

电子制造

证券研究报告
2019年07月01日

5G 的终端硬件机会先看 VRAR

投资评级
行业评级 强于大市(维持评级)
上次评级 强于大市

当前时点坚定看好 VR 板块，VR 硬件进入迭代周期，新品发布叠加大厂(三星、华为、苹果)发力有望带动出货渗透。VR 行业集中度高，终端大品牌主导行业发展，18 年 VR 市场 CR3 为 75%，前三品牌为 Sony、Oculus (FB) 及 HTC。2018-2019 年 VR 设备进入迭代周期，主流厂商如 Oculus、HTC 发布升级产品，此外，其他内容厂商、手机终端、电视厂商也进军 VR 板块，如爱奇艺、Vivo、创维等均发布新硬件卡位 VR。并且，三星、华为均透露在 19 年年内发布 VR 产品，大厂发力下有望打造 VR 爆款，加速硬件渗透。

作者
潘暕 分析师
SAC 执业证书编号: S1110517070005
panjian@tfzq.com
俞文静 联系人
yuwenjing@tfzq.com

VR 产业链加速成熟，痛点逐个击破。1) 眩晕感问题突破，双眼 4K 逐步成为主流，VR 显示性能提高产能瓶颈突破；2) 5G+ 承载方案迭代提高带宽能力，传输编码助力降低带宽要求，双维度解决延迟痛点；3) 云 VR 有望降低终端成本、助力头显轻量/无线化；4) 产业各板块性能提升；5) VR 工具实用性显现；6) VR 爆款内容初现、内容短板逐渐被填补。

行业走势图



资料来源: 贝格数据

5G+ 超高清解放大屏社交生态，便携式超高清显示拉动 VR 需求。5G 高速传输和低延时与大屏高效交互相互促进，家庭入口中大屏电视为 4K/8K 视频的最佳内容载体；便携式方面，我们判断传统智能手机屏幕将不足够承载大屏内容，外界大屏硬件 VR 作用地位凸显，预计便携大屏显示需求将会拉动外协硬件 VR 的需求。

相关报告

- 《电子制造-行业点评:华为 P30 系列发布，重点关注相关投资机会》2019-03-27
- 《电子制造-行业研究周报:关注声学+光学创新主线，进入一季报验证期》2019-03-10
- 《电子制造-行业研究周报:推荐重视光学行业，科创重点在半导体》2019-03-03

巨头争相入场 AR 市场，品牌 19 年进入密集新品发布期。业界巨头微软、苹果、谷歌参与布局产业链多环节，以 Microsoft 为例，其布局覆盖终端硬件/组件/分发/SDK/3D 工具/下游内容。AR 厂商 19 年进入新品发布期，19 年全年国内外厂商预计发布 10 余款 AR 新品，新品性能大幅提升：分辨率可高达 2.5K、FOV 最大达到 90°、重量可低至 40g，苹果、三星亦蓄能储备预计于 2019 底-2020 发布 AR 眼镜。

AR 产业链生态逐渐完善，19H2 厂商开始布局 AR 量产产能。产业链方面，AR 微显示、光学、感知交互板块技术更新突破，19H2 厂商开始布局 AR 量产产能，光学产能瓶颈/高成本有望通过 WaveOptics 与歌尔合作得到解决。

5G 商用落地，云 VR 持续释放行业活力。5G 定义下的 eMBB (增强型移动宽带)、mMTC (大连接物联网) 以及 URLLC (高可靠低延时通信) 性能突破 VR/AR 发展瓶颈，VR/AR 有望成为 5G 首批落地场景之一。5G 商用牌照提前发布，叠加我国 5G 产业链加速成熟，国内 5G 部署进入全面冲刺阶段，三大运营商 5G 规划清晰，预计于 19 年合计建设 9 万个 5G 基站，同时运营商也积极布局 5G+ 云，拓展 5G 新运营/盈利模式，预计 5G+ 云将打开 VR/AR 场景，持续释放行业活力。

风险提示：5G 进展不及预期、下游渗透缓慢、产业链量产瓶颈、技术升级创新不及预期、中美贸易战恶化、硬件迭代周期放缓

重点标的推荐

股票代码	股票名称	收盘价 2019-06-28	投资 评级	EPS(元)				P/E			
				2018A	2019E	2020E	2021E	2018A	2019E	2020E	2021E
002241.SZ	歌尔股份	8.89	买入	0.27	0.40	0.58	0.87	32.93	22.23	15.33	10.22

资料来源: 天风证券研究所, 注: PE=收盘价/EPS

内容目录

1. 当前时点坚定看好 VR	5
1.1. 终端：品牌 19 年密集发布迭代新品，华为发力引爆 VR 行业.....	5
1.1.1. 大品牌厂商引领行业，19 年进入品牌迭代密集年.....	5
1.1.2. 华为云管端全面发力 5G，持续蓄能预计 H2 推出颠覆性 VR 产品.....	8
1.2. 产业链：VR 痛点逐个击破，蓄势启航.....	14
1.2.1. 突破一：眩晕感问题取得重大突破，大幅改善生理体验.....	15
1.2.2. 突破二：5G+承载方案迭代提高带宽能力，传输编码助力降低带宽要求 ..	17
1.2.3. 突破三：云 VR 有望降低终端成本、助力头显轻量/无线化.....	19
1.2.4. 突破四：产业链各板块能力更上一层楼.....	21
1.2.5. 突破五：VR 行业应用落地渗透，VR 工具实用性显现.....	27
1.2.6. 突破六：VR 爆款内容初现、内容短板逐渐被填补.....	28
2. AR 拐点显现，看好明年放量增长	28
2.1. 品牌：传统巨头+初创企业共同突破，巨头入场引爆行业.....	28
2.1.1. 品牌 19 年进入密集迭代期，主流品牌多维发力.....	29
2.1.2. 巨头入场，预计苹果推出 AR 设备助力行业发展.....	30
2.2. 核心技术持续攻坚，有望于 2020 年取得重大突破.....	35
2.2.1. 近眼显示：FOV 和画质突破，低成本、产能、轻量化有望突破.....	35
2.2.2. 感知交互：SLAM 持续渗透，眼动追踪场景化落地.....	40
2.3. 企业级产品进入 2.0 时代，打开 AR 应用场景.....	41
3. 5G 商用落地，云 VR 持续释放行业活力	43
3.1. 5G 突破发展瓶颈，运营商布局清晰.....	43
3.1.1. 5G 突破发展瓶颈，VR/AR 是 5G 首批落地场景之一.....	43
3.1.2. 5G 商用提前，国内运营商规划进程加速.....	45
3.2. 5G 开启超高清视频时代，VR/AR 是便携式高清显示的强需求.....	47
3.3. 5G+云+VR 打开应用场景，“虚拟现实+ ”空间巨大.....	47
3.3.1. 5G+云+VR 解决行业痛点，打开运营商盈利空间.....	48
3.3.2. 云 VR 发展三步走，持续释放行业活力.....	49
3.4. 各巨头发力云游戏，奠定云 VR/AR 游戏基础.....	50
4. 风险提示	51

图表目录

图 1：全球 VR 出货量(不计入移动 VR，单位：百万).....	5
图 2：2018 年全球 VR 市占率(不计入移动 VR).....	5
图 3：主流 VR 厂商发布产品.....	5
图 4：华为智能纪战略.....	8
图 5：Cloud VR 场景发展的三个阶段.....	8
图 6：HUAWEI VR 2 +NOLO CV1 + PC.....	11
图 7：华为 5G 端到端全系列产品解决方案.....	12

图 8: 华为 VR 2 硬件 VR 视频片源	12
图 9: 华为 OpenLab	13
图 10: 网络中主要业务带宽比较示意图	14
图 11: 虚拟现实业务承载的端到端网络传输示意图	14
图 12: Virtuix Omni 的虚拟现实全向跑步机	17
图 13: 谷歌专利	17
图 14: 5G 的业务多样化带来的技术要求差异	18
图 15: FOV VR 点播时头部转动切换视角视频流	19
图 16: 本地/连网 VR 与 Cloud VR 游戏模式对比	20
图 17: VR 产业链	21
图 18: Sony PS VR 拆解	21
图 19: Oculus Rift 拆解	21
图 20: VR 部件内光学透镜	22
图 21: VR 显示原理	23
图 22: 不同市场定位下的 VR 显示技术需求	23
图 23: 3D 音频	24
图 24: Dirac 3D 音频	24
图 25: 各 VR 平台消费内容总数 (单位: 款)	28
图 26: 2016 年 Q4 AR 产业链企业分布图	29
图 27: 2018 年上半年 AR 产业链企业分布图	29
图 28: 2019 年 AR 新品 roadmap	29
图 29: 苹果“增强现实环境”新专利 (编号 US 2019 / 0065027)	32
图 30: 再移动设备上的真实环境视图中表兴趣点的方法及移动设备	32
图 31: apple arcade 特点	33
图 32: AR 光学显示模组的组成	35
图 33: 微显示技术分析	36
图 34: AR 光学方案对比	37
图 35: 诺基亚“表面浮雕”光波导技术	38
图 36: 倾斜表面浮雕光栅	38
图 37: 全息波导结构	39
图 38: 全息波导原理	39
图 39: 阵列光波导的原理	39
图 40: 光波导原理	40
图 41: AR 轻量化突破	40
图 42: SLAM 系统	41
图 43: HoloLens 2	42
图 44: 基于 HoloLens 2 的 Trimble XR 10	42
图 45: Google Glass EE2	42
图 46: 谷歌 EE 旗下客户	42
图 47: Azure Kinect DK 产品	43
图 48: Azure Kinect DK 爆炸图	43

图 49: VR 网络需求.....	44
图 50: 5G 产业链.....	45
图 51: Cloud VR 应用方案架构.....	48
图 52: Cloud VR 业务商业模式设想.....	48
图 53: 三大运营商积极推进 5G+ “云 VR ”.....	49
图 54: Cloud VR 场景发展三阶段.....	49
图 55: Cloud VR 直播商业模式.....	50
表 1: Oculus VR 历代迭代.....	6
表 2: HTC 历代迭代.....	7
表 3: 华为 VR 板块积累.....	9
表 4: 不同 VR 体验带宽时延需求.....	14
表 5: 不同分辨率下的 VR 与传统电视的等效观看体验.....	15
表 6: VR 显示屏厂商及产品性能.....	16
表 7: 接入技术对 VR 支持情况的汇总.....	18
表 8: 5G 云 VR 项目进展.....	20
表 9: VR 显示屏供应商及屏幕性能.....	23
表 10: 追踪技术对比.....	23
表 11: VR 芯片规格.....	24
表 12: 无线化方案.....	26
表 13: 19 年部分 VR 新机性能一览.....	30
表 14: 苹果 AR 相关一级项目.....	31
表 15: 苹果 AR 相关专利.....	31
表 16: 移动应用平台.....	33
表 17: 主流串流平台.....	34
表 18: 4G 与 5G 指标对比.....	44
表 19: 5G 相关支持政策.....	45
表 20: 《超高清视频产业发展行动计划 (2019-2022 年) 》主要内容.....	47

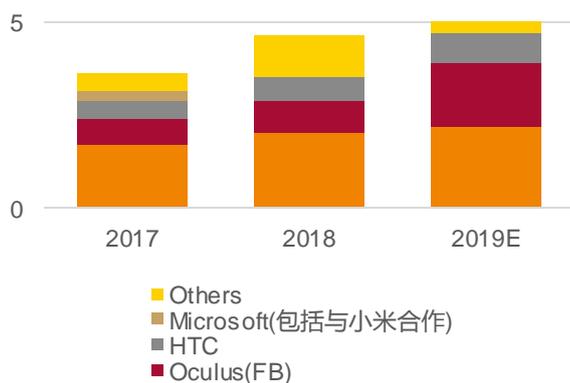
1. 当前时点坚定看好 VR

1.1. 终端：品牌 19 年密集发布迭代新品，华为发力引爆 VR 行业

1.1.1. 大品牌厂商引领行业，19 年进入品牌迭代密集年

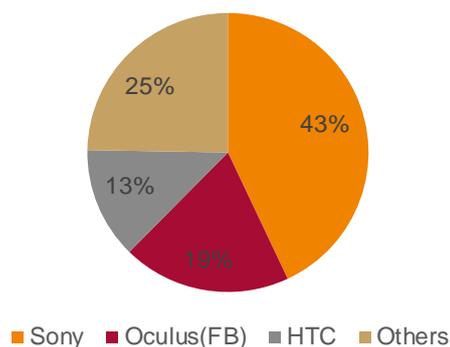
行业集中度高，终端大品牌主导行业发展。据拓璞数据，2018 年全球 VR 出货量(不包括移动 VR)为 465 万台，其中 Sony、Oculus、HTC 分别出货 200 万台、90 万台及 60 万台、从市占率来看，18 年 VR 市场 CR3 为 75%，前三名品牌 Sony、Oculus (FB) 及 HTC 的市占率分别为 43%、19%及 13%，其他品牌如 Pico、大朋、创维、小派也推出了 VR 硬件设备。

图 1：全球 VR 出货量(不计入移动 VR，单位：百万)



资料来源：拓璞产业研究院、天风证券研究所

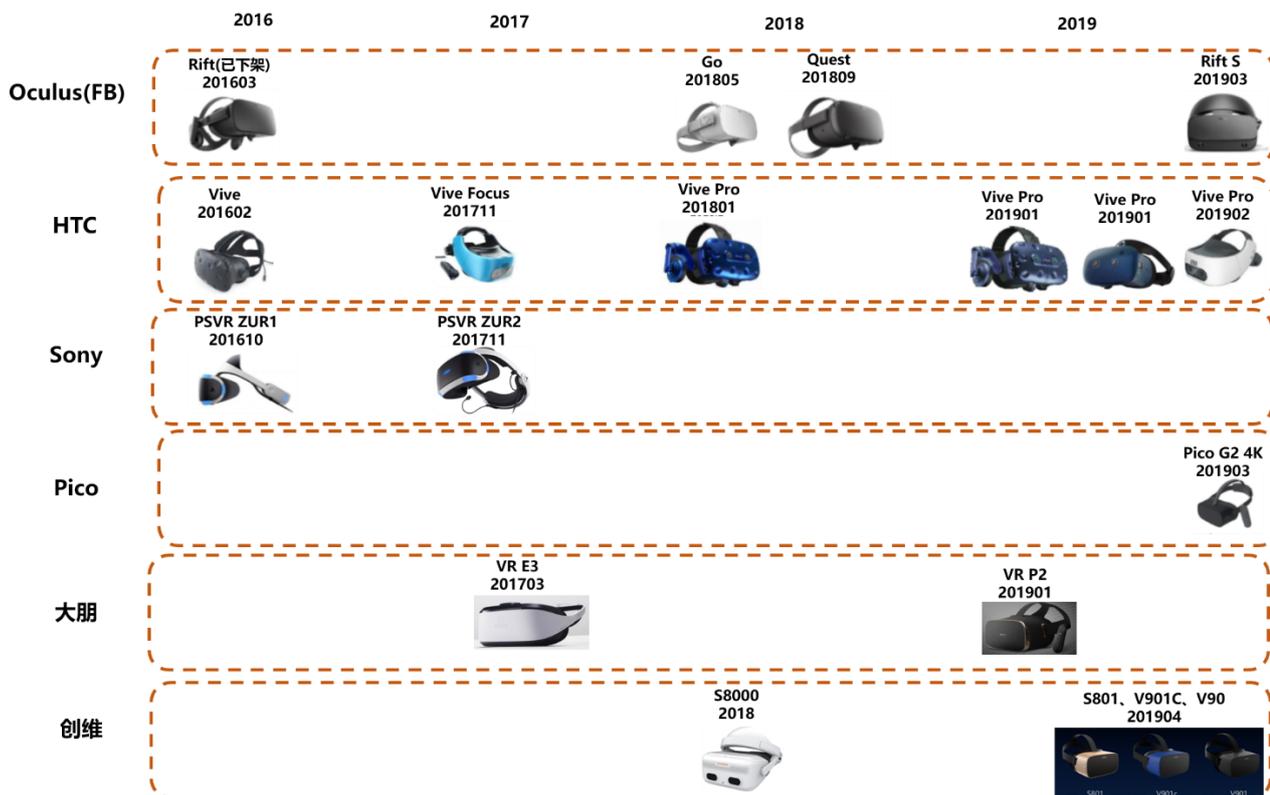
图 2：2018 年全球 VR 市占率(不计入移动 VR)



资料来源：拓璞产业研究院、天风证券研究所

18-19 年迎来 VR 设备更新换代集中年，成为短中期内发展重点。VR 产业链主要分为硬件、软件、应用、服务四大块，头显产品技术设计又包括形态、显示、交互、感知、计算、通讯，综合来看 VR 硬件迭代需要考量多种因素，且 VR 板块处在成长期，技术发展沉淀较为缓慢，因此其更新迭代周期比消费电子类智能手机更长，一般为 2-3 年，16 年为 VR 设备元年，18-19 年则为 VR 设备更新换代集中年，主流厂商如 Oculus、HTC 密集发布升级新产品，预计会成为短中期内中重点发展的新产品，此外，随着产品链不断成熟，其他内容、手机终端、电视厂商也得以进军 VR 板块，发布新硬件卡位 VR。

图 3：主流 VR 厂商发布产品



资料来源：各大公司官网、天风证券研究所整理

主要厂家介绍：

- Oculus (FB) 19年5月发售两款重点新品 (Quest、Rift S)，未来会持续基于自身产品进行内容应用开发和相关技术研发。截至目前 Oculus 推出四款产品：Rift (主机式)、Go (独立式)、Quest (一体式)、Rift S (主机式)，其中，相比于 Rift CV1，Rift S 屏幕从 OLED 转向快闪 LCD、双眼分辨率提高、刷新率降为 80Hz、配置 5 个摄像头用于追踪、最远距离可达 5m；此外，相对 Go，Quest 配置了两块 OLED 屏幕、可调节 IPD、配置四个摄像头、支持 6 DOF，Oculus 在短期内不会考虑无线 VR 和全身追踪的支持，意味着 Rift S 和 Quest 将成为短中期内的重点产品。

表 1：Oculus VR 历代迭代

	Rift	Go	Quest	Rift S
发布时间	201603	201805	201809(190521 发售)	201903(190521 发售)
售价(含控制器)(\$)	349	199	399(64GB)/499(128GB)	399
形态	主机式	一体式	一体式	主机式
显示面板	90Hz AMOLED	72Hz LCD	72Hz OLED	80Hz 快闪 LCD
分辨率	2160x1200 双眼， 1200x800 单眼	2560 × 1440	1440 × 1600 单眼	2560 × 1440 双眼， 1280x1440 单眼
IPD	分离式屏幕 AMOLED，具备机械镜头分离调整功能可调节 IPD： 58mm - 72mm	单个快速交换 LCD 显示屏和固定镜头，不具备机械镜头分离调整功能，固定 IPD: 63.5mm	两块 OLED,具备机械镜头分离调整功能，可调节 IPD: 58mm - 72mm	单个显示面板和固定镜头，不具备机械镜头分离调整功能，固定 IPD: 63.5mm
最远距离	2.5x2.5 米	无线	无线	5 米
追踪	外置定位器	支持三度头部追踪 (3DOF)	四个摄像头 insight tracking 技术, 6DOF	5 个内置摄像头 Inside-out 追踪
FOV	110°	90°	95°	115°

资料来源：VR 陀螺、天风证券研究所

- **HTC 19Q2 发布两款升级产品 (Pro Eye、Focus Plus) 和一款全新 PC VR 头显 (Vive Cosmos)，在消费及企业端同时发力。** Pro Eye 为 Pro 迭代版本，新配置了精准眼动追踪，提供 VIVEPORT Infinity 无限制 VR 会员服务；Focus Plus 为 15 年 Focus 推出两年后的迭代版本，价格提升 \$200 至 \$799，配置了 6 DoF 空间追踪技术及九轴传感器、6 DoF 手柄；Cosmos 为 HTC 推出的全新 PC 头显，采用全新的 pixel-packed 显示屏、配置基于 4 个摄像头的追踪系统、6 DoF 头显和控制器的设置、翻盖皇冠设计、模块化定制、提供 VIVEPORT Infinity 无限制 VR 会员服务。

表 2：HTC 历代迭代

	Vive	Vive Focus	Vive Pro	Vive Pro Eye	Vive Cosmos	Vive Focus Plus
发布时间	201602	201711	201801	201901	201901	201902
售价(含控制器)(\$)	499	599	799			799
针对下游	消费级	消费级	消费级		消费级	企业级
形态	主机式有线/无线	一体机	主机式无线	主机式无线	主机式	一体机
显示面板	双 AMOLED 屏幕，对角直径 3.6 吋	3K AMOLED	2 个 3.5 英寸 AMOLED	2 个 3.5 英寸 AMOLED	pixel-packed 显示屏	3K AMOLED
分辨率	单眼 1080 x 1200，双眼 2160 x 1200	1440*1600*2	单眼 1440 x 1600、双眼 (3K)2880 x 1600	单眼 1440 x 1600、双眼 2880 x 1600	单眼 1440 x 1600、双眼 2880 x 1600 (网络猜测)	1440 x 1600 单眼，双眼 2880x1600 双眼
刷新率(Hz)	90	75	90	90		75
IPD	瞳距和镜头距离调整	支持瞳距调节	支持瞳距调节	可调整镜头距离 /IPD		
最远距离(m)	3.5*3.5	2*2	7*7	7*7		
追踪	全身追踪	内置的摄像头进行内向外追踪 inside-Out，头显 6DOF，手柄 3DoF	SteamVR™ 追踪技术，空间定位追踪	SteamVR™ 追踪技术、G-sensor 校正、gyroscope 陀螺仪、proximity 距离感测器、瞳距感测器、眼动追踪	Inside-Out 四摄追踪	World-Scale 六自由度大空间追踪技术，高精度九轴传感器，距离传感器；手柄融合 Chirp 超声波与惯性测量单元的追踪技术
FOV	110°	110°	110°	110°		110°
镜片类型	菲涅尔透镜	菲涅尔透镜				
重量	468g	670g	550g	550g		

资料来源：VR 陀螺、天风证券研究所

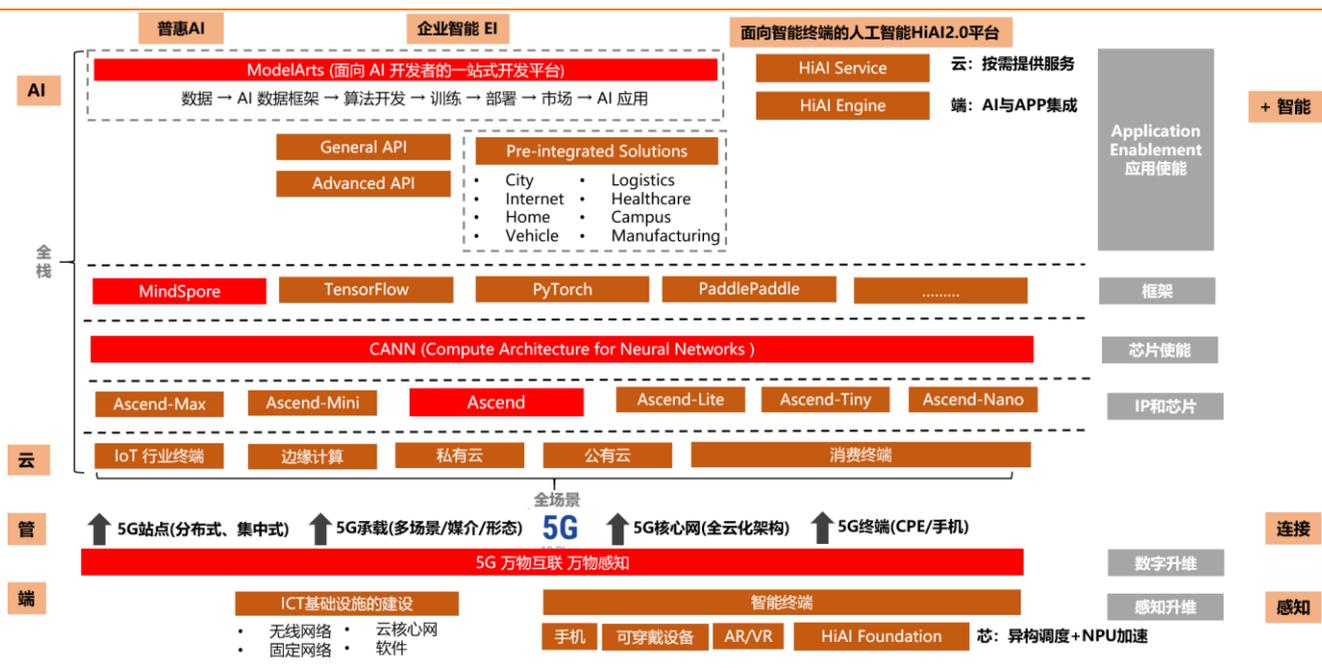
- **Sony 两款 VR 产品累计销量达 420 万，内容及产品持续往 2C 发力：**目前推出两款主机式 VR(需要搭配 PS 主机以及 PS Camera 使用)——2016 年 10 月发布 ZVR1 (\$399 仅头显)、2017 年 11 月发布 ZVR2 (套装价 \$249 不含控制器/319/349)，相比一代，二代讯号处理器及 VR 头戴装置重量更轻；据 Sony 官方数据，截至 2019 年 3 月 3 日的 PS VR 全球销量已经超过 420 万台。Sony 产品和内容主要 2C，目前旗下 VR 游戏共有 496 个；从专利上来看，2019 年 Q1 共公布 54 项 VR 相关专利，主要布局方向是信息计算与处理、光学 显示和感知交互技术，未来倾向于无线化 PS VR。

- **内容/电视厂商竞相进入 VR 领域：爱奇艺：**与中国联通合作，通过爱奇艺 VR 视频内容与奇遇 VR 一体机维联通 5G 网络用户提供 8K 品质沉浸体验，并于 19 年 5 月发布奇遇系列 VRAR 新品奇遇 2S、奇遇 Pro、奇遇 AR，以及支持 6DoF 定位的一体机套装；**创维：**于 19 年 4 月发布 S801、V901C、V90 新品；**大朋也继 17 年 VR E3 后于 19 年 1 月发布 VR P2；Pico：**于 19 年 3 月发布 VR 一体机 G2 4K，同时宣布加入高通的 Boundless XR for PC 项目，并确认 Pico Neo 2 于年内上市。

1.1.2. 华为云管端全面发力 5G，持续蓄能预计 H2 推出颠覆性 VR 产品

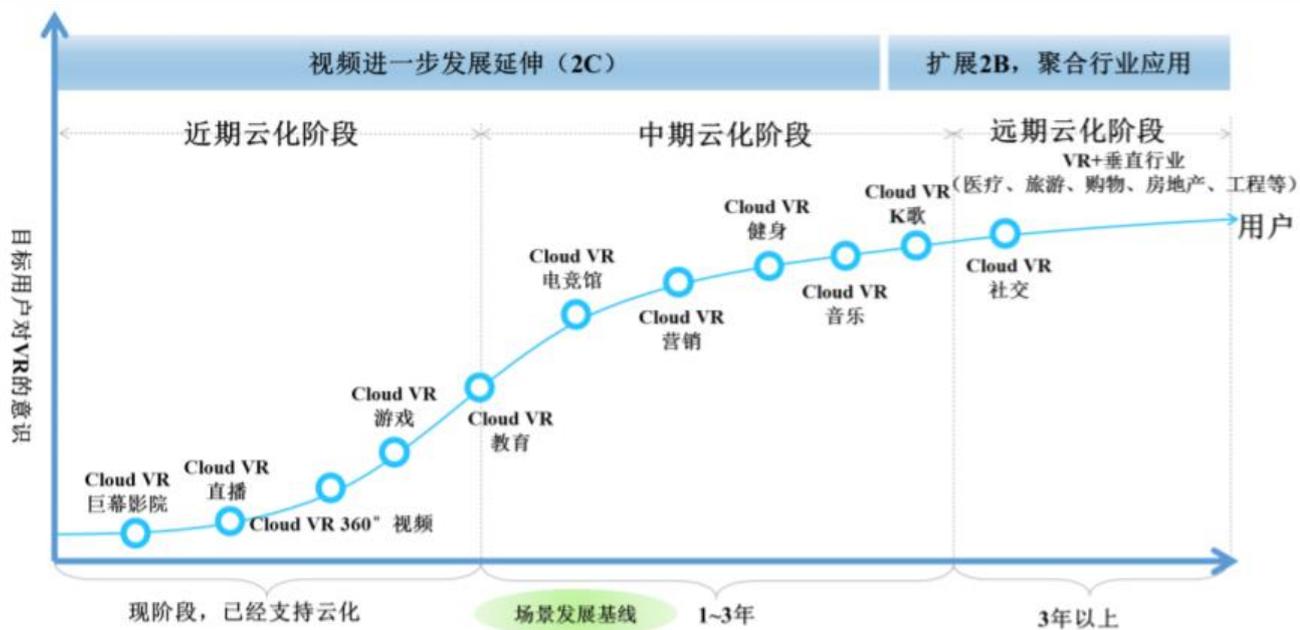
从云管端多维度全面发力 5G，万物互联生态中重点发力 VR，身为 5G 管道建设者推动终端更具示范效应，看好 Cloud VR+场景发展落地。华为自 2017 年年报中提出“把数字世界带入每个人、每个家庭、每个组织，构建万物互联的智能世界”的愿景和使命，云管端多维度发力，认为打造智能世界主要分三步走：唤醒万物感知、升级连接、点亮数据智能。AR/VR 为万物实现连接、感知升级迈向数字世界中重要性的一环，据 GIV@2025 报告，2025 年全球 可穿戴设备将达 80 亿，VR/AR/MR 个人用户 数将达 4.4 亿。认为华为身为 5G 管道建设者推动终端（5G 终端、VR、AR）更具示范效应，伴随云能力提升、设备微型化及通用计算力的加速发展，华为重点看好 Cloud VR 的市场空间带动的背后巨大的商业价值，认为后市场到 2025 年将达 2920 亿美元，看好 2C+2B 端 17 个应用场景（2C：巨幕影院、直播、360° 视频；2B：教育、电竞馆、营销、医疗等）。

图 4：华为智能纪战略



资料来源：华为年报、天风证券研究所整理

图 5：Cloud VR 场景发展的三个阶段



资料来源：华为 iLab、天风证券研究所

早年卡位 VR 板块，5G，19 年 5G 元年将重点推出颠覆性 VR 终端，引爆相关板块。从 2016 年以来华为开始布局从全产业链切入 VR 领域，涉足的 VR 生态包括：硬件、OS、开发工具、开发者（内容）、分发渠道、网络传输、解决方案等。

表 3：华为 VR 板块积累

时间	项目	VR 生态的合作部分	合作方	具体内容
2016 年 4 月 15 日	HUAWEI VR (华为第一款 VR 产品)	内容(暴风魔镜在视频、图片和游戏方面)	暴风魔镜、华策影视、优酷等	华为 VR 将于暴风魔镜在视频、图片、游戏方面进行合作，带给用户更好的 VR 体验；内容上：2015 年年底，华策影视与华为签订《战略合作协议》，华策影视将在内容上为华为提供支持。而华策在 VR 内容方面布局颇多，曾投资过 AR/VR 数字多媒体产品制作公司兰亭数字、VR 影视制作公司热波科技等。
2017 年 10 月 20 日	华为 VR OpenLab (实验室) 产业合作计划	涵盖全栈解决方案、终端及外设、内容制作与分发平台等	兰亭数字、空岛科技、启迪数字天下、立视、视博云等	聚焦四大研究方向：包括 Cloud VR 的商业应用场景、Cloud VR 业务解决方案、Cloud VR 网络承载创新、运营商 Cloud VR 业务落地，通过端到端的产业合作弥合生态断点，从而全面推动 VR 的商用普及。目的：为了帮助上下游合作伙伴共同探索 Cloud VR 的产业发展道路；致力于推动 Cloud VR 产业的繁荣发展，促进技术创新，孵化商业场景，构建完整的 Cloud VR 产业生态。
2017 年 10 月	HUAWEI VR 2	内容(IMAX 大屏效果以及 DTS 影院音效)、硬件(京东方的 Fast-LCD 屏幕)	IMAX、DTS、京东方等	在显示方面，华为选择了京东方的 Fast-LCD 屏幕，单眼分辨率为 1440*1600，双眼分辨率达到了 3K，大幅减少了 VR 头显的纱窗效应。同时

华为与 IMAX 合作，能够模拟出标准 IMAX 影厅 22m*16m 的幕布，并且给用户 提供“皇帝位”的观影体验(即 IMAX 影厅中的最佳观赏位置)，同时，还引入了一些 IMAX 专供的高质量影片内容。在音效方面，华为与 DTS 合作，用户可以享受到专业的 5.1 声道音频体验。

2017 年 11 月	“耀星计划”	开发	产业链开发者	设立 10 亿元基金，激励开发者围绕 AR/VR、人工智能、物联网等等领域创新，提供人才培养、开发支持、营销辅助等一系列的资金与资源扶持，推进智慧生态发展。
2017 年 11 月	5G 云 VR 渲染解决方案	通道	传送科技 (TPCAST)	TPCAST 计划提供超低延迟编解码器和实时 VR 数据控制协议，而华为则提供尖端的 5G 网络技术
2018 年 1 月	AR-VR 学术中心	开发	Facebook、谷歌、华为 (共同资助华盛顿大学)	实验室将教授关于 AR 和 VR 的知识，并且允许学生使用实验室来开发新技术和应用。
2018 年 4 月	AR 技术联合实验室	分发渠道 (主要面向广告主、品牌商、4A 公司、技术及内容创意服务商，提供营销方案的解读。)	京东	助力 AR 购物
2018 年 7 月	“和·云 VR”服务	商用	中国移动	全球首个运营商云 VR 业务试商用，
2018 年 9 月	云 VR 产品	产品	中国电信	
2018 年 9 月 13 日	云 VR 解决方案	通道	视博云、老子云、电信等	云 VR 是将云计算、云渲染的理念及技术引入到 VR 业务应用中，借助华为云高速稳定的网络，将云端的显示输出和声音输出等经过编码压缩后传输到用户的终端设备，实现 VR 业务内容上云、渲染上云
2018 年 10 月 24 日	打造基于云的 VR 项目 (5G AR/VR 合作协议)	渠道、业务分发	传送科技 (TPCAST)、多媒体通信巨头 Mediapro 等	传送科技：在中东合作打造一个基于云的 VR 项目。合作期间，华为将提供云视频和 VR 平台以及高规格的机顶盒，实现更加高效的视频内容获取、管理和运营。传送科技将提供超低时延的编解码、一个 VR 后台控制协议以及多用户无线 VR 中央控制。双方将共享其全球和本地生态合作伙伴资源，共同开拓中东市场。Mediapro 的合作：将致力于在 5G 网络上实现虚拟现实 (VR) 和增强现实 (AR) 业务分发。5G 将为 VR 和 AR 提供一个平台，从而可以通过华为的媒体云应用实现 VR 和 AR 直播。

2018年11月	“华为杯”第二届中国大学生VR/AR开发大赛	开发	上海交通大学	为了吸引更多人才，特别是在校大学生加入到VR产业中来，上海交通大学在2017年联合全国多所高校举办了第一届中国大学生VR/AR开发大赛。
2018年11月	基于5G的8K VR直播业务		中国移动5G联创中心	
2019年4月16日	双G Cloud VR发展倡议	开发孵化	英伟达、京东方、视博云、兰亭数字、创维VR、Pico、大朋、爱奇艺、格如灵等（详情见最右边白皮书的截图）	以华为iLab和X Labs创新实验室为孵化中心，协同内容服务商、平台服务商、终端服务商以及芯片、屏幕等基础产业提供商，围绕千兆家宽、5G两大战略机遇，打造千兆Cloud VR和5G Cloud VR两大商业解决方案，在推动产业持续创新的同时，加速推动Cloud VR的规模商用。

资料来源：华为官网、华为AR/VR白皮书、天风证券研究所整理

- **硬件方面，目前已经迭代两款VR设备，预计19年推出颠覆性VR引爆板块：**16年推出第一款VR，17年迭代新品VR 2，相比一代，VR 2可进行PC和手机投屏、配置两块Fast LCD显示、双眼分辨率达到3K、615PPI、刷新率达90Hz、呈现虚拟22米巨幕和3D音效、头盔6 DoF/手柄3 DoF；同时，据华为副董事长胡厚崑预计，云端计算协同和5G网络将在19年引爆VR和AR的发展，华为将在下半年发布一款颠覆性的VR终端，华为身为5G网络主要建设推动者，从终端、管道、云多维度发力，VR痛点解决+大品牌示范效应下，预计相关VR产业链将加速发展。

图6：HUAWEI VR 2 + NOLO CV1 + PC



资料来源：华为官网、天风证券研究所

- **传输网络建设：**华为5G端到端全系列产品解决方案，现已经具备从软件到硬件全面支持运营商2018年5G商用部署的能力。是目前行业内唯一能够提供包括商用5G CPE的5G端到端产品与解决方案的厂商，技术成熟度比同行至少领先12个月到18个月，商业合作上，截止2019年1月，华为全球5G商用合作伙伴最多，高达50+；华为已获得30个5G商用合同，25,000多个5G基站已发往世界各地。
 - **5G 站点：**推出了应用于分布式站点的BBU5900和集中式站点的CBU5900。BBU5900是当今业界集成度最高的站点解决方案，能够支持包括2G、3G、4G、5G所有制式合一，所有频段合一。无线全系列产品都支持C-RAN和D-RAN不同场景下的部署，光接口速率均小于25Gbps。C波段64收发和32收发Massive MIMO AAU均支持200MHz大带宽，且均具有三维立体的波束赋型能力，小型化

Massive MIMO 的 5G C 波段或毫米波产品，能够利用街边灯杆部署以实现补盲和热点扩容；5G LampSite 向下兼容 4G，能够利用现有 CAT6A 网线或光纤，通过“线不动”、“点不增”的方式，实现室内 4G 5G 共部署。

- **5G 承载：**推出了多场景、多媒介、多形态的 5G 承载产品组合。回传场景的 5G 微波系列产品，可以基于传统微波频段实现 10Gbps 的大带宽能力以及 25 微秒的低时延；50GE/100GE 自适应分片解决方案，可以支持从 10GE 到 50GE、100GE 的平滑演进，实现按需逐步建设；有源 FO OTN 前传解决方案可以实现多达 15 路业务接入，支持无损倒换以及多种业务的综合接入能力；Centralized WDM 前传解决方案采用创新无色光模块，实现站点的极简交付、极简运维。华为 X-Haul 5G 承载解决方案支持 IP-RAN/PTN/OTN/微波等多种技术，帮助运营商彻底解决 5G 规模部署对移动承载网带来的挑战。
- **5G 核心网：**基于全云化架构设计，采用以微服务为中心的软件架构（Microservice-centric Architecture），能够同时支持 2G、3G、4G、5G，并实现从 NSA（非独立组网）向 SA（独立组网）的平滑演进。
- **5G 终端：**5G CPE 基于 3GPP 标准及芯片架构实现，体积小、功耗低、便携性强，能够支持 C 波段或者毫米波，是目前全球最小的 5G 商用终端。基于华为商用级 5G 终端，在首尔和加拿大已经诞生了全球首批 5G 友好商用用户。基于 3.5GHz 和毫米波，用户可畅享超过 2Gbps 类光纤体验的无线家庭宽带服务。此外，华为还将在 2019 年，推出 5G 手机。

图 7：华为 5G 端到端全系列产品解决方案



资料来源：华为官网、天风证券研究所

- **内容：**15 年与华策影视签订战略合作，华策持续积极卡位 VR 内容，投资过 AR/VR 数字多媒体产品在做公司兰亭数字、热波科技，17 年在 VR 2 硬件上与 IMAX 合作，配置虚拟 IMAX 电影院巨幕银屏、引入 IMAX 专供高质量影片内容，同时，硬件介入丰富的 VR 视频片源，片源时长超过 20000 小时，合作平台包括优酷、爱奇艺、VIRZOOM、ARROWIZ、3d 播播、牛卡互娱等。

图 8：华为 VR 2 硬件 VR 视频片源



资料来源：华为官网、天风证券研究所

- **商用落地：**17 年与传送科技合作推出 5G 云 VR 渲染解决方案，18 年继续与之合作在中东打造一个基于云的 VR 项目(华为提供云视频和 VR 平台以及高规格的机顶盒，传送科技将提供超低时延的编码解码、VR 后台控制协议以及多用户无线 VR 中央控制)；18 年华为与中国移动福建等合作，共同开启全球首个运营商云 VR 业务试商用，协助运营商实现了系统架构级技术方案创新，在打造以视频为基础业务的端到端网络、实现最佳视频业务体验的基础上，构建云化的融合视频平台，开放视频能力，打造丰富的产业生态。
- **从产业链、网络建设、商用部署、场景、产品等多维度持续推进 Cloud VR 延伸渗透：**17 年发起 VR OpenLab 产业合作计划，聚焦运营商 0-1 落地、应用场景孵化、解决方案创新，背靠华为 iLab 强大技术资源(1000 平方米 VR 研发中心、E2E 网络设备、30+ 高端专家团队)，目前，Cloud VR 汇聚的合作伙伴已有 63 家，覆盖 Cloud VR 全产业链环节，打造了业界首个 Cloud VR 渲染云平台、电信级 VR 内容聚合平台、Cloud VR 一体机，初步构筑了端到端的 Cloud VR 产业生态，推动相关应用数突破 6000、头显价格降至 2000 人民币以下，并在 19 年发布双 G Cloud VR 发展倡议，围绕千兆家宽、5G 两大战略机遇进一步推动规模商用；商业部署实践方面，18 年中国电信与华为在深圳试点推出 Cloud VR 业务；网路建设方面，推出端到端 10G PON 解决方案，通过千兆“大带宽、低时延、优体验”为 Cloud VR 业务提供了基础保障(接入段采用 PON Combo 方案、家庭网络配置 10G PON 网关支持千兆有线接入和千兆 Wi-Fi)。

图 9：华为 OpenLab



资料来源：C114、天风证券研究所

- **协同生态伙伴、形成产业合力、共推共赢：**17 年开展华为 VR OpenLab (实验室) 产业合作计划、“耀星计划”，产业链方面：VR OpenLab (实验室) 产业意在全面推动 VR 的商用普及，帮助上下游合作伙伴共同探索 Cloud VR 的产业发展道路；致力于推

动 Cloud VR 产业的繁荣发展，促进技术创新，孵化商业场景，构建完整的 Cloud VR 产业生态。耀星计划设立 10 亿元基金，激励开发者和合作伙伴围绕 AR/VR 等领域创新，截至 2019 年 1 月，华为“耀星计划”已向通过审核的 140 余家合作伙伴及海量开发者发放相应的激励资源，并且目前终端全球注册开发者数量已经超过 56 万。

1.2. 产业链：VR 痛点逐个击破，蓄势启航

体验上来看，VR 痛点可分为感官体验问题和生理体验问题。其中生理体验问题又分为眩晕感——视觉信息质量(分辨率)、运动感知冲突、视觉辐辏调节冲突；沉浸感(交互体验)——MTP 头动和视野延迟（延迟感）。感官体验问题可分为视觉触觉嗅觉等。从产业链来说，可分为硬件和内容、以及网络传输技术问题。

痛点一：眩晕感。从人眼双目视觉特性看，眩晕感主要源自一下三方面，1) 显示画质，纱窗、拖尾、闪烁等过低的画面质量引发的视觉疲劳容易引发眩晕；2) 运动感知冲突：视觉与其他感官通道的不匹配；3) 辐辏调节冲突 VAC：眼睛的焦点调节与视觉景深不匹配。

痛点二：沉浸感即交互体验：主要与分辨率、网络传输、MTP 头动和视野延迟等有关。其中**网络传输方面：**VR 传输涉及接入网、承载网、数据中心网络、网络传输运维与监控、以及投影、编码压缩等网络传输技术，对入户带宽、接入网、城域网、家庭网等方面均提有需求升级，其中网络带宽又受分辨率、帧率、色深、视场角、编码压缩技术、传输方式等因素影响。**延迟和丢包：**VR 传输处理流程中出现延迟环节主要为：头部转动（FOV 方式）——资料转换为数字信号——电脑处理信号——处理图像——开始/完成显示，华为 AR/VR 白皮书中认为，在考虑点播/直播、家庭多人接入等因素，深度沉浸延迟 VR 体验需要<20ms、1Gbps 带宽，完全沉浸延迟则需<10ms、2-5Gbps 带宽。2015-2016 年当前家庭使用的 Wi-Fi 主要为 802.11n，最大带宽为 300M 左右，带宽和延迟无法满足进阶/极致 VR 需求。

VR 业务对入户带宽、接入网、城域网、家庭网等方面的需求：

- **入户带宽：**Gbit 入户、超 Gbit 入户，10Gbit 入户（极致 VR、多路 VR）。
- **接入网络：**10G/40G/100G PON 大面积部署，OLT 上行单链路支持 400G 端口。
- **城域网络：**10T 量级单板，PB 级设备交换容量。
- **设备和链路支持动态扩容：**潮汐的波峰和波谷 100 倍差别，按需申请设备和链路资源能够显著降低运营的成本（功耗、噪音）。
- **家庭网络：**对无线 Wi-Fi 要求更高，需 802.11ad、snap 高速传输等更高速率的无线传输。

痛点三：内容：内容质量受限于商业模式、制作成本、制作技术、终端能力方面因素。并且，终端内容分散、质量参差不齐，没有出现爆款。

图 10：网络中主要业务带宽比较示意图

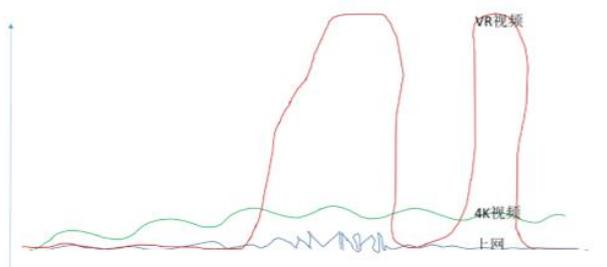
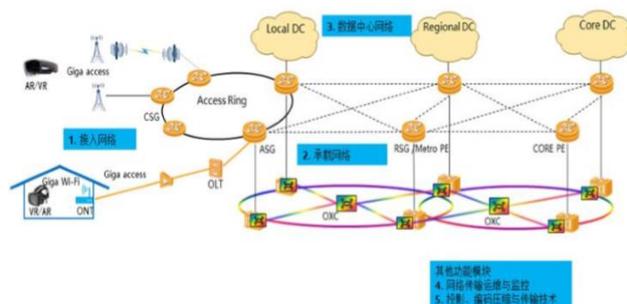


图 11：虚拟现实业务承载的端到端网络传输示意图



资料来源：《面向 VR 业务的承载网络白皮书》、天风证券研究所

资料来源：中国信息通信研究院、天风证券研究所

表 4：不同 VR 体验带宽时延需求

	入门 VR	进阶 VR	极致 VR
单机体验			
单眼分辨率	5037x5707ppi	5037x5707ppi	5037x5707ppi
帧率	25-30fps	50-60fps	100-120fps
比特/像素	8bit	10bit	12bit
半屏	~70Mbps	~175Mbps	~350Mbps
360° VR	~840Mbps	~2.1Gbps	~4.2Gbps
家庭带宽估算			
VR 视频	单节目带宽 100M	单节目带宽: 400M, 可能会多屏, 按 2 个屏计算	2.35G(FOV 方式传输), 按 2 屏计算
普通视频	2 个 4K 视频节目, 每个节目带宽 25M	2 个 4K 视频节目, 每个节目带宽 25M	200M
上网业务	10M 带宽	20M 带宽	
家庭总带宽	160M, 入户接入带宽要求 >200M	870M, 入户接入带宽要求 1G	4.9G, 入户带宽要求 5G(按 FOV 方式计算)

资料来源: 华为 AR/VR 白皮书、天风证券研究所

1.2.1. 突破一：眩晕感问题取得重大突破，大幅改善生理体验

1) 画质体验

视场角 FOV: 过低画面质量引发视觉疲劳和眩晕感，8K 是保证画质必须分辨率：用户在虚拟环境中的视野可以认为是一个空间球，左右横向全视角展开是 360 度，上下纵向展开是 180 度。用户在使用终端时，单眼实际看到的视觉信息只是全部球面数据的一部分，这部分面积由终端提供的视场角 FOV 决定。决定 VR 视频画质体验的是单眼分辨率，VR 的沉浸式终端(HMD)拥有远高于传统终端(TV/PC)的视场角，同样等级的画质体验、相同的 PPD 要求更高的单眼分辨率和全视角分辨率。过低画面质量引发视觉疲劳和眩晕感，8K 是达到满意视频质量的必须分辨率（FOV=90，全视角分辨率=8K，对应 PPD=22，实际画面体验只相当于传统 SD 视频）。

表 5：不同分辨率下的 VR 与传统电视的等效观看体验

VR 屏幕双眼分辨率	水平 PPD	对应 VR360 内容分辨率	等效 TV 体验分辨率
2K	10	4K	240P
4K	21	8K	480P
8K	32	12K	720P
16K	64	24K	4K

资料来源: 华为 AR/VR 白皮书、天风证券研究所

画质改善取得进展，双眼 4K 逐步成为主流，不断向更高分辨率迈进：

- **VR 显示：AMOLED 显示性能优越，有望呈现对液晶显示的替代趋势。**相对于 LCD，AMOLED 响应时间比液晶显示低一个数量级，有效避免了 VR 交互造成的画面拖尾模糊；由于不含背光源模组，AMOLED VR 头显佩戴相对轻便；可降低引起视网膜病变伤害的蓝光辐射量；在高分辨率与黑色画面背景等情况下，功耗表现优于液晶显示。目前，VR 显示板块厂商厂家增多，京东方、三星、JDI、Kopin 等厂商持续发力，预计未来随着产业链技术进一步成熟、产能扩充，分辨率刷新率持续提升、成本价格有望下降加速渗透。
- **双眼 4K 逐步成为主流，减少纱窗效应提高画质。**产业链及终端厂商配合下，18 年起 VR 分辨率相对 15/16 年提高，19 年 HTC 迭代的两款新机 Vive Pro Eye 及 Vive Focus Plus 均配置 AMOLED，实现分辨率单眼 1440 x 1600、双眼 2880 x 1600；惠普 WMR 头显

Reverb 达到 FOV=114°、4k 分辨率 (单眼 2160 × 2160); Pico G2、大鹏 VR M3、创维 VR 一体机也达到 4K 分辨率。

表 6: VR 显示屏厂商及产品性能

时间	品牌	性能
2016 年 11 月	Japan Display	3.46 英寸 LCD 显示屏 分辨率: 1440 × 1700 像素 像素密度: 651 ppi 刷新率: 90 Hz 屏幕响应时间: 3 ms
2017 年 5 月	Samsung	3.5 英寸 显示屏 分辨率: 2024 × 2200 像素 像素密度: 858 ppi 刷新率: 90 Hz
2017 年 5 月	京东方 (BOE)	3.5 英寸 OLED 显示屏 分辨率: 1440 × 1600 像素 像素密度: 615 ppi 刷新率: 90 Hz FoV: 102° 响应时间: <20 ms
2017 年 6 月	Kopin	1 英寸显示屏 分辨率: 2028 × 2048 像素 刷新率: 120 Hz 屏幕响应时间: 10 μs
2018 年 1 月	维信诺	像素密度: 814 ppi
2018 年 3 月	京东方 (BOE)	5.7 英寸 OLED 显示屏 分辨率: 2160 × 3840 像素 像素密度: 773 ppi 刷新率: 75 Hz FoV: 110° 响应时间: <20 ms
2018 年 3 月	京东方 (BOE)	3.5 英寸 OLED 显示屏 分辨率: 2160 × 2376 像素 像素密度: 915 ppi 刷新率: 90 Hz FoV: 106° 响应时间: <20 ms
2018 年 5 月	Google & LG	4.3 英寸 OLED 显示屏

分辨率：2400 × 3840 像素
 像素密度：1443 ppi
 刷新率：120 Hz
 FoV：120° × 96°

2018 年 5 月	Japan Display	3.25 英寸 显示屏 分辨率：2150 × 2432 像素 像素密度：1001 ppi 刷新率：120 Hz 屏幕响应时间：2.2 ms
2019 年 3 月	HP	2.89 英寸 LCD 显示屏 分辨率：2160 × 2160 像素 刷新率：90 Hz FoV：114°

资料来源：映维网、各公司官网、天风证券研究所整理

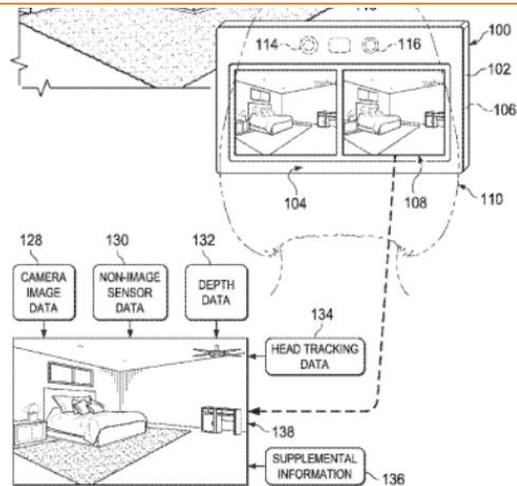
2) **视觉与其他感官通道的冲突**：目前除前庭刺激、服用药物等非主流方式外，HTC VIVE、Oculus 的房间规模 Room Scale（配置外置摄像头/传感器）、Virtuix Omni 的虚拟现实全向跑步机成为缓解此方面眩晕感的主要技术。此外，谷歌于 19 年 2 月发布 3 份专利意在优化房间规模 VR 体验模式，提高房间规模环境映射与交互的能效，具体包括两份利用深度传感器助力估测 VR 环境边界以及一份用于识别 VR 环境内物体的方法和设备。

图 12：Virtuix Omni 的虚拟现实全向跑步机



资料来源：电子创新网、天风证券研究所

图 13：谷歌专利



资料来源：映维网、天风证券研究所

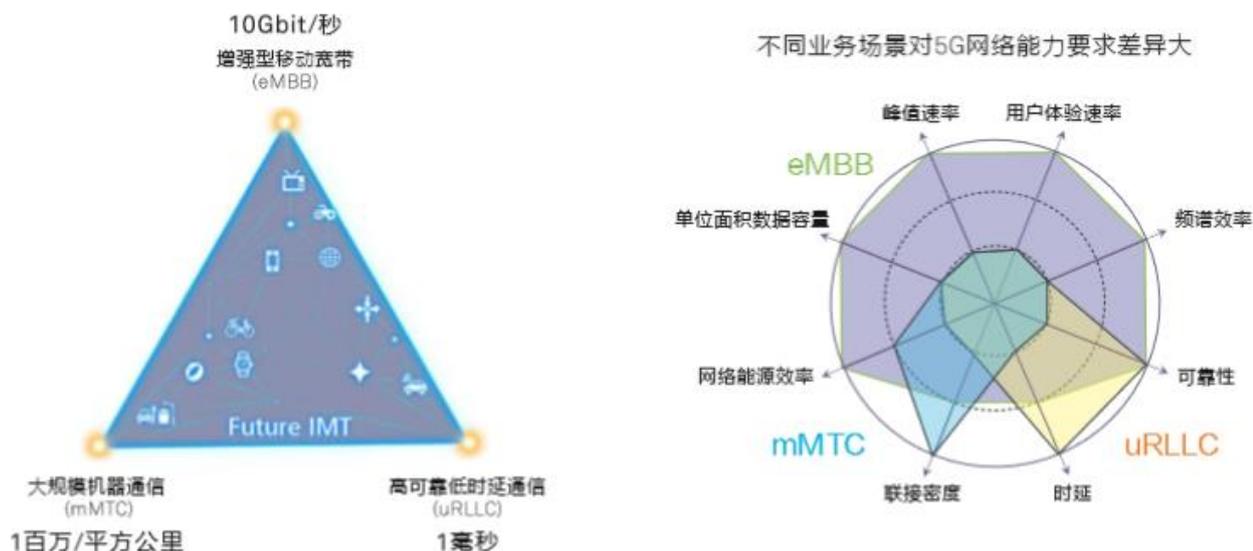
3) **VAC 引发眩晕感**：现有量产产品中，尚未有应对 VAC 引发眩晕感的技术方案，发展非固定焦深的多焦点显示（Multi-focal Display）、可变焦显示（Vari-focal Display）与光场显示成为业界在近眼显示眩晕控制方面的重要趋势。

1.2.2. 突破二：5G+承载方案迭代提高带宽能力，传输编码助力降低带宽要求

- **5G 超大带宽、超低时延助力实现沉浸 VR 体验**。据 3GPP 的定义，5G 未来移动应用包括以下三大领域：eMBB（10Gbit/秒增强型移动宽带）、mMTC（大规模机器通信 1 百万/平方公里连接数）、uRLLC（高可靠低时延通信 1 毫秒），目前 5G 产业链主要

环节已基本达到商用水平，运营商也在积极推进 5G 建设——布局 5G 试验网、建设 5G 基站、开展 5G 外场测试、获得试商用和商用条件，极致 VR 体验有望随着 5G 落地得以实现。

图 14：5G 的业务多样化带来的技术要求差异



资料来源：华为 AR/VR 白皮书、天风证券研究所

- **接入网：迭代 PON 技术提高带宽能力和时延性能，宽带产业逐步进入千兆时代。**接入网在整个网络中起着对终端用户进行汇聚的作用，是运营商最靠近用户的网络。主要分为铜线接入和光纤接入，光纤接入分为 GPON 和 EPON 接入。17 年规模部署的 FTTH 技术 EPON/GPON, GPON 技术可提供下行 2.5Gbps、上行 1.25Gbps 实际带宽，而 EPON 则可提供对称 1Gbps 实际带宽，时延约为 1-1.5ms。目前，10G PON 标准和产业链已经成熟，正逐渐成为 PON 网络的主流技术，其具备兼容、良好的互通性、超强的宽带能力：10G GPON 提供的宽带能力是 GPON 的 4 倍和 EPON 的 10 倍，18 年中国联通完成了互通条件下主流设备商的 10G PON 设备的集采测试、19 年中国联通将进行 10G PON 局端设备、HGU 设备以及配套设施的集采和规模部署，具备 FTTH 千兆宽带业务开通的技术条件。并且，未来 10G PON 会继续向 50G、100G 演进，由中国运营商及设备商共同参与的单波长 50G PON 技术标准已在 ITU 正式立项，IEEE 标准组织正在推动 25G/100G PON 的技术标准，带宽有望进一步被拓宽。

表 7：接入技术对 VR 支持情况的汇总

	分光比	下行带宽	入门 VR (100M)	进阶 VR (418M)	极致 VR	
					2.35G(FOV)	4.93G(全视角)
GPON	1:32	30M				
	1:64	10M				
10G PON	1:32	300M	✓			
	1:64	100M	✓			
40G PON	1:32	1G	✓	✓		
	1:64	500M	✓	✓		
100G PON	1:16	6G	✓	✓	✓	✓
	1:32	3G	✓	✓	✓	
	1:64	1.5G	✓	✓		
G.fast	/	800M	✓	✓		
Super Vectoring	/	300M	✓			
Vectoring	/	120M	✓			

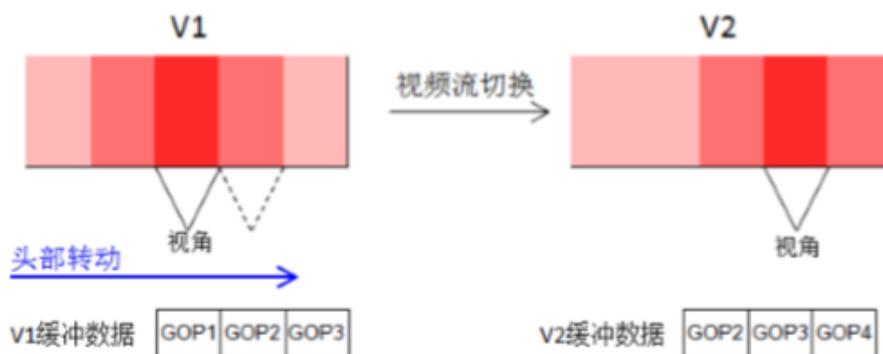
资料来源：华为 AR/VR 白皮书、天风证券研究所

- **家庭网：进阶版无线传输 wif 持续推进中，提高家庭网承载能力。**VR 主要使用场所 在家庭，未来可能会存在多路 VR 并行使用的情况，极大的提高了对家庭网的承载要 求。目前，家庭网使用通常是基于 802.11n 或 802.11ac 标准的 Wi-Fi 设备，当前已 经商用的 802.11ac Wave 1 标准的 Wi-Fi 路由器，其空口带宽可以达到 1G-1.3G，能 满足进阶 VR 要求(入户带宽 1G)，带宽更高的 802.11ac Wave2 (空口速率可达 6.93G)、 802.11ad (吞吐量 7G)、802.11ax 、802.11ay Wi-Fi (目标速率 176Gbps)设备正在推进 中， 搭载 802.11ay 制式的无线芯片组现已上市，并且，802.11ay Wi-Fi 草案 1.2 于 2018 年 4 月发布，预计于 19 年四季度发布正式规格。

传输、编码助力优化 VR 网络性能，降低 VR 带宽要求：

- 1) **VR 画面在线传输：FOV 逐渐渠道全视角传输，带宽要求降低。**全视角传输方案就 是将 360 度环绕的画面都传输给终端，当用户头部转动需要切换画面时，所有的处 理都在终端本地完成，终端即时 (Just-in-time) 完成包括码流解析、视频解码和画面 渲染等处理，同时用户看不到那部分信息网络资源造成了比较大的浪费。FOV (Field of View) 传输方案是传输呈现当前视角中的可见画面 (全景视野划分若干个视角)。

图 15：FOVVR 点播时头部转动切换视角视频流



资料来源：华为 AR/VR 白皮书、天风证券研究所

- 2) **下一代编码技术稳步推进，压缩效率显著提高。**VR 360 视频可以采用普通视频的编 码技术进行压缩。目前应用最多的视频编码技术是 H.264，业界公认的下一代编码技 术是 HEVC 和 VP9。根据业界的测试结论，在保证同等画质的前提下，HEVC 和 VP9 的压缩效率大约比 H.264 的最新版本提升 30%左右。MPEG 等标准组织的最新研究 进展表明，对应于 HEVC 的下一代编码技术(H.266)的压 缩效率最多能比 HEVC 再 提升 30%。3D 效果的 VR 360 视频压缩效率最多可以比 2D 效果的 VR 360 视频再 提升 25%。

1.2.3. 突破三：云 VR 有望降低终端成本、助力头显轻量化/无线化

虚拟现实的云化 (Cloud Virtual Reality, Cloud VR) 是将云计算、云渲染的理念及技术引入 到 VR 业务应用中，借助高速稳定的网络，将云端的显示输出和声音输出等经过编码压缩 后传输到用户的终端设备，实现 VR 业务内容上云、渲染上云。具体而言，VR 云化后， 用户侧设备只需支持最基础的视频解码、呈现、控制信令接收和上传，云渲染降低了终端 硬件性能要求，兼具轻量化和低成本化优势，便于商业推广；可实现终端无绳化以便于更 多类型终端接入，同时还可实现多屏融合、多屏分享以及网络化多人互动 VR 等功能，大 幅提升用户体验；可将产业中的 VR 内容聚合起来，变离线为在线，使内容快速分发到消 费者和垂直行业，并有利于保护 VR 内容版权。

图 16：本地/联网 VR 与 Cloud VR 游戏模式对比



资料来源：华为 iLab、天风证券研究所

各厂商进场云 VR，运营商助力推进云 VR 渗透。从具体厂商来看，提供云 VR 解决方案的有：华为、视博云、兰亭数字等，其中视博云提供从平台底层所需的 VR 云、VR 流化、VR 终端时延优化、VR 同屏分享等基础技术，掌握云 VR 应用及云 VR 视频两大类，兰亭数字则提供的 CloudVR 技术服务包含了完整的“云”架构，包含：运营层、能力层、终端侧；华为发布云 5G Cloud VR 服务，包含 Cloud VR 开发套件、华为云 Cloud VR 连接服务和 Cloud VR 开发者社区，助力云 VR 开发。此外，运营商也不断参与云 VR 建设，拓展 5G 下业绩点。

表 8：5G 云 VR 项目进展

时间	商家	内容
20190625	HTC+中国移动	发布 HTC 端到端 5G 云 VR 解决方案：由 VR 一体机 HTC VIVE FOCUS PLUS 通过“中国移动先行者一号”接入 5G 网络并访问 HTC 云端服务器，将 PC VR 内容、一体机定位及交互等信息进行实时渲染和计算，并通过 5G 网络发送回 VR 一体机，实时解码呈现于 VR 一体机上。
20190611	Pico	与世博云合作的 5G+VR 解决方案
20190510	上海电信、诺基亚、百度 VR、视博云	全球首例 5G 云 VR 教育行业解决方案在上海愚园路第一小学试商用落地，上海电信、诺基亚、百度 VR、视博云共同签署战略合作协议，各方将致力于共同打造创新 5G 云 VR 教育行业解决方案
20190125	华为	华为发布华为云 5G Cloud VR 服务，包含 Cloud VR 开发套件、华为云 Cloud VR 连接服务和 Cloud VR 开发者社区
20181019	视博云	基于视博云的云流化技术，将 VR 内容储存和运行在云端，并以视频流的形式下达到终端，针对 VR 应用的运行、渲染、展现和控制特性进行研发，支持无线 VR 的接入方式，利用家用 WIFI、5G 网络就可以实现无线头显的云 VR 互动
20180913	中国电信	将云 VR 作为智慧家庭方向的重点产品，携手产业合作伙伴打造 5G+云 VR 生态闭环。
20180905	中国联通	发布“5G+视频”推进计划，云 VR 也作为中国联通 5G 的重点创新业务列入全面规划中。当前江西联通正在筹建 VR 云平台，以 5G+VR 组合技术为支持，旨在为用户打造有线电视、IPTV、手机、互联网的多屏互动观看新模式。

20180718	中国移动	从平台、网络到终端、内容，建立了一套云 VR 技术标准及业务体系，推出面向家庭普及能力的“和·云 VR”业务
20180718	中国福建移动	正式发布 Cloud VR 商用平台上线，搭建 VR 体验站，通过宽带、手机业务等模式进行销售 Cloud VR 产品。

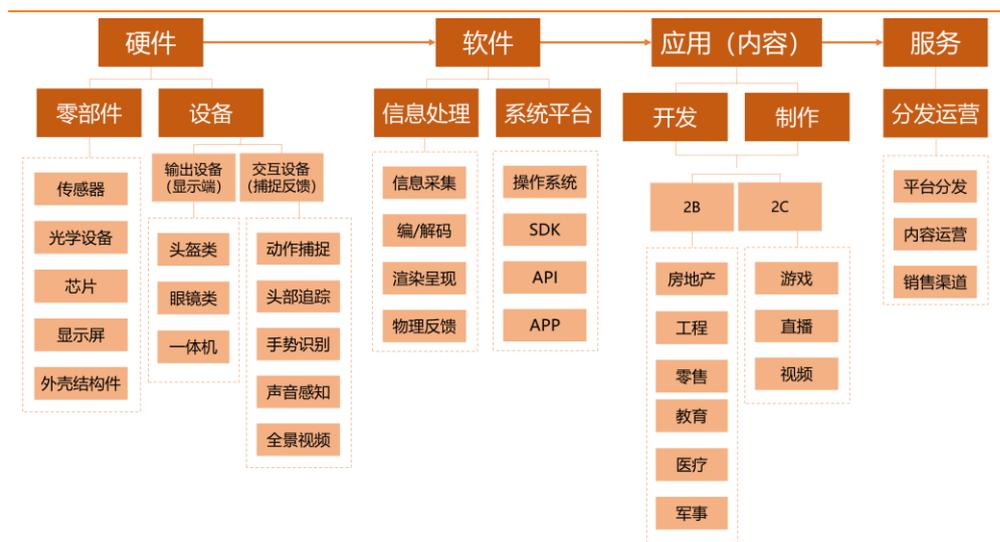
资料来源：通信世界、天风证券研究所

1.2.4. 突破四：产业链各板块能力更上一层楼

VR 产业链主要分为硬件、软件、应用、服务四大块，按形态来看，VR 主要分为一体机、主机式以及移动式 VR；具体来看 VR 硬件主要由四大部分的电子元器件组成：芯片、传感器、显示系统、光学器件(透镜、镜头、全景相机等)、外壳结构件组成。以 Oculus Rift 为例，整体 Oculus Rift 的 BOM 成本约为 206.1 美金(包括组件成本组装测试)，其中头盔单元成本为 138.56 美金，占比 67.23%，代工测试成本则为 6.5 美元。从结构来看，VR 内部组件数量及复杂程度远高于智能手机，组装代工难度更高，根据 BI，Oculus Rift 内部的组件超过 200 个，而智能手机（平均组件在 40-50 个）。

VR 头显产品技术设计包括形态、显示、交互、感知、计算、通讯。显示方面主要分为直视显示以及微显示，直视显示可用于手机、平板、笔记本、TV 等，较大的直视型设计肉眼可见；微显示一般对角尺寸小于 1 英寸，需要配搭放大光学系统；两种显示在亮度、尺寸、放大倍率、重量等方面有差异，直视显示器通常 400 至 800 ppi、尺寸范围为 3.5 ” - 5.5 ”、需要较小的放大倍率和大光学系统、更重更耗电；而微显示一般为 2,000 至 3,300 ppi、尺寸为 0.2 ” - 1 ”、需要更多的放大倍率。具体来看，直视显示分为 LCD 及 OLED，微显示分为 DLP、LCD、OLED、LCos。

图 17：VR 产业链



资料来源：Wind、天风证券研究所

图 18：Sony PS VR 拆解

图 19：Oculus Rift 拆解



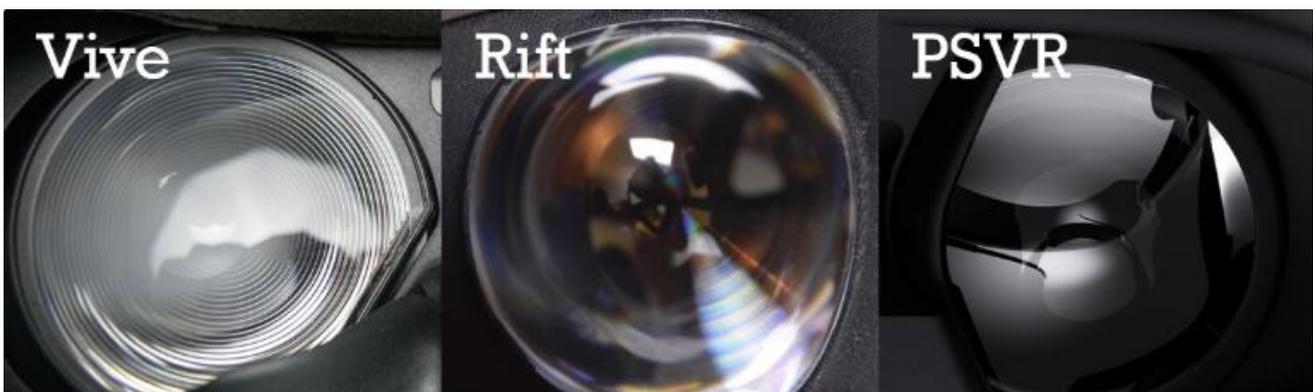
资料来源: ifixit、天风证券研究所

资料来源: ifixit、天风证券研究所

从成像原理来说,VR 显示利用放大镜原理,屏幕靠近透镜,屏幕和透镜需要在一倍焦距内,使得人眼在透镜另一侧可看到屏幕里内容的放大场景。因此 VR 头显的核心元器件在于:**透镜和显示屏幕。**

- 1) **光学: 菲涅尔透镜迭代, 性能不断改进。**光学设计对 VR 体验效果至关重要,同时光学部件的重量体积也直接影响 VR 头盔的外观。通过 VR 拆解可知,VR 光学结构主要分为感知追踪(IR 滤镜、红外)、摄像头、光学组件(透镜)等,其中透镜主要功能是折射光线、扩大视场等,一般配置透镜的成本在几元到几十元之间,菲涅尔透镜(HTC Vive 菲涅尔透镜、Oculus Rift 混合型菲涅尔透镜),菲涅尔透镜是同心圆波纹镜片,其将普通透镜的有效光学折射面(弧面)等效地压缩到平面上,形成密集螺纹状的薄片镜片,相对于单个/一系列透镜,更轻薄、减轻高倍率解决“黑边、暗角”、能够消除相差/色差、提高成像亮度,其设计、生产工艺较复杂,目前 VR 菲涅尔透镜供应商有歌尔、Wearality 等,并且,VR 透镜的性能在不断改进中,Wearality 研发原来四分之一厚度、更轻薄、FOV150° 的菲涅尔透镜。

图 20: VR 部件内光学透镜

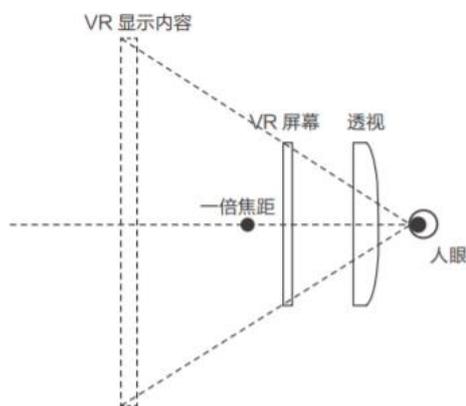


资料来源: 映维网、天风证券研究所

- 2) **高 PPI 显示迭代, 朝专业化显示迈进:**显示屏幕为 VR 头显的核心元器件之一,VR 直视显示分为 LCD 及 OLED。目前 VR 显示屏幕主要供应商为夏普、Japan Display、三星、京东方、Kopin、HP、Google&LG。具体看,谷歌&LG 推出 4.3 英寸 PPI 为 1443 的 OLED 显示屏, JDI 于 19 年推出 2.89 英寸 PPI 为 1058 的 LCD 显示屏,不断向专业水平 1600PPI 显示屏规格迈进;改进 FAST-LCD 性能提升,渗透率上升。FAST-LCD 在改进了 LCD 响应速度较慢的缺点后对 OLED 形成了强烈竞争,如小米 VR, 华为 VR、Oculus Go、

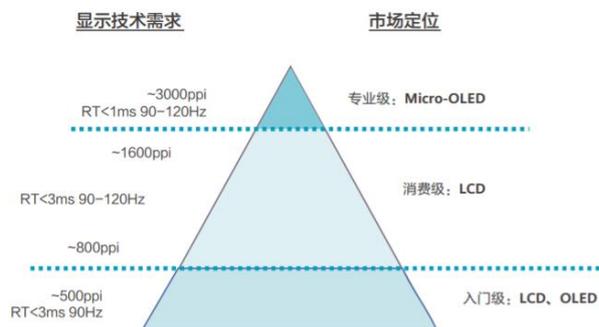
Oculus Rift S (2560 × 1440) 均使用了成本更低的 FAST-LCD，未来则看好 Micro OLED 在 VR 显示屏的应用 (性能达到 3000 PPI、RT<1ms、90-120Hz)。

图 21: VR 显示原理



资料来源: 映维网、天风证券研究所

图 22: 不同市场定位下的 VR 显示技术需求



资料来源: 映维网、天风证券研究所

表 9: VR 显示屏供应商及屏幕性能

时间	品牌	性能
2017/6/1	Kopin	1 英寸显示屏;分辨率: 2028 × 2048 像素;刷新率: 120 Hz;屏幕响应时间: 10 μs
2018/3/1	京东方 (BOE)	3.5 英寸 OLED 显示屏;分辨率: 2160 × 2376 像素;像素密度: 915 ppi;刷新率: 90 Hz;FoV: 106°;响应时间: <20 ms
2018/5/1	Google & LG	4.3 英寸 OLED 显示屏;分辨率: 2400 × 3840 像素;像素密度: 1443 ppi;刷新率: 120 Hz;FoV: 120°
2018/5/1	Japan Display	3.25 英寸 显示屏;分辨率: 2160 × 2432 像素;像素密度: 1001 ppi;刷新率: 120 Hz;屏幕响应时间: 2.2 ms
2019/3/1	HP	2.89 英寸 LCD 显示屏;分辨率: 单眼 2160 × 2160 像素;刷新率: 90 Hz;FoV: 114°
2019 年 4 月	日本 JDI	2.89 英寸 LCD 面板, 2160x2160, ppi 1058, 刷新率 90Hz,
2019 年 5 月	友达光电	VR 专用 LTPS 显示屏, 2.9 英寸, 单眼 3456 × 3456 像素数量达 2400 万, ppi 达 1688

资料来源: 公司官网、天风证券研究所

- 3) **交互**: 分析 19 年主流厂商 Oculus(19 年 5 月发售的 Quest 和 Rift S 均配置 insight-out 追踪技术, 6 DoF)、HTC(19 年 1/2 月发布的 Vive Pro Eye 配置眼球追踪、Focus Plus 配置 6DoF)性能可得: 1) **Inside-out 追踪向主机 VR 渗透加快**, insight-out 追踪技术摆脱了场地限制、省去了事前环节准备; 2) **配置眼动追踪 Vive Pro Eye 于 19 年 1 月发布**, 其中瑞典 Tobbi 和国内七鑫易维提供支持眼动追踪技术支持, 该功能可替代原有控制器操作实现所见即交流、同时也节省渲染计算资源, 提高渲染效率; 3) **双 6oF 成为高端 VR 一体机标配**, 预计未来重点研究关节、手指捕捉。

表 10: 追踪技术对比

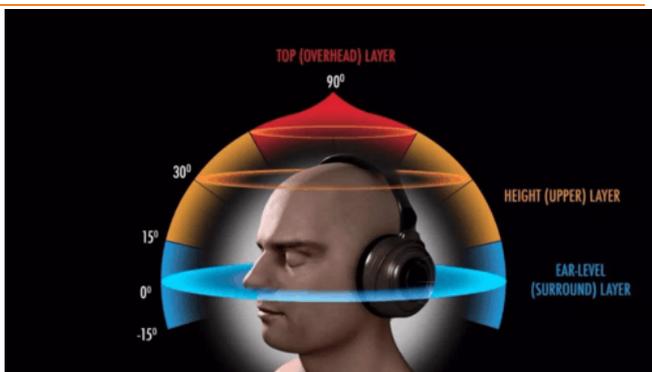
	inside-out	outside-in
原理	一种光学跟踪系统, 光源发射装置安装在被跟踪目标上, 获取光源信号的传感器/标记点固定在使用环境中, 其原理都是以三角定位算法为基础, 测量目标反射或者是主动发射的光线, 并经过计算机特殊的视觉算法可转换成目标的空间位置数据, 从而实现对目标的位置跟踪。	1)激光定位技术, 通过定位器进行每秒若干次的激光与光敏传感器进行位置追踪; 2)采用红外光光学定位, 通过一个类似直立麦克风的感测器进行追踪; 3)通过体感摄像头配合五彩斑斓的神奇魔法棒做可见光光学定位。
追踪精度	准备度较高	准确度略低
延迟	延迟相对少	有一定延迟

可移动范围	仅限于传感器检测范围	无限制
成本	相对低	相对高
外部传感器	需要	不需要
抗遮挡	已收遮挡影响	无遮挡问题
事前环节准备	需要	不需要

资料来源: gamelook、蚁视科技、天风证券研究所

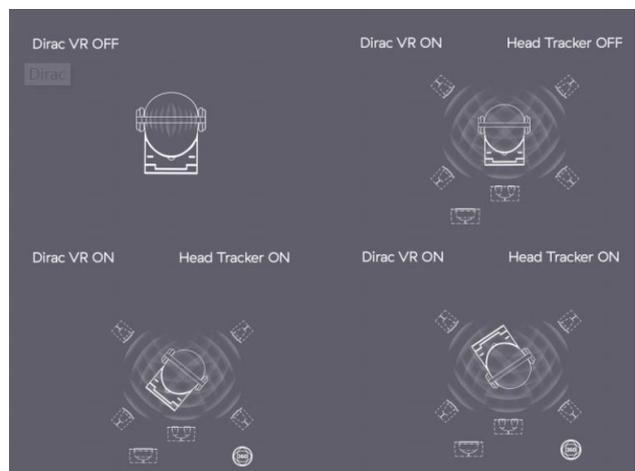
- 4) **感知: 音频 3D 逐步落地, 未来重点研究触觉嗅觉味觉感知。**视觉和听觉沉浸的同步是真实虚拟现实体验的关键, 目前 3D 音频编辑工具、3D 音频技术及音频解决方案都有突破和进展, 工具: THX 空间音频平台、谷歌 Resonance Audio 沉浸式 VR 音频 SDK、Adobe 的 SonicScape 可视化 VR 音频编辑器; 技术: SRS (WOW)、飞利浦 LifeVibes 音频技术、三星 DNSe 音频技术、酷狗 3D 旋转音频技术、华为动态 3D 音频技术; 解决方案: 歌尔 (收购 AM3D)、Dirac Research, 市面上已有华为 VR 搭载了 3D 音频方案。

图 23: 3D 音频



资料来源: 中关村在线、天风证券研究所

图 24: Dirac 3D 音频



资料来源: VR 陀螺、天风证券研究所

5) **算力:**

- **芯片性能提高突破:** VR 芯片是厂商提供高性价比 VR、控制硬件成本的基础, 其迭代的周期一般较长。目前一体机搭载的主流 VR 芯片厂商有高通 (已经迭代四代)、三星、全志、瑞芯微、炬芯等, 国内厂商定位在入门级一体机、高通三星定位中高端产品, 从最新性能配置来看, 芯片能实现<20ms 延迟, 解码 4K/6K@60 FPS 视频, 支持 QHD+ / 3840x2160 分辨率的屏幕显示、支持 6 DoF 头部自由度等, 助力各大厂商推出高性价比的 VR 一体机; 同时, 兼容多平台趋势显现, 高通骁龙已经可支出所有主流的 XR 平台, 包括 Facebook Oculus、Google Daydream、HTC VIVE, 以及微软 XR 平台等。

表 11: VR 芯片规格

厂商	型号 (时间)	支持屏幕分辨率	特点	应用 VR 机型
高通	骁龙 835 (2016 年 11 月)	3840x2160	延迟 15ms、六自由度 (6DoF)、支持 4K Ultra HD premium (HDR10) 视频、10 位广色域显示、基于对象和基于场景的 3D 音频、通过追踪眼球实现注视点渲染 (foveated rendering)	VIVE Focus Plus (2019 年 2 月) Pico G2 (2018 年 9 月)
	骁龙 845 (2017 年 12 月)	3840x2160	每秒 120 帧的速度显示两个 2400 x 2400 像素的屏幕、支持 3D 音频、支持 6 自由度识别、新加入实时定位	骁龙 845 VR 开发工具包 (2019 年 3 月);

	骁龙 XR1 (2018年5月)	QHD+分辨率	(SLAM), 最高支持 QHD+分辨率的显示屏、6 个头部自由度+6 个手部自由度、4K 60FPS 视频回放、高通 Aqstic/aptxHD 音频技术、AR 捕捉延迟在 20ms 以内等。	3Glasses X1 (2019年4月); 大朋 P2 VR
全志科技	H8vr (2014年10月)	支持 800 万像素	支持最高 4K@60fps 全景视频, 支持 1000Hz 头部跟踪算法, 将 ATW (异步时间扭曲) 和 FBR (前缓冲区渲染) 优化加入全景视频场景, 同时支持 OLED low persistence, 可以将系统整体显示延迟控制在 20ms 以内	OMIMO Uranus one VR (2015年5月)
	VR9 (2017年6月)	单屏 1080*3840 或者双屏 1440*1440*2	延迟控制在 20ms, 并解码 6K@30fps 和 4K@60fps 的视频。最多可以支持单屏 1080*3840 或者双屏 1440*1440*2 的分辨率的头显。	GOOVIS G2 智能眼镜 (2018年1月) Pico 头显 (2018年5月) 多噪 Glass H1 VR (2018年5月) Emdoor EM-VR01 VR 一体机 (2018年4月)
瑞芯微	Rockchip 3288 (2015年4月)	2560x1600	屏幕, 刷新率@60fps	富士通 FV200 (2017年7月) MagicSee VR 一体机 (2016年4月)
	Rockchip 3399 (2018年1月)	2560 × 1600	时延低于 20ms 毫秒、刷新帧率支持 75Hz-120Hz、超强 4K 360 度全景视频解码, 并兼容 2D/3D 片源、支持 2K/双 FHD 高分辨率屏幕、支持光学软件反畸变、反色散、瞳距调节算法	RK3399 VR (2016年10月))
炬芯	Actions S900VR (2016年5月)	同时支持 2K@60fps(2560 × 1600)LCD 和超高清 4K@30fps HDMI 双屏幕同显或异显输出。	28nm 工艺, 集成了带有 TrustZone 安全系统的四核 CortexTM-A53、Imagination 的 PowerVR G6230 图形运算处理器、支持 HEVC(H.265)格式超高清(4K x 2K)视频硬解码、支持 1080P@60fps 的编码能力外、集成内建 ISP、实现对高达 13M 像素的影像的高品质处理。	雅士 VR 一体机 (2016年6月)
	Actions V700 (2016年7月)	支持 H.265 4K*2K 输出	性价比高	惠普 VR 一体机 (2017年8月)
三星	Exynos7420 (2015年3月)	2560x1440 像素 (搭载于 Galaxy S6)	三星自家的 14nm 工艺, 体积更小。	大朋 M2 (2016年3月)
	Exynos 8890 (2015年11月)	支持高达 4K 超高清 (4096x2160) 和 WQUXGA (3840x2400) 显示屏分辨率	采用 14 纳米鳍式场效应晶体管 LPP 制程技术。集成了 LTE 升级版 (LTE-advanced) 调制解调器, 支持高达类别 12/13 新型 LTE 规格。	IDEALENS K2/K2 Pro (2018年8月)

Exynos 8895 (2017年2月)	支持高达 4K 超高清 (4096x2160) 和 WQUXGA (3840x2400) 显示屏分辨率	8895 集成有 8 个 CPU 内核——4 个定制内核和 4 个 Cortex-A53 内核, 采用 ARM Mali G71 GPU, 具备了强大的图形处理能力和运算能力。	创维 S8000VR 一体机 (2018年8月) IDEALENS K3-p (2018年1月)
-----------------------	---	--	---

资料来源: 公司官网、零镜网、天风证券研究所

- **5G 手机配置高算力平台支持头显, 多元化算力助力 VR 渗透。**高通提出“让 5G 有显”项目, 通过充分利用高性能且支持 5G 的骁龙 855 移动平台, 实现沉浸式移动计算体验。可以通过将搭载骁龙 855 的手机通过 USB Type-C 接口与 AR/VR 头显连接, 在手机内实现处理功能, 目前高通骁龙移动平台可以支持所有主流的 XR 平台, 且已经拥有庞大的业界生态系统支持, 包括全球众多运营商包括 KDDI、SKT、KT、LG U+、Sprint、Swisscom 以及 Telecom Italia、智能手机 OEM 厂商等, 现已有宏碁 i6 头显、nReal Light 等头显落地。
 - **云计算研究持续推进:** Cloud VR 是将云计算、云渲染的理念及技术引入到 VR 业务应用中, 借助高速稳定的网络, 将云端的显示输出和声音输出等经过编码压缩后传输到用户的终端设备, 实现 VR 业务内容上云、渲染上云。目前华为已经建立了从平台、网络、终端到内容的端到端 Cloud 技术体系、完成了系统的商业场景孵化, 于 18 年 7 月助力福建移动正式开启 Cloud VR 业务试商用, 发布 2B 的 CloudCampus 园区网络解决方案, 并且于 19 年了发布云 5G Cloud VR 服务, 包含 3 个模块: 线下 Cloud VR 开发套件 (开源)、云 Cloud VR 连接服务、Cloud VR 开发者社区。
- 6) **大厂重点推进无线化进程:** 目前针对 VR 的无线方案有 WDHI、WiGig、Boundless XR、Wireless HD、TPCAST Air, 其中重点关注 TPCAST 的 Air 及高通 19 年发布的 Boundless XR 方案, 两者在能利用 PC 中 GPU/CPU 高算力的同时实现了 PC 头显的无线化, 头显无能够利用 PC 中全部生态内容, 降低了 VR 设备购置成本、内容开发成本、维护成本、延迟时间, 同时易于安装, (TPCAST 的 Air 部署时间少于 3 分钟、头盔像素提升 42%; Boundless XR 除利用 PC 算力外, 头显也内置 CPU, 时延<16ms), 助力 VR 渗透。

表 12: 无线化方案

	WDHI	WiGig	高通 Boundless XR	WirelessHD	TPCAST Air
标准内容	由以色列芯片商 Amimon 公司根据 WHDI 协会公布的 WHDI 1.0/2.0 标准所开发而成, 使用 5GHz 自由频段中的 40MHz 频段, 可支持高频宽数位内容保护(HDCP)2.0 标准, 可提供优质的安全性及数位, 并与 HDMI 完全相兼容。	基于 802.11ad 标准, 是一种基于 60Hz 高频频段的 高速短距离无线技术, 带宽峰值可达到 7Gbps	通过 60GHz 802.11ad 的无线连接实现可无线链接 PC 的独立无线头戴装置 Boundless XR, 渲染通过 PC 的显卡, 头显再进行解码, 头显内置 CPU, 通过显示屏处理技术、终端侧异步时间扭曲 ATW 实现低时延<16ms。	基于 802.15.3c 标准, 采用 60GHz 的高频频段, 理论带宽可以达到 28Gbps。	可直接将 PC 渲染的 VR 内容通过 Wi-Fi802.11 ac 无线传输显示至 VR 一体机, 基于 TPCAST 独有的实时编解码技术 RTCodec 和实时回控技术 RTCIP, 利用 PC GPU 进行编码压缩计算, 支持 3DoF 定位
延迟/带宽	<1ms	7Gbps	<16ms	<2ms、28Gbps	
特点	传输距离可超过 30 米, 并可穿透障碍物及墙壁, 且延迟时间少于 1 毫秒。		XR 头显内置 CPU	使用 60GHz 的频段, 因此这项技术同样存在着传输距离有限、无法穿墙的特点	面向企业多人 VR 行业应用以及线下大空间沉浸式娱乐 (LBE), 分为标准板和企业版, 长距离传输可达 10 米, 部署时间小于 3 分钟, 小米 VR 一

问题。 一体机分辨率可达
2560x1440;538 PPI

项目	Amimon 展出其基于 WDHI 技术的无线 VR 解决方案:发射端与接收端组成 Amimon 的第三代芯片组,实现 4K@30Hz、3K@60Hz、2K@90Hz 以及 1080@120Hz 的传输速率。	以色列公司 Displaylink 便基于 WiGig 研发出了 DisplayLink XR 展示样机	Pico 发布了支持该项目的产品 Neo 2, HTC VIVE Wave 项目同样支持	TPCAST Vive 无线套件实现: 2K、90Hz、<2ms	小米 VR 一体机
----	--	--	--	----------------------------------	-----------

补充	联盟成员包括: Intel、微软、NVIDIA、诺基亚、戴尔、三星、LG、松下、东芝、NEC、联发科、Atheros、Broadcom、Marvell 等厂商。	联盟主要包括: 索尼、松下、LG、NEC、三星、东芝等。
----	---	---------------------------------

资料来源:TPCAST、87870 咨询、VR 陀螺、天风证券研究所

1.2.5. 突破五: VR 行业应用落地渗透, VR 工具实用性显现

“VR+” 虚拟现实业务形态丰富, 带来新一轮产业革命。以虚拟现实为代表的新一轮科技和产业革命蓄势待发, 虚拟经济与实体经济的结合, 将给人们的生产方式和生活方式带来革命性变化。目前, 虚拟现实应用可分为行业应用和大众应用, 行业应用主要分为 B2B、B2C, B2B: 零售、房地产、医疗健康、工业制造; B2C: 电视游戏、赛事直播、视频娱乐、通讯及社交, 虚拟现实应用正在加速向生产与生活领域渗透, “VR/AR+” 的时代业已开启。

VR 行业应用场景打开, 从教育、医疗向车载、直播领域渗透。

- **教育:** 19 年 1 月, 强生在全球部署 50 多个面向外科医生 和护士的 VR 培训项目; 同年 2 月巴西 VR 公司 Beenoculus 与高通和 Pico 等公司合作, 提供了硬件和软件解决方案, 以及内容制作服务, 加速 VR 英语培训教育。
- **健康医疗:** 19 年 3 月, 北京航空航天大学沙河校区正式挂牌 VR 心理实验室, 提供 VR 心 理康复训练, 同时还计划研发更多用于心理咨询的 VR 应用场景; 中国移动携手华为公司助力中国人民解放军总医院, 成功完成了全国首例基于 5G 的远程人体手术——帕金森病“脑起搏器”植入手术。
- **车载娱乐:** 19 年 1 月, 奥迪展示全新沉浸式车载娱乐技术, 乘客在佩戴 VR 眼镜后, 车辆会根据路况实时匹配逼真的电竞类影片效果反馈给乘客; 同月巴士公司 FlixBus 与 Inflight VR、Pico 合作推出 VR 服务, 为部分路途较长的班次配备 VR 头显 Pico Goblin 2 , 内容供应方为西班牙 VR 解决方案公司 Inflight VR; 同年 2 月 2 月, Pico 与西班牙航空公司 Iberia Airlines 合作, 帮助 Iberia 提供基于 Pico VR 头显的空中娱乐。
- **现场直播:** 19 年 1 月, 中央广播电视总台在新闻频道《我要看春晚》直播特别节 目中实现了 VR 内容在电视端和移动端同步播出; 同年 3 月, 借助联通 5G 网络, 央视首次在人民大会堂北大厅的“部长通道”进行 5G+VR 直播。

VR 工具实用性显现：

- **应用工具：**19 年 1 月福特员工利用 VR 工具 Gravity Sketch 设计未来的车型，Gravity Sketch 已登陆一系列的应用平台，支持 Oculus Rift，HTC Vive 和 WMR 头显，2 月，美国 3D 设计公司 Mindesk，为其已集成 CAD 软件的 VR 平台 Mindesk 推出 Unreal 引擎的集成支持，Mindesk 可在 VR 中实时 3D 建模。
- **开发工具：**19 年 3 月，Oculus 宣布 VR 移动机制开源工具 VR Tunnelling Pro (VRTP) 开始支持 Unreal 4；VRTP 可以帮助 VR 开发者将一系列的舒适移动机制集成至应用程序之中；同时，发布内容创作开源工具 VRTK 4.0 beta 版本。

1.2.6. 突破六: VR 爆款内容初现、内容短板逐渐被填补

内容和平台厂商积极投入 VR 游戏内容，推动 VR 游戏数量增长和质量提升。截止 2019 年 3 月全球各 VR 平台消费内容数达 6000 多款(部分游戏和应用重复,Viveport 归入 Steam, Gear VR 平台更换为 Oculus Go 平台),其中 Steam 3100+款、Oculus Rift 1300+款、Oculus Go 1450+款。

图 25：各 VR 平台消费内容总数（单位：款）



资料来源：VR 陀螺、天风证券研究所

VR 爆款内容初现、内容大厂入局、内容短板逐渐被填补。从内容层面来看，短流程、Demo 级的内容逐渐减少，VR 爆款初现，如 Beat Saber、热门 VR 游戏《工作模拟器》续集《度假模拟器》于 19 年 4 月登陆 Steam 和 Oculus；网易、育碧等内容大厂入局，育碧新 VR 游戏《太空镖客》于 19 年 3 月登陆 Steam、好莱坞六大电影公司迪士尼、华纳兄弟、二十世纪福克斯、NBC 环球、索尼和派拉蒙纷纷加速了虚拟现实技术在影视制作上的运用。并与多个国家的内容平台合作；生化危机、上古卷轴等传统大作 VR 化，水果忍者、愤怒的小鸟等国民级手游涉足 VR(愤怒的小鸟 VR 版登陆 Steam 和 Oculus 平台,支持 HTC Vive 和 Oculus Rift)，内容的短板已逐渐被填补。

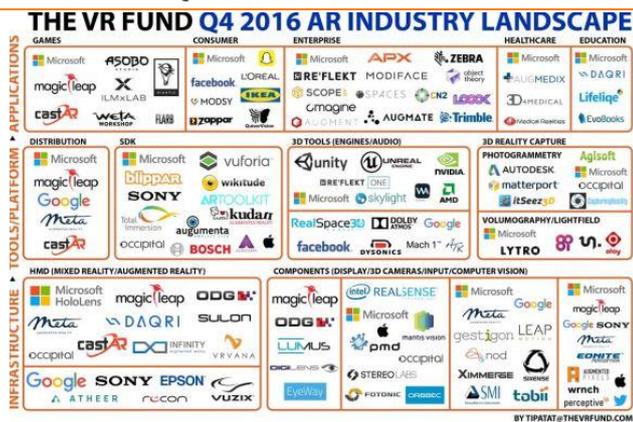
2. AR 拐点显现，看好明年放量增长

2.1. 品牌：传统巨头+初创企业共同突破，巨头入场引爆行业

产业链生态逐渐完善，业界巨头参与布局产业链多环节，初创企业在各细分环节持续发力。全产业链来看，据 VR Fund,AR 生态系统公司 2018H1 达到 290 个，自 17 年底增长了 50%，生态链各环节逐渐完善。具体分析，巨头方面：微软、苹果、谷歌等科技巨头接近完成全产业链布局，以 Microsoft 为例，其布局覆盖终端硬件、组件、分发、SDK、3D 工具、3D 显示捕捉、下游行业/内容（娱乐/游戏、社交、企业、教育等），不断完善混合现实生态；Google 于 19 年 6 月发布时隔 2 年的更新版本 Glass EE 2；苹果蓄能储备（投资收购、成立事业部、发布更新 ARKit 2），预于 2019 底-2020 发布 AR 眼镜。初创企业方面：从 18 年融资数据来看，AR 领域融资笔数 47 笔，融资金额约 100 亿元，主要集中在硬件、技术、应用领域，其中最大的 AR 融资为 Magic Leap（30 亿美元），AR 创业公司 Rokid（AR+AI）

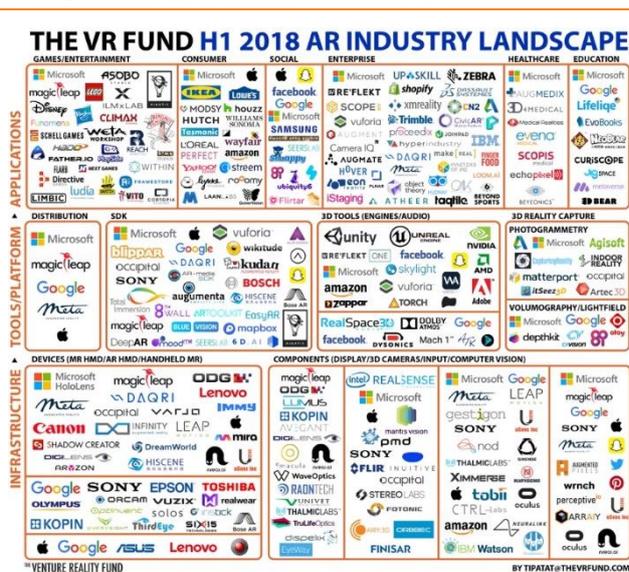
获得融资 1 亿美元。

图 26：2016 年 Q4 AR 产业链企业分布图



资料来源：The VR Fund，天风证券研究所

图 27：2018 年上半年 AR 产业链企业分布图



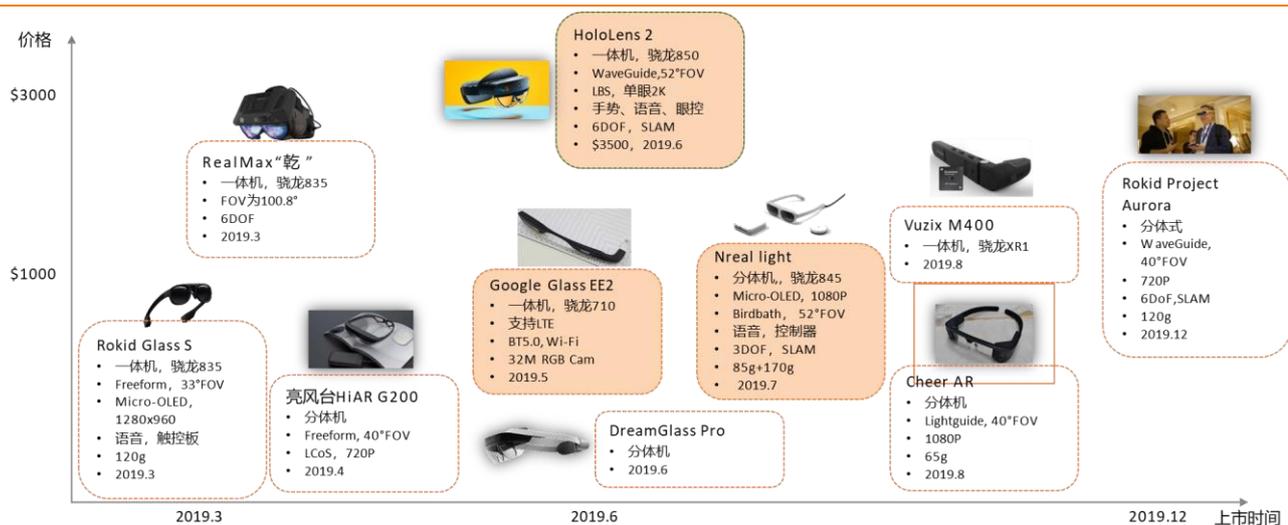
资料来源：The VR Fund，天风证券研究所

2.1.1. 品牌 19 年进入密集迭代期，主流品牌多维发力

AR 更新周期 2-5 年，2019 年品牌 AR 新品密集推出更新，上市新品品牌有国外：Microsoft、Google、Dreamglass、Vuzix、三星（预计），国内：Rokid、RealMax 乾、亮风台、Nreal、Vivo、爱奇艺等，具体来看，迭代新品分辨率可高达 2.5K、FOV 最大达到 100°、重量可低至 40g，并且，除消费端外，企业端 AR 也有所发力——Google Glass EE2、Vuzix M400；此外，软件/平台/内容方面建设也有较大的进展，具体情况如下：

- **Microsoft：“智能云+边缘终端”战略正加速推进、混合现实生态不断完善。边缘终端：**19 年发布 HoloLens 2 代，HoloLens 2 在硬件、视觉、舒适度、开放性等方面较 1 代更优，HoloLens 2 为 HoloLens 第一代后时隔四年的更新版本，预计售价为 3500 美元。硬件方面，其配置了高通骁龙 850 处理器、包含了全新的全息处理单元（HPU）和 AI 协处理器。头显有两个透明波导镜头，具有自动 IPD 校准功能，显示分辨率：720P 升级至 2K；视场角：35° 升级至 52°，视觉方面：配置眼球追踪传感器，全手势识别，舒适度方面，设备采用轻质碳纤维材料，更加轻薄化；同时发布 Azure Kinect DK 开发平台助力 VR/AR 生态的构建。**企业应用：**Dynamics 365 服务包括 Remote Assist、Layout 和 Guides 三款应用，它将主要与 Azure 云服务结合，增强 HoloLens 的功能；**智能云：**Azure Spatial Anchors 和 Azure Remote Rendering 是首批推出的 Azure 混合现实服务，它们将支持跨平台、具有空间场景的企业级混合现实应用。
- **Google：硬件方面：**19 年 6 月发布 Glass EE2，为时隔 2 年的更新版本，性能上小幅升级，设计上磁吸式数据线换成了 USB-C 端口、规格上：支持 LTE、摄像头升级至 32M、内存升级到 3GB；**移动 AR：**19 年时隔一年再次升级 ARCore 1.7，加入了自拍 AR 滤镜和动画 API。
- **Facebook：**重视 AR 板块，独立成立事业部，储备核心专利（大视场角光学、小型化集成电路）。

图 28：2019 年 AR 新品 roadmap



资料来源：各公司官网、映维网、天风证券研究所整理

表 13：19 年部分 VR 新机性能一览

	亮风台 hiar G200	google glass EE2	hololens 2	Dreamglass pro	Nreal light
发布时间	2019 年一季度	2019.5.	2019 年 6 月	2019.6.	2019 年 7 月
售价			3500 美元	619 美元	1000 美元
针对下游		企业			
形态	分体式	可拆卸	一体机		分体式，三部分组成
显示面板	自由曲面光波导配合 OLED 显示屏，入眼亮度可达 500nit，背光亮大于 10000cd/m ²		定制微软全息处理单元 2.0, LCos 投影技术, >2.5K 弧度, 每角度 47 个像素		
分辨率	1280 × 720	640 × 360	2K, 3:2 光引擎	2.5K	1080p
刷新率				60hz	
追踪	支持包括智能语音、手势识别、头部姿态跟踪等在内的多种智能交互方式		双手全关节模型追踪操控; 实时眼球追踪, 注视点渲染; Windows Hello 虹膜识别; Azure Kinect 传感器	手势识别, 3 个自由度头部跟踪, 基于标记的位置跟踪 (开发中), 平面检测, 物体识别	6DoF 空间跟踪, 通过双目相机实现 SLAM, 配备 3DoF 手柄
镜片			透视全息透镜 (波导)		6DoF spatial tracking
重量		40g	566g	240g	85g
FOV	40°		52 度	90 度	52°
处理器	高通骁龙 820	高通骁龙 710	高通骁龙 850		高通骁龙 845, Adreno 630 GPU

资料来源：各公司官网、天风证券研究所

2.1.2. 巨头入场，预计苹果推出 AR 设备助力行业发展

巨头争相入场 AR 市场，积极蓄能布局。Google、微软等巨头利用资金和体量优势稳中求胜，发布 Google glass EE2、Hololens 2 等企业级产品，由企业级用户开始奠定基础，引领市场发展方向，未来将进一步拓展逐渐转向消费级市场。苹果、Facebook、Samsung、HUAWEI 等大厂也积极发展 AR，具体来看，Facebook 成立 AR 独立事业部，目前人数 400 人左右，加快核心专利储备（大视场角光学、小型化集成电路）；华为于 18 年 5 月发

布 AR Engine, 其垂直整合 AR 核心算法和海思麒麟芯片, 提供运动追踪、平面检测、光照估计、手势识别、手部骨骼跟踪等功能。并于同年底透露在进行配合手机使用的 AR 眼镜的研发。

以苹果为例: 苹果重视 AR, 人才、技术、专利布局储备深厚, 推出 AR 设备为大概率事件。人才方面: 前杜比执行副总裁 Mike Rockwell 担任苹果内部 AR 团队的负责人, 长期任职 iPhone 部分的 Frank 调往 AR 部门担任产品营销主管; 技术方面, 苹果不断通过一级投资项目补充 AR 技术, 如收购加拿大增强现实(AR)头盔创业公司 Vrvana、丹佛 AR 设备镜头公司 Akonia Holographics 等; 据已经披露的专利来看, 苹果公司掌握 AR 头盔、AR 眼镜、AR 光路设计光波导、AR 三维内容构建和呈现的技术等 AR 相关专利; 同时发布更新 ARKit, 允许多人协作贡献, 构架 AR 平台, 目前 App Store 已经有超过 3,000 款 AR app, 因此我们判断苹果推出 AR 设备为大概率事件, 硬件设备最早有望于 19 年底发布, 判断苹果 AR 设备的推出产生示范带动效应, 助力其他品牌跟进推动 AR 行业发展。

表 14: 苹果 AR 相关一级项目

时间	一级投资收购	公司介绍
2013 年 11 月	收购以色列硬件公司 PrimeSense	为微软的 Xbox 游戏机制造 Kinect 动感捕捉摄像头
2014 年 12 月	收购脸部视觉识别公司 FaceShift	该公司的技术能够利用摄像头对用户脸部图像进行实时捕捉, 甚至可以生成虚拟的头像。
2015 年 4 月	收购以色列初创公司 LinX	LinX 创建于 2011 年, 该公司的技术能够通过将数字图像分成三个部分的方式在照片中增加景深。
2015 年 5 月	收购德国 AR 公司 Metaio	该公司主要开发智能手机平台的增强现实应用软件, 比如其曾经开发一款让家具视觉化呈现的工具。Metaio 曾经的 CEO Thomas Alt 目前属于苹果战略交易团队, 决定应该投资哪项技术。
2016 年 1 月	收购 Flyby Media	该公司主要利用空间感知技术, 可以强化人们对其周围环境的了解。
2017 年	收购丹麦机器学习初创公司 Spektral	原名 CloudCutout, 专门从事实时绿屏技术, 运用机器学习和计算机视觉技术在智能手机上实时“剪切”视频背景中的人。
2017 年 6 月	收购德国眼动追踪科技公司 SensoMotoric Instruments	专注于眼部追踪技术的公司, 该公司的技术也可被运用到 Oculus Rift 这样的 VR 头显上, 该技术能够及时追踪佩戴者眼部的活动并减少运动所产生的眩晕感。
2017 年 11 月	收购加拿大增强现实(AR)头盔创业公司 Vrvana	该公司曾开发 Totem 头盔
2018 年 8 月	收购美国丹佛的创业公司 Akonia Holographics	Akonia 全息技术公司成立于 2012 年, 宣称拥有 200 项与全息系统和材料相关的专利, 这些专利可以用来改善未来头戴 AR 硬件的尺寸、成本和性能, 目前专注打造 AR 设备镜头

资料来源: cruchbase、天风证券研究所整理

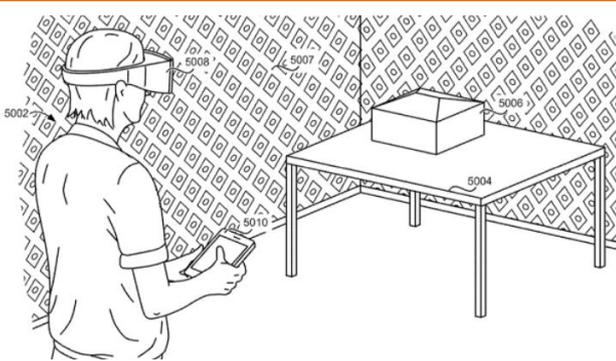
表 15: 苹果 AR 相关专利

时间	专利	专利简介
2015 年 5 月	柔性屏幕专利	一种在固体发光像素周围设计许多小孔的屏幕, 可将屏幕变得又薄又柔软, 以帮助 AR 应用。通过像素现实虚拟图像, 同时透过小孔查看屏幕另一边的现实图像。
2016 年 7 月	AR 显示使用的类似光波导技术	让图像从离轴源文件中投射出来, 通过透明物质(护目镜或薄片)进入视线。

术		
2016年9月	AR 映射系统	利用 iPhone 的硬件将增强现实功能叠加到直播视频上。用户通过手机应用可以在一些现实场景中标记数字信息，比如街道名称、兴趣点等等，并用摄像头进行扫描。
2016年11月	AR 头盔专利	一种保留移动电子设备屏幕的头盔式显示屏仪器，头盔式屏幕系统以及操作方案可以让用户“配对”或“解除”。
2016年11月	增强现实地图	可以利用 iPhone 高级传感器向用户呈现实时增强现实周围环境的地图应用
2017年2月	带有摄像头的可穿戴信息系统	可能会用在一款头戴显示器中，而显示器上搭载的摄像头可以接收与显示器相同视角的信息。该系统可下载有趣的内容，并用 AR 展示出来。
2017年3月	申请专利名为“利用景深加强人脸检测”	通过计算机视觉系统，利用专门的硬件和软件进行人脸识别，尤其是已经保存到数据库中的人脸数据。
2017年5月	带便携电子显示装置的 HMD 装置	可应用在汽车、飞机或船只中，也可以用在显示屏、头戴显示器、抬头显示器或智能手机中。
2017年11月	AR 三维内容构建和呈现的技术	通过识别现实中的图像，然后进行几何重建，打造可供 AR 显示的三维内容，将其叠加到现实图像之上。
2018年8月	整合 AR 增强现实功能的挡风玻璃系统	自动驾驶汽车可以通过挡风玻璃的透明平面感知路面环境，并提供图像显示，包括窗口的重叠投影效果，该重叠图像可以向观察者提供各种自动驾驶汽车所感知到的环境数据，包括自己和附近车辆的车速，周围的车辆数量和位置，以及即将出现的路况信息
2019年2月	头戴式显示器	显示器可以是半透明数据眼镜（“光学透视显示器”），并混合计算机（如智能手机）提供的虚拟信息，可连接 iPhone
2019年3月	AR 智能眼镜专利	虚拟物体将会固定在与真实物体相对的位置，它的位置信息将会以世界坐标的形式保存，通过 GPS 摄像头方位估测的方式，呈现在苹果设备中。

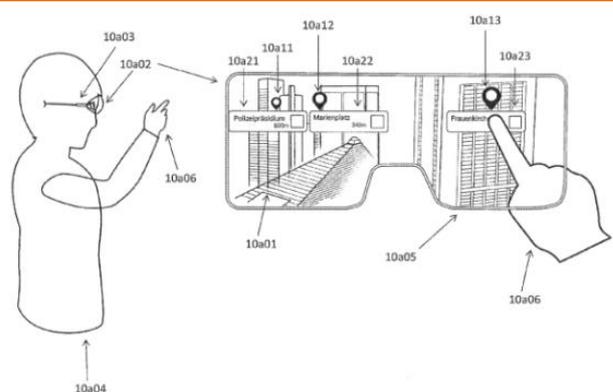
资料来源：applepatent、天风证券研究所

图 29：苹果“增强现实环境”新专利（编号 US 2019 / 0065027）



资料来源：USPTO、天风证券研究所

图 30：再移动设备上的真实环境视图中表兴趣点的方法及移动设备



资料来源：USPTO、天风证券研究所

苹果持续发力游戏板块，19年 WWDC 发布 Arcade 颠覆游戏行业。 FY17 CEO 库克宣告服务业务板块在 2020 年达到 500 亿美元规模的目标，FY18 年苹果服务板块（包括数字内容和服务、Apple Pay、许可及其他服务）营收为 371.9 亿美元，同比增长 24%，离 2020 年的销售目标有 34.44% 的增长缺口，游戏成为拉动增长的主要切入口。回顾苹果游戏板块，苹果于 08 年发布 App Store，根据 App Store 审核指南，苹果通过应用内购买以及“打赏”均抽成 30%、订阅抽成 15% 的模式运营。截至 WWDC2018 年，App Store 每周访问用户达到 5 亿，游戏厂家存量达到 10 亿，开发者在 App Store 累计收入超过 1000 亿美元。从营

收体量来看,旗下 iOS App Store 已经成为全球最大的应用程序平台,2018 年 iOS App Store 营收 466 亿美元,同比增长 20.4%,其中来自于游戏的营收为 332 亿,占比 71.2%。

表 16: 移动应用平台

	移动应用	推出时间	运营模式	18 年营 收(\$)	18 年营收同 比变动	18 年来 自游戏的 营收	18 年下 载量(次)
苹果	APP Store	2008 年 7 月	应用内购买 30% 抽成、订阅 15% 抽成	466 亿	20.40%	332 亿	296 亿
谷歌	Android Market(Google Play 取代 Android Market、Google Music 和 Google eBookstore)	2008 年 10 月	30%抽成	248 亿	27.30%	215 亿	755 亿
Epic			88/12 分成比 (针对商城内素 材)				

资料来源: cult of mac、天风证券研究所

在 5G 持续推进的背景下,19 年苹果再次发力游戏板块,于 WWDC 发布 Apple Arcade 跨平台的游戏订阅服务(提供选定的付费内容)去进一步拓展游戏发展模式。对比其他主流开发商推出的串流平台,如谷歌的 Stadia、微软的云端串流游戏服务 Project x Cloud 以及对接 Xbox 的 EA Access 订阅服务、Sony 的 Playstation NOW 等,苹果是为付费用户提供选定的游戏内容,将游戏流留存在 iOS 设备内,与谷歌则提供部分基于广告的内容发展模式不同。

Apple Arcade 特点:

- **订阅制,无内购,无广告:** 世界上第一家覆盖手机、电脑以及客厅游戏订阅服务(Apple TV 机顶盒平台)的游戏订阅平台,订阅可在 iOS 设备上免费畅玩游戏(包含完整游戏的使用权限及后续更新),不含广告和内购,用户将能够通过设备的 App Store 中的新专用选项卡访问该服务。Apple Arcade 将于 19 年秋季在 150 多个国家正式推出,目前定价尚未披露。
- **跨平台多设备联动、支持家庭共享、支持 AR 游戏、离线可玩、部分兼容控制器,具有连续性和扩展性:** 订阅后可免费在 iPhone、iPad、Mac、苹果 TV 等 iOS 设备上游玩,能跨平台继承游戏进度; Apple Arcade 加入了 AR 游戏,优化了离线操作模式,并且,TV OS 13 将兼容 PlayStation 4 和配备蓝牙的 Xbox One 控制器(游戏手柄)(通过蓝牙连接)。
- **与游戏开发厂商强强联手,独占游戏,未来预计进入游戏设计业务:** Arcade 将包括来自 Annapurna Interactive、Bossa Studios、Cartoon Network、Finji、Giant Squid、Klei Entertainment、Konami、Lego、Mistwalker、Sega、Snowman 和 Ustwo 等,所有 Apple Arcade 游戏都不会进入 Google Play 商店(允许进入 PlayStation、Xbox 和 Nintendo Switch 等游戏主机),据 FT,苹果预计投入 5 亿美元于游戏订阅服务板块,并为开发独占游戏的开发商提供额外奖励。目前平台内有 100+ 款游戏,未来预计苹果进入游戏设计业务。
- **推行自行开发的 Metal 凸性 API 接口,游戏配置影响降低。**从最新的 macOS 10.14 Mojave 系统开始苹果已逐步弃用 OpenGL,转推自己开发独占的 Metal 图形 API 接口,跨平台运行各平台游戏可通过 Metal 优化,配置影响减少。

图 31: apple arcade 特点



All you can play.
One subscription.



No ads.
No in-app purchases.



Jump from iPhone to iPad,
Mac, and Apple TV.



Play offline.
Anytime, anywhere.



Access for up to
six family members.



Committed to
your privacy.

资料来源: apple 官网、天风证券研究所

表 17: 主流串流平台

开发商/项目	推出/上市时间	定位/模式	计算基建	收费	设备	控制器	开发者
苹果 Apple Arcade	201903 推出, 同年秋季上市	跨 iOS 设备的无广告可离线的串流游戏订阅服务平台, 提供选定的付费内容		订阅, 具体价格未知	在 iPhone、iPad、Mac、苹果 TV 等 iOS 设备	推出的 Apple TV 版本将支持 Microsoft Xbox One S 和 PlayStation DualShock 4 控制器。	Arcade 独占游戏, 来自 Annapurna Interactive, Finji, Giant Squid, Klei Entertainment, Konami, Lego 等, 目前有 100+款游戏, 未来预计进入游戏设计业务
谷歌 Google Stadia 游戏串流平台	201903 推出, 同年 11 月推出 Founder's edition., 2020 for free play.	Chrome 浏览器上运行的流媒体游戏服务, 以游戏流式的形式传输到设备, 基于广告的内容, 支持 HDR/环绕声/ 60FPS 的 4K 画质。与 AMD 合作架设数据中心的 GPU。	全球 >7500 个 google 数据中心	每月 9.9 美元订阅费, 个别游戏单独付费	联网+Chrome 浏览器, 运行在“任何屏幕类型”上, 包括笔记本电脑、平板电脑、电视机 (Chromecast) 和手机, 游戏的渲染工作都在 Google 云端完成, 不会消耗厂家的硬件资源	Stadia 控制器 (70 美元)通过 Wi-Fi 连接到谷歌服务; 可购买套装 Night Blue Stadia 控制器 (129 美元), 此外也可以使用自己的控制器。	提供第三方游戏内容开发商订阅串流, 此外开设自己游戏工作室 [Stadia Games and Entertainment], 开放 Stadia 开发工具; 将拥有独家游戏及其他平台游戏。
微软 云端串流游戏服务 Project x Cloud	201810 推出, 2019 年公测, Xbox Scarlett 控制器 2020 年发布	云端串流游戏服务, 在 19 年 E3 发布“控制器流媒体”, 将用户的 Xbox One 控制台转换为个人云服务器, 使得用户可远程访问手机和电脑的游戏	全球 140 国、54 地区 Azure 数据中心	具体价格未知	将用户的 Xbox One 控制台转换为个人云服务器, 使得用户可远程访问手机和电脑的游戏、桌上电脑、手机	于 2020 秋季发布 Xbox Scarlett 控制器, 预计可使用 xCloud 功能	

戏, 数据处理方面: 通过定制的刀锋伺服器运算, 辅以全球 Azure 资料中心。

Sony PlayStation Now	2014	游戏串流	多部 PS3 组成的特别设计伺服器	1 个月 19.99 美元, 3 个月 44.99 美元, 12 个月 99.99 美元	桌上电脑、手提电脑 Windows、PS4	可在游戏主机和电脑串流平台完 750 款 PS2 至 PS4 游戏, 但以旧作为主。
NVIDIA GeForce Now	2017 年公测至今	购买游戏后支持串流	北美及西欧 15 个数据中心	暂定, 公测期间免费	桌上电脑、手提电脑 Windows/Mac、Shield	支持 400 多款游戏, 旧作为主, 厂家需要现在 steam、uplay 等平台购买游戏后, 才可使用 GeForce Now 串流

资料来源: 各公司官网、天风证券研究所

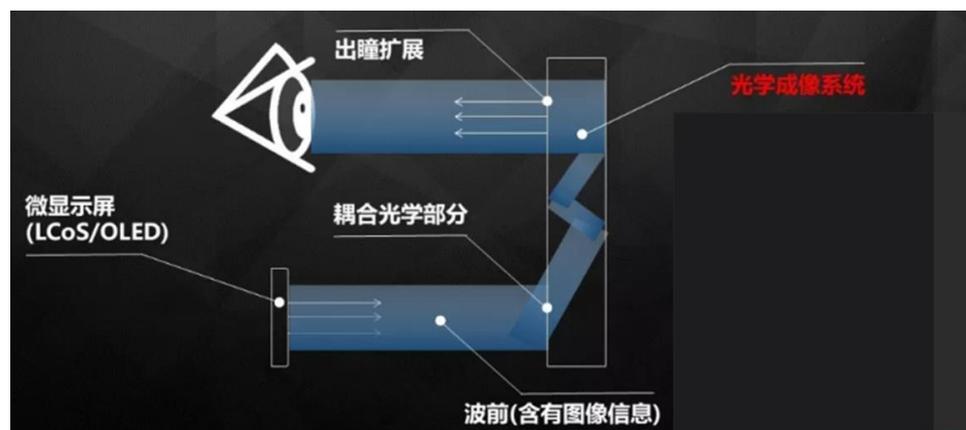
2.2. 核心技术持续攻坚, 有望于 2020 年取得重大突破

AR 增强现实是指透过摄影机影像的位置及角度精算并加上图像分析技术, 让屏幕上的虚拟世界能够与现实世界场景进行结合与交互的技术。按照产品形态, AR 可以分为一体式、分体式 AR 眼镜、AR BOX, 主要侧重于低功耗、全天可佩戴、外观轻便。主要厂商有 Google、Microsoft (HoloLens)、Epson、Vuzix、Magic Leap 等。**AR 关键技术**主要有近眼显示、感知交互、处理计算、网络传输。具体看 AR 眼镜模块, 消费级 AR 眼镜的组成模块包括: 显示模块、拍摄模块、声场模块、眼球追踪、SLAM 模块、电池和处理器、体感模块等。其中, 显示、光学 (光学前端 Optical Combiner 和光场引擎 Light-field Engine) 是核心突破点。

2.2.1. 近眼显示: FOV 和画质突破, 低成本、产能、轻量化有望突破

AR 关键技术中近眼显示设备的光学与显示系统主要分为图像源器件与显示光学器件, 图像源器件产生图像并将图像投射到显示光学器件中, 显示光学器件将图像反射到眼睛中, 其中针对 AR 显示设备的图像源器件一般指微显示器。

图 32: AR 光学显示模組的组成



资料来源：珑璟光电、天风证券研究所

1) **微显示**：适合 AR 头显的微显示技术主要有 5 种：LCoS 硅基液晶、DLP、LBS、Micro-LED、Micro-OLED，各微显示方案在成本、量产、性能方面具有差异，LCoS 代表产品有 HoloLens、Magic Leap One，DLP 代表产品有 Vuzix Blade，LBS 代表产品有 HoloLens 2。从体验上来说，显示模块主要问题集中在体积大/笨重（光学前端）、易疲劳/眩晕（光场引擎）、其他视场角小/色偏严重等（两者配合），**微显示突破发展主要集中在高分辨率、原显示技术的改进及新显示技术的突破：**

- **LCoS 显示往高分辨率迈进**。截至 18 年，微显示以 LCoS 为主，主流产品分辨率在 720/960P，LCoS 分辨率不断突破，19 年 Kopin 发布 0.94 英寸对角线的 2K×2K（单眼 2K）高性能反射 LCOS 组件，可用作微型显示器或空间光调制器（SLM）、3D 光学计量和 3D 增强现实。
- **厂商积极布局 Micro-LED，加速突破关键技术**。Micro-LED 显示优势在于薄膜化、微小化、阵列化 LED 背光源、实现单独驱动发光，实现超高分辨率、高亮度、高对比度、高发光效率、低能耗、广色域，纳秒级反应速度远高于 OLED 和 LCD，苹果、三星、索尼、LG 等国际消费电子巨头积极布局 Micro LED。比如，苹果 2014 年收购了 LuxVue。该公司成立于 2009 年 5 月，致力于低功耗 Micro LED 显示技术；三星早于 18 年发布了采用 Micro LED 技术的 146 英寸 4K 电视、19 年推出 75 英寸产品、219 英寸的 Micro LED 电视，并于同年 5 月斥近 100 亿韩币（约合 5776 万人民币）买下 QD-OLED 和 Micro LED 发光效率提升专利技术。大品牌示范效应下，预计未来更多厂商投入资源突破关键技术如巨量转移、三基色像素光源、高密度封装等。
- **Micro-OLED 加速量产商用**。多家巨头（三星显示、京东方、Sony 等）积极布局 Micro-OLED，京东方 18 年与奥雷德光电、高平等合作方共同投资 11.5 亿人民币在云南建设国内首条大型 OLED 微显示器件生产线项目，主要产品有：0.5 英寸 800×600、0.41 英寸 800×480、0.80 英寸 1920×1200、0.5 英寸 1920×1080 OLED 微显示器件，总产能 100 万片/年，于 19 年 SID 展出全球最高 5644 PPI 的 0.39 英寸 Micro-OLED AR 显示屏；同期 SID，LetinAR 联合德国 Fraunhofer FEP 发布基于 Micro-OLED 的分体式 AR 眼镜原型机，并且推出全球首个单眼 4K AR 方案及对应 AR 原型机（两块 5 英寸 4K LCD 显示屏、支持大范围焦距）。

图 33：微显示技术分析

方案	原理	原理图	优点	缺点	供应商	代表产品
LCoS	反射式		<ul style="list-style-type: none"> • 成本低 • 像素极小 	<ul style="list-style-type: none"> • 光效率低 • 反应时间慢 • 体积较大 	Himax Ommvision Raontech Kopin Syndiant Sony	HoloLens Magic Leap One
DLP	反射式		<ul style="list-style-type: none"> • 光效率较高 • 反应时间快 • 像素小 	<ul style="list-style-type: none"> • 成本较高 • 照明光路复杂 	Texas Instrument	Vuzix Blade
LBS	扫描式		<ul style="list-style-type: none"> • 亮度高 • 体积小 	<ul style="list-style-type: none"> • 成本高 • 高分辨率光路复杂 • 刷新率较低 • 闪斑 	MICROVISION	HoloLens 2
Micro-LED	发射式		<ul style="list-style-type: none"> • 对比度高 • 亮度极高 • 刷新率高 	<ul style="list-style-type: none"> • 暂无量产可行性 • 成本极高 	Plessey Glo JBD Lumens	/
Micro-OLED	发射式		<ul style="list-style-type: none"> • 高色彩饱和度 • 高对比度 • 低功耗 (百毫瓦量级) 	<ul style="list-style-type: none"> • 亮度低 (<500 Nits) • 光谱宽, 不适合 waveguide • 寿命短 	京东方 SONY Kopin Emagin	Nreal light

资料来源: 各公司官网、天风证券研究所

2) 光学技术/Combiner: 光学 Combiner, 是指在眼球的正前方将 AR 虚拟图像与现实世界光线相融合的光学器件, 目的是实现“虚实融合”的视觉效果, AR 光学技术发展历经: 离轴光学、棱镜光学、自有曲面棱镜、Birdbath 方案、阵列/全息光波导、焦面、可变焦、多焦面、光场 (仍停留在实验室阶段), 离轴光学设计体积笨重、应用场景优先、基本已经被淘汰; 棱镜光学视场角最小, 但工艺简单、成本最低; 光波导产品包括阵列和全息波导, 在厚度、透光度、画面效果有大的改进提升, 然而量产难度高。具体来看, 波导技术中, HoloLens、Magic Leap One、Waveoptics、Vuzix 采用表面浮雕光栅 SRG, 主要从波导设备中提取图像; Digilens 采用了布拉格光栅 SBG、且采取了主动型全息波导, mus 则为阵列波导厂商。

图 34: AR 光学方案对比

方案	视场角	厚度	画面效果	透光度	体积	代表公司	量产难度	代表产品
阵列波导	40°-60°	1-2毫米	高	80%以上	小	珑景光电、Lumus	高	
全息光波导	30°-50°	约5-8毫米	高	70%	较大	微软、Magic Leap	高	
棱镜	15°-20°	约10毫米	适中	50%	较大	谷歌眼镜	低	
自由曲面棱镜	40°-50°	约10毫米	适中	50%	较大	爱普生	低	
半反半透曲面	约60°	2-3毫米	差	80%	笨重	Meta、AR手机盒子	低	

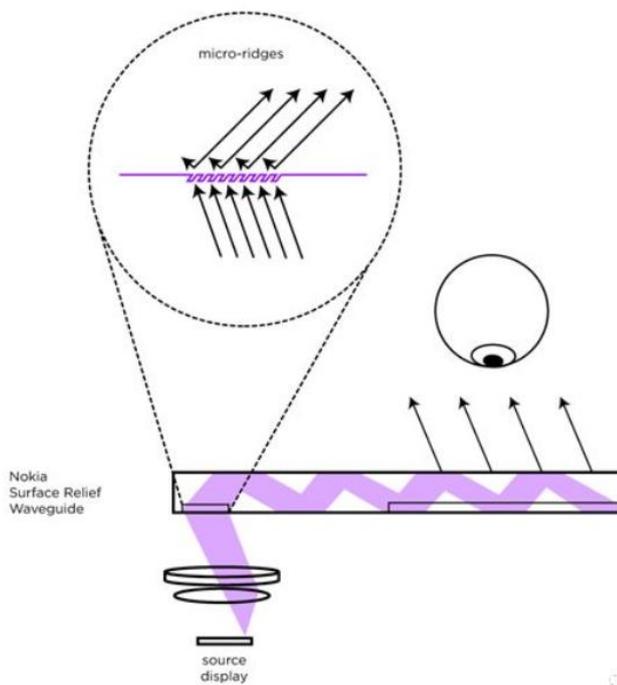
资料来源：36kr、天风证券研究所整理

● 衍射光波导主要有基于光刻技术的**表面浮雕光栅波导**和基于全息技术的**全息光波导**

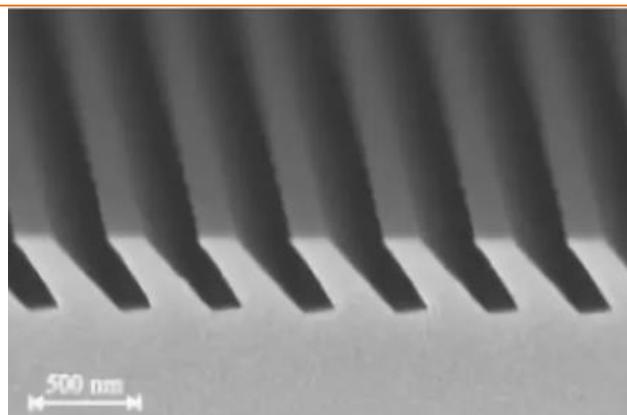
- 1) 基于光刻技术的**表面浮雕光栅波导**：核心是一些亚波长的刻蚀光栅组成，通过高效率衍射实现图像的引导，镜头表面存在“微脊”也就是“表面浮雕”光波导，微型显示器所显示的图像会被分割成一系列垂直的条纹，这些包含图像信息的条纹会由镜片另一端（位于眼睛前方）相应的一组微脊重新组装并投向眼睛。HoloLens、Magic Leap One、Waveoptics、Vuzix 都是采用表面浮雕光栅（SRG）从波导设备中提取图像；而 Digilens 采用了比 SRG 更具技术优势的、可切换的布拉格光栅（SBG），并且创新了主动型全息波导（Active Holographic Waveguides），目前，HoloLens 2 视场角可达到 52°。

图 35：诺基亚“表面浮雕”光波导技术

图 36：倾斜表面浮雕光栅



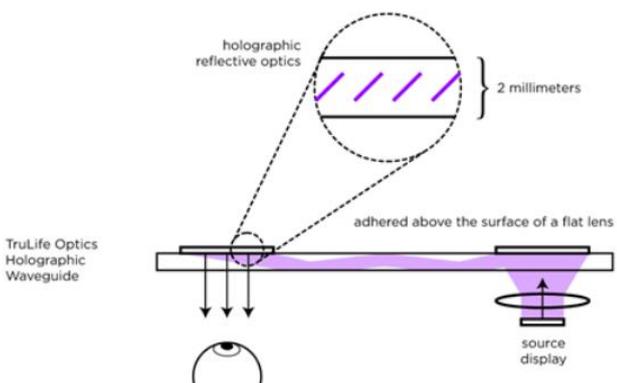
资料来源: CINNO、天风证券研究所



资料来源: AR 说、天风证券研究所

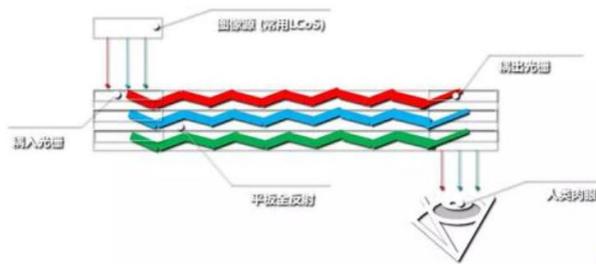
2) 基于全息技术的全息光波导: 使用全息光学元件 (Holographic Optical Element, HOE) 代替以上的刻蚀光栅, 实现虚拟图像的引导, 全息光学元件是通过双光束激光全息曝光的方式, 直接在微米级光聚合物薄膜内干涉形成纳米级的光栅结构, 基于该光学方案的产品有英国的 TruLifeOptics 和 WaveOptics, 以及苹果收购的 Akonia Holographics, 目前 WaveOptics 可做到 40° FOV, Akonia 正致力于开发 60° FOV。

图 37: 全息波导结构



资料来源: CINNO、天风证券研究所

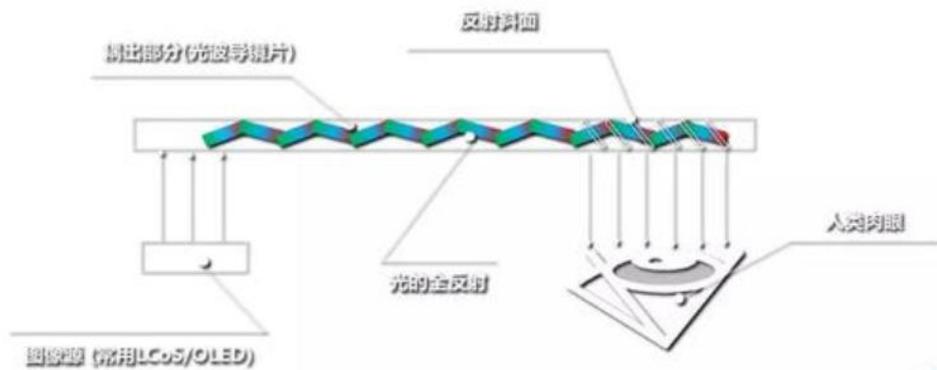
图 38: 全息波导原理



资料来源: 珑璟光电、天风证券研究所

- **阵列波导:** 图像源 (一般为 LCoS 或 OLED 等微显示屏) 通过成像系统后, 耦合进由多个小棱镜镀膜接合而成的光波导基底中, 由全反射原理进行光束传播, 最终由数个分光斜面上将光束耦合出, Lumus 采用此光学技术方案。

图 39: 阵列光波导的原理

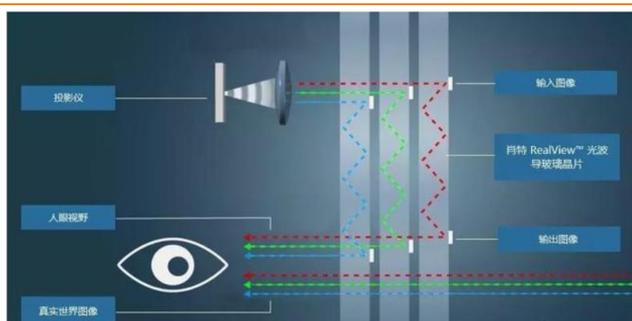


资料来源：砍柴网、天风证券研究所

光学方案中看好光波导技术，品牌加持预计加速渗透，持续提升 FOV 和画质，成本、产能、轻量化有望突破。光波导 (Waveguide) 结构主要功能是将光波引导到用户的眼睛里，通常需要在设备内部设置反射结构来控制光在入口和出口之间的轨迹，目前 AR 行业用的波导结构可以分为四种：全息波导、衍射波导、偏振波导以及反射波导，其中应用最广泛的是全息波导与衍射波导、阵列/反射波导，苹果收购的 Akonia Holographics 则采取全息技术的全息光波导。

- 1) **光波导持续提升 FOV 和画质:** HoloLens2 采用衍射光波导光学方案, 视场角可达到 52°。
- 2) **降成本持续推进:** AR 光学器件厂商 WaveOptics 表示通过与产业链厂商合作预计能在 19 年底以较低的成本实现镜片的量产。
- 3) **轻量化:** AR 光波导制造商灵犀微光于 14 年研发出比普通近视镜片更薄、重量仅 11.5g 的 AR 光波导模组, 并具备超小型光波导模组的万级量产能力, 光学模组方面, 灵犀微光研发了阵列光波导、全息光波导两种不同工艺的光学模组。在光机小型化上灵犀微光更具优势, Lumus 的光波导模组重 27g, 而灵犀最小的光波导模组仅 12g, 体积仅为 Lumus 的二分之一。在性能上, 其 AW 系列光学模组已经消除了 90% 的光栅感, 在清晰度、对比度上与以色列同类厂商 Lumus 齐平。

图 40：光波导原理



资料来源：VR 陀螺、天风证券研究所

图 41：AR 轻量化突破



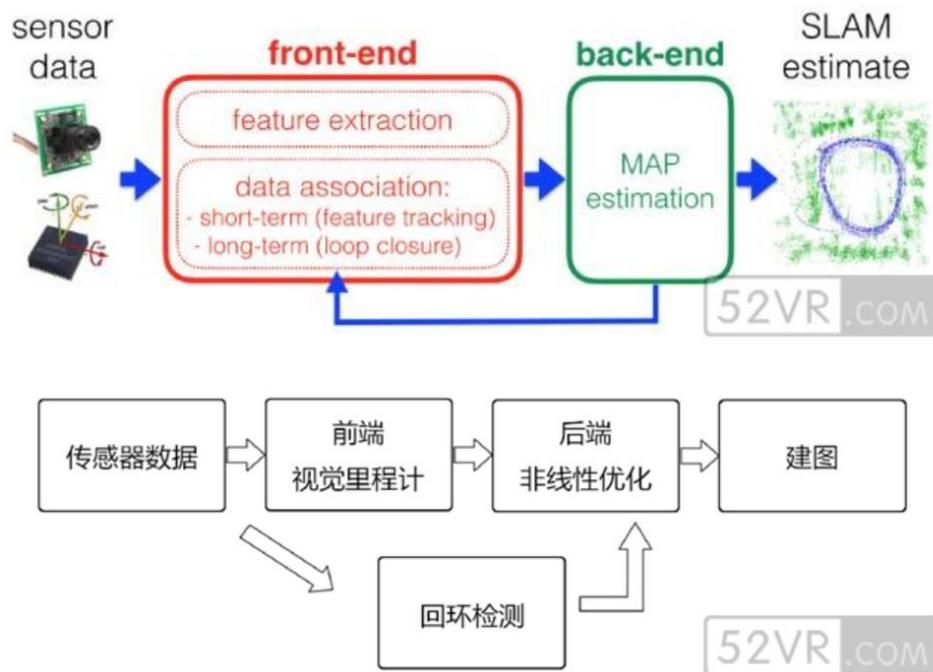
资料来源：36kr、天风证券研究所

2.2.2. 感知交互: SLAM 持续渗透, 眼动追踪场景化落地

感知: SLAM 持续渗透, 品牌开发平台支持 SLAM 助力开发应用。SLAM 即同步定位与地

图构建技术, 主要包含感知/定位/建图三个过程, 其系统一般分为五个模块: 传感器数据/前端视觉里程计/后端/建图/回环检测, 工作流程大概为: 传感器读取数据后, 视觉里程计估计两个时刻的相对运动 (Ego-motion), 后端处理视觉里程计估计结果的累积误差, 建图则根据前端与后端得到的运动轨迹来建立三维地图, 回环检测考虑了同一场景不同时刻的图像, 提供了空间上约束来消除累积误差, 主要分为激光 SLAM 和视觉 SLAM 两大类。相对于基于硬件, 基于视觉的感知跟踪不需要预存场景, 跟踪范围大, 精度能够持续提升, HoloLens 及 Magic Leap。19 年以来, SLAM 渗透率提高, 上市新品中有三款支持 SLAM, 并且, 品牌推出 AR 开发平台上配置支持 SLAM: 16 年 EasyAR SDK 2.0、腾讯 AR 平台 QAR、OPPO 18 年 ARunit、Wikitude、Kudan 等, 助力 SLAM 感知技术的开发应用。

图 42: SLAM 系统



资料来源: 52VR、天风证券研究所

交互: HoloLens 2 发布代表手势识别全操作控制\眼动追踪场景化落地。先前的 AR 交互以控制器为主, 手势识别效果一般, 支持 1-2 个手指动作识别, 随后眼动追踪开始出现, 极大的改善了 AR 交互体验, 19 年 HoloLens 2 的发布代表手势识别全操作控制\眼动追踪场景化落地, 相比于第一代 HoloLens 的手势识别功能只能支持两个手势的识别: Air Tap 与 Bloom, 2 代则支持全息追踪, 实现双手全关节模型追踪, 同时引入了眼动追踪传感器, 精确追踪用户的两只眼睛, 并判断具体的注视点位置, 可精确地调整全息图的合像位置、保证成像的清晰度、减少眩晕、降低设备渲染负载。

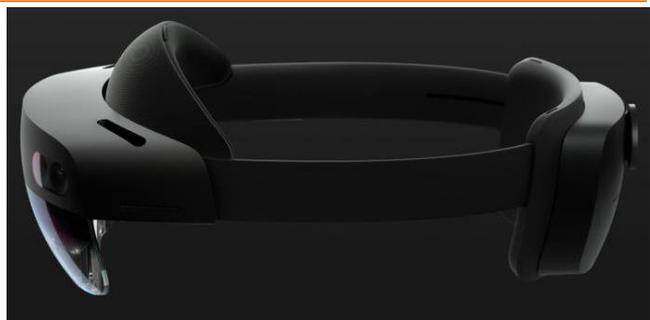
2.3. 企业级产品进入 2.0 时代, 打开 AR 应用场景

主流厂商发布企业级 AR 头显, 标志企业级 AR 市场的正式开启。2019 年上半年各企业陆续发布最新产品, 以微软 HoloLens 2 和 Google Glass EE2 为代表的设备下游均定位在企业用户, 表明企业级 AR 头显进入 2.0 时代。具体来看, MWC 2019 上, 微软发布了 Azure Kinect DK 及基于 Azure 的混合现实服务 (Azure Spatial Anchors 和 Azure Remote Rendering)、HoloLens 2 及其应用 Dynamic 365 Guides 四项软硬件应用产品。HoloLens 2 为 HoloLens 第一代后时隔四年的更新版本, 其在视觉体验、舒适度、开放性、可定制化等方面都有着不俗的更新进步, 其可配合 Dynamic 365、合作伙伴解决方案产品、云、AI 产品共同为企业级客户提供服务, 目前已推出带有 HoloLens 2 的 Trimble XR 10 (工地安全), 未来即将联合 Pearson、SIEMENS、BOSCH、CAE 等行业龙头推出合作伙伴解决方案。

业界领先的 HoloLens 2 解决方案:

- **Bentley Synchro**: 是一款数字化建筑软件，可以在混合现实中查看复杂的建筑项目。其 4D 数字化建筑平台将传统的甘特图 CPM 调度与集成的 4D 可视化功能实时结合在一起。
- **PTC Vuforia Studio**: 通过在工人最需要的时间和地点提供信息，从而提高员工的工作效率和安全性：在他们日常工作环境的现实环境中。借助 Vuforia Studio, 工业客户可以轻松地使用现有 3D 资产并整合物联网数据, 为 Microsoft 全息设备创建可扩展、解放双手的混合现实体验，只需其他解决方案的时间和成本的一小部分。
- **Philips Azurion**: 飞利浦正在图像引导的微创手术领域进行全息试验, 医生依靠实时 X 光、超声波和其他信息来源“查看”患者内部并指导他们的行动。通过将这些丰富的 2D 和 3D 数据集成并显示在混合现实中, 再加上直观的手势、眼动跟踪和语音控制, 医生可以增加对患者和手术的关注

图 43: HoloLens 2



资料来源: 雷锋网、天风证券研究所

图 44: 基于 HoloLens 2 的 Trimble XR 10



资料来源: 雷锋网、天风证券研究所

Google Glass EE2——成为正式的 Google 品牌商业化产品：

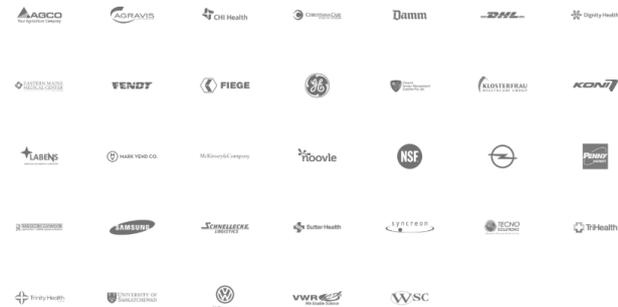
- **配置/外观**: 为标准眼镜镜框+右眼显示屏的布局，核心算力为高通骁龙 XR1，安全镜框由 Smith 光学提供，运行 Android Oreo 操作系统并支持企业移动设备管理，右上方配置 640x360 光学显示模组，内置 820mAh 电池续，支持长达 8 个小时续航，增加了 USB-C 接口，支持快速充电、蓝牙 5.0 协议，以及双频的 Wi-Fi，售价 999 美元。
- **推广/客户**: EE2 采取定制化销售，目前旗下客户包括 AGCO、DHL Group、HB Fuller 和 Sutter Health、WSC、GE、noovle 等。

图 45: Google Glass EE2



资料来源: 谷歌官网、天风证券研究所

图 46: 谷歌 EE 旗下客户



资料来源: 谷歌官网、天风证券研究所

标准化工具发布，持续促进企业级市场发展：

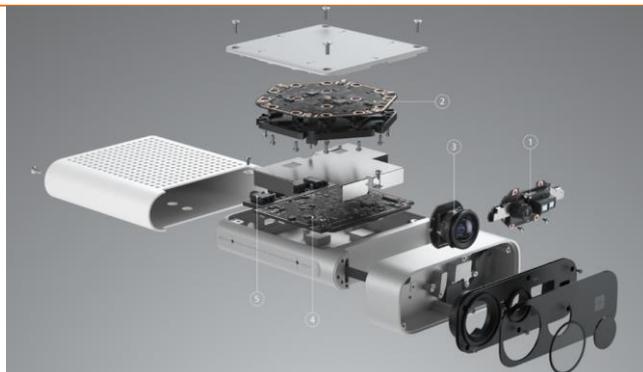
- **Microsoft Dynamics 365:** 是 HoloLens 第一方混合现实应用，包括 Remote Assist、Layout 和 Guides；随着在移动设备平台的覆盖，这种标准化的工具能大大促进企业级市场的发展。具体来看 1) Remote Assist 是用于混合现实的远程协作系统，一线员工可以通过抬头显示器，快速的与专家进行视频通话、图像共享、快读解决问题，同时配置 Android 移动端设备平台 Remote Assist AR，更加便捷；2) Microsoft Layout 是更真实化的设计交互方案，用户能够在真实大小的背景下，与 3D 模型进行混合现实交互，并且可以进行实时分享、编辑等操作；3) Dynamics 365 Guides 是一款混合现实培训类应用，能够赋能员工通过实践进行学习、强化学习过程。目前，Dynamics 365 旗下有美国软件公司 ptc、建筑工程软件公司 Bentley 等企业客户。
- **Microsoft Azure:** 为开发者工具包，配有先进的人工智能（AI）传感器，可用于复杂的计算机视觉和语音模型。它将一流的 TOF 深度传感器和空间麦克风阵列与高清 RGB 摄像机和方向传感器相结合，包含传感器、身体跟踪、视觉、语音服务 SDK；Azure Spatial Anchors 和 Azure Remote 是基于 Azure 的混合现实服务，进一步帮助每个开发人员以及每个企业构建跨平台、适合不同行业背景的企业级混合现实应用。并且，从应用上来说，Azure 可以同时感知和理解，如在医疗领域 Azure Kinect 可以确认病人可能摔倒的环境前兆，可在摔倒前及时通知护士赶到病人身边。

图 47：Azure Kinect DK 产品



资料来源：微软官网、天风证券研究所

图 48：Azure Kinect DK 爆炸图



资料来源：微软官网、天风证券研究所

3. 5G 商用落地，云 VR 持续释放行业活力

5G 商用加速，助力 VR、AR 突破发展瓶颈，实现云 VR/AR 的普及；5G 突破了 4G 的发展局限，将人与物、物与物之间联系起来，实现了万物互联互通；5G 商用加速万物互联时代的到来，其低延时、高速率的特点将解决 VR/AR 延迟和眩晕感等体验问题；同时，搭配云（VR/AR 等计算密集型任务得以转移到云端）还将改善渲染、设备性能、硬件成本、无线化等问题，垂直横向拓宽应用场景。各大厂商抓住机遇，加速 VR/AR 行业布局，华为领先提出 5G 云 VR 解决方案，三大运营商也加紧布局 5G+ 云 VR，随着 5G 网络集成，VR 流媒体竞争将日益激烈，同时也带来行业发展的机遇。

“5G+VR” 应用场景丰富，未来发展空间巨大；5G 将开启物联网时代，渗透到各个行业，与大数据、云计算、人工智能等一起开启信息通讯时代的黄金十年。搭配 5G 的云 VR/AR 将在有更大的应用空间，华为 iLab 发布了 Cloudb VR 2C、2B 共十七种应用场景，涉及巨幕影院、直播、教育、电竞等应用场景，未来我们的生活将离不开 VR/AR。

3.1. 5G 突破发展瓶颈，运营商布局清晰

3.1.1. 5G 突破发展瓶颈，VR/AR 是 5G 首批落地场景之一

5G 应用场景丰富，开辟了移动通信新时代。ITU 定义了 5G 的四大应用场景：eMBB（增强

型移动宽带)、mMTC(大连接物联网)以及 URLLC(高可靠低延时通信)。eMBB 就是以人为中心的应用场景,集中表现为超高的数据传输速率,广覆盖下的移动保证;未来 5G 标准要求单个 5G 基站至少能够支持 20Gbps 的下行速率以及 10Gbps 的上行速率,可以支持用户可以享受 2K/4K 视频以及更高清晰度的 VR/AR 视频。mMTC 场景是海量大连接,对应物联网等连接量较大的应用,可以支持垂直行业(智慧城市、智能家居和环境监测等)的深度融合。URLLC 要求 5G 的时延必须低于 1ms,而且要支持高速移动(500KM/H)情况下的高可靠性(99.999%链接),重点应用于 VR、车联网等。

表 18: 4G 与 5G 指标对比

指标	4G	5G
延迟	10ms	小于 1ms
峰值数据速率	80 亿个(2016 年)	110 亿个(2020 年)
通道带宽	20MHz 200kHz(适用于 Cat-NB1 IoT)	100MHz(6GHz 以下) 400MHz(6GHz 以上)
频段	600MHz 至 5.925GHz	600MHz-毫米波(例如,28GHz,39GHz,乃至 80GHz)
上行链路波形	单载波频分多址(SC-FDMA)	循环前缀正交频分复用(CP-OFDM)选项
用户设备(UE)发射功率	+23 分贝-毫瓦(dBm),允许+26dBm HPUE 的 2.5GHz 时分双工(TDD)频段 41 除外 IoT 在+20dBm 时具有较低功率级选项	6GHz 以下的 5G 频段在 2.5GHz 及以上 时为+26dBm

资料来源: eefocus、天风证券研究所

VR/AR 是 5G 首批落地场景之一。制约 VR/AR 行业发展的最大的痛点在于其对高速率、低延时、高宽带的要求,5G 时代的到来将解决制约 VR/AR 行业发展的最大的问题,帮助 VR/AR 实现了“云”的飞跃。VR/AR 是 5G 首批落地场景之一,VR/AR 体验对视频画面传输、延迟性以及语音识别/视野跟踪/手势感应等方面有极高的要求。5G 相比于 4G 有着高通讯速率、超低延迟、高连接密度等特点,其网络环境上有助于 VR/AR 渗透和普及,具体看 1) 5G 网络最高传输速度可达 10Gb/s,有利于 8K 以上超高清内容的传输和实时播放;2) 边缘云有助于减少数据传输和反馈时间,同时 5G 下延迟<10ms,有助于降低使用 VR/AR 设备的眩晕感。随着 5G 进程稳步推进,预计 2019 年试商用、2020 年试商用背景下 VR/AR 加速普及。

图 49: VR 网络需求

体验时段	3-5年	5-10年
VR体验	进阶VR	极致VR
体验时间	20-60分钟	>60分钟
视频分辨率	12K	24K
PPD	32	64
帧率	60	120
视频码率	279M	3.29G
延迟需求	<20ms	<10ms
网络带宽需求	200Mbps-1Gbps	2-5Gbps

资料来源: 华为 iLab、天风证券研究所

3.1.2. 5G 商用提前，国内运营商规划进程加速

5G 为国家战略发展地位，进入全面冲刺阶段。早在 2013 年 2 月，由工信部、国家发改委、科技部牵头，组织中国移动、中国联通、华为、大唐电信、中兴等通讯龙头联合成立了 IMT-2020 推进组，以推动第五代移动通信技术产业研用链条件研究与发展，力争 2020 年实现 5G 商用。同时，国务院在 2016 年 12 月 19 日印发《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》中，把发展新一代信息产业成为五大领域之首，其中大力推进 5G 联合研发、试验和预商用试点成为构建网络强国的重要基础。2019 年中央经济会议将 5G 商用列为今年的重点工作之一。根据 5G 技术成熟度，监管层适时推出具体的行业支持举措，包括试验频段、5G 临时牌照等等。国家发改委还向运营商提供了频谱占用费“头三年减免，后三年逐步到位”的优惠政策。地方政府层面，对 5G 的支持更加具体，包括基站建设用地、用电等具体需求。

表 19：5G 相关支持政策

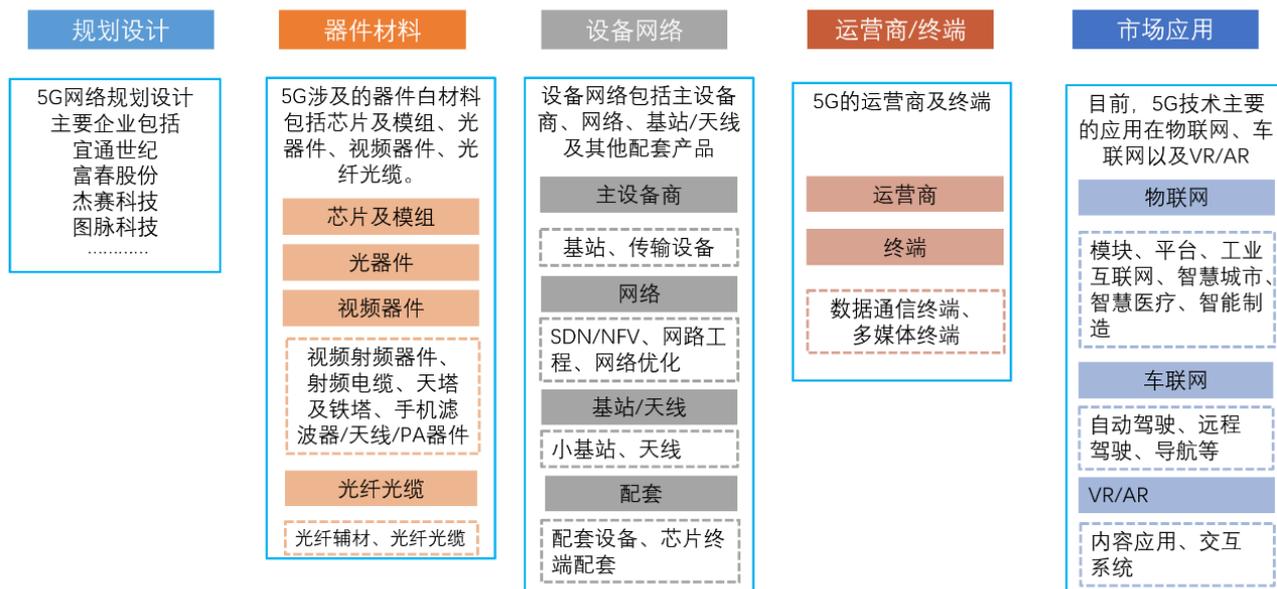
政策	主要内容
《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	提出大力推进第五代移动通信联合研发、试验和预商用试点是构建网络强国的重要基础
《中国制造 2025》	大力推进 5G 技术产品研发
《国家“十三五”规划》	2020 年启动 5G 商用
《2017 年全市经济和信息化工作报告》	北京将启动 5G 试点工作；三大网络运营商推进 5G 研发及试验
《智能制造工程实施指南》	加速标准化实施，明确财税金融支持
《关于加快推进“互联网+政府服务”工作的指导意见》	提出“创新应用互联网、物联网、云计算和大数据等技术”
《关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展的通知》	\
《2017 年政府工作报告》	深入实施《中国制造 2025》，加快大数据、云计算、物联网的应用
《2016 年政府工作报告》	促进大数据、云计算、物联网的广泛应用

资料来源：新华网、天风证券研究所

5G 产业链加速成熟，商用牌照提前发布，多维度发力 5G。按照上、中、下游来划分，整个 5G 产业链包括上游基站（网络规划运维、光器件、光纤光缆、基站射频、基带芯片）、中游网络建设（主设备商、基站/天线、网络、配套）和下游产品应用及终端产品行业应用场景构成。我国 5G 产业链加速成熟，国内 5G 产业在政府支持、市场能力、网络部署、应用开发等方面均已处于世界前列，主要环节进展如下：

- **芯片：**华为推出自研 5G 芯片：5G 基带芯片巴龙 5G01（支持最新的 5G NR 新空口协议、28GHz（高频毫米波）/Sub-6GHz 低频频段、NSA/SA）、5G 基站核心芯片天罡、5G 多模终端芯片 Balong5000（支持 NSA 和 SA 架构的芯片组），此外中兴微电子、展讯、大唐、紫光也在进行 5G 芯片方面布局准备。
- **网络建设设备厂商：**华为 19 年 1 月公告 5G 第三阶段测试完成，通讯设备 5G 基站与核心网设备已经达到预商用要求。中国设备厂商建设布局领先，截至 2019 年 2 月，全球拥有 5G 标准专利排名第一为华为(1,529 项)，其次分别为诺基亚(1,397 项)、三星(1,296 项)与中兴(1,208 项)。并且，据官方数据，截至 19 年 3 月，华为获得 40 个 5G 商用合同。
- **终端：**目前已经多个终端发布 5G 终端上市计划，国内方面已上市中国移动 5G smart hub “先行者一号”、预计 19 年二季度上市 3 款：中兴 Axon 10 Pro、VIVO NEX 5G、OPPO Reno 5G 版、预计 19 年三季度上市 3 款：华为 Mate 20X 5G 版、华为 Mate X 5G 版，此外还有努比亚 Nubia mini 5G、小米 MIX3 5G 版、联想 Z6 Pro 5G 版。

图 50：5G 产业链



资料来源:《2019年中国5G产业市场研究报告》、天风证券研究所

三大运营商积极布局 5G，规划清晰。中国移动在 2018 年 3 月宣布计划在主要城市建设 5G 试点网络，并于 2020 年全面商用。中国电信表示，2019 年 5G 预商用，2020 年正式商用。中国联通也表示，2019 年实现 5G 预商用部署。19 年来运营商加大 5G 投资进度及商用试验进程，具体来看：

1) 中国联通：19 年预计将建设约 2 万个 5G 基站，计划投资 60 亿至 80 亿元。

- 4 月 17：第一批 5G 手机和友好体验终端已经到位。
- 4 月 23：成立“中国联通 5G 应用创新联盟”，聚集了 32 家企业，筹集了 100 亿人民币孵化 5G 项目。
- 4 月 23：制定了“7+22+n”5G 网络建设规划——7 个城市连续覆盖、33 个城市热点覆盖、n 个城市定制 5G 网络。

2) 中国电信：19 年 5G 基站计划建设 2 万个，5G 投资额为 90 亿元；

- 18 年 6 月，将优先采用 SA（独立组网）方案，在 17 个城市开展规模试验，力争到 2020 年实现 5G 规模商用。
- 18 年 11 月，中国电信携手中国联通在 GSMA TSG 终端工作组第 34 次会议发起的人工智能（AI）终端标准立项，获得正式通过。
- 19 年 4 月，合作完成首个行业正式电网环境下的电网切片测试（符合 3 GPP 发布最新 5G SA 规范）；合作在千岛湖附近下江村推出 5G 网站，以实现智能水管理解决方案；与华为合作为 19 年北京艺博会提供端到端 5G 网络。

3) 中国移动：19 年建设超过 5 万个 5G 基站，5G 投资约为 172 亿元；

- 18 年 12 月，计划在 19 年 17 个城市启动 5G 规模试点。
- 19 年 3 月，联合华为在程度开通全球首个 4/5G 双模基站；与华为合作完成 5G 远程人体手术；3 月底：联合中兴实现了全球首个 2.6G NR 外场基于 5G 商用终端通话，在珠江新城站点下实现 5G 手机语音、视频通话验证。
- 19 年 6 月发布“5G+”计划：5G+4G 部分：利用站址资源以及频率优势，快速部署网络、低成本高效建网，1) 2019 年建设超过 5 万个 5G 基站、为超过 50 个城市提供

5G 商用服务，2020 年为所有地级以上城市提供 5G 商用服务；5G+AICDE 意在打造以 5G 为中心的泛在智能技术设施，构建产业物联网切片服务及建一站式云网融合服务、安全可信的大数据服务以及边缘云服务能力；5G+Ecology 构建 5G 开放性生态体系；5G+X 应用延展。

3.2. 5G 开启超高清视频时代，VR/AR 是便携式高清显示的强需求

5G 开启超高清视频时代。5G 网络（eMBB 增强型移动宽带）对于 4K 乃至 8K 超清视频有着良好的承载能力，超高清视频有望成为 5G 商用部署的重要场景和驱动力，19 年 3 月，国家工信部、国家广播电视总局、中央广播电视台出台《超高清视频产业发展行动计划（2019-2022）》助力视频超高清化变革，提出按照“4K 先行、兼顾 8K”的总体技术路线，大力推进超高清视频产业发展和相关领域的应用，如远程超清直播、远程安防监控、远程超清医疗、商业性远程现场实时展示及街景采集等，预计到 2022 年，我国超高清产业总体规模超过 4 万亿元，4K 产业生态体系基本完善，8K 关键技术产品研发和产业化取得突破。

表 20：《超高清视频产业发展行动计划（2019-2022 年）》主要内容

框架	内容	
发展目标	整体目标	总体技术路线：“4K 先行、兼顾 8K”
	2020 年	2022 年时我国超高清视频产业达 4 万亿 4K 电视终端销量占电视总销量的比例超过 40% 实现超高清节目制作能力超过 1 万小时/年 4K 超高清视频用户数达 1 亿
	2022 年	超高清视频用户数达 2 亿 实现超高清节目制作能力超过 3 万小时/年 超高清视频用户数达 2 亿
	重点任务	核心关键器件
重点任务	重点产品	超高清影视摄像机、极低照度摄像机 超高清电视切换台及其系统 适配超高清视频的高容量、高速率存储系统 超高清电视、机顶盒、虚拟现实设备 超高清视频监控、工业相机
	网络能力	推进有线网络 IP 化、光纤化 提升通信网络的速率，满足 4K 和 8K 视频传输需求 探索 5G 在超高清视频传输里的应用
	行业创新应用	广播电视领域：有线电视、卫星电视、IPTV 和互联网电视 文教娱乐领域：游戏、动漫、电影等领域 安防监控领域：超高清监控摄像机等 医疗健康领域：远程医疗、手术培训、内窥镜手术、医疗影像检测等方面

资料来源：工信部等、天风证券研究所

5G+超高清解放大屏社交生态，便携式超高清显示拉动 VR/AR 需求。5G 核心是数据传输的高速和低延时，大屏交互核心是数据交互效率的提升，内容积累沉淀是数据传输的基础，三者互相促进；家庭入口方面，电视为 4K/8K 视频的最佳内容载体，超高清显示作为家庭的核心中枢入口设备地位凸显，预计会拉动高清 TV 换机需求，相关社交应用场景如在线教育、VR/体感游戏等将蓬勃发展；便携式方面，我们判断传统智能手机屏幕将不足以承载大屏内容，外界大屏硬件 VR 作用地位凸显，预计便携大屏显示需求将会拉动外协硬件 VR/AR 的需求。

3.3. 5G+云+VR 打开应用场景，“虚拟现实+”空间巨大

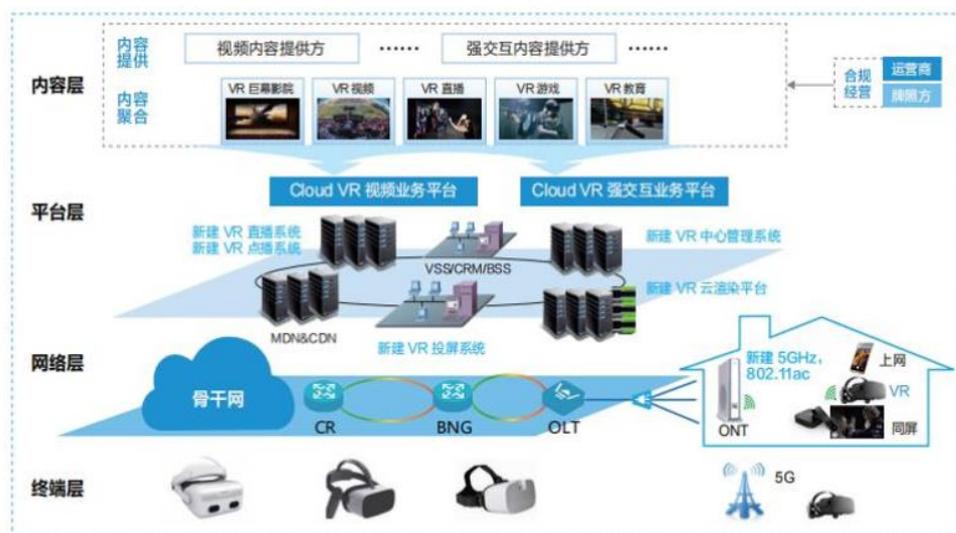
3.3.1. 5G+云+VR 解决行业痛点，打开运营商盈利空间

5G+云+VR/解决行业痛点。云 VR 是将云计算、云渲染的理念及技术引入到 VR 业务应用中，借助华为云高速稳定的网络，将云端的显示输出和声音输出等经过编码压缩后传输到用户的终端设备，实现 VR 业务内容上云、渲染上云。由于 Cloud VR 的计算和内容处理在云端完成，VR 内容在云端与终端设备间的传输需要相比 4G 时代更优的带宽和时延水平，利用 5G 网络的高速率、低时延特性，可助力云 VR 的渗透普及。

5G+云+VR/解决行业痛点：

- **降低硬件投资成本：**VR 应用的局限性之一在于购置主机和终端硬件成本高，传统 CG 类 VR 内容需要主机配置高性能 GPU 显卡，利用本地主机进行渲染；云 VR 使 GPU 渲染功能从本地 PC/主机迁移到云端，强大的云端服务器大幅提升了计算能力和图像处理能力，多用户共享云端硬件资源，节省用户投资。
- **提高设备利用率：**用户通常在家里或者利用碎片时间使用 VR，大部分时间设备是闲置的，导致资源的极大浪费；云 VR 服务利用虚拟机技术，一个硬件可以分时复用给多个用户，提高了设备利用率。
- **轻量化、便捷化：**传统 VR 使用线缆或者 WiFi 连接本地主机，仅能坐立式或者房间范围内使用；随着 5G、云化推进，云 VR 终端的无线化将使设备轻便且佩戴方便，无处不在的移动宽带网络提供了更为自然的业务模式。
- **云上内容、简单运营，解决内容分散单一问题：**PC/主机 VR 的内容分散在各个平台，并且需要用户先下载到本地主机才能使用；云 VR 平台有利于内容的聚合，开发者在云上进行快速的内容迭代发布，用户即点即玩、无需下载，同时解决盗版问题，促进内容产业的发展。

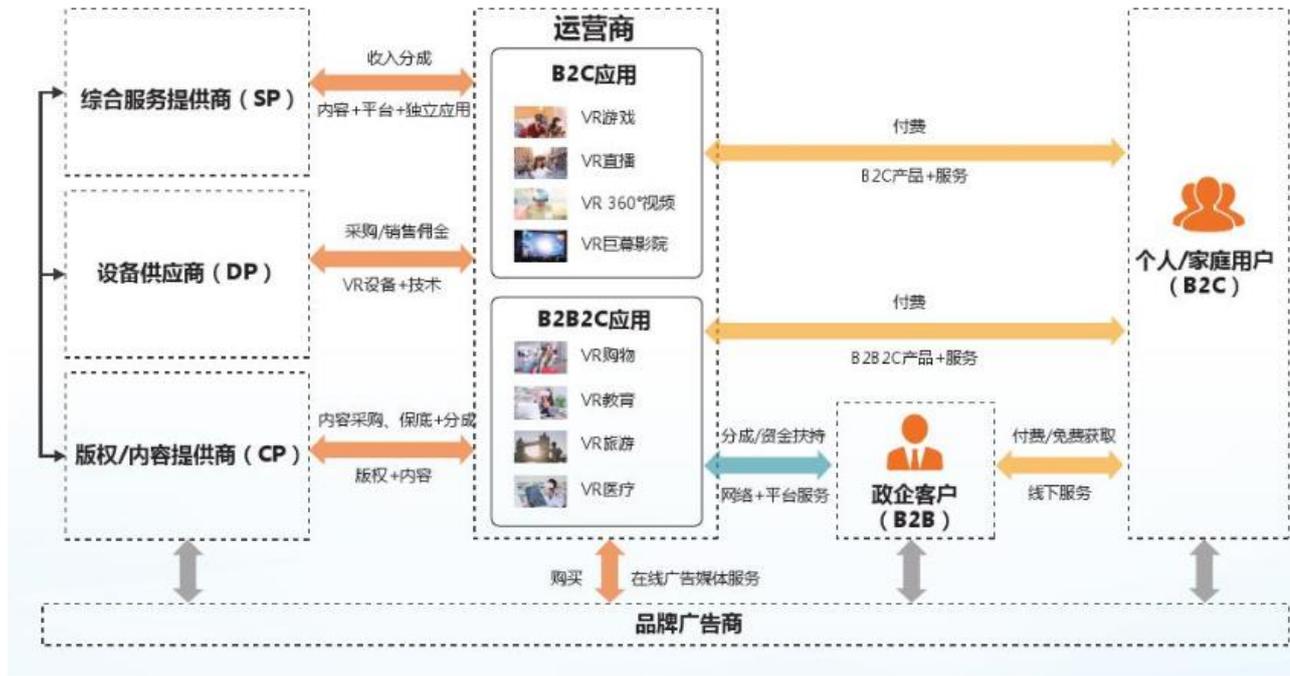
图 51：Cloud VR 应用方案架构



资料来源：中国信息通讯研究院、天风证券研究所

拓展新运营/盈利模式，运营商积极推进 5G+云 VR。运营商拥有规模发展 Cloud VR 业务的必要条件——业务平台、用户基础、靠近用户的资源池基础设施，为发展 VR 产业链的主要推动者之一，并且，5G+云+VR 亦打开了运营商的业务商业模式，因此运营商积极推进 5G+云 VR，2018 年 9 月中国联通发布“5G+视频”推进计划，中国电信表示“云 VR”将作为智慧家庭方向的重点产品，将与华为、视博云、Intel 等产业合作伙伴打造 5G+云 VR 生态闭环能力；中国移动（福建）开启了云 VR 业务试商用，为用户提供 VR 现场/巨幕影院/游戏/场景。

图 52：CloudVR 业务商业模式设想



资料来源：华为 iLab、天风证券研究所

图 53：三大运营商积极推进 5G+“云 VR”

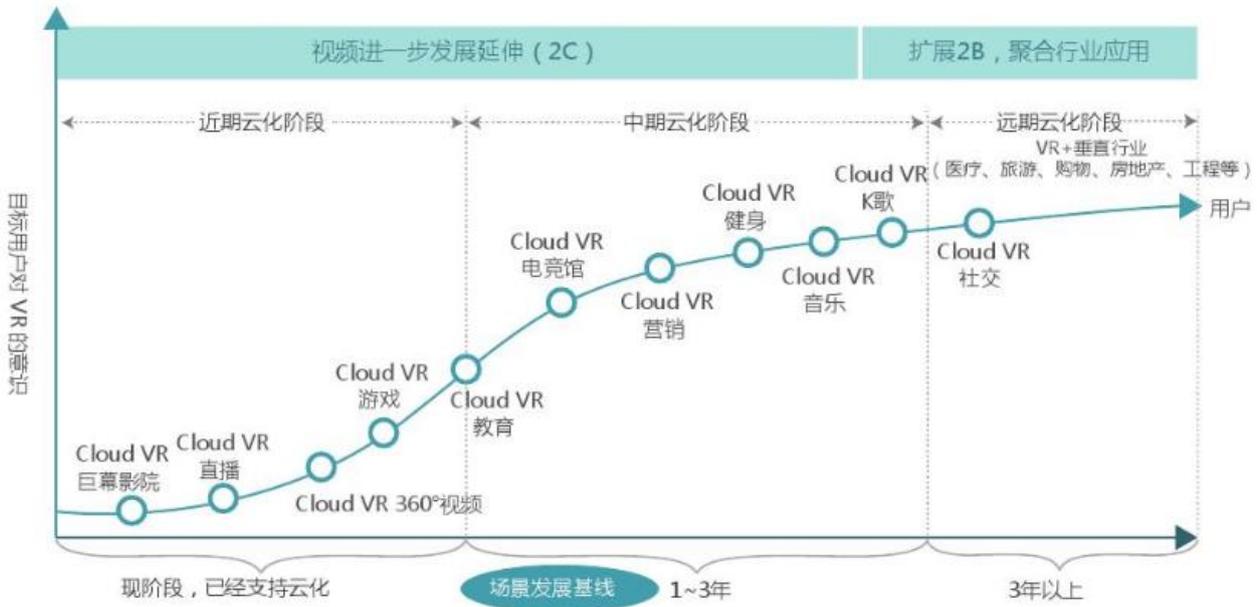
运营商	中国移动	中国电信	中国联通
概要	福建移动开启了云VR业务试商用，为用户提供VR现场、VR趣播、巨幕影院、VR游戏、VR场景	表示“云VR”作为智慧家庭方向上的重点产品	发布“5G+视频”推进计划云VR也作为中国联通5G重点创新业务列入全面规划中
具体内容	福建移动推出面向家庭普及能力的“和·云VR”业务。依托融合视频平台、云化渲染技术，“和·云VR”将VR内容上云，在保证视频码流稳定传输和高精度图像显示的前提下，降低了对VR头显终端硬件计算能力的要求，简化了VR设备硬件系统，使VR消费门槛下降70%-80%，产业整体运营成本降低，实现了VR设备可移动化。	在第十届天翼智能生态博览会上，中国电信副总经理高同庆表示，云VR是中国电信和华为成立BJIC商业联合创新中心后在智慧家庭方向上的重点产品，也是与产业链各方一道，构建共享共赢共创价值的“生态魔方”的重要一步。中国电信将与华为、视博云、Intel等产业合作伙伴，携手打造5G+云VR生态闭环能力，务实推动产业发展。	当前江西联通正在筹建云VR平台，以5G+VR组合技术为支持，旨在为用户打造有线电视、IPTV、手机互联网的多屏互动观看新模式

资料来源：CWW、天风证券研究所

3.3.2. 云 VR 发展三步走，持续释放行业活力

云 VR 发展三步走，持续释放行业活力；虚拟现实业务形态丰富，产业潜力大、社会效益强，以虚拟现实为代表的新一轮科技和产业革命蓄势待发，虚拟经济与实体经济的结合，将给人们的生产方式和生活方式带来革命性变化。具体看云VR，按场景可划分为2B和2C，2C主要包括巨幕影院、直播、360°视频、游戏、音乐、健身，2B主要包括教育、电竞馆、医疗、军事、工程等，云VR发展分三步走——近期、中期、远期，从2C视频延伸到2B，不断聚合行业应用。

图 54：CloudVR 场景发展三阶段



资料来源：华为 AR/VR 白皮书、天风证券研究所

Cloud VR 直播场景：

- 定义：通过 VR 技术进行直播，提供沉浸式临场感、听觉体验、交互。可应用于 NBA 体育赛事、奥运会、盐城会对各领域。目前产业已经有 Cloud VR 直播解决方案，主要分为三个部分：内容生产、内容分发和内容消费。
- 商业模式：家庭观看 VR 直播、直播现场 VIP 包厢、VR 直播分会场。

图 55：CloudVR 直播商业模式

产业伙伴	VR 直播 VIP 包厢	VR 直播分会场	家庭观看 VR 直播
用户	<ul style="list-style-type: none"> · 无限拉近包厢与舞台距离 · 为高端用户提供全新体验 	<ul style="list-style-type: none"> · 异地参加演唱会，节省路费 · 享受优质的 VR 直播，超强临场感 	<ul style="list-style-type: none"> · 足不出户，穿越直播现场 · 更低的门票价格
主办方	<ul style="list-style-type: none"> · 提升 VIP 包厢吸引力和价值 	<ul style="list-style-type: none"> · 不受场地和政策限制，更多门票收入 	<ul style="list-style-type: none"> · 更广的粉丝群体覆盖 · 更高的版权价值
运营商	<ul style="list-style-type: none"> · 利用技术优势保障直播现场大带宽、超低时延网络 · 与 IP 方合作契机，引入全新内容，互惠互利 	<ul style="list-style-type: none"> · 提供优质网络，保障用户体验 · 培养用户习惯，为 VR 直播走入家庭打下基础 · 与 IP 方建立联系，引入内容 	<ul style="list-style-type: none"> · 独家直播，吸引用户，抢占家宽市场 · 促进 VR 直播普及，填充管道 · 推出千兆套餐，赠 VR 直播特权，促进用户升级

资料来源：华为 AR/VR 白皮书、天风证券研究所

Cloud 教育：

- 定义：通过 VR 技术来构建学习环境、如虚拟实验室、微观世界等，学习者使用 VR 设备可进入虚拟课堂中沉浸式学习，同时 Cloud VR 构筑内容云平台可以帮助 VR 教育体系化，便于开发教学课件，学生学习成本将降低。
- 2C 消费者的类教育内容，面向个人用户，以知识科普为主；2B 面向学校的 K12 教育，面向中小学生的基础教育，学生在学校通过 VR 一体机，观看老师布置的内容。

3.4. 各巨头发力云游戏，奠定云 VR/AR 游戏基础

云游戏是一种以云计算和串流技术为基础的在线游戏技术，原有的网络游戏都是通过游戏终端运行，云游戏在云端服务器中存储和运行，由云端服务器将游戏场景渲染成视音频后通过网络传输到设备上。这种技术很像在线观看视频技术，不需要下载视频。这种技术对于设备要求不高对网速要求很高，在4G时代，由于网速的限制，云游戏的用户体验不佳，卡顿严重，但是在5G时代，解决了网速问题，不需要昂贵的设备，云游戏的前景明朗。

云游戏改变游戏模式，行业大洗牌。传统游戏的盈利方式主要是通过付费下载、游戏内道具的购买、内置广告，当云游戏推出时，原有的模式可能会转变为游戏订阅模式，降低厂家体验游戏的成本，云游戏平台通过提供优质的内容，降低厂家对设备的要求，厂家通过订阅游戏服务，减少寻找优质游戏的时间。主流厂商分别推出云游戏平台，利用优势持续发力游戏板块。

主流厂商推出的云游戏产品：

- **Sony 云游戏订阅服务 PlayStation Now：**在2014年国际消费电子展上面推出，计算基建采用多部PS3组成的特别设计伺服器，PlayStation游戏机可以使用PlayStation Now来远程串流体验PS3游戏作品，而所有的游戏运算都会在索尼的云服务器中进行，用户设备只是单纯的接收游戏画面和处理相关操作的发送与反馈，使用者只需要收取处理完成后的音影数据便可以了，这也使原本不兼容PS3游戏的PS4也能畅玩PS3游戏。
- **Nvidia 云游戏服务 GeForce Now：**其计算基建为北美及西欧15各数据中心，用户付费订阅后可以无限制的运行托管在Nvidia服务器上游戏库中的游戏，并通过视频流传输给订阅者，某些游戏也可以通过实时付费的模式购买，GeForce Now对网速要求较高，最低需要25Mbps带宽，官方推荐50Mbps以上，并使用5GHz路由器。系统要求Mac OS 10.10或以上版本。安装GeForce Now之后，云端显卡会实时渲染游戏，虚拟游戏PC会负责游戏所需的CPU和显卡资源，此外，用户的游戏设置，也能通过云端来同步。通过云游戏服务来减少对硬件运行的要求。
- **谷歌于2018年10月发布了云游戏服务 Project Stream、19年推出 Google Stadia：**Stadia是Chrome浏览器上运行的流媒体游戏服务，计算基建为全球超过7500各google数据中心，其以游戏流式的形式传输到设备，游戏的渲染工作都在Google云端完成，不会消耗厂家的硬件资源，支持HDR、环绕声，以及60FPS的4K画质。与AMD合作架设数据中心的GPU。
- **微软于2018年推出自己的云游戏服务——Project xCloud。**厂家无需考虑设备，通过订阅云游戏服务之后，会员可以选择Xbox库里面所有的游戏，通过蓝牙将Xbox手柄连接至手机或平板上来体验游戏。xCloud让游戏在服务器中运行，然后将音视频传送到设备，在网速满足的情况下，用户可以使用价格低廉的设备玩大型的游戏。
- **EA于2018年10月推出了Project Atlas 云游戏服务平台，**游戏内容将保存在EA服务器上，旨在将游戏引擎和服务集中在一个平台中，通过视音频传输技术，将其传输到设备上运行。Project Atlas的核心是利用云计算+人工智能，提供功能强大、易用的服务。
- **国内目前的云游戏服务商**有动视云科技的格云来游戏，清华同方的云次元，视博云的翼家云游戏，达龙信息的达龙云游戏，咕咪游戏和海马合作的云游戏，以及阿里云推出的云游戏。国内的云游戏还处于起步阶段。

4. 风险提示

1. 5G 进展不及预期
2. 下游渗透缓慢
3. 产业链量产瓶颈

4. 技术升级创新不及预期
5. 中美贸易战恶化
6. 硬件迭代周期放缓

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风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，投资者应当考虑到天风证券及/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。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益 -10%-10%
		卖出	预期股价相对收益 -10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅 -5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅 -5%以下

天风证券研究

北京	武汉	上海	深圳
北京市西城区佟麟阁路 36 号 邮编：100031 邮箱：research@tfzq.com	湖北武汉市武昌区中南路 99 号保利广场 A 座 37 楼 邮编：430071 电话：(8627)-87618889 传真：(8627)-87618863 邮箱：research@tfzq.com	上海市浦东新区兰花路 333 号 333 世纪大厦 20 楼 邮编：201204 电话：(8621)-68815388 传真：(8621)-68812910 邮箱：research@tfzq.com	深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 71 楼 邮编：518000 电话：(86755)-23915663 传真：(86755)-82571995 邮箱：research@tfzq.com