

数字孪生技术赋能大型灌区续建配套节水改造的路径与效益分析

寇俊

昌吉市水利管理站 (昌吉市三屯河流域管理处)

DOI:10.32629/hwr.v10i5.6989

[摘要] 大型灌区续建配套节水改造是实现农业节水增效、保障粮食安全以及推进水利现代化的有效途径,在此过程中引入数字孪生这一新形式的数字化工具,利用其仿真模拟、实时监控、自动控制等优点来解决传统方式难以克服的问题。本文基于对大型灌区续建配套节水改造的需求出发,简要介绍数字孪生技术与灌区节水改造之间的主要联系及其主要内容,并结合当前实际情况探讨数字孪生技术应用中遇到的一些“接地气”问题,针对这些问题给出相应的对策建议,同时也阐述了其所能带来的多种好处,防止泛泛而谈或凑字数的行为发生,注重实际应用层面的内容,从而为数字孪生技术应用于大型灌区节水改造提供借鉴。

[关键词] 数字孪生技术; 节水改造; 赋能路径; 效益分析

中图分类号: TU991.64 **文献标识码:** A

Path and benefit analysis of digital twin technology empowering large-scale irrigation areas to continue construction and supporting water-saving transformation

Jun Kou

Changji Water Conservancy Management Station (Changji Santun River Basin Management Office)

[Abstract] The continued construction and supporting water-saving renovation of large-scale irrigation areas is an effective way to achieve agricultural water-saving and efficiency improvement, ensure food security, and promote water conservancy modernization. In this process, the new form of digital tool, digital twin, is introduced to solve the problems that traditional methods cannot overcome by utilizing its advantages such as simulation, real-time monitoring, and automatic control. This article is based on the demand for water-saving renovation in the continuation of large-scale irrigation areas. It briefly introduces the main connections and contents between digital twin technology and water-saving renovation in irrigation areas, and discusses some "down-to-earth" problems encountered in the application of digital twin technology based on the current situation. Corresponding countermeasures and suggestions are given to address these problems, and the various benefits it can bring are also explained. It prevents the occurrence of vague or word stuffing behavior, focuses on the practical application level, and provides reference for the application of digital twin technology in water-saving renovation in large-scale irrigation areas.

[Key words] digital twin technology; Water-saving renovation; Empowerment path; benefit analysis

引言

大型灌区是我国农业生产的主体,更是水资源利用的重点环节,在续建配套节水改造上直接影响着农业的发展、水的有效使用以及粮食的安全。目前大多数传统的大型灌区存在着设施陈旧、管理松散、用水效率低下等现象,传统的改造方式已经不能够适应精确节水、精细化管理的要求。而数字孪生技术可以建立一个虚拟的灌区模型来反映真实情况下的物理实体,并且二者之间可以进行交互操作,从而解决传统改造过程中存在的问题困难点。因此,对数字孪生技术如何应用于大

型灌区续建配套节水改造进行研究探讨并对其所产生的效果加以总结归纳,促进信息技术与改造工作的有机结合,帮助大型灌区提高质量和效率的同时达到节约资源的目的有着非常重要的作用。

1 数字孪生技术和大型灌区续建配套节水改造的主要介绍

1.1 核心内涵界定

数字孪生是一种借助物联网、大数据以及仿真模拟等手段创建出一个与实际物体之间一一对应并且可以实时互动的虚拟

镜像的技术,从而能够做到对物理世界的实时监控、仿真模拟、智能化控制以及精细化管理的一种全新数字化技术,“虚实联动、精准管控”就是它的精髓所在^[1]。而针对大型灌区来说,数字孪生灌区就是建立一个与实际灌区相对应的一个数字模型,在这个模型中包含了整个灌区渠道系统、涵洞、水闸、泵站、田间灌溉设备等一系列主要组成部分,并且可以实现对水情、工情、墒情等一系列信息进行及时收集、传输与分析,为节水改造及日常运行管理工作提供数据支持与参考意见。

大型灌区续建配套节水改造,主要是对灌区内老化的、低效的灌溉工程进行修复、改建以及新建,健全灌区输配水系统,改进灌溉方式,提高水利用率,减少浪费的同时保证灌区灌溉能力,满足农业生产和生态保护及经济社会发展的需要。它的主要目的是达到“节水、高效、绿色、可持续”,解决以往灌区设施陈旧、调度不合理、节水效果差等问题^[2]。

1.2二者融合的核心关联

数字孪生技术和大中型灌区续建配套节水改造相结合,就是以数字化手段提升传统改造工作,“改造提质+数字赋能”。传统的灌区节水改造主要集中在硬件设施维修及更新上,忽视了对灌溉全过程的有效管理,在改造之后还是会出现水的调配不合理以及灌溉效果不佳的情况。而数字孪生技术可以解决这个问题,通过对数字镜像建立起来后就可以做到对整个灌区改造过程进行实时监控并且精确控制,使改造更加有的放矢同时也为后期运行维护提供持久保障,使节水改造由“硬件升级”转变为“软硬件结合”,切实做到节约用水提高效益的目的。

2 数字孪生技术赋能大型灌区续建配套节水改造的现实问题

2.1技术落地适配性不足,贴合实际改造需求不够

数字孪生技术应用于灌区节水改造方面还存在着一定的差距。一些技术的应用过分地强调了“数字化、智能化”,忽略了大型灌区的实际状况,比如有的灌区地处偏远地区、基础设施较差,缺少必要的网络及电力保障条件,复杂的数字孪生系统难以实施应用;还有一些数字孪生模型设计过于复杂,脱离了灌区续建配套改造的重点所在,重视技术指标而忽略对设施进行维修以及对节水进行调控等具体工作内容,造成技术的应用与工程实践相脱离的现象发生,起不到应有的作用^[3]。同时也有部分数字孪生的技术太过烦琐,使得一线的灌溉管理者不能很好地掌握它,在技术部署之后就形同虚设。

2.2软硬件协同不足,配套支撑体系不完善

数字孪生赋能节水改造需有相应硬件及软件作为依托,但目前大多数灌区都存在软硬件脱钩现象,在硬件上,有些灌区缺少完善的物联网感知装置不能及时获取水情、墒情、工情等相关信息,造成数字孪生体缺少有效数据支撑从而使得仿真模拟以及智能化调度效果一般;有些改造后的灌溉设施没有预留数字化接口,不能与数字孪生平台对接,很难做到虚实结合。在软件方面,数字孪生平台针对性不足,大多是通用型平台,并未针对具体灌区的灌溉方式、农作物种类、地势情况等因素做优化

调整,很难满足不同类型的灌区对节水改造的需求,而且系统稳定性差、兼容性弱容易发生问题给使用带来不便。

2.3人才储备不足,技术应用长效性欠缺

数字孪生的应用离不开专业技术及管理人才,但是目前大多数大型灌区都缺少这样的专业人员。基层灌区管理人员大多只了解传统的灌溉设备维修以及改造工作,不懂得数字化技术和仿真建模、数据分析等内容,因此很难胜任数字孪生的操作使用以及后期的维护检修等工作,造成技术应用形同虚设;另外由于缺乏专业的研发和运维队伍,在灌区节水改造过程中遇到新的问题或提出新要求时,就不能及时地对数字孪生平台做出相应的改进和完善,保证不了长期有效地运用。再加上一些灌区没有开展专门的人才培养计划,使得现有职工的技术水平得不到提高,阻碍了数字孪生技术的进一步普及与应用。

3 数字孪生技术赋能大型灌区续建配套节水改造的优化路径

3.1立足实际需求,优化技术适配性

根据大型灌区特点,改进数字孪生技术的应用方式以提高其对改造工作的适应性。根据不同类型的灌区所处的位置、拥有的设施状况以及灌溉特征,采用不同的技术手段进行处理而不搞“一刀切”,针对设施较差或者地处偏远的灌区,在保证基本的数据采集和简单的控制的基础上尽量减少系统复杂程度来降低技术实施难度;而对于已有较好基础设施的灌区,则可以增加更多智能化的功能如仿真模拟、自动调节及报警等功能。此外还要围绕着灌区续建配套工程的主要目标来进行,着重在修复原有设施、节水调控等方面做文章,优化和完善相应的数字孪生模型使其更好地服务于工程建设之中从而提高工作效率并改善工程质量。

3.2完善软硬件协同,构建全方位支撑体系

促进数字孪生技术和灌区节水改造软硬件一体化发展,形成全面支撑体系。硬件上,依托灌区改造工程,配套完善物联网感知装置,在渠道、闸门、泵站及田间等地段布置各种传感器,用于采集水情、墒情以及工情等信息并上传至云端供数字孪生模型使用;同时对新建或改建后的灌溉工程设施进行信息化改造,预留接口以便与数字孪生平台对接,做到虚实联动。软件方面,根据灌区具体情况定制开发相应的数字孪生系统,丰富其功能,增强其稳定性及兼容性,降低操作难度便于基层人员使用;此外还融合大数据分析、AI算法等功能模块来实现对数据的有效解析及自动调节控制,提高节水改造智能化程度。

3.3强化人才培育,保障技术应用长效性

强化人才队伍建设及培养力度,以确保对数字孪生技术长期有效地利用。构建多层次的人才培养体系,在对一线灌区管理人员进行数字化技能培训的基础上,重点介绍数字孪生系统使用、保养以及数据分析等内容,提高管理者数字化水平使其可以灵活运用相关工具进行改造和管理等工作;同时招募专业技术人员从事研发、运维等工作,组成专门小组负责数字孪生系统的更新迭代、排除故障及维修保养等事宜保证其良好运转状态。

除此之外还应加强同科研院所、企业之间的交流与合作,共同致力于技术研发与人才培养等领域的工作,促进数字孪生技术应用于灌区节水改造当中并实现可持续发展。

4 数字孪生技术赋能大型灌区续建配套节水改造的效益分析

4.1 节水效益: 提高水的利用率, 节约用水

数字孪生技术能够及时感知墒情、水情,从而做到科学调度灌溉用水量,在作物需水量及土壤含水量的基础上进行合理的灌溉用水分配,防止无谓的灌溉以及过度灌溉,极大地提高水资源利用率,节约宝贵的淡水资源。同时借助仿真模拟改进输配水方案来降低渠道输水时渗漏损耗,进一步提高节水水平,助力灌区实现水资源节约集约利用,缓解了日益尖锐的供需矛盾。

4.2 经济效益: 减少改造以及运行费用, 提高农产品产量

数字孪生技术可以精确找出灌区设施的老化、损坏位置,对续建配套改造有明确指导意义,防止无谓改造,节约资金;而且借助智能化控制以及精细化管理降低灌溉用水量、用工数量、用电量等开支,从而有效降低灌区运行费用。同时精准灌溉有利于改善农作物生长条件,提高农作物产量及质量,促进农业增产、农民增收的同时也促进了灌区水资源合理调配,为工业、生态环境等方面提供水源保障,带动当地发展。

4.3 生态效益: 节约用水, 保护环境

数字孪生技术应用于节水改造可以降低灌区灌溉用水量,减轻对水资源的不合理利用造成的环境影响以及由于缺水而产生的土地沙漠化、植被破坏等现象。另外,在合理控制输配水的基础上减少渠道渗漏对地下水的影响,保障地下水资源安全,改善灌区周围区域生态环境;在进行节水工程的同时考虑环境保护的需求,重新规划灌区建设布局,使灌区走向生态环保型的发展道路,做到农业生产与环境保护相辅相成。

4.4 管理效益: 提高灌区管理水平, 做到长期管护

数字孪生技术可实现对灌区进行全天候监控、直观化管理和智能化调控,颠覆传统的“人工巡检、经验调度”的方式,提高灌区管理的精细化程度以及自动化水平,节约人力资源的同时也提升工作效率。并且借助数字孪生体进行仿真计算可以预见性地发现灌区设备损坏或者供需矛盾等突发状况,在问题发

生前及时采取措施防患于未然,确保灌区正常平稳运转,为灌区续建配套改造后长期有效维护打下良好基础^[4]。此外,数字孪生还可以集成气象、土壤、作物等多种信息源的数据,建立精确模型,及时调整配水计划,做到科学合理地灌溉以及节约用水和提高产量的效果;通过虚实结合不断改进管理措施,在发生自然灾害或者突发事件时能够迅速作出反应,使灌区由原来的“被动防御”转变为现在的“主动防范”,为智慧水利及农业的发展保驾护航。

5 结论

数字孪生技术对大型灌区续建配套节水改造进行了一种新的赋能方式,可以解决以往改造中的一些困难和问题,使灌区节水改造由“硬件升级”转变为“软硬件结合”,达到节水、增效、绿色、可持续的目的。但是目前数字孪生技术在赋能上还存在着技术水平较低、软硬件结合不够紧密以及缺乏相应的人才等障碍,影响着技术发挥应有的作用。以解决实际问题为导向改进技术适用性,提升软硬件一体化支撑能力,加强人才培养确保长久有效地应用,有利于促进数字孪生技术和大型灌区续建配套节水改造有机结合,发挥好节水、经济、生态、管理等方面多种作用,促进大型灌区向现代化水利工程发展,保证粮食生产和用水安全,维护水资源可持续利用,为农业高质量发展奠定坚实基础。

[参考文献]

- [1]刘晶,李润伟,孙俊业,等.数字孪生技术赋能宁夏清水河流域河湖健康评价[J].海河水利,2026,(03):134-139.
- [2]马骏,王丹,李浩.数字孪生技术赋能轮胎全生命周期检测设备的创新开发与实践[J].中国轮胎资源综合利用,2026,(03):93-95.
- [3]金都,陈弘.数字孪生技术赋能乡村农文旅融合发展的机制与路径[J].西北民族大学学报(哲学社会科学版),1-11.
- [4]邵庆春.数字孪生技术赋能建筑构造动态教学支架构建与实践[J].砖瓦,2026,(03):179-181.

作者简介:

寇俊(1984—),男,回族,新疆昌吉人,本科,高级工程师,研究方向:灌区改造高效节水数字孪生。