

基于BIM和IoT集成技术的土木工程施工管理可视化模拟与智能决策支持系统创新研究

席悦峰 宋仟仟 李锦泉

云南工商学院 云南昆明 650000

摘要: 随着城市化进程的加快, 建筑工程项目变得日益复杂, 传统的施工管理模式难以满足现代工程的需求, 特别是在信息共享、协同作业和实时监控方面存在诸多不足。BIM技术通过创建三维模型, 整合项目的所有信息, 为设计、施工和运维提供了统一的数据平台; 而IoT技术则通过传感器网络实现了物理世界的数字化, 为实时监控和数据分析提供了技术支持。此次研究将两者结合, 构建一个高效的施工管理可视化模拟与智能决策支持系统, 并以某城市商业大厦项目为例, 分析该系统的应用效果, 结果表明: BIM和IoT集成技术的可视化模拟系统能够提高施工效率、降低成本、保障工程质量与安全, 同时有力推动了绿色建筑和低碳城市的建设, 为构建可持续发展的未来城市奠定了坚实的基础。

关键词: 建筑工程; BIM技术; IoT技术; 可视化管理

引言

在全球化与信息化的浪潮下, 土木工程行业作为国民经济的重要支柱, 正经历着前所未有的变革与挑战^[1]。随着工程规模的扩大、复杂性的增加以及环保、安全、效率等要求的不断提升, 传统的施工管理模式已逐渐显露出其局限性^[2-3]。信息孤岛、数据滞后、决策效率低下等问题不仅影响了工程进度, 还增加了成本风险, 甚至对工程质量与施工安全构成了潜在威胁^[4]。在此背景下, 信息技术的引入与融合成为推动土木工程施工管理现代化、智能化的关键路径。其中, 建筑信息模型(BIM)和物联网(IoT)技术以其独特的优势, 在土木工程施工管理中展现出巨大的应用潜力。BIM技术通过创建三维数字化模型, 集成了建设项目全生命周期的信息, 实现了设计、施工、运维等各阶段的信息共享与协同工作, 为施工管理提供了强大的可视化工具和数据支持。而IoT技术则通过部署在施工现场的各类传感器、RFID标签等物联网设备, 实时采集和传输施工现场的各种数据, 如人员位置、设备状态、环境参数等, 为施工管理提供了丰富的实时数据源^[5]。将BIM和IoT技术集成应用于土木工程施工管理中, 不仅能够打破信息孤岛, 实现数据的实时共享与深度挖掘, 还能够通过智能化分析和决策支持, 提高施工管理的效率和精度^[6]。基于此, 通过建立BIM和IoT集成技术的土木工程施工管理可视化系统, 并以某城市商业大厦项目为例, 分析该系统的应用效果, 为类似工程提供指导和借鉴。

一、项目概况

某城市商业大厦项目总建筑面积约173000m², 占地面积约10000m², 地上共20层, 1层~8层为商业零售和餐饮, 9~12层为高端写字楼, 13~20层为精品酒店。地下共3层, 地下1层为商业配套和超市, 地下2~3层为停车场和设备用房。建筑主体结构为钢筋混凝土框架-核心筒结构体系, 抗震性能较好, 外围护结构采用玻璃幕墙和金属板材, 兼顾美观与节能环保。

二、基于BIM+IoT的施工可视化智能管理系统

1. 系统框架

BIM+IoT施工可视化智能管理系统基于信息安全体系和标准规范体系, 构建四大服务层级——从基础设施服务到平台服务, 再到数据服务和软件服务, 每一层级紧密相连, 为工程项目的智能化建设和决策提供坚实基础。除此之外, 云安全体系贯穿整个系统平台, 确保所有数据和服务的安全性与可靠性。其中云平台根据SOA(面向服务的架构)体系, 结合非结构化数据库、先进的分布式文件系统以及大型关系型数据库, 构建一个高效、灵活且可扩展的数据处理与存储体系。云平台不仅满足了当前建筑资产数字化交付的迫切需求, 更为后续的智能运维提供强大的技术支持, 如图1所示为系统框架示意图。

2. 建设系统基础层和数据层

系统基础层是整个系统的基石, 提供系统运行所需的基础设施和技术支持, 其主要包括硬件基础设施和虚

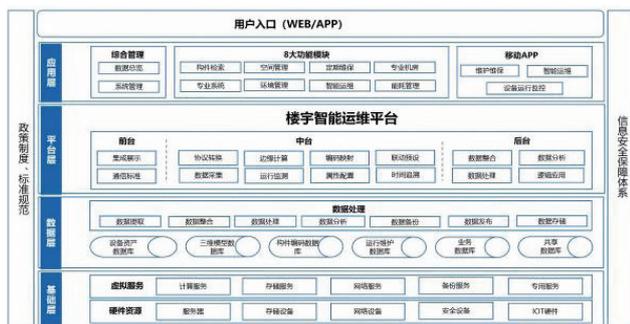


图1 系统架构示意图

拟服务部署。针对硬件基础设施，可在施工现场部署各类物联网传感器（如温度传感器、湿度传感器、烟雾传感器、RFID标签等）和智能终端设备（如摄像头、无人机、智能穿戴设备等），以实时采集施工现场的各类数据。同时建立稳定可靠的网络通信系统，包括有线网络和无线网络，确保物联网设备、智能终端设备与服务器之间的数据传输畅通无阻。针对基础层虚拟服务，需明确系统使用场景和需求，并根据需求评估所需的CPU、内存、存储和带宽等资源。

数据层是系统的核心，负责数据的收集、存储、处理和分析，主要包括环境数据（如温度、湿度、烟雾浓度等）、设备状态数据（如设备运行参数、故障信息等）和人员活动数据（如人员位置、工作状态）等。另外，项目在前期设计阶段将BIM模型数据集成到系统中，与物联网数据进行关联和融合，通过BIM模型的空间信息和属性信息，对物联网数据进行解析和可视化展示。所用数据库结构分为关系型数据库和非关系型数据库，其中关系型数据库用于存储结构化数据（如BIM模型属性信息、设备状态信息等），非关系型数据库用于存储非结构化数据（如视频监控数据、图像数据等）。

3. 建设系统平台层

系统平台层作为整个系统的中枢，分为前台、中台以及后台。其中前台负责将处理后的数据以直观、易懂的方式展示给用户，包括各种图表、仪表盘、地图等可视化工具，帮助用户快速理解数据的含义和趋势。同时前台需要定义和遵循一套通信标准，确保数据在不同系统和设备之间的传输是安全、可靠和高效的。中台负责将来自不同来源的数据转换为统一的格式，以便于数据的进一步分析。在数据采集点进行数据处理时，可以减少数据传输的带宽需求，提高数据处理的效率，并将数据编码为统一的格式，方便数据的存储和检索，同时定义数据之间的关联关系，方便数据的联动分析。在后台部分，将来自不同来源的数据整合到一起，形成统一的

数据视图，并使用各种分析工具和技术对数据进行分析，提取有价值的信息。

4. 建设系统应用层

系统应用层包括综合管理、8大功能模块以及移动APP三个模块。其中综合管理提供一个全面的数据概览界面，展示关键指标和重要信息，帮助用户快速了解系统的整体运行状态。同时提供系统配置和管理功能，包括用户管理、权限管理、系统日志等，确保系统的稳定运行和安全管理。8大功能模块中检索模块提供工程构件和设备的检索功能，用户可以通过关键字、属性等条件快速查找所需的构件、设备信息，且检索功能支持模糊查询、多条件查询等，方便用户快速找到所需信息。空间管理模块提供空间的管理功能，包括空间的划分、分配、调整等，确保空间的合理利用和高效管理。定期维保模块提供定期维保的功能，包括维保计划的制定、执行和跟踪，确保设备的正常运行和延长使用寿命。专业机房模块提供专业机房的管理功能，包括机房的环境监控、设备管理、安全管理等，确保机房的稳定运行和数据安全。专业系统模块提供专业系统的管理功能，包括系统的配置、监控、维护等，确保系统的稳定运行和高效管理。环境管理模块提供环境的管理功能，包括环境的监测、控制、优化等，确保环境的舒适和安全。智能运维模块提供智能运维的功能，包括设备的智能诊断、预测性维护、远程控制等，提高运维效率和降低运维成本。能耗管理模块提供能耗的管理功能，包括能耗的监测、分析、优化等，实现能耗的精细化管理和节能减排，如图2所示为系统能耗分析示意图。

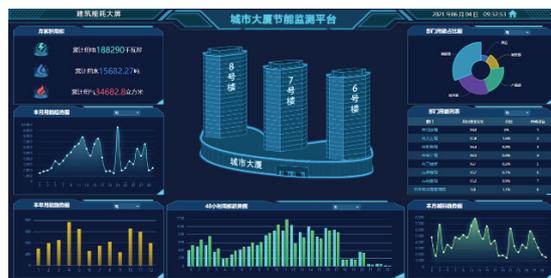


图2 大厦能耗分析示意图

除此之外，通过平台移动APP能够进行施工计划的制定、执行和跟踪，确保施工进度和质量，如图3所示为移动APP施工规范设置界面示意图。同时具有设备运行监控功能，包括设备的状态监控、故障预警、远程控制等，确保设备的稳定运行和安全。在平台上，可以全览整个项目布局，掌握楼层空间规划，了解各设备设施动静数据信息，实现一屏总览，达到直观、方便、快

捷地了解工程项目一切情况的目的，如图4所示为项目整体情况。

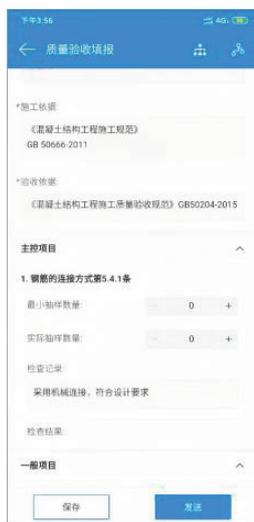


图3 移动APP施工规范设置界面示意图



图4 项目施工现场整体情况

三、应用效果分析

通过BIM+IoT的施工可视化智能管理系统，项目管理者对项目整体布局进行预览，同时系统提供详细的楼层空间规划信息，让各方人员能够深入了解每一层楼的具体布局和空间利用情况。在此基础上，管理者能即时掌握各类设施和设备的运行状态、维护情况以及能耗分析等动态数据信息，极大提升了信息获取的直观性和便捷性，从而更加高效地进行管理和决策，如图5所示为局部楼层布置示意图。

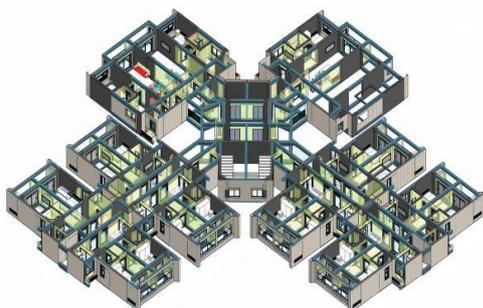


图5 局部楼层布置示意图

在管理效益方面，通过系统对人员分配方案进行优化，暖通、机电、混凝土浇筑等各类工程施工人数共减少22人，根据当地工人平均薪资水平，一年约降低人力成本160万。在经济效益方面，通过智能化管理系统对工程设计方案和施工方案进行优化，提前发现工程施工问题，减少后续返工次数，缩短施工工期，共节约工程成本500多万元。在社会效益方面，达到了建筑工程智能施工、智慧服务和运维的目标，为智慧城市、绿色建筑等方面的推广起到了积极促进作用。

结论

在现代建筑建设和运维管理中，将物联网、BIM技术等进行整合形成基于BIM+IoT的施工可视化智能管理系统，实现了建筑内部不同应用系统的对接与高度集成。这一创新性融合不仅打破了传统建筑管理的壁垒，还极大拓展建筑数据采集的维度与深度，能够实时掌握建筑的运行状态，并在建筑设计、施工以及运维阶段实现智能建筑的自动控制与全面数字化。这一管理系统不仅提升了建筑智能化水平，降低了工程管理成本、施工成本，还促使建筑管理向标准化、简约化的方向迈进。

参考文献

- [1]唐国锋.基于BIM+数字孪生技术的全过程工程咨询应用研究——以某森林公园项目为例[J].建设监理, 2024, (07): 9-12+29.
- [2]蔡兰峰.智能建筑工程监测下基于BIM与IoT的建筑机电系统研究[J].自动化与仪器仪表, 2024, (06): 132-135.
- [3]马丽君,姜永霞,毛文祥.基于BIM及IoT技术的垃圾电厂智慧运维平台[J].安装, 2024, (04): 96-98.
- [4]吴瑜灵,王远利.BIM-IoT技术在轨道交通工程智能化施工中的应用研究[J].广东土木与建筑, 2024, 31(02): 20-24.
- [5]何训林.物联网技术及BIM技术在智能建造中的应用[J].交通企业管理, 2024, 39(01): 94-96.
- [6]程铨,李静,赵静.IoT、BIM技术在建筑及市政公用工程施工及养护中的应用分析[J].安徽建筑, 2023, 30(08): 78-79.