

BIM技术在深基坑工程中的应用方法

□ 李小平 李晓斌 刘福江

[摘要] BIM技术是实现工程精细化管理的重要手段，在各种重大危险工程中有着良好的应用效果。以BIM技术在深基坑工程施工中的应用为研究对象，通过文献综述，结合自身工作经验，介绍了BIM技术在深基坑工程施工中的应用流程与对应软件方案，并对BIM技术在深基坑中的优化设计、施工模拟、智慧管理及智能监测四个应用点进行探讨总结，研究成果对于深基坑工程的管理工作和BIM技术的应用具有重要的参考意义。

[关键词] 建筑信息模型；BIM；深基坑；工程管理；智慧管理

1 引言

深基坑工程是指开挖深度超过5m（含5m）基坑（槽）的土方开挖、支护及降水工程，或深度虽未超过5m，但地质条件和周围环境及地下管线特别复杂的土方开挖、支护及降水工程^[1]，具有综合性和地区性强、临时性和风险性大、环境条件要求严格的特点。近年来，随着我国超高层建筑及城市地下空间——地铁、地下商场及隧道等的大规模开发建设，深基坑工程不断涌现，其技术也取得长足的进步与发展^[2]。然而，伴随着城市的开发建设和深基坑工程技术的发展，深基坑工程“深、大、紧、近”的特点也越来越明显，其影响因素、技术难度、危险系数比过去更多、更大、更高，深基坑安全生产事故时有发生，对人民的生命财产安全造成重大威胁^[3-4]。

同时，近年来我国正在大力推行BIM技术，其具有的可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性等特点，为土建行业的发展提供了新的契机。大量的研究和实践表明，BIM技术的应用可大大提高工程管理的效率与质量，而深基坑、高支模等重大危险工程正是BIM技术的最佳应用点之一。本研究旨在通过文献综述，结合自身工作经验，探讨总结BIM技术在深基坑工程的应用方法与路线，以为深基坑工程的施工和管理提供借鉴和思路。

2 BIM技术在深基坑工程中的应用流程及软件方案

2.1 应用步骤

图1给出了BIM技术在深基坑工程中的应用流程图。其具体步骤包括：

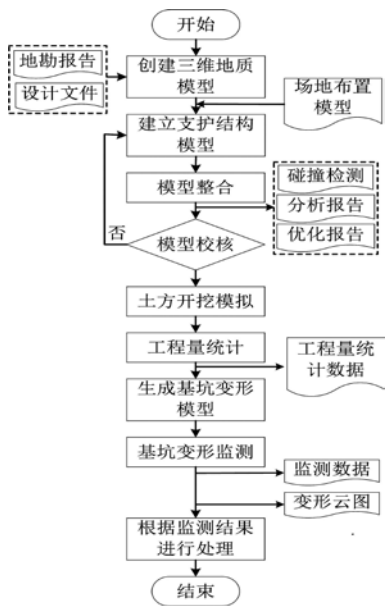


图1 BIM技术在深基坑工程中应用流程图

（1）模型建立。收集项目地勘测报告、设计文件及周边建筑物、道路、地下管线等数据，据此利用Revit与Civil 3D软件建立地质模型、基坑支护模型、环境模型及基坑模型。

（2）优化设计。将建立好的各专业模型整合，进行碰撞检测与设计优化。

（3）施工模拟。根据深基坑专项施工方案以及建立好的模型，利用Navisworks软件进行施工模拟，提前了

[作者简介] 李小平，甘肃第四建设集团有限责任公司，三公司经理，工程师。
 李晓斌，甘肃第四建设集团有限责任公司，三公司副经理，工程师。
 刘福江，甘肃建投科技研发有限公司，硕士。

解基坑施工过程中不同时段的工程进展情况及对周边的影响，提前进行铺排和优化。

（4）工程管理。利用BIM 5D平台结合物联网等技术对深基坑施工过程中“人、机、料、法、环”进行智能化高效管理。

（5）基坑监测。利用智能化设备对基坑变形实时监测，并将监测数据传输到服务器与BIM模型关联，进行直观的展示，并根据监测结果进行处理。

2.2 软件应用方案

图2给出了BIM技术在深基坑工程中的软件应用方案^[5]。其中地质模型建模采用AutoCAD Civil 3D软件；支护结构模型、环境模型的建立及模型整合采用AutoCAD Revit软件；碰撞检测及施工模型采用Navisworks软件；工程量计算采用AutoCAD Revit与广联达软件；利用BIM 5D平台进行智慧管理，利用Midas进行结构监测的分析。

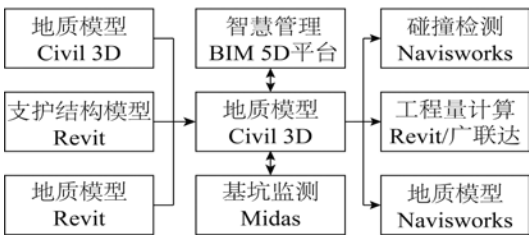


图2 BIM技术在深基坑工程中的软件应用方案

3 BIM技术在深基坑中的具体应用

3.1 优化设计

图3给出了深基坑工程优化设计的基本流程。（1）以地勘报告、设计文件等为依据，利用Civil 3D软件将二维的地勘资料转换成三维地勘模型，同时利用Revit软件建立支护体系模型（包括支护结构形式、几何尺寸、材质及空间位置等信息）、场地环境模型（包括地下管线、周边建筑物等信息）以及基坑模型（包含大小、几何尺寸、空间位置、开挖分区及出土路线等信息）。（2）根据建立好的3D模型，进行初步优化。（3）将建立好的模型导入Navisworks软件，进行各专业的碰撞检测。若存在问题，则进行优化修改；如无问题，则执行下一步。（4）利用Revit软件将各模型进行整合并导入Navisworks软件，进行深基坑全模型的碰撞检测，若存在问题，则进行优化修改，如无问题，则进行成果产出，主要成果为优化报告、二维图纸及三维模型等。

同时，BIM技术将原有的二维信息以三维的形式呈现，展现出模拟的真实环境，可以快速、直观、实时及

多视角地查看基坑各部分、各部位及各构件信息及其相互之间的关系，使设计者和决策者可以更清楚获知基坑的情况，从而进行优化设计或者选择其他方案，并对其安全性、可行性经济性进行分析^[6]，甚至可以将模型导入有限元软件或结构设计分析软件，如Midas等，对结构安全性进行分析，协助设计者进行设计，规避各种设计错误。此外，若发现问题，可直接在模型上进行修改验证，提高复杂深基坑的设计与优化效率。

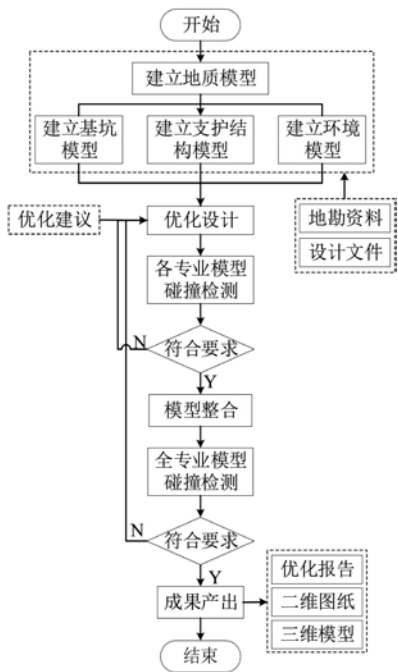


图3 基于BIM技术的深基坑优化设计基本流程

3.2 施工模拟

基于BIM技术的施工模拟是BIM技术深基坑工程应用中的关键应用点之一，其主要内容包括场地布置、模拟施工、工程量计算及可视化交底等。图4给出了基于BIM的施工模拟的基本流程。

（1）根据深基坑专项施工方案和优化后的深基坑工程模型，利用Revit软件进行深基坑工程的三维场地布置，主要包括基坑开挖分区、土方运输路线、物料堆放点、机械布置及临、水临电、临建布置等，并进行检查，判断其是否符合要求。若不符合要求，则重新进行建模与布置；若符合要求，则执行下一步。（2）按照深基坑专项施工方案及施工进度计划，将完成场地布置的模型导入Navisworks软件，利用其漫游技术进行施工模拟，直观地查看深基坑的施工情况、对周边环境的影响，尤其是对地下管线及周边建筑物的影响以及建

成后的效果。并对不同的施工方案进行比较，选择最优的施工方案；对于使用方案中存在的冲突及不合理之处进行优化，科学合理地对基坑工程的施工工艺、工作面及资源调度进行调整，提高基坑施工的效率与质量。

（3）将优化的图纸、模型和漫游动画进行整理编辑。

（4）成果输出。主要成果包括二维图纸、三维模型、序列图片及模拟视频。同时根据模型中构件、土方、结构、材料等对应的名称与属性，利用Revit、广联达等软件对工程量进行快速、直观统计，计算出各阶段的开挖量、出土量及支护量等数据，提前对基坑工程进行铺排。此外，施工模拟所形成的动画视频和模型也可作为技术交底的重要资料。（5）指导施工。将所形成的成果用于施工指导。

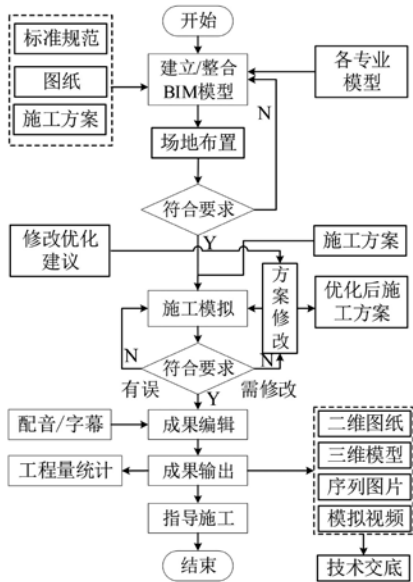


图4 基于BIM技术施工模拟的基本流程

3.3 智慧管理

智慧管理是BIM技术在深基坑工程中应用的核心环节，其核心平台软件为BIM 5D管理平台。围绕深基坑施工中的“人、材、机、法、环”等因素，基于物联网、云计算、5G技术、GPS、无人机、视频监控及各种智能传感设备，实时获取施工现场情况，实现人、基坑实体、机械、材料、土方等的智能检测与跟踪，并将获取到的数据传递并导入BIM 5D平台进行处理和展示，方便各参建方进行管理和高效沟通协调。其主要功能包括深基坑生产管理、安全管理、进度管理、质量管理及智慧管理的其他应用，如安全监测系统、环境监测系统自动喷淋系统等，这大大提高了深基坑管理的精细化程度。

3.4 智能监测

将BIM技术引入深基坑的监测中，建立基坑、支护结构、周边环境以及测点模型，实时获取基坑变形数据并导入模型，进行分析并以可视化的形式呈现，实现基坑的智能监测。基于BIM技术的基坑智能监测流程见图5。

（1）布置基坑监测测点，通过无人机、3D激光扫描仪、智能全站仪及光栅监测等设备与技术自动获取基坑变形数据。（2）将获取到的基坑监测数据利用物联网、5G等技术实时传递并导入已经建立好的BIM模型，并与基坑相应部位、测点相关联，利用BIM 4D技术，自动建立基坑不同时段的变形模型与云图，直观地展示其变形情况与趋势，智能预测可能的变形曲线。（3）根据每个测点的允许变形阈值和变化速率阈值，分析评定其安全等级并及时反馈，若变形值和变化速率值超过阈值，则在模型和云图上红色高亮显示，并报警提醒；若预测此处有较大风险，则黄色高亮显示，若正常则绿色显示。（4）根据检测分析结果对基坑进行处理。

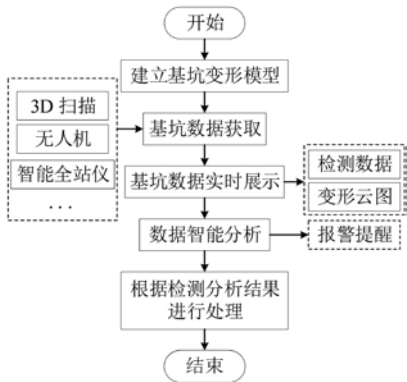


图5 基于BIM技术的基坑智能监测流程

从上述分析可以看出，将BIM技术引入基坑监测中，将原有的密布测点、间断、滞后的监测方式转变为集约、实时及可视化的监测方式。同时，随着5G技术、物联网和监测技术的发展，物联网、终端（PC、移动）及深基坑智能监测的融合必将更加深入与广泛^[7]。

4 结语

深基坑工程问题一直是建筑工程领域的热点和难点问题之一。通过对BIM技术在深基坑中的应用方法进行研究探讨，将BIM技术应用于深基坑工程，BIM技术可视化、协调性及模拟性的特点，不仅可以为深基坑工程的质量与安全提供保障，还可以提升深基坑工程的成本与进度控制水平，是深基坑工程管理的有效方法，值得推广应用。

（下转第56页）