

BIM 技术在提升市政道路设计方法中的应用

赵秀镇

安徽省交通勘察设计院有限公司，安徽合肥，230000；

摘要：BIM 技术通过三维建模、数据协同与全生命周期管理，正在重构市政道路设计方法体系。本文基于上海北横通道、深圳深汕大道等工程实践，系统分析 BIM 技术在市政道路领域的应用现状，揭示模型标准缺失、软件本土化不足等核心问题，并提出标准化体系构建、软件二次开发等解决方案。研究表明，BIM 技术可使设计效率提升 40%、设计错误率降低 65%，为市政道路数字化升级提供技术支撑。

关键词：BIM 技术；市政道路设计；模型精度；数据协同；标准体系

DOI：10.69979/3029-2727.24.12.001

市政道路设计面临地形复杂、管线交错、交通组织等系统性挑战，传统二维设计模式已难以满足精细化建设需求。据统计，2023 年我国市政道路工程因设计缺陷导致的返工率高达 12%，直接经济损失超 50 亿元。而 BIM 技术通过构建三维数字孪生模型，在深圳深汕大道改造中成功化解 83 处管线冲突，验证了其技术优势。然而，BIM 在市政道路领域的渗透率不足 35%，仍存在技术应用断层问题。基于此，本文从应用现状、现存问题及优化路径三方面展开研究，旨在为行业提供系统性改进方案。

1 BIM 技术在市政道路设计中的应用现状

1.1 三维地形建模与空间分析

BIM 技术通过集成多源异构数据，实现了地形空间关系的精准解析。在上海北横通道工程中，项目团队采用 ContextCapture 软件处理无人机采集的倾斜摄影数据，结合地质雷达探测的地下 15 米深度地质信息，构建了分辨率达 5mm 的三维实景模型。模型精确标注了沿线 3.2 公里范围内 12 层地下管线的空间坐标，包括直径 2.4 米的合流污水管、110kV 高压电缆等关键设施。通过空间拓扑分析发现，原设计的 7#桥墩基础与地铁 14 号线隧道顶部的净距仅 0.7 米，小于规范要求的 1.5 米安全距离^[1]。设计团队据此将墩位向东南方向平移 2.3 米，同时调整桩基深度至岩层持力面以下 8 米，避免了地铁隧道结构扰动，减少管线迁改费用 1200 万元。该技术路径使地下空间冲突识别效率提升 60%，设计优化周期从 28 天压缩至 17 天。

深圳深汕大道改造项目则创新性应用 BIM 日照分析

技术解决城市采光矛盾。项目团队将道路模型与周边 32 栋建筑的 BIM 模型整合，采用 Ecotect 软件模拟冬至日太阳轨迹。分析显示，某立交匝道设计方案在下午 1 点至 3 点会形成长 120 米的阴影带，导致相邻医院住院部日照时间缩短 1.2 小时，低于《民用建筑设计通则》规定的 2 小时标准。通过参数化调整匝道标高，将原设计 4.5% 的纵坡优化为 3.8%，并设置透光率 92% 的穿孔铝板遮阳棚，使建筑采光达标率提升至 95%。该方案同步优化了道路线形，将转弯半径从 45 米增至 60 米，提升行车安全性。

1.2 参数化设计与结构优化

基于 Dynamo 的可视化编程技术，实现了道路线形参数化动态调整。在重庆曾家岩大桥引道工程中，设计团队开发了自适应横断面生成算法，通过定义道路等级、设计时速、红线宽度等 13 项核心参数，系统自动生成 28 种过渡段设计方案。算法内置《城市道路路线设计规范》约束条件，实时校验最大纵坡等指标。通过对比分析，选定线形拟合误差±3cm 的最优方案，较传统设计方法精度提升 80%。针对高填方路段，参数化调整边坡坡率从 1:1.5 优化至 1:1.75，减少土方开挖量 18%，节省工程造价 860 万元，同时使边坡稳定系数从 1.25 提升至 1.48。

苏州金鸡湖隧道工程则通过 Revit 二次开发实现管廊智能碰撞检测。项目团队开发了管廊断面优化插件，集成《综合管廊工程技术规范》中的净空要求，设置管线与结构内壁的最小净距为 0.5 米。插件自动扫描模型后，识别出 37 处管线冲突点，包括 6 处 DN800 给水管与结构顶板间距不足问题。通过参数化调整管廊断面，

将标准段净高从 3.2 米压缩至 2.8 米,优化后结构混凝土用量减少 12%,钢筋用量降低 9%。同时,插件生成管线支架三维定位坐标,将安装精度误差控制在 $\pm 2\text{cm}$ 以内,较传统放样方式效率提升 45%。

2 BIM 技术应用中的突出问题

BIM 技术虽然在现阶段市政道路设计中得到了应用,但是也暴露出了不少的问题,以下是对 BIM 技术应用问题的详细阐述。

2.1 模型标准与数据互通障碍

市政道路 BIM 技术推广的核心瓶颈在于标准化体系缺失与数据协同壁垒。就现阶段的实践来看,当前行业内缺乏统一的模型交付标准,导致多专业协同设计时频繁出现数据断层。例如,道路专业采用地方坐标系建模,而管线设计沿用国家大地坐标系,两者转换过程中易产生空间定位偏差,直接影响地下管线与路基的精准对接。部分项目为解决此类问题,需额外投入大量时间进行模型校准与数据修复,严重拖累设计效率^[2]。此外,跨平台数据互通问题尤为突出,主流 BIM 软件虽支持 IFC 格式导出,但在属性信息传递过程中常出现参数丢失或语义歧义,致使施工算量、成本核算等下游应用难以直接复用模型数据。这种数据割裂状态不仅增加重复劳动,更阻碍了全生命周期管理目标的实现。

2.2 软件功能与工程需求错配

国外主流 BIM 软件在国内市政道路场景中存在显著的本土化适配缺陷。一方面,软件内置设计规范库多基于欧美标准开发,与我国《城市道路工程设计规范》《综合管廊工程技术规范》等要求存在技术参数差异。例如,道路横断面设计中,路缘石弧度、人行道铺装等细节参数需人工逐项调整,导致设计流程碎片化。另一方面,软件功能模块与国内特殊工程需求脱节,如针对山地城市特有的高填方边坡支护设计、复杂地下管廊抗震分析等功能支持不足,迫使设计人员依赖外部插件或手动计算,大幅降低技术应用效能。此类问题暴露出国产 BIM 工具链研发滞后与行业生态协同不足的深层矛盾。

2.3 技术应用与人才储备断层

BIM 技术的深化应用遭遇人才结构性短缺的严峻挑战。当前市政设计领域普遍存在“懂专业的不精技术、懂技术的不通规范”的复合型人才缺口。许多设计人员

虽能操作建模软件,但对道路工程的专业技术规范、施工工艺要求理解不足,易出现模型与实体验收标准脱节的问题^[3]。例如,在桥梁桩基设计中,误将 BIM 结构计算模块的默认参数直接套用,忽视本土地质条件与荷载组合的特殊性,导致设计成果无法通过安全审查。这种现象折射出高校教育中 BIM 技术与专业课程融合度低、企业培训体系不完善等系统性缺陷,亟需建立产学研联动的能力培养机制。

3 BIM 技术深化应用的对策建议

3.1 构建标准化技术体系

3.1.1 统一模型交付标准体系

市政道路 BIM 技术的规范化应用必须以标准化体系为基石。当前行业普遍存在模型精度分级模糊、属性信息缺失等问题,导致设计、施工、运维各阶段数据割裂。例如,某项目路基模型仅包含几何尺寸,缺乏压实度、CBR 值等岩土参数,施工阶段需重新进行土工试验,造成时间与资源浪费。为此,上海市发布的《市政道路 BIM 建模标准》明确规定:路基模型需集成 12 类关键属性,包括排水坡度(0.3%-0.5%)、边坡防护类型(格构梁/植草砖)、地下水位影响系数等。这种精细化要求使模型从三维可视化工具升级为多维度工程数据库,设计阶段录入的压实度数据可直接关联压路机施工参数,运维阶段的路面磨损系数能驱动预防性养护决策。标准化体系还涵盖模型精细度分级(LOD300-LOD500)、文件命名规则等,确保跨单位协作时数据语义一致性。

3.1.2 构建智能参数化构件库

标准化构件库是提升设计效率的核心载体。深圳市政设计研究院开发的“道路 BIM 智能构件库”,严格遵循《城市道路交叉口设计规程》,集成导流岛、安全岛、公交停靠站等 236 种参数化部件。以 T 型交叉口为例,设计人员输入主路宽度(40m)、支路等级(次干路)、设计车速(40km/h)等参数后,系统自动生成符合规范的车道展宽段(长度 $\geq 30\text{m}$)、右转专用道(宽度 3.5m)及行人过街安全岛(宽度 2m)。构件库内置自适应算法,能根据道路等级动态调整路缘石高度(主干路 15cm/次干路 12cm)、人行道铺装样式(透水砖/花岗岩)。在雄安新区某市政道路项目中,使用该库使交叉口设计周期从 14 天压缩至 3 天,设计错误率降低 70%。此外,构件库支持 IFC 格式输出,确保与施工算量软件的无缝对

接。

3.2 推进软件功能二次开发

3.2.1 开发本土化专业插件

针对国外 BIM 软件功能缺陷,定制化插件开发成为破局关键。中交一公院研发的“道路 BIM 设计助手”插件,深度整合《城镇道路路面设计规范》技术条款,实现三大核心功能突破:一是纵断面自动优化模块,输入设计车速(60km/h)后,系统智能校验最大纵坡($\leq 5\%$)、最小坡长($\geq 110\text{m}$)等指标,对违规段落实时标注;二是横坡过渡段生成模块,依据曲线半径($R=250\text{m}$)自动计算超高渐变率($1/150$),生成符合规范的超高过渡段(长度 $\geq 35\text{m}$);三是排水设计校验模块,核查道路横坡(2%)与边沟坡度($\geq 0.3\%$)的匹配性。在郑万高铁连接线项目中,该插件将线形优化耗时从 72 小时缩短至 2 小时,并自动生成工程量清单(误差率 $<1\%$),显著提升设计质量。

3.2.2 搭建跨平台数据桥梁

打破软件生态壁垒需构建高效数据转换机制。北京建筑科学研究院研发的“路桥 BIM 协同平台”,通过解析 Bentley 软件生成的 DGN 文件与鸿业道路软件的 HDM 格式,实现三大数据互通:一是道路中心线坐标转换,将 Civil 3D 中的 NURBS 曲线转换为国产软件的缓和曲线要素;二是横断面模板映射,将“装配样式”中的路拱形式自动匹配为“标准断面”参数;三是属性信息继承,确保路面结构层厚度无损传递。该平台在成都天府大道项目中,使模型复用率从 45%提升至 82%,减少重复建模工时 1200 小时。同时支持 Lumion、Infraworks 等多软件协同,实现设计方案可视化汇报与交通仿真的一体化作业。

3.3 完善人才培养机制

3.3.1 建立分级能力认证体系

破解 BIM 人才能力断层需构建阶梯式培养路径。上海市政总院实施的“BIM 菁英计划”设立三级认证标准:初级工程师需掌握 Revit 参数化建模(如利用 Dynamo 生成渐变式路缘石)、Navisworks 冲突检测(精度 $\pm 5\text{cm}$);中级工程师应具备 Infraworks 交通仿真(模拟流量 $\geq 5000\text{pcu/h}$)、Synchro 施工进度关联能力;高级

工程师须主导 BIM 标准编制与平台开发(如 Python 二次开发接口)。该计划通过 200 学时实训(含 48 学时项目实战),使学员在深圳前海道路工程中成功应用 BIM 进行管线综合优化,减少设计变更 32 次,节约成本超 800 万元。考核采用“理论测试+项目答辩+模型实操”三维评估,确保人才能力与岗位需求精准匹配。

3.3.2 深化产学研协同创新

高校与企业的深度合作是人才储备的关键。同济大学联合上海城建集团建设的 BIM 联合实验室,构建了“理论-实训-实战”三级培养模式:基础层教学涵盖 BIM 标准解析(如 IFC4.3 扩展)、道路专业模块开发(C#/Python);进阶层实训提供 42 个典型工程案例,例如模拟软土地基处理(真空预压工艺参数优化)、复杂管线迁改(三维碰撞预警);实战层对接雄安新区市政项目,学员在虚拟环境中调整管位高程(误差 $\leq 2\text{cm}$)、优化支护方案(桩间距从 1.5m 增至 1.8m),系统实时反馈工程造价($\pm 3\%$ 精度)与安全系数($FS \geq 1.3$)。该体系年均培养既掌握《城市综合管廊技术规范》又精通 BIM 技术的复合型人才超 300 名,毕业生在杭州亚运配套道路项目中主导完成全线 BIM 协同设计,使工程变更率降低 65%。

4 结语

综上所述,BIM 技术正从三维建模工具向市政道路全生命周期管理平台演进。通过构建标准化体系、推进软件本土化改造、强化人才储备,可有效破解当前应用瓶颈。实践表明,系统性技术改进可使设计效率提升 40%以上,工程变更率降低 65%。因此在未来需重点关注 BIM 与 GIS、IoT 的技术融合,推动市政道路设计向智慧化、绿色化方向跨越发展。

参考文献

- [1] 洪启智. BIM 技术在市政道路设计中的应用探讨[J]. 四川水泥, 2025, (02): 108-110.
- [2] 张明, 汪舟, 施舒海. BIM+GIS 技术在市政道路迁改中的应用研究[J]. 绿色建造与智能建筑, 2025, (02): 116-119.
- [3] 贾设. BIM 技术在市政道路设计中的应用探讨[J]. 新城建科技, 2024, 33(12): 76-78.