

复杂钢结构建筑施工中的 BIM 技术协同管理研究

文 / 董鹏飞 中国葛洲坝集团股份有限公司

摘要：复杂钢结构建筑施工涉及构件多元、工序繁杂及专业协作要求高等特点。施工中不同专业设计、材料、施工方案与现场操作信息容易分散，增加了管理难度。BIM 技术可以整合设计、施工与管理信息，做到三维可视化建模、施工方案模拟与施工进度分析。应用 BIM 技术，施工前识别矛盾，优化资源配置，减少施工错误与返工，提高施工质量。同时，BIM 在施工现场形成信息共享平台，使各专业间信息顺畅传递，增强协同作业能力，BIM 在复杂钢结构建筑施工中应用可以提升项目整体管理水平，改善施工流程，并为项目决策提供数据支持，为工程管理做出奠定基础。

关键词：复杂钢结构；建筑施工中；BIM 技术；协同管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.031

引言

钢结构建筑施工具有构件复杂、结构形式多样、节点精度要求高及施工周期紧张等特征，施工组织与管理面临专业交叉密集、信息传递不畅以及施工冲突频发等问题。传统施工管理模式很难满足高精度与高效率施工要求，信息孤岛现象导致设计与施工脱节，影响了施工质量与进度控制。BIM 技术凭借三维可视化建模能力及信息集成特征，为施工管理提供全新技术手段。通过 BIM 技术，施工各环节实现施工方案模拟、节点分析与冲突检测，使各专业人员在统一平台内协同工作，优化施工组织，科学安排施工进度与资源。BIM 应用下增强施工现场信息透明度，提高各专业间沟通效率，降低施工风险，促进管理精细化。复杂钢结构建筑施工项目中，BIM 技术既能支持施工操作，还为施工组织优化与管理决策提供科学依据，体现了技术和施工实践深度融合的重要价值。

一、新时代下对复杂钢结构建筑施工的要求

（一）精确施工确保结构安全

复杂钢结构建筑构件多、节点复杂，对施工精度提出了严格要求。新时代施工要求保证结构整体稳定性及使用性能，施工中必须严格控制尺寸偏差、焊接质量及节点连接精度。施工人员应按照设计要求进行测量与定位，构件加工精度和现场装配精度保持高度一致。施工工艺中结合技术标准，确保钢材下料、组装、焊接等各环节顺利衔接。质量控制覆盖从单体构件到整体结构的每个环节，通过过程监控与检验手段及时发现偏差，防止出现安全隐患。高精度施工中，提升了结构承载能力，同时延长建筑使用寿命，为后续维护与功能发挥做出保障。

（二）信息化管理提升施工效率

现代钢结构施工涉及设计、加工、采购和现场施工多环节作业，信息量大且分散。新时代下要求施工管理实现信息化整合，各专业间的数据共享与协同作业顺畅

无阻。施工计划通过信息平台进行方案模拟、进度安排，施工资源合理分配，减少重复作业和材料浪费。实时监控施工进度与节点质量，使管理者可以迅速发现潜在问题并调整计划，保证施工流程可控。数字化管理中形成施工档案，记录施工参数、材料使用和人员操作情况，为工程管理提供数据支持。信息化手段应用提升施工效率与可控性，使项目管理精细化水平达到现代建筑工程标准。

（三）安全施工与绿色发展

钢结构施工伴随高空作业、大跨度吊装与重型构件搬运，安全风险高。新时代施工中要求建立完整的安全管理体系，包括施工风险评估、作业规范制定既现场监督。施工方案中合理设计顺序，确保作业环境安全，操作符合技术标准。施工中关注资源利用效率与能源消耗，采用节能环保施工材料、机械，做到绿色施工。安全管理与环境保护结合，保证项目在高质量完成同时达到可持续发展目标。施工策略、施工设备选择与作业安排兼顾施工效率、安全性及环保性，为建筑工程树立高标准施工范例。

二、复杂钢结构建筑施工中的 BIM 技术协同管理中的难题

（一）多专业信息整合困难

复杂钢结构建筑施工涉及结构设计、机电安装和施工工艺等多个施工环节，每个环节产生的数据格式、信息粒度与更新周期差异显著。BIM 技术在施工管理中应用，统一整合分散信息，用于三维建模、施工模拟与进度分析。然而不同专业使用的软件平台不兼容或模型标准不一致，容易导致数据传递滞后与信息丢失。所以，信息整合难题直接影响施工方案优化与资源调配，若未解决，容易造成施工冲突、重复作业及施工延误，使 BIM 技术的协同管理效果无法充分发挥。

（二）施工协同效率限制

施工现场任务多样且专业分布广泛，BIM 平台要求

各部门实时上传数据，共享操作结果。实际应用中，信息更新不及时、操作规范不统一或现场网络条件受限，使协同效率受到制约。部分环节仍依托人工协调，施工进度难以同步，节点冲突或重复作业容易发生。协同效率限制不但降低了施工组织效率，也影响了施工安全与成本控制，使 BIM 技术在复杂钢结构建筑项目中的管理优势未能充分体现。

（三）技术与管理能力匹配问题

BIM 技术应用，需要施工人员具备建模和软件操作能力，同时管理者需掌握信息化管理与施工调度方法。实际工程中，部分施工单位技术人才不足或缺乏 BIM 应用经验，管理者对平台功能掌握不足，导致施工数据分析与决策支持效果不佳。技术能力与管理水平不匹配，使 BIM 平台无法高效支持施工方案优化、进度控制及资源调配，影响了协同管理潜力，也对项目整体施工质量与效率构成威胁。

三、复杂钢结构建筑施工中的 BIM 技术协同管理方法

（一）构建全生命周期数字协同平台

BIM 协同平台在建筑全生命周期信息集成中发挥载体作用，面对复杂钢结构工程承担着枢纽作用。平台建立的基础是构建统一化参数模型体系，完整反映结构节点构造、材料等级、连接方式及构件几何信息。设计阶段，设计单位把构件清单、节点布置图与材料规范统一整理导入平台，组成三维模型构件数据库。模型内构件编码按照施工逻辑分类，支持按区域、层级、加工批次进行快速检索。不仅作为后续施工提供可视化依据，同时支撑后续施工模拟、进度控制及现场核验工作，奠定多专业协同基础。

平台运行中，施工单位进度安排、吊装方案及构件到场信息嵌入模型，形成具备时间属性的施工计划模型。施工管理人员利用模型进行吊装流程仿真，明确吊装路径、交叉作业时段及风险干预点，实时记录安装中构件状态变更。构件进场后，由质检人员按照平台标准逐项验收，如焊缝高度、螺栓紧固程度、表面处理效果等指标，结果即时反馈给模型节点。系统对比实测值与设计值，如果存在偏差自动触发预警机制，防止不合格构件进入下一环节，保证安装质量。平台中记录每一项数据更新，形成时间轴，为事后分析做出依据。

施工组织管理中，协同平台整合设备调配、布料计划、进度协调、质量记录、现场安全与成本核算等信息，构建高度集成的数据网络。不同单位利用账户权限管理访问专属模块，减少越权操作，保障数据信息安全。平台支持移动端同步，施工现场技术人员利用平板电脑调用构件信息、安装流程与质量标准，直接录入数据。完成

作业后，系统自动生成核验记录并归档，减少纸质传递环节，降低信息丢失风险。所有数据按施工阶段、楼层区域或专业分项分类汇总，为之后工程提供可复用模板。平台所积累的重要指标数据辅助模型优化，促进施工组织模式持续优化，构建标准化、数字化施工体系。

（二）构件加工吊装动态联动控制

复杂钢结构施工中，构件多样，结构复杂，加工与吊装彼此依赖。传统施工中两者脱节，加工进度和现场节奏难以同步，常因堆放积压或安装延迟出现资源浪费。基于 BIM 平台的信息集成能力，构件从设计源头到现场吊装做到全过程动态衔接，提升施工效率。

施工准备环节，管理团队用 BIM 模型生成构件清单，统一标识构造信息、节点形式及施工顺序。模型内每个构件带有唯一编码，便于了解加工状态。加工厂利用模型导出的 NC 数据直接控制数控设备进行切割、组装，避免中间图纸转化出现误差。加工完成后构件绑定二维码标签，用于运输追踪，进行现场扫码识别，提升物流环节透明度、可控性。如图 1 所示，在现场吊装中，技术人员在 BIM 平台上进行吊装路径分析，排查空间冲突点，优化构件排布逻辑。施工人员利用移动终端扫描构件信息，调取安装指导，确保作业按计划精准执行。模型同步记录构件状态，如安装完成、质量验收结果等信息，确保模型状态与实具进度一致，保障构件加工节奏和现场节拍协调一致，减少资源等待，降低重复搬运风险，构成高效构件流转链条。

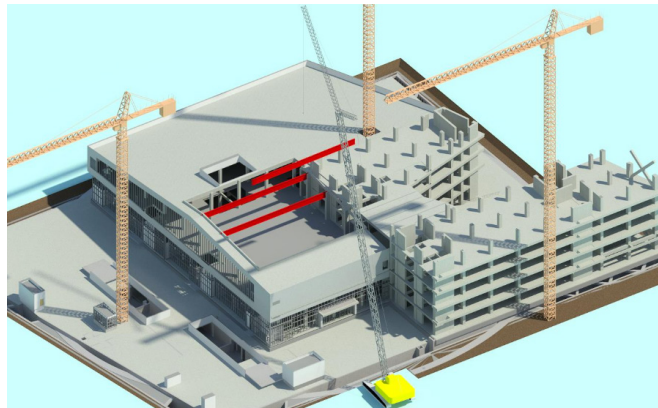


图 1：基于 BIM 的复杂钢结构三维模型图

就体积大、精度要求高的异形构件，BIM 平台还可辅助生成吊装姿态控制参数，指导作业队制定专项方案，确保构件安装精度与结构稳定性。通过动态联动机制，现场管理从传统的被动响应转为基于模型的数据驱动调度，进一步提升施工组织的执行力与时效性。

（三）多专业融合推动空间协调优化

复杂钢结构项目涉及结构、机电、幕墙、消防等多个专业系统，空间资源有限，设计阶段如果未充分协调，造成施工阶段冲突、返工。BIM 平台创设统一数据环境，

支持多专业模型整合、空间布局检验与节点构造优化，提前完成系统深化，审查施工条件。

设计深化阶段，施工单位把结构模型与机电、通风、给排水、幕墙等模型叠加，利用碰撞检测识别空间冲突点。就梁柱与风管、电缆桥架等交汇区域，平台辅助给粗优化布置方案，如调整设备位置、修改支架形式或调整走向。所有优化建议平台内记录，同步到各专业团队，防止信息滞后。节点深化方面，复杂连接构件在平台内搭建三维细节模型，展示焊缝层次、螺栓布置、施工顺序等技术要点，构成标准化图纸输出。施工人员采取可视化方式明确构造层次，提前掌握作业顺序，明确技术控制点，提升安装效率、准确性。尤其高空或受限空间作业环节，通过施工动画进行现场交底，防止误解造成失误。同时，平台中设定定期协调会议机制，基于模型更新状态进行系统性研究。由平台集中进行设计调整，自动通知施工单位更新模型，保证图纸、模型与施工方案协同更新。如图2所示，在节点深化环节，BIM三维细节建模生成可视化“拆解图”，明确展示每一道焊缝的坡口形式、螺栓规格、紧固顺序，细化各子部件的装配逻辑。

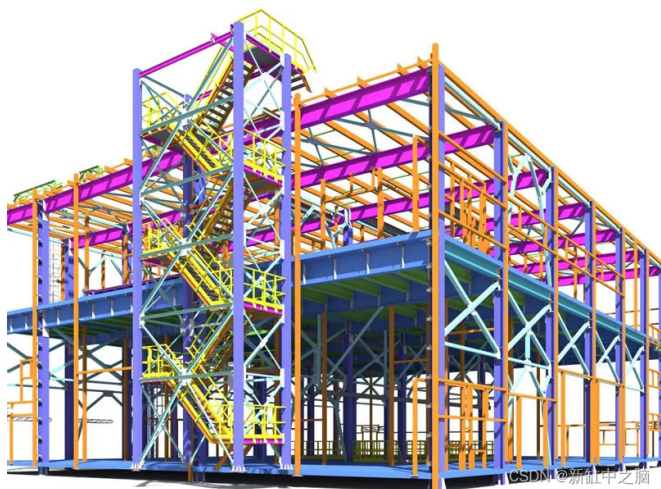


图2：基于BIM的钢结构框架结构图

（四）数据驱动，加强质量管理

要求精度高的钢结构施工对构件加工精度、安装质量有着严格要求，传统质量管理凭借纸质流程与人工巡检完成，信息更新滞后、记录缺失，影响整体控制水平。BIM平台基于数据驱动结构，把构件参数、工艺标准与检测节点整合，实现标准化、数字化质量管理。

施工准备环节，平台按照模型生成质量检查清单，明确每个节点所需检查项目与容差标准。检测人员安装中通过移动终端拍照记录重要工序数据，平台自动比对设计值和实测值，若超出设定范围便发出系统警告，生成整改指令。该方式速识别隐患，减少人为判断偏差，加强质量控制精度。问题处理中BIM模型支持精准定位

问题区域，附加图片说明，明确施工要求，任务自动分配给施工人员，设定整改时限。整改完成后由监理人员现场核查，并选择系统内确认。

利用平台统计分析历史数据，识别高发问题区域及构件类型，指导技术团队调整工艺流程。竣工环节，平台自动归档全部检测数据，并同三维模型绑定，搭建可回溯结构信息库，为运维阶段提供稳定数据基础。基于系统化质量管理机制，施工控制从抽样抽检向全覆盖、数字化监控转型，提高整体施工质量稳定性、可控性。

（五）远程协作与现场联动

钢结构项目管理向智能化发展背景下，BIM平台融合传感器技术、物联网设备与移动终端，构建可视化施工环境，实现远程调度、动态监测与现场执行一体化管理。

施工现场部署传感设备，采集构件吊装受力、环境温度湿度、设备运行状态等重要参数，数据信息借助无线网络传输给BIM平台。平台中按照施工进度计划、安全规范进行数据比对，如果检测指标偏离预设阈值，系统自动弹窗预警，发送给管理终端，快速定位与处置问题。管理人员在远程中心查看项目现场三维图，了解人员分布、机械设备应用情况及构件安装状态，根据实际情况调整作业。现场人员利用平板电脑接收系统生成作业指令、动画交底与模型图纸，保证施工任务准确执行。任务执行完成后利用系统反馈更新施工进度，构成数据同步系统。同时，平台接入无人机图像采集系统，定期获取现场航拍影像，基于模型比对功能核验实际进度与计划偏差。系统按照识别结果自动生成偏差报告，提示调整路径与资源配置方案，协助管理人员优化调度方案。构建多维联动可视化系统，施工组织突破空间制约，实现集中决策、实时响应与现场执行融合，构建稳定、高效的施工组织。

结语

总之，复杂钢结构建筑施工中的BIM技术协同管理能够整合多专业信息，优化施工方案，提升进度控制与资源利用效率，同时增强施工安全及质量管理。尽管在信息整合、协同效率与技术能力匹配方面存在挑战，但BIM技术为复杂钢结构施工提供了科学的管理手段与可操作的解决路径，对提升施工整体水平具有重要价值。

参考文献

[1] 陈俊. 探讨BIM技术在建筑钢结构施工过程中的应用[J]. 中国住宅设施, 2021, No. 222 (11).
 [2] 徐耀东; 严炜炯; 朱伟. 装配式钢结构建筑中的BIM技术应用研究[J]. 建筑施工, 2021, v. 43; No. 364 (08).
 [3] 徐金国. 浅析BIM技术在建筑钢结构施工过程中的应用[J]. 中国建筑金属结构, 2021, No. 475 (07).