

Research and Application of Digital Platform for the Construction Process of Large-scale Shield Tunneling Projects

Xiaoting Li

Shanghai Construction Group (SCG), Shanghai, 200080, China

Abstract

The purpose of digitization of shield construction process is based on BIM technology and information technology, build a digital management and control platform, to realize the monitoring and management of the shield tunneling construction process, for shield parameters, tunnel monitoring, construction progress, segment tracking, construction risk and other links, solve the problems of collaborative work, information sharing, timely warning, unified standards and standardized process in the process of shield engineering construction management, real-time summary of shield tunneling process information, building a rapid reaction system, gradually reduce the gap between the extensive management of the project site and the refinement requirements of the digital platform, further improve the level of engineering project management, finally the new project VII is marked as the background, conduct engineering research and application.

Keywords

shield; BIM; digital; platform

大型盾构工程施工过程数字化平台研究与应用

李晓婷

上海建工集团股份有限公司, 中国 · 上海 200080

摘要

盾构施工过程数字化的目的是基于BIM技术和信息化技术, 搭建数字化管控平台, 实现对盾构施工过程的监控管理工作, 对盾构参数、隧道监测、施工进度、管片跟踪、施工风险等环节进行可视化、精细化管理, 解决盾构工程施工管理过程中协同工作、信息共享、及时预警、统一标准、规范流程等问题, 实时汇总盾构掘进过程信息, 构建快速反应体系, 逐步缩减工程现场粗放式管理与数字化平台的精细化要求之间的差距, 进一步提高工程项目管理水平, 最后以北横通道新建工程Ⅶ标为背景, 进行工程研究与应用。

关键词

盾构; BIM; 数字化; 平台

1 引言

作为传统施工行业, 数字化应用水平在国内排在各行业尾端, 在《数字建筑发展白皮书(2022年)》就提出, “十四五”时期是中国推进建筑业全面转型升级的关键时期, 也是数字建筑发展的重大机遇期, 建筑业应坚持以新一代信息技术为驱动, 加快数字建筑技术攻关、应用推广、生态完善、人才培养, 实现城乡建设绿色发展和高质量发展战略目标。

为了本项目超大型盾构顺利推进至施工圆满结束, 快速汇总盾构掘进信息, 及时展示施工过程风险, 为项目管理层提供决策依据, 采用以 BIM 模型为依据, 信息化管理为手段, 搭建数字化管控平台, 协助施工建设人员和施工管理人员轻松掌控盾构施工状态, 提高项目精细化管理水平, 同时达到指导施工、规避风险、故障解决等多重效果。

【作者简介】李晓婷(1988-), 女, 中国山东菏泽人, 本科, 工程师, 从事BIM技术、信息化、数字化研究。

2 工程概况

北横通道工程是上海市境内连接中央核心区的主要城市通道, 也是上海“三纵三横”“井”字形骨架性主干路网的组成部分之一。本标段作为本工程的一个重要标段, 走向位于海宁路一周家嘴路城市主干道正下方, 地面道路全长有3.949km。工程主体部分采用盾构法施工, 盾构段长度占比近65%, 是目前上海市在建项目中规模最大、综合性最强、技术难度最复杂、风险程度最高的特大型市政工程项目^[1]。

3 工程重难点分析

本工程施工难度大, 参与人员众多, 工程特点主要包括以下几点。

3.1 超大直径盾构机的进出洞

本工程所采用的“建功号”盾构机直径达15.56m, 为超大型泥水气压平衡式盾构机。盾构进出洞施工是盾构施工中的重大风险源, 尤其采用的是超大直径盾构机, 而且在梧州路井是在R500的小曲率下进洞的情况下, 如若施工控制

不当，会对周边环境及本工程带来重大危害。

3.2 轨道交通设施保护要求高

盾构推进至里程 K12+314 处开始下穿上海地铁 10 号线，穿越长度约 30m，穿越处拟建隧道与地铁 10 号线隧道呈 75° 斜交，隧道与地铁下行线垂直距离最小仅为 7.6m，上行线垂直距离最小仅为 8.3m。下穿时轨交 10 号线正常运行，如盾构参数设置不当，造成轨交 10 号线变形超过允许指标，将对 10 号线的正常运转和市民出行安全造成严重影响。

3.3 周边环境复杂，安全管控风险高

北横通道穿越运行先后穿越城市主干道、河南路过街天桥、新建路隧道、虹口港桥、办公楼（海泰国际大厦、中国工商银行大楼等）、保护建筑（四川大楼）、住宅（振华公寓、久安公寓等）及复杂的市政管线，同时涉及进出洞风险，施工风险管控要求高。传统的施工项目管理模式往往不能达到对施工各个环节和要素精细化管控的目的，本项目需要采用 BIM 技术融合信息化技术，开展数字化管控项目管理模式^[2]。数字化管控基于 BIM 技术的应用优势，高质量地提高工程的细节和精度，改善施工过程粗犷的管理模式，建立统一的管理机制和责任体系，减少各方沟通协调的时间，提高项目管理效率。

4 数字化平台搭建

4.1 基础技术应用情况

4.1.1 BIM 技术应用情况

本工程在施工准备阶段对工作井、隧道、匝道、地面道路、高架道路、围护结构、施工场地及周边地下管线等施工内容搭建施工 BIM 模型，通过搭建 BIM 模型提前规划后续施工难点，避免因图纸表述不清或技术人员因图纸理解不当导致现场返工。同时利用 BIM 技术，直观展示复杂地下管线之间的位置关系，管道尺寸与材质，地下埋深、路由以及井道与附着物，如图 1 所示。与传统的物探管线平面图相比，极大地方便了管线查询、工井占用情况、施工位置等信息的查询，为后期的地下管线搬迁情况提供有力的依据和支撑，也为施工方案的编制提供了准确、直观、有效的参考^[3]。

4.1.2 盾构监控建设情况

盾构设备监控主要是对盾构机推进参数及位置信息进行监测，包括推进参数和掘进姿态。掘进参数监控是对盾构机推进过程中各个系统的实时数据进行监控，包括刀盘、

推进系统、渣土改良、注浆系统、盾尾油脂、铰接系统、螺旋机等^[4]。将盾构机监控室的数据传送至互联网，让用户通过电脑或移动设备随时随地查看盾构机推进参数（界面与现场监控系统界面保持一致）。盾构机姿态是盾构机轴线相对于隧道设计轴线的位置以及变化趋势自动传输到互联网上，通过软件计算分析，在信息管理平台直观显示相关数据信息。

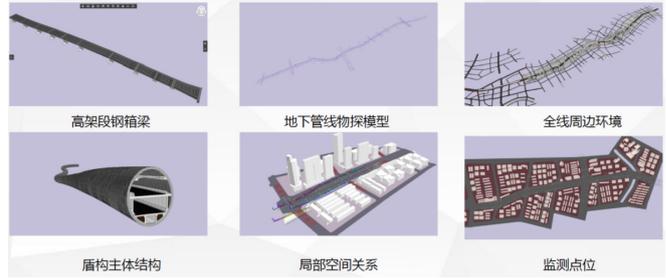


图 1 各工作内容 BIM 模型

4.1.3 视频智能监控建设情况

视频监控系统包括现场监控设备点位布置及视频监控管理平台搭建。视频监控管理平台能通过有线或无线传输方式即时展示现场监控设备拍摄画面。视频监控应覆盖隧道内、工地出入口、围墙、施工作业面、材料堆放区、材料加工区及其他施工现场制高点等区域。

4.1.4 隧道监测设备建设情况

盾构推进过程中必须加强施工过程中的监测工作，了解和掌握施工过程中的地表沉降情况及其规律性。为确保掘进线路周围地面处于安全监测状态，根据设计要求，本工程的监测项目包括：①地表沉降监测；②地表建筑物（构造物）沉降 3、管线变形监测 4、隧道沉降及隧道水平收敛监测。

4.2 平台及系统建设情况

远程虚拟数字化管控平台是通过 BIM 模型轻量化，对接盾构施工信息、视频监控系统等硬件设施，将各方数据进行信息汇总，搭建数字化管控平台，以三维动态的方式直观展示盾构信息。如图 2 所示，平台包含盾构设备监控、施工进度管理、监测数据分析、管片跟踪管理、施工风险管理、工程模拟

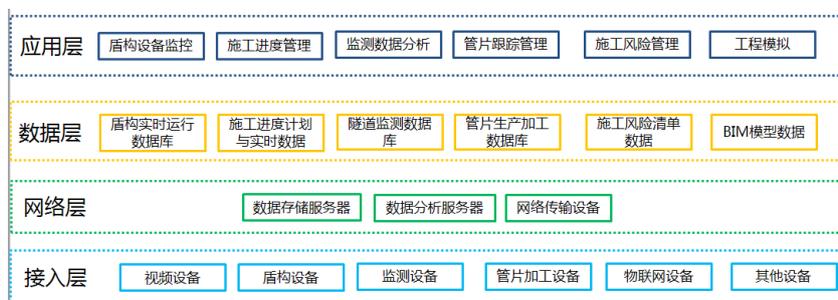


图 2 系统架构图

4.2.1 盾构设备监控

通过对接盾构信息化管理平台,实时导入盾构机监测数据,建立盾构机监测数据数据库,并通过可视化手段直观展示监测数据,便于施工人员随时了解盾构机掘进情况。当盾构机运行出现异常时,管理人员随时可根据监测数据制定可供采用的施工方法和解决措施。现场管理人员将定期在平台上传盾构沉降监测数据,建立盾构监测数据库,并将监测数据和模型相关联。主要功能为集中管理工程信息数据;提供便捷的数据维护界面;提供方便、快捷、全面的三维模型可视化动态监测数据展示界面,保证隧道施工和环境的安全^[5]。

4.2.2 施工进度管理

在地质条件复杂、邻近建(构)筑物密集的环境中,盾构施工存在极大的安全风险,因此周边环境对盾构安全推进至关重要,管理人员需要高度重视施工进度以及当前周边环境的实际情况。搭建盾构及周边环境的三维模型,并将盾构模型与盾构设备监测数据相关联,实现盾构模型与现场施工进度相联动,盾构模型将根据实际施工进度自动掘进,系统可以在盾构三维模型上清晰地展现盾构机的当前掘进位置、掘进影响区域、当时施工进度、盾构机与周边建筑物的位置关系等施工信息,为上施工现场管理人员提供快速便捷的查询手段。

4.2.3 管片跟踪模块

在管片物料管控的传统流程当中,整个管片生产施工过程中的安全、质量以及进度,无法做到完全的实时管控。目前在盾构管片生产过程中,经常遇到管理模式粗放、生产过程无监督、生产数据无人实时填报、产品质量难追溯等一系列管理问题,在基于BIM模型的基础上,通过物联网技术、移动通信技术、数据库技术完善盾构管片生产施工信息化管理功能,利用平台生成的唯一的二维码为每一环的管片建立一个电子档案,全过程采集管片制造过程的生产工艺参数、关键流程节点、产品合格证书等信息,形成可追溯的管片生产数据库^[6]。

管片的跟踪系统贯穿整个管片生产—运输—施工—验收的全生命周期,涵盖钢筋笼捆扎、模板拼装、入模与埋件、混凝土浇筑、拆模养护、出厂运输、物流运输、进场验收、隧道内运输、管片拼装、壁后注浆、成型验收等整个生产施工环节^[7],为每个生产施工环节添加工序,为每一道工序添加相应管理责任人,从管片生产加工开始直至最后现场管片验收,所有工序状态均在平台上更新,形成一套规范的生产管理流程,实现对管片生产全过程进行精细化管理。

4.2.4 监测变形模块

本工程对盾构进出段沿线的地表沉降展开实时监测,实时获取盾构施工中地表的不均匀沉降。对于繁忙的主干道路,只需在夜间非繁忙时段铺设传感器,即可实时获取监测路段的地面沉降和隆起。在核心道路和节点各铺设3m长的柔性位移系统。在保护建筑虹口大楼附近地表铺设柔性位移传感器,实时监测地表沉降。在楼顶设置无线倾角传感器和可视化预警报警器,可实时监测大楼整体倾斜情况。同时根据监测方案在数字化管控平台中设置监测点位,上传监测数

据,进行监测点定位和联动,实时掌握监测变形报警情况,及时查看历史监测数据,对盾构推进速度及时调整,确保推进过程中的周边环境的安全可控。

4.2.5 施工风险管理

本工程利用BIM虚拟建造技术,制作盾构施工风险点虚拟模拟,在平台中直观形象地展示在施工过程中会遇到的施工风险,便于管理人员和施工人员提前了解施工风险点信息和风险等级等内容,并及时制定调整相关施工方案,以确保后续施工安全进行。

4.2.6 视频监控模块

通过远程视频监控技术,实现对施工现场全方位的安全监管。本项目对施工现场、进出口主干道、盾构操作空间、构件生产厂商、工作井基坑、周边监测建筑等部分区域进行全方位监控摄像头布设,并对盾构挖掘空间、管片安装操作间、工地主大门配备高清球机进行实时监控。通知数字化管控平台可以查看现场各个摄像头布置位置,点击摄像头可以直接查看现场监控情况,对球机摄像头还可进行角度调整及操作云台,数字化管控平台后台支持视频回放查看功能。

4.2.7 工程模拟模块

融合三维建模技术与VR技术,搭建工程完成后虚拟仿真三维环境,可进行行车漫游模拟与无人机飞行漫游模拟,达到任意场景的位置切换和角度切换,实现实时仿真及交互控制,让参建各方体验工程建造完成后身临其境的真实感。

5 结语

本工程将BIM技术与信息化技术深度融合,通过搭建数字化管控平台,为施工过程参建各方提供实时有效的沟通渠道,有效解决了多项工程难点,还通过平台模块化和流程标准化管理,有效提高工程管理效率;在项目进度管理、盾构监测管理、管片跟踪管理、视频监控、监测数据分析和施工风险管理等多方面都找到了很多落地、实际、有价值的应用点,并在项目管理“减负、降本、提质、增效”方面初显成效,初步实现了盾构施工过程的数据的数字化管控,为企业数据化转型升级发展提供了动力。

参考文献

- [1] 仲建平.北横通道工程超大直径盾构穿越运行轨道交通重大风险分析及对策[J].工程质量,2020(5):3-11.
- [2] 陈裕刚.建设工程项目智慧化管理方式的研究和运用实践[J].建筑施工,2020(11):2202-2204.
- [3] 赵楚莹.浅析三维地理信息在移动通信运维体系中的应用及前景[J].信息通信,2020(8):251-254.
- [4] 王俊彬.盾构施工信息监控管理系统在盾构施工管理中的应用[J].现代制造技术与装备,2018(8):139-141.
- [5] 林志.EPB盾构信息化管理系统在广州地铁的应用[J].地下空间与工程学报,2005(2):268-273.
- [6] 戴慧丽.基于BIM的轨道交通数字化施工集成管理研究[J].城市道桥与防洪,2017(4):168-171.
- [7] 张建国,杨永斌,李家宏,等.隧道数字监测平台的研发与应用[J].创新世界周刊,2023(3):4.