虚实相生，生生不息

中国增强现实（AR）行业研究报告

©2023.2 iResearch Inc.

写在前面

近些年，AR频繁以媒体、产品、影视等形式出现在大众面前，饱受关注，然AR的概念已经出现了几十年，产业链各环节对于技术的积累和场景的探索也从未停歇。如果说元宇宙的火热为AR吸引了商业和资本的目光，人们对下一代计算平台和交互方式的不断探索将AR推向了风口浪尖，那么AR行业在技术、场景等方面数年的积累和从业者的坚韧会使他们在浪潮之下站稳脚跟、乘风破浪。

在成熟消费电子的教育下，人们对于新兴科技的期待情绪愈发高涨，AR现今的初步落地似乎并未交上一份完美的答卷，然类比于智能手机十余年的发展，AR行业需要厚积而薄发，更需要政策、资本和其他生态产业的助推，在此背景之下，艾瑞咨询诚邀业内各位专家和企业进行多方交流，与七鑫易维、杭州灵伴科技、理湃光晶、珑璟光电、亮亮视野、亮风台等多位业内专家进行沟通与探讨，撰写了《中国增强现实（AR）行业研究报告》。报告内容包括增强现实的定义内涵、发展历程等，拆解核心技术的特征与发展痛点，最后剖析阻碍行业发展的难点与破局点，驱动力与未来增长逻辑。希望同行业多方分享并探讨我们对于增强现实产业的认知和理解，有更多的企业和从业者与我们共同研究与探讨AR、VR和XR行业的发展，以微薄之力助力行业走向更好的发展。

报告撰写

艾瑞咨询

产业研究十三部

©2023.2 iResearch Inc

摘要

行业潜力：增强现实（AR）技术可将虚拟信息数据叠加在现实世界之上，兼具交互性、沉浸感、实时性等特征，短期内AR可作为效率工具使用，填补产业空白；长期来看，具有成为下一代计算平台的潜力。

驱动因素：政策方面，“十三五”规划中首次提及虚拟现实，“十四五”中列为数字经济重点产业，由最初的仅聚焦于技术研发到鼓励多产业进行融合创新。投融资方面，海内外头部企业把握元宇宙设备层交互入口-AR终端设备，并持续布局下游应用内容生态。

技术体系：AR整机根据模块功能不同可拆解为计算、光学和传感三大功能单元

“虚”软件技术：AR操作系统多基于安卓研发，支持硬件运行、内容展示和人机交互

“实”硬件技术：

- 主控芯片：AR功能复杂需专用芯片支撑，计算等功能云化方案较为远期
- 光学显示：包含全新光学系统技术，配合微显示屏幕组成光学模组，是AR终端设备最为核心部分。Birdbath+Micro OLED方案和自由曲面方案已率先落地并实现规模量产，阵列光波导和衍射光波导技术绝对参数较高更具未来，但制作工艺难度较大仍需长时间迭代。

“相”交互技术：交互方案与场景需求强关联，未来向多模态、精细化方向发展

“生”应用生益：B端场景需求为功能导向型，产品AR增值属性强于C端优先落地；C端对产品性能容忍度较低，厂商多以观影、娱乐场景入局打开市场，市场逐渐崛起。

发展困局：（1）AR产业链较长，目前整体技术尚不成熟，单一环节的提升难以撬动全行业的攀升，产业内外的技术驱动力有限。（2）终端产品难有消费级AR应用内容支撑，没有真正带有AR功能、发挥AR虚实结合、交互能力价值的应用，行业尚未进入正循环。

发展趋势：（1）双线增长逻辑下，国内厂商多将采取小步快跑加速迭代方式逐渐完成专用设备到通用设备的过渡；（2）AR作为元宇宙的交互入口之一，与元宇宙技术发展底层逻辑相同，二者相生相成。

来源：艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

根基：中国 AR 行业发展概述 1
掘金：中国 AR 行业核心技术分析 2
扬帆：中国 AR 行业典型企业分析 3
起航：中国 AR 行业发展趋势 4

AR/MR/VR/XR概念界定

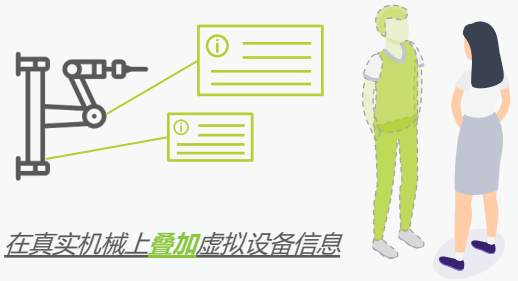
功能效用略有重叠，然随技术愈发成熟将逐渐明晰定位界限

增强现实（Augmented Reality，简称AR）是一种基于计算机实时计算和多传感器融合的技术，可将虚拟信息数据（包括文字、图像、视频和3D模型）叠加在现实世界之上。目前对于AR和MR的概念存在一定混淆，从理论上来看，如显示画面仅为虚拟信息与事物的简单叠加则为AR，若可实现虚拟与现实世界的交互与信息获取则为MR。而从实际终端产品来看二者较为重叠，部分AR终端设备企业在产品中融入MR功能，但尚未达到理想状态MR的高度，即真实反馈、实时精准交互。

AR/MR/VR/XR概念界定

XR | AR & MR & VR

AR | 叠加虚拟于现实



在真实机械上叠加虚拟设备信息

- **AR定义：**即Augmented Reality增强现实，将虚拟数字信息叠加(Overlay)到物理世界的技术。
- **AR特征：**强调实用性，定位效率工具，可同时显示物理和虚拟世界信息。目前部分企业开始融入交互功能，与MR有一定重叠。
- **AR产品：**Google Glass，Magic Leap one等

MR | 虚拟与现实交互

调整虚拟音箱的摆放位置感受声音
在跨越真实物体后的交互反馈效果

- **MR定义：**即Mixed Reality混合现实，可实现虚拟数字信息物理世界交互(Interact)的技术。
- **MR特征：**强调交互性，用户可操控虚拟事物，且虚拟事物可根据物理世界变化做出相应的真实反馈。
- **MR产品：**Microsoft Hololens 2等

VR | 脱离现实的完全虚拟

感受完全虚拟的数字世界

- **VR定义：**即Virtual Reality虚拟现实，创建完全虚拟的数字世界，屏蔽物理现实世界。
- **VR特征：**强调沉浸感，配合VR外接设备，利用视觉和听觉系统骗过大脑，使用户具有身临其境的沉浸感。
- **VR产品：**Oculus Quest，Pico Neo 3等

低沉浸感 → *高沉浸感*

注释：产品定位参照企业自身官方定位。
来源：公开资源，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

AR行业发展历程

行业进入复苏成长期，AR终端设备迭代有转向C端市场趋势

AR行业在2012年左右开始真正发展，零星场景进行尝新式应用，然而AR终端设备因清晰度较低、设备较重、软件应用不足等问题发展搁置。AR行业在历经前期繁荣和泡沫后重新进入启蒙期，部分应用脱离终端桎梏率先落地C端，头部及初创企业纷纷入场补充产业空白领域，软件平台、硬件终端等技术齐头并进支撑AR终端设备研发。**近几年软硬件技术的不断迭代，加之疫情的影响与对下一代交互模式/计算平台的探讨，引发元宇宙概念的火热，头部企业频繁向市场发声切入AR赛道，新产品定位剑指C端消费市场。**市场多方再次将目光聚焦于AR行业，寻求切入机会，行业迎来快速成长期。

AR行业发展历程

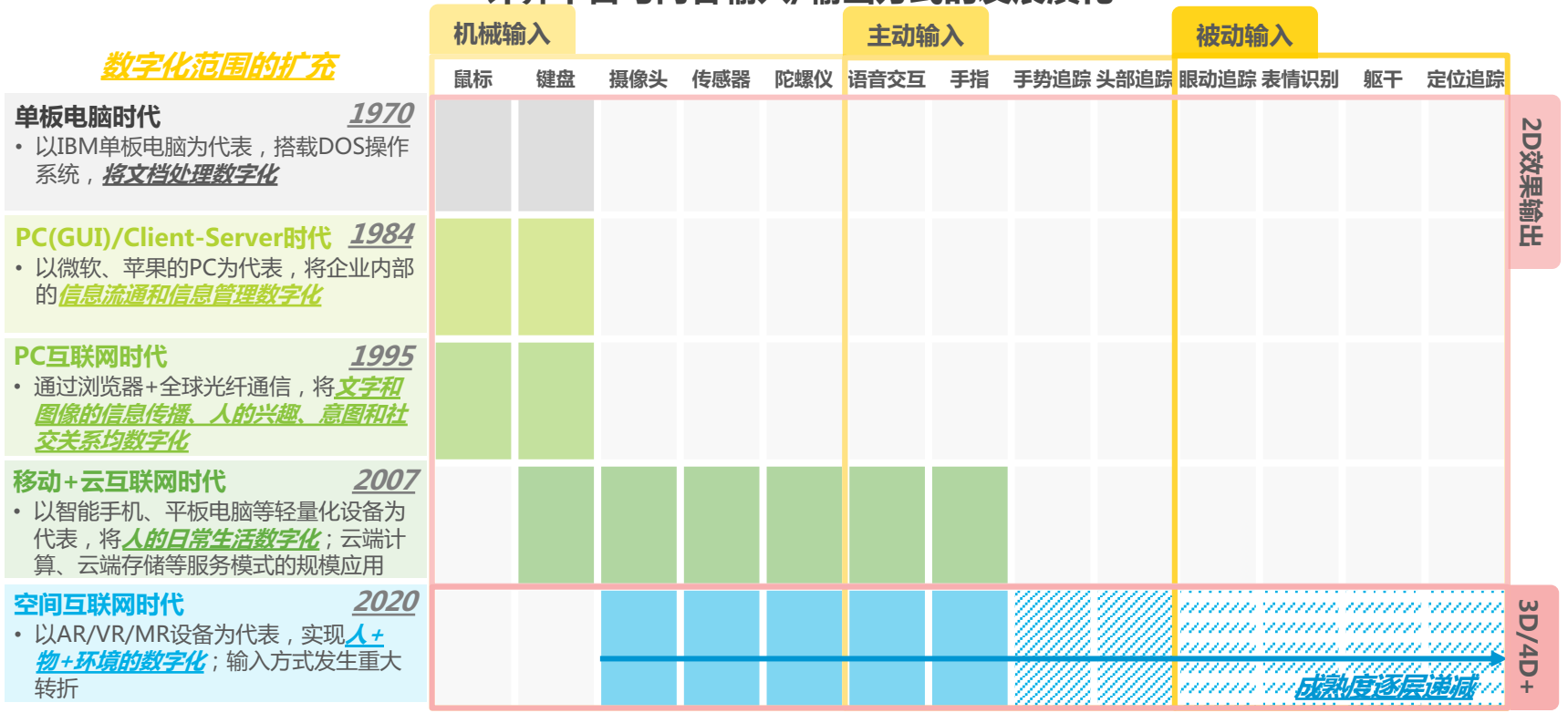
注释：FB即Facebook，2021年更名为Meta。
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

AR存在的意义

未来有望成为下一代计算平台，完成全环境内事物的数字化

从计算平台的演化看，平均每12-13年将产生新的计算平台，移动互联网时代已延续15余年，如今人们已不再满足于现有的计算输入输出方式与交互模式，在数字化的范围、程度和交互方式等方面寻求革新。**AR究其特性及未来远期发展空间，可实现全环境内事物信息的实时采集反馈，且交互方式将更加直接自然，有望成为下一代计算平台。**然其先决条件尚未满足，仍需网络、云计算、人工智能等多方技术的高度配合，AR终端设备技术及软件应用尚未实现规模化量产。**短期内AR可作为效率工具使用，填补产业空白。计算平台与内容输入/输出方式的发展演化**



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

中国AR行业宏观政策分析

十三五首次提及虚拟现实，政策鼓励产业融合技术探索新模式

政策对于VR/AR的引导方向和精准度的变化，侧面印证了行业的发展进程，**由最初的仅聚焦于技术研发到鼓励多产业进行融合创新。**“十三五”首次提及虚拟现实，AR和VR被视为具有重大战略价值和应用前景的创新先进技术。其中《“十三五”国家科技创新规划》提出要大力发展自然人机交互技术，在虚拟现实与增强现实技术方面，明确提出要突破**虚实融合渲染、真三维呈现、实时定位注册、适人性虚拟现实技术**等一批关键技术，并形成相关规范标准。就细分领域而言，除领先起跑的游戏娱乐场景外，政策期待AR/VR技术能够激发**教育、文旅、医疗、工业等领域**的新生产力并解决现有难题。

2016-2020年中国VR/AR行业相关政策（“十三五”规划期内）

2016

提出要落实虚拟现实/增强现实等先进技术的技术研发和前沿布局

- **国务院**《“十三五”国家科技创新规划》
- **国务院**《“十三五”国家信息化规划》
- **国务院**《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》
- **工信部**《智能硬件产业创新发展专项行动（2016-2018年）》

鼓励游戏游艺设备生产企业积极引入虚拟现实/增强现实等先进技术

- **文化部**《关于推动文化娱乐行业转型升级的意见》

2017

以技术创新为突破，带动虚拟现实等领域核心技术的研发和产业化

- **工信部**《信息通信行业发展规划（2016-2020年）》

推进虚拟现实技术在细分领域的创新研究，促进产业结合探索新模式

- **国务院**《关于促进移动互联网健康有序发展的意见》
- **国务院**《国家教育事业发展“十三五”规划》
- **文化部**《推动数字文化产业创新发展意见》
- **科技部**《“十三五”医疗器械科技创新专项规划》
- **科技部等**《“十三五”中医药科技创新专项规划》
- **科技部等**《“十三五”健康产业科技创新专项规划》
- **工信部**《应急产业培育与发展行动计划（2017-2019年）》

2018

明确虚拟现实产业建设目标，提出6大方面重点任务

- **工信部**《关于加快推进虚拟现实产业发展的指导意见》

2019

加强自然交互与虚拟现实等技术研究

- **国务院**《国家创新驱动发展战略纲要》

推动虚拟现实/增强现实技术在细分领域的广泛应用，新领域出现

- **科技部等**《关于促进文化和科技深度融合的指导意见》
- **教育部等**《关于教育支持社会服务产业发展提高紧缺人才培养培训质量的意见》
- **民政部**《关于进一步扩大养老服务供给促进养老服务消费的实施意见》

2020

建设虚拟现实/增强现实标准体系

- **网信办等**《国家新一代人工智能标准体系建设指南》

推动虚拟现实/增强现实技术在细分领域的广泛应用，再次出现新领域

- **工信部**《关于推动工业互联网加快发展的通知》
- **发改委等**《关于组织实施2020年新型基础设施建设工程（竞带网络和5G领域）的通知》
- **农业农村部**《数字农业农村发展规划（2019-2025年）》
- **商务部等**《关于进一步做好供应链创新与应用试点工作的通知》
- ***其他领域：应急管理、对外贸易、建材工业、直播营销等***

来源：中国政府网，公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

中国AR行业宏观政策分析

十四五中被列为数字经济重点产业，为双千兆网络强应用场景

政策重点强调以5G、千兆光网为代表的“双千兆”网络是制造强国和网络强国建设不可或缺的“两翼”和“双轮”，而AR行业自2019年开始进入复苏成长期，受近几年受疫情、消费升级等多方因素驱动，逐渐加快应用落地速度，一方面推进产业的创新发展，另一方面成为5G网络的强应用场景。工信部等五部门联合印发《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022-2026）》，明确提出到2026年，三维化、虚拟融合沉浸影音关键技术重点突破，终端产品和产业生态不断完善，并推广至行业规模应用。

2021-2023年中国VR/AR行业相关政策（“十四五”规划期内）

建设5G与千兆光网作为支撑新基建的重要底座

工信部《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）》

推进5G、千兆光网为代表的“双千兆”网络

- 加大5G网络和千兆光网建设力度，提升用户体验，丰富应用场景

推进增强现实/虚拟现实技术进一步融入生产生活

- 促进典型行业千兆应用模式形成示范

工信部等《5G应用“扬帆”行动计划(2021-2023年)》

推进基于5G的可穿戴设备，加快新型消费终端成熟

- 推动虚拟现实/增强现实等沉浸式设备工程化攻关，重点**突破近眼显示、渲染处理、感知交互、内容制作**等关键核心技术，着力降低产品功耗，提升产品供给水平。

面向工业制造、交通、医疗等重点领域，强化5G应用共性技术平台支撑

- 重点支持建设与5G结合的增强现实/虚拟现实（AR/VR）等共性技术平台，提供跨行业的5G应用基础能力。

十四五规划下作为数字经济重点产业推进各产业融合发展

《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》

将虚拟现实和增强现实列入“建设数字中国”数字经济重点产业

- 明确指出需推动**三维图形生成、动态环境建模、实时动作捕捉、快速渲染等技术创新，发展虚拟现实整机、感知交互、内容采集制作**等设备和开发工具软件、行业解决方案。

《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022-2026）》

2026年虚拟现实在经济社会重要行业领域实现规模化应用

- 工业生产、文化旅游、融合媒体、教育培训、体育健康、商贸创意、演艺娱乐、安全应急、残障辅助和智慧城市

十四五规划下推进各细分领域的产业融合发展

- **国务院**《“十四五”数字经济发展规划》
- **国务院**《“十四五”旅游业发展规划》
- **教育部等**《“十四五”特殊教育发展提升行动计划》
- **网信办**《“十四五”国家信息化规划》

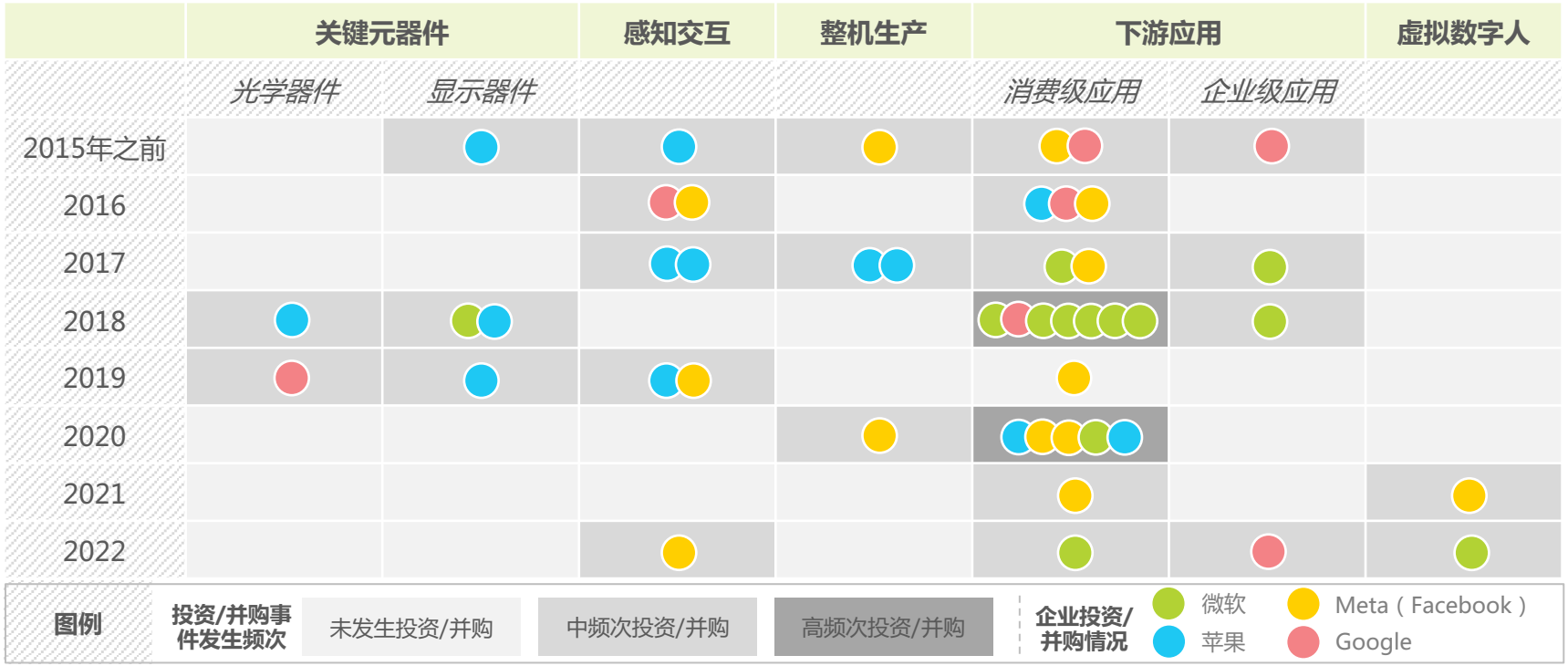
来源：中国政府网，公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

头部企业投资/并购布局情况（1/2）

把握元宇宙设备层交互入口，持续布局下游应用内容生态

国内外头部企业在虚拟现实产业布局主要集中在（1）虚拟现实技术和产品研发，包括关键元器件、感知交互技术和整机生产方面和（2）下游应用内容（3）元宇宙元年刺激下，也掀起了投资虚拟数字人相关技术的热潮。从投资领域来看，国外头部企业在确保占坑硬件技术、把握元宇宙设备交互入口的基础上，积极布局以VR游戏为主的下游应用；从各家路线和落地产品上来看，Goolge在Google Glass“销声匿迹”后放缓步调；微软在拥有较为成熟的Hololens的基础上更侧重于应用布局；苹果更为关注虚拟现实相关技术，为即将推出的MR设备做积累；Meta以Oculus为原点，致力于打造社交元宇宙。

2012-2022年头部企业虚拟现实产业投资并购布局情况（国外）



注释：不同颜色圆点出现次序代表先后对应当年投资/并购发生的时间先后（以月为单位）。
来源：公开资料，IT桔子，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

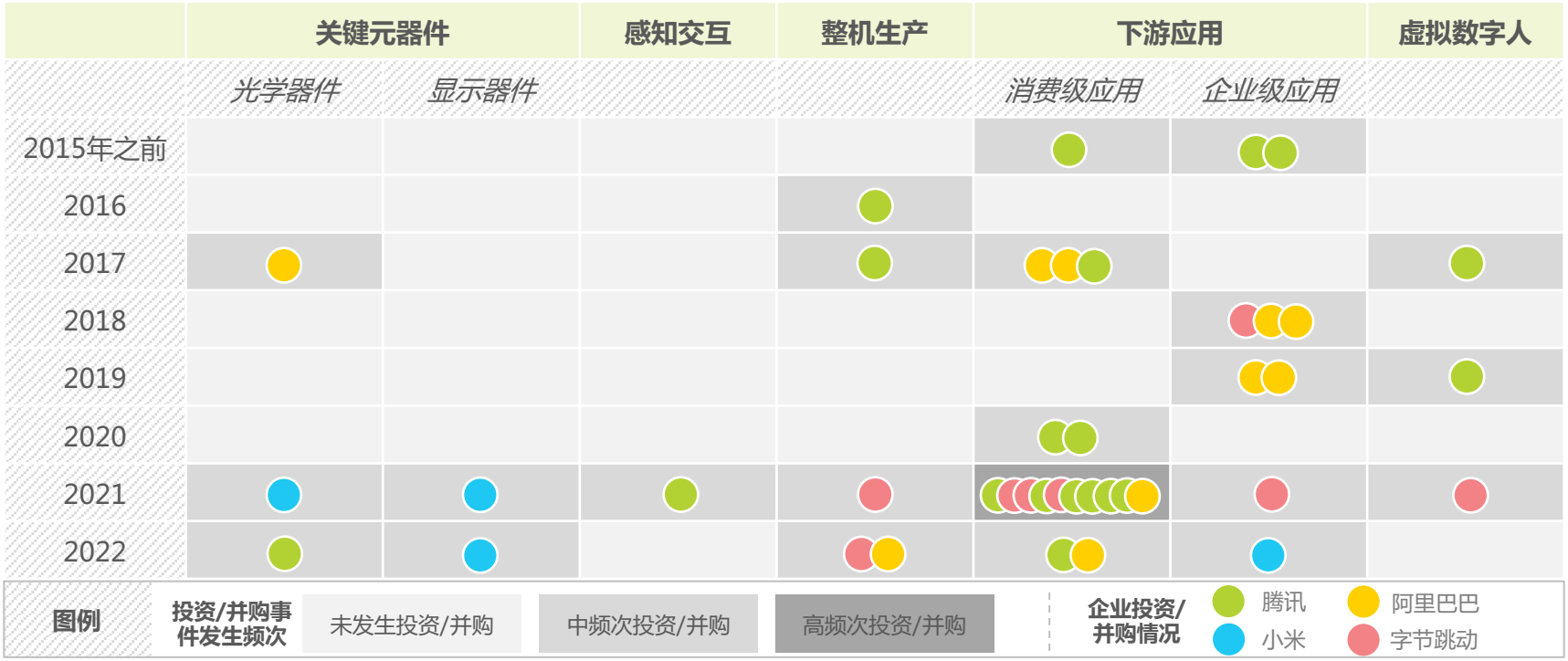
©2023.2 iResearch Inc

头部企业投资/并购布局情况（2/2）

以下游应用作为首要切入口，热潮下加速硬件相关内容布局

国内头部企业以手机厂商、互联网企业为主，从投资领域来看，以技术壁垒相对较低、变现模式较为明晰且周期较短的下游应用作为首要切入口；结合时间周期来看，元宇宙概念的刺激下，2021年出现较为明显的峰值，以小米、OPPO、华为为代表的企业开始跟进硬件设备的布局，与国外企业路径相似，各企业均将资源倾注在下游应用。整体来看，国外头部企业更注重长远且持续的战略布局，国内企业由于企业基因和主营业务限制，在技术处于百家争鸣态势的行业初期，投资较为谨慎，在布局上更注重短期变现和与原有业务的结合，希望在跟进元宇宙热潮的同时，激发主营业务活力。

2012-2022年头部企业虚拟现实产业投资并购布局情况（国内）



注释：不同颜色圆点出现次序代表先后对应当年投资/并购发生的时间先后（以月为单位）。
来源：公开资料，IT桔子，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

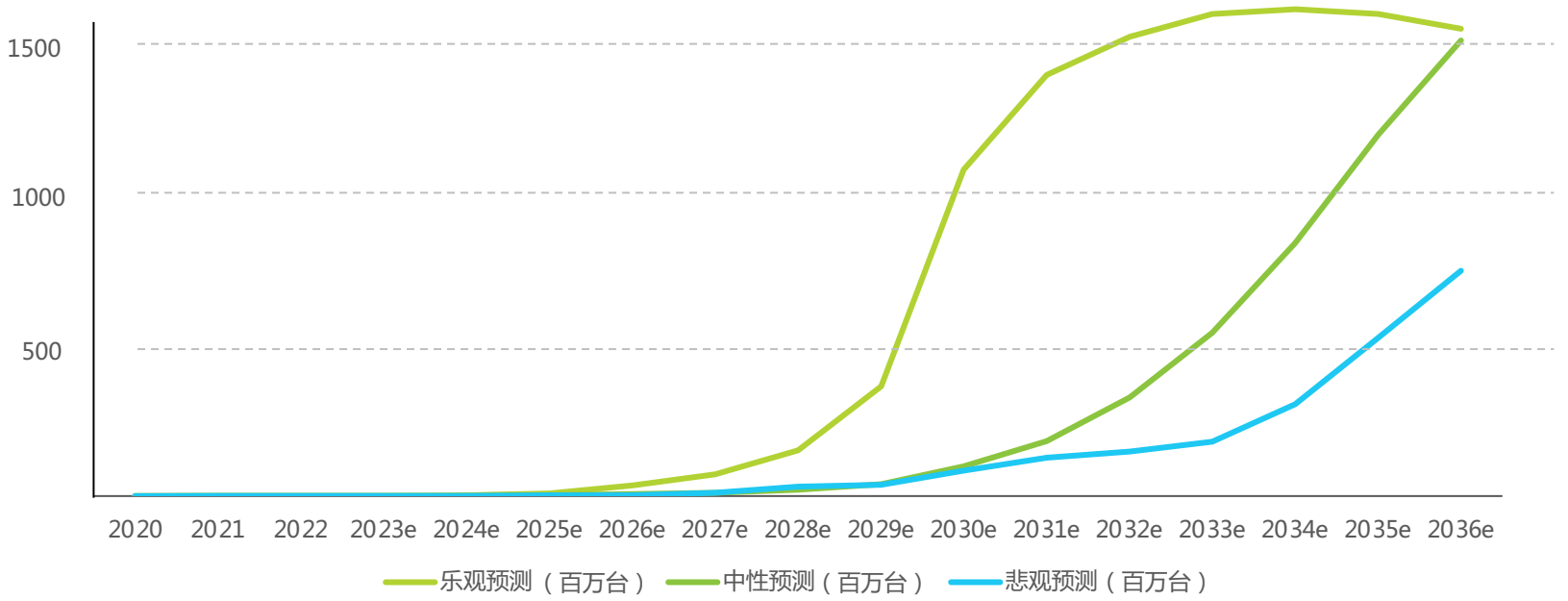
©2023.2 iResearch Inc

中国AR终端设备出货量预测

乐观预测下，2030年AR终端设备出货量可超10亿台

AR终端设备的出货量增长可参考智能终端，乐观预测：预计2025年前，包括苹果在内的互联网企业、手机厂商等头部企业将陆续推出切入XR领域的新品刺激行业正向推动；2030年左右，AR产业或将突破现有技术瓶颈，推动供应链走向成熟，终端设备单价进一步降低，刺激C端消费者购买，最终完成消费者市场的规模上量，乐观预测下出货量可达10.76亿台。中性预测：基本模拟智能手机增速，AR终端设备作为智能手机的配件补充，此后快速发展。悲观预测：AR终端设备的交互方式和技术突破难度较大，中长期内难以实现突破性进展，仍需长时间的酝酿和沉淀。

2020-2036年中国AR终端设备出货量预测



来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

©2023.2 iResearch Inc

根基：中国 AR 行业发展概述 1

掘金：中国 AR 行业核心技术分析 2

扬帆：中国 AR 行业典型企业分析 3

起航：中国 AR 行业发展趋势 4

AR整机

AR整机设备概述

全新光学显示及计算处理单元为AR整机最具价值量的模块

AR整机设备和智能手机的功能模块类似，主要可分为光学显示、传感器、摄像头、计算处理中心、音频和网络连接等主要模块，根据模块功能不同可拆解为计算、光学和传感三大功能单元。相较于智能手机，AR涉及了全新的光学方案，为AR整机中最核心部分（BOM占比接近一半），一定程度上决定了AR整机能否规模量产并推广至消费级市场的可能性。同时，AR虚实融合的特性更加注重环境感知和交互方式，要求能够快速（<20ms）完成环境信息采集，并融合虚拟图像，即考验AR整机的计算能力。因此，本报告将重点针对AR整机设备中计算单元和光学显示单元的技术发展路径进行研究。

AR整机设备模块单元组成及BOM占比拆分

计算单元：31%

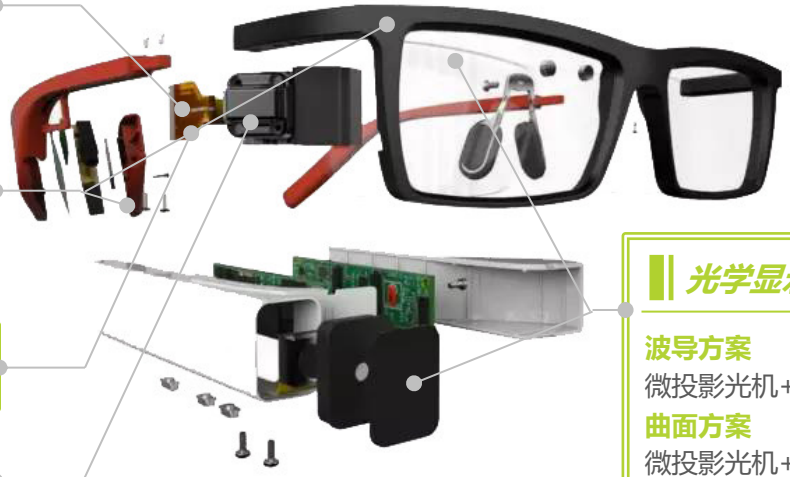
主控芯片（含CPU/GPU等）

感知单元：9%

摄像头，传感器，陀螺仪，加速度计等

存储：15%

电池：2%



光学显示单元：43%

波导方案

微投影光机+波导镜片+显示屏

曲面方案

微投影光机+半透半反镜片+显示屏

注释：图示为阵列光波导下的AR整机设备拆解图，作注处为模组可能设置的位置供参考，不同光学方案的AR整机设备形态不同；BOM占比拆分参考微软Hololens，仅供参考。
来源：公开资源，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

©2023.2 iResearch Inc

AR终端设备形态发展路径（1/2）

理想状态下倾向于一体机，中短期内一体式/分体式整机共存

理想状态下的智能终端设备需满足三大功能要素的完备，即计算、显示和交互。PC/平板/手机等智能终端已经成熟且可实现AR技术的应用，但其固有形态已确定，即无法对显示范围、便携性、交互方式等体验有突破性进展。因此，AR终端设备形态的出发点是可穿戴，终点是轻量化、无感操作的可穿戴。

目前AR整机从产品单元模块来看，可分为一体式和分体式两种形态，算力单元和显示单元整合为一体的为一体式设备，反之割裂开的是分体式，依赖手机、计算盒子等外部计算单元，以达到减重等优化效果。理想状态下的AR终端设备会倾向于一体化设备，但因AR终端设备技术发展尚不成熟，未来较长一段时间内会存在一体式/分体式共存的情况。

不同形态的AR整机

单色分体式AR眼镜

重量较轻，单目方案可做到30-50g，但FoV较小，双目方案FoV在40 °左右；头部追踪3DoF

具有较为明确的功能定位（信息提示等轻办公场景），作为生产力工具、手机配件；在一定程度上牺牲计算能力和显示效果，追求极致的轻量化

双目全彩分体式AR眼镜

重量中等在100g左右，FoV在50°左右，主要选用双目彩色显示方案；部分头部追踪6DoF定位功能，支持手势追踪

第一类产品平衡各类参数，兼顾计算、6DoF定位、显示和交互能力，无明显优势功能，尚无明晰的功能场景定位；

第二类产品带3DoF定位功能，注重显示画质、续航和轻量化，针对观影、娱乐场景

双目全彩一体式AR眼镜

重量在300-500g左右，FoV在50°左右，主要选用双目彩色显示方案；头部追踪6DoF定位功能，常支持手势追踪、眼动追踪

兼顾计算、显示和交互能力，平衡各类参数的基础上，侧重于计算能力和交互属性的加强，主要定位于企业级用户，产品造价高昂

来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

AR终端设备形态发展路径（2/2）

iResearch 艾瑞咨询

为实现快速商业化落地，主流设备形态由一体式向分体式过渡

2018-2022年AR终端产品发布情况

注释：仅列举部分产品，产品发布名称及时间以全球首次公开发布信息为准，含未正式量产产品。
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

“虚”——软件技术

AR操作系统

多基于安卓系统开发，支持硬件运行、内容展示和人机交互

目前的AR操作系统非底层操作系统，主要在应用层做管理AR硬件与软件资源的软件程序，可以理解为类XR平台概念。AR操作系统需满足三个要素（1）**支持硬件运行**（2）**支持内容展示**，可实现2D/3D元素多窗口/多任务同时呈现（3）**支持多模态交互方式**，提升SLAM算法精度满足用户主观使用感受，并优化现有设备性能逐步解决散热、续航等问题。目前国内厂商的现有AR操作系统底层框架多源于原有手机/PC系统，企业完成上层技术定制开发与商业化落地，开放关键能力套件予开发者，起到类XR平台的作用，如3D建模、多应用展示、多内容共享等，助力应用软件完成规模上量。**短期内难以出现完全独立的操作系统，需由头部企业联合硬件设备企业、芯片企业推进更加模块化的操作系统；基于安卓系统的AR操作系统或将持续3-5年。**

国内AR操作系统的应用痛点

供给端研发动力/能力不足

厂商角度

互联网大厂：AR赛道较为早期，AR操作系统非赛道首要攻坚点，互联网大厂现阶段耗费资源研发AR操作系统的收益不大，故自研意愿较低

初创型企业：初创型企业自身缺乏系统研发能力，当前仍以多以安卓系统为基础进行优化与定制

需求端使用体验不佳

客户角度

应用适配问题：AR操作系统本质上是以App形态嵌入手机操作系统，与手机操作系统的对接易出现延时、卡顿、闪退等情况

手机适配问题：目前AR操作系统多基于安卓系统，仅能适配安卓手机；苹果系统手机用户只能使用部分兼容功能，或需额外购置计算盒子，体验不佳

来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

©2023.2 iResearch Inc

“实”——硬件技术

AR主控芯片

AR功能复杂需专用芯片支撑，计算等功能云化方案较为远期

AR主控芯片主要指SoC计算芯片，需要满足终端设备在性能、功耗、连接、AI等方面的要求，为硬件设备提供操作系统运行、简单本地渲染、多传感器信息融合处理等支撑。现阶段高通的XR芯片平台方案一枝独秀，部分AR整机企业采用消费级芯片（手机、AIoT芯片）作为阶段替代方案。**艾瑞认为，在中短期内将会持续两种阶段性过渡方案，但AR场景复杂的空间级计算和高品质图像处理等特殊要求仍需要AR专用芯片作为支撑。**同时，为推动AR在消防、安防、工业、乃至军工领域的落地，国产化芯片方案的替代迫在眉睫。另一方面，在5G、云计算、云服务等技术在支撑下，**将计算、存储等功能云化以降低本地要求可成为解决芯片桎梏的解决方案之一，但中短期内相关基础设施建设不完备、难以有效支撑。**

AR主控芯片功能模块需求

AR主控芯片功能模块

CPU	GPU	RAM	高帧率计算模块
ROM	NPU	SLAM计算模块	视觉处理模块
通信模块	渲染模块	AI模块	图像处理模块
安全模块，电源，接口等其他单元模块			

注释：AR主控芯片功能模块仅作列示，实际芯片设计不完全覆盖所有功能。
来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

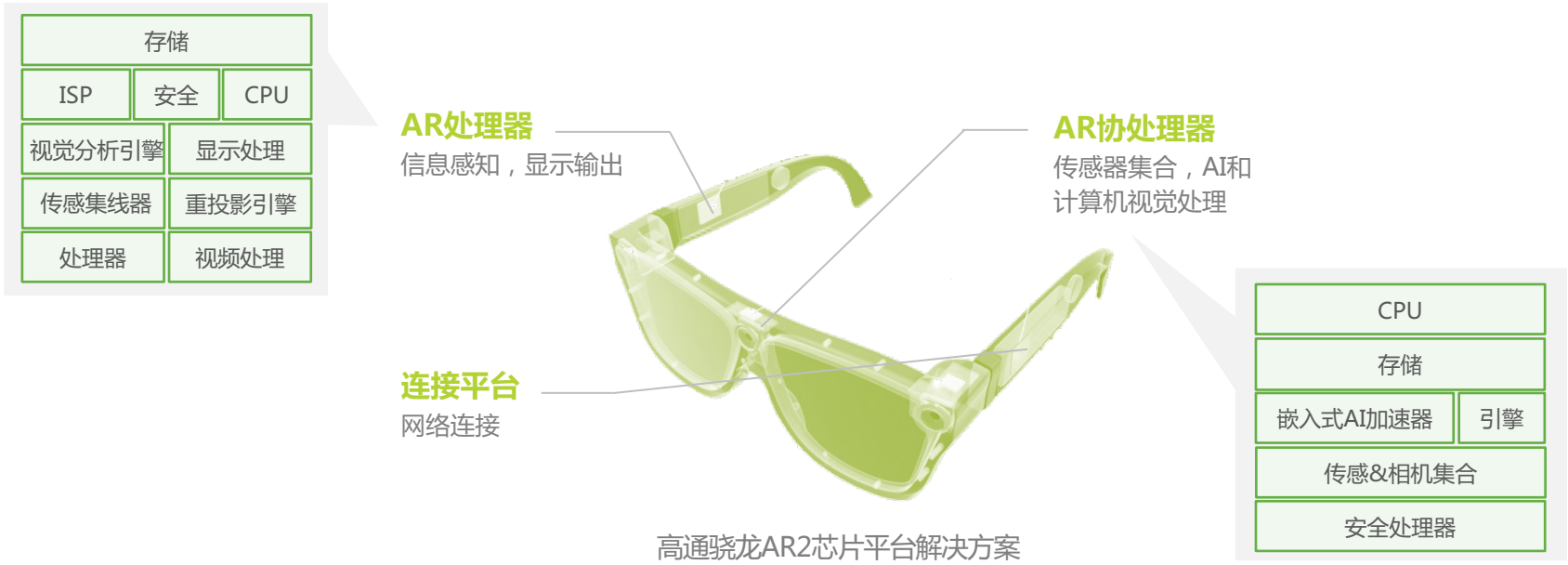
©2023.2 iResearch Inc

AR主控芯片方案路径

多芯片拼搭式方案和单芯片集成式方案适应不同算力需求

AR主控芯片方案分为多芯片拼搭式方案和单芯片集成式方案，多芯片拼搭方案将多个不同功能定位的芯片进行组合，降低单一芯片多模块集成压力，注重计算能力、可较好地消化AR对于高算力的需求，但多个芯片一定程度上会增加PCB面积和功耗；单芯片集成式方案即将多个功能模块集成在一个芯片上，牺牲部分性能，更加注重芯片方案的小型化，主要应用于轻算力，追求极致轻量化的消费级产品设备。具体芯片配置方案的择选，将取决于AR终端设备的产品定位即落地场景需求。

多芯片拼搭式方案案例



高通骁龙AR2芯片平台解决方案

来源：公开资源，高通官网，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

AR显示原理及技术架构（1/2）

以利用双目视差原理构建立体视觉为主，VAC问题仍待解决

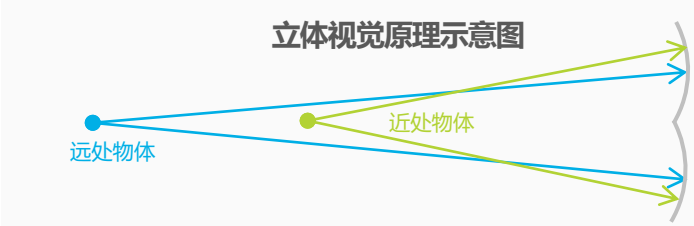
为实现“现实的增强”即交互沉浸感，AR近眼显示系统NED（近眼显示系统：Near Eye Display）需构建在还原人眼立体视觉的基础上。人眼立体视觉是指人眼辨别周围物体间的距离、深度和体积的能力，主要来源于两个Vision Cue。目前市面上主流切入方案为通过最强Cue双目视差构建近眼显示系统，其中核心模块为（1）光学模组（2）光源（3）光学显示器件。

AR近眼显示系统中构建立体视觉的原理

人眼立体视觉的来源：两个Vision Cue

最强Cue：双目视差

- 如图所示，由于双眼水平分开，同一物体在左右眼视网膜分别成像，**由于视角差异，双眼所视图像存在微小差别**，即存在**双眼视差**，经过视觉高级中枢处理后，可形成具有立体感的物体形象。



次强Cue：聚焦距离

- 聚焦距离可以通过晶状体调节进行改变，晶状体调节后可将图像清晰呈现在视网膜上，**通过人眼与大脑的配合判断物体的远近**。由于调节晶状体的屈光度较高，长此以往会致使眼球变形，所以该Cue作为次强Cue。

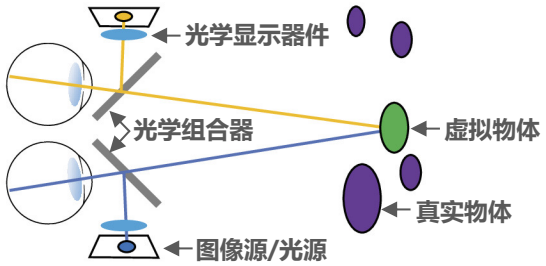
近眼显示系统中的立体视觉的构建

Vision Cue的使用

主流切入方案——最强Cue双目视差

- **原理：**市面上大多数厂商**利用视差原理呈现三维立体结构**，再借助渲染技术，最终达到骗过人眼的目的。
- **痛点：**缺少次强Cue的方案，**难以解决视觉辐辏调节冲突（VAC）问题**。即视差和聚焦距离（物体深度）出现冲突时，人眼会感到不适，甚至头晕。

近眼显示系统的架构



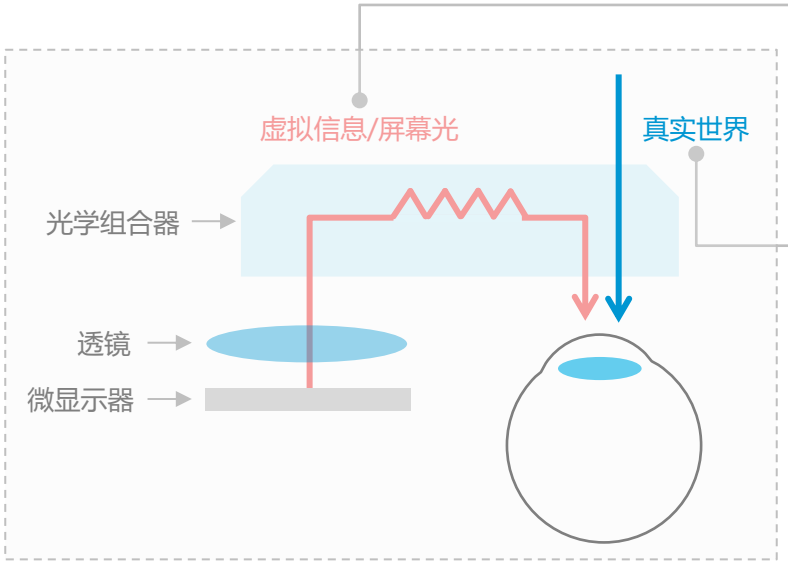
注释：视觉辐辏调节冲突，即Vergence-accommodation conflict，也称作调焦冲突。
来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

AR显示原理及技术架构（2/2）

需同时呈现虚拟和真实世界的内容，多种光学方案仍共存

AR显示的核心在于同时呈现虚拟和真实世界，显示系统需在不遮挡视线的基础上叠加虚拟信息，并需要做到尽可能的轻量化以保证使用者的佩戴舒适度。**AR终端设备的光学显示系统通常由光学组合器和微型显示屏组成**：（1）主要的光学方案包括光波导方案、Birdbath方案、棱镜方案、自由曲面技术方案*等，其中棱镜、Birdbath、自由曲面采取了传统的折射透射光学原理，光波导方案是一种基于波导技术的新兴技术，采用的是全反射原理。各方案在不同衡量指标下表现不同，目前尚无可满足各指标的完美光学方案，多种光学方案共存，业内对于光学方案无明确统一的迭代方向。（2）微型显示屏用以提供显示内容，与光学方案间有较强的绑定关系，即部分光学方案在微型显示屏的选择方面有一定局限性。

AR近眼显示系统架构及技术要点



展示虚拟信息

- **需求**：尽可能接受更多的自然光
- **衡量指标**：透光率，理想的透光率为100%
- **意义**：高透光率意味着更强的交互沉浸感、可实现与普通眼镜类似的透明外观、不遮挡余光视线

展示真实世界

- **需求**：显示屏需要能够提供足够的亮度
- **衡量指标**：亮度（显示系统中的虚拟图像亮度）
- **意义**：高亮度可保证使用者在室外环境中仍可正常使用AR头显设备（室内需300nit，室外非正午需1000-2000nit，室外正午需近万尼特亮度支持）

注释：（1）自由曲面技术方案包括自由曲面棱镜、自由曲面Birdbath、自由曲面波导等。（2）该AR近眼显示系统结构示意图仅供参考（以光波导光学系统为例），实际方案结构及元器件组合情况，受实际光学方案的选择、工业结构设计布局等因素影响，存在一定程度上的差异。
来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

©2023.2 iResearch Inc

AR微显示屏幕技术概述

Micro LED为未来趋势，光波导方案微显示屏选择局限性小

目前多种AR头显设备的光学显示屏幕方案共存，因不同光学方案对高亮度需求的渴求程度不同，**适配的光学方案和微显示屏方案相结合可发挥1+1>2的效果。**相对应的，某些光学方案在微型显示屏的选择方面有一定局限性。目前终端设备搭载较多的是LCoS、DLP和Micro OLED三种屏幕，其中前两种方案均已实现规模化量产。Micro LED方案尚未实现量产，主要难点在于巨量转移技术和高制造成本，然而因其在低功耗、高亮度、高对比度等方面拥有绝对参数优势，**Micro LED为业内公认的下一代AR显示技术趋势。**

微显示屏技术的分类及主流搭配方案

注释：光波导方案中，根据细分方案类型的不同，可使用的微显示屏方案不同。如，Micro OLED适用于几何光波导，而不适用于衍射光波导。
来源：公开资源，学术论文，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

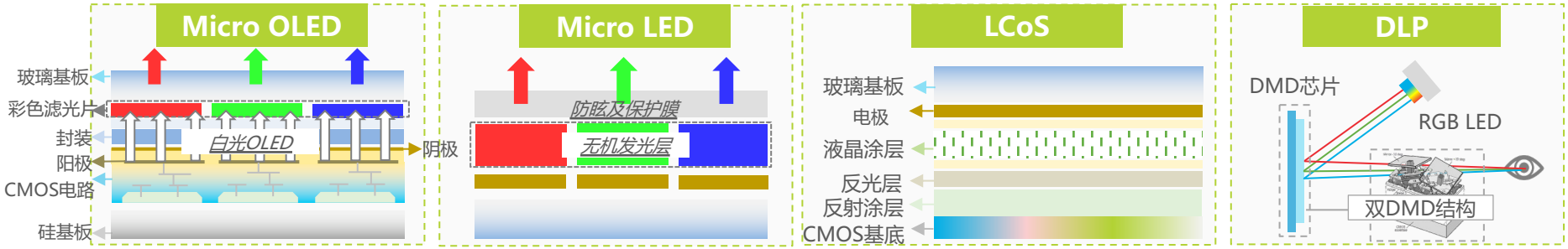
©2023.2 iResearch Inc

AR微显示屏幕技术对比（1/2）

多显示方案共存，以适配不同光损程度、结构原理的光学方案

用户在使用HMD时的需求反映在显示面板层面时，主要体现在对亮度、显示效果、续航寿命和整机重量的敏感性。因不同光学方案的光损程度不同，在择选面板时主要考量的指标为亮度，高光损方案需高亮度面板支持。面板需要提供足够的亮度才能使HMD在叠加环境光后清晰显示画面，具体而言，在室外环境下（无墨镜片遮挡的非正午环境）需至少保证2000nit的入眼亮度，室外正午需近万尼特亮度支持。

主流AR显示面板结构及特征



	Micro OLED	Micro LED	LCoS	DLP
技术特点	• **有机自发光** • 器件结构复杂 • 结合CMOS和OLED技术 • 高对比度、响应速度快，亮度有限	• **无机自发光** • 器件结构简单 • 涉及LED微缩化和矩阵化技术 • 各参数表现优异，但技术难度较大	• **反射式微液晶显示**，需外部光源 • 器件结构复杂 • 结合LCD与CMOS集成电路技术 • 高性价比方案，光效高40%	• **数字微镜阵列**，需外部光源 • 器件结构复杂 • 基于MEMS技术，核心器件为DMD* • 显示效果较好，但体积较大
技术成熟度	• **小规模量产，未达到高良率** • 成本高，寿命较短 • 需即需高度融合无机半导体材料和有机半导体材料 • 制备工艺技术要求高	• **小规模试产，成本极高** • 涉及巨量微转移技术和多纳米级元件，全新生产工艺和技术复杂 • 制成要求高	• **实现规模量产，高性价比** • 制造技术较为成熟，成本较为低廉 • 开发难点在于发热及高功耗问题	• **实现规模量产，成本中等** • 制造技术成熟 • 开发难点在于难以进一步提高像素密度PPI，且体积下降空间较小

注释：MEMS即微机电系统，DMD即数字微镜阵列/数字微反射镜。
来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

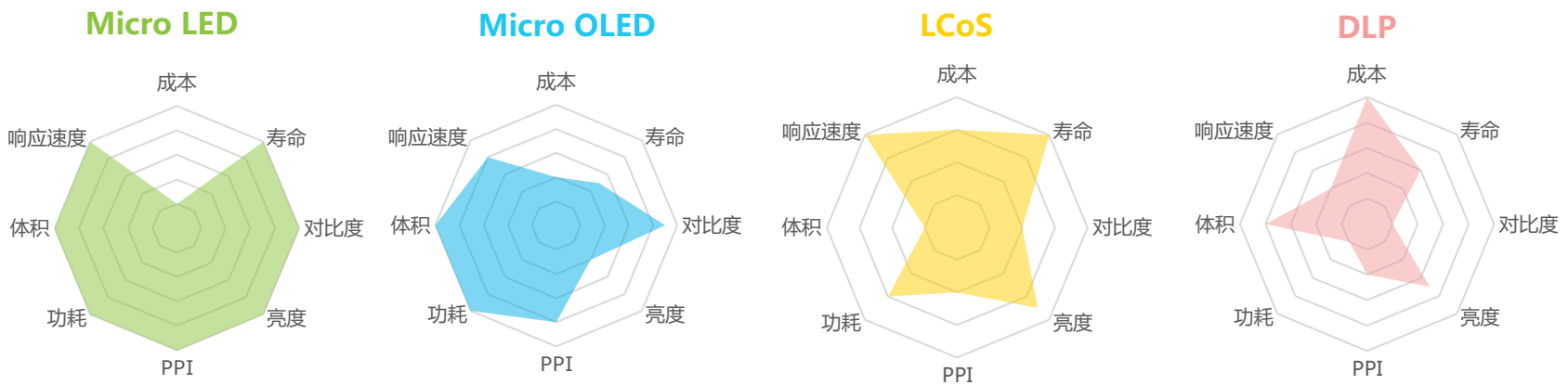
©2023.2 iResearch Inc

AR微显示屏幕技术对比（2/2）

Micro LED为未来趋势，中短期致力于“阶段性完美解决方案”

LCoS主要优势在于高性价比，制备工艺成熟且廉价，同时保证各指标参数处于中等偏上水平，主要劣势在于对比度较低、功耗较高且无法在低温环境工作。**DLP**可以提供一个较为均衡的方案，高清晰、高对比度、高亮度，主要局限性体现在模组体积较大且难以缩小，不利于整机向轻量化发展。**Micro OLED**整体优势比较明显，高对比度、高PPI、低功耗且高低温均可正常工作（-46℃~70℃），较为短板的方面在于亮度较低，市面上主流产品亮度均<3000nit，而自身价格在LCoS面板的1.5倍-2倍左右，且由于使用有机发光材料易氧化，长期处于高亮模式会大大缩短寿命乃至烧屏。**Micro LED**在各参数方面拥有绝对优势，长期来看，为业内公认的下一代主流显示技术方案，但目前仍处于研发阶段，距离实现规模量产仍有多项技术难度待解决，如微缩制程技术、巨量转移技术、全彩化方案技术等。故整体而言，在光波导难以适配Micro OLED的前提下，**中短期内行业将持续关注LCoS、DLP和Micro OLED三种解决方案，均衡整机成本、应用场景参数要求等指标，推出不完美的“阶段性完美解决方案”。**

主流AR显示面板核心指标对比



注释：面板参数指标比较取行业均值，不同厂商在个别参数指标略有差异。
来源：公开资源，学术论文，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

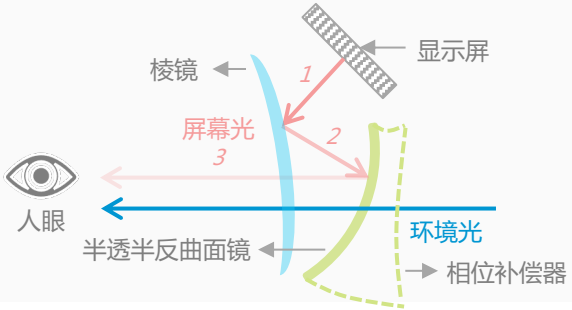
AR光学系统技术：曲面的对比

Birdbath方案为短期内均衡成本和显示效果的快速落地方案

自由曲面方案和Birdbath方案相较于光波导方案来说完备程度更高，已经实现规模化量产。其中，Birdbath方案在国内消费级市场更为普及，其光损较为严重，常搭配Micro OLED屏幕使用，二者配合后的光效会优于目前已有的大多数方案。相对应的问题在于，AR产业链与已有的智能硬件或VR产业链重合部分较少，Birdbath方案“捆绑”的高质量Micro OLED屏幕未能实现规模化量产，存在“短板效应”。整体而言，Birdbath方案的部分细节问题可通过更换材料等方式进行优化，技术迭代难度系数中等， 在短期内可看作是一个均衡成本和显示效果的快速落地方案，其优质的显示画面为其在消费级市场的铺开提供了快速通道。

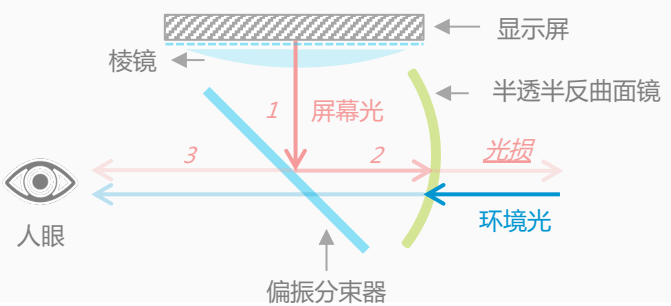
曲面方案成像原理图及技术要点

自由曲面棱镜方案*原理图



- **原理**：具有反射和透射功能的自由曲面镜将投影仪投射的图案部分反射入人眼，现实世界的景象透过曲面镜直接进入人眼
- **优势**：自由曲面棱镜技术相对成熟，微显示器的成本较低，主要成本在注塑和镀膜工艺方面；光损低（光线仅折射一次故光损仅发生一次）等
- **痛点**：棱镜镜片厚且体积较大等（>10mm，图像透过棱镜呈现后出现一定程度扭曲和水波纹样畸变）

Birdbath方案*原理图



- **原理**：图像由投影仪投射至带有光束分离功能的曲面镜，垂直于曲面镜的光则通过分束器反射到曲面镜上。分束器由同时具有反射和透射功能的材质制成，佩戴者可以透过镜片看到外部环境
- **优势**：重量较轻，主材料为塑料薄膜成本较低，搭配高亮OLEDoS成像质量好等
- **痛点**：模组较厚，透光率25%较低（隔绝大部分环境光），存在漏光现象等，光损75%较严重（为弥补常采用遮光镜片，非透明）

注释：（1）自由曲面技术非某一种光学方案而是一种镜片加工工艺，该项技术可以被运用于成像系统、照明系统及光伏系统中；将自由曲面技术应用于AR光学中时，常以AR自由曲面方案统称，根据实际应用不同，可进一步分为自由曲面棱镜、自由曲面Birdbath、自由曲面波导等。目前自由曲面棱镜方案最为成熟且应用范围最广，故本文以此方案为例进行介绍。（2）Birdbath方案按照反射类型可分为曲面镜半反射（部分反射）和曲面镜全反射，后者只能看到分束器反射后的画面，前者应用更为广泛，故本文以前者为例进行介绍。（3）参数数据为行业概况，不同企业因技术水平参差存在一定差异。
来源：公开资源，学术论文，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

©2023.2 iResearch Inc

AR光学系统技术：光波导的特征

光波导绝对参数较高，但制作工艺难度较大仍需长时间迭代

光波导方案的基本构成是微投影光机、投影光学器件和光波导光学器件，基本原理为耦入区域的光学元件将微投影光机发出的光束耦入进波导片以全反射的方式进行传播。波导的传输方式为近眼显示系统的结构设计提供了更多的选择性，不局限于眼前，可以移至头部侧面或顶部，降低近眼显示系统对于现实世界的遮挡，有利于整机重新分配重心。其次，光波导的结构设计易于增大动眼眶范围，改善机械容差，从而使不同眼距的人群可以适应佩戴。**光波导最大的优势在于可实现80%以上的透光率，在展示真实世界的同时，通过多层波导片的堆叠，可提供更加真实的三维图像**（波导片内每层均可提供一个虚像距离）。但光在波导片内多次耦入耦出的过程中存在光损，光效相对降低，且图像显示效果一般。整体来看，光波导方案绝对参数高，但制作工艺难度较大，耦入耦出能量损失大，成像质量有待提升，仍需较长时间的一段迭代。

光波导方案主要特征及成像原理图

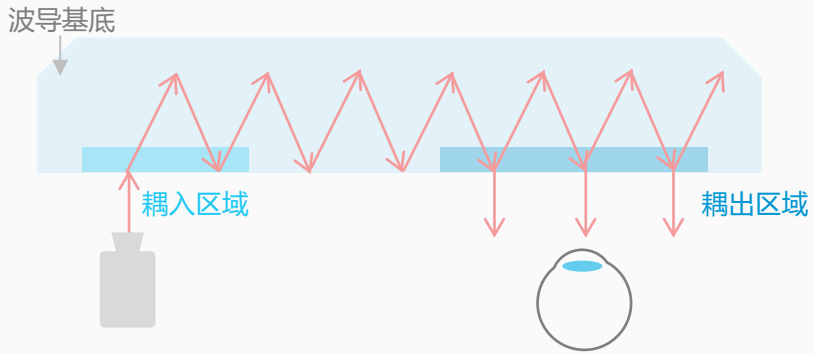
优势

- 增大Eyebox范围，改善机械容差；
- 成像系统可旁置，不遮挡视线；
- 高透光率，可接受更多的环境光；
- 镜片较为轻薄（1-2mm），外观贴近于传统眼镜样式；
- 更易呈现真实的三维图像

痛点

- 光效较低；
- 制作工艺难度较大，成本较高；
- 图像显示效果有待提升

光波导成像原理图



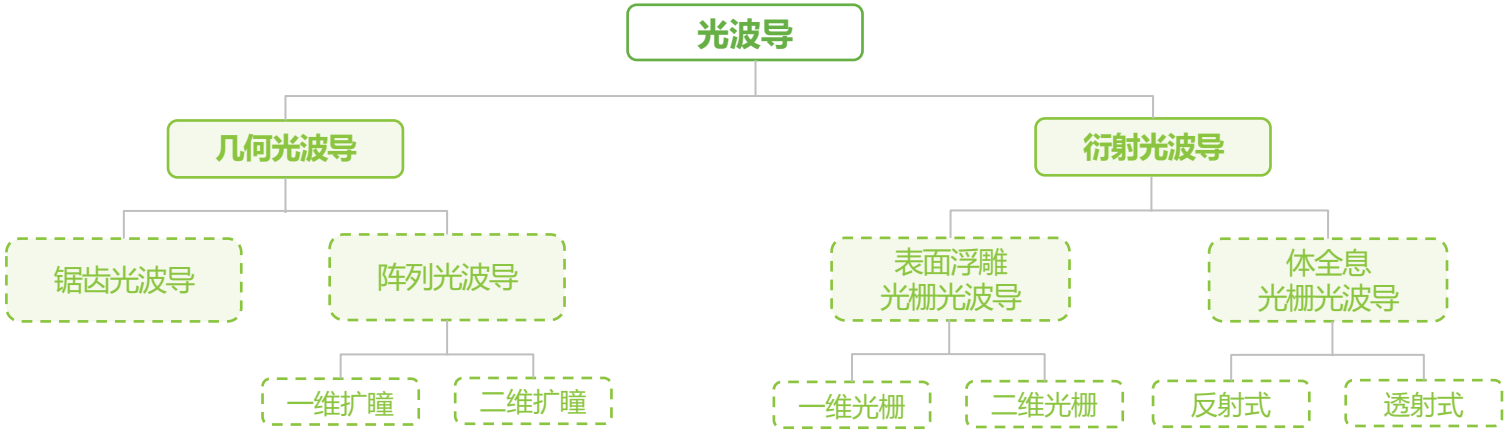
注释：参数数据为行业概况，不同企业因技术水平参差存在一定差异。
来源：公开资源，学术论文，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

AR光学系统技术：光波导的分类

阵列光波导和基于表面浮雕光栅的衍射光波导为主流方案

根据耦入耦出区域光学元件配置的不同，可以进一步将光波导方案进行划分——耦入区域常用反射镜、棱镜、表面浮雕光栅和体全息光栅等作为光学元件，耦出区域常用阵列半透射半反射镜、表面浮雕光栅和体全息光栅等作为光学元件。其中，主要基于斯涅尔折反射定律的称之为几何光波导方案，基于光栅衍射效应的称为衍射光栅光波导方案。

光波导的分类及光学元件配置



	光波导方案子类	耦入区域光学元件	耦出区域光学元件	
几何光波导	锯齿光波导	反射镜	锯齿状反射面	
	阵列光波导	反射镜	半透半反镜面阵列	主流方案
衍射光波导	表面浮雕光栅光波导	表面浮雕光栅	表面浮雕光栅	主流方案
	体全息光栅光波导	体全息光栅	体全息光栅	

来源：公开资源，学术论文，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

©2023.2 iResearch Inc

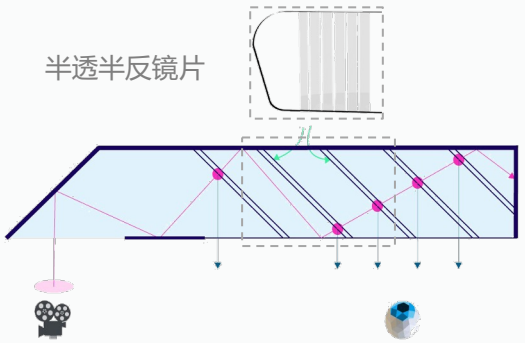
AR光学系统技术：阵列光波导概述

出射光均匀成像效果极佳，但制备工艺繁琐良率提高难度较大

国内初创企业布局阵列光波导较多，阵列光波导需要扩瞳技术，目前已解决一维扩瞳设计技术和量产的难题实现小规模出货，转向攻克二维扩瞳技术的落地。**应用二维扩瞳技术的阵列光波导方案能够有效增加出瞳距离和动眼眶范围，**在减轻光机体积的同时增大FoV至50度以上，为阵列光波导方案推广至消费级AR应用提供了可能性。目前二维扩展设计的难点在于**阵列反射镜序列加工工艺需采用冷加工工艺，对光学加工的精度和一致性要求较高。**整体而言，阵列光波导在延续光波导优良性能的基础上，拥有杂散光少、能量分布均匀、FoV较大等优势，但制备工艺繁琐且环环紧扣，良率的提高相对困难。

阵列光波导方案成像原理及技术要点

成像原理



耦合光在多次全反射后进入半透半反镜面阵列，每次镜面反射均会反射波导到达人眼，出射光较为均匀，且光束分批多次出射可实现扩瞳技术、增大动眼眶范围

技术要点

技术优势

- **设计原理简单：**基于传统几何光学原理，大部分工艺为较成熟的冷加工工艺
- **显示性能极佳：**未涉及微纳米级结构，成像质量、色彩及对比度能达到较高水平，不会出现色散问题

技术痛点

- **制作工艺繁琐：**波导结构较为复杂，镜面镀膜层数多，镜面阵列贴合和切割工艺对一致性要求高，整体良率难以把控
- **单片价格较高：**切、磨、抛工艺较为传统，自动化能力较弱，生产效率受影响；加之工艺难度大、良率低，整体量产性较弱，单片镜片造价较高

发展概况

核心技术概况

- **分子键合技术：**解决贴合问题的主要切入口，为阵列光波导企业的核心技术壁垒，以珑璟光电、理湃光晶为代表的企业已率先攻克该技术
- **二维扩瞳技术：**企业核心技术考察点之一，在一维扩瞳（x轴方向）的基础上扩大y轴方向，最终可扩大动眼眶范围

技术落地现状

- **企业布局情况：**珑璟光电、理湃光晶、灵犀微光等国内光学模组厂商
- **模组量产情况：**大部分企业可实现一维扩瞳技术下的规模量产，并推出二维扩瞳产品并进行小范围内的试产

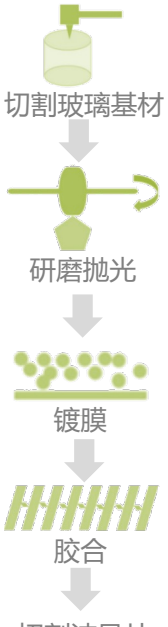
来源：公开资源，学术论文，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

AR光学系统技术：阵列光波导工艺

产能、良率和成本控制较难优化，分子键合技术成破局关键点

阵列光波导制备过程主要包括“切割-抛光-镀膜-胶合”，工艺流程繁琐且对各环节工艺精度要求较高，给产能、良率和成本均带来一定挑战。**良率方面，制备难点主要在于镀膜和胶合工艺，**镀膜工艺需叠加5-6片波导片，对于波导片的平行度精度要求较高，任意一片的误差都会导致报废，故该步骤为良率损失主要来源。**生产效率和成本方面，主要依赖人工**、对企业来说有一定负担，由于镀膜后的胶合工艺需将5-7片不同反射比的透镜进行胶合，要保证胶合过程中多层波导片平行排列且间隔厚度均匀，故目前该步骤主要依赖于人工操作，对产能限制较大且对厂商生产能力要求较高，进一步拉高生产成本。**目前各厂商正积极布局分子键合技术，以替代传统胶合方案，提高产品良率，但由于叠加玻璃数量较多，仍对厂商制造能力和技术精度有较高要求。**

阵列光波导制备过程及技术要点



镀膜工艺难点：为保证光束在镜面阵列中耦入耦出过程中的均匀性，需在镜面上镀不同层数的膜以控制多个膜层的反射率和透射率（不同镜面的反射透射比R/T不同）

胶合工艺难点：粘合多镜面堆叠的胶水对折射透射光的影响难以把控，为保证图像的高清晰度，工艺对波导片粘合后的平行度要求极高，胶合难度大需人工完成难以自动化，多膜层难度叠加使得总良率难以保证

切割工艺难点：胶合后需按照特定角度切割成不同形状，切割过程受多要素影响（镜面与镜面间的平行度、切割角度等），任一工艺出现纰漏均会导致呈现出现瑕疵，例如亮度不均、鬼影等

分子键合技术

技术原理

分子键合技术利用使用范德华力（范德华引力来自于分子间暂时偶极产生的相互吸引），摒弃传统物理粘合剂。具体而言，玻璃基片在抛光后表面十分平整，相邻两片间在叠合过程中的空气可以几乎排净，即可以利用分子间强大的范德华力使玻璃片紧紧结合

技术特征

优势：相较于传统的胶合方式，分子键合技术更易控制片与片之间的平行度，且光的传播不会受胶水介质折射率影响

难点：由于需叠加的玻璃片数量较多、精度要求较高，在实际工艺流程中仍有较大难度

来源：公开资源，学术论文，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

AR光学系统技术：衍射光波导概述

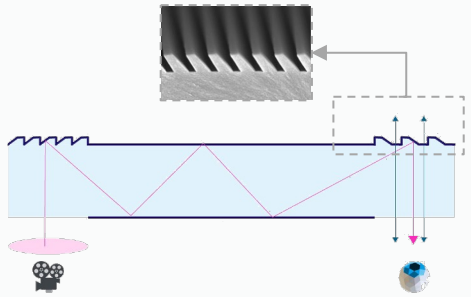
量产性和良率更优，但模版设计难度大且色散问题有待攻克

衍射光波导技术**光栅设计自由度大，制备工艺较为简单，良率和可量产性较易提升。**其中，目前基于表面浮雕光栅技术的成像方案（SRG）较为成熟，已实现小规模量产并投入实际应用当中。其量产难点在于**母版设计的难度较大，涉及半导体微纳米级别加工工艺**，需在硅基底上通过电子束曝光和离子刻蚀制成母版。部分企业尝试布局**体全息光栅光波导（VHG）在单色显示方面较为有优势**，但光学原理、工艺、成本等问题尚未解决，处于较为早期阶段。整体而言，主流方案为基于表面浮雕光栅的衍射光波导方案，其优势在于量产性和良率更优，行业挑战主要集中在如何在减少体积，增大FoV的同时仅用单波导片解决色散问题。

衍射光波导方案成像原理及技术要点

成像原理

表面浮雕光栅（一维，倾斜）



衍射光波导主要利用具有周期结构的衍射光学器件实现光线在波导中的耦入和耦出，通过光栅结构参数的优化可提高成像效果和FoV，二维扩瞳后可增大动眼眶范围

技术要点

技术优势

- **制备工艺简单：**在玻璃基底上镀膜后可直接加工，避免玻璃切片和胶合工艺，量产性及良率较易提升
- **可量产性较高：**以半导体工艺为主，良率易提升

技术痛点

- **显示效果较差：**物理原理限制，衍射元件本身对于角度和波长的选择性导致“彩虹效应”（色散导致RGB光分布比例不均）
- **光学效率较低：**平均光效水平在0.3%-1%，需要高亮度的显示屏配合使用
- **隐私泄漏问题：**镜片会呈现使用画面，泄漏使用者的隐私

发展概况

核心技术概况

- **纳米压印技术：**降低衍射光波导成本的关键性技术，目前设备和工艺主要依赖于国外进口
- **多层波导技术：**改善色散问题的路径之一，将红绿蓝三色分别耦合到三层波导中，每层衍射光栅仅针对单一颜色优化

技术落地现状

- **企业布局情况：**「SRG」珑璟光电、鲲游光电、至格科技、光舟半导体等；「VHG」三级光电、灵犀微光等
- **模组量产情况：**一维扩瞳技术下的SRG可实现小规模试产，二维扩瞳SRG和VHG仍在实验室阶段

来源：公开资源，学术论文，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

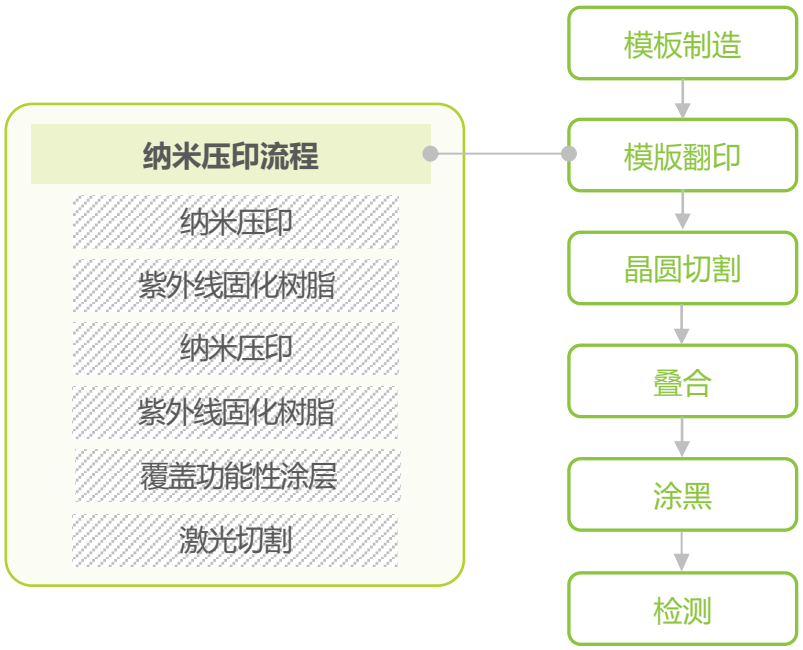
©2023.2 iResearch Inc

AR光学系统技术：衍射光波导工艺

微纳米结构设计难度大，目前整体工艺制造成本较为高昂

衍射光波导有两大工艺路径，**（1）表面浮雕光栅光波导**是在硅基底上通过电子束曝光和离子刻蚀制成光栅的压印模具，再通过纳米压印技术在玻璃晶圆上压印出成千上万个光栅晶片。其**主要难点在于模板设计与制造和成本控制**，一方面纳米级微结构对于设计和制造要求很高；另一方面其生产所需设备和工艺技术要求高，目前主要模板原材料和设备均依赖于进口，且压印模板的使用成本高、折旧较快，目前整体成品造价高。**（2）体全息光栅光波导**通过两个激光束产生干涉条纹对玻璃基底的感光薄膜进行曝光，产生明暗相间的衍射光栅；VHG主要依赖光刻技术、量产性不如SRG。

表面浮雕光栅光波导制备过程及技术要点



01 微结构设计难度大，晶圆投入产出比大导致成本较高

纳米级微结构设计，衍射周期在几百纳米内，最小可达几十纳米，维度小、精度高，对工艺端设计和制造能力要求高

8寸玻璃晶圆在纳米压印工艺下仅可产出8-10片（光芯片可达几百甚至上千片），未来起量后对晶圆厂资源或有一定要求

02 模板折旧快、使用成本高，纳米压印技术门槛较高

模板主要原材料为硅或石英，主要依赖海外进口，其中软板仅支持<10次使用，硬板在多次使用后易发生形变导致精度降低

纳米压印技术所涉及的设备和工艺目前均由海外引进，对于初创企业来说进入门槛较高

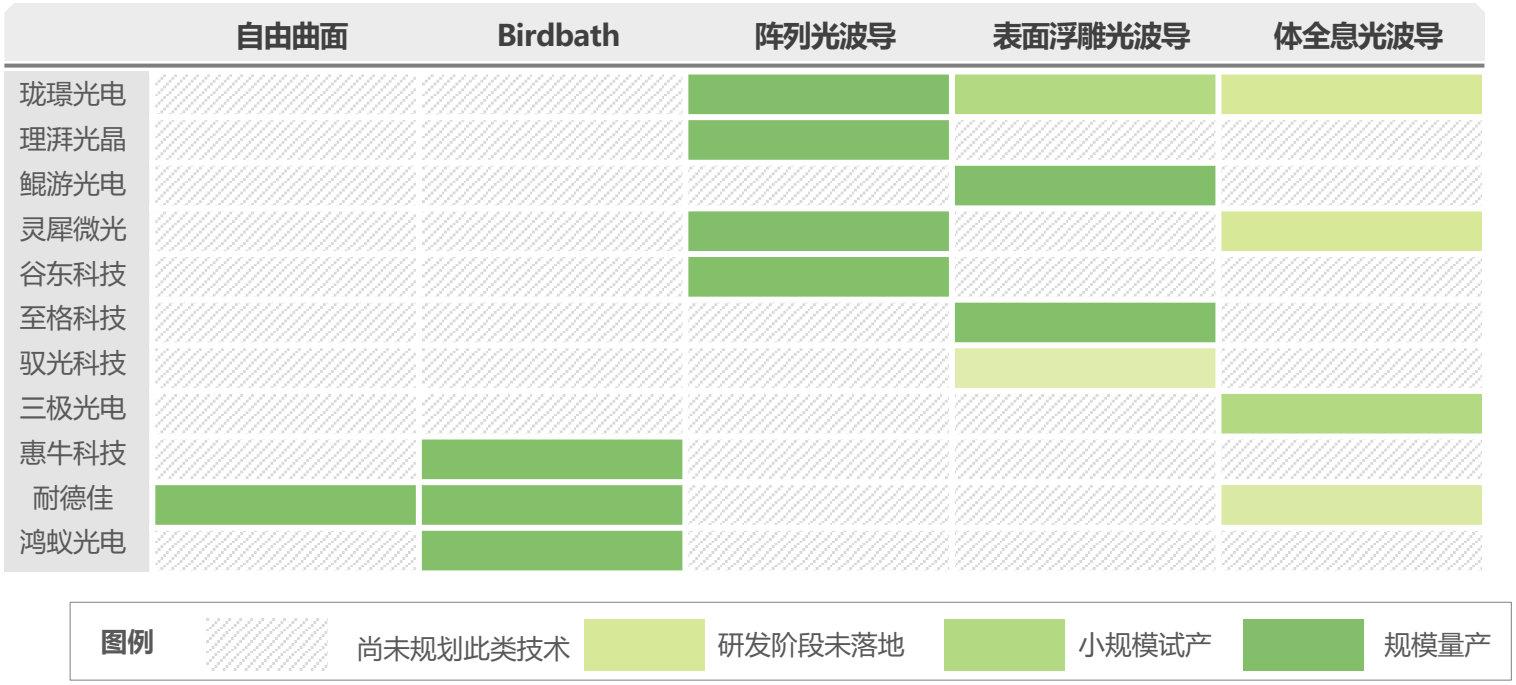
来源：公开资源，学术论文，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

AR光学方案落地情况

国内初创量产性领先于行业，开始积极布局体全息光波导研发

AR光学模组涉及全新光学，传统光学厂商由光学元器件生产、代工组装业务，积极向AR领域延伸，如舜宇光学（表面浮雕、体全息光波导）、歌尔股份（表面浮雕光波导）、水晶光电（Birdbath、阵列光波导、表面浮雕光波导）等，处于内部研发阶段，尚未实现规模量产。国内初创光学模组厂商在光学设计、量产方面领先于行业，以布局阵列光波导和表面浮雕光波导为主，已逐步落地、稳定出货并产生实际订单。目前AR光学方案仍处于百家争鸣、最终方案尚未有定论的快速发展阶段，多厂商开始尝试研发体全息光波导以满足市场需求。

国内初创AR光学模组企业光学方案落地情况



来源：公开资源，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

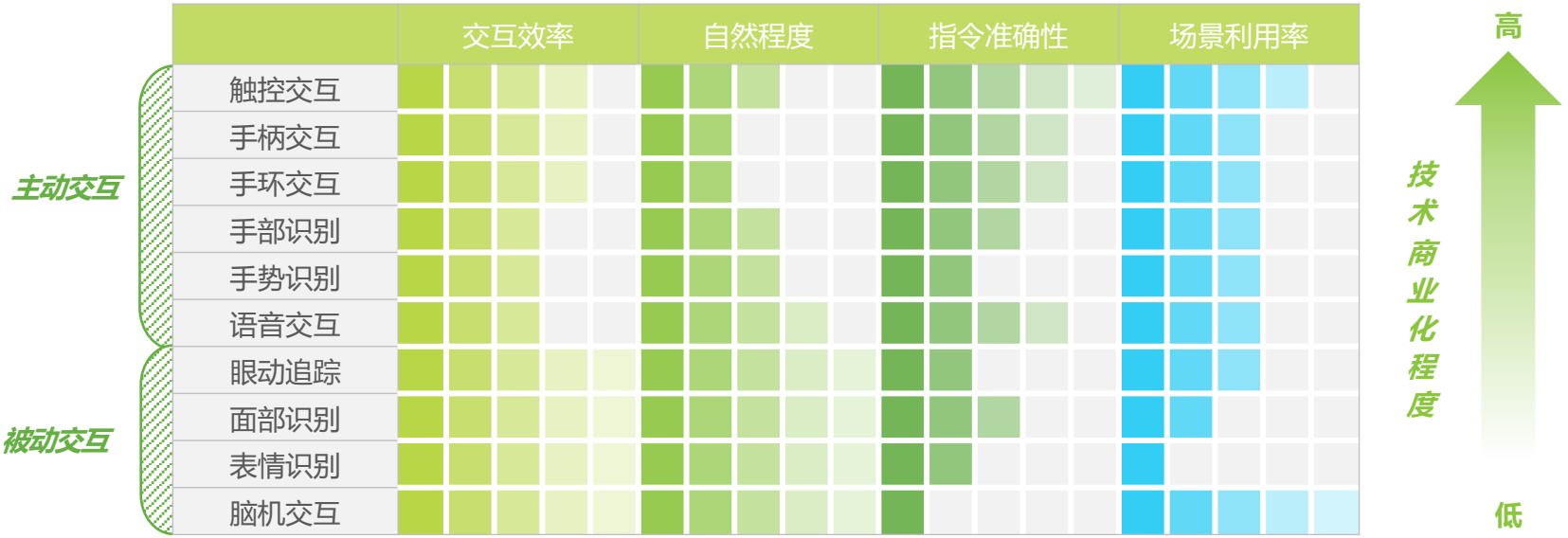
“相”——交互技术

AR交互技术概述

交互方案与场景需求强关联，未来向多模态、精细化方向发展

单一交互方式难以满足AR不同应用场景的综合需求，未来交互技术将向多模态、精细化方向发展。但目前AR交互技术尚未定性，目前分体式AR整机多采用手机或手柄/手环等保留机械感的方式，并配合语音交互使用，以最为成熟且学习成本较低的方案先行落地。以触控、手柄、手环交互等围绕“手”的交互方式多为主动交互，需要用户主动发出命令，精准度较高且普适性高，部分技术较为成熟已优先落地；而以眼动追踪、面部识别等为代表的、无需用户额外操作的交互方式，更加自然、学习成本更低但目前技术仍不成熟，仅作为辅助交互方式。**艾瑞认为，AR交互技术没有孰优孰劣之分，交互方式的选用和场景需求特征强关联，在细分场景下不适宜的交互技术叠加只会是“炫技”，增加成本的同时却没有优化体验。**如办公场景则仍需保留机械式输入方式以提高生产效率；社交场景则更注重全面交互性，需要多模态交互技术融合支撑等；游戏等复杂操作场景对延时、精准度等要求较高故以手柄为主。

AR交互方式的特征



注释：指令准确性根据目前的技术成熟度进行大致定性分析，仅供参考；触控交互特指借助手机、平板等设备进行机械式的“点击-确认”交互，非虚拟键盘或悬空触控方式。
来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

©2023.2 iResearch Inc

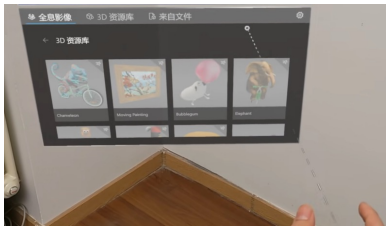
主流AR多模态交互方案

围绕类手柄展开的多模态交互方案为主流，配件落地形态多样

❖ 分体式 ‖ 以类手柄外设配件为主，以语音交互、手势识别、头部追踪等为辅

交互模式	以手柄/手环/指环/手机等外部设备作为主要指令输入方式，部分AR设备配合头部追踪、眼球追踪、手势识别、语音输入等辅助方式；借助手机的控制方案为“虚拟射线”，将手机作为触控面板进行滑动
使用体验	整体体验较为顺畅，手柄等外设操作准确拥有类VR的使用体验，快捷键的设置和指令预设可以快速响应高频的简单指令，操作简便；手柄价格需额外支付，部分设备对手机型号有要求，用户选择范围稍有局限性
代表产品	Magic Leap One（双手柄），Rokid Station（类遥控器），Rokid Air（外接手机），Nreal（外接手机），… …

❖ 一体式 ‖ 以双手交互为主，语音交互、头部追踪、眼动追踪等为辅



交互模式	以手势识别方式为主，搭配头部追踪、眼动追踪、语音交互等方式。手势识别包括「虚拟悬空触控」「虚拟曲线控制」「关键指节识别-缩放、绘制等」等细分的交互方式
使用体验	无需额外添置手柄等配件，手势输入方式如「拖拽」「缩放」「绘制」等动作交互自然、学习成本相对较低，符合用户的日常生活习惯；由于多依赖手部动作，为避免泄露隐私等，以室内场景使用为主
代表产品	Microsoft Hololens 2

来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

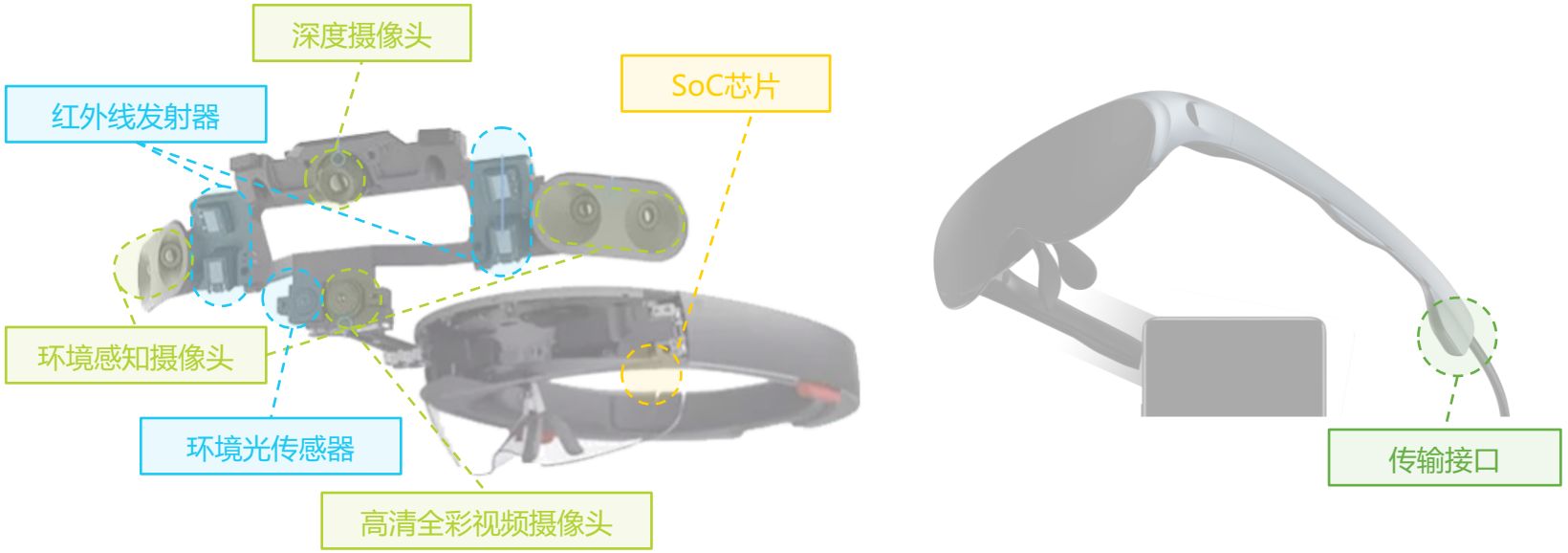
©2023.2 iResearch Inc

AR交互技术对整机硬件的要求

需多传感器、高性能芯片支撑，完成环境及用户特征信息采集

AR交互技术的实现首先建立在感知的基础上，才能完成人与空间的交互，除了涉及解决空间定位、场景识别等问题的SLAM算法技术（即时定位与地图构建技术），在硬件设备层面也有较高要求。一方面，为捕捉更全面的环境信息，识别用户手部动作，需各类传感器配合广泛采集数据，如不同类型的摄像头、红外传感器等；另一方面，为实现表情识别、眼动追踪等，在面对用户一侧同样需要设置相应的摄像头做信息捕捉。同时，多模态交互技术中涉及的空间计算、图像/视频/音频计算等复杂计算，对芯片也有较高要求。分体式设备由于算力单元剥离，主机设备与计算单元间的数据传输依赖无线传输或线缆传输，对传输速率、接口带宽等也有较高要求。

AR感知/交互技术所需硬件模块



注释：右图为分体式设备，左图为一体机设备，模块单元仅供参考。
来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

©2023.2 iResearch Inc

“生”——应用生益

AR应用场景概述

B端产品AR增值属性强于C端优先落地，C端市场逐渐崛起

AR下游应用场景主要分为消费级应用市场（To C）和企业级应用市场（To B），目前C端场景主要涉及娱乐属性的观影、游戏场景，及偏工具属性的信息提醒和办公场景，其中观影场景发展速度最快，已有多款量产产品流入市场。B端场景主要涉及工业、教育、军事、安防、培训等场景，其中工业和培训场景已有较多成熟案例落地，其余场景仍在不断拓展阶段。**艾瑞认为，目前AR市场不断加速推进经由容错高且价格敏感程度较低的B端市场验证、逐步向C端发展的进程，C端市场正逐渐崛起；**但由于AR技术仍不成熟、C端已有应用场景非刚需且替代方案成熟，短期内或将面临商业变现增长乏力问题。**长期来看，随着技术不断迭代，B端场景将愈发走向专业化，C端场景或将进一步细分，AR市场的快速增长和规模上量仍将依赖于C端市场的推动与爆发。**

AR应用场景中短期市场发展潜力分析

消费级应用场景	游戏	低	强调沉浸感、交互性和舒适性，下游软件生态尚不完善，游戏开发者以VR制作为主；***AR的特性决定其不适合游戏大作，非AR最佳落地场景***
	观影	中	得益于Birdbath方案的量产率先落地，但***观影清晰度难以媲美高清电视或投影且沉浸感不如VR***，短期内拥有一定市场空间但非AR最佳落地场景
	信息提示	高	强调轻量化和全天候使用，功能要求本身较为简单，***目前厂商多以单色单目方案落地以追求极致的轻量化和高效续航，满足极简化的单一功能需求***
	办公/社交	高	结合虚拟数字人技术创建虚拟办公/社交场景，作为元宇宙交互入口拥有较大潜力；中短期内可做辅助办公的生产力工具，***是AR走向计算平台的必经之路***
企业级应用场景	培训	中	可广泛应用于航空、军事等特殊领域的培训，***虚拟还原难以再现的破坏性场景或造价较高场景，降低培训成本并保障学员安全***
	工业	高	***AR的虚实结合、可移动性等特征使其在工业场景存在刚需***，切实提高生产效率和安全作业质量；目前已有较为成熟的案例落地，未来将逐渐标准化推开
	军事	高	可应用于如空战培训系统等强化军事实力，***场景特殊性要求重点关注AR设备国产化替代情况和信息安全，但对设备价格和舒适感不敏感***，且有一定数量要求

越长表示场景发展潜力越高

来源：公开资源，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

©2023.2 iResearch Inc

AR消费级下游内容生态商业模式

尚未出现全新应用生态，多基于已有成熟内容生态做延伸

Section 1 游戏场景：衍生生态

类游戏主机内容生态发展模式，与VR游戏生态存在一定竞争关系

- 场景生态发展逻辑与游戏主机、VR头显类似，需针对AR终端设备做定制的游戏开发，游戏开发者需对3D游戏、交互感知技术等内容有一定积累
- 目前AR游戏内容较少，（1）AR非体感类、沉浸类、交互类游戏的最佳落地场景，整体游戏体验不如VR；（2）AR赛道规模尚无法支撑游戏开发商盈利，开发者偏好投入快速变现的端游、手游等场景

Section 2 观影场景：衍生生态

类投影仪/高清电视内容生态发展模式，与真正意义上的AR新应用生态关联较小

- 场景生态发展逻辑与智能投影仪、高清电视、平板电脑等视频播放类智能硬件类似，沿用视频内容生态，并未涉及虚实结合、人机交互等即真正意义上的AR应用
- 目前该细分赛道发展最为迅速、竞争白热化，厂商之间在内容生态上难区分出较大差异性，各家主要发力在“卷”终端设备的价格和用户交互体验等

Section 3 信息提示/办公场景：衍生生态

围绕手机应用生态做延伸，需重新定制开发相关UI、UX设计

- 多作为手机配件，需在迁移手机应用的同时，针对AR终端设备特征做优化
- 需手机厂商配合开放API接口等，终端厂商在此基础上针对用户UI、UX做二次定制开发，以适应AR使用方式，但目前手机厂商在该方面的投入较为有限

AR终端厂商的发力点

- ✓ *规模起量后可作为新内容渠道分发商加入市场*
- ✓ *针对感知交互、图像画质、渲染等参数进行优化，提供优质游戏体验*
- ✓ *与视频内容版权方合作以扩充3D内容生态*
- ✓ *做相应定制开发，发挥AR效果，如3D弹幕、特效等AR属性内容*
- ✓ *与手机厂商合作，针对用户UI、UX做二次定制开发*
- ✓ *自研相应操作系统，适配并衔接手机生态与AR生态*

来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

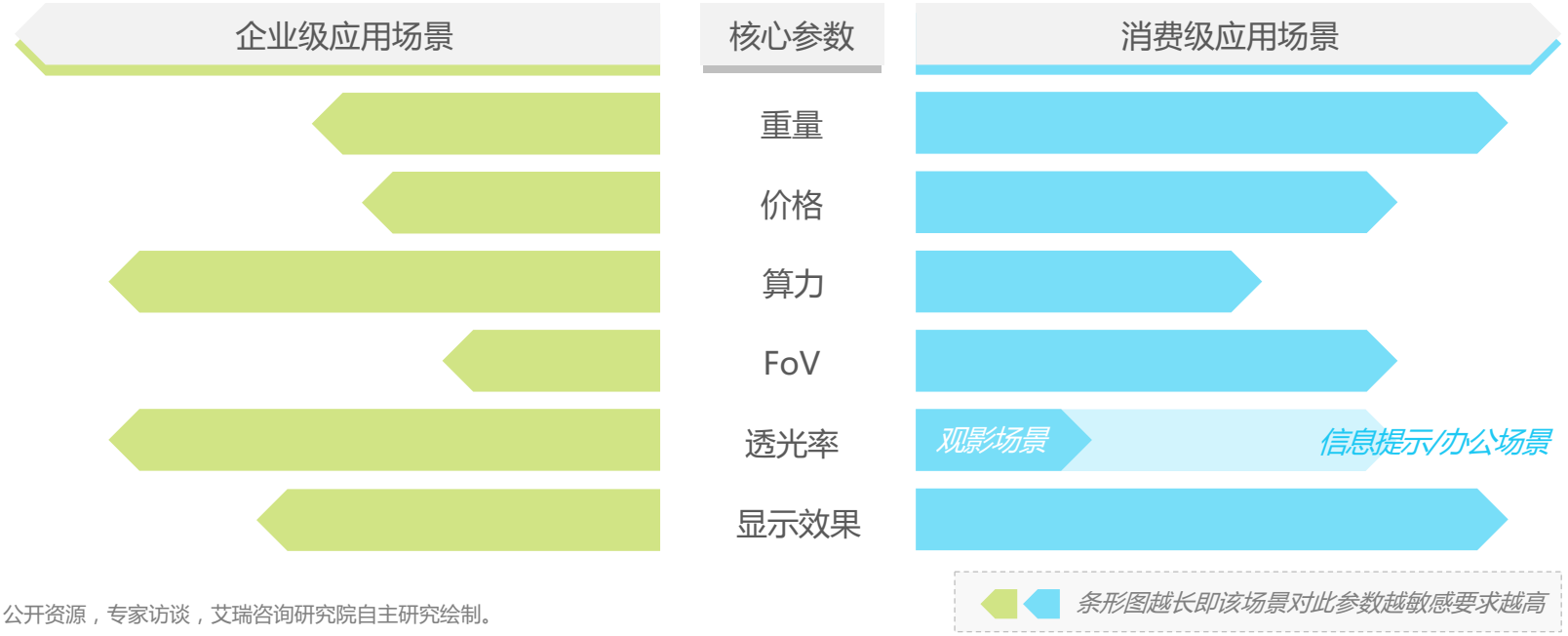
©2023.2 iResearch Inc

AR应用场景设备需求情况

B端场景需求为功能导向型，C端对产品性能容忍度较低

根据应用场景使用需求和使用者偏好不同，B端定位和C端定位的AR整机产品在形态、功能、重量、显示效果、算力等方面有较大差距，适用的光学显示方案也有所不同。**企业级应用场景对设备需求以生产力工具为主，所以更为注重产品的工作性能及相关功能，**对于部分场景（如工业）需要能够同时显示真实和虚拟画面，即要求高透光率（80%+），常应用光波导方案；对于设备形态、重量、FoV等参数容忍度较高，一般情况下可接受头箍、头盔形态，FoV大于30度、对比度大于300:1即可。**消费级应用场景中，核心需求点是清晰度、色彩还原度、便捷性和佩戴舒适性，**人一般能够接受的重量需类比太阳镜/眼镜重量，大概在20g-35g，目前率先落地的Birdbath方案厂商可以将眼镜做到90g左右、1080P左右画质，尚未能满足超高清屏幕时代下用户的极致需求。

B端/C端应用场景对于AR终端设备的参数要求比较



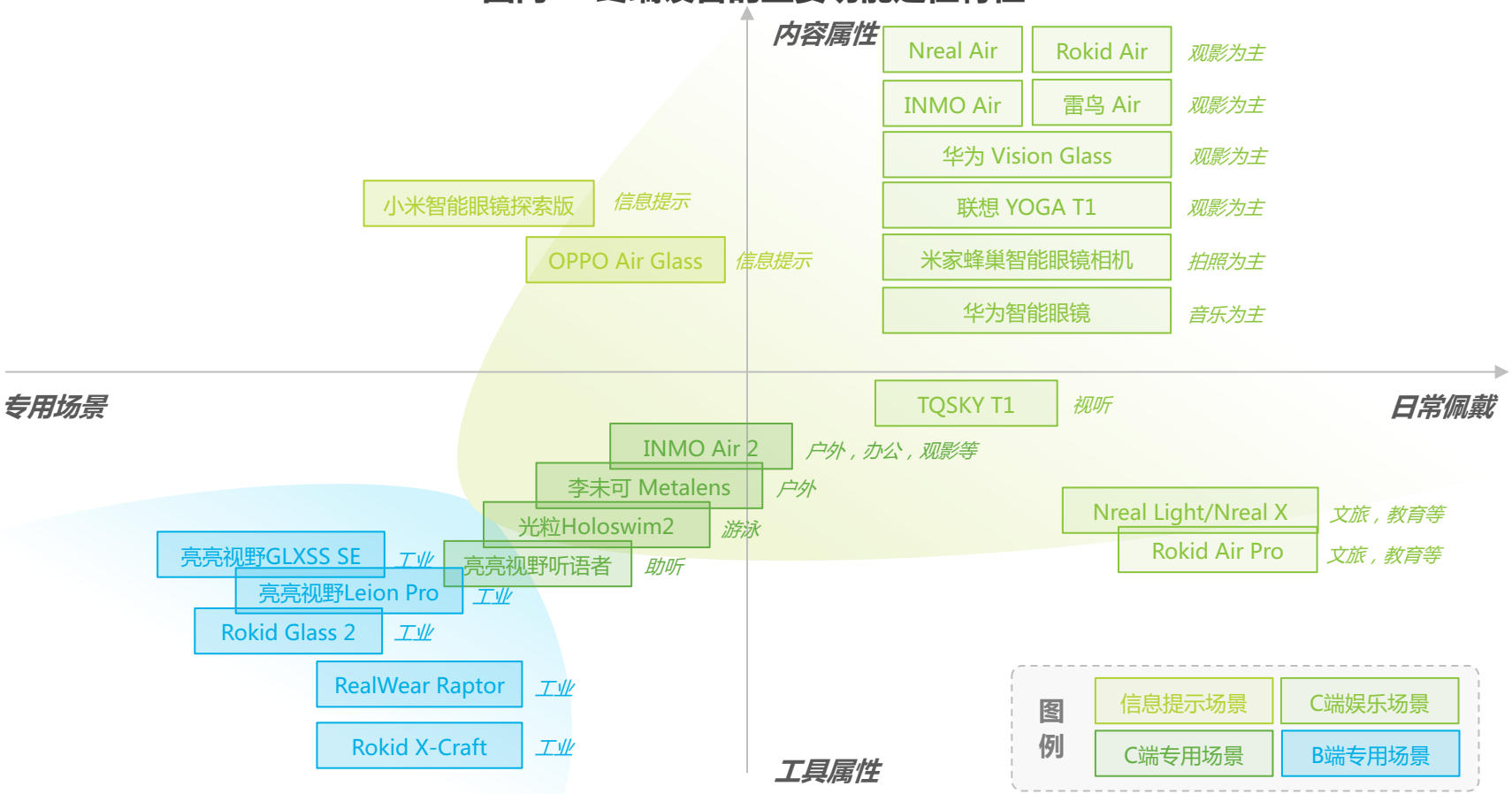
来源：公开资源，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

©2023.2 iResearch Inc

AR终端定位与应用场景属性

企业级产品注重工具属性功能以作用专业场景，消费级产品有娱乐属性向工具属性转型趋势

国内AR终端设备的主要功能定位特征



注释：仅根据部分企业核心产品的产品定位和功能属性做象限分类，不涉及任何排名；侧重主打场景供参考，未展示所有可涉及场景。
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

根基：中国 AR 行业发展概述 1

掘金：中国 AR 行业核心技术分析 2

扬帆：中国 AR 行业典型企业分析 3

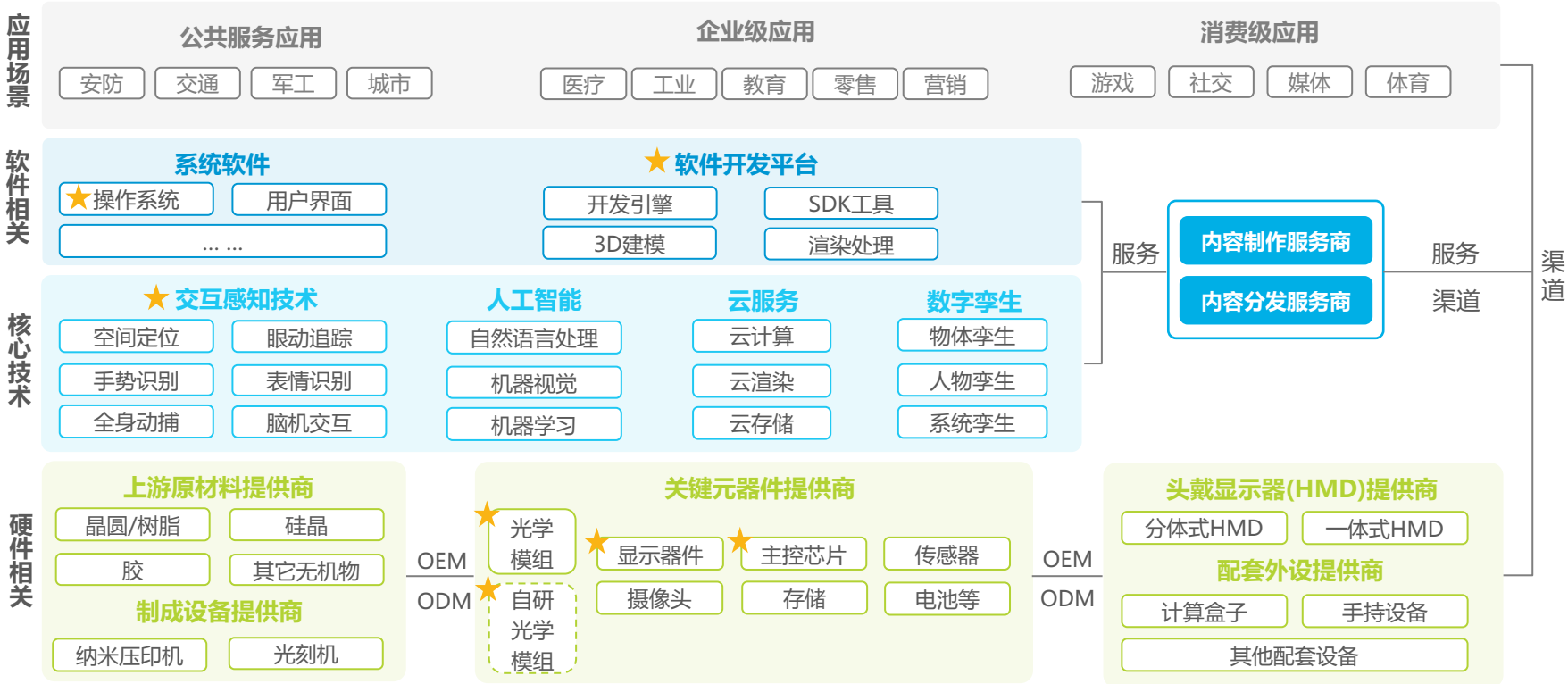
起航：中国 AR 行业发展趋势 4

中国AR产业链

多环节全新领域技术研发待攻克，应用侧仍处于试探性阶段

AR产业链较长，核心技术部分涉及全新领域，如硬件部分的光学模组、显示器件等技术，其原理与VR不相类似需从零突破。在软件开发方面，为更好地突出AR区别于其他智能硬件的优势，操作系统、软件开发工具等需适配其交互属性及虚实叠加功能进行重新开发，然目前专注于AR类别的厂商较少。就应用生态而言，AR在消费市场的应用内容较为单一，企业级/公共服务类应用仍在试探尝新阶段，整体处于试探性阶段，需求端难以反哺上游形成良好的供需发展闭环。

2023年中国AR产业链



来源：艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

中国AR产业链图谱

注释：图谱logo的大小和位置与排名无关。
来源：艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

杭州灵伴科技

工业元宇宙领航者，以全国产化解决方案赋能工业

杭州灵伴科技是一家专注5G+AI+AR领域软硬件产品开发的产品平台公司，**致力于成为工业元宇宙领航者与工业AR首选品牌**，通过自研声学、计算机视觉、光学显示、芯片平台等技术，将前沿AI和AR能力与行业应用相结合，为不同垂直领域的客户提供全栈式解决方案。杭州灵伴科技聚合产业链上下游生态价值，推出全国产化AR头显终端产品；沉淀AI、AR、行业通用能力，搭建开放平台，与合作开发者共同打造**软硬服一体的一站式全国产化解决方案赋能全行业**。目前杭州灵伴科技在工业领域的落地已初见成效，落地案例覆盖油气、制造业、汽车、化工等数十个细分行业场景，**打造智能时代的超级工人，推动工业迈进工业元宇宙时代。**

杭州灵伴科技AR业务的产品及能力矩阵

解决方案 深度洞察场景需求，助力B端工业企业推进数字化进程	全面解决方案	产线设计	安全检查	设备巡检	应急管理	供应商管理	监造验收	
		远程协作	职业培训	远程营销	售后服务	企业展厅	… …	
	全行业解决方案	石油	天然气	化工	电力	建筑	制造	文旅	… …
平台层 沉淀标准化能力赋能合伙开发者助力场景快速落地	AR能力底座平台	远程指导系统 AR标注，多方视频通话，屏幕共享	零代码工作流 图形化编辑流程化管理	AR知识图谱 自然语义检索作业指导快速查阅	AI能力输出系统 仪表OCR识别智能语音转写	数据分析能力 故障判断精细化管理	平台扩展 外接传感设备扩展通用能力	
	AR开放平台	AR Platform | SDK/API/低代码开发平台						
		声学 | 语音识别、语义理解、语音合成、环境降噪等			图像 | 人脸识别、图形图像识别、物体识别、仪表盘读数等			
	AR通用能力	Yoda OS 操作系统		SLAM算法		远程RTC能力		
智能终端产品 专注光学显示、硬件设计、芯片平台等领域研究	AR头显设备	 Glass 2 分体式单目光波导AR眼镜	 X-Craft 5G工业一体双目AR头环	 Air Pro 轻量化双目AR眼镜	 Rokid Air 轻量化消费级巨幕AR眼镜			

来源：公开资料，杭州灵伴科技，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

杭州灵伴科技

聚焦“减负、提质、增效、安全”，打造智能时代超级工人

工业元宇宙技术将成为解锁第四次工业革命钥匙之一，AR则是其中不可或缺的关键技术，通过AR能力可以实现工业现场的空间数字感知，叠加虚拟化的设备信息、决策内容等，**将后端积累的数字化能力同步反馈给一线工人，提高其相关工作能力，打造“超级工人”**。杭州灵伴科技工业元宇宙解决方案提供AR智能巡检、5G远程AR协作指挥、安全应急管理等多项应用服务，搭配硬件推出完整全栈解决方案，**切实提高工业企业的经济效益，减轻工作负担、提高工作品质、增加工作效率、保障工作安全。**

杭州灵伴科技工业元宇宙解决方案：核电行业标杆案例

解决方案落地路径

1. 驻场深度调研，了解场景需求痛点

- 实地工作1-2个月，完成技术调研（系统建设情况、实际作业流程业务或管理问题等），结合现场实际情况了解客户需求
- 结合行业经验将需求抽象化再具像化，形成初步方案设计

2. 推出解决方案，完成软硬件配置

- 联合生态合作开发者，完成细分行业的应用开发
- 适配软硬件，推出完整解决方案

3. 推广通用方案，推广复制至多行业

- 依靠较强的算法和架构能力，将应用场景抽象化，将抽象产品标准化，形成标准化、通用化能力
- 通用方案可覆盖70-80%的需求，由生态合作开发者完成其他下沉场景研发，实现场景快速搭建

工业元宇宙：融合前后端数据的信息，按需提供沉浸式、虚实结合的体验

优势

- **产品全国产化**：拥有全栈自研技术，解决核电等敏感行业需使用全国产化产品的问题
- **高稳定高防护**：产品提供离线模式，且无网弱网环境可自动切换至蓝牙通信模式确保数据传输稳定性，解决工业环境产品通信质量受金属屏蔽影响问题；产品满足防爆、防尘、防静电、防水、防腐蚀、耐高低温等多工业防护标准，且具有良好的续航能力（大容量电池、工业充电宝设计等）
- **行业深度理解**：进行深度实地调研，为不同细分领域提供贴合场景需求的行业解决方案

实现路径

零代码工作流平台	+	远程协作平台	+	知识库能力	+	AI识别告警能力
数字化标准工作流程分步指导工人，实时收集数据反馈，提高作业监管水平		专家可第一视角查看现场作业状态、实景标注，远程指导工人排查设备故障		专家沉淀常见问题解决方案完成知识入库，工人可快速查看并依照指示作业		AI识别现场仪表读数，与后端运行参数对比，监测示数异常情况并进行告警

赋能场景

远程监造场景	合规作业监察场景	数字化检修场景	实景培训场景
采购部门可远程监督设备生产-制造-测试出厂等全流程，减少异地出差成本	AI识别作业工人和作业对象，远程监察现场作业违规行为，降低操作失误率	脱离纸质检修，按规程批量进行数字化检修，实时上传数据，提高检修效率	AR扫描设备和现场，虚拟还原难以再现的破坏性场景，辅助模拟实操培训

效用

检修效率提升30%	操作失误率降低至0%	运维成本降低50%
传统纸质检修转变为AR无纸化、数字化检修	标准工作流核查规避操作失误保障工人安全，减少经济损失	由2-3人配合作业转变为可1人独立作业

注释：案例中的效用数据由某核电行业客户对比正常工作情况和使用杭州灵伴科技AR方案工作情况测算得到，其中，可以将因不规范作业造成的失误降低到 0%或比较低的水平。
来源：公开资料，杭州灵伴科技，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

理湃光晶

专注几何光波导技术研发，几何波导显示模组FOV可达40°-70°

理湃光晶成立于2012年，专注于AR智能几何光波导显示器件的方案创新和产品开发，是**国内领先的拥有几何光波导核心知识产权的科创企业，已申请专利42项（与光波导技术相关25项），已授权专利17项（和光波导相关13项，与二维扩瞳技术相关2项）**。理湃光晶自主开发的分子键合工艺，**突破了传统胶合工艺量产难度大、良率低、显示效果差等原理性瓶颈问题，波导良率已稳定超过85%**，为二维产品规模量产和稳定交付提供有力保障。理湃光晶现已达成几何光波导年产10万套的量产交付能力，成为AR头部企业和整机厂商的核心供应商。产品依托轻薄、高透、全彩等优势，已广泛应用于消费领域和工业、安防等行业场景，是AR落地元宇宙的核心器件。

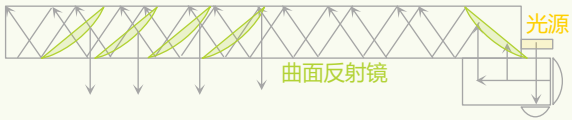
理湃光晶几何光波导技术优势与最新产品情况

核心光波导专利积累

专利｜《屈光度可调的曲面波导近眼光学显示器件》

改变光波耦合方式，未来实现屈光度调节

- 相较于传统平面镜反射方式（无法调节屈光度），理湃光晶采用曲面反射+曲面波导结构相结合方式，在保证画质清晰的前提下，**实现屈光度调节**
- 近视人群在不佩戴近视眼镜的情况下，也可正常使用AR眼镜



专利｜《偏振导光的平面波导光学显示器件》等

降低入射光波偏振要求，提高产品性能

- 平面和偏振转化导光衬底结合，小角度倾斜面耦出设计减小衬底厚度，减少光在耦合过程中的损耗，避免鬼像出现，**提高图像整体对比度，扩大FoV、减小体积**
- 提高光波耦合效率、降低设计和加工难度，提高产品良率

自研分子键合工艺

创新工艺提升模组产品良率至85%

工艺原理

- **传统工艺**：利用光学胶黏粘合
- **分子键合**：利用贴合面分子键合

贴合特点

- **传统工艺**：基片间粘合胶水易产生楔形，影响反射面的平行度，易产生气泡；高低温易造成脱胶现象，场景受限，使用寿命短
- **分子键合**：中间无流体结构，平行度高；成像效果清晰、色彩还原度高，耐高温、产品寿命长

技术壁垒

- **传统工艺**：胶黏剂胶合工艺技术门槛低，量产难度大
- **分子键合**：高技术壁垒，涉及跨领域的专业知识融合；难突破、工艺量产性好

二维几何光波导模组

G3-E系列 二维几何光波导模组

预计23年Q3实现规模量产

视场角	40°-70°
Eyebox	15×10mm
出瞳距离	20mm
透光率	>85%
厚度	<1.5mm
亮度	>1500nit

来源：公开资料，理湃光晶，理湃光晶专利《屈光度可调的曲面波导近眼光学显示器件》《偏振导光的平面波导光学显示器件》等，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

珑璟光电

同时布局阵列/衍射光波导，高产能+精把控保障产品稳定出货

珑璟光电成立于2014年，是一家专注于光波导“技术研发+产业化”双引擎驱动的技术密集型制造企业，为AR眼镜/头盔、汽车AR-HUD提供核心器件，**主要产品是阵列光波导和衍射光波导光学模组，同时布局体全息光波导和光学引擎，**并积累自主光波导知识产权壁垒。为解决阵列光波导的胶合工艺难题和阵列光波导的纳米压印技术难点，**珑璟光电将半导体工艺迁移至波导生产工艺中，极大地提高了产品生产良率和稳定性，**目前**衍射光波导小批量试产阶段的实验室良率可达80%。**珑璟光电凭借双技术布局优势，小体积、高亮度、大视角等产品能力，渗透C端消费市场和以汽车、工业、安防为代表的B端市场，为终端整体厂商提供高品质的模组产品。

珑璟光电光学模组产品能力和核心优势

产品矩阵

阵列光波导

高亮度+全高清+小体积

一维二维阵列

- 分辨率 720-1080p
- 畸变率 <3%
- 视场角 25-60°
- 入眼亮度 1000nit

衍射光波导

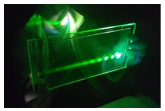
高亮度+小体积+全高清

一维二维光栅

- 光效 100-500nits/Lm
- 厚度 0.2-0.9mm
- 视场角 28°-40°
- 出瞳距离 20mm

体全息光学模组

小体积+大视角+真色彩



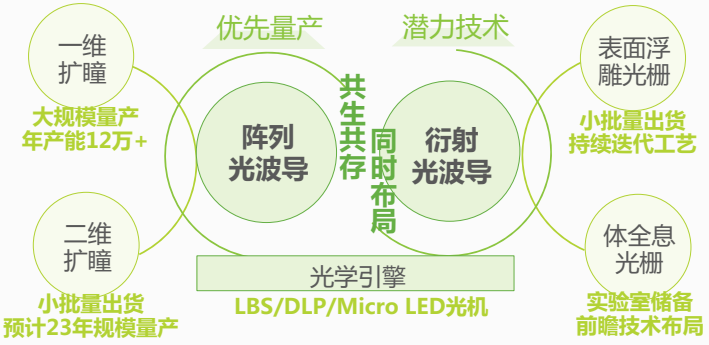
AR-HUD全息波导

- 色彩 RGB
- 亮度 10000nit
- 视场角 20°-30°
- 分辨率 1080p

能力矩阵

四位一体管理体系｜供应链、质量、过程品质、产品合格

智能化生产平台｜先进工艺积累+自研工序+双量产线



自研AR Design阵列波导光栅设计软件

自研测量光波导驱动板电路功耗测试软件

核心优势

技术沉淀雄厚

- **全产品矩阵：**阵列、表面浮雕光栅、体全息光栅光波导全面布局
- **高品质产品：**成功落地可量产、小体积、高透过率、大视场角、高成像质量的波导片产品

高产业化能力

- **自建生产平台：**高标准无尘车间，精密自动化设备500+台
- **完整工艺流程：**覆盖匀胶、压印、固化、切割、组装等流程，生产历经30+道自研工序
- **高质稳定量产：**100+台实验检测设备，四位一体管理体系，监控生产制作过程，实现质量可控、时间周期可控，保证高品质稳定出货

研发实力卓越

- **专业研发团队：**研发团队60余人，光学博士硕士25名+，团队配置完整
- **自主研发能力：**光学专利200+项，国际国内发表论文期刊100+篇；自主研发6个设计软件，用于定制研发

注释：珑璟光电一维阵列光波导已实现规模量产，二维阵列光波导及表面浮雕光栅光波导处于小批量出货阶段；2022年10月28日发布新品LBS光学模组。
来源：公开资料，珑璟光电，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

耐德佳

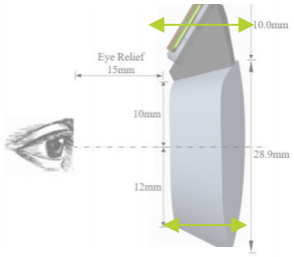
钻研自由曲面技术，打造“研发-制造-检测”一体化业务闭环

北京耐德佳显示技术有限公司成立于2015年，是一家主要从事AR与VR光学模组设计、研发、生产与技术支持的AR光学模组解决方案供应商。耐德佳目前拥有自由曲面、微纳光学（几何光学、衍射光学）两大核心光学技术底层平台，已实现自由曲面光学模组的量产，并获得联想、小米、高通等头部企业的合作订单。2018年耐德佳自建VR/AR光学模组设计生产基地——德伽智能，二期可实现产能260万片/年；2021年落地国家级光学检测基地，提供专业的检测和设计服务的同时协助国家制定光学行业相关标准；2022年发布轻薄化AR光学模组——自由曲面钻石Pro，从厚度、重量、透过率等多维度优化原有方案参数指标。

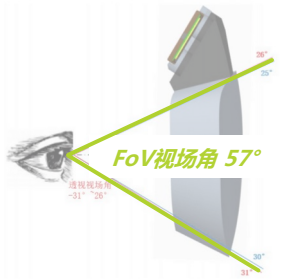
耐德佳光学模组产品能力和核心优势

新品光学模组：自由曲面钻石Pro

光机厚度10.4mm



镜片厚度9.5mm



降低光机厚度至10.4mm，助力轻量化AR眼镜

自由曲面棱镜光学模组升级版，降低镜片厚度至10mm以内，光机厚度减少至10.4mm，整机厚度有望大幅下降30%至14mm以内，提高舒适度

提高至约60%透过率，优化显示透视效果

60%的透过率下，可保持30%的高光能利用率，使整机在采用3000nits的高亮屏时可提供900nits的入眼亮度下，支持户外使用，呈现更好地虚实结合效果

扩大FoV至57°，减少对裸眼视野的遮挡

通过压缩光机体积、高度和扩大镜片面积的方式，解决传统自由曲面FoV较小问题，将透视FoV提升至57°，减少对裸眼视野的遮挡，提升移动或运动过程中使用AR眼镜的安全感，满足AR应用的透视需求

光学设计能力：聚集资深光学团队，自研多种光学技术

- **光学人才**：聚集名校博士与资深光学工艺师组建团队，建立和高校联合的实训基地吸引新鲜血液
- **发明专利**：获得100+国内专利，10+美国专利，发表100+前沿研究论文，协助制定2项国家行业标准
- **光学技术**：自研可量产自由曲面技术，并同时布局微纳光学技术

规模量产能力：自建工厂，提供染发到检测的完整服务

- **生产工艺**：采用光学树脂注塑量产工艺提高量产性，可将部分超精密光学成型的误差控制在微米级
- **自建工厂**：自建光学模组生产基地，拥有稳定供货能力，二期年产能可以到达260万片，扩建后预计三期年产能可达400万片/年
- **严格品控**：自研质检设备，可提供“研发 –制造-检测”高度集成的一站式服务
- **成功交付**：为小米（米家眼镜相机）提供自由曲面AR光机，自由曲面钻石Pro方案助力高通发布无线AR智能眼镜参考设计，同时多年持续为联想多款AR眼镜产品提供光学模组方案

来源：公开资料，耐德佳，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

全局：中国 AR 行业发展概述 1

掘金：中国 AR 行业核心技术分析 2

扬帆：中国 AR 行业典型企业分析 3

起航：中国 AR 行业发展趋势 4

中国AR产业困局：技术积累

短期内较难实现突破性进展，AR技术整体驱动力不足

梳理AR核心技术发展情况可发现，目前整体技术尚不成熟，单一环节的提升难以撬动全行业的攀升。短期内（3-5年）可商业化落地的技术尽管已实现较大飞跃，但相较于主要落地场景的已有成熟方案来说经济效益仍然很低。长期来看（5年后），尽管各关键技术的发展路径相对明确，但技术成熟的时间节点较远且阶段变现能力弱。AR行业的技术驱动不足，一方面，诸如微软、苹果等企业因技术成长时间较长开始放缓对光学显示企业的投资；下游应用场景有待挖掘，但部分场景不存在刚需，行业整体外部挤压力量薄弱；另一方面，国内头部企业处于较为谨慎的持续观望态势中，虽持续投资相关领域且推出自家新品，但对于中国AR产业的推力较为有限，产业内部的技术驱动力不足。

AR核心技术的迭代难点与未来发展趋势

核心技术	技术发展路径	趋势技术迭代难点	未来发展趋势	
操作系统	类手机操作系统 → 独立AR操作系统	• 手机厂商、微软、苹果等掌握操作系统核心的厂商在AR操作系统领域投入不深，且相对封闭	中短期	• 优化与手机配件连接的体验感
			长期	• 头部厂商入局研发独立AR操作系统，开放接口给合作伙伴
主控芯片	高通通用芯片为主 → AR专用芯片	• 研发成本高，可提供定制方案的厂商产品性能难以比肩高通	中短期	• 沿用高通方案，部分厂商借助手机算力实现主要功能；芯片厂商逐步推出AR定制芯片样品
	高通通用芯片为主 → AR专有云	• 5G/云计算等基础设施建设不完备，难以有效支撑AR需求	长期	• 在AR专用芯片基础上，实现云化
微显示屏	Micro OLED → Micro LED	• Micro LED技术涉及巨量微转移技术和多纳米级元件，全新生产工艺和技术复杂，制成要求高	中短期	• 多种微显示屏方案共存，LCoS/DLP+光波导方案组合技术逐渐成熟，挤压Micro OLED+BB方案组合
	LCoS/DLP → Micro LED		长期	• Micro LED技术成熟、成本降低实现大范围替代，仅有少部分场景使用原有方案
光学系统	自由曲面 → 光波导	• 阵列光波导工艺繁琐，难以自动化，良率、产能低 • 表面浮雕光波导成像效果差，微纳米结构设计难度大 • 体全息光波导受限于材料，难以保证材料一致性和稳定性	中短期	• 自由曲面和Birdbath方案在光波导技术成熟前仍有一段窗口期；阵列、表面浮雕光波导方案共存，后者因显示效果问题短期难以解决增速慢于阵列
	Birdbath → 光波导		长期	• 光波导方案成为市场主流，阵列、衍射方案各自渗透最佳应用场景，存在部分场景重叠的共存态势
感知交互	全面感知	• 多模态交互技术需多传感器、高性能芯片支撑 • 轻量化设备要求对传感器布局位置、数量等有较高限制	长期	• 搭载AR专用芯片，适配软硬件感知交互技术系统设计，部分算法云化可随时调用 • 挖掘场景对于感知交互的细致需求，在多模态技术融合的基础上简化不必要的功能以实现“终端瘦身”
	多模态交互			

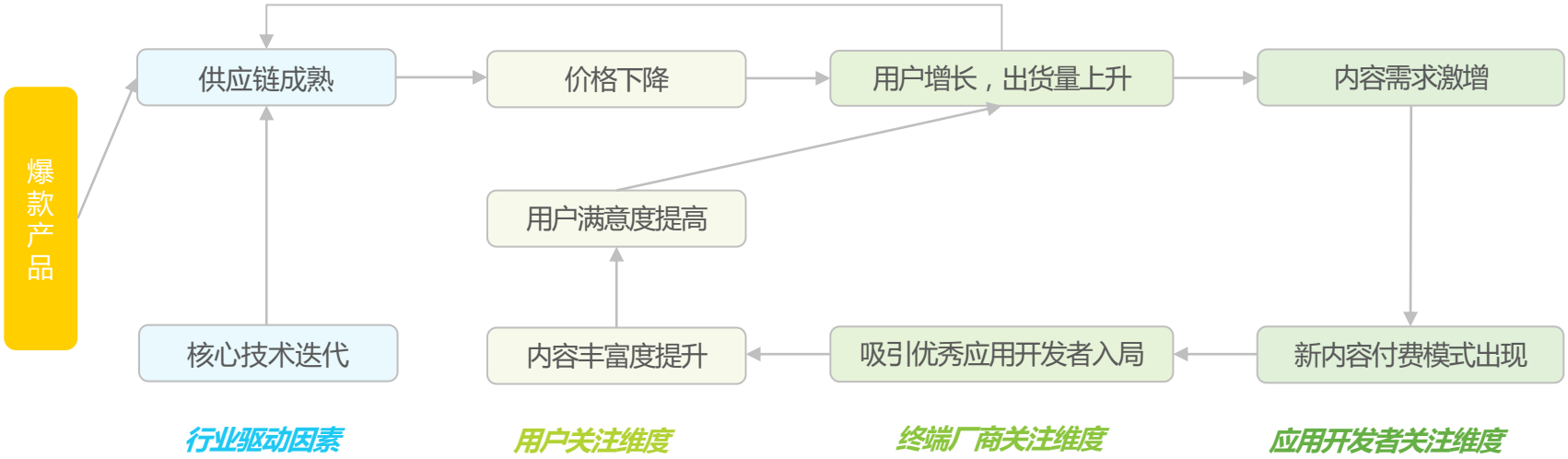
来源：艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

中国AR产业困局：商业模式

终端产品难有消费级AR应用内容支撑，行业尚未进入正循环

AR市场的热度在元宇宙的刺激下不断攀升，浪潮后下一阶段的商业变现增长仍将来源于C端市场的爆发，但目前产业苦于下游内容应用生态发展不健全，难以形成“硬件-内容正向循环”，内容、服务将反哺硬件迭代，制约行业的正向发展。**理想状态下，硬件、软件、内容呈螺旋促进模式，环环紧扣且相辅相成。目前国内AR消费级应用生态基本移植手机2D应用，没有真正带有AR功能、发挥AR虚实结合、交互能力价值的应用**；应用场景大多停留在大屏，作为手机配件存在，应用于观影、游戏等比较小众场景。初创硬件厂商不具备建设开发者平台、打造应用生态的资金实力，在此方面处于比较消极的心态；而以手机厂商为代表的头部企业仍对较为早期的AR市场处于积极布局、长期观望态度，优先硬件部署，在内容生态方面的投入更青睐于商业发展模式较为清晰的、逐步进入正向循环的VR产业；整体行业等待爆款产品出现，激发产业活力。

理想状态下AR硬件-内容的正向循环



来源：艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

AR终端设备的双线增长趋势

增长路径殊途同归，行业将小步快跑加速迭代完成设备过渡

AR终端设备的迭代路线大致可分为两种，第一种增长曲线：追求大而全的「All in one」通用型设备，第二种增长曲线：追求小而美的、专攻于某一个特定细分领域的「One by one」专用型设备。目前以Microsoft的Hololens系列和Magic Leap的产品主要沿着第一种增长曲线迭代，产品单价高昂，而以国内厂商为代表的企业更顺应第二种增长曲线模式。艾瑞认为，第二种增长曲线将会成为中长期的主流路径，并随着行业不断向前推进，逐渐与第一种曲线交织、重合。在第一阶段或将针对某一重点领域切入并深耕，在击穿该场景后迁移至新的专用场景开始二次成长；第二阶段持续“滚雪球”、优化产品能力、挖掘新的应用场景，逐渐完成从专用设备到通用设备的过渡；第三阶段独立式AR终端设备范式基本确定，推进计算平台的变革。

第二种增长曲线的“三段式”发展

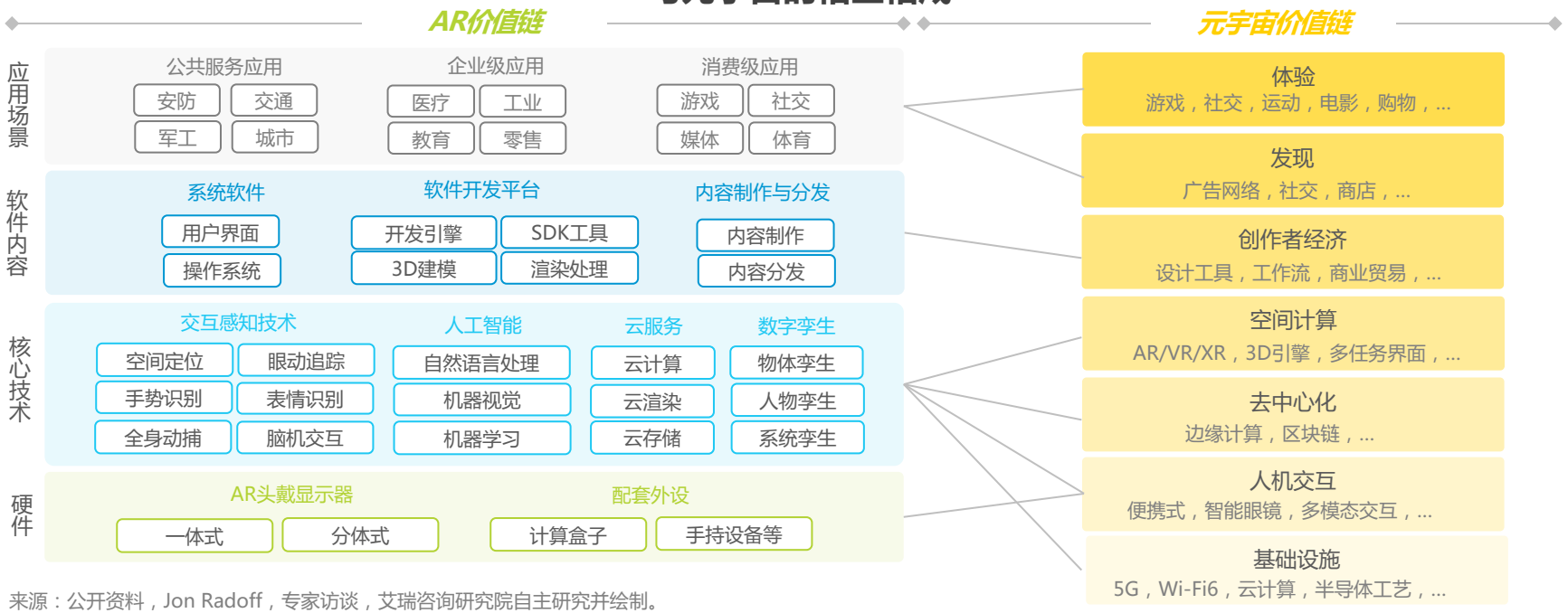
来源：公开资料，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

元宇宙视角下AR的发展趋势

元宇宙并未改变AR发展路径，二者底层技术相生相成

元宇宙可以理解为一个基于现实真实世界打造的虚拟空间，功能价值上，用户可在虚拟活动平台中进行社交、娱乐、学习、交易等社会经济活动；技术路径上，为满足元宇宙沉浸感、交互性、多元内容、实时性等要求，AR技术是其发展的必经之路，作为元宇宙入口的硬件终端媒介，结合虚实信息、提供真实的人机交互体验等。一方面，元宇宙引导商业和资本再次聚焦AR市场，为AR提供了具备巨大潜力的应用场景；同时AR价值链与元宇宙价值链的底层逻辑高度重合，二者之间相生相成。另一方面，回归AR行业本质，元宇宙的火热并未改变AR行业的发展路径，如何将提高AR光学显示效果、如何将AR技术落地到产业端、消费端等问题仍是行业难点；市场关注度的提升促进了市场教育，聚集了资本、产业、用户等多方力量，具有一定催化作用，但核心仍是AR行业内部的技术迭代与商业模式闭环的打造。

AR与元宇宙的相生相成



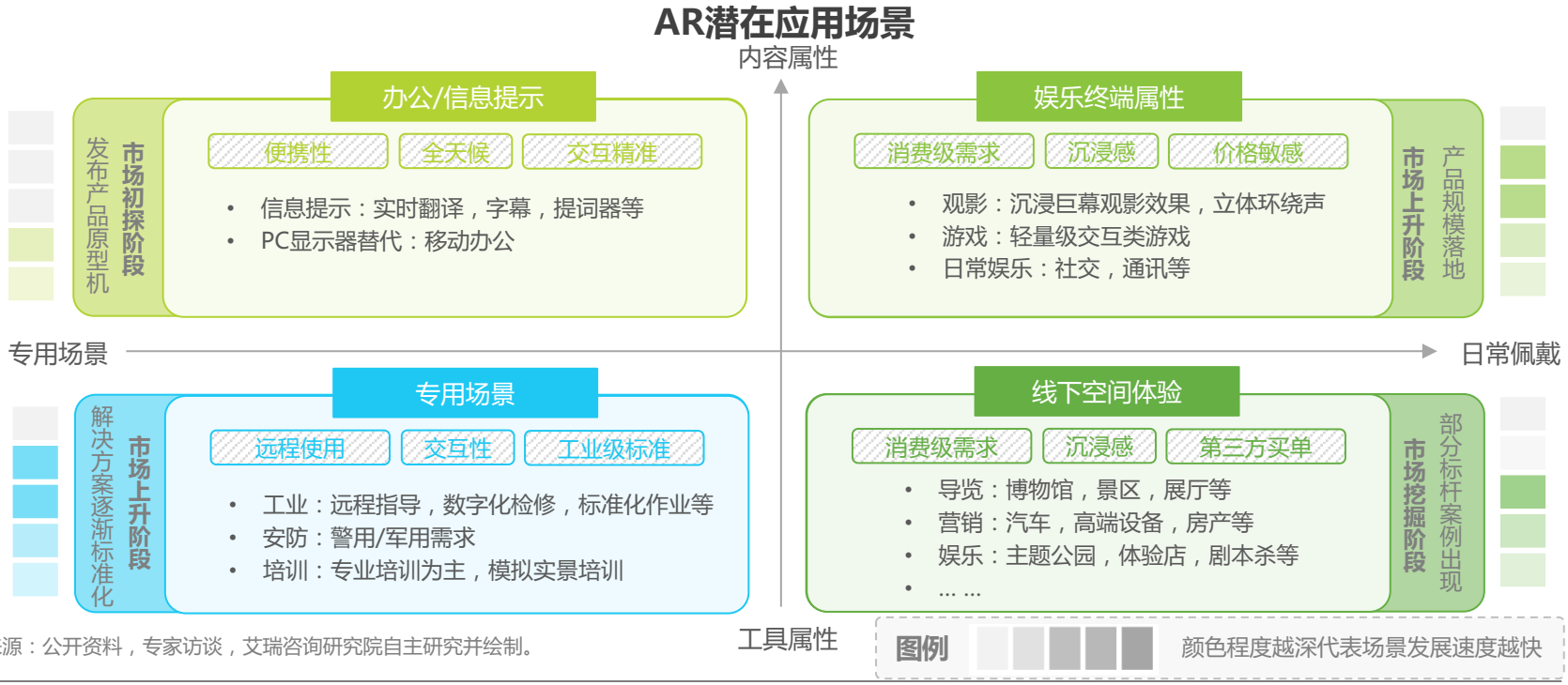
来源：公开资料，Jon Radoff，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

AR应用场景的发展趋势

B端落地速度将快于C端，二者场景需求不同但发展路径相似

目前AR硬件终端在企业级应用主要作为生产力工具，在商业化落地中主要注重终端企业对行业的理解，以及是否能够提供完整解决方案。**消费级市场作为最终规模上量的场景，用户容忍度低、深化难度大，未来将进一步拆分需求以精准满足用户的极致需求。**二者发展路径略有不同但殊途同归，回归产业本质的底层技术、关键环节和与外部生态合作的急迫性相同，二者相辅相成、互相成就。艾瑞认为，短期内企业级场景落地速度更快，处于拓新市场快速增长阶段；第二阶段基本完成垂直行业标准化方案打造，开始规模化复制并沉淀行业通用方案；**长期竞争下，行业理解能力将成择选AR解决方案厂商的核心依据之一。**消费级市场下，用户在元宇宙和多款AR新品的影响下逐步完成市场教育，短期内用户尝鲜后消费将回归理性，中长期需要新的场景功能和爆款产品再次点燃消费情绪。



来源：公开资料，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

附录：术语释义

附录：术语释义

术语	释义
微型显示器	外观**尺寸非常小的显示器**，其显示屏对角线尺寸一般不超过1英寸。
LED	**发光二极管**，Light Emitting Diode
OLED	**有机发光二极管显示器**，Organic Light-Emitting Diode
Micro LED	**微发光二极管**，Micro-light Emitting Diode，指以LED为发光像素单元的显示技术
Micro OLED	**微有机发光二极管显示器**，Micro-organic Light-Emitting Diode，指以OLED为发光像素单元的显示技术
LCD	**液晶显示器**，Liquid Crystal Display
CMOS	**互补金属氧化物半导体**，Complementary Metal Oxide Semiconductor，指一种大规模集成电路芯片
DLP	**数字光学处理技术**，Digital Light Processing
LCoS	**硅基液晶**，Liquid Crystal on Silicon
LBS	**激光扫描显示器**，Laser Scanning Display
MEMS	**微电子机械系统**，Micro Electromechanical System，指集微型传感器、执行器以及信号处理和控制电路、接口电路、通信和电源于一体的微型机电系统
DMD	**数字微镜阵列**，Digital Micromirror Devices，亦称数字微反射镜
IMU	**惯性测量单元**，Inertial Measurement Unit，指一种用于检测加速度与旋转运动的传感器
陀螺仪传感器	**陀螺仪传感器**，Gyroscope Sensor，指一种基于自由空间移动和手势的定位和控制系统

来源：公开资源，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

附录：术语释义

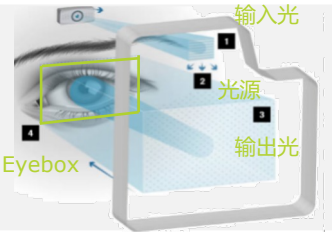
术语	释义
像素	**影像单元**，是组成数字化影像的最小单元
像素点尺寸	**像素点面积。** ➢ 点尺寸越小，同等面积下能放置更多像素点
PPI	**像素密度**，Pixel Per Inch，每英寸屏幕拥有的像素数量 ➢ 像素密度越大，显示画面细节越丰富
分辨率	**屏幕图像的精密程度**，即显示器所能显示的像素点数量
屏幕刷新率	指电子束对屏幕上的图像重复扫描的次数 ➢ 刷新率越高，所显示的画面稳定性越好，呈现图像越稳定
亮度	光学显示系统中的**虚拟图像亮度** ➢ 亮度越高，受环境光影响越小，呈现出来的图像更清晰
工作温度	显示器能正常工作的**高低温范围**
对比度	显示屏同时生成**明亮和深色色素的能力**，即屏幕上同一点最亮时与最暗时亮度的比值
透光率	人眼透过光学元件可接收到的环境光百分率 ➢ 光效越高，接收到的光线越多；**高透光率意味着更强的交互沉浸感**
光效	实际到达用户眼中的光束数与发光元件全部发出的光束数的比值 ➢ **光效高有助于降低功耗，进而提升续航能力并降低温度**
延时	事件、动作发生后，在光学显示系统中呈现所耗费的时间
视频码率	视频文件在单位时间内使用的数据流量 ➢ 码率越大，说明单位时间内取样率越大，数据流精度就越高，视频画面更清晰画质更高
视频帧率	**帧率**，Frame rate，指播放一个视频时，每秒钟播放的画面数

来源：公开资源，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

附录：术语释义

术语	释义
渲染	**渲染**，Render，指用软件由3D模型生成2D图像的过程
编解码	通过显卡、核心处理器等硬件，用特定方法**把数字编码还原成对应内容**或将电脉冲信号转换原有信息、数据的过程
SLAM算法	**即时定位与地图构建**，或并发建图与定位，Simultaneous Localization and Mapping
ToF技术	**飞行时间技术**，Time of Flight，指传感器发出经调制的脉冲红外光，遇物体后反射，传感器通过计算光线发射和反射时间差或相位差，来换算被拍摄景物的距离，以产生深度信息，从而得到3D模型的成像技术
DoF	**自由度**，Degree of Freedom，指力学系统中用于描述物体的空间位置和运动所需的独立坐标的个数
VAC	**视觉辐辏调节冲突**，Vergence-Accommodation Conflict，亦称调焦冲突 ➢ 为实现双眼单视，人的眼镜会运用辐辏和调焦来调节视线。如果辐辏和调焦的位置发生分离，会使大脑混乱，引起视觉疲劳，即辐辏调节冲突
视差	从有一定距离的两个点上观察同一个目标所产生的方向差异 ➢ 近眼技术可以基于左右眼视差呈现立体视觉
FoV	**视场角**，Field of Vision，指人眼所能看到的图像最大角度范围 ➢ 视场角越大，眼睛通过显示器能看到的视野范围就越大，沉浸体验感越强
出瞳距离	**出瞳距离**，Distance of Exit Pupil，指自光学系统最后一面顶点到出瞳平面与光轴交点的距离
Eyebox	**动眼眶范围**，指光学模组与眼球之间的一块锥形区域，也是显示内容最清晰的区域 ➢ Eyebox越大，头戴显示器的机械容差越好，可适配不同眼距的人群 ➢ Eyebox越大，为维持感知亮度需要的光输出也越大



来源：公开资源，艾瑞咨询研究院自主研究并绘制。

©2023.2 iResearch Inc

艾瑞新经济产业研究解决方案

iResearch 艾瑞咨询

行业咨询

• 市场进入	为企业提供市场进入机会扫描，可行性分析及路径规划
• 竞争策略	为企业提供竞争策略制定，帮助企业构建长期竞争壁垒

投资研究

• IPO行业顾问	为企业提供上市招股书编撰及相关工作流程中的行业顾问服务
• 募投	为企业提供融资、上市中的募投报告撰写及咨询服务
• 商业尽职调查	为投资机构提供拟投标的所在行业的基本面研究、标的项目的机会收益风险等方面的深度调查
• 投后战略咨询	为投资机构提供投后项目的跟踪评估，包括盈利能力、风险情况、行业竞对表现、未来战略等方向。协助投资机构为投后项目公司的长期经营增长提供咨询服务

关于艾瑞

艾瑞咨询是中国新经济与产业数字化洞察研究咨询服务领域的领导品牌，为客户提供专业的行业分析、数据洞察、市场研究、战略咨询及数字化解决方案，助力客户提升认知水平、盈利能力和综合竞争力。

自2002年成立至今，累计发布超过3000份行业研究报告，在互联网、新经济领域的研究覆盖能力处于行业领先水平。

如今，艾瑞咨询一直致力于通过科技与数据手段，并结合外部数据、客户反馈数据、内部运营数据等全域数据的收集与分析，提升客户的商业决策效率。并通过系统的数字产业、产业数据化研究及全面的供应商选择，帮助客户制定数字化战略以及落地数字化解决方案，提升客户运营效率。

未来，艾瑞咨询将持续深耕商业决策服务领域，致力于成为解决商业决策问题的顶级服务机构。

联系我们 Contact Us

400 - 026 - 2099

ask@iresearch.com.cn

企 业 微 信

微信公众号

法律声明

版权声明

本报告为艾瑞咨询制作，其版权归属艾瑞咨询，没有经过艾瑞咨询的书面许可，任何组织和个人不得以任何形式复制、传播或输出中华人民共和国境外。任何未经授权使用本报告的相关商业行为都将违反《中华人民共和国著作权法》和其他法律法规以及有关国际公约的规定。

免责条款

本报告中行业数据及相关市场预测主要为公司研究员采用桌面研究、行业访谈、市场调查及其他研究方法，部分文字和数据采集于公开信息，并且结合艾瑞监测产品数据，通过艾瑞统计预测模型估算获得；企业数据主要为访谈获得，艾瑞咨询对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽最大努力的追求，但不作任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的观点均不构成任何建议。

本报告中发布的调研数据采用样本调研方法，其数据结果受到样本的影响。由于调研方法及样本的限制，调查资料收集范围的限制，该数据仅代表调研时间和人群的基本状况，仅服务于当前的调研目的，为市场和客户提供基本参考。受研究方法和数据获取资源的限制，本报告只提供给用户作为市场参考资料，本公司对该报告的数据和观点不承担法律责任。

合作说明

该报告案例章节包含部分企业的商业展示，旨在体现行业发展状况，供各界参考。

为商业决策赋能

EMPOWER BUSINESS DECISIONS

iResearch

艾 瑞 咨 询

东西智库 | 专注中国制造业高质量发展

东西智库，专注于中国制造业高质量发展研究，主要涵盖新一代信息技术、数控机床和机器人、航空航天、船舶与海工、轨道交通、节能与新能源汽车、电力装备、农机装备、新材料、医疗器械等制造强国战略十大领域，并提供战略咨询、规划编制、项目咨询、产业情报、品牌宣传等服务。

欢迎加入东西智库小密圈，阅览更多制造业精选信息

知识星球

微信扫码加入星球小密圈

交流 | 分享 | 研究

赠1万+制造业精选资料