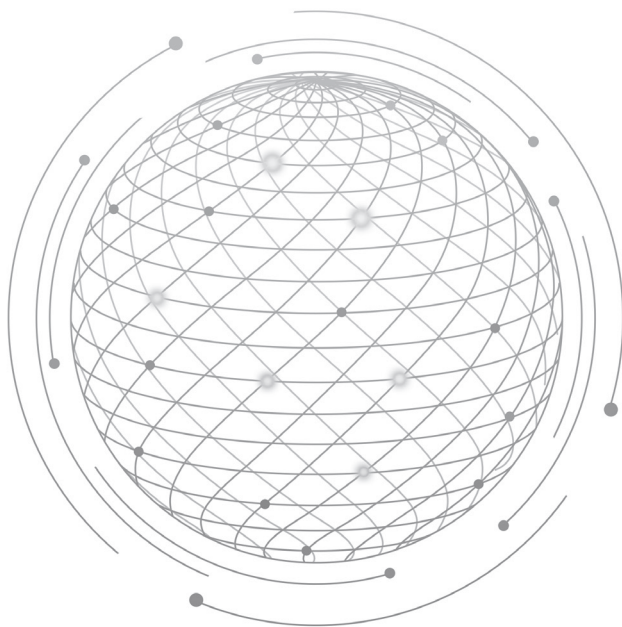


第一章

元宇宙技术分析

平行宇宙间消逝的分隔线





一、逐渐消逝的虚实分界线

虚拟现实（Virtual Reality，VR）现在已经逐渐走进我们的生活，逐渐变成现实的一部分，比如 VR 设备足不出户就能环游世界。我们怎么看这一现象呢？应该是接受，还是拒绝，或者是跟它保持一定的距离？这是 2016 年浙江省以“虚拟现实”为主题的高考作文题目，因涉及当下互联网科技界最火热的 VR 概念，而被誉为“史上科技含量最高的高考作文题”。VR 最初由美国 VPL 公司创建人杰伦·拉尼尔（Jaron Lanier）在 20 世纪 80 年代初提出。其具体内容是综合利用计算机图形系统和各种虚拟的环境刺激及控制等接口设备，在计算机上生成可交互的具有沉浸感觉的技术。其中，计算机生成的、可交互的三维环境即成为虚拟环境（Virtual Environment，VE）。

1992 年，在美国国家科学基金资助的交互式系统项目中，工作组在报告中对虚拟现实提出了更加系统的论述，确定和建议了未来虚拟现实环境领域的研究方向。虚拟现实技术综合了计算机图形技术、计算机仿真技术、传感器技术、显示技术等多种科学技术，在多维信息空间上创建一个虚拟信息环境，使用户具有身临其境的沉浸感，具有与环境完善的交互作用能力，有助于启发构思。虚拟技术的核心是建模与仿真。沉浸、交互、构想是 VR 环境系统的三个基本特性。

“虚拟现实之父”苏泽兰教授发现，人之所以能够对现实世界产生真实感，主要源于人在移动时，其视野中的物体也会有相应变动。因此，他希望能够借助计算机模拟这一过程，戴上头盔，将人的双眼视线与外界环境隔离，头戴显示器的设想由此诞生。

1968 年，世界上第一台 VR 头戴显示器在苏泽兰教授手中诞生了，它有一个非常酷炫的名字叫“达摩克利斯之剑”（The Sword of Damocles）。苏泽兰教授的探索实现了 VR 必备的交互性和沉浸感两个要素。“达摩克利

斯之剑”发明在鼠标诞生之前的年代，实现了计算机生成图像、双目立体显示、头部位置追踪以及和虚拟环境的互动等功能。正是由于对计算机图形技术以及 VR 的贡献，苏泽兰于 1988 年获得图灵奖。随后，苏泽兰教授发表了论文《终极的显示》。出人意料的是，论文竟然没有引发预想的轰动，VR 依然被人们视为不切实际的幻想。因为 VR 头戴显示器无法产品化，关于 VR 技术的话题逐渐冷寂。

“虚拟现实”的概念最先出现在 1938 年，法国阿尔托所著《残酷戏剧——戏剧及其重影》一书中，作者将剧院描述为“虚拟现实”。美国 VPL 公司的创始人杰伦·拉尼尔是一位著名的跨界科学家，他把 VR 定义为由计算机模拟出的使人完全沉浸其中的虚拟三维世界，这是现代 VR 的概念第一次出现在人们面前。

杰伦·拉尼尔身兼计算机科学家、互联网理论家、冷门乐器爱好者、艺术家、思想家等多重身份。1986 年，杰伦·拉尼尔离开雅达利（ATARI）创建了 VPL Research 公司，发明了许多超越时代的黑科技，如第一款商业意义的 VR 头盔 EyePhone，数据手套，实时制造环绕声的音响 Audio Sphere，世界上第一个 3D 引擎 Issac，第一个为 VR 打造的操作系统 Body Electric，等等。尽管处于计算机技术还未成熟的年代，杰伦·拉尼尔的发明显然还不具备能够支撑起 VR 的技术生态，而昂贵的售价也未使 VR 头盔 EyePhone 得到普及，但科学的神奇力量让“虚拟出来的现实世界”得以逐渐浮现。

虚拟现实科技的突然引爆，是从 2014 年脸书公司（Facebook，后改名 Meta）突然宣布 20 亿美元收购与自己业务看似毫无关系的 Oculus VR 开始的，令人称奇的是，当时 Oculus VR 消费级产品的销售业绩为零。两家公司宣布期待将 VR 普及化，重新构想人们沟通的方法。

令人感到有趣的是，研发 VR 眼镜产品 Oculus Rift 的故事纯属偶然。16 岁的少年帕尔默·拉基通过修理和倒卖旧手机，以及在帆船中心打杂挣钱谋生。他低价收购了 56 款颇有特色的头戴设备，其中最大的战利品是用 80 美元购得的，曾经在 20 世纪 90 年代售价为 9.7 万美元的军用装备，在当时很少有人会买这种玩意儿。不过，帕尔默·拉基发现很难找到真正需要的装备，即使那些所谓的高端产品也不能令他满意。于是，他决定自



已动手改装，把买来的二手设备拆卸和修理，搞清它们的工作原理、优点和缺陷，并且尝试着把它们改装成自己希望的模样。

少年帕尔默·拉基做的事情引起了重磅级 VR 发烧友、射击游戏之父约翰·卡马克（John Carmack）的强烈兴趣。当时卡马克也在研究自己的 VR 项目，开发了游戏《Doom 3 BFG Edition》的 VR 版本。在 2012 年 E3 游戏展会现场，他结合 Oculus Rift 亲自演示了这个版本。此时，Oculus Rift 被卡马克介绍给了世界玩家，引发现场一片好评。帕尔默·拉基将其研发的产品 Oculus Rift 启动了 Kickstarter 众筹。起初，众筹捐赠者仅有 40 ~ 50 人，但 E3 游戏展会的演示影响力让众筹捐赠者突然之间飙升至几千人，在一天之内就达到了筹款目标，最终筹到了 250 万美元，创造了 Kickstarter 众筹历史上的一个神话。

由此可见，VR 的神奇力量吸引着一批又一批先行者，在追寻苏泽兰教授论文中阐述的“终极显示”的道路上越行越远。人类从戏剧沉浸到电影沉浸，再到突然兴起的 VR 沉浸，正在一步步迈向人类的终极梦想，虚实空间的分隔线正在逐渐消失。

二、VR 元年的潮起潮落

脸书公司（后改名 Meta）认为：现实只是人类大脑产生的一种意识，从某种意义来讲，所有的现实都是虚拟的。也许在不久的将来，你我的余生都将在“现实的虚拟”或“虚拟的现实”之中。脸书公司的“现实虚拟论”颠覆了人们长久以来对于现实世界和虚拟世界的普遍认知，同时也证明了脸书公司对 VR 未来的发展前景充满信心。

三星公司与 Oculus VR 建立了技术合作，发布了适用于 Galaxy 智能手机的 Samsung Gear VR。越来越多的公司开始探索 VR 游戏设备，包括添加具有创新意义的配件，尝试创建人们全新的沟通方式，希望彻底改变教育、电影等传统行业。

2016 年，谷歌发布了低成本的纸盒 VR 眼镜 Cardboard。令人惊奇的是，这款纸盒 VR 眼镜竟然只售 9.9 元，该产品可通过智能手机播放内容，融合到 VR 眼镜中，让大众有更多机会接触到虚拟现实科技。

Cardboard 最初创意来自谷歌公司法国巴黎部门的两位工程师。他们花了六个月的时间打造出这个实验项目，意在将智能手机变成一个虚拟现实的原型设备。Cardboard 是一个纸盒形状的设备，纸盒内包括了纸板、双凸透镜、磁石、魔力贴、橡皮筋以及 NFC 贴等部件。按照说明，几分钟内就组装出一个看起来非常简陋的玩具型 VR 眼镜。凸透镜的前部留了一个放手机的空间，而半圆形的凹槽正好可以把脸和鼻子埋进去。实际上，Cardboard 只是一副具备开放 VR 系统且简单的 3D 眼镜。

基于 VR 技术未来可能为影视、游戏、旅游、通信等行业带来全新的机遇，VR 技术爆发，带动大量品牌与资本进入这一市场，各自在硬件、软件、内容运营和平台端投入，千百家 VR 初创公司也随之而生。

Magic Leap 成立于 2011 年，自诞生以来一直是 VR 行业最闪亮的一颗明星。而在 2016 年 VR 元年，这颗明星更是变得璀璨无比。Magic Leap 作为一家神秘的明星科技公司，对自己特有的数字光场技术和未来产品设计守口如瓶，但却获得了 14 亿美元的风险投资，市场估值高达 45 亿美元，投资机构包括谷歌、阿里巴巴、高通、KKR、摩根斯坦利、时代华纳以及硅谷知名风投公司安德森 - 霍洛维茨等，股东阵容非常强大。Magic Leap 公司 CEO 罗尼·阿伯维兹（Rony Abovitz）将其产品体验描述为：带来的是“一半《黑客帝国》，一半《哈利·波特》”的震撼效果。

国内大大小小的 VR 体验馆一夜之间遍布各地商场，犹如雨后春笋，蛋椅成为人们体验最新 VR 科技的直接工具，沉浸到虚幻世界中感受其神奇魅力。在当时的 VR 体验区和游戏厅，可以看到很多玩家都戴着 VR 眼镜手舞足蹈，深奥的虚拟现实科技概念瞬时变成玄妙的虚幻场景。玩家身临其境，时而步入远古的恐龙世界，时而飞跃遥远的宇宙星云，恐怖巨兽张开血盆大口，嗜血丧尸游走于前后左右。戴上 VR 眼镜之后，用户难以分清虚幻与现实，兴奋、恐惧、好奇、惊叹等各种强烈情绪代替了理性判断，梦境直接环绕于真实的眼前。

暴风科技公司在其股票经历了股市 30 多个涨停后，公布了第三代暴风魔镜最新的数据：30 多万用户，日活跃用户（Daily Active User，DAU）2 万，平均使用时长 30 分钟。暴风科技 CEO 冯鑫预言：暴风科技将在 18 月之内，出现两到三款爆品游戏，移动 VR 游戏会成主流；虚拟人生与模



拟社交类游戏，是 VR 领域未来最流行的游戏，配套的输入设备如体感设备、速度传感器、定位追踪等将成为竞争热点。

然而，2016 年对于 VR 科技来说，可谓潮起潮落。“VR 元年”最终没有真正成为“VR 爆发年”。前半年，VR 概念火热，VR+ 演唱会、VR+ 影视等各种商业行为如火如荼；没想到后半年，资本急速收缩，不少 VR 视频平台停止更新，VR 创业公司濒临倒闭的消息接连传出。

就是在所谓的风口，暴风魔镜这家 VR 旗手，在 2016 年初获得 2.4 亿元融资，风光无限的科技“巨头”，曾被寄予承担起“开创中国 VR 元年”重任厚望，股价一度创造超过每股 300 元神话，在 10 个月之后，终归还是被打回到“国内视频行业三流公司”的原形。股价暴跌，剥离汽车、旅游、房产等业务板块瘦身，大幅裁员 50%，引来大众一片哗然。由此还引发了市场对整个 VR 产业的质疑。作为 A 股市场 VR 概念股的领头羊，在不少人眼中，暴风集团的股价走势在一定程度上代表了资本对 VR 行业的态度。毕竟噱头炒得火热却缺乏优质内容，无法给观众带来良好体验的行业状态，让不少刚刚诞生的 VR 产品阵亡在起跑线上。负面新闻四处传来，大量 VR 创业公司悄悄死去。Steam 作为美国电子游戏商 Valve 推出的数字发行平台，曾被认为是计算机游戏界最大的数码发行平台之一，Steam VR 月活跃用户也急剧下降。

三、VR 产业的复苏

VR 产业和沉浸技术产品真的凉了吗？

虽然大多数人对 VR 当时的发展不抱乐观的预期，但凉了几年的 VR 科技又出乎意料地开始回暖啦！在过去的几年里，虚拟现实产业的增长轨迹，证实这项新兴技术正在变得越来越主流。对比 VR 产业在 2014 年只有几十万元的收入，2017 年已经增加到了 9000 万元左右。2018 年，全球 VR 产业规模已近千亿元人民币，年均复合增长率超过 70%。全球投融资重点已从硬件终端转向内容应用。根据 GREENLIGHT INSIGHTS 的数据，2020 年全球 VR 产业规模总计 1600 亿元。

2018 年 9 月 27 日，以“携手拥抱 VR+ 共同开启新时代”为主题

2018 国际虚拟现实创新大会召开，发布了《中国虚拟现实应用状况白皮书（2018）》。该白皮书指出，中国 VR 产业生态已初步建立规模化、融合化。中国会加速 Cloud VR 云化虚拟现实科技发展，将 VR 技术融入文化娱乐、工业生产、医疗健康、教育培训和商贸创意五个领域。

2019 年，在江西省南昌市举行的世界 VR 产业大会规模更大、层次更高。这次大会不仅吸引了微软、联想、华为、科大讯飞等知名企业参展，同时还有 VR 电影节、VR 电竞大赛等多个亮点项目。5G 和云计算正在实现虚拟现实设备“轻量化”，使得传统的穿戴式头盔逐步摆脱笨重的机身，降低了硬件成本。借助云计算技术，能够把复杂的渲染程序通过 5G 网络传输放在云端服务器中实时处理。

近年来，存储介质、数据处理技术、计算机图形技术以及云计算等相关科学技术发展迅猛，催生了大数据的发展。能够对海量数据进行分析 and 处理，数据挖掘带来对决策的支撑，使得大数据在多领域得到欣赏和广泛应用，数据成为一种资源，成为各国争抢的目标。交互性是理解大数据的关键，几十年以来，人们一直在使用静态数据模型来了解动态数据，VR 科技则为人们提供了动态处理数据的能力。

区块链的出现，离不开科学界在密码学、分布式网络以及支付、货币等领域的研究，区块链形成了一个全球性、安全、点对点网络。区块链的每一个节点都是历史见证者，不再依赖于特定公司而存在，从而逃脱了大公司的垄断。随着 2008 年比特币概念的白皮书发布，2013 年开启了分布式计算和智能合约的时代。从金融、产品溯源、政务民生、电子存证到数字身份与供应链协同，场景的深入和多元化应用不断拓宽。据 IDC 最新数据，2021 年第一季度，全球 VR 头显出货量同比增长 52.4%，Oculus Quest 2 及 HTC Vive Focus 等 VR 一体机占据了绝大多数的份额，高于 2020 年第一季度的 50.5%；VR 游戏和健身应用日益普及，提升了消费者对 VR 的认知。许多企业在培训、团队协作、设计以及机械制造等领域尝试使用 VR 技术，很大程度上推动了 VR 市场的发展。

尽管近年全球遭受新冠肺炎疫情，同时受世界经济疲软压力的影响，VR 产业仍然于 2020 年在终端、软件、应用各方面实现了诸多突破。5G 通信、云计算与人工智能的快速发展为 VR 行业的复苏提供了强大的技术



基础，并且加速了VR科技在商用领域的落地应用。从长期来看，VR眼镜市场增长十分强劲，全球出货量预计2025年将增长至2860万台，五年复合年增长率（CAGR）为41.4%。字节跳动收购Pico入局VR的消息，成功带动了国内外资本以及整个产业对VR的再次关注。主流VR内容平台发布的数据，包括Steam VR用户活跃度、内容数量、新产品关注度等，都预示着VR的新一轮复苏已经开始。国内外相关领域的多名专家学者和企业家一致预言：VR的复兴年就要来了。

四、元宇宙爆发元年——2021年

2021年上半年，VR产业明显升温，这股热潮要归功于VR产业过去几年冷静期的沉淀，硬件导火索则是脸书公司的热点产品Quest 2。人们开始对虚拟世界心生向往，很多企业在“元宇宙”概念的助推下率先扬帆起航。

2021年10月29日，互联网巨人脸书公司令人惊奇地宣布正式更名为Meta（元宇宙），全面进军元宇宙，其创始人扎克伯格描绘了一个沉浸式的互联网，拥有虚拟身份和与之相匹配的经济系统，人们将置身于虚拟世界实现社交、工作、运动、学习和游戏。扎克伯格相信元宇宙是移动互联网的接替者，即将引领人类踏入数字新纪元。

实际上，脸书公司（Meta）并不是“Metaverse”一词的发明者。“元宇宙（Metaverse）”概念的真正提出，来自美国科幻作家尼尔·斯蒂芬森1992年出版的小说《雪崩》。小说故事主角是世界顶尖黑客，在结识了超元域的技术高手之后成为联合虚拟世界开创者之一。它所提出的元宇宙概念，即赛博朋克文化影响到后世很多的影视与游戏作品。很多科幻电影都描绘了元宇宙概念，即现实世界里有一个平行的虚拟世界，一个通过各种科技设备能够真实体验现实、感知反馈的虚拟世界。《雪崩》一书中描绘的移动计算、虚拟现实、数字货币、智能手机和增强现实等科学技术，与今日科技出奇地吻合。出版二十多年后，这部小说成了硅谷无数人心中的神作，许多工程师、企业家、未来主义者和技术极客将《雪崩》视为对当今科技领域的绝佳预言，催生了人们对元宇宙的期待。

元宇宙概念的突然爆发有三个关键因素：

(1) 通信基础建设和算力需求提升，虚拟现实、人工智能、云计算、区块链、物联网等技术升级。

(2) 新冠疫情推动线上社交与游戏时长增加，工作与协作的互联网配套设施升级。

(3) 罗布乐思 (Roblox) 作为第一支元宇宙 Metaverse 概念股票上市，引爆对未来概念的期待。

2021 年 3 月，Roblox 公司在美国纽交所上市招股说明书中写进了元宇宙概念，受到资本市场热捧。首日上市估值就超过 380 亿美元，一度被称为“元宇宙第一股”。Roblox 总部位于加利福尼亚州，由 David Baszucki 和 Erik Cassel 共同创立，是一款大型多人在线游戏创建平台。Roblox 致力于链接全世界的创作者，让富有创意和想象力的人在这里创建数字化身，参与各种各样的学习、社交和探险活动。Roblox 公司打造了一个非常自由的基础平台，玩家们在其中赚钱或娱乐，形成了与元宇宙非常相似的经济系统。

元宇宙的核心，就是构筑一个完全沉浸式的虚拟空间，创造一个全新的世界：新经济、新货币、新事物，以及海量的新用户。人们将通过各种设备登录元宇宙，在那里探索、创造、协作、社交、学习、表演、工作、放松以及消费等，获取各种各样的体验。元宇宙的关键特征包括跨越物理世界和虚拟世界，包含完全成熟的经济系统，并且提供“前所未有的关联性操作”，即用户能够将他们的化身和所属数字资产从虚拟空间带到其他地方。

五、元宇宙技术基础和初级生态

元宇宙产生的大背景，在于人类社交、游戏、购物等大量活动向数字世界进行迁移，因此为这个新世界带来更高的关注度和收入，进而有更多的资金涌入，有更好的产品出现，同时也驱动着人们对线上体验和虚拟世界进一步完善的渴望。

元宇宙可以视为一个创新科技的大集合，其技术基础常常用 BIGANT 来概括。



1. 区块链技术（Blockchain）

区块链是支撑元宇宙经济体系最重要的技术基础，用户的虚拟资产必须能跨越各个子元宇宙进行流转和交易，才能形成庞大的经济体系。通过 NFT（非同质化通证）、分布式自治组织 DAO、智能合约、去中心化的金融 DeFi 等区块链技术和应用，成为激发创作者的经济时代，催生海量内容创新。基于区块链技术，将有效打造元宇宙去中心化的结算平台和价值传递机制，保障价值归属与流转，实现元宇宙经济系统运行的稳定、高效、透明和确定性。

区块链技术对于元宇宙至关重要，保障元宇宙居民拥有的数据权利，避免大公司对于数据的垄断和支配。分布式自治组织是建立在人工智能基础上，区别于当前互联网和虚拟世界的另一个重要特点。基于大数据的推荐算法出现后，机器逐渐代替了人们进行选择的过程，用户的选择权也变得越来越弱势。区块链技术是实现去分布式自治组织的最佳技术路径，基于区块链技术本身而搭建的开发者生态也将随之快速发展。基于去中心化网络的虚拟货币，使得元宇宙中的价值归属、流通、变现和虚拟身份的认证成为可能。

比特币可能会消失，但比特币利用区块链技术，在组织治理机制方面的工程实践意义，必将像明灯一样照亮人类资产数字化迁徙之路。NFT 利用区块链加密技术，弥合了数字艺术中亟待解决的溯源、确权等痛点，成为目前艺术市场冉冉升起的一颗新星，受到了人们极大的关注。中央银行利用升级版的区块链技术，基于半开放式或部分去中心化的系统发行法定数字货币，这样就能以分布式账本的特点，直接监测每笔资金和交易的流向，以此打击新型网络犯罪行为。同时，法定数字货币系统还可以结合大数据分析技术，为国家货币政策提供货币总量、货币结构以及货币流通速度等全面而又精准的数据，从而帮助国家和政府制定更为灵活有效的政策。超越货币及金融领域的区块链技术，扩展至物流、人力资源、科学、教育等各行各业，可以建设去中心化解决方案的“可编程社会”。

2. 交互技术（Interactivity）

交互技术分为输入技术和输出技术。输入技术包括微型摄像头、位置

传感器、力反馈传感器、速度传感器等；输出技术包括头戴式显示器、触觉、痛觉、嗅觉甚至直接神经信息传输等，即各种电信号转换成人体感官刺激的技术。复合的交互技术如脑机接口，也是交互技术的终极发展方向。

元宇宙好像现实人生，没有重置、暂停或结束，而是无限期地持续。虚拟现实技术作为一种多源信息融合、交互式的三维动态视景和实体行为的系统仿真，不但能够使用户沉浸到该环境中，具有大量人类所拥有的听觉、视觉、触觉等感知功能，并且基于超强的仿真系统，用户在使用过程中得到环境最真实的反馈。玩家的沉浸感、对游戏角色的控制以及代入感成为影响游戏环境的重要因素。更加拟真、高频的人机交互方式，必定成为元宇宙实现的基础。

3. 游戏引擎（Game）

游戏是生活的一部分，是大自然赐予我们的学习方式。文明就是在游戏中成长和发展起来的，游戏思维能带来革新创造。“游戏化”被广泛用于教育和商业管理。所有游戏被归结为两种：有限游戏和无限游戏。有限游戏的目的，在于胜利；无限游戏的宗旨，在于让游戏进行下去。游戏引擎包括 3D 建模和实时渲染，也包括数字孪生相关的 3D 引擎和仿真技术，其关键在于通过普及物理世界虚拟化、数字化工具，极大加速真实世界数字化的进程。

游戏引擎与交互技术的协同发展，是实现元宇宙用户规模爆发性增长的两大前提，前者解决的是内容丰富，后者解决的是沉浸感觉。《堡垒之夜》开发公司 Epic Games 就设计了宏伟的“元宇宙”计划，基于“Unreal 引擎”打造元宇宙。事实上，《堡垒之夜》已经有了许多符合这一理念的元素，比如现场直播、自己的货币，等等。《堡垒之夜》举办了数场“音乐体验”活动，让艺术家们可以在游戏中与他们的音乐布景进行互动表演。

4. 人工智能（AI）

人工智能技术在元宇宙的各个层面、应用、场景下无处不在，包括区块链里的智能合约、交互识别、游戏里的虚拟人物乃至情节的自动生成、



智能网络管理、物联网数据等，还包括元宇宙里虚拟人物的语音识别、社交关系建立、虚拟场景建设等。我们相信，所有人都应该是新世界的构建者。元宇宙的创意工具生态系统，更加开放、易于掌握，可以帮助创作者在元宇宙建造中获益。

人工智能以基础设施的角色，参与到元宇宙的建设与发展中。人工智能内容生产分为两大部分：一是图像侧的人工智能，包括围绕人物角色展开的骨骼动画生成、面部表情生成、动作捕捉等技术，以及围绕空间场景展开的图像识别、场景生成、资产导入等技术，还包括围绕基础建设展开的渲染、建模、粒子系统等技术；二是逻辑侧的人工智能，包括围绕语言对话展开的语义理解、语言模型、人机对话等技术，还包括围绕决策逻辑展开的通用人工智能、场景化决策模型（多智能体单一目标、多智能体多目标）等。随着算法、算力及自动建模技术的进步，也提升了内容生产的效率，为元宇宙的自发有机生长提供了必要条件。

5. 网络及运算技术（Network）

网络及运算技术，不是指传统意义上的宽带互联网和高速通信网，而是包含人工智能、边缘计算、分布式计算等，泛指的综合智能网络技术，网络已不再只是信息传输平台，而是综合能力平台。

元宇宙具有庞大的数据量，对算力的需求无限。云化的综合智能网络是元宇宙的底层基础设施，需要提供低延时、高算力、规模化接入，才能为元宇宙用户提供实时、流畅的沉浸式体验。云计算和边缘计算，让元宇宙用户拥有功能更强大、更轻量化、成本更低的终端设备。

全方位的交互机制，基于云的特点来重新考虑和实现，充分发挥云的优势，快速打造更丰富的数字内容，为满足用户需求，快速生成并迭代出个性化的内容，这些都是未来网络技术需要重点考虑和解决的问题。

6. 物联网技术（Internet of Things）

5G 网络的普及应用，为物联网的爆发提供了网络基础。只有真正实现了万物互联，元宇宙实现虚实共生才真正有了可能。物联网技术，承担了物理世界数字化的前端采集与处理，也承担了元宇宙虚实共生，以及平行

空间的互动。物联网技术的发展，为数字孪生的虚拟世界，提供了实时精准的数据供给，元宇宙里的人足不出户就可以明察物理世界的秋毫。

元宇宙通过整合多种新技术而产生，形成虚实相融的新型互联网应用和社会形态。它基于扩展现实技术提供沉浸式体验，基于数字孪生技术生成现实世界的镜像，基于区块链技术搭建经济体系，将虚拟世界与现实世界在经济系统、社交系统、身份系统上密切融合，并且允许每个用户进行内容生产和环境设计。元宇宙不再是电子游戏，也不仅仅是3D技术构建的虚拟世界，而是虚实两重空间的互动交换，它具有持久性、可探索性、可调节性和商业性。元宇宙的构建与物联网技术密不可分。

元宇宙由大家熟知的互联网演变而来，其体系主要包括应用层、平台层、网络层和感知及显示层。

(1) 应用层主要是元宇宙虚拟世界内的各种应用及内容。

(2) 平台层包括内容平台、开发平台、分发平台以及底层操作系统。

(3) 网络层包括各种算法和网络通信，包括基础通信网络层、互联网及物联网、云计算、云存储、人工智能、区块链、边缘计算，等等。

(4) 感知及显示层是各种输入、输出设备，包括VR头显、智能手机、个人电脑、脑机接口、摄像头、体感设备、物联网传感器、语言识别设备等。

元宇宙的基础设施总共划分为五层，自上而下依次是物理层、软件层、数据层、规则层、应用层。物理层侧重硬件，成为产生数据、存储数据、分析数据和应用数据的载体。软件层侧重广泛应用的软件，基于物理层之上，成为加工、处理、分析数据的主体。数据层进一步抽象，形成重要的资产和新型生产要素，脱离软件层而独立存在。规则层则强调数字经济内在运行秩序，构建完善的监管体系。应用层就是构建其他层级之上的各类应用程序。元宇宙的建设不是来自于某个大公司，而是来自于用户，是每一个参与者创作、编程和设计的联合成果。元宇宙一旦建成，就会拥有自己的生命力，拥有自我调整 and 发展的内驱力。

《华尔街日报》曾登载了一个对“元宇宙”的概念科普，还上了推特美区的热搜。在这个互动科普页面当中，元宇宙被松散地定义为一个广泛存在的线上世界，人们通过数字替身进行交互。报道还提及，“元宇宙”包含第一人称观赛、在月球上行走、召开虚拟会议等沉浸式体验，当前



的主要参与企业有 Unity、英伟达（NVIDIA）、微软、脸书（Meta）以及 Snapchat 和 Roblox。英伟达、AMD、英特尔、亚马逊、微软等企业早已探索于基础设施层；而苹果、谷歌等企业已布局于人机交互层。

Roblox 公司，作为首个将“元宇宙”写进招股说明书，并成功登录纽交所，立即引爆了科技和资本圈的游戏平台公司，提出了通向“元宇宙”的八个关键特征。

（1）**身份**。虚拟世界的身份跟物理世界一一对应，都有一个“化身”。

（2）**朋友**。在元宇宙当中拥有朋友，可以社交，无论在现实中是否认识。

（3）**沉浸感**。能够沉浸在元宇宙的体验当中，忽略其他的一切。

（4）**低时延**。元宇宙中的一切都是同步发生的，没有异步性或延迟性。

（5）**多元化**。元宇宙提供超越现实的自由和多元性。

（6）**随地**。可以使用任何设备登录元宇宙，随时随地沉浸其中。

（7）**经济系统**。包括数字创造、数字资产、数字市场、数字货币、数字消费。其特征明显区别于传统经济，表现为计划和市场的统一，生产和消费的统一，监管和自由的统一，行为和信用的统一。

（8）**文明**。元宇宙拥有共同的规则，共同的生活，演化成一个文明社会，成为一种虚拟的文明。

元宇宙实现的前提，是互通互联和身份统一。用户可以通过多种终端，比如手机、PC、VR 等设备穿梭于数字世界，用同一个账号和身份，共享数据、金融、社交、电商等应用，无缝融入这个世界。重度的互联网生活方式，不会让用户脱离现实生活而无法生存，反而让用户获得了新的生活价值，不但维持收入上的可持续性，也让人生意义得以实现。

元宇宙被认为是一个集体虚拟共享空间，由虚拟增强的物理现实和物理持久的虚拟空间融合而创造，是所有虚拟世界、增强现实和互联网的总和。目前全球的企业、组织和用户希望共同打造属于未来的元宇宙，关键在于平台底层能否足够开放，是否能让大家非常方便地创建内容，能否让业余水平的开发者参与内容开发，因此，需要建立完整而清晰的交易规则，优质、完善的交易系统，才能激发创作者的参与热情，保证创作者长期的创作意愿。根据摩根士丹利发布的简报，元宇宙市场的潜在总规模将

高达 52 万亿元人民币（约 8 万亿美元）。中国科技巨头也向着“元宇宙”大举进发，腾讯、华为、网易、字节跳动和阿里巴巴等中国互联网企业或将成为该领域的领跑者。百度于 2021 年已经发布了能够实现 10 万人同屏互动的元宇宙应用“希壤”。我们相信：开放而易于获取的元宇宙创意工具，会让参与者都能成为新世界的构建者和受益者。

六、数字经济与元宇宙

当下，中国经济已处于发展模式转型，新旧动能转换的关键阶段。以人工智能、区块链、云计算、大数据等底层数字技术驱动，以数字经济为代表的新经济正在蓬勃兴起，为中国经济“变道超车”提供了重要机遇。

《中国数字经济白皮书》把数字经济定义为：以数字化的知识和信息作为关键生产要素，以数字技术为核心驱动力量，以现代信息网络为重要载体，通过数字技术与实体经济深度融合，不断提高经济社会的数字化、网络化、智能化水平，加速重构经济发展与治理模式的新型经济形态。具体包括四大部分：

一是数字产业化，即信息通信产业，具体包括电子信息制造业、电信业、软件和信息技术服务业、互联网行业等。

二是产业数字化，即传统产业应用数字技术所带来的产出增加和效率提升部分，包括但不限于工业互联网、智能制造、车联网、平台经济等融合型新产业新模式新业态。

三是数字化治理，包括但不限于多元治理，以“数字技术+治理”为典型特征的技管结合，以及数字化公共服务等。

四是数据价值化，包括但不限于数据采集、数据标准、数据确权、数据标注、数据定价、数据交易、数据流转、数据保护等。其中数据价值化属于生产要素，数字产业化和产业数字化属于生产力，数字化治理属于生产关系。

2005 年中国数字经济规模为 2.6 万亿元，占 GDP 比重为 14.2%。2020 年中国数字经济仍然保持蓬勃发展态势，规模达到 39.2 万亿元，占 GDP 比重为 38.6%。相比于德国、英国、美国数字经济在国民经济中占据主导



地位、占 GDP 比重超过 60%，中国数字经济与世界先进水平仍有较大差距。数字经济分为数字化、互联网（PC 互联网、移动互联网、物联网）、数字孪生 3 个阶段，当前正处于第二个阶段。

2020 年，党的十九届五中全会审议通过“十四五”规划和 2035 年远景建议。其顶层设计中，明确了数字化转型的战略地位。数字经济发展，已经成为中国落实国家重大战略的关键力量，对实施供给侧改革、创新驱动发展、构建国际国内双循环、构建新发展格局具有重要意义。

数字化转型是以数据为驱动，借助大数据、云计算等技术，打通企业生产经营各环节。优化资源，实现管理升级和模式创新，达到降本增效的目的，实现高质量发展。数字化转型可以看作是一场工具和决策的革命，是传统模式的颠覆，是信息系统的升级和优化，以实现管理精细化、产品差异化、服务精准化、决策科学化和客户体验个性化为最终目标。

元宇宙的构建，将是国家推进新基建、大力发展数字经济的大好机遇，可以引导和支持中小企业加快推进数字产业化和产业数字化进程，培育一批数字产业化专精特新中小企业，培育一批深耕专业领域包括区块链、人工智能、工业互联网、网络与数据安全、智能传感器等方面的“小巨人”企业，培育一批进军元宇宙的创新型中小企业。

2021 年，元宇宙成为年度热词，让人们总是轻易地将其与“游戏和娱乐”联系在一起。但是，元宇宙作为下一代信息革命的载体，将同移动互联网一样，在办公、城市、工业等 To B 领域被广泛应用，变革生产形态，重塑相关产业链及价值分配，对人类的生产力产生深刻影响。

元宇宙利用虚拟现实技术打破生产协作的时空限制，激发创造力，提升工作效率。云计算让元宇宙提升算力，突破仿真设计瓶颈，推动工业软件云化进程。随着 5G 通信、大数据等技术的深度应用，元宇宙的隐私计算技术也将提升，同时多维度城市管理效率和服务水平也将大幅提升。区块链技术作为数字世界的信任基础，有望解决元宇宙时代数据安全及个人隐私保护等问题。

元宇宙在中国的发展，离不开政策支持。2022 年 1 月 8 日，上海经信委召开会议谋划 2022 年产业和信息化工作，强调加快布局数字经济转型，紧扣城市数字化转型，布局元宇宙新赛道，开发应用场景，培育重点企

业。《上海市电子信息制造业发展“十四五”规划》中提到，上海要前瞻部署量子计算、第三代半导体、6G通信和元宇宙等领域。支持满足元宇宙要求的图像引擎、区块链等技术的攻关；鼓励元宇宙在公共服务、商务办公、社交娱乐、工业制造、安全生产、电子游戏等领域的应用。这也是元宇宙首次被写入地方“十四五”产业规划中。

北京将推动组建元宇宙新型创新联合体，启动城市超级算力中心建设，探索建设元宇宙产业聚集区。浙江也加快了元宇宙的推进步伐，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，是浙江省最近两年重点未来产业先导区布局领域之一；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。

全国各行各业，都在探索运用数字化手段升级转型，5G、人工智能、虚拟现实等数字技术与生活场景加速融合，新需求新模式不断涌现，也催生了大量数据的运算、传输、处理等需求。如果说农业依赖于水利、工业依赖于电力，那么数字经济要依赖的就是算力。新一轮科技革命和产业变革正在重塑全球经济结构。算力作为数字经济的核心生产力，成为全球战略竞争的新焦点。在西电东送、南水北调后，中国将又一次在广袤的国土上，大规模地跨区域调配资源。根据国家发改委披露，我国将在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝、内蒙古、贵州、甘肃、宁夏等8地启动建设国家算力枢纽节点，并规划了10个国家级数据中心集群。这意味着全国一体化大数据中心体系完成总体布局设计，“东数西算”工程正式全面启动。“东数西算”中，“数”指的是数据，“算”指的是算力，即对数据的处理能力。由于我国西部地区资源充裕，特别是可再生能源丰富，“东数西算”就是通过构建数据中心、云计算、大数据一体化的新型算力网络体系，将东部算力需求有序引导到西部，优化数据中心建设布局，促进东西部协同联动。简单地说，就是让西部的算力资源更充分地支撑东部数据的运算，更好地为数字化发展赋能，从而充分发挥我国体制机制优势，优化资源配置，提升资源使用效率。

“十四五”时期，数字经济将为我国经济社会发展注入更加强大的动

力，互联网企业要把握机遇、乘势而上，务必注意以下三方面：

一是要更加注重创新突破，加强技术创新，深化模式创新，提升全球化发展水平。

二是要更加注重赋能实体经济高质量发展，加快推进传统产业转型升级，提供高质量产品和服务，引领新型消费、品质消费。

三是要更加注重营造公平普惠的发展环境，降低平台经济参与者经营成本，加强新就业形态劳动者权益保障，让数字经济发展惠及更多人民群众。

发展元宇宙不是“脱实向虚”，而是实现数字经济与实体经济深度融合，从而切实赋能实体经济全面升级，让各行各业都能找到“第二条增长曲线”。未来元宇宙在教育、医疗、政府服务等实体经济场景下都将有所应用，并且促进应用场景多元化，促进相关行业的发展，形成良性循环。

随着数字技术的发展，人类未来一定会完成从现实宇宙向元宇宙的数字化迁徙。整个迁徙过程分为三个阶段（见图 1-1）：数字孪生—物理世界的数字映射，数字原生—平行于物理世界的数字空间，虚实相生—物理世界和数字空间的互动。

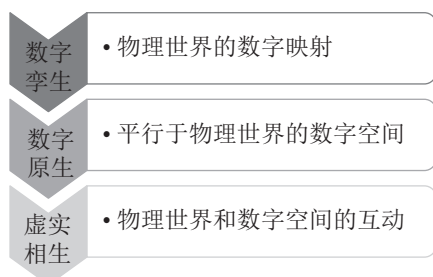


图 1-1 数字化迁徙过程

2003 年，迈克尔·格里夫斯（Michael Grieves）教授首次提出了“与物理产品等价的虚拟数字化表达”的概念。2011 年，格里夫斯教授进一步延伸了“数字孪生”（Digital Twin）的概念。数字孪生是在虚拟空间内建立真实事物的动态孪生体，本体的运行状态及外部环境数据凭借传感器实时映射到孪生体上。该技术最初用于工业制造领域，而元宇宙需要用数字孪生来构建完全模拟仿真的环境，营造出沉浸体验。

数字孪生最大的认知突破，就在于物理世界中的实体与数字世界中的

孪生体相互映射、相互影响。物理世界中的实体，主要完成数据采集，并传输给数字世界中的孪生体。数字孪生体汇集数据，做出关联分析，发出具体的动作指令。物理世界中的实体接收指令，并执行相应的动作。在这一过程中，实体进一步采集数据，并将数据传输给孪生体，数字世界中的孪生体负责分析和决策，而物理世界的实体负责接收指令并执行。不断循环，反馈操作，最终使得实体与孪生体趋向一致。

如果数字孪生是未来世界延伸过来的一根触角，那么区块链化的游戏则是通向未来的渡轮。未来每一个游戏，都将承载不同的用户群体和社区文化。而每一个人都只能使用唯一的身份，在不同游戏间穿梭体验，仿佛在很多平行世界间跳跃。元宇宙依旧是人的社会、人的世界，但它是人的虚拟社会、人的数字世界。2020年，美国加州大学伯克利分校因疫情原因无法现场举行毕业典礼，学校在游戏“我的世界”（Minecraft）中搭建了一个和真实校园一致的“虚拟校园”，学生们通过相应的设备，以“虚拟化身”的身份来到“虚拟校园”，参加了毕业典礼。

虚拟世界的建立，离不开社会系统。社会系统是由社会人与他们之间的经济关系组成的，是人类相互有机联系、互利合作形成的群体，按照一定的行为规范、经济制度和社会规范而形成有机总体。数字化迁徙之后，元宇宙里会形成一整套新的经济和社会体系，产生新的货币市场、资本市场和商品市场。随着时间的推移，硬件技术及环境条件必然会走向成熟，相比之下更难且更需要制定明确的元宇宙规则。元宇宙囊括了所有数字技术，丰富了数字经济的转型模式，将推动人文科学的发展，成就投资界最宏大的投资主题，可与大航海、工业革命、宇宙航行相提并论。

人类将成为现实与数字的两栖物种，人类社会和价值体系将无疑会被科技彻底改变，必然会出现虚实共生的能力。人类在元宇宙里面的数字分身，也许将会永生。即便现实中的肉体湮灭，数字世界的你仍然会在元宇宙中继续生活下去，保留真实世界里你的性格、行为逻辑甚至记忆。数字世界的我，究竟是不是我？是否可以继承我的财产？是否需要履行人类的权利和义务？这些问题，都需要人类思考和解答。如何穿越星际并与更加高级的智慧生物的文明沟通交流、和谐相处，人类也将尝试在元宇宙中找到答案。



元宇宙让时间没有尽头，让空间不再阻隔，让生活更加多彩，让人生更有意义。面向元宇宙的数字化迁徙，让人类从历史中走来，向着未来迈进。随着人们对虚拟现实的关注，很多人会反身更多地去关注现实世界的奇妙，比如一片叶子的纹理，一朵花的颜色。每个人都习惯了用生命去体验现实世界，而一旦你的神经系统适应了一个虚拟的世界，回看现实世界就会找到重生的奇妙感觉。在探寻人类感知现实方面，终极目标永远不会停滞。无论如何，一个全新的时代正在到来，我们这一代人终将是元宇宙的现时参与者，也是未来见证者。