

基于 BIM 技术的超大超深基坑工程应用与探索

滕忻彬 陈嘉隆 郭双鹏 冯铭川 田明威

中国建筑第八工程局有限公司上海分公司, 上海市浦东区, 200120;

摘要: 为破解超大超深基坑工程管理难题, 本文聚焦 BIM 技术在该领域的应用与探索。研究从工程实际出发, 分析 BIM 技术在质量管理、进度管理、安全管理中的实践路径, 同时探讨现场 BIM 展板的信息交互价值及 BIM+GIS 融合的空间管理优势。实践表明, BIM 可通过三维建模整合多元信息、4D/5D 模拟优化流程, 著实现降本增效与提质控险。此外, 研究也指出当前 BIM 在复杂地质建模精度、软件数据兼容方面的不足, 并提出未来结合 AI 与大数据优化风险评估、延伸至运维阶段、搭建全生命周期数字平台的发展方向, 为城市地下空间开发的数字化管理提供参考。

关键词: BIM 技术; 基坑; 数字化建筑

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 11. 003

引言

随着我国城市化建设水平的不断提升, 在大型交通枢纽的建设中, 建筑地下空间往往会与地铁、高速公路进行融合统一, 这直接推动基坑开挖朝着更大面积、更深度的方向发展, 进而对超大大地下空间的设计科学性与建设专业性提出了更为严苛的要求。而基坑工程本身常面临地质条件复杂、施工场地局促、周边环境多变等多重因素制约, 为工程施工带来了极大挑战。

1 研究现状

从当前行业发展来说, 随着城市化进程走上新台阶, 越来越多的基坑施工呈现复杂化态势, 这对建筑工程质量、安全等方面提出了新要求, 急需一种稳定高效的技术进行赋能。BIM 技术作为高效的数字化管理手段, 能够实现资源信息整合、多方协作、降本增效等功能, 引用 BIM 技术可实现基坑全生命周期的伴随式管理。

面对建筑行业的数字化日趋增强, BIM 技术作为建筑业数字化的核心技术, 不断增强影响力与应用范围。政府出台的相关政策法规极大支持了 BIM 技术在本土的发展, 行业企业以此为指导, 不断探索发展趋势, 将 AI、互联网、大数据融合探索, 在复杂基坑中的应用也将更加高效智能。

2 阶段应用

2.1 构建 BIM 模型

首先要对设计图纸进行由二维图元到三维模型的

转换, 这样就要求对各方信息进行整合汇集, 形成一个完整全面的 BIM 模型。对地质勘探单位的所提供的地质勘察报告, 对项目所处地区的土层分布、厚度体积等参数, 借助 BIM 软件 AutoCAD Civil 3D, 精准的将勘察报告中的二维地质信息转化为三维地质结构模型, 更加直观呈现所需的信息。

对于周边的工况可采用地理信息系统 (GIS) 获取周边地形数据, 导入到 Revit 软件中同三维地质模型进行整合, 在模型中明确红线边界, 便于多方查看展示。由于周边管线的复杂性, 应提前将周边环境的道路管线进行信息统计采集, 重点对与道路的宽度和位置进行标注, 地下管线的种类数量、深度、管径、走向等信息都是需注意的, 应与相关部门进行二次确认。

在地质、周边工况模型整合完毕后, 应开始构建超大超深基坑围护结构模型。依据基坑设计方案, 使用 Revit 进行三维建模, 将围护结构中的各类构建进行参数化建模, 做好族库准备, 节省建模时间。建模过程中应严格遵照设计图纸与有关规范, 对于各构建的物理信息, 创建桩基的直径、长度、间距等参数。在此基础上进行建模, 构建完成后形成完整的超大超深基坑模型, 为后续的施工和检测提供基础依据。

2.2 施工准备阶段应用

传统的地形数据采集在超大超深基坑工程中存在明显不足。对于大面积且复杂的施工场地, 人工测量不仅耗时费力, 而且精度难以保证。例如在一些存在较大

高差的山地场地,人工水准仪测量难以快速获取全面准确的数据,容易遗漏局部地形特征,导致后续基坑设计与实际地形不匹配。BIM 技术通过引入先进的测量设备实现高效精准的数据采集。激光扫描技术能够在短时间内获取海量的点云数据,这些数据可以精确地反映出施工场地的每一处地形起伏。同时,无人机航测系统能够从空中对整个场地进行全景拍摄与测量,生成三维地形模型。将采集到的数据导入 BIM 软件后,可以进行深入分析,如通过软件算法精确计算土方量,帮助施工团队制定合理的土方调配方案,减少土方工程成本。

超大超深基坑工程的施工场地布置涉及到众多复杂的功能区域划分。合理的布置能够保障施工流程顺畅,提高施工效率。例如,材料堆放区的位置若不合理,可能会导致材料运输路线过长,影响施工进度;机械设备停放区若规划不当,可能会造成机械设备进出困难,甚至引发安全事故。BIM 技术允许对施工场地进行虚拟建模。在模型中,可以创建诸如材料堆放场、施工机械停放区、工人生活区等不同功能区域,并赋予其实际的属性,如面积、空间位置等。通过碰撞检测功能,可以提前发现不同功能区域之间的空间冲突,例如检查材料堆放高度是否会影响现场塔吊的运行范围。而且,BIM 模型能够实现施工场地的动态管理,随着基坑施工进度的推进,适时调整场地布置,如在基础施工阶段和主体结构施工阶段合理调整材料堆放场地的大小和位置。

大型交通枢纽中的超大超深基坑工程周边往往分布着密集的地下管线,包括给排水管道、电力电缆、通信线路等。这些管线的准确位置、走向和埋深各异,管线迁改不当会引发停水、停电、通信中断等严重后果,影响周边正常运行。BIM 技术通过收集地下管线资料,建立精确的地下管线三维模型。将地下管线模型与基坑模型整合后,可以提前发现基坑施工与地下管线的冲突点。例如,能够直观地看出基坑开挖是否会影响地下电力电缆。基于 BIM 模型,各相关管线权属单位、设计单位和施工单位可以进行协同工作,明确各自的责任和工作范围,制定科学合理的管线迁改方案,确保管线迁改工作顺利进行,保障城市基础设施的正常运行。

2.3 施工建设阶段应用

在传统的超大超深基坑施工中,交底通常采用二维

图纸和口头讲解的方式。由于超大超深基坑工程结构复杂,施工人员仅凭二维图纸很难准确地理解空间关系和施工细节。例如,对于多层支撑体系的安装位置和顺序,施工人员可能在理解上存在偏差,从而导致施工错误。

BIM 技术能够将基坑施工方案以三维可视化模型呈现。通过对模型中的各个构件进行标注和说明,可以清晰地展示出施工工序的先后顺序、施工方法以及技术要求。例如,在展示地下连续墙的施工过程时,模型可以详细呈现出导墙制作、成槽施工、钢筋笼吊装和混凝土浇筑等每一个步骤。施工人员能够直观地看到每个操作环节,从而更好地理解施工方案,减少施工中的误解和错误。

超大超深基坑工程涉及到多种施工工艺和复杂的施工流程,不同的施工方案会对工程的进度、质量和成本产生重大影响。在实际施工前,需要对施工方案进行全面评估和优化。BIM 技术结合施工进度计划和资源配置,能够进行 4D 施工方案模拟。在模拟过程中,可以清晰地观察到各个施工工序的持续时间、施工人员和机械设备的投入情况,以及不同工序之间的衔接关系。例如,在模拟土方开挖方案时,可以分析不同开挖顺序和出土路线对施工效率的影响。通过对模拟结果的分析,可以优化施工方案,如调整土方开挖分层分段的方式,减少土方开挖过程中的相互干扰,提高施工效率。

超大超深基坑工程施工进度受多种因素影响,如地质条件变化、恶劣天气、施工技术难题等,准确地控制施工进度是施工管理中的一大挑战。BIM 技术通过将施工进度计划与基坑模型相结合,生成 5D 施工进度模拟模型。在该模型中,可以直观地看到每个施工阶段的开始时间、结束时间和持续时间。通过实时对比实际施工进度与模拟进度,可以及时发现进度偏差。例如,当发现某一区域的支撑施工进度滞后时,可以通过模型分析是由于材料供应不及时还是施工人员操作问题导致的。进而采取相应的措施,如增加材料供应或调配有经验的施工人员,以确保施工进度按计划进行。

超大超深基坑施工条件验收包括对地质条件、支护结构质量、地下水位等方面的检查和评估,是保障施工安全的重要环节。BIM 模型可以集成基坑工程的地质勘察数据、支护结构设计数据和施工过程数据。在施工条

件验收时,通过对比模型中的数据与实际测量数据,可以快速准确地判断施工条件是否符合要求。例如,在检查支护桩的桩身完整性时,可以将实际检测数据与 BIM 模型中预设的桩身质量标准进行对比。若发现数据不符,可及时查找原因,采取补救措施,避免安全事故的发生。

在超大超深基坑施工过程中,由于地质条件的不确定性、设计变更、施工技术问题等原因,施工方案往往需要进行变更。BIM 模型具有参数化和关联性的特点,当施工方案发生变更时,模型中的相关构件和数据会自动更新。例如,当发现实际地质情况与原设计不符,需要对支护结构进行变更时,BIM 模型中的支护结构参数会相应改变,如增加支护桩的长度或加密桩间距。同时,BIM 模型还可以记录施工方案变更的历史过程,便于施工管理人员进行追溯和分析,确保变更后的施工方案符合工程实际需求。

2.4 施工资源管理

BIM 通过构建参数化 3D 模型,实现基坑工程全流程质量管控。施工前,依托模型开展碰撞检测,如某地铁基坑项目中,通过 Revit 模型发现支护桩与地下管线冲突点 12 处,提前优化设计方案,避免施工返工。施工过程中,将传感器采集的混凝土强度、钢筋间距等数据关联至模型对应构件,实时对比质量标准,当某高层建筑基坑支护墙混凝土强度低于设计值时,系统自动预警,管理人员通过模型追溯施工班组与材料批次,24 小时内完成整改。此外,模型可存储全周期质量记录,竣工验收时快速调取隐蔽工程数据,提升验收效率。

通过 BIM 与进度计划融合构建 4D 模型,实现施工进度动态管控。某商业综合体基坑工程中,利用 Navisworks 将施工工序与 3D 模型绑定,模拟土方开挖、支护施工等关键环节,过移动端实时上传进度数据,模型自动更新进度偏差,如基坑降水作业延误 3 天时,系统模拟调整后工序资源分配,确保总工期不变。同时,4D 模型为参建方提供统一进度视图,减少沟通成本,进度协同效率提升 40%。

BIM 助力基坑安全风险精准防控。首先,通过模型

模拟施工场景识别风险,如某深基坑项目模拟发现“边坡开挖坡度不足”可能引发坍塌,提前调整开挖方案并增设锚杆支护。其次,建立安全监测模型,在支护结构、周边建筑布设位移传感器,数据实时传输至 BIM 平台,当某区域位移超预警值(如累计位移达 25mm)时,模型以红色高亮警示,并自动推送应急处置方案。此外,基于模型开展虚拟应急演练,如模拟基坑管涌事故,明确人员疏散路线与设备调配流程,提升现场应急响应能力。

3 结语

本研究系统探析 BIM 技术在超大超深基坑工程的应用,从数字建模到施工全流程,证实其对破解项目管理困境的关键作用。实践中,BIM 通过三维建模整合地质、管线等多元信息,解决传统二维图纸信息碎片化问题;结合激光扫描、无人机航测优化施工筹备,依托 4D/5D 模拟、实时监管降低施工偏差与安全风险,且现场 BIM 展板、BIM+GIS 融合打破虚实衔接障碍,实现“微观 - 宏观”协同管理。

当前 BIM 应用仍存不足,如复杂地质下模型精度待提升、软件数据交互有兼容问题。未来,AI 与大数据深度融合 BIM 可优化地质预测、风险评估,推动其向运维延伸,搭建“设计 - 施工 - 运维”数字平台,将成基坑工程数字化核心方向,为城市地下空间开发提供智能支撑。

参考文献

- [1] 项国应.既有建筑物改造对地铁结构的影响分析[D].重庆:重庆交通大学,2017.
- [2] 张建平,余芳强,李丁.面向建筑全生命期的集成 BIM 建模技术研究[J].土木建筑工程信息技术.2012,(1). DOI:10.3969/j.issn.1674-7461.2012.01.002.
- [3] 肖贝.Revit 二次开发在基坑土方工程中的应用研究[D].南昌:南昌大学,2016.
- [4] 付文波.基于 BIM 的深基坑桩锚支护结构优化设计及稳定性分析[D].湘潭:湘潭大学,2017.