

复杂钢结构施工中 BIM 技术的碰撞检测与施工方案优化

梁艺¹ 林炳云¹ 庞祖杰¹ 庞加宝²

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

DOI:10.32629/ems.v8i6.20509

[摘 要] 为了解决复杂钢结构建筑施工各核心环节交叉碰撞对工程质量产生的影响, 本文基于某房建工程项目为例, 分析该项目钢结构施工中可能发生的碰撞问题, 同时利用 BIM 技术构建碰撞检测模型, 分析复杂钢结构关键环节的碰撞风险和发生原因, 并提出科学的施工优化方案, 旨在发挥 BIM 技术在建筑工程钢结构施工中的可视化优势, 提高建筑施工效率与质量。

[关键词] 复杂钢结构; BIM 技术; 碰撞检测; 施工方案优化

前言:

在现代建筑事业信息化转型背景下, BIM 技术在钢结构施工中得到了广泛应用, 通过 BIM 建筑模型构建, 可以准确识别复杂钢结构中的交叉密集与碰撞风险, 通过直观展现各构件空间关系分析潜在的碰撞冲突, 为钢结构施工方案优化提供可靠支持。

1 项目概况

某房建工程项目占地面积 64328 m², 建筑总高度 54m, 建筑分为主塔楼、裙楼和地下结构, 主塔楼共计 18 层, 裙楼为 1~5 层, 地下结构包括车库和设备房共 3 层。该项目采用钢框架和混凝土核心筒混合结构, 抗震烈度为 8 度, 使用年限 50 年。项目钢框架结构采用整体模型加工, 经检验合格后运输到施工现场, 利用落地式平臂塔吊进行吊装, 由于该项目工程量较大, 涉及构件数量较多, 建筑结构采用劲型钢骨柱架构与核心筒结构结合方式, 外框柱设计为型钢混凝土结构, 核心筒采用型钢混凝土与钢筋混凝土的混合结构。劲型钢骨柱与钢梁跨度较广, 建筑基础结构错综复杂, 为了提高建筑施工方案可行性, 利用 BIM 技术进行钢结构施工的碰撞检测, 基于检测结果开展施工方案优化。

2 钢结构施工中的碰撞问题分析

该项目采用的型钢混凝土结构具有平面布置灵活性强、刚度大和承载力高等特点, 但这一结构由于在施工过程中配筋率较高、结构形式复杂、梁柱节点较多, 导致施工环节面临多种碰撞问题。通过对本次项目的现场调研来看, 型钢混凝土梁柱节点存在以下碰撞问题: ①劲型钢骨柱翼缘与核心筒纵向受力钢筋碰撞。由于该项目的核心筒采用型钢混凝土与钢筋混凝土混合结构设计, 纵向受力的钢筋布置相对密集, 同时劲型钢骨柱翼缘延伸到核心筒的内部区域, 导致部分钢筋位置和钢翼缘存在交叉重叠现象, 如果强行施工容易破坏钢结构受力性能; ②钢梁连接板和钢柱箍筋碰撞。由于该项目的框柱结构采用型钢混凝土施工, 内部箍筋要根据抗震等级进行加密排布, 但钢梁端连接板要和钢骨柱有效连接, 连接板安装位置和柱内加密箍筋会产生冲突, 进而影响连接板的牢固性; ③管线和钢构件碰撞。由于该项目的地下结构包含设备房与车库, 分布密集的排水、电气和消防管线, 地下主塔楼与裙楼设备层管线错综复杂, 部分管线要穿越钢结构框架梁板, 或者沿着钢骨柱走线, 倘若出现前期管线规划和钢结构设计脱节, 就容易产生管线与构件碰撞的现象, 影响正常施工; ④吊装设备和既有结构碰撞。该项目通过落地式平臂塔吊开展吊装施工, 主塔楼高空吊装施工中吊臂转动

范围容易和5层裙楼的屋面结构发生碰撞。此外，地下结构施工环节塔吊基础钢支撑和地下连续墙的连接位置也容易出现碰撞，影响吊装施工的正常进行^[1]。

3 BIM技术在碰撞检测与施工方案优化中的应用

3.1 BIM碰撞检测模型构建

针对该项目钢框架和混凝土核心筒施工结构特点，在构建BIM碰撞检测模型中，要确保结构与各专业数据准确协同，为结构施工的碰撞检测提供可靠数据支持。碰撞检测模型构建前要建立统一标准，明确各专业的建模精度要求，统一采用施工坐标系保障模型坐标和现场高度匹配，避免由于坐标偏差造成的检测误差。BIM碰撞检测模型构建需优先完成核心结构模型搭建，使用Revit软件将所有硬钢柱、硬钢梁等钢结构构件详细绘制出来，标注清楚其断面尺寸、材质信息等内容，在此基础上对混凝土核心筒以及外框柱进行建模工作，对梁柱节点中钢筋排布情况进行精细化建模。在完成核心主体结构模型后，结合机电管线模型，明确管线管径、走向等信息，确保模型包含结构及机电各核心要素。模型整合后要做深入校核，主要针对复杂的节点空间关系进行核查，

对构件尺寸偏差等问题进行修正等，经设计方及施工方共同审核认可后，才能用于后续的碰撞检测。

3.2 碰撞检测与分析

基于全专业BIM集成模型，利用Navisworks软件对该项目的重点碰撞风险区域开展针对性检测，准确识别各专业交叉区域与核心结构的碰撞风险。在进行BIM碰撞检测前应明确劲型钢骨柱与核心筒钢筋、钢梁与柱箍筋、管线与钢结构等关键碰撞点的主要范围，科学划分碰撞检测类型，同时制定完善的碰撞判定标准，如钢结构构件净距 $\geq 50\text{mm}$ 、管线与钢结构净距 $\geq 100\text{mm}$ 。开展核心区域的碰撞检测时，首先利用软件对整体结构的碰撞检测，形成具体的碰撞检测报告，其中包括碰撞位置和碰撞类型等信息，再结合碰撞报告中频率较高的区域进行局部细化碰撞检测，重点测试核查裙楼斜向悬挑梁与排桩等关键冲突点的空间关系（如图1）。完成碰撞检测后对结果进行分类分析，对影响建筑物结构安全的严重碰撞进行深入分析，明确碰撞产生原因，利用BIM模型可视化直观查看碰撞节点，为后续方案优化提供支持^[2]。

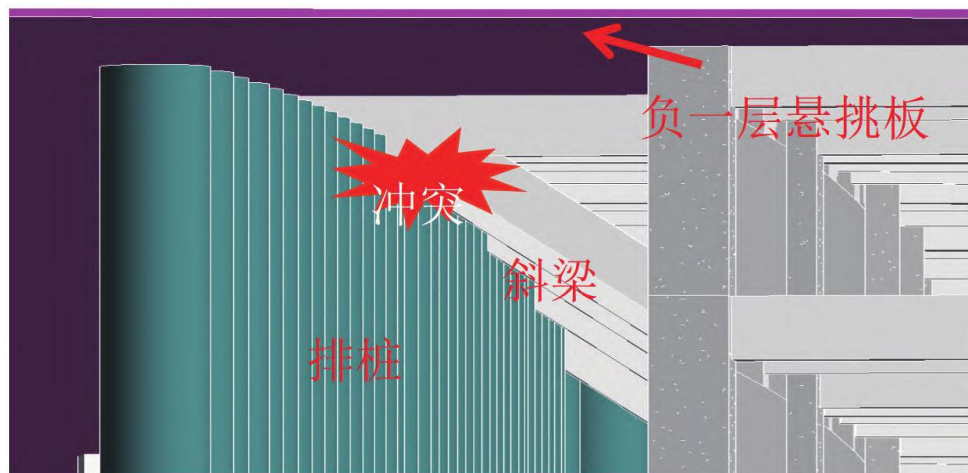


图1 斜向悬挑梁与排桩冲突

3.3 施工方案优化

3.3.1 结构施工方案优化

为了有效规避劲型钢骨柱翼缘与核心筒纵向受力钢筋碰撞问题，在施工中可以通过BIM技术进行多次施工模拟，最

终确定钢筋避让与钢构件局部调整的优化方案，通过与设计人员沟通，确保不影响结构抗震性与承载力的基础上对核心筒与钢骨翼缘碰撞的纵向受力筋进行避让调整，科学调整碰撞区域内钢筋间距，利用错层布设方式避开钢翼缘位置，并且在钢筋避让部位增设附加筋，确保核心筒的配筋率符合设计要求。对于不可避让的一些钢筋，在钢骨柱翼缘上采用局部开洞处理方式，位置及尺寸根据结构计算确定，确保不降低其承载能力；为避免应力集中，对开洞部位进行打磨平滑并设置加劲板。对于钢梁接合板与内侧箍筋间产生的摩擦问题，则采取在绑扎柱内箍筋之前先将接合板固定到位，并根据现场情况移动箍筋绑扎位置；若遇到有箍筋需碰撞接合板时则采用分次绑扎或绕开接合板的方式布置。并增设一个箍筋拉筋以满足箍筋的加固抗震要求；此外在钢结构施工过程中还将采用 BIM 模型所导出的精准数据对钢骨柱、钢梁等构件进行预制加工，使其尺寸更加精准，减少现场安装碰撞的风险。

3.3.2 机电安装方案优化

为了规避错综复杂的管线和钢构件碰撞风险，在机电安装时可以通过 BIM 软件进行模拟测试，利用管线综合优化和预留预埋的措施，开展机电管线综合优化。通过 BIM 集成模型对各类管线进行重新排布，严格遵循大管优先原则，确保管线避让钢构件，实现管线走向与敷设位置的科学调整，避开与钢骨柱、腹板等关键构件的碰撞。面对要穿越钢框架的管线布设，可以在钢构件加工环节提前预留管线穿越空洞，利用 BIM 模型对空洞位置和尺寸进行综合模拟，并且通过机电专业与钢结构专业人员协同审核，最终确定预留空洞方案，避免现场打孔影响钢构件的承载力。针对地下设施室以及地面设备楼内管线密集的情况，采用对管线支吊架进行重新布置的方式，通过对管线支吊架与钢结构构架紧密结合利用钢结构主体梁边沿或底面作为支吊架安装位置来避免支吊架与

钢结构构架之间发生接触。同时保证管道装配过程中的安全性和稳定性^[3]。

3.3.3 吊装作业方案优化

为了规避斜向悬挑梁与排桩碰撞、塔吊与既有结构碰撞等问题，在吊装作业方案优化中，可以重新进行吊装设备优化布置，同时改变吊装顺序，保障吊装作业有序进行。在斜向悬挑梁和排桩碰撞风险优化中，可以利用 BIM 模型以及现场勘测进行受力计算，确定最优的悬挑梁安装流程，先拆除碰撞区域的部分排桩，通过设置临时支撑结构确保基坑支护稳定性，当悬挑梁安装完成后拆除剩余排桩进行复位，替换后的排桩使用钢套管进行保护，避免再次与钢构件发生碰撞。对塔吊位置进行优化，在 BIM 模型中模拟塔吊吊臂旋转空间，结合现场施工条件将塔吊基础移至场地边线，减小塔吊起吊半径，避免吊臂旋转过程与裙楼屋顶结构发生碰撞。

结束语：

综上所述，复杂钢结构施工中经常面临各类关键环节交叉碰撞风险，给施工结构稳定性与安全性带来负面影响。为了有效规避复杂钢结构施工碰撞风险，可以充分发挥 BIM 技术优势，对施工结构进行碰撞可视化检测，同时提出科学的施工方案优化措施，有效规避施工碰撞风险，促进各转接协同配合，提高建筑工程施工质量。

【参考文献】

- [1] 林忠东. BIM 技术在管综碰撞检测中的应用[J]. 福建建设科技, 2024 (4): 93-95, 127
- [2] 银花. BIM 技术在建设工程管理中的应用研究[J]. 绿色建造与智能建筑, 2024 (9): 93-95.
- [3] 李芬红, 袁丽莉, 艾浩源, 等. BIM 技术在复杂钢结构工程中的应用研究——以杭州亚运会电竞馆项目为例[J]. 房地产世界, 2023 (24): 13-16.