

数字孪生技术在楼宇能效监测与提升中的应用探索

陈钰宇

青岛黄海学院

DOI:10.12238/btr.v8i1.4585

[摘要] 随着科技的不断进步,数字孪生技术在多个领域展现出其巨大潜力。本文旨在探索数字孪生技术在楼宇能效监测与提升中的应用。通过分析数字孪生技术的核心理念及其在建筑能效管理方面的优势,结合具体实践案例,阐述了该技术如何提高楼宇能效,降低能源消耗,并为未来智慧城市的建设提供有力支持。

[关键词] 数字孪生技术; 楼宇能效; 监测; 智慧城市; 节能减排

中图分类号: S210.4 **文献标识码:** A

Application of digital twin technology in building energy efficiency monitoring and improvement

Yuyu Chen

Qingdao Huanghai University

[Abstract] With the continuous progress of science and technology, digital twin technology has shown its great potential in many fields. This paper aims to explore the application of digital twin technology in building energy efficiency monitoring and improvement. By analyzing the core concept of digital twin technology and its advantages in building energy efficiency management, combined with specific practical cases, this paper expounds how the technology can improve building energy efficiency, reduce energy consumption, and provide strong support for the construction of smart cities in the future.

[Key words] digital twin technology; Building energy efficiency; Monitor; Smart city; Energy conservation and emission reduction

引言

随着全球能源危机的加剧和环境保护意识的提高,楼宇能效监测与提升已成为当今社会的热点问题。数字孪生技术作为一种新兴的技术手段,通过构建虚拟模型来模拟和优化现实世界中的复杂系统。在楼宇能效管理领域,数字孪生技术的应用有望为节能减排和可持续发展带来革命性的变革。数字孪生技术可以实时采集楼宇内部的各项数据,如温度、湿度、光照强度和设备运行状态等,并将其传输到虚拟模型中进行分析和处理。通过对这些数据的深度学习和智能算法优化,数字孪生系统能够精准预测能耗趋势,识别潜在的节能机会,并提出优化建议。此外,该技术还能实现对楼宇设备的远程监控和自动化控制,从而进一步提升能效管理水平。例如,在空调系统中,数字孪生技术可以根据室内外环境变化自动调节运行参数,减少不必要的能源消耗。同时,通过与其他智能系统的集成,如物联网和大数据平台,数字孪生技术能够为楼宇管理者提供全面的数据支持和决策依据,推动楼宇向更加绿色、智能的方向发展。

1 数字孪生技术核心理念及在建筑能效管理中的优势

数字孪生技术是通过高精度的数据采集、传输和处理技术,将物理世界中的实体与虚拟世界中的模型进行有机结合,实现实时的数据交互和状态更新。在建筑能效管理方面,数字孪生技术具有以下优势:

1.1 实时监测与数据分析

数字孪生技术赋能楼宇能耗管理,它通过实时采集和分析楼宇内各类设施的能耗数据,实现了能耗状况的全方位监控。借助大数据的力量,该技术能够迅速识别能耗异常,揭示潜在的节能空间,为楼宇能效的提升提供了强有力的数据支撑。具体来说,数字孪生技术通过建立虚拟的楼宇模型,映射真实楼宇的运行状况。在这个模型中,每一个设备、每一个系统都被精确地模拟出来,它们之间的交互和能耗情况也得到了真实的反映。这样,管理人员就可以通过数字孪生平台,直观地看到楼宇的能耗分布和变化趋势。

当系统检测到某个区域的能耗异常时,会立即发出警报,并

提示可能的原因和解决方案。同时,通过对历史数据的深度挖掘,系统还能发现能耗变化的规律和趋势,为未来的能耗管理提供决策依据。此外,数字孪生技术还支持模拟和预测功能。管理人员可以在平台上设定不同的节能方案,并观察这些方案在虚拟楼宇中的效果。这样,他们就可以根据模拟结果,选择最优的节能方案,实现楼宇能效的最大化提升。所以说,数字孪生技术为楼宇能耗管理带来了全新的解决方案,它不仅能够实时监测能耗数据,发现能耗异常,还能够通过数据分析和模拟预测,为能效提升提供科学的数据支持。

1.2 模拟优化与预测

利用数字孪生技术构建的虚拟模型,可以对楼宇的能耗进行模拟优化,精确预测不同节能措施的效果。通过实时数据采集与分析,系统能够动态调整各项参数,确保能源利用效率最大化。例如,在空调系统的运行中,可以根据室内外温度、人员流动等因素,自动调节制冷或制热功率,减少不必要的能耗。此外,该技术还能模拟自然光照对室内环境的影响,优化窗户设计和遮阳装置的使用,进一步降低照明能耗^[1]。

对于既有建筑的改造项目,数字孪生技术同样适用。它可以通过历史数据对比,评估现有设备的能效水平,并提出针对性的改进建议。例如,更换高效节能灯具、升级老旧电梯控制系统等。基于这些精准的数据支持,管理者能够制定更为合理的节能方案,不仅提升建筑物的整体能效,还能显著降低运营成本,实现绿色可持续发展的目标。

1.3 智能化管理与控制

数字孪生技术可实现楼宇能耗的智能化管理,通过自动调节设备运行状态和参数,达到节能降耗的目的。该技术利用传感器和物联网设备,实时采集建筑物内部的各项数据,如温度、湿度、光照强度及电器使用情况等,并将这些信息传输到中央控制系统进行分析处理。基于大数据和人工智能算法,系统能够精准预测不同时间段的能耗需求,动态调整照明、空调、电梯等设备的工作模式,避免不必要的能源浪费。此外,数字孪生还能模拟不同节能措施的效果,帮助管理人员制定更科学合理的运营策略。通过对历史数据的深度挖掘与学习,系统不断优化自身的控制逻辑,进一步提升能效管理水平,最终实现楼宇能耗的有效降低和环境友好型建筑的目标^[2]。

2 数字孪生技术在楼宇能效监测中的实践应用

在楼宇能效监测方面,数字孪生技术已得到了广泛应用。以下是一些具体实践案例:

2.1 智能照明系统

通过数字孪生技术构建楼宇照明系统的虚拟模型,实时监测照明设备的能耗数据,并将数据传输至云端进行分析。系统根据实际需求自动调节灯光亮度和照明时间,确保在不同时间段和环境下提供最适宜的照明效果,有效降低能耗。此外,结合传感器技术,系统能够感知人员活动情况,实现人来灯亮、人走灯灭的智能控制,进一步提升节能效果。管理人员可通过可视化界面随时查看各区域照明设备的工作状态及能耗统计,及时发现

并处理异常情况。系统还支持远程控制功能,方便对特定区域进行手动调节或紧急操作^[3]。通过这种智能化管理方式,不仅提高了楼宇照明系统的运行效率,也为用户创造了更加舒适便捷的使用体验,同时为节能环保贡献力量。

2.2 空调系统优化

利用数字孪生技术对空调系统进行模拟分析,构建高精度的虚拟模型,实时映射实际系统的运行状态。通过对温度、湿度、风速等关键参数的监测与分析,精准定位能耗高的原因,如设备老化、控制策略不当或负荷分配不合理等问题。基于模拟结果,提出优化建议,包括更换高效设备、调整送风模式和优化冷热源配置等措施。进一步引入智能控制策略,结合环境传感器数据与用户需求预测,动态调节空调系统的运行参数,实现按需供冷供热,减少不必要的能量损耗。通过智能化管理平台,集成多种节能算法,如模糊控制、自适应控制等,确保空调系统在不同工况下均能保持高效节能运行,最终达到降低整体能耗的目标。

2.3 能源管理系统

基于数字孪生技术的能源管理系统利用物联网传感器和智能算法,实时监测楼宇内各种设备的能耗数据。系统不仅能够精确记录每台设备的用电量、用水量和用气量,还能分析不同时间段和使用场景下的能耗模式。通过对这些数据进行深度挖掘,系统为管理者提供全面的能耗分析报告,包括历史数据对比、异常消耗预警以及节能潜力评估。此外,系统还能够根据实时数据动态调整设备运行参数,优化能源使用效率,减少不必要的浪费。例如,在非高峰时段自动降低空调功率或关闭闲置照明设备。系统还提供详细的节能建议,如更换高效能设备、优化建筑布局以增加自然采光等^[4]。这些建议不仅能帮助管理者有效降低运营成本,还能提升楼宇的整体能源管理水平,实现绿色可持续发展目标。

3 数字孪生技术在楼宇能效提升中的策略与方法

在楼宇能效提升方面,数字孪生技术可发挥重要作用。以下是一些有效的策略与方法:

3.1 精细化能耗管理

通过数字孪生技术对楼宇内各个区域的能耗进行精细化管理,实时监测并分析每个房间、楼层及设备的能耗数据。基于这些数据,制定针对性的节能措施,优化空调、照明和电梯等系统的运行策略。例如,在低使用率时段自动调节温度或关闭不必要的灯光,减少能源浪费。此外,系统还能预测高峰用电时段,提前调整设备负荷,避免电力过载。通过对不同区域的能耗模式进行深入分析,识别出高能耗区域,并采取相应措施,如更换高效节能设备或改进隔热材料,进一步降低整体能耗。定期生成能耗报告,帮助管理者及时了解各区域的节能效果,持续优化管理策略,确保楼宇在满足舒适度要求的同时,实现节能减排的目标^[5]。

3.2 设备优化与更新

基于数字孪生技术的模拟分析结果,对楼宇内的设备进行优化和更新,选择更高效、更节能的设备替代老旧设备。通过精

确的数据采集与实时监控,全面评估现有设备的运行状态与能耗情况,识别出高能耗和低效率的设备。结合模拟分析结果,制定详细的设备更新计划,优先替换那些对整体能耗影响较大且维护成本高的设备。引入先进的智能控制系统,实现设备的自动化管理和优化运行,进一步降低能耗。同时,考虑采用可再生能源技术,如太阳能光伏发电系统,以减少对外部能源的依赖,提升楼宇的整体能效和环境友好性。

3.3 行为节能引导

通过数字孪生技术对楼宇内人员的行为进行分析,实时监测人员活动模式、设备使用频率及能耗情况,制定个性化的行为节能引导策略。系统能够识别高能耗区域和时段,针对性推送节能建议,如优化空调温度设定、合理安排照明时间等。同时,结合移动端应用,向用户推送节能知识与激励措施,增强互动性和参与感。通过数据可视化展示节能效果,鼓励员工和居民自觉践行节能行动,逐步形成良好的节能习惯,提升整体节能意识,从而实现楼宇能源消耗的有效降低和环境友好型建筑的建设目标^[6]。

4 数字孪生技术在楼宇能效监测与提升中的挑战与展望

随着智能建筑技术的发展,数据安全与隐私保护问题需引起高度重视,确保楼宇能耗数据在采集、传输和存储过程中的安全性与隐私性。不仅要建立严格的数据访问权限机制,还需采用加密技术防止数据泄露和非法访问,确保用户信息不被滥用。与此同时,技术成本与投资收益之间的平衡问题也需妥善处理。一方面,应通过技术创新降低技术应用门槛,提高系统的兼容性和易用性;另一方面,要注重提升能效管理的实际效果,确保投资回报率最大化。合理规划项目预算,优化资源配置,避免不必要的浪费。此外,可以通过引入第三方评估机构,对项目的经济效益和环境效益进行全面评估,为决策提供科学依据,推动智能建筑的可持续发展。

展望未来,数字孪生技术将在楼宇能效监测与提升中发挥更加重要的作用。随着技术的不断进步和成本的降低,更多的楼宇将采纳数字孪生技术进行能效管理。政府和企业也将加大对

数字孪生技术的投入和支持力度,推动其在智慧城市建设和可持续发展中的应用。

5 结语

数字孪生技术为楼宇能效监测与提升带来了新的机遇和挑战。通过实时监控、模拟优化和智能化管理等手段,数字孪生技术能够精确捕捉楼宇内的能耗数据,并进行动态分析,从而显著降低楼宇能耗,提高能源利用效率。该技术不仅能在设计阶段优化建筑结构,还能在运营过程中提供持续的节能建议。然而,随着数据量的增加,数据安全问题日益凸显,如何确保敏感信息不被泄露成为关键。此外,数字孪生技术的实施成本较高,涉及硬件设备、软件平台及专业人员培训等多个方面,这使得投资回报周期较长,需谨慎评估经济效益。同时,不同楼宇的具体需求差异较大,标准化解决方案难以全面适用,个性化定制方案则进一步增加了复杂性和成本。因此,在推广数字孪生技术时,必须综合考虑技术可行性、经济合理性和安全性,寻求平衡点以实现可持续发展。

[参考文献]

[1]张艳霞,贾丽芳.城市楼宇建筑施工组织设计编制方法[J].江西建材,2022,(02):147-148+151.

[2]兰飞.一种基于楼宇建筑的自动控制系统设计方法[J].数字技术与应用,2016,(05):11.

[3]付新.楼宇建筑能源管控系统的设计[J].日用电器,2016,(07):71-74.

[4]余晓明,蔡路茵,张曦.多能互补系统在楼宇建筑中的应用研究[J].能源研究与管理,2018,(03):98-101.

[5]胡入胜,郑全新,郑健.楼宇建筑电气安全与能效管理探析[J].福建茶叶,2020,42(04):118.

[6]董昆.绿色建筑运行能效管理分析[J].绿色建筑,2020,12(05):45-48+58.

作者简介:

陈钰宇(2003—),女,汉族,山东济南人,本科,研究方向:建筑类。