

装配式钢结构建筑施工质量控制的 BIM 技术实践与创新

庞加宝¹ 庞祖杰² 林炳云² 梁艺²

1. 山东高速德建建筑科技股份有限公司 山东德州 253000; 2. 山东高速德建集团有限公司 山东德州 253000

DOI:10.32629/ems.v8i6.20521

[摘要] 本文以装配式钢结构建筑施工质量控制中 BIM 技术的应用价值为出发点, 围绕其与设计施工的无缝化衔接、构件加工的数字化控制与施工过程的可视化管控三个角度的重要作用展开全面论述; 并以此为基础结合笔者工作实践经验从深化设计、预制生产与现场安装三个阶段详述装配式钢结构建筑施工质量控制的 BIM 技术实践与创新路径, 以为相关研究实践的开展提供参考借鉴。

[关键词] 装配式钢结构建筑; 施工质量控制; BIM 技术; 实践与创新

前言:

现阶段我国建筑产业正处于由传统粗放式建造迈向工业化、数字化转型的关键时期; 此态势下, 装配式钢结构建筑因建筑强度高、施工进度快与绿色可持续等显著优势已逐渐成为建筑工业化发展的主流方向。但相较于传统的现浇式建筑, 装配式钢结构建筑需要大量的工厂预制构件与现场装配作业, 繁复的配件规格、复杂的连接节点与极高的吊装精度使得传统的二维图纸已无法满足实际的施工需求。在这种态势下, BIM (Building Information Modeling) 技术作为具备信息集成功能的工程管理工具逐渐开始成为装配式钢结构建筑施工质量控制的关键支撑, 围绕其所展开的创新实践也逐渐开始成为工程管理领域亟待推进的核心课题。

一、装配式钢结构建筑施工质量控制中 BIM 技术的应用价值

装配式钢结构建筑施工质量控制应贯穿深化设计、预制生产与现场安装三个阶段; 而 BIM 技术的应用则能够将这三个阶段串联成完整的生命周期, 其应用价值具体体现在下述三个维度:

(1) 设计施工的无缝化衔接。设计院所提供的传统二维

图纸往往缺乏对装配式钢结构建筑复杂节点构造的详细表达, 这就使得施工单位需要凭借自身经验开展深化设计——这种“二维转三维”的过程极易产生理解偏差, 继而导致构件加工错漏或节点冲突, 返工现象严重; 这极大地影响着质量管理与进度控制工作的顺利开展。而应用 BIM 技术则能够通过共享包含精确几何尺寸与物理属性的三维模型联通设计与施工团队, 实现设计意图向施工过程的无缝传递与有效对接。同时在虚拟环境中所进行的全专业早期碰撞检查也能够提前发现并解决设计问题, 将质量隐患尽可能地消灭在“图纸阶段”, 进而从源头上把控工程质量, 规避因设计错误导致的返工^[1]。

(2) 构件加工的数字化控制。作为装配式钢结构建筑的“魂”, 构件预制的质量在极大程度上决定着施工控制工作的顺利程度。而通过应用 BIM 技术, 三维模型中有关构件几何尺寸与物理属性的信息 (如材质、尺寸、孔位、焊缝要求等) 能够被直接转化为数控机床的加工指令; 这种从“模型”到“实物”的数字化转换在最大程度上降低了人工读图的误差。更进一步地, 基于同一模型形成的标准化构件库也能够确保

构件的一致性与互换性——这为施工现场的高质量装配、突发情况应对提供了充足的支持。

(3) 施工过程的可视化管控。施工现场则是装配式钢结构建筑的“根”，作为质量控制的主战场其可被总结为吊装、连接、校正等多个步骤。而应用 BIM 技术则可借助数字化模拟对以上工序进行全过程预演，进而在验证可行性的同时明确每个工序的所需器械、操作要点与人员配置，避免因工序不当导致的构件损伤或安装偏差。更进一步地，基于 BIM 技术构建的智慧管理平台能够实现对现场材料、隐蔽工程、关键工序等关键信息的数字化记录与可视化追溯，这就使得质量控制工作能够从“被动应对”转变为“主动管控”，为事中监控与事后追溯奠定了信息基础。

二、装配式钢结构建筑施工质量控制的BIM技术实践与创新

1. 深化设计阶段：基于 BIM 技术的协同优化与碰撞检查

深化设计阶段是装配式钢结构建筑施工质量控制的起点。在这一阶段，BIM 技术的实践创新在于通过可视化与数字化疏通沟通阻碍、解决专业冲突、优化施工设计。而为了实现这一点，需要从如下两个角度展开创新：

(1) 全专业协同开展的三维设计。为打破传统建筑、结构、机电各专业各自为战的沟通壁垒，应在深化设计阶段基于 REVIT、Tekla Structures 等软件构建统一的 BIM 协同设计平台；各专业设计师在明确的交接规则、信息交互路径与数据传输渠道的支持下共同开展工作。以此通过数据的共享与信息的交流确保设计方案的可行性，从根源上规避可能导致返工的设计问题。以梁柱节点的区域设计为例，在结构工

程师确定梁翼缘的焊接空间后再由机电工程师布置穿梁管线；如此便能够避免管线与加劲肋的冲突^[2]。

(2) 节点精细化建模与碰撞检查。在同一软件环境下开展协同设计的同时，也应充分利用 BIM 技术的模拟功能对设计方案进行可行性验证。针对复杂的连接节点（如桁架节点、铸钢节点等）应先进行精细化建模，明确其几何尺寸与物理属性；在这之后则应借助 Navisworks 等碰撞检测软件对模型内部的关键结构（钢梁与钢柱、支撑与楼承板）进行全方位的硬碰撞与软碰撞检查。而对于出现问题的碰撞点，则应建立统一的问题台账，针对可能存在的质量隐患进行排查、优化与再设计，防患于未然。

2. 预制生产阶段：基于 BIM 技术的生产管理与质量追溯

预制生产阶段是装配式钢结构建筑施工质量控制的基石。在这一阶段，BIM 技术的实践创新可被总结为下述两个角度：

(1) 基于 BIM 技术的数字化预拼装。在传统的装配式钢结构建筑施工中，为确定复杂构件的结构强度与加工精度往往需要在预制生产阶段进行预拼装；这一过程占用场地、耗时耗力且成本颇高。而以 BIM 技术所提供的数字化预拼装功能为支撑，则能够利用高精度的三维模型模拟构件的组装；在这一过程中，预设的算法能够快速分析复杂构件之间的连接尺寸、孔位偏差与安装间隙，并将影响构件质量的信息以偏差分析报告的形式加以呈现。工厂以该报告为依据调整加工参数即能确保构件的“出厂即合格”，切实提升构件的匹配度。

(2) 基于 BIM 技术的构件全生命周期追踪。在构件加工完成且通过质量检测后, 可通过印刷二维码的形式为每个构件赋予唯一的“电子身份证”, 质量管理人员通过移动终端扫描二维码即可在数据库中快速调用该构件的模型信息(重量、材质、重心、焊缝等级等)与加工信息(加工状态、质检报告、运输信息等)。这种信息化的构件管理手段确保了从加工到安装的全过程质量追溯, 既确保了不合格构件无法流入施工现场, 也保障了质量问题出现后的追责工作^[3]。

3. 现场安装阶段: 基于 BIM 技术的进度控制与质量管理
现场安装阶段是装配式钢结构建筑施工质量控制的最后一公里。在这一阶段, BIM 技术的实践创新可被总结为下述两个角度:

(1) 工艺模拟与进度控制。基于 BIM 技术构建的施工进度计划可被称为 4D 计划 (3D 模型 + Day 时间)。在 4D 计划中, 以已形成的进度计划为基础, 质量管理人员可根据当前施工环节开展工艺模拟, 以此确定装配式钢结构建筑施工中的重点与难点部分的具体工程量; 将模拟结果与现场进度进行对比后, 质量管理人员能够快速把握预期目标能否顺利完成、劳动量与器械排班是否充足, 进而提前对工作重心进行调整, 或临时加派人手以确保任务按期完成^[4]。

(2) 信息归档与质量管理。利用物联网技术, 质量管理人员可将施工现场的塔吊监控、高清摄像头、环境监测仪等设备接入 BIM 技术平台以获取实时数据; 这种对施工状态的实时监控能够帮助质量管理人员快速定位质量隐患并及时做出响应。在此基础上, 质量管理人员可将 BIM 技术应用于质

量验收工作, 如对于危大工程(高支模、深基坑等), 可将 BIM 技术形成的模拟结果用作质量检测依据; 对于隐蔽工程(如高强螺栓连接、防火涂料涂装)则可利用移动终端进行拍照归档, 并将模型构件与具体图像直接关联, 以此形成基于模型的完整验收档案, 继而构建“信息+模型”的立体质量管理模式。

总结:

综上所述, BIM 技术在装配式钢结构建筑施工质量控制中的应用不仅是技术工具的升级, 更是工程理念与管理模式的全方位变革。因此一线建设者在实际的施工质量控制中应将 BIM 技术深度融入深化设计、预制生产与现场安装阶段, 以此构建“事前预防、事中监控、事后追溯”的全生命周期质量管理体系, 进而为施工质量的可控、在控提供坚实保障, 为我国建筑产业的工业化、数字化转型贡献力量。

[参考文献]

- [1] 师晓晖. 钢筋桁架楼承板施工质量控制体系与应用研究——以装配式钢结构建筑为例[J]. 中国品牌与防伪, 2025, (10): 168-170.
- [2] 王建红. 新质生产力背景下装配式钢结构建筑标准化施工策略研究[J]. 中国标准化, 2024, (16): 210-213.
- [3] 管清帅, 杨忠浩. 基于 BIM 技术的装配式钢结构建筑施工技术研究[J]. 新城建科技, 2024, 33(06): 7-9.
- [4] 朱丽, 杨宇, 戴伟娥, 等. BIM 技术在装配式钢结构建筑深化设计中的应用[J]. 广西城镇建设, 2022, (12): 70-75.