

数字孪生在智能制造领域的应用

周彦妮 李 辉 李俊达 董有为

(浙江工贸职业技术学院, 浙江 温州 325026)

摘要: 伴随着制造业的发展, 产品的组成构件变得更加精密, 结构也更加复杂, 而在制造业转型与升级背景下, 智能化生产显示出强大的发展潜力。智能化生产具有智能化生产能够处理生产制造环节的海量信息, 在推动制造技术的发展方面显现出非常重要的作用。而数字孪生是人工智能时代机器学习、智能制造的先进代表, 越来越受到世界各国的高度关注与大力扶持, 本文探讨了数字孪生在智能制造领域的应用。

关键词: 数字孪生; 智能制造; 生产制造; 应用研究

伴随着智能制造的发展, 数字孪生技术利用传感器对物理实体对象展开数据采集, 然后在信息化数字平台上建立一个物理实体对象的镜像, 通过系统内部的自我学习、分析、决策和执行来模拟物理实体对象的实时状态, 将复杂的产品研发、生产制造和运营维护转化成数字化指令, 使得生产制造更为精准、高效。数字孪生技术作为 CPS (Cyber-Physical System) 建设中最好的技术, 正日益得到国内外的重视和支持。国内各大科研院所、企业针对不同的应用对象, 纷纷提出了自己的数字孪生概念, 并初步建立了相应的数字孪生模型。但是, 目前该技术在智能制造中的应用还处在起步阶段, 还没有得到实际应用, 特别是在复杂装备的状态评估与预报方面, 还缺少相关系统支持与关键技术的指导, 亟待在关键技术上进一步突破。

一、数字孪生的含义

数字孪生是指以数字化技术为物理实体构建一个数字化的复制品, 将物理实体在虚拟仿真环境下进行抽象表示, 也就是在虚拟环境下建设一个“镜像空间模型”。数字孪生由三个主要的部分组成, 分别是在实体空间中的实体产品、在虚拟空间中的虚拟产品以及在实体空间与虚拟空间之间的数据交互界面组成。

数字孪生可以在物理实体的整个生命周期内, 从不同角度和不同时期对物理实体的各种属性进行实时控制和预测。所以, 数字孪生的关键技术是对实体进行数字化建模。伴随着技术的发展, 数字孪生系统的建模不再局限于单一尺度、单一物理量和单一领域的建模, 而是涉及多物理量、多尺度、多源异构、多领域模型的融合, 进而实现高精度的模拟。

数字孪生的实施流程: 首先, 对所模拟的目标进行多物理量和多尺度的数据收集, 以获得符合模拟需求的数据, 并将数据进行清洗、集合, 并将其导入到模拟模型中; 之后由计算机系统对数据进行处理, 构建出与物理实体等比例的虚拟实体; 最后通过系统服务平台, 可以实现与虚拟实体的沉浸式互动, 可以对虚拟实体的运行状态进行实时监控和预测, 还可以对真实物理实体进行实时调整与完善, 并实时更新虚拟体, 在物理实体的全生命周期内对其进行映射与反馈调整的功能。

二、数字孪生的关键技术

(一) 仿真技术

仿真技术是对物理实体或问题进行抽象化表示, 所以, 仿真技术是确保数字孪生技术模拟的数字化复制品对物理实体真实映射的关键。对于具有复杂结构的物理实体, 单纯采用物理分析方法进行硬建模, 往往会导致仿真结果不理想。若将机器学习、深度学习等建模手段应用进去则能够解决复杂建模的难题。针对高复杂度的数字孪生系统, 必须加强对其结构、工作机理、环境影响因子等的建设, 并采用数字化学习的方式, 实时地更新和修正模型, 从而实现良好的数字仿真效果。

(二) 虚拟现实 (VR)

VR 技术可以对目标对象的结构、机理、运行状态、变化趋势、发展状况等信息进行映射, 将上述信息映射在三维立体空间中, 以三维空间与信息需求者进行互动, 为信息需求者带来逼真的感官体验。应用虚拟现实技术, 数字孪生技术可以使得设备管理者与虚拟体之间进行信息交互, 给设备管理者打造沉浸式的交互体验。虚拟现实技术能够为企业提供最直观的设备运行状况信息, 增强企业的安全与可靠性, 提高生产管理的可靠性、维护效率, 延长设备的使用寿命。

(三) 数据采集和数据传输

数据采集与数据传输是数字孪生技术的基础, 数字孪生技术依靠所采集到的精确的数据则对物理实体进行准确刻画, 通过高效的数据传输效率来保证数字孪生技术的效率。因此, 在一些极端条件下, 在要求高精度的观测时, 数字孪生对传感器的性能和稳定性提出了更高的要求。要实现虚拟体对目标系统状态的实时追踪, 虚拟体反馈信息的及时传递, 以及目标系统的及时执行与更新, 则要求数据的高速安全传输。当前, 在实际应用中, 传感器的测量精度、稳定性、可靠性等方面还有待进一步提高, 同时, 数据采集与数据传输方法也有待于进一步的创新与发展, 以适应数字孪生的需求。

(四) 强大的计算能力

随着制造装备水平的不断提高, 智能制造生产过程中的数据呈指数级的爆发式增长, 使得传统的数据处理方式与处理能力已

无法适应数字孪生技术对被测对象的多种状态进行实时显示的需求。随着云计算的快速发展,云端—边缘端协同计算的数字孪生服务平台表现出了巨大的计算能力,可以有效地满足数字孪生的计算容量要求。在此背景下,边缘端能够及时对部分局部数据进行处理,而云则能够对所有边缘端融合后的整体数据进行计算,有效解决海量数据处理问题。

(五) 其他关键性技术

除了上述所述各项技术外,物联网、积极学习等也是数字孪生技术发展的基础。机器学习的人工智能逻辑能够迅速优化数字孪生技术的使用性能与计算速度,大数据处理技术能够对高维数据进行降维,可以有效地降低数据的冗余性,同时还可以加快运算速度。

三、数字孪生在智能制造领域中的应用

(一) 在生产制造中的数字孪生技术

在传统的生产制造环节中,所有环节都是依靠人工来进行处理的,生产过程中的各项数据信息都是依靠人工来记录、统计、查询、使用和分析,这就造成了数据利用率不高、处理质量不高,不能对真实的生产状况进行实时的跟踪。针对此问题,一些生产企业采用了数字化、系统化的管理方式,推动数据采集工作向智能化发展,但还无法实现数字化系统与虚拟车间之间的实时互动与共融。数字孪生车间(DTW)则解决了这一难题。数字孪生车间是将实体空间与虚拟空间中各流程、各业务的有效数据进行融合,通过车间孪生模型与孪生技术的双重驱动,将实体车间的生产流程进行优化,在成本、质量与效率方面获得优化提升。

在航空等要求精细化生产的领域,数字孪生技术已经有了较为成功的应用。航空发动机属于高复杂性产品,其设计与开发往往在极端工况下进行反复实验。由于航空发动机的设计开发周期长、成本高、风险大,采用数字孪生技术,将物理实体按比例地建模为虚拟实体,并对整机、子系统和零部件的设计模型,通过仿真软件对其进行了结构强度和性能的分析,能够有效降低研发成本,缩短设计周期。

数字孪生车间是通过中枢系统进行控制和调节,应用数字孪生技术后,工程可以实现全过程控制。系统可以预先整理和分析各种信息参数并模拟流程,在对获取的数据进行组合应用,使得智能制造满足实践应用需求。数字孪生车间可以全方面覆盖各个控制系统,有效提升智能制造的生产效率,减少生产成本,保证整个生产过程顺利进行。

人机界面呈现智能制造过程中的各项数据,计算机将数据变成设备能够识别的指令,保证能够按照规定完成生产,之后系统将分析得到的结论传输到人机界面,工作人员根据反馈来的数据给出可行性方案,从而有效保证各项决策顺利执行。数字孪生技术可以应用于广泛的领域,根据任务来编制相应的规划,现已在钢铁、汽车、服装、家具等许多的领域得到广泛应用。

通过数字孪生技术优化智能制造使得智能制造具有更高的轻巧性和便利性,便于对整个流程进行维护和管理,明显提高可靠

性和实用性。总之,在具体的生产加工过程中,通过应用数字孪生技术,并与其他技术相结合,可以明显减少生产过程中所需的人力和资金投入,进而有效提高企业经营效益。

(二) 对设备的生命周期管理

为了保证生产安全高效地运行,在日常工作中,要对智能制造系统与设备进行定期维护,对设备进行仔细检测,及时发现设备存在的安全问题,并对故障因素进行分析,及时采取相应的方法进行维修。如果没有发现智能制造设备存在问题,需要对本次基础检查工作做好各项参数的详细记录,为后续设备在使用过程中出现故障时提供参考数据。而数字孪生技术可以对设备研发、制造、维护、报废、回收等全生命周期的数据进行收集和整合,从而对设备进行数字化建模,并在虚拟空间中将目标对象的虚拟实体进行中比例地构建出来,再利用VR技术来实现人机沉浸式交互,从而对设备的实时状态进行掌控。

四、数字孪生技术在智能制造领域的发展趋势

近年来,随着“工业4.0”“中国制造2025”等战略的提出,数字孪生技术得到了迅速发展。我国近年来大力扶持大数据、人工智能、工业互联网等新兴产业,而这些产业和技术是数字孪生技术的基础,将会为数字孪生的发展奠定坚实的基础。当前,5G时代已经开启。5G时代是以人工智能、虚拟现实、大数据为代表的技术成熟和应用时代。随着5G技术应用的越来越深入,数字孪生技术必将迎来更好的发展前景。5G技术下的大宽带、低延时的网络使得数据传输效率进一步得到发挥,使得数字孪生技术进一步突破。在5G时代下,将有更多的生产制造环节通过线上来完成,进一步提高生产效率。在未来,我们还要继续关注数字孪生在智能制造领域的应用及研究,更好地推动智能制造领域的发展。

五、结束语

作为现代科技成果的典型代表,数字孪生技术为我国制造业发展提供了良好的发展环境。分析数字孪生技术的发展特点及未来的发展策略对于推动整个制造业发展都具有重要意义。对于目前在数字孪生技术实际使用过程中情况必须引起足够的关注,我们需要进一步深刻地分析这些问题的根本原因,并根据这些原因,制订出一套合理、行之有效的对策,以提高数字孪生技术的使用程度,推进智能制造的深入发展,进而推进整个社会的发展和经济的持续发展。

参考文献:

- [1] 刘育权,宋禹飞,梁锦照,于秋玲.电力设备数字化标准一体化支撑智能制造[J].南方电网技术,2022,16(12):46-53.
- [2] 熊继芬,彭朝晖,倪炳林.基于数字孪生技术的汽车智能制造实训基地建设探索[J].装备制造技术,2022(12):168-171.

浙江工贸职业技术学院科研反哺教学综合研究专项

项目名称:数字孪生技术应用于《工业机器人技术基础》实践教学案例开发研究

项目编号:FB202204