

论数字孪生技术和物联网技术对选煤厂效益的提升

尹俊仁

西京学院 陕西西安

【摘要】本文研究了数字孪生技术和物联网技术在选煤厂运营中的应用，以探讨它们如何共同推动选煤厂效益的提升。随着煤矿工业不断发展，提高生产效率、降低能源消耗和改善产品质量变得至关重要。数字孪生技术通过创建虚拟模型，模拟和优化选煤过程，为决策制定和问题解决提供了有力工具。物联网技术允许设备之间的实时通信和数据采集，提供了对生产过程的深入洞察。本文首先介绍了数字孪生技术的基本原理和应用领域，强调其在选煤厂中的潜力，包括流程优化、设备维护和风险管理。然后，我们详细探讨了物联网技术的核心概念和关键特点，以及其如何实现实时监测和远程管理。通过综合分析和案例研究，本文证明了数字孪生技术和物联网技术对于提高选煤厂效益的巨大潜力。这两种技术的结合可以提高生产过程的智能化和自动化程度，提高决策的准确性，并减少生产成本。最后，我们展望了未来研究方向，以深化数字孪生技术和物联网技术在选煤厂中的应用，以实现更高水平的效益和可持续性。

【关键词】数字孪生技术；物联网技术；效益提升；降低消耗

【收稿日期】2025 年 2 月 15 日

【出刊日期】2025 年 3 月 31 日

【DOI】10.12208/j.sdr.20250024

Application of digital twin and IOT technologies in improving the efficiency of coal preparation plants

Junren Yin

Xijing University, Xi'an, Shaanxi

【Abstract】 This paper investigates the application of digital twin and Internet of Things (IoT) technologies in the operation of coal preparation plants to explore how they collectively enhance efficiency. With the continuous development of the coal industry, improving production efficiency, reducing energy consumption, and enhancing product quality have become critical. Digital twin technology creates virtual models to simulate and optimize coal preparation processes, providing powerful tools for decision-making and problem-solving. IoT technology enables real-time communication and data acquisition between devices, offering deep insights into production processes. The study first introduces the fundamental principles and application areas of digital twin technology, emphasizing its potential in coal preparation plants, including process optimization, equipment maintenance, and risk management. It then examines the core concepts and key features of IoT technology and how it facilitates real-time monitoring and remote management. Through comprehensive analysis and case studies, this paper demonstrates the significant potential of digital twin and IoT technologies in improving the efficiency of coal preparation plants. The integration of these technologies enhances the intelligence and automation of production processes, improves decision-making accuracy, and reduces operational costs. Finally, future research directions are proposed to further advance the application of digital twin and IoT technologies in coal preparation plants, aiming for higher efficiency and sustainability.

【Keywords】 Digital twin technology, Internet of Things (IoT), efficiency improvement, energy consumption reduction

引言

数字孪生技术 (Digital Twinning) 和物联网技术 (Internet of Things, IoT) 是当今工业界中崭露头角的数字化技术, 它们已经开始改变了我们看待和管理工业运营的方式。数字孪生技术允许我们在虚拟世界中创建物理实体的数字镜像, 以实时模拟和分析其行为, 而物联网技术则将世界各地的设备、传感器和系统连接在一起, 实现实时数据交换和监测。

数字孪生技术, 最早于 20 世纪初提出, 是指将物理世界的实体与其数字化模型相结合, 实时模拟和监控现实世界的工作过程。近年来, 随着计算机性能的飞速增长和大数据技术的发展, 数字孪生技术已经迅速进入工业领域。数字孪生技术旨在为实体物体创建数字化的“孪生”, 以更好地理解其性能、状态和行为。这一技术的核心概念是通过实时数据反馈, 使数字模型与物理实体保持同步, 从而实现更好的监测、分析和优化。

选煤厂是矿业和能源行业的重要组成部分, 它们的任务是从原始煤炭中分离出不同的成分, 以满足不同市场需求。这一过程需要高度的精确度和效率, 因此数字化技术的应用对于提高选煤厂的效益至关重要。

数字孪生技术和物联网技术的出现为工业领域带来了前所未有的机遇。它们可以用于实时监测和维护设备, 优化生产流程, 减少故障和停机时间, 降低成本, 提高生产效率, 改善产品质量, 并推动可持续性发展。未来, 数字化技术的应用前景将继续扩大, 涵盖更多工业领域, 如制造、采矿、农业和能源等。

1 数字孪生技术

数字孪生技术是当今工业界的一项颠覆性创新, 它的发展历程、核心概念以及在各行业的应用案例都备受瞩目。本文将探讨数字孪生技术的演进历程, 关键概念, 以及其在工业领域的广泛应用, 包括选煤厂以外的其他行业, 着重强调其对工业效益提升的潜力。

1.1 数字孪生技术的发展历程

数字孪生技术的发展根源于计算机建模和仿真领域的早期探索, 但近年来得益于多项技术突破数字孪生的发展也开始突飞猛进。得益于计算机硬件的进步和云计算技术的广泛应用, 使得数字孪生能

够处理更加庞大和复杂的模型^[2]。现代传感器技术的飞速发展让实时数据采集和监测变得轻而易举, 为数字孪生提供了连续且实时的数据流。物联网技术的兴起进一步促进了设备与物体间的互联互通, 为数字孪生构建了坚实的实时数据流基础。大数据和人工智能技术的深度融合, 极大地推动了数字孪生技术的发展, 提升了对数据的分析能力和决策支持的智能化水平。云计算和边缘计算的结合使用, 使得数字孪生技术能够实现高效的实时数据处理和多节点间的协同工作^[3]。

1.2 数字孪生技术的核心概念

数字孪生技术的核心在于通过创建物理实体的精确数字副本来实现高度精确的仿真、分析和决策支持。这种技术的核心在于构建一个详尽的数字模型, 这个模型基于物理定律和实验数据来模拟实体的行为、性能以及互动方式。数字模型的关键在于其能够实时更新, 这得益于传感器和物联网技术所提供的连续数据流。这些技术能够捕捉到物理实体的状态, 并将其传输到数字模型中, 确保模型与实际状况保持同步。通过这种方式, 数字孪生不仅能够实现对物理实体的实时监控和模拟, 还能够进行预测分析。数字孪生技术还提供了强有力的决策支持工具, 通过深入的数据分析和模拟, 帮助决策者在运营过程中做出更加明智的决策, 以提高效率和降低潜在风险。

1.3 数字孪生技术在工业领域的应用

数字孪生技术在工业领域的应用展现出其提高效益和降低成本的巨大潜力, 它通过创建物理实体的数字副本来实现对工业过程的深入理解和优化。在智能制造领域, 企业利用这项技术实时监测和优化生产线, 有效提升了生产效率、减少了能源消耗, 并降低了废品率。能源生产行业中, 数字孪生技术被用于监控和优化发电与输电系统^[7], 不仅增强了电网稳定性, 还减少了能源浪费, 并促进了可再生能源的有效整合。航空航天业通过模拟飞机运行和维护^[6], 利用数字孪生技术提前发现潜在问题, 从而减少了停机时间并提高了飞机的安全性与可靠性。在医疗设备制造领域^[8], 该技术通过仿真医疗设备的设计和性能, 改善了设备效果, 同时降低了制造成本, 增强了患者的安全性。城市规划方面, 数字孪生技术的应用帮助城市管理者模拟城市基础设施的

运行,更有效地应对交通流量、环境污染和灾害等问题。

2 物联网技术

物联网(Internet of Things, IoT)是一项快速发展的技术领域,它的应用已经深刻地改变了我们的生活和工作方式。本文将深入探讨物联网技术的发展历程、基本原理以及在工业领域的广泛应用,特别强调其对工业自动化和效率提升的关键作用。

2.1 物联网在工业领域的应用

物联网技术在工业领域的应用已经引发了一场革命,极大地提升了生产效率、降低了成本,并增强了安全性。在工厂自动化与智能制造方面,物联网实现了设备间的相互通信和生产流程的自动调整,有效减少了停机时间,并通过预测设备故障降低了维护成本。供应链管理通过物联网技术变得更加透明,优化了物资流动的跟踪,减少了库存浪费,提升了物流效率,降低了物资损失。能源管理方面,物联网对能源使用进行监测和控制,减少了能源浪费,提高了生产效率,降低了能源成本。在质量控制和预测性维护方面,物联网设备实时监控生产过程,确保产品质量,同时预测设备维护需求,减少停机时间。

3 案例分析

陕西小保当选煤厂通过采用基于数字孪生技术和物联网技术的智能管控系统,实现了对厂区的全面智能化管理。首先,利用三维激光扫描技术,结合BIM、仿真、管理、控制和维护等领域,对厂内建筑物、道路和设备进行了精确的1:1三维建模,确保了数据采集的高分辨率和质量。其次,该系统创新性地整合了智慧重介、智慧浓缩压滤、设备在线监测、人员定位和智能照明等多个子系统,实现了对选煤厂运营的全面管控。此外,建立了视频感知和安全监测系统,通过WEB访问或智能手机实时监控工厂视频,智能分析系统能够实时监控并预警原煤杂物、人员不安全行为、越界情况以及设备运行危险状态,一旦设备报警,系统自动定位并高亮显示报警位置,便于管理人员及时响应。

系统的实施显著提升了生产的自动化水平,实现了生产流程的少人甚至无人值守,减轻了岗位工人的操作负担,提高了工作效率和产品质量。同时,推动了选煤厂生产管理从自动化向智能化的转变,

延长了设备的有效运行时间,改善了产品质量和产量。数字孪生技术的应用,使得小保当选煤厂能够实现数据的全生命周期管控,显著降低了人工干预,通过精煤灰分数据采集和密度预测数学模型,实现了洗选过程的高精度控制,精煤产率提高了0.5%,为选煤厂带来了显著的效益提升^[4]。

此外,红柳林选煤厂的智能化综合管控平台充分展现了数字孪生系统的优势,首先体现在其组件化设计与开发上。虚拟化技术的运用,使得控制系统架构能够划分为多个独立的虚拟主机,每个主机都是一个容器化的运行环境,这不仅简化了系统配置和管理,还降低了系统间的相互干扰,增强了稳定性和安全性。

平台的实施显著提升了选煤厂的工作水平,实现了信息融合与共享、业务协同、大数据分析和智能分析预警。这些功能的集成,不仅提升了工作的一体化和智能化管控水平,还为决策提供了有效的支持,有助于提高选煤厂的安全生产水平。数字孪生技术的引入,为红柳林选煤厂带来了实实在在的效益:精煤回收率提高了约0.1%,耗电量降低了约0.07kW·h,减少了不必要的设备磨损。同时,实时监测减少了人员参与和劳动强度,改善了工人的劳动环境,降低了设备故障率和安全风险,从而显著提高了整体的生产效率^[1]。

4 未来展望

4.1 面临的挑战

数字化技术在工业领域的广泛应用已经带来了巨大的改变,但也面临一些挑战。以下是数字化技术在工业领域的挑战、未来建议和展望,以及可能的趋势:

安全性挑战,工业领域数字化技术的广泛应用使得设备和系统容易受到网络攻击。这包括工业控制系统(ICS)和物联网(IoT)设备。网络安全至关重要。公司应当强化网络安全措施,以抵御不断增长的网络威胁。这包括采用防火墙、入侵检测系统以及强化身份验证机制,以确保系统和数据的安全性。

隐私保护问题,隐私合规性必须被视为一项优先考虑的任务,许多数字化工业解决方案需要大量数据的收集和处理,这可能涉及员工和客户的敏感信息。公司需要明确遵守数据保护法规,采用数据

加密、匿名化等技术，以确保客户和员工的隐私得到充分保护。透明度和可控性应该贯穿于整个数据处理流程，确保数据的收集和处理不会侵犯个人隐私权。

复杂性和互操作性，标准化和互操作性是推动数字化转型的关键因素，许多工业设备和系统来自不同的供应商，它们可能在技术标准和协议上存在差异。公司和政府部门应共同努力推动制定技术标准，以促进设备和系统之间的互操作性。

4.2 潜在作用和趋势

数字化技术在工业自动化和智能制造方面发挥关键作用。机器学习、人工智能和自动化技术使生产线更加智能化，提高了生产效率；在大数据的支持下，机器学习和人工智能还可以帮助公司进行分析和预测，优化生产过程，降低成本，提高生产效率，减少物料浪费^[5]。

物联网（IoT）设备的增加将使公司能够收集更多实时数据。这些设备可以监测设备状态、生产参数、环境条件等，为数字孪生系统的监控、分析、预测提供实时数据。

边缘计算将数据处理和分析推向接近数据源的地方，通过在边缘进行数据处理，边缘计算可以减少对云计算中心的大规模数据传输，减少数据传输的延迟，从而降低网络带宽需求和运营成本。同时，边缘计算可以提高数据的安全性，因为敏感数据可以在边缘设备上本地处理，而不必传输到云中心。

数字化技术在工业领域的未来前景充满希望，但组织需要解决安全、隐私和技能方面的挑战，以充分发挥其潜在作用并跟上不断变化的技术趋势。这需要持续的投资和承诺，以确保数字化技术能够实现工业生产的创新和提高。

5 总结

数字孪生技术的应用为选煤厂带来了数字化、智能化管理的机会。它通过三维建模、多系统数据融合和高精度控制，实现了生产过程的全面管控，

降低了人工干预，提高了生产效率和产品质量。物联网技术的整合为选煤厂带来了全周期数据管控的可能。从数据采集到监测，再到远程控制，物联网技术使得选煤厂的各个环节都能够实现实时互联，为生产过程提供了更大的透明度和实时性。此外，物联网技术的应用也有助于提高安全监测和人员定位，进一步增强了生产安全性。通过降低人工成本、提高产率、减少能源和资源浪费，选煤厂在经济层面实现了显著的改善。

参考文献

- [1] 常波峰,郭奋超,何坐楼等.红柳林选煤厂智能化综合管控平台的设计与应用[J].智能矿山,2023,4(07):31-37.
- [2] 陶飞,刘蔚然,张萌等.数字孪生五维模型及十大领域应用[J].计算机集成制造系统,2019,25(01):1-18.
- [3] 陶飞,刘蔚然,刘检华等.数字孪生及其应用探索[J].计算机集成制造系统,2018,24(01):1-18.
- [4] 王忠强,杨小勇.基于数字孪生技术的选煤厂智能管控系统[J].智能矿山,2022,3(08):87-94.
- [5] 裴俊,孟令声,李元清,等.数字孪生技术在选煤厂的研究与应用[J].选煤技术,2023,51(03):94-99.
- [6] 黄文恺,梁智洪,王明华,等.数字孪生在航空航天结构设计、制造和运维中的应用与展望[J].图学学报,2024,45(02): 241-249.
- [7] 何冰,谢天祥.数字孪生技术在输电线路中的应用研究[J].电力信息与通信技术,2021,19(07):83-89.
- [8] 李哲青,陈一贤,周邮,等.数字孪生技术及其在医疗领域的应用[J].中国数字医学,2023,18(08):56-61.

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