

图1 深圳市南山区既有线路车站模型效果图

本项目受住房和城乡建设部2020年科学技术计划项目(2020-K-136)、中国城市轨道交通协会科研专项(CAMET-KY-2022010)资助和支持。

# 基于BIM的 地铁既有线路智慧管理研究

——以深铁集团南山区既有运营线路BIM基础信息建设项目为例

■ 深圳市市政设计研究院有限公司 胡睿 王波 钟嘉鹏 谢伟青  
深圳市地铁集团有限公司 黄一格

**核心看点:**深圳市地铁集团有限公司(以下简称“深铁集团”)践行深圳市数字政府和智慧城市建设工作部署,针对全市轨道交通数字孪生建设需求,在深圳市南山区既有运营线路开展BIM基础信息建设工作,探索地铁既有线路数字孪生解决方案。项目积累了标准化的既有线路BIM数字资产,通过业务场景数字孪生应用,赋能智慧城市建设。

## 项目背景

### 行业需求

近年来,在国家及各地政策的大力推进下,BIM技术已广泛应用于建设工程领域,为新建工程项目的结构化数据积累提供了技术支撑,但既有工程项目BIM化还相对滞后。轨道交通行业在日常运营运维中会产生大量的数据,急需通过将三维数据底座与业务系统深度融合,推进智慧化运营,BIM数字底座越早形成则越早受益。

### 深圳市数字孪生先锋城市建设要求

深圳市作为智慧城市的试点城市,正在大力推进智慧城市和数字政府的高质量建设,在《关于加快推进建筑信息模型(BIM)技术应用的实施意见(试行)》中,要求积极推进新建工程项目全生命周期BIM应用,逐步完成既有重要建筑BIM模型创建。深圳市将深圳地铁列入了既有重要建筑范围,要求深铁集团向深圳智慧城市提交既有运营线路BIM模型。轨道交通作为线性工程,存在工程复杂、体量大、图纸年代久、隐蔽工程多等建模难点,对既有运营线路逆向BIM建模团队的专业性提出了极高要求。

### 企业自身需求

深铁集团从地铁四期工程开始全面推进全生命周期数字孪生应用,但已开通运营的车站还缺乏数字资源建设,急需借助BIM技术积累既有运营线路数字资源。在此背景下,深铁集团结合城市建设、行业发展、企业数字化转型等需要,于2021年开始探索基于BIM的地铁既有线路数字孪生解决方案(图1)。

### 逆向建模技术路线

既有线路BIM模型作为后续场景应用的数字底座,其质量尤为重要。深铁集团通过前期探索与实践,提出了“标准先行-数据采集-构件库加持-审核插件复核-现场校核-动态更新”的建模技术路线(图2),并在《深铁集团南山区既有运营线路BIM基础信息建设项目》中实施应用。

建模前标准先行:在国家、行业BIM标准规范的框架下,深铁集团牵头编制了2项深圳市轨道交通BIM地方标准和10项深铁集团轨道交通BIM企业标准。结合既有项目特点和需求,进一步编制《深圳市既有重要建筑建模交付技术指引(轨道交通分册)》,明确了各专业模型创建内容、精细度和成果交付等标准。

数据同步采集:深铁集团最早运营的1号线距今已有近20年,期间涉及新线建设、项目改造等情况,需要回溯、查验深圳市轨道建设各时期工程建设图纸资料及改建工程资料总计约8000卷。项目组首先梳理各线路站点项目清单,根据清单收集线路各专业图纸,并核对图纸版本,确保图纸与现场一致性。对于经历更新改造的部分工程,利用激光扫描、现场拍照等方法采集现场数据作为建模原始资料补充。

借助构件库提高建模效率:在模型生产阶段,为保证BIM模型的标准性和统一性,所有模型均采用深铁集团自研BIM构件库创建,自动添加标准属性模板,提升建模效率超50%。目前,深铁集团BIM构件库已入库2.3万多个构件单元,覆盖轨道交通各专业,达到商业级构件库水平(图3)。

通过插件提高审核效率:在模型审查阶段,依托自主研发的基于Revit模型审核插件开展自动审查,如图4所示,包括文件命名、模型坐标、构件命名、属性内容、材质颜色等方面,提升审核效率超80%。

验收阶段现场校核:为确保实模一致,深铁集团组织



图2 建模技术路线

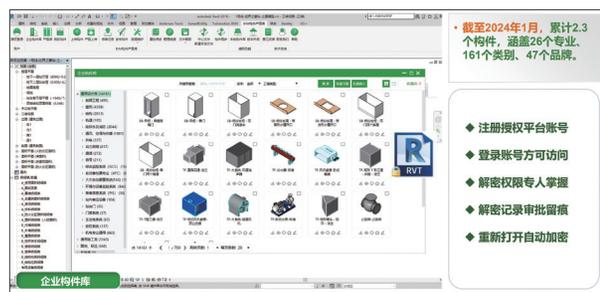


图3 企业构件库

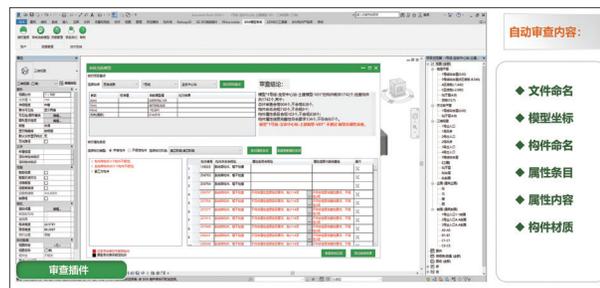


图4 模型审查软件

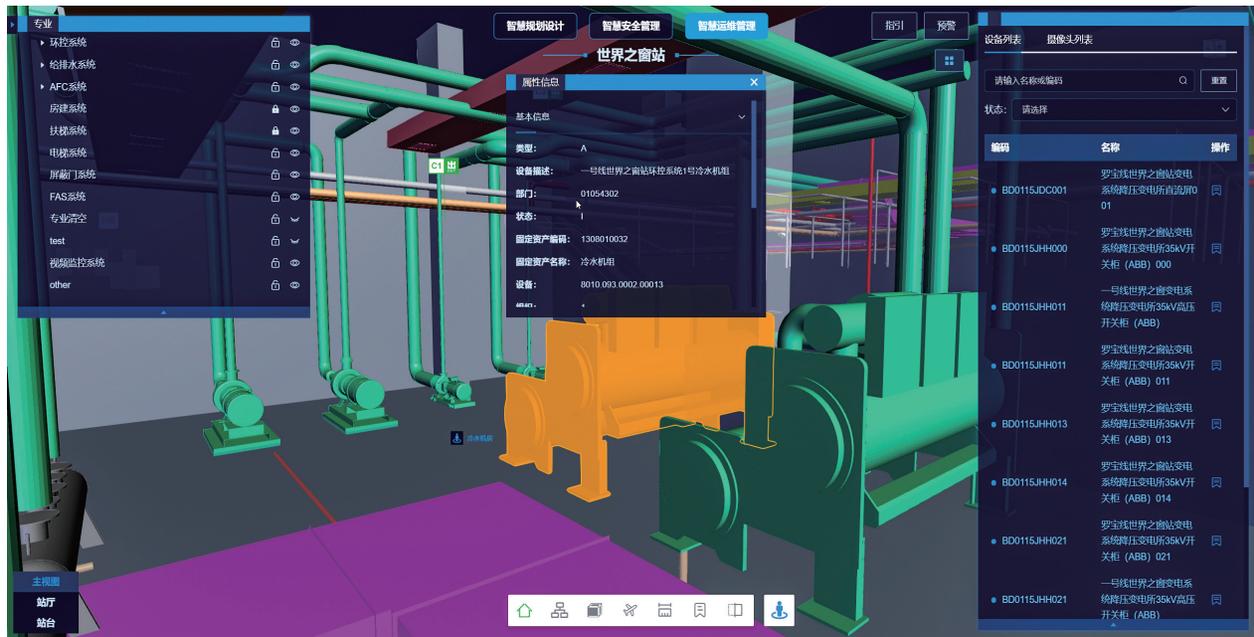


图5 运营运维管理——设备管理界面

地铁现场运营运维管理人员与BIM模型创建人员基于自研BIM平台,按专业对模型进行现场核对,总计消除共性问题56项,全方位保障BIM模型与现场的一致性,为后期运营运维提供准确数据。

**运营阶段动态更新:**在既有地铁运营阶段,现场时常由于设备更新、新线开通等原因发生改造、变更,为确保现场设备设施的变化与BIM模型同步更新,深铁集团编制并发布了《轨道交通运营项目BIM更新管理办法》,明确模型更新作为现场改造的前置条件,借助管理流程保障实、模一致。

### 数字孪生场景应用

考虑实际业务需求,以既有运营线路BIM模型为基础,重点针对运营运维、经营管理、安全应急等开展了智慧场景建设与应用。

#### 运营运维

通过大数据平台将EAM系统设备属性信息与BIM模型进行绑定,承载设备设施全过程信息,实现设备设施三维展示、空间定位以及全生命周期静态参数管理,提供模型更新、替换、版本管理等数据治理方法(图5)。借助BIM技术创新工单管理、维修维保管理等业务管理模式,助力传统设备管理模式向基于BIM的三维化、数字化、协同化管理模式转变。

基于BIM+GIS技术,将运营运维有限(密闭)空间信息与BIM模型进行关联,三维化、形象化地呈现有限空间分布和信息,提高管理人员、维修人员作业效率,有效降低地铁运营安全事故发生风险。

#### 经营管理

基于BIM模型实现了商铺空间、管线、广告灯箱等三维可视化、数据化管理,同时深入分析地铁各闸机进出站客流规律,为商业管理的布局、调整提供精准化依据,提升地铁商业价值(图6)。

运用BIM模型承载各经营设施数据,开发车站、枢纽等物业服务、公共安全、方案演示等场景应用,满足业务单位对复杂空间多业态数据集中式管控的需求,支持按项目业态、时间等维度查看和统计有关业务数据,赋能车站、枢纽经营管理。

#### 安全应急

应急指挥系统建设时,以深铁集团BIM平台为数据底座,将摄像头与BIM模型绑定,可在BIM平台调用现场监控实时视频,为应急指挥的数字孪生应用提供三维可视化支撑(图7)。同时,基于BIM模型录入车站五类应急物资信息(三防、防火、行车、安防、AED),实现车站应急物资的三维可视化管理,为突发事件的应急处置赋能。

通过将BIM模型与地铁安保区范围的隧道埋深、百米标、摄像头、巡查设施设备、巡查人员定位等信息融合,

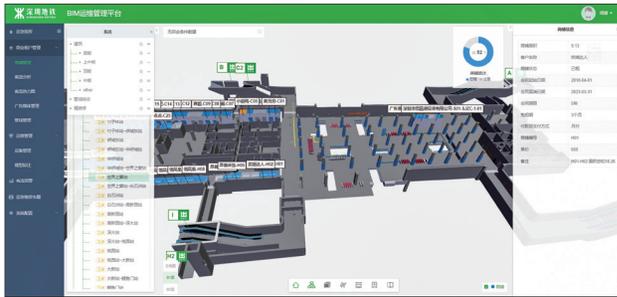


图6 经营管理——商铺管理界面



图7 应急管理——摄像头调用

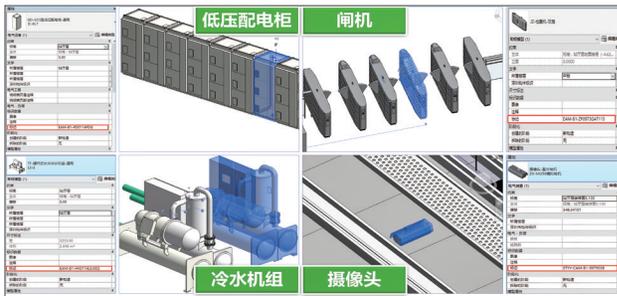


图8 模型构件编码



图9 安保区管理场景

实现BIM平台与安保区管理业务系统的空间数据联动,赋能安保区全过程管理,提升风险研判能力。

## 项目创新点

通过技术探索与应用实践,该项目创新主要体现在以下三个方面:

一是建立逆向建模闭环流程。为保证既有运营线路BIM模型质量,该项目在深圳市轨道交通BIM表达交付标准的基础上创新性地建立既有运营线路BIM建模交付技术指引;根据BIM标准规范自主开发构件库、审核软件,驱动BIM模型自动化检查,提升模型创建质量和效率;采用三维激光扫描对比、现场多方验收等方式,保障实、模一致。建立“标准先行-数据采集-构件库加持-审核插件复核-现场校核-动态更新”技术路线,形成从数据生产、现场复核到场景应用丰富模型数据的完整闭环。

二是各阶段一物一码。既有运营线路开通时间长,现场设备设施经历多次升级改造,为确保实、模一致性和数据准确性,深铁集团通过采集资产管理系统台账数据,结合运营线路各专业设施设备特点制定统一编码规则,在BIM模型中录入设备唯一编码。在运营过程中,各业务系统会产生大量数据,利用构件唯一编码进行匹配调用,极大地节省了在BIM模型中运维信息的录入工作,提高了工作效率,如图8所示。同时,采用模型和数据分离的方

式,有助于减小模型数据体量,有助于数据处理、存储、查询、分析,为后续多场景应用奠定基础。

三是借助数字孪生技术提升管理模式。当前,既有运营线路管理主要依托专业的管理系统,但各系统建设于不同阶段,采用的数据格式标准各异,未在一个界面集中呈现,形成了一个信息孤岛,影响运维数据资源的深度整合与高效利用。该项目以BIM模型为数据底座,结合GIS、IoT等技术,通过自主研发BIM平台对接既有运营线路的监测监控数据,开发运维管理、客流预警、商业管理、物业管理、应急指挥、安保区管理(图9)等。基于BIM的应用场景,推进地铁运营运维从二维管理模式转变为三维可视化、可交互的智能管理模式。

## 结语

项目针对深圳地铁南山区既有运营线路项目数字孪生应用需求,采用BIM技术开展逆向建模并开展多个运营运维场景开发,形成了基于BIM的轨道交通既有运营线路的数字孪生应用解决方案,并推广应用至深圳市全市既有运营线路BIM建设。借助该项目积累的经验,深铁集团目前已完成所辖15条既有地铁线路完成BIM模型创建工作,成为国内首家全地域地铁运营线路BIM化的轨道交通企业。未来,深铁集团将在运营过程中不断迭代更新BIM数据,充分挖掘数据资产,拓展各领域BIM智能化应用,融入智慧城市建设。