

元宇宙产业链生态白皮书

中国电子信息产业发展研究院

江苏省通信学会

2022年5月

前 言

元宇宙 (Metaverse) 的概念最早由美国作家于 1992 年提出。2021 年 3 月, 美国 Roblox 公司首次将“元宇宙”写进招股说明书, 引发了社会各界的关注。2021 年 10 月, Facebook 更名为 Meta, 引发了“元宇宙”概念第二波热潮。国内外巨头企业纷纷布局元宇宙领域。我国一些地方政府也积极布局元宇宙, 上海、武汉、合肥、无锡、杭州、南昌、厦门等地先后提出重点发展元宇宙相关产业。元宇宙成为各界关注热点, 新模式新业态不断涌现。

赛迪智库电子信息研究所和江苏省通信学会联合编写了《元宇宙产业链生态白皮书 (2022 年)》, 总结了元宇宙产业发展现状, 梳理了元宇宙技术体系与产业链各环节发展情况, 分析了各地发展现状、投融资情况和产业发展存在问题, 提出了若干措施建议, 期望进一步统一产业发展共识, 为行业管理部门提供决策参考。如有商榷之处, 欢迎批评指正。

编写人员

本报告内容由中国电子信息产业发展研究院的温晓君、赵燕、李旭东、宋籽铤、张甜甜、张哲和江苏省通信学会的王丰、王鹰、吕军、何军、张俊、吴盼参与撰稿。

目录

一、元宇宙的发展情况	1
(一) 全球元宇宙发展现状及特点	1
(二) 我国元宇宙发展现状及特点	3
二、元宇宙的技术体系与产业链	5
(一) 元宇宙的基本概念	5
(二) 元宇宙的主要特征和技术体系	6
(三) 元宇宙产业链构成	7
(四) 元宇宙产业地图	9
三、元宇宙基础设施层发展情况	10
(一) 通信网络基础设施	10
(二) 算力基础设施	14
(三) 新技术基础设施	18
四、元宇宙核心层发展情况	21
(一) 终端入口	21
(二) 时空生成	33
(三) 交互体验	40
(四) 产业平台	50
五、元宇宙服务层发展情况	56
(一) 消费端应用服务	56
(二) 行业端应用服务	59

(三) 政府端应用服务	64
六、元宇宙资源集聚情况	67
(一) 产业联盟	67
(二) 专利池	67
七、地方元宇宙产业发展情况	69
(一) 上海	69
(二) 北京	69
(三) 杭州	70
(四) 青岛	71
(五) 南昌	71
(六) 无锡	73
(七) 合肥	74
(八) 成都	74
(九) 武汉	75
(十) 厦门	75
(十一) 广州	76
(十二) 南京	77
(十三) 张家界	79
(十四) 三亚	80
八、元宇宙投融资情况	81
(一) 国内外投融资情况及特点	81
(二) 典型案例	85

九、元宇宙产业发展存在的挑战.....	98
(一) 信息安全风险.....	98
(二) 法律监管缺失.....	98
十、元宇宙产业发展建议.....	99
(一) 深化对元宇宙的理解与认知，构建良性元宇宙产业生态.....	99
(二) 突破元宇宙核心技术瓶颈，夯实元宇宙发展技术根基.....	99
(三) 围绕基础底层技术和平台标准，构建完善的应用创新生态系统.....	99
(四) 加强对元宇宙发展的监管和引导，加快相关法律法规研究制定.....	100
(五) 加快地方对元宇宙产业导入和支持，推动新兴领域占位抢位发展.....	100

一、元宇宙的发展情况

(一) 全球元宇宙发展现状及特点

1.政策层面，美国自上而下鼓励投资与监管并行，日韩出台政策积极推动

美国率先推出元宇宙概念，拥抱创新的同时积极关注数据安全与加密货币监管。对于加密货币实行牌照化管理，因州而异，但框架逐步完善，可执行性强，有效遏制了初期区块链和数字货币领域出现的乱象。韩国表现出对元宇宙强烈的紧迫感，已出现从用户群体到平台搭建者共同营造的元宇宙热潮，政企合作共同布局该领域，2021年11月3日，首尔市政府制定了全球第一个中长期元宇宙政策文件“元宇宙首尔基本计划（Basic Plan for Metaverse Seoul）”，宣布建立名为“元宇宙首尔（Metaverse Seoul）”的元宇宙平台。2021年7月，日本经济产业省发布了《关于虚拟空间行业未来可能性与课题的调查报告》，归纳总结日本虚拟空间行业亟须解决的问题，以期能在全球虚拟空间行业中占据主导地位。11月，日本成立“一般社团法人日本元宇宙协会”，将与金融厅等行政机关相互配合，启动市场构建，力争使日本成为元宇宙发达国家。

2.技术层面，基础设施、终端、平台先行，多种技术积累为元宇宙奠定技术基础

美国作为元宇宙开拓者，底层技术领先，产业布局全面。

Meta、微软的 XR 头显设备占据 XR 半壁江山，占据了元宇宙的硬件接入口；Amazon、微软、Google、IBM 等科技巨头在云计算领域的市占率排在全球前列，目前全球 90% 以上大型游戏公司依托 Amazon 云在线托管。此外，在算法方面，Google、Mate、亚马逊、微软等科技巨头纷纷布局基础算法框架，开发 TensorFlow、MXNet、CNTK、Caffe 等一批主流人工智能算法框架；底层工具方面，Unity 开发的游戏引擎、Epic Games 的虚幻引擎、Decentraland 的经济系统等，为元宇宙世界创作者提供了强大的创作工具。

3.应用层面，社交、娱乐、文化领域率先发力，工业制造领域逐步跟进

社交与游戏方面，典型的入局者为 Meta，目前已形成了相对全面的业务布局，莉莉丝、罗布乐思等游戏公司相继推出元宇宙相关游戏，索尼依托日本 ACG 产业积累及丰富的 IP 资源，旗下 PlayStation VR 在全球销量排名前三。虚拟数字人方面，目前已有众多公司或机构入局虚拟数字人，且技术的仿真效果更加成熟，如入学清华的首个 AI 虚拟学生“华智冰”、阿里的 AYAYI、抖音 UP 主柳夜熙等。此外，从娱乐等应用场景向外延伸相应的技术应用已应用在演出及会议等领域，2021 年 11 月，贾斯汀·比伯与虚拟音乐会公司 Wave VR 合作，向全球歌迷献上了一场 30 分钟的“元宇宙演唱会”。在工业制造方面，美国已将元宇宙成果应用于工业制造领域，

宝马使用 Omniverse 设计整个工厂的数字孪生体系，在真实生产新产品前，完成设计、模拟、优化等一系列复杂的过程。

4.生态层面，产业联盟、龙头企业积极响应，共筑元宇宙生态圈

韩国科学技术和信息通信部在 2021 年 5 月发起成立了由政府领导、囊括 200 多家公司和机构包括 SK 电讯、现代汽车、韩国移动互联网商业协会等的“元宇宙联盟”，合作进行元宇宙层面的道德与文化实践，分享技术趋势及见解，并启动联合开发项目。中国在各地政府、企业的助推下，相继成立了长三角元宇宙联盟、广州元宇宙创新联盟等产业联盟，致力于协同上下游推进元宇宙发展。三星等巨头也积极为元宇宙搭建资本基础，推出元宇宙基金并大受欢迎。2021 年 11 月，英伟达、Roblox 等四家知名科技巨头高管围绕“元宇宙愿景”举行大型讨论会。国内互联网企业抢先布局，通过并购等方式不断完善产业链体系，形成了以龙头企业为核心，版图不断扩展的生态。

（二）我国元宇宙发展现状及特点

1.各地相继出台支持元宇宙相关政策，抢占元宇宙先发优势

部分城市在规划、政府工作报告中先后提及元宇宙。目前，杭州未来科技城发布 XR 产业发展计划，布局元宇宙，推动产业升级；无锡发布了《太湖湾科创带引领区元宇宙生

态产业发展规划》，提出打造国内元宇宙生态产业示范区；北京表示将推动组建元宇宙新型创新联合体，探索建设元宇宙产业聚集区；成都布局成立元宇宙产业联盟，将构建交子大道元宇宙中心；上海市经信委印发的《上海市电子信息产业发展“十四五”规划》中提到对元宇宙的产业布局；厦门市工业和信息化局、厦门市大数据管理局联合发布《厦门市元宇宙产业发展三年行动计划(2022-2024年)》(以下简称《计划》)，力争到2024年，元宇宙产业生态初具雏形。

2. 头重脚轻，“元宇宙”发展任重道远

近年来我国 ICT 产业快速发展，并逐步在虚拟现实/增强现实（VR/AR）终端、通信网络设备、数通设备、液晶显示面板、软件交互等领域取得显著进步，构筑起产业发展长板。一方面，我国 ICT 行业领域，消费市场规模庞大、行业级应用场景种类繁多、企业应用创新活跃，为“元宇宙”技术蜂巢爆发创新提供有力的市场与智力支撑基础。另一方面，底层技术的缺失也带来了重大的挑战。一是 VR/AR 头显设备，手机、电脑、电视等消费终端提供“元宇宙”现实世界与数字世界交互的接口或界面，扩大我国终端整机既有制造优势与加速推动“元宇宙”新型智能硬件普及与应用推广爆发，将形成有力互推作用，带来广阔的发展前景。二是缺少 XR 专业芯片，缺少 XR 底层开发平台及工具，在“中美贸易”摩擦的今天，给“元宇宙”的发展带来了重大挑战。

二、元宇宙的技术体系与产业链

（一）元宇宙的基本概念

元宇宙（Metaverse），由美国科幻作家尼尔·斯蒂芬森（Neal Stephenson）于1992年在其著作《雪崩》中提出，是指一个与现实世界平行、相互影响并且始终在线的数字虚拟世界。人们可在元宇宙中生活、娱乐、工作、交易，比如在虚拟世界中与家人朋友吃饭逛街、用虚拟货币交易等。2021年3月，美国Roblox公司首次将“元宇宙”写进招股说明书，引发了社会各界的关注。2021年10月，Facebook更名为Meta，确定将在未来几年转型成为元宇宙公司，引发了“元宇宙”概念第二波热潮。

业界对“元宇宙”的概念众说纷纭，至今未有被广泛认可的确切定义。国内外科技巨头、企业家、知名学者对“元宇宙”的理解认知主要有五类：一是认为元宇宙是下一代互联网，例如Meta首席执行官扎克伯格说“元宇宙是更好体验版本的互联网”；二是认为元宇宙是新型互联网应用，例如清华大学研究团队提到“元宇宙是整合多种新技术而产生的新型虚实相融的互联网应用和社会形态”；三是认为元宇宙是数字经济的新形态，例如南京大学钱志新教授讲到“元宇宙是数字技术的大集成，是数字经济的高形态元宇宙”；四是认为元宇宙是数字化手段构建的3D空间，例如英伟达创始人黄仁勋说“现实世界和元宇宙是相连接的，元宇宙是数个共享的虚拟3D

世界”；五是认为元宇宙是一种体验，例如杜比实验室首席执行官凯文·叶曼认为元宇宙是一种视听体验。

综上，我们认为：元宇宙的“元”具备创新、创造的特征，“宇宙”代表时间、空间和人的概念。元宇宙是以信息基础设施为载体，以虚拟现实（VR/AR/MR/XR）为核心技术支撑，以数据为基础性战略资源，构建而成的数字化时空域。

（二）元宇宙的主要特征和技术体系

元宇宙具有虚实融合、去中心化、多元开放、持续演进等特点。伴随新技术的迭代升级和新应用的融合创新，“元宇宙”的内涵外延将不断拓展延伸。

技术演变为“元宇宙”构建平台载体。现实世界技术发展日新月异，为“元宇宙”发展带来契机。以物联网、互联网、5G/6G网络、Wifi6等通信设施及技术为基础，构建“元宇宙”基础设施，为虚实融合及交互提供平台载体。运用云计算、人工智能、区块链等为代表的数字化新技术，将真实宇宙数字化，生成虚拟宇宙，虚拟宇宙具备真实宇宙的所有特性。最后在大数据中心、智能计算中心、边缘计算中心等算力基础设施上，对虚拟宇宙进行再创造，达到虚实融合。

以虚拟现实为核心的信息技术构成“元宇宙”技术主干，推动多类型新兴技术融合创新发展。“元宇宙”以虚拟现实（VR/AR/MR/XR）头显、智能可穿戴、脑机接口等打通与现实世界沉浸式交互的接口，以数字孪生、三维仿真等建模

仿真工具、内容制作工具构筑虚实交互体验，以实时渲染、4K/8K超高清视频、三维/全息显示等实现真实、顺畅的交互呈现，最终在基础芯片、元器件、操作系统等软硬件技术基础上构成“元宇宙”终端入口。

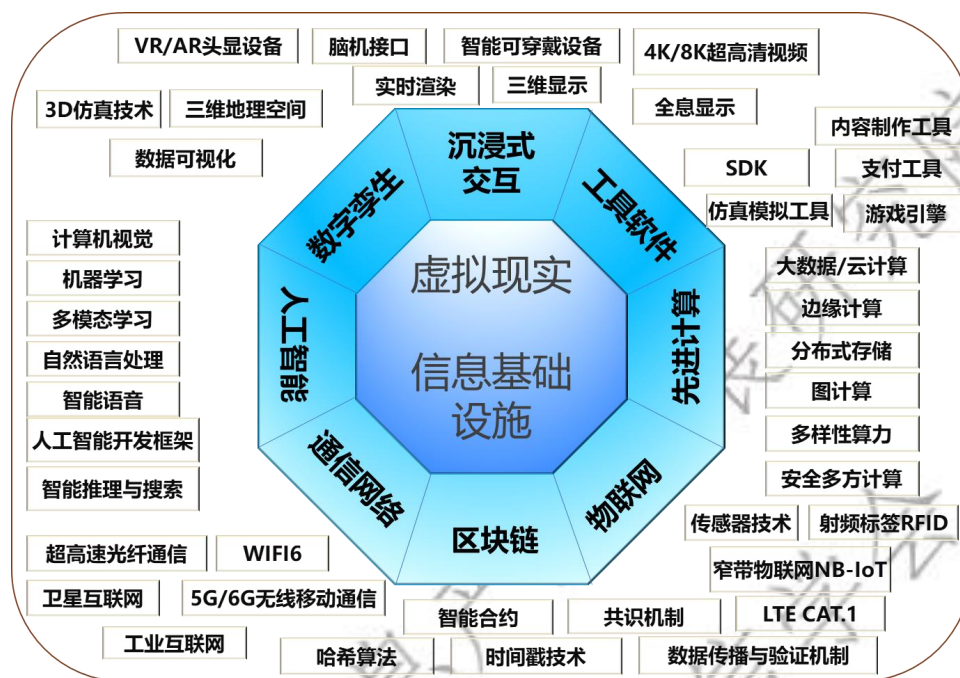


图 2.1 元宇宙技术体系

(三) 元宇宙产业链构成

“元宇宙”产业链分为基础设施层、核心层和应用服务层。

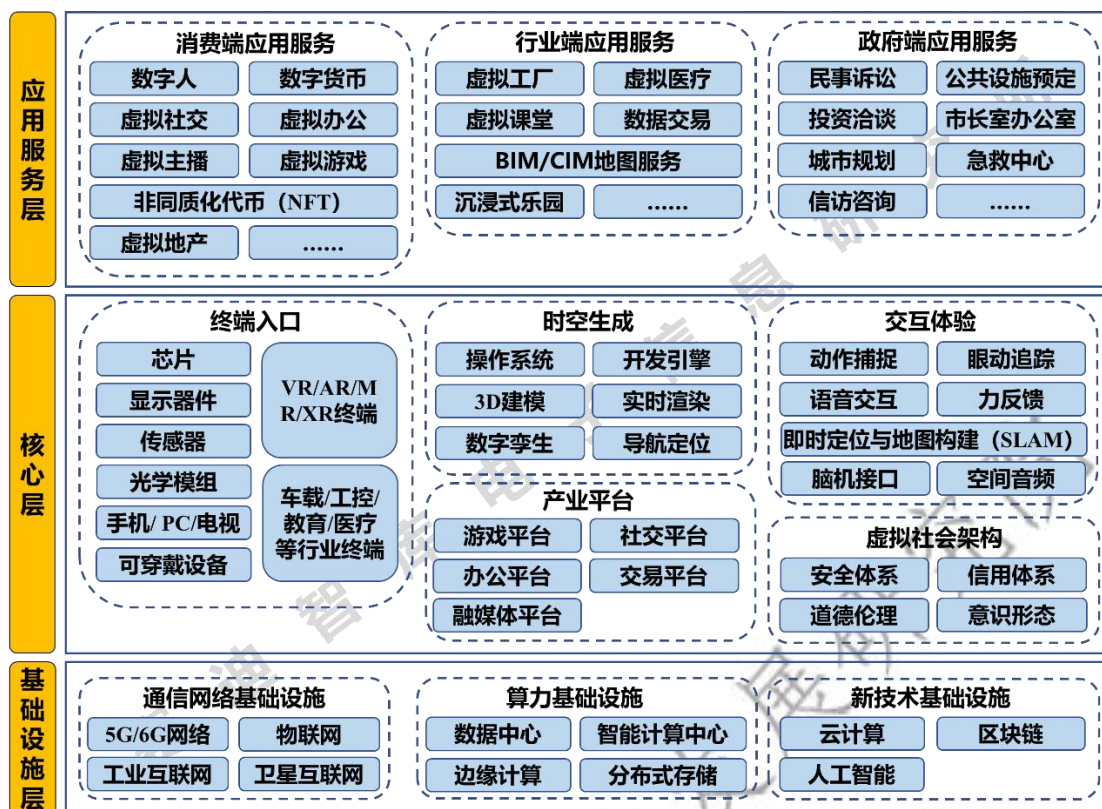


图 2.2 元宇宙产业链全景图

基础设施层包含通信网络基础设施、算力基础设施和新技术基础设施，主要负责数据的实时传输与分发、存储计算与处理、挖掘与分析决策。

核心层由终端入口、时空生成、交互体验、产业平台、虚拟社会架构组成。其中终端入口包含接入“元宇宙”的各类终端以及这些终端所需的基础软硬件；时空生成包含将真实物体数字化所需的技术工具；交互体验包含“元宇宙”中的各类交互技术；产业平台包括游戏平台、社交平台等；虚拟社会架构包括安全体系、信用体系等。

应用服务层包含消费端应用服务、行业应用端服务、政府端应用。完整的“元宇宙”形成后，其将赋能工业生产、医

疗健康、教育培训、文化娱乐等传统行业，创造信息消费新业态新模式，对人类的生产生活方式带来颠覆式变革。

(四) 元宇宙产业地图

按产业链各环节划分，元宇宙重点企业可以归纳为表 2.1 所示。

表 2.1 元宇宙产业链全景图

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

数据来源：赛迪智库整理 2022，04

三、元宇宙基础设施层发展情况

(一) 通信网络基础设施

1. 发展特点

通信基础设施作为支撑“元宇宙”运行的血液系统，涵盖了光纤通信、5G/6G 移动通信、WIFI6、工业互联网等多类型系统设施，为元宇宙海量元素互联、交互提供连接保障。尤其以 5G、千兆光网为代表的“双千兆”网络是当前“元宇宙”建设发展的重要基础设施，基于 5G 技术增强型移动宽带、超可靠低时延和海量物联三大特性，为元宇宙应用爆发提供坚实连接基础。下面，以“双千兆”网络建设应用和技术走势为例，分析元宇宙网络通信基础设施发展特点。

“双千兆”网络顶层设计持续强化。2021 年和 2022 年政府工作报告提出加大 5G 网络和千兆光网建设力度，推动 5G 规模化应用；各部委也相继印发《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023 年）》、《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》等行业指导性文件，为我国网络基础设施建设和产业创新发展提供了支撑保障环境。在国家相关顶层规划指导下，各省、市、自治区加快布局，相继印发 5G 网络基础设施、产业应用创新、行业融合应用等方面的实施方案或行动计划，有力推动国内“双千兆”网络广泛部署。

5G 标准化工作持续推进。5G 作为支撑经济社会数字化、智能化转型的关键新型基础设施，相关标准、专利布局对产

业发展具有重要意义。全球疫情蔓延掣肘 5G 技术标准时间冻结。2018 年主要面向 eMBB 应用场景的 5G Rel-15 NSA 和 SA 组网标准冻结，受新冠疫情影响，重点面向工业 IoT 和 uRLLC 等领域的 Rel-16 标准推迟至 2020 年 7 月冻结，原定于 2021 年底冻结的 Rel-17 标准又进一步迟滞至 2022 年 6 月，Rel-17 标准潜在方向将包括增强覆盖、毫米波通信、面向应急通信和垂直行业应用的终端通信等方向。

网络新基建快速部署筑牢数字底座。我国自 5G 商用以来基建部署持续加速，各省市从站址规划、资源开放、用电优惠等方面给予有力支持，截至 2022 年 2 月末，我国 5G 基站建设总数达 150.6 万，覆盖范围不断扩大，且有望在 2022 年底建成 200 万座，为“元宇宙”等创新应用提供基础支撑。我国各省市“双千兆”网络将持续展开部署完善，根据《“十四五”信息通信行业发展规划》，到 2025 年每万人拥有 5G 基站数量达到 26 个，各省市在网络基础设施建设方面相继做出规划，将为“元宇宙”高速、海量链接等需求奠定网络底座。

“双千兆”网络赋能“元宇宙”创新应用百花绽放。据工信部《“十四五”信息通信行业发展规划》新闻发布数据显示，截至 2021 年 11 月，我国 5G 应用创新案例已超过 1 万个，覆盖 22 个国民经济重要行业。其中，空中课堂、虚拟实验室、智慧校园等应用初具规模，超过 600 家三甲医院开展了 5G+急诊急救、远程诊断、健康管理等应用，增强现实导游、

4K/8K 直播等应用在信息消费领域快速发展。此外，电信运营商加速整合数字新媒体业务，提升网络承载能力支持 XR 应用发展。2021 年 11 月 11 日，中国移动通信联合会成立元宇宙产业委员会，宣告国内首家元宇宙行业协会正式成立。

2.存在问题或瓶颈

以“双千兆”网络为代表的通信网络基础设施部署完善尚需等待时日。其中，我国 5G 新基建以 SA 模式展开建设部署，接入网全覆盖、高速大容量核心网和承载网升级仍需要较长时间，投资建设成本巨大，回报周期较长。

5G 基站能源消耗巨大。5G 单站功耗约为 4G 单站的 2.5~3.5 倍，且 5G 基站覆盖面积远小于 4G 基站，以 4G 基站 3 倍数量估算，5G 基站耗电量将达 4G 的 9 倍，电信运营商推进网络基础设施部署与配电运行面临现网电源、配套设备扩容和高昂电费的双重压力。

面向 5G 毫米波频率规划政策等需进一步明确。未来，网络基础设施建设需综合考虑运营商现有频谱资源与技术、频谱特性、产业链完善程度等因素，推进高频段的资源，如 5G 毫米波频段规划、开发以及针对不同行业要求专网设施建设，持续发挥 5G 新基建支撑带动终端产业发展底座作用。

5G+元宇宙创新尚需进一步破题。目前我国 5G 芯片产业化程度尚不成熟，产业链上游半导体材料制备、芯片制造先进制程工艺整体有待提高。同时，5G+元宇宙创新商业模

式探索需进一步加强，5G 行业应用创新支撑能力不足，融合应用 VR、AR、AI 等新一代信息技术的行业应用能力开放、开发共性平台以及相关检测认证平台搭建处于起步阶段，文娱、医疗教育、车联网等应用标准没有统一，互联互通、安全隐私、安全评测认证等要求尚且无法得到有效保障，技术、标准及商业可行性需进一步摸索验证。

3.未来需求及发展趋势

未来，仍需稳步推进网络基础设施部署，夯实元宇宙应用发展底座支撑能力。发挥国家顶层设计指导，推动电信运营商持续展开 5G 接入网、承载网、核心网网络部署，逐步扩展覆盖范围，加大站址用地、用电支持力度，统筹机房、管线等配套设施建设，推动市政灯杆等社会杆塔资源向 5G 网络设施开放共享。同时，面向 5G 三大应用场景，Rel-17 潜在技术方案如 MIMO 增强、节能增强、56G 以上频率通信、非陆地网络 NR、定位增强技术等，面向物联网、低时延场景的 NB-IoT 和 eMTC 增强、IIoT 和 URLLC 增强技术等，将进一步确认。同时，通信技术发展十年一周期，B5G 及 6G 技术将不断演进发展，为满足智慧、深度、全息及泛在连接需求，太赫兹通信、空天地海一体化通信、元宇宙等技术将得到持续深入探索研究。

（二）算力基础设施

1.发展特点

算力基础设施，作为“元宇宙”虚拟人、虚拟课堂、虚拟搬动等应用中大规模数据要素挖掘、分析、应用的算力底座，依托数据中心、智能计算中心等实现大数据、云计算、边缘计算、分布式存储等能力支撑。

经济生产生活方式变革加速数据中心数字化进程。疫情常态化防控影响下，远程办公、在线娱乐等需求激增，社会治理数字化进程加快，信息处理、存储量急剧增长，为满足数字化建设需求，全球各地对数据中心 IT 基础设施的投资持续并进一步扩大。数据中心数字化进程的推进不仅保障远程办公、电商消费等平台经济新业态新模式发展，也为“元宇宙”To C、To B 全模式业务创新提供算力保障支撑。

国外科技巨头引领“元宇宙”算力基础设施布局。英伟达加快卡位元宇宙 GPU、AI、Omniverse 底层硬件，提出“GPU+CPU+DPU”3U 一体的数据中心新计算架构，构建 Omniverse 服务器和 Omniverse 数据中心，布局自动驾驶、机器人、VR 等应用领域。谷歌数据中心主要用于搜索、Gmail、YouTube 等业务服务，不断强化数据中心设施能源效率，2021 年 PUE 约为 1.1，显著优于行业平均值 1.59，并计划于 2030 年实现全部数据中心无碳能源运行。英特尔 2022 年投资者会议发布新版数据中心路线图，提出客户端能效核与性能核

并存，基于首款采用 10nm 制程的第三代至强可扩展处理器构筑全新数据中心平台，并搭配傲腾持久内存与存储产品组合、FPGA 等方案，可提供数据中心、云、5G 和智能边缘等领域中计算性能与工作负载优化。

国内政策利好驱动，算力基础设施布局日趋优化。2020 年以来，《加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》等新一轮政策推动下，数据中心区域分布由北上广深超一线城市集中分布，逐渐向一线周边城市以及中西部地区转移，截至 2020 年末，河北、天津、江苏等一线城市周边地区分散部署的数据中心在建机架数位列全国前三。基于政策引导、冷凉气候条件以及能源禀赋等条件，中西部城市也在加速数据中心建设，数据中心网络、运维质量不断完善，冷存储业务、离线计算业务逐步上线。

数据中心云计算能力持续向边缘计算能力下沉。物联网、5G、工业互联网等应用持续发展以及超高清、虚拟现实等边缘刚需场景涌现，将云计算能力由中心下沉到边缘，以云边协同满足多业务场景需求。未来超大规模及企业级数据中心将持续关注运营能力下沉边缘计算站点，包括更强的智能化及控制能力、更加重视可用性及热管理，更多关注各系统的能效表现。

2.存在问题或瓶颈

规模优势不明显，供需结构性失衡。整体来看，我国数据中心规模数量大致供需平衡，但由于数据中心“东部沿海居多，核心城市集中，中、西、北部偏少”的格局，存在供需结构性失衡，即经济发达地区需大于供，经济欠发达地区则供大于需，由于跨省数据传输费用高、数据安全性风险高等瓶颈，难以有效承接东部需求。

数据中心能耗高，PUE 提升空间较大。随着数据和应用数量爆发式的增长，由于数据中心机柜数量多、功率大，服务器、存储系统、网络设备及芯片等都需要耗费大量的能源用于维持数据中心运作；与此同时数据中心对环境要求极高，需要依赖空调、水冷机等辅助设备降温，导致数据中心能耗过高，增加了企业数据中心维护成本，成为数字化、绿色化可持续发展的阻碍。

大数据中心建设标准尚不完善，运维管理能力相对滞后。目前，许多地方政府盲目跟风，投入巨资在本地建设大数据中心的，但对大数据中心的内容和作用认识并不明晰，没有形成完整的生态，机架租用率陷入低迷，无法带动产业发展。同时，随着数据中心规模和数量的快速增长，数据中心行业高效运维管理以及人才问题愈发凸显，尤其以西部地区尤为显著。

3.未来需求及发展趋势

未来，随着 5G、云计算、大数据、人工智能、全息显示等技术的融合应用，“元宇宙”海量 To C 和 To B 应用终端用户将对实时高效的算力需求不断提升。未来需求及发展趋势：

一是继续强化统筹，加强数据中心绿色集约建设。2021 年以来，新基建、数字经济、碳中和成为了“十四五”期间的重点任务。数据中心作为数字经济关键算力基础设施，具备高科技、高能耗双重特点，发展重点将逐步转向探索减碳、零碳排放的可行路径，统筹规划数据中心建设布局，引导大规模数据中心适度集聚，以数据中心集群为抓手，加强数据中心绿色集约建设，实现数据中心节能减排。

二是提高数据中心效率，完善标准监管评价体系。坚持资源环境优先原则，充分考虑资源环境条件，数据中心优先在能源相对富集、气候条件适宜、自然灾害较少的地区进行建设，提高数据中心能源利用效率。鼓励采用液冷、高压直流、微模块以及虚拟化、云计算等技术方案，充分考虑动力环境系统与 IT 设备运行状态的精准适配，鼓励采用智能化系统和平台优化数据中心整体能效，持续降低数据中心 PUE。完善建设数据中心等算力基础设施的标准、监管评价体系，提升运维管理能力。

（三）新技术基础设施

1.发展特点

区块链技术是元宇宙运行的核心技术，并塑造元宇宙内部经济系统。不可篡改、不可复制的唯一性、智能合约、去中心化作为区块链的四大基本特征，有效助力元宇宙内部经济系统搭建。元宇宙不是简单的虚拟世界，而是类现实的平行世界，这意味着元宇宙内部需要一套完整并可独立运行的经济系统，且元宇宙内部产生的数字资产能在现实世界自由流通，而区块链的不可篡改、不可复制、智能合约、去中心化的特点能让这种想法真正落地。区块链技术目前已经发展至 NFT 阶段，开启了数字内容资产化时代，受到大量巨头追捧和资金注入，国内互联网大厂也开始尝试数字藏品。

人工智能技术是元宇宙重要的驱动引擎，为元宇宙大量应用场景提供了支持。围绕海量数据分析处理需求而产生的分布式计算、高性能计算、云计算、雾计算、图计算、智能计算、边缘计算、量子计算等“算力”体系将成为元宇宙发展的重要引擎。人工智能、深度学习等“算法”为元宇宙提供智能化支撑，而以 5G、NB-IoT、TSN 为代表的现代通讯网络将数据、算力与算法紧密地连接在一起，实现了协同作业和价值挖掘。而对大数据的充分挖掘而形成的智慧支撑系统，将成为未来元宇宙高质量发展的强大动力。

2.重点企业及主要产品

(1) OpenSea

最大的去中心化 NFT 数字商品交易市场，涵盖最广泛的市场类别，包括艺术类、音乐类、域名、游戏资产以及卡牌等。据其官网数据显示，平台上共约有 828100 种收藏品类型，有超过 60 万交易用户，NFT 数量超过 3000 万，交易总额已突破 110 亿美元。

3.存在问题或瓶颈

非同质化代币监管缺位。数字化资产凭证是元宇宙生态的关键要素，而 NFT 可以成为元宇宙中数字化资产凭证的一种表现形式，并且将随着元宇宙的发展逐步演进。目前有些国内 NFT 交易平台宣称“持牌经营”“合规交易”“人民币结算”等吸引投资者，一些 NFT 游戏、交易平台，出于吸引用户、宣传等目的，平台会不定期向用户钱包发放“空投”。对 NFT 监管缺失，容易导致商家炒作，最终成为“击鼓传花”骗局。

人工智能尚处于感知智能阶段，认知智能瓶颈未能突破，难以有效支撑元宇宙。认知智能是机器以人类语言的理解和常识推理未基本认知逻辑，是人工智能的相对高级的阶段，其关键技术为多步推理和更加准确的常识判断。人机智能交互能力和超大规模的数据集处理能力是推动元宇宙发展重要的突破点，也正是认知智能发力点，目前认知智能的技术水平和人类相比还有一定的差距，难以有效支撑元宇宙发展。

4.未来需求及发展趋势

元宇宙衍生需求推动人工智能快速发展，并诞生依托于元宇宙的人工智能。在游戏测试领域，通过机器学习、计算机视觉对游戏的 bug 和通关难度进行测试，有效减轻人类测试员工作量，发现游戏死角，提升用户体验。在内容制作领域，通过计算机视觉、自然语言处理技术，全自动生成武器、建筑、环境、音乐。元宇宙产生的海量数据被用于人工智能的训练，人工智能将明显具有驾驭“元宇宙”的能力，会逐步形成“元宇宙”原生的人工智能技术，比现实世界更强，未来可以应用于解决现实世界更加高阶的科研问题。

资产数字化加速，NFT 有望在元宇宙将加速推广。NFTs (Non-Fungible Tokens, 非同质化代币) 是当前区块链技术中最热门的趋势之一。NFT 是在区块链上生成的不可复制的唯一代币，首次将稀缺性原则引入了数字资产。NFT 为区块链带来了无数的新用例，已超出了艺术品和数字收藏品范畴，NFT 正在开创一个“从玩到赚”的游戏新时代，随着元宇宙概念的发展，NFT 可能将成为这些虚拟世界的重要组成部分，并在此过程中获得更多的应用。

四、元宇宙核心层发展情况

（一）终端入口

相较于其他终端入口，虚拟现实（VR/AR/MR/XR）头显的感知体验和交互特性直接决定了元宇宙对于用户的吸引力，其也是实现计算、感知、交互、融合等功能的重要载体。下文以虚拟现实头显为主要对象，在以下几方面进行分析：

1.发展情况

全球虚拟现实头显市场迎来高速增长，**Meta** 及**微软** 分别居于 **VR** 及 **AR** 终端市场龙头地位。IDC 数据显示，2021 年全球 VR/AR 头显出货量达到 1123 万台，市场同比增长 92.1%。其中 VR 头显出货量达 1095 万台，2C 端 VR 头显出货量首次超过 2B 端，VR 头显开启消费级市场之路。预计 2022 年全球 VR 头显出货量将突破 1573 万台，同比增长 43.6%。**Meta** 旗下 **Oculus Quest 2** 出货量约 880 万台，市场占有率 80%，已成为全球 VR 头显市场的代表性产品。**AR** 眼镜市场龙头地位被**微软** 占据。国内品牌方面，字节跳动旗下 VR 头显品牌 **Pico** 市场占有率为 6%，全球第二。我国 VR 头显设备市场较小，2021 年出货量不足百万台，其中 **Pico**、**爱奇艺** 瓜分了过半市场份额。虚拟现实头显设备持续发展及迭代，离不开芯片、光学、显示等核心器件的有力支撑。

芯片：高通骁龙 XR2 成为主流选择，本土化产品实现

初步应用。处理器芯片方面，2018 年全球首个 XR 专用芯片高通骁龙 XR1 平台改变了整个虚拟现实头显的格局，2019 年高通推出全球首款支持 5G 的 XR 平台——骁龙 XR2，其支持 3K 单眼分辨率、8K 360°全景视频、七路并行摄像头，目前已成为 2000-4000 元消费级产品 VR/AR 头显的主流选择。

光学器件：VR 与 AR 头显采用的光学方案明显不同。

VR 光学器件主要以菲涅尔透镜方案为主，**pancake** 方案市场逐步扩大。目前 Meta、Pico 等主流 VR 设备均采用菲涅尔透镜方案，但由于焦距问题头显相对笨重；**pancake** 方案可将整机厚度减少 48%、模组厚度减少 56%、整机重量 40%。

AR 光学器件主要分为棱镜、自由曲面、**BB (BirdBath)** 和光波导等方案，其中**棱镜方案**主要用于骑行头盔等辅助产品，但存在视场角小的问题，典型产品为 Google Glass；**自由曲面方案**采用具备一定反射/透射 (R/T) 值的自由曲面反射镜，可全覆盖佩戴者的眼睛，给用户带来较好的成像质量，但存在重量大、光机透过率较低的问题，代表性产品有日本爱普生公司的 BT-200，美国梦境视觉公司的 Meta2 系列 AR 眼镜；**BB 方案**则是将来自显示源的光线投射至 45 度角的分光镜上，分光镜具有反射和透射值 (R/T)，允许光线以 R 的百分比进行部分反射，其余部分则以 T 值传输，用户可同时看到现实世界的物理对象，以及由显示器生成的虚拟影像。目前市面上的消费级 AR 眼镜多采用 BB 方案，如 ODG R8 和 R9，

其中 ODG 有 50 度的视场角，其光机厚度则超过 20mm，透过率较低。**光波导方案**分为几何光波导和衍射光波导，其中**几何光波导**又称阵列光波导，其采用半透半反镜阵列作为出瞳扩展器，服从的是入射角等于反射镜的反射定律，对构成全彩显示的三原色的入射光无色散作用，从而可以保证画面无明显的色彩偏差，但由于目前生产工艺及制造的瓶颈，几何光波导显示有明显的光栅条纹，影响可视性。**衍射光波导**采用的是衍射光栅作为耦入耦出器件，目前使用较多的衍射光栅方案有 Hololens 的倾斜光栅、Magic Leap 的二元光栅以及 WaveOptics 的圆柱光栅，但无论何种形式光栅，均会出现色散效应，所以无法做到较好的色彩表现，同时衍射光波导的光效相比几何光波导也较差。

近眼显示器件：VR 与 AR 头显对显示器件需求差别较大。VR 头显追求高分辨率、大视场角，目前主流产品采用 TFT-LCD（快速响应液晶），其存在显示颗粒感严重、重量大问题。苹果预计 2022 年第四季度发布 VR 眼镜，将搭载索尼 4K Micro OLED 显示屏，相对于 TFT-LCD 而言，其像素尺寸及屏幕大小均能得到稳步进步。**AR 头显则追求轻量型、低功耗和高亮度**，目前 AR 头显主要有 4 种显示器件，分别是硅基 LCoS 显示器、硅基 Micro OLED 显示器、硅基 Micro LED 显示器以及 DLP 显示器。**硅基 LCoS 显示器**的优点是分辨率高，亮度随光源亮度变化，缺点是成像系统复杂，对比

度较低；**硅基 Micro OLED 显示器**的优点是自发光，成像系统简单，缺点是亮度低，寿命较短；**硅基 Micro LED 显示器**的优点是自发光，成像系统简单，亮度与对比度高，缺点是**目前彩色技术方案不够成熟，整体良率较低**；**DLP 显示器**的优点是光效高，缺点是成像系统复杂，分辨率较低。目前业界普遍认为 3-5 年内 AR 头显采用的技术方案为**硅基 LCoS 显示器**与**单色硅基 Micro LED 显示器**，而 5 年后则基本采用**彩色硅基 Micro LED 显示器**。

2.重点企业及主要产品

2.1 终端整机厂商

(1) 谷歌：第一款 AR 眼镜 Google Glass

Google Glass 是由谷歌公司于 2012 年 4 月发布的一款 AR 眼镜，集智能手机、GPS、相机于一身，在用户眼前展现实时信息，只需眨眨眼即可拍照上传、收发短信、查询天气路况等操作。用户无需动手便可上网冲浪或者处理文字信息和电子邮件，同时，用户可以用自己的声音控制拍照、视频通话和辨明方向。Google Glass 主要结构包括，在眼镜前方悬置的一台摄像头和一个位于镜框右侧的宽条状的电脑处理器装置，配备 500 万像素摄像头，可拍摄 720p 视频。Google Glass 的重量只有几十克，内存为 682MB，所使用的 CPU 为德州仪器生产的 OMAP 4430 处理器。2019 年，谷歌发布了第二代企业版 Google Glass。

(2) 微软: HoloLens 2 混合现实头显

微软于2019年11月发布HoloLens 2,其搭载了骁龙 850 计算平台,提供 2-3 小时的电池续航。此款混合现实头盔提供手部追踪、眼部追踪、语音命令、空间映射、混合现实捕捉、6DoF 追踪等功能。2021 年美国陆军与微软签订合同,基于 HoloLens 2 打造士兵战术 AR 头显。

(3) Magic Leap: AR 眼镜 Magic Leap One

2017 年 12 月美国公司 Magic Leap 发布旗下第一款 AR 眼镜 Magic Leap One,其由 3 个设备构成,分别为 Lightwear 头显、内含处理器的 Lightpack 和拥有 6DoF 的手持遥控器。Magic Leap One 拥有数字光场、视觉感知、持续对象、声场音频、高性能芯片组和下一代界面等特性,其中数字光场是 Magic Leap One 最大的技术特点,它试图将数字光与自然光混合,缩小虚拟世界和真实世界的物体之间的差异。2022 年, Magic Leap 2 将发布,相比上一代重量减轻 20%,透光低至 0.3%,AR 特效更逼真。

(4) Meta: VR 行业标杆产品 Oculus Quest 2

Meta 于 2014 年收购 Oculus 公司,于 2020 年 10 月发布 Oculus Quest 2,累计销量已突破千万。Oculus Quest 2 使用 Fast LCD 屏,采用高通骁龙 XR2 处理器,搭载 6GB 运行内存和 128GB/256GB 两个存储版本。采用单眼 1832×1920 显示屏分辨率,支持 90Hz 刷新率。支持 Oculus 自带的应用商

店以及 SteamVR 游戏库。Oculus Quest 2 具备 5G 接入的能力，不仅可以独立运行，还可以连接到 PC 端，获得 PC 端的 VR 游戏库。

表4.1 主要VR头显对比

产品	Oculus Quest 2	Pico Neo 3
处理器	高通骁龙 XR2	高通骁龙 XR2
近眼显示技术	Fast LCD	Fast LCD
光学方案	菲涅尔透镜	菲涅尔透镜
单眼分辨率	1832×1920	1832×1920
水平视场角	89°	98°
刷新率	120Hz	90Hz
电池容量	3640mAh	5300mAh
重量	503 克	390 克
交互自由度	6DoF	6DoF
空间定位	Inside-out	Inside-out
运行内存	6GB	6GB
存储内存	128GB/256GB	128GB/256GB

数据来源：赛迪智库整理 2022，04

表4.2 主要AR眼镜对比

产品	第二代企业版Google Glass	HoloLens 2	Magic Leap One
处理器	高通骁龙 XR1	高通骁龙 850	英伟达 TX2
近眼显示技术	LCoS	LCoS	LCoS
光学方案	棱镜	衍射光波导	衍射光波导
单眼分辨率	640×360	1280×1280	2K
水平视场角	80°	52°	50°
刷新率	——	120Hz	——
电池容量	续航 8 小时	续航 3 小时	续航 3 小时
重量	46 克	566 克	316 克
交互自由度	3DoF	6DoF	6DoF

运行内存	——	4GB	8GB
存储内存	32GB	64GB	128GB

数据来源：赛迪智库整理 2022，04

2.2 光学器件供应商

(1) Lumus: 几何光波导方案供应商

Lumus 是位于以色列的 AR 眼镜光学方案厂商，2022 年 4 月其发布了两款 AR 光学模组新品 Maximus 1080P 与 Maximus 1440P。两款产品均支持二维扩瞳阵列光波导，具有公司独有的 2D 反射波导结构优点：户外阳光场景的亮度表现依然出色，图像无失真，电池效率高，颜色均匀，能实现真正的白色等等。这两款 AR 光学模组预计将在明年出货。

(2) Wave Optic: 衍射光波导方案供应商

英国初创公司 Wave Optic 成立于 2014 年，在用于 AR 设备的衍射光波导元件领域处于世界领先水平，特别是二维扩瞳技术独步全球。公司以其雄厚的技术实力获得了国内资本的青睐，曾先后两次获得国内虚拟现实产业巨头歌尔股份注资，并于 2018 年与歌尔签订产品量产战略协议。2021 年 5 月公司被美国社交巨头 Snap 以超过 5 亿美元收购。不同于其他厂商借助各式棱镜或稀有材料，其利用了光导全息和光子晶体，不仅可以减轻产品的重量同时还能保证较好的显示效果。

2.3 近眼显示器件供应商

(1) 索尼: 轻量化 4K Micro OLED 显示屏

为实现 VR 头显对清晰度、体积的要求，索尼研发轻量化 4K Micro OLED 屏幕，产品具备体积小、高分辨率、高对比度、宽色域、快速响应、图像延迟低等特点。像素数量为 OLED 智能手机屏幕的 2 倍，而尺寸则缩小近 20 倍。为了制造此款高密度的微型显示屏，索尼使用了 CMOS 图像传感器采用的加工和封装技术。

(2) 豪威科技：硅基液晶微显示器件 (LCoS)

美国半导体公司豪威科技推出具有集成驱动功能和存储器的业界首款硅基液晶 (LCOS) 微显示器 OP02220，该设备结构紧凑、功耗低、性价比高，可用于耐用性强且重量轻的 VR/AR 头显设备。OP02220 的分辨率为 1920×1080，采用 4.5 微米像素技术制造，尺寸为 0.39 英寸。集成驱动器的功耗低于双芯片解决方案，具有延长电池寿命的效果，同时也节省了电路板空间，助力终端产品轻量化发展。

(3) 奇景光电：微软 HoloLens LCoS 主要供应商

奇景光电成立于 2001 年，总部位于台湾，从液晶显示器驱动芯片逐渐扩展到所有显示领域的驱动芯片，发展为 LCoS 行业领导者，产品在分辨率、功耗、尺寸、成本、光学引擎设计和图像质量方面具有优势，成为市场主流 LCoS 技术提供商，其是微软 HoloLens 硅基液晶微显示器件(LCoS) 的主要供货商。公司 LCoS 相位调变技术的产品，可将汽车仪表盘信息投射在挡风玻璃上，显示在焦点 50 公分处的焦

点平面，相较一般抬头显示器方案，不仅可达到更明亮、更高对比度的影像质量，而且还可以同时显示多个焦点平面影像，并具有更低功耗、更低成本和更小外形尺寸等特点。

3.存在问题或瓶颈

终端整机：高能量密度电池与快充技术不足以支撑终端轻薄化与长续航发展。目前市面主流 VR 头显形态为一体机式，其无需外接其他终端便可使用，因此电池的能量密度直接关系到终端的续航能力，但目前电池能量密度遭遇瓶颈，无法同时满足终端轻薄化与超长续航。目前，电池体积占到整个 VR 头显的 20%左右，但续航时间仅能达到 2-3 小时。AR 眼镜一般会采用外接电池或其他终端以保证轻薄化发展，但有线连接的使用舒适度大打折扣。此外，尚无针对 VR/AR 终端的快速充电解决方案，目前充电时间在 2 小时以上。

光学器件：制造工艺与量产能力阻碍 AR 眼镜推向消费市场。目前较为成熟的 AR 光学方案为棱镜、自由曲面、BB（BirdBath）和光波导方案，前三种方案体积较大，限制了其在 AR 眼镜方面的应用。而光波导的制造流程与半导体制造工艺流程相似，精密化要求较高。目前衍射光波导制备均是基于半导体制备工艺（如光刻、刻蚀工艺）完成。受制备所需的复杂、昂贵的设备限制，生产成本较高，不适合光学模组的大批量制备。若产能和良率无法得到提高，将阻碍 AR 眼镜推向消费市场。

显示器件：产业链国产化低与供货周期延长。我国新型显示产业“卡脖子”问题短期内难以改变，显示材料、设备等上游环节受制于人，玻璃基板、偏光片、光掩膜版、光刻胶等主要材料国产化率低，关键设备大部分依靠国外厂商，曝光机、蒸镀机、激光退火/剥离设备等核心面板生产线设备及其上游关键零部件均被国际巨头垄断。此外，显示面板制造商面临上游材料、元器件供货紧张情况，长时间会导致显示面板产能供应不足问题。

处理器：元宇宙对芯片算力的需求远超算力增长速度。据英特尔预测，当前处理器算力需提高 1000 倍方可支撑元宇宙运行，但根据摩尔定律，未来五年算力只会实现 8-10 倍的增长。英伟达使用多 GPU+云计算方案，耗费数天时间仅可完成 14 秒的黄仁勋“数字替身”，元宇宙对处理器算力提出更高要求，未来架构、神经网络算法等均需在提高计算效率方面发挥作用。

4.未来需求及发展趋势

佩戴更舒适：重量轻、延迟低、续航长。重量方面，当前虚拟现实头显普遍在 80g 以上（鼻子能够长时间承受的重量大概为 30g），重量主要集中在光学透镜、电池、结构件上，合计占比接近 90%，预计光学透镜将向更轻更薄方向升级，电池能量密度将进一步提升，结构件将采用更轻量材料，用料更少。**时延方面**，延迟主要由计算时延和网络时延导致，

未来更高算力的芯片、更效率的算法有望降低计算时延，对 CPU 和 GPU 的性能提出更大挑战，需要先进制造工艺技术支撑。而带宽升级、网络速率提升可改善网络时延。续航方面，计算、显示、电池等技术将得到改善，芯片能耗比提升、显示材质优化、电池能量密度提高。

显示体验：显示、光学器件共同驱动沉浸感升级。近眼显示技术方面，当前主流产品刷新率为 90-120Hz，像素密度（PPI）约 1000，距离人眼舒适的理想状态（刷新率 120Hz 以上，PPI 超 2000）仍有较大差距，VR 头显的近眼显示技术将向 Micro OLED 演进，AR 眼镜则向 LCoS、Micro LED 演进。光学器件方面，当前主流产品视场角约 100°，视角分辨率（PPD）仅 20，距离人眼舒适的理想状态（视场角 150° 以上，PPD 大于 60）仍有较大差距，VR 头显光学方案有望向超短焦光学方案升级，AR 眼镜光波导方案将更加成熟。

表4.3 虚拟现实头显当前痛点、相关硬件配置及未来趋势

需求	行业痛点	重点关注	当前阶段	当前硬件方案	理想状态	未来趋势
沉浸感	分辨率低 视场角小 缺乏沉浸感 容易眩晕	光学系统	单眼视场角约 100°; PPD (视角分辨率) 约 20	VR: 菲涅尔透镜、Pancake AR: 棱镜、自由曲面、BirdBath和光波导	单眼视场角约 150° PPD约60	VR: Pancake等超短焦光学方案 AR: 光波导
		显示系统	刷新率: 90-120Hz 分辨率单眼: 2K PPI (像素密度): 约 1000	VR: Fast LCD、Micro OLED AR: LCoS、Micro OLED、Micro LED、DLP	刷新率: 120-240Hz 单眼分辨率: 4K-8K PPI: 2000-4000	3-5年内: VR以Fast LCD为主, AR以LCoS与单色Micro LED为主 5年后: VR/AR均采用彩色Micro LED显示器
	音频沉浸感待提升	音频系统	空间音频, 延迟较高 (几百毫秒)	主芯片+IMU+场景预判	空间音频、主动降噪、自均衡等, 低延迟 (50毫秒以内)	主芯片+IMU+多麦克风
	交互不自然	交互系统	VR: 头手 6DoF 交互; Inside-out 定位 AR: 手势追踪、图像追踪、平面检测	手柄、摄像头	手势识别、眼动追踪等	更多传感器, 算力提升, 算法优化
	算力不够、场景渲染效果差	计算系统	AI算力15TOPS; 支持8K、60fps视频播放; 5G	高通骁龙XR2	功耗低、算力强、连接稳定等	兼顾成本与功耗, 进一步提升算力
舒适度	串流效果差 数据传输慢	连接系统	有线+无线并行, 其中VR一体机以无线为主, PC VR以有线为主; AR眼镜以有线为主。	USB: USB 3.0 级以上规格; WiFi: WiFi5 主流, 少数WiFi6/6E; 蓝牙: 蓝牙5.0+BLE, 少数蓝牙5.2+BLE	带宽升级、速率提升等	USB 3.0+; WiFi 6/6E、蓝牙5.2+BLE
	佩戴不舒适 头显重量超300g	光学系统	以Quest2为例, 光学模组重量约133g, 占比达26%	VR: 菲涅尔透镜、Pancake AR: 棱镜、自由曲面、BirdBath和光波导		Pancake方案
		电池系统	以Quest2为例, 电池约63g, 占比13%	锂离子电池 (4000-6000mAh)	VR: 100g左右 AR: 30g以下	能量密度提高
		结构件	以Quest2为例, 结构件约250g, 占比50%	塑料、金属为主		结构设计更紧凑, 用料更少, 采用更轻量、坚固材料
	续航时间短	电池系统	续航约2-3h	锂离子电池 (4000-6000mAh)	更长续航时间	电池容量增大、新形态电池
		计算系统	AI算力15TOPS; 支持8K、60fps视频播放; 5G	高通骁龙XR2	功耗低、算力强、连接稳定	兼顾成本与功耗, 进一步提升算力
显示系统		刷新率: 90-120Hz 分辨率单眼: 2K PPI (像素密度): 约 1000	VR: Fast LCD、Micro OLED AR: LCoS、Micro OLED、Micro LED、DLP	刷新率: 120-240Hz 单眼分辨率: 4K-8K PPI: 2000-4000	3-5年内: VR以Fast LCD为主, AR以LCoS与单色Micro LED为主 5年后: VR/AR均采用彩色Micro LED显示器	

数据来源: 中信证券, 赛迪智库整理 2022, 04

(二) 时空生成

1. 发展情况

国外企业已建立深厚的技术壁垒，我国企业未推出市场主流产品。我国在此方面起步晚于国外优质同行 15 年以上，国外领先企业已建立深厚的技术壁垒，当前我国尚无与全球领先企业抗衡的企业。现阶段较为知名的企业为美国的 Unity Technology 和 Epic Games，两家企业均有 15-25 年的发展历程，主流软件开源且历经多轮迭代功能完善，在动画效果、影视渲染、物理及光影效果明显优于其他产品。国内相关软件存在商用成熟度不高、可扩展性有限、应用范围较窄、市场渗透率较低等问题。

3D 建模：静态扫描广泛应用，动态光场指引未来。 3D 建模技术目前主要包含静态扫描技术与动态光场重建两类。静态扫描技术仍为主流，其中相机阵列扫描重建快速发展，目前可实现毫秒级高速拍照扫描（高性能的相机阵列精度可达到亚毫米级），该技术在国际上已成功商业化，广泛应用于电影、游戏创作。相比静态扫描技术，动态光场重建在搭建精细几何模型之外，还可获得动态数据，高品质呈现光影效果。Microsoft、Google、Intel、Meta 等巨头公司都在积极开展相关研究。

实时渲染：硬件与算法突破，渲染真实性与实时性大幅提升。 渲染指对三维物体或虚拟场景加入几何、视点、纹理、

照明和阴影等信息从而达成从模型到图像的转变，渲染决定了最终作品的质量与风格。渲染技术分为离线渲染和实时渲染，由于“元宇宙”更加注重实时的沉浸式交互，因此实时渲染技术更适用于“元宇宙”。实时渲染指图形数据的实时计算与输出，其每一帧都是针对当时实际的环境光源、相机位置和材质参数计算得出的图像。与离线渲染相比，实时渲染面临可渲染时长短、计算资源有限的问题。随着图形处理器及算法的升级，渲染的真实性和实时性均有明显提升。

开发引擎：第三方商业引擎占比持续提升，Unity 与 Unreal 形成双寡头格局。动视暴雪（无尽引擎）、EA（寒霜引擎）、Take-Two（Rage 引擎）等游戏巨头组建庞大的研发团队独立开发自研引擎，国内头部游戏厂商均有自研引擎，但仅限于内部游戏使用。但由于中小厂商或新工作室受制于开发周期与投入预算，同时开发引擎所需技术与其能力不匹配，第三方商业引擎占比持续提升，2021 年 Unity 全球市占率达 49.5%，Unreal 全球市占率达 9.68%，行业双寡头格局基本稳定。越来越多的游戏厂商在商用引擎 Unity 和 Unreal 基础上，针对开发特性对引擎进行深度定制化，以适配特定项目的开发。

2.重点企业及主要产品

（1）Autodesk 公司：3D 建模软件 3D Max 与 Maya 应用领域各有侧重

3D Max 主要应用于动画制作、游戏制作、建筑效果图、建筑动画等。Maya 主要应用于影视领域，比如动画片制作、电影制作、电视栏目包装、电视广告、游戏动画制作等。从操作方面来看，3D Max 提供与其他 Autodesk 产品的强大互操作性。由于设置简单，用户喜欢使用 3D Max 进行快速建模（通过强大的修改器堆栈）和快速材质编辑，在工作效率方面要优于 Maya。Maya 提供了大量用于自定义工作流以及关键帧和曲线的工具，Maya 的操作界面比 3D Max 更人性化，操作更加灵活。

（2）Epic Games: 虚幻引擎专注高质量游戏渲染，虚幻引擎 5 强化技术优势

虚幻引擎（Unreal Engine）是一款由 Epic Games 开发的游戏引擎，如今被广泛应用于开发各种类型 3D 游戏，也成为 Epic Games 的核心业务。公司于 2020 年公布了虚幻引擎 5 的效果演示，并在 2021 年推出虚幻引擎 5 抢先体验版，其中 Nanite 与 Lumen 两项全新功能彰显出虚幻引擎在高端渲染领域的优势。Nanite 虚拟几何体能够极大丰富多边形建模细节，由数以亿计的多边形组成的影视级美术作品可以被直接导入虚幻引擎，无需像传统游戏建模一样拓扑、烘焙贴图、设置 LOD。Lumen 则提供了一套全动态全局光照解决方案，能对场景和光照进行实时反应，且无需专门的光线追踪硬件，大大减少了辅助灯的数量，为制作方节省大量精力，同时也

丰富了未来游戏场景围绕“光线”的玩法。

(3) Unity: 针对 VR/AR 进行技术优化, 超过 60% 的 VR/AR 内容均基于 Unity 打造

VR 方面, Unity 推出用于 VR 的高清渲染管线 (HDRP) 和用于 VR 的通用渲染管线 (URP)。适用于 VR 的 HDRP 面向高端 PC, 能够在不牺牲性能的前提下提供较强的视觉效果; 面向 VR 的 URP 是一种经过优化的单通道前向渲染循环, 可以在移动硬件上实现最优性能。无论是 PCVR 还是一体机, Unity 均提供相应的工具, 助力创作者实现最高级别的图形保真度, 并针对性能进行优化。AR 方面, Unity 推出专为 AR 开发的构建框架, 创作者仅需一次开发即可将内容部署在多个 AR 设备。2020 年 Unity 推出混合和增强现实工作室 (MARS), 极大程度减少了自定义编码。同时 Unity 还推出即时 AR 功能, 助力开发者创建更轻量且可立即加载的即时 AR 内容和体验。

表4.4 - Unity 3D与UE 4对比

	UE 4	Unity 3D
优势	画面渲染效果好\运行高效	支持移动端\扩展插件丰富
开发语言	C++\蓝图\UnrealScript	C#\bolt\JavaScript
源代码开放	完全开源, 源代码可在 GitHub 上获取	部分开放
开发平台	Windows\MAC OS X\Linux	Windows\MAC OS X\Linux
移动平台支持	iOS\Android	iOS\Android
主机平台支持	Nintendo Switch\PlayStation\Xbox	Nintendo Switch\PlayStation\Xbox

	UE 4	Unity 3D
VR平台支持	SteamVR\HTC Vive\Oculus Rift\OSVR\Google Daydream\Samsung Gear VR	Oculus Rift\Gear VR\Google Daydream\Cardboard、SteamVR\HTC Vive
PC平台支持	Windows\ Mac OS X\Linux\SteamOs\HTML5	Windows\Mac OS X\Linux
收费标准	免费试用，但使用者每季度获3000美元收入后，需支付5%的收入作为授权费	个人版：免费 进阶版：40美元/月 专业版：150美元/月 企业版：200美元/月
代表作品	绝地求生\堡垒之夜\无畏契约\战争机器4\最终幻想VII：重制版	王者荣耀\原神\英雄联盟手游
社区生态	掌握核心技术从业人员较Unity相对少	较Unreal更活跃，掌握Unity开发经验的从业人员数量较多

数据来源：赛迪智库整理 2022，04

（4）罗布乐思：Roblox Studio 降低进入元宇宙世界的门槛，有利于普通玩家发挥创意与创造性

罗布乐思通过游戏引擎与游戏云为开发者提供实用且易用的创作工具，协助产出新颖的内容及场景。Roblox Studio 提供了丰富的素材选择和自由的创作空间，降低了创作门槛、提高了创作自由度。同时，Roblox Studio 也在持续迭代引擎，以提升呈现效果的拟真度。在 Roblox Studio 的发展上，平台持续进行各类引擎的更新与进化，一方面响应当前开发者的使用需求，另一方面为 Roblox 平台及游戏体验的复杂度提升奠定基础。

（5）英伟达 Omniverse 平台加速元宇宙底层架构持续完善。Omniverse 是英伟达推出的多用户实时协作开放式平台，用于加快项目设计和生产效率。该平台集中了英伟达旗

下 GPU、CUDA、实时光线追踪 RTX 等硬件技术，通过更高效和兼容的方式为构建元宇宙提供完整的全栈式解决方案，成为元宇宙基础底层服务架构的重要工具。在 2021 年 11 月 9 日的 GTC 大会上，英伟达推出以 Omniverse Avatar、Omniverse Replicator 为代表的一系列新平台，加速推动元宇宙底层架构持续完善。Omniverse Avatar 是生成交互式 AI 虚拟化身的技术平台，能够实时链接语音 AI、计算机视觉、自然语言理解、推荐引擎和模拟方面的技术。Omniverse Replicator 是合成数据生成引擎，能够生成用于训练深度神经网络的物理模拟合成数据。

3.存在问题或瓶颈

我国内容开发企业大部分采用 OpenXR、WebXR、Unity 等美国企业牵头的标准规范与开发工具。如常用的三维建模软件 3D MAX、MAYA、Substance3D 等，影视渲染工具 V-Ray、Arnold 等，3D 影视/游戏引擎 Unreal 和 Unity，3D 仿真模拟工具 PhysX、Havok、Bullet 等。

渲染软件的渲染效果与效率难以兼顾。一是渲染时长短，实时渲染每秒至少需要渲染 30 帧，即在 33 毫秒内完成一帧画面渲染。二是计算资源有限，实时渲染受限于时效要求，计算资源一般不能及时调整。以电影《战斗天使阿丽塔》为例，主角共有 13 万根发丝，每根发丝均需要单独渲染，单帧画面渲染需要 100 小时，整个影片渲染需 3 万台电脑支持。

相关软件学习成本高，影响开发者的使用体验。开发者对于 UE 4 的了解程度和使用经验明显不够。UE 4 各子模块虽然功能强大，但操作复杂，已有操作说明不足以指导新手操作，部分功能甚至没有操作说明，极大增加了开发者的学习难度，新手只能摸石头过河，影响开发者的使用体验。

4.未来需求及发展趋势

跨平台研发技术将为元宇宙发展提供动力。现有智能终端均可作为元宇宙的终端入口，但目前开发引擎无法打破各终端间的壁垒，不同终端平台的应用不互通，比如 PC 端应用无法在主机端和移动端使用。如何保障一款应用在多种终端上快速移植，同时保障运行流畅和高质量画面感，将成为未来开发引擎技术发展的关键。

云渲染为交互硬件的轻量化、便携化提供基础支持。重云端轻终端的云渲染将更多的图形算力、存储等需求放到云端，终端对于图形算力、存储硬件配置要求大幅降低，为终端交互硬件轻量化、便携化提供了基础 SaaS 级支持，同时也是对终端硬件制造成本的优化，推动元宇宙消费级硬件的快速渗透。

开发工具朝着开放式、简单化、模块化方向发展。2021 年 5 月 Epic Games 推出虚幻引擎 5 (UE 5) 体验版，其中包含基于 OpenXR 1.0 的 VR 项目新模板，依托 OpenXR 的开放性和通用性，U5 支持多个 VR 平台开发，无需针对特定配

置进行内容制作。目前支持 Oculus Quest 与 Link、Oculus Rift S、Value Index HTC Vive 系列、Windows MR 系列。用 Roblox 平台的开发工具 Roblox Studio 可支持零编程基础 3D 内容开发,MC Studio 和 CoreGmes 等大众化开发工具逐渐朝着简单化、轻量化、模块化和可视化方向发展。

(三) 交互体验

元宇宙中的交互方式包括语音交互、手势交互、嗅觉、触感、脑机接口等,但单一交互方式只可实现部分沉浸,多模态融合交互方式保障全场景交互体验。多模态交互核心是将物理人 100%投射到元宇宙中,形成虚拟化的感官交互,增强交互体验,为元宇宙全场景落地提供技术基础。

1. 发展情况

SLAM: 提供了三维数字世界的空间定位功能,决定虚拟现实终端交互自由度。即时定位与地图构建(Simultaneous Localization and Mapping, 简称 SLAM)可帮助虚拟物体空间定位,让虚拟物体获取自己的位置信息,理解真实环境中的高低起伏、障碍物、遮挡关系。SLAM 在虚拟现实中最主要的应用就是位置追踪,其主要影响虚拟现实终端的交互自由度——3DoF 和 6DoF。目前,虚拟现实终端以内向外追踪技术(Inside-out Tracking)为主实现头手 6DoF。Inside-out 依靠计算机的视觉算法实现对目标的追踪。通过在虚拟现实终端上安装摄像头,以实现检测外部环境变化,借助计算机

或算法芯片计算虚拟现实终端的空间位置。

语音交互：已实现标准化场景的成熟落地，非标场景仍依赖算法和数据支撑。语音交互包括语音激活、前端处理、语音预处理、语音识别、自然语言处理、语音合成等，消除物理世界与元宇宙之间的数字屏障，使元宇宙交互能够更加实时、自然、真实，语音交互也是元宇宙中数字人所具备的基础能力之一。目前语音交互已在金融、教育、医疗、政务、电商、家居、汽车等场景中得到应用。语音交互高度依赖算法和数据支撑，受开发周期和人力成本高昂的影响，缺乏有效、足够量级的数据支撑模型算法，语音交互在非标准化场景中难以建模。未来随着机器学习技术发展，语音交互将扩大应用范围，最终实现物理世界与元宇宙的自然对话。

动作捕捉：动捕技术侧重明显，逐步形成互补体系。元宇宙中“虚拟人”的肢体动作主要的生成方式是动作捕捉，具体实现方式是光学式、惯性式、电磁式及基于计算机视觉的动作捕捉。**光学动作捕捉**原理是首先跟踪、识别并命名目标身上各反光标记点，得出目标的基本骨架，再通过空间中多个镜头对标记点位置进行持续跟踪，完成对运动的记录。光学动作捕捉精度较高，但需通过相机的位置角度建立三维空间坐标，对环境要求高，软硬件造价高昂。**惯性动作捕捉**主要把集成了加速度计、陀螺仪和磁力计的惯性测量单元（Inertial Measurement Unit, IMU）绑在人体的特定骨骼节

点上，收集运动目标的各部位速度、姿态、方位等数据，最后建立运动的三维模型。惯性动作捕捉技术高度适应不同的环境，成本相对较低，使用便捷，能在某种程度上弥补光学动作捕捉的缺点，但精度较低，随着连续使用时间的增加产生累积误差，发生位置漂移。**基于计算机视觉的动作捕捉技术**使用多个不同角度的高速相机对目标进行拍摄，计算机视觉基于拍摄到的二维图像、三维形状特征还原各关节运动信息。此类动捕技术主要使用光学高速相机，动捕对象通常不需穿着设备，精确度高，成本相对低廉，近些年兴起后获得青睐并在不同行业逐步推广；但计算量庞大、受环境影响大。

眼动追踪：眼动追踪成为 VR 头显新标配，实现注视点渲染、瞳距自调节、虹膜解锁等功能。基于眼动追踪的注视点渲染技术是优化虚拟现实设备系统资源的高效手段和核心功能，能更有效地维持高帧率和优化系统资源。例如新一代 Pico Neo 3 一体机应用了眼动追踪技术，该技术将帧率提高了 78%，进一步提升用户的沉浸式体验。根据 VR 陀螺消息，索尼 PS VR 2，以及 Meta 下一代头显 Cambria，不仅在性能规格上有所迭代，同时具备眼动追踪功能。苹果近年来曝光大量头戴式显示器的相关眼动追踪专利，例如结合近红外光源、反射镜、摄像头来对眼球活动进行捕捉和识别的专利，眼动追踪或将搭载在苹果 MR 产品。其他大厂也在眼动

追踪方面进行布局并发售相关产品，HTC 推出眼球追踪版 Vive Pro Eye，采用 Tobii 的相关技术；Meta 收购初创企业 The Eye Tribe，发布光场摄像机眼球追踪专利。

力反馈：使交互体验更加丰富、自然、真实。力反馈技术是一种新型的人机交互技术，它允许用户借助力反馈设备触碰、操纵计算机生成的虚拟物体，并感知物体的运动和相应的力反馈信息，实现人机力觉交互。力反馈系统的实现过程中涉及到以下关键问题：**力反馈计算模型设计**、**碰撞检测**、**视觉与力觉的同步渲染**，相应地产生了针对解决上述问题的一系列算法和接口。**力反馈计算模型**用于计算元宇宙中物体间交互时产生的力，并由力反馈设备传递给用户。目前，力反馈算法主要采用基于物理建模方法的有限元模型和弹簧—质点模型。有限元模型能够较好地满足交互的真实性需求，但是运算量大、求解过程复杂，难以满足交互的实时性需求；而弹簧—质点模型具有建模过程简单、计算量较小、交互实时性较好的特点。**碰撞检测**用于实时检测虚拟环境中物体间的碰撞情况，为之后图形信息的绘制及力反馈信息的计算奠定基础。当前的碰撞检测算法主要采用包围盒技术。**视觉与力觉的同步渲染**用于保持较低刷新频率的视觉信息（30fps-60fps）和较高刷新频率的力觉信息（1000fps）的一致性。目前，主流的力反馈接口 OpenHaptics、CHAI3D 等都支持视觉与力觉融合的应用开发。其中，OpenHaptics 是

SenseAble 公司针对 Phantom 系列力反馈设备研发的开发生具包，包括 QuickHaptics API、Haptic Device API、Haptic Library API 三个不同层次的接口库，能够满足不同用户的设计需求；CHAI3D (Computer Haptics and Active Interface) 是由斯坦福大学人工智能实验室研发的支持多种力反馈设备的开源开发生具包，它具有较好的可扩展性，允许用户在已有视觉、力觉渲染算法的基础上根据自己的需要设计新的渲染算法，也可以通过添加驱动的方法支持新的力反馈设备。

脑机接口：已可实现听觉、视觉和前庭感觉，距离实现全场景交互还有较长研发周期。脑机接口 (BCI) 是在人脑与计算机或其他电子设备之间建立直接交流和控制通路，用户可通过大脑直接表达想法或操纵设备，无需借助语言、手势或其他工具直接进行神经感知，带来超现实、完全沉浸的元宇宙体验。应用于人体的脑机，目前已可用于恢复损伤的听觉、视觉和肢体运动能力。其研究的主线是大脑不同寻常的皮层可塑性，通过脑机接口可以像自然肢体那样控制植入的假肢。目前脑机交互可以实现听觉、视觉和前庭感觉，甚至编码肢体运动。当前，Meta、Valve、Neuralink、BrainCo. 等企业均有涉足脑机交互领域，但脑机接口技术的实现及应用场景落地难度较大，成熟周期预计将在 10 年以上。

2.重点企业及主要产品

2.1 语音交互

(1) Nuance: 全球最大的语音技术公司，专利数量和市场份額遥遥领先

T9 智能文字输入法作为旗舰产品，最大优势支持超过 70 种语言，超过 30 亿部移动设备内置 T9 输入法，其已成为业内认同的标准输入法，被众多 OEM 厂商内置，包括诺基亚、索爱、三星、LG、夏普、海尔等等。T9 全球市场占有率超 70%，中国超 50%。Nuance 的产品提供人性化、高效率的电话口语或语言辨识功能，消费者可通过传统的电话系统或行动电话以自然口语交谈的方式完成资料查询及商业贸易，使用轻松。在类似的产品中拥有最高的语音辨识率，英文可达 99%。其英文语音产品 Dragon NaturallySpeaking9 在法律和医院临床记录占据很大市场。

2.2 动作捕捉

(1) Xsens: MVN Animate 动作捕捉系统

Xsens 是全球领先的 3D 动作捕捉系统，应用于游戏、电影、人体运动分析、电视网红直播、现场娱乐各类专业场景中。MVN 的产品系列包括完整一体、可供穿戴的动作捕捉 (Mocap) 解决方案。Xsens MVN 系统操作简易，是其它很多产品无法比拟的，其具有强大且可靠的硬件，能产出可直接使用的数据。此系统是一个惯性动作捕捉系统，可在所有户外条件下传送好莱坞级惯性动捕数据。

(2) OptiTrack: 全身动作捕捉系统轻松创建台式应用

动作捕捉工作室

整套系统包含动作捕捉相机、动作捕捉软件及其他辅件，使用任何头显或虚拟仿真系统，都能得到极低延迟、流畅的追踪效果。OptiTrack 动作捕捉相机 V100R2 通过 USB 同步和供电，不需要额外的同步线、电源线。内置可更换镜头，低畸变，高通光量，适合多种应用；片上 MJPEG 压缩，可以是数据量压缩为原来的 1/10，可以用 USB 总线进行灰度图像的传输；片上预处理功能，Marker 点提取红外 LED 高亮模式，提供更高的 LED 亮度，可以扩大运动捕捉范围，采用更小的标记点；相机的曝光时间、帧速可调。OptiTrack Arena 是一款直观的动作捕捉软件，结合了数据捕捉、编辑和输出等功能。运动捕捉技术可以给动画人物赋予自然逼真的动作效果，但通常设备安装比较复杂，需要进行大量的人员培训，而且还必须由多个操作人员共同协作完成。而借助 OptiTrack ARENA 软件，用户既可以充当操作员又可以当作演员，提供了空前的灵活性。ARENA 软件与 OptiTrack FLEX:V100R2 摄像头等动作捕捉工具配合使用，为用户提供了准确的捕捉数据，并可对最终输出序列进行控制。

2.3 眼动追踪

(1) Adhawkmicrosystems: 小型眼动追踪传感器

AdHawk 传感器是将眼动追踪传感器集成到了一个微型 MEMS 芯片上，以超过相机 10 倍的速度扫描眼睛上的低

功率光束，通过简单的电子测量反射光输出眼睛的坐标。通过对眼球的精确定位和眼球运动的预测，高分辨率中心渲染、边缘模糊的模式得以实现，VR不再需要全图像高分辨率渲染，大大减轻了功率和计算的需求。AdHawk对用户眼球运动数据的采集可以用以分析用户的心理状态、健康情况，比如兴奋、困惑、焦虑，当VR/AR获取这一信息后，可以对画面进行相应的处理，极大增加沉浸感。

2.4 力反馈

(1) OWO: VR 触觉背心，可模拟 30 多种不同感觉

西班牙初创公司 OWO 在 CES 2022 发布了一款 VR 触觉背心，其特点是采用弹性、透气的莱卡材质，以及无线设计（蓝牙、WLAN），可模拟自由落体、高速、举重、昆虫叮咬、刀伤、枪伤、穿透伤和触痛等多种体感。用户可以通过配套应用来调整 OWO 体感服的强度，甚至可以独立关闭特定的体感，比如穿透伤。除了一些痛苦的体感外，OWO 体感服的另一个特点是可模拟拥抱的感觉。OWO 的目标是提升 VR 体感服装的舒适感，适用于长时间 VR 游戏体验。

(2) Dexta: 虚拟现实交互手套 Dexmo

虚拟现实交互手套 Dexmo 是一款力反馈手部外骨骼设备，其核心是可变力反馈。根据虚拟物品的形状以及软硬不同，使得每个手指都能感到不同程度的触发力，以及感知到物体的形状，产品便易携带，并且实现了无线连接。Dexmo

可以捕捉完整的手部动作，并提供即时力反馈。当用户的虚拟化身遇到一个虚拟物体时，可通过 Dexmo 的动态握持处理算法来感受到虚拟物体的物理性质，而这个软件会向用户提供各种类型的力反馈。实际上，这个装置会向手指提供反作用力，使得虚拟物体可以提供一种“反推”的感觉，就如同在抓握真实的物体一样。

2.5 脑机接口

(1) 美国国防部高级研究计划局：进行更高效和更保密的军事通信

2019 年，DARPA（美国国防部高级研究计划局）选择了 6 个团队来开发 N3 神经技术研究计划，旨在为美国军方提供高精度的双向脑机接口系统，使服役人员能够与计算机系统通信。未来若脑机接口用于军事通信的技术获得成功，将颠覆现有通信技术的运转模式。此前的通信解密都是在得到对方通信信号的基础上，依据共同、公开的技术知识进行解密。理论上只要有足够的时间，任何加密算法都可以被破译。而脑机接口通信可能在双方的主体意识尚未明确时就已经完成。所以，不仅通信信号难以得到，即使得到信号，也缺乏解密所需的技术知识。

3. 存在问题或瓶颈

交互技术，主要包括脑机交互技术、语音交互、手势交互和传感技术等。美国在交互技术成熟度以及终端普及程度

上都超过我国。交互技术需要使用各种声、光、热、力、指纹等传感器和微控制器（MCU）。高端传感器的主要供应商还是海外巨头。微控制器分为 8 位、16 位、32 位等不同规格，32 位属于高端产品，高端 MCU 芯片主要来自国外的德州仪器、NXP、Microchip、Cypress 等公司。

4.未来需求及发展趋势

多元融合交互方式实现现实与虚拟世界的交互。腕带式 AR 传感器、电子触觉手套/皮肤、嗅觉面罩等新交互方式还在技术孵化期，未来将带来全新的多模态交互体验。元宇宙将突破“2D 视觉+听觉”双感官交互阶段，进入多感官融合交互时代，在元宇宙中可同时进行 3D 视觉、触觉、嗅觉、味觉的交互，目前新兴交互技术大量涌现，在 CES2022 上，多形态体感设备陆续发布，给元宇宙交互带来了更多可能性，但满足嗅觉、味觉体验的技术尚在孵化期，需要资金、资源、专业人才的推动。

人机交互方式随着计算平台的变革而迭代，持续向人类本能交互方式进化。主机时代，人机交互需要通过键盘，输入文本命令来实现交互。伴随着图形界面和鼠标的出现，计算机进入个人 PC 时代，通过使用鼠标加键盘，结合“点/敲击、滚动、拖拽”等动作，使用者可向电脑发布指令以实现互动。而在手机时代，伴随交互平台从按键手机向触摸屏手机发展，人机交互模式则经历了从“实体按键+按键输入”（按键输入）

到“触摸屏/虚拟按键+轻拍/滑动/缩放”（触控输入）的转变。元宇宙时代，将由屏幕互动转向空间互动、交互界面由命令行界面和图形界面进入自然用户界面，通过手势、眼动等一系列更加自然方式进行人机交互。

表4.5 元宇宙沉浸感交互要求

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

数据来源：亿欧智库 2022，04

（四）产业平台

1. 发展情况

元宇宙助力社交平台场景化，游戏化社交体验增强元宇宙社交沉浸感。相较于目前普及率较高的即时通讯，沉浸式社交更追求交互体验，用户将在社交平台上共享时空，进行即时互动。日本社交网站巨头 GREE 公司认为，社交元宇宙并不只是虚拟世界，让用户感受到社交性的机制更为重要，例如其旗下子公司 REALITY 为进军元宇宙，首先通过打造

八个不同的虚拟空间，融入个人房间、宠物等元素，从而实现元宇宙与日常生活场景的结合。社交元宇宙不仅仅是一个网络社交空间，而是在构建一个社交生态，不同的社交生态将由不同的社交场景进行支撑。元宇宙社交多样化的玩法将充分激活社交场景，提升陌生人社交的积极性。例如 Soul 将游戏化社交体验作为其核心特征之一，通过脸基尼、3D 捏脸、多样化的群聊派对房间、Soul 狼人等游戏玩法让用户更容易建立关系。

元宇宙助力社交平台商业变现加速。从长期来看，元宇宙的核心在于经济体系的形成，未来的元宇宙将不仅是用户获得更好的娱乐和体验的地方，同时也会成为创造价值、实现价值和分享价值的平台，而社交元宇宙作为其中一部分，也将催生出不同的商业模式，从而进一步放大社交平台的商业化价值。在元宇宙社交平台中，用户可以在社交空间中打造“创造者经济”模式，利用元宇宙较强的 UGC 属性，创造和扩大自己的虚拟空间，并通过创造和销售原创物品赚取收入。元宇宙社交平台将拥有自己的虚拟数字货币从而形成专属的经济体系，例如 Soul 推出的 Soul 币，用户可以通过 Soul 币享受虚拟世界、装饰虚拟形象、增加用户之间匹配次数、赠送虚拟礼物等各种服务。

2.重点企业及主要产品

（1）Meta：发布 Horizon 系列平台，已建立完备的用

户原创内容生产能力

Facebook 改名为 Meta 后，全力布局元宇宙，发布元宇宙社交平台 Horizon Worlds 与办公平台 Horizon Workrooms，Horizon 系列应用已有百万用户基础。以上两个平台仅对旗下 Oculus Quest 2 VR 头显开放。Horizon Worlds 由社区用户设计和构建，一次最多可以与四个朋友合作构建，所看到和所做的一切均在用户之间同步，营造出较强的共同创造感。目前此款平台依赖游戏吸引用户。Horizon Workrooms 适合远程协同、线上虚拟会议等应用场景，具备 AR 透视、桌面识别、手势追踪、键盘识别、多任务模式、虚拟化身等功能。

（2）微软：发布混合现实会议平台 Microsoft Mesh

2021 年 3 月，微软推出 Microsoft Mesh，一个具有 3D 化身和其他 XR 功能的虚拟平台，可利用 Azure 云平台来促进远程参与者通过 HoloLens 2 和其他设备共享协作体验。微软计划将 Microsoft Mesh 融入 Microsoft Teams 中，允许不同位置的用户，通过 Microsoft Teams 加入协作以召开会议、发送信息、处理共享文档等全息体验，Microsoft Mesh 目前正在测试中，将于 2022 年上半年推出。目前全球有 2.5 亿人使用 Teams，Mesh 融入 Teams 后或将迎来用户规模的高速增长。

3.存在问题或瓶颈

虚拟身份和社交场景化加剧现实社会人际问题。社交元

宇宙中对虚拟身份的强调，使得陌生人社交成为未来元宇宙世界中社交模式的主要组成部分。然而，陌生人社交中隐藏着大量的不确定因素和安全隐患，例如隐私风险、用户骚扰、加剧现实社会社交恐惧、社交疏离等问题，而社交元宇宙中场景化带来的沉浸式体验可能进一步将问题放大，从而最终影响社会婚恋观、生育率、代际关系等人际问题。此外，社交场景缺失是当前社交元宇宙面临的主要问题，然而想要建立与现实世界更为接近的虚拟环境将不可避免的牵扯到场景应用上的版权问题，同时给算力和算法带来的压力将进一步扩大。

社交元宇宙或将出现明显社交阶级分层和龙头企业垄断现象。随着元宇宙社交世界场景不断丰富，不同社交场景的门票将具有不同的价值，从而造成元宇宙世界的阶级分化问题。此外，当前社交媒体行业马太效应严重，目前世界各国头部社交媒体公司均开始布局元宇宙社交产业链，例如字节跳动的 pixsoul、百度的希壤等，目前元宇宙概念还处于起步阶段，并未出现元宇宙社交龙头，但未来随着元宇宙技术的进一步发展，社交媒体垄断现象可能将会再现。

元宇宙游戏世界内容和身份的审核极具挑战。目前元宇宙大规模的开发和操作技术还未成熟，但未来其相关法律法规和安全技术也亟待丰富与完善，以适应这种独特的虚拟数字环境。在元宇宙世界中，随着用户创作的发展，UGC 空

间中需要加入强大全面的内容审核机制以保障元宇宙平台的安全。玩家在元宇宙世界拥有“深度伪造”的虚拟身份，用户可能会面临虚拟信息、骚扰和身份盗窃等虚拟世界道德问题，虚拟身份也将涉及到隐私问题，元宇宙庞大的数据追踪能力，可能无法完全保障用户的隐私安全。此外，知识产权和版权问题也需要跟随元宇宙的发展全面更新，面对“游戏即平台”和以 UGC 为核心的元宇宙，涉及各个领域的大量 IP 的使用，将会使得知识产权和版权保护更加复杂。

4.未来需求及发展趋势

游戏作为最接近元宇宙的应用形态，迭代发展中关注精品内容及平台价值。在元宇宙推动下，游戏有望达到“游戏即平台”的下一发展阶段，成为承载元宇宙活动的基础平台。科技革新推动游戏形态随硬件平台迁移，当前游戏行业以移动终端为主，随着元宇宙赋能或将进入基于 VR/AR 等技术的可穿戴设备时代。元宇宙游戏社区或将借助 AI 辅助实现创作者经济有效拓展，叠加社交强化，精品内容以及独特服务的价值进一步凸显。传统渠道商话语权或将进一步衰减，NFT 及区块链相关技术或将支持元宇宙游戏中经济系统的完善，助力数字经济建设发展。

元宇宙时代助力社交兴趣化场景化，内容 UGC/AIGC 化发展。截至 2021 年 10 月全球社交媒体用户已达到 45.5 亿，随着 Z 世代的崛起，社交平台逐渐年轻化，陌生人社交和娱

乐化社交兴起，元宇宙的强社交属性或将使社交媒体成为其突破口之一。社交元宇宙将具有虚拟化身、社交资产、沉浸感、经济体系和包容性五大特征，在元宇宙中，线上“第二身份”的构建将使陌生人社交成为主流社交方式之一。VR/AR等设备技术则将为元宇宙社交实现具身传播的场景建构，助力社交平台形成沉浸式场景化。用户可以在社交空间中打造“创造者经济”模式，形成元宇宙社交平台经济体系。

元宇宙赋能“人-货-场”，迈向虚实交互的沉浸购物体验。

电商作为互联网技术发展下衍生出的购物模式，随着元宇宙概念兴起，电商行业将通过“虚拟化身-虚拟货物-虚拟场景”的虚实交互进入元宇宙发展阶段。用户层面，Z世代或将成为元宇宙电商的消费主力军，虚拟身份和虚拟人技术的发展将带动电商行业形成可以兼顾社交、娱乐、服务的闭环。在NFT等技术支持下，商品将逐渐从实体拓展至虚拟。元宇宙将为电商提供更广泛的消费者触达渠道，通过VR/AR/MR等新技术带来视听、触觉等多感官交互的购物体验，实现“在线即在场”的沉浸感。此外元宇宙电商去中心化趋势明显，品牌和商家将通过定制化内容更直接地触达消费者。

五、元宇宙服务层发展情况

(一) 消费端应用服务

1. 发展特点

虚拟人迅速发展，在各个场景加速落地。2021 年国内数字人发展势头迅猛，打造数字人无疑是文娱产业的潮流趋势之一，伴随着各大互联网巨头对数字人市场的布局，一条较为完善的数字人商业途径已经形成。一类是通过代言、商演等营销活动变现的偶像型数字人，比如柳夜熙、A-soul、AYAYI 等；另一类则是品牌主或企业主为提升目标人群用户体验而打造的功能型数字人，比如央视网虚拟主持人小 C、花西子同名代言人花西子等。在这些“成名”数字人背后，是绝大多数原创数字人面临的“投入大于收益”、“出圈难”、“变现难”“产能低”等一系列现实问题。

文娱产业快速入局，游戏打开元宇宙新局面。2021 年 3 月，全球最大的互动社区之一及大型多人游戏创作平台 Roblox 在纽交所上市，其招股书中提及的元宇宙很快掀起了一阵热潮。同月，美国游戏公司 Epic Games 也表达了其对于元宇宙领域的关注。这股热潮不仅仅席卷了海外，国内互联网大厂也加入其中，自此元宇宙开始逐步受到关注。

2. 重点企业及主要产品

(1) Meta (原 Facebook)

Meta 于 2004 年成立，构建了包括 Facebook、Instagram、

WhatsApp、Messenger 四大超级 App 在内的社交媒体+即时通讯产品矩阵，全球活跃用户规模超过 20 亿。2014 年，Facebook 以 30 亿美元收购了 Oculus VR，正式进军 VR 领域。Meta 推出基于 VR 硬件终端的系列社交应用 Horizon，其中包括虚拟居家场景 Horizon Home、游戏社交平台 Horizon World、以及 VR 会议软件 Horizon Workrooms。同时，Oculus Quest2 搭载的应用范围将进一步扩展至 Dropbox、Facebook 等公司旗下热门应用。

(2) 罗布乐思

罗布乐思于三月以“元宇宙”的概念，成功登入纽交所，上市首日市值即破 400 亿美元，罗布乐思在 1 年内市值增长高达 10 倍。主要收入来自虚拟货币 Robux，用户通过购买虚拟货币体验平台内开发者生产的游戏，之后公司会根据游戏内购及游戏时长等指标向开发者分成。去年，腾讯 1.5 亿美金参投了罗布乐思的 G 轮融资，并且与罗布乐思在深圳设立了合资公司。7 月 13 日，《罗布乐思》正式全平台开放，支持安卓端及 IOS 端登录。

3.存在问题或瓶颈

虚拟人商业模式不健全。目前虚拟人行业以 C 端用户变现为主要手段，逐步向 B 端客户变现拓展。在用户层面，若虚拟人供给无法持续优化增强对用户的吸引力，或用户对其概念和应用的接受度缓慢，或影响虚拟人变现水平。在市场

和客户层面，若虚拟人功能无法持续完善、成本降低、生产流程简化，导致 B 端客户资金投入和操作成本高，或致虚拟人难以持续开拓市场。

技术瓶颈仍待突破。一方面，现有虚拟人形象更像是二次元动画人物，远没有达到超现实虚拟人的效果，且世界顶级的图形硬件公司英伟达也无法利用虚拟人技术完成长时间的演讲。另一方面，缺少过硬的虚拟人技术支撑，虚拟人也很难进行功能创新。以虚拟偶像为例，几乎所有的虚拟偶像都通过唱歌、跳舞或者靠颜值吸引粉丝，缺乏亮点。

4.未来需求及发展趋势

由万物互联走向万物协作，数字经济与实体经济深度融合。在元宇宙的世界中，可以不受地域的限制进行自由的“面对面”的协作和沟通，从而将“万物互联”逐步推向“万物协作”。在这个过程中，交易不仅仅会在人与人之间发生，人与机器、机器与机器之间也会频繁的发生交易，由此带来的数字化会使得每个智能硬件拥有独一无二的数字身份，在这个过程中支付方式都是实时清算，数字经济与实体经济也将进一步实现深度的融合。

数字人+线下场景融合落地新模式助推数字分身与本体融合。数字人通过与线下场景联动，一方面为线下商业提供“带货、演艺、IP 延展”等定制化服务，获取服务费或分成收益；另一方面可以获得更多与 C 端用户直接互动路径，让人

设更加拟真，提升粉丝粘性付费；对于拥有线下场景的商业来说，通过借助数字人的运营和技术，“虚拟换装、虚拟导购”等营销模式将被广泛应用，不仅将大大降低人员投入成本，同时也将提升消费者线下购物体验。

虚实结合的中国式数字藏品引领未来消费场景，有望成为元宇宙核心资产。截止到 2021 年第三季度，全球数字藏品行业交易总额超过了 106.7 亿美元，比第二季度增长了 704%，麦当劳、GUCCI、巴宝莉纷纷布局数字藏品，出现了包括交易平台、游戏、服饰、体育、音乐、动漫、潮玩等多个细分赛道，应用领域再不断扩大，呈现“万物皆可数字藏品”之势。

(二) 行业端应用服务

1. 发展情况

工业元宇宙：数字孪生与智能工厂助力工业元宇宙先行一步。工业 4.0 的概念最早出现在德国，指利用物联信息系统（Cyber Physical System 简称 CPS），将生产中的供应、制造、销售信息数据化、智慧化，最后达到快速、有效、个性化的产品供应。工业 4.0 与前三次工业革命有本质区别，其核心是 CPS 的深度融合，即把传感器等智能装置嵌入到各种物体和环境中，并且通过网络加以连接，形成物联网，再通过超级计算机和云计算将物联网和互联网整合起来，实现人类社会活动与物理系统的整合。而数字孪生技术是 CPS 的技

术核心。工业 4.0 提出的智能制造是面向产品全生命周期，实现泛在感知条件下的信息化制造。基于工业 4.0 构思的智能工厂将由物理系统和虚拟的信息系统组成，称之为信息物理生产系统(Cyber Physics Production System, CPPS)。

工业元宇宙：庞大体系带来硬件层面存储、运算、传输、感知等多方面新需求。工业元宇宙相当于在元宇宙中新建了整个工业生产体系，模拟物体和人在现实中各类特征，抽象出软件层面的接口，包括行业应用层、共性应用层、模型构建层等架构。软件抽象层之下的是包括大数据、云计算、人工智能、区块链、5G 通信等在内的基础技术。而这一切技术框架的搭建都离不开底层硬件的支持，海量数据需要足够的存储空间，大量而频繁的需求需要性能更强大的处理器进行处理，快速通信需要更高级的射频器件等等。

医疗云宇宙：VR、AR、MR 等技术在医学成像、手术辅助、医学教育、远程医疗、康复训练、药物研发等方面彰显价值。在医学影像方面，借助全息/虚拟现实显示的影像数据，可以全面观察病灶细节、深度挖掘影像信息，有助于医生削减读片时间，降低误诊率，同时患者能更直观了解病灶情况和治疗方案，促进医生和患者沟通。在手术方面，通过 VR、AR、MR 等技术可提高外科手术效率，如全息影像技术可全息显示效果，全貌显示弥补微创手术视野受限等问题，减少术中风险，降低术后并发症。

教育云宇宙：打破空间阻隔为线下教育与线上教育带来革新。教育元宇宙可以实现云端智慧教育的统合，教师和学生以数字身份参与课堂，在虚拟教学场所中进行互动。元宇宙课堂下，VR设备的引入能够充分重塑教学内容的展现形式，让学生“沉浸”在知识中。此外，虚拟空间的可塑性也催生了如虚拟实验室、虚拟集会等场景，将元宇宙从课堂延伸至课后活动。元宇宙和教育之间，具有天然的平行性和覆盖率，元宇宙时代人类进入到“生活就是学习，学习就是生活”的历史阶段，学习变成了终生的、全天候的内容。

2.重点企业及主要产品

(1) 宝马：与英伟达共建虚拟工厂，引入 Omniverse 平台协调 31 座工厂的生产

使用 NVIDIA Omniverse 和 NVIDIA AI 模拟宝马生产网络中的生产环节及参与者，不仅涵盖整座工厂模型中的所有元素（例如工人、机器人、建筑物），还可执行虚拟工厂规划、自主机器人、预测性维护和大数据分析等模拟任务中的装配零件，员工操控虚拟工厂中的设备的同时，现实工厂中的设备也会与虚拟设备同步反应，从产品设计到商品生产，均可在其中进行，Omniverse 有望将宝马的生产规划效率提高 30%。

(2) 百威英博：与微软合作建立“元宇宙工厂”

全球领先的啤酒酿造商百威英博，通过使用微软的数字

孪生、混合现实和人工智能技术，将全球 200 多个酿造工厂连接，建立“元宇宙工厂”，所有的实体工厂均有对应的“元宇宙工厂”，实体工厂从生产到能源使用和安全管理的信息，均一一复刻在“元宇宙工厂”中。

3.存在问题或瓶颈

模拟仿真过程涉及大量计算过程，存在算力瓶颈。传统的仿真设计过程，往往需要使用 CAE 软件实现对真实物理世界的建模还原，进行多物理场耦合，仿真过程极其复杂。仿真过程中涉及的物理场包括动力学场、化学场、静电场和磁场等，涉及学科包括理论力学、结构力学、声学、热力学等。因此，仿真模拟需要计算机提供大算力支持，以确定更佳的设计参数、实现更好的仿真效果。理论上来说，更大的算力支持往往意味着更加精确和真实的仿真结果。然而受制于个体算力瓶颈限制，企业较难以本地部署的方式进行 CAE 仿真设计，从而阻碍了仿真设计过程的顺利推进。

4.未来需求及发展趋势

工业元宇宙有望加速软件云化进程。从全球工业软件发展趋势来看，云化是其中的重要方向之一。而工业数字孪生将传统软件环境转化为虚拟现实环境，天然适合进行云化，且本地化部署方式往往难以满足数字孪生所需的算力要求，因此更加需要进行软件云化以适应场景需求。随着 Autodesk、PTC、ANSYS 等工业软件巨头纷纷入局工业元宇宙，头部企

业带来的示范效应将进一步加快工业软件云化进展。

教育元宇宙中的游戏模式将重塑学习体验。元宇宙本身以虚拟形式存在，而虚拟空间是打造游戏的绝佳土壤。将游戏与学习结合的模式将有利于重塑学习体验。例如，将课后练习与游戏结合，增加学习和练习的趣味。以闯关的模式层层深入知识点，即时反馈的奖励机制将充分调动学习者的“玩心”。此外，元宇宙课堂还为学生们提供更多探究的空间。例如化学系的同学能够大胆进行各种化学实验，而不受制于化学材料以及实验过程的危险。又如建筑系的同学们能够通过仿真实验室亲身参与建筑城市高架桥梁，而这在现实教学中是无法实现的。

医疗元宇宙将深入到医疗场景的各个维度。人民对健康追求的意识形态在不断变化，医疗核心主体正在由医生转化为患者。医疗元宇宙是基于互联网信息化和移动智能终端进步而逐步发展，民众的健康数据和诊疗信息也会扩展为多样化诊断治疗形式，例如为医生拓展多种监测和治疗手段（数字疗法），由院内就诊拓展为院外健康监测等等。元宇宙将渗透至患者数据、患者就诊和治病就医等环节。以患者数据为例，在元宇宙世界中，生活在元宇宙的人群，会形成生命体征数据、生活状态数据和疾病诊疗数据的深度融合，最终达到健康诊疗数据的无缝衔接。通过健康大数据的收集与计算，构建新的连接，为患者提供更高效的治疗手段和方案。

(三) 政府端应用服务

1. 发展情况

元宇宙进军政务服务，其核心是政务数字化转型。当前应用于政务服务中比较普遍的可视化大屏、一网通办等技术，为政务服务带来了极大便利，但交互感不强，人性化服务程度不高。元宇宙政务服务，将打破时空界限，打造全新的交互模式，增强政务服务的体验感。引入“数字人”，结合沉浸式数字城市和数字政务大厅建设，以具体的城市文旅、城市政务服务等元宇宙场景应用，进一步提升城市治理水平、城市服务能力，同时也为市民办事来到更好的便利性和体验感。当下，元宇宙+政务仍处在发展早期阶段，政府牵头元宇宙相关布局，应加强监管力度，并尽可能地做好配套措施，比如技术研究、政策法规以及相关标准的制定等，保障其健康有序发展。

2. 重点企业及主要产品

(1) 首尔市政府：发布元宇宙五年计划，首个由政府打造的元宇宙平台预计 22 年上线

元宇宙助力经济、旅游繁荣，持续赋能沉浸化教育。在经济领域，首尔市政府（Seoul Metropolitan Government，简写 SMG）充分利用元宇宙培育产业生态，将在元宇宙平台上重建首尔金融科技实验室，构建线上线下融合的金融集群；同时将面向国外投资者推出 Invest Seoul 平台，完善招商引

资生态；另外 SMG 还将推出数字内容生产平台。在教育领域，SMG 将开发沉浸式数字内容；推出元宇宙青少年指导中心；创办虚拟校园 Seoul Open City University，培养市民终身学习习惯。旅游方面，光化门等著名景点将在平台上被建造，游客可乘坐巴士游览，激发实地旅游兴趣；SMG 还会在元宇宙中举办首尔鼓节等传统节日；伴随内容数量与质量提升，用户未来将无需实际到访，即可享受首尔美景。

元宇宙简化信访流程，升级城市管理系统，便利行政工作开展。在信访领域，SMG 将投诉、咨询集合到元宇宙 120 中心，使得市民无需前往现场，即可享受便利服务；此外 SMG 还将上线虚拟市长办公室，将其作为城市与市民沟通的重要渠道。在城市领域，SMG 利用 AR/VR/XR 技术打造智慧城市管理系统，助力虚拟现实结合的数字化城市建设，同时保障弱势群体生活的安全与便利。行政方面，SMG 推出基于元宇宙技术的会议环境；未来将上线 AI 公务员、推出智能办公室，简化行政流程，提升办公效率；此外 SMG 还将为公共和私营部门提供大数据服务，使得各界人士都能够直观使用和共享数据。

3.未来需求及发展趋势

元宇宙将对城市管理和城市服务带来革新。城市作为人们生活和工作载体，在过去二十多年实现了从数字化向智能化演进，城市管理半径变大，内容变多，衍生出更多的新

型基础设施和更多维的感知技术。元宇宙作为城市发展的下一个方向，将继续在城市管理和服务上带来新的变革：一是隐私计算技术将多维度提升城市的管理效率；二是 AR/VR 将提升人与城市的交互质量，虚拟空间中的城市应急管理有望提高城市决策能力；三是一卡通打破政务数据孤岛，元宇宙时代下数字人的应用将提升城市的服务水平。安防、通信领域以及政府级应用软件类公司有望受益。

元宇宙将为金融服务模式带来颠覆式变化。对于银行业而言，元宇宙是重大机遇，与业务结合具有巨大想象空间。越来越多的用户与银行接触不是通过实体网点，而是各类银行 APP，未来更可能是沉浸式的元宇宙应用，因此银行顺应产业数字化和元宇宙的方向去做场景金融的延伸，可连接更广泛的客户群体。元宇宙里金融产品会有按需实、场景实时拼装制造的数字原生能力。在元宇宙里，根据客户的需求，在金融监管和银行管理规定下，产品经理通过手势拖拽进行现场全流程的数字化产品制造。

六、元宇宙资源集聚情况

(一) 产业联盟

自 2021 年 10 月，移动公司宣布成立元宇宙产业委员会后，各地逐步开始在政府、龙头企业的主导下成立产业联盟，充分聚合当地资源，协调产业链上下游，推动元宇宙发展。如江苏省、广州市集合省内、区内主要企业发起成立元宇宙联盟，四川成都、无锡等地以区为中心，打造产业联盟。

表 6.1 元宇宙相关协会、联盟

序号	名称	时间	地点
1.	元宇宙医学联盟	2022.2.19	上海
2.	江北新区元宇宙生态创新联盟	2022.2.18	南京
3.	无锡元宇宙创新联盟	2022.1.11	无锡
4.	四川天府新区元宇宙产业协会	2021.12.21	成都
5.	中国移动通信联合会元宇宙产业委员会	2021.10.15	北京揭牌
6.	江苏产业元宇宙联盟	2022.3.10	江苏
7.	广州元宇宙创新联盟	2022.3.25	广州

(二) 专利池

2022 年 1 月 IPwe 和 Open Meta 基金会联合宣布成立元宇宙智能专利池，第一个创始成员为 SDK Co。IPwe 元宇宙智能专利池将通过指数型技术为创新者赋能，并通过共享对元宇宙生态系统的发展至关重要的关键技术，鼓励创新技术的采用，最大限度地增加商业机会，并带来投资回报，同时保持最大的灵活性，可以根据未来商业和市场条件的要求及时改变方向。该专利池为专利持有人（创始成员）和实施者（普通成员）提供了专利管理工具，希望能够帮助专利池成

员实现专利组合的价值。利用 IPwe 平台的专利许可费率提供标准化的许可条款，实现专利池的会员的收益。SDK Co 的元宇宙智能专利池创新计划的首批六个商业成员包括 Streambed Media、Open Index Protocol、Alexandria Labs、True Reply、Reblika、Victory Productions 和 Worre Studios。

从专利申请数量来看，排名靠前的相关专利的申请人均为大型互联网科技企业，包括微软、三星、英特尔、索尼、LG、高通、谷歌以及 IBM，此外较为靠前的申请人还包括苹果、Meta、亚马逊等。意料之中，元宇宙技术从出现之初，即与互联网存在着不可分割的联系，其存在依托于互联网技术的支撑，其实现可以看作是互联网技术应用环节的一个前景光明的方向。

七、地方元宇宙产业发展情况

近年来，国内多地政府纷纷提出建设元宇宙产业基地或产业园，出台的电子信息产业发展十四五规划提到“元宇宙”。基于元宇宙的拓展现实、虚实交互、数字孪生等特性，且其与 XR、大数据、人工智能等前沿技术和数字经济息息相关，元宇宙技术和理念被各地政府看作发展数字经济的切入点，被写入到多地政府工作报告中，元宇宙成为重要的产业发展方向。

（一）上海

率先将“元宇宙”纳入“十四五”规划。上海经信委出台《上海市电子信息产业发展“十四五”规划》，提到“要加强元宇宙底层核心技术基础能力的前瞻研发”，这是元宇宙首次被写入地方“十四五”产业规划。

生态集群形成。上海以产业和技术“虚实融合”方式，促进形成“由软带硬”产业格局，通过“由平台到生态”推进方式，逐渐形成具有国际竞争力的元宇宙产业生态集群。

企业布局加速。在元宇宙新赛道，上海集聚全国约 50% 的 5G 人才、40% 的芯片人才及 30% 的 AI 人才，元宇宙相关产业生态繁荣，产业链布局完善，一批企业加快产业“元宇宙化”布局。

（二）北京

北京城市副中心率先入局元宇宙。2021 年 1 月 7 日，北

京市经济和信息化局党组成员、副局长王磊在北京市十五届人大五次会议“推动新时代首都发展”新闻发布会上表示，北京将启动城市超级算力中心建设，探索建设元宇宙产业聚集区。下一步，北京市将做好元宇宙顶层设计和技术标准，探索建立“元宇宙”产业园区和示范区，为市民体验元宇宙打造落地场景。

元产委成立推动产业健康持续发展。2021年11月11日，中国移动通信联合会元宇宙产业委员会在京揭牌，这是国内首家获批的元宇宙行业协会，致力于推动元宇宙产业健康持续发展。中国移动通信联合会是中国移动通信领域唯一一家全国性的社会团体。

（三）杭州

元宇宙创新资源好。浙江在“元宇宙”产业发展上具备得天独厚的条件，在AR引擎、虚拟人像、3D空间与虚拟场景建设、新型人机交互、5G云网、边缘计算、服装3D工具、工业XR交互引擎、心理健康与医疗以及游戏场景等各领域已有一定的研究和储备，很多企业已进入上市IPO和资本通道。浙江拥有浙江大学、之江实验室、阿里巴巴达摩院等高能级研发机构和高层次研发人才。

政策助力产业发展。2022年1月5日，浙江省数字经济发展领导小组办公室发布了《关于浙江省未来产业先导区建设的指导意见》，元宇宙与人工智能、区块链、第三代半导

体并列，是浙江到 2023 年重点未来产业先导区的布局领域之一；浙江将在先导区重点建设任务中明确加快在脑机协作、虚拟现实、区块链等领域搭建开放创新平台，促进产业技术赋能、集成创新。2022 年 3 月 29 日，杭州余杭区未来科技城发布扩展现实（XR）产业发展计划。

论坛平台相继落地。2021 年 10 月 17 日，“2021 数智乡村振兴发展论坛”在杭州隆重举办，会议期间启动杭州元宇宙加速基地落成的揭牌仪式。2021 年 11 月，浙江省经信厅组织召开“元宇宙”产业发展座谈会。同年 12 月底，杭州宣布成立元宇宙专委会。

（四）青岛

产业发展环境逐渐优化。2022 年 3 月 24 日，山东省工业和信息化厅等七部门联合发布《山东省推动 VR 产业高质量发展三年行动计划（2022-2024 年）》，揭晓山东省虚拟现实产业的发展近况和未来方向。青岛打造了国际 VR 产业园，总投资约 50 亿，规划产业聚集区与主题体验区两大组团，致力于打造元宇宙创作研发、VR+全产业链、元宇宙多元体验的聚集示范区。青岛市虚拟现实产业以崂山区为核心，引进 70 余家优质企业，集聚了虚拟现实相关高端创新平台。

（五）南昌

丰富的 VR 资源助推发展。南昌从 2018 年就开始举办“世界 VR 产业大会”，以此为契机，连接相关 VR/AR 企业，打

造产业集群。从 2018 年到 2021 年，南昌在世界 VR 产业大会上，共签约项目 435 个，投资总额达到 2650.11 亿元。南昌聚集了微软、高通、联想等国外 VR 领域的头部玩家。

政策环境不断优化。江西省科技厅宣布将 2022 年定位为 VR 产业发展质量突破年，聚集省内现有科创平台、龙头企业等创新力量，探索成立元宇宙联盟，打造国内一流的元宇宙研发平台，重点布局元宇宙硬件入口、底层架构、人工智能、内容与场景四个方向的规范标准制定和开发工具监制重新梳理完善虚拟现实关键核心技术和“卡脖子”技术目录，开展元宇宙发展重点和发展路径探索；支持南昌规划建设元宇宙试验区，打造数字经济产业集聚区，重点发展 VR/AR、人工智能与 5G、数字文创等数字经济重点产业。

政府扶持力度加大。江西省市区三级资助金额高达 6000 万元。企业选择入驻南昌的背后离不开政府的扶持。江西省政府专门为 VR 产业出台了相关措施，并给出了省市区三级政策扶持。省级政府明确表示要将南昌打造成“世界级 VR 中心”，当地元宇宙产业发展前途光明。

人才培养逐步完善。全国共有 18 所高校获教育部批准开设“VR 技术”本科专业，其中有五所都在江西省。南昌泰豪动漫学院和江西科技师范大学软件动漫学院两所院校的 VR 专业学生达万人，其中近 6 成学生正成为本地 VR 产业发展人才的储备力量。

（六）无锡

打造生态产业示范区。2022年1月5日，无锡市滨湖区发布《太湖湾科创带引领区元宇宙生态产业发展规划》，提出将培育、引进一批区块链、人工智能等元宇宙生态链企业，到2025年基本形成技术引领、企业集聚、示范应用、标准完备的元宇宙产业生态，打造元宇宙的“滨湖名片”。

顶层设计助力产业发展。2022年1月1日，在江苏省无锡市滨湖区正式推出《太湖湾科创带引领区元宇宙生态产业发展规划》，以及相配套的科技创新服务体系、科创载体建设、人才安置工程三年行动计划等，旨在打造国际创新高地和国内元宇宙生态产业示范区。下阶段，滨湖将以打造元宇宙核心产业区、元宇宙创新孵化园、元宇宙先进智造地，构建元宇宙空间布局；以引入一批元宇宙领军企业、培育一批元宇宙新兴企业、带动一批传统企业转型升级，加快元宇宙集聚发展；以推动元宇宙核心技术攻关、设立元宇宙新型研发机构、推进元宇宙标准体系建设、建设元宇宙产业协会联盟，优化元宇宙发展生态。

以重大赛事、基地建设推动产业发展。2022年1月11日，无锡市元宇宙创新联盟成立，无锡市元宇宙产业园挂牌；14日，首届长三角元宇宙创新创业大赛总决赛在无锡滨湖区举行，长三角元宇宙联盟、无锡市元宇宙创新创业基地也宣布落户滨湖区。

（七）合肥

前瞻布局元宇宙产业。合肥市第十七届人民代表大会第一次会议上，政府工作报告提及，前瞻布局未来产业，瞄准量子信息、核能技术、**元宇宙**、超导技术、精准医疗等前沿领域，打造一批领航企业、尖端技术、高端产品，用未来产业赢得城市未来。2022年1月10日，合肥市市长罗云峰代表市政府向合肥市第十七届人民代表大会第一次会议所作的《政府工作报告》中也提到了“元宇宙”。

企业加快培育，产业协同发展。未来5年，合肥将前瞻布局未来产业，瞄准**元宇宙**、超导技术、精准医疗等前沿领域，打造一批领航企业、尖端技术、高端产品。合肥将培育3个千亿企业、300个专精特新企业，加快建成具有国际竞争力的先进制造业高地。

（八）成都

顶层设计出台抢占赛道。2022年1月23日，成都市第十七届人民代表大会第六次会议开幕，政府工作报告在推动新经济新赛道加快布局方面指出，成都将大力发展数字经济，主动抢占量子通信，元宇宙等未来赛道，打造数字化制造“灯塔工厂”。

成立专委会推动元宇宙创新发展。2021年12月23日，四川省网络文化协会元宇宙专业工作委员会在成都成立，这是川内社会组织成立的首家元宇宙专业机构。该专委会是四

川省网络文化协会下设机构，是四川省内学习、研究、探索元宇宙技术和应用、推广的专业性机构。

（九）武汉

元宇宙写入“政府工作报告”。2022年1月11日，在湖北省武汉市第十五届人民代表大会第一次会议上，武汉市委副书记、市长程用文向大会作政府工作报告时指出，要加快壮大数字产业，推动元宇宙、大数据、云计算、区块链、地理空间信息、量子科技等与实体经济融合，建设国家新一代人工智能创新发展试验区，打造小米科技园等5个数字经济产业园。在政府工作报告“亮点”中，提到推动元宇宙、大数据、云计算、区块链、地理空间信息、量子科技等与实体经济融合，建设国家新一代人工智能创新发展试验区，打造小米科技园等5个数字经济产业园。

（十）厦门

出台三年行动计划，打造“生态样板城市”。2022年3月，厦门市工业和信息化局、厦门市大数据管理局发布了《厦门市元宇宙产业发展三年行动计划（2022-2024年）》，抢抓数字经济和元宇宙产业发展机遇，打造“元宇宙生态样板城市”和数字化发展新体系。厦门市力争到2024年，元宇宙产业生态初具雏形，引入培育一批掌握关键技术、营收上亿元的元宇宙企业，元宇宙技术研发和应用推广取得明显进展，对政府治理、民生服务、产业转型升级的带动作用进一步增

强。

（十一）广州

对标“元宇宙‘未来之城’”，打造中国元宇宙产业高地。业界人士曾以“元宇宙‘未来之城’”评价广州市元宇宙产业发展趋势，相比较各省市的元宇宙技术水平及政策配套，以黄埔区为代表的广州将成为中国元宇宙的产业高地，未来黄埔区、广州开发区有望在粤港澳大湾区形成一条元宇宙核心产业链。2022年3月24日上午，元宇宙技术发展研讨会在广州举行，深度探讨技术、产业、政策等相关内容，市、区合力共同推动元宇宙的发展与落地。

出台大湾区首个专项扶持政策，推动高质量发展集聚发展新势能。2022年4月6日，《广州市黄埔区、广州开发区促进元宇宙创新发展办法》正式发布，黄埔区副区长、区工业和信息化局局长徐丹在发布会上表示，黄浦区将从建设具有黄埔特色的元宇宙标志性场景、元宇宙关键共性技术与通用能力的价值创新与公共服务平台、特定研究方向的元宇宙相关项目等三个层面进行奖励，最高补贴分别达500万元。这份由广州市黄埔区、广州开发区发布的《促进元宇宙创新发展办法》也被称为“元宇宙10条”，是粤港澳大湾区首个元宇宙专项扶持政策。“元宇宙10条”中，扶持范围涵盖技术创新、应用示范、知识产权保护、人才引流、交流合作、基金支持等十个方面。广州市黄埔区将培育并引进一批拥有数字

孪生、脑机接口、增强现实/虚拟现实/混合现实等元宇宙关键技术，可面向产业发展、社会治理、民生服务等各方面提供元宇宙相关技术服务的软硬件或平台型领军企业。

各区竞争合作，形成聚集效应。围绕元宇宙，广州的各个区是竞合关系，在竞争中合作，形成聚集效应。广州各区打造元宇宙产业上各有侧重。比如，黄埔区是“元宇宙核心产业链：人才元宇宙、企业元宇宙、城市元宇宙”，海珠区是“元宇宙未来都市工业：产业互联网、海上丝绸之路”，南沙区是“未来城市元宇宙：人工智能”，番禺区是“元宇宙文旅制造：传感器及嵌入式系统、文旅内容制作”，增城区是“元宇宙先进制造：超高清显示产业、汽车产业”，花都区则是“元宇宙产业园：全产业链”。

成立元宇宙产业链联盟，促进元宇宙产业发展。大湾区元宇宙产业链联盟正在筹备中。联盟由广州黄埔元宇宙研究院牵头，在广东省各级政府的支持和粤港澳大湾区战略建设框架的基础上，联合龙头企业在广州成立。大湾区元宇宙产业链联盟志在通过结合更多龙头供应链的企业，完成相关行业发展标准的设立，推出元宇宙供应链相关的标准化方案，促进相关工作发展。

（十二）南京

企业发展均衡，产业链布局完善。截至2022年3月底，南京共有元宇宙产业相关企业约130家，2021年营业收入共

计 948 亿元（不含 5G 电信业务收入），在产业链各层级均有分布。其中，底层技术支撑层 40 家企业，区块链领域 19 家、先进计算领域 3 家、云计算及边缘计算领域 14 家、5G 网络服务 4 家。前端设备及平台层 40 家企业，VR/AR（虚拟现实/增强现实）领域 25 家、人机交互设备领域 8 家、数字人领域 7 家。场景及应用层 47 家企业，游戏领域 11 家、数字孪生领域 19 家、数字内容开发领域 17 家。南京在 VR/AR、区块链、数字人等细分领域有一定优势，但在平台、物联网等细分领域存在缺项。

顶层设计助力抢抓机遇，加快元宇宙产业布局。目前，南京已提出要加快布局元宇宙产业，作为全市未来产业新赛道，力争跻身国内第一方阵，积极支撑打造万亿级软件产业和数字经济创新发展高地建设。同时，充分预判风险，谨防炒作概念、过度金融化、网络安全等问题，引导元宇宙产业健康发展。据此，南京相关部门制定了下一步发展“路线图”，将元宇宙纳入数字经济和未来产业体系，催生数字经济新业态新模式、驱动信息技术联动创新发展；持续推进数据中心和算力中心建设布局，为元宇宙产业提供高速率、低时延网络以及云边端协同计算能力，夯实元宇宙新基建基础；重点围绕制造业、文旅、教育、医疗健康等领域，鼓励搭建元宇宙适用场景，带动相关产品应用验证和核心技术迭代发展；对照元宇宙产业链图谱，进一步梳理全市元宇宙相关企业和

重点项目，引导元宇宙招商引资和人才集聚，补短板锻长板；遴选一个板块打造为“元宇宙综合性创新发展先导区”，打造各具特色的元宇宙产业集聚区，形成“一核多点”的产业空间格局。成立南京市元宇宙产业链联盟，打造多层次对接平台，在中国（南京）软博会、世界智能制造大会增设元宇宙专题展区和论坛，打响南京元宇宙品牌。

优势得天独厚，推动积极发展。计算机技术是南京发展元宇宙一大优势。作为目前全球数字经济的顶流概念，元宇宙发展离不开计算机技术。南京是中国重要的科研城市，高等院校和科研院所云集、高端人才密集，而软件和信息技术服务业一直是南京重点发展的战略性新兴产业之一。南京发展元宇宙另一个优势是工业制造业及其他可应用的产业门类齐全，为元宇宙相关技术提供大量的实操应用场景。基于这些优势，2022年3月，南京江宁高新区联合国内知名研究团队，围绕工业制造、医疗健康、文化娱乐领域，打造三大创新中心。

（十三）张家界

成立元宇宙研究中心。2021年11月，张家界元宇宙研究融合发展研讨会暨张家界元宇宙研究中心挂牌仪式举行，张家界成为全国首个设立元宇宙研究中心的景区。张家界元宇宙研究中心设置在张家界市武陵源区旅游高质量发展数字化转型工作领导小组办公室，元宇宙研究将成为武陵源区

数字化转型的重要研究内容。

结合文旅推动产业发展。搭乘“元宇宙”的浪潮，武陵源景区将为游客提供更加精彩的旅游体验、更加丰富的旅游产品，更舒适的旅游环境。成立张家界元宇宙研究中心的初衷是以数字化技术赋能旅游产业，培育旅游新兴业态，为旅游业的数字化转型奠定基础。

（十四） 三亚

打造元宇宙产业基地。2021年12月，海南省三亚市委常委、常务副市长盛勇军在2021年第六届三亚文博会现场会见了网易集团党委书记、副总裁刘杰一行，双方围绕网易海南总部落户三亚、元宇宙产业基地项目建设以及“科技+”“数字化+”产业布局等务实合作达成系列共识。

依托企业合作发展产业。2021年12月，三亚市人民政府与网易签署了战略合作协议。根据协议，网易将在三亚设立网易海南总部，建设网易元宇宙产业基地项目，推动海南数字化文创产业高质量发展，打造集互联网技术开发、数字化内容生产、数字化版权运营和数字化产品输出为一体的国际化数字新文创中心。网易将参与海南国际电竞岛、三亚电商供应链，以及网红经济与直播电商建设，并打造“音乐点亮城市”等大众文化项目。双方将共同推动海南自由贸易港在数字文化建设方面取得新成果。

八、元宇宙投融资情况

（一）国内外投融资情况及特点

2021 年以来，元宇宙概念快速普及，成为资本市场关注的热点，也重新点燃了投资界对于 AR/VR 的兴趣。元宇宙所代表的互联网应用新形态，通过 VR/AR 三维交互与多种技术集成提供更沉浸式的感官体验，使得众多公司纷纷在该领域布局。

2021 年 10 月，Facebook 正式更名为 Meta，成为投资风向标转变的开始。根据国外调研机构 Crunchbase news，在 2021 年第四季度，AR/VR 初创公司的融资金额创下历史新高。这使得 2021 年成为 VR/AR 领域有史以来投资第二好，全年融资达 39 亿美元（折合人民币约 247 亿元），仅次于 2018 年的 44 亿美元（折合人民币约 278 亿元）。

截至 2022 年 4 月，仅是在刚刚过去的第一季度，全球获投融资的 VR/AR 企业就已经超 43 笔，其中超亿元的投融资就足足有 18 笔，最高单笔融资金额达 22 亿元人民币，融资总金额达到 82 亿元，相比 2021 年第一季度的融资总金额 42 亿元，增长 51%。但 2022 年第一季度 VR/AR 企业融资与“元宇宙”概念最热的 2021 年第四季度相比，无论是融资金额和融资笔数都出现了大幅下降，有明显转冷的迹象。一边是当初喊着“元宇宙”口号最响亮的 Meta、Roblox 等几家公司股价大跌，另一边是 Oculus、Pico、奇遇等 VR/AR 设备出货量

节节攀升，新品不断。

表8.1 2022年元宇宙领域第一季度投融资情况

投资时间	投资公司	投资金额	投资轮次	投资机构	成立地点
3.30	Nreal	3.8亿元	C+	阿里巴巴	中国北京
3.29	nDreams	2.2亿元	B	Anoic Group	英国
3.23	Gamefam	1.5亿元	A	领投: Konvoy	美国
3.20	Rokid	7亿元	C	复星集团	中国杭州
3.17	Ramen VR	2.2亿元	B	领投: Anthos Capitals	美国
3.9	灵犀微光	1亿元	B	国投美亚基金、美迪凯等	中国北京
3.1	XRHealth	6367万元	-	HTC、AARP等	美国
2.24	北京蜂巢科技	-	增股	腾讯	中国北京
2.22	XRSpace	9550万元	战略投资	鸿海科技	中国台湾
2.21	Soul Machines	4.5亿元	B+	领投: 软银愿景等	新西兰
2.18	Talespin	1.3亿元	C	领投: SEEK	美国
2.18	Neo Medical	1.4亿元	A++	Swisscom Ventures	瑞士
2.15	次世文化	未披露	A3	红杉中国	中国北京
2.14	当红齐天	未披露	B+	蓝色光标	中国北京
2.9	Scandit	9.5亿元	D	领投: Warburg picus	瑞士
2.8	Airmeet	2.2亿元	B	领投: Prosus Ventures	印度
2.8	MORAI	1.3亿元	B	KIP资本	韩国
1.28	Apprentice	6.3亿元	C	领投: Alkeon Capital	美国
1.20	VIRNECT	1.9亿元	B	韩华集团、KTB Network等	韩国
1.18	Animoca Brands	22亿元	战略投资	领投: Liberty City Ventures	中国香港
1.10	Avataar	2.8亿元	A+	领投: Tiger Global	印度
1.6	杭州李未可科技	数千万元	天使	字节跳动	中国杭州

数据来源：赛迪智库整理 2022，04

表8.2 2021年元宇宙领域重点投融资情况

投资时间	投资公司	投资金额	投资轮次	投资机构
1月	Roblox	5.2亿美元	Pre-IPO	Altimeter Capital等
1月	超参数科技	3000万美元	A+	五源资本、高榕资本
2月	NOLO VR	2000万美元	B	蓝驰创投、愉悦资本、蔚来资本
3月	PICO小鸟看看	2.42亿元	B+	基石资本、建银国际等
3月	MetaAPP	1亿美元	C	领投：SIG海纳亚洲
4月	代码乾坤	1亿元	战略投资	字节跳动
4月	EpicGames	10亿美元	战略投资	T. Rowe Price、Sony
6月	Soul App	4000万美元	天使轮	五缘资本、腾讯投资等
7月	次世文化	500万美元	A	顾为资本
7月	小冰	数亿元	A	IDG资本
8月	Nreal	1亿美元	C	红杉资本中国
9月	Nano Labs	2000万美元	战略投资	拥湾资产管理
10月	Sophya	1500万美元	种子轮	Talis Capital
11月	Gather	5000万美元	B	领投：Sequoia Capital
12月	星图比特	1000万元	战略投资	风语筑
12月	世悦星承	1000万元	天使轮	网易

数据来源：赛迪智库整理 2022，04

表8.3 2022年元宇宙领域第一季度企业并购情况

时间	被收购公司	成立地点	收/并购	收购机构
3.30	Brio XR	加拿大	收购	Adobe
3.23	NextMind	法国	收购	Snap
3.18	Fierce Kaiju	英国	收购	XRGames
3.17	Raxium	美国	收购	Google
3.11	8th Wall	美国	收购	Niantic
2.10	Apostera	德国	收购	三星子公司哈曼
2.3	EvoVR	美国	收购	Tripp
1.25	Ziva Dynamics	加拿大	收购	Unity
1.18	Augmented Pixels	乌克兰	收购	高通创投
1.12	MagicLens	未知	收购	CareAR

数据来源：赛迪智库整理 2022，04

在国外方面，投融资更偏向 VR 平台或是 VR 内容开发的企业。根据 Crunchbase，截至 2021 年 11 月，与元宇宙相

关的公司已经在 612 笔交易中筹集了近 104 亿美元的资金。ManageXR 在元宇宙概念爆火前融资不顺，在 2021 年 12 月宣布获得 400 万美元融资。Magic Leap 在 2021 年 10 月获得 5 亿美元融资，是其近 3 年融资最高的一笔。《Pokémon GO》开发商 Niantic 在 2021 年 11 月完成 D 轮融资，获虎系基金 Coatue 的 3 亿美元投资，公司估值达 90 亿美元。

在国内方面，投融资更偏向在 XR、虚拟数字人领域的企业。2021 年 6 月，AR 智能眼镜光学模组供应商耐德佳宣布完成 B1 轮融资；2021 年 7 月，Rokid 官宣完成新一轮投资，规模达数亿元；2021 年 9 月，亮风台宣布完成 2.7 亿元 C+轮融资；同月 Nreal 宣布完成 C 轮融资，金额超 1 亿美元。根据企查查数据，截至 2021 年底，我国共申请“元宇宙”商标达 11376 件，涉及公司达 1692 家，其中 2021 年申请 11374 件，涉及公司 1691 家。国内投资情况来看，目前大多较散，难以形成行业规模。华强资本营造行业生态闭环（产业链），同时布局了显示器件（芯视元）、光机（珑璟光电）、XR 系统（睿悦信息）、芯片（加密 MCU）等，建立 XR 生态圈，是国内少有的进行全产业链布局的企业。

互联网巨头们拥有的技术、内容和人才储备在其探索元宇宙时更容易成为各自的先发优势。普遍认为游戏可能是元宇宙早期产品形态，互联网巨头在游戏领域的布局尤受关注。网易在 2021 年投资多家“虚拟人”公司，包括虚拟人生态公司

次世文化、虚拟形象技术公司 Genies、虚拟社交平台 Imvu、北京红棉小冰科技有限公司等。阿里巴巴在 2021 年 10 月组建 XR 实验室，计划完成从现实社会到虚实相融社会的过渡。百度在 2021 年底上线内测其首款元宇宙产品希壤 App，并举办了一场元宇宙大会。字节跳动在 2021 年 9 月收购 Pico，价格约为 90 亿元，是中国 VR 行业最大的一笔收购案。

(二) 典型案例

1. 国内案例

(1) 飞天云动：拟赴港 IPO，主攻元宇宙

2021 年 12 月 29 日，北京飞天云动科技有限公司公开向港交所递交上市申请。根据招股书信息，其境内业务主体涉及北京飞天云动科技有限公司。北京飞天云动于上月成立，飞天云动（香港）科技有限公司则在 8 月完成注册。

在招股书开头，飞天云动称其使命是凭借 AR/VR 技术，打破现实世界与虚拟世界之间的次元壁垒，并赋能客户实现数字化升级及业务补充，立志帮助每名客户进入元宇宙。AR/VR 服务是其主要收入来源，为客户提供解决方案，包括投放 AR/VR 互动内容广告，合计有 40 余名广告客户。

飞天云动表示，根据艾瑞咨询数据，2020 年国内市场总规模 115 亿元，其是中国元宇宙场景应用层 AR/VR 内容服务市场收入第一的公司。该公司称已开始建立元宇宙平台，名为飞天元宇宙平台。

(2) 歌尔股份：分拆歌尔微至创业板上市，申请获深交所受理

2021年12月29日，歌尔股份(002241.SZ)发布公告称，公司拟分拆所属子公司歌尔微电子股份有限公司至深圳证券交易所创业板上市。

歌尔微已于近日向深圳证券交易所提交了首次公开发行股票并在创业板上市的申请材料，并于2021年12月28日收到深交所出具的《关于受理歌尔微电子股份有限公司首次公开发行股票并在创业板上市申请文件的通知》(深证上审〔2021〕549号)，深交所根据相关规定对歌尔微报送的首次公开发行股票并在创业板上市的申请报告及相关申请文件进行了核对，认为文件齐备，决定予以受理。

(3) 网易：入股虚拟数字研发商世悦星承

2021年12月23日，天眼查 App 显示，北京世悦星承科技有限公司发生多项工商变更，股东新增北京网易传媒有限公司、深圳富海弘源投资合伙企业；注册资本增至约125.16万人民币，增幅超17%。

在VR技术领域，网易先后投资VR流媒体直播公司NextVR、VR设备厂商AxonVR、虚拟形象以及人工智能建模企业Genies等多家VR技术关联公司。

(4) 商汤集团：成功于香港交易所主板挂牌上市，开启AI硬科技时代新篇章

2021年12月30日，商汤集团股份有限公司于香港联交所主板正式挂牌交易，成功在香港上市。商汤集团联合创始人、董事长兼CEO徐立博士在上市仪式致辞中表示：“每个时代的企业都承载着各自不同的希望和责任，我们的命题是如何从生存、追赶到发展与开创。当我们看到了技术的巨大突破，商汤人希望推动技术落地，用技术突破去重新定义场景和模式，去刷新大众对于人工智能的认知。我们将和投资者、合作伙伴一起，推动人工智能基础设施的建设，赋能百业，普惠众人。用我百点热，耀出千分光。”

（5）蔚领时代：完成4亿元B轮融资

2021年12月，云游戏全案服务商蔚领时代宣布完成B轮融资，总金额为4亿元人民币。2021年初完成A轮融资，金额为1.5亿元人民币。本轮由明势资本领投，鼎晖VGC跟投，老股东小米、米哈游和顺为资本进行了增持。本轮资金主要用途为：虚拟世界专属服务器的设计和首次量产；基于云端渲染的数字人开发平台的设计和搭建；面向下一代软件方舟架构的研发和设计。其中最重要的是第一版块。

通过《云·原神》等全球头部游戏的锤炼，蔚领在产品打磨和技术积累上已占据领先身位；与小米、米哈游、中移动等场景方的深度合作，也为该公司未来的业务爆发性增长提供强大助力。

（6）区块链安全公司 CertiK：完成8000万美元B2轮

融资

2021年11月30日，区块链安全公司 CertiK 宣布完成8000万美元的B2轮融资，该轮融资由红杉资本领投，Tiger Global、高瓴创投、Coatue Management、顺为资本等老股东持续跟投。CertiK在四个月内共完成三轮融资，总融资额超过1.4亿美元，估值近10亿美元。本轮融资所有资金及公司营业收入将主要用于更多创新产品和服务研发。

未来，CertiK将通过提供端到端的服务为区块链安全提供一站式体验，其中包括形式化验证、安全审计、实时监控、自主检测以及对区块链和智能合约的保护等。

(7) 字节跳动：90亿元收购 Pico，大手笔独家投资虚拟人，加码布局元宇宙

2021年8月29日，Pico发出全员信，披露该公司被字节跳动以90亿元人民币的价格收购，将整合字节的内容资源和技术能力，在产品研发和开发者生态上加大投入。在收购Pico之后，字节跳动打通设备-内容-平台的生态闭环，未来有望复制成为中国版的“Facebook 并购 Oculus”，打开VR直播等远程交互相关应用。

2022年1月6日，杭州李未可科技有限公司显示发生股东变更，新增字节跳动关联公司北京量子跃动科技有限公司。本轮为李未可首轮融资，由字节跳动独家投资。李未可由原阿里巴巴工智能实验室(A.I.Labs)智能终端负责人茹忆打造。

公司成立于 2021 年 10 月，打造了名为“李未可”的 AR 科技潮牌及同名虚拟 IP 形象。

（8）维港投资：首次布局元宇宙，领投 Wonder Dynamics

2021 年 12 月 14 日，Wonder Dynamics 宣布获 900 万美元 A 轮融资，获李嘉诚旗下维港投资领投。同时，该公司还吸引到旗下拥有著名游戏《堡垒之夜》的 Epic Games 和韩国三星旗下创投基金 Samsung Next 投资。

Wonder Dynamics 是《头号玩家》主演谢里丹联合创立的 AI 技术公司，该公司开发一个 AI 驱动的制作平台，这一技术除了应用于电影、电视，也有望拓展至元宇宙领域。

（9）元宇宙创企 Animoca Brands：融资 23 亿元，索罗斯郑志刚参投

2022 年 1 月 19 日，香港创业公司 Animoca Brands 最新宣布完成约 3.59 亿美元（约合人民币 22.79 亿元）融资，美国对冲基金大鳄索罗斯参投，其他投资者还包括红杉中国，和香港周大福集团郑氏家族第三代郑志刚等。本次投资公开身份的参与机构达 19 家，领投方为公司老股东 Liberty City Ventures。索罗斯通过旗下 Soros Fund Management 参与本轮融资，郑志刚通过旗下私人投资公司 C Ventures 参与。

（10）元隆雅图：成立全资子公司元隆宇宙，加速推进元宇宙等创新业务的布局和落地

2021年12月，元隆雅图成立全资子公司“元隆宇宙数字技术（上海）有限公司”，元隆宇宙将作为元隆雅图元宇宙相关业务的运营主体，加速推进元宇宙等创新业务的布局和落地。

元隆宇宙将整合元隆雅图在实物及数字礼赠品、新媒体营销策划、IP授权与运营等方面的客户需求和领先优势，积极探索元宇宙的业务入口和商业化路径，以元宇宙为契机，在体现“现实”+“虚拟”的融合价值的业务上，加大布局力度并加速相关产品和服务的研发、落地和推广。

2. 国外案例

（1）Epic Games：完成 10 亿美元融资

2021年4月13日，Epic Games完成10亿美元融资，其中包括索尼的2亿美元战略投资。另外 Appaloosa、Baillie Gifford、富达管理及研究公司等也进行了投资。担任 Epic CEO 的 Tim Sweeney 仍是控股股东。

Epic Games 计划通过这次融资，加快《堡垒之夜》、《火箭联盟》、《糖豆人》等作品社交功能的开发。另外为使用 Unreal Engine、Epic Online Services、Epic Games Store 开发游戏的开发者提供帮助。

（2）微软：以近 700 亿美元收购动视暴雪，成公司史上最大规模收购

2021年1月18日，微软以每股95美元的价格全现金收

购动视暴雪，包括动视暴雪的净现金在内，交易价值 687 亿美元，这笔交易成为微软有史以来规模最大的一笔收购。

(3) 在线创作游戏平台 Roblox: 完成了新一轮融资

2021 年 1 月，在线创作游戏平台 Roblox 完成新一轮融资，由 Altimeter Capital 和 Dragoner Investment Group 两家公司牵头，总融资金额为 5.2 亿美元，融资之后 Roblox 总估值将达到 295 亿美元左右。Roblox 作为全球最大的在线创作游戏平台之一，拥有百万个由用户所制作的游戏，大多数用户可以通过分享自己制作的游戏而得到相关的收入，据统计美国 9 至 12 岁的儿童中有三分之二都在使用这个游戏创作平台。

(4) 软银: 对韩国元宇宙社交平台 Zepeto 投资 1.5 亿美元

继 2021 年 11 月初软银集团投资了 NFT 游戏公司 The Sandbox（投资金额为 9300 万美元）后，不到一个月时间，软银又在元宇宙相关领域押注第二笔投资，即对韩国 Naver Corp 旗下的元宇宙时尚虚拟社交平台 Zepeto 投资 1.5 亿美元（约合人民币 9.6 亿元）。

Zepeto 于 2018 年推出，主打 3D 虚拟形象的捏脸和时尚单品社交，是亚洲最热门的元宇宙社交平台之一。用户在注册 Zepeto 时通过扫描或者拍摄照片在平台中生成数字形象，然后可以在虚拟世界中逛街、学习和玩乐。

(5) 韩国区块链公司 Hashed: 完成 2 亿美元筹资

2021 年 12 月 1 日，韩国区块链公司 Hashed 宣布新基金 Hashed Venture Fund II 完成 2 亿美元筹资，计划投资于 Web3 项目。由于法律要求，该公司未披露新基金的投资者。去年 12 月，Hashed 推出价值 1.2 亿美元的区块链基金，韩国第三大上市公司 Naver 向该基金投资 140 亿韩元（1208 万美元），韩国 IT 巨头 Kakao 也参与了投资。

该公司目前的投资分布在区块链平台、金融基础设施、应用程序和出版领域。

(6) Niantic: 完成 3 亿美元融资，将构建元宇宙

2021 年 11 月，据 Techcrunch 报道，《Pokémon GO》的开发商 Niantic 宣布获得 3 亿美元新融资，估值 90 亿美元，投资方为 Coatue。本次融资将用于投资现有的游戏和新应用，以及扩展 Lightship 开发者平台和构建元宇宙。此前，Niantic 已收购 3D 扫描应用程序 Scaniverse。

当前，越来越多的人扑向元宇宙这条赛道，但元宇宙的未来还比较遥远。

(7) 沙盒网络: 获得 2 亿人民币战略融资

2021 年 11 月，沙盒网络获得 2 亿人民币战略融资，本次融资由某互联网头部企业领投，资金用于产品研发以及完善 UGC 生态建设。沙盒网络旗下的游戏平台 Blockman Go 与游戏编辑器 Blockman Editor 是基于自主研发的游戏引擎

上开发的,成为全球范围内用户规模紧追 Roblox 的游戏 UGC 平台之一。

(8) Thought Machine: 完成 2 亿美元融资

2021 年 11 月底,云银行初创公司 Thought Machine 完成 2 亿美元融资,以帮助银行进入云时代,该轮融资由 Nyca Partners 领投。Thought Machine 计划利用资金在全球扩张,尤其是在马来西亚和日本。Thought Machine 由前 Google 员工 Paul Taylor 于 2014 年创立,它旨在帮助传统参与者进入云原生核心银行业务。

Thought Machine 在云中构建一套核心银行解决方案,其解决方案 Vault 包含一系列银行服务,包括活期/支票账户、储蓄账户、贷款、信用卡和抵押贷款,并提供最高级别的可扩展性、弹性和安全性,帮助银行在云时代竞争。

(9) 元宇宙初创公司 Cyber: 完成 670 万美元融资, Variant 领投

2022 年 1 月 21 日,元宇宙初创公司 Cyber 在 2021 年 11 月完成 670 万美元融资,Variant 领投,三箭资本、TCG Capital Management 以及数名天使投资人和包括 Cozomo de' Medici、艺术家 Joey Colombo、Product Hunt 创始人 Ryan Hoover、Adobe 首席产品官 Scott Belsky、Not Boring 创始人 Packy McCormick、Art Blocks 创始人 Erick Calderon、匿名组合 6529、DeeZe、Gmoney 在内的 NFT 收藏家参投。

Cyber 于 2021 年 2 月推出，旨在为 NFT 建立虚拟展厅。该公司刚刚推出一项新功能，通过一个门户网站将收藏家的虚拟画廊连接在一起。新资金将主要用于扩大团队，同时推进产品开发。Cyber 创始人 Rayan Boutaleb 表示，Cyber 的使命是“让人们部署身临其境的空间，无论大小”。

（10）SPACE 公司：完成 700 万美元融资，商业运营成为其发展重点

2021 年 12 月 20 日，元宇宙商业空间平台 SPACE 完成由 CoinFund、Dapper Labs、Digital Currency Group、Animoca Brands、Hof Capital 等风险基金投资的 700 万美元融资。SPACE 是一个面向艺术和商业的元宇宙平台，基于平台工具用户将能无障碍设计及创建沉浸式商业空间，平台宗旨是“建立一个将不同元宇宙领域互联的平行经济社会”。

SPACE 创始人 Batis Samadian 表示：“随着元宇宙空间获得广泛采用，成为人们见面、社交的新地点，商业运营即是自然演变也是 SPACE 发展的重点，我们注意到更多用户希望能在元宇宙世界内观看节目、购买、出售商品。”

（11）SK Square：重新上市后首次投资向元宇宙领域布局

2021 年 12 月。新成立的 SK Square 在证券市场重新上市的同时作为第一投资方收购了 Korbit 和 Onmind 的部分股份，这两笔交易是 SK Square 成立以来的首次投资。Korbit

运营着 NFT 交易所和元宇宙虚拟资产交易所“Korbit City”，SK Square 投资 900 亿韩元（约合人民币 4.8 亿元）将获得其 35% 的股份，成为第二股东。Neptune 的子公司 Onmind 以自主开发的 3D 数码人类体感技术和实时渲染技术为基础开展业务，SK Square 收购了其 40% 的股份。

此次 SK Square 的两笔投资都是在元宇宙领域的布局，表明了 SK 电讯打造区块链与元宇宙生态系统的决心。SK Square 的投资使 SK 电讯站在了元宇宙生态圈发展起点上，SK 电讯绘制的业务蓝图是将 Korbit 的虚拟资产交易所、NFT 交易所、元宇宙虚拟资产交易平台与 onmind 的 3D 数码人机技术融合，进一步构筑包括现有 SK 电讯旗下多个平台在内的元宇宙生态系统。

（12）Solana 生态元宇宙项目 MetaMall：完成 460 万美元种子轮融资，316VC 等领投

2021 年 12 月 22 日，Solana 生态 VR 项目 MetaMall 宣布种子轮融资 460 万美元，由 316VC、MarsVC、WLI Capital、BullPerks、HVS Ventures、CCK Ventures 等领投。此轮融资金额将用于扩大技术和营销团队的规模，并与技术平台和设计师合作，打造零售和游戏体验为主的元宇宙。

（13）Moonray PBC：完成 350 万美元融资，将开发元宇宙多人游戏

2021 年 12 月，美国元宇宙游戏工作室 Moonray PBC 宣

布完成 350 万美元新一轮融资，本轮融资由 Animoca Brands 领投，LD Capital、Lucid Blue Ventures、GBV Capital 和 Metavest Capital 等投资者参投。新资金将用于扩展 NFT 市场和游戏内经济，以及开发其多人动作 RPG 游戏《Moonray》。

《Moonray》是一款通过 Stacks 构建基于比特币的元宇宙游戏，它为比特币带来智能合约，并使游戏能从安全的比特币网络中受益。Moonray PBC 将在《Moonray》中建立 NFT 游戏市场，以支持玩家购买、出售、交易游戏内收藏品、武器及皮肤，从而使玩家获利。

（14）耐克：收购虚拟运动鞋品牌,加码元宇宙

2021 年 12 月 14 日，耐克宣布收购 NFT 时装和收藏品公司 RTFKT Studios。该公司成立于 2020 年，生产运动鞋等数字产品。RTFKT 今年已经创造了 450 万美元的销售额，估值达到 3330 万美元。

（15）Mystic Moose：完成 500 万美元融资，将开发元宇宙游戏《Planet Mojo》

2021 年 12 月 24 日，总部位于波士顿的独立游戏开发商 Mystic Moose 宣布完成 500 万美元融资，本轮融资由 Animoca Brands 领投，Courtside Ventures、Republic Crypto、Alameda、AU21、Sfermion、Polygon Studios、Collab + Currency、Sky Vision Capital、Spartan Capital、HyperEdge、Momentum6、Fourth Revolution Capital 等参投。据悉，新资金将用于开发

元宇宙游戏平台《Planet Mojo》。

《Planet Mojo》是 Mystic Moose 的第一款游戏，该公司希望在 2022 年第一季度末发布。据介绍，《Planet Mojo》是一款跨平台的 PvP 自动国际象棋游戏，是为区块链重新构想的战术策略游戏。

(16)美国 Snap 公司: 收购专注为增强现实提供 LCOS 硅基液晶和 MicroLED 等微型显示器技术的厂商 CP Display

美国 Snap 公司将收购专注于为增强现实提供 LCOS 硅基液晶和 MicroLED 等微型显示器技术的厂商 Compound Photonics US Corporation (CP Display)。Snap 近年来正积极进军增强现实领域，除了在旗下社交应用 Snapchat 大力推广 AR 滤镜之外，其同时在挖掘硬件端，包括不断迭代研发 Spectacles 智能眼镜。

九、元宇宙产业发展存在的挑战

（一）信息安全风险

先进技术“双刃剑效应”凸显，传统信息安全与意识形态保护受到挑战。先进信息技术在促进现有互联网向“元宇宙”发展的同时，也造成传统防护、识别、预警等信息安全手段的整体颠覆，带来个人信息窃取、信息系统泄密等日益严峻的网络空间安全问题。元宇宙的构建依托区块链技术构建去中心化的运行框架，旨在构建高自由度、高开放度以及高包容度的数字虚拟世界。当前元宇宙发展处于初期探索阶段，未来“元宇宙”个性化技术蜂巢爆发，信息安全密不可分的用户数据隐私、知识产权、内容合规、意识形态等问题均需要加强研判，前置防护。

（二）法律监管缺失

目前对元宇宙资本运作方式、虚拟世界金融支付、NFT缺乏成熟的监管。元宇宙作为与现实世界平行存在的“真实世界”，将出现虚拟人身份、虚实生活生产方式、虚拟经济等新模式新业态，需要出台相应的法律规范来进行监管，规范知识产权、劳工关系、金融经济等虚实之间的灰色地带。元宇宙带来的虚实共存世界的法律、伦理、经济问题尚不明确，针对虚拟数字世界中社交、商贸、金融等方面的相关法律法规尚不完善。

十、元宇宙产业发展建议

（一）深化对元宇宙的理解与认知，构建良性元宇宙产业生态

提升对元宇宙的技术特征、发展形势、行业应用的认知。元宇宙不仅仅是一种游戏，还可以数字赋能消费娱乐、行业应用、智慧城市，提升社会生产力。科学研判元宇宙发展环境形势，审慎布局发展方向，紧扣数字化转型主线，提供远程办公、医疗、教育、金融、社交等元宇宙应用场景的解决方案。加强软硬件服务应用生态链企业的产业协同，发展虚拟经济、线上经济等新模式新业态，共建协同创新的产业生态。

（二）突破元宇宙核心技术瓶颈，夯实元宇宙发展技术根基

元宇宙作为开拓性和创新性的前沿领域，需要长期且持续的高强度投资。建议重点突破 AR/VR 设备等元宇宙的关键入口终端和软件开发工具、操作系统等基础软件。建设虚拟现实（VR/AR）等新技术推广应用公共服务平台。强化在核心芯片、显示器件、光学器件、传感器等核心器件和动态环境建模、人机交互、光学显示、内容生成等关键技术环节的联合攻关，做好元宇宙产业的技术储备。

（三）围绕基础底层技术和平台标准，构建完善的应用创新生态系统

围绕基础底层技术和应用场景制定标准，提升行业话语权。芯片、传感器、系统软件、基础软件等底层技术的前期研发成本巨大，需要企业长期大幅投入，也需要政府加强引导和鼓励，推进国产元器件和软件的应用。加快制定统一的元宇宙数据、平台标准，探索构建元宇宙的技术、产品和系统评价标准指标体系，出台连接元宇宙设备、产品之间的标识解析、数据交换、安全通信等标准。发挥标准对产业的引导支撑作用，增强行业共识。

（四）加强对元宇宙发展的监管和引导，加快相关法律法规研究制定

加快数字领域法规研究，规避潜在风险。元宇宙带来的虚实共存世界的法律、伦理、经济问题尚不明确，加快对虚拟数字世界中社交、商贸、金融等方面的司法探索，出台相关法律法规。面向元宇宙在工作生活民生领域应用范围越来越广的态势，加强对元宇宙包含的资本运作方式、虚拟世界金融支付、信息安全等方面的监管和引导，规避潜在信息泄漏、盗用等安全风险。

（五）加快地方对元宇宙产业导入和支持，推动新兴领域占位抢位发展

鼓励地方加快对元宇宙的产业规划，出台产业促进政策，组织产、学、研、用各方面力量解决元宇宙关键共性技术问题，让元宇宙产业成为数字经济增长的新引擎。江苏可以基

于自身优势产业基础，找准定位错位发展、特色发展，在元宇宙终端入口、时空域生成、应用服务等重点环节发力，选取若干领域作为元宇宙产品应用推广的突破口，设立元宇宙典型应用示范区，构建从基础研究、技术开发、产品设计、内容制作到应用服务的完整产业体系和生态圈。

中国电子信息产业发展研究院
江苏省通信学会