

基于 BIM 的模架精细化技术

李祯^{1,2}, 张国河^{1,2}, 张建龙^{1,2}, 孙志伟², 张翼飞²

(1. 民航机场智能建造与工业化工程技术研究中心; 2. 民航机场建设工程有限公司)

摘要: 房建项目模板脚手架工程尤为重要, 为解决施工过程中模架搭设不规范、不标准、不经济及不合理等问题, 采用 BIM 技术开展模架精细化管理研究。以邹城孟苑项目为例, 从方案设计、模板配模、架体深化设计、施工管理等方面实施应用, 实现了架体全方位出图与算量。通过对比研究模架工程理论量、实际量与模型量, 为项目决策提供依据, 同时表明该技术在模架工程施工中的应用能够提质增效、实现安全绿色施工, 可为建筑工程信息化施工提供参考价值。

关键词: BIM 技术; 模架; 精细化管理; 提质增效

0 引言

模架工程施工是建筑工程主体结构施工中最基础的工序之一, 伴随整个建筑工程主体施工阶段。模板支设质量影响结构观感, 架体合理搭设影响工程安全。当前, 建筑模架工程施工仍以传统模式为主, 特别是在一些特殊部位施工时, 方案制定不细致、安全验算不全面、施工完全依赖工人水平、工程量统计粗糙, 现有水平已无法满足新形势下项目建设需求, 无法实现模架工程精细化管理。如何合理运用现代化手段改变当下现状, 实现精益建造俨然成为模架工程转型升级的关键^[1]。

2012 年, 北美 74% 建筑工程企业已实施 BIM 发展战略与应用^[2], 在方案比选方面, Kasirossa-far 等^[3]通过展示集成设计和协作功能的 BIM, 并且根据施工安全考虑选用不同的施工方法和材料, 方便在众多设计选项中做出选择。

本文以邹城孟苑项目为依托, 将 BIM 模架技术应用于现场施工, 同时深度剖析在施工过程中的应用方法及应用价值, 以探索出一条提质增效的可靠路径, 同时也为业内人士研究 BIM 模架技术理论与现场实践相结合时提供参考依据。

1 工程概述

孟苑配套项目工程位于济宁市邹城市, 新建研学培训中心礼堂、运营管理用房及餐饮用房各 1 栋, 建筑面积 14 173.9 m², 地上 3 层, 钢筋混凝土框架结构。

孟苑工程礼堂结构复杂, 在开展模架工程精

细化管理过程中, 加强脚手架搭设控制、模板切割控制、模板周转控制及相关辅材进场控制显得尤为重要。基于 BIM 模架技术进行设计、配模配架、出图、模板加工及工程量统计, 以确保管理的有效性, 从而达到提质增效的目的。

2 模架工程问题

1) 设计不完整: 传统方案设计计算书以典型构件为例进行设计验算, 缺乏架体整体排布安全验算, 整个架体受力情况、抗倾覆情况难以掌握, 埋下了一系列安全隐患。

2) 工程量不精准: 传统模板支设以作业人员现场自主切割为主, 没有完整模板翻样方案, 切割模板往往以废料处理。由于没有整体翻样, 其脚手管、模板及相关辅材统计不精准。材料进出场及租赁计划不合理, 主材周转率较低、材料用量大, 无法进行有效的成本管控。

综上所述, 模架深化设计在项目实施过程中显得尤为重要。但目前常规方案只是对部分关键点进行控制, 在孟苑项目中异形结构较多, 深化重要性更加明显, 方案的细节控制、整体验算、二维三维图纸绘制等均需进一步加强, 以满足指导现场施工需求。

3 BIM 模架应用

BIM 模架技术应用表面是将二维图纸转化成三维模型。实质是通过设计参数预设, 利用品茗模板脚手架设计平台内置算法生成可视化架体与模板切割模型, 并完成安全验算。最终输出施工图纸、形成设计方案, 以指导现场施工^[4]。

3.1 图纸处理

模型建立基于正式电子版施工图,其精准度与精细度直接影响建模效率与建模精度。由于施工图纸绘图规则不统一,部分内容无法识别。在模型建立前对图纸进行预处理,删除多余内容、保留符合建模规则的图纸。同时,为提升建模效率,将梁、板、墙柱、细部图等图纸划分成单独模块,同层图纸汇总。

3.2 可视化应用

可视化应用即三维模型转化。可视化应用是虚拟建造、图纸会审的一个过程,是 BIM 模架应用的首要过程,也是主体结构模型建立的过程。模型转化可分 2 种形式:1) 手工转化:将预处理的施工图导入并作为底图使用,手动设置各项工程参数并绘制所有构件,各构件参数分别设置。2) 智能转化:将预处理的图纸导入并作为底图使用,通过自动识别转化功能,分别形成楼层参数及各构件参数。手工转化与智能转化两者各有利弊,手工转化精度高但效率较低,智能转化效率极高但精度低。手工转化因为读图而建模错误较少,智能转化需按图逐个进行排查与调整,劳动强度较高^[5]。

孟苑项目将 2 种转化形式结合应用。其中,主体结构柱、墙构件创建以智能转化为主,板、梁、楼梯以手工转化为主。因研学培训中心礼堂结构标高差别较大,结构偏差将直接影响后期模架配置,构件转化完成再次复核相应构件尺寸、标高、位置等。

3.3 参数设置

结构模型转化后进行架体及模板设计,设计排布以智能配置为主,但需先完成规则参数设置,主要包含架体验算与模板配置参数^[6]。邹城孟苑项目支撑架采用盘扣架,立杆纵横向间距按 1 200 mm、900 mm 设置,步距以 1 500 mm 为主。立杆规格 $\phi 48.3 \text{ mm} \times 3.2 \text{ mm}$ 、横杆规格 $\phi 48.3 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$ 、钢管规格 $\phi 48.3 \text{ mm} \times 3.6 \text{ mm}$ (计算按 $\phi 48 \text{ mm} \times 2.8 \text{ mm}$)、斜杆尺寸按步距及跨距间隔 3 跨设置。架体排布时,距离梁边、墙边、柱边均宜为 200~500 mm。模板采用 14 mm 厚木模板,整板尺寸为 915 mm \times 1 830 mm,模板配模时切割模板边长不宜小于 200 mm。在板模板配模时,板模板宜压梁模板、墙模板及柱模板,且应双向混合配模。在柱模板配模时,柱模板长边宜包短边,且

应竖向拼接。在墙模板配模时,墙模板长边宜包短边,且应竖向拼接。在梁模板配模时,梁模板侧模宜包底模、主梁宜包次梁,且梁下模板应横向分割。

3.4 配模配架

架体及模板配置参数设定完成后,通过算法实现一键式整层、局部配模配架,配置完成可形成整体、细部三维效果图与可视化漫游。相比传统手工翻模,BIM 模架技术的应用大幅提升了架体设置的可靠性与高效性,同时大幅提升了模板配置的经济性与合理性。

3.5 配置图优化

架体配置完成后,可按层、按构件分别输出配套图纸,包括但不限于架体平面图、高支模区域图、立面图、剖面图、构件大样图等。但目前直接生成的一键式设计图纸无法完全满足现场施工要求,需对配置图进行优化设计,部分地方需根据经验对其进行人工手动微调,最终形成安全、合理、经济的施工图纸,以真正地实现技术指导施工。

模板配置完成后,可按层、按构件等不同需求分别输出配套图纸,但目前平台出图存在部分过小非标板编号缺失、构件图纸排序不适合现场下料等问题,因此同样需手工对其进行调整,以满足施工要求。模板配置图优化基于输出图纸,按照加工顺序调整图纸顺序、补充个别过小板编号,从而实现对模板配置图最终优化。

3.6 工程量输出

架体配置完成与施工图纸输出后,完成材料工程量统计。立杆、水平杆、斜杆、脚手管及相关辅材详细列出,可按楼层单独列出,也可按同类型构件合并列出,但由于脚手管工程量统计均以长度为单位进行,现场实施时以重量为单位进行租赁或购买,需参照单位重量进行转换。模板配置完成后,可按层或按类型输出模板所需工程量及沾灰面积^[7]。工程量按整板、切割板分开统计,方便排布进度计划。

4 对比分析

BIM 模架技术相比传统手工翻模方式,更精准安全。在配架方面,BIM 模架技术实现了整层整体验算,相比传统仅对典型梁板柱构件验算安全性大幅提升。在配模方面,实现了模板一步出图,大幅提升效率。

4.1 配架分析

传统架体排布方式采用安全验算软件或手工计算对典型梁板柱进行验算, 再进行平立剖等图纸绘制。若绘制详细布置图, 需耗费大量时间, 且传统方式无法完成架体排布的整体验算, 只能对局部或者单构件验算, 存在安全隐患。BIM 模架技术填补了这一空白, 同时做到了智能出图。平面图、立面图、局部构件详图、部分构件剖面图均可一键生成, 技术人员只需对其进行检查复核, 孟苑项目经测算 BIM 配架效率相对手工翻模提升 5 倍。

4.2 配模分析

传统配模以手工翻模为主, 一般只包括模板平面布置图、典型构件图及关键节点大样图等^[4]。且只对模板配置的规则概述及图形体现, 无法具体实现对每个构件的模板排布与分割。完成详细配模图纸, 需花费较多时间翻模, 效率低且极易出错。采用 BIM 模架技术可从平、立、剖多角度展现每个构件模板配置情况, 不仅是规则的体现, 同样可以还原施工现场下料情况。BIM 技术同样具有效率高、错误率低的优势, 平台可实现一键式配模, 释放人员。将传统配模与新技术应用配模效率进行对比分析, 由表 1 可知, BIM 配模效率相对手工翻模提升 2 倍, 面积越大优势越明显。参数设定完成后内置算法可实现模板自动切割及配置, 从单构件及单体, 均可看出新技术应用后效率大幅提升。

表 1 配模工效分析表

部位	手工 翻模/min	BIM 建模/min		备注
		识别建模	手动建模	
单柱、单梁	5~10	2~3	3~5	以 8 m 跨度为例
单板	5~8	1~2	3~4	以 8 m×8 m 跨度为例
整层	420~480	120~180	180~240	约 1 000 m ²

4.3 材料用量分析

传统模板量估算值按照建筑面积乘以经验取值系数的方式计算, 经验系数一般取 3.0~3.4, 标准层一般取≤3.3, 非标准层一般取≤3.1。孟苑项目扣除叠合板区域建筑面积 11 539.12 m²。由表 2 可知, 将估算量、传统计算量、实际用量及模型提量进行对比, 模型量最为精准, 比估算量少耗费 1 262.99 m², 比实际用量少耗费 548.37 m², 节约成本 1.53 万元。模板切割方案基于参数设定前

提下通盘考虑整层或单体模板切割与排布, 将切割部分合理分配利用, 系统内部优化。

表 2 模板用量分析表

配模方式	进场量/m ²	单价/(元·m ⁻²)	总价/万元
传统估算	35 771.27	28	100.16
传统计算	35 346.34	28	98.97
现场用量	35 056.65	28	98.16
模型提量	34 508.28	28	96.62

传统支撑架量估算值按照建筑面积及设计间距, 并乘以经验系数的方式计算, 因支撑架涉及安全验算, 其估算值只可作为大概参考数值。孟苑项目因结构造型复杂, 策划阶段按立杆纵横向间距均为 0.9 m 复核算验, 准备阶段参照相关建议以 0.9 m×1.2 m 复核算验, 实施前采用 BIM 技术深化设计, 优化后立杆以纵横向间距 0.9 m、1.2 m 为主、叠合板区域纵横向间距按 1.2 m 的间距布置。在传统模架搭设与算量过程中, 由于技术原因, 无法实现最优方案的架体排布与算量, 通常按照既定方案通体考虑。BIM 技术可实现自动优化设计, 合理安排搭设方案。BIM 技术优化后相对准备阶段搭设方案少用架体 112.28 t, 节约成本至少 673.68 元/d。支撑架用量分析表如表 3 所示。

表 3 支撑架用量分析表

配架方式/m	需用量/t	单价/(元·t ⁻¹ ·d ⁻¹)	总价/(万元·d ⁻¹)
0.9×0.9	897.32	6	0.538
0.9×1.2	789.16	6	0.473
0.9×1.2+1.2×1.2	676.88	6	0.406

4.4 实施效果

采用 BIM 模架技术, 可使作业人员从三维上有直观认识, 结合配架配模成果文件, 加深对方案的理解程度, 从而实现模板定尺施工、架体按图搭设。

BIM 模架技术可实现预制场批量加工, 定点吊装投放使用。新技术应用后模板施工与现场钢筋施工模式相同, 集中加工, 吊装后完成拼装。新技术应用后避免了楼层内切割, 减少了危险发生的概率。但吊装后, 需按图拼装, 与传统现切现用模式区别较大, 对现场监管与技术复核要求较高, 同时需改变木工班组传统思维模式, 尽快适应新模式。

经过对比,模板工程用量较传统计算模式节省了 838.06 m²,费用减少了 2.35 万元;支撑架材料用量经过优化减少租赁 220.44 t,减少租赁费用 1 322.64 元/d。

5 优化设计

5.1 配架优化

智能架体排布部分地方无法满足现场施工要求,主要是由于参数设置问题。内置参数没有考虑作业人员施工空间,不符合现场施工要求。应增设最小操作空间要求;内置材料参数均为国标,没有考虑地方差异。应增加手动输入功能,以便更符合实际需求。

5.2 配模优化

当前智能模板配置中部分小面积模板无编号,应取消模板最小尺寸编号限制,将所有模板均安排编号;三维模型不显示模板编号,应增设三维状态下编号显示功能;模板无翻样方案,应增设模板翻样方案功能。

6 结语

孟苑项目基于 BIM 模板脚手架设计平台,开展了模板与脚手架工程设计、配模、施工管理等

方面研究,切实将新技术与现场实施结合,实现了基于 BIM 的按图施工。新技术的应用减少了现场材料的切割与浪费,提升了作业人员的工作效率,同时在模架施工降本增效及助推绿色施工中取得了良好的效果。通过对比分析,在 BIM 模架技术的应用方面积累了宝贵的数据和经验,可为类似工程提供参考价值。

参考文献:

- [1] 郝会杰,李刚,李春. BIM 技术在模板脚手架设计与施工中的应用[J]. 施工技术,2019(18):64-66.
- [2] McGraw Hill Construction. The business value of BIM in north America[M]. New York: McGraw Hill Construction, 2012: 1-72.
- [3] KASIROSSAFAR M, SHAHBODAGHLOU F. Building information modeling or construction safety planning[Z]. American Society of Civil Engineers, 2014.
- [4] 赵宁,孙美玲,杜达杰,等. BIM 模架在周转架料控制中的应用[J]. 天津建设科技, 2017(6): 37-38.
- [5] 李阳,张同波,于德湖,等. BIM 技术在模板工程设计与施工中的研究[J]. 青岛理工大学学报, 2017(3): 119-124.
- [6] 李阳. 基于 BIM 的散拼模板体系三维设计与施工模拟分析研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2016.
- [7] 李少旭. 以 BIM 为载体的模板与外脚手架工程量统计与优化[J]. 石家庄职业技术学院学报, 2022(2): 6-12, 18.