

## 通信

### 重点关注确定受益 AI 和国产算力需求的核心标的 ——通信行业 2024 年度中期投资策略

#### 全球 AI、国内数字经济和新质生产力为通信行业提供发展机会

全球 AI 发展日新月异，大模型更新迭代持续拉动算力需求，为新技术的应用提供可能。数字经济发展取得显著成绩，运营商加大智算网络投资。发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点，卫星互联网、低空经济、车路云等均有有望获得政策加持，迎来产业发展。

#### 2024 年，研发和交付能力依然是 AI 光模块企业的核心竞争力

参照国内光通信行业主要企业的业绩表现，可以明显看出北美 AI 产业链带来的高速光模块订单对业绩的拉动作用。展望 2024 年 H2，英伟达 GPU 芯片的快速迭代，加速了 1.6T 光模需求的释放。此外，国内光通信企业在 LPO、CPO、硅光、薄膜铌酸锂等新技术领域均有布局。我们认为 1.6T 光模块的研发和交付能力依然会主导光模块行业的竞争格局，有利于头部企业强化竞争优势。同时，新方案的应用有望给新的企业带来破局机会。

#### 从自主可控和算力基础设施建设两个角度看国内算力机会

美国持续加强 AI 芯片对华出口管制，国产算力迎难而上寻求自主可控的发展机遇。国内算力基础设施建设如火如荼，400G 骨干网的升级为“东数西算”工程的建设实施提供有力保障，AI 算力的需求有利于优质 AIDC 项目的发展。国内公司积极布局国产算力，以华为昇腾 Atlas 芯片为代表的国产芯片支撑我国 AI 和算力产业发展，国产交换机芯片、光芯片也有望加速替代。国内 IDC 行业也有望迎来 AIDC 增量需求。

#### 5G 进程过半，开启空天地一体化和产业赋能新阶段

三大运营商在新的考核机制引导下重视经营质量的提升，5G 后半段资本开支有望持续下降，有效提升行业盈利能力，持续加大分红比例。与此同时，5G-A 的通感一体化能力有望促进低空经济的发展，卫星互联网未来将与 5G/6G 加速融合，“空天地一体化”战略布局重要性日益凸显。中国正积极抢占频率轨道资源，稳步推进宽带卫星通信网络部署，相关产业有望迎来快速发展。

#### 投资建议

1) AI 拉动北美产业链持续受益，聚焦光通信核心标的，建议关注：中际旭创、天孚通信、新易盛、光库科技；2) 400G 骨干网的商用建设拉开帷幕，AI 拉动智算中心建设，建议关注：烽火通信、德科立、紫光股份；3) 运营商整体盈利能力日益提升，建议关注国内运营商龙头：中国移动；4) 5G 进程过半，密切关注 5G-A、卫星互联网产业发展，建议关注：三维通信。

**风险提示：**AI 产业发展不及预期、国产算力发展不及预期、市场竞争加剧风险、中美贸易摩擦加剧风险。

#### 重点推荐标的

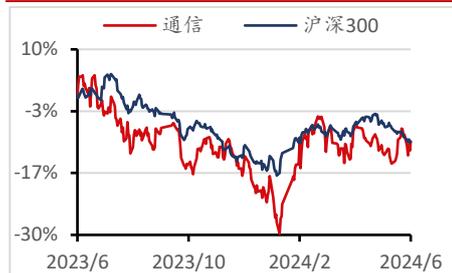
简称	EPS			PE			CAGR-3	评级
	2024E	2025E	2026E	2024E	2025E	2026E		
中际旭创	4.02	5.62	7.75	33.6	24.0	17.4	58.73%	买入
天孚通信	2.44	3.45	4.84	36.5	25.8	18.4	54.25%	买入
新易盛	2.01	2.78	3.68	52.5	38.1	28.7	55.97%	/
光库科技	0.44	0.58	0.77	81.2	61.2	45.9	47.96%	/
烽火通信	0.57	0.76	0.92	26.1	19.6	16.3	29.12%	买入
中国移动	6.55	6.99	7.42	15.6	14.6	13.8	6.47%	增持
紫光股份	0.90	1.05	1.27	23.9	20.4	16.9	19.94%	买入

数据来源：公司公告，iFinD，国联证券研究所预测，股价取 2024 年 06 月 25 日收盘价

投资建议：强于大市（维持）

上次建议：强于大市

#### 相对大盘走势



#### 作者

分析师：张宁

执业证书编号：S0590523120003

邮箱：zhangnyj@glsc.com.cn

分析师：张建宇

执业证书编号：S0590524050003

邮箱：jyzhang@glsc.com.cn

联系人：李宸

邮箱：lichy@glsc.com.cn

#### 相关报告

1、《通信：车路云项目建设加速，车载模组持续收益》2024.06.16

2、《通信：英伟达 GPU 加速迭代，聚焦 AI 光通信核心标的》2024.06.10

## 正文目录

1. 大模型持续迭代，继续考验高速光模块研发和交付能力 .....	5
1.1 中美 AI 大模型持续迭代 .....	5
1.2 英伟达继续保持产品领先优势 .....	7
1.3 研发和交付能力继续主导光模块竞争 .....	10
2. 国产算力保持追赶态势，算力网络建设有望提速 .....	13
2.1 国产交换芯片、光芯片支持自主可控的算力网络 .....	13
2.2 算力网络建设加速长距离光通信需求增长 .....	20
2.3 AI 算力需求增长有利于优质 AIDC 项目 .....	23
3. 5G 半程，5G-A 从连接你我走向赋能未来产业 .....	26
3.1 5G 半程，电信运营商盈利水平有望稳健提升 .....	26
3.2 5G-A，赋能未来产业发展的 5G 下半场 .....	28
3.3 5G-R 试验频率批复打开铁路通信成长空间 .....	33
4. 发射能力提升有望打开卫星互联网产业空间 .....	34
4.1 Starlink 之道：降成本、规模化和全球市场 .....	34
4.2 中国卫星互联网产业发展迅速 .....	36
4.3 星上相控阵技术与星间激光技术是核心看点 .....	38
5. 投资建议 .....	39
5.1 聚焦算力网络光通信核心标的 .....	39
5.2 重视国内算力网络建设相关标的 .....	39
5.3 重视运营商的盈利水平和分红能力提升 .....	40
5.4 关注卫星互联网、低空经济产业发展 .....	40
6. 风险提示 .....	40

## 图表目录

图表 1: 国联通信 2024 年中期策略投资框架 .....	5
图表 2: GPT4o 模型视觉理解测试结果 .....	6
图表 3: Gemini 1.5 Pro 和其他大模型对比 .....	6
图表 4: 2024 年国内 AI 大模型升级 .....	6
图表 5: 北美云厂商 2024Q1 资本开支 .....	7
图表 6: 国内云厂商 2024Q1 资本开支 .....	7
图表 7: 英伟达 2025 财年 Q1 各业务板块营业收入 .....	7
图表 8: 英伟达 2025 财年 Q1 数据中心板块营收构成 .....	7
图表 9: 英伟达产品路线图 .....	8
图表 10: 英伟达 GPU 算力发展进程 .....	9
图表 11: 英伟达 GPU 功耗发展进程 .....	9
图表 12: 英伟达 GPU 产品与竞争对手的对比 .....	9
图表 13: 英伟达 GB200 SuperPod .....	10
图表 14: 英伟达 Spectrum X800 交换机 .....	10
图表 15: 英伟达以太网交换机发展路线图 .....	10
图表 16: 博通基于单通道 200G 技术的网络架构 .....	11
图表 17: 800G/1.6T CPO 渗透率提升 .....	11
图表 18: 数据中心 LPO/LRO 光模块路线图 .....	11
图表 19: 2022-2028 年全球硅光子学市场统计预测 .....	12
图表 20: 2018-2028 年光收发器材料销售额 .....	12
图表 21: 2023 和 2029 年用于光模块的激光器和光子集成电路 (PIC) 销售数据 .....	12
图表 22: 英伟达光模块主要供应商 .....	13

图表 23:	国内光模块上市公司 2023 年营业收入 .....	13
图表 24:	国内光模块上市公司 2024Q1 营业收入 .....	13
图表 25:	美国 AI 相关的对华限制措施 .....	14
图表 26:	运营商算力规模及规划 (累计值, 亿元) .....	14
图表 27:	华为昇腾系列 AI 芯片 .....	15
图表 28:	华为昇腾 Atlas 系列计算产品 .....	15
图表 29:	华为昇腾整机合作伙伴 .....	15
图表 30:	中国移动 2024-2025 新型智算中心集采 .....	15
图表 31:	国产算力进展情况 .....	16
图表 32:	全球以太网交换机行业市场规模 .....	16
图表 33:	国内以太网交换机行业市场规模 .....	16
图表 34:	以太网交换芯片报文交换处理架构 .....	17
图表 35:	全球以太网交换芯片市场规模 (以销售额计) .....	17
图表 36:	中国商用交换芯片各应用场景市场规模 .....	17
图表 37:	2020 年中国商用交换芯片市场竞争格局 (以销售额计) .....	18
图表 38:	2020 年中国自用交换芯片市场竞争格局 (以销售额计) .....	18
图表 39:	数据中心交换芯片吞吐量演进趋势 .....	18
图表 40:	博通交换机芯片升级路径 .....	18
图表 41:	国产交换芯片与海外产品的性能对比 .....	18
图表 42:	2021 年全球 2.5G 及以下 DFB/FP 激光器芯片市场份额 .....	19
图表 43:	2021 年全球 10G DFB 激光器芯片市场份额 .....	19
图表 44:	25G 及以上光芯片和数据中心光模块对应关系 .....	19
图表 45:	国产光芯片进展 .....	20
图表 46:	东数西算 8 大枢纽和 10 大集群 .....	20
图表 47:	东数西算典型场景分类 .....	20
图表 48:	东数西算八大枢纽新增机架及带宽预测 .....	20
图表 49:	中国移动 400G 骨干网光通信系统 .....	21
图表 50:	400G OTN 新技术需求 .....	21
图表 51:	长距光通信技术演进及关键系统特征 .....	22
图表 52:	相干通信信号波特率的演进过程 .....	22
图表 53:	400G 及以上高速光传输调制格式及其应用场景 .....	22
图表 54:	全球 WDM 光模块发货量预测 .....	22
图表 55:	全球 WDM 光模块市场份额预测 .....	22
图表 56:	长距离光通信产业链梳理 .....	23
图表 57:	2019-2023 年中国整体 IDC 业务市场规模 .....	23
图表 58:	2019-2025 年中国传统 IDC 需求市场行业结构及变化 .....	23
图表 59:	中国 IDC 业务市场规模预测 .....	24
图表 60:	中国通用算力规模稳定上升 .....	24
图表 61:	中国智能算力规模快速上升 .....	24
图表 62:	传统 CPU 处理器与 AI 处理器功率对比 .....	25
图表 63:	AI 服务器功耗迅速上升 .....	25
图表 64:	2023-2028 中国液冷服务器市场预测 .....	25
图表 65:	Atlas 800 服务器采用液冷配置 .....	25
图表 66:	智算中心产业链 .....	26
图表 67:	中央企业经营指标体系 .....	26
图表 68:	三大电信运营商 20 年营收、支出、净利润 (亿元) .....	28
图表 69:	三大运营商 2024 年资本开支计划展望 .....	28
图表 70:	5G-Advanced 应用场景 .....	29
图表 71:	通信感知一体化的技术发展趋势 .....	29
图表 72:	网络协作通感应用场景 .....	29
图表 73:	通感一体工作模式 .....	30
图表 74:	算网融合服务示意图 .....	30
图表 75:	通感一体三层架构 .....	31
图表 76:	中兴通讯通感一体化方案 .....	31

图表 77:	通感融合技术研究方向 .....	32
图表 78:	GSM-R 专网通信 .....	33
图表 79:	铁路 5G 专网系统 .....	33
图表 80:	2020-2030 年中国 5G-R 整体规划 .....	34
图表 81:	5G-R 带动铁路通信价值量增长弹性测算 .....	34
图表 82:	Starlink 4.2 万颗卫星部署计划 .....	34
图表 83:	猎鹰 9 号与猎鹰重型火箭结构 .....	35
图表 84:	芯一级 10 次重复使用发射成本价格示意图 (万美元) .....	35
图表 85:	SpaceX 火箭复用历程 .....	35
图表 86:	Iridium Next、OneWeb、Starlink 发射成本对比 .....	36
图表 87:	Starlink 手机直连卫星网络架构 .....	36
图表 88:	Starlink 用户数增长情况 .....	36
图表 89:	卫星互联网示意图 .....	37
图表 90:	空天地一体化是 6G 关键能力支柱 .....	37
图表 91:	国内实体计划中的三个超万颗卫星巨型星座 .....	37
图表 92:	2021-2023 中国商用卫星发射次数 .....	38
图表 93:	银河航天“小蜘蛛网”泰国地面试验站 .....	38
图表 94:	卫星互联网产业链 .....	38
图表 95:	卫星载荷制造重点企业及卫星互联网相关业务汇总 .....	39

## 1. 大模型持续迭代，继续考验高速光模块研发和交付能力

### 1.1 中美 AI 大模型持续迭代

展望 2024 年下半年至 2025 年，我们认为通信行业有三个最主要的产业趋势：

第一：英伟达的产品迭代在加速、B200 发货预期提前、配套的网络连接能力同步提升；

第二：电信运营商和华为主导的国内算力产业不断进步，但是美国的禁令没有放松，我国 AI 产业自主可控之路道阻且长；

第三：发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点，量子信息、未来网络等未来产业有望成为通信产业发展新方向。

聚焦这三大产业趋势，我们从需求、政策、技术三个维度整理投资框架：

第一：围绕英伟达产业链，研发和交付能力依然是核心竞争力。同时关注围绕超大集群、低时延、低成本、低功耗，不断演进的技术变化；

第二：在政策指导下，运营商追求经营质量、加大算力网络投资。卫星互联网、低空经济、车路云均有望获得持续的政策加持，迎来长足的产业发展机会；

第三：随着技术进步，国产交换芯片、光芯片均有望成为国产算力网络建设的优选。同时 5G-A 和新质生产力产业联动，新场景、新频段有望带来新的增长机会。

图表1：国联通信 2024 年中期策略投资框架

	需求主导	政策主导	技术主导
英伟达 (AI)	<b>光模块</b>		
国产算力	<b>GPU/光模块/AIDC</b>	<b>电信运营商/算力网络</b>	<b>交换芯片/光芯片</b>
新质生产力		<b>卫星/低空/车路云</b>	<b>5G-A</b>

资料来源：国联证券研究所整理

5 月 14 日，OpenAI 宣布推出 GPT-4o 大模型。GPT-4o 能够接受并生成文本、音频和图像三者组合、处理 50 种不同的语言，提高了速度和质量，在 232 毫秒内对音频输入做出反应，与人类在对话中的反应时间相近，并能够读取人的情绪。

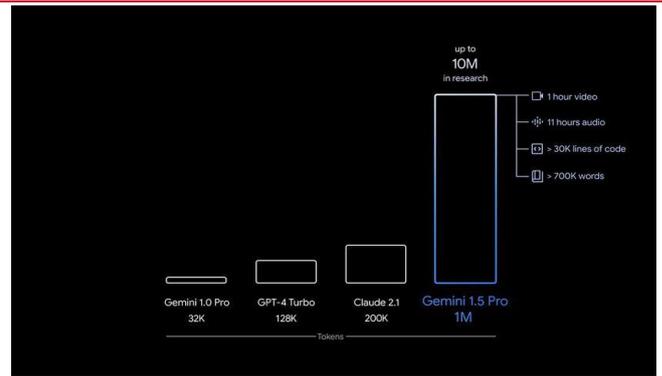
5月15日，谷歌在I/O大会发布了 Gemini Pro 1.5、对标 Sora 的视频生成模型 Veo，以及文生图大模型 Imagen 3。Gemini 1.5 Pro 最大支持上下文窗口从 100 万 Tokens 升级到 200 万，同时支持 35 种语言，能够分析更长的文档、代码库、视频和音频录音，以及处理更加复杂和细微的指示；Veo 能够根据文本、图像创建超过 60 秒的高质量 1080p 视频，用户可对光照、镜头语言、视频颜色风格等进行设定；Imagen 3 处理文本的能力比上一代产品更好，在处理长提示词的细节方面也更智能。

**图表2：GPT4o 模型视觉理解测试结果**

Eval Sets	GPT-4o	GPT-4T 2024-04-09	Gemini 1.0 Ultra	Gemini 1.5 Pro	Claude Opus
MMMU (%) (val)	69.1	63.1	59.4	58.5	59.4
MathVista (%) (testmini)	63.8	58.1	53.0	52.1	50.5
AI2D (%) (test)	94.2	89.4	79.5	80.3	88.1
ChartQA (%) (test)	85.7	78.1	80.8	81.3	80.8
DocVQA (%) (test)	92.8	87.2	90.9	86.5	89.3
ActivityNet (%) (test)	61.9	59.5	52.2	56.7	
EgoSchema (%) (test)	72.2	63.9	61.5	63.2	

资料来源：轻松说 AI，国联证券研究所

**图表3：Gemini 1.5 Pro 和其他大模型对比**



资料来源：IT之家，国联证券研究所

腾讯、阿里巴巴、商汤、幻方、科大讯飞等国内公司在 2024 上半年更新了 AI 产品进展，国产大模型快速迭代升级，性能持续提升，创新成果不断涌现，如商汤日日新 SenseNova 5.0 综合性能全面对标 GPT-4 Turbo，阿里云通义千问 2.5 OpenCompass 得分追平 GPT-4 Turbo。

腾讯混元大模型全面升级，最高拓展至万亿参数规模，总体性能相比上一代提升 50%。在多模态能力方面，腾讯云开源中文原生 DiT 架构文生图模型，混元支持单图可 30s 生成 3D 模型，视频生成时长达到 16s。5月30日，腾讯发布基于升级版混元大模型的 AI 产品“元宝”，支持图片、文件、音频等多模态输入格式。

**图表4：2024 年国内 AI 大模型升级**

公司	大模型	发布时间	描述
腾讯	腾讯元宝	5.30	混元大模型全面升级
阿里巴巴	通义千问2.5	5.9	OpenCompass得分追平GPT-4Turbo
商汤	日日新5.0	4.23	综合性能全面对标GPT-4 Turbo
科大讯飞	讯飞星火3.5	4.26	业界首个长文本、长图文、长语音大模型

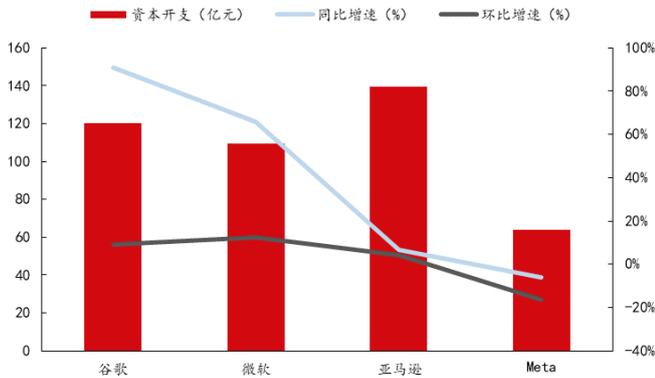
资料来源：北京商报，澎湃新闻，光明网，智东西，国联证券研究所

资本开支方面，北美大型云厂商仍维持增长态势。根据各公司财报，2024Q1 谷歌、微软、亚马逊、Meta 四家云厂商合计资本开支为 432.99 亿元，同比增长 31.98%，环比增长 3.66%。

国内 BAT 资本开支增幅较大。2024Q1，百度、阿里巴巴、腾讯三家公司合计资本

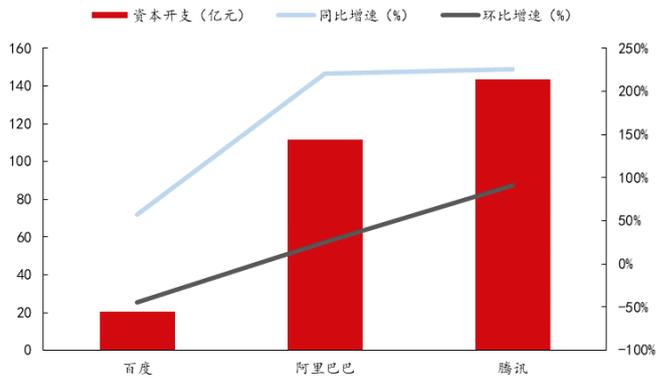
开支为 275.51 亿元，同比增长 199.98%，环比增长 37.47%。其中百度资本开支为 20.38 亿元，同比增长 57.37%，环比下降 44.32%；阿里巴巴资本开支为 111.53 亿元，同比增长 220.67%，环比增长 25.92%；腾讯资本开支为 143.60 亿元，同比增长 225.50%，环比增长 90.80%。

图表5：北美云厂商 2024Q1 资本开支



资料来源：Wind，国联证券研究所

图表6：国内云厂商 2024Q1 资本开支

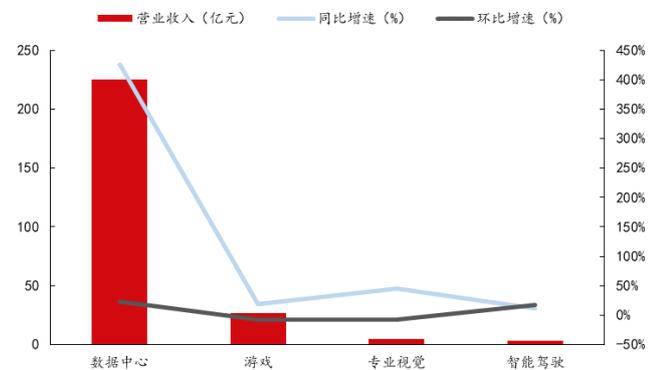


资料来源：各公司财报，国联证券研究所

## 1.2 英伟达继续保持产品领先优势

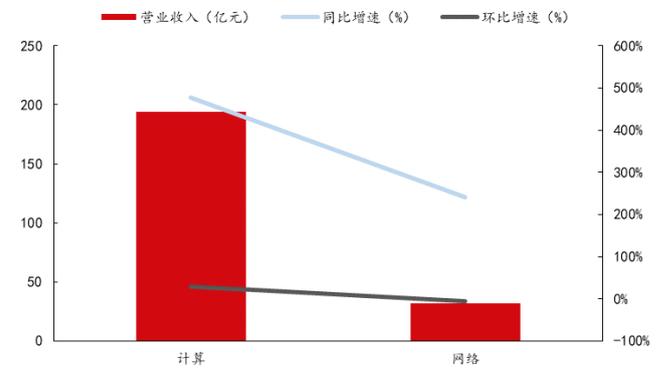
2024 年 5 月 22 日，英伟达发布 2025 财年一季报。英伟达 2025Q1 数据中心收入达到 225.63 亿美元，同比增长 427%，环比增长 23%；其中计算收入为 194 亿美元，同比增长 478%，环比增长 29%，主要原因为 Nvidia Hopper GPU 计算平台出货量增加；网络业务收入为 32 亿美元，同比增加 242%，主要原因为 InfiniBand 端到端解决方案显著增加。公司预计 2025 财年 Q2 营业收入为 280 亿美元，浮动 2%左右；GAAP 和非 GAAP 毛利率分别为 74.8%和 75.5%，上下浮动 50bp，全年毛利率预计在 75%左右。

图表7：英伟达 2025 财年 Q1 各业务板块营业收入



资料来源：Wind，英伟达 Q1FY25 财报，国联证券研究所

图表8：英伟达 2025 财年 Q1 数据中心板块营收构成



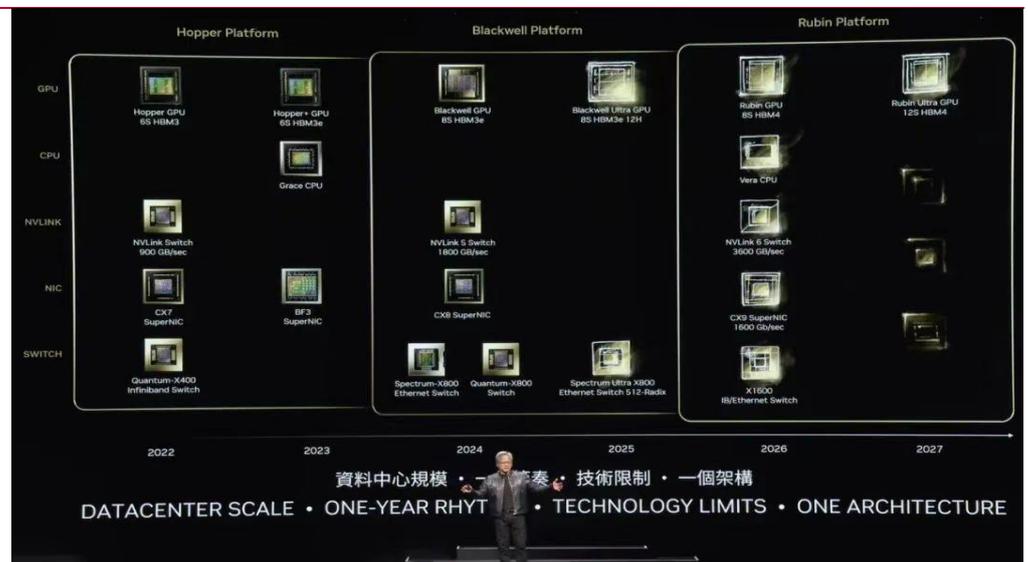
资料来源：英伟达 Q1FY25 财报，国联证券研究所

英伟达 GPU 产品需求的主要驱动因素为下游 AI 大模型迭代以及云厂商资本开支的增长。大型云厂商仍为数据中心业务最大客户，根据英伟达 Q1FY25 财报，来自大型云厂商的收入占数据中心收入的 45%左右。

供给侧来看，英伟达计算卡技术迭代速度加快。在 2024 年以前，英伟达平均 2 年推出新一代 GPU 架构，2020 年发布 Ampere，2022 年发布 Hopper，2024 年发布 Blackwell。

2024 年 6 月 2 日，英伟达 CEO 黄仁勋在台湾大学发表主题为“开启产业革命的全新时代”的现场演讲，演讲中梳理并介绍了英伟达的最新产品和成果，以及对未来产品的规划。黄仁勋宣布 Blackwell 芯片已经投产，预计将于 2025 年推出 Blackwell Ultra AI 芯片，2026 年推出下一代 AI 平台“Rubin”，2027 年推出 Rubin Ultra，更新节奏将变为“一年一次”。黄仁勋称，8 年内，英伟达 GPU 产品运算能力增长了 1000 倍，几乎超越了摩尔定律在最佳时期的增长。

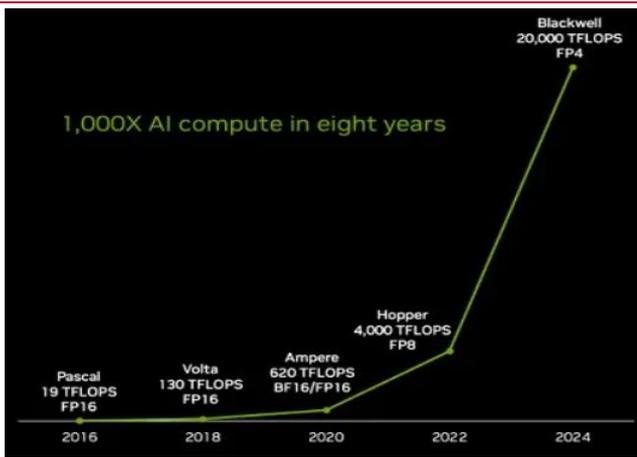
图表9：英伟达产品路线图



资料来源：半导体行业观察，国联证券研究所

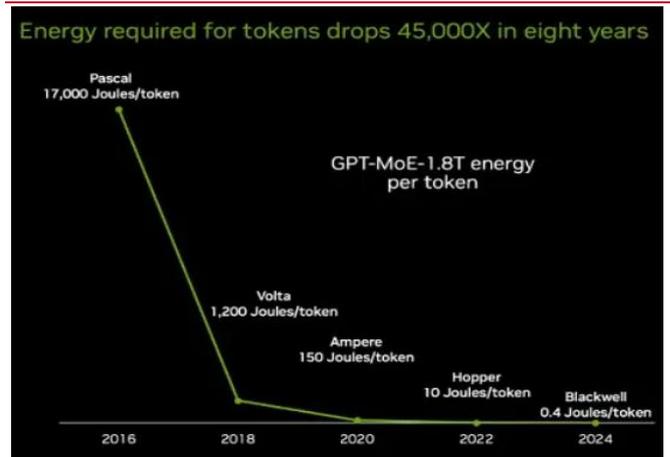
算力方面，黄仁勋称从“Pascal” P100 GPU 一代到“Blackwell” B100 GPU 一代，8 年间 GPU 的性能提升了 1053 倍，从 19 TFLOPS 提升到 20000 TFLOPS。功耗方面，Blackwell 在 Token 生成能耗上大幅降低。在 Pascal 时代，每个 Token 消耗的能量高达 1.7 万焦耳，Blackwell 使得生成每个 Token 只需消耗 0.4 焦耳的能量。散热方面，根据科创板日报，从 B100 开始，英伟达产品的散热技术将从气冷技术转换为液冷技术。

图表10: 英伟达 GPU 算力发展进程



资料来源: 半导体行业观察, 国联证券研究所

图表11: 英伟达 GPU 功耗发展进程



资料来源: 半导体行业观察, 国联证券研究所

通过加快产品迭代, 英伟达得以保持明显的产品性能优势。在各大 GPU 厂商 2024 年新推出产品中, 英伟达 Blackwell 系列 GPU 在性能上高于 AMD 的 Instinct MI325X 和谷歌的 Trillium 芯片, 叠加 Blackwell 芯片已经量产, 英伟达依然维持较大优势。

图表12: 英伟达 GPU 产品与竞争对手的对比

公司名称	产品型号	发布时间	架构	内存	带宽
英伟达	B100	2024	Blackwell	192G (8x24GB)	8 TB/s
	B200	2024	Blackwell	192G (8x25GB)	8 TB/s
	GB200	2024	2xB200 GPU, 1xGrace CPU	384GB (2x8x24GB)	16 TB/s
	H100	2022	Hopper	80 GB	3.4 TB/s
	H200	2023	Hopper	141 GB	4.8 TB/s
AMD	MI325X	2024	CNDA 3	288 GB	6.0 TB/s
	MI300X	2023	CNDA 3	192 GB	5.3 TB/s
Intel	MAX 1550	2023	Xe-HPC	128 GB	3.3 TB/s
	MAX 1100	2023	Xe-HPC	48 GB	1.2 TB/s
谷歌	Trillium	2024	TPU	190 GB	5.6 TB/s
	TPU v5p	2023	TPU	95 GB	2.8 TB/s

资料来源: 各公司官网, 芯智讯, IT之家, 国联证券研究所

英伟达不仅保持了单卡能力的竞争优势, 也在通过 NVLink 和 InfiniBand 网络提升算力集群能力。英伟达在 GTC 大会上发布 NVIDIA DGX SuperPOD, 用于处理万亿参数模型, 保证超大规模生成式 AI 训练和推理工作负载的持续运行。NVIDIA DGX SuperPOD 采用新型高效液冷机架级扩展架构, 每个液冷机架配备 36 个 NVIDIA GB200 Grace Blackwell 超级芯片 (36 个 NVIDIA Grace CPU 和 72 个 Blackwell GPU), 与 NVIDIA NVLink 连接为一体。

图表13: 英伟达 GB200 SuperPod

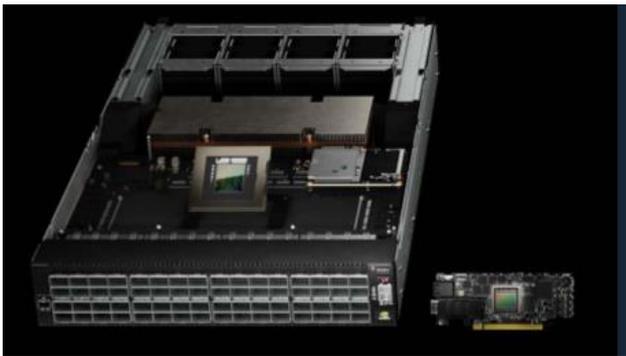


资料来源: 英伟达官网, 国联证券研究所

在GTC大会上, 英伟达推出X800系列交换机, 包括适用于InfiniBand的Quantum-X800和适用于以太网的Spectrum-X800。NVIDIA Quantum-X800对比上一代Quantum-9700交换机设备尺寸提升了一倍, 是英伟达第一款使用200Gb/s-per-lane SerDes方案的交换机设备, 通过72个OSPF 1.6T光模块提供144个800G端口。英伟达指出, 基于Quantum-X800的高性能, 两层胖树网络拓扑就可以连接10386个网络接口卡。

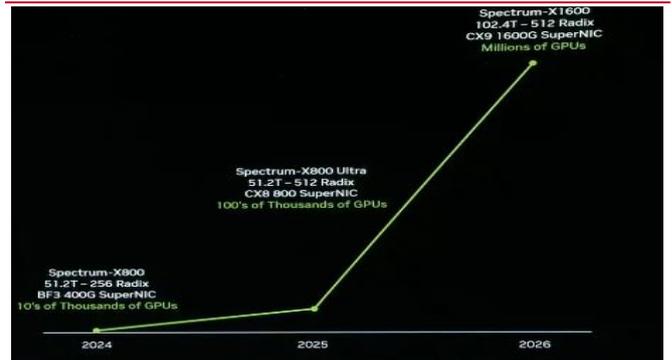
Spectrum X800交换机能够以每秒51.2TB的速度和256路径(radix)的支持能力, 配置64个OSPF 800G光模块。黄仁勋在台湾大学的演讲中介绍, 英伟达计划在2025年推出Spectrum X800 Ultra, 将支持高达512路径的512 radix, 进一步提升网络容量和性能; 计划在2026年推出Spectrum X1600, 速率达到每秒102.4TB。

图表14: 英伟达 Spectrum X800 交换机



资料来源: 英伟达官网, 国联证券研究所

图表15: 英伟达以太网交换机发展路线图



资料来源: 搜狐网, 云科技时代, 国联证券研究所

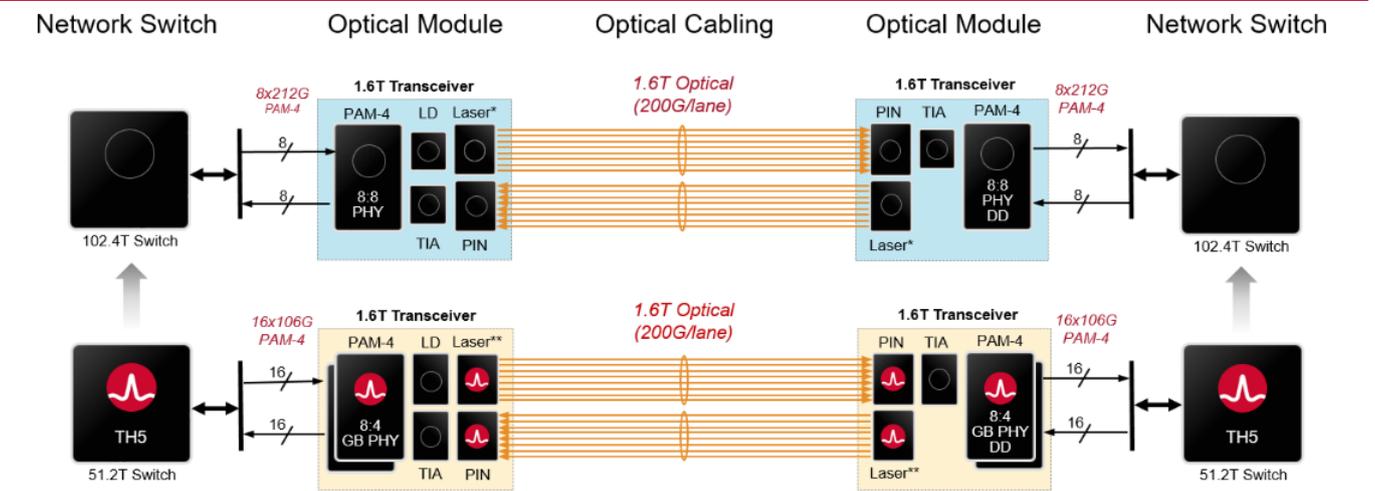
### 1.3 研发和交付能力继续主导光模块竞争

展望2024年H2, 英伟达GPU芯片的快速迭代, NVLink、InfiniBand、以太网连接方案同步演进。NVIDIA Quantum-X800是英伟达第一款使用200Gb/s-per-lane SerDes方案的交换机设备, 通过72个OSPF 1.6T光模块提供144个800G端口, 明确了1.6T光模块需求。

产业链方面, 博通在官网发布了基于单通道200G光通信技术的网络架构图。根

据博通的方案，单通道 200G 光通信技术可以适配 51.2T/102.4T 两个代际的交换机芯片。单通道 200G 光网络包括了 EML、VCSEL、CW 光源、基于单通道 200G 方案的 1.6T 光模块、线缆等。

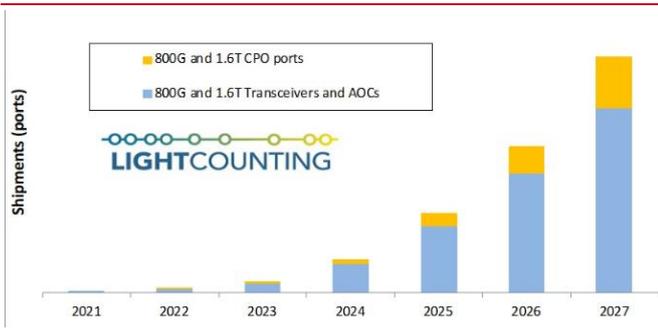
图表16：博通基于单通道 200G 技术的网络架构



资料来源：博通，国联证券研究所

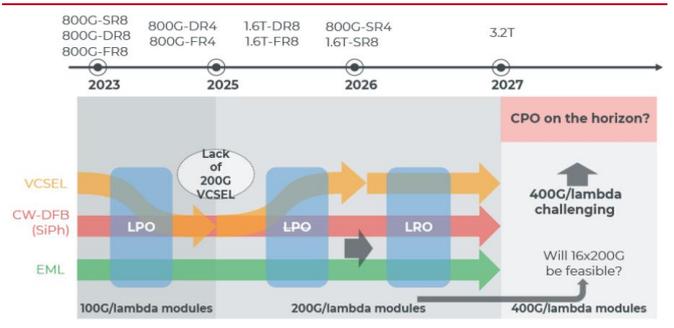
随着数据中心的不断扩大和对高速连接需求的增加，收发器的功耗已成为关键问题。传统的重定时收发器集成了 DSP 芯片，增加了整体功耗和发热量，需要强大的冷却系统，进一步增加了能源需求和运营成本。线性驱动可插拔 (LPO) 收发器和共封装光学器件 (CPO) 无需 DSP 芯片，与内置 PAM4 DSP 芯片的标准重定时收发器相比，显著降低了功耗。根据 LightCounting 预测，LPO/CPO 端口将占 2026-2028 年部署的 800G 和 1.6T 端口总数的 30% 以上。

图表17：800G/1.6T CPO 渗透率提升



资料来源：C114, LightCounting, 国联证券研究所

图表18：数据中心 LPO/LRO 光模块路线图



资料来源：C114, Yole, 国联证券研究所

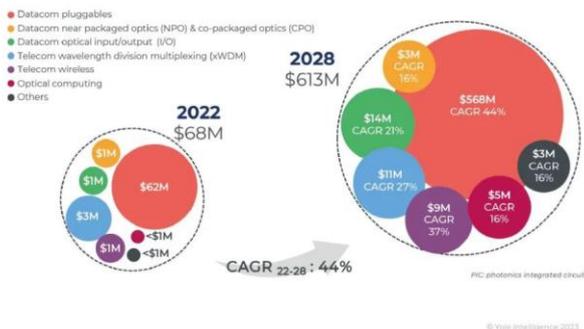
硅光调制器目前是线性驱动设计的最佳选择。GaAs 直接调制激光器 (DML) 和 InP 电吸收调制激光器 (EML) 是更“非线性”的器件，因此除 VCSEL 外，LPO/CPO 器件都将基于硅光平台。根据 LightCounting，英伟达正在优先考虑将硅光子技术用于下一代收发器。LightCounting 预计，基于硅光调制器收发器的市场份额将从 2022 年的 24% 上升到 2028 年的 44%。

Yole 指出，2022 年，硅光芯片市场价值为 6800 万美元，预计到 2028 年将超过

6 亿美元，2022—2028 年的复合年均增长率为 44%。推动这一增长的主要因素是用于高速数据中心互联和对更高吞吐量及更低延迟需求的机器学习的 800G 可插拔光模块。

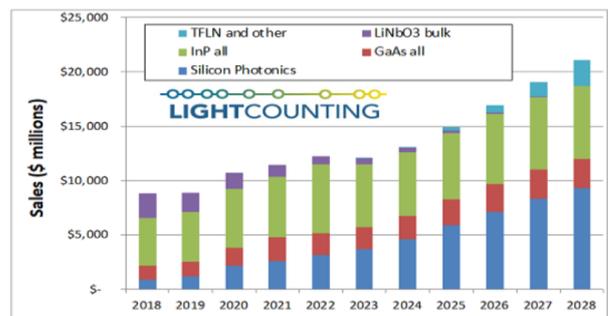
薄膜铌酸锂和其他材料相比，具备大带宽、低损耗和低驱动电压等优势。当光模块迈向 1.6T 甚至 3.2T 的阶段，并向单波 200G 或 400G 的更高标准迈进时，薄膜铌酸锂的大带宽优势将愈发显著，有望成为高速光模块技术发展的主流方向之一。

图表19：2022-2028 年全球硅光子学市场统计预测



资料来源：Yole, 国联证券研究所

图表20：2018-2028 年光收发器材料销售额



资料来源：讯石光通讯网, LightCounting, 国联证券研究所

LightCounting 预计，基于砷化镓 (VCSEL) 和 InP 的收发器的市场份额将逐步下降，硅光 (SiP) 和薄膜铌酸锂 (TFLN) 的份额将有所上升。LPO 和 CPO 的采用也将促进硅光甚至薄膜铌酸锂器件市场份额的增长。

图表21：2023 和 2029 年用于光模块的激光器和光子集成电路 (PIC) 销售数据



资料来源：LightCounting, 国联证券研究所

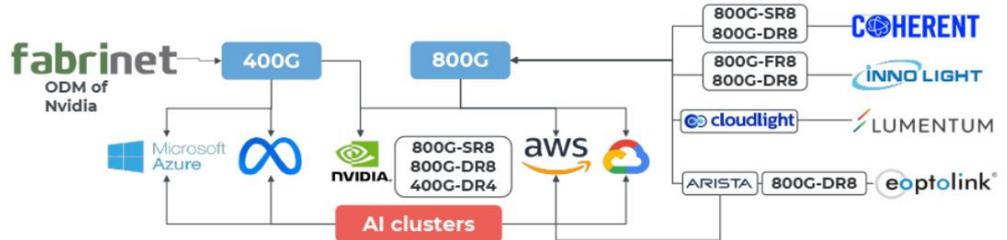
国内光模块龙头公司在上述领域均有布局。中际旭创拥有全面的 1.6T OSFP 系列光模块产品，并在业界率先推出 1.6T-DR8 OSFP224 LPO。新易盛已成功推出基于 VCSEL/EML、硅光及薄膜铌酸锂方案的 400G/800G/1.6T 系列高速光模块产品，以及基于 100G/lane 和 200G/lane 的 400G/800G LPO 光模块产品。天孚通信拥有 1.6T 光模块及配套应用光引擎产品和解决方案。

参照 2023 年及 2024 年 Q1 我国光通信行业主要企业的业绩表现，可以明显看出 AI 带来的高速光模块订单对企业业绩的拉动作用。

根据中际旭创 2024 年 4 月 22 日发布的《中际旭创投资者关系记录表 240421》，

截至 2024Q1，中际旭创的 1.6T 光模块海外重点客户已进入送样测试环节，预计在 2024H2 完成认证，进入到客户下单环节；800G 光模块仍会扩建。根据新易盛 2024 年 5 月 9 日发布的《新易盛投资者关系管理 0509》，新易盛的 800G 光模块已实现批量出货。

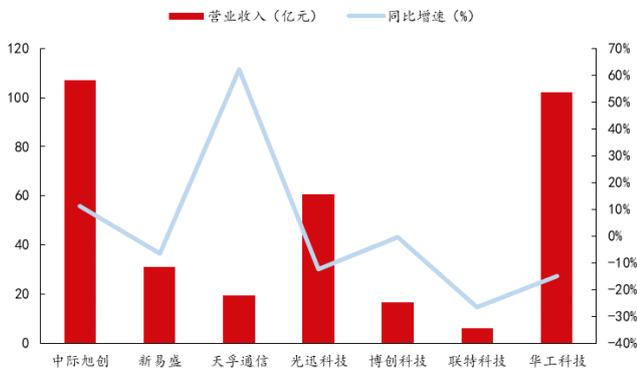
图表22：英伟达光模块主要供应商



资料来源：C114 通信网，Yole，国联证券研究所

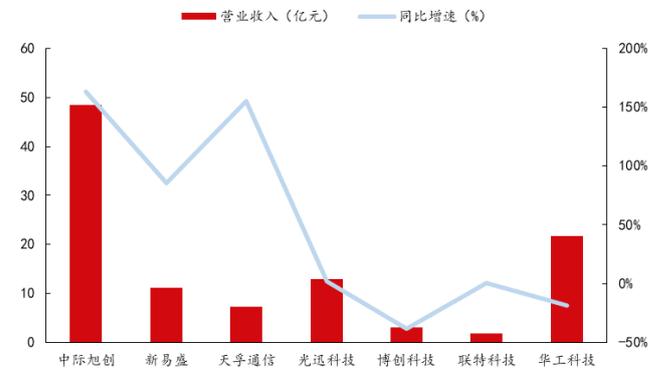
我们统计国内光模块相关上市公司，其中营收实现正增长的仅有中际旭创和天孚通信两家，2023 年分别同比增长 11.16%/62.04%；新易盛与博创科技的营收降幅较低，2023 年分别同比下降 6.43%/0.57%。2024Q1，中际旭创、新易盛、天孚通信的营收增幅较大，分别同比增长 163.59%/85.41%/154.95%。因此，光模块领域营收的确定性主要体现在切入英伟达产业链的中际旭创、新易盛、天孚通信三家公司上。

图表23：国内光模块上市公司 2023 年营业收入



资料来源：Wind，国联证券研究所

图表24：国内光模块上市公司 2024Q1 营业收入



资料来源：Wind，国联证券研究所

展望 2024H2 至 2025，我们认为 1.6T 光模块的研发和交付能力依然会主导光模块厂商的竞争格局，有利于头部企业强化竞争优势。同时低时延、低成本、低功耗的 CPO、LPO、硅光、薄膜铌酸锂方案有望给新企业带来破局机会。

## 2. 国产算力保持追赶态势，算力网络建设有望提速

### 2.1 国产交换芯片、光芯片支持自主可控的算力网络

中美两国政府同样高度重视 AI 产业发展。美国从 2022 年开始不断加强 AI 芯片对华出口管制，限制中国用户对美国 IaaS 产品的访问。

**图表25：美国 AI 相关的对华限制措施**

发布时间	政策名称	主要内容
2022/8/9	CHIPS for America Act 2022(美国芯片法案)	禁止受益企业在华参与任何重大交易包括实质性扩大在华半导体制造能力
2022/10/7	对华半导体出口管制规则	BIS 首次发布有关限制中国获得先进计算集成电路、开发和维护超级计算机以及制造先进半导体的能力的规定
2023/10/17	《额外出口管制的实施：特定先进计算物项，超算及半导体最终用途，更新及更正 (Implementation of Additional Export Controls: Certain Advanced Computing Items; Supercomputer and Semiconductor End Use; Updates and Corrections) 》	聚焦在先进计算芯片、半导体设备和先进半导体生产制程等领域，制定了更为细致的规则，形成了新的管控图景，对国内半导体产业的后续发展影响深远
2023/10/17	半导体制造物项的出口管制 (Export Controls on Semiconductor Manufacturing Items)	限制先进芯片相关物项流向中国等特定国家和地区的主体，并限制相关主体获取芯片制造相关设备类物项
2024/1/29	采取额外措施应对与重大恶意网络行为相关的国家紧急状态	该提案明确要求美国 IaaS (云服务) 厂商在提供云服务时，要验证外国用户身份，限制外国对美国 IaaS 产品的访问，并要求详细报告训练 AI 大模型的外国交易，以保护美国的网络安全和利益。

资料来源：财联社，商务部网站，FEDERAL REGISTE，国联证券研究所

在美国的科技封锁下，中国的科技产业迎难而上，寻求新的发展机会。随着国内 AI 产业发展，运营商逐步加大算力的建设投资，特别是智算方面的投资。2024 年，中国移动的智算规模累计至少达到 17 EFLOPS，中国电信的智算规模累计至少达到 21 EFLOPS。

**图表26：运营商算力规模及规划（累计值，亿元）**

标包	2023 年	2024 年目标
中国移动	通算 (FP32) 8.0 EFLOPS, 增长 14% 智算 (FP16) > 10.1 EFLOPS, 增长 206%	通算 (FP32) 9 EFLOPS 智算 (FP16) > 17 EFLOPS
中国电信	通算 (FP32) 4.1 EFLOPS 智算 (FP16) 11.0 EFLOPS	智算 (FP16) > 21 EFLOPS

资料来源：中国移动业绩说明会材料，中国电信业绩说明会材料，国联证券研究所

英伟达的 GPU 在海外市场处于垄断地位，在国内市场，以华为昇腾 Atlas AI 芯片为代表的国产算力芯片，正在引领国产算力的发展。

图表27: 华为昇腾系列 AI 芯片



资料来源: C114 通信网公众号, 国联证券研究所

图表28: 华为昇腾 Atlas 系列计算产品



资料来源: 华为官网, 国联证券研究所

截至 2024 年 5 月, 华为共有 13 家昇腾整机合作伙伴, 昇腾整机合作伙伴分为四个等级: 战略级, 领先级, 优选级, 认证级。

图表29: 华为昇腾整机合作伙伴



资料来源: 昇腾社区, 国联证券研究所

2024 年 4 月 18 日, 中国移动招标了新型智算中心集采项目, 总中标金额约为 191.04 亿元, 共有 7 家国产算力的服务器厂商中标, 其中昆仑技术以 21.05% 的份额获得第一。

图表30: 中国移动 2024-2025 新型智算中心集采

标包	中标人	中标份额
特定场景 AI 训练服务器	河南昆仑技术有限公司	21.05%
	四川华鲲振宇智能科技有限责任公司	17.54%
	宝德计算机系统股份有限公司	15.79%
	百信信息技术有限公司	14.04%
	武汉长江计算科技有限公司	12.28%
	神州鲲泰(厦门)信息技术有限公司	10.53%
	湖南湘江鲲鹏信息科技有限责任公司	8.77%

资料来源: C114 通信网, 国联证券研究所

除华为之外, 寒武纪、景嘉微、海光信息、昆仑芯等国内其他芯片厂商也在持续

推进国产算力芯片的自主研发，保障国内 AI 大模型的快速发展。

图表31：国产算力进展情况

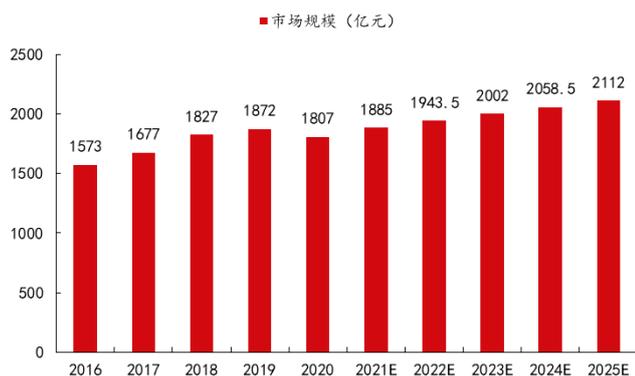
公司	产品	具体情况
寒武纪	思元 370	基于 7nm 制程工艺，集成了 390 亿个晶体管，最大算力高达 256TOPS (INT8)，是寒武纪第二代产品思元 270 算力的 2 倍。
景嘉微	JM9 系列	可以满足目标识别等部分人工智能领域的需求。
海光信息	DCU 8000 系列	采用“类 CUDA”通用并行计算架构，能够支持全精度模型训练，实现 LLaMa、GPT、Bloom、ChatGLM、悟道、紫东太初等为代表的大模型的全面应用，与国内包括文心一言等大模型全面适配，达到国内领先水平。
昆仑芯	昆仑芯 2 代 AI 芯片	基于新一代自研架构昆仑芯 XPU-R 而设计，聚焦通用性和易用性。相比 1 代产品，昆仑芯 2 代 AI 芯片的通用计算核心算力提升 2-3 倍，可为数据中心提供强劲 AI 算力。

资料来源：寒武纪官网，昆仑芯官网，公司公告，国联证券研究所

### ➤ 高端国产交换芯片开始进入 AI 算力市场

受益于数据流量的不断增加，全球和国内数据中心市场规模稳步提升，国内市场在全球的份额占比持续提升。根据盛科通信招股说明书披露的数据，2020 全球以太网交换设备市场规模为 1807 亿元，预计至 2025 年市场规模将达到 2112 亿元，5 年 CAGR 为 3.2%。2020 年国内以太网交换设备的市场规模为 343.8 亿元，占全球以太网交换设备市场规模的 19%，预计 2025 年市场规模将达到 574.2 亿元，5 年 CAGR 为 10.8%，将占全球市场规模的 27.2%。

图表32：全球以太网交换机行业市场规模



资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，国联证券研究所

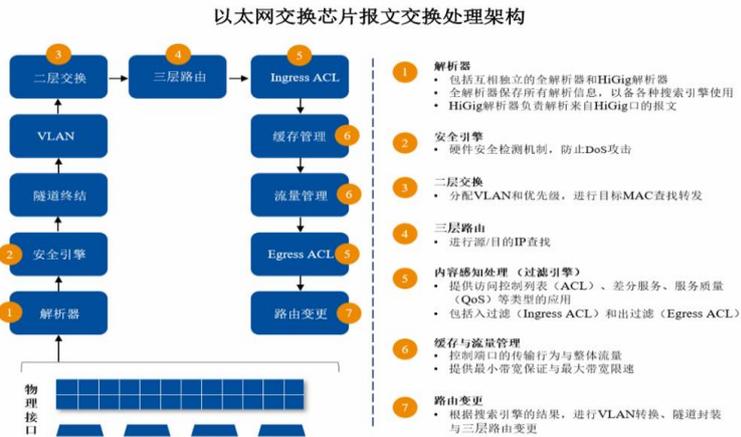
图表33：国内以太网交换机行业市场规模



资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，国联证券研究所

以太网交换芯片为交换机的核心部件，决定了以太网交换机的功能、性能和综合应用处理能力，用于交换处理大量数据及报文转发。交换芯片内部的逻辑通路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，架构较为复杂，实现有一定难度。交换芯片在逻辑层次上遵从 OSI 模型，主要工作在物理层、数据链路层、网络层和传输层，提供二层转发、三层路由、ACL 以及流量调度、管理等数据处理能力。

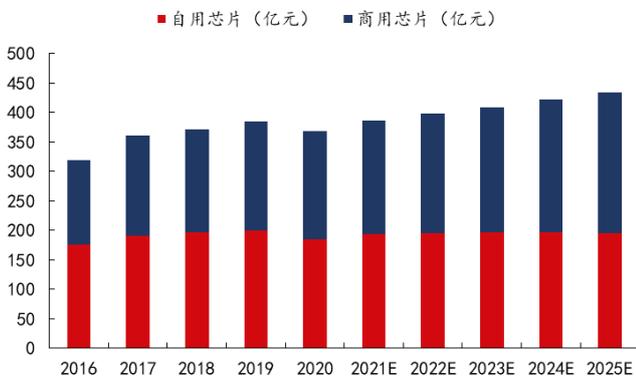
图表34：以太网交换芯片报文交换处理架构



资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，国联证券研究所

根据盛科通信招股说明书披露，灼识咨询预测全球商用以太网交换芯片市场2020-2025年的5年CAGR为5.3%，增速高于全球自用以太网交换芯片。数据中心网络所用交换芯片有望成为未来中国商用交换芯片增长的主要驱动力，数据中心所用交换芯片市场2020-2025年的5年CAGR达到18%，到2025年数据中心用交换芯片规模占比为70.2%。

图表35：全球以太网交换芯片市场规模（以销售额计）



资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，国联证券研究所

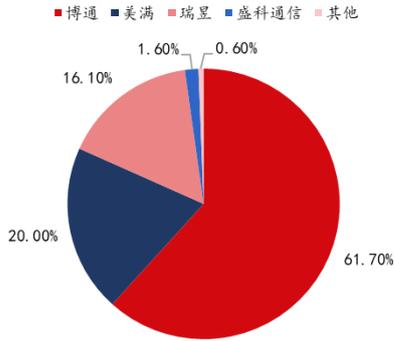
图表36：中国商用交换芯片各应用场景市场规模



资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，国联证券研究所

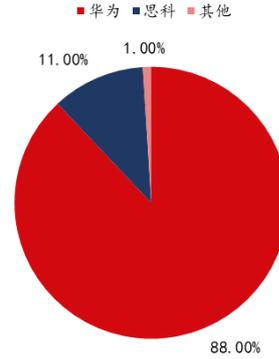
交换芯片技术门槛较高，行业呈现出寡头垄断的市场格局。交换芯片行业集中度较高，少量海外厂商占据了大部分的市场份额。2020年中国商用交换芯片市场格局：博通、美满和瑞昱分别以61.7%、20.0%和16.1%的市占率排名前三位，盛科通信的排名第四，占据1.60%的市场份额，在国产厂商中排名第一。2020年中国自用交换芯片市场格局：主要参与者是华为和思科，分别以88%和11%的市场份额排名前两位，合计占据了99%的市场份额。

图表37：2020年中国商用交换芯片市场竞争格局（以销售额计）



资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，国联证券研究所

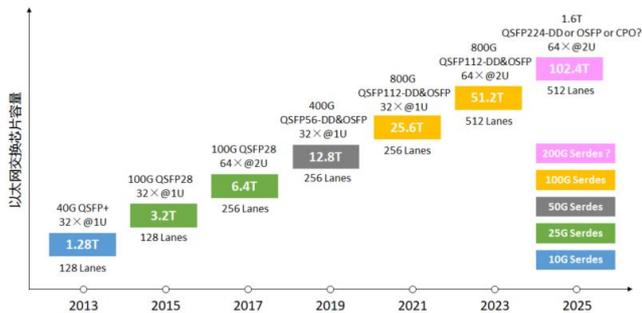
图表38：2020年中国自用交换芯片市场竞争格局（以销售额计）



资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，国联证券研究所

数据中心交换芯片容量持续演进提升，博通于2022年8月推出Tomahawk5交换芯片，交换容量达到51.2Tbps，为800G交换机升级奠定基础。

图表39：数据中心交换芯片吞吐量演进趋势



资料来源：《5G承载与数据中心光模块白皮书》，国联证券研究所

图表40：博通交换机芯片升级路径



资料来源：NextPlatform，国联证券研究所

国内厂商产品与海外巨头相比存在代际差异。从高端芯片性能角度，以交换容量为例，博通、Mellanox、Marvell、思科均已推出51.2Tbps的高端产线，国产厂商产品虽与之相比仍有代差，但积极布局。盛科通信目前已经量产2.4Tbps交换芯片，其12.8T和25.6T的产品已向客户送样，交换容量和端口速率等性能将达到国际竞品水平，此外华为也基于自研的交换芯片开发交换机产品，助力国产智算网络的建设。

图表41：国产交换芯片与海外产品的性能对比

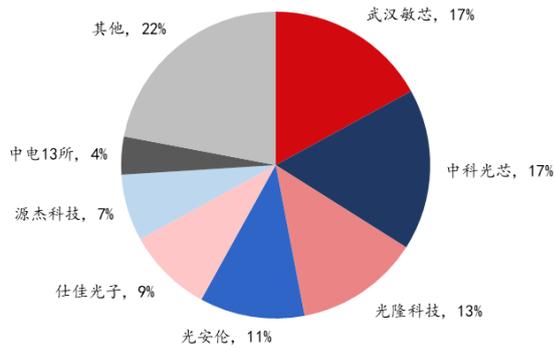
	公司	高端产品	交换容量 (Tbps)	端口最大速率 (G)
海外	博通	Tomahawk 5	51.2	800
	英伟达 (Mellanox)	Spectrum 4	51.2	800
	Marvell	Teralynx 10	51.2	800
国内	思科	G200	51.2	800
	盛科通信	TsingMa MX	2.4	400
		Arctic	12.8、25.6 (在研)	800
	楠菲微	ES8000-80	8	400

资料来源：各公司官网，盛科通信公司公告，国联证券研究所

➤ 国产 CW 光源率先突破，国产替代进程加速

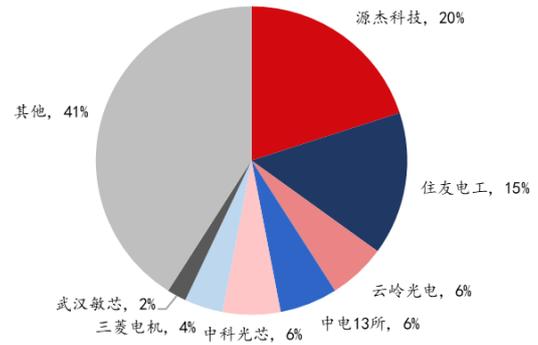
根据 ICC 预测，2021 年 2.5G 及以下国产光芯片占全球比重超过 90%，10G 光芯片方面国产光芯片占全球比重约 60%，国产光芯片在低端市场展现出来较强的竞争优势。

图表42：2021 年全球 2.5G 及以下 DFB/FP 激光器芯片市场份额



资料来源：ICC，源杰科技招股说明书，国联证券研究所

图表43：2021 年全球 10G DFB 激光器芯片市场份额



资料来源：ICC，源杰科技招股说明书，国联证券研究所

根据 ICC 的资讯，博通在 OFC2024 上演示了 200G VCSEL、200G EML、200G 硅光子调制的 CW 激光器等产品，将用于最新的 1.6T 光收发器。

随着 800G 光模块需求的不断增长，国产光芯片迎来进入数据中心光模块市场的良机。其中包括用于 100G 光模块的 25G DFB、用于 400G/800G 的 53/56G/112G PAM4 EML 芯片、用于硅光光模块的 CW-DFB 光源。

图表44：25G 及以上光芯片和数据中心光模块对应关系

光芯片	激光器类型	波长	应用领域
25G	DFB	1310nm	数据中心 PSM4 100G
25G	DFB	CWDM4	数据中心 100G
25G	DFB	LWDM4	数据中心 100G
53G PAM4	EML	1310nm	数据中心 400G/800G/1.6T
53G PAM4	EML	CWDM4	
53G PAM4	EML	LWDM4	
56G PAM4	EML	1310nm	
112G PAM4	EML	1310nm	短距离（500m 以内）400G/800G/1.6T
224G PAM4	EML	1310nm	
56G PAM4	VCSEL	850nm	
112G PAM4	VCSEL	850nm	硅光、薄膜铌酸锂、LPO 光模块
CW-DFB	1270-1330nm 大功率激光器		

资料来源：国联证券研究所整理

国内光芯片企业以国产替代为目标，以源杰科技、仕佳光子、光库科技、铌奥光电为代表，研发成果显著，为算力自主可控提供有力保障。

图表45：国产光芯片进展

公司名称	产品	产品进展
源杰科技	100G EML	完成产品研发与设计定型，并在客户端送样测试
源杰科技	200G EML	初步完成200G PAM4 EML的性能研发及厂内测试，正持续优化中
源杰科技	70mW/100mW CW 芯片	完成产品研发与设计定型，并在客户端送样测试
仕佳光子	25G DFB	目前在客户端进行产品认证
仕佳光子	CW 芯片	目前客户验证中，正在等待可靠性验证完成及导入
光库科技	薄膜铌酸锂调制器	正在开发中
铌奥光电	薄膜铌酸锂调制器	客户送样测试及小批量销售阶段

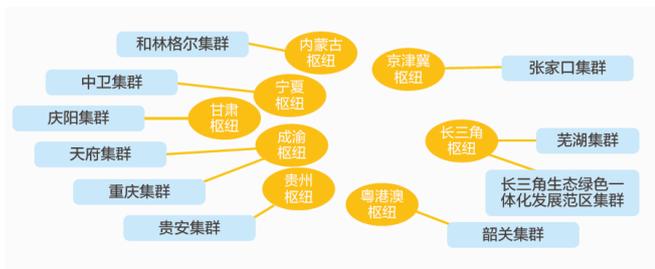
资料来源：各公司公告，铌奥光电公众号，国联证券研究所

## 2.2 算力网络建设加速长距离光通信需求增长

### 国内算力网络和海外 DCI 需求共同拉升长距离光通信需求

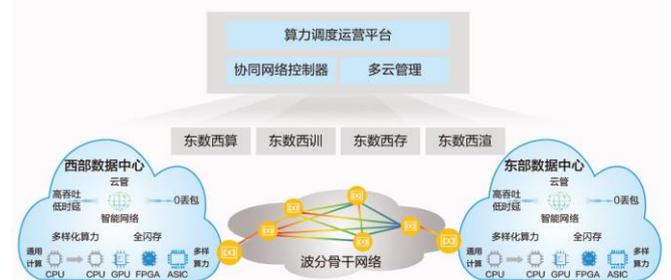
“东数西算”工程于2022年2月17日全面启动，我国在全国范围内设置了8大枢纽共10个国家级数据中心集群，推动东部温/冷数据率先西迁，或向周边区域转移。“东数西算”、“东数西训”、“东数西存”和“东数西渲”是东数西算的四大类典型业务场景。四大类典型业务场景本质差别在于使用的“算力类型”不同，对承载网络SLA存在差异。

图表46：东数西算8大枢纽和10大集群



资料来源：中国移动《下一代全光骨干传送网白皮书》，国联证券研究所

图表47：东数西算典型场景分类



资料来源：中国移动《下一代全光骨干传送网白皮书》，国联证券研究所

参考2022年东数西算八大枢纽申报的未来几年机架规模，八大枢纽总共上报规划了400万+机架（2.5KW等效机架）。预计到2027年，骨干传送网累积新增流量将达到1900Tbps，超大带宽是下一代全光骨干传送网核心能力之一。

图表48：东数西算八大枢纽新增机架及带宽预测

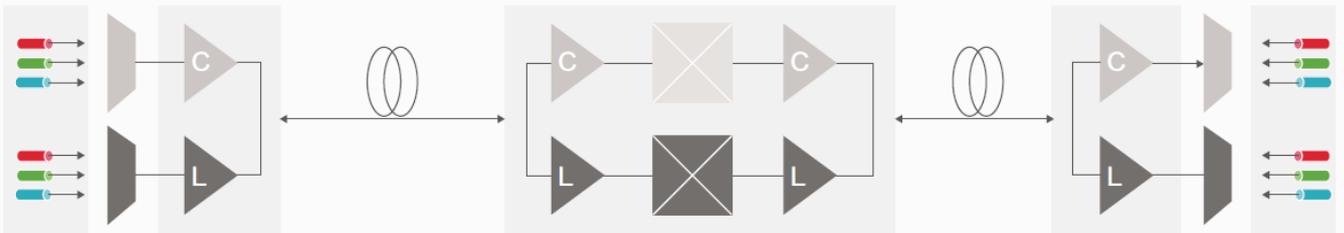
年份	2022	2023	2024	2025	2026	2027
西部机架/万	3	10	25	45	70	100
东部机架/万	10	30	75	120	210	300
枢纽间流量/Tbps	60.5	190	475	802.5	1330	1900

资料来源：中国移动《下一代全光骨干传送网白皮书》，国联证券研究所

➤ 400G 骨干网带来新技术、新机会

根据 C114 通信网的资讯，2023 年 11 月 24 日“中国移动省际骨干传送网 400G OTN 新技术试验网设备集中采购项目”已完成评标工作，华为技术有限公司和华为技术有限公司联合体获得标包 1（400G OTN 试验网一平面）；中兴通讯股份有限公司获得标包 2（400G OTN 试验网二平面东部）；烽火通信科技股份有限公司和武汉烽火技术有限公司联合体获得标包 3（400G OTN 试验网二平面西部）。

图表49：中国移动 400G 骨干网光通信系统



资料来源：中国移动《下一代全光骨干传送网白皮书》，国联证券研究所

作为下一代骨干网的核心承载技术，400G 与 100G OTN 相比，系统带宽提升了 4 倍，将传输“单车道”变成“四车道”，功耗节省 10% 以上，时延降低 10%，相当于在“算网高速”铺设了一座“高架桥”，实现算力跨区域高效循环，真正做到以网强算。面向算力时代的骨干传送网络，需要 80×400G 超大带宽能力。

400G 产业链的完善和成熟，为 400G 的大规模商用提供了可能。同时，新波段、新器件、新光纤等全面支撑 400G 传输技术实现广泛应用。400G 各子系统面临的技术挑战和技术突破方向：

图表50：400G OTN 新技术需求

关键技术	技术挑战	技术突破方向
400G光模块	性能提升，与100G/200G相当	400G QPSK极致性能（高速调制、光电合封、算法补偿）
光放大器	L6T超宽谱放大能力，噪声性能接近C波段	L6T波段宽谱低噪声光放大技术（新工艺新材料光放大）
光系统	C+L宽频谱光系统受激拉曼散射导致系统代价	光系统均衡技术（受激拉曼散射抑制技术）

资料来源：中国移动《下一代全光骨干传送网白皮书》，国联证券研究所

100G 骨干网波分系统采用 C80 方案，200G 骨干网波分系统采用 C120 方案，400G 骨干网波分系统采用 C120+L120 方案。800G 骨干网波分系统如果仍采用 QPSK 调制，为实现系统传输容量的升级，需要扩展到 S+C+L+U 波段；如果采用 PS-16QAM 调制，需要扩展到 S+C+L 波段。

图表51: 长距光通信技术演进及关键系统特征

时间	1998	2002	2007	2013	2018	2023	2028
单波速率	2.5G	10G	40G	100G	200G	400G	800G
系统容量	0.2T	0.8T	3.2T	8T	16T	32T	64T
波特率(Gbd)	2.5	10	20	32	64	128	192/256
波段	C4T			C6T	C+L12T	S+C+L18T	
光纤	G652.D			G652.D/G654E 等			
调制解调	强度调制直接检测/DCM			高阶调制相干检测/无DCM			
交叉维度与设备形态	2-4维, FOADM		9-20维, ROADM	20-32维, OXC	32维及以上, OXC, OXC 级联		

资料来源: 中兴通讯《单波 400G 长距光传输技术白皮书》, 国联证券研究所

400G 及以上高速光传输使用与长距离、城域网、DCI 等场景, 覆盖从 40km 到省际上千公里的覆盖要求。

图表53: 400G 及以上高速光传输调制格式及其应用场景

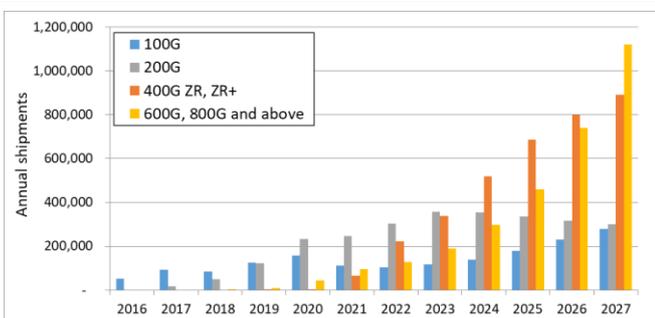


波特率	调制格式	单波速率	波道间隔	应用场景
64 Gbd	16QAM	400G	75 GHz	城域及DCI
90 Gbd	PS16QAM		100 GHz	城域
130 Gbd	QPSK	800G	150 GHz	长距
90 Gbd	PS64QAM		100 GHz	短距DCI
130Gbd	PS/16QAM		150 GHz	城域
130Gbd	PS64QAM	1.2T	150 GHz	短距DCI

资料来源: 中兴通讯《单波 400G 长距光传输技术白皮书》, 国联证券研究所

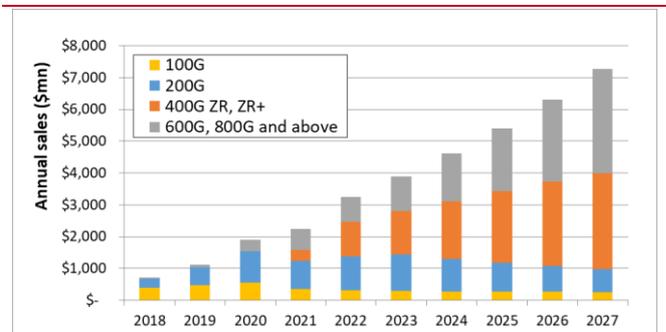
互联网公司成为 DCI 场景的主要需求方。亚马逊、谷歌、微软和其他云公司预计将在新的人工智能应用开发方面发挥主导作用。它们需要对其 AI 集群进行重大升级, 而该集群使用大量 400G 和 800G 以太网收发器和 AOC。DC 集群连接的升级也在加速, 这意味着 2024-2025 年 400ZR/ZR+ 的出货量将增长, 之后是 800ZR/ZR+。长距离的 WDM 光模块市场也是高速增长细分市场。

图表54: 全球 WDM 光模块发货量预测



资料来源: LightCounting, 国联证券研究所

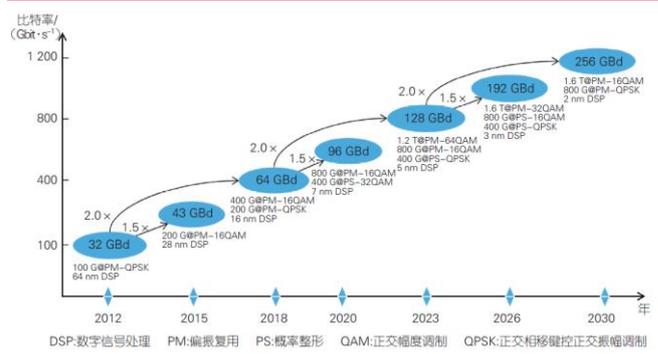
图表55: 全球 WDM 光模块市场份额预测



资料来源: LightCounting, 国联证券研究所

在长距离光通信市场, 华为、中兴通讯、烽火通信成为第一批参与中国移动省际骨干传送网 400G OTN 新技术试验网的主设备商。400G OTN 新技术要求给我国众多的长距离光通信企业带来参与增长机会。

图表52: 相干通信信号波特率的演进过程



资料来源: 《相干光收发器件未来技术演进》, 国联证券研究所

图表56：长距离光通信产业链梳理

核心器件	相关公司
400G OTN 系统	华为、中兴通讯、烽火通信
AWG	仕佳光子
C+L 放大器	德科立、光迅科技
400G ZR 光模块	华工正源、新易盛、中际旭创、德科立、光迅科技
800G ZR 光模块	中际旭创

资料来源：C114，讯石光通讯，国联证券研究所

### 2.3 AI 算力需求增长有利于优质 AIDC 项目

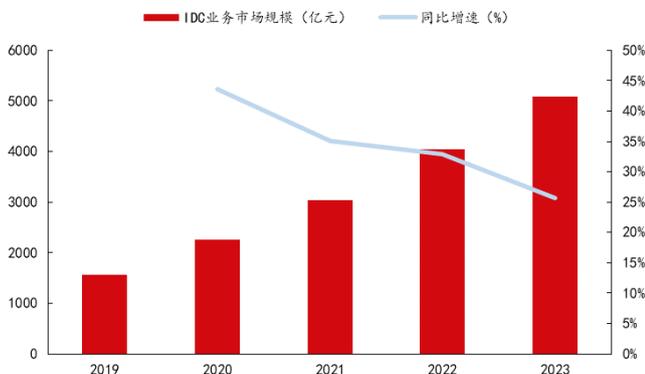
数据中心以支撑经济社会数字化转型、智能升级、融合创新为导向，以 5G、工业互联网、云计算、人工智能等应用需求为牵引，运用绿色低碳技术，提供高效算力服务，赋能各行业新型基础设施。目前传统 IDC 行业市场增速放缓，行业发展进入转型期。根据科智咨询，截止 2023 年底，中国整体 IDC 业务市场规模为 5078.3 亿元，较 2022 年增长 25.6%。传统 IDC 市场需求下降，智算中心开始起步，整体 IDC 市场增速放缓。

#### ➤ 截至 2023 年，IDC 行业供大于求趋势暂未缓解

供给端：2023 年，中国规模以上在运营 IDC 机房存量达到 2059 个，新增机房 152 个。在运营 IDC 自然机柜数量达到 270.4 万架，折合 IT 负载 12545MW，平均单机柜功耗为 4.6kW 左右，机柜数量较 2022 年同比增长 12.1%，供给增速有所回升。

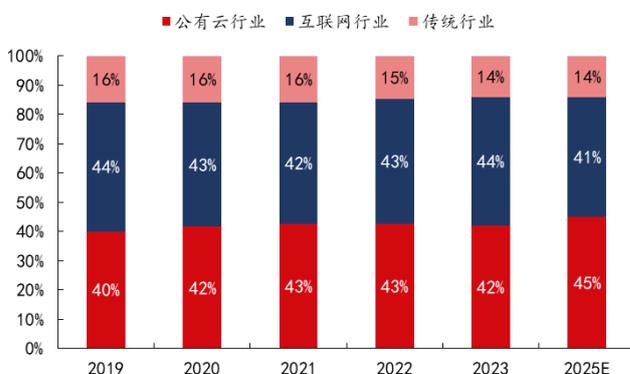
需求端：2023 年，中国传统 IDC 需求市场规模达到 152.5 万架，总计 IT 负载 7059MW，同比增长 10%，平均功耗为 4kW 左右。中国传统 IDC 需求结构基本稳定，公有云、互联网 IDC 需求占比达到 86%，分别为 42%和 44%，传统行业需求占比为 14%。

图表57：2019-2023 年中国整体 IDC 业务市场规模



资料来源：科智咨询，国联证券研究所

图表58：2019-2025 年中国传统 IDC 需求市场行业结构及变化



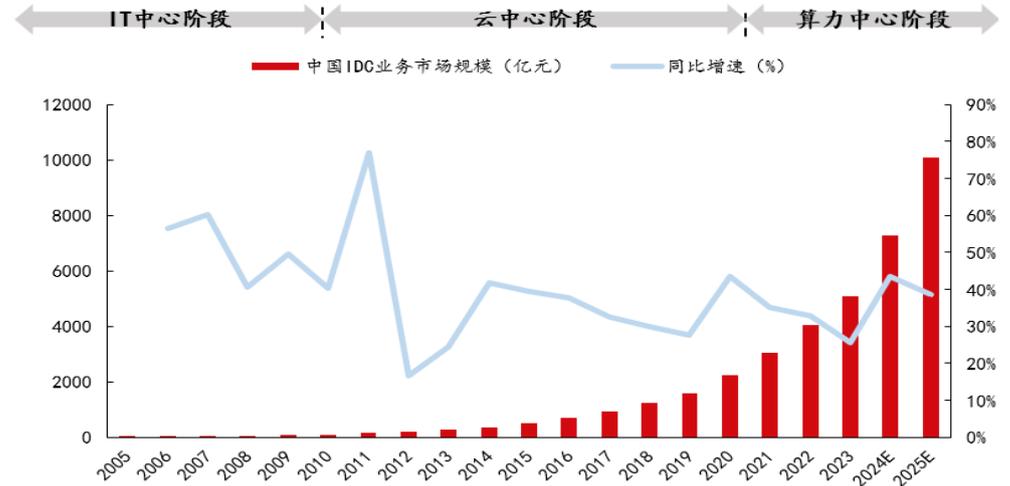
资料来源：科智咨询，国联证券研究所

#### ➤ AI 算力有望带动需求增速超过供给增速

我国数据中心较全球数据中心发展起步较晚，依次经历网络中心阶段（2000 年

以前)、IT 中心阶段 (2000-2010 年)、云中心阶段 (2010-2020 年) 和算力中心阶段 (2021 年至今)。在目前算力中心阶段,需求呈现向“超大型 IDC+智能计算数据中心”转变,规模化智算与行业智算并行的需求特征显现。根据科智咨询预测,2025 年中国 IDC 市场规模将达到 10096.9 亿元,2021-2025 年 CAGR 为 34.97%。

图表59: 中国 IDC 业务市场规模预测



资料来源: 科智咨询, 国联证券研究所

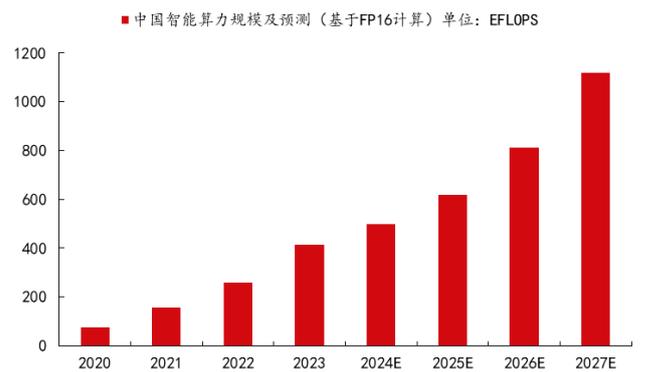
智能算力是面向人工智能应用,提供人工智能算法模型训练与模型运行服务的计算机系统能力。根据浪潮信息发布的《2023-2024 年中国人工智能算力发展评估报告》,预计 2024-2027 年中国通用算力规模达到 117.3 EFLOPS,3 年 CAGR 为 17.78%; 预计 2024-2027 年中国智能算力规模达到 1117.4 EFLOPS,3 年 CAGR 为 31.00%。

图表60: 中国通用算力规模稳定上升



资料来源: IDC, 国联证券研究所

图表61: 中国智能算力规模快速上升



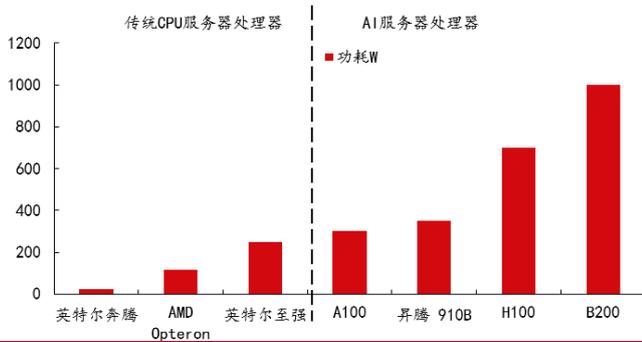
资料来源: IDC, 国联证券研究所

➤ 智能算力需求拉动产业技术升级

在大模型客户对于智能算力需求不断增加的背景下, AI 处理器较传统处理器功耗大幅提升。AI 服务器目前多采用异构架构,既包括传统的 CPU 处理器又包括 GPU 处理器,传统的 CPU 功耗往往小于 300W,而 GPU 处理器的功耗显著高于 CPU 处理器,例如英伟达 H100 处理器的功耗为 700W,显著高于传统处理器。因此 AI 算力需求的拉升,带来了更高的处理器功耗管理需求。

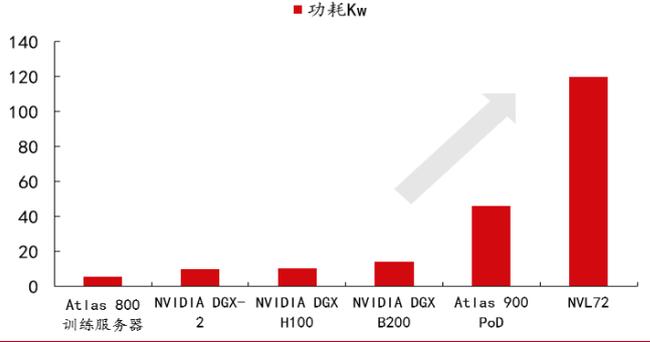
华为 Atlas 800 AI 服务器最大功耗为 5.6kW, Atlas 900 PoD 最大功耗为 46kW; 2024 年 GTC 大会上英伟达发布的 NVL72 服务器功耗预计达到 120kW。目前的行业机柜平均功率 4.6kW 供给不能满足于未来的 AI 服务器功耗需求。

图表62：传统 CPU 处理器与 AI 处理器功率对比



资料来源：英特尔官网、英伟达官网、AMD 官网、华为官网，国联证券研究所整理

图表63：AI 服务器功耗迅速上升



资料来源：华为官网、英伟达官网，国联证券研究所

**高功率机柜对数据中心液冷设计提出新要求。**高功耗服务器对数据中心设计提出了更高的要求，一方面双碳政策推动数据中心绿色化、低碳化等，多数城市对数据中心 PUE 提出了要求。另一方面，华为《2024 数据中心能源十大趋势白皮书》指出，相比较于通用服务器，智能算力需要庞大的推演算法，其内置的智能计算芯片导致其功率密度普遍较高，往往需要采用液冷方式进行冷却。液冷机柜通过高效散热能有效实现算力建设和降低电力消耗，液冷机柜发展确定性不断增强。

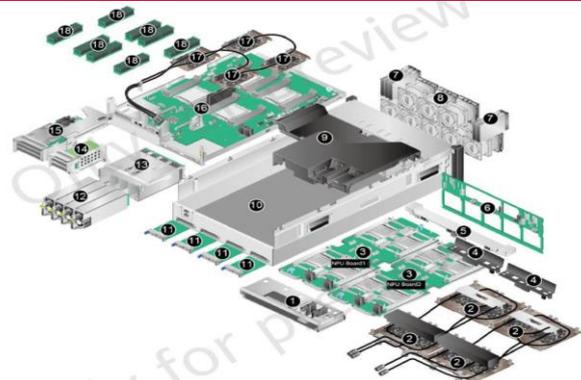
**AI 服务器 IT 设备功耗提升，液冷技术价值量不断提升。**从市场角度看，根据 IDC 数据，2023 全年中国液冷服务器市场规模达到 15.5 亿美元，预计 2023-2028 年，中国液冷服务器市场年复合增长率将达到 45.8%，2028 年市场规模将达到 102 亿美元。从技术角度看，华为 Atlas 800 服务器已经完成液冷设计及配置，搭配 8 块液冷散热器，有效保证 AI 服务器操作温度。

图表64：2023-2028 中国液冷服务器市场预测



资料来源：IDC，国联证券研究所

图表65：Atlas 800 服务器采用液冷配置



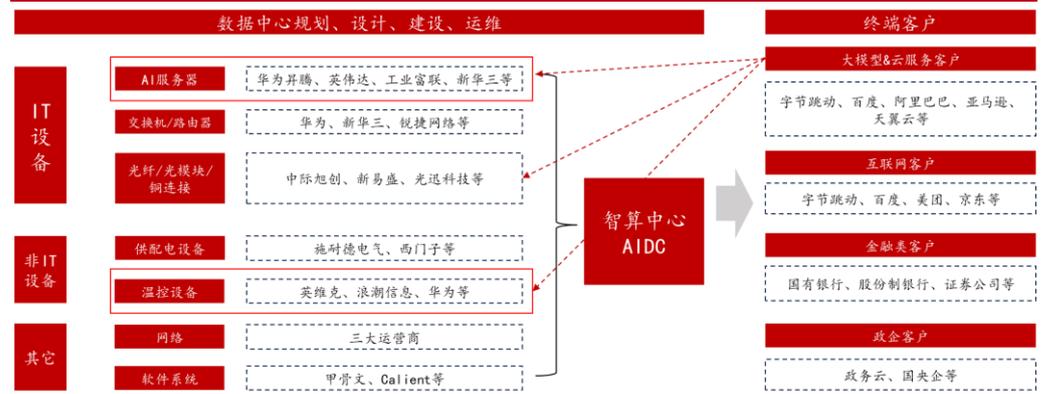
资料来源：华为官网，国联证券研究所  
注：图中 2 为 NPU 液冷散热器，17 为 CPU 散热器

➤ IDC 产业链受智算需求重新构建

IDC 产业链上游主要包括 IT 设备（服务器、交换机、光模块）、供电设备、温控

设备等，下游客户主要包括大模型客户、互联网客户、金融类客户、云服务客户。随着下游客户推理和训练大模型，由传统的云服务转换为 MaaS，其对智能算力有了更高的需求。AIDC 上游由传统的服务器转换为 AI 服务器，对数据中心液冷也有了更高的需求。

图表66：智算中心产业链



资料来源：艾瑞咨询，国联证券研究所

目前行业平均功率 4.6kW 机柜的供给，和 10kW 以上的 AI 服务器功耗需求之间的不匹配，决定了有大量的 IDC 现有供给无法受益 AI 算力增长带来的机柜需求。我们认为当下行业供大于求，现有供给和新增需求的不匹配会加速落后 IDC 机房的淘汰。同时具备 AIDC 机房专业化设计能力、具备算力网络运维能力、具备液冷系统建设能力的 IDC 企业，有望充分抢占 AI 算力部署带来上架需求，从而实现领先行业的上架率水平、IDC 行业呈现马太效应。

### 3. 5G 半程，5G-A 从连接你我走向赋能未来产业

#### 3.1 5G 半程，电信运营商盈利水平有望稳健提升

我们认为分析国内电信运营商未来的经营发展趋势，需要从企业经营目标和产业发展阶段这两个最重要维度去思考。

##### ➤ 高质量发展的经营目标

2020-2022 年，为推动中央企业加快实现高质量发展，国资委探索建立了中央企业经营指标体系。2023 年开始，国资委将中央企业 2023 年主要经营指标由原来的“两利四率”调整为“一利五率”，提出了“一增一稳四提升”的年度经营目标，推动中央企业提高核心竞争力，加快实现高质量发展，建设世界一流企业。

图表67：中央企业经营指标体系

年份	中央企业经营指标体系
2020 年	首次形成“两利三率”指标体系，包括净利润、利润总额、营业收入利润率、资产负债率和研发经费投入强度。

2021 年	为引导中央企业提高生产效率，增加了全员劳动生产率指标，完善为“两利四率”
2022 年	针对“两利四率”指标，进一步提出“两增一控三提高”的总体要求，并通过预算管理和业绩考核等工作将指标分解到每一家中央企业，统领和推进各项重点工作。
2023 年	主要经营指标由原来的“两利四率”调整为“一利五率”，提出了“一增一稳四提升”的年度经营目标，推动中央企业提高核心竞争力，加快实现高质量发展，建设世界一流企业。

资料来源：国资委，国联证券研究所

### ➤ 从快速追赶进入到引领探索阶段

全球的移动通信网络大概每十年更新一代。回顾我国的移动通信网络建设，1987 年中国正式进入 1G 模拟时代，经历了 2G 跟随、3G 突破、4G 同步，2019 年迈入 5G 时代，并开始引领行业发展。特别是我们用 10 年的时间完成了 3G 突破、4G 同步，追上了全球移动通信网络发展节奏。

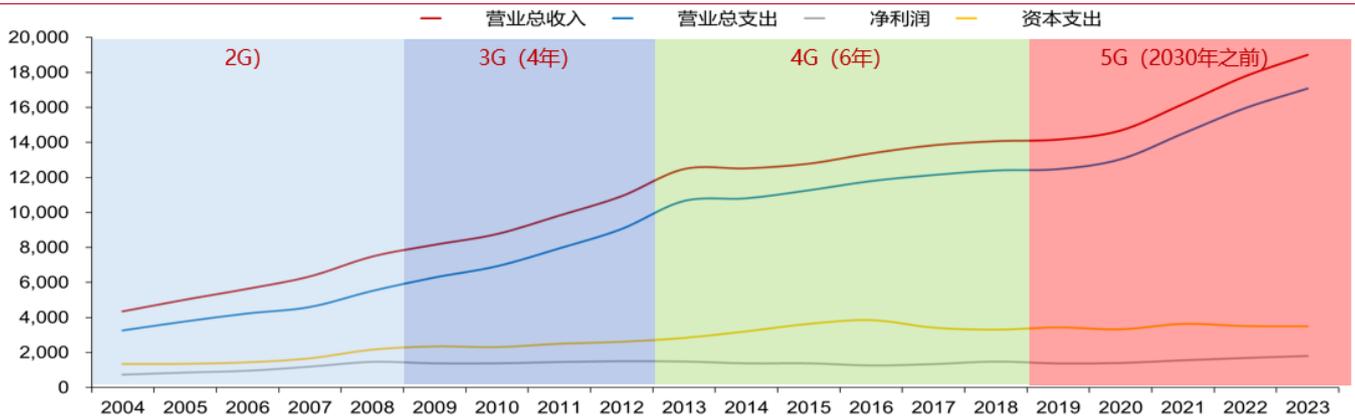
我们分阶段来看运营商的经营指标，也可以从中发现产业发展阶段和运营商主要经营目标对业绩的影响。

**第一阶段（2012 年前）：**我国的移动通信网络从无到有，用户数快速增长，手机终端形态快速发展的阶段。2005-2012 年，三大运营商营业收入 8 年 CAGR 为 12.18%，营业总支出 8 年 CAGR 为 13.58%，资本支出 8 年 CAGR 为 9.28%，净利润 8 年 CAGR 为 8.63%。**行业高速发展阶段，收入增速显著高于利润增速。**

**第二阶段（2013-2018 年）：**智能手机兴起，微信开始替代短信，通信服务价值开始从运营商向互联网公司迁移。叠加 4G 投资、提速降费政策，运营商开始面对流量增长，利润不增长的剪刀差。2013-2018 年，三大运营商营业收入 6 年 CAGR 为 4.29%，营业总支出 6 年 CAGR 为 5.37%，资本支出 6 年 CAGR 为 3.97%，净利润 6 年 CAGR 为 -0.23%。**这一阶段收入增速放缓，利润出现负增长。**

**第三阶段（2019-2024 年）：**5G 部署的 5 年，同时 2020 年开始建立新的中央企业经营指标体系。2020-2024 年，三大运营商营业收入 4 年 CAGR 为 7.61%，营业总支出 4 年 CAGR 为 8.15%，资本支出 4 年 CAGR 为 0.45%，净利润 4 年 CAGR 为 6.91%。**这一阶段呈现出收入和利润同步增长，资本开支总量保持稳定。**

图表68：三大电信运营商20年营收、支出、净利润（亿元）



资料来源：Wind，国联证券研究所

➤ 延续高质量发展态势，继续提高盈利水平

从2023年新的经营指标看：

用净资产收益率替换净利润指标，有利于引导中央企业更加注重投入产出效率，加大亏损企业治理力度，盘活存量资产，提高资产使用效率，提升净资产创利能力和收益水平。

用营业现金比率替换营业收入利润率指标体现国资委“要有利润的收入和要有现金的利润”的监管要求，有利于落实国有资产保值增值责任，有利于推动中央企业在关注账面利润基础上，更加关注现金流的安全，更加关注可持续投资能力的提升，从而全面提高企业经营业绩的“含金量”，真正实现高质量的发展。

展望2024年，三大运营商积极布局AI，打造第二成长曲线。5G后半段资本开支有望持续下降，有效提升行业盈利水平。

图表69：三大运营商2024年资本开支计划展望

2024年资本开支计划展望	
中国移动	<ul style="list-style-type: none"> <li>中国移动2024年资本开支1730亿元，占收比降至20%以下；</li> <li>5G无线及相关传输设备折旧年限由7年调整至10年；</li> </ul>
中国电信	<ul style="list-style-type: none"> <li>2024年计划资本开支960亿元，较2023年下降2.9%；</li> </ul>
中国联通	<ul style="list-style-type: none"> <li>保持营收的稳健增长、利润的双位数增长；</li> <li>固定资产投资控制在650亿元以内，其中算网数智投资将坚持适度超前、加强布局；</li> <li>2024年分红派息比率计划不低于2023年水平。</li> </ul>

资料来源：C114通信网，国联证券研究所

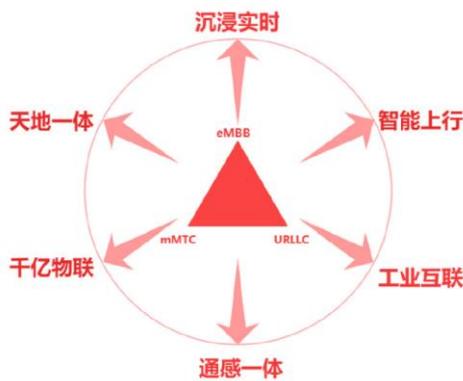
3.2 5G-A，赋能未来产业发展的5G下半场

5G-A是5G的自然演进，对5G能力和应用场景进行增强和扩展。2021年4月，3GPP正式将5G的演进从R18开始命名为5G-Advanced（5G-A），标志着全球5G技术和标准的发展进入了新的阶段。5G-A将面向六大主要应用场景，包括沉浸实时，智

能上行、工业互联、通感一体、千亿物联和天地一体，从网络、终端、云等端到端的关键方面进一步演进，构建数字、智慧、绿色低碳社会的基础设施。

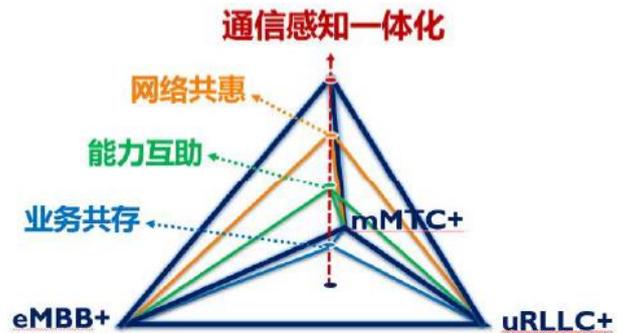
在通信感知一体化的技术发展过程中，通信与感知将分阶段、分层次融合演进，其技术趋势主要包括“业务共存、能力互助、网络共惠”三个阶段。首先原先分立的通信系统与感知系统已经集成在同一物理平台中；然后，能力互助作为发展阶段，通信能力与感知能力互助配合，实现感知辅助通信或通信辅助感知，技术方案重点关注波形设计、收发处理算法等。最后，网络共惠作为成熟阶段，通信与感知将实现频谱资源、硬件设备、波形设计、信号处理、协议接口、组网协作等全方位、多层次的深度融合，通信网络与感知网络共惠双赢，技术方案重点关注多点感知、协作组网等。

图表70：5G-Advanced 应用场景



资料来源：IMT2020-5G 推进组《5G-A 总体愿景与潜在关键技术白皮书》，国联证券研究所

图表71：通信感知一体化的技术发展趋势



资料来源：IMT-2023 (6G) 推进组《通信感知一体化技术研究报告》，国联证券研究所

感知服务是 5G-A 智能网络升级和扩展行业应用的关键支撑能力，通信感知融合已成为 5G-A 的一个重要演进方向。通信感知融合意味着通信和感知功能的空口及协议将联合设计，软硬件设备共享，通过使用相同的频谱资源，同时实现通信和感知功能的融合共生。这意味着无线网络在传输数据的同时，还能通过分析无线通信信号的直射、反射和散射，感知目标对象或环境信息，实现定位、测距、测速、成像、检测、识别及环境重构等功能。这为提高频谱效率、设备复用率以及通信网络价值带来了全新的维度。

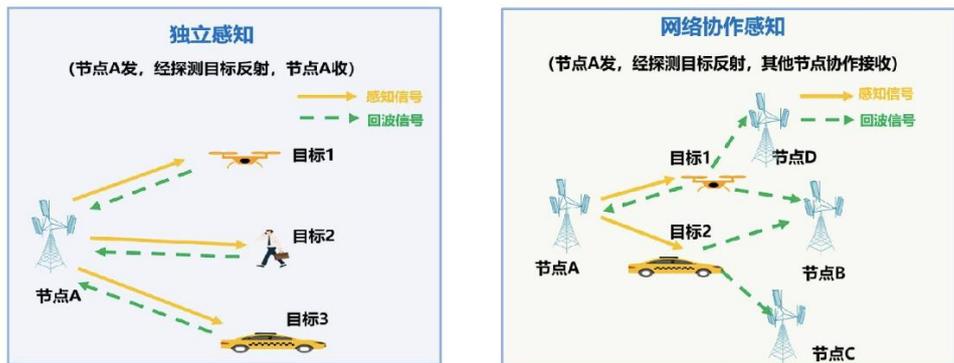
图表72：网络协作通感应用场景



资料来源：中国移动《网络协作通感一体化技术白皮书(2023)》，国联证券研究所

通感一体化的工作模式主要区分为：独立感知涉及到单一基站的操作，其中该基站独自发射探测信号并接收从目标反射回来的回波，用以进行感知测量和评估。另一方面，协作感知依靠在移动通信网络广泛分布的多个节点共同协作和相互作用。在这个过程中，一个节点利用通信参考信号充当探测信号并向覆盖区域发射，当目标反射这些信号时，多个方向上的多个接收节点能够捕获来自同一个目标的回波。通过对这些信号进行综合处理，多个节点的数据融合后能够实现增益，类似于在通信过程中采用的空间分集技术，从而增强感知的准确性。

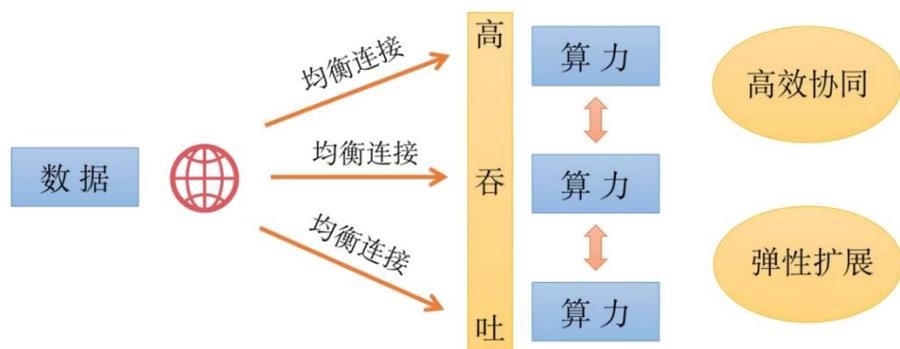
图表73：通感一体工作模式



资料来源：中国移动《网络协作通感一体化技术白皮书(2023)》，国联证券研究所

网络基础设施的智能化升级除了传统的增加基站数量外，还应考虑利用人工智能技术优化网络资源分配，如智能调度算法可根据无人机飞行路线预测网络负载，动态调整网络资源，以保障关键任务的通信需求。为了提高数据处理的效率和降低延迟，需要将边缘计算深度集成到低空经济的信息化架构中。通过在无人机或近地面站点部署边缘计算节点，可以实现数据的快速处理和响应，同时结合云计算的强大计算能力进行深度分析和存储。

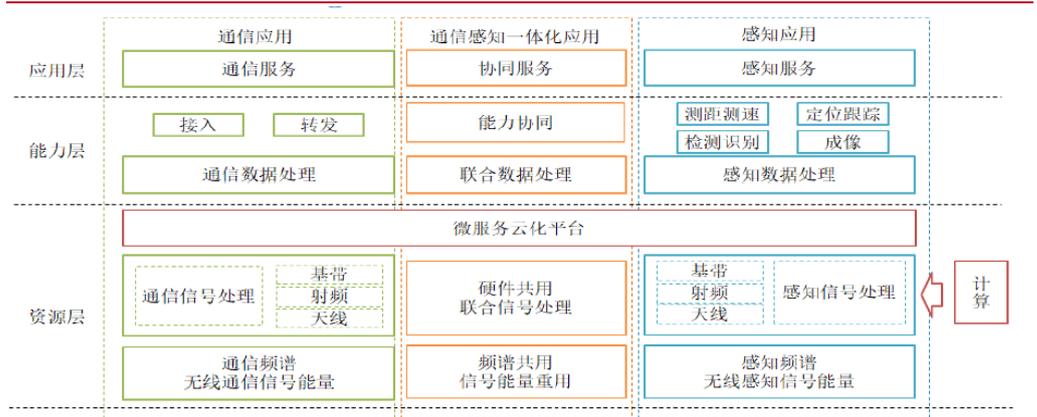
图表74：算网融合服务示意图



资料来源：中国移动《低空网络信息服务能力白皮书》，国联证券研究所

通信感知一体化网络架构是支持无线通信与无线感知功能、服务和应用的系统架构，需要考虑到云原生、虚拟化和微服务等先进技术理念，以实现通感(算)资源，功能服务和数据之间的有效组织和联动，其总体框架分为资源层、能力层与应用层。

图表75：通感一体三层架构



资料来源：IMT2030-6G 推进组《通信感知一体化技术研究报告》，国联证券研究所

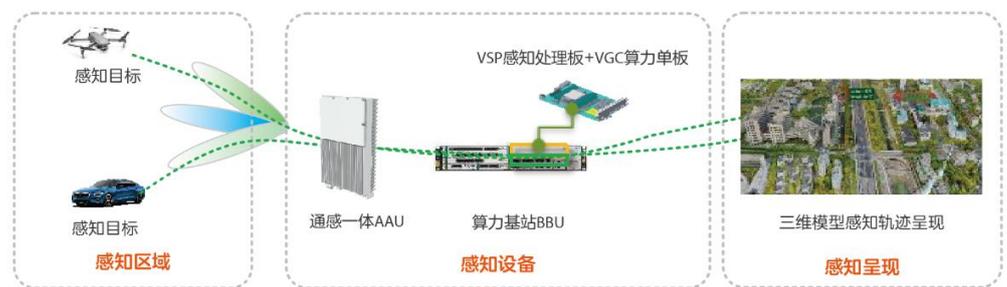
以中兴通讯的低空通感一体化方案为例：

首先通过采用大规模天线阵列等技术实现对低空区域的网络覆盖，利用基站可组网的特性为低空提供稳定、连续、高速可靠的无缝覆盖通信网络。

其次通过提升发射功率和天线增益来提升通感一体设备的感知距离；通过采用5G 大带宽和提升天线收发隔离度来提高通感一体设备的感知精度。通感一体的引入使得5G 基站能感知到低空无人机的位置、速度、轨迹等，从而使得5G 网络在提供低空通信的基础上，具备定位，导航、轨迹监测等能力。

此外通过算力基站提供的算力，可实现感知数据计算，包括感知计算、目标识别、轨迹预测、监测控制和视频处理等，并且通过能力开放，可将感知数据共享给低空管理平台。最终中兴通讯通感一体化方案能为低空飞行提供更精准、更可靠的服务，满足低空应用的CNS（通信、导航、感知）需求。

图表76：中兴通讯通感一体化方案

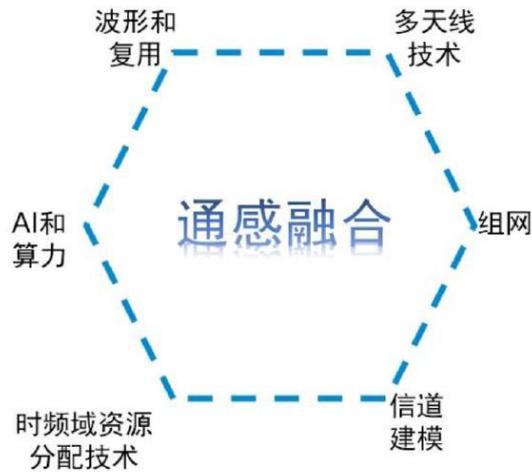


资料来源：中兴通讯官网，国联证券研究所

2021年7月IMT-2020(5G)推进组成立通感任务组，推动在场景、架构、空口技术、仿真和原型验证等多方面的工作。通信与感知融合技术方向已经于2022年一季度在3GPP SA1 Rel-19 立项。5G-A 通感融合产生了多个潜在的增强方向以实现感知能力。这些技术可以涉及到波形、多天线技术、时频域资源分配技术、AI、组网、信道建模等六个方向。基于这六方面关键技术，5G-A 能够在蜂窝网络上轻量化的构建

高精度组网感知能力，辅助诸多行业进行更高效的管理和更安全的保障。

图表77：通感融合技术研究方向



资料来源：IMT2020-5G 推进组《5G-Advance 需求场景与关键技术》，国联证券研究所

其中多天线技术方向包括：

**高隔离大规模天线阵列：**对于小型目标，基站需要具备足够大的发射功率和波束增益才能对其进行远距离的有效探测和跟踪。考虑到基站处于感知模式下，其天线工作在同时同频全双工模式。因此在硬件上需要高隔离天线技术，尤其是在大发射功率下。同时，在对目标跟踪的过程中，其位置精度也是关键需求指标之一。方位向的位置精度受限于天线阵列的孔径，因此需要采用大规模的天线阵列以提升方位向的位置精度和波束增益。

**天线分组和虚拟子阵列：**天线分组是指将现有的 MIMO 天线分成两组或多组，通过指定各组天线的通信或感知任务，实现多组天线的优化设计，同时满足通信和感知的业务需求；虚拟子阵列是指在不改变 MIMO 天线的物理形态和排布结构的情况下，可大幅提高阵列的有效孔径，在不增加成本的情况下提高信噪比，尤其是对感知检测能力的提升非常有效。

**稀疏 MIMO 阵列：**稀疏 MIMO 阵列是指将给定数量的天线最优地放置在更大数量的天线网格上。稀疏阵列在发射端的排布是满足稀疏特性的，不一定是均匀排布的，如互质数阵列。通过在通感一体化系统中使用稀疏 MIMO 阵列设计，可以获得更多的自由度，提高系统性能，并降低成本。

➤ 低空经济有望为电信运营商提供新的业务增长点

我们认为低空经济和 5G-A 通感一体化有望形成相互促进,协同发展的良好局面:通感一体为无人机监管、入侵检测、飞行路径管理提供了重要的信息化支撑手段;低空经济为 5G-A、6G 通感一体功能提供了一个充满发展潜力的应用场景。通过通感一体化能力支持低空经济发展为电信运营商提供了参与低空经济有力抓手,低空经济

的规模发展有望为运营商带来新的业务增长点。

我们认为实现通感一体化功能，基站需要具备足够大的发射功率和波束增益才能对其进行远距离的有效探测和跟踪，需要采用大规模的天线阵列以提升方位向的位置精度和波束增益。包括天线、射频、滤波器等领域的企业均有望受益低空经济和5G-A通感一体互相促进发展过程中带来的需求增长、技术进度等产业机会。

### 3.3 5G-R 试验频率批复打开铁路通信成长空间

目前，国内铁路使用的专网通信技术为 GSM-R，采用的是 900MHz “黄金频段”，上行 885-889MHz，下行 930-934MHz，2×4MHz 带宽，最大覆盖距离可达 6-9km。GSM-R 以语音业务为主，频率效率低，窄带数据带宽最多只略高于 100 KB。时至今日，基于 2G 技术构建的 GSM-R 标准早已无法满足现代铁路的发展需求。

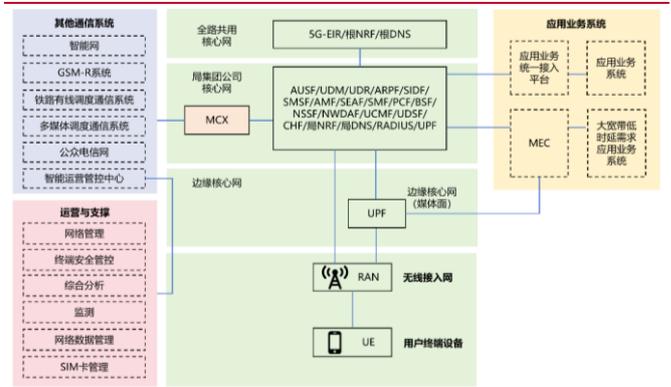
2023 年 10 月，工业和信息化部向中国国家铁路集团有限公司批复基于 5G 技术的铁路新一代移动通信系统(5G-R)试验频率，支持其开展 5G-R 系统外场技术试验。5G-R 基于 5G 技术，具备超大带宽、超低时延、海量连接的特点，网络性能优于 GSM-R，在安全性和可靠性上也有较大提升。5G-R 主要承载未来铁路特别是高速铁路列车控制、指挥调度通信等核心业务，是保障铁路行车安全、顺畅的关键性基础设施。

图表78：GSM-R 专网通信

GSM-R 应用	语音类应用	数据类应用			
	列车调度通信 编组场调车通信 货运调度通信 牵引变电调度通信 施工养护通信 站场调度通信 道口调度通信 应急语音通信	ETCS自动列车控制 多机车牵引 旅客信息服务 调车机车信号传送 监控信息传送 调度命令传送 车次号传送 列尾信息传送			
GSM-R 基本业务	功能寻址	功能号码显示	接入矩阵	位置寻址	铁路紧急呼叫
	eMLPP	广播VBS	组呼VGCS	CSD	GPRS
	标准GSM业务				

资料来源：鲜枣课堂，国联证券研究所

图表79：铁路 5G 专网系统



资料来源：《铁路 5G 专网系统架构和组网技术研究》，鲜枣课堂，国联证券研究所

根据轨道世界的信息，国际铁路联盟基本确立了直接由基于 2G 技术的 GSM-R 到 5G 的技术演进路线，按 FRMCS 工作组规划，欧洲会在 2025 年后逐步启动 5G 验证部署，2030 年后规模推广。按照相关规划，我国将在 2024 年正式启动 5G-R 规模建设。根据中国铁路发表的《国外铁路 5G 技术发展现状与趋势》，GSM-R 系统将于 2030 年左右面临全面淘汰。

**图表80：2020-2030年中国5G-R整体规划**


资料来源：轨道世界，国联证券研究所

我们采用铁路新建+改造里程数相较于 2022 年新增铁路里程数的倍数，估算 5G-R 带来的价值量增长弹性。截至 2022 年，我国铁路营业里程 15.50 万公里，2022 年投产新线 4100 公里。根据《国家综合立体交通网规划纲要》，2023-2035 年，我国将建设约 4.50 万公里的铁路，平均年增长 3462 公里。

我们分别从乐观、中性、保守三种情况进行估算，假设三种情况的 5G-R 覆盖率分别为 100.00%/80.00%/60.00%。我们测算，5G-R 有望带来 4.08-6.25 倍的价值量增长空间。

**图表81：5G-R 带动铁路通信价值量增长弹性测算**

2022 年新增里程（公里）	4100		
现有铁路里程（万公里）	15.50		
每年新增（公里）	3462		
建设周期（年）	7		
	乐观情况	中性情况	保守情况
2030 年 5G-R 覆盖率（%）	100.00%	80.00%	60.00%
存量改造里程（万公里）	15.50	12.40	9.30
每年改造+新增里程（万公里）	2.56	2.12	1.67
价值量增长空间（倍）	6.25	5.16	4.08

资料来源：佳讯飞鸿公告，《国家综合立体交通网规划纲要》，国联证券研究所

## 4. 发射能力提升有望打开卫星互联网产业空间

### 4.1 Starlink 之道：降成本、规模化和全球市场

Starlink（星链）是由 SpaceX 提出的一个巨型低轨卫星互联网星座项目，通过由约 1.2 万颗卫星组成的星链网络提供全球覆盖、大容量、低延迟的高速互联网接入服务。根据 SpaceX 的计划，2033 年，Starlink 将扩展至拥有 4.2 万颗卫星，成为全球最大的近地轨道卫星星座。截止 2024 年 6 月 5 日，星链卫星总数已达 6571 颗。

**图表82：Starlink 4.2 万颗卫星部署计划**

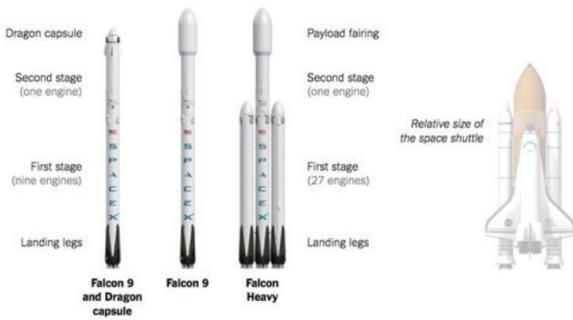
轨道分层	轨道高度	卫星数量	轨道倾角	通信频段	建设 50%节点	建设完成节点
低轨层	550km	1584	53.0°	Ku/Ka/V	2024 年 3 月	2027 年 3 月
	540km	1584	53.2°	Ku/Ka/V		
	570km	720	70.0°	Ku/Ka/V		
	560km	520	97.6°	Ku/Ka/V		
极低轨层	335.9km	2493	42.0°	V	2024 年 11 月	2027 年 11 月

	340.8km	2478	48.0°	V		
	345.6km	2547	53.0°	V		
补充提交	328-580km	30000	35-81°		2030年3月	2033年3月
总计		41926				

资料来源：任远楨等《星链计划发展现状与对抗思考》，国联证券研究所

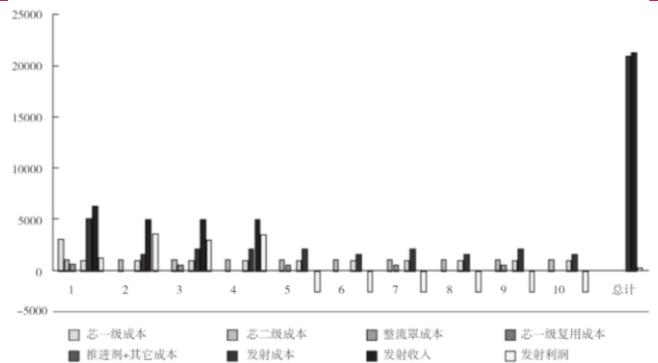
长久以来，航天发射成本居高不下，和运载火箭仅支持一次性使用有很大关联。目前世界上最便宜的猎鹰9号火箭总造价约为5000万美元，其推进剂成本仅占总成本的0.4%。因此，简单维修回收后的火箭再重复使用，是降低发射成本的重要路径。在芯一级使用10次，整流罩使用2次的情况下，猎鹰9号进行4次商业发射与6次星链发射能够盈利225万美元。截至2024年4月，猎鹰9号火箭的芯一级已成功实现了300次着陆回收，单枚火箭的重复使用次数最高达19次。

图表83：猎鹰9号与猎鹰重型火箭结构



资料来源：央广网新闻，国联证券研究所

图表84：芯一级10次重复使用发射成本价格示意图（万美元）



资料来源：《商业思维下SpaceX公司“星链”计划发射成本浅议》，国联证券研究所

“三步走”计划拟实现火箭的全重复使用，发射成本将实现数量级的下降。

Starlink 作为背靠 SpaceX 的星座部署计划，其成本优化路径可追溯于 SpaceX 火箭发射端的成本不断降低。第一步，研发制造一次性小型火箭猎鹰1号；第二步，研发制造一级可重复使用、二级一次性使用的中大型火箭猎鹰9号与猎鹰重型，同时实现整流罩的重复利用；第三步，研发制造一级和二级均可重复使用的大型运载火箭系统星舰。据 SpaceX 估计，待星舰成功发射，每公斤发射成本有望降到200美元以下。

图表85：SpaceX 火箭复用历程



资料来源：国家航天局官网，工业自动化展官网，《猎鹰重型火箭方案及其技术特点分析》，中国宇航协会，国联证券研究所

“一箭多星”不断演进，共同助力 Starlink 成为最经济的卫星星座。通过一次发射任务，将多颗卫星送到预定轨道，可充分利用火箭的运载能力，降低卫星发射成本，快速扩大卫星部署规模。2021 年 1 月，猎鹰 9 号火箭曾携带 143 颗卫星进入太空，创下单次发射卫星数量的世界最高纪录。2023 年全年，猎鹰系列运载火箭共实施 96 次发射，占全球的 43%，占美国的 83%，是目前美国的主力运载火箭。据艾瑞咨询公开信息显示，其平均发射成本仅占俄罗斯联盟号火箭发射成本的 15%。

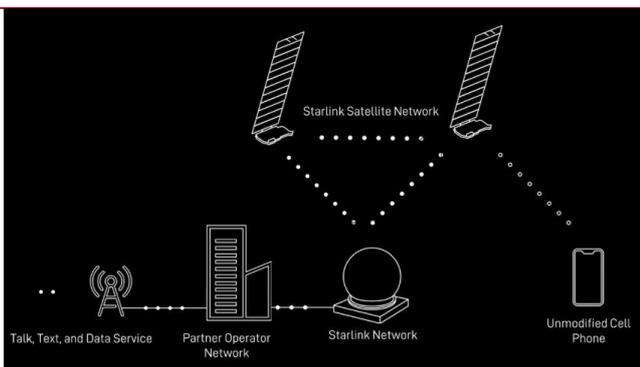
图表86: Iridium Next、OneWeb、Starlink 发射成本对比

	Iridium Next	OneWeb	Starlink
使用火箭	猎鹰 9 号 Block5 型	联盟号 2.1b	猎鹰 9 号 Block5 型
发射价格	6375 万美元	8000 万美元	3692 万美元
单次数量	9-10 颗	34 颗	60 颗
单颗卫星发射价	680 万美元	235.29 万美元	61.53 万美元
卫星重量	860kg	147kg	260kg
平均发射成本	0.79 万美元/kg	1.6 万美元/kg	0.24 万美元/kg

资料来源：艾瑞咨询公众号，国联证券研究所

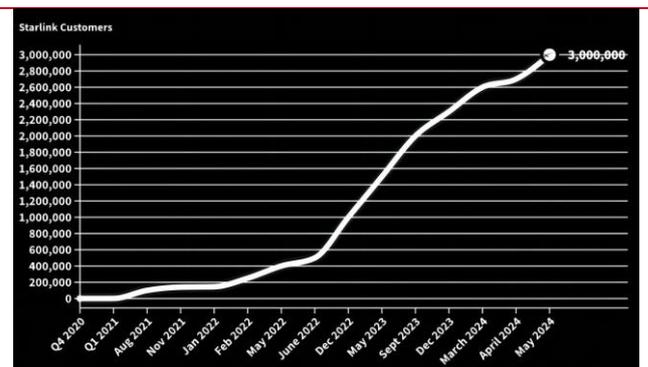
Starlink 成功实现商业模式闭环。2024 年 1 月，Starlink 实现了卫星与手机的连接，通过 T-Mobile 网络频谱发送和接收了第一条短信；5 月 22 日，视频通话功能已基本实现，并计划在 2025 年全面提供语音、数据和物联网 (IoT) 服务。2024 年 5 月 21 日，马斯克在 Starlink 的官方账号发文称：Starlink 在近 100 个国家、地区和其他市场的用户数已突破 300 万。其中以 C 端用户为主，结合终端 (599 美元/台) + 流量套餐 (基础 120 美元/月) 的收费方式，预计今年星链业务的销售额将占 SpaceX 总收入的大部分，且 SpaceX 总销售额有望达到 150 亿美元。

图表87: Starlink 手机直连卫星网络架构



资料来源：Starlink 官网，国联证券研究所

图表88: Starlink 用户数增长情况



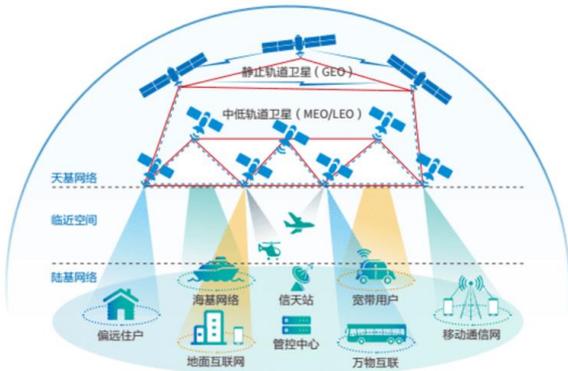
资料来源：X 平台，国联证券研究所

## 4.2 中国卫星互联网产业发展迅速

“空天地一体”布局，卫星互联网将与 5G/6G 加速融合。华为在《6G：无线通信新征程》中指出，6G 将整合地面网络和非地面网络，提供全球覆盖，给当前未联网的区域提供网络连接。随着卫星制造和发射成本的降低，众多低轨或超低轨卫星将应

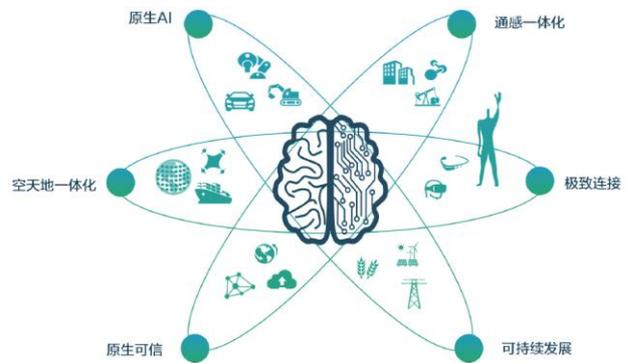
用于非地面网络，大型超低轨卫星星座极有可能成为 6G 的重要组成部分。

图表89：卫星互联网示意图



资料来源：中信科移动《全域覆盖场景智联—6G 场景、能力与技术引擎白皮书 (V. 2021)》，国联证券研究所

图表90：空天地一体化是 6G 关键能力支柱



资料来源：华为《6G：无线通信新征程》，国联证券研究所

中国正积极抢占频率轨道资源，稳步推进宽带卫星通信网络部署。地球近地轨道可容纳约 6 万颗卫星，资源稀缺性强。且根据国际电信联盟（ITU）的规定，卫星频率及轨道使用权采用“先登先占”规则。近年来，中国多个近地轨道卫星星座计划相继启动。

2023 年 10 月 19 日，上海市人民政府印发《上海市进一步推进新型基础设施建设行动方案（2023-2026 年）》提出布局“天地一体”的卫星互联网，分阶段发射规模化低轨通信卫星，构建低轨星座，建设测控站、信关站和运控中心等地面设施，促进天基网络与地面网络融合应用。

2024 年 5 月 24 日，鸿擎科技向 ITU 提交的备案中概述了一个名为 HONGHU-3（鸿鹄三号）的星座计划，它将在 160 个轨道平面上发射 1 万颗卫星。鸿鹄三号也是国内继星网 GW 计划和 G60 星座实体计划后的第三个超万颗卫星巨型星座。

图表91：国内实体计划中的三个超万颗卫星巨型星座

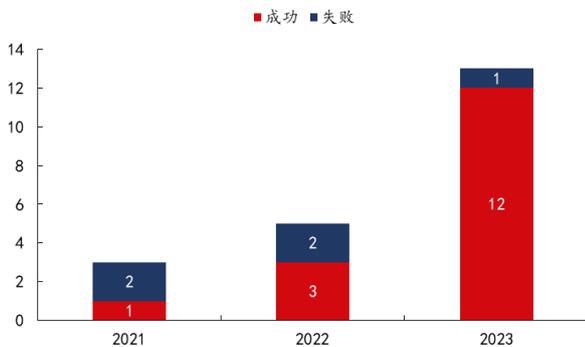
属性	星座名称	运营方	卫星总数	部署进展/规划
国企	GW (GW-A59/GW-2)	中国卫星网络集团有限公司	12992	2023 年 12 月 30 日，卫星互联网技术试验卫星的发射任务取得圆满成功（运载火箭：由中国航天科技集团有限公司一院抓总研制的长征二号丙/远征一号 S）
	G60	上海垣信卫星科技有限公司	12000	2023 年 7 月 25 日，G60 实验卫星完成发射并成功组网，计划于 2024 年完成 108 颗卫星组网并运营，2027 年内完成一期 1296 颗卫星部署
民企	HONGHU-3	上海蓝箭鸿擎科技有限公司	10000	

资料来源：ITU 官网，经济观察网，中国航天科技集团有限公司官网，上海市政府官网，国联证券研究所

民营商业航天快速发展，卫星互联网应用已实现验证。2023 年，民营火箭共计发射 13 次，成功 12 次，占中国总发射任务的 20% 左右。2023 年 9 月，华为发布首款

支持卫星通话的智能手机 Mate60 Pro 引发全球关注。2024 年 5 月 21 日，银河航天公开消息称在泰国马汉科理工大学建成了基于我国首个低轨宽带通信试验星座“小蜘蛛网”的地面试验站，用于观测毫米波频段卫星信号在当地气象条件下的通信能力。

图表92：2021-2023 中国商用卫星发射次数



资料来源：21 世纪经济报道，国联证券研究所

图表93：银河航天“小蜘蛛网”泰国地面试验站



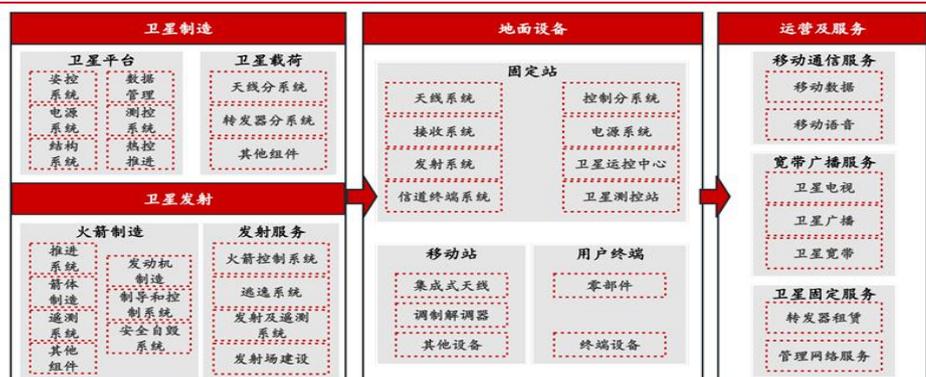
资料来源：银河航天公众号，国联证券研究所

国内商业航天降本增效空间显著，垂直回收大推力液体火箭是关键。液体火箭相比固体火箭具备高比冲、推力可调节等特点。其动力系统占总成本构成的 70%，作为大推力运载任务的更优选，液体火箭也具备更高的回收价值。2023 年 7 月，朱雀二号已成功实现世界范围内液氧甲烷火箭的首飞，但中国商业航天目前还未实现液体可回收火箭真正的入轨发射，目前多方均在研发攻关。星际荣耀和蓝箭航天曾公开表示将在 2025 年达成这一愿景，星河动力正在研发的“智神星一号”每公斤发射成本不到 2 万元人民币，未来有望降到 1 万元以下，低于当前 SpaceX 猎鹰 9 号的发射成本。

### 4.3 天上相控阵技术与星间激光技术是核心看点

卫星互联网产业链的四大环节经拆解后如下：上游为基础设施建设，包括卫星制造与卫星发射；中游为地面基础设施，包含固定站、移动站和用户终端；下游为卫星互联网运营及服务，包括卫星移动通信服务、宽带广播服务和卫星固定服务。

图表94：卫星互联网产业链



资料来源：赛迪顾问，国联证券研究所

卫星制造环节市场壁垒较高，星上相控阵技术与星间激光技术是核心看点。互联网通信卫星的制造环节主要包括卫星样机的设计、制造和批量生产。此领域对专业技术和资质要求较高，与卫星的整体设计和仿真测试有密切关联。航天科技、航天科工集团、中科院等相关研究机构和所属企业仍然扮演重要角色，民营企业主要专注于提供零部件和电子元器件等支持产品。其中，T/R 芯片和组件是相控阵雷达的核心元器件，激光终端与 FPGA 芯片也是占据制造成本较高的核心部件。铖昌科技推出的星载相控阵 T/R 芯片系列产品已实现了大规模应用，从元器件层面助力我国卫星互联网快速、高质量、低成本发展。国博电子是目前国内能够批量提供有源相控阵 T/R 组件及系列化射频集成电路产品的领先企业，核心技术达到国内领先、国际先进水平。

**图表95：卫星载荷制造重点企业及卫星互联网相关业务汇总**

制造环节	重点企业	卫星互联网相关业务
卫星载荷	上海瀚讯	通信设备
	信科移动	通信载荷、天线、核心网、仪器仪表
	铖昌科技	相控阵 T/R 芯片
	臻镭科技	射频收发芯片及高速高精度 ADC/DAC 芯片、电源管理芯片、微系统及模组
	振芯科技	转换器、软件无线电、频率合成器以及视频接口等产品
	光库科技	星间通信激光器（隔离器、耦合器等）
	仕佳光子	星间通信激光器（光源）
	国博电子	有源相控阵 T/R 完整组件
	复旦微电	宇航级 FPGA 芯片
	中瓷电子	射频芯片与器件
	盛路通信	天线、上下变频组件
	雷电微力	毫米波微系统
	亚光科技	T/R 组件
	航天环宇	天线
	航天电子	激光通信终端
	国瓷材料	陶瓷管壳
航天电气	连接器	
陕西华达	连接器	

资料来源：中商情报网公众号，iFind，国联证券研究所

## 5. 投资建议

### 5.1 聚焦算力网络光通信核心标的

AI 拉动高速光模块出货，北美产业链持续受益，1.6T 光模块的研发和交付能力依然会主导光模块厂商的竞争格局，有利于头部企业强化竞争优势。同时 CPO、LPO、硅光、薄膜铌酸锂方案有望给新的企业带来破局机会。建议关注：中际旭创、天孚通信、新易盛、光库科技。

### 5.2 重视国内算力网络建设相关标的

“东数西算”工程的实施离不开算力网络的升级建设，400G 产业链的完善和成熟，为 400G 骨干网的大规模商用提供了可能，新波段、新器件、新光纤等全面支撑 400G 传输技术实现广泛应用。与此同时，AI 拉动智算中心的建设。建议关注：烽火通信、德科立、紫光股份。

### 5.3 重视运营商的盈利水平和分红能力提升

5G 用户数日益增长，提升了运营商的用户 ARPU 值，运营商放弃价格战转而追求高质量发展，5G 大规模建设时期已过，资本开支有望逐年下降，带来运营商整体盈利能力的提升。与此同时，三大运营商高度重视股东回报，持续提升分红比例，投资价值日益凸显。建议关注国内运营商龙头：中国移动。

### 5.4 关注卫星互联网、低空经济产业发展

5G-A 的通感一体化能力有望促进低空经济的发展，二者有望形成相互促进，协同发展的良好局面。卫星互联网未来将与 5G/6G 加速融合，“空天地一体化”战略布局的重要性日益凸显。中国正积极抢占频率轨道资源，稳步推进宽带卫星通信网络部署，相关产业有望迎来快速发展。建议关注：三维通信。

## 6. 风险提示

#### ➤ AI 产业发展不及预期的风险

如果 AI 应用发展的进度没有达到整体市场的预期，则国内外大模型厂商的资本开支可能会减少，进而影响算力的建设以及 AI 产业的发展。

#### ➤ 国产算力发展不及预期的风险

国内厂商的技术与海外厂商相比仍然存在较大的差距，国产替代的道路任重道远，如果国产算力后续的发展没有达到市场的预期，则会影响采购国产算力的采购，也会影响国内大模型的更新迭代进度。

#### ➤ 市场竞争加剧风险

运营商的业务具有一定的同质化，如果后续三大运营商重新发动价格战，则会加剧市场整体的竞争，进而影响运营商的盈利能力和股东的回报。

#### ➤ 中美贸易摩擦加剧风险

如果中美后续贸易摩擦加剧，则可能影响国内厂商原材料的采购和新产品的开发，也会影响国内厂商产品在海外销售的情况。

### 分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们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，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

### 评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级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：以报告发布日后的6到12个月内的公司股价（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。其中：A股市场以沪深300指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准；韩国市场以柯斯达克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表指数涨幅20%以上
		增持	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于5%~20%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于-10%~5%之间
	行业评级	卖出	相对同期相关证券市场代表指数跌幅10%以上
		强于大市	相对同期相关证券市场代表指数涨幅10%以上
		中性	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于-10%~10%之间
		弱于大市	相对同期相关证券市场代表指数跌幅10%以上

### 一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属国联证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“国联证券”）。未经国联证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为国联证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，国联证券不因收件人收到本报告而视其为国联证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但国联证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，国联证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，国联证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

国联证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。国联证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。国联证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

### 特别声明

在法律许可的情况下，国联证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到国联证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

### 版权声明

未经国联证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、转载、刊登和引用。否则由此造成的一切不良后果及法律责任有私自翻版、复制、转载、刊登和引用者承担。

### 联系我们

**北京：**北京市东城区安定门外大街208号中粮置地广场A塔4楼  
**无锡：**江苏省无锡市金融一街8号国联金融大厦12楼  
 电话：0510-85187583

**上海：**上海浦东新区世纪大道1198号世纪汇一座37楼  
**深圳：**广东省深圳市福田区益田路4068号卓越时代广场1期13楼