

元宇宙行业深度：元宇宙关键入口，VR/AR 光学+显示方案带来新机遇

报告要点

全球 VR/AR 设备出货量未来数年有望保持 30%以上增速。根据 IDC 数据，受宏观经济环境等因素影响，2022 年全球 VR/AR 设备出货量下降 20.9%至 880 万台，其中 VR/AR 设备出货量分别为 853/27 万台。随着宏观经济预期修复，IDC 预计 2023 年全球 VR/AR 设备出货量有望同比增长 31.5%，并且未来数年增速有望保持在 30%以上，预计 2026 年出货量将达到 3510 万台。

VR/AR 行业集中度均较高。根据 IDC 数据，2022 年 VR 头显市场格局方面，Meta 占比接近 80%，PICO 占比 10%，DPVR、HTC 和爱奇艺分列 3-5 位。AR 眼镜方面，根据 IDC 数据，2022 年全球 AR 眼镜出货量 Top5 分别为：Nreal/微软/Rokid/TCL（雷鸟创新）/爱普生，出货量分别为 9.8/3.5/3/近 3/1.3 万台，合计近 20.6 万台；市占率分别为 36.3%/13.0%/11.1%/近 11.1%/4.8%，合计占比近 76.3%。

VR：Pancake 商用趋势确定，Fast-LCD 屏幕成主流，硅基 OLED 未来可期。现阶段 VR 头显的主流光学方案包括菲涅尔透镜和 Pancake。因为轻薄化需求，Pancake 方案正在逐步替代菲涅尔透镜，由于光机工作原理不同，菲涅尔透镜采用平行光路方案，Pancake 则通过折叠光路来减小光路系统空间的物理距离，缩小厚度，根据 PICO 官方数据，PICO 4 头盔采用 Pancake 方案，前端厚度为 35.8mm，比上一代产品减小 38.8%，重量减小 26.2%，优势明显。此外 Pancake 成像质量更好，还支持屈光度调节，商用趋势确定，但是仍然存在光效低、鬼影、FOV 小、成本高等痛点，需要进一步升级改进。在显示方面，综合分辨率和响应速度的要求，Fast-LCD 已成为市场主流方案，还可以增加 Mini LED 背光解决显示器漏光等问题。而在性能层面更有优势的硅基 OLED，由于配套驱动芯片技术不够成熟、良率偏低等问题，整体成本仍然偏高，苹果 2023 年 MR 设备有望采用硅基 OLED，将有利于推动硅基 OLED 渗透率提升。

AR：光波导和 Micro LED 未来有望成为 AR 眼镜主流光学+显示方案。AR 眼镜光学成像系统主要有离轴反射、棱镜、自由曲面、Birdbath 和光波导。目前使用较多的方案为自由曲面、Birdbath 和光波导，从性能角度对比，光波导在镜片厚度、视场角、透光度、产品尺寸等方面优势明显，技术壁垒最高，未来随着光波导技术更加成熟、工艺流程更加标准化、高效化，成本进一步降低，渗透率有望进一步提升。显示方面目前主要为硅基 OLED 屏幕，但是由于亮度、寿命等问题，Micro LED 也一直是产业界追逐的方向，其优势包括功耗低、亮度高、响应速度快、寿命长等，适合搭配光波导，但是由于工艺技术难度大、外延成本较高、巨量转移的速度和良率还有待提升，短期内还难以替代硅基 OLED，但是苹果等国际巨头在该领域已经布局多年，未来随着 Micro LED 技术更加成熟、成本降低，有望逐步替代硅基 OLED。

投资建议：我们认为，随着用户对元宇宙接受度提高，同时技术升级、成本下降将促进 VR/AR 出货量进一步提升，带动行业驶入快车道，相关主流技术方案厂商有望迈入高速成长期。建议关注：三利谱、京东方 A、歌尔股份。

风险提示： 1、宏观经济复苏、下游需求不及预期；
2、技术研发、产品升级不及预期；3、行业竞争加剧。

电子

评级：看好

日期：2023.03.27

分析师 王少南

登记编码：S0950521040001

☎：0755-23375522

✉：wangshaonan@wkzq.com.cn

联系人 金凯笛

☎：021-61097712

✉：jinkaidi@wkzq.com.cn

行业表现

2023/3/27



资料来源：Wind，聚源

相关研究

- 《2023 年电子行业投资策略：半导体国产替代持续加速，汽车电子迎来新机遇》(2023/1/6)
- 《半导体材料行业深度：晶圆厂迎扩产潮，大国利剑国产替代前景可期》(2022/9/9)
- 《汽车智能化+网联化深度：自动驾驶逐步升级，摄像头+激光雷达星辰大海》(2022/6/29)
- 《汽车电动化深度：新能源车销量+渗透率双升，IGBT 与 SiC 大放异彩》(2022/5/13)
- 《2022 年电子行业投资策略：5G 渗透率持续提升，半导体供应链安全大势所趋》(2021/12/9)
- 《PCB 行业深度：通讯/消费电子/汽车齐发力，FPC 替代传统线束前景可期》(2021/12/7)
- 《半导体设备行业深度：新一轮景气周期，大国重器替代正当时》(2021/8/16)
- 《2021 年电子行业中期策略：5G+ARVR 引领新成长，国产替代奏响主旋律》(2021/8/6)
- 《需求错配+供给瓶颈+资源倾斜，汽车缺芯有望 2021Q2 开始改善》(2021/5/12)

目录

1. 元宇宙构建数字化时空，产业链广覆盖	5
2. VR/AR 设备是元宇宙重要入口，未来数年有望保持 30%以上增长	10
3. VR 光学+显示方案多样，产业逐渐形成共识	16
3.1 VR 光学：Pancake 减薄效果好，商用趋势确定	16
3.2 VR 显示：Fast-LCD 已成为主流选择，硅基 OLED 有望被苹果采用	22
4. AR 实现显示+虚拟世界融合，中短期内一体式/分体式将共存	25
4.1 AR 光学：光波导性能优势明显，有望引领未来	26
4.2 AR 显示：硅基 OLED 占据主导，Micro LED 未来可期	30
5. VR/AR 产品百花齐放，海内外供应商齐助阵	32
5.1 2022 年多款 VR/AR 产品发布，光学+显示方案路径逐步清晰化	32
5.2 VR 头显拆解及供应商梳理	35
5.3 AR 眼镜拆解及供应商梳理	40
6. 投资建议	42
6.1 投资观点	42
6.2 建议关注	43
6.2.1 三利谱 (002876.SZ)	44
6.2.2 京东方 A (000725.SZ)	44
6.2.3 歌尔股份 (002241.SZ)	44
7. 风险提示	45

图表目录

图表 1：元宇宙概念	5
图表 2：元宇宙世界	5
图表 3：元宇宙发展历史	5
图表 4：元宇宙进化图谱	6
图表 5：元宇宙产业链	6
图表 6：元宇宙产业链国外重点企业	7
图表 7：元宇宙 7 层要素	7
图表 8：元宇宙六大核心技术	8
图表 9：元宇宙四大核心特征	8
图表 10：元宇宙沉浸感交互要求	9
图表 11：2022 年技术成熟度曲线	9
图表 12：VR 游戏	10
图表 13：索尼 PlayStation VR2	10
图表 14：AR 应用	10
图表 15：Google Glass Enterprise Edition 2	10
图表 16：MR 场景	11

图表 17: 微软 HoloLens 2.....	11
图表 18: XR 范围.....	11
图表 19: XR 场景.....	11
图表 20: 全球 VR/AR 产业链主要国家/地区	12
图表 21: XR 产业链.....	12
图表 22: XR 五大关键技术.....	13
图表 23: VR/AR 发展历程	13
图表 24: 全球 VR 出货量（万台）	14
图表 25: 全球 AR 出货量（万台）	14
图表 26: 全球 VR 设备市场格局（按出货量分）	14
图表 27: 2022 年全球 VR 设备市场格局.....	14
图表 28: 2022 年全球 AR 眼镜出货量 Top5 市占率.....	15
图表 29: 2022 年中国 VR/AR 出货量（万台）	15
图表 30: 2022 年中国 AR 眼镜不同价格出货占比（美元）	15
图表 31: 2022 年中国市场独立 VR 头显 Top5 市占率.....	16
图表 32: 2022 年中国消费级 AR 眼镜主要线上平台销量格局	16
图表 33: VR 光学方案.....	16
图表 34: VR 光学发展历程.....	17
图表 35: 球面透镜.....	17
图表 36: 非球面透镜.....	17
图表 37: 使用球面透镜时像差的产生（左）和使用非球面透镜时的校正（右）	18
图表 38: 球面透镜 VS 非球面透镜	18
图表 39: 菲涅尔透镜.....	19
图表 40: 菲涅尔透镜与普通透镜聚光对比.....	19
图表 41: 菲涅尔透镜轮廓.....	19
图表 42: 平凸透镜和菲涅尔透镜的侧面轮廓对比.....	19
图表 43: 菲涅尔与 Pancake 厚度对比.....	20
图表 44: PICO 4 比 PICO Neo3 前端重量及厚度均有所减小.....	20
图表 45: 菲涅尔光学和 Pancake 光路方案对比.....	20
图表 46: Pancake 折叠光路原理.....	20
图表 47: PICO 4 Pancake 光学透镜.....	20
图表 48: Pancake 与菲涅尔透镜性能对比.....	21
图表 49: VR 光学方案对比	22
图表 50: LCD 结构.....	23
图表 51: OLED 结构.....	23
图表 52: Micro LED 结构.....	23
图表 53: 巨量转移技术.....	23
图表 54: Micro OLED 结构.....	24
图表 55: VR 产业链相关公司	25
图表 56: VR 与 AR 近眼显示原理	25
图表 57: 不同形态的 AR 整机.....	26
图表 58: 棱镜/自由曲面/Birdbath 光学系统原理.....	27
图表 59: AR 光波导全反射机制示意图.....	27
图表 60: 基于光波导的 AR 外观原理示意图	27
图表 61: 常见光波导及光栅结构.....	28
图表 62: 几何光波导/表面浮雕光栅波导/全息体光栅波导对比	28
图表 63: 采用不同光学方案的 AR 眼镜产品	29

图表 64: 2026 年不同价位段消费级 AR 设备出货量占比	29
图表 65: 目前主流 AR 光学方案对比	30
图表 66: AR 设备主流显示技术优缺点对比	31
图表 67: AR 设备主流显示技术参数对比	31
图表 68: AR 产业链相关公司	32
图表 69: 2022 年 VR 设备统计	33
图表 70: 2022 年 AR 设备统计	33
图表 71: 高通对 VR/AR 设备形态预判	34
图表 72: 高通无线 AR 智能眼镜参考设计	34
图表 73: 高通骁龙 AR2 Gen1	35
图表 74: 搭载骁龙 AR2 Gen1 的 AR 头显原型机	35
图表 75: YVR 2 VR 一体机爆炸图	35
图表 76: Meta Quest Pro 沉浸式体验	36
图表 77: Meta Quest Pro	36
图表 78: Meta Quest Pro 硬件 BOM 成本	36
图表 79: Meta Quest Pro 硬件成本构成 (按品类)	37
图表 80: Meta Quest Pro 硬件成本构成 (按国家)	37
图表 81: Meta Quest Pro 核心硬件及供应商	37
图表 82: PICO 4 彩色透视	38
图表 83: PICO 4	38
图表 84: PICO 4 硬件 BOM 成本 (8G+128G 版本)	39
图表 85: PICO 4 硬件成本构成 (按品类)	39
图表 86: PICO 4 硬件成本构成 (按国家)	39
图表 87: PICO 4 核心硬件及供应商	40
图表 88: 一体式 AR 眼镜零部件	41
图表 89: 分体式 AR 眼镜模组及 BOM 成本占比	41
图表 90: 华为 Vision Glass 观影	41
图表 91: 华为 Vision Glass	41
图表 92: 华为 Vision Glass 硬件 BOM 成本	42
图表 93: 华为 Vision Glass 硬件成本构成 (按品类)	42
图表 94: 华为 Vision Glass 硬件成本构成 (按国家)	42

1. 元宇宙构建数字化时空，产业链广覆盖

元宇宙的英文是 Metaverse，Metaverse=Meta（超越）+Universe（宇宙），即超越现实的虚拟宇宙。“元宇宙”概念是在美国作家尼尔·斯蒂芬森 1992 年的科幻小说《雪崩》中首次提出，书中讲述了现实人通过 VR 设备与虚拟人共同生活在一个虚拟世界的故事，这个虚拟世界就是 Metaverse。2021 年 3 月，美国 Roblox 公司首次将“元宇宙”写进招股说明书，2021 年 10 月，Facebook 改名为 Meta 将元宇宙推至风口，引发了全球关注和讨论，2021 年也被称为元宇宙元年。

元宇宙是人类运用数字技术构建的，由现实世界映射或超越现实世界，可与现实世界交互的虚拟世界，具备新型社会体系的数字生活空间。它以信息基础设施为载体，以虚拟现实/增强现实/混合现实（VR/AR/MR/XR）为核心技术支撑，以数据为基础性战略资源，构建数字化时空域。

图表 1：元宇宙概念



资料来源：Sky Post，五矿证券研究所

图表 2：元宇宙世界



资料来源：Meta，五矿证券研究所

回首元宇宙发展历史，1931-1992 年是概念孕育期，在一些书籍信件中被开始提及；1992-2018 年是形态塑造期，在一些影视游戏作品中，元宇宙的形象得以塑造；2021 年之后，随着 Facebook 改名 Meta，中国首个元宇宙行业协会成立，行业步入快速增长期。

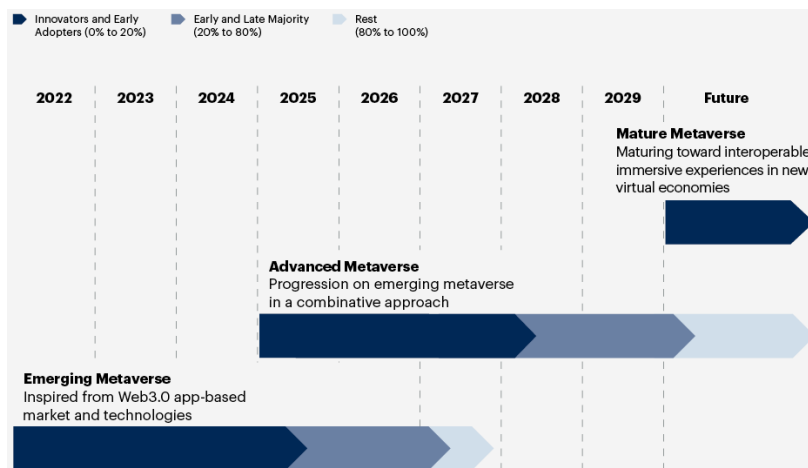
图表 3：元宇宙发展历史

元宇宙概念孕育期	元宇宙形态的塑造期	元宇宙快速增长期
1931年：长篇小说《美丽新世界》中提到“头戴式设备可以为观众提供图像、气味、声音等一系列的感官体验”； 1990年：11月27日，钱学森给弟子汪成为写信，表示将“Virtual Reality”（虚拟现实技术）一词翻译成“灵境”； 1992年：“metaverse”一词在尼尔·斯蒂芬森的科幻小说《snow crash》中被创造。	1999年：科幻电影《黑客帝国》实现脑机交互演绎； 2003年：《Second Life》第一个现象级的虚拟世界； 2006年：《Roblox》上市，至2019年MAU超过1亿； 2017年：《Fortnite》现实世界数字化，实现UGC虚拟世界； 2018年：科幻电影《头号玩家》“绿洲”是对元宇宙原型具象化的诠释；	2021年：《Roblox》上市成为“元宇宙第一股”，区块链NFT出圈引爆元宇宙概念、Facebook all in更名Meta、中国移动通信联合会元宇宙产业委员会揭牌成为国内首个元宇宙行业协会。
1931~1992年	1992~2018年	2021年（元年）~

资料来源：亿欧，五矿证券研究所

展望元宇宙发展趋势，根据 Gartner 数据，2022 年前后，随着 Web3.0 应用市场和技术发展，元宇宙开始兴起；2025 年，在新兴元宇宙的综合研究取得进步的同时，元宇宙迈入更高级；2029 年，在新的虚拟经济下，元宇宙将向互操作、沉浸式体验的新方向发展，逐步走向成熟。

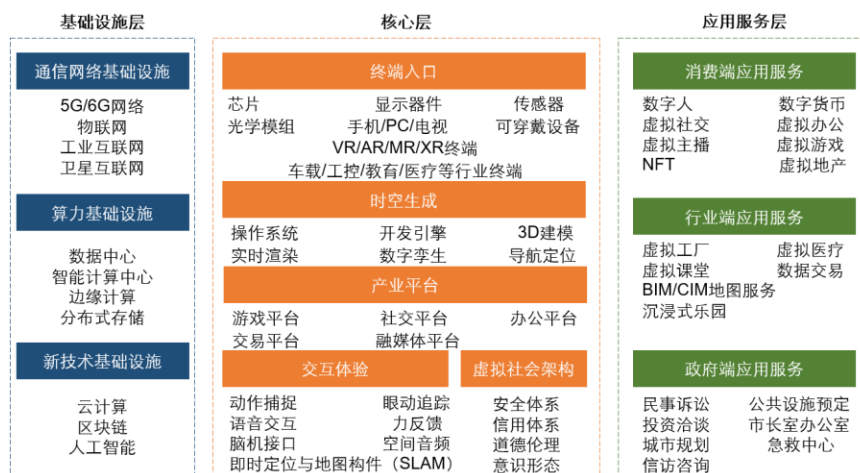
图表 4：元宇宙进化图谱



资料来源：Gartner，五矿证券研究所

“元宇宙”产业链方面可以分为基础设施层、核心层和应用服务层。其中基础设施层主要包括通信网络/算力/新技术基础设施等，具体有 5G/6G 网络、数据中心、云计算、区块链、人工智能等技术；核心层主要包括终端入口/时空生成/交互体验等，具体有 VR/AR/MR/XR 终端产品、操作系统、数字孪生、脑机接口等技术；应用服务层主要包括消费端/行业端/政府端应用服务等，具体有数字人、数字货币、虚拟社交/办公/主播/游戏/医疗/教育、NFT、城市规划等应用。整个“元宇宙”产业链涉及的行业非常广泛，有望对相关行业带来新的变革和发展机遇。

图表 5：元宇宙产业链



资料来源：《元宇宙产业链生态白皮书》，五矿证券研究所

根据赛迪智库数据，在元宇宙产业链中，不论是基础设施层、核心层还是应用服务层，众多国外企业已经有所布局，包括微软、谷歌、苹果、三星、英伟达、Meta、亚马逊、IBM 等。

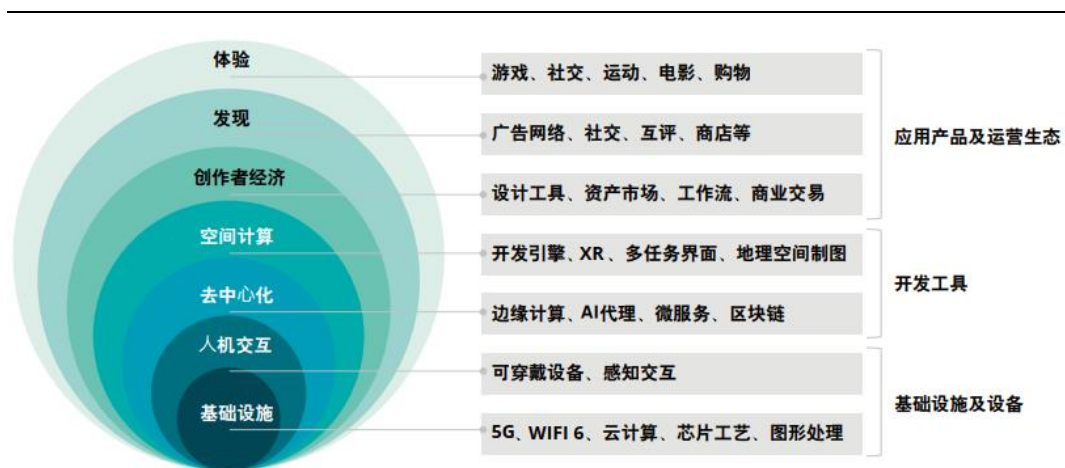
图表 6：元宇宙产业链国外重点企业

产业链环节	地区	企业
基础设施层	通信网络基础设施	国外 Verizon、AT&T、T-Mobile、Sprint、三星、LG、KT、SK 电讯、西门子、爱立信、亚马逊、ARM、IBM、博世、思科、通用电气、谷歌、英特尔、微软
	算力基础设施	国外 亚马逊、微软、戴尔、ClearBlade、思科、谷歌、IBM、英特尔、微软、三星、SAP
	新技术基础设施	国外 亚马逊、微软、谷歌、IBM、Kamatera、Serverspace、Linode
核心层	终端入口	国外 谷歌、苹果、三星、微软、Meta、Magic-Leap、德州仪器、高通
	时空生成	国外 Unity、英伟达、Autodesk、Epic Games、罗布乐思
	交互体验	国外 Thalmic Labs、Virtuix、Cyberith、
	产业平台	国外 Meta、微软、谷歌、英伟达
应用服务层	消费端应用服务	国外 谷歌、索尼、Epic Games、EA、世嘉、Valve、Jaunt
	行业端应用服务	国外 Meta、Valve、IBM、BBC、Youtube、Discovery VR
	政府端应用服务	国外 谷歌、亚马逊、微软

资料来源：赛迪智库，《元宇宙产业链生态白皮书》，五矿证券研究所

整个元宇宙共包含 7 层要素，每层要素则对应不同的技术和应用，分别如下：1) 基础设施：5G、WiFi 6、云计算、芯片等；2) 人机交互：可穿戴设备、感知交互；3) 去中心化：边缘计算、区块链等；4) 空间计算：开发引擎、XR 等；5) 创作者经济：设计工具、商业交易等；6) 发现：广告网络、社交等；7) 体验：游戏、电影、购物、运动等。

图表 7：元宇宙 7 层要素

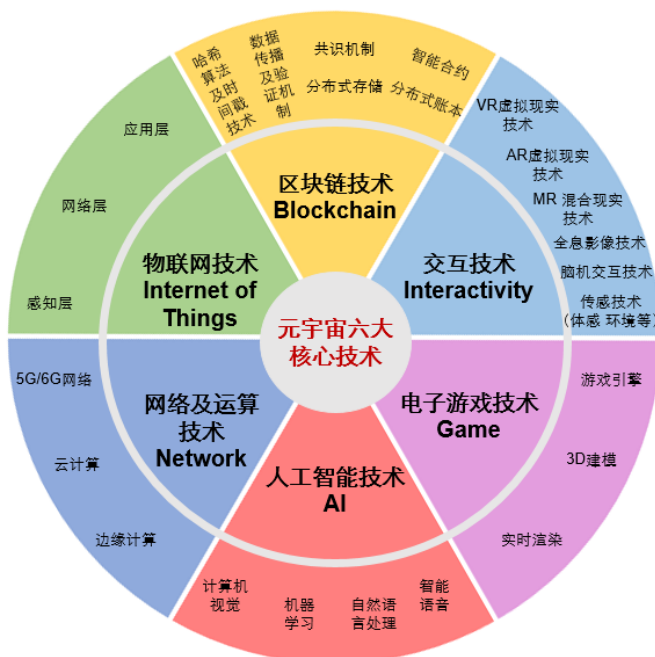


资料来源：Jon Radoff，德勤，五矿证券研究所

元宇宙在发展过程中，有 6 大核心技术作为支撑，总结为 BIGANT。拆开来看分别是 B=Blockchain，区块链技术；I=Interactivity，交互技术；G=Game，电子游戏技术；A=AI，人工智能技术；N=Network，智能网络技术；I=Internet of things，物联网技术。在 6 大支撑

技术下，有分别有多个细分技术作为支撑，大量的新技术为元宇宙的发展和实现提供了重要保障。

图表 8：元宇宙六大核心技术



资料来源：元宇宙之家，五矿证券研究所

元宇宙共包括 4 大核心特征，分别是沉浸式体验、虚拟身份、虚拟经济和虚拟社会 治理，只有满足了所有 4 大核心特征的，才算是一个完整的自维持、自发展、自演进的元宇宙。

图表 9：元宇宙四大核心特征

沉浸式体验	元宇宙的第一个特征叫做沉浸式体验。沉浸式的体验是我们对元宇宙或者未来互联网的一个本质追求。因为人们不满意现在的互联网体验，就是因为人们要追求沉浸式的体验，所以才提出元宇宙这个概念。
虚拟身份	元宇宙的第二个特征是数字身份，或者叫虚拟身份。我们每一个人在未来的元宇宙里都有一个或者若干个数字身份。我们的身份在元宇宙里可能是一个教授，一个农民，或者是一个大元帅、一个国王等。
虚拟经济	元宇宙的第三个特征是虚拟经济。我们现在的经济是基于现实世界的经济，你给我一斤粮食，我就给你三块钱，一手交钱一手交货。未来在元宇宙里也会有大量的交易，这就是我们所说的虚拟经济。
虚拟社会治理	元宇宙的第四个特征叫虚拟社会治理。要防止人的恶，发扬人的善。在元宇宙里也要有社会的治理。

资料来源：Fastdata，五矿证券研究所

从用户角度出发，元宇宙的体验好坏很大程度上在于沉浸感受，元宇宙沉浸式交互技术目前能够实现部分沉浸，可以通过虚拟移动、运动轨迹、沉浸声场等方式实现 4K/8K 级别的交互，

算力依赖中心云和边缘云。

未来无线接入、渲染方式、交互方式、端边云融合等技术突破将加速沉浸式交互解决方案的升级,交互方式将从手柄、手势、语音指令等升级为触觉反馈、脑机交互,下行带宽从 20Mbps 升级到 4Gbps 以上,端到端时延从 40ms 以上降低至 8ms,沉浸感将从初级沉浸升级到部分沉浸,再到深度沉浸,最终实现完全沉浸,整体用户体验将实现质的飞跃。

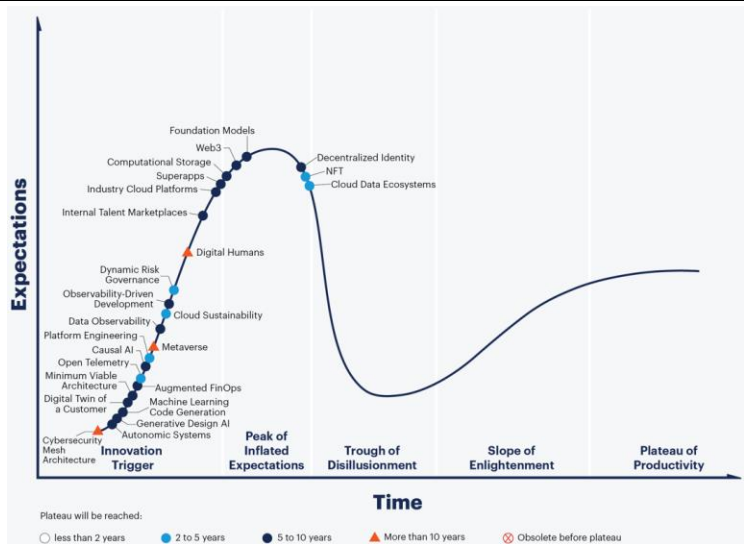
图表 10: 元宇宙沉浸感交互要求

	初级沉浸	部分沉浸	深度沉浸	完全沉浸
无线接入	4G/WiFi	5G/R15	5G R16/R17	B5G/6G
渲染方式	本地渲染、云渲染	云渲染、异构渲染	实时光线追踪渲染、混合云渲染	深度学习渲染、光场渲染、混合渲染
交互支持	4G/WiFi+小型 GPU	5G+中大型 GPU	5G+中大型 GPU	B5G/6G+GPU
交互方式	手柄、手势指令、语音指令	虚拟移动、运动轨迹、沉浸声场	眼球追踪、语音交互、自然手势交互	触觉反馈、脑机交互
内容制作	2K/4K	4K/8K	8K/12K	16K/24K
上行带宽	5Mbps	20-200Mbps	200-800Mbps	>800Mbps
下行带宽	20Mbps	100Mbps-1Gbps	1-4Gbps	>4Gbps
端到端延时 (总)	>40ms	30ms	13ms	8ms
网络架构: 中心云	应用服务器、云渲染服务器	应用服务器、云渲染服务器	应用服务器、云渲染服务器	应用服务器、云渲染服务器
网络架构: 边缘云		MEC 边缘渲染、边缘服务	MEC 边缘渲染、边缘服务	MEC 边缘渲染、边缘服务
网络架构: 其他			网络切片、5G QoS、自动化运维、主动拥塞控制	网络切片、5G QoS、云网协同、智能运维、应用为中心的拥塞控制

资料来源: 亿欧, 五矿证券研究所

根据 2022 年 Gartner 技术成熟度曲线, 可以看到元宇宙仍处于创新触发期, 10 年后将会步入稳定期。因此我们认为元宇宙将有望在近几年实现快速发展, 新技术将不断升级迭代, 新产品将不断推陈出新, 行业有望迈入高景气时代。

图表 11: 2022 年技术成熟度曲线



资料来源: Gartner, 五矿证券研究所

2. VR/AR 设备是元宇宙重要入口, 未来数年有望保持 30%以上增长

根据元宇宙的构成要素, 人机交互是探索元宇宙的入口, 其中的关键技术包括虚拟现实、增强现实、混合现实和扩展现实 (VR/AR/MR/XR), 这些技术有望革命性地改变人们的交互方式, 成为通往元宇宙的关键入口。

虚拟现实 (Virtual Reality) 技术, 是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统, 它利用计算机生成一种模拟环境, 是一种多源信息融合的、交互式的三维动态视景和实体行为的偶系统, 使用户沉浸到该环境中。主要产品包括 Meta Quest Pro、PICO 4、索尼 PlayStation VR2、华为 VR Glass 等。

图表 12: VR 游戏



资料来源: PlayStation 官网, 五矿证券研究所

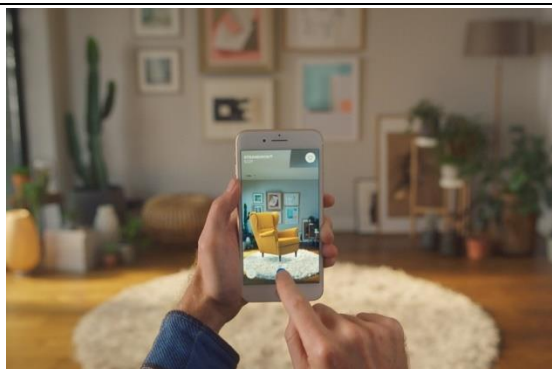
图表 13: 索尼 PlayStation VR2



资料来源: PlayStation 官网, 五矿证券研究所

增强现实 (Augmented Reality) 技术, 是一种实时地计算摄影机影像的位置及角度并加上相应图像、视频、3D 模型的技术, 这种技术的目标是在屏幕上把虚拟世界套在现实世界并进行互动。随着随身电子产品 CPU 运算能力的提升, 增强现实的用途将越来越广。主要产品包括 Google Glass, Magic Leap One 等。

图表 14: AR 应用



资料来源: IKEA, 五矿证券研究所

图表 15: Google Glass Enterprise Edition 2



资料来源: Google 官网, 五矿证券研究所

混合现实 (Mixed Reality) 技术, 既包括增强现实和增强虚拟, 它是虚拟现实技术的进一步

发展，该技术通过在虚拟环境中引入现实场景信息，在虚拟世界、现实世界和用户之间搭起一个交互反馈的信息回路，以增强用户体验的真实感。主要产品包括微软 HoloLens 2 等。

图表 16: MR 场景



资料来源: Augray, 五矿证券研究所

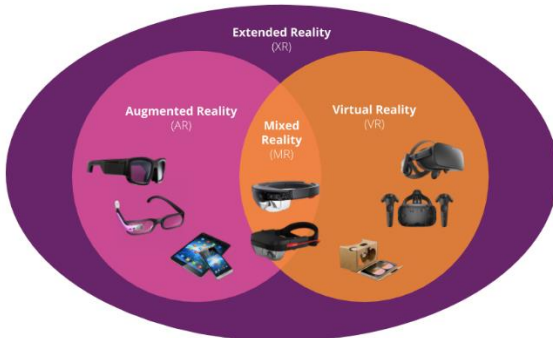
图表 17: 微软 HoloLens 2



资料来源: Microsoft, 五矿证券研究所

扩展现实 (Extended Reality, XR) 技术，是指通过计算机技术和可穿戴设备产生的一个真实与虚拟组合、可人机交互的环境，是 AR、VR、MR 等多种形式的统称。三者视觉交互技术融合，实现虚拟世界与现实世界之间无缝转换的“沉浸感”体验。

图表 18: XR 范围



资料来源: ThoughtWorks, 五矿证券研究所

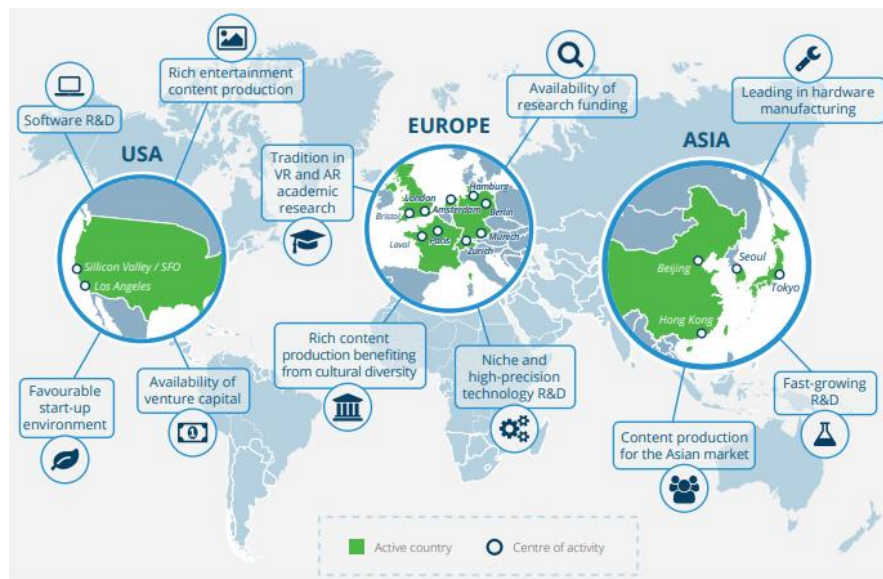
图表 19: XR 场景



资料来源: Wowza, 五矿证券研究所

全球 VR/AR 产业链主要国家和地区主要集中在美国、欧洲、中国和日本，其中美国以研发、技术创新和丰富的娱乐内容创作为主，欧洲以学术研究、高精度研发和多样化内容为主，中国和日本则在组装、硬件制造以及快速成长的研发方面见长。

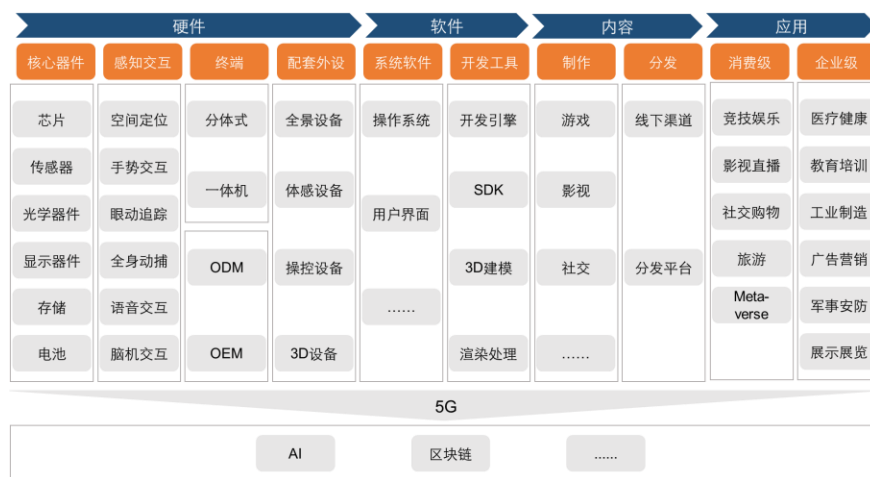
图表 20：全球 VR/AR 产业链主要国家/地区



资料来源：ECORYS，五矿证券研究所

XR 产业链长，包括硬件、软件、内容、应用、5G、AI、区块链等，其中硬件部分包括核心器件、感知交互、终端、配套外设等，软件部分则包括系统软件、开发工具等，内容包括制作、分发，下游应用分为消费级和企业级，消费级包括影视、游戏、社交购物等，企业级应用则包括医疗、教育、工业制造等。

图表 21：XR 产业链



资料来源：德勤，五矿证券研究所

XR 的发展离不开关键技术的持续突破和创新。从端、管、云的架构来看，其中“端”包括以近眼显示技术和感知交互技术，近眼显示技术主要围绕光学系统和显示器件技术升级来进行，感知交互技术则强调与近眼显示、渲染计算、内容制作、网络传输等关键领域的技术协同。二者主要围绕硬件画质不清晰、视角场受限、头部晕眩等痛点，力求带来更优质的沉浸式体验。“管”主要指网络传输技术，利用 5G 网络速率高、延时低和带宽大的特点，推动 XR 应用快速落地。“云”端主要包含渲染计算和云端内容制作与分发。云化渲染聚焦云网边端协同渲染，能够解决实时海量数据处理的问题，实现硬件终端的轻量化与独立化。

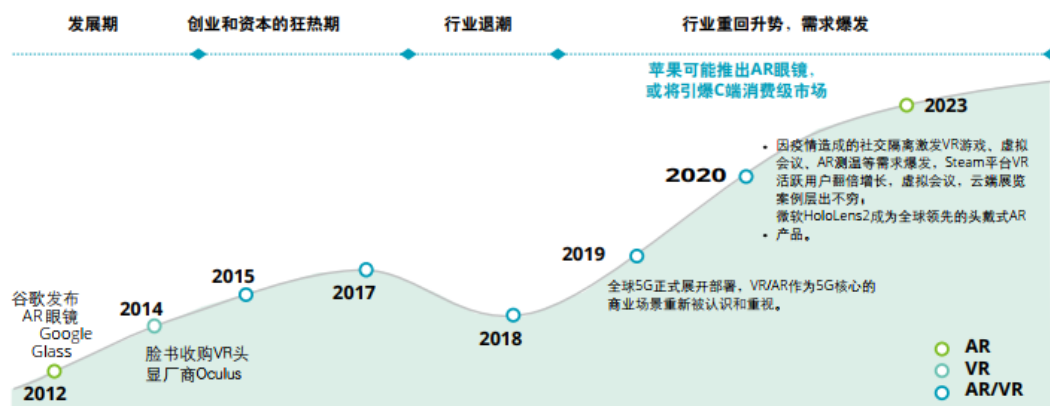
图表 22: XR 五大关键技术



资料来源：德勤，五矿证券研究所

从谷歌 2012 年发布 AR 眼镜 Google Glass 至今，VR/AR 的发展先后历经了技术发展期、资本狂热期、低谷退潮期以及行业复苏期。2012 年谷歌发布 AR 眼镜 Google Glass 带领行业迈入技术发展期；2014 年 Facebook 收购 Oculus 则引起了产业界和资本界的普遍关注，索尼、HTC、三星等智能终端大厂纷纷加码布局 XR 产业；在 2017 年行业投资过热后，由于产品技术成熟度不够，用户使用体验不好，导致销量不理想，2018 年全球 VR 销量下滑至 350 万台，AR 销量下滑至 26 万台，行业进入低谷期；随着 2019 年全球 5G 正式商用，VR/AR 被重新重视起来，2020 年初居家办公、教育需求激增，伴随着相关技术不断完善、应用逐渐丰富以及 Meta Quest Pro、PICO 4 等新品发布，行业迎来复苏，2023 年苹果有望发布 MR 设备，将有望引领 XR 终端设备开启新一轮消费电子热潮。

图表 23: VR/AR 发展历程



资料来源：德勤，五矿证券研究所

全球 VR/AR 市场出货量方面，由于过去 10 年行业周期波动较大，VR/AR 设备出货量也呈

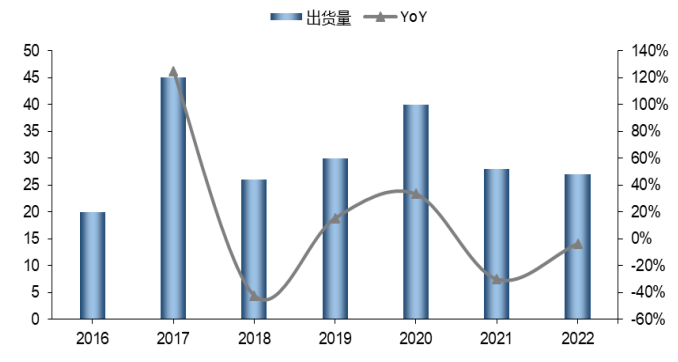
现波动态势。根据 IDC 数据，2021 年全球 VR/AR 设备出货量合计 1123 万台，VR/AR 设备出货量分别为 1095/28 万台；受宏观经济环境和厂商提价等因素影响，2022 年全球 VR/AR 设备出货量下降 20.9% 至 880 万台，其中 VR/AR 设备出货量分别为 853/27 万台。随着宏观经济预期修复，IDC 预计 2023 年全球 VR/AR 设备出货量有望同比增长 31.5%，未来数年都将保持 30% 以上增速，预计 2026 年出货量将达到 3510 万台。

图表 24：全球 VR 出货量（万台）



资料来源：IDC，五矿证券研究所

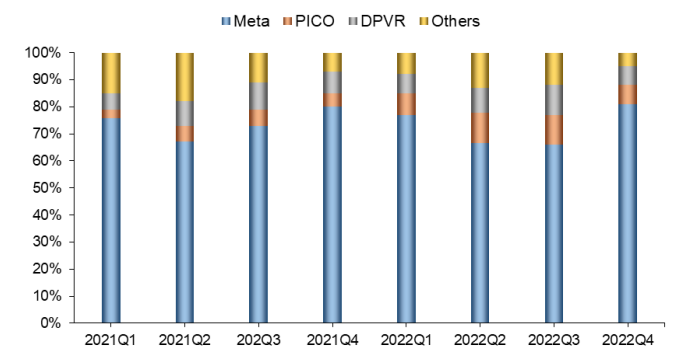
图表 25：全球 AR 出货量（万台）



资料来源：IDC，五矿证券研究所

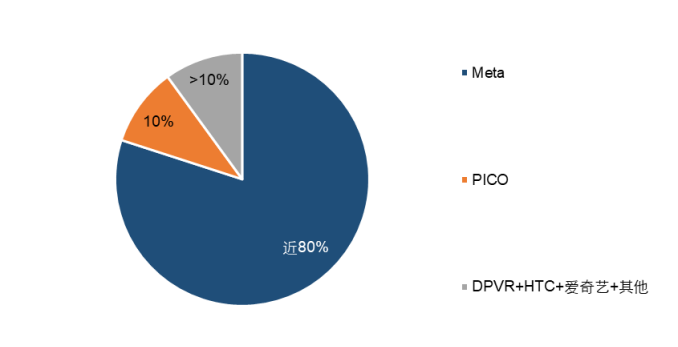
全球 VR 市场格局方面，根据 Counterpoint 数据，过去几个季度，全球主要 VR 厂商中，Meta 始终保持行业领先地位，2021Q4 市占率为 80%，2022Q4 市占率为 81%，与此同时，PICO 和 DPVR 分别占比 7% 和 7%，三大厂商合计占比 95%，市场集中度高。根据 IDC 数据，2022 年全球 VR 头显市场格局方面，Meta 占比接近 80%，PICO 占比 10%，DPVR、HTC 和爱奇艺分列 3-5 位。

图表 26：全球 VR 设备市场格局（按出货量分）



资料来源：Counterpoint，五矿证券研究所

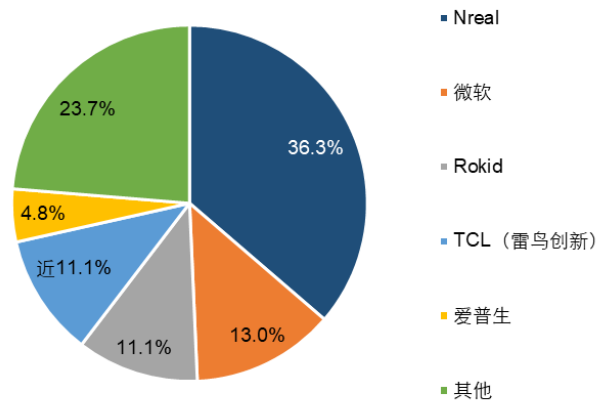
图表 27：2022 年全球 VR 设备市场格局



资料来源：IDC，五矿证券研究所

全球 AR 市场格局方面，根据 IDC 数据，2022 年全球 AR 市场整体出货量 27 万台，其中消费级产品 17 万台，这也是消费级 AR 品牌出货量首次超越企业级 AR 品牌。2022 年全球 AR 眼镜出货量 Top5 分别为：Nreal/微软/Rokid/ TCL(雷鸟创新)/爱普生，出货量分别为 9.8/3.5/3/ 近 3/1.3 万台，合计近 20.6 万台，市占率分别为 36.3%/13.0%/11.1%/近 11.1%/4.8%，合计占比近 76.3%。

图表 28：2022 年全球 AR 眼镜出货量 Top5 市占率

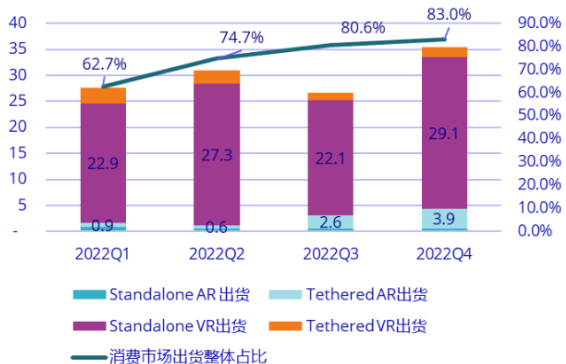


资料来源：IDC，五矿证券研究所

中国 VR/AR 市场出货量方面，根据 IDC 数据，2022 年中国 VR/AR 设备出货 120.6 万台，其中 VR 110.3 万台，AR 10.3 万台。VR 头显中，独立 VR 首次突破 100 万台大关，达到 101.4 万台，占 VR 占比为 91.9%；系留 VR 8.9 万台，占 VR 占比为 8.1%。

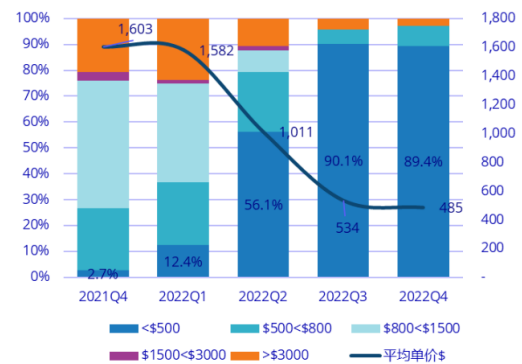
根据 IDC 数据，2021Q4，中国市场 500 美元以下的产品出货占比仅为 2.7%，随着 2022 年 AR 新品大量涌现，产品 ASP 大幅下滑，到了 2022Q4，500 美元以下的 AR 产品出货占比已经接近 90%。随着价格下探，我们认为将加快 AR 眼镜渗透率提升。

图表 29：2022 年中国 VR/AR 出货量（万台）



资料来源：IDC，五矿证券研究所

图表 30：2022 年中国 AR 眼镜不同价格出货占比（美元）

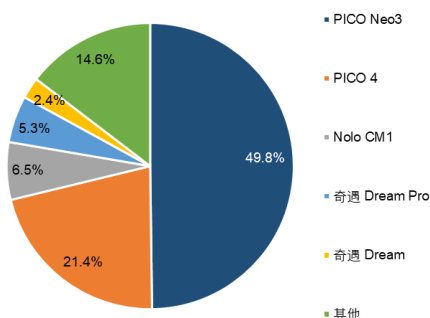


资料来源：IDC，五矿证券研究所

中国 VR 市场格局方面，独立 VR 中，2022 年 Top 5 型号分别为 PICO Neo3/PICO 4/Nolo CM1/奇遇 Dream Pro/奇遇 Dream，出货量分别为 50.5/21.7/6.6/5.4/2.4 万台，合计 86.6 万台，在独立 VR 中市占率分别为 49.8%/21.4%/6.5%/5.3%/2.4%，合计占比 85.4%。

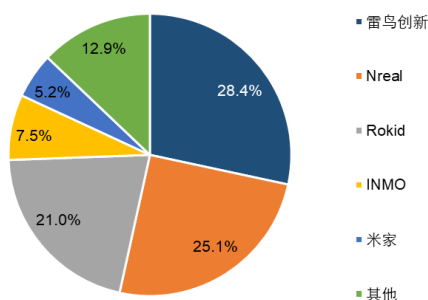
中国 AR 市场格局方面，根据艾瑞咨询数据，2022 年中国消费级 AR 眼镜销量超过预期，主要线上平台销量格局中，Top5 厂商分别为雷鸟创新/Nreal/Rokid/INMO/米家，市占率分别为 28.4%/25.1%/21.0%/7.5%/5.2%，合计占比 87.2%。

图表 31：2022 年中国市场独立 VR 头显 Top5 市占率



资料来源：IDC，五矿证券研究所

图表 32：2022 年中国消费级 AR 眼镜主要线上平台销量格局



资料来源：艾瑞咨询，五矿证券研究所

3. VR 光学+显示方案多样，产业逐渐形成共识

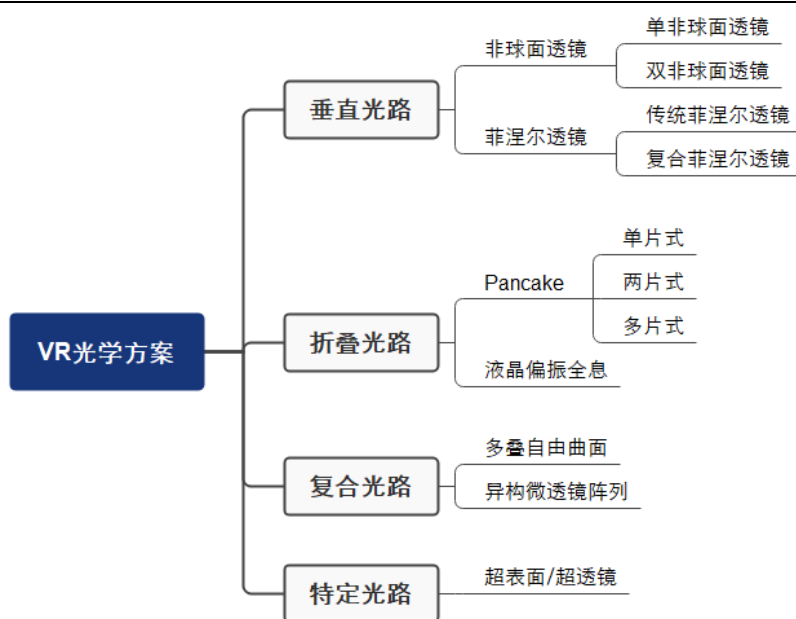
VR 作为新一代消费电子代表性产品，涉及上游技术及零部件众多，未来如果想在 C 端大范围普及推广，成本的降低和用户体验的提升是必然趋势，而在提升用户体验方面，高分辨率、大视场角、轻薄小型化一直是行业在努力的方向。

在提升用户体验方面，光学和显示则是影响最直接的零部件。

3.1 VR 光学：Pancake 减薄效果好，商用趋势确定

VR 光学技术按照光路设计可以分为垂直光路、折叠光路、复合光路以及特定光路四种方案，其中垂直光路包括非球面透镜和菲涅尔透镜，折叠光路包括 Pancake 和液晶偏振全息，复合光路包括多叠自由曲面和异构微透镜阵列，特定光路包括超表面/超透镜。

图表 33：VR 光学方案



资料来源：Wellseenn XR，五矿证券研究所

从早期的 VR 盒子，到分体式 VR 以及 VR 一体机，VR 光学先后经历了非球面透镜、菲涅尔透镜和 Pancake 三个阶段，更为前沿的技术还包括液晶偏振全息、多叠自由曲面、异构微透镜阵列、超表面/超透镜。但不论哪种方案，技术演进的方向都是为了得到更大的视场角、更短的光学镜头总长以及更小的畸变。

图表 34：VR 光学发展历程



资料来源：WellSenn XR，五矿证券研究所

非球面透镜：

早期 VR 设备采用非球面透镜，相比于球面透镜可以实现光线聚焦。

球面透镜曲面弧度是均匀的，具有单一的曲率半径。优点是加工设备简单、价格便宜，缺点是光线聚焦在不同的距离（取决于相对于镜头边缘进入的位置），从而导致模糊和外围失真，这种现象称为球面像差。

非球面镜是指表面不是球面或者柱面的透镜，没有统一的球面半径。非球面镜片的作用就是通过修改镜片表面的曲率，让近轴光线与远轴光线所形成的焦点位置重合，由于其独特的设计（表面曲率角度较浅），可以减少或消除球面像差，此外，还能减少畸变和边缘散光。

图表 35：球面透镜



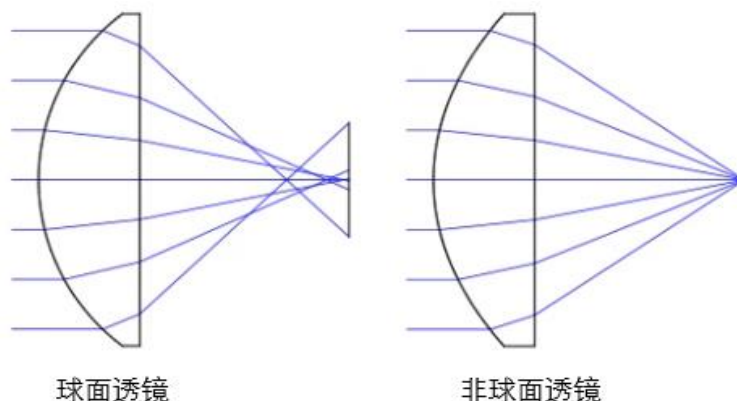
资料来源：BOXIN，五矿证券研究所

图表 36：非球面透镜



资料来源：SCHOTT，五矿证券研究所

图表 37：使用球面透镜时像差的产生（左）和使用非球面透镜时的校正（右）



资料来源：asphericon，五矿证券研究所

图表 38：球面透镜 VS 非球面透镜

	球面透镜	非球面透镜
对称性	旋转对称	旋转对称
曲率半径	相等	不相等
像差校正	受限制	可行的
测量	光学和触觉，2D 和 3D	光学和触觉，2D 和 3D
成本	较低	较高
表面形状	双凸面，平凸形，凹凸形，平凹形，双凹面	

资料来源：海纳光学，五矿证券研究所

非球面透镜相比球面透镜具有一定优势，中国厂商如歌尔股份、欧菲光、舜宇光学、双萤光电等均具有自主设计和加工能力，但是非球面透镜在色彩、畸变、厚度等方面仍然存在不足，目前仅有爱奇艺奇遇 Dream、PS VR1 等少数设备使用非球面透镜。使用注塑成型工艺的 VR 非球面透镜成本约 5-8 元。

非球面透镜的应用原理是通过透镜镜片把 VR 眼镜屏幕的画面放大，让光路顺着光源平直进入人眼。通过非球面透镜，可将 0.5 英寸的屏幕画面放大 2.5 倍以上，而且能满足 90~130 度视场角范围。

然而，视野轴距和设备重量是非球面透镜的致命缺点。早期非球面透镜 VR 设备从贴眼处算起，至少要延伸 8~10cm 才能够实现比较理想的画面呈现，此外，非球面透镜较多采用玻璃材质，经常需要多镜片组合，且面临制作工艺复杂、轻便性差的问题，因此非球面光学出现以及普及的时间特别短，短短一两年间就被菲涅尔透镜全面替代了。

菲涅尔透镜：

菲涅尔透镜（Fresnel lens），又称螺纹透镜，是法国物理学家奥古斯丁·菲涅尔发明的一种透镜。此设计初用于灯塔，这种设计可以制造出具有更大光圈的镜头，与其他透镜相比，菲涅尔透镜具有体积小、重量轻、结构紧凑等优点，并具有良好的对焦性能和成像性能。

菲涅尔透镜用一系列同心槽代替传统光学透镜的曲面。这些轮廓作为单独的折射表面，将平行光线弯曲至一个共同焦距。因此，菲涅尔透镜虽然在外形轮廓上很窄，但依然能够聚光。

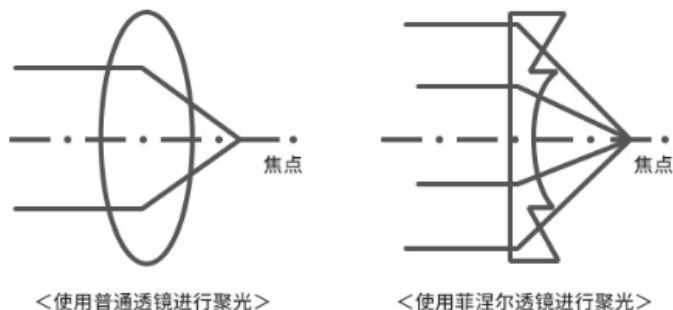
菲涅尔透镜的材质多是树脂、塑料，同时较非球面透镜最大的进步在于大幅缩短了焦距，使得菲涅尔透镜在成本、重量方面都有更大的优势，能够以更轻薄的形式呈现 VR 画面，直到现在菲涅尔仍是 VR 行业的主流光学方案之一，受到了众多厂商青睐。

图表 39：菲涅尔透镜



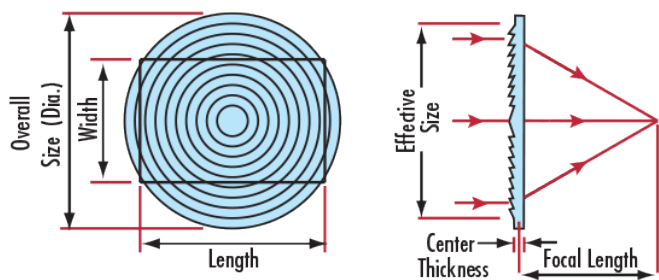
资料来源：TOPLITE，五矿证券研究所

图表 40：菲涅尔透镜与普通透镜聚光对比



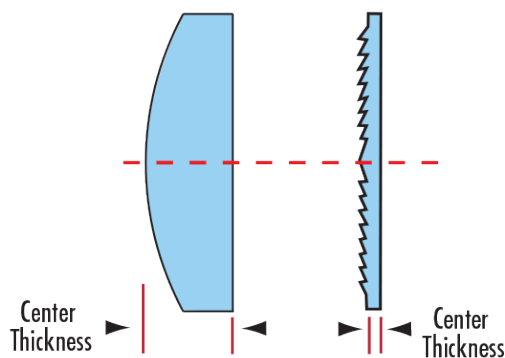
资料来源：muRata，五矿证券研究所

图表 41：菲涅尔透镜轮廓



资料来源：Edmund Optics，五矿证券研究所

图表 42：平凸透镜和菲涅尔透镜的侧面轮廓对比



资料来源：Edmund Optics，五矿证券研究所

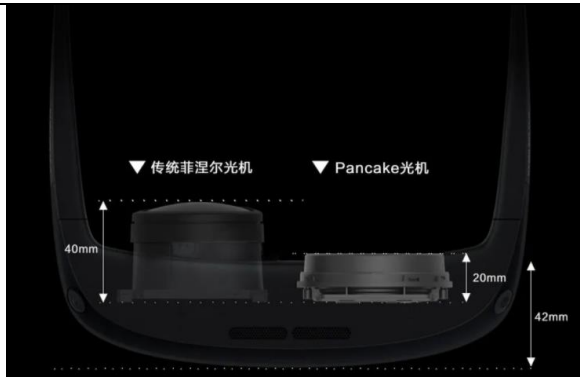
目前能提供菲涅尔透镜的厂商有歌尔股份、舜宇、欧菲光、双萤光电、趣立科技等，主流 VR 头显设备如 Meta Quest 2、PICO Neo3、PS VR2 等设备均采用了菲涅尔透镜方案。

Pancake:

虽然菲涅尔透镜比非球面透镜有较大优势，但是从终端产品角度，依然不够轻便，主要原因还是在于二者均为平行光路的方案，如果要进一步缩小头盔前端厚度，折叠光路会是一个更优的选择。因此，Pancake 作为折叠光路的代表，便开始被 VR 设备逐渐使用。

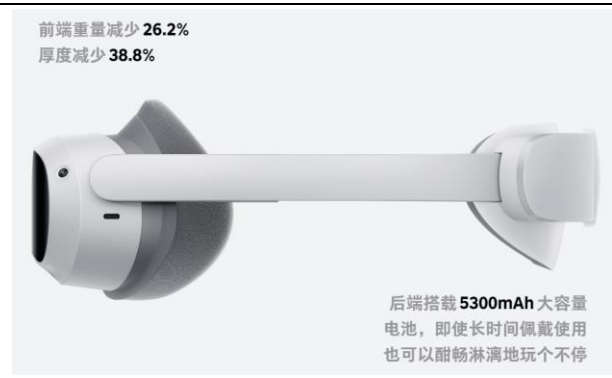
根据 YVR 官方数据，YVR 2 采用的 Pancake 光机厚度仅为 20mm，而菲涅尔光机为 40mm，厚度减小了 50%，整机厚度被压缩至 42mm。根据 PICO 官方数据，PICO 4 头盔前端厚度为 35.8mm，比上一代产品厚度减小 38.8%，重量减小 26.2%。

图表 43：菲涅尔与 Pancake 厚度对比



资料来源：YVR，五矿证券研究所

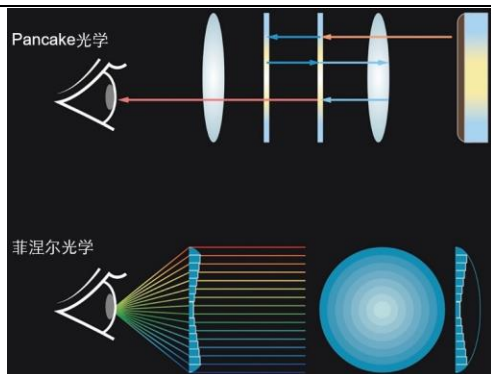
图表 44：PICO 4 比 PICO Neo3 前端重量及厚度均有所减小



资料来源：PICO 官网，五矿证券研究所（注：头显厚度是指头显外壳边缘离前盖最近的距离，头显重量是指去除泡棉和所有绑带后头显的重量）

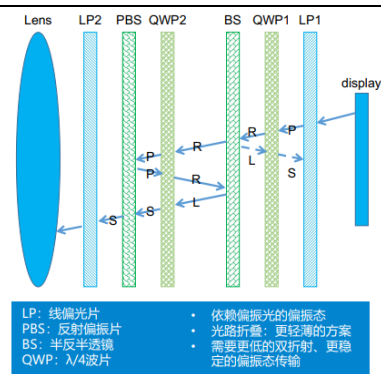
Pancake 方案比菲涅尔透镜厚度明显缩小，主要在于光机工作原理不同。菲涅尔透镜采用平行光路方案，Pancake 通过折叠光路来减小光路系统空间的物理距离，从而缩小厚度，其核心是采用线偏光片（LP）、1/4λ波片（QWP）、半透半反镜（BS）、反射偏振片（PBS）来实现光路的折叠。

图表 45：菲涅尔光学和 Pancake 光路方案对比



资料来源：93913XR，五矿证券研究所

图表 46：Pancake 折叠光路原理



资料来源：三利谱，五矿证券研究所

图表 47：PICO 4 Pancake 光学透镜



资料来源：PICO 官网，五矿证券研究所

Pancake 与菲涅尔透镜相比，在多项性能指标上都有优势。屈光度方面，Pancake 能实现屈光度调节，普遍调节范围在 0-700°之间，佩戴眼镜的用户可以调到适合自己的度数，摘掉眼镜佩戴。FOV 理论上限方面，菲涅尔透镜为 140°，Pancake 可以做到更大的视场角，最高可到达 200°。面板分辨率方面，菲涅尔透镜为 4K×4K，Pancake 则没有限制。厚度和重量方面，菲涅尔透镜一般为 40-50mm，400-500g，Pancake 更薄更轻，一般为 18-25mm，200-300g。高性能优势势必伴随着高成本，菲涅尔透镜成本一般为 30-40 元，Pancake 则高达 200-300 元。

图表 48：Pancake 与菲涅尔透镜性能对比

	菲涅尔透镜	Pancake
屈光度调节	×	√
变焦调节	√	√
FOV 理论上限	140°	200°
面板分辨率理论上限	4K x 4K	无限制
厚度	40-50mm	18-25mm
重量	400-500g	200-300g
成本	30-40 元	200-300 元

资料来源：THUBA，五矿证券研究所

Pancake 相比菲涅尔，不仅有效减小了厚度和重量，而且成像质量更好，还支持屈光度调节。商用趋势确定，但是仍然存在光效低、鬼影、FOV 小、成本高等痛点。

光效低：受光学原理限制，光线在 Pancake 模组中，每次经过半透半反镜会损失 50%，经过反射偏振片损失 10%。整体而言，通常 Pancake 模组光效约 10%-20%。因此，Pancake 方案对屏幕亮度有更高要求，需要配套升级显示方案。

鬼影：在光学成像系统中，光线经过透镜界面多次反射、散射等会产生杂散光，并在画面中的某个位置形成的“像”，被称为“鬼影”（Ghost）。鬼影降低了图像质量。Pancake 方案因为光线多次折返，鬼影问题相比常规非球面/菲涅尔方案更为严重，一般通过改善透镜材料、改变形状、优化光路等方式抑制鬼影。

FOV 小：Pancake 方案有着更高的视场角理论上限，但目前可实现的视场角基本都在 60°-90°，明显低于菲涅尔透镜方案（100°以上）。技术上可以通过曲面贴膜工艺扩大 FOV，改善视场角小的缺点，但是工艺难度较大，仍需在工艺上进行升级。

成本高：Pancake 方案中最核心的是光学膜，包括线偏光片（LP）、1/4λ波片（QWP）、半透半反镜（BS）、反射偏振片（PBS）等，目前全球仅有 3M、旭化成等少数企业产品能达到 Pancake 设计要求，一组透镜（单目）的光学膜成本接近 100 元，同时对贴膜的精度和平滑度要求很高，再加上为了改善鬼影问题而采用改善的材料，将进一步增加成本。

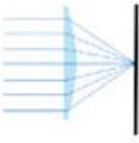
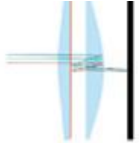
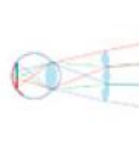
作为改善用户体验的重要方案，针对以上痛点，我们认为产业界将不遗余力的投入研发，以求在解决问题的同时降低成本，进一步提升 Pancake 方案渗透率。

目前能提供 Pancake 光学设计、加工的厂商有舜宇光学、欧菲光、水晶光电、双萤光电、耐德佳等，能提供 Pancake 光学膜的厂商有 3M、旭化成等，中国厂商中，三利谱在 VR 用 Pancake 光学膜产品领域具有相关的技术储备；深纺织（盛波光电）已掌握 VR/AR 用偏光

片产品的生产技术并曾小规模供货，产品可用于主流的 VR/AR 显示终端产品；杉杉股份（杉金光电）VR 用偏光片项目正加快推进，VR 显示端用偏光片测试进展顺利。主流 VR 头显设备如 Meta Quest Pro、PICO 4、YVR 2、创维 PANCAKE 1、PS VR 2 等设备均采用了 Pancake 方案。

Pancake 在未来几年有望成为 VR 设备主流光学方案，也是行业未来几年需要重点攻坚提升的方向。但是 Pancake 绝不是终点，除此之外，依然还有一些更为前沿的光学技术，包括多叠折返式自由曲面、异构微透镜阵列、液晶偏振全息、超表面/超透镜等。只不过这些技术距离商用还很遥远，但是对于 VR 设备来说，这些前沿技术为 VR 设备的进化升级提供了更多可能。

图表 49：VR 光学方案对比

	非球面透镜	菲涅尔透镜	折叠光路 Pancake	多叠折返式 自由曲面	异构微透镜阵列	液晶偏振全息	超表面/超透镜
光学原理							
常规 FOV	90°-180°	90°-120°	70°-100°	80°-100°	150°-180°	60°-100°	80°-150°
常规 TTL	40-50mm	40-50mm	15-20mm	40-45mm	20-30mm	5-10mm	1-2mm
成像质量	边缘成像好	容易产生伪影和畸变	边缘成像质量好但容易产生伪影	容易产生畸变	视场角超大但容易产生伪影和畸变	FOC 和 Eyebox	色差小
优点	成本便宜	较轻薄便宜	轻薄成像质量好	有利于眼动元器件布置	轻薄超大视场角	超薄可实时变焦	超薄光路可定制
量产价格	5-10 元	15-20 元	120-180 元	50-100 元	-	-	-
发展阶段	淡出市场	主流选择	即将大规模应用	小众市场	前沿研究	前沿探索	前沿探索
代表产品	VR 盒子 PS VR 等	Meta Quest 2 PICO Neo3 等	华为 VR Glass 苹果 MR 等	Lynx	暂无	暂无	暂无

资料来源：Wellsenn XR，五矿证券研究所

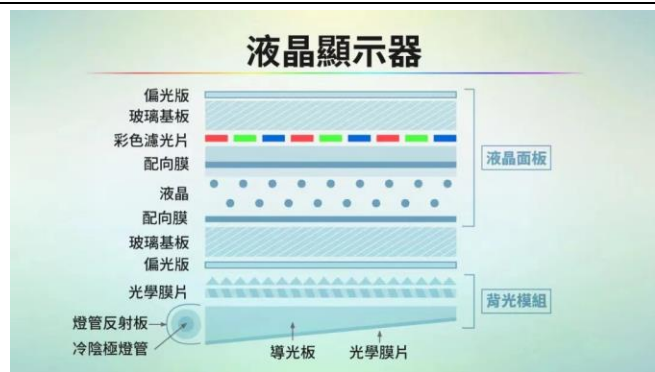
3.2 VR 显示：Fast-LCD 已成为主流选择，硅基 OLED 有望被苹果采用

作为沉浸式体验设备，显示屏是最接近用户眼睛的零部件，因此显示屏的观感直接决定了用户体验，重要指标包括分辨率（像素密度）、响应速度、刷新率、对比度、亮度等。目前，主要的显示技术有 LCD、OLED、Mini LED、Micro LED、Micro OLED 等。

LCD 是液晶显示屏，当外加电压时，液晶分子原本的旋转排列发生扭转，进而改变光线通过的旋转幅度，并以不同比例照射在彩色滤光片上，进而产生不同的颜色。

OLED 是有机发光二极管，其原理是在两电极之间夹上有机发光层，当正负极电子在此有机材料中相遇时就会发光。与 LCD 最大的区别在于 LCD 需要背光源，而 OLED 能够自发光。

图表 50: LCD 结构



资料来源: 科技新报, 五矿证券研究所

图表 51: OLED 结构



资料来源: 科技新报, 五矿证券研究所

Mini LED 和 Micro LED 最直观的差异就是 LED 晶体的颗粒大小, 基本上以 $100\mu\text{m}$ 为界, Mini LED 被视为是 Micro LED 的过渡期, 是传统 LED 背光基础上的改良版本, 作为 LCD 面板的背光源使用; Micro LED 则是新一代的显示技术, 将 LED 背光源微缩化、矩阵化, 致力于单独驱动无机自发光 (自发光)、让产品寿命更长, 甚至性能更胜 OLED, 被业界视为下世代的显示技术。虽然 Micro LED 显示技术具有显著的优势, 但该技术尚不成熟, 在芯片、背板、巨量转移、全彩化、接合、驱动和检测维修等方面仍然存在一些技术瓶颈。

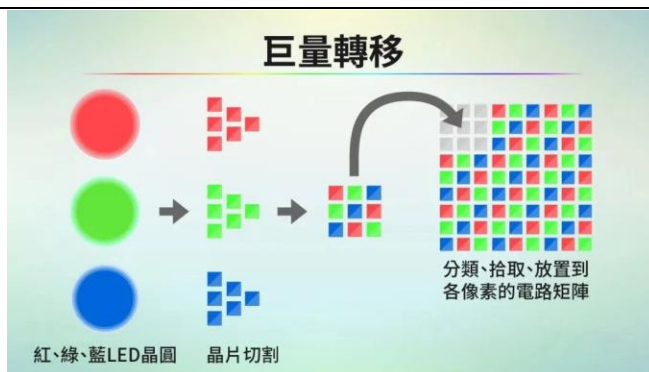
Micro OLED 又称硅基 OLED (OLED_{OS}), 传统 OLED 是将屏幕建立在玻璃基板上, 而硅基 OLED 采用单晶硅晶圆作为背板, 从而使得显示器更轻薄短小、耗电量更低、发光效率高, 亮度和像素密度表现都很好, 特别适用于 VR/AR 等显示穿戴式设备。

图表 52: Micro LED 结构



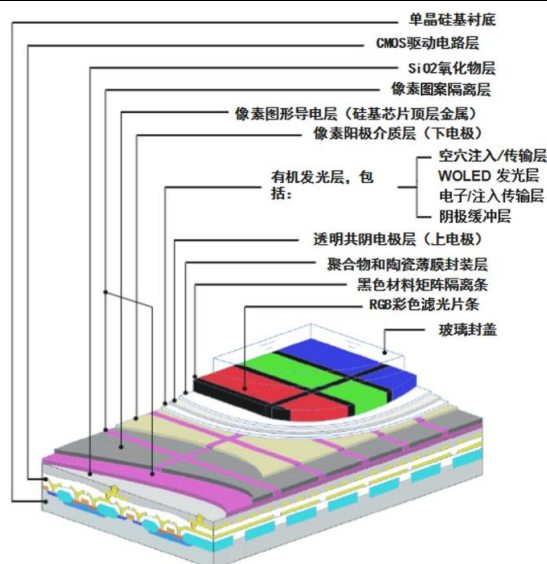
资料来源: 科技新报, 五矿证券研究所

图表 53: 巨量转移技术



资料来源: 科技新报, 五矿证券研究所

图表 54: Micro OLED 结构



资料来源：手机技术咨询，五矿证券研究所

从目前 VR 设备应用来看，大多数 VR 设备采用的是 LCD 屏，Meta Quest 2, HTC Vive 以及 PICO Neo3 和创维 PANCAKE 1 等，主要原因在于 LCD 技术已十分成熟，能做到很高的分辨率（LCD 像素密度已超过 1000PPI），但是 LCD 也有缺点，就是响应速度慢，普通 LCD 响应速度只有 AMOLED 的 1/100~1/1000，当用户戴上头盔有比较大的头部转动时，将会出现无法弥补的拖影。为了解决这一问题，2018 年以后快速响应液晶屏（Fast-LCD）技术开始出现，改良后的 Fast-LCD 技术采用全新液晶材料（铁电液晶材料）与超速驱动技术，能够有效提升刷新率至 75~90Hz，响应速度得到了明显提高，大大缩短了与 OLED 之间的距离，且具有较高的量产稳定性及良率、成本也更低，目前 PICO 4、奇遇 Dream Pro、大朋 VR E4 已经使用。

但是 Fast-LCD 由于背光层存在，容易出现显示器漏光等问题，而 Mini LED 背光则能够很好的解决该问题，Mini LED 背光与 Fast-LCD 结合，还能进一步提升 Fast-LCD 在高对比度、高刷新率、高亮度等方面的性能，目前 Meta Quest Pro 已经使用。

OLED 方面，玻璃基的 OLED 受制于 FMM（精细金属掩膜版）工艺，很难做到超小像素，PPI（单位像素密度）不高导致画面颗粒感比较明显，存在纱窗效应，影响 VR 的沉浸感及视觉清晰度（OLED 像素密度尚未突破 1000PPI，大概在 600 左右），这也是 OLED 一直未被主流 VR 设备所采用的关键原因。因此，为了改善 OLED 的纱窗效应，OLED 在逐步向硅基 OLED 转变。硅基 OLED 显示屏采用单晶硅芯片基底，无论是亮度还是像素密度都有明显提升，像素密度可达 3000~4000PPI。

展望未来，我们认为 Fast-LCD 有望凭借低成本和产能优势，推动 VR 产业快速发展。硅基 OLED 由于成本高，因此将在高端设备中率先被采用，苹果 2023 年发布的 MR 设备有望采用硅基 OLED，随着技术进步和市场发展，若硅基 OLED 成本降低到有足够竞争力，将迎来快速增长。

图表 55: VR 产业链相关公司

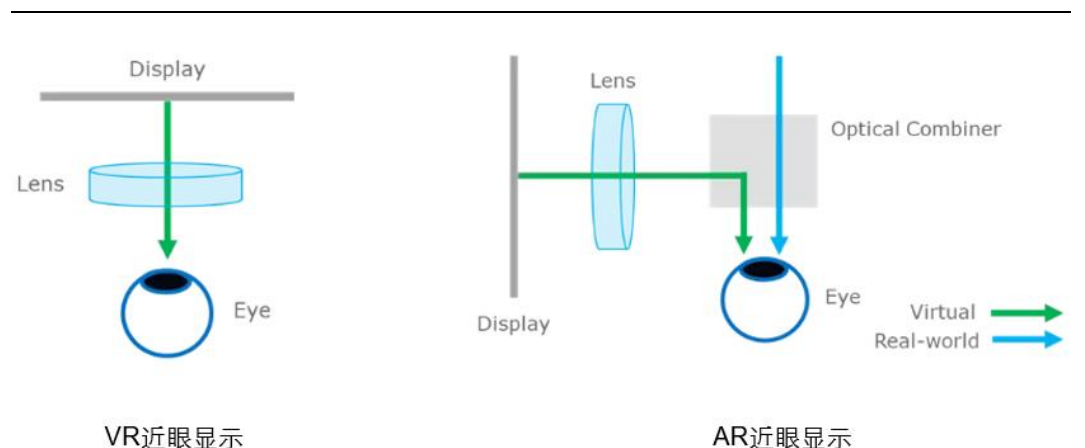
产业链环节		中国大陆公司	中国台湾及海外公司
光学 Pancake	光学镜头	联合光电、诚瑞光学	玉晶光
	反射式偏振膜、1/4 相位延时片	-	3M、旭化成
	偏光片、膜贴合	三利谱	3M
	瞳距调节模组	兆威机电	
	模组	歌尔股份、舜宇光学、欧菲光、惠牛科技	
显示	Fast-LCD	京东方 A、TCL 科技	夏普、JDI、群创光电
	Mini LED 背光模组	鸿利智汇、隆利科技、瑞丰光电、运鸿辉	
	硅基 OLED	视涯科技	
芯片	CIS	韦尔股份	索尼
	主芯片	瑞芯微、全志科技	高通
整机 ODM		歌尔股份	
终端品牌		创维数字、PICO、华为、DPVR、YVR	Meta、索尼

资料来源: 各公司官网, 各公司公告, 五矿证券研究所

4. AR 实现显示+虚拟世界融合, 中短期内一体式/分体式将共存

不同于头戴式 VR 设备可以显示来自直接放置在穿戴者面前的投影仪或成像系统的图像, AR 设备需要透视功能, 既要看到真实的外部世界, 也要看到虚拟信息, 所以成像系统不能挡在视线前方, 因此需要一个或多个额外的光学元件构建光学组合器。光学组合器在将外部光线传输到人眼的同时反射虚拟图像, 将虚拟内容叠加在现实场景之上, 以使其相互补充和增强。光学组合器的不同, 是区分 AR 显示系统的关键。

图表 56: VR 与 AR 近眼显示原理



资料来源: RADIANT, 五矿证券研究所

从形态上区分, AR 眼镜分为分体式和一体式, 其中分体式又分为单色分体式和双目全彩分体式。每类产品的定位不同, 单目 AR 主要追求极致的轻量化, 主要功能为信息提示等; 双

目 AR 具有显示和交互能力、画质更好，可用于观影、娱乐等场景，主要定位于消费级；一体式 AR 则更侧重于计算能力和交互属性的加强，主要定位于企业级用户，造价高。

图表 57：不同形态的 AR 整机

单色分体式AR眼镜	双目全彩分体式AR眼镜	双目全彩一体式AR眼镜
		
重量较轻，单目方案可做到30-50g，但FOV较小，双目方案FOV在40°左右；头部追踪3DoF	重量中等在100g左右，FOV在50°左右，主要选用双目彩色显示方案；部分头部追踪6DoF定位功能，支持手势追踪	重量在300-500g左右，FOV在50°左右，主要选用双目彩色显示方案；头部追踪6DoF定位功能，常支持手势追踪、眼动追踪
具有较为明确的功能定位（信息提示等轻办公场景），作为生产力工具、手机配件；在一定程度上牺牲计算能力和显示效果，追求极致的轻量化	第一类产品平衡各类参数，兼顾计算、6DoF定位、显示和交互能力，无明显优势功能，尚无明晰的功能场景定位；第二类产品带3DoF定位功能，注重显示画质、续航和轻量化，针对观影、娱乐场景	兼顾计算、显示和交互能力，平衡各类参数的基础上，侧重于计算能力和交互属性的加强，主要定位于企业级用户，产品造价高昂

资料来源：艾瑞咨询，五矿证券研究所

AR 设备一直在追求更轻薄、更小体积、更低功耗、更舒适的佩戴体验，因此光学成像和显示技术便成为了产业界需要重点突破和提升的领域。

4.1 AR 光学：光波导性能优势明显，有望引领未来

在光学成像领域，常见的光学成像系统主要有离轴反射、棱镜、自由曲面、Birdbath 和光波导。

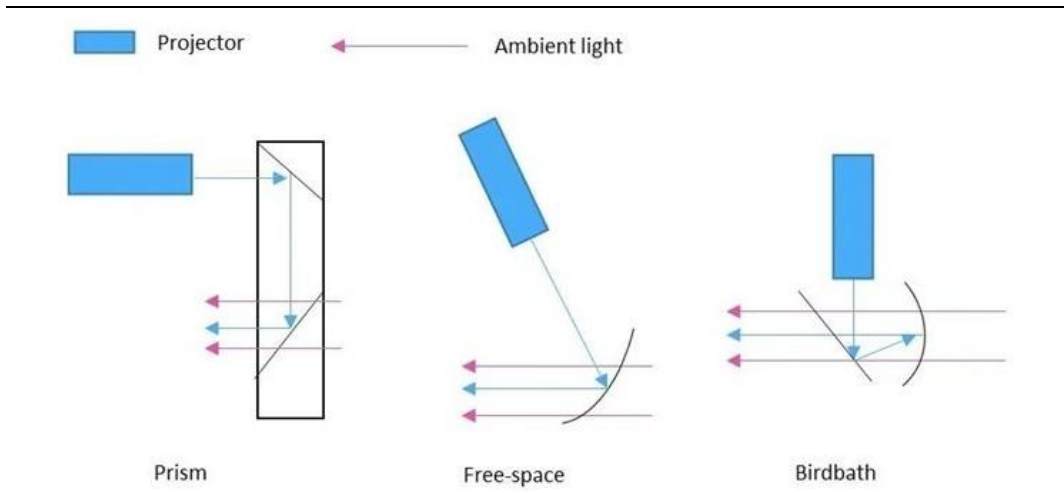
离轴反射的原理是将显示屏内容通过一个透明的反射镜面反射到眼睛里，而外界景物也透过这个镜面进入眼睛，从而实现了虚实景物的叠加。优点是结构简单、成本低，FOV 较大，缺点是体积大。

棱镜（Prism）方案技术成熟、成本低，但 FOV 较小，厚度较厚、显示面积较小，同时在强光下的显示效果一般，为了解决这一问题，通常采用包裹式方案，保证了内容清晰且不受环境光线影响。

自由曲面（Free-space）分为大曲面和小曲面，大曲面的优势在于 FOV 大、成像效果好，小曲面则通过牺牲 FOV 获得小巧轻便的外观，更便于日常穿戴，性价比更高。

折返式（Birdbath）显示的内容被投在一个半透明的分光镜片上，优势在于光学结构比离轴反射更小，但是亮度及透光率较低。

图表 58：棱镜/自由曲面/Birdbath 光学系统原理

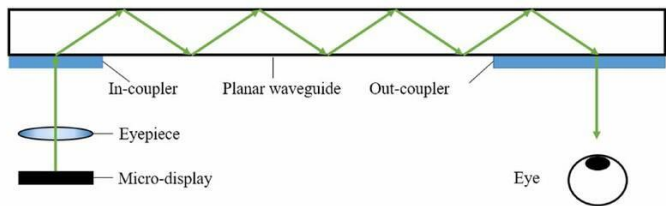


资料来源：Omdia，五矿证券研究所

光波导由具有特定透光性的透明玻璃或塑料薄片制成，用于引导特定方向、形状或图案的电磁波，成像光线从侧面在镜片内部通过反射传播最终射入眼睛，由于利用了镜片内部空间进行传播，因此不需要增加额外的外部空间，使得整个眼镜可以做的很轻薄。光波导技术壁垒高、价格贵、可量产性有待提高，但由于其兼具大 FOV、体积小、透光率高、画质高清等特点，从光学效果、外观形态以及量产前景来看，具备最好的发展潜力，有望成为 AR 眼镜的终极解决方案。

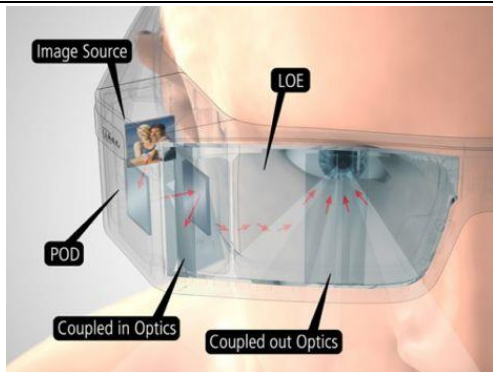
光波导原理是通过全反射机制传播光线，全反射情况下，光在传输的过程中可以做到无损失无泄漏。当光机完成成像过程后，波导将光耦合进自己的玻璃基底中，通过全反射原理将光传输到眼睛前方再释放出来。在此过程中波导只负责传输图像，不对图像进行放大或缩小，因此它是独立于成像系统而存在的一个单独元件。

图表 59：AR 光波导全反射机制示意图



资料来源：RADIANT，五矿证券研究所

图表 60：基于光波导的 AR 外观原理示意图



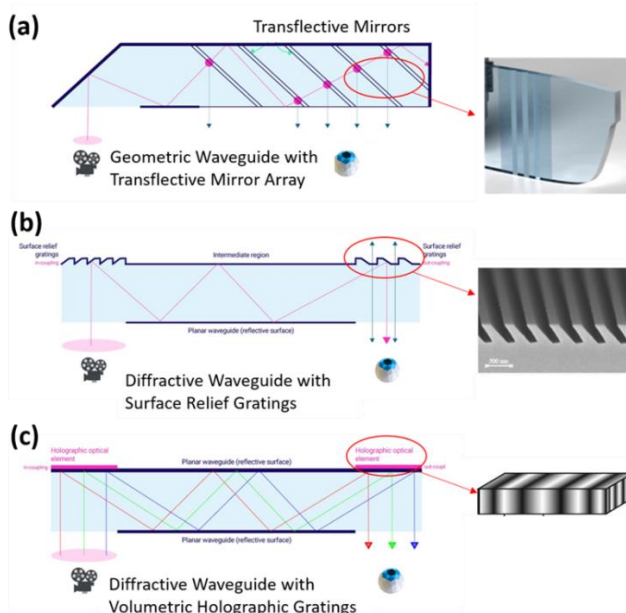
资料来源：Rokid，五矿证券研究所

光波导总体分为几何光波导(Geometric Waveguide)和衍射光波导(Diffractive Waveguide)，几何光波导就是阵列光波导，采用传统光学冷加工技术，通过阵列反射镜堆叠实现图像的輸出和动眼框的扩大，代表公司是以色列 Lumus。

衍射光波导又可以分为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)。受益于传统光通信行业中设计和制造技术积累，目前表面浮雕光栅波导 (SRG) 占据了市场上衍射光波导

AR 眼镜产品的大多数，代表公司包括 Snapchat (WaveOptics) 等，微软 HoloLens 2、Magic Leap One、Vuzix Blade 等产品均采用了表面浮雕光栅波导技术。全息体光栅波导则是使用全息体光栅元件代替浮雕光栅，代表公司包括苹果 (Akonia)、Digilens 和索尼等，目前处在技术发展期，优点是色彩表现较好，缺点是对 FOV 的限制比较大。

图表 61：常见光波导及光栅结构



资料来源：AR VR Journey，五矿证券研究所

图表 62：几何光波导/表面浮雕光栅波导/全息体光栅波导对比

	几何光波导	衍射光波导	
光波导类别	几何光波导	表面浮雕光栅波导	全息体光栅波导
代表公司	Lumus、灵犀、珑璟光电、Optivent	微软，Vuzix，Magic Leap，WaveOptics，Dispelex	Digilens，Sony，Akonia(被 Apple 收购)
光学元件：材料组成	半透半反镜面阵列：具有薄膜涂层的玻璃或塑料	表面浮雕光栅 (SRG)：高折射率聚合物	全息光栅 (VHG) 或全息光学元件 (HOE)：液晶，感光树脂
输入	反射镜或棱镜	SRG：倾斜光栅 (slanted grating)或闪耀光栅 (blazed grating)	VHG
输出	半透半反镜面阵列，1D 出口瞳孔扩展	SRG，2D 出口瞳孔扩展	VHG，2D 出口瞳孔扩展
已证实的最大视场角	Lumus 55°	HoloLens 2 52° Magic Leap One 50°	Digilens 35°
典型眼动范围	10mm×5mm	(16-19) mm× (12-16) mm	13mm×12mm
制造工艺	常规光学、镀膜、堆叠、切割等工艺	半导体工厂中的精密加工和纳米压印	全息激光干涉测量法
优点	出色的图像质量，无色散	2D 瞳孔扩展，大规模量产证实	2D 瞳孔扩展；如果大规模量产证实，将会有成本效益
缺点	1D 瞳孔扩展，制造工艺步骤复杂	色散，更高的设计壁垒	色散、模糊、FOV 较小，效率较低

资料来源：Rokid，五矿证券研究所

目前 AR 主流产品中，Google Glass Enterprise Edition 2 采用了棱镜，Epson MOVERIO 采用了自由曲面，Nreal Light 和高通 AR Smart Viewer 采用了 Birdbath，Lumus Maximus 采用了几何光波导，微软 HoloLens 2 采用表面浮雕光栅波导，TCL 雷鸟发布的先锋版智能眼镜采用全息光波导。根据中国移动数据，2022 年全球发布 AR 眼镜使用光波导、Birdbath 和自由曲面的比例分别为 36%、32%、20%。

图表 63：采用不同光学方案的 AR 眼镜产品

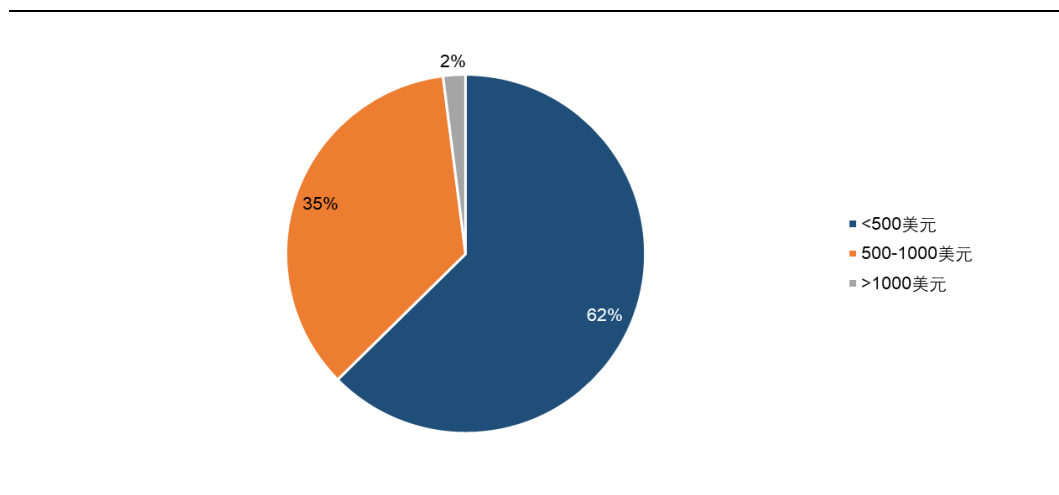


资料来源：ChinaIT，五矿证券研究所

将不同 AR 光学方案进行对比，光波导在镜片厚度、视场角、透光度、产品尺寸等方面均具备较大优势，当然技术壁垒也最高。展望 AR 眼镜光学成像方案演进趋势，光波导技术优势明显，我们认为随着未来光波导技术更加成熟，工艺流程更加标准化、高效化，成本有望进一步下降，将推动渗透率进一步提升。

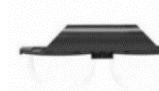
根据 Strategy Analytics 数据，预计到 2026 年，全球消费级 AR 设备出货量占比中，低于 500 美元的占比为 62%，500-1000 美元的占比为 35%，高于 1000 美元的占比为 2%。

图表 64：2026 年不同价位段消费级 AR 设备出货量占比



资料来源：Strategy Analytics，五矿证券研究所

图表 65：目前主流 AR 光学方案对比

项目	棱镜	自由曲面	Birdbath	几何光波导	衍射光波导
产品形态					
技术壁垒	★	★★	★★	★★★	★★★
镜片厚度	> 10mm	> 10mm	> 8mm	< 2mm	< 2mm
视场角	~15°	~30°	30°-50°	40°-55°	40°-50°
透光度	~50%	~50%	< 50%	> 90%	> 80%
光效	10%-20%	30%-50%	10%-15%	> 15%	0.3%-1%
产品尺寸	较大	较大	小	小	小
显示屏幕	LCoS	LCoS/Micro OLED	Micro OLED	LCoS/Micro OLED/Micro LED	DLP/Micro LED
主要缺点	体积大	厚度相对较大	厚度大、亮度低	二维扩瞳技术和键合工艺门槛高	彩虹色散、光效低
主要代表	Google Glass	EPSON	耐德佳	理湃光晶、Lumus	微软 HoloLens、WaveOptics

资料来源：ChinaIT，五矿证券研究所

4.2 AR 显示：硅基 OLED 占据主导，Micro LED 未来可期

除了光学成像技术，显示技术也是 AR 设备提升的重点。目前 AR 设备主流显示技术包括被动式微显示技术、主动式微显示技术以及扫描显示技术。

被动式微显示技术工作时需要 LED 作为光源，包括传统的 LCD、LCoS 和 DLP。硅基液晶（Liquid Crystal On Silicon, LCoS）在早期的 AR 设备中使用较多，技术成熟，但是功耗高、对比度低，影响续航和用户体验，限制了进一步发展。数字光学处理技术（Digital Light Processing, DLP）采用的核心元件是 DMD 显示芯片，设备可以通过控制镜片的偏转达到显示图像的目的。被动式微显示技术已经非常成熟，优点是高亮度、高色域等，但相比其他微显示技术光机体积较大，并且光展量有限。

主动式微显示技术采用自发光，包括硅基 OLED 和 Micro LED。硅基 OLED（Micro OLED，OLED on Si）系统简单，但是亮度较低，仅能达到 1000-6000nit，最终进入人眼的亮度可能只有 200-300nit，因此在室外等明亮场景下，显示效果会大打折扣，而 Micro LED 在亮度和使用寿命方面都更有优势。目前，硅基 OLED 因其对比度高、功耗低、工艺成熟得到广泛运用；Micro LED 由于工艺技术难度高，LED 外延成本较高、巨量转移的速度和良率还有待提升，短期内还难以替代硅基 OLED，但是因其功耗低、亮度高、解析度高、饱和度高、响应速度快、对比度高、可视角度宽、寿命长等特点，被认为是最适合 AR 的屏幕。

扫描显示技术（Laser Beam Scanning, LBS）使用 RGB 激光器作为光源，搭配 MEMS 进行扫描成像。优点是体积小、效率高、色域对比度高，缺点是系统设计较为复杂，同时激光的干涉效应会引起散斑现象，因此在图像质量上也有待提升。

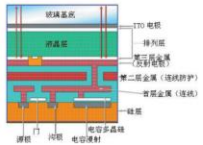
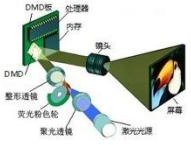
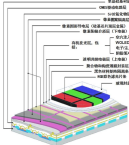
图表 66: AR 设备主流显示技术优缺点对比

系统	被动式微显示技术			主动式微显示技术		扫描显示技术
	LCD	LCoS	DLP	硅基 OLED	Micro LED	Scanning Mirror
描述	白光 LED 用于显示部分的背光源	微显示器使用 RGB LED 作为光源	微显示器使用 RGB 激光作为光源	直接硅基 OLED 显示	直接 Micro LED 显示	使用 RGB 激光器作为光源的调制扫描技术
优点	+低成本 +系统简单 +技术成熟	+技术成熟 +高亮度 +高色域	+较小的体积（和 LED 系统相比） +高亮度 +高色域	+系统简单 +解析度易扩展	+系统简单 +高效率 +高亮度 +高色域高对比度 +解析度易扩展	+体积小(使用 RGB 激光模组) +效率高 +高色域高对比度 +可扩展
缺点	-低解析度 -低亮度 -低色域	-体积大 -有限的光展量	-体积还是有点大 -干涉导致图像质量差	-低亮度 -低可靠性	-尚不可用 -RGB 集成难度极大	-系统复杂（光学&电子） -图像质量待提升(干涉效应) -人眼安全规范

资料来源: OSRAM, 五矿证券研究所

通过对比 LCoS、DLP、硅基 OLED 和 Micro LED 性能, 不难看出, Micro LED 无论在响应时间、亮度、器件结构、功耗、寿命等多个维度均具备明显优势, 同时相比于现在广泛应用的硅基 OLED, 能够搭配未来可能成为终极解决方案的光波导方案。我们认为, 随着 Micro LED 工艺技术进一步改良升级, 成本进一步下降, 未来有望成为 AR 设备主流显示方案, 国际巨头如苹果 (LuxVue)、脸书 (InfiniLED)、谷歌 (Glo、Mojo Vision)、英特尔 (Aledia) 等已经投资或收购相关领域初创公司, 为将来 Micro LED 的大规模商用提前布局。

图表 67: AR 设备主流显示技术参数对比

项目	LCoS	DLP	硅基 OLED	Micro LED
产品形态				
响应时间	ms (毫秒)	μs (微秒)	μs (微秒)	ns (纳秒)
对比度	1000:1	2500:1	100000:1	100000:1
亮度	根据背光源亮度决定 普遍>10000nit	根据背光源亮度决定 普遍>20000nit	1000-6000nit	100000nit (全彩) 1000000nit (蓝/绿)
光源	外部光源	外部光源	自发光	自发光
器件结构	复杂	复杂	简单	简单
工作温度	40%	-40°~105°	-30°~70°	-100°~120°
功耗	高	中等	低	低
寿命	10 万小时	10 万小时	<1 万小时	>10 万小时
AR 光学搭配方案	光波导/棱镜	光波导	自由曲面/Birdbath	光波导

资料来源: VR 陀螺, 五矿证券研究所

图表 68：AR 产业链相关公司

产业链环节		中国大陆公司	中国台湾及海外公司
光学	自由曲面	联合光电、耐德佳	
	Birdbath	水晶光电、欧菲光、歌尔股份、舜宇光学、视涯科技、惠牛科技	
	光波导	水晶光电、欧菲光、歌尔股份、中光学、联合光电、光峰科技、苏大维格、舜宇光学、视涯科技、理湃光晶、珑璟光电、驭光科技	Lumus、WaveOptics
	硅基 OLED	京东方 A（创视界光电）、清越科技、维信诺、视涯科技、国兆光电、奥雷德、长信科技（模组）、立讯精密（模组）、华兴源创（检测设备）、莱特光电（材料）、奥来德（材料）	索尼、Kopin、eMagin、MICROOLED、APS Holdings
显示	Micro LED	京东方 A、利亚德、三安光电、聚灿光电、瑞丰光电、奥拓电子、华灿光电、芯视元、君万微电子、华引芯	MICLEDI、苹果（LuxVue）、脸书（InfiniLED）、谷歌（Glo、Mojo Vision）、英特尔（Aledia）、JBD
	芯片 主芯片	高通	
整机 ODM		立讯精密	鸿海、广达、和硕
终端品牌		雷鸟创新、Nreal、Rokid、INMO、米家、华为、小米、OPPO、Vivo	Google、Magic Leap、微软

资料来源：各公司官网，各公司公告，Nikkei Asia，五矿证券研究所

5. VR/AR 产品百花齐放，海内外供应商齐助阵

5.1 2022 年多款 VR/AR 产品发布，光学+显示方案路径逐步清晰化

对于 VR/AR 设备而言，产品形态大同小异，但是核心的光学和显示方案却不尽相同，进而带来产品成本、价格、性能和用户体验的不同，回顾 2022 年全球 VR/AR 设备及配置，不难看出：

- 1) 在 VR 设备方面，大部分都采用了一体机设计，携带更方便灵活；光学方案更多厂商开始用 Pancake 替代菲涅尔透镜；显示方案基本是 Fast-LCD 屏幕。VR 设备厂商中，Meta 优势明显，但是中国厂商如 PICO 等也在奋力追赶；
- 2) 在 AR 设备方面，新品的发布速度明显加快，分体式设计居多；光学方案采用光波导的占据大多数，剩余厂商中 Birdbath 和自由曲面方案较为均衡；显示方案绝大多数采用硅基 OLED，意味着硅基 OLED 目前仍是 AR 显示的主流方案，但是个别厂商已经开始采用 Micro LED。AR 设备行业格局较为分散，中国厂商在产品创新、新品发布等方面处于领先。

图表 69：2022 年 VR 设备统计

产品名称	发布日期	产品形态	显示技术	光学技术	分辨率	FOV	重量	售价
小派 Pimax Crystal	11.3	一体机	QLED +Mini LED	非球面(玻璃)	单目 2800×2800	120°/140°	-	-
Goovis G3 Max	10.23	一体机	Micro OLED (视涯)	玻塑混合非球面多镜片组 ASPH 光学方案	单目 2560×1440	65°	300g	8999 元
Meta Quest Pro	10.11	一体机	Fast-LCD +Mini LED 背光	Pancake	单目 1920×1080	水平 106°; 垂直 96°	-	1500 美元
ThinkReality VRX	9.28	一体机	-	Pancake	-	-	-	-
PICO 4	9.27	一体机	Fast-LCD	Pancake	双目 4320×2160	105°	295g	2499 元
大疆 DJI Goggles 2	8.25	连接无人机	Micro OLED (视涯)	-	单目 1920×1080	155°	290g	-
联想 拯救 VR700	8.18	一体机	Fast-LCD	非球面透镜	3664×1920	93°	-	2999 元
创维 PANCAKE 1	7.25	一体机	TCL Fast-LCD	Pancake	3200×1600/ 4560×2280	95°~108°	450g	2999 元
玩出梦想 YVR2	7.12	一体机	Fast-LCD	Pancake	单目 1600×1600	95°	350g	4999 元
GXR Verse	6.20 开售	PCVR	-	双非球面镜片	3200×1600	94°	130g	1007.33 美元
爱奇艺 奇遇 Dream Pro	4.21	一体机	Fast-LCD	双非球面镜片	双目 3664×1920	3000 寸巨幕	348g	3499 元
PICO Neo3 Link	4.17	一体机	Fast-LCD	菲涅尔镜片	双目 3664×1920	-	-	-
VRgineers XTAL 3	1.10	PCVR	Fast-LCD	菲涅尔镜片	3840×2160	水平 180°; 垂直 90°	600g	8900 元
松下 MeganeX	1.4	PCVR	Micro OLED	Pancake	单目 2560×2560	-	250g	900 美元
索尼 PlayStation VR2	1.4	一体机	OLED	菲涅尔镜片	单目 2000×2040	110°	-	-

资料来源：艾邦智造，五矿证券研究所

图表 70：2022 年 AR 设备统计

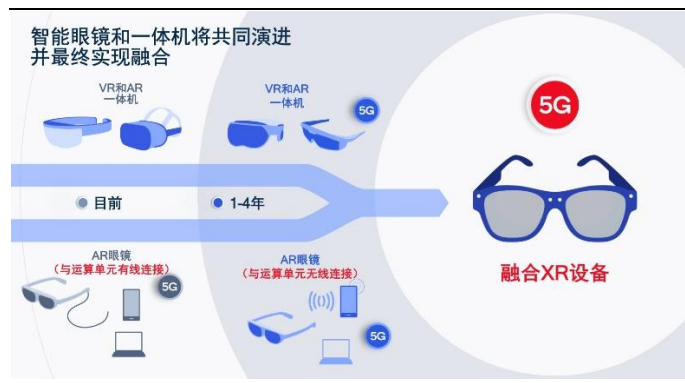
产品名称	发布日期	全彩/ 单色	显示技术	光学技术	分辨率	FOV	重量	售价
INMO Air 2	10.28	全彩	Micro OLED	反射光波导	-	-	-	3999 元
雷马 Air 1S	10.20 预售	全彩	Micro OLED (Sony)	Birdbath (鸿蚁光电)	1080p	45°	82g	2499 元
李未可 Meta Lons	10.17	单绿色	Micro LED (JBD)	衍射光波导(光舟)	-	30°	87g	3999 元
爱普生 Moverio BT-45C	10.12	全彩	Si-OLED	-	1080P	34°	-	-
Vuzix Shield	9.30	单色	Micro LED	光波导	-	-	-	-
Vuzix Blade 2	9.28	-	-	光波导	单目 480x480	20°	-	1299.99 美元
印度 Focally Universe	9.27	全彩	Micro LED	光波导	-	30°	-	-

亮亮视野 听语者	9.21	-	硅基微晶屏	自研“八面体”阵列光波导	-	23°	79g	3999 元
Dream Glass Flow	9.19 众筹	全彩	Micro OLED	Birdbath	双目 3840×1080	-	59g	-
NIO Air AR Glasses	9.5 预售	全彩	Sony Micro OLED	Birdbath	单目 1920×1080	46°	79g	2299 元
麦耘-MY-1 代	9.2	全彩	-	光波导	1080P	-	-	-
联想 Glasses T1	9.1	-	Micro OLED	耐德佳自由曲面钻石	单目 1920×1080	-	-	-
阿拉丁 Bi 参考设计	8.26	全彩	-	二维扩瞳阵列光波导	1280×720	30°	50g	-
Nreal X	8.23	全彩	Sony Micro OLED	-	3840×1080P	52°	106g	4299 元
Nreal Air	8.23	-	Sony Micro OLED	-	3840×1080P	46°	79g	2299 元
光粒 Holosw im2	8.5 众筹	单绿色	OLED	全息树脂光波导	128×64	25°	70g	-
诠视科技 SeerLens™ One	8.5	全彩	Si-OLED	EPSON 自由曲面棱镜	单目 1920×1080	34°	-	-
Engo 2	8.4	-	AMOLED	-	304×256	10°	36g	-
米家眼镜相机	8.1	全彩	Sony Micro OLED	自由曲面	-	-	100g	2699 元
Magic Leap 2	7.12	全彩	LCoS	光波导	1440×1760	70°	260g	4999 美元
tooz ESSNZ Berlin	6.1	单绿色	Micro LED	反射光波导	480×640	15°	-	-
高通 XR2 智能眼镜参考设计	5.20	全彩	Micro OLED (视涯)	耐德佳自由曲面钻石	单目 1920×1080	40°	115g	-
EM3 Stellar Pro	5.18	全彩	Micro OLED	Birdbath	2K	53°	110g	-
雷鸟 Air	4.19 开售	全彩	Sony Micro OLED	Birdbath	1980×1080	47°	75g	2699 元
Dream Glass Lead Pro	4.15	全影	-	自由曲面	1920×1080	90°	320g	1199 美元
OPPO Air AR Glass	3.3 开售	单绿色	Micro LED	至格衍射光波导	1920×1080	-	< 30g	4999 元
视享 G330	1.2	全彩	OLED	-	1920×1080	40°	69g	2999 元

资料来源：艾邦智造，五矿证券研究所

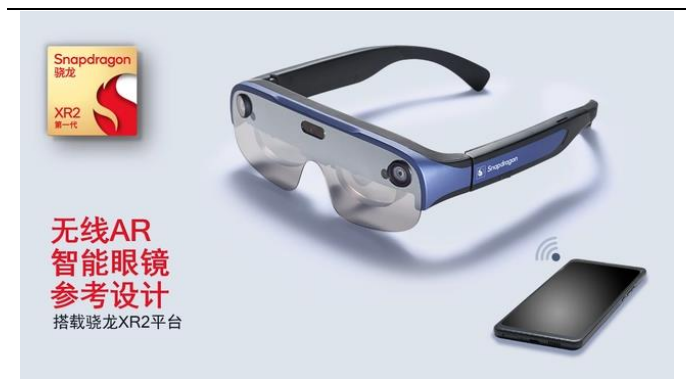
AR 设备的分体式设计，舍弃了电池、处理器、内存等组件，通过连接手机等外部设备使用，有效解决了佩戴重量、散热和续航等问题，但是一根线缆连接在眼镜上，外观和使用都受到很大影响，作为可穿戴设备，高通认为一体式设计或者无线连接将成为未来趋势，从而大幅提升用户体验。高通在 2022 高通骁龙峰会期间特别推出了专门面向 AR 眼镜打造的 AR2 平台（骁龙 AR2 Gen 1），有望引领 AR 眼镜的“无线化”潮流。AR 眼镜通过无线连接云端或者其他硬件设备，可以获得更强的处理能力，同时眼镜本体也可以保持小巧轻便。

图表 71：高通对 VR/AR 设备形态预判



资料来源：高通，五矿证券研究所

图表 72：高通无线 AR 智能眼镜参考设计



资料来源：高通，五矿证券研究所

骁龙 AR2 Gen 1，与第一代骁龙 XR2 对比，采用 4nm 工艺，主处理器占用空间减少 40%，PCB 尺寸减小 40%，信号线数量减少 45%，AI 性能提升 2.5 倍，功耗降低 50%，能够支持 AR 眼镜实现低于 1W 的功耗，M2P 时延低于 9ms，支持 WiFi 7，传输峰值速度可达 5.8Gbps，

并向下兼容 WiFi 6/6E 等协议，整体性能、用户体验提升明显。

图表 73：高通骁龙 AR2 Gen1



资料来源：高通，五矿证券研究所

图表 74：搭载骁龙 AR2 Gen1 的 AR 头显原型机



资料来源：Niantic，五矿证券研究所

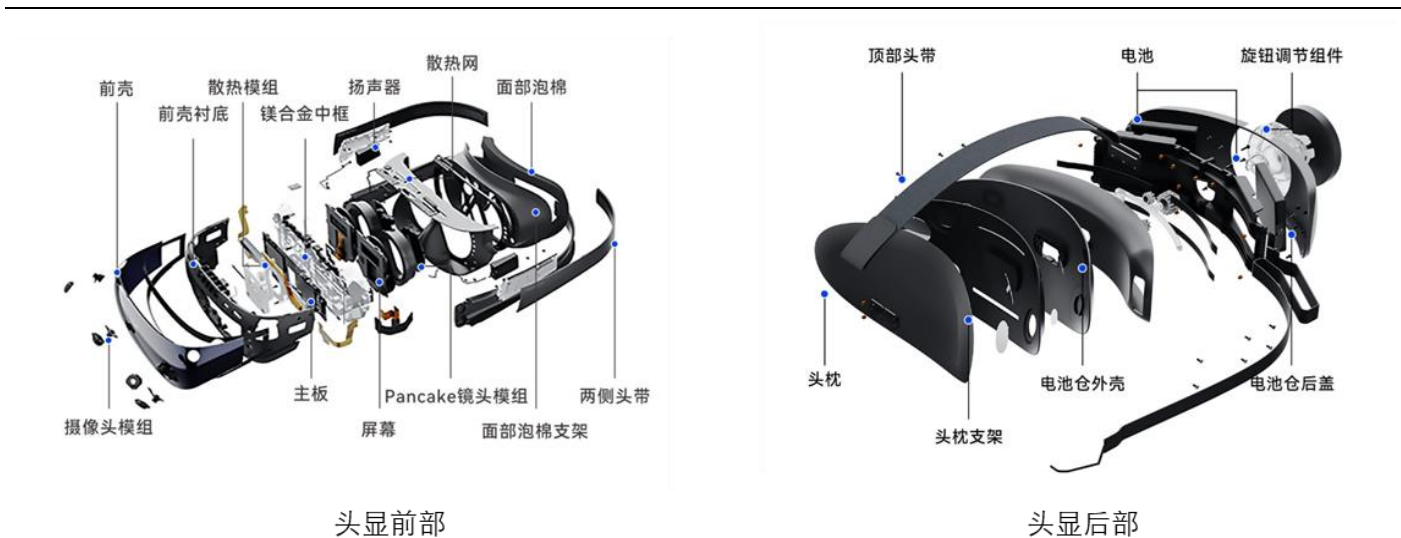
5.2 VR 头显拆解及供应商梳理

根据 VR 陀螺关于 YVR 2 VR 一体机拆解可知，VR 头显的前部包括摄像头模组、主板、屏幕、镜头模组、散热模组、前壳、中框等等，后部则包括电池、头枕、旋钮调节组件等。

Meta Quest Pro 硬件 BOM 成本及供应商：

2022 年 10 月，Meta 发布了新款 VR 头盔 Meta Quest Pro，初始售价 1500 美元，目前已下调至 999 美元。Quest Pro 搭载全新高通骁龙 XR2+ Gen 1 平台，散热和性能更好，存储为 12G+256G，并且采用 Pancake 光学方案，体积比 Quest 2 缩小了 40%。显示方面，Quest Pro 配备两块 2.48 英寸的 Fast-LCD 屏幕+Mini LED 背光板，单眼分辨率为 1800×1920，刷新率为 90Hz，与 Quest 2 相比，全彩混合现实的分辨率提高了 4 倍。

图表 75：YVR2VR 一体机爆炸图



资料来源：VR 陀螺，五矿证券研究所

图表 76: Meta Quest Pro 沉浸式体验



资料来源: Meta, 五矿证券研究所

图表 77: Meta Quest Pro



资料来源: Meta 官网, 五矿证券研究所

作为 Meta 最新款 VR 设备, Meta Quest Pro 结构复杂, 零部件及供应商众多, 根据 Wellsenn XR 数据, Meta Quest Pro 硬件 BOM 方面, 主板成本最高, 为 168.6 美元; 光机模组次之, 为 157 美元; 电源系统为 126.5 美元; 整体 BOM 成本为 587.6 美元, ODM/OEM 成本为 30 美元, 不含税的综合硬件成本为 617.6 美元。

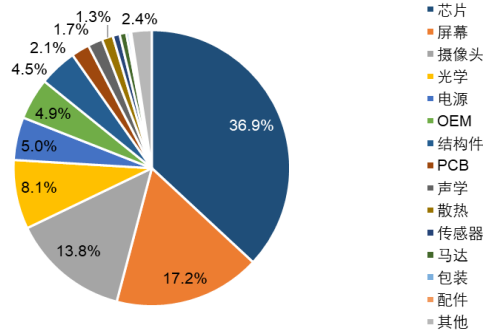
图表 78: Meta Quest Pro 硬件 BOM 成本

部件名称	包含内容	金额(美元)
主板	含: SoC、RAM、ROM、电源管理芯片、蓝牙芯片、WiFi 芯片、Codec、射频芯片、PCB 等	168.6
传感器	含摄像头、IMU、电子罗盘、距离传感器等	60.1
光机模组	含 pancake 光学模组、Fast-LCD 屏幕、瞳距调节模组等	157
头显外壳/结构件	外壳注塑件、泡棉、内部精密结构件等 (注: 仅头显部分, 不含手柄部分)	17.5
散热模组	含散热风扇和散热导管等	8
电源系统	含头显充电电池、电源连接线等	126.5
声学模组	包含左右两个扬声器以及阵列麦克风以及 3.5mm 插孔等	10.7
手柄	含两个手柄	18
配件	含充电头、充电线、充电底座等	19.2
包装	包装盒、说明书等	2
BOM 成本		587.6
ODM/OEM		30
不含税综合硬件成本	(不包含产品开模费用、不良和运损等)	617.6

资料来源: Wellsenn XR, 五矿证券研究所

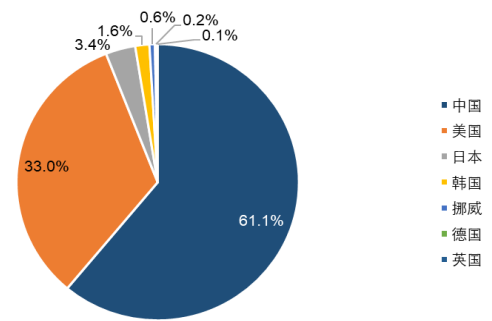
而在硬件成本构成方面, 根据品类划分, 芯片成本 228.1 美元, 占比 36.9%, 排名第 1; 屏幕成本 106 美元, 占比 17.2%, 排名第 2; 摄像头成本 85 美元, 占比 13.8%, 排名第 3; 其次分别为光学、电源、OEM、结构件、PCB、声学、散热、传感器和马达等, 合计占比 32.1%。根据供应商所属国家划分, 中国厂商 377.1 美元, 占比 61.1%; 美国厂商 203.7 美元, 占比 33.0%; 其他还包括日本、韩国、挪威、德国和英国厂商, 合计占比 5.9%。

图表 79: Meta Quest Pro 硬件成本构成 (按品类)



资料来源: Wellsenn XR, 五矿证券研究所

图表 80: Meta Quest Pro 硬件成本构成 (按国家)



资料来源: Wellsenn XR, 五矿证券研究所

供应商方面, 芯片核心供应商包括高通、TI、英飞凌等, 其中高通骁龙 XR 系列芯片在全球 VR 设备市场占据了 90% 以上的份额; 光学模组采用 Pancake 方案, 供应商为舜宇光学和歌尔股份; 背光模组采用 Mini LED 方案, 供应商为鸿利光电、隆利科技和运鸿辉; 屏幕采用 Fast-LCD 方案, 供应商为京东方; PCB 供应商为鹏鼎控股; MEMS 麦克风 and 整机 ODM 供应商为歌尔股份; 摄像头镜头和模组供应商为舜宇光学; CIS 供应商为韦尔股份 (豪威科技) 和索尼; 电池供应商为欣旺达。

图表 81: Meta Quest Pro 核心硬件及供应商

	器件名称	供应商
头显主板	SoC	高通
	LPDDR	美光
	ROM	闪迪
	电压电平芯片	TI
	Type C PD 快充芯片	英飞凌
	音频芯片	骅讯电子
	电源管理芯片	高通
	快充芯片	高通
	FPGA	莱迪思
	LED 驱动芯片	TI
	升压芯片	TI
	运算放大器	TI
	电压电平芯片	TI
	稳压芯片	TI
	电源管理芯片	戴乐格/高通
	蓝牙芯片	Nordic
	时钟发生器	高通
	WiFi 6E SIP	村田
	钽电容	基美
	PCB	鹏鼎
光机	光学模组 Pancake	舜宇光学/歌尔股份
	屏幕 Fast-LCD	京东方
	Mini LED 背光模组	鸿利光电/隆利科技/运鸿辉
	MEMS 麦克风	歌尔股份

头显（除主板、结构件、光机）	腔体喇叭	歌尔股份
	眼动追踪摄像头	晶方/豪威
	面部识别摄像头	晶方/豪威
	VST RGB 摄像头	舜宇/索尼
	SLAM 摄像头	舜宇/豪威
	VST 深度摄像头	舜宇/豪威
	IMU	TKD
	IMU 版 PCB	鹏鼎
	P Sensor	SENSETEK
	锂电池	欣旺达

资料来源：Wellsenn XR，潮电智库，AR 圈，五矿证券研究所

PICO 4 硬件 BOM 成本及供应商：

2022 年 9 月，PICO 面向中国市场正式发布了新一代 VR 一体机——PICO 4 系列，起售价 2499 元。PICO 4 处理器为 7nm 制程骁龙 XR2 芯片，存储为 8G+128G/256G，采用 Pancake 光学透镜，前端厚度减小 38.8%，重量减少 26.2%，搭配 2 块 2.56 英寸 Fast-LCD 屏幕，总分辨率达到 4320x2160，PPI 为 1200，刷新率最高达 90Hz，视场角 105°，并且支持 62-72mm 无级电动瞳距调节。头显端前置 1600 万像素 RGB 彩色摄像头，可以实现彩色透视功能，一方面提供了和真实环境更融合的画面效果，另一方面还为未来的 MR 应用提供了无限可能。

图表 82：PICO 4 彩色透视



资料来源：PICO 官网，五矿证券研究所

图表 83：PICO 4



资料来源：PICO，五矿证券研究所

根据 Wellsenn XR 数据，PICO 4（8G+128G 版本）硬件 BOM 方面，光机模组成本最高，为 138 美元；主板次之，为 115.85 美元；整体 BOM 成本为 348.25 美元，ODM/OEM 成本为 20 美元，不含税的综合硬件成本为 368.25 美元。

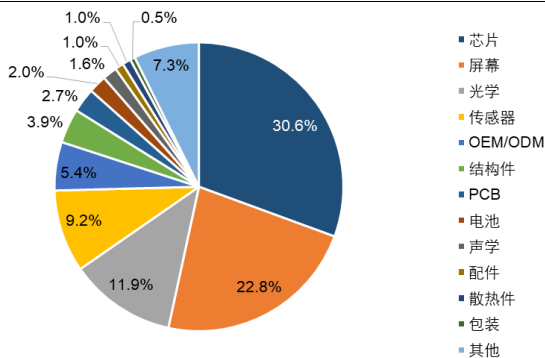
图表 84：PICO 4 硬件 BOM 成本（8G+128G 版本）

部件名称	包含内容	金额（美元）
主板	含：XR2、RAM、ROM、电源管理芯片、蓝牙芯片、WiFi 芯片、Codec、射频芯片、PCB 等	115.85
传感器	含摄像头、IMU、电子罗盘、距离传感器、PCB 等	28.6
光机模组	含 Pancake 光学模组、Fast-LCD 屏幕、瞳距调节模组等	138
头显外壳/结构件	外壳注塑件、内部精密结构件等（注：仅头显部分，不含手柄部分）	9
散热模组	包含风扇和散热片	3.5
手柄	含两个手柄以及 4 节五号电池	33.8
声学模组	包含左右两个扬声器以及麦克风等	6
电池	含充电电池、电源连接线等	8
配件	含充电头、充电线等	3.5
包装	包装盒、说明书等	2
BOM 成本		348.25
ODM/OEM		20
不含税综合硬件成本		368.25
税后成本（不考虑良率和运损）	按增值税 13%，美元兑人民币汇率 7 计算	2913 人民币

资料来源：Wellsenn XR，五矿证券研究所

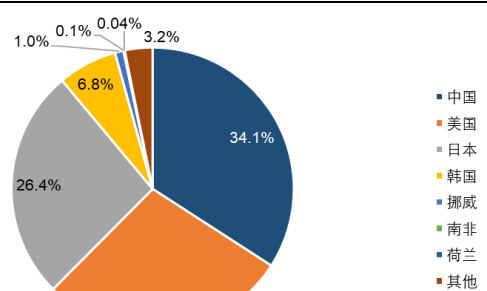
而在硬件成本构成方面，根据品类划分，芯片成本 112.65 美元，占比 30.6%，排名第 1；屏幕成本 84 美元，占比 22.8%，排名第 2；光学成本 44 美元，占比 11.9%，排名第 3；其次分别为传感器、OEM/ODM、结构件、PCB、电池、声学 and 散热件等，合计占比 34.7%。根据供应商所属国家划分，中国厂商 125.65 美元，占比 34.1%；美国厂商 104.4 美元，占比 28.4%；日本厂商 97.35 美元，占比 26.4%；其他还包括韩国、挪威、南非和荷兰等厂商，合计占比 11.1%。

图表 85：PICO 4 硬件成本构成（按品类）



资料来源：Wellsenn XR，五矿证券研究所

图表 86：PICO 4 硬件成本构成（按国家）



资料来源：Wellsenn XR，五矿证券研究所

供应商方面，芯片核心供应商包括高通、三星、Qorvo、恩智浦、兆易创新等；光学模组采用 Pancake 方案，供应商为歌尔股份和三利谱；瞳距调节模组供应商为兆威机电；屏幕采用 Fast-LCD 方案，供应商为 JDI/群创；摄像头供应商为舜宇光学、丘钛科技；CIS 供应商为豪威和索尼；PCB 供应商为胜宏科技和方正；结构件、连接器、扬声器、麦克风和 ODM 供应商为歌尔股份。

图表 87：PICO 4 核心硬件及供应商

	器件名称	供应商
主板	处理器 SoC	高通
	运存 DRAM	三星
	内存 ROM	闪迪
	WiFi 芯片	高通
	射频芯片 FEM	QORVO 威讯
	蓝牙芯片 BL	NORDIC 北欧半导体
	电源管理芯片 PMIC	高通/南芯/长晶科技/芯源
	微处理器 MCU	兆易创新
	音频编解码芯片 Codec	高通
	电机驱动芯片	艾为电子
	音频芯片 PA	高通
	充电管理芯片	恩智浦 NXP
光机	PCB	方正
	光学模组 Pancake	歌尔股份/三利谱
	瞳距调节模组	兆威机电
交互传感器	屏幕 Fast-LCD	JDV/群创
	VGA 摄像头模组	舜宇
	RGB 摄像头	丘钛/舜宇
	距离传感器 PSensor	异佳电子
	陀螺仪 IMU	AKM 旭化成/TDK 东电化电子
头显（除主板、光机、传感器）	陀螺仪 PCB	胜宏科技
	散热风扇	AVC
	电池 Pack	路华置富
	扬声器	歌尔股份

资料来源：Wellsenn XR，潮电智库，AR 圈，五矿证券研究所

从 Meta Quest Pro 和 PICO 4 硬件成本来看，主板（SoC、存储、电源管理芯片、蓝牙芯片、WiFi 芯片、射频芯片、PCB 等）和光机模组（光学模组 Pancake、Fast-LCD 屏幕、瞳距调节模组等）成本占比最大；从供应商来看，国外厂商在 SoC、存储、模拟、射频、音频等芯片领域占据主导地位，中国厂商则在光学方案、屏幕、摄像头、CIS、PCB、电池、扬声器、MEMS 麦克风、ODM 等领域优势明显。

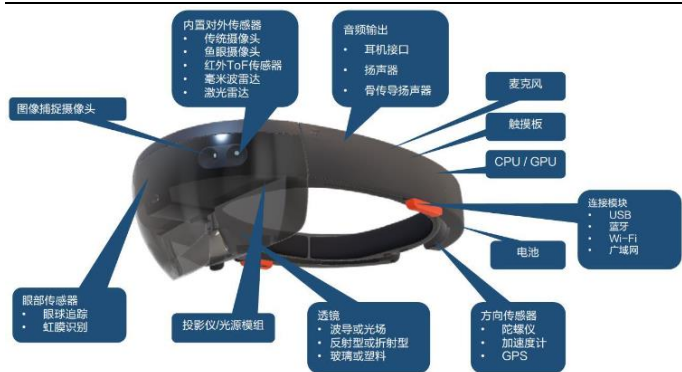
5.3 AR 眼镜拆解及供应商梳理

AR 设备种类繁多，应用场景多样化。根据 Strategy Analytics 数据，一体式 AR 眼镜包括传感器、摄像头、透镜、投影仪/光源模组、音频输出、麦克风、CPU/GPU、电池、连接模块等。从成本构成上来看，根据艾瑞咨询数据，分体式 AR 眼镜光学显示单元占比最大，为 43%，具体包括微投影光机、镜片和显示屏等；计算单元占比 31%，包括主控芯片 CPU/GPU 等，存储芯片占比 15%，感知单元（摄像头、传感器、陀螺仪、加速度计等）占比 9%，电池占比 2%。

对于双目 AR 设备，目前以分体式设计为主，比如 Nreal Air、Rokid Air、华为 Vision Glass 等，不仅重量更轻，而且由于省去了 SoC、电源管理、通信、定位、电池等多个关键组件，

降低了 BOM 成本和售价，但是需要通过一根线缆连接手机、电脑等外部设备，使用上会有不便；一体式设计则免去了线束的束缚，比如微软 HoloLens 2，但是散热、续航和佩戴重量等问题依然需要优化。

图表 88：一体式 AR 眼镜零部件



资料来源：Strategy Analytics，五矿证券研究所

图表 89：分体式 AR 眼镜模组及 BOM 成本占比

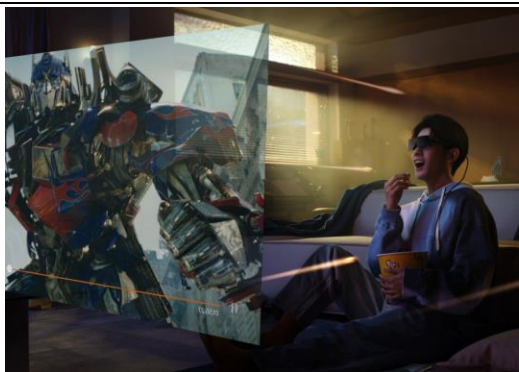


资料来源：艾瑞咨询，五矿证券研究所

华为 Vision Glass 硬件 BOM 成本及供应商：

2022 年 12 月，华为正式发布了新款 AR 眼镜华为 Vision Glass，售价 2999 元起，该款 AR 眼镜采用双 Micro OLED 屏幕，单屏 0.49 英寸，分辨率为 2×1920×1080，刷新率 60Hz，拥有 120 英寸虚拟巨幕，光学方案为 Birdbath，视场角约 41°。佩戴方面支持 500° 以内的单眼近视独立调节，无需佩戴眼镜，双眼都能轻松看清；支持瞳距自适应，适合更多人群使用。

图表 90：华为 Vision Glass 观影



资料来源：华为官网，五矿证券研究所

图表 91：华为 Vision Glass



资料来源：华为商城，五矿证券研究所

根据 Wellsenn XR 数据，华为 Vision Glass 硬件 BOM 方面，屏幕成本最高，为 80 美元；光学模组次之，为 50 美元；整体 BOM 成本为 165.9 美元，ODM/OEM 成本为 15 美元，不含税的综合硬件成本为 180.9 美元。

供应商方面，屏幕采用硅基 OLED 方案，供应商为视涯科技；光学模组采用 Birdbath 方案，供应商为惠牛科技/水晶光电；MCU 供应商为意法半导体；音频 PA 为艾为电子；音腔喇叭 BOX 供应商为歌尔股份。

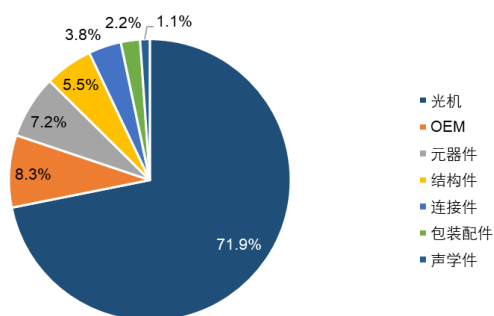
图表 92：华为 Vision Glass 硬件 BOM 成本

部件名称	包含内容	供应商	单价(美元)	数量	金额(美元)
电平转换芯片		润石	0.3	1	0.3
过压过流保护芯片		微源半导体	0.2	1	0.2
信号转换芯片		龙讯	6	1	6
MCU		意法半导体	2	1	2
音频 PA		艾为电子	0.8	2	1.6
IMU 陀螺仪		TDK	2	1	2
其他元器件	含电容、电阻等	其他	1	1	1
音腔喇叭 BOX		歌尔股份	1	2	2
屏幕	0.49 英寸硅基 OLED	视涯科技	40	2	80
Birdbath 光学模组	含 3M 的 IQPS 价值约 10 美元，日本帝人 QWP 价值约 1 美元	惠牛科技/水晶光电	25	2	50
结构件	含中框、镜腿、保护镜等				10
连接件	含数据线、FPC、PCB 等				6.8
包装配件	含收纳盒、外包装等				4
BOM 成本					165.9
ODM/OEM					15
不含税综合硬件成本					180.9
不考虑良率、运损和开模费等					

资料来源：Wellsenn XR，五矿证券研究所

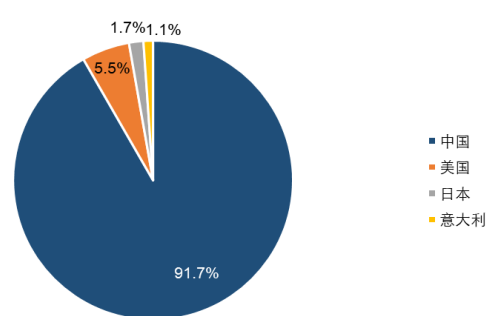
而在硬件成本构成方面，根据品类划分，光机（屏幕+Birdbath 光学模组）成本 130 美元，占比 71.9%，排名第 1；ODM/OEM 成本 15 美元，占比 8.3%，排名第 2；其次分别为元器件、结构件、连接件和声学件等，合计占比 19.8%。根据供应商所属国家划分，中国厂商 165.9 美元，占比 91.7%；其他还包括美国、日本和意大利厂商，合计占比 8.3%。

图表 93：华为 Vision Glass 硬件成本构成（按品类）



资料来源：Wellsenn XR，五矿证券研究所

图表 94：华为 Vision Glass 硬件成本构成（按国家）



资料来源：Wellsenn XR，五矿证券研究所

6. 投资建议

6.1 投资观点

作为元宇宙的重要入口，是由现实世界映射或超越现实世界，可与现实世界交互的虚拟世界，

为社会提供新型社会体系的数字生活空间。从元宇宙的构成要素来看，包括基础设施、人机交互、去中心化、空间计算、创作者经济、发现和体验 7 层。其中人机交互是探索元宇宙的入口，而虚拟现实、增强现实等就是其中的关键技术，通过 VR/AR 等方式，可以改变我们的交互方式，打开通往元宇宙的大门。

对于目前的 VR 和 AR 产品来说，虽然相比过去有了很大进步，但是还没有真正大规模普及，其中核心原因是产品的用户体验还不够完善，成本和售价还需要进一步降低，同时内容数量和质量也需要跟进。

作为提升用户体验的关键因素，高通骁龙 XR2 芯片已经能较好满足需要，但是光学和显示提升空间仍然较大，光学和显示技术也直接影响着用户的观感和购买欲望。

VR 设备：

对于 VR 头显而言，在一体式设计趋势下，我们认为 VR 设备的升级更多在于光学方案层面，2022 年更多厂商开始用 Pancake 替代菲涅尔透镜，有利于成本进一步降低，Pancake 已经成为主流厂商的选择，未来也有望被更多中小厂商采纳。

而在显示方面，我们认为，出于对分辨率和响应速度的要求，Fast-LCD 已成为市场首选，并且为了解决显示器漏光等问题，Mini LED 背光也得以应用，中短期看，Fast-LCD 有望凭借低成本和产能优势，推动 VR 产业快速发展，继续占领市场。

而硅基 OLED 从技术层面，在分辨率（3000 以上 PPI）和响应速度方面具有优势，同时由于采用硅基板替代玻璃基板，重量仅为 LCD 和 OLED 的 1/10，因此在技术层面硅基 OLED 更有优势。但是由于配套驱动芯片技术不够成熟、良率偏低等问题，整体成本仍然偏高，短期内将更多应用于高端设备中，目前采用硅基 OLED 方案的厂商依然较少，苹果 2023 年 MR 设备有望采用硅基 OLED，将有利于技术发展和成本降低，推动硅基 OLED 渗透率提升。

AR 设备：

对于 AR 眼镜，目前分体式设计居多，我们认为，光学方案作为 AR 眼镜未来升级的重点，2022 年新品 AR 眼镜采用光波导的占据大多数，剩余厂商中 Birdbath 和自由曲面方案较为均衡，光波导目前技术壁垒高、价格贵、可量产性仍有待提高，但是凭借大 FOV、体积小、透光率高、画质高清等特点，从光学效果、外观形态以及量产前景来看，具备最好的发展潜力，有望成为 AR 眼镜的终极解决方案。

显示方面也是 AR 眼镜提升的重要方向，2022 年绝大多数新品 AR 眼镜采用了硅基 OLED。作为显示屏幕的另一个发展方向，Micro LED 的优势包括功耗低、亮度高、响应速度快、对比度高、可视角度宽、寿命长等，适合搭配光波导，但是由于工艺技术难度高、外延成本较高、巨量转移的速度和良率还有待提升，短期内还难以替代硅基 OLED，但是苹果等国际巨头在该领域已经布局多年，未来随着 Micro LED 技术更加成熟，成本降低，有望逐步替代硅基 OLED。

随着 VR/AR 设备技术升级、成本降低、渗透率提升，作为最直接影响用户体验的零部件，我们看好光学和显示领域的未来发展方向，相关领域厂商有望充分受益。

6.2 建议关注

Pancake：三利谱；

Fast-LCD+硅基 OLED：京东方 A；

ODM：歌尔股份。

6.2.1 三利谱 (002876.SZ)

公司专注偏光片的研发、生产与销售，主要产品为 TFT 系列偏光片和黑白系列偏光片。偏光片是液晶显示的核心器件，也是 OLED 中防止发光电极反光的功能器件，可应用于智能穿戴设备、智能手机、电脑、电视等领域。2022 年前三季度公司实现营收 16.62 亿元，YoY-5.8%；归母净利润 1.87 亿元，YoY-32.71%；扣非归母净利润 1.66 亿元，YoY-35.63%。

公司在偏光片行业中拥有技术领先优势，产品包含 TN 偏光片、SN 偏光片、TFT 偏光片、OLED 偏光片和 3D 眼镜偏光片，可实现有效厚度 79 μ m-210 μ m 等不同厚度的覆盖，同时也可满足客户定制化需求。公司在致力于小尺寸偏光片研发与生产的同时，逐步扩大对大尺寸偏光片的产线布局；同时偏光片国产替代空间大，随着面板产业逐渐向中国聚拢，公司营收有望实现提升。公司在 VR 设备方面具备较强的技术优势，在 VR 用 Pancake 光学膜产品领域具有相关的技术储备，未来有望受益于 VR 设备销售规模的增长。

6.2.2 京东方 A (000725.SZ)

京东方创立于 1993 年，是一家全球领先的半导体显示技术、产品和服务提供商，目前在五大主流应用领域 LCD 市占率稳居全球第一，其中细分高端市场取得进一步开拓。此外，公司近 5 年加快以“屏之物联”为战略的物联网转型步伐，形成了以半导体显示为核心，物联网创新、传感器及解决方案、MLED、智慧医工等融合发展的“1+4+N+生态链”业务架构。公司 2022 年业绩预告预计归母净利润 75-77 亿元，同比下降 70%-71%；预计扣非归母净利润亏损 18-20 亿元，同比下降 107%-108%。

2022 年上半年公司显示器件业务/物联网创新业务/传感器及解决方案业务/MLED/智慧医工业务占营收的比例分别为 90.21%/14.73%/0.11%/0.45%/1.14%。公司 2022 年半导体显示业务经营业绩面临巨大压力，主要原因是受终端消费需求下降、品牌客户保守采购及行业低价竞争等影响。在柔性 AMOLED 业务上，公司 2022 年基本完成年度出货量目标，较上一年继续保持 3 成以上增长，高端产品占比提升尤为显著。2023 年，随着公司柔性 AMOLED 业务的持续成长，以及客户端份额的持续增加，公司柔性 AMOLED 产品的出货量有望继续保持大幅增长。

公司积极布局 VR/AR 领域，为 VR/AR/MR 智慧终端提供的显示解决方案，包括高 PPI、高刷新率的 Fast-LCD 和超高分辨率、超高对比度的硅基 OLED 等。京东方旗下子公司云南创视界主要从事硅基 OLED 器件的生产、销售及研发，已实现 8/12 英寸产线量产。2022 年 10 月，为进一步强化布局正在高速发展的 VR/AR 市场，公司拟投资 290 亿元在北京建设采用 LTPO 技术的第 6 代新型半导体显示器件生产线项目，主要生产 VR 显示面板、Mini LED 直显背板等高端显示产品，设计产能 50 千片/月，项目周期在 2023 年至 2025 年，2025 年量产，2026 年满产。公司在显示领域市场稳中有进，在 VR/AR 显示领域的积极布局将有望给公司业绩增长带来新动力。

6.2.3 歌尔股份 (002241.SZ)

公司主营业务为精密零组件业务、智能声学整机业务和智能硬件业务，可应用于消费电子、可穿戴设备、智能家居以及人工智能等领域。精密零组件业务覆盖声学、光学、微电子、结构件等方向，产品包含扬声器模组、触觉器件（马达）、MEMS 传感器、VR 光学器件及模组、AR 光学器件、AR 光机模组、精密结构件等。智能声学整机业务聚焦声学、语音交互和 AI，

产品包含 TWS 耳机、有线/无线耳机、智能音响等。智能硬件业务涉足娱乐、健康和家居安防等领域，主要产品有 VR/AR、电子游戏机及配件、智能家居产品等。根据公司 2022 年度业绩预告修正公告，公司 2022 年预计归母净利润 17.10-21.37 亿元，同比下滑 50%-60%；预计扣非归母净利润 15.33-19.16 亿元，同比下滑 50%-60%。

公司在电子精密零组件、智能声学整机和智能硬件制造领域深耕二十余年，具有丰富的经验、强大的技术实力和优质的客户群体。公司在发展传统智能电子产品代工业务的同时广泛布局 VR/AR 设备硬件领域，已为 Meta、Pico 以及索尼等 AR/VR 领域头部厂商进行 AR/VR 设备硬件的制造。未来随着 VR/AR 设备出货量增长，公司有望充分受益。

7. 风险提示

- 1、宏观经济复苏、下游需求不及预期；
- 2、技术研发、产品升级不及预期；
- 3、行业竞争加剧。

分析师声明

作者在中国证券业协会登记为证券投资咨询(分析师)，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。作者保证：(i) 本报告所采用的数据均来自合规渠道；(ii) 本报告分析逻辑基于作者的职业理解，并清晰准确地反映了作者的研究观点；(iii) 本报告结论不受任何第三方的授意或影响；(iv) 不存在任何利益冲突；(v) 英文版翻译与中文版有所歧义，以中文版报告为准；特此声明。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 到 12 个月内的相对市场表现，也即以报告发布日后的 6 到 12 个月内的公司股价(或行业指数)相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在 20%及以上；
		增持	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于 5%~20%之间；
		持有	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于-10%~5%之间；
		卖出	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在-10%及以下；
		无评级	预期对于个股未来 6 个月市场表现与基准指数相比无明确观点。
	行业评级	看好	预期行业整体回报高于基准指数整体水平 10%以上；
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%~10%之间；
		看淡	预期行业整体回报低于基准指数整体水平-10%以下。

一般声明

五矿证券有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本公司不会因接收人收到本报告即视其为客户，本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。本报告的版权仅为本公司所有，未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式对本研究报告的任何部分以任何方式制作任何形式的翻版、复制或再次分发给任何其他人。如引用须联络五矿证券研究所获得许可后，再注明出处为五矿证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。在刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的同时，也应注明本报告的发布人和发布日期及提示使用证券研究报告的风险。若未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入或将产生波动；在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告；本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。在任何情况下，报告中的信息或意见不构成对任何人的投资建议，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本公司及作者在自身所知情范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

五矿证券版权所有。保留一切权利。

特别声明

在法律许可的情况下，五矿证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到五矿证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

联系我们

上海	深圳	北京
地址：上海市浦东新区东方路 69 号裕景国际商务广场 A 座 2208 室 邮编：200120	地址：深圳市南山区滨海大道 3165 号五矿金融大厦 23 层 邮编：518035	地址：北京市海淀区首体南路 9 号 4 楼 603 室 邮编：100037

Analyst Certification

The research analyst is primarily responsible for the content of this report, in whole or in part. The analyst has the Securities Investment Advisory Certification granted by the Securities Association of China. Besides, the analyst independently and objectively issues this report holding a diligent attitude. We hereby declare that (1) all the data used herein is gathered from legitimate sources; (2) the research is based on analyst's professional understanding, and accurately reflects his/her views; (3) the analyst has not been placed under any undue influence or intervention from a third party in compiling this report; (4) there is no conflict of interest; (5) in case of ambiguity due to the translation of the report, the original version in Chinese shall prevail.

Investment Rating Definitions

The rating criteria of investment recommendations The ratings contained herein are classified into company ratings and sector ratings (unless otherwise stated). The rating criteria is the relative market performance between 6 and 12 months after the report's date of issue, i.e. based on the range of rise and fall of the company's stock price (or industry index) compared to the benchmark index. Specifically, the CSI 300 Index is the benchmark index of the A-share market. The Hang Seng Index is the benchmark index of the HK market. The NASDAQ Composite Index or the S&P 500 Index is the benchmark index of the U.S. market.	Ratings		Definitions
	Company Ratings	BUY	Stock return is expected to outperform the benchmark index by more than 20%;
		ACCUMULATE	Stock relative performance is expected to range between 5% and 20%;
		HOLD	Stock relative performance is expected to range between -10% and 5%;
		SELL	Stock return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%;
		NOT RATED	No clear view of the stock relative performance over the next 6 months.
	Sector Ratings	POSITIVE	Overall sector return is expected to outperform the benchmark index by more than 10%;
		NEUTRAL	Overall sector expected relative performance ranges between -10% and 10%;
		CAUTIOUS	Overall sector return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%.

General Disclaimer

Minmetals Securities Co., Ltd. (or "the company") is licensed to carry on securities investment advisory business by the China Securities Regulatory Commission. The Company will not deem any person as its client notwithstanding his/her receipt of this report. The report is issued only under permit of relevant laws and regulations, solely for the purpose of providing information. The report should not be used or considered as an offer or the solicitation of an offer to sell, buy or subscribe for securities or other financial instruments. The information presented in the report is under the copyright of the company. Without the written permission of the company, none of the institutions or individuals shall duplicate, copy, or redistribute any part of this report, in any form, to any other institutions or individuals. The party who quotes the report should contact the company directly to request permission, specify the source as Equity Research Department of Minmetals Securities, and should not make any change to the information in a manner contrary to the original intention. The party who re-publishes or forwards the research report or part of the report shall indicate the issuer, the date of issue, and the risk of using the report. Otherwise, the company will reserve its right to taking legal action. If any other institution (or "this institution") redistributes this report, this institution will be solely responsible for its redistribution. The information, opinions, and inferences herein only reflect the judgment of the company on the date of issue. Prices, values as well as the returns of securities or the underlying assets herein may fluctuate. At different periods, the company may issue reports with inconsistent information, opinions, and inferences, and does not guarantee the information contained herein is kept up to date. Meanwhile, the information contained herein is subject to change without any prior notice. Investors should pay attention to the updates or modifications. The analyst wrote the report based on principles of independence, objectivity, fairness, and prudence. Information contained herein was obtained from publicly available sources. However, the company makes no warranty of accuracy or completeness of information, and does not guarantee the information and recommendations contained do not change. The company strives to be objective and fair in the report's content. However, opinions, conclusions, and recommendations herein are only for reference, and do not contain any certain judgments about the changes in the stock price or the market. Under no circumstance shall the information contained or opinions expressed herein form investment recommendations to anyone. The company or analysts have no responsibility for any investment decision based on this report. Neither the company, nor its employees, or affiliates shall guarantee any certain return, share any profits with investors, and be liable to any investors for any losses caused by use of the content herein. The company and its analysts, to the extent of their awareness, have no conflict of interest which is required to be disclosed, or taken restrictive or silent measures by the laws with the stock evaluated or recommended in this report.

Minmetals Securities Co. Ltd. 2019. All rights reserved.

Special Disclaimer

Permitted by laws, Minmetals Securities Co., Ltd. may hold and trade the securities of companies mentioned herein, and may provide or seek to provide investment banking, financial consulting, financial products, and other financial services for these companies. Therefore, investors should be aware that Minmetals Securities Co., Ltd. or other related parties may have potential conflicts of interest which may affect the objectivity of the report. Investors should not make investment decisions solely based on this report.

Contact us

Shanghai

Address: Room 2208, 22F, Block A, Eton Place, No.69 Dongfang Road, Pudong New District, Shanghai
 Postcode: 200120

Shenzhen

Address: 23F, Minmetals Financial Center, 3165 Binhai Avenue, Nanshan District, Shenzhen
 Postcode: 518035

Beijing

Address: Room 603, 4F, No.9 Shoutinian Road, Haidian District, Beijing
 Postcode: 100037