

基于 BIM 的深基坑支护结构协同设计与施工模拟

胡平

中元天纬集团有限公司吉安分公司，江西吉安，343000；

摘要：深基坑支护结构是地下工程安全的核心保障，其设计与施工的协同性直接影响工程整体效益。传统模式下，设计与施工环节信息传递不畅，常出现设计冲突与施工脱节问题，增加了工程风险与成本。BIM 技术凭借可视化、参数化及协同化优势，为解决该问题提供了有效手段。本文探讨基于 BIM 的深基坑支护结构协同设计体系构建，明确多专业数据交互标准；研究施工模拟关键技术，实现施工过程动态管控。通过整合设计与施工全周期数据，提升支护结构设计精度与施工效率，为深基坑工程安全高效实施提供技术支撑，具有一定的工程实践价值。

关键词：BIM 技术；深基坑支护；协同设计；施工模拟；信息协同

DOI：10.69979/3029-2727.25.11.090

引言

城市地下空间开发进程加快，深基坑工程数量激增，支护结构的设计与施工难度也随之提升。传统二维设计模式难以满足多专业协同需求，各专业图纸矛盾突出，施工阶段因缺乏精准预判，易出现工序混乱、安全事故等问题。BIM 技术作为建筑行业数字化转型的核心技术，能够打破信息壁垒，实现设计与施工数据的无缝衔接。目前，BIM 技术在深基坑工程中的应用仍处于探索阶段，协同设计机制与施工模拟精度有待提升。因此，开展相关研究，完善技术应用体系，对推动深基坑工程技术进步具有重要意义。

1 BIM 技术与深基坑支护结构的适配性分析

1.1 工程特性与技术挑战

深基坑支护结构需同时承受基坑侧壁土压力、水压力及周边荷载，对结构稳定性与变形控制要求极高。其工程特性主要体现在地域性强、受力复杂及与周边环境关联性大三个方面。不同区域的地质条件差异显著，直接影响支护结构选型与设计参数确定。在技术挑战方面，传统设计方法难以精准模拟支护结构的实际受力状态，施工过程中易出现基坑沉降、边坡失稳等问题。同时，深基坑工程施工空间有限，工序交叉作业频繁，进一步增加了施工组织与安全管控的难度，亟需先进技术手段提供支撑。

1.2 BIM 技术核心优势与应用逻辑

BIM 技术以三维数字化模型为核心，具备可视化、参数化、协同化及全周期管理等核心优势。可视化特性可将抽象的设计方案转化为直观的三维模型，便于各参

与方快速理解设计意图。参数化设计使得模型构件属性可实时关联，修改一处即可自动更新相关构件，大幅提升设计效率与精度。其应用逻辑遵循“数据驱动设计、模型指导施工”的原则，通过构建包含设计、施工、运维全周期数据的 BIM 模型，实现各环节信息的有效传递与共享。在深基坑工程中，BIM 技术可整合地质勘察、设计、施工等多源数据，为工程全流程管控提供数据支撑。

1.3 BIM 与支护结构的适配关键点

BIM 技术与深基坑支护结构设计施工的适配性主要体现在数据整合、过程管控及风险预判三个关键点。在数据整合方面，BIM 模型可有效融合地质勘察数据、设计参数、施工方案等多源信息，解决传统模式下数据分散、格式不统一的问题。过程管控层面，通过 BIM 模型的动态更新，可实时反映支护结构设计变更与施工进度，实现对工程全过程的精准管控。风险预判上，利用 BIM 技术的模拟分析功能，可提前识别支护结构设计冲突与施工风险，为优化设计方案与施工流程提供依据。这些适配关键点确保了 BIM 技术在支护工程中应用的可行性与有效性。

2 基于 BIM 的深基坑支护结构多专业协同设计框架

2.1 组织架构与职责界定

基于 BIM 的多专业协同设计需建立清晰的组织架构，明确设计单位、施工单位、监理单位及勘察单位等各参与方的职责。设计单位作为核心主体，负责牵头构建 BIM 协同设计平台，完成支护结构核心设计内容，并及时响应各参与方的反馈意见。施工单位需提前介入设计阶

段,结合施工经验提出优化建议,确保设计方案的可施工性。监理单位负责对协同设计过程进行监督,核查设计成果的合规性与安全性。勘察单位需提供准确完整的地质勘察数据,为BIM模型构建与设计参数确定提供基础支撑。各参与方通过明确职责分工,形成高效协同的工作机制。

2.2 数据标准与交互机制

数据标准统一是实现多专业协同设计的前提,需制定涵盖数据采集、存储、传递及应用全流程的标准体系。明确地质勘察数据、结构设计参数、施工工艺信息等各类数据的格式要求与精度标准,确保数据在各专业间高效流转。建立基于BIM平台的数据交互机制,采用通用的数据交换格式,实现不同专业设计软件之间的模型兼容与数据共享。设置数据权限管理模块,对不同参与方的数据访问与修改权限进行严格界定,保障数据安全。同时,建立数据更新联动机制,确保各专业获取的始终是最新的设计数据。

2.3 平台功能与操作流程

协同设计平台需具备模型创建、碰撞检测、数据管理、协同沟通等核心功能模块。模型创建模块支持各专业人员基于统一标准构建专业模型,并实现多专业模型的融合。碰撞检测模块可自动识别不同专业模型之间的设计冲突,生成冲突报告供设计人员修改优化。数据管理模块负责对各类工程数据进行集中存储与分类管理,支持数据的快速查询与调用。协同沟通模块提供在线交流、意见反馈等功能,便于各参与方实时沟通设计问题。同时,制定标准化的平台操作流程,明确各阶段的工作内容与时间节点,确保协同设计有序推进。

3 深基坑支护结构BIM模型的构建与优化方法

3.1 参数化建模技术要点

深基坑支护结构BIM参数化建模需以设计规范为依据,结合工程实际需求确定建模流程与技术要点。首先,明确支护结构各构件的参数化属性,包括几何参数、材料参数、力学性能参数等,建立参数化构件库。建模过程中,采用自上而下的建模思路,先构建基坑整体模型,再逐步细化支护结构构件。注重模型的关联性构建,确保构件之间的参数相互关联,实现模型的快速修改与更新。同时,严格控制建模精度,确保模型能够准确反映支护结构的实际尺寸与构造特征,为后续的分析与模拟提供可靠的模型基础。

3.2 地质数据与模型融合

地质勘察数据是深基坑支护结构设计的重要依据,实现其与BIM模型的有效融合至关重要。首先,对地质勘察数据进行规范化处理,将钻孔数据、土工试验数据等转化为BIM平台可识别的数据格式。通过数据接口技术,将处理后的地质数据导入BIM平台,构建三维地质模型。将三维地质模型与支护结构BIM模型进行叠加融合,形成包含地质信息与结构信息的综合模型。融合过程中,需确保地质模型与结构模型的坐标系统统一,数据匹配准确。通过该融合模型,设计人员可直观了解支护结构与地质条件的相互作用关系,提升设计方案的合理性。

3.3 模型碰撞检测与优化

基于设计规范开展BIM模型碰撞检测与优化,是提升支护结构设计质量的关键环节。碰撞检测需覆盖支护结构内部、支护结构与周边建筑物及地下管线等多个场景。利用BIM平台的碰撞检测功能,自动筛选出设计冲突点,并生成详细的碰撞报告,明确冲突位置、类型及严重程度。设计人员结合碰撞报告,对模型进行针对性优化,调整支护结构的尺寸、位置及施工顺序等。优化完成后,需重新进行碰撞检测,直至消除所有不合理的设计冲突,确保设计方案的可行性。

4 基于BIM的深基坑支护结构施工模拟关键技术

4.1 施工工序可视化编排

施工工序的BIM可视化编排可实现对支护结构施工过程的精准规划。以施工方案为基础,将支护结构施工划分为土方开挖、支护构件安装、降水排水等多个工序,明确各工序的施工时间、资源需求及技术要求。利用BIM技术的可视化特性,将各工序转化为三维动画场景,直观展示工序之间的衔接关系与施工顺序。通过对可视化施工流程的分析,识别工序衔接中的不合理之处,优化施工逻辑。例如,调整土方开挖与支护安装的时间间隔,避免出现基坑长时间暴露的情况,提升施工安全性与效率。同时,可视化编排结果可作为施工交底的重要依据,便于施工人员理解施工要求。

4.2 动态力学性能模拟

基于BIM的支护结构施工过程动态力学性能模拟,可实时反映结构受力状态变化。通过将BIM模型与有限元分析软件对接,导入施工过程中的荷载变化数据,如土方开挖引起的土压力变化、支护构件自重等,构建动态力学分析模型。模拟施工各阶段支护结构的应力分布、

变形情况及稳定性系数,获取不同施工节点的力学性能参数。根据模拟结果,判断支护结构在施工过程中是否满足安全要求。若发现某一阶段结构应力超标或变形过大,及时分析原因,调整施工方案,如增加临时支撑、优化开挖速度等。动态力学性能模拟为施工过程中的安全管控提供了科学依据,有助于提前规避结构安全风险。

4.3 方案调整与风险预警

基于施工模拟结果的施工方案调整与风险预警机制,是实现施工过程动态管控的核心。对模拟过程中发现的施工难题与安全风险进行分类整理,建立风险数据库,明确风险等级与应对措施。针对高风险问题,如基坑边坡变形过大、支护构件安装质量不达标等,及时调整施工方案,优化施工工艺与资源配置。同时,将风险预警指标与 BIM 模型关联,当施工过程中实际监测数据接近预警阈值时,系统自动发出预警信号,提醒管理人员采取应急措施。通过方案的动态调整与风险的提前预警,有效降低施工风险,保障工程顺利进行。

5 BIM 协同设计与施工模拟的应用保障与优化方向

5.1 人员培训与协作机制

人员培训与团队协作机制建设是保障 BIM 技术有效应用的重要支撑。针对不同岗位人员制定差异化的培训方案,设计人员需重点掌握 BIM 参数化建模与协同设计技巧;施工人员需熟悉 BIM 施工模拟结果的解读与应用;管理人员则应具备基于 BIM 平台的工程管控能力。通过理论教学与实操训练相结合的方式,提升相关人员的 BIM 应用水平。同时,建立高效的团队协作机制,明确各成员的工作分工与沟通流程。定期组织协同工作会议,交流技术应用过程中的问题与经验,形成协同高效的工作氛围,确保 BIM 技术在工程各环节得到充分应用。

5.2 数据安全与信息追溯

BIM 协同设计与施工模拟过程中产生的大量工程数据,其安全管理与信息追溯至关重要。建立完善的数据安全管理体系,采用数据加密、访问权限控制、定期备份等技术手段,防止数据泄露、丢失或被篡改。明确数据管理责任主体,对数据的采集、录入、修改等环节进行全程记录。构建全周期信息追溯体系,通过 BIM 模型的唯一标识与数据关联功能,实现对工程各阶段数据的快速追溯。当工程出现质量或安全问题时,可通过追溯

相关数据,精准定位问题原因,为问题解决提供依据,同时也为工程验收与后续运维提供完整的资料支撑。

5.3 新兴技术融合与升级

推动 BIM 技术与新兴技术的融合,是实现其应用模式拓展与升级的重要方向。将 BIM 技术与物联网技术结合,通过在支护结构构件上安装传感器,实时采集施工过程中的结构变形、应力等数据,实现对工程状态的实时监测与数据自动更新。与大数据技术融合,对 BIM 平台积累的工程数据进行深度分析,挖掘数据背后的规律,为支护结构设计优化与施工决策提供数据支持。结合人工智能技术,开发智能碰撞检测、风险自动识别等功能,提升 BIM 技术的智能化水平。通过与新兴技术的融合,不断拓展 BIM 技术的应用边界,提升其在深基坑工程中的应用价值。

6 结论

本文围绕基于 BIM 的深基坑支护结构协同设计与施工模拟展开研究,系统分析了 BIM 技术与深基坑支护工程的适配性,构建了多专业协同设计框架,探究了 BIM 模型构建优化及施工模拟关键技术,并提出了技术应用的保障措施。研究表明,BIM 技术能够有效打破传统设计与施工的信息壁垒,通过可视化、参数化及协同化特性,提升支护结构设计精度,优化施工流程,降低工程风险。基于 BIM 的协同设计机制可实现各专业高效协作,施工模拟技术能为施工过程管控提供科学依据。后续可进一步加强 BIM 与新兴技术的融合应用,完善技术标准体系,推动该技术在深基坑工程中更广泛、更深入的应用,为地下工程建设提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 郑书尧. 基于 BIM 的岩土工程深基坑支护设计探究[J]. 建材发展导向, 2025, 23(18): 88-90.
- [2] 何东峰, 吴文民. 基于 BIM 技术的复杂环境下深基坑支护应用探究[J]. 建材发展导向, 2025, 23(17): 49-51.
- [3] 方鲁兵, 杨跃跃, 朱春双. 融合 BIM 技术与物联网的深基坑监测应用研究[J]. 安阳工学院学报, 2025, 24(04): 84-89.
- [4] 卫蒋. BIM 技术在深基坑支护施工模拟中的应用研究[J]. 砖瓦, 2025, (07): 159-161.