

数字孪生技术在灌区水利工程中的应用探究

张海林

(安徽省淠史杭灌区管理总局红石嘴管理处, 安徽 六安 237000)

摘要 在当今快速发展的信息技术时代, 数字孪生技术作为一种新兴技术, 已经在众多领域展现出了其独特的价值和潜力。在灌区水利工程中, 数字孪生技术的应用同样显示出其广阔的前景和重要的实践价值。数字孪生技术通过构建灌区水利系统的数字化副本, 可以实现对实体灌区的实时监控、仿真预测与决策优化, 从而提升灌区水利工程的智能管理和运维效率。本文从数字孪生技术的基本概念出发, 重点探讨其在灌区水利工程中的具体应用, 以期对相关人士提供参考。

关键词 数字孪生技术; 灌区; 水利工程

中图分类号: S275; TP3

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)04-0022-03

随着信息技术的迅速发展及其在各领域的深度融合, 数字孪生技术已经成为改变传统行业模式和提升智能水平的重要手段。数字孪生技术通过创建物理实体的虚拟映射, 实现虚拟空间与物理空间的深层互动与数据同步, 已经在制造业、航空航天、医疗健康等多个领域展示了其能力。灌区水利工程作为关乎农业生产与区域水资源管理的关键基础设施, 亟需借助数字孪生技术实现精准管理与高效运营。企业作为主要的技术开发者和提供者, 应积极响应政策, 开发和应用新的技术, 推动灌区控水系统的信息化建设。

1 灌区数字孪生技术的含义

灌区数字孪生技术是一种集成了物理模型、传感器更新、操作历史以及数据分析的复杂系统模拟技术。其背后的核心思想源于数字孪生概念, 即通过创建物理实体的数字化映射, 来实现对该实体的模拟和分析。在灌区管理中, 这一概念的运用意味着巨大的潜力和发展空间。

灌区作为农业生产和水资源管理的重要组成部分, 其有效管理对于保障水资源的合理分配与利用具有至关重要的作用。数字孪生技术在灌区管理中的应用, 可以通过实时监控水量、水质和水利设施状况等信息, 构建灌区模型, 并利用该模型对水资源配置、灌溉策略、灌区设施运行维护等进行模拟和优化。

数字孪生技术能够提高灌区水利管理的精准性。通过搭建灌区的数字孪生平台, 管理者可以实时获取灌区范围内的水文、气象等数据。利用这些数据, 配合先进的模拟算法, 能够对灌区内水量变化进行预测并做出相应的调整。例如, 在旱季与雨季到来前, 利

用数字孪生平台对灌区进行水资源的合理调配, 确保作物供水需求与水资源的有效利用。数字孪生技术支持灌区运营的决策。在灌区的具体运营中, 决策者可以通过数字孪生模型来预测各种操作的影响效果和可能的风险。例如, 通过模拟不同的灌溉策略, 找到最适宜的灌溉时机和用水量, 以及最能节约资源的灌溉方式。灌区的设施管理和维护也可以得到数字孪生技术的支持。依靠灌区数字孪生模型, 可以对水库、涵洞、渠道等设施进行实时监控, 并基于数据分析预测设施的损坏和老化, 从而更有效地规划维修和升级工作, 避免突发故障带来的损失和影响。随着技术的发展和应用范围的拓展, 灌区数字孪生平台可以连接更多类型的数据源, 形成更为全面和细致的管理网络。例如, 可以将遥感技术、无人机巡查等先进手段与数字孪生平台结合, 以提供更加准确和全面的数据分析结果。

2 数字孪生技术在灌区水利工程中的应用

2.1 突出农田经营管理范围, 合理划分灌区管理范围

农田灌溉作为农业生产的重要环节, 其有效管理对于提高农业产出效益, 实现农业现代化发展, 以及调配水资源具有重要的意义。为了更好地实现这些目标, 以政府为主导, 协调相关部门, 重新研判和评估农田经营管理范围, 并据实划分灌区管理范围, 这是一项基本的方向。

灌区管理始终以土地经营者为主体, 以水利为龙头。确保农田获得充足的水资源, 是农业生产的基础要求。如果没有及时、充足的水源供应, 农田的产量将大大降低, 农民的收入也将受到影响。因此, 优化

和改进灌溉系统,实现水资源的高效利用,是提高农业产出效益的关键。为了实现这一目标,需要深入研究农田灌溉的科学方法,提高农田的耕作和灌溉效率,减少水资源的浪费。加大先进技术的投入力度,引进和开发新的灌溉技术和设备,使得农田灌溉更加智能化、高效化。此外,还要对农田的产量和质量进行监控,及时调整农田的灌溉策略,以提高农田的生产力。

通过上述工作的实施,可以形成以水促农、量产增收、农民增收的发展新格局。优化和改进农田灌溉系统,可以使农田得到更多的水资源,进而提高农田的产量,增加农民的收入。同时,通过科学的农田灌溉,还可以节约水资源,降低农田的经营成本。水资源的节约并不意味着减少农田的水源供应,而是通过科学的灌溉方式,减少水资源的浪费,提高水资源的利用效率。这样,可以实现水资源的节约与配置,进一步降低水资源的成本^[1]。

2.2 加快灌区供水模式管理制度改革,按需供水

在实施“以防为主、防抗结合、增产增收”的灌溉用水原则时,管理者需要采取一系列措施来确保水资源的合理分配和有效利用,同时也要考虑到保证农民的经济利益和实现可持续发展。工作人员需要确立明确的合同用水规范,确保供水企业和农民之间存在明确的水量和水质方面的合同。这不仅保证了农田的基本灌溉需求,也为灌溉提供了法律保障。合同应包含水价、供水时间、供水量以及违约责任等关键条款,为农民和供水企业提供清晰的权责明确的指导。根据不同的季节和灌溉需求对水价进行适当调整。在水资源紧张的时期,如干旱季节,水价可适当提高,鼓励农民节约用水;在水资源丰富的季节,则可以实行优惠水价,激励农户充分利用水资源。同时,根据作物的经济效益和对水的需求程度,实现差异化的水价政策,厘定合理的水资源价格。灌区管理应按照不同的水源、水渠系统和用水区域进行分区,建立起严密的管理网络。每一个管理区都应设立责任人,对该区域内的用水监管、维护灌溉系统、水费征收等工作负责。确保水利设施的良好运转,维护和管理责任明确到人,提升管理效率。价格是调节水资源配置的有效手段。水价的合理设定应当反映供水成本、资源稀缺性和市场需求,并考虑到农民的收益。建立健全的水费征收和监管机制,确保农民按照水价政策合理支付水费,同时确保水资源得到合理的管理和利用。利用信息化技术,如地理信息系统(GIS)、远程监控系统来管理

灌溉用水。工作人员通过收集、整合和分析地理数据,如土壤类型、降雨分布以及地形地貌等,可以绘制出灌溉区域的地理信息图。这些信息可以帮助农户和管理者了解土壤水分分布情况对灌溉水分的影响,从而为合理规划灌溉方案提供更加科学的依据。工作人员可以通过传感器和监测装置,实时监测灌溉水量、土壤水分含量以及作物生长情况等关键参数,并将数据传输到中心服务器进行实时处理与分析。农户和管理者可以通过手机或电脑远程查看灌溉设备的工作状态以及土壤水分情况,根据实际情况及时调整灌溉量和操作方式,提高灌溉效率和水资源利用效率。同时,监测数据的分析和比对结果也可以揭示出灌溉系统中存在的问题和不足,为科学决策提供依据。在数据分析方面,工作人员可以利用信息化技术对大量的灌溉数据进行处理和分析,提取其中的有用信息。工作人员通过对历史灌溉数据的分析,可以预测未来的灌溉需求和水资源供应情况,为灌溉决策提供依据。此外,工作人员还可以利用数据分析技术,建立关联模型,预测灌溉水量和作物产量之间的关系,为优化灌溉方案提供科学参考^[2]。

2.3 完善信息基础设施建设,扩大信息采集范围

灌区数字孪生建设主要依赖对灌区管理中涉及各个环节的建模和数字化处理,从而对灌区水利基础设施和灌区渠道进行无缝监控,实现灌区控水系统的智能化与远程化^[3]。一方面,我们需要扩大现有水利基础设施及灌区渠道的监控范围。这意味着需要在首部工程、渠道内工程以及田间界地建立监控节点,收集并实时传输相关数据。这些数据包括但不限于水位、流速、流量及其变化情况,甚至可以通过设备监测到环境温度、湿度等数据。这样可以实现对整个灌区的精细化管理,为根据气候变化、作物需水量等因素制定灌溉策略提供数据支撑。另一方面,我们需要提升灌区控水系统的信息化水平。当前的灌区控水系统还主要依赖人力进行操作和监控,这其中既存在操作不便的问题,也有人为错误的风险存在。通过建立起可以远程操作的控制系统,实现自动化,将大大提高运行效率和安全性。

为了实现这一目标,GIS可以为灌区水利设施提供关于设施位置、属性和状态的详细信息,并通过实时更新数据来提供灌溉系统的动态管理。GIS的建立与维护是灌溉系统智能化的基础,也是为更高级的智能管理系统提供支撑的数据平台。通过无线通信技术,可实时收集并反馈水利设施的运行数据,通过对这些数

据的分析和处理,可以提供设备运行状态的准确信息,有助于做出及时的决策,避免或减少因水利设施故障所引发的灾害^[4]。

2.4 加强人才队伍建设,搭建互联互通共享数字模型平台

推进灌区数字孪生建设不仅是技术革新的要求,也是现代水利经济发展的内在需求。数字孪生技术作为一种全新的信息融合手段,其核心在于通过数字化手段构建实体的虚拟映射,实现实时动态监控,从而提升灌区管理效率与水利资源配置的科学性^[5]。而人才支撑与空间基础信息的整合共享是实现这一目标的关键所在。在人才引进和职工培训方面,需建立健全全面的人才培养机制。这包括但不限于为高校毕业生提供水利行业实习机会,针对在职职工开展数字孪生及相关技术的再教育培训,同时通过搭建人才引入平台,吸引国内外水利领域的专业人才加盟。充分运用线上与线下培训资源,打造系统的知识体系与实操能力培养环境,以确保人才队伍能够适应水利信息化、智能化的发展需求。在确保数据真实性的前提下,推动空间数据与水利基础设施信息的互联互通。通过构建统一的数据平台,整合地形、地貌、气象、水文等多源空间数据资源,并实现与灌区水利设施数据的相互融合,为精确的水资源配置和高效的灌溉管理提供决策支撑^[6]。构建数字孪生模型不仅能够模拟灌区在不同气象条件下的水文反应,还能够模拟各种防洪抗旱措施的效果,以评估最佳应对方案。在此过程中,确保模型准确反映实际情况,需要不断地更新维护相关数据。为了实现数据的动态更新和管理,部门间的信息共享机制必不可少。这要求打破信息孤岛,建立起机制顺畅、数据规范、接口统一的信息共享框架,让来自不同源头的数据能够快速集成、互相验证,提高灌区管理系统的响应速度与准确度。

2.5 制定科学合理的中长期规划

首先,要坚持政府主导、市场运作的原则,以适应我国经济发展总体战略。政府负责制定合理的决策,协调各方资源,搭建发展平台,为灌区提供良好的投资环境,同时也需要尊重市场规律,发挥市场决定资源配置资源的决定性作用。其次,数字化转型应成为解决水资源问题的关键。通过数字化手段,逐步实现灌区水利经济的高效运转,提升灌溉效率,优化水资源配置,为农业生产提供充足的水源。针对新老矛盾和风险,灌区需要通过科学合理的中长期规划,实现水源的合理利用和保护。灌区需要根据本地区的实际情况,量

化水资源保障、水旱灾害防御等工作,形成系统化的解决方案。并需要在这个过程中不断反馈、修正和完善,使其能适应未来可能的风险。这样既能有效解决旧的问题,也可以预防新的问题的产生。再者,统筹人才和资源优势,建立信息化、智慧化的现代水利投资建设体系非常重要。通过人才培养和引进,提高水利行业人才的素质,建立高素质的人才队伍。在此基础上,建立现代化的水利投资建设体系,通过信息技术和智能化设施,实现水利资源的合理利用和灾害的及时预警、快速反应^[7]。最后,为推动灌区水利经济的可持续发展,需要在宏观层面上调整和优化灌区产业结构。灌区产业发展应以可持续发展为主导,通过改变产业结构,发展绿色经济,推动水利经济的转型和升级。同时,通过产业结构的优化,可以进一步提高地区经济的整体竞争力,从而推动灌区经济的快速发展。

3 结语

通过对数字孪生技术在灌区水利工程中应用的探讨,了解数字孪生技术对于提升灌区水利工程的智能管理水平、增强应对复杂环境的适应能力以及优化决策效果具有显著意义。然而,在实际应用过程中,技术实现的复杂度、数据集成与处理的挑战以及模型准确性的提升等问题仍然是需要关注和解决的重点内容。展望未来,随着相关技术的不断成熟和创新发展,数字孪生技术在灌区水利工程中的应用将更加广泛,成为推动该领域向数字化、智能化转型的重要驱动力,最终为实现高效、节水、环保的水利管理目标提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 张建新.数字孪生技术在疏勒河流域的应用和探讨[J].中国水利,2023(23):58-62.
- [2] 陈成勇,潘旭,周成宽.基于数字孪生水文建设的探讨[J].黑龙江水利科技,2023,51(11):157-160.
- [3] 高升.茨淮新河数字孪生灌区建设探索[J].治淮,2023(09):35-37.
- [4] 崔丽安.肇源县数字孪生灌区先行先试技术框架与建设布局[J].黑龙江水利科技,2023,51(06):185-188.
- [5] 尹红.铁力市北关灌区数字孪生灌区先行先试建设研究[J].东北水利水电,2023,41(06):65-67.
- [6] 冶运涛,蒋云钟,曹引,等.以数字孪生水利为核心的智慧水利标准体系研究[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2023,44(04):1-16.
- [7] 马宏伟.数字孪生技术在水库大坝及灌区信息化建设中的应用[J].现代工业经济和信息化,2023,13(01):163-165.