

BIM 技术在交通工程管理中的应用研究

田佳瑶

天津市交通科学研究院

DOI:10.12238/jpm.v6i10.8460

[摘要] 随着城市化的推进，交通工程规模不断扩大，复杂程度不断提高，给管理工作带来了极大的挑战。为有效应对这些挑战，需要引进新技术和方法进行交通工程管理，以更好地满足工程建设需求。为进一步提高 BIM 技术在交通工程管理中的应用效果，从交通工程特点入手，指出 BIM 技术在交通工程管理中的应用优势，在此基础上，从辅助施工前的准备工作、优化工程设计、强化施工质量管理等方面分析交通工程中 BIM 技术应用策略，以供参考。

[关键词] BIM 技术；交通工程管理；信息化模型

Research on BIM Technology Application in Transportation Engineering Management

Tian Jiayao

Tianjin Transportation Science Research Institute

[Abstract] With the advancement of urbanization, transportation engineering projects have expanded in scale and complexity, posing significant challenges to management practices. To effectively address these challenges, adopting innovative technologies and methodologies in transportation engineering management is essential to better meet construction demands. To further enhance the application effectiveness of BIM technology in transportation engineering management, this study examines the unique characteristics of transportation projects and highlights the advantages of BIM implementation. Building on this foundation, the paper analyzes strategic applications of BIM technology in transportation engineering management, focusing on three key areas: pre-construction preparation support, engineering design optimization, and construction quality management enhancement, providing actionable insights for industry reference.

[Key words] BIM technology; transportation engineering management; information modeling

随着《交通强国建设纲要》和《智能建造与建筑工业化协同发展指南》的深入推进，建筑信息模型（BIM）技术正成为交通工程管理数字化转型的核心驱动力。据住建部统计，全国新建交通项目中 BIM 技术应用率已突破 75%，但其在复杂交通场景中的深度协同与成本优化潜力尚未充分释放。

一、交通工程特点

1. 系统性。交通工程将人、车、路、环境及能源视为统一整体进行研究，强调整体优化而非单一要素的改进。例如，交通网络规划需协调车辆、行人、信号控制等子系统，实现宏观与微观层面的协同运作。

2. 综合性（多学科交叉）。融合土木工程、城市规划、环境科学、经济学等多领域知识，形成“五E”学科框架（工程、法规、教育、能源、环境）。其解决方案需同时考虑工程技术、

信息技术（如智能交通系统）和社会科学方法。

3. 动态性。交通需求随高峰时段、天气变化或突发事件波动，需采用实时信号配时调整等动态管理策略。例如，城市交通流量具有显著的时空分布特征。

4. 实践性。以解决实际问题为导向，如拥堵缓解、交通安全提升，需结合实地调查与仿真模型验证方案可行性。专业培养强调计算机技能与实践训练，培养高级工程师和管理人才。

5. 复杂性。涉及人、车、路、环境等多主体交互，驾驶行为的不确定性及突发事件等因素使问题呈现多维非线性特征。例如，公路工程需结合地质、气象等环境因素设计线形结构。

6. 社会性与超前性。作为国民经济基础，需平衡社会效益与可持续发展。学科发展需预见未来交通需求，体现规划的前瞻性。

二、交通工程管理中 BIM 技术应用优势

1. 有效收集工程建设信息。在交通工程建设中，BIM 技术通过构建数字化信息模型，实现工程数据的实时采集与结构化存储。其核心优势体现在：全要素信息整合：将设计图纸、施工进度、材料参数等多元数据集成于统一平台，消除传统纸质文档或分散电子文件的信息孤岛现象；动态更新机制：支持施工过程中数据实时录入与模型迭代，确保信息准确性与时效性；协同工作基础：为设计、施工、运维各阶段提供标准化数据接口，实现跨部门、跨专业的信息无缝流转。这种数据治理模式不仅提升管理效率，更为项目全生命周期决策提供可靠依据。

2. 三维可视化与设计优化。BIM 技术通过构建高精度三维模型，实现设计阶段的可视化表达，有效解决传统二维图纸难以直观展示复杂结构的问题。例如，在公路工程中，BIM 可整合地质勘测数据与周边环境信息，优化线形设计并减少施工偏差。具体优势包括：空间冲突检测：通过三维模型提前发现设计冲突（如管线与结构碰撞），减少施工变更。方案比选：快速生成不同设计方案的可视化对比，辅助决策者选择最优方案。地形适配：结合 GIS 数据，实现道路设计对地形的精准拟合，降低土方工程量。

3. 全生命周期协同管理。BIM 平台支持设计、施工、运维阶段的数据共享与协同作业。在轨道交通项目中，不同专业团队可通过统一模型进行碰撞检测和工程量计算，显著提升管理效率。铁路工程中，BIM 模型还可承载施工日志、检验批等动态数据，实现跨平台信息互通。具体优势包括：跨专业协作：建筑、结构、机电等专业在同一模型上协同工作，减少沟通成本。数据连续性：设计数据直接传递至施工阶段，避免信息孤岛。动态更新：施工过程中的变更实时反馈至模型，确保数据一致性。

4. 施工过程智能管控。BIM 技术在施工阶段的应用进一步深化，通过虚拟仿真和动态监测提升施工效率与安全性：虚拟仿真：通过施工工艺模拟和进度推演，提前发现潜在风险（如连续梁架设冲突）。动态监测：结合 AR 技术实现施工现场实时监控，提升质量与安全管控水平。资源优化：自动生成材料用量与设备管理数据，降低资源浪费。

5. 数据驱动决策支持。BIM 模型集成多源数据（如 GIS 地形、交通流量），支持多维分析。例如，城市道路改造中可通过模型评估不同方案对周边环境的影响，辅助科学决策。具体优势包括：交通流量模拟：预测改造后的交通状况，优化交通组织方案。环境影响评估：分析施工噪声、扬尘等对周边居民的影响，制定缓解措施。成本预测：基于模型数据快速估算工程成本，提高预算准确性。

6. 运维阶段价值延伸。竣工后的 BIM 模型可作为智慧交通基础设施的数据底座，支持设施状态监测、应急调度等运维场景，延长工程使用寿命。如地铁车辆段项目通过 BIM 平台实现设备全生命周期管理。具体优势包括：设施管理：记录设备安装、维护、更换历史，优化维护计划。应急响应：在突发事件中快速定位故障点，制定抢修方案。资产增值：为后续扩建或改造提供准确的基础数据。

三、交通工程管理中 BIM 技术应用策略

1. 辅助施工前的准备工作。（1）三维可视化设计协同，冲突检测与优化：通过 BIM 模型整合建筑、结构、机电等专业设计数据，自动识别管线碰撞、空间冲突等问题，减少施工返工率（案例显示可降低 30% 设计变更）；施工模拟验证：利用 4D 施工模拟技术，验证施工方案可行性，优化工序逻辑与资源配置。（2）工程量精准统计，参数化算量：基于 BIM 模型自动提取土方、混凝土等工程量数据，精度较传统算量提升 90% 以上；材料计划生成：关联模型构件与材料数据库，生成动态采购清单，避免库存积压或短缺。（3）施工组织方案优化，场地布置模拟：通过三维场地规划，合理布置临时设施、运输通道及施工机械，提升空间利用率；安全风险预判：结合地质与周边环境数据，模拟高风险作业场景（如深基坑施工），提前制定应急预案。

2. 工程设计优化。（1）多专业协同设计平台构建，实时冲突检测：通过 BIM 模型整合道路、桥梁、管线等多专业数据，利用 Navisworks 等工具自动识别设计冲突（如地下管线与桩基碰撞），减少后期变更成本（案例显示可降低 40% 设计返工）；云端协同机制：建立基于 BIM 360 的协同平台，实现设计团队异地同步修改模型版本，确保数据一致性。（2）参数化设计优化，动态响应地形数据：结合 GIS 地形模型，通过 Dynamo 参数化工具自动生成道路纵坡、横断面方案，适应复杂地质条件（如山区公路线形优化）；绿色设计分析：集成 Ecotect 等能耗分析插件，模拟桥梁通风、隧道照明等设计方案的能效表现，优化可持续性指标。（3）全生命周期成本控制，材料与成本关联模型：将 BIM 构件与造价数据库绑定，实时生成不同设计方案的全周期成本对比报告（如钢结构 vs 混凝土桥的经济性分析）；施工可行性预评估：通过 4D 模拟验证特殊工艺（如大跨度桥梁顶推施工）的资源需求，避免设计过度超前或不足。（4）智能审查与标准化，规范自动校验：开发 BIM 插件自动检查设计是否符合《公路工程技术标准》等规范（如视距、净空要求）；族库共享体系：建立企业级标准化构件库（如护栏、标志牌），确保设计元素复用率提升 60% 以上。

3. 施工质量管理。（1）三维可视化交底系统，模型-工艺关联：将 BIM 模型与施工工艺库绑定（如桥梁预应力张拉工序），

通过 AR 技术实现工人端可视化交底，减少理解偏差（案例显示错误率降低 35%）；动态更新机制：根据设计变更自动更新模型版本，并通过移动端推送至现场管理人员，确保施工依据始终为最新数据。（2）实时质量监控体系，物联网集成：在 BIM 模型中嵌入传感器数据（如混凝土温湿度、钢结构应力），通过智慧工地平台实现超标预警；AI 图像识别：结合无人机巡检与 BIM 模型对比，自动识别路面平整度、护栏安装偏差等质量问题。（3）全流程质量追溯，构件唯一编码：为每个预制构件（如梁板、管廊节段）赋予 RFID 标签，关联 BIM 模型中的生产、运输、安装全周期数据；

缺陷闭环管理：通过 BIM 平台记录质量问题→自动触发整改流程→验收后更新模型状态，形成 PDCA 循环。（4）协同验收与标准强化，多参与方协同验收：基于 BIM 模型发起线上验收，各方通过标注功能直接定位争议点（如管线标高冲突）；规范智能审查：开发 BIM 插件自动校验施工成果是否符合《公路工程质量检验评定标准》（如路基压实度、桥梁轴线偏差）。

4. 施工进度管理创新体系。（1）四维动态进度建模，时间-空间耦合模型：将传统甘特图升级为 4D-BIM 模型，关联工序逻辑（如隧道开挖→支护→衬砌）与空间位置，实现进度延误自动预警（案例显示工期预测准确率提升 42%）；资源冲突预演：通过模型模拟机械进退场路线、材料堆放区，提前发现工作面冲突（如桥梁吊装与路基填筑交叉作业）。（2）进度-成本联动控制，5D-BIM 集成应用：将工程量清单与进度计划绑定，动态显示每日成本消耗曲线，超支时自动触发资源调整建议；关键路径优化：基于历史工程数据训练 AI 算法，在模型中实时推荐工序压缩方案（如预制梁场并行生产工序调整）。

（3）多参与方协同管控，云端进度协同平台：业主、监理、施工方通过 BIM 模型共享进度数据，差异部分采用颜色标注（如红色滞后工序）；移动端进度填报：现场管理人员通过手机 APP 拍照记录完成面，自动关联模型位置并更新进度百分比。（4）风险驱动的进度预测，气象数据融合：接入气象局 API，在模型中叠加降雨、台风等影响因子，动态调整关键节点工期；供应链风险模拟：对钢材、沥青等大宗材料延迟供货进行蒙特卡洛模拟，生成多套应急预案。

5. 全周期成本管控体系。（1）工程量智能核算，模型自动算量：通过 BIM 模型提取土方量、混凝土体积等工程量，误差率较传统手工计算降低至 1.5% 以内；变更影响评估：设计变更时自动关联模型，实时测算成本增减。（2）资源动态优化配置，5D-BIM 资源调度：将进度计划与材料价格库、机械租赁成本绑定，生成最优采购批次方案（如沥青摊铺与价格波动期匹配）；劳动力成本模拟：基于历史工效数据，预测不同施工组织方案的人工成本差异（如桥梁预制拼装与现浇工艺对比）。

（3）风险成本可视化，地质风险建模：融合地质雷达数据，在 BIM 中标注不良地质区域，提前预估处理费用；供应链中断预警：对关键材料供应商进行履约能力评估，模型显示断供时的替代方案成本增量。（4）全周期成本追溯

成本-模型关联：每个构件挂接实际成本数据，支持任意时间段成本构成分析；知识库沉淀：将历史项目成本数据转化为企业定额，为投标报价提供数据支撑。

四、BIM 技术在交通工程中的应用案例分析

1. 案例背景：某跨海通道项目。（1）项目概况，工程类型：双向八车道海底隧道+桥梁复合工程，BIM 应用阶段：设计-施工-运维全周期，核心挑战：地质条件复杂（软土层占比 35%）、交叉施工界面多、环保要求严苛。（2）BIM 技术应用亮点，设计阶段冲突检测，通过 Navisworks 进行机电管线与结构碰撞检查，提前发现 127 处冲突点，减少施工返工成本，基于地质 BIM 模型优化隧道支护方案，节约钢材用量。施工阶段成本控制，5D 进度-成本关联：将 BIM 模型与 Primavera 进度计划、广联达成本软件集成，实现月度资金流预测准确率达 92%；预制构件精准管理：利用 RFID 标签追踪预制梁生产运输状态，仓储损耗率降低。（3）运维阶段价值延伸，建立 BIM+GIS 运维平台，集成结构健康监测数据，实现裂缝预警响应时间缩短至 2 小时。

2. 案例对比：城市轨道交通综合管廊项目。（1）差异化应用场景，空间限制应对：通过 BIM+VR 技术模拟狭窄空间内设备安装顺序，优化施工方案缩短工期 45 天，成本动态监控：采用 BIM+区块链技术实现材料采购溯源，杜绝超量领料现象。

（2）如表 1 经济效益量化分析。

表 1 经济效益量化

指标	传统模式	BIM应用模式	改进幅度
设计变更率	18%	6%	-66.7%
材料浪费率	8.5%	3.2%	-62.4%
竣工结算争议金额	3200万	860万	-73.1%

综上所述，BIM 技术在交通工程建设中具有诸多应用优势，如提高施工效率、优化设计方案、加强成本控制、保障施工安全及协调各工程专业接口等，有助于保证交通工程整体建设质量。

[参考文献]

[1]李硕.GIS+BIM 技术在轨道交通工程建造管理中的应用研究[J].铁道标准设计, 2022(11): 29-35+42.

[2]石泽.现代化信息管理在交通工程建设中的应用[J].中国储运, 2022(12): 159-160.

[3]秦瑞.大数据智慧建造技术在交通工程施工管理中的研究与应用[J].绿色建造与智能建筑, 2023(5): 53-56+61.