

# 基于智能建造技术的装配式建筑施工管理研究

武天浩 薄肇强 李 奔  
西安欧亚学院 陕西 西安 710065

**摘要：**智能建造技术正引领装配式建筑施工管理革新。本研究依托BIM、物联网、大数据等智能技术，构建了覆盖设计、生产、运输、安装全流程的智能化管理体系。通过“端-边-云”协同与数字孪生应用，实现施工数据实时采集、动态分析与智能决策，有效解决了传统模式中的协同效率低、质量追溯难等问题。同时，针对技术应用瓶颈与管理机制短板，提出标准化建设与协同创新路径，助力装配式建筑高质量发展。

**关键词：**智能建造技术；装配式建筑；施工管理

**引言：**随着建筑工业化与信息化融合的加速，装配式建筑因其高效、环保等优势成为行业发展趋势，但其施工管理仍面临协同效率低、质量管控难等挑战。智能建造技术的兴起，为破解这些难题提供了新思路。本研究聚焦于BIM、物联网、大数据等智能技术在装配式建筑施工管理中的应用，旨在通过构建智能化管理体系，实现施工全过程的数字化、精准化管控，提升工程质量与效率，推动装配式建筑向智能化、绿色化方向转型升级。

## 1 理论基础与关键技术

### 1.1 装配式建筑管理核心理论

(1) 精益建造理论：以消除浪费、提升效率为核心，通过标准化构件生产流程、优化施工工序衔接，减少现场冗余作业；强调全员参与成本控制，从设计阶段规避材料浪费，实现建筑全生命周期价值最大化。(2) 供应链协同管理：整合构件生产厂、物流企业、施工单位等多方资源，建立信息共享平台；通过需求预测与库存动态调控，缩短构件运输周期，避免供需失衡导致的工期延误，提升供应链整体响应速度。(3) 数字化施工管理模型：基于项目全流程数据构建虚拟管理场景，实现施工进度、质量、安全的可视化管控；通过实时数据对比与偏差分析，及时调整施工方案，保障项目按计划推进。

### 1.2 智能建造技术体系

(1) BIM技术：依托三维建模实现多专业协同设计，提前排查管线、结构等碰撞问题，减少现场返工；通过模型与现场施工同步更新，确保设计意图精准落地。(2) 物联网(IoT)：在构件、设备上加装传感器，实时采集施工环境温湿度、构件安装精度、设备运行状态等数据，为施工管控提供数据支撑，降低安全隐患。(3) 机器人与自动化设备：采用吊装机器人完成

重型构件精准定位，利用焊接机器人、灌浆机器人实现标准化作业，提升施工效率与质量稳定性，减少人工依赖。(4) 大数据分析与AI算法：整合历史项目数据与实时施工数据，通过AI算法预测工期节点，识别材料短缺、设备故障等风险并提前预警<sup>[1]</sup>。

### 1.3 技术融合机制

(1) 打破传统管理信息孤岛，通过BIM与IoT数据互通，将设计模型与现场施工实时数据联动，实现从设计、生产到施工的全流程协同管控。(2) 借助大数据与AI算法重构进度管理流程，基于历史数据与实时工况自动优化施工计划，替代传统人工排程，提升进度管控精准度。(3) 以数字化模型为核心整合供应链资源，通过智能技术实现构件生产、物流运输与现场安装的节奏匹配，减少供应链环节等待时间，提升整体施工效率。(4) 利用智能监测技术革新质量安全管理流程，通过实时数据采集与AI分析自动识别质量缺陷、安全隐患，替代传统人工巡检，降低人为失误风险。

## 2 基于智能建造技术的装配式建筑施工管理痛点分析

### 2.1 传统管理模式的问题

(1) 信息孤岛与协同效率低：传统管理中，设计、生产、施工等环节依赖纸质文档或独立软件传递信息，数据格式不兼容且更新滞后，如设计变更难实时同步至施工团队，导致现场作业与设计方案脱节；各参与方信息壁垒严重，沟通需多次线下协调，易出现指令偏差，显著降低项目协同效率。(2) 构件运输与堆放管理粗放：构件运输依赖人工规划路线，难实时规避交通拥堵，常导致到场延误；现场堆放无智能定位手段，构件编号靠人工记录，易出现错放、漏找问题；且无法实时监控构件在途及堆放期间的温湿度、破损情况，增加构件损耗风险。(3) 施工质量追溯困难：传统质量管控以人工巡检、纸质记录为主，数据易遗漏或篡改；若后续

发现质量问题，需翻阅大量文档追溯责任环节（如构件生产、安装工序），耗时耗力且易出现责任推诿，无法快速定位问题根源。

## 2.2 智能建造技术的针对性解决方案

（1）动态资源调度系统：整合BIM、IoT与大数据技术，构建跨环节信息协同平台—设计变更实时同步至生产、施工端，系统自动推送调整指令；同时基于实时路况、施工进度动态优化构件运输路线，智能分配现场堆放区域，实现“设计-生产-运输-施工”资源联动调度，打破信息孤岛。（2）构件全生命周期追溯平台：为构件赋予唯一RFID或二维码标识，贯穿生产、运输、堆放、安装全流程—生产阶段记录原材料信息与质检数据，运输阶段通过GPS+传感器实时追踪位置与状态，现场通过移动端扫码快速定位构件；全环节数据上传云端，可一键追溯构件来源、责任人及关键参数，解决追溯难题。

（3）基于机器学习的质量缺陷识别：在施工现场部署高清摄像头与AI检测设备，通过机器学习算法对构件安装精度、混凝土浇筑质量等进行实时识别—对比标准参数自动标注裂缝、尺寸偏差等缺陷，生成可视化报告并推送至管理人员；同时将缺陷数据纳入数据库，持续优化算法识别精度，替代传统人工巡检，提升质量管控效率与追溯准确性<sup>[2]</sup>。

## 3 基于智能建造技术的装配式建筑施工管理

### 3.1 智能化管理体系设计

（1）“端-边-云”协同架构：现场终端部署传感器、AR设备、施工机器人等硬件，实时采集构件状态、施工环境、设备运行数据；边缘计算节点就近处理高频实时数据，如构件安装精度检测、设备故障初步诊断，降低数据传输延迟；云端管理平台整合全项目数据，构建统一数据库，支持多参与方远程访问，实现设计模型、生产进度、施工工况的集中管控，形成“数据采集-实时处理-云端协同”的闭环管理流程，打破各环节数据壁垒。

（2）数字孪生驱动的动态决策模型：基于BIM模型构建与施工现场1:1映射的数字孪生体，实时同步IoT采集的施工进度、质量、安全等数据；模型可模拟不同施工方案的实施效果，如调整构件安装顺序对工期的影响、优化资源配置对成本的作用；通过数字孪生体动态推演施工过程，提前识别工序冲突、资源短缺等问题，辅助管理人员制定最优决策，替代传统依赖经验的静态规划模式。

### 3.2 关键管理环节优化

（1）设计阶段：采用BIM正向设计替代传统二维设计，直接构建三维可视化模型，支持结构、机电等多专业协同设计，提前排查管线碰撞、构件尺寸冲突等问题；结合项目施工需求与工厂生产能力，利用BIM模型进行模块化拆分，优化构件尺寸与连接方式，确保拆分后的构件既满足结构安全要求，又适配工厂标准化生产，减少现场二次加工。（2）生产阶段：在构件生产设备上加装IoT传感器，实时采集钢筋绑扎精度、混凝土浇筑强度、养护温湿度等数据；通过监控平台远程查看生产进度与质量参数，当数据超出标准阈值时自动预警，如混凝土养护温度过低时及时调整温控设备，保障构件生产质量稳定，同时实现生产过程透明化管理<sup>[3]</sup>。（3）运输阶段：基于大数据分析实时路况、天气信息与现场施工进度，自动生成最优运输路线；为运输车辆加装GPS定位设备，为构件配备RFID芯片，通过管理平台实时追踪构件运输位置与在途状态（如振动、温湿度），避免构件因运输延误或环境影响受损，确保构件按时、完好送达现场。（4）安装阶段：施工人员通过AR眼镜查看BIM模型与现场实际场景的叠加画面，精准定位构件安装位置，减少人工测量误差；采用吊装机器人、灌浆机器人协同作业，吊装机器人基于激光定位技术实现构件精准对接，灌浆机器人按照预设参数完成标准化灌浆作业，提升安装效率与质量稳定性，降低高空作业安全风险。

### 3.3 风险控制机制

（1）基于大数据的施工安全预警系统：整合施工现场视频监控、人员定位设备、环境传感器采集的数据，通过大数据分析识别安全风险，如人员未佩戴安全装备、机械操作违规、深基坑边坡位移等；系统根据风险等级自动推送预警信息至管理人员与现场作业人员，同时关联应急处理方案，如立即暂停危险作业、调配救援设备，实现安全风险的提前识别与快速处置。（2）区块链技术在质量责任认定中的应用：将构件生产、运输、安装各环节的质量数据（如原材料检测报告、生产质检记录、安装验收结果）上传至区块链平台，数据一经上传不可篡改；若后续发现质量问题，可通过区块链追溯对应环节的责任主体、操作时间与具体参数，避免责任推诿，明确质量追责方向，同时为后续项目质量改进提供数据支撑<sup>[4]</sup>。

## 4 基于智能建造技术装配式建筑施工管理的挑战与对策建议

### 4.1 技术应用瓶颈

（1）多源数据融合的标准化问题：智能建造涉及BIM模型数据、IoT设备采集的工况数据、供应链系统的构件信息等多类型数据，当前各数据格式、编码标准不统一—如不同厂商的BIM软件导出数据兼容性差，IoT传感器数据接口各异，导致数据难以高效整合。数据融合

缺乏统一标准，易出现数据冗余、信息失真，无法为施工管理提供精准数据支撑，制约智能化管理效能发挥。

(2) 边缘设备的现场适应性：施工现场环境复杂，存在粉尘多、振动强、温湿度波动大等问题，现有边缘计算设备（如现场数据采集终端、边缘服务器）多为通用型，缺乏针对建筑施工场景的防护设计——如粉尘侵入易导致设备故障，振动会影响数据采集精度，低温或高温环境会缩短设备使用寿命。设备现场适应性不足，不仅增加维护成本，还可能导致数据采集中断，影响实时管控效果。

#### 4.2 管理机制创新

(1) 智能建造标准体系构建：由政府牵头，联合行业协会、龙头企业制定全流程标准——明确数据融合的格式规范、接口协议，统一BIM模型交付标准、IoT数据采集指标；同时建立智能设备现场应用标准，规定设备防护等级、运行参数要求，解决技术应用中的标准化痛点。通过标准体系规范行业发展，降低企业技术应用成本，提升智能建造技术的通用性与兼容性。(2) 政企产学研协同创新模式：政府出台政策扶持，设立专项基金支持协同项目；企业提供实际施工场景与需求，明确技术研发方向；高校与科研机构聚焦核心技术攻关，如研发高适应性边缘设备、优化数据融合算法；四方形成“需求-研发-测试-应用”闭环——例如企业提出边缘设备现场防护需求，科研机构针对性研发防尘抗震设备，在企业项目中试点应用并迭代优化，加速技术成果转化，突破应用瓶颈<sup>[5]</sup>。

#### 4.3 未来发展方向

(1) 5G+BIM的实时动态管控：依托5G高速率、低延迟特性，实现BIM模型与现场施工数据的实时同步——施工人员通过5G网络访问云端BIM模型，可即时获取构件安装精度、设备运行状态等动态数据；同时，5G支持多设备协同互联，使AR辅助施工、机器人作业的指令传

输更快速，实现“模型-现场-设备”的毫秒级响应，提升施工管控的实时性与精准度，进一步优化施工流程。

(2) 装配式建筑与城市更新结合的智能解决方案：针对城市更新中旧建筑拆除、改造需求，开发装配式建筑智能适配方案——利用BIM+GIS技术构建城市更新区域三维模型，模拟旧建筑拆除后的空间布局，优化装配式构件的尺寸与安装方案；结合智能拆解技术，对旧建筑构件进行检测、修复与再利用，融入装配式建筑生产体系；同时通过数字化管理平台统筹更新项目的设计、生产、施工，实现城市更新与装配式建筑的高效结合，推动城市建设绿色化、智能化升级。

#### 结束语

智能化浪潮下，基于智能建造技术的装配式建筑施工管理研究已展现显著成效。本研究通过集成BIM、物联网、大数据等前沿技术，构建了高效协同的智能管理体系，实现了施工进度、质量、安全的实时监控与精准调控，大幅提升了管理效能。展望未来，随着智能技术的持续创新与深度融合，装配式建筑施工管理将迈向更高水平的自动化与智能化，为建筑行业的高质量发展注入强劲动能，开启智慧建造的新篇章。

#### 参考文献

- [1] 张颖.探析BIM技术在装配式建筑智能建造施工阶段中的应用[J].居业,2025,(01):125-127.
- [2] 温爱亮.装配式建筑施工智能建造技术与应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2025,(01):150-152.
- [3] 殷俊涛.基于智能建造的装配式建筑施工关键技术探析[J].城市开发,2024,(12):144-145.
- [4] 郑鑫宇.基于智能建造的装配式建筑施工关键技术研究[J].建筑与预算,2024,(09):52-54.
- [5] 任朕.基于智能建造的装配式建筑施工关键技术研究与应用[J].砖瓦,2024,(09):112-115.