

智慧水厂数字孪生技术的应用

郑宇祺

(广州市市政工程设计研究总院有限公司)

【摘要】数字孪生作为水厂实现智慧化的重要使能技术和手段, 如何能在智慧水厂的建设中结合工艺控制需求发挥其巨大的作用, 是水处理行业从业者需要聚焦解决的重要技术难题。文章提出基于“数字孪生”的智慧水厂技术架构体系, 并列举出“数字孪生”在智慧水厂中涉及的关键技术, 结合具体的水厂案例说明“数字孪生”技术在智慧水厂的巨大运用价值和意义。

【关键词】智慧水厂; 数字孪生

中图分类号: TU17

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2022.09.040

Application of Digital Twin Technology in Intelligent Water Plant

ZHENG Yu-qi

(Guangzhou Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd.)

【Abstract】As an important enabling technology and means to realize the intellectualization of water plants, how digital twin can play a great role in the construction of smart water plants in combination with the needs of process control is an important technical problem that our practitioners in the water treatment industry need to focus on solving. This paper puts forward the technical architecture system of smart water plant based on "digital twin", lists the key technologies involved in "digital twin" in smart water plant, and illustrates the great application value and significance of "digital twin" technology in smart water plant combined with specific water plant cases.

【Keywords】smart water plant; digital twin

1 智慧水厂实现数字孪生的需求

1.1 污水处理厂的智慧化现状

目前的净水厂建设发展存在控制系统繁琐, 易出错, 设备故障率高等问题。在水厂运营管理的过程中, 往往需要配置较多人员, 工作协调难、效率低, 粗放式的管理, 对于日常作业过程都以结果为导向, 缺少有效移动化过程监管。依赖人工调整也会存在过量的曝气投药导致整体能耗和药耗成本上升, 缺乏精细化调节。这些问题导致净水厂的智慧化程度很低, 严重影响水厂的生产效率。

1.2 数字孪生对于智慧水厂的价值

“数字孪生”是用数字化的方法构建一个和现实污水厂一模一样的数字世界的技术, 通过该技术实现对污水厂物理实体的了解、分析和优化。充分利用基于BIM的三维数字物理模型、传感器协议数据传输、运行历史存储等数据, 在数字化的虚拟空间中完成污水厂设施的物理映射, 形成物理维度上的实体世界和信息维度上的数字世界共生共存、虚实交融的格局(见图1)。基于BIM三维可视化平台可实

现实转虚、虚控实的过程, 将数据、算法和决策分析结合在一起, 建立模拟, 即物理对象的虚拟映射的过程, 实现生产监控的一体化、精细化管理。数据采集依靠可靠的工业通信设计, 保证采集任务的稳定运行, 为平台提供完整的数字化表现基础。

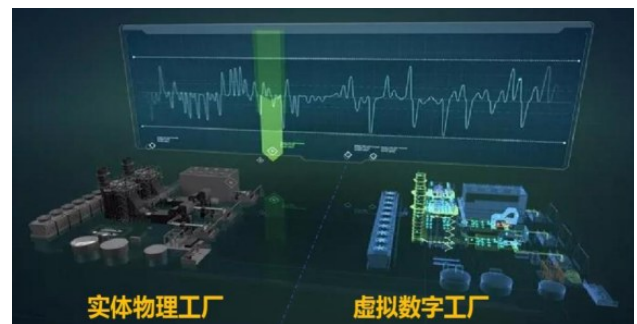


图1 数字孪生水厂的虚实交融示意图

基于数字孪生的智慧水厂基于工业互联网平台的应用, 挖掘大量有效的生产实时数据, 结合业务专家的知识领域, 并通过数字孪生的表现形式为工厂各种决策层提供数据分析和应用。基于信息流的集成, 构建具有“全面感知、设备互联、数字集成、智能预测”等特征的智能水厂的运行体系。

数字孪生作为净水厂实现智慧化的重要技术和

手段,如何能在智慧水厂的建设中结合工艺控制需求发挥其巨大的作用,是水处理行业从业者需要聚焦解决的重要技术难题。本文提出基于“数字孪生”的智慧水厂技术架构体系,列举出“数字孪生”在智慧水厂中涉及的关键技术,结合具体案例说明“数字孪生”技术在智慧水厂的巨大运用价值和意义^[1]。

2 “数字孪生”智慧水厂技术体系

基于“数字孪生”的智慧水厂具体由基础层、平台层、应用层三层架构组成(见图2),涉及智慧水厂“数字孪生”体系的数据保障、数据的融合与仿真以及最终的功能交互。其中,基础层是基础条件,平台层是核心环节,应用层是呈现方式。从基础层开始,每一层的实现都建立在前面各层的基础之上,是对前面各层功能的进一步丰富和拓展。

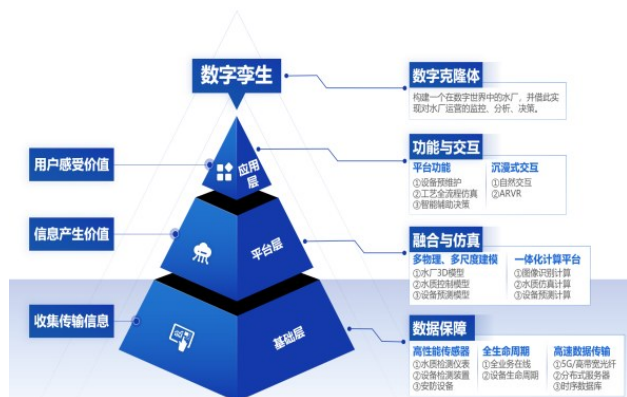


图2 数字孪生水厂系统架构图

将建立在BIM等数字化基础上的污水厂数字化模型构建于生产管理体系中,在运营和生产管理的平台上对生产进行调度、调整和优化。在设备管理领域,通过模型模拟设备的运动和工作状态,实现机械和电器的联动。

数字孪生在传统PLC等控制设备的基础上更进一步,通过厂区内部署的数字传感器采集各种实时数据,借助智慧水厂管理系统的大数据分析,通过机器学习预测原本无法直接测量的指标。由此完成评估、诊断、分析、模拟、预测和决策等一系列操作,从而解决运行管理问题。

该过程主要包含:对产品进行BIM等数字化手段建模;对运维阶段的关键指标进行分析掌握产品的具体情况;利用同步和交互(VR和AR技术)等技术,提前发现问题并及时修复。利用厂区部署的大量的数字传感器采集污水厂运行阶段的环境和工作状态,并通过数据分析和优化结合智慧水厂专家控

制系统避免设备的故障,改善运营管理。通过数字化呈现形式,将污水厂的运营状态、运行规律等进行全方位多维度的反应,让使用系统的管理者能够全面掌握水厂的现实运行情况。

通过读取流量、压力、运行时间等常规过程仪表及进出水TP、TN、COD、氨氮等水质仪表数据的传感器或者PLC控制系统的各种实时参数,构建可视化的远程监控,并给予采集的历史数据,构建层次化的部件、子系统乃至整个设备的健康指标体系,并使用人工智能实现趋势预测。基于预测的结果,对系统维修策略以及备品备件的管理策略进行优化(见图3),降低和避免客户因为非计划停机的损失。

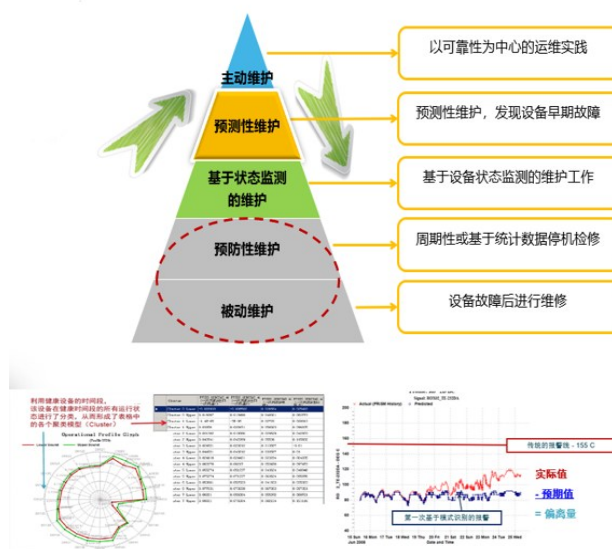


图3 数字孪生水厂的预测性维护系统

以实际污水厂为蓝本,整合静态数据、动态数据和生产管理数据,通过机理模型分析和大数据分析等方法,将水厂过去、现在和未来的状态进行直观呈现和预测,并结合智慧水厂专家系统提出建议,为运营管理提供决策支持,并实现高度保障、管理高效、成本优化和产能挖潜的目的。

3 “数字孪生”智慧水厂关键技术

3.1 工艺建模与优化系统

污水厂运行专家智能决策系统具有定制化建模、多样化的可视配置交互、水厂运行能耗仿真、工艺优化决策等功能。系统采用污水处理工艺优化与高级控制软件针对全厂工艺运行进行建模和仿真,为污水厂的运行管理提供运行效果预测、方案决策支持、工艺优化等功能。

污水处理工艺优化系统基于污水厂生物处理工艺流程建立数学模型,以运行报表记录的进水历史数据,或将在线监测仪表的进水实时数据作为模型的输入参数,对污水厂的各种运行状况进行仿真、诊断,优化关键运行参数,满足污水厂出水水质达标和节能降耗的要求^[1]。

3.2 设备健康检测诊断系统

实时了解设备当前的运行状况、判断未来的发展趋势(提供运行的安全周期数据)、诊断故障发生的部位,以及检查和验收大修或临时维修的效果,实现对设备故障早知道、早预报、早诊断,把故障消灭在萌芽之中,提高设备运行的完好率、减少设备停机时间及降低维修成本。根据设备的实际状态或预测状态制定最佳的维修周期,而不是定期进行维修。

通过建立机、泵等关键设备的在线健康状况监测与分析评价系统(见图4),实时监控设备振动、温度等参量状态,及时准确地通过报警,防止机、泵设备等关键设备事故的发生,同时采用先进的多信息融合技术,最大程度的评估机泵等关键设备运行状态、延长设备预警时间,从而实现预知维修,并通过智能诊断,精确诊断故障源,实现精密维修,缩短维修用时,为检测维修合理化提供及时准确的数据基础,从而有效保证设备长期稳定运行。降低备品备件费用,提质增效。

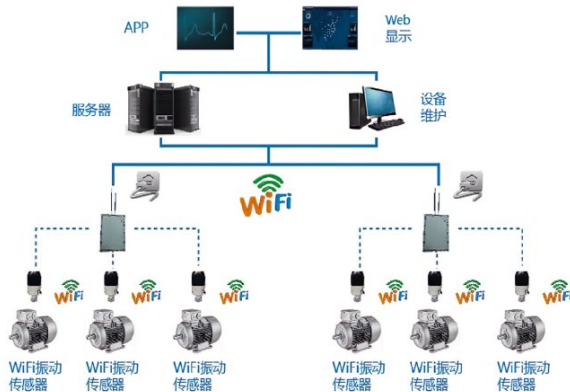


图4 数字孪生水厂的设备健康检测诊断系统

3.3 虚拟现实和呈现

工业仿真三维引擎融合VR交互,是实现“人—机—环”互通最直接有效的方式,是工业仿真的有效延伸。最基础的应用便是VR工厂巡检,通常大型工业生产流程很难一窥全貌,采用工业仿真+VR技术,将现实工厂以多角度、全方位地投影到VR世界中

(见图5)。

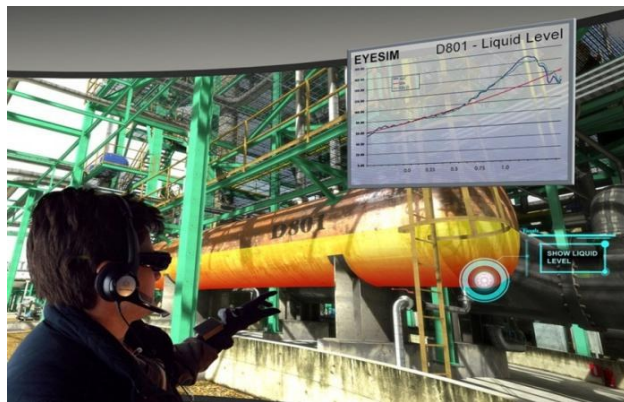


图5 数字孪生水厂的三维可视化系统

VR虚拟巡检设备结合基于BIM的三维可视化数字孪生系统,使管理者足不出户就能从各个角度身临其境、鸟瞰整个工厂设备及管网布置细节,监控、管理整个生产过程的每一个环节、每一个空间、每一台设备,甚至每一个人,以加强信息管理和服务,提高生产和管理效率。

基于BIM的三维可视化数字孪生系统将厂区厂房、车间、设备、人体模型等,按照1:1的比例3D复原数字化工厂的整个生产环境,结合传感器、数据可视化、物联网和设备监控等技术,将整个工厂的各种元素动态生产过程实时反映其生产流程和运行状态,再以虚拟现实(VR)的形式可视化呈现^[2]。

4 总结与展望

基于“数字孪生”的智慧水厂建立了智慧化的污水处理控制系统,实现了建立资源集约化的运营中心管理体系,打造全过程、可追溯的厂级生产工艺可视化管理模式,基于移动端的生产任务跟踪管理机制,建立完善的设备运维管理体系,建立基于大数据的厂级KPI运营指数分析,展示了水务企业运营的良好企业形象。

参考文献

- [1] 周圣文, 郭顺生, 杜百岗, 郭钧, 李益兵, 王磊, 查大虎, 张富江, 于磊. 数字孪生净水厂运维管控一体化平台关键技术及应用[J]. 计算机集成制造系统, 2021, 27(2): 432-444.
- [2] 张鹤, 陈馨, 朱志斌. 打造数字孪生工厂 实现三维可视化全过程管理[J]. 中国勘察设计, 2021 (8): 86-89.