

# BIM 在湖北省科技馆新馆建设中 关键技术研究与应用

赵伟佳<sup>1</sup> 刘成伟<sup>2</sup> 明德刚<sup>1</sup> 陈松清<sup>1</sup>

(1. 武汉光谷地产有限公司, 武汉 430074;  
2. 中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司, 武汉 430071)

**【摘要】**大型公共展馆建筑具有大空间、大跨度、大层高等特点,使得建筑受力复杂,造型变化梯度大,连接节点深化难度大,施工建造技术复杂,对设计、施工建造环节提出了较高要求。本文以湖北省科技馆新馆为例,运用 BIM 技术解决设计过程中的大空间中声学问题,基于 Tekla 进行钢结构深化设计,结合 BIM、二维码等技术数字化建造施工过程,施工组织过程可视化管理,极大提高了施工建造生产效率,降低了质量控制的风险,为大型展馆的建设提供经验借鉴。

**【关键词】**BIM; 协同设计; 数字化建造; 虚拟建造; 可视化

**【中图分类号】**TU17 **【文献标识码】**A

**【版权声明】**本文被《土木建筑工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

## 引言

大型展馆与一般民用建筑及工业建筑相比具有建筑规模大、造型复杂、结构复杂,需要设计图纸表达的信息量大,建造阶段组成项目的构件类型繁多等特点。上述特点导致该类建筑在设计阶段很难避免产生错误,施工阶段安全风险大,易发生安全事故。此类建筑传统建设过程,施工效率低,工期不可控,过程中不同专业之间易产生“打架”等问题。大型展馆多由于空间大,存在回声、聚焦、混响等问题,给建筑物使用造成较大困扰;建造过程中多面临钢结构深化,复杂节点等问题,需多专业协同化设计。BIM 技术针对此类问题,有着很好的解决办法,且使得建设更加高效、智能。但 BIM 技术在我国实际工程中的应用效果并不理想<sup>[1]</sup>,尤其是大型展览馆等公共建筑,例如云南省科技馆新馆项目,BIM 仅用在部分结构吊装、施工方案的验证中<sup>[2]</sup>,模型标准不统一、数据流通受阻<sup>[3]</sup>、未能应用在全过程,且在关键技术未能体现出 BIM 的优势。

## 1 项目概况

湖北省科技馆新馆位于武汉市光谷五路以东、高新大道以北,建筑面积 70 300m<sup>2</sup>,项目由主展馆科技馆、球幕影院、动力中心三个部分组成,本工程地上四层,局部设夹层,建筑高度 51.1m,最大层高 17.5m。项目建成后将成为国内一流、中部领先的新一代现代化数字科技馆。

湖北省科技馆新馆项目,采用钢框架—支撑 + 跨层桁架 + 屋面桁架及单层网壳结构。建筑占地为 158.4 × 150m,横向跨 19 轴(1 - 19 轴),纵向跨 20 轴(A - V 轴)。湖北省科技馆新馆钢结构主要由五个部分组成:

- (1) 核心筒钢结构;
- (2) 二层以下钢框架;
- (3) 二层至三层间环形跨层主桁架 + 旋转悬挂结构面;
- (4) 三、四层钢桁架;
- (5) 中庭沉浸影院网壳结构。

**【作者简介】** 赵伟佳(1988 -),男,硕士,工程师,主要研究方向:BIM 与项目管理。

具体如下图 1、图 2 所示。

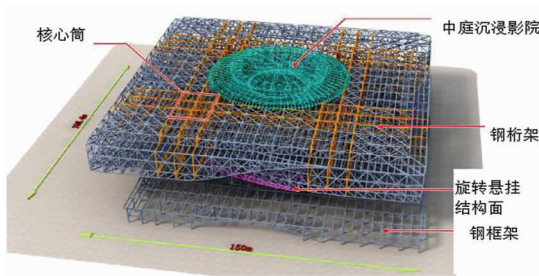


图 1 项目钢结构整体概况图

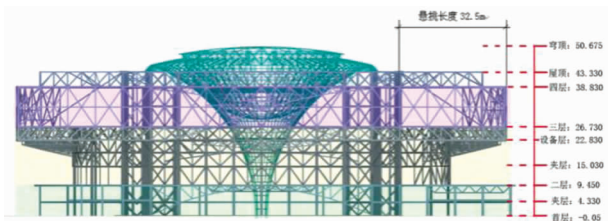


图 2 项目层高示意图

## 2 基于 BIM 协同化设计

### 2.1 声学模拟

项目中庭沉浸式影院空间大,且四周围合,极易产生噪声与回声、混响时间长的声学问题。声学问题是困扰大型展馆建筑的最主要问题之一,此问题直接关系着建筑物使用舒适程度。

基于 BIM 的虚拟现实技术,在设计阶段,通过不断调整吊顶和墙面布置吸声材料的方式提高中庭的整体吸声量,使声能可以得到快速的衰减。针对影院设备噪声对中庭的干扰问题,通过调整吸声材料的类别、面积以及铺设方式,将逸散的声能吸收。同时有效解决了声聚焦的声缺陷。也能够通过降低中庭内部混响时间,提高语言清晰度。通过 Revit 不断调整材料的各项参数,精确设定各项指标控制值,通过模拟、对比分析、筛选,室内混响时间及其频率特征、语言传输参数以及背景噪声允许值均满足对应指标要求。如图 3 沉浸影院的混响时间缩短至原始状态的 1/3,过长的混响时间得到明显改善。BIM 这一关键技术的应用,不仅在声学方面,还能在光学、消防逃生等方面得到很好应用。

### 2.2 钢结构深化设计

项目施工图设计阶段钢结构规模为 2.5 万 t,深化完成后实际的钢结构规模为 3.5 万 t,主要原因是深对节点的深化时,为确保受力与结构安全,节点

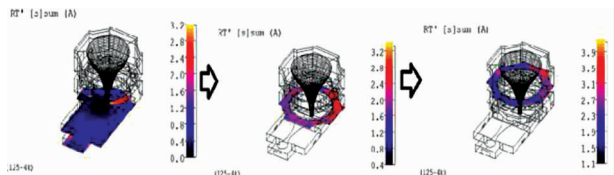


图 3 沉浸影院混响时间分布图

间需增加大量的隔板与牛腿,导致节点构件异常复杂,由此也说明,深化设计的复杂程度与重要性。经过对比分析现阶段常见的钢结构深化设计软件 PKPM、3D3S、MTS、Tekla 等<sup>[4]</sup>,结合项目 BIM 模型平台 Revit 的兼容与项目的复杂程度,本文选择基于 BIM 的 Tekla 深化设计。Tekla 能方便、快捷地建立整体模型、能快速建立次梁连接节点、能准确快捷地导出深化图纸,由三维模型直接出图,自动生成材料明细表,全过程实现自动化,能最大程度地减少图纸错误。

#### 2.2.1 深化设计流程

深化设计的节点构造、放样、工艺设计、制作、运输、吊装等过程在 BIM 模型文件中可以体现,BIM 模型文件是指导工厂加工及现场安装的有效文件,可以快速导出预埋件构件平面布置图、构件立面布置图、零件图、构件清单、零件清单、螺栓清单等。具体流程如图 4。

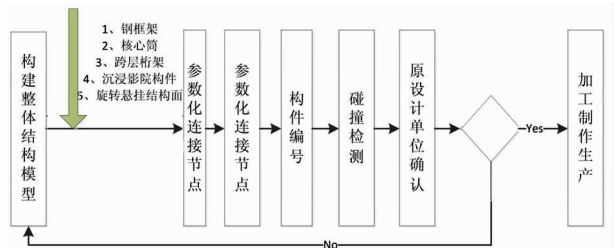


图 4 钢结构深化设计流程

#### 2.2.2 设计加工安装协同化

基于 BIM 的建筑信息共享性,以 Revit 为平台,针对所有零构件均能在同一个界面实现设计、加工、施工信息的共享,为工程不同的管理人员提供了不同的查看方式——3D 模型、二维图纸、物料清单表格、数控管理文件。实现工程数据多维度表达,多环节使用,如图 5 设计、加工与安装三维度协同。

### 2.3 设计错误识别

省科技馆新馆项目作为大空间公共建筑,涉及给排水、中水回收、通风、消防、空调机电等多种专



图5 设计、加工与安装三维度协同

业,项目的桥架、风管、支架、电缆、给排水管、消防管、空调管等设备管道众多,允许安装的空间有限,如何在有限的空间将不同专业的管道合理准确设计布置对传统二维设计难度较大。传统的二维图纸设计中,在结构、水暖电等专业图纸汇总后,由总图工程师人工发现和解决不协调问题,对设计人员的技术能力、专业水平提出较高要求,同时需要大量的时间与精力<sup>[5]</sup>。采用二维图纸进行会审,人为的失误在所难免,使施工出现返工现象,给进度控制与投资控制带来极大挑战。

应用 BIM 技术进行三维管线的碰撞检查,不但能够彻底消除硬碰撞、软碰撞,优化工程设计<sup>[6]</sup>,减少在建筑施工阶段可能存在的错误和返工的可能性,对空间优化,管线、桥架合理排放布局也有很好的功效。工程师可以利用检测后的效果图与方案,组织施工交底、模拟施工,极大提高施工质量与业主沟通效率。省科技馆新馆项目在设计阶段,设计各专业基于 Revit 平台,共享项目所有信息,各专业设计完成后,统一集成在 BIM 模型中,对全部的构件单元进行碰撞冲突检测,对有冲突的构建生成检测报告并标记,根据检测报告修改冲突设计,实现“零设计变更”,如图 6 碰撞检测后的设计模型。

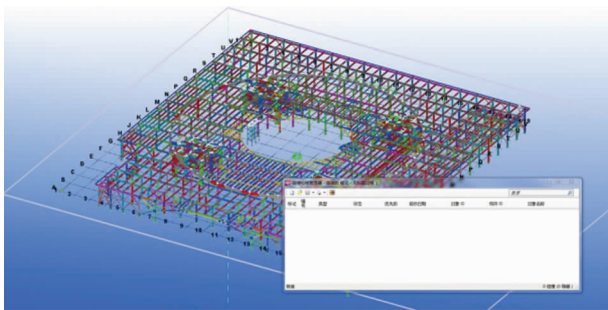


图6 碰撞检测审核模型

### 3 基于 BIM 的数字化建造

#### 3.1 施工构配件数字化查询

基于 BIM 的协同化设计,对建筑物每个组成部分进行了参数化定义,建筑构件具有数字化唯一属

性,为建筑物组成构件的采购、加工、制作、安装等环节的追溯、管理提供了条件,可实时对建造施工环节进行动态化管理。

根据构件的不同,将构件材料的物理特性与相关的力学特性用数字统一分类表示,包括杆件的长度、断面尺寸、杆件连接角度、节点连接、焊缝形式,注明构件所在位置,并将构件的具体信息集成为一连串的数字字符。根据不同信息属性,将不同的信息进行归类,归口为施工建造密切相关的进度、成本以及模型属性信息。对具体的材料构件从采购到施工,全过程可追溯,并对与具体的施工时间节点与造价信息可实施查询,针对不在计划时间内完成的施工建造构件,可即时预警、即时纠偏。如图 7,构件施工信息查询显示示意图。

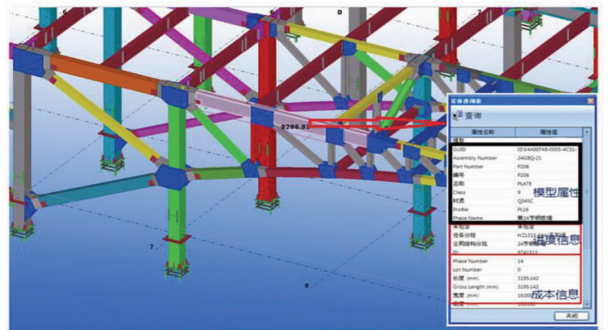


图7 构件施工信息查询显示示意图

#### 3.2 施工构配件数字化制造

省科技馆新馆项目钢结构在建模深化完成后,即进入工厂进行加工制造。BIM 模型可以输出清单文件、NC 格式的数控数据文件或 DWG 格式的图纸文件。NC 格式的数据控制文件包含了这个构件的基本尺寸、开孔位置、开槽切割等具体信息。



图8 构件加工路径数字管理

BIM 平台将钢结构作业流程细分为十余道数字化工序,被标记的零构件与加工制作路径逐一对

应,加工制作与施工流程用相应的数字代码标记。利用集成的构建信息,生成二维码,项目和应用车间、安装工人均能借助扫描等方式对工位路线进行实时动态反馈,实现对建造的全过程跟踪,快速识别即将安装所需的构件,准确定位构件在建筑中的位置,如图 8 构件路径识别。这一关键技术的应用,对本项目钢结构加工制作工期节约 20%。

## 4 可视化施工管理

湖北省科技馆新馆施工由于结构复杂,钢结构规模大且受力、节点连接复杂,是一项动态系统工程。进行虚拟化施工仿真模拟,在可视化的基础上,制定更加科学、实用的施工方案<sup>[7]</sup>,预判实际施工中可能发现的问题,以节约工期与节省投资。

### 4.1 钢结构施工流程

主体钢结构安装开始前对柱脚、埋件进行复测,钢结构主体安装主要使用 2 台塔吊(D1100-63 塔吊 70m 臂长)和 2 台塔吊(ZSC-1000 塔吊 60m 臂长)进行吊装。堆场和拼装场地布置 4 台 50t 汽车吊负责构件拼装及转移。主体结构安装按照如下施工顺序进行安装:

- (1)先装 4 个核心筒,后装跨层主桁架;
- (2)先装角部结构,后装中部结构;
- (3)先径向,后轴向,具体安装流程如图 9 所示。

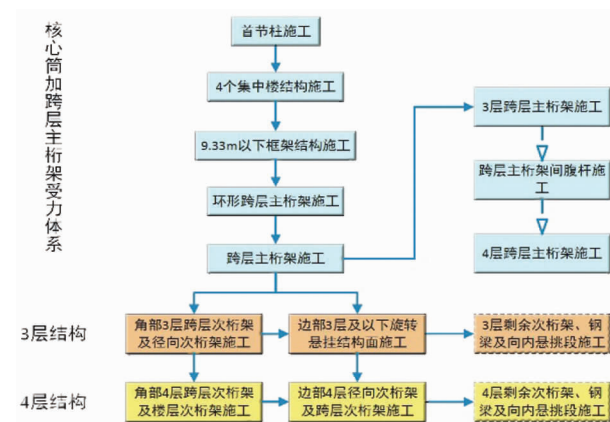


图 9 钢结构安装流程图

基于 BIM 模型,针对流程中包括的每一具体步骤生成详细的作业任务书与零构件清单,同时附加详细的作业指导想模型,将作业工人需要通过二维图纸获取的施工信息可视化,表达直观、可重复性高可以实现施工方案的优选以及技术交底的演

练<sup>[8]</sup>,极大减少施工中的错误、消除隐患。以柱脚预埋施工为例,将该分项工程分为 4 步骤,通过 BIM 虚拟化施工技术,将所有步骤可视化,如图 10 所示。

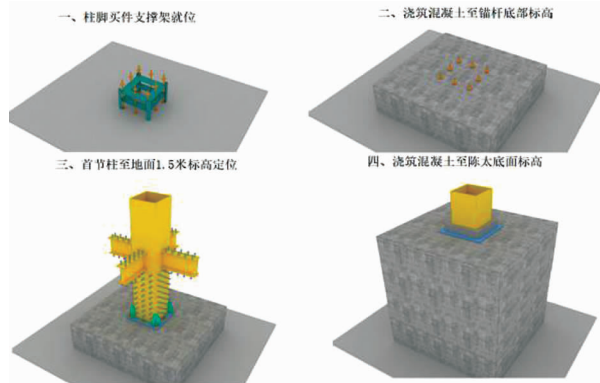


图 10 钢柱脚预埋施工可视化

### 4.2 可视化虚拟施工

基于 BIM 的虚拟建造可以在工程建设中对项目的全过程进度进行有效控制。虚拟施工能对实际建造过程中可能发生的问题进行提前预警,建立提前预警机制,事前修改完善,将可能发生的问题在事前解决。最终优化的进度计划与施工方案,更好更高效地指导实际项目的实施,提高现场作业的安全性。项目在钢结构吊装施工阶段,通过 BIM 虚拟施工确定材料构件的最佳对方位置、最佳吊装路径、最佳的吊装参数、以及吊装工具的匹配,将施工方案可视化,验证施工方案的可行性,并进行相应调整。

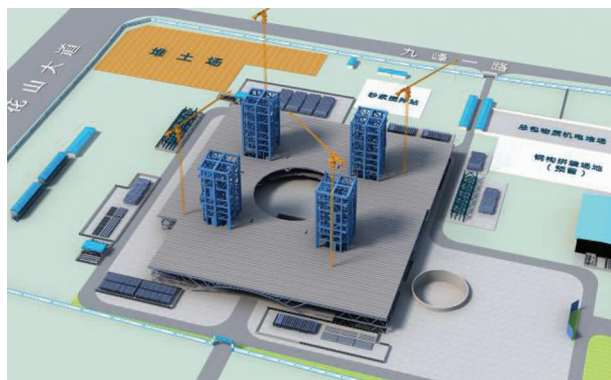


图 11 结构吊装虚拟施工

湖北省科技馆新馆项目在施工期间,存在大量空间交叉作业,塔吊、汽车吊等空间机械同时吊装时易产生时空碰撞的风险。基于 NAVISWORK 的虚拟施工与可视化管理,可将塔吊、汽车吊等机械设备在施工过程中建立相应的危险预警时空,以

蓝、黄、橙、红四种颜色分别表示重大风险、较大风险、一般风险、较低风险,代表不同时空范围内的危险。在虚拟施工阶段,当施工人员进入不同危险级别的时空范围时,相应范围显示相应颜色预警,预判实际施工阶段的安全风险与危险因素,减少实际建造阶段的不安全行为。

## 5 结语

本文详细介绍了 BIM 在湖北省科技馆新馆项目中协同设计、数字化制作以及可视化管理方面的研究与应用。阐述了 BIM 在解决传统设计、施工很难解决的相关问题方面的应用,以设计阶段中的声学问题、施工建造阶段中的钢结构加工制造、吊装以及安全风险管控为例,显示出 BIM 在大型展馆等公共建筑建设中具有很好的应用,在建筑功能、建造效率、智能化施工、施工风险等方面具有很大应用前景。工程实践表明,BIM 在大型展馆建筑声学优化方面具有良好的应用,对项目的协同化设计以及钢结构数字化加工制作、建造等环节具有可复制性,虚拟建造与可视化施工建立预处理机制,对复杂的展馆建设具有切实可行的指导意义,为类似建筑的建设提供一种方法、管理手段和经验。

## 参考文献

- [1] 孙璟璐,张建平. 上海国际金融中心项目全生命周期 BIM 应用研究和实践[J]. 中国建设信息, 2013(18): 20-22.
- [2] 曹乐,肖婧,张涛,等. BIM 技术在云南科技馆新馆项目中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(6): 73-80.
- [3] 吴贤国,刘倩,张立茂,等. BIM 技术创新行为诱导机制研究[J]. 施工技术, 2015, 44(18): 33-39.
- [4] 刘明,王雪福,陈曦,等. BIM 技术在郑州博物馆新馆项目的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(4): 27-32.
- [5] 李静,李娄山,聂廷. 中建总公司技术中心试验楼扩建工程 BIM 技术施工应用[J]. 施工技术, 2014, 6(4): 43-46.
- [6] 刘应周. BIM 在某公建项目机电工程中的应用研究[D]. 天津大学, 2013.
- [7] 高永刚,李光金. 基于 BIM 可视化技术在杭州东站中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2010, 2(4): 55-58.
- [8] 周慧恩,王乾坤,梅婷婷. 适用于工业化钢结构的 4D BIM 虚拟建造方法研究[J]. 钢结构, 2016, 2(31): 120-125.

# Research and Application of BIM-based Key Technologies during the Construction of Hubei Science and Technology New Museum

Zhao Weijia<sup>1</sup>, Liu Chengwei<sup>2</sup>, Ming Degang<sup>1</sup>, Chen Songqing<sup>1</sup>

(1. Wuhan Optical Valley Real Estate Co., Ltd., Wuhan 430074, China;

2. Central Southern China Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group, Wuhan 430071, China)

**Abstract:** Large-scale public exhibition hall buildings have the characteristics of large space, large span, large stories and so on, which makes the complex loading of the building, the large gradient change of the shape, the difficulties in the detail design, and the complexities in the construction, which demand very high requirements during the design and construction phases. This paper using example of Hubei Science and Technology New Museum, which has implemented BIM Technology to solve the acoustic problems in large space during the design phase. Based on the Tekla software, the steel structure has been detailed designed, integrated with technologies in digital constructions such as BIM and QR code, the construction process is visualized, which has improved the construction efficiencies, has reduced the quality control risks, and has provided experience for the construction of large-scale exhibition hall.

**Key Words:** BIM; Collaborative Design; Digital Construction; Virtual Construction; Visualization