

公司名称
上海市隧道工程轨道交通设计研究院

项目地址
中国，上海市，青浦区

应用软件
Autodesk® Revit®
Autodesk® Civil 3D®
Autodesk® Navisworks®
Autodesk® Infraworks®

BIM助力打造数字化地铁站

上海轨道交通十七号线工程全生命期BIM技术应用



图1 17号线诸光路地铁站站台层效果图

上海市隧道工程轨道交通设计研究院
上海市隧道工程轨道交通设计研究院是申通地铁集团子公司，成立于1965年，2010年并入上海申通地铁集团，是中国从事软土隧道和地下工程设计研究历史最久的设计院，是国内最早承担城市轨道交通设计研究的总体单位之一。专业从事城市轨道交通、隧道等市政公用工程、公路（特大隧道和交通工程）等行业工程咨询和工程勘察设计的甲级单位。



图2 17号线东方绿洲地铁站站台层效果图

一、项目概况

上海市轨道交通17号线是一条贯穿于青浦区东西向的区域级轨道交通线，西起历史文化古镇朱家角镇（东方绿舟），东至上海市规划

的重要交通枢纽—虹桥枢纽，线路全长约为35.341km，采用高架和地下结合的敷设方式，总投资额约173.6亿元，本项目已于2017年12月底开通试运营，目前项目已投入运营。线路的建设对青浦新城新的规划和建设具有重要意义。轨道交通17号线依托虹桥枢纽，接收中心城的辐射，串联青浦区的徐泾镇、青浦新城和朱家角镇，17号线的建设将大力促进青浦区新一轮的建设和发展。

二、组织架构

本项目BIM技术应用采用业主牵头协调，委托BIM总体单位主导，BIM分项单位具体实施，各参与方配合的组织模式。各司其职，共同推进本项目BIM技术的深入应用。

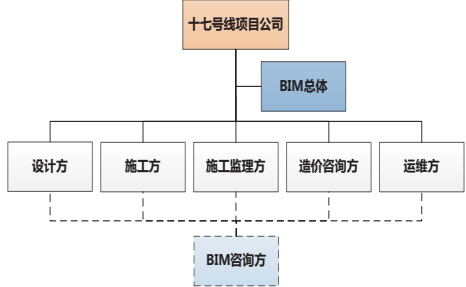


图3 应用组织模式

三、BIM技术应用标准

基于上海市轨道交通17号线工程的BIM技术应用，共形成了2本市级标准、7本企业级标准和1本项目级BIM应用实施导则。

四、BIM数据资产

17号线工程BIM技术应用创建了大量的模型数据，为提高模型创建的效率、准确性，在项目开展过程中基于Autodesk Civil 3D自主开发了地下管线自动生成插件和基于Autodesk Revit开发了地质生成插件、支吊架自动生成插件以及轨道自动生成插件。

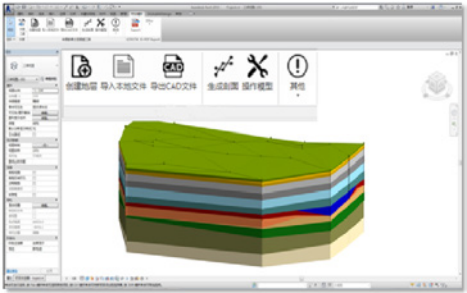


图4 地层自动生成插件

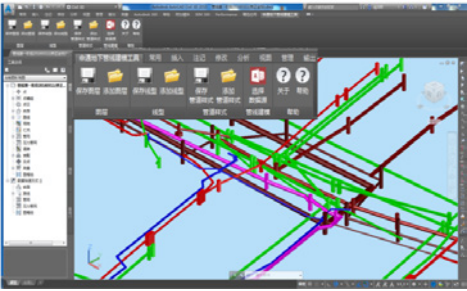


图5 市政管线自动生成插件

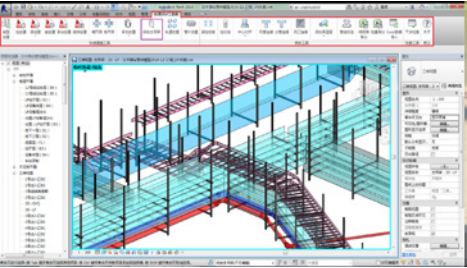


图6 支吊架自动生成插件

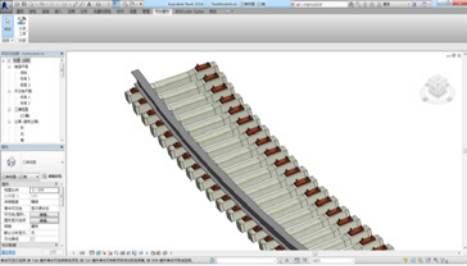


图7 轨道自动生成插件

五、BIM应用介绍

根据上海市隧道交通17号线工程的特点，BIM技术的应用覆盖项目全过程，从初步设计阶段介入，直至运维阶段。

梳理设计、施工、运维阶段BIM技术的主要应用点，如下表所示。

各阶段BIM应用点列表

阶段	BIM应用点
初步设计阶段	建筑、结构专业模型创建
	建筑结构平面、立面、剖面检查
	管线搬迁与道路翻交模拟
	场地现状仿真
施工图设计阶段	各专业模型构建
	工程量复核
	三维管线综合设计
	车站管线综合出图
	二次结构预留孔洞出图
	大型设备运输路径检查
	多专业整合与优化
施工准备阶段	装修效果仿真
	专项设计方案配合
	设备厂商族库
	施工筹划模拟
	施工深化设计
	高架车站外立面PC构件安装施工模拟
施工实施阶段	虚拟进度与实际进度对比
	PC外立面三维扫描
	乘客疏散路径、司机行走路径
运维阶段	竣工模型建立
	运维管理平台开发
	设施设备运行管理
	资产管理
	空间管理

六、BIM技术全过程应用

(1) 初步设计阶段

场地现场仿真

通过场地周边环境数据、地形图、航拍图像等资料，用Autodesk Revit对车站、停车场、区间穿越重要节点的周边场地及环境进行仿真建模，创建包括但不限于周边环境模型、车站主体轮廓和附属设施模型，最终用Autodesk Infravorks整合周边环境模型、车站主体和附

属设施模型。可视化表现车站主体、出入口、地面建筑部分与红线、绿线、河道蓝线、高压黄线及周边建筑物的等各类场地要素之间的距离关系，辅助车站主体设计方案的决策。

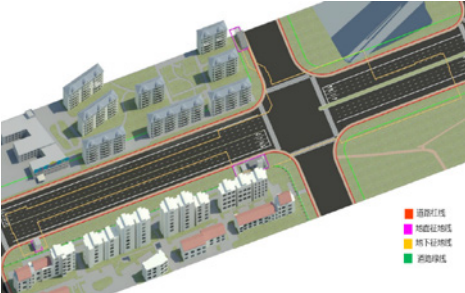


图8 汇金路站场地模型



图9 朱家角站场地模型



图10 淀山湖大道站出地面风井

此外，17号线东方绿舟站还尝试了利用三维激光扫描还原车站周边环境，将Autodesk Revit做出的BIM模型与点云数据进行整合，确定出入口与主要道路、绿化的距离，以三维可视化的形式展现各个方案的优缺点，协助设计及项目公司进行方案比选、整体优化及最终方案确定。

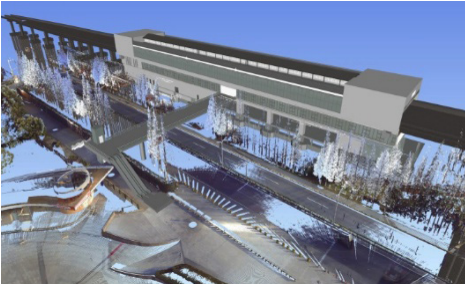


图11 东方绿舟站过街天桥出入口方案

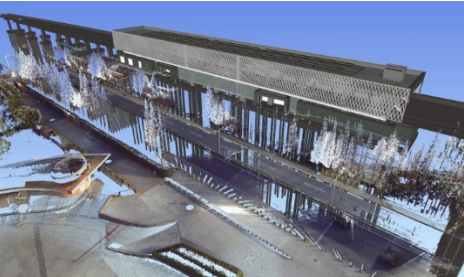


图12 东方绿舟站最终方案

管线搬迁

根据管线物探资料，对车站实施范围内的现状市政管线用Autodesk Revit进行仿真建模，尽量精准的表达管线截面尺寸、埋深，窖井的位置及尺寸。根据地下管线搬迁方案，建立各阶段管线搬迁方案模型，辅助设计方案的稳定及管线搬迁的优化。车站主体结构建成后复位的管线作为重要地下管线基础资料。

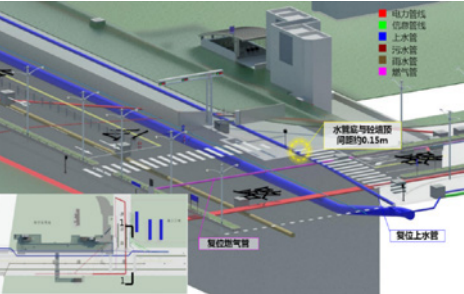


图13 地下管线搬迁模型

(2) 施工图设计阶段

三维管线综合设计

17号线探索了BIM融入设计流程的方式。不同于传统的碰撞检查及出碰撞报告，17号线BIM工程师直接用Autodesk Revit软件进行管线综合及碰撞调整，各专业设计负责成果审核，最终BIM工程师参与图纸会签，确保通过三维管线综合优化的成果通过施工图纸传递到施工阶段。这也是BIM工程师直接进行三维管线综合设计的初次探索，发现并解决管线与结构之间、各专业管线之间的设计碰撞问题，优化管线设计方案，减少施工阶段因设计“错漏碰缺”而造成的损失和返工工作。

通过Autodesk Revit模型进行三维设计交底，预先检测设计阶段出现的问题，减免了有可能在施工过程中产生的不必要的成本损耗和工期影响。此外，Autodesk Revit模型为管线优化、施工模拟等BIM应用提供几何形体及数据支持。

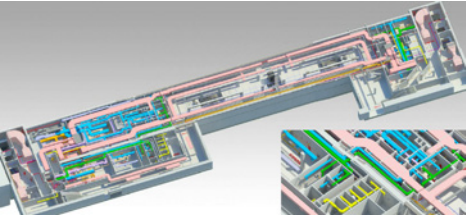


图14 三维管线综合模型

三维出图

完成管综设计后，为了提高优化成果在BIM与机电各专业之间的传递效率，研究并打通了三维模型到二维出图技术路线，并开发了Autodesk Revit导cad插件，实现导出的cad图纸满足各专业设计对图纸图层的要求，机电各专业可在BIM模型导出的图纸基础上深化出图。

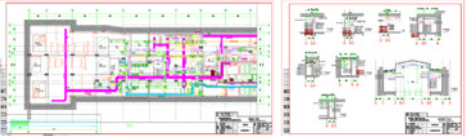


图15 BIM管线综合平面图及剖面图

另外为确保施工现场预留孔洞的准确性，从BIM模型导出每面墙体的管线孔洞剖面图，提供二次结构图纸深度。

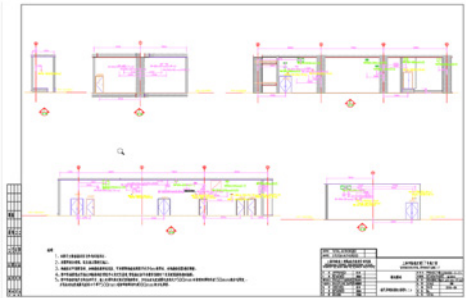


图16 二次结构剖面图

大型设备运输路径检查

基于BIM模型，结合设计方案的二维运输路径平面图，在Autodesk Navisworks动态可视化模拟大型设备的安装、检修路径，发现运输路径中存在的碰撞冲突问题，提前优化运输路径设计方案，从而为后续设备的运输、安装工作提供保障。

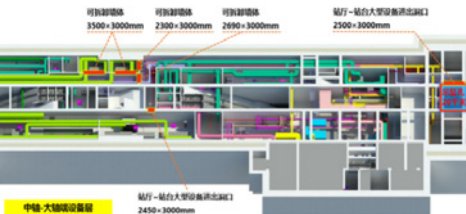


图17 大型设备运输路径复核

多专业整合与优化

基于车站BIM模型，利用Autodesk Revit三维可视化特点，将FAS、ACS、EMCS、气灭（或高压细水雾）、信号、屏蔽门、通信、动照、给排水等9个专业的各墙面箱柜（设备）进行整合。结合BIM技术对各专业墙面箱柜（设备）布置进行优化，明确安装方式及安装位置，使其满足车站功能要求、装修原则，达到墙面箱柜（设备）布置美观、整齐。



图18 17号线车站内墙面箱柜（设备）安装方案文本



图19 车站端头处箱柜（设备）安装

装修效果仿真

利用BIM技术实现装修设计的模拟仿真，根据二维装修设计施工图创建BIM模型并做场景模拟，对BIM模型对象赋予材质信息，颜色信息以及光源信息，模拟场景效果，生成效果图，辅助方案沟通并优化装饰方案，提高装修设计效率。



图20 17号线车站装修效果仿真

专项设计方案配合

根据17号线工程建设的实际需求，借助BIM模型及相应软件，对工程建设涉及到的重要设计专项方案进行仿真模拟，可视化分析方案的可行性，辅助设计专项方案的推进、落实及优化。



图21 车控室方案布置

车站公共艺术方案配合：17号线将青浦区特色文化融入至车站的装修风格中，通过三维可视化效果，对比各设计方案，确定最终公共艺术方案。

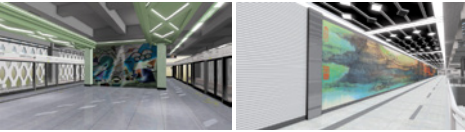


图22 车站公共艺术方案配合

车站内导向安装方案优化：为确保17号线车站美观性及安全性，由于高架车站层高过高，从天花顶打吊杆会使悬挂牌不稳定，易摇晃，因此采用综合支架固定安装。为考虑美观性，尽量借用原有管线综合支架为原则。通过原有全专业BIM模型中的综合支吊架，添加连杆或是新增综合支吊架方式，辅助导向安装。

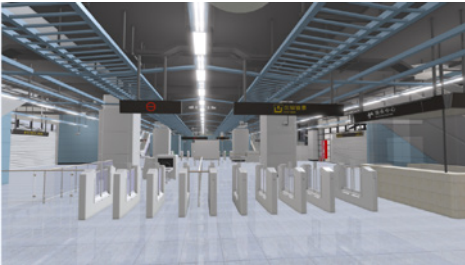


图23 高架车站导向安装截图

车站站名方案优化：17号线全线6座高架车站，以三维可视化效果，较为直观地展现站名的位置、颜色、字体、大小，从而优化设计方案。



图24 高架车站站名方案配合

站内管线及设备基础颜色方案优化：为后期运营效率、安全考虑，对站内不同管线、设备基础进行颜色的粉刷。通过BIM技术真实还原建成后的效果，辅助业主进行方案确定。

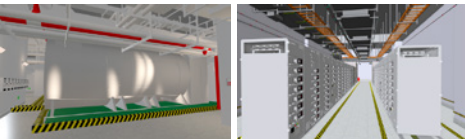


图25 站内管线及设备颜色方案

工程量计算

17号线各车站进行了施工招标阶段的工程量

复核工作。根据各专业分部分项开项表，用Autodesk Revit提供满足招标要求的土建、机电、装修工程量模型，辅助招标工程量统计，并与投资监理算出的工程量进行对比，复核差异较大的项，提高工程算量的准确性。

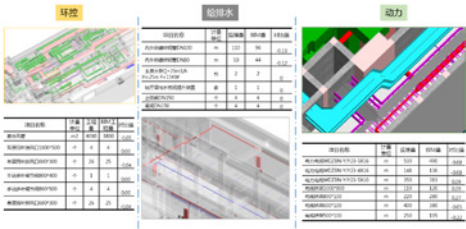


图26 机电工程量对比图

(3) 施工准备阶段

施工筹划模拟

在施工准备阶段，根据动态工程筹划的需求对施工深化BIM模型进行关联完善，内容主要包括：用Autodesk Navisworks将施工BIM模型与工程任务结构多级分解（WBS）信息、计划进度安排信息建立关联。在此基础上，开展施工三维动态工程筹划，对施工进度进行可视化模拟与对比分析，对具有一定难度或风险的施工工艺进行模拟。

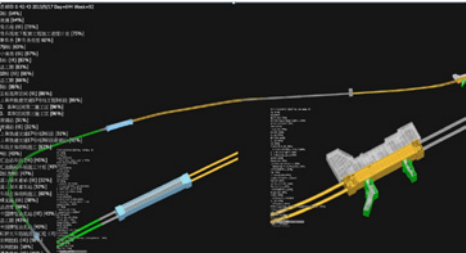


图27 基于BIM的施工三维动态工程筹划模拟

施工深化设计

在地铁车站管线综合BIM模型基础上，根据管道位置、尺寸和类型对综合支吊架的放置进行深化设计与优化，可有效排除综合支吊架与各专业的碰撞问题，优化支吊架设计方案，减少施工阶段因设计“错漏碰缺”问题而造成的损失和返工。

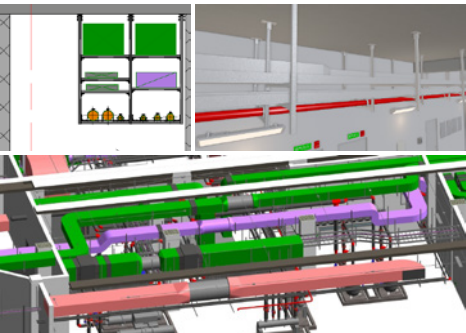


图28 综合支吊架安装施工深化设计

此外，在施工深化设计过程中，针对一些具有重要功能的机房，如车控室、环控机房、消防泵房等，依据二维施工图纸，创建机房的各专业BIM模型，并基于该机房BIM模型，对机房的管线、设备布置进行深化设计，进行设备定位、复核预埋件位置等方案，最终实现机房布置合理美观，确保设备安装的操作空间及后期设备的检修、更换操作空间，同时机房深化模型可以用于指导后期施工工作和机房布置方案汇报。



图29 车控室工艺布置模型

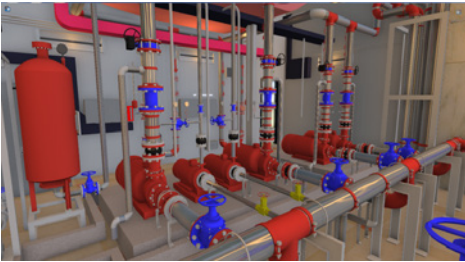


图30 消防泵房施工深化模型

高架车站外立面PC构件安装施工模拟

在上海轨道交通17号线高架车站装修设计图纸要求，对外立面设计PC构件，从外立面表现效果上相对较为美观。为了辅助设计提供外立面精装效果展示，创建外立面PC构件精细化模型，建立多视点三维效果图，可为最终外立面方案比选、优化等决策提供帮助。同时，为了能够实现PC构件精准、精确安装施工的要求，通过精细化的模型指导PC构件的生产及安装，同时为安装工序及施工影响范围提供有利的参考依据。

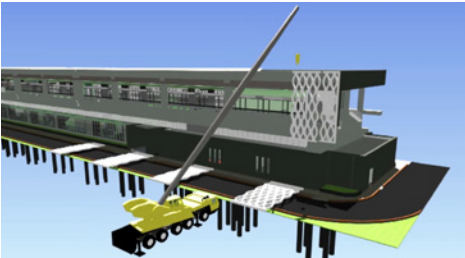


图31 高架车站PC构件吊装模拟

(4) 施工实施阶段

施工BIM培训、现场交底

根据上海轨道交通17号线工程BIM应用实施进展情况，对本项目实施过程中施工单位的BIM实施工作提供技术支持，为参与项目建设的施工方技术人员开展BIM相关培训，并通过BIM模型进行施工现场技术交底，旨在让施工单位深刻认识到BIM技术在施工阶段的应用价值，辅助施工技术人员将BIM技术更好的应用于项目的施工进度、安全与质量管理，提升施工管理水平，合理控制施工工期、安全与质量。



图32 施工阶段BIM技术培训与现场交底

虚拟进度与实际进度对比

在施工阶段，将施工进度计划整合进施工图BIM模型，形成4D施工模型，模拟项目整体施工进度安排，对工程实际施工进度情况与虚拟进度情况进行对比分析，检查与分析施工工序衔接及进度计划合理性，并借助施工管理平台进行项目施工进度管理，切实提高施工管理质量与水平。

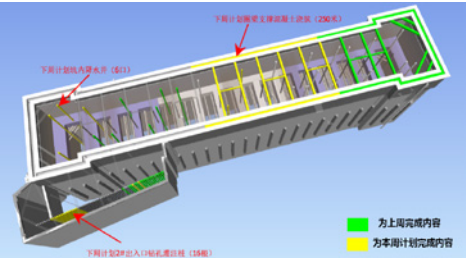


图33 虚拟进度与实际进度对比分析

PC外立面三维扫描

上海轨道交通17号线东方绿舟站、朱家角站、徐径北城站外立面采用外挂PC板进行装饰，而安装PC挂板的结构预埋件施工误差较大，PC板形状复杂，构件重量重，施工安装难度大，施工安装完成后对外挂PC板施工质量复核存在困难，亟要引进新技术解决当前存在的问题。为此，通过3D扫描技术获取东方绿舟站、朱家角站、徐径北城站外挂PC板的点云数据，生成相应的点云模型，与设计阶段BIM模型进行比对，辅助施工单位进行车站外挂PC板施工安装。在施工完成后，复核车站外挂PC板的施工安装质量，固化安装验收完成时的原始状态，为后期车站外挂PC板可能存在的扭曲变形、沉

降监测等提供初始值，便于车站外挂PC板的维修保养。



图34 高架车站外立面点云数据获取

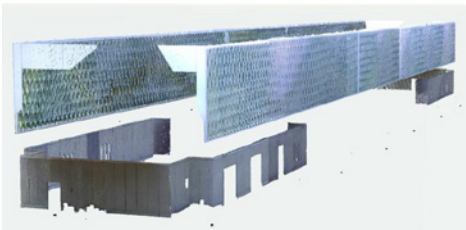


图35 高架车站外立面点云模型生成

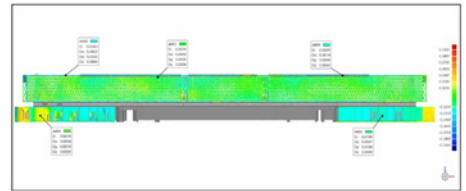


图36 高架车站外立面点云模型与设计BIM模型点位误差对比分析

乘客疏散路径、司机行走路径模拟

由于17号线采用接触轨方式供电，导致无法在轨行区进行任意走动。为确保乘客安全疏散，以及在日交接班时司机安全行走，成为了竣工交付前需要解决的重要环节。由于BIM模型整合了全专业信息，因此业主、设计人员、运营单位人员通过BIM模型，制定出每段区间、及车站与区间相连接区域的疏散路径，直接使用BIM模型进行现场施工指导。

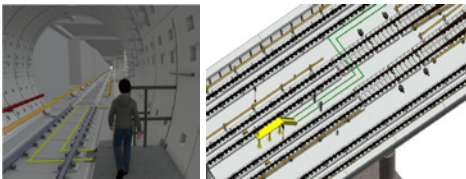


图37 隧道内部乘客疏散路径、司机行走路径模拟三维演示

设备厂商族库

待各机电设备完成招标后，17号线率先开始用Autodesk Revit进行设备厂商族模型的深化工作。与设备供应商相互配合，实现设备厂商族

模型按照运营养护的最小单元拆分，并添加运维所需的主要技术参数及产品实际材质参数。另外，除厂商族模型外，还整理了一套完整的设备数据信息，如技术规格书、设备说明书、验收文件等资料。将这些数据存放于运维管理平台，实现模型与数据的关联，为运维阶段的基于BIM的运维管理平台奠定数据基础。

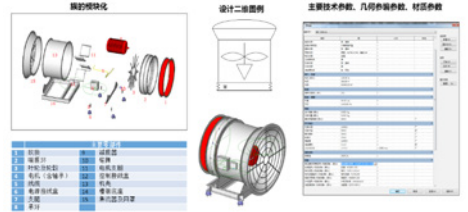


图38 厂商族模型拆分、主要技术参数等



图39 设备厂商族

竣工模型建立

在项目竣工交付阶段，在施工模型的基础上，对工程竣工模型的竣工信息进行补充完善，生成各专业竣工模型。同时搜集整理各类非结构化的施工过程文件，形成以竣工BIM模型为中心的工程竣工数据库，并与竣工BIM模型实现关联，归档完成后交付至业主单位。



图40 车站装修竣工BIM模型

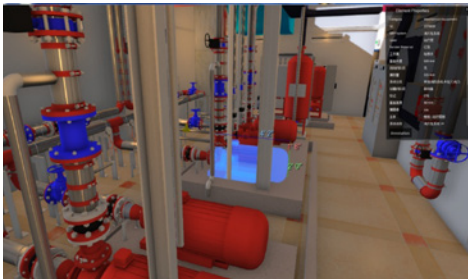


图41 车站机电竣工BIM模型



图42 车站变电所竣工模型

七、BIM管理平台

隧道院自主研发了三个平台：项目协同管理平台、预制构件信息管理系统平台、车站智能运维管理平台。

项目协同管理平台

项目协同管理平台实现协同作业管理、设计模型及文档管理、权限管理等主要功能，集中管理项目数据源以确保数据源唯一性，支撑并规范建设期的提资、设计、校审、发布等业务流程，加强各参与方的协同作业，提高轨道交通建设项目管理质量和效率。

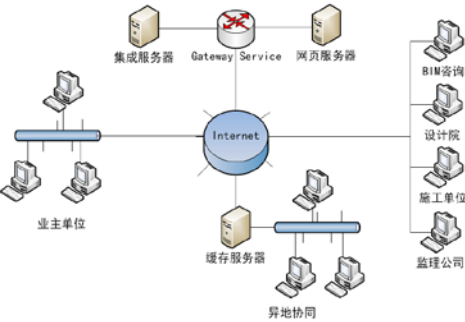


图43 项目协同

预制构件信息管理平台

通过开发一套具备轨道交通预制构件通用性的预制构件生产、施工以及运营维护的信息管理与分析平台，预制构件信息管理平台能使轨道

交通预制构件的数据互通共享和集中管理，并运用于各预制构件生产、施工以及运营维护企业。实践表明，平台运行良好，实现了对轨道交通预制构件生产、施工、运维数据的实时采集与上传，从而增加了轨道交通预制构件进度及质量的科学化管理与分析，其管理过程更加自动化。



图44 预制构件生产阶段信息管理平台



图45 现场二维码应用情况

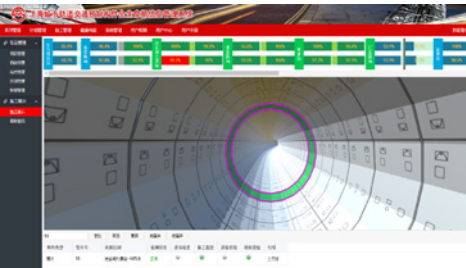


图46 预制管片BIM模型界面

车站智能运维可视化管理平台

车站智能运维可视化管理平台是提供给车站运营、维保、资产管理等单位使用的管理信息系统。本平台基于BIM技术，依托城市轨道交通

信息化基础设施，根据运营维保的技术标准和管理需求，结合物联网、移动应用、大数据、云计算、虚拟现实等信息化技术，提供了一套面向城市轨道交通运营和维保信息化可视化的管理解决方案。



图47 车站模型漫游图

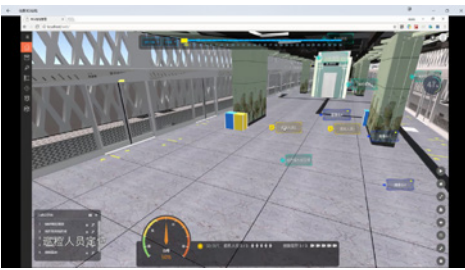


图48 站内运营管理人员定位示意图

八、结语

BIM技术在本项目设计、施工、运维全生命周期中的应用，可以创建三维可视化的BIM模型，并通过协同管理平台有效实现跨组织的文件和流程管理，促进项目设计管理水平。在施工阶段，充分发挥BIM模型的三维可视化、可模拟特点，切实提高项目施工管理水平。基于BIM竣工模型，开发运维管理BIM平台，实现基于BIM的数字化和智能化地铁运维管理，有效提高运维管理水平。