

城市轨道交通 BIM-GIS 融合技术研究与实践

高银鹰^{1,2}, 王 辉³, 宋宗霞⁴, 赵 爽⁴, 路清泉^{1,2}

(1. 北京市轨道交通建设管理有限公司, 北京 100068; 2. 城市轨道交通全自动运行系统与安全监控北京市重点实验室, 北京 100068; 3. 北京市轨道交通设计研究院有限公司, 北京 100068; 4. 兰州市轨道交通有限公司, 甘肃 兰州 730030)

摘 要: 分析了城市轨道交通 BIM-GIS 融合技术的研究路线、数据分类、建模标准、模型构建、多源异构数据标准化处理, 并通过实例研究了 BIM-GIS 数据库平台的实现目标、技术路线、系统构架和功能。实践证明, 融合 BIM 和 GIS 技术进行平台实现, 提升了城市轨道交通系统复杂数据信息的智能化应用水平。

关键词: BIM; GIS; 融合; 城市轨道交通; 数据库平台

中图分类号: TU 201.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7767(2019)02-0117-06

On BIM-GIS Combined Technology of Urban Rail Transit and Its Implementation

Gao Yinying, Wang Hui, Song Zongxia, Zhao Shuang, Lu Qingquan

目前, BIM 技术在我国已广泛应用于建筑行业, 尤其是在民用建筑领域, BIM 标准、基础软件及管理平台均较成熟。城市轨道交通工程因属于线性工程, 不仅跨线长、跨区多、涉及专业多、协调难度大, 而且周边环境复杂, 安全要求高, 因此其建设运营一体化应用的需求较为集中。但现阶段, 城市轨道交通工程应用 BIM 技术还存在诸多问题: ①城市轨道交通工程的基础 BIM 软件尚不成熟, 未能形成统一的数据标准; ②城市轨道交通工程建设涉及的环境因素多、条件复杂, 传统的 BIM 技术无法集成所有的数据信息; ③BIM 模型数据量大, 模型轻量化技术和移动互联技术落后, 限制了其在设计、施工中的便捷应用。为此, 笔者借助 GIS 技术的空间数据管理、大场景调度等优势, 将 BIM 与其融合^[1-2], 开发了基础的 BIM-GIS 数据库平台, 进行了基于 BIM 的建设、运维、管理的不应用研究^[3-4]。

1 BIM-GIS 融合技术研究^[5-8]

1.1 研究路线

BIM-GIS 融合技术的研究路线是: 首先, 分析城市轨道交通工程建设过程中的 BIM 数据种类及来源; 其次, 确定 BIM 模型数据的构建标准; 最后, 研究模型数据处理工具, 将 BIM 模型标准化处理为 GIS 数据, 以便于基础数据库平台加载。BIM-GIS 融合技术研究路线见图 1。

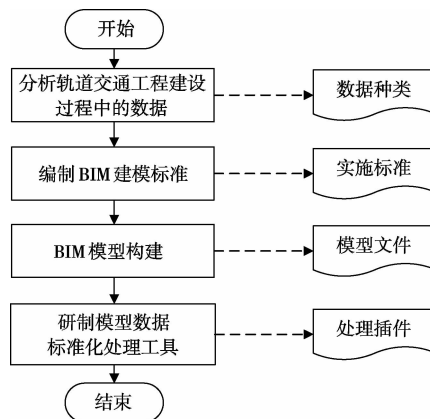


图 1 BIM-GIS 融合技术研究路线图

1.2 BIM 数据分类

城市轨道交通工程涵盖的 BIM 数据按应用场景可分为空间基础数据和业务专题数据 2 类, 其具体分类见表 1。

不同类型的数据具有不同的采集方法和技术要求, 具体情况见表 2。

1.3 BIM 建模标准

BIM 建模的标准包括一般规定(总体要求、建模目标、建模依据、软硬件资源配置)、基本要求(基本原则、建模范围、模型拆分原则、命名规则、模型配色)、建模方法(项目基点设置、标高系统设置、模型绘制、附加

表 1 城市轨道交通工程 BIM 数据分类

1 级	2 级	数据描述	数据格式
空间基础数据	工程自身	车站、区间、车辆段、停车场设计和施工阶段的所有实体模型	*.rvt、*.max、*.dgn 等
	地形地貌	工程实施范围内采用西安 80 或者北京 54 坐标系统的数字正射影像图	*.tif
		工程实施范围内的地形高程数据	*.tif、*.dem
	地质	工程实施范围内的地下水分层、埋深等数据	*.doc、*.dwg、*.xls
		工程实施范围内的分层信息、土质、土性等数据	*.doc、*.dwg、*.xls 等
	周边环境	线路范围内的建(构)筑物、市政管线、地下穿越或其他邻近的车站等建(构)筑物	*.max、*.rvt 等
业务专题数据	静态属性数据	构件的规格型号、厂商、技术参数、价格等工程属性数据	*.doc、*.xls、*.pdf、*.rfa 等
	施工数据	构件的施工进度和施工质量数据	*.doc、*.xls、*.pdf 等
	图纸数据	构件相关的布置图、详图、审批文件等	*.dgn、*.dwg、*.pdf 等
	文档数据	随机资料、安装操作手册、实物照片等	*.doc、*.pdf、*.xls、*.jpg 等
	视频监控数据	视频监控信息的元数据(摄像头编号、网络位置等描述信息)及相关视频文件	*.xls 及视频信号等
	实时监测数据	监测点元数据(监测点编号、监测指标、描述信息)和监测点运行数据	*.xls 文件及运行数据文件

表 2 城市轨道交通工程数据采集方法与技术要求

1 级	2 级	数据采集方法	数据技术要求
空间基础数据	工程自身	通过 BIM 建模软件建立工程自身多个专业(包括建筑、结构、电气、采暖通风、管线综合等)的三维模型	涵盖招标要求的建模范围,建模的精度需与现场保持一致,误差不超过 1 cm
	地形地貌	由规划单位和专业的数据服务器商共同提供数据	地形比例尺达到 1:500,影像图分辨率达到 0.5 m
	地质	由勘察单位提供数据	符合勘察技术要求
	周边环境	规划单位提供周边建(构)筑物和地下管线数据,并提供结合地形的影像数据	主要构件(直径 1 m 以上)的外形、位置需与现场保持一致
业务专题数据	静态属性数据	由设计单位、施工单位、监理单位、供应商共同提供	涵盖设计、施工过程中的主要静态属性数据
	施工数据	由施工单位、监理单位、评估单位共同提供	涵盖施工过程中的主要动态数据
	图纸数据	由设计单位、施工单位、监理单位、供应商共同提供	涵盖构件在规划、设计、施工阶段的图纸资料
	文档数据	由设计单位、施工单位、监理单位、供应商共同提供	涵盖构件在规划、设计、施工阶段的文档资料
	视频监控数据	对接现场的视频监控系統	根据实际需要
	实时监测数据	对接公司已有的监控系统	根据实际需要

信息的录入、模型绘制注意事项、模型深化)、模型自检(模型检查方法与要点、模型检查内容)、模型轻量化处理(清除外部链接文件、清除多余的内部构件、清除多余视图样板)等几方面内容。

BIM 建模采用了 Autodesk Revit 2015/2016 系列、NavisWorks 2015/2016 系列和 Autodesk 3D Max 2015/2016 系列等基础软件,同时对项目文件夹、模型文件、模型构件、构件材质等均提出了命名要求。其中,项目文件夹的命名要求见图 2。

1.4 BIM 模型构建

根据 BIM 建模标准制定城市轨道交通工程的专业项目样板,所有专业的 BIM 工程师均需在统一的项

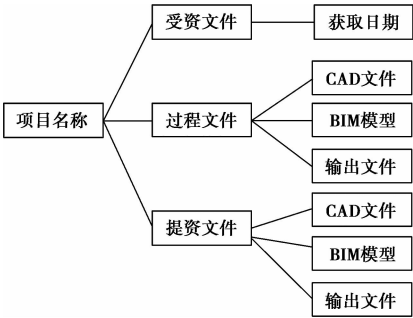


图 2 项目文件夹命名要求

目样板下工作,以确保所有构件信息统一。BIM 模型构建工作流程见图 3。

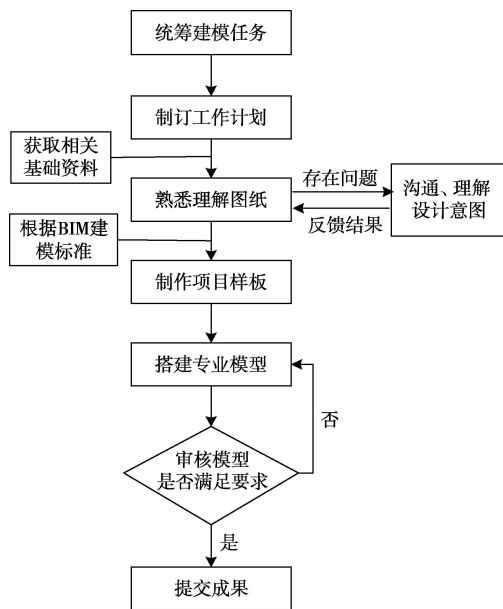


图3 BIM模型构建工作流程

1.5 多源异构数据标准化处理

为了使不同来源、不同格式、不同时期的结构化和非结构化的多源异构数据能够融合、集成,数据调度采用虚拟空间数据引擎的方式实现多源异构数据的直接访问。

数据处理工具可使不同类型、不同格式的原始数据在进入数据库之前即被转化为数据库平台支持的统一格式数据,并能够根据勘测数据展现三维地质模型,不仅保证了数据的一致性和准确性,而且经过处理的数据可以方便地直接导入数据库平台。数据处理工具介绍见表3。

2 BIM-GIS数据库平台实现

2.1 实现目标

该平台实现的总体目标是建立基于BIM-GIS的基础数据库平台,以使城市轨道交通工程的多源数字模型及相关数据能够更好地融合,实现三维可视化集

表3 数据处理工具介绍

工具名称	功能
Autodesk Revit 模型导出工具	可导出 Revit 建立的 BIM 模型,主要包括模型的几何信息、属性信息、材质纹理贴图。其导出的是平台支持的标准格式文件 (*.bvt)
Autodesk 3D Max 模型导出工具	可导出 3D Max 建立的 Max 模型,主要包括模型的几何属性和材质纹理贴图。其导出的是平台支持的标准格式文件 (*.bvt)
影像地形处理工具	可对不同格式的影像和地形文件进行处理:①将 tiff、jpg、img 等多种格式的影像文件附加坐标信息,转化为统一格式;②将 dwg 高程数据、dem、dom 等多种格式的地形数据转化为统一格式
业务数据标准化工具	可将设计单位、施工单位、供应商提供的工程数据、图纸、文档等按照规定的格式、命名与具体的构件建立关联关系
外部系统数据采集工具	可将外部系统的视频信息、实时运行数据、报警信息等采集、录入到数据库平台中

成展示及快速浏览查看。

1)支持多源模型数据的三维融合展示,能够对合并的模型数据进行检查,支持具有真实感的大场景动态调度;

2)支持 PC 端、移动端、大屏幕等多种方式的模型漫游浏览;

3)支持三维可视化漫游浏览、属性查询及大数量的查询调度;

4)可集成视频监控、实时监测等外部业务系统,并可在三维场景中对施工建设过程进行实时监测,积极防范安全风险。

2.2 技术路线

数据库平台的总体技术路线包括模型数据采集和数据库平台建设。针对不同类型的模型数据采用不同

的采集方法,最终导入数据库中,实现多源数据的融合,并构建基于三维 GIS 引擎的数据库平台。BIM-GIS 数据库平台实现的技术路线见图4。

基于空间数据库、业务数据库和外部业务系统数据,采用三维 GIS 技术构建数据库平台,实现了以三维可视化的方式提供模型数据的漫游浏览、信息检索、视频监控、实时数据监测等功能。该数据库平台支持 C/S 结构和 B/S 结构混合模式,其中 C/S 结构可实现模型数据的采集和编辑,B/S 结构可实现模型数据的浏览、查询和监测。

2.3 系统架构

数据库的建设不仅要满足当前项目的模型数据和应用功能要求,而且还要满足后续地铁线路模型数据和应用功能的拓展,因此该平台的体系架构要具有

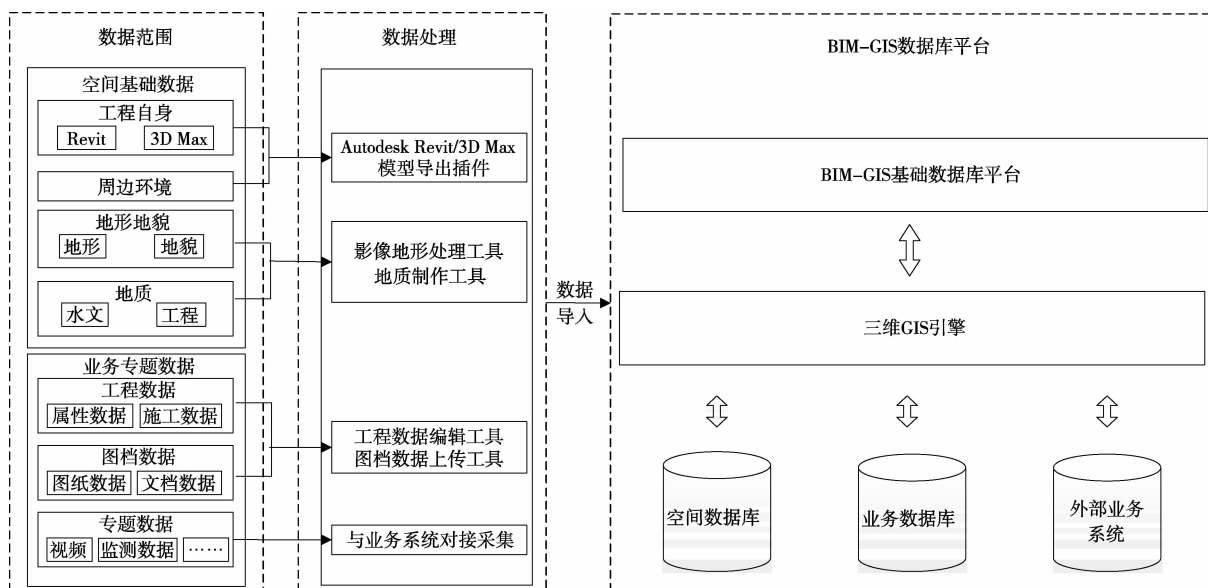


图 4 BIM-GIS 数据库平台实现的技术路线

较好的灵活性、扩展性和开放性。BIM-GIS 数据库平台采用分层模块化的 SOA 架构思想,实现了跨系统、跨平台、跨语言的信息互联互通。BIM-GIS 数据库平台的体系架构见图 5。

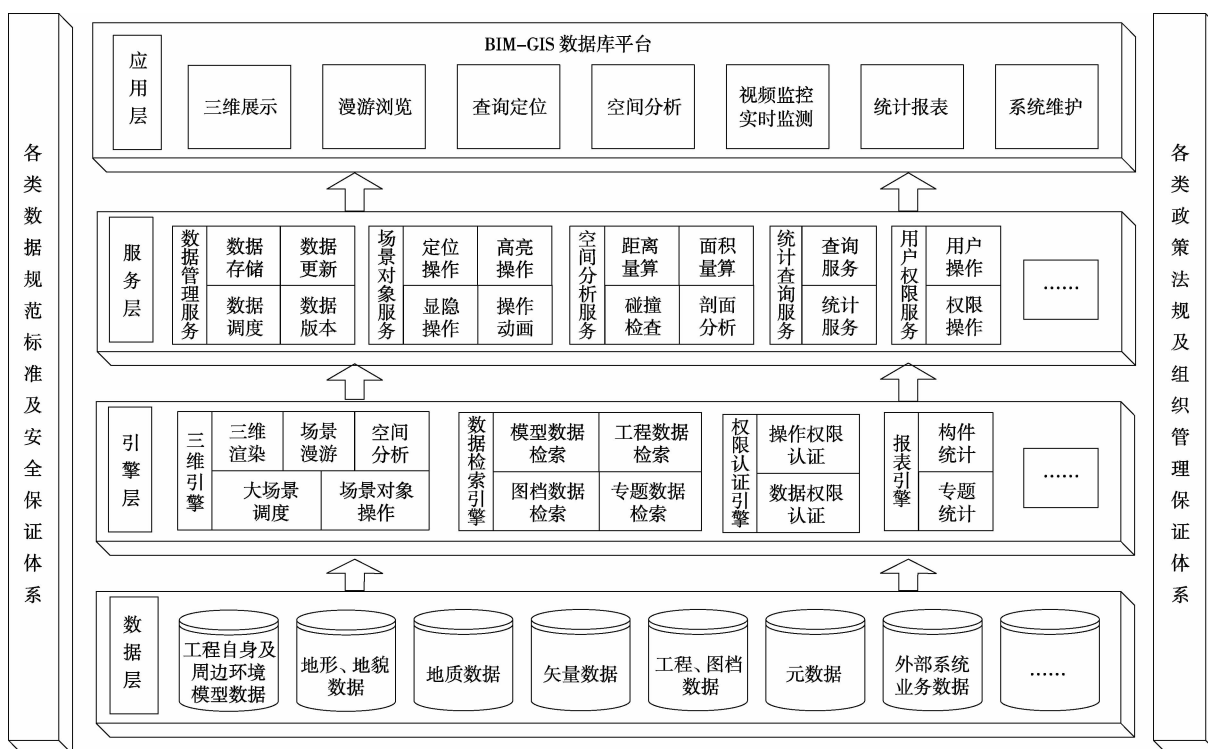


图 5 BIM-GIS 数据库平台的体系架构

2.4 功能设计

2.4.1 漫游浏览

BIM-GIS 数据库平台可以进行工程实施范围内的模型浏览和地形浏览。BIM-GIS 数据库平台场景浏览

见图 6。

2.4.2 分解结构树

分解结构树(Subway Breakdown Structure,以下简称 SBS)是以树形结构的方式展示场景模型的组织结



图6 BIM-GIS数据库平台场景浏览示意图

构,可用线路、专业、类型、构件名称等渐进式层级结构来展现。该树形结构的每个节点均具有复选框,以此来控制该构件的显示或隐藏。SBS 的浏览方式见表 4。

表 4 SBS 的浏览方式

浏览方式	方式描述
根据 SBS 定位	可以在 SBS 中点击构件或者专业名称来实现该节点对应的构件在场景中的快速定位,定位到的构件能够高亮突出显示
检索 SBS 节点	可以在 SBS 中检索节点来查看该节点在树形结构中的层次关系
显示/隐藏 SBS 节点	可以通过 SBS 节点中的复选框来控制该节点的显示或隐藏,并由此起到隐藏不必要的构件、关注特定构件的目的

2.4.3 图档浏览

可以快速浏览与工点、部位相关联的 Office 文档、DWG 图纸和视频资料等。BIM-GIS 数据库平台的视频资料在线浏览见图 7。



图7 BIM-GIS数据库平台的视频资料在线浏览示意图

2.4.4 二、三维联动

BIM-GIS 数据库平台中的二维 DWG 图纸可与 BIM 模型进行联动操作。BIM-GIS 数据库平台的二、三维联动操作见图 8。

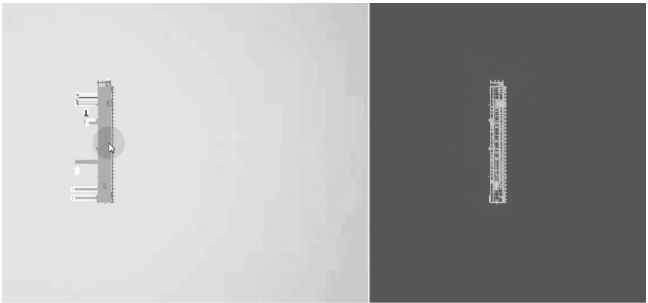


图8 BIM-GIS数据库平台的二、三维联动操作示意图

2.4.5 空间分析

可以在 BIM-GIS 数据库平台的三维模型中对构件的空间信息进行分析,包括计算空间距离、实时操作面剖切和体剖切等。BIM-GIS 数据库平台的实时面剖切见图 9。

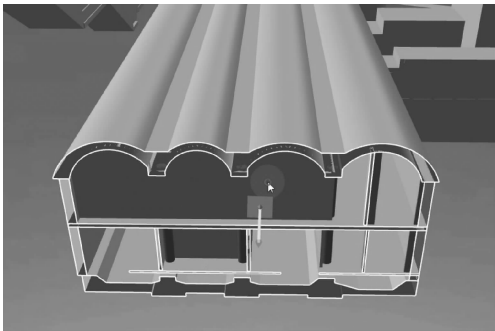


图9 BIM-GIS数据库平台的实时面剖切示意图

3 工程实例

某地铁工程线路全长 22.4 km,全部为地下线。该工程共设 10 座车站,车辆段 1 座,计划于 2020 年底建成通车。该工程现已全线开工,正在进行场地临建和临时结构的施工,包括竖井、横通道开挖、基坑、围护结构等。该工程全线采用 BIM-GIS 融合技术,并进行了平台实现。

3.1 全线模型构建

根据勘察资料、地形图、地下市政管线图等资料,该工程采用了统一的坐标系构建全线环境模型。其建模范围为车站边界 200 m 范围内、区间边界外 100 m 范围;其建模精度为车站周边建筑模型精度 0.1 m,区

间周边建筑模型 0.2 m。

3.2 全线数据集成

该工程集成各标段工程自身的土建模型、周边环境模型、施工场地模型共计 245 个,经轻量化处理后,将模型信息分解为几何空间信息和业务属性信息,实现了同一场景中漫游浏览,为后续 BIM 技术应用提供了基础数据。

3.3 BIM-GIS 数据库平台实现

该工程的 BIM-GIS 数据库平台具有以下功能:①数据集成和大场景显示功能;②在线剖切、测量、标注、出图功能;③强大的构件库调用和编辑功能;④重点关注点的设置与管理功能;⑤交通导改、管线改移、征占地、地上物移除、房屋拆迁、园林伐移、周边风险分析、周边建筑分析等 8 项汇总分析能力;⑥换乘路线、交通接驳和线路巡游等分析能力;⑦关键、复杂节点的模拟能力;⑧工程 4D 进度辅助管理能力;⑨移动端接入,辅助现场巡视功能。该工程 BIM-GIS 数据库平台移动端访问辅助质量管理见图 10。



图 10 BIM-GIS 数据库平台移动端访问辅助质量管理示意图

该平台较好地实现了工程全线数据的集成化和数字化、前期环境分析、方案在线研讨、现场复杂和关键节点方案分析、虚拟现场快速构建、进度和现场状态掌控、质量和安全辅助管理等。

4 结语

BIM-GIS 数据库平台采用工程级数据模型技术、多源异构模型数据融合技术和大场景动态调度技术进行 BIM 和 GIS 的融合,实现了数据精度分级管理、空间索引和 LOD 算法优化,并可在数据库平台中进行三维场景数据动态组织、三维地形地貌数据动态简化,使该平台具备了长线、大区域、大数据量空间信息的处理能力。

通过某地铁工程的实际应用,证明 BIM-GIS 数据库平台不仅较好地实现了各工点 BIM 模型数据的集成处理,而且可以流畅地漫游浏览,完成基础性操作,为后续工程建设管理的应用、开发打下了坚实基础。MET

参考文献:

- [1] 杨国华,匡嘉智. 轨道交通项目 BIM+GIS 系统探讨[J]. 中国勘察设计,2016(1):72-75.
- [2] 朱亮,邓非. 基于语义映射的 BIM 与 3D GIS 集成方法研究[J]. 测绘地理信息,2016,41(3):16-19.
- [3] 钱意. BIM 与 GIS 的有效结合在轨交全生命周期中的应用探讨[J]. 地下工程与隧道,2013(3):40-42.
- [4] 于国,张宗才,孙韬文,等. 结合 BIM 与 GIS 的工程项目场景可视化与信息管理[J]. 施工技术,2016,45(Sup2):561-565.
- [5] 汤圣君,朱庆,赵君峤. BIM 与 GIS 数据集成:IFC 与 City GML 建筑几何语义信息互操作技术[J]. 土木建筑工程信息技术,2014,6(4):11-17.
- [6] 杨国华,刘春艳. 轨道交通项目 BIM+GIS 云平台建设研究[J]. 土木建筑工程信息技术,2017,9(2):103-106.
- [7] 范登科. BIM 与 GIS 融合技术在铁路信息化建设中的研究[J]. 铁道工程学报,2016,33(10):106-110,128.
- [8] 刘金岩,刘云锋,李浩,等. 基于 BIM 和 GIS 的数据集成在水利工程中的应用框架[J]. 工程管理学报,2016,30(4):95-99.

收稿日期:2018-05-15

基金项目:北京市科技计划项目(Z171100000517001);北京市国资委城市轨道交通 BIM-GIS 数字化建设创新团队

作者简介:高银鹰,女,高级工程师,硕士,主要从事城市轨道交通规划设计管理及新技术研究应用工作。

绍兴轨道交通 1 号线二环北路站进入车站主体结构基坑开挖阶段

2019 年 2 月 23 日,绍兴轨道交通 1 号线二环北路站正式开始车站主体结构基坑开挖。

二环北路站位于越城区二环北路和解放大道路口,沿解放大道南北向布置。车站为地下两层,长 217 m、宽 19.7 m、深 17.4~18.4 m,设置 4 个出入口及 2 组风亭,出入口分别位于十字路口四个角落,采用明挖顺筑法施工。

该站于 2018 年 1 月份正式开工,在参建各方的努力下,克服绿化迁移繁琐、管线迁改工作量大、交通组织复杂和连绵阴雨天气等诸多制约因素,于 2018 年 5 月份开始围护结构施工,并于 2019 年 1 月份通过基坑开挖条件验收。