

BIM 数字孪生技术优化装配式建筑进度成本管理研究

龙冠锦

云南理工职业学院, 云南 昆明 650304

DOI: 10.61369/VDE.2026120013

摘 要 : 目前, 装配式建筑项目普遍存在进度控制动态性缺失、成本控制碎片化等问题, 而这又会引发一系列管理方面的问题, 如工期延误、成本超支、资源浪费。BIM 与数字孪生技术的融合应用, 可为装配式建筑实现进度及成本一体化管理提供技术支持与保障。为此, 本文分析了装配式建筑传统进度成本管理的现存短板, 提出了 BIM 数字孪生技术优化装配式建筑进度成本管理的策略, 旨在促使装配式建筑进度成本管理由静态粗放型转向动态精细型, 从而为装配式建筑数字化管理体系的构建提供一定参考与借鉴。

关 键 词 : BIM; 数字孪生; 装配式建筑; 进度管理; 成本管理

Research on Optimizing Schedule and Cost Management of Prefabricated Buildings with BIM Digital Twin Technology

Long Guanjin

Yunnan Polytechnic Vocational College, Kunming, Yunnan 650304

Abstract : At present, prefabricated building projects generally have problems such as lack of dynamics in schedule control and fragmentation in cost control, which in turn lead to a series of management problems, including project delays, cost overruns and resource waste. The integrated application of BIM (Building Information Modeling) and digital twin technology can provide technical support and guarantee for the integrated management of schedule and cost in prefabricated buildings. Therefore, this paper analyzes the existing shortcomings of traditional schedule and cost management in prefabricated buildings, and puts forward strategies for optimizing the schedule and cost management of prefabricated buildings by using BIM digital twin technology. It aims to promote the transformation of schedule and cost management of prefabricated buildings from static extensive type to dynamic refined type, so as to provide certain references for the construction of a digital management system for prefabricated buildings.

Keywords : BIM; digital twin; prefabricated buildings; schedule management; cost management

在“双碳”目标导向下, 装配式建筑凭借自身节能环保、施工高效、标准化程度高等特点, 很好地解决了传统现浇建筑污染大、工期长等问题, 如今已成为建筑行业转型升级、实现绿色低碳发展的重要方向^[1]。不过, 从工程实践的角度来看, 装配式建筑包含构件工厂生产、物流运输、现场装配、竣工验收等多个环节, 涉及的主体较多, 产业链条长, 管控的复杂程度相对较高^[2]。在这种情况下, 传统以人工经验判断、静态计划控制为主的装配式建筑项目进度成本管理模式已经无法满足新时代背景下装配式建筑发展的高要求, 不仅会进一步加剧进度和成本之间的矛盾问题, 还会影响装配式建筑行业的健康持续发展。而随着数字建造技术的不断更新换代, BIM 技术凭借自身可视化、信息化、参数化三大核心优势, 将建筑工程信息集中的存储和可视化表现提升到了新的水平^[3]。数字孪生技术又将物理工程和虚拟模型有机地联系了起来, 实现了建筑项目物理实体和虚拟数字体的实时映射^[4]。BIM 与数字孪生技术的融合应用, 能够有效弥补单一 BIM 技术应用存在的动态性不足、实时性欠缺等缺陷, 有利于进一步完善装配式建筑的数字化监管体系。因此, 探索 BIM 数字孪生技术优化装配式建筑进度成本管理的具体实施策略, 有一定的重要性和必要性。

一、装配式建筑传统进度成本管理的现存短板

(一) 进度管理: 静态管控滞后, 动态风险无法预判

装配式建筑工序衔接极为紧密, 构件生产周期、物流运输时效、现场装配进度、资源配置情况等都会对整个工期产生影响, 并且每个环节存在很多不确定风险^[5]。但是, 传统的装配式建筑进

度管理主要以静态进度计划为依据, 项目前期制定固定的施工进度计划, 在施工过程中通过人工巡检、阶段性复盘等方式对项目施工进度的完成情况进行核对^[6]。显然, 这种管理模式具有较强的滞后性, 不能及时发现各个环节的进度偏差, 只能在工期延误之后才能够进行被动整改, 既不能避免进度风险的发生, 又容易导致后续工序的穿插混乱, 从而导致工期延误。不仅如此, 在传统

的管理模式下，每个参与方的进度基本依靠纸质文件、线下沟通等方式实现共享，不仅信息传递效率相对较低，而且易出现较大误差，容易导致施工和设计脱节、生产与现场脱节等问题，从而加大进度控制的难度。除此之外，传统的进度管理模式缺少全流程模拟预判的能力，不能提前发现施工工序冲突、资源紧张等问题，进度控制的前瞻性和科学性相对较差。

（二）成本管理：管控碎片化，隐性成本难以管控

目前，装配式建筑成本管理普遍存在“重结算，轻过程”的问题，管控的重心更多放在项目竣工结算阶段，缺少全生命周期的动态成本管控^[7]。例如，在项目设计阶段，传统的成本核算主要通过二维图纸进行，不能准确预测构件标准化设计、深化设计的影响。一旦这个过程出现设计不合理、构件尺寸偏差、设计碰撞等问题，那么后续极易出现返工整改的问题，从而就会间接增加设计成本和施工成本。在构件生产和运输阶段，传统的统计方式以人工统计为主，不能准确掌握构件生产损耗、运输损坏、库存积压等情况，很容易导致资源浪费，从而产生大量的隐性成本^[8]。除此之外，在数据共享方面，基于传统管理模式下的成本数据大多分布在各个部门、各个环节当中，不能实现互联互通、实时共享，易导致施工成本的偏差不能被及时追溯，无法让管理者准确掌握出现成本超支问题的原因，不能及时制定出相应的解决方案，进而使得整个项目的成本失衡，最终对项目的经济效益带来严重影响。

（三）协同管理：信息壁垒突出，一体化管控缺失

装配式建筑进度和成本之间存在极强的内在关联。一方面，进度延误会大大增加人工、机械、管理等方面的费用。另一方面，成本控制失控又会反过来影响项目施工的进度。因此，若在保证项目施工顺利、高效完成，装配式建筑进度管理和成本管理有必要进行一体化协同管控^[9]。但是，在传统的模式下，进度管理和成本管理分别属于不同的管理部门。而各个部门的数据信息各自为政、各自为战，没有搭建统一的信息共享平台，无法让进度数据和成本数据实现联动分析，存在严重的管理割裂问题^[10]。不仅如此，基于传统管理模式下的设计、生产、施工、监理等多方参与主体的信息交互渠道相对比较单一，常常会出现信息不对称、信息传递不及时等问题，各个主体的工作衔接存在脱节现象，这也会导致工序延误、资源错配、重复施工等问题的出现，从而进一步加大了进度和成本的控制风险。

二、BIM 数字孪生技术优化装配式建筑进度成本管理的策略

（一）打通全流程信息壁垒，实现数据一体化集成管控

BIM 与数字孪生技术的融合应用，可以将设计、构件生产、物流运输、现场施工、竣工验收等各个阶段的进度、成本、资源、质量等数据信息有机地整合起来，有利于打破传统管理模式下的部门壁垒和阶段壁垒，为装配式建筑全生命周期数字信息平台的构建提供技术支持。在实践中，相关人员可以利用 BIM 精细化参数化建模技术，将所有的预制构件规格参数、生产工艺、成

本造价、施工工序等信息输入到虚拟模型当中，同时借助数字孪生技术的实时映射功能，将项目物理施工过程中的实时数据同步更新到数字模型，从而达到全流程数据实时集成、动态更新和全程可追溯的目的。在此过程中，各参与方可以借助统一的数字平台随时获取并共享项目的全部数据信息，借此实现设计、生产、施工、控制等各个阶段之间的高效协作，从根本上解决信息传递迟缓、信息不畅通、数据零散化等问题，最终促使进度与成本实现一体化联动管理。

（二）赋能进度动态管控，实现工期风险前置预判

BIM 与数字孪生技术的融合应用，改变了传统的静态滞后进度控制模式，有利于促进“事前模拟预判—事中动态调节—事后复盘改进”全过程进度控制体系的形成。项目前期，相关人员可利用 BIM 模型进行施工工序模拟、构件生产周期模拟以及资源配置模拟，根据项目整体工期目标，优化施工方案和工序穿插节奏，提前预估工序冲突、资源不足、工期瓶颈等潜在风险，从而避开前期进度隐患。项目施工期间，相关人员可利用数字孪生技术将现场施工进度、构件供应状况、资源利用情况等数据信息与虚拟模型进行比较，精准找到进度失衡之处及原因，并迅速制定相应的进度改进计划，以实现对进度问题的动态修正和闭环管理。而就设计变更、施工调整等突发状况而言，相关人员可及时更新数字模型数据，重新模拟项目施工进度走向，并以此为依据动态优化施工计划，从而最大程度上降低因突发状况给工期带来的影响，保证项目工期处于可控、可调、可预估的状态。

（三）实现成本全过程溯源，精准压降各类管控成本

基于 BIM 和数字孪生技术的全流程数据集成优势，可以建立装配式建筑全生命周期动态成本管控体系，有利于将成本从静态结算控制转变为动态过程控制。在设计阶段，相关人员可利用 BIM 模型的可视化碰撞检测提前发现设计方案、构件冲突、管线交叉等问题，并对设计方案进行优化，减少后期的设计变更和施工返工，从源头上控制设计增量成本。在构件生产及运输过程中，相关人员可利用数字孪生模型对构件的生产进度、损耗率、运输状况、库存等进行实时监控，精准掌控构件的生产损耗和运输破损情况，以此为依据优化生产计划和物流调配，从而避免构件积压、短缺或者损坏造成的成本浪费。在施工阶段，相关人员可以以实时进度数据、资源数据为基础，对人工、材料、机械设备的配置方案进行动态调整，防止出现资源闲置、超负荷使用的情况，精准把握施工阶段的显性成本和隐性成本。同时，相关人员还可利用模型全程保存的成本数据对成本偏差进行实时溯源，精准找到成本超支的环节及原因，及时优化管控策略，从而达到精细化、动态化成本管控目的。

（四）构建进度成本联动机制，实现双向协同优化

进度和成本的不协调是装配式建筑项目管理的主要问题。BIM 与数字孪生技术的融合应用，可以有效促进进度数据和成本数据互相联系、互相影响，形成一体化的协同控制体系。数字孪生模型可以将施工进度与资源成本消耗进行实时关联，准确剖析进度变动对成本带来的影响，从而打破传统管理中两者互相脱节的管理局面。进度滞后时，系统会自动算出工期延误所造成的人员、

机械、管理等各方面的增量成本，为管理人员进行进度优化方案选择、资源调配等提供依据，避免盲目赶工导致成本失控，从而让工期最优与成本最低成为可能。

三、结语

总之，传统静态、粗放、割裂的管理模式已经不能满足现代装配式建筑的管理要求，容易制约建筑行业的健康、持续发展。BIM 与数字孪生技术的深度融合，可以实现对装配式建筑进度成

本管理体系的全面革新，有利于打破产业链的信息壁垒，实现工期风险前置控制，从而达到建设成本全程监管、进度成本双向协同优化的目的。在实践中，相关人员可通过构建进度成本联动机制、精准压降各类管控成本、实现工期风险前置预判、打通全流程信息壁垒等多项举措不断提高项目精细化管理及综合效益，促使项目管理从经验化向数据化、从静态化向动态化、从碎片化向一体化的方向转变，进而为建筑行业实现绿色转型和高质量发展提供源源不断的动力。

参考文献

- [1] 王宁. 装配式建筑施工进度和成本管理研究 [J]. 工程技术研究, 2025, 10 (16): 144-146.
- [2] 蒋国祥. BIM 技术应用下装配式建筑钢结构施工成本管理控制研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24 (9): 118-120.
- [3] 孙佳文. 基于 BIM 的装配式建筑建造成本管控研究 [J]. 价值工程, 2024, 43 (35): 44-46.
- [4] 李柯栋, 李同, 高峰. EPC 模式下装配式建筑利益相关者成本管理研究 [J]. 广东建材, 2024, 40 (3): 150-153.
- [5] 曾龙伟. 基于 BIM 技术的装配式建筑成本管理研究 [J]. 上海建材, 2024, (1): 35-37.
- [6] 姚静, 姜安民, 董彦辰, 等. 装配式建筑成本管理影响因素分析与 BIM 技术的应用研究 [J]. 科技创新与生产力, 2023, 44 (5): 75-77+81.
- [7] 徐静, 李玲玲. 装配式住宅建筑成本管理中 BIM 技术的应用 [J]. 居舍, 2023, (13): 76-79.
- [8] 唐光美. BIM 技术在装配式建筑成本管理中的应用研究 [J]. 砖瓦, 2023, (2): 122-124.
- [9] 李耀光, 张兴旺, 张宇航, 等. BIM 技术在装配式建筑中的应用现状与发展趋势分析 [J]. 工程技术研究, 2022, 7 (21): 76-78.
- [10] 陈国松. BIM 技术下的装配式建筑精细化施工管理分析 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2022, (8): 90-92.