

# 元宇宙：从架构到落地

方光照 田鹏

**摘要:** 2021年Roblox公司的上市与Facebook集团更名为Meta引起了市场对元宇宙的热烈关注。本文对元宇宙的概念与发展进行较为全面的梳理,意图解决什么是元宇宙、发展元宇宙的意义以及如何发展元宇宙等问题。本文阐述了对元宇宙定义的理解,回顾了元宇宙概念的发展历程,讨论了元宇宙发展的社会经济意义以及可能应用的场景,并从国内外头部厂商布局情况和产业链构成分析了元宇宙发展的路径与所需的技术支撑。

**关键词:** 元宇宙;虚拟世界;VR/AR;区块链

**中图分类号:** F83 **文献标识码:** A

## 一、什么是元宇宙

元宇宙的概念最早由科幻作家尼尔·斯蒂芬森(Neal Stephenson)于1992年在其著作《雪崩》中提出。在小说中,元宇宙(Metaverse)是一个脱胎于现实世界又与现实世界平行、相互影响且始终在线的虚拟世界。人们在这个虚拟世界中可以做除吃饭、睡觉外的任何事。如果把游戏看作是最早具备元宇宙元素的产品形态,元宇宙概念的发展历程可以追溯如下:1992年,尼尔·斯蒂芬森(Neal Stephenson)在科幻小说《雪崩》中创造了元宇宙(Metaverse)

一词;1994年,第一款轴测图界面的多人社交游戏《Web World》上线,用户可以实时聊天、旅行、改造游戏世界,开启了游戏中的UGC模式;1995年,第一款3D界面大型多人在线游戏《Worlds Incorporated》投入市场;2003年,第一个现象级的虚拟世界游戏《Second Life》上线,其拥有强大的世界编辑功能与发达的虚拟经济系统,游戏内的大部分场景是用户自建的,而不是游戏设计者创建的;2006年,多人在线创作沙盒游戏平台《Roblox》上线,平台所有游戏均为UGC内容;2017年《Fortnite》投入市场,多人在线动作建造游戏,曾在游戏内举办了多场线上虚拟演唱会;2021年,Roblox上市,并成为首个将“元宇宙”写进招股说明书的公司。

元宇宙概念经过近30年的发展,仍没有一个统一的定义,但当前主流的观点普遍认为,元宇宙是指网络化的虚拟现实,人们在元宇宙中表现为自己设计的“化身”,从事世俗的和非凡的活动;像在游戏中一样,人们居住并控制着在空间中移动的角色。基础设施完善的虚拟世界,可以和现实物理世界一样,全方位实现身份认同、货币交易、社区归属感到职业发展等个人和社会需求。

被认为是“元宇宙第一股”的Roblox给出了元宇宙的八大要素,包括身份、社交、沉浸感、低

作者简介:方光照,开源证券传媒互联网首席分析师;田鹏,开源证券传媒互联网研究员。

延迟、多元化、随时随地、经济系统和文明。人们可以随时随地、低延迟地与元宇宙进行链接，以虚拟身份的形象进行具有沉浸感的社交；同时，元宇宙拥有大量多元化的内容和出色的经济系统确保人们可以长期生活在元宇宙中，一起改善甚至创造数字文明。

著名风险投资人 Matthew Ball 提出，可以从八个类别追踪元宇宙的发展：硬件，计算力，网络，虚拟平台，交互协议和标准，支付方式，元宇宙内容，服务和资产，用户行为。其中，硬件为元宇宙提供访问、交互和开发的物理技术和设备。计算力是指元宇宙复杂的系统中包括物理计算、渲染、人工智能、动作捕捉、触觉反馈、数据传输等，都需要大量算力的支持。网络是指元宇宙需要持久、稳定、低延迟的网络环境，网络通信能力要足以满足大量数据分散传输的要求。虚拟平台是沉浸式的数字平台，具备完整的经济系统和创作生态系统，作为元宇宙的载体。交互协议和标准是支持元宇宙进行创造、运行和进化的工具、协议、服务和引擎等。支付方式是元宇宙经济系统的支撑，包括数字货币、加密货币和去中心化的区块链技术等。元宇宙内容、服务和资产是数字资产的创造、存储、销售、管理和财务管理等，以及与数字资产相链接的数字内容。用户行为是从消费者行为和商业行为的变化中发现未来的趋势，元宇宙的真正实现必然是建立在与之相关的全球性的商业行为之上。

要实现或达到真正意义上的元宇宙，可能还需要几十年甚至更长的时间。未来，元宇宙的发展大致可以分为三个阶段：第一阶段，未来5~10年，沉浸式体验形成雏形，在虚拟世界中可以实现基本的娱乐、社交功能，少部分玩家对元宇宙形成归属感；第二阶段，未来10~20年，虚拟与现实的概念逐渐模糊，消费、金融、生活服务等真实世界的元素被接入虚拟网络中，元宇宙的用户基数、使用时间进一步提升，成为社会生活中重要的一部分；第三阶段，未来几十年甚至更久，实现了《头号玩家》中“绿洲”级别的数字宇宙，虚拟和现实世界密不可分，用户基数和使用时长达到极大，现实中的社会生活和商业活动大部分都可以在元宇宙实现，在虚拟世界中形成新的文明。

## 二、元宇宙发展的意义

### （一）元宇宙或带来新的资源配置方式

现实世界中的生产资源是有限的，经济学要解决的便是有限的资源如何实现最优配置的问题。而在虚拟世界，生产资源是可复制与新增的。元宇宙的虚拟世界脱胎于现实世界，拥有与现实世界相似的完整的经济系统、数字物品、数字内容及服务。虚拟世界的生产资源由数据组成，能够较快复制，更能根据人类的想象创造、新增资源。例如，在游戏《动物森友会》中，玩家可以自主设计与出售家具、服装。

虚拟世界有可能不受现实中一般经济规律的限制。现实中，资源是有限的，供给与需求决定着商品价格；而虚拟世界的资源理论上是可以无限再生的，商品价格不只由供求决定，也由生产者决定。生产者的边际成本接近于零，消费者只要付款就能获得资源。叠加数字资产价值的重构，元宇宙的到来有可能极大地扩展人类的资源总量。

用户可以在虚拟世界进行劳动、生产，并利用生产出的物品获得虚拟经济报酬，进而提现，通过虚拟劳动与交易完成资源配置。例如，德籍华裔语言教师 Anshe Chung 在游戏《Second Life》中通过买卖、经营虚拟房地产赚得超过25万美元，被称为《Second Life》内的“洛克菲勒”。在《Roblox》平台上，用户也可通过开发游戏来吸引订阅、吸引付费从而获得开发者分成。

### （二）现实与虚拟结合或将诞生新的商业业态

元宇宙世界或拥有自己的虚拟经济系统和统一的虚拟货币。正如《Roblox》平台内的 Robux、《Second Life》游戏中的 Linden Dollar，用户可以充值虚拟货币，使用虚拟货币在元宇宙内购物、消费；同时，用户在《Roblox》中获得的 Robux 收入也可按照一定比例兑换为现实货币。

现实世界与虚拟世界的结合或将催生全新的消费需求。元宇宙将个人数据资产化，UGC 创作的丰富体验，虚拟化身、场景体验、游戏等多种创作空间或激发用户全新的消费需求。虚拟世界能与现实

世界联动，完成消费，就像电影《头号玩家》中主角在虚拟世界中购物，在现实世界中收货一样，用户可以通过虚拟世界直接下单消费。完善的经济系统和新的消费需求或催生新的商业业态。虚拟服装业、虚拟偶像业、虚拟房地产、科普教育……在虚拟世界，传统商业业态可获得转型、升级，并有可能产生前所未有的虚拟商业活动。

区块链技术、虚拟世界的开发工具将激活创作者经济。元宇宙开发工具赋予每一位用户创作的可能性，区块链技术保护版权，去中心化的交易机制使得创作者能够通过用户订阅、广告、道具购买等多种方式将成果货币化，建立虚拟世界的UGC经济生态。

### （三）虚拟世界或催生新的生活方式

元宇宙降低了地理、生理等现实因素对人类生活方式的限制，每个个体都有机会实现与元宇宙的交互。通过虚拟化身，人类可以到达任意想到达的地点，在现实中行动不便的人可以在虚拟世界实现身体的自由移动。传送门、飞行、瞬移，这些想象在元宇宙中或都可以实现，地理、生理等现实因素对人类生活的限制大大降低。

同时，元宇宙可以实现虚拟世界与现实世界的共生。元宇宙世界与现实世界保持高度的同步与互通，由数字孪生、模拟环境和混合现实组合而成。理想中的元宇宙形态将整合社交、消费、娱乐、旅游、展览、教育、办公等所有平台，满足用户全方位的生活、工作需求。

### （四）元宇宙的应用场景

#### 1. 游戏

游戏作为现实的模拟和延伸，形态与元宇宙十分相似，有可能成为元宇宙最先应用的场景。现阶段的游戏已能够部分实现 Roblox 提出的八大要素中的身份、社交、沉浸感、多元化、随时随地、经济系统等要素。在游戏中，每一位玩家都有自己的用户名、账号形象，构成了人们在虚拟世界中的身份；游戏中的好友系统实现了玩家在虚拟世界中的社交功能；VR/AR 游戏达成了初步的沉浸式体验；UGC 平台通过玩家自主开发游戏丰富了平台的多样

性和多元化；越来越多的多端互通游戏使玩家能够从移动端、PC 端、主机端随时随地进入游戏世界；《Roblox》通过虚拟货币 Robux 建立了充值、消费、收入、提现的经济系统。

#### 2. 社交

元宇宙使得全球的用户可以共享时空、即时互动，激活陌生人社交。陌生人通过同样的场景相遇、相识，并且此后可以在虚拟世界继续维系社交关系，虚拟世界的社交关系或与现实世界等同。同样，元宇宙也可以将现实社交关系搬入虚拟世界，为熟人社交提供更丰富的交流空间。例如，疫情期间，中国传媒大学动画与数字艺术学院 2016 级学生在沙盘游戏《我的世界》里复刻了校园，学生以虚拟化身齐聚一堂完成了毕业典礼。此外，协同办公也可以在虚拟世界轻松实现。

在社交的体验上，元宇宙能够提供多样的场景，例如，酒吧、聊天室、演唱会、比赛、派对、旅游景点等，构建场景化的社交体验。元宇宙是开放的可编辑世界，AI 与 UGC 驱动生成庞大的地理空间与丰富的场景，可供用户选择、探索、创造。目前以图文、音视频为主的线上社交形式也将转化为元宇宙中基于真人化身、可实现集体交互的社交，真实感更强。用户以虚拟化身在虚拟世界生存，所有体验都围绕虚拟化身展开。开放的虚拟化身设计让用户摆脱现实中的外形，追求更强的自我认同；不同的化身一方面增添了社交的趣味性，也增强了用户在自我呈现上的自信。

#### 3. 内容

虚拟世界打造多人参与的沉浸式影院，突出影视视频的沉浸感和现场感。观众可以身处影视描摹的世界之中，甚至扮演其中的角色，创造观影观剧的全新体验，开拓“影游联动”的想象空间。线上虚拟演唱会更可能成为常态，观众可以购买演出门票、数字周边、虚拟道具，并设计虚拟分身以参与演唱会场景。传统演唱会有座位限制、视角固定；而虚拟演唱会不受天气、场地等因素限制，为观众带来沉浸式、多视角的丰富体验。虚拟世界更可将动漫、文学 IP 中的世界搭建出来，还原作品人物、场景，可作为虚拟旅游景点、虚拟游戏地图对 IP 产业链进行进一步延伸，深度开发 IP 价值，延长生命周期。

#### 4. 消费

元宇宙中的 VR、AR、数字模拟等技术将重构线上电商场景，以沉浸式现场升级消费体验，带动成交转化率、客单价的提升。例如，天猫上线 3D 版天猫家装城，为消费者提供 360° 沉浸式的“云逛街”体验。商家可在其中设计、搭建样板间，呈现家具装修效果，“所见即所得”；消费者可以观看家具的实物效果，浏览不同风格的装修设计，在决策上得到帮助。

NFT 或重构数字资产价值。NFT 的全称为 Non-Fungible Tokens，即非同质化代币。与比特币不同，每一枚 NFT 都是独一无二的，因此，NFT 可以用来“标记”独一无二的物品与资产，成为数字物品与资产的所有权凭证。在区块链技术的支持下，数字资产不再是可复制的同质品，而成为具有独特价值的资产，具备可识别性与收藏价值。例如，数字画作《Everydays :The First 5000 Days》及其 NFT 以近 7000 万美元的拍卖价成交。元宇宙中的数字资产价值将得到保护与重构。

### 三、国内外头部厂商布局情况

#### （一）Facebook（Meta）：发力 VR，持续投入元宇宙的开发与建设

2014 年，Facebook 以 20 亿美元收购 VR 公司 Oculus，开始了在 VR 领域的布局；2020 年 10 月，Facebook 推出了第二代独立 VR 头盔 Oculus Quest 2；2021 年 8 月，Facebook 正式推出了 VR 会议软件 Horizon Workrooms 的虚拟会议室功能。该功能的特点在于，允许用户用自己的虚拟分身与其他人在同一个虚拟空间中进行协作，创造了全新的沉浸式会议体验。2021 年 10 月，在 Facebook 一年一度的 Connect 大会上，Facebook 正式更名为 Meta，全面拥抱元宇宙。同时，在 Connect 大会上，Meta 宣布了一款名为 Project Cambria 的高端虚拟和增强现实眼镜，预计 2022 年发布。

2021 年 7 月 26 日，扎克伯格宣布将在公司 VR 实验室团队下成立元宇宙产品团队，持续在 VR/AR 及其他元宇宙相关领域进行产品服务研发，希望公司在 2025 年完成从社交媒体平台公司向元宇宙公

司的转型。Facebook 在 2021 年第三季度财报中透露，将在未来一年内花费 100 亿美元开发构建元宇宙所需的技术；后续，这一投资力度还将持续。

#### （二）Roblox：首家将“元宇宙”写进招股书的公司，打造用户与开发者互动平台

2006 年，Roblox 公司推出第一版 Roblox Studio，社区成员立即开始制作自己的游戏，且可以与 Roblox 公司制作的游戏相媲美。2008 年《Roblox》推出 Robux 币的销售，并在 2013 年为开发者推出了虚拟商品，在游戏行业还在尝试着接受免费游戏的理念的时候，《Roblox》已经加入了微交易。2016 年 4 月 16 日，《Roblox》宣布将登陆 Oculus Rift 平台，用户可以在平台上设计自己的 VR 游戏世界和体验。2020 年 2 月，腾讯参投 Roblox 1.5 亿美元的 G 轮融资，并独家代理《Roblox》中国区产品发行。2021 年 3 月 10 日，Roblox 在纽交所上市，成为元宇宙概念第一股。

根据公司财报，2021 年第三季度，《Roblox》的预订量为 6.378 亿美元，同比增长 28%；DAU（日活跃用户数量）达 4730 万，同比增长 31%；每 DAU 平均预订量为 13.49 美元，用户在《Roblox》平台使用时间累计约为 112 亿小时。《Roblox》正在走向国际，用户数量持续高速增长。《Roblox》可以说已经开创了人机合作体验类游戏的先河，《Roblox》中很多游戏都是合作性的，而不是竞技性的，或者说不带有明确的目标。例如，《Roblox》最受欢迎的游戏之一《Meep City》，玩家可在虚拟环境中随意跑动、聊天，不一定要和游戏机制有任何互动。

#### （三）苹果：频繁布局 VR/AR，开放性地构建元宇宙底层组件

2010 年，苹果收购瑞典面部识别技术公司 Polar Rose，启动 VR 布局；2013 年，收购 3D 感应与动作捕捉技术公司 PrimeSense；2015 年，收购面部动作捕捉技术公司 Faceshift，以及增强现实初创公司 Metaio，获得了 171 项与 AR 相关的全球专利；2016 年，收购面部表情 AI 分析公司 Emotient 和 AR 社交软件 Flyby Media；2017 年，收购混合现实技术提供商 Vrvana；2020 年，收购虚拟现实公司 Next



图1 国内外头部厂商布局情况

	VR设备: Oculus, VR社交平台: Horizon, 加密货币: Libra, 社交: Facebook、WhatsApp、Instagram
	游戏引擎: Roblox Studio, 云服务: Roblox Cloud, 虚拟货币: Robux
	VR/AR设备与技术: Polar Rose、Metaio、Vrvana、Next VR, AR社交平台: Flyby Media
	云计算: Azure、XR, 内容平台: Microsoft Mesh
	AR设备: GoogleGlass, 云游戏: Stadia, 视频: Youtube
	底层技术: Omniverse, 人工智能: Omniverse Avatar、Quantum-2, 硬件: jetson AGX Orin
	社交: 微信、QQ、Snapchat、Discord, 游戏: Roblox、Epic等, 内容: 腾讯泛文娱产业链, 产业互联网: 腾讯云、腾讯会议等
	VR设备: Pico, AR开发平台: Effect Studio, 社交: Pixsoul, 游戏: 代码乾坤、Ohayoo、朝夕光年

资料来源: 游戏陀螺, 苹果官网, 36氪, Facebook官网, 腾讯官网, 彭博资讯, 字节跳动官网, IDC, 开源证券研究所

VR。

除了VR/AR上的布局外, 苹果的Memoji、ShazamKit、Reality Composer、地图、查找等也成为构建元宇宙的底层组件。Memoji 很适用于用户在数字世界中代表自我; ShazamKit API 可以识别任何音频, 并使用匹配的音频来驱动用户的体验; Reality Composer 积累的场景组合经验, 将解锁一系列内容生成来帮助用户在元宇宙中创建事物; 支撑地图的数据是AR元宇宙的能量之源; 而超宽带硬件和“查找”网络, 增加了物理锚点的丰富度, 为用户与物理项目交互创建了一种具体的方式, 并将其代入数字世界。

#### (四) 微软: 提出企业元宇宙, 发展企业新型基础设施

2021年5月25日, 微软CEO萨蒂亚·纳德拉将一系列Azure产品描述为一个元宇宙: “借助Azure数字孪生, 用户可以使用Azure IoT对任何资产或场所进行建模, 并使数字孪生保持实时更新。Synapse跟踪数字孪生的历史并预测未来状态, 用户可以构建不断学习和改进的自主系统”。

2021年9月, 微软CEO在演讲中用“企业元宇宙”来描述数字孪生、物联网等一系列的Azure产品线的未来愿景。“企业元宇宙”是智能高效打通企业的研发、制造、协作、分销、展示、终端、客户反馈等环节形成高质、高效闭环迭代的关键。随着真实

物理世界和虚拟数字化世界的不断融合, 企业元宇宙将成为每个企业必备的一种新型基础设施。

2021年11月2日, 微软CEO宣布微软将推出Mesh for Microsoft Teams, 即将虚拟体验平台Microsoft Mesh的混合现实功能引入到办公软件Microsoft Teams中。企业或团队可以在Mesh for Teams中搭建不同的虚拟空间, 远程工作者可以使用自己的虚拟头像访问虚拟工作空间实现“元宇宙办公”。

#### (五) 谷歌: 将打造自己的智能手机处理器 Google Tensor

2005年, 谷歌收购高科技企业Android, Android成为Google麾下的移动设备操作系统; 2012年4月, 公司发布谷歌眼镜(Google Project Glass); 2019年1月, 普林斯顿大学与谷歌合作人工智能技术; 2020年12月, 谷歌推出两款试验美容产品的VR工具, 用户在购买美容产品时, 可以通过试验, 看到不同的化妆品用在自己或不同的模特身上的效果; 2021年8月2日, 谷歌宣布将打造智能手机处理器Google Tensor, 这是谷歌首款片上系统(SoC)处理器, 将被搭载于谷歌最新旗舰手机Pixel 6和Pixel 6 Pro上; 2021年8月, Google Lens(该工具可以让用户拍下物品照片, 然后将其放到谷歌搜索中进行实时图片查询)推出了新的功能, 允许用户拍摄图片或截图并无缝购物。

**（六）英伟达：以 Omniverse 平台为基础，为元宇宙提供底层服务架构**

在 2020 年 GTC（GPU 技术大会）上，英伟达宣布推出 Omniverse。据公司介绍，Omniverse 是世界上第一个基于英伟达 RTX 的三维仿真和协作平台，融合了物理和虚拟世界，实时模拟现实并具有真实感的细节，无论艺术家还是人工智能，都能够不同世界使用不同的工具，共同创造一个全新世界。Omniverse 能将英伟达旗下 GPU、CUDA、实时光线追踪 RTX 技术等所有软硬件技术，及英伟达在生态系统中整合性的特质集中到一个平台，形成完整全栈解决方案，从而以更高效和兼容的方式，解决与“物理世界拟真”相关的各项痛点。

在 2021 年 GTC 上，英伟达发布了人工智能阿凡达平台（Omniverse Avatar）。Omniverse Avatar 平台集合了语音 AI、计算机视觉、自然语言理解、推荐引擎和模拟技术方面的技术，用于生成交互式 AI 化身。英伟达的元宇宙战略为搭建一个元宇宙的技术基础设施，包括设计引擎、技术引擎以及技术平台，为元宇宙提供底层服务架构。目前，Omniverse 平台已被 700 多家公司和 7 万多名个人创作者采用。

**（七）腾讯：多领域布局元宇宙，重点投资沙盒游戏**

在目前或最接近元宇宙的产品形态——沙盒游戏上，腾讯屡屡下注，先后投资 AvakinLife、Roblox 等沙盒游戏研发商，并和“方块鼻祖”乐高合作手游《乐高无限》，代理发行沙盒类 MMO 游戏《我的起源》、沙盒游戏《艾兰岛》等。2012 年，腾讯以 3.3 亿美元买入元宇宙倡导者 Epic Games 48.4% 的股权；2020 年 4 月，Epic Games 宣布完成 10 亿美元融资，用来打造元宇宙，加快在《Fortnite》等产品中构建互联网社交体验。

根据公司 2021 年第三季度财报，QQ 月均活跃用户虽同比稍有下降，但仍保持在 5 亿以上；同时，腾讯在 QQ 上升级了互动技术，提供 AR 创作工具，以推动 UGC 视频的创作与分享，并且提供跨屏互动 AR 效果，沿着元宇宙方向不断推进。根据 Gamelook 报道，2021 年 9 月，腾讯天美新项目“ZPLAN”对外招聘多个岗位。该项目主打“社交+游戏”，团队

规模超千人，或成为腾讯实现游戏超级数字场景的关键产品，具备元宇宙潜力。同时，腾讯管理层也在 2021 年第三季度业绩交流会上表示腾讯是一家技术驱动型公司，有着构建元宇宙的模块，将这些模块搭建起来，可以很好地支撑元宇宙。

**（八）字节跳动：推出 AR 开发平台，收购 VR 公司 Pico**

2021 年 4 月，字节跳动以 1 亿元投资国内手机游戏厂商代码乾坤。代码乾坤旗下专注于创造和社交的游戏 UGC 平台《重启世界》是将虚拟与现实相结合的一次尝试。

2021 年 8 月初，字节跳动推出 AR 开发平台 Effect Studio，开发者可以借助该平台为 Tiktok App 构建 AR 效果滤镜，目前还处于早期测试阶段。推出该平台的目的是追赶竞争对手 Snap。Snap 于 2020 年启动了 350 万美金的基金用于 Snapchat AR Lens 的建立。

2021 年 8 月 29 日，国内 VR 创业公司 Pico 发布公开信表示公司被字节跳动收购，业务将被并入字节 VR 部门。Pico 是国内领先的 VR 硬件厂商，专注移动虚拟现实技术与产品研发，致力于打造全球领先的移动 VR（虚拟现实）硬件及内容平台。根据 IDC 发布的 2020 年第四季度中国 AR/VR 市场跟踪报告，2020 年，Pico 占据中国 VR 市场份额第一，除去硬件，Pico 亦正发力 VR 内容生态。

**四、元宇宙产业链分析**

**（一）元宇宙产业链划分之一：基础设施为底层支撑，最终延伸至体验层**

元宇宙产业链以基础设施向外延伸，可以划分为如下七个层次。一是基础设施层，包括 5G、WIPI 6.6G、云计算、7mm/11mm 工艺、微机电、图形处理、基础材料等，代表公司或产品有英伟达、Azure、AMD、亚马逊等。二是人机交互层，包括便携式智能眼镜、可佩带设备、手势交互、声控交互、交互式神经网络等，代表公司或产品有 Oculus、三星、苹果、Avegant 等。三是去中心化层，包括边缘计算、AI 代理、微服务、区块链等，代表公司或产品有 Ava labs、Open XR、IBM、Polygon 等。

四是空间计算层，包括3D引擎、VR/AR/XR、多任务界面、地理空间制图等，代表公司或产品有Unreal、Omniverse、Unity、Open AI、Google AI等。五是创作者经济层，包括设计工具、资产市场、工作流、商业贸易等，代表公司或产品有《Roblox》、Horizon、Epic、微软等。六是发现层，包括广告网络、社交、策展、互评、商店、代理商等，代表公司或产品有Facebook（Meta）、Unity Ads、谷歌、Applovin等。七是体验层，包括游戏、社交、运动、电影、购物等，代表公司或产品有《Fortnite》、Discard、《Minecraft》等。

## （二）元宇宙产业链划分之二：硬件、软件、服务、应用及内容四大板块

元宇宙产业链可以划分为如下四个板块。一是硬件板块，提供用于开发、交互或使用元宇宙产品的物理技术和设施设备。例如，网络基站、服务器、VR眼镜等，相关公司或产品有Realwear、Magic Leap、Rokid、CY Vision等。二是软件板块，为硬件提供支持与赋能，实现物理计算、渲染、数据协调、人工智能等功能，相关公司或产品有Improbable、Threekit、Rct.AI等。三是服务板块，用于提供承载用户线上身份所存在的平台，分发相连接的数字内容、数字资产，以及支持对应的数字金融业务等，相关公司或产品有OpenSea、Uniswap、Makersplace等。四是应用及内容板块，提供医疗、教育、游戏等终端应用场景下的产品，相关公司或产品有Epic、VRChat、Genies等。

## （三）元宇宙的底层技术

### 1. 元宇宙的通信基础：5G

5G具有高速度、低功耗、低时延、万物互联的特点，低时延很大程度上决定了元宇宙的用户体验，而随着智能设备、可穿戴设备等联网需求的增加，万物互联将使元宇宙的接入方式与场景更加多元化、智能化，元宇宙随时随地可链接的特性也需要高速网络的支撑，5G或是元宇宙落地的基础。

### 2. 元宇宙的虚实界面：VR/AR/MR、脑机交互

VR的实现方式是计算机模拟虚拟环境从而给

人以环境沉浸感，例如，Oculus Quest2、HTC头显设备上的VR游戏使用户仿佛身临其境，为用户带来更好的虚拟现实体验。而AR满足了对裸眼现实的融合。在真实环境中增添或移除由计算机实时生成的可以交互的虚拟物体或信息。MR则将现实世界和虚拟环境相互融合，通过全息图，打破了物理世界和虚拟世界的分界。VR/AR/MR是元宇宙重要的基础设施，为元宇宙的实现提供了更多的可能性。而脑机交互有可能使用户无需借助AR/VR设备，就可以在视觉皮层感受到元宇宙。

### 3. 元宇宙算力基础：云计算

元宇宙的实现一定伴随着巨大体量的数据处理需求、图像渲染需求以及高拟真的用户体验需求，会对客户端设备的性能和服务器的承载能力都有较高要求，要实现大量数据的快速计算和降低设备门槛，就离不开云计算技术的支撑。

### 4. 元宇宙认证机制：区块链

区块链最大的特点是去中心化且不可篡改，因此，可以传递价值和权益，未来，作为承载大量用户的元宇宙平台，需要借助这些去中心化的底层技术来保证平台使用的安全性。另外，元宇宙中数字资产的确定也需要借助NFT，即非同质化代币。与比特币不同，每一枚NFT都是独一无二的，可以用来“标记”独一无二的物品与资产，成为数字物品与资产的所有权凭证，从而重构和保护元宇宙中的数字资产价值。

### 5. 元宇宙的生成工具：人工智能

构建元宇宙最大的挑战之一是如何创建大量的高质量内容，而人工智能的应用能大幅提升运算性能，并智能生成不重复的海量内容，满足元宇宙内容不断增长的需求。同时，随着人工智能的进一步发展，由人工智能驱动的虚拟人也可以参与到元宇宙中，丰富元宇宙的内容和体验。在监管上，人工智能可以对元宇宙中无法以人工完成的海量内容进行审查，保证元宇宙的安全与合法。

## 参考文献：

[1] 清华大学新媒体研究中心. 2020-2021年元宇宙发展研究报告[R]. 2021-09-16

（责任编辑：冯天真）