

智慧灌区数字孪生技术的应用构想

汪 涛,孙海波

(淮安市洪金灌区管理所,江苏 淮安 223001)

摘要:立足灌区运行管理现状,分析灌区存在的问题及解决对策,根据数字孪生流域建设新要求,分析探讨智慧灌区建设的技术路线和建设思路,思考灌区作为水利“2+N”业务的核心,如何实现与物理流域同步仿真运行、虚实交互、迭代优化,支撑“四预”(预报、预警、预演、预案)功能实现和“2+N”智能应用运行。

关键词:数字孪生流域;智慧灌区;技术路线;建设思路

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2022)Sup2-0086-04

Conception of application of digital twin technology in smart irrigation areas

WANG Tao, Sun Haibo

(Hongjin Irrigation District Management Office of Huai'an City, Huai'an 223001, China)

Abstract: Based on the status quo of operation and management of irrigation districts, the existing problems and countermeasures of irrigation districts are analyzed. According to the new requirements of digital twin watershed construction, the technical route and construction ideas of smart irrigation district construction are analyzed and discussed, and irrigation districts are considered as the core of water conservancy “2+N” business. How to realize synchronous simulation operation with the physical watershed, virtual-real interaction, and iterative optimization, support the realization of the “Four Pre” (forecast, early warning, rehearsal, and pre-plan) functions and the operation of “2+N” intelligent applications.

Key words: digital twin watershed; smart irrigation area; technical route; construction ideas

灌区是中国水利建设的重要组成部分,是粮食生产的重要保障,数字灌区是以灌排系统为经络、以灌排工程为节点,构建起现代灌区水利基础设施网络平台,满足新时代经济社会发展新要求。数字孪生是利用计算机技术手段,塑造一种与现实社会实体高度相似的数字模型,也称之为数字孪生体。因此,数字孪生技术也正是透过为某个物理性质对象构建起数字化的信息模型,来实现物理性质对象

和数据样本相互之间数据与信号的互动、联系和反应的新技术。而借助数字孪生技术对灌区建设的支撑,通过建立灌区运营信息管理数字孪生体系,可以提升对灌区水情等信息的全面了解能力、深入剖析水平、科学决策能力和精细化执行能力,必将进一步夯实灌区粮食安全的基础,打牢灌区供水安全的保障,提升灌区服务经济社会发展的效能,激发灌区现代化管理的活力,进而实现灌区建设与管

收稿日期:2022-11-01

作者简介:汪涛(1991—),男,助理工程师,本科,主要从事灌区管理工作。E-mail:2864581194@qq.com

理工作的数字赋能。

1 灌区数字孪生技术的理解

灌区是指一个半人工的生态系统,通常从一个或几个自然水源中取水,形成完善的输水、配水、灌溉、排水等工程体系,并根据不同的实际需要并兼顾自然资源与生态承载力,进行灌溉排涝。而数字孪生是指充分利用物理学模拟过程、传感器信息、系统运行历史等信息,实现多领域、多物理量、多维度、多概率的仿真流程,在虚拟现实空间上进行再现,并以此体现相应的实物装置的整个生命循环流程。灌区数据利用孪生技术的数字化改造、物联网技术的信息采集能力、数据传输功能,以及大数据技术的数据分析储存功能、云计算技术的计算能力,并以人工智能技术的强大推理与计算为背景,让灌区的闸门、泵站、渠道等系统各个环节实现系统模拟与仿真功能,以数字化手段构建一种和实际物理环境完全一样的虚拟现实体。通过虚拟体,人们能够预测物理实体的变化,从而检验并完善对调度的控制。最终达到以水定需、量水而行、因水制宜的目标,促进灌区智能分析、智能决策、智慧调配,推动灌区建设水平与水资源、水环境管理承载能力的有效协调,形成全新的灌区水环境管理体系,形成灌区常态的水资源社会保障体系,形成优

秀的水利科学文化。智慧灌区架构流程见图1。

2 灌区运行管理现状

我国农业大国的实际情况决定了农业相关设施的建设是一项长远的战略性措施,尤其重点农区水资源利用,更需要合理的配置和利用。截至2019年,我国万亩以上大中型灌区7 884处,其中,设计灌溉面积2万 hm^2 (30万亩)及以上的大型灌区459处。20世纪90年代末,国家启动大型灌区和重点中型灌区续建配套与节水改造,工程设施得到不同程度改善,管理能力和管理水平明显提高。但是数字化、智慧化程度依旧不高。发达国家灌溉水管理日趋朝着信息化、高效化发展,这种先进的灌溉水管理流程为“信息采集—分析加工—指导实践—信息反馈”,即主要由水信息管理中心、用水信息采集传输、用水数据库、灌溉用水管理系统、灌溉渠系自动化监控系统等组成,以实现水资源合理配置和灌溉系统的优化调度。对比国外一些先进灌区的建设,国内大部分灌区在信息基础设施建设、信息数据采集、软件平台的建立维护等方面都相对比较薄弱。

2.1 信息基础设施不健全

我国大部分灌区建成时间早,工程建成时间较长。受当时经济和技术等条件制约,灌区工程整体

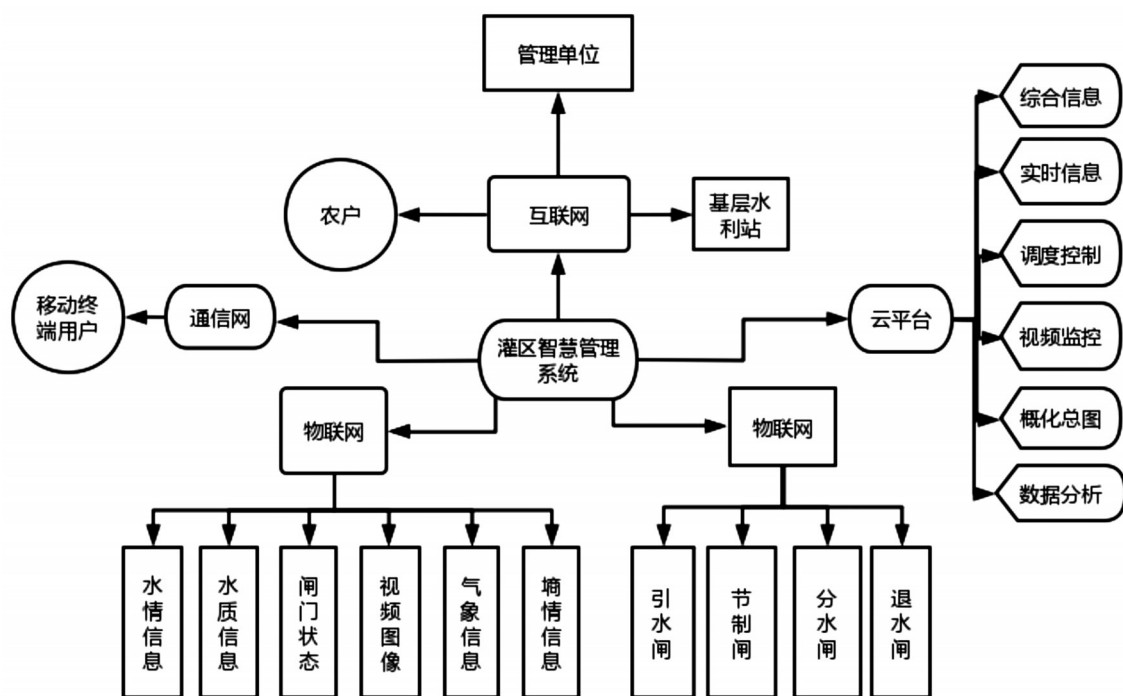


图1 智慧灌区架构流程

建设水平不高,已不能满足现代农业当中的灌溉和排水要求。近些年的续建配套与节水改造大多是对大型的水利枢纽工程进行配套升级与信息化改造,其他骨干工程受资金因素制约没有改造,远达不到“智慧”的程度,如支渠首口门配水设施老化,流量监测设施缺乏;农渠、斗渠渠道坍塌淤塞严重;大型建筑物实现了远程遥控,但无法做到精准流量控制;数据模型建设、大数据分析处理等方面有待突破等,这些都在一定程度上影响了灌区水资源的及时、合理调配,降低了供水效率和效益,需要加大投入予以解决。

2.2 灌区改造重建设、轻维护

目前,灌区信息化、智慧化改造中往往注重前期工程建设投入,对于后期信息基础设施的维护却不重视。灌区后期运行管理缺乏信息化软硬件专项维护经费,在前期改造建设完成后,后期的维护费用无法得到保障,在运行过程中出现问题无法得到有效解决。各类信息化设施设备也逐渐损坏废弃,灌区信息化、智慧化难以为继。

2.3 灌区建设重硬件、轻软件

在灌区以往的续建配套与节水改造等工程中,通常只重视硬件的投入,不重视软件的开发。存在系统平台建设标准低、功能不完善、信息数据系统集成能力较差等问题,这不但使得硬件设施效力得不到充分发挥,系统维护困难,而且数据资料分析整理也需人工来完成,没有实现真正的高效化、便捷化。

2.4 专业性人才缺乏

灌区现代化管理必须要有相对应的专业技术人员。但灌区数字化建设和管理人员基本以兼职为主,专门从事数字灌区建设的技术人才特别是复合型人才数量严重不足,技术结构不够合理。懂水利的多,懂信息化的少,既懂水利又懂信息化的更是少之又少。这就为使用智慧灌区管理平台的管理带来了一定难度,从而影响灌区管理的智能化和现代化水平提升。

3 工作建议与智慧灌区建设思路

按照需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力的要求,基于水利信息基础设施,应用数字孪生、物联网、大数据、数字建模、GIS、远程自控等技术,建成标准统一、接口规范、分布部署、快速组装、敏捷复用的模型平台,打造数字孪生灌区。使用数字孪生技术,从灌区全貌、功能建设、设备运行、输配水

过程、灌排过程等多个维度数字化映射。通过虚实交互的方式,仿真模拟灌区建设的整体进程,让灌区运行可视化、业务信息数字化、运行管理智慧化。智慧灌区建设框架见图2。

3.1 完善信息基础建设,扩大物联感知范围

智慧灌区的建设需要完善水利信息基础设施建设、拓宽灌区渠系和水利基础设施监控覆盖范围,增强水利工程管理活动动态感知能力,从渠首工程、渠系工程到田间工程的一体化建设,构建天、地、空覆盖全灌域内的物联网感知体系,包括对渠首工程安全监测、渠系水雨情监测、排污口水质监测、闸坝泵站远程控制、田间作物及土壤要素监测。特别提高渠系终端配水系统监控感知功能,提高支渠首、田间附属设备的水位、流量等多因素动态监控水平;积极推动全灌区水位、流量、降雨、水质等水情、工情和水事情况的前端物联传感功能建立,从而能实时,甚至提前预知水利工程设施运行状态,实现灌区基础设施维护的系统性和前瞻性,节约大量的时间、人力、资金成本。

同时,提高灌区控水系统的智能化水平和远程管理能力。根据“无人值班,少人值守”的原理,针对灌区闸门、泵站、分水洞等水利工程施工设施,采用智慧配水和人工远程配水相结合的方法,实现灌区控水系统工程远程管理改造。

3.2 加大灌区资金投入,完善灌区数据底板

加大智慧灌区建设投入力度。目前,智慧灌区建设仍处于初步阶段,管理方式较为粗放、落后,基础信息设施维护工作滞后,软件设施建设标准低、功能缺失都是明显的短板,需要进一步加大投入力度,建设高标准、全方位的软件操作平台,落实及时有效的运行维护工作方案。

同时,积极完善灌区数据底板,在全国水利一张图基础上,可视化灌区设备设施、渠系建筑物,实时获取灌区水雨情、取水量、用水量,动态感知阀门、泵站运行状态。完善数据类型、范围、质量,优化数据融合、分析计算等功能,从而优化水资源配置,推动灌区“透彻感知、全面互联、科学管控”。

3.3 加强灌区人才配备,构建算法模型平台

提升灌区现代化管理水平,还需加强信息化人才引进和职工培训力度,建立起完备的人才培养机制,为推进智慧化灌区建设奠定坚实的人才和技术支撑。同样,仅提升灌区的基础工程能力与信息采集能力,不足以实现灌区供水服务的高效性与系统性。要切实做到灌区有效供水,构建具有预报、预

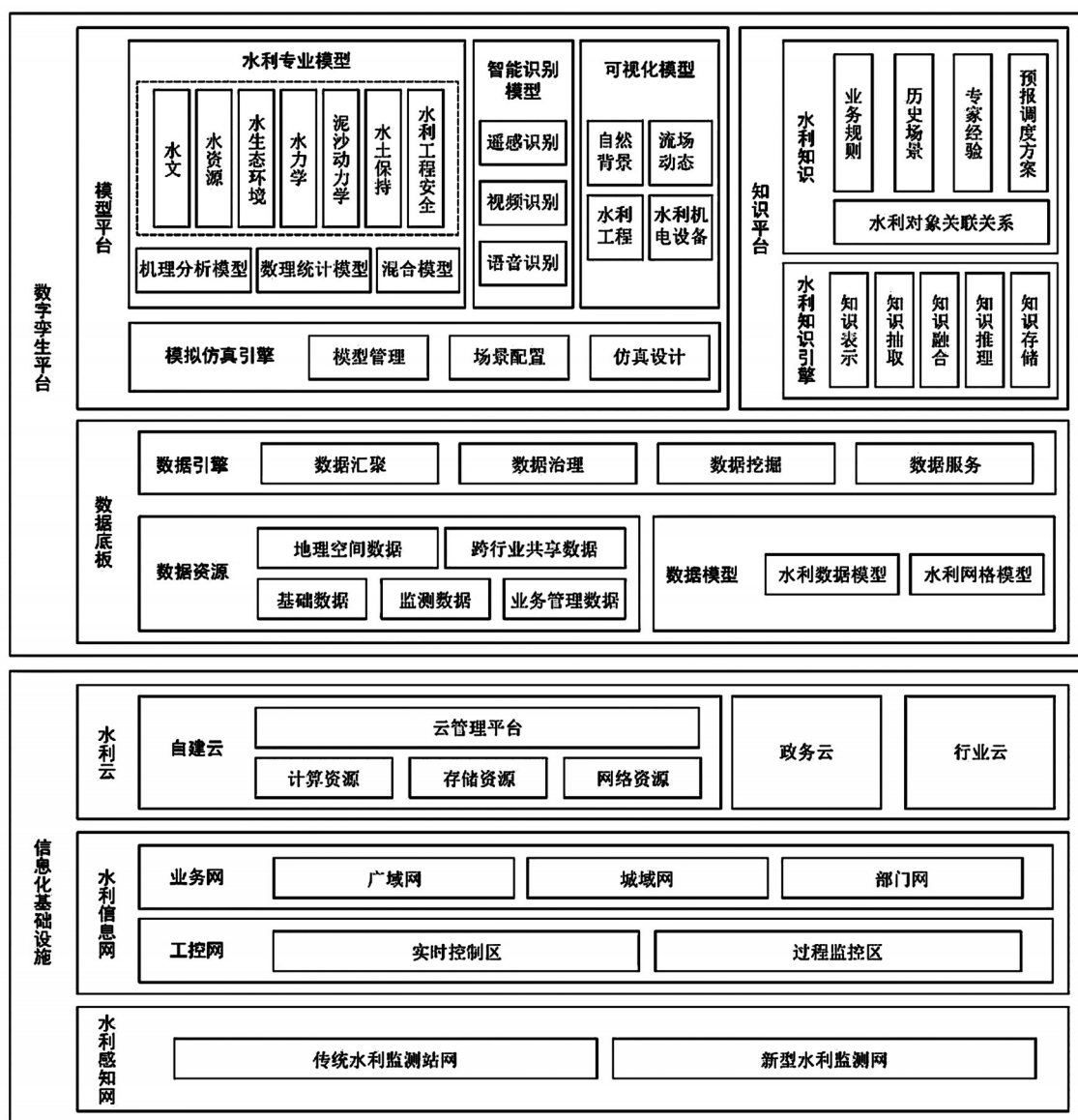


图2 智慧灌区建设框架

警、预演、预案功能的智慧灌区,必须构建灌区灌溉供水算法模型平台。

模型平台构建要本着“标准化、模块化、云服务”的要求,同时还需保障各类模型通用化封装及模型接口的标准化,能够供各级单位进行调用。平台主要包含水利专业模型、智能识别模型、可视化模型和模拟仿真引擎。

水利专业模型使数字孪生赋予了由内到外的内涵,它真正地将水体及水体内部的物质运动变化规律描述了出来,将水体行为孪生了出来,不仅可以对历史场景进行复演,还能保持物理世界同步运行,还能创造平行世界,进行多方案预演未来。水利专业模型包括以下3类:①机理分析模型;②数理统计模型;③混合模型。

智能识别模型包括遥感、视频、语音等识别,是将水利特定业务场景与人工智能相结合,自动识别水利对象特征,提升水利感知能力,使水利管理活动变得更加高效,大大减少了人力投入。

可视化模型通过对各类模型进行可视化构建,面向具体的业务应用真实展现物理流域中自然背景、流场动态、水利工程、水利机电设备等各种水利业务场景。

模拟仿真引擎以数据底板为基础,具有数据底板加载、场景管理、模拟仿真、空间分析、三维渲染等服务能力,结合水利专业模型的计算过程和结果,进行模拟仿真。它包括物理工程的同步可视化表达、工程建设和运行全过程的高保真仿真、

(下转第92页)

- [2] 徐瑞,叶芳毅. 基于数字孪生技术的三维可视化水利安全监测系统[J]. 水利水电快报, 2022, 43(1): 87-91.
- [3] 张绿原,胡露露,沈启航,等. 水利工程数字孪生技术研究与探索[C]. //中国水力发电工程学会自动化专委会. 2021年年会暨全国水电厂智能化应用学术交流会论文集. 北京:中国水力发电工程学会, 2021: 341-345.
- [4] 顿晓晗,王源楠,肖文,等. 基于数字孪生技术的智慧水利应用研究[C]. //中国水利学会. 学术年会论文集第四分册. 北京:中国水利学会, 2021: 273-276.
- [5] 雷恺华. 浅析地质勘测方法与技术在水利水电工程中的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2017(35): 1087.
- [6] 齐建强. 三维勘测设计技术在水利水电工程中的应用分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(20): 2737.
- [7] 刘创,周千帆,许立山,等. “智慧、透明、绿色”的数字孪生工地关键技术研究及应用[J]. 施工技术, 2019, 48(1): 4-8.

(上接第 89 页)

支撑数字孪生体与物理体的交互分析、工程安全的前瞻性预览、工程安全应急预案的动态仿真等典型功能。

4 结 语

灌区作为水利“2+N”业务的核心,按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”要求,以数字化、网络化、智能化为主线,以数字化场景、智慧化模拟、精准化决策为路径,以构建数字孪生流域为核心,全面推进算据、算法、算力建设,加快构建具有预报、预警、预演、预案功能的智慧灌区。为国家粮食安全、实施乡村振兴战略和生态文明建设、实现农业现代化和国家现代化提供牢固基础支撑。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部. 数字孪生流域建设技术大纲(试行)[R]. 北京:中华人民共和国水利部, 2022: 1-23.
- [2] 蔡阳,成建国,曾焱,等. 加快构建具有“四预”功能的智慧水利体系[J]. 中国水利, 2021(20): 1-5.
- [3] 戴玮,李益农,章少辉,等. 智慧灌区建设发展思考[J]. 中国水利, 2018(7): 48-49.
- [4] 孙楚安. 灌区运行管理中信息化建设现状及对策探析[J]. 建筑工程技术与设计, 2020(33): 35-38.
- [5] 蒋亚东,石焱文. 数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用[J]. 科技通报, 2019, 35(11): 5-9.
- [6] 刘光. 分析灌区水利工程管理现状及对策[J]. 农业开发与装备, 2021(11): 153-154.