

【国信通信·国产算力专题】

国产算力加速发展，产业链蓄势待发

行业研究·行业专题
通信

投资评级：优于大市（维持评级）

证券分析师：马成龙
021-60933150
machenglong@guosen.com.cn
S0980518100002

证券分析师：袁文翀
021-60375411
yuanwenchong@guosen.com.cn
S0980523110003

- ◆ **国内智算中心加速建设，国产算力产业链前景广阔。** AI是新质生产力的重要组成，黄仁勋也提出每个国家构建自己的主权AI基础设施，我国正在加速建设智算中心，包括政府、运营商和互联网等积极推进。同时以昇腾为代表的国产算力芯片已取得长足进步，加速国内落地，带动国产算力产业链的发展。从智算中心基础设施视角，本文从服务器、交换机和光模块三个维度对国产算力产业链进行分析：
 - **算力服务器快速增长，液冷、机架式方案加速应用。** 相较于通算服务器的整体出货相对疲软，算力服务器需求旺盛，IDC预计2027年中国加速服务器市场规模将达到164亿美元。传统来看，浪潮信息在国内算力服务器场景份额靠前，随着昇腾等国产芯片应用加速，昇腾系整机合作伙伴份额有望提升。聚焦服务器发展趋势，一是高速卡间互联规模扩大，机架式方案有望加速应用，**关注对应高速连接器需求**；二是算力服务器热密度显著提升，推进液冷应用，国内液冷市场规模有望达百亿规模，**关注液冷应用**。
 - **交换机是AI集群无损通信的载体，以太网应用加速。** 架构层面，国内智算中心多采用胖树或叶脊架构，在基本无收敛的网络要求下，对应GPU和等价交换机端口比值约为1:5（3层组网）。协议层面，以太网方案具备性价比优势，超以太网联盟及全调度以太网等优化协议持续推进，以太网有望加速应用。国内数据中心交换机市场规模目前约240亿，其中华为和新华三为龙头公司。交换机上游一方面**关注高端交换机代工产能转移**，另一方面**交换芯片市场国内厂商份额较低，商用高速率交换芯片国产厂商有望逐步突破**。
 - **国内400G光模块有望起量，800G加速应用。** 国内光模块升级进度相对慢于海外，国产算力建设下，有望加速国内光模块的迭代升级，国产算力配套的400G和800G光模块有望起量。竞争格局维度，光迅科技等厂商在国内市场竞争力靠前，有望受益国产算力发展。同时上游高速率光芯片有望突破，**关注100G EML和硅光采用的CW光源的国产化进程**。
- ◆ **国产算力加速发展，产业链有望充分受益，基于细分环节，推荐关注：**交换机环节如**紫光股份、锐捷网络、菲菱科思**等，光器件光模块环节如**光迅科技、中际旭创、新易盛**等，液冷如**英维克、申菱环境**等，智算中心如**润泽科技**等。同时，基于产业发展视角，建议关注机架式方案对高速连接器的需求拉动以及核心上游芯片环节的国产替代，如交换芯片、PHY芯片、光芯片等。
- ◆ **风险提示：** AI发展及投资不及预期；行业竞争加剧；全球地缘政治风险；新技术发展引起产业链变迁。

表 27：重点公司盈利预测及估值（截至5月29日）

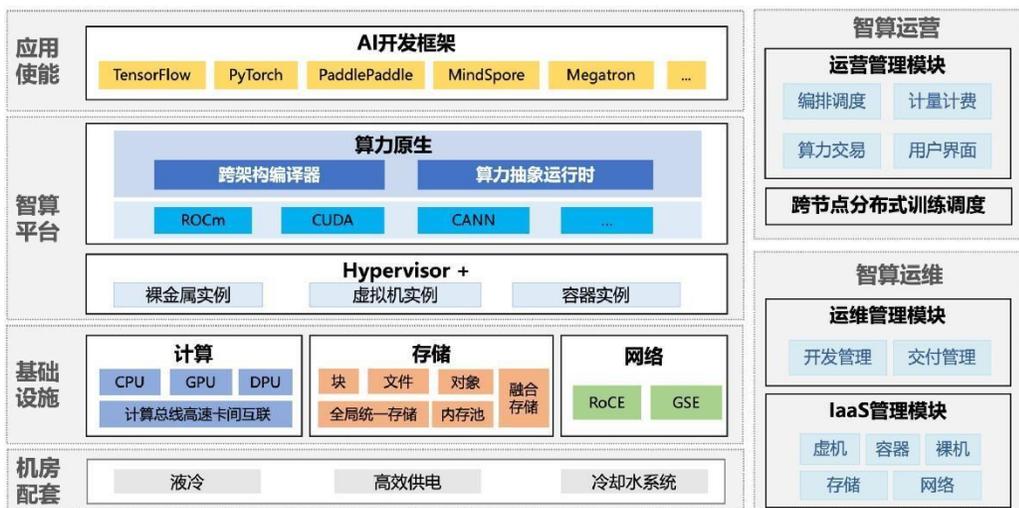
| 产业链 | 代码 | 简称 | 投资评级 | 归母净利润（亿元） | | | EPS（元） | | | PE | | | PB | 收盘价 (5月29日) | 总市值 (亿元) |
|------------|-----------|------|------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----------------|-------------|
| | | | | 2023 | 2024E | 2025E | 2023 | 2024E | 2025E | 2023 | 2024E | 2025E | | | |
| 光器件 光模块 | 002281.SZ | 光迅科技 | 优于大市 | 619 | 734 | 933 | 0.78 | 0.92 | 1.17 | 42.6 | 36.0 | 28.3 | 2.9 | 33.23 | 264 |
| | 300308.SZ | 中际旭创 | 优于大市 | 2181 | 5164 | 8164 | 2.81 | 6.43 | 10.17 | 57.3 | 25.0 | 15.8 | 9.7 | 161.00 | 1,297 |
| | 300394.SZ | 天孚通信 | 优于大市 | 730 | 1258 | 1643 | 1.85 | 3.19 | 4.16 | 68.8 | 40.0 | 30.6 | 17.3 | 127.31 | 504 |
| | 300502.SZ | 新易盛 | 无评级 | 691 | 1472 | 2129 | 0.97 | 2.07 | 3.00 | 90.6 | 42.4 | 29.3 | 9.1 | 87.86 | 624 |
| | 300620.SZ | 光库科技 | 优于大市 | 60 | 87 | 132 | 0.24 | 0.35 | 0.53 | 161.0 | 111.2 | 73.2 | 5.4 | 38.63 | 96 |
| 交换机 | 000938.SZ | 紫光股份 | 优于大市 | 2103 | 2330 | 2678 | 0.74 | 0.81 | 0.94 | 29.3 | 26.9 | 23.2 | 1.7 | 21.77 | 623 |
| | 301165.SZ | 锐捷网络 | 优于大市 | 401 | 488 | 623 | 0.71 | 0.86 | 1.10 | 45.2 | 37.3 | 29.2 | 4.4 | 32.08 | 182 |
| | 301191.SZ | 菲菱科思 | 优于大市 | 144 | 179 | 246 | 2.08 | 2.58 | 3.54 | 35.5 | 28.6 | 20.8 | 2.8 | 73.78 | 51 |
| 液冷 | 002837.SZ | 英维克 | 优于大市 | 344 | 535 | 703 | 0.61 | 0.94 | 1.24 | 40.3 | 25.9 | 19.7 | 6.0 | 24.39 | 180 |
| | 301018.SZ | 申菱环境 | 优于大市 | 105 | 286 | 363 | 0.39 | 1.07 | 1.37 | 55.3 | 20.1 | 15.8 | 2.2 | 21.55 | 57 |
| 智算中心 | 300422.SZ | 润泽科技 | 优于大市 | 1762 | 2315 | 3471 | 1.14 | 1.35 | 2.02 | 22.0 | 18.7 | 12.5 | 5.2 | 25.15 | 433 |

资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理和预测；新易盛、光库科技、菲菱科思、申菱环境采用Wind一致预期

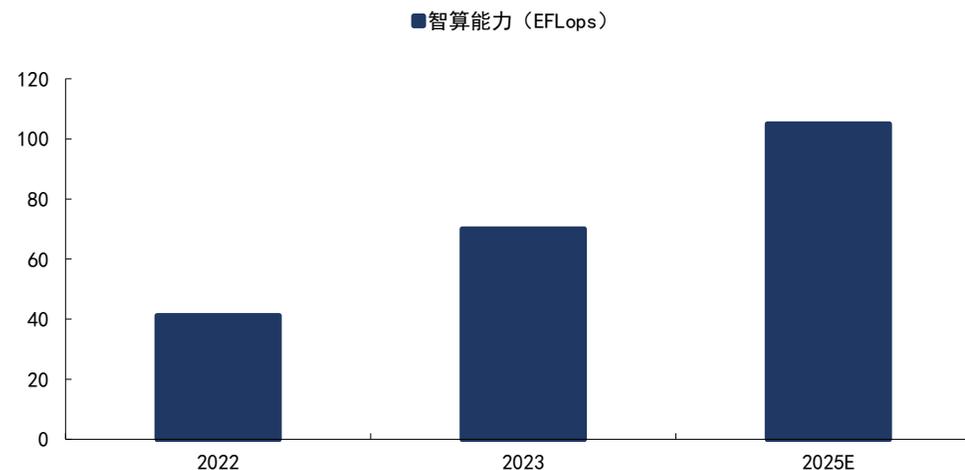
- [**01**] 政策与投资驱动，国内智算中心加速建设
- [**02**] 算力服务器快速增长，液冷、机架式方案应用加速
- [**03**] 交换机：AI集群无损通信的载体，以太网应用加速
- [**04**] 光模块：速率迭代升级，关注国产链供应商
- [**05**] 投资建议

一、政策支持，投资启动，国内智算中心加速建设

- ◆ **智算中心是以 GPU、AI 加速卡等智能算力为核心、集约化建设的新型数据中心**，为人工智能应用提供所需的算力服务、数据服务和算法服务，使能各行各业数智化转型升级。作为 AI 技术发展的关键底座，智算中心的建设和部署在全球范围内提速。从国内视角，一方面，AI 是新质生产力的构成，而算力中心是 AI 发展的基础和引擎，另一方面，黄仁勋也提出主权 AI 的概念——每个国家都需要拥有自己的人工智能基础设施。
- ◆ **全球算力竞争加速，我国智算算力储备对比美国相对落后**。据工信部数据，2023 年我国智算算力达到 70EFlops，同比增长 70%；海外高性能算力芯片出货快速增长，推动算力规模爆发，推算 2023 年英伟达 H100 新增算力有望超过 1000EFlops（FP16）。
- ◆ 基于此，政策上我国高度重视 AI 发展，而在落地方面，国内互联网龙头、ICT 龙头、运营商等先后推出大模型产品，如 Kimi 等产品用户量增长迅速。**我国智算中心建设正加速布局，并且国产算力自主可控的产业趋势明确。**

图 1：新型智能计算中心架构


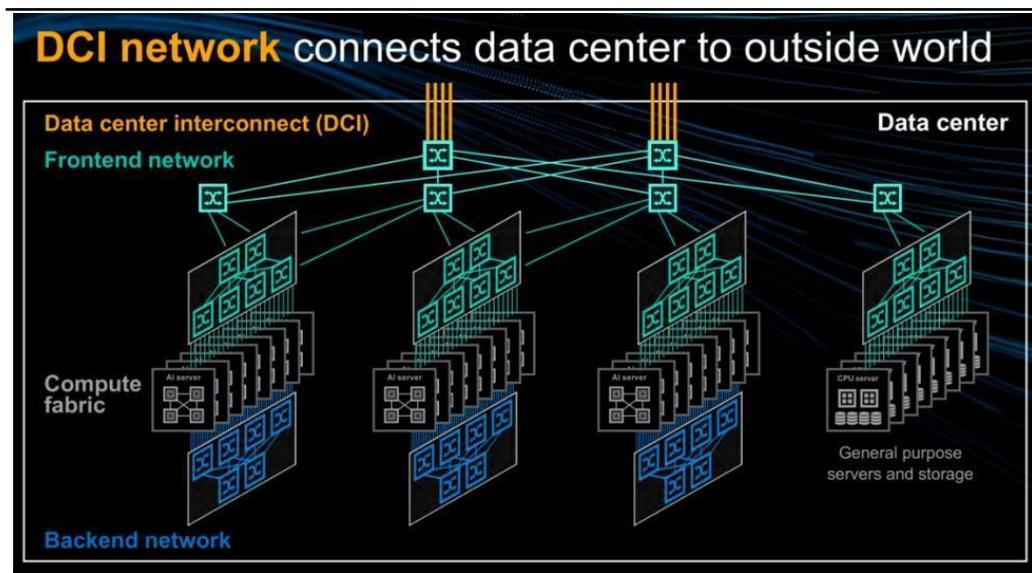
资料来源：中国移动《中国移动 NICC 新型智算中心技术体系白皮书》，国信证券经济研究所整理

图 2：中国智算能力规模


资料来源：工信部，国信证券经济研究所整理；注：2025 年基于工信部等六部门发布的《算力基础设施高质量发展行动计划》中 300EFlops 算力目标中 35% 为智算算力推算

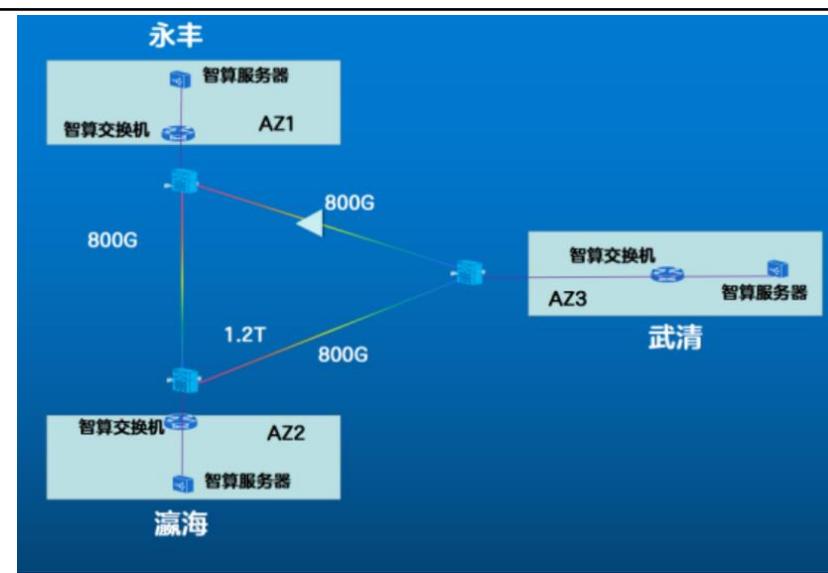
- ◆ 随着AI集群的规模不断扩大，智算能力的落地不仅以来单卡性能的提升，超大规模集群的系统 and 工程能力也发挥重要作用。网络层面，当前的AI集群规模已经从数千个GPU增长到数万个GPU，未来可能会发展到数十万乃至数百万个加速单元的超级计算集群，AI时代需要建造比现在规模更大的数据中心，或者将一个数据中心内部分割出多个集群建筑单元，构建一个逻辑上规模更大的数据中心。**更大规模的AI集群需要DCI互联网络支撑。**
- ◆ 我国在分布式智算中心所需的DCI网络层面有望发挥优势。如中国移动已开启骨干网400G升级；中国电信联合华为2024年2月份在北京电信现网完成800G超高速波分技术验证，于近日成功在实验室完成万亿/十万亿级参数大模型分布式训练仿真验证，**在北京电信武清、永丰、瀛海三地IDC机房完成数百亿参数经典大模型的分布式训练任务**，测试分布式训练性能达到集中式单智算中心训练性能的90%以上。其中在瀛海到武清的业务节点，进一步验证了单波PS-64QAM 1.2T的现网传输能力。

图 3：包含DCI互联的AI集群网络架构示意图



资料来源：Marvell，国信证券经济研究所整理

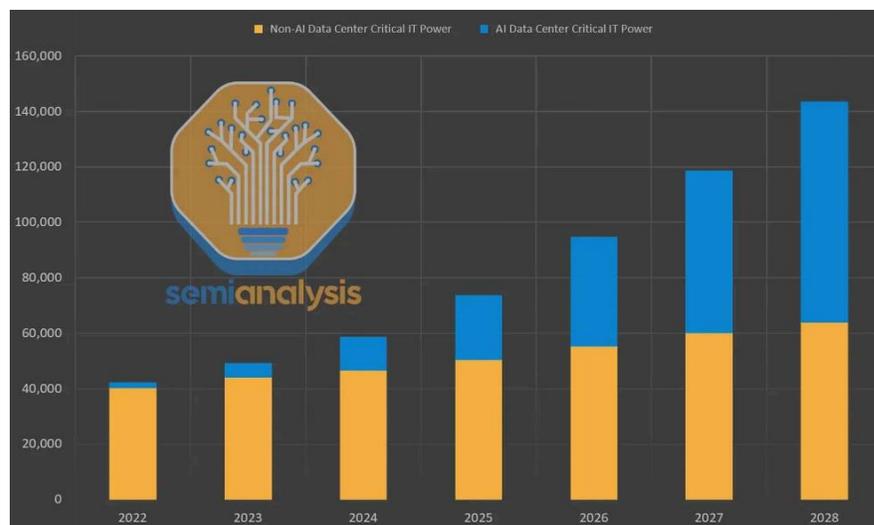
图 4：400G及以上高速光传输调制格式及其应用场景



资料来源：C114通信网，国信证券经济研究所整理

- ◆ “东数西算”工程有望发挥西部区域能源优势，匹配AI增长电力供给压力。国际能源署(IEA)预测，全球数据中心的用电量可能从2022年的460太瓦时(TWh)飙升至2026年的1050太瓦时（1太瓦时相当于10亿千瓦时），在4年内翻一番，电力将成为制约算力发展的关键因素。东数西算等战略工程下，我国西部区域能源优势有望匹配算力增长。

图 5：智算中心能耗大幅提升



资料来源：SemiAnalysis，国信证券经济研究所整理

图 6：东数西算工程八大核心节点



资料来源：国家发改委，国信证券经济研究所整理

- ◆ **总体规划层面，政策注重人工智能发展，对底层基础设施，尤其是智算中心加强规划。**如国务院国资委召开中央企业人工智能专题推进会。会议认为，加快推动人工智能发展，是国资央企发挥功能使命，抢抓战略机遇，培育新质生产力，推进高质量发展的必然要求。其中提出要夯实发展基础底座，把主要资源集中投入到最需要、最有优势的领域，加快建设一批智能算力中心。
- ◆ **地方政府层面，上海、北京等多个地方政府已先后出台政策，在算力、运力、存储方面均有明确规划。**

表 2：国内人工智能相关政策

| 时间 | 相关部门/地方 | 政策 | 相关说明 |
|-----------|------------------------|--|---|
| 中央 | | | |
| 2023.10 | 工信部、网信办、教育部、卫健委、央行、国资委 | 《算力基础设施高质量发展行动计划》 | 到2025年，算力方面，算力规模超过300EFLOPS，智能算力占比达到35%，东西部算力平衡协调发展。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等创新技术使用占比达到40%。存储力方面，存储总量超过1800EB，先进存储容量占比达到30%以上，重点行业核心数据、重要数据灾备覆盖率达到100%。 |
| 2024.2 | 国务院国资委 | 中央企业人工智能专题推进会 | 会议强调中央企业要更重视并主动拥抱人工智能变革，把发展人工智能放在全局工作中统筹规划，集中资源投入最需要、最有优势的领域，加快建设智能算力中心，促进跨央企协同创新，带头抢抓人工智能赋能传统产业，构建数据驱动、人机协同、跨界融合、共创分享的智能经济形态。 |
| 2024.3 | | 政府工作报告 | 深入推进数字经济创新发展。制定支持数字经济高质量发展政策，积极推进数字产业化、产业数字化，促进数字技术和实体经济深度融合。深化大数据、人工智能等研发应用，开展“人工智能+”行动，打造具有国际竞争力的数字产业集群。 |
| 地方 | | | |
| 2024.3 | 青海 | 《青海省绿色算力基地建设方案》 | 到2025年，算力总规模超过2.06EFLOPS，其中智能算力占比超过35%。运力能力，省内数据中心间时延低于2ms，至国家算力枢纽节点时延不高于20ms，重点场所算力网络（OTN）通达率超过50%，1ms全光城市数量达到5个。存力总规模超过10.7EB，先进存储容量占比达到30%以上。 |
| 2024.3 | 南京 | 《南京市推进算力产业发展行动方案》 | 到2025年，全市数据中心总规模达到25万标准机架，总算力超8.5EFLOPS（FP32），可统筹智能算力超6000PFLOPS（FP16）。打造南京都市圈、长三角重点城市算力设施3ms低时延圈，市内算力设施时延不高于1ms。存储总量超60EB，先进存储容量占比达到40%以上。 |
| 2024.3 | 上海 | 《上海市智能算力基础设施高质量发展“算力浦江”智算行动实施方案（2024-2025年）》 | 到2025年，上海市智能算力规模将超过30EFlops，占总算力的50%以上。网络时延：算力网络节点间单向网络时延将控制在1毫秒以内。存储容量：智算中心内先进存储容量占比将达到50%以上。 |
| 2024.3 | 广东 | 《广东省算力基础设施高质量发展行动暨“粤算”行动计划（2024-2025年）》 | 到2025年，在算力方面，算力规模达到38EFLOPS，智能算力占比达到50%。建成智能计算中心10个。在运载力方面，打造“城市内1ms、韶关至广深3ms、韶关至全省5ms”时延圈，重点应用场所光传送网（OTN）覆盖率达到90%。在存储力方面，存储总量超过260EB，先进存储容量占比达到30%以上，重点行业核心数据、重要数据灾备覆盖率达到100%。 |
| 2024.4 | 北京 | 《北京市算力基础设施建设实施方案（2024—2027年）》 | 到2025年，北京市智算供给规模达到45EFLOPS，2025-2027年根据人工智能大模型发展需要和国家相关部署进一步优化算力布局；到2027年，实现智算基础设施软硬件产品全栈自主可控，整体性能达到国内领先水平，具备100%自主可控智算中心建设能力，有效支撑对标国际领先水平的通用和行业垂类大模型的训练和推理。 |

资料来源：中国政府网，各地方政府官网，国信证券经济研究所整理

◆ **运营商2024年资本开支精准投放，加强算力领域投资：**

- **中国移动**规划2024年投资1730亿元，其中，算力规划投资475亿元（同比+21.5%）。中国移动已形成10.1 EFLOPS智算算力（FP16），规划2024年底实现智算算力>17 EFLOPS（同比提升约7 EFLOPS）。
- **中国电信**规划2024年实现资本开支960亿元（同比-3%），其中产业数字化资本开支369.6亿元（占38.5%，提升2.5pct），包括面向云/算力领域投资180亿元。中国电信已具备11 EFLOPS智算算力，2024年计划新增>10EFLOPS 智算算力。
- **中国联通**规划2024年资本开支650亿元（预计同比-12%），投资重点由稳基础的联网通信业务转向高增长的算网数智业务。

表 3：三大运营商资本开支明细情况（亿元）

| 中国移动 | 连接 | 算力 | 能力 | 基础 | 总计 |
|-------|--------------------|-----|-----|-----|------|
| 2022 | 1171 | 335 | 134 | 212 | 1852 |
| 2023 | 1090 (其中5G:880) | 391 | 134 | 188 | 1803 |
| 2024E | 874 (其中5G:690) | 475 | 163 | 218 | 1730 |
| YoY | -20% | 21% | 22% | 16% | -4% |

| 中国电信 | 移动网 (5G+4G) | 产业数字化 | 宽带网 | 运营系统 | 基础设施 | 总计 |
|-------|----------------|-------|-----|------|------|-------|
| 2022 | 320 | 271 | 186 | 148 | | 867.2 |
| 2023 | 348 | 355 | 168 | 117 | | 988.4 |
| 2024E | 295 | 370 | 160 | 135 | | 960 |
| YoY | -15% | 4% | -4% | 15% | | -3% |

| 中国联通 | 5G | 算网投资 | 总计 |
|-------|-----|------|------|
| 2022 | 331 | 142 | 742 |
| 2023 | 374 | - | 739 |
| 2024E | | | 650 |
| YoY | | | -12% |

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 7：中国移动（上）和中国电信（下）2024年智算算力规划



资料来源：中国移动、中国电信推介材料，国信证券经济研究所整理

表 4：中国电信AI算力服务器（2023-2024年）集采及中标候选人

| 标包 | 产品品类 | 产品名称 | 规格 | 数量（台） | 中标候选人 | 投标报价（亿元） |
|-----|--------|--------------------|-------------------------------------|-------|-------|----------|
| 标包一 | I系列服务器 | 主设备-训练型风冷服务器（I系列） | CPU: Intel至强可扩展处理器*2 | 2073 | 超聚变 | 53.4 |
| | | | GPU>=8片, 单卡FP16算力不低于300TFLOPS（H800） | | 浪潮信息 | 53.4 |
| | | 配套设备-IB交换机 | 64个NDR 400G端口；32个OSFP光模块 | 紫光华山 | 53.7 | |
| | | | | 宁畅 | 53.8 | |
| 标包二 | I系列服务器 | 主设备-训练型液冷服务器（I系列） | CPU: Intel至强可扩展处理器*2 | 125 | 中兴通讯 | 52.9 |
| | | | GPU>=8片, 单卡FP16算力不低于300TFLOPS（H800） | | 烽火通信 | 50.4 |
| | | 配套设备-Infiniband交换机 | 64个NDR 400G端口；32个OSFP光模块 | 联想 | 52.1 | |
| | | | | 超聚变 | 3.4 | |
| 标包三 | G系列服务器 | 训练型风冷服务器（G系列） | CPU: 鲲鹏920系列*4 | 1048 | 浪潮信息 | 3.4 |
| | | | GPU>=8片, 单卡FP16算力不低于280TFLOPS | | 紫光华三 | 3.4 |
| | | | | | 华鲲振宇 | 13.0 |
| | | | | | 昆仑技术 | 13.0 |
| 标包四 | G系列服务器 | 训练型液冷服务器（G系列） | CPU: 鲲鹏920系列*4 | 929 | 烽火通信 | 13.0 |
| | | | GPU>=8片, 单卡FP16算力不低于280TFLOPS | | 宝德 | 13.0 |
| | | | | | 新华三 | 13.0 |
| | | | | | 湘江鲲鹏 | 13.0 |
| | | 神州数码 | 13.0 | | | |
| | | 黄河科技 | 13.1 | | | |
| | | 华鲲振宇 | 14.8 | | | |
| | | 昆仑技术 | 14.8 | | | |
| | | 烽火通信 | 14.8 | | | |
| | | 新华三 | 14.8 | | | |
| | | 宝德 | 14.8 | | | |
| | | 湘江鲲鹏 | 14.8 | | | |
| | | 神州数码 | 14.8 | | | |
| | | 黄河科技 | 14.8 | | | |

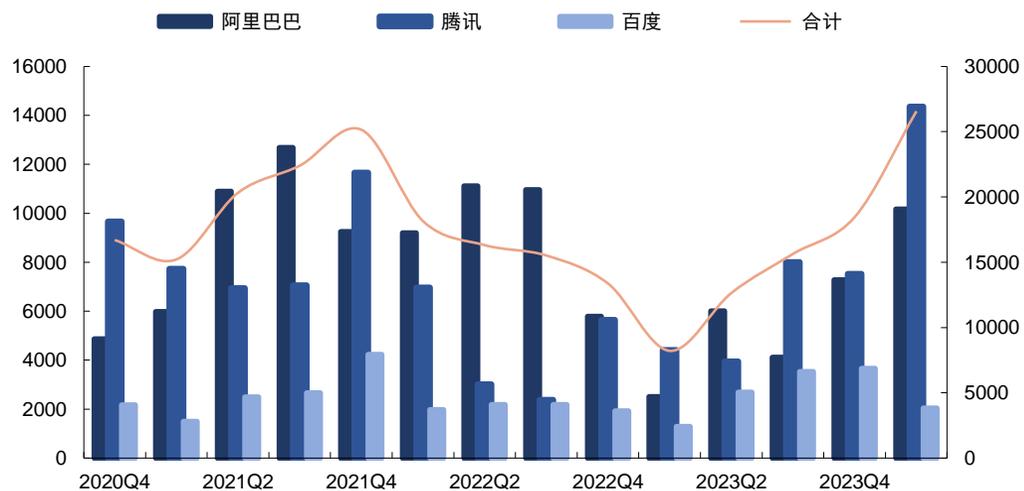
资料来源：中国电信，国信证券经济研究所整理

◆ 三大运营商已先后开启AI服务器招标：

- **中国移动**近期启动2024年至2025年新型智算中心的大规模采购，规划采购7994台AI训练服务器及60台以太网交换机；此前，移动2023-2024年新型智算中心（试验网）集采项目12个标包对应AI训练服务器采购量总计达到2454台（1-11标包集采1204台，12标包集采1250台）。
- **中国电信**2023-2024年AI服务器共采购4175台训练型服务器，其中G系列（鲲鹏CPU）训练服务器合计招标1977台（合计金额约27.8亿元），I系列（Intel CPU）训练服务器合计招标2198台。
- **中国联通**2024年3月23日首次集采AI服务器，根据预审公告，中国联通本次将采购2503台AI服务器，688台关键组网设备RoCE交换机。

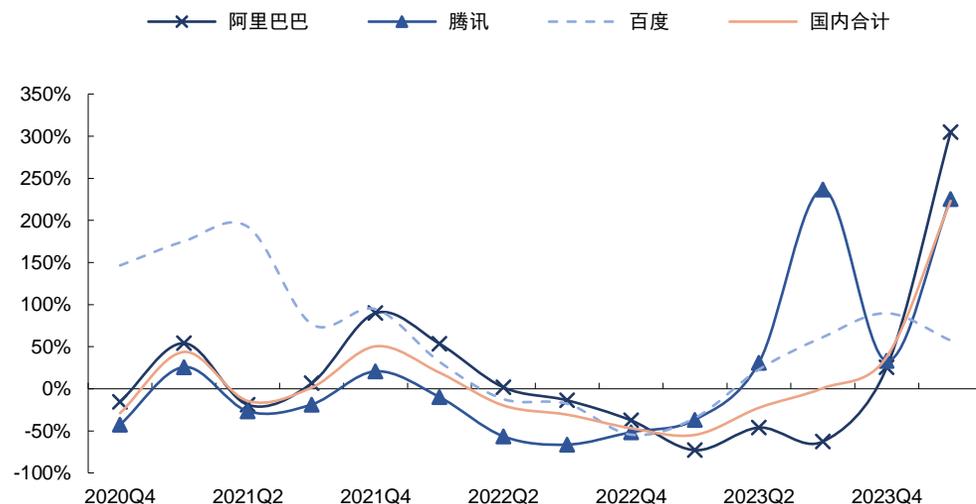
- ◆ **国内互联网厂商资本开支显著回暖，AI为重要投资方向。**2023年三季度开始，国内BAT合计资本开支实现同比增长，趋势在2024年一季度延续——据BAT财报显示，24Q1合计资本开支265.7亿元，同比增长223%，环比增长44%。其中，阿里巴巴资本开支101.7亿元（同比+305%，环比+40%），腾讯资本开支143.6亿元（同比+226%，环比+91%），百度资本开支20.4亿元（同比+57%，环比-44%）。AI是BAT重要的投资方向，百度、阿里、腾讯等公司密集发布大模型，BAT也均表示将持续加大人工智能投入。

图 8：BAT季度资本开支情况（百万元）



资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

图 9：BAT资本开支同比增速（%）



资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

◆ 随着政府、运营商以及互联网等核心主体加强智算中心建设规划，我国智算中心正加速落地。

表 5：国内部分智算中心项目

| 类型 | 项目名称 | 地区 | 运营主体 | 设计算力规模 | 已建成规模 | 芯片方案 |
|------|-----------------------|---------------|--------------|--------------------------------|-------|----------------|
| 政府类 | 天津人工智能计算中心项目一期 | 天津市河北区 | 天津市河北区政府 | 100P | 100P | 华为 |
| | 天津市人工智能计算中心二期项目 | 天津市河北区 | 天津市河北区政府 | 100P（已上线一二期共200P，但总的规划算力为400P） | 100P | 华为 |
| | 河北人工智能计算中心 | 河北省廊坊 | 廊坊市委、市政府 | | 300P | 完成一期建设100P |
| | 南京智能计算中心 | 南京市麒麟科技创新园 | 南京中科逆熵科技有限公司 | 理论峰值为1250P | 140P | 华为 |
| | 南京鲲鹏·昇腾人工智能计算中心 | 南京江北新区中心 | | 40P | 40P | 华为 |
| 运营商类 | 中国移动呼和浩特智算中心项目——内蒙古 | 内蒙古呼和浩特和林格尔新区 | 中国移动 | 6000P | | 华为 |
| | 中国联通长三角（芜湖）智算中心项目——安徽 | 安徽芜湖 | 中国联通 | 3000P | | |
| | 中国电信长三角（芜湖）智算中心项目——安徽 | 安徽省芜湖市 | 中国电信 | 3000P | | |
| | 中国移动智算中心（武汉）项目——湖北 | 湖北移动东湖高新 | 中国移动 | 1000P | | |
| | 中国电信（邯郸）天翼视超云基地——河北 | 河北省邯郸市经开区 | 中国电信 | 300P | | |
| | 上海中国电信算力高效调度示范项目 | 上海市青浦区 | 中国电信 | | | |
| | 联通佛山蓝湾云智算中心 | 佛山 | 中国联通 | | | |
| 互联网类 | 百度智能云-昆仑芯（盐城）智算中心项目 | 江苏省盐城市 | 百度智能云业务 | 200P | | 百度昆仑芯通用AI计算处理器 |
| | 阿里云张北超级智算中心项目——河北 | 张家口张北县 | 阿里云 | 12000P | | |
| | 阿里云乌兰察布智算中心项目——内蒙古 | 内蒙古乌兰察布市 | 阿里云 | 3000P | | |
| | 百度沈阳智能计算中心项目 | 沈阳 | 百度 | 规划500P，一期建设208P | | |
| | 百度云计算（徐水大王店）中心 | 河北省保定市徐水经济开发区 | 百度 | | | |

资料来源：IDC圈，国信证券经济研究所整理

◆ **美国对中国先进芯片进口限制持续升级。**2022年8月，美国首次针对中国实施大规模芯片出口制裁，停止出口A100和H100两款芯片和相应产品组成的系统。2023年10月，美国颁布新的半导体出口限制，对芯片算力和性能密度做了更严格的规定，对性能满足以下条件的芯片实施出口管制：(1)总计算能力TPP（算力*位宽）超过4800的芯片；(2)TPP超过1600且PD（TPP/芯片面积）超过5.92的芯片；(3) $2400 \leq TPP < 4800$ ，且 $1.6 \leq PD < 5.92$ 的芯片；(4) $1600 \leq TPP$ ，且 $3.2 \leq PD < 5.92$ 的芯片。根据该要求下，英伟达A100/A800、H100/H200/H800、L4、L40s均不满足出口条件。2024年4月美国再次修订防止中国取得美国AI芯片和芯片制造设备的规定。**这一背景下，国内算力自主可控是必然趋势。**

表 6：美国AI芯片禁运法规

| 法规日期 | 性能指标 | 涉及芯片 | 芯片性能指标 |
|----------------------|---|------|---------------------------------|
| 2022.8 (3A090.a) | 限制每次运算位长乘以TOPS为单位的处理性能不能大于4800 | A100 | 性能指标TPP > 4800，性能密度指标 > 5.92 |
| | | H100 | 性能指标TPP > 4800，性能密度指标 > 5.92 |
| 2023.10 (3A090.b) | (1)总计算能力TPP（算力*位宽）超过4800的芯片；性能指标TPP < 4800，性能密度处于1.6~5.92区间 (2)TPP超过1600且PD（TPP/芯片面积）超过5.92的芯片；性能指标TPP < 4800，性能密度处于1.6~5.92区间 (3) $2400 \leq TPP < 4800$ ，且 $1.6 \leq PD < 5.92$ 的芯片； (4) $1600 \leq TPP$ ，且 $3.2 \leq PD < 5.92$ 的芯片 | A800 | 性能指标TPP > 4800，性能密度指标 > 5.92 |
| | | H800 | 性能指标TPP > 4800，性能密度指标 > 5.92 |
| | | L40S | 性能指标TPP < 4800，性能密度处于1.6~5.92区间 |
| | | 4090 | 性能指标TPP < 4800，性能密度处于1.6~5.92区间 |
| 2024.4 | 新规文件更新，对于包含满足3A090.a和3A090.b限制要求的计算机或服务器整机组装类产品，同样实施出口管制 | | |

资料来源：美国商务部，国信证券经济研究所整理

◆ 以鹏城云脑II为例，我们重点关注国产智算中心的基础设施——服务器、温控、交换机以及光模块：

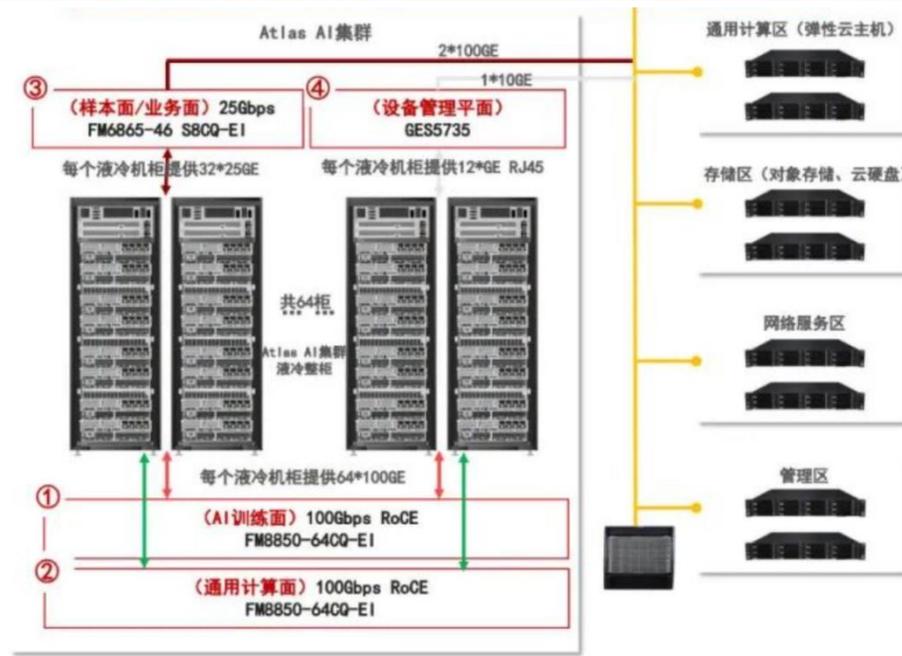
- (1) **AI服务器配置**：采用Atlas 800 AI服务器，基于2个鲲鹏920 CPU和8个昇腾 910A AI加速器。单机柜8台AI服务器，合计计算机柜数量64个，总计4096张昇腾910A AI加速器。
- (2) **交换机**：采用RoCE v2网络。通用算力和AI算力面采用华为FM8850-64CQ-E1交换机，64*100G接口配置；样本面和业务面采用华为FM6865-46 S8CQ-E1交换机，48*25G接口配置；设备管理面采用GES5735交换机。
- (3) **光模块**：昇腾910和鲲鹏920直出接口速率为100G。
- (4) **散热**：采用液冷散热，PUE小于等于1.25。

图 10：鹏城云脑II硬件配置

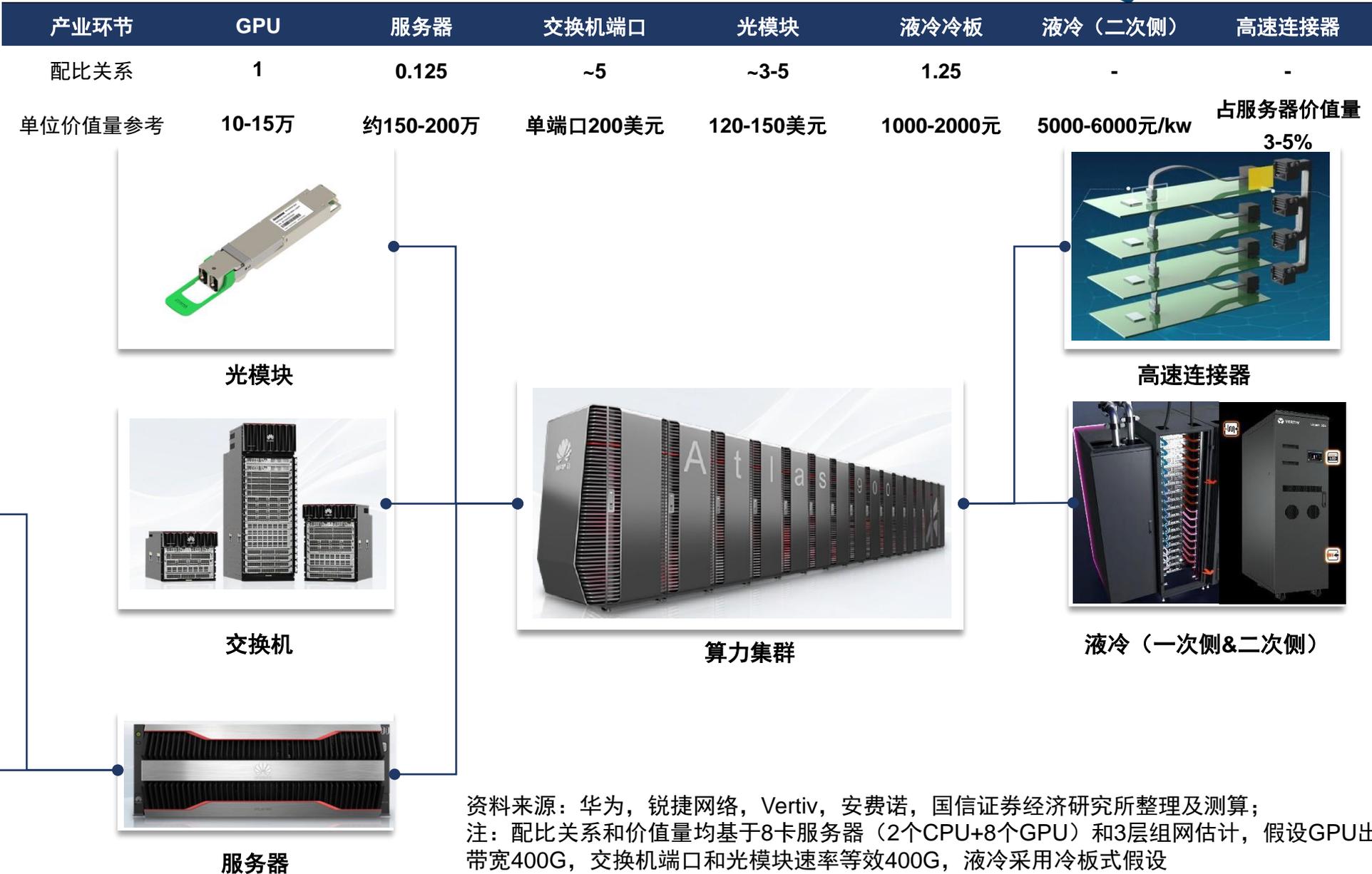


资料来源：EE Times，国信证券经济研究所整理

图 11：鹏城云脑II网络配置

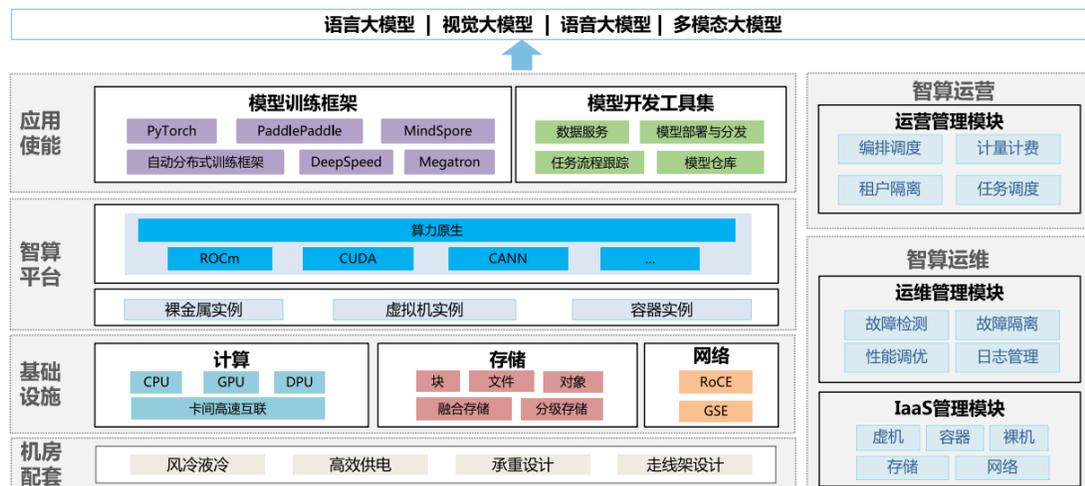


资料来源：EE Times，国信证券经济研究所整理

图 12：国产算力重点关注产业环节


◆ **万卡以上的大规模集群加速建设。**以运营商为例，**中国移动**预计24年商用三大自主可控万卡集群——即哈尔滨、呼和浩特、贵阳三个自主可控万卡集群，总规模近6万张GPU，充分满足大模型集中训练需求；同时推理方面，中国移动将按需在1500个边缘节点部署推理算力，形成“中心大集群、边缘广分布、中训边推、训推一体”的智算网络。**中国电信**3月22日宣布天翼云上海临港国产万卡算力池正式启用，算力集群规模达15000卡，其中包括全国首个单池万卡规模的国产液冷算力集群。

图 13：中国移动面向超万卡集群的新型智算总体架构



资料来源：中国移动《面向超万卡集群的新型智算技术白皮书（2024）》，国信证券经济研究所整理

图 14：天翼云上海临港国产万卡液冷算力池投入使用



资料来源：中国电信，国信证券经济研究所整理

◆ 我国国产AI芯片以华为昇腾系列为代表，蓄势待发。华为于2018年首发昇腾310推理芯片，可用于边缘计算领域；2019年发布昇腾910训练芯片应用于云端领域；2023年科大讯飞公布其使用华为昇腾910B的星火一体机，据科大讯飞，其性能可对标A100。另据路透社报道，百度为200台服务器订购了1600片昇腾910B。华为之外，海光信息深算三号、寒武纪思元590等国内芯片厂商以及互联网大厂自研芯片布局也在持续推进。

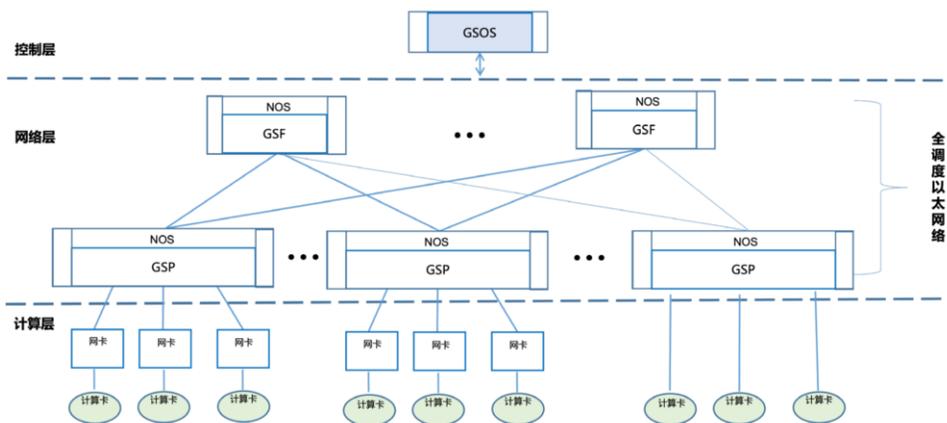
表 7：国内AI加速芯片和英伟达GPU对比

| | A800 (PCIe/SXM) | A100 (PCIe/SXM) | 华为 Ascend 910B | H800 (PCIe/SXM) | H100 (PCIe/SXM) | L20 (PCIe) | H20 (PCIe/SXM) | 深算一号 |
|------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|--|------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 年份 | 2022 | 2020 | 2023 | 2022 | 2022 | 2023 | 2023 | 21H1 |
| 工艺 | 7nm | 7nm | | 4nm | 4nm | 4nm | 4nm | 7nm |
| 架构 | Ampere | Ampere | HUAWEI Da Vinci | Hopper | Hopper | Ada Lovelace | Hopper | - |
| TDP | 300/400W | 300/400W | 400W | | 350/700W | 275W | 400W | 350W |
| GPU内存 | 80G HBM2e | 80G HBM2e | 64G HBM2e | 80G HBM3 | 80G HBM3 | 48G GDDR6 | 80G HBM3 | 32GB |
| GPU内存带宽 | | 1935/2039 GB/s | | | 2/3.35 TB/s | 864GB/s | 4.0TB/s | 1024 GB/s |
| GPU互连 (一对一) | NVLINK 400GB/s | PCIe Gen4 64GB/s, NVLINK 600GB/s | HCCS 56GB/s | NVLINK 400GB/s | PCIe Gen5 128GB/s, ; NVLINK 900GB/s | PCIe Gen4 64GB/s | PCIe Gen5 128GB/s, NVLINK 900GB/s | PCIe Gen4x16 |
| GPU互连 (一对多) | NVLINK 400GB/s | PCIe Gen4 64GB/s, NVLINK 600GB/s | HCCS 392GB/s | NVLINK 400GB/s | PCIe Gen5 128GB/s, NVLINK 900GB/s | PCIe Gen4 64GB/s | PCIe Gen5 128GB/s, NVLINK 900GB/s | xGMI x 2, Up to 184 GB/s |
| FP32 | 19.5TFLOPS | 19.5TFLOPS | - | - | 51/67 TFLOPS | 59.8 TFLOPS | 44 TFLOPS | - |
| TF32 (TensorFloat) | 156/312 TFLOPS | 156/312 TFLOPS | - | - | 756/989 TFLOPS | 59.8 TFLOPS | 74 TFLOPS | - |
| BFLOAT16 TensorCore | 156/312 TFLOPS | 156/312 TFLOPS | - | - | - | 119/119 TFLOPS | 148/148 TFLOPS | - |
| FP16 TensorCore | 312/624 TFLOPS | 312/624 TFLOPS | 320 TFLOPS | - | 1513/1979 TFLOPS | - | - | - |
| FP8 TensorCore | NOT support | NOT support | 640 TFLOPS | - | 3026/3958TFLOPS | - | - | - |
| INT8 TensorCore | 624/1248 TFLOPS | 624/1248 TFLOPS | 640 TFLOPS | - | 3026/3958TFLOPS | 239/239 TFLOPS | 296/296 TFLOPS | - |

资料来源：英伟达，华为，架构师联盟，SDNLAB，海光信息招股说明书，国信证券经济研究所整理

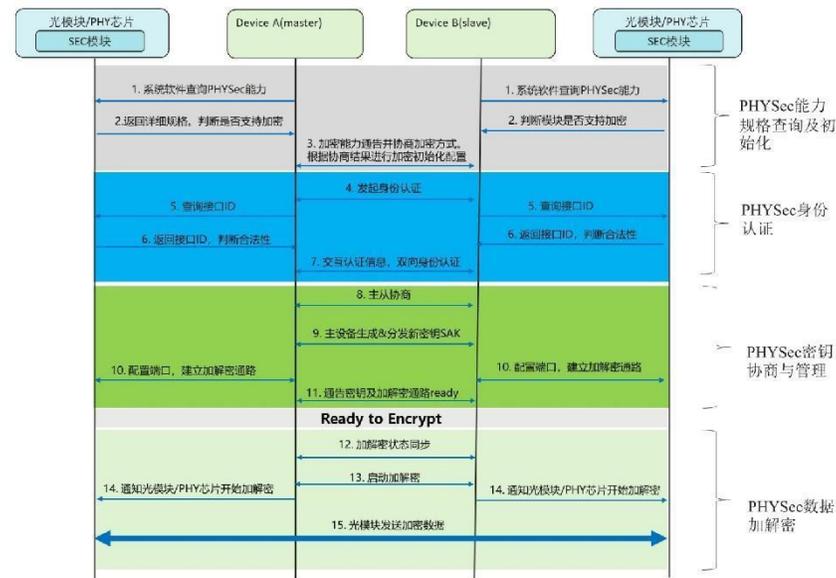
◆ **AI组网采用以太网具有性价比优势，全球及国内均提出以太网优化协议。**以太网在AI集群中主要采用RoCEv2协议，但对比IB网络，以太网本身仍然在丢包等方面存在一定性能差距。全球范围来看，超以太网联盟（UEC）组建，旨在打造高性能以太网，以新形式进行传输层处理，在非无损网络的情况下也可实现以太网性能提升，较RDMA更灵活；国内中国移动牵头“全调度以太网（GSE）推进计划”，基于逐包的以太网转发和全局调度机制，突破传统无损以太性能瓶颈，中国移动计划于2024年开展GSE中试，近期已发布《新型智算中心以太网物理层安全（PHYSec）架构白皮书》。

图 15：全调度以太网（GSE）技术架构



资料来源：中国移动，国信证券经济研究所整理

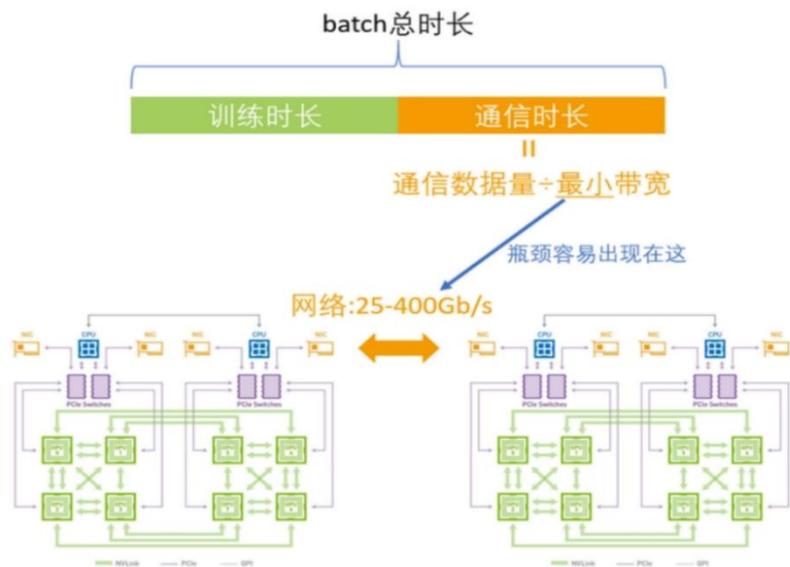
图 16：PHYSec 整体技术流程



资料来源：中国移动《新型智算中心以太网物理层安全（PHYSec）架构白皮书》，国信证券经济研究所整理

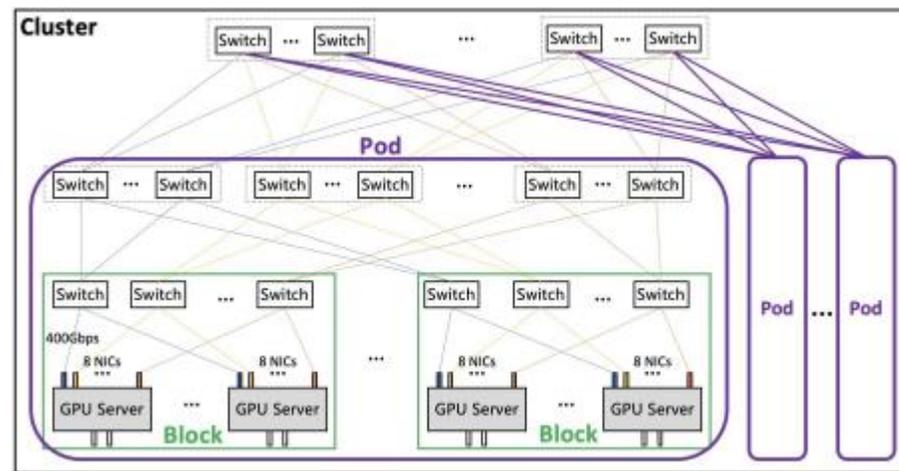
◆ **网络带宽是训练算力的瓶颈之一，点对点通信速率加速升级。**大模型训练产生庞大的集群内通信流量，GPT 3.5的训练仅是单次计算迭代内梯度同步需要的通信量就达到了百GB 量级，此外还有各种并行模式、加速框架引入的通信需求。一个高效的模型在硬件依赖三个环节的性能改进——存储、计算和通信能力，在存储和算力一定的情况下，AI模型训练的效率将取决于通信时长。而存储和算力分别可通过HBM应用、GPU算力提升等方式解决，通信时长则由数据量和通信带宽决定，因此提高通信带宽有助于提升训练集群的计算效率。

图 17：AI大模型要求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

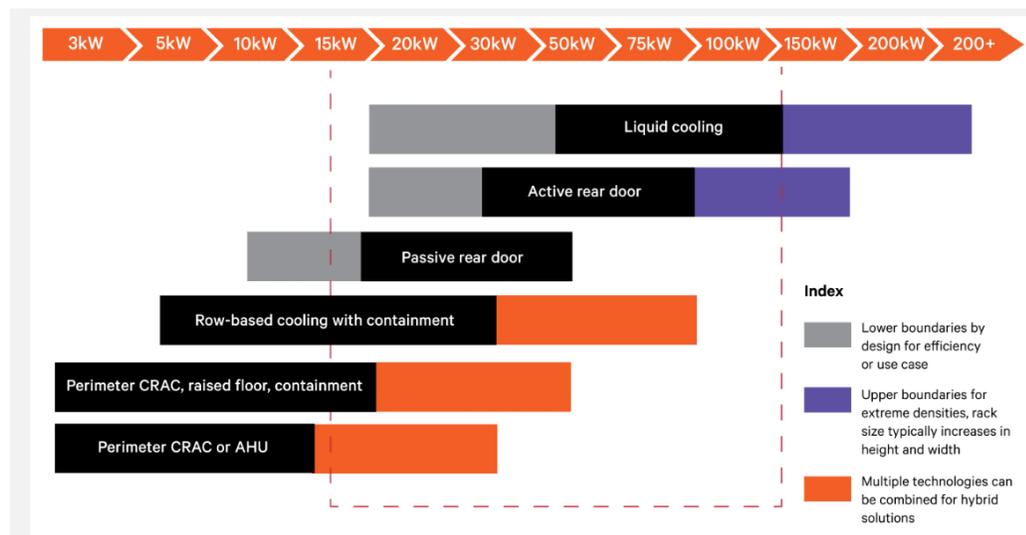
图 18：腾讯星脉高性能计算网络



资料来源：腾讯云，国信证券经济研究所整理

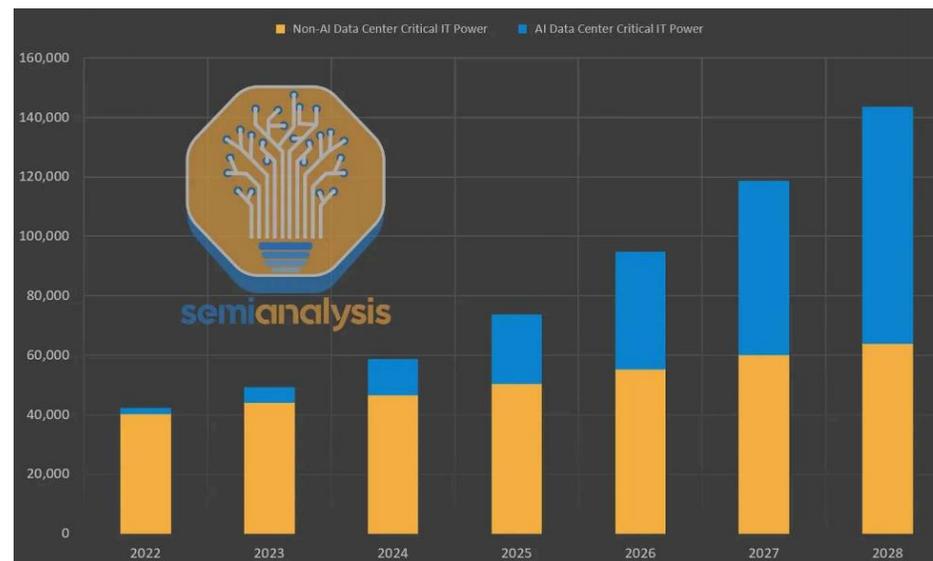
◆ **单服务器、单机柜功率持续提升，PUE考核下AIDC加速液冷应用。**随着单卡功率的持续提升，AIDC集群的单机柜功率显著提升。如H100单卡TDP 700W，对应单服务器设计功率约10kW，以标准单机柜4个AI服务器计算，单机柜功率超过40kW。同时AIDC电力紧缺已成为初步共识，采用液冷降低PUE有望节约整体数据中心电能消耗。国内双碳目标下推动PUE考核趋严，加速带动液冷渗透率提升。

图 19：单机柜功率密度与适宜的散热方式



资料来源：Vertiv，国信证券经济研究所整理

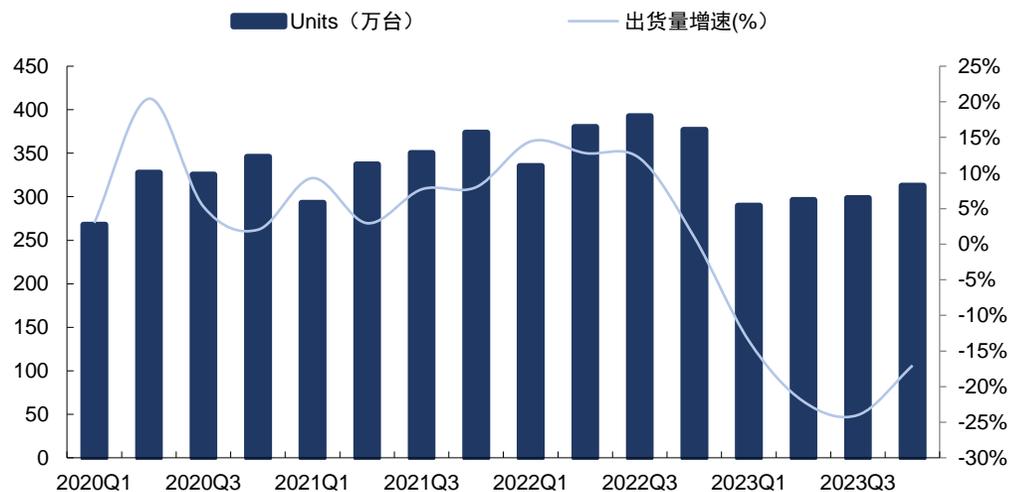
图 20：AIDC的能耗需求快速提升



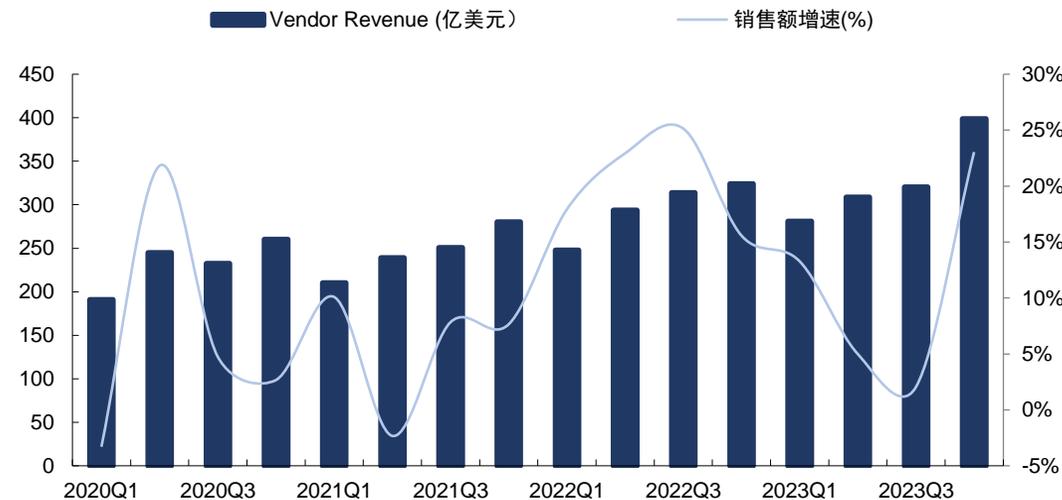
资料来源：Semianalysis，国信证券经济研究所整理

二、服务器：算力服务器快速增长，液冷、机架式方案应用加速

- ◆ **通算服务器需求相对疲软，算力服务器快速增长。**服务器整体市场维度，2023年由于宏观经济不景气、库存周期以及资本开支等因素影响，服务器市场出货量下海，据IDC数据显示，2023年全球服务器出货量约371万台，同比下降6%；受益于AI服务器出货增长，由于价值量较高，总体服务器市场规模同比提升11.8%至306亿美元。

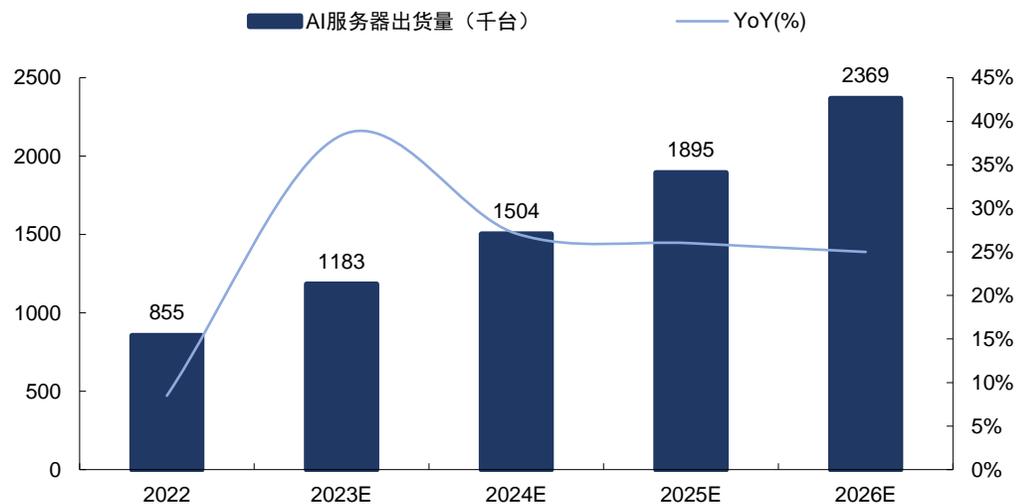
图 21：全球服务器出货量（万台）


资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

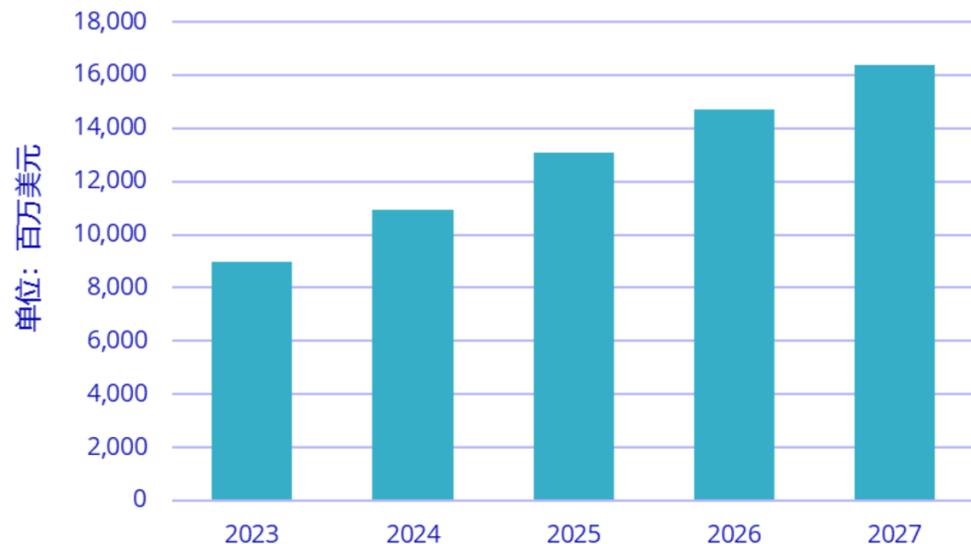
图 22：全球服务器市场规模（亿美元）


资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

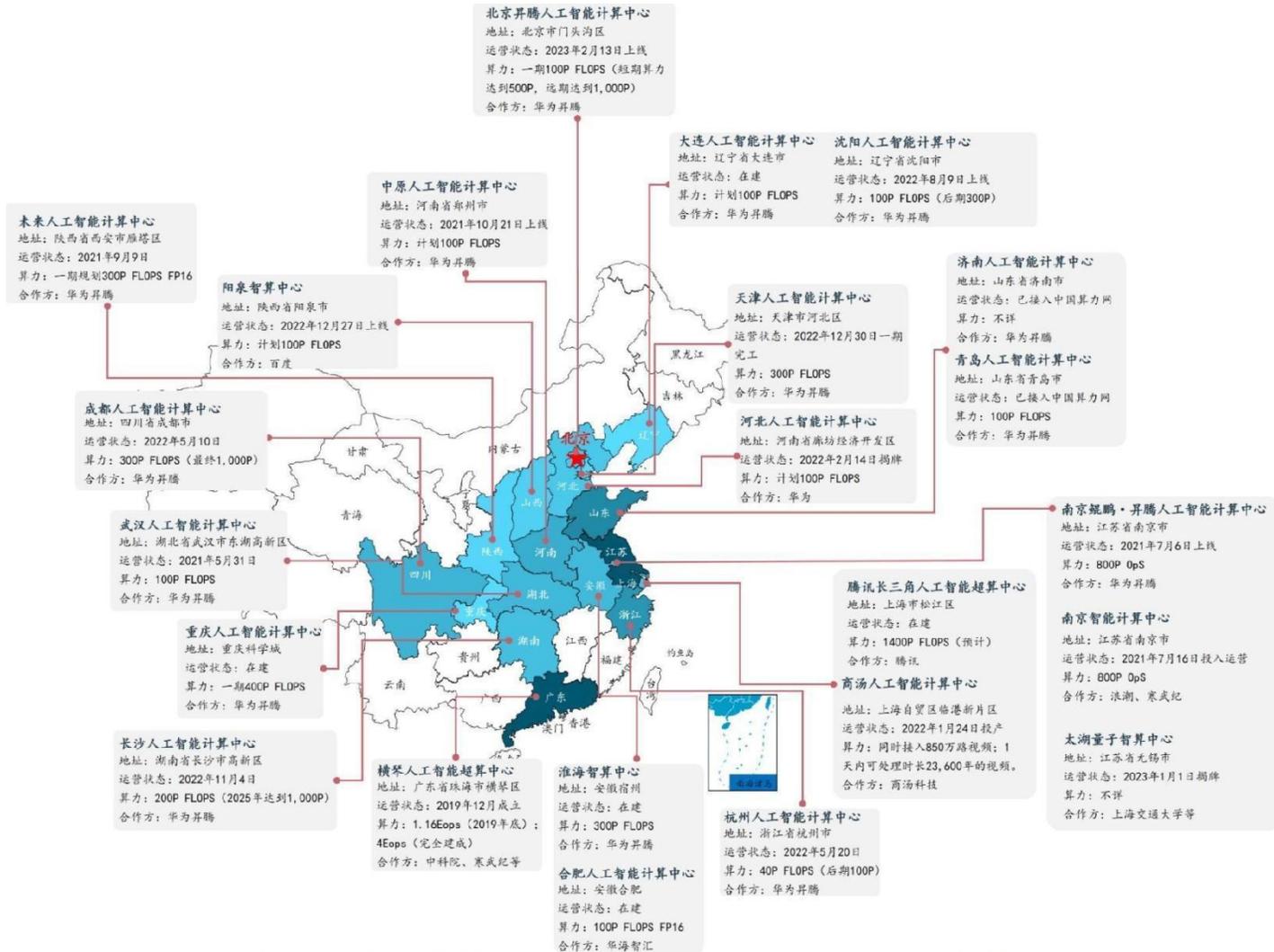
- ◆ **AI服务器需求高增。**Trendforce预计2023年AI服务器（包含搭载GPU、FPGA、ASIC等）出货量近120万台，同比增长38.4%，占整体服务器出货量近9%，至2026年将占15%，2022-2026年AI服务器出货量年复合成长率至22%。
- ◆ 国内视角，IDC数据显示2023年上半年加速服务器市场规模达到31亿美元，同比增长54%，预计2027年中国加速服务器市场规模将达到164亿美元。

图 23：全球AI服务器出货量预测（千台）


资料来源：Trendforce，国信证券经济研究所整理

图 24：中国加速计算服务器市场规模预测（百万美元）


资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

图 25：国内主要智算中心分布及采用昇腾服务器的智算中心情况


| 省份 | 智算中心 | 规划算力 | 投资规模（亿元） | 算力卡 |
|----|-----------------|-------|----------|----------|
| 广东 | 深圳鹏城云脑 | | | 华为昇腾 |
| 北京 | 北京昇腾人工智能计算中心 | 1000P | | 华为昇腾 |
| 天津 | 天津人工智能计算中心 | 300P | 12.7 | 华为昇腾 |
| 河北 | 河北人工智能计算中心 | | 5.9 | 华为昇腾 |
| 山东 | 济南人工智能计算中心 | 400P | 5.47 | 华为昇腾 |
| 山东 | 青岛人工智能计算中心 | 100P | 3.9 | 华为昇腾 |
| 江苏 | 南京鲲鹏·昇腾人工智能计算中心 | 140P | 5.7 | 华为昇腾 |
| 浙江 | 杭州人工智能计算中心 | 140P | 3.3 | 华为昇腾 |
| 广西 | 中国-东盟人工智能计算中心 | | | 华为昇腾 |
| 福建 | 福建人工智能计算中心 | 400P | | 华为昇腾 |
| 广东 | 深圳人工智能融合赋能中心 | | | 华为昇腾 |
| 广东 | 广州人工智能公共算力中心 | 1000P | | 华为昇腾 |
| 河南 | 中原人工智能计算中心 | 300P | 15 | 华为昇腾 |
| 湖南 | 长沙昇腾人工智能创新中心 | 1000P | 180 | 华为昇腾、寒武纪 |
| 湖北 | 武汉人工智能计算中心 | 400P | 10 | 华为昇腾 |
| 四川 | 成都人工智能计算中心 | 1000P | 109 | 华为昇腾 |
| 陕西 | 未来人工智能计算中心 | | 19 | 华为昇腾 |
| 重庆 | 重庆人工智能创新中心 | | 11.8 | 华为昇腾 |
| 辽宁 | 大连人工智能计算中心 | | | 华为昇腾 |

资料来源：至顶网，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

表 8：中国移动2023-2024年新型智算中心（试验网）采购中标结果

| 包段 | 产品名称 | 数量 (套) | 中标候选人 | 份额 | 投标报价 (亿元, 不含税) | 招标金额 (亿元, 不含税) |
|------|-------------------------|-----------|-------|------|-------------------|-------------------|
| 标包1 | 高性能无损交换机 | 324 | 重新招标 | | | |
| | 机架式PC服务器 | 2 | | | | |
| | 通用AI训练服务器(扣卡液冷) | 256 | | | | |
| | 管理软件 | 2050 | | | | |
| 标包2 | 通用AI训练服务器(扣卡液冷) | 374 | 重新招标 | | | |
| 标包3 | 通用AI训练服务器(PCIe风冷) | 86 | 重新招标 | | | |
| 标包4 | 特定场景AI训练服务器 (PCIe风冷) | 52 | 新华三 | 70% | 0.15 | 0.15 |
| | | | 烽火通信 | 30% | 0.14 | |
| 标包5 | 通用AI推理服务器(PCIe风冷) | 16 | 中兴通讯 | 100% | 0.04 | 0.04 |
| 标包6 | 特定场景AI推理服务器 (PCIe风冷) | 64 | 新华三 | 70% | 0.11 | 0.11 |
| | | | 昆仑技术 | 30% | 0.10 | |
| 标包7 | 数据中心交换机(接入交换机) | 10 | 华为 | 100% | 0.04 | 0.04 |
| | 数据中心交换机(出口交换机) | 2 | | | | |
| 标包8 | 数据中心交换机(出口交换机) | 64 | 锐捷网络 | 48台 | 0.67 | 0.73 |
| | 数据中心交换机(接入交换机) | 128 | | | | |
| 标包9 | 分布式文件存储-性能型典配 | 96 | 华为 | 70% | 0.91 | 0.89 |
| | 分布式文件存储-高性能典配 | 23 | | | | |
| 标包10 | 虚拟化软件 | 608 | 趋动科技 | 100% | 0.25 | 0.25 |
| 标包11 | 特定场景AI训练服务器 (扣卡液冷) | 356 | 昆仑技术 | 256台 | 4.91 | 4.91 |
| | | | 华鲲振宇 | 100台 | 4.90 | |
| 标包12 | 特定场景AI训练服务器 (扣卡液冷) | 1144 | 昆仑技术 | 41% | 24.74 | 24.74 |
| | | | 华鲲振宇 | 30% | 24.74 | |
| | | | 烽火通信 | 20% | 24.74 | |
| | | | 神州数码 | 8% | 24.74 | |

资料来源：中国移动采购与招标网，国信证券经济研究所整理

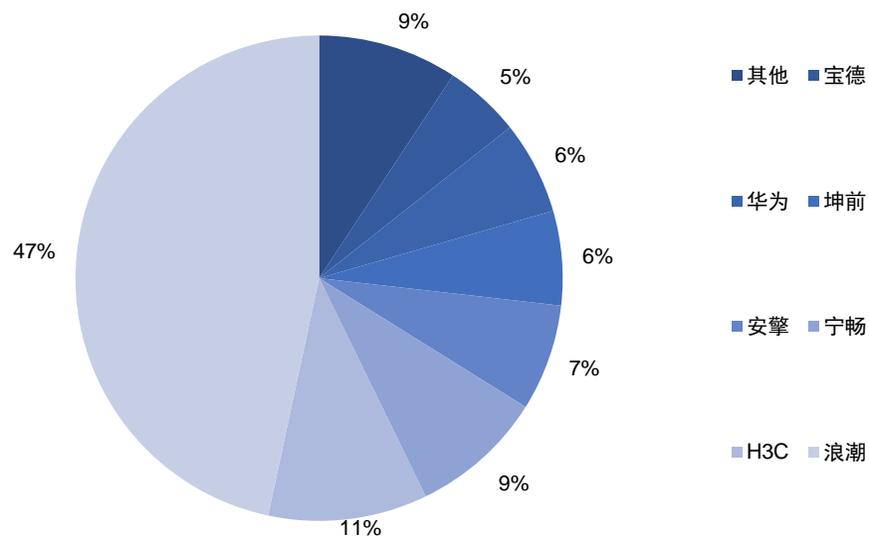
- ◆ 以运营商集采为例，国产算力服务器已占据主流。
- ◆ 如中国移动2023和2024年两次智算中心招标，其中AI服务器中标单位以昇腾系整机合作伙伴为主，2024年此次191亿AI服务器招标中标候选人均为华为昇腾系整机合作伙伴。

表 9：中国移动2024-2025年新型智算中心采购中标候选人情况

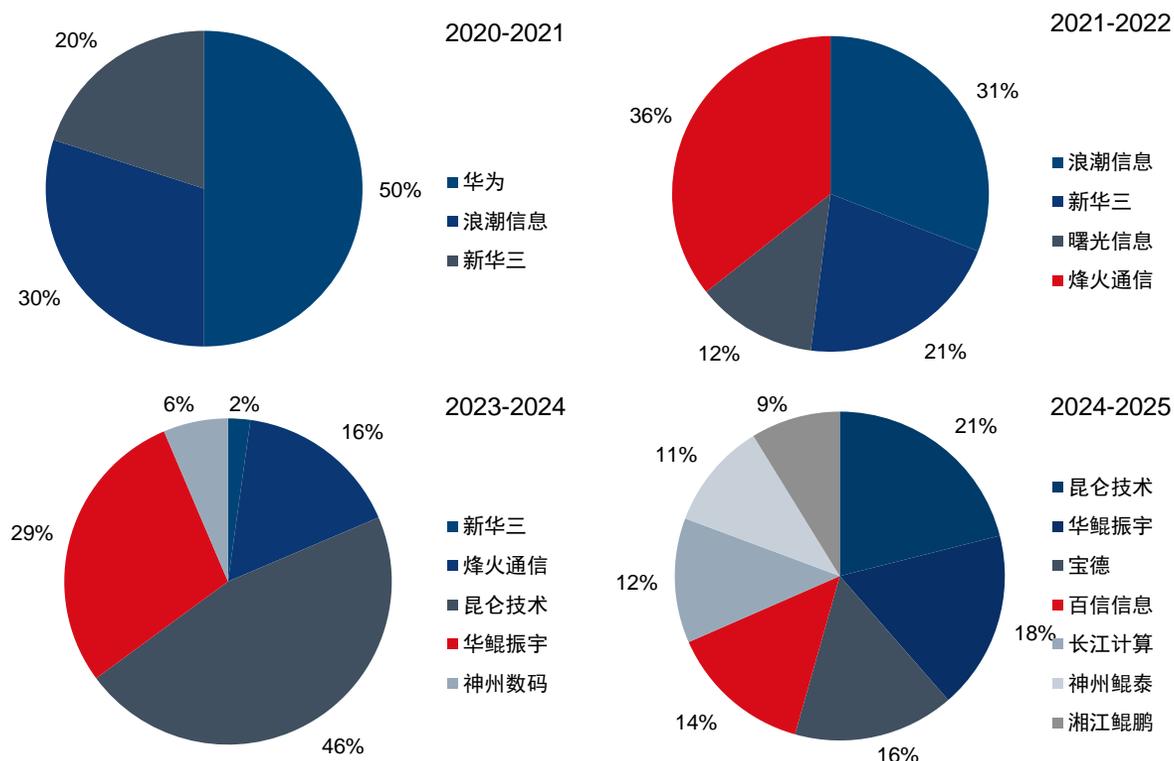
| 包段 | 产品名称 | 数量 (套) | 中标候选人 | 份额 | 投标报价 (亿元, 不含税) | 招标金额 (亿元, 不含税) |
|-----|-------------|-----------|-------|-----|-------------------|-------------------|
| 标包1 | 特定场景AI训练服务器 | 7994 | 昆仑技术 | 21% | 190.97 | 191.04 |
| | | | 华鲲振宇 | 18% | 190.97 | |
| | | | 宝德 | 16% | 190.97 | |
| | | | 百信 | 14% | 191.36 | |
| | | | 长江计算 | 12% | 191.17 | |
| | | | 神州鲲泰 | 11% | 191.17 | |
| 标包2 | 以太网交换机 | 60 | 湘江鲲鹏 | 9% | 190.58 | |
| | | | 重新招标 | | | |

资料来源：中国移动采购与招标网，国信证券经济研究所整理

- ◆ **AI服务器视角，此前浪潮信息份额靠前。**据IDC数据，2022年国内加速计算服务器市场中，浪潮信息、新华三、宁畅位居前三，份额分别为47%、11%、9%，浪潮信息份额大幅领先。
- ◆ 随着国产芯片发展，国内AI服务器竞争格局或产生变化（参考运营商招标），昇腾系相关服务器厂商份额有望提升。

图 26：中国AI服务器市场竞争格局（2022）


资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

图 27：中国移动近年来AI服务器招标中标候选人变化


资料来源：中国移动，国信证券经济研究所整理

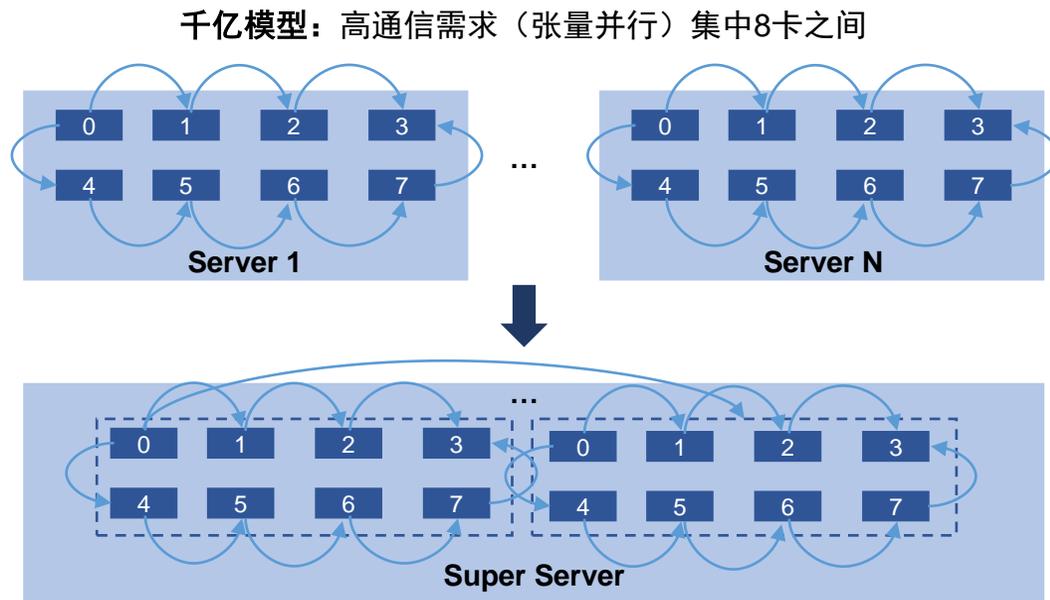
表 10：昇腾系整机合作伙伴一览

| 合作伙伴 | 级别 | 控股关系 | 营业收入（亿元） | 盈利指标 | 相关上市公司 | | 相关上市公司收入（亿元） | | | 相关上市公司归母净利润（亿元） | | |
|-------|-----|-------------------|----------|----------------------|-----------|------|--------------|--------|--------|-----------------|------|------|
| | | | | | 证券代码 | 证券简称 | 2021 | 2022 | 2023 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 昆仑技术 | 战略级 | 超聚变子公司 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 华鲲振宇 | 战略级 | 高新发展 拟取得控制权 | 39.5 | 净利润：0.5亿元 | 000628.SZ | 高新发展 | 66.1 | 65.7 | 80.1 | 1.6 | 2.0 | 3.7 |
| 神州鲲泰 | 领先级 | 神州数码100%持股 | 38.3 | 毛利率：10% | 000034.SZ | 神州数码 | 1223.8 | 1158.8 | 1196.2 | 2.4 | 10.0 | 11.7 |
| 宝德 | 优先级 | - | - | - | 002661.SZ | 拓维信息 | - | - | - | - | - | - |
| 百信 | 优先级 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 长江计算 | 优先级 | 烽火通信间接持股 70.7% | 13.72 | 净利润：0.3亿元 | 600498.SH | 烽火通信 | 263.1 | 309.2 | 311.3 | 2.9 | 4.1 | 5.1 |
| 广电五舟 | 优先级 | 广电运通16.2%持股 | - | 扣非净利润： 0.07亿元 | 002152.SZ | 广电运通 | 67.8 | 75.3 | 90.4 | 8.2 | 8.3 | 9.8 |
| 同方计算机 | 优先级 | 软通动力100%持股 | 44.06 | 毛利率：8% 净利润：-1.2亿元 | 301236.SZ | 软通动力 | 166.2 | 191.0 | 175.8 | 9.4 | 9.7 | 5.3 |
| 湘江鲲鹏 | 优先级 | 拓维信息100%持股 | 15.53 | 净利润：54.3万元 | 002661.SZ | 拓维信息 | 43.3 | 50.2 | 51.8 | 0.7 | 1.5 | -0.7 |
| 新华三 | 认证级 | 紫光股份51%持股 | 519.39 | 净利润：34.1亿元 | 000938.SZ | 紫光股份 | 676.4 | 740.6 | 773.1 | 21.5 | 21.6 | 21.0 |
| 安擎 | 认证级 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 黄河 | 认证级 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 北联国芯 | 认证级 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

资料来源：昇腾官网，各公司公告，国信证券经济研究所整理；注：斜体为2023年前三季度数据

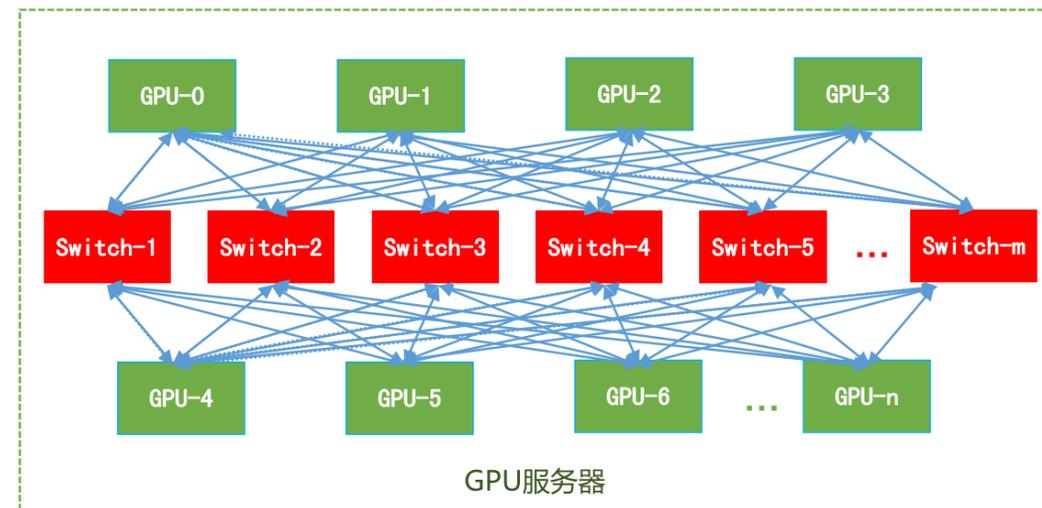
- ◆ 基于 Transformer 的大模型演进趋势遵循 Scaling Law，参数量走向万亿级是可预见的必然趋势。新型的算法结构带来了新的分布式训练策略，如专家系统（Mixture-Of-Experts, MoE）并行，高速通信需求进一步扩展至百卡级别，卡间互联的最优解指向 Switch 交换拓扑，“超级服务器”等机柜式方案有望加速应用——通过利用提高 GPU 南向的 Scale up 互联能力，提升张量并行或 MOE 并行对大模型训练任务的收益，实现性能跃升，缩短训练总时长，实现大模型训练整体性能的优化。

图 28：模型参数从千亿迈向万亿，互联高需求从8卡扩展到百卡间



资料来源：中国移动《算力网络原创技术与NICC新型智算中心技术体系》，国信证券经济研究所整理

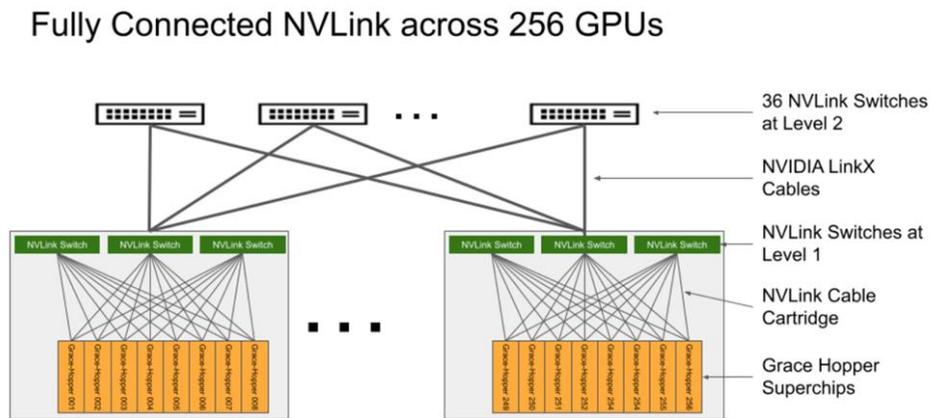
图 29：GPU服务器内部引入Switch芯片



资料来源：中国移动《面向超万卡集群的新型智算白皮书（2024）》，国信证券经济研究所整理

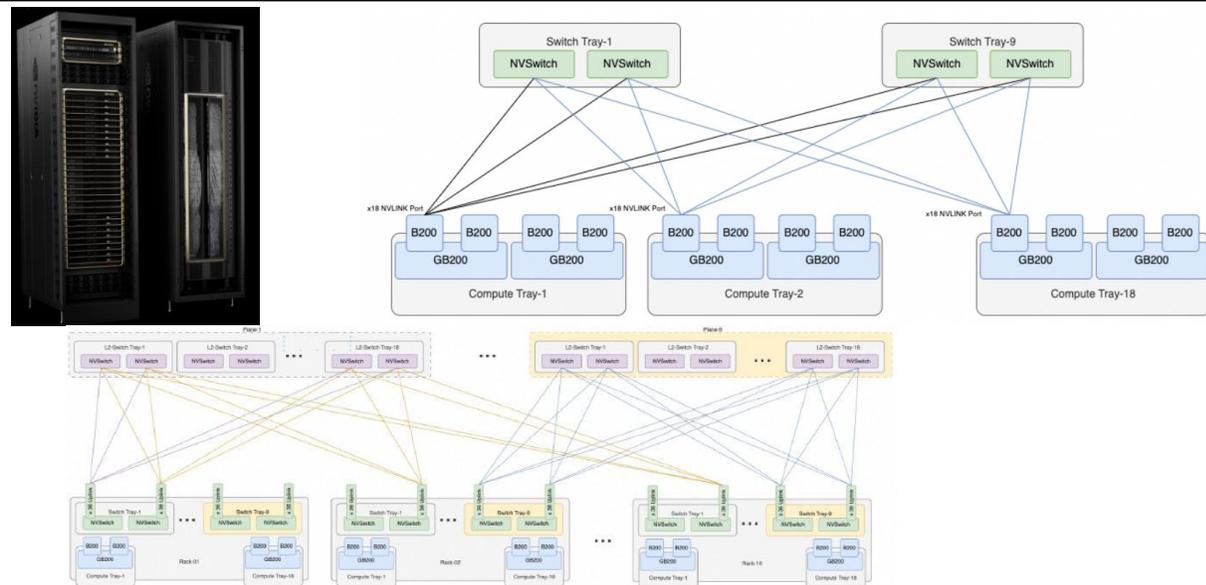
- ◆ 海外芯片厂商中，英伟达已先后推出GH200、GB200等机架式方案，扩大卡间互联规模。英伟达通过私有协议NVLink实现卡间互联，在此前GH200方案中，英伟达采用2层fat-tree网络结构实现256张GH200超级芯片互联；GB200架构中，英伟达推出NVL72方案，单机柜集成72个全互联的Blackwell芯片，英伟达也推出双机柜（NVL36）方案，也可通过2层NVLink交换实现最大576个GPU的全互联。

图 30：英伟达GH200超级计算机网络结构



资料来源：NVIDIA，国信证券经济研究所整理

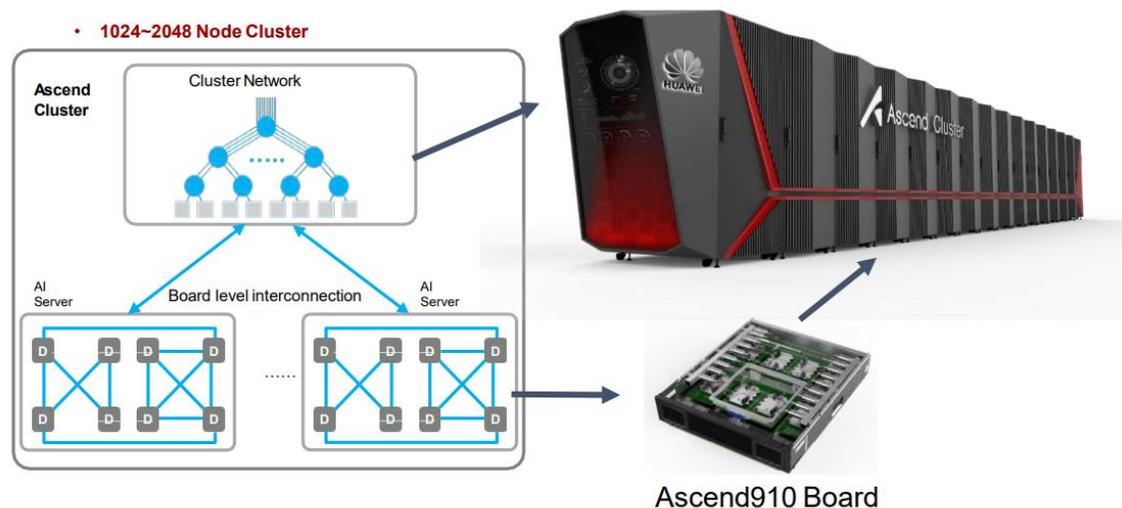
图 31：英伟达GB200 NVL72单机柜拓扑（上）及576卡全互联双机柜拓扑



资料来源：NVIDIA，国信证券经济研究所整理

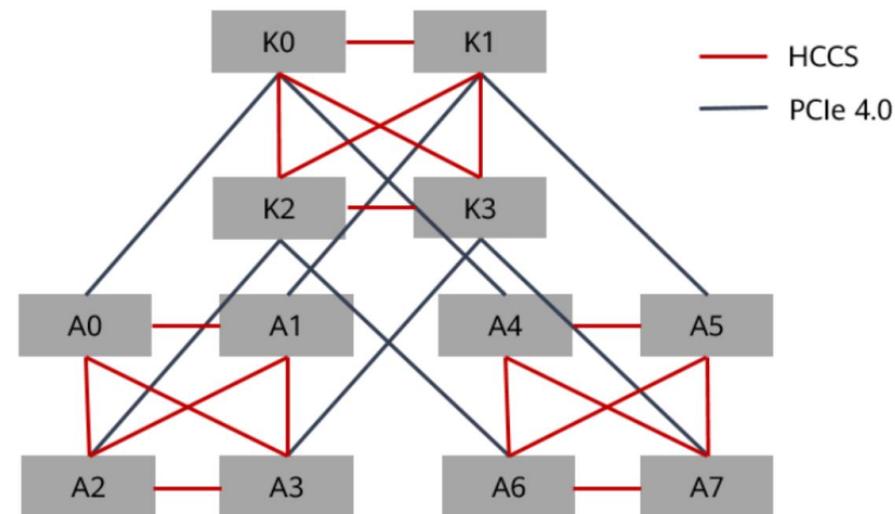
- ◆ 国内芯片厂商也推出相应卡间互联协议。如华为的HCCS（high-speed cache coherence network）、寒武纪的MLU-LINK、燧原的GCU-LARE和壁仞的B-LINK等。对比NVLink已经采用 Switch 交换或全互联的拓扑结构达到 8 卡或百卡级别的互联，国内厂商技术方案大多采用 cube 类拓扑实现8卡成环连接，相比之下在集群总吞吐和规模能力上均有代际差。但产业趋势明确，基于国内卡间互联协议的机架式方案有望加速应用。

图 32：昇腾910服务器内通过HCCS实现8卡互联



资料来源：华为《DaVinci: A Scalable Architecture for Neural Network Computing》，国信证券经济研究所整理

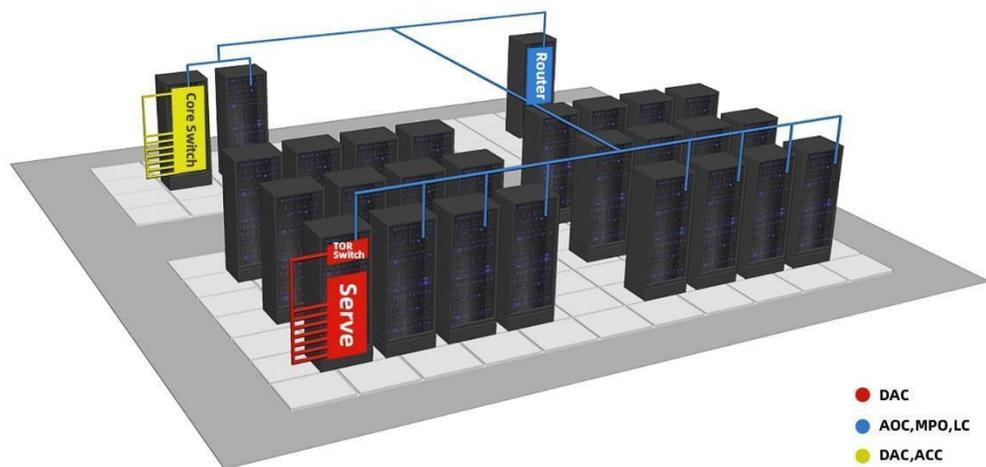
图 33：昇腾 910 AI处理器互联拓扑图



资料来源：昇腾官网，国信证券经济研究所整理

- ◆ 对比光互连，铜互联拥有功耗、成本等方面的优势。英伟达GB200 NVL72方案中，72个GPU通过超5000根铜缆实现互联，在短距离连接中，铜互联对比光互连具有成本低、功耗低等优势——正如英伟达官网对以太网DAC铜缆产品的优势描述包括：成本最低的高速互联、功耗和延迟接近零、高度可靠。

图 34：DAC与AOC数据中心应用示意图



资料来源：兆龙互连官网，国信证券经济研究所整理

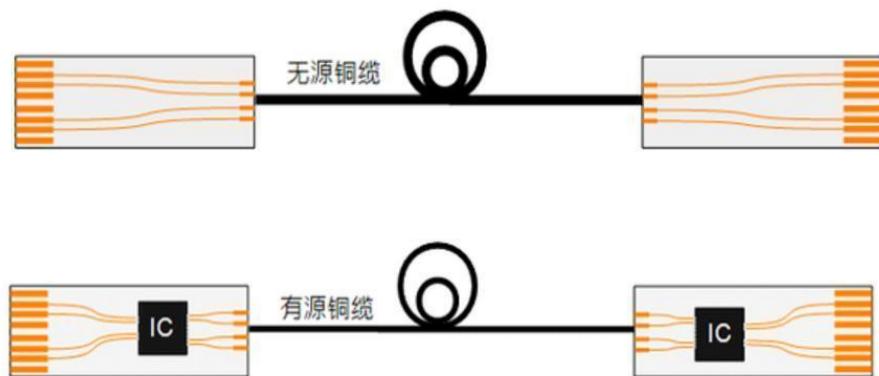
表 11：DAC对比AOC

| 指标 | DAC | AOC | 说明 |
|-------|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| 功耗 | 低（尤其是无源DAC） | 高 | |
| 传输距离 | <7m | <300m | |
| 电磁干扰 | 受电磁干扰 | 无 | 光纤通信不受电磁波干扰，铜缆属于电通信，会受电磁干扰 |
| 传输信号 | 电信号 | 光信号 | |
| 价格 | 低 | 高 | 光纤价格高于铜线，高速铜缆的成本比同等长度的光缆要便宜2倍到5倍；且AOC两端光纤收发器包含激光器 |
| 重量与体积 | 重 | 轻 | 在同等长度下，DAC的重量是AOC的4倍，体积是AOC的两倍 |
| 散热 | 强 | 弱 | 铜缆的自然散热效果好于光纤 |
| 传输性能 | 弱 | 强 | DAC的误码率高于AOC |
| 应用场景 | 数据中心<7m的短距离通信 如服务器与接入交换机 | 数据中心内>10m的中短距离通信， 如接入交换机到核心交换机 | |

资料来源：今日光电，易天光通信，国信证券经济研究所整理

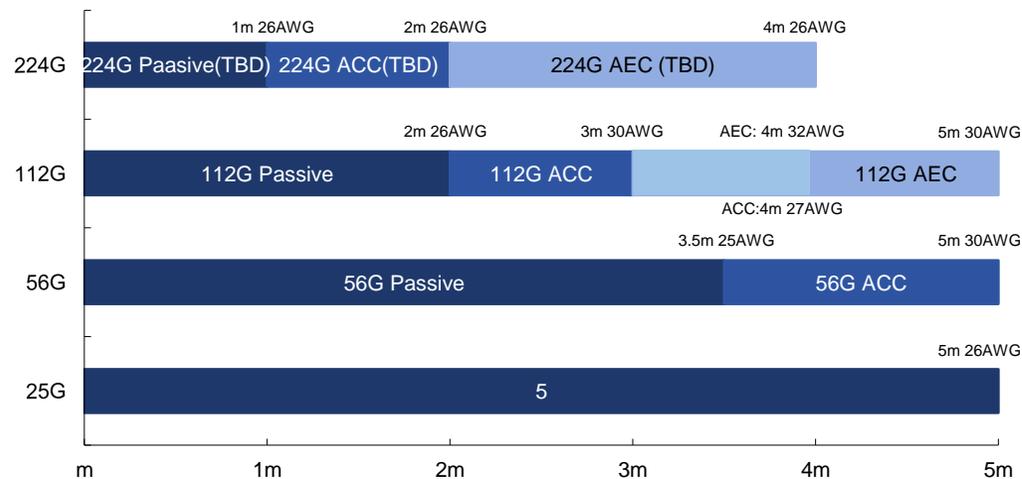
- ◆ **数据中心短距离通信所需的高速铜缆持续优化。**以直连铜缆为例，直连铜缆（Direct Attach Cable, DAC）是两端带有固定接头的线缆组件。作为高速传输线缆，DAC采用平行对称结构，大幅提升传输带宽和传输速率，同时降低了对内对间的时延差，提高了抗电磁干扰能力，其单通道传输速率最高已可达到224Gbps。
- ◆ **DAC又分无源DAC (Passive Copper Cable)和有源DAC(Active Copper Cable)，**后者通过加入芯片增加传输距离。无源DAC使用屏蔽的高速差分铜缆，两端的电路板上没有芯片，整个信号传输过程中，未对信号做任何处理。有源DAC内部具备预加重、均衡等高速电信号补偿芯片，对电信号传输过程中的衰减进行补偿，可以增加数据传输距离。为了进一步增加传输距离，业界演进AEC（Active Electrical Cable），在线缆两端加入CDR。

图 35：无源铜缆对比有源铜缆



资料来源：新浪财经，国信证券经济研究所整理

图 36：不同速率铜缆的传输距离



资料来源：ODCC，国信证券经济研究所整理

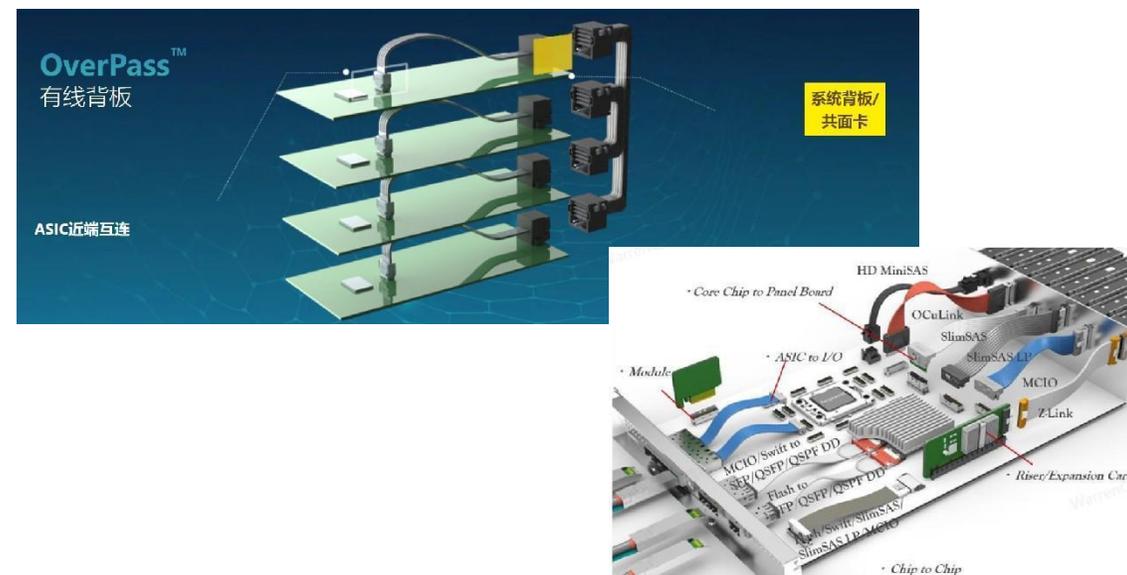
- ◆ **参考GB200机架式方案：**（1）计算单元（Compute Tray）通过背板连接器连接到背板，并通过铜缆连接到NVLink交换机，实现GPU和交换机的互联；（2）交换机内部，交换芯片通过4个跳线连接器与背板连接器连接。
- ◆ 考虑到NVLink协议速率较高（NVLink 4.0双向1800GB/s），如前文所述，出于带宽考虑，对比NVLink已经采用 Switch 交换的拓扑结构达到8卡或72卡的互联，国内厂商技术方案大多采用cube 类拓扑实现8卡成环连接，短期内国内机架式方案或仍不会引入Switch 组成芯片拓扑架构。国内机架式方案或采用类似叶脊架构（多轨）的组网方案，但高速背板仍有望应用。

图 37：GB200铜互联



资料来源：Nvidia，国信证券经济研究所整理

图 38：安费诺Overpass有线背板方案（上）和内部跳线方案示例（下）



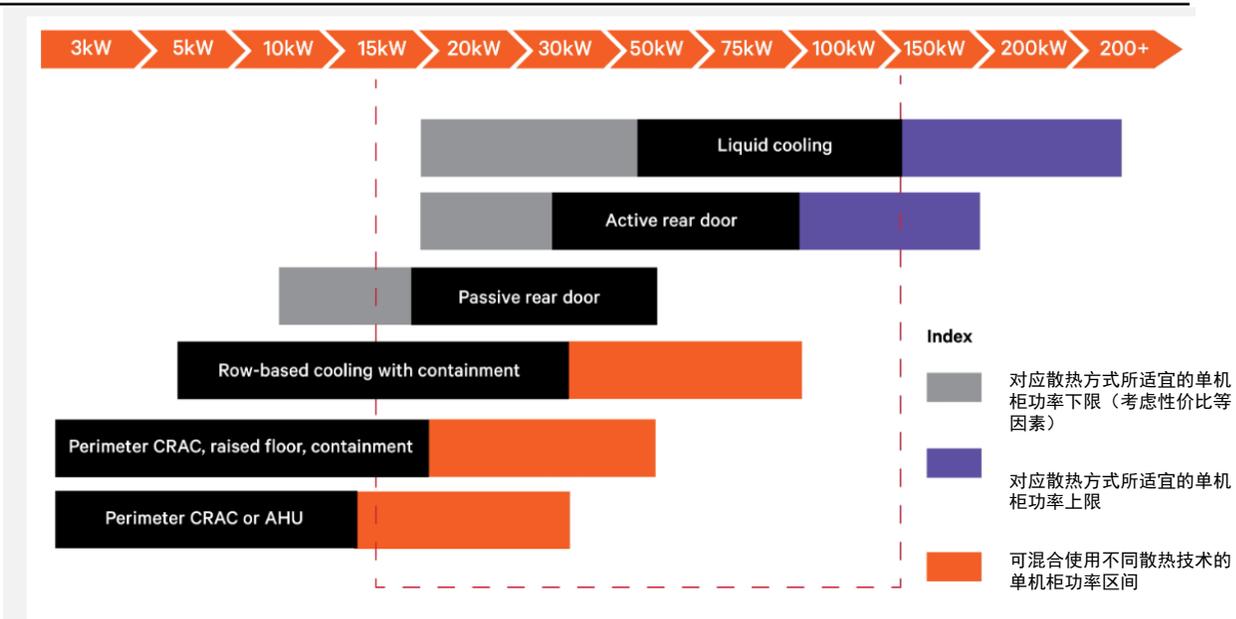
资料来源：安费诺，国信证券经济研究所整理

- ◆ 随着单卡功率的持续提升，AIDC集群的单机柜功率显著提升。H100单卡TDP 700W，对应单服务器设计功率约10kW，以标准单机柜4个AI服务器计算，单机柜功率超过40kW；预计B200单卡TDP 将达到1000W，对应单机柜功率有望突破50kW。
- ◆ 一般认为，风冷散热所适配的单机柜功率在4-40kW左右区间，液冷的最佳单机柜功率适配区间在50kW及以上水平。考虑到下一代Blackwell芯片单机柜功率有望突破50kW，风冷已达散热极限，采用液冷散热大势所趋。

表 12：H100/B200服务器与单机柜功率测算

| 项目 | 单位 | H100 | B200 |
|------------------|----|-------|--------|
| 服务器功率 | W | 10200 | 12600 |
| GPU TDP (x8) | W | 700*8 | 1000*8 |
| CPU、内存、NVLink等其他 | W | 4600 | 4600 |
| 存储、管理设备等 | W | 183 | 183 |
| 交换机等 | W | 729 | 729 |
| 机柜功率（4台服务器） | kW | 41.7 | 51.3 |

资料来源：Nvidia, semianalysis, 国信证券经济研究所整理

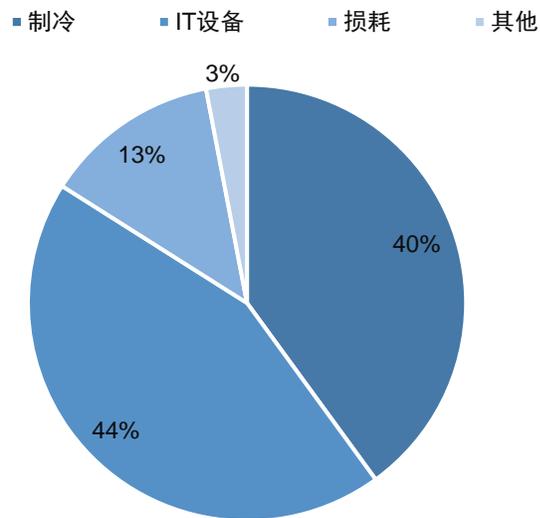
图 39：单机柜功率密度与适宜的散热方式


资料来源：Vertiv, 国信证券经济研究所整理

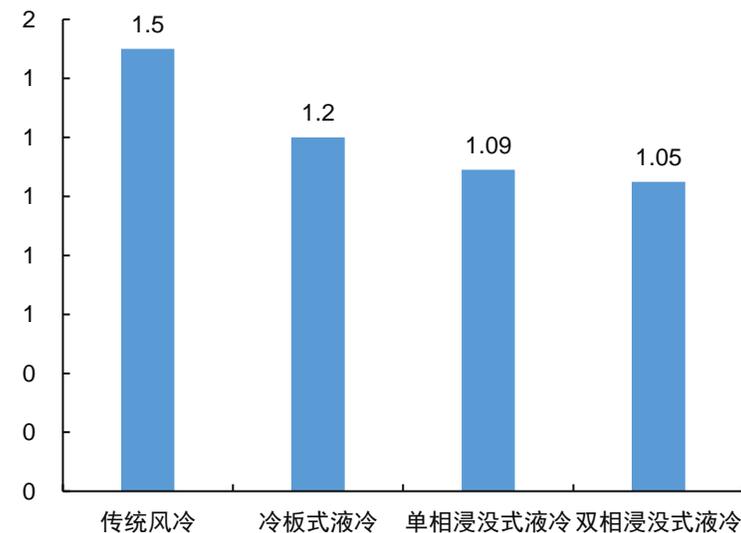
- ◆ 一方面，算力中心电力紧缺已成为初步共识，采用液冷降低PUE有望节约整体数据中心电能消耗。目前，一个标准的风冷数据中心中，温控环节的能耗占比达到40%（主要为精密空调消耗）。而算力中心对电力需求正在快速提升，需要降低单位算力能耗。通过液冷替代精密空调有助于降低PUE，实现节约能耗的目的。
- ◆ 另一方面，国内双碳目标下，推动PUE考核趋严，有望带动液冷渗透率提升。从国内市场维度，数据中心作为耗能大户，在双碳目标下，政策对其的PUE考核趋严，目前部分地区已降低至1.25以下。若进一步加大考核力度，风冷已无法满足政策PUE要求。

图 40：AIDC的能耗需求快速提升


资料来源：semianalysis，国信证券经济研究所整理

图 41：2023年典型数据中心的能耗构成


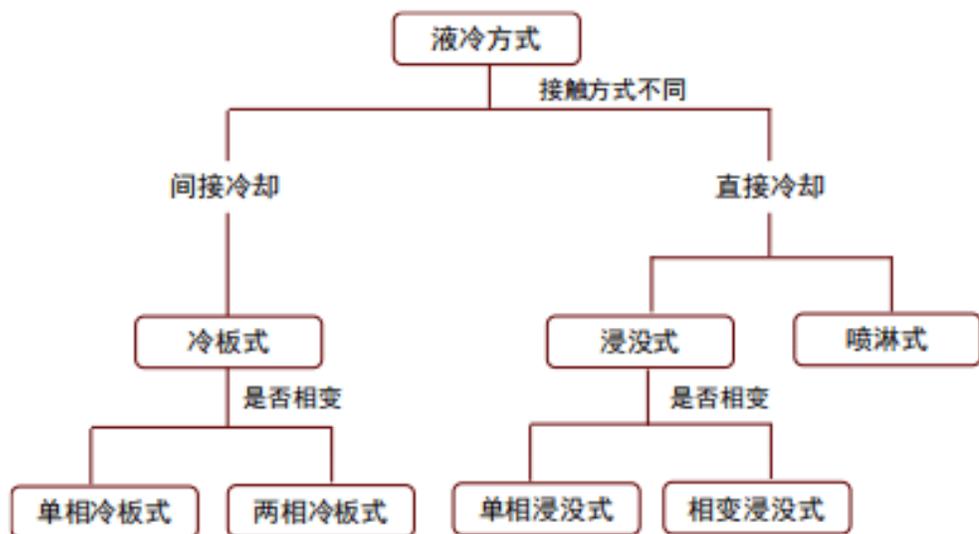
资料来源：《服务器浸没式液冷技术研究进展》（2023年6月，侯富民、李超恩、吴佳育、蔡伟、邵璟璟），国信证券经济研究所整理

图 42：数据中心不同冷却方式的典型PUE


资料来源：中兴通讯《液冷技术白皮书》，《数据中心单相浸没液冷规模化应用关键技术研策》，国信证券经济研究所整理

注：PUE=（IT设备+制冷设备+供电设备+照明及其它等设备）/IT设备能耗，即PUE越接近于1，则数据中心中的能耗将主要来源于IT设备（服务器、交换机等）。

- ◆ 液冷主要原理为用液体替代空气作为冷媒，为发热器件换热。相比风冷，液冷的主要原理是用液体替代空气作为冷媒，为 CPU、芯片组、内存条以及扩展卡等发热器件进行换热，带走热量。在节能、成本、节地、芯片可靠性、机房环境等多维度，液冷相比风冷均具备优势。
- ◆ 液冷主要可分为冷板式、浸没式、喷淋式三大类。按照接触方式，液冷主要可分为冷板式、浸没、喷淋式三大类。其中，按照是否相变，冷板式液冷可分为单相冷板式液冷、两相冷板式液冷，浸没式液冷可分为单相浸没式液冷、相变浸没式液冷。

图 43：液冷方式分类


资料来源：赛迪顾问《中国液冷数据中心发展白皮书》，国信证券经济研究所整理

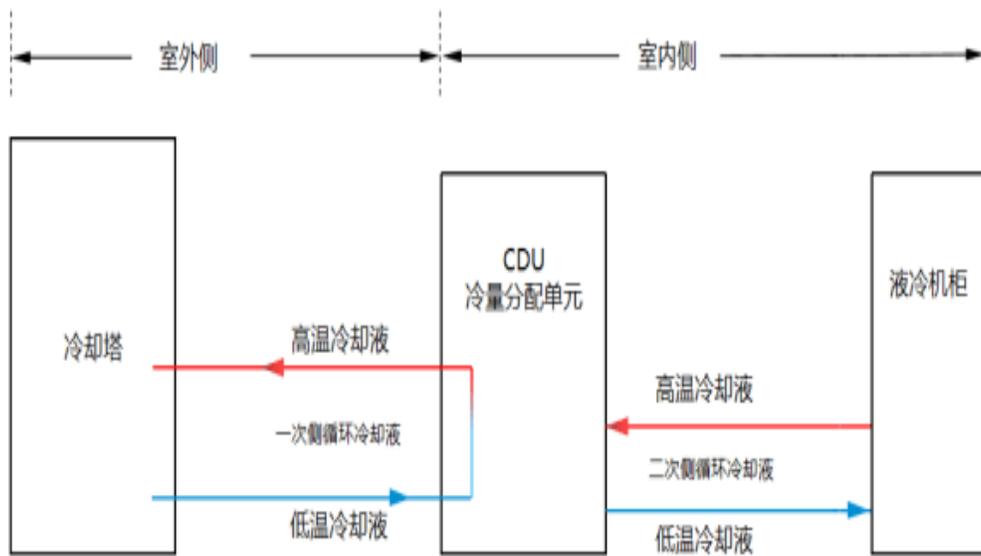
表 13：液冷技术对比

| 液冷方案 | 非接触式液冷 | | 接触式液冷 | |
|------|---|-------------------------------------|---------------------------------|--|
| | 冷板式 | 相变浸没式 | 单相浸没式 | 喷淋式 |
| 投资成本 | 初始投资中等，运维成本低 | 初始投资及运维成本高 | 初始投资及运维成本高 | 结构改造及液体消耗成本大，液冷系统初始投资成本低 |
| PUE | 1.1-1.2 | <1.05 | <1.09 | <1.1 |
| 可维护性 | 较简单 | 复杂 | 复杂 | 复杂 |
| 供应商 | 华为、浪潮、曙光、联想、超聚变等主流供应商 | 仅曙光 | 阿里巴巴、H3C、绿色云图、云酷智能、曙光数创 | 仅广东合一 |
| 应用案例 | 多 | 超算领域较多 | 较多 | 数据中心场景无批量使用 |
| 分析 | 初始投资中等，运维成本低，PUE收益中等，部署方式与风冷相同，从传统模式过渡较平滑 | 初始投资最高，PUE收益最高，需使用专用机柜，服务器结构需改造为刀片式 | 初始投资较高，PUE收益较高，部分部件不兼容，服务器结构需改造 | 初始投资较高，运维成本高，液体消耗成本高，PUE收益中等，部署方式同浸没式，服务器结构需改造 |

资料来源：中国移动《冷板液冷服务器设计白皮书》，国信证券经济研究所整理

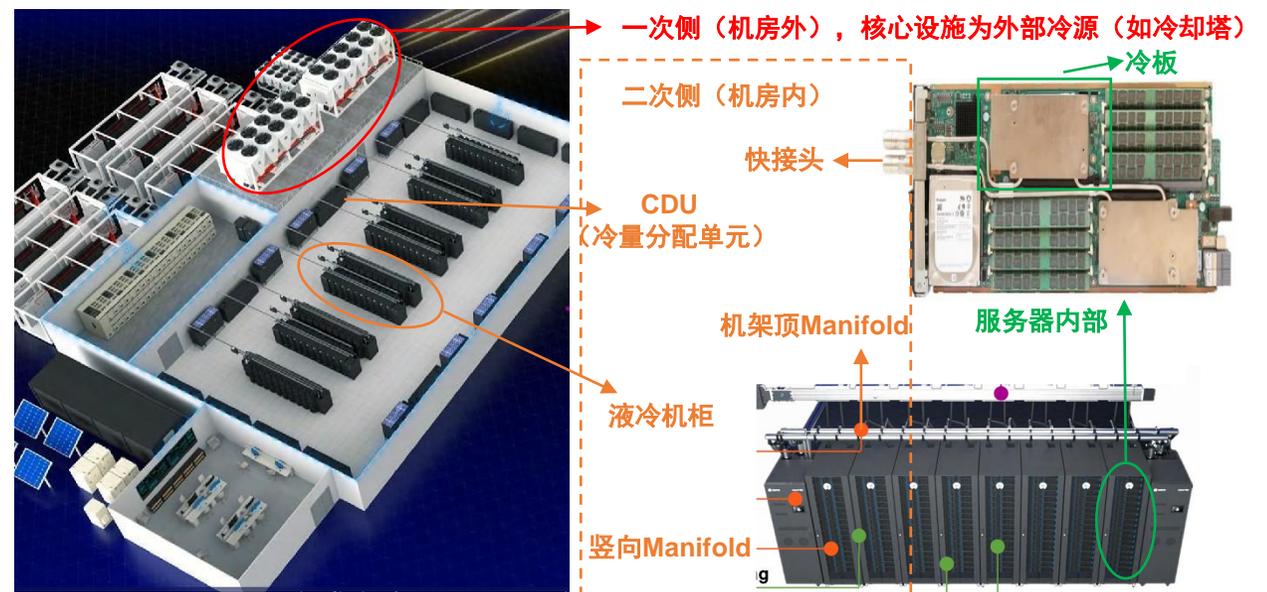
- ◆ **液冷系统通用架构可拆解为机房侧和ICT设备侧两部分，机房侧可进一步分为一次侧和二次侧两部分，浸没式和冷板式液冷在机房侧架构基本相同，差异主要在ICT设备侧：**
 - **一次侧：**包含冷却塔、一次侧管网、一次侧冷却液（通常为水）。室外侧为外部冷源，通常为室外的冷水机组、冷却塔或干冷器，热量转移主要通过水温的升降实现；
 - **二次侧：**包含CDU、液冷机柜、二次侧管网和二次侧冷却液。室内侧包括供液环路和服务器内部流道，主要通过冷却液温度的升降实现热量转移；两个部分通过 CDU中的板式换热器发生间壁式换热；
 - **ICT设备侧：**浸没式采用Tank安装制冷工质，ICT设备浸于其中；冷板式主要采用冷板贴于核心热源（CPU、GPU、内存）等上方。
- ◆ **制冷工质的选择：**冷板式通常采用乙二醇/丙二醇溶液（基于防冻考虑）或去离子水；浸没式通常采用氟化液、矿物油（如硅油）等。

图 44：液冷系统通用架构



资料来源：中兴通讯《液冷技术白皮书》，国信证券经济研究所整理

图 45：一个典型冷板式液冷机房的布局和部件拆解



资料来源：Vertiv，国信证券经济研究所整理

◆ **冷板式和浸没式液冷方式各有优劣：**

- **冷板式：**优点在于设备改造幅度较小，兼容度、初始投资/改造成本较低，推广更为容易；缺点在于散热效率低于浸没式液冷，150KW以上机柜散热存在压力；
- **浸没式：**优点在于散热效率最高；缺点在于制冷工质成本高，且常用的制冷工质氟化液具有致癌/激素紊乱等毒性问题，同时改造和初始投资成本大，对机房基础设施有更高要求。

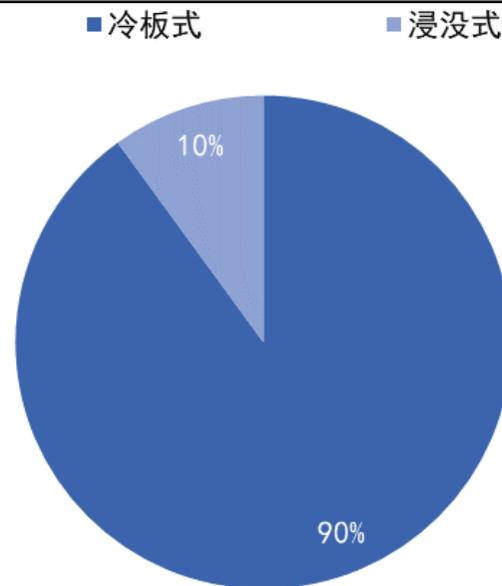
◆ **目前液冷方式以冷板式为主。**冷板式液冷对于数据中心的改造难度较低，所需成本也较为可控，目前冷板式液冷的市场应用相对更加普及。根据IDC报告，按照服务器出货量口径统计，2023H1我国冷板式液冷服务器比例达到90%左右，浸没式液冷渗透率仅为10%。

图 46：不同液冷方式对比

| 类型 | 冷板式液冷 | 浸没式液冷 | | 喷淋式 |
|--------|--|---|---|--|
| | | 单相浸没式 | 相变浸没式 | |
| 原理 | 冷板贴近服务器芯片等高发热元件，利用冷板中冷却液带走热量；同时增设风冷单元带走低发热元件散热 | 服务器完全浸没在冷却液中，冷却液循环流动并带走热量 | 服务器完全浸没在冷却液中，冷却液产生蒸发冷凝相变，并带走热量 | 冷却液从服务器机箱顶部喷淋下来，通过对流换热为期间降温 |
| 技术特点 | 服务器与动力系统改造较小，IT设备维护较简单；管路接头、密封件较多，漏液维护复杂 | 散热能力强、功率密度高。IT设备无风扇，静音；机械式吊臂拆装，液体清理和拆卸难、运维经验少 | 散热能力强、功率密度高，IT设备无风扇，静音；服务器改为刀片式，专用机柜，管路要求高，控制复杂 | IT设备静音，节省液体；需保证冷却液按需分配，运维复杂，排液、补液，维护时破坏服务器原有密封结构 |
| 成本 | 制冷工质、设备、改造等成本均较低 | 制冷工质用量大，氟化液成本高 | | 可适度改造原有服务器机柜，成本较小 |
| 最高散热效率 | 80% | 100% | | <100% |
| 生态 | IT设备、冷却液、管路、供电等不统一，服务器多与机柜深耦合，支持厂家较多 | IT设备需定制化，普通光模块等兼容性待验证 | IT设备需定制化，普通光模块等兼容性待验证 | 目前有一家 |

资料来源：《电信运营商液冷技术白皮书》，《数据中心用浸没式冷却液的研究进展》，国信证券经济研究所整理

图 47：2023H1冷板式和浸没式液冷服务器比例(出货量)



资料来源：IDC《中国半年度液冷服务器市场(2023 上半年跟踪)》，国信证券经济研究所整理

◆ 据测算，到2025年，通用服务器对应液冷市场规模将达到13亿元左右；加速服务器液冷服务器市场规模达到83亿元，合计约97亿元，以下是核心假设：

➤ (1) 渗透率假设：2025年通用服务器液冷渗透率15%；AI服务器液冷渗透率50%；

➤ (2) 功耗假设：假设通用服务器单芯片平均功耗提升至250W；AI服务器单芯片功耗提升至500W（参考-昇腾910 TDP约400W）

➤ (3) 单价假设：假设2025年风冷、冷板式、浸没式单位成本分别为2430、4000、8000元/kW。

表 14：国内液冷市场规模测算

| | 2021Y | 2022Y | 2023E | 2024E | 2025E |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 通用服务器 (万台) | 366.9 | 364.4 | 375.4 | 401.9 | 422.0 |
| 平均CPU数量 (片/台) | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 平均功耗 (w) | 170 | 185 | 200 | 230 | 250 |
| 服务器总功耗 (kw) | 1247519 | 1348294 | 1501456 | 1848742 | 2110205 |
| 风冷占比 | 100% | 99% | 97% | 90% | 85% |
| 风冷单价 (元/kw) | 4500 | 4000 | 3500 | 2700 | 2430 |
| 风冷市场规模 (亿元) | 56.1 | 53.4 | 51.0 | 44.9 | 43.6 |
| 冷板式液冷占比 | 0% | 1% | 3% | 10% | 14% |
| 冷板式液冷单价 (元/kw) | | 8000 | 5500 | 4500 | 4000 |
| 浸没式液冷占比 | | 0% | 0% | 1% | 1% |
| 浸没式液冷单价 (元/kw) | | 15000 | 11000 | 9000 | 8000 |
| 液冷市场规模 (亿元) | | 1.1 | 2.6 | 8.7 | 13.3 |
| 加速计算服务器 (万台) | 23.1 | 28.5 | 35 | 63 | 94.5 |
| 平均GPU数量 (片/台) | 4 | 6 | 6 | 8 | 8 |
| 平均功耗 (w) | 350 | 375 | 400 | 450 | 500 |
| 服务器总功耗 (kw) | 323995 | 640553 | 840000 | 2268000 | 3780000 |
| 风冷占比 | 100% | 90% | 85% | 75% | 50% |
| 风冷单价 (元/kw) | 4500 | 4000 | 3500 | 2700 | 2430 |
| 风冷市场规模 (亿元) | 14.6 | 23.1 | 25.0 | 45.9 | 45.9 |
| 冷板式液冷占比 | 0% | 9% | 14% | 23% | 45% |
| 冷板式液冷单价 (元/kw) | | 8000 | 5500 | 4500 | 4000 |
| 浸没式液冷占比 | | 1% | 2% | 3% | 5% |
| 浸没式液冷单价 (元/kw) | | 15000 | 11000 | 9000 | 8000 |
| 液冷市场规模 (亿元) | | 5.6 | 7.6 | 28.1 | 83.2 |
| 风冷市场合计 (亿元) | 70.7 | 76.5 | 76.0 | 90.9 | 89.5 |
| 液冷市场合计 (亿元) | | 6.7 | 10.2 | 36.8 | 96.5 |

资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理及预测

由于目前液冷服务器的机柜需要定制，需绑定机柜（基础设施）和服务器（ICT设备），因此以中科曙光（曙光数创）、浪潮信息（组建液冷工程师团队）为代表的服务器厂商采用自研+代工的形式布局液冷，目的是攫取液冷高溢价，从而提高盈利能力。

表 15：冷板式液冷方案交付模式对比

| 交付模式 | 解耦交付 | 一体化交付 |
|-------------|--|---|
| 服务器厂商职责范围 | 根据液冷服务器设备，还需明确液冷服务器进回水的温度、压力、水质、监控范围的要求，液冷基础设施连接头的要求、配电要求 | 提供液冷整机柜及二次侧管理的整体设计解决方案 |
| 服务器 | 多厂家 | 单厂家 |
| 整体适配性 | 根据既定接口标准分别生产机柜与服务器，测试阶段进行适配 | 原厂机柜和原厂服务器适配性较好，无法与非原厂设备匹配 |
| 整体机房管理 | 可形成统一标准及规范，后续易管理 | 各厂家标准不同，不容易对接 |
| 安装部署 | 批量生产，规模推广，灵活部署，基础设施和服务器厂家需协调合作，机柜供应商提供机柜级的漏液监测功能 | 与服务器结合部署 |
| 采购模式 | 机柜与服务器分别采购，促进竞争，有利降低价格 | 统一来购，受厂家限制较多 |
| 运维管理 | 机柜与服务器分别交付，需明确责任界面，需明确责任主体。各机柜及服务器配置统一，运维方式相同，易于统一管理 | 同厂家整机柜交付，责任界面明晰；不同厂家运维方式，接口、数据类型不同，需分开运维 |
| 产业成熟度 | 当前尚不成熟 | 当前较成熟 |
| 服务器/整机柜交付周期 | 盲插快接模式：对现有软管快接厂家，服务器深度定制开发，交付周期约9个月； 软管快接模式：对服务器进行浅度定制开发或无需定制，交付周期约3个月 | 主流厂商已有的量产产品 |
| 分析 | 目前不同液冷供应商之间产品的适配和兼容有一定困难，服务器与机柜之间、机柜与不同品牌服务器之间可能存在不适配的风险，需标准引领，服务器与机柜统一接口标准，提前开展对接联调、验证测试等 | 目前液冷技术在产业化和标准化方面还处于发展阶段，液冷服务器和机柜无统一标准，一体交付模式不利于液冷产业标准的技术积累和创新引领 |

资料来源：《电信运营商液冷技术白皮书》，国信证券经济研究所整理

专业温控厂商也有方案落地，呈现多方合作模式。目前，英维克、申菱环境和高澜股份已有液冷项目落地（字节马来西亚项目），是国内专业液冷温控供应商中的领先企业。曙光数创为中科曙光系的温控厂商，主要客户为曙光系超算中心，以浸没式方案为主。

英维克通过绑定华为/Intel芯片方案的形式，目前合作服务器厂商如超聚变、宁畅、新华三等，优势更为突出。

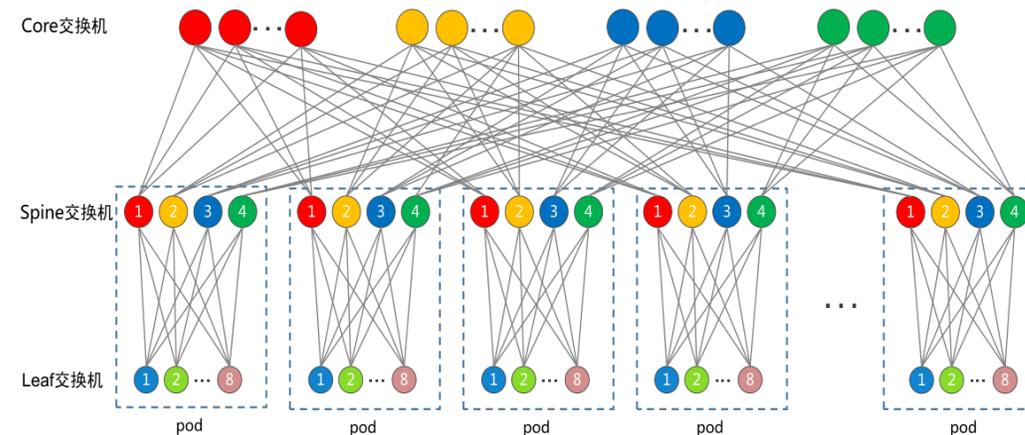
表 16：数据中心液冷温控可比公司综合对比

| 名称 | 简介 | 细分领域 | IDC策略 | 产品技术 | 23Y机房温控收入/亿元 | 客户 |
|------|---|--|--|-------------|-------------------|---------------------------------------|
| 英维克 | 致力于为云计算数据中心、服务器机房、通信网络、电力电网、储能系统、电源转换等领域提供设备散热解决方案，为客车、重卡、冷藏车、地铁等车辆提供相关车用的空调、冷机等产品及服务，并为人居健康空气环境推出系列的空气环境机。 | 数据中心、服务器机房、通信机房、高精度实验室、无线通信基站、储能电站、电动汽车充电桩、公交、通勤、旅运等 | 产品直接或通过系统集成商提供给数据中心业主、IDC运营商、大型互联网公司，可根据项目情况提供模块化数据中心系统、数据中心基础设施等整体方案和集成总包服务 | 风冷、间接蒸发冷、液冷 | ~16 | 腾讯、阿里巴巴、秦淮数据、万国数据、数据港、中国移动、中国电信、中国联通等 |
| 申菱环境 | 为数据服务产业环境、工业工艺产研环境、专业特种应用环境、公共建筑室内环境等应用场景提供人工环境调控整体解决方案数据中心、特种环境（核电、机场温控、油气回收等）、新能源（海上风电、储能、电池厂、发电厂等）、工业温控 | 数据中心、特种环境（核电、机场温控、油气回收等）、新能源（海上风电、储能、电池厂、发电厂等）、工业温控 | 提供IDC温控一体化解决方案 | 间接蒸发冷、液冷等 | ~9 | 华为、中国移动、曙光、浪潮、百度、世纪互联等 |
| 高澜股份 | 控股子公司高澜创新科技信息与通信（ICT）热管理产品主要为服务器液冷板、流体连接部件、多种型号和不同换热形式的CDU、多尺寸和不同功率的TANK，换热单元。 | 工业、数据中心、新能源汽车、储能等 | 形成冷板液冷数据中心热管理和浸没液冷数据中心热管理的解决方案 | 液冷为主 | - | 终端客户如字节跳动等 |
| 曙光数创 | 以数据中心高效冷却技术为核心的数据中心基础设施产品供应商，主营浸没相变液冷数据中心基础设施产品，布局冷板式液冷 | 聚焦数据中心/超算中心等 | 提供浸没式方案为主，布局冷板式 | 液冷为主 | 6.5 冷板收入1.90亿元 | 曙光系、润泽科技等 |

数据来源：公司公告，国信证券经济研究所整理（*上述公司机房温控主要收入为在数据中心机房收入）

三、交换机：AI集群无损通信的载体，以太网应用加速

- ◆ 胖树(Fat-Tree)组网由 Leaf 交换机、Spine 交换机和 Core 交换机组成，如图所示。每8台Leaf交换机和下挂的AI服务器做为一个 group，8台 Leaf 交换机又和上面 N 台 Spine 交换机组成一个pod，胖树组网以 pod 为单位进行扩展。在胖树组网中，Spine 交换机和 Leaf 交换机之间采用 Fullmesh 全连接，所有Spine1都 Full-Mesh 连接至第一组 Core，所有 Spine2 都 Full-Mesh 连接至第二组Core，依次类推。Spine交换机和 Leaf 交换机上下行收敛比都为1:1。
- ◆ 胖树架构下，假设单台交换机端口数为P，则单台交换机最多可下联 $P/2$ 张GPU，2层胖树网络最大可连接GPU数量为 $P^2/2$ ，3层胖树网络最大可连接GPU数为 $P^2/2^2$ ；以GPU端口:交换机端口视角，最大连接情况下两层组网GPU:交换机端口数=1:3，三层组网则为1:5。

图 48：胖树架构组网示意图


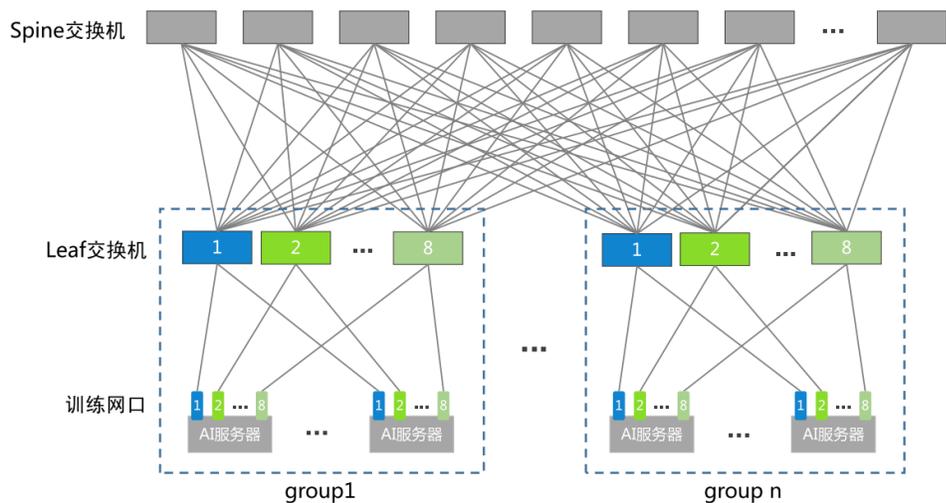
资料来源：中国移动，国信证券经济研究所整理

表 17：胖树架构下144端口交换机GPU:交换机端口数测算

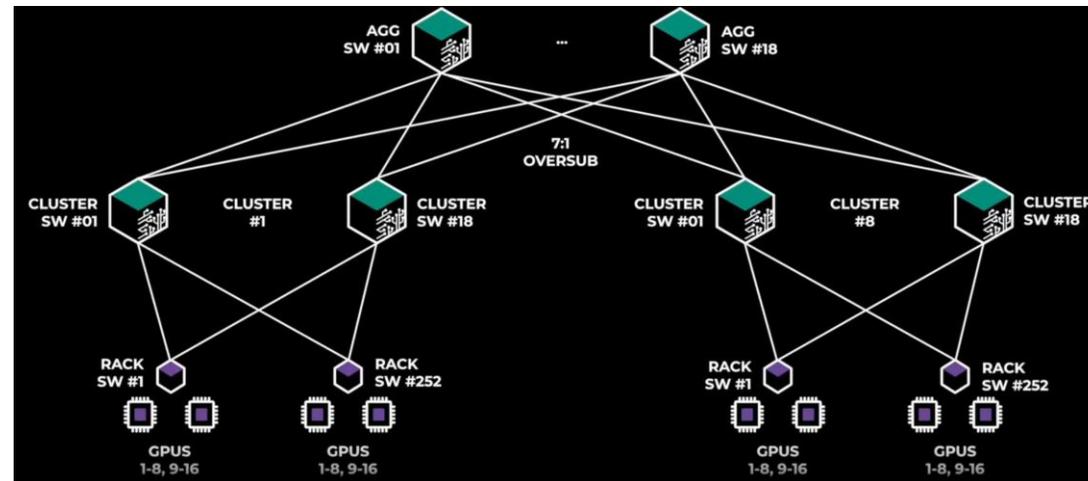
| GPU数量 | 72 | 144 | 288 | 576 | 1152 | 2304 | 4608 | 9216 | 10368 | 18432 | 36864 | 73728 |
|---------------|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 网络层数 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 交换机数量 | 1 | 1 | 6 | 12 | 24 | 50 | 100 | 200 | 216 | 580 | 1268 | 2536 |
| Layer-1 Leaf | 1 | 1 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 144 | 256 | 512 | 1024 |
| Layer-2 Spine | | | 2 | 4 | 8 | 18 | 36 | 72 | 72 | 216 | 504 | 1008 |
| Layer-3 Core | | | | | | | | | | 108 | 252 | 504 |
| 交换机端口数 | 144 | 144 | 864 | 1728 | 3456 | 7200 | 14400 | 28800 | 31104 | 83520 | 182592 | 365184 |
| 交换机端口数/GPU | 2.0 | 1.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.0 | 4.5 | 5.0 | 5.0 |

资料来源：英伟达，SemiAnalysis，国信证券经济研究所整理及测算

- ◆ Spine-Leaf 两层组网如图所示。每8台 Leaf 交换机和下挂的 AI 服务器做为一个 group，以 group 为单位进行扩展。在 group 内部，采用多轨方案将AI服务器连接至 Leaf 交换机，即所有 AI服务器的1号网口都上连至 Leaf1，所有2号网口上连至 Leaf2，依此类推，所有8号网口上连至Leaf8。Spine 交换机和Leaf 交换机之间采用 Fullmesh 全连接；Leaf 交换机上下行收敛比为 1:1。
- ◆ 叶脊架构的组网方案在实际应用中综合交换机方案、收敛比设计等不同有不同的落地形式。如Meta此前披露的采用以太网RoCE的3.2万张GPU算力集群中，机架交换机（Rack Switch）上下行收敛比为 1:1，而集群（Cluster Switch）和汇聚交换机设置收敛比为7:1；对比来看，锐捷网络AI-FlexiForce智算中心网络解决方案Leaf层交换机收敛比1.1:1，Spine和Leaf层交换机收敛比为1:1（详见下页）。

图 49：Spine-Leaf两层组网


资料来源：Google，国信证券经济研究所整理

图 50：Meta通过以太网RoCE组建最大可支持3.2万张GPU的算力集群


资料来源：Google，国信证券经济研究所整理

◆ 以锐捷网络AI-FlexiForce智算中心网络解决方案为例：

- 交换机参数：NCP（Leaf交换机）采用NCP-RG-S6930-18QC40F1，18个400G业务口（下行）及40个200G Fabric内联口（上行）；NCF交换机采用NCF-RG-X56-96F1，共96个200G Fabric内联口。
- NCP交换机收敛比1.1:1，NCF交换机收敛比1:1。
- 2层架构下，1个Pod对应18台服务器（单服务器8卡），采用8个NCP交换机；满配为12个Pod，最大对应216台服务器（即1728张卡）——对应NCP交换机数量=12*8=96；NCF交换机数量=1728*400G*1.1/200G/96≈40台。即**GPU：端口数（等效400G）=1:3.2**。
- 3层架构下，1个Pod包含6组18台服务器（单服务器8卡），对应NCP交换机=8*6=48台，Layer-2 NCF交换机需求=6*18*8*400G*1.1/200G/48≈40台；满配为20个Pod，Layer-3 NCF交换机需求=40*20/2=400台。即**GPU：端口数（等效400G）=1:5.4**。

图 51：锐捷网络AI-FlexiForce智算中心网络方案设计（上为2层，下为3层）

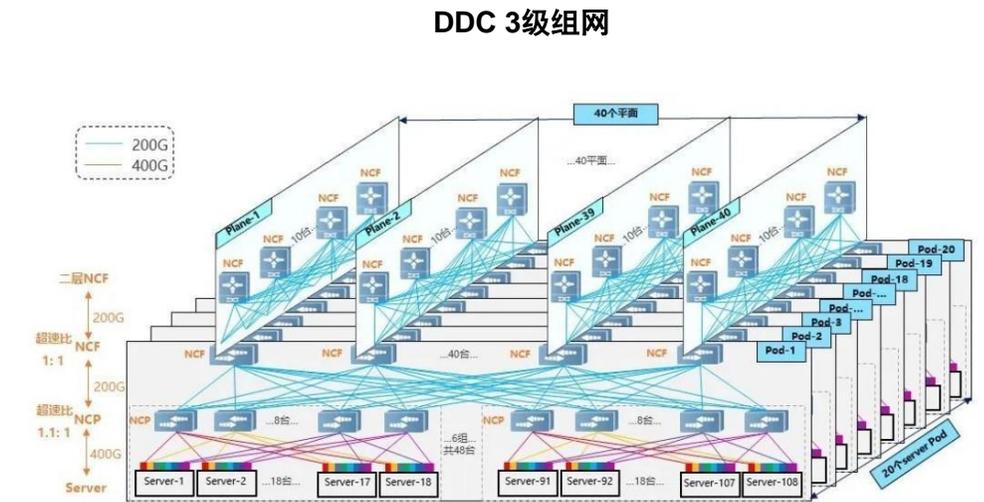
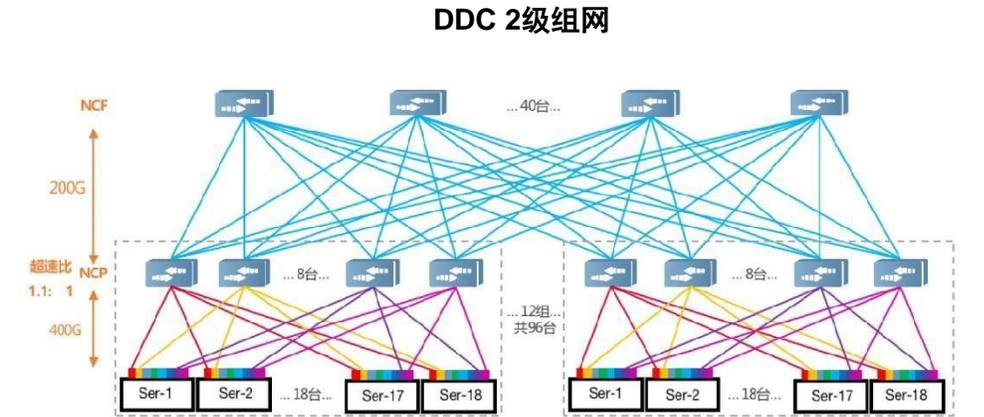


表 18：锐捷网络AI-FlexiForce解决方案GPU:交换机端口数测算

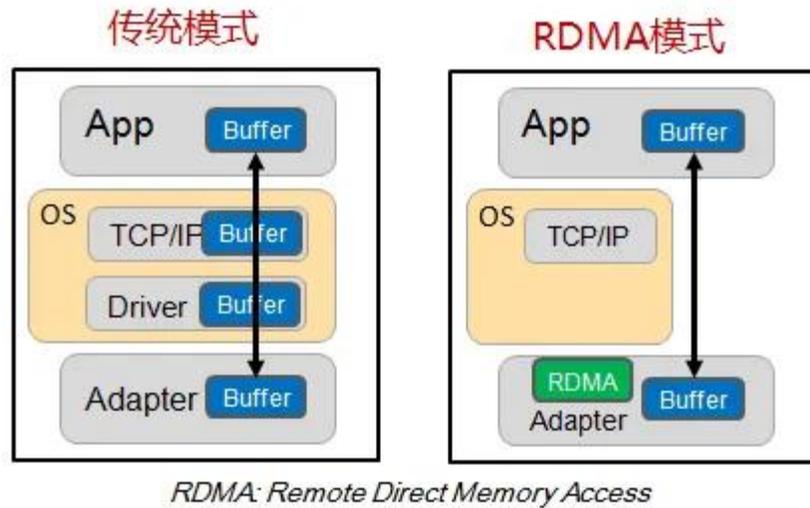
| GPU数量 | 72 | 144 | 576 | 1152 | 1728 | 2304 | 4608 | 9216 | 10368 | 17280 |
|----------------|-----|-----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 网络层数 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 交换机数量 | 6 | 11 | 45 | 90 | 136 | 248 | 496 | 952 | 1056 | 1760 |
| Layer-1 NCP | 4 | 8 | 32 | 64 | 96 | 128 | 256 | 512 | 576 | 960 |
| Layer-2 NCF | 2 | 3 | 13 | 26 | 40 | 120 | 240 | 440 | 480 | 800 |
| Layer-3 NCF | | | | | | 60 | 120 | 220 | 240 | 400 |
| 交换机端口数（等效400G） | 248 | 448 | 1840 | 3680 | 5568 | 13504 | 27008 | 51136 | 56448 | 94080 |
| 交换机端口数/GPU | 3.4 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 5.9 | 5.9 | 5.5 | 5.4 | 5.4 |

资料来源：锐捷网络官网，国信证券经济研究所整理及测算

资料来源：锐捷网络，国信证券经济研究所整理

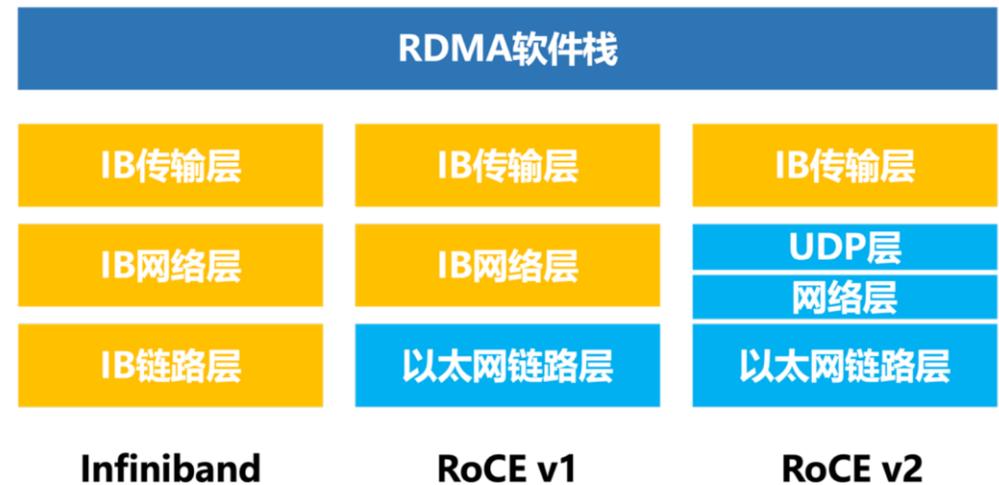
- ◆ 服务器内部由TCP协议栈接收/发送报文，对报文进行内部处理时会产生数十微秒的固定时延，这使得在AI数据运算和SSD分布式存储这些微秒级系统中，TCP协议栈时延成为最明显的瓶颈，RDMA技术无需操作系统和TCP/IP协议的介入，可以轻易的实现超低延时的数据处理：
 - 允许应用与网卡之间的直接数据读写，将服务器内的数据传输时延降低到接近1us。
 - 允许接收端直接从发送端的内存读取数据，极大减少了CPU的负担。
- ◆ RDMA起初针对Infiniband（IB），以太网基于RDMA的改进技术即为RoCE。

图 52：RDMA与传统TCP的对比



资料来源：架构师技术联盟Google，国信证券经济研究所整理

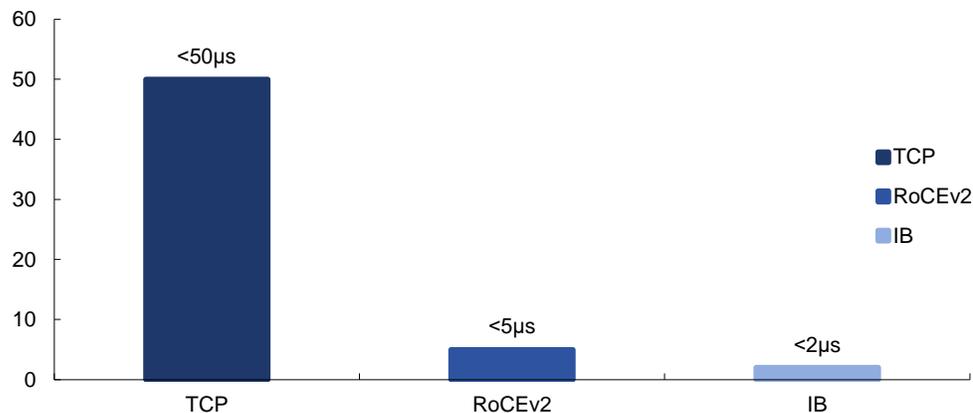
图 53：InfiniBand 与 RoCE 协议栈



资料来源：中国移动，国信证券经济研究所整理

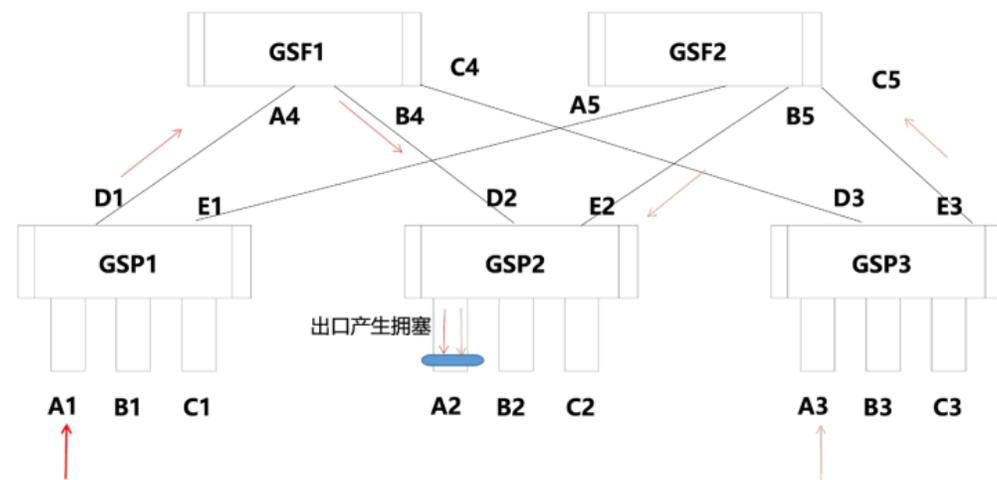
- ◆ InfiniBand高可靠性、低时延、高带宽等特点在超级计算机集群中得到广泛应用；而以太网则具备分布式和兼容性设计，仍存在技术瓶颈，主要体现在易发生堵塞、丢包：
 - (1) 传统基于流的等价多路径路由（Equal Cost Multi Path, ECMP）负载均衡技术在流量数小、单流流量大的情况下可能失效，导致链路负载不均。当某些物理链路负载过大时，容易出现拥塞甚至网络丢包。
 - (2) 分布式训练的多对一通信模型产生大量 In-cast 流量，造成设备内部队列缓存的瞬时突发而导致拥塞甚至丢包，造成应用时延的增加和吞吐的下降。PFC（Priority-based Flow Control）和 ECN（Explicit Congestion Notification）都是拥塞产生后，再进行干预的被动拥塞控制机制，它们无法从根本上避免拥塞。
 - (3) 业界通过 CLOS 架构搭建大规模分布式转发结构来满足日益增长的转发规模需求，在该架构下，各节点分布式运行和自我决策转发路径导致无法完全感知全局信息和实现最优的整网性能。

图 54：RoCE延迟较TCP大幅优化，但对比IB仍有劣势



资料来源：电子发烧友，国信证券经济研究所整理

图 55：网络 Incast 流量发生场景



资料来源：中国移动《NICC新型智算中心技术体系白皮书》，国信证券经济研究所整理

- ◆ **UEC联盟成立，为人工智能基础设施打造超大以太网。**2023年7月，AMD、Arista、博通、思科、Eviden、HPE、英特尔、Meta和微软宣布成立超以太网联盟 (UEC)，这是一个由Linux基金会主持的组织，致力于开发物理层、链路层、传输层和软件层以太网技术，国内阿里云、百度、世纪互联、字节跳动、华为、新华三、光迅科技、腾讯、锐捷网络等都已加入。预计UEC将于2024年推出第一批完全基于标准的产品。

图 56：超以太网联盟成员


资料来源：超以太网联盟官网，国信证券经济研究所整理

图 57：UEC不同网络性能指标

| Backend Characteristic (2026+) | Dedicated AI Training Cluster | Cloud AI/HPC | At Scale HPC |
|---------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------------|
| Network Scale (# ETH ports) | 100K – 256K | 256K | 80K – 256K |
| Target unloaded one-way latency | 2 – 10us | 2 – 10us | 2 – 10us |
| Ethernet port speed | 800G+ | 400G+ | 800G+ |
| Average network utilization | Up to 85% | 20-40% overall BW 60-80% for AI cloud | Varies, 60-80% for BW intensive apps |
| Packet rate | Low | Mixed | High |
| Message size | Relatively large | Mixed | Tiny ~ Mixed |
| Encryption | Optional | Required | Optional |
| Multi-tenancy | Node-level job isolation | Node-level job isolation + network virtualization | Node-level job isolation |

资料来源：超以太网联盟官网，国信证券经济研究所整理

- ◆ 中国移动提出全调度以太网（Global Scheduled Ethernet, GSE）优化智算中心网络瓶颈。GSE针对三个方向针对性改进：一是从“流”分发到“包”分发演进，通过提供逐报文容器动态负载均衡机制，实现单流多路径负载分担，提升有效带宽，降低长尾时延。二是从“推”流机制到“拉”流机制演进，即从被动拥塞控制，到依赖“授权请求”和“响应机制”的主动流控，最大限度避免网络拥塞的产生。三是从“局部”决策到“全局”调度演进，即全局视野的转发调度机制，实现集中式管理运维、分布式控制转发，优化网络性能。
- ◆ 中国移动正持续推进GSE落地，2023年6月在CCSA成功立项《全调度以太网总体技术要求》、2023年8月中国算力大会正式启动全调度以太网（GSE）推进计划、2023年9月中国网络大会发布业界首款GSE原型系统；2024年“中国移动算力网络大会”上，中国移动副总经理高同庆宣布今年将开展GSE中试（即“现网试商用”）。

图 58：全调度以太网改进方向



资料来源：中国移动《算力网络原创技术与NICC新型智算中心技术体系》，国信证券经济研究所整理

图 59：GSE原型机系统



资料来源：中国移动《算力网络原创技术与NICC新型智算中心技术体系》，国信证券经济研究所整理

◆ 当前以太网方案已展现性价比优势，随着协议改进优化，应用有望进一步加速。RoCEv2网络解决方案在灵活性和成本效益上展现出更多优势：

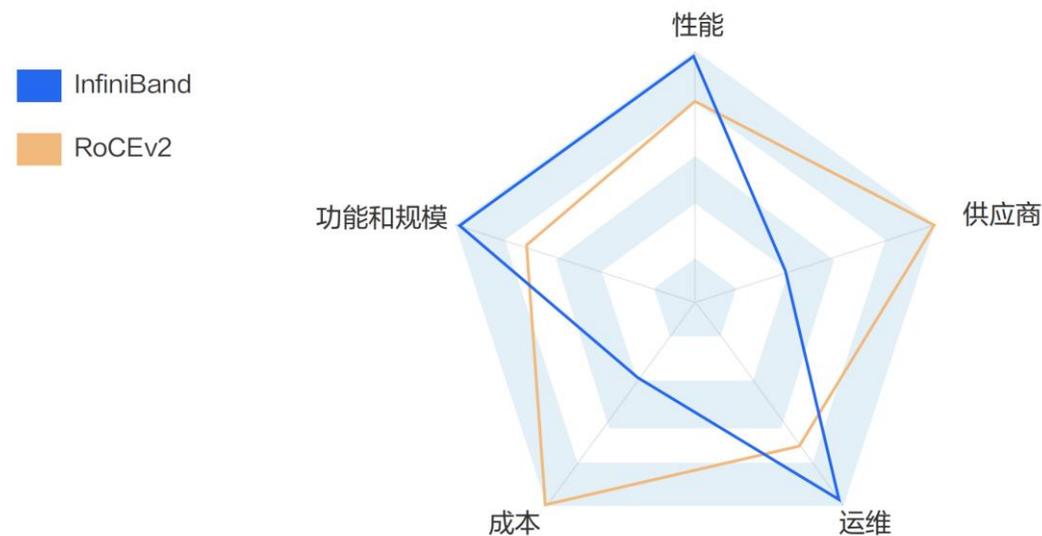
- **业务性能：**InfiniBand因其较低的端到端延迟特性，在应用层面上能提供更优的业务性能体验。尽管如此，RoCE v2同样能够在大部分智能计算场景下达到用户所需的业务处理效能标准。
- **业务规模：**InfiniBand具备强大的扩展能力，能够支持数万个GPU卡构建集群，且在大规模部署下仍可保持性能稳定无损，已在业界拥有大量成功商业应用案例。而RoCE v2网络也能够支撑数千张卡构成的集群，并且整体网络性能并无显著下滑。
- **成本考量：**InfiniBand的成本相对较高，主要原因在于其交换机设备的价格高于以太网交换机。
- **业务供应商方面：**InfiniBand的供应商主要以 NVIDIA 为主，RoCEv2 的供应商较多

图 60：InfiniBand 和 RoCEv2 的技术对比

| 对比项 | InfiniBand | RoCEv2 |
|----------|---|-----------------|
| 同集群端到端时延 | 2us | 5us |
| 流控机制 | 基于Credit的流控机制 | PFC/ECN, DCQCN等 |
| 转发模式 | 基于Local ID转发 | 基于IP转发 |
| 负载均衡模式 | 逐包的自适应路由 | ECMP方式路由 |
| 故障恢复 | Self-Healing Interconnect Enhancement for Intelligent Datacenters | 路由收敛 |
| 网络配置 | 通过UFM实现零配置 | 手工配置 |

资料来源：百度智能云《智算中心网络架构白皮书》，国信证券经济研究所整理

图 61：InfiniBand 和 RoCEv2 对比示意图



资料来源：百度智能云《智算中心网络架构白皮书》，国信证券经济研究所整理

市场规模：我国交换机市场约500亿元

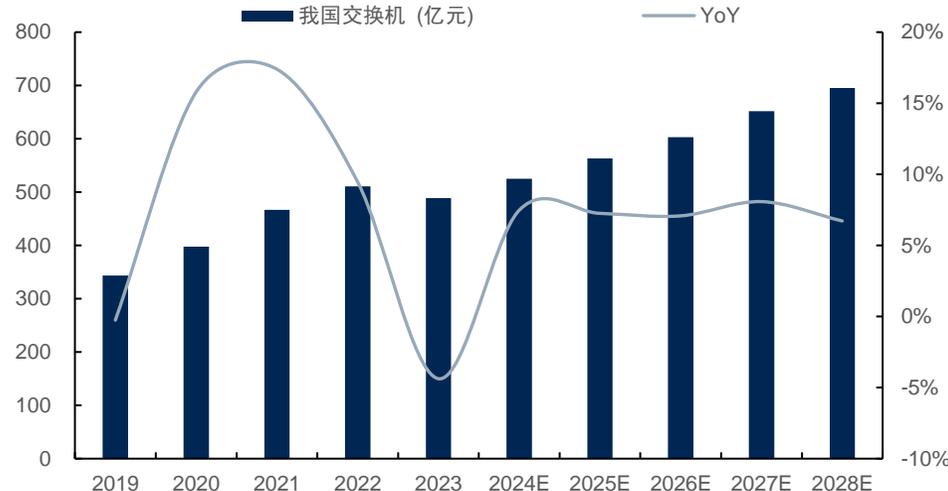
- ◆ 数字经济蓬勃发展，随着AIGC不断发展、云计算产业的发展及渗透率的持续提升，对通信设备需求持续增长，预计交换机规模持续扩大。从市场规模来看：
- ◆ 据IDC统计，2023年全球交换机行业市场规模达到3698.6亿元，同比增长18.5%，且预计未来5年的增速稳定在5%左右，预计2028年规模将达到4373.0亿元。
- ◆ 据IDC统计，2023年中国交换机行业市场规模达到488.5亿元（其中头部企业华为、新华三、锐捷网络收入分别超过180、150、50亿元），同比下降4.4%，且预计未来5年增速高于全球增速，稳定在7%-8%，预计2028年规模将达到695.3亿元。

图 62：2019-2028年全球交换机行业市场规模及增速（单位：亿元，%）



资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

图 63：2019-2028年中国交换机行业市场规模及增速（单位：亿元，%）

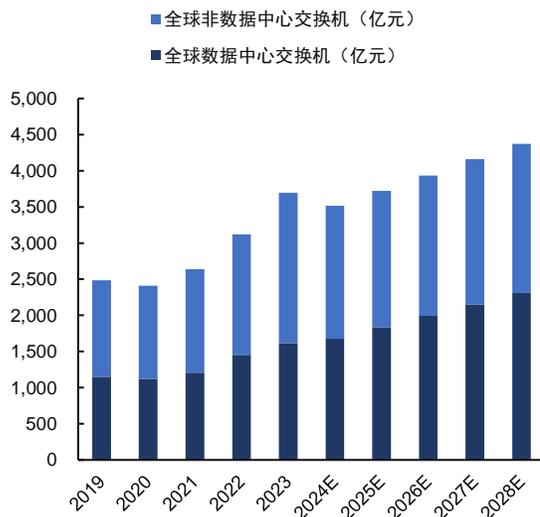


资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

数据中心交换机将是行业增长主要驱动力

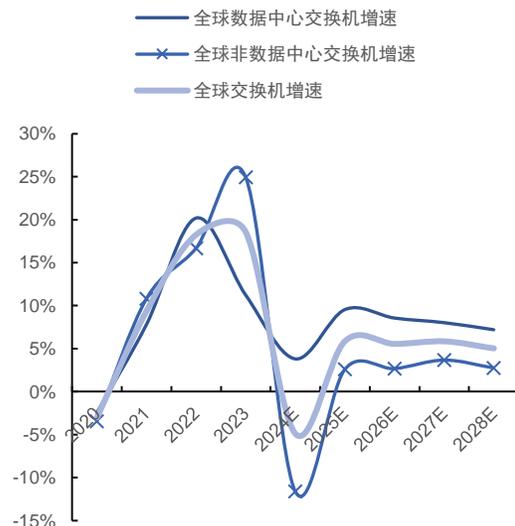
- ◆ 随着互联网网间流量急剧增长、企业业务上云以及数据中心云化建设成为趋势，互联网公司、金融行业、运营商和智能制造企业在加大数据中心网络投资，数据中心交换机增速高于行业，且我国数据中心交换机发展空间大。从数据中心和非数据中心交换机发展看：
 - 2023年全球数据中心交换机增速为11.2%，全球非数据中心交换机增速为24.9%，全球总体交换机增速为18.5%，全球数据中心交换机增速低于行业，但预计未来增速稳定在8%左右，2028年全球数据中心交换机增速预计达7.2%。
 - 2023年中国数据中心交换机增速为-3.7%、非数据中心交换机增速为-5.0%、整体交换机行业增速为-4.4%，中国数据中心交换机增速高于行业，且预计未来增速稳定在8%-10%左右，2028年中国数据中心交换机增速预计达8.6%，高于全球增速，中国数据中心交换机相较全球数据中心交换机发展空间更大。

图 64：2019-2028年全球不同场景交换机市场规模（单位：亿元）



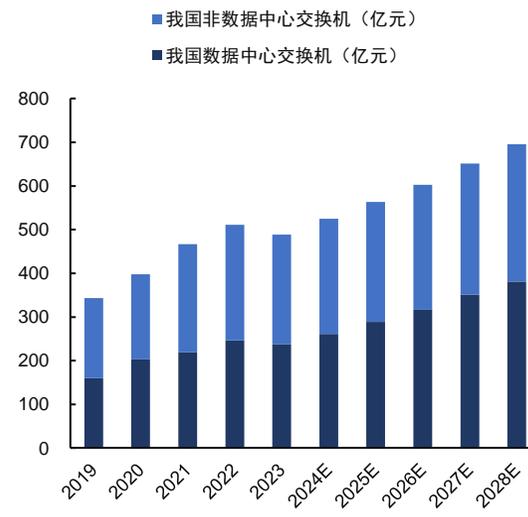
资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

图 65：2019-2028年全球不同场景交换机增速（单位：%）



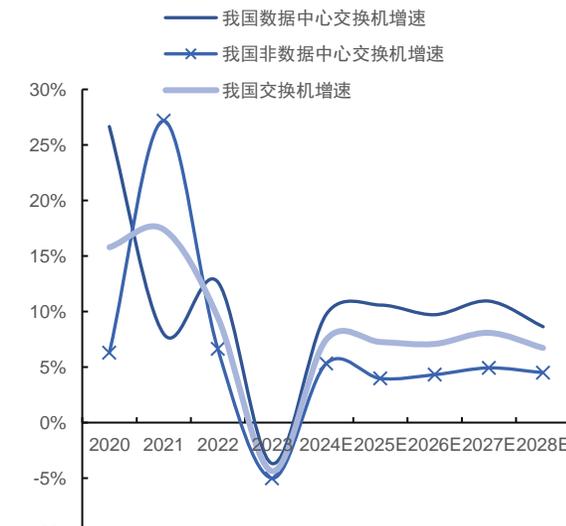
资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

图 66：2019-2028年我国不同场景交换机市场规模（单位：亿元）



资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

图 67：2019-2028年我国不同场景交换机增速（单位：%）



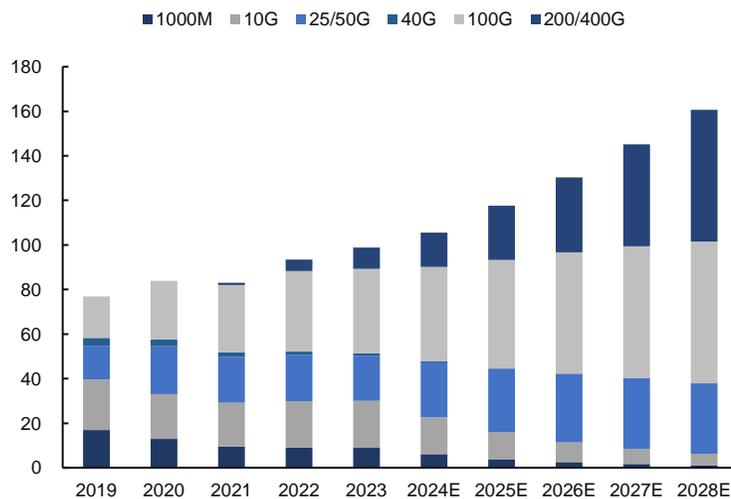
资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

高速率数据中心交换机出货量逐步提升

◆ 随着5G的蓬勃发展和基于视频的数据传输的快速增长，高速率数据中心交换机出货量逐步提升。从不同速率交换机的端口出货量来看：200/400G出货量自2021年起逐年增加，2023年全球200/400G端口出货量达950万个。

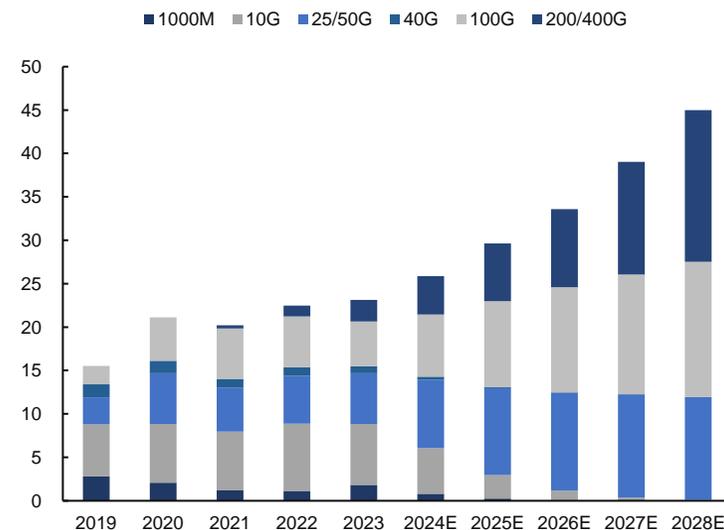
◆ 交换机厂商受益高速率产品价值提升。以国内龙头企业华为的不同速率数据中心交换机的市场规模来看，2023年1000M、10G、25/50G、40G、100G、200/400G数据中心交换机的市场规模分别为1.5、37.9、24.3、6.8、55.7和6.4亿元，其中10G、100G、200/400G交换及的市场规模较前几年大规模提升。

图 68：2019-2028年全球不同速率数据中心交换机的端口出货量（单位：百万个）



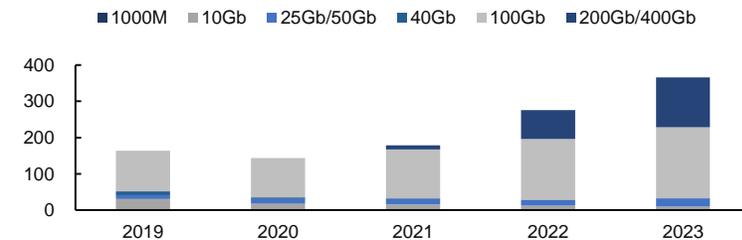
资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

图 69：2019-2028年我国不同速率数据中心交换机的端口出货量（单位：百万个）



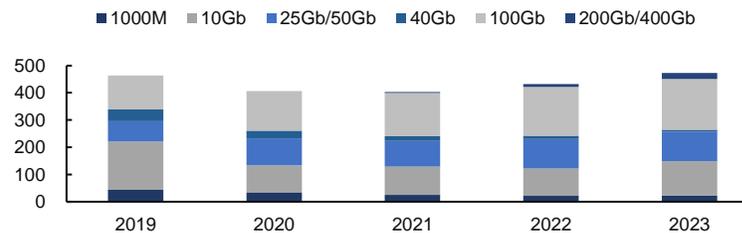
资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

图 70：2019-2023年华为不同速率数据中心交换机的市场规模（单位：亿元）



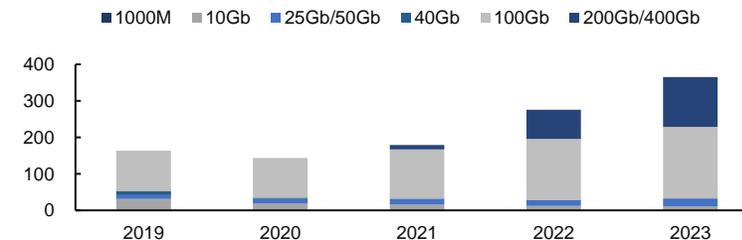
资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

图 71：2019-2023年思科不同速率数据中心交换机的市场规模（单位：亿元）



资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

图 72：2019-2023年Arista不同速率数据中心交换机的市场规模（单位：亿元）

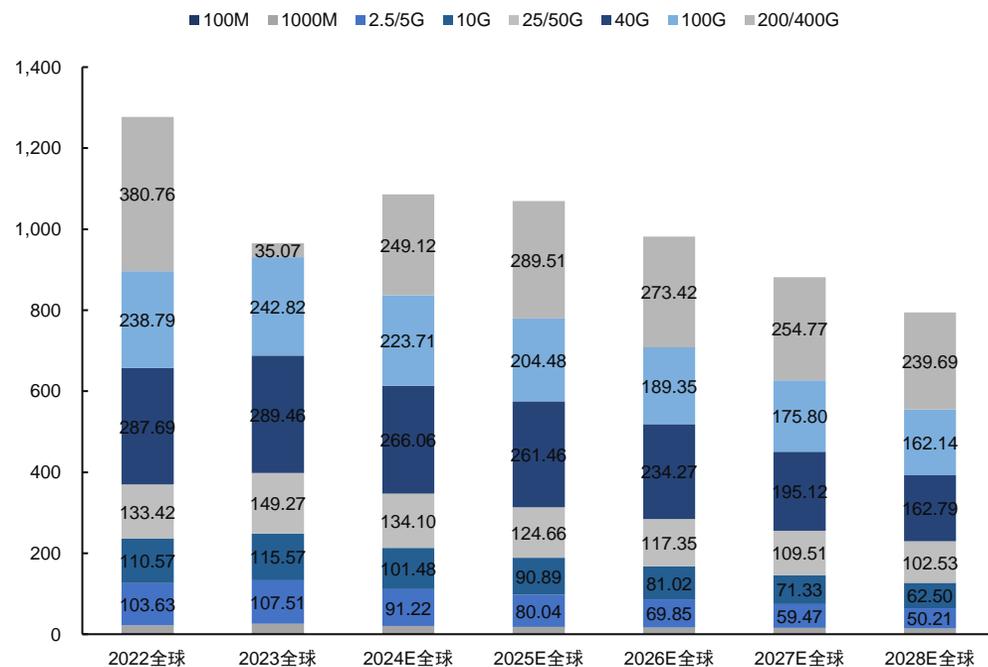


资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

端口单价有年降趋势，国产品牌性价比高

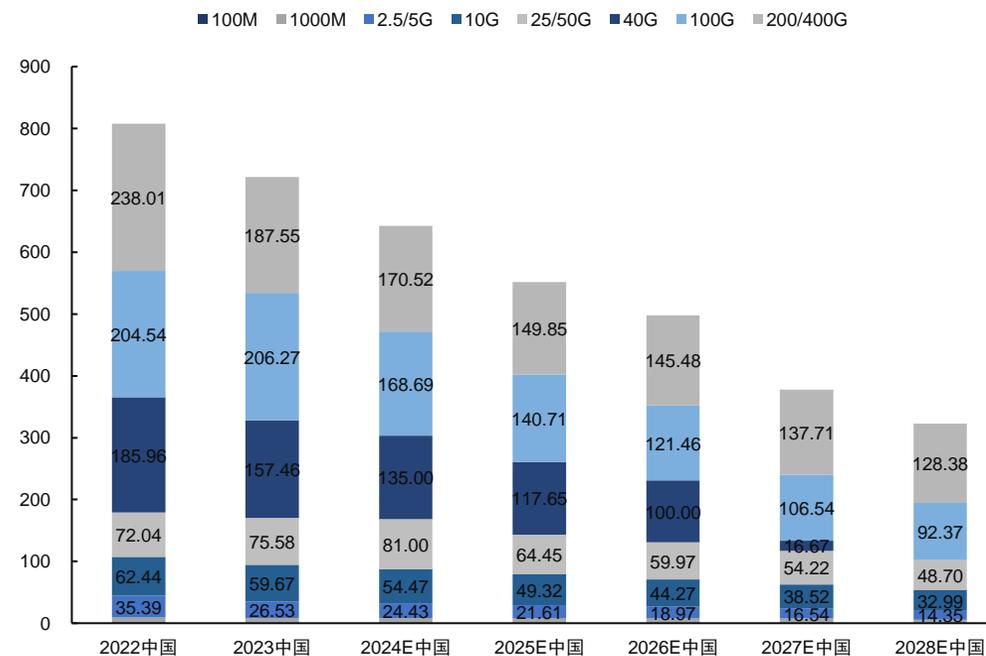
- ◆ 交换机速率越高价格越高，同速率交换机的单端口价格逐年下降，国内交换机单端口价格普遍低于全球单端口价格，性价比更高，国内交换机发展潜力更大。
- ◆ 交换机应用场景多元化，其中数据中心交换机具备更高性能，相同速率下的单端口价格更高。

图 73：2022-2028年不同速率的全球数据中心交换机单端口价格（美元/个）



资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

图 74：2022-2028年不同速率的中国数据中心交换机单端口价格（美元/个）

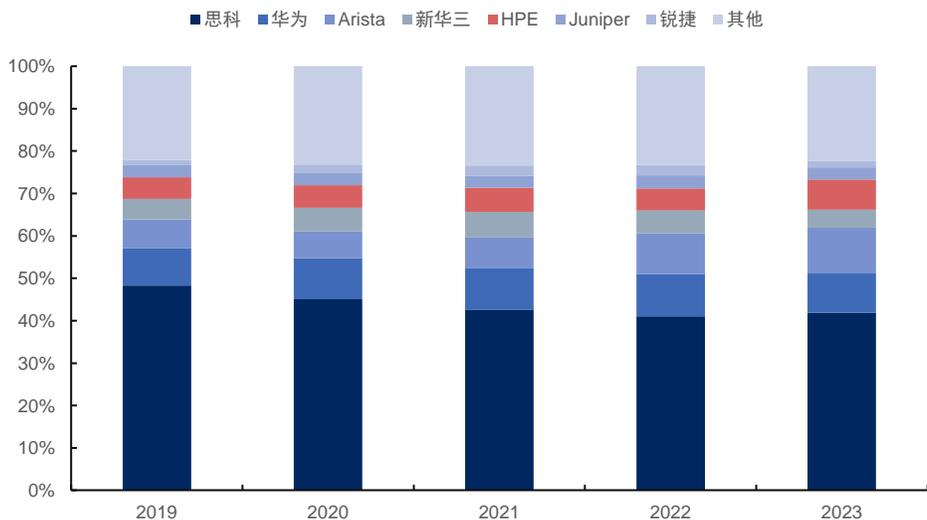


资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

竞争格局：国内市场国产品牌快速崛起

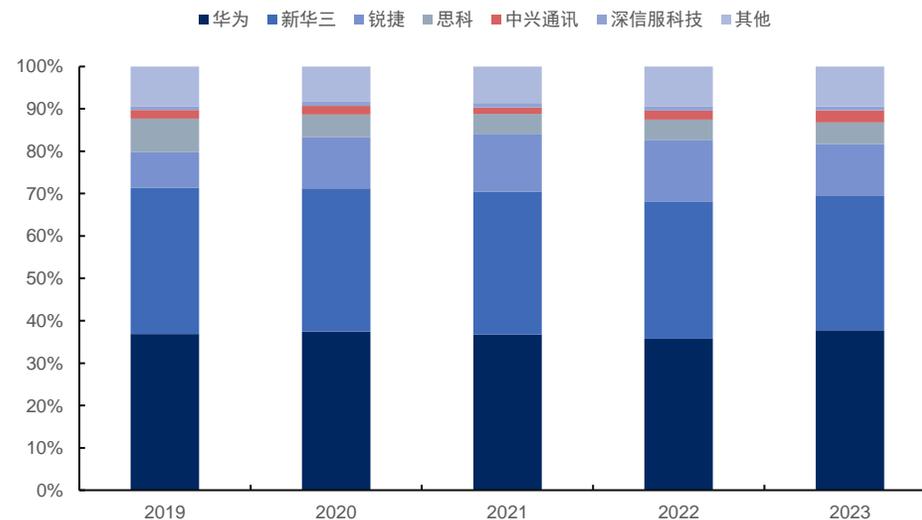
- ◆ 交换机行业集中度较高，思科、华为、新华三等少数几家企业占据着绝大部分的市场份额，呈现寡头竞争的市场格局。全球市场方面，至2023年思科是交换机市场龙头，市场份额占有率为41.9%；5家龙头企业占据全球市场的70%以上。中国市场方面，2023年华为和新华三是市场龙头，市场份额占有率分别为37.8%和31.7%，两者共占中国市场的69.5%且相互差距较小，同时又与其他竞争者拉开明显差距；星网锐捷是市场第二梯队的领头企业，市场份额占有率为12.2%；思科、中兴和深信服科技等企业争夺剩余小部分市场。
- ◆ 早期国内交换机市场主要被思科、Arista等外资厂商占据，伴随近年来国产设备商的快速崛起，海外交换机设备商在中国的份额快速缩小，当前国内交换机市场双龙头格局特征显著，锐捷网络份额提升快速提升。

图 75：全球交换机行业市场份额情况（%）



资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

图 76：中国交换机行业市场份额情况（%）



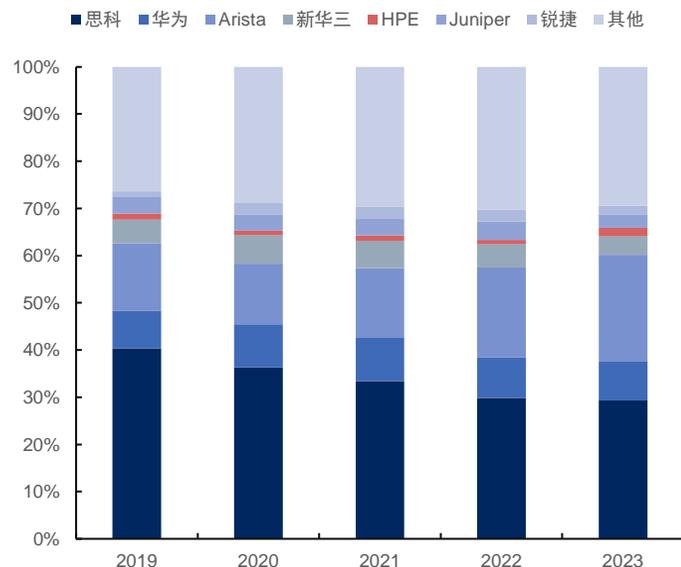
资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

数据中心交换机竞争格局：华为、新华三、锐捷主导

◆ 中国市场方面，华为和新华三是数据中心市场龙头，数据中心交换机市场份额占有率分别为38.2%和26.8%，两者共占中国市场的65.0%且相互差距较小，同时又与其他竞争者拉开明显差距；锐捷网络是市场第二梯队的领头企业，市场份额占有率为13.5%；思科、中兴和深信服科技等企业争夺剩余小部分市场。

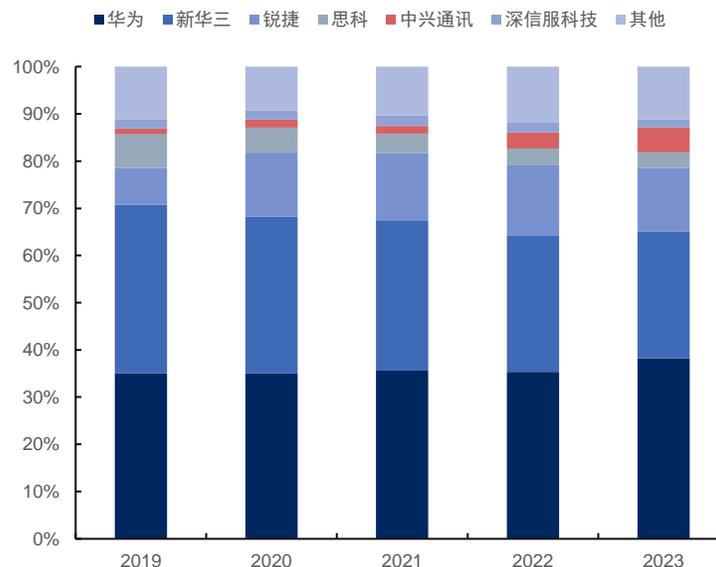
◆ 据IDC统计，2023年华为、新华三、锐捷网络数据中心交换机业务营收分别为90.8/63.8/32.0亿元，同比增速分别为4.2%/-10.4%/-13.2%。

图 77：全球数据中心交换机市场份额情况（%）



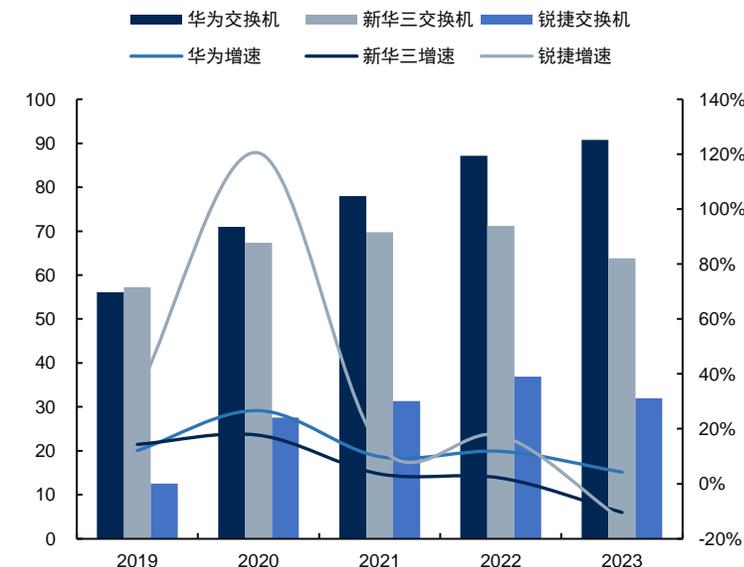
资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

图 78：中国数据中心交换机市场份额情况（%）



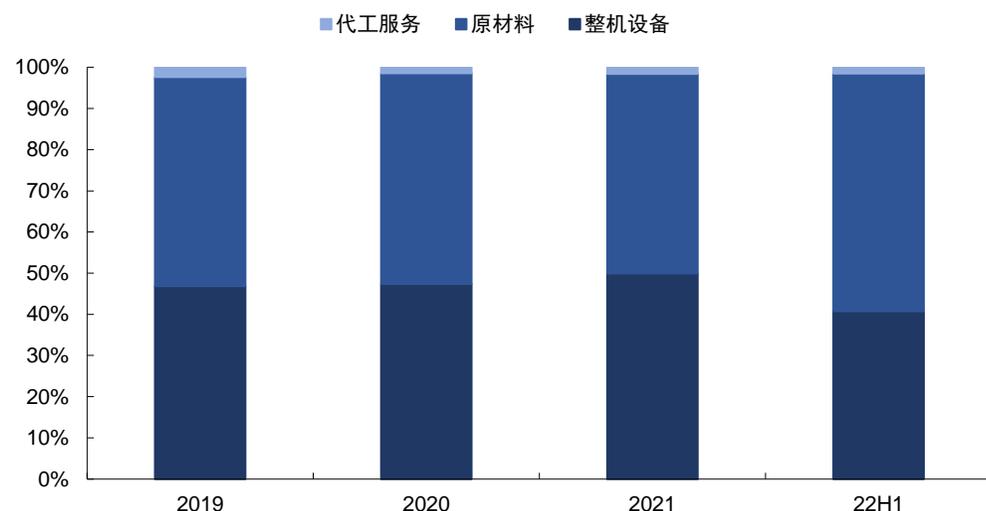
资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

图 79：2019-2023年中国数据中心交换机行业主要企业交换机营收状况及增速（单位：亿元，%）



资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理；备注：人民币兑美元汇率1:7

- ◆ **网络设备品牌商通常将生产外包给专业制造商，委外代工模式发展成熟。**随着全球电子制造服务业的发展，网络设备品牌商开始通过ODM和OEM模式由制造服务商提供产品制造服务，由于网络设备的类别、系列、型号较多，产品的更新换代较快，并且出于供货及时、成本降低、供应保证等因素考虑，网络设备品牌商一般会选择几家制造服务商同时进行合作。
- ◆ **以锐捷网络为例，**据其招股说明书，公司产品主要采用纯代工模式（公司采购原材料，代工外包）和代工代采模式（代工厂商直接采购原材料并进行生产）进行生产，部分数据中心交换机产品由公司自建生产线自主生产。

图 80：锐捷网络采购成本占比


资料来源：锐捷网络招股说明书，国信证券经济研究所整理

表 19：锐捷网络代工代采及纯代工主要产品及采购金额（百万元）

| 模式 | 产品 | 2019 | 2020 | 2021 | 22H1 |
|--------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 代工代采 | 交换机 | 470.1 | 918.4 | 976.3 | 664.2 |
| | 无线产品 | 432.1 | 551.3 | 1102.1 | 683.0 |
| | 安全网关 | 52.4 | 149.5 | 259.9 | 191.1 |
| | 云桌面解决方案 | 433.7 | 588.6 | 929.8 | 149.8 |
| | 其他 | 40.4 | 110.3 | 121.7 | 64.3 |
| 纯代工 | 交换机 | 1026.4 | 1709.5 | 634.1 | 397.1 |
| | 无线产品 | 57.1 | 40.1 | 21.2 | 12.4 |
| | 路由器 | 89.3 | 91.8 | 75.1 | 21.5 |
| | 安全网关 | 89.8 | 87.6 | 83.9 | 47.2 |
| | 其他 | 17.3 | 15.2 | 87.3 | 38.4 |
| 合计 | | 2708.6 | 4262.3 | 4291.4 | 2269.0 |
| 占采购金额占比 (%) | | 88.8% | 87.1% | 63.2% | 52.8% |

资料来源：锐捷网络招股说明书，国信证券经济研究所整理

◆ **高端网络设备代工产能有望向内地迁移。**台湾自90年代开始诞生一批网络设备生产制造商如富士康、达创科技、智邦科技、明泰科技、启基科技等。根据菲菱科思招股书，目前，内资企业在无线产品、接入设备、无线路由器的消费级市场已经取得了一定的优势；而在国内电信级、企业级网络设备市场，台资企业在技术研发、装备能力、高端产品等方面仍占有一定优势。内资企业如菲菱科思、共进电子等凭借其在研发设计、产品制造、响应速度等方面的优势，正逐渐扩大市场份额。

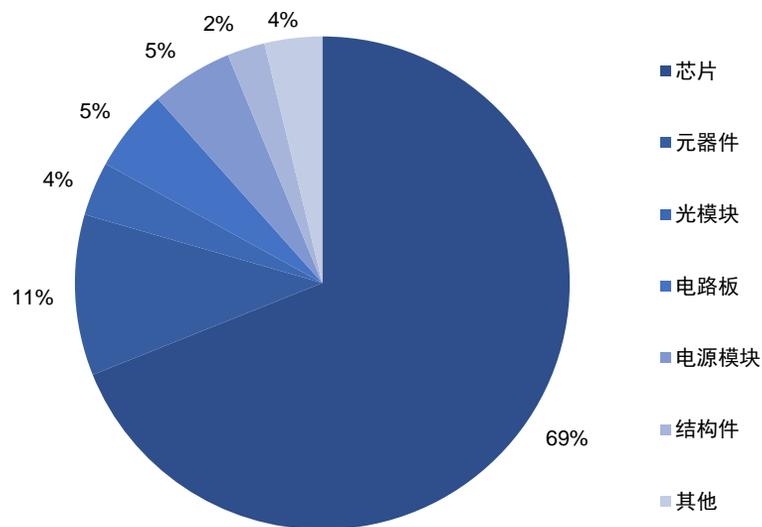
表 20：主要网络设备制造商财务对比（截至5月24日）

| 证券代码 | 证券简称 | 成立时间 | 总市值 (亿元) | 营业收入 (亿元) | 归母净利润 (亿元) | 毛利率 (%) |
|-----------|------|---------------------|-------------|--------------|---------------|---------|
| 301191.SZ | 菲菱科思 | 1999 | 57 | 20.7 | 1.4 | 16.4% |
| 2308.TW | 台达电 | 1975 | 1960 | 935.6 | 77.3 | 29.2% |
| 2345.TW | 智邦科技 | 1988 | 660 | 194.9 | 20.6 | 22.9% |
| 3380.TW | 明泰科技 | 2003 | 43 | 65.5 | 1.3 | 18.4% |
| 601138.SH | 工业富联 | 2015 (富士康: 1974) | 4797 | 4763.4 | 210.4 | 8.1% |
| 603118.SH | 共进股份 | 1998 | 60 | 85.3 | 0.6 | 13.2% |
| 603083.SH | 剑桥科技 | 2006 | 92 | 30.9 | 1.0 | 21.6% |
| 002369.SZ | 卓翼科技 | 2004 | 23 | 15.5 | -4.1 | -2.5% |

资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

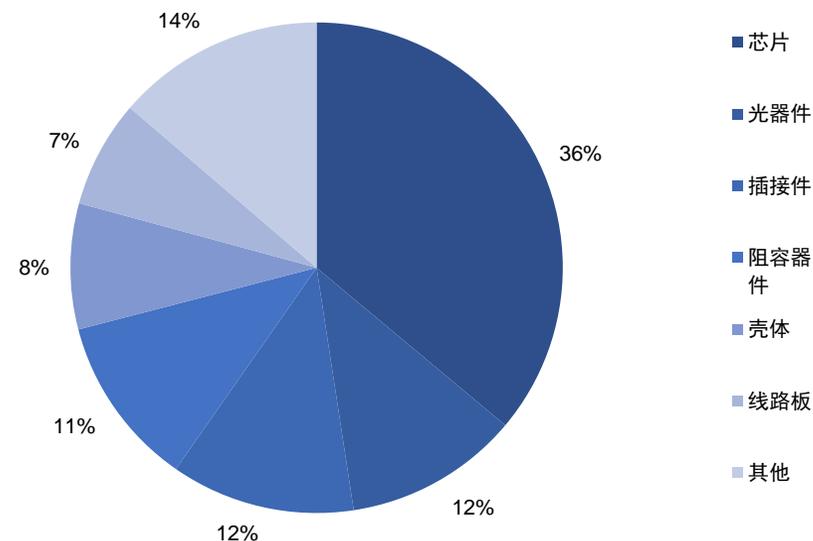
◆ 交换芯片、PHY芯片等在内的各类芯片是上游主要元器件，价值占比高。以锐捷网络和三旺通信为例，根据各自招股书披露，22H1锐捷网络芯片采购成本（包括主芯片如交换芯片、PHY、CPU，以及辅助芯片如其他数字芯片、电源管理芯片、信号链芯片、功率芯片等）占原材料采购成本的69%；三旺通信20H1芯片采购成本占比则达36%，均为最主要原材料。

图 81：锐捷网络原材料采购成本拆分（22H1）



资料来源：锐捷网络招股说明书，国信证券经济研究所整理

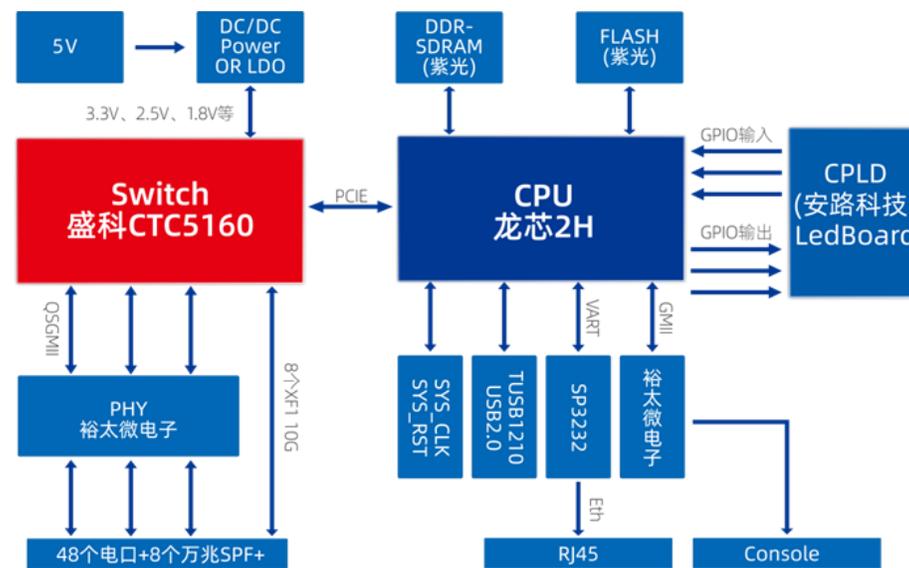
图 82：三旺通信原材料采购成本拆分（20H1）



资料来源：三旺通信招股说明书，国信证券经济研究所整理

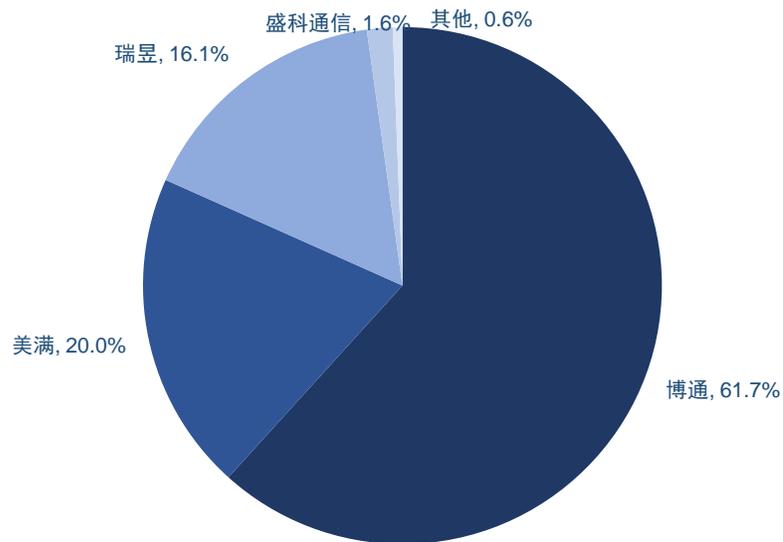
- ◆ **交换芯片是以太网交换机的核心部件，决定交换机性能。**以太网交换芯片是用于交换处理大量数据及报文转发的专用芯片（ASIC）。以太网交换芯片内部的逻辑路由由数百个特性集合组成，在协同工作的同时保持极高的数据处理能力，因此其架构实现具有复杂性。作为以太网交换机的核心元器件，交换芯片很大程度上决定了以太网交换机的功能、性能和综合应用处理能力。
- ◆ **PHY芯片系以太网通信中不可或缺的重要组成部分。**以太网物理层芯片（PHY）工作于OSI网络模型的最底层，连接数据链路层的设备（MAC）到物理媒介，并为设备之间的数据通信提供传输媒体，处理信号的正确发送与接收。因此，PHY芯片承担了将线缆上的模拟信号和设备上层数字信号相互转换的职能，以此实现以太网网络中各个设备通信的目的。以太网PHY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。

图 83：交换机架构示例——Cronet CC-3956

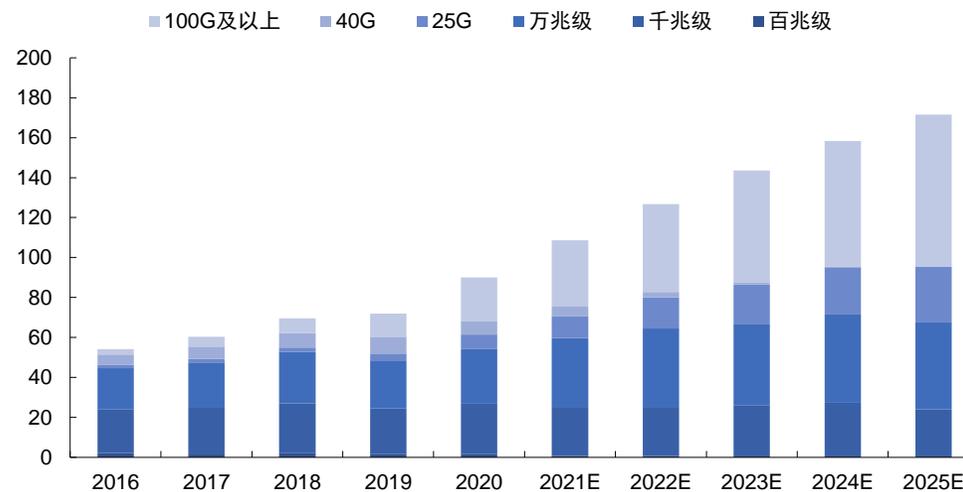


资料来源：兆越通讯，国信证券经济研究所整理

- ◆ **商用市场交换芯片市场海外主导，关注国产高端方案。**交换芯片可分为交换机厂商自研自用以及商用，在自用市场中，思科、华为等领先厂商凭借在交换机的领导地位位居前列，如2020年国内自用芯片市场华为份额达88%；商用市场方面，博通竞争优势突出，全球市场份额约70%，国内市场份额约62%；Marvell、瑞昱等位居第二梯队，Marvell全球份额约29%，国内份额约20%。国内厂商开始起步，根据灼识咨询数据，盛科通信2020年国内销售额排名第四，占据1.6%的市场份额。
- ◆ **盛科通信拟于2024年推出Arctic系列，交换容量最高达到25.6Tbps、支持最大端口速率800G，面向超大规模数据中心，交换容量基本达到行业前列水平。**

图 84：中国商用以太网交换芯片竞争格局（2020，按销售额）


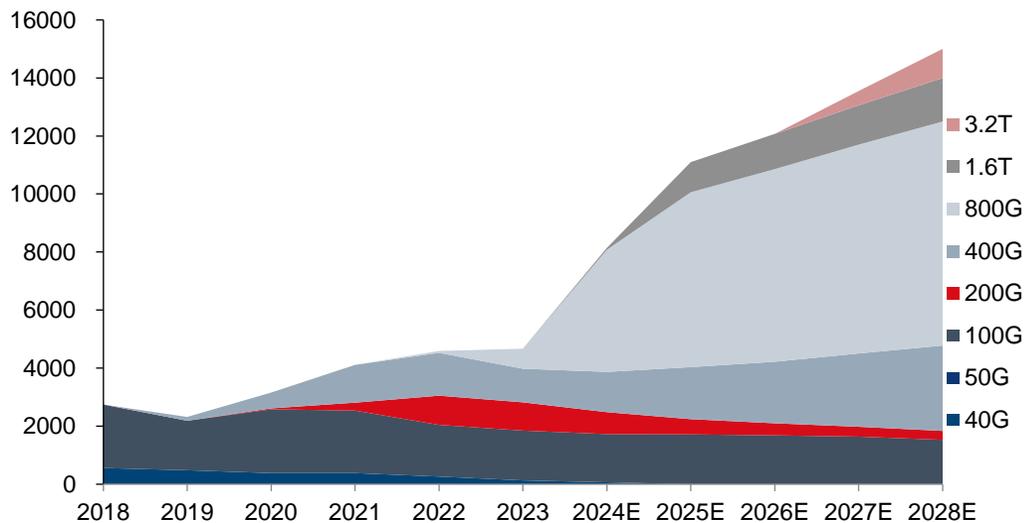
资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，信证券经济研究所整理

图 85：中国商用以太网交换芯片市场规模（分速率，亿元）


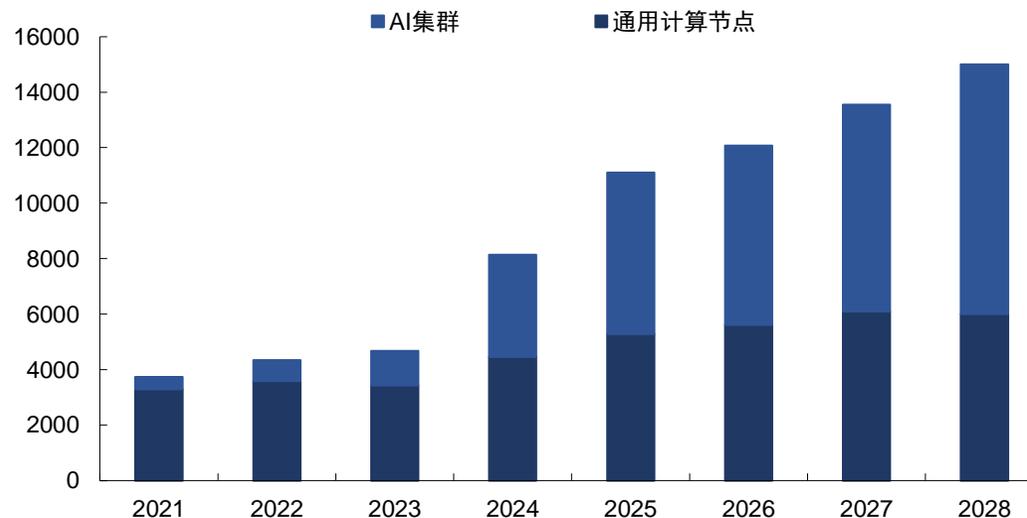
资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，信证券经济研究所整理

四、光模块：速率迭代升级，关注国产链供应商

- ◆ **全球市场来看，数通光模块市场整体规模目前约50亿美元，AI成为后续核心增长来源。**光模块是AI投资中网络端的重要环节，其与训练端GPU出货量强相关，同时推理段流量需求爆发也有望带动需求增长。在算力投资持续背景下，AI成为光模块数通市场的核心增长力。据Coherent数据，预计2023年以太网光模块整体市场规模接近45亿美元（考虑用于存储连接的FC光模块，数通市场规模接近50亿美元），其中800G、1.6T及3.2T的高速数通光模块市场规模将从2023年的6亿美元以超过70%的CAGR增长至2028年的超过90亿美元，**预计AI相关的800G以上数通光模块市场规模将占有数通光模块的近60%。**
- ◆ **传统市场需求方面，根据LightConting数据，2023年整体市场有一定承压，有望于2024年修复，整体增长相对平缓。**

图 86：以太网光模块市场规模预测（百万美元）


资料来源：Coherent, LightCounting, 国信证券经济研究所整理

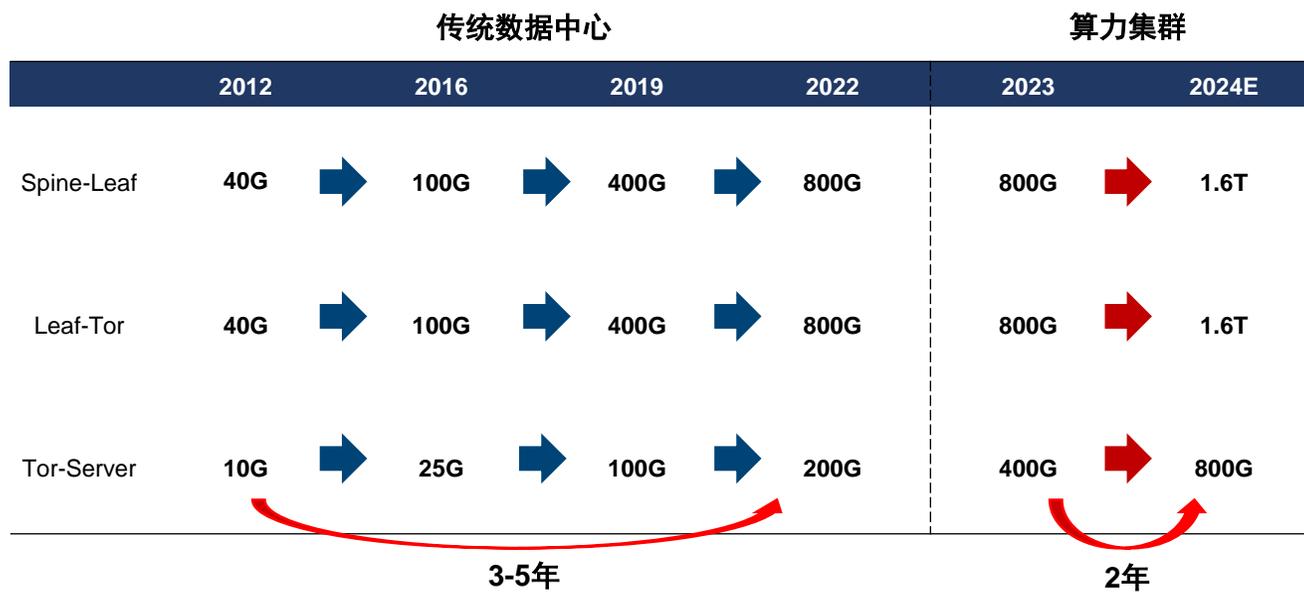
图 87：以太网光模块市场规模（百万美元，按数据中心应用划分）


资料来源：Coherent, LightCounting, 国信证券经济研究所整理

- ◆ **网络带宽直接影响训练集群计算效率。**大模型训练产生庞大的集群内通信流量，GPT 3.5的训练仅是单次计算迭代内梯度同步需要的通信量就达到了百GB 量级，此外还有各种并行模式、加速框架引入的通信需求。而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，在存储和算力一定的情况下，AI模型训练的效率将取决于通信时长。而存储和算力分别可通过HBM应用、GPU算力提升等方式解决，通信时长则由数据量和通信带宽决定，因此提高通信带宽有助于提升训练集群的计算效率。
- ◆ **海外市场，为避免网络的短板效应，算力集群通信带宽正持续提升。**英伟达加速迭代周期，下一代Blackwell芯片适配的光模块有望升级到1.6T，高速光模块需求的升级周期加速。

图 88：英伟达Roadmap——对应网卡速率提升


资料来源：Nvidia，国信证券经济研究所整理

图 89：海外市场，800G光模块已批量应用，1.6T落地在即


资料来源：800G Pluggable MSA，Nvidia，国信证券经济研究所整理

◆ 国内光模块应用进度相对落后于海外，随着国产算力发展，配套400G/800G光模块需求有望起量。参考华为昇腾Atlas 300T A2训练卡技术文档，其PCIe接口为PCIe x16 Gen5，配套网络接口为1个200GE QSFP-DD接口，支持RoCE协议；若参考海外路径，交换机采用200G聚合方案，也可应用400G光模块。而从交换机口径，如前文所述，锐捷网络AI-FlexiForce智算中心网络解决方案中，NCP交换机采用400G下行。随着速率进一步提升，国内800G光模块有望逐步应用。

表 21：华为昇腾Atlas 300T A2训练卡技术规格

| 特征 | 规格 |
|-----------|--|
| 形态 | 双槽位全高全长PCIe卡 |
| PCIe接口 | PCIe x16 Gen5.0 |
| PCI IDs | Vendor ID:0x19E5 |
| | Device ID:0xD802 |
| | Subsystem Vendor ID:0x19E5 Subsystem Device ID:0x6000 |
| 网络 | 1*200GE QSFP-DD接口，支持RoCE协议 |
| 功耗 | 最大350W |
| 散热方式 | 被动风冷 |
| 尺寸(长x宽x高) | 266.7mmx39.04mmx111.15mm |
| 重量 | 1kg |

资料来源：昇腾官网，国信证券经济研究所整理

图 90：锐捷网络NCP交换机（RG-S6930-18QC40F1），下行18个400G端口



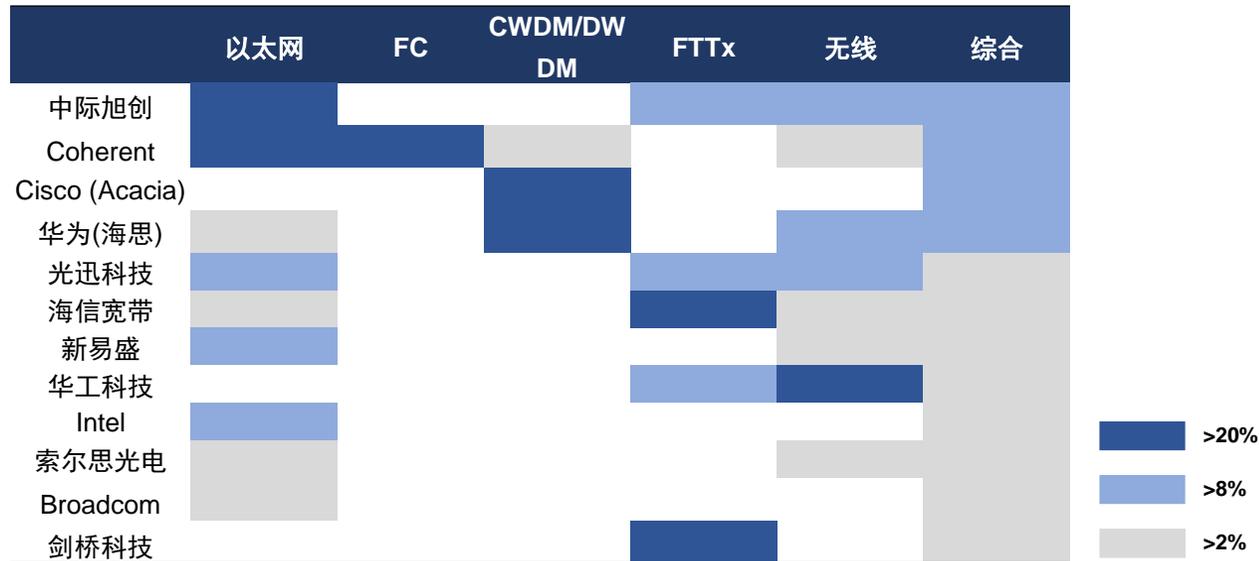
资料来源：锐捷网络，国信证券经济研究所整理

- ◆ **国内厂商已占据领先地位。**10G时代以北美光模块厂商为主，40G时代，中际旭创和AOI崛起；100G时代，北美传统光模块厂商份额下滑，国内光模块企业崛起。根据LightCounting数据，2021年，在全球前十名的光器件和模块供应商中，中国供应商的营收超过了西方竞争对手的营收，2022年-2023年，这一差距进一步扩大，国内厂商已占据全球领先地位。
- ◆ **细分场景来看，**以太网光模块市场中，中际旭创、Finisar份额均超过20%，新易盛、光迅科技、Intel等紧随其后。
- ◆ **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，制造生产封装端产能逐步向以中国、东南亚地区转移；（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。

表 22：2010-2022年光模块市场前十大厂商变化

| 序号 | 2010 | 2016 | 2018 | 2022 |
|----|------------------|------------------|-----------------|----------------|
| 1 | Finisar | Finisar | Finisar | 中际旭创 |
| 2 | Opnext | 海信宽带 | 中际旭创 | &Coherent |
| 3 | Sumitomo | 光迅科技 | 海信宽带 | Cisco (Acacia) |
| 4 | Avago | Acacia | 光迅科技 | 华为(海思) |
| 5 | Source Photonics | FOIT (Avago) | FOIT (Avago) | 光迅科技 |
| 6 | Fujitsu | Oclaro | Lumentum/Oclaro | 海信宽带 |
| 7 | JDSU | 中际旭创 | Acacia | 新易盛 |
| 8 | Emcore | Sumitomo | Intel | 华工科技 |
| 9 | WTD | Lumentum | AOI | Intel |
| 10 | NeoPhotonics | Source Photonics | Sumitomo | 索尔思光电 |

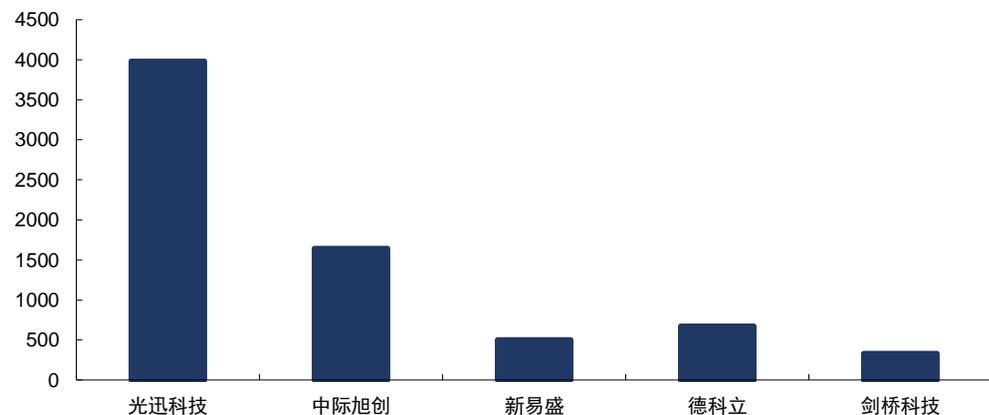
资料来源：LightCounting，国信证券经济研究所整理

表 23：2022年不同领域光模块厂商份额（前十二名）


资料来源：LightCounting，国信证券经济研究所整理

◆ 国内份额领先厂商有望更受益国产算力建设。中际旭创、新易盛等全球领先光模块公司在海外大型云厂商客户中份额较高，充分受益海外AI建设浪潮。同时如光迅科技、华工正源等国内份额较高的光模块公司，有望更加受益国内算力建设。

图 91：主要光模块厂商国内收入对比（百万元，2023）



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图 92：2023年中国光器件与辅助设备最具竞争力企业10强

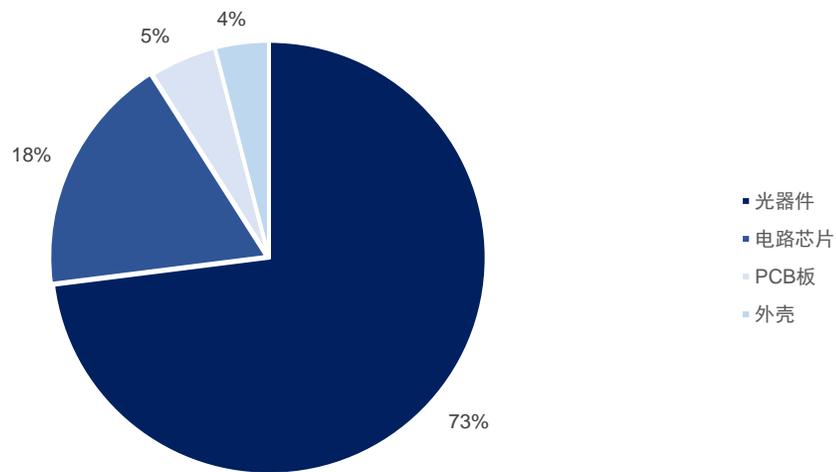
《2023年（第十七届）中国光器件与辅助设备最具竞争力企业10强》榜单

| 公司 | 排名 | 直接计量硬指标财务数据加权标准值（权重为70%） | | | | | | | | | | 间接计量软指标加权标准值（权重为30%） | | | | | 竞争力综合指数 (A*70%+B*30%) | 竞争力综合得分 | 数据来源 | |
|-------|----|--------------------------|--------|---------|--------|---------|---------|--------------|--------------|-------------|-----------------------|----------------------|--------|--------|----------|--------|--------------------------|---------|------|-------------------|
| | | 销售收入 | 净资产 | 净利润 | 总资产利润率 | 净资产收益率 | 全员劳动生产率 | 出口收入占销售收入百分比 | 近三年销售收入平均增长率 | 近三年净利润平均增长率 | 直接计量硬指标财务数据加权标准值合计(A) | 技术创新 | 客户满意度 | 品牌知名度 | 企业家及管理水准 | 企业文化 | | | | 间接计量软指标加权标准值合计(B) |
| 光迅科技 | 1 | 1.3484 | 1.3438 | 0.0749 | 0.0039 | 0.0062 | 0.2047 | 0.0055 | 0.0037 | 0.0242 | 3.0153 | 0.5398 | 0.4172 | 0.3049 | 0.3479 | 0.4385 | 2.0483 | 2.7252 | 1000 | 上市公司年报 |
| 中际旭创 | 2 | 1.4085 | 1.5001 | 0.1162 | 0.0049 | 0.0062 | 0.2178 | 0.0240 | -0.0887 | -0.0998 | 3.0892 | 0.4859 | 0.3733 | 0.3453 | 0.3287 | 0.3383 | 1.6715 | 2.7239 | 999 | 上市公司年报 |
| 新易盛 | 3 | 0.6281 | 1.0086 | 0.0998 | 0.0124 | 0.0142 | 0.2472 | 0.0208 | 0.0105 | 0.1288 | 2.1705 | 0.4005 | 0.3496 | 0.2504 | 0.3100 | 0.2987 | 1.6092 | 2.0021 | 968 | 上市公司年报 |
| 华工正源 | 4 | 0.8907 | 0.2227 | -0.0259 | 0.0039 | 0.0093 | 0.1817 | -0.0101 | 0.0073 | 0.0293 | 1.3686 | 0.3828 | 0.2895 | 0.3005 | 0.2529 | 0.2841 | 1.5096 | 1.4110 | 942 | 上市公司年报 |
| 昂纳 | 5 | 0.4711 | 0.3655 | 0.0123 | 0.0012 | 0.0024 | 0.0937 | 0.0184 | 0.0004 | -0.0073 | 0.9576 | 0.3836 | 0.2790 | 0.2171 | 0.2430 | 0.2781 | 1.4009 | 1.0606 | 928 | 上市公司年报 |
| 中航光电 | 6 | 0.4606 | 0.1868 | 0.0520 | 0.0061 | 0.0112 | 0.1196 | -0.0114 | 0.0040 | 0.0604 | 0.8893 | 0.4098 | 0.3491 | 0.1666 | 0.2978 | 0.2699 | 1.4931 | 1.0705 | 927 | 上市公司年报 |
| 天孚通信 | 7 | 0.2015 | 0.4357 | 0.0482 | 0.0108 | 0.0108 | 0.0406 | 0.0173 | 0.0078 | 0.0605 | 0.8334 | 0.3743 | 0.3221 | 0.2157 | 0.2101 | 0.2241 | 1.3463 | 0.9872 | 923 | 上市公司年报 |
| 四川光宝 | 8 | 0.2531 | 0.0889 | 0.0123 | 0.0030 | 0.0064 | 0.2292 | -0.0044 | -0.0007 | -0.0077 | 0.5800 | 0.3879 | 0.3577 | 0.2752 | 0.2779 | 0.2785 | 1.5772 | 0.8792 | 918 | 母公司上市年报 |
| 凌云光技术 | 9 | -0.3505 | 0.7446 | 0.0202 | 0.0005 | -0.0001 | 0.1669 | -0.0118 | 0.0053 | 0.0002 | 0.5752 | 0.4017 | 0.3211 | 0.2058 | 0.2013 | 0.2150 | 1.3448 | 0.8061 | 915 | 上市公司年报 |
| 珠海光库 | 10 | 0.0880 | 0.1820 | 0.0112 | 0.0029 | 0.0025 | 0.0288 | 0.0076 | 0.0037 | 0.0840 | 0.4107 | 0.3376 | 0.2942 | 0.1899 | 0.2126 | 0.2115 | 1.2458 | 0.6613 | 909 | 上市公司年报 |

资料来源：网络电信研究院，国信证券经济研究所整理

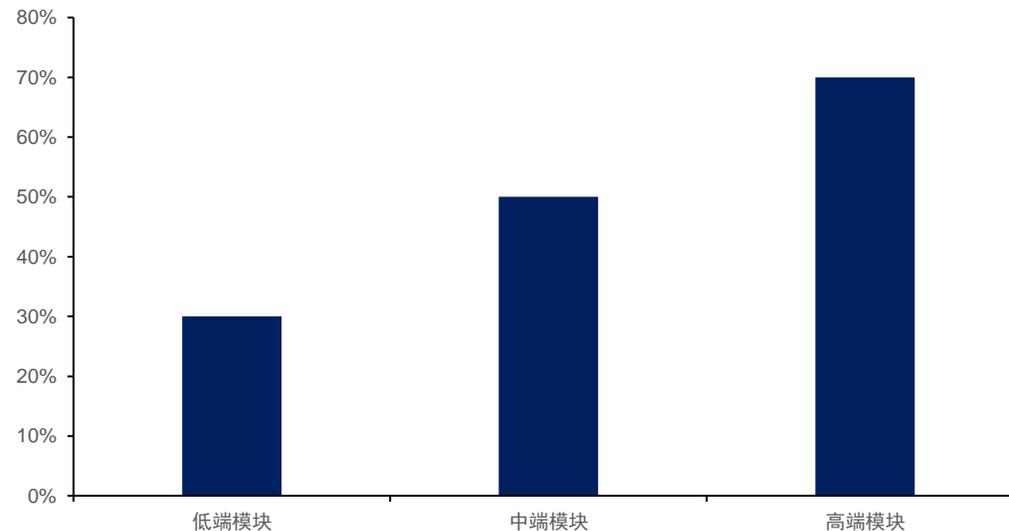
◆ **芯片是光模块核心环节之一，高速市场突破或加快。**光通信模块产品所需原材料主要是光器件、电路芯片、PCB板以及外壳等。其中，光器件占光模块成本的73%，电路芯片18%，PCB板5%以及外壳4%。光器件中包括了以激光器芯片为核心的TOSA组件、以探测器芯片为核心的ROSA组件以及滤光片等部分。如果进一步拆分，低端光模块中光芯片占比较低，约为30%，高端光模块中光芯片的占比可达到70%

图 93：光模块成本大致拆分



资料来源：易天光通信，国信证券经济研究所整理

图 94：光芯片成本在不同速率光模块的占比



资料来源：易天光通信，国信证券经济研究所整理

◆ **AI需求推动，或加速国内厂商高速光芯片市场份额突破。**在低速率光芯片领域（25G及以下）基本实现国产替代。根据《中国光电子器件产业技术发展路线图（2018-2022年）》，2017年10G以下激光器芯片国产化率接近80%，10G激光器芯片国产化率接近50%。目前在**25G及以上速率的光芯片（尤其是激光器芯片）**市场主要玩家为欧美、日本等厂商，如美国的Lumentum、II-VI、博通，日本的三菱、住友等。考虑到AI带来的800G等高速光模块需求或在短期内快速释放，结合供应链安全和稳定的考虑，或有望加速国内光芯片厂商的高速市场突破。

表 24：国内外主要光芯片厂商对比情况

| 厂商 | 主要产品 | 激光器业务来源 |
|-----------|--|---|
| Lumentum | 1) 激光器芯片：10G/25G/100G DML;25G/100G PAM4 EML;25G/50G PAM4 VCSEL；可调谐激光器；CW DFB；即将发布100G VCSEL/200G EML 2)探测器芯片：10G APD等 | 收购Oclaro资产，最初来自日立2000年成立的子公司Opxnet；2022年收购NeoPhotonics |
| Coherent | 1) 激光器芯片为主，各类DFB、VCSEL、可调谐激光器;100GDML 2) 探测器芯片：各类PIN、APD | 2001年收购Sensors（PIN、APD），Demeter（FP和DFB）；2004年收购Honeywell（VCSEL）；2011年收购Ignis（可调谐） |
| AOI | 1. 激光器芯片：25G DFB、100G PAM4 EML 2) 探测器芯片：100G PD | 1997年成立，核心工艺在于自研激光器，批量出货25G激光器 |
| 住友 | 1) 激光器芯片：各类VCSEL+DFB | 1992年研发FP，1994年研发DFB，目前有DFB、EML、ITLA等激光器。 |
| MACOM | 1) 激光器芯片：10/25G FB、2.5G/10G/25G DFB; 2) 探测器芯片：10/25G APD | BinOptics，2000年成立，FP、DFB用于PON领域 |
| 博通 | 1) 激光器芯片：10/25G DFB、50G、100G EML 2) 探测器芯片：10/25G/50G APD | 2005年：HP-Agilent的Vcsel2013年：Cyoptics，磷化铟的EML、DFB芯片，前身是朗讯和贝尔实验室的光电部门 |
| 三菱 | 1) 激光器芯片：25G DFB、10G/25G/100G OSA等 | 最早1980年即有超长工作时间的半导体激光器，是该领域多项结构和发明的全球领先者 |
| 源杰科技 | 1) 激光器芯片：2.5G/10G/25G DFB；10G EML； 储备50G/100G EML等产品 | 成立2013年，主营业务为光芯片的研发、设计、生产与销售，主要产品包括2.5G、10G和25G及更高速率激光器芯片系列产品等 |
| 长光华芯 | 1) 激光器芯片：发布56G（单波100G）EML芯片； 2) 探测器芯片：未来布局方向之一 | 主营业务为半导体激光芯片的研发、设计及制造，主要产品包括高功率单管系列产品、高功率巴条系列产品、高效率VCSEL系列产品及光通信芯片系列产品等 |
| 仕佳光子 | 1. 无源PLC芯片：全球市占率第一； 2) 激光器芯片：2.5G/10G DFB批量出货;25G DFB客户验证阶段 | 主要产品包括PLC分路器芯片系列产品、AWG芯片系列产品、DFB激光器芯片系列产品、光纤连接器、室内光缆、线缆材料等 |
| 光迅科技 | 1) 激光器芯片：25G VCSEL已实现量产 | 国内领先光器件及模块厂商，光芯片自研 |
| 光库科技 | 1) 调制器：薄膜铌酸锂芯片 | 2019年通过收购海外优质资产获得光芯片能力 |
| 云岭光电（未上市） | 1) 激光器：2.5G/10G/25G DFB; 10G/25G EML 2) 探测器：2.5G/10G/25G/50G PIN | 华工科技部分持股，定位光芯片及封装业务，主要产品为光通信用激光器和探测器芯片 |
| 敏芯股份（未上市） | 1) 激光器：2.5G/10G/25G DFB; 10G/25G/50G EML 2) 探测器：2.5G/10G/50G PD;2.5G/10G/25G APD | 定位光芯片及封装业务,主要产品包2.5G/10G/25G/50G全系列激光器和探测器光芯片及封装类产品。 |

- ◆ **关注硅光模块CW光源国产突破。**硅光模块主要采用CW光源，目前，400G DR4/800G DR8硅光方案采用70mW CW光源，分支比为1:2，即400G（4通道）采用2个CW光源、800G（8通道）采用4个CW光源。后续趋势来看，分支比扩大能够减少激光器用量，进一步降低成本，关注后续大功率CW光源产业进度及供应商情况。
- ◆ 据源杰科技公告，2023年公司完成100G PAM4 EML、70mW/100mW大功率CW芯片等产品的研发与设计定型，并在客户端送样测试，目前相关测试进展顺利。

表 25：外置CW光源理论功率需求测算（400G DR4/FR4）

| | DR4 | | FR4 | |
|-----------------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
| | 损耗 (dB) | 输出功率 (dBm) | 损耗 (dB) | 输出功率 (dBm) |
| ELS总输出功率 | | 18.5 | | 18.5 |
| 内部光接口 | 0.5 | 18.0 | 0.5 | 18.0 |
| 保偏光纤与引擎的输入耦合 | 2.0 | 16.0 | 1.8 | 16.2 |
| 偏振相关 | 0.4 | 15.6 | 0.4 | 15.8 |
| 分支比, 1:4 | 6.0 | 9.6 | 6.0 | 9.8 |
| 片上无源波导损耗 | 0.5 | 9.1 | 0.5 | 9.3 |
| 调制器OMA损耗 | 6.0 | 3.1 | 6.0 | 3.3 |
| 合波器损耗 | | | 0.5 | 2.8 |
| Tx发射端与光纤耦合 | 2.0 | 1.1 | 1.8 | 1.0 |
| 输出光接口 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 |
| 前面板接口 | 0.5 | 0.1 | 0.5 | 0.0 |
| TP1 | | 0.1 | | 0.0 |
| TP2需求, 802.3(TDECQ1.4dB) | | -0.8 | | -0.8 |
| 余量(dB) | | 0.9 | | 0.8 |
| 换算为功率 | | 18.5dBm = 70mW | | 18.5dBm = 70mW |

资料来源：菲魅通信，国信证券经济研究所整理

五、投资建议

◆ 国产算力加速发展，产业链有望充分受益，基于细分环节，推荐关注：交换机环节如**紫光股份、锐捷网络、菲菱科思**等，光器件光模块环节如**光迅科技、中际旭创、新易盛**等，液冷如**英维克、申菱环境**等，智算中心如**润泽科技**等。同时，基于产业发展视角，建议关注机架式方案对**高速连接器（如背板连接器）**的需求拉动以及核心上游芯片环节的国产替代，如**交换芯片、PHY芯片、光芯片**等。

表 26：重点公司盈利预测及估值（截至5月29日）

| 产业链 | 代码 | 简称 | 投资评级 | 归母净利润（亿元） | | | EPS（元） | | | PE | | | PB | 收盘价 (5月29日) | 总市值 (亿元) |
|------------|-----------|------|------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----------------|-------------|
| | | | | 2023 | 2024E | 2025E | 2023 | 2024E | 2025E | 2023 | 2024E | 2025E | | | |
| 光器件 光模块 | 002281.SZ | 光迅科技 | 优于大市 | 619 | 734 | 933 | 0.78 | 0.92 | 1.17 | 42.6 | 36.0 | 28.3 | 2.9 | 33.23 | 264 |
| | 300308.SZ | 中际旭创 | 优于大市 | 2181 | 5164 | 8164 | 2.81 | 6.43 | 10.17 | 57.3 | 25.0 | 15.8 | 9.7 | 161.00 | 1,297 |
| | 300394.SZ | 天孚通信 | 优于大市 | 730 | 1258 | 1643 | 1.85 | 3.19 | 4.16 | 68.8 | 40.0 | 30.6 | 17.3 | 127.31 | 504 |
| | 300502.SZ | 新易盛 | 无评级 | 691 | 1472 | 2129 | 0.97 | 2.07 | 3.00 | 90.6 | 42.4 | 29.3 | 9.1 | 87.86 | 624 |
| | 300620.SZ | 光库科技 | 优于大市 | 60 | 87 | 132 | 0.24 | 0.35 | 0.53 | 161.0 | 111.2 | 73.2 | 5.4 | 38.63 | 96 |
| 交换机 | 000938.SZ | 紫光股份 | 优于大市 | 2103 | 2330 | 2678 | 0.74 | 0.81 | 0.94 | 29.3 | 26.9 | 23.2 | 1.7 | 21.77 | 623 |
| | 301165.SZ | 锐捷网络 | 优于大市 | 401 | 488 | 623 | 0.71 | 0.86 | 1.10 | 45.2 | 37.3 | 29.2 | 4.4 | 32.08 | 182 |
| | 301191.SZ | 菲菱科思 | 优于大市 | 144 | 179 | 246 | 2.08 | 2.58 | 3.54 | 35.5 | 28.6 | 20.8 | 2.8 | 73.78 | 51 |
| 液冷 | 002837.SZ | 英维克 | 优于大市 | 344 | 535 | 703 | 0.61 | 0.94 | 1.24 | 40.3 | 25.9 | 19.7 | 6.0 | 24.39 | 180 |
| | 301018.SZ | 申菱环境 | 优于大市 | 105 | 286 | 363 | 0.39 | 1.07 | 1.37 | 55.3 | 20.1 | 15.8 | 2.2 | 21.55 | 57 |
| 智算中心 | 300422.SZ | 润泽科技 | 优于大市 | 1762 | 2315 | 3471 | 1.14 | 1.35 | 2.02 | 22.0 | 18.7 | 12.5 | 5.2 | 25.15 | 433 |

资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理和预测；新易盛、光库科技、菲菱科思、申菱环境采用Wind一致预期

- ◆ AI发展及投资不及预期
- ◆ 行业竞争加剧
- ◆ 全球地缘政治风险
- ◆ 新技术发展引起产业链变迁

国信证券投资评级

| 投资评级标准 | 类别 | 级别 | 说明 |
|---|--------|----------------------|-----------------------|
| 报告中投资建议所涉及的评级（如有）分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的6到12个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。A股市场以沪深300指数（000300.SH）作为基准；新三板市场以三板成指（899001.CSI）为基准；香港市场以恒生指数（HSI.HI）作为基准；美国市场以标普500指数（SPX.GI）或纳斯达克指数（IXIC.GI）为基准。 | 股票投资评级 | 优于大市 | 股价表现优于市场代表性指数10%以上 |
| | | 中性 | 股价表现介于市场代表性指数±10%之间 |
| | | 弱于大市 | 股价表现弱于市场代表性指数10%以上 |
| | 行业投资评级 | 无评级 | 股价与市场代表性指数相比无明确观点 |
| | | 优于大市 | 行业指数表现优于市场代表性指数10%以上 |
| | | 中性 | 行业指数表现介于市场代表性指数±10%之间 |
| | 弱于大市 | 行业指数表现弱于市场代表性指数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、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告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
GUOSEN SECURITIES

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