

基于 BIM+RFID 技术的装配式建筑 施工现场管理研究

冯亚然¹, 曾广宏²

(1. 山东省医药工业设计院有限公司, 山东 济南 250014;

2. 广西钢铁集团有限公司, 广西 贵港 538000)

摘要 装配式建筑因其工业化生产和建造效率高特点, 已成为我国建筑业转型发展的重要方向, 然而在施工现场却存在构件管理混乱、信息协同滞后、质量溯源难等问题。本文以某装配式住宅项目为背景, 在剖析传统施工现场管理难点的基础上, 建立基于 BIM+RFID 技术的装配式住宅管理系统, 从构件全过程追溯、场地智能规划、进度动态控制、质量安全闭环管理、成本精确核算五个方面提出优化策略。结果表明, BIM+RFID 技术可以实现构件信息实时交互和对施工过程可视化控制, 有效提高施工管理效率、缩短工期和降低造价, 对实现装配式建筑施工现场精细化和智能化管理具有重要意义。

关键词 BIM 技术; RFID 技术; 装配式建筑; 施工现场管理

中图分类号: TU741; TU17; TP391.45 **文献标志码**: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.23.007

0 引言

装配式建筑是实现“双碳”目标和建筑产业化的重要途径, 其以预制件工厂化生产和现场装配施工为基础, 促进建筑业由粗放型向集约型转变, 但由于施工过程涉及多个专业协作、大量预制件运输和吊装, 传统依靠手工录入和纸质台账的管理方式容易造成构件错配、进度拖延、质量隐患难以溯源等问题, 严重制约产业发展。BIM 技术具有三维可视化、信息集成和仿真优化核心优势, RFID 技术可以实现部件信息非接触自动获取和跟踪, 二者融合可以打通设计、生产、施工和运营各个环节信息壁垒, 为施工现场精确管理提供技术支持, 解决传统管理难题, 促进我国装配式建筑高质量发展。

1 项目概况

华东地区某装配式住宅项目, 建筑面积 5.8 万 m², 由 3 幢 18 层高层住宅及其配套商业用房组成, 总高度 54.6 m, 采用装配式整体混凝土剪力墙结构。该项目预制剪力墙、装配楼板、装配楼梯、装配阳台板 4 个大类, 预制率 52%, 共计 3 860 个, 采用 EPC 总承包方式, 由当地 3 家预制构件工厂同时制造构件, 通过公路运输至工地, 安装 2 台塔吊进行构件吊装, 计划工期为 18 个月。该项目跨越雨季和高温两个季节, 场地狭窄,

构件堆放、运输和吊装协同要求高, 同时还要满足多个专业交叉作业进度和安全控制要求, 对施工现场精细化管理提出更高要求。

2 装配式建筑施工现场管理难点

2.1 预制构件难以管理, 信息协作效率不高

该工程结构构件类型多且数量多, 各构件尺寸大小位置各异, 传统人工登记方式存在信息录入不准确、台账更新滞后等问题, 零部件从生产出厂到运输进场, 从现场堆放到吊装安装, 各个环节信息为割裂状态, 生产进度、运输状态、堆放位置不能实时共享, 经常会发生构件进场延迟、错发漏发、堆放无序等问题^[1]。同时, 现场管理人员需要对纸质文件和构件实物进行反复核对, 费时费力, 且由于信息偏差, 容易造成吊装等待和返工, 根据项目前期统计, 由于构件信息不匹配造成工期延误约占总延误时间 30%。

2.2 建筑工地规划不当, 空间利用率低

该工程施工场地狭小, 需要同时布置构件堆场、加工区、材料区、施工通道和塔吊作业区, 传统 2D 平面规划方法难以对构件堆放尺寸、吊装半径、车辆路径等进行精确仿真, 容易产生堆场划分不合理、构件二次搬运、塔吊作业相互冲突等问题。在前期传统规划中, 该工程构件堆放场面积达 1 200 m², 部分构件

作者简介: 冯亚然 (1990-), 女, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑设计与工程咨询管理。

堆垛超出塔吊作业半径，导致二次搬运率高达 25%，不仅增加施工成本，延长施工时间，还影响施工秩序。

2.3 质量与安全控制薄弱，可追溯系统尚未建立

该工程预制件质量受生产工艺、运输条件和现场保管等多种因素影响，传统管理模式只能依靠纸质质量检验报告，不能将生产、运输和安装全过程进行关联，在现场构件验收、吊装和安装过程中，人工在记录质量数据时容易出现遗漏和误记情况，一旦发生裂纹、尺寸偏差等质量问题，就无法迅速追溯到生产批次、责任人和工艺参数^[2]。在安全管理上，该工程缺乏现场人员、设备、构件等动态信息的实时监测，缺乏塔吊吊装、临边作业等关键环节智能预警，对安全隐患排查主要依靠人工巡检，管控效率低，覆盖面有限。

2.4 进度成本管控粗放，动态调整能力弱

装配式建筑施工进度受到构件供货、吊装效率和多专业协作等多因素影响，传统静态计划进度管理方法难以实现构件进场和吊装过程实时匹配，施工过程中出现进度偏差时，较难对其原因进行及时分析和调整，从而增加工期延误风险。在成本管理上，该工程由于无法精确计算构件损失、搬运费用和返工费用，导致成本数据滞后于施工进度，难以对成本进行动态控制和优

化，也正是由于前期粗放进度和成本控制，造成构件损耗率 3.5%，超过计划损耗率 1.2%，额外增加 18 万元。

3 基于 BIM+RFID 技术的装配式建筑施工现场管理策略

3.1 搭建 BIM+RFID 一体化管理平台，实现全方位信息共享

该工程以 BIM 模型为核心载体，RFID 技术作为信息采集终端，构建集成化施工现场管理平台，打通构件生命周期信息链。首先，利用 Revit 软件对工程进行精确建模，提炼出构件几何参数、材料、制造厂商和安装地点等属性信息，从而构建完整建筑信息数据库^[3]。其次，在预制构件中植入独特 RFID 电子标签，在构件制造过程中将构件编号、规格、生产批次、质量检验结果和原材料等信息写入标签，实现“一件一标识”。该平台利用 RFID 读写器对构件生产、运输、进场、堆放、吊装和安装等各个阶段信息进行实时采集，并将其与 BIM 模型对应构件节点进行同步，从而达到实时更新和双向关联目，通过 PC 和手机登录平台，管理者可以实时查看各构件状态、位置以及整个过程信息，解决信息割裂问题，提高协同效率，具体管理内容如表 1 所示。

表 1 工程 BIM+RFID 技术各环节管理应用内容

管理环节	BIM 技术应用	RFID 技术应用	协同管理成效
构件生产	传输构件设计参数，驱动数字化生产	写入构件生产、质检、原材料信息	生产精准化，信息可追溯
运输管理	模拟运输路线，规划进场时序	追踪运输状态、位置、温湿度	运输可视化，进场精准调度
现场堆放	优化堆场布局，三维可视化展示	自动识别构件，定位堆放位置	堆场有序化，查找效率提升
吊装安装	4D 进度模拟，工序优化	记录吊装、安装信息，实时更新进度	进度精准化，减少窝工返工
质量管控	集成质量数据，形成数字化档案	关联全流程质量信息，快速追溯	质量闭环化，返工率降低
成本核算	关联工程量与成本数据，动态分析	采集构件损耗、搬运等成本数据	成本精准化，经济效益提升

3.2 智能化施工场地规划，提高空间利用率

在 BIM 模型基础上，该工程对施工场地进行三维仿真和优化，结合 RFID 技术，实现堆场动态管理。首先，该工程在 Navisworks 软件中引入 BIM 模型和场地地形数据，对塔位、运输路径、零件堆场、加工区等功能分区进行模拟，精确测算各区域面积、塔吊作业半径和运输车辆转弯半径，避免交叉作业和空间浪费^[4]。其次，基于 BIM 模型，根据构件安装顺序、重量和尺寸，对构件堆场布局进行优化，实现同层同种构件集中堆放，并优先安排在塔吊作业半径范围内，减少二次搬运。最后，现场布设 RFID 读写器，在构件进场后自动读取

标签信息，与 BIM 模型相结合，自动进行堆料位置分配，生成堆场立体图，管理人员只需用手机一扫标签，就能迅速找到零件，实现对堆场精确管理，优化后零件堆放面积为 800 m²，减少 33.3%；二次处理量小于 5%，具有较好的经济效益，如表 2 所示。

3.3 加强施工进度动态控制，确保实现施工目标

该工程建立 4D 施工仿真系统，结合 RFID 实时数据，对施工过程进行动态控制。首先，该项目以 BIM 为基础，将各组件、各工序时间参数绑定到 BIM 模型中，引入项目进度计划，构建 4D 动态施工模型，实现构件吊装、安装及协同作业全过程模拟，提前预判进度冲突和工序

表 2 本工程 BIM+RFID 技术应用前后现场管理指标对比

管理指标	应用前	应用后	改善幅度
构件堆场面积	1 200 m ²	800 m ²	减少 33.3%
二次搬运率	25%	4.8%	降低 80.8%
每层吊装时间	7 天	6 天	缩短 14.3%
质量返工率	15%	3.9%	降低 74%
构件损耗率	3.5%	1.8%	降低 48.6%
信息核对时间	4 小时 / 天	0.5 小时 / 天	减少 87.5%

冲突。同时,在模型中嵌入关键线路逻辑关系与资源配置阈值,对塔吊作业面、工序搭接间隙、物料进场节奏进行可视化预演,精准识别窝工、拥堵等潜在风险点。其次,在施工过程中,利用 RFID 读取设备对各构件进场、吊装和安装等信息进行采集,并将其与 4D 模型进行实时同步,实现对施工进度实时对比,当项目进度出现偏差时,平台会自动分析产生偏差原因,如构件延误、吊装效率低下等,进而提出相应优化方案,调整施工过程或零件供货计划^[5]。最后,该平台自动生成施工进度报告,将各栋楼各层施工进度直观地显示,为管理者提供决策支持,通过该项目实施,可使每一层吊装工期减少 1 天,总工期减少 12%,有效地保证项目工期目标。

3.4 构建质量安全闭环管理体系,实现全程可追溯

该工程将 BIM 和 RFID 技术相结合,构建全过程质量控制和可追溯机制。一是在质量控制上,零件在生产过程中通过 RFID 标签记录生产过程、养护参数和质量检验结果,在运输过程中做好运输时间、道路状况、温度和湿度记录,进场时现场工作人员使用 RFID 读写器进行验收,并将外观、尺寸、强度等测试数据输入平台,与 BIM 模型进行关联,在吊装和安装过程中对安装偏差和接头质量进行实时记录,并建立完整质量档案^[6]。系统自动对检测数据进行比对判定,对超差项实时预警并锁定工序,禁止未整改进入下一环节,实现质量管控全程留痕、责任可溯。当产品出现质量问题时,只需扫一眼 RFID 标签,就能迅速追踪到整个过程信息,并能准确找到问题环节和责任人。二是在安全控制上,对现场人员和设备进行 RFID 标签安装,实现对人员位置和设备实时监控,在塔吊、临边等高危场所安装 RFID 读写器,实现对人员侵入自动预警。在此基础上,该工程结合 BIM 模型,对危险作业情景进行模拟,制定安全计划,实现安全隐患预判和

实时控制,实施后的工程质量返工率下降到 4%,隐患整改效率提高 60%。

3.5 对建筑成本进行精确核算,使工程效益达到最优

该工程建立 BIM+RFID 集成平台,对工程造价进行实时采集、精确核算和动态控制。首先,平台将构件成本、运输成本、人工成本、机械台班成本等数据自动关联,并利用 RFID 技术对构件使用、损耗、搬运等信息进行采集,并与 BIM 模型中工程量进行实时核算,自动生成成本明细报告,将计划成本和实际成本进行比较,并分析零件损耗、返工等造成成本差异原因,对偏差环节进行优化,如精确堆场管理降低二次装卸费用,以质量控制减少返工费用等。其次,该平台实现工程造价与进度、质量等数据联动,为工程造价优化和效益提高提供基础,通过该项目实施,构件损失率降低到 1.8%,总造价下降 8.5%。

4 结束语

装配式施工现场管理对于保证工程质量、进度和成本目标实现具有重要意义。本文以装配式住宅项目为例,验证了 BIM 和 RFID 技术融合,可以有效解决构件管理混乱、场地规划不合理、质量安全追溯困难、进度费用管控粗放等核心问题,构件堆场面积降低 33.3%、二次搬运率下降 80.8%、质量返工率下降 3.9%、总造价下降 8.5%,显著提高项目管理效率和经济效益。未来需要进一步深化技术融合,扩大人工智能和物联网等技术协同应用场景,提高移动端功能和数据交互能力,促进装配式建筑施工现场管理向更高层次数字化和智能化转变,为建设行业高质量发展提供持续支持。

参考文献:

- [1] 曹登灵.BIM 技术在装配式建筑施工全过程管理中的应用研究[J].石材,2026(04):90-92.
- [2] 谢佳兴.基于 BIM 技术的装配式建筑施工安全风险研究[J].城市建筑,2026,23(05):213-216.
- [3] 侍剑峰.BIM+RFID 技术支持下装配式建筑施工现场管理策略研究[J].中国建筑金属结构,2026,25(02):184-186.
- [4] 沈晓红.基于信息融合的装配式建筑施工数字化管理模式研究[J].城市建设,2026(03):71-73.
- [5] 杨传福.新时期 BIM 对装配式建筑绿色施工管理的驱动机制及路径分析[J].城市建筑,2026,23(02):191-194.
- [6] 胡军,徐向鹏,张哲,等.基于 BIM 技术与风险评估体系的装配式建筑施工安全管理研究[J].中国住宅设施,2025(12):103-105.