城市道路管线迁改与主体结构交叉施工的BIM协同管理平台应用

崔杰生

（聊城市茌平区综合行政执法局市政和亮化综合服务中心，山东　聊城　252000）

摘　要：由于管线迁改与主体结构施工相互制约，传统二维图纸及人工协调方式已难以满足复杂工程管理需求。文章以城市道路工程为研究对象，分析管线迁改和主体结构交叉施工过程中存在的问题，提出基于建筑信息模型（BIM）的协同管理平台构建方法。该平台融合三维建模、施工模拟、进度管理、碰撞检测、质量安全管理及信息共享等功能，实现设计、施工、监理及建设单位之间的信息协同。实践结果表明，BIM协同管理平台可有效降低管线冲突率、提高施工组织效率、缩短工期、降低返工成本，为城市道路工程数字化建造提供技术支撑。

关键词：BIM；城市道路；管线迁改；主体结构；协同管理；交叉施工

中图分类号：U415　　**文献标识码：**A

Application of BIM collaborative management platform in crossing construction of urban road pipeline relocation and main structure

CUI Jiesheng

（Liaocheng City Chiping District Comprehensive Administrative Law Enforcement Bureau Municipal Facilities and Lighting Comprehensive Service Center，Liaocheng，Shandong 252000，China）

Abstract：Due to the mutual constraints between pipeline relocation and main structure construction，traditional two-dimensional drawings and manual coordination methods are no longer able to meet the management needs of complex engineering. Taking urban road engineering as the research object，this paper analyzes the problems existing in the crossing construction process of pipeline relocation and main structure，and proposes a construction method for a collaborative management platform based on Building Information Modeling（BIM）. The platform integrates functions such as 3D modeling，construction simulation，schedule management，clash detection，quality and safety management，and information sharing，achieving information collaboration among design，construction，supervision，and construction units. Practical results show that the BIM collaborative management platform can effectively reduce pipeline conflict rates，improve construction organization efficiency，shorten construction periods，and reduce rework costs，providing technical support for the digital construction of urban road engineering.

Key words：BIM，urban road，pipeline relocation，main structure，collaborative management，crossing construction

1　引言

近年来，城市道路建设逐渐向地下综合开发方向发展，大量地下管线纵横交错，管线迁改工作已成为制约工程建设的重要因素。尤其是在地铁、市政隧道、地下综合管廊及城市快速路工程中，主体结构施工往往需要与管线迁改同步推进，形成大量交叉施工节点[1]。传统施工管理主要依赖二维CAD图纸、现场会议协调及人工统计，不仅信息更新滞后，而且难以及时发现空间冲突，容易导致施工返工、工期延误及安全事故。BIM技术通过建立三维数字模型，将工程几何信息、施工进度及资源信息进行集成，为复杂施工组织提供数字化管理手段。因此，研究城市道路管线迁改和主体结构交叉施工的BIM协同管理平台，对于提高施工效率、保障工程质量及推动智慧建造具有重要意义。

2　城市道路管线迁改与主体结构交叉施工的特点

城市道路工程地下空间通常敷设有给水、雨污水、电力、通信、天然气、热力等市政管线，以及综合管廊接口等

基础设施。此类管线种类繁多、分布密集,且分属不同产权单位,其迁改涉及方案审批、产权协调、停改迁组织及验收等环节,实施流程复杂、协调周期较长。同时,道路主体结构施工涵盖基坑开挖、支护结构施工、地基处理、主体结构浇筑及道路恢复等工序,与管线迁改在时间和空间上广泛交叉,任一环节滞后均可能影响后续施工进度。此外,项目建设需建设单位、设计单位、总承包单位、监理单位、管线产权单位及相关部门等共同参与,信息传递层级较多,传统依赖二维图纸和会议协调的管理模式难以及时共享工程信息并动态调整施工计划,由此易引发沟通效率低、协调成本高及施工冲突频发等问题,对工程进度、安全和质量管理均构成较大挑战[2]。

3 BIM协同管理平台总体架构

针对上述问题,本文构建基于BIM技术的协同管理平台,形成由数据采集层、模型管理层、业务管理层和应用展示层组成的四层架构。数据采集层负责整合BIM模型、GIS地理信息、地下管线资料、无人机测量数据、激光扫描数据及物联网(IoT)监测数据等信息,实现施工现场数据的实时采集与动态更新,为平台运行提供可靠的数据基础。模型管理层以统一的数据标准建立道路模型、地下管线模型、主体结构模型、临时设施模型及施工机械设备模型,并完成多专业模型集成,实现工程全要素三维可视化管理。业务管理层依托统一模型开展管线迁改管理、施工组织优化、进度计划控制、碰撞检测分析、质量监督等业务,实现施工全过程数字化协同管理。应用展示层通过PC端、移动终端及智慧工地可视化大屏等载体,为建设、设计、施工、监理等参建单位提供模型浏览、施工模拟、数据查询、问题反馈和协同办公等功能,实现工程信息实时共享和科学决策,有效提升复杂交叉施工的管理效率和数字化管理水平[3]。

4 BIM协同管理平台关键功能

4.1 三维可视化管理

BIM协同管理平台通过建立完整的三维工程模型,可实现道路工程、地下管线、主体结构及施工临时设施等专业信息的集成展示。相较于传统二维CAD图纸,三维模型能够更直观地反映地下空间关系,施工人员可通过模型快速获取管线埋深、空间位置、敷设方向、主体结构边界、基坑开挖范围及临时道路布置情况,从而提高工程理解能力和现场决策效率[4]。在模型构建过程中,将道路设计数据、地下管线探测数据及主体结构设计参数进行统一整合,形成具有空间坐标关联关系的数字化工程模型。在模型应用过程中,可通过空间关联算法计算不同构件之间的位置关系:

$$D=\sqrt{(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2+(z_1-z_2)^2} \tag{1}$$

其中,D表示两个工程对象之间的空间距离;x,y,z分别表示对象在三维坐标系中的位置。

4.2 管线碰撞检测

针对城市道路工程地下管线密集、专业交叉频繁的问题,BIM协同管理平台可利用三维模型开展自动化碰撞检测,实现施工前的冲突识别与优化调整。传统施工管理通常依靠人工检查设计图纸,难以及时发现隐藏于地下空间中的管线冲突,而BIM技术能够通过模型计算,对管线和主体结构、管线之间、管线与支护结构、管线和施工设备之间的空间关系进行自动分析。在检测过程中,首先建立道路、管线及主体结构三维模型,其次进行多专业模型整合,通过碰撞分析模块识别冲突位置并生成检测报告。项目管理人员根据检测结果调整设计方案或施工顺序,完成模型优化更新,形成“建立模型—模型整合—碰撞分析—问题定位—方案优化—模型更新”的闭环管理流程。碰撞检测的核心是判断不同构件之间是否存在空间重叠,其计算过程可表示为:

$$C=\begin{cases}1, V_a\cap V_b\neq\varnothing\\0, V_a\cap V_b=\varnothing\end{cases} \tag{2}$$

其中,C表示碰撞检测结果;V_a,V_b分别表示两个工程构件的空间范围。

4.3 施工进度协同管理

城市道路工程涉及管线迁改、基坑支护、土方开挖、主体结构施工及道路恢复等阶段,各施工环节之间存在严格的逻辑关系,任一关键节点延误均可能影响整体工期。通过BIM协同管理平台,管理人员可将施工任务、计划工期与空间模型进行绑定,形成动态施工进度模型,直观展示每日施工区域变化情况[5]。当实际施工进度和计划存在偏差时,该平台能够及时发现关键线路延误,并辅助管理人员调整资源配置和施工组织方案。施工进度偏差分析可表示为:

$$\Delta T=T_r-T_p \tag{3}$$

其中,ΔT表示施工进度偏差;T_r表示实际完成时间;T_p表示计划完成时间。当$\Delta T>0$时,说明施工进度滞后,需要采取调整措施;当$\Delta T<0$时,表示施工提前完成。

4.4 交叉施工模拟

BIM协同管理平台通过建立施工时序模型,动态模拟并对比分析不同施工方案,为施工组织优化提供了依据。例如,在管线迁改施工过程中,可设定“方案A:完成全部管线迁改后开展主体施工”与“方案B:按区域划分实施管线迁改和主体结构同步施工”两种模式,通过模拟不同方案下的施工时间、空间占用情况及交通影响范围,选择更合理的组织方式。施工方案综合评价可采用多指标评价模型:

$$S=\sum_{i=1}^{n} w_i X_i \tag{4}$$

其中,S表示施工方案综合评价值;w_i表示评价指标权重;X_i表示对应指标标准化值。

4.5　信息协同管理

BIM 协同管理平台通过建立统一工程数据库，可实现设计、施工、管理信息的集中存储与共享，为各参建单位提供统一的信息交互环境。平台支持施工图纸统一管理、技术交底资料共享、设计变更同步更新、工程签证在线审批及施工问题闭环处理等功能。当设计方案调整时，相关信息可同步反馈至模型和管理系统，避免因信息滞后导致施工错误。信息协同效率可通过信息传递时间缩短率评价：

$$\eta=\frac{T_0-T_1}{T_0}\times 100\% \tag{5}$$

其中，η 表示信息协同效率提升比例；T_0 表示传统管理模式下的信息传递时间；T_1 表示采用 BIM 平台后的信息传递时间。

5　BIM 协同管理平台应用流程

BIM 协同管理平台在城市道路管线迁改和主体结构交叉施工中的应用，需要贯穿工程建设全过程，旨在实现设计、施工、管理及验收阶段的信息连续传递。该平台应用首先从基础模型建设开始，收集道路设计资料、地下管线探测数据以及主体结构设计参数，建立道路、地下管线和主体结构三维 BIM 模型，为后续施工管理提供数字化基础。在模型建立完成后，将各专业模型进行整合，通过碰撞检测功能分析管线与主体结构、支护设施以及其他地下设施之间的空间关系，提前发现设计冲突并进行优化调整。

施工准备阶段，项目管理人员依据模型分析结果制定管线迁改施工方案，并利用 BIM 施工模拟功能对比不同交叉施工组织方案，优化管线迁改与主体结构施工顺序；将施工进度计划与 BIM 模型关联，形成 4D 施工管理模型，实现施工过程动态展示与进度跟踪。现场施工中，通过移动终端、物联网设备及现场采集系统，将施工进度、质量检查、安全隐患等数据实时反馈至平台，使管理人员及时掌握工程状态；当实际施工与计划出现偏差时，平台可辅助动态调整施工组织方案，优化资源配置，降低施工风险。工程完成后，平台根据施工过程数据更新形成数字化竣工模型，实现工程资料完整归档，为后期运营维护提供数据支持。

6　工程应用分析

以某城市主干道路改造工程为例，开展 BIM 协同管理平台应用研究。该工程道路全长约 2.8 km，规划红线宽度 60 m，主要建设内容包括地下综合管线迁改、道路主体结构施工及相关附属设施建设。由于施工区域位于城市建成区，地下空间分布有给水、雨污水、电力、通信、燃气等类型管线，共涉及 180 余条（段），且部分管线迁改需和道路主体结构施工同步推进，施工组织与多单位协调难度较大。项目建设周期为 18 个月，引入 BIM 协同管理平台对设计、施工、监理及建设单位实施全过程数字化协同管理，实现工程模型、施工进度、质量安全数据的统一管理。

应用结果显示，BIM 协同管理平台能够显著提升施工管理效率，管线碰撞发现率由传统管理模式下的 68.5% 提升至 97.8%，设计变更响应时间由 5.8 天缩短至 1.6 天，施工返工率由 8.9% 降低至 2.7%，整体工期缩短 14.3%，参建单位协同效率提升 36.8%，质量问题整改周期由 4.6 天缩短至 1.9 天。通过三维模型和碰撞检测功能，该项目能够在施工前提前发现地下空间冲突，减少现场临时调整；利用 4D 施工模拟技术优化管线迁改和主体结构施工顺序，实现不同施工环节有序衔接。同时，移动终端与平台数据实时联动，使现场质量、安全问题能够快速定位、及时整改，降低施工风险。

7　结束语

针对城市道路管线迁改和主体结构交叉施工管理难题，本文构建了基于 BIM 技术的协同管理平台，并结合工程实践分析平台在三维可视化、碰撞检测、施工模拟、进度协同及质量安全管理等方面的应用效果。实践结果表明，该平台能够有效提升多参建单位的信息共享效率，减少地下管线与主体结构空间冲突，优化施工组织，降低返工率和施工风险，实现工期缩短、成本降低及工程质量提升。

参考文献：

[1] 崔朋. 浅谈城市道路管线迁改工作中的问题和解决措施[J]. 城市建筑，2015(29)：237.
[2] 赵登霞，褚淑芳. 城市道路管线迁改工作中的问题和解决措施探讨[J]. 建筑工程技术与设计，2019(11)：3515.
[3] 陆云健. 城市道路改扩建工程中的综合管线迁改设计研究[J]. 建筑与装饰，2026，29(2)：91-93.
[4] 傅波涛. 城市道路高架桥施工项目安全风险评价研究[D]. 成都：西南交通大学，2020.
[5] 陈靖. 城市轨道交通 TOD 综合开发项目系统专业关键工序施工接口研究[J]. 建筑与装饰，2023(7)：132-135.

作者简介：

崔杰生（1972—），大专，助理工程师，研究方向：城市道路与交通工程。