

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.20.012

基于Bentley二次开发的污水厂改造“BIM+”集成技术

李文秋, 王晓杰, 徐亚男, 马雪莉, 张博, 朱晓玉, 潘艳艳,
江灿

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074)

摘要: 李村河污水处理厂改造及四期扩建工程主要处理单元均采用全地下单层覆盖建设模式,存在隐蔽性强、管线错综复杂及工期紧等设计难点问题。采用建筑信息模型(BIM)技术进行辅助设计,通过Bentley平台二次开发,形成完善的图库及高效的污水厂建模工具库,弥补了原生平台的不足,提高了项目设计效率及设计质量,以自主开发编码工具为媒介,推动了“BIM+智慧平台”在该项目的应用,实现了资产高效运维,拓展了BIM技术的应用价值。

关键词: 污水处理厂; Bentley; BIM; 二次开发

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)20-0077-06

“BIM+” Integrated Technology for Reconstruction of Wastewater Treatment Plant Based on Bentley Secondary Development

LI Wen-qiu, WANG Xiao-jie, XU Ya-nan, MA Xue-li, ZHANG Bo,
ZHU Xiao-yu, PAN Yan-yan, JIANG Can

(North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074,
China)

Abstract: The main treatment units of Licunhe wastewater treatment plant reconstruction and phase IV expansion project all adopt the underground single-layer coverage construction mode. There are several difficult problems in the design of the project, such as strong concealment, complicated pipeline and short construction period. Building information modeling (BIM) technology was employed to assist the design. A complete drawing library and an efficient wastewater treatment plant modeling tool library were formed through the secondary development of Bentley platform, which made up for the deficiencies of the original platform and improved the design efficiency and quality of the project. With the self-developed coding tool as the medium, the application of “BIM+ intelligent platform” in this project realized the efficient operation and maintenance of assets and expanded the application value of BIM technology.

Key words: wastewater treatment plant; Bentley; BIM; secondary development

目前国内用于污水处理厂BIM设计的软件主要有Bentley、Revit和ArchiCAD^[1],这三款BIM软件均是针对建筑行业的三维工程软件,将它们运用到

给排水BIM设计中均需要通过开发和非开发手段构建符合给排水专业的BIM设计规则、图库及工具库,以提高设计质量和效率^[2-3]。其中,Bentley平台

通信作者: 王晓杰 E-mail: wxj13629713621@outlook.com

模型承载力高,建模速度快,且平台各个专业板块齐全,便于专业协同。运用 Bentley 平台对污水处理厂建模时,缺少水工艺图库,且绘制管道和土建模型时均需要借助 ACS 锁辅助设计,绘制过程不连续,影响效率。笔者通过对 Bentley 进行二次开发,实现针对污水厂 BIM 设计的个性化功能定制,弥补原生平台不足,提高 BIM 设计效率。

1 工程简介

1.1 工程概况

李村河污水处理厂改造提标及四期扩建工程的提标改造规模为 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 扩建规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 本次建设完成后李村河污水处理厂总处理规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

本项目选用工艺如下:①预处理工艺。扩建部分采用“粗格栅进水泵房+细格栅+曝气沉砂除油沉淀池+膜格栅”工艺。②二级处理工艺。扩建部分采用“A/A/O+MBR”工艺,提标部分对原生物处理构筑物进行扩容以增加停留时间,扩容采用“A/A/O+MBR+气浮”工艺。③深度处理工艺。采用“臭氧氧化脱色+次氯酸钠消毒”工艺。④除臭工艺。采用“全过程除臭、生物除臭及离子除臭”工艺。⑤污泥处理工艺。采用“机械浓缩+板框脱水”工艺。具体改造及扩建工艺流程见图1。

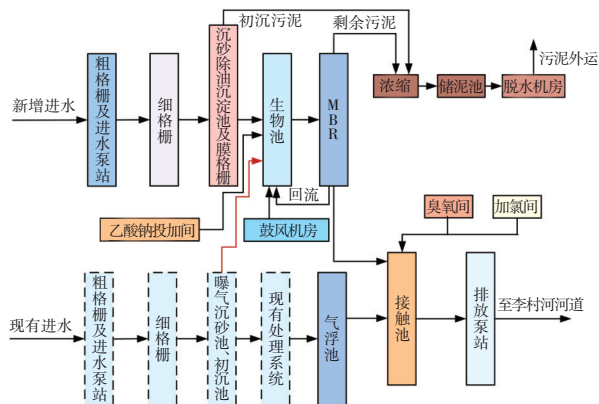


图1 李村河污水厂改造及扩建工艺流程

Fig.1 Process flow chart of reconstruction and expansion of Licunhe WWTP

1.2 项目难点

① 提标及扩建工程规模大,空间管线错综复杂。本工程提标规模 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 扩建规模 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 规模大,平面布置紧凑,单体构筑物结构和空间管线错综复杂。

② 系统复杂,不确定因素多。本工程主要处

理单元采用全地下单层覆盖建设模式,例如生物池的池体及设备均位于地下,池体顶部加盖并覆土进行绿化,上部只能看到一些检修安装孔洞,这对污水厂的日常运维提出了非常高的要求。

③ 主要工艺设施集中在地下箱体内,日常运维管理难度大。李村河污水处理厂一期、二期、三期工程处理工艺流程不同,部分构筑物为埋地式,隐蔽性强,不确定因素及外部干扰因素多,容易发生事故。

2 基于 Bentley 的二次开发

基于上述难点,工程采用 BIM 设计。

为了提高污水处理厂建模效率,基于 Bentley 平台的 OBD 软件进行二次开发,针对原有功能和建模机制进行优化和拓展,形成了污水系统功能模块、管道布设工具、图库管理模块、构筑物土建模块以及编码工具,从而大大节省了三维设计的时间。

2.1 污水系统功能模块

对污水处理厂常用且规律性较强的管线和设备功能模块进行开发,实现在插件界面中输入工艺参数,一键放置组件模型。插件内置污水处理常用水工艺系统,管件参照《钢制管件》(02S403)标准图集自行定制,设备为参照污水厂常用设备样本开发的参数化设备。部分污水处理厂工艺模块插件见图2。



图2 部分污水处理厂工艺模块插件

Fig.2 Partial process module plug-ins for WWTP

2.2 管道布设工具

根据操作流程在 OBD 软件定制了一套符合设计人习惯的管道绘制界面,设计人员可以在二维视图完成管道设计,符合传统设计习惯,该插件交互界面见图3。



图3 污水处理厂工艺管道布置工具

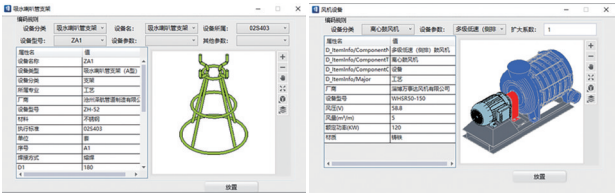
Fig.3 Process pipeline laying tools of WWTP

2.3 图库管理模块

设计中构建了完善的水工艺图库(见图4),动态图库完成了常用图集中的管件、支架以及与管件关联度较高的相关设备的扩充;静态图库包含了23个类型设备,基本囊括了污水处理厂所有设备类型,模型大小可以通过模型系数调整。另外,还开发了图库管理工具,在调用设备时,设备信息挂载可以脱离BIM管理员独立进行。



a. 部分水工艺图库展示



b. 吸水喇叭口调用界面

c. 风机设备调用界面

图4 污水处理厂图库扩充及管理

Fig.4 Expansion and management of WWTP drawing library

2.4 构筑物土建模块

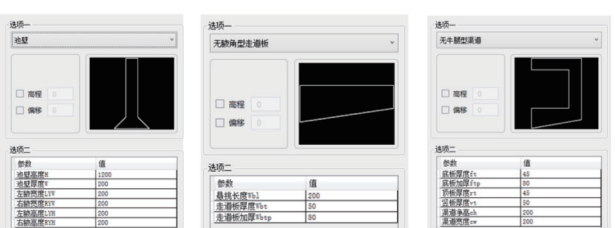
对软件土建建模机制进行优化,开发了土建异型构件快速绘制工具。土建模块部分插件界面见图5。



a. 墙体绘制插件

b. 梁绘制插件

c. 板绘制插件



d. 异形池壁绘制插件

e. 走道板绘制插件

f. 渠道绘制插件

图5 部分土建模块插件

Fig.5 Partial civil engineering module plug-ins

以原生墙放置为例,首先需要在绘图辅助ACS锁中确定底标高,其次是调用建筑设计墙工具设置墙厚、墙宽等参数,优化后的墙工具只需要在界面输入参数就可以完成墙的绘制。

2.5 编码工具

从设计阶段就对BIM模型进行唯一编码是实现BIM技术效用价值的有效支撑之一。基于Bentley平台开发BIM模型编码工具,采用数模分离的方式进行模型编码,该插件包括空间定义工具、数据导出工具及EXE程序包形式的编码工具,编码工具界面见图6,导出的项目编码信息见图7。在模型对接平台时,所有原始数据均需经过严格抽取、映射、转换及分类,模型编码使得模型信息重新分类后可通过唯一编码实现一一映射,以保证每一项信息匹配唯一且固定的编码,有效解决了BIM模型与BIM平台之间缺少数据载体、模型与数据之间结合的难题。



图6 编码工具

Fig.6 Coding tool

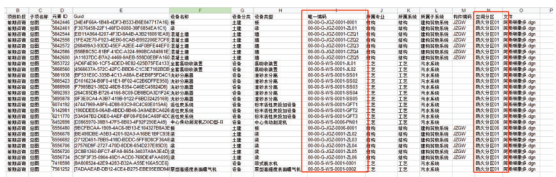


图7 项目编码信息

Fig.7 Coding information

3 BIM技术应用

3.1 工具选取

软件一览见图 8。以 ProjectWise(PW)为本项目协同作业平台,各专业选用相应设计软件,正确挂接设计环境。在搭建模型时,借用自主开发的插件提高建模效率;模型搭建完成后,提取模型数据,使用编码工具进行二次编码,进而进行回贴,实现平台方面对模型编码的要求。

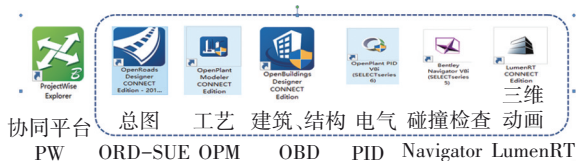


图 8 软件一览

Fig.8 Software overview

3.2 BIM 工作流程

项目 BIM 工作流程见图 9。为了推进正向设计在污水处理厂的应用,使模型剖切出图尽量达到施工图深度,要点如下:①通过中国市政工程华北设计研究总院有限公司自主开发的插件进行三维设计。建模插件内置标准规范,模型剖切出图贴合施工图需求。②通过二次开发和参数化单元等方法构建参数化单元设备库,设备二维表达符合出图习惯和要求。③通过模型分层及设置单个模型元素显隐等方法,去除冗余构件投影线条。④对同一标高剖切的平面图纸,控制某个平面区域的剖切深度,灵活出图表达。⑤通过自定义标注样式进行图纸标注,符合中国市政工程华北设计研究总院有限公司出图标准,清晰表达设计意图。

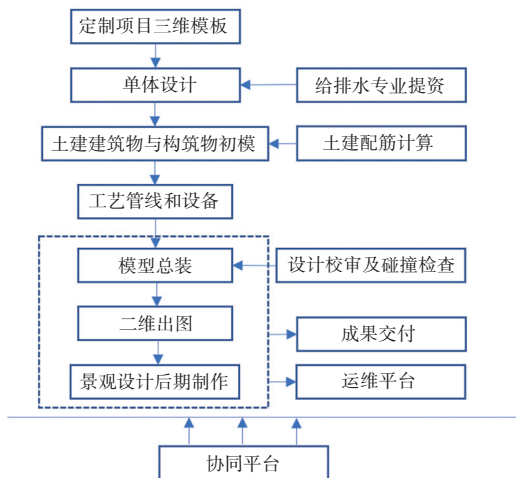


图 9 BIM 工作流程

Fig.9 BIM workflow

3.3 “BIM+”集成技术应用

在项目设计过程中,存在结构复杂、隐蔽性强、工期紧等问题,采用 BIM 技术解决这些问题。

① 协同项目

项目负责人在 PW 服务器“李村河污水处理厂改造提标及四期扩建工程”项目层级文件夹下,分别创建 S01-三维模型 A 版、项目资料、综合图纸及各专业文件夹,同时为不同专业文件夹赋予不同的软件工作环境,目的是让协同项目工作中的所有人享有共同的设置,工作环境赋予后,相应专业文件夹内的文件只能由相应软件打开。每个设计人员均被分配相应的权限,设计资料、成果发布及模型更新均在 PW 平台进行,环境托管及层级划分见图 10。

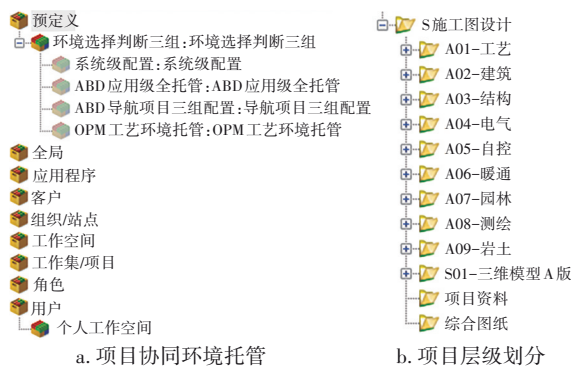


图 10 项目协同

Fig.10 Project collaboration

② 快速建模

利用自定义企业级工作流包含的自主开发建模工具和图库,同时辅以软件原生功能,对项目快速进行三维设计。通过自主开发优化的土建模块插件实现土建三维设计;通过设备管理模块丰富的设备库,实现设备摆放;通过水工艺管道布设工具和污水功能模块各个插件实现管道及设备布设;通过软件原生功能实现电气、暖通等专业三维设计。图 11 为创建的预处理间三维模型。

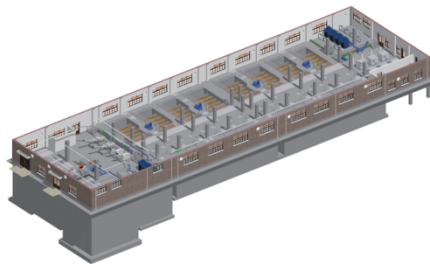
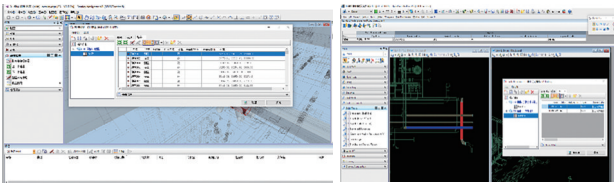


图 11 预处理间三维模型

Fig.11 3D model of pretreatment room

③ 三维审查与碰撞检测

本工程管线复杂、项目改造不确定因素多,应用轻量化模型进行沉浸式漫游查看,使业主能够更准确地理解设计意图,提高审查和决策效率,设计人员也可直观地发现图纸中的错、漏、碰、缺与专业间的冲突,提前发现设计问题,减少后期设计变更(见图 12)。本项目通过 OPM 软件以及 Navigator 软件实现模型的碰撞检查:用 OPM 软件自带的碰撞检查功能进行工艺模型的专业内检查;用 Navigator 软件设置参照文件显隐性、图层可见性检查各单体构筑物设计细节,并进行专业间碰撞检查。部分三维碰撞检查案例见表 1。



a. Navigator 三维审查 b. OPM 工艺模型碰撞检查

图 12 三维审查与碰撞检测

Fig.12 3D review and collision detection

表 1 部分三维碰撞检查案例

Tab.1 Partial 3D collision inspection cases

冲突示意图	冲突描述
	冲突名称:冲突 01 冲突描述:贴壁闸门与池壁碰撞 处理意见:可忽略
	冲突名称:冲突 10 冲突描述:管道与底板碰撞 处理意见:需处理
	冲突名称:冲突 11 冲突描述:阀门与栏杆碰撞 处理意见:需处理
	冲突名称:冲突 15 冲突描述:格栅设备与池壁碰撞 处理意见:需处理
	冲突名称:冲突 31 冲突描述:轴流风机与预留孔洞碰撞 处理意见:需处理

④ 材料统计

在 OBD 软件上统计土建、门窗及赋予 DG(Data Group)的工艺和暖通专业管道和设备,在 OPM 软件上统计带有软件属性的设备及电气材料表,为施工成本管理提供可靠的数据支持,图 13 为导出的部分材料统计表。

a. 暖通风管工程量统计表

A	B	C	D
名称	管径(mm)	长度(mm)	MEP 系统
工艺—管线.S	920	24	放空排水
工艺—管线.S	920	569	放空排水
工艺—管线.S	920	811	放空排水
工艺—管线.S	920	1 486	放空排水
工艺—管线.S	920	2 570	放空排水
工艺—管线.S	920	41 398	放空排水
总长		46 858	

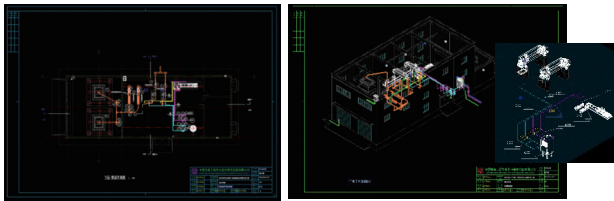
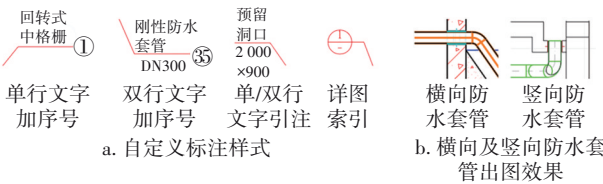
b. 水工艺管道工程量统计表

图 13 材料明细表

Fig.13 Bill of materials

⑤ 二维出图与三维轴测图出图

对模型进行剖切,并对二维图显示样式进行修改,在三维模型中可继续调整出图范围及深度,相应二维图纸会自动更新。用自定义的标注样式对图纸进行标注,添加图框后导出 . dwg 文件,导入 CAD 软件继续进行简单修改,即可满足施工图深度出图要求。利用剖切工具对三维模型剖切,还可生成三维轴测图,自定义标注样式、二维出图、三维轴测图及系统图出图效果如图 14 所示。



c. 脱水机房下层管道平面布置图 d. 脱水机房三维轴测图及系统图

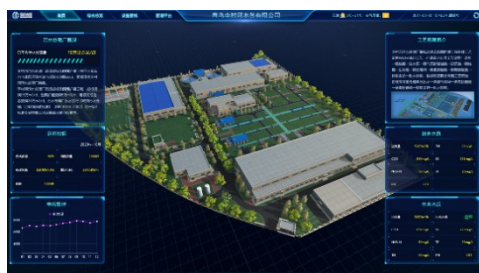
图 14 二维出图与三维轴测图出图

Fig.14 2D drawing and 3D axonometric drawing

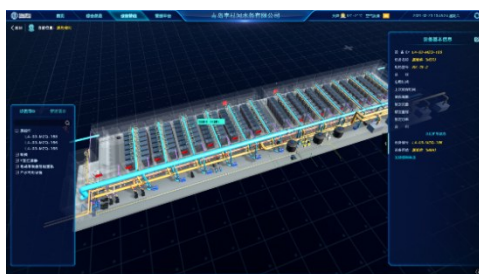
⑥ “BIM+”智慧运维平台应用

由于项目主要工艺设施集中在地下箱体体内,日常运维管理难度大,基于此,公司自主开发了李村河智慧运营平台,平台首页见图 15。基于自主开发的 IDAttachment 编码插件,对三维模型设备及管道

进行快速编码,实现污水厂设备、管道“一物一码”,借此在设备资产全生命周期BIM可视化管理平台上依据编码快速准确定位,实现设备管线基本信息完全图形化查阅及关联信息相互共享,从而实现污水厂信息化管理。图15(b)为设备资产管理效果图,设备管理系统支持设备总览、位置台账、设备台账、故障管理、保养管理、维修管理、仓库管理、采购管理、安全管理、报警管理等功能,通过该平台可快速提高设备资产管理效率,大大提高了污水厂日常运维管理效率。



a. 李村河污水厂智慧平台首页



b. 设备资产管理

图15 智慧平台首页及设备资产管理效果图

Fig.15 Rendering of smart platform home page and equipment asset management

4 结语

李村河污水处理厂改造提标及四期扩建工程主要处理单元采用全地下单层覆盖建设模式,隐蔽性强,空间管线错综复杂,通过应用BIM技术,一定程度上解决了上述难点。

设计阶段,除了项目协同、三维审查与碰撞检查、材料统计、二维三维出图等常规BIM技术应用

外,还通过开发手段形成完善的污水厂图库、图库管理工具及建模工具库,提高污水厂三维设计效率;施工阶段,通过BIM模型快速传递设计理念,辅助施工现场布置,实现精细化管理;用自主开发编码插件弥补平台空白,并以此为媒介推动“BIM+智慧平台”在该项目的应用,实现资产高效运维,拓展BIM技术应用价值。

参考文献:

- [1] 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 the collaborative application of BIM and GIS in design of sewage treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(20): 66-70 (in Chinese).
- [2] 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).
- [3] 李璐, 潘名宾, 龙程理, 等. 全过程应用BIM技术的改良AAO工艺大型污水厂的设计[J]. 中国给水排水, 2020, 36(12): 101-105.
LI Lu, PAN Mingbin, LONG Chengli, et al. Design of large scale wastewater plant with improved AAO process using BIM technology in the whole process [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(12): 101-105 (in Chinese).

作者简介:李文秋(1968—),男,河北邯郸人,本科,高级工程师,主要从事市政给排水工程设计与管理工作,先后主持完成多项国内具有行业影响力的大型给排水工程设计。

E-mail:liwenqiu94@cemi.com.cn

收稿日期:2022-09-11

修回日期:2022-10-15

(编辑:孔红春)