



中国人工智能系列白皮书 一元宇宙技术（2024 版）

中国人工智能学会
二〇二四年七月

《中国人工智能系列白皮书》编委会

主 任：戴琼海

执行主任：王国胤

副 主 任：陈 杰 何 友 刘成林 刘 宏 孙富春 王恩东

王文博 赵春江 周志华

委 员：班晓娟 曹 鹏 陈 纯 陈松灿 邓伟文 董振江

杜军平 付宜利 古天龙 桂卫华 何 清 胡国平

黄河燕 季向阳 贾英民 焦李成 李 斌 刘 民

刘庆峰 刘增良 鲁华祥 马华东 苗夺谦 潘 纲

朴松昊 钱 锋 乔俊飞 孙长银 孙茂松 陶建华

王卫宁 王熙照 王 轩 王蕴红 吾守尔·斯拉木

吴晓蓓 杨放春 于 剑 岳 东 张小川 张学工

张 毅 章 毅 周国栋 周鸿祎 周建设 周 杰

祝烈煌 庄越挺

《中国人工智能系列白皮书 元宇宙技术》编写组

陶建华 杨小康 何 斌 王茜莺 鲍虎军

王琼华 祝烈煌 何晓冬 况铁梅 杨 艺

目 录

第1章 元宇宙技术概述.....	4
1.1 元宇宙技术的发展历程.....	4
1.2 元宇宙产业发展现状.....	7
1.2.1 海外发展格局.....	7
1.2.2 国内发展情况.....	10
1.2.3 国内外发展路径对比.....	12
1.3 元宇宙未来发展趋势.....	12
1.3.1 新信息形态.....	12
1.3.2 新数字器官.....	13
1.3.3 新经济模式.....	14
1.3.4 新社会图景.....	15
1.4 元宇宙面临的机遇和挑战.....	15
1.4.1 元宇宙发展机遇.....	15
1.4.2 元宇宙发展面临的挑战.....	16
第2章 元宇宙关键技术.....	18
2.1 元宇宙技术架构.....	18
2.2 元宇宙计算.....	21
2.2.1 分布式并行计算.....	21
2.2.2 元宇宙典型计算场景.....	23
2.3 元宇宙感知.....	28
2.3.1 微透镜阵列光场感知.....	28
2.3.2 计算光场成像.....	29
2.3.3 全景成像.....	32
2.3.4 多视图立体成像.....	33
2.3.5 音频感知.....	36
2.3.6 触觉感知.....	39
2.4 元宇宙生成.....	41
2.4.1 三维重建.....	42
2.4.2 数字人分身重构.....	46
2.4.3 AI 内容生成.....	48
2.5 元宇宙协同.....	51
2.5.1 区块链技术原理.....	51
2.5.2 区块链关键技术.....	55
2.5.3 元宇宙协同安全.....	60
2.6 元宇宙交互.....	68
2.6.1 信息显示.....	68
2.6.2 多模态交互.....	71
2.6.3 多模态情感计算.....	76
第3章 元宇宙技术平台.....	82
3.1 典型共性技术平台.....	82
3.1.1 超高清视音频技术.....	82

3.1.2 云渲染技术	84
3.2 典型元宇宙硬件平台	87
3.3 典型元宇宙内容构建平台	89
3.4 典型开源技术与工具	95
第4章 元宇宙典型应用	103
4.1 文旅元宇宙	103
4.2 教育元宇宙	105
4.3 工业元宇宙	108
4.4 办公元宇宙	111
4.5 娱乐元宇宙	113
4.6 体育元宇宙	116
4.7 金融元宇宙	118
4.8 供应链元宇宙	121
4.9 农业元宇宙	123
第5章 元宇宙安全治理：挑战与策略	126
5.1 元宇宙的安全风险	126
5.1.1 数据安全与治理	126
5.1.2 网络安全	126
5.1.3 社会安全	127
5.1.4 国家安全	127
5.2 元宇宙安全治理的现实挑战	128
5.2.1 数字平台的安全漏洞	128
5.2.2 数字资产的安全保障	129
5.2.3 国际合作与全球治理	129
5.3 元宇宙安全治理的策略与建议	130
5.3.1 技术层面的创新与应用	130
5.3.2 法律层面的完善与实施	131
第6章 总结与展望	134
6.1 协同多方合作，共同推动元宇宙产业发展	134
6.2 建立元宇宙应用规范和评测平台	136
参考文献	139
编写人员贡献	159

第1章 元宇宙技术概述

1992 年,美国著名作家 Neal Stephenson 在《Snow Crash》中提到元宇宙(Metaverse)一词,他这样描述:“戴上耳机和目镜,找到连接终端,就能够以虚拟分身的方式进入由计算机模拟、与真实世界平行的虚拟空间。”2020 年,新冠疫情的出现使越来越多的人在虚拟空间进行交流、学习和工作,体会到了元宇宙的价值。

元宇宙是一种融合了虚拟现实、增强现实、人工智能等技术的持续性虚拟环境,具有收敛性、物理持久性、连接感知和共享等特征。在该环境中,人们可以通过虚拟化身进行互动和交流。元宇宙超越了物理世界的限制,提供了一个高度沉浸、无缝连接和互动的三维数字空间,允许用户在虚拟世界中创造、探索、协作和娱乐。元宇宙是一个融合虚拟与现实、打破物理世界限制的复杂数字生态系统,为用户提供了一个多元化、互动性强的虚拟世界。元宇宙被视为互联网的下一次重大演进,支持实时社交互动、虚拟经济、教育、商业、游戏等多种应用,具有自我组织、自我管理和创新协作的能力。从科学角度上说,元宇宙的诞生是多学科融合的结果,元宇宙将促进信息科学、数学和生命科学等学科的融合与互动,在涵盖物理空间、社会空间、赛博空间以及思维空间的基础上,融合多种数字技术,将网络、软硬件设备和用户聚合在一个虚拟现实系统之中[1]。

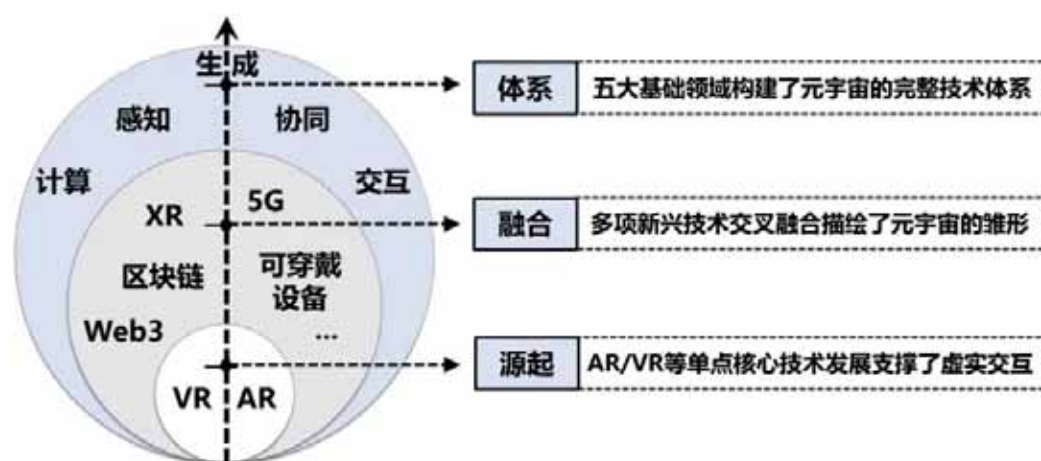


图 1-1 元宇宙的技术演进

1.1 元宇宙技术的发展历程

如图 1-1 所示,“元宇宙”的概念随着技术的演进而不断完善。在元宇宙概念刚兴

起时，业界主要将其认为是 VR/AR 承载的一种虚实交互应用。随着区块链、5G、Web3.0 和可穿戴设备等相关技术的发展和成熟以及多种技术交叉融合，我们看到了元宇宙的雏形，即多人可以通过多种方式在元宇宙中完成远程交互、虚实交互。事实上，元宇宙本身不仅包含交互，更包含对世界的感知、数字化、智能化生成等，也对计算、协同等方面有迫切需求，因此融合这五大基础领域的完整技术体系构成了元宇宙的新概念。

元宇宙是基于多种技术打造的虚实相生的数字世界，图 1-2 从技术的角度对元宇宙特点进行概括，其包括沉浸式、拓展性、多元化、永续性、去中心化、实时性等特点。元宇宙中用户不仅仅是观看内容，还可以利用多感官及认知体验，实现全面沉浸式的深度交互。元宇宙社会中，自然人、虚拟人、机器人三者共融共生，建设的环境可以永续运营，也可以发展为意识永生的载体和聚集地，跨越时间、空间乃至意识空间，达到多模互通。同时，元宇宙提供了跨虚实和跨生死的多维拓展，包括生存空间方面、视角维度方面、思想实践方面的多重延伸。元宇宙中用户可以一个身份或多个身份自由活动，内容生态是丰富多元的，同时还可以连接第三方的开放接口共享、修改、建设新内容。



图 1-2 元宇宙的技术特点

元宇宙和虚拟现实各自拥有其独特的内涵与应用场景，在定义、界面、持久性、内容、价值、支持技术、应用领域和未来发展等方面存在差异。

定义：虚拟现实是一种通过计算机科技生成的仿真三维环境，用户通过穿戴特制的头戴式显示器、VR 眼镜等设备与虚拟环境进行互动，具有类似真实环境的沉浸式体验。元宇宙是一个基于区块链、数字身份认证和智能合约等技术的虚拟空间，目的是在数字世界构建一个具有经济、社交和文化价值的生态系统。元宇宙不仅仅是一个虚拟环境，