

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.22.010

深圳固戍水质净化厂二期工程EPC项目BIM技术应用

吴迪, 王宇婷

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

摘要: 深圳固戍水质净化厂二期工程设计规模 $32\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, 占地面积 15.14 hm^2 , 具有工程体量大、单体多、构造复杂等特点。项目设计中采用精细化的BIM设计和量化的仿真分析, 力求提升项目设计品质, 减少后期变更。同时定制一套基于BIM的工程协同管理平台, 对施工过程中的图纸、模型、投资、质量、进度、安全、设备等进行集中管理。通过阐述项目设计、施工中的重点BIM应用, 总结了BIM应用过程和方法, 以为水质净化厂BIM设计、EPC管理提供经验。

关键词: 水质净化厂; EPC管理; BIM应用; 仿真分析

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)22-0066-07

Application of BIM Technology in Gushu Water Purification Plant Phase II EPC Project in Shenzhen

WU Di, WANG Yu-ting

(Central & Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract: The design scale of Gushu water purification plant phase II project in Shenzhen is $32\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$. The project covers a footprint area of 15.14 hm^2 , and has the characteristics such as large quantities, many single treatment units and complex structure. In the design of the project, refined BIM design and quantitative simulation analysis were adopted to improve the design quality of the project and reduce late changes. In addition, a set of BIM-based project collaborative management platform was customized to centrally manage drawings, models, investment, quality, schedule, safety and equipment in the construction process. By elaborating on the key application of BIM in project design and construction, this paper summarized the BIM application process and methods, so as to provide experience for BIM design and EPC management of water purification plants.

Key words: water purification plant; EPC management; BIM application; simulation analysis

1 项目简介

固戍水质净化厂二期工程位于深圳市宝安区西乡街道, 设计规模 $32\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, 占地面积 15.14 hm^2 , 服务面积约 114 km^2 。出厂水水质执行地表水Ⅳ类标准, 总投资13.36亿元, 为近年来深圳市单厂规模最大的水质净化厂项目, 鸟瞰效果见图1。项目采用双层上盖结构, 上盖第二层将新建停车

场, 最上层新建景观公园, 与已建的西湾公园景观环境融为一体。

项目采用三层覆盖半地下结构形式(见图2), 力争建设成为一座去功能化、厂城融合、绿色集约、环境友好、复合多元的世界一流智慧型水质净化厂, 着力打造成为粤港澳大湾区水务工程建设的优质样板工程, 水务系统EPC项目的成功典范。



图1 项目景观效果

Fig.1 Project landscape effect

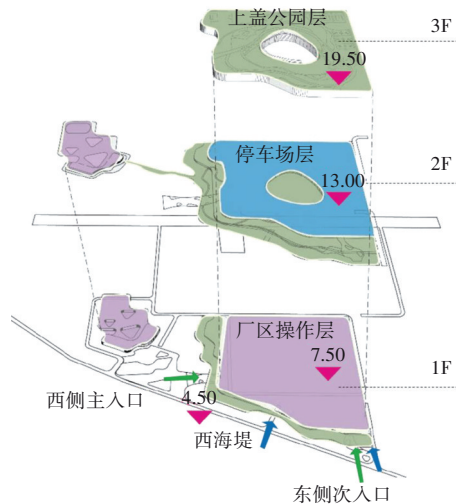


图2 三层覆盖半地下形式

Fig.2 Three layers covered semi-underground form

该项目采用“预处理+高效节能生化池+矩形周进周出二沉池+磁混凝高效沉淀池+滤布滤池”的污水处理工艺,工艺流程见图3。

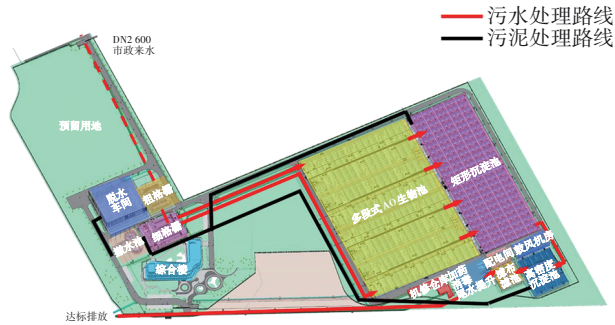


图3 污水处理流程

Fig.3 Sewage treatment process

该项目具有以下特点:

- ① 体量大、单体多、构造复杂、关联度高,还涉及超大深基坑、复杂设备安装等工程难点。
- ② 作为深圳市的重点工程,项目工期紧张,对进度、质量要求高。且项目子项多,参建单位多,环境影响因素多,建设协同配合、EPC管理难度大。
- ③ 厂区管道众多、布置错综复杂,不仅要实现管道的合理避让,还需要充分考虑施工时序、优化敷设过程。

基于以上工程特点,对固戍二期的设计及EPC管理提出了更高的要求。利用BIM技术可以开展精细化设计,减少施工过程中的变更。同时基于BIM的工程协同管理平台应用,能实现工程建设过程中各类数据信息的高度集成,进度、质量、安全、投资等的可视化管理,设计、施工、监理等各参建方的高效协同,以及基于实时建设数据的精准决策。

2 设计阶段BIM应用

2.1 项目策划

BIM设计之初,首先开展了项目BIM策划书及实施标准的编写。项目策划书主要包括项目的基本资料、子项拆分、各专业各单体的设计、校核人员等内容。实施标准对BIM实施的环境、目的、流程、规则进行了明确,具体包括软件的使用版本、BIM成果内容、信息交换标准流程、文件及模型的命名规则、颜色标识规范等内容^[1]。

2.2 构件创建

为了满足项目后期运维的需要,项目前期还创建了模型单元几何表达精细度达到G4级别的设备构件库,为项目后续运维管理平台中的可视化表达和全生命周期的信息集成奠定了坚实的基础。项目中创建的部分设备构件见图4。

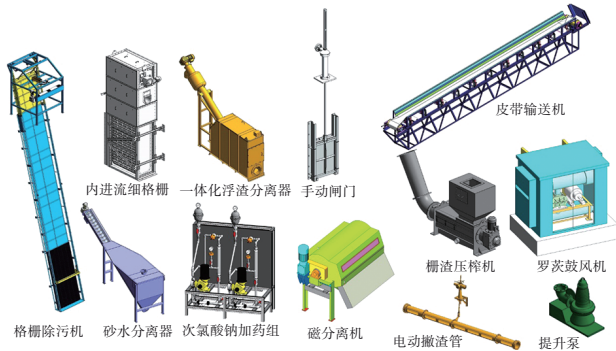


图4 设备构件

Fig.4 Equipment component

2.3 水力模拟

传统设计过程中,很难通过人工计算的方式得到水处理设施准确的流态数据^[2]。本项目在工艺设计中,生化池缺氧区内水流状态是影响生化处理运行效果的关键。通过对缺氧区进行水力模拟,重点分析了底部淤积情况以及是否存在流速过低的区域。生化池流体力学分析结果见图5。

其中根据缺氧区剪应力分析图可知,其上方弯道外侧底部存在一定的淤泥沉积风险。通过距离缺氧区底部1 m和3 m处截面水流速度分布图能发现由于缺氧区上方有出水口,能分流外侧水流,导致左侧弯道外侧存在一定的流速偏低的现象。由距离生化池底部5 m和7 m处截面水流速度分布图可知,由于有内回流渠横贯中间区域,因此在回流渠后池体表面流速过慢,且上下都有此现象发生。

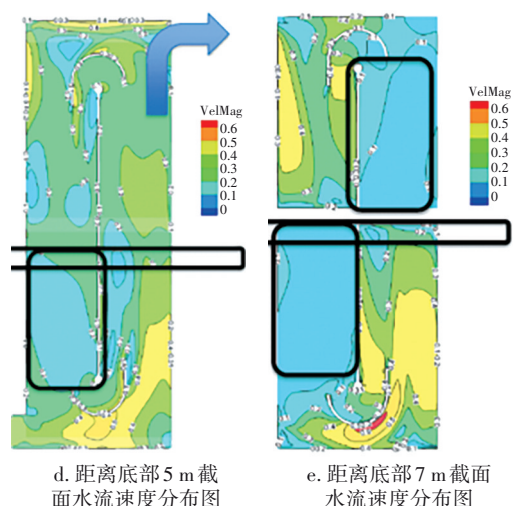
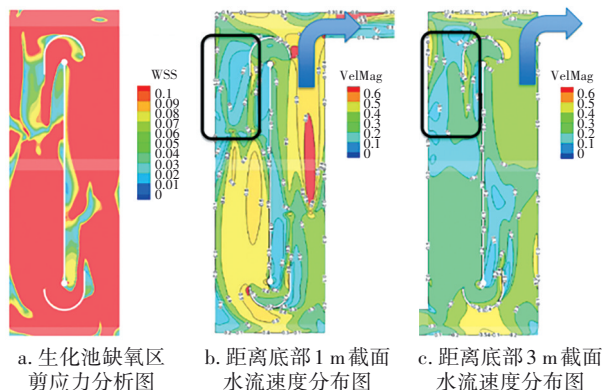


图5 生化池流体力学分析

Fig.5 Hydrodynamic analysis of biochemical tank

根据上述分析结果最终确定生化池缺氧区搅拌器的布置、内外回流渠道的位置及标高。

2.4 结构分析

在结构设计中,通过自主研发的水池结构计算软件,打通Revit与Robot之间的数据接口,开展有限元计算前复杂的前处理工作,使设计人员无需深入掌握Robot软件即可便捷地完成荷载组合情况下的工况设置、组合工作,再调用Robot内核进行内力分析,开展配筋计算和裂缝验算,自动生成配筋图。结构有限元分析过程见图6。



图6 结构有限元分析

Fig.6 Structural finite element analysis

2.5 基坑设计

在基坑BIM设计中,根据测量和地勘数据在

Civil 3D中分别生成现状地形曲面以及三维地质模型,然后结合厂区设计方案开展厂区平整、土方平

衡等的模拟分析。再根据单体模型耦合三维地质模型,开展基坑支护详细设计。

通过地质模型可知厂区淤泥层厚度为0.3~16.1 m,平均厚度为5.81 m。由于厂区淤泥层较厚,对构、建筑物采用高强预应力管桩,同时采用水泥搅拌桩格栅墙作为基坑支护结构,基坑外采用水泥搅拌桩加固软土地基。水泥搅拌桩格栅墙兼作后期道路的地基处理结构,提高了该部分复合地基的承载力。基坑外采用水泥搅拌桩加固软土地基,改善了基坑外土体性状,减少了基坑支护的工程量。通过地基处理和基坑支护联合处理,解决了软土地基承载力不足以及基础沉降的问题,减少了工程投资,缩短了建设工期。

2.6 模型深化

深化设计中对复杂钢筋节点,通过三维可视化协调的方式对梁、板、柱、墙两两之间的搭接进行审查和优化,输出三维图片用于指导施工。钢筋节点深化模型见图7。同时,根据设备需求创建预埋件模型(见图8),校核预埋件钢筋长度设计的可行性及合理性,确认每个单体、每个设备的预埋件是否布置到位。另外,创建电气预埋管模型,精细化指导现场施工。

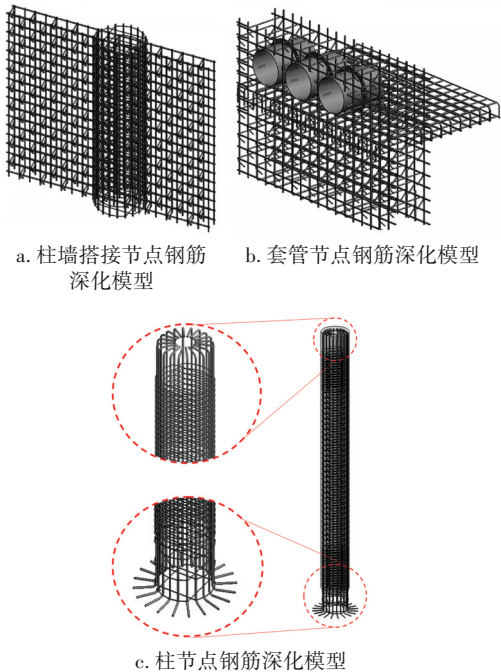


图7 钢筋节点深化

Fig.7 Reinforcing bar joint deepening

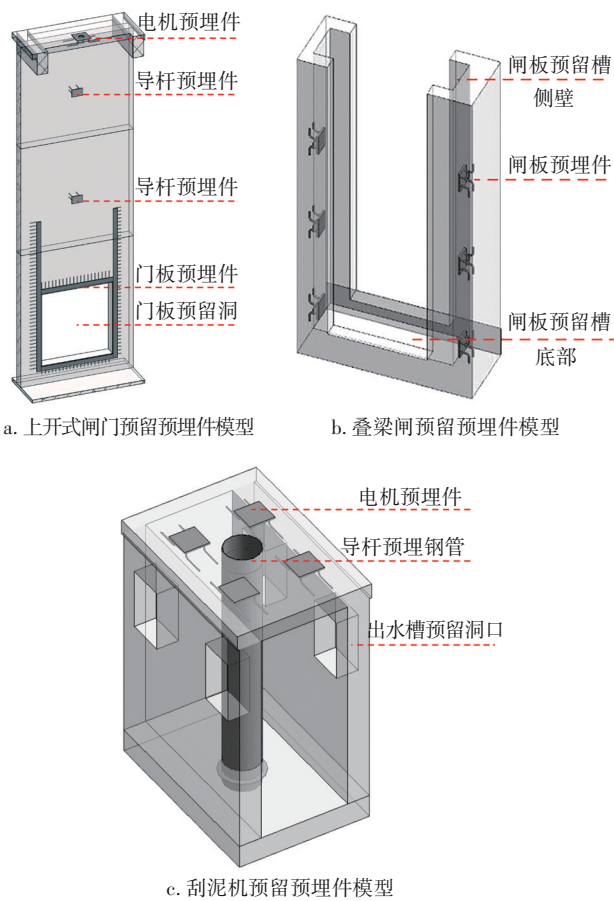


图8 预埋件深化

Fig.8 Embedded parts deepening

2.7 碰撞检查

BIM出图前对专业间管线、设备和构件进行软、硬碰撞检查及预留孔洞检查。通过专业协同,及时发现问题并对问题管线、设备做出调整和避让。根据检查结果自动生成碰撞检查报告,避免因设计失误而导致的后期返工。部分碰撞冲突与避让设计见图9。

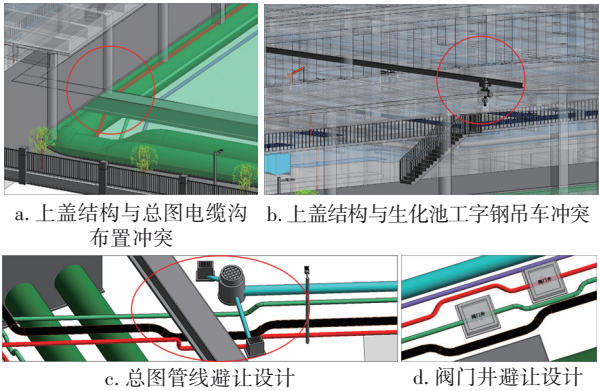


图9 部分碰撞冲突与避让设计

Fig.9 Partial collision conflict and avoidance design

2.8 三维出图

通过 BIM 模型直接导出三维设计图纸,通过多个剖切图纸展现设计细节,并附加模型二维码。通过手机扫码即可快速查看相应的 BIM 模型,帮助项目各参与人员快速理解设计意图,了解项目细节,节约沟通成本。与此同时,对模型文件中的族开展筛选分析,并对楼层、系统、管道类型等进行分解和归类,进而实现模型导出各种材料量的提取与统计。生成的三维设计图纸见图 10。

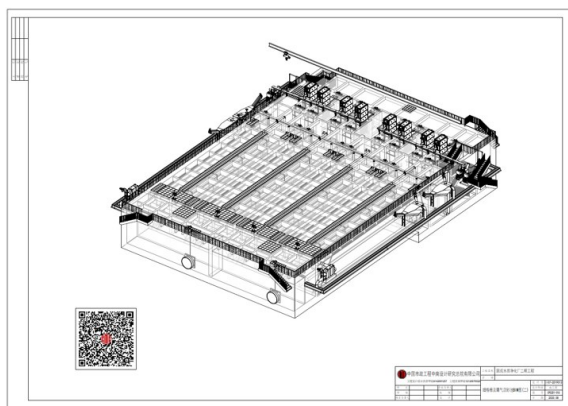


图 10 生成三维设计图纸

Fig.10 Generated 3D design drawings

2.9 可视化交付

项目建设过程中存在着大量的协同对接工作,通过制作全景照片、全景视频、导出轻量化可执行文件、虚拟现实体验等多种方式,各方基于统一的可视化模型开展沟通协作,有效地提高了沟通质量和效率,取得了良好的效果。全景视频见图 11。



图 11 可 720°浏览的全景视频

Fig.11 Panoramic video that can be viewed at 720°

3 施工阶段 BIM 应用

在施工准备阶段,研发了基于 BIM 的工程协同管理平台,用于项目建造过程中的协同配合及施工管理。BIM 工程协同管理平台是以 BIM 和项目管理业务信息集成为核心,通过三维模型数据接口集成工艺、土建、电气等多个专业模型,并以 BIM 集成模

型为载体,将设计、施工过程中的图纸、模型、投资、质量、进度、安全、设备、施工日志等信息集成到同一平台^[3]。利用 BIM 模型形象直观、可计算分析的特性,为设计、施工过程中的进度管理、现场协调、投资控制等关键过程及时提供准确的构件位置、工程量、资源量、计划时间等数据,帮助管理人员有效决策和精细化管理,减少施工变更,缩短项目工期,控制建设成本,提升施工质量^[4]。

3.1 大屏展示

平台首先为项目管理人员提供了四张大屏,实现了项目现场信息座舱化呈现、三维空间透视化感知、进度质量安全可视化管理,以及监控信息智能化采集。项目现场大屏展示见图 12。



图 12 大屏三维化展示

Fig.12 Large-screen 3D display

3.2 会议管理

项目建设过程中,各参建方通过会议任务的形式在线协调建造问题。共在线发起 114 期会议,会议通知发布后通过短信形式通知各参会人员。会议结束后监理上传会议纪要,共形成各类会议任务 1 747 项,均指定了相应的责任单位及对接人。责任人负责落实完成,并录入进度及依据。下次会议将在线查看任务完成情况,形成会议闭环滚动管理。会议管理流程见图 13。



图 13 会议管理

Fig.13 Conference management

3.3 进度管理

平台的进度管理分为总进度、月进度、周进度和单体进度。总进度计划根据导入的Project文件关联BIM模型、计划开始及计划结束时间,开展计划进度模拟。月进度和周进度使现场管理更加细致,有助于项目决策。单体进度是将单体实际开始时间、实际结束时间与模型关联,通过颜色对比单体工程的未建、在建、已完未验、已完已验、延期等不同状态,对项目的实际进度进行监控。里程碑任务是根据项目重大事项划分出来的控制性节点,根据节点内的完成情况来把控项目进展。在进度监控中,将每个单体的模型和实际进度进行关联,所有单体集成在一起进行项目实际进展情况的综合展示,实现在三维环境中直观地查看进度情况、整体工程完成进度百分比和累计投资额曲线,便于项目的进度成本控制。进度管理界面见图14。

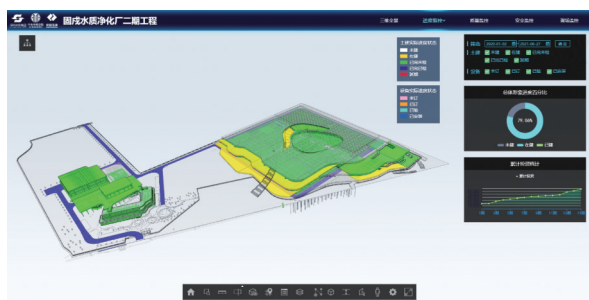


图14 进度监控

Fig.14 Progress monitoring

3.4 质量管理

质量管理界面见图15。



图15 质量监控

Fig.15 Quality monitoring

质量管理中的质量看板包括方案总数、物资报审总数、整改记录情况、检验批及验收完成比例等内容。其中质量巡检记录对质量的管理起到关键性作用,通过BIM平台记录的月度已整改问题和未整改问题,清晰地反映项目质量问题发生的频率和

项目部对质量问题整改的力度。监理在本项目中通过平台开展质量管理,共在线发起567项巡检整改项,并将整改部位与BIM模型进行挂接定位。通过点击标注可明确地知晓问题发生的工程部位,查询巡检记录的详情、问题的描述以及对接人等信息。将问题整改后通过整改前后照片的对比,实现质量巡检的闭环管理,并做到全程留痕。

3.5 安全管理

安全管理中的安全看板包括检查项、安全巡检整改记录、月度记录总数、专检报告等内容。在项目施工过程中对10个检查项进行安全巡检,并对检查项分别评分,有助于项目的安全管控。监理通过平台开展安全管理,在线发起313项安全整改项,并将整改部位与BIM模型进行挂接定位。通过点击标注可以明确地掌握安全隐患发生的工程部位,查询到安全隐患发生的等级大小、对接人、责任人,以及整改完成时间等信息。将问题整改后通过整改前后照片的对比,形成安全巡检的闭环管理,有利于避免安全问题的再次发生。

3.6 设备管理

在设备管理中为每一台设备创建一条设备详细信息,建立设备台账。录入设备名称、设备编号、规格型号、生产厂商、供货商等设备详细信息,并挂接对应的设备三维模型,便于后续运维阶段数据库的对接。通过设备管理模块,实现了对设备采购、验收、安装的进度全程管控。明确每个功能包和设备是否按计划安装,如未按计划执行,记录延期原因,从而对整个设备采购开展全过程的记录和管控。设备管理界面见图16。



图16 设备管理

Fig.16 Equipment management

3.7 模型管理

项目通过平台进行模型管理(见图17),各参与方在线即可查看轻量化模型,同时支持可见性设

置、平移、旋转、剖切、测量、漫游、属性查询等操作,有效降低了使用模型的技术门槛,提高了后续复用价值。模型还挂接了对应的图纸,方便同步查看。

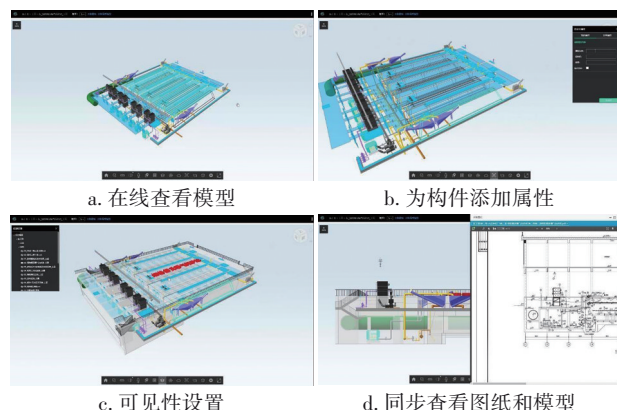


图17 模型管理

Fig.17 Model management

3.8 智慧工地集成

为了便于项目各参与方随时随地掌握项目现场动态,平台还全面对接了智慧工地数据,支持劳务数据及特种机械设备信息查询。对接门禁数据、塔吊检测数据、环境检测数据、视频监控数据等,并在指挥中心及项目门户模块中集中动态展示,实现了多个平台数据的统一,一个平台可查看项目所有重点数据。

3.9 移动端应用

平台还配备了移动端应用程序,与网页端数据互通,功能一致,用于现场拍照发布项目圈、质量安全巡检、查看图纸及模型、查看项目文档、查询特种人员,以及查看现场视频监控,随时随地了解项目动态信息。

4 结论

通过对固戍二期工程开展精细化的BIM设计和量化的精准分析,形成了一套完整的水质净化厂设备构件库,助力项目高品质交付,减少后期变更。通过定制一套基于BIM的工程协同管理平台,各参建方在线发起114期会议,形成1747项会议任务,完成567项质量问题、313项安全问题的整改,每周例会均利用平台开展沟通和协调。通过项目信息的高度集成和高效利用,提升了建设方及工程代建方在BIM环境下的项目管理能力,有效降低了工

程建设过程中的进度、质量、安全、环境和经济风险,提高了项目管理效率。因此,固戍二期工程在深圳市水务在建工程项目质量安全评估中获评第一名,荣获2020年度深圳市建设工程安全生产与文明施工优良工地奖,成功入围2022年度“菲迪克”全球工程项目奖。

参考文献:

- [1] 龙程理,李璐,陈燕波,等. BIM技术在武汉南湖初雨处理厂设计中的应用[J]. 中国给水排水, 2021, 37(18):82-87.
LONG Chengli, LI Lu, CHEN Yanbo, et al. Application of BIM technology in the design of Wuhan Nanhu initial rainwater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(18):82-87 (in Chinese).
- [2] 李翊君,黄静菲. BIM技术在上海泰和污水处理厂工程中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2021, 13(5):127-133.
LI Yijun, HUANG Jingfei. BIM technology application of Shanghai Taihe wastewater treatment plant [J]. Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture, 2021, 13(5):127-133 (in Chinese).
- [3] 李犁,邓雪原. 基于BIM技术的建筑信息平台的构建[J]. 土木建筑工程信息技术, 2012, 4(2):25-29.
LI Li, DENG Xueyuan. Construction of building information platform based on BIM technology [J]. Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture, 2012, 4(2):25-29 (in Chinese).
- [4] 李宗建,刘晓奇,刘彦明. 基于BIM的铁路工程建造管理平台研究[J]. 铁路技术创新, 2021(4):37-44.
LI Zongjian, LIU Xiaoqi, LIU Yanming. Research on BIM-based railway project management platform [J]. Railway Technical Innovation, 2021 (4):37-44 (in Chinese).

作者简介:吴迪(1981-),男,湖北武汉人,大学本科,高级工程师,主要从事数字化工程设计与实施、数字孪生城市相关领域的研究工作。

E-mail: wudi2@citic.com

收稿日期:2022-10-11

修回日期:2022-11-07

(编辑:孔红春)