

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2024. 14. 014

# 市政污水处理厂改扩建工程BIM技术应用研究

张 宁, 邓京楠

(湖南省建筑设计院集团股份有限公司, 湖南 长沙 410000)

**摘 要:** 长沙市某污水处理厂一期(现状)规模为 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,二期改扩建工程建成后规模将扩大至 $19\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,采用新型高浓度复合粉末载体生物流化床(HPB)+加砂高效沉淀工艺。针对改扩建工程存在的建设用地紧张、厂区地下管线复杂且迁改工程量大、单体数量多且结构形式复杂、工期紧张需合理排布时序等重难点问题,发挥BIM技术的可视性、优化性、模拟性等优势,制定全过程BIM实施规划。设计阶段通过Revit软件和二次开发工具完成厂区现状管线、三维地质以及BIM数据创建,基于模型校核多专业设计方案,提前发现问题,减少后期设计变更;并重点探究了Revit二次开发系统架构、代码调用方式和功能控制逻辑等,研究对比了不同格式实景模型与BIM模型的融合效果,以提高实景模型的材质稳定性,验证了Revit模型与计算流体力学(CFD)分析软件的数据交互可行性。施工阶段以BIM协同管理平台为核心,实现全厂多源模型数据集成、轻量化展示、云端更新,并集成场地布置模拟、管线迁改方案模拟、建设时序计划模拟分析等专项BIM应用成果,通过三维现场交底提高参建方协作效率,有效把控施工现场进度并辅助质量管理。

**关键词:** BIM技术; 污水处理厂; 改扩建工程

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)14-0079-06

## Application of BIM Technology in Renovation and Expansion Project of a Municipal Wastewater Treatment Plant

ZHANG Ning, DENG Jing-nan

(Hunan Architectural Design Institute Group Co. Ltd., Changsha 410000, China)

**Abstract:** The current capacity of the phase I project of a wastewater treatment plant in Changsha is  $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ . The scale of the Phase II expansion project will be increased to  $19\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$  after completion, and the novel high-concentration composite powder carrier biofluidized bed (HPB) along with a sand-enhanced high-efficiency sedimentation process will be adopted. In light of the significant and challenging issues presented in the project, such as the limited availability of construction land, intricate underground pipelines within the plant area, a substantial number of relocation projects, a large number of individual structures with complex structural forms, and a tight construction schedule necessitating a well-organized timeline, an all-encompassing BIM implementation plan was devised to fully leverage the benefits of BIM technology including visibility, optimization, and simulation. During the design stage, Revit software and secondary development tools were utilized to finalize the construction of the current plant pipeline, 3D geology, and BIM data. Multi-specialty design schemes were checked based on models in order to identify problems in advance and reduce later design changes. Additionally, there

通信作者: 邓京楠 E-mail: 307736665@qq.com

was a focus on exploring the architecture of the Revit secondary development system, code call mode, and function control logic. The study also involved comparing the fusion effect of different formats of reality model and BIM model to improve the material stability of the reality model. Furthermore, it aimed to verify the feasibility of data interaction between Revit model and computational fluid dynamics (CFD) analysis software. In the construction stage, the BIM collaborative management platform served as the core for achieving the integration of multi-source model data, lightweight visualization, and cloud updates for the entire plant. It also integrated specialized BIM application results such as site layout simulation, pipeline relocation plan simulation, and construction timing plan analysis. The participant collaboration efficiency was enhanced through three-dimensional on-site disclosure, effectively controlling construction site progress and assisting in quality management.

**Key words:** BIM technology; wastewater treatment plant; renovation and expansion project

市政污水处理厂是重要的城市基础设施,由于涉及土建工程、水处理、臭气处理、电气控制等多个专业领域,市政污水处理厂建设项目与民用建筑工程相比更为复杂,需要更加精细化的设计、施工和后期运维管理。而随着城镇污水处理设施规模的日渐饱和,污水处理厂建设工程也逐渐由新建向扩建和提标改造等存量项目过渡。如何在用地相对饱和的现状厂区内完成工艺流程设计,保证水力过程合理、新旧设施协调,并通过精细化施工组织确保土建、安装工程顺利进行,已成为各地污水处理厂改扩建项目面临的共性问题<sup>[1]</sup>。BIM技术在解决上述问题上具有独特优势,得到了广泛关注<sup>[2-5]</sup>。为此,结合典型工程案例,探讨BIM技术在市政污水处理厂改扩建项目中的应用,包括其应用范围、技术路线、应用效果以及未来发展方向等,以为类似项目提供借鉴。

## 1 项目概况

长沙市天心区某污水处理厂的总规划服务面积为22.95 km<sup>2</sup>,规划远期污水处理总量为28×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d。一期(现状)建设规模为10×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,二期改扩建工程在现有厂区内进行,改造原有可利用设施并新建污水处理单体,工程建成后污水处理规模将扩大至19×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,采用新型高浓度复合粉末载体生物流化床(HPB)+加砂高效沉淀工艺,出水水质标准提高至《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 43/T 1546—2018)的一级标准。厂区建成效果见图1。

该改扩建项目建设难度较大,BIM服务团队在开展技术应用前,针对项目特点及重难点进行了全

面分析:①厂区建设用地基本饱和,地下管线种类多且空间关系复杂,迁改工程量大;②建设区域地质条件较差,新建二沉池、加砂沉淀池、深床滤池等单体基坑支护工程量大;③改造及新建单体数量多,结构形式复杂;④采用全新HPB工艺,在现状生化池内完成处理能力的提升,成熟的设计经验较少;⑤施工期间需确保现有污水厂生产运行安全,实现零生产事故;⑥工期紧张,需合理安排建设时序,紧密衔接各项工作,减少停产次数。



图1 BIM模型渲染展示厂区建成效果

Fig.1 Completed effect of the wastewater treatment plant displayed by BIM model rendering

## 2 全过程BIM应用技术路线

以“BIM+”技术应用作为突破点和创新点,以协同、高效、实用为原则,针对项目重难点问题制定全过程BIM实施规划,明确BIM数据创建方案、应用软件架构体系以及技术路线。基于Revit软件和二次开发工具完成厂区现状管线、三维地质以及单体、总图BIM数据创建;以Revizto协同管理平台为核心,实现全厂多源模型数据集成、轻量化展示、云端同步更新、专项应用成果集成等,提高各参建方协

作效率;通过 ContextCapture、Acute3D 软件实现实景模型创建和便捷查看;结合 Navisworks、光辉城市、ANSYS Fluent、一见 BIM+AR 等软件,实现设计、施工阶段多样化 BIM 数据应用。具体软件架构及交互逻辑见图 2。

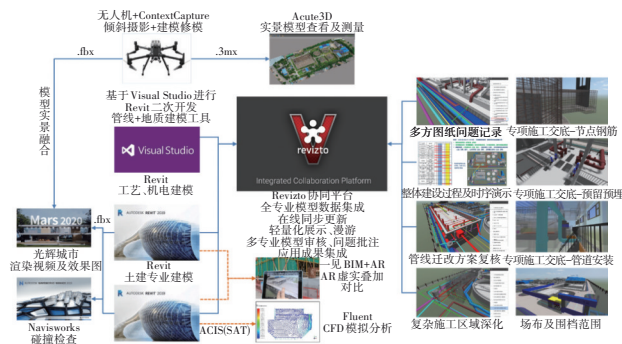


图 2 BIM 应用软件架构及交互逻辑

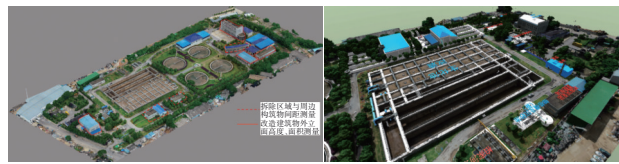
Fig.2 BIM application software architecture and interaction logic

### 3 设计阶段 BIM 数据创建及应用

设计阶段通过 BIM 数据的创建与优化提高设计质量,系统梳理厂区地上、地下现状信息,消除信息死角,指导厂区总平面和总图管线设计。通过创建精细化全专业 BIM 模型协同校核设计方案,提前发现多专业设计问题,并进一步结合计算流体力学(CFD)分析技术验证新型工艺设计方案的合理性,全面提高图纸质量、丰富设计成果内容。

#### 3.1 厂区现状三维实景模型创建与应用

利用无人机倾斜摄影技术创建厂区实景模型,准确表达工程区域现状单体布局,作为总平面分析和工艺流程展示的三维底图。真实尺寸的三维模型达到厘米级精度,可满足长度、面积、高程测量需求,有效辅助现状加药间拆除区域构筑物安全间距测量、新建二沉池区域支护范围与围墙距离复核,以及脱水机房、综合楼、泵房、变配电间等改造建筑物的外立面高度、面积测量工作。设计阶段 BIM 模型创建完成后,通过实景+BIM 模型融合,提前感受厂区建成效果,并重点对实景模型通过 .3dm、.skp、.fbx 等格式导入光辉城市等渲染软件的效果进行了探究对比。结果显示,.fbx 格式文件能保证较高的材质稳定性(避免丢失)和较优的材质细节。建设区域实景模型测量应用范围,以及实景+BIM 模型融合效果见图 3。



a. 建筑物间距及外立面测量区域 b. 实景+BIM 模型融合效果

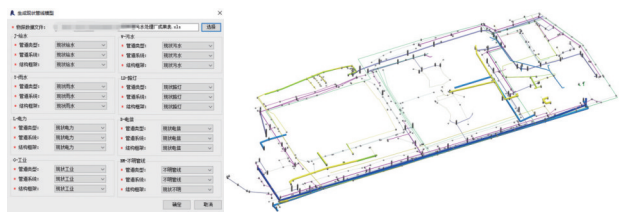
图 3 建设区域实景模型测量应用以及实景+BIM 模型融合效果

Fig.3 Application of reality model measurement in construction area and fusion effect of reality and BIM models

#### 3.2 现状管线和三维地质模型创建与应用

通过 Revit 二次开发参数化建模工具,解决厂区现状地下管线物探数据、厂区地勘钻孔数据的 BIM 建模难题。工具开发平台为 Visual Studio 2019,目标代码均编译成动态链接库的文件供 Revit 调用,按照软件设计要求,将通用方法、软件界面、逻辑处理、数据对象独立,实现了高内聚、低耦合的目标,各个功能彼此分离、互不影响,提高功能模块的灵活性和可拓展性。

通过现状管线参数化建模工具,选择并读取厂区物探数据,自动判断管道类型、断面形式和节点构筑物类型,通过坐标、标高、尺寸等参数快速创建多系统现状管线(沟)和附属节点井模型,重点复核一期竣工图纸中生化池出水、厂区进水管、泵房尾水管等区域工艺和雨水管线系统走向不明的问题,指导管线新建及迁改方案设计,并在后续施工阶段作为管线开挖定位的参考依据。管线参数化建模工具界面及厂区现状管线建模成果见图 4。



a. 管线参数化建模工具界面 b. 厂区多系统现状管线建模成果

图 4 管线参数化建模工具界面及厂区现状管线建模成果

Fig.4 Parametric pipeline modeling tool interface and current pipeline model in the wastewater treatment plant

通过参数化建模工具,读取地勘钻孔数据表格中的土层标高、钻孔点坐标等信息,自动创建厂区三维地质信息模型,准确描述建设范围土层分布和开挖区域中软弱夹层等不良地质分布情况。创建新建二沉池、深床滤池等区域深基坑支护模型,并



与三维地质信息模型拼装,直观校核支护方案是否能够满足基坑开挖深度及地下水阻隔要求(项目邻近湘江,地下水位较高)。分析验证新建二沉池东侧支护结构与现状围墙的距离关系,制定围墙保护或拆除方案,重点校核支护结构与现状及迁改后厂区尾水管线、雨水管线的空间关系,确保后续管道施工方案可行。进一步通过自主开发的土方开挖工具,实现分土层快速计算土方开挖量,有效辅助施工现场相关土方量复核工作。三维地质建模及二沉池区域基坑支护BIM模型应用成果见图5。

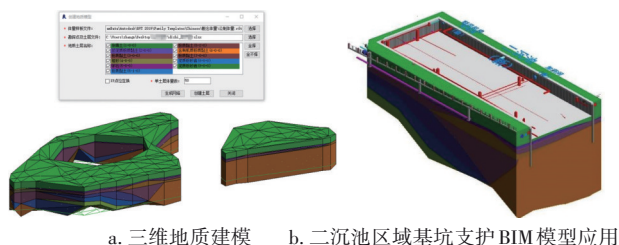


图5 三维地质建模及二沉池区域基坑支护BIM模型应用

Fig.5 Three-dimensional geological modeling and BIM model application for foundation pit support in the secondary settling tank

### 3.3 单体全专业精细化BIM模型创建与图纸校核

创建脱水机房、变配电间、生化池等现状单体改造前后的全专业BIM模型,并进行方案的对比分析,直观校核单体内部空间布局并提出优化建议,以动态可视化的方式展示并指导改造过程。针对新建二沉池、滤池等复杂叠合单体创建全专业精细化BIM模型,开展多专业协同校核,复核构筑物间共壁、连接关系复杂区域的预留预埋情况;创建单体和总图的各管线系统、管道附件及设备模型,精

准展示室内外管道走向和工艺设计细节。二沉池、鼓风机房、变配电间及加药间的全专业精细化BIM模型见图6。

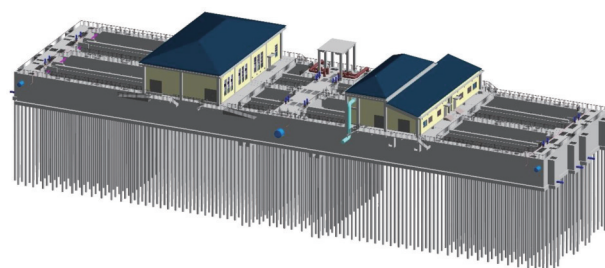


图6 二沉池、鼓风机房、变配电间及加药间的全专业精细化BIM模型

Fig.6 Full professional refined BIM model of secondary settling tank, blower room, transformer electrical room and dosing room

### 3.4 CFD模拟分析

因用地限制等原因,项目生化池土建部分不扩容,通过新型HPB工艺将处理能力由 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 扩大至 $19 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。针对新工艺中投加的生物载体粉末能否在二沉池内实现有效分离这一核心问题,通过CFD技术创建二沉池区域空间实体并完成网格划分,对二沉池沉淀区域中生物载体粉末的分配和沉淀去除过程进行模拟分析,验证沉淀池断面、配水渠、挡流板设计方案的合理性。经模拟计算得到出水堰处污泥体积分数和出水污泥浓度等数据,确保沉淀池的悬浮物去除率达到设计要求,CFD模拟分析结果见图7。同时,针对Revit模型与ANSYS系列软件的数据交互难题,探究了导出ACIS(SAT)中间格式文件的可行性,但模型导入后仍需进行一定的几何关系简化及修正操作。

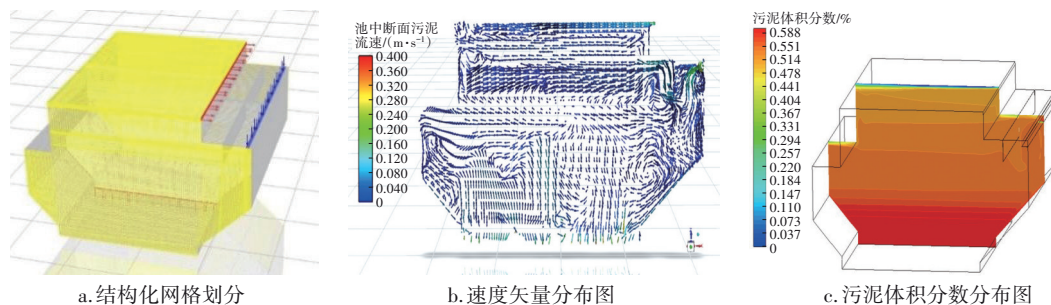


图7 CFD模拟分析结果

Fig.7 CFD simulation analysis results

## 4 施工阶段多方协同及模型应用

施工阶段以Revizto协同平台为应用重点,实现BIM模型的集成和轻量化展示,通过日常三维交底,

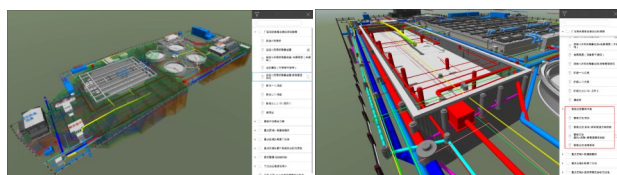
提高各参建方协作效率。进一步集成建设时序计划、管线迁改方案、场布模拟等专项应用成果,把控现场进度并辅助质量管理。

#### 4.1 Revizto 协同管理平台实现多方协同

Revizto 协同管理平台学习成本较低,经该项目验证,能有效提高各参建方应用 BIM 成果的积极性。一方面,使用者基于 Revizto 平台可快速进行剖切、显隐控制、信息查看、沉浸式漫游等基础操作,辅助施工现场的日常交底,并通过问题批注、视点添加等功能,方便各方实时沟通设计问题、标记重难点施工区域;另一方面,施工过程中 BIM 团队完成模型问题的确认和更改,或通过批量添加视点集成专项模拟应用成果后,可快速在云端进行模型更新,各参建方可同步更新模型,确保模型信息的时效性和现场一致性。相较于通过 Fuzor 等专用模拟软件开展模型应用的方式更加快捷高效,且便于现场人员查看和使用。

#### 4.2 模型辅助施工安全管理

施工进场前整合厂区现状管线模型、地质模型、基坑支护模型、新建及改造单体模型、总图模型等多源数据,为现场施工提供三维场景,提前发现并警示加药间拆除、新建二沉池与围墙间等区域各类风险点。基于全厂 BIM 模型进行三维施工场地布置模拟,合理分隔生产与施工区域,降低施工影响。重点结合管线迁改方案,针对新建二沉池与现状围墙间等施工空间狭小的风险区域,按照管道系统功能逐个验证方案可落地性,模拟管道施工时序,避免施工期间出现问题而影响生产或拖累进度。BIM 模型集成和管线迁改模拟应用见图 8。



a. 现状管线、地质、设计 BIM 模型等多源数据集成  
b. 管线迁改方案模拟与可行性分析

图 8 多源 BIM 模型数据集成和管线迁改模拟应用

Fig.8 Integration of multi-source BIM model data and application of pipeline relocation simulation

#### 4.3 模型辅助施工进度管理

根据项目整体施工进度计划,梳理临时鼓风机房和配电间建设、生化池出水管改造、二沉池部分停运、二沉池配水井拆除移位重建、新建二沉池和加砂沉淀池区域管线迁改等关键时间节点的单体建设进度,重点理清单体间建设时序制约关系,三维可视化演示单体建设过程以及鼓风、配电、加药等临时设施的建设和切换方案,优化整体实施时

序。结合增强现实(AR)技术,实现 BIM 模型与施工现场实时比对与信息查看,辅助进度管控以及管线迁改工程区域管井的定位和验收。通过轻量化模型开展施工时序计划演示以及基于 AR 的现场和实际进度对比分析,具体见图 9。



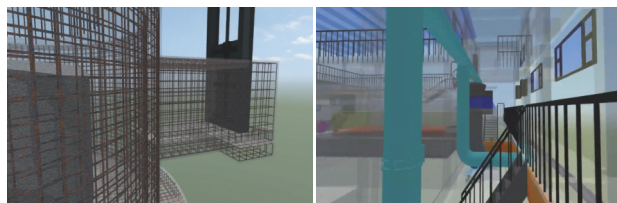
a. 轻量化模型开展施工时序计划演示  
b. 基于 AR 的现场和实际进度对比

图 9 施工时序计划演示以及现场与实际进度对比

Fig.9 Construction schedule demonstration and comparison of on-site and actual progress

#### 4.4 模型辅助施工质量管理

根据项目参建方建设需求,分阶段组织 BIM 三维交底。土建施工阶段,针对新建二沉池、加砂沉淀池、深床滤池等复杂单体分工艺段进行多次预留预埋交底,并在配水井、排泥渠等重点部位创建钢筋节点模型为施工提供参考。安装阶段,基于 BIM 模型在三维场景演示厂区工艺流程切换过程,指导生化池出水、加砂沉淀池与二沉池配水井周边、深床滤池进水等区域总图管线的安装和接驳工作;针对新建二沉池、加砂沉淀池、深床滤池等工艺管道复杂的单体,以直观的施工交底、充分的预演验证,指导生产、污泥、空气、加药等管道系统和工艺设备的安装工作,减少后开凿和返工等问题,提高施工质量。二沉池配水井三维钢筋节点模型以及滤池管道安装示意图 10。



a. 二沉池配水井钢筋节点模型  
b. 滤池内部管道安装方案

图 10 二沉池配水井钢筋节点模型和滤池管道安装示意

Fig.10 Reinforcement nodes model of the secondary settling tank distribution well and schematics of pipeline installation of the filter

### 5 BIM 技术应用效益分析

通过设计、施工阶段的 BIM 技术应用,该项目在集约、智能、绿色、低碳等方面取得了较高效益。

① 集约用地。厂区建设用地紧张,采用 BIM



技术创建无人机实景、地下管线等现状信息模型,辅助总体布局方案分析、单体及总图管线拼装模拟,验证在现状厂区完成工程建设的可实施性,避免征地拆迁,充分实现集约化用地。

② 二次开发。开发完成了管线参数化建模工具、地质模型创建及土方计算工具,紧密结合污水厂改扩建项目建设需求,通过二次开发实现了BIM模型的参数化、智能化创建,有效提升模型创建效率,辅助设计方案优化。

③ 低碳施工。通过全专业BIM模型校核优化设计方案,复核预留预埋定位,减少图纸错漏碰缺问题;开展单体施工预演、总图管线迁改过程模拟等应用,验证设计方案的可实施性。通过上述应用有效减少变更和返工,避免了人力、物力浪费,缩短建设周期,充分践行绿色、低碳的施工理念。

## 6 结语

开展设计、施工全过程BIM技术应用,于项目建设之初,通过实景、地勘、管线物探BIM模型系统梳理现状信息,充分挖掘并发挥数据价值;设计阶段,通过精细化全专业BIM模型直观表达设计意图,协调各专业提前发现设计问题,减少图纸错漏碰缺问题,提高沟通效率;施工阶段,基于轻量化现状数据模型、新建及改造单体模型以及总图拼装模型,辅助制定施工方案,指导现场实施,提高项目各参建方协作效率,基于模型开展管线迁改方案模拟分析,提前发现空间不足、影响生产等问题,辅助业主进行施工过程管理。以BIM模型为载体实现设计、施工阶段的信息流转,并保证信息的集成化、标准化,也为污水处理厂智慧运维平台建设奠定了数据基础。

随着BIM技术在市政给排水建设领域的研究和应用不断深入,相关的数字化交付需求、BIM数据应用价值也逐步清晰,包括通过BIM模型形成厂区数字资产,开展建设全过程协同设计、协同施工、协同管理应用,将BIM技术与物联网技术、管理平台相结合,实现厂区的数字孪生、智慧化运维管理等。随着数字化转型和数字经济的不断发展与推进,BIM技术也将继续向数字化、协同化、智慧化等方向纵深发展,持续为市政给排水建设项目的精细化设计、建设、管理和运维提供强有力支撑。

## 参考文献:

- [1] 王致远. BIM技术在常州江边污水处理厂四期工程中的应用实践[J]. 净水技术, 2022, 41(S1): 285-289.  
WANG Zhiyuan. Application and practice of BIM in phase IV project of Changzhou Jiangbian WWTP [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(S1): 285-289 (in Chinese).
- [2] 徐亚男, 刘纯甫, 马放, 等. BIM技术在污水处理厂设计中的应用[J]. 中国给水排水, 2016, 32(8): 55-58.  
XU Yanan, LIU Chunfu, MA Fang, *et al.* Application of BIM technology to sewage treatment plant design [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(8): 55-58 (in Chinese).
- [3] 宋承明. BIM技术在污水处理厂设计中的应用进展及展望[J]. 土木建筑工程信息技术, 2021, 13(2): 153-157.  
SONG Chengming. Application progress and prospect of BIM technology in sewage treatment plant design [J]. Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture, 2021, 13(2): 153-157 (in Chinese).
- [4] 袁明昕, 韦海瑞, 钟炜, 等. BIM辅助污水处理厂协同设计及信息集成平台研究[J]. 中国给水排水, 2022, 38(16): 66-70.  
YUAN Mingxin, WEI Hairui, ZHONG Wei, *et al.* BIM aided collaborative design and information integration platform of wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(16): 66-70 (in Chinese).
- [5] 宋瑞平, 陶如钧, 李智行, 等. 双碳目标下城镇污水处理厂的绿色市政理念应用实践[J]. 中国给水排水, 2022, 38(16): 61-65.  
SONG Ruiping, TAO Rujun, LI Zhixing, *et al.* Application of green municipal concept in municipal wastewater treatment plant to reach carbon peak and neutrality goals [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(16): 61-65 (in Chinese).

作者简介: 张宁(1991-), 男, 河南驻马店人, 硕士, 工程师, 主要从事市政工程BIM技术研发及项目咨询工作。

E-mail: 343013044@qq.com

收稿日期: 2023-07-08

修回日期: 2023-07-27

(编辑: 沈靖怡)