

简析数字孪生在智能制造中的应用

宋浩鸿

DOI:10.12238/acair.v1i1.5874

[摘要] 智能制造是基于新一代信息通信技术与先进制造技术的深度融合,贯穿设计、生产、管理、服务等制造活动环节,具有信息深度感知、智慧优化自决策、精确控制自执行等功能。数字孪生在智能制造中的应用具有重要意义,其能够实现物理对象和虚拟模型的相互映射,提升物理实体虚拟化和信息化的发展程度。并且数字孪生是智能制造工厂中不可或缺的一部分,能够对制造设备和生产线进行虚拟化处理。

[关键词] 数字孪生技术; 智能制造; 作用; 发展; 应用

中图分类号: TN711.5 **文献标识码:** A

Analysis of the Application of Digital Twins in Intelligent Manufacturing

Haohong Song

[Abstract] Intelligent manufacturing is based on the deep integration of the new generation of information and communication technology and advanced manufacturing technology, running through manufacturing activities such as design, production, management, and service. It has functions such as deep information perception, intelligent optimization and self decision-making, and precise control and self execution. The application of digital twins in intelligent manufacturing is of great significance. It can realize the mutual mapping between physical objects and virtual models, and improve the development of virtualization and informatization of physical entity. And digital twins are an indispensable part of intelligent manufacturing factories, able to virtualize manufacturing equipment and production lines.

[Key words] digital twin technology; intelligent manufacturing; effect; development; application

目前,数字化技术能力随着信息通信技术的成本降低和传感器的小型化显著提升,能够集成到大多数产品中。数字孪生技术在智能制造中的产品个性化设计、生产、制造以及探究制造车间虚拟化的机制与实现方法中有着广泛地应用。我国研究学者陶飞认为,数字孪生是产品生命周期的重要构成要素,科学应用生命周期中的有效数据、模拟数据以及两者之间的交互数据,才能映射产品的实际情况。

1 数字孪生技术的概述

数字孪生技术可以使工业领域的产品生命周期管理流程延伸到设备生产、操作的现场,从而建立起一个完整、闭环的“设计-制造-运营-优化”的产品周期。数字孪生的概念起初是由三个部分组成,即真实、虚拟空间以及两者之间的数据连接,但当时还没有确定“数字孪生”的具体概念。2010年,迈克尔教授在自己的著作中正式为其命名。因为在制造系统中物理对象的种类和展现形式较为丰富,所以对应的定义较为多样化。例如,美国航空研究实验室认为,它是一种仿真的模型,能够在飞行器或者系统中得到应用,并且具备多样化的物理场、概率以及尺度。在运用中应该贯彻科学的理念,提升系统中历史数据、传感器数

据以及物理对象模型的应用效果,这样才能直观地反映实体的使用状况、所处状态和预测未来演变趋势。2018年,国际上又提出新的研究概念,数字孪生能够对产品进行全面数字化处理,它可以有效模拟系统在稳定环境中的运行状况。

2 数字孪生技术在智能制造业中的作用

数字孪生物的主要目的是通过对物理实体进行数字化和模拟化,在数据基础上形成与现实物体等比例的虚拟物,从而达到对物理实体全寿命各项特征的实时把握和预知。所以,构建物理实体的数字化模型是实现数学双孪生的核心问题。但由于实际中面临的模拟课题,常常包括多物理量、多维度的多源异构数以及从多学科的综合问题,所以,在数学双胞胎体的模拟问题中,不可仅仅关注于单个维度、单一物理量数据以及从单个学科视角的模拟问题,若要达到高度逼真模拟则需要从多维度、多物理量以及从多学科混合模型的视角考虑。如果说模型是对物理实体或现象的某种概括和抽象理解,模拟便是对这些概括和抽象是否真实的检验。所以,模型的仿真技术是实现数学双胞胎体对物理实体真实反映的关键。对于结构很复杂的一个孪生的体系,如果仅仅单纯通过对物理模型进行其硬

性建模,往往也只能获得较差的模拟效应。而如果单纯通过机器学习、深度学习等由信息驱动模型手段处理更复杂的系统模型问题,则因为机器学习与深度学习的模型原理就如同黑盒子,而没有对模型机理描述,因此更容易产生对整体模型无法理解的现象。

3 智能制造技术发展的分析

智能制造是一种源于人工智能的研究,在智能制造中,分别有智能制造技术和智能制造系统来组成智能制造。智能制造技术是一种通过对计算机系统的利用来讲制造过程中存在的问题进行有效的管理,比如在企业进行制造的过程中存在的工作环节和流程可以进行智能化控制,帮助企业人员更好的管理制造工作的进行,通过计算机系统中留下的数据和工作流程制定来进行制造管理,智能化的控制制造环节,保证企业的制造生产可以更好的进行,有效的减少了人工生产中存在的失误等情况的发生。

智能制造技术随着科技的发展已经愈加成熟,在企业的生产活动中已经开始得到了更多的应用,有效的帮助企业进行生产管理,提高了企业的生产效率,帮助企业可以更好的利用智能制造技术来进行有效的生产。除开智能制造技术,智能制造系统在企业中也有更多的应用。智能制造系统作为一种一体化的智能系统,有效的利用专家和智能机器进行协同工作,并且在智能制造系统进行智能制造工作时由专家进行智能制造机器的管理工作,是一种智能制造技术的发展研究,在有效利用数字孪生技术的情况下进行智能制造工作,可以帮助企业利用智能制造系统来将整个生产过程进行智能化和统一化,并有效的将自动化技术融入其中,帮助企业产品制造可以更好的通过对智能制造系统的利用来进行制造工作,同时节省了人力资源成本,减少了对工人的需求。

4 数字孪生在智能制造中的应用分析

4.1 数字孪生在生产车间的应用

传统生产车间的各要素大多依靠工人管理,而所有数据信息也大多通过人工录入、计算、检索、使用和分析,由此造成了数据品质较差、利用率低下、无法即时跟踪实际的生产状况等问题。为解决这种问题,对部分工作实行了数字化、系统化的管理模式,将部分数据采集工作做到了自动化,但只是远达不了现实车间和虚拟车间之间的信息交流与共融。正是根据这种问题,陶飞等人提出了数字的孪生车间。DTW通过集合物理学现实空间和虚幻空间结构中各过程、各业务领域的有效性数据分析,在厂房内孪生模式和双胞胎数据的双重驱使下,不断更新和改进物理厂房的生产经营要素管理体系、生产规划、工艺流程以及工业生产经营活动,以便于在满足降低成本、产品质量、自身产生效益等约束要求下,实现一种厂房工业生产经营活动中的最佳生产经营模式。

4.2 数字孪生在智能制造产线运行中的应用

智能制造设计环节中最困难的就是验证工作,而利用数字孪生能提升验证工作的效率和准确性。其利用系统中的数据进

行科学分析,在智能制造中把存储的数据进行复制,然后就能立即进行使用,这样能够减少资源损耗,提高各个机械设备之间的连接速度。对调试阶段的数据进行优化,能提高生产的先进性,能降低能耗和损耗、提升装置的产量等。

要想提升产线的数字孪生的发展水平,就需要加强以下的工作:第一,以设备数字孪生为基础,把多个数值模型汇集到同一个虚拟空间中。应该提升计算机的内部配置,以便数据能够大批量导入。在构建中提高系统的优化程度,确保数字孪生能稳定运行。第二,在运行中进行有效的力学控制,为数字模型增加物理属性,建立系统的重力场。第三,需要设备多个开发通讯口,把各个数据汇集到整个中央控制器中,利用数据库进行信号匹配工作,从而实现多个视觉系统进行有效控制,利用数据库的驱动作用,引导机器人进行工作。第四,集成和协同网络的能力。汇集每个设备中的运行数据,明确零部件的使用次数,利用云技术进行数据统计,判断设计时序和节拍是否合理,检测关键数据是否准确,从而达到数字孪生管理和维护的目的。

4.3 数字孪生在智能制造设备运行中的应用

在原有模式中单机制造的流程为:根据方案进行结构布局、智能设备设计、明确运行程序,进行软件设计、系统调试以及正式投入使用。而数字孪生就能有效简化制造的流程,在设计阶段利用信息技术,构建一个数字化的真实模型,把设计、程序、软件等环节汇集到一起,利用虚拟情境检验制造的流程。如果在模拟中出现的问题,只需要直接在模型中修改就可以。例如,机械设备出现偏差,需要结合情况改变结构参数、运输带的位置等。之后再次执行操作,保障这次能够正确地完成任务。在经过多次的调试后,就可以把虚拟设备中的数据直接映射到样机中,加强现场调试工作的先进性,提升工作效率。

虚拟样机构建的一般环节:第一,构建数字模型。利用图纸文件编辑软件,在智能装备设计的阶段就能完整地构建真实的数字模型,其中包含产品的外在结构、内部的零件尺寸大小以及需要安装位置等。第二,优化虚拟信号。图纸文件编辑处于平面的状态,但是智能制造工作是动态的,所以要利用仿真技术对其中的各个组件进行运行定义,设置虚拟信号的运行参数、范围和限制等,稳定样机的状态。在这个过程中数字孪生和物理实体的运行状态得到高度的统一。第三,加强信号连接。利用PLC构建软连接和硬连接,先利用仿真模型自身的特征,能够进行软与软的连接。第四,调试操作。能够根据仿运行中存在的问题进行调节,从而保障制造工作的正确性和完整性。

4.4 数字孪生在智能制造工厂运行中的应用分析

数字孪生在智能制造工厂中的有效应用,能够实现对整个物流系统进行有效控制,对制造规划、产品质量、材料资源以及人力资源进行统一的数字化管理。在对材料管理时应该协调好出入库工作,定期进行盘点,在数字化系统中能够查看材料的数量变化。利用MES技术建立模拟物料,这样就能让虚拟世界和现实世界同步发展,一旦在运行中出现的问题,就能在系统中准确定位出问题的具体位置。在生产中把计划发到系统中,利用数字模

型编写生产指导书,为模型和生产计划构建联系,即使生产中出现变化条件,也能立即应对。

5 数字孪生技术在智能制造中的发展趋势

5.1 设备全生命周期智能化管理

数字孪生技术通过采集整合设备开发、生产、保养、报废、再利用等整个产品生命周期数据,并进行设备可视化模拟,在虚拟空间中等比例地形成了目标物体的虚拟实物,同时利用VR技术进行人机沉浸式互动,以掌握设备的真实情况;并运用机械学习、深度学习、强化教学等新一代人工智能方式,实时监控检测设备寿命的全过程情况。数据双胞胎服务平台通过各种专家和各类技术反馈的数据,对现实系统和虚拟实体进行创新与优化。所以,在系统整个寿命内,数据双胞胎是有相当程度上具备的自认知、自学习和管理的功能将有机会代替部分人工专家的大脑劳动,对现场出现的难题给出解决办法,帮助研发技术人员克服困难,进而在达到相当高度智能水平的同时,减少技术研发成本、提升生产效率和品质、建立良好的维修计划和报废制度、延长设备寿命和减少产品管理问题等,这也正是数字孪生技术在设备安全寿命智能控制中的发展目标所在。

5.2 设计方面发展

人们在云平台中规划设计平台的支持及相关知识库的辅助下,经过协同设计,完成产品的设计工作,创建产品的设计模型——数字孪生体,现在这个数字孪生体还处于原始状态,经过一系列的运动学、动力学等多物理性方面的仿真优化(或由第三方提供技术服务),确定初步的设计及加工工艺方案,然后在云平台层中利用制造工厂的虚拟工厂进行虚拟制造,对可制造性进行仿真验证;利用虚拟使用环境,对可使用性进行仿真验证。经过这些仿真验证之后,就可进入生产阶段。这时数字孪生体含有产品实体特征和制造出自己所需所有信息。目前支撑这个阶段的数字孪生关键技术主要有:MBD、多物理性多尺度性仿真、高保真建模及模型轻量化技术。

5.3 生产方面发展

生产任务通过云平台中的生产管理平台进行管理,并将有实时性要求的调度及控制任务交于边缘层管理控制。产品制造是虚实融合的过程,物理工厂的数字孪生运行在云平台的虚拟空间中。物理工厂中的设备以及由传感器组成的物联网IoT位于现场层,通过低时延网络如时间敏感性网络TSN、5G等,以OPCUA等协议标准与边缘层进行数据交换,这些多源数据需要不同的处理,一方面有些数据直接与数字孪生体控制维度方面的模型交互,得到预测的数据,在控制周期中完成对加工过程的优化控制,实现以虚控实;另一方面边缘层对这些数据进行筛选和过滤,传输到平台层,驱动云平台中的虚拟工厂同步运行(虚实互动),并存储在大数据库中,为知识挖掘提供数据源,对加工过程进行非实时的预测及优化。这个阶段的关键技术主要有:多源传感数据的实时虚实融合、基于模型的控制。

6 结束语

综上所述,数字孪生技术作为实践智能制造理念的技能技术与手段,能够有效解决智能制造的信息物理融合难题,已成为当前世界各国学术界和工业界关注的热点。因此对数字孪生在智能制造中的应用进行分析,能够更好地理解和应用数字孪生技术。

[参考文献]

- [1] 黄海松,陈启鹏,李宜汀,等.数字孪生技术在智能制造中的发展与应用研究综述[J].贵州大学学报(自然科学版),2020,37(05):1-8.
- [2] 张伟.数字孪生在智能装备制造中的应用研究[J].现代信息科技,2019,3(08):197-198.
- [3] 陈健.基于数字孪生(DigitalTwin)的A船舶企业制造全生命周期管理研究[D].南昌大学,2020.
- [4] 李小龙.基于数字孪生的机床加工过程虚拟监控系统研究与实现[D].电子科技大学,2020.