

BIM 技术在南宁轨道交通 3 号线创业路站的机电工程施工研究应用

廖 羚^{1,2} 莫专恒^{1,2} 杨 磊³ 张 杰³ 苏猷智³ 邓雨晨^{1,2} 黄凯泽^{1,2}

(1. 广西科技大学 土木建筑工程学院,柳州 545006;2. 广西科技大学 BIM 研究中心,柳州 545006;
3. 中铁十二局集团电气化工程有限公司,天津 300308)

【摘 要】南宁轨道交通 3 号线创业路站,位于广西南宁市西乡塘区创业路与振兴路交叉口,沿振兴路东西向设置。车站为地下两层单柱岛式站台形式的典型车站,外包总长为 210m,标准段宽 19.7m,共设置 4 个出入口;地下一层为站厅层,地下二层为站台层,公共区总建筑面积为 2 805 m²。创业路站具有地铁车站作业面自然采光条件差、结构主体尺寸与安装图纸存在偏差、各系统管线层叠密集、交叉作业的层面和工序多、专业配合接口多、设备重体积大运输通道狭窄、施工质量要求高等典型特点。企校通过成立 BIM 技术联合研究团队,实现基于 BIM 的三维激光扫描及放样技术、机电管线综合深化设计、精装修深化及应用、可视化施工交底、安全消防疏散模拟、AR 应用、缩尺 3D 打印技术等十余项建造阶段机电工程 BIM 技术应用研究。为地铁的典型车站通过 BIM 应用研究实现提质增效提供实践案例。

【关键词】建筑信息模型(BIM);轨道交通工程;地铁站施工;机电深化

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木建筑工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

1 工程概况

1.1 项目简介

南宁轨道交通 3 号线创业路站,位于广西南宁市西乡塘区创业路与振兴路交叉口,沿振兴路东西向设置。车站为地下两层单柱岛式站台形式的典型车站,外包总长为 210m,标准段宽 19.7m,共设置 4 个出入口;地下一层为站厅层,地下二层为站台层,公共区总建筑面积为 2 805 m²。创业路站具有地铁车站作业面自然采光条件差、结构主体尺寸与安装图纸存在偏差、各系统管线层叠密集、交叉

作业的层面和工序多、专业配合接口多、设备重体积大运输通道狭窄、施工质量要求高等典型特点。项目的 BIM 技术研究与应用工作由中铁十二局电气化工程有限公司与广西科技大学 BIM 研究中心联合以“校企合作,产教融合”的模式开展。实现基于 BIM 的三维激光扫描及放样技术、机电管线综合深化设计、精装修深化及应用、可视化施工交底、安全消防疏散模拟、AR 应用、缩尺 3D 打印技术等十余项建造阶段机电工程 BIM 技术应用研究。更好地发挥 BIM 的价值,实现智慧建设,智慧地铁的美好愿景。

【基金项目】 2018~2020 年度广西本科高校特色专业及实验实训教学基地(中心)建设项目(项目编号: 63,特色专业名称: 广西科技大学工程管理专业);国家自然科学基金项目(项目编号: 51568008);广西高校科学技术研究项目(项目编号: KY2015YB164);教育部高等教育司 2018 年第二批产学研合作协同育人项目(项目编号: 201802102016; 201802142013; 201802276027; 201802276028; 201802331028);2015 年广西高等教育本科教学改革工程项目(项目编号: 2015JGB277)

【作者简介】 廖羚(1979-),男,讲师,广西科技大学工程管理专业教研室主任、BIM 研究中心副主任,主要从事土木工程结构健康监测、建设项目管理及其信息化等方面的研究;莫专恒(1995-),男,广西科技大学工程管理专业在读本科生,主要从事建设项目管理及其信息化的研究。

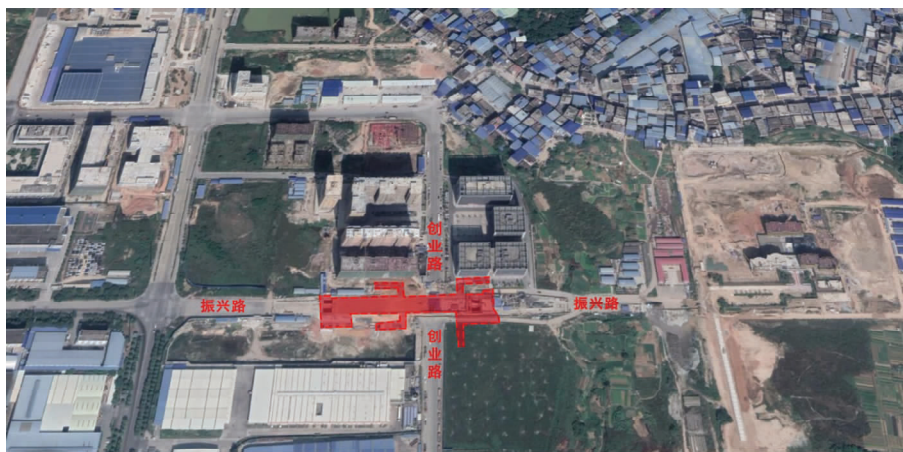


图 1 创业路站平面图



图2 项目 BIM 实施方案导则

2 BIM 实施导则与建模标准

2.1 BIM 实施导则

为了促进 BIM 技术在本项目高效应用,项目部吸取同类项目 BIM 应用经验,结合项目特点,针对性制定了项目 BIM 实施导则(见图 2),主要内容包括工程概况及项目介绍、BIM 项目实施现状及必要性、项目实施目标和内容等。其中确定在本项目开展精装修深化及应用、3D 打印机房及复杂节点、利用 Navisworks 做施工交底动画、机电管线综合、火灾模拟 Pyrosim、逃生疏散演练 Pathfinder、三维扫描及 BIM 放样机器人等十几项 BIM 应用研究。辅助项目各项工作开展,同时推动 BIM 技术在本项目深入推广,提高项目效益。

2.2 BIM 建模标准

团队在总结近年来完成的各 BIM 项目建模及

应用标准的基础上,参考《建筑信息模型施工应用标准》、《建筑工程施工信息模型应用统一标准》等行业各级相关标准,研制本项目 BIM 建模标准(见图3)。本标准包含有模型的分类标准、建模精度标准、模型规定等。为 BIM 技术在项目的顺利应用提供理论基础。

3 BIM 技术研究与应用

为解决项目机电安装中管线与设备确定位难、设计时各专业管线之间及各系统间碰撞多、管线放样工作量大、精装修方案优化及施工计划、文字描述或口头讲述的施工交底方式信息传达不清晰准确、紧急事故安全逃生方案优化、建筑信息知识在项目成员普及度底、管线机房构件安装中构件尺寸超限而运送困难等问题,项目将 BIM 技术、三维激光扫描技术、AR 技术等新兴技术集成运用于项目



图3 项目 BIM 建模标准

建造中,为解决各项目建造过程各项问题提供思路方法,促进项目顺利实施。

3.1 BIM 模型搭建

团队根据本项目 BIM 建模标准,按照各专业 CAD 图纸,利用 Autodesk Revit 2016 软件搭建土建 BIM 模型(见图4)和机电 BIM 模型(见图5)。建模过程中一定要根据建模标准规范进行,确保模型精度,对发现的问题应作好记录,并及时商量解决。

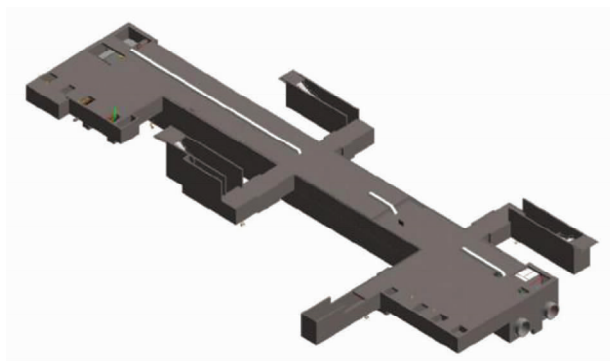


图4 土建 BIM 模型

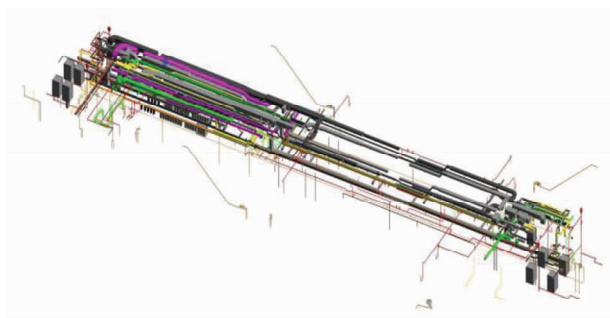


图5 机电 BIM 模型

3.2 基于 BIM 的三维激光扫描及放样技术

三维激光扫描技术是利用向被测对象发射激光束和接收由被测物发射回的激光信号获取被测对象的空间坐标信息^[1]。将三维激光扫描技术生成的地铁结构竣工的点云模型与 Revit 软件搭建的土建 BIM 模型叠合,对土建 BIM 模型进行校正,使其成为与现场土建结构相一致的信息化三维模型,为后期各项工作开展打下基础。基于三维扫描技术的三维建模研究应用有: Mao-hua LIU 等讲述采用三维激光扫描技术获取的主体结构点云数据作为三维建模的基础数据并对点云数据进行点云拼接、点云配准和点云降噪处理的过程^[2];贾雪等基于点云数据获取、处理与三维建模的理论^[3-4];何建军等在余山深坑酒店项目中运用三维激光扫描与 BIM 技术结合得到点云 BIM 模型^[5]等。在研究理论及应用经验基础上,项目将该项技术应用于校正由 CAD 图纸搭建的土建 BIM 模型与现场实际结构体系吻合度,为 BIM 的管线设计优化、放样、精装修等应用点的实施提供精确的土建 BIM 模型。具体的应用流程(见图6)及实践步骤如下:

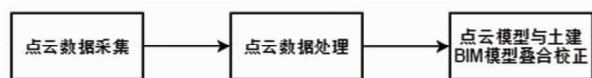


图6 三维激光扫描流程

(1) 三维激光扫描

项目运用天宝 TX8 三维激光扫描仪(见图7)对现场进行全局扫描,获取施工现场的全部位置信息,获得 1:1 的点云模型(见图8)。



图 7 天宝 TX8 三维激光扫描仪

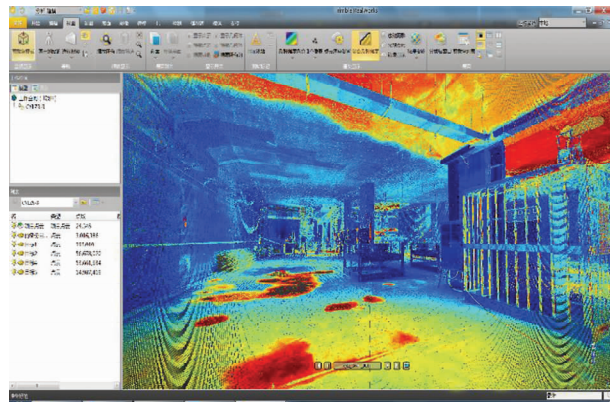


图 10 点云模型处理

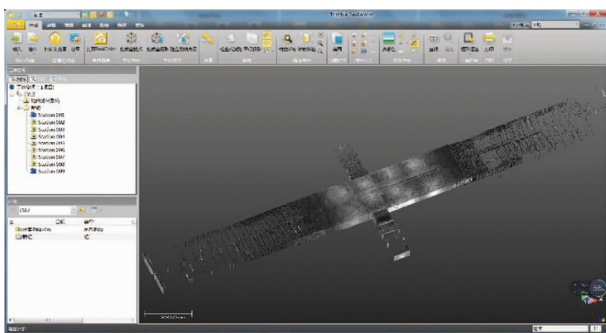


图 8 整体三维点云图

(2) 点云数据处理

经过三维激光扫描得到的点云数据通过 Trimble RealWorks 软件可以生成点云局部模型(见图 9),并对生成的点云局部模型进行处理(见图 10)。Trimble RealWorks 软件可以实现点云过滤、匹配颜色、多站自动拼接、项目管理、测距、三维点云展示、横纵断面图、超欠挖分析、三维空间分析、竣工数据与设计对比、三维建模、高清数码影像、项目飞行浏览、录像等应用^[6],具有承载海量点云数据且运行速度快等特点,能展示高质量三维效果。

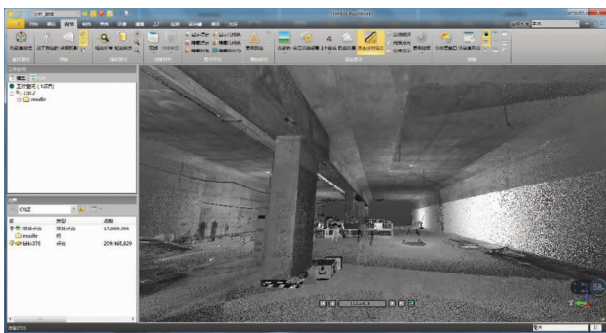


图 9 点云局部模型

(3) 点云模型与土建 BIM 模型叠合校正

通过把处理好的点云模型导入到 Revit 软件中(见图 11),根据点云数据我们对模型进行初步的对比检查,若土建 BIM 模型与点云模型有碰撞冲突,就可以提前进行模型校正,获得一个精准的土建 BIM 模型,为 BIM 本项目相关应用开展提供精确模型基础。

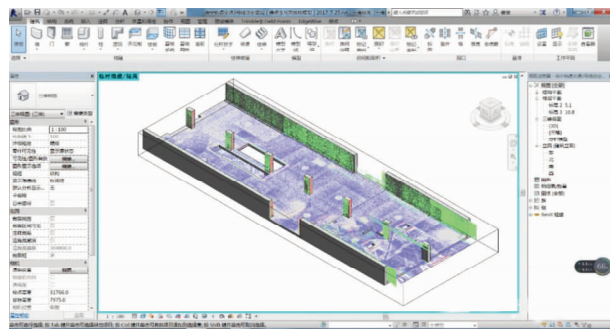


图 11 BIM 模型修改

3.3 基于 BIM 机电管线综合深化设计

(1) 机电管线综合

在设计时,往往由于各专业设计师之间的沟通不到位,而出现各种专业之间的碰撞问题。机电管线综合在不违背各专业系统设计愿意的基础上,保证各系统使用功能不受影响^[7-8]。BIM 机电管线综合深化设计是利用 BIM 结构模型与设备管线 BIM 模型进行碰撞检测而后进行设计优化的过程,是当前 BIM 在建筑应用中效益较高的应用点。本项目引入 BIM 技术是为了解决机电工程结构复杂、净高要求高、工期赶等难题,为项目带来效益,项目机电管线综合技术流程如下(见图 12):



图 12 机电深化流程

机电深化的具体步骤为:

- 1) 将机电图纸导入 Revit 软件中,移动图纸使轴网相互对齐定位,软件中的 CAD 底图作为依据,有利于加快建模速度与准确性。
- 2) 根据底图并结合项目制定的 BIM 实施标准搭建各专业模型。本项目因机电工程工程量较大,模型精确度要求高等特点,团队采取分类建模的方式进行建模,按照水暖电各个专业、各个系统进行分类,各类模型建完后按照标高进行合模,得到完整机电模型。
- 3) 在完整的 BIM 模型上,通过 Revit 软件导出 NWC 格式 BIM 模型文件,将上述文件导入 Navisworks 软件中进行碰撞检查。通过碰撞检测可以快速高效地发现机电模型与建筑模型之间碰撞的部位。软件会自动生成碰撞报告(见图 13),并高亮显示碰撞点(图 14)。将碰撞检查报告向设计院及业主单位反馈,对碰撞点进行优化设计。通过 BIM 可视化平台与碰撞检查功能,及时发现设计存在的问题并进行改正,节约施工效率和成本。

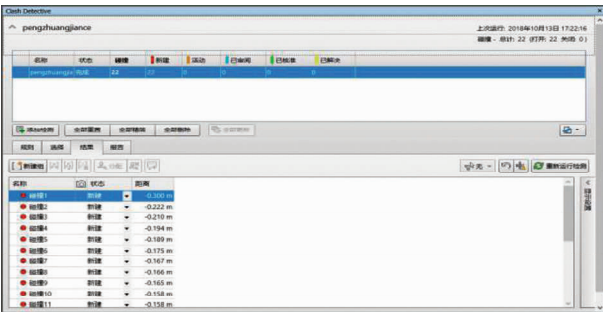


图 13 碰撞报告

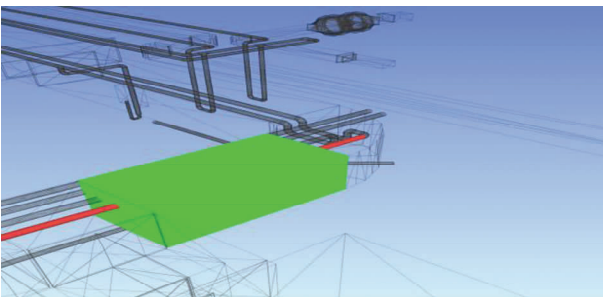


图 14 碰撞点

(2) 机电出图

具体步骤:

- 1) 在 Revit 中将各专业模型进行划分,分别创建独立的视图,并在视图中打开相应的专业视图。
- 2) 对机电模型的管道系统名称,管件尺寸,标高,水平距离等信息进行标注。
- 3) 把标注好的模型视图在 Revit 软件中进行导出处理。把导出的图纸在 CAD 中进行比例调整,完成出图。

(3) 小结

通过对项目进行机电深化设计,利用 Navisworks 软件碰撞检查功能,创业路车站解决实际碰撞达 350 余处;利用 Fuzor 软件进行可视化漫游发现并同设计院反馈设计问题 69 处,有效减少因设计错误造成的工程返工,大大提高项目效益。

3.4 基于 BIM 放样技术应用

BIM 放样技术是 BIM 技术与测量技术相结合,是 BIM 技术在行业推广和发展的产物,放样机器人的应用,致力于提高施工放样速度和放样精度,减少放样人员投入降低工程造价。目前基于 BIM 放样的应用有:郭伟利用 BIM 放样机器人对蝶形建筑地砖放置点快速放样应用^[9];刘骏等基于 BIM 放样机器人在装饰施工天花吊杆定位中的应用^[8]等,但目前将 BIM 放样机器人应用于地铁项目较少。基于上述应用原理,本项目将 BIM 与自动放样机器人相结合应用于机电安装工程中,为解决项目放样工作量大、精度高等问题,提高项目效益。具体的实施流程如下:(见图 15)

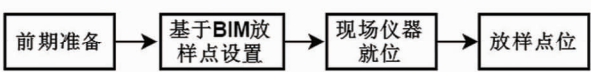


图 15 基于 BIM 放样流程图

(1) 前期准备:

- 全站仪主机(见图 16):用于指示、测量放样点位的设备,其放大倍率:32 倍;测角精度:2s;测距精度:1mm;高速测距精度:2mm。
- 外业平板电脑(见图 17):即手持终端,导入 BIM 模型后,用于控制、选择测量或放样点,可直观连接和设置全站仪。
- Trimble Field Link 软件:连接内业到外业 BIM 到现场;可视化放样、采集现场数据、计算误差、输出工作报告、拍摄实时视频等。



图 16 全站仪主机

图 17 平板电脑

基于 Revit 及 CAD 的测量及放样点位插件:把点位在模型中选取并设置完成,导出到 Trimble Field Link 软件,操作软件可指挥机器人现场放样。

(2) 基于 BIM 放样点设置

在 Revit 中设置放样点(见图 18),并将这些放样点和模型导入到专业平板电脑,通过 Trimble Field Link 软件(见图 19),可以与放样机器人进行通讯连接,指导放样机器人在施工现场进行放样工作。其中导入仪器的数据文件共有 3 个模型数据、放样点数据和控制点数据^[10]。模型数据可以由 Revit 以 DXF 格式导出;放样点数据是由基于 Revit 平台的 Trimble Field Link 插件所创建;控制点数据可以在 Revit 与仪器中创建。

(3) 现场仪器就位

1) 安置仪器

根据现场基准点和放样点的位置,选定放样机器人架设位置,使其测设较多点位。稳定安置仪器会提高测量精度,使您最大程度地利用 Trimble RTS 系列全站仪的精密测量特性。

2) 仪器的开机

按触发键开机。仪器一开机,选择模式菜单便出现在盘右显示屏上(见图 20)。如果已经激活了

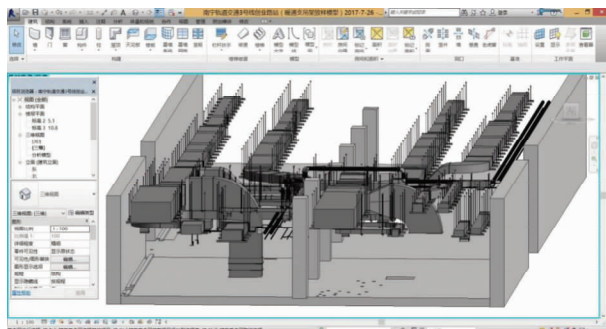


图 18 Revit 中设置放样点

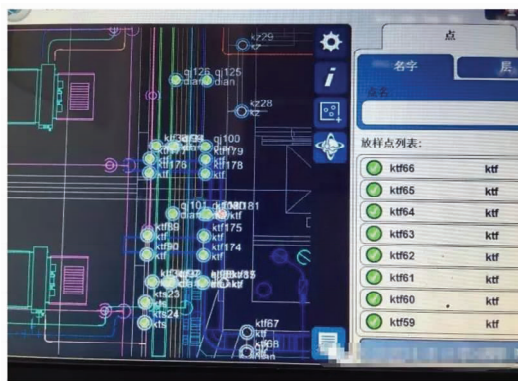


图 19 BIM 模型导入

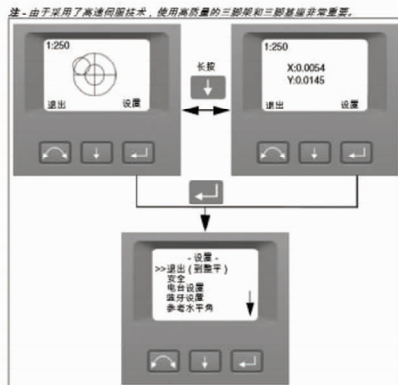
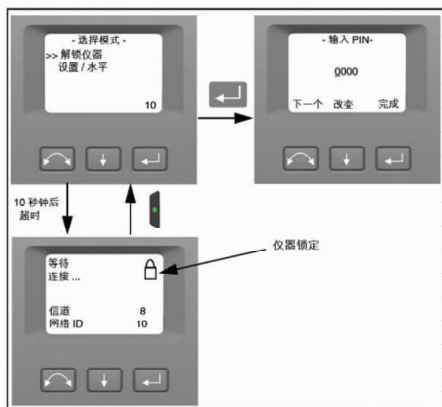
PIN 安全代码,您需要解锁仪器,然后才能继续。

3) 整平

选择了安装/整平后,盘右显示屏将显示出电子气泡。在比例为 1:250 的显示屏,旋转脚螺旋,使水泡居中;改变比例,重复上述操作,直至水泡不再移动。

(4) 放样点位

通过对多个可视基准点聚焦计算出仪器在空



注:如果仪器处于闲置状态达到 300 秒钟(5 分钟)以上,它将进入休眠模式。

注:如果开机 10s 钟没有进行操作,仪器将进入休眠模式。如要返回到选择模式,请接触按键。

图 20 操作界面

间的位置及与放样点的距离。选择模型中已标记出的放样点,通过激光,在对应位置处放样出点位并做相应标记。根据点位位置进行现场操作(见图 21、22)。项目通过 BIM 放样机器人综合放样应用,测量员平均每天放样点数达到 500 个,大大提高工作效率,节省项目工期,同时放样精度高,精度误差可以控制在毫米级,为项目精益建造发展注入新带来动力。



图 21 现场操作图



图 22 放样机器人现场定位

3.5 精装修深化及应用

地铁装饰工程具有功能性要求高、各专业配合协同工作量大的特点,BIM 技术的应用能使地铁装饰工程更加顺利高效实施。精装修作为建造阶段重要的部分,就传统的施工方法而言,精装修图纸具有绘制效率低、错误点、遗漏点不易被发现等问题,而二维图纸不能直观展示的缺点,在此情况下团队决定通过采用 BIM 技术,利用其可视化、协同性、可模拟的特点,开展基于 BIM 地铁精装修深化应用研究(具体实施见图 23),致力解决传统工艺存在的问题,提高工作效率,缩短工期。

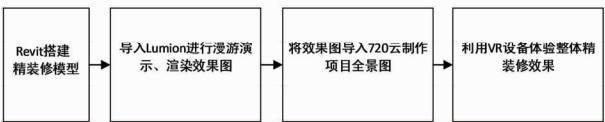


图 23 精装修流程图

首先,根据装饰装修要求,利用 Revit 软件完成精装修模型的搭建,实现各部位精准布置。将精装修二维图纸以三维形式展现出来,让项目各参与方能轻松读懂设计理念,改善沟通环境,提高信息准确应用与表达,便于各方间信息传递与交流,提高工作效率,达成协同沟通。

其次,将 Revit 精装修模型导入 Lumion 软件中,通过 BIM 技术的可模拟性,设置模型的构件参数,进行精装修场景模拟演示,提高实际体验感,让施工管理人员真实体验整体效果。通过修改相关构件参数,即可及时解决在模拟中发现的问题。

最后,为丰富各个参与项目人员的体验感,将 Revit 模型导入 Lumion 软件中,导出全景图,导入 720 云平台,通过分享的二维码即可进行项目全景预览。另外,将 BIM 精装修模型导入 Fuzor 软件中,可应用 HTC VIVE 终端在模型中进行参观,让各决策方身临其境地任意角度、任意视角通过漫游来观察和体验不同方案精装修整体效果(见图 24 - 25)通过讨论选出最完善的方案,最大化地优化施工计划,避免二次施工,降低成本,保障工程质量。



图 24 站厅层精装修效果图

3.6 基于 BIM 的可视化施工交底

传统项目管理中以文字描述或口头讲述进行施工交底的信息传达方式容易造成信息传达不准确、现场施工人员理解不透彻等问题。随着信息时代的到来,三维可视化交底能够以清晰的动画方式逼真形象地展示施工过程及效果,能够有效解决传

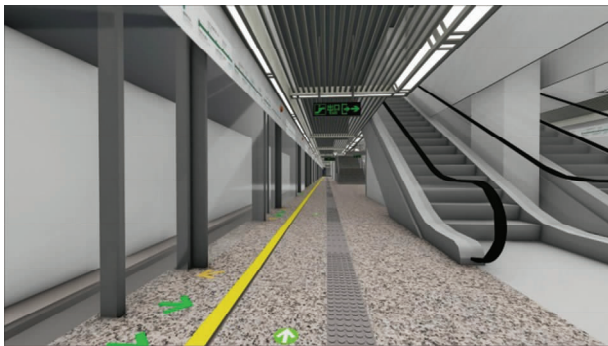


图 25 站台层精装修效果图

统交底方式的缺点。Reza Zaker 等讲述了项目协作中可视化的作用^[11], 几年国内基于三维可视化交底研究应用中, 侯春明等从混凝土施工、养护等角度讲述了施工方案三维可视化技术交底的作用^[12-13], 郜建忠等以客运专线 48m 简支梁节段拼装施工可视化交底为例讲述了可视化能够加快施工进度、保证工程质量、创造经济效益的效果^[14]。为了使现场施工人员更好地理解施工交底的内容, 团队决定使用 BIM 技术进行可视化施工交底。具体做法如下:

(1) 运用 Revit 软件, 根据需要交底的内容进行模型的搭建, 搭建出相关工序、工艺流程的模型(见图 26)。

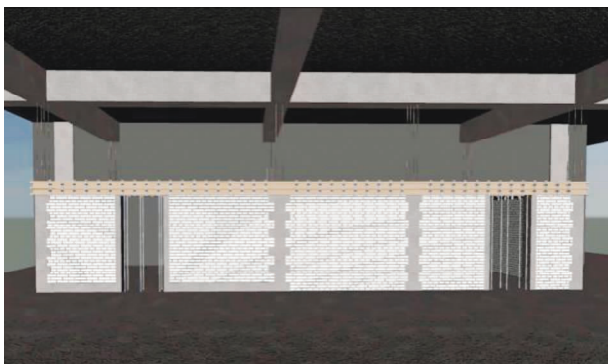


图 26 根据施工工艺流程搭建 Revit 模型

(2) 将建好的 RVT 格式的模型导出为 NWC 格式文件, 用 Navisworks 即可打开。在施工单位各专业人员的指导下, 根据施工工艺流程和施工要求, 进行施工模拟动画制作, 动画包括施工材料要求、施工工艺动画演示、工艺重点难点、质量标准等, 动画制作完成后, 导出 AVI 格式视频(见图 27)。

(3) 将导出的视频用绘声绘影、Adobe Premiere 等软件进行剪辑、加字幕说明步骤(见图 28、29)。

通过利用 Navisworks 制作的动画给现场施工工

人进行交底, 信息传达相较传统纸质交底更加简单易懂, 更准确。切合实际的技术交底动画可以让实际操作的工人知道他所负责的工序应该注意什么问题, 会出现什么样的质量通病问题, 从而避免那些低级的质量问题, 降低返工量, 减少施工成本, 提高施工质量。现场实际实施情况表明, 基于 BIM 的可视化施工交底提高了工程质量和施工效率。

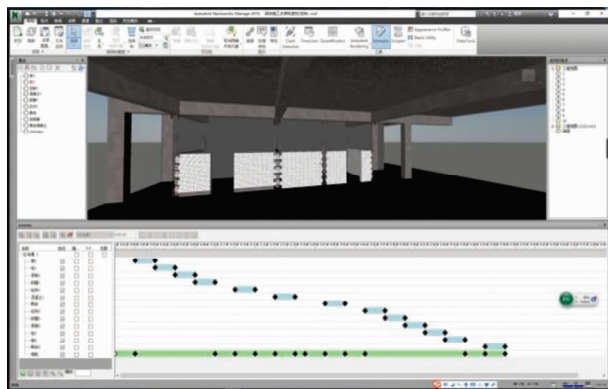


图 27 施工交底动画制作

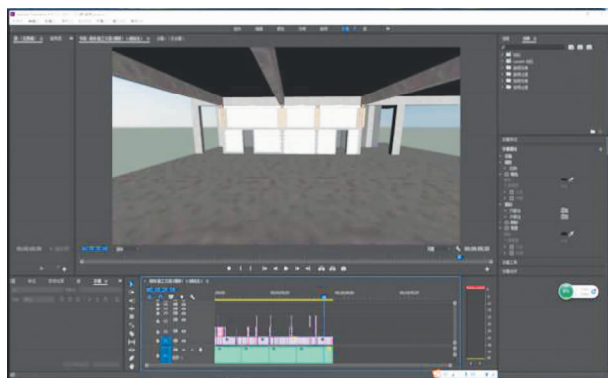


图 28 施工交底动画剪辑

中铁十二局地铁地面施工技术交底	2018/2/6 0:41	MP4 文件	275,893 KB	00:02:43
中铁十二局地铁静压桩	2018/2/2 18:54	MP4 文件	250,027 KB	00:03:16
中铁十二局地铁电气工程有限公司风管施工交底	2017/8/28 19:22	MP4 文件	241,741 KB	00:03:58
中铁十二局地铁电气工程有限公司临边防护施工交底	2018/2/2 9:41	MP4 文件	164,378 KB	00:01:39
中铁十二局地铁电气工程有限公司砌筑施工交底	2017/8/29 12:58	MP4 文件	843,979 KB	00:08:40
中铁十二局地铁电气工程有限公司砌筑抹灰施工交底	2017/8/29 10:45	MP4 文件	254,185 KB	00:02:28
中铁十二局地铁电气工程有限公司精装修施工交底	2017/8/29 9:21	MP4 文件	141,911 KB	00:04:01
中铁十二局地铁电气工程有限公司防水施工交底	2017/8/29 10:34	MP4 文件	128,572 KB	00:04:09
中铁十二局地铁电气工程有限公司防水施工交底	2017/8/29 12:15	MP4 文件	361,717 KB	00:06:17
中铁十二局地铁水保施工交底	2018/2/6 11:17	MP4 文件	82,712 KB	00:01:18
中铁十二局地铁施工技术交底	2018/2/3 9:58	MP4 文件	103,555 KB	00:02:00
中铁十二局地铁施工技术交底	2018/2/5 0:49	MP4 文件	148,179 KB	00:01:28
中铁十二局地铁施工技术交底	2018/2/5 11:20	MP4 文件	240,477 KB	00:02:28
中铁十二局地铁施工技术交底	2018/2/3 9:40	MP4 文件	157,933 KB	00:01:45
中铁十二局地铁施工技术交底	2018/2/3 9:44	MP4 文件	143,441 KB	00:01:44
中铁十二局综合支用架施工技术	2018/2/4 8:16	MP4 文件	78,652 KB	00:01:06

图 29 已完成的施工交底视频

3.7 基于 BIM 的安全消防疏散模拟

地铁站具有结构复杂、空间狭窄、通地出口少、人流密集、逃生路线复杂等特点^[15]。突发火灾时, 在最短时间内将站内人员安全疏散是确保人员安

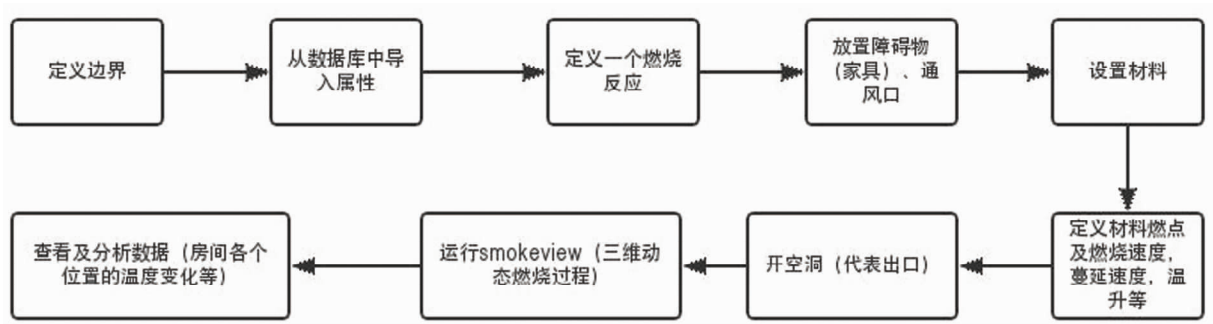


图 30 操作流程图

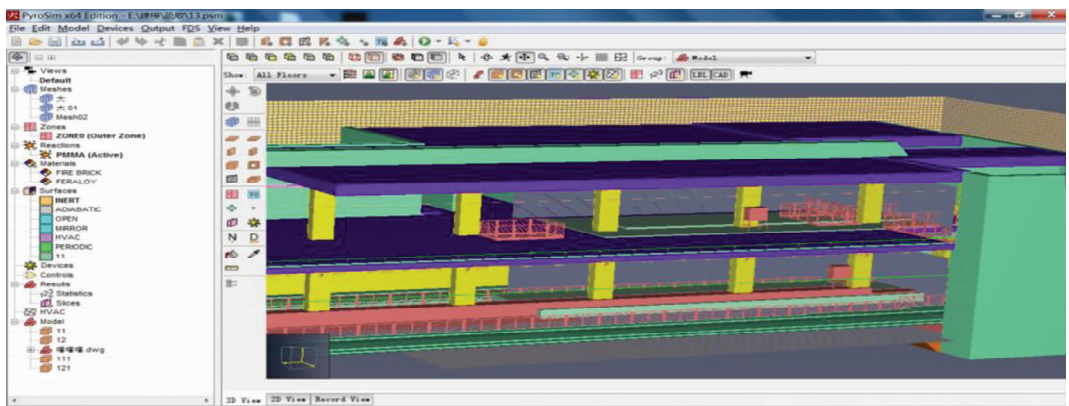


图 31 火灾模拟动画

全的关键。当前研究中,王婷等讲述了基于 BIM 的火灾模拟与安全疏散分析^[16];邓朗妮等以广西百色某干部学院图书馆为实例研究火灾发生时烟气扩散、温度分布及能见度对人员疏散逃生的影响^[17]等。基于前人研究基础,本项目运用 Pathfinder 及 Pyrosim 软件,开展不同火灾场景人员安全疏散研究(见图 30),针对不同施工阶段地铁车站施工人员进行消防疏散模拟(见图 31),分析人员是否能在规定火灾疏散时间内抵达安全区域,在指导各参建单位进行施工应急疏散演练,以及项目安全施工措施,具有十分重要的现实意义。

(1) 火灾模拟 Pyrosim(图 31)

(2) 逃生疏散演练

把 Revit 模型导出 DWG 格式文件,并导入 Pathfinder,根据各个施工阶段的作业范围及逃生路线,布置逃生环境,点击开始,数据分析,生成逃生数据,包括(人流量、逃生时间、奔跑时间),生成逃生模拟视频。

通过 Pathfinder 及 Pyrosim 软件进行消防疏散模拟演练(见图 32),可达到如下三种预期效果:

(1) 根据施工方提供的精装修图纸中逃生指标

的指示,在模型内布置逃生路线,并在最远端放置人员,模拟测试站内最远端人员用正常逃生速度移动到安全区域所需的时间,以判断该逃生路线的可行性。

(2) 在保证最远端人员用正常逃生速度移动到安全区域的逃生时间小于最佳逃生时间的情况下,模拟测试本站内可容纳的最大人流量。

(3) 在未确定逃生线路的情况下,将人员放置于最远端,让其在模型内进行逃生模拟。最远端人员自主选择的逃生路线即为最短逃生路线。

3.8 AR 应用

AR 技术是新兴的技术,王廷魁等通过分析 BIM 与 AR 的实践应用认为 AR 技术可以将 BIM 模型和信息无缝融合到真实环境中实现 BIM 与现场人员之间的实时交互并对完成施工任务起到指导作用^[18]。在此情况下,为给项目带来更大效益,团队将 BIM 与 AR 结合应用与项目建造阶段,通过视 + AR 平台(见图 33),制作 AR 三维激光扫描仪操作演示、放样机器人操作演示、灭火器使用教程(见图 34)及施工进场安全交底。

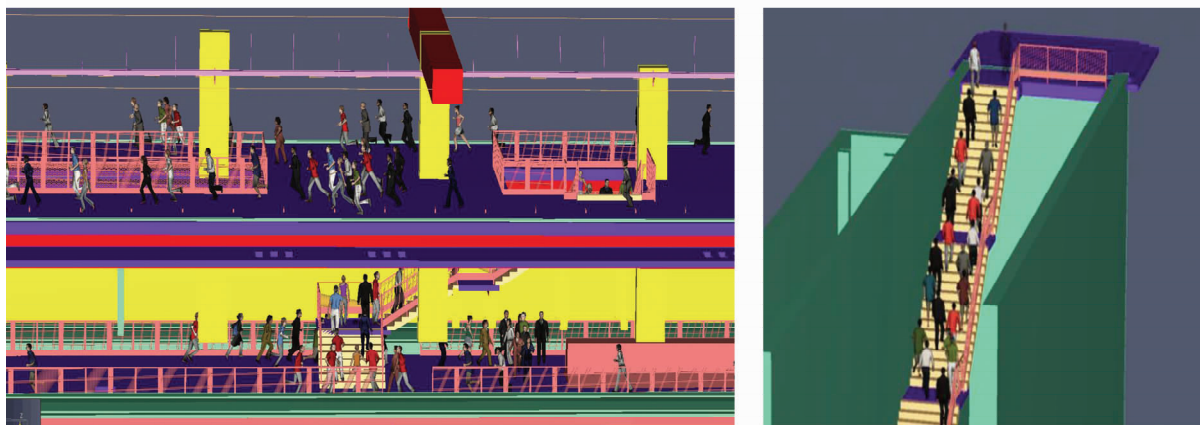


图 32 消防模拟演练

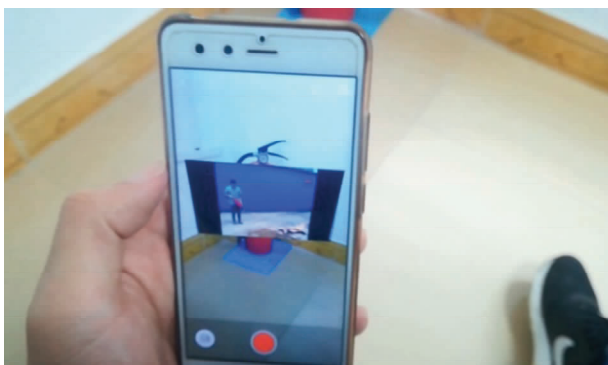


图 33 视 + AR 平台

过 APP 扫描对应物品便可在移动端设备上即时查看相关操作演示视频,起到安全指导的作用。



图 35 视 + AR 编辑器界面



图 34 灭火器使用教程

团队将各操作演示教程压缩成 ZIP 格式,登录视 + AR 官网,使用视 + AR 提供的编辑器工具制作应用。在视 + AR 提供的编辑器工具中(见图 35),为操作演示教程设置对应的标题、描述和邀请码,并上传以 ZIP 格式压缩的操作演示教程,完成 AR 应用的创建。将 AR 应用上传至企业云端,工人通

3.9 缩尺 3D 打印技术

在建造生产一线了解到,建筑大型设备机房在进行装配式施工过程中,常出现设备、管件尺寸超限,无法顺利运送进机房等现象。所以团队尝试使用 3D 打印技术,打印缩尺模型推演安装工艺,解决难题。3D 打印技术运用粉末状金属或塑料等可粘合材料,通过逐层打印的方式来构造物体的技术。史玉升等结合国内外 3D 打印技术的发展论述了 3D 打印数据交换格式及数据处理软件架构的新发展^[19]。3D 打印技术用于本项目机电安装中大量打印复杂节点,在对节点体现、立体化效果上有较大的优势,有助于施工人员对于复杂安装工艺的理解。

具体的操作步骤(见图 37):在 Revit 及犀牛等三维建模软件中搭建三维模型,将模型导出 FBX 格式文件,将导出的 FBX 格式文件导入进 3DMax 软件中进行精修复,待修复完成后导出 STL 格式文件,即适合我们 3D 打印机驱动软件——UP Sudio 软件的特定格式文件。最后将其拖入 3D 打印软件

UP Studio 中,进行模型参数调整,适当比例缩放,旋转以及水平方向等操作后,待软件会自动计算打印模型所需时间和材料用量后,通过 USB 接口将数据传输进打印机中,驱动打印机开始工作,等待打印完成后取出模型即可。用打印的构件进行机房装配方案模拟,分析方案可行性,推导出较优方案,有效减少机房装配返工。

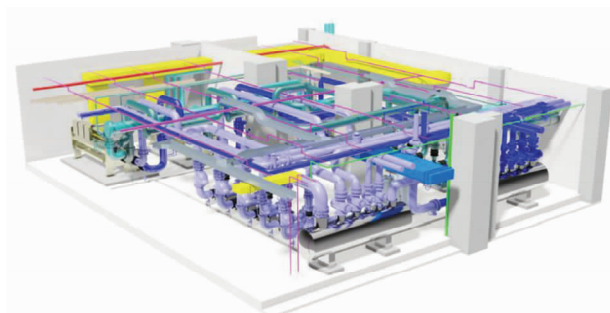


图 36 机房 3D 打印模型

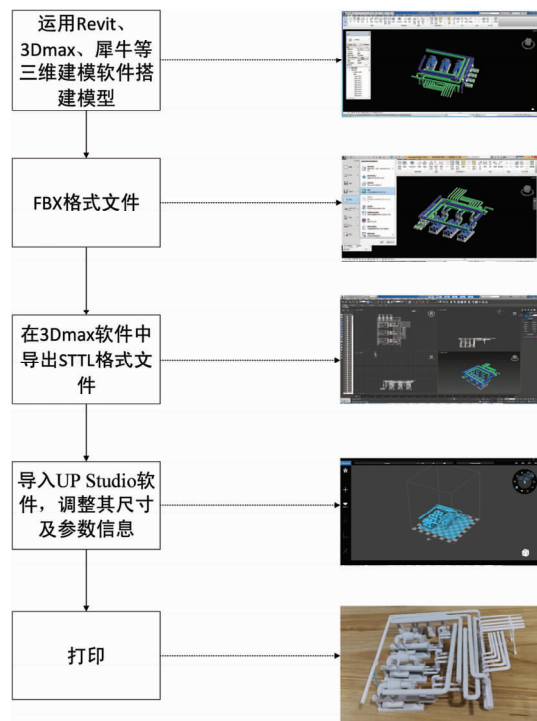


图 37 3D 打印流程

通过缩尺 3D 打印技术,无需机械加工或任何模具,就能直接从计算机图形数据中生成任何形状的零件,装配缩小型机房,指导施工,从而减少由于施工过程中的错误带来的重复拆装,极大地缩短工期,提高生产率和降低生产成本,并具有更高的打印精度,有效解决机房设备安装效率低下问题。

4 总结

本项目引入 BIM 技术,开展了基于 BIM 的三维激光扫描及放样技术、机电管线综合深化设计、精装修深化及应用、可视化施工交底、安全消防疏散模拟等建造阶段机电工程 BIM 技术应用研究,对地铁车站作业面自然采光条件差、结构主体尺寸与安装图纸存在偏差、各系统管线层叠密集、交叉作业的层面和工序多、专业配合接口多、设备重体积大运输通道狭窄、施工质量要求高等问题提供新的解决方法。BIM 技术在项目成功运用,极大程度地缩短工期,降低成本,同时也为今后其他项目开展 BIM 实施应用积累更多的经验。

参考文献

- [1] 李小飞,李赞,张林. 基于三维激光扫描的 BIM 技术在上海世茂深坑酒店方案优化中的应用[J]. 施工技术, 2015(19): 35-38.
- [2] Mao-hua LIU, Ying-chun YOU, Man-wen LI, Zi - wei HAN. Research on the Construction of BIM Visualization Model Based on 3D Laser Point Cloud Data[P]. DEStech Transactions on Computer Science and Engineering, 2018.
- [3] 贾雪,刘超,徐炜,等. 海量点云数据的建筑物三维模型重建[J]. 测绘科学, 2019, 44(04): 124-129,181.
- [4] 祝文婷. 三维激光扫描技术在深坑岩壁精细勘测中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(4): 73-79.
- [5] 何建军,危鼎,姚守俨,等. 三维扫描技术结合 BIM 在余山深坑酒店项目的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015, 7(04): 31-38.
- [6] 李中根. 三维扫描仪的原理及在地铁变形检测中的应用[J]. 房地产导刊, 2015(17): 432-432.
- [7] 邢振华,胡明媚,周斌科,等. BIM 技术在大型商业综合体中机电深化设计的应用研究[J]. 施工技术, 2017, 46(S2): 1225-1229.
- [8] 苏明,曹立纲,谭武. BIM 机电专业应用,我们是领先了还是落后了? [J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(2): 96-100.
- [9] 郭伟. 放样机器人在异形建筑内装修中的应用[J]. 建筑技术开发, 2018, 45(02): 69-70.
- [10] 刘骏,罗兰,聂鹏飞. BIM 放样机器人在装饰施工天花吊杆定位中的应用[J]. 施工技术, 2017, 46(09): 86-88.
- [11] Reza Zaker, Eloi Coloma. Virtual reality-integrated

- workflow in BIM-enabled projects collaboration and design review: a case study [J]. Visualization in Engineering, 2018, 6(1): 4.
- [12] 侯春明, 任志平, 杜福祥, 等. 浅谈施工方案三维可视化技术交底[J]. 施工技术, 2015, 44(S1): 522-525.
- [13] 杨文博, 高峰, 朱洁, 等. BIM + VR 技术在打造精品住宅工程中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9(4): 26-30.
- [14] 邵建忠, 吕燕军. BIM 技术在客运专线 48m 简支梁节段拼装施工中的应用[J]. 铁道建筑, 2016(06): 40-43.
- [15] 李坤. BIM 技术在地铁车站结构设计中的应用研究[J]. 铁道工程学报, 2015(2): 103-108.
- [16] 王婷, 杜慕皓, 唐永福, 等. 基于 BIM 的火灾模拟与安全疏散分析[J]. 土木建筑工程信息技术, 2014, 6(06): 102-108.
- [17] 邓朗妮, 刘晓凤, 陆云鹏. 基于 BIM 的火灾模拟与安全疏散研究[J]. 施工技术, 2017, 46(24): 79-82.
- [18] 王廷魁, 胡攀辉. 基于 BIM 与 AR 的施工指导应用与评价[J]. 施工技术, 2015, 59-63.
- [19] 史玉升, 张李超, 白宇, 等. 3D 打印技术的发展及其软件实现[J]. 中国科学: 信息科学, 2015, 45(02): 197-203.

Application of BIM Technology in Electromechanical Engineering Construction of Chuangye Road Station of Nanning Rail Transit Line 3

Liao Ling^{1,2}, Mo Zhuanheng^{1,2}, Yang Lei³, Zhang Jie³, Su Youzhi³,
Deng Yuchen^{1,2}, Huang Kaize^{1,2}

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, China;
2. Building Information Modeling Research Center, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, China;
3. Electrical Engineering Co., Ltd. of China Railway 12th Bureau Group, Tianjin 300308, China)

Abstract: The Chuangye Road Station of Nanning Rail Transit Line 3 is located at the intersection of Chuangye Road and Zhenxing Road, Xixiangtang District, Nanning City, Guangxi Province, with the length direction along the east-west direction of Zhenxing Road. The station is a typical station in the form of a two-story single-column island platform. The total length of the outsourcing is 210m, the standard section width is 19.7m, and there are 4 entrances and exits. The B1 floor is the subway hall, and the B2 floor is the subway platform, with 2,805 m² public area in total. There are many difficulties faced by the Chuangye Road Station project, including poor natural lighting conditions on the working surface of the subway station, deviations in the size of the main structure and installation drawings, densely layered pipelines in various systems, multiple layers and processes in the cross-operation, large number of professional cooperation interfaces, narrow transport corridor for large equipment, high quality requirements, and etc. Through the establishment of university-company joint research team on BIM technology, over ten applications of BIM technology on electromechanical engineering during construction stages have been studied and realized, including BIM-based 3D laser scanning and lofting technology, integrated deepening design of electromechanical pipelines, deepening and application of fine decoration, visual construction and construction, safety fire evacuation simulation, AR application, scale 3D printing technology. More than ten construction stages of mechanical and electrical engineering BIM technology application research, and etc. The studies provide practical examples for the typical station of the subway to improve quality and efficiency through BIM application research.

Key Words: Building Information Model (BIM); Rail Transit Engineering; Subway Construction; Electromechanical Deepening