

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.10.012

BIM技术在六安污泥处置厂二期工程设计中的应用

张 杰, 刘海臣

(上海勘测设计研究院有限公司, 上海 211100)

摘 要: 以六安污泥处置厂二期工程为例,基于 Bentley 软件平台,在研究 BIM 正向设计的基础上,提出满足市政污泥厂站类项目不同应用需求的“十环节”BIM 应用方案,包括:碰撞检查报告、净空优化分析报告、设备及材料工程量自动统计、ISO 轴测图出图、三维 PDF 出图、结构及工艺专业出图、三维实景渲染、施工工序模拟、虚拟漫游仿真、模块化设备库构建,可有效提升设计效率 and 设计质量,降低建设成本和风险。

关键词: BIM 技术; 污泥处置; 碰撞检查; 施工工序模拟; 模块化设备库

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)10-0075-06

Application of BIM Technology in Design of Lu'an Sludge Disposal Plant Phase-II Project

ZHANG Jie, LIU Hai-chen

(Shanghai Investigation, Design & Research Institute Co. Ltd., Shanghai 211100, China)

Abstract: Exemplified by the phase-II project of Lu'an sludge disposal plant, this paper proposed a “ten steps” BIM application scheme based on Bentley software platform and BIM forward design, which included collision inspection reports, clearance optimization analysis reports, automatic statistics of equipment and material engineering quantities, ISO axonometric drawing, 3D PDF drawing, structure and process professional drawing, 3D realistic rendering, construction process simulation, virtual roaming simulation, and modular equipment library construction, so as to meet the different application requirements of municipal sludge plant and station projects. The scheme can effectively improve design efficiency and quality, and reduce construction costs and risks.

Key words: BIM technology; sludge disposal; collision inspection; construction process simulation; modular equipment library

数字化技术的进步为工程领域带来了许多创新,其中 BIM 技术正更为广泛地应用于市政和生态环保领域^[1-4]。但目前国内针对市政污水处理厂参数化建模^[5-6]、BIM+GIS 协同^[7]、平台建设^[8]或者早期传统应用^[9]的专项研究较多,而专门针对市政污泥厂站 BIM 应用的系统性研究较少。相较于传统污

水处理厂,污泥厂站通常有不同的处理工艺、设计方式和 BIM 应用要求,因此需要制定适宜的 BIM 应用体系。

1 项目概况

六安污泥处置厂位于城北污水处理厂北侧,一期及二期扩建工程的污泥设计处理处置规模均为

基金项目:上海勘测设计研究院有限公司科标业项目[2021HJ(37)-166、2022QT(83)-064]

通信作者:张杰 E-mail: 542733721@qq.com

140 t/d(含水率为80%)。污泥处置厂用地面积为58 095 m²(一、二期共用面积),分为2个厂区,其中厌氧消化厂区用地面积为17 915 m²,太阳能干化厂区用地面积为40 180 m²。本项目为六安污泥处置厂二期工程,位于一期工程用地红线内。

二期工程处理工艺采用“厌氧消化+深度脱水+太阳能/地暖干化+低温干化”,设计出泥含水率为40%以下,主要处理系统包括污泥预处理、厌氧消化、沼气净化利用、消化液脱水、消化液深度脱水、太阳能/地暖干化、低温干化和生物除臭。为实现提升设计效率、改善产品质量、优化施工工序、增强展示效果、指导项目全生命周期管理等目标,采用BIM技术进行项目设计及应用。

2 市政污泥厂站“十环节”标准化BIM应用

基于 Bentley 软件平台,依托的主体模块为 OpenPlant Modeler(OPM)模块和 ProjectWise(PW)模块。以工艺专业设计阶段为例,采用OPM模块实现污泥厂站BIM设计的具体环节包括:①厌氧消化厂区、太阳能干化厂区及厂区内单体轴网、标高的总体布置;②水泵、风机等标准化设备的引用及叠螺浓缩机、低温干化机、深度脱水机、搅拌机、污泥螺旋输送机、污泥切割机、泡药机、污泥柱塞泵、料仓等非标设备的建模;③功能单体内设备的布置;④热水系统、冷却水系统、循环水系统、除臭系统、厂区生活给排水系统、污泥运输系统等管道的设计及布置;⑤各单体参考至总图;⑥总图设备及管线的布置等。

在污泥厂站的设计过程中,各专业的协同尤其重要,采用PW模块作为协同平台有助于实现各专业、各软件的协同,并能够覆盖设计全过程的应用及管理。基于平台的协同设计实施环节包括:①项目立项及工作包裁剪;②各专业设计校核审查人员配置、管理权限分配;③各专业将本专业的三维建模成果及施工图、工程量统计成果等提交至平台对应文件夹;④包含碰撞检查及净空优化在内的各专业校审;⑤完成正式出图及归档流程等。

结合市政污泥厂站的应用需求,提出了厂站类项目的“十环节”BIM应用方案。

2.1 管线综合碰撞检查报告

在错综复杂的污泥厂站管线系统中,碰撞检查不仅可以找出管线布置存在的冲突与不符合设计

规范之处,更为设计人员提供了一种全新的视角,在保证功能的前提下,进一步优化设备和管道的布局。在实施过程中,工艺、电气、暖通和结构、建筑专业首先进行自检,随后设备专业进行互检。每一个碰撞结果都以碰撞报告的形式进行统计分析,数据驱动下的设计优化发挥了关键作用。一份详尽的管线综合碰撞检查报告以图表的形式清晰地标注了所有存在的碰撞现象,为设计团队提供了一种有效的数字化工具,用以解决线路冲突,从而减少损失。

为提高整体设计和运行效率,建议以各单体及厂区的碰撞检查报告作为设计产品的校核和审查依据。碰撞检查报告示意图如图1所示。

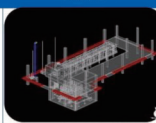
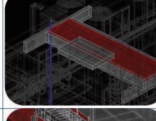
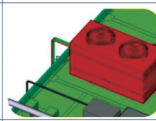
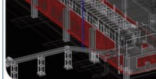
| 作业名称 | | 状态 | 冲突数 | 排除后数 | 优化后数 | | |
|------------|----------------|------|---|--|---|----------|--|
| S10结构vs.工艺 | | 完成 | 229 | 48 | 16 | | |
| 序号 | 作业名称 | 元素 A | 元素 B | 位置 | 位置示意 | 优化建议 | 优化报告 |
| 1 | S10结构 vs.工艺 | 结构 | Pipe 400 mbl-OPM S10-除臭 风管- DN400- mbl-OPM | 133 325.68, -568 436.94, 4 517.60 |  | 正常 穿越 | |
| 2 | S10结构 vs.工艺 | 结构 | Pipe 50 mbl-OPM S10-GS- De60-mbl- OPM | 140 831.90, -569 249.15, 13 900.00 |  | 管道 绕行 |  |
| 3 | S10结构 vs.工艺 | 结构 | Pipe 50 mbl-OPM S10-GS- De60-mbl- OPM | 140 831.90, -569 249.15, 4 650.00 |  | 正常 穿越 | |

图1 碰撞检查报告示意

Fig.1 Schematic diagram of collision inspection report

污泥厂站的工艺流程、设备布局、控制系统等多个方面都要求精准周密,而此报告恰恰为这些关键环节提供了有力保障。

2.2 净空优化分析报告

净空优化对空间消耗、运维方便以及设计美观性影响较大,在实施过程中,净空优化应对投资方、运维方等利益相关方的关注点进行分析,做有针对性、实用性和可操作性的论证,进行设备、管线、结构等部件的空间布局优化。其要点在于:在满足规范要求的基础上,合理设置设备间距,节省空间和投资;对各单体主要设备及周边管线布局进行管线间距等分、拐点齐平等美观性优化;设置合理的人员通行路径及通行空间;预留设备作业通道空间和阀门操作空间。报告可由专人负责,结合各单体及厂区的实际情况,提出针对性的改进措施,提供具体的净空优化建议和解决方案。可申请由投资方或运维方对净空优化的效益进行综合评估,包括经

济效益、社会效益和环境效益等方面,以切实提升净空优化的实施效果。

污泥处置厂各单体及厂区的净空优化分析报告示意如图2所示。以净空优化分析报告作为本环节的产品输出,着重强调空间布局优化对工程投资节省和后期运维便捷性的贡献。

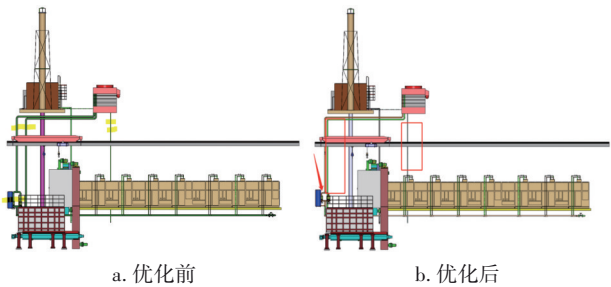


图2 净空优化分析报告示意
Fig.2 Schematic diagram of clearance optimization analysis report

2.3 定制化设备及材料工程量自动统计

工程量统计是可研、初设和施工图阶段的重要任务之一,可通过两种形式实现:一种是通过 OPM 模块自动导出 Excel 表格,可以快速、准确地生成包含所有管线工程量的表格,使得数据的整理、分析和比较变得更加便捷;另一种则是采用 OpenPlant Project Administrator (OPPA) 模块生成水晶报表,这种报表可以根据设计人员的实际需求进行定制,使得数据更加直观、清晰。工程量自动统计这一功能相较于传统的手动量取方式,可以实现所有管线工程量的自动分类与准确统计,减少人为错误和疏漏,从而提高整个工作流程的效率和准确性。

将这些数据以自动输出的形式导出设备一览表和管线信息表(见图3),可有效提高设计人员的工作效率。通过使用这些表格,概预算编制和设备招采人员可以快速获取所需的工程量数据,并以此为基础进行合理的操作和决策。

| 序号 | 名称 | 规格 | 干重 | 区域编码 | 介质编码 |
|----|-----------------|---|--------|------|------|
| 1 | LX 型电动单梁桥式悬挂起重机 | $G_k=10\text{ t}$, $L=11.5\text{ m}$, $H=1\ 320\text{ mm}$, $N=(13+0.8\times 2)\text{ kW}$ | 800 kg | S2 | QZ |
| 2 | PAM 加药泵 | 螺杆泵, $Q=3\text{ m}^3/\text{h}$, $H=150\text{ kPa}$, $N=1.5\text{ kW}$ | 15 kg | S2 | JY |
| 3 | PAM 絮凝液制备设备 | 干粉制备能力 150 kg/h , 溶液配制能力 600 L/h , $N=(0.75\times 3+0.37)\text{ kW}$ | 500 kg | S2 | JY |
| 4 | 冲洗水泵 | 立式离心泵, $Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=300\text{ kPa}$, $N=1.5\text{ kW}$ | 20 kg | S2 | CX |
| 5 | 叠螺浓缩机 | $Q=65\text{ m}^3/\text{h}$, 干基处理量 600 kg/h , 出料含水率 $90\%\sim 92\%$, $N=4.31\text{ kW}$ | 800 kg | S2 | WN |
| 6 | 无轴螺旋输送机 | $L=20\text{ m}$, $N=8\text{ kW}$ | 200 kg | S2 | WN |
| 7 | 厌氧进料缓冲池搅拌机 | 立式双桨, $V=20\text{ m}^3$, $D\times H=2.8\text{ m}\times 3.5\text{ m}$, $N=5.5\text{ kW}$ | 200 kg | S2 | WN |
| 8 | 厌氧进料输送泵 | 螺杆泵, $Q=30\text{ m}^3/\text{h}$, $H=150\text{ kPa}$, $N=5.5\text{ kW}$ | 20 kg | S2 | WN |

a. 设备一览表

| 部件名称 | 等级库 | 直径 | 壁厚 | 数量 | 标准 | 材质 | 厂家 |
|--|---------|--------|--------|---------------|---------------|-----|------|
| 管线编码 YY(GZ)-YW-DN50-mA1-OPM | | | | | | | |
| ASTM A106 GR. B, Seamless, TE or PE, SCH. 80 150 mm Pipe | mA1-OPM | 150 mm | 7.1 mm | 9 402.18 mm | ASME - B36.10 | STL | MFAC |
| ASTM A106 GR. B, Seamless, TE or PE, SCH. 80 50 mm Pipe | mA1-OPM | 50 mm | 3.9 mm | 84 687.49 mm | ASME - B36.10 | STL | MFAC |
| Fittings, BW, ASTM A234 GR. WPB, 40, 50 mm Pipe Elbow 45 Degree Long Radius | mA1-OPM | 50 mm | 3.9 mm | 4 个 | ASME - B16.9 | STL | MFAC |
| Fittings, BW, ASTM A234 GR. WPB, 40, 50 mm Pipe Elbow 90 Degree Short Radius | mA1-OPM | 50 mm | 3.9 mm | 6 个 | ASME - B16.9 | STL | MFAC |
| 管线编码 YY(GZ)-W2-DN150-mA1-OPM | | | | | | | |
| ASTM A106 GR. B, Seamless, TE or PE, SCH. 80 150 mm Pipe | mA1-OPM | 150 mm | 7.1 mm | 309 456.02 mm | ASME - B36.10 | STL | MFAC |
| Fittings, BW, ASTM A234 GR. WPB, 40, 150 mm Pipe Elbow 45 Degree Long Radius | mA1-OPM | 150 mm | 7.1 mm | 3 个 | ASME - B16.9 | STL | MFAC |

b. 管线信息表

图3 设备一览表和管线信息表示意

Fig.3 Equipment list and pipe information table

2.4 基于 OPIM 的 ISO 轴测图出图

针对管线专业编码,深入研究了 Omniclass 和 KKS 编码体系。在建模之前,利用 Microsoft Excel 详细统计了所有需要的管线信息,为了确保建立的模型准确无误,将管线信息逐一导入 OPM 软件,包括管径等几何信息以及所属系统、管线号、编码、材质、规格、设计流量、压力、温度等一系列非几何参数。在后期的运维阶段,运维单位还可以依托设计阶段的管线数据库继续完善并深化这些信息。在此基础上,管线专业采用 OpenPlant IsometricsManager (OPIM) 完成 ISO 轴测图图集的绘制。

最终的产品输出为管线辅助施工图册,其示意如图4所示。对施工单位而言,图册可以作为辅助施工图进行参考。另外,通过模块化预制和现场连接的方式,能够大大提高施工效率,减少误差,确保工程顺利进行。

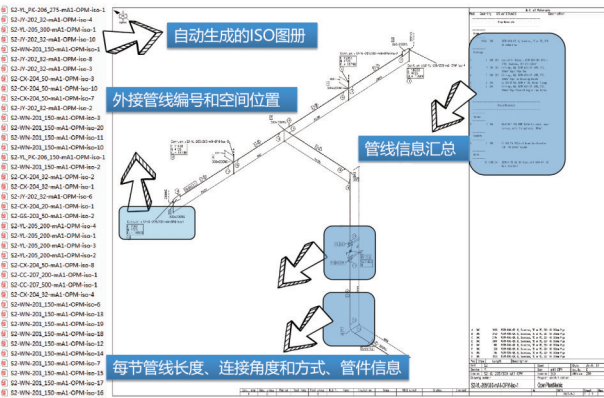


图4 管线辅助施工图册示意

Fig.4 Schematic diagram of pipe auxiliary construction atlas

2.5 三维 PDF 出图

总图采用三维轴测图形式,打印 3D PDF 动态图纸。本环节产品输出为三维 PDF 图册,其示意如图5所示。图册采用了三维轴测图的形式,将复杂的

建筑结构以动态、立体的方式呈现,以便更直观、更准确地理解厂区的整体设计方案。与传统的平面图纸相比,三维轴测图使各方能够获取更加丰富的空间信息,从而对厂区的内部结构和外部形态有更加准确的把握。

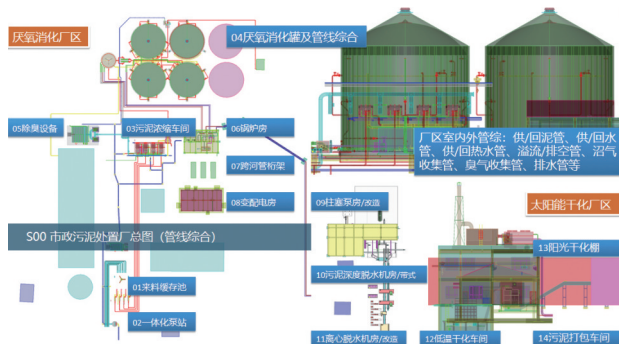


图5 三维PDF图册示意

Fig.5 Schematic diagram of 3D PDF atlas

2.6 结构及工艺专业出图

设计工作一般以图纸为最重要的产品输出。在初设和施工图阶段,协同设计平台使得各专业之间的协调更为高效,经过对设计出图工具的专门研究,结构专业采用AECOsim Building Designer(OBD)出图,管线专业采用OpenPlant Orthographics Manager(OPOM)出图,可实现快速切图、方便修改、自动生成标注等功能。基于协同平台,采用二、三维图纸校审和管理措施,确保了图纸的质量和可靠性。此外,由于采用了统一的出图模式,有效减少了各专业之间标注和注释的差异,从而避免了因沟通不畅引起的错误和延误。

产品输出为施工图册,其示意如图6所示。各专业可根据实际需求,保留数据和图纸信息,使出图深度满足相应设计阶段的要求,从而实现高效、准确、快速出图的目标。

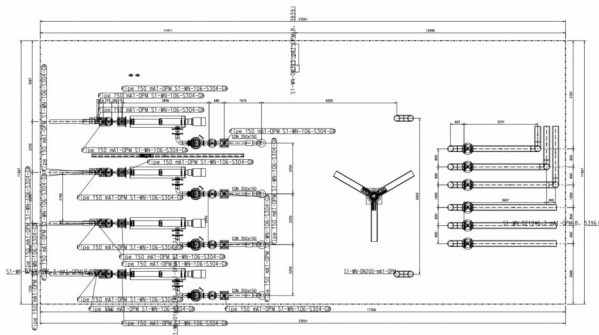


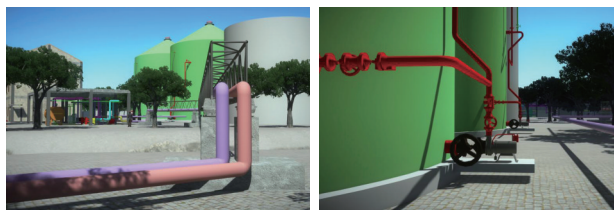
图6 施工图册示意

Fig.6 Schematic diagram of construction atlas

2.7 三维实景渲染

采用LumenRT进行渲染,可快速、简单地达到令人满意的效果。三维实景渲染能够为污泥处置厂的设计方案注入更多的生命力,将设计产品有机嵌入不同的模型场景,并添加人、植物、水、天气等各种因素,搭配成一个完整的虚拟现实场景。在这个场景里,可以渲染生成高清图片,让设计展示变得更加生动逼真。

应用产品输出为实景渲染相册,其示意如图7所示。这部相册不仅可以凸显设计产品的特点和优势,更将工程与艺术融为一体。浏览者在观看这些画面的过程中,能够感受到每一个单体、设备、构件的细微之处,这不仅仅是视觉的直观感受,更是在项目实施前对竣工单体身临其境的体验。无论是在产品展示、汇报还是交付过程中,都可以借助这部相册,让对方深刻理解设计产品的精髓和价值。



a. 厌氧消化厂区

b. 泵阀等管件

图7 实景渲染相册示意

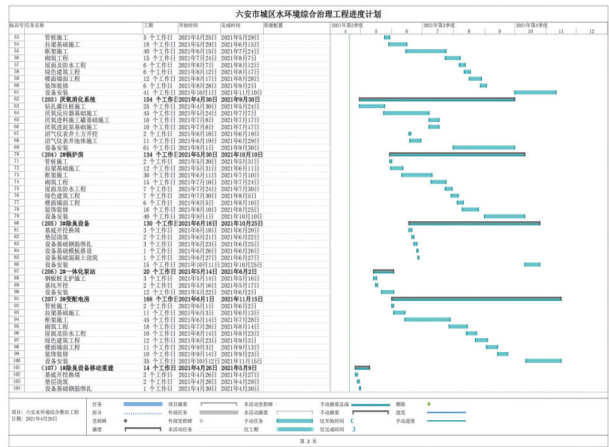
Fig.7 Schematic diagram of realistic rendering album

2.8 基于S4D的施工工序模拟

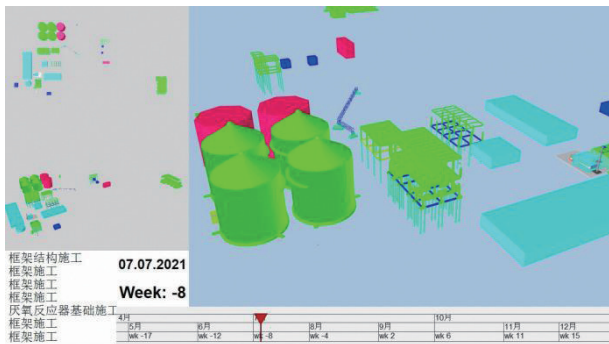
通过录入设计模型和场景影像,采用Synchro 4D(S4D)可有效实现施工工序或设备安装的模拟及项目进度管理。这一过程包括对场地模型及建筑结构的详细扫描、数字化设备和组件模型的嵌入以及整个施工过程的模拟,通过确保每一个细节的精确性,在指导实际施工或设备安装过程中达到最佳效果。为满足现场应用需求,设计人员可以为污泥处置厂特定范围的施工工序或工艺设备安装作业输出指导视频,作为交底工具辅助现场工程师或施工人员工作,并明确进度管理要求。

产品输出为总体及单体的施工工序模拟视频,或设备安装指导视频,其示意图如图8。采用S4D管理施工进度,不仅提高了施工的精度和效率,还为整个项目提供了一种数字化的管理方式,使每一个环节都能够在精准控制下进行,有效辅助现场更好

地管理施工进度,促进项目进度目标的完成。



a. 施工进度计划



b. 工序三维模拟

图 8 施工工序模拟示意

Fig.8 Schematic diagram of construction process simulation

2.9 基于 LumenRT 的虚拟漫游仿真

在渲染的基础上,采用 LumenRT 进行全局光照和其他参数的调整,以实现更为逼真的虚拟环境效果。通过精心设置路径和关键帧,使观察者能够捕捉到产品的不同角度和细节,从而丰富视觉体验。

本环节产品输出为虚拟漫游仿真文件(.exe 格式),可在 Windows 系统上直接运行。为满足用户的需求,设计人员可以将虚拟漫游导出生成电影特效级别的动画视频文件(.avi 格式),这些文件可以在任何支持通用视频格式的设备上播放,方便使用者随时随地体验设计产品效果。同时,整个设计场景可以和 VR 设备连接,进行沉浸式体验。通过这种方式,能够更好地展示污泥厂站设计方案的特点和优势,使业主、专家、周边居民等通过多元途径深入了解设计方案和实施成效。

2.10 建立模块化设备库

本项目模块化设备库的建立,不仅为市政厂站

的设计提供了详实的数据模型库,更为设计人员带来了一种全新的设计方式和思路。在以往的设计中,设计人员往往需要花费大量的时间、精力去收集并整理各种资料和数据,而且还无法保证所采用数据的准确性和可靠性;此外,不同型号的通用设备需要反复建模,许多非标设备占用了大量的建模时间。市政厂站往往非标设备众多,通过多个项目不断完善设备库是推进数字化正向设计的前提。

本环节产品输出为模块化设备库(.CEL 文件),其示意如图 9 所示。通用设备提供系列标准化模型,非标设备提供模块化模型,包含设备模型及相关参数。模块化设备库的支撑为设计人员提供了更加便捷的途径,使其获取设备、管线模型及相关信息。在设计过程中,利用模块化设备库可实现整个厂区的快速布置,使 BIM 技术能够真正作为一种工具帮助设计人员将工作重心放在更优的设计成果本身,而非花费大量精力从事基础建模工作。同时,模块化设备库还可以为后期的施工和运维提供方便。

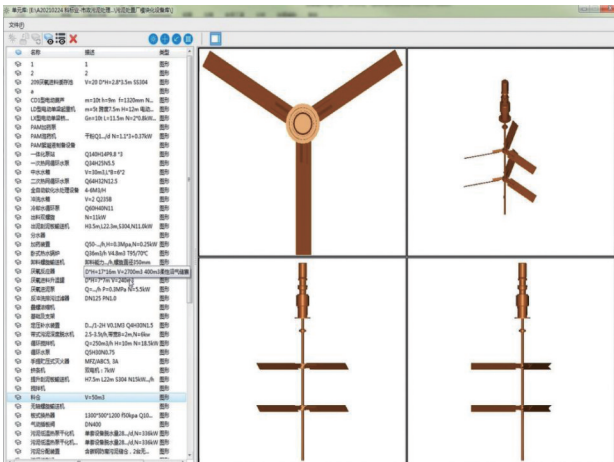


图 9 模块化设备库示意

Fig.9 Schematic diagram of modular equipment library

3 结语

在设计阶段,通过碰撞检查报告等步骤有效避免了施工中出现的问题和冲突;在施工阶段,通过设计的三维 PDF 出图、渲染相册等有力地支持了施工方和业主的工作;在运维阶段,模块化设备库构建等步骤将进一步提高设备的维护和管理效率。“十环节”BIM 应用技术在六安污泥处置厂二期工程中发挥了重要作用。未来,随着 BIM 技术的不断发展和应用,相信其在污泥处置及各类市政厂站的应用

用将更加广泛。

参考文献:

- [1] 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 Lijia, LIU Tao, WANG Bo, *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).
- [2] 吴迪,王宇婷. 深圳固戍水质净化厂二期工程EPC项目BIM技术应用[J]. 中国给水排水, 2023, 39(22): 66-72.
WU Di, WANG Yuting. Application of BIM technology in Gushu water purification plant phase II EPC project in Shenzhen [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(22): 66-72 (in Chinese).
- [3] 李文秋,王晓杰,徐亚男,等. 基于Bentley二次开发的污水厂改造“BIM+”集成技术[J]. 中国给水排水, 2023, 39(20): 77-82.
LI Wenqiu, WANG Xiaojie, XU Yanan, *et al.* “BIM+” integrated technology for reconstruction of wastewater treatment plant based on Bentley secondary development [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(20): 77-82 (in Chinese).
- [4] 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 Yao, LIU Binbin, ZHU Bo, *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).
- [5] 姜天凌,徐亚男,沈辰楠,等. BIM参数化技术在污水处理厂三维设计中的应用[J]. 给水排水, 2020, 46(S1):235-237.
JIANG Tianling, XU Yanan, SHEN Chennan, *et al.* Application of BIM parameterization technology in 3D

design of wastewater treatment plant [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46 (S1): 235-237 (in Chinese).

- [6] 姜天凌,徐亚男,李志超,等. BIM技术在义乌市双江湖净水厂设计中的应用[J]. 中国给水排水, 2022, 38(18): 64-67.
JIANG Tianling, XU Yanan, LI Zhichao, *et al.* Application of BIM technology in the design of Shuangjianghu wastewater purification plant in Yiwu City [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(18): 64-67 (in Chinese).
- [7] 孙同谦,徐峥. BIM与GIS的协同应用对污水处理厂设计的启示[J]. 中国给水排水, 2021, 37(20):66-70.
SUN Tongqian, XU Zheng. Inspiration from collaborative application of BIM and GIS in design of sewage treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(20): 66-70 (in Chinese).
- [8] 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).
- [9] 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).

作者简介:张杰(1992-),男,山西晋中人,硕士,工程师,主要从事市政给排水设计及数字化研究工作。

E-mail:542733721@qq.com

收稿日期:2023-11-03

修回日期:2023-12-08

(编辑:沈靖怡)