

浅析数字孪生在钢铁行业中的应用

曹宇

(宝钢工程技术集团有限公司 上海 210999)

摘要: 数字孪生是推动钢铁行业数字化转型的关键技术之一,但该技术在钢铁行业中的应用还处于起步阶段。为进一步推动数字孪生在钢铁行业的发展,首先对数字孪生的起源、定义及关键技术包括但不限于物联网技术、建模和仿真技术等介绍。然后从场景及性能角度阐述了数字孪生的应用,场景数字孪生包括工厂级和产线级数字孪生,而性能数字孪生所描述的是设备级数字孪生。最后分别从钢铁企业基地级、工厂级、车间级、设备级四个层面展望数字孪生在钢铁行业中的应用愿景。

关键词: 数字孪生; 仿真技术; 钢铁行业; 应用

0 引言

随着我国信息化建设速度日益加快,建设程度逐渐加深,包括大数据、云计算等在内的多项信息技术在各行业生产运营中发挥的作用越来越明显。人工智能、区块链等创新技术的广泛应用,在加速全球经济结构重塑和资源重组的同时,也对全球竞争格局的改变产生了重要影响。2021年10月18日,习近平总书记在第三十四次政治局学习会议中强调了数字经济发展的必要性,并将把握发展规律和趋势视为推动数字经济健康发展的关键。在这一背景下,作为数字经济的最高阶段形式——“数字孪生”自然受到更多关注。

1 数字孪生介绍

1.1 数字孪生起源

数字孪生(Digital Twin)一词最早出现在美国密歇根大学的一堂产品全生命周期管理课程上(2002),由当时的任课教师Grieves所提出。但当时“数字孪生”一词还没有被正式提出,Grieves将这一设想称为“Conceptual Ideal for PLM(Product Lifecycle Management)”,这一设想包含了构成“数字孪生”的所有元素:现实空间、虚拟空间、数据流连接(现实-虚拟)、信息流连接(虚拟-现实,虚拟子空间)。“数字孪生”概念的正式提出,是在NASA的一篇技术报告中(2010),当时被定义为“以多物理量、多尺度、多概率为基础,具有集成性的系统或飞行器仿真过程”。其后几年,数字孪生多被应用在航空航天领域,如飞行器故障预测等。

1.2 数字孪生定义

目前,数字孪生并未形成统一的定义。各专家学者

及企业、组织都对数字孪生的理解莫衷一是,比较有代表性的观点如下。

陶飞等认为,数字孪生这一技术手段不仅具备了多物理、多尺度和多学科等属性,同时还具备实时同步特点,以及忠实映射和高保真度等优势特征。

张霖等认为,数字孪生更像是一个基于物理对象的数字模型,它能够根据目标对象所“提供”的数据进行实时演化,从而与物理对象在全生命周期保持一致。凭借其所具有的分析、预测、诊断、训练等功能,把被输出的仿真结果反馈给目标对象,进而达到优化物理对象的目的。

1.3 数字孪生关键技术

随着物联网、人工智能等新一代信息技术的蓬勃发展,数字孪生的落地已逐渐成为可能。基于目前对数字孪生的理解,笔者认为数字孪生主要包含了四项关键的技术即物联网技术、建模与仿真技术、大数据与人工智能技术及XR人机交互技术。

1.3.1 物联网技术

物联网能够为物理空间和虚拟空间的数据交互提供连接。在多种数据采集方式支持下(如射频识别等),物理世界的整体感知性通过物联网得到进一步增强。同时,在网络技术和网络环境作用下,孪生数据的可靠性、高效性和实时性也通过物联网平台得到不同程度的提升。

1.3.2 建模与仿真技术

在众多技术中,建模与仿真被认为是建立数字孪生最核心的技术。“建模”对象不仅限于物理实体的几何外形与结构,也包括其内部运行机理、软件与控制算法等信息,从而进行全数字化建模。根据应用领域的不同,

有的利用 Inventor、NX、CATIA 等三维软件进行建模，也有的利用三维点云、倾斜摄影结合 Revit、Bentley 等软件进行建模。其中，仿真是验证模型的关键方法。在建模准确且感知数据完整的前提下，仿真可以基本准确地反映物理实体一定时段内的状态。

1.3.3 大数据与人工智能技术

在数字孪生描述性表达，以及诊断、预测、决策功能实现过程中，大数据技术与人工智能技术发挥了极为重要的作用，被认为是上述功能得以充分实现的关键。具体而言，在大数据技术支持下，更多被物联网采集到的数据信息价值可以得到更好挖掘，而人工智能则以大量的数据作为预测与决策的基础，利用机器学习、深度学习等算法进行数据价值化的应用。对于数字孪生来说，它能感知大量来自物理实体的实时数据，借助各类人工智能算法，训练出面向不同需求场景的模型，完成后续的诊断、预测及决策任务，甚至在物理机理不明确、输入数据不完善的情况下也能够实现对未来状态的预测。

1.3.4 XR 人机交互技术

扩展现实(XR)人机交互技术包括虚拟现实(Virtual Reality, VR)、增强现实(Augmented Reality, AR)和混合现实(Mixed Reality, MR)，被称为未来虚拟现实交互的最终形态。虚拟现实是利用计算机生成一种模拟环境，使用户完全沉浸在虚拟世界中。增强现实是对现实世界更多维度的扩展，将虚拟世界叠加到现实世界中，为用户提供额外的情境感知信息，从而实现超越现实的感官体验。混合现实则将现实世界叠加到虚拟世界中，允许用户能够用像在现实世界中一样的方式与数字信息或对象进行交互，从而将环境变得更加丰富且更接近现实。此技术目前常用于数字化远程培训等应用场景中。

2 数字孪生应用

近年来，随着研究的深入，数字孪生广泛应用在多个领域，并取得了一定的应用效果。从应用对象来看，数字孪生可服务于装备/部件级的性能分析、产线/流程级的生产方案验证及生产过程可视化、工厂/城市级的三维场景可视化与沉浸式体验。基于此，笔者认同重庆大学杨帆教授的观点，把数字孪生的应用分为两类：场景数字孪生、性能数字孪生。

2.1 场景数字孪生

场景数字孪生包括工厂级和产线级数字孪生，其不涉及仿真或仅涉及位移、角度等仿真。工厂级数字孪

生一般利用三维可视化等技术，将工厂的人员、机器、物料、生产计划等数据以可视化的形式展示出来。工厂建设前期用以辅助设计人员进行设计规划；工厂运营阶段方便管理者监控、管理生产过程中的环节，加强信息化管理，提高生产和管理效率，辅助管理者决策。产线级数字孪生一般是利用流程仿真实现产线数字化，对产线的运行进行态势的预测分析以及对产线运行参数分析、调优与控制，达到最佳的生产节拍、生产效率与最低能耗。

2.2 性能数字孪生

性能数字孪生所描述的是设备级数字孪生，其涉及多物理场仿真。对于设备级数字孪生来说，首先要确保已对物理设备建立了高保真度、高稳定性、高可视化的实时仿真模型。仿真模型通过接入实时数据，能够真实地反映出物理设备的运转过程和工作原理。对于产品研发人员来说，利用数字孪生，能够为研发人员设计决策提供支持；协助设计人员预先发现潜在问题，降低设计变更风险、缩短研发周期等。对于运维人员来说，利用数字孪生，可以更直观地了解到设备运行状态，以便于能够及时发现设备的安全故障。基于对实际设备的运行数据分析，也能够为设备提供预测性维护等。

3 钢铁行业中的应用展望

作为传统制造业代表，近年来钢铁行业一直在持续推动数字化的转型。目前，钢铁企业大多已经采用了连续的自动化系统和设备，但和其他制造行业相比，仍然需要用先进的数字化技术取代老旧的技术及管理模式，来解决钢铁行业所面临的各种挑战。这种挑战既包括客户的需求变化，也包括行业内竞争所带来的压力，还有在碳达峰碳中和背景下的转型压力。

针对钢铁行业当前存在的问题，国家从顶层设计角度为钢铁行业的发展提出了战略规划。2022年2月7日，工信部等联合发布的《关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见》(以下简称《意见》)鼓励钢铁企业跨区域、跨所有制兼并重组，改变部分地区钢铁产业“小散乱”局面，增强企业发展内生动力。依据《意见》对钢铁企业的发展规划，未来钢铁企业将会朝着“一总部多基地”的模式发展。本文分别从钢铁企业基地级、工厂级、车间级、设备级层面对数字孪生的未来应用进行展望。

对于基地级来说，利用GIS、BIM技术打造三维可视化的基地级数字孪生，通过整合基地内各种数据资源，为基地的规划、运营等提供重要的技术支撑。基地级数字孪生用于工厂规划设计、工厂设施设备管理和

企业运营管理等方面。例如,在基地总图规划时,可以辅助规划设计师确定餐厅、停车场、应急救援等生产生活服务设施的空间布局和服务范围等;对于物流来说,能够对汽车、码头、仓库等物流动态全局进行管控,便于优化调度等;对于安防、能效管理等多场景提供类似于基地安防监测部署、能源信息动态监控等多种智慧应用。

对于工厂级来说,在工厂概念设计阶段,设计人员可以利用数字孪生搭建数孪模型,从相似工厂中获取所需要的历史数据,进行模拟、测试、更改,并最终验证设计选择,得到最优布局来建立实体工厂。在工厂运营阶段,企业利用 Inventor、Bentley 等三维软件对工厂、设备等进行不同精细度的三维建模,集成工厂的工程信息和运维信息,结合 3D 可视化技术把工厂全生命周期管理数据进行不同维度的三维可视化展示。利用物联网技术接入工厂现有 MES、设备监控系统或通过设备传感器采集现场实时数据,通过数字孪生技术实现虚实映射,把控工厂、产线和设备的生产、能耗、质量等的实时状态。这样管理者能更直观了解工厂车间运转状态,实现厂区工序流转的全方面监控管理。

对于车间级来说,利用数字孪生可以对现有产线的历史数据进行分析,包括对生产节拍、生产效率、生产能耗等关键参数进行定量分析,根据分析结果为现有产线的技术改造以及新产线的建设提供最优方案。同时也可以利用数字孪生接入产线的现场数据,在不同工况下对产线的主要参数进行分析,提供最优的生产工艺控制方案,对产线进行实时调优,达到产线运行优化的目的。

对于设备级来说,利用数字孪生,使物理空间的设备实体与孪生模型之间数据的传递达到实时同步的程度,将数据驱动模型融入物理世界的仿真数字模型中,对设备实体进行全周期的动态监控,对所涉数据进行分析、理解,并对已发生的问题做出诊断、预警及调整,实现对设备的状态跟踪、异常报警、健康评估、寿命预测、问题诊断等。这能有效地提高设备在设计、生产、维护、维修等环节的效率。

目前中国钢铁行业已由高速增长向高质量发展转型。新一代信息化技术数字孪生的使用,可以帮助钢铁企业实现可视化的工厂、产线、设备、生产流程等

的完美规划,使整个生产过程达到最优控制;通过不断优化业务运营,满足市场需求,提升生产能力,降低运营成本,从而在转型过程中赢得先机。

4 结语

本文对数字孪生的起源、定义及关键技术进行了简要介绍,并基于钢铁行业“一总部多基地”的模式发展,分别从钢铁企业基地级、工厂级、车间级、设备级层面,对数字孪生在钢铁行业中的应用愿景进行展望。数字孪生作为钢铁行业数字化转型的关键技术,在钢铁行业的一些实际项目中已有初步应用,但仅限于监控、预测性维护等有限的应用场景中,还有更多的应用场景值得继续探讨和研究。随着新一代信息技术的快速发展以及国家和行业层面的政策扶持,数字孪生在钢铁行业将拥有广阔的发展前景。

参考文献:

- [1] 刘秀,赵东兴,陈定.数字孪生助力制造领域数字化转型发展[J].科技与创新,2021(24):73-74.
- [2] Grieves M,Vickers J.Digital Twin: Mitigating Unpredictable,Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems[J].Springer International Publishing,2017.
- [3] 数字孪生应用白皮书[R].中国电子技术标准化研究院,2020.
- [4] 陶飞,刘蔚然,刘检华,等.数字孪生及其应用探索[J].计算机集成制造系统,2018,24(01):1-18.
- [5] 张霖,陆涵.从建模仿真看数字孪生[J].系统仿真学报,2021,33(05):995-1007.
- [6] 陶飞,张贺,戚庆林,等.数字孪生十问:分析与思考[J].计算机集成制造系统,2020,26(01):1-17.
- [7] 王巍,刘永生,廖军,等.数字孪生关键技术及体系架构[J].邮电设计技术,2021(08):10-14.
- [8] 杨帆,吴涛,廖瑞金,等.数字孪生在电力装备领域中的应用与实现方法[J].高电压技术,2021,47(05):1505-1521.

作者简介:曹宇(1989.12-),男,汉族,天津人,硕士研究生,工程师,研究方向:智能制造、信息化。