

基于数字孪生的餐厨废弃物处置智慧化运维系统应用研究

胥仁栋

华昕设计集团有限公司 江苏无锡 214000

摘要:智慧运维系统以数字化、信息化为基础,通过数字孪生底座结合大数据、物联网技术、GIS等相关技术建设数据集成和运营管理一体化的智慧运维平台,使传统的餐厨废弃物处置工作向可视化、平台化、智慧化、绿色低碳的方向发展。将为餐厨废弃物处置带来新的管理方式,使得厂区的运维工作更便捷、更智慧、更经济,基于数字孪生的智慧化运维平台是餐厨废弃物处置厂区数字化转型的新方向,并在无锡市惠联餐厨项目中应用。

关键词:智慧运维;数字孪生;BIM

引言

目前国内餐厨废弃物处置厂的运行维护主要通过各孤立的系统进行运维工作,依托于人工的传统模式面临系统繁杂、数字化程度低、智能化程度低等问题,缺乏一个统一的运维平台来实现将传统运维模式转变至智慧化运维的现状。随着国家大力倡导社会经济发展全面绿色转型,中国环保产业、循环经济成阶梯式发展。^[1]智慧城市理念越来越普及大数据、物联网、数字孪生等新型技术在运维系统中的应用也越来越广泛。因此应运而生了一系列的智慧化运维系统,但目前智慧运维系统的设计中仍存在数据共享困难、资源浪费、功能应用分散等问题导致系统应用不够理想。所以为解决这一系列的问题,通过数字孪生技术将物理空间与数字空间统一,建立能承载餐厨废弃物处置厂运行维护数据的孪生底座来解决相关的问题。^[2]而BIM技术在设计、施工阶段中的应用已从早期的辅助工具发展为行业数字化转型的核心驱动力,作为重要交付成果,在运维阶段同样具备重要的应用价值。区别于传统的数字孪生技术,基于BIM技术的数字孪生具备更精确的三维几何信息、更全面的数据集成、更强的数据标准兼容、更丰富系统集成能力。

本文从餐厨废弃物处置厂运维需求出发结合无锡市惠联餐厨垃圾处理智慧运维项目建设实践,分析如何运用BIM技术构建具备数字孪生能力的智慧化运维平台,并阐述相关应用功能及价值。

1 平台需求分析

1.1 高效管理需要

人员身份权限鉴别难:餐厨废弃物处置厂区内的人员

组成复杂多样主要有:员工、访客、保洁、安保、物流等不同人群,活动区域不固定,在厂区内流畅性强而厂区内存在多个危险区域一旦闯入后果严重,管理工作开展困难。

车辆行车不规范:厂区内部的车流量大,车辆的组成类型复杂,如:垃圾清运、通勤、危化等专用车辆行驶、停放等不规范的情况时有发生,存在较大的交通安全风险,缺乏有效的全方位实时监控及高警的过程。

系统间信息未联动:餐厨废弃物处置厂区已有的生产SCARD系统、监控系统、门禁系统、报警系统、停车场系统、周界系统等多个子系统之间缺乏信息联动、数据标准不统一,使用不方便且管理效率低下,对报警预警处置不及时,无闭环,缺乏数据联动的过程。

1.2 优化生产的需要

餐厨废弃物处置厂生产工艺复杂目前厂区仅依赖SCARD系统对现有生产实现了数据查看、部分设备远端控制的基础功能,无法支撑起对工艺数据的集中统计分析指导生产更不具备指标预警、告警定位等应用功能;厂区运维工作的开展仍采取线下派单、抄录的方式执行,缺乏平台的统一管理调度;对于生产运营决策中涉及的相关报表则采取人工统计分析的模式对于数据的全面性准确性存在较大的风险;在安防监控方面仅支持视频查看缺乏必要的智能告警功能。

1.3 服务社会的需要

一切生产的目的皆是服务于人民群众、一切安全生产的重视皆是保护人民的财产和生命安全,通过对厂区智慧化数字化的综合管理能够很好的实现安全监管,实现对人民生命和财产安全的保障。

因此需建立具有空间响应能力的智慧化运维平台来切实有效的提升管理、优化生产、保障安全。

2 平台构建

2.1 架构设计

平台设计通过竣工 BIM 模型作为三维基础模型模型实现数字孪生，完成虚拟空间对物理空间的仿真模拟，将餐厨垃圾处置运营的数据接入实现数据映射。本系统总体架构设计主要分为以下五层：

边缘侧：主要包含液位计、流量计、气体监测、监控摄像头、鼓风机等生产设备，将各生产工艺数据、设备运行数据、视频数据通过物联网技术传输至平台侧。

IaaS 层：由服务器、存储、网络、安全服务等基础组成，为餐厨废弃物处置智慧化运维平台提供应用运行基础运行条件。

PaaS 层：主要由数字孪生底座集成大数据、物联网、地理信息等功能为整体平台提供数据治理、物联接入管理、模型管理、视频调用等基础应用，将核心能力以接口调用的形式沉淀到 PaaS 层以便应用功能轻松地集成调用这些能力。

DaaS 层：主要包括设备、安防、工艺、巡检、能耗、养护、维修等数据主题库。通过将生产运营中采集的数据按一定的标准集中存储建立主题库为各场景应用提供数据支撑。

SaaS 层：提供移动、PC 和大屏端应用，通过数据驾驶舱、智慧安防、智慧运维、孪生工厂、报表中心、数据中心等功能对餐厨垃圾处置厂站运维工作起到支撑作用，满足生产人员日常巡检、设备实时监控、工艺生产指标监测以及生产报表的功能需要；为决策层运营策略分析提供重要的数据支撑。



图 1 系统架构图

2.2 数字孪生底座

数字孪生 (Digital Twin) 也被叫作数字双胞胎以及数字镜像等，这项技术第一次被提出可以追溯到 1969 年，在美国的阿波罗计划项目中有提到。在 2003 年 M.W.Grievies 教授在密歇根大学产品生命周期管理相关课程中也提出了数字孪生的相关概念^[3]

。通过数字化的手段构建一个在虚拟世界中一模一样的虚拟映射，借此来实现对物理实体的分析和控制^[4]。通过物理模型、传感器更新、运行维护等数据，实现两个空间之间的数据和信息交换，反映了相对应物理实体空间的全生命

周期过程。本项目孪生底座模型主要由施工阶段交付的 BIM 竣工模型组成，另外还有其他方式，如：无人机拍摄、激光扫描、地图拉伸白模等形成的模型作为补充。厂区的建筑、设备、管线(地上地下)、地下地质、道路、以及各类设施(如监控、消防、电力、环卫、文体、标识等)各类模型组合在一起建立了整体厂区的 3D 信息模型。通过利用 GIS 技术加载厂区 3D 信息模型加载至地理信息地图中实现空间的精准定位。最后将厂区运行的各类数据(生产数据、管理数据、分析数据、工艺数字模型等)与 3D 模型关联起来，实现厂区的运行与管理的三维可视化监管。

对于数据的集成是赋予数字孪生底座实用性的重要步骤,通过利用BIM模型特有的建筑信息模型承载信息的能力,将各构件在设计阶段生成的统一编码发布应用,在施工阶段将该编码作为设备的唯一标识,利用这些编码信息对接各实体产生的数据,即可将虚拟的BIM构建与实体设备进行数字孪生映射,面对厂区生产运行过程中海量数据实现模型与实体自动绑定减少大量人工数据绑定的工作,同时基于模型构件的更新能自动匹配实体,做到孪生空间的数据映射实时更新。

作为本系统的核心部分,数字孪生底座通过数据集成、BIM模型轻量化、可视化、智能分析等功能实现以Web调用的模式为餐厨废弃物处置厂运维系统建设提供全面的孪生应用支持。

3 应用功能建设

惠联餐厨项目建设规模为处理厨余垃圾600吨/日+餐饮垃圾125吨/日。厂区规划占地约70亩,建筑面积约21200平方米,包括预处理区,厌氧产沼区、沼气储存区、污水处理区等。通过本系统建设将提高运行维护管理水平;提升整体监测反应能力;强化信息整合能力实现智慧化运营的目标,从而提升效能降低成本。

3.1 数据驾驶舱

数据驾驶舱基于物联网、大数据分析等信息技术手段;将餐厨废弃物处置厂生产数据、工艺数据、运维数据、能耗数据、安防数据等内容集中呈现。构建了厂区管理运营一体化展示大屏,通过信息的提炼集中呈现,实时反馈厂区整体生产运行情况,一屏总览提高管理效率。数据驾驶舱具体内容如下图2。



图2 数据驾驶舱

3.2 智慧安防

智慧安防模块充分利用5G技术、视频监控、图像分析处理、综合安防技术等技术手段,将监控摄像头、厂区地图与模型通过孪生平台进行绑定,可随时调动视频监控节点,将三维模型视角与监控视角绑定,实时调阅监控视频实现了虚实结合的应用。基于AI图像识别技术支持对各类安全事

件进行订阅,实现人脸识别、车辆识别、隐患识别、危险区域划分等功能,对于车辆乱停、人员闯入、烟雾告警、油污泄漏等风险事件实时告警并通过孪生模型定位提升厂区整体安全水平,降低安全事故发生概率。智慧安防部分功能界面如下图3。

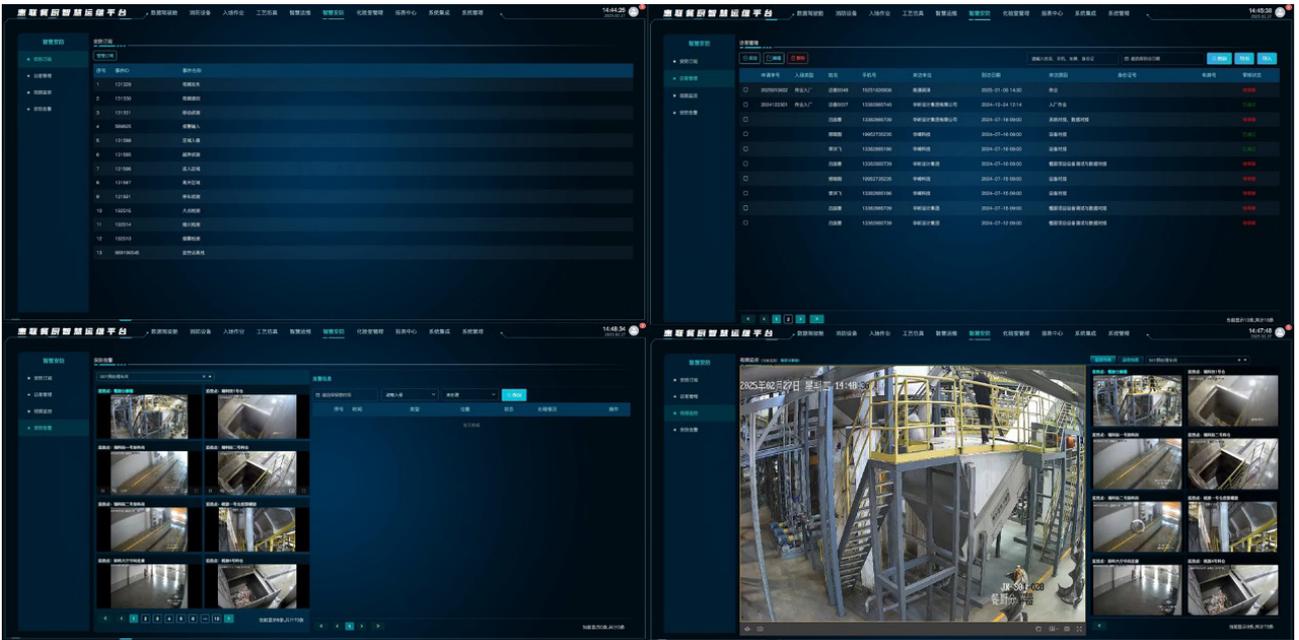


图3 智慧安防

3.3 智慧运维

通过运维设备的 BIM 构件化、NFC、GIS 定位等技术以实现日常运维工作的智慧化管理。系统将设备基础信息、采购信息、工艺指标、实时数据、巡检记录、维修记录等内容与设备进行绑定实现了设备的全生命周期管理。同时利用人

脸识别技术对作业票申报进行管理，将报备人员与作业人员进行入场比对实现对作业人员的资质核验。利用 NFC 技术实现巡检点打卡，并结合 GIS 定位功能实现人员巡检的跟踪管理并与人员巡检计划对比确保巡检作业的有效开展。智慧运维部分功能界面如下图 4。

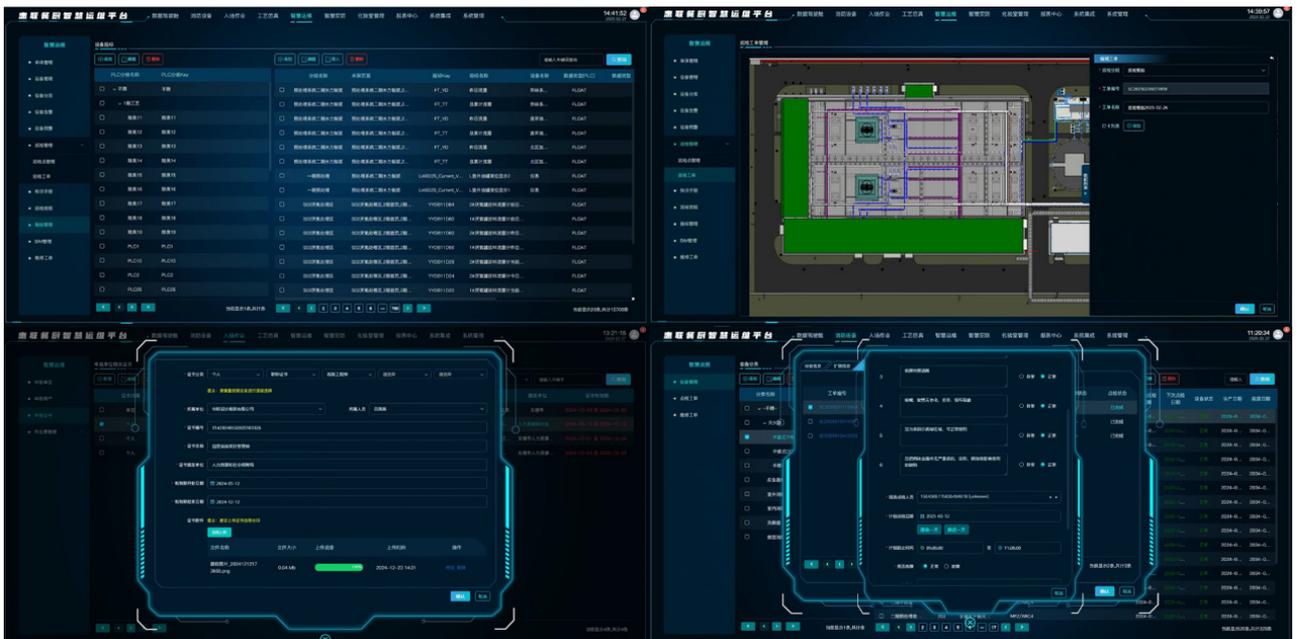


图4 智慧运维

3.4 孪生工厂

基于 BIM 构建的数字孪生工厂区别于一般的数字孪生

技术是具有构建级的应用可将构建利用统一编码绑定运维数据、工艺数据、告警信息等。将零散的信息数字化，通过

孪生底座承载厂区运行产生的海量数据，实现以三维的视角查看厂区信息的综合概览，包括建筑信息、工艺监测信息、工厂安防信息、巡检业务信息、工厂能耗信息、告警信息等，并通过数字孪生底座具备的三维基础应用实现厂区

内部结构查看、管线信息查看、巡检模拟、告警精准定位、事故处置路线规划、三维漫游等功能，方便厂区一键管理及及时处理产生运营的各类问题实现三维可视化运营。孪生工厂部分功能界面如下图5。

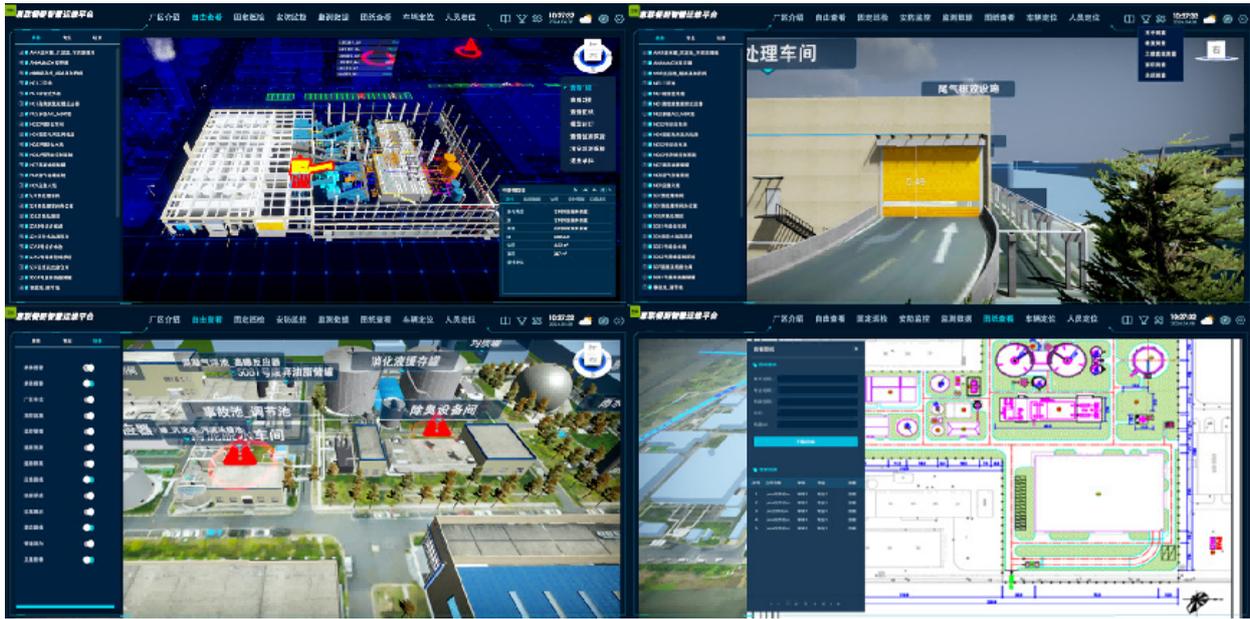


图5 孪生工厂

3.5 报表中心

通过对数据的提取、清理、整合、汇总、呈现来辅助工作人员实现对工艺数据、运维数据、安防数据、能耗数据的采集，并实现实验室信息数据的填写、处理和审批等工作；

同时可以导出各类历史数据如设备启停记、用药数据及生产日报、周报、月报等管理报表，有效的减少人工抄录工作。报表中心部分功能界面如下图6。



图6 报表中心

3.6 数据中心

通过数据中心可一键查看该厂区所有的运行生产数据及历史数据,利用大数据的分析能力来辅助工作人员对工艺流程、厂区运维、厂区安防、节能减排、巡检人效、维修保

养费用等内容进行统计分析按要求生成数据图表,通过图表直观反馈可为生产人员针对工艺参数调整、设备启停优化、供应商评价提供参考数据,为管理决策者提供整体运营策略调整提供决策依据。数据中心部分功能界面如下图7。



图7 数据中心

4 应用价值

4.1 实时远程监控监测,精准预测维保,提高生产效率

在餐厨垃圾处置厂运营过程中,使用数字孪生可以对厂区实时进行远程监控,包括视频三维空间监控、生产数据三维可视化监控、巡检维护三维可视化监控等;同时,基于三维可视化场景,对生产设备和各运行系统进行主动实时监控、故障检测,以便在发生故障之前精准预测并安排维护,从而提高生产效率。

4.2 多维度生产数据积累,精准分析预测,提高运营效率

通过长期的多维度的数据积累,分析生产、工艺、业务的数据信息,形成有价值的大数据;识别餐厨垃圾处置厂生产运营中的问题,从而改进厂区生产的管理流程、工艺生产,甚至建立预测型数学模型;实现管理、生产的优化,提高盈利能力,并形成厂区特有的知识产权。

4.3 统一业务流数据标准,精准关联业务,提高决策效率

传统的餐厨垃圾处置厂大多使用ERP、MES、OA等条块化软件平台,其软件设计思路多为模拟企业的实体业务过程及线下操作的动作,如各种单据、表样、流程等,在数据

上彼此独立,数据一致性、复用性差。基于数字孪生模型,统一数据标准,建立与实体业务相关联的数字化模型,可以大幅提升厂区内企业的整体数字化智能化经营水平,便于管理层及时、精准地了解厂区的生产经营全貌,提高决策效率。

5 结束语

在信息技术发展、企业数字化转型大背景下,餐厨垃圾处理厂的智慧化运维已势在必行^[5]。BIM技术作为设计、施工阶段的重要技术成果,在运维阶段也具备充分运用价值。通过利用BIM技术构建的数字孪生底座,实现了数据的有效集成,打造一体化的智慧运用平台,通过厂区数据驾驶舱、智慧安防、智慧运维、孪生工厂、报表中心、统计分析等应用能有效的实现厂区管理的精细化、优化人员配置、提升管理效率,为厂区运营决策提供了有效的数据支撑。

参考文献:

- [1] 裴莹莹,薛婕,罗宏,等.中国环保产业园区发展模式研究[J].环境与可持续发展,2015,40(6):4.
- [2] 张振刚,卢玉舒,罗泰.数字孪生拓展制造企业价值场景的模式和机制——基于双案例的探索性研究[J].科研

管理,2025,46(1):54-62.

[3] 胡海波. 数字孪生智慧图书馆的构建与实现 [J]. 河北科技图苑,2024,37(2):3-7

[4] 陶飞,刘蔚然,刘检华,等. 数字孪生及其应用探索 [J]. 计算机集成制造系统,2018,24(1):1-18.

[5] 严子淳,李欣,王伟楠. 数字化转型研究:演化和未来展望 [J]. 科研管理,2021,42(4):21-34.

作者简介:

胥仁栋(1989-),男,汉族,江苏无锡,工程师,本科,研究方向:数字化