



科学学研究
Studies in Science of Science
ISSN 1003-2053, CN 11-1805/G3

《科学学研究》网络首发论文

题目: 探微“元宇宙”: 概念内涵、形态发展与演变机理
作者: 张辉, 曾雄, 梁正
DOI: 10.16192/j.cnki.1003-2053.20220808.001
收稿日期: 2022-04-27
网络首发日期: 2022-08-09
引用格式: 张辉, 曾雄, 梁正. 探微“元宇宙”: 概念内涵、形态发展与演变机理[J/OL]. 科学学研究. <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20220808.001>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

探微“元宇宙”: 概念内涵、形态发展与演变机理

张辉^{1,2}, 曾雄^{1,2}, 梁正^{1,2}

(1, 清华大学公共管理学院, 北京, 100084;

2, 清华大学人工智能国际治理研究院, 北京, 100084)

摘要

针对当前元宇宙的发展态势和理论研究, 本文重新界定了元宇宙的概念内涵。元宇宙的样态本源可追溯至数字化数据, 其技术源头则是各类数字化数据生成技术。根据数字样态的作用场域和虚实世界互动过程的主体跨域性等两个拓扑维度, 可将元宇宙划分为四类阶段性形态: 纯数字化世界、数字孪生世界、虚实互构世界和虚实协同世界。将元宇宙置于数字样态的整体演进历程中发现其四种发展形态之间的演化机理, 即, 纯数字化世界与传统网络空间紧密相关而成为元宇宙创新的首选之地, 数字孪生世界的元宇宙侧重于工业实在世界, 虚实互构世界综合了纯数字化世界和数字孪生世界的结构与功能, 虚实协同世界则是人类数字化观念革新的驱使下虚实互构世界的高级形态。本文澄清了元宇宙的概念内涵、形态发展与演变机理, 为后续的产业政策制定和治理体系建构提供了学理基础。

关键词: 元宇宙、虚拟世界、现实世界、演变机理

中图分类号: G301 文献标识码: A

收稿日期: 2022-04-27; 修回日期: 2022-06-20

基金项目: 科技创新 2030-“新一代人工智能”重大项目(2020AAA0105300); 教育部人文社会科学研究青年基金项目(19YJCZH245)

作者简介: 张辉(1985-), 男, 湖北随州人, 博士后, 研究方向为人工智能治理、市场设计与博弈论。E-mail: zhanghui-sppm@tsinghua.edu.cn。曾雄(1988-), 男, 江西赣州人, 博士后, 研究方向为人工智能治理、数字法学。梁正(1975-), 男, 山西太原人, 教授, 博士, 研究方向新兴科技治理。

作为新兴数字样态^①，元宇宙被视为互联网技术发展的终局，一时充斥于各行各业。然而，“元宇宙”概念尚无共识，但关于“元宇宙”的学术讨论却已层出不穷，产业实践更是呈百家争鸣之势。诞生于科幻文学的“Metaverse”概念，因美国脸谱公司的更名而甚嚣尘上，然而其概念尚待澄清，其技术脉络和演化逻辑也缺乏必要的梳理与分析，更遑论治理机制设计和治理体系构建。当前，元宇宙的概念内涵、技术发展与演化机理等三个层次的疑惑与困境，构成了本文的研究动机。本文将围绕着元宇宙是什么、其概念起源于何处、其技术及体系的演化过程如何等基础研究问题展开，对这些基础性问题的回答，将有助于夯实学术研究基础、厘清技术创新路径、明确产业发展方向、寻求治理实践的合理边界。

一、文献综述

按照技术治理的研发视域分类，可将元宇宙的学术讨论分为两个视角：内部视角与外部视角。内部视角来自技术研发、技术创新、产业实践或科技咨询等技术及其相关领域，主要包括技术的概念创生、趋势预测、工程实现和创新实践等，外部视角则更多地来自于非技术领域，如哲学、媒介学、经济学、社会学等相关领域，关注内容主要包括技术在上述领域的应用过程与影响效果，及其对元宇宙的反向治理。

内部视角主要集中于产学研等领域，关注元宇宙的技术原理、原型研发和产品研发。一方面，元宇宙的技术发展，还处于众多的技术理念创生与初步设计“碰撞”的早期阶段。Wright认为利用扩展现实技术（Extended Reality，包括：虚拟现实技术（VR：Visual Reality）、增强现实技术（AR：Augmented Reality）或混合现实技术（MR：Mixed Reality））构建的人机交互空间，能够实现虚拟世界与现实世界之间多节点的接触与重叠^[1]。Alanah等提出了一个基于五个关键结构的元宇宙概念，即元宇宙本身、人/化身、元宇宙技术能力、行为和结果^[2]。Ball认为

①本文采用“数字样态”作为数字化技术、产品或服务等数字化存在的整合性指称。主要原因为：对于诸如“大数据”等关涉技术的指称，不可避免地存在双重意涵，容易让人疑惑。其一，指称产品或服务的“状态”；其二，指称产品或服务的“技术”或“技术体系”。以“数据”为例，数据既可指代数据本身，也可指代一系列数据技术，如数据库、数据湖、大数据技术（大数据时代的特指，包括数据挖掘、数据聚合、……）。“样态”沿用于“样态逻辑”（或称为“模态逻辑”）之中的“样态”称谓方式。要言之，逻辑学从形式逻辑、谓词逻辑、样态逻辑的演变机制突出了从“单独强调存在的形式”到“同时兼具存在的形式与内容”的主导思维专项。沿用“数字样态”一词，在于强调，上述数字化技术类产品或服务的指称实质上兼具形式与内容的统一。因此，如果无特殊说明，本文皆在该指称上是使用“数字样态”一词。特殊情况如为了强调数字样态的底层技术（体系），则会称之为“数字样态及其技术（体系）”。从数据诞生之初，到元宇宙的虚实协同世界，数字样态的集合中实际上存在着众多的阶段性的数字样态包括：数据（Data）、香农式信息（Shannon's Information）、维纳式信息（Wiener's Information）、计算机网络（Internet）、社会网络（Social Network）、网络空间（Cyberspace）。对于数字样态的演化过程，作者将另行文讨论。

元宇宙至少需要以下八种要素的支撑：硬件技术（比如 AR、VR）、互联网络、算力、虚拟平台、交换工具和标准、支付手段、内容、服务和资产、用户行为^①。当前，数字孪生（Digital Twin）技术和数据主线技术被视为大数据时代最有可能实现元宇宙的技术载体^[3-4]；但是，当数字孪生技术和数据主线技术嵌入到更具开放性的城市系统或社会系统，其局限性也会被放大^[5]。

另一方面，元宇宙的产业实践明显快于且多于其学术探讨。前者因其企业主体的资源禀赋、战略规划或商业模式等因素而出现多种数字样态^②。作为元宇宙的先行者，罗布乐思（Roblox）公司在其招股书中勾勒出元宇宙的 8 种基础元素：数字身份（Identity）、社交关系（Friends）、沉浸感（Immersiveness）、低延迟（Low Friction）、多元化（Variety）、随时随地（Anywhere）和虚拟文明（Civility）^③。脸谱（Facebook，现更名为“Meta”）公司依托其现有社会网络技术及其平台，在虚拟现实的技术硬件、内容生成（GC：X-Generated Content）技术、产品与应用开发平台、区块链与加密货币技术等众多相关领域皆有布局。与以上两个以元宇宙为核心主体的公司不同，其他科技企业则描绘出各自独具特色的“元宇宙”理想图景和数字样态，并已经展开其技术实践和商业模式创新。“硬”科技企业如英伟达与亚马逊等，强调元宇宙的底层硬件技术支撑；移动互联网时代的平台类企业如苹果与谷歌，侧重于元宇宙的数字入口技术的研发；传统的“软”科技企业如微软，重点发力于混合现实等场景类产品体系；新兴企业，如大脑芯片公司 Neuralink，试图通过植入式脑机接口技术迈入元宇宙的世界。以上元宇宙的前言科技企业的产业实践的启示在于，从内部视角来看，产业实践已然诞生了众多的元宇宙的技术猜想或实现路径，技术乐观主义催生了产业繁荣景象和技术形态的多样性格局。

与之相对，外部视角的学术研究则更多地立足于元宇宙的既有技术畅想或其某一方面的特征，进一步探讨元宇宙之于人类社会的影响与意义；此类工作往往忽视其技术的衍生过程和具体的嵌入路径。元宇宙技术发展被划分为不同阶段，并作用于众多领域，已成共识。元宇宙根源于且依托于现实世界，但又与现实世界的相对独立；在如此并行交织的情形下，元宇宙就不可避免地会对现实世界中的人类主体的意识和行为、社会行动和结果产生各种程度的冲击，人类相对于外部世界的主体性受到了挑战。大体而言，元宇宙可被简单划分为泛娱乐化阶段、数据

①参见 <https://www.matthewball.vc/>: “The Metaverse: What It Is, Where to Find it, and Who Will Build It”和“Framework for the Metaverse”。

②科技企业针对元宇宙及其战略选择的决策因素是多样的，本文主要围绕元宇宙的技术形态及其演化展开分析，故而无需深究产业发展或者企业战略决策等前置因素。

③参见罗布乐思（Roblox）官方网站，<https://corp.roblox.com/>。

孪生阶段和虚拟爆发阶段^[6]。恰如任何新兴技术诞生之初受到的质疑一样，元宇宙被视为一类新的媒介，延展了人类活动^[7]；在促进人的自由全面发展的同时，伴生的技术不确定性，个人隐私问题和数据安全问题依然严峻^[8]。元宇宙诱致的虚拟文明和泛文明化现象，存在着典型的“双刃剑”效应，极大地挑战现有的社会秩序^[9]、经济秩序^[10-11]或商业管理^[12]。但是，现有研究大多将元宇宙作为技术系统进行整体式处理，对于元宇宙与现实社会经济系统的嵌入过程、互构机制等具体过程缺乏必要分析。

综合内外部视角的现有工作对于“元宇宙”概念、内涵、技术方案等议题的探索，为后续分析提供了有益的启示。首先，一个比较明确的研究现状是，元宇宙处于概念的模糊期和实践的导入期。其次，内部视角的研究工作，基本明确了元宇宙的技术集合，并在一定程度上预示了发展方向。最后，外部视角的启示在于，针对现有的技术形态和技术实践，政府部门和社会系统依然可以尝试一定程度的过程治理，在技术创新与技术嵌入的同时，兼顾伦理要求与安全合规等技术治理的相关要求。

然而，当前研究和实践的共同问题症结在于，元宇宙的概念内涵亟待澄清，技术形态和技术体系缺乏分析，演变机理有待梳理。首先，元宇宙的多样技术主体势必会丰富并扩展元宇宙的概念范畴，技术本身的快速迭代也将深化元宇宙的技术意涵，使得关于“元宇宙”的概念分析容易偏颇。其次，数字化技术及其产品与服务如此庞杂，在探讨元宇宙的本体概念时，极易囿于元宇宙的技术、业务、产品或服务。最后，新兴数字样态的技术路径分析，往往会陷入技术决定论的桎梏。

因此，本文在综合众多现有研究探索与技术实践的基础上，探讨元宇宙的概念定义，并分析其技术体系内部的阶段性形态及其特征，进而对元宇宙展开样态溯源。在此基础上，梳理元宇宙的各个形态之间的联系与演变机理，以澄清其技术进步路径选择的多样性，并总结全文。

二、“元宇宙”的概念与样态溯源

本节在前述研究的基础上给出“元宇宙”的共识性概念，进而对元宇宙进行样态溯源，分析将元宇宙置于数字样态发展的全历程之中，从探究其拓扑分类、演化机理和发展趋势。

2.1 元宇宙的概念定义

对于任何新兴技术而言，在技术发展早期，给出一个准确的定义绝非易事。技术路径的多

种尝试^[13]，后置技术对前置技术的模块式重构或者系统框架的创新^[14]，各种因素都可能改变数字样态的形态特征、发展路径及其总体样态。承前所述，综合技术创新、产业实践和技术哲学等领域的研究来看，作为一项新兴技术样态，元宇宙起源于社会主体的数字观念及其数据化行为，是人类主体的众多数字化技术行为的具体体现之一。鉴于元宇宙的概念内涵依然处于一个不断演变、不断发展的过程之中，同时，遵循“概念是一类事物的共同属性在人们头脑中的反映”的科学约定，本文在综合现有研究的学术定义和产业实践的技术方案的基础上，定义“元宇宙”如下：元宇宙是由数字化技术所构建的，数字化虚拟世界和现实世界能够在一定程度上共存共生的数字样态。其技术体系以人工智能算法、大数据和高性能计算平台为驱动内核，以扩展现实技术和数字孪生技术等沉浸式技术为感知外延。

根据“概念”科学定义的方法论，可以看出，首先，本定义界定了“元宇宙”概念及其边界。元宇宙概念空间限定为一种特殊类型的数字样态，其概念边界在于数字化虚拟世界和现实世界的同时存在。其次，本定义囊括了必需的基本技术要素，同时兼具一定的技术可扩展性。元宇宙成为现实得益于以机器学习为核心的新一代人工智能技术，因此本文将新计算范式中涉及到的技术囊括其中，同时上述技术体系的可扩展性保证了该定义的技术可扩展性。最后，本定义实际上为元宇宙设定了技术治理方向。即，元宇宙发展与应用，应在不妨碍人类社会主体性地位的基础上，实现人类社会中虚实世界的共生。

2.2 元宇宙的样态溯源

元宇宙的出现与演变皆有“据”可循——原始的技术意向性^[15]。元宇宙本身发轫于人类主体的“数字化虚拟身份”，并形成独具特色和规模的数字空间；其技术则可追溯于“虚拟身份”的数据生成技术与数字空间的接入技术。这一事实的存在论意义上的重要性，往往被忽视了。无视这一事实，将直接导致许多现有研究将元宇宙视为全新之物，而罔顾元宇宙与其他数字样态的继承关系和技术及其体系之间的耦合关系。

数字身份（即虚拟身份）是一种识别数字空间中真实主体或虚拟主体的特殊数字标识，其本质是一类标识行为主体的特殊信息形式。现有的数据技术簇已然成为数字世界在存在论意义上的事实基础，构成了关于人类社会和自然世界的数字化表征，并据此创设数字世界，进而塑形数字社会的入口、场域、关联关系、交互过程与机制。故而数字身份的技术载体创设了人类

社会在数字世界（即虚拟世界）映射过程中的事实性基础。以各种数据生成技术为技术原点，虚拟身份得以创设，此即元宇宙的本源之一。

数据生成技术在社会治理领域的技术衍生，如信息传播等媒介技术，同样是元宇宙的基础性技术依托。从最初的天然的基于人类身体器官的传播媒介，以及后续的传播媒介技术发明，形成了数据传播和信息媒介的技术多样性。而作为技术“中介”，在其正常运用时，则保持一种缄默状态^①。这恰恰是元宇宙带给技术使用者沉浸式体验的基础前提，即元宇宙的技术使用效果的逼真程度及其技术的缄默状态，使得人类“忘记”了技术存在，终与数字样态融为一体。

元宇宙不仅包括真实社会主体，在数据空间中还被创生出各类虚拟主体，这同样是元宇宙的本源之一。元宇宙的样态溯源，既包括技术根源，也包括内容根源，即，元宇宙的创生性行为主体，初始来源于真实世界的社会行为主体。在虚拟世界诞生之初，如果“枉顾”真实社会主体，那么，元宇宙为代表的技术及其建构的虚拟世界的意义赋予与体悟则将无法创生。换言之，从存在论优先性的角度来看，元宇宙依托于社会主体及其社会行为，及其生发的数据与信息。毕竟，任何数字样态的本质，都是社会主体观念依托于数字技术具象化或物质化之后的产物。

元宇宙的样态溯源中强调其内容根源，还在于确立技术使用者的主体地位。在算法创新和数据积累等因素的基础上，元宇宙中的虚拟身份甚至能够实现自我创生。在扩展现实等技术的帮助下，虚拟身份的拟人化程度越来越高；当拟人化程度达到让人感官都难辨真假，人类生活场景中真实世界和虚拟时间的边界会显得越来越模糊，自然而然地就“显得”融为一体。这种边界的消融，势必会侵蚀人类社会的主体性。故而构建“以人为本”元宇宙治理体系，是元宇宙发展必须遵循的原则。

综上，对元宇宙的样态溯源，则需要回归其本源形态——数据；其技术溯源则须归于数据的技术基础——数据技术体系的最前置技术——数据生成技术；其内容溯源则可至真实社会的各类数字主体。而随着元宇宙的社会嵌入加深，坚持元宇宙的发展始终“以人为本”原则，显得尤为重要。

^①虽然和技术一样，人类感官为人类意识与外部环境之间的“中介”，只是人类感官的特殊之处兼具意向性和收敛性。技术中介与人类之间存在四种状态，正常使用时，二者处于一种“具身关系”中，也即技术处于一种“上手”状态。技术真实存在，只是技术使用者未聚焦于它。而当技术无法有效使用时，如受损的感官、破损的眼镜等，技术与技术主体则处于一种“诠释关系”中，也即技术处于一种“在手”状态，此时技术使用者就势必聚焦于它，并尝试修复或更换。

三、元宇宙的形态发展

作为“集大成”式的数字样态，元宇宙形成了自身独有的样态内容与体系结构，并在体系内分化出多种阶段性形态。本文按照数字样态作用场域的实在性（维度一）和行为主体在虚实世界互动过程的跨域性（维度二）进行划分，本文将元宇宙体系内的形态分为四类：①纯数字化世界、②数字孪生世界、③虚实互构世界和④虚实协同世界。四种形态之间的关系如图 1 的拓扑结构图所示。

		互动过程中主体跨域性	
		同城	异域
技术作用场域	非实在世界	纯数字化世界	数字孪生世界
	实在世界	虚实协同世界	虚实互构世界

图 1 元宇宙的形态分类

Figure 1 The Types of Staged Forms of the Metaverse

划分维度一为技术作用场域的实在性，界定了元宇宙的技术依托和嵌入场景。元宇宙中存在论层面的争论可追溯至信息社会伊始，关于信息的存在论层面的争论^[16-17]①。元宇宙技术不仅涉及到技术使用者的主观精神世界，也不限于传统的信息网络空间（Internet、Social Network 或者 Cyberspace），还扩散至自然环境和工业制造业代表的生产环境与场域，后者属于实在（物质的）存在。元宇宙与三类存在的世界都存在耦合关系；且可通过相互建构或融合，与人类主体进行协同演化。鉴于此，本文采取“技术作用场域的实在性”作为划分维度，在于区分元宇宙的技术作用场域是实在世界或非实在世界。其中，实在世界即为人类主体工作生活所涉足的物质世界；非实在世界则包括人类主体的主观精神世界和当前习以为常的数据空间与网络空间。因此，维度一的创新之处在于，相较于人类精神世界的主观存在而言，数据空间与网络空间则是客观存在；相较于物质世界的实在存在而言，数据空间与网络空间又是非实在存在。

划分维度二为行为主体在虚实世界互动过程中的跨域性，界定行为主体在虚实世界之中行动涉足领域的同一性。行为主体之于虚拟世界的技术行动，与之对现实世界的技术行动，存在着诸多不同之处^[18]。行为主体的虚实行动场域，决定着虚实世界之间的互动过程最终由行为主

①本文暂且搁置这些哲学方面的争论，还采取一种“技术可行性”式的研究立场。

体是否跨域的决策过程和行动过程。当行为主体的行动场域仅限于虚拟世界或者现实世界时，行为主体的认知行动空间和其所处的环境实质上是同一行动域。综合人类大脑处理信号的过程和感官的技术意向性等视角，这就意味着数字样态此时存在着隐蔽性与非隔离性^[19-20]。而当行为主体出现跨域行动时，此时的数字样态表现出极强的非隐蔽性与隔离性^[21-22]。行为主体在不同领域的行动依然存在着跨域与否的选择，也产生了数字样态的隐蔽性和隔离性问题的讨论与划分^①。因此，本文采取“行为主体在虚实世界互动过程中的跨域性”作为第二个划分维度，界定元宇宙建构虚拟世界和现实世界及其影响行为主体的技术与环境互动过程。图1中“同域”强调其技术（体系）建构“非实在世界”时的隐蔽性和非隔离化，而“异域”突出数字样态及其技术（体系）建构“实在世界”时的隔离性和显现性。

本文在此基础上建构了元宇宙的阶段性形态的分类拓扑。两个维度之间是一种存在论和认识论意义上的关系。按照社会科学的研究约定，认识论需要服务于存在论^[23]。其中，维度一界定了一种新的存在论方式，为元宇宙的分析提供了合理有用的视角；维度二在于界定行为主体的认知与行动场域，以达到界定行为主体在虚实世界之间的跨域问题及其行动特征与建构效果。因此，本文将元宇宙体系内的阶段性形态分为四类：纯数字化世界、数字孪生世界、虚实互构世界和虚实协同世界。

纯数字化世界形态，不仅仅要将人类社会关系网络加以数字化，实现现实社会身份向虚拟身份的映射；也会利用人工智能算法和元胞自动机算法等自动化数字技术，创设虚拟数字人。现实社会的数字化身份和虚拟数字人本已存在诸多交互，恰如元宇宙的雏形之一——大型多人在线游戏和角色扮演游戏。此时，人与技术的关系处于一种它异关系^[18]，游戏玩家的人类主体性是依旧明显，沉浸式体验相对较弱。而元宇宙的纯数字化世界形态与之不同；一方面，设置了智能化决策算法来供人类主体选择，而虚拟主体根据其对虚拟环境之间的识别、判断与互动来进行自动化决策；另一方面，当人类参与其中时，沉浸感和疏离感并存，虚拟主体生产的数字内容同样可供主体享用。许多高沉浸感的3D游戏即为此阶段的元宇宙的雏形^[24]。纯数字化虚拟世界实际上削弱了现实人类世界的主体性，也构成了现实世界的一种平行世界。

①元宇宙的新颖之处在于，元宇宙及其技术体系“化零为整”，通过全新的“元叙事”机制，存在着对虚实世界的双重嵌入、重构、再造乃至替代。换言之，元宇宙建构虚实世界时生成的不同程度的隔离性问题，看似与元宇宙的技术目的——虚实世界的共生、融合与协同——背道而驰，实则二者之间存在着矛盾与统一，这也是元宇宙的技术进步和技术社会的风险之间张力的内在源泉。

数字孪生世界形态，人类社会活动的外部环境及其物质世界的数字化，与现实世界有着天然的联系^[3-25]，是现实世界向纯数字化虚拟世界更加精准和更有效率的投射，使得虚拟世界中的活动主体的行为和活动空间更接近于现实世界。数字孪生世界与纯数字化世界在样态内容上大有不同。数据孪生技术侧重于将人类的生产活动和生产资料等相关的物质实现进行数字化转化和虚拟化投射。数字孪生技术通过改变生产形式，势必将大规模改变纯数字化虚拟世界的运作方式和虚拟生活方式。数字孪生技术比之工业革命的一大进步在于数字化改变了技术创新方式、产品生产方式与生产效率，使得生产过程的定制化、即时性、交互性和成本控制等关键环节都得以提升。然而，数字孪生技术的局限性在于其运用领域主要在工业和制造业，也就是特定的人群和特定的应用，“工业元宇宙”即源于此^①；而其相对封闭性的数字化世界建构与极具开放性的人类社会还存在一定的理念区隔和技术差距。

虚实互构世界形态，虚拟世界的活动主体和现实世界内的人类主体，通过主体间互动和社会化活动进行相互建构。此形态中的人类主体和虚拟主体相互建构各自的观念、行动、组织和环境；人类主体和虚拟实体能够达到一种统一状态，现实世界的人类行动和虚拟世界的主体行为之间存在着一致的关联性；更有甚者可以在虚拟世界中同时创生多种平行宇宙而获得超现实体现，扩展并增强人类主体的现实体验感。虽然前两种形态的元宇宙带给使用者的沉浸感极强，但是产品或服务的交付逻辑明显，而此形态的元宇宙已经使得虚实主体之间行为的即时性贯通。虚拟世界建构人类主体的行动和结果的同时，人类主体也为虚拟世界的活动主体提供源信息和知识，并深度参与建构虚拟文明；而虚拟文明包涵、甚至超越人类文明。虚实互构世界不仅继承了现实世界的共识、习俗或法律等制度性框架，还创设了虚拟世界的行动公约和社区文明，两类制度性建设将相互建构，将同时作用于人类主体和虚拟主体。元宇宙的虚实互构世界形态中，会形成人类社会的主体行为形塑和组织逻辑革新，进而影响并改变人类存在本身。

虚实协同世界形态，在数字孪生世界和纯数字化虚拟世界分别将现实世界中的工业领域和服务业领域进行了高水平数字化投射的基础上，加之人类社会其他领域的数字化，进行多领域多层次的整合，形成完整的与人类社会存在高水平映射关系的虚拟世界。元宇宙的虚实协同世界形态能够满足人类社会性活动所必须的主体性、交互性、高沉浸感等高端要求；这也是技术设计与实现思维上的跃迁。此形态需要从整体性视角出发去观察、建构甚至治理元宇宙空间。

①参见：北京金山顶尖科技股份有限公司《工业元宇宙白皮书（2022年）》。

在此方面的尝试，实则早已有之。从早期的数字地球到智慧地球^[26]，从数字城市到智慧城市治理^[27]，其背后的技术原理与元宇宙殊途同归^①。此阶段的元宇宙，要求现实世界与虚拟世界已经通过交互接口实现不同程度的人机协作；而且，开放性编程环境、多人多地实时协作、社会交往的虚拟场景化等整合性应用，是其技术发展方向和社会应用导向，以实现现实世界全场域的数字化映射和功能性的双向沟通，元宇宙完成是对各类新科技基础设施的统摄性创新应用，并将之深度嵌入至人类社会的现实世界。

四、元宇宙的演变机理

从技术理念的诞生、概念创设与技术创新、工程制造及其应用扩散，元宇宙的技术发展确非一蹴而就。元宇宙的四类阶段性形态的出现并无时间同一性，而形态之间存在着一种离散性、时序性和过程性，以实现元宇宙中虚实世界的互嵌与互动。这也蕴藏着元宇宙的四种形态之间的转换路径和更迭机制，昭示着元宇宙的发展方向和社会嵌入过程。本节进一步挖掘元宇宙阶段性形态之间的演化次序，揭示四种形态之间的演化机理和更迭机制。

元宇宙的四类形态之间的离散性表明其形态之间存在一定程度的区分。元宇宙的纯数字化世界形态源于人类的精神活动，且最早出现。虚拟身份源自人类的精神想象，以人类社会主体的现实身份和人类社会交往行为及其主体间性关系确立为基础。当精神想象通过实体技术或物质载体得以具象化，如虚拟化技术将社会主体的想象或观念加以具象化或物质化，便催生了虚拟世界的具象化。显然，前者要易于后者。当技术作用场域为非实在世界领域时，数字化技术相对容易实施，数字样态也更容易出现。以此推之，就会发现，元宇宙的纯数字化世界形态，其作用场域在于非实在领域，非隔离性更强，其技术代价较低，其技术可行性相对更高；故而，往往要先于元宇宙的其他形态出现。

虚拟身份具象化的技术选择可以是多样的。一如传统多人在线游戏中的游戏账号，再如智慧社区中的个人或组织的服务账号，再或者是虚拟眼镜构建的虚拟世界的真身 3D 图像，也可能是工业元宇宙中的操作员等等。虚拟身份在数字孪生世界形态、虚实互构世界和虚实协同世界之中依然存在。

数字孪生世界的侧重点在于“以虚促实”。通过实在世界的数字化空间建构，将映射至虚拟

^①三者的区别在于典型技术路径的选择，以及随之而言的技术基础的可实现问题。虽然数字地球和数字城市的具体构建并未达到预期效果，但是二者底层的思维模式之于元宇宙，依然具有极大的借鉴意义。

空间的元素与因果关系经处理后，再映射回现实世界，以实现达到“以虚促实”的效果。而随着技术应用扩散，元宇宙势必会从工业元宇宙拓展至生活类元宇宙，而其核心思想仍然是以人类社会运行的实在世界为主。虚实互构世界形态则综合纯数字化世界和数字孪生世界，在虚实世界的相互映射和互构过程中，充分利用虚拟世界和现实世界的技术优势，提升社会技术系统的整体性效能。但是，技术与人类之间存在明显的区隔，技术体系发挥作用的过程是被动的，二者之间以一种“提醒——反馈”式的被动互动过程来相互建构。虚实协同世界形态则在虚实互构世界形态的基础上，贯之以“以人为本”的发展理念和“科技向善”的科技理念；虚实协同世界形态实则是虚实互构世界形态的高级形态，是对人类主体性的一种高级阶段的回归。此形态不仅需要数字化技术的整体性提升，也需要人类的数字化思维和观念的全面革新。

元宇宙四种形态之间，同时又隐藏着一定的时序性和过程性的演化次序。纯数字化世界往往要易于其他形态，且较先出现；数字孪生世界则在技术成本和可行性上，相对较难。是因为，一方面，在技术运用过程中，人类大脑中系统一往往快于系统二^[19]，行为主体在纯数字化世界之中的行动更加直接、迅捷且成本较低，纯数字化世界中主体之间的跨域性要明显弱于数字孪生世界；另一方面，纯数字化世界和数字孪生世界更多的依托于非实在世界，要明显易于另外两类作用于实在世界的形态。虚实互构世界则需要综合并联通纯数字化世界和数字孪生世界的作用场域和技术体系；最后，虚实协同世界需要人类社会全面提升其数字化观念和思维，并将之融入虚实互构世界之中。由此可见，元宇宙四种形态之间的演化次序，实质上反映了人类处理信息的一般性流程。元宇宙体系内的四种形态之间的演化次序和耦合关系实则是，新阶段的数字时代中，人类信息处理全流程的缩影。

因此，站在数字样态全域的视角，重新审视元宇宙这一新兴数字样态，就会发现其渊源深远。换句话说，自人类社会出现数字化技术，即宣告元宇宙世界的诞生。更仆未罄，人类社会因为技术基础不足或者观念与认知能力不够等众多因素的制约，长期内处于元宇宙的低阶形态阶段。

五、结论

本文通过回顾现有工作给出了元宇宙的共识性概念，并分析其概念内涵和技术形态。元宇宙溯源至其本源样态——数字化数据，其技术体系则可回溯至各类数字化的数据生成技术，其

样态内容可回归于真实社会主体及其社会网络。进一步研究发现，从技术作用场域的实在性和行为主体在虚实世界互动过程中的跨域性两个维度建构分类拓扑，可以将元宇宙的技术演变过程划分为四个阶段：纯数字化世界、数字孪生世界、虚实互构世界与虚实协同世界。元宇宙的四种阶段性形态之间的发展过程显示，元宇宙的四种形态之间存在着一定的演化机理。四种阶段性形态之间并非完全按照时间顺序发展，而更多是按照技术嵌入社会的场景需求来确立元宇宙的真实实施形态，但其最终都会通过虚实互构世界形态来综合了纯数字化世界和数字孪生世界的结构与功能，通过人类的数字化思维和观念的全面革新，可使得元宇宙进入虚实协同世界的发展阶段。本文研究有助于元宇宙的发展与治理，平衡技术风险规制和技术红利获取与服务社会，对于产业政策制定与新兴技术同步治理皆有启示。

参考文献

- [1] Wright M, et al. Augmented Duality: Overlapping a Metaverse with the Real World[C]//the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, Yokohama, Japan, 2008
- [2] Alanah D., et al. Avatars, people and virtual worlds: Foundations for research in metaverses[J]. Journal of the Association for Information Systems, 2009, 10(2):90-117.
- [3] Tuegel E. J., et al. Reengineering Aircraft Structural Life Prediction Using a Digital Twin[J]. International Journal of Aerospace Engineering, 2011, 2011(1687-5966).
- [4] Bonnard R., et al. Data model for additive manufacturing digital thread: State of the art and perspectives[J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2019, 32(12): 1170-1191.
- [5] 王飞跃. 平行哲学与智能技术：平行产业与智慧社会的对偶方程与测试基础[J]. 智能科学与技术学报, 2021, 3(3): 245-255. Wang F Y. Parallel Philosophy and Intelligent Technology: Dual Equations and Testing Systems for Parallel Industries and Smart Societies [J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2021, 3(3): 245-255.
- [6] 黄欣荣, 曹贤平. 元宇宙的技术本质与哲学意义[J/OL]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 43(3):119-126. 网络首发. HUANG X R, CAO X P. Metaverse: Its Technology and Philosophical Implications [J]. Journal of Xinjiang Normal University (Philosophy and Social Sciences), 2022, 43(3):119-126.
- [7] 喻国明, 耿晓梦. 何以“元宇宙”：媒介化社会的未来生态图景[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 43(3): 1-8. YU G M, GENG X M. Metaverse: The Ecological Landscape of the Mediated Society of the Future [J].

Journal of Xinjiang Normal University (Philosophy and Social Sciences), 2022, 43(3):119-126.

[8] Falchuk, B., et al. The Social Metaverse: Battle for Privacy[J]. IEEE Technology and Society Magazine, 2018, 37(2): 52-61.

[9] 吴桐, 王龙. 元宇宙: 一个广义通证经济的实践[J]. 东北财经大学学报, 2022, 140(2):42-51. WU T, WANG L. Metaverse : Practice of the Generalized Token Economy [J]. Journal of Dongbei University of Finance and Economics, 2022, 140(2):42-51.

[10] Duan, H.H., et al. Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype[C]. The 29th ACM International Conference on Multimedia, Wuhan, China, 2021.

[11] 聂辉华, 李靖. 元宇宙的秩序: 一个不完全契约理论的视角[J]. 产业经济评论, 2022, (2):1-16. NIE H H, LI J. The Order of the Metaverse: A Perspective of Incomplete Contract Theory [J]. Review of Industrial Economics, 2022, (2):1-16.

[12] 郑磊, 郑扬洋. 元宇宙经济的非共识[J]. 产业经济评论, 2022, (1): 28-37. ZHENG L, ZHENG Y Y. The Non-consensus of Metaverse economy [J]. Review of Industrial Economics, 2022, (1) : 28-37.

[13] Dosi, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of The Determinants and Directions of Technical Change[J]. Research Policy, 1982, 11(2):102-103.

[14] 张辉, 陈海龙, 刘鹏. 智能时代信息通用技术创新微观动力机制分析——基于沃尔玛信息技术演化的纵向案例研究[J]. 科研管理, 2021, 42(6):32-40. ZHANG H, CHEN H L, LIU P. An Analysis of The Microcosmic Dynamic Mechanism of General-Purpose Information Technologies' Innovation in The Age of Intelligence: A Longitudinal Cases Study of The Information Technological Evolution of WALMART [J]. Science Research Management, 2021, 42(6):32-40.

[15] 吴国盛. 技术哲学讲演录[M]. 北京: 中国人民大学出版社. 2016: 24-31. WU G S. THE Collection of the Philosophy of the Technologies [M]. Beijing: The Renmin University of China Press, 2016: 24 - 31.

[16] 谢焜. 信息哲学: 理论、体系、方法[M]. 北京: 商务印书馆. 2005. XIE K. The Philosophy of Information: Theory, System and Methodology [M]. Beijing: The Commercial Press, 2005: 27.

[17] 肖峰. 重勘信息的哲学含义[J]. 中国社会科学, 2010, (4): 32-43. XIAO F. The Philosophical Implications of Information: A Re-examination [J]. Social Sciences in China, 2010, (4): 32-43.

[18] 唐·伊德. 技术与生活世界[M]. 韩连庆译. 北京: 北京大学出版社. 2012: 31. Don Ihde. Technology and the

Lifeworld[M]. HAN L Q, Translations. Beijing: the Peking University Press, 2012: 31.

[19] 丹尼尔·卡尼曼. 思考: 快与慢[M]. 胡晓姣, 李爱民, 何梦莹译. 北京: 中信出版社. 2012: 8. Kahneman D.

Thinking, Fast and Slow [M]. HU X J et al. Translations. Beijing: the China CITIC Press, 2012: 8.

[20] Niikawa T.. A Map of Consciousness Studies: Questions and Approaches. *Frontiers in Psychology*, 2020, 11(10): 1-12.

[21] Lynn, C.W., Bassett, D.S. The physics of brain network structure, function and control[J]. *Nature Review Physics*, 2019 (1): 318 – 332.

[22] Yaron, I., Melloni, L., Pitts, M. et al. The ConTraSt database for analysing and comparing empirical studies of consciousness theories[J]. *Nature Human Behaviour*, 2022, preprinting.

[23] 唐世平. 观念、行动和结果: 社会科学的客体 and 任务[J]. *世界经济与政治*, 2018(5):33-59+156. TANG S P. Idea, Action, and Outcome: The Objects and the Tasks of Social Sciences [J]. *World Economics and Politics*, 2018(5):33-59+156.

[24] Zhou, Z.Y., et al. Individual Motivations and Demographic Differences in Social Virtual World Uses: An Exploratory Investigation in Second Life[J]. *International Journal of Information Management*, 2011, 31(3): 261-271.

[25] Tao, F., et al. Digital twin in industry: State-of-the-art[J]. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2018, 15(4): 2405-2415.

[26] 李德仁, 姚远, 邵振峰. 智慧地球时代测绘地理信息学的新使命[J]. *测绘科学*, 2012, 37(6):5-8. LI D R, YAO Y, SHAO Z F. New mission for surveying, mapping and geomatics in Smart Earth era [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2012, 37(6):5-8.

[27] 王旭东. 信息史学建构的跨学科探索[J]. *中国社会科学*, 2019, (7): 159-185+208. WANG X D. Cross-Disciplinary Exploration of the Construction of the Historiography of Information [J]. *Social Sciences in China*, 2019, (7): 159-185+208.

Exploring the "Metaverse": Conceptual Connotation, Form Development and Evolution Mechanism

ZHANG Hui^{1,2}, ZENG Xiong^{1,2}, LIANG Zheng^{1,2}

(1. School of Public and Policy Management, Tsinghua University, Beijing, 100084, China; 2. The Institute for AI International Governance of Tsinghua University (I-AIIG), Beijing, 100084, China)

ABSTRACT: In view of the current development trend and theoretical research of the metaverse, this paper redefines the conceptual connotation of the metaverse. The origin of the metaverse can be traced back to digital data, and its technological source is various digital data generation technologies. According to two topological dimensions, such as the field of action of the digital form and the inter-domain nature of the interaction between the virtual and the real world, the metaverse can be divided into four types of staged forms: pure digital world, digital twin world, virtual-real co-construction world and virtual-real collaborative world. Putting the metaverse in the overall evolution process of the digital form, we found the evolution mechanism between its four development forms. That is, the pure digital world is closely related to the traditional cyberspace and has become the first choice for metaverse innovation, and the digital twin world focuses on the industrial real world. The virtual-real co-construction world integrates the structures and functions of the pure digital world and the digital twin world, and the virtual-real collaborative world is an advanced form of the virtual-real co-constructed world which is driven by the innovation of human digital concepts. This paper clarifies the conceptual connotation, form development and evolution mechanism of the metaverse, and provides a theoretical basis for the subsequent industrial policy formulation and the construction of the governance system of the metaverse.

KEYWORD: Metaverse, Virtual World, Real World, Evolution Mechanism