

Integrated Application and Benefit Analysis of BIM Technology in Construction Management of Large-scale Municipal Traffic Projects - Taking a Municipal Project in Sichuan as an Example

Zhengquan Wang

Sichuan Tianxia Construction Group Co., Ltd. Chengdu Branch, Chengdu, Sichuan, 400000, China

Abstract

This study utilizes a large-scale municipal transportation project as a carrier, applying BIM technology to construct an integrated information management system that encompasses design, progress, quality, and safety throughout the entire process. A high-precision 3D BIM model is established, enabling multi-disciplinary collaborative design and effectively enhancing the practicality of design schemes. In terms of progress management, the construction organization is optimized through 4D-BIM technology, successfully shortening the construction period by 95 days (saving rate of 7.21%). An innovative BIM+GIS integrated model and a “pushpin” closed-loop management mechanism are established to enhance multi-disciplinary collaboration efficiency. In terms of quality and safety management, BIM models are utilized for visual technical disclosure, significantly improving the first-pass yield of construction quality, with the pass rate increasing from 78% to 95.6%. The application of BIM technology has achieved good results in project quality, progress, and safety.

Keywords

BIM technology; municipal engineering; construction management; collaborative management

BIM 技术在大型市政交通项目施工管理中的集成应用与效益分析——以四川某市政项目为例

王正全

四川天夏建设集团有限公司成都分公司, 中国·四川成都 400000

摘 要

本研究将某大型市政交通项目作为载体, 应用BIM技术构建集成设计、进度、质量、安全的全过程信息化管理体系, 建立高精度的三维BIM模型, 从而实现了多专业协同设计, 有效提高设计方案的实用性。在进度管理方面, 通过4D-BIM技术优化施工组织, 成功缩短工期95天(节约率7.21%), 创新建立BIM+GIS集成模型和“图钉”闭环管理机制, 实现多专业协同效率提升。在质量安全上, 利用BIM模型进行可视化技术交底, 大幅度提高施工质量的一次成优率, 合格率从78%提升至95.6%。BIM技术的应用在工程质量、进度、安全等方面均取得了良好的应用效果。

关键词

BIM技术; 市政工程; 施工管理; 协同管理

1 引言

在智慧城市发展战略推动下, 市政工程建设正在经历从粗放式向数字化转型的关键时期, 传统基于经验驱动的管理模式已经难以应对日益复杂的项目需求, BIM 技术作为建筑信息化的核心, 为市政施工管理提供了系统性的解决方案。国内外学者在 BIM 技术市政工程应用领域已经开展大量研究。刘永强等^[1]针对大型水闸工程构建 BIM 危险源辨识系统, 实现施工风险的可视化管理; 张宁等^[2]在市政污

水处理厂改扩建中应用 BIM 技术, 优化复杂工艺流程的协同设计; 刘宗余等^[3]将数字孪生技术应用于大口径长距离输水管线, 提升施工管控精度。Lu W 等^[4]将 BIM 与数字孪生技术深度融合的框架和实现路径, 为智能隧道建设提供了理论模型。国外研究更侧重于 IFC 标准互操作性、点云数据融合、AI 辅助决策等前沿方向。本研究主要解决复杂市政工程多专业模型集成效率低、4D 模拟精度不足、质量安全管理缺乏实时反馈机制等问题, 探索基于 BIM 的协同管理平台的集成应用与效益分析研究。

2 工程概况

四川某市政交通项目全长 2.3 公里, 道路红线宽度达

【作者简介】王正全(1988-), 男, 中国重庆人, 硕士, 高级工程师, 从事工程建设、工程管理、工程招投标研究。

60 米,设计时速 60km/h,主线施工段 1.45 公里,其中涉及 0.51 公里的沉管隧道段,工程集成道路工程、综合排水系统、智能交通监控、照明设施、景观绿化等多专业为一体。面对如此复杂的系统工程,传统管理模式难以有效协调各专业之间的施工时间节点,所以项目团队全面引入 BIM 技术,构建了覆盖全专业的高精度三维 BIM 模型,该模型除了精确表达了道路线形、地下管线布局、沉管隧道结构,也是项目协同管理的主要平台。通过 BIM 技术,能够可视化预演施工重难点,提前识别潜在的施工风险,合理优化施工组织设计。

3 BIM 技术在市政工程施工管理中的应用

3.1 设计管理

BIM+GIS 集成技术通过高程点云数据与数字高程模型融合,实现线性工程复杂地形的精确拟合,解决传统二维图纸难以表达高差变化的难题。在此基础上,工作人员采用三维协同设计平台进行在线图纸会审,让各专业设计人员在同一模型中实时查看建筑、结构、机电等专业的设计信息,清晰标记设计冲突,及时讨论设计中存在的问题,大幅度提高会审效率。同时,将各专业设计模型整合至 Navisworks 等专业分析软件中,设定“硬碰撞”和“软间隙”检查规则,系统性扫描管线间的空间冲突,检查结果利用三维视图方式,将冲突点详细显示出来,并自动生成碰撞报告,指导设计人员在 Revit 等设计软件中进行精准修改(如图 1 所示)。

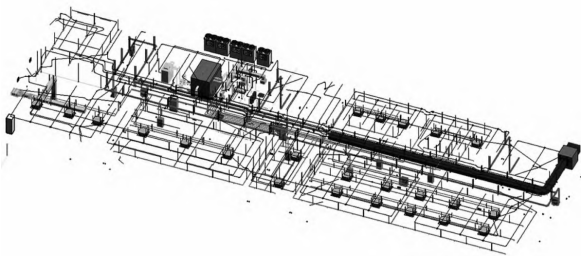


图 1 机电模型碰撞检查结果可视化示意图

以本案例项目为例,设计团队利用 BIM 技术识别出 35 处关键碰撞点,提出了 38 项优化方案,根据对近三年同类市政工程的统计,未采用 BIM 技术的项目平均设计变更次数为 900 次,其中由设计冲突引发的变更占比约为 25%。本项目通过应用 BIM 技术,将由设计冲突引发的变更次数从预期的 225 次降低至 3 次,降幅达 98.7%,综合设计变更总量较传统项目降低 95.5%,充分验证了 BIM 技术在提高设计方案适用性和可施工性方面的应用价值。

3.2 进度管理

在本项目中,将工作分解结构(WBS)作为基础,将整个工程逐级分解为可管理的分项任务,并为每个任务赋予唯一的 WBS 编码,该编码和 BIM 模型中的构件 ID 及空间位置信息进行关联,建立了“进度-成本-模型”三位一体的集成管理体系。利用 Microsoft Project 软件编制详细的进度计划(.mpp 文件),并将其和 BIM 三维模型进行 4D(三

维模型+时间)集成,科学设定不同的渲染样式,如将没有施工部分设为“灰色”、施工中部分设为“白色”、已经完成部分设为“绿色”,可视化动态模拟施工进度,帮助管理者直观地掌握现场实际进度和计划之间的偏差(如图 2 所示)。

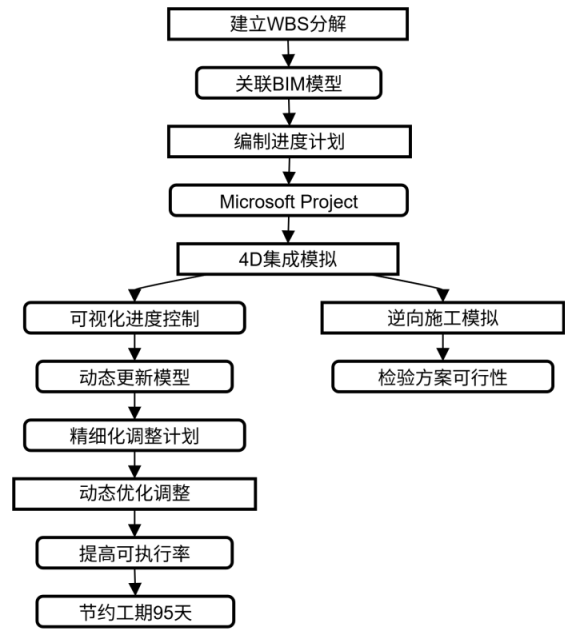


图 2 4D 进度模拟可视化对比图

在此基础上,项目团队利用 BIM 技术开展了逆向施工模拟,即按照计划的逆序推演施工过程,精准检验施工方案的可行性,提前发现潜在的施工组织问题。在项目执行过程中,根据现场实际进展,动态更新 BIM 模型中的进度信息,精细化调整原计划。见表 1 数据显示,该方法显著提高了进度计划的可执行性,项目原定总工期 1317 天,实际完成 1222 天,工期节约率 7.21%,该方法显著提高了进度计划的可执行性,其利用 BIM 来提高工期节约率 S 可表示为:

$$S = \frac{T_o - T_a}{T_o} \times 100\%$$

其中: T_o 为原始计划工期, T_a 为实际完成工期。本项目通过 BIM 技术成功缩短工期 95 天,创造了 7.21% 的工期节约率,实现了从静态计划向动态管理控制的转变。同时,进度计划的可执行率提升了 30%,期间进行了 50 次动态优化,充分证明了 BIM 技术在提高市政工程进度管理精细化水平方面的应用效果。

3.3 质量安全管理

项目团队利用 BIM 协同管理平台,建立了基于“图钉”(Pin)的缺陷追踪整改机制,管理人员在巡检过程中直接在 BIM 三维模型的相应构件位置“设立图钉”,精准标记发现的质量缺陷,每个图钉可自定义类型,如钢筋绑扎、混凝土浇筑、临边防护等,选择对应的图标,并上传现场照片、视频等证据,清晰描述问题^[5]。在质量合格率方面,项

目以施工质量验收规范为基准，建立分部分项工程的 BIM 质量验收模块。通过对比项目开工初期（前 3 个月）与应用 BIM 质量管控系统后（第 4-12 个月）的验收数据，发现分部分项工程一次验收合格率从 78% 提升至 95.6%，提升幅度达

22.6 个百分点。根据分析数据显示，在道路施工阶段共发现 52 处质量安全问题，3 日内整改率达到 95%，7 日内实现 100% 闭环，该成果得益于将 3 日、7 日整改率作为管控指标，通过系统自动提醒和责任到人，形成了强大的管理压力。

表 1 关键施工任务进度计划与实际执行对比示例表

WBS 编码	工程内容	计划开始时间	计划结束时间	实际开始时间	实际结束时间	计划工期 (天)	实际工期 (天)	工期偏差 (天)	关联模型构件
WBS-01-01	沉管隧道基坑开挖	2023/3/15	2023/5/30	2023/3/18	2023/5/25	77	69	-8	隧道主体结构 .TUN-001
WBS-02-03	主线桥梁预制梁安装	2023/8/1	2023/10/15	2023/8/5	2023/10/10	76	67	-9	桥梁上部结构 .BRD-012
WBS-03-05	综合管廊土建施工	2023/6/10	2023/9/20	2023/6/12	2023/9/15	103	96	-7	管廊主体 .GAL-008
WBS-04-02	路面沥青摊铺	2023/11/1	2023/12/15	2023/11/3	2023/12/10	45	38	-7	路面结构 .RDM-025

3.4 现场协同与信息管理

在市政工程施工的动态管理阶段，项目团队采用模型压缩和三角网格优化技术，将大量 BIM 模型转化为适用于移动终端的轻量化格式，开发了功能完备的 BIM 移动应用，给现场管理者提供较高的模型操作权限，支持模型的自由旋转、缩放、剖切等功能，并可通过构件属性查询、条件筛选等功能，快速定位特定构件。同时，管理者利用移动终端，可随时随地调取施工图纸、技术交底文件、材料设备信息，通过将现场采集的施工进度、质量安全数据实时上传至云端 BIM 平台，动态追踪实际进度，管理者可将现场进度和 4D 模拟计划进行对比，直观判断工序是“提前”还是“延后”，为进度纠偏提供即时依据。

BIM 平台构建了基于“图钉”的协同管理机制，管理者发现隐患后直接在移动终端的 BIM 模型上对应位置“钉”上一个图钉，上传现场照片、视频，详细描述问题，系统自动形成整改任务单并推送至责任人，所有相关方（施工、监理、业主）均可在线查看任务处理进度，形成多主体协同监督的格局^[6]。

4 应用效果

在市政工程项目施工管理中，BIM 技术的深度应用带来了良好的经济效益，项目通过 4D-BIM 进度模拟和动态管控，成功将总工期缩短 95 天，将进度优势直接转化为可观的成本节约。在技术管理方面，项目团队规模为 32 人 (R)，工期的缩短意味着技术管理人员的现场服务周期同步减少。节约的技术管理工时 D 可通过公式计算：

$$D = R \times (T_0 - T_a)$$

在设备成本节约方面，项目日均设备成本 d 的计算综合考虑了租赁设备和自有设备的综合成本，计算出 D 为 3040 人·天，按照技术管理人员日均薪酬 300 元计算，减少的技

术管理人员用工成本。而对于租赁设备，直接采用合同约定的日租金，设备节约成本为 0.8 万元 (c_d)，工期缩短带来的设备租赁支出节约 $G = c_d \times \Delta T = 0.8 \times 95 = 76$ 万元。综合计算，仅因工期提前，项目在技术管理和设备租赁两项上直接实现直接成本节约 167.2 万元（人工节约 91.2 万 + 设备租赁节约 76 万元），充分体现了 BIM 技术在精细化管理和成本控制方面的巨大价值。

5 结语

本研究以四川某市政工程为案例，验证了 BIM 技术在工程质量、进度、安全等方面的应用价值，研究证实 BIM 技术在复杂市政工程中可实现设计变更减少 95%、工期节约 7.21%、质量整改效率提升 67%，为同类项目提供可复用的协同管理模式。在质量安全领域，基于 BIM 平台的可视化交底技术，有效提高了管理的精细化水平，显著增强了项目的质量安全管理能力。BIM 技术的应用，为市政工程的精益化、数字化管理提供了有力支持。

参考文献

- [1] 刘永强,朱斌,任海文,等. 基于BIM技术的大型水闸工程施工危险源辨识系统设计[J]. 水电能源科学,2023,41(5):170-173,134.
- [2] 张宁,邓京楠. 市政污水处理厂改扩建工程BIM技术应用研究[J]. 中国给水排水,2024,40(14):79-84.
- [3] 刘宗余,何思源,何志军,等. 数字孪生技术在大口径长距离输水管线施工管理中的应用[J]. 中国水利,2023(2):43-47.
- [4] Lu W, et al. Digital Twin-enabled Bim for Smart Tunnel Construction[J]. Automation in Construction, 2023, 145:104657.
- [5] 高莹. BIM技术在市政工程造价全过程管理中的应用[J]. 价值工程,2020,39(13):268-269.
- [6] 饶舰,韩佳,王亚旭. BIM技术在市政管线迁改中的应用[J]. 施工技术(中英文),2022,51(11):45-48.