

基于 BIM 的建筑主体结构施工设计方法研究

何焱亮

九易庄宸科技(集团)股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 伴随着我国建筑业信息化程度不断提高, 基于 BIM 主体结构施工设计得到越来越广泛的应用。本文详细介绍了基于 BIM 主体结构施工设计方案, 主要从施工模型建立、施工现场布置、施工过程仿真三个方面进行论述。指出了 BIM 技术应用于施工期的重要作用及其前提条件, 制定了结构施工模型建模要求及精度控制措施, 在此基础上详细说明了钢筋及复杂节点建模、模型整合检查的方法。同时对基于 BIM 施工现场三维布置、大型机械布置、重要环节施工仿真及施工方案可视化交底等方面进行了探讨。研究发现, BIM 技术可以有效解决传统施工设计中存在“信息孤岛”、“碰撞频繁”、“难以及时变更”等问题, 在建立精细模型基础上进行全生命周期施工仿真, 有利于提高施工设计合理性和可行性, 便于施工现场施工。

[关键词] BIM; 主体结构; 施工设计

DOI: 10.64635/ja.2026.1054

中图分类号: TU17

文献标识码: A

Research on BIM-Based Construction Design Methods for Building Main Structures

He Yanliang

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang 050000, Hebei, China

Abstract: With the continuous improvement of informatization in China's construction industry, BIM-based construction design for building main structures has been increasingly applied in engineering practice. This paper provides a detailed introduction to BIM-based construction design schemes for main structures, mainly from three aspects: construction model development, construction site layout, and construction process simulation. It identifies the important role of BIM technology during the construction phase as well as the prerequisites for its effective application, and establishes modeling requirements and precision control measures for structural construction models. On this basis, the methods for reinforcement modeling, complex joint modeling, and integrated model checking are described in detail. In addition, the paper discusses BIM-based three-dimensional construction site layout, the arrangement of large-scale machinery, simulation of key construction procedures, and visualized technical disclosure of construction schemes. The study shows that BIM technology can effectively address problems in traditional construction design, such as "information silos," frequent clashes, and difficulty in making timely modifications. Conducting life-cycle construction simulation on the basis of a refined model helps improve the rationality and feasibility of construction design and facilitates on-site construction implementation.

Keywords: BIM; main structure; construction design

引言

建筑主体结构施工设计直接影响工程质量和安全, 传统的做法是用二维图纸以及凭经验进行工作, 这中间会有一些问题比如信息交流不畅通, 协同工作难度较大等问题。而BIM技术由于具有可视化、协同性优点, 在施工设计中起到重要作用。本文主要研究基于BIM主体结构施工设计的方法, 对其建模、布置场地、施工过程模拟进行分析, 希望能给施工企业BIM的应用带来一定的启示。

1 BIM 技术核心特征与应用价值

BIM技术是以建筑工程项目的各项相关信息数据为

基础, 在计算机上对建筑物进行三维数字化模拟, 从而获取该建筑物的真实信息的一种数字化技术。它主要具有三个特点: 一是可视化, 即把传统的平面图用三维的形式展现出来, 让人们视线一目了然; 二是协调性, 即利用BIM技术可以实现各专业的协同工作, 解决以往各专业间信息交流不及时的问题; 三是模拟性, 即BIM不仅能够展示建筑外观还可以模拟施工过程、结构行为以及资源使用情况等。而在主体结构施工中应用BIM意义重大。利用准确的结构施工模型可对于钢筋布置、模板支设、预埋件位置等众多复杂节点进行详细深化设计, 解决以往设计中经

常出现的冲突问题,在施工方案优化上,使用BIM技术可以对多个施工方案进行对比分析,在施工前通过虚拟建造预测施工中可能遇到的问题,在施工计划管理上,将BIM模型与时序相结合生成的4D模型可以清楚地看到施工进度变化情况,在造价管控上,基于BIM的工程量计算功能便于施工单位进行材料采购及成本核算等工作。可以说,BIM技术正在颠覆传统的施工设计工作方式并使施工管理朝着更加精确化、智能化的方向发展。

2 基于 BIM 的主体结构施工模型构建方法

2.1 结构施工模型建模标准与精度控制

结构施工模型建立是 BIM 技术在施工设计中应用基

础,建模标准及精度是保证模型实用性的必要条件。模型精细度由几何精度以及信息丰富程度所决定,在不同的项目要求下,可以有不同的模型精细度,一般情况下施工图设计阶段模型精细度不应低于 LOD300,在施工设计过程中建模标准应结合实际的设计目的、使用用途以及软件功能来确定模型构件的几何精度、属性信息及输出结果等。LOD 关注 BIM 模型几何保真程度,由粗略的概念级到细致可建造级的过程进行描述,LOD300 有详细的精确几何形状的设计,可以用于碰撞检查,而 LOD400 是用于施工过程中的建造级别细节。为使主体结构施工模型建模精度统一化,建议使用以下标准(如表 1 所示)

表 1 主体结构施工模型建模精度标准

模型类别	构件类型	LOD 300 (施工图设计)	LOD 350 (施工深化)	LOD 400 (施工指导)	信息要求
竖向构件	框架柱	几何尺寸、标高、定位	增加钢筋保护层、纵向钢筋、箍筋布置	增加节点区钢筋避让、搭接位置	混凝土强度、抗震等级、配筋率
水平构件	框架梁	梁截面、跨度、标高	增加纵向钢筋、腰筋、箍筋间距	增加加密区范围、吊筋、抗扭钢筋	受力类型、裂缝控制、挠度要求
板类构件	楼板	板厚、边界、洞口	增加板底钢筋网、板面钢筋网	增加洞口加强筋、马凳筋、施工缝	荷载等级、保护层厚度
墙类构件	剪力墙	墙厚、墙长、定位	增加边缘构件、分布筋、拉结筋	增加连梁配筋、墙身配筋详图	抗震等级、轴压比要求
基础构件	承台/桩基	几何尺寸、埋深、标高	增加桩顶锚固、承台钢筋布置	增加桩身配筋、承台加腋	地基承载力、抗浮要求

在实际应用过程中,建立什么样的精度应该根据项目情况以及 BIM 的应用目的来决定。而模型精细度级别是基于模型元素的几何精度及信息深度来进行描述,几何精度级别越高,表示模型中的每个构件图形细节就越丰富详尽;信息深度级别越高,则相同构件模型中包含非几何信息就越多。一般情况下,在施工图设计阶段的模型精度不应低于 LOD300,而对于一些重点部位或者比较复杂的部分可以提高到 LOD350 或 LOD400 等。

2.2 钢筋与复杂节点模型创建

钢筋模型建立是主体结构 BIM 应用难点,同时也是完成施工深化设计重要一环。钢筋建模精度要求较高,相关文件规定,在施工图设计时钢筋建模量不应低于 10%,而在施工完成后验收时不应低于 20%,今后会逐渐提高到 80%~100%。钢筋模型建立方式主要有三种:一种是在软件内直接用钢筋工具布置钢筋;第二种是利用参数化族来迅速创建标准构件里钢筋;第三种是采用专门钢筋深化设计软件来进行全自动或者半自动配筋。而在实际操作中对于钢筋保护层控制、钢筋之间相互交错以及节点部位钢筋相交都需要特别注意。对框架节点、梁柱节点、墙梁节点等部位,要建立较详细的钢筋模型,在三维中进行钢筋

排布合理性及施工可行性检查;对于超小半径曲线梁桥等一些特殊情况,则需建立 LOD400 级详细模型并通过三维可视化仿真对其钢筋排布进行校核。复杂节点的创建一般需要用到不同的建模方法。比如型钢混凝土柱与钢筋混凝土梁交接处,就需要有型钢柱的钢结构模型、柱内的钢筋笼模型、梁内的钢筋模型还有它们之间的连接节点细化部分。而在建模时应注意它们的位置正确、连接牢固并且还要用模型综合检查有无相交现象。复杂的节点进行详细建模不仅可以帮助施工,还可以用于施工方案的模拟以及技术交底等。

2.3 模型整合与碰撞检测优化

模型整合以及碰撞检查是基于 BIM 的施工设计过程中必须有的质量控制措施,在各个专业的单个模型建立完成后需将所有专业模型合并成一个整体模型,在此基础上进行碰撞检查工作。模型整合需以一致的坐标系和平面为基础使不同专业的模型可以良好配合。模型整合时各专业使用同一张轴网文件并采用“原点原点”的方式自动对齐,以保证整合后模型位置正确。碰撞检查有硬碰撞和软碰撞两种类型。硬碰撞即两个物体在三维空间中有交集,例如梁与通风管道相交、钢筋与预留孔相碰等。软碰撞是

构件之间虽然不存在重叠情况但是达不到规定的空间尺寸，例如管道间距不足或者操作空间不够等问题。利用 BIM 进行碰撞检查可及时发现设计中出现的错、漏、碰、缺等问题从而避免后续施工阶段由于这些问题导致的设计变更以及返工工作。对发现的碰撞问题需要多个专业的配合来解决。对于发现的碰撞问题要根据其不同情况进行不同的处理：轻微碰撞可以采取局部改变构件的位置解决；中等碰撞就需要各个专业之间沟通后进行相应的改进设计；严重的碰撞可能会涉及到整个结构体系的变化，这就需要由设计院进行重新审核确定。在处理时还要把碰撞问题的时间、方法、结果等都进行记录并形成完整的碰撞检查报告。经过多次“检测-优化-再检测”的过程，逐步解决模型中存在的一些碰撞问题，给现场施工提供良好模型。

3 基于 BIM 的施工现场布置与过程模拟方法

3.1 施工场地三维布置设计

施工场地三维布置是保证施工正常开展的基础条件。传统的场地布置一般以平面图为主，在一定程度上不能清楚地反映场地的空间及动态变化情况，而基于 BIM 的场地布置则是通过三维的方式在软件中创建场地模型来实现对施工现场、临时设施、机械、材料堆放场等地的三维布置。场地布置模型包括但不限于如下内容：施工围挡及大门、临时道路及排水沟渠、办公生活区、材料加工区、材料堆放场、大型机械、临时水电管线等。同时在建模时要尽可能多地应用之前的工作成果以及各个专业的族库，

以便形成可供反复利用的资源库。塔吊、施工电梯、混凝土泵车等机械设备类型应包括型号、工作幅度、起重量等技术指标以便对其作业范围以及覆盖情况进行分析；场地布置设计需符合经济性、安全性、便捷性要求。即在满足施工需要情况下尽量紧凑布置以节约临时用地及设备投资成本；同时要保证各个功能区之间保持一定间距并且保证消防通道畅通；还要考虑到材料运输路线、构件堆放顺序以及施工操作空间等问题从而提高施工效率。基于 BIM 场地布置可以实现灵活调整与对比不同方案。可以根据施工不同时期对场地布置作出相应改变。

3.2 大型机械设备布设优化

大型机械设备的摆放是施工现场布局的重点工作，对施工进度及安全都有很大影响。塔式起重机、施工升降机、履带吊等大型机械的选型布置需根据建筑物平面形状、构件重量、起升高度、工作效率以及安装拆除条件等因素进行选择。利用 BIM 技术进行机械设备摆放优化，在建立模型、三维建模、方案对比及现场实施的基础上可得出最优设备摆放点及其相关参数^[1]。而在塔吊摆放优化时主要关注其覆盖范围、吊载能力、相互之间是否有碰撞风险以及经济效益等几个方面。利用 BIM 模型能够准确计算各塔吊方案的覆盖范围以及盲区位置，在不同施工阶段进行吊装需求对比分析，检查塔吊与建筑物之间，塔吊之间安全距离等。基于 BIM 施工模拟可以帮助分析多种塔吊布置方案在各种极限状态下优劣及安全性问题。如表 2 所示。

表 2 塔吊布设方案技术经济比选表

评价指标	权重 (%)	方案一：中心对称布置	方案二：双侧布置	方案三：单侧集中布置
吊装覆盖率 (%)	25	94	86	72
日均吊次 (次/日)	20	45	40	32
碰撞风险系数	20	0.10	0.22	0.06
基础及安拆费 (万元)	15	19.5	22.8	16.2
安拆难度评分	10	3.5	4.2	2.3
后期调整灵活性	10	高	中	较低
综合得分	100	89.3	80.5	71.8
方案排序	-	1	2	3

在布置优化时需建立准确的机械模型，包括完整的几何尺寸、工作范围以及附着点等信息，在 4D 施工模拟下可得到机械随着施工进度而上升的计划与附着方案，还可预测出可能发生冲突的情况，在群塔作业的情况下，还需进行群塔干涉分析来确定每台塔吊的高度以及它们之间的距离，从而得出最终布置方案。

3.3 关键工序与复杂节点施工模拟

对于一些重要的工序以及复杂的部位进行施工模拟

也是利用 BIM 进行施工方案的一种方式，在施工过程中建立一个较为真实的施工过程模型，然后对该施工过程中的施工流程、施工空间、受力情况进行模拟，可预测出施工中的问题及隐患。施工模拟例如深基坑开挖模拟、大体积混凝土浇筑模拟、钢构件安装模拟、预应力张拉模拟等。如钢构件安装，利用 BIM 可以创建桥梁结构、架桥机、运梁车、临时设施等一系列构件 LOD400 高精度模型，进而对不同架设方案进行三维虚拟展示并评估其可行性的过

程。在进行模拟时需关注构件吊点选取、吊装过程是否稳定、临时支撑布置、吊装顺序是否合理等因素。而对一些复杂的节点需采用更加详细地modeling,如梁柱节点、型钢混凝土节点、预应力锚固节点等处需根据实际情况进行配筋及构造modeling,进行钢筋绑扎、模板搭设、混凝土浇筑等施工过程模拟^[2]。通过对这些节点中钢筋避让关系是否合理、混凝土浇筑空间是否足够以及能否使振捣棒顺利插入等实际操作问题进行检查。同时将这些成果以视频动画、三维图纸或交底卡片的方式展示给施工现场人员以便其理解和掌握。

3.4 施工方案可视化交底与比选

施工方案可视化交底及对比分析是利用BIM提高施工管理水平的有效方式。传统的技术交底一般以文字和二维图纸为主,信息传递效率较低且易产生误解。而基于BIM的可视化交底可以利用三维模型、动画展示或者虚拟现实等方法让施工人员更清晰地了解设计师的设计理念以及工艺要求。BIM还可以用于质量管理和安全管理,在质量方面可以进行三维图纸审查和技术交底、方案推敲和改进等方面的应用,在安全上可以用于安全技术交底、大型机械进场、群塔干涉检测、自然灾害发生过程模拟等。在可视化交底过程中需要针对不同的交底对象和内容选取不同的方式表现:如对工序流程类交底可采用逐帧播放动画的方式。对于节点构造类交底可采用三维剖切图及尺寸标注,在安全操作类交底可采用虚拟现实技术模拟危险场景以及应急处理方法^[3]。在多方案比较时,BIM可为科学决策提供帮助,在利用BIM软件进行多个方案对比与优化后会得到一个易于实施、提前发现安全隐患、结构计算及时联动、技术交底直观化的优势。方案比较需有明确的

标准,要从技术上可行、经济上合理、工期上有保障、安全性高等方面进行比较并最终由模拟数据和专家打分来选取最佳方案。比选过程要形成完整报告以供后续施工方案审批及优化使用。

4 结语

本文对基于BIM的建筑主体结构施工设计方案进行研究,在模型创建、现场布置及施工过程仿真这三个方面提出相应方案。得出结论是:BIM技术应用于主体结构施工设计,可以很好地解决以往存在的信息碎片化、沟通不足以及灵活性差等缺点,利用准确的施工模型、合理的现场布置以及全面的施工仿真,可以大大提高施工设计质量和工作效率,为现场施工提供有力支持。目前BIM技术在施工设计中应用还存在建模标准不统一、数据不能有效共享等问题,在今后的工作中应该使BIM与AI、物联网等新兴技术更好的结合,实现施工全生命周期的应用,使设计、施工、运维等各个环节信息流畅,促进建筑业向更智能化、信息化方向发展。

[参考文献]

- [1]张玉权.基于 BIM 的建筑主体结构施工设计方法[J].建材发展导向,2025,23(04):49-51.
- [2]金圣玮.高层建筑玻璃幕墙设计及施工技术要点分析[J].江西建材,2022(04):249-250.
- [3]黄浩文.基于 BIM 技术的建筑主体结构施工方法优化[J].住宅与房地产,2025(20):69-71.

作者简介:何焱亮(1993.11—),毕业院校:唐山学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司,职务:工程师,职称级别:中级。