

BIM技术在泰和路高架大修工程中的应用

陈 龙

(上海市道路运输事业发展中心, 上海市 200025)

摘 要: 为顺应工程行业数字化转型趋势,以S20外环泰和路高架修复养护工程为背景,开展了BIM(building information model)技术在项目中的实际应用研究。通过在设计与施工阶段构建数字化协同体系,实施了BIM建模、倾斜摄影、工序模拟、交组模拟、进度可视化及数字沙盘等技术应用,有效提升了设计质量,减少了施工阶段的返工现象。同时采用数字沙盘集成技术,形成了基于BIM的数字资产基础,为后续数字化运维与数字孪生系统的建设提供了必要支撑。

关键词: 桥梁大修; BIM模型; BIM应用; 数字化交付

中图分类号: U445; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)04-0340-05

Application of BIM Technology in Taihe Road Elevated Road Overhaul Project

CHEN Long

(Shanghai Road Transport Development Center, Shanghai 200025, China)

Abstract: In order to align with the trend of digital transformation in the engineering industry, taking the S20 Outer Ring Taihe Road Elevated Road Repair and Maintenance Project as the background, the practical application of BIM technology in the project is studied. By establishing a digital collaboration system during the design and construction phases, the application of technologies such as BIM modeling, oblique photography, process simulation, handover simulation, progress visualization and digital sand table are implemented to effectively enhance the design quality and reduce the rework during the construction phase. Simultaneously, by adopting the digital sand table integration technology, a digital asset foundation based on BIM is formed, providing the necessary support for the subsequent construction of digital operation and maintenance and digital twin systems.

Keywords: bridge overhaul; BIM model; BIM application; digital delivery

0 引 言

2023年,交通运输部发布了《关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见》^[1],提出了包括提升公路设计施工数字化水平、推进数字化设计、推动智能建造等要求。

2024年,上海市交通委员会印发了《上海交通数字化转型实施意见(2024—2026年)》^[2],提出了“两基三通五高地六保障”的架构体系,旨在推动交通建设工业化、数字化和智能化升级,实现科技创新引领交通建设高质量发展。

目前数字化技术在工程建设领域中的应用已取得显著进展,通过数字化协同平台构建^[3-4]、多源数

据集成^[5-6]与4D施工模拟^[7]等技术组合,显著提升了工程质量和施工效率。特别是在倾斜摄影实景建模、工序动态模拟及数字沙盘集成^[8]等方面取得突破性进展,为基础设施修复养护提供了可视化、智能化的技术支撑。

为响应国家及上海对数字化改革的要求,在上海市S20外环泰和路高架修复养护工程实施期间,积极开展以BIM技术为主的数字化应用,在建设模型基础数据、提高设计质量、加强施工精细化管理、提升全生命周期运维效率等方面做出一定积极尝试。

1 项目概况

1.1 工程背景

S20外环泰和路高架位于上海外环高速北外环,西接蕴川立交,东接外环隧道,长期承担货运车辆的过境功能,是上海货运交通的主动脉和生命线,具体

收稿日期: 2025-09-01

作者简介: 陈龙(1992—),男,硕士,工程师,从事桥梁工程数字化工作。

区位见图1,由于建成年代早、重货密度高以及板梁质量退化,梁体出现不同程度损伤^[9]。为保证其持续稳定运营,特此开展专项修复养护工程。本次修复养护工程项目是针对泰和路高架主线及3条匝道,项目全长约4 065 m,主要工程内容包括:拆除并更换板梁、支座,重建桥面系(铺装、伸缩缝)、防撞墙、桥面排水系统、声屏障等,并保留下部结构。



图1 工程位置示意图

1.2 工程特点及难点

泰和路高架修复养护工程是在确保城市交通主动脉基本通行的前提下,在复杂环境中实施的综合性改造项目,其核心特点与难点如下^[10]。

(1)空间环境复杂,安全控制要求高

工程沿线厂房密集,上跨宝杨线货运铁路、下穿轨道交通3号线,邻近高压线与原水管等关键设施。立体交叉的作业环境对施工精度与控制提出极高要求,安全风险突出。

(2)多标段协同困难,资源调度压力大

采用整体换梁方案,需在有限时间内集中更换183跨板梁。多工作面同步施工且共用运梁通道,对构件运输序列、作业衔接与现场协调的精细化管理构成严峻挑战。

(3)工期严苛,交通组织复杂

工程须在外环隧道封闭大修的有限窗口期内完成,工期约束强。施工期间需维持“半幅封闭、半幅双向通行”的交通模式,保通压力大,社会影响面广。

1.3 数字化工作思路

针对上述难点,本项目确立“数据驱动、全程协同”的数字化实施路径,系统开展以下3类工作^[11-13]。

(1)全要素模型构建

搭建施工阶段构件级BIM模型,融合倾斜摄影实景数据,形成统一、精确的数字化环境底座,为空间分析、方案模拟提供基础。

(2)关键技术应用

开展基于BIM的构件编码、虚拟仿真、工序模拟

与进度可视化等应用,优化施工组织,强化过程控制,辅助交通疏导方案决策。

(3)数字化成果交付

制定项目级BIM交付标准,整合模型、属性与过程资料,形成可继承、可运维的数字资产,为后续管养与数字孪生系统建设提供支撑。

2 模型创建与集成

2.1 BIM模型创建

使用国产广联达数维道路涉及软件,以施工图纸为依据,按实际尺寸进行建模。采用上海2000平面坐标系和上海吴淞高程系,模型精细度按LOD3.0构件级。依据大修工程项目特点,确定模型构件合计25 681个单元,具体构件类别及数量见表1,完成的BIM模型见图2。

表1 模型构件类别及数量

种类	计数	种类	计数
支座系统/个	16 142	挠度测量标靶/个	58
空心板梁/片	3 999	摄像机/个	56
边护栏/跨	716	中央护栏/跨	32
桥墩立柱/根	716	防眩板/跨	30
承台/个	474	补光灯/个	29
桩基/根	474	车检器/个	23
沥青铺装/跨	390	标志立杆/根	20
混凝土铺装/跨	390	防落网/跨	16
盖梁/根	382	挠度测量相机/个	16
集水井/个	381	路面标线/段	13
落水管/根	381	车道雷达/个	12
路灯/根	267	车道情报板/个	8
钢横隔板/片	121	车道龙门架/个	7
伸缩缝/条	117	加速度计/个	6
交通标志牌/个	112	桥台/座	6
钢纵梁/片	110	伸缩缝位移计/个	6
声屏障/跨	91	湿度计/个	4
结构应变计/个	74	环境检测器/个	2

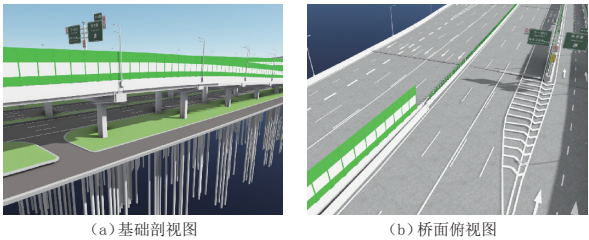


图2 BIM模型示意图

2.2 环境数据采集与处理

通过无人机采集道路两侧各200 m范围内的倾斜摄影,包含建筑、基础设施、水域、绿化植被等。采用预处理实现“精度保留+高效加载”,具体过程包括:

(1)原始模型质量检查与修复。消除模型噪声(如悬浮点、重复面片),删除高于地面1m以上的孤立点(如飞鸟、云层在建模中形成的伪影等),对建筑边缘、树木遮挡处的空洞进行填充,替换模糊、错位的纹理等。

(2)几何轻量化处理。为平衡渲染效率,在视觉精度损失不大于5%的前提下,减少面片数量,文件体积压缩至原始的10%~30%。

(3)纹理压缩与优化。降低纹理数据量,同时保证视觉清晰度,修正纹理拉伸。处理后的倾斜摄影见图3。



图3 倾斜摄影模型示意图

2.3 模型整合

将BIM模型和倾斜摄影导入SMEDI-VDBIM客户端数字沙盘软件。沙盘可提供快速加载、基础数据融合、多媒体文件关联、三维标绘、模型互动、路径漫游、断面剖切、三维测量、图层控制、综合汇报等多种实际功能(见图4)。

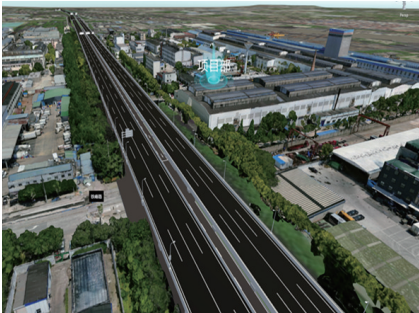


图4 模型整合成果

基于沙盘的模型整合实现了多专业模型的集成,构建项目的“单一数据源”,为后续数字化应用提供唯一、可信的数据基底。

3 BIM技术应用

3.1 构件编码与属性挂接

模型构件编码是数字化资产各阶段传递过程中的统一标识。根据上海市道路运输事业发展中心编制的《上海市公路设施编码规则、分类与编码标准》^[14],

按照“设施代码-分类对象编号-顺序码及冗余码”的原则,对模型全部构件逐个进行编码。以高架主线内圈第35跨第4片空心板梁为例,其完整编码为:S20310113R0740-18-04.06.01.02.00.0-1003504000。

在唯一标识编码基础上,针对不同构件特点及后续管理要求,采用数模分离方式对各种构件需要收集的属性信息进行梳理。以某2片预制空心板梁为例,收集的部分属性信息见表2。

表2 部分空心板梁信息搜集表

构件编码	S20310113L0740-18-04.06.01.02.00.0-2000910000	S20310113L0740-18-04.06.01.02.00.0-2001002000
	空心板梁	空心板梁
构件类型	空心板梁	空心板梁
跨数	9	10
梁长/mm	17 590	17 375
梁高	950	950
标段	一工区	一工区
预制厂家	联合基地	中铁梁场
厂家编码	ZL-SM9-10	ZL-SM10-02
浇筑时间	2024/7/5	2024/8/3
检测强度/MPa	48.1	48.9
龄期/d	16	12

经过唯一性和正确性校验后,将编码及属性信息挂接到对应的模型构件中,生成得到包含完整信息属性的BIM模型,可作为数字资产传递至后续运营阶段,集成后效果如图5所示。



图5 模型构件集成编码及属性

通过为每个构件创建唯一的“数字身份证”,将设计、生产、施工等阶段的属性信息与模型构件精准挂接,实现了物理实体与数字模型之间的双向数据链路,为后续的精化管理、质量追溯以及运维阶段的资产台账、状态监测与科学管养提供了核心数据支撑。

3.2 虚拟仿真漫游及设计优化

本项目周边环境条件复杂,存在民用建筑、新老桥交界、涉铁段和高压线等情况。基于BIM模型进行步行、飞行等模式的仿真漫游。漫游效果截图见图6。



图6 漫游视角截图

通过将抽象的图纸信息和环境数据转化为可测量、可交互的沉浸式体验,在真实数据驱动的虚拟环境中进行预演,能够对空间关系、净空要求等关键参数进行量化分析与冲突检测,将潜在的设计问题从事后发现转变为事前消除,显著减少了施工阶段的返工与变更。

3.3 关键工序施工动画模拟

旧梁拆除和新梁架设是本项目实施中体量最大、难度最高、风险最突出的核心工序。通过融合 BIM 模型与现场施工,深度参与施组方案制定,利用后期软件制作施工动画,效果见图 7。

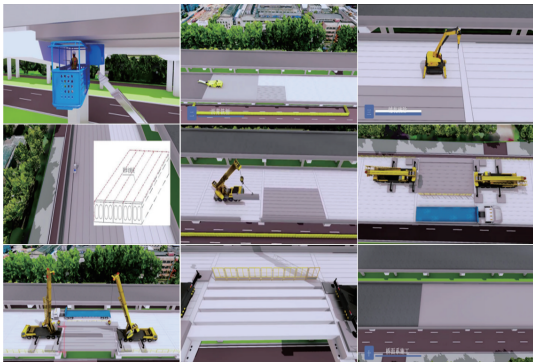


图7 施工模拟动画截图

通过直观呈现机具站位、吊装细节及工序衔接等流程,辅助优化施工方案,将文本化的施工组织方案转化为直观的可视化模拟,有效提升交底工作效率和理解准确度。

3.4 施工期间交通组织模拟

本工程在 S20 外环隧道封闭大修的窗口期进行施工,采取半幅封闭施工、半幅保通的交通组织方案,先外圈、后内圈施工。利用 BIM 模型对施工期间交通组织进行模拟,模拟效果截图见图 8。

通过交组方案预演,显著降低了施工期间的交通拥堵风险,更为在严格窗口期内安全、高效完成大修工程提供了关键的技术保障。

3.5 施工进度可视化展示

本项目因线性工程特性、交通保通压力及工期



图8 交通组织方案模拟截图

制约,采用了多标段、多工作面同步施工的模式。为保障多单位进度协同,依托 BIM 技术,在周例会上以可视化方式展示主梁、防撞墙及铺装等关键工序的施工进展,通过颜色变化、构件显隐控制等方式呈现施工状态,应用现场照片见图 9。



图9 施工进度可视化在周例会上的应用

通过直观的进度展示和偏差对比分析,为资源调配和纠偏提供了精准的数据依据,使进度管理从滞后统计转向实时预警与前瞻调控。

4 数字化成果

数字化交付是以工程对象为核心,按照既定的数据标准和规则,将工程建设阶段产生的静态信息进行数字化归集,实现物理建筑和“数字化建筑”的双交付。

4.1 项目级交付指南

为统一 BIM 工作流程,提升项目建设与后续运维效率,本项目结合工程实际开展情况,从当前施工需求和远期数字孪生构建目标出发,编制了项目级交付指南,主要包括以下内容:

(1)总则:总述 BIM 技术在路桥工程中的应用流程与协同工作机制,明确以建设单位为主导,各参与方在模型创建与应用中的具体职责与要求,旨在提升工程整体效率,落实数字化交付,并为后续工程和数字孪生系统建设提供支持。

(2)模型工作:制定 BIM 模型创建与管理的全过程技术要求,包括模型详细等级划分、构件编码体

系、几何与非几何信息的深度规范,以及模型审核与交付标准,保障模型在各阶段的一致性、准确性和可用性,支持数字孪生平台的数据集成。

(3)模型应用工作:阐述BIM技术在设计、施工和运维阶段的具体应用形式。借助可视化展示、方案比选、工艺模拟、工程算量和智能运维等方式,BIM技术在提高设计合理性、施工组织优化、施工安全管控和运维智能化等方面起到关键作用,推进了全过程的数字化协同管理。

(4)成果交付:明确以工程实体对象为核心的数字化交付原则与基本规定,强调各阶段成果应具备完整性、准确性与一致性,并通过模型、分析报告及相关数字化成果的分阶段提交,实现建设数据向运维阶段的顺畅移交,为智慧化运维及城市CIM平台提供可靠数据基础。

4.2 数字成果集成交付

为实现过程资料的规范化收集与管理,依据项目交付指南要求和实际工程需要,定制开发了一套基于BIM与GIS融合技术的桥梁资源管理平台,见图10。

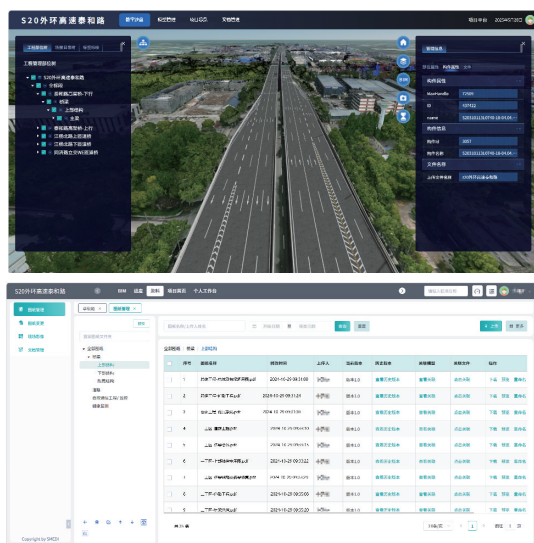


图10 桥梁资源管理平台截图

该平台采用B/S架构,基于国产图形引擎实现模型可视化,并以构件统一编码为核心关联机制,将设计与施工阶段的数据文档与BIM模型深度融合,构建了一个结构化的数字资产库,为后续运维中的精准查询、结构分析及预防性养护转型奠定了数据基础。

5 结语

本工程基于项目建设需求与管理实际,聚焦“模型、协同、应用、数据”四个核心维度,以数字化交付为导向,系统开展了BIM技术应用。本项目BIM实

施的价值与意义主要体现在以下几个方面:

(1)构建数字孪生底座,支撑高质量建设。基于BIM技术构建数字沙盘,整合多源异构数据,通过三维可视化方式直观展示工程空间关系,辅助设计优化,支持多单位协同查看,减少了信息误差,有效提升了施工组织效率,为项目全周期管理提供了统一、可靠的数据基础。

(2)可视化施工模拟,提高沟通效率。运用BIM技术开展施工模拟,清晰展现拆架梁梁等关键工序,使参建各方直观理解施工组织与技术内容,显著提升交底效果。基于模型的施工进度展示在周例会中作为核心沟通工具,以三维可视化方式清晰展示施工进度与重点关注,显著提升了沟通效率。

(3)形成数字资产,服务后期运维。通过搭建资源管理平台,以唯一编码的BIM模型为核心连接,整合设计、施工阶段相关电子资料,实现了数据的全方位收集与向后传递,实现在运维阶段的信息查询与高效管理,显著提升后期的精细化养护水平。

参考文献:

- [1] 交通运输部. 关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见 [EB/OL]. [2023-09-20]. https://xxgk.mot.gov.cn/2020/jigou/glj/202309/t20230920_3922478.html
- [2] 上海市交通委员会. 上海交通数字化转型实施意见(2024-2026年) [EB/OL]. [2024-04-08]. <https://jt.sh.gov.cn/zxzfxx/20240514/0849280ead034f9b89896159e59ec5d1.html>
- [3] 马少雄,李昌宁,徐宏,等. 基于BIM的铁路隧道工程施工协同管理平台研究[J]. 铁道标准设计, 2021, 65(8): 113-117.
- [4] 张基成,孙杰. BIM管理平台在快速路项目建设中的应用[J]. 城市道桥与防洪, 2021(10): 172-176.
- [5] 王兴鲁,王晓刚,陈翔,等. 基于BIM的高速铁路工程建设运维一体化应用研究[J]. 铁道标准设计, 2023, 67(10): 186-193.
- [6] 饶小康,马瑞,张力,等. 基于GIS+BIM+IoT数字孪生的堤防工程安全管理平台研究[J]. 中国农村水利水电, 2022(1): 1-7.
- [7] 王倩,刘立基,陈亮,等. 复杂桥梁大修工程BIM技术应用研究[J]. 城市道桥与防洪, 2020(4): 172-176.
- [8] 崔小芳. 基于BIM的高速公路桥梁养护综合管理技术研究[J]. 公路工程, 2019, 44(3): 253-257.
- [9] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司. S20外环泰和路高架(K93+283~K97+111, K0+000~K0+237)修复养护工程初步设计[Z]. 上海: 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 2023.
- [10] 周丽娜. 上海市泰和路高架修复养护工程总体方案研究[J]. 城市道桥与防洪, 2025(3): 104-108.
- [11] 李慧欣. BIM技术在网架吊杆拱桥设计阶段的应用[J]. 城市道桥与防洪, 2023(6): 271-274; 278.
- [12] 刘攀攀,蒋海里,陈柳花,等. 基于BIM+GIS技术的大跨度桥梁施工可视化信息管理平台研究及应用[J]. 城市道桥与防洪, 2022(8): 185-189; 197.
- [13] 邓龙华,张龙,沈敬林,等. 预制装配式高架数字化建管转型[J]. 城市道桥与防洪, 2025(3): 231-235.
- [14] 上海市道路运输事业发展中心. 上海市公路设施编码规则、分类与编码标准[S]. 2023.