

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2026.04.011

BIM技术在排水泵站协同设计及建设管理中的应用

徐肖峰, 李健民, 虞鸿, 结少鹏, 侯毅
(浙江省水利水电勘测设计院有限责任公司, 浙江 杭州 310002)

摘要: 八堡排水泵站设计排水流量 $200\text{ m}^3/\text{s}$, 占地面积 27.53 hm^2 , 具有工程体量大、涉及专业多、结构体型复杂等特点。为解决传统串行设计模式中信息孤立易导致的错漏问题, 以该工程为例, 将建筑信息模型(BIM)技术应用于项目的勘察设计及建设管理。设计阶段, 基于协同平台提出了群桩智能设计、异形构件快速生成、工程量联动计算、基于模型剖切视图的出图方法, 并开发配套插件, 提升了操作便利性。施工阶段, 通过可视化交底及基于BIM的浏览器/服务器(B/S)架构建设管理应用开发, 实现了对质量、进度、安全等方面的有效管理。工程应用表明, 利用BIM技术的设计和建管模式显著提高了设计质量, 有效把控了施工现场进度并辅助质量管理, 降低了建设成本和风险, 为同类闸泵工程的建设提供了可借鉴的经验。

关键词: BIM技术; 排水泵站; 三维协同设计; 建设管理

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2026)04-0075-06

Application of BIM Technology in Collaborative Design and Construction Management of Drainage Pumping Stations

XU Xiaofeng, LI Jianmin, YU Hong, JIE Shaopeng, HOU Yi
(Zhejiang Design Institute of Water Conservancy & Hydroelectric Power Co. Ltd., Hangzhou 310002, China)

Abstract: The Babao drainage pumping station is designed for a drainage flow rate of $200\text{ m}^3/\text{s}$, with an area of 27.53 hm^2 . The project features a large engineering volume, multiple involved disciplines, and a complex structural configuration. To overcome the risks of errors and omissions resulting from information silos in traditional serial design processes, Building Information Modeling (BIM) technology was adopted throughout the investigation, design, and construction management stages. In the design phase, based on the collaborative platform, intelligent group-pile design, rapid generation of special-shaped components, project quantity calculations linked with drawings, and drawing generation method based on model section views were introduced, and corresponding plugins were developed to enhance operational efficiency. During the construction phase, quality, schedule, and safety were effectively managed through visual technical briefings and the deployment of a BIM-based B/S-architecture construction management application. This project demonstrates that the BIM-enabled design and construction management approach can significantly improve design quality. It can also effectively control on-site progress and support quality management, as well as reduce construction costs and risks. The design can provide valuable experience for the construction of similar sluice-gate and pumping

基金项目: 浙江省水利厅科技计划项目(RB2418、RC2149)

通信作者: 虞鸿 E-mail: 570484542@qq.com

station projects.

Keywords: BIM technology; drainage pumping station; 3D collaborative design; construction management

极端气候引发的低频高强暴雨所导致的城市内涝,已成为现代城市治理面临的严峻挑战,严重干扰城市正常秩序并影响居民生活质量。城市内涝防治需对照“源头减排、管网排放、蓄排并举、超标应急”的防涝工程体系^[1]。排水泵站因实施成本较低而被广泛采用,但其建设本身是一项复杂的系统工程,需多专业通力协作、各工序紧密衔接,以及更为精细化的勘察设计与施工管理才能顺利实施^[2]。近年来,建筑信息模型(BIM)技术凭借其在可视化、虚拟化、协同管理和进度控制等方面的优势,已在给排水工程领域得到广泛应用^[3-9]。基于此背景,依托典型排水泵站工程开展BIM协同设计,介绍在勘察设计及建设实施阶段所采用的关键技术方法与解决方案,可为同类项目提供借鉴。

1 项目概况

八堡排水泵站工程位于杭州市钱塘区下沙街道,京杭运河二通道一线船闸东侧。该工程设计排水流量 $200\text{ m}^3/\text{s}$,选用5台3600ZXQ50-4.3型斜式全调节轴流泵,单泵设计流量 $50\text{ m}^3/\text{s}$,以 20° 倾角安装(其中1台备用)。工程总装机容量19 MW,占地面积 27.53 hm^2 ,主泵房顺水流方向长 55.00 m ,垂直水流方向宽 72.56 m 。工程总投资12.95亿元,属于杭州市外排骨干工程。主要建筑物包括上游引河、月雅河节制闸,进水池,泵房,出水池,排水箱涵,挡潮排水闸和管理用房等。

该项目泵房单体建筑规模大、涉及专业多、工期紧,主要存在以下难点:①主泵房等高荷载区域采用端承摩擦群桩,桩顶与桩底标高分别随结构底板面和强风化泥质粉砂岩底面的起伏而变化,基桩承载力计算及工程量统计难度大;②流道表面由多段曲线构成复杂拓扑结构,难以通过简单命令实现建模;③泵房设计涉及土建、水力机械、电气、金属结构等多个专业,实现多专业协同设计、工程量准确统计及图纸高效输出存在较大困难;④建设实施过程中,如何有效管控工程质量、安全与进度,并降低狭窄作业区域带来的安全风险是面临的挑战。

2 设计阶段BIM应用的关键技术

2.1 正向协同设计流程与实施

项目负责人首先在协同平台上创建中心文件,并依据管理体系对各专业进行权限配置和工作集划分。以主泵房为例,水工专业首先完成土建结构基准模型的搭建;水力机械、电气、金属结构等专业基于该基准模型,在各工作集开展专业设计。设计过程中,利用企业参数化构件库搭建全专业BIM模型,进行碰撞检测、净高分析、预留洞口分析、三维漫游及三维管线综合设计。各专业采用“修改申请-审核流程-修改执行-同步更新”的闭环机制,通过消息同步推送实现多专业协同,有效避免了传统设计中的“错、漏、碰、缺”问题。当中心文件数据量偏大时,可拆分建筑区域,由文件链接方式进行替代。项目典型应用成果如图1所示。

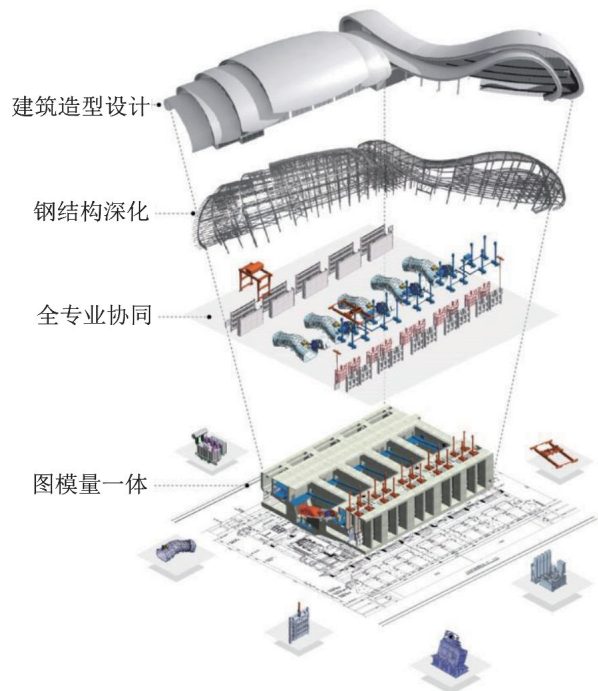


图1 主泵房透视示意

Fig.1 Perspective schematic of the main pumping station

2.2 群桩智能设计

首先,定义地层名称等地质术语,创建MySQL数据库,将泵站场址区揭露的地层数据录入其中。

其次,导出数据库的分层数据作为精确约束,同时以物探反演成果作为模糊约束。在BM_GeoModeler软件中调用离散光滑插值方法,按由新到旧的顺序逐层加密网格、迭代、拟合,构建出空间精确、形体逼真的地层曲面。随后,进行面-面布尔运算,并对网格规模进行拓扑优化,最终输出三维地质曲面模型。建模流程见图2,成果见图3。

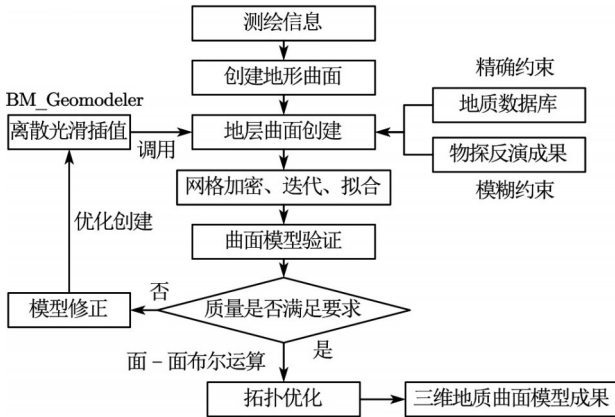


图2 地质模型创建流程

Fig.2 Flow chart of geological modeling creation

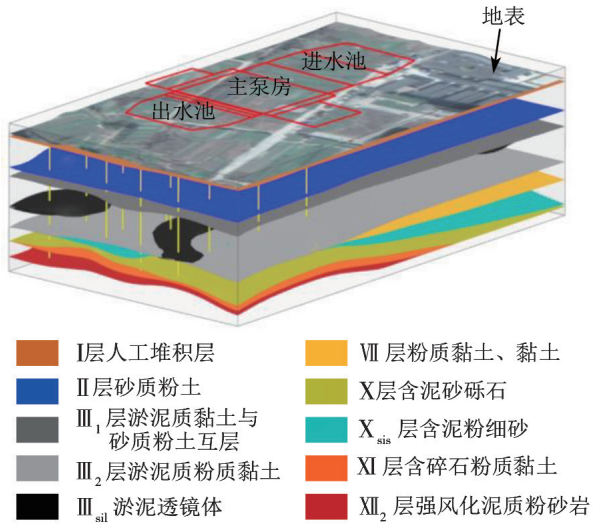


图3 三维地质曲面模型

Fig.3 3D geological surface model

在此基础上,以Revit作为群桩智能设计工具,依托Dynamo编制嵌岩桩批量布置、编号与基桩竖向承载力计算的智能程序。由结构底板面和基桩嵌岩控制曲面共同构成基桩批量生成的顶、底约束条件,通过FamilyInstance.ByPointAndLevel节点,按设计要求的嵌岩深度及底板嵌入长度,快速、精准地批量创建嵌岩桩族实例,并同步完成工程量统

计。同时,调用地层数据库及Autodesk DesignScript Geometry库,自动计算各基桩在相应地层的长度;通过预定义桩端承载力、侧阻力函数,计算并汇总各基桩承载力特征值,并选取计算值较低的基桩作为工程测试桩,从而确保结构设计的可靠性。程序运行过程中,为提高计算效率,对嵌岩控制曲面进行网格聚类处理,并对上部非关键地层实施边塌缩操作,在保证精度的前提下缩减网格规模。采用上述方法完成的主泵房下部群桩基础设计成果见图4。

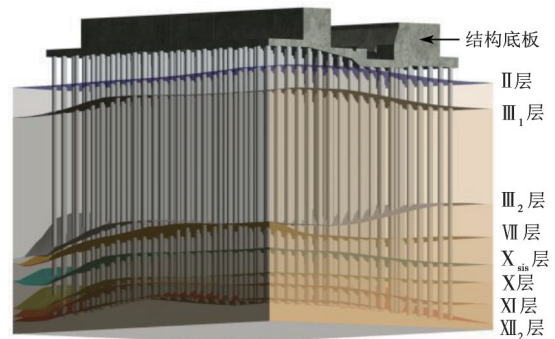


图4 主泵房群桩基础设计成果

Fig.4 Design result of the main pumping station group-pile foundation

2.3 异形结构创建与应用

渠道异形结构的创建过程见图5。

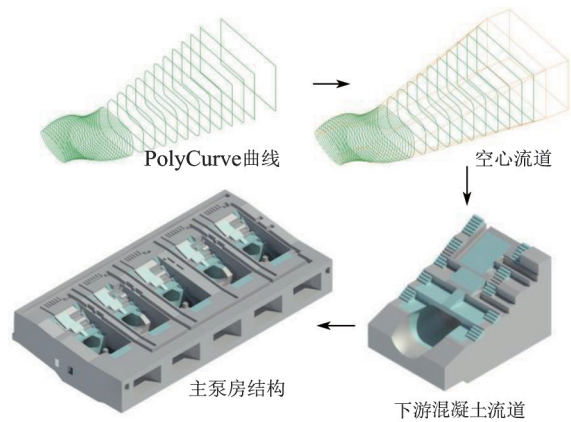


图5 渠道异形结构创建过程

Fig.5 Process of creating the irregular flow channel structure

泵站流道设计需综合考虑水力损失、流速及流态稳定性等要求,经数值模拟和装置试验,最终定型为圆-方渐变的异形结构。其截面形式复杂,控制断面数量多,是设计和施工的难点。根据优化确定的截面参数[长 L 、宽 B 、过渡圆半径 r 及截面位置参数 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 等],在Revit中编制Dynamo程

序,通过外部导入 Excel 文件、读取相应数据确定截面位置,再根据过渡圆半径 r 绘制圆形、曲线过渡段或矩形截面,生成 1 组 PolyCurve 曲线。最后,采用 Surface. Byloft 方法对多条曲线放样,创建空心流道形态,经与混凝土结构进行布尔运算后得到流道结构。

2.4 工程量联动计算

由于泵站中大部分水工结构属于非标准构件,为简化烦琐的工程量明细统计工作,以 Revit 为基础平台,基于 .NET Framework 4.7.2 框架,采用 C# 语言,借助 Visual Studio 开发工具,编制了 1 款支持外部数据库链接的工程量计算插件。该插件经 AddinManager 载入调试后,通过 .addin 文件完成注册。首先,综合《水利水电工程信息模型分类和编码标准》(T/CWHIDA 0007—2020)及《浙江省水利水电工程工程量清单计价办法(2022 年)》等规范中的编码要求,并结合 Revit 族类型、族、族实例的数据组织逻辑,提出了 1 套包含专业工程顺序码、分类工程顺序码、分项工程顺序码、专业类别、模型构件编码及顺序码的编码体系。然后,在 Revit 文件路径下创建 Access 本地数据库,通过 OleDbAdapter 方式建立链接,将 BIM 模型构件按上述编码体系分类存储并实时更新于数据库中。经树形目录逐一核查,确认无构件遗漏后,调用 Microsoft. Office. Interop. Excel 命名空间中的相关类,自动创建 Excel 工作簿并导出工程量计算结果。以泵站下部及中部混凝土结构为例,程序操作界面及成果导出过程如图 6 所示。

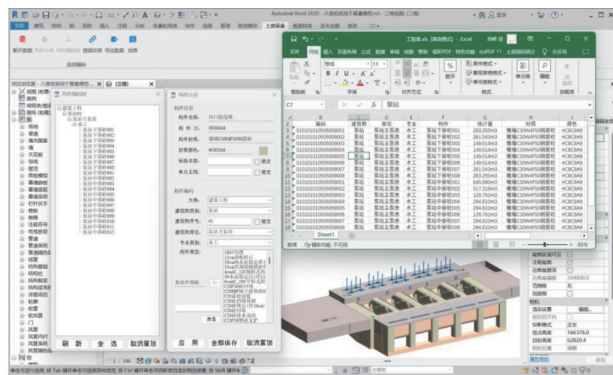


图 6 土建工程量计算示意

Fig.6 Schematic of civil engineering quantity calculations

2.5 模型出图应用

基于已创建的 Revit 模型,以剖切视图、楼层平面视图及局部三维视图为基础,调用 Revit API,通过 WPF 架构构建人机交互界面,并采用 MVVM 架构

实现图形用户界面(GUI)和数据模型的绑定。在此基础上,编制辅助制图程序,该程序提供基本设置、坐标工具、文字工具、符号绘制、尺寸标注、高程标注等模块,可基于 BIM 模型快速生成符合水利水电行业规范要求的二维工程图纸。

3 建设阶段 BIM 应用的关键技术

3.1 基于 BIM 的实体质量控制

依托参数驱动生成的流道模型,根据施工荷载分布特点,以钢模板与内支撑构成联合受力体系进行设计计算。通过对壳体外表面划分 UV 网格,自适应创建双向肋板,从而有效解决异形流道钢衬的设计难题。施工过程中,依托 BIM 模型进行可视化技术交底,指导实际施工,保障结构尺寸准确性与表面平整度要求。流道钢衬段 BIM 模型及相应的施工现场见图 7。

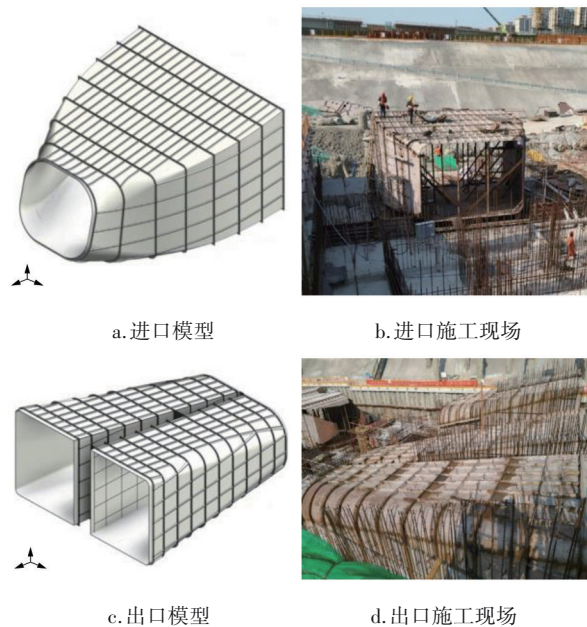


图 7 流道钢衬模型及施工现场

Fig.7 Flow channel steel lining models and construction sites

3.2 基于 BIM 的数智建管应用

为降低对 Revit 等桌面端软件的依赖,并提高模型操作流畅性,该项目对轻量化方法进行了研究。首先,建立相应数据结构,对模型的几何、属性及纹理贴图等信息进行预处理,将 Revit 模型导出为中间格式文件;而后,在 Web 端解析该中间数据,在保证关键信息不丢失的前提下,将模型完整渲染至浏览器端。考虑到经常需要对轻量化模型进行剖切展

示,为提高使用体验,进一步定义了剖切路径和方向,通过剖切面与模型轮廓面的布尔运算及包络区充填,实现模型剖切自动补面的效果,具体见图8。



图8 轻量化模型及剖切自动补面示意

Fig.8 Schematic of lightweight model and automatic section patching

基于BIM模型创建可沉浸式交互的UE4数字孪生场景,具体见图9。



图9 基于UE4的数字孪生场景示意

Fig.9 Schematic of UE4-based digital twin scene

以WebGL轻量化发布的BIM模型为基础,全方位呈现工程全貌及各建设阶段的建筑部位,并开发数据交换接口,基于浏览器/服务器(B/S)架构研发涵盖费用、进度、质量、安全管理及环境监测等12项建设管理全过程的业务应用,具体见图10。



图10 建设管理应用示意

Fig.10 Schematic of construction management application

将施工计划与实际进度进行同步对比,实现对工程进度的精细化管理,具体见图11。

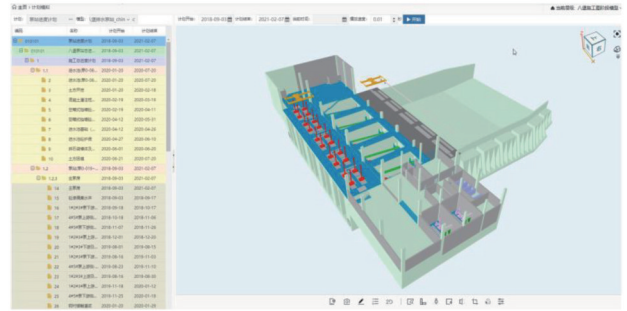


图11 基于BIM的进度管理示意

Fig.11 Schematic of BIM-based schedule management

此外,应用物联网技术对施工中关键环节进行监控,如大体积混凝土温度控制等,实现异常情况的及时预警与处理,具体见图12。

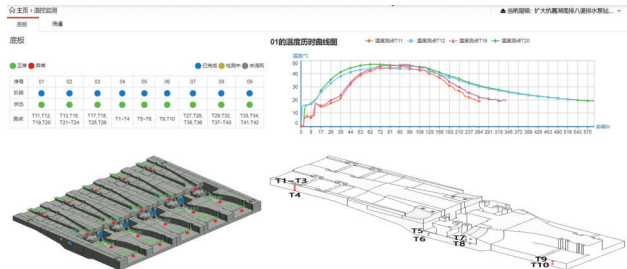


图12 大体积混凝土在线温度控制示意

Fig.12 Schematic of on-line temperature control for bulk concrete

4 结语

八堡排水泵站工程依托协同平台,采用BIM技术开展全专业正向协同设计。通过对设计阶段系列重难点问题的研究与解决方法的创新,有效提高了勘测设计的效率和成果的质量。同时,秉持数据同源理念,将BIM模型轻量化处理后传递至建设管理阶段,创建交互式三维场景,并融合物联感知技术,开发了进度、质量、安全等建设管理模块,显著提高了泵站工程总承包(EPC)建设的管理水平,进一步拓展了BIM应用的场景模式,为工程顺利实施提供了重要保障。相关技术已在陶家路江排水泵站等一批大型强排工作中得到推广应用,取得了良好的经济效益。

参考文献:

[1] 徐千惠,熊林,朱天琳,等. 适应我国不同自然条件类型城市的内涝治理模式研究[J]. 水利水电技术(中

- 英文), 2024, 55(1): 11-27.
- XU Q H, XIONG L, ZHU T L, et al. Study on urban waterlogging control modes adapted to cities of different nature condition types in China [J]. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2024, 55(1): 11-27 (in Chinese).
- [2] 郭红兵, 赵亚兰. BIM技术的国际研究概况与我国市政BIM应用分析[J]. *人民长江*, 2021, 52(4): 164-170.
- GUO H B, ZHAO Y L. International research overview of BIM technology and its application in China's municipal industry [J]. *Yangtze River*, 2021, 52(4): 164-170(in Chinese).
- [3] 张宁, 邓京楠. 市政污水处理厂改扩建工程BIM技术应用研究[J]. *中国给水排水*, 2024, 40(14): 79-84.
- ZHANG N, DENG J N. Application of BIM technology in renovation and expansion project of a municipal wastewater treatment plant [J]. *China Water & Wastewater*, 2024, 40(14): 79-84 (in Chinese).
- [4] 张杰, 刘海臣. BIM技术在六安污泥处置厂二期工程设计中的应用[J]. *中国给水排水*, 2024, 40(10): 75-80.
- ZHANG J, LIU H C. Application of BIM technology in design of Lu'an sludge disposal plant phase-II project [J]. *China Water & Wastewater*, 2024, 40(10): 75-80 (in Chinese).
- [5] 彭尧, 柳彬彬, 朱波, 等. BIM技术用于合肥市第六水厂提升改造工程[J]. *中国给水排水*, 2022, 38(6): 127-131.
- PENG Y, LIU B B, ZHU B, et al. Application of BIM in the upgrading and reconstruction project of Hefei No. 6 waterworks[J]. *China Water & Wastewater*, 2022, 38(6): 127-131 (in Chinese).
- [6] 赵立佳, 刘涛, 汪波, 等. BIM及数字化用于仙居县污水处理二期EPC工程[J]. *中国给水排水*, 2022, 38(22): 54-60.
- ZHAO L J, LIU T, WANG B, et al. Application of BIM and digitalization technologies in Xianju county wastewater treatment plant phase II EPC project [J]. *China Water & Wastewater*, 2022, 38(22): 54-60 (in Chinese).
- [7] 徐亚男, 曹雪梅, 王晓杰, 等. 市政给排水厂站BIM正向设计研究与应用[J]. *中国给水排水*, 2025, 41(10): 58-64.
- XU Y N, CAO X M, WANG X J, et al. Application of BIM forward design in a municipal water supply and drainage station [J]. *China Water & Wastewater*, 2025, 41(10): 58-64(in Chinese).
- [8] 王晓杰, 徐亚男, 姜天凌, 等. 基于三维实景技术的既有污水厂逆向建模BIM应用[J]. *中国给水排水*, 2025, 41(2): 58-63.
- WANG X J, XU Y N, JIANG T L, et al. Application of BIM for reverse modeling of an existing wastewater treatment plant utilizing 3D reality technology [J]. *China Water & Wastewater*, 2025, 41(2): 58-63(in Chinese).
- [9] 徐亚男, 刘纯甫, 姜天凌, 等. BIM+GIS在既有水务设施数字化交付项目中的应用[J]. *中国给水排水*, 2025, 41(8): 71-76.
- XU Y N, LIU C F, JIANG T L, et al. Application of BIM and GIS in digital delivery of existing water facilities [J]. *China Water & Wastewater*, 2025, 41(8): 71-76 (in Chinese).

作者简介:徐肖峰(1988—),男,浙江江山人,硕士,高级工程师,主要从事水利水电勘测设计及BIM应用工作。

E-mail:xu_xiaofeng@live.cn

收稿日期:2024-12-27

修回日期:2025-05-20

(编辑:沈靖怡)