



元宇宙白皮书

(2023 年)

中国信息通信研究院
虚拟现实与元宇宙产业联盟 (XRMA)
2023年11月

版权声明

本白皮书版权属于中国信息通信研究院、虚拟现实与元宇宙产业联盟，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院、虚拟现实与元宇宙产业联盟”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。



前 言

随着信息技术的迅猛发展，人们生活在一个虚拟和现实日渐融合的进程中，“元宇宙”概念的流行，是对这一趋势的回应。元宇宙是以人为中心的、沉浸式、实时永续、具备互操作性的互联网新业态，将催生 3D 虚实融合的数字体验，是新一代信息技术集成创新和应用的未来产业，是数字经济与实体经济融合的高级形态，将创造由数字“比特”与人类“原子”深度融合的新型社会景观。

元宇宙的核心功能原理是数字网络空间与物理世界的开放互联与深度融合，其发展路径可分为虚拟型元宇宙、增强型元宇宙两类，其体系架构涉及技术、体验、经济与社会多维视图，有望形成新信息形态、新数字器官、新经济模式、新社会景观等发展趋势。

元宇宙发展初步形成了“四层两线”的技术产业体系。从整体结构看，自下而上可分为基础设施层、平台赋能层、前端体验层、创新应用层四部分，前端体验层、平台赋能层将成为体系核心。从技术驱动力看，形成以 XR 为代表的沉浸式技术和基于区块链的分布式技术两条主线。从产业范畴看，元宇宙暂不涉及某些从无到有的全新产业，却加速了消费电子、音视频、先进计算、无线通信、云服务等既有产业围绕元宇宙特征内涵的自主演进过程。

元宇宙反映了未来产业形成与发展的动态过程，可大致分为三时期五阶段。在要素准备时期（2030 年前），依托沉浸式与分布式信任两大技术主线，依次完成元宇宙适人终端、3D 沉浸视听层、两类

云服务平台（沉浸式计算云服务平台数据资产及交易服务平台）的关键技术储备与新产品定型。在生态塑型时期（2030-2050年），真正步入高速发展与生态成型阶段，相关用户规模达到十亿量级，新产业分化与规模经济效益显著。在生态成熟时期（2050年后），用户规模达到互联网渗透率，3D数字世界与物理世界无缝融合。

为主动把握元宇宙发展机遇，白皮书梳理了国内外发展脉络，提出了元宇宙概念内涵与总体架构，建立了技术产业体系和发展路线图，总结了当前困难挑战，提出参考建议。限于编写时间、项目组知识积累与产业尚未完全定型等方面的因素，内容恐有疏漏，烦请不吝指正。

目 录

一、 发展背景与概念内涵.....	1
（一）发展背景	1
（二）概念特征	2
（三）政策布局	4
二、 体系架构与发展趋势	7
（一）体系架构	7
（二）发展趋势	10
三、 元宇宙技术产业要素	15
（一）产业体系视图	15
（二）智能终端有望迎来新的“iPhone”时刻	17
（三）3D 沉浸影音将触发音视频产业第三轮重大技术产业变革	18
（四）沉浸式计算云服务平台将重定义“虚拟”与“现实”	21
（五）Web3 数据资产与交易服务平台驱动互联网价值逻辑由“信息经济” 向“信任经济”拓展	23
（六）新型算力、通信、地理信息与信任成为元宇宙基础设施	24
四、 发展阶段与存在问题	27
（一）发展路线图	27
（二）问题与挑战	31
五、 发展建议	33
（一）技术创新	33
（二）产业推进	34
（三）应用示范	35
（四）标准体系	36
（五）监管治理	36
（六）国际合作	37

图 目 录

图 1 元宇宙体系架构	10
图 2 智能终端技术供需发展情况	13
图 3 元宇宙价值体系互联互通发展趋势	14
图 4 元宇宙技术产业视图	17
图 5 基于 A-U 产业经济模型的元宇宙发展路线图（多视角）	28

一、发展背景与概念内涵

（一）发展背景

元宇宙成为全球 ICT 领域热点议题。自 2021 年起，元宇宙概念快速升温，国内外政府给予高度关注和政策部署，Meta、谷歌、脸书、英伟达等全球市值前十科技企业在内的国内外 ICT 巨头与初创企业纷纷发声，主要从三个方面展开布局：一是依托消费电子领域发展大众创新应用，如 Meta、苹果等企业重点布局新型智能终端与下一代音视频。2023 年 6 月，苹果发布首款里程碑式的头戴式设备 Vision Pro，再次引爆社交媒体，为产业发展注入强心剂。二是依托工业互联网与云服务领域发展工业、企业元宇宙创新应用，如英伟达、微软等重点布局新型工业仿真、企业办公云服务及配套 3D 图形算力基础设施。三是依托区块链领域拓展互联网业务新的交易模式与经济活动，如 OpenSea、MetaMask 等初创企业积极布局元宇宙背后的新型数字资产与身份标识。

元宇宙概念引发大众舆论争议。当前，业界缺少元宇宙内涵要素的普遍共识，概念边界过于膨胀泛化，技术体系和演进脉络缺少体系化界定，运行机制和治理体系尚未构建，诸多乱象争先出现，导致各种观点和争议充斥。一是部分观点认为元宇宙是投资圈、区块链币圈、游戏圈的营销炒作，概念缺少相关技术积累与产业实践。2022 年标杆企业 Meta 元宇宙用户数不足预期一半，亏损超过百亿美元，市场表现不尽人意，发展前景充满质疑。二是元宇宙成为部分人新的圈钱手段。2022 年，银保监会处置非法集资部际联席会议办公室发布了

关于防范以“元宇宙”名义进行非法集资的风险提示，警惕虚假项目、非法集资、恶意炒作等违法活动。**三是**部分人文社科学者质疑元宇宙的发展意义，元宇宙具有人机深度交互、沉浸体验和对现实社会“补偿效应”的特点，可能成为个人逃避现实的“电子乌托邦”，引发线上线下身份认同混淆，影响现实社会安全稳定。**四是**元宇宙成为部分互联网企业应对行业监管的政治策略。在反垄断、用户隐私、有害信息传播等监管力度加大背景下，国外 Meta 等互联网巨头高调宣布进军元宇宙，被质疑为重新定位以应对日渐严格的互联网监管。

（二）概念特征

我们认为，元宇宙在一定程度上回应了未来数字世界发展的必然趋势。随着信息技术的迅猛发展，人们生活在一个虚拟和现实日渐融合的进程中，生活重心不断地向虚拟世界转移。“元宇宙”概念的流行，是对这一趋势的回应。当前，业界对元宇宙含义未有明确界定，广泛共识是元宇宙概念呈现出多元宽广的技术图谱，未来发展愿景具备极大的想象空间。但将元宇宙等同于下一代互联网的论断尚言之过早，元宇宙概念也有望孕育出下一代互联网的某些新元素、新趋势。我们认为，元宇宙不是某项“新的技术”，而是区块链、虚拟现实（XR）、宽带通信、人工智能等现有技术发展到一定阶段后“新的组织聚合方式”，并由此衍生出的互联网新业态。

相比当前互联网业务，元宇宙具备 3D 沉浸式用户体验、实时永续的网络访问、多重互操作性等若干关键特征。沉浸式体验为用户提供了由三维数字与物理世界虚实融合带来的视听临场感。如果这一虚

拟环境具备持久性，即不存在传统 APP “使用完成后即关闭消失”的情况。要实现持久性，需要计算和数据架构能够托管始终在线、各虚拟场景空间互联互通、高带宽低时延的无线网络访问。元宇宙互操作性旨在为用户提供可无缝跨越不同终端、网络、云平台与企业的沉浸体验连续性与数字资产流动性。**我们总结认为**，元宇宙是以人为中心的、沉浸式、实时永续、具备互操作性的互联网新业态，将催生 3D 虚实融合的数字体验，是新一代信息技术集成创新和应用的未来产业，是数字经济与实体经济融合的高级形态，将创造由数字“比特”与人类“原子”深度融合的新型社会景观，其概念内涵主要涉及技术、经济、社会多层面。

从技术视角看，元宇宙是基于多种信息技术有机结合，沉浸式、自主化、虚实融合的数字网络空间。其中，“多种信息技术”是指区块链、虚拟现实、宽带通信、人工智能、数字孪生、先进计算等相关支撑性技术。“沉浸式”强调用户身临其境的临场体验，元宇宙沉浸式业态主要涉及 3D 交互性音视频、新型智能终端与云服务平台。“自主化”是指用户可在一定程度上实现的自主参与与自由交互，不再局限于类似传统游戏中预先规定好的内容叙事程式。元宇宙概念下的新型数字世界既包括仅依赖网络空间而存在的虚拟空间，也包含多元数字信息所叠加融合后的现实场景。

从经济视角看，元宇宙是基于互联网平台价值重构、数字内容通证化、内容创作货币化、开放互通的新型经济体系。在元宇宙概念下，用户与平台企业在未来互联网经济活动中的权益与影响力或将此消

彼长。一方面，基于区块链分布式信任机制的“数字内容通证化”加速互联网经济活动水平贯通。用户可借助分布式数字身份（DID）等实现个人信息跨平台，依托非同质化通证（NFT）¹等实现数字物品资产所有权跨平台认定。另一方面，“内容创作货币化”反映出互联网内容主导权由平台企业向大众创作者（UGC）转移，相比既有的网红流量经济，创作者经济的价值收益模式由流量货币化向内容货币化转变，基于用户点对点订阅费成为创作者新的收益来源。除数字世界诸多经济活动彼此互通外，元宇宙概念下新经济活动要超越投机，须横跨数字与现实世界鸿沟，整合传统金融与法律体系，并探索拥有自身规范的经济体系如何与现实世界互动。

从社会视角看，元宇宙是基于现实世界社会活动与人际关系时空深度延伸的新型网络社会。在工业社会中，大众对自身能力的初步延伸停留在有限的物理空间。在传统网络社会中，“地球村”的概念反映出大众对自身能力的进阶延伸拓展至全局物理世界。在元宇宙概念下，时空维度被“折叠”进数字技术中，技术一旦具有自身在内的时空逻辑，就不可避免地形成建构和组织社会的能力。元宇宙概念愿景下，相关数字技术的社会嵌入或将推动社会生活的发展演进，影响现有社会分工、社会传播与社会关系构型。

（三）政策布局

全球元宇宙相关政策布局呈现三种策略。一是，以美国为代表，政策焦点并未冠以“元宇宙”概念本身，而是集中在既有相关重大

¹ NFT (Non-Fungible-Token) 是一段部署在区块链上用于证明数字资产所有权的代码（去中心化资产凭证），无须中央认证者证明所有权，具有独一无二、不可篡改性。

领域的未来演进上，即沉浸式技术、基于区块链的分布式技术作为元宇宙概念技术面、经济面两大主攻方向。在重大技术研判上，2022 年 7 月，美国国会通过《2022 年芯片与科学法案》，授权拨款约 2000 亿美元用于促进美国未来十年的科研创新，并将先进的通信和 XR 为代表的沉浸式技术列入十项重大技术领域之一。同期，美国国会研究服务局（CRS）²发布研究报告《元宇宙：概念内涵及国会考虑的问题》，总结支撑元宇宙发展的三大核心技术—虚拟现实、5G/6G、区块链。在经济体系框架构建上，为填补加密货币技术的“政策空白”，2022 年拜登总统签署《关于确保负责任地发展数字资产的行政命令》，这是美国政府首次采取全面措施来应对数字资产及其基础技术风险的文件，表明美国正式推动构建基于美元的数字资产体系，强化数字资产风险防范，维持和保护美国在数字资产领域创新的领先地位³。此外，该政策传递了美国政府对涵盖 Web3 概念在内的数字资产发展总体上持正面态度，并对美国商品期货交易委员会（CFTC）、证券交易委员会（SEC）等机构在加密资产监管职权分工上提供指导。二是，以韩国为代表，高举元宇宙新产业的发展旗帜，从技术创新、经济发展、社会民生全局开展元宇宙顶层设计，明确提出以“元宇宙”为政策落点的规划举措。2022 年韩国政府公布《元宇宙新产业领先战略—培育数字新政 2.0 引领新产业发展》，以“数字新大陆，迈向元宇宙的韩国”为愿景口号，提出到 2026

² 美国国会官方智库，在为国会提供信息服务与决策研究分析。

³ 政策确立了数字资产 6 个重点工作，即保护美国的消费者、投资者和企业；保护美国 and 全球金融稳定，降低系统性风险；减轻滥用数字资产带来的非法金融和国家安全风险；加强美国在全球金融体系的领导地位；促进安全和可负担的金融服务的发展；支持促进负责任地开发和使用数字资产的技术进步。其中，前 3 项任务旨在防范数字资产风险，后 3 项是为维持和保护美国在数字资产领域创新的领先地位。

年，元宇宙产业规模全球前五，专业人才规模不少于四万，50 亿韩元以上元宇宙企业数量不低于 220 家，并围绕生产生活诸多领域挖掘落地 50 个“元宇宙+”创新应用场景。三是，以欧盟为代表，执行严格行业监管保护市场。近年来欧盟不断加强在数字领域的监管力度，建立《人工智能法案》、《数字服务法案》、《数字市场法案》等立法保障体系，通过严格监管手段防范国际巨头市场垄断。欧盟委员会考虑于 2023 年将元宇宙纳入立法，倡导构建一个安全和公平的元宇宙发展环境。2023 年 6 月，欧洲议会下辖公民权利和宪法事务政策部发布元宇宙研究报告，指出元宇宙可能对公民生活、健康、工作和安全带来潜在挑战，建议构建更适应元宇宙的监管模式，鼓励创新合作的同时保障公民、企业的基本权利。

我国各地政府开始布局元宇宙赛道。2023 年初，工信部提出将前瞻布局未来产业，加快布局元宇宙等前沿领域。2023 年 3 月，北京市科委等部门联合印发《关于推动北京互联网 3.0 产业创新发展的工作方案（2023-2025 年）》，提出推动北京率先建成具有国际影响力的互联网 3.0 科技创新和产业发展高地。北京市通州区、石景山区也相继印发相关文件，构建互联网 3.0 产业发展体系。2022 年 7 月，上海市政府印发《培育“元宇宙”新赛道行动方案》，提出到 2025 年上海元宇宙产业规模达 3500 亿元；2023 年 6 月，上海市科委发布《上海市“元宇宙”关键技术攻关行动方案（2023—2025 年）》，提出了以沉浸式技术和 Web3 技术为两大主攻方向，加快推进元宇宙关键技术攻关突破。截止目前，合肥、武汉、杭州、成

都、青岛、广州等地政府相继布局元宇宙，各地主要从新一代互联网、数字经济、未来产业等视角编制元宇宙发展政策。

二、体系架构与发展趋势

（一）体系架构

元宇宙的核心功能原理是数字网络空间与物理世界的开放互联与深度融合，其体系架构涉及技术、体验、经济与社会多维视图。根据数字与物理世界融合方式，元宇宙可划分为两大发展路径，即虚拟型元宇宙、增强型元宇宙。前者由实入虚，强调虚拟世界的真实体验，后者由虚入实，聚焦物理世界的数字信息锚定叠加。相比传统互联网业务，元宇宙新业态呈现出以人为中心、沉浸体验、永续实时、互联互通的发展特点，应用场景覆盖文娱休闲、工业生产、教育培训、商贸创意等生产生活诸多领域。

从技术视图看，沉浸式技术与分布式信任成为元宇宙两大技术驱动主线，两者发展走向确定性存在差异。前者有望重构互联网信息形态与交互范式，呈现数字与物理世界虚实分离到融合的确定性发展走向。依托虚拟现实、宽带通信、人工智能等现有技术领域有机结合，互联网业务不再是“浏览旁观式”的用户体验，人们将“活”在虚实融合的三维数字空间，计算与现实彼此嵌入，数字与物理世界不再是从属关系。后者或将基于区块链分布式信任机制部分重构互联网价值传递范式，相比当前互联网平台兼顾效率与安全的业务特点，“去中心化”成为元宇宙经济系统交易模式中的一个新选项。

由于“不可能三角”⁴这一经验规律，Web3⁵发展轨道存在不确定性。一方面，去中心化的 Web3 正显示出再中心化的迹象；另一方面，Web3 很难替代 Web2，预计两者在元宇宙中将以某种混合态存在。

从体验视图看，元宇宙沉浸式数字网络空间有望从多方面助推电子信息与通信业的创新发展。一是终端入口，推动包括手机、XR 眼镜、脑机接口等消费电子终端接入与计算能力。传统智能终端难以承载自然互动、虚实沉浸、使用舒适的新型人机交互需求，元宇宙概念终端将由信息处理向适人体验方向发展，XR 眼镜有望进化为新的数字器官。二是 3D 沉浸影音，超高清视频等画质维度的常规迭代难以带来用户体验的增量跃升，身临其境的视听体验有赖于互联网数字内容形态由 2D 弱交互向 3D 强交互的沉浸影音生态整体演进。三是沉浸式计算平台，聚焦高性能、大规模的 3D 实时图形渲染与空间计算能力，有望实现对虚拟与现实世界的重定义。四是信息基础设施，算力、通信、地理信息与信任将成为支撑元宇宙应用早日落地的关键基础设施。

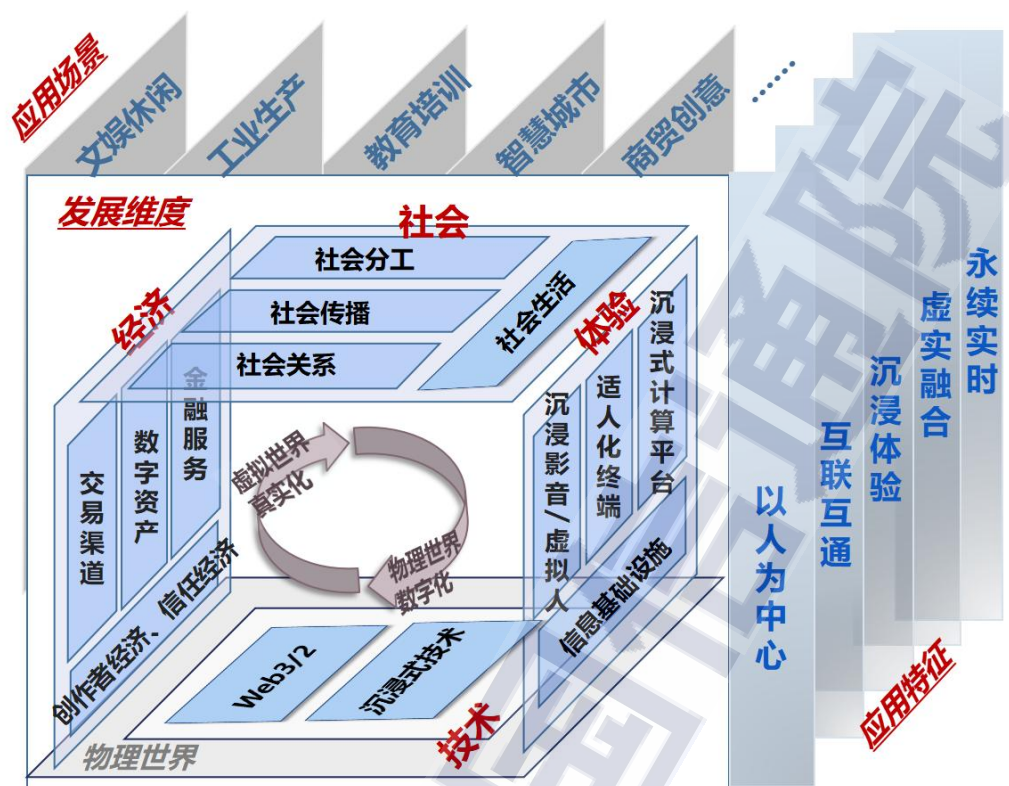
从经济视图看，交易渠道、数字资产与创作者经济成为元宇宙新型经济体系中的组成要素。一是交易渠道，涉及跨平台数字钱包与身份标识。元宇宙中高吞吐量的经济活动或将在中心化和去中心化交易实例间的分散实现。二是数字资产，区块链与资产所有权概念的碰撞衍生出 NFT 等新的价值主张，NFT 为元宇宙中多元数字

⁴ “不可能三角”是指区块链架构中安全性、去中心化、效率性能三者难以兼顾，当前 Web2 形式的互联网平台聚焦效率与安全，新兴 Web3 概念聚焦去中心化与安全。

⁵ 根据中国信通院《全球 Web3 技术产业生态发展报告》定义，Web3 经济空间是以区块链为技术支撑，以数字资产为媒介，以分布式应用为形态的用户自主身份和数据之间开展的多种经济活动的集合。

资产提供一种证明所有权的形式，主要涵盖人像、多媒体、日用品、艺术品与虚拟土地等门类。**三是创作者经济**，元宇宙大众创作者经济的价值收益模式由当前网红流量货币化向内容货币化转变，并将提升大众对互联网平台经济中的数字内容的编辑与议价影响力。

从社会视图看，元宇宙有望创造一种新的、虚实融合的社会景观，并对现有网络社会产生影响。**一是社会生活**，元宇宙相关数字技术的社会嵌入将加速人与数字信息的融合进程，数字内容与石头、树木一样共同成为现实景观与生活体验的组成。**二是社会分工**，元宇宙发展愿景为平台经济注入活力，总体上有望增加众多新兴就业岗位与工作类型。**三是社会关系**，既包含现实关系在元宇宙网络空间映射延伸，也涵盖数字世界人际关系在现实中的渗透影响。**四是社会传播**，数字技术带来的持续加速导致人际沟通与群体互动变成了一种流动的状态，进而导致大众注意力经济的重构。



来源：中国信息通信研究院

图 1 元宇宙体系架构

（二）发展趋势

元宇宙概念的兴起既反映出当前互联网发展的痛点局限，又承载了人们对未来生活的目标愿景。从元宇宙各体系看，将形成多维度的发展趋势。

1. 新信息形态：元宇宙数字世界与物理世界不再是从属关系

元宇宙中数字信息形态将由虚实分离向虚实融合演进。当前大众对美好生活的进阶需求对数字内容的体验方式提出了新要求，分

分辨率、帧率等视听质量维度的常规迭代难以带来用户体验的增量跃升。在元宇宙概念下，现实世界与虚拟世界不再彼此分割，而是逐渐融合，进入元宇宙这一虚实融合的沉浸空间有两条技术路径。其中，**虚拟型元宇宙**是纯粹建立在虚拟世界里的数字空间，可独立于现实世界自主运行，上课、健身、娱乐、办公与购物等多元体验发生在虚拟世界，即虚拟世界真实化。**增强型元宇宙**须依附于现实世界存在，可基于用户在真实世界中实时位置、周围环境提供个性化的数字信息助手服务，即物理世界数字化。目前，苹果、脸书、微软、华为等 ICT 巨头对虚拟型、增强型元宇宙均有布局。

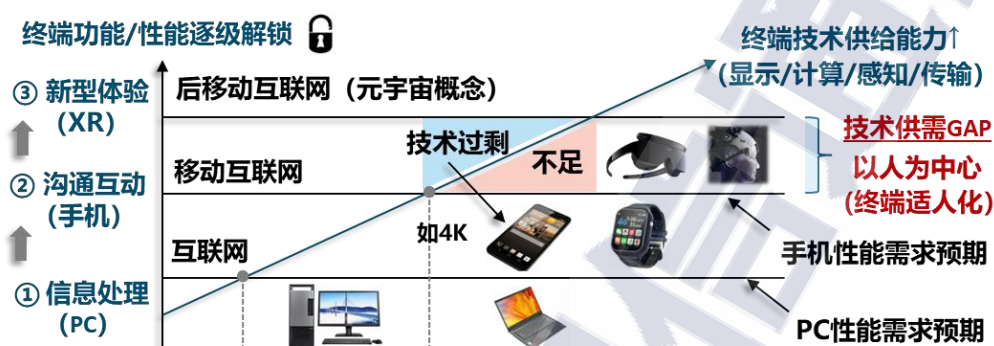
元宇宙沉浸体验的构建开放有赖于 2D 弱交互生态向 3D 强交互升级。传统互联网业务在实现用户虚实融合、身临其境的数字体验方面主要存在两大局限，一是 2D 化的虚拟世界与 3D 化物理世界难以直接融合，3D 技术产业链条的垂直突破与水平贯通将驱动元宇宙虚实融合数字空间成型，在这一背景下，当前涉足元宇宙的 ICT 巨头纷纷积极布局 3D 数据格式、传输、存储、渲染、建模、仿真与交互等细分领域。二是虚拟世界中“浏览旁观”的交互方式难以承载大众在现实世界中的“自主体验”，元宇宙 3D 虚实融合的数字空间将解锁“加强版”交互体验的新形态，除既有交互精度、频度与广度外，业界正对交互深度这一新方向大力投入。交互深度将推动人与虚实融合世界的自然交互，实现所见即所知，以视觉自然交互为基础的人物交互机制 HTI（Human Things Interaction）有望成为元宇宙中革命性的人机交互方式。

2.新数字器官：元宇宙终端入口将以信息处理为中心向以适人体验为中心演进

元宇宙新型智能终端将向适人体验方向发展。随着终端技术在感知、计算、传输、显示等方面的发展迭代，一方面，手机对移动互联网大众日常业务存在一定程度上性能过剩的迹象。另一方面，以手机为代表的传统智能终端难以承载新型人机交互的需求，桌面计算针对信息处理，智能手机聚焦沟通互动，元宇宙概念下终端入口或将是“体验式的”，适人体验成为终端用户的新需求与技术供给的新航道，沉浸体验、自然交互与使用舒适成为终端适人化的主要特点。沉浸体验契合元宇宙中数字信息虚实融合的体验形态，助力推动 3D 音视频处理、渲染与空间计算能力发展。自然交互旨在让用户聚焦交互活动本身，忘记交互界面（承载终端）的存在，人机交互界面愈发“透明”，呈现自然化、情景化与智能化的发展趋势。使用舒适会结合人因工程、社交通识等因素，重点关注聚焦元宇宙终端的佩戴舒适性与大众接受度。

虚拟现实头显将成为元宇宙重要的终端入口。个人电脑、XR 眼镜、脑机有望成为元宇宙终端入口的代表形态。手机等传统终端在虚实沉浸、自然交互、使用舒适方面存在适人体验的固有限制，脑机接口准确率与效率距商用有较大差距。相比之下，国内外 ICT 巨头聚力抢位的 XR 终端有望成为元宇宙新兴终端入口的发展焦点。以 XR 为代表的适人化新终端存在多重技术挑战，一是功能性能与舒适性的再平衡，当前终端沉浸体验与重量体积、眩晕控制等部分舒适性指标间

存在潜在冲突。二是日常使用与隐私保护的再平衡，元宇宙中用户环境隐私、行为隐私在种类、数量上呈现新的发展特点。三是终端交互效率与用户注意力分散的消长联动，信息交互效率的持续跃升将致使终端用户信息过载及注意力分散。



来源：中国信息通信研究院

图 2 智能终端技术供需发展情况

3. 新经济模式：元宇宙有望催生互联网经济活动新业态

基于数字内容通证化探索元宇宙场景中的互联互通体系。元宇宙场景下，将依托于数字内容通证化探索建设互联互通的新型互联网价值体系，用户数字资产或将不再由具备“超级权限”的业务平台掌控，即实现用户及其资产在元宇宙多元应用间的“星际穿梭”。在用户账户信息跨平台方面，借助新型数字钱包、DID 实现个人信息跨平台验证，“钱包”中存放的不再是货币，而是由个人而非平台掌握的用于验证元宇宙中数字身份的私钥，用于存储用户资产在区块链上对应的地址信息，DID 结合区块链技术实现用户身份自主可控和数据可信交换；在数字资产跨平台方面，即借助 NFT 等新型数字资产实现数字

物品的资产所有权与数字身份绑定，与特定应用平台则可实现解绑。同时，虚拟经济活动会带来新的监管挑战，如假借元宇宙名义进行恶意炒作、非法集资、金融诈骗等。



图 3 元宇宙价值体系互联互通发展趋势

创作者经济有望推动平台经济的价值重构。当前，任何拥有手机的人都已成为潜在的内容创作者，然而除了一些很有影响力的人外，大多数创作者并未得到相关经济回报。在元宇宙概念下，各大平台为获得创作者开展军备竞赛，创作者—消费者间的“付费直通”将为海量“长尾化”普通创作者提供内容变现的新机会，创作者经济有望兴起，将为众多互联网内容平台的“无薪实习生”提供新的就业生计。同时，创作者经济或将削弱互联网平台的价值中介能力与编辑议价权。由于订阅付费使得创作者与消费者直接绑定，为创作者提供了一条直接与用户交流的途径，便于自身订阅粉丝跨平台转移，极大提升内容议价能力。当前互联网平台被元宇宙用户“分权”，掌控力下降，功

能定位也在变化，即除内容推荐者与聚合外，在内容委托与策划方面发挥积极作用。

4. 新社会图景：元宇宙有望创造虚实融合的社会景观

元宇宙有望创造由数字“比特”与人类“原子”深度融合的新型社会景观。作为一种社会媒介化技术，当前移动互联网推动了群体互动，日渐嵌入社会生活，人际沟通的物理距离溶解在双方所构建的虚拟空间中，并开始以一种持续加速的状态跳跃和流动。作为物理世界社会生活时空深度延伸的新型网络社会，元宇宙将加速人与数字信息的融合进程，大众通过技术对自身能力的延伸不再局限于物理空间，每一代人都比之前一代更加数字化。例如，在社会生活上，娱乐、社交、工作、上学、购物等体验也将发生在新型数字世界。在社会分工上，元宇宙或将总体增加就业岗位与工作类型，如聚焦沉浸式技术工具的元宇宙世界的“建材商”、提供元宇宙人物环境海量场景内容的“开发商”、在元宇宙中组织经营多元生产生活体验活动的“运营商”。在社会传播上，元宇宙中网络效应的隐性强制程度与社会节奏或将进一步提升，呈现处处是中心、无处是边缘的发展态势，大众在信息过载的同时，难以在个体层面“下线”。

三、元宇宙技术产业要素

（一）产业体系视图

元宇宙产业体系包括基础设施层、平台赋能层、前端体验层、

创新应用层四部分。基础设施层旨在支撑元宇宙这一虚实融合 3D 数字世界的持久运行以及海量用户的群体互动，通信、算力、地理信息与信任成为元宇宙关键基础设施。平台赋能层提供元宇宙多元创新应用的技术驱动力，主要涉及云计算、云服务与电子商务产业，可按照元宇宙两大技术聚合能力划分为沉浸式计算云服务平台、数据资产及交易服务平台。前端体验层触发软硬协同的用户体验闭环，主要涉及智能终端、音视频产业，XR 眼镜与 3D 沉浸视听成为元宇宙接入终端与视听内容的新形态。基于前序环节的生态建设，创新应用层旨在解决大众消费、行业赋能与公共服务方面的多元需求。**我们认为，**前端体验层、平台赋能层将成为元宇宙产业体系的核心。从技术驱动力看，以 XR 为代表的沉浸式技术将塑造前端体验层、平台赋能层中的沉浸式计算服务，基于区块链分布式信任机制有望助推平台赋能层中的数据资产与交易服务。从产业范畴看，元宇宙不涉及某些从无到有的全新产业，而是加速了消费电子、音视频、先进计算、无线通信、云服务等既有产业围绕元宇宙特征内涵在更大技术愿景下的自主演进过程。



来源：中国信息通信研究院

图 4 元宇宙技术产业视图

（二）智能终端有望迎来新的“iPhone”时刻

虚拟现实成为消费电子新蓝海，XR 迎来起飞提速的关键时窗。2022 年工信部等五部门发布《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022-2026 年）》，提出“发展新一代适人化虚拟现实终端”的总体目标。发展虚拟现实终端也已成为 Meta、苹果、谷歌、高通等 ICT 终端企业的战略共识。2023 年 6 月，苹果发布首款头戴式设备 Vision Pro，这一里程碑事件标志着 XR 终端迎来主导设计⁶，产业发展有望进入起飞提速的关键时窗。具体包括：一是首款无外设

⁶ 主导设计是指能赢得市场信赖的一种产品设计，通过综合既往产品变化中各自采用的技术创新而形成的一种新产品（或一些列特征）为形式的设计，是众多市场追随者必须奉行的一种设计。

的 XR 终端，以裸手、眼动、语音组合式交互为核心，配置 12 个摄像头、5 个传感器、6 个麦克风强化感知能力，提供更为自然的交互模式；二是新一代空间计算平台，应用 3D 操作系统 visionOS，内嵌空间计算子系统、多应用 3D 引擎等模块，结合苹果 M2 与 R1 双芯片算力支持，实现真实世界和虚拟空间的融合互动；三是低门槛的 3D 相机及播放终端，依托空间视频、空间音频等功能，成为首款打通 3D 内容制作流程的消费电子产品；四是引入 XR 设备隐私防护新范式，实现在本地存储虹膜生理、眼动行为、现实环境等新型隐私信息，并与开发者隔离。

（三）3D 沉浸影音将触发音视频产业第三轮重大技术产业变革

3D 沉浸影音成为继超高清视频后视听领域技术创新与生态建设的重要方向。音视频是信息呈现与传播的主要载体⁷，也是信息产业的重要底层技术。自上世纪 50 年代至今，音视频产业经过模拟信号到数字信号、标清到高清/超高清的两轮重大技术变革⁸。美国、日本、韩国、欧盟纷纷角逐发力，涌现了索尼、三星、杜比等一批具备国际影响力的龙头企业。自工信部等三部门印发《超高清视频行动计划（2019-2022 年）》以来，我国电信运营商、京东方、TCL、华为、腾讯等企业在音视频内容采集、制作、传输、显示、应用多环节加速发展，当前我国超高清视频产业规模超过万亿元。与此同

⁷ 人类每天接收信息的 80%来自视觉，超过 80%的互联网流量来自视频。

⁸ 模拟视频时期 20 世纪 50 年代到 80 年代，数字标清时期 1990-2000 年，高清时期 2000-2010 年，超高清视频 2010 年至今。

时，人们对美好生活的进阶需求给数字内容的体验方式提出了新要求，分辨率、帧率等视听质量维度的常规迭代难以带来用户体验的感知跃迁。在元宇宙概念下，大众视听体验发生在三维数字空间，3D 沉浸影音有望成为继超高清视频后视听产业发展的“新站点”。一方面，用户可显著感知到三维化、强交互的音视频体验新维度。另一方面，3D 沉浸影音将助推内容采集、编辑制作、传输分发、终端呈现等视听产业链上下游的迭代升级。

3D 沉浸影音成为元宇宙前端体验层在音视频领域的培育重点，业界主要从多方面入手布局。一是视听形态，加速推进 2D 到 3D 音视频的生态建设。相比 2D 平面媒介，元宇宙呈现出有形体的、看得见的数字世界，3D 技术产业链条的垂直突破与水平协同将驱动元宇宙虚实融合三维数字空间成型，背后需要 3D 数据格式、3D 音视频采集、3D 建模、3D 渲染、3D 仿真、超低时延 3D 传输与编解码、3D 搜索算法、3D 播放终端与 3D 操作系统等全链整体演进。其中，3D 数据模型的格式定义、3D 开发软件与终端的软硬协同成为发展热点。二是内容交互，积极推进弱交互到强交互音视频的生态建设。在元宇宙技术语境下，音视频不再限于大众被动浏览观看等体验形式，用户交互行为将触发视频呈现内容的实时改变。目前，强交互视频主要有 VR 全景视频、自由视角、体积视频、非线性视频等方向。其中，东京奥运会提供了超过百小时的 VR 全景直播，涵盖开闭幕式及排球、体操等比赛项目。如 2022 年，北京冬奥会采用自由视角视频，实现观众 360 度无死角地观看赛事活动、文娱演出等精

彩瞬间。体积视频可显著提升用户沉浸体验，流媒体企业 NextVR 推出采用该技术的 NBA 篮球点播服务。非线性视频通过采集用户实时心率、眼动、语音、微表情等生理指标，构建定制化的视频内容。

三是主题对象，探索推进虚拟人领域的生态建设。作为 3D 数字空间中诸多生产生活的参与主体，虚拟人可归纳为原生虚拟人与虚拟化身两类。原生虚拟人在现实世界中并不存在对应的真人，是具有人的外观、特点、行为，依赖显示设备展示的虚拟形象，可分为身份 IP 型和服务助手型等类别。虚拟化身在现实世界中存在对应的真人，受限于 2D 视频及有限追踪感知能力，虚拟化身难以被视为用户本人。相比之下，元宇宙中用户虚拟化身的感知与控制构成了不再脱钩的交互闭环，即追踪采集的用户数据被实时投射于虚拟化身外观及行为表现，外貌、姿态、情绪等日益多元精细的身态语汇激活了虚拟化身潜藏的社交表现力。当前，虚拟人关键细分领域如动捕终端、CG 底层工具、基模数据库、虚拟人算法、人设 IP 策划可能分散在不同企业，技术能力的不足与分散致使虚拟人制作成本、生产周期高居不下，元宇宙较为宽广复合的技术谱系将加速虚拟人技术能力的协同融合，实时驱动、普及易用、高度拟真成为发展趋势。

四是生产来源，稳步推进 PGC（专业机构生成内容）到 UGC、AIGC（人工智能生成内容）的生态建设。3D 沉浸影音内容采编播传等产业链远未成熟，十倍以上大幅降低制作成本与缩短工期是新型视听业务普及的关键，Meta、微软、字节跳动、腾讯等企业积极探索 3D 沉浸影音规模生产之路，其中，以抖音、快手为代

表的 UGC 以及 ChatGPT、Midjourney 为代表的 AIGC 成为重要探索方向。

（四）沉浸式计算云服务平台将重定义“虚拟”与“现实”

沉浸式计算云服务平台呈现基于图形计算的云渲染、基于空间计算的云化增强现实两类技术路径与产品形态。在图形计算方面，Meta 围绕 VR 眼镜、社交网络两大优势打造了元宇宙业务平台 Horizon Worlds，提供基于 3D 虚拟化身的社交、健身、办公等场景服务。英伟达 Omniverse 定位为工业元宇宙平台，围绕 GPU 图形渲染算力、人工智能算力构建生态，面向工业、建筑等多行业应用提供 3D 模拟仿真与协同开发环境，现已被数百家企业采用。2023 年，PICO 计划推出元宇宙平台 Project PICO Worlds，支持用户创建全身化身、实时 3D 内容和虚拟 VR 世界等。在空间计算方面，谷歌、苹果、Meta、PTC 等企业围绕自身在增强现实领域的优势积累，大力构建与现实世界强关联的增强型元宇宙生态平台，有望成为人们“全息智能”生活助理，通过手机或佩戴 XR 终端，即可在合适地点、合适时点、以合适的虚实融合呈现方式、推送合适的信息、给合适的人。2022 年，谷歌宣布升级谷歌地图 AR 功能，提供沉浸式的 3D 街景图像以及数字化 AR 标记信息。

云渲染平台有望实现对元宇宙“虚拟世界”的重定义。平台侧重视频处理与图形渲染的能力优化，对现有互联网业务平台提出进阶需求。一是内容拟真度，“拟真计算”的概念边界将由虚拟世界中影音感官真实性拓展至结果的“真实”。例如英伟达表示高保真

度图形渲染的下一步将不仅是更为真实地模拟视觉效果，亦可遵循力学、电磁学、光学和声音等知识原理模拟出实际生产流程，并将工业品的三维建模、渲染、交互、动画、仿真等各类软件数据，以在线同步的方式实现多人实时异地协作。二是交互自由度，打造一种多个现实玩家在同一共享虚拟环境中共处体验的理念由来已久，近年来 Roblox 等元宇宙特色应用兴起，用户逐渐实现各类以往只能在现实生活中经历的自由互动体验。三是时空在线数。2022 年 10 月，VR 游戏平台 Steam 在线用户数量迈过 3000 万大关。

云化增强现实有望实现对“现实世界”的重定义。元宇宙概念下，现实世界将孕育出“全新”的内涵，呈现多方面特点趋势。一是“差异化”的现实，现实中人们在同一时空将出现不同的空间体验，现实空间不再是同质固定，其结构与层次的呈现取决于不同元宇宙应用。二是“可组合”的现实，沉浸式计算嵌入现实，现实嵌入计算，一个物理场景可锚定多个元宇宙数字内容，元宇宙应用将“安装”在物理世界，进而产生多重现实体验。三是“开放式”的现实，元宇宙应用互联互通，是非静态的现实，用户与特定应用平台解耦，沉浸体验可在室内室外任意空间区域、不同虚实融合应用场景无感转接、连续运行。四是“可编辑”的现实，用户可在现实世界特定景物上留下让他人可发现、可共享、可使用、可互动的虚拟内容，UGC 概念由数字世界向现实世界拓展。五是“强交互”的现实，基于位置服务、视觉定位（VPS）与自然输入等主被动交互方式，低摩擦交互将触发以视觉自然交互为基础的元宇宙人物交互

机制诞生。

（五）Web3 数据资产与交易服务平台驱动互联网价值逻辑由“信息经济”向“信任经济”拓展

业界探索互联网“信任经济”发展之路，从多方面构建元宇宙中新经济体系。目前的经济形态因其多样性与全球化等特点，跨越传统行业边界、汇聚数据资源、构建可信产业链的需求日渐显著。Web3 依托共识机制与智能合约对组织、业务赋予了更加自由灵活的价值分配模型，使价值关系回归到“谁创造，谁拥有”，有望重构数字经济时代的信任机制，影响数据要素的流通和市场化配置情况。在元宇宙愿景下，Web3 服务平台有可能融入现有互联网经济体系中，并据此形成基于区块链分布式信任机制的原生组件。在用户身份上，数字身份标识化驱动网络实体资源的身份从托管走向自主管理，使得网络实体资源身份注册、验证与授权不再依赖于中心化平台，降低了中心化信任风险，保证身份标识的主体在安全可信的前提下实现数据使用权的传递。万维网联盟（W3C）等多个标准化组织及开源社区都在积极开展 DID 相关技术的标准化研制，形成了链下身份认证、链上身份聚合、链上信用评分、链上行为确认等类型⁹。当前，DID 面临算法验证工具缺乏、性能和容量较低等问题，尚缺乏一套完整技术可信、性能可靠的应用场景验证机制和认证体系，个人身份数据的匿名化处理、凭证留存等还需要监管规则指引。

⁹ 如业界知名的 Spruce DID 服务与以太坊生态系统兼容，可同 Web2 身份系统实现互操作，旨在构建一个跨平台、跨公链的 Web3 身份认证系统。

在数据资产上，NFT 的出现是把一项数字物品或服务以较低成本铸造转化成了一个数字资产，NFT 较大波动性或将衍生新的风险模型并创建不同类别的资产篮子。全球 NFT 市场快速发展，耐克、三星、麦当劳、LV、Gucci、新鸿基等企业纷纷跟进，根据内容题材类型形成了日用快消品、艺术奢侈品、虚拟土地等领域的 NFT 服务平台¹⁰。当前，国外大多数 NFT 都是在以太坊公链上进行，我国主要通过联盟链实现 NFT 确权。我们认为，元宇宙经济体系并非一定由去中心化的 Web3 代替当前中心化的 Web2，一方面，区块链并非元宇宙经济空间存续的必要条件，用户可使用传统电子支付系统完成交易，平台提供商可就开放和通用标准达成一致，从而在没有区块链的情况下实现元宇宙数据资产的互操作性。另一方面，基于区块链的分布式信任机制可在特定环节限定程度上影响元宇宙经济活动，两者存在融合趋势。

（六）新型算力、通信、地理信息与信任成为元宇宙基础设施

一是元宇宙算力聚焦分布式、实时性沉浸计算能力。应用侧的巨大变化需要算力基础设施升级，电影《头号玩家》里的全民应用“绿洲”是一种潜在的元宇宙场景。现有的多人在线中心游戏服务器架构仅能支持局部区域信息互通和计算，难以实现类似承载海量用户群体互动的虚拟世界。实现像互联网一样全球互联互通或相比

¹⁰ 例如 OpenSea 现在已经发展为全球最大的去中心化数字商品交易市场，交易品类超过 80 万种，NFT 数量超过 3000 万，涵盖艺术品、音乐、域名、游戏、体育等广泛领域。

目前更高维更逼真的仿真计算，需要算力架构实现由云原生向分布式云原生的演进，即支持从局限于某个客户端项目，拓展至一个完整的虚拟世界。在网络与计算深度融合的大趋势下，算力基础设施的发展重点不再仅限于算力体量，而是算力效率，发展算力网络旨在打造“一点接入、即取即用”的社会级服务，最终实现“网络无所不达、算力无所不在、智能无所不及”。

二是元宇宙传输网络聚焦低延迟、高稳定、高流畅的全球跨域确定性通信能力。元宇宙中实时音视频交互、全球万人同服、随时随地接入、开放的可编辑世界、临场感体验等诸多功能诉求，需要低延迟、高稳定、高流畅的全球跨域确定性通信实现沉浸式交互，在不可控的互联网上实现稳定可靠的跨域传输服务，提升业务的可达性。由于人机交互程度提升、终端轻量化等因素，未来元宇宙计算处理与显示输出将存在一定程度分离。终端主要承担光学、显示、环境和动作的感知，实时渲染和空间计算将通过超宽带低时延可靠网络，传递到云端进行处理。其中，5ms 级时延、99%帧可靠性、Gbps 上行等将成为网络能力新需求。当前，业界积极构筑千兆网络基础设施支撑，不断地探索传输推流、编解码、最低时延路径、虚实融合业务、AI 识别等新的技术路径，旨在实现无卡顿、无花屏、高低清画质切换无感知等用户体验，加速元宇宙沉浸式业态的落地应用。

三是元宇宙地理信息数据聚焦实景三维能力。元宇宙可基于用户在现实世界中位置环境提供个性化的生活信息服务。相较于传统

地理信息的发展变化主要表现为：从“抽象”到“真实”，对现实世界进行抽象描述，转变为真实描述。从“平面”到“立体”，对现实世界进行二维表达，转变为三维表达。从“静态”到“时序”，不仅能反映现实世界某一时点当前状态，还可反映多个连续时点状态，时序、动态展示现实世界发展与变化。从“按要素、分尺度”到“按实体、分精度”。从对现实世界分尺度表达，转变为按“实体粒度和空间精度”表达。从“人理解”到“人机兼容理解”，“机器难懂”转变为“机器易懂”。结合上述趋势，元宇宙有望为用户打造多人共享、三维虚实融合的新型信息服务底座。

四是元宇宙信任底座聚焦安全保障、互操作性等重点能力。

Web3 平台不应作为一场金融衍生品的去中心化实践，而是应用区块链技术，来探索塑型元宇宙“信任经济”，并推动生产制造、商业交易等实体经济创新发展的实践。参考工信部《关于加快推动区块链技术应用和产业发展的指导意见》等规划部署，基于区块链技术的安全保障与互操作性成为元宇宙中的数据资产与交易平台发展的重要支撑。其中，基于零信任¹¹的安全保障落地条件逐步成熟，标准化、产业化趋势显著¹²，智能合约实现区块链节点计算资源的供需匹配，助推分布式算力体系构建与资源调用接口走向统一，涵盖分布式计算、分布式存储与加密通信的信任基础设施正在成型，面向元宇宙低摩擦经济活动技术愿景的区块链跨链需求日渐显现。

¹¹ 零信任是指不信任任何机构或个人,只信任链上逻辑。区块链上的逻辑通过一种叫做智能合约的代码实现,逻辑上链即公开且不可修改,奉行“代码即法律”的原则, Web3 是零信任网络。

¹² 2022 年首个零信任国家标准《信息安全技术 零信任参考体系架构（征求意见稿）》发布。

四、发展阶段与存在问题

（一）发展路线图

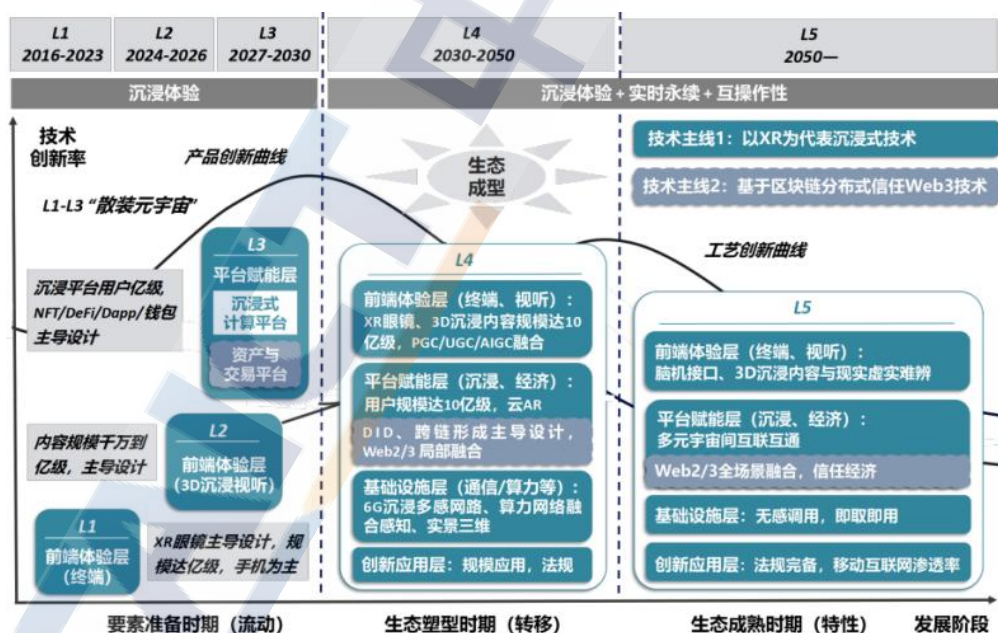
元宇宙反映了未来产业形成与发展的动态过程，可大致分为三时期五阶段。产业经济技术创新动态模型¹³（A-U 模型）揭示了技术创新与新兴产业演进间的内在逻辑，通过引入主导设计的概念，把产品创新、工艺创新及产业组织发展划分为流动、转移与特性时期¹⁴。据此，以产业经济学为顶层视角，以元宇宙技术产业体系为落地视角，以元宇宙三大核心特征为辅助视角，提出了依托多视角综合研判的元宇宙发展路线图。在要素准备时期（2030 年前,对应 A-U 模型中流动时期），元宇宙产品原型在技术与商业上不断试错，该时期的核心任务在于“准备好配料”，旨在实现元宇宙运行的先决条件。具体表现为依托沉浸式与分布式信任两大技术主线，完成元宇宙前端体验层、平台赋能层中的关键技术储备与新产品定型。这一时期包含三个子阶段的要素准备，依次对应元宇宙前端体验层中的适人终端、3D 沉浸视听以及平台赋能层中沉浸式计算云服务平台、数据资产及交易服务平台。在生态塑型时期（2030-2050 年，对应 A-U 模型转移时期），元宇宙真正步入高速发展与生态成型时期，元宇宙的网络经济价值开始显现¹⁵，规模化应用落地，生态系

¹³ 技术创新动态模型(A-U 模型)由哈佛大学 Abernathy 与麻省理工学院 Utterback 教授提出。

¹⁴ 在流动时期，产品原型创新频繁且不确定性大，企业不知何种产品具有最大的市场潜力，产品变化快，设计具有多样性，主导设计尚未确定，该阶段产品彻底失败风险最大。在转移时期，主导设计出现后，产品基本稳定，创新重点从产品创新转移到工艺创新，加剧了产品价格与性能竞争，致使生产工艺变革。在特性时期，依循渐进性技术创新模式，生产过程和企业组织日趋专业化和纵向一体化，该阶段对应技术学习曲线的成熟期，对应产品生命周期的后期。

¹⁵ 梅特卡夫定律指出网络价值跟用户数的平方成正比，用户越多，网络价值越大，即网络经济高渗透率。

统的成型将决定元宇宙的广泛采用和发展程度，该阶段核心任务在于创新重点由产品创新向工艺创新转移，具体表现为元宇宙前端体验层、平台赋能层用户规模达到十亿量级，产品创新率急剧下降，产品性能与成本竞争致使工艺革新，元宇宙生态的新产业分化与规模经济效益显著。在生态成熟时期（2050 年后，对应 A-U 模型特性时期），元宇宙生态完全成熟，核心任务在于产品与工艺的渐进式技术改进模式，具体表现为在元宇宙四层产业体系中，彻底的产品创新和工艺创新频率低，市场需求稳定，元宇宙用户规模达到当前移动互联网渗透率，3D 数字世界与物理世界无缝融合，元宇宙业务互操作性的体验流畅无碍，经济体系实现双向联动（现实资产进入元宇宙，也包括元宇宙原生数字资产转移到现实），反垄断、内容审核、隐私保护、数字鸿沟等法规与伦理治理体系趋于完备。



来源：中国信息通信研究院、XRMA 联盟

图 5 基于 A-U 产业经济模型的元宇宙发展路线图（多视角）

2030 年元宇宙前端体验层、平台赋能层的产品主导设计形成，并围绕 XR 智能终端、3D 沉浸视听、沉浸式计算与分布式信任经济云服务平台，按 L1 至 L3 阶段梯次实现。在 L1 阶段（2016-2023 年），元宇宙入口以手机、PC 等传统终端为主，随着虚拟现实元年，至 2023 年苹果第一代 XR 智能眼镜发布，针对元宇宙的新型适人终端完成主导设计，出货量规模由当前千万达到 2030 年前亿级水平。在 L2 阶段（2024-2026 年），沉浸视听的 3D 开发工具链与全景视频、自由视角、体积视频等方向的主导设计形成，3D 沉浸式数字内容数量由千万达到 2030 年前亿级水平；虚拟化身可实现较为精准与较低时延的捕捉驱动能力，外貌与动作拟真度提高，开发成本万元以内，5.5G 进入商用。在 L3 阶段（2027-2030 年），英伟达 Omniverse、Meta Horizon 等云渲染平台以及 Meta、PTC 等云化增强现实平台用户规模达亿级，新型身份标识、数字钱包、数据资产等基于区块链分布式信任机制的资产与交易平台形成主导设计。

生态成型、规模经济、产业分化与需求升级或将成为 2030-2050 年（L4 阶段）元宇宙的发展主题。在生态成型方面，元宇宙作为互联网发展的新业态，随着 L1-L3 阶段其三大关键组件主导设计形成（XR 智能终端、3D 沉浸视听、沉浸式计算与分布式信任云服务平台），元宇宙产品体系形态趋于稳定。在 L4 阶段，元宇宙“散装”状态的结束标志着其生态塑型的开端，产业发展将进入快速通道，面向消费、企业与工业元宇宙的规模化应用开始普及。发展至 L5 阶段，元宇宙生态完全成型，新技术、新产品进入千行百业。在规

模经济方面，元宇宙前端体验层中的 XR 终端、3D 沉浸视听内容规模达到 10 亿量级。得益于 UGC 与 AIGC 内容工具链的普及推广，3D 沉浸式音视频与虚拟人本身无须额外开发成本。在平台赋能层中，沉浸式计算云服务平台用户规模达到 10 亿水平，业务体验的边际成本变为固定成本。信息经济与信任经济局部融合，Web3 与 Web2 在特定应用、限定程度上组合使用，其中 DID、跨链互操作形成主导设计。达到 L5 级，元宇宙经济体系实现双向联动。在产业分化方面，元宇宙发展过程中出现链条延伸与扩张分化。在前端体验层中，元宇宙 XR 终端生态的战略价值将从整机设备向上游关键器件延伸，形成专用 SoC 计算芯片、近眼显示屏与光波导镜片以及眼动追踪、肌电传感、沉浸声场等配套器件市场。元宇宙沉浸视听由 2D 向 3D 采编播传整体演进，覆盖数据格式、动捕、拍摄、传输、存储、渲染、建模、仿真与交互等多环节大纵深的产业链条。在平台赋能层中，计算与现实彼此嵌入，新型云渲染与空间计算将触发元宇宙云服务新市场。达到 L5 级，伴随脑机接口等前沿技术落地，实现 3D 沉浸内容展现与现实虚实难辨，多元宇宙间实现互联互通。在需求升级方面，为支撑元宇宙 3D 数字世界的持久运行，实现像互联网一样的全球沉浸互通和海量用户互动，2030 后元宇宙的业务需求将由沉浸体验向实时永续、互操作性特征拓展。在 L4 阶段，以 6G 通信、算力与实景三维为代表的基础设施层将取代前端体验层、平台赋能层成为元宇宙发展新的“木桶短板”。随着元宇宙基础设施的进阶完善，3D 数字世界与群体互动的规模体量将跨越量变到质变

的发展裂谷，届时达到 L5 级，3D 数字与物理世界无缝融合，相关法规与伦理治理体系逐步完善，基础设施达到无感调用、即取即用水平。

（二）问题与挑战

1. 创新发展

承载元宇宙发展愿景的前置技术生态远未成熟。在新终端方面，当前 XR 新型终端市场渗透率较低，除体积重量外，沉浸体验与大众预期存在落差，如基于人眼生理特性等眩晕控制问题尚难完全消减。在新视听方面，3D 强交互视频采集、制作、计算、分发、播放等全产业链尚未成熟，难以规模化生产，虚拟人动作行为与表情神态不够自然，尚须十倍以上降低制作成本与缩短工期。在新平台方面，受限于高性能云渲染、云化增强现实领域的技术产业储备，元宇宙沉浸式服务平台缺乏多人实时交互、三维虚实融合、网联云控等关键能力。Web3 平台框架尚未稳定，其同公有区块链、加密资产等技术概念的工程实现之间的关系存在诸多不确定性。在新应用与基础设施方面，全球海量用户群体互动、随时随地高速低时延访问、开放可编辑虚拟世界、三维沉浸体验等元宇宙应用侧的巨大变化需要算力、通信与地理信息等基础设施革新，现阶段承载这一水平的全新特色业务与配套信息基础设施尚不存在。

国内外骨干企业对元宇宙发展的战略资源投入缩减。在全球经济环境整体下行、地缘政治不稳定、收入增长动力有限、监管加强

等多重挑战下，国内外互联网企业进行战略收缩，旨在降本增效，将有限资源投入收益高、见效快的发展领域。例如，2023 年初微软裁员万人，解散了成立不足半年的工业元宇宙部门（Industrial Metaverse Core），缩减 AR 终端部门规模，并将资源集向 OpenAI 等人工智能领域倾斜，反映出 ICT 巨头在元宇宙这一收益期长、需大量资金投入领域的态度变化。Meta 公司开启新一轮的万人裁员计划，并取消数千个岗位招聘。同期，国内代表性企业也在相关领域进行了部门缩减、项目终止等战略收缩。

2. 潜在风险

元宇宙超越了传统网络社会的运行模式，同时也给产业发展与数字治理带来了一系列新挑战。在公平多样性方面，元宇宙发展愿景的实现或将超越当前互联网接入的要求，同新型智能终端等硬件设施与用户数字技能水平高度相关，对老年人群、贫困人口、残障人士等弱势群体将拉大数字鸿沟。在隐私保护方面，元宇宙沉浸式技术对用户生物及行为数据的采集能力将上涨一个量级。在元宇宙前端体验层中，XR 终端可在较短使用时间内记录用户更多生理语言与现实环境信息。攻击者可利用不同的虚拟化身融入元宇宙世界，在未经用户知情同意的情况下，进行隐私数据收集与交易。在伦理规则方面，元宇宙作为各种社会关系的超现实集合体，其价值理念、道德准则等复杂规则和现实世界间可能会出现明显分化甚至是异化对立，或试图将元宇宙中的规则应用于现实生活中，从而导致现实世界的道德伦理冲突。此外，元宇宙沉浸体验对现实社会的“补偿

效应”可能引发用户线上线下身份认同混淆，数字环境的用户成瘾致使元宇宙成为逃避现实的“电子乌托邦”。**在舆论传播方面**，作为一种新型社会传播媒介，元宇宙具有信息呈现维度更广、互动程度更深，持续时间更久等特点，容易形成各种社会思潮高度交织，信息失真、信息茧房、造谣生事、舆论斗争等问题将进一步凸显。**在市场垄断方面**，元宇宙对算法算力等关键要素的进阶需求可能使产业资源进一步向少数科技巨头集中，超大型平台在元宇宙中形成超市场支配力量。**在金融安全方面**，元宇宙数字资产运行的基础设施与监管机制尚待完善，金融安全风险存在从虚拟世界向现实世界传导渗透可能。

五、发展建议

引导业界理性看待元宇宙发展，凝聚元宇宙发展共识，切实加强前瞻性思考、全局性谋划与战略性布局。

（一）技术创新

增强元宇宙技术竞争力，加大沉浸式技术与分布式信任两大技术主线的研发投入。在沉浸式技术方面，推动高质量、低门槛的三维沉浸式视听内容生产，大力发展全景视频、体积视频、沉浸式音频、全息视频、渲染引擎、虚拟人以等新型音视频内容制作与编解码技术，推动图形计算向软硬耦合、质量效率兼顾的精细化方向发展；推动感知交互向自然化、智能化方向发展，发展高性能、低功耗的手势追踪、眼动追踪、全身动捕、高精度环境理解与三维重建技术，加强机电传

感、触觉反馈、脑机接口等多通道交互技术研发；发展低延迟、高稳定、高流畅的全球跨域确定性通信与融合感知、无感调用的智能算力网络。在分布式信任方面，开展 DID、NFT 等应用需求领域的技术布局，推进跨链与加密通信的信任基础设施领域的技术研发，构建软件定义边界、身份安全管理、微隔离等零信任/弱信任安全技术体系。

（二）产业推进

激活元宇宙生态系统，构建从产品创新到新兴产业形成的内生机制，加快元宇宙新终端、新视听容与新平台等前置生态关键领域落地推广。在新终端方面，布局元宇宙前端体验层中的适人终端入口。着力提高虚拟现实终端渗透率，优化重量体积、功耗续航、画面质量、智能感知等多维指标，提升 XR 芯片、微显示屏、先进光学等关键器件以及 3D 操作系统的供给水平，实现 XR 终端更轻、更小、更沉浸，推动脑机接口的产品化与商业化。在新视听方面，布局元宇宙前端体验层中的 3D 沉浸视听数字内容。打造拍摄采集、编辑制作、分发传输等 3D 音视频生产工具链，拓展多自由度摄制、全息视频、虚拟人等 3D 音视频产品形态，探索基于 UGC、AIGC 的 3D 音视频产品的商业模式。在新平台方面，布局元宇宙平台赋能层中的沉浸式计算服务、数字资产及交易服务平台。支持具备更高交互自由度、视觉及规律拟真性的云渲染平台，构建 3D 虚实融合数字空间平台产品的运营服务能力。探索推进新型身份标识、数字资产等发展，丰富元宇宙经济活动的服务平台。

（三）应用示范

聚焦应用创新的多元探索，提高概念落地的认知程度。探索大众、企业与工业元宇宙应用试点场景，鼓励开发“衣食住行康乐购”等各类虚拟物品与数字场景，深挖具备潜在推广价值的先导应用，

“让能跑的先跑起来”。在工业生产场景，推动元宇宙在设计、制造、运维、培训等产品全生命周期重点环节的应用，建设跨领域跨环节的模拟仿真与协同开发环境，强化与数字孪生模型及数据的兼容，面向电子信息、汽车制造、轨道交通、航空航天、高端装备、能源电力、建筑工程等重点行业，探索构建三维化、人数物融合、深度协作的工业互联网新业态。在文旅文博场景，支持文化展馆、园区景点、特色街区等资源借助虚实融合、深度交互的 3D 数字内容“活起来”。在媒体演艺场景，支持体育赛事、新闻报道、舞蹈音乐、民俗节庆等优质资源网络播出，探索适合线上观演的云原生内容。在生活资讯场景，基于用户位置、三维重建与环境理解所生成线上影像与线下实景的深度融合信息，提供个性化生活助手服务。在教育培训场景，开发一批基于教学大纲的沉浸式数字课程，强化学员与各类虚拟物品、复杂现象与抽象概念的互动实操，推动教学模式由被动接受向自身体验升级。此外，聚焦行业特色组织开展现场会、供需对接、人才培养等系列活动，引导优秀经验复制共享。鼓励在各类技术产业活动中，引入元宇宙元素的会展形式，提升社会对元宇宙应用的认知与商业化水平。打造一批元宇宙前瞻应用展示体验中心，提供技术咨询、测试验证、应用孵化、交流培训等公

共服务，增强企业元宇宙数字化创新技能与应用意愿。

（四）标准体系

聚焦标准体系的统筹推进，凝聚生态发展的深层共识。落实《国家标准化发展纲要》部署要求，强化未来产业标准布局，充分发挥标准在技术进步、加强行业指导、服务企业发展、引领产业升级方面的引领性作用。支持有条件的单位积极参与元宇宙相关国际标准化组工作，积极推动国内技术和标准向国际标准转化。提升元宇宙标准与产业科技创新联动水平，推进先进适用科技创新成果向标准转化。做好元宇宙标准建设的协同与聚焦。在协同推进方面，强化元宇宙与虚拟现实、区块链、超高清视频、人工智能、未来网络、数字孪生等技术领域的标准统筹规划，避免标准重复制定、模糊制定的问题，强化元宇宙标准的统一管理与协调实施。在重点聚焦方面，开展元宇宙标准研究，面向身份形象、智能终端、数字资产、3D 内容、隐私伦理、网络能力、增强现实等元宇宙焦点议题，开展跨场景、跨终端、跨平台、跨数据、跨企业的多重互操作性的需求研究与标准研制，支撑元宇宙深度互通、永续实时的业务体验。

（五）监管治理

坚持发展和规范并重的监管理念，适时开展元宇宙监管治理研究，抓好规则构建，引导形成价值共识。一是开展用户隐私保护研究。推动智能终端、虚拟人、沉浸式计算平台等重点领域的用户隐私安全，探索研究用户知情同意的元宇宙隐私交易机制，加速潜在

创新所需的数据流动，公平补偿用户产生的生理、行为等隐私信息。

二是适度推进超大型平台元宇宙生态反垄断监管。重点关注超大型平台的元宇宙规则公平性、数据集中、并购行为等方面进行反垄断审查。关注数据封锁问题，鼓励平台开放数据 API 接口，推动企业间数据流通，促进数据的共享利用。

三是开展元宇宙数字资产与知识产权研究。研究用户数字资产减损责任分担、虚拟创作品知识产权归属及其收益分配、DID 及虚拟化身控制权等问题，降低元宇宙数字资产的安全风险。

四是弥合元宇宙的数字鸿沟。对弱势群体给予帮助扶持，开展元宇宙相关数字技能宣传培训，提高 XR 眼镜与 3D 视听内容普及率，加快推动信息无障碍建设，提高元宇宙基础设施和智能产品服务能力。

五是推进元宇宙伦理与社会规则研究。秉持以人为本的基本伦理观念，分析元宇宙引发的伦理、道德纠纷等社会关系与现实社会的差异性，推进相关伦理规则与自治规则建立，引导科技向善发展。

（六）国际合作

营造安全开放元宇宙环境，实现共同体价值。加大双多边国际合作，不断扩大数字领域“朋友圈”。积极建立体现跨文化、跨国家的价值标准，建设相互尊重的全球性元宇宙文化合作机制。针对元宇宙建设技术标准、运行规则等重点议题，围绕国际电信联盟等国际平台，主动输出元宇宙相关数字规则与中国方案，提升国际影响力。

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62304596

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

