

# 基于 BIM 技术的异型结构高大模板支架 智能化施工研究<sup>\*</sup>

王忠辉<sup>1,2</sup>, 吕毅刚<sup>1,3</sup>, 韩伟威<sup>4</sup>, 王翠<sup>1</sup>

(1.长沙理工大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410114; 2.上海建工四建集团有限公司, 上海 200126;  
3.长沙理工大学 桥梁结构安全控制湖南省工程实验室, 湖南 长沙 410114; 4.长沙理工大学 交通运输  
工程学院, 湖南 长沙 410114)

**摘要:** 高大模板支架施工难度大, 存在安全风险。为解决异型结构支架布置的技术难题及传统模板工程存在的弊端, 文中基于 BIM(建筑信息模型)技术, 开展异型结构高大模板支架施工智能化应用研究, 建立异型结构高大模板支架 BIM 模型, 并进行支架智能化布置, 实现异形结构高大模板支架的智能化布置、三维可视化、施工模拟, 从而对模板搭设全过程进行有效监管与控制, 确保异型结构高大模板工程设计与施工的效率、质量及安全。

**关键词:** 基坑; 异型结构; 高大模板支架; BIM(建筑信息模型)技术; 智能化布置

中图分类号: U445.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2023)05-0147-04

异型结构高大模板工程施工中存在支架设计难度大、支架转角多、搭设高度大等难点, 将 BIM(建筑信息模型)技术应用于异型结构高大模板施工具有可视化模拟、精细化管理的优势, 可以优化支架设计, 确保方案精准实施。宋斌以某工程独立大梁的高大模板工程为例, 基于 BIM 平台二次开发外部插件, 实现了单一梁体构件模板支架自动布置<sup>[1]</sup>。黄奇荣等利用 Revit 软件手动绘制环梁节点的高大模板支架体系, 进行可视化交底, 让作业人员更加形象直观地理解结构复杂节点的模板支架配置<sup>[2]</sup>。谢晖、徐鹏飞等将 BIM 三维模型与施工进度有效对接, 动态演示施工过程, 提前规避施工过程中可能遇到的问题<sup>[3-4]</sup>。穆文奇等运用 BIM 技术对模板工程方案设计、施工全过程进行精细化管理, 使高大模板施工降本增效<sup>[5]</sup>。本文基于某改造工程, 运用 BIM 技术对异型结构高大模板支架智能化施工进行研究。

## 1 工程概况

某改造工程的下部结构基坑深度为 12.6 ~ 16.8 m, 面积为 1 200 m<sup>2</sup>, 围护形式为地下连续墙 + 3 道钢筋混凝土支撑(见图 1、图 2)。顶板厚度为

300 mm、700 mm, 支架搭设最大高度为 16 m。下部结构共有 41 根梁, 尺寸多样, 部分梁截面面积 ≥ 0.9 m<sup>2</sup>, 其中 600 mm × 1 500 mm 梁的支架搭设高度最大, 为 14.7 m, 梁、板均属于高大模板。

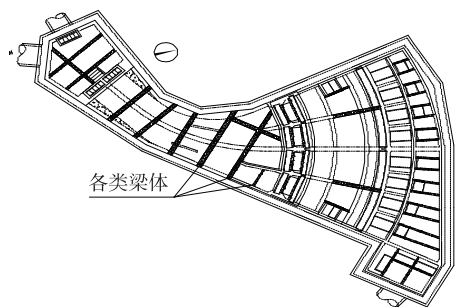


图 1 某改造工程下部结构平面图

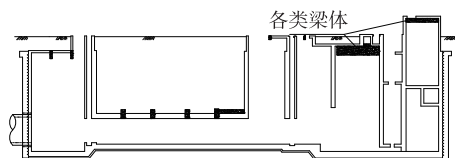


图 2 某改造工程下部结构剖面图

该工程下部结构模板支架体系采用承插型盘扣式钢管支架, 施工重点和难点如下: 1) 结构异型, 支架悬挑长度要求高。常规建筑结构形式方正, 模板

<sup>\*</sup> 基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(2022JJ30600); 长沙市自然科学基金资助项目(kq2202208); 湖南省教育厅科学研究一般项目(20C0063); 湖南省教育厅科学研究创新平台开放基金项目(20K005)

支架布置设计方便。而该工程下部结构为异型结构,梁体较多且侧墙含较多折角及弧度,模板支架布置设计时须确保靠近墙边的每一处支架的主梁悬挑长度满足要求。2) 支架转角多,设计难度大。结构异型必然导致支架产生转角,为保证支架的整体性,须研究支架转角位置及其连接方式;盘扣式脚手架纵横向间距固定,支架布置图一处修改则整体均须调整,设计过程重复。3) 结构复杂,高大模板支架施工难度大。下部结构内部梁体分布不规则,高度不一,同时支架搭设高度大,对支架安装和拆除、施工安全、结构质量保证等有严格要求。

## 2 异型结构的 BIM 技术智能化应用优势

### 2.1 传统高大模板工程的施工弊端

#### 2.1.1 设计工作量大

目前大量模板支架设计主要依靠人工,利用 AutoCAD 软件在二维图纸上绘制完成,设计过程中重复环节多,安全验算和施工图纸绘制工作量大,需要耗费大量精力和时间,同时二维平面设计成果对高大模板工程中复杂连接难以细致表达。

#### 2.1.2 二维图纸交底效果差

工程信息的传递和管理是以各类工程文档如设计图纸、施工方案等为基础,施工过程中技术人员在对作业人员进行技术交底和工程细部构造描述时往往很难达到预期效果,出现施工交底不清、施工人员对交底内容理解不足等情况<sup>[6-7]</sup>。

### 2.2 BIM 技术智能化应用优势

#### 2.2.1 三维可视化

传统工程建设中以二维 CAD 图纸作为主要信息交流工具,施工人员只能依靠想象去认识构件形式,随着土建结构的日益复杂,仅依靠想象不仅难度越来越大而且容易出错。在模板支架搭设前通过 BIM 模型将工程的二维图纸转换为三维立体图形,施工人员可精准地理解各类异型、复杂结构的形式和位置,掌握模板施工的关键节点和难点,避免产生理解偏差,确保施工效率和安全<sup>[8]</sup>。

#### 2.2.2 模板支架快捷智能布置

异型结构的模板支架设计中,先验算确定支架纵横向间距和步距等关键技术参数,避免非必要的重复。随后使用 BIM 模板工程设计软件对 BIM 模型的板、梁等构件进行智能识别,输入相应技术参数,快速对板、梁等模板及支架进行智能布置,实现模板支架布置程序化,同时一键生成各类平面、断

面、大样图、三维图等,摒弃人工绘制施工图的传统方法,可节约大量时间和精力,提高异型结构模板支架的设计效率。

#### 2.2.3 仿真施工模拟及交底

异型结构模板工程施工工序多且与其他工程存在交叉作业情况,运用 BIM 技术模拟施工不仅能将信息模型以三维形态展现出来,还能对工程中的各种施工过程、状态、环境进行模拟,对整个模板工程进行 4D(3D 模型+时间维度)模拟分析,将施工过程以图片、动画的形式展现在施工人员眼前,帮助施工人员理解工程任务,保证工程建设的进度及安全性。

## 3 BIM 技术在异型结构高大模板支架施工中的智能化应用

### 3.1 BIM 模型的建立

在模板工程施工前,运用 Revit 软件对该改造工程进行三维模型绘制,建立标高、轴网,分别将各层柱、墙、梁、板结构 CAD 图纸导入软件中,建立三维结构图(见图 3、图 4)。根据应用需求对各构件进行分割、绘制,梁构件按跨进行分割,每跨分割为 1 根独立梁,板按梁边线进行分割,并进行构件命名,同时结合实际添加构件信息。

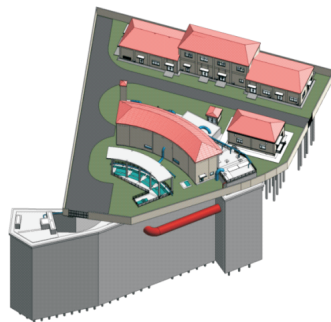


图 3 工程整体 BIM 三维模型

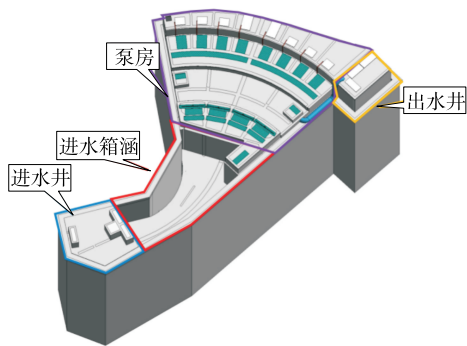


图 4 下部结构 BIM 三维模型

### 3.2 异型结构高大模板支架的智能化布置

#### 3.2.1 异型结构高大模板支架设计原则

(1) 模板排架采用满堂盘扣式脚手架,立杆纵横向间距为 30 cm、60 cm、90 cm,步距为 50 cm、100 cm、150 cm。单根立杆设置托座及底座,托座内设置 2 根  $\phi 48 \text{ mm} \times 3.6 \text{ mm}$  钢管作为模板支撑主梁。

(2) 可调托座伸出顶层水平杆的悬臂长度及可调底座距最底层水平杆的离地高度均不大于 500 mm。

(3) 对墙边折角及弧度处立杆进行加密,确保靠近墙边的小梁及主梁的悬挑长度不大于 250 mm。

(4) 所有梁下均设置立杆,单杆承载混凝土量均不大于  $0.35 \text{ m}^3$ ,梁两侧立杆与梁边的距离控制在 300~350 mm。

(5) 模板采用 18 mm 厚竹胶板,以 50 mm  $\times$  100 mm 木楞作为小梁,板和小梁的间距不大于 200 mm。

#### 3.2.2 异型结构高大模板支架自动化安全计算

将初步策划的设计参数输入计算软件中,验算各类板、梁模板及支架的强度、挠度、抗剪性能、稳定性、承载力等,各类指标验算均合格后确定最终支架参数。该工程最终验算确定 300 mm 厚板下立杆纵横向间距为 900 mm  $\times$  900 mm,700 mm 厚板下立杆纵横向间距为 600 mm  $\times$  600 mm。各类梁支架布置参数见表 1。

表 1 各类梁支架布置参数

梁类型	梁尺寸/ mm	梁截面积/ $\text{m}^2$	梁底立杆	
			数量/根	纵向间距/mm
主梁	700 $\times$ 1 300	0.91	1	600
	600 $\times$ 1 200	0.72	5	
	600 $\times$ 1 500	0.90	2	
	450 $\times$ 1 200	0.54	2	900
	400 $\times$ 1 000	0.40	1	
小梁	300(宽)	0.15~0.24	30	

#### 3.2.3 异型结构高大模板支架快捷智能布置

运用 BIM 模板工程设计软件对模型的板、梁等构件进行智能识别,按“先梁后板”的原则输入验算确定的技术参数,设置小梁及主梁悬挑长度,即可快速对板、梁等模板及支架进行智能布置(见图 5)。之后再手动调整复杂节点处的支架布置。通过对支

架三维模型的研究,该工程下部异型结构排架仅设置 3 处转角即可满足要求,转角之间采用钢管扣件替代连接,支架高度大于 8 m,满布竖向斜杆,最大步距为 1.5 m,从扫地杆开始每 2 步增设 1 道水平剪刀撑。同时一键生成各类平面、断面、大样图等图纸,再利用 AutoCAD 软件进行局部调整及美化,将二维图纸与三维模型相结合指导施工。

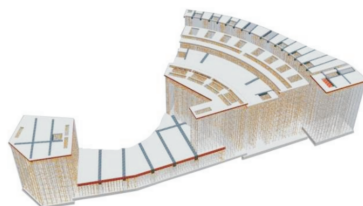


图 5 支架智能布置

### 3.3 异型结构高大模板可视化施工模拟

#### 3.3.1 构件的三维可视化

将 Revit BIM 模型导入 Navisworks 软件中进行内部结构三维漫游(见图 6),施工人员对结构的认知从二维图纸上升至三维空间,能清晰、直观地观察板、梁、预埋件、预留洞口等的位置及尺寸,同时三维模型能精确标示各构件在空间上的相互位置关系,对复杂节点的展示可提高施工人员对节点的理解。

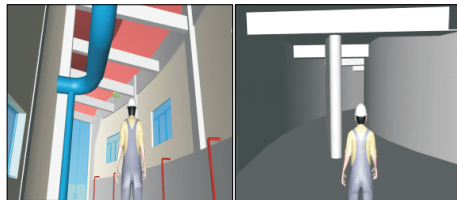


图 6 结构模型内部漫游

#### 3.3.2 异型结构高大模板仿真施工模拟

使用 Navisworks 软件对支架搭设各施工阶段进行划分,利用 Time Liner 模块给模型支架构件按照实际施工组织计划添加时间信息,生成 4D 模型,进而对以下关键施工阶段进行模拟:1) 模板支架搭设前,立杆纵横向间距、墙折角、弧线位置及交叉梁等关键复杂节点的布置、放样。2) 搭设过程中剪刀撑设置形式;高支模架搭设至一半高度后进行验收。3) 支架搭设达到设计标高后,对主梁、小梁、模板及对拉螺栓设置情况进行验收。4) 支架拆除按先搭后拆、后搭先拆的原则,从顶层开始,由中间向四周逐层向下进行,严禁上下层同时拆除。

文字解说配合模型直观地对管理人员、作业人员等进行可视化技术交底(见图 7),将复杂部位简



单化、透明化,提前模拟方案的现场施工状态,避免文字描述不明确或理解不透彻等问题,保证施工模拟与现场施工一致。

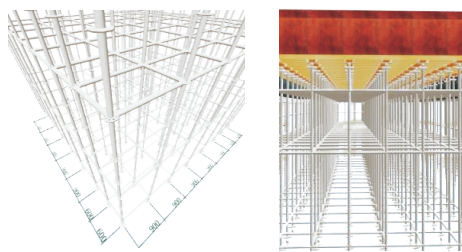


图7 支架布置、安装模拟

#### 4 结语

本文针对异形结构高大模板工程施工的重点和难点,通过 BIM 技术实现高大模板支架的智能化实施,主要研究成果如下:

(1) 三维支架设计智能化。采用 BIM 技术实现异形结构高大模板工程模板支架智能布置,输入参数即可快速布置建模,同时保证靠近墙边的小梁及主梁的悬挑长度。通过支架模型研究,将支架转角数量降至最少,确保高大模板支架布置合理、适用,提高模板支架设计效率。

(2) 复杂结构可视化。作业人员利用 BIM 模型进行内部漫游,对复杂结构的认知不再局限于二维图纸,可以更加形象、直观地理解各类构件在空间上的位置关系,避免产生理解偏差,确保各类构件的施工效率和质量。

(3) 施工模拟动态化。该工程下部结构异型且结构复杂,通过高大模板工程脚手架搭设、复杂节点仿真施工模拟对作业人员进行交底,辅助现场施工,降低施工中修改、返工概率,同时有利于施工过程管理及控制,确保施工方案的精准实施。

#### 参考文献:

- [1] 宋斌. BIM 技术在高大模板工程中的应用研究[D].南京:东南大学,2016.
- [2] 黄奇荣,武俊,刘曦,等. BIM 技术在高大模板施工中的应用[J].施工技术,2017,46(增刊2):621-624.
- [3] 谢晖. 基于 BIM 技术的四维可视化动态施工模拟应用[J].山东农业大学学报(自然科学版),2018,49(5):825-827.
- [4] 徐鹏飞,李晋,孙继东. 基于 BIM 技术的装配式建筑施工全过程研究和应用[J].建筑结构,2020,50(增刊):654-657.
- [5] 穆文奇,徐炜,南芳兰,等. BIM 技术在模板脚手架工程施工精细化管理中的应用研究[J].施工技术,2017,46(6):12-14.
- [6] 王婷,池文婷. BIM 技术在 4D 施工进度模拟的应用探讨[J].图学学报,2015,36(2):306-311.
- [7] 蓝磊. 基于 BIM 的施工现场质量安全动态管理[J].建筑科学,2021,37(3):157.
- [8] 王胜杰,贾博勋,鲁鹏,等. 盘扣式脚手架支撑体系在高大模板工程中的应用[J].建筑技术开发,2021,48(15):84-85.

收稿日期:2022-03-22

(上接第 146 页)

结合 3# 桥台的施工经验,为避免桩基施工引起周边建筑物沉降,0# 桥台剩余桩基施工前进行地质补钻及 CT 探测,根据探测结果对桥头范围土体进行预加固处理。

#### 3 结语

市政桥梁由于建设条件限制,桥位选择受限,桥梁桩位难以避开地质复杂区域,桩基施工影响因素多、难度大,桩基施工前应加强勘察,必要时采取预加固措施,避免发生桩基施工安全事故。本文结合广州某市政桥梁在岩溶+流砂地区桩基施工中桥头沉陷案例,根据地质情况和沉陷原因提出解决方法,保证施工安全。

#### 参考文献:

- [1] 广东省长大公路工程有限公司. 岩溶地区公路桥梁桩基设计与施工技术指南:GDJTG/T A01—2016[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.
- [2] 蒋国龙. 岩溶区桥梁桩基施工技术与设计方法研究[J].工程技术研究,2021(7):229-230.
- [3] 张安安. 桥梁桩基穿越 6~10 m 厚度流砂层施工技术[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2018,31(增刊2):160-161.
- [4] 许韬. 弹性波 CT 在岩溶区桥梁桩基勘察中的应用[J].城市道桥与防洪,2021(11):206-208+211.
- [5] 王如寒. 岩溶地区中小跨径桥梁下部结构设计新思路[J].城市道桥与防洪,2021(9):89-91+15.

收稿日期:2022-09-30