

基于数字孪生的轻钢集成建筑设备智能运维系统研究

李鑫 唐艳

广东白云学院, 广东 广州 510080

[摘要]随着建筑行业的发展,轻钢集成建筑因其结构灵活、建造周期短、环保性能突出等优点得到了广泛应用。为提升轻钢集成建筑的运维效率和质量,文章提出了一种基于数字孪生技术的智能运维系统。通过构建数字孪生模型,实现对建筑设备的实时监控、预测性维护和智能化管理,从而优化建筑设备的运维流程,降低维护成本,提高设备可靠性。文章探讨了数字孪生技术在轻钢集成建筑运维中的应用,并对该系统的实现方法、关键技术和挑战进行了详细分析,提出了未来的发展方向。

[关键词]数字孪生;轻钢集成建筑;智能运维;设备管理;预测性维护

DOI: 10.33142/sca.v8i4.15922

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

Research on Intelligent Operation and Maintenance System of Light Steel Integrated Building Equipment Based on Digital Twins

LI Xin, TANG Yan

Guangdong Baiyun University, Guangzhou, Guangdong, 510080, China

Abstract: With the development of the construction industry, light steel integrated buildings have been widely used due to their advantages such as flexible structure, short construction period, and outstanding environmental performance. To improve the operation and maintenance efficiency and quality of light steel integrated buildings, this article proposes an intelligent operation and maintenance system based on digital twin technology. By constructing a digital twin model, real-time monitoring, predictive maintenance, and intelligent management of building equipment can be achieved, thereby optimizing the operation and maintenance process of building equipment, reducing maintenance costs, and improving equipment reliability. The article explores the application of digital twin technology in the operation and maintenance of light steel integrated buildings, and provides a detailed analysis of the implementation methods, key technologies, and challenges of the system, proposing future development directions.

Keywords: digital twin; light steel integrated building; intelligent operation and maintenance; equipment management; predictive maintenance

引言

伴随建筑行业的快速拓展,轻钢集成建筑凭借其具备的高效性、可持续性 & 模块化设计等优势,日益受到市场的垂青,轻钢集成建筑于实际运维阶段,存在着设备管理复杂、维护周期长、突发故障频繁等弊端,怎样提高建筑设备运维的效率跟准确性,成为当下行业急需应对的难题。数字孪生技术作为一种借助物理实体与虚拟模型实时同步的技术,已大量应用于各类工业领域,其强劲的数据分析和预测能力,为建筑设备的智能运维提供了新的应对方案,本文聚焦于研究基于数字孪生的轻钢集成建筑设备智能运维系统,凭借数据采集、实时监控、预测性维护等技术方式,增进设备管理的智能化水平,实现对运维流程的优化。

1 数字孪生技术概述

1.1 数字孪生的定义及发展历程

数字孪生技术最早肇始于航空航天领域,起初被应用于卫星、飞机等大型复杂设备的实时监控与维护事务中,其核心思路是借助创建物理对象的虚拟副本,以便更精准地监控、优化这些设备的运行状态。在 20 世纪 60 这个年

代,伴随计算机技术的渐进发展,数字孪生的理论框架渐次成形。借助创建虚拟模型与物理实体达成相符性,工程师可实时审视设备的各项性能,实施故障预判与推进维护规划^[1]。

伴随物联网(IoT)、大数据、云计算等技术的迅猛发展,数字孪生技术的应用场景也稳步扩展。尤其是在建筑、制造业、能源、城市管理等领域得到了普遍关注,数字孪生不仅局限于对单一设备的监控,还可针对复杂系统和整个生产流程开展模拟与优化。就建筑行业而言,利用把建筑物的物理结构、运行状态和环境数据等与虚拟模型加以同步,实现对建筑生命周期的全面监控与管理,增进了设计、施工、运营等各阶段的效率及精准度。

1.2 数字孪生的核心技术

数字孪生的核心技术囊括数据采集与传输、虚拟建模、实时同步与更新以及数据分析与决策支持等几个要点,数据的采集与传输是数字孪生的根基,以物联网设备、传感器、摄像头等硬件设施为途径,可实时获取物理实体的运行数据和状态信息。就制造业而言,传感器可采集设备的温度、震荡、压力等数据,并把数据传输到云端处理中心。

虚拟建模技术按照采集到的数据或既有的物理模型,造就出与实体设备高度类似的数字副本,此虚拟模型不仅能精准反映设备的外观、结构,还能对设备的各项运行参数开展模拟。基于这一基础,实时同步和更新技术保证虚拟模型可与物理实体同步更新,即便设备发生改变之际,虚拟副本也能够迅速体现出相应的调整,由此保障信息的实时性与精准度。

数据分析跟决策支持是数字孪生的核心技术之一。采用大数据分析、人工智能和机器学习等算法,数字孪生系统可针对实时数据做深度处理和分析,预判潜在缺陷、辨识优化重点、提出维护方案,也支持自动化的决策事宜。数字孪生系统可预估设备故障出现的时间及位置,支持企业预先进行维护与修复,由此缩减生产停机时间,增高设备的整体效能与安全性^[2]。

2 基于数字孪生的轻钢集成建筑设备智能运维系统设计

2.1 系统架构设计

基于数字孪生模式的智能运维系统,作为现代建筑设备管理的核心组成部分,可实现对设备的全生命周期管理,加大运维效率,下调运维成本。此系统主要归类为数据采集层、数据传输层、处理分析层和应用层四个部分,每一层在系统的运行过程中都起着极为关键的作用。数据采集层借助传感器、智能设备以及设备监控系统,实时采集建筑设备运行的各项数据,这些数据囊括温度、压力、振动、能耗等关键指标。采集层把这些信息转化为数字化信号,并维持信息的准确性与实时性,为后续数据处理铺就基础。数据传输层借助无线通信技术(如Wi-Fi、5G、LoRa等)把数据传送到中央处理系统,在传输的过程中,系统须保证数据的可靠性与安全性,以防数据出现丢失与泄漏。传输层需要应对大规模数据传输带来的延迟以及带宽压力。

处理分析层可谓整个系统的“大脑”,它承担对采集到的数据开展存储、处理与分析的工作。采用机器学习、人工智能等先进算法,系统可对建筑设备的运行状态实施实时监控,并针对设备的潜在故障实时预测与诊断,援助运维人员提前发现毛病,由此降低设备的故障概率和维修成本。应用层凭借直观的可视化界面,向用户揭晓建筑设备的状态信息,用户可经由远程监控开展操作,实时把握设备运行状态,及时调整策略然后开展故障处理,应用层也支持多种管理功能,诸如设备管理、故障报警与维护调度,极大增强了运维效率与精确性。

2.2 数据采集与实时监控

为实现设备的智能化运维,需对轻钢集成建筑中的各类设备开展全面且实时的数据搜集。轻钢集成建筑往往涉及复杂的设备系统,含有空调系统、电力供应系统、排水系统、暖通设备等,每一项设备的稳定运行对建筑的整体功能意义重大,实时监控这些设备的运行状况是保障建筑

安全、高效运转的前提。为达成这一既定目标,必须在各关键设备上安装传感器,这些传感器可实时采集设备各运行参数,如温度、湿度、振动、压力、电量、能耗等,这些数据可展现设备的实时状态。尤其是当设备呈现异常状态时,传感器可迅速捕捉到这些变化,由此发出预警信号。温度传感器可监测设备的过热情形,振动传感器则可探测到设备运行中的不正常振动,提示潜在的故障隐患^[3]。

采集到的设备数据凭借物联网技术被实时传递至中央处理平台,物联网技术借助无线传输、传感器网络等手段,保证设备数据能够高效、安全地传至中央平台,避免了人工数据记录造成的烦琐与延时问题,这些数据依托云计算平台实施处理、存储,为后续的预测性维护夯实了坚实基础。凭借对大规模设备数据的长期聚积与分析,运维人员可依据数据趋势提前预判设备故障,开展有针对性的维护跟维修,杜绝了传统运维过程中由于人为粗心或设备异常未及时发现而造成的突发故障。

2.3 预测性维护与故障诊断

采用对收集到的设备运行数据进行深度分析,可高效地借助机器学习算法预测设备的潜在故障,以此提升生产过程的效率跟安全性。伴随工业设备渐趋智能化与数字化,企业可实时采集大量的运行数据,涉及设备的温度、振动、压力、电流等多个维度的参数,这些数据不仅可以体现设备此刻的运行状态,还可揭示设备的性能趋势与潜在隐患。

涉及机器学习的算法,尤其是监督学习跟无监督学习模型,可借助设备历史数据开展训练,辨认出不同类型设备在不同工况下的行为模式,采用分析设备的振动频率变化方式,结合温度、湿度等周边环境参数,机器学习模型可探测到设备在出现故障之前的微弱变动。这些数据可协助预测设备可能出现的故障类型,如轴承磨损、电机故障或过热状况,并精准预估故障出现的时间区间,依靠这些预测结果,企业可在设备产生故障前进行有针对性的维护或更换关键零部件,规避因设备突发性故障引起的生产中断。跟传统的定期检查与事后维修相比较,基于数据分析的预测性维护在高效精确上表现更佳,它能够极大减少停机时间,提升产出效率,降低维保成本。预测性维护还可拉长设备的使用寿命,加大设备的运行稳定性,为企业增添更大的经济效益^[4]。

2.4 可视化管理与远程监控

数字孪生技术凭借打造物理设备或系统的虚拟模型,让运维人员可借助可视化界面实时监控设备的运行状况,并对设备的各类性能参数开展分析与判定。该虚拟模型实时揭示了设备的各类数据,含有温度、振动、压力、电流等关键指标,从而助力运维人员迅速知晓设备的整体健康状况。这种实时反馈机制可让运维人员更早察觉潜在问题,诸如异常振动或温度过热状况,从而预先采取维护行动,避免因设备故障引起的生产中断。依靠数字孪生技术,运

维人员可直观地辨识每一台设备的状态,不只是以数据展示为限,还可借助模拟不同的工作环境与工况,预估设备在不同情形下的表现,如此的信息透明化和可操作性显著提高了运维决策的准确性与及时性。

把增强现实(AR)和虚拟现实(VR)技术加以结合,运维人员的工作效率实现了进一步提升。依靠AR技术,运维人员可把虚拟信息叠加在现实世界中,看清设备内部的详细状况或出现故障的点位,从而更清晰地引领修复步骤。VR技术可助力运维人员开展模拟操作,在无需抵达现场的状态下开展远程诊断与修复操作。就算为设备的复杂维护操作,还是跟远程专家进行协作指导,AR/VR技术皆可提供直观的指导,保障每一步操作都精准无忧。此项技术结合增进了运维效率,缩减了人工操作的错漏,并通过远程实施操作极大节约了时间和成本。尤其在设备分布范围广或条件复杂的场景中,数字孪生跟AR/VR技术的结合,让设备管理及维护工作更为智能化精准化。

3 数字孪生在轻钢集成建筑中的应用案例

3.1 某轻钢集成建筑项目运维系统实施

在某轻钢集成建筑项目当中,项目组成成功采用了基于数字孪生技术的设备智能运维系统,该系统凭借实时数据采集与分析,极大增进了设备的管理效率。系统借助对建筑设备的各类运行数据开展实时监控,涉及温度、湿度、压力、振动等若干关键参数,全面把握设备的健康状况。数字孪生技术打造的虚拟模型跟物理设备实现完全同步,运维人员随时可借助可视化界面去查看设备的工作状态,便于迅速辨认潜在问题。

该系统的核心长处在于其预测性维护功能,经由对历史数据和实时数据的深度挖掘,系统可预测设备故障发生的可能性与时间,预先甄别出存在风险的设备。在项目实施进程中,系统成功预警出多个潜在故障点,包含空调系统的压缩机过热、泵站的流量异常等情形。项目组凭借这些预警信息,提前落实了设备的检修与替换,由此避免了设备突发性故障引发的生产停机。采用这种智能化的管理模式,项目组不仅极大缩减了设备停机时长,还高效降低了紧急维修和替换设备的成本。这种基于数字孪生的设备智能运维系统为建筑项目的平稳推进提供了坚实的技术后盾,也为未来智能建筑运维模式留存了宝贵的经验^[5]。

3.2 应用效果与挑战

该系统的实施有效优化了建筑设备的运维效率,降低了设备出现故障的比率,尤其是针对设备远程监控和故障预测方面取得了明显成果,在实际应用进程里,依旧面临着一些挑战,数据采集精度偏低可能引起部分设备的运行

数据不够精确,由此影响预测模型的可靠性;系统稳定性呈现短板在高负载情形下可能引发数据丢失或延迟,波及实时监控的实际效果;设备兼容性问题造成不同品牌及型号的设备不能有效集成,降低了系统的整体性能水平。

为进一步强化系统性能,优化传感器布局是要义。恰当的传感器位置和数量可保证数据采集的全面性和精确性,由此提升故障预测的精准水平,提升数据传送的稳定性。尤其是在无线传输的环境下,可降低数据延迟与丢失,保证实时监控的顺利实施,应对设备之间的异构性问题。依靠统一的通信协议及标准化接口,可促成不同设备间的无间断连接,保障系统的整体同步运行,这些优化手段会为系统的长效稳定运行给予有力保障。

4 结语

基于数字孪生模式的轻钢集成建筑设备智能运维系统,全面利用数字孪生技术的长处,做到了对建筑设施设备的智能监控及预测性维护,着实提升了运维效率跟设备可靠性,凭借系统设计、数据采集与实时监控、预测性维护等方面的施行,数字孪生技术为轻钢集成建筑的运维给予了创新的解决办法。尽管现阶段基于数字孪生的运维系统在轻钢集成建筑应用上已取得初步成效,但依旧存在技术难题与挑战。伴随人工智能、5G通信、大数据分析等技术的进步,数字孪生技术将在建筑设备智能运维过程中发挥更大功用,怎样增进系统的智能化水平,提升数据的精准无误性与实时有效性,优化运维管理举措,应成为未来研究的关键方向。

课题名称和编号:课题是《轻钢集成建筑设备一体化技术研发》和课题编号:2024CPCCE-K11。

[参考文献]

- [1]唐雨玉.大数据技术在智能运维系统优化中的应用[J].电子技术,2025,54(1):314-315.
- [2]胡烈诚,黄月红,李健勇.城市轨道交通给排水专业智能运维应用[J].现代信息科技,2024,8(24):116-120.
- [3]周培明,尹冬航,邹勇,等.基于数字孪生技术的钢铁企业设备智能运维系统[J].冶金设备管理与维修,2024,42(3):41-43.
- [4]刘帅凤,赵少雄,周文硕.基于机器学习的智能运维系统优化与性能提升[J].数字技术与应用,2024,42(3):28-30.
- [5]于焱.微服务化云平台智能运维系统的设计与实现[D].北京:北京邮电大学,2023.

作者简介:李鑫(1989.9—),单位名称:广东白云学院,毕业学校和专业:郑州大学 过程装备与控制工程。