

基于 BIM 与物联网的建筑工程质量协同管控体系构建

韦强

身份证号: 460026197104023911

DOI:10.61369/UAID.2025020008

摘 要 : 阐述 BIM 与物联网在建筑工程各阶段的应用及协同管控, 包括特点、作用、架构等。分析传统管理模式缺陷, 提出智能建造需求。介绍数据融合标准体系、协同管理平台架构及相关算法、模型。探讨安全风险联动处置及各阶段质量管控措施, 提及区块链存证及未来发展建议。

关 键 词 : BIM; 物联网; 建筑工程质量管控

Construction of Collaborative Quality Control System for Construction Projects Based on BIM and Internet of Things

Wei Qiang

ID: 460026197104023911

Abstract : This article elaborates on the application and collaborative management of BIM and IoT in various stages of construction engineering, including their characteristics, functions, architecture, etc. Analyze the shortcomings of traditional management models and propose the demand for intelligent construction. Introduce the data fusion standard system, collaborative management platform architecture, related algorithms, and models. Explore the linkage disposal of security risks and quality control measures at each stage, and mention blockchain certification and future development suggestions.

Keywords : BIM; Internet of Things; quality control of construction engineering

引言

随着建筑行业的发展, 我国于 2020 年发布的《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》强调了利用先进技术提升建筑工程质量安全管控水平的重要性。建筑信息模型 (BIM) 集成建筑全生命周期信息, 具有可视化、数据集成和协同管理等特点。物联网应用框架涵盖感知、传输和应用层, 在质量监控有优势。但纸质化管理和单系统应用存在缺陷。在此背景下, BIM 与物联网协同管控成为关键, 包括建立数据融合标准体系、设计协同管理平台架构、算法以及制定风险处置机制等, 对建筑工程质量安全管控意义重大。

一、BIM 与物联网技术概述

(一) BIM 技术定义与特点

建筑信息模型 (BIM) 是一种数字化的三维模型, 它集成了建筑工程从规划、设计、施工到运营维护全生命周期的各种信息^[1]。BIM 具有多种特点。其三维可视化特性使得建筑项目的各个参与方能够直观地看到建筑的外观、内部结构以及各个构件之间的关系, 有助于更好地理解设计意图和发现潜在问题。数据集成是 BIM 的重要特点之一, 它能够将建筑工程中的几何信息、物理信息、功能信息等各类数据整合在一起, 为项目的决策提供全面准确的依据。协同管理特性则体现在 BIM 可以支持不同专业的人员在同一个平台上进行协同工作, 实时共享信息, 提高工作效率和质量, 有效避免因信息不畅通而导致的错误和冲突。在建

筑工程全生命周期中, BIM 发挥着重要作用, 从早期的设计方案优化, 到施工过程中的进度和质量控制, 再到后期的运营维护管理, 都离不开 BIM 技术的支持。

(二) 物联网技术应用框架

物联网在建筑工程中的应用框架包含感知层、传输层与应用层。感知层通过传感器网络、RFID 等技术实现数据采集。传感器可实时获取建筑工程中的各类物理量, 如温度、湿度等, RFID 技术则可用于材料追踪与设备管理^[2]。传输层负责将感知层获取的数据传输至应用层, 确保数据的稳定与高效传输。应用层基于感知层采集的数据进行分析处理, 实现质量实时监控等功能。借助该架构, 物联网技术在建筑工程质量实时监控中具有显著优势, 能够及时发现质量问题并为决策提供依据。

二、建筑工程质量安全管理需求分析

（一）传统管理模式局限性

纸质化管理与单系统应用在建筑工程质量安全控制中存在诸多缺陷。在信息孤岛方面，纸质化管理使得信息分散，难以整合和共享，不同部门之间无法及时获取准确信息，影响决策效率^[3]。单系统应用也存在数据不兼容问题，无法实现全面的信息交互。监管滞后也是一大问题，纸质化管理流程繁琐，信息更新不及时，导致监管人员难以及时发现质量安全隐患。单系统应用可能因功能局限，无法对工程进行实时动态监测。在协同效率上，纸质化管理依赖人工传递信息，易出错且效率低下。单系统应用难以满足多部门协同工作需求，无法有效整合各方资源，降低了工程质量安全管理的协同效果。

（二）智能建造技术需求

随着建筑项目复杂度不断提升以及标准化要求的日益严格，传统的建筑工程质量安全管理模式面临诸多挑战。在这种背景下，智能建造技术的需求愈发凸显。数据实时交互成为关键需求之一，它能够确保各环节信息的及时更新与共享，避免因信息不畅导致的质量问题^[4]。流程精准追溯对于质量安全管理至关重要，通过对施工流程的精确记录与追溯，可快速定位问题源头，采取有效措施加以解决。多主体协同决策也是新型管理体系不可或缺的一部分，不同参与主体可基于实时数据进行协同合作，共同做出科学合理的决策，提高工程质量与安全性。

三、BIM-物联网协同管控体系构建

（一）技术整合机制设计

1. 数据融合标准体系

为实现 BIM 与物联网的有效协同管控，需建立数据融合标准体系。首先提出基于 IFC 标准与 IoT 通信协议的数据接口方案，IFC 标准作为建筑信息模型的数据交换标准，具有广泛的适用性和强大的信息表达能力^[5]。通过与 IoT 通信协议的结合，能够确保不同设备和系统之间的数据准确传输。同时，建立跨平台质量参数编码规则与传输规范，对建筑工程中的各类质量参数进行统一编码，使得不同来源的数据能够在同一标准下进行识别和处理，从而实现数据的高效融合和利用，为建筑工程质量协同管控提供有力支撑。

2. 协同管理平台架构

BIM 与物联网协同管理平台架构包含三层。首先是 BIM 模型中心，它是整个体系的核心，存储建筑工程的三维模型及相关信息，为后续的分析 and 决策提供基础数据支持^[6]。其次是物联网感知终端，分布在建筑工程各个关键部位，负责采集实时数据，如温度、湿度、位移等，并将这些数据传输到系统中。最后是质量分析引擎，它接收来自 BIM 模型中心和物联网感知终端的数据，运用数据分析算法和质量评估标准，对建筑工程质量进行实时分析和评估，同时还能预测潜在的质量问题，为工程质量的协同管控提供有力依据。三个模块之间相互协作、交互频繁，共同实现

对建筑工程质量的高效协同管控。

（二）质量安全控制流程

1. 质量偏差预警机制

设计基于 BIM 模型与物联网实时监测数据的对比分析算法，通过对 BIM 模型中的理想参数与物联网采集的实际监测数据进行精确比对，挖掘潜在质量偏差。建立多层次阈值预警模型，根据质量偏差的严重程度和可能造成的影响设定不同等级的阈值^[7]。当监测数据超出某一层级阈值时，系统自动触发相应级别的预警机制，以便及时采取措施进行干预和纠正，从而有效保障建筑工程质量处于可控状态，避免质量问题的进一步恶化和扩散。

2. 安全风险联动处置

制定风险事件与管控措施的动态映射关系是安全风险联动处置的关键。通过对建筑工程可能出现的风险事件进行全面分析，将其与相应的管控措施精准对应，形成动态映射。在此基础上，构建 PDCA 闭环管理流程，即计划（Plan）、执行（Do）、检查（Check）、处理（Act）。在计划阶段确定风险管控目标与策略；执行阶段落实各项管控措施；检查阶段评估措施执行效果；处理阶段根据评估结果调整策略与措施，实现持续改进。同时，建立应急预案触发体系，当风险事件发生且达到预设触发条件时，能够迅速启动应急预案，确保工程质量安全^[8]。

四、体系在工程实践中的实施路径

（一）设计阶段应用实践

1. 三维协同审图

在设计阶段的三维协同审图中，基于 BIM 与物联网可实现高效的质量管控。利用 BIM 模型的碰撞检测功能，能够精准找出建筑结构、设备管道等之间的冲突点，提前解决设计问题，确保设计方案的合理性^[9]。同时，结合物联网传感参数验证，对建筑环境相关数据进行采集和分析，如温度、湿度等对建筑材料及结构可能产生的影响，进一步验证设计方案在实际环境中的可行性，实现质量预控，为后续工程施工奠定良好基础。

2. 安全防护模拟

利用 BIM 空间定位与物联网人员定位数据，能够对施工现场进行精确的安全区域划分。通过 BIM 模型直观地呈现不同区域的功能、危险程度等信息，结合物联网实时获取的人员位置数据，可确定人员是否处于安全区域。同时，以此为基础开展应急疏散模拟演练。在模拟中，设定各种紧急情况场景，根据 BIM 空间信息和物联网人员动态，分析人员疏散路径、所需时间以及可能出现的拥堵点等。这不仅有助于优化疏散方案，还能提高施工人员对应急情况的认知和应对能力，保障施工过程中的人员安全^[10]。

（二）施工阶段过程管控

1. 物料质量追溯

在施工阶段，基于物联网 RFID 技术与 BIM 物料清单构建质量追溯体系。在物料进场时，为每件物料附着 RFID 标签，录入详细信息，包括规格、型号、生产批次等。这些信息与 BIM 模型中的物料清单相关联。在物料流转过程中，通过物联网技术实时获

取物料位置和状态信息。当物料被安装使用时，系统记录安装位置和时间等关键信息。若出现质量问题，可通过 BIM 模型快速定位问题物料，再借助 RFID 标签追溯其生产、运输、存储及安装过程中的所有信息，实现从进场验收到安装使用的全链条质量追溯，有效保障工程质量。

2. 作业环境监测

整合温湿度传感器与 BIM 进度模型，对于作业环境监测至关重要。温湿度传感器可实时收集环境数据，这些数据传输至 BIM 进度模型中。通过对数据的分析处理，系统能够对高危作业环境进行动态预警。一旦环境参数超出安全范围，系统立即发出警报，提醒施工人员采取相应措施。同时，基于 BIM 模型对施工进度度的掌握，施工方案可自适应调整。例如，当湿度较大影响某些施工工序时，可合理调整工序的先后顺序，或者采取额外的防潮措施，确保施工质量不受环境因素的影响，实现高效、安全的施工过程。

（三）运维阶段效能评估

1. 质量数据价值挖掘

在运维阶段，通过 BIM 竣工模型与历史质量数据的关联分析挖掘质量数据价值至关重要。将质量数据与 BIM 模型中的构件精准对应，分析各构件在不同阶段的数据表现。利用大数据分析技术和相关算法，识别质量数据中的关键特征和规律。基于这些分析结果建立构件性能衰退预测模型，该模型可根据当前质量数据预测构件未来的性能变化趋势。这有助于提前发现潜在质量问题，为运维决策提供科学依据，合理安排维护计划和资源分

配，从而提高建筑工程在运维阶段的效能，实现质量协同管控的目标。

2. 体系持续改进策略

基于区块链技术的质量数据存证机制可确保数据的真实性和不可篡改。在工程实践中，首先利用 BIM 与物联网收集建筑工程各阶段的质量数据，通过区块链进行存证。然后，构建多方参与的协同管控平台，各方依据存证数据进行协同工作。在运维阶段，对协同管控体系的效能进行评估，根据评估结果不断调整优化。对于体系的持续改进，可通过定期回顾质量数据存证，分析其中的问题与趋势，进而提升协同管控能力。同时，鼓励各方积极反馈问题，以不断迭代提升整个体系的协同管控能力，适应工程实践的动态变化。

五、总结

BIM 与物联网技术融合为建筑工程质量安全管控带来显著赋能效果。通过协同管控体系，在质量合格率提升和安全事故降低等方面展现出应用价值。然而，当前技术整合存在一些问题，如标准统一性不足和数据安全性有待提高等。为了进一步发展，未来应加强 AI 算法集成，以提升管控效率和准确性。同时，完善行业规范体系至关重要，这有助于规范技术应用，保障数据安全和系统稳定。通过解决现存问题和实施未来发展建议，有望实现建筑工程质量协同管控体系的持续优化，更好地保障建筑工程质量和安全。

参考文献

- [1] 于颖. 物联网智慧教室管控平台的设计与实现 [D]. 山东科技大学, 2021.
- [2] 邢照庆. 基于 SDN 的边云协同管控方案研究与实现 [D]. 贵州大学, 2022.
- [3] 郭鹏飞. 基于三维重建技术与 BIM 协同的建筑施工进度管理研究 [D]. 重庆大学, 2022.
- [4] 张梦烁. 基于物联网与 BIM 的室内多维信息监测与可视化方法研究 [D]. 大连理工大学, 2021.
- [5] 王启璇. 基于 BIM 的装配式建筑造价信息模型构建研究 [D]. 北京交通大学, 2021.
- [6] 欧哲繁. 基于物联网技术的变电站 BIM 施工管控平台设计 [J]. 自动化技术与应用, 2022, 41(12): 156-160.
- [7] 胡斌, 周磊. 基于 BIM+ 物联网技术的装配式建筑协同管理研究 [J]. 甘肃科技, 2021, 37(13): 101-103.
- [8] 郭广厚. 基于 BIM 与物联网的装配式建筑设计与施工管理 [J]. 砖瓦, 2023(2): 53-55.
- [9] 穆丹丹. 基于 BIM 和物联网的智慧建筑运维系统设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2022(10): 133-137, 142.
- [10] 夏松林. 基于 BIM 的地下管网综合运维管理平台开发研究 [D]. 山东: 烟台大学, 2021.