

BIM技术在装配式钢结构中的应用实践

冯程程 潘林娜* 范丽霞 王 聪
青岛城市学院 山东青岛 266106

摘要: 装配式钢结构是重要的绿色建筑类型,也属于工业化建筑范畴,这类建筑要发展,离不开数字技术的深度融合。推动国内装配式钢结构数字化转型, BIM是重要的核心支撑技术,能通过参数化建模、实现协同管理,同时完成全生命周期信息的整合。鉴于此,本文对当前BIM技术在“节点设计适配”、“生产信息传递”和“协同管理”三个方面的核心问题开展系统分析,明确BIM在“设计深化”、“预制制造”、“施工管控”和“全生命周期”等方面的实际作用,进而提出针对性优化措施,以期为BIM技术与装配式钢结构深度融合提供实践参考。

关键词: BIM技术; 装配式钢结构; 应用

近年来,随着建筑行业工业化的不断发展和数字化技术的引进,装配式钢结构因为其绿色环保、建得快、结构性能好,成为现代建筑领域的重要发展方向。对于传统的现浇结构而言,装配式钢结构在设计精度、构件标准化、施工配合等方面的要求更高,以往的二维设计和分散的管理模式已经满足不了装配式钢结构全流程管控的实际需求^[1]。借助BIM技术,可有效打破建筑设计、制造、施工、运营各阶段的信息壁垒,确保全流程数据融合与协同管控得以实现,能推进我国装配式钢结构产业的高质量发展。因此,梳理BIM技术应用于装配式钢结构的现存困境、明确应用价值、制定优化策略,可推进我国建筑业数字化升级,提升施工效率与质量。

一、BIM技术在装配式钢结构应用中面临的核心困境

(一) 节点设计的参数化适配不足

装配式钢结构节点是结构受力和节点的核心,其设计要求极高的参数化适应性,而目前BIM在该领域的应用还存在明显不足。目前多数工程节点设计仍然依靠传统的经验和二维图来辅助, BIM模型只能实现几何形状的三维表达,缺乏与结构计算和节点性能分析的参数化连接,导致设计参数不能满足工程实际需求。同时,缺

少标准化的参数化模板,设计者需要反复建模,不仅降低工作效率,而且在人工调整过程中容易出现参数误差,难以满足装配式构件工厂化制造的精度需求,成为制约装配式构件数字化落地的关键瓶颈^[2]。

(二) 构件生产的信息断层

BIM模型和构件制造环节之间信息传递存在明显断层,这是制约装配式钢结构工业化生产的核心难题。设计阶段的BIM模型大多停留在几何信息层次,缺少对零件加工过程中的工艺参数、材料要求、加工精度等生产信息,不能直接与数控加工装备进行对接。此外,设计和制造企业之间的协作相对滞后,模型信息没有得到有效地转换和验证,生产企业需要手工对其进行二次解读和调整,容易造成数据错误和加工偏差。而且,零部件制造过程中的加工记录和质量检验等信息无法逆向迁移到BIM模型中,形成了“信息单行”,难以实现对零部件全生命周期质量的可追溯和控制。

(三) 施工过程的协同管理困境

BIM技术在实施过程中存在多个主体之间的信息壁垒和过程脱节,造成了建设阶段协同管理的困境。装配式钢结构施工涉及到设计、生产、施工、监理等多个主体,各主体在各自的系统中开展各自的工作,无法实现BIM模型信息的实时共享,造成构件运输计划、吊装计划、现场拼装进度等信息的无法有效衔接。同时,施工企业BIM模型应用多限于可视化展示,缺乏与现场实际情况相结合的动态仿真和协同决策,加之一线施工人员缺乏BIM操作能力,难以有效指导施工,造成模型与现场两张皮现象,严重影响了施工协同效率和进度管控。

作者简介:

1.冯程程(1990.01—),女,汉族,山东胶州人,硕士研究生学历,讲师,主要从事工程结构方面的教育教学工作。邮箱:chengcheng.feng@qdc.edu.cn。

2.通讯作者简介:潘林娜,(1992.01—),女,汉族,山东德州人,硕士研究生学历,讲师,主要从事工程结构方面的教育教学工作。邮箱:linna.pan@qdc.edu.cn。

二、BIM 技术赋能装配式钢结构的多重意义

(一) 设计深化与碰撞检测：从二维图纸到三维协同

BIM 技术推动了装配式钢结构设计由传统的二维图式向三维图式的深化，将构件布局、节点连接、管道走向等进行三维可视化展示，实现对建筑、结构、机电等各专业之间可能存在的碰撞与冲突进行准确识别，并对设计方案进行优化^[3]。与二维图相比，BIM 模型提供了一体化的设计信息表达方式，使设计者能够实时调整模型参数，实现对深化设计的联动，降低设计变更和施工返工。

(二) 构件预制化生产与虚拟预拼装：从现场加工到工厂制造

BIM 技术可以帮助装配式钢结构构件的生产，促进其由现场制造到工厂制造的转变。建立精细化 BIM 模型，可实现构件的虚拟预拼装与预制模拟，提前检验各构件的尺寸、界面匹配性和安装可行性，避免现场拼装的风险。同时 BIM 模型中的加工参数能够直接转化成数控设备的指令，进而实现数控加工过程的自动化控制，提高零件的加工精度和生产效率。此外，虚拟预组装技术可以优化构件拆分方案，可实现构件的标准化和模块化生产，降低现场湿作业和材料浪费，满足装配式建筑工业化和绿色化发展的需要，从根本上提高构件制造质量和效率。

(三) 施工全过程模拟与可视化交底：从经验施工到精准管控

以 BIM 技术为基础，对装配式钢结构施工进行全过程仿真，对吊装顺序、运输路径、堆场布局和施工进度进行优化，可提前预判施工难点和安全风险。通过 BIM 模型可视化交底，能够将复杂的节点连接和安装过程直观地传递给一线施工人员，减少理解误差，提高施工作业精度^[4]。同时，施工仿真可以根据现场实际情况对施工方案进行动态调整，对进度、质量和安全进行全过程的数字化控制，有效地解决施工过程中的无序和问题，保证施工的安全和实现进度目标。

(四) 全生命周期信息集成与管理：从离散数据到数字孪生

BIM 技术可促进装配式钢结构全生命周期信息的整合，由离散的阶段性数据转化为统一的数字孪生。以 BIM 模型为基础，可在设计、制造、施工、运营等各个阶段实现信息的无缝传递和集成，构建包含几何、属性、工艺、质量等多维要素的数据载体。同时，项目运营数据可以逆向反馈到设计和生产过程中，为后续项目优化提供数据支持，实现全生命周期信息的闭环管理，促进我国装配式钢结构产业向数字化和智能化方向发展。

三、BIM 技术在装配式钢结构中的优化应用措施

(一) 设计阶段：强化协同设计与深化设计，实现参数化联动

设计阶段是装配式钢结构设计的核心源头，BIM 技术可以突破传统设计分割的壁垒，以参数化建模为手段，实现多专业协作，深化构件设计精度，避免设计冲突和后期返工。以 BIM 平台为基础，将建筑、结构、机电等多个专业的数据进行集成，建立多专业协同的参数化的构件库，可实现设计参数的实时联动，提高设计的效率和质量，为后续的生产 and 施工提供数据基础^[5]。

在具体实施中，可引入钢结构设计规范、构件制造工艺要求和施工工况参数，建立包含构件尺寸、材料、连接方式等参数的参数化构件库，实现构件参数的实时修正和联动更新。在此基础上，将建筑、结构、机电等多个专业的设计模型导入 BIM 平台，利用碰撞检测功能对构件与管道、构件与构件之间的空间冲突进行检测，形成冲突报告，及时向各个专业设计人员推送修改方案。此外，还应通过对节点连接、构件连接等关键部位的精细化建模，仿真构件的安装姿态和连接过程，优化节点构造设计，降低现场切割焊接工作量。与此同时对设计模型和计算机软件机芯进行对接，实现结构受力分析、承载力校核和模型参数的双向联动，保证设计结果的安全性和经济性，并输出可直接应用于生产的结构深化设计模型和零件制造图。

(二) 生产阶段：打通数据传递通道，强化质量管控

生产阶段是装配式钢结构产品质量的重要保证，BIM 技术可以将设计和生产数据进行无缝连接，消除“信息孤岛”。在全过程中，对生产过程进行可追溯和可视化控制，使生产过程得到标准化，提高零件的加工精度，保证零件的质量达到设计标准，并对生产过程进行了优化，从而提高生产效率和降低生产成本。

在具体实施中，可建立 BIM 设计模型和生产系统之间的数据传输通道，利用 IFC 标准格式，直接将设计参数直接输入数控加工设备（如数控切割机、焊接机器人等），实现零件的自动化和精确化，降低人为误差。同时，构建全过程 BIM 管控平台，通过对各零部件进行唯一的身份编码，将各部件的设计参数、加工工艺、原材料检验报告等信息进行关联，对零件加工过程中（下料、焊接、除锈、涂装）的工艺参数数据和质量检测结果进行实时记录，从而达到对构件质量进行全程跟踪的目的。而且还可利用 BIM 可视化技术对零件的生产过程进行仿真，优化排样方案，降低钢材损失；通过对焊接、涂装等关键工序的可视化交底，明确工艺规范和质量要求，

并利用BIM模型对实际制造的零件进行对比,采用3D扫描技术采集零件的真实尺寸,并与设计模型进行偏差分析,及时调整加工工艺,保证零件的加工精度达到规范要求。并建立生产进度和质量预警机制,当工艺参数不符合规范要求或进度滞后时,系统自动预警,督促相关人员及时处理,保证生产有序进行。

(三) 施工阶段: 深化模拟应用, 完善协同管理

施工阶段是装配式钢结构项目落地的关键阶段,BIM技术能够对施工过程进行仿真,对施工方案进行优化,解决施工中的难点问题,并建立起一个能够将施工各方资源进行整合的协同管理平台,对施工进度、质量、安全和成本进行综合控制,提高施工效率和安全水平。

在具体实施中,可深入开展BIM施工仿真应用研究,根据现场地形地貌、吊装设备参数、构件重量和安装顺序,建立施工场地的三维模型,对吊装过程进行仿真模拟,对吊装方案进行优化,确定最佳吊装位置、吊装顺序和吊装设备选型,避免吊装碰撞、构件失稳等安全隐患,并通过可视化模拟交底,明确施工过程和作业规范,提高工人作业的规范性。在此基础上,还应构建BIM施工协同管理平台,将建设、施工、监理、构件供应商等多个方面的资源进行整合,形成施工进度、质量、安全、造价等信息的实时共享和协同管控。通过向BIM模型导入施工进度计划,实现进度和模型之间的联动,对实际施工进度和计划进度进行实时对比,对进度偏差的原因进行分析,并对施工计划进行调整;而且还可采用BIM模型对施工现场进行质量巡检,利用移动终端采集施工质量数据,与设计模型相对照,及时发现和纠正质量问题。此外,还应将BIM模型与现场监测数据(构件应力、沉降等)相结合,实时监测结构在施工过程中的安全状况,当数据超过预警值时,给出安全预警,并采取相应的防控措施。并利用BIM模型对场地材料的堆放和路径进行优化,减少现场的杂乱,提高施工的效率。

(四) 运维阶段: 拓展应用场景, 实现数据复用

运维阶段是建筑工程生命周期管理的延伸,BIM技术可以在设计、生产、施工等各个阶段实现数据的复用,拓展运维应用场景,建立智能运维管理系统,降低运营成本,延长建筑使用寿命,进而提高运营管理的精细化和智能化水平^[6]。

例如,在实际操作中,可先把设计、制造、施工各阶段的BIM数据汇总到一起,完善装配式钢结构运营阶段的BIM模型,再对构件信息、加工记录、施工检查报告、维护记录等数据开展统一管理并重复调用,给维护

管理的决策制定提供数据支撑。而且还能拓宽BIM在运营环节的应用范围,借助BIM可视化技术把建筑结构、构件布局、管道布局等内容直观呈现,方便运维人员开展日常巡检和维护工作。另外,亦可结合物联网技术,在关键部件中植入传感器,实时采集构件的应力、温度、锈蚀等状态信息,再把这些信息同步到BIM模型里,随时监测构件健康情况并发出预警,一旦构件出现异常,立刻推送维护预警信息和优化后的维护方案。与此同时,还能搭建起BIM智能维护管理平台,用可视化方式分配维护任务,跟踪任务进度,评估维护效果,优化维护流程,用BIM模型模拟维护过程,调整优化维护计划,缩短维护带来的停工时间;并开展BIM数据支撑下的建筑能耗分析和结构性能评估,针对性制定节能优化措施和结构维修计划,降低运营成本,延长建筑使用寿命。除此之外,还能把运营阶段产生的数据反馈回设计和生产环节,给后续同类项目的设计优化和生产流程改进提供数据参考,实现产品全生命周期的闭环管理。

结束语

为推进我国装配式钢结构产业朝标准化、精细化和智能化方向发展,在产业内部深化应用BIM技术,能给产业注入数字化动能,解决设计、生产、施工等多个环节的协同问题。未来,应把BIM技术和物联网、大数据、数字孪生等技术深度融合,拓展其在装配式钢结构领域的应用范围,覆盖全生命周期的智能管控范畴,推动建筑业实现“绿色建造”和“低碳运营”双目标,为我国新型工业化的持续发展提供技术支持。

参考文献

- [1] 晋浩. 基于BIM技术的装配式钢结构建筑暖通空调实际应用研究[J]. 门窗, 2026(3): 196-198.
- [2] 张荣荣. 装配式建筑钢结构安装施工技术分析[J]. 中国厨卫, 2026, 25(2): 4-6.
- [3] 付力. 模块化装配式钢结构住宅连接节点设计[J]. 新材料·新装饰, 2026, 8(3): 127-130.
- [4] 王自强. 基于BIM的模块化钢结构建筑连接技术研究[J]. 中国建筑金属结构, 2026, 25(3): 19-21.
- [5] 曲浩铭. BIM技术在高层建筑复杂钢结构施工中的应用[J]. 山西建筑, 2026, 52(3): 109-111.
- [6] 范明星, 程勋明, 朱宇, 等. 基于BIM的钢结构桁架施工数字化协同与低碳优化研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2026(1): 72-74.