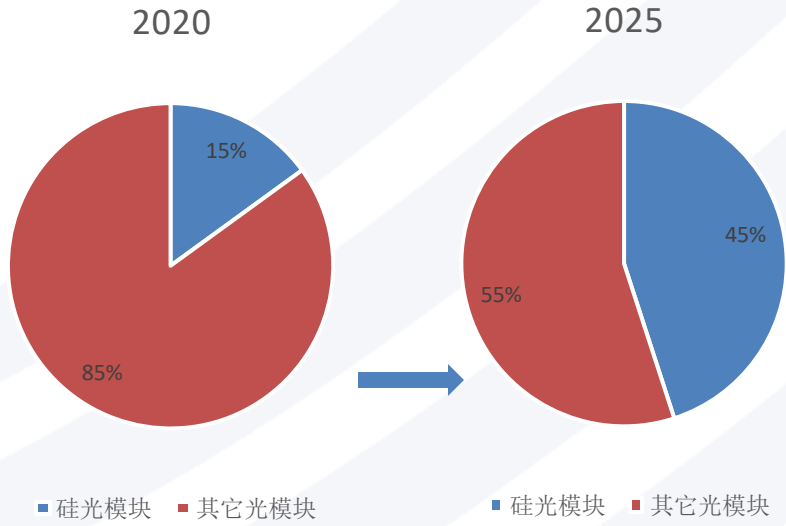
光模块技术：多种路线繁荣发展，1.6T产业进展加速

- 据华经产业研究院，目前超高速光通信调制器芯片与模块是应用于相干光传输的核心光器件，目前行业内光调制技术主要包括：基于硅光、磷化铟、铌酸锂材料平台的电光调制器，其中，硅光调制器主要是应用在短程的数据通信收发模块中，磷化铟调制器主要用在中距和长距光通信网络收发模块，铌酸锂电光调制器主要用在100Gbps以上直至1.2Tbps的长距骨干网相干通讯上。
- 铌酸锂调制器利用铌酸锂晶体的电光效应并结合光电子集成工艺制作而成，能够将电子数据转换为光子信息，是实现电光转换的核心元件。因其具有高响应速度，低插入损耗以及低半波电压被广泛应用在光纤通信，微波光子，光纤传感等领域。随着高速相干光传输技术不断从长途/干线下沉到区域/数据中心等领域，用于高速相干光通信的数字光调制器需求将持续增长，据华经产业研究院数据，2024年全球高速相干光调制器出货量将达到200万端，按照每个端口平均需要1~1.5个调制器，若薄膜铌酸锂调制器体渗透率可达50%，对应的市场空间约82-110亿元。

图表：2016-2025年硅光模块市场规模（十亿美元）



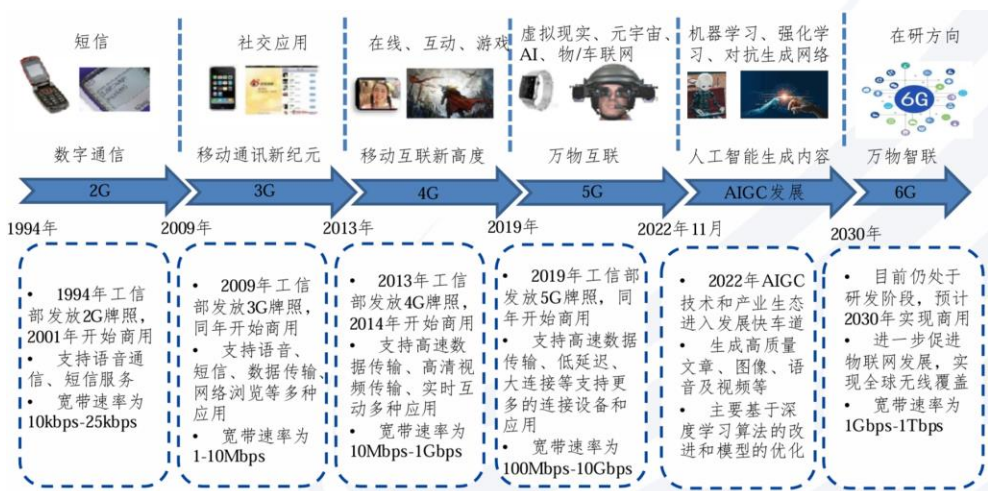
图表：2020-2025年硅光模块市场份额（%）



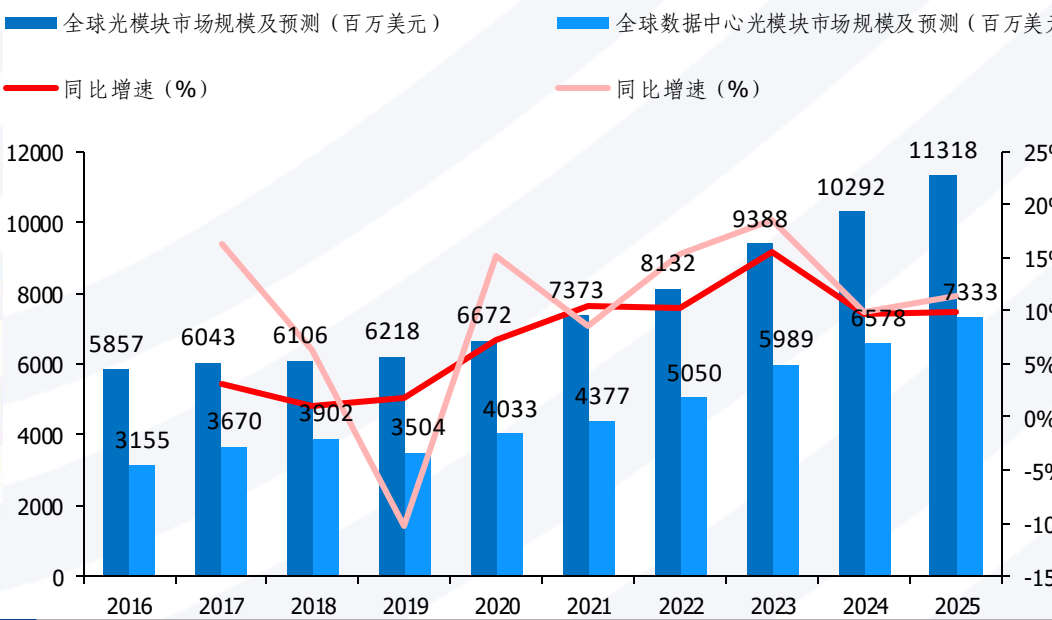
光模块核心驱动力：算力基础设施需求旺盛，下游应用繁荣反向驱动光模块持续发展

- 随着数据流量爆发，全球数据中心数量不断增加，光模块重要性持续凸显。随着终端业务的演进，数据中心需内部处理的数据流量远大于需向外传输的数据流量，使得数据处理复杂度不断提高。光通信技术在数据中心内的应用，极大地提高了数据中心的计算能力和数据交换能力。光模块是数据中心内部互连和数据中心相互连接的核心部件，根据LightCounting的数据，2021年全球数据中心光模块市场规模预计为43.8亿美元，2025年全球数据中心光模块市场规模预计将增长至73.3亿美元，2021至2025年复合增速达13.7%。
- 从2G至5G，下游应用从简单的数字短信通讯逐渐发展至5G时代在AR/VR、车/物联网、元宇宙、工业智能化以及AI等领域丰富的拓展；下游应用繁荣驱动流量不断升级催发光模块作为算力设施的持续增长。
- LightCounting统计，2016-2020年，全球光模块市场规模从58.6亿美元增长到66.7亿美元，预测2025年全球光模块市场将达到113亿美元，为2020年的1.7倍。

图：光模块技术演进路线图



图：全球光模块与数据中心光模块市场规模及预测(百万美元)



光模块：OFC 2024光通信产业盛会在美召开

□ 2024年3月26日至28日，OFC 2024在美国加州圣地亚哥会展中心召开，我国多家厂商推出1.6T、800G高速光通信方案：

- 中际旭创：现场演示1.6T-LPO-DR8 OSFP模块，产品采用自研硅光芯片和线性Driver/TIA，可实现低功耗和低延迟。同时还将演示与基于Re-timer方案的800G-DR4 OSFP模块的互联互通测试。现场演示硅光800G-ZR OSFP相干模块，产品搭载自研硅光芯片的相干引擎。
- 新易盛：推出100GSFP112系列光模块产品。新易盛100GSFP112产品组合包括DR、FR、LR和ER版本，满足IEEE802.ck和100GLambdaMSA的规范要求，传输距离分别为500米、2公里、10公里和40公里。
- 天孚通信：展示了面向人工智能和数据中心应用800G/1.6T光模块配套应用产品，包括Mux TOSA、Demux POSA、Lensed FAU以及MT-FA等高速光引擎产品系列，及相关零组件解决方案。
- 字节跳动：800G OSFP SR8是字节跳动在业界首次实现了单波100G高速光信号100m多模光纤传输规格商业化落地，可覆盖数据中心网络（DCN）、高性能网络（HPN）等多种应用场景。
- 博创科技：推出高性能的400G/800G TRX/AOC/AEC系列产品。这一系列产品支持高达400G/800G的传输速率，覆盖OSFP、QSFP-DD和QSFP112等多种封装形式，用户可根据具体需求和场景选择适合的封装形式。

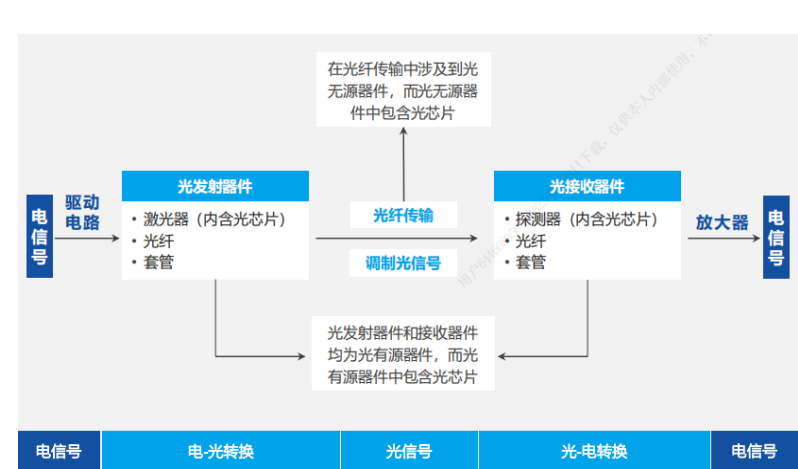
图表：部分国内参展企业



光模块之光芯片：实现光电转换的核心通信芯片

- 光芯片是实现光转电、电转光、分路、衰减、合分波等基础光通信功能的芯片，是光器件和光模块的核心
- 光芯片的原理是基于光子学原理，即利用光的波动性和粒子性来传输和处理信息。光芯片的工作过程可简单分为三个步骤：光发射、光传输和光检测。首先，激光器将电信号转换为光信号，其次，光波导将光信号在芯片内传输；最后，光探测器将光信号转换为电信号。光芯片通过加工封装为光发射组件（TOSA）及光接收组件（ROSA），再将光收发组件、电芯片、结构件等进一步加工成光模块。光芯片的性能直接决定光模块的传输速率。
- 光芯片主要有两种分类方式：
- 光芯片的分类主要按照光器件的分类分为光有源器件芯片和光无源器件芯片。有源光芯片按应用情况分为激光器光芯片和探测器光芯片，主要包括FP、DFB、EML、VCSEL、PIN以及APD芯片；无源光芯片主要包括PLC和AWG芯片。光芯片的制造材料一般以化合物居多，主要包括五大系列：InP系列、GaAs系列、Si/SiO2系列、SiP系列以及LiNbO3系列。其中InP衬底主要包括直接调制DFB/电吸收调制EML芯片、探测器PIN/APD芯片、放大器芯片、调制器芯片等，GaAs衬底包括高功率激光芯片、VCSEL芯片等，硅基衬底包括PLC、AWG、调制器、光开关芯片等，SiP衬底包括相干光收发芯片、光开关芯片等，LiNbO3包括调制器芯片等。

图表：光芯片工作原理



图表：光芯片分类

光芯片

按有源光器件分类		传输速率	传输距离	应用 场景	应用场 景		
激光器 芯片	FP芯片	155M-10G	20km		5G基站	数据中心	消费电子 (VCSEL)
	DFB芯片	2.5M-40G	40km				
	EML芯片	大于10G	大于40km		5G基站	数据中心	消费电子 (VCSEL)
	VCSEL芯片	155M-25G	500m				
探测器 芯片	PIN芯片	155M-10G	小于40km		5G基站	数据中心	消费电子 (VCSEL)
	APD芯片	1.25G-10G	长距离				
按无源光器件分类							
无源光 器件芯片	PLC芯片	实现相同波长的信号的分路和合路		应用 场景	光纤到户	骨干网/核心网	数据中心
	AWG芯片	基于PLC将不同波长的光信号实现复用/解复用					
按材料分类							
InP	高速直接调制DFB和EML芯片、PIN和APD芯片；高速调制器芯片；多通道可调激光器芯片			GaAs	高速VCSEL芯片；泵浦激光器芯片		
SiP	相干光收发芯片；高速调制器、光开关芯片；TIA、LD Driver、CDR芯片			Si/SiO2	PLC、AWG、MEMS芯片		
				LiNbO3	高速调制器芯片		

光芯片结构图

芯片设计

需考虑材料品质及后端制造，良率受上游晶圆制作与下游晶圆代工环节的影响

厂商：云岭光电、华为海思、Acacia、AAOI

封装测试

对芯片进行封装与性能测试
厂商：联钧光电、同欣光电、矽品光电

IDM

垂直整合制造商（Integrated DeviceManufacturer, IDM），从芯片设计、生产制造、封装测试等都纳入业务范围的公司

厂商：Intel、Finisar、Lumentum、AvagoBroadcom、光迅科技、英飞凌（Infineon）、罗姆半导体（ROHM）、安森美（onsemi）、恩智浦（NXP）、Wolfspeed

晶粒制造

进行蚀刻、切割等，完成晶圆制造，技术门槛来自于材料、制程经验等

厂商：宏捷科技、环宇通讯、联颖光电、稳懋半导体

磊晶生长/外延片

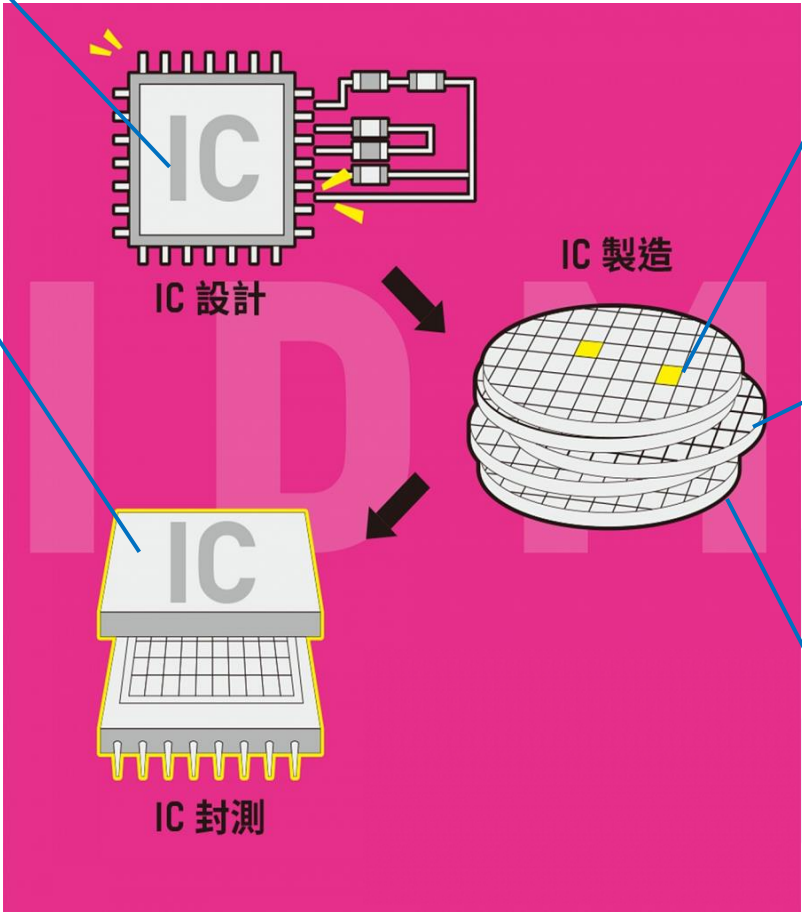
在基板表面沉积化学物质，在基板上形成薄膜

厂商：联亚光电、IQE、全新光电、英特雷、日立电线

基板制造/衬底

原料分为碳化硅与氮化镓两种材料

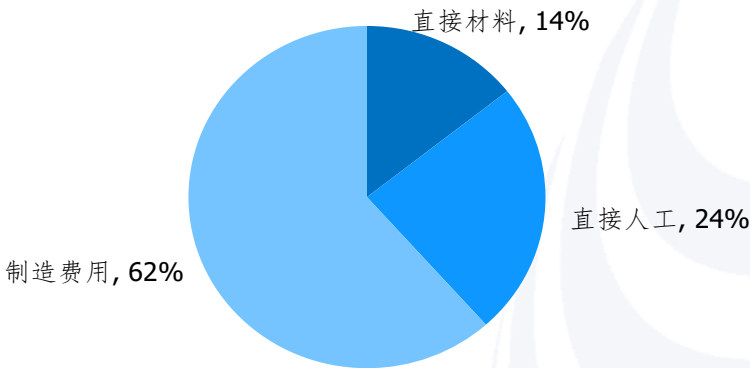
厂商：住友电工、AXT、Fieiberger、Wolfspeed、罗姆半导体（ROHM）、II-VI、ST、Qromis



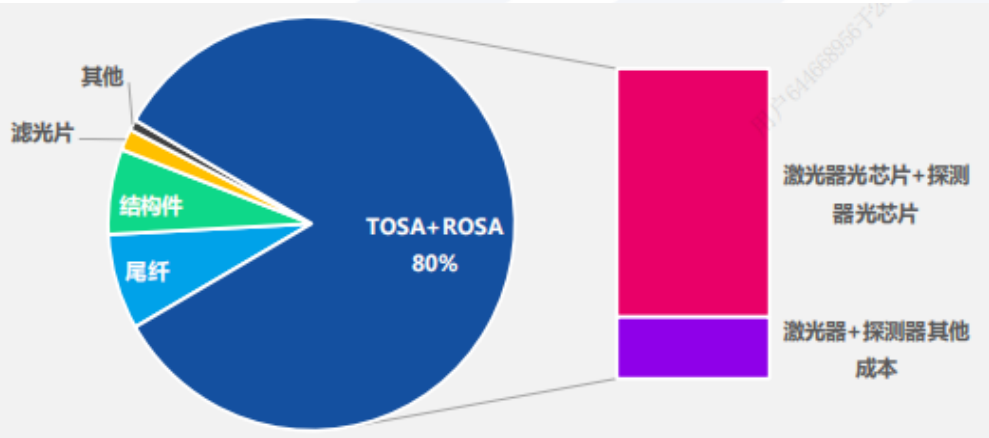
光芯片成本构成：光通信环节国产化程度最低，BOM成本最高

- ❑ 激光器+探测器所用光芯片在光模块中占据较大比例，光芯片中制造费用占比较高
- ❑ 光器件元件占光模块成本73%，光模块中的光器件主要分为以下两部分：
- ❑ TOSA:即为光发射器件,主要应用在电信号转化成光信号(E/O转换),由激光器、适配器和管芯套组成,在长距离光模块中滤光片还会加入隔离器和调节环。其中最重要的组件为激光器,激光器主要有FP、DFB、EML和VCSEL四类,常用的为后三种。
- ❑ ROSA:即为光接收器件,主要应用在光信号转化成电信号(O/E转换),由探测器和适配器组成。其中最重要的组件为探测器,探测器主要有PIN和APD两类。
- ❑ 在光器件成本构成中,TOSA和ROSA占据80%,而其中激光器光芯片和探测器光芯片又占据TOSA和ROSA的85%,因此激光器+探测器所用光芯片在光模块中占据较大比例。
- ❑ 以源杰科技2022年年报披露为例,光芯片成本中,制造费用占比为62%,直接人工成本占24%,直接材料成本占14%。
- ❑ 制造费用主要包括折旧费、装修费摊销、水电费、光栅加工费等其他费用。
- ❑ 光芯片的原材料包括衬底、金靶、特殊气体(主要包括高纯氢、磷化氢、液氮等)、三甲基铟、光刻胶、封装材料(包括管帽等和其他材料等,其他原材料包括显影液、光刻掩模板、异丙醇、砷化氢等材料,其他原材料品种较多且占比较低。

图表：2022年光芯片成本构成



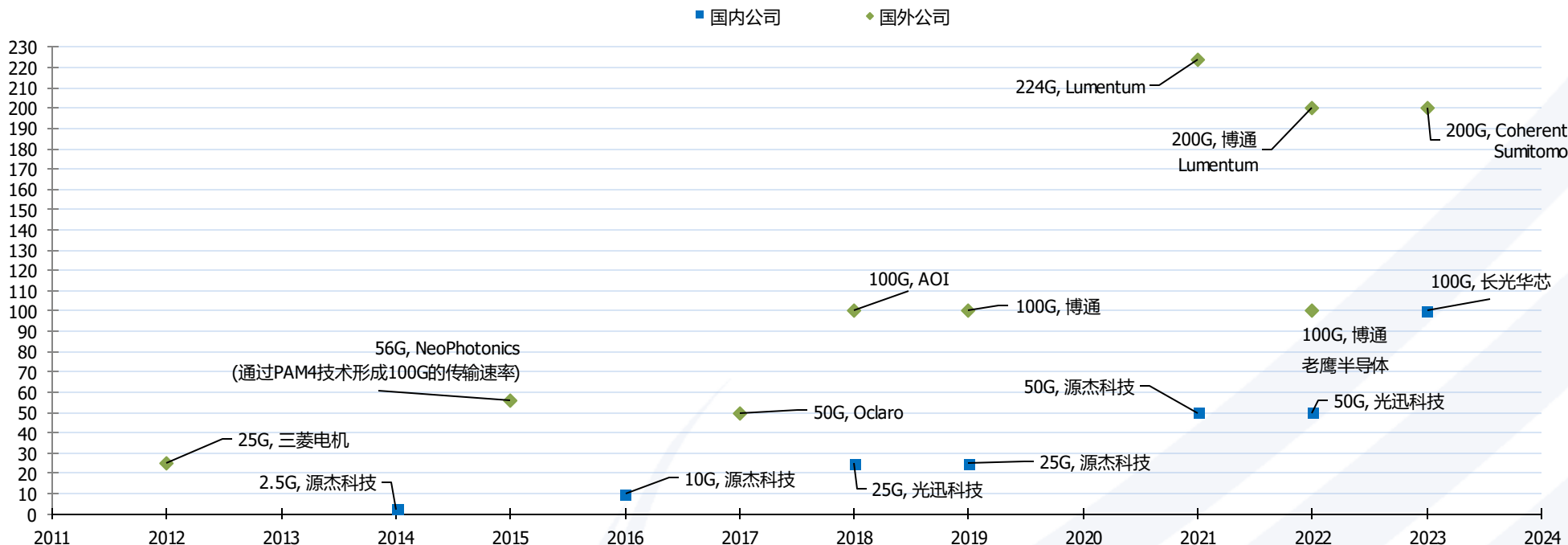
图表：2022年光器件成本结构



光芯片技术路线：我国目前与国外仍存在一定技术差

□ 国外相关公司占据先发优势,于2012年便研发出25G光芯片,并于2021年研发出最前沿的200G光芯片;但国内光芯片厂商发展迅速,产品加速升级迭代,从2.5G到100G光芯片产品研发及生产只用了9年,目前最高速率产品为100G,200G在研,国内厂商中长期国产替代趋势向好。

图表：国内外相关上市公司不同速率光芯片产品发展时间



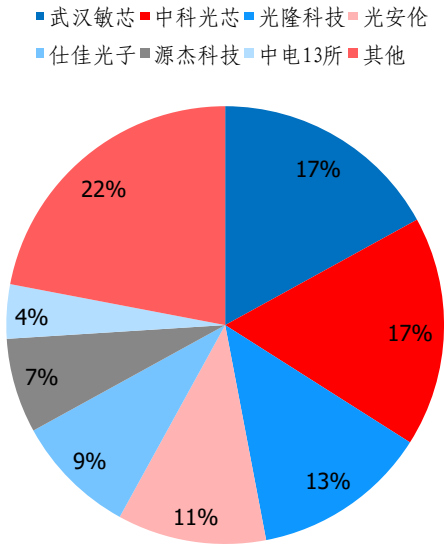
图表：2023年国内主要光芯片厂家前沿技术研究进展情况

厂家	成果
光库科技	具备开发800G及以上速率铌酸锂调制器芯片能力
仟目激光	25G光芯片出货突破KK级（百万级）
源杰科技	25G激光器芯片系列产品的大批量供货
长光华芯	从激光芯片进军器件和模块业务
剑桥科技	MCU等相关芯片已替换为国产芯片
德科立	自研的光芯片已在部分产品批量应用
旭创科技	400G/800G硅光模块采用自研硅光芯片
仕佳光子	25G DFB部分波长/800G AWG客户验证中

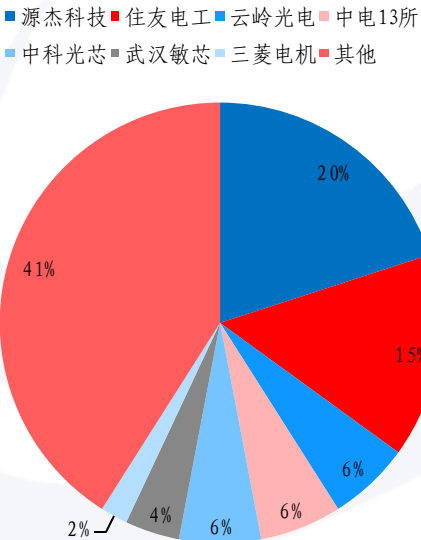
光芯片竞争格局：光通信环节国产化程度最低，BOM成本最高

- 低速率基本实现国产化,高速率光芯片国产化替代加速推进，据乐晴智库数据，
- 2.5G光芯片**：2.5G光芯片已基本实现国产化。本土企业占据主要市场份额且主导全球市场，国外光芯片厂商由于成本竞争等因素已基本退出相关市场。
- 10G光芯片**：国产出货量占**44%**以上，仍有增长空间。国内基本掌握核心技术，但综合考虑替换成本、可靠性、批量出货能力等因素，下游光模块厂商仍有顾虑。
- 25G及以上光芯片**：长期看好高速率光芯片国产化替代。据ICC统计，25G光芯片的国产化率约**20%**，但25G以上光芯片的国产化率仍较低约**5%**，高速率光芯片国产化替代仍存在较大成长空间。

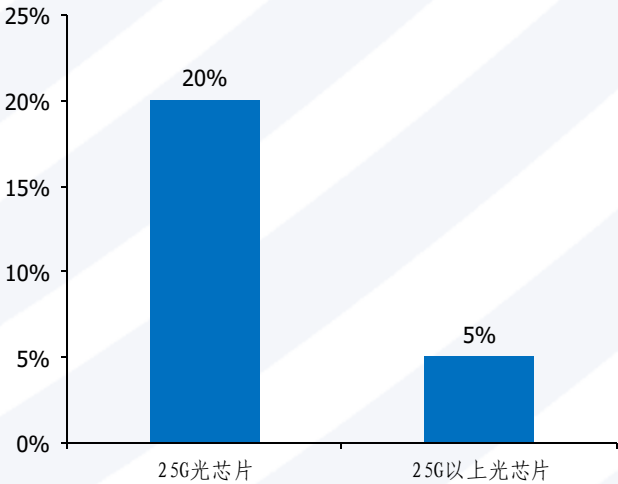
图表：2021年2.5G及以下光芯片国内厂商占比（%）



图表：2021年10G光芯片国内厂商占比（%）



图表：2021年25G及以上光芯片国产化率（%）



光芯片市场空间：国产化或将迎来拐点机会

- AI驱动800G 1.6T加速放量，可能引起光电芯片供需紧张
- AIGC应用逐渐丰富与产业化带来数据流量的快速增长, 将带动高速率光模块速率的持续升级及中长距离光模块的快速发展。目前全球主要的云厂商已在数据中心内部批量部署200/400G光模块, 800G进入导入验证及批量出货进程, 高算力需求催化更高速率的800G/1.6T光模块需求。
- 由于受制于终端客户, 高速率模块目前主要采用国外芯片, 随着需求持续增长, 或将引起上游主要玩家产能不足, 无法满足需求增量, 以源杰、长光、仕佳、索尔思等国内玩家有望加速突破终端客户窗口认证, 导入并快速放量, 抢占一定新增的市场规模, 开启光芯片国产化加速进程。
- 同时, 各国内外厂商加速布局1.6T光模块, 产业持续加速, 侧面验证芯片端或存在供需紧张。

图表：厂商加速布局1.6T光模块

厂商	发布时间	主要成果
剑桥科技	2024年1月	第一代1.6T光模块产品将在2024年的OFC展会上LiveDemo, 预计在下半年小批量发货
华工科技	2023年12月	正推进1.6T、3.2T等下一代光模块产品开发
中际旭创	2023年4月	800G和相干系列产品等已实现批量出货, 1.6T光模块和800G硅光模块已开发成功并进入送测阶段, CP0技术和3D封装技术也在持续研发进程中
中际旭创	2023年4月	进一步加大800G、1.6T及以上高速率光模块、电信级光模块、硅光和相干等技术研究
剑桥科技	2023年3月	已完成800G 2×FR4/LR4光模块、800G 8×FR1/LR1光模块和100G ZR4光模块的研发和认证; 200G/Lambda1.6T高速光模块和400G/800G直驱项目的预研上实现突破, 完成了新一代400G DR4/DR4+光模块、新一代100G DR/FR1/LR1光模块以及新一代100G LR4光模块等多个产品的研发验证
中际旭创	2023年3月	2023年OFC发布1.6TOSFP-XD DR8+可插拔光通信模块, 在0-70℃温度范围内, 以低于23W的低功耗支持2公里的传输距离
天孚通信	2023年3月	2023年OFC展示面向800G/1.6T应用的高速光引擎, TFF、FA、PM、AWG等高速光引擎用零组件
新易盛	2023年3月	2023年OFC发布支持200Gbps 的1.6T光模块, 采用4XFR2规格, OSFP-DD封装, 采用4XSN连接器光接口, 16X100Gbps电接口, 光路侧4x400G FR2, 其中每路400G FR2接口采用了1291nm和1311nm2个200Gb波长
光迅科技	2023年3月	1.6T OSFP-XD DR8光模块遵循OSFP MSA及CMIS协议标准, 采用OSFP-XD的封装形式。模块电接口侧采用16个通道, 单通道信号速率100Gb/s; 光接口侧采用8通道, 单通道信号速率200Gb/s
索尔思	2023年3月	2023年OFC演示单波200G PAM4EML激光器, 宣布将陆续推出相应的基于单波200G的1.6T光模块产品
Broadcom	2022年3月	无致冷(2-70工作温度范围) 200GbpsEML支持2公里800Gbps和1.6Tbps应用

光芯片市场空间：AIGC加速发展带动产业加速成长，高速率需求驱动光芯片量价齐升

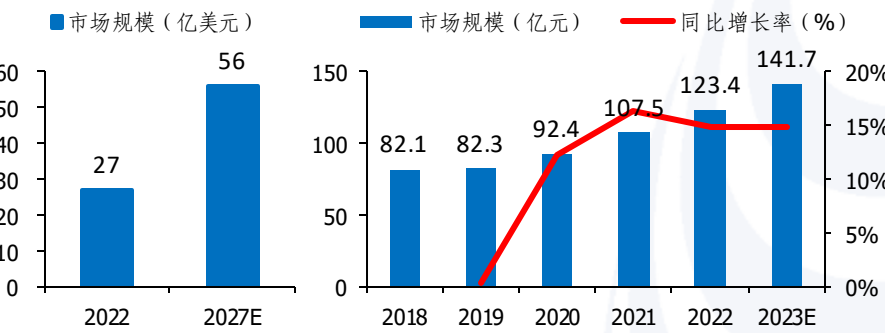
产业加速

- 全球来看，AI算力催生新需求，全球光芯片市场迎来确定性高增。伴随GPT等大模型及垂类模型的加速发展，算力侧迎来确定性需求增长，光芯片有望迎来下游需求旺盛。据LightCounting预测，2027年全球光芯片市场规模有望达到56亿美元，2023年至2027年CAGR达到16%。
- 国内来看，国内互联网大厂百度、阿里、腾讯、科大讯飞、京东等纷纷加码大模型叠加光芯片国产化进度的持续推进，光芯片需求旺盛。大量数据中心设备更新和新数据中心将对冲国内5G网络部署退潮。据中商产业研究院数据，2022年市场规模约为123.4亿元，预计2023年市场规模将达141.7亿元，延续良好的增长态势。

量价齐升

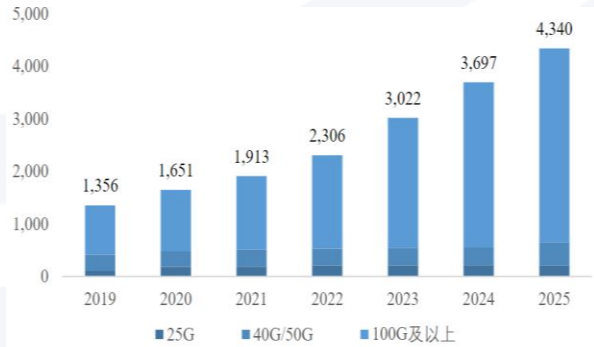
- 量上看，高传输要求驱动光芯片市场规模广阔。在对高速传输需求不断提升背景下，25G及以上高速率光芯片市场发展迅速。根据Omdia对数据中心和电信场景激光器芯片的预测，2019年至2025年，25G以上速率光模块所使用的光芯片占比逐渐扩大，整体市场规模将从13.56亿美元增长至43.40亿美元，年均复合增长率将达到21.40%。
- 价上看，高速率光芯片价值量受工艺难度提高而提升。按传输速率分，光芯片可分为2.5G、10G、25G、50G、100G等主流速率的芯片。一般而言，光芯片的速率越高，对应芯片的研发、量产难度越大，可稳定供应的供应商相应减少，导致价值量随速率提升而提高。光芯片不同速率单价在3.1-55.2元之间，以源杰科技招股书披露的数据为例，2.5G芯片平均价格在3.5元左右，10G、25G芯片的价格是其5-18倍。

图：全球光芯片市场规模（亿美元，%）

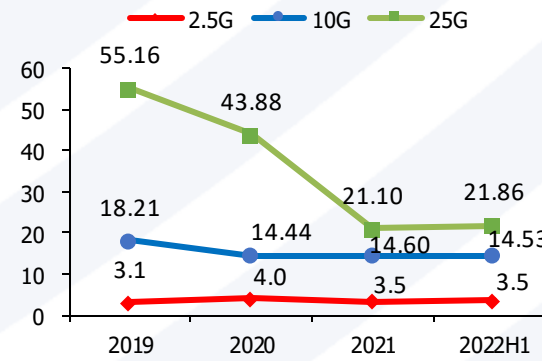


图：国内光芯片市场规模及增速（亿元，%）

图：高速率模块光芯片市场空间及预测（百万美元）



图：光芯片市场单价（元/颗）



表：各板块标的2023年营收与归母净利润及预测

板块	公司简称	股票代码	营收（百万元）			归母净利润（百万元）		
			2023	2024E	2025E	2023	2024E	2025E
线缆	中天科技	600522.SH	45,065.24	51,840.71	58,508.97	3,116.58	3,836.68	4,630.72
光模块-器件	天孚通信	300394.SZ	1,938.60	3,661.91	5,395.19	729.88	1,362.38	1,991.35
光模块-散热	中石科技	300684.SZ	1,257.91	1,590.40	2,007.33	73.76	143.68	214.35
天线	硕贝德	300322.SZ	1,652.77	1,855.00	2,250.00	-194.56	12.00	89.00
	烽火通信	600498.SH	31,129.57	37,401.20	43,905.20	505.37	706.20	914.20
	中兴通讯	000063.SZ	124,250.88	132,734.24	142,846.59	9,325.75	10,546.66	11,863.93
	爱立信	ERIC.O	263,351.00	-	-	-26,446.00	-	-
	通宇通讯	002792.SZ	1,293.78	1,308.00	1,578.00	81.19	83.00	124.00

注：营业收入与归母净利润预测为Wind一致预期

三、相关的标的

- **运营商/国资云：**中国移动、中国电信、中国联通、深桑达A；
- **设备商：**中兴通讯、浪潮信息、紫光股份、菲菱科思、共进股份、工业富联；
- **光模块：**中际旭创、天孚通信、腾景科技、新易盛、光迅科技、博创科技、剑桥科技；
- **IDC：**润建股份、数据港、光环新网、英维克、佳力图、申菱环境、奥飞数据；
- **液冷：**佳力图、英维克、申菱环境、中石科技、飞荣达、曙光数创、高澜股份等；
- **PCB/载板：**兴森科技、沪电股份、深南电路、世运电路、崇达技术；
- **工业互联网：**三旺通信、工业富联、东方国信、东土科技、映翰通、中控技术、宝信软件；
- **物/车联网：**美格智能、鼎通科技、瑞可达、电连技术、移远通信、广和通；
- **域控制器：**经纬恒润、德赛西威、中科创达、和而泰、拓邦股份、朗特智能；
- **操作系统/软件：**中科创达、光庭信息、四维图新

四、风险提示

- **AI推进不及预期风险：**目前国内仍有多家大模型在训练和测试阶段，整个行业尚处于起步阶段。如果AI大模型及其应用场景的落地速度不及预期，可能会对算力市场的需求产生负面影响，进而影响算力基础设施的建设和相关应用端行业的发展。
- **技术发展不及预期风险：**随着算力需求的增长，对于液冷技术、高性能算力技术以及软件生态的要求也在不断提高。产业的绿色化和集约化发展成为大势所趋。如果相关公司在技术迭代或商业化落地方面未能达到预期，可能会对公司未来的营收规模和算力市场的发展造成不利影响。
- **政策扶持力度不及预期：**如果国家对5G、物联网、数字经济等新兴技术领域的政策扶持力度减弱，这些技术的规模化应用可能无法达到预期，导致通信设备、光通信器件等关键算力组件的集采量不达标。这可能会使相关厂商面临订单不足的风险，进而影响他们的业绩和算力市场的稳定发展。
- **宏观经济波动风险：**受国际形势变化等因素的影响，国内经济增速可能放缓。如果经济增速低于预期，企业可能会面临资金预算不足的问题，这将影响他们对算力基础设施的投资和发展，从而对整个算力市场产生不利影响。

免责声明

长城证券股份有限公司（以下简称长城证券）具备中国证监会批准的证券投资咨询业务资格。

本报告由长城证券向专业投资者客户及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者客户（以下统称客户）提供，除非另有说明，所有本报告的版权属于长城证券。未经长城证券事先书面授权许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布，亦不得作为诉讼、仲裁、传媒及任何单位或个人引用的证明或依据，不得用于未经允许的其它任何用途。如引用、刊发，需注明出处为长城证券研究院，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向他人作出邀请。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。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所引致的任何损失负任何责任。

长城证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。长城证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

长城证券版权所有并保留一切权利。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。因本研究报告涉及股票相关内容，仅面向长城证券客户中的专业投资者及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者。若您并非上述类型的投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研究报告中的任何信息。

因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，在执业过程中恪守独立诚信、勤勉尽职、谨慎客观、公平公正的原则，独立、客观地出具本报告。本报告反映了本人的研究观点，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接收到任何形式的报酬。

长城证券投资评级说明

公司评级：

买入——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅15%以上；

增持——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅介于5%~15%之间；

持有——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅介于-5%~5%之间；

卖出——预期未来6个月内股价相对行业指数跌幅5%以上。

行业评级：

强于大市——预期未来6个月内行业整体表现战胜市场；

中性——预期未来6个月内行业整体表现与市场同步；

弱于大市——预期未来6个月内行业整体表现弱于市场。

行业指中信一级行业，市场指沪深300指数

长城证券产业金融研究院

深圳

地址：深圳市福田区福田街道金田路2026号能源大厦南塔楼16层

邮编：518033

传真：86-755-83516207

北京

地址：北京市西城区西直门外大街112号阳光大厦8层

邮编：100044

传真：86-10-88366686

上海

地址：上海市浦东新区世博馆路200号A座8层

邮编：200126

传真：021-31829681

长城研究 • 与您共成长

长城证券产业金融研究院