

数字孪生技术在陶城铺灌区信息化管理中的应用

王 岚

(阳谷县水利局, 山东 阳谷 252300)

【摘要】数字孪生技术的应用是推动陶城铺灌区高质量发展的重要途径。文章根据陶城铺灌区实际情况,对数字孪生技术的应用进行了初步探讨。通过立体感知体系、数字孪生平台、业务应用平台、网络安全体系、运行维护体系等的建设,实现陶城铺灌区骨干渠系水量计量全覆盖,灌区监测要素全整合,干渠闸门控制全联通,监测信息通信稳定、安全,供水感知与预测及时、实用,水资源配置与调度科学、高效,赋能灌区水利管理,助力陶城铺灌区高质量发展。

【关键词】数字孪生技术;陶城铺灌区;信息化;水资源配置;应用平台

【中图分类号】S274.3

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2026)-01-0067-03

Application of Digital Twin Technology in Informatization Management of Taochengpu Irrigation District

WANG Lan

(Water Resources Bureau of Yanggu County, Yanggu, Shandong 252300, China)

Abstract: The application of digital twin technology is an important approach to promote the high-quality development of Taochengpu Irrigation District. Based on the actual situation of the district, this paper preliminarily discusses the application of digital twin technology. Through the construction of a three-dimensional perception system, digital twin platform, business application platform, network security system, and operation maintenance system, it achieves full coverage of water volume metering in the main canal system, integration of all monitoring elements, full connectivity of main canal gate control, stable and secure monitoring information communication, timely and practical water supply perception and prediction, as well as scientific and efficient water resource allocation and scheduling. This empowers water resources management in the irrigation district and facilitates its high-quality development.

Key words: Digital twin technology; Taochengpu Irrigation District; Informatization; Water resource allocation; Application platform

陶城铺灌区于1988年建成运行,灌区渠道总长度230 km,以黄河水为灌溉水源,设计灌溉面积4.93万 hm^2 。利用位于灌区东部的陶城铺引黄闸引水,设计引水流量 $50\text{ m}^3/\text{s}$,校核流量 $70\text{ m}^3/\text{s}$ 。该灌区承担着阳谷县约70%农业灌溉面积的灌溉任务,是阳谷县农业发展的重要保障。随着新时期新形势的发展,利用数字孪生技术进行灌区建设与信息化管理,成为推动灌区高质量发展的重要途径。

1 信息化建设概况

目前,陶城铺灌区的信息化建设工作主要基

于2020年阳谷引黄灌区农业节水工程、阳谷县地下水监测系统、阳谷县农田水利智慧平台项目和阳谷县农业水权水价综合平台4个建设项目。在以上4个项目的建设过程中,安装计量设施331处,实现支渠引水口、不同乡镇分别计量;建设29处地下水位监测点位;建设2010套“以电折水”水电双控设备,开展农业用水奖补,提升井灌区“以电折水”系统设备功能,完善水权水市场建设;已建5处闸门远程控制系统;灌区监测前端主要采用无线传输,直接将监测数据传送到聊城市电子

收稿日期:2025-07-07

作者简介:王岚(1978—),女,高级工程师

政务云,信息化应用主要依赖县级信息中心通用功能。陶城铺灌区初步建成了计量监测网络,基本覆盖了全部灌区,对绝大范围的取用水节点实现了用水计量。

2 存在的问题

2.1 立体感知体系仍未成型

灌区自动化量测设备不足,不能实现对所有分水口全部覆盖,部分分水口渠道仍然采用人工测量,由测水员现场读取水位及流速数据,依据面积法换算出流量值。这种方式不仅耗时耗力,且观测数据的精确度及时效性较差,导致灌区实际用水量测量不精准。

2.2 信息化管理还未形成

目前灌区所有存档的工程设计资料都是纸质文件,同时缺少系统有效的档案管理手段;水利工程设施巡检工作目前采用专人定期定时巡检,纸质记录,缺少信息化手段以提高巡检效率和降低工作强度,更无法监管巡检的真实性。

2.3 智慧化应用还未开启

灌区的灌排模式仍然多为传统方式,首先由当地水管部门逐级报送长期需水计划,然后农民根据天气和田间作物长势凭经验提出灌溉要求,由黄河水管部门审批放水,灌排方式大多仍为大水漫灌。未应用遥感、智能识别模型、供需水水利模型、灌区水量调度模型等进行科学决策,距离数字孪生灌区的要求仍有较大差距。

3 数字孪生灌区建设内容

3.1 建设目标

陶城铺数字孪生灌区建设的总体目标立足灌区实际需求,整合灌区信息化建设成果,通过立体感知体系、数字孪生平台、业务应用平台、网络安全体系、运行维护体系等建设,实现陶城铺灌区骨干渠系水量计量全覆盖,灌区监测要素全整合,干渠闸门控制全联通,监测信息通信稳定、安全,供水感知与预测及时、实用,水资源配置与调度科学、高效,赋能灌区水利管理,助力陶城铺灌区高质量发展。

3.2 建设框架

数字孪生灌区业务系统总体架构采用“三横二纵”体系,“三横”为信息化基础设施、数字孪生

平台层和业务应用层;“二纵”为灌区保障体系和网络安全体系^[1]。

3.3 建设原则

通过深入分析灌区业务管理实际,谋划顶层设计,因地制宜开展基础设施和应用平台建设。按照“整合已建、统筹在建、规范新建”的要求,注重信息化资源整合与共建共用,充分挖掘和利用现有信息采集、网络通信、计算存储及互联网云平台等基础设施。紧密围绕灌区业务和功能需求与新一代信息技术融合创新,强化云计算、大数据、数字孪生、物联网、人工智能、5G、区块链等信息技术应用,赋能灌区水资源配置与供用水调度、水旱灾害防御等主要业务。

3.4 技术架构

基于陶城铺灌区现有信息化建设成果,构建以数字孪生平台为核心,以灌区业务应用为重点的陶城铺灌区数字孪生技术架构^[2]。

1)信息化基础设施。陶城铺灌区前期已通过引黄农业节水等项目实施信息化基础设施建设,初步建立了立体感知系统。为确保达到数字孪生灌区的标准,新建泥沙监测、视频监控监测、土壤墒情监测等物联感知设备。采用自动化量测、视频监控等手段进行关键节点水情、工情、墒情、安全信息采集,建成点线面全贯穿的立体感知体系。

2)数字孪生平台。陶城铺灌区数字孪生平台包含数据底板、模型库及知识库。通过数字化信息化技术集成灌区内各类基础数据、监测数据、业务管理数据、地理空间数据、外部共享数据等,耦合水利专业模型,建设耦合灌区旱情监测与预警、灌区供需水预报与灌溉决策、灌区水资源优化配置与调度专业水利模型的可视化场景,通过重点蓄水工程、取水工程及渠系的BIM建设和倾斜摄影,实现专业模型计算结果与灌区数据底板的数据交互,实现灌区水利模型预演分析,并提供虚实结合的交互体验。

3)业务应用体系。建设灌区“一张图”、防汛抗旱预警、用水管理、工程调度管理、工程巡检等,实现供水感知与预测及时、实用,水资源配置与调度科学、高效,赋能灌区水利管理。在水资源配置与供用水调度管理模块应用的基础上,融合气象及来水预报、需耗水预测、流域及工程实时

雨水情、工程运行、工程管理等信息,实现基于真实环境变化的及时更新,根据水雨情、工情和农情实时数据分析,对供用水调度方案进行适时调整和修正。

4)网络安全体系。建立安全机制,对系统所涉及的网络设备、安全设备、安全手段、人员行为等实行集中、全方位、动态的安全管理。按照网络安全等级保护相应等级要求开展安全物理环境、安全通信网络、安全区域边界和安全计算环境建设。网络安全运营主要涵盖威胁防护、安全监测、响应处置、威胁预防4个方面。通过安全数据采集、多源数据关联分析等手段,准确发现识别网络威胁和内部脆弱性,强化网络安全态势感知和监测预警能力,具备网络安全事件研判分析、事件响应处置、应急预案管理和网络安全设备或系统管理功能的网络安全应急决策处理能力。在网络安全监督方面,定期对系统进行管理和技术的安全检测评估,掌握风险漏洞情况并及时处置。主动配合公安机关、网信管理部门、上级单位等组织开展的网络安全监督检查,定期开展网络与数据安全事件应急演练^[3]。

5)运维保障。数字孪生技术是一个数据庞大、技术性强、创新性高的复杂系统,只有在人员、经费和技术等方面建立健全运维保障体系,才能确保数字孪生技术在灌区建设运行管理中持续发挥作用,切实保障灌区良性运行。一是规范化。建立运行维护方面的规章制度,规范工作流程和标准。加强人才培养,配备专业强、技术能力高的复合型人员作为运行维护工作人员。二是经费充足。为保障数字孪生技术正常运行,多方筹措经费,引导社会资本参与,来确保数字孪生技术工作质量。三是技术性。运维系统需要实时掌握运行状态,精准预警运行风险,自动处置运行故障^[4]。

4 技术难点及解决方案

4.1 数据量庞大

灌区基础数据、监测数据、业务管理数据及外部共享水情、雨情等数据,类型多样、数量庞大。解决方案是数据处理时采用大数据技术对数据进行融合,实现灌区主要业务应用的信息化、数字化和智能化。

4.2 数据模拟要求高

确保数字孪生流域模拟过程对流域物理过程实现高保真,进而实现对流域物理全要素和水利治理管理活动全过程前瞻预演。解决方法是继续加强技术深度和技术宽度两个方向建设。在技术深度方向,补充GIS引擎高级功能以满足更多地理分析的需求。在技术宽度方向,增加BIM技术,并补充BIM引擎,采集典型工程BIM模型。BIM与GIS数据充分融合,结合倾斜摄影资料等精细数据,实现灌区局部区域的数字孪生场景构建,实现高保真和全过程前瞻预演。

4.3 系统集成难度大

系统集成与运维难点在于如何实现系统的有效集成和运维。解决方案采用云计算和物联网技术,实现系统的集中管理和运维,提高系统的稳定性和安全性^[5]。

5 取得的成效

数字孪生技术的应用在陶城铺灌区建设和信息化管理中具有积极意义,实现了灌区系统的实时监测和智能管理。数字孪生技术不仅能通过构建水资源模型等,实现灌区资源的优化配置,而且还可以根据实时监测数据和分析结果,调整灌溉方案、优化水资源分配,实现水资源的高效利用。根据灌区管理的实际需求和数字孪生技术要求,充分利用计量系统和监测控制系统,整合国家、省、市、县业务系统,构建业务应用平台,提供防汛抗旱预警、供需水预报及灌溉决策、资源配置与调度、标准化管理等应用。不仅提高了灌区运行管理效率,还为灌区可持续发展提供了有利的支持。

参考文献

- [1] 高升. 茨淮新河数字孪生灌区建设探索[J]. 治淮, 2023(9): 35-37.
- [2] 张霞, 郭伟华, 袁柯, 等. 数字孪生欧阳海灌区关键技术研究和应用[J]. 水利信息化, 2023(3): 20-25.
- [3] 余蕾, 徐辉, 李亚龙, 等. 数字孪生吴岭灌区建设方案研究[J]. 水利水电快报, 2024, 45(11): 119-127.
- [4] 冯天权, 胡小梅, 杨攀. 数字孪生漳河灌区建设实践研究[J]. 水利水电快报, 2024, 45(9): 111-116.
- [5] 李言鹏. 数字孪生技术在灌区建设与信息化管理中的应用研究[C]. 2024中国水资源高效利用与节水技术论坛论文集.

(责任编辑 崔亚男)