

全生命周期数字化双胞胎 打造中国数字化标杆水厂

“太行山下小江南”，河南省焦作博爱县位于太行山南侧，沁河下游。这个豫北小县是小有名气的水乡。近年来，在这里孵化出了一个基于全生命周期的数字化双胞胎水厂——博爱县第二污水处理厂。该水厂于 2018 年开始建设，总投资 1.6 亿元，总规划污水处理规模 6 万吨 / 日，一期建设规模为 2 万吨 / 日，目前已经处于试运行状态。水厂负责该地区生活污水的处理，主体工艺采用国内成熟的 AAO 工艺，出水水质则执行 GB18918-2002 一级 A 标准。

作为国家南水北调中线工程的经过地，博爱县的污水处理十分重要，而该项目正是博爱县污水处理及水系提升的重要工程。在建设伊始，中原环保就携手西门子和河南智慧水务，致力打造数字化标杆污水处理厂。在水厂正式运营后，将极大改善周围水体环境，对治理水污染、保护当地流域水质和生态平衡、节省城镇水资源等有十分重要的意义。

与传统水厂相比，博爱县第二污水处理厂作为全面数字化的水务标杆项目，充分展现了西门子从一体化工程到一体化运维的全生命周期管理理念。从电机控制、PLC 和 DCS、模拟仿真、3D 虚拟工厂，再到日常运营平台等，水厂全部采用了西门子的产品。在它高效、平稳运营的背后，还隐藏着西门子数字化赋能的重要内核：一个平台，三对数字化双胞胎。



Xphere 一体化运维平台：架起虚实之桥

水厂采用西门子一体化的水务数字化双胞胎集成运维平台 Xphere。在这个平台里，运维人员可以一键登录包括 SIMIT、SIWA、COMOS、PCS 7 等在内的西门子水务数字化所有应用，也可以兼容第三方数字化应用如 GIS、BIM、DCS，不但解决了传统水厂各独立运营系统缺乏统一的界面和登录管理的问题，而且 Xphere 平台的功能集成极大简化了操作流程，架起了水务数字化双胞胎的虚实之桥，实现了水务行业资产全生命周期管理、机理和数据模型辅助决策、三维和可视化运维等三个最核心的数字化需求。

在整个 Xphere 平台的用户界面中，集成了数字孪生、自控系统、自控仿真、仿真培训、运维管理、系统设计、综合展示、能耗分析和仿真对比 8 大数字化应用场景，基本全面覆盖



了水厂的日常运维工作。Xphere 平台拖拽式的工作空间操作灵活可配置，虚拟化的平台架构更方便工厂针对未来规划进行扩展。

利用 Xphere 平台，水厂的中控室只需要一个人就可以完成水厂的日程运维，包括水厂的虚拟巡检、水厂各工艺段的生产状态监测、水厂关键 KPI 指标的监测、能耗状况以及实时控制调整优化水厂的生产参数和指标。

有了这个 Xphere 平台之后，水厂的设备运维实现了无纸化和自动化，设备状态可以实时查看，有故障就会自动报警。设备运维通过“工单”的形式在各个职能部门流转，实时状态和历史信息都有完整记录，一切都清晰明了、有条不紊。



三对数字化双胞胎实现真正的数字化水厂

近年来，将现实世界中复杂的研发、制造和运维过程，转换为用数字化信息进行虚拟仿真的“数字化双胞胎”概念风头无两。在该厂中，这一数字化技术也得到了全方位的体现。以实际污水厂为蓝本，西门子的 COMOS Walkinside 平台打造了三维可视化模型，将各工艺处理单元的设备、管道、仪表等用三维模型清晰展现，真实还原了水厂的真实面貌。在日常巡检工作中，运维人员可以在 3D 视图中快速查看设备位置，直接访问设备的特性、维护历史记录、文档等信息，实时获取设备的真实状态，大大提高污水厂的人员培训和巡检的效率。这就是第一对数字化双胞胎——3D 虚拟水厂。



此外，该水厂利用西门子 COMOS 设计软件，打造了整个水厂的工艺机理维度的双胞胎，通过工厂的抽象仿真建模将现实水厂的工艺过程模型化，达到理论指导生产的目的。运维人员可以直接打开整个产线，或者设备的设计图纸、电气原理图、PID 设计图等。通过这个工艺仿真水厂，系统除了可实时显示水厂进出水量、水质等在内的 KPI 外，还能实时显示水、电、气、药品等的消耗情况，并可以根据历史数据进行分析优化。工艺仿真水厂还可用于操作员仿真培训以及水厂虚拟生产决策推荐，辅助水厂的人员能力提升和智慧决策。

第三个数字化双胞胎是水厂的关键设备资产建立了全生命周期管理的数据模型，将设备在运维阶段的资料与设计阶段资料无缝衔接起来，而且设备的 3D 模型和 2D 图纸与说明书进行关联，实现了二维设计与 3D 虚拟工厂的交互，工程数据与运营数据互相连通和复用，让当下和过去在统一的资产数据模型中交相辉映，在运维工单流转中串联起实时的故障状态和历史上的维修情况。

虚拟水厂、工艺仿真和设备资产数据模型，这三对数字化双胞胎与平台内各大功能高度融合、环环紧扣，为水厂提供着

全场景、广覆盖的极佳体验。数据是通往数字化时代的钥匙，数字双胞胎理念的渗透，为水厂运营提供着坚实的数据支持。除此之外，污水厂内从工艺、管道、电气到自控等统一数据库的建设，让数据得以紧密协同、无缝连接，降低了数据的复杂度，提升了标准化管理水平，最大限度发挥着数据的价值。

水厂副总经理郭颖颖表示：“数据的连续性、一致性和完整性，提高了水厂的资产管理能力，也为未来水质预测、优化运行、提质增效、节能降耗的进一步实现提供数据支持。”在创新解决方案的帮助下，现在水厂的运营仅需一个人，就可完成整个中控室日常的运营，这也为水务行业竖起了数字化创新的标杆。

从一体化设计到一体化运维打造数字化标杆

水处理作为传统的流程行业，各项信息孤立地分布在各大系统中，建设工程数据与运营数据在根本上就无法连通和重用，资产的管理、操作的效果也很难获得精细和可视化的反馈。进入工业物联网时代，传统水务行业的发展迎来了“智慧水务”的热潮。过去存在于不同操作员脑海中的运营知识、现场设备从设计到运行的数据等，都将得到系统化的记录和使用。数字化信号相较模拟信号，拥有更高的准确度和可靠性，可采集的数据量更是传统污水厂的几十倍。这些海量数据在中控室完成汇聚，便于控制设备进行自检、自诊断、自保护，为后期水厂运维管理节省了时间和成本。

巡检工作是水厂日常运营的最重要工作之一，在数字化技术帮助下，该水厂人员的运维工作可以通过“工单”形式在各个职能部门流转，设备的实时状态和历史信息都会得到完整记录，相较传统纸质资料，更方便调取、全面明了。水厂设备科吴明主任表示：“智慧水务管理平台 Xphere 的无纸化、电子化管理流程还能帮助我们提高 20~30% 的维修效率。”在虚拟巡检系统的帮助下，该厂维护人员可以在各大场景穿梭，基本只需每天去一次现场即可。

与一般的数字化水厂不同的是，博爱县第二污水处理厂在设计之初就采用了西门子 PCS 7 系统，水厂从设计到运维的全生命周期，数字化的便利随处可见。在现场，该水厂用数字化总线 Profibus DP 代替了传统硬接线，将智能电机、智能



阀门、智能仪表通过一根通讯电缆连接起来。不仅告别了复杂布线导致的维护烦恼，双冗余设计更降低了信号丢失等故障风险，解决了传统污水厂故障的排查难题，大大提高了系统安全性。

为响应国家“十四五”规划的数字经济发展，博爱县第二污水处理厂积极拥抱数字化水务新时代，打下了良好的数字化基础，并走在了国内水行业的前列。水厂总经理杨鹏表示：“未来，污水厂的数据也将是水行业数字化发展的宝贵资源，通过数字赋能可以激发数据挖掘、模型预测等产业发展，提高污水厂的数据利用率，推动水行业整体的数字化进程。”

