

BIM-driven Intelligent Construction System for Prefabricated Buildings with Full Life Cycle Management

Junjie Shao

Anhui Yunling Jian'an Technology Co., Ltd., Xuancheng, Anhui, 245300, China

Abstract

After the large-scale promotion of prefabricated construction in China, projects generally face issues such as the disconnection between design and production, incomplete traceability of component information, unstable on-site installation rhythm, and gaps in operation and maintenance documentation. As a unified data carrier, BIM can integrate design parameters, component codes, factory production scheduling, transportation, hoisting, and acceptance records within the same model framework, and align with the management processes of all parties involved in the construction project. This paper, in line with China's policy orientation of promoting the coordinated development of intelligent construction and building industrialization, proposes a systematic construction approach focusing on key breakpoints throughout the entire lifecycle, and provides implementation strategies that can be implemented at the project level to support the transition of prefabricated construction from single-point applications to continuous collaboration.

Keywords

BIM; Driving force; Prefabricated construction; Full life cycle; Intelligent construction system; Construction

BIM 驱动的装配式建筑全生命周期智能化建造体系构建

邵俊杰

安徽云岭建安科技有限公司, 中国·安徽宣城 245300

摘要

装配式建筑在中国进入规模化推广后,项目普遍面临设计与生产脱节、构件信息追溯不完整、现场安装节拍不稳和运维资料缺口等问题。BIM作为统一的数据载体,可以把设计参数、构件编码、工厂排产、运输吊装与验收记录在同一模型框架内贯通,并与工程建设各参与方的管理流程对齐。本文结合中国推动智能建造与建筑工业化协同发展的政策取向,围绕全生命周期的关键断点提出体系化构建思路,并给出可在项目层落地的实施策略,以支撑装配式建筑从单点应用走向连续协同。

关键词

BIM; 驱动; 装配式建筑; 全生命周期; 智能化建造体系; 构建

1 引言

装配式建筑是指建筑单元(PC构件)在工厂预制、运输到施工现场并进行现场拼装的建筑。它因具有很多现浇结构都不具备的优势而备受关注^[1]。从工程实践看,装配式项目的效率并不只取决于工厂产能,更取决于设计、制造、施工与运维之间信息是否一致、是否可追溯。中国已明确以数字化设计、专业化生产与新型组织方式推动建造方式转型,BIM被普遍视为实现协同的基础工具。

【作者简介】邵俊杰(1985—),男,中国安徽宣城人,本科,工程师,从事建筑工程类Bim技术与装配式建筑的结合与发展(实现智能化建筑体系的发展规划),关于智能型城镇化建设的发展规划研究。

2 装配式建筑全生命周期智能化建造体系概述

装配式建筑全生命周期智能化建造体系可理解为:以标准化构件与工业化生产为基础,把策划、设计、工厂生产、运输吊装、现场装配、交付运维与更新改造等环节视为一条连续业务链,并以统一的数据规则把人、料、机、法、环的关键状态串联起来。体系建设在中国多依托总承包统筹与构件厂协同,采用构件编码、二维码追溯、节点计划与旁站验收把生产、进场、吊装、灌浆、连接与成品保护等过程固化为可核查记录,同时把装配率评价、竣工资料与运维台账衔接,实现信息可交付、过程可追责与现场可验证的闭环。不少地区还要求关键数据上传监管平台并电子归档,为后续维修、加固和改造提供依据。

3 BIM 驱动的装配式建筑全生命周期智能化建造体系构建价值

在装配式建筑中引入BIM作为驱动核心,价值首先体

现在协同与一致性上。BIM模型以构件为最小管理单元，把建筑、结构、机电与装修的尺寸、预留预埋、连接节点统一到同一坐标体系，减少图纸口径不一导致的返工。其次，模型可生成构件清单与加工信息，支持构件厂排产、模台复用与运输分车计划，使生产节拍与现场吊装节拍对齐。再次，BIM用于装配仿真和施工组织推演，可在吊装顺序、堆场布置、临边防护与塔吊覆盖范围上提前校核，减少现场临时改线和二次倒运。最后，BIM与构件编码结合可形成质量追溯链，把出厂检验、进场复验、灌浆与连接验收记录挂接到构件对象，竣工后沉淀为运维资产台账，便于巡检与改造^[2]。与此同时，模型工程量可与招采清单、变更签证和现场实测对照，为结算与争议处理提供口径统一的依据，并满足全过程信息追溯与电子归档的管理要求。项目团队还可在模型上固化装配率、构件损耗率和缺陷闭合时长等指标口径，用于周度复盘与资源调整。

4 BIM驱动的装配式建筑全生命周期智能化建造体系构建

4.1 标准化模型交付与构件数据底座固化

为使装配式建筑全生命周期的智能化建造在各参建方之间可协同、可核验，项目应先把模型交付口径与构件数据底座固化到合同与流程中。第一，建设单位在招标文件中将交付分为方案、初设、施工图、加工深化、竣工五个节点，分别约定LOD目标、坐标基准与容差口径，统一命名、分层与交换格式，优先采用IFC等通用格式并保留原生模型，同时按GB/T 51301与GB/T 51212列出必须交付的视图、清单与检查项，要求每次变更均以构件编码追溯到会审纪要、RFI与变更单号。第二，设计单位以构件拆分为主线进行深化，先确定墙板、叠合板、楼梯等族库的几何容差、预留孔洞边距与连接做法，再把预留预埋、机电综合、运输限高和吊装回转半径纳入同一轮校核，节点处给出钢筋让位、套筒定位和灌浆区尺寸，模型内同步设置安装方向、吊点坐标、最小装配缝与临时支撑需求，并在关键楼层先做一段样板区模型联审后再铺开。第三，构件厂按GB/T 51269的分类编码并参照GB/T 7027原则，将配筋单、模台号、浇筑班组、养护曲线、强度报告与出厂合格证与构件一一绑定，出厂清单除数量外同步输出单件重量、重心偏移、吊点间距、翻转要求与建议吊装索具，关键数据与模型属性一致，现场可用二维码抽检到批次与检验记录，并对重量偏差超过设计值2%或外观缺陷的构件单独标识。第四，总包建立模型对象与现场资料的映射表，构件进场按楼层轴网扫码核对编码、尺寸、预埋件与吊点，安装前后分别留存定位复核记录、垫片与支撑实测、灌浆配合比与饱满度抽检结果及实体照片，隐蔽验收资料缺项则不允许转入下一道工序，并按周汇总编码到问题到整改到复验的闭环台账，保证资料、模型与实体一致^[3]。

4.2 设计生产施工一体化的节拍协同机制

要把BIM驱动的装配式建造从图纸协同落到现场连续作业，必须把设计、工厂与安装三端节拍用同一套数据口径锁定。第一，技术负责人以楼栋单元建立周节拍表，BIM模型中按楼层拆分构件包并绑定吊点、重量和安装顺序，结合塔吊或汽车吊能力与班组效率校核周安装量，如单塔吊可控在80—120件或450—650 m²叠合板，计划同步生成到货窗口与缺件预警清单，并规定安装前两周冻结深化版本，设计变更在节拍例会上评审后回写模型影响范围，现场以模型清单复核放样、预埋件和节点做法，避免经验排期造成窝工。第二，生产端将BIM构件编码对接MES排产，按周节拍锁定模台与钢筋笼、预埋件工装，关键线路构件设置3—5天提前量并建立同模替代清单，遇到原材料波动或模台冲突时优先保障套筒区、核心筒及转换层构件，并把尺寸偏差、套筒同轴度等检验数据回写模型，超过阈值即触发返修或补产指令，实现质量与排产的闭环联动。第三，运输与堆场执行分区到货和限时周转，构件出厂前按构件包生成装车顺序与二维码，车辆路线提前核对限高限重与进场时段，运输到场后材料员按安装区段划定堆位并控制二次倒运半径在30m内，堆场周转宜不超过48h，进出场台账记录构件状态、复检结果与吊装顺序，确保卸车、复检、临边防护与吊前挂钩准备一次完成。第四，安装班组把工序拆成可签认节点并在移动端对照模型定位，套筒灌浆按批次留置试件并记录用浆量与温度，连接件紧固按扭矩值复核并抽检不少于2%，临时支撑与垂直度、标高复测形成当日闭合记录，质检员对节点签认后方可转序，使节拍协同建立在工序受控的连续流上。

4.3 构件全过程质量追溯与验收闭环

装配式建筑全生命周期智能化建造体系构建中为把生产、运输、安装三段质量信息打通，BIM端需以构件为最小管理单元建立可回溯的验收链条，并用时间戳约束资料生成。第一，工厂阶段以构件编码为主键生成二维码或RFID并回写到模型构件族，编码规则包含楼栋、楼层、类型与生产批次，首件检验上传尺寸偏差、钢筋保护层、预埋件定位三类实测值及照片，批量生产按同批不少于5%或每20件抽1件留痕，出厂合格证明与试验报告按编码自动归档，避免证书与实物脱钩。第二，运输与堆放阶段在模型中预置包装与吊装工况，发运前扫描生成装车清单并记录垫木位置、绑扎点与缓冲材料，途中可加贴一次性碰撞指示贴并在到场复扫时比对，若发现边角崩损、吊点裂纹或钢筋外露，技术人员应在BIM问题单标注构件面、标高与坐标，形成返厂修补或现场修补工单并锁定责任人。第三，进场验收除外观与几何尺寸外，应复核连接条件，重点核查灌浆孔道通畅、套筒露口防护、预埋件外露长度与螺栓孔位，测量数据录入移动端并与模型阈值比对，超限即锁定该构件状态不得上楼，整改完成后需二次复验并保留前后对照记录^[4]。第四，安装

与连接验收以关键工序参数为主线，灌浆连接记录浆料批号、水灰比、流动度、环境温度与实灌量，并控制拌和至灌注完成的作业窗口，焊接连接记录焊材批次、焊缝外观与必要的无损抽检结果，螺栓连接按设计扭矩分两次紧固并记录复检人，监理或第三方按抽检规则签认，竣工时将构件履历、隐蔽验收、变更签证与最终状态汇入竣工模型并与构件清单对账。

4.4 现场装配空间管控与多专业协同落地

为使 BIM 在装配式建筑现场形成可执行的约束，应把场地、预留预埋、穿插与变更四类控制点统一写入模型与工序文件并闭环到现场。第一，总包在编制施工组织设计时应把吊装作业面参数化，依据塔吊幅度与构件最大吊重在模型中推演运输与起吊路径，明确临时道路宽度不小于 4m、转弯处加宽及硬化等级，给出构件堆场边界与吊装回转禁区，并将临设、附着点与市政管线作为碰撞对象校核，推演不满足时必须先在进场前调整布置与吊点方案，同时把临边防护、卸料平台位置与作业票流程在模型中定位到位。第二，机电以预留预埋为先导建立套管、洞口与支吊架埋件清单，模型内固化坐标、标高与净空控制值，土建移交前测量员按轴网复核并抽检洞口偏差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 、套管中心偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ ，将复核记录与构件编号关联，未通过复核的楼层不得下发机电预制与到场计划，避免装配后凿改。第三，穿插施工按区域移交执行，项目部以楼层或功能区划分作业单元，上一专业完成自检、隐蔽验收与资料签认后由总包签发放行单，同一区域设置材料堆放线、通行线与成品保护责任人，机电安装与装饰进场前在模型中完成管综复核与支吊架定位交底，现场按清单逐点核对并留存影像证据。第四，变更与签证必须先完成模型影响范围分析，技术负责人在 24h 内标识受影响构件、连接节点与工序节拍，输出调整图与材料替换表并同步到分包与工厂，现场执行时采用版本号管理和停工点复核，关键节点如灌浆套筒、连接螺栓扭矩与防水封边需补齐复验记录，确保已吊装构件的二次调整有可追溯的工序卡与验收依据。

4.5 竣工模型运维移交与后评估机制

要让 BIM 装配式项目在交付后可运维，竣工模型应以运维验收、索引交付、变更回写与后评估四步固化为制度。第一，竣工验收前由建设单位牵头组织物业与维保单位联检模型，按机房、管井等空间核查检修通道、阀门井点位及构

件连接可达性，现场量测后在模型标注净距控制值，并将运维关注点写入必填字段，关键机电设备建议不少于 30 项属性，至少含型号、出厂编号、功率、设定参数与保修期，模型细度宜满足验收表达如 LOD350 级。第二，总包按系统加空间建立竣工模型索引，采用楼栋—楼层—房间—系统—设备目录，将构件履历、隐蔽验收、试压与调试数据挂接到唯一编码，移交时输出构件清单，并按 COBie 或等效字段生成设备、空间、系统、文档与作业清单，附带维保周期与阀门关断范围，手册写明故障定位路径与拆装顺序。第三，运维期建立变更回写规则，改造或更换时由责任单位在 7 日内提交变更包，包含更新模型、属性表、竣工图和现场照片，经运维主管审核入库，并保留版本号、原因与审核人，使模型持续可追溯。第四，项目后评估以问题清单驱动，建设单位将安装偏差、返工点与运维故障按构件族、接口节点和工序环节分类回溯，形成统计表记录频次与处置要点，再将高频问题固化为下一项目的构件标准、节点做法与抽检要点库，并同步更新企业构件库^[5]。

5 结语

BIM 驱动的装配式建筑全生命周期智能化建造体系，核心在于以构件为线索把数据、流程与责任同步固化，并通过节拍协同、质量追溯、空间管控与运维回写形成连续闭环。中国在智能建造与建筑工业化协同发展的政策框架下，已具备推进该体系的组织条件与应用场景，后续项目更需要把标准化交付、现场可执行工序与可验收资料作为同等重要的管理对象，确保体系在工程层面稳定运行。

参考文献

- [1] 林永民,王涵,赵德信,等.基于BIM的装配式建筑全生命周期信息管理平台研究[J].建筑经济, 2023, 44(1):77-83.
- [2] 荣博文,王颖.基于LSS-BIM5D的装配式建筑全生命周期分析与优化研究[J].建筑经济, 2023, 44(S02):348-353.
- [3] 邵培栋.基于 BIM 技术的装配式建筑全生命周期应用研究[J]. Engineering Management & Technology Discussion, 2025, 7(9).
- [4] 李豫姣,琚润东,黄秉章,等.基于BIM的装配式建筑全生命周期管理问题研究[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2023(4):3.
- [5] 孙宇,黄小良.基于全生命周期的装配式部品部件智能建造与数据贯通创新研究[C]//第二届智能工程与经济建设学术研讨会论文集(三).2025.