

BIM 技术在市政工程项目全流程中的应用探析

许江涛

中能建建筑集团有限公司 安徽 合肥 230000

摘要: 市政工程作为城市基础设施的重要组成部分,其建设管理长期面临专业协同难、信息传递不畅、地下空间不可见及运维衔接薄弱等突出难题。建筑信息模型(BIM)技术以其可视化、参数化、协同化和信息集成的核心优势,为市政工程项目全流程管理提供了全新的技术路径。本文立足于市政工程区别于建筑工程的空间形态与管理特征,系统分析 BIM 技术在市政规划决策、勘察设计、施工建设和运维管理全流程中的应用价值与关键点,揭示当前应用中存在的数据标准不统一、协同机制不完善及 GIS-BIM 融合不足等现实瓶颈,并提出从标准体系构建、协同流程再造与人才培养等方面推进应用的策略。研究表明,BIM 技术在市政工程中的应用正从“单点试点”走向“全流程贯通”,其效能释放依赖于技术适配与组织变革的协同推进。

关键词: BIM 技术;市政工程;全流程管理;信息集成;协同设计

引言

市政工程涵盖道路、桥梁、管网及轨道交通等基础设施,具有线性分布、带状延伸及与地下空间关联复杂的特点。其管理涉及多阶段、多专业协同,信息交互密集且难度远超一般建筑工程。长期以来,行业依赖二维图纸和串行工作模式,导致信息断层、碰撞冲突滞后、设计变更频繁及管线事故频发等问题。BIM 技术作为全生命周期信息管理平台,正逐步改变这一局面,应用范围从单体构筑物向线性工程延伸,从设计向施工运维拓展。然而,市政工程的复杂性使 BIM 应用面临特有挑战:线性工程地理分散、地下设施不可见以及与 GIS 融合必要性等,亟需进行技术适配与管理创新,以解决传统模式的痼疾,提升建设管理效率。

1 市政工程 BIM 应用的特征与全流程逻辑

1.1 市政工程区别于建筑工程的 BIM 应用特征

市政工程的 BIM 应用与建筑工程存在显著差异。建筑工程 BIM 以单体建筑为核心,空间范围相对集中,模型以建筑物为中心;而市政工程的 BIM 模型需覆盖数公里乃至数十公里的带状区域,涉及地形、地质、既有地下管线、交通组织等大量周边环境信息,模型体量庞大且管理难度高。市政工程的参与方更多元,不仅包括建设、设计、施工、监理单位,还涉及管线权属单位、交通管理部门及运营维护机构等,信息流转路径更为复杂。市政工程与城市地理空间的耦合更为紧密,BIM 模型须与地理信息系统(GIS)深度融合,实现地上地下一体化表达。这些特征决定了市政工程 BIM 应用不能简单

移植建筑领域的成功经验,必须进行针对性的技术路线设计。

1.2 全流程应用的逻辑链条

BIM 技术在市政项目中的全流程应用遵循“数据生成—信息集成—协同应用—数字交付”的逻辑链条。在项目前期,BIM 用于整合勘察数据和地理信息,构建基础数据底板;在设计阶段,各专业在同一模型上协同作业,实现设计方案的可视化比选和冲突检测;在施工阶段,BIM 模型承载进度、成本和质量信息,支撑施工过程精细管控;在运维阶段,竣工模型交付运营单位,作为设施管理的信息基底。四个阶段通过统一的数据标准和信息传递接口实现数据贯通,形成覆盖项目全生命周期的信息闭环。

2 全流程各阶段的 BIM 应用分析

2.1 规划与决策阶段的 BIM 应用

在此阶段,BIM 技术的主要应用包括三个方面。第一,场地分析与方案比选——在三维地形模型上叠加地质条件、水文信息、现状构筑物和地下管线数据,建立可视化的场地环境模型,支持多方案比选,帮助决策者直观评估不同线位方案的工程难度和环境影响^[1]。第二,投资估算与效益预判——基于 BIM 模型的参数化构件,关联工程量计算规则和造价信息,实现规划方案的快速工程量统计和投资估算,较传统经验估算方法具有更高的精度和可追溯性。第三,空间冲突的早期预判——在规划阶段即可将拟建道路、管廊与现状地下管线进行空间叠加分析,识别可能存在的标高冲突和避让需

求,将管线协调工作大幅提前,减少后期设计变更。这一阶段 BIM 应用的深度决定了后续各阶段信息传递的质量,但目前在实际工程中常被忽视,多数项目的 BIM 应用从设计阶段才正式启动,错失了前端价值。

2.2 勘察与设计阶段的 BIM 应用

勘察设计阶段是 BIM 应用最为成熟的环节。地质建模是市政 BIM 的特色应用——依据钻孔数据,通过插值算法生成三维地质模型,直观展示沿线地层分布和不良地质体范围,为结构设计和基础选型提供依据。协同设计是核心价值所在,道路、桥梁、给排水、电气等多专业在同一 BIM 平台上开展协同设计,各专业的模型实时更新,专业间的设计冲突可在模型中自动识别。市政管线综合是 BIM 最具实效的领域——将雨水、污水、给水、燃气、电力、通信等各类管线的平面位置和竖向标高在 BIM 模型中进行统一排布,通过碰撞检测发现管线之间及管线与结构物之间的冲突,在设计阶段进行避让和优化,大幅减少施工阶段的管线迁改和冲突处理。设计可视化——利用三维模型直观展示工程与周边环境的融合效果,辅助设计方案的优化和公众参与沟通。

2.3 施工阶段的 BIM 应用

施工组织模拟(4D-BIM)将进度计划与三维模型关联,按时间轴动态推演施工过程,直观验证施工顺序的合理性和交通导改方案的可行性,提前发现施工组织中的空间和时间冲突。施工进度管理——通过将实际施工进度信息反馈至 BIM 模型,实现计划进度与实际进度的可视化对比,便于管理者直观识别滞后区域并及时采取纠偏措施。质量安全管理——将质量验收标准和安全风险信息关联至模型构件,现场管理人员通过移动端查看 BIM 模型,辅助验收和安全隐患排查^[2]。在预制拼装桥梁等工程中,BIM 模型还可用于预制构件的生产管理和现场拼装定位指导。工程量与成本管理(5D-BIM)——将 BIM 模型与合同工程量清单关联,按工程部位自动统计已完成工程量,辅助中期支付和成本动态核算。对于市政线性工程,施工阶段的 BIM 应用面临的最大挑战是如何在广阔的施工区域内高效采集和反馈现场信息,这需要与移动终端和物联网技术的结合。

2.4 运维与管理阶段的 BIM 应用

在设施资产管理方面,竣工 BIM 模型承载了每个构件的材质、型号、安装日期、生产厂家等属性信息,为运维单位建立精细化的资产台账,替代传统的纸质竣工图纸。在养护决策支持方面,将日常巡查记录、检测数据和维修记录关联至 BIM 模型,形成设施的全生命周期

健康档案,为养护计划的制定提供完整的数据支撑。在应急管理方面,基于 BIM 模型快速获取管网阀门的空间位置和关联关系,在爆管等突发事件中辅助快速决策,缩短应急响应时间。然而,需要承认的是,当前市政项目从建设到运维的 BIM 移交尚处于探索阶段,主要障碍在于建设单位与运维单位之间的数据标准差异和交付责任模糊。

3 当前 BIM 技术在市政工程中应用的现实瓶颈

3.1 数据标准与接口的统一难题

市政工程 BIM 应用面临的首要瓶颈是数据标准的碎片化。建筑领域已有相对成熟的 IFC(工业基础类)标准,但市政工程涉及的专业种类繁多——道路、桥梁、隧道、管网各有不同的数据结构和语义定义,现有 IFC 标准对市政构件的覆盖不足,缺乏统一的市政 BIM 数据存储和交换标准。各软件厂商对市政构件的建模方式、属性定义和信息粒度各不相同,导致不同单位、不同阶段产生的 BIM 模型在数据交换时出现信息丢失或语义错乱。在综合管廊、道路管网等项目中,这种“数据孤岛”现象尤为突出,制约了全流程信息贯通。

3.2 市政线性特征带来的建模与管理挑战

市政工程的线性分布特征使 BIM 模型的创建和管理面临特有困难。在建模层面,数公里长的道路和管网若采用与建筑 BIM 相同的精细度标准,将产生体量极为庞大的模型文件,远超当前计算机硬件的处理能力和设计软件的运行效率,需要在模型拆分策略和精细度分级上进行专门设计^[3]。在管理层面,线性工程跨越多个行政区域和自然地理单元,涉及征地拆迁、交通组织、管线迁改等大量外部协调事务,这些协调信息难以直接结构化地纳入 BIM 模型管理。此外,市政工程受外部环境变化影响大——施工期间的交通导改方案调整、临时管线搬迁等动态变化频繁,BIM 模型的实时更新维护工作量大。

3.3 GIS 与 BIM 的融合深度不足

市政工程与地理空间密不可分,BIM 模型必须与 GIS 系统深度集成才能发挥最大价值。然而,当前 GIS 与 BIM 的融合仍面临技术障碍:两者的数据模型和几何表达方式不同——GIS 擅长宏观地理空间分析和栅格数据处理,BIM 擅长精细化构件的参数化表达,二者的数据格式转换和信息映射尚不成熟。在市政管线系统中,管线的空间坐标、埋深、坡度等地理属性需要 GIS 平台进行分析展示,而管径、材质、连接方式等工程属性又依赖 BIM 模型承载,两者的割裂导致信息在不同系统中被

“分而治之”。

3.4 组织协同与人才能力的结构性不足

当前市政项目 BIM 应用的一大瓶颈在于各参与方的 BIM 能力参差不齐——设计单位具备建模能力但缺乏施工思维,施工单位有使用需求但建模能力弱,运维单位几乎不具备 BIM 应用基础。不同软件平台产生的 BIM 数据难以顺畅衔接,传统按阶段发包的模式导致 BIM 模型在各阶段之间移交时出现断层——设计阶段的模型到施工阶段被推倒重来,施工阶段的竣工模型到运维阶段无法被有效利用。BIM 人才的匮乏同样不容忽视——既懂市政工程技术又掌握 BIM 技能的复合型人才供不应求,基层项目管理人员 BIM 应用能力不足,使技术工具难以落地生效。

4 推进 BIM 技术全流程应用的策略

4.1 加快市政 BIM 标准体系建设

破解数据互通难题的治本之策是建立统一、开放的市政 BIM 数据标准。建议在国家 and 行业层面,尽快出台针对市政各专业的 BIM 数据存储和交换标准,明确市政 BIM 构件的分类编码体系、属性信息定义和数据交换格式。在标准建设中,应保持与国际 IFC 标准的兼容性,同时充分考虑市政工程的地下空间表达和线性分布特征。在不同软件平台之间开发数据转换接口,通过 IFC 标准或 API 互联,降低协同壁垒。

4.2 建立基于 BIM 的全过程协同管理机制

将 BIM 应用从“技术工具”上升为“管理机制”,须在项目组织中建立以 BIM 为核心的协同工作流程。在项目管理层面,应将 BIM 应用要求写入招标文件和合同条款,明确各参与方的 BIM 交付标准和责任边界。在组织实施层面,推行“BIM 经理+专业协调员”的双层管理架构——BIM 经理负责整体模型标准和协同规则,各专业协调员负责本专业模型的更新和问题跟踪^[4]。在流程层面,建立基于 BIM 模型的“问题闭环管理”制度,所有模型中发现的设计冲突和施工问题均在模型中标注、派单、追踪和销号,避免口头沟通的随意性。

4.3 推动 GIS-BIM 深度融合与平台化集成

针对市政工程与地理空间的强关联性,推进 GIS 与 BIM 在数据层面和应用层面的深度融合。在数据层面,研发 GIS 与 BIM 的双向数据转换工具,实现地理坐标系与工程坐标系的精准匹配,以及空间分析数据与工程属性数据的双向关联。在应用层面,构建以“GIS 为底、

BIM 为载体”的市政工程管理平台——以三维 GIS 为基底承载地形地貌和地下空间数据,以 BIM 模型为载体承载工程结构信息和建设管理数据,实现跨系统的数据叠加和联合分析。平台应同时面向建设期和运维期,避免建设阶段和运维阶段的系统割裂,支持从宏观的城市级视图到微观的构件级剖面的逐级钻取,为全流程管理提供统一的信息门户。

4.4 推进人才培养与组织能力建设

在高校层面,鼓励土木工程、市政工程等相关专业开设 BIM 技术课程,培养具有 BIM 应用能力的工程毕业生。在企业层面,建立分层分级的人员培训体系——针对管理层,重点培训 BIM 应用价值和管理方法;针对技术人员,侧重建模软件操作和协同平台使用;针对一线作业人员,培训 BIM 模型的识读和现场信息反馈。同时,建立企业内部 BIM 技术中心和专家团队,负责技术攻关和标准制定,逐步积累企业级 BIM 构件库和最佳实践案例库。

结束语

BIM 技术在市政领域正从“试点探索”迈向“规模化推广”。本文梳理其在全流程中的应用价值:前端辅助决策,中端驱动协同设计与施工,后端支撑智慧运维。鉴于市政工程线性分布、地下空间复杂及与地理信息耦合紧密等特征,其 BIM 应用不能简单照搬建筑经验,需在数据标准、协同机制及技术路径上适配市政特点。当前面临数据标准不统一、组织协同不畅、GIS-BIM 融合不足及人才匮乏等瓶颈,这些也是未来突破的重点。随着 CIM 平台建设及智慧城市发展,市政 BIM 将逐步从项目级应用走向城市级集成,其价值由单个工程管理扩展为城市基础设施数字化治理的基石,成为提升城市运行效率的关键支撑。

参考文献

- [1] 张建平,李丁,林佳瑞.BIM 技术在市政管线综合中的应用研究[J].图学学报,2022,43(4):721-728.
- [2] 刘占省,赵明,王磊.基于 BIM 与 GIS 融合的智慧管廊运维管理平台研究[J].地下空间与工程学报,2023,19(2):456-463.
- [3] 王婷,陈思,杨帆.市政工程 BIM 全生命周期应用的标准体系研究[J].工程管理学报,2024,38(1):88-94.
- [4] 李勇,张华,赵岩.基于 4D-BIM 的市政道路施工进度动态管控方法[J].施工技术,2023,52(7):78-84.