

# 简述工业元宇宙与我国衡器工业对接与展望

□中国衡器协会发展战略咨询委员会 陈日兴

【摘要】本文从元宇宙的基本概念出发，举例讲述了工业元宇宙的各种落地应用，并结合衡器行业的特点，具体提出了工业元宇宙如何与衡器对接的课题，期望我国衡器工业能够跟上现代技术的发展步伐。

【关键词】工业元宇宙；衡器元宇宙；数字化；网络化；智能化

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2024）10-0040-06

## 前言

随着国家大数据战略的深入实施，国民经济的各个行业愈加重视推进数字化转型，数字化、网络化和智能化融合发展正成为时代特征。而近年来“元宇宙”这一全新的技术概念在数字化、网络化和智能化方面进行了高度的融合。元宇宙所具有的虚拟化、沉浸式、强互动等属性与现代社会可以实现天然结合，使得“元宇宙+行业”应用应时而生。元宇宙伴随5G、区块链等基础设施的完善以及虚拟现实、增强现实、扩展现实、云计算及数字孪生等技术的成熟，目前已在交通、能源调控、工业、农业及水利、教育、智慧医疗、文旅行业以及未来社区、赋能家居和智慧政务等行业的应用场景，引发科技界、企业界和政府部门的广泛关注。本文先从“元宇宙”的概念出发，进一步介绍工业元宇宙应用场景的分阶段演进和各种落地应用案例，最后结合我国衡器行业的特点，提出了衡器行业如何与工业元宇宙对接的课题，以期本文能为我国衡器工业在工业元宇宙的发展上起到推波助澜的作用。

## 1 元宇宙/工业元宇宙的概念

元宇宙的英文名称为“Metaverse”或“Meta+Universe”，顾名思义“超越+宇宙”。元宇宙是综合多种新技术。基于AI和物联网技术，实现虚拟人、自然人和机器人的人机融生性。它基于区块链、Web3.0、NFT，实现经济增值性。在社交、生产、经济系统实现虚实共生，每个用户都可进行世界编辑，内容生成和数字资产自所有。<sup>[1]</sup>

## 1.1 元宇宙核心与技术基础

元宇宙的核心用最概括的数字语言来描述，就是“1、3、3”。

### （1）概念<sup>[2]</sup>

“元宇宙是数字化、智能化高度发展的虚拟现实融合的人类高度文明社会”。

### （2）三个世界<sup>[2]</sup>

①元宇宙虚拟世界；②元宇宙数字孪生世界、极速版真实世界；③元宇宙高能版现实世界/虚拟融合世界。

### （3）三条主线<sup>[2]</sup>

第一条主线：交互技术发展。包括眼（眼睛、屏幕）、耳（耳机、音箱）、鼻（视觉气味）、舌（味觉）、身（体感设备）、意（脑机接口）六个维度，其终极发展目标可以实现人类六个感官的虚实互联。

第二条主线：引擎和生成平台发展。例如：数字孪生引擎、数字人引擎等。最终各类引擎将覆盖各行各业，这将极大释放人类的创造力与想象力，是元宇宙经济的元引擎。

第三条主线：经济与治理体系发展。基于区块链的web3.0下一代互联网的经济与治理体系，元宇宙的数字世界将需要效率极高的、全新的经济与治理体系。

### （4）元宇宙的技术底座

元宇宙技术最底层的基础底座见图1。

## 元宇宙的技术底座

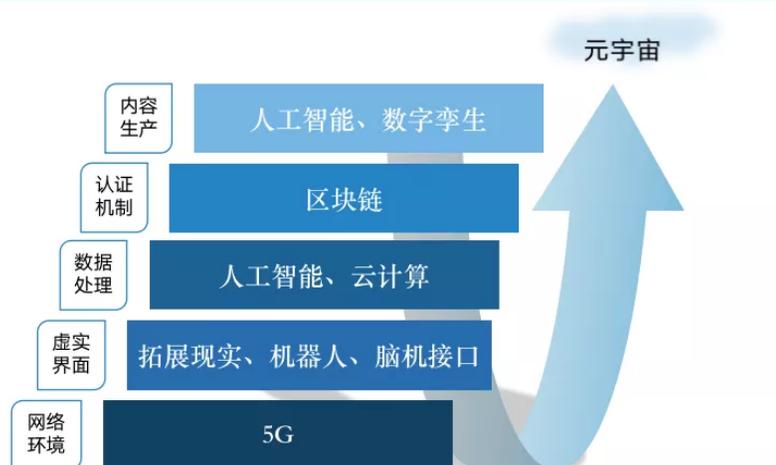


图1 元宇宙的技术底座<sup>[1]</sup>

从图1可以看出：元宇宙是建立在AI人工智能、数字孪生、区块链、云计算、拓展现实、机器人、脑机接口、5G技术为技术基础上的。上述构成元宇宙的各个基础又都离不开数字化、智能化的最基本的元素。

### 1.2 工业元宇宙概念

工业元宇宙就是元宇宙与工业的融合，使现实的物理世界和虚拟的数字世界紧密结合。目的是用一种新的方法组织和管理工业系统，以期提高效率、降低成本、提高竞争力。<sup>[3]</sup>

“基于工业互联网支撑体系形成的工业元宇宙，是工业元宇宙技术与工业经济深度融合的新型应用模式和工业生态，通过打造与现实工业经济映射和交互的虚拟世界，构建起工业产品全生命周期的虚实共生、企业和消费者智能高效闭环下的全息智能制造、智能经济体系。”<sup>[3]</sup>

工业元宇宙对于制造行业来说，最核心的一句话就是采用虚拟现实融合的云计算、数字孪生技术的落地应用，从而实现制造业的数字化、智能化。

### 2 工业元宇宙相关概念介绍

以下简单介绍工业元宇宙应用技术中主要相关的虚拟现实、云计算、数字孪生技术基本概念与主要内涵。

#### 2.1 虚拟现实、增强现实、增强虚拟、混合现

实、扩展现实<sup>[4]</sup>

##### (1) VR (虚拟现实Virtual Reality)

创建虚拟世界的计算机仿真系统。利用计算机生成一种模拟的环境，是一种多源信息融合的交互式三维动态的实体行为系统仿真。VR包括了拍摄、数据建模、视觉反馈技术、全息摄影技术应用等。

##### (2) AR (增强现实Augmented Reality)

此为仿真系统的延伸发展方向。将虚拟信息应用到真实世界，是真实环境和虚拟物体实时叠加到同一个画面或空间。具体包括仿真技术、计算机图形学人机接口技术、多媒体技术、传感技术网络等多种技术的集合体。该系统包括模拟环境、感知技术、自然技能、传感设备等。

##### (3) AV (增强虚拟Augmented Virtual)

与AR相反，是将真实环境中的特性加在虚拟环境中。

##### (4) MR (混合现实Mixed Reality)

指的是多VR (虚拟现实) 与多AR (增强现实) 的混合应用技术，可用更加大型的综合设计系统中。

##### (5) ER (扩展现实Extended Reality)

指的是通过计算机将真实与虚拟相结合，打造一个可人机交互的虚拟环境，也是AR、VR、AV、MR等多种技术的统称。通过将多种的视觉交互技术

相融合，为体验者带来虚拟世界与现实世界之间无缝转换的沉浸感。

## 2.2 云计算<sup>[5]</sup>

云计算定义：云计算是基于互联网相关服务增加、使用和交付模式，通常涉及通过互联网来提供动态易扩展且经常是虚拟化的资源。

云是网络、互联网比喻说法。云计算服务是通过所使用网络服务，把资料存放在网络上服务器中，并借由浏览器浏览这些服务网页，使用上面界面进行各种计算和工作。

## 2.3 数字孪生

数字孪生定义<sup>[6]</sup>：数字孪生是充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。

应用于自动化行业的数字孪生技术即“数字化双胞胎”的概念，首先由西门子公司提出，数字化双胞胎包括产品数字化双胞胎，生产工艺流程数字化双胞胎和设备数字化双胞胎，三个层面又高度集成为一个统一的数据模型。在实际投入生产之前即能在虚拟环境中优化、仿真和测试，在生产过程中也可同步优化整个企业流程。

工业化数字孪生就是把企业研发、生产制造、仓储物流、销售及售后服务都实时动态孪生到全程数字化、高度智能化的企业元宇宙的虚拟世界中。

## 3 工业元宇宙特点

### 3.1 空间性

工业元宇宙是一个虚拟的数字空间，具有类似于现实世界的空间结构。工业设备、生产流程等都被数字化并映射到这个空间中，使其具有高度逼真的三维立体效果。

### 3.2 网络性

工业元宇宙是一个高度互联的数字网络，各种工业设备和系统可以通过互联网、物联网等技术进行数据交互和远程控制，实现工业信息的全面共享和协同。

### 3.3 智能性

工业元宇宙中融入了人工智能技术，可以对海量数据进行智能分析，对工业设备和生产流程进行

自动化和智能化控制，从而提高工业生产效率 and 产品质量。

## 3.4 可视化

工业元宇宙中的所有元素都是数字化的，可以通过虚拟现实、增强现实等技术进行可视化展示，使得工业生产过程变得更加透明和易于理解。

## 4 工业元宇宙应用场景

与衡器行业密切相关的工业元宇宙的应用场景，主要有以下五个方面：

### 4.1 工业网络安全

工业网络安全有丰富的安全策略，可以保障工业设施对外的安全。所以，工业元宇宙的服务能够帮助企业构建高效安全的工业网络，确保相关数据安全。

### 4.2 物联网应用

融合了物联网、云计算和大数据技术，工业元宇宙可以帮助开发者快速构建、运行和管理物联网应用等解决方案，从而实现物联网的普及与全面发展，促进自动化技术的运用。

### 4.3 工业大数据服务

工业大数据服务利用了大数据的数据挖掘和模型分析技术，可以加快企业的数据处理速度，提升企业的数据分析能力，有效地改善企业的经营状况。

### 4.4 兴趣管理技术

在云时代，企业可以利用工业元宇宙的兴趣管理技术，有效地根据客户的需求，在云计算平台上构建灵活可拓展的产品和服务，帮助企业在众多信息中快速识别客户的需求。

### 4.5 工业机器人自动化

利用机器人技术控制工业流水线，可以提高企业的生产能力，缩减成本。目前，许多工厂都在投入大量的技术研发，以实现完全的自动化。比如：采用机器视觉识别系统，实现物料和零件自动搬运、机器人抓盘等。

## 5 工业元宇宙应用场景分阶段演进<sup>[7]</sup>

### 5.1 工业元宇宙应用场景分阶段演进

以下先引用国家标准化研究院软件应用与服务研究中心创新发展研究室<sup>[7]</sup>对于工业元宇宙应用场景分阶段演进规划举例进行阐述：

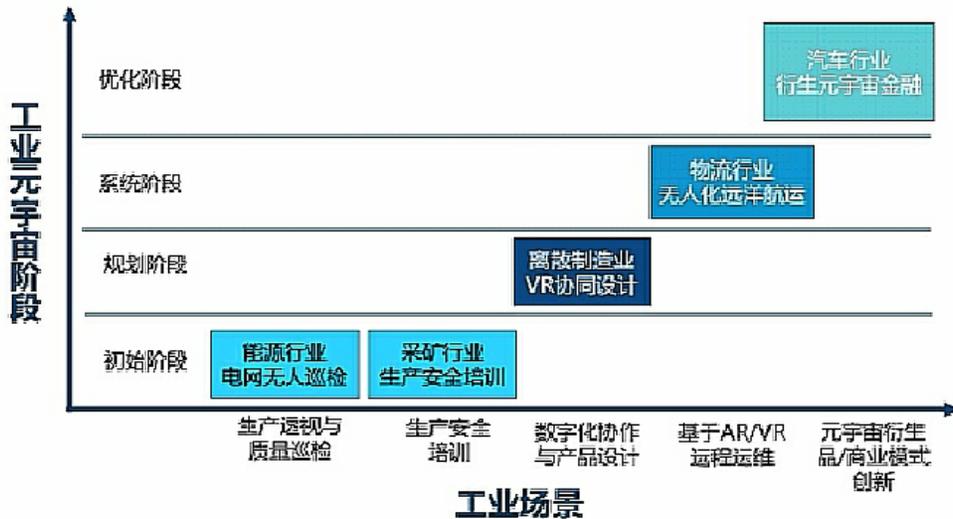


图2 标准化院工业元宇宙应用分阶段规划演进举例<sup>[7]</sup>

(1) 工业元宇宙初始阶段<sup>[7]</sup>

“借助 AR、VR、虚拟仿真等技术，在安全培训、安全监控、工艺模拟、辅助装配、产品测试等环节的应用。以工业仿真软件、可穿戴智能设备为主要工具载体，在设计、生产、运维、服务等某个环节实现制造透明化，提高生产效率和精度。”

(2) 工业元宇宙规划阶段<sup>[7]</sup>

“将形成全场景虚拟仿真，实现重点场景模块的虚实交互映射。在复杂制造，全球供应链场景下，工业元宇宙能够打破地域、语言、时差等沟通障碍，极大提升工业协同效率，提升供应链弹性和产业链联动能力。”

(3) 工业元宇宙系统阶段<sup>[7]</sup>

“将实现全场景模块的系统联动应用，实现全场景的虚实交互映射，带动行业形态变革。构建生产制造全过程的数字孪生，使得设计、生产、运维、服务等全流程在数字空间互联互通。以工业数字孪生平台+虚拟交互平台为主要工具载体。在局部 XR、数字仿真应用的基础上，基于数字主线实现各环节数据贯通。”

(4) 工业元宇宙优化阶段<sup>[7]</sup>

“工业元宇宙的优化阶段将实现全场景系统的虚拟行为联动，将不再拘泥于传统工业的边界，与消费元宇宙、医疗元宇宙高度融合，产生从制造物理工业品到元宇宙工业品的重大变革，从而激发出全新的工业品形态和市场空间。元宇宙工厂大量兴起，其重要性将逐步追赶甚至超越物理世界的工厂。”

5.2 宝钢工业元宇宙应用场景介绍与衡器产品对接措施

上海宝钢在2023年工业元宇宙应用场景规划（智能制造部分）<sup>[8]</sup>中，主要有以下两部分的落地应用场景与衡器产品相关如下：

(1) 宝钢散料带式输送线元宇宙应用场景<sup>[8]</sup>

①亿吨级散料带式输送线元宇宙应用

宝钢散料带式输送线元宇宙应用采用3D建模、WEB图形图像引擎、智能终端、云计算、VR、AI及相关标准等技术，跨越时空实时呈现/复现/推演生产制造过程，加速工艺模型迭代，多维度多角度数字化表征运行状态，观测并揭示机理，降低设备故障，促进巡检检修少人化、人员本质安全及技术进

步，实现设备远程集中高效管理。

宝钢元宇宙散料带式输送线的落地应用工具有四足巡检和清料机器人与AR眼镜，支持各种无线通信，具语音/肢体/按键交互方式。

②衡器产品针对“亿吨级散料带式输送线”对接措施要求

衡器行业中的不少自动化过程控制的衡器产品，例如连续累计自动皮带秤、定量给料机和输送线中的配料料斗秤等产品。需要融入到冶金行业的元宇宙散料带式输送线中，自动衡器产品的“智能运维”功能中，需要多维度、多角度数字化表征运行状态，例如：利用机器学习、神经网络和机器视觉技术，自诊断输送皮带的跑偏、托辊的准直变化、皮带张力的变化、速度变化、物料过于堆积与散落、称重传感器与控制装置故障等参数。从而降低设备运行故障，实现设备远程智能管理，也是衡器制造商在冶金行业元宇宙散料带式输送应用中的一大课题。特别针对融入大流量亿吨级散料带式输送线的元宇宙“智能运维”课题更显迫切。

(2) 宝钢热轧工厂元宇宙应用场景<sup>[8]</sup>

①宝钢全真元宇宙热轧工厂

第一，建设沉浸式裸眼3D虚拟现实热轧工厂，建立服务器的实时数据及数学模型，实现热轧轧制的生产过程还原。

第二，虚拟工厂空间与实体物理生产工厂数据实时交互，虚拟物料在虚拟产线上的拟真生产，数据记录。

第三，通过动画仿真模拟精准、安全生产过程数据，对标实体空间物理生产过程数据，及时发现问题，优化工艺模型，指导实际生产。

②衡器产品对接措施要求

在冶金行业的热轧工厂，自然少不了工业衡器的应用。例如应用在热轧轧制的生产过程中的称重设备：板坯秤、钢卷秤、辊道秤和周边辅助装置。热轧轧制板坯和钢卷在虚拟工厂空间的辊道输送流水线上，动画仿真模拟生产过程，模拟被称物的行进速度和空间视觉识别物料及空间与位置尺寸和称重前后过程中输入、输出装置的推进、升降与输出动作数据，结合实体空间物理安全生产过程数据，进行实时精准的生产工艺与安全生产对标。

## 6 工业元宇宙在衡器工业的落地对接

虽然在上面简单介绍了我国衡器行业如何融入到冶金行业的工业元宇宙落地应用场景的一些措施，但是结合我国衡器工业目前的实际情况，大多数衡器用户还不具备上述工业元宇宙应用场景的规模。本文认为，根据衡器行业现有的特定条件，也可以分阶段推进在我国衡器企业内部的工业元宇宙的落地应用场景中。我国衡器工业如何对接工业元宇宙的落地应用，可以具体分阶段演进如下：

6.1 衡器元宇宙初始阶段：数字化转型渐进式升级

目前我国衡器制造企业大致可以分为两大类。一类是具有较大规模生产能力的衡器企业，例如：称重传感器、称重仪表和商用及日用衡器的生产企业，主要以生产大批量标准化衡器产品为主。第二类是中小规模生产能力的衡器企业，此类企业占比衡器行业的大多数，主要以用户定制个性化、小批量生产为主。

本阶段主要集中在衡器行业数字化转型升级阶段，初始按分阶段智能化、先易后难的解决方案。

第一步 以效率为导向——关键应用工具：PLC、HMI、局部SCADA、（机器人）；

第二步 以服务为导向——关键应用工具：AI、大数据、智能运维、预测分析；

第三步 以结果为导向——关键应用工具：服务机器人、数据科学、云计算、预测分析；

第四步 全流程自主化——关键应用工具：智能机器人、AI/AR 机器视觉、边缘计算。

比如在智能制造生产线方面，先引进半自动智能化机器设备形成部分智能化半自动生产线，逐步过渡到局部工位的全自动智能化机器设备（包括从工业机器人到服务机器人）、全自动数字化生产，最终实现全流程全自动数字化生产线。

比如在系统智能管理方面，第一步先解决制造执行系统MES，首先在技术密集型的离散制造柔性生产过程控制。第二步解决智能运维，预测性维护、资产管理与维护。第三步解决工业网络安全、企业信息化系统等。

上述渐进式数字化转型升级步骤对于不同规模的衡器企业而言，可以分步或同步进行。

6.2 衡器元宇宙规划阶段：工业大数据智能助力工业互联网

本阶段集中大数据、工业互联网布局与搭建企业与社会用户生态链的物联网大数据平台。其中工业以太网、工业无线、工业通信协议、数据采集、云计算、边缘计算、智能网关、工业互联网平台、人工智能、机器学习、工业大数据分析应用、IT/OT融合等大量创新技术规划应用。

衡器元宇宙的规划发展阶段中，衡器产品与服务在基于工业大数据的工业互联网的推动下，将呈现多元化、多功能化、电子化、网络化、平台化、社交化的发展趋势。

6.3 衡器元宇宙系统阶段：全场景模块的系统联动应用

本阶段主要以工业数字孪生平台+虚拟交互平台为主要工具载体，完成衡器产品全生命周期的全场景模块的系统联动应用，使得衡器产品的设计、生产、运维、服务等全流程在数字空间互联互通。

6.4 衡器元宇宙优化阶段：打破传统衡器产品边界

本阶段的衡器元宇宙已不再拘泥于传统衡器产品的边界，衡器制造业实现从制造单纯衡器产品融合到周边相关的边缘产品、边缘行业的元宇宙工业的重大变革。

当前我国科技发展最具活力的生成式AI人工智能系统在元宇宙优化阶段，不仅仅包含机器深度、强化学习，还包括感官知觉和意识识别、多模态、大语言模型应用等技术。对于衡器企业在物联网应用的归因决策、兴趣管理和产品技术发展预测起到关键作用。

目前我国衡器行业中，已有不少足有远见的衡器企业，除了不断提高已有产品的技术含量，抢占市场制高点外，在打破传统衡器产品边界，开发衡器周边相关的边缘产品、甚至跨入开发边缘行业的工业产品上，为我国衡器工业如何走出产品的需求困境迈开了足有成效的关键一步。

## 7 结语

本文从元宇宙的概念出发，举例讲述了工业元宇宙的分阶段演进和各种落地应用，并结合衡器行业的特点，具体提出了衡器工业如何与工业元宇宙

分阶段对接的课题。目前我国衡器制造企业对于工业元宇宙的认知大多处于启蒙、起始或准备规划阶段，期望本文能够促进我国衡器工业发展渐进式升级，使得衡器工业元宇宙逐步进入元宇宙系统，甚至步入工业元宇宙优化阶段，跟上我国和世界工业元宇宙技术发展的步伐。

## 参考文献

- [1] 凌玲.《互联网3.0时代，文旅元宇宙的机遇与挑战》.北京信息化协会，2022，07.
- [2] 邢杰.元宇宙教育《第一、二讲：2022秒懂元宇宙》2022.
- [3] 工业元宇宙的概念《百度文库》2022.
- [4] 陈日兴，“工业互联网+衡器应用综述”2018.
- [5] 陈日兴.“人工智能赋能我国衡器工业发展”2020.
- [6]《百度文库》，“数字孪生的概念”2020.
- [7] 张羽.《漫谈元宇宙之三工业元宇宙应用场景演进》标准化研究院软件应用与服务研究中心创新发展研究室2023.
- [8]《工业元宇宙应用场景规划（智能制造部分）》上海宝钢，2023.

## 作者简介

陈日兴（1946—），男，享受国务院颁发政府特殊津贴工程技术类专家。原任上海大和衡器有限公司总工程师，现任《衡器》杂志编委会副主任委员、中国衡器协会发展战略咨询委员会委员、中国衡器协会专家技术委员会顾问、中国衡器协会团体标准技术委员会顾问。2019年荣获中共中央、国务院、中央军委联合表彰颁发的国庆70周年纪念奖章。研究方向：衡器产品研发与标准、计量。国内、外发表技术论文110余篇。