

数字孪生技术在机电工程生产管理中的创新应用探索

齐 斌

安徽省马鞍山市马钢冶金工业技术服务有限公司 安徽马鞍山

【摘要】当前，机电工程生产管理面临设备维护效率低、生产调度不精准、质量控制滞后和资源优化不足等问题。数字孪生技术通过构建虚拟模型与物理实体的交互，实现了对设备状态的实时监测、生产计划的动态优化、质量控制的前置化以及资源分配的精准化，显著提升了生产效率和稳定性。未来，数字孪生技术将与物联网、大数据、人工智能等技术深度融合，拓展至产品全生命周期管理，并在跨行业协同和绿色制造中发挥更大作用，推动制造业向智能化、高效化和可持续方向发展。

【关键词】数字孪生；机电工程；生产管理；创新应用；智能化

【收稿日期】2024 年 12 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 1 月 11 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250020

The exploration of innovative applications of digital twin technology in the production management of mechanical and electrical engineering

Bin Qi

Anhui Ma'anshan Magang Metallurgical Industry Technology Service Co., Ltd, Ma'anshan, Anhui

【Abstract】 At present, the production management of mechanical and electrical engineering faces issues such as low equipment maintenance efficiency, inaccurate production scheduling, lagging quality control, and insufficient resource optimization. Digital twin technology, through the interaction between virtual models and physical entities, has realized real-time monitoring of equipment status, dynamic optimization of production plans, proactive quality control, and precise resource allocation. This has significantly improved production efficiency and quality stability. In the future, digital twin technology will be deeply integrated with the Internet of Things, big data, and artificial intelligence. It will be extended to the full lifecycle management of products and play a greater role in cross-industry collaboration and green manufacturing, driving the manufacturing industry towards intelligent, efficient, and sustainable development.

【Keywords】 Digital Twin; Mechanical and Electrical Engineering; Production Management; Innovative Applications; Intelligence

引言

传统管理模式在数据整合、实时监控和资源优化方面的局限性日益凸显，难以满足现代生产对智能化和高效化的需求。数字孪生技术作为一种新兴的前沿技术，通过构建虚拟模型与物理实体的深度融合，为解决这些问题提供了新的思路和方法。其在设备维护、生产调度、质量控制和资源优化等方面展现出显著优势，为机电工程生产管理的转型升级带来了新的机遇。探索数字孪生技术的应用策略

和未来发展趋势，对于推动制造业向智能化、高效化和可持续方向发展具有重要意义。

1 机电工程生产管理的现状与挑战

在当前的工业生产环境中，机电工程生产管理作为制造业的核心环节，面临着诸多复杂且严峻的挑战。随着市场竞争的加剧和技术的快速迭代，传统的生产管理模式逐渐暴露出其局限性。机电工程生产管理涉及多个环节，包括设备维护、生产调度、质量控制和资源优化等。在设备维护方面，传统的

预防性维护策略往往依赖于固定的周期性检查,这种方式难以精准预测设备故障的发生时间,导致设备突发故障的风险增加,进而影响生产效率和产品质量。同时,生产调度环节也面临着诸多问题。由于缺乏实时数据支持,生产计划的制定往往基于历史经验和预估数据,难以适应动态变化的生产需求。这种基于静态信息的调度模式容易导致生产资源的浪费和生产流程的低效运行。

在质量控制方面,传统的方法主要依赖于事后检测,即在生产完成后对产品进行质量检验。这种方法虽然能够发现质量问题,但无法在生产过程中及时纠正偏差,导致大量次品的产生,增加了生产成本。资源优化也是机电工程生产管理中的一个重要问题。在传统的管理模式下,资源分配往往缺乏灵活性和精准性,难以根据生产任务的优先级和实际需求进行动态调整。这种资源分配方式不仅降低了生产效率,还可能导致设备闲置或过度使用,进一步加剧了生产管理的复杂性。

随着信息技术的快速发展,机电工程生产管理对数据的依赖程度越来越高。然而,传统管理模式在数据整合和分析方面存在明显不足。生产过程中的数据分散在不同的系统和设备中,缺乏统一的管理和分析平台。这使得管理者难以获取全面、实时的生产信息,从而无法做出精准的决策^[1-2]。随着工业生产的智能化趋势日益明显,传统的生产管理模式难以满足现代生产对智能化和自动化的要求。生产过程的复杂性和不确定性不断增加,传统的管理方法无法有效应对这些挑战,迫切需要引入新的技术手段和管理理念,以提升机电工程生产管理的效率和质量。

2 数字孪生技术在生产管理中的应用策略

数字孪生技术通过创建设备的虚拟模型,能够实现设备状态的实时监测和预测性维护。虚拟模型基于传感器采集的实时数据,对设备的运行参数进行动态分析,提前预测潜在故障并制定维护计划。这种策略不仅减少了设备突发故障的可能性,还延长了设备的使用寿命,提高了设备的运行效率。同时,数字孪生技术为生产调度提供了强大的支持。通过整合生产过程中的实时数据,虚拟模型能够动态模拟不同生产计划下的资源分配和生产效率,帮助管理者制定更加科学合理的生产调度方案。这种

基于数据驱动的调度策略能够有效优化生产流程,减少资源浪费,提高生产效率。在质量控制方面,数字孪生技术通过实时监控生产过程中的关键参数,能够在生产过程中及时发现潜在质量问题并进行调整。虚拟模型能够对生产数据进行实时分析,通过与预设的质量标准进行对比,快速识别偏差并反馈给生产系统,从而实现质量控制的前置化和精细化。

数字孪生技术还为资源优化提供了新的途径。通过构建生产系统的虚拟模型,管理者能够对资源的使用情况进行全面分析和动态调整。虚拟模型可以根据生产任务的优先级和实际需求,实时优化资源分配,确保资源的高效利用。这种策略不仅提高了资源利用率,还降低了生产成本^[3-4]。数字孪生技术的应用还体现在数据整合与分析方面。通过建立统一的数据平台,数字孪生技术能够将生产过程中的各类数据进行整合,包括设备运行数据、生产调度数据和质量检测数据等。虚拟模型对这些数据进行深度分析,提取有价值的信息,为管理者提供全面、实时的生产信息,从而支持更加精准的决策。这种基于数据驱动的决策模式能够有效提升生产管理的科学性和有效性。

3 基于数字孪生的生产管理优化实践

在机电工程领域,数字孪生技术的应用为生产管理优化提供了切实可行的路径。通过构建数字孪生模型,将物理生产系统与虚拟模型深度融合,生产管理的各个环节得以实现智能化升级。在设备管理方面,数字孪生模型能够实时采集设备运行数据,通过对数据的分析处理,实现对设备健康状态的精准评估。基于模型的预测性维护策略,可以提前规划设备维护时间,减少因设备故障导致的停机时间,显著提高设备利用率和生产连续性。

在生产调度环节,数字孪生技术通过对生产任务、资源分配和工艺流程的建模,实现了生产计划的动态优化。虚拟模型能够根据实时生产数据和任务优先级,快速调整生产顺序和资源分配,确保生产任务的高效执行。这种基于模型的调度方式不仅提高了生产效率,还减少了因计划不合理导致的资源浪费。同时,数字孪生技术在质量控制方面也展现出显著优势。通过对生产过程的实时监控和数据分析,模型能够在生产过程中及时发现质量问题,并通过反馈机制指导生产调整^[5-6]。这种实时质量监

控方式有效避免了传统事后检测模式带来的次品风险,提高了产品质量稳定性。

在资源优化方面,数字孪生模型通过对生产资源的动态建模和分析,实现了资源的精准分配。模型能够根据生产任务的实际需求,实时调整资源的使用计划,确保资源的高效利用。数字孪生技术还通过数据驱动的决策支持,为生产管理提供了科学依据。通过对生产数据的深度挖掘和分析,模型能够为管理者提供全面的生产信息,帮助其做出更加精准的决策。这种基于数据和模型的决策模式,有效提升了生产管理的科学性和灵活性。

4 数字孪生技术应用的未来趋势

数字孪生技术作为智能制造的核心技术之一,其未来发展将呈现出多维度的深化与拓展。技术融合将成为数字孪生技术发展的重要方向,随着物联网、大数据、人工智能、云计算等技术的不断成熟,数字孪生将与之深度融合,形成更加高效、智能的生产管理系统。物联网技术将为数字孪生提供更丰富的数据来源,实现物理设备与虚拟模型之间的无缝连接和实时交互;大数据技术将提升数字孪生对海量生产数据的处理能力,挖掘数据中的潜在价值;人工智能技术将赋予数字孪生模型更强的自主学习和决策能力,使其能够自动优化生产流程和资源配置;云计算技术则将为数字孪生提供强大的计算支持,降低技术应用的成本和门槛。

在应用层面,数字孪生技术将从单一设备或局部生产环节向整个生产系统的全生命周期拓展。未来,数字孪生模型将覆盖产品的设计、制造、运维到报废的全过程,实现产品全生命周期的数字化管理和优化。在设计阶段,通过构建虚拟原型,提前验证产品的性能和可制造性,缩短研发周期;在制造阶段,实现生产过程的智能化调度和质量控制;在运维阶段,通过实时监控和预测性维护,延长设备寿命;在报废阶段,通过数据分析为产品的回收和再利用提供支持。这种全生命周期的数字孪生应用将极大地提升企业的生产效率和产品质量,增强企业的市场竞争力。

同时,数字孪生技术将在跨行业、跨领域的协同应用中发挥更大的作用。随着工业互联网的发展,企业之间的生产协作将更加紧密,数字孪生技术将为不同企业之间的信息共享和协同生产提供技术支

持。通过构建跨企业的数字孪生平台,实现供应链上下游企业之间的生产计划协同、资源优化配置和质量管控,提升整个产业链的效率和韧性。数字孪生技术还将与绿色制造理念相结合,助力企业实现可持续发展目标^[7-8]。通过对生产过程的精细化建模和优化,数字孪生技术能够帮助企业降低能源消耗和污染物排放,提高资源利用效率,推动制造业向绿色化、智能化方向发展。数字孪生技术的标准化和规范化将成为其未来发展的关键。随着技术的广泛应用,建立统一的标准和规范将有助于企业更好地集成和应用数字孪生技术,降低技术应用的复杂性和风险。未来,相关行业组织和企业将加强合作,制定数字孪生技术的标准框架,包括数据格式、模型构建、接口规范等方面,推动数字孪生技术的健康发展。

5 结语

数字孪生技术在机电工程生产管理中的应用,为传统制造业转型升级提供了强大动力。从优化设备维护、提升生产调度效率,到强化质量控制和资源利用,数字孪生技术展现出显著优势。未来,随着技术与物联网、大数据、人工智能等深度融合,其应用范围将从局部环节拓展至全生命周期,并在跨行业协同和绿色制造中发挥更大作用。标准化和规范化的发展也将推动数字孪生技术更广泛地落地实施,助力制造业迈向智能化、高效化和可持续发展的新阶段。

参考文献

- [1] 亢国栋,孟磊.基于数字孪生技术的机电一体化虚拟实训平台研究与应用[J].家电维修,2025,(01):31-33.
- [2] 李志强,金国胜,杜王特.基于数字孪生技术的变电站机电设备状态检测系统[J/OL].自动化技术与应用,2024,(11): 43-47[2025-03-17].
- [3] 李志强,金国胜,杜王特.基于数字孪生技术的变电站机电设备状态检测系统[J].自动化技术与应用,2024,43(11): 43-47.
- [4] 马岳.基于数字孪生技术的机电一体化平台虚拟生产线与虚拟调试系统设计研究[J].造纸装备及材料,2024,53(11): 115-117.
- [5] 闫海兰.数字孪生技术在机电一体化控制技术实训中的

应用[J].化工管理,2024,(27):24-28.

键技术综述[J].机械工程学报,2024,60(04):66-81.

[6] 马桂潮.基于数字孪生技术的小型自动化生产线机电一体化概念设计与控制仿真[J].机电信息,2024,(12):52-55.

[7] 刘加利,焦锋利.基于数字孪生技术的机电一体化虚拟实训设备设计与开发[J].科技创新与应用,2024,14(09):42-45.

[8] 石健,刘冬,王少萍.基于数字孪生的机电液系统 PHM 关

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS