

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.14.010

# 污水处理厂通水调试 BIM 可视化仿真系统应用

张引玉

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

**摘 要:** 随着污水处理厂建设理念的发展和提质增效的要求提升,越来越多的新建污水处理厂采用全封闭式或全地下式、集约式设计,导致污水厂空间布局受限,而工艺流程却越来越复杂,给建成后的通水调试和运行带来了巨大的挑战。介绍了一种基于建筑信息模型(BIM)的可视化虚拟仿真技术,以交互式动画的形式逼真地演示污水厂通水调试流程,对现场施工和调试作业人员准确地理解和掌握调试方案有极大的帮助。基于上海某污水处理厂工程实际案例,以 BIM 技术为可视化基础,以 Unity3D 软件为开发平台,针对通水调试方案的全过程开发了污水厂调试可视化仿真系统。

**关键词:** BIM; 工程可视化; Unity3D; 通水调试

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)14-0069-04

## Application of BIM Visualized Simulation System in Water Commissioning of Sewage Treatment Plant

ZHANG Yin-yu

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract:** With the development of sewage treatment plant construction concept and the improvement of quality and efficiency requirements, totally enclosed or fully underground and intensive designs are adopted by an increasing number of newly-built sewage treatment plants. The practice leads to limited space layout of sewage treatment plants and complex process, which brings great challenges to water commissioning and operation after completion. A visualized virtual simulation technology based on BIM was proposed, which demonstrated the process of sewage treatment plant commissioning vividly in the form of interactive animation. The technology was very helpful for field construction and commissioning workers to understand and master the commissioning scheme accurately. Based on BIM technology and Unity3D software, a water commissioning visualized simulation system of a sewage treatment plant project in Shanghai was developed for the whole water commissioning scheme.

**Key words:** BIM; project visualization; Unity3D; water commissioning

随着污水处理厂建设理念的发展和提质增效的要求提升,越来越多的新建污水处理厂采用全封闭式或全地下式、集约式设计<sup>[1]</sup>,导致污水厂空间布局受限,而工艺流程却越来越复杂,给建成后的通水调试和试运行带来了巨大的挑战。通水调试作为污水厂建设阶段最后的工作,对污水厂是否能按时交付运营具有重要的影响。笔者基于 BIM 模型可视

化的优势,结合 Unity3D 游戏引擎技术的开发,实现基于 BIM 的调试可视化仿真系统开发,为项目各方在调试阶段进行指导和培训,从而提高调试工作的效率。

### 1 项目概况

上海某新建污水处理厂位于宝山区,建设规模为  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,出水水质执行《城镇污水处理厂污

染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,其中氨氮和总磷指标执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类水标准。污水厂采用全地下式,一体化箱体尺寸为 349 m × 349 m,顶标高 5.5 m,高出周边道路标高 1 m,箱体室内操作层标高 -1.0 m,结构最深至地下 18.5 m。污水厂的主要生产活动均在地下封闭空间内进行,顶部建设为对外开放的公共绿地公园,项目用地概况见图 1。

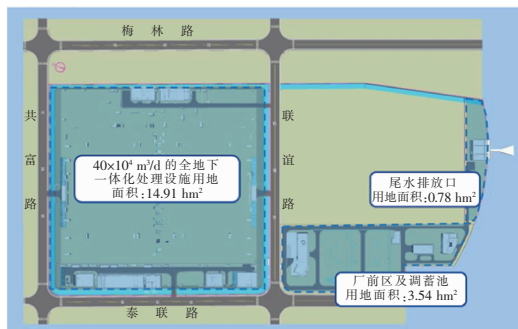


图 1 项目概况

Fig. 1 Project overview

## 2 调试目标

超大规模全地下污水厂的设计、建设和运维控制管理的难度非同一般,由于集约化设计理念带来的构筑物进出水方式以及设备运行方式与传统分散式污水厂极大不同,给调试工作带来较大难度。污水厂调试可视化仿真系统可帮助施工人员在调试阶段快速熟悉水流走向和设备运行顺序,也有助于运行人员理解污水厂运行工况,为正式投产后的运行管理提供有效技术储备。

## 3 污水厂调试过程可视化仿真系统

### 3.1 污水厂可视化仿真系统概况

工程可视化仿真技术是在工程研究中结合应用计算机可视化技术和系统建模技术的一种新型三维仿真技术<sup>[2-4]</sup>,系统基于工程可视化仿真技术生成,结合 BIM 模型、Unity3D 脚本处理以及污水厂调试大纲,利用脚本对涉及调试的 BIM 模型构件进行动作操控,实现对污水厂中每个构筑物在调试阶段的可视化仿真。通过对调试过程中水流走向的模拟展示、相关设备的工况演示以及调试阶段各项数据的监测汇总,整合调试前、调试中的设计和现场成果,形成完整的污水厂调试可视化仿真系统。

### 3.2 系统关键技术

#### ① 脚本运行

采用脚本控制 BIM 模型构件的动作、状态的变化和场景的切换,根据仿真需求进行开发,程序可读性强,由于继承的存在,即使需求改变,改进也只是在局部模块,易于维护和扩展,无需重复生成或渲染。

通过读取对应按钮的数值控制对应摄像机的位置,变换视野范围,从不同视角查看模型细节。污水厂规模较大,在 Unity3D 中预设多个 Scene,其中加载不同单体模型,用户点选操作后,脚本会获取用户操作内容打开对应的 Scene,提升整个系统的运行速率。场景切换的控制脚本见图 2。



图 2 脚本控制场景切换

Fig. 2 Script control scene switching

对管道中的水流流向选用箭头示意的方式,更加清晰直观。箭头的生成采用脚本控制移动速度、Line Renderer 模块控制移动方向的方式,在系统开发的过程中出现调试方案变化、管道设计变更等情况时也能迅速响应、完成修改。管道污水流向的表达如图 3 所示。

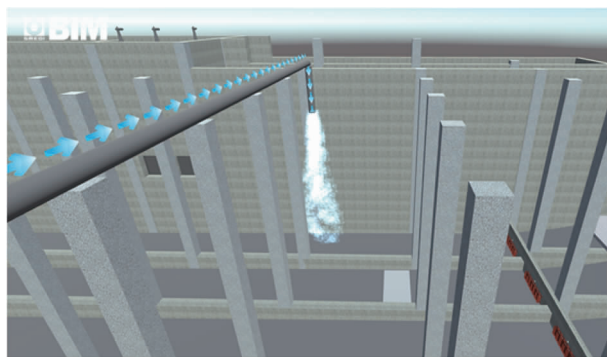


图 3 管道污水流向示意

Fig. 3 Diagram of sewage flow direction in pipeline

#### ② 模型优化

在对 BIM 模型进行减面处理后,通过建立模型 Prefab 文件,利用脚本动态加载 BIM 模型。同时采用一镜到底的方式,在保证既定路线漫游时画面连续性的同时,控制相机位置与场景中出现的模型面

片数,提升系统运行的效率。

### 3.3 应用场景

#### ① 复杂工况运行指导

污水厂调试工艺流程复杂,利用传统 2D 图纸很难描述,从而带来技术沟通上的不便。通过 BIM 模型的可视化优势,并结合 Unity3D 游戏引擎技术的开发,用户只要通过简单操作,即可了解和掌握各单体的调试步骤,更简单清晰地了解调试过程。

为解决现状系统雨天约 93% 场次截流初雨和合流水溢流、避免系统溢流排江的问题,某污水厂新建 15 m<sup>3</sup> 的调蓄池。新建调蓄池采用全地下式的布置形式,进出水同渠道,均采用重力进水和水泵提升进水相结合的方式,同时需与污水厂运行水位密切配合,通过开闭不同部位的闸门形成 7 种不同运行工况,工况的复杂给调试过程带来了极大不便。

针对调蓄池的调试运行工况,在系统中提供较为明晰的解决方案。在图纸研究、实地调研之后,将每种工况需呈现的关键画面和具体操作内容汇总成通水调试方案分镜脚本,成为 BIM 可视化仿真系统开发的基础。将调蓄池通水调试中的出水工况进行了逐步分解(见图 4),系统会在关键画面出现时配以文字内容解释当前操作,帮助现场调试人员更好地理解复杂工况。

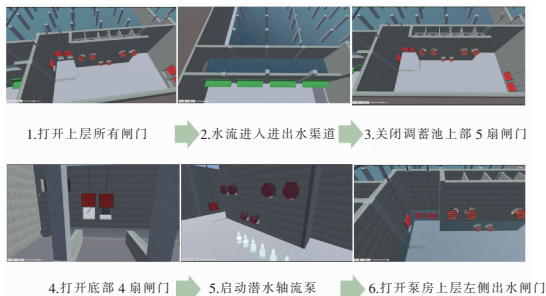


图 4 调蓄池调试出水工况

Fig.4 Operation cases of commissioning in the storage tank

系统通过 Particle System 对水流的喷射张角、方向、速度等参数进行控制,模拟通水调试过程的重力流效果(见图 5),粒子效果模拟和水位上涨同步进行,更符合用户认知习惯。在调试的过程中涉及很多设备的调试,地下厂结构复杂,很多设备被结构物遮挡,难以找到。利用脚本控制设备高亮显示,设备位置一目了然,在明确调试工作流程的同时也能对全厂设备方位有清晰的认识,如图 6 所示。

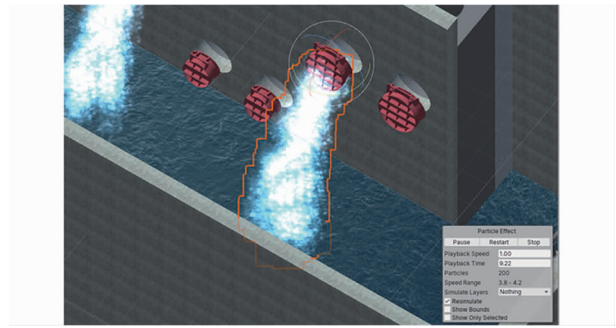


图 5 粒子效果模拟水重力流

Fig.5 Particle effect simulation of water gravity flow

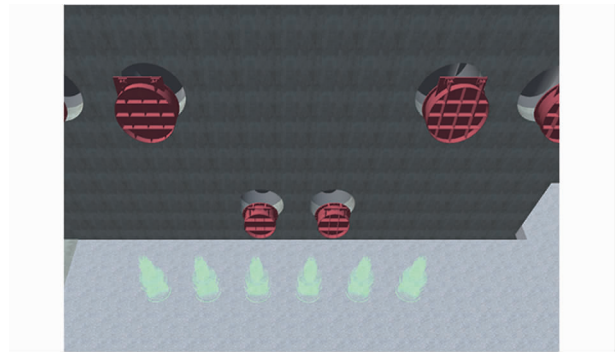


图 6 高亮显示潜水轴流泵

Fig.6 Highlight submersible axial flow pump

#### ② 工艺流程跟踪观察

系统采用交互式漫游与自动寻路漫游相结合的方式,给用户提供不同的浏览选择。用户既可以按照既定调试过程跟踪观察完整流程,也可在某一特定位置通过鼠标、键盘输入进行灵活自由地查看,在保证系统交互性的同时,提高了用户的漫游效率。

在自动寻路漫游过程中,系统采用一镜到底的方式提供完整的调试过程跟踪观察流程(见图 7),用户可以从宏观、微观不同视角了解通水调试的全过程,跟随水流的走向,了解全厂工艺流程。如图 7 所示,随着水面的上涨、水流的滴落,镜头也会慢慢推移向前,进入下一个单体。

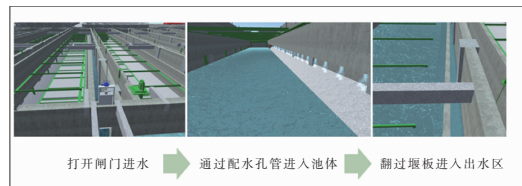


图 7 一镜到底跟踪观察二沉池水流走向

Fig.7 Tracking and observing the water flow through the secondary sedimentation tank



## 4 系统成果

通水调试可视化交互系统共分为三个模块,包括清水调试、污水调试和运行指导,系统首页见图 8。清水调试模块逐步展示各单体的进、出水流程,界面见图 9;污水调试模块展示污泥投放过程和出水水质的监测数据,监测数据界面见图 10;运行指导模块针对工况复杂的单体进行运行工况的展示。



图 8 通水调试可视化仿真系统首页

Fig. 8 Homepage of sewage plant commissioning visualized simulation system

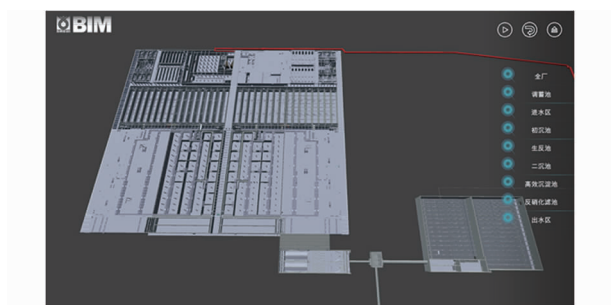


图 9 通水调试可视化仿真系统清水调试界面

Fig. 9 Clean water commissioning page of commissioning visualized simulation system

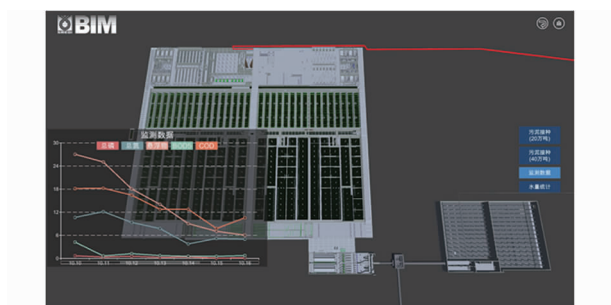


图 10 通水调试可视化仿真系统污水调试监测数据界面

Fig. 10 Data monitoring page of commissioning visualized simulation system

## 5 结语

BIM 技术能够在污水厂建设的全生命周期中创建与维护各单体及其内部设备产品的数字信息,并以此为基础,在调试工作进行之前对全厂调试情况进行可视化仿真交底,运用计算机图形学和图像处理技术,将工程数据转换为图形或图像展示出来,以此来对真实世界中的复杂工程进行虚拟再现,从而模拟出工程中可能出现的各种现象,更加直观地帮助作业人员明确调试工作内容和流程,提高调试工作的效率和安全性,这也是 BIM 技术在污水处理工程中的全生命周期应用的拓展延伸,提高了 BIM 技术应用的实用性和落地性。

## 参考文献:

- [1] 邱维. 地下污水处理厂的适应性探讨[J]. 中国给水排水, 2017, 33(8): 26-31.
- QIU Wei. Adaptability of underground wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(8): 26-31 (in Chinese).
- [2] 苗倩. 基于 BIM 技术的水利水电工程施工可视化仿真研究[D]. 天津: 天津大学, 2011.
- MIAO Qian. Study on Visualization Simulation of Hydraulic Engineering Construction Based on BIM[D]. Tianjin: Tianjin University, 2011 (in Chinese).
- [3] 孙国勇, 刘浙. 工程可视化仿真技术应用和发展[J]. 计算机仿真, 2006, 23(1): 176-180.
- SUN Guoyong, LIU Zhe. Application and development of engineering visual simulation[J]. Computer Simulation, 2006, 23(1): 176-180 (in Chinese).
- [4] 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: 张引玉(1994-), 女, 江苏盐城人, 硕士, BIM 工程师, 从事市政工程数字化、可视化工作。

E-mail: zhangyinyu@smedi.com

收稿日期: 2020-05-12

修回日期: 2020-05-25

(编辑: 孔红春)