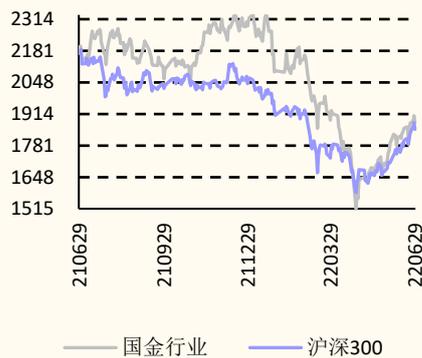


市场数据(人民币)

市场优化平均市盈率	18.90
国金通信指数	1879
沪深 300 指数	4421
上证指数	3362
深证成指	12697
中小板综指	12810



相关报告

- 1.《掘金万物互联-22H1 物联网全产业链数据扫描-国金通信物联网...》，2022.6.16
- 2.《通信行业下半年策略：关注新基建和高成长-国金通信-2022H...》，2022.6.7
- 3.《通信产业价值分布向新一代 ICT 产业链转移-通信行业 21 年年报...》，2022.5.3
- 4.《华为智能电动的布局 and 启示-国金通信行业深度报告》，2021.12.31
- 5.《通信行业的投资机遇在新一代 ICT 产业链-国金通信 2022 年度...》，2021.12.27

罗露

分析师 SAC 执业编号: S1130520020003
luolu@gjzq.com.cn

金晶

联系人
jinjing@gjzq.com.cn

元宇宙时代 ICT 基础设施投资展望

投资建议

- **行业策略:** 虽然元宇宙的商业模式仍在探索之中,但基于计算和传输的新一代 ICT 商业基础设施投资机会已经显现。海量的数据计算、传输需求,将带来算力和网络的迭代升级,在 5/6G 网络、云计算、边缘计算、计算机视觉、机器学习、传感技术、区块链等领域带来广泛的技术迭代机会。
- **推荐组合:** 中国移动(运营商)、中兴通讯(通信设备)、浪潮信息(服务器)、中际旭创(光模块)、乐鑫科技(WiFi 6)

行业观点

- **元宇宙的发展必须强化及重塑 ICT 基础设施,海量的数据计算、传输需求,将带来算力和网络的迭代升级。**从 PC 互联网到移动互联网,新型交互终端的出现,是移动互联网向元宇宙延伸的拐点。2020 年 VR/AR 设备出货量超千万台,迎来行业发展奇点。参考智能手机和平板电脑发展历程,XR 终端处于大规模量产前夕。据华为预测,2025 年 AR 的市场空间将达到 3000 亿美元。据 IDC,中国元宇宙相关 IT 支出将在 2025 年达到近 2000 亿美元,21-25 年复合增长率将达到 20.2%。参考 ICT 产业链结构,我们将元宇宙分解为终端、承载、使能、计算和内容五个层面,其中,沉浸式的内容应用依靠强大的算力和网络基础设施作为支撑。元宇宙时代,消费品呈现虚实相生的趋势,未来更多产品将形成虚拟化、数字化和实体化紧密结合的形态。短期看,元宇宙是在 5G、AI、区块链等技术及新型终端的支持下,带来更加沉浸的人机交互体验;长期看,则是为现实世界的物理场景构建虚拟世界的数字版本,从交互和连接层面大幅提升各行业生产效率。
- **围绕人工智能计算的云边协同优化算力分配将成为元宇宙计算升级的主要趋势。**算力层面,元宇宙将带来计算架构与部署方式的变革:一是内容应用需要对海量并发非结构化数据进行实时处理和分析,传统以 CPU 为核心的计算架构将无法满足需求;二是终端算力有限催生上云计算需求,算力资源在边缘侧部署满足低时延要求。边缘计算进入规模化建设期,未来五年边缘计算市场规模增速达 19%,产业链上游基础设施及硬件厂商有望率先受益。其中,芯片厂商通过异构集成突破摩尔定律提高算力,存算一体降低时延和能耗。服务器市场受到边缘人工智能计算规模+算力双驱动,预计 2025 年全球 AI 服务器市场规模将达到 277 亿美元,五年复合增长率 20.3%。公有云巨头正着力布局边缘计算平台,CDN 厂商升级为边缘计算系统。边缘数据中心快速部署带来预制模块化市场需求,未来五年 CAGR14.4%。
- **元宇宙内容场景要求高带宽低延时,有望打开 5G C 端市场,FTTR+Wi-Fi6 构筑千兆光网技术底座。**短期看,在元宇宙丰富的内容场景催化下,有望产生 To C 的终端和应用,为 5G 产业发展带来驱动力;长期来看,各行业场景数智化升级,带动 5G 从当前以消费者为中心的移动宽带网络成长为工业互联网核心网络,预计 5G 在 2030 年带来 9610 亿美元的全球经济价值。基于 PON 技术架构的 FTTR 千兆宽带组网方案,将光网络末端进一步下沉,带动光通信(光纤光缆、光模块)市场需求。元宇宙时代,万物开放互联,新型终端和应用场景扩展 WiFi 市场边界,Wi-Fi6/7 将成为元宇宙、XR、边缘计算等前沿应用场景的关键网络技术。

风险提示

- 技术进展不及预期、跨平台合作困难、商业模式尚未成型、政策风险。

内容目录

一、ICT 基础设施是元宇宙时代多样化内容场景强大的底座支撑	5
1.1 元宇宙始于 XR，未来构建现实世界的数字孪生，赋能行业生产	5
1.2 参考 ICT 产业链，将元宇宙产业分为终端-承载-使能-计算-内容五部分 ..	8
1.3 沉浸式的内容应用依靠强大的算力和网络基础设施作为支撑	9
二、算力层：围绕人工智能计算的云边协同优化算力分配	10
2.1 芯片：异构集成突破摩尔定律提高算力，存算一体降低时延和能耗.....	11
2.2 服务器：边缘 AI 计算规模+算力双驱动，拉动服务器细分市场需求.....	14
2.3 云计算厂商：将计算能力扩展至边缘侧，发展一云多芯布局	15
2.4 CDN 厂商：由内容分发网络向边缘计算平台演进	16
2.5 预制模块化数据中心建设需求旺盛.....	17
2.6 投资建议.....	18
三、承载：元宇宙打开 5G C 端市场，FTTR 构筑千兆光网技术底座.....	19
3.1 5G 行情受到消费端驱动，6G 无线通信为元宇宙而生	19
3.2 10/50G PON、Wi-Fi6、光模块及光纤光缆产业链将迎来发展机遇.....	21
3.3 元宇宙时代，WiFi6 与 5G 移动通信互补共存.....	24
3.4 投资建议.....	26
四、风险提示	27

图表目录

图表 1: 历代互联网发展特征	5
图表 2: 智能手机终端出货量（亿部）	6
图表 3: 类比平板电脑出货量，XR 终端设备处于大规模量产前夕（亿部）	6
图表 4: 消费级 VR 头显设备销量和内容收入	7
图表 5: AR 市场机会	7
图表 6: 英伟达 omniverse	7
图表 7: 元宇宙五大环节	8
图表 8: NFT 销售额累计（2017 年至今）	9
图表 9: Meta、腾讯、咪咕元宇宙布局对标	9
图表 10: Roundhill Meta ETF 持仓分析	10
图表 11: 边缘计算七大类市场玩家及其战略布局方向	11
图表 12: 人工智能计算在不同场所完成	12
图表 13: AI 芯片算力需求驱动创新	12
图表 14: 三星 HBM2-PIM 存内计算架构	12
图表 15: 异构集成将是延长摩尔定律的第四波浪潮	12
图表 16: 英特尔 Xeon 芯片	13
图表 17: 英特尔 Xeon D 系列处理器性能提升	13
图表 18: 英伟达 Grace 多模块形态芯片	13

图表 19: VCK5000 AI 推理卡性能.....	14
图表 20: 实际峰值 TOPS 对比.....	14
图表 21: 中国加速计算市场规模预测及增速 (亿美元).....	14
图表 22: 2021H1 全球 AI 服务器市场份额.....	15
图表 23: 2020 中国加速计算服务器市场份额.....	15
图表 24: 2020 中国边缘计算服务器市场份额.....	15
图表 25: 边缘计算架构.....	16
图表 26: 边缘计算与云计算的对比.....	16
图表 27: 云计算公司的边缘计算架构.....	16
图表 28: 云厂商市场份额.....	16
图表 29: CDN 厂商向边缘计算演进.....	17
图表 30: 全球 CDN 市场规模及增速.....	17
图表 31: CDN 厂商市场份额 (按用户数量).....	17
图表 32: 中国模块化数据中心市场规模 (亿元).....	18
图表 33: 模块化数据中心空间解决方案.....	18
图表 34: 2020 全球模块化数据中心市场.....	18
图表 35: Cloud VR 业务对带宽/时延的要求.....	19
图表 36: 运营商 5G 套餐用户 (百万户) 渗透率.....	19
图表 37: 我国 5G 基站数量及占比.....	19
图表 38: 支持 5G 的智能手机终端渗透率及预测.....	20
图表 39: 5G-Advanced 网络架构.....	20
图表 40: 6G 潜在应用场景.....	21
图表 41: 全球主要通信设备商市场份额.....	21
图表 42: 我国千兆宽带以上速率用户规模及占比.....	22
图表 43: PON 设备市场 (百万美元).....	22
图表 44: PON 技术升级驱动千兆普遍接入.....	22
图表 45: FTTR 全光家庭网络架构.....	23
图表 46: 中国光缆线路长度 (万公里).....	23
图表 47: 2020 年全球光纤光缆市场份额.....	23
图表 48: 数通光模块市场规模 (亿美元).....	24
图表 49: 2020 年全球光模块市场份额.....	24
图表 50: WiFi 技术发展.....	24
图表 51: WiFi6 的主要应用场景对带宽和时延的要求.....	24
图表 52: IoT 设备增长曲线.....	25
图表 53: 智能家居设备出货量.....	25
图表 54: 中国网络无线市场规模预测.....	25
图表 55: WiFi6 终端出货量预测.....	25
图表 56: 2020Q4-2021Q4 企业 WLAN 市场收入.....	26
图表 57: 2021 企业 WLAN 市场份额.....	26

图表 58: WiFi6 芯片厂商布局..... 26

一、ICT 基础设施是元宇宙时代多样化内容场景强大的底座支撑

元宇宙是虚拟世界与现实世界的融合，是现实世界的数字化承载。扎克伯格提出元宇宙的八大特征：Presence（临场感）、Avatars（虚拟化身）、Home space（个人空间）、Teleporting（瞬间移动）、Interoperability（互通性）、Privacy and safety（隐私与安全）、Virtual goods（虚拟物品）和 Natural interfaces（自然的交互）。我们认为，短期来看，元宇宙是在 5G、AI 等信息技术以及硬件产品的支持下，带来更加沉浸的人机交互体验；长期来看，则是为现实世界的物理场景构建虚拟世界的数字版本，从交互和连接层面大幅提升各行业生产效率。在发展过程中，元宇宙会带来 5/6G 网络、云计算、边缘计算、计算机视觉、机器学习、传感技术、区块链等广泛的技术迭代机会。

1.1 元宇宙始于 XR，未来构建现实世界的数字孪生，赋能行业生产

新型交互终端的出现，是移动互联网向元宇宙延伸的拐点。互联网至今已经历了 PC 互联网、移动互联网两大阶段，而 Metaverse 元宇宙被认为是互联网的下一代形态。沉浸感是元宇宙最重要的特征，终端硬件、人机交互技术和内容是元宇宙的入口。提升沉浸感一是在于硬件终端人机交互方式的革新，如 VR/AR、全息、体感、脑机等；二是在于配合终端吸引用户的内容应用。目前，Meta、苹果、腾讯、字节等科技巨头已围绕终端和应用展开激烈的竞争，未来能够带来全新交互体验的终端何时普及，将是进入元宇宙的关键入口。

图表 1: 历代互联网发展特征

	PC 互联网	移动互联网	全真互联网（元宇宙）
信息形式	文字、图片	视频、文字、图片	3D 全息、视频、文字、图片
硬件终端	个人电脑	手机	VR/AR
信息传输	光纤宽带	3G/4G	5G/6G
数字化场景	线上	线上到线下	物理世界到虚拟世界
参与度	20%	70%	所有人
内容来源	OGC、PGC	PGC、UGC	UGC
规则	中心化	中心化	去中心化
流量入口	门户网站	超级 APP	超级元宇宙社区

来源：Yole，国金证券研究所

智能手机和平板电脑是移动互联网时代的主要载体，内容应用丰富推动算力计算、通信网络的迭代升级。2008 年 iPhone3G 发布，智能手机出货量为 1.4 亿部，经过十年的发展，出货量发生了超过十倍的飞速跨越，到 2017 年达到 15.7 亿部。我们将 iPhone 视为划时代的智能手机终端产品，一是因为它带来更智能、更便捷的触屏体验和操作系统，提高了人机交互水平；二是因为，基于智能手机，网购、社交、直播、短视频等越来越多的 APP 呈现给用户，替代了 2G 时代传统手机短信、语音业务，成为催化 3G/4G 落地的杀手级应用。5G 的出现极大丰富了移动通信的应用场景，使智慧城市、智慧交通、智能制造、智慧能源等成为可能。截至 2021 年底，我国共建成 4G 基站 590 万个，5G 基站 142.5 万个，手机网民数量达到 10.3 亿。

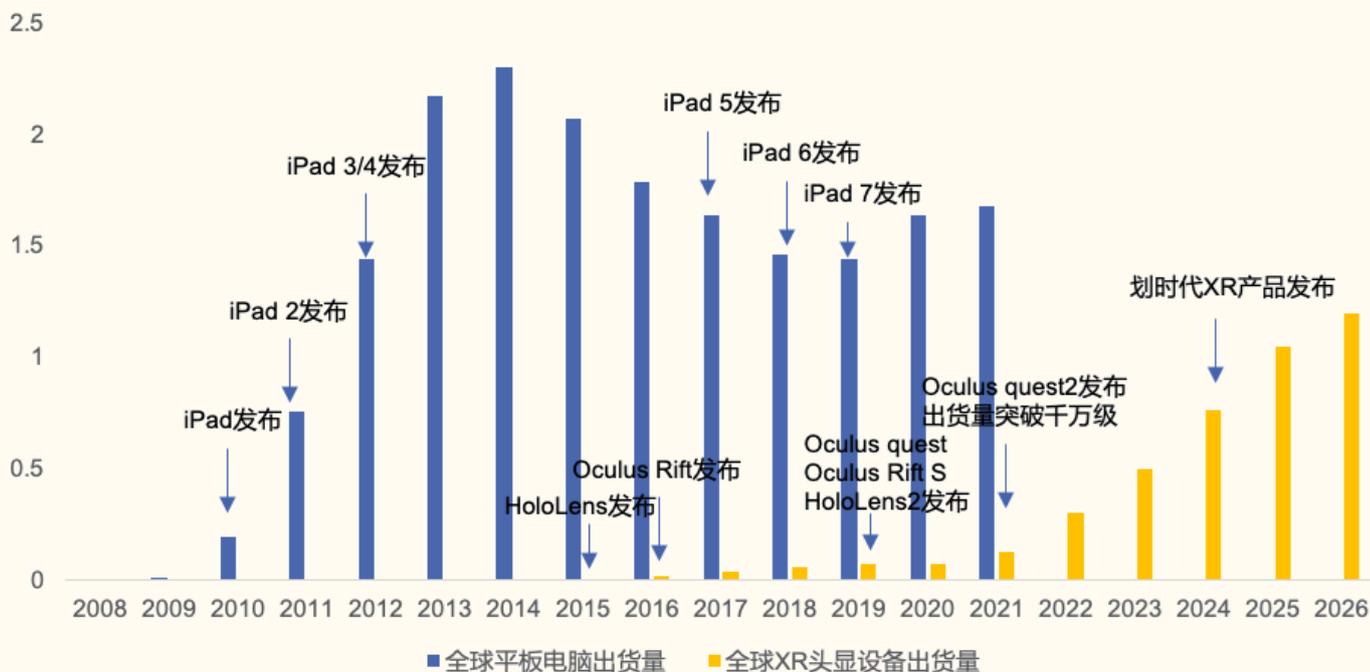
图表 2: 智能手机终端出货量 (亿部)



来源: Counterpoint, 工信部, 国金证券研究所

功能属性来看, VR/AR 终端设备出货量可参考平板电脑出货量走势, 目前处于大规模量产前夕。整体上看, VR 在 2012 年开始, 经历了 4 年的热捧, 之后又经历了 4 年的低谷, 2020 年疫情也为 VR 带来了曙光。目前 VR 逐步走出谷底, 即将迎来 5-10 年的稳定增长阶段。根据统计, 2021 年全球 AR 出货量 57 万台, VR 出货量 1250 万台, 整体较 2020 年增长 44%, 成为行业公认的“奇点”。当下 XR 的发展阶段, 可类比苹果 iPhone/iPad 上市前阶段, 处于大规模量产前夕。随着产业链和技术不断发展, 内容应用逐步繁荣, 生态参与者加速入局, 整个元宇宙生态正在持续丰满。长期来看, XR 设备带来的虚拟沉浸感是平板电脑无法替代的, 未来出货量将远超平板电脑。

图表 3: 类比平板电脑出货量, XR 终端设备处于大规模量产前夕 (亿部)

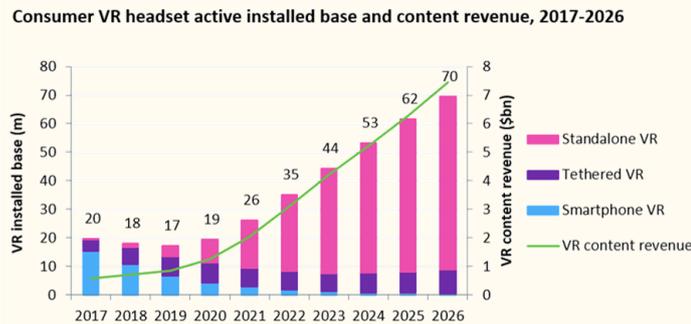


来源: IDC, Counterpoint, 国金证券研究所

VR 与 AR 存在相似的技术路径, 但 AR 比 VR 技术要求更为复杂, 适用场景、市场规模也更广泛。VR 是利用设备模拟一个虚拟世界, 强调用户与沉浸式虚拟世界的实时交互; 而 AR 则借助计算机图形技术和可视化技术产生真实世界中

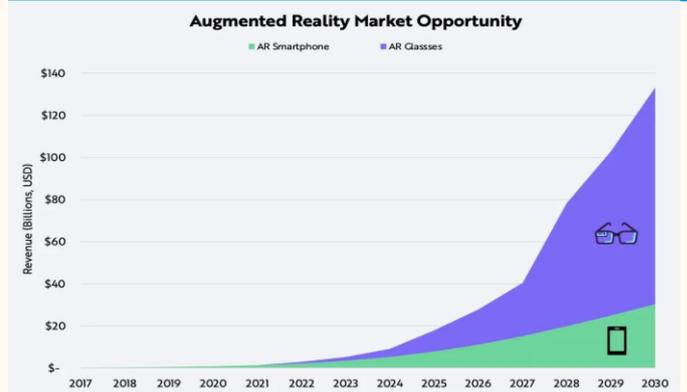
不存在的虚拟对象，并将虚拟对象准确“放置”在真实世界中。AR 的技术要求比 VR 更复杂，涉及与真实环境的融合，传感器和数据的融合等技术，但是 AR 技术的适用场景也更广泛，收入规模也将大于 VR。在初期面向消费者的 AR 体验承载于智能手机之上，而在今后 10-20 年内，AR 的重要载体是头戴式移动设备。根据 IDC 估计，2021 年虽然售出了不到 100 万台 AR 眼镜和头戴设备，但到 2025 年，预计 AR 设备销量将增长到 2340 万台，其中 2B 企业客户将贡献总销量的 85%左右。根据方舟资本的预测，到 2030 年 AR 将深刻变革人们的工作、购物、交互和娱乐体验，AR 的市场规模将从 10 亿美元扩大至 1 万亿美元。根据华为发布的《AR 洞察及应用实践白皮书》，到 2025 年 AR 的市场空间将达到 3000 亿美元，将优先在教育、社交、购物、出行导航和游戏这五大行业得到规模应用。

图表 4: 消费级 VR 头显设备销量和内容收入



来源: Omdia, 国金证券研究所

图表 5: AR 市场机会



来源: 方舟资本, 国金证券研究所

元宇宙始于 VR/AR，绝不止于 VR/AR。看向元宇宙未来的终极形态，我们更认同英伟达首席执行官黄仁勋的观点：“每个城市、建筑和工厂都会拥有一个数字复制品，可以模拟和跟踪它的物理版本，生成我们数字孪生的虚拟世界。”英伟达在 2020 年 10 月份推出了面向企业的实时仿真和协作平台 Omniverse 的测试版，吸引了包括宝马、爱立信、沃尔沃在内的众多公司与之合作，掀起了元宇宙的浪潮。在元宇宙时代，消费产品将出现虚实相生的趋势，未来可能很多产品将形成虚拟化、数字化和实体化紧密结合的形态。未来各类产品可能将更多出现虚实相生的趋势，消费者可以和产品以及企业产生更多的互动，并且更加深入参与到产品的生产周期当中。

图表 6: 英伟达 omniverse



来源: 英伟达, 国金证券研究所

1.2 参考 ICT 产业链，将元宇宙产业分为终端-承载-使能-计算-内容五部分

我们参考 ICT 产业链，将其拆解为终端、承载、使能、计算和内容五个层面。内容和终端是元宇宙的入口，通过 VR/AR、游戏等内容在终端呈现，实现元宇宙的开放互联和沉浸体验；使能层通过 AI、区块链、3D 引擎渲染建模等技术，构建虚拟世界、现实世界的数字孪生、经济系统等；承载和算力则是元宇宙的技术底座，元宇宙终端交互场景多样，内容应用丰富，VR/AR、全息影像、体感技术带来海量数据计算和传输需求，带动算力和网络技术迭代，拉动 ICT 基础设施建设。

图表 7: 元宇宙五大环节



来源：物联网智库，《边缘计算与云计算协同》，国金证券研究所整理

终端：当前 VR/AR 头显被普遍认为是进入元宇宙空间的主要终端，此外还包括可穿戴设备、脑机接口等进一步提升沉浸度的设备。通过多形态交互设备、高精度传感器件、多类型终端计算、高质量交互传输、全息影像、体感技术，从场景、器件、技术等不同侧面增强沉浸式体验。

承载：通信技术和基础设施构建元宇宙支撑网络，千兆宽带、5G、WiFi6 等新型通信技术增强网络能力，提升带宽、降低时延性能，通过去中心化的网络架构及与算力基础设施的协同融合，支撑元宇宙的超低时延、超大带宽需求。

使能：人工智能区块链使能元宇宙，帮助构建元宇宙体系；3D 能力引擎建模和渲染，增加元宇宙真实性。

图表 8: NFT 销售额累计 (2017 年至今)

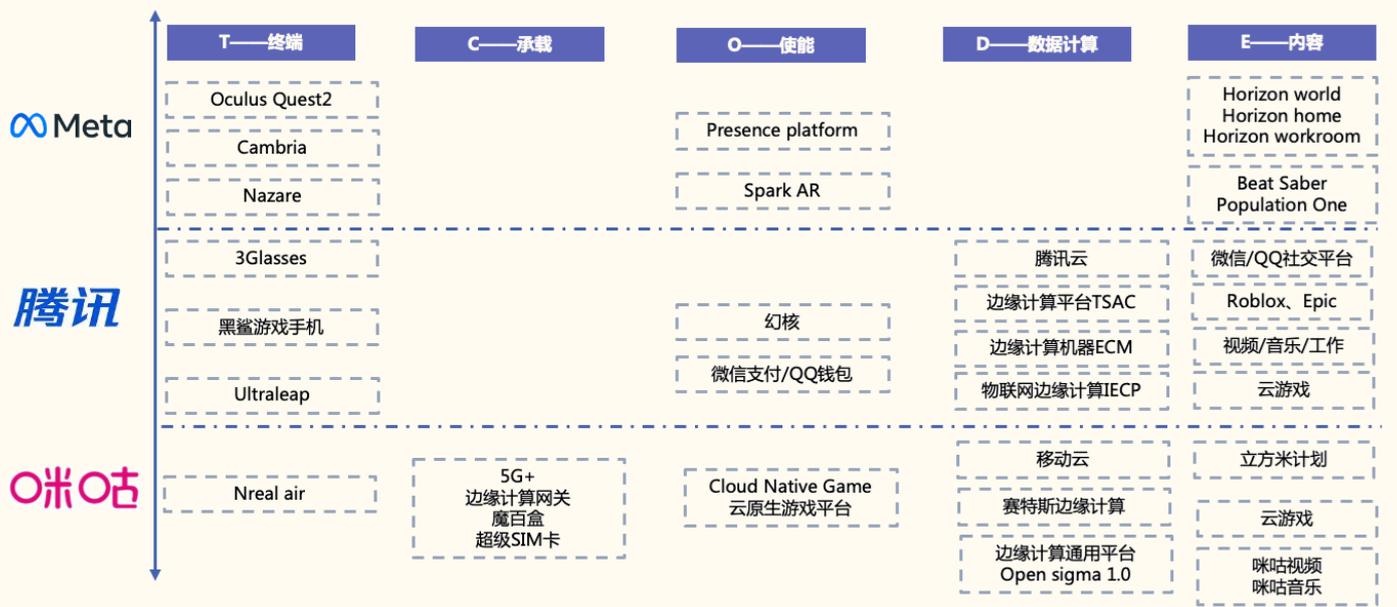


来源: Nonfungible, 国金证券研究所

计算: 终端设备算力有限, 上云计算是必然趋势。为了支持元宇宙的海量接入、真实建模与交互、大规模虚拟内容的创作与体验, 需要通过算力基础设施将计算能力从终端解放, 并支持强大的云渲染及三维重建能力以及人工智能能力等。边缘计算解决带宽和时延问题, 主要表现为 CDN (Content Delivery Network, 内容分发网络) 演进升级+云计算资源下沉。

内容: 游戏是目前最靠近元宇宙的“入口”, 内容体验将从游戏继续进化。同时, 内容应用覆盖人类日常的各种生活场景, 为用户提供更多娱乐、社交、消费、学习和工作的内容。未来还将扩展至虚拟社区构建, 加强和物理世界的融合。

图表 9: Meta、腾讯、咪咕元宇宙布局对标



来源: 各公司官网, 《腾讯 5G 生态应用白皮书》, 中国移动招股说明书, 国金证券研究所

1.3 沉浸式的内容应用依靠强大的算力和网络基础设施作为支撑

元宇宙时代科技产业的代际更迭, 价值链转移仍符合“基础设施-硬件-软件-平台-应用和服务”规律。根据 IDC 数据, 中国元宇宙相关 IT 支出将在 2025 年达到近 2000 亿美元, 2021~2025 年复合增长率将达到 20.2%。其中, AI 支出将达 163 亿美元, 占比 8%; 大数据支出将达 255 亿美元, 占比 13%; 云计算支出将达 814 亿美元, 占比最大, 约占总支出的 42%。在 Roundhill 的 METV

ETF 投资中，算力基础设施有关公司占比近 50%，其次是内容平台公司 28.82%、涉及到终端和使能的公司占比分别为 14.56%和 8.89%。

图表 10: Roundhill Meta ETF 持仓分析

分类	Ticker	Name	Weight	合计
算力网络	NVDA	NVIDIA CORPORATION	9.34%	47.61%
	MSFT	MICROSOFT CORP	8.16%	
	AMZN	AMAZON COM INC	4.55%	
	TSM	TAIWAN SEMICONDUCTOR MFG LTD SPONSORED ADS	4.38%	
	QCOM	QUALCOMM INC	3.79%	
	AMD	ADVANCED MICRO DEVICES INC	3.00%	
	005930 KS	SAMSUNG ELECTRONIC	2.23%	
	GOOG	ALPHABET INC	2.17%	
	INTC	INTEL CORP	1.65%	
	AKAM	AKAMAI TECHNOLOGIES INC	1.28%	
	LUMN	LUMEN TECHNOLOGIES INC	1.20%	
	FSLY	FASTLY INC	1.14%	
	SWKS	SKYWORKS SOLUTIONS INC	1.05%	
	LLNW	LIMELIGHT NETWORKS INC	0.96%	
	NET	CLOUDFLARE INC	0.79%	
	BABA	ALIBABA GROUP HLDG LTD	0.69%	
内容平台	BSY	BENTLEY SYS INC	0.66%	28.82%
	EQIX	EQUINIX INC	0.57%	
	U	UNITY SOFTWARE INC	4.38%	
	SNAP	SNAP INC	4.35%	
	RBLX	ROBLOX CORP	3.88%	
	TTWO	TAKE-TWO INTERACTIVE SOFTWARE COM	2.66%	
	SE	SEA LTD	2.23%	
	EA	ELECTRONIC ARTS INC	2.14%	
	700 HK	TENCENT HLDGS LTD	2.09%	
	DIS	DISNEY WALT CO	1.41%	
	259960 KS	KRAFTON INC	1.21%	
	ADBE	ADOBE SYSTEMS INCORPORATED	1.14%	
	035420 KS	NAVER CORP	1.11%	
	ATVI	ACTIVISION BLIZZARD INC	0.94%	
	7974 JP	NINTENDO CO LTD	0.73%	
	使能	NKE	NIKE INC	
9618 HK		JD.COM INC	0.05%	
ADSK		AUTODESK INC	3.67%	
HEXA B SS		HEXAGON AB	1.13%	
COIN		COINBASE GLOBAL INC	1.12%	
GLXY CN		GALAXY DIGITAL HOLDINGS LTD	0.91%	
PTC		PTC INC	0.77%	
MTTR		MATTERPORT INC	0.68%	
PL		PLANET LABS PBC	0.38%	
SQ		BLOCK INC	0.12%	
终端	PYPL	PAYPAL HLDGS INC	0.11%	14.56%
	FB	META PLATFORMS INC	6.57%	
	AAPL	APPLE INC	4.65%	
	6758 JP	SONY GROUP CORPORA	3.34%	
		Cash&Other	0.13%	

来源：Roundhill，国金证券研究所

我们认为元宇宙的发展必须强化及重塑 ICT 基础设施，海量数据计算、传输需求，将带来算力和网络的迭代升级。计算层的升级一方面要求芯片算力的提升；另一方面要求云计算和边缘计算的协同分配，算力资源下沉，云服务厂商阿里云、腾讯云、移动云等正着力布局边缘计算平台，CDN 厂商 Cloudflare、Akamai、Fastly 等也在积极推动 CDN 演进升级为边缘计算系统。网络层则是高带宽、低时延通信技术的升级，主要表现为 5/6G 普及、WiFi 6 / 7 技术发展、千兆光纤入户和 10G FWA 升级。

二、算力层：围绕人工智能计算的云边协同优化算力分配

元宇宙是一个需要三维呈现的虚拟世界，里面的物理计算、图像渲染、人工智能、动作捕捉、触觉反馈等都需要大量的算力支持。标准的摩尔定律曲线只能让算力在未来五年内实现约 8 倍或 10 倍的增长。我们认为，元宇宙将带来计算架构与部署方式的变革：一是，内容应用需要对海量并发非结构化数据进行实时处理和分析，传统以 CPU 为核心的计算架构将无法需求；二是，终端算力有限催生上云计算需求，算力资源在边缘侧部署满足低时延要求。围绕

人工智能计算的云边协同优化算力分配将成为元宇宙计算升级的主要趋势。

边缘计算进入规模化建设期，未来五年边缘计算市场规模增速达 19%，产业链上游基础设施及硬件厂商有望率先受益。由于边缘计算整体架构与云计算类似，我们参照云计算“基础设施及硬件-软件平台-应用服务”的投资节奏。当前，ICT 巨头纷纷推出边缘计算架构和平台，边缘数据中心进入大规模建设期。Markets and Markets 预测，边缘计算市场规模将从 2021 年 365 亿美元增长至 2026 年的 873 亿美元，CAGR19%。现阶段建议重点关注产业链上游的相关基础设施及硬件厂商，如芯片、服务器和模块化数据中心建设。

图表 11: 边缘计算七大类市场玩家及其战略布局方向

类别	代表机构		战略布局方向
	国外	国内	
硬件设备厂商	诺基亚、爱立信、惠普、戴尔、思科、西门子、施耐德	华为、中兴通讯、浪潮信息、日海智能、联想、中国信科、研华科技	致力于推出所在领域的各种支持边缘计算的基础硬件设备
ICT 基础设施厂商	美国铁塔、SBAC、EdgeMicro、Vapor、Equinix、Global Switch、Interxion、Digital Realty	中国铁塔、世纪互联	传统数据中心、铁塔的“边缘”化改造，新型边缘数据中心的建设
电信运营商	AT&T、Verizon、Sprint、SoftBank、SK 电讯	中国移动、中国电信、中国联通	致力于在通信网络边缘引入边缘计算的节点以实现存量网络的结构优化及 5G 网络的规模商用
芯片厂商	英特尔、AMD、高通、ARM、Nvidia、赛灵思、三星、谷歌 (Edge TPU)、Graphcore	OURS、比特大陆、银河水滴、角峰鸟、华为海思	边缘计算芯片研发
云计算公司	亚马逊 AWS、微软 Azure、谷歌云、Packet、Oracle、Joyent、IBM、INAP、Leaseweb、Rackspace	阿里云、百度云、腾讯云、九州云	通过结合边缘计算使其云服务向下延伸和扩展
专业产品/服务提供商	Akamai、Fastly、StackPath、Riverbed	网宿科技、海康威视、大华股份、宇视科技、中科创达、顺网科技	结合边缘计算对产品或服务进行升级
相关组织	IIC、ETSI MEC、TIA、Edgecross、Avnu、LF Edge、AKRAINO	ECC、ICA	边缘计算相关标准和框架的制定以及理论发展引导

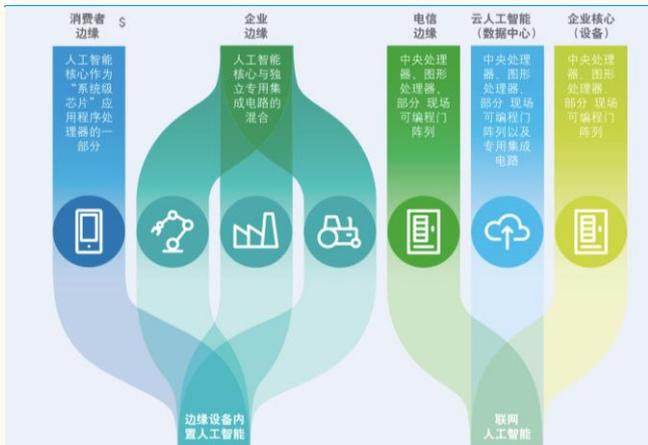
来源：边缘计算产业联盟，国金证券研究所整理

2.1 芯片：异构集成突破摩尔定律提高算力，存算一体降低时延和能耗

人工智能是未来元宇宙中主要的生产工具，数据是生产要素，越来越多的内容由 AI 生成。IDC 预测，到 2025 年，将有 414 亿台物联网设备，期间将产生 73147EB 数据，其中约四分之一是实时生成的。人工智能按照计算场景可分为云端和终端。NVIDIA 将深度学习计算场景分为三大类：数据中心的训练、数据中心的推断和嵌入式设备的推断。不同计算场景对 AI 芯片产生不同要求，云端训练和推理时对芯片的计算能力要求极高，而终端对低功耗要求和反应时延较高。随着人工智能向边缘侧的转移，AI 行业应用得到了极大扩展，也将成为元宇宙时代内容的主要生产工具。根据德勤的分析，现在的 AI 计算已经在制造业、政府、零售、电信、医疗等不同应用场景下获得应用。据市场咨询公司 ABI Research 的数据显示，预计到 2025 年，边缘 AI 芯片市场的收入将达到 122

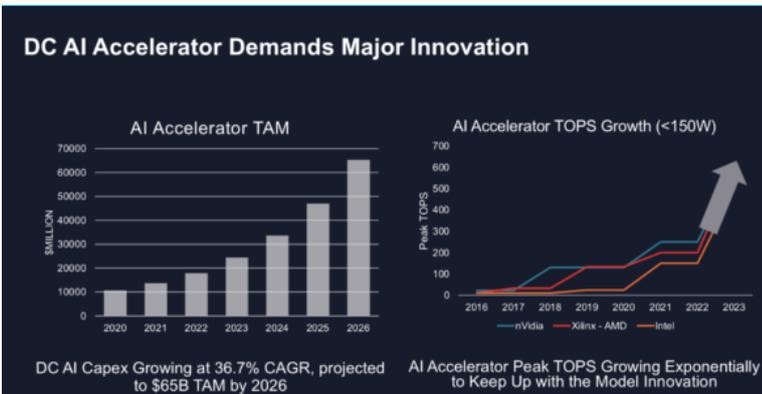
亿美元，云 AI 芯片市场的收入将达到 119 亿美元，边缘 AI 芯片市场将超过云 AI 芯片组市场。

图表 12: 人工智能计算在不同场所完成



来源: 德勤分析, 国金证券研究所

图表 13: AI 芯片算力需求驱动创新

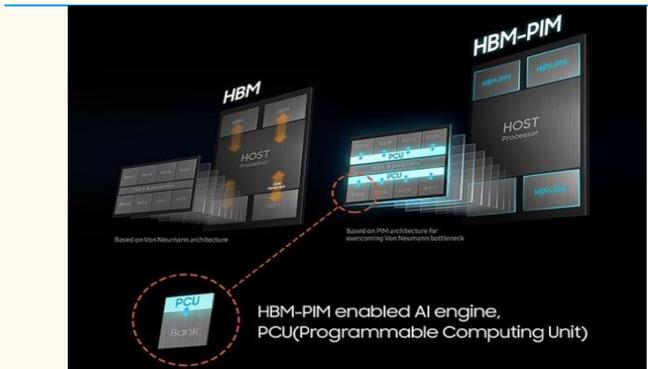


来源: AMD/Xilinx, 国金证券研究所

异构集成+存算一体化是边缘 AI 芯片的核心竞争点。传统计算与存储设备分处不同的模块，CPU 需先对存储硬盘上的数据进行读取、搜索、加/解密、压缩等操作。但 AI 等应用的兴起，数据处理量不断上升，存算分离模式无谓的信息传输不仅增加了计算延迟，也提升了相关功耗。根据台积电此前对存内计算的研究，数据移动所消耗的能量甚至大于计算的能量消耗。与传统方式相比，计算存储模块减少数据检索时间 90%，节省能耗 60%。在存内计算方面，三星走在业界前沿，其开发的具有计算功能的 HBM2 内存已经开始在实际产品上进行验证测试，将 HBM-PIM 与 Xilinx Alveo AI 加速计算服务器集成，将提升系统整体性能 2.5 倍，同时降低能耗 60% 以上。

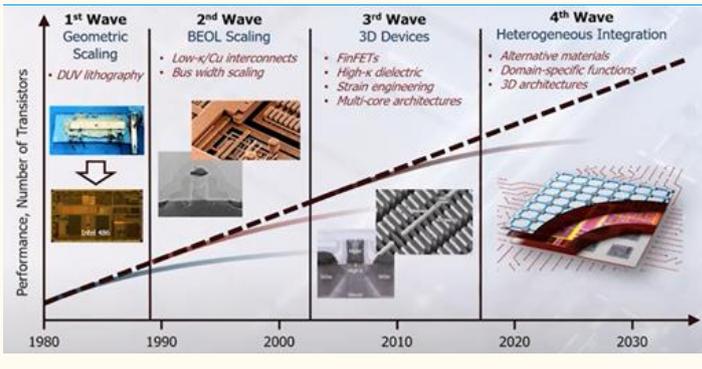
元宇宙时代对计算量的需求，已经超过了通用 CPU 的发展速度，仅通过提升 CPU 时钟频率和内核数量而提高计算能力的传统方式遇到了散热和能耗瓶颈。需要 GPU、FPGA、ASIC 等不同类型指令集和体系架构的计算单元，去配合 CPU 组成系统的计算方式。目前“CPU+GPU”以及“CPU+FPGA”都是受业界关注的异构计算平台。

图表 14: 三星 HBM2-PIM 存内计算架构



来源: 三星, 国金证券研究所

图表 15: 异构集成将是延长摩尔定律的第四波浪潮



来源: ERI summit 2020, 国金证券研究所

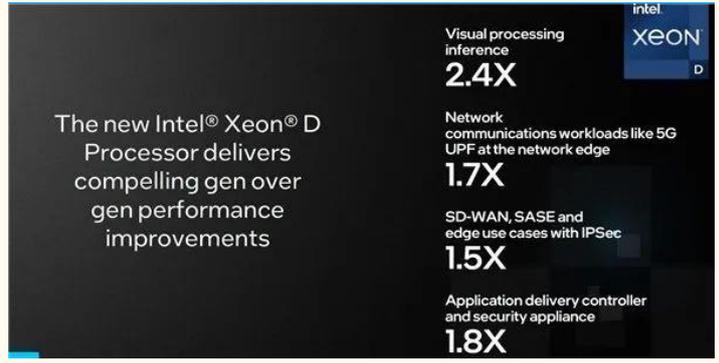
将计算、存储和网络资源移动到边缘侧，英特尔推出 Xeon D 系列处理器。在边缘计算领域，该处理器具备可扩展性、高度集成化以及复杂场景适用性等诸多特性。通过集成 AI 和加密加速功能、内置以太网，英特尔 Xeon D 系列处理器最高支持 4 通道、频率 3200Hz 的 DDR4 内存，以太网吞吐量可达 100GbE，并有高达 32/64 个 4.0 PCIe 通道。其中 D-1700 可以从 4 核数扩展到 10 核数，D-2700 则可从 4 核数扩展到 20 核数。

图表 16: 英特尔 Xeon 芯片



来源: 公司官网, 国金证券研究所

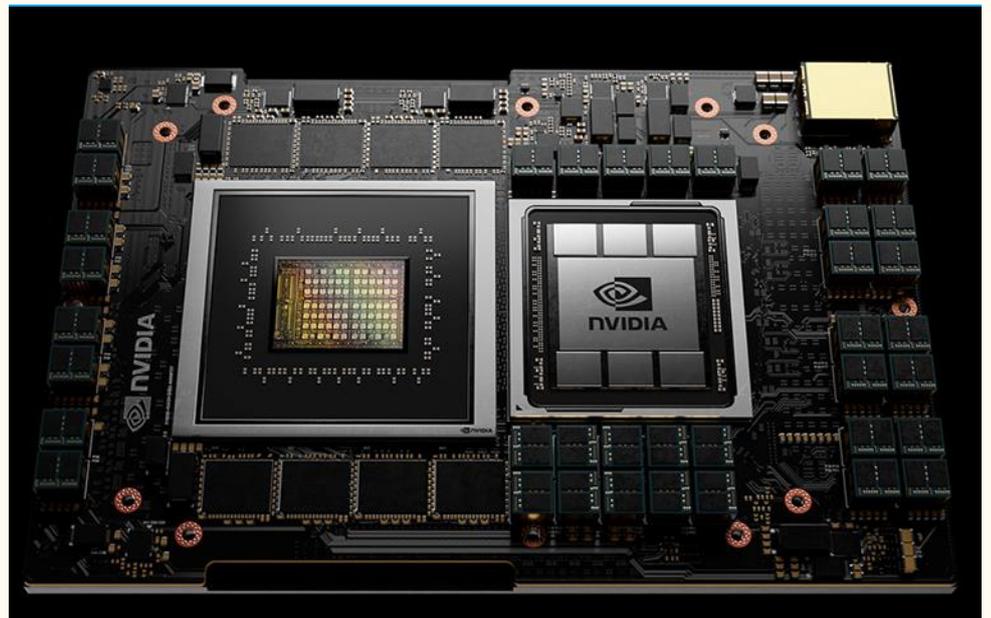
图表 17: 英特尔 Xeon D 系列处理器性能提升



来源: 公司官网, 国金证券研究所

面向人工智能和超算需求, 英伟达推出 Grace 多模块芯片。该产品采用下一代 Arm Neoverse 内核, 以 MCM (Multi-Chip Module) 形式构成, 包括 CPU、GPU、DPU 和带有 ECC 的 LPDDR5x 的新型高带宽内存子系统。英伟达采用高速通道技术 NVLink 连接各模块, 可让 GPU 直接存取系统存储资源, 让 CPU 更好地处理其他工作, 满足海量数据传输处理效率需求, 实现了异构集成和存内计算。

图表 18: 英伟达 Grace 多模块形态芯片



来源: 公司官网, 国金证券研究所

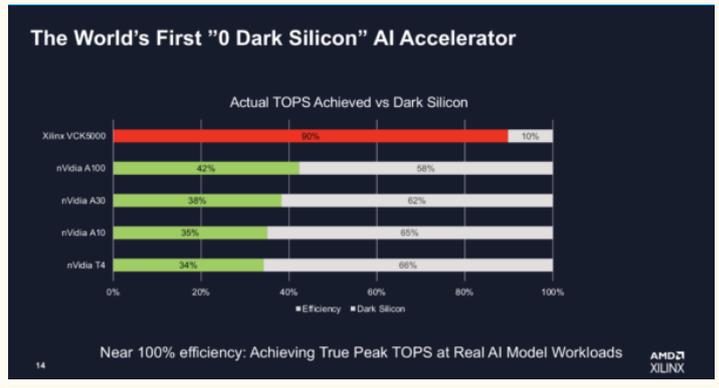
AMD 收购赛灵思, 补齐 FPGA 产品线。AMD 的 CPU 和赛灵思的 FPGA, 未来也将走向 CPU+FPGA 的异构整合中。AMD 认为, 与固定架构 GPU 不同, 基于 FPGA 的系统针对 AI 模型的特定需求和数据流要求, 设计更灵活。AMD/Xilinx 发布了 VCK5000 AI 推理卡的改进版本, 性能提升 3 倍, 在 AI 模型工作负载上实现了 90% 的真实峰值 TOPS。

图表 19: VCK5000 AI 推理卡性能



来源: 公司官网, 国金证券研究所

图表 20: 实际峰值 TOPS 对比

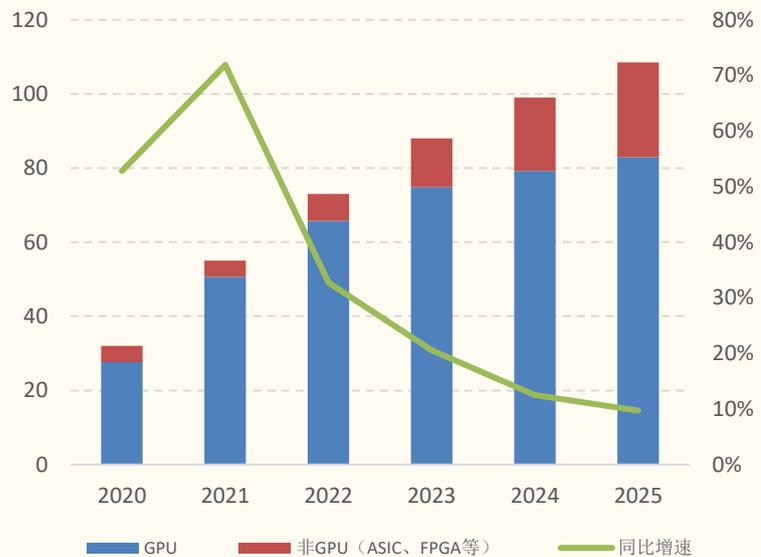


来源: HPC 社区, 国金证券研究所

2.2 服务器: 边缘 AI 计算规模+算力双驱动, 拉动服务器细分市场需求

2021 年上半年全球 AI 服务器市场同比增长率超过全球 AI 整体市场增长率 22.4% (含硬件、软件及服务), 成为 AI 整体市场增长的驱动力量。预计在 2025 年全球 AI 服务器市场规模将达到 277 亿美元, 五年复合增长率为 20.3%。国内数字经济的发展和 AI 应用的落地引领中国 AI 计算市场的不断增长。据 IDC 数据, 中国 AI 算力占全球市场的 40% 左右, 2021 年上半年加速服务器市场规模达到 23.8 亿美元, 同比增长 85.1%; 到 2025 年市场规模将达到 108.6 亿美元。

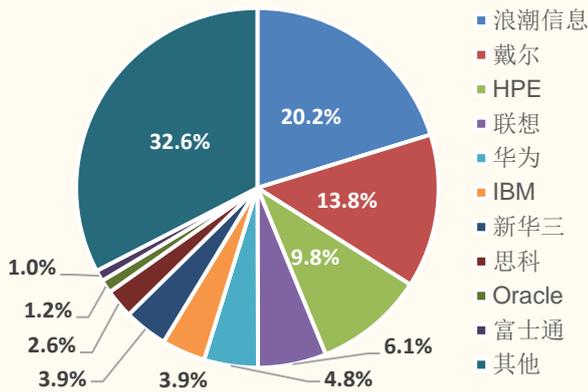
图表 21: 中国加速计算市场规模预测及增速 (亿美元)



来源: IDC, 国金证券研究所

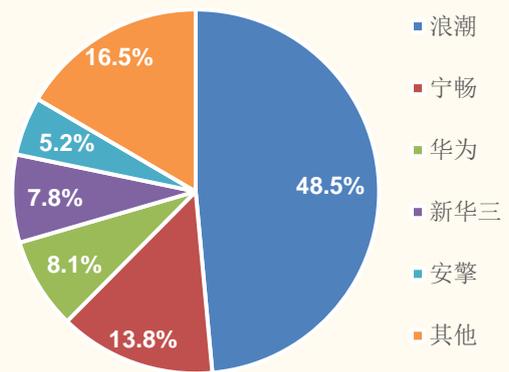
加速计算服务器市场供应商集中度高, 客户侧需求上涨显著。2021 年上半年, 从服务器厂商销售额角度看, 全球 AI 服务器 Top3 是浪潮、戴尔、HPE, 分别占有 32.6%/20.2%/13.8% 的市场份额; 浪潮、宁畅、华为位居国内前三, 占据了 70% 的市场份额。从行业的角度看, 互联网依然是最大的采购行业, 占整体加速服务器市场 60% 以上的份额, 同比 2020 年有 90% 以上的增长, 此外金融、服务、电信、制造和能源行业均有超过 50% 的上涨。

图表 22: 2021H1 全球 AI 服务器市场份额



来源: IDC, 国金证券研究所

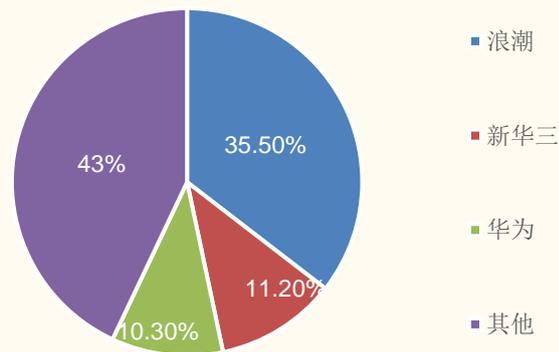
图表 23: 2020 中国加速计算服务器市场份额



来源: IDC, 国金证券研究所

边缘服务器市场将迎来由点到面的快速增长。边缘计算与人工智能、5G、物联网等新兴技术的结合，叠加能源、交通、制造等行业需求的驱动，预计未来五年边缘计算服务器将成为服务器市场增长最快的子市场之一。根据 IDC，2020 年中国边缘计算服务器的整体市场规模为 26.55 亿美元，未来五年 CAGR 将达到 22.0%，高于全球 19.6% 的平均增速。从出货数量看，2020 年中国边缘定制服务器市场排名前三的厂商依次为浪潮、新华三和华为，TOP3 厂商占据全国 53% 市场份额。

图表 24: 2020 中国边缘计算服务器市场份额

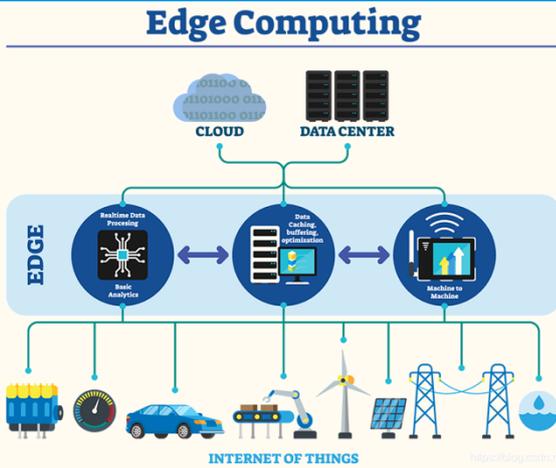


来源: IDC, 国金证券研究所

2.3 云计算厂商: 将计算能力扩展至边缘侧, 发展一云多芯布局

边缘计算采用“云-边-端”架构，核心逻辑是中心资源下沉。边缘计算从上至下可分为中心云、边缘网络和终端设备三级，其中中心云由集中式的数据中心和核心网构成，提供最密集的 IT 资源，同时是整个计算网络的总协调中心；边缘网络是指从中心云到终端设备这一路径上的所有 IT 资源，包括计算资源、存储资源和网络资源；终端设备并非孤立运行，而有可能作为边缘计算的一部分被边缘网络调度以提供相应的 IT 资源。通过将边缘计算与云计算相结合（即“边云协同”），使边缘节点聚焦于实时、短周期的数据处理，而中心节点聚焦于非实时、长周期的数据处理（以防止边缘节点计算饱和），如此一来可以极大地缓解网络带宽与数据中心压力，同时增强服务请求的响应能力。

图表 25: 边缘计算架构



来源: CDCC, 国金证券研究所

图表 26: 边缘计算与云计算的对比

比较内容	边缘计算	云计算
架构	分布式	集中式
计算资源位置	边缘网络	数据中心
目标应用	物联网或移动应用	互联网应用
通信网络	无线局域网, 4G/5G 等	广域网
网络延迟	低	高
实时性	高	低
可服务的设备数	多	少
提供的服务类型	基于本地信息的服务	基于全局信息的服务
位置感知	支持	不支持

来源: 分析师整理, 国金证券研究所

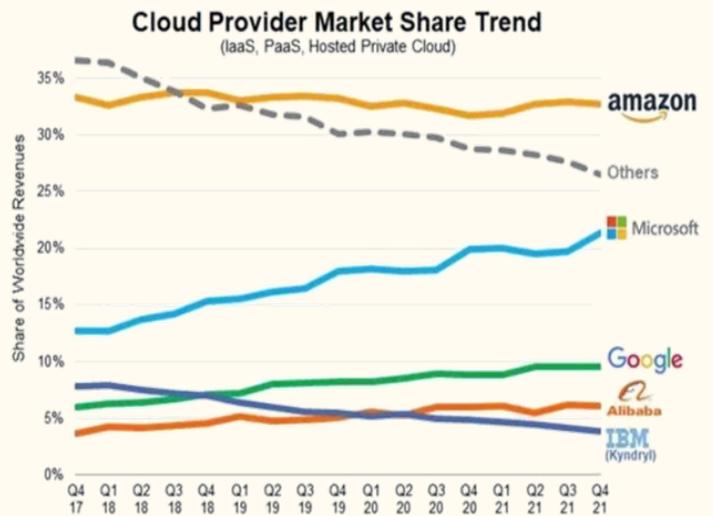
边缘计算是云计算的延伸, ICT 巨头将云计算能力逐步扩展到边缘侧, 推出边缘计算架构和平台。基于自身强大的 IaaS 和 PaaS, 云计算企业采用分布式技术将算力和存储向外进行拓展和延伸, 自上而下、由内而外覆盖边缘计算, 而控制中心仍牢牢地掌握在中央节点里。根据国际数据机构 Statista 最新报告显示, 云平台厂商中亚马逊 AWS 继续领跑, 市场份额为 32%, 微软 Azure 位居第二, 市场份额为 21%, 第三名的谷歌云份额为 8%。这些云平台厂商沿着公有云规模扩张、成本降低、SaaS 应用带动用量增长的预定轨迹前进。

图表 27: 云计算公司的边缘计算架构

云计算厂商	边缘计算云/架构/平台
亚马逊	AWS Local Zones AWS Greengrass
微软	Azure IoT Edge 边缘 AI Azure IoT Hub 边缘云网关
谷歌	Cloud IoT Core 服务 Edge TPU
阿里	Link IoT Edge 边缘云 ENS
腾讯	边缘计算平台 TSAC 边缘计算机器 ECM
华为	EC-IoT 解决方案
中国移动	边缘计算通用平台 OpenSigma

来源: 各公司官网, 国金证券研究所

图表 28: 云厂商市场份额



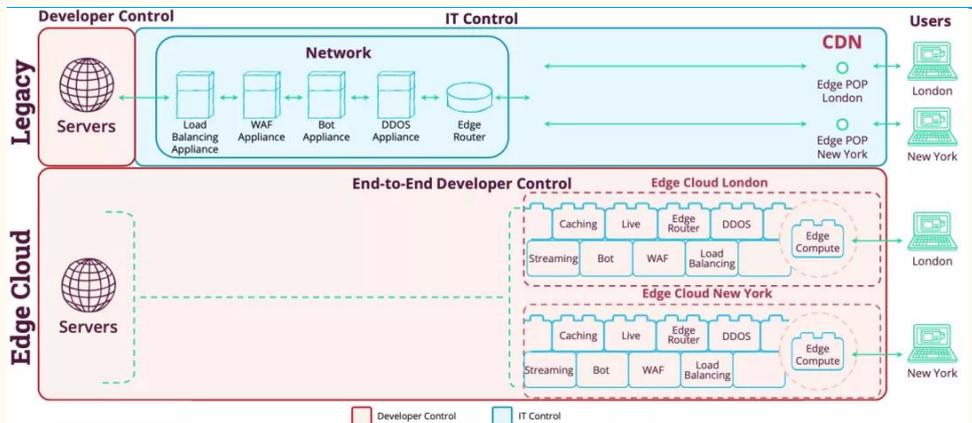
来源: Synergy Research, 国金证券研究所

2.4 CDN 厂商: 由内容分发网络向边缘计算平台演进

CDN 与生俱来的边缘节点、低延时和低带宽属性, 令其在边缘计算市场具备先发优势。CDN 服务的主要目的是缓存大量静态文件, 依托部署在各地的边缘服务器, 通过中心平台的负载均衡、内容分发、调度等功能模块, 将其分发给距离它们最近的用户, 使用户就近获取所需内容, 提高用户访问的响应速度。CDN 通过缓存内容由静态向动态转变, 实现向边缘计算的演进, 目前海外主要

CDN 厂商如 Akamai 早在 2003 年就与 IBM 合作边缘计算，在其 WebSphere 上提供基于边缘 Edge 的服务；fastly 选择 SSD 固态硬盘来存储缓存的数据，并为其 POP 服务器编写了一个自定义存储引擎，使其区域 POP 的缓存命中率最大化；国内网宿科技 2016 年开始建设边缘计算网络，2017 年逐步推出边缘计算微服务，并逐步开放边缘 IaaS 和 PaaS 服务。

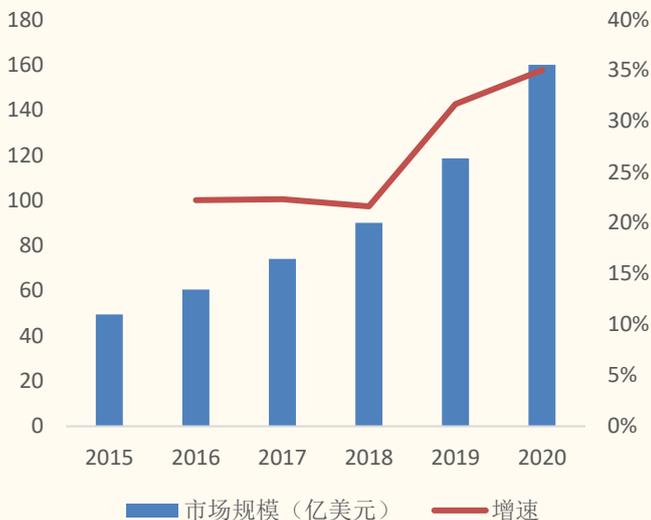
图表 29: CDN 厂商向边缘计算演进



来源: fastly, 国金证券研究所

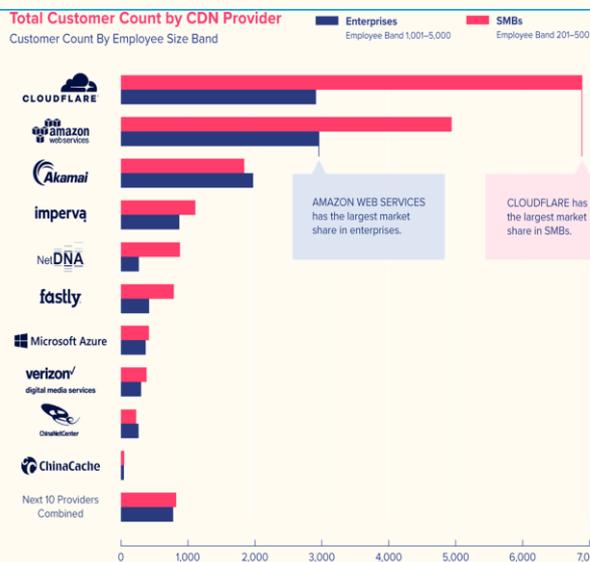
从全球 CDN 行业市场规模来看，近几年 CDN 行业得到迅速增长。据统计，2020 年全球 CDN 行业市场规模为 160 亿美元，同比上涨 35%，预计接下来 5 年都会以 20-25% 速率增长。从我国市场规模来看，据统计，2019 年我国 CDN 行业市场规模为 216 亿元，同比上涨 20.0%，年均复合增长速率为 32.44%，增速快于全球。预计 2022 年我国 CDN 行业市场规模将达到 298 亿元。

图表 30: 全球 CDN 市场规模及增速



来源: 华经研究院, 国金证券研究所

图表 31: CDN 厂商市场份额 (按用户数量)



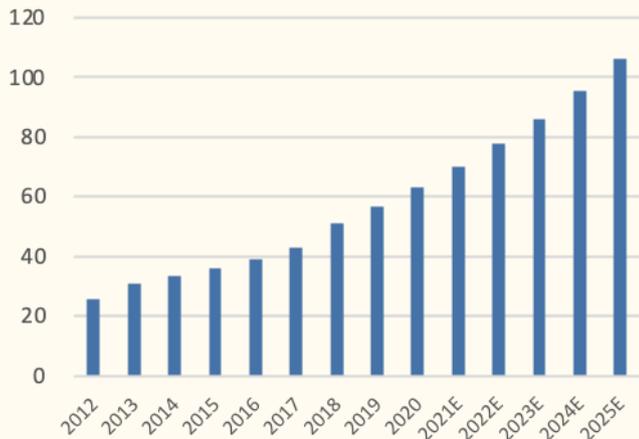
来源: intricately, 国金证券研究所

2.5 预制模块化数据中心建设需求旺盛

边缘计算满足低延时需求，降低长距离海量数据的传输成本，未来将带动边缘数据中心站点建设需求，打开预制模块化架构市场空间。与每个数据中心采用独特的设计和构建相比，预制模块化 (PFM) 可以降低复杂性、成本和时间，满足敏捷性和全球一致性需求的边缘数据中心建设。根据 451 research, 2020 年全球预制模块化数据中心市场规模 44 亿美元，预计未来五年 CAGR14.4%。国内市场方面，2013 年至今，国内模块化数据中心市场规模由 30 亿元增长至

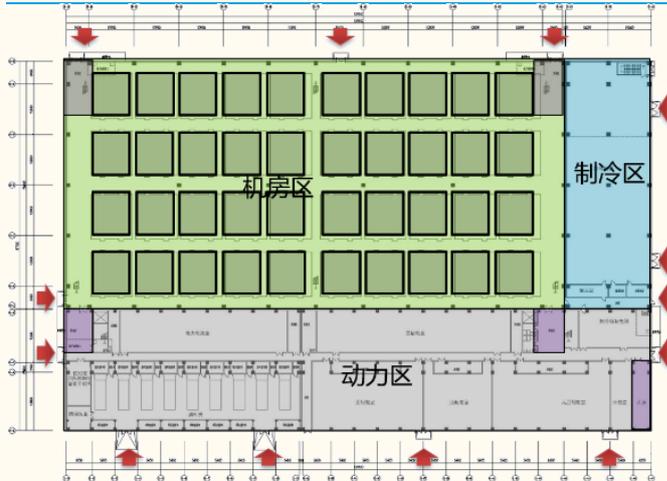
63 亿元，我们预测 2025 年达到百亿市场，年复合增长率 11%。

图表 32：中国模块化数据中心市场规模（亿元）



来源：ICT research, 国金证券研究所

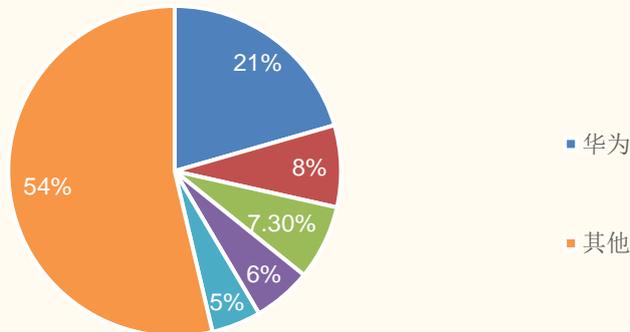
图表 33：模块化数据中心空间解决方案



来源：《预制模块化数据中心白皮书》，国金证券研究所

模块化数据中心市场分散、碎片化，具备成本优势和定制化解决方案能力的公司有望脱颖而出。据 Frost Sullivan 数据显示，2020 年模块化数据中心市场，前五大厂商占 46% 市场份额，其中华为独占 21%，其余厂商维谛、艾特网能、施耐德、科华恒盛和曙光节能同属第二梯队，市场份额均在 5%-7% 左右，竞争格局尚不明朗。未来随着边缘数据中心兴起，模块化数据中心快速建设并交付的优势将集中体现，市场需求持续旺盛，控制运输成本和前期建设材料成本将成为决定盈利能力的关键。

图表 34：2020 全球模块化数据中心市场



来源：Frost&Sullivan, 国金证券研究所

2.6 投资建议

我们认为元宇宙的发展将重塑 ICT 基础设施，海量数据计算、传输需求，将改变计算架构与计算部署方式。据 IDC，中国元宇宙相关 IT 支出将在 2025 年达到近 2000 亿美元，21~25 年复合增长率将达到 20.2%。计算层的升级一方面要求芯片算力的提升；另一方面要求云计算和边缘计算的协同分配，算力资源下沉，公有云巨头正着力布局边缘计算平台，CDN 厂商等也在积极推动 CDN 演进升级为边缘计算系统。现阶段建议重点关注产业链上游的相关基础设施及硬件厂商，如芯片、服务器和模块化数据中心建设。

- 数据中心 AI 芯片：英特尔、英伟达、AMD
- 边缘服务器+AI 服务器：浪潮、华为、新华三、戴尔、HPE
- 云计算：亚马逊、微软、谷歌、阿里、腾讯、中国移动（移动云）、中国电信*（天翼云）

- CDN: Akamai、Cloudflare、Fastly、网宿科技
- 预制模块化数据中心建设: 华为、维谛技术、施耐德、艾特网能

三、承载：元宇宙打开 5G C 端市场，FTTR 构筑千兆光网技术底座

元宇宙内容场景要求高带宽低延迟，为用户带来实时、流畅的完美体验。视频类等弱交互 VR 业务对带宽需求 180Mbps，时延低至 10ms；而游戏类等强交互 VR 业务中，带宽需求可达到 2Gbps-5Gbps，时延需求低至 5ms。这就要求网络基础设施增强网络能力，提升带宽、时延等性能，通过去中心化的网络架构及与算力基础设施的协同融合，支撑元宇宙的超低时延、超大带宽需求。

图表 35: Cloud VR 业务对带宽/时延的要求

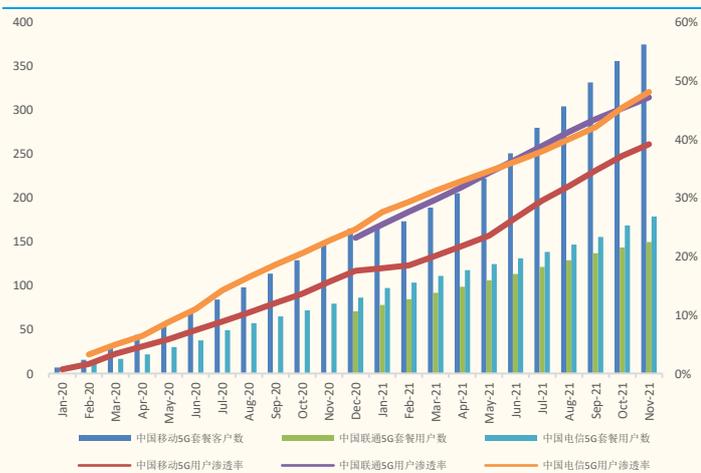
业务类型		起步阶段	舒适体验	进阶体验	极致体验
		4K	8k	12k	24k
弱交互 VR 业务 (全景视频类)	带宽需求 (Mbps)	60	180	-	-
	时延 (ms)	30	20	20	10
强交互 VR 业务 (游戏类)	带宽需求 (Mbps)	80	130	300-2000	2000-5000
	时延 (ms)	20	20	10	5

来源:《千兆宽带网络商业应用场景白皮书》，华为 iLab，国金证券研究所

3.1 5G 行情受到消费端驱动，6G 无线通信为元宇宙而生

元宇宙丰富的内容场景催化下，有望产生 To C 的终端和应用，为 5G 产业发展带来驱动力。目前中国 5G 基站建设数量达到 142.5 万座，在全球 5G 市场份额已占到约 70%；截止到 2021 年 11 月底，三大运营商 5G 套餐用户达 7.03 亿户，中国移动、中国联通和中国电信 5G 套餐用户数分别为 3.74/1.49/1.79 亿户，在移动用户中渗透率分别为 39.1%/47.1%/48.1%。未来 XR 将成为网络承载的业务主体，要求清晰度从 8K 向 16K/32K 甚至更高升级；基础电信业务从满足现有以清晰话音为主的通信方式向全感知、交互式、沉浸式通信方式演进，使能个人消费体验升级。元宇宙有望以其丰富的内容场景打开 5G 的 C 端需求，提升 5G 网络的覆盖率。

图表 36: 运营商 5G 套餐用户 (百万户) 渗透率



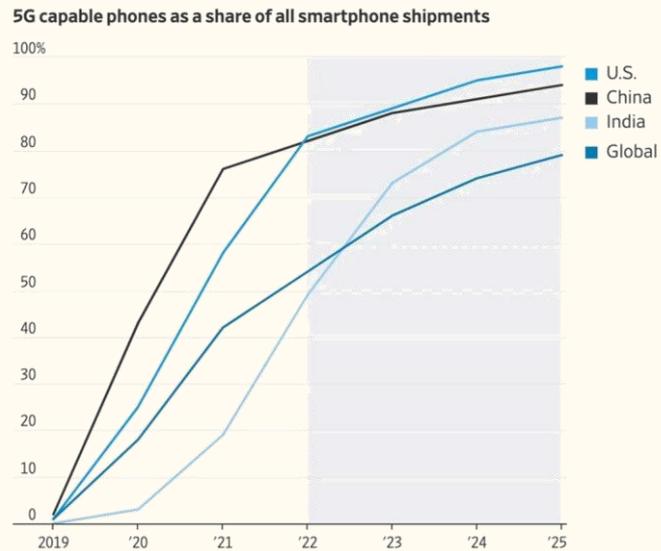
来源: 工信部, 国金证券研究所

图表 37: 我国 5G 基站数量及占比



来源: 信通院, 国金证券研究所

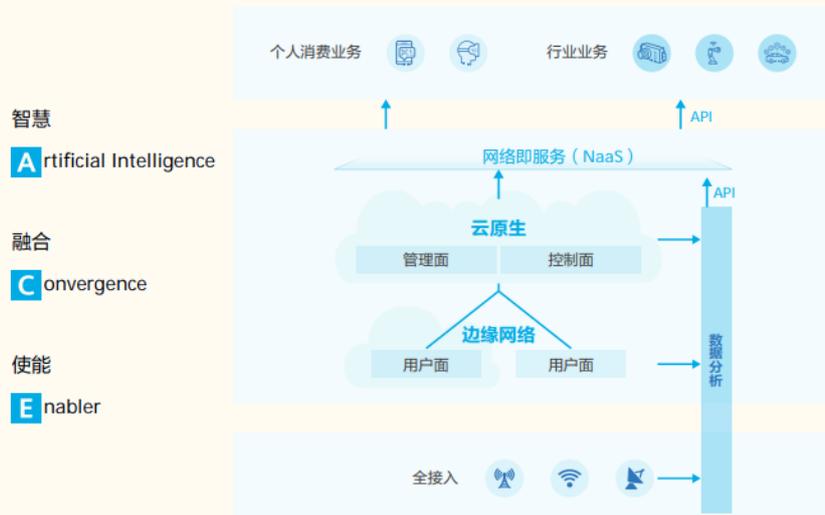
图表 38: 支持 5G 的智能手机终端渗透率及预测



来源: counterpoint, 国金证券研究所

长期来看，元宇宙不仅是 C 端的沉浸式内容应用，而是面向 B 端各行业场景，赋能行业生产效率提升。例如，面向 C 端的 XR 终端提高沉浸感，同样面向行业应用的 AR 业务场景也将从单终端通信演进到多 XR 协同交互。这就要求 5G 从当前以消费者为中心的移动宽带网络成长为行业数智化和工业互联网核心网络。根据 5G-Advanced 网络技术演进白皮书预计，5G-Advanced 最早将在 2024 年开始商用部署，推动 5G 网络性能提升 10 倍，使 5G 能够融入垂直行业，助推云 XR、元宇宙的发展。据 GSMA 预测，在未来 5 年中，5G 连接数将从 2020 年的 2 亿增加到 2025 年 18 亿，占全球移动连接总数的四分之一。

图表 39: 5G-Advanced 网络架构



来源: 5G-Advanced 网络技术演进白皮书, 国金证券研究所

未来 6G 时代，无线通信将在很大程度上针对元宇宙的愿景形成底层数字底座。元宇宙成熟是一个长期演进的过程，与其相伴的是无线通信技术的长期演进。2021 年 6 月，IMT2030 (6G) 推进组发布了《6G 总体愿景与潜在关键技术白皮书》，这一白皮书对 6G 的应用场景进行系统阐述，提出面向 2030 年及未来，6G 网络将助力实现真实物理世界与虚拟数字世界的深度融合，构建万物智联、数字孪生的全新世界。

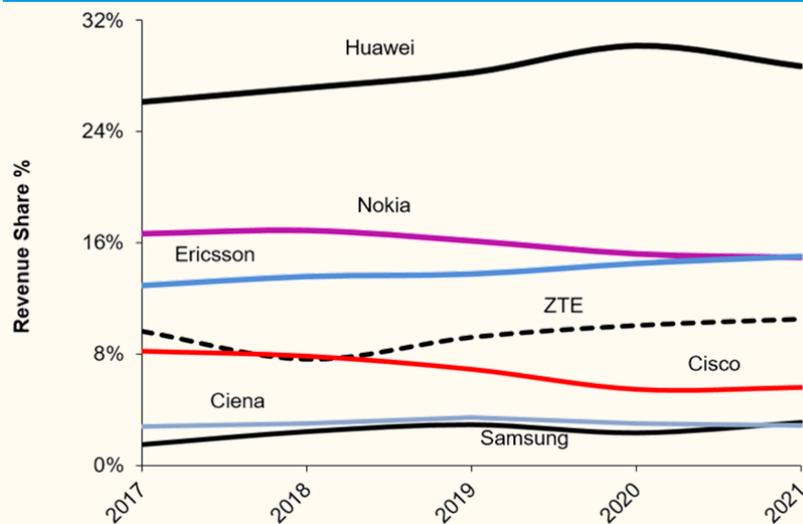
图表 40: 6G 潜在应用场景

沉浸式云 XR	现有的云 VR 系统对头动响应时延的要求不高于 20 毫秒，而现有端到端时延则达到了 70 毫秒 面向 2030 年及未来，基于云化 XR 的总时延将至少低于 10ms。虚拟现实用户体验要达到完全沉浸水平，角分辨率需达 60 ppd，帧率不低于 120 Hz，视场角不低于 130°，每像素 12 bit，且能够在一定程度上消解调焦冲突引发的眩晕感，按压缩比 100 计算，吞吐量需求约为 3.8 Gbps。
全息通信	以传送原始像素尺寸为 1920×1080×50 的 3D 目标数据为例，RGB 数据为 24 bit，刷新频率 60 fps，需要峰值吞吐量约为 149.3 Gbps，按照压缩比 100 计算，平均吞吐量需求约为 1.5Gbps。
智慧交互	传输时延要小于 1 毫秒，用户体验速率将大于 10Gbps，可靠性在很多情况下甚至要达到 99.99999%。
数字孪生	数字孪生要实现物理世界的数字镜像，需要网络拥有万亿级的设备连接能力并满足亚毫秒级的时延要求，以及 Tbps 的传输速率以保证精准的建模和仿真验证的数据量要求。

来源：《6G 总体愿景与潜在技术白皮书》，国金证券研究所

总体来看，元宇宙给无线通信带来机遇与挑战，一方面要求更低时延、更高带宽的网络优化，另一方面，扩展了通信技术在 B 端的应用。对运营商而言，目前正处在 4G 向 5G 过渡的阶段，业务结构重心由 C 端向 B 端转移，B 端业务有望成为增收引擎。对设备商而言，2021 年全球电信设备市场收入接近 1000 亿美元，同比增长 7%，Top7 供应商占比约为 80%，未来市场规模将进一步打开，市场份额有望向华为、中兴等主设备商集中。

图表 41: 全球主要通信设备商市场份额

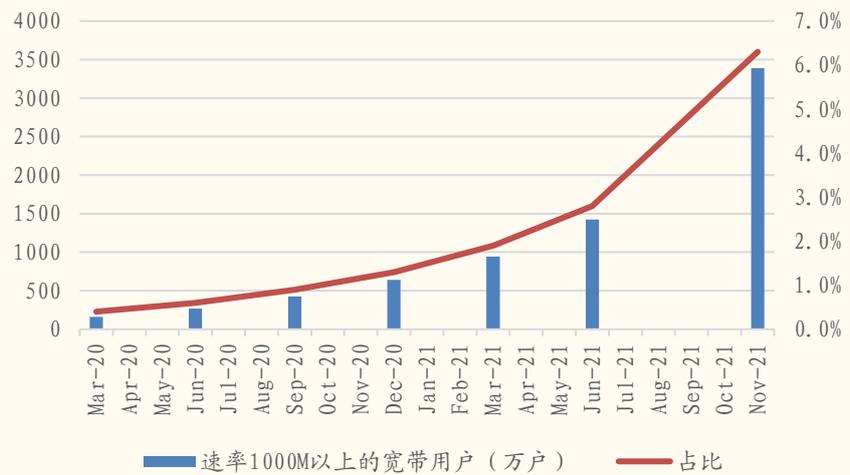


来源：Dell'Oro Group，国金证券研究所

3.2 10/50G PON、Wi-Fi6、光模块及光纤光缆产业链将迎来发展机遇

百兆宽带基本普及，全千兆宽带覆盖步入快车道。截止到 2021 年 11 月末，我国千兆用户规模达到 3386 万户，在宽带用户中占比达 6.3%，其中 11 月份单月净增 861 万户。2022 年 1 月国务院印发的《“十四五”数字经济发展规划》中，预期到 2025 年我国千兆宽带用户将达到 6000 万户，从目前的发展情况来看，千兆用户规模将会远超预期。

图表 42: 我国千兆宽带以上速率用户规模及占比



来源: 工信部, 国金证券研究所

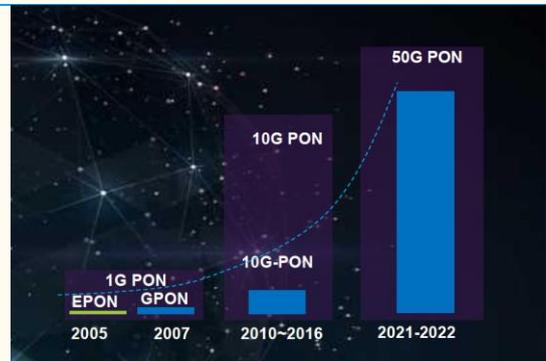
基于 PON 技术架构的 FTTR 千兆宽带组网方案, 将光网络末端进一步下沉, 延伸至各个房间。PON 无源光网络具有组网灵活、建网速度快、投资成本低、抗干扰、易维护、可靠性高的优点, 广泛应用在云数据中心、物联网、5G 通信、安防监控、智慧交通、智慧城市等领域, 在传输接入网中普及率不断提高, 有望替代传统有源光网络, 成为光纤网络发展趋势。无源光网络可受益于物联网、5G、智慧城市等产业规模不断扩大, 无源光网络需求规模不断增长。目前正由 10G PON 向 50G PON 发展, 驱动千兆宽带覆盖。Dell'Oro Group 的最新报告显示, 全球宽带接入设备市场总收入在 2021 年增至 163 亿美元, 同比增长 12%。增长再次来自于 PON 基础设施和固定无线 CPE 的支出, 其中 PON 设备支出同比增长 32%。

图表 43: PON 设备市场 (百万美元)



来源: Omdia, 国金证券研究所

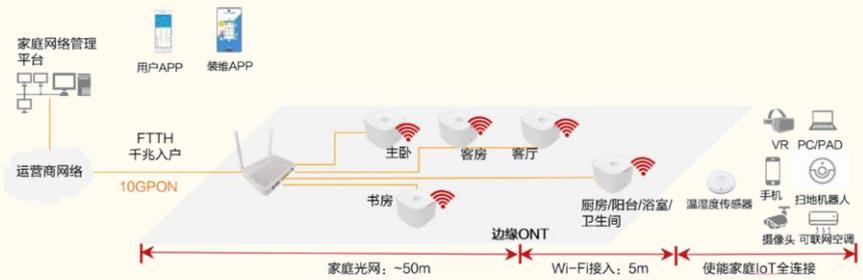
图表 44: PON 技术升级驱动千兆普遍接入



来源: 中兴通讯, 国金证券研究所

FTTR 技术方案通过加装 FTTR 光网关实现光纤入屋, 提供组网灵活性。FTTR 将是运营商实现家宽业务差异化、精细化运营, 打造家庭网络品牌, 提升用户 ARPU 值的一种有效手段。伴随运营商对家庭宽带设备的加速集采, FTTR 部署将提升整体光通信 (光纤光缆、光传输、光模块) 市场需求。

图表 45: FTTR 全光家庭网络架构



来源：华为《FTTR 技术白皮书》，国金证券研究所

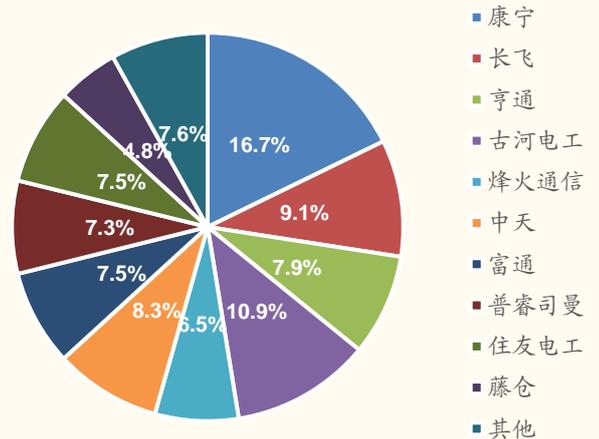
双千兆计划叠加 FTTR 组网方案带动光纤光缆市场需求。根据工信部数据显示，2014-2021 年中国光缆线路长度呈现逐年上升趋势，从 2014 年的 2061 万公里上升至 2021 年 5488 万公里。在长途用方面，中国长途光缆线路长度也呈现波动上升趋势，从 2014 年的 93 万公里上升至 2021 年的 112.6 万公里。在全球光纤光缆市场，中国光纤光缆供应量占全球的近 60%，长飞、中天、亨通、富通、烽火分别以 9.14%/8.28%/7.94%/7.49%/6.48% 的市场份额排进世界前十大供应商。

图表 46: 中国光缆线路长度 (万公里)



来源：工信部，国金证券研究所

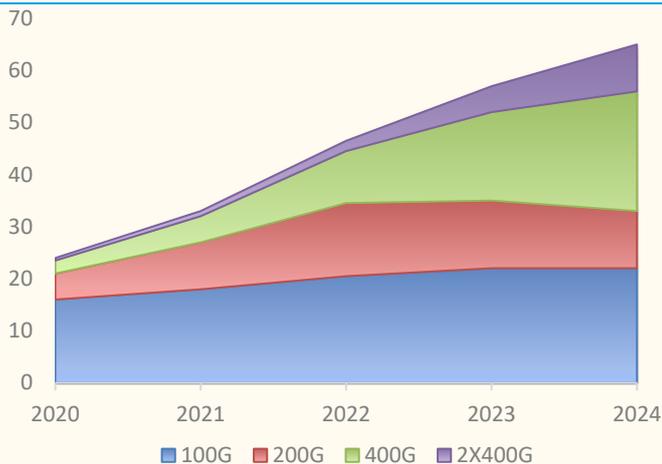
图表 47: 2020 年全球光纤光缆市场份额



来源：CRU，国金证券研究所

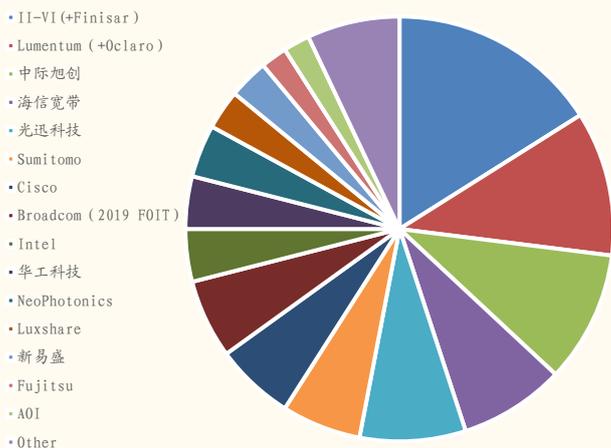
光模块向高速率形态演进，行业向龙头企业集中趋势显著，国内企业逐渐崛起。2020 年全球光模块市场规模 80 亿美元，预计 2026 年将达到 145 亿美元，未来数通市场需求是光模块成长的主要驱动。2020 年数通光模块市场规模约 38 亿美元，预计 2024 年达到 83 亿美元，年复合增长率约为 20%。400G 光模块进入批量供应阶段，是未来数通光模块的主要增长点。龙头企业规模优势促使光模块企业并购重组，行业 CR5 市场份额从 2015 年的 44%，上升至 2019 年的 62%。在 lightcounting 评选全球前十大光模块企业中，中际旭创排名第二，其他国内企业，如华为、海信、光迅科技、新易盛和华工科技进入前十。市场份额方面，中际旭创、海信宽带、光迅科技、华工科技进入全球市场份额前十，占比达到 30%。

图表 48: 数通光模块市场规模 (亿美元)



来源: Lightcounting, 国金证券研究所

图表 49: 2020 年全球光模块市场份额



来源: Yole, 国金证券研究所

3.3 元宇宙时代, WiFi6 与 5G 移动通信互补共存

WiFi 技术经历六代技术革新, 目前最新的 WiFi6/6E 支持 2.4/5GHz 频段, 速率可达 9.6Gbps。WiFi 6/6E 及 WiFi 7 将是元宇宙时代必备的无线通信规格。WiFi6 设计之初, 就是为了应对高密度无线接入和高容量等无线业务, 比如室外大型公共场所、高密度场馆、室内高密度无线办公、电子教室等场景。这些场景中接入 WiFi 网络的客户端设备呈现巨大增长, 虽然现在的 WiFi5 也能够提供大带宽能力, 但是随着密度不断上升, 其吞吐量性能遇到瓶颈。Wi-Fi 6 通过引入多用户特性达到提升高密度网络中 Wi-Fi 性能的目的, 与 WiFi5 相比, WiFi6 速率最高可达 9.6Gbps, 时延最低可到 10ms, 可支持最多 128 人同时上网, 终端功耗降低 30% 预计将在 2025 年现身的 WiFi 7, 目标是部署在 2.4/5/6GHz 频段, 传输速率可达到 30Gbps。

图表 50: WiFi 技术发展

发布年份	802.11 标准	频段	新命名	理论速率
1997	原始标准	2.4GHz		2Mbps
1999	802.11b	2.4GHz		11Mbps
1999	802.11a	5GHz		54Mbps
2003	802.11g	2.4GHz		54Mbps
2009	802.11n	2.4/5GHz	WiFi 4	600Mbps
2014	802.11ac	5GHz	WiFi 5	3.5Gbps
2019	802.11ax	2.4/5GHz	WiFi 6	9.6Gbps
预计 2025	802.11be	2.4/5/6GHz	WiFi 7	30Gbps

来源: WiFi Alliance, 国金证券研究所

图表 51: WiFi6 的主要应用场景对带宽和时延的要求

类别	编号	场景	带宽要求	E2E时延要求
VR /AR	1	本地VR/AR-操作模拟/可视化营销/弱交互游戏	>20Mbps	<50ms
	2	云辅助VR/AR-互动操作模拟/全景直播/虚拟展会/互动式游戏	>100Mbps	<15ms
	3	云VR/AR-强交互超高清游戏	>400Mbps	<10ms
园区办公	4	普通办公-全无线办公/网络访问、政府与金融(安全WPA3)	>30Mbps	<30ms
	5	智慧办公-4K云桌面/沉浸式会议/高清无线投屏	>50Mbps	<10ms
	6	未来办公-远程办公协作/全息办公	>400Mbps	<50ms
智能制造	7	制造、仓储物流-AGV	>512Kbps	<10ms
	8	智能制造-资产管理/库存监控(高密)	连接数>5000	
城市热点	9	城市热点-机场、体育场、咖啡厅等公众高密度场所	>15Mbps	<20ms
	10	智慧教育-电子书包	>10Mbps	<50ms
智慧教育	11	智慧教育-全景电子课堂	>50Mbps	<10ms
	12	智能家居-公寓、家庭(8K电视、云游戏及IoT)	>100Mbps	<10ms

来源: 华为 WiFi6 与 5G 技术及应用白皮书, 国金证券研究所

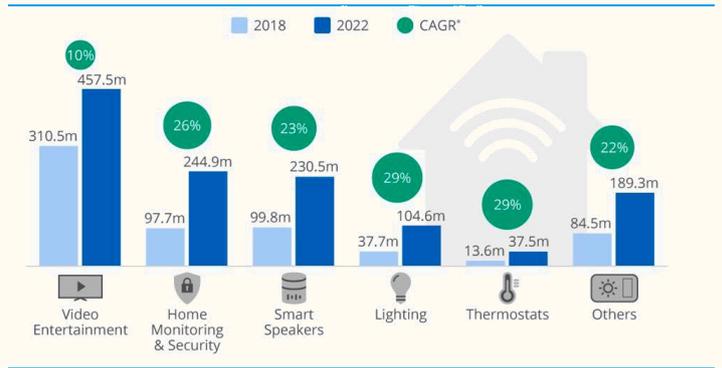
元宇宙时代, 万物开放互联, 新型终端和应用场景扩展 WiFi 市场边界。根据 Gartner 数据显示, 至 2020 年, 全球物联网设备量将达到 204 亿台, 2016-2020 年复合增长率为 34%; 到 2025 年, 所有物联网连接中的 72% 将使用 WiFi 和蓝牙技术。全球物联网 WiFi 芯片出货量将于 2022 年达到 49 亿颗, 而 WiFi6 芯片将快速成长到超过 20 亿套。亚马逊(Amazon)、Google、阿里巴巴、小米及其他 OEM, 都在推动发展语音助理和智慧家庭功能, Google 及 Amazon 都在前述装置纳入 802.15.4, 而 BLE 网状网络在中国也应用于多种语音助理装置, 以便控制 BLE 网状网络照明及其他智慧家庭功能。未来随着物联网的爆发, Wi-Fi 6 也将强有力渗透市场。

图表 52: IoT 设备增长曲线



来源: IDC, 国金证券研究所

图表 53: 智能家居设备出货量



来源: statista, 国金证券研究所

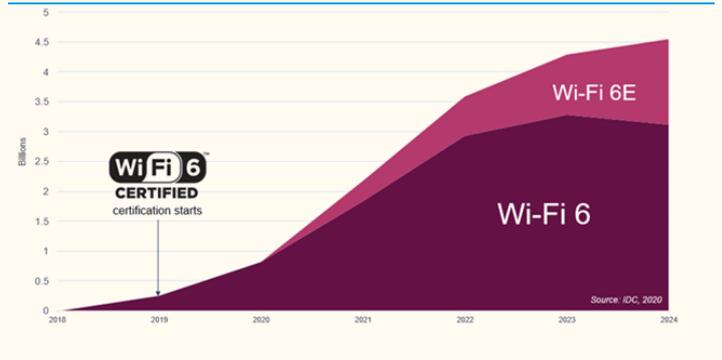
Wi-Fi6 凭借高速率、低时延和多连接的能力, 将成为元宇宙、XR、边缘计算等前沿应用场景的关键网络技术。根据 IDC 数据显示, 2020 年我国 WLAN 市场总体规模达到 8.7 亿美元, 其中 Wi-Fi 6 占比 31.2%, 规模达 2.7 亿美元, 2021 年市场规模接近 4.7 亿美元。截至 2021 年底, 全球 Wi-Fi 6 终端出货量超过 20 亿台, 占全部 Wi-Fi 终端出货量的 50% 以上, 2025 年有望增长至 52 亿台。Wi-Fi6 的市场份额还在逐步上升, 预计 2022 年 Wi-Fi6 芯片年出货量将超过 10 亿颗, 56% 的新款终端将会支持 Wi-Fi6, 预计到 2024 年 Wi-Fi6 将成为主流标准。

图表 54: 中国网络无线市场规模预测



来源: IDC, 国金证券研究所

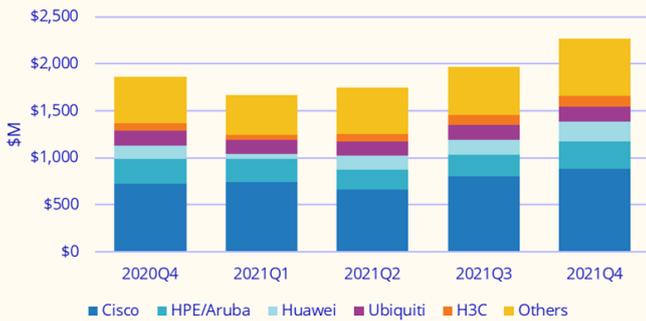
图表 55: Wi-Fi6 终端出货量预测



来源: WiFi Alliance, 国金证券研究所

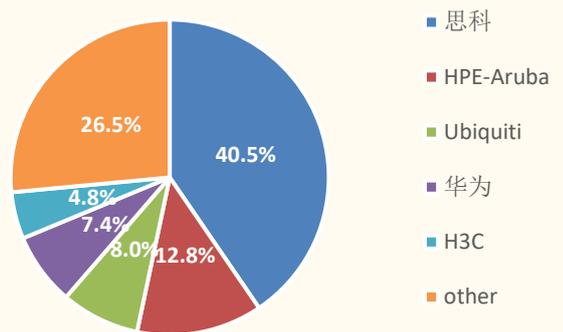
Wi-Fi6 产品渗透, 推动企业 WLAN 市场。2021 年企业和消费 WLAN 市场收入 172 亿美元, 同比增长 6.5%。其中企业 WLAN 市场受到 Wi-Fi6 标准的推动, 收入 76 亿美元, 增速达 20.4%, Wi-Fi 6 接入点占非独立接入点(AP)业务收入的 75.1%。消费级 WLAN 市场在第四季度同比下降了 10.1%, 全年下降了 2.5%。Wi-Fi 6 产品在消费者市场继续增长, 占该市场总收入的 28.2% 和出货量的 13.1%, 但 Wi-Fi 5 仍然占总收入的大部分(61.4%)和出货量的大部分(63.6%)。从市场竞争来看, top5 企业市场份额超过七成, 市场集中度进一步提高。

图表 56: 2020Q4-2021Q4 企业 WLAN 市场收入



来源: IDC, 国金证券研究所

图表 57: 2021 企业 WLAN 市场份额



来源: IDC, 国金证券研究所

中高端 WiFi 芯片市场壁垒高, 本土企业瞄准应用广阔的物联网场景切入 WiFi 芯片赛道。根据 BCC Research 预测, 全球 WiFi6 芯片组市场规模将会从 2021 年的 34 亿美元增长至 2026 年的 91 亿美元, CAGR21.7%。

从目前市场情况来看, WiFi6 芯片主要分为路由器 WiFi6 芯片、物联网 WiFi6 芯片以及手机终端 WiFi6 芯片。高通、博通、联发科等老牌 IC 设计企业在手机终端和路由器高端 WiFi6 芯片市场占据领先地位, 智能手机主流机型均搭配其 WiFi 芯片。国内企业主要布局物联网 WiFi6 芯片, 乐鑫科技、博通集成等本土厂商已推出相关芯片; 布局路由器 WiFi6 芯片的企业相对较少, 主要有华为、矽昌通信等。

图表 58: WiFi6 芯片厂商布局

领域	公司	产品
智能手机终端 WiFi6 芯片	高通	小米 11 搭载高通骁龙 888; 小米 10Pro、OPPO Find X2、vivo x50 等几十款手机使用骁龙 865
	博通	iPhone 13 采用博通产品。此外, 博通的 BCM4375 产品已经应用在三星 S20 系列手机上。2020 年发布了全球首款面向智能手机的 WiFi 6E 芯片 BCM4389, 采用 16nm 工艺, 数据传输率达到 2.4Gbps
	联发科	iQOO Z1、红米 K30S 至尊纪念版、OPPO Reno5 Pro 都相继采用天玑 1000+
路由器 WiFi6 芯片	博通	BCM43684 WiFi 6 芯片用在华硕和 TP-LINK 的多款路由器中
	联发科	诸多中低端路由器使用的是联发科的 Wi-Fi 芯片, 其中以 MT7621 和 MT7681 为主
	华为	华为 Wi-Fi 6 路由器使用的是自研的凌霄系列芯片, 包括凌霄 HI5651T、凌霄 HI5651L, 以及增加了芯片协同技术实现 WiFi+ 的凌霄 650
	矽昌通信	高端国产自研千兆 Wi-Fi 路由芯片—SF19A2890, 可提供稳定的 866Mbps+300Mbps 无线接入和全千兆路由转发性能, 支持最多 256 个设备同时连接
物联网 WiFi6 芯片	乐鑫科技	Wi-Fi6+Bluetooth 5 (LE) 的 RISC-V SoC ESP32-C6
	博通集成	发布全球首款物联网 Wi-Fi 6 芯片 BK7236: 室内 OFDM 模式通信距离达到 100 米, 可以支持 160 个连接设备, 支持的数据传输速率达到 230 Mbps

来源: 各公司官网, 国金证券研究所整理

3.4 投资建议

元宇宙下, 网络层是高带宽、低时延通信技术的升级, 主要表现为 5/6G 普及、WiFi6 技术发展、千兆光纤入户和 10G PON 向 50G 升级, 建议关注市场规模扩张趋势下行业龙头公司, 以及技术迭代升级下具有成长能力的产业链上游公司。

- 通信运营商: 中国移动、中国联通、中国电信, AT&T, Verizon
- 通信设备商: 华为、中兴通讯、爱立信、诺基亚
- 光纤光缆: 长飞光纤、亨通光电、烽火通信、中天科技
- 光模块: 中际旭创、新易盛

- WiFi6 芯片：乐鑫科技、博通集成、矽昌通信、高通、联发科、博通

四、风险提示

技术进展缓慢：VR/AR/MR/XR 沉浸式体验技术不成熟，使用成本高昂，耗电量高，笨重，会让游戏及社交元宇宙发展不如预期。

跨平台协同合作困难：元宇宙发展的基础要素需要跨平台让使用者在不同的应用游走无障碍，各家平台公司如果无法协同合作，元宇宙将无法成型。

各国政府可能的反对态度：各家元宇宙发展将跨国界，有各种虚拟货币及商品交易，法律，规章的完整及合规性，税金收取的问题，都是要看各国政府对行业发展是否保持反对的态度。

初期投资庞大，获利不易：目前元宇宙商业模式尚未成型，初期投资庞大，获利不易。

公司投资评级的说明:

买入: 预期未来 6-12 个月内上涨幅度在 15%以上;

增持: 预期未来 6-12 个月内上涨幅度在 5%-15%;

中性: 预期未来 6-12 个月内变动幅度在 -5%-5%;

减持: 预期未来 6-12 个月内下跌幅度在 5%以上。

行业投资评级的说明:

买入: 预期未来 3-6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上;

增持: 预期未来 3-6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%-15%;

中性: 预期未来 3-6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%-5%;

减持: 预期未来 3-6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明:

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，对由于该等问题产生的一切责任，国金证券不作出任何担保。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整。

本报告中的信息、意见等均仅供参考，不作为或被视为出售及购买证券或其他投资标的邀请或要约。客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，且收件人亦不会因为收到本报告而成为国金证券的客户。

根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于C3级（含C3级）的投资者使用；非国金证券C3级以上（含C3级）的投资者擅自使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

此报告仅限于中国大陆使用。

上海

电话：021-60753903
传真：021-61038200
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn
邮编：201204
地址：上海浦东新区芳甸路1088号
紫竹国际大厦7楼

北京

电话：010-66216979
传真：010-66216793
邮箱：researchbj@gjzq.com.cn
邮编：100053
地址：中国北京西城区长椿街3号4层

深圳

电话：0755-83831378
传真：0755-83830558
邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：518000
地址：中国深圳市福田区中心四路1-1号
嘉里建设广场T3-2402