

广州地铁十八和二十二号线 基于 BIM 的项目管理平台的研究与应用

陈 前¹ 徐加兵¹ 梁兴朴¹ 许城瑜¹ 王 玮² 王 帅³

(1. 中铁建华南建设有限公司, 广州 511458;
2. 广州地铁集团有限公司, 广州 511400; 3. 云建信科技有限公司, 北京 100094)

【摘 要】近年来,BIM 与物联网技术的应用提高了工程项目信息化水平,4D 模拟、碰撞检查、人脸识别等单一解决方案类应用比较成熟,但是我们依然面临落地难的困局,特别是应用 BIM 的管理理念和方法没有改变,真正沉到施工作业面的应用不多,自身项目管理体系与 BIM 技术融合的较少。本文结合广州地铁十八和二十二号线的实际工程总承包管理模式以及参建各方的实际需求,研发一套基于 BIM 的项目管理平台,并应用于项目实施阶段,主要从智能设计插件开发到施工阶段精细化项目管理应用,再到最终的数字化移交。实践表明:该研究实现了工程数据汇聚共享,以数据驱动项目管理,实现了项目参与方信息协同,减少了参建各方的沟通成本,让总承包管理建立在真实、实时、有效、具有关联性的数字之上,提高了地铁建设科学管理水平。

【关键词】总承包; BIM; 项目管理; 应用

【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

广州市轨道交通十八号线和二十二号线及同步实施场站综合体设计施工总承包项目(简称“本项目”),是广州市有史以来规模最大的单个招标项目,也是目前中国铁建在国内最大的设计施工总承包项目,两条线同时也是国内首条设计时速 160km 的高规格地铁市域快线,线路示意图如图 1 所示。

十八号线从万顷沙站起至广州东站止,全长 62.7km,设站 9 座,其中换乘站 8 座,分别与广州市轨道交通一号线、三号线、七号线、八号线、十一号线、十三号线、十五号线、十七号线、二十二号线换乘。全线平均站间距 7.6km,最大站间距 26.0km,为横沥至番禺广场站区间;最小站间距 2.3km,为石榴岗至琶洲西区区间。全线设置陇枕停车场、万顷沙车辆段各一座。二十二号线从番禺广场站起至白鹅潭站止,全长 30.8km;设站 8 座,其中换乘站

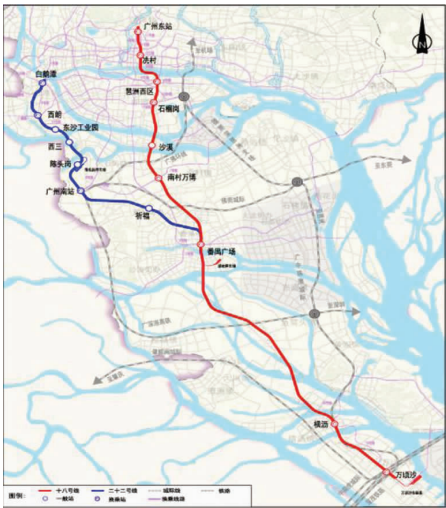


图 1 十八和二十二号线线路图

4 座,平均站间距 4.2km,最大站间距 7.2km,为祈福站至广州南站区间;最小站间距 2.1km,为西三至南沙工业园站区间。全线设陈头岗停车场一座。

【作者简介】 陈前(1988-),男,工程师,BIM 中心技术组组长,主要研究方向:城市轨道交通工程项目管理、建筑信息化、BIM。

十八及二十二号线埋深约 6.5m 至 50m。线路穿越的主要地层有淤泥质土层、中粗砂层、粉质粘土层、强中微风化泥质粉砂岩和强中微风化花岗岩。其中,十八号线地质变化多,施工风险高,纵断面如图 2。更重要地,线路首次采用设计时速 160km,技术标准新,须在 38 个月开通 75 公里,这些对工程项目管理提出了更高要求,如何更好地做好项目实施的策划和项目实施的控制,以使项目的费用、进度和质量目标得以实现。

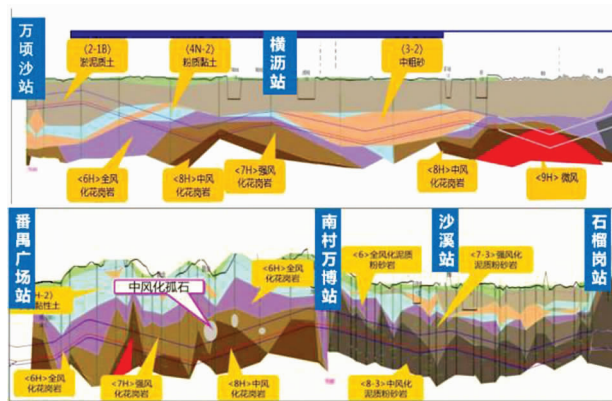


图 2 十八号线地质纵剖面图

近年来,BIM 与物联网技术的应用提高了工程项目管理信息化水平。国内外在轨道交通领域应用 BIM 技术的案例较多,其中廖羚等人在南宁轨道交通 3 号线中应用了 BIM 技术,主要应用在建模、三维激光扫描、智能放样等领域,未涉及到多参与方协同管理^[1]。罗平等人在北京地铁 19 号线设计及施工过程中都使用了 BIM 技术,主要应用了 BIM 的三维可视化的特点进行碰撞检测、场地布置、风险管控等管理^[2]。杨国华等人在轨道交通领域将 BIM 与 GIS 结合起来进行研究,并初步探索了 BIM + GIS 云平台解决方案^[3]。

本文在广州地铁派工单^[4]相关研究的基础上,结合本项目总承包实际需求,开发了“基于 BIM 的项目管理平台”(以下简称“项目管理平台”),并在广州地铁十八和二十二号线全线推广应用,总结地铁建设过程中的 BIM 技术应用点,形成了一套可复制的应用模式。

2 企业概况与团队组织介绍

中铁建华南建设有限公司(以下简称“华南建设”)是中国铁建旗下的全资子公司,具有建筑工

程、市政公用工程两项施工总承包一级资质。在本项目中,华南建设代表中国铁建进行该项目的建设管理,提出了“五线一转变”的管控思路,并在管理工具上注重科技创新,与广州地铁合作开发基于 BIM 的项目管理平台,以及建设“智慧工地”综合监控系统,通过信息化、智能化为十八和二十二号线工程总承包项目管理赋能。在项目团队组织方面,广州市轨道交通十八和二十二号线及同步实施场站综合体设计施工总承包项目部(以下简称“总承包部”)作为华南建设下属的工程总承包部,其组织机构如图 3 所示。



图 3 组织机构框图

总承包部作为本项目信息化统筹单位,在 BIM 研究应用上主要有四大工作职能:一是负责项目顶层设计与总体规划;二是制定相关技术标准和管理办法;三是构建系统业务框架、统筹业务需求分析与设计;四是总体协调落地应用,指导分部工区(总承包部下属单位)应用 BIM 技术服务于总承包模式的现场管理。

3 BIM 应用环境搭建

通过对国内外相关标准研究^[5-6],本项目建立了较为完善的项目管理平台管理体系,并形成多项标准文件。

BIM 研发管理体系:为保证项目管理平台开发工作顺利进行,总承包部系统性编制了 BIM 平台验收技术标准、研发管理办法^[7-8],考核细则等,实现对平台开发项目组织、进度、产品质量的科学管理。

BIM 技术标准:为了保证项目管理平台数据采集质量,我们制定了 BIM 三维模型建模及交付审查标准,建立工程项目数据标准等标准体系,如图 4 所示。

BIM 应用制度^[9]:为了保障开发出来的平台能够在本项目落地应用,总承包部专门组织编制了平

台应用细则、考核办法等文件,为分部工区应用提供指导、监督、协调等服务。

项目实施过程中,以 Autodesk 系列软件为主,Dynamo、SketchUp 等软件为辅^[10],建立了全专业 BIM 模型,如图 5 所示。同时自主研发 BIM 项目管理平台进行了深度、创新、集成 BIM 应用探索^[11-12]。



图 4 标准文件



图 5 建模软件

同时为了保障项目稳定运行,采购相关硬件设备,如图 6 所示。



图 6 硬件配置

4 总体目标与建设思路

本项目期望通过项目管理平台的建设,满足项目各参与方应用该平台开展各项工程项目管理工作,并将项目实施的各个阶段的主要数据、资料实

时、完备地记录在平台中,并与三维模型关联。总体目标就是要实现项目各参与方之间的信息共享,支撑地铁建设的多专业协同工作,能够对施工进度、质量、资源、成本、安全和场地进行有效、动态、可视化的管控,实现基于数据的动态集成管理;通过制定电子化集成交付标准,将设计、施工信息集成,达到全过程数字化移交,降低运维成本。

在具体建设思路上,我们统筹考虑建设方、总承包方、分部工区等各参与方的业务特点、应用场景的区别与联系,针对性地进行需求分析,定制开发不同的业务应用系统。因此,项目管理平台由一个云数据平台和五个业务系统组成,总体顶层设计如图 7 所示。其中六个业务系统分别为:项目建设管理系统、设计文档管理系统、施工管理系统、工程综合监控系统以及运维查询系统。本文限于篇幅,仅论述项目建设管理系统、施工管理系统两个业务系统的研究应用成果,同时对快速建模的研究应用做一个概要论述。

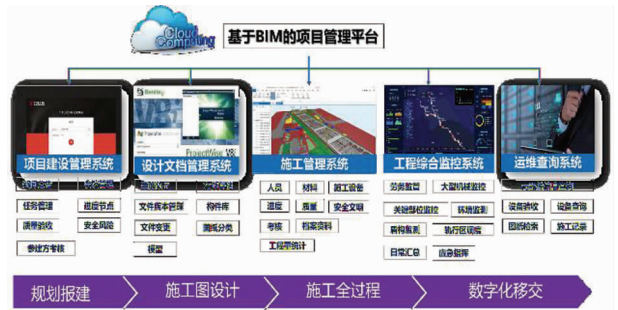


图 7 总体顶层设计

5 BIM 项目管理平台各阶段应用成果

5.1 前期设计阶段应用

(1)快速建模工具的研发与应用

为了加快建模效率,提升模型质量,总承包部牵头组织快速建模工具开发,并将建模标准内置工具中,提高模型应用效率。本项目共开发了 12 套快速建模插件,保证设计及建模的高标准、高效率、高质量。目前已研究出市政管线自动建模方法、三维地质自动建模方法、盾构管片自动建模方法。

其中,在三维地质建模方法上,本项目通过物探数据利用三维地质软件生成三维地质模型,如图 8 所示,利用此模型可在任何地方进行剖切查看该处的地质情况,帮助施工人员判断风险;同时也可以对模型进行剪切,快速统计出需要开挖的土方量。

对于一般临建、围护结构、主体结构等模型,由我们分部工区采用 Autodesk 系列工具进行建模,并利用自主研发的 Revit 构件编码插件进行快速编码,总承包部按照相关标准对分部工区的模型进行检查审核。其中临建模型建模效果如图 9 所示。

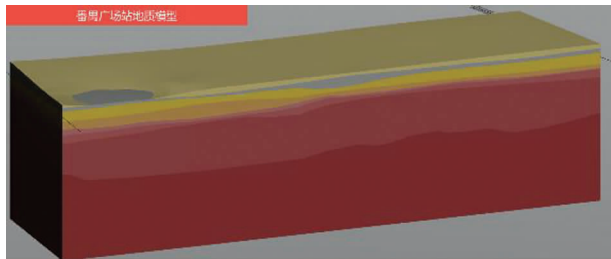


图 8 番禺广场站地质模型



图 9 建模效果

(2)辅助前期线路设计

在前期规划阶段,我们主要借助无人机航拍、倾斜摄影技术等进行三维实景建模,通过 GIS 平台集成 BIM 模型与航拍影像图,辅助前期线路的规划设计,直观可视化了解线路下穿既有线、水道等风险点,进而进行线路调整优化、合理盾构选型,降低施工风险,如图 10 所示。

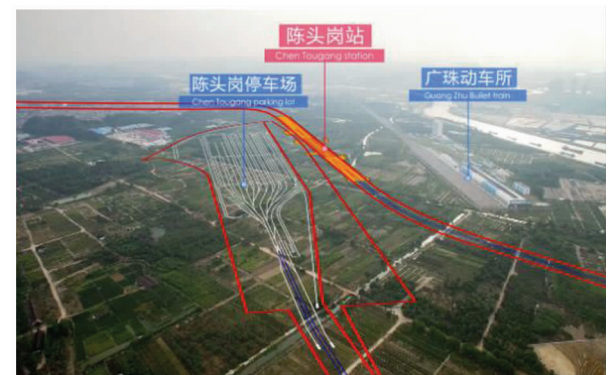


图 10 BIM 模型与航拍图辅助线路规划

基于建模标准统一的广州市城建坐标系,我们能够实施阶段各种模型进行合模,以实现地表建

筑物与地下管线关系可视化、地质层与地下管线关系可视化、区间盾构穿越地质层与地表建筑关系可视化,可以带来多参与方、多专业协同效应,提高沟通效率,降低施工对周边建筑、管线等产生的风险。如图 11 所示。

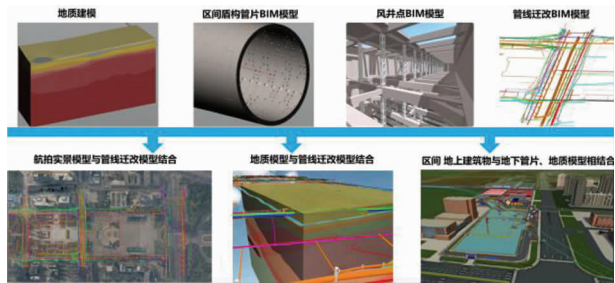


图 11 合模效果



图 12 项目建设管理系统功能架构图

5.2 项目建设管理应用

为实现建设方、总包方项目管理流程标准化、精细化,本项目建立了以会议任务驱动的项目建设管理系统(PMOA),如图 12 所示,管理行为记录与留痕,综合管理数据查询与消息推送。其系统界面如图 13 所示。

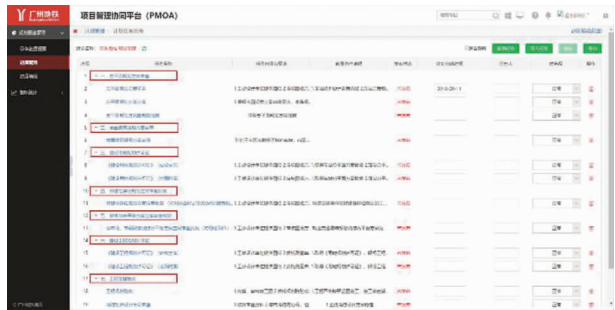


图 13 项目建设管理系统界面

基于该系统可实现会议任务动态跟踪,驱动管理人员在规定时间内完成规定任务,实现基于数据的考核管理。

通过管理程序、制度流程,项目过程中的工作

成果变得透明化且可追踪,大大提升了沟通效率,为总承包管理赋能。PMOA 手机端界面如图 14 所示。



图 14 PMOA 会议任务跟踪

5.3 进场施工阶段应用

在进场施工阶段,我们主要给分部工区现场一线管理人员提供施工管理系统应用。该系统是项目资金、技术、生产等数据的重要汇聚工具。目前包括电脑端、手机端,如图 15 所示分别为各端首页。其主要功能如图 16 所示。主要用于日常施工过程管理,例如派工单、质量问题跟踪等。



图 15 施工管理系统首页

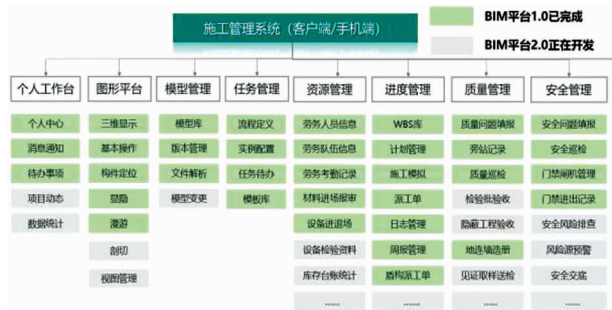


图 16 客户端功能架构图

施工管理系统已实现全线、全员、全面应用。图 17 为管理人员登录频次分布情况,数据显示,从 18 年 10 月开始,累计访问量(登录次数):280 188 次,总在线时长:98 441.6 小时,产生结构化数据约 209G。每天系统平均并发访问人数 60 人,高峰期达到 100 人。

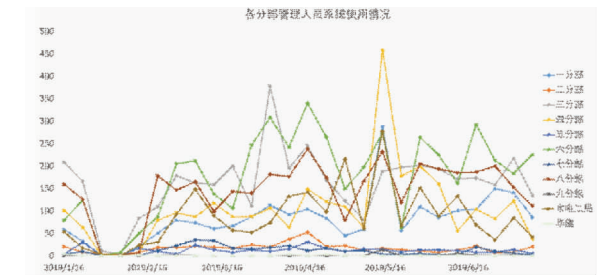


图 17 各分部管理人员系统登录频次

总体而言,我们已经通过系统采集了大量的施工过程数据,包括人材机、进度、安全、劳务考勤等,并随工程进展与 BIM 模型建立起动态关联。下面分别从人员、材料、施工设备、安全、进度、质量等管控目标介绍具体应用方法:

(1) 建立了实名制人员信息库

人员报到 3 天内,需在施工管理系统中录入参建人员信息,包括身份信息、从业资格、项目岗位等 40 多项信息,这些信息已涵盖广州市建委用工实名制管理所需的全部信息。

所有人员信息进入系统后,满足条件的施工人员将汇总形成合格人员清册,并可以被派工单选择。系统通过派工单实现门禁系统的授权准入控制,自动统计人员进出记录,生成出入场考勤,平台可以按周、月统计各分部在场人员数量,如图 18 所示。

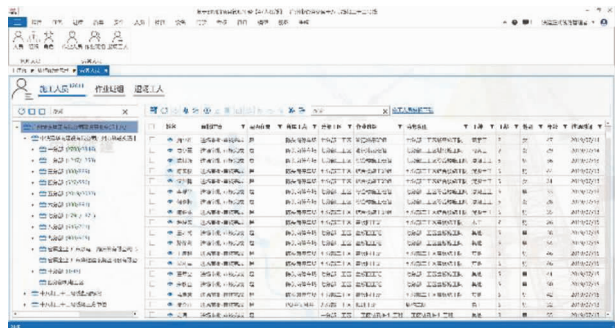


图 18 实名制人员信息库

(2) 建立了合格施工设备信息库

现场大型施工设备需全部录入平台,系统对施工设备的进出场记录、进场报审程序、检验资料等

进行统一管理。用户可在系统中汇总统计现场主要施工设备各工点分布情况,导出设备台账,如图 19 所示。

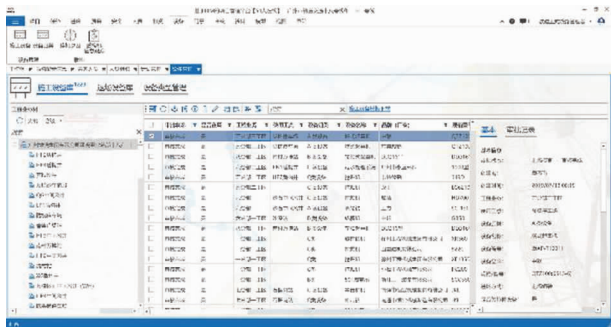


图 19 进场报监合格设备库

(3)实现了施工图工程量自动计算及建立合格材料信息库

通过材料计划单挂接 BIM 模型,施工图工程量由模型自动生成。在物资进场报审验过程监管方面,利用二维码进行物资信息追踪,简化工作流程,精确信息录入,要求材料进场必须做到检验报告、见证取样及合格证等证明材料齐全准确,实现可追溯,可跟踪。在内业工作上,通过系统实现报表台账的自动生成及记录归档,提高内业工作效率,减少人为错漏。

(4)建立了分级管理的计划管控体系

计划管理模块主要给分部工区提供了创建、更新和查询进度计划的功能,工区创建与更新计划突破了总承包方要求的关键节点,系统会自动给出预警提醒。计划管理包括总计划、年计划、季度计划、月计划以及周计划五级计划结构,分级控制,层层细化,如图 20 所示为计划模块应用案例。



图 20 计划管理

(5)施工组织模拟

利用平台三维建造模拟的可视化工具,辅助分部工区和监理方检查计划的可实施性,提前发现工

序安排、作业面冲突、资源消耗不均衡等问题,对计划进行优化完善,如图 21 所示。

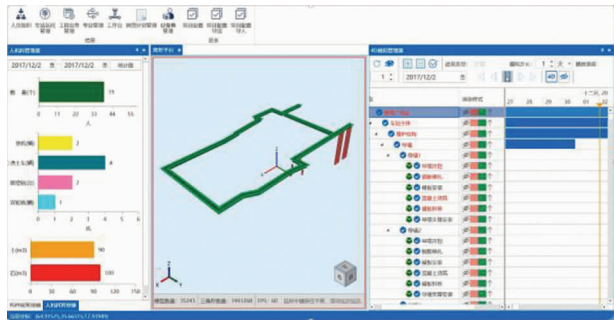


图 21 施工组织模拟

(6)进度管控的主线——派工单

派工单是连接虚拟与现实的桥梁。系统将模型与计划、人员、空间、设备材料、工艺工法标准、安全风险及防控措施、档案资料等要素关联,进行虚拟建造,并优化施工组织后,将形成派工单,每天完工后,工程实体的实际资源投入、进度、质量、安全、档案等信息,通过派工单反馈至系统及相应的模型中,最终得到包含完整信息的竣工模型,实现从虚拟到现实、从现实到虚拟的双闭环,如图 22 所示。总承包方或者建设方如果需要了解每月每周的计划完成情况,可打开系统直观查看模型进度完成情况以及进度对比情况,如图 23 所示。

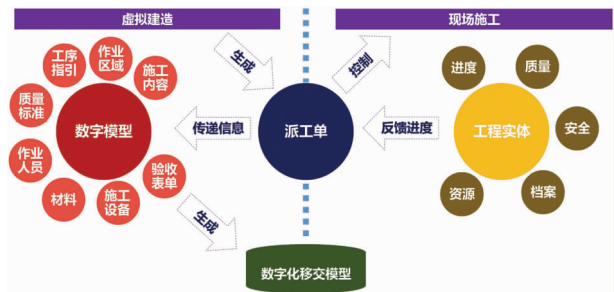


图 22 派工单应用逻辑

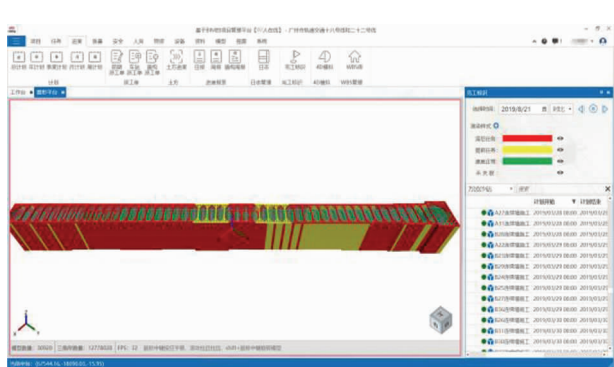


图 23 实际与计划对比分析

本项目派工单与传统工单相比,有以下三个创新点:

1)通过平台约束了派工的三大前置条件。即用于派工的人、材、机是通过系统审核合格的,从源头上规范了作业过程,有效推动了作业层管理的标准化、精细化。

2)降低了施工现场作业人员管控的风险。利用派工单去约定每天现场的准入施工人员名单,并自动推送至工地现场的人脸识别门禁系统,通过系统保证仅当天有作业安排的人员才能进入工地,将来自于人员的不确定性和风险大大降低。

3)实现档案验收资料与工程实体同步。通过在平台中建立标准工序与检验批等各类质量验收的对应关系,并按预归档要求进行预组卷,当对应工序的派工单工程实体施工完成后,系统就提示工区施工员开展质量验收报审以及完成相应档案资料归集工作,并可在系统中直观查看资料归档具体情况。

(7)安全检查/巡检应用

传统模式下,现场安全检查与巡检发现的问题,一般通过手机拍照定位,回到办公室填写纸质整改通知单,然后交给接口人去整改落实。一旦工点数量多,安全问题的数量递增,使得问题跟踪困难,复查确认的协同效率较低。

为解决以上问题,我们研发了安全检查模块。该模块以建设方/监理方和总承包部/分部工区两级方式进行管理。如图 24 所示,为安全检查与安全巡检的手机端应用。现场施工过程中或施工完成后,总承包部或建管部、监理在现场检查、巡检过程发现的问题,通过手机端将问题直观定位在模型上,发起整改要求。现场驻地监理和工区项目部能快速联动,及时落实整改,整改结果反馈回系统,形

成发现问题到问题整改的闭环控制。

建设方或总承包方能够站在全局角度监控每个分部工区的安全问题整体情况,并实时掌握各分部工区现场工点出现的安全问题情况,实时了解分部工区主要安全风险点,进行必要的监督提醒,以及重点关注。

(8)安全风险预控管理

为了加强和保障重大危险源管理工作的有序实施,通过对施工过程中的重大危险源进行辨识与控制,预防事故的发生,实现安全技术、安全管理标准化和科学化。



图 25 安全风险源管理

我们主要利用系统建立全线的安全风险源库,如图 25 所示,对每个风险点的控制措施进行登记、跟踪措施的执行情况,并与派工单形成关联,能够根据派工单及实际工程进度提前关注安全风险源,在相关监测数据触发安全风险的预警后,能够将安全风险源的技术措施和安全应急预案推送给相应负责人,第一时间启动应急预案。

(9)质量验收过程控制

目前,我们开发了手机端质量验收模块,如图 26 所示。利用信息化工具的主要管控思路为:如果某个检验批关联的派工单实体完成后,派工单模块自动通知相关人员及时组织验收。分部工区质检



图 24 安全检查/巡检应用



图 26 手机端质量验收应用

人员必须要通过工地门禁系统验证进入施工现场,实测实量地完成自检,才能在手机端发起自检记录填报,一旦自检数据合格,系统将推送通知给监理方组织质量验收,监理方同样需要进入现场实测实量,才能完成对验收工作的审查与文件资料的审核。系统根据后台配置验收资料表单规则,生成可归档的验收资料,如图 27,这为后续数字化移交奠定基础。

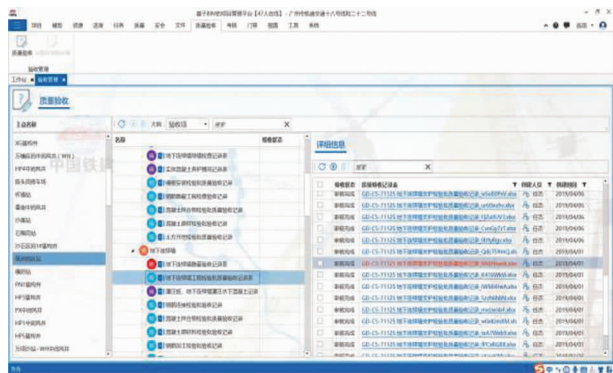


图 27 质量验收预归档目录

(10)质量验收资料预归档管理

正是通过派工单的双闭环管理,将档案资料与工序进行挂接,实现派工单工序实体完成与质量验收资料同步完成,同时依据档案预归档预组卷要求,建立虚拟档案室,如图 28 所示。借助虚拟档案室,我们能够动态可视化查看档案资料移交进度情况以及具体档案验收要求。



图 28 工程实体验收与档案交付同步

6 项目总结与展望

6.1 项目总结

(1)信息协同价值

广州地铁十八和二十二号线设计施工总承包项目通过三维辅助设计减少施工阶段设计变更,研

究管理数据标准、建设 BIM 项目管理平台,基本实现了项目多参与方信息协同共享,前期设计到进场施工的跨阶段应用。

(2)管理效益

该项目搭建较为完善的 BIM 应用环境,特别是结合总承包项目自身实际管理体系,将相关标准制度借助信息化载体去落地实施,并采取试点应用研究的模式,以逐步贴近管理需要,初步实现了 BIM 项目管理平台“全线全员全面”应用,大大减少参建各方的管理工作量及沟通成本。

(3)数据价值

本项目通过项目管理平台实现了工程数据汇聚,基于汇聚的数据,开展以数据分析驱动项目管理,让管理建立在真实、实时、有效、具有关联性的数字之上,让管理更有效,通过数据价值为总承包管理赋能。

(4)经济社会效益

在总承包部统筹安排下,十八和二十二号线各分部工区积极开展 BIM 技术应用,取得了一定的经济社会效益。通过快速建模工具的研发应用,使建模效率和质量大幅提升。通过实施以派工单为核心的精细化管控方法,促进了安全责任落实到人,降低了安全事故的风险,提高了节点工期目标的兑现的概率。通过质量验收信息化督促施工方自检以及监理方现场验收检查,避免了传统质量验收流于形式和以文件资料为主体的“假验收”。这些举措带来的是无形的经济社会效益,也是对工程建设的潜在增值。

6.2 展望

基于本项目的阶段性研究应用成果,下一阶段,在应用方面,我们将继续在全线推广应用相关研究成果,完善 BIM 相关标准体系及管理办法,逐步形成可复制的技术沉淀,争取成为城市轨道交通领域应用标杆。

其次在人才培养上,我们也会以项目为依托,为华南建设培养一批高端 BIM 管理型人才,同时带动各分部培养一批 BIM 应用型人才。

最后,在科研创新上,继续深入相关合作研究,形成原创的技术积累,申报相关知识产权,科技奖项、发表论文著作等,为公司高新技术企业发展积蓄力量,助力信息化管控的数字线,为新型总承包管理赋能。

参考文献

[1] 廖羚, 莫专恒, 杨磊, 等. 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[J]. 土木工程信息技术, 2019, 11(5): 7-18.

[2] 罗平, 王辉, 高银鹰, 等. 北京地铁 19 号线 BIM 总体管理体系研究及在典型工点的示范应用[J]. 土木工程信息技术, 2018, 10(5): 38-45.

[3] 杨国华, 刘春艳. 轨道交通项目 BIM + GIS 云平台建设研究[J]. 土木工程信息技术, 2017, 9(2): 103-106.

[4] 陈前, 张伟忠, 王玮. BIM 技术在城市轨道交通建设工程质量与安全管理中的落地应用[C]. 第二届全国 BIM 学术会议, 2016, 5.

[5] 王凯. 国外 BIM 标准研究[J]. 土木工程信息技术, 2013, 5(1): 6-16.

[6] GB/T 51301 – 2018. 建筑信息模型设计交付标准[S].

[7] GB/T 51212 – 2016. 建筑信息模型应用统一标准[S].

[8] GB/T 51269 – 2017. 建筑信息模型分类和编码标准[S].

[9] GB/T 51235 – 2017. 建筑信息模型施工应用标准[S].

[10] 清华大学软件学院 BIM 课题组. 中国建筑信息模型标准框架研究[J]. 土木工程信息技术, 2010, 2(2): 1-5.

[11] GB/T 51235 – 2017. 工业基础类平台规范[S].

[12] 何关培. BIM 和 BIM 相关软件[J]. 土木工程信息技术, 2010, 2(4): 110-117.

Guangzhou Metro Lines 18 and 22 Based on BIM Project Management Platform Research and Application

Chen Qian¹, Xu Jiabing¹, Liang Xingpu¹, Xu Chengyu¹,
Wang Wei², Wang Shuai³

- (1. China Railway Construction South China Construction Co., Ltd., Guangzhou 511458, China;
2. Jianhua South Construction Co., Ltd., Guangzhou 511400, China;
3. Yunjianxin Technology Co., Ltd., Beijing 100094, China)

Abstract: In recent years, the application of BIM and Internet of Things technology has improved the information level of engineering projects. The application of single solution such as 4D simulation, collision check and face recognition are relatively mature, but we still face difficulties in the landing especially the application of BIM. The management concepts and methods have not been changed, and there are not many applications that really deep into the construction work surface. The project management system and BIM technologies are less integrated. This paper has combined the actual project general contracting management mode of Guangzhou Metro Lines 18 and 22 and the actual demands of the participating parties to develop a BIM-based project management platform, which is applied to the entire line of 18 and 22 lines. The project implementation phase, from the development of intelligent design plug-ins to the refined project management application in the construction phase, to the final digital handover. The practice shows that the research has achieved the collection and sharing of engineering data, drives the project management with data analysis, achieve the information coordination of the project participants, reduces the communication cost of all parties that have been involved in the construction, and makes the general contract management establish in real, real-time, effective and above the number of correlations. Therefore, the level of scientific management in the process of subway construction has been improved.

Key Words: EPC; BIM; Project Management; Application