

行业研究|行业深度研究|通信

把握 AI 应用落地、算力技术迭代新趋势——通信行业 2025 年投资策略



| 报告要点

从 A100 到 H100 再到 GB200，从千卡集群到万卡集群再到百万卡集群，AI 大模型训练一刻不停地快速演进，算力规模的增长也一直带来新的挑战。2024 年我们看到了多 DC 分布式训练的落地，DCI 新需求确认。我们看到了国内三大运营商利润增速超过收入增速，实现高质量发展。我们认为 2025 年网络建设已经进入到场景驱动的时代，继续沿着 AI 产业发展带来的技术变化寻找投资机会，看好自动驾驶、物联网等 AI 落地场景、看到硅光、DCI 等新需求、看好国内算力基建、国产芯片、国内运营商高质量带来的投资机会。

| 分析师及联系人



张宁



张建宇

SAC: S0590523120003 SAC: S0590524050003

通信

把握 AI 应用落地、算力技术迭代新趋势——通信行业 2025 年投资策略

投资建议：强于大市（维持）
上次建议：强于大市

相对大盘走势



相关报告

- 1、《通信：从 Ciena 订单变化看 DCI 需求加速》2024.12.15
- 2、《通信：AI 拉动硅光渗透率提升》2024.11.24



扫码查看更多

行业事件

展望 2025 年，我们看到全球 AI 发展日新月异，大模型的持续升级迭代拉动算力增长，同时也为新技术的发展提供可能。国产算力久久为功，有望逐步实现自主可控，国产芯片替代空间广阔，契合新质生产力发展的内在要求。

➤ 5G 建设下半场，运营商盈利能力提升

截至到 2024 年三季度末，中国 5G 基站累计建成 408.9 万个，全球占比达到了 66%，我们认为从 5G-A 开始，网络建设进入以业务场景为主要驱动的发展阶段。参照海外主要运营商，我国运营商资本开支占收比还有下降空间，有效提升行业盈利水平和分红派息能力。与此同时，5G Redcap 性价比较高，有望推动物联网行业持续发展。此外，边缘 AI 作为云端 AI 的补充和延伸，AI 智能模组有望受益。

➤ 光模块需求持续增长，新技术层出不穷

北美云厂商仍然维持较高增速的资本开支，利好高速率光模块的持续出货。国内光模块龙头公司进展显著，中际旭创 1.6T 光模块产品预计从 12 月份开始出货，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。硅光和 CPO 渗透率有望逐步提升，降低功耗、时延和成本。海外科技巨头积极布局多 DC 分布式训练，DCI 需求有望高速增长。此外，全光交换机有望再次破局发展。

➤ 国产替代和 AIDC 空间广阔，液冷技术优势明显

美国持续加强 AI 芯片对华出口管制，国产算力寻求自主可控的发展机遇。以华为和寒武纪为代表的国产厂商持续推进国产算力的自主研发，全力保障国内 AI 大模型的快速发展，国产交换机芯片、光芯片也有望加速替代。IDC 行业的需求向“集群化数据中心+智算中心”转变，AI 算力的需求有利于优质 AIDC 项目的发展。AI 服务器 IT 设备功耗提升，液冷技术优势明显，价值量提升，市场空间有望打开。

➤ 空天地一体化布局，卫星出海迎新机遇

卫星互联网未来与地面网络加速融合，呈现“空天地一体”布局。Starlink 瞄准全球市场，已成功实现商业模式闭环，预计今年星链业务的收入将占 SpaceX 总收入的大部分。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。长征十二号火箭成功首飞，华为 Mate 70 系列全球首发卫星寻呼功能。恒信卫星互联网服务计划将于 2026 年在巴西正式商用。

➤ 投资建议：关注 AI 产业链、运营商和卫星投资机遇

1) AI 拉动北美产业链持续受益，硅光渗透率逐步提升，建议关注：中际旭创、天孚通信、新易盛、源杰科技、仕佳光子；2) AI 算力部署对网络的需求正在向 DCI 场景扩散，此外，AIDC 市场需求有望持续高增。建议关注：德科立、光迅科技、中兴通讯、烽火通信、润泽科技；3) 运营商整体盈利水平和分红率提升，建议关注运营商：中国移动、中国电信、中国联通；4) 卫星互联网产业蓬勃发展，卫星出海将迎新机遇，建议关注：海格通信。

风险提示：AI 应用发展不及预期的风险；国产算力发展不及预期的风险；运营商市场竞争加剧风险；中美贸易摩擦加剧风险。

正文目录

1. 5G 建设场景驱动新阶段，运营商盈利能力提升	6
1.1 全球 5G 建设及用户发展成效显著	6
1.2 5G-A 时代开启，重点关注物联网、智能化应用场景	7
1.3 注重高质量发展，运营商盈利水平提升	12
2. 光模块需求持续增长，关注新技术竞争格局	14
2.1 AI 拉动光模块持续增长，北美云厂商资本开支增速较高	14
2.2 降功耗降时延降成本，硅光/CPO 渗透率逐步提升	16
2.3 多 DC 协同训练，DCI 需求有望高速增长	19
2.4 OCS 之后，全光交换机有望再次破局发展	21
3. 国产算力久久为功，关注国产化和算力基建	25
3.1 国产算力有望逐步实现自主可控	25
3.2 交换芯片和光芯片替代空间广阔	28
3.3 AIDC 有望快速发展，液冷技术优势显著	32
4. 发射能力加速提升，卫星出海迎新机遇	35
4.1 Starlink 瞄准全球市场	35
4.2 中国积极布局卫星通信网络	37
4.3 火箭发射能力提升，助力卫星加速出海	39
5. 投资建议：关注 AI 产业链、运营商和卫星投资机遇	40
5.1 聚焦光通信核心标的	40
5.2 高度重视 DCI 和 ADIC 的发展	40
5.3 重视运营商盈利水平的提升	40
5.4 关注卫星互联网产业发展	40
6. 风险提示	41

图表目录

图表 1: 全球 5G 基站部署情况	6
图表 2: 我国 5G 基站部署情况	6
图表 3: 全球 5G 基站数量 (个)	6
图表 4: 全球 5G 网络分布	6
图表 5: 全球 5G 用户发展情况	7
图表 6: 我国 5G 用户发展情况	7
图表 7: 超现实人机交互体验	7
图表 8: 3GPP 6G 标准化时间表	8
图表 9: 5G-Advanced 应用场景	9
图表 10: RedCap 将引领物联网全面过渡到 5G 新时代	9
图表 11: 5G RedCap 与其它蜂窝物联网技术比较	9
图表 12: 按空中接口分类的蜂窝物联网连接 (2021-2030)	10
图表 13: 广和通 5G Redcap 模组	10
图表 14: 移远通信 5G Redcap 模组	10
图表 15: AI PC 出货量及渗透率	11

图表 16:	全球算力有望持续增长.....	11
图表 17:	全球联接总数和数据总量有望持续增长.....	11
图表 18:	2030 年全球万兆家庭宽带渗透率或将达 25%.....	12
图表 19:	2023 年全球万兆 WiFi 渗透率或将达 84%.....	12
图表 20:	中央企业经营指标体系.....	12
图表 21:	三大电信运营商历年营收、支出、净利润和资本开支（亿元）.....	13
图表 22:	三大电信运营商历年营收、支出、净利润、资本开支增速.....	13
图表 23:	海外运营商资本开支占比情况.....	14
图表 24:	电信运营商资本开支（亿元，右轴对应 YoY）.....	14
图表 25:	电信运营商中期分红派息率(%，右轴对应 YoY).....	14
图表 26:	LightCounting 关于光模块销售额的预测.....	15
图表 27:	光模块市场前景广阔.....	15
图表 28:	英伟达光模块主要供应商.....	15
图表 29:	北美云厂商资本开支（亿美元，右轴对应 YOY）.....	16
图表 30:	硅光模块比传统模块节省 30%的器件.....	16
图表 31:	硅光市场发展前景广阔.....	17
图表 32:	2024-2025 年硅光数通市场厂商份额.....	17
图表 33:	光迅科技 1.6T 硅光模块.....	17
图表 34:	华工正源 1.6T-200G/λ 高速硅光模块方案.....	17
图表 35:	源杰科技 CW 硅光光源.....	18
图表 36:	仕佳光子 CW 硅光光源.....	18
图表 37:	CPO 共封装技术.....	18
图表 38:	从 Pluggable 到 CPO 的 51.2T 系统功耗降低.....	18
图表 39:	博通 Bailly CPO 交换机.....	19
图表 40:	新华三 800G CPO 硅光交换机.....	19
图表 41:	CPO 市场有望快速增长.....	19
图表 42:	Meta 的分布式训练架构.....	20
图表 43:	Google 的大规模训练结构图.....	20
图表 44:	跨 DC 协同训练给网络带来挑战.....	20
图表 45:	谷歌 Pathways 训练系统.....	21
图表 46:	全球 WDM 光模块出货量预测(件).....	21
图表 47:	全球 WDM 光模块市场规模预测（百万美元）.....	21
图表 48:	Lightmatter PASSAGE 架构.....	22
图表 49:	Lightmatter 的 PASSAGE 全光交换方案.....	22
图表 50:	Google 的 Jupiter 网路架构和 OCS 交换机.....	23
图表 51:	Google 的 Apollo 网路架构和 OCS 交换机.....	23
图表 52:	Google OCS 交换机内部结构原理图.....	23
图表 53:	Google OCS 交换机内部结构图.....	23
图表 54:	OXC 系统架构图.....	24
图表 55:	华为 DC808 数据中心全光交换机.....	24
图表 56:	光迅科技 OCS 全光交换机.....	24
图表 57:	Coherent 的 DLX 全光交换机.....	25
图表 58:	POLATIS® 576 OCS 交换机.....	25
图表 59:	华为的全光 DCN 网络架构.....	25
图表 60:	美国 AI 相关的对华限制措施.....	26
图表 61:	华为昇腾系列 AI 芯片.....	26
图表 62:	华为昇腾 Atlas 系列计算产品.....	26
图表 63:	华为昇腾整机合作伙伴.....	27

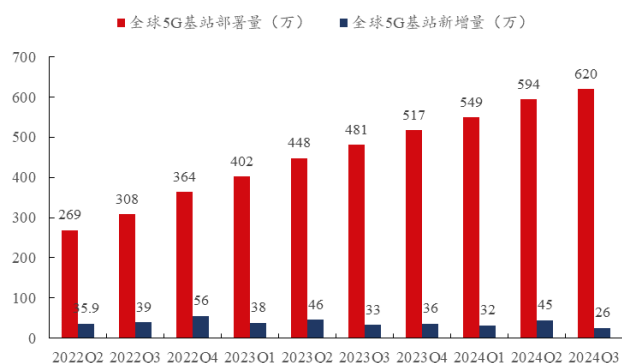
图表 64:	寒武纪历年存货情况.....	27
图表 65:	寒武纪历年预付款项情况.....	27
图表 66:	运营商算力规模及规划（累计值，亿元）.....	27
图表 67:	中国移动 2024-2025 新型智算中心集采.....	28
图表 68:	2019-2024 年全球交换机市场规模及增速.....	28
图表 69:	2019-2024 年国内交换机市场规模及增速.....	28
图表 70:	全球以太网交换芯片市场规模（以销售额计）.....	29
图表 71:	中国商用交换芯片各应用场景市场规模.....	29
图表 72:	2020 年中国商用交换芯片市场竞争格局（以销售额计）.....	29
图表 73:	2020 年中国自用交换芯片市场竞争格局（以销售额计）.....	29
图表 74:	数据中心交换芯片吞吐量演进趋势.....	30
图表 75:	博通交换机芯片升级路径.....	30
图表 76:	国产交换芯片与海外产品的性能对比.....	30
图表 77:	2021 年全球 2.5G 及以下 DFB/FP 激光器芯片市场份额.....	31
图表 78:	2021 年全球 10G DFB 激光器芯片市场份额.....	31
图表 79:	25G 及以上光芯片和数据中心光模块对应关系.....	31
图表 80:	国产光芯片进展.....	32
图表 81:	2020-2027 年中国通用算力规模及预测.....	32
图表 82:	2020-2027 年中国智能算力规模及预测.....	32
图表 83:	中国 IDC 业务市场规模进入算力中心阶段(亿元).....	33
图表 84:	供需错配带来 IDC 行业马太效应逻辑图.....	33
图表 85:	典型数据中心能耗占比.....	34
图表 86:	数据中心制冷技术对应 PUE 范围.....	34
图表 87:	液冷同比风冷散热能力（2MW 机房）.....	34
图表 88:	液冷同比风冷每年收益（2MW 机房）.....	34
图表 89:	传统 CPU 处理器与 AI 处理器功率对比.....	35
图表 90:	AI 服务器功耗迅速上升.....	35
图表 91:	2023-2028 中国液冷服务器市场预测.....	35
图表 92:	Atlas 800 服务器采用液冷配置.....	35
图表 93:	Starlink 4.2 万颗卫星部署计划.....	36
图表 94:	SpaceX 火箭复用历程.....	36
图表 95:	Iridium Next、OneWeb、Starlink 发射成本对比.....	37
图表 96:	Starlink 手机直连卫星网络架构.....	37
图表 97:	Starlink 用户数增长情况.....	37
图表 98:	卫星互联网示意图.....	38
图表 99:	空天地一体化是 6G 关键能力支柱.....	38
图表 100:	国内实体计划中的三个超万颗卫星巨型星座.....	38
图表 101:	银河航天“小蜘蛛网”泰国地面试验站.....	39
图表 102:	长征十二号火箭成功首飞.....	39
图表 103:	华为持续引领手机卫星通信技术.....	39
图表 104:	垣信卫星和巴西电信签约仪式.....	40

1. 5G 建设场景驱动新阶段，运营商盈利能力提升

1.1 全球 5G 建设及用户发展成效显著

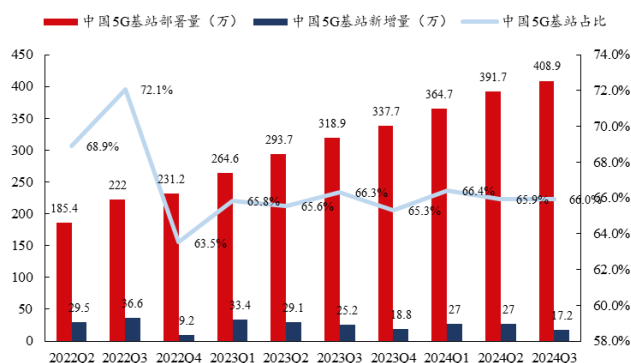
全球 5G 网络稳步发展，截至 2024 年三季度末，全球 5G 基站数量达到 620 万个，三季度同比增长 28.9%，其中，中国 5G 基站累计建成 408.9 万个，占比达到了 66%。

图表1：全球 5G 基站部署情况



资料来源：《5G 产业和市场发展报告》TD 产业联盟，国联证券研究所

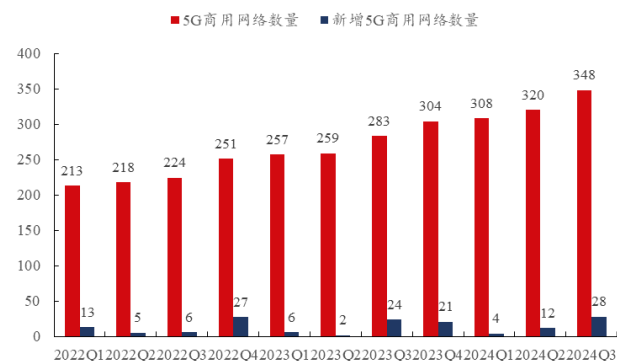
图表2：我国 5G 基站部署情况



资料来源：《5G 产业和市场发展报告》TD 产业联盟，wind，国联证券研究所

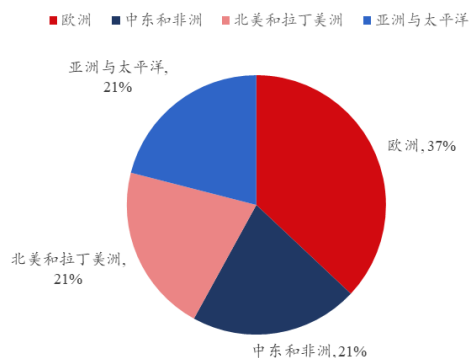
截至到 2024 年三季度末，全球共有 130 个国家和地区的 348 个运营商推出了商用 5G 网络，季度新增 5G 商用网络 28 个。从地区分布来看，欧洲地区共有 130 个运营商商用 5G，占全球的比例达到了 37.4%。

图表3：全球 5G 基站数量 (个)



资料来源：《5G 产业和市场发展报告》TD 产业联盟，国联证券研究所

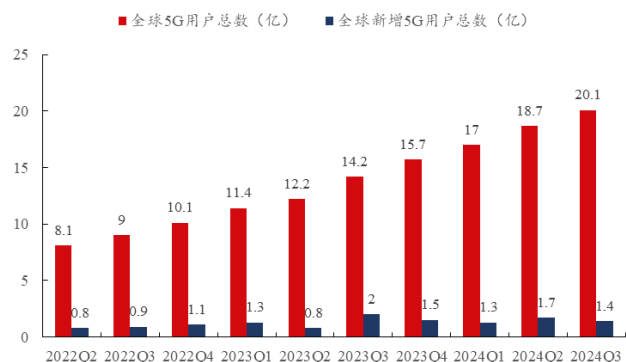
图表4：全球 5G 网络分布



资料来源：《5G 产业和市场发展报告》TD 产业联盟，国联证券研究所

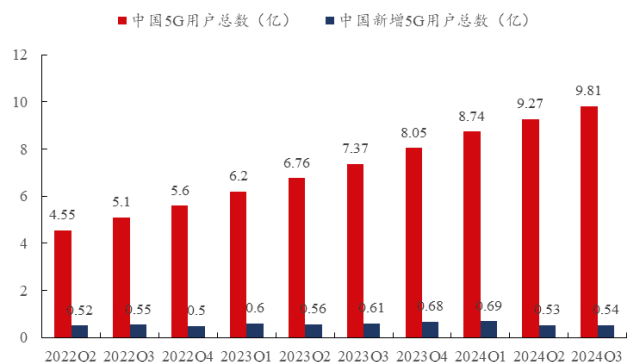
2024 年三季度，全球 5G 用户数达到 20.1 亿，三季度同比增长 41.5%。从地区分布来看，东亚地区（中日韩）5G 用户规模最大，达到 11.0 亿，其中，中国 5G 用户数达到 9.81 亿，占全球 5G 用户数的 48.8%。

图表5：全球 5G 用户发展情况



资料来源：《5G 产业和市场发展报告》TD 产业联盟，国联证券研究所

图表6：我国 5G 用户发展情况



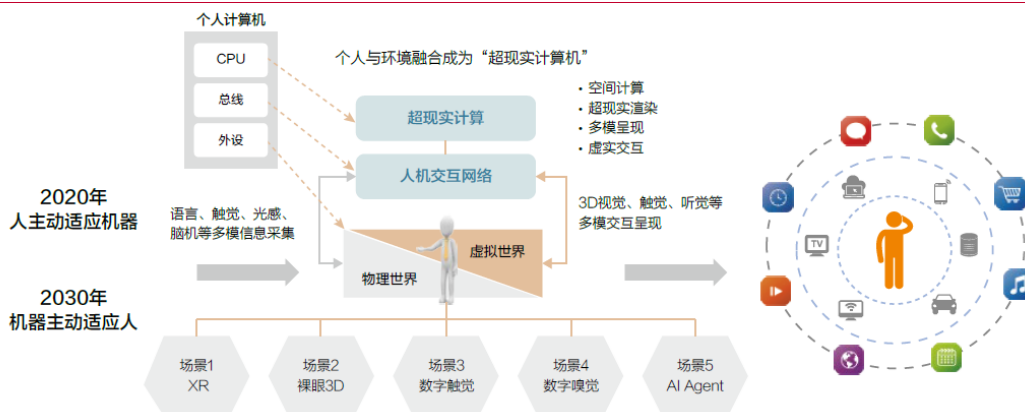
资料来源：《5G 产业和市场发展报告》TD 产业联盟，工信部，国联证券研究所

按照工信部十四五规划：到 2025 年，我国每万人 5G 基站数 26 个，5G 用户普及率达到 56%，千兆宽带用户数为 6000 万户。截至到 2024 年 10 月份，根据工信部统计数据，我国每万人基站数为 29 个，5G 用户普及率为 55.6%，千兆宽带用户数为 2.03 亿户，从网络覆盖和用户发展两个维度看，工信部十四五规划的工作目标已基本达成。

1.25G-A 时代开启，重点关注物联网、智能化应用场景

随着网络联接对象的扩展，业务需求的变化，未来 10 年，除了 5G 向 5G-A/6G、F5G 向 F5G-A/F6G、IPv6+ 向 Net5.5G/Net6G、自智网络从 L2 向 L4+ 持续演进之外，各种新型的网络场景也将不断涌现。未来通信网络需要支持 XR、裸眼 3D、数字触觉、数字嗅觉、AI Agent（智能体）等全新的人机交互体验，这对网络提出更高要求。

图表7：超现实人机交互体验



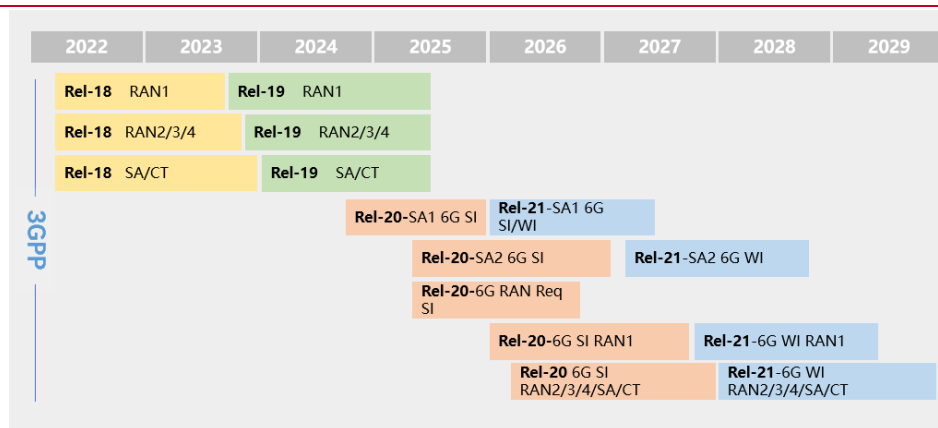
资料来源：华为《智能世界 2030》，国联证券研究所

我们认为从 2G-5G，我国的无线通信网络建设基本是以网络覆盖规模作为关键指标来驱动建设的，从 5G-A 开始网络建设将和各种新场景的成熟紧密结合，进入以业务场

景为主要驱动的发展阶段。

5G-A 首个版本国际标准正式冻结，6G 标准制定开启。2024 年 6 月，Release18 标准正式冻结，确立了 5G-A 第一个版本的国际标准。同时，作为 5G-A 的延续，Release 19 主要侧重于提高性能并满足 5G 商用部署中的关键需求，预计将在 2025 年底正式冻结。此外，3GPP 的 6G 工作也在 R19 阶段同步开启，2024 年 9 月，3GPP 首个 6G 标准项目（6G 场景用例与需求研究项目）获得通过，全球 6G 标准制定进入实质阶段。

图表8：3GPP 6G 标准化时间表

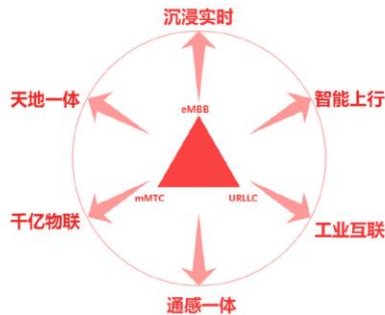


资料来源：《5G 产业和市场发展报告》TD 产业联盟，国联证券研究所

全球运营商加速推进 5G-A 商用进程，目前已有 13 家运营商发布 5G-A 试点网络。截至 2024 年三季度，中国移动 5G-A 商用城市已超过 330 个，T-Mobile 计划 2024 年底在美国推出 5G-A 网络。

5G RedCap 已进入规模商用部署阶段，支持 RedCap 的 5G 基站超 60 万站。中国移动已建成国内规模组最大的 RedCap 商用网络，支持 RedCap 的 5G 基站数超 43 万。中国联通和中国电信已在全国多个省份实现 5G RedCap 连续覆盖，累计开通支持 RedCap 的 5G 基站超过 17 万站。

图表9：5G-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

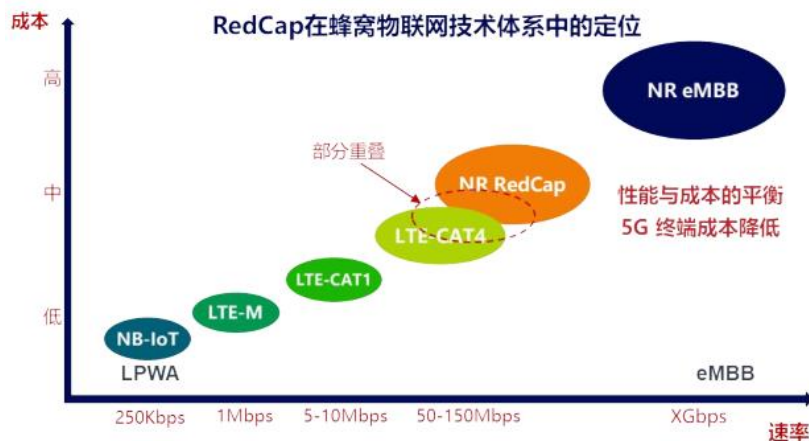
图表10：RedCap 将引领物联网全面过渡到 5G 新时代

物联网业务占比 (各场景)	主要服务和要求	典型应用	关键技术
10% 超高速 2% 超高速 100Mbps	吞吐量 > 100Mbps, 时延 10-20ms • 超宽带 • 4K/8K 视频, AR/VR 等	AR/VR, 4K/8K	5G NR
8% 中高速 10-100Mbps	吞吐量 10-100Mbps, 时延 100-500ms • 大带宽, 低时延和高可靠 • 自动驾驶, 车联网, 工业, 视频监控等	工业, 视频监控, 可穿戴	RedCap (R17) 4G Cat4
30% 中低速 < 10Mbps	吞吐量 < 10Mbps, 时延 1s • 实时, 语音和数据应用 • 语音交互通信, 智慧零售, 物流跟踪等	可穿戴, 物流	eRedCap (R18) 4G Cat1/1bis 3G
60% 低速 < 100Kbps	吞吐量 > 100Mbps, 时延 10s • 低成本, 低功耗, 极大覆盖范围 • 小包业务, 智能文字, 无语音, 智慧表计, 共享经济等	共享单车, 智能电表	NB-IoT (接入 5G) 2G

资料来源：《Redcap 产业进展与应用展望白皮书》，国联证券研究所

5G RedCap 性价比较高。其定位介于 5G 增强移动宽带与低功耗广域（LPWA）之间，能够实现高于 NB-IoT、eMTC 等 LPWA 物联网技术数据的传输速率，终端成本和功耗又远低于 5G eMBB，成本最高降低 70%，在传感器场景下，电池续航时间可超过两年。

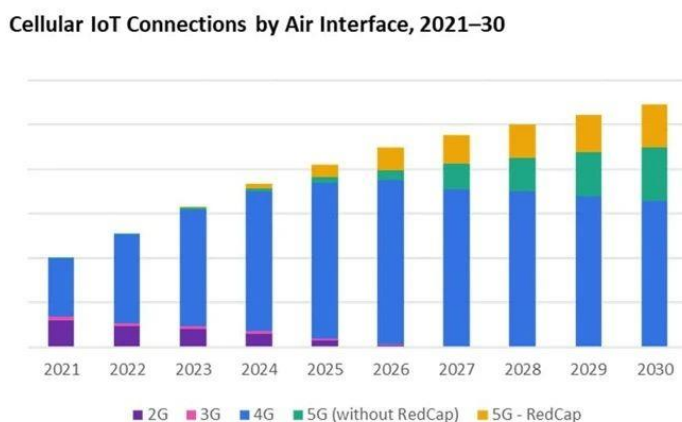
图表11：5G RedCap 与其它蜂窝物联网技术比较



资料来源：《Redcap 产业进展与应用展望白皮书》，国联证券研究所

根据 Omdia 的预测，5G RedCap 的大规模应用将从 2024 年开始。2G 和 3G 的连接数在逐步减少，随着 5G RedCap、5G Massive IoT 和 4G LTE Cat-1bis 模块成为主要关注点，Omdia 预计到 2030 年，蜂窝物联网连接数将达到 54 亿个。

图表12：按空中接口分类的蜂窝物联网连接（2021-2030）



资料来源：Omdia 公众号，国联证券研究所

国内物联网模组厂商移远通信和广和通均已推出 5G RedCap 模组产品，助力 5G 拓展至更多的应用领域。5G RedCap 模组在商用初期价格约在 300 元左右，随着应用规模的不断扩大，预计未来模组的价格会逐步下探。

图表13：广和通 5G Redcap 模组



资料来源：广和通公众号，国联证券研究所

图表14：移远通信 5G Redcap 模组

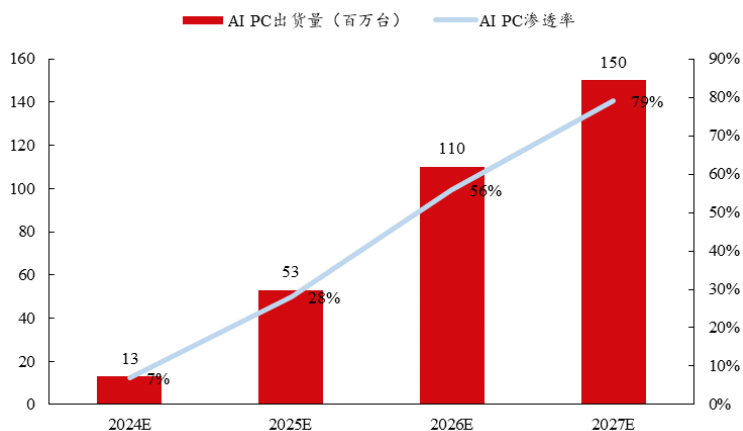


资料来源：移远通信公众号，国联证券研究所

此外，边缘 AI 兴起，AI 模组有望受益。边缘 AI 作为云端 AI 的补充和延伸，具备低成本、兼顾网络时延、保护隐私和安全的优势，AI 模组作为边缘 AI 所需算力的载体，渗透率有望快速提升，国内头部厂商已加速布局 AI 智能模组，紧跟 AI 发展的时代潮流。根据物联网智库统计，2023 年，支持 AI 功能的蜂窝物联网模组占比为 2%，预计到 2027 年，这一比例将增至 9%，4 年出货量 CAGR 为 73%。

AI PC 作为边缘 AI 的重要应用领域，渗透率有望持续提升。根据群智咨询预测，预计 2024 年 AI PC 的出货量为 1300 万台，渗透率为 7%；2027 年，AI PC 的出货量预计将增加到 1.5 亿台，渗透率有望提升到 79%。

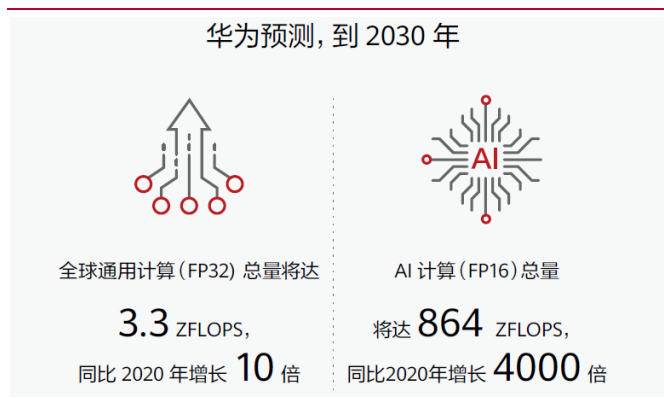
图表15: AI PC出货量及渗透率



资料来源: 群智咨询公众号, 国联证券研究所

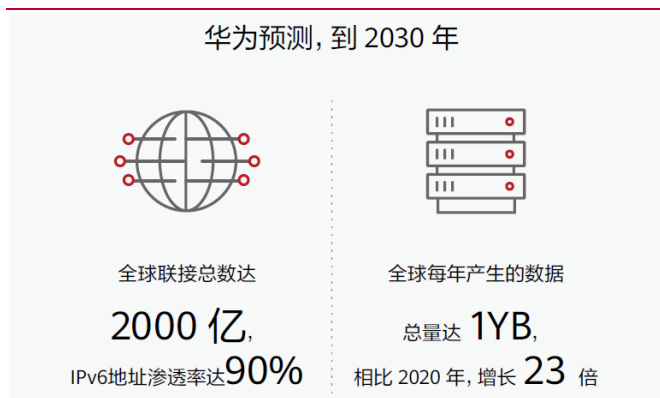
AI 拉动算力快速增长, 大模型计算能力的提升将支持各类智能健康应用场景加速实现。华为预测, 到 2030 年, 全球通用计算总量将达 (FP32) 3.3 ZFLOPS, 同比 2020 年增长十倍, AI 计算 (FP16) 864 ZFLOPS, 同比 2020 年增长 4000 倍; 全球联接总数达到 2000 亿, 全球每年产生的数据总量达 1YB, 相比 2020 年增长 23 倍。

图表16: 全球算力有望持续增长



资料来源: 《智能世界 2030》华为, 国联证券研究所

图表17: 全球联接总数和数据总量有望持续增长



资料来源: 《智能世界 2030》华为, 国联证券研究所

全球万兆家宽和万兆 WiFi 渗透率持续提升。华为预测, 到 2030 年, 全球光纤宽带用户数量达 16 亿, 万兆家庭宽带渗透率达 25%; 全球万兆企业 WiFi 渗透率达 84%。

图表18：2030 年全球万兆家庭宽带渗透率或将达 25%



资料来源：《智能世界 2030》华为，国联证券研究所

图表19：2023 年全球万兆 WiFi 渗透率或将达 84%



资料来源：《智能世界 2030》华为，国联证券研究所

1.3 注重高质量发展，运营商盈利水平提升

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。

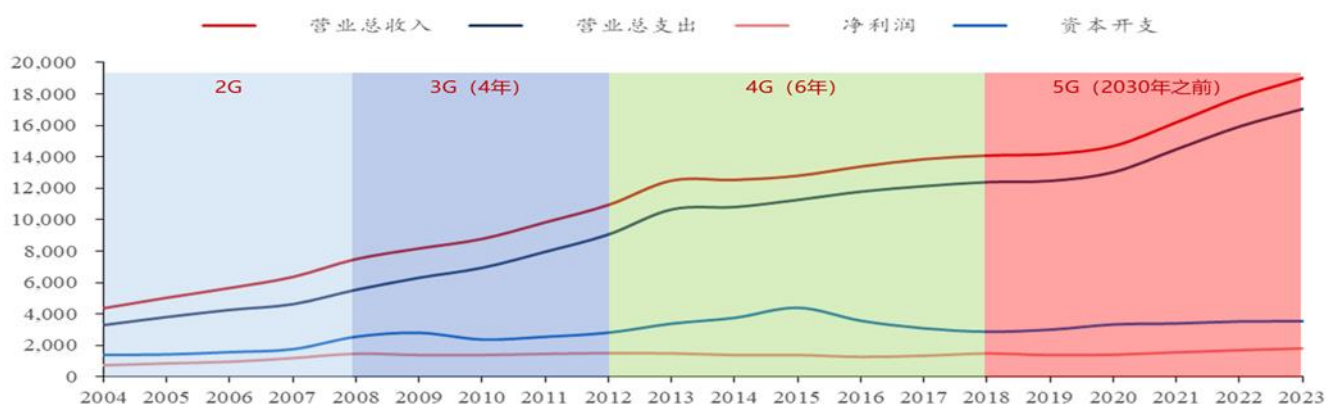
图表20：中央企业经营指标体系

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

2024 年中期策略报告，我们对 2004-2023 年三大运营商的经营数据进行了回顾。并得出结论：运营商进入到利润增速高于收入增速，资本开支占收比逐渐下降的阶段。

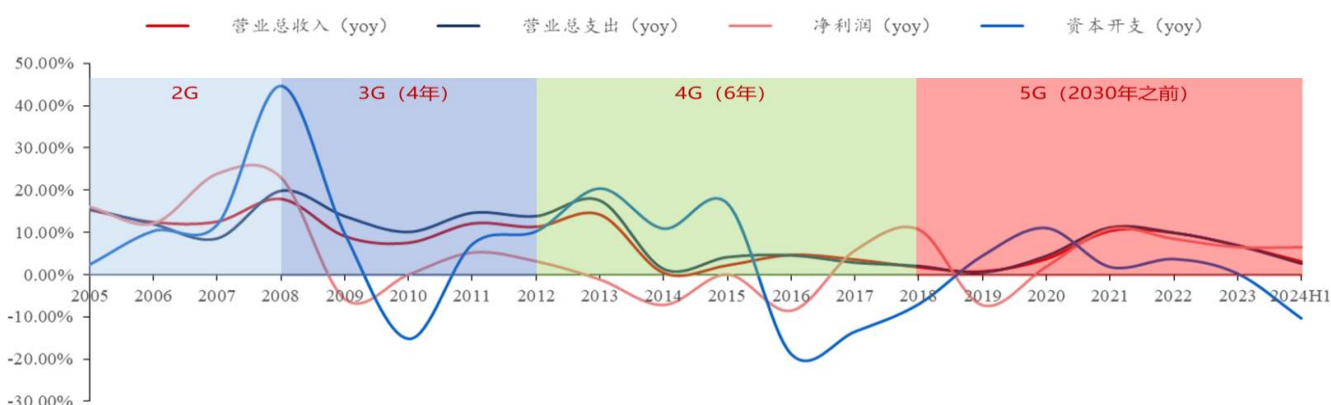
图表21：三大电信运营商历年营收、支出、净利润和资本开支（亿元）



资料来源：iFind，国联证券研究所

2024 年 H1，三大运营商净利润增速高于营业收入增速。三大运营商营业收入合计为 10130 亿元，同比增长 3.01%，净利润合计为 1158 亿元，同比增长 6.52%。

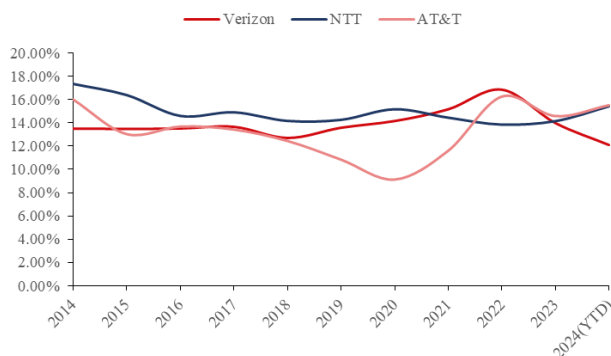
图表22：三大电信运营商历年营收、支出、净利润、资本开支增速



资料来源：iFind，国联证券研究所

参照海外主要运营商，我国运营商资本开支占收比还有下降空间。我们选取海外运营商 Verizon、NTT、AT&T 进行研究，2024 年前三季度，Verizon 的资本开支占比为 12.13%，2024 年 Verizon 的资本开支预计为 170 亿至 175 亿美元。

图表23：海外运营商资本开支占比情况

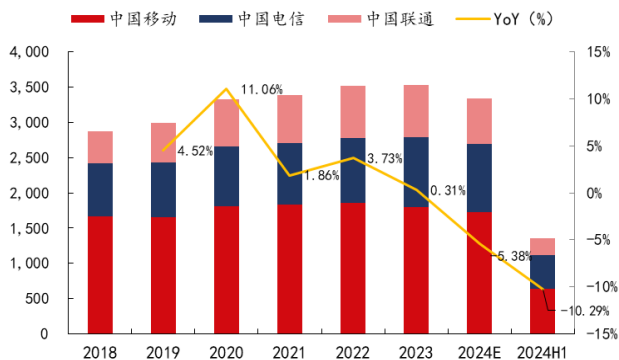


资料来源：各公司年报，国联证券研究所

注：Verizon, AT&T 财年同自然年一致，图中数据截至 2024 年 9 月 30 日；NTT 2024 财年为 2023 年 4 月 1 日-2024 年 3 月 31 日，图中数据截至 2024 年 3 月 31 日

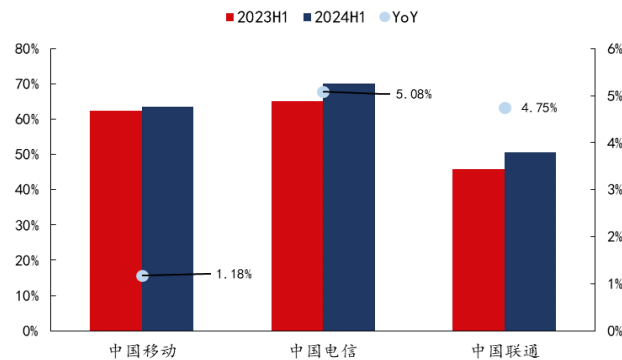
三大运营商整体资本开支下降，中期分红派息率提升。2024 年 H1，三大运营商的资本开支合计为 1351 亿元，同比下降 10.29%。三大运营商持续进行中期分红派息，中期分红派息率均同比提升，其中，中国电信的中期分红派息率达到 70.1%，同比提升 5.08 个百分点。

图表24：电信运营商资本开支（亿元，右轴对应 YoY）



资料来源：iFind，公司公告，国联证券研究所

图表25：电信运营商中期分红派息率(%, 右轴对应 YoY)



资料来源：iFind，国联证券研究所

展望 2025 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。

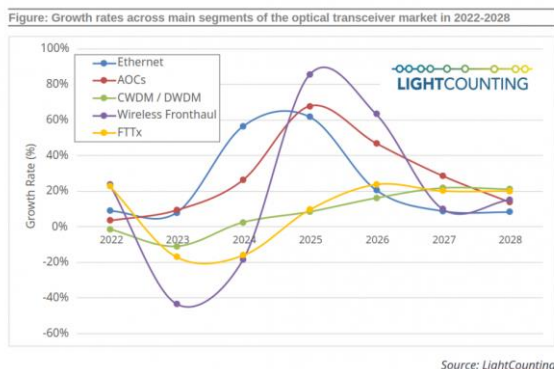
2. 光模块需求持续增长，关注新技术竞争格局

2.1 AI 拉动光模块持续增长，北美云厂商资本开支增速较高

AI 拉动高速率光模块持续出货，光模块市场情景广阔。根据 LightCounting 数据，预计以太网光模块的销售额有望在 2024 年增长近 60%，预计明年也会有同样的增长。

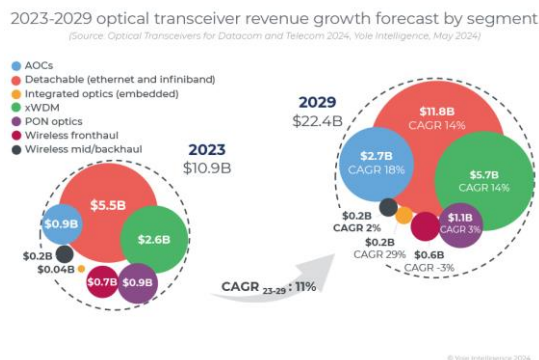
根据 Yole 的数据，预计光模块整体收入从 2023 年的 109 亿美元增长至 2029 年的 224 亿美元，6 年 CAGR 为 11%。数据中心光模块市场整体收入预计从 2023 年的 55 亿美元增长到 2029 年的 118 亿美元，6 年 CAGR 为 14%，其增速或高于光模块整体增速。

图表26: LightCounting 关于光模块销售额的预测



资料来源: C114 通信网, LightCounting, 国联证券研究所

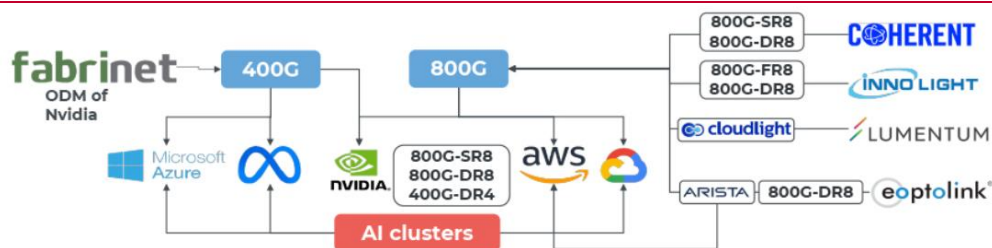
图表27: 光模块市场前景广阔



资料来源: C114 通信网, Yole, 国联证券研究所

国内光模块龙头公司进展显著。根据财联社报道，中际旭创 1.6T 产品已于 12 月 15 日小批量出货。此外，公司展望 2025 年，800G 产品需求依然强劲，新增 1.6T 预期也会逐步带来增长。根据新易盛公司公告，公司 800G 产品已实现批量出货，1.6T 产品验证工作顺利推进。

图表28: 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

北美云厂商仍然维持较高增速的资本开支，利好高速率光模块的持续出货。2024 年 Q3，北美四大云厂商微软、谷歌、Meta 和亚马逊合计资本开支为 589.94 亿美元，同比增长 58.93%，环比增速为 11.62%。

Figure 1 is a combined stacked bar and line chart illustrating global AI spending in billions of USD from 2021Q1 to 2024Q3. The stacked bars represent quarterly spending by company: Microsoft (red), Google (dark blue), Meta (light red), Amazon (blue), and Total YOY (grey line). The right y-axis shows the Total YOY growth rate percentage. Spending is projected from 2023Q1 onwards.

Quarter	Microsoft (Billion USD)	Google (Billion USD)	Meta (Billion USD)	Amazon (Billion USD)	Total YOY Growth (%)
2021Q1	45	35	25	55	35
2021Q2	65	45	35	65	45
2021Q3	60	60	35	65	35
2021Q4	60	75	45	75	30
2022Q1	55	95	55	75	35
2022Q2	70	85	65	75	25
2022Q3	65	75	85	85	25
2022Q4	65	75	95	95	15
2023Q1	65	75	85	85	0
2023Q2	65	75	75	75	-5
2023Q3	100	85	75	85	10
2023Q4	100	115	85	115	25
2024Q1	120	125	75	125	45
2024Q2	140	135	85	135	60
2024Q3	150	140	85	140	60

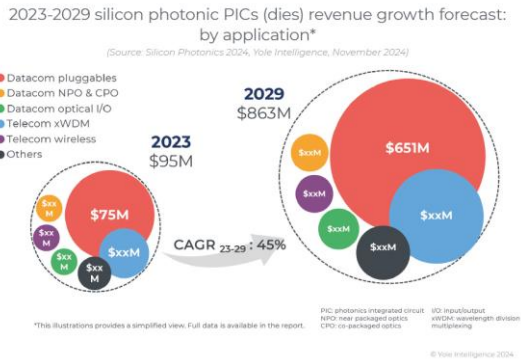
2.2降功耗降时延降成本，硅光/CPO 渗透率逐步提升

与传统的光模块相比，硅光模块具有集成度提高、体积大幅缩小、成本和功耗降低、光衰减减少、抗干扰能力增强、提高传输效率等优点，是后摩尔时代的关键技术选择。根据博通的数据，相较于传统分立模式，硅光方案节省 30%的器件，从而降低成本。

[illegible]

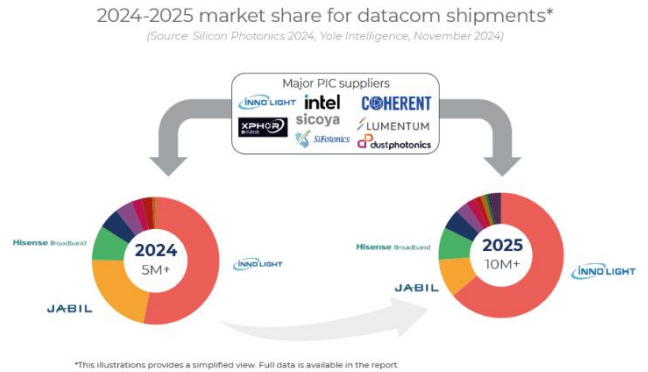
硅光市场规模持续提升，国内厂商在硅光领域取得显著进展。根据 Yole 的数据，2023 年，硅光芯片市场价值为 9500 万美元，预计到 2029 年将达到 8.63 亿美元，6 年 CAGR 为 45%。Yole 预计 2024 年中际旭创在硅光市场的份额位居第一，并在 2025 年持续提升硅光市场的份额。

图表31：硅光市场发展前景广阔



资料来源：C114 通信网，Yole，国联证券研究所

图表32：2024-2025 年硅光数通市场厂商份额



资料来源：C114 通信网，Yole，国联证券研究所

国内厂商推出硅光模块，引领硅光行业发展。2024 年 3 月光迅科技联合思科推出 1.6T OSFP-XD 硅光模块，以优异的裕度和效率实现了距离 500 米数据的传输。华工正源在美国 OFC2024 上展出搭载自研硅光芯片的 1.6T 高速硅光模块，采用自研单波 200G 硅光芯片，并兼容薄膜铌酸锂调制器和量子点激光器。

图表33：光迅科技 1.6T 硅光模块



资料来源：光迅科技公众号，国联证券研究所

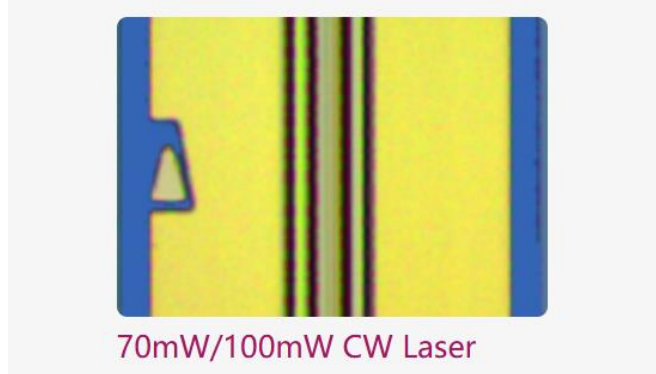
图表34：华工正源 1.6T-200G/λ 高速硅光模块方案



资料来源：华工科技微视界公众号，国联证券研究所

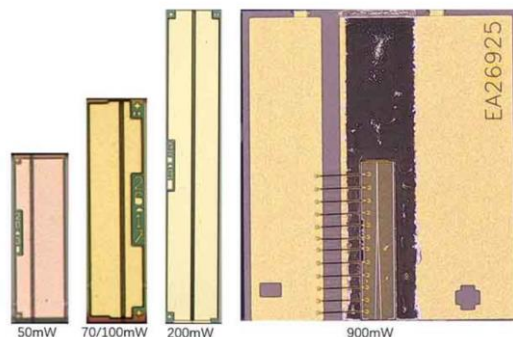
国内光芯片厂商纷纷布局 CW 激光器芯片。根据源杰科技公司公告，公司 2024 年第三季度已批量出货 CW 光源产品，目前主要以国内市场为主，同时积极拓展海外市场。根据仕佳光子 2024 年中报，公司 50mW、70mW CW DFB 光源实现批量销售；100mW、200mW CW DFB 光源实现小批量销售；900mW CW DFB 光源在客户送样中。

图表35：源杰科技 CW 硅光光源



资料来源：CIOE 官网，源杰科技，国联证券研究所

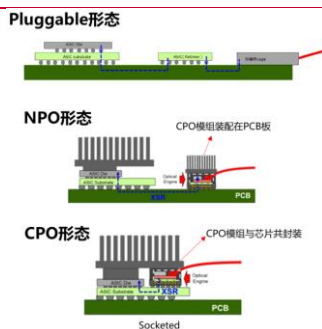
图表36：仕佳光子 CW 硅光光源



资料来源：CIOE 官网，仕佳光子，国联证券研究所

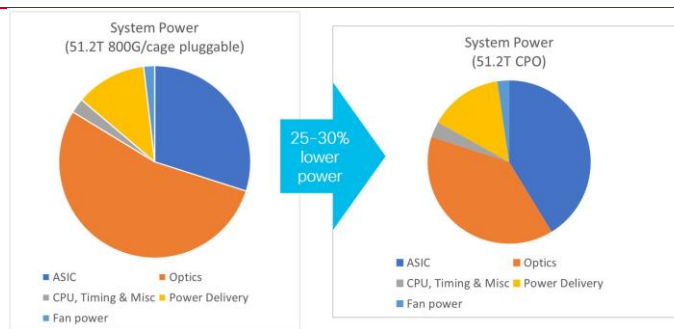
CP0(Co-packaged optics)是指把光引擎和交换芯片共同封装在一起的光电共封装，能够使得电信号在光引擎和芯片之间更快地传输，缩短了二者间的距离，有效减少尺寸、降低功耗、提高效率。根据 Cisco 统计，对比可插拔 (Pluggable) 方案，CP0 方案可使 51.2T 交换机总功耗降低高达 25%-30%。

图表37：CP0 共封装技术



资料来源：锐捷官网，国联证券研究所

图表38：从 Pluggable 到 CP0 的 51.2T 系统功耗降低

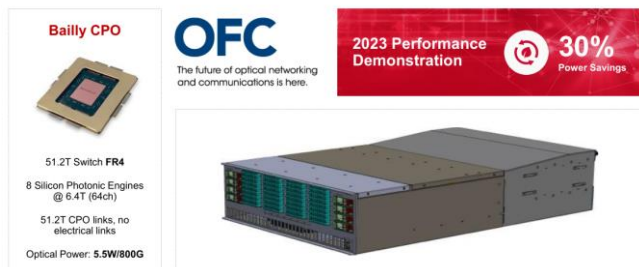


资料来源：Cisco Blogs，国联证券研究所

Cisco、Marvell 等行业内龙头企业均已推出 CP0 交换机。博通宣布已向客户成功交付了 51.2Tbps CP0 以太网交换机 Bailly。新华三全球首发了 800G CP0 硅光数据中心交换机，可以满足智算网络高吞吐、低时延、绿色节能的要求。

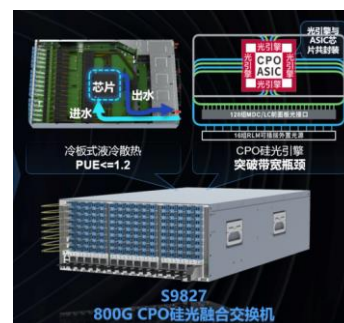
图表39: 博通 Bailly CPO 交换机

Tomahawk 5 – Bailly 51.2T CPO



资料来源:《TH5 51.2T Bailly CPO》博通, 国联证券研究所

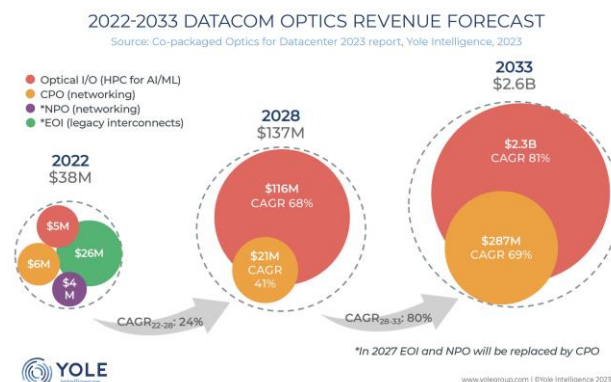
图表40: 新华三 800G CPO 硅光交换机



资料来源: 新华三官网, 国联证券研究所

CPO 的市场有望快速增长, 应用前景广阔。根据 Yole 预测, 2022 年 CPO 的市场规模为 600 万美元, 预计到 2028 年市场规模为 2100 万美元, 6 年 CAGR 为 23%; 预计到 2033 年市场规模为 2.87 亿美元, 从 2028 年到 2033 年的 5 年 CAGR 为 69%。

图表41: CPO 市场有望快速增长



资料来源: 讯石光通讯网, Yole, 国联证券研究所

2.3 多 DC 协同训练, DCI 需求有望高速增长

海外科技巨头积极布局多 DC 分布式训练。关于 AI 大模型训练在什么阶段需要 DCI 联接, 需要多少 DCI 带宽, 我们认为不同的互联网公司, 因为 IDC 资源不同、业务模型不同, 会有较大的配置差异。但是 Meta 和 Google 已经开始了多 DC 分布式训练, 其中 Google 的 Gemini 1 Ultra 就是通过多 DC 的分布式训练实现的。

图表42: Meta 的分布式训练架构

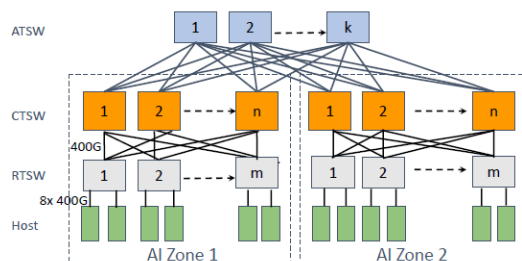
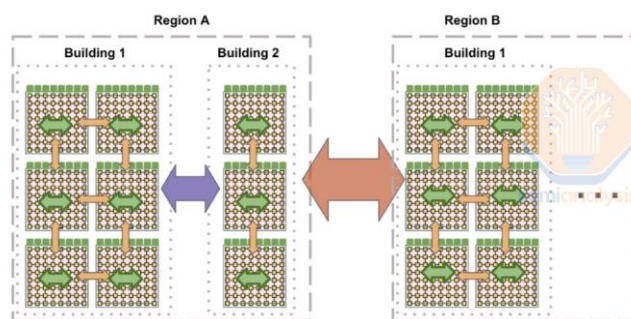


Figure 6: Backend Network Topology

资料来源:《RDMA over Ethernet for Distributed AI Training at Meta Scale》Adithya Gangidi 等, 国联证券研究所

图表43: Google 的大规模训练结构图



资料来源: semianalysis, Google, 国联证券研究所

AI 训练步入十万卡时代, 跨 DC 协同训练给网络带来挑战。(1) AI 训练对网络丢包的敏感度高, 即使是 0.1% 的丢包率也可能导致训练效率降低 50%。(2) 大象流会导致网络中的传统基于五元组的负载分担方法失效, 链路负载不均衡, 降低网络使用率。(3) 在万卡集群中, 业务高突发和高并发, 极端情况下流量瞬时并发可达上千 Tbps。

目前, 十公里的跨机楼并行训练算效损失可低于 5%, 具备可行性, 未来百公里级、千公里级的跨地域并行训练欲将损失控制在 10% 以下, 除需建设长距离超宽 DCI 网络之外, 还涉及模型切分策略、集合通信算法、无损网络技术。

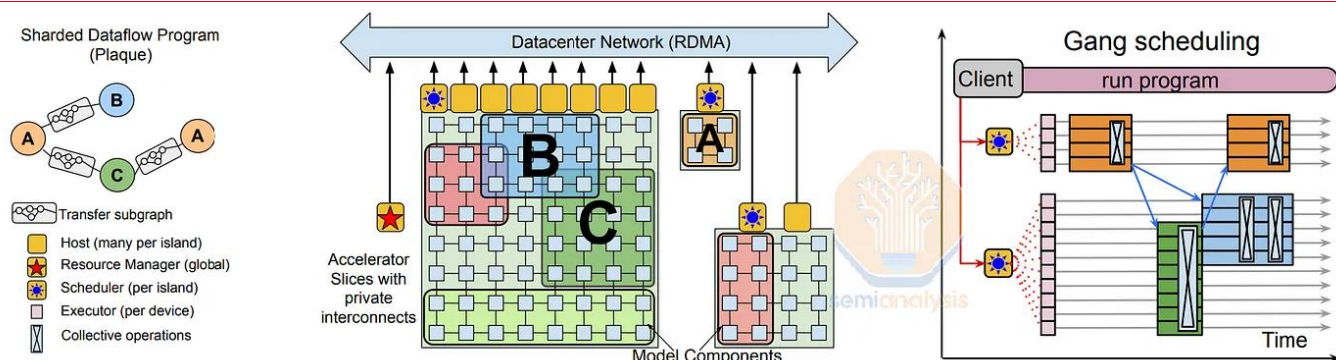
图表44: 跨 DC 协同训练给网络带来挑战



资料来源: 华为《迈向智能世界白皮书 2024》, 国联证券研究所

MegaScaler 为谷歌的训练保驾护航。为了实现多园区训练, Google 目前使用功能强大的分片工具 MegaScaler, 它能够使用 Pathways 的同步训练将一个园区内的多个 pod 和一个区域内的多个园区进行分区。在扩大单个训练工作负载所需的芯片数量时, MegaScaler 为 Google 在稳定性和可靠性方面提供了强大优势。

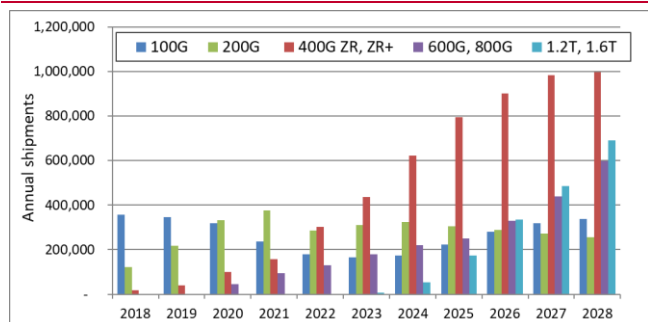
图表45：谷歌 Pathways 训练系统



资料来源：semianalysis, Google, 国联证券研究所

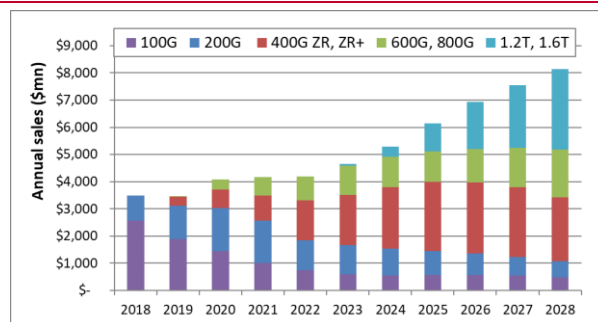
根据 LightCounting 的预测，2024-2028 年，400G ZR, ZR+, 600G、800G、1.2T、1.6T 的光模块保持增长，2023 年 400G ZR 的价格为 3230 美元，2024 年 800G ZR 的价格为 4800 美元。

图表46：全球 WDM 光模块出货量预测(件)



资料来源：LightCounting, 国联证券研究所

图表47：全球 WDM 光模块市场规模预测（百万美元）

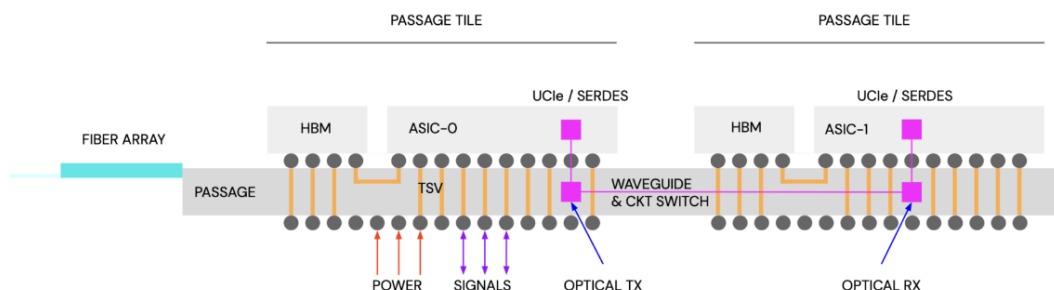


资料来源：LightCounting, 国联证券研究所

2.40CS 之后，全光交换机有望再次破局发展

2024 年 7 月份，英伟达副总裁 Simona Jankowski 加盟芯片初创公司 Lightmatter 任首席财务官。近期 Lightmatter 以 44 亿美元的估值，完成 D 轮 4 亿美元的融资，其 Passage 光互联网产品对 AI 算力网络的重要性得到了市场的高度重视。Lightmatter 的技术利用波导 (wave guide) 而非光纤在一个大的芯片间为各个不同种类的计算核心互连并传输数据，这提供了极高的并行互连带宽。

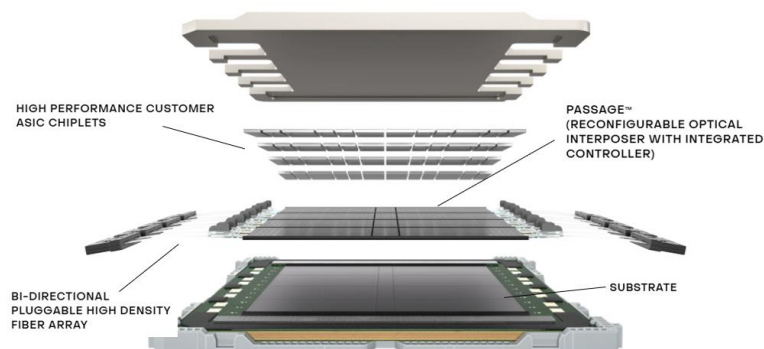
图表48: Lightmatter PASSAGE 架构



资料来源: nextplatform 官网, 国联证券研究所

Passage 把光学器件、波导都集成到芯片本身, 可以在单根光纤的空间内安装 40 根波导。它提供的高带宽 I/O 可以在单个 3D 封装中互连高性能的 CPU、GPU、FPGA、DRAM 和 ASIC。在板卡级别的互连中, 它使用光纤, 可以让更多的计算节点互连在一起。这一整套技术推动芯片内和芯片间的 I/O 带宽在未来几年实现超过 10 倍甚至 100 倍的增长。

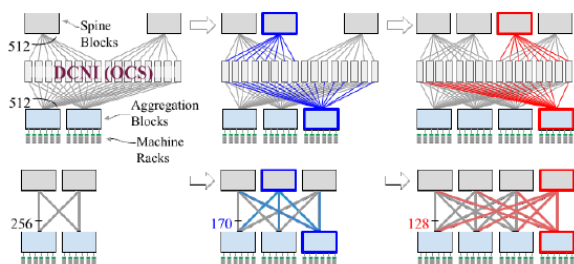
图表49: Lightmatter 的 PASSAGE 全光交换方案



资料来源: Lightmatter 官网, 国联证券研究所

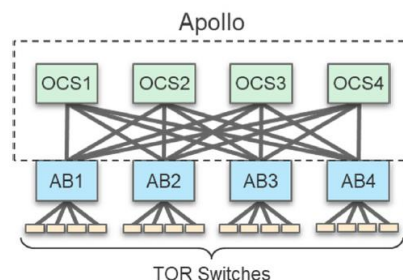
Google 也是最早把 OCS 交换机规模引用的互联网企业。为了解决不同代际的网络基础设施灵活互联的问题, 在 Jupiter 网络架构中引入了 MEMS 型光开关 (Optical Circuit Switch, 简称 OCS) 全光交换机应用。OFC2023 上, 谷歌详细介绍了其全新内部项目 Apollo, 直接将 SP 层的 EPS 替换为 OCS, 减少了网络中光电转换环节。

图表50: Google 的 Jupiter 网路架构和 OCS 交换机



资料来源: Google 《Jupiter Evolving: Transforming Google's Datacenter Network via Optical Circuit Switches》, 国联证券研究所

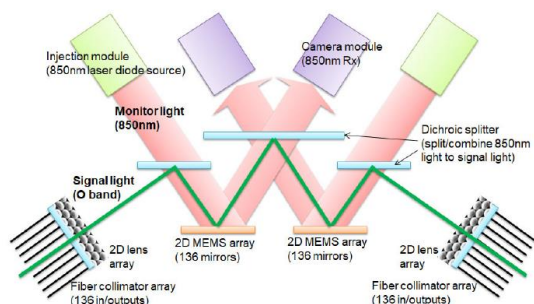
图表51: Google 的 Apollo 网路架构和 OCS 交换机



资料来源: Google 《Mission Apollo: Landing Optical Circuit Switching at Datacenter Scale》, 国联证券研究所

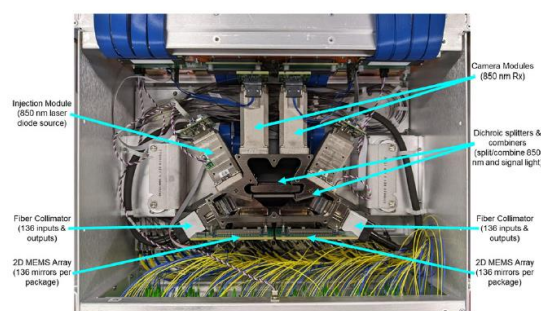
Google 的 OCS 内部结构的输入输出为两个光纤准直器阵列 (fiber collimator array), 光纤准直器包括光纤阵列和微透镜阵列, 输入输出均为 136 个通道。光通过光纤进入到 OCS 系统后, 先后经过两个 2D 的 MEMS 阵列, 每个 MEMS 阵列含有 136 个平面镜, 用于精确调节光的传播方向。此外, 系统中还包含两个监控通道, 监控通道使用 850nm 波长的光。

图表52: Google OCS 交换机内部结构原理图



资料来源: Google 《Mission Apollo: Landing Optical Circuit Switching at Datacenter Scale》, 国联证券研究所

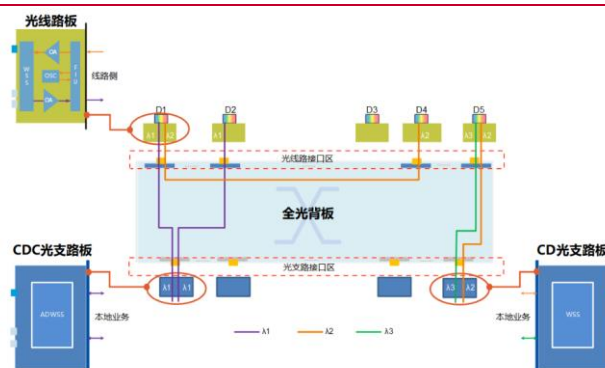
图表53: Google OCS 交换机内部结构图



资料来源: Google 《Mission Apollo: Landing Optical Circuit Switching at Datacenter Scale》, 国联证券研究所

OXC (Optical Cross Connect) 基于集成式互连全光交换理念, 是一种更为灵活的全光交换调度方式。相比传统 ROADM 基于分离板件+板间跳纤的光交换方式, OXC 采用集成式互连构建全光交换资源池, 由全光背板、光支路板和光线路板组成, 实现高集成度、“0”跳纤的全光交换, 避免人为跳纤操作失误, 提升大颗粒业务的交换效率。

图表54: OXC 系统架构图



资料来源：华为官网，国联证券研究所

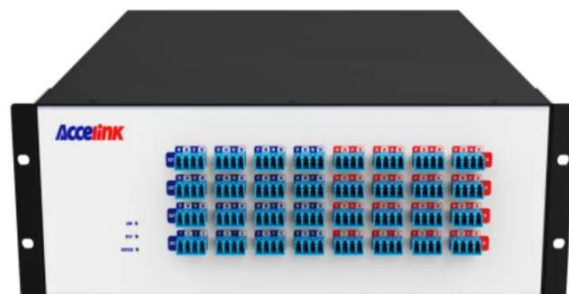
国内厂商前瞻布局全光交换机。华为推出数据中心全光交换机 Huawei OptiXtrans DC808，该全光交换机支持 256*256 无阻塞全光交换，超高集成度（6U 高）、超低功耗（整机小于 200W）、超高可靠，预计将于 2025 年正式商用。光迅科技在 OFC 2024 推出 MEMS 系列最新产品 OCS，产品可支持最高 400×400 端口，采取全光透明传输。

图表55: 华为 DC808 数据中心全光交换机



资料来源：华为官网，国联证券研究所

图表56: 光迅科技 OCS 全光交换机



资料来源：光迅科技公众号，国联证券研究所

海外厂商争相发布全光交换机。在 2024 年 3 月的圣地亚哥 OFC 上，Coherent（高意）展示了基于 DLX 技术的 300 端口 x300 端口光交换机，预计将于 2025 年开始大规模发货；HUBER+SUHNER 通信公司展示了全光交换机产品 POLATIS 576。576x576 无阻塞光纤端口矩阵使运营商能够在网络安全和网络监控、测试实验室自动化和数据中心交叉连接等应用中以紧凑的外形将更多的光纤远程连接在一起。

图表57: Coherent 的 DLX 全光交换机



- 300x300 port DLX™ OCS
- Ultrareliable digital liquid-crystal technology
- A realization of Coherent's vertical integration in advanced optics and electronics manufacturing
- Optimized for artificial intelligence data center deployments

Figure 1. Coherent Datacenter Lightwave Cross-Connect (DLX™).

资料来源: Coherent 官网, 国联证券研究所

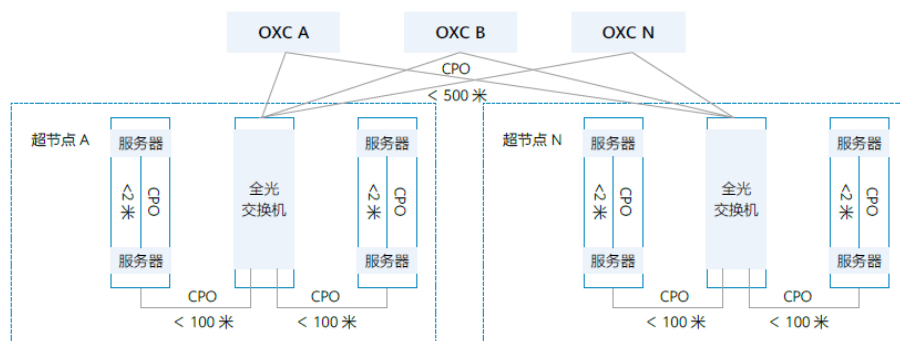
图表58: POLATIS® 576 OCS 交换机



资料来源: HUBER+SUHNER 官网, 国联证券研究所

华为在《智能世界 2023》白皮书中指出: AGI 时代, 数据中心的能耗将达 GW 级, 需要提升数据中心的能效; 在总线互连层面, 基于高速总线的超节点架构和资源池化提升算力效率; 在 DCN 层面, 芯片出光、OXC 光交换技术的应用有望实现全光 DCN, 结合 3D Fullmesh/Dragonfly/Torus 等新型网络拓扑创新可减少 50%以上光模块的成本和能耗; 广域超宽无损 DCI 能力的突破, 支持千公里级跨域并行训练, 在区域电网容量约束下, 实现跨域训练成为可选方案之一。

图表59: 华为的全光 DCN 网络架构



资料来源: 华为《智能世界 2030》、国联证券研究所

3. 国产算力久久为功, 关注国产化和算力基建

3.1 国产算力有望逐步实现自主可控

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60：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地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

中国科技产业迎难而上，寻求新的发展机会。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61：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62：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

华为积极打造国产算力生态圈，拓展合作伙伴数量。截至 2024 年 12 月，华为共有 14 家昇腾整机合作伙伴。

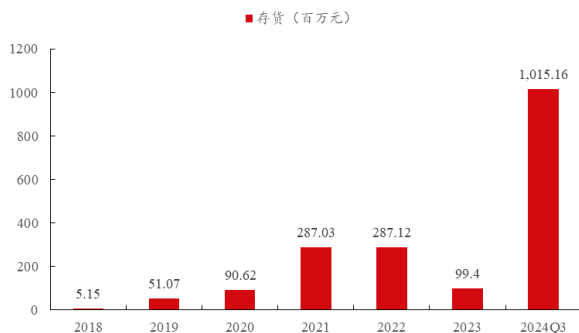
图表63：华为昇腾整机合作伙伴



资料来源：昇腾社区，国联证券研究所

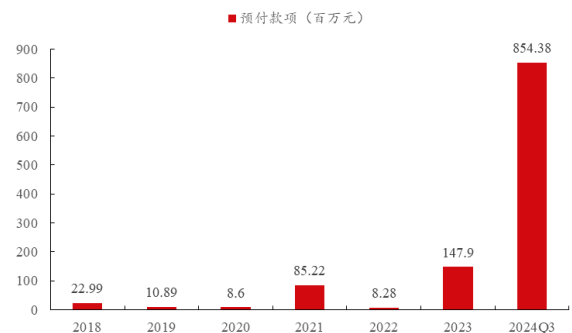
除华为之外，国内的寒武纪、景嘉微、海光信息、昆仑芯等其他芯片厂商也在持续推进国产算力的自主研发，全力保障国内 AI 大模型的快速发展。我们从寒武纪 2024 年 Q3 的存货和预付款项也能看出国产算力正在发生积极的变化，2024Q3，寒武纪存货为 10.15 亿元，预付款项为 8.54 亿元，与 2023 年底对比，二者均大幅增加。

图表64：寒武纪历年存货情况



资料来源：wind，国联证券研究所

图表65：寒武纪历年预付款项情况



资料来源：wind，国联证券研究所

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66：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

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，昆仑技术以 21.05% 的份额获得第一。

图表67：中国移动 2024-2025 新型智算中心集采

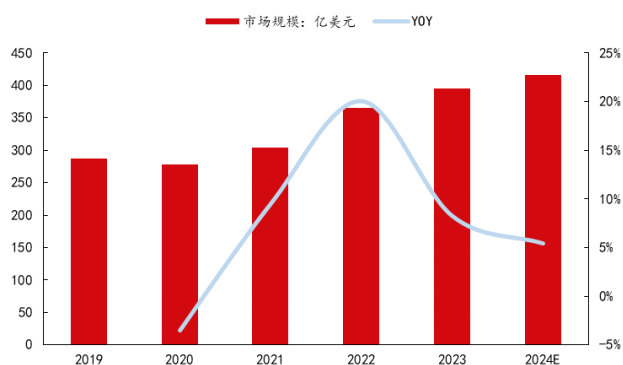
标包	中标人	中标份额
特定场景 AI 训练服务器	河南昆仑技术有限公司	21.05%
	四川华鲲振宇智能科技有限责任公司	17.54%
	宝德计算机系统股份有限公司	15.79%
	百信信息技术有限公司	14.04%
	武汉长江计算科技有限公司	12.28%
	神州鲲泰(厦门)信息技术有限公司	10.53%
	湖南湘江鲲鹏信息科技有限责任公司	8.77%

资料来源：C114 通信网，国联证券研究所

3.2 交换芯片和光芯片替代空间广阔

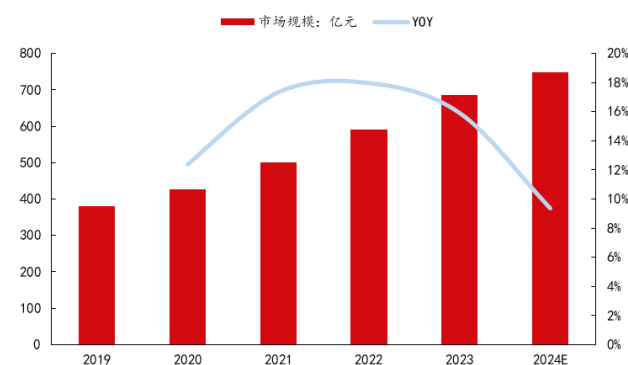
在 AI 和数字化转型的推动下，交换机市场稳步增长。根据中商产业研究院数据，2023 年全球交换机市场为 395.06 亿美元，2024 年预计将达到 416.44 亿美元，同比增长 5.41%；2023 年国内市场为 685 亿元，2024 年预计增至 749 亿元，同比增长 9.34%。

图表68：2019-2024 年全球交换机市场规模及增速



资料来源：中商产业研究院，国联证券研究所

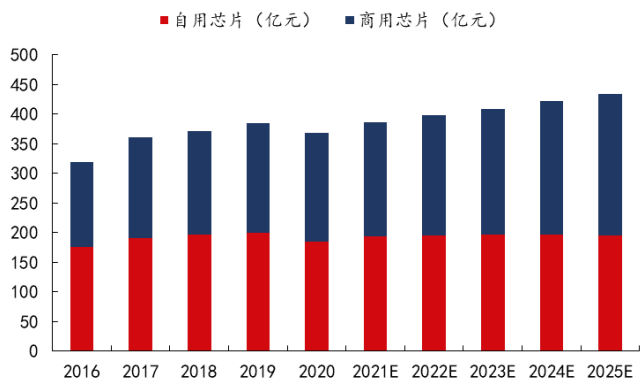
图表69：2019-2024 年国内交换机市场规模及增速



资料来源：中商产业研究院，国联证券研究所

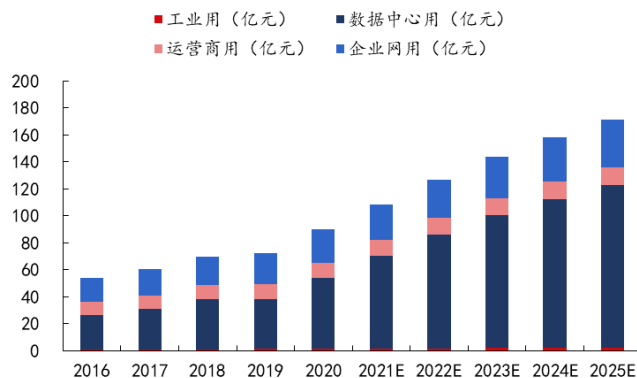
以太网交换芯片是交换机的核心部件，决定了以太网交换机的功能、性能和综合应用处理能力，用于交换处理大量数据及报文转发。根据盛科通信招股说明书披露，灼识咨询预测全球商用以太网交换芯片市场 2020-2025 年 CAGR 为 5.3%，增速高于全球自用以太网交换芯片。数据中心网络所用交换芯片有望成为未来中国商用交换芯片增长的主要驱动力，到 2025 年数据中心用交换芯片规模占比有望达到 70.2%。

图表70：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

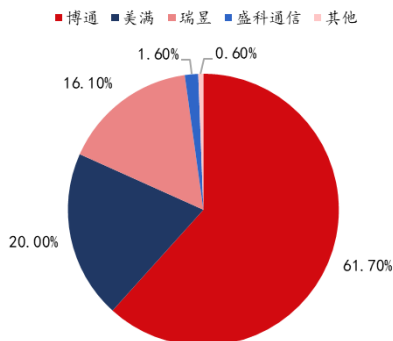
图表71：中国商用交换芯片各应用场景市场规模



资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，国联证券研究所

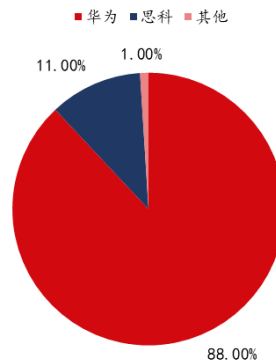
交换芯片技术门槛较高，行业呈现寡头垄断。2020 年中国商用交换芯片市场格局：博通、美满和瑞昱分别以 61.7%、20.0%和 16.1%的市占率排名前三位，盛科通信的排名第四，占据 1.60%的市场份额，在国产厂商中排名第一。2020 年中国自用交换芯片市场格局：主要参与者是华为和思科，分别以 88%和 11%的市场份额排名前两位。

图表72：2020 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

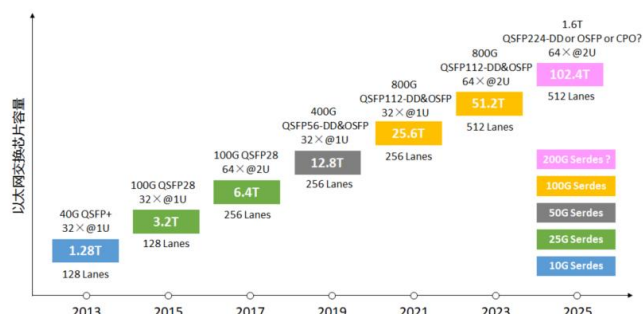
图表73：2020 年中国自用交换芯片市场竞争格局（以销售额计）



资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，国联证券研究所

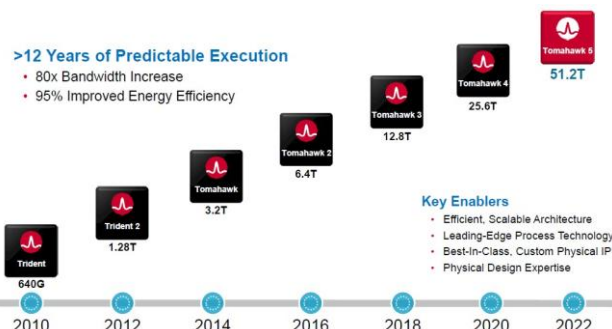
数据中心交换芯片容量持续演进提升，博通于 2022 年 8 月推出 Tomahawk5 交换芯片，交换容量达到 51.2Tbps，为 800G 交换机升级奠定基础。

图表74：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75：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，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。

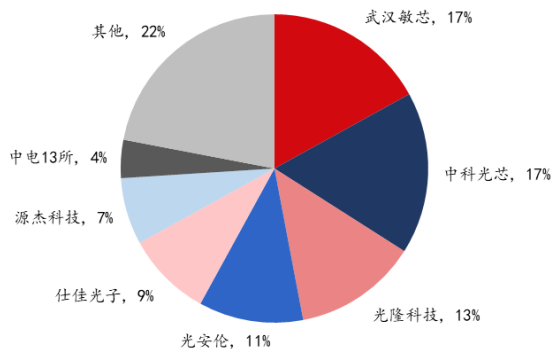
图表76：国产交换芯片与海外产品的性能对比

	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
	思科	G200	51.2	800
国内	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

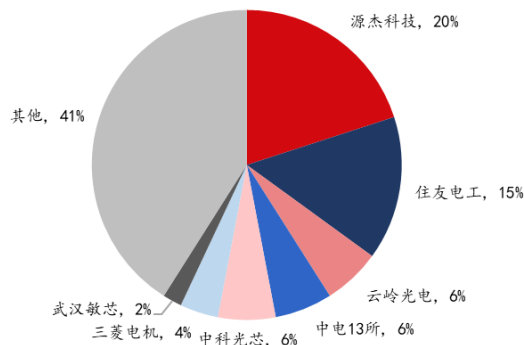
根据 ICC 预测，2021 年 2.5G 及以下国产光芯片占全球比重超过 90%，10G 光芯片方面国产光芯片占全球比重约 60%，国产光芯片在低端市场展现出来较强的竞争优势。

图表77：2021 年全球 2.5G 及以下 DFB/FP 激光器芯片市场份额



资料来源：ICG，源杰科技招股说明书，国联证券研究所

图表78：2021 年全球 10G DFB 激光器芯片市场份额



资料来源：ICG，源杰科技招股说明书，国联证券研究所

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79：25G 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	
224G PAM4	EML	1310nm	短距离（500m 以内）400G/800G/1.6T
56G PAM4	VCSEL	850nm	
112G PAM4	VCSEL	850nm	
CW-DFB	1270-1330nm 大功率激光器		硅光、薄膜铌酸锂、LPO 光模块

资料来源：国联证券研究所整理

国内光芯片公司以国产替代为目标，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80：国产光芯片进展

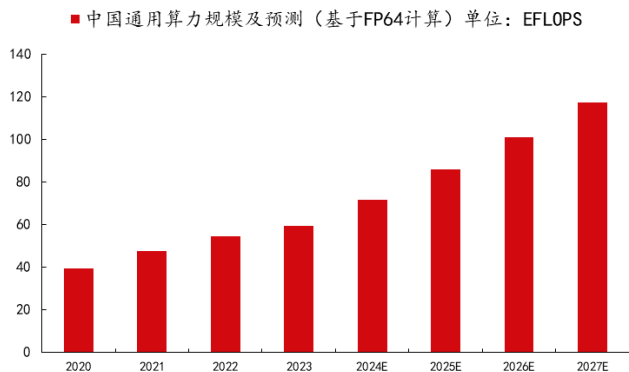
公司名称	产品	产品进展
源杰科技	100G EML	完成产品研发与设计定型，并在客户端送样测试
源杰科技	200G EML	初步完成 200G PAM4 EML 的性能研发及厂内测试，正持续优化中
源杰科技	70mW CW 光源	在部分客户通过测试，初步开始批量交付
仕佳光子	硅光配套高功率 CW DFB 光源	实现商温 50mW、70mW、100mW、200mW、900mW 等功率输出，目前正在客户端可靠性验证中，并已实现小批量销售。
光库科技	800G 及以上的薄膜铌酸锂调制器	正在开发中
铌奥光电	单波 400G 薄膜铌酸锂芯片	Live Demo 参展 CIOE

资料来源：各公司公告，铌奥光电公众号，国联证券研究所

3.3AIDC 有望快速发展，液冷技术优势显著

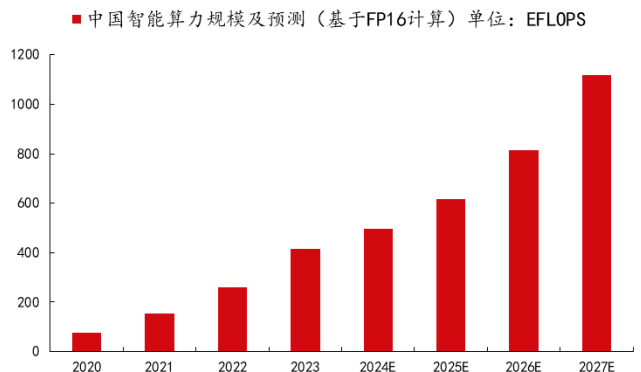
生成式 AI 助推智算需求增长。AI 大模型的蓬勃发展推动算力需求不断增长，根据 IDC 数据，预计 2027 年，中国通用算力规模达到 117 EFLOPS，2024-2027 年 CAGR 为 18%；2027 年中国智能算力规模达到 1117 EFLOPS，2024-2027 年 CAGR 为 31%。

图表81：2020-2027 年中国通用算力规模及预测



资料来源：IDC《2023-2024 年中国人工智能算力发展评估报告》，国联证券研究所

图表82：2020-2027 年中国智能算力规模及预测



资料来源：IDC《2023-2024 年中国人工智能算力发展评估报告》，国联证券研究所

IDC 行业的需求向“集群化数据中心+智算中心”转变。根据中国数据中心产业发展白皮书，中国数据中心依次经历四个阶段：网络中心阶段（2000 年以前）、IT 中心阶段（2000-2010 年）、云中心阶段（2011-2020 年）和算力中心阶段（2021 年至今）。在算力中心阶段，需求呈现向“超大型 IDC+智能计算数据中心”转变。

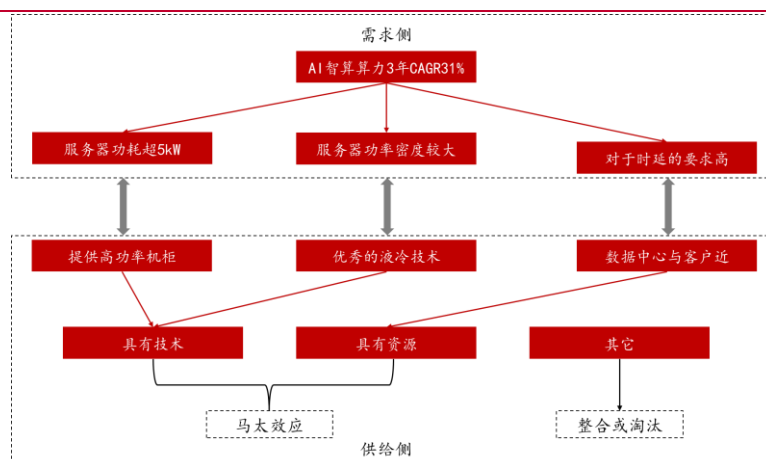
图表83：中国 IDC 业务市场规模进入算力中心阶段(亿元)



资料来源：中国通服数字基建产业研究院《中国数据中心产业发展白皮书（2023年）》，国联证券研究所

供需错配增强 IDC 行业马太效应，资源向头部公司集中。 IDC 行业供给侧过剩集中于传统通算场景，新型智算需求尚未得到有效满足。AI 服务器具有功耗高，发热量大的特点；只有满足配备高功率机柜、具有液冷技术的数据中心才能满足智算需求。

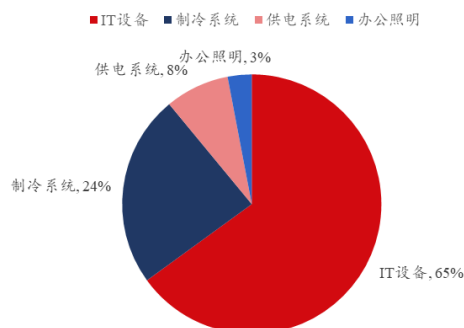
图表84：供需错配带来 IDC 行业马太效应逻辑图



资料来源：国联证券研究所整理

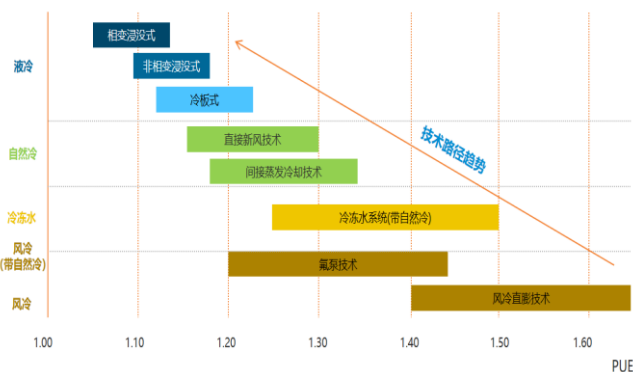
降低制冷系统能耗能够极大的促进数据中心 PUE 的降低。算力的持续增加，意味着硬件部分的能耗也在持续提升；在保证算力运转的前提下，只有通过降低数据中心辅助能源的消耗，才能达成节能目标下的 PUE 要求。制冷系统占比达到 24%，是数据中心辅助能源中占比最高的部分。为了降低制冷系统电能消耗，行业内对数据中心制冷技术进行了持续的创新和探索，液冷则利用液体的高导热、高传热特性，在进一步缩短传热路径的同时充分利用自然冷源，实现了 PUE 小于 1.25 的节能效果。

图表85：典型数据中心能耗占比



资料来源：《中兴通讯液冷技术白皮书》，国联证券研究所

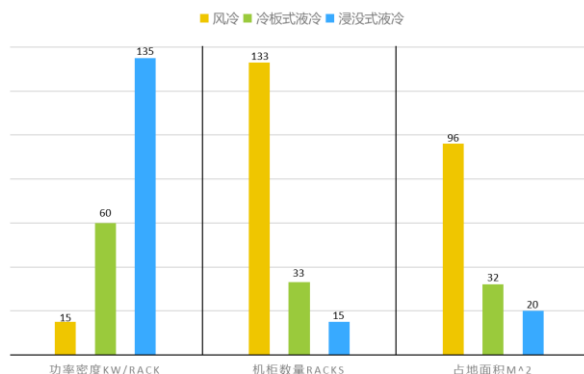
图表86：数据中心制冷技术对应 PUE 范围



资料来源：《中兴通讯液冷技术白皮书》，国联证券研究所

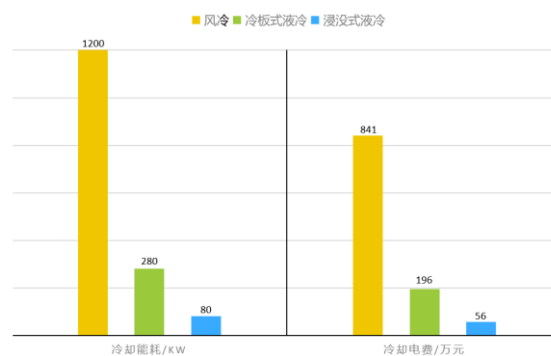
相较于传统风冷技术，液冷技术具有低能耗、高散热、低噪声、低 TCO 的优势。冷技术具有极佳的节能效果，液冷数据中心 PUE 可降至 1.2 以下，每年可节省大量电费，能够极大地降低数据中心运行成本。相比于传统风冷，液冷散热技术的应用虽然会增加一定的初期投资，但可通过降低运行成本回收投资。

图表87：液冷同比风冷散热能力（2MW 机房）



资料来源：《中兴通讯液冷技术白皮书》，国联证券研究所

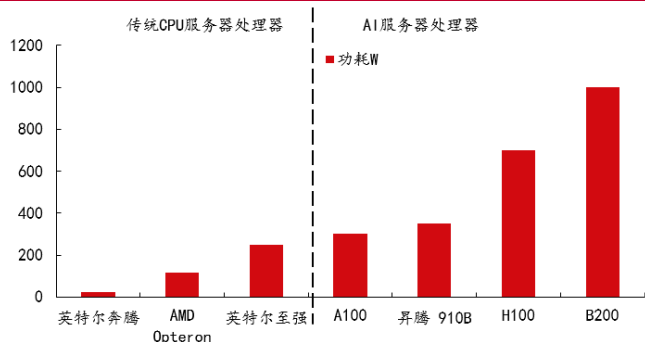
图表88：液冷同比风冷每年收益（2MW 机房）



资料来源：《中兴通讯液冷技术白皮书》，国联证券研究所

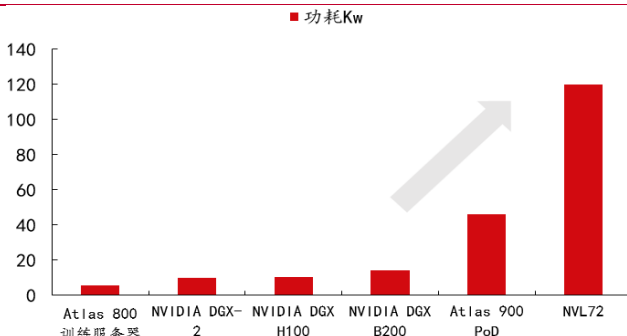
在大模型客户对于智能算力需求不断增加的背景下，AI 处理器较传统处理器功耗大幅提升。华为 Atlas 800 AI 服务器最大功耗为 5.6kW，Atlas 900 PoD 最大功耗为 46kW；2024 年 GTC 大会上英伟达发布的 NVL72 服务器功耗预计达到 120kW。

图表89：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

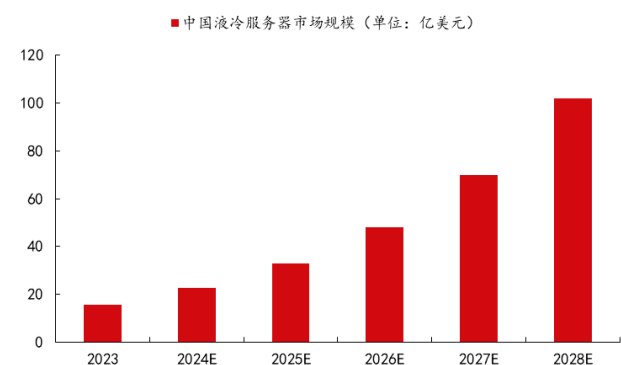
图表90：AI服务器功耗迅速上升



资料来源：华为官网、英伟达官网，国联证券研究所

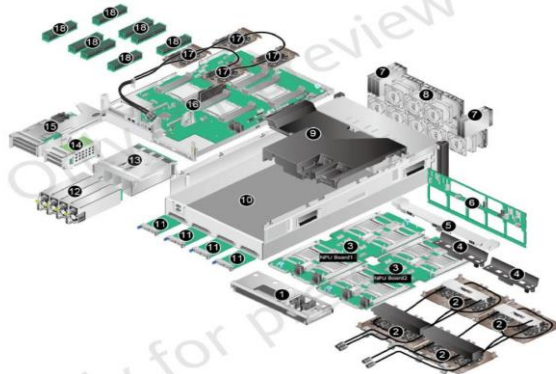
AI服务器IT设备功耗提升，液冷技术价值量不断提升。从市场角度看，根据IDC数据，2023 全年中国液冷服务器市场规模达到 15.5 亿美元，2028 年市场规模有望达到 102 亿美元。从技术角度看，华为 Atlas 800 服务器已经完成液冷设计及配置，搭配 8 块液冷散热器，有效保证 AI 服务器操作温度。

图表91：2023-2028 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92：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

4. 发射能力加速提升，卫星出海迎新机遇

4.1 Starlink 瞄准全球市场

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 12 月 14 日，星链卫星总数已达 7542 颗。

图表93: Starlink 4.2 万颗卫星部署计划

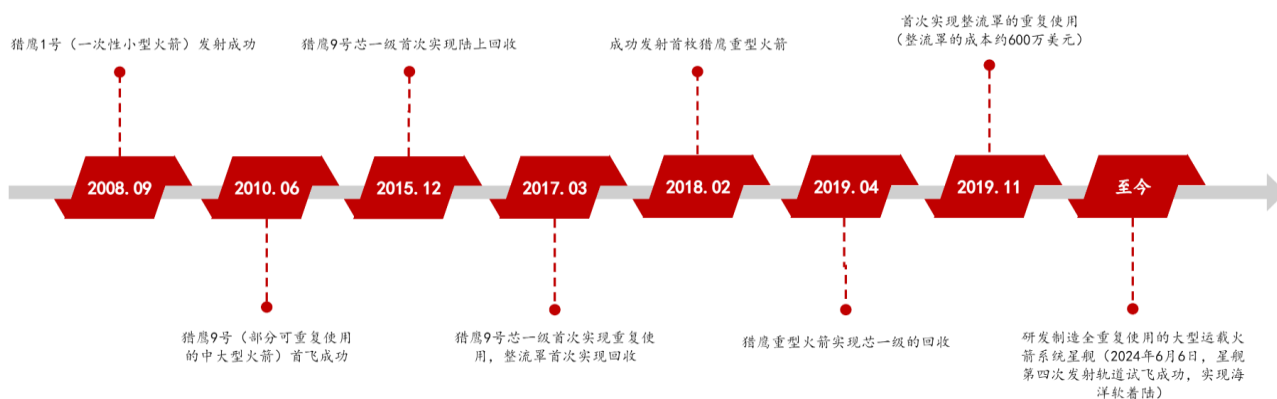
轨道分层	轨道高度	卫星数量	轨道倾角	通信频段	建设 50%节点	建设完成节点
低轨层	550km	1584	53.0°	Ku/Ka/V	2024 年 3 月	2027 年 3 月
	540km	1584	53.2°	Ku/Ka/V		
	570km	720	70.0°	Ku/Ka/V		
	560km	520	97.6°	Ku/Ka/V		
极低轨层	335.9km	2493	42.0°	V	2024 年 11 月	2027 年 11 月
	340.8km	2478	48.0°	V		
	345.6km	2547	53.0°	V		
补充提交	328-580km	30000	35-81°		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

注：还有 1 颗星为低轨层备用卫星，未统计在内

SpaceX 拟实现火箭的全重复使用，发射成本将实现数量级的下降。首先，研发制造一次性小型火箭猎鹰 1 号；其次，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；最后，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，大大降低发射成本。

图表94: 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”的演进能力提升 Starlink 经济性，降低卫星发射成本。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，发射次数分别占全球和美国的 43% 和 83%。据艾瑞咨询统计，其平均发射成本仅占俄罗斯联盟号火箭平均发射成本的 15%。

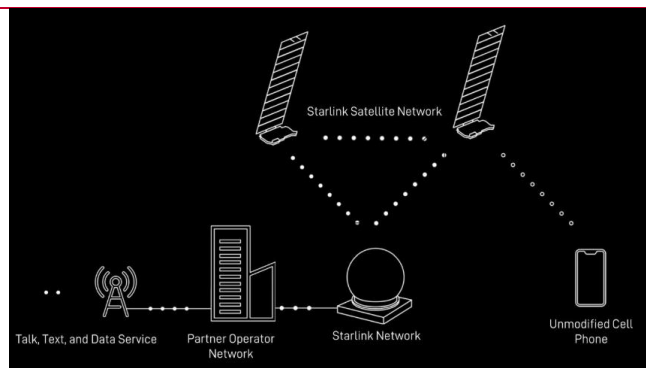
图表95: Iridium Next、OneWeb、Starlink 发射成本对比

	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

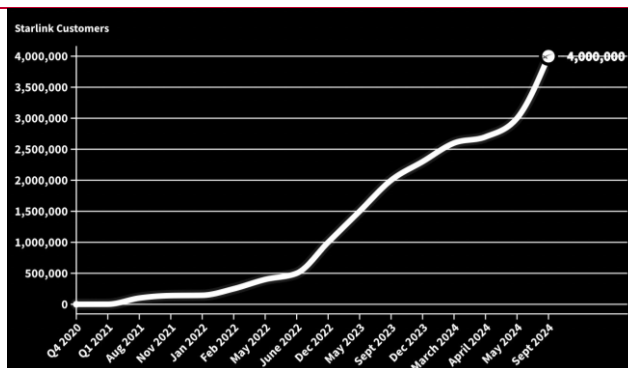
Starlink 聚焦全球市场, 已成功实现商业模式闭环。2024 年 9 月, Starlink 宣称其在近 100 个国家和地区市场的用户数已突破 400 万, 相比 2024 年 5 月增长约 100 万。公司业务主要面向 C 端用户, 采用终端 (599 美元/台) + 流量套餐 (基础 120 美元/月) 的收费方式。2024 年 5 月, 航天研究咨询机构 Quilty Space 称 Starlink 在 2024 年有望实现 66 亿美元的收入, 同比增长 80%。用户数量增长或将推动 Starlink 从 2023 年的大幅亏损转为盈利。

图表96: 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97: Starlink 用户数增长情况



资料来源: X 平台, 国联证券研究所

4.2 中国积极布局卫星通信网络

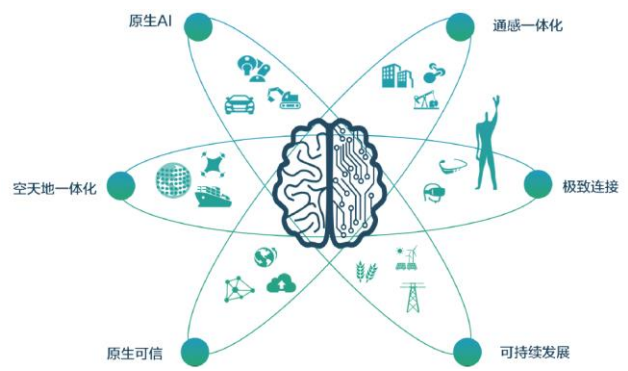
卫星互联网未来与地面网络加速融合, 呈现“空天地一体”布局。低轨卫星将会成为 6G 的重要组成部分, 6G 将整合地面和非地面网络, 给未覆盖网络的区域提供信号。

图表98：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99：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

轨道频谱资源稀缺性强，中国积极布局卫星通信网络。地球近地轨道可容纳约 6 万颗卫星，且根据国际电信联盟的规定，卫星频率及轨道使用权采用“先登先占”规则。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万颗以上的巨型星座，鸿擎科技向 ITU 提交了 HONGHU-3（鸿鹄三号）的星座计划，其将在 160 个轨道平面上发射 1 万颗卫星。

图表100：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

卫星互联网应用已逐步实现验证。2023 年 9 月，华为发布首款支持卫星通话的智能手机 Mate60 Pro。2024 年 5 月，银河航天在泰国建成了试验星座“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101: 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

4.3 火箭发射能力提升, 助力卫星加速出海

长征十二号火箭成功首飞, 华为 Mate 70 系列全球首发卫星寻呼功能。11 月 30 日, 长征十二号运载火箭顺利将卫星互联网技术试验卫星、技术试验卫星 03 星送入预定轨道。长征十二号火箭全长约 62 米, 采用二级构型设计, 是我国首型 4 米级运载火箭, 也是目前我国运载能力最大的单芯级运载火箭, 近地轨道运载能力不少于 12 吨、700 公里太阳同步轨道运载能力不少于 6 吨。

11 月 26 日, 华为发布 Mate70 系列, 该产品支持 120 度的超广卫星角度, 在没有地面网络信号覆盖也能随时接听电话, 实现卫星寻呼, 有呼必应, 一次连星, 持续在线。

图表102: 长征十二号火箭成功首飞



资料来源: 人民日报公众号, 国联证券研究所

图表103: 华为持续引领手机卫星通信技术



资料来源: 贵阳市北斗卫星应用产业协会公众号, 国联证券研究所

恒信卫星互联网服务计划将于 2026 年在巴西正式商用。11 月 20 日, G20 巴西峰会闭幕翌日, 上海恒信卫星科技有限公司与国有的巴西电信公司正式签署合作备忘录, 恒信卫星将为巴西提供卫星通信服务, 实现对巴西偏远和网络不发达地区的宽带互联网接入, 推动巴西国家数字包容公共政策执行落地。

图表104：垣信卫星和巴西电信签约仪式



资料来源：垣信公众号，国联证券研究所

5. 投资建议：关注 AI 产业链、运营商和卫星投资机遇

5.1 聚焦光通信核心标的

AI 拉动高速光模块出货，北美产业链持续受益，头部厂商仍然具有较强的竞争优势，产品的研发和交付能力依然会主导光模块行业的竞争格局。硅光的渗透率逐步提升，降低成本和功耗。建议关注：中际旭创、天孚通信、新易盛、源杰科技、仕佳光子。

5.2 高度重视 DCI 和 ADIC 的发展

海外科技巨头积极布局多 DC 分布式训练，AI 算力部署对网络的需求正在向 DCI 场景扩散，有望带动 DCI 市场的高速增长，与此同时 AIDC 市场需求有望持续高增。建议关注：德科立、光迅科技、中兴通讯、烽火通信、润泽科技。

5.3 重视运营商盈利水平的提升

5G 大规模建设时期已过，资本开支有望逐年下降，运营商放弃价格战转而追求高质量发展，经营情况稳定，盈利能力逐步提升。运营商高度重视股东回报，持续提升公司分红比例，投资价值日益凸显。建议关注运营商：中国移动、中国电信、中国联通。

5.4 关注卫星互联网产业发展

卫星互联网产业蓬勃发展，未来有望与 5G/6G 加速融合。中国正积极抢占频率轨道资

源，稳步推进卫星通信网络部署。此外，卫星出海将迎新机遇。建议关注：海格通信。

6. 风险提示

AI 应用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。

运营商市场竞争加剧风险。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。

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，北交所市场以北证 50 指数为基准；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性指数涨幅大于 10%
		增持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在 5%~10%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-5%~5%之间
		卖出	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于-5%
	行业评级	强于大市	相对表现优于同期相关证券市场代表性指数
		中性	相对表现与同期相关证券市场代表性指数持平
		弱于大市	相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数

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。

法律主体声明

本报告由国联证券股份有限公司或其关联机构制作，国联证券股份有限公司及其关联机构以下统称为“国联证券”。本报告的分销依据不同国家、地区的法律、法规和监管要求由国联证券于该国家或地区的具有相关合法合规经营资质的子公司/经营机构完成。

国联证券股份有限公司具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，接受中国证监会监管，负责本报告于中国（港澳台地区除外）的分销。

国联证券国际金融有限公司具备香港证监会批复的就证券提供意见（4 号牌照）的牌照，接受香港证监会监管，负责本报告于中国香港地区的分销。

本报告署名研究人员所持中国证券业协会注册分析师资质信息和香港证监会批复的牌照信息已于署名研究人员姓名处披露。

权益披露

国联证券国际金融有限公司跟本研究报告所述公司在过去 12 个月内并没有任何投资银行业务关系，且雇员或其关联人士没有担任本报告中提及的公司或发行人的高级人员。

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由私自翻版、复制、转载、刊登和引用者承担。

联系我们

北京：北京市东城区安外大街 208 号玖安广场 A 座 4 层

无锡：江苏省无锡市金融一街 8 号国联金融大厦 16 楼

上海：上海市虹口区杨树浦路 188 号星立方大厦 8 层

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