

基于 BIM 的钢结构建筑支撑体系虚拟预拼装技术研究

朱冠煜, 姚胜红, 吴大鹏, 沈如明
铜陵有色建安钢构有限责任公司, 安徽 铜陵 244000
DOI:10.61369/ERA.2025110009

摘 要 : 钢结构因其优异的承载能力、良好的塑性和韧性以及卓越的抗震效果, 已成为大型建筑工程中的重要选择。对于复杂节点的钢结构而言, 虚拟预拼装是一项重要步骤, 它能够快速识别出存在问题的部件。通过虚拟预装配, 成本得到有效控制, 同时大幅减少了操作的复杂性和安装过程中面临的风险。本研究探讨了将虚拟预拼装技术用于构件组装与预拼装阶段采用精度控制系统拟合纠偏的研究。借助 BIM 技术, 实现了钢结构支撑系统的精确虚拟预拼装。

关 键 词 : 钢结构 BIM 技术; 建筑支撑; 虚拟预拼装

Research on Virtual Pre-assembly Technology of Steel Structure Building Support System Based on BIM

Zhu Guanyu, Yao Shenghong, Wu Dapeng, Shen Ruming
Tongling Nonferrous Metals Construction & Installation Steel Structure Co., Ltd., Tongling, Anhui 244000

Abstract : Due to its excellent load-bearing capacity, good plasticity and toughness, as well as outstanding seismic performance, steel structure has become an important choice in large-scale construction projects. For complex joint steel structures, virtual pre-assembly is an important step, which can quickly identify problematic components. Through virtual pre-assembly, costs are effectively controlled, and the complexity of operations and risks during installation are significantly reduced. This study explores the application of virtual pre-assembly technology in the component assembly and pre-assembly stage, using a precision control system for fitting and correction. With the aid of BIM technology, precise virtual pre-assembly of the steel structure support system has been achieved.

Keywords : BIM technology for steel structure; building support; virtual pre-assembly

一、BIM 虚拟预拼装技术原理

伴随我国钢结构建筑的迅速兴起, 采用钢结构进行建造的建筑实例日益增多。在建筑行业, 钢结构工程已经成为不可或缺的关键组成部分。钢结构工程以其轻便、高强度和耐久性等优越特性, 广泛应用于高楼大厦、跨越性桥梁和体育设施等建筑行业^[1]。然而, 钢结构工程的设计、制造和安装等各个阶段都需要高度精准和严格的工艺把控, 这对工程师及施工人员的技术能力提出了很高的要求。虚拟预拼装的钢结构相比实体预拼装更易于实现, 这是通过利用 PKPM 三维软件、构件信息提取技术以及图片生成软件等先进信息技术, 使得钢结构的设计、制造和现场安装形成一个完整的数据链^[2]。

在钢结构工程的设计阶段, 通常设计详细程度不足; 因此需要对设计进行进一步分解, 以生成加工图, 待工厂完成加工后, 再进行现场安装。采用建筑信息模型 (BIM) 技术来进行 3D 建模, 通过设计图纸连接“构件库”和“节点库”, 并为其提供参数资料。这不但有利于详细化构件和节点的设计, 也能增强钢结构项目的可视化表现和信息管理效率。在组装阶段, 为确保构件的加工准确性, 需要开展模拟精度校核, 从而为现场安装的精确性奠

定基础^[3]。

二、基于 BIM 技术的高精度制造技术

(一) 深化设计

使用软件依据运输和起吊需求将钢构件合理分隔, 构建钢结构模型。随后, 在 PKPM 内进行详细设计模型的开发。将零散要素整合为一个整体, 通过统一标准进行深层次表达。设计深化结束后, 可以利用软件生成用于生产的报告, 包括部件加工图、材料清单以及零件明细等。

1. 模型及构件规格库的建立

首先在软件中生成一个标准化的坐标系统, 并依据结构施工图纸中的钢梁、钢柱、支撑以及楼梯等构件的位置联系构建出一个完整的模型。在软件中构建符合结构构件规格的数据库, 以确保今后能够在自动编号阶段清晰识别各个构件的名称, 从而提高工厂生产和现场安装的效率, 减少时间和劳动力成本。

2. 构件分段及节点设计

按照施工图纸、运输情况、现场安装环境以及技术工艺要求, 对各建筑构件进行适当的分段设计。

作者简介: 朱冠煜 (1991.02—), 男, 汉族, 安徽铜陵人, 本科, 研究方向: 建筑工程。

3. 模型校核及节点计算

请指定专家对模型精度、节点合理性以及加工流程等方面进行审核。使用软件的检测功能对整体模型进行详尽评估，以防止钢结构部件的相互干扰。利用模型验证解决设计图中的节点冲突，提前处理潜在安装障碍，确保工程的顺利推进。

4. 构件编号

在对模型进行校验后，可以利用软件中的编号工具给模型内的各个组件进行标识。程序会按照事先确定的构件名称，将具有相同规格的构件归为一个类别，并将相同的构件统一编号。将编号进行分类和整合有助于工厂更高效地批量生产组件，进而缩短加工时间。同时，这种方法也方便安装，使得工人能够更准确地辨别每个组件的安装位置和方向。

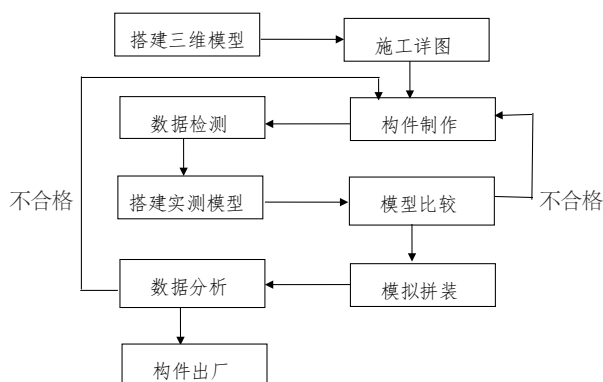
5. 生成报表

通过 PKPM 的报告功能，您可以依据需求创建各类统计报告。使用状态编号功能，可以将已完成的深化图纸导出，以便在紧迫的项目时间内有效指导施工，非常实用。该软件能够根据构件的类别和长度等参数进行综合处理，并在需要时生成构件数量和钢材使用量等重要数据。工厂必须按照生产的设计蓝图进行材料切割以及部件制造。

三、钢结构虚拟预拼装技术

（一）虚拟预拼装的基本原理

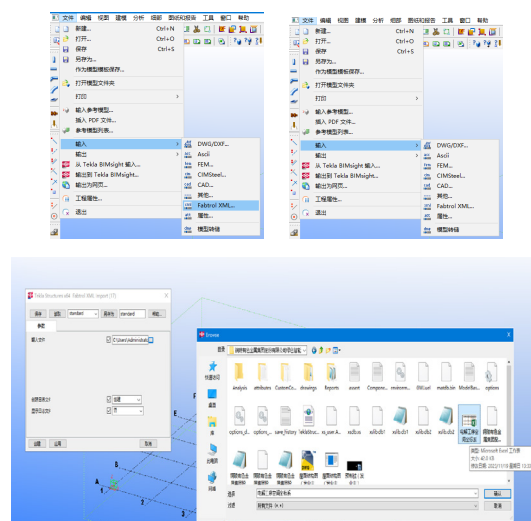
借助计算机三维设计工具，根据设计院提供的图纸构建理论上的三维模型。在现场挑选需要加工的组件，指定质量控制点并进行标记，接着对每个组件进行数据测量。测得的实际数据需录入电脑内，以建立实际测量的三维模型。通过计算机对比实际模型与理论三维模型，并进行装配模拟，以检查装配过程中是否存在干扰，并评估装配准确度，进而获得组件加工时需调整和修正的信息。虚拟预拼装流程如图



（二）预拼装系统

使用经纬仪和水平仪等工具对加工部件进行测量，获取其控制点的坐标数据。随后，将这些数据导入 EXCEL 表格中，将其格式转换为 (x, y, z)。获取组件控制节点的三维坐标数据，并对其进行整理和总结。选择将全部数据进行复本传送，并导入至三维建模软件中。以整体的模型作为参考，根据每个分段构件的几何大小，创建各自的坐标系统。然后，将这些分段构件的控制点的三

维坐标参数输入到相应的坐标系统中。（步骤如下）

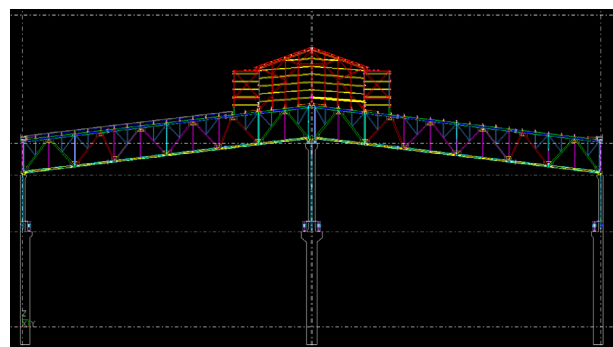
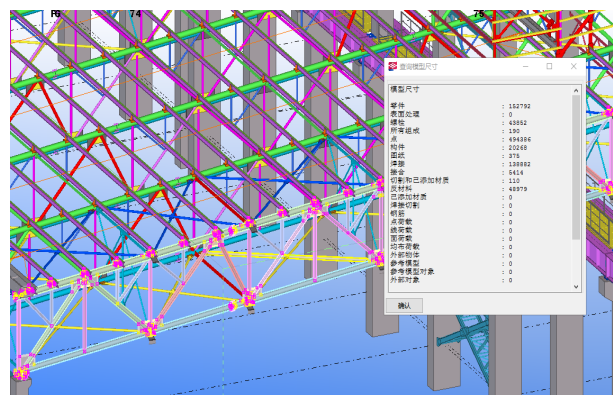


按照制定安装工艺图的要求，模拟设定相关的标高以及各个控制点的位置。

在将分段组件的局部坐标转换至整体坐标后，对各个控制点的坐标进行检查。将测量得到的尺寸转换为线性模型（见下图）并导入 3D 设计软件中，并在预拼装的整体坐标系中进行合理插入。

通过应用拟合技术，将实际构件模拟的装配模型与理论装配图进行比较，以识别段部和接口的加工偏差以及构件之间的连接误差。

对数据进行深入分析，识别不符合规范公差及安装精度要求的组件或零件，需进行调整和纠正。完成后需再度测量与组装，以确保满足预设的精度标准。模块的分析结果自动优化，检查组件组装后的误差情况。若误差过大，则需重新进行手动微调，以确保组装达到最佳状态。



采用拟合方法，将构件实测模拟拼装模型与拼装工艺图的理论模型比对，得到分段构件和端口的加工误差以及构件间的连接误差。统计分析相关数据记录，对于不符规范允许公差和现场安装精度的分段构件或零件，修改校正后重新测量、拼装、比对，直至符合精度要求。

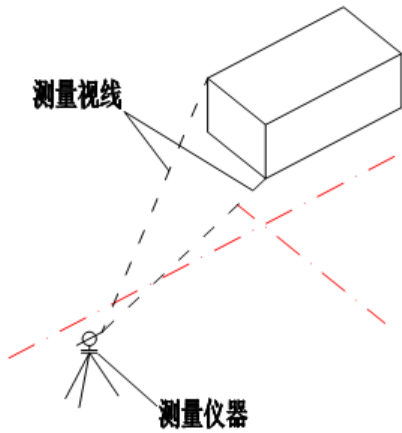


图1：虚拟预拼装测量示意图

模块分析成果自动拟合，分析构件拼装后偏差，如偏差太大，可重新返回至手动微调，指导拼装调整，直至达到最佳拼装状态。

（三）应用范围及其优势

在钢结构工程的施工验收中，需重点关注拼接质量、垂直度以及孔位的精确性。在进行钢结构焊接时，务必要确保实体拼接质量符合设计和规范标准。通过虚拟预拼装技术提前调整加工误差，有效减少现场装配过程中的偏差。虚拟预拼装技术的应用十分广泛，适用于多种钢结构建筑工程，尤其在制造超大型或异形构件时，可满足高精度的安装需求。在缺乏实际预拼装空间和资

源的情况下，该技术尤显重要。下表展示了传统预拼装对比虚拟预拼装的优点。

虚拟预拼装与传统预拼装对比				
项目	场地需求	人员需求	物料及设备需求	工期需求
虚拟预拼装	尺寸最大构件	专业技术人员	测量设备、计算	构件运送
传统预拼装	所能放置场地	人员	机及虚拟预拼装软件	时间
虚拟预拼装	全部拼装完成	起重人员	测量设备、拼装胎架	架体搭设拼装
传统预拼装	的场地	测量及操作人员	全部材料	拼装及拆除

四、结束语

本研究以钢结构屋架为研究对象，深入分析了虚拟预拼装的核心概念，制定了具体的虚拟拼装流程。研究重点放在关键理论模型的建立和测量精度上，最终构建了一个涵盖精度管理和拼装管理两大模块的虚拟预拼装系统。这对钢结构屋架虚拟预拼装技术的应用及普及提供了有益的借鉴。虚拟预拼装技术中的三维测量在模型重建、项目进度管理、结构变形监测以及尺寸调控等领域具有广泛的应用。其特征涵盖零接触、视觉化显示、即时追踪以及高精度等。与传统全站仪点测量相比，三维测量能够更详细地捕捉结构的几何信息，其结果更加直观，同时解决了单点测量的局限性。3D 重建模型能够更准确地呈现物体的空间位置细节。采用三维测量技术收集节段数据，并利用 3D 建模软件生成各构件的三维模型，进行虚拟预拼装。这一方法可以有效减少生产成本并缩短制造时间。比较实际模型与虚拟模型拼装的垂直度误差，结果显示虚拟预装的精确度满足构件高精度拼装的要求。

参考文献

[1] 胡泰生, 张明月. 浅谈 BIM 技术在钢结构工程中的应用 [J]. 中国科技博览, 2017(9):7.
[2] 刘晓光, 潘永杰. 虚拟预拼装技术在钢桁梁中的应用研究 [J]. 铁道建筑, 2020, 60(01): 1-6.
[3] 花蕾. 研究 BIM 技术在施工阶段的应用 [J]. Engineering Technology Research, 2018, 26(10): 38-40.