

基于 BIM 技术的市政道路施工全过程协同管理研究

贾子超 赵龙超

青岛理工大学建设咨询有限公司 山东 青岛 266000

摘要:我国城市化加速,市政道路工程建设规模与复杂度提升,传统管理模式弊端显现,难满足现代管理需求。BIM技术凭借信息集成、可视化模拟和协同工作能力,为市政道路工程难题提供新路径。本文以市政道路工程为研究对象,探讨BIM技术在项目全生命周期(前期策划至竣工交付)的协同管理应用,构建“人、流程、数据”三位一体的全过程协同管理框架,阐述其整合多专业、多参与方信息流,实现从二维到三维、静态到动态、被动到主动的转变。并指出当前在标准体系、人才储备等方面的挑战。最后展望其未来发展趋势,为市政基础设施智慧建造转型提供参考。

关键词:BIM技术;市政道路;全过程管理;协同管理;智慧建造

引言

市政道路作为城市关键基础设施,关乎城市运行效能与居民生活品质。其工程呈线性特征,涉及专业多、参与方复杂,且施工环境受建成区多种因素制约,项目管理难度大。长期以来,我国市政道路工程多采用以二维CAD图纸为核心的传统管理模式,各阶段、专业间信息传递依赖纸质或电子文档,易形成信息孤岛,导致设计误解、管线冲突、进度资源脱节、质量安全问题追溯难等问题频发,造成返工与资源浪费,制约项目整体效益。在此背景下,BIM技术应运而生,它不仅是三维建模工具,更是集成多维度信息的综合载体,通过共享数字孪生模型,为项目参与方提供统一信息交互平台。将其融入市政道路施工全过程协同管理,可改变信息碎片化现状,实现高效协同,提升工程质量、缩短工期等,意义重大。

1 市政道路工程特点与传统管理模式痛点

1.1 市政道路工程的核心特点

(1) 线性工程与空间约束性强:道路呈带状延伸,跨越多个地块,需与沿线众多既有构筑物(建筑、桥梁、管线等)进行空间协调,施工场地狭长且受限。(2) 多专业交叉集成度高:除主体道路结构外,还需同步协调十余个专业的管线工程(“七通一平”),各专业设计与施工界面交错,相互影响大。(3) 外部依赖因素复杂:施工常在城市建成区进行,需处理好与交通、居民、商户的关系,交通疏解方案复杂,社会影响面广。(4) 地下工程风险高:地下管线错综复杂,资料往往不全或不准,开挖过程中极易发生管线损坏事故,安全风险突出。(5) 全生命周期视角重要:道路不仅是建设工程,更是长期运营的公共资产,其设计、施工质量直接影响后期运维成本与效率。

1.2 传统管理模式的主要痛点

一是信息割裂与孤岛效应:各参与方使用不同的软件和格式,信息无法有效共享。设计院的图纸、施工单位的进度计划、业主的成本预算彼此独立,形成信息壁垒。二是沟通效率低下:协调会议频繁但效果不佳,大量时间耗费在图纸解读、问题澄清和责任界定上。二维图纸难以直观表达复杂的三维空间关系,导致理解偏差。三是变更管理困难:任何一方的变更都可能引发连锁反应,但在传统模式下,变更信息传递滞后,影响范围评估困难,极易造成返工和索赔^[1]。四是过程管控粗放:进度管理依赖甘特图,缺乏与实体工程的直观关联;成本控制多为事后核算,难以做到事前预测和事中控制;质量安全检查多为纸质记录,追溯性差。五是竣工资料与实体不符:由于施工过程中的变更未能及时反映在竣工图上,导致“两张皮”现象,为后期运维埋下隐患。这些痛点共同指向一个核心问题:缺乏一个能够承载、关联并驱动所有项目信息的统一平台。而这正是BIM技术能够发挥其核心价值的关键所在。

2 基于BIM的市政道路施工全过程协同管理框架

为解决上述痛点,本文提出一个“三层两轴”的BIM全过程协同管理框架。

“三层”指的是协同管理的三个核心维度:(1) 人员层:明确业主、设计、施工、监理、供应商、政府监管部门等各方的角色、职责和权限,建立基于BIM模型的协同工作章程和沟通机制。(2) 流程层:重新定义和优化项目全生命周期内的业务流程,如设计协同流程、施工交底流程、变更管理流程、验收交付流程等,确保所有流程都围绕BIM模型展开。(3) 数据层:以BIM模型为核心,集成几何信息、非几何信息(材料、成本、进度、质量、安全等)、以及来自物联网(IoT)、无人机、移动

终端等设备的实时数据，形成一个单一、权威的数据源（Single Source of Truth）。

“两轴”指的是贯穿始终的两条主线：（1）时间轴：从项目立项到竣工交付，BIM应用深度和侧重点随项目阶段演进。（2）信息轴：从LOD100（概念模型）到LOD500（竣工模型），模型信息的精细度和完备性逐级提升。

该框架的核心思想是，通过BIM平台将“人”、“流程”和“数据”有机地耦合在一起，形成一个动态、闭环的协同生态系统。各方在一个共同的虚拟环境中工作，任何操作都会在模型上留下痕迹，并实时推送给相关方，从而实现信息的透明化、决策的科学化和执行的高效化。

3 BIM技术在市政道路各阶段的协同应用

3.1 前期策划与方案设计阶段

在项目前期策划与方案设计阶段，BIM技术的应用主要体现在宏观决策支持和多方案比选上。此阶段的核心任务是确定最优的路线走向和总体布局。通过将BIM道路模型与城市级地理信息系统（GIS）平台进行深度融合，项目团队可以在一个宏观的地理空间背景下，直观地分析拟建道路与周边地形地貌、既有建筑物、路网结构以及生态环境的相互关系。借助这种可视化能力，可以对多个备选方案进行动态模拟和综合评估，量化分析不同方案在拆迁量、土方平衡、环境影响、交通组织优化等方面的优劣^[2]。更重要的是，所有利益相关方，包括政府规划部门、业主代表和设计团队，都可以在同一平台上对方案进行实时评审和批注，他们的意见和建议能够直接关联到具体的模型位置上，避免了传统会议纪要中存在的模糊性和歧义性，极大地提升了前期决策的科学性和协同效率。

3.2 设计深化与管线综合阶段

设计深化与管线综合阶段是BIM技术展现其核心价值的关键环节，其主要目标是彻底解决传统模式下难以避免的“错漏碰缺”问题。在此阶段，各专业设计师（如道路、桥梁、排水、电力、通信、燃气等）不再各自为战，而是在一个统一的BIM协同平台上进行正向设计。所有专业的模型都在同一个精确的坐标系下进行集成，形成一个完整的、信息丰富的项目数字孪生体。依托平台强大的自动化碰撞检查（Clash Detection）功能，系统能够在设计阶段就提前发现并定位数百甚至上千处潜在的硬碰撞（即实体构件之间的物理冲突）和软碰撞（如安全操作间距不足）。这些问题一旦被识别，各专业团队便能立即在模型环境中进行协调和调整，将绝大部分冲突消灭在萌芽状态。这不仅避免了施工阶段代价高昂的

返工，更重要的是，所有协调的过程、讨论的结论以及最终的解决方案都被完整地记录在BIM模型之中，形成了一份可追溯、不可篡改的设计协同历史档案，为后续的施工和运维提供了宝贵的依据。

3.3 施工准备与虚拟建造阶段

进入施工准备阶段，BIM技术的应用重心从静态的设计验证转向动态的施工模拟与方案优化，即所谓的“虚拟建造”。这一阶段的核心是将抽象的设计意图转化为具体、可行、高效的施工方案。通过将详细的施工进度计划（WBS）与BIM模型进行精确关联，可以构建出4D（3D+Time）模型，从而动态、逼真地模拟整个施工过程的时空演变。项目团队可以直观地预演每个时间节点的现场状态，提前洞察工序间的逻辑冲突、大型机械的作业空间不足、劳动力和物料的供应瓶颈等潜在问题，并据此优化施工组织。更进一步，当成本信息也被集成进来后，便形成了5D（3D+Time+Cost）模型，实现了对项目现金流的动态预测和成本的精细化、前置化管控。对于项目中的关键节点，例如穿越繁忙路口的大型管群施工或复杂的交通导改作业，BIM技术可以用来进行多种施工方案的虚拟比选，通过模拟不同方案下的安全性、可行性和经济性指标，辅助选择最优解。此外，对于路缘石、排水沟盖板等标准化构件，可以直接从BIM模型中提取精确的几何和属性数据，无缝驱动工厂进行预制加工，真正实现设计与生产的高度一体化。

3.4 现场实施与动态管控阶段

现场实施阶段是BIM价值落地的核心战场，其目标是实现从虚拟世界到物理世界的精准映射与闭环管控。在这一阶段，BIM模型成为连接办公室与施工现场的桥梁。传统的口头和纸质交底方式被彻底摒弃，取而代之的是基于BIM模型的三维可视化交底。施工人员只需通过手机或平板电脑上的专用APP，就能随时随地查看自己负责区域的详细模型、工艺要求、材料规格和安全注意事项，理解更为直观、准确，有效减少了因信息传递失真导致的施工错误。BIM模型还与智慧工地系统深度集成，现场部署的物联网（IoT）传感器（如用于监测基坑沉降、边坡位移、噪声扬尘的设备）、视频监控摄像头、人员定位信标等所采集的实时数据，能够被自动映射到BIM模型的对应该物理位置上^[3]。一旦某个监测点出现异常，系统会立即触发报警，并在模型上高亮显示问题区域，便于管理人员快速响应和处置。在质量安全巡检方面，质检员和安全员在现场发现问题后，可通过移动APP直接在BIM模型上标记问题位置，拍照上传，并指派给具体的责任人。整改完成后，同样在模型上完成闭环操作。整个过程全

程留痕,责任清晰,大大提升了问题处理的效率。在商务管理上,BIM模型也为进度款审核提供了客观依据,根据现场实际完成的工程量,在模型中进行“切片”或“框选”,系统可自动统计已完成部分的工程量,有效减少了结算争议。

3.5 竣工交付与数字化移交阶段

项目竣工交付阶段标志着BIM全过程协同管理的价值闭环。此阶段的目标不再是交付一堆零散的图纸和文档,而是移交一个信息完备、与实体工程完全一致的数字化资产。在施工过程中,所有的设计变更、工程签证、材料报验、检验批记录等过程资料,都通过BIM平台与模型中的相应构件进行了精准关联。因此,当项目竣工时,所形成的“竣工版”BIM模型(As-Built Model)不仅包含了精确的几何信息,更囊括了所有设备设施的厂家、型号、技术参数、保修期限等未来运维所必需的非几何信息。这个富含信息的数字孪生体可以直接移交给城市的运维管理部门,成为其进行设施养护、应急抢修、资产管理乃至城市更新的宝贵数据基础。这种数字化移交模式,彻底解决了传统“两张皮”的顽疾,真正实现了工程建设与后期运维的无缝衔接,充分释放了BIM技术在全生命周期管理中的巨大潜能。

4 面临的挑战与对策

尽管前景广阔,但BIM在市政道路领域的全面推广仍面临挑战:(1)标准体系不健全:缺乏统一的市政道路BIM建模、交付和应用标准,导致模型质量和互操作性参差不齐。对策:加快行业和地方标准的制定,推广通用的数据交换格式(如IFC)。(2)复合型人才短缺:既懂市政工程技术又精通BIM应用的复合型人才严重不足。对策:加强高校专业教育改革,鼓励企业开展内部培训,建立BIM工程师认证体系。(3)初期投入成本高:软件

采购、硬件升级、人员培训等需要较大的前期投入^[4]。对策:业主应在招标文件中明确BIM应用要求,并考虑合理的BIM服务费用,建立长效的投资回报机制。(4)组织与思维惯性:传统组织架构和工作习惯对新技术的接纳存在阻力。对策:自上而下推动组织变革,建立BIM中心或专职团队,培育协同文化,让各方切实感受到BIM带来的价值。

5 结语

本文聚焦基于BIM技术的市政道路施工全过程协同管理研究。结果显示,BIM技术构建的“人、流程、数据”协同框架,可有效打破项目全生命周期信息壁垒,达成策划、设计、施工至交付各环节的无缝衔接与高效协同。展望未来,BIM技术在市政道路领域应用将更深度融合且智能化。一方面,BIM会与城市信息模型(CIM)深度融合,单个道路项目BIM模型成为城市级CIM平台关键单元,助力城市规划等宏观工作;另一方面,人工智能(AI)赋能将使BIM实现施工风险智能预警、进度自动纠偏等高级应用。此外,物联网、5G普及后,BIM模型与物理世界双向实时互动,形成数字孪生体,实现市政道路全生命周期动态精准自主管控。

参考文献

- [1]刘建瑞.基于BIM技术的市政道路施工过程的协同管理研究[J].中国住宅设施,2024,(04):79-81.
- [2]李妍.基于BIM技术的市政道路施工阶段质量控制研究[J].价值工程,2026,45(02):154-156.
- [3]马晓敏,陶渝,史涛,等.基于BIM技术的市政道路施工过程优化研究[J].中华建设,2025,(05):184-186.
- [4]李斌.BIM技术在市政道路设计和施工中的应用[J].运输经理世界,2024,(31):10-12.