

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.08.073

# 数字孪生技术在城市主干路改建工程的应用实践

牟晓亮

(上海浦东工程建设管理有限公司,上海市 200127)

**摘要:**随着城市的不断发展和建设,道路改造项目逐渐增多。以上海市某主干路改建工程数字孪生技术应用为例,阐述了数字孪生技术在道路改造项目中的应用思路,分析了此类项目的特征和痛难点。通过数字孪生技术和 BIM 信息管理平台的应用,构建了设计、施工进度、成本、质量、安全、环境、智慧工地等数据,提升了管理精细度,为企业级平台提升提供样板。同时,形成了项目竣工数字孪生资产,为运维阶段提供可靠的数据支撑。

**关键词:**数字孪生;主干路改建工程;BIM 信息管理平台;智慧工地

中图分类号:U415.1

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2023)08-0293-04

## 0 引言

数字孪生(digital twin)技术最早由美国密歇根大学格里弗斯教授在 2003 年提出。2012 年 NASA 正式定义数字孪生:数字孪生是充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据,集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程,在虚拟信息空间完成对物理实体的映射,从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程<sup>[1]</sup>。

在市政工程建设领域,传统的 BIM 模型从设计到施工再到业主的过程中,会损失一些数据,缺少全生命周期数据的管理<sup>[2]</sup>。线下流程及文件级管理模式也无法实现对项目全生命周期的数据进行定义和管理。

数字孪生技术的应用不仅可以得到项目竣工数字化成果,更重要的是可以得到项目全生命周期的数字化成果,协助决策,在市政工程建设领域有十分重要的意义。

## 1 数字孪生技术应用现状

数字孪生技术已广泛应用于各类场景,智慧城市、工业 4.0 和智能驾驶行业是先进数字孪生技术使用较多的行业。

在我国,数字孪生的发展得到我国的政策支持。数字孪生城市已成为各地政府推进智慧城市建设的模式选择,产业界也将其视为技术创新的风向标、发展的新机遇,数字孪生应用已在部分领域率先

展开<sup>[3]</sup>。

数字孪生应用将大大推动新型智慧城市的建设。在信息空间上构建的城市虚拟映像叠加在城市物理空间上,将极大地改变城市面貌,重塑城市基础设施,形成虚实结合、孪生互动的城市发展新形态。

在国内,雄安新区从建设开始便贯彻“智慧城市”的创新理念,通过规划搭建 BIM 管理平台,从数据底层架构进行设计。截至 2020 年 8 月底,雄安新区共有 10 多个机构、50 多个业务系统、150 多个数据库生长在块数据平台上,彻底解决了传统数据平台数据采集接口不完备、汇聚效率低、实时性差、单次数据交换体量小等顽疾。雄安新区的建设不仅包括建设物理城市,更是通过数字孪生技术搭建虚拟城市平台,实现“智慧城市”+“虚拟城市”双生命周期的同步发展。

## 2 工程概况

### 2.1 项目简介

杨高中路(罗山路立交—中环立交)改建工程西起罗山路立交,东至中环立交,道路全长 3.5 km,规划红线 50 m(见图 1)。本工程采用主线连续跨线桥+地面道路形式,地面道路纵坡与现状道路基本保持一致,主线纵断面技术标准满足 60 km/h 要求。地面道路按城市次干路设计,设计时速 50 km/h,同步改造罗山路立交(见图 2)、中环立交。

### 2.2 采用数字孪生技术的必要性

本项目施工以预制装配为主、现浇为辅,预制装配率高,构件数量多,运输量大,运输及吊装作业均会影响社会交通。现场场地狭小,吊装作业常需要占据既有通行车道。

收稿日期:2022-08-30

作者简介:牟晓亮(1990—),男,硕士,工程师,从事工程管理工作。

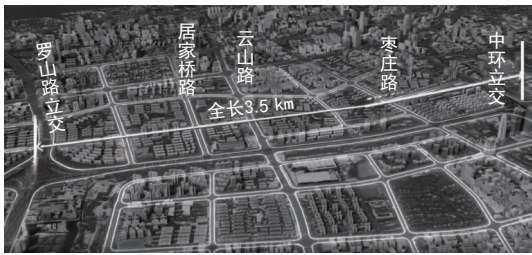


图1 项目范围



图2 罗山路立交改建方案

本项目为道路改建工程,现有交通流量较大,且与周边路网连通,施工时需维持道路交通通畅,需采取合理的交通组织和安全保障措施,确保路口交通所受影响最低。

本项目位于浦东新区成熟地块,周边有大量企事业单位、商业街、小区,属于人流聚集区,社会关注度高,环境保护及现场文明施工十分重要,直接关系到新区环境和企业形象。

本项目分多部门管理,更有众多的参建单位和预制加工场,项目沟通、组织、协调、管理难度大。

利用数字孪生技术,可以在设计过程中检查和遴选最优方案,在施工过程中通过无人机航拍和实景建模,比较项目的进度,采取合理的施工方式。与此同时,数据随着工程进展不断扩大完善数字孪生模型,最终移交给业主进入运维阶段。它可以帮助提高项目的生产效率,提供模拟施工、可视化管理、资产可靠性管理、决策支持等一系列创新服务。

为提高项目品质,形成有效数字资产衔接运维阶段,项目建造期间采用数字孪生技术。

### 3 数字孪生技术的应用

本项目在施工过程中,通过采用 BIM、GIS、IoT、智能控制、工程管理等技术,形成了完整的项目数字孪生 BIM 模型与数据文档。项目所形成的“孪生”数字资产,将为未来运维提供细致的模型信息与数据管理信息。

#### 3.1 BIM 建模标准

数据是数字孪生的关键所在,BIM 模型标准的

统一是数字孪生有效应用的基础。在项目启动之初,制定了 BIM 实施导则、项目整体策划书,以及适用于高架快速路 BIM 实施标准(包括分类、编码、深度、信息、行为等要素),统一各方实施,为数字孪生应用打下坚实基础。

#### 3.2 三维信息模型

本项目采用达索 CATIA 软件进行三维建模,施工图模型精度满足 LOD300。模型交换格式采用 FBX,属性信息以表格形式导入平台。本项目利用 GIS、无人机等技术融合,从实际需求出发,在方案阶段利用无人机对施工现场进行倾斜摄影数字孪生,并采用轻量化 WEB 引擎融合 BIM 模型与倾斜摄影(见图 3)。



图3 现状环境(倾斜摄影)

#### 3.3 模型应用提升

本项目根据项目实际情况,对模型应用进行针对性提升,主要包括管线综合、交通导改方案模拟。

##### 3.3.1 管线综合

由于本工程地下管线密集,管线搬迁难度大,在本项目施工图阶段利用 GIS 技术,结合物探勘测数据、BIM 模型及相关管综图纸,对影响项目施工的周边设施及综合管网进行集成化处理,形成数字孪生模型(见图 4),为项目现场动拆迁提供全面的可视化数据,便于相关单位制定动拆迁方案,提高动拆迁实施效率。



图4 地形管线模型

##### 3.3.2 交通导改方案分析

本工程基于云服务、无人机和 BIM 技术融合,从不同技术方向提供 BIM 创新应用,通过将现实中的无人机航拍视频与 BIM 模型、翻交方案进行结合(见



图5),同时在WEB端提供数字孪生与工程方案、翻交方案三维可视化融合,利用新技术集成提高了交通组织方案讨论效率,并多次用在交警主管部门的汇报中,使交通主管部门快速、准确地了解本工程的翻交方案,节省了批复时间。



图5 无人机视频融合

### 3.4 BIM 信息管理平台应用

BIM 信息管理平台作为承载项目全生命周期管理的载体,功能全面且泛用<sup>[4]</sup>。本文主要介绍主干路改建工程施工过程中平台核心模块,不对所有功能进行详细叙述。

#### 3.4.1 平台概况

建管公司 BIM 信息管理平台与 2015 年筹划建立,经过 1.0 版本发展到 2.0 版,通过总结试点项目需求,结合新技术,总结出一套能够在项目中落地应用的功能,形成标准化应用,功能部署更加快捷,为项目管理提供数字化支持。

#### 3.4.2 平台功能模块

##### (1) 进度节点管理

支持 WBS、Project 进度文件的导入,可对计划进行在线编辑<sup>[5]</sup>,并关联计划对应的 BIM 模型构件,可实现模型构件施工状态上报。同时根据数据自动分析,完成延迟构件的统计,并建立工程节点,及时预警临期、超期节点。

同时,杨高路定期采集无人机航拍数据,通过无人机视频反映各个阶段工程进度,并用于历史留档。同时,工程例会上,每次查看近期无人机视频已是必要环节。

##### (2) 成本管理

完善模型造价信息,工程量可从模型中提取,将 BIM 生成的工程量与施工图预算的差异分析,提高预算的准确性,为投资控制与物料管理打下基础。

##### (3) 质量管理

工程模型质量的管理细化到检验批,通过质量验收管理和施工过程影像资料,管控项目质量,实现质量信息的全程可追溯。

将监理报告和检验批资料与模型构件进行关联,可通过模型构件查阅对应的质量验收文档等,以质量资料驱动项目质量管理。

##### (4) 预制构件管理

与 BIM 数据相结合管理预制构件的生产信息、运输信息、安装信息等,平台生成每个构件专属二维码,可方便地查看构件属性,追踪构件生产、运输、堆场安放、现场安装协调的所有信息,有利于对预制构件的全程管控<sup>[6]</sup>。

##### (5) 土方车管理

针对市政工程土方车管理,杨高路路上探索了渣土车管理新模式,对土方车辆的信息、进出所规划的路径进行登记,通过智能摄像头对土方车进行自动抓拍、车牌自动识别、实时智能分析车辆出场冲洗及土方覆盖情况,基于车载 GPS 定位器实时掌握土方车的位置及行驶路径,实现了对现场土方车辆的精细化管理,精确掌握所有土方车在施工现场的每一个细节。

##### (6) 智慧工地之数字围栏考勤

针对线性工程施工区域随时变换、围挡无法全封闭、施工人员上岗信息不完整的情况,杨高路项目在数字化地图上规划出所要考勤的区域范围,施工人员进入到所规划的范围通过手机小程序进行刷脸打卡考勤。与其他考勤方式相比,数字围栏考勤系统集成了实用功能于一身,包括人脸识别打卡、班组人员管理、数据统计与分析等,实现了对现场人员集中化管理,使管理人员精确掌握人员的考勤、各工种上岗的状况。

## 4 总结及展望

本项目通过数字孪生应用的探索,达到了如下目的:

(1)减少工期损失,加快项目进度。利用 BIM 将多专业模型进行整合,进行冲突分析,减少施工前项目各专业的冲突,优化项目方案,极大地减少了工期的损失,从而加快了项目进度。

(2)提高企业收益,增加竞争筹码。BIM 技术强大的数据支撑和技术支撑能力,为市政工程企业项目的精细化管理和集约化管理带来非常大的价值,不仅提高了项目的管理水平,还大大提升了企业整体信息化管理水平,树立了良好的业界口碑和形象。

(3)有效提升项目质量和安全水平。通过 BIM 进行方案模拟,深化施工设计,实现可视化交底和施工

预演,提升项目实施的科学性、可靠性。

(4)有效提高项目的协同能力和管理水平。当前市政工程建设企业项目多,管理难度大,提升项目协同能力和管理水平非常重要。BIM 信息管理平台提供最新、最准确、最完整的工程数据库,供所有项目参建单位进行项目协同工作,减少项目沟通成本,提升项目协同管理效率。

(5)有效控制造价和投资,提升决算控制力。基于 BIM 可精确计算工程量,自动化计算投资数据,减少造价管理方面的漏洞。另外,BIM 技术使项目减少返工和废弃工程,减少变更和签证,从而减少投资成本。这两方面都大幅提升了业主方的决算控制力。

(6)提升管理能力,降低运维成本。建筑的生命周期可达百年,运维成本是其造价成本的多倍<sup>[7]</sup>。运用项目的数字孪生资产,可为运维提供全面的建筑信息数据。这些数据可大幅提升运维效率,降低运维成本。

市政工程已经不是简单的土建工程,还承载着越来越多的设备和数据。随着数字孪生技术应用在市政工程中的不断创新与发展,将逐步促进现有生产力方式和管理模式的改变。我们要立足科技前沿,

以数字化、智能化、精细化方向,为市政工程高效的全生命周期管理应用提供服务,做到切实有效地指导设计、施工、运维,为促进市政工程的数字化建设提供有力的经验。

#### 参考文献:

- [1] GLAESSGEN E, STARGEL D. The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles [C]//53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference 14th AIAA. 2012.
- [2] 吴付标. 数字孪生进入基础设施建设主赛道——对话 Bentley 高级副总裁、北亚区总裁刘德盛[J].中国勘察设计,2019(12):98-101.
- [3] 中研普华产业研究院.2021—2026 年中国数字孪生技术行业市场前瞻分析与未来投资战略规划报告[R].深圳:中研普华产业研究院,2021:1-208.
- [4] 李晓波. 基于高架快速路施工的 BIM 技术及数字孪生应用探索[J].土木工程信息技术,2021(2):35-37,45.
- [5] 崔晨,张磊,吴军伟,等. 桥梁预制装配的 BIM 施工管理平台设计[J].土木工程信息技术,2016,8(6):51-54.
- [6] 姜洋,陈亮.预制装配桥梁基于 BIM 的全过程信息化技术[J].城市道桥与防洪,2020,13(2):132-138.
- [7] 张森. 基于 BIM 的市政工程投资控制研究[D].天津:天津商业大学,2013.

## 《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com