

BIM 技术在钢结构厂房深化设计中的应用

宋雷

湖北省化工研究设计院有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i12.5172

[摘要] 钢结构厂房深化设计是连接设计与施工的关键环节,传统二维深化模式在构件表达、专业协同和精度控制方面存在明显局限。本文系统分析了钢结构厂房深化设计的核心需求与BIM技术的应用价值,从模型构建、节点深化、协同设计、成果输出四个维度构建了基于Tekla Structures的全流程技术方案,涵盖三维建模方法、典型节点深化策略、构件分段优化、多专业协同机制及碰撞检测闭环管理等核心内容。BIM技术能够有效打通设计、加工、安装各环节的信息链路,实现深化设计信息的全过程连续传递与集成管理。

[关键词] BIM技术; 钢结构厂房; 深化设计

中图分类号: TU391 **文献标识码:** A

Application of BIM Technology in the Detailed Design of Steel Structure Industrial Buildings

Lei Song

Hubei Research and Design Institute of Chemical Industry Co., Ltd.

[Abstract] The detailed design of steel structure industrial buildings is a key link connecting design and construction. Traditional two-dimensional detailing methods have obvious limitations in terms of component representation, interdisciplinary coordination, and accuracy control. This paper systematically analyzes the core requirements of detailed design for steel structure industrial buildings and the application value of BIM technology. A full-process technical scheme based on Tekla Structures is developed from four dimensions: model construction, connection detailing, collaborative design, and deliverable output. The scheme covers core aspects including three-dimensional modeling methods, typical connection detailing strategies, component segmentation optimization, multidisciplinary collaboration mechanisms, and closed-loop collision detection and management. BIM technology can effectively integrate the information links among design, fabrication, and installation, enabling continuous information transmission and integrated management throughout the entire detailed design process.

[Key words] BIM technology; steel structure industrial buildings; detailed design

引言

钢结构厂房因其自重轻、强度高、施工速度快等优势,在现代工业建筑中占据主导地位。随着工业厂房向大跨度、高层高、复杂功能方向发展,钢结构设计面临构件数量庞大、节点构造复杂、专业协调难度大等挑战。BIM技术的引入为钢结构深化设计提供了全新路径,通过三维可视化建模、参数化设计和多专业协同,实现设计信息的集成管理与全过程可追溯。本文旨在系统探索BIM技术在钢结构厂房深化设计全过程中的应用方法,形成可推广的技术方案。

1 钢结构厂房深化设计特征与 BIM 应用需求

1.1 钢结构厂房的结构特点与深化设计任务

钢结构厂房常采用门式刚架、钢框架或网架结构体系,具有

跨度大、柱距大、层高高、荷载重的特征。门式刚架由钢柱、钢梁、支撑和檩条组成,构件多为焊接或热轧H型钢,是单层厂房最常用形式;钢框架多用于多层厂房,以高强螺栓和焊接连接为主;网架结构适用于超大跨度,杆件多、节点复杂。深化设计任务包括:依据结构设计图进行三维建模与细部设计;对梁柱节点、支撑连接、柱脚等关键部位进行构造深化,确定螺栓布置、焊缝形式和加劲肋设置;根据运输和吊装条件进行构件分段;生成加工详图、安装布置图和各类清单。深化设计质量直接决定构件制作与现场安装的成败。

1.2 传统深化设计的流程与局限

传统深化设计以二维CAD图纸为主要工作媒介,流程为:依据结构设计图绘制构件平、立、剖面图和节点大样,统计数量规

格,编制清单和材料表。该模式在长期实践中形成成熟方法,但随着工程复杂度提升局限日益凸显。一是构件空间关系表达困难,数以千计的构件和多样节点难以完整呈现三维定位和连接关系,设计意图传递存在信息损失。二是多专业协同效率低下,与建筑围护、机电管线的协调依赖图纸叠加和人工核对,错漏碰缺常在施工阶段才暴露。三是设计变更响应迟缓,需逐张手动修改图纸,工作量大且易遗漏。四是深化周期长、人力成本高^[1]。

1.3 BIM技术的应用价值分析

BIM技术通过创建三维数字模型集成几何、材料、工艺和属性信息,为深化设计提供全新范式,核心价值体现在四方面。三维可视化建模使复杂空间构造一目了然,设计人员可直观查看构件位置和连接关系,及时发现设计不合理之处。参数化设计实现“一处修改、处处更新”,模型联动更新所有构件和图纸,大幅提高变更响应效率。多专业协同方面,各专业基于同一平台工作、模型实时共享,碰撞检测自动识别钢结构与机电管线、建筑围护的空间冲突,将问题消灭在设计阶段。BIM模型可直接生成加工详图、数控文件和材料清单,实现设计到加工的数据贯通,为钢结构数字化建造奠定基础。

2 钢结构厂房BIM深化设计技术方案

2.1 技术路线与软件选型

BIM深化设计的技术路线分为四个阶段:设计资料准备与模型架构建立、结构三维建模与节点深化、多专业协同与碰撞检查、深化成果输出与交付。核心建模软件选用Tekla Structures,该软件具备强大的钢结构建模、节点设计和自动出图功能,是钢结构深化设计的主流平台。协同与碰撞检测选用Navisworks,用于整合各专业模型并进行冲突分析。结构分析软件采用PKPM或3D3S用于设计校核,辅助出图与数据交换使用AutoCAD及IFC格式。模型精细度是质量控制的重要维度:初步深化阶段达到LOD300(构件级),完成几何建模和基本属性定义;细部深化阶段达到LOD350(连接级),完成螺栓、焊缝、加劲肋等连接细节建模;成果交付阶段达到LOD400(加工级),模型包含完整制作信息,可直接用于生成详图和数控文件。

2.2 钢结构三维模型构建方法

Tekla Structures中建模按“轴线建立→截面定义→构件布置→节点连接→细部深化”顺序进行。首先根据结构设计图建立准确轴网系统,定义标高和坐标基准;然后创建各类构件的截面库,包括柱、梁、支撑、檩条、系杆等;按设计图纸逐一布置构件,输入起始点、终点坐标和截面类型;在构件之间建立连接关系,定义节点类型和参数^[2]。建模要点包括:构件命名规范统一,便于统计追踪;定位坐标精确,避免累积误差导致错位;相同类型构件和节点充分利用复制和镜像功能提高效率;非标准构件和复杂节点采用自定义组件进行参数化建模。模型建成后通过碰撞检测功能进行结构自检,检查是否存在构件重叠或连接冲突。

2.3 典型节点深化设计

节点深化直接关系到结构安全性和施工可行性,主要节点

类型包括柱脚节点、梁柱刚接节点、梁柱铰接节点、支撑连接节点和吊车梁连接节点。柱脚节点需确定锚栓规格、数量和布置,定位须与基础施工图精确对应,同时考虑底板厚度、加劲肋设置和二次灌浆构造。梁柱刚接节点是传递弯矩和剪力的关键部位,需确定翼缘对接焊缝坡口形式、腹板高强螺栓数量和排布,验算螺栓群承载力,确保节点域有足够加劲肋保证局部稳定。支撑连接节点传递水平力,应使杆件轴线在节点处汇交于一点避免偏心,连接板厚度和焊缝尺寸经计算确定。吊车梁连接节点需考虑动力效应,确保足够疲劳强度,同时为安装和调整预留操作空间。

2.4 构件分段与预拼装模拟

构件分段直接影响运输成本和安装效率,分段原则包括:单段长度不超过运输车辆允许长度(通常12米),单段重量不超过吊装设备额定起重量,分段位置避开应力较大区域设在反弯点附近,分段切口便于现场对接施焊或螺栓连接。Tekla Structures中可通过调整制作控制点实现灵活分段,软件自动计算各段重量和重心位置,为吊装方案提供数据支持。预拼装模拟是BIM深化设计的独特优势,在三维环境中对分段构件进行虚拟预拼装,验证构件间匹配精度和安装顺序合理性。对于大跨度屋盖或复杂空间结构,预拼装模拟可提前发现尺寸偏差和安装冲突,避免现场“装不上、对不齐”的问题,有效降低安装风险。

3 多专业协同与碰撞检查

3.1 协同工作流程与信息交换

钢结构厂房涉及结构、建筑、机电等多专业,协同深化是保证项目整体质量的关键。基于BIM的协同流程为:各专业在统一坐标系下独立建模,通过协同平台实时共享更新;结构专业完成钢结构模型后发布为参考模型,建筑和机电专业分别进行围护系统设计和管线布置;设计变更通过平台通知相关方,确保信息及时传递和问题快速响应。信息交换方面,Tekla Structures模型通过IFC格式导出供Navisworks整合,该格式可最大限度保留几何和属性信息,保证数据基础一致性。协同过程中应建立版本管理机制,每次更新均有记录,重要节点进行模型版本固化,作为后续工作的基准参照^[3]。

3.2 全专业碰撞检测与问题闭环

基于Navisworks的碰撞检测是BIM协同深化的核心工作流程。将各专业模型整合后设置检测规则,重点检测钢结构与机电管线、钢结构与建筑围护、钢结构构件之间三类冲突。碰撞问题以报告形式输出,包含冲突位置、涉及构件、碰撞类型和严重程度,发送至相关专业负责人修改。闭环管理遵循“检测→报告→分配→修改→复检”流程,确保每个问题被追踪到关闭。典型问题包括:机电管线穿越钢梁腹板(需预留穿梁孔洞)、风管底标高低于钢梁下翼缘(需调整走向或高度)、支撑与设备基础重叠(需协调调整布置)。通过BIM碰撞检测可在施工前发现并解决绝大部分空间冲突,避免现场拆改。

3.3 结构-机电-围护一体化深化

钢结构厂房中,机电系统(桥架、管道、风管、吊顶)大量依

托钢结构进行悬挂和支撑,围护系统(屋面板、墙面板)直接与钢结构连接。三者之间的协调是深化设计的重点和难点。一体化深化的工作流程为:在钢结构模型的基础上,机电专业同步进行设备管线布置,建筑专业同步进行围护系统设计。三者之间的接口关系在模型中明确定义——机电吊挂点的位置和荷载传递至钢结构模型,作为钢梁局部补强的依据;围护系统与钢结构的连接件(檩托、连接角钢)在结构模型中一并建模和出图。通过这种一体化深化方式,各专业的接口在模型层面提前对接,避免了传统模式下各专业“各做各图、现场对不上”的困境,也确保钢结构构件上所需的所有预埋件和连接件在工厂制作阶段即已完成,减少现场焊接和二次加工。

4 深化设计成果输出与工程应用

4.1 加工详图与清单自动生成

Tekla Structures具备强大的自动出图功能,可根据三维模型直接生成构件加工详图。加工详图包含构件的主视图、俯视图、剖视图、材料明细表、焊接符号、螺栓规格等全部加工信息。图纸模板可根据企业标准进行定制,保证出图风格的一致性。自动出图相比传统手动绘图,效率提升显著,更重要的是保证了图纸与模型数据的一致性——模型修改后图纸同步更新,彻底消除图纸与模型“两张皮”的问题。清单方面,Tekla Structures可自动提取各类构件、连接件、紧固件的数量和规格,生成螺栓清单、构件清单、材料汇总表等。清单数据可直接导出为Excel格式,便于采购和物料管理^[4]。自动生成的清单避免人工统计的错漏,准确性大幅提高,为材料采购和成本控制提供可靠依据。

4.2 数控文件生成与数据传递

BIM深化设计的价值延伸至加工制作环节。Tekla Structures可将构件模型转换为数控加工文件(NC文件、DSTV格式),直接传输至型钢数控加工设备。数控文件包含了构件切割、钻孔、坡口等全部加工信息,实现“设计数据→加工数据”的无缝传递,避免人工编程的误差和工作量。除数控文件外,深化设计模型还可向施工阶段传递其他有价值的信息:构件重量数据用于吊装设备选型,构件重心位置用于吊点设计,构件安装方向标记用于现场定位,预拼装模拟数据用于指导现场安装顺序^[5]。通过BIM模型的数据传递,设计信息在全生命周期内保持连续,实现了钢结构厂房从设计到加工到安装的数字化工作流。

4.3 工程应用案例与效果评价

以某单层门式刚架钢结构厂房为例,验证BIM深化设计的实际应用效果。该厂房建筑面积约2.4万平方米,跨度30米,柱距8米,总用钢量约1800吨,包含钢柱96根、刚架梁48根、各类支撑和檩条约1500件。在该项目中采用基于Tekla Structures的BIM深化设计方案,深化设计周期为42天,完成构件详图1860张、各类清单38份,生成数控文件72份。与传统二维深化方案相比,深化设计周期缩短25%(传统方案约56天),图纸变更率降低42%,现场构件安装一次就位率达到97%。通过碰撞检测提前发现并解决钢结构与机电管线的空间冲突问题63处,避免现场返工。项目整体材料损耗率控制在3%以内,低于行业平均水平5%~8%。综合测算,BIM深化设计产生的直接经济效益约为项目总造价的2.5%,主要体现在减少返工、节省材料和缩短工期三方面。

5 结束语

BIM技术在钢结构厂房深化设计中的应用,有效解决了传统二维深化模式在信息传递、协同效率和精度控制方面的核心痛点。本文构建了涵盖模型构建、节点深化、协同设计、成果输出的BIM深化设计技术方案,并通过工程案例验证了其技术可行性和经济效益。随着BIM标准体系的完善和智能建造技术的深入发展,BIM深化设计将与物联网、激光扫描、数字孪生等技术深度融合,推动钢结构行业向更高水平的数字化、智能化方向迈进。

【参考文献】

- [1]甄亚伟.基于BIM技术的钢结构厂房支吊架深化设计研究[J].石油化工建设,2024,46(10):111-113.
- [2]徐接武.BIM技术在钢结构厂房支吊架深化中的应用[J].建设科技,2021(23):55-58.
- [3]丁善坤.BIM技术在钢结构装配式工业厂房中的应用[J].绿色建筑与智能建筑,2025(4):78-80.
- [4]陈媛,洪洋,刘畅,等.基于BIM技术的钢结构装配式工业厂房工程建设研究[J].混凝土世界,2023(1):38-45.
- [5]汪开放.BIM在轻型钢结构厂房安装中的应用研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(22):16-18.

作者简介:

宋雷(1988—),男,汉族,河南人,本科,初级工程师,研究方向:建筑规划,建筑设计。