关于 BIM 技术在市政路桥施工中的关键应用

钟剑文
广东昊荣建设工程有限公司，广东 佛山 528244

DOI:10.61369/ETQM.2026090016

摘　　要： 建筑信息模型（BIM）技术以三维数字化模型为核心，为市政路桥施工提供可视化、协同化管理。2023年国内 BIM 软件市场规模 133.23亿元，预计 2029年达 1142.39亿元。结合工程特点，分析其在碰撞检测（某桥梁化解2270处）、4D 进度、5D 造价（某地铁成本偏差≤ 1.2%）、质量安全监控及运维中的应用，探讨标准不统一、人才缺口等障碍，展望 BIM 与 GIS、IoT 及数字孪生的融合方向，强调其对施工管理的重构价值。

关 键 词： BIM 技术；市政路桥；碰撞检测

Key Applications of BIM Technology in Municipal Road and Bridge Construction

Zhong Jianwen
Guangdong Haorong Construction Engineering Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528244

Abstract: Building Information Modeling (BIM) technology, with three-dimensional digital models as its core, provides visual and collaborative management for municipal road and bridge construction. The domestic BIM software market is expected to reach 13.323 billion yuan in 2023 and 114.239 billion yuan in 2029. Based on the characteristics of the project, analyze its application in collision detection (at 2270 points resolved on a bridge), 4D progress, 5D cost (with a subway cost deviation of ≤ 1.2%), quality and safety monitoring, and operation and maintenance. Explore obstacles such as inconsistent standards and talent gaps, and look forward to the integration direction of BIM with GIS, IoT, and digital twins, emphasizing its value in reconstructing construction management.

Keywords: BIM technology; municipal roads and bridges; collision detection

引言

市政路桥工程具有专业交叉多、管线密集等特点，传统二维管理模式易导致返工与超支。BIM 技术通过三维数字模型实现全生命周期信息集成，显著提升施工精细化水平。2023年中国 BIM 软件市场规模133.23亿元，预计2029年达1142.39亿元。“十四五”规划推广 BIM，新造价标准推动5D 管控落地。大型市政项目 BIM 应用率超60%，但中小项目不足20%，存在较大落差。BIM 与 CIM 融合正成为城市基础设施管理的新趋势。

一、BIM 技术概述及其在市政路桥中的适用性

（一）BIM 核心技术特征

BIM 的核心价值在于信息的集成与传递。三维模型不仅是可视化展示工具，更是承载构件几何尺寸、材料属性、造价信息和施工逻辑的数据库。BIM 模型的参数化特性使得某一构件的修改能够自动联动关联构件的调整，减少了设计变更带来的连锁错误。例如，调整桥梁墩柱高度时，关联的盖梁、支座和梁体尺寸自动更新，避免了人工逐一修改的遗漏。协同性是 BIM 的另一核心特征，多专业在同一模型平台上工作，消除了信息孤岛，实现了实时沟通和冲突前置解决。模拟性则允许在施工前对复杂工序进行虚拟演练，提前识别风险点和优化施工方案。

（二）市政路桥工程的 BIM 应用适配性

市政路桥工程与一般房建项目有显著差异：线路长、标段多，涉及道路、桥梁、排水、照明、绿化、交通工程等多个专业；地下管线与地上结构的空间关系复杂，迁改协调难度大；施工受交通导行和城市环境影响显著，工期约束严格。这些特点恰好与 BIM 的可视化、协同化和模拟能力高度契合。与此同时，市政路桥工程的公共属性决定了其施工过程必须兼顾对周边环境和居民生活的影响，交通导行、噪音控制和扬尘治理等约束条件增加了施工组织的复杂度，BIM 的可模拟性在这些环节同样具有应用价值。BIM 模型可以将道路纵断面、桥梁结构、地下管线和地上设施整合在同一三维空间中，直观呈现各专业之间的空间关系；4D 模拟可以检验交通导行方案的合理性，优化施工组织；5D

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

管控可以实现对长线路多标段的造价精细管理。某市政交通工程BIM-CIM融合应用案例中，基于Cesium三维引擎构建的多源数据融合平台，实现了项目区位分析、路网分析和交通组织模拟，展示了BIM在城市级市政工程中的扩展应用潜力[1]。

二、BIM在市政路桥施工中的关键应用

（一）碰撞检测与管线综合

市政路桥施工区域地下管线密集，给水、排水、燃气、电力、通信等管线交错重叠，传统二维设计中碰撞问题难以在图纸审查阶段发现，往往在施工时才暴露，导致返工和工期延误。BIM碰撞检测通过将各专业模型集成后自动识别空间冲突，按照硬碰撞（物理交叉）和软碰撞（运维空间不足）分类输出报告，指导设计优化。某综合体项目通过BIM管线综合深化，提前检测并化解碰撞问题2270处；结合BIM+AR技术，施工人员扫码即可获取预留预埋的精准定位指引，将预留偏差控制在毫米级，有效杜绝了后期开凿对主体结构的破坏。在市政道路工程中，碰撞检测还需考虑管线与路基、桥梁基础的冲突，以及不同施工阶段管线迁改的时序协调，这对BIM模型的精度和更新及时性提出了更高要求。此外，综合支吊架的一体化设计也是管线综合优化的重要环节，通过分层布置实现空间集约利用，为后期运维提供清晰的管线脉络。

（二）施工进度4D模拟与管理

4D模拟是在三维BIM模型基础上加载时间维度，将施工进度计划与模型构件关联，动态展示施工过程。市政路桥工程线路长、标段多，各标段施工工序相互制约，传统甘特图难以直观反映工序间的空间逻辑关系。4D模拟可以可视化呈现各时间节点上的施工状态，识别关键路径上的资源冲突和工序搭接问题，优化施工组织设计。北京世界园艺博览会地下综合管廊工程采用基于BIM的进度管理系统，将进度信息与模型集成，实现了各专业施工的精细化协同，提高了沟通效率。在桥梁施工中，4D模拟能够对预制梁架设、支架搭拆等关键工序进行虚拟演练，预判吊装空间与既有交通的冲突，降低安全风险。某预应力混凝土组合箱梁桥梁项目，引入BIM技术对施工进度和重点难点工艺进行全真模拟，确保了工程质量、安全与进度的全面可控，同时通过虚拟施工优化了物资和设备调度方案，减少了资源闲置[2]。

（三）5D造价管控与工程量精准计算

5D造价管控是在4D基础上叠加造价维度，实现造价数据与进度的动态关联。2024年住建部新发布的BIM造价标准完善了5D管控体系，明确了模型精度、算量规则和数据接口的技术规范。据某项目应用数据，BIM算量将工程量计算时间缩短了70%；某地铁项目通过5D管控将成本偏差控制在1.2%以内；构件级造价关联使得某项目钢材用量节省8%。在设计变更方面，BIM支持变更造价即时测算，变更影响评估时间从3天缩短至2小时，成功避免了可能增加200万元成本的设计变更。进度款审核效率提升80%，某项目实现了7天内完成进度款支付。竣工结算方面，数字化标准将结算周期从90天缩短至30天，有效减少了结算争议。

（四）质量与安全监控

BIM技术在质量安全管控中的应用包括三个方面。一是施工方案模拟，对深基坑支护、高支模、大型构件吊装等危大工程进行三维可视化交底，使作业人员直观理解施工步骤和安全要点。二是质量验点管理，将质量检查标准嵌入BIM模型，通过移动端现场采集质量数据并与模型关联，实现质量问题的追溯和闭环管理。某桥梁工程引入BIM对施工重点和难点工艺进行全真模拟，确保了工程质量、安全和进度的全面可控。三是安全隐患排查，利用BIM模型识别临边洞口、交叉作业面等危险源，生成安全风险分布图，指导安全防护设施的精准布设。在市政道路改造工程中，由于施工区域与通行道路交叉，利用BIM模拟施工围挡布置和交通导行方案，可以有效减少施工对城市交通的影响，降低交通事故风险。

（五）运维管理的信息传递

市政路桥工程的使用寿命通常为50至100年，运维阶段的信息缺失是普遍问题。BIM模型作为信息载体，将施工过程中形成的设计变更、材料参数、设备信息和隐蔽工程记录传递至运维阶段，为设施的日常巡检、维修决策和应急响应提供数据支撑。综合管廊工程中，BIM模型与GIS系统结合，可以实现对管廊内部管线状态和外部环境的实时监控，辅助运维人员快速定位故障点。桥梁工程的BIM运维应用则侧重于结构健康监测数据的集成，将传感器采集的应力、变形和裂缝数据与模型构件关联，实现结构安全状态的动态评估和预警，改变了传统定期检测的被动模式[3]。

三、应用中的现实障碍

（一）模型标准与数据交互

目前国内BIM模型缺乏统一的数据标准，不同软件平台之间的模型互操作性差。市政路桥项目涉及道路、桥梁、排水、照明等多个专业，各专业往往采用不同的BIM软件建模，模型整合时的数据丢失和格式转换问题突出。IFC标准虽然提供了开放的数据交换格式，但对市政路桥特有构件（如挡土墙、声屏障、交通标志）的支持尚不完善，制约了全专业协同建模的推进。项目各参与方往往采用不同版本的BIM软件，模型整合时的坐标系不统一、构件命名不一致等问题频发，增加了数据对接的工作量和出错概率。

（二）人才与成本约束

BIM技术的有效应用需要既懂工程专业又掌握BIM工具的复合型人才，而当前行业人才储备严重不足。2024年BIM相关培训和认证人数年增长120%，但人才供给仍远低于市场需求。中小型施工企业受限于资金和技术积累，BIM应用往往停留在模型展示层面，未能深入到施工管理和造价控制的业务流程中。BIM软件授权费用、硬件配置要求和培训投入的综合成本，是中小企业推广BIM的主要门槛。据行业估算，一个中型市政项目BIM应用的增量成本约占项目总投资的0.3%至0.5%，若应用深度不足则难以

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

收回投入，这也是部分企业观望不前的原因之一[4]。

（三）技术融合深度不足

当前 BIM 在市政路桥施工中的应用仍以碰撞检测和可视化交底为主，与进度、造价、质量、安全等业务系统的数据联动不够紧密。4D 和5D 应用尚处于试点阶段，多数项目未能在施工过程中持续更新模型，导致 BIM 模型与现场实际脱节，削弱了管理决策的支撑作用。BIM 与物联网、智能传感的融合也处于起步期，实时数据的采集和反馈机制尚未形成闭环。多数项目的 BIM 应用停留在施工准备阶段，施工过程中模型的动态维护和更新不足，使得 BIM 的管理价值随着施工推进逐步衰减。

四、发展趋势与展望

（一）BIM 与 GIS 及 CIM 的融合

市政路桥工程具有显著的地理空间属性，BIM 模型的工程级精度与 GIS 的地域级覆盖天然互补。BIM+GIS 融合可以实现工程模型在地理坐标系中的精确定位，支持线路选线、环境影响评估和交通组织分析等宏观决策。CIM 则是在 BIM+GIS 基础上进一步整合城市级数据，构建城市信息模型，为市政基础设施的规划、建设和运维提供一体化平台。某市政交通工程已探索 BIM-CIM 融合应用，基于 Cesium 引擎和3D Tile 规范构建三维场景，实现了多源数据融合和项目级应用，为后续城市级 CIM 平台的建设积累了实践经验。从长远看，BIM-CIM 融合将推动市政基础设施管理从项目级走向城市级，实现多项目、多系统的统筹调度[5]。

（二）BIM+IoT 与数字孪生

物联网技术的发展使得施工现场的实时数据采集成为可能，温度传感器、应变计、GPS 定位设备和视频监控等物联网终端产生的数据可以与 BIM 模型构件关联，构建物理工程与数字模型的实时映射。数字孪生在此基础上进一步实现双向交互，不仅物理工程的状态反馈到数字模型，数字模型的优化指令也可以传递到施工控制系统，形成“感知 - 分析 - 决策 - 执行”的闭环。当前数字孪生在市政路桥领域的应用尚处于探索阶段，但其在桥梁结构健康监测、道路养护决策优化和综合管廊智能运维等场景中已展现出明确的应用前景。在桥梁工程中，数字孪生可以将结构健康监测数据与 BIM 模型联动，实现裂缝扩展趋势预测和维修时机优化；在道路工程中，结合车流量监测数据优化路面养护策略。数字孪生的落地还需要解决数据实时性、模型轻量化和边缘计算等技术问题，但随着5G 通信和边缘计算设施的完善，这些瓶颈有望逐步突破。

（三）国产化与标准化

BIM 软件的国产化替代正在加速推进，鲁班 BIM 等国产平台已覆盖设计、算量、造价、施工和管理全链条，支持 BIM+GIS+IoT 融合应用。国家标准层面，2024 年新发布的 BIM 造价标准为 5D 管控提供了规范依据，未来还需在模型交付标准、数据交换协议和行业分类编码等方面持续完善，形成覆盖市政路桥全专业的 BIM 标准体系。只有标准统一、数据互通，BIM 的价值才能从单点应用走向全链条协同。同时，需要建立模型交付的验收机制，将 BIM 模型质量纳入项目竣工验收内容，确保模型信息的完整性和准确性，避免“建模不运维”的资源浪费。

结束语：BIM 技术推动市政路桥施工从二维转向三维、从割裂转向协同。碰撞检测减少返工，4D 进度优化组织，5D 造价精准控制，质量安全提升管理精细化，运维数据支撑全生命周期。但标准不统一、人才缺口、技术融合不足制约规模化应用。未来 BIM 与 GIS、IoT、数字孪生深度融合将推动向智能化演进，国产软件成熟与标准完善提供保障。BIM 是管理重构，需技术、人才、制度协同推进。

参考文献

[1] 吴晓青，陈巍 . 关于 BIM 技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 中国住宅设施，2025(3):239-241.

[2] 周芹仲 . 探究 BIM 技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 建筑与装饰，2024(18):88-90.

[3] 张松韬 . BIM 技术在市政路桥施工中的应用研究 [J]. 石油化工建设，2023,45(1):106-108.

[4] 蒋威 . BIM 技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 智能建筑与智慧城市，2025(10):97-99.

[5] 熊小伟 . 市政路桥施工中 BIM 技术的应用分析 [J]. 模型世界，2023(33):172-174.

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.