

基于BIM数字孪生的绿色节能装配式建筑智慧管理研究

刘立锋

河北冀科工程项目管理有限公司 河北 石家庄 050000

摘要：本研究聚焦于基于BIM数字孪生的绿色节能装配式建筑智慧管理，旨在探索BIM技术与数字孪生理念在装配式建筑领域的深度融合与应用。通过构建BIM数字孪生模型，实现建筑全生命周期的信息集成与实时监控，为绿色节能装配式建筑提供高效、智能的管理手段。研究涵盖从规划设计到运营维护的全链条管理，有效提升建筑能效，降低了运营成本，为推动建筑行业数字化转型和可持续发展提供有力支撑。

关键词：BIM；数字孪生；绿色节能装配式；智慧管理

引言：随着绿色建筑和装配式建筑理念的深入发展，如何实现高效、智能的管理成为行业关注的焦点。本研究旨在探索基于BIM数字孪生的技术框架，在绿色节能装配式建筑中实现智慧管理。BIM技术以其强大的信息集成能力，为建筑全生命周期管理提供有力支持；而数字孪生技术则通过构建虚拟模型，实现了对实体建筑的精准模拟和实时监控。两者的结合，将为绿色节能装配式建筑带来革命性的管理变革。

1 相关理论与技术基础

1.1 BIM技术基础

BIM（建筑信息模型，BuildingInformationModeling）技术是一种数字表示法，用于描述建筑设施的物理和功能特性。它是一种共享的知识资源，涵盖从建筑概念设计到拆除的全生命周期。BIM技术的核心在于其三维模型，该模型集成了建筑项目的所有组件和信息，包括结构、电气、给排水等各个系统。这种集成化的信息模型使得项目团队成员能够在同一平台上协同工作，减少信息孤岛，提高设计效率和准确性。BIM技术的应用不仅限于设计阶段，还贯穿于施工和运维阶段。在施工阶段，BIM技术可以用于碰撞检测、施工进度模拟和资源配置优化等。在运维阶段，BIM模型可以作为设施管理的基础，支持设备维护、能源管理和空间规划等活动，BIM技术还支持建筑性能分析，如能耗模拟、日照分析和通风分析等，有助于设计师做出更加科学合理的决策。

1.2 数字孪生技术解析

数字孪生技术是指通过数学建模、仿真和数据驱动的方法，将实体对象或系统的数字化副本与其现实世界的对应物相结合。这种技术为实体世界的监测、分析和优化提供了强大的工具。数字孪生模型可以模拟物理系统的行为，并通过传感器数据和其他输入源实时更新。通过数字孪生，用户可以更好地理解 and 预测实体对象的性能、

故障和维护需求，从而优化决策和资源利用。数字孪生技术的工作过程包括感知、建模和优化三个阶段^[1]。在感知阶段，通过传感器和数据采集设备获取实际物理系统的数据。在建模阶段，利用收集到的数据构建数字孪生模型。在优化阶段，通过在数字孪生模型上进行仿真和测试来优化实际物理系统的性能。数字孪生技术在制造业、城市规划、医疗保健等领域得到了广泛应用，为这些领域的决策优化和资源管理提供了有力支持。

1.3 绿色节能装配式建筑概述

绿色节能装配式建筑是一种将预制构件在工厂生产、现场组装的建筑方式。这种建筑方式具有环保、节能、高效等优点，符合可持续发展的理念。绿色节能装配式建筑在设计上注重节能和环保，采用低耗能材料、太阳能、风能等可再生能源，以及绿色建材和智能控制系统等技术。这些技术的应用使得建筑在运营过程中能够减少能源消耗和环境污染。在建造过程中，绿色节能装配式建筑采用标准化、模块化的生产方式，提高生产效率 and 建筑质量。同时由于预制构件在工厂生产，减少现场湿作业和垃圾产生，有利于环境保护。此外，绿色节能装配式建筑还注重与周边环境的融合，保护原有生态系统，减少对周边环境的影响。

1.4 智慧管理相关理论

智慧管理是指运用现代信息技术和智能算法，对组织内部和外部的资源、流程和信息进行高效整合和优化管理的过程。智慧管理的核心在于数据驱动和智能决策。通过收集和分析大量数据，智慧管理系统能够发现潜在问题和机会，为决策者提供科学依据和决策支持。智慧管理在多个领域得到了广泛应用，如制造业、建筑业、物流业等。在建筑业中，智慧管理可以应用于项目管理、成本控制、质量管理等方面。通过引入智慧工地管理平台，实现施工过程的实时监控 and 数据分析，提高

施工效率和质量。智慧管理还可以应用于建筑设施的运维管理,通过物联网技术和数据分析手段,实现对建筑设施的智能化管理和维护。

2 BIM 数字孪生技术及其在绿色节能装配式建筑中的应用

2.1 BIM与数字孪生的融合机制

BIM(建筑信息模型)与数字孪生技术的融合,标志着建筑行业向更加智能化、数据驱动的方向迈进。BIM技术以其强大的信息集成能力,为建筑项目提供了从设计到运维的全生命周期管理。而数字孪生技术,则通过创建实体建筑或系统的数字化副本,实现了对实体世界的精准模拟和实时监控。两者的融合,意味着可以将BIM模型中的丰富信息直接应用于数字孪生模型中,从而实现对建筑项目的深度洞察和高效管理。具体来说,BIM模型中的几何信息、材料属性、构件关系等,都可以被数字孪生系统所利用,构建出与实际建筑高度一致的虚拟模型。数字孪生系统还能通过传感器、物联网等技术,实时收集建筑运行数据,与BIM模型进行动态关联,实现数据的双向流动和更新。这种融合机制不仅提高了建筑信息的准确性和完整性,还使得建筑管理更加智能化和精细化。

2.2 绿色节能装配式建筑BIM数字孪生体系的构建

在绿色节能装配式建筑领域,BIM数字孪生体系的构建是实现智慧管理的重要基础。该体系以BIM模型为核心,结合数字孪生技术,将预制构件、建筑材料、能源系统、环境控制等关键要素进行数字化集成。通过构建这一体系,可以实现对绿色节能装配式建筑从设计、生产、施工到运维的全过程监控和管理。在构建过程中,需要利用BIM技术建立建筑的三维模型,并集成各类构件和材料的信息。通过数字孪生技术,将建筑模型与实际运行数据进行关联,形成虚拟与现实交互的数字孪生体。这一体系不仅能够实现建筑信息的实时更新和共享,还能够通过模拟和预测,优化建筑性能,提高能源利用效率,减少环境污染。

2.3 数字孪生在绿色节能装配式建筑智慧管理中的功能实现

数字孪生技术在绿色节能装配式建筑智慧管理中的功能实现,主要体现在以下几个方面:一是实时监控与预警,通过数字孪生系统,可以实时监测建筑内部的温度、湿度、光照等环境参数,以及能源系统的运行状态。当参数偏离预设范围时,系统能够自动发出预警,提醒管理人员及时采取措施进行调整^[2]。二是能耗管理与优化,数字孪生系统能够收集建筑能耗数据,并进行

智能分析。通过模拟不同场景下的能耗情况,系统可以为管理人员提供节能建议,优化能源配置,降低能耗成本。三是故障预测与维护,数字孪生系统能够通过对比建筑运行数据的分析,预测设备可能出现的故障。当预测到潜在故障时,系统可以提前通知维护人员进行检查和维修,避免故障发生对建筑运行造成影响。四是智能决策支持,数字孪生系统还能够为管理人员提供智能决策支持。通过模拟不同决策方案的效果,系统可以帮助管理人员选择最优方案,提高决策的科学性和准确性。

3 基于 BIM 数字孪生的绿色节能装配式建筑智慧管理体系构建

3.1 体系总体架构设计

基于BIM数字孪生的绿色节能装配式建筑智慧管理体系的总体架构设计,旨在构建一个高度集成、数据驱动、智能协同的管理平台。该体系以BIM模型为信息载体,结合数字孪生技术,实现了建筑实体与虚拟模型之间的实时交互和精准映射。体系架构设计包括数据采集层、数据处理层、应用服务层和用户交互层四个主要层次。数据采集层负责收集建筑运行过程中的各类数据;数据处理层则对收集到的数据进行清洗、整合和分析,形成有价值的信息;应用服务层基于处理后的数据,提供能耗管理、故障预测、智能调度等核心功能;用户交互层则为用户提供直观、便捷的操作界面,实现人机交互和协同管理。

3.2 数据管理模块

数据管理模块是基于BIM数字孪生的绿色节能装配式建筑智慧管理体系的关键组成部分。该模块主要负责数据的采集、存储、处理和分析。通过集成各类传感器和物联网设备,数据管理模块能够实时收集建筑运行过程中的能耗、环境、设备状态等数据。模块还具备强大的数据处理能力,能够对收集到的数据进行清洗、整合和标准化处理,形成统一的数据格式和存储结构。数据管理模块还支持数据挖掘和智能分析,能够基于历史数据和实时数据,对建筑运行状况进行预测和评估,为后续的决策和优化提供依据。数据管理模块是集成传感器与物联网,实时采集建筑数据,并具备强大的处理、分析能力,还支持数据挖掘与智能预测,助力决策优化,提升管理效率。

3.3 核心功能模块开发

核心功能模块的开发是基于BIM数字孪生的绿色节能装配式建筑智慧管理体系实现智慧管理目标的关键。根据实际需求,核心功能模块包括能耗管理模块、故障预测与诊断模块、智能调度与优化模块等。能耗管理模

块能够实时监测建筑能耗情况,提供能耗分析和节能建议;故障预测与诊断模块则通过对设备运行数据的分析,预测潜在故障并提前发出预警,同时提供故障诊断和维修建议;智能调度与优化模块则能够根据建筑运行状况和需求,自动调整能源分配和设备运行策略,实现资源的最优配置^[3]。

3.4 人机交互与协同管理机制

人机交互与协同管理机制在基于BIM数字孪生的绿色节能装配式建筑智慧管理体系中扮演着至关重要的角色,它们是实现体系内高效协同作业与智能化决策的核心保障。人机交互界面设计注重用户体验和便捷性,提供直观、易懂的操作界面和丰富的可视化展示功能,使用户能够轻松掌握建筑运行状况和管理信息。协同管理机制通过集成多种通信协议和协作工具,实现不同部门和人员之间的信息共享和协同工作。通过设定明确的角色和权限分配,协同管理机制能够确保数据的准确性和安全性,提高管理效率和决策水平。人机交互与协同管理机制还支持远程访问和移动办公,使得管理人员能够随时随地掌握建筑运行状况并作出相应决策。

4 案例应用与效果分析

4.1 案例项目概况

本次案例研究选取了一个典型的绿色节能装配式建筑项目——“绿源智慧社区”。该项目位于城市新区,总建筑面积约为10万平方米,包括住宅、商业、社区服务中心等多种功能布局。在装配式技术方面,项目采用了预制混凝土构件和钢结构体系,实现了建筑构件的工厂化生产和现场快速装配。项目还融入了多项绿色节能技术,如太阳能光伏板、雨水收集系统、绿色屋顶和高效节能设备等,旨在打造一个低碳、环保、可持续的居住环境。

4.2 BIM数字孪生技术应用实践

在“绿源智慧社区”项目中,BIM数字孪生技术得到了广泛应用。在规划设计阶段,BIM模型为项目提供了精确的三维可视化展示,帮助设计师和业主更好地理解建筑空间布局 and 外观效果。通过数字孪生平台,项目团队对设计方案进行了多次模拟和优化,确保建筑性能和能耗指标的达标。在构件生产阶段,BIM模型与工厂生产系统实现无缝对接,确保构件尺寸和质量的精准控制。施工装配阶段,BIM数字孪生技术为现场施工人员提供了详细的施工指导和进度监控,大大提高施工效率和准确

性^[4]。运营维护阶段,BIM数字孪生平台实时监测建筑能耗、设备状态和环境质量,为物业管理团队提供丰富的数据支持。通过数据分析,物业管理团队能够及时发现和解决潜在问题,优化能源使用,提高居住舒适度。为了直观呈现技术应用情况,展示项目应用过程中的相关BIM模型、数字孪生平台界面截图和实际产生的数据报表等资料。这些资料清晰地展示BIM数字孪生技术在各阶段的具体应用和实施细节。

4.3 智慧管理效果评估指标体系构建

为了评估“绿源智慧社区”项目中BIM数字孪生技术在智慧管理方面的效果,构建了一套全面的评估指标体系。该指标体系包括能耗管理效果、设备运行状态监控效果、故障预测与诊断准确性、智能调度与优化效果以及用户体验满意度等多个维度。在能耗管理效果方面,关注建筑能耗的降低幅度和节能措施的有效性。设备运行状态监控效果则通过设备故障率和维修成本的降低来衡量。故障预测与诊断准确性通过预测准确率和实际维修效果的对比来评估。智能调度与优化效果则通过资源利用率的提高和运营成本的降低来体现。用户体验满意度通过问卷调查和访谈等方式收集用户反馈,以评估智慧管理系统的实用性和便捷性。

结束语

本研究通过深入分析基于BIM数字孪生的绿色节能装配式建筑智慧管理体系,揭示了其在提升建筑能效、优化资源配置和增强管理效率方面的巨大潜力。未来,随着技术的不断进步和应用场景的拓展,BIM数字孪生将在建筑行业中发挥更加重要的作用,推动绿色节能装配式建筑向更高水平发展,为构建生态文明和美丽中国贡献力量。

参考文献

- [1]张玉青,王如华,王玉,刘凯英,李贝贝.基于BIM的装配式建筑智慧化管理体系研究[J].智能建筑与智慧城市,2021(03):96-99.DOI:
- [2]刘大君,吴玫.物联网技术在装配式建筑中的应用现状[J].科学技术创新,2020(21):99-100.
- [3]刘晓惠.基于精益管理的装配式建筑智慧化管理体系研究[D].西安建筑科技大学,2020.DOI:10.27393/d.cnki.gxazu.2020.001164.
- [4]夏巧丽.BIM技术在装配式建筑施工质量管理中的运用[J].冶金管理,2022,(21):8-11.