

基于数字孪生的智慧生产线系统架构设计与模拟探究

黄国军

宁波金雨科技实业有限公司 浙江宁波 315000

DOI: 10.12238/ems.v6i4.7292

[摘要] 数字孪生是一种通过在虚拟空间中建立仿真模型, 来模拟真实物体的工作状态, 进而对其进行实时监控与预报的一种方法。在数字化制造技术的持续发展下, 数字孪生 (DigitalTwo-Twin) 在生产过程中逐步引入, 通过虚拟仿真与优化调度, 提高生产效率与品质。本论文主要研究了基于数字孪生的智能生产线的体系结构设计和仿真, 通过对数字孪生技术在生产制造领域的应用现状和存在的问题的分析, 并根据智能工厂的建设需要, 提出了智能工厂智能生产线的体系结构、功能结构和具体实现方案, 并结合具体案例分析了其在生产制造领域中应用的可行性。

[关键词] 数字孪生; 智慧生产线; 系统架构; 模拟探究

Design and Simulation Exploration of Intelligent Production Line System Architecture Based on Digital Twins

Huang Guojun

Ningbo Jinyu Technology Industrial Co., Ltd. Ningbo City, Zhejiang Province 315000

[Abstract] Digital twin is a method of real-time monitoring and prediction of real objects by establishing simulation models in virtual space to simulate their working states. With the continuous development of digital manufacturing technology, Digital Two Twin is gradually being introduced in the production process, improving production efficiency and quality through virtual simulation and optimized scheduling. This paper mainly studies the architecture design and simulation of intelligent production lines based on digital twins. By analyzing the current application status and existing problems of digital twin technology in the production and manufacturing field, and according to the construction needs of intelligent factories, the architecture, functional structure, and specific implementation plan of intelligent production lines in intelligent factories are proposed. The feasibility of its application in the production and manufacturing field is analyzed with specific cases.

[Key words] Digital twin; Smart production line; System architecture; Simulated exploration

引言

在经济发展的背景下, 制造业面临着转型升级的紧迫要求, 如何利用数字化和智能化手段对生产管理进行优化, 是当前制造业面临的一个重要课题。数字孪生 (Digital Twin Technology) 是一种能够实时监控与预警实体运行状况的数字化制造技术, 为企业优化生产工艺、提升产品质量与生产效率提供重要支撑。在此基础上, 本项目提出了一种基于数字孪生的新型智能制造系统, 并利用该系统对工业生产过程中的各个环节进行实时仿真, 为企业提供信息交互、实时监测和高效优化等功能。为此, 利用数字孪生技术建立虚拟车间, 并对其进行最优调度与改善, 是解决该问题的关键。本文通过对数字孪生技术在生产制造领域的应用现状和存在的

问题进行了剖析, 探讨了以数字孪生为核心的智能生产线体系结构设计, 并通过一个具体的实例对其在生产制造领域的应用可行性进行了探讨。

一、数字孪生技术应用现状及存在问题

当前, 数字孪生的研究与应用已经取得了长足的发展, 其实质是对物质在虚拟空间中的运行状况进行仿真, 并对其运行状况进行实时监控与预测。在实际的应用中, 数字孪生在工业设计、产品开发和工程设计等方面得到了广泛地应用。当前, 数字孪生技术作为一项前沿科技, 在国内外学术界和工业界均受到广泛关注。然而在其研究与应用的过程中, 不难发现存在几个主要问题。

首先是理论基础较为薄弱, 缺乏足够深入的理论体系来

指导实践。同时,针对系统架构、功能设计以及实施路径等关键环节,尚缺少成熟的案例可以供其他领域或企业借鉴。其次,技术领域内多学科之间的融合不足。特别是如何将数字孪生技术与人工智能技术、材料科学等其他相关学科相结合,进行深度融合以实现更高效的数字孪生解决方案,这一点上仍有待进一步探索。最后,现有的数字孪生技术虽然已经得到了一定程度的研究,但在标准体系建设和数据交互规范方面还不够完善。这些都限制了该技术在实际应用中的推广和发展^[1]。因此,未来的研究需要着重解决上述问题,为数字孪生技术的发展提供坚实的理论基础,促进跨学科的合作,并建立起完善的技术标准和数据交互机制,以便更好地服务于工业4.0和智能制造等领域的需求。

二、智慧工厂建设需求

针对目前我国制造业信息化建设中存在的问题,将其构建划分为三个阶段:第一,构建基于工业物联网的智能制造体系。第二是在工业互联网的支持下,构建智能制造体系;第三步是以人工智能技术为支撑,构建智能制造体系。其中,第一阶段是对传统的生产流程与设备进行升级,使设备、传感器、控制器等智能终端相互连接;第二阶段是将物联网和工业互联网的深度结合起来,将数字化、网络化、智能化的设备添加到已有的生产体系中,提高其自动化、信息化、智能化的程度;第三个阶段主要是建立基于人工智能技术的智能化生产基础设施,实现数据分析与处理、智能决策与控制、人机交互等功能。

三、工厂总体架构设计

在构建智慧工厂时,工厂整体结构的设计是一个非常关键的部分,它有助于企业经理对工厂的生产、物流等各个环节进行整体的规划与布局。在传统企业中,车间是企业生产活动的中心环节,是企业最重要的构成部分。为进一步提高车间的生产率,必须对其进行改造。该系统的整体结构设计包括三个部分:首先,实现了车间与其它设备的有机结合;其次,在生产现场对智能化装置进行管理;最后,通过本项目的研究,达到优化制造过程、提高制造效率的目的。通过这三个方面实现车间的信息化升级,从而促进工厂整体智能化水平的提高。

3.1 生产流程规划

其生产过程主要由三部分组成:一是生产订单的管理。所有的工厂订单都要被追踪,并且要安排生产任务。第二,产品的可追溯性和品质控制。从原料到使用者的每个阶段,都要做好文件,并建立一个完整的文件。第三,对产品的生产过程进行管理。对生产线的生产计划,质量等进行控制,以保证生产过程的均衡。在此基础上,提出了一种基于数字孪生技术的智能工厂模型。智能工厂不但能优化生产过程,还能利用数据采集与分析技术对其进行管理与控制,从而提高生产效率,降低浪费,降低成本,提高产品质量^[2]。

3.2 生产过程仿真

生产流程模拟是构建“智能工厂”的关键环节,它可以对生产线运行中出现的问题进行分析,并对其进行改进与优化。该模拟平台具备良好的可扩充性,可以根据企业的需要,迅速建立所需要的模拟模型。通过建立实体与虚拟两种建模方法,对工艺进行了动态仿真。在此基础上,利用虚拟现实技术,实现了对产品从原料到最终产品的全过程的仿真,提出了一种基于数字孪生的制造方法,该方法可以对制造成本、质量、交货期等进行仿真,从而对制造过程进行优化。现在比较成熟的是 Unity, Cyclone 等虚拟制造平台。

3.3 工厂实时监控

智能工厂的实时监控,是指利用网络监测系统,实时监测生产装置的工作状况,并利用该系统分析装置的工作数据,判定装置有没有出现故障。车间的实时监控分为两个部分:第一部分是对生产线中的重要生产设备进行实时监控,保证出现问题时能够及时修复和更换;二是通过对各工序的各项参数的采集,对整个生产线的运行状况进行实时监控。首先,通过传感器、PLC 等技术,实时采集各工艺参数;其次是把采集到的数据通过网络技术传送给生产管理系统;最后是运用大数据技术,对生产线运行状况进行了故障诊断。

四、智慧生产线系统架构设计

在智能工厂内,利用数字孪生技术,对真实的生产线进行数字化仿真与仿真,具体内容包括:在虚拟空间内建立实体的虚拟模型,在实体上配置数字孪生模型,在实体上设置数字孪生模型,并通过数字孪生模型对真实的生产线进行实时监控与预报,达到对生产过程的数字化管理,提升生产效率。在此基础上,加入实时采集、仿真、最优调度等多个功能模块,实现对实际生产过程的智能监测、生产计划、资源管理与优化^[3]。智能生产线的总体结构是由物理层、网络层、数据层和应用层组成的。

物理层是网络的基础,它负责将数据从一个设备传输到另一个设备,确保数据的正确无误地被发送。网络层则专注于构建和维护各种网络协议,使得不同的计算机可以通过互联网相互通信。数据层在这里扮演着核心角色,它对数据进行进一步的处理,以便它们能够满足特定应用的需求。最后,应用层负责创建用户界面,展示信息给最终用户,使他们能够理解并使用这些数据来完成任务。这四个层次共同工作,确保了整个网络系统能够有效地组织、传输、处理和呈现信息。

五、产品数字化

5.1 产品数字化的技术基础

在工业互联网平台下,产品的数字化意味着将产品的设计、生产、使用和服务等整个生命周期的流程都数字化,从而促进各种软件之间的互动和整合,从而达到对产品从设计到使用寿命的管理。产品数字化有如下特点:

- (1) 数据种类繁多、形式多样、语义模糊。
- (2) 具有较高的处理速度,具有较好的数据分析与挖掘

功能。

(3) 数字化的目标是实现信息和物质体系的一体化。

产品数字化是在信息技术的支持下进行的, 它将产品、设计、工艺、制造等整个过程中的信息进行数字化表示, 从而达到从设计到使用的整个生命周期。目前, 我国已经形成了基于企业信息化建设的数字化技术体系。

5.2 产品制造全过程

产品的生产制造是一个由产品研发、设计、制造、测试等多个环节组成的动态过程。在进行产品数字化时, 必须对产品的信息进行收集与分析, 以获得其在虚拟空间中的状态与变动; 在此基础上, 利用数字孪生技术, 对采集到的数据及状态进行数字仿真模拟与推演分析; 最终, 将计算结果反馈到实际生产过程中, 以指导实际生产。在此基础上, 提出了一种基于数字化孪生的方法。在产品的设计过程中, 对产品进行建模, 仿真分析和优化, 可以减少产品的开发成本, 缩短产品的开发周期, 提高产品的质量。在生产制造阶段, 数字孪生技术可以指导真实世界中生产活动的开展^[4]。

六、装配车间数字孪生模型建立

在智能工厂中, 装配车间是一个关键环节, 它的首要工作就是完成从原材料到最终产品的整个生产流程。装配车间是智能制造企业的一个重要环节, 它的主要作用就是把生产过程中生产出来的各种零件组装在一起。装配车间能完成零部件的拆卸、组装和检测, 从而确保所制造的产品质量。在此基础上, 提出了一种新的面向装配车间的数字化孪生建模方法。在深入研究现有技术的基础上, 提出了一种创新的解决方案, 那就是基于数字孪生技术的装配车间模型。这一模型不仅能够创建一个精确反映真实物理空间状态的虚拟副本, 而且通过集成先进的实时监控功能, 实现了对生产线上每一个环节的实时监测。这种监控不是仅仅停留于理论上, 而是能够实时捕捉到虚拟空间内设备的每一次微小变化。

一旦有设备在虚拟空间中发生了什么不正常的情况, 系统就会第一时间发现, 并通过预先设置的通讯协议通知操作员, 保证操作员能够及时作出反应, 作出相应的维护和调节。另外, 这种数字孪生模式还具有很强的网络连通性, 可以与整座工厂的其它设备进行无缝连接, 可以对整个智能工厂的运行状况进行详细、全面地监控。从而保证了生产效率, 提高了产品质量, 提高了工人的人身安全。采用这种新的工艺, 可以使组装车间的操作更加智能化, 效率更高, 为用户提供更好的服务。数字孪生的应用将成为未来制造业转型升级的重要推手, 推动产业向更高层次发展。

七、智慧生产线信息集成与可视化

在“智慧工厂”中, 要实时地收集、监测生产过程中的各类数据, 并将这些数据实时地传送到虚拟模型中, 在虚拟模型中仿真出生产流程, 根据仿真结果来优化生产流程, 达到可视化的目的。在智能工厂中, 要采集、处理各环节的数据, 利用数字孪生技术, 把不同的设备、系统与其相结合,

建立起一个信息整合平台。在信息整合平台上, 要构建数据处理模式, 收集、整理、分析数据。在此基础上, 提出了一种基于作业过程的作业模式, 并根据作业过程中的数据, 对作业过程进行优化。在现代制造领域, 智慧生产线的构建与实施已经成为提高生产效率和产品质量的关键技术。要实现这一目标, 必须依赖于先进的信息技术手段^[5]。具体而言, 通过精心设计的信息集成平台和车间运行模型, 能够将智慧生产线中的各个组成部分紧密地连接起来, 使之成为一个信息交互流畅、反应迅速且高度协调运作的整体。这种集成化管理不仅能促进数据的即时传递和共享, 而且还能为生产线的监控和分析提供全面而深入的洞察。

为了让这些概念更加生动直观, 我们可以进一步利用虚拟现实(VR)技术来展示智慧生产线。借助VR设备, 用户可以沉浸式地进入到虚拟环境中, 仿佛亲身体验生产线上的每一个环节。这样的动态展示不仅是对生产线流程的再现, 它还可以模拟出各种可能的生产状况, 帮助管理者预测潜在问题并作出相应的调整。此外, VR系统也能提供身临其境的场景模拟功能, 比如设置不同的生产条件或执行特定的操作任务, 从而让用户对整个生产过程有更深刻的理解和认识。通过这种方式, 智慧生产线不仅得到了有效地可视化管理, 而且其效能也得到了显著提升。

结语

本文提出了智能生产线的体系结构、功能结构以及具体的实施方案, 并以实例说明了该技术的实施效果。然而, 当前数字孪生在制造业中的应用尚处在摸索阶段, 尚有许多问题有待解决, 例如: 建模标准不统一、数据融合难度大、系统性能不佳。在数字化孪生的背景下, 数字化孪生技术将在越来越多的行业中得到应用, 以更好地满足用户的要求。与此同时, 论文中提出的智能生产线的体系结构与功能结构, 还需要在实践中对其进行进一步的改进与优化。例如需要进一步提升数字孪生模型精度、增加系统集成程度、优化系统性能等。随着数字化制造技术的不断发展, 数字孪生技术将在生产制造领域中发挥越来越重要的作用。

[参考文献]

- [1] 吕汗青. 基于数字孪生的智慧快递工厂生产线的设计与实现[D]. 上海应用技术大学, 2022.
- [2] 王灵子, 姜仁贵, 朱记伟, 等. 基于数字孪生的铁道工程预制构件生产线智慧管理系统研究[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(17): 29-33.
- [3] 李刚, 王梦, 左振波, 等. 基于数字孪生的智慧园区能源管理系统应用探讨[J]. 科技与创新, 2021, (18): 51-52.
- [4] 吕汗青. 基于数字孪生的智慧快递工厂生产线的设计与实现[D]. 上海应用技术大学, 2022.
- [5] 刘艳苹. 自动化生产线组装与调试课程的智慧教学实践[J]. 集成电路应用, 2022, 39(04): 232-233.