

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.08.040

# 污泥处理厂站 BIM 正向设计应用

李思博

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

**摘要:**以石洞口污水处理厂污泥处理二期工程为例,针对污泥处理系统复杂、设备管线众多、臭气排放标准高等设计痛点,开展了 BIM 正向设计。项目设计过程围绕着提高设计综合效率、提升设计精度开展,最终形成经过 BIM 技术分析校验和承载正确设计信息的设计成果作为交付物。设计结果表明,运用 BIM 仿真分析软件可以进行复杂、高精度的仿真分析,BIM 正向设计路线适用于污泥处理厂站工程设计,并可为设计校验优化提供精准、量化的决策依据。

**关键词:** BIM 技术;市政设计;污泥干化焚烧;正向设计

**中图分类号:** TU992

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)08-0161-04

## 0 引言

随着“水十条”的颁布,我国迎来了污泥处理处置工程的建设高峰期,特别是污泥干化焚烧工程已成为我国当前污泥处理的主要发展方向。从发展阶段来看,我国的污泥干化起步较晚,尚未形成可靠成熟的设计依据和经验,而 BIM 技术在污泥处理厂站工程设计的应用还处于初步阶段。与市政水务工程中传统污水处理厂类型项目不同,市政污泥干化焚烧项目是由排水工程、热能工程和环境工程组成的复合型跨行业工程,系统复杂、设备及管道数量大、空间布置难度大、设计协调过程繁复,需要通过三维设计实现高效、准确、精细化。提高工程综合设计质量与效率,三维设计手段必不可少<sup>[1-3]</sup>。

本文以上海石洞口污水处理厂污泥处理二期工程为例,采用 AutoCAD Plant3D(简称 AP3D)和 Autodesk Revit 作为三维设计工具,建立 BIM 污泥处理正向设计工作流程,合理有效地组织 BIM 设计全面开展,为污泥处理厂站工程设计与 BIM 技术的紧密结合提供科学合理的解决方案。

## 1 污泥处理厂站设计痛点分析

污泥干化焚烧系统复杂,介质种类多,工程涉及子系统 10 余个,主要设备包括余热锅炉、污泥焚烧炉、湿式洗涤塔、布袋除尘器、污泥干燥机、污泥切割机 etc 等数百余套,接口杂、体积大。车间内管道包含有

废气、烟气、蒸汽、输灰、压缩空气、臭气、防排烟、天然气、给排水、强弱电等,安装总长度几十千米。工程要将众多设备、错综复杂的管线高度集约地布置在有限空间的车间内,并完成钢平台的设计来满足运行和检修的要求,设计难度很大。传统的二维制图方法无法快速有效地表达错综复杂的空间三维关系,不仅制图表达困难,且错漏碰缺难以避免,无法满足大型污泥处理项目的设计需求。

污泥干化焚烧处理中会产生大量的臭气,且臭气排放标准要求严格,采用经验预测的方式取得的预测结果偏差大,无法达到项目要求的设计精度,原本的设计方式已无法解决这个问题。污泥散发出来的臭气会对周边环境产生较大影响,而收集处理成本不菲。从源头进行精准有效的臭气收集,且不收集大量的多余空气是项目面临的设计挑战。

## 2 BIM 正向设计优势

通过对污泥处理多专业协作模式进行调研分析,以工程需求为导向,围绕着提高综合设计效率和提升设计精度,规划务实的基于 BIM 技术的污泥处理正向设计流程;通过多专业 BIM 模型的建立,准确、真实地表达工程建设内容,高效地进行不同系统间设备、管线的布局设计,解决同专业内及不同专业间的错漏碰缺;通过精细化的三维设计手段,提高工程设计质量,并为 BIM 应用提供数字底座;与此同时,运用仿真分析软件对 BIM 正向设计成果进行复杂、高精度的仿真模拟分析,为设计校验优化提供高效、精准、量化的决策依据,这些都体现了 BIM 技术在设

收稿日期: 2023-04-23

作者简介: 李思博(1990—),女,硕士,工程师,主要从事市政水务工程设计工作。

计阶段不可替代的应用价值<sup>[4-6]</sup>。

### 3 污泥处理厂站 BIM 正向设计应用

#### 3.1 项目概况

上海石洞口污水处理厂污泥处理二期工程位于上海市宝山区老蕴川路西侧,石洞口污水厂内。新建污泥脱水、干化、焚烧、烟气处理及相关配套设施,接收来自于石洞口污水处理厂和泰和污水厂产生的污泥。项目积极响应国家“水十条”相关规定,深入贯彻上海市环保行动计划,建设规模为 128 t 干泥 /d。经处理的污泥达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002),焚烧产生的烟气排放执行《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》(DB 31/768—2013)。

本工程采用外接半干污泥及单独焚烧的工艺技术路线,确保污泥得到妥善处理。石洞口污水处理厂的污泥经脱水单元处理后与来自泰和污水厂的污泥混合,然后采用鼓泡式流化床焚烧工艺焚烧,产生的

烟气经组合式处理后排入大气。焚烧炉渣、飞灰等废物送出进行填埋处置,余热锅炉产生的蒸汽用作除氧器、污泥干化的热源<sup>[1-2]</sup>。

本工程自 2018 年 4 月开工建设,2019 年 12 月实现全流程贯通点火,并于 2020 年 12 月通过环保验收,现已正式投产运行。本工程是上海市政府在“十三五”期间促进环保事业发展的重点工程,也是国内首个实现污水厂和污泥工程协同利用污泥焚烧余热的大型污泥处理工程。

#### 3.2 BIM 正向设计工作流程

选用 AutoCAD Plant3D (简称 AP3D) 和 Autodesk Revit 作为主要设计工具,充分发挥软件平台的不同优势,应对专业的设计需求<sup>[3,7]</sup>。以 BIM 技术为依托,在初步设计、PID 设计、深化设计阶段中,发挥多专业协同、信息共享的优势,开展以经过 BIM 技术分析校验的设计成果和承载正确设计信息的 BIM 模型为设计交付物的 BIM 正向设计应用。BIM 正向设计流程如图 1 所示。



图 1 BIM 正向设计流程

本工程 BIM 正向设计流程不片面强调图纸和模型的先后关系,也不片面强调全三维设计工具,而是关注于图模的数据交互,关注于设计的交付物(图纸、模型)是否经过 BIM 工具校验承载正确的信息。

#### 3.3 初步设计

根据污泥工程的特点及管道、阀门标准等级要求,编制工程管道、阀门元件等级库。在确定项目基点后,专业设计人员在 Revit 中完成土建模型初步设计(见图 2),确定柱网、主体结构框架,在 AP3D 中完成设备模型初步设计,如图 3 所示。

#### 3.4 PID 设计

在 AP3D 中根据中标设备商的提资及其他相关资料,绘制 PID 图纸(见图 4),明确全部有位号设备、工艺物料管道与配件、配套仪表控制设施及其对应标示等。相关管道、设备、仪控设施位号由三维模

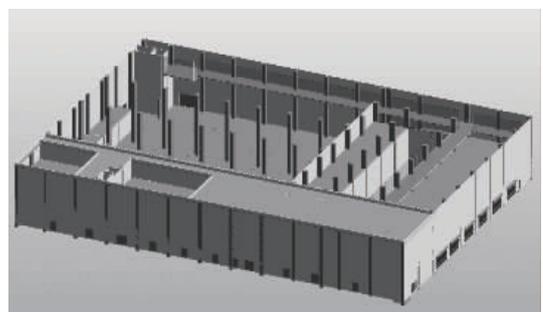


图 2 土建初步设计模型

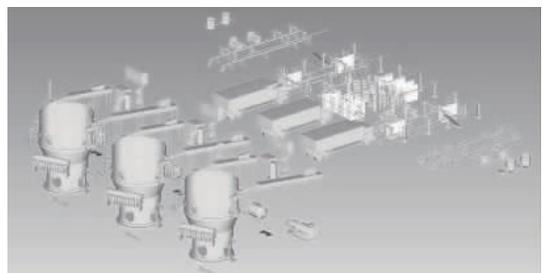


图 3 设备初步设计模型

型中的对应元件继承。

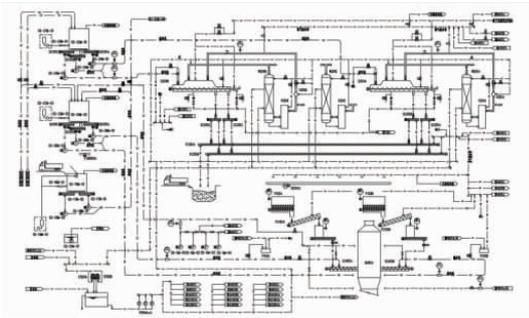


图4 项目PID设计图

### 3.5 深化设计

#### 3.5.1 BIM 模型深化

根据完整的设备资料,深化设备模型设计,补充接口数据等,利用深化设计的模型完成设备布置,满足工艺运行及检修等要求。同时进行设备钢平台BIM设计、建筑结构模型深化设计。BIM深化设计模型如图5所示。

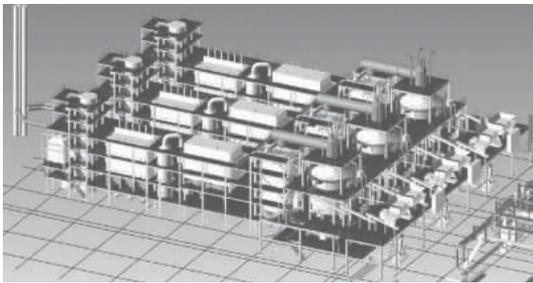


图5 BIM深化设计模型

#### 3.5.2 管综分析

污泥处理处置项目中管线错综复杂,除包括蒸汽、烟气、输灰、废气、压缩空气等工艺管线,还存在强电、弱电、通风空调、防排烟等暖通电气系统管线,管线的排布设计既影响着污泥处理过程中设备的效能与安全,也影响着检修空间、室内净高等许多方面。

建筑、结构、工艺、电气、自控等多专业完成的设计深化模型在 Naviswork 中利用 crash detective 功能进行碰撞检查,可进行单专业或多专业间管线综合分析,碰撞分析结果如图6所示。检查结果可生成报告,报告中每一条记录均可定位到对应问题位置,进行复核调整<sup>[1-2,8]</sup>。利用三维设计成果进行管线综合分析可直观便捷地校验设计成果,提高设计质量。

#### 3.5.3 仿真漫游

借助 Fuzor 等软件进行虚拟仿真漫游,对室外厂区及车间内部布置进行浏览、检查,可以提前挖掘出设计过程中遗漏的隐患,优化工程设计。仿真漫游用于可视化交底,指导参建方更好地理解设计成果。虚拟仿真漫游示意如图7所示。

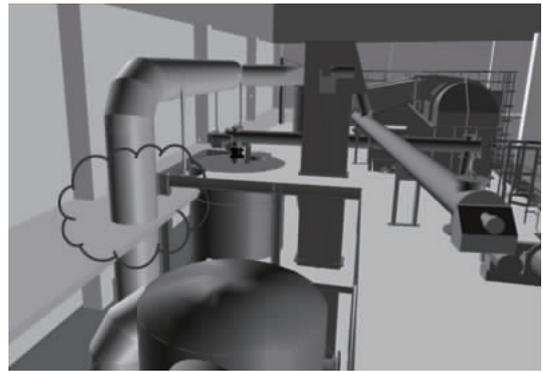


图6 碰撞问题

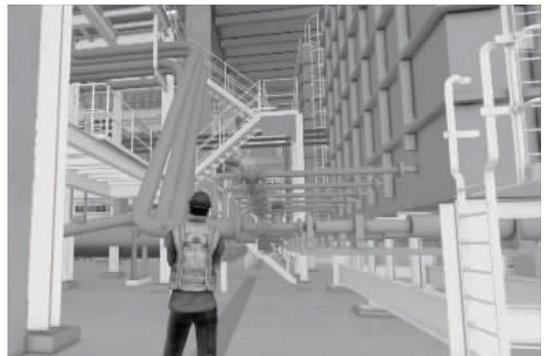


图7 虚拟仿真漫游示意图

### 3.6 臭气仿真分析

在工程中采用 CFD 仿真分析工具结合车间的三维模型如图8所示,进行 BIM+ 臭气仿真分析以解决臭气排放问题。



图8 污泥焚烧车间三维模型

依照源头控制、高效收集的原则,在三维正向设计模型中布置臭气收集系统,并将模型中各系统收集风口属性导入 CFD 气流模拟计算软件中作为边界条件,对收集区域的空间气体流速分布(见图9)、压力分布及空气龄等参数开展仿真数值模拟计算。

根据计算结果,对流速场、浓度场及空气龄分布效果不理想的区域,调整收集风口布置、风口风量,对收集系统的气流组织效果进行优化。经过几轮迭代优化后,得到收集区域气流组织及系统布置的最优方案。同时,结合后端高效的处理设施,实现臭气的有效控制,在污泥妥善处理的同时将其对环境的

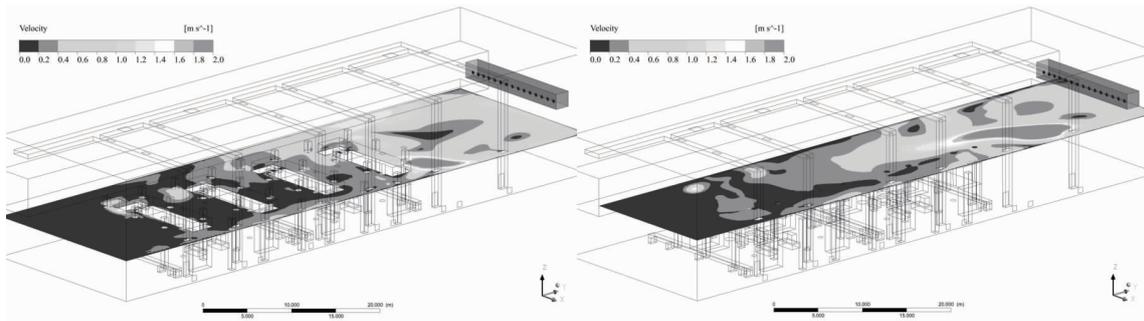


图 9 速度分布云图

影响降至最低。

采用臭气仿真分析解决了经验预测准确率低等难题,提高了项目设计精度,降低了运行收集成本。

### 3.7 成果输出

经过复核校验的模型利用 AP3D 中的图纸生成功能,形成了选定区域的平立剖面二维图纸。生成的 ISO 单管轴测图如图 10 所示,这些图纸可用于加工安装等用途。

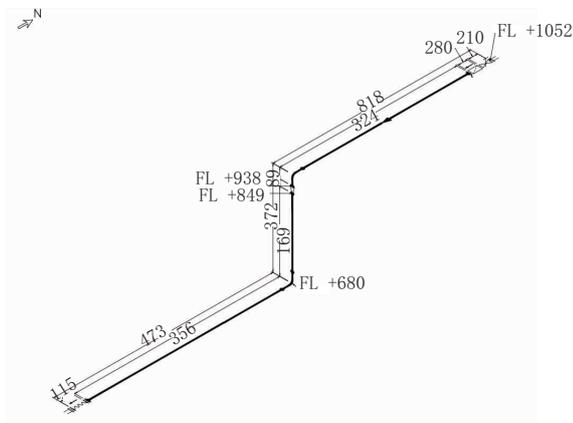


图 10 ISO 管道轴测图(单位:mm)

AP3D 中基于自主研发的 SMEDI-UDBIM 管道材料清单模块,自动生成图纸对应的材料清单(BOM表),并自动标注对应的管配件。设计模型发生修改时,管道材料清单可同步联动更新,避免遗漏。

## 4 结语

本文介绍了在污泥处理厂站工程中的 BIM 正向设计应用方案,形成了适用于污泥处理厂站工程的 BIM 技术应用框架。

通过多专业协同 BIM 正向设计,直观准确地表达了有限空间内复杂系统的空间布局设计,通过精细化设计手段,提升了设计质量。高质量的 BIM 设计模型为应用 BIM 技术进行性能模拟分析提供了数据基础,基于 BIM 设计成果的臭气仿真分析计算为工程提供了精准、可量化的决策依据。

在污泥处理厂站工程 BIM 正向设计应用实践基础上,后续可探索在建设、运维阶段开展多方位的数字化、智慧化的管理应用,使 BIM 数字底座实现更多价值。

### 参考文献:

- [1] 胡维杰,周友飞,陈汝超,等.石洞口污水处理厂污泥干化焚烧二期工程工艺要点解析[J].中国给水排水,2019,35(16):41-47.
- [2] 张辰,段妮娜,张莹,等.污水处理厂污泥独立焚烧工艺路线及适用性解析[J].给水排水,2021,47(1):41-48.
- [3] 张鹏飞.AutoCAD Plant3D 软件在市政污泥干化焚烧项目设计中的应用[J].建筑工程技术与设计,2019(11):249-250.
- [4] 徐腾飞.污泥焚烧厂房中典型区域通风设计分析[J].建筑热能通风空调,2021,40(4):85-87.
- [5] 曹国建.全地下式污水处理厂通风系统节能优化研究[J].节能与环保,2020(4):67-69.
- [6] 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[C]//第九届龙图杯全国 BIM 大赛获奖工程应用文集.北京:第九届“龙图杯”全国 BIM 大赛,2020:21-27.
- [7] 万秀华.对外工程项目中三维工厂设计软件的应用[J].油气田地面工程,2007,26(1):45-47.
- [8] 欧阳于蓝,孙亚全,杨明.Revit 在污水处理厂管线综合设计中的应用[J].市政技术,2020,38(4):211-213.