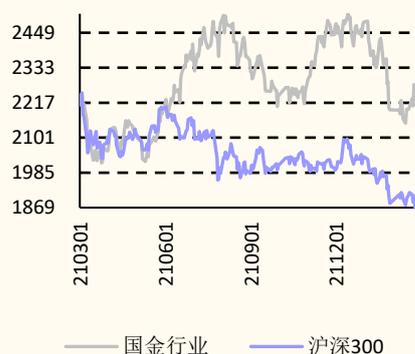


市场数据(人民币)

市场优化平均市盈率	18.90
国金信息技术产业指数	2234
沪深 300 指数	4573
上证指数	3451
深证成指	13413
中小板综指	13470



元宇宙高速运算下对科技产业链的加持

投资建议

- 投资建议：**元宇宙行业仍处于初期投资庞大获利不易阶段，以 10 年来看，估计游戏/社交/商业元宇宙产业链将占科技行业的 15-20%，我们首次推荐元宇宙信息技术产业，给予买入评级。推荐重点关注 10 家全球及中国大陆的相关公司，其中包括元宇宙平台内容软件公司如 Roblox（游戏及社交软件平台），微软（Hololens 2, 游戏及商用/工业用），Meta（Oculus Quest 2, 社交生态系统），腾讯控股（游戏，社交，3G Glasses，至信链/QQ 钱包），中国移动（5G/6G, WiFi6, 咪咕），歌尔股份（Oculus/Sony/Pico VR 代工），立讯精密（苹果第二代 MR），舜宇光学（AR 光波导，折叠光路模组，菲尼尔透镜），3D 游戏及社交软件开发工具 Unity，及 3D 图像及服务器 AI 芯片 Nvidia（Grace CPU, A100 训练推理，Omniverse 数字孪生）。
- VR/AR/MR/XR 终端，5G/6G/WiFi6/7 承载，AI 数据中心高速运算芯片遍地开花。**目前游戏元宇宙行业芯片的全球占比应不到 8%，估计未来 15-20 年内将占芯片行业市场的 25-30%，主要驱动力为 VR/AR/MR/XR 设备的处理器，6DoF 眼球追踪，手势感测，显示屏驱动，存储及电源管理芯片，高速 5G/6G/WiFi 6/7 无线通讯，让元宇宙世界更真实的高阶 GPU 图像显示，及元宇宙场景所需要的 AI 数据中心及边缘高速运算大量使用的 CPU，GPU，FPGA，PCIE Gen 5/6 Retimer，网络，及存储器芯片。
- VR/AR/MR/XR 为元宇宙的核心硬件终端。**Meta Oculus 率先在 VR 游戏领域取得成功，微软 MR Hololens 2 在企业级应用取得了较好发展，并计划推出消费级 AR/VR 产品，苹果酝酿将于 2023 年重新定义 MR 技术及应用。随着技术的不断成熟，AR/VR/MR/XR 有望成为继 TWS 耳机之后又一爆款消费电子产品。2021 年全球 AR/VR 硬件产品突破千万台，TrendForce 预测，2022 年 AR/VR 装置出货量将达到 1419 万台，同比增长 43.9%。
- 元宇宙将重塑 ICT 商业基础设施，关注数据传输和边缘计算产业升级的投资机会。**元宇宙的发展将重塑 ICT 基础设施，海量数据计算、传输需求，将带来算力和网络的迭代升级。IDC 数据显示，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，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 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，主要为 5/6G 普及、WiFi6/7 技术发展、千兆光纤入户和 10G FWA 升级。

风险提示

- 1. 技术进展缓慢；2. 跨平台协同合作无法成型；3. 各国政府可能的反对态度；4. 初期投资庞大，获利不易。

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

樊志远 分析师 SAC 执业编号：S1130518070003
fanzhiyuan@gjzq.com.cn

邵广雨 联系人

赵晋 分析师 SAC 执业编号：S1130520080004

内容目录

一、元宇宙的介绍	5
二、Metaverse 元宇宙高速运算下对半导体行业的加持	12
三、VR/AR：元宇宙硬件载体，全产业链获增量空间.....	20
3.1 元宇宙硬件载体.....	20
3.2 Oculus Quest 2、Hololens 2，Apple MR 将主导 VR / AR / MR 市场..	22
3.3 光学显示、感知交互等环节技术革新，为国内电子厂商带来增量	26
四、元宇宙开放互联时代，强化及重塑 ICT 商业基础设施	31
4.1 计算部署方式向边缘转移，产业链上游基础设施及硬件厂商有望率先受益.....	33
4.2 元宇宙有望打开 5G C 端市场，FTTR+Wi-Fi6 构筑千兆光网技术底座..	35
五、重点关注公司及投资建议	40
六、风险提示.....	42

图表目录

图表 1：Horizon Worlds.....	5
图表 2：Meta 元宇宙布局.....	6
图表 3：Decentraland 土地.....	7
图表 4：NFT 土地	7
图表 5：Ralph Lauren Winter Escape on Roblox.....	8
图表 6：Nikeland on Roblox	8
图表 7：Unity	8
图表 8：腾讯元宇宙布局	9
图表 9：腾讯算力网络	10
图表 10：咪咕元宇宙 MIGU 演进路线.....	10
图表 11：中国移动 OpenSigma 边缘计算通用平台	11
图表 12：机器产生的数据驱动半导体需求.....	12
图表 13：英特尔 CPU+英伟达 GPU AI 服务器架构	13
图表 14：英伟达 Grace CPU+ GPU AI 服务器架构.....	13
图表 15：CXL 技术用途	13
图表 16：云端 AI 加速器比较表	14
图表 17：全球 AR 眼镜市场预测	14
图表 18：全球 VR 眼镜市场预测.....	14
图表 19：AR / VR 显示技术比较 Pass through vs. See through	15
图表 20：全球 AR/VR/XR 眼镜市场预测及显示技术分类	16
图表 21：VR 眼镜规格比较.....	16
图表 22：PlayStation VR2 规格	17
图表 23：高阶游戏机显卡比较表	18

图表 24: 游戏机及以太矿机图形显卡芯片份额	18
图表 25: 高通骁龙 5G XR2	19
图表 26: WiFi 5, 6, 7	19
图表 27: 历代互联网发展特征	20
图表 28: VR 与 AR 存在差异与共性	21
图表 29: Steam 平台 VR 月活跃用户数量增长	22
图表 30: 2020 年全球 AR 分应用领域市场份额	22
图表 31: 全球 VR 头显销量 (单位: 万台)	22
图表 32: 全球 AR 头显销量 (单位: 万台)	22
图表 33: Oculus Quest 2 季度出货量 (单位: 万台)	23
图表 34: 22 年 1 月 Steam 平台 VR 头显设备份额	23
图表 35: Oculus Rift、Quest 历代产品规格比较	23
图表 36: 2021 年主流 VR 一体机、PC VR 新品规格比较	24
图表 37: Hololens 2 技术规格	25
图表 38: 苹果近期发布 MR 相关专利汇总	26
图表 39: 与 VR 头显近眼显示相关的五大性能指标	27
图表 40: VR 头显显示屏技术分类	27
图表 41: VR 头显光学透镜分类	28
图表 42: AR 与 VR 近眼显示方案存在差异	28
图表 43: AR 图像源器件性能比较	28
图表 44: 自由曲面光学设计	29
图表 45: Birdbath 光学设计	29
图表 46: 基于光波导的光学系统可被移到额头侧面	29
图表 47: 几何、衍射光波导工作原理不同	29
图表 48: 光波导技术方案比较	30
图表 49: VR 头显空间定位技术分类	30
图表 50: 元宇宙五大环节	31
图表 51: Meta、腾讯、咪咕元宇宙布局对标	32
图表 52: 元宇宙主要场景的时延要求	32
图表 53: 边缘计算架构	33
图表 54: 边缘计算与云计算的对比	33
图表 55: 云计算公司的边缘计算架构	34
图表 56: CDN 厂商市场份额 (按用户数量)	34
图表 57: 边缘计算七大类市场玩家及其战略布局方向	34
图表 58: 中国边缘计算服务器市场份额	35
图表 59: 中国加速计算服务器市场份额	35
图表 60: 2020 全球模块化数据中心市场	35
图表 61: Cloud VR 业务对带宽/时延的要求	36
图表 62: 运营商 5G 套餐用户 (百万户) 渗透率	36

图表 63: 全球主要通信设备商市场份额	36
图表 64: 我国千兆宽带以上速率用户规模及占比.....	37
图表 65: 2020 年全球光纤光缆市场份额.....	37
图表 66: 数通光模块市场规模 (亿美元)	38
图表 67: 2020 年全球光模块市场份额	38
图表 68: 中国网络无线市场规模预测.....	38
图表 69: WiFi6 终端出货量预测.....	38
图表 70: WiFi6 芯片厂商布局.....	39
图表 71: 重点关注全球及国内 10 大元宇宙相关的公司	40
图表 72: VR&AR 产业链各环节上市公司一览.....	41

一、元宇宙的介绍

简单来说，我们所认知的元宇宙就是游戏行业所创造的虚拟世界的延伸，因为目前每个不同的游戏都还没有完美地连结成一个互通的生态系平台，所以各家平台公司都在积极的并购及扩张，以图拿下未来主导元宇宙的话语权。虽然完整开放连结对接各家软件商开发虚拟世界与现实生活的元宇宙 Metaverse 生态系还未出现，但很多游戏软件公司（2003 年的第二人生，2003 年的 Entropia Universe 安特罗皮亚世界，Kaneva 2004，Roblox 2006，EPIC Games Fortnite 2017，Decentraland 2020）及 3D 游戏设计软件工具公司 Unity (45-50%份额)，Unreal，Game maker，Cry Engine，早在 15-20 年前就已经逐步尝试建立自己封闭的元宇宙虚拟世界生态系，而社交，游戏，使用虚拟加密货币（带动挖矿行业）购买限量产品，土地交易，经商，行销广告，虚拟会议，生活的虚实融合也都已经逐步在各家公司封闭的元宇宙生态系中进行试验了。

- **元宇宙首尔 2022-2026：**首尔居民可以进入首尔虚拟城市观光，办理市政业务。
- **Meta/脸书一终端+内容先行，围绕社交和 XR 全方位布局：**脸书率先于 2021 年 8 月推出 Oculus VR 进入的虚拟会议 Horizon Workroom，于 2021 年 10 月 29 日正式更名 Meta，并在 2021 年 12 月 9 日对美国及加拿大 18 岁以上用户推出 Horizon Worlds，而 Oculus VR 开发者可以使用 Unity 引擎开发 VR 游戏或内容，来扩大 Oculus 的生态系。12 月 24-26 日，Oculus App iOS 免费版排名从 77 名提升至第 1 名，由于新的 Quest2 需要下载 app 激活，反映出使用 Oculus 激活的 Quest2 数量加速增长，我们认为这反映出北美市场圣诞期间 Quest2 销量惊人，有望推动 VR 元宇宙行业的加速发展。

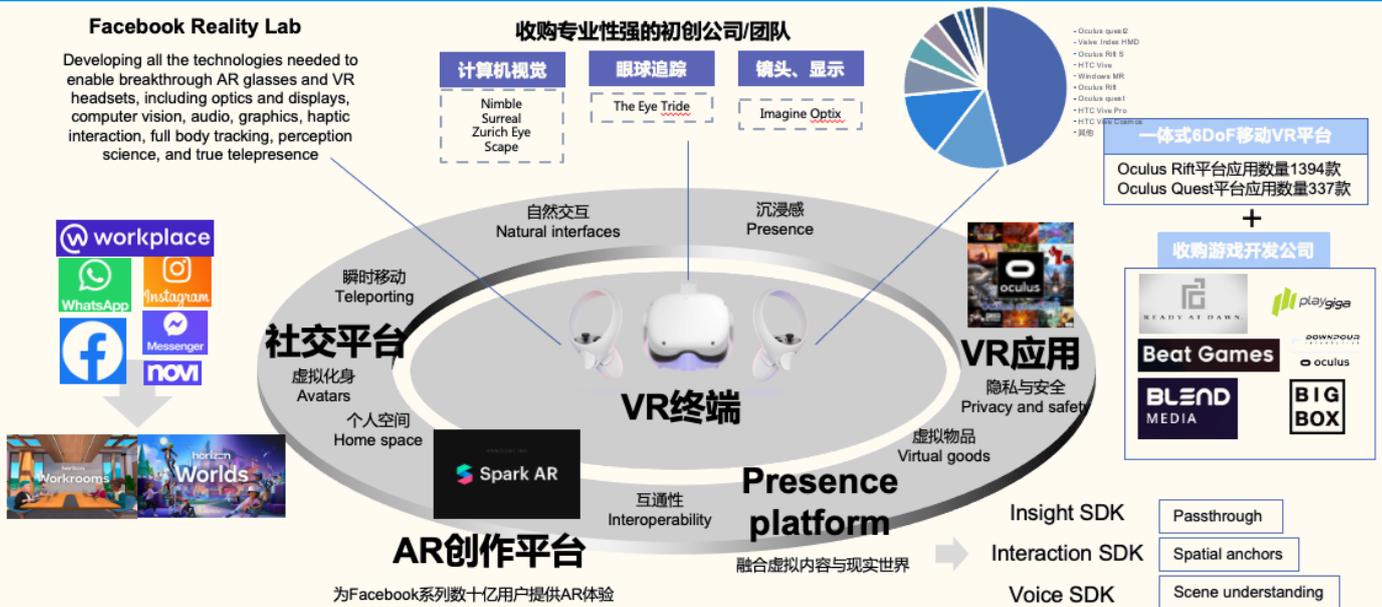
图表 1: Horizon Worlds



来源：Meta/Facebook，国金证券研究所

- **终端硬件+应用平台率先布局，以终端为入口，提高用户沉浸感体验。**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）。公司围绕成熟的 VR 产品打造 VR 游戏平台，并将已有的社交产品延伸，构建 VR 虚拟社区 Horizon 系列。

图表 2: Meta 元宇宙布局

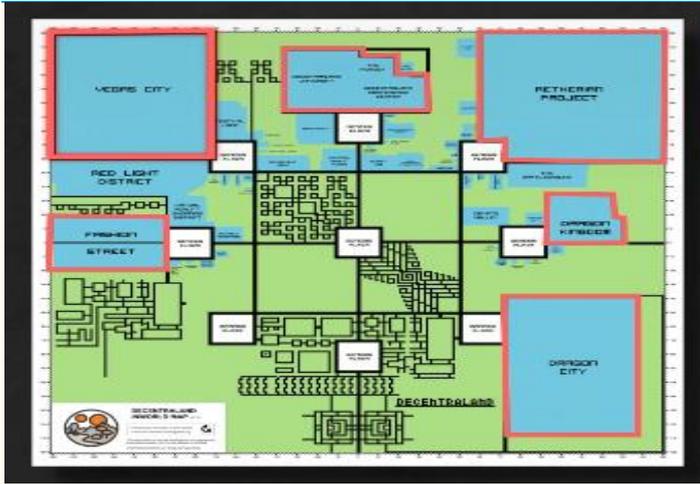


来源：公司官网，Steam 平台，国金证券研究所整理

- 终端：**是 Meta 元宇宙布局的核心，公司自研+投资布局硬件和技术，创建 Facebook reality Lab，同时收购在光学显示、计算机视觉、声学、图像、体感追踪、人机交互等方面专业性强的初创公司和团队。目前公司终端设备 Oculus quest2/rift 系列市占率超过 60%，未来将推出高端 VR 头显 Cambria 和 AR 产品 Nazare。Cambria 在光学上采用提高视觉保真度的 Pancake 折叠光学透镜，将显著降低 VR 头显的厚度和重量。
- 应用方面：**公司打造一体式 6DOF 移动 VR 平台，应用数量超过 1700 款；收购多家游戏开发公司，开发 VR 游戏。
- 赋能：**Meta 的元宇宙生态需要赋能创作者与开发者变现，探索所有权的新模式。公司开发 AR 制作平台 Spark AR，旨在实现创作者的大众化和去中心化，降低 AR 制作门槛。创建融合虚拟内容与现实世界的工具 presence platform，涵盖机器感知与人工智能功能，包括 Insight SDK（构建混合现实体验）、Interaction SDK（添加交互功能）、Voice SDK（将语音输入集成到应用）。
- Microsoft/微软：**微软于 2021 年 11 月的 Ignite 大会上发表新的 Teams 聊天与会议程式功能，通过微软的 HoloLens 2 的 MR 设备让客户体验混合实境的平台 Mesh for Microsoft Teams，来进行协作，召开会议，发送讯息，处理共享文档，共享全息体验及沉浸式空间。另一款名为 Dynamics 365 Connected Spaces 的应用软件可以允许客户在零售商店，员工在工厂空间内进行移动及互动，及通过 AI 来改善客户及员工使用经验。未来的 Xbox 游戏平台也能陆续开发元宇宙相关软件。根据华尔街日报，原先微软 HoloLens 团队 1500 人，因对手挖角，近来多有离职，而前往 Meta/脸书的最多，为了避免未来人员陆续流失，微软 2022 年初在对外招募职缺描述中透露将建立 Vortex 混合视觉应用团队，扩大元宇宙应用布局。
- Decentraland：**于 2021 年 10 月 21 日，Decentraland 推出了三天的元宇宙音乐节，吸引了鼠爷，Paris Hilton, Nina Nesbitt, RAC, DJ 3LAU 等 80 组艺人参演。Token.com 于 2021 年 11 月 22 日以 61.8 万 Mana 虚拟货币即 242.9 万美元买下 Decentraland（其核心资产是由以太坊智能合约 Smart Contract 维护的 NFT Non-Fungible Token 资产）的一块 565 平方米 / 170 坪「时尚区」土地，将用于举办数字时尚活动和出售虚拟服装，虽然我们无法证实这是否为虚假交易，但确实证明了虚拟世界的经济活动在持续加热中。

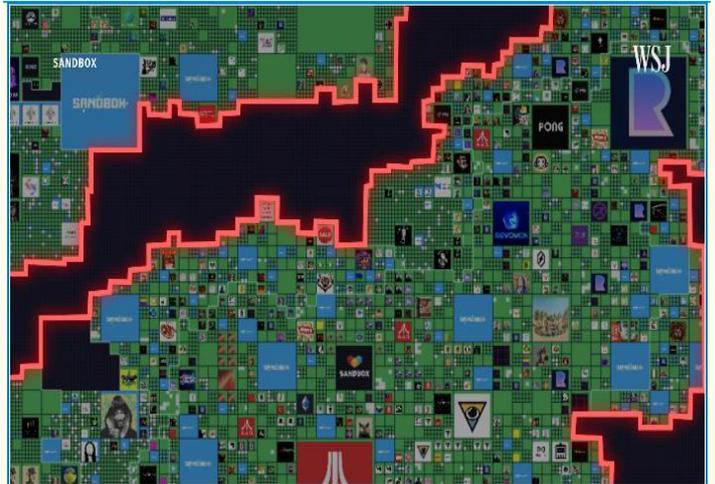
- Republic Realm:** Republic Realm 于 2021 年 12 月 2 日以 430 万美元从影音游戏公司 AtariSA 手中购买了一块 The Sand box 上的虚拟土地。这是继之前在 Axie Infinity, Somnium Space, Decentraland (91.3 万美元购买 #4247 号房产) 购买最大的地块，现在它已经购买 Dvision Network 中最大部分土地。到目前为止，Republic Realm 已经获得 19 个元宇宙平台 2500 块的优质土地 NFT Non-Fungible Token。

图表 3: Decentraland 土地



来源: Decentraland, 国金证券研究所整理

图表 4: NFT 土地



来源: WSJ, 国金证券研究所整理

- Roblox:** 除了有 5470 万活跃玩家 (陆续超过 Minecraft, Fortnite 等人气游戏), 其中 22% 自己设计游戏, 并订下未来能达到 10 亿活跃玩家的目标, 这应该是 Roblox 在所有元宇宙平台最能吸引真实世界的品牌大厂进驻销售其虚拟限量商品的原因。不同于其他游戏是由特定公司所控制, Roblox 是一个开发设计平台, 游戏设计师可以利用其简易设计工具来开发游戏, 社交活动, 及商业活动, 而每个使用者可以用同样的替身与朋友进入不同的游戏进行社交及团队合作。因为其热门游戏的不断推陈出新, 加上能持续吸引优秀游戏设计玩家加入公司, 我们预测在五年之内, Roblox 将能成为全球最多活跃玩家及最多游戏设计人才的平台。

- 1, Gucci Garden 在 2020 年与 Roblox 合作率先推出虚拟包包;
- 2, Nike 在 Roblox 推出 Nikeland (Nov 18, 2021)。Nike 收购虚拟球鞋公司 RTFKT (Dec 14, 2021) 准备在 Roblox 推出虚拟球鞋;
- 3, Ralph Lauren 在 Roblox 设计 Winter Escape game 并陆续推出限量单品 (Dec 12, 2021);
- 4, Tommy Hilfiger 宣布在 Roblox 推出 30 样数位流行商品 (Dec 17, 2021);
- 5, Forever 21 于 2021 年 12 月 20 日宣布在 Roblox 推出虚拟店铺 Forever21Shop City, 并在线上、线下同步销售;
- 6, Zara Larsson, Lil Nas, Royal Blood, Twenty One Pilots, Tai Verdes 陆续在 Roblox 开虚拟演唱会。

图表 5: Ralph Lauren Winter Escape on Roblox



来源: Roblox, Ralph Lauren, 国金证券研究所整理

图表 6: Nikeland on Roblox



来源: Roblox, Nikeland, 国金证券研究所整理

- Unity:** 不同于 Roblox 是游戏设计平台, Unity 是很多 3D 游戏厂商所使用的游戏设计工具, 而且全球占有近 5 成的份额 (Unreal, Game maker, Cry Engine 为其他竞争公司), 为了让沉浸式游戏更真实, Unity 于 2021 年 11 月宣布以 16.25 亿美元收购 Avatar, Lord of Ring 的电影动画与特效的制作公司 Weta Digital, 尤其是包括制作金刚电影背景立体城市模组所使用的 City Builder, 背景特效渲染的 Manuka 在内等 10 项工具及 275 名工程师。我们相信 Unity 是除了 Roblox 之外最大的游戏设计工具公司, 虽然 Unity 不介入平台, 但其共通的设计工具, 未来应该可以让不同的游戏互相连结, 形成元宇宙生态系。

图表 7: Unity

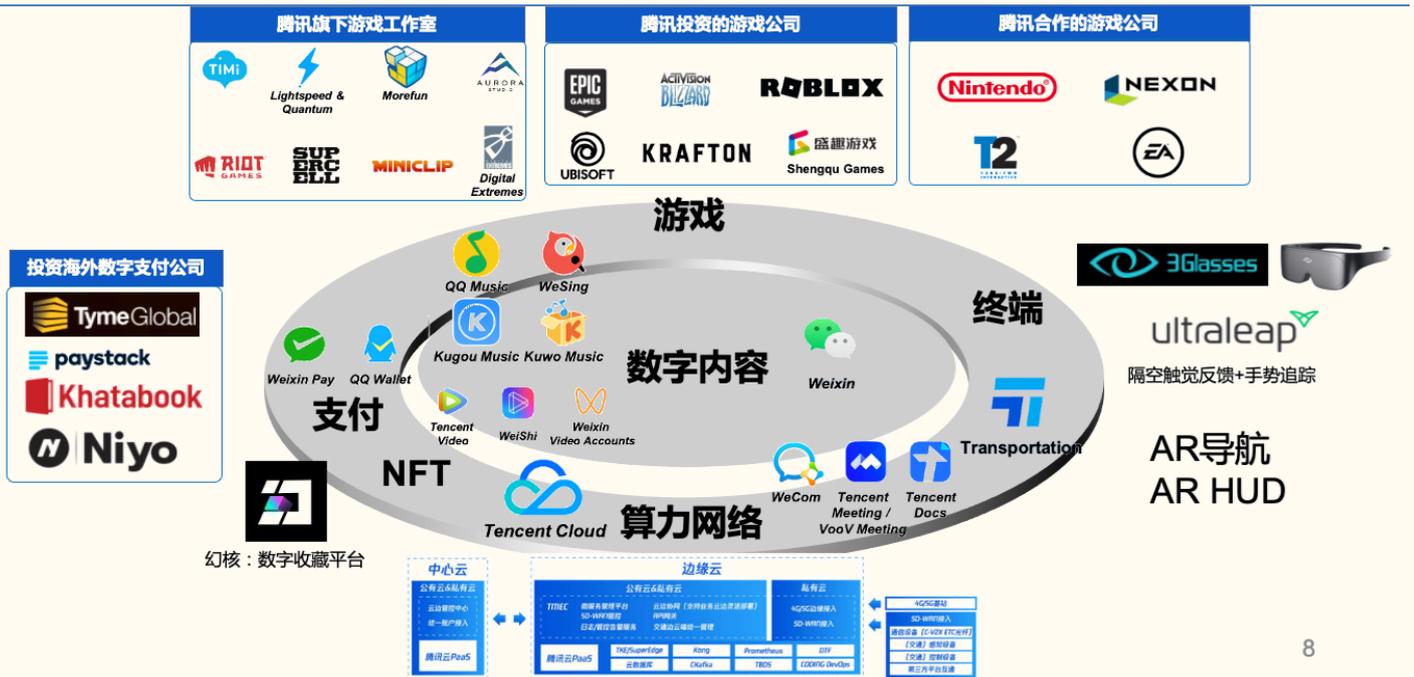


来源: Unity, 国金证券研究所整理

- 字节跳动:** 于 2021 年 8 月底, 字节跳动斥资 90 亿人民币收购国内 VR 行业的软硬件研发制造商 VR 创业公司 Pico (前五名 VR 供应商为 Meta 的 Oculus, 大朋 VR, Pico, HTC, Sony), 虽然溢价很高, 并出让一定比例股票换股来锁住 Pico 团队。被收购的 Pico 将并入字节跳动 VR 业务线, 整合字节跳动的内容资源和技术能力, 加大产品研发和开发者生态的投入。
- 腾讯—围绕内容体验构建全真互联网, VR/AR 下沉至各部门**

腾讯以庞大的平台流量为基础, 云计算为支撑, 构建全真互联网, 重点布局内容体验、终端、计算和使能。2020 年底, 马化腾提到:“移动互联网经过十年的发展, 即将迎来下一波升级, 我们称之为全真互联网。”腾讯最大的优势在于平台流量, 以此为基础, 公司内容与场景业务覆盖范围广泛且优势地位稳固。

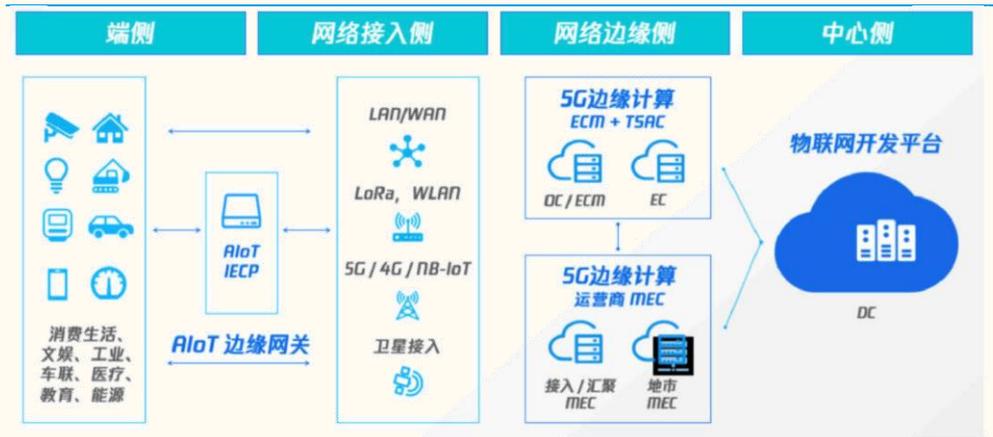
图表 8：腾讯元宇宙布局



来源：公司官网，公司年报，国金证券研究所

- 数字内容：**数字内容是腾讯元宇宙布局的核心，公司依托微信和 QQ 两大社交产品，吸引用户流量并扩展到包含视频、音乐、短视频等的全场景产品布局，VR/AR 技术下沉至各业务条线，增强用户体验。
- 游戏：**公司通过收购+投资游戏开发工作室成为全球最大的游戏公司。2020 年 2 月，腾讯投资、淡马锡等资本参与了被业界称为“元宇宙第一股”的 Roblox 的 1.5 亿美元 G 轮融资；2012 年腾讯以 40% 的持股，成为了 Epic Games 的股东，子公司 Unreal Engine 从事 3D 内容及 AR/VR 内容引擎开发。
- 云网协同：**腾讯云率先成为中国首家构筑起“云边网端”完整产品矩阵的云厂商。在 5G 边缘计算领域，腾讯云研发的边缘计算机器 ECM、边缘计算平台 TSAC、边缘接入和加速平台 TSEC、物联网边缘计算平台 IECP、AIoT 物联网关等产品，共同构建了 5G 云边缘计算平台。
- 终端：**腾讯与智能 VR 硬件公司 3Glasses 合作，并参与投资体感追踪公司 Ultraleap，进一步提高终端硬件的沉浸感。
- 使能：**基于公司与中国网安、枫调理顺三家企业联合建设的可信存证区块链平台“至信链”，腾讯推出 NFT 交易平台幻核 APP。数字支付方面，腾讯在国内拥有微信支付、QQ 钱包，在国外投资 TymeGlobal、Paystack、Niyoo 等多家数字支付公司。

图表 9：腾讯算力网络



来源：《腾讯 5G 生态应用白皮书》，国金证券研究所

■ 中国移动咪咕：网、云、数、智、安、边、端、链深度融合，探索元宇宙 MIGU 演进路线

中国移动董事长杨杰近期提出：要构建泛在融合的算力网络，打造一点接入、即取即用的“算力服务”，达成“网络无所不达、算力无所不在、智能无所不及”的愿景。咪咕在元宇宙道路上的探索，一方面，依托已有算力网络，用云计算、通信网络等底层技术和基础设施保障元宇宙虚拟世界的运行；另一方面，以游戏、社交、虚拟偶像等为载体，促进元宇宙生长，形成全新的内容生态。

图表 10：咪咕元宇宙 MIGU 演进路线

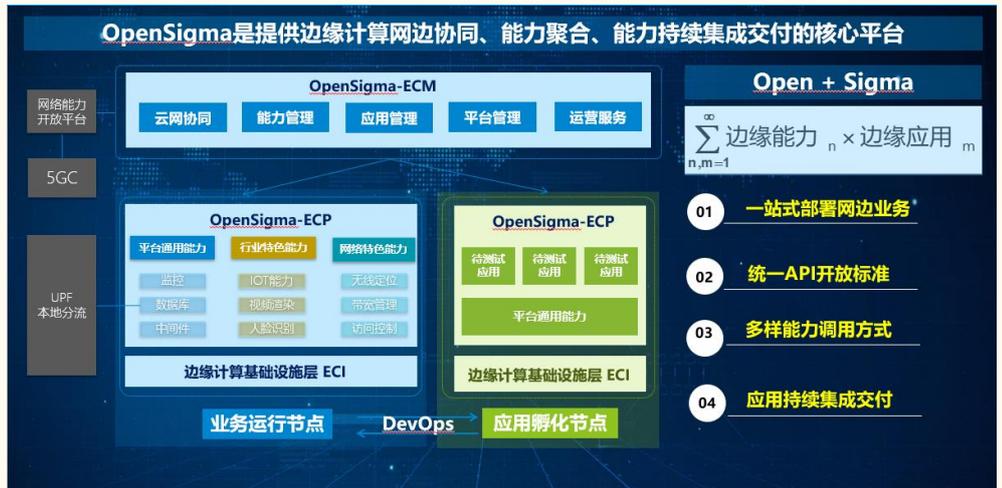


来源：公司官网，中国移动招股说明书，IDC，国金证券研究所

- **Mixed reality (混合现实)：**咪咕与增强现实科技公司 Nreal 合作的 5G 特色应用新品 Nreal Air，通过集成光学成像技术，其色彩清晰度相当于目前 VR 眼镜的两倍，为多元场景带来沉浸式应用体验。
- **Immersive social connection (沉浸式社会连接)：**咪咕打造了面向元宇宙的沉浸式社交互动，通过超高清视频、VR/AR、视频彩铃、智能座舱等不同的软、硬件环境，催生了全新的社交方式。咪咕互娱推出了“5G 快游戏”布局 5G+4K 超高清互动游戏，打造全场景沉浸式游戏体验。

- **Gamified interaction engine (游戏化交互引擎)**: 中国移动咪咕公司、小米游戏、金山云和蔚领时代联合发起“立方米计划”，为传统游戏厂商提供游戏云化服务，为云原生游戏提供开发运行环境，帮助游戏产业搭建云游戏分发网络。
- **Ubiquitous computing (无处不在的计算)**: 中国移动边缘计算网关、域域网和骨干网配合构建元宇宙扎实的通信服务网络。2020 年中国移动推出边缘计算平台 OpenSigma，依托中国移动边缘计算“100+”节点和边缘计算孵化器，实现对客户开放边缘网络能力和垂直行业能力。

图表 11: 中国移动 OpenSigma 边缘计算通用平台



来源: 公司官网, 国金证券研究所

■ 游戏元宇宙平台并购争夺战已经启动

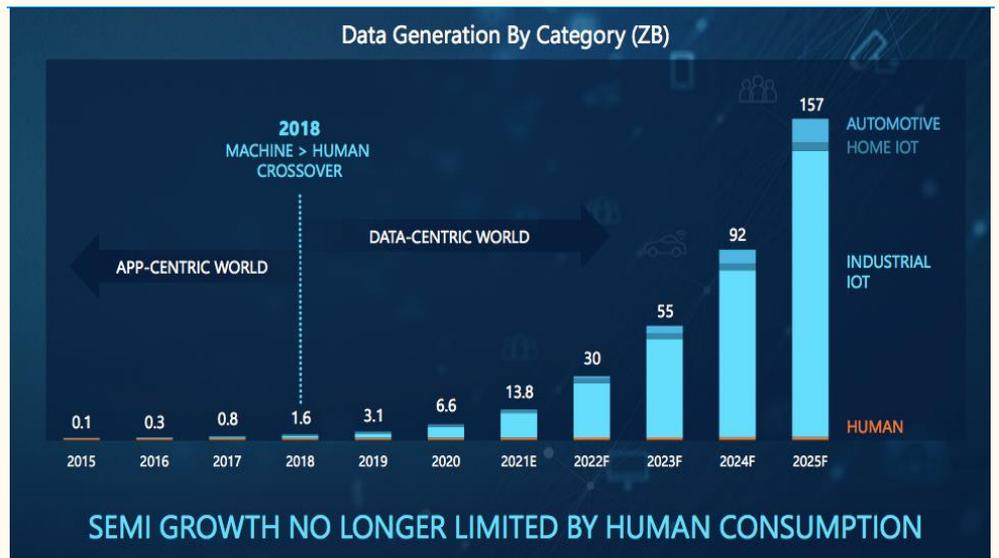
- ✓ 继腾讯 (已经并购了 Riot Games, Supercell, Epic Games 40%) 于 2021 年 7 月 19 日宣布以 12.6 亿美元并购英国电子游戏开发商 Sumo Group;
- ✓ Unity 于 2021 年 11 月 9 日宣布以 16.25 亿美元并购 Weta Digital;
- ✓ Take-Two Interactive 于 2022 年 1 月 10 日宣布以 110 亿美元并购 Zynga (Farm Ville, Words with Friends);
- ✓ Microsoft 微软于 2022 年 1 月 18 日宣布以 687 亿美元并购 Activision Blizzard 动视暴雪, 游戏机大厂;
- ✓ Sony 在牛年最后一天 2022 年 1 月 31 日也宣布以 36 亿美元并购游戏制作公司 Bungie (Halo & Destiny Franchises 的幕后工作室)。

这到底是游戏软件内容的竞争, 游戏元宇宙泡沫的进一步扩大, 还是游戏元宇宙平台透过并购, 布局争夺战的开始, 我们认为是最后者。微软、索尼都是游戏平台玩家巨头 (有游戏机开发, 有入口 VR/AR/MR 产品, 有游戏软件), Unity 是 3D 游戏开发工具平台, 这几类公司将各种不同游戏平台互通, 扩大流量, 应该是未来元宇宙平台发展的基本要素。投资人应该持续关注哪些游戏公司具有庞大的玩家流量, 不可替代的地位, 如 Epic Games, Electronics Arts EA, Ubisoft, 或重要的工具平台如 Unity, Unreal, Game maker, Cry Engine 将可能成为下一个被并购标的。目前看起来 Meta/脸书, 微软, 索尼, 任天堂, Valve/Steam, 腾讯, Roblox 正在积极争取扩大元宇宙平台影响力, 游戏软件公司应该也会彼此并购求生, 2022 年将可能是游戏元宇宙行业并购争夺战的元年。

二、Metaverse 元宇宙高速运算下对半导体行业的加持

- 我们认为要创造元宇宙产业链所具备的要素早已有雏形，主要系从游戏硬件及软件产业向外延伸，不断的扩展，除了要有庞大的数据中心来处理及存储大量的数据（人造数据，机器产生的数据），云端服务器加人工智能训练推理技术可以让元宇宙生态系不断地被扩大并自我学习创造虚拟世界（目前游戏元宇宙行业使用云端服务器及存储器占比应不到 10%，2035-2040 年后有机会达到 25-30%），入口终端设备不外是让用户沉浸式虚拟现实 VR/AR/MR/XR 眼镜（基本上利用光学 / 音效感测器解决视觉及听觉的问题），或直接用手机或电脑的键盘或独立游戏机 PS5/xBOX 的遥控器来操控虚拟化身 Avatar 来互动，高速图像 3D 显示技术可以让元宇宙的世界更真实，其他当然还需要各种感测器如手势感测，皮肤感测，感测手套，感测脚套，体感设备，脑机接口设备，味觉感测器芯片等，除了感测器之外，当然每个器材都大体需要电源管理芯片，GPU，CPU / MCU，大容量 DRAM/HBM 内存，大容量 NAND，NOR 闪存芯片等。就软件而言，其实就是各游戏或软件公司像 Meta/脸书透过 Oculus VR 及 Horizon Worlds 或虚拟会议 Horizon Workroom 软件想尽办法扩大自己的生态系，英伟达更在今年 8 月宣布成立 Nvidia Omniverse 数字孪生平台，而开源 3D 动画工具 Blender 将支援通用场景描述，与 Adobe 合作开发 Substance 3D 外挂程式，设计使用者可以打造一个共通的虚拟环境。简单的下个结论，Metaverse 元宇宙生态系就是将游戏产业链继续扩大与延伸，还有结合互通，最后再与现实世界互相协作。

图表 12：机器产生的数据驱动半导体需求

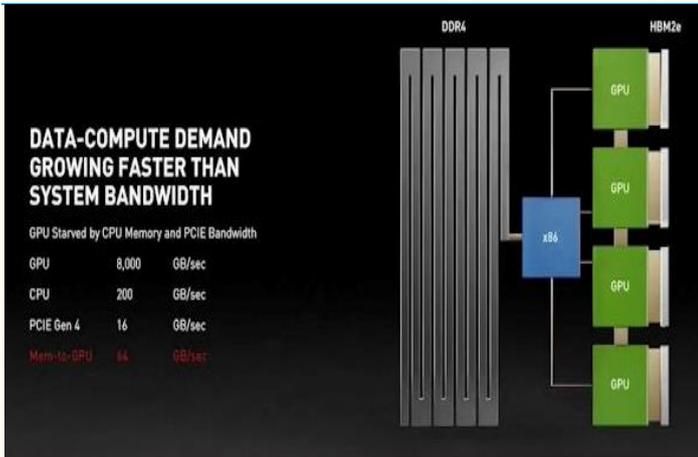


来源：应用材料，国金证券研究所

- **AI 服务器拉升英伟达云端 AI 芯片需求：**这几年因为 Nvidia 英伟达的 GPU 大量被使用在人工智能的云端辨识系统，从每台服务器加两片高速运算 GPU 卡，4 片到 8 片 GPU 卡都有，让 Nvidia 在数据中心芯片市场的份额从 2018—2019 年的不到 10%，到 2021 年的超过 20%，全球人工智能服务器占比也逐年提升至 2021 年的近 10%，但光就云端 AI 推理及训练加速器而言，英伟达应该有超过 95% 以上的份额。英伟达的 7nm 芯片 A100，芯片面积虽然高达 826mm²，最大耗电量达 400W，在推出当时，其在浮点半精度，单精度，双精度稀疏及理论峰值运算都明显优于同业，为了让 A100 的 DGX 人工智能服务器系统发挥效能，除了要配备 512GB—2TB DDR4-3200 MT/s DRAM 给 AMD CPU 用外，还要另外配备非常昂贵的 320-640GB HBM（高频宽内存）给 AI GPU 使用，为了控制使用价格昂贵的 HBM 让总成本不要失控，英伟达决定在 2023 年初推自家设计的 ARM CPU（Grace）配合其高速 NVlink 通讯网络（500GB/秒传输速率），可以让 CPU/GPU 共同分享 DDR4/5/HBM 存储器达到快取一致性(Cache

Coherency), 我们认为未来哪家公司能率先推出 AI 服务器达到 Cache Coherency, 将是未来 AI 服务器竞争者的决胜点之一。

图表 13: 英特尔 CPU+英伟达 GPU AI 服务器架构



图表 14: 英伟达 Grace CPU+ GPU AI 服务器架构

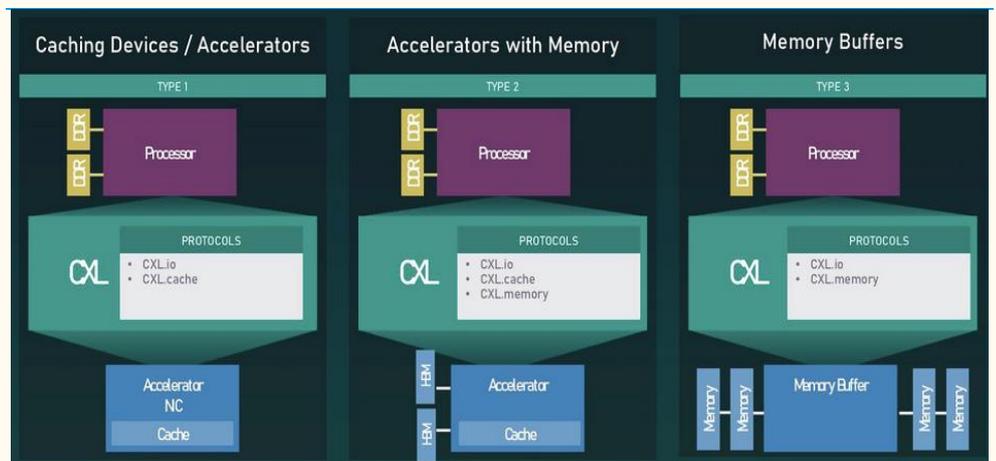


来源: Nvidia, 国金证券研究所

来源: Nvidia, 国金证券研究所

- 英特尔要自推 AI GPU 抢份额:** 英特尔宣布要在明年上半年推出具有 4 颗 AI GPU 加速器 Ponte Vecchio 的系统, 一个 Ponte Vecchio 有 1000 亿个晶体管, 整合 47 颗芯片, 其中有 16 颗台积电做的 5nm 运算芯片, 每片 8 核心, 全部 128 核心 (compute tile), 二颗 Intel 7nm 640mm² (base tile), tsmc 7nm x2 (link), 再搭配 2 颗 Sapphire Rapids CPU 的人工智能服务器系统, 也需要庞大的 DDR5 DRAM 及 HBM DRAM, 但透过 CXL (Compute Express Link) 网络通讯技术, 英特尔可以于 2022 下半年让 CPU/GPU 共同分享存储器达到 Cache Coherency。不同于 Nvidia 的 NVlink, AMD 的 Infinity Fabric 这两者都是独家技术封闭架构, 无法适用于 CPU 及 GPU 以外其他芯片的连结, CXL 可消除 CPU 与设备、CPU 与存储器之间的传输瓶颈, 创建一个可以支持 AI, smart I/O、smart NIC, CPU, 存储器模组的接口, 以服务下一代的数据中心。可惜目前 CXL 是建立在 PCIe Gen 5.0 的实体及电子层的架构上, 目前 PCIe Gen 5/CXL 最高只能提供 64GB/s 的双向传输速率, 跟 Nvlink 的 500GB/s, Infinity Fabric 的 400GB/s 有 6-8 倍的差距, 可能要等到 PCIe Gen 6/CXL 的 128GB/s 技术问世才能进一步缩短与 Nvidia 及 AMD 之间的差距。但从 2019 年 3 月 13 日开始, 英特尔携手阿里巴巴、思科、戴尔, EMC、IBM, 脸书 Meta、谷歌、惠普、华为以及微软宣布成立 Compute Express Link(CXL) 开放合作联盟, 而目前从 Nvlink, Infinity Fabric retimer 的设计进度来看, 要能够领先英特尔达到 Cache Coherency 似乎还是有很大的难度。

图表 15: CXL 技术用途



来源: CXL consortium 2020, 国金证券研究所

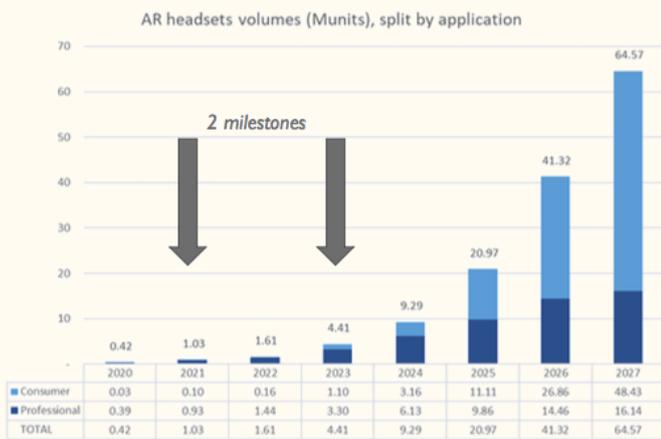
- AMD 强势推出 MI200 AI GPU:** AMD 于 11 月 10 日推出用台积电 6nm 制程工艺制造的 MI200 AI 加速 GPU, 两颗 CDNA2 芯片架构共计 2x290, 580 亿晶体管, 再整合上自己设计的 x86 CPU, 但透过 AMD 独家设计的 Infinity Fabric 2.0 连结技术, 超威也可以让 CPU/GPU 共同分享存储器达到 Cache Coherency。最后, AMD 要是能够率先达成 cache coherency, 利用 Infinity Fabric 来连结 5nm CPU Genoa 及 AI GPU 加速器 MI200, 公司的主轴将从 2020-2021-2022 年抢 Intel 笔电, 服务器 CPU 份额, 转到 2023 年抢 Nvidia 游戏显示卡及 AI 加速器 GPU 在重型工业、政府 AI 推理运算的份额。而在 ASIC 方面, 有寒武纪最新推出的 TSMC 7nm 思元 370 S4/X4 云端推理加速卡, 对标英伟达 12nm 的 75W T4 及 150W A10 GPU 加速卡, 还有之前的思元 290 云端训练芯片及加速卡及云端训练整机玄思 1000, 都是定位在 AI 智能服务器芯片市场。所以全球 AI 服务器 (使用 GPU, ASIC 来做人工智能定点, 浮点训练及推理运算) 出货占比的提升, 对 AI 服务器芯片及 HBM 内存需求同比增长有明显的拉动作用, 占比逐年提升可期, 我们保守假设到 2030 年全球有超过 30% 服务器具备 AI GPU / ASIC 的人工智能运算功能。

图表 16: 云端 AI 加速器比较表

	A100 GPU	D1 ASIC	Ponte Vecchio	MI200
供应商	英伟达	Tesla	Intel	超威
应用	云端推理训练	云端推理训练	云端推理训练	云端推理训练
CPU/GPU 连结标准	Nvlink 500GB/s		PCIe Gen 6.0/CXL 128GB/s	Infinity Fabric 3.0, 400GB/s
制程工艺	TSMC 540 亿晶体管 7nm CoWoS, 826mm ²	500 亿晶体管, 7nm, 645mm ²	1000 亿晶体管, 47 芯片, tsmc 5nm x16, 8 核心=128 核心 (compute tile), intel 7nm x2 640mm ² (base tile), tsmc 7nm x2 (link)	2 x CDNA2 架构, TSMC 6nm, 2x290=580 亿晶体管,
浮点 FP16 半精度 Matrix	312 TFLOPS	362 TFLOPS		383 TFLOPS
浮点 FP32 单精度 Vector	19.5 TFLOPS	22.6 TFLOPS	45 TFLOPS	47.9 TFLOPS
浮点 FP32 单精度 Matrix	N/A			95.7 TFLOPS
浮点 FP64 双精度 Vector	9.7 TFLOPS			47.9 TFLOPS
浮点 FP64 双精度 Matrix	19.5 TFLOPS			95.7 TFLOPS
最大耗电量	400W	400W		560 W

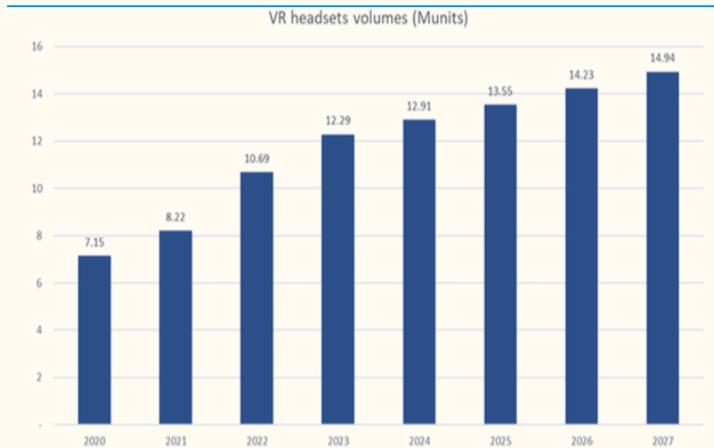
来源: 各公司官网, 国金证券研究所

图表 17: 全球 AR 眼镜市场预测



来源: Yole Developpement 2020, 国金证券研究所

图表 18: 全球 VR 眼镜市场预测



来源: Yole Developpement 2020, 国金证券研究所

- VR/AR/MR 眼镜的芯片需求:** 因为价格有竞争力, Meta/脸书的 Oculus 有 70% 的 VR 眼镜份额 (歌尔股份是主要代工厂), 但 HTC 的 VR 眼镜规格明显高出一截。两者都用高通骁龙系列 XR2 应用处理器, 比起骁龙 835 平台, XR2 提供两倍的 CPU 与 GPU 效能, 4 倍的影片频宽, 6 倍解析度,

11 倍的 AI 效能，支援同步 7 镜头与专用电脑视觉处理器。而 **Microsoft 的 MR 眼镜 HoloLens 2** 已经被大量使用在各种商业及工业运用，如减少 70% Suntory Whisky 的员工训练时间，减少 20% 丰田汽车的检测时间，让 Nox innovations 增加 20% 生产效率等。今年 **Sony 将推出 PS5 的 VR2 / VR2 Sense 控制器** (4K HDR, 110 度视野, 2000x2040 显示解析, 眼动追踪, 头戴装置反馈), 还有苹果可能将在今年底推出**苹果 MR 眼镜**, 根据 DSCC 的研究报告, 苹果眼镜具备二组有 SONY 生产的 Micro OLED 硅基板显示屏, 激光雷达感测器 Lidar, Apple 自己设计, 台积电代工的 M1 CPU 及 GPU, 除了能让影像通过 Video Passthrough, 还有整合 Akonia Holographics 技术的电磁波导来进行视觉穿透 See-through (所看到的物体呈现透明状)。

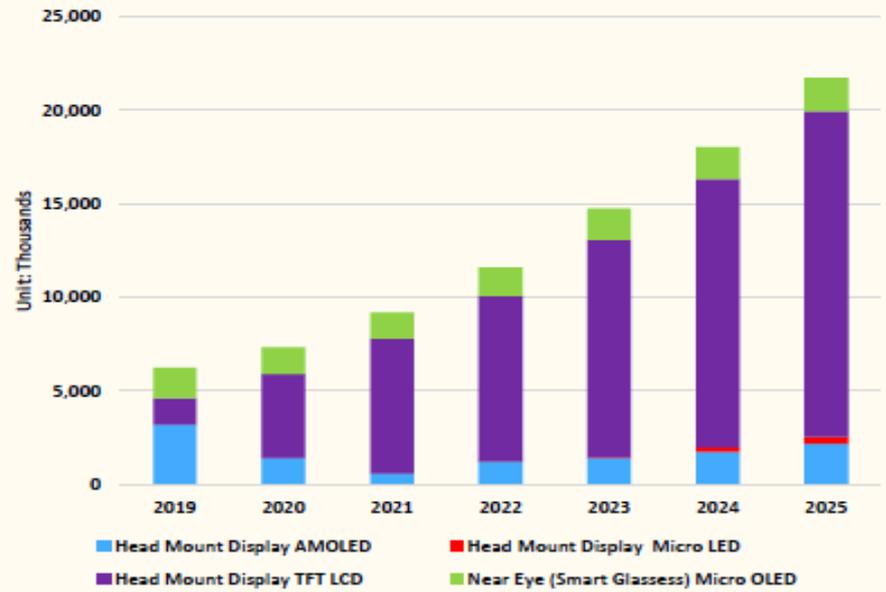
图表 19: AR / VR 显示技术比较 Pass through vs. See through

	VR and Passthrough AR	See-through AR
Current Configurations	<ul style="list-style-type: none"> TFT-LCD TFT-OLED (AMOLED) 	<ul style="list-style-type: none"> DLP Micro LCD LCOS Laser Beam Scanning (LBS) OLED on silicon (Micro OLED)
Future Configurations	<ul style="list-style-type: none"> OLED on silicon (Micro OLED) <p>Higher pixel density enable more compact headset</p>	<ul style="list-style-type: none"> MicroLED <p>High brightness and high contrast without external LEDs or laser diodes</p>
Optics	<ul style="list-style-type: none"> Conventional refractive lens Fresnel / Hybrid Fresnel lens Folded optics (e.g. pancake lens) 	<ul style="list-style-type: none"> Waveguides combiners (diffractive or reflective) Free-space combiners (e.g. Birdbath)

来源: DSCC, 国金证券研究所

- 根据 TrendForce 的预测, 2022 年 VR/AR/MR 眼镜将有 1200 万台, 我们估计在 5 年内将轻易超过 5000 万台的年增量, 以平均每台 500 美元来测算, 就将近有 250 亿美元的市场空间及至少有 50 亿美元的芯片市场, 占全球逻辑芯片市场约 1-2 个点。IDC 则预测光 VR 在 2025 年的出货量可达 2860 万台。以 AR 眼镜所使用的显示器件而言, 研究机构 Yole Developpement 预测在 2027 年有 25% 是 LCOS, 9% 是 OLED on Si, 37% 是 MEMS, 剩下的 29% 是用 MicroLED (对应 2022 年的 14% LCOS, 38% OLED on Si, 47% MEMS), 而各种显示技术大多需要不同的显示器驱动芯片。以 VR 眼镜所使用的显示器件而言, Yole Developpement 则是预测在 2027 年有 24% 是 OLED, 68% 是 LCD, 6% OLED on Si, 2% 是 MicroLED, 这与 2022 年相比变化没有像 AR 眼镜显示技术演进差异这么大。最后就是 Omdia 预测 2025 年全球 AR/VR/XR 市场有超过 2100 万台的增量。

图表 20: 全球 AR/VR/XR 眼镜市场预测及显示技术分类



来源: Omdia, 国金证券研究所

图表 21: VR 眼镜规格比较

规格	Vive Focus 3	Oculus Quest 2	Vive Focus Plus
螢幕	LCD	LCD	AMOLED
解析度	4,896 x 2,448	3,664 x 1,920	2,880 x 1,600
處理器	Snapdragon XR2	Snapdragon XR2	Snapdragon 835
追蹤	6DoF 四內向外相機	6DoF 四內向外相機	6DoF 雙內向外相機
螢幕更新率	90Hz (將來可升級)	120Hz	75Hz
視野	120 度	約 89 度	110 度
麥克風	2 (降噪功能)	2 (降噪功能)	2 (降噪功能)
控制器	6DoF 紅外線 + IMU	6DoF 紅外線 + IMU	6DoF 超音波 + IMU
價格	US\$1,099	US\$299 起	US\$799

来源: Engadget, 国金证券研究所

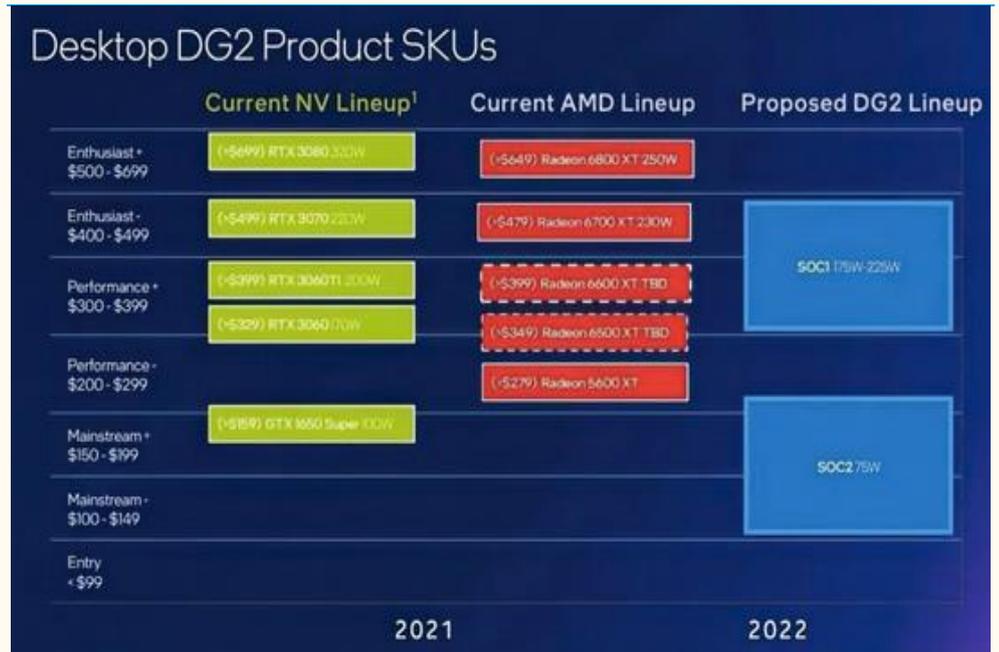
图表 22: PlayStation VR2 规格

顯示方法	OLED
面板解析度	單眼2000 x 2040
面板更新頻率	90Hz、120Hz
鏡片距離	可調整
視野	約110度
感測器	<ul style="list-style-type: none"> · 動態感測器：六軸動態感測系統（三軸陀螺儀、三軸加速計） · 安裝感測器：IR鄰近感測器
攝影機	<ul style="list-style-type: none"> · 4部攝影機，用於頭戴裝置和控制器追蹤 · IR攝影機，用於追蹤每隻眼睛
回饋	頭戴裝置震動
與PS5通訊	USB Type-C®
音訊	<ul style="list-style-type: none"> · 輸入：內建麥克風 · 輸出：立體聲耳機連接端

来源：Sony，国金证券研究所

- **GPU 图像显示芯片**：在英特尔高阶显卡芯片 Alchemist DG2 (TSMC 6nm) 明年一季度量产，Battlemage Xe2 HPG 后年量产之前，目前高阶，高价图形显像卡还是英伟达的 RTX3080 320W，RTX3070 220W，还有 AMD 的 Radeon 6800 XT 250W，6700XT 230W 在主导。我们估计目前英伟达跟超威在高阶游戏用，以太坊挖矿用图形显像卡芯片份额大约为 70% vs. 30%，等英特尔 Alchemist DG2 量产，未来二年的高阶显像卡芯片的份额应该是英伟达、超威、英特尔各 60%、25%、15%。在低阶图像显示芯片方面，我们看到国内龙头景嘉微持续增加 GPU 份额，已经与英伟达技术缩短到 5 年左右，2021 年同比增长近 90%。我们测算游戏及挖矿用 GPU 及 DRAM 占全球半导体市场有 6 个点的份额，在今年近五成的同比增长后，我们估计明年仍有近 20-30% 的同比增长，估计对全球半导体市场有 1-2 个点的同比增长贡献。

图表 23: 高阶游戏机显卡比较表



来源: @Bullsh1t_Buster, 国金证券研究所

图表 24: 游戏机及以太矿机图形显卡芯片份额

Gaming US\$bn	4Q19	1Q20	2Q20	3Q20	4Q20	1Q21	2Q21	3Q21
Nvidia	1.491	1.339	1.654	2.271	2.495	2.760	3.061	3.275
AMD	1.163	0.863	0.820	1.000	1.176	1.050	1.125	1.199
% share								
Nvidia	56%	61%	67%	69%	68%	72%	73%	73%
AMD	44%	39%	33%	31%	32%	28%	27%	27%
Y/Y								
Nvidia	56%	27%	26%	37%	67%	106%	85%	44%
AMD	47%	48%	25%	12%	1%	22%	37%	20%
Total	52%	35%	26%	28%	38%	73%	69%	37%

来源: AMD, Nvidia, 国金证券研究所

- **各种感测芯片**: 为了让元宇宙提供沉浸式的体验, 当然需要各种触觉器官感测器如皮肤感测, 感测手套, 感测脚套, 体感设备, 脑机接口设备, 气味感测, 味觉感测器。可惜的是目前这些感测芯片发展进度仍然严重落后, 义隆旗下感测芯片义明, 为联想, VR 大厂宏达电供应商, 拥有 3D 深度感测技术, 伴随 VR 与物联网推升人机界面应用需求。如钰立微电子靠着其 3D 立体视觉影像 IC, 布局 VR/AR 智能眼镜市场有成。
- **高速无线网络芯片**: 为了达到元宇宙的沉浸体验, 高速无线网络在客户设备端如 VR/MR/AR, 高速有线网络在元宇宙云计算平台是必须的, 就无线网络而言, n78 (3.5Ghz) 5G 频段下载最高理论峰值可达 2Gbps, 下载实际峰值可能连 1Gbps 都达不到。而毫米波 28 / 39Ghz 5G 高频段 (1ms 低延迟) 需要大量兴建基地台, 且传输易受干扰而少被提供服务, 高耗电量, 及布建基地台成本高昂应都是问题。而就 VR/AR 4G/5G 应用处理芯片而言, 高通明显领先友商于 2017 年率先推出 10nm 4G 骁龙 Snapdragon 835, 陆续被 Oculus Quest, HTC Vive Focus, Lenovo Mirage, Pico Goblin2 4K 采用, 2019 年推出的 10nm 4G 骁龙 850 接着被微软 Hololens 2 采用, 而于 2020 年一季度推出的 7nm 5G 骁龙 XR2 接着被 Oculus

Quest 2, HTC Vive Focus 3 采用。比起骁龙 835, XR2 (使用高通 5G X55 基频芯片, 同时支援 Sub-6Ghz 及毫米波 28Ghz 5G) 提供两倍的 CPU 与 GPU 效能, 4 倍的像素输出, 6 倍解析度, 11 倍的 AI 效能, 支援同步 7 摄像头与专用电脑视觉处理器。当然, 数年之后高通要是能推出使用 100Ghz 以上频段, 100Gbps 以上频宽的 6G XR, 估计能让 VR/AR 沉浸体验更进一步。当然除了 5G/6G 之外, WiFi 6/6E (802.11ax) 及 WiFi 7 (802.11be) 也将是未来的 VR/MR/AR 的必备无线通信规格, 预计将在 2025 年现身的 WiFi 7, 目标是部署在 2.4/5/6Ghz 频段, 应该能达到 30Gbps 的传输速率 (两倍于 WiFi 6 2.4/5Ghz 频段的传输速率), 远高于 5G Sub-6Ghz 的 1-2Gbps, 及毫米波 28Ghz 的 10Gbps。

图表 25: 高通骁龙 5G XR2



来源: 高通, 国金证券研究所

图表 26: WiFi 5, 6, 7

	802.11ac Wi-Fi 5	802.11ax Wi-Fi 6/6E	802.11be Wi-Fi 7
OPERATING BANDS	5 GHz	2.4 GHz, 5 GHz & 6 GHz	
TECHNOLOGY	OFDM	Uplink/Downlink OFDMA	
MU-MIMO	Downlink MU-MIMO	Uplink/Downlink MU-MIMO	
MODULATION	256 QAM	1024 QAM	4096 QAM
SPATIAL STREAMS	Up to 8 spatial streams		Up to 16 spatial streams
BANDWIDTH	20, 40, 80, 80+80 & 160 MHz		20, 40, 80, 80+80, 160 & 320 MHz
MULTI-LINK OPERATION			Yes
ENHANCED OFDMA			Preamble puncturing, Multi-RU

来源: Litepoint, 国金证券研究所

三、VR/AR：元宇宙硬件载体，全产业链获增量空间

3.1 元宇宙硬件载体

- 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，旨在构建一个持久的虚拟共享空间，同时保持对现实世界的感知。全真互联网时代，即元宇宙时代将以 3D 内容为主要信息形式、以 VR/AR 设备为核心硬件终端。在 VR/AR、5G 通讯技术、云计算、AI、区块链等支撑性技术加持下，元宇宙产业将持续发展壮大，VR/AR 作为元宇宙的核心硬件终端，将为相关电子产业链环节创造增量空间。

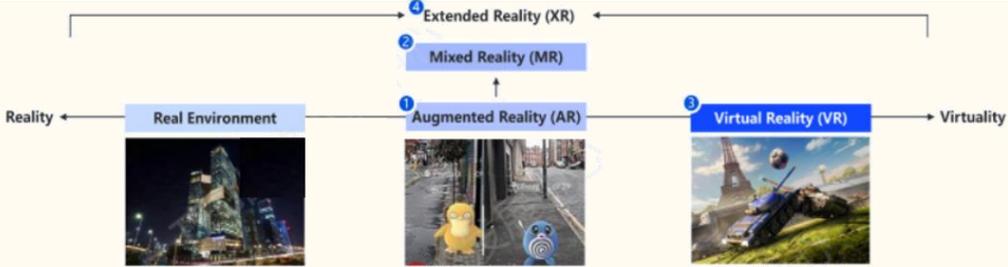
图表 27：历代互联网发展特征

	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

- **VR、AR 存在技术原理上的区别，MR 强调虚拟与真实世界的实时交互。**技术原理使 VR（Virtual Reality，虚拟现实）与 AR（Augmented Reality，增强现实）相区别，VR 通过计算机绘制虚拟图像，显示方面强调画面逼真、高清晰度，AR 则要求计算机基于对现实世界的理解绘制虚拟图像，显示方面强调与现实交互。共性方面，VR 和 AR 均服务于用户的虚拟体验，在图像渲染、网络传输、内容制作、感知交互等底层技术方面存在共性。MR（Mixed Reality，混合现实）将真实实体与虚拟信息进行实时混合、互动，是 AR 技术的升级形式，XR（Extended Reality，扩展现实）指所有由计算机技术和可穿戴设备产生的真实与虚拟结合的环境和人机交互，包括 VR、AR、MR 等所有实现形式，最终效果为令用户混淆虚实。

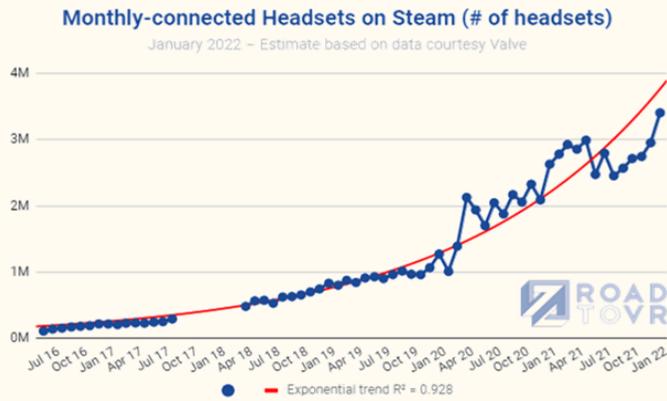
图表 28: VR 与 AR 存在差异与共性

		VR (虚拟现实)	AR (增强现实)
不同点	技术原理	计算机绘制虚拟图像, 显示方面强调画面逼真、高清 	计算机基于对现实世界的理解绘制虚拟图像, 显示方面强调与现实交互 
	终端形态	头显设备、定位追踪设备、动作捕捉设备、交互设备	借助摄像头实现与现实的交互、AR 眼镜
	体验特点	封闭式、沉浸式体验, 用户与虚拟世界实时交互	用户处于现实与虚拟世界的交融之中
相同点		服务于用户的虚拟体验; 在图像渲染、网络传输、内容制作、感知交互等底层技术方面存在共性, 但侧重点各有不同	
发展趋势			

来源: 亿欧智库, 国金证券研究所

- **VR 加速 2C 端游戏领域渗透, 当前 AR 主要面向 2B 应用。**VR/AR 市场增长方面, 目前 VR 头显的功能定位集中于作为电视、游戏机等传统文娱平台的产品演进形态, 伴随高性价比 Oculus Quest 2 产品价格下降至 299 美元的消费级水平, VR 头显开启 2C 端渗透。而受限于主流 AR 头显产品在成本价格、沉浸度、佩戴舒适度等方面尚未达到消费级水平, AR 头显暂未有爆款消费级应用出现, 目前落地场景集中在汽车、医疗、军工、教育等 2B 端市场, 应用方案大多作为一种工具以解决客户痛点并提高效率。
- 根据 VR 陀螺研究院统计数据, 2021 年 VR、AR 头显出货量分别达到 1110 万台、57 万台, 分别同比增长 66%、43%。未来, VR/AR 应用将走向社交、元宇宙, 成为下一代通用技术设备。根据 IDC 数据, 2020 年全球 VR/AR 市场规模约为 188 亿美元, 同比增长 78.5%。根据 ABI、Trend Force、Super Data 预测数据, 2025 年 VR 市场规模将达到 1410 亿美元。

图表 29: Steam 平台 VR 月活跃用户数量增长

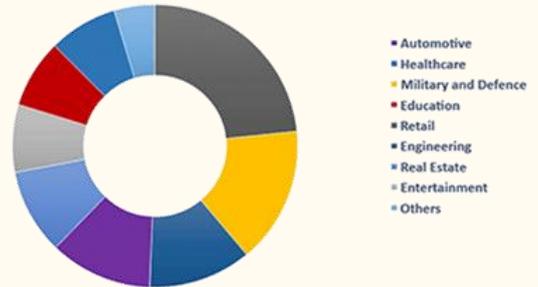


来源: Road to VR, 国金证券研究所

图表 30: 2020 年全球 AR 分应用领域市场份额

Global Augmented Reality Market

Market Share by Application (%)



来源: EMR, 国金证券研究所

图表 31: 全球 VR 头显销量 (单位: 万台)



来源: VR 陀螺, 国金证券研究所

图表 32: 全球 AR 头显销量 (单位: 万台)

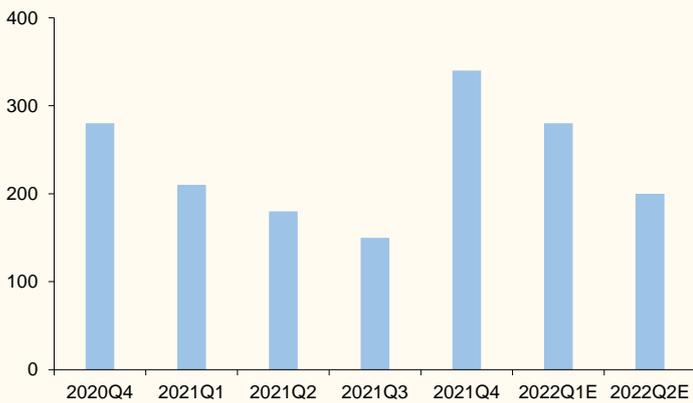


来源: VR 陀螺, 国金证券研究所

3.2 Oculus Quest 2、Hololens 2, Apple MR 将主导 VR / AR / MR 市场

- Oculus Quest 2 累计销量达 1160 万台, Steam 平台份额增至 46%:** (1) 根据 VR 陀螺统计数据, 2021 年 Oculus Quest 2 销量达 880 万台, 截至 2021 年底其累计销量为 1160 万台。(2) 2022 年 1 月, Steam 平台 VR 头显设备数据显示, 受益在国外圣诞假期期间的热销, Oculus Quest 2 持续挤占其他 VR 头显设备的份额, 1 月份额环比增长 6.4%至 46.0%, 另有 Valve Index HMD (14.4%)、Oculus Rift S (13.1%)、HTC Vive (7.3%) 位列头显设备份额的 2-4 位。

图表 33: Oculus Quest 2 季度出货量 (单位: 万台)



来源: VR 陀螺, 国金证券研究所

图表 34: 22 年 1 月 Steam 平台 VR 头显设备份额

设备名称	份额 (%)	变化 (%)
Oculus Quest 2	46.02%	+6.39%
Valve Index HMD	14.36%	-1.43%
Oculus Rift S	13.10%	-1.67%
HTC Vive	7.31%	-0.95%
Windows Mixed Reality	4.99%	-0.70%
Oculus Rift	4.18%	-0.66%
Oculus Quest	3.95%	-0.40%
HTC Vive Pro	1.72%	-0.22%
HTC Vive Cosmos	1.60%	-0.22%
HTC Vive Pro 2	0.52%	+0.07%
Riftcat Vridge	0.42%	+0.01%
Pico Neo 3	0.32%	+0.02%

来源: Steam, 国金证券研究所

■ Oculus 2020 年停售 PC VR, Quest 产品迭代重视显示效果升级

- (1) Rift 系列 PC VR: 由 Rift 迭代至 Rift S, 显示方面, 屏幕由 OLED 更换为 LCD, 单眼像素提升至之前的 1.4 倍, 同时为避免提升对硬件的依赖, 刷新率降低至 80Hz。感知交互方面, Rift S 开始支持 5 摄 Inside-out 追踪、头手双 6DOF。但 2020 年 Meta 宣布停售 Rift 产品, 标志其开始聚焦一体机产品 (通过 Oculus Link 和 Air Link, Quest 系列同样可与 PC 相连)。
- (2) Quest 系列一体机: 2020 年 9 月上市的高性价比 Oculus Quest 2 以 299 美元的价格达到 VR 头显消费级水平, 同时实现分辨率、刷新率、芯片算力等关键性能指标的提升。整体而言, Oculus Quest 新品迭代聚焦显示效果的升级: Quest 2 单眼分辨率为 1832*1920, 材质为 LCD (次像素采用标准 RGB 排列), 相较 Quest 单眼 1440*1600, 材质为 OLED (次像素采用 PenTile 排列, 近距离观看时不如标准 RGB 排列的细腻), 屏幕 PPI 和实际显示效果均有所提升, LCD 屏幕的应用使 Quest 2 清晰度更高、功耗更低, 但同时带来屏幕拖影等劣势。同时, Quest 2 搭载高通骁龙 XR2 芯片, 实现最高支持分辨率、屏幕刷新率的升级。

图表 35: Oculus Rift、Quest 历代产品规格比较

		Oculus Rift	Oculus Rift S	Oculus Quest	Oculus Quest 2
VR 设备形态		PC VR		VR 一体机	
处理器		-	-	高通骁龙 835	高通骁龙 XR2
显示	屏幕	OLED	FAST-LCD	OLED	FAST-LCD
	分辨率	单眼 1080*1200	单眼 1440*1280	单眼 1440*1600	单眼 1832*1920
	刷新率	90Hz	80Hz	72Hz	90Hz
光学	光学方案	菲涅尔透镜	菲涅尔透镜	菲涅尔透镜	菲涅尔透镜
	视场角	/	较 Rift 有所扩大	100°	100°
交互	头部	6DOF	6DOF	6DOF	6DOF
	手柄	-	双手 DOF	双手 DOF	双手 DOF
	追踪方案	Outside-in	Inside-out	Inside-out	Inside-out
存储	RAM	-	-	4GB	6GB
	ROM	-	-	64GB/128GB	64GB/256GB
重量		470g	570g	517g	503g
价格		399 美元	399 美元	399-499 美元	299-399 美元
上市日期		2016 年 3 月	2019 年 5 月	2019 年 5 月	2020 年 9 月

来源: Oculus 官网, 国金证券研究所

- 一体机是 VR 设备主流形态, PC VR 主打高端游戏玩家市场。(1) VR 一体机: 以 2019 年 Oculus 发布第一代 6DOF VR 一体机 Quest 为起点, 独立算力、独立显示、独立内容平台的 VR 一体机开始成为 VR 设备主流形

态，2021 年有 Pico Neo 3、爱奇艺奇遇 3、Nolo Sonic、HTC Vive Focus 3 等一体机新品发布。结合上文的 Steam 平台 VR 头显设备份额数据，Oculus Quest 2 串流用户已占据 Steam VR 用户近半数份额，预计未来一体机仍将主导 VR 头显市场，并有望挤占 PC VR 份额。(2) PC VR: PC VR 以高算力优势坐拥高质量运行的游戏内容，主打高端和重度游戏玩家市场，2021 年原有产品系列继续更新迭代，惠普 Reverb G2 推出眼动追踪版本、HTC 更新 Vive Pro 2，2022 年索尼也将发布基于 PS5 的第二代 PS VR 2 产品。

- **硅基 Micro OLED、Pancake 等优化视觉效果的新一代技术开始上机。**(1) 以 Pico Neo 3 为例，定价 2000-3000 元的 VR 头显已普遍实现 4K 分辨率、90Hz 刷新率、头手 6DOF 规格。(2) Vive Pro 2、Vive Focus 3 搭载 FAST-LCD 屏幕实现双眼 5K 分辨率，引入了 HTC 的定制双堆叠镜头设计，支持 120° 视场角，不会出现边缘失真或模糊，并支持 IPD 调节，高配置也使 HTC 新品定价较高。其中 Vive Focus 3 主要面向 2B 端市场，内置的 Vive Business 应用商店内均为商用软件。(3) 以 arpara 5K VR 一体机为例，其搭载硅基 Micro OLED 屏幕实现 5K 像素，使用 Pancake 光学方案实现头显轻薄化，能够实现视觉效果优化的新一代显示、光学技术开始上机。

图表 36：2021 年主流 VR 一体机、PC VR 新品规格比较

VR 设备形态		HTC Vive Focus 3	Pico Neo 3	arpara 5K VR 一体机	HTC Vive Pro 2
VR 设备形态		VR 一体机			PC VR
处理器		高通骁龙 XR2	高通骁龙 XR2	高通骁龙 XR2	-
显示	屏幕	FAST-LCD	FAST-LCD	Micro OLED	FAST-LCD
	分辨率	4896*2448	3664*1920	5120*2560	4896*2448
	刷新率	90Hz	90Hz	90Hz	90Hz/120Hz
光学	光学方案	/	菲涅尔透镜	超短焦	/
	视场角	120°	98°	95°	120°
交互	头部	6DOF	6DOF	6DOF	6DOF
	手柄	双手 DOF	双手 DOF	双手 DOF	双手 DOF
	追踪方案	Inside-out	Inside-out	Inside-out	Outside-in
存储	RAM	8GB	6GB	8GB	-
	ROM	/	128GB/256GB	128GB	-
重量		/	390g	380g	/
价格		1300 美元	2499 元起	3999 元起	799 美元
上市日期		2021 年 5 月	2021 年 5 月	2021 年 5 月	2021 年 5 月

来源：各公司官网，国金证券研究所

■ **AR 头显：微软 HoloLens 2 主导市场**

由于 AR 头显聚焦的商用市场更注重硬软件整合效益，故主导商业系统、软件及平台的厂商更优势。微软 HoloLens 2 已成为 AR 头显主流产品：(1) 技术规格方面，HoloLens 2 采用骁龙 850 计算平台，能够提供 2-3 小时的电池续航，提供手部追踪、眼部追踪、语音命令、空间映射、混合现实捕捉、6DoF 追踪等功能，从而实现通过渲染高清全息影像，在真实世界之上叠加数字影像。(2) 应用方面，HoloLens 2 适用于制造业、创新零售业、医疗健康、军事等多领域。微软于 2021 年 H1 获得高达 219 亿美元的 HoloLens 2 订单，将向美军提供至少 12 万套军规级 HoloLens 2。美国陆军表示，已与微软签订了订单合同，授权军规级 HoloLens 2 从快速原型开发阶段转向量产和快速实战测试阶段。

图表 37: Hololens 2 技术规格

设备组成部分		技术规格
显示器	光学	透明全息透镜 (波导)
	分辨率	2k 3:2 光引擎
	全息密度	>2.5k 辐射点 (每个弧度的光点)
传感器	头部追踪	4 台可见光摄像机
	眼动追踪	2 台红外摄像机
	深度	1-MP 飞行时间 (ToF) 深度传感器
	IMU	加速度计、陀螺仪、磁强计
	相机	8MP 静止图像, 1080p30 视频
环境理解	6DOF 追踪	世界范围的位置追踪
	空间映射	实时环境网格
	混合显示捕获	混合全息图和物理环境照片和视频
计算和连接	SoC	高通骁龙 850 计算平台
	HPU	第 2 代定制全息处理单元
	内存	4GB LPDDR4x 系统 DRAM
	存储	64GB UFS 2.1
电源	电池使用时间	有效使用 2-3 小时
	充电	USB-PD 快速充电

来源: 微软官网, 国金证券研究所

- **苹果将重新定义 MR 生态。**苹果于近年频频公布 MR 产品相关专利, 涉及光波导、眼动追踪、头戴设备设计、下游应用等多领域, 技术积累丰富。同时持续布局软、硬件版图, 硬件方面, 2015 年收购 AR 初创公司 Metaio, 2017 年、2018 年先后收购 AR 初创公司 Vrvana、AR 眼镜镜片公司 Akonia; 于 2010 年开始陆续收购面部识别、动作捕捉、全息光波导等 VR&AR 相关核心技术公司。软件方面, 2015 年收购 Metaio 旗下 AR SDK 等软件技术, 后推出 AR Kit 开发平台并不断更新, 2017 年就在苹果 APP Store 上线超 4000 款 AR 应用。作为智能手机、TWS 耳机领域的“重新定义者”, 苹果入局有望领导 VR/AR 设备明晰市场定位、带动产业完成快速渗透。

图表 38：苹果近期发布 MR 相关专利汇总

序号	专利	公布时间	应用详情
1	远程传感器融合眼动追踪	2022/01	通过使用单一的主动照明源和深度信息识别三维坐标系中沿注视方向的两个位置（例如，角膜中心和眼球旋转中心）来确定注视方向
2	可调节中心凹透镜系统	2022/01	涉及到未来的苹果眼镜和/或混合现实头显的可调节镜片，该镜片系统可以适应多个有不同视力障碍的用户，如近视、远视、老花、散光、高阶像差和/或其他视觉缺陷
3	使用增强现实技术的导航	2022/01	包括从路线服务器接收路线信息，其中路线信息包括道路的地理位置和沿路线的多个区段中的每一个的指定行驶车道，并接收沿途相机拍摄的一系列图像
4	空间音频引擎	2021/10	该音频引擎使用几何体积来表示声源和任何声音遮挡物。根据从体积声源投射给听众的声音，并考虑到两者之间的任何体积遮挡物，产生体积响应
5	带有光学传感器干扰缓解结构的 HMD	2021/09	杂散光阻挡结构可以在透明部件中形成，杂散光阻断结构可被配置为阻断横向穿过聚合物层内部的杂散光，这可以防止杂散光被光检测检测装置接收
6	带有连接到透镜元件显示器的头戴设备	2021/09	左透镜、右透镜分别将图像从显示器的左右部分引导到左眼框、右眼框，每个透镜可以包括一个与显示器耦合的透镜元件
7	作为认知控制信号的瞳孔调制法	2021/09	通过使用生理数据，根据已识别的用户兴趣或意图发起用户交互，从而在设备上提供改进的用户体验
8	带有光学组合器的显示设备	2021/08	用于 iTunes、电影、电视节目、游戏和应用程序的未来入门级头显
9	跟踪和漂移校正	2021/08	专利内容包括未来的 iPhone 如何在用户佩戴 VR 头显时用作 3D 控制器来玩 VR 游戏，该发明还涵盖了 iPhone 被用作 3D 指针等内容
10	“微型手势”操作 XR 设备	2021/04	使用摄像头捕捉微型手势进行三维环境互动，让用户在物理环境中自由移动，而不受到物理输入设备的束缚，从而实现与三维环境进行更自然的探索

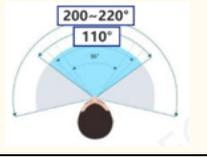
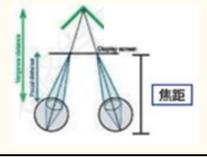
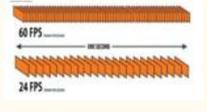
来源：美国专利商标局，国金证券研究所整理

3.3 光学显示、感知交互等环节技术革新，为国内电子厂商带来增量

■ 光学显示：Pancake、光波导方案上机，Micro LED 待量产

五大 VR 视觉性能指标均存在一定优化空间，需依赖光学透镜、显示屏技术的精进来解决。影响 VR 头显视觉上沉浸体验感的指标主要包括视场角、焦距、分辨率、帧间时延、帧内时延五大指标，其中，视场角决定视野范围，自动变焦技术能减少成像不清晰与眼疲劳体验，分辨率不足会导致纱窗效应，帧间时延决定画面连续度，帧内时延决定画面是否拖影。

图表 39：与 VR 头显近眼显示相关的五大性能指标

	光学透镜指标		显示屏指标		
	视场角 (FOV)	焦距	分辨率 (PPD/PPI)	帧间时延 (刷新率)	帧内时延 (响应时间)
定义	水平方向上人眼所能看到的角度 	人眼至透镜的距离 	PPD=分辨率/FOV, 即每一度视场角的像素数 PPI=每英寸的像素数 	每秒可捕捉画面数 	各像素点对输入信号反应速度, 即像素由亮转暗/由暗转亮所需时间  响应速度慢产生拖影
特点	正常人眼的总视场角约 200°, 左右眼重合视角约 120°, 因此 VR 视场角越大, 沉浸体验感越强	定焦型 VR 设备使人眼在观察不同距离事物时无法自我调节, 导致不清晰或眼疲劳	分辨率不足导致纱窗效应	决定画面连续度	决定画面是否拖影
深度沉浸要求	140°左右	自动变焦显示技术	PPD=30, 单眼分辨率 4K	120fps	< 5ms

来源：中国信通院, Yole, 国金证券研究所

- VR 显示屏方面, Fast-LCD 是主流, 硅基 Micro OLED 或 Micro LED 是趋势。目前 Fast-LCD 凭借性价比优势已成为主流显示屏技术, 具体而言, 相较上一代 AMOLED 技术, Fast-LCD 在分辨率、刷新率等主要性能指标上均具有优势, 且单机成本显著低于 AMOLED, 目前实现双眼 4K 像素较成熟的方案大多采用 Fast-LCD 显示屏。硅基 Micro OLED (OLED on Silicon) 或 MicroLED 将成为下一代 VR 头显显示屏技术, 二者在主要性能指标上均较 Fast-LCD 有显著改善, 但受限制造工艺尚不成熟, 目前成本较高。2021 年的 arpara 5K VR 一体机新品, 通过搭配两块 1.03 英寸的单眼 2560*2560 分辨率的硅基 Micro OLED 屏幕, 实现双眼 5K 分辨率。

图表 40：VR 头显显示屏技术分类

	AMOLED	Fast-LCD	硅基 Micro OLED	MicroLED
特点	有机发光二极管, 响应时间短	液晶显示器, 由于固有的面板特性, 响应时间较长	AMOLED+单晶硅, 性能更稳定	使用非有机材料氮化镓, 制造工艺耗时
占比	30%	60%	10%	待量产
技术指标	单眼分辨率 1.5K 800PPI RT < 3ms 刷新率 90fps	单眼分辨率 1.5-2.5K 800-1600PPI RT < 5ms 刷新率 90-120fps	单眼分辨率 3-4K 3000PPI RT < 1ms 刷新率 90-120fps	单眼分辨率 8K 4000PPI RT < 1ms 刷新率 > 120fps
价格	中 (多使用双屏需 900 元)	低 (单屏低于 600 元)	高 (价格在 2000 元以上)	极高
应用设备	Oculus Quest 1 (2019)、HTC VIVE(2018)	Pico Neo 3 (2021)、华为 VR Glass (2020)、Oculus Quest 2 (2020)	arpara 5K VR 一体机 (2021), Epson Moverio BT-300, TCL NXTWEAR/Leiniaio, Vuzix M400-C, Panasonic Megane X	Kura Gallium, Vuzix Shield Smart glasses

来源：Yole, 国金证券研究所

- **VR 光学透镜方面，由菲涅尔向 Pancake 迁移，向头显轻薄化发展。**菲涅尔透镜是较成熟的 VR 头显光学方案，已达到 70%左右的市占率，2020-2021 年的 Oculus Quest 2、Pico Neo 3、爱奇艺奇遇 3 等消费级 VR 头显新品均采用菲涅尔透镜方案，但其仍存在较为厚重、边缘画质下降的问题。目前的主要迭代方向为 Pancake 超短焦方案，其原理为让光线在镜片之间多次折返，形成反射偏振的折叠光路，能够降低头显厚度至 25mm、重量至 200g，是消费级 VR 头显走向轻薄化的关键技术。2021 年已有 arpara 5K VR 一体机、HTC VIVE Flow、松下 VR Glasses 等新品采用超短焦方案，其中 HTC VIVE Flow 的视场角已能够达到 100°。

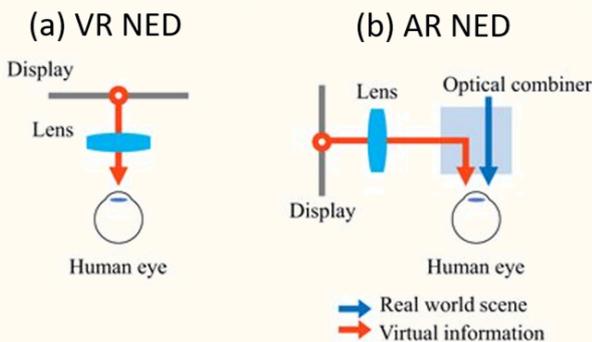
图表 41：VR 头显光学透镜分类

	菲涅尔透镜	Pancake/超短焦	超透镜	小透镜阵列
特点	因光线只在介质表面偏离，所以可以去掉透镜中心的材料，使光线汇集的焦距变短	让光线在镜片之间多次折返，形成反射偏振的折叠光路	用二氧化钛制作的纳米元件阵列，取代传统的塑料/玻璃材料透镜	折叠光通道，在 Fresnel 基础上，额外加入小镜头阵列缩短焦距
占比	70%	30%	待量产	待量产
技术指标	FOV100-110° 头显重量 300g 以上 头显厚度 70-80mm	FOV90-100° 头显重量 200g 头显厚度 25mm	厚度薄但成本高	FOV102° 头显重量 200g 头显厚度 9mm
价格	2 美元/片	20 美元/片		
应用设备	HTC VIVE (2018)、 Oculus Quest 2 (2020)	arpara 5K VR 一体机 (2021)		

来源：Yole, Wikipedia, 国金证券研究所

- **AR 近眼显示方案与 VR 存在差异，由图像源器件和显示光学器件两部分组成。**图像源器件负责产生图像并将图像投射到显示光学器件中，显示光学器件负责将图像反射到用户眼镜中。显示光学器件的不同是区分 AR 光学环节的关键部分，显示光学器件包括棱镜、自由曲面、Birdbath、光波导等，目前呈现由自由曲面、Birdbath 向光波导演进的趋势。由于光波导镜片光学效率很低，因而需要搭配 LCOS、DLP、MicroLED 这些高亮度的图像源器件，自由曲面、Birdbath 光学方案可搭配 OLED 屏幕。根据 Yole 预测，DLP、LCOS 将在未来 5 年占据 60-80% 的 AR 显示器件份额，待 MicroLED 技术成熟后再逐渐被替代。

图表 42：AR 与 VR 近眼显示方案存在差异



来源：青亭网, 国金证券研究所

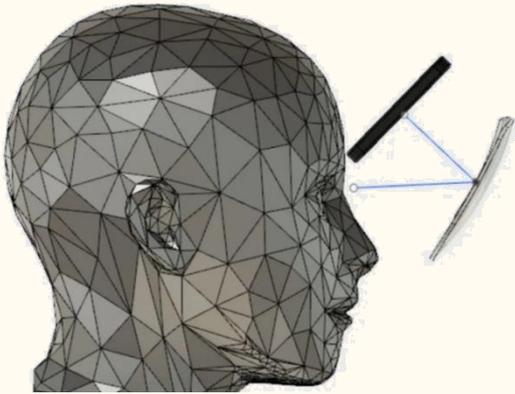
图表 43：AR 图像源器件性能比较

	OLEDoS	LCOS	DLP	MicroLED
像素密度	中	中	中	高
亮度	低	中	中	高
光谱纯度	低	高	高	高
对比度	高	低	中	高
功耗	高	低	中	高
成熟度	中	高	高	低

来源：Yole, 国金证券研究所

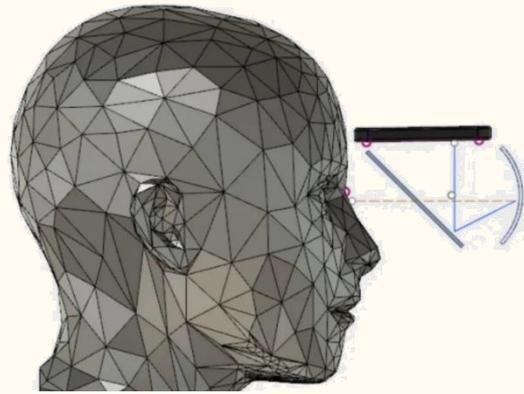
- **AR 显示光学器件方面，Birdbath 适配 2C 端 AR 市场。**Birdbath 光学设计使显示源光线分别经过分光镜、凹面合成器反射，从而将光线导向眼睛。Birdbath 因设计难度低、成本低成为消费级 AR 的首选，2021 年有 Rokid Air、Nreal Air、TCL NXTWEAR G 采用 Birdbath 光学方案。自由曲面光学设计使光线直接射至凹面合成器从而反射回眼内，自由曲面显示效果、光效性能优异，但量产难以保证较高精度而导致真实世界扭曲和水波纹样畸变。

图表 44：自由曲面光学设计



来源：映维网，国金证券研究所

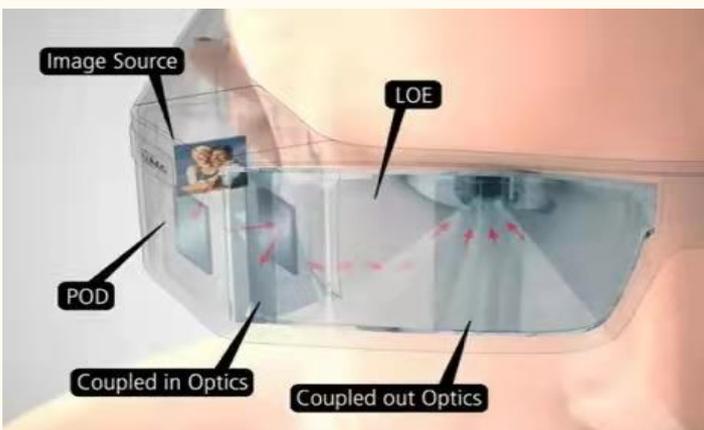
图表 45：Birdbath 光学设计



来源：映维网，国金证券研究所

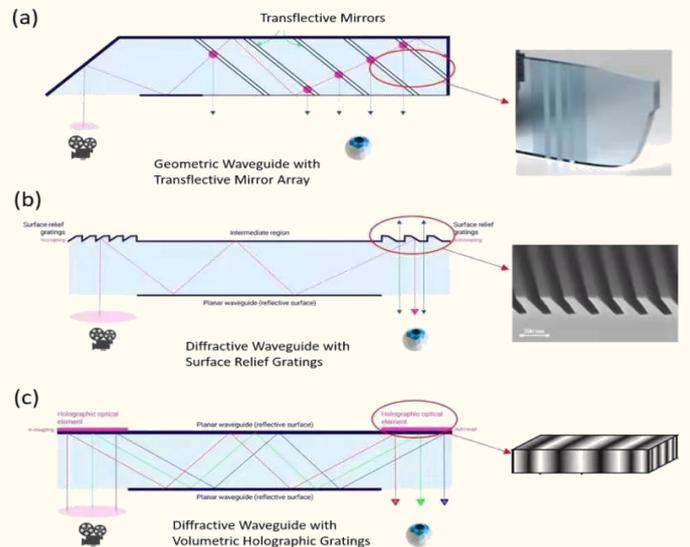
- 光波导技术因其轻薄、对外界光线的高穿透特性，将成为下一代主流光学方案。光波导的传输原理是在不同折射率的介质分界面上，电磁波的全反射现象使光波局限在波导及其周围有限区域内传播，波导使 AR 眼镜的光学环节可以移到额头顶或侧面，降低对外界光线的阻挡。光波导总体上可以分为几何光波导（Geometric Waveguide）和衍射光波导（Diffractive Waveguide）两种，二者工作原理不同。几何光波导运用传统几何光学设计理念，通过阵列反射镜堆叠实现图像的输出和动眼框的扩大，其制造工艺繁冗，可量产性和良率均较差。衍射光波导又包括利用光刻技术制造的表面浮雕光栅波导（Surface Relief Grating）和基于全息干涉技术制造的全息体光栅波导（Volumetric Holographic Grating），其在设计和成产上更具灵活性，其中又以表面浮雕光栅波导最具成熟量产条件，已上市的 AR 眼镜产品 HoloLens 2、Magic Leap One 均采用该技术。同时，2021 年小米、OPPO、Snap、Rokid、影目等多家厂商的 AR 眼镜新品采用光波导方案，基于光波导方案的 AR 眼镜大规模出货在即。

图表 46：基于光波导的光学系统可被移到额头侧面



来源：Yole，国金证券研究所

图表 47：几何、衍射光波导工作原理不同



来源：Yole，国金证券研究所

图表 48：光波导技术方案比较

	几何光波导	表面浮雕光栅波导	全息体光栅波导
光学元件	阵列反射镜： 带有薄膜涂层的玻璃或塑料	表面浮雕光栅：高折射率聚合物	全息体光栅 VHG 或全息光学元件 HOE：液晶、感光树脂
最大视场角	Lumus 55°	Hololens 2 52°、 Magic Leap One 50°	Digilens 35°
制造方法	传统光学、涂层、堆叠、切割等	传统半导体的微纳米加工工艺、 纳米压印技术	全息激光干涉技术
优点	无色散、图像质量优异	二维扩瞳技术、可大批量生产	二维扩瞳技术、 若实现大批量生产成本将降低
缺点	制造工艺流程繁冗	色散、较高的设计壁垒	色散、视场角较小

来源：Yole，国金证券研究所

- 感知交互：Inside-out 将成主流：**VR 头显的感知交互技术主要包括空间定位、交互两大类，空间定位用以确定设备位置和运动轨迹，交互用以识别用户动作并形成输入。空间定位方面，**Inside-out** 凭借无需外设的便携性成为主流。**Outside-in** 工作原理为通过外置设备发出扫描光线 360° 覆盖用户活动范围，头显捕捉光线并将感知光线的的时间间隔转化为角度/坐标，从而计算用户位置。**Inside-out** 工作原理为利用头显摄像头检测外部环境，并配合惯性传感器、使用视觉算法（SLAM）计算用户的空间位置数据。**Inside-out** 相较 **Outside-in** 存在精度和追踪范围上的劣势，但因 **Inside-out** 无需外置设备的便捷性更加适配娱乐应用，已成为约 90%VR 头显选择的主流空间定位方案。

图表 49：VR 头显空间定位技术分类

	Outside-in	Inside-out
定义	依赖外置设备进行定位追踪 	无需外置设备，只依赖 VR 头显本身进行定位追踪 
原理	高速光线扫描（激光、红外线等）360° 覆盖用户活动范围，通过捕捉光线，将感知光线的的时间间隔转化为角度/坐标，计算用户位置	用头显摄像头检测外部环境，并配合惯性传感器，使用 SLAM 视觉算法计算空间位置数据，推理头显位置
技术分类	被动式、主动式	结构光、相机、ToF

来源：青亭网，国金证券研究所

- 语音、手势交互是主流技术：**VR 设备的交互方式可以分为手柄、语音、手势、眼动和脑机五大类，其中手柄交互是目前 VR 头显设备均在使用的技术，另外分别有约 75%、25%的 VR 设备支持语音、手势交互，眼球追踪是大厂正在大力布局的热点技术，而脑机交互仍处于实验室阶段。**手势交互：**手柄 6DOF 交互功能有视觉、超声波、电磁波等方案，Oculus Quest 2 采用的基于计算机视觉的手柄 6DOF 追踪方案是利用 VR 头显上的摄像头实现的，随后 Pico Neo 3、爱奇艺奇遇 3、HTC VIVE Focus 3 等均相继采用该方案。
- 眼球追踪技术：**眼球追踪技术主要分为侵入式和摄像头式两类，侵入式需要 VR 用户佩戴类似于隐形眼镜的设备以判断眼球移动，该方法准确度较高，但缺点在于会影响用户的用眼体验；摄像头式的工作原

理是通过红外线和摄像头不断采样来分析眼球移动，准确度低于侵入式。目前眼球交互仍然存在精确度低与体验感不佳的问题，但大厂布局眼球追踪技术旨在实现其衍生作用，一方面，注视点渲染可降低GPU压力和渲染延迟，提升帧率，降低眩晕感；另一方面，帮助实现动态调节瞳距或焦距，提升清晰度同时缓解眼疲劳。

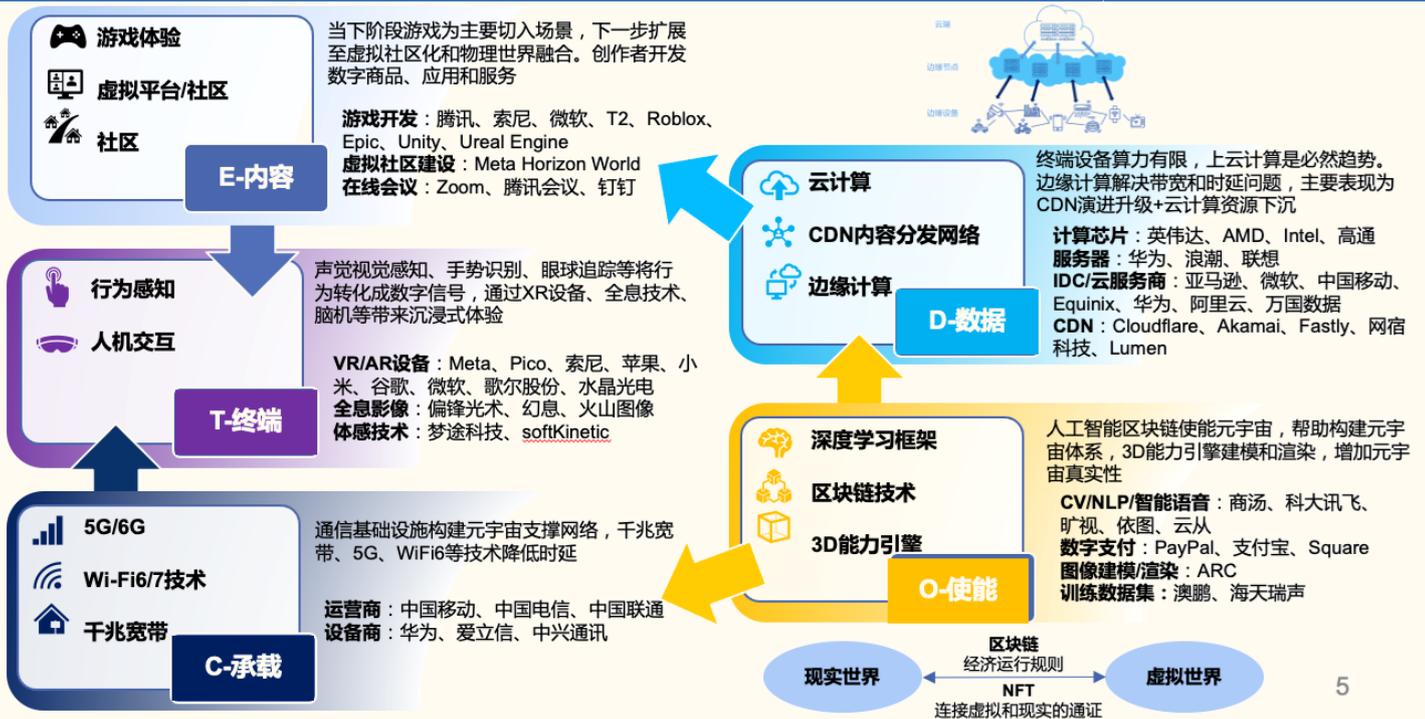
四、元宇宙开放互联时代，强化及重塑 ICT 商业基础设施

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，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。

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%。

图表 50：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。

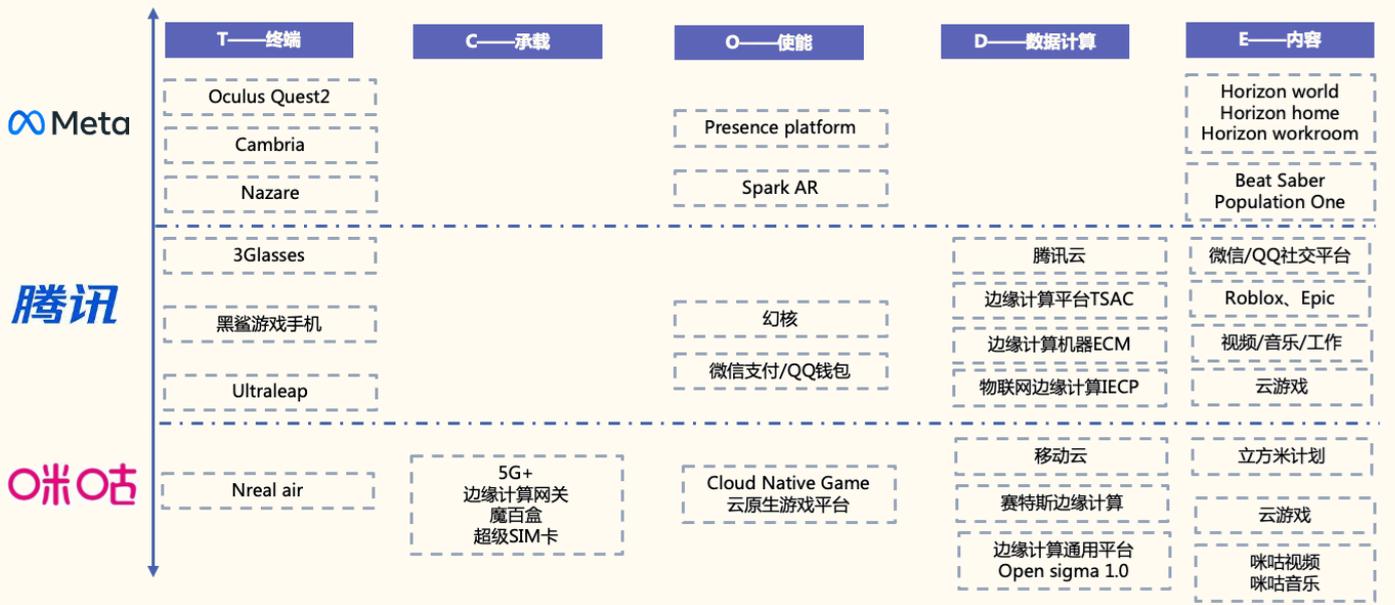
承载：通信技术和基础设施构建元宇宙支撑网络，千兆宽带、5G、WiFi6等新型通信技术增强网络能力，提升带宽、降低等性能，通过去中心化的网络架构及与算力基础设施的协同融合，支撑元宇宙的超低时延、超大带宽需求。

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。

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 51: 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

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。

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。

图表 52: 元宇宙主要场景的时延要求

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，且能够在一定条件下按压缩比 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。

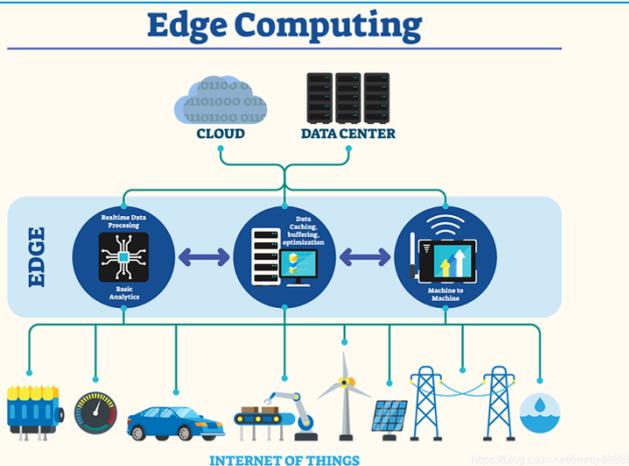
智慧交互	传输时延要小于 1 毫秒，用户体验速率将大于 10Gbps，可靠性在很多情况下甚至要达到 99.99999%。
数字孪生	数字孪生要实现物理世界的数字镜像，需要网络拥有万亿级的设备连接能力并满足亚毫秒级的时延要求，以及 Tbps 的传输速率以保证精准的建模和仿真验证的数据量要求。

来源：《6G 总体愿景与潜在技术白皮书》，国金证券研究所

4.1 计算部署方式向边缘转移，产业链上游基础设施及硬件厂商有望率先受益

- 元宇宙的实现需要云边协同优化算力分配，降低时延，应对海量数据高并发的挑战。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 53：边缘计算架构



来源：CDCC，国金证券研究所

图表 54：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：国金证券研究所整理

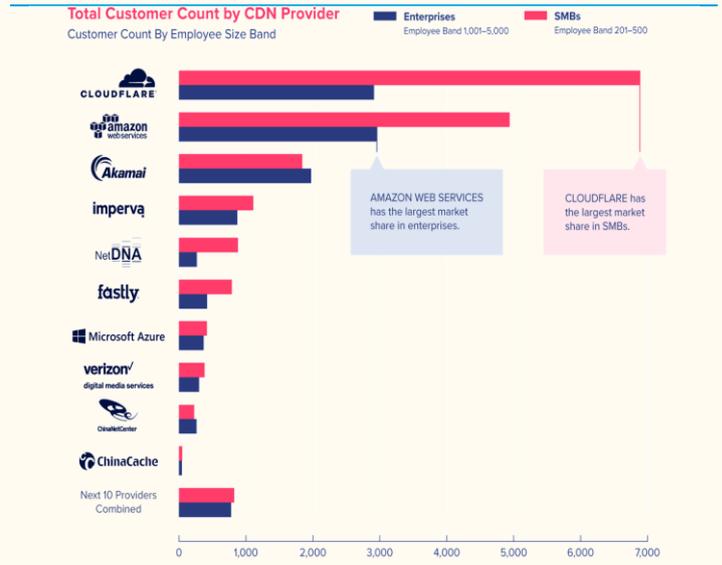
- 边缘计算平台主要由云计算厂商和 CDN 企业构建，主要表现为云计算资源下沉和 CDN 演进。边缘计算是云计算的延伸，ICT 巨头将云计算能力逐步扩展到边缘侧，推出边缘计算架构和平台。CDN 通过缓存内容由静态向动态转变，实现向边缘计算的演进，目前海外主要 CDN 厂商如 Akamai、Fastly、Cloudflare 和国内网宿科技等，均实现边缘计算平台布局。2020 年全球 CDN 市场总值为 120-130 亿美元左右，预计接下来 5 年都会以 20-25% 速率增长。

图表 55: 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
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
亚马逊	AWS Local Zones AWS Greengrass
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 56: CDN 厂商市场份额 (按用户数量)



来源: intricately, 国金证券研究所

- **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, 如模块化数据中心建设、边缘计算服务器、加速计算服务器。

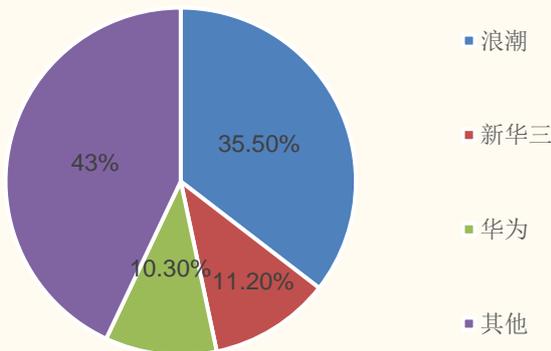
图表 57: 边缘计算七大类市场玩家及其战略布局方向

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、角蜂鸟、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

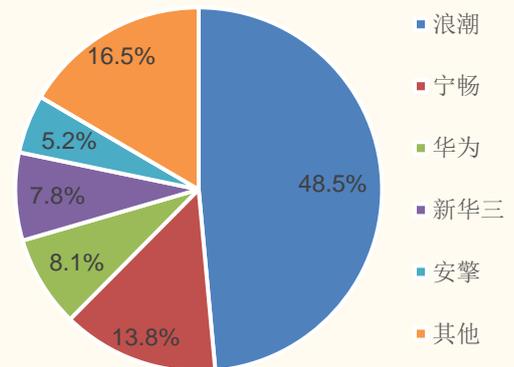
- **边缘计算规模+算力双驱动，拉动服务器细分市场的需求。**边缘计算与人工智能、5G、物联网等新兴技术的结合，叠加能源、交通、制造等行业需求的驱动，边缘服务器市场将迎来由点到面的快速增长，预计在未来五年成为服务器市场增长最快的子市场之一。根据 IDC，2020 年中国边缘计算服务器的整体市场规模为 26.55 亿美元，未来五年 CAGR 将达到 22.0%，高于全球 19.6% 的平均增速。从出货数量看，2020 年中国边缘定制服务器市场排名前三的厂商依次为浪潮、新华三和华为，TOP3 厂商占据全国 53% 市场份额。随着人工智能等新兴技术对高性能计算能力需求的升高，GPU、FPGA、ASIC 等高性能加速处理器涌现。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%；IDC 预测，到 2025 年市场规模将达到 108.6 亿美元。加速计算市场供应商集中度高，客户侧需求上涨显著，2021 年上半年，浪潮、宁畅、华为位居供应商前三，占据了 70% 的市场份额。

图表 58：中国边缘计算服务器市场份额



来源：IDC，国金证券研究所

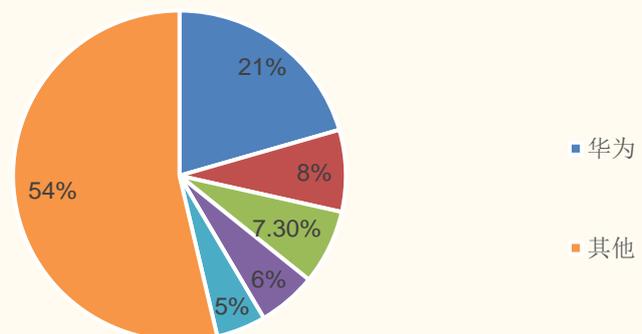
图表 59：中国加速计算服务器市场份额



来源：IDC，国金证券研究所

- **边缘数据中心建设带动预制模块化市场，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 60：2020 全球模块化数据中心市场



来源：Frost Sullivan，国金证券研究所

4.2 元宇宙有望打开 5G C 端市场，FTTR+Wi-Fi6 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。

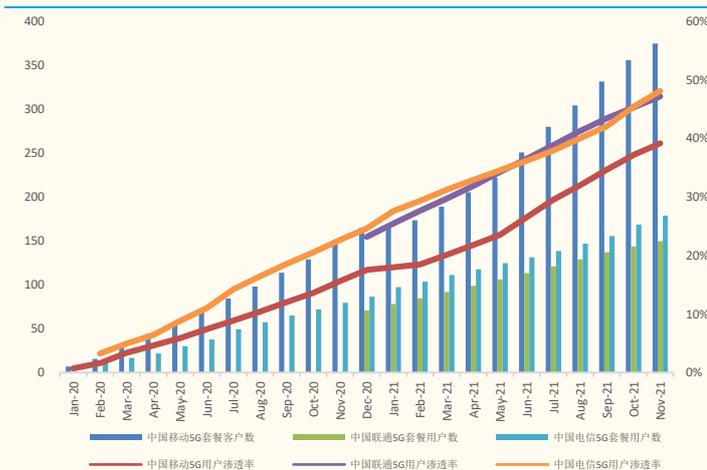
图表 61: Cloud VR 业务对带宽/时延的要求

业务类型		起步阶段 4K	舒适体验 8k	进阶体验 12k	极致体验 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

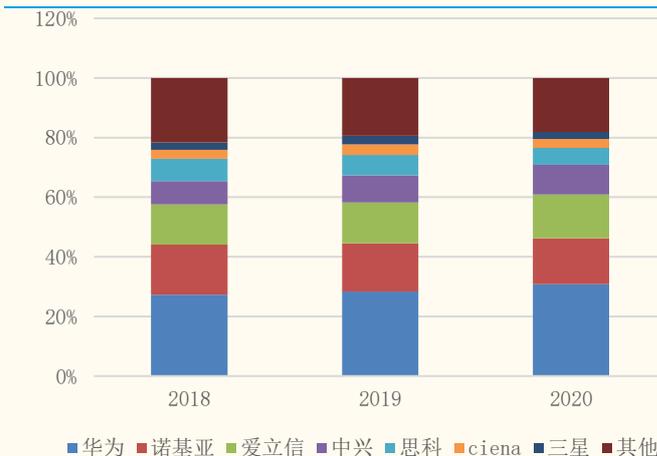
- 元宇宙丰富的内容场景催化下, 有望产生 To C 的终端和应用, 为 5G 产业发展带来驱动力。目前中国 5G 基站建设总量在全球 5G 市场份额已占到约 70%, 截止到 2021 年 11 月底, 三大运营商 5G 套餐用户达 7.03 亿户, 中国移动、中国联通和中国电信 5G 套餐用户数分别为 3.74/1.49/1.79 亿户, 在移动用户中渗透率分别为 39.1%/47.1%/48.1%。
- 5G 的高速率、低时延、低能耗、大规模设备同时在线等特性, 能够支持元宇宙所需要的大量应用创新。元宇宙有望以其丰富的内容场景打开 5G 的 C 端需求, 提升 5G 网络的覆盖率, 华为、中兴等通信设备商的整体市场规模有望打开。未来 5G Advanced 技术也将推动 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。

图表 62: 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 63: 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

- 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。

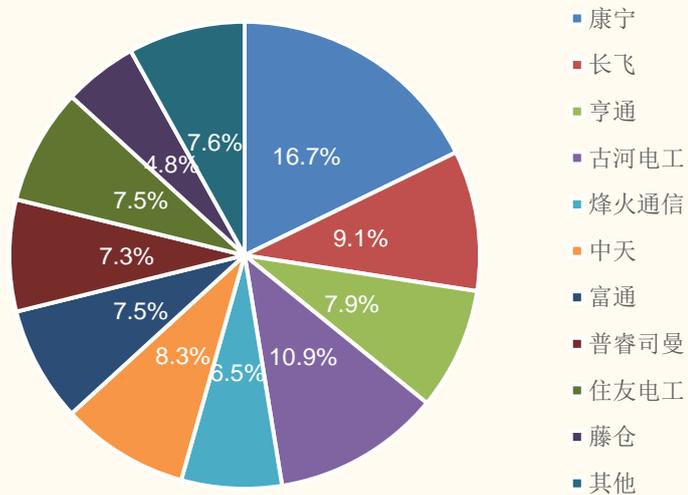
图表 64：我国千兆宽带以上速率用户规模及占比



来源：工信部，国金证券研究所

- **FTTR+Wi-Fi6 构筑家庭千兆光网技术底座，10/50GPON、Wi-Fi6、光模块及光纤光缆产业链将迎来发展机遇。** FTTR 架构下光网络末端进一步下沉，将“光进铜退”以及 Wi-Fi6 延伸到各个房间。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）、Wi-Fi6 市场需求。
- 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。

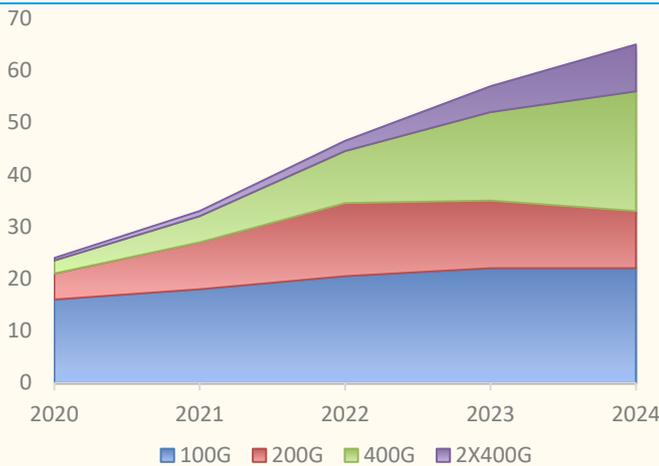
图表 65：2020 年全球光纤光缆市场份额



来源：工信部，国金证券研究所

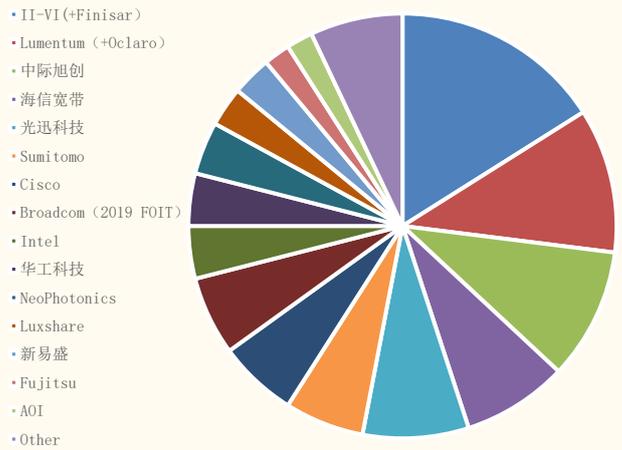
- **光模块向高速率形态演进，行业向龙头企业集中趋势显著，国内企业逐渐崛起。** 2020 年全球光模块市场规模 80 亿美元，预计 2026 年将达到 145 亿美元，未来数通市场需求是光模块成长的主要驱动。2020 年数通光模块市场规模约 38 亿美元，预计 2024 年达到 83 亿美元，年复合增长率约为 20%。400G 光模块进入批量供应阶段，是未来数通光模块的主要增长点。龙头企业规模优势促使光模块企业并购重组，行业 CR5 市场份额从 2015 年的 44%，上升至 2019 年的 62%。在 lightcounting 评选全球前十大光模块企业中，中际旭创排名第二位，其他国内企业，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 66: 数通光模块市场规模 (亿美元)



来源: Lightcounting, 国金证券研究所

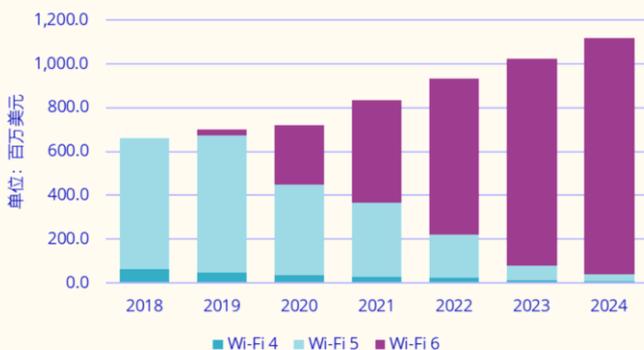
图表 67: 2020 年全球光模块市场份额



来源: Yole, 国金证券研究所

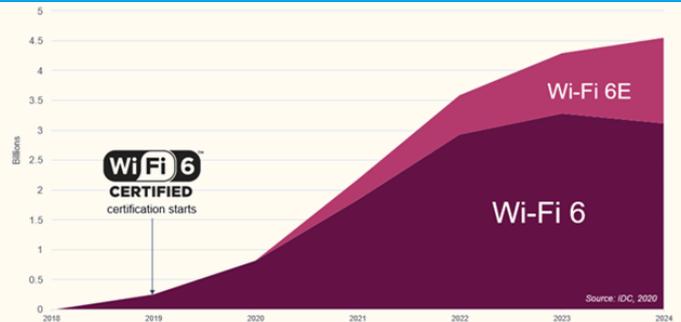
- **Wi-Fi 6 凭借高速率、低时延和多连接的能力, 将成为元宇宙、XR、边缘计算等前沿应用场景的关键网络技术。** Wi-Fi 6 通过引入多用户特性达到提升高密度网络中 Wi-Fi 性能的目的, 与 WiFi5 相比, WiFi6 速率最高可达 9.6Gbps, 时延最低可到 10ms, 可支持最多 128 人同时上网, 终端功耗降低 30%。根据 IDC 数据显示, 2020 年我国 WLAN 市场总体规模达到 8.7 亿美元, 其中 Wi-Fi 6 占比 31.2%, 规模达 2.7 亿美元, 2021 年市场规模接近 4.7 亿美元。截至 2021 年底, 全球 Wi-Fi 6 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。

图表 68: 中国网络无线市场规模预测



来源: IDC, 国金证券研究所

图表 69: Wi-Fi 6 终端出货量预测



来源: IDC, WiFi Alliance, 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 70: 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-Fi 6 + 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

五、重点关注公司及投资建议

元宇宙从最初 2000 年的游戏软件行业，转化到现在的沉浸式元宇宙应用及平台，我们认为从终端的 VR/AR/MR/XR，高速无线通讯的 5G/6G 及 WiFi 6/7，虚拟社区及游戏社交平台的内容，高速运算处理庞大的数据，到利用人工智能 / 区块链 / 虚拟货币来持续构建虚拟元宇宙社会，我们认为这些都还是处于非常早期的发展，短期营收及获利贡献占比偏低，但就 10 年来看，我们估计游戏社交元宇宙产业链将占科技，通信，半导体行业市场的 15-20%。我们首次推荐买入元宇宙信息技术产业，重点推荐 10 家全球及中国大陆的相关公司，其中包括元宇宙平台内容软件公司如 **Roblox**（游戏及社交软件平台），**微软**（Hololens 2 终端，游戏及商用 / 工业用），**Meta**（Oculus Quest 2 终端，社交生态系），**腾讯**（游戏，社交，3G Glasses 终端，运算，至信链 / QQ 钱包使能），**中国移动**（5G/6G，WiFi6 承载，游戏社交咪咕），零组件公司如**歌尔股份**（Oculus/Sony VR/Pico 代工），**立讯精密**（苹果第二代 MR），**舜宇光学**（AR 光波导，折叠光路模组，菲尼尔透镜，Pancake 光学透镜），元宇宙 3D 游戏及社交软件开发工具公司 **Unity**，AI 服务器芯片公司 **Nvidia**（Grace ARM CPU，A100 AI 训练推理，CUDA，Omniverse 数字孪生）。

图表 71：重点关注全球及国内 10 大元宇宙相关的公司

公司	股票代码	行业别	推荐理由
机器砖块/罗布乐思	RBLX	游戏及社交软件平台	1.5470 万活跃玩家，10 亿为目标，22% 玩家自己设计生态系 2. Gucci, Nike, Ralph Lauren, Tommy Hilfiger, Forever 品牌进驻；3. 同替身可横跨各个游戏平台；4. 虚拟货币，虚拟商品交易成型
微软	MSFT	游戏及商用/工业用平台	透过微软的 HoloLens 2 的 MR 设备让客户体验混合实境的平台 Mesh for Microsoft Teams，来进行协作，召开会议，发送讯息，处理共享文档，共享全息体验及沉浸式空间。未来的 Xbox 游戏平台也能陆续开发元宇宙相关软件。
Meta 脸书	FB	社交平台	全球最大社交公司，VR 终端设备技术和市占率领先，投入最坚决，将率先打造平台+终端+内容的完整生态。
Unity	U	3D 游戏及社交软件开发工具	Unity 全球占有近 5 成 3D 游戏设计工具的份额，为了让沉浸式游戏更真实，Unity 于 2021 年 11 月宣布以 16.25 亿美元收购 Avatar 电影动画与特效的制作公司 Weta Digital，利用共通的设计工具互相连结，未来有机会形成元宇宙生态系。
Nvidia 英伟达	NVDA	高速图像处理器，数据中心运算推理芯片	英伟达在高阶游戏图形显像卡芯片份额大约为 70%，及超过 95% 以上云端 AI 推理及训练加速器的份额。于 2023 年初，将推出 ARM CPU（Grace）配合其高速 NVlink 通讯网络（500GB/秒传输速率），可以让 CPU/GPU 共同分享 DDR4/5/HBM 存储器达到快取一致性(Cache Coherency)。
腾讯	700 HK	游戏社交全方位平台	依托庞大的平台流量，将 VR/AR 技术下沉至音乐、短视频、游戏、出行等部门，有望率先构建全场景的沉浸式体验。同时，公司提供强大的算力支撑，腾讯云率先成为中国首家构筑起“云边网端”完整产品矩阵的云厂商
中国移动	600941	5G/6G, WiFi 承载, 咪咕	全球最大的 5G 和千兆固网等实现端到端的智能连接；构建泛在融合的算力网络；公有云 22 年有望进入中国前 5；子公司咪咕基于中国移动云网一体的优势，以游戏、社交、虚拟偶像等载体形成全新内容生态。
歌尔股份	002241	Oculus/Sony/Pico VR 代工	歌尔是 Meta Oculus、索尼 PSVR、pico、华为 VR Glass 独家代工厂，并提供光学方案及零组件。预测 2022 年 Oculus 将推出 Quest 3，索尼也有望推出新一代产品 PSVR2。
立讯精密	002475	苹果二代 MR 代工	公司在零组件及硬件制造积累了丰富的经验，是苹果 AirPods、Apple Watch、iPhone 的核心供应商，积极受益于苹果智能硬件的快速发展。公司积极布局 AR/VR 业务，有望参与苹果第二代 AR/VR 产品的制造。

舜宇光学	2382 HK	光波导, 折叠光路模组, 菲尼尔透镜, Pancake 光学透镜	公司是光学龙头厂商, 在手机摄像头及车载摄像头镜头领域快速发展。公司在 AR/VR 领域深入布局, 在 AR 光波导、折叠光路模组、菲尼尔透镜、Pancake 光学透镜方面优势明显, AR/VR 产业崛起, 公司有望深度受益

来源: 各公司官网, 国金证券研究所

看好 VR/AR 产业链光学、代工、PCB 等环节上市公司: 如前所述, VR&AR 设备主要组成部分包括光学环节、感知交互与芯片三大部分, 同时也包括整机代工以及电池、PCB 等环节, VR&AR 与手机产业链重合度较高, 因此, 现有手机产业链各环节的国内上市公司未来均有望切入全球 VR&AR 供应链, 受益 VR&AR 价值量齐升。我们最看好已布局 VR&AR 产业前沿技术、进入全球 VR&AR 品牌厂商供应链的国内上市公司, 包括提供整机解决方案的歌尔股份, 提供显示屏的京东方, 提供 CIS 芯片的韦尔股份, 提供光学组件或模组的舜宇光学科技、蓝特光学、联创电子, 以及提供 PCB 的鹏鼎控股、东山精密。科技产业的代际更迭, 价值链转移符合“基础设施-硬件-软件-平台-应用和服务”规律, 虽然元宇宙的商业模式仍处在探索之中, 但在元宇宙的发展过程中会对现有的 ICT 基础设施进行重塑。我们认为, 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, 将带动算力和网络技术迭代, 拉动 ICT 基础设施升级。边缘数据中心进入规模化建设期, 产业链上游基础设施及硬件厂商有望率先受益。5G C 端需求有望打开, FTTR+Wi-Fi6 构筑家庭千兆光网技术底座, 10/50GPON、Wi-Fi6、光模块及光纤光缆产业链将迎来发展机遇。

图表 72: VR&AR 产业链各环节上市公司一览

产业链环节		产品组件	有望切入供应链的上市公司
光学	显示屏	Fast-LCD 显示屏、OLED 显示屏等	京东方、深天马、蓝思科技等
	镜头及模组	镜头、棱镜、玻璃晶圆等	舜宇光学科技、蓝特光学、联创电子、水晶光电等
感知交互		手势传感器、惯性传感器、激光传感器等	汇顶科技、歌尔股份、敏芯股份等
芯片		处理器芯片、存储芯片、图像传感器芯片等	瑞芯微、全志科技、兆易创新、韦尔股份等
整机代工		组装、整机系统解决方案等	歌尔股份、立讯精密、比亚迪电子等
其他	电池	电池模组	德赛电池、欣旺达等
	PCB	软板、硬板	鹏鼎控股、东山精密等
	功能件	模切、CNC、冲压等	领益制造、信维通信、长盈精密等
	结构件	VR 头显、AR 眼镜、手柄结构件	长盈精密、比亚迪电子等

来源: 各公司公告, 国金证券研究所整理

通信及计算机行业重点公司: 科技产业的代际更迭, 价值链转移符合“基础设施-硬件-软件-平台-应用和服务”规律。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, 将带来算力和网络的迭代升级。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。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、WiFi6 技术发展、千兆光纤入户和 10G FWA 升级。建议关注中国移动(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)等细分领域龙头, 其他相关公司分类整理如下:

- 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: Cloudflare、Akamai、Fastly、网宿科技

- 服务器：浪潮、华为、新华三，广达，纬颖，技嘉，英业达
- 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、亨通、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，瑞昱
- VR/AR/MR/XR CPU, GPU, 6 DOF: 高通骁龙 XR
- 数据中心 AI 服务器及高速通讯芯片: 英特尔, 英伟达, 超威, 博通

六、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，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，Meta 脸书公布 2021 年四季度元宇宙 VR 硬件，软件，内容相关营收 (Reality Labs) 8.8 亿美元，大幅亏损 33 亿美元，累计全年 22.7 亿元元宇宙相关营收，亏损高达 102 亿美元，季度亏损持续扩大。

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