

聊城市位山数字孪生灌区建设实践与成效

荣姗姗

(聊城市水利局, 山东 聊城 252000)

【摘要】 本文通过对聊城市位山灌区数字孪生灌区建设路径及做法的分析, 探讨数字孪生灌区建设的应用实效, 助力于农业节水增效、水资源优化配置, 更好赋能灌区高质量发展。

【关键词】 位山灌区; 数字孪生建设; 灌区管理

【中图分类号】 S274

【文献标志码】 A

【文章编号】 1009-6159(2025)-04-0001-03

The Practice and Effectiveness of the Construction on Digital Twin Irrigation in Weishan Irrigation District, Liaocheng

RONG Shanshan

(Water Resources Bureau of Liaocheng Municipality, Liaocheng, Shandong 252000, China)

Abstract: Through the analysis of the construction path and practices of the digital twin irrigation district in Liaocheng Weishan Irrigation District, this paper explores the practical application effects of the construction of the digital twin irrigation district, which helps to increase agricultural water-saving efficiency, optimize the allocation of water resources, and better empower the high-quality development of the irrigation district.

Key words: Weishan Irrigation District; Digital twin construction; Irrigation district management

2022年12月水利部印发了《关于开展数字孪生灌区先行先试工作的通知》, 启动48处大中型灌区开展数字孪生灌区先行先试建设。数字孪生灌区是指依托虚拟现实、地理信息系统(GIS)、建筑信息模型(BIM)、大数据等技术, 以物理(现实)灌区为基石, 以水利信息化基础设施体系为底盘, 以数字孪生平台为中心, 以科学管理为驱动, 以网络安全体系为屏障, 以运行维护体系为保障, 建立“五横二纵”的总体架构, 全面打牢“三算”(算力、算据、算法)基础建设, 提升灌区“四预”能力, 给灌区装上更加智慧的“大脑”, 让灌溉更加“智慧”。建设数字孪生灌区, 能高质量解决传统灌区存在的问题, 动态优化灌区水资源调度, 充分发挥灌区综合效益, 提高水资源节约集约水平, 推进灌区管理、用水调度等实现数字化、网络化和智能化。聊城市位山灌区是全国第五大灌区、山东省最大的灌区, 2022年, 位山灌区成功入选水利部数字孪生灌区先行先试国家试

点之一。

1 项目概况

自位山灌区入选试点以来, 统筹推进工程自动化改造, 以“云、网、端、台”为依托, 以“算力、算据、算法”建设为基础, 强化并利用多年积累的各类监测数据, 积极构建“1+3+N”数字孪生体系, 即1个孪生平台、3项突出需求、N项业务应用, 提高灌区预报、预警、预演、预案“四预”能力, 实现能效大幅攀高。

2 主要做法

2.1 细化顶层设计, 突出技术保障与核心需求

立足打造国内领先的数字孪生灌区建设体系, 根据灌区水少沙多的实际情况, 高起点、高标准编制实施方案, 并联系水利部和省内高水平技

收稿日期: 2025-03-22

作者简介: 荣姗姗(1987—), 女, 工程师

术团队跟踪指导,协助解决方案实施过程中的难题;加强同清华大学、黄河水利科学研究院等高校院所的联手协作,合作研究的多个成果获国家级、省级奖项,为灌溉节水增效、水资源优化配置及数字孪生灌区建设提供技术支撑。

从工作需要、业务需求方面探索数字孪生的需求建设,业务骨干积极参与系统开发、研发过程,保证系统开发建用并重,并在使用中对发现的问题进一步完善提升。同步开发手机 APP,功能简洁,方便职工使用。坚持以需求和问题为导向(以供水管理“粗放低效”变“集约节约”为需求;以引黄泥沙“淤积堵塞”变“输沙减淤”为需求;以水旱灾害“被动应对”变“主动预警”为需求),实现渠道泥沙淤积最优化调节,泥沙科学输送与处置,提升“三算”能力、“四预”水平,以数字孪生的技术手段助力于解决灌区实际问题。

2.2 加强基础硬件建设,巩固“算力”根基

建成灌区信息中心 122 处、通信光缆 969 km、高清视频监控系统 1 077 处,建成全自动轨道(缆道)测流设施 35 处,水情监测站点 1 182 处,土壤墒情监测设备 148 套。实现灌区重点闸门远程自动化监控启闭和骨干渠道供水用水监测全覆盖,提升水利要素感知能力。

建成智慧调度中心 1 处、分中心 15 处,调度中心机房现有视频存储、平台、业务应用等服务器 12 台,配备安全边界、防御设备 14 台,支撑数字孪生平台安全高效运行。

2.3 构建灌区信息“知识库”,强化“算据”支撑

统筹规划建设,将 40 多年积累的信息化数据纳入孪生平台,支撑数字孪生“知识库”运用。对灌区内原有缆道测流设备自动化进行提升改造,进一步解决不同设备厂家系统不兼容问题。在建工程协同推进信息化建设,并纳入数字孪生平台,新上项目一律按“数字孪生工程”规划设计,持续提升“算力”支撑。整合灌区静态、动态、实时和空间地理数据,对各类数据进行梳理、分类,通过结构化存储、可视化管理、多维度分析,全面提升数据质量、提高数据安全、促进数据共享利用、提升灌区数据驱动能力,为灌区战略规划、建设等提供有力的决策依据与支持。

2.4 建设灌区业务“模型库”,推进“算法”开发

强化“数据引擎”驱动,搭建需水预测模型、

水动力仿真模型、配水调度模型、AI 智能识别等模型,推进水资源优化配置、水沙科学调度管理及“四预”开展。通过旱情预警、预报模型的计算结果,实现灌区旱情实时分布预览、旱情推演等功能;通过水沙动力学模型,预演各建筑物及分水口节点水位、泥沙变化过程,探究不同工况下水流特性及泥沙淤积分布规律,结合群闸调控,推进渠道泥沙淤积最优化调节,最终实现泥沙科学输送与处置。

2.5 坚持一体化线上管理,擘画数字孪生“新地图”

工程的基本信息、运行养护台账、确权划界矢量信息、360 度全景信息及制度体系等可在灌区一张图中进行平面、立体等全方位、多角度的呈现。实现工程各类信息数字上图、一图监管。“一张图”上管灌区成为现实。

利用国土数据在 GIS 底图上叠放水利要素三维仿真场景,实现一图“览全局、观多维、知态势”。打造灌区骨干工程管理一张图,集成已建水情系统、调控系统、量测系统、监控系统等,一体化进行配水调度管理,管控渠系分布、水工建筑物、堤防确权边界等运行情况,实现调水配水、运行管理、考核评价等业务全部线上管理。

2.6 完善平台建设,开发数字孪生灌区“云大脑”

结合灌区运行管理业务需求,开发了具有管理驾驶舱、一张图、灌溉决策版块、配置调度、灾害防御、供用管理、标准管理、OA 办公等模块的业务应用平台,探索“农田旱涝灾害预报,违规用水预警,极端天气预演,粮食产量预判”灌区新“四预”目标,赋能灌区管理服务智能化升级转型。

以智慧灌区 e 平台为基础,坚持应用至上,打破系统壁垒,整合各类信息系统,搭建物联网平台,对各类设备统一接入管理及各类数据集中存储分析,整合原有系统升级形成统一的数字孪生平台。各项业务应用连续、功能完善提升,避免了重复建设,打破了信息孤岛,实现供需水分析、泥沙运移分析、场景可视化、管理标准化等功能。

3 应用成效

3.1 配水调度实现新模式

由“凭经验要水”变为“按数据供水”,“数字+预警”,配水调度更科学。以历史数据、共享数据及实时水情、气象、墒情、卫星遥感等监测数据为

基础,依靠传感器、监测设备等组成的“天、空、地”立体感知体系,对灌区的重要工程设施、关键区域进行实时监测,实现险工险段及水旱情况的及时预警。例如在降雨天气,通过对气象卫星发出的气象遥感图像上的信息进行分析,预测出未来 12 h 降雨的趋势,然后依靠相控阵型水利测雨雷达(模型),雷达面板会向空中不断的发射电磁波,完成一圈后得到组合反射率拼图,可观测到降雨的具体区域。再依靠雨量计进行地面观测,实时反馈降雨量。传感器让数字平台拥有和真实世界真实流域一样的心跳频率,一旦检测到有险情,就会发布预警,提醒大家提前做好准备。

根据平台数据及配水调度模型,制定各区域需水过程条件下的最优调度方案,生成最优配水“预案”,平台生成的智能方案可在三维场景下模拟预演。开发建设的灌溉需水分析专题模型,通过卫星遥感解译作物种类、种植面积、土壤墒情,结合作物生长阶段和气象信息,为供水单位提供数据参考,灌溉决策更科学。

3.2 量测闸控更精准高效

由“无序随意”变为“上下联动”,“数字+联动”,供水保障更精准。开发建设的二维水动力模型、供水调度模型,通过合理划分灌片、梳理调度节点、确定渠系控制面积,动态生成放水过程上下游、左右岸闸门调度运行计划,依托闸泵控制系统,实现高效联动,化解供水矛盾,提升了管理效率和调控精度。针对含沙量高的干渠选择接触式缆道或轨道的测流方式,不仅抗泥沙干扰能力强,测流精准度也高;灌区推行全自动测流,测流时间节省 50%以上,测流精度提高 3%。每年水量整编工作由原来的每天 1 323 人,降低到目前的每天 90 人。远程自动启闭闸门每年可节省人工 700 余人,节水 800 万 m^3 。

3.3 工程管理与部门协作更便捷

由“人工巡查”变为“网络巡查”,“数字+治理”,涉水管理更高效。河渠监管实现科技智慧化,配备安装“大禹针”一体化设备、工程巡查专用车及无人机,利用手机 APP 对现场巡检过程进行实时跟踪,及时识别涉水违法行为并发出预警,发现异常情况线上、线下进行同步实时反馈,实现巡检轨迹实时查、异常情况随手拍、巡查资料网上管和绩效考核一键评。

深化水政、公安、司法配合协作,推进“水政+公安+司法”联动,针对发现的河湖“四乱”等违法行为,分类同步推送至公安、检察院、法院和河湖长制信息平台,便捷反馈处理,管理流程由原先的分散状态向集中化、协同化方向发展,共同维护水工程、水安全、水环境。

3.4 业务管理效果凸显

由“传统单一”变为“多维标准”,“数字+管理”,灌区管理更智能。以数字孪生灌区建设带动灌区管理标准化水平提升,强化组织、安全、工程、节水供水、信息化、经济等六大标准化管理,健全制度体系,实行差异化考核,实现管理更加精细、科学、高效。调水配水、水旱防御、运行管理、考核评价、水费收缴、纪检报备等业务在数字孪生平台上实现了数字化、信息化、智能化,数据采集、运维决策、应急响应、资料整等更加精准规范,综合效益更显著。

3.5 节水增效更有力

由“大水漫灌”变为“高效节水”,“数字+技术”,取水用水更节约。推广短畦灌溉、非充分灌溉、射频刷卡灌溉等节水技术,节水成效显著;广泛应用管灌、喷灌、水肥一体化等高效节水灌溉方式,极大解放了劳动力,灌溉效率及节水能力均得到显著提升。

末级供水管理示范区用水数据同步上传至孪生平台,亩均用水量由原来的 170 m^3 进一步降至 120 m^3 ,亩均灌溉成本下降 20~50 元。无人机、遥感设备及自动控制技术的应用,使得人工投入数量减少,运行管理成本降低,实现了省工、省时、节水、节本、增产、增效。

4 结 语

位山灌区着力加强水资源管理和科学调配,大力推进工程设施现代化改造,统筹推进数字孪生灌区建设,优化完善配水调度模型、水动力仿真等模型,强化“四预”功能和业务应用,全力提升数字智慧水平。下一步将继续提高涉水信息感知能力、采集能力、分析能力,更强支撑数字孪生需要,培养更加完善、更加可靠的孪生平台,激发数字治水的新动能,以管理改革成效持续推动灌区高质量发展。

(责任编辑 赵其芬)