

橡胶装备与数字孪生结合应用的分析

孙志宇

(天津赛象科技股份有限公司, 天津 300384)

摘要: 伴随市场需求和技术进步, 橡胶装备产业急需升级转型。数字孪生技术能够对物理模型进行虚拟仿真, 实现产品的数字化升级。通过橡胶装备与数字孪生的结合应用, 能够在装备制造过程优化、设备调试维护管理、产品质量控制和个性化定制生产等方面展现出显著优势。本文概述了数字孪生技术在橡胶装备领域应用的优势, 分析了潜在挑战并给出解决方案。

关键词: 数字孪生; 橡胶装备; 建模仿真; 优化升级

中图分类号: TQ330.4

文献标识码: B

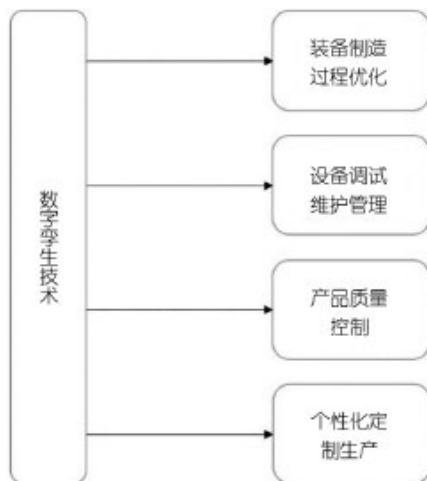
文章编号: 1009-797X(2025)06-0026-04

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.06.006

0 引言

随着信息技术的飞速发展和智能化的持续推进, 制造业正在进行全面的转型升级。数字孪生技术通过对物理模型的虚拟仿真, 模拟其在真实环境下的实际状况, 打通了物理世界与虚拟空间的界限形成映射。数字孪生模型可以对产品的全生命周期进行分析, 可以实现对全过程的优化整合, 形成包括产品设计、生产制造、安装调试、使用维护等多方面的数字化升级。国内外学者从多角度对数字孪生技术展开了研究。刘敏等建立智慧工厂物理模型和虚拟仿真模型之间的信息交互机制, 实现物理和虚拟模型之间的实时双向互动^[1]。针对直升机尾传动系统故障数据不平衡问题, 李恒等提出一种基于数字孪生和迁移学习的直升机尾传动系统故障诊断方法并进行了实验验证^[2]。Gabor 等从专业人员知识的角度对数字孪生模型进行了补充^[3]。在实际研发应用中, 达索公司研发了以数字孪生为基础的三维体验平台, 对产品创新设计模式进行完善^[4]。

橡胶装备产业是制造业的重要组成部分, 伴随市场需求和技术进步, 橡胶装备产业急需升级转型。数字孪生技术对产品全生命周期的支持, 为橡胶工业的数字化转型提供了切实可行的方向。如图 1, 橡胶装备与数字孪生的结合应用, 不仅能够在装备制造过程优化、设备调试维护管理、产品质量控制等方面展现出显著优势, 还能个性化定制生产提供可能。



1 橡胶装备与数字孪生的结合

1.1 装备制造过程优化

橡胶装备具有机械结构复杂, 电气系统严密的特点, 轮胎生产设备作为其中的代表, 设备本身规格丰富, 机构复杂, 涉及制造生产工艺繁多, 连续运转时间长, 对质量要求高。同时, 由于市场要求, 国际、国内不同轮胎厂商对设备有不同要求, 这对产品设计带来很大挑战。

作者简介: 孙志宇 (1997-), 男, 硕士研究生, 研发工程师, 主要从事智能产品研发工作。

数字孪生技术通过在虚拟空间构建仿真模型完成对物理模型的映射，能够对不同工况、不同要求的生产流程进行模拟。如图2，结合大数据分析和机器学习方法，数字孪生平台能够检测到设计方案的隐患，追踪到可能发生在设计阶段产生的尺寸误差和程序错误等问题，为设备生产者提供相应的机械结构、控制方案调整方向。通过数字孪生仿真方法，可以使设备生产者在实际加工生产装备前，反复进行相应的验证，从而对设计方案进行优化调整，实现成本把控。

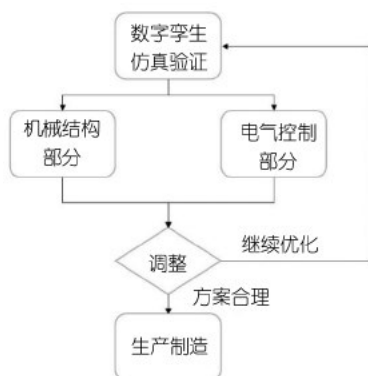


图2 验证调整过程

1.2 设备调试维护管理

设备的维护保障一直是使用者在进行生产活动中不可避免的重要环节，这对要求产品生产率的行业尤为重要。轮胎生产企业为满足市场需求，需要完成大量的生产任务，对设备的工作时长有很高要求，这对设备的维护检修带来了挑战。

基于数据积累和模型训练，通过对设备运行状态数据的实时检测，数字孪生技术可以实现对设备故障的预测，减少因设备维护带来的对生产效率的影响。同时通过预防性维护手段，可以提高设备使用寿命，降低因局部故障使设备产生连锁性毁坏的风险。

结合工业云平台，数字孪生技术能够对设备进行远程控制、远程诊断。在设备运行过程中，通过对运行数据进行实时通信，设备拥有者可以对远方工厂的生产设备进行访问，实现对生产过程的远距离、全流程把控。当设备发生故障时，装备制造企业可以通过数字孪生平台对设备进行远程诊断，增强远距离调整设备的可操作性，降低维护的时间和空间难度，提高维护效率。

数字孪生平台还可以建立专属数据库实现对维护经验的积累。通过收集、分析设备全生命周期维护数据，企业可以积累大量的经验数据，用于对相近设备、

相似任务的维护工作进行指导，实现对工作人员经验的补充、实际操作的提醒，提高工作效率。同时，通过不同企业、不同设备经验数据的交流，可以丰富数据库的适应范围，提升维护管理水平，降低成本。

1.3 产品质量控制

以轮胎产品为例，其生产材料成本价格高，同时由于其生产特性，如在制作过程中出现质量问题，往往很难通过后期方法进行修补。在不能及时干预的情况下，会出现一定的废弃现象，造成生产成本升高，材料浪费。如图3，利用数字孪生技术，在橡胶生产设备投入使用后，通过传感器实时采集数据，仿真平台能够全面反应生产线的实际工作状态，如工作效率、生产周期、材料使用情况等关键信息，保障生产效率、质量。通过对生产过程中的质量参数进行收集，使用者可以对数据进行监控并实时分析，发现相关质量问题可以及时干预。数据化的实时监测功能有助于企业对大规模生产进行质量管理，提高产品合格率和客户满意度。

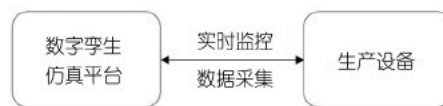


图3 仿真平台和实际设备的数据传递

数字孪生平台能够根据需要记录生产过程中的关键信息，形成完整的产品质量追溯体系。当产品质量出现问题时，企业可以通过平台快速定位问题发生环节，及时采取相应措施，提高生产质量。同时，通过对历史质量数据的分析和总结，企业可以不断优化生产工艺，改进质量控制方法，提高产品质量稳定性。

1.4 个性化定制生产

数字孪生技术能够提升企业响应市场变化的能力。通过对产品设计的高质量仿真以及设备运转过程的模拟，企业能够高效率、低成本的和客户进行对接，设计、生产满足客户要求的设备。

同时结合智能制造技术，数字孪生平台可以助力个性化定制产品的高效生产。通常情况，个性化定制产品由于其相对成熟产品的特殊性，在设计、实验、制造、调试等环节很容易增加投入成本。数字孪生平台的虚拟仿真功能和对产品的优化设计功能，能够灵活的实现多种方案的快速生成以及验证，能够极大程度的降低定制产品的制造成本，让企业能够提供更加满足实际需要的设备。

2 潜在挑战与解决方案

2.1 潜在挑战

橡胶装备与数字孪生技术的结合应用,在装备制造过程优化、设备调试维护管理、产品质量控制和个性化定制生产等方面展现出显著优势,但也面临一些潜在挑战。数字孪生技术作为新型方法仍处于发展、完善阶段,部分技术尚未完全成熟,在应用过程中存在一些难点,有待进一步深入研究。

首先,数字孪生技术的落实与数据采集的全面性和准确性密切相关,数字孪生模型的准确性依赖于大量的高质量数据。然而,在实际应用中,由于设备种类繁多,不同设备生产厂商不同,通信协议不统一,数据采集存在一定难度。采集过程中,在实际生产中获得的数据往往存在缺失、噪声等问题,收集到的数据准确性需要进一步确定。如增加高质量、高精度的监测设备,将会增加装备整体的制造成本,增加额外投入。同时,从生产过程中直接获得的大量数据并不能直接使用,需要经过后期处理。高效、准确地分析这些庞大数据是数字孪生技术成功应用的条件。值得注意的是,生产数据对于企业本身极为重要,在使用过程中,数据安全将会成为重点关注的问题。如何保障生产数据的安全性和隐私性,防止数据泄露,是数字孪生技术应用过程中不可忽视的难题。

对于数字孪生模型本身,构建高质量、高可靠性的模型需要投入大量前期成本。伴随着生产流程的不断调整和优化,模型还需要不断进行更新和维护。实现模型的构建和维护需要大量的具备跨学科知识的技术人员,需要搭配复杂的工作系统,人才缺口大,技术门槛高。

2.2 解决方案

(1) 推动数据标准建立:推动行业采用符合一定标准的数据格式和通信协议,开发数据转换工具,实现不同格式数据的收集,实现设备间数据的高效传输。同时,提高数据采集装置硬件性能,提升兼容性。

(2) 优化数据质量:通过数据清洗、去噪、填充等后处理方法提高数据质量,为模型提供可靠的数据

支持。定期检测,维护保养设备,减少采集过程中的数据缺失等异常情况发生。

(3) 提升数据处理能力:结合机器学习、深度学习等方法,提高数据分析的效率和准确性。建设数据处理功能单元,实现数据处理的集成化、标准化。

(4) 培养相关技术人才:加大对数字孪生技术的研发投入和人才培养力度,建立专业的技术团队。加强与高校、研究机构等的合作交流,共同推动数字孪生技术的发展和应用。

(5) 加强模型构建和维护能力:结合云平台和大数据技术,将数字孪生模型在云端进行布置,实现模型的实时更新,降低维护成本,提高效率。

3 总结

随着数字孪生技术的不断发展和完善,其在橡胶装备领域的应用将不断深入。未来数字孪生技术将更紧密的结合在装备制造的全流程,包括装备设计、元件采购、生产加工和售后服务等各个环节,实现全面的数字化和智能化管理。这将大大提高企业的生产效率、产品质量和市场竞争力,降低经营成本。随着相关技术的发展完善,企业持续的研发投入,数字孪生技术将在橡胶装备领域发挥更加重要的作用,推动橡胶工业实现更高水平的发展。

参考文献:

- [1] 刘敏,张立冬,郑婕,等.智慧工厂数字孪生的设计与实现[J].自动化技术与应用,2024,43(05):52-56.
- [2] 李恒,唐倩,陈国旺,等.数字孪生辅助的直升机尾传动系统轴承与传动轴故障诊断[J/OL].航空动力学报,1-12[2024-08-25].
- [3] Gabor T, Belzner L, Kiermeier M, et al. A Simulation-Based Architecture for Smart Cyber-Physical Systems. IEEE International Conference on Autonomic Computing.2016: 374-379.
- [4] Fourgeau E, Gomez E, Adli H, et al. System Engineering Workbench for Multi-views Systems Methodology with 3DEXPERIENCE Platform. The Aircraft RADAR Use Case. Complex Systems Design & Management Asia. Springer International Publishing. 2016:269-270.

Analysis of the combined application of rubber equipment and digital twin

Sun Zhiyu

(Tianjin Saixiang Technology Co. LTD., Tianjin 300384, China)

Key words: digital twin; rubber equipment; modeling and simulation; optimize and upgrade



Quantitative revolution upgrades again!

伊之密发力轻量化领域，展台创新成果引关注

共话行业未来，赋能绿色发展

摘编自“伊之密”

• 29 •