

VR/AR 行业深度报告系列二（硬件篇）： 产业链日趋成熟，行业爆发在即

VR/AR 行业进入提速增长阶段，逐步进入产业化发展快车道。一方面 VR 出货量明显加速增长，一方面应用生态逐渐完善，二者相辅相成促进行业进入正向循环。未来 C 端和 B 端将会有更多应用场景出现，带动 VR/AR 产业链迎来爆发性增长。

VR：产业链核心环节日趋成熟，硬件产品体验大幅提升

VR 硬件成本中，处理器、存储、光学显示器件合计占比超过 80%。其中光学显示器件技术发展成熟，Fast-LCD + 菲涅尔透镜方案已得到行业广泛认可，未来将向下一代短焦光学方案发展。高通等厂商已为 VR/AR 开发专用芯片平台，目前高通 XR 占市场主流。Inside-out 定位技术及基于手柄的 6 自由度交互功能日趋完善，充分满足消费端使用需求，产品体验得到明显增强。

AR：光学系统仍是核心器件，产业链多种方案百花齐放

AR 硬件成本中，光学显示占比达 40%。显示器件上 Micro-LED 由于其高亮度和高分辨率特点成为主流的技术发展方向。光机设计是 AR 设备急需突破的技术难点，目前行业主要聚焦在光波导技术上，但高性能光波导的发展和量产仍需一定时间。预期苹果等厂商入场将带动产业链迅速成长。

基础设施建设：网络条件已具备，云 VR 将加速行业普及

5G 和 Wi-Fi6 的高带宽、低延迟特性适合承载 VR/AR 业务，将丰富以超高清流媒体为主的使用场景，同时无绳化的设备大幅提升用户体验，进一步支持室外场景的设备应用。基于云计算的云 VR 服务可有效解决设备高成本及高重量不宜佩戴的痛点，推动行业普及和内容开发。

投资建议

VR/AR 行业进入发展拐点，逐步进入产业化发展快车道。2020 年疫情环境下 VR 设备销售量增速明显，国内产业链各环节元器件及整机生产线发展趋于完备，关键技术持续突破带动国内市场需求扩大。国内企业在 VR/AR 行业的研发项目及资本投入增长明显，且均形成一定的经济效应，行业已步入快速增长阶段，长期看好 VR/AR 产业链公司。

风险提示：新冠疫情扰动；创新不达预期；国际贸易环境变化。

电子

维持

强于大市

刘双锋

liushuangfeng@csc.com.cn

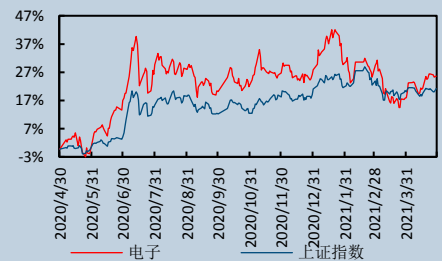
15013629685

SAC 执证编号：S1440520070002

SFC 中央编号：BNU539

发布日期：2021 年 05 月 21 日

市场表现



相关研究报告



微信扫码，免费报告轻松领

行业资源微信群

1. 进群即**领取群利《报告与资源合编》**，内有近百行业、上万份行研、管理及其他学习资源；
2. 每日学习分享最新6+份精选报告；
3. 群友信息交流，群主免费解答并提供相关行业报告。

扫一扫二维码，添加客服微信（微信号：Teamkon4）；
添加好友请备注：**姓名+单位+行业或业务领域**

业务合作请联系微信：teamkon



微信扫码，工作轻松无忧

知识星球 行业与管理资源社群

1. 无限制下载行业研究报告、咨询公司管理方案，企业运营制度、科技方案与大咖报告等。
2. 每月同步更新3000+份最新行业资源；涵盖科技、金融、教育、互联网、房地产、生物制药、医疗健康等行研报告、科技动态、管理方案；

目录


一、VR 行业明显提速，AR 产品蓄势待发	1
1.1 VR/AR 的内涵与区别：构建沉浸式体验	1
1.2 VR/AR 重回关注：进入提速增长阶段	2
1.2.1 VR/AR 发展史回顾：经历了热炒、低谷，迎来新的拐点	2
1.2.2 出货量明显加速增长，应用端和 B 端成为市场规模重要推力	3
1.2.3 应用生态完善及行业标准确立，赋能行业加速成长	5
1.3 VR/AR 投融资趋势：市场情绪上升，投融资规模稳步提升	5
1.4 大厂布局：海外巨头 VR/AR 持续布局，国内厂商处于探索阶段	7
二、VR：产业链核心环节均已渐趋成熟，硬件产品体验大幅提升	10
2.1 VR 近期上市产品分析：一体机和轻量化为主流	10
2.2 VR 产品结构及产业链：处理器、存储、光学显示器件合计占比超 80%	10
2.3 计算芯片：高通为 VR/AR 开发专用芯片，骁龙 XR2 占市场主流	11
2.4 显示：Fast-LCD 目前成为主流	12
2.5 光学：菲涅尔透镜得到成熟应用，未来向超短焦方案发展	13
2.6 定位与交互：Inside-out 和 6DOF 逐渐成为主流	14
追踪定位：Inside-out 取代 Outside-in 成为 VR 主流架构，	14
手势交互：目前以基于手柄的“6+6”交互为主流，未来将以裸手交互为趋势	14
三、AR：光学系统是核心器件，产业链多种方案百花齐放	16
3.1 近期 AR 上市产品分析	16
3.2 AR 产品结构及产业链：光学组件成本占比接近一半	16
3.3 光学显示系统：百花齐放，Micro-LED+光波导未来可期	18
3.3.1 显示：多种显示方案共存，Micro-LED 逐渐成熟并有望成为主流技术	18
3.3.2 光机：多种光学方案并存，光波导技术发展趋势明确	20
3.4 感知交互：SLAM 开始普及，各大厂纷纷布局	25
四、基础设施建设：网络条件已具备，云 VR 将加速行业普及	27
4.1 接入网：5G 与千兆带宽，“双 G”赋能 VR/AR	27
4.2 Cloud VR：推动设备轻量化、低成本，并加速行业普及	29
五、重点关注标的	31
六、风险分析	34

一、VR 行业明显提速，AR 产品蓄势待发

1.1 VR/AR 的内涵与区别：构建沉浸式体验

VR/AR 究竟是什么？很多人会对于 VR、AR 和 MR 这些概念的界定感到困惑，而不同企业和机构的定义又往往有所不同。简而言之，虚拟现实（VR）是虚拟场景的封闭式体验，而增强现实（AR）体验会将数字元素叠加到现实世界的对象和背景上。**混合现实（MR）可以说是升级版的 AR，能够实现虚实场景的结合，和 AR 的区别就是对虚拟图像的真实感做严格的要求，因此是 AR 的一种类别。**

图表1：VR、AR 和 MR 的区别

概念	VR, Virtual Reality, 虚拟现实	AR, Augmented Reality, 增强现实	MR, Mixed Reality, 混合现实
定义	用户完全沉浸在计算机生成的虚拟环境中并在很大程度上隔离其物理环境的封闭式体验	用户直接或间接观察真实场景, 数字元素叠加到现实世界的对象和背景上	将真实场景和虚拟场景非常自然地融合在一起, 它们之间可以发生实时交互 (升级版的 AR)
关键要素	1.沉浸感: 营造出身处虚拟场景内的感觉 2.交互性: 用户可以和虚拟场景中的内容发生实时交互 3.假想性: 可以根据设计者的想象设计出各种各样的虚拟场景	1.现场感: 直接显示真实世界现场 2.增强性: 对现场显示的内容增加图像, 声音, 视频或其他信息 3.相关性: 增加的内容和现场在包括位置, 内容, 时间等方面具有相关度	1.现场感: 真实场景来自现场 2.混合性, 真实场景和虚拟场景自然地合在一起, 发生真实感地交互, 包括遮挡, 碰撞等 3.逼真性, 虚拟场景的显示效果接近真实场景, 不容易辨别
场景举例	VR 游戏 	AR 实景导航 	MR 装修 
典型设备	HTC VIVE Facebook Oculus Rift、Oculus Quest	Google Glass	微软 HoloLens Magic Leap

资料来源: 计算机视觉 LIFE, 中信建投

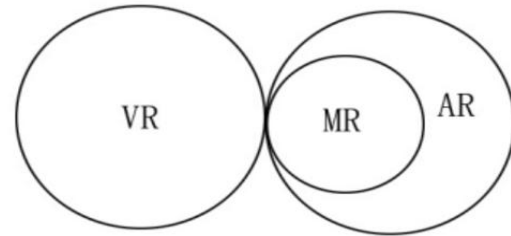
VR/AR 两者在关键器件、终端形态上相似性较大, 在关键技术上也有重叠之处, 而在应用领域上有所差异。VR/AR 均需要用计算机绘制虚拟图像。VR 中的图像全部由计算机绘制, 往往需要配置高性能的 GPU, 同时由于 VR 是隔绝式的音视频沉浸体验, 因此对显示画质要求较高。而 AR 中大部分图像是通过镜片透射或摄像头拍摄的, 计算机绘制的图像占比较少, 而且是以信息性为主的, 对图像逼真度要求较低, 因此对 GPU 要求不高。但 AR 需要对场景进行理解, 需要用非常复杂的算法, 并且实时运行, 这样 AR 对 CPU 的运算性能要求非常高。此外, VR 侧重于游戏、视频、直播与社交等大众市场, AR 侧重于工业、军事等垂直应用。

图表2: VR, AR 和 MR 的形象化描述



资料来源:CSDN, 中信建投

图表3: VR, AR 和 MR 的关系



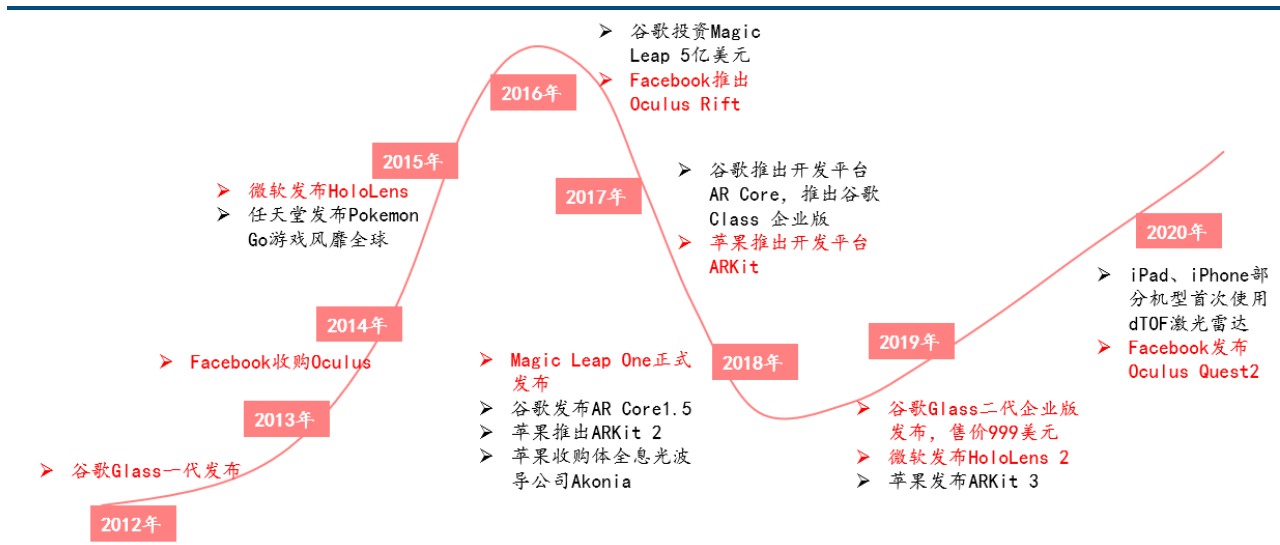
资料来源:CSDN, 中信建投

1.2 VR/AR 重回关注：进入提速增长阶段

1.2.1 VR/AR 发展史回顾：经历了热炒、低谷，迎来新的拐点

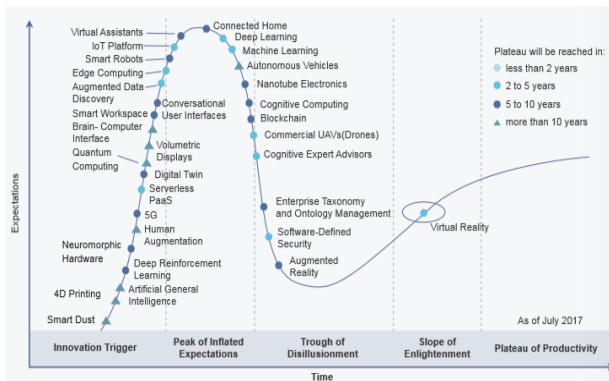
VR/AR 行业经历了热炒、低谷，到复苏，迎来了新的拐点。2012 年，谷歌推出了 Google Glass 的 AR 眼镜产品，其后，Oculus 被 Facebook 以 20 亿美金收购，并推出 VR 头盔。VR/AR 概念进入市场视野，被认为是替代智能手机的下一代终端形态。Facebook 和微软先后进入 VR/AR 市场，包括 Sony、三星、HTC 等多家大厂开始推出相关的硬件产品，2015-2016 年 VR/AR 市场热度达到高点。但到了 2016 年下半年，由于商业模式，以及网络、硬件和内容上的瓶颈都没有突破，资本输血式的发展模式并不能够持续，行业开始进入寒冬。2018 年 VR 历经热炒、低谷，已逐步成熟，并从 Gartner 曲线中消失，AR 仍处于泡沫破灭的低谷期，有待技术的突破和发展。2020 年疫情推动居家需求，以 Oculus 为代表的 VR 产品需求增长强劲，用户基数增加以及众多开发者的加入，使 VR 行业明显提速。而随着 AR 光学技术不断取得突破，行业也迎来了新的拐点。

图表4: VR/AR 发展史回顾



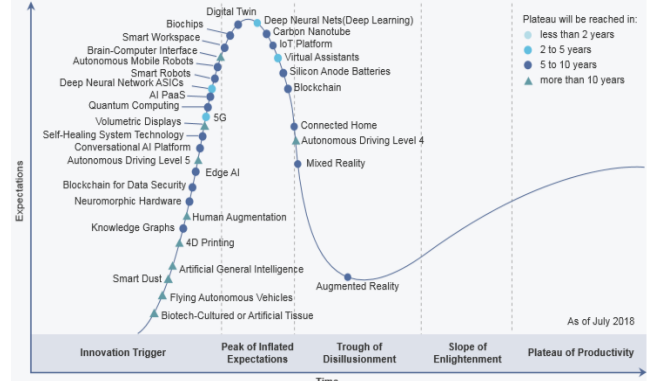
资料来源: VR 陀螺, 中信建投

图表5: Gartner2017年新兴技术成熟度曲线



资料来源:Gartner, 中信建投

图表6: Gartner2018年新兴技术成熟度曲线



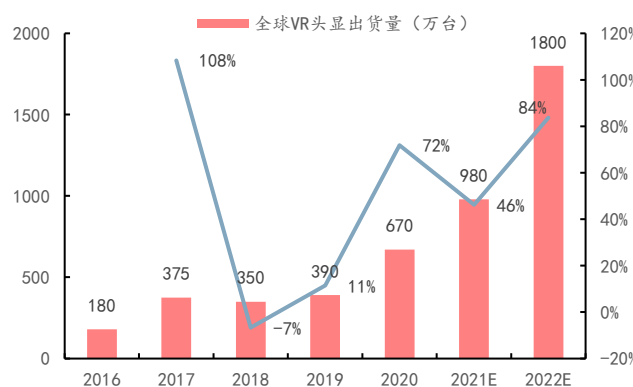
资料来源:Gartner, 中信建投

1.2.2 出货量明显加速增长，应用端和 B 端成为市场规模重要推力

从终端设备出货量看，2020 年行业总体出货量增长较为显著，市场反响持续升温，已进入产业化放量增长阶段。陀螺研究院报告显示，VR 头显 2020 年全球出货量达到 670 万台，同比提升 72%，预计 21-22 年将持续高速增长。疫情影响下，室内娱乐设备需求显著提升，同时具有 C 端统治潜力的 Oculus Quest 系列产品及 VR 娱乐平台上线，提供了完整优质的用户体验，促使 C 端 VR 头显出货量显著提升。

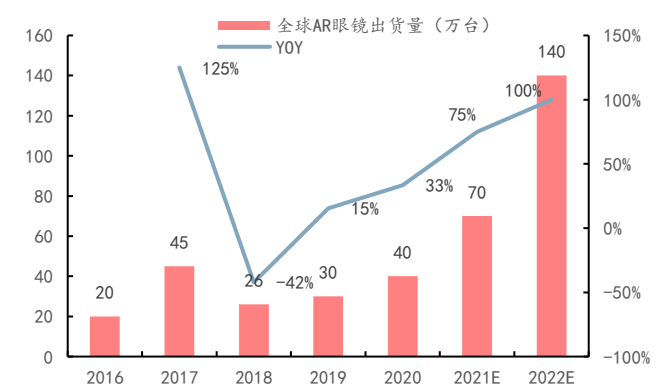
预计未来三年行业复合增长率超过 80%，不同终端形态互通性增强。IDC 数据显示，预计 2024 年 VR/AR 终端出货量超 7600 万台，其中 AR 设备达到 3500 万台，占比升至 55%，2020-2024 五年期间 VR/AR 终端出货量增速约为 86%，其中 VR、AR 增速分别为 56%、188%，预计 2023 年 AR 终端出货量有望超越 VR。比之 2018-2020 年相对平缓的终端出货量，随着 Facebook Quest2、微软 HoloLens2 等标杆 VR/AR 终端迭代发售以及电信运营商虚拟现实终端的发展推广，2021 年有望成为 VR/AR 终端规模上量、显著增长的关键年份，VR/AR 终端平均售价将从当前 2500/9700 元人民币进一步下降。此外，华为 VR Glass、PicoNeo 2 等一体式头显终端均可通过串流功能而不再受制于移动平台的功耗与渲染算力，跨终端形态的使用融通性显著提高。

图表7: 全球 VR 出货量预测



资料来源:陀螺研究院, 中信建投

图表8: 全球 AR 出货量预测



资料来源:陀螺研究院, 中信建投

图9： IDC 对全球 VR/AR 出货量及增长率的预测

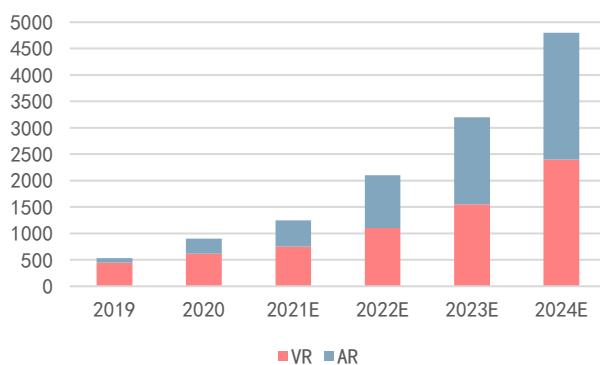
	产品类别	2020 出货量	2020 占比	2024 出货量	2024 占比	20-24 CAGR	备注
AR (增强现实)	无屏 AR	0.03	0.49%	0.03	0.03%	-7.07%	用户从早期产品过渡到更强大的解决方案
	一体机 AR	0.41	5.82%	24	31.28%	176.39%	HoloLens 2 推出, 以及 Vuzix、Epson 等推出新品, 2B 端市场需求增长
	有线式 AR	0.25	3.49%	17.08	22.26%	188.45%	智能手机支持 AR, 拥有更先进的功能和更广泛的应用场景
VR (虚拟现实)	VR 盒子	0.39	5.55%	0.1	0.13%	-29.16%	用户从早期产品过渡到更强大的解决方案
	一体机 VR	3.09	43.76%	25.25	32.92%	69.06%	在 2C 的游戏市场、2B 的培训等应用均取得较好增长
	有线式 VR	2.89	40.88%	10.26	13.38%	37.30%	PSVR、手机 VR 将提供入门级的 VR 体验, 高端产品可以提供更好的算力和体验
合计		7.06	100.00%	76.71	100.00%	81.54%	

资料来源: IDC, 中信建投

全球 VR/AR 市场规模接近千亿, AR 与内容应用成为首要增长点, 预计 2024 年将达到近 5000 亿元。据 IDC 等机构统计, 2020 年全球 VR/AR 市场规模约为 900 亿元人民币, 其中 VR 市场 620 亿元, AR 市场 280 亿元。预计 2020-2024 五年期间全球虚拟现实产业规模年均增长率约为 54%, 其中 VR 增速约 45%, AR 增速约 66%, 2024 年两者份额均为 2400 亿元人民币。从产业结构看, 终端器件市场规模占比位居首位, 2020 年规模占比逾四成, 随着传统行业数字化转型与信息消费升级等常态化, 内容应用市场将快速发展, 预计 2024 年市场规模超过 2800 亿元。

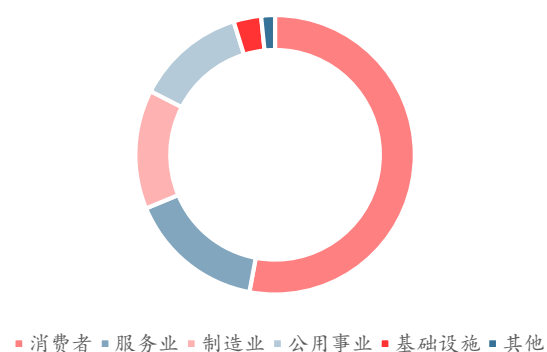
2020 年成为重要转折点, B 端市场规模持续增长, 将与 C 端相近。2020 年已成为一个重要的转折点, 2C 端形成了居家办公及娱乐的生活习惯, 消费者宅家时间延长, 而 2B 端由于疫情中断了企业的供应链, 工作场所限制以及运营效率低下使企业更加关注员工培训和协作。在整体 VR/AR 市场上, B 端支出小于 C 端, 但未来的大部分增长是来自 B 端。IDC 预测, 2024 年 B 端应用市场包括培训 (41 亿美元), 工业维护 (41 亿美元) 和零售展示 (27 亿美元), C 端应用 VR 游戏, VR 视频/功能观看和 AR 游戏) 的总支出为 176 亿美元。

图10： 全球 VR/AR 市场规模 (亿元)



资料来源: 中国信通院, VRPC, 中信建投

图11： 2020 年全球 VR/AR 市场应用占比



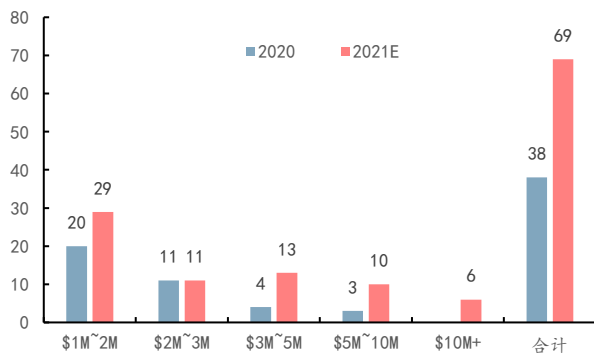
资料来源: IDC, 中信建投

1.2.3 应用生态完善及行业标准确立，赋能行业加速成长

Steam 及 Quest 等 VR 平台应用内容生态逐步完善。（1）Steam 平台是目前全球最大的综合型数字发行平台之一，其开放生态和宽松的游戏发行机制在全球拥有大量的用户。Steam VR 支持自选 VR 硬件体验平台上的 VR 内容，促进了平台应用的开发，目前 Steam 平台已有超过 4000 个 VR 商品，2020 年 Steam 平台新增 VR 用户 170 万，相关收入同比增长 71%。（2）Quest 作为封闭生态的代表，上线游戏超过 200 个，质量较高，用户付费意愿强。2020 年 9 月 Quest 平台内容累计收入已达 1.5 亿美元，随着 Quest 2 销量上涨，平台收入将进一步提升，预计 2021 年底达 5 亿美元。

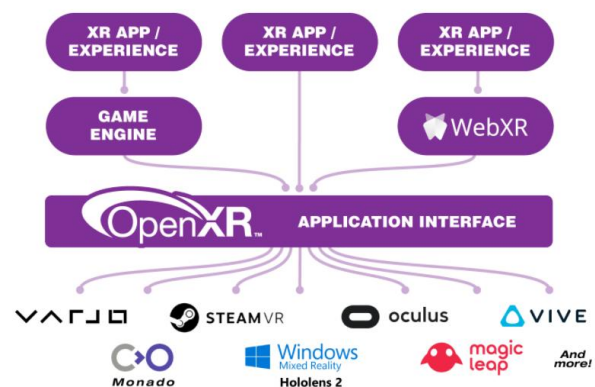
OpenXR 通用标准降低内容移植难度，吸引更多开发者入场。OpenXR 是来自 Khronos 的免费 API 标准，为引擎提供跨 VR/AR 内的一系列设备的本机访问权限，OpenXR 标准使应用只需编写一次，就可以在所有硬件和软件平台上进行运行，大幅减少开发者的软件应用开发成本，极大的推动 XR 行业的发展。微软和 Oculus 已开始推广并开放了自己平台的 OpenXR 接口，Steam VR 21 年 2 月 25 日更新版本正式支持 OpenXR。该标准目前已有超过 40 家硬件厂商和游戏平台加入，将会进一步扩大 XR 市场前景和商业空间。

图表12: Quest 平台各营收游戏数量(个)



资料来源: Oculus, 中信建投

图表13: OpenXR 跨平台标准



资料来源: khronos, 中信建投

VR 头显出货量提升和 VR 应用开发标准及生态确立共同构造行业增速良性循环。2020 年全球 VR 头显出货超过 600 万台，预计 2021 年全球 VR 头显将达到 980 万台的出货量规模。Oculus Quest 2 于 2020Q4 约达到 200-300 万的销量，我们预计 2021 年全年销量超过 700 万。2020 年全球 VR 用户已经超过千万，用户群体壮大为 VR 内容提供了市场前景和商业空间，形成了“VR 头显销量增长-用户增长-内容需求爆发-内容收入提高-优秀开发者持续入场-内容质量提高-VR 头显销量继续增长”这一良性循环状态。

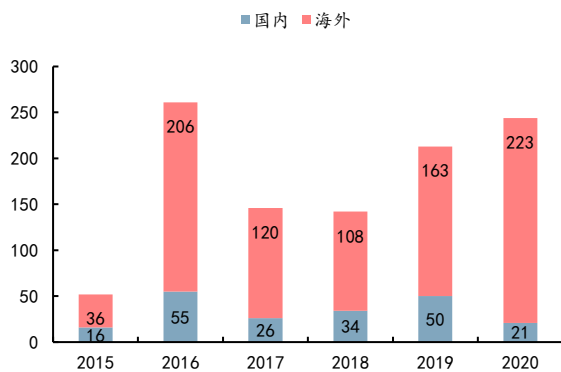
1.3 VR/AR 投融资趋势：市场情绪上升，投融资规模稳步提升

2020 年 VR/AR 投融资规模继续上升，海外投资规模提升显著。由于 VR/AR 行业多数企业尚处于中早期创业阶段，极大依赖外部融资和并购进行研发活动，投融资仍是行业景气度重要的衡量指标。从规模上看，2020 年 VR/AR 投融资规模达到 244 亿元，投融资并购发生 219 起，实现连续三年上涨。其中海外投资规模提升显著，较 2019 年提升 36.8%，国外产业较国内领先 2-3 年，产业和资本对行业的研究和理解更加深入，投融资活动更活跃，预计未来国内企业的估值和融资会更上一层楼。

从环节上看，硬件和应用仍是重点环节。行业仍在上游硬件上发力，竞争格局尚未定型，硬件尚待继续成熟，也是资本主要布局的方向。应用方面更多在 B 端寻找机会，尤其是 AR 尚未破圈到 C 端。内容方面随着 VR 销量和用户开始放量，游戏生态进入良性循环，未来将吸引更多资本入局。

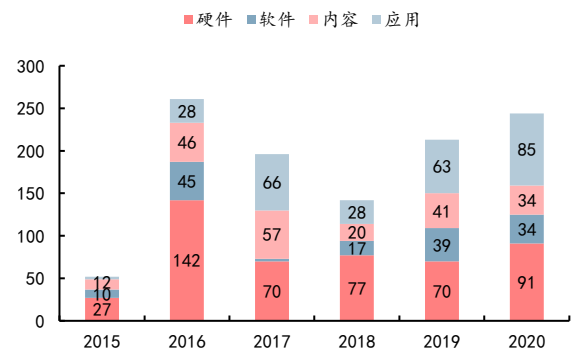
2020 年和 2019 年的融资并购案例中，AR 眼镜领域的并购金额居于首位。AR 眼镜领域发生了几笔大的并购事件，包括 Magic Leap, North, Nreal 等。解决方案、工具软件、游戏、教育培训等领域也有较高的投融资活跃度。此外，VR/AR 半导体芯片厂商也开始有了较高的关注度，其中最大一笔融资为 3D 成像半导体公司 Inuitive 获得 1.06 亿美元投资。

图表14：全球 VR/AR 投融资并购规模（亿元）



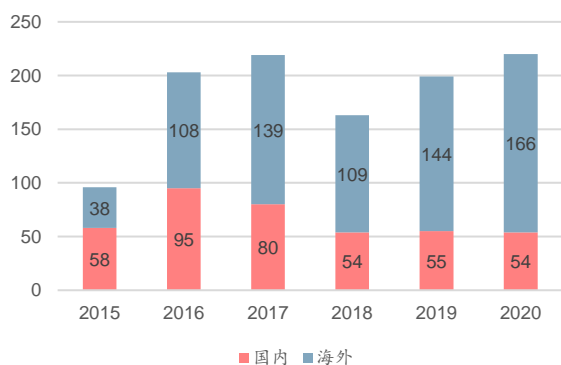
资料来源：陀螺研究院，VRPC，中信建投

图表15：全球 VR/AR 各环节投融资并购规模（亿元）



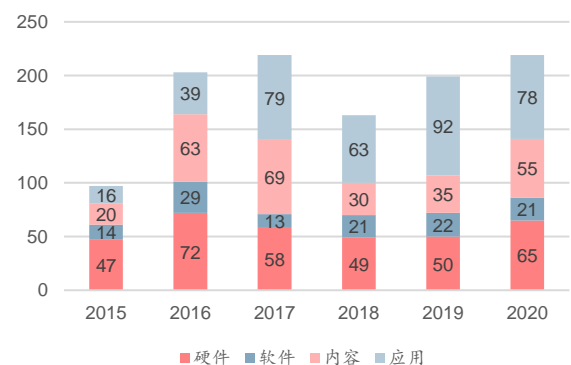
资料来源：陀螺研究院，中信建投

图表16：全球 VR/AR 投融资并购数量（起）



资料来源：陀螺研究院，中信建投

图表17：全球 VR/AR 各环节投融资并购数量（起）



资料来源：陀螺研究院，中信建投

图表18： 2020 年全球重大 VR/AR 融资项目

年份	公司	公司业务	金额
2020 年	Magic Leap	AR 眼镜	3.5 亿美元战略融资
2020 年	North	AR 眼镜	1.8 亿美元被谷歌收购
2020 年	AI Factory	AR 工具软件	1.66 亿美元收购
2020 年	Ubimax	XR 解决方案商	1.56 亿美元收购
2020 年	Inuitive	芯片	1.06 亿美元 E 轮
2020 年	NextVR	XR 直播	1 亿美元被苹果收购
2020 年	Coutsink	VR 游戏开发商	8500 万美元被 Thunderful 收购
2020 年	Scandit	XR 解决方案商	8000 万美元 C 轮
2020 年	微美全息	AR 广告营销	6000 万美元
2020 年		教育培训	5400 万英镑融资
2020 年	Varjo	VR 头显	5400 万美元 C 轮
2020 年	Mojo vision	AR 眼镜	5100 万美元 B1 轮
2020 年	Vertigo Games	VR 开发	Koch Media
2019 年	Sandbox VR	VR/AR 服务提供商	6800 万美元 A 轮融资
2019 年	Nreal	AR 眼镜初创公司	1 亿元 A+轮融资
2019 年	数字王国	VR/AR 视频内容制作	5.5 亿港元融资
2019 年	Insta360	全景拍摄	1.5 亿元 C+轮融资
2019 年	亮风台	AR 产品与服务提供商	1.2 亿元 B+轮融资
2019 年	恒信东方	VR 虚拟引擎开发	发行股票拟募集资金约 10 亿元
2019 年	Niantic	AR 游戏公司	2.45 亿美元
2019 年	Magic-Leap	AR 巨头公司	NTT Docomo 投资 2.8 亿美元
2019 年	Unity	游戏引擎初创企业	1.81 亿美元
2019 年	CTRL-labs	脑机技术初创公司	被 Facebook 以 10 亿美元收购

资料来源：赛迪，VR 陀螺，中信建投

1.4 大厂布局：海外巨头 VR/AR 持续布局，国内厂商处于探索阶段

国内外龙头厂商持续布局 VR/AR 行业，近年来均加大研发和并购活动，在技术方向和品类上各有侧重。其中 Facebook 以 Oculus 系列产品为切入持续建设 VR 产品及生态，微软以 HoloLens 为切入打磨 B 端 MR 产品及生态，苹果已申请大量专利并即将发布新品，谷歌持续完善消费级 AR 产品与生态，华为侧重底层技术布局并陆续推出产品。

Facebook 持续丰富 Oculus 生态。Facebook 近年收购机器视觉公司 Scape、VR 游戏开发商 Sanzaru、AR 地图数据公司 Mapillary、VR 变焦头显技术厂商 Lemnis 等；开发全新的 VR/AR 操作系统，摆脱对谷歌安卓的依赖；推出 Quest 2，预计 21 年销量超 700 万台，与雷朋合作生产 AR 眼镜，预计 2021 年上市。

苹果 在 AR 产业链持续布局，即将发布产品。AR 设备的透镜已在富士康工厂试产，预计于 2022 年下半年发布头显产品，2023 年发布眼镜产品。苹果收购 Next VR 布局内容领域，发布 ARKit4，以及 LiDAR Depth API 申请可

调节透镜 AR 波导显示系统等几十项 VR、AR 专利。

微软继续打磨 HoloLens。微软推出 HoloLens 2 工业版，2021 年春季开放预购，HoloLens 2 将支持 5G 技术，未来打造 AR 生态系统软 MR 开发工具正式发布，新功能包括 Ultraleap 手部追踪，MRTK Toolbox，手部菜单优化等。

谷歌持续完善消费级 AR 产品与生态。谷歌 AR 眼镜 Glass 2 开放购买，售价 999 美元。正式推出 ARCore Depth API。1.8 亿美元收购加拿大 AR 眼镜公司 North。谷歌搜索加入 AR 功能，支持 3D 动物的 MR 视频录制。

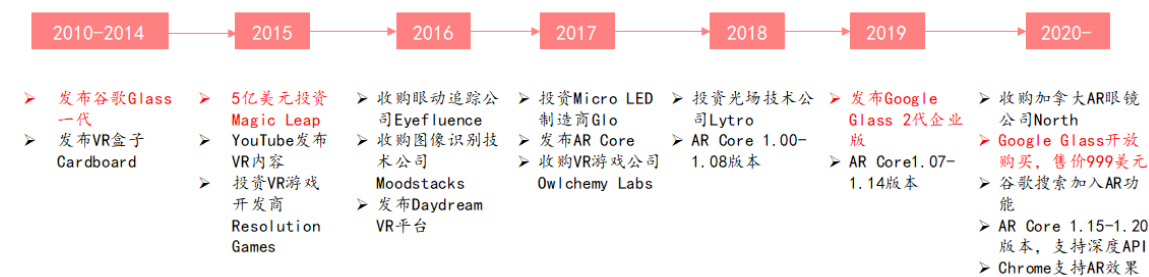
华为侧重底层布局，多方位出击。华为海思发布 XR 芯片，支持 8K 解码，内置高性能 GPU。华为 AR 眼镜专利曝光，华为 AR 地图正式上架华为应用市场，基于河图技术构建，河图 2.0 AR 地图正式发布；发布 AR/VR Engine 3.0,推出全新的 AR 内容开发工具 Reality Studio

阿里达摩院成立 XG 实验室，为 VR/AR 场景研究视频编解码技术、网络传输协议等相关标准。阿里影创 VR 研究院成立。

腾讯聚焦内容和云生态。腾讯游戏与华为成立联合创新实验室探索 VR/AR 等前沿技术。与英伟达合作在 Tencent Marketplace 上全面提供 Cloud XR

HTC持续优化 Vive 生态：发布两款全新 VR 概念机（一体式 VR 和短焦 VR），同时停产 Vive Pro 和 Focus，继续生产 Pro Eye 和 Focus Plus。投资 VR 内容企业 Immersive VR Education，以及另外 7 价 VR/AR 内容和应用领域企业。

图表19：谷歌在 VR/AR 领域的布局



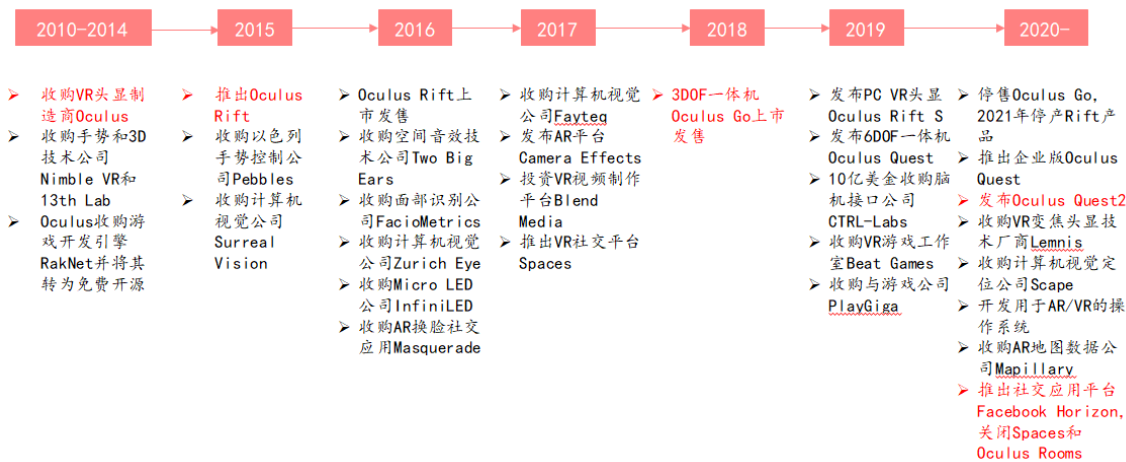
资料来源：陀螺研究院，中信建投

图表20: 苹果在 VR/AR 领域的布局



资料来源: 陀螺研究院, 中信建投

图表21: Facebook 在 VR/AR 领域的布局



资料来源: 陀螺研究院, 中信建投

二、VR：产业链核心环节均已渐趋成熟，硬件产品体验大幅提升

2.1 VR 近期上市产品分析：一体机和轻量化为主流

2020 年 VR 上市产品以一体机和轻量化为主流。2020 年 Facebook 发布新一代 VR 一体机，Oculus Quest 2，同时 HTC、华为、夏普、爱奇艺、电信均发布了 VR 产品，全年 13 款 VR 头显中 7 款为一一体机，且一体机重量轻便于携带，符合消费电子产品的发展趋势。

从 VR 头显硬件配置上看，高通 XR 芯片、Fast-LCD 屏幕，菲涅尔透镜成为主要硬件方案，6DOF 及 Inside-Out 成为主要显示交互方案。处理器上，高通 XR 已成为当前 VR 主力芯片。显示上，4K、70Hz 的 Fast-LCD 屏为消费级 VR 主流屏幕，能有效降低纱窗效应和眩晕感。光学上，普遍采用菲涅尔透镜方案，短焦方案由于其产品体积小厚度薄，越来越多的厂家开始跟进。追踪显示上，VR 头显逐步升级到 6DOF，Inside-Out 成为主流。

图表22：2020 年 VR 头显上市品类

产品名称	爱奇艺 奇遇 2Pro	Pico Neo2	3Glasses X1S	电信小 V 一体机	Xspace Manova	惠普 ReverbG2	NOLO X1	Lenovo Mirage S3	Oculus Quest 2	华为 VR Glass	创维 S6	Vajro VR-3	
处理器	高通 骁龙 835	高通 骁龙 845	高通 骁龙 XR1	全志 VR9	高通 骁龙 845		高通 骁龙 XR1	高通 骁龙 835	高通 骁龙 XR2				
产品形态	一体机	一体机	分体式	一体机	一体机	PC VR	一体机	一体机	一体机	手机 VR	分体式	PC VR	
显示	屏幕	FAST-LCD	FAST-LCD	FAST-LCD	FAST-LCD	FAST-LCD	FAST-LCD	未知	FAST-LCD	FAST-LCD	FAST-LCD	主屏 OLED	
	分辨率	3840*2160	3840*2161	3200*1600	2.5K	2880*1440	4320*2160	2560*1440	3840*2160	4K	3200*1600	主屏 4K	
	刷新率	75Hz	75Hz	90Hz	72Hz	90Hz	90Hz	75Hz		72Hz/90Hz	70Hz/90Hz	90Hz	
光学	光学方案	非球面	菲涅尔	超短焦	非球面	菲涅尔		菲涅尔		菲涅尔	短焦	短焦	
	视场角	110°	101°	92°	100°	110°	114°	96°	101°		90°	94°	115°
追踪	头部	6DOF	6DOF	3DOF	3DOF	6DOF	6DOF	6DOF	3DOF	6DOF	6DOF	3DOF	6DOF
定位	手柄	双手 6DOF	双手 6DOF	3DOF			双手 6DOF	6DOF		双手 6DOF	双手 6DOF		双手 6DOF
	追踪方案	inside-out	inside-out			inside-out		outside-in		inside-out	inside-out		outside-in
操作系统	基于安卓	PicoUI 安卓		基于安卓		WMR	NOLO UI 安卓		基于安卓				
重量	280g	340g	150g	319g	470g	550g	<400g	471g	503g	166g	<150g	944g	
官方定价	3999¥	4399¥	4599¥	699/799¥	599¥		2799¥		299/399¥			3195\$	
发布/上市时间	2020/3	2020/3	2020/3	2020/5	2020/5	2020/5	2020/6	2020/6	2020/9	2020/10	2020/10	2020/12	

资料来源：陀螺研究院，中信建投

2.2 VR 产品结构及产业链：处理器、存储、光学显示器件合计占比超 80%

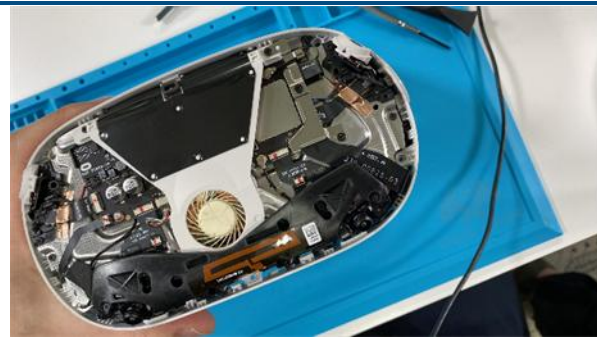
VR 终端的硬件部分主要由处理器、存储、屏幕、光学器件、声学器件、壳料、辅料构成。Oculus Quest 2 采用高通骁龙 XR2 芯片组、闪迪内存、JDI 和夏普的 LCD 显示屏、两片菲涅尔透镜、国产锂电池组、4 个外部摄像头实现 6DOF 头部交互，实现了更轻的质量、更紧凑的结构、更准确的交互和更高的图像性能。

图表23: Oculus Quest 拆解图



资料来源: VR 陀螺, 中信建投

图表24: Oculus Quest 2 拆解图



资料来源: 映维网, GORoman, 中信建投

处理器、存储、光学显示器件在 VR 终端成本中占比较高，产业链相对比较成熟。由于目前 VR 产品的使用场景主要是游戏和视频，以图像处理 and 显示为功能重点，因此在硬件成本中，负责计算、渲染和图像处理的 CPU 和 GPU 占比较高，占比 16%左右；另外 VR 也需要较高的内存，存储成本占比 27%；包括屏幕和光学器件在内的显示器件占比约为 40%。

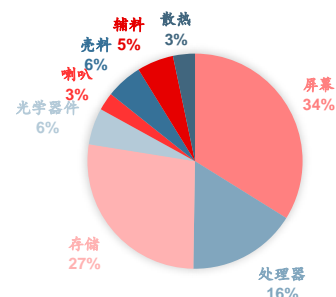
目前 VR 硬件的产业链相对比较成熟，与智能手机重合度较高，许多领域的技术积累可以复用。VR 产业链包括传统的显示屏厂商 JDI、夏普、京东方、华星光电、深天马等，以及传统光学厂商舜宇光学科技、联创电子等，声学厂商歌尔股份、瑞声科技等，精密结构件厂商立讯精密、领益智造、长盈精密等，代工厂歌尔股份等。

图表25: VR 终端硬件构成

硬件	核心器件					配套外设		
	芯片	传感器	显示屏	光学器件	通信模块	手柄	摄像头	体感设备
终端	高通 海思 HTC 爱奇艺 华为 三星 大疆 谷歌 Vivo OPPO	STM ADI TI 英飞凌 AMD 三星 MTK 瑞芯微 全志	夏普 JDI 三星 LG 京东方 华星光电 深天马 维信诺	舜宇光学 水晶光电 联创电子 蓝特光学	HTC Jelbi Flex 和硕 瑞海	歌尔声学 索尼 Leap motion 双视科技 晨香科技 Nod	舜宇光 学 联创电 子 利亚德 欧菲光 索尼 Go Pro	歌尔声学 双视科技 凌感科技 Control VR Mogies Tactical

资料来源: 中信建投

图表26: VR 终端硬件成本占比



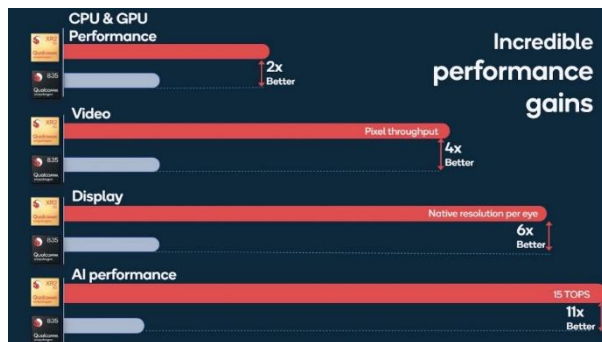
资料来源: 立鼎产业研究, 中信建投

2.3 计算芯片: 高通为 VR/AR 开发专用芯片, 骁龙 XR2 占市场主流

高通为 VR/AR 开发独立专用的芯片平台，提供强大硬件性能支持。高通骁龙推出 5G+XR 芯片 XR2，全面布局 VR/AR 市场，骁龙 XR2 是基于骁龙 865 针对 VR/AR 设备进行改造的专用平台，结合了高通 5G、AI 和 XR 领域的最新技术，相对 XR1 其性能得到显著提升，XR2 在 Quest 2 上首发。目前高通芯片 835、845、骁龙 XR1、XR2 等芯片在 VR/AR 硬件市场上具有统治地位。

国产 VR/AR 芯片起步较晚，仍需时间积累。国产芯片起步较晚，目前全志科技、瑞芯微、晶晨等厂商都提供了虚拟现实解决方案，但性能尚有差距。其中 16 年推出的瑞芯微 RK3399 定位高端 VR 芯片，采用了双

Cortex-A72 大核+四 Cortex-A53 小核和高端图像处理器，面向高端 VR 设备市场。17 年推出的全志 VR9 采用四核 Cortex-A53，支持 4K@60fps 解码，视频播放能力与高通骁龙 XR1 持平，主要用于中低端视频播放 VR 设备。20 年 5 月海思正式发布 XR 芯片平台，可支持 8K 解码能力，集成 GPU、NPU，Rokid Vision 将成为海思 XR 芯片平台的首款 AR 产品。国内 XR 芯片主要集中在中低端并在市场上具有一定的竞争力，但高端 XR 芯片开发能力仍需要积累。

图表27： 骁龙 XR2 与骁龙 835 性能对比


资料来源: 高通, 中信建投

图表28： 海思发布 XR 芯片平台


资料来源: 海思, 中信建投

2.4 显示：Fast-LCD 目前成为主流

VR 对像素密度要求极高，要求 1000ppi 以上的显示器件。VR 的原理是将手机大小的屏幕分屏，然后用放大镜将屏幕画面矫正后投射到人眼中,让人形成双目立体视觉。由于 VR 特殊的分屏播放形式，在显示的时候单个画面只会用到屏幕一半的像素点，再加上光学镜片和屏幕材质等因素的影响，复杂的光学系统位于用户眼睛和显示面板之间，它们会严重降低图像质量，VR 感知分辨率就会远远低于面板的分辨率。目前 8K 的 VR 可以相当于屏幕 480P 的视觉效果，12K 的 VR 相当于平面 720P 的视觉效果。同时，由于便捷性和舒适性的要求，VR 的显示器件面积较小，要让这宽广的世界在方寸之小的屏幕上显示，对于 ppi（像素密度）的要求极高。目前普通手机屏幕在 300ppi 左右，而 VR 则要求 1000ppi 以上的显示器件。

Fast-LCD 屏幕量产稳定、性价比高，目前已成为消费级 VR 头显的主流屏幕。VR 头显与普通显示器的区别在于头部的移动造成的图像扭曲和运动模糊，为解决这一现象，需要全局刷新驱动技术，减少光源发光时间。传统 LCD 显示屏的响应时间是其最大的问题，Fast-LCD 技术使用新的液晶材料（铁电液晶材料）和超速驱动技术（overdrive）来有效提升刷新率，同时也具有较高的量产稳定性和良率，性价比较高，Oculus Quest 2 即采用一块改良后的 Fast-LCD 替换了上代产品中的两块 AMOLED。

图表29：纱窗效应



资料来源: Google, 中信建投

图表30：京东方应用于 VR/AR 显示的 Fast LCD 参数

产品	2.1"	3.2"	5.5"
分辨率	1600×1600	2880×2880	2160×2160
显示技术	LCD	LCD	LCD
PPI	1058	1283	807
响应时间	≤5ms	≤5ms	≤5ms
对比度	700 : 1	2000 : 1	700 : 1
色欲	72%NTSC	100%NTSC	72%
亮度	100nit	200nit	150nit
刷新率	90Hz	90Hz	90Hz

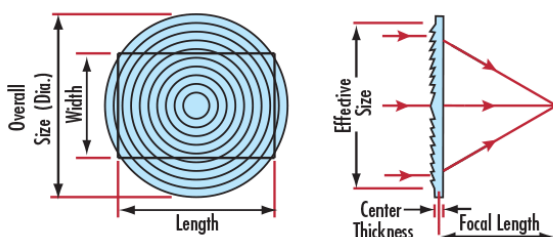
资料来源: BOE, 中信建投

2.5 光学：菲涅尔透镜得到成熟应用，未来向超短焦方案发展

菲涅尔透镜在 VR 头显上得到广泛成熟运用。菲涅尔透镜采用聚乙烯塑料注塑成型工艺，表面加工成一圈圈向外由小到大，由浅到深的同心圆，剖面看似锯齿状。该设计允许构造大光圈和短焦距的透镜的同时具有较轻的重量和较薄的厚度。但菲涅尔透镜会使显示器件的清晰度受损和曲率出现偏差。菲涅尔透镜使 VR 头显设备能在短距离中实现有效图像显示效果，是目前主流 VR 头显中透镜光学部件。

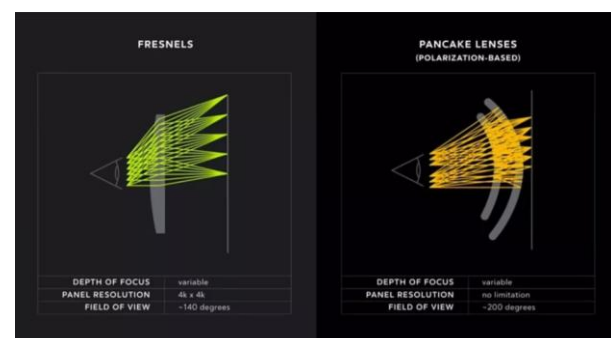
超短焦光学为头显继续“瘦身”，成为 VR 光学技术的未来发展方向。目前反射偏振的折叠光路（Pancake）为最易量产的超短焦方案。Pancake 可以细分为两片式和多片式两种方案，目前市面上多为两片式，其生产工艺要求简单，成本可控，是目前大多数 VR 眼镜所采用的短焦光学方案，而相对的多片方案中光学镜片较多，组装及镀膜难度较大。基于 Pancake 技术方案的 VR 眼镜，图像源发射光线进入半反半透的镜片之后，光线在镜片、相位延迟片以及反射式偏振片之间多次折返，最终从反射式偏振片射出。此种光学方案能极大地缩小了产品体积，但 Pancake 的光学质量会因制造工艺问题出现杂散光、对焦差和脏污的情况。

图表31：菲涅尔透镜原理



资料来源: Edmund, 中信建投

图表32：Pancake 方案和非涅尔方案对比



资料来源: Oculus, 中信建投

2.6 定位与交互：Inside-out 和 6DOF 逐渐成为主流

追踪定位：Inside-out 取代 Outside-in 成为 VR 主流架构，

Inside-out 逐步取代 Outside-in 成为主流技术。定位追踪技术在实现上主要分为两类,即“Outside-in”和“Inside-out”。2017 年,由外向内(Outside-in)追踪定位技术实现产品化,并开始大量用于体验馆、线下门店等商业场景。Outside-in 需要在房间里布置传感器的摆放或者悬挂位置,如果你想把 VR 体验场地换到另外一个房间,传感器的摆放就又要重新布置。2018 年,Facebook、HTC 发布基于 Inside-out 的一体机,由内向外(Inside-out)追踪定位技术能够实现设备的无绳化,也逐渐取代 Outside-in,明确成为 VR 主流追踪定位技术架构。在 AR 领域,目前主要的技术路线是单目视觉+IMU 融合 SLAM 定位,实现厘米级准确度和毫米级精密度定位输出。

图表33: VR 追踪定位技术对比

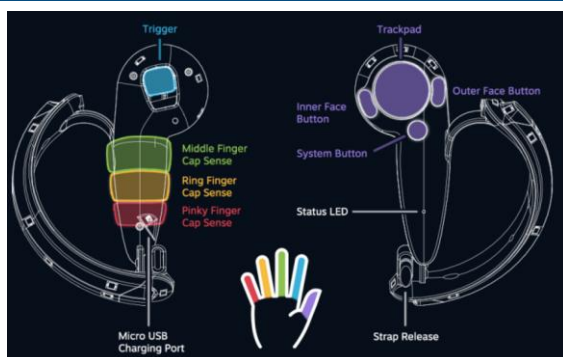
	Outside-in	Inside-out
区别	信号源在外部,传感器在被追踪设备上	信号源源内置在被追踪设备的内部,直接向外部获取信息
精度	精度高,小于 1mm	精度略低,约为 5mm
优缺点	精度高,延迟小,价格低	成本较高,但可以摆脱范围的限制
商用方案	Oculus Rift, HTC Vive	HoloLens, Oculus Quest,

资料来源: CSDN, 中信建投

手势交互：目前以基于手柄的“6+6”交互为主流，未来将以裸手交互为趋势

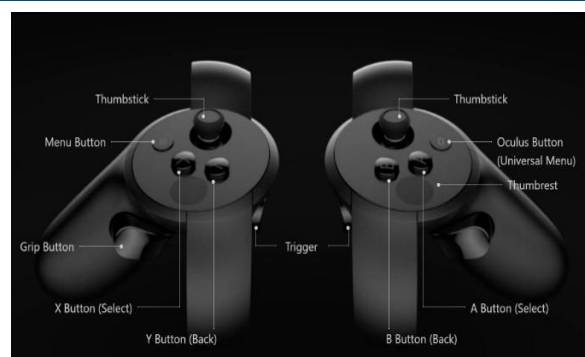
6DOF 逐渐取代 3DOF, 头显和手柄“6+6”成为发展趋势。定位技术的原理简单概括,就是“信号源+传感器”,使用相应的算法计算出物体的位置信息(包括三轴及旋转共六个自由度,6DOF)。算法及算力的成熟带来 VR 设备从初期的 3DOF 向 6DOF 发展。目前手柄控制依然是主流,融合 Inside-out 6DOF 头动和 6DOF 手柄交互的所谓“6+6”交互路线成为发展趋势,代表厂商有 Oculus Quest、Pico 及 Nolo、Ximmerse 等。各厂商的 VR 手柄设计有较大不同,通常都会配置摇杆,小型触摸板, A、B 操作按钮,以及握柄部分的电容感测,可识别压力、触感、以及光学数据。

图表34: Valve Index VR 手柄



资料来源:Valve, 中信建投

图表35: Oculus Rift 手柄



资料来源:Facebook, 中信建投

裸手交互是未来的主流研究方向。裸手交互（原生手势识别）方案需要识别出手部骨架的 21 或 26 个关键点，并将每个点用 3 个自由度衡量，输出 21/26*3 维的矢量，并由专业算法来识别手部的姿态和位置。裸手交互的硬件方案包括 RGB 摄像头、3D 摄像头（TOF、结构光、双目视觉）和数据手套等，业界标杆是以 Leap Motion 和 uSens 为代表的双目红外相机方案，支持双手交互、单手 26DOF 跟踪，广泛用于一体式、主机式虚拟现实终端，而在手机式产品方面，华为 AR Engine 利用结构光器件实现了单手 26DOF 交互方案。裸手交互的算法方案大体可以分为模型驱动和数据驱动两种方式，模型驱动类的算法不需要训练数据，但需要高度精确的初始化设计，通常只能用于手势追踪领域，数据驱动类算法依靠大数据和机器学习，目前已经成为主流的研究方向。

图表36：原生手势识别硬件方案对比

	RGB 摄像头	3D 摄像头	数据手套
原理	RGB 摄像头拍摄彩色图片，AI 算法识别手的位置、姿态、手势等信息	3D 摄像头获取深度图片，AI 算法识别信息，分为 TOF、结构光和双目视觉	在手上带一个内置传感器的特制手套，检测手指的屈伸角度或位置，
优点	设备成本低、数据容易获取	准确、稳定	对手的局部动作检测很准，而且不受视觉方案中视野范围的限制
缺点	缺乏深度信息，受光照影响非常大，夜间无法使用，稳定性和精度较差	需要额外的设备、硬件成本比较高	手上必须戴手套不方便，且只能检测局部的手指动作，不能定位手部整体的位置角度
商用方案	英梅吉、ManoMotion、虹软等	微软 HoloLens、极鱼科技 ThisVR、Leap Motion、uSens	DEXMO

资料来源: Rokid R-Lab, 中信建投

手势识别的落地场景目前以游戏为主，未来将向肢体交互等方向拓展。目前，手势识别技术的落地场景还比较有限，主要在 VR 游戏场景中，另一方面，手势识别技术存在使用疲劳、识别率不高、精确性较差和时延等方面的固有问题，因此还处于比较早期的发展阶段。但可以预见的是，手势交互是未来人机交互必不可少的一部分。随着深度学习的快速发展，交互范围也逐渐从手部拓展到肢体，以 Wmch、Facebook、华为 AR Engine、百度、旷视、商汤等国内外厂商先后推出可实时运行的人体骨骼点跟踪技术，广泛用于各类 VR/AR 应用。

三、AR：光学系统是核心器件，产业链多种方案百花齐放

3.1 近期 AR 上市产品分析

2020 年上市的 VR 产品尚未形成统一的形态和主流的技术路线。从产品形态上，一体式、分体式共存，尚未形成统一的技术路线。轻薄化、类普通眼镜是发展的必然选择。目前仍受限于底层核心技术，特别是光学、显示技术和电池续航等的技术突破。

从处理器上看，高通芯片一家独大。从显示上看，多种显示屏幕并存，Micro-LED 是未来。从光学系统来看，光波导+Micro-LED 是未来发展的趋势，光学显示镜片的量产与成本问题有待解决。从感知交互来看，SLAM 开始普及，手势识别逐步具备。

图表37：2020 年 AR 头显上市品类

产品名称	Vuzix M4000	Rokid Glass2	钉钉 Nreal Light AR	Oglasses RealX Pro	Dream Glass 4K	理光 Ricoh AR	影创 鸿鹄	OPPO AR Glass2021	爱普生 BT-40	亮亮视野 Leion Pro	
产品形态	一体式	分体式	分体式	分体式	分体式	分体式	分体式	分体式	分体式	分体式	
显示	屏幕	DLP	LCOS	硅基 OLED	硅基 OLED	未知		硅基 OLED	硅基 OLED	硅基 OLED	
	刷新率				60Hz					90Hz	
	分辨率	854*480	1280*720		1920*1080	1920*1080	1920*1080		1920*1080	640*400	
光学	类型	光波导	光波导	复合光导	BirdBath	自由曲面	光波导	BirdBath	BirdBath	自由曲面	光波导
	单/双目	双目	单目	双目	双目	双目	双目	双目	双目	双目	双目
	视场角	28°	40°	52°	55°	90°		52°	50°	34°	30°
处理器	高通骁龙 XR1	晶晨 905D3	高通骁龙 845		瑞芯微 Mali-T864		高通骁龙 XR2				
追踪定位	3DOF	6DOF	6DOF	6DOF	3DOF/6DOF		6DOF	6DOF		6DOF	
操作系统	安卓	安卓			安卓		BlueCat	虹宇 I			
重量			88g	85g	185g	49g	85g		95g	90g	
官方定价	2499\$		10999¥		4299¥					4599¥	
发布日期	Jan-20	Jan-20	May-20	May-20	Jul-20	2020/8	Oct-20	Nov-20	Nov-20	Dec-20	

资料来源：陀螺研究院，中信建投

3.2 AR 产品结构及产业链：光学组件成本占比接近一半

AR 终端的硬件部分主要由处理器、光学组件、摄像头和传感器、存储器几部分构成。Magic Leap One 主要部件包含 6 个 LCOS 屏幕和一块 6 层的几何光波导镜片，一块可以续航三小时的电池，使用了英伟达 Parker SOC。HoloLens 主要部件包括深度感应摄像头、4 个环境感应摄像头、全息处理单元 HPU、Intel Atom x5-Z8100 CPU、一块 16.5Wh 的电池、3 层衍射光栅+LCOS 的光学显示方案。

图表38: Magic Leap One 拆解图



资料来源: IFIXIT, 中信建投

图表39: HoloLens 拆解图



资料来源: The Verge, 中信建投

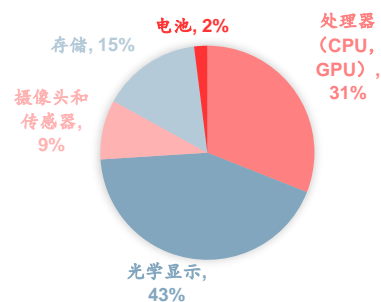
近眼显示技术是目前主要难点，因此光学显示在 AR 终端成本中占比较高。近眼显示（Near-eye display，简称 NED）目前是 AR 硬件最重要的问题，不同于半导体遵循摩尔定律，往往具有可预见的迭代周期，光学设计则需要在最基本的物理定律的框架下，不断探索、论证各种的可能性，技术门槛较高，生产良率低。因此目前的 AR 终端中，光学显示的占比最高，参考 HoloLens 的成本结构，光学显示部分约占 40% 左右。其次是处理器（~30%），存储（~15%），摄像头（~10%），电池（2%）。

图表40: AR 终端硬件构成

处理与计算	处理与计算	输出	
语音、手势、体感、实景识别	信息运算、存储与传输、图像识别、3D建模、渲染	显示模组	
IMU 传感器 摄像头 音频模组	驱动 IC CPU GPU HPU	AMOLED OLED LCOS LCD	方棱镜 曲面棱镜 高轴光学 阵列光波导 衍射光波导

资料来源: 中信建投

图表41: AR 终端硬件成本占比



资料来源: 中信建投

3.3 光学显示系统：百花齐放，Micro-LED+光波导未来可期

AR 设备的光学显示系统通常由微型显示屏和光学元件组成。光学组合器的不同，是区分 AR 显示系统的关键部分，市场上各种方案百花齐放，目前较多的搭配方案包括 LCOS+光波导、DLP+光波导、硅基 OLED+自由曲面等。

图表42：目前 AR 设备光学显示方案

光学显示系统	示意图	代表产品	特点
LCOS+棱镜		Google Glass	价格便宜，体积小 视场角小，无法做成眼镜形态
Micro OLED+自由曲面		耐德佳 Rokid Glass	对比度好，分辨率高，色彩好，视场角大；功耗较低，体积适中，可以做成眼镜形态；Micro OLED 亮度较低，外界透光率较低
LCOS/DLP+光波导		Hololens Magic Leap One	亮度高，视场角大，分辨率高，透光率高 动眼框大，覆盖人群广 功耗适中，非常轻薄 显示色彩和对比度稍差
LBS+全息反射薄膜		North Focals	体积小，功耗小 视场角小，动眼框小，对比度低，色彩较差 外界透光率高，但虚像容易受到遮挡

资料来源：Rokid-R Lab，中信建投

3.3.1 显示：多种显示方案共存，Micro-LED 逐渐成熟并有望成为主流技术

目前 AR 设备中多种显示屏幕共存。目前发布的 AR 产品使用较多的是 LCOS、硅基 OLED、DLP 三种屏幕，由于亮度上的差异，硅基 OLED 一般与 BB、自由曲面搭配、LCOS、DLP 基于亮度上的优势与光波导搭配。Micro-LED 由于具有高亮度、低延时、低功耗等优点将成为 AR 眼镜微显示器件的最优选择。

图表43：AR 显示屏幕方案对比

	L-COS	DLP	硅基 OLED	Micro-LED
响应时间	毫秒级	微秒级	微秒级	奈秒级
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） 10000000nit（单色）
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
功耗	高	中等	低	低
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：陀螺研究院，中信建投

(1) 硅基液晶 (LCOS) 作为 AR 终端常用的显示技术得到了一定发展与认可, 但其较高功耗与较低对比度限制了该技术的发展。

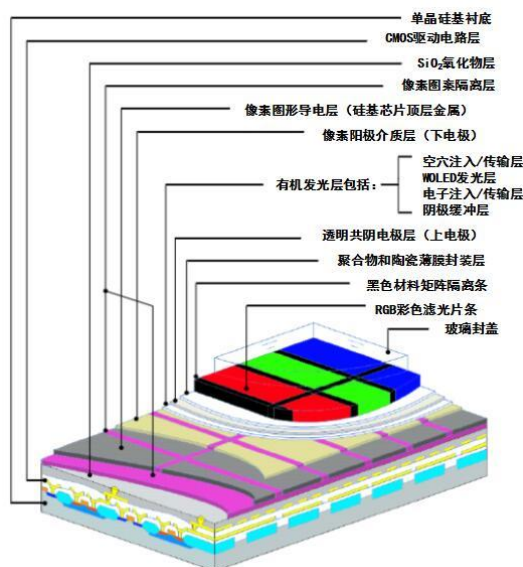
硅基液晶 (LCOS) 是一种新型的反射式微液晶投影技术, 它采用涂有液晶硅的 CMOS 集成电路芯片作为反射式 LCD 的基片。传统的 LCD 是做在玻璃基板上, LCOS 则是做在硅晶圆上。前者通常用穿透式投射的方式, 光利用效率只有 3% 左右, 解析度不易提高; LCOS 则采用反射式投射, 光利用效率可达 40% 以上, 而且可随半导体制程快速的微细化, 逐步提高解析度。LCOS 的优势在于性价比较高, 缺点在于对比度不足以及功耗较高。

(2) 硅基 OLED (OLED_{oS}) 可显著改善 LCOS 在对比度、功耗与响应时间等方面的性能表现, 成为新近发布 AR 终端的技术选择。未来需要进一步降低成本并完善生态体系。

硅基 OLED 显示采用单晶硅晶圆作为有源驱动背板, 所以更容易实现高 PPI (像素密度)、高度集成、体积小、易于携带、抗震性能好、超低功耗等优异特性。自 2020 年开始, 国内显示厂商在硅基 OLED 领域投资动作频繁, 2020 年产线投资规模超过 200 亿元, 包括安徽熙泰、京东方、维信诺、紫旸升光电科技等公司均有投资兴建硅基 OLED 产线。

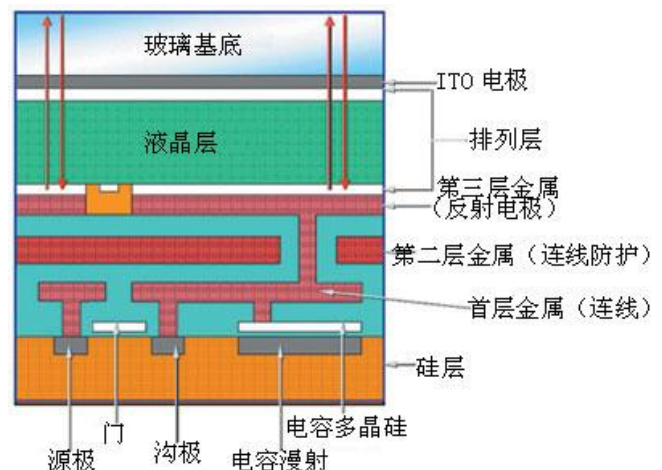
未来硅基 OLED 需要解决的问题包括: 一是降低成本, 硅基 OLED 是集成电路和新型显示两种技术的结合, 其中集成电路制程占据了器件成本的 70% 到 80%, 随着硅基 OLED 器件市场需求的不断增长, 现有的生产方式还有待探索和磨合; 二是优化系统和提升整机设计水平, 包括光学设计和制造、人体工程、操作系统和应用程序等多方面的配合。

图表44: 硅基 OLED 显示器件



资料来源: 安徽熙泰智能科技, 中信建投

图表45: 硅基 LCD 面板剖面图



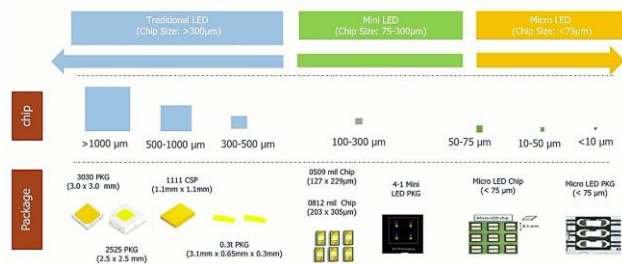
资料来源: 光电子技术, 中信建投

(3) Micro-LED 成为继 LCD 和 OLED 后业界期待的下一代显示技术, 技术逐渐成熟, 市场前景广阔, 诸多行业巨头加速战略布局。

Micro-LED 原理是将 LED 阵列微小化、可拼接化使其性能得到良好提升, 具备低功耗、高亮度、高对比、

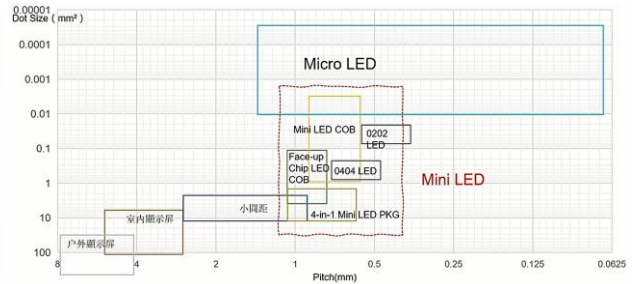
反应速度快、厚度薄与高可靠等优势。Micro-LED 微显示屏幕当前量产的难点在于巨量转移技术，目前制造成本过高，产业化仍需要时间。梳理晶元光电、友达光电、臻创科技、三星等重点企业的发展进度可知，预计其规模量产时间在 2022 年左右。

图表46： Micro LED 芯片及封装尺寸定义



资料来源：集邦咨询，中信建投

图表47： 各类显示屏芯片尺寸和灯珠间距对比



资料来源：集邦咨询，中信建投

苹果 (LuxVue)、脸书 (InfiniLED)、谷歌 (Glo、Mojo Vision)、英特尔 (Aledia) 等纷纷投资或收购 Micro-LED 领域初创公司，布局 Micro-LED 显示技术。2020 年国内 Micro-LED 厂商 JBD 与 AR 眼镜厂商 Vuzix 达成供货，Facebook 已宣布与英国 Micro-LED 厂商 Plessey 合作推出了 Micro-LED AR 眼镜。

3.3.2 光机：多种光学方案并存，光波导技术发展趋势明确

AR 的光机设计是当前的难点之一。一方面，不同于 VR，AR 是需要透视的，成像系统不能挡在视线前方，因此多了一个或一组光学组合器，通过“层叠”的形式，将虚拟信息和真实场景融为一体。另一方面，不同于半导体遵循摩尔定律，往往具有可预见的迭代周期，光学设计则需要最基本的物理定律的框架下，不断探索、论证各种的可能性，技术门槛较高，进展相对缓慢，但目前在一些技术上已经取得了较为明确的突破。

在各种光学参数存在冲突的情况下做出取舍，是目前 AR 光机的重要挑战。由于现有技术方案在分辨率（清晰程度）、视场角（视野范围）、重量体积（美观舒适）等方面存在潜在冲突，如何做到视觉质量、眼动框范围、体积重量、视场角、光学效率与量产成本间的权衡取舍、优化组合成为驱动技术创新的主要动因。

图表48： 光学设计参数

AR 显示器的参数	目前存在问题及原理	探索方向
视场角 (FOV)	更大的视场要求更大的显示器表面尺寸(40°/35mm, 90°/60mm, 170°/170mm)	曲面波导，但距离应用较远
视窗尺寸/出瞳 (eyebow size)	用户的眼镜自由移动和不同的瞳距的要求，通过机械调节（难以实现）和光学调节来扩大视窗宽度 更大的视窗尺寸要求更大的显示区域（波导）尺寸，同时需要显示屏更多的光输出	衍射光波导可以实现二维扩瞳
亮度、透明度、占空时间	显示器亮度有限，大多数 AR 眼镜在户外不可用，目前采取降低透明度的解决方案 占空时间较长，显示器亮度提高，但是会出现拖影；占空时间	LCOS 面板可以实现高亮度和高透明度，占空时间低于 1ms（各颜色）的光亮显示器

	较短，拖影情况减少，但是显示器亮度降低	
对比度	在对比度差的 AR 显示器中，透明区域显示为深灰色。随着 AR 显示器的亮度提升，需要更高的对比度。 对比度取决于显示面板和光学系统	LCOS 往往具有低对比度，通常是 1: 100 至 1: 200。OLED 具有相对较高的对比度
均匀性和色彩质量、现实/虚拟世界畸变、人眼安全、体积和重量、光学效率、功耗和散热.....	衍射波导可能会带来显示器不同位置的色调不均匀和色差问题、波导以将光线弯曲（引导）到正确的方向，但它同时会影响真实世界的光线、玻璃元件容易破碎伤害用户的眼睛等	

资料来源：中信建投

（1）折反式（Birdbath）得益于设计与量产成本的优势，触发了消费级 AR 终端的规模上量。

Birdbath 的工作原理是把来自显示源的光线投射至 45 度角的分光镜。分光镜具有反射和透射值（R / T），允许光线以 R 的百分比进行部分反射，而其余部分则以 T 值传输。同时具有 R/T 允许用户同时看到现实世界的物理对象，以及由显示器生成的数字影像。从分光镜反射回来的光线弹到合成器上。这是一个凹面镜，可以把光线重新导向眼睛。

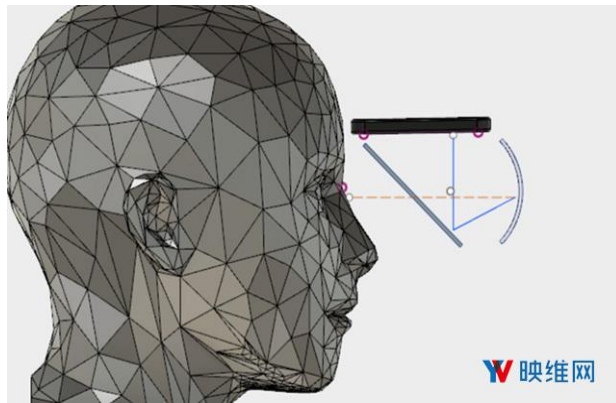
基于这一传统技术路径的光学模组体积较大厚度减薄困难，眼动框范围受限，其光学系统须搭配算法缓解畸变，且光效难以高于 15%，效果和成本较大程度受限于微显示器的发展，高亮的 OLED_{oS} 成为最优搭配，目前我国已有厂商采用该技术大量出货。搭载 Birdbath 光学方案的 AR 头显包括：联想 Mirage AR 头显、ODG R8 和 R9、OPPO AR Glass 2021 等。

（2）自由曲面在早期得到业界认可，其显示效果、光效表现较好，但会产生畸变等问题。

自由曲面采用相对简单的光学设计，它搭载了低成本 LCD 显示源，以及带反射/透射（R/T）值的曲面反射镜。显示器发出的光线直接射至凹面镜/合成器，并且反射回眼内。显示源的理想位置居中，并与镜面平行。从技术上讲，理想位置是令显示源覆盖用户的眼睛，所以大多数设计都将显示器移至“轴外”，设置在额头上。凹面镜上的离轴显示器存在畸变，需要在软件/显示器端进行修正。

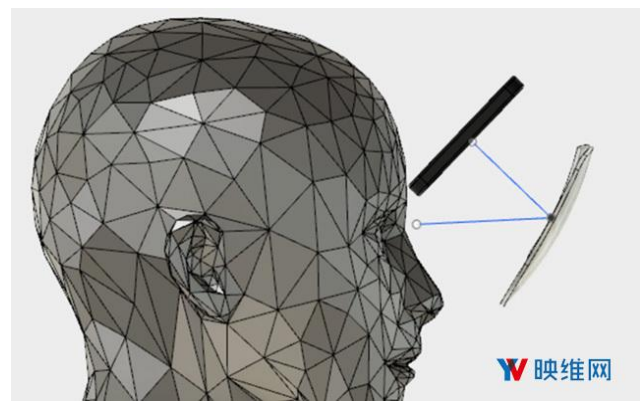
但自由曲面量产加工难以保持较高精度，局部精度下降可导致图像局部扭曲和分辨率降低，存在产品一致性难题。此外，通过厚棱镜观察真实世界会出现一定程度扭曲和水波纹样畸变，这些因素影响了自由曲面的发展潜力。搭载自由曲面光学方案的 AR 头显包括：Mira Prism，Meta 2，Leap Motion，Dream World。

图表49: Birdbath 光学设计



资料来源: 映维网, 中信建投

图表50: 自由曲面光学设计



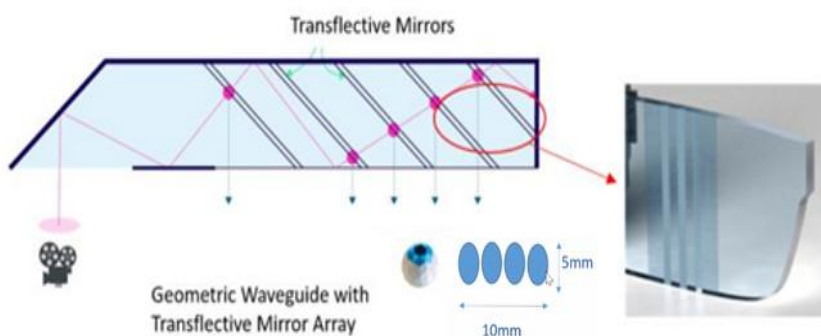
资料来源: 映维网, 中信建投

(3) 光波导在 AR 领域的技术发展前景明确, 有助于推动消费级 AR 产品显著升级, 高性能光波导的发展尚需时间。

(a) 几何(阵列)光波导: 镜面阵列设计, 实现一维扩瞳, 制造工艺复杂

几何光波导中, 耦合光进入波导首先遇到一个棱镜或反射面, 在多层全反射后到达眼睛前方, 耦合光出波导的结构是一个“半透半反”镜面阵列。每一个镜面会将部分光线反射出波导进入人眼, 剩下的光线透射过去继续在波导中前进。镜面阵列相当于将出瞳沿水平方向复制了多份, 这样眼睛在横向移动时都能看到图像, 这就是一维扩瞳技术(1D EPE)。

图表51: 几何光波导的原理



资料来源: Rokid-R Lab, 中信建投证券研究发展部

目前几何光波导代表光学公司是以色列的 Lumus, 国内的珑璟光电。如果生产过程符合设计, 几何波导的成像质量比较好, 但光效率比传统光学系统偏低, 相当于出光面积变大, 每一个出瞳位置看到的光就变少了。但问题在于, 几何波导的工艺难度非常大, 主要在于复杂的镀膜工艺, 由于光在传播过程中会越来越少, 要保证动眼框范围出光均匀, 阵列中这五六个镜面的每一个都需要不同的反射透射比(R/T), 又由于光通常是偏振的, 每个镜面的镀膜层数可能达到十几甚至几十层; 另一方面是胶合难度大, 镜面之间的平行度和切割的角度都会影响到成像质量, 极易出现瑕疵, 导致黑条纹, 出光不均匀, 鬼影等现象。因此几何波导的良率较低, 可量产

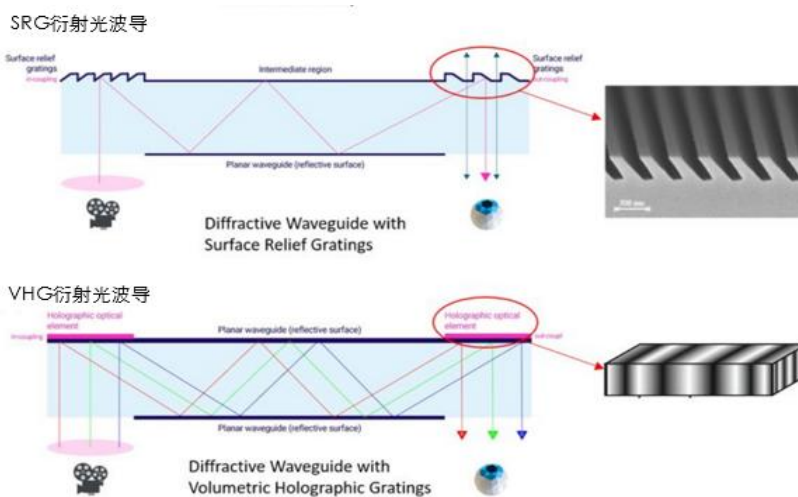
性较低。此外，基于阵列光波导的二维扩瞳方案对加工工艺的挑战极大，短期难以商用。

(b) 衍射光波导：通过光栅调整，可以实现二维扩瞳

衍射光波导主要有利用光刻技术制造的表面浮雕光栅波导（Surface Relief Grating, SRG）和基于全息干涉技术制造的全息体光栅波导（Volumetric Holographic Grating, VHG），HoloLens 2, Magic Leap One 均属于前者，苹果公司收购的 Akonia 和 Digilen 则致力于后者。

衍射光波导依循光学元件从毫米级到微纳级、从立体转向平面的技术趋势，采用平面的衍射光栅取代传统的光学结构。衍射光波导利用经过两次两个方向的扩瞳光栅或二维光栅以实现二维扩瞳，从而给以人为中心的光学设计与用户体验优化留有更大的容差空间。

图表52： 衍射光波导的原理



资料来源: Rokid-R Lab, 中信建投

衍射光波导的原理简单来讲，就是通过设计衍射光栅的参数，将光衍射到想要的方向上去。衍射光栅是一个具有周期结构的光学元件，这个周期可以是材料表面浮雕出来的高峰和低谷（图 a），也可以是全息技术在材料内部曝光形成的“明暗干涉条纹”（图 b），但归根结底都是在材料中引起了一个折射率 n 的周期性变化。因此，衍射光栅通过衍射级和色散实现分光特性，起到了与传统光学器件类似的变化光线传播方向的作用，但是它所有的操作又都是在平面上通过微纳结构实现的，所以非常节省空间，自由度也比传统光学器件大很多。

光波导的优势包括：能够实现通过一维和二维扩瞳技术增大动眼框，从而适应更多人群，改善机械容差，推动消费级产品实现；波导镜片像光缆一样将图像传输到人眼，成像系统旁置，不阻挡视线并且改善配重分布；波导形态一般是平整轻薄的玻璃片，其轮廓可以切割，外观形态更像传统眼镜，利于设计迭代；多层波导片可以堆叠在一起，每层提供一个虚像距离，提供了“真”三维图像的可能性。

目前光波导技术也存在一些不足，主要包括：由于光在耦合进出波导以及传输的过程中都会有损失，并且大的动眼框使得单点输出亮度降低带来的光学效率相对较低；对于几何波导来说，繁冗的制造工艺流程导致总体良率较低；对于衍射波导来说，衍射色散导致图像有“彩虹”现象和光晕，非传统几何光学，设计门槛较高。

在微软 HoloLens，谷歌，Magic Leap、DigiLens 等厂商的推动下，光波导目前成为 AR 眼镜的主流技术。光波导技术在 AR 领域的技术发展前景是明确的，但预计在中近期难以大规模普及。光波导技术中各类技术路线间存在明显的优势和短板，目前尚未确立主导地位技术方案。此外，由于受到基础物理定律的限制，光波导要实现重大技术突破将面临巨大的研发困难，相关产品难以单独作为完整终端产品，须配套技术和零部件才能产出被市场认可的 AR 终端，而有关配套技术和零部件尚有相当比例需要进一步完善，因此高性能光波导的发展尚需要时间。

3.4 感知交互：SLAM 开始普及，各大厂纷纷布局

SLAM (Simultaneous localization and mapping, 同步定位与建图) 技术近几年开始成熟，并被用于 VR/AR 等消费者产品的追踪定位。简单理解，SLAM 就是某种设备（机器人、VR/AR 设备）来到陌生环境中，需要精准建立时空对应关系，并回答“我在哪里？”“这是什么地方？”“我该怎么走？”等问题，也就是**定位、建图和路径规划**。由此可见，SLAM 是一套要求实时性和准确性的大型系统，涉及硬件上高速度高精度的感知和姿态跟踪、算法上多线程并发执行，资源的分配、读写的协调、地图数据的管理、优化和准确性等系统整合的众多问题。

SLAM 的数据来源是传感器，传感器的质量对于 SLAM 的效果影响很大。因此 SLAM 对于硬件的要求很高，包括对于 IMU 要求高精度，对于摄像头要求全局快门，大的视角，快门速度足够高，能够保证图像在高速运动时不会产生模糊。不仅如此，SLAM 数据来自于多个传感器的融合，以 Facebook 的 Oculus Insight 系统为例，硬件架构包括三种传感器：IMU，摄像头和红外 LED，多个传感器需要精密的校准和调整，直接关系到算法的准确性。

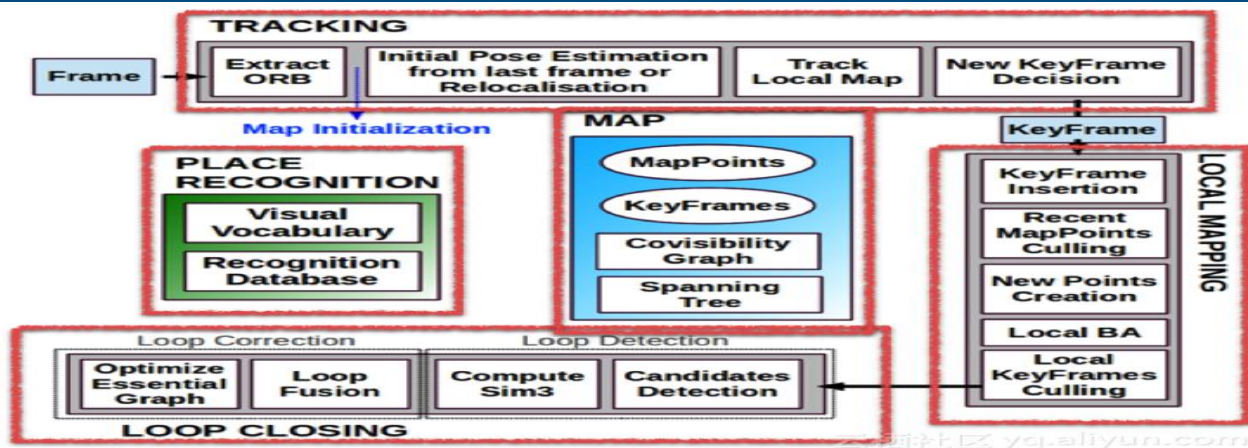
图表55：SLAM 传感器

	功能	类别
IMU (惯性传感单元)	采集线性加速度和旋转速度数据，确定设备的方向和旋转，但对于位移很难衡量	MEMS 陀螺仪、加速度计
摄像头	采集图像数据，生成环境的 3D 映射和精确定位相关标记	双目摄像机、RGB 摄像头、红外摄像头
红外 LED	限制由多个 IMU 引起的控制器位置漂移	红外 LED

资料来源：CSDN，中信建投

精确高效的算法则是 SLAM 的核心。以开源的 ORB-SLAM 算法为例，主要分为三个线程，Tracking 用于跟踪 Camera Pose，Local Mapping 用于构建点云地图，Loop Closing 用于闭环检测，优化点云位置。Place Recognition，即重定位，是利用 BOW（Bag of Words）模型在已经构建好的地图内定位 Camera。目前距离应用到终端产品上还存在比较大的问题，主要包括代码 Bug 优化，传感器的位置跟踪不稳定，芯片实时处理所有数据的算力不够，以及内存问题。

图表56： ORB-SLAM2 算法架构



资料来源: ORB-SLAM 开源项目, 中信建投

SLAM 是 AR 必备的核心技术，各大公司纷纷布局，未来前景可期。从 VR/AR 的应用场景来看，由于 VR 设备主要是虚拟世界的沉浸感，SLAM 是对真实世界的描述，现有的 Outside-in 方案基本不需要 SLAM，Inside-out 需要 SLAM 配合解决跟踪用户位移的问题。而对于 AR 设备来说，为了实现虚拟元素和真实世界的融合，SLAM 则是必须拥有的最核心的一项技术之一，苹果 ARKit、谷歌 ARCore 与华为 AR Engine 推出的 AR SDK 普遍遵循单目视觉+IMU 融合定位的技术路线，也验证了各大公司对其重视的程度，在 SLAM 相关的传感器、算法、软件、硬件等方向，也出现了小公司在关键细分领域快速创新、大公司在各个关键方向布局并且频繁收购的趋势。

在初期阶段，由于产品和硬件高度差异化，而 SLAM 相关技术的整合和优化又很复杂，目前有能力做好 SLAM 全套解决方案的仍是 Facebook、微软、谷歌、苹果等大厂。随着 SLAM 各个领域的产品化进程推进，细分市场的创新和应用正在迅速推进。由于市场上算法和软件仍然比较碎片化，移动端硬件的计算能力还不够，SLAM 相关技术正在从软件和算法层面向硬件推动，可以期待在这个过程中必将会产生巨大的机会和众多优秀的公司。

四、基础设施建设：网络条件已具备，云 VR 将加速行业普及

4.1 接入网：5G 与千兆带宽，“双 G”赋能 VR/AR

在接入网方面，5G、Wi-Fi6、10G PON 有望在五年内成为面向虚拟现实业务的主流传输技术。双 G 是指 5G 和千兆带宽，5G 主要是室外移动场景，也就是无线基站到移动终端一侧，而千兆带宽+ Wi-Fi6 为室内固定场景，在包括接入网和承载网解决带宽和时延问题。Wi-Fi 是室内固定场景，5G 则是户外移动场景，二者共同为 VR/AR 提供更优的管道。Wi-Fi 技术相对成熟，可实现 VR/AR 终端的无绳化。固定宽带光网络目前可以支持 1Gbps-2.5Gbps 的带宽接入，能够满足少量 VR 用户承载，未来将升级到 5G-10G。未来 5G 的目标网可为每用户提供随时随地平均 100Mbps 的无线接入服务，为 VR/AR 业务提供极致体验。

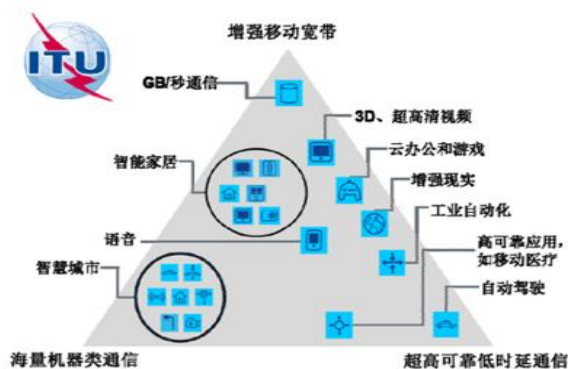
4.1.1 5G：高速率、低时延的特性将大幅提高 VR/AR 体验

5G 网络高速率、低时延的特性适合承载 VR/AR 业务，并大幅提高用户体验。根据 5G 的性能指标，5G 移动网络能够达到 20Gbps 的峰值速率，是 4G 的 20 倍；能够达到 1Gbps 的体验速率，是 4G 的 100 倍；空口时延 1ms，是 4G 的 1/5。

ITU 定义的 5G 三大业务场景为：eMBB（增强型移动宽带）、uRLLC（高可靠低时延通信）和 mMTC（大规模机器通信）。eMBB 场景主要提升以“人”为中心的娱乐、社交等个人消费业务的通信体验，主要场景包括随时随地的 3D/超高清视频直播和分享、虚拟现实，随时随地云存取、高速移动上网等大流量移动宽带业务，带宽体验从现有的 10Mbps 量级提升到 1Gbps 量级，要求承载网络提供超大带宽。mMTC 和 uRLLC 则主要面向物物连接的应用场景，其中 mMTC 主要满足海量物联网的通信需求，面向以传感和数据采集为目标的应用场景；uRLLC 则基于其低时延和高可靠的特点，主要面向垂直行业的特殊应用需求。

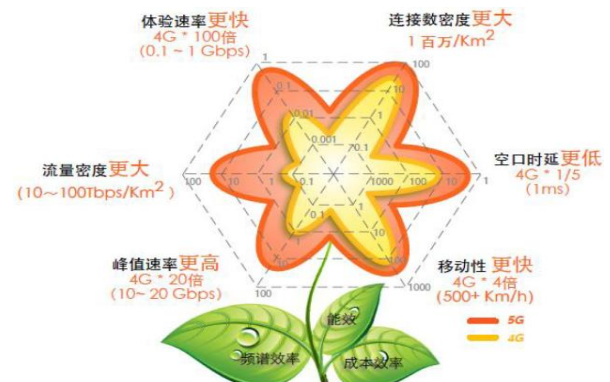
从以上三种场景的实现难度来看，eMBB 能够最先实现，推动超高清流媒体、VR/AR 率先落地。未来 5G 的目标网可为用户提供随时随地平均 100Mbps 的无线接入服务，为 VR/AR 业务提供极致体验。

图表57： 5G 的三大应用场景



资料来源：ITU，ITM2020，中信建投

图表58： 5G 的八大关键性能指标



资料来源：ITU，ITM2020，中信建投

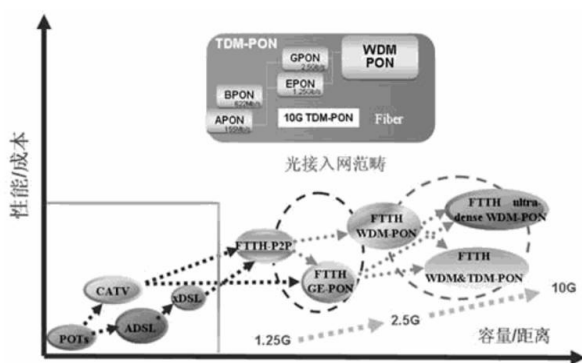
4.1.2 千兆带宽+ Wi-Fi6：能够实现 VR/AR 对于网络的要求

随着光纤宽带接入技术的进步和新兴高带宽业务的应用，千兆宽带已成为下一步宽带发展的焦点。Ovum 的报告显示，全球已有超过 234 家运营商发布千兆业务，其中 20 家发布了万兆业务。我国目前已经基本普及了百兆光纤入户，未来将逐步开展城市千兆带宽入户示范。固定网络经历了 5 个阶段的发展，目前已进入以 10G PON 光纤技术为基础的千兆时代。

当前已规模部署的 FTTH 技术包括 EPON 和 GPON，EPON 仅能提供 1Gbps 带宽接入，不适宜虚拟现实业务部署。GPON 技术可提供 2.5Gbps 带宽接入，时延小于 2ms，能够满足少量 VR 用户承载。为满足 VR 用户规模化发展，须将 EPON/GPON 升级到 10G EPON/GPON。10G PON 作为千兆网络的基础技术，与前几代固定接入技术相比，带宽、用户体验和联接容量三个方面均有飞跃式发展，上下行速率将高达对称 10Gbps，时延降低到 100 μ s 以下，实现全场景多业务覆盖，满足 VR 用户的规模化发展。

下一代 Wi-Fi 技术 Wi-Fi 6 在传输速率、功耗、空间和性能等方面同样具有较大提升。Wi-Fi 6（即 IEEE 802.11ax），是一项无线局域网标准，也是 Wi-Fi 5（IEEE 802.11ac）的升级版。Wi-Fi 6 支持更高的传输速率，最高速率可达 9.6Gbps。Wi-Fi 6 允许更多的设备接入，并且能够加快每一台设备的速度和容量，在连接相同数量设备的基础上，速度是 Wi-Fi 5 的近四倍。基于 Wi-Fi 6 支持室内室外场景、提高频谱效率和提升密集用户环境下 4 倍实际吞吐量的性能，能够实现 VR/AR 对于高速率和低时延的要求，可以处理来自多个 VR 用户不同类型的流量。

图表59： 固定网络技术演进历程



资料来源:华为, 中信建投

图表60： Wi-Fi 技术演进历程

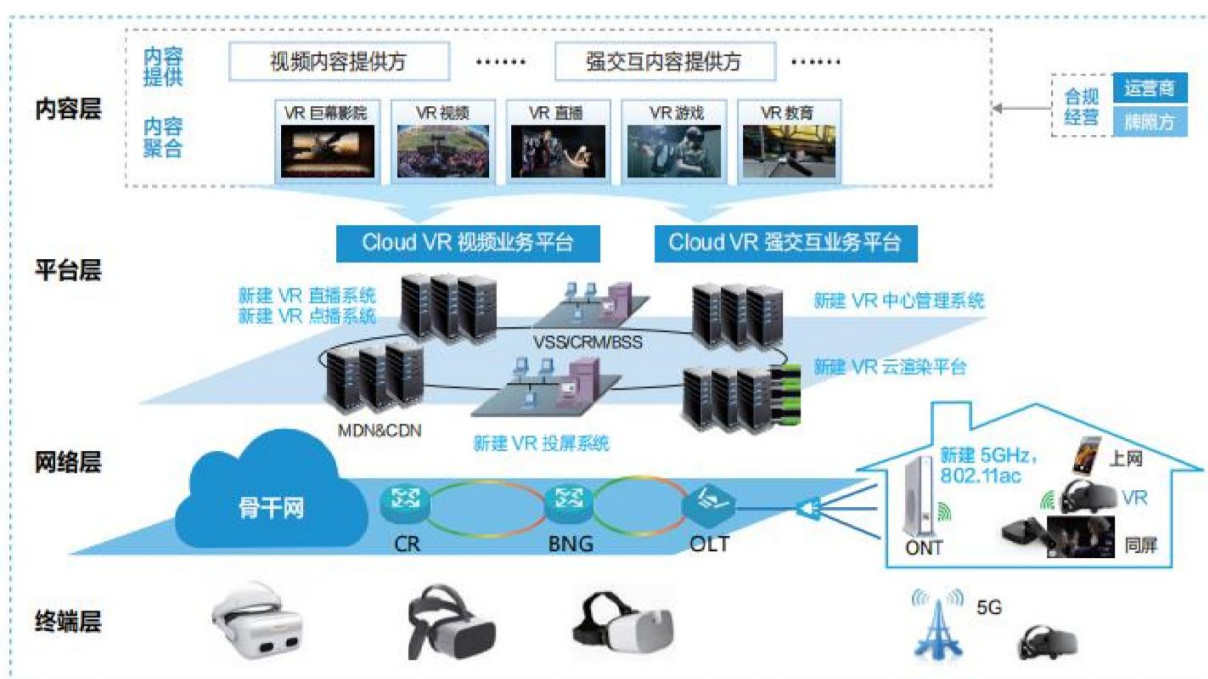


资料来源:中关村在线, 中信建投

4.2 Cloud VR：推动设备轻量化、低成本，并加速行业普及

本地 VR 受到用户体验与终端成本的制约，Cloud VR 能够解决主要痛点。VR 用户体验与终端成本的平衡是目前影响 VR 产业发展的关键问题。低成本终端有助于提升 VR 硬件普及率，但有限的硬件配置也限制了用户体验，用户的首次体验不好，后续就很难接纳和持续使用 VR。另一方面，以 HTC VIVE、Oculus Rift、Sony PlayStation 等为代表的高品质 VR 设备，其配置套装价格高达数千乃至万元，过高的终端成本明显制约了高品质 VR 的普及。另一个关键问题是头显设计和佩戴舒适度，目前 VR 强交互类业务的渲染主要在本地主机和终端进行，对 GPU 的资源要求很高，要求 VR 需要连接到电脑上，带来笨重的体验；而如果不连接电脑，VR 本身配置显卡则会带来体积大、头显重、高耗电和过热的问题，这些问题减少了用户使用 VR 的时间，对 VR 的推广带来不利影响。另外，VR 内容的市场相对比较分散，很多优秀的 VR 内容分散在各个厂家，难以有效地分发给客户。

图表61： Cloud VR 应用方案架构



资料来源：华为，信通院，中信建投

Cloud VR 的解决方案通过将云计算、云渲染的技术应用到 VR 业务中，借助高速稳定的网络，将云端的显示输出和声音输出通过压缩后传输到用户的终端设备，实现 VR 内容上云、渲染上云，实现 VR 头显的无绳化和轻量化，更容易被用户所接受，有效解决 VR 发展的痛点。由于 Cloud VR 具有如下显著优势，已经成为 VR 产业规模化发展的必然选择：

- **实现终端轻量化，提升使用者体验**：Cloud VR 无需本地主机，省掉了 VR 头显与主机之间的连接线，“无绳化”头盔让用户摆脱了线缆的束缚，同时也减少了 VR 头显的重量过重，耗电过高，以及发热严重

的问题，大幅提升 VR 设备的使用体验；

- **利于降低终端成本和价格，推动普及：**渲染在云端处理，大幅降低终端 CPU+GPU 渲染计算压力，降低终端硬件要求，不需要本地高性能、高成本主机，将大幅降低 VR/AR 的成本，加速 VR/AR 的普及；
- **有利于内容分发、聚合：**通过统一的 Cloud VR/AR 平台，可适配不同终端上的不同类型的内容，内容制作商只需与平台适配，无需考虑与各终端的适配细节，可进一步聚焦 VR/AR 内容数量和质量的提升；同时，聚合到统一平台后，用户对于优质内容的获取将更加便捷；
- **利于内容版权保护，鼓励开发更多的内容应用：**当前大量 VR/AR 内容属于离线体验，这种方式很难做到对于内容版权的有效管控，VR/AR 内容上云后集中管理，有利于防止未经授权的读取、复制与传播，遏制内容盗版，保护 VR/AR 产业的可持续发展，
- **利于与大数据分析、人工智能结合：**数据在云端，利用云端强大的计算分析能力，进行大数据分析或与人工智能结合，产生更多产业创新与价值。

五、重点关注标的

歌尔股份

公司在科技和消费电子相关领域有着广受认可的精密制造能力和良好的行业口碑，具有综合应用超高精密模具、高精度金属/非金属加工、超声波技术、激光技术等多种先进的工业技术，在微型电声器件、精密光学器件、微型麦克风、MEMS 传感器、SiP 系统级封装模组和精密结构件领域内都构建了行业领先的精密制造能力。公司三大产品业务为精密零组件（MEMS）、智能声学整机（TWS）和智能硬件（VR/AR 及可穿戴设备）。2021 年 4 月，公司发布其 MEMS 业务拆分子公司歌尔微电子的创业板上市预案。公司未来还将继续坚持“零部件 + 整机”的发展战略。

公司持有 VR 初创企业小鸟看看超过 26% 的股份，并为其直接代工 Pico 一体机产品，作为 VR/AR 代工龙头，公司已进入 Oculus、Sony 供应链。公司在 VR/AR 行业的整机产品布局包括 VR/AR 头显设备、VR 手套、交互手柄及 4K 360° 摄像头等，同时在 VR/AR 行业的垂直供应产品包括 VR 光学器件及模组、AR 光学器件及模组、扬声器模组、微型受话器、智能声学整机等。2022 年 8 月前，公司拟募资 10 亿元投资 AR/VR 及相关光学模组开发项目。

舜宇光学科技

公司专业从事光学及光电相关产品设计、研发、生产及销售，在特种镀膜技术、自由曲面技术、连续光学变焦技术、超精密模具技术、嵌入式软件技术、3D 扫描成型技术等核心光电技术的研究和应用上处于行业先进水平。主要产品包括三大类：一是光学零组件，主要包括玻璃/塑料镜片、手机镜头、车载镜头等；二是光电产品，该类为公司营收占比最高产品，主要包括手机摄像模组、3D 光电模组、车载模组及其他光电模组，目前公司已完成连续变焦手机摄像模组以及芯片防抖手机摄像模组的研发；三是光学仪器，主要包括显微镜及智能检测设备。公司在生物识别镜头、TOF 产品、3D 交互镜头等新兴业务上进行拓展。

公司子公司浙江舜宇智能光学深耕 VR/AR 领域，提供高帧率大广角 2D 视觉方案和高精度的 3D 视觉方案，实现环境感知、空间定位、手势操控等功能。公司持有 AR 光波导模组制造初创企业灵犀微光 4.9% 股份，领投其数千万元 A+轮融资。公司着力于 VR/AR 镜头与光学零部件的开发，VR 类镜头/镜片及 3D 交互式镜头销售已取得突破产生了可观的经济效应。

立讯精密

公司研发、制造及销售的产品主要服务于消费电子、通信及数据中心、汽车电子和医疗等领域，综合覆盖零组件、模组与系统组装。精密零组件业务为公司技术领先领域，主要制程包括精密模具设计与加工、智能自动化设计与实现、CNC、SMT、SiP、冲压成型等完整生产工艺能力。公司在消费电子端的终端产品多元化，包括声学类 TWS 耳机、头戴式蓝牙耳机、高阶电竞耳机、小型高品质立体音箱及智能生活类 5G 路由。此外在通信及汽车领域公司深度覆盖高速互联、基站天线、新能源车高压线束和连接器、智能电气盒、整车线束等产品。

公司持有 AR 初创企业泉龙科技超过 11% 的股份，参与领投其数千万人民币 A 轮融资。公司作为苹果 AirPods 无线耳机的主要组装商，有望承接苹果 VR/AR 产品的组装工作。公司连接器、声学、无线充电等相关产品也将在 VR/AR 产品上得到广泛运用。公司在可穿戴设备上的技术积累如 FPC/LDS 天线等为公司推出 VR/AR 穿戴式

产品打下基础。

水晶光电

公司聚焦成像、感知、显示领域，以信息的获取和信息的显示为中心，依托精密光学冷加工、精密光学薄膜、半导体微纳等核心技术，积极构建光学元器件、薄膜光学面板、生物识别、新型显示（AR+）、反光材料五大产业群。公司主导产品光学低通滤波器（OLPF）、红外截止滤光片及组立件（IRCF）和窄带滤光片（NBPf）产销量居全球前列。光学元器件为公司分产品营收占比最高业务，公司紧抓潜望式摄像头应用趋势，实现了微型光学棱镜模块（MPOA）业务的突破。

在 AR 眼镜领域，公司 AR 产品目前主要用于汽车行业 AR-HUD 应用，在消费电子领域仍在试水阶段，尚未大批量推广。公司开发光波导 AR 镜片、AR 显示模组、AR 光波导光学模组，拥有 DLP 和 LCOS 技术，能够实现多种 AR 解决方案。公司 2016 年入股以色列 AR 眼镜开发商 Lumus，参与其 B 轮融资。2019 年公司宣布与 AR 全息波导显示技术的领跑者 DigiLens 合作，共同创建高水平制造基地，构建各种光学解决方案，开拓亚洲市场。

蓝特光学

公司在精密玻璃光学元件加工方面具备突出的竞争优势和自主创新能力，在玻璃光学元件冷加工、玻璃非球面透镜热模压、高精模模具设计制造、中大尺寸超薄玻璃晶圆精密加工等领域具有多项自主研发的核心技术成果，形成了光学棱镜、玻璃非球面透镜、玻璃晶圆、汽车后视镜等多个产品系列。在 3D 结构光人脸识别部件双面红外反射长条棱镜产品上，公司占据了 80% 左右的市场份额；在应用于望远镜等领域中的成像棱镜产品上，公司市场占有率较高。公司客户群体包括 AMS 集团、康宁集团、麦格纳集团、舜宇集团等，广泛应用于苹果、华为等终端产品。

公司显示玻璃晶圆产品可通过再裁切割后制成 AR 光波导，目前公司已经成功研制出中大尺寸超薄晶圆加工技术，成为全球少数几家具备折射率 2.0、12 英寸的玻璃晶圆量产能力的企业。公司预计投资 400 万元进行几何光波导加工技术项目研究。

京东方

公司 LCD 智能手机、平板电脑、笔记本电脑、显示器、电视五大主流产品显示屏出货量和销售面积市占率全球第一。公司深入推进显示事业、传感器及解决方案事业、Mini-LED 事业、智慧系统创新事业、智慧医工事业五个事业板块快速发展，显示事业板块营收占比最大，具体包括显示与传感器件、传感器及解决方案两大事业群，其中显示器件业务致力于提供 TFT-LCD、AMOLED、Microdisplay 等领域的智慧端口器件，为客户提供手机、平板电脑、笔记本电脑、显示器、电视、车载、医疗等产品使用的显示器件产品，提供 3C 显示、智能物联、系统平台等领域的整机智造服务。2020 年公司柔性 OLED 产品加速上量，全年销量同比增长超 100%。

公司为 VR/AR 设备提供显示器件，产品包含 Micro OLED 显示模组和 Fast LCD 模组，尺寸包含 0.39 英寸至 5.5 英寸，具有高分辨率，快速响应，高刷新率等特点，可应用于多种微显示场景。2019 年公司投建 12 英寸 OLED 微显示器件生产线，以满足 AR/VR 高端市场需求，2020 年开始生产 Micro OLED 面板，总产能 100 万片/年。目前 Oculus GO，小米 VR 一体机，爱奇艺 4K 一体机等产品均采用了公司的显示方案。

伟时电子

公司主要从事背光显示模组、液晶显示模组、触控装饰面板等产品研发、生产、销售，公司掌握了模具开发制造、结构件开发和生产、导光板开发和生产、电子器件组立等环节关键技术，拥有高精密度、高一一致性的生产工艺和技术，并形成了以高亮度导光板开发、薄型导光板开发、直下型背光源开发、超窄边框背光源开发、大尺寸背光源开发、模组贴合等为主体的核心技术体系。公司产品主要应用于中高端汽车、手机、平板电脑、数码相机、小型游戏机、工控显示、智能家居、VR 等领域。公司深耕背光显示模组领域，已成为全球车载背光显示模组领域领先企业之一，与 JDI、夏普、天马、京瓷、松下、三菱、华星光电等全球知名的液晶显示器生产商建立了长期稳定的合作关系。

公司 VR 产品包括双联屏和单联屏背光显示模组，面向 JDI 的 VR 双联屏背光显示模组产品的成功导入量产，拉动了公司营业收入和利润的增长。公司积极向下游发展并整合资源，未来有望进一步推出高附加值的下游 VR 显示器件。

Vuzix

公司是一家美国 AR 智能眼镜厂商，公司在 2015 年被英特尔收购 30% 的股份之后加速投向企业市场，致力于开发从医疗到制造业的通用 AR 智能眼镜。公司致力于打造贴近普通眼镜外观的 AR 眼镜，更多的瞄准平视显示领域。公司最新发布的 AR 眼镜为 Vuzix Blade，产品部件包括自动对焦高清摄像头、集成立体声扬声器、降噪麦克风、右眼全色彩光学显示设备等。产品采用光波导+DLP 的技术方案，支持 720P 的 30fps 显示和头部追踪定位。CES 2021 上公司表示得益于与中国企业 JBD 的合作，最新设备将采用 Micro LED 技术。

六、风险分析

新冠疫情扰动；创新不达预期；国际贸易环境变化。

分析师介绍

刘双锋：电子首席分析师。3 年深南电路，5 年华为工作经验，从事市场洞察、战略规划工作，涉及通信服务、云计算及终端领域，专注于通信服务领域，2018 年加入中信建投通信团队。2018 年 IAMAC 最受欢迎卖方分析师通信行业第一名团队成员，2018《水晶球》最佳分析师通信行业第一名团队成员。

研究助理

王天乐 15201521940 wangtianle@csc.com.cn

行业与管理资源微信群

1. 进群即领福利《报告与资源合编》，内有近百行业、上万份行研、管理及其他学习资源免费下载；
2. 每日分享最新6+份精选行研资料；
3. 群友信息交流，群主免费提供相关行业报告。

微信扫码或添加客服微信（微信号：Teamkon4）免费报告等你领。
（添加好友请备注：姓名+单位+业务领域）



微信扫码 海量资源到手

业务合作联系微信：Teamkon

知识星球 行业与管理资源

1. 无限下载各行业研究报告、咨询公司管理方案，企业运营制度、科技方案及大咖报告等。
2. 每月更新超过3000份最新行业资源；涵盖科技、金融、教育、互联网、房地产、生物制药、医疗健康等行研报告、科技动态、管理方案；



微信扫码 学习工作无忧

报告整理于网络，只用于群友学习，请勿他用

评级说明

投资评级标准		评级	说明
报告中投资建议涉及的评级标准为报告发布日后6个月内的相对市场表现,也即报告发布日后的6个月内公司股价(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。A股市场以沪深300指数作为基准;新三板市场以三板成指为基准;香港市场以恒生指数作为基准;美国市场以标普500指数为基准。	股票评级	买入	相对涨幅 15%以上
		增持	相对涨幅 5%—15%
		中性	相对涨幅-5%—5%之间
		减持	相对跌幅 5%—15%
		卖出	相对跌幅 15%以上
	行业评级	强于大市	相对涨幅 10%以上
		中性	相对涨幅-10-10%之间
		弱于大市	相对跌幅 10%以上

分析师声明

本报告署名分析师在此声明:(i)以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法,使用合法合规的信息,独立、客观地出具本报告,结论不受任何第三方的授意或影响。(ii)本人不曾因,不因,也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

法律主体说明

本报告由中信建投证券股份有限公司及/或其附属机构(以下合称“中信建投”)制作,由中信建投证券股份有限公司在中华人民共和国(仅为本报告目的,不包括香港、澳门、台湾)提供。中信建投证券股份有限公司具有中国证监会许可的投资咨询业务资格,本报告署名分析师所持中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格证书编号已披露在报告首页。

本报告由中信建投(国际)证券有限公司在香港提供。本报告作者所持香港证监会牌照的中央编号已披露在报告首页。

一般性声明

本报告由中信建投制作。发送本报告不构成任何合同或承诺的基础,不因接收者收到本报告而视其为中信建投客户。

本报告的信息均来源于中信建投认为可靠的公开资料,但中信建投对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载观点、评估和预测仅反映本报告出具日该分析师的判断,该等观点、评估和预测可能在不发出通知的情况下有所变更,亦有可能因使用不同假设和标准或者采用不同分析方法而与中信建投其他部门、人员口头或书面表达的意见不同或相反。本报告所引证券或其他金融工具的过往业绩不代表其未来表现。报告中所含任何具有预测性质的内容皆基于相应的假设条件,而任何假设条件都可能随时发生变化并影响实际投资收益。中信建投不承诺、不保证本报告所含具有预测性质的内容必然得以实现。

本报告内容的全部或部分均不构成投资建议。本报告所包含的观点、建议并未考虑报告接收人在财务状况、投资目的、风险偏好等方面的具体情况,报告接收者应当独立评估本报告所含信息,基于自身投资目标、需求、市场机会、风险及其他因素自主做出决策并自行承担投资风险。中信建投建议所有投资者应就任何潜在投资向其税务、会计或法律顾问咨询。不论报告接收者是否根据本报告做出投资决策,中信建投都不对该等投资决策提供任何形式的担保,亦不以任何形式分享投资收益或者分担投资损失。中信建投不对使用本报告所产生的任何直接或间接损失承担责任。

在法律法规及监管规定允许的范围内,中信建投可能持有并交易本报告中所提公司的股份或其他财产权益,也可能在过去12个月、目前或者将来为本报中所提公司提供或者争取为其提供投资银行、做市交易、财务顾问或其他金融服务。本报告内容真实、准确、完整地反映了署名分析师的观点,分析师的薪酬无论过去、现在或未来都不会直接或间接与其所撰写报告中的具体观点相联系,分析师亦不会因撰写本报告而获取不当利益。

本报告为中信建投所有。未经中信建投事先书面许可,任何机构和/或个人不得以任何形式转发、翻版、复制、发布或引用本报告全部或部分内容,亦不得从未经中信建投书面授权的任何机构、个人或其运营的媒体平台接收、翻版、复制或引用本报告全部或部分内容。版权所有,违者必究。

中信建投证券研究发展部

北京
东城区朝内大街2号凯恒中心B座12层
电话:(8610) 8513-0588
联系人:李祉瑶
邮箱:lizhiyao@csc.com.cn

上海
上海浦东新区浦东南路528号南塔2106室
电话:(8621) 6882-1600
联系人:翁起帆
邮箱:wengqifan@csc.com.cn

深圳
福田区益田路6003号荣超商务中心B座22层
电话:(86755) 8252-1369
联系人:曹莹
邮箱:caoying@csc.com.cn

中信建投(国际)

香港
中环交易广场2期18楼
电话:(852) 3465-5600
联系人:刘泓麟
邮箱:charleneliu@csci.hk