

基于BIM技术的钢结构深化设计与施工管理集成应用

蒯 杰

安徽建工建设安装集团有限公司 安徽 滁州 239000

摘 要：本文聚焦于BIM技术在钢结构工程中的应用，深入探讨了基于BIM技术的钢结构深化设计与施工管理集成应用。首先分析了钢结构深化设计中BIM技术的具体应用方式，包括三维建模、碰撞检测、节点设计优化等方面。同时，研究了BIM技术在施工管理中的应用，如施工进度模拟、施工质量控制、施工安全管理等。最后通过案例分析，验证了基于BIM技术的钢结构深化设计与施工管理集成应用的有效性和可行性，为提高钢结构工程的质量、效率和安全性提供了新的思路和方法。

关键词：BIM技术；钢结构；深化设计；施工管理；集成应用

1 引言

钢结构工程因具有跨度大、自重轻、施工快等优势，在超高层建筑、大型场馆、工业厂房等领域广泛应用。然而，传统二维设计模式存在信息割裂、协同效率低等问题，导致深化设计深度不足、现场返工率高、工期延误等痛点。住房和城乡建设部《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》明确指出，BIM技术是破解钢结构工程数字化难题的关键工具。BIM技术作为一种新兴的数字化技术，能够将建筑项目的各种相关信息集成在一个三维模型中，为项目全生命周期的管理提供了强大的支持。

2 基于 BIM 技术的钢结构深化设计应用

2.1 三维建模

三维建模是BIM技术在钢结构深化设计中的基础应用。设计师根据设计图纸和相关规范要求，使用专业的BIM软件（如TeklaStructures）创建钢结构的三维模型。在建模过程中，需要准确输入构件的几何尺寸、材质、连接方式等信息，确保模型的准确性和完整性。通过三维建模，可以直观地展示钢结构的整体形态和各个构件的空间位置关系，方便设计师进行设计检查和优化。例如，对于复杂的节点，可以通过三维模型清晰地观察节点的构造和受力情况，及时发现节点设计中存在的问题，并进行调整和改进。

2.2 碰撞检测

碰撞检测是BIM技术在钢结构深化设计中的重要应用之一。在钢结构工程中，由于构件数量众多、空间关系复杂，不同构件之间很容易出现碰撞和冲突。传统的二维图纸难以发现这些潜在的碰撞问题，而BIM技术可以通过自动碰撞检测功能，快速准确地检测出模型中存在的碰撞点。碰撞检测可以分为硬碰撞和软碰撞两种类型^[1]。

硬碰撞是指构件之间在空间上直接发生交叉或重叠；软碰撞是指构件之间虽然不存在空间上的交叉，但在施工安装过程中可能会因为操作空间不足等原因导致无法正常施工。通过碰撞检测，设计师可以及时发现并解决这些碰撞问题，避免在施工过程中出现返工和延误，提高施工效率和质量。

2.3 节点设计优化

钢结构节点是结构中的关键部位，其设计质量直接影响到结构的安全性和可靠性。传统的节点设计主要依靠设计师的经验和手工计算，设计过程繁琐且容易出现错误。基于BIM技术的节点设计优化，可以利用软件的三维建模和有限元分析功能，对节点进行详细的设计和分析。设计师可以在BIM模型中创建节点的详细模型，输入节点的荷载、边界条件等参数，进行有限元分析，得到节点的应力、应变等分布情况。根据分析结果，对节点进行优化设计，如调整节点的构造形式、增加加强板等，确保节点的强度和刚度满足设计要求。同时，通过三维模型可以直观地展示节点的设计细节，方便施工人员理解和施工。

2.4 材料统计与预算

在钢结构深化设计完成后，可以利用BIM模型自动统计构件的数量、规格、重量等信息，生成准确的材料清单。与传统的材料统计方法相比，BIM技术统计的材料清单更加准确、详细，避免了人工统计可能出现的错误和遗漏。根据材料清单和市场价格信息，可以快速生成钢结构工程的预算报价。预算报价可以包括材料费用、加工费用、运输费用、安装费用等各项费用，为项目的成本控制提供依据。同时，在施工过程中，可以根据BIM模型实时监控材料的使用情况，及时调整采购计划，避免材料的浪费和积压。

3 基于 BIM 技术的钢结构施工管理应用

3.1 施工进度模拟

施工进度模拟是BIM技术在施工管理中的重要应用之一。通过将施工进度计划与BIM模型关联,可以创建施工进度模拟动画,直观地展示钢结构工程的施工过程和各个阶段的时间节点。在施工进度模拟过程中,可以模拟构件的吊装顺序、施工机械的运行轨迹、施工人员的作业安排等^[2]。通过模拟分析,可以发现施工进度计划中存在的不足之处,如构件吊装时间过长、施工机械闲置等,及时进行调整和优化,确保施工进度计划的合理性和可行性。同时,施工进度模拟还可以为施工过程中的进度控制提供依据。通过将实际施工进度与模拟进度进行对比,及时发现进度偏差,并分析偏差产生的原因,采取相应的措施进行调整,保证工程按时完成。

3.2 施工质量控制

BIM技术可以为施工质量控制提供全面、准确的信息支持。在施工前,施工人员可以根据BIM模型了解构件的详细信息和施工要求,制定详细的施工质量控制计划。在施工过程中,通过将施工质量检测数据与BIM模型关联,实现对施工质量的实时监控和管理。例如,对于钢结构的焊接质量,可以通过在BIM模型中记录焊接工艺参数、焊缝质量检测结果等信息,实现对焊接质量的追溯和管理。同时,利用BIM模型可以对施工质量进行可视化分析,及时发现质量问题的分布规律和影响因素,采取针对性的措施进行整改,提高施工质量。

3.3 施工安全管理

钢结构工程施工过程中存在较多的安全风险,如高处坠落、物体打击、起重伤害等。BIM技术可以通过施工安全模拟和安全预警功能,提高施工安全管理水平。在施工前,利用BIM模型进行施工安全模拟,分析施工过程中可能出现的安全风险点和危险区域,制定相应的安全防范措施。例如,通过模拟构件吊装过程,确定吊装作业的安全距离和警戒范围,设置明显的安全警示标志^[3]。在施工过程中,通过将安全监测数据与BIM模型关联,实现对施工安全的实时监控和预警。例如,在施工现场安装传感器,实时监测塔吊的运行状态、施工人员的安全带使用情况等,当出现异常情况时,及时发出预警信号,提醒施工人员采取相应的措施,避免安全事故的发生。

3.4 施工资源管理

BIM技术可以为施工资源管理提供有效的支持。通过将施工资源信息(如施工人员、施工机械、材料等)与BIM模型关联,实现对施工资源的动态管理和优化配置。在施工前,根据施工进度计划和施工方案,合理安排施

工资源的进场时间和数量。在施工过程中,通过BIM模型实时监控施工资源的使用情况,及时调整资源调配计划,避免资源的闲置和浪费。例如,根据构件的吊装进度,合理安排塔吊的使用时间,提高塔吊的利用率。

4 案例分析

4.1 项目概况

某大型体育场馆钢结构工程,建筑面积约为5万平方米,钢结构总量约为1.2万吨。该工程结构复杂,包含大量的空间桁架、网架和复杂节点,施工难度大。为了确保工程的质量和进度,项目采用了基于BIM技术的钢结构深化设计与施工管理集成应用。

4.2 BIM技术应用情况

深化设计阶段:使用Tekla Structures软件创建钢结构的三维模型,进行碰撞检测和节点设计优化。通过碰撞检测,共发现并解决了120余处碰撞问题,避免了施工过程中的返工和延误。对复杂节点进行有限元分析,优化了节点的构造形式,提高了节点的强度和刚度。同时,利用BIM模型自动统计材料清单,生成准确的预算报价,为项目的成本控制提供了依据。

施工管理阶段:将施工进度计划与BIM模型关联,进行施工进度模拟。通过模拟分析,优化了构件的吊装顺序和施工机械的配置,缩短了施工工期约15天。利用BIM模型进行施工质量控制和安全管理,实时监控施工质量和安全状况,及时发现并处理了10余起质量安全隐患,确保了施工安全和质量。同时,通过BIM模型实现了施工资源的动态管理和优化配置,提高了资源利用效率,降低了施工成本。

4.3 应用效果评价

通过基于BIM技术的钢结构深化设计与施工管理集成应用,该体育场馆钢结构工程取得了显著的效果。在设计方面,提高了设计精度和效率,减少了设计变更;在施工方面,优化了施工方案,提高了施工效率和质量,缩短了施工工期,降低了施工成本。同时,通过BIM技术实现了项目各参与方之间的信息共享和协同工作,提高了项目管理水平和沟通效率。

5 集成应用的关键技术突破

5.1 多软件数据交互标准

构建IFC+COBie数据交换体系,是实现BIM多软件协同的关键。模型轻量化处理可解决大型BIM模型传输与浏览难题,借助Glue技术压缩原始模型,减小文件大小,轻量化后的模型能在移动端快速浏览,方便施工管理人员现场查看信息,提升工作效率。属性信息扩展满足了钢结构工程对详细信息的需求,在IFC标准基础上增加

“施工阶段”“维护周期”等自定义属性,为项目全生命周期管理提供丰富信息支持,如记录构件安装时间、施工负责人及维护周期和历史记录等。版本控制机制保障多专业协同设计时模型的一致性和准确性。建立基于Git的模型版本管理系统,记录和跟踪模型每次修改,自动检测并解决多专业人员同时编辑模型产生的冲突,确保版本统一,避免施工错误。

5.2 云端协同平台架构

基于BIM360的云端协作体系,为钢结构工程各方提供高效协同工作平台。实时协同设计功能打破时空限制,支持20余名设计师同时在线编辑模型,实时交流设计思路,及时解决问题。移动端应用集成使现场管理更便捷。开发微信小程序,实现现场问题拍照-上传-处理的全流程闭环。施工人员发现质量问题或安全隐患,用手机拍照上传,系统自动分配给责任人,责任人处理后反馈结果,形成完整闭环。

5.3 人工智能辅助决策

机器学习算法在钢结构深化设计和施工管理中前景广阔。节点自动优化方面,训练基于GAN的节点生成模型,根据输入要求自动生成多种节点设计方案,实现复杂节点设计自动化迭代优化。施工方案推荐功能为施工团队提供决策依据,构建包含500个典型案例的施工方案库,通过KNN算法推荐最优施工方案。成本动态预测功能帮助项目管理者掌握成本变化趋势,建立LSTM神经网络模型,结合多种因素实时预测成本,以便及时调整采购计划和成本控制措施,确保成本在预算范围内。

6 挑战与对策

6.1 现存挑战

尽管BIM技术在钢结构工程中取得了显著的应用成效,但在推广和应用过程中仍面临一些挑战。标准体系缺失是目前制约BIM技术广泛应用的主要问题之一。缺乏统一的钢结构BIM交付标准,导致不同软件生成的模型在格式、精度、信息含量等方面存在差异,模型互操作性不足,影响了多专业协同设计和施工管理的效率。人才结构断层也是BIM技术推广的障碍。既懂钢结构技术又精通BIM的复合型人才缺口达60%以上。目前,大多数钢结构技术人员对BIM技术的掌握程度有限,而BIM专业人员又缺乏钢结构工程实践经验,导致在实际应用中难以充

分发挥BIM技术的优势^[4]。数据安全风险随着BIM技术的云端应用日益凸显。云端协作面临模型知识产权保护与网络攻击的双重威胁。一旦模型数据泄露或被篡改,将给项目带来巨大的损失。

6.2 发展对策

加快标准体系建设是解决模型互操作性的关键。制定《钢结构BIM模型交付标准》等5项行业标准,明确模型的格式、精度、信息含量等要求,规范BIM技术在钢结构工程中的应用流程,促进不同软件之间的数据交换和共享。推行“学历教育+职业培训”的双轨制人才培养体系,培养既懂钢结构技术又精通BIM的复合型人才。在高校相关专业中增加BIM技术课程,加强学生的理论知识和实践能力培养;同时,开展针对在职人员的职业培训,提高现有技术人员的BIM技术应用水平。构建基于区块链的模型版权保护系统与量子加密传输通道,加强数据安全防护。区块链技术可以确保模型数据的不可篡改和可追溯性,保护模型知识产权;量子加密传输通道可以提供更高级别的数据安全保障,防止模型数据在传输过程中被窃取或篡改。

结语

本文研究基于BIM技术的钢结构深化设计与施工管理集成应用,经理论分析与案例验证得出:BIM技术特点使其在钢结构领域优势显著,深化设计中可解决传统方法问题、提升质量效率,施工管理中能实现实时监控与精细化管理。实际案例表明其可行有效。虽该技术应用已取得成果,但存在软件兼容性、标准不统一、人才短缺等问题。未来,要研发创新、解决兼容、统一标准,培养引进人才,还可探索与物联网等新兴技术融合,为钢结构工程提供更优方案。

参考文献

- [1]白快,俞浩亮,张科,等.基于BIM技术的建筑工程施工中结构设计的策略研究[J].居业,2025,(07):100-102.
- [2]赖力.BIM技术在大型钢结构厂房智能建造中的应用研究[J].绿色建筑与智能建筑,2025,(07):48-50+57.
- [3]张波.BIM技术在高层装配式钢结构住宅施工中的应用[J].陶瓷,2025,(07):234-236.
- [4]薄善达.基于BIM技术的装配式钢结构建筑工程管理[J].建材发展导向,2025,23(10):52-54.