

基于数字孪生技术的智慧水利应用研究

孙 一 魏 涛 赵 静 司 鼎

(河南省信息咨询设计研究有限公司 郑州 450000)

摘 要 文中主要研究了数字孪生技术在水利工程中的应用,分析了物理流域和数字流域的孪生方式,接着对水利工程数字孪生实施步骤进行了分析,详细阐述了应用过程中的关键步骤,并通过建立水利孪生数字化模型,实现了数字孪生与物理实体的实时同步仿真运行,有效支撑了管理部门的精准化决策,提升了水利行业的信息化水平。

关键词: 智慧水利;数字孪生;建设策略

中图法分类号 TP399

Research on Intelligent Water Conservancy Application Based on Digital Twin Technology

SUN Yi, WEI Tao, ZHAO Jing and SI Ding

(Henan Province Information Consultation Designing Research Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China)

Abstract This paper mainly studies the application of digital twin technology in water conservancy projects, analyzes the twinning mode of physical watersheds and digital watersheds, and then analyzes the implementation steps of digital twins in water conservancy projects, expounds the key steps in the application process in detail, and establishes The digital model of the water conservancy twin realizes the real-time synchronous simulation operation of the digital twin and the physical entity, effectively supports the precise decision-making of the management department, and improves the informatization level of the water conservancy industry.

Keywords Intelligent water conservancy, Digital twins, Construction strategy

0 引言

截至 2023 年初,我国水库共有 9.8 万座,其中超过 50%处于病险状态,且存在运行管理薄弱、设备老化、预警预警不够及时准确、管理成本高、监管效率低、管理难度大等问题。此外,在城市治水中,存在管网漏损率高、设备老化严重、水质监测准确度低等问题;在基层防汛中,存在预警系统精确度不高、稳定性不强、预警预见不足等问题。近年来,水利信息化工作取得了显著成效,但智慧化水平整体偏低,现存系统存在底层透彻感知不够的问题,绝大部分中小河流监测和水库等场景均缺乏相关监控措施,业务工作基本依靠人工巡护来完成。已有水利信息化系统多为分散构建模式,存在信息孤岛、内外部信息共享不足、对互联网数据利用深度不够、信息系统安全防护及保障能力较差等问题,亟需充分发挥新一代信息技术对水利业务的支撑驱动作用,强化信息技术与水利业务的深度融合,为推动新阶段水利的高质量发展提供数字引擎、智慧支撑。

为解决水利信息化发展缓慢的问题,我国于 2022 年推

出了水利信息化建设政策,即“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”,全面推进算据、算法、算力的建设,建立水利专业模型及知识平台,实现数字孪生流域和工程的多维度、多时空尺度的高逼真模拟和虚实交互,打牢数字赋能的基础,全面加快构建“2+N”水利智能业务应用体系,聚焦防洪、水资源、河湖管理、水土保持、农村水利工程建设和运行管理等重点工作领域,完善“四预”功能,提升业务智能化水平。其中,数字孪生技术通过构建仿真可视化模型,可以实现自然背景、流场动态、水利工程、水利机电设备等水利要素和超前预报、警戒预警、实时预演、全息预案等场景的可视化,实现数字孪生与物理实体的实时同步,支撑管理部门的精准化决策,以有效提升水利行业的信息化水平。

1 数字孪生技术

数字孪生流域可以将信息空间上构建的水利虚拟映射叠加在水利物理空间上,以形成虚实结合、孪生互动的数字化模型,其可以重塑水利基础设施,是数字孪生技术与水利融合的高级形态。数字孪生水利感知体系采用多种感知设

收稿时间:2023-07-11

作者简介:孙一(1984—),硕士,高级工程师、注册咨询师,研究方向为移动通信网工程咨询、规划和设计;魏涛(1977—),本科,中级工程师,研究方向为移动通信网工程咨询、规划和设计;赵静(1984—),硕士,高级工程师、注册咨询师,研究方向为移动通信网工程咨询、规划和设计;司鼎(1989—),本科,中级工程师,研究方向为移动通信网工程咨询、规划和设计。

备和技术,来动态监测和实时采集主要水情感知对象的业务特征和事件信息,以得到物联网传感数据、导航定位、卫星和无人机遥感监测观测数据、视频解析数据和分析信息。在对这些信息进行基础加工、分级分类后,输入数字孪生水利平台,为其提供内容全面、可靠的感知大数据。

智慧水利数字孪生通过建设支撑水利预报、预警、预演、预案的模拟仿真体系,依托视频融合技术,可高效率、低成本、真

实地还原不同复杂流域的现实全景,并在此基础上融合各类专业监测方法与对应算法,从而精确地对水利流域的泥石流、积水、洪涝等灾害进行判断、模拟、推演、预测,为后续工作做准备。通过综合展示台风路径、气象信息、卫星云图、雷达图、雨情、水情等相关业务信息,可以辅助管理人员进行水旱灾害防御,来实现预报、预警、预演、预案的“四预”治理^[1]。数字孪生技术框架如图 1 所示,水利数据数字化方案如表 1 所列。

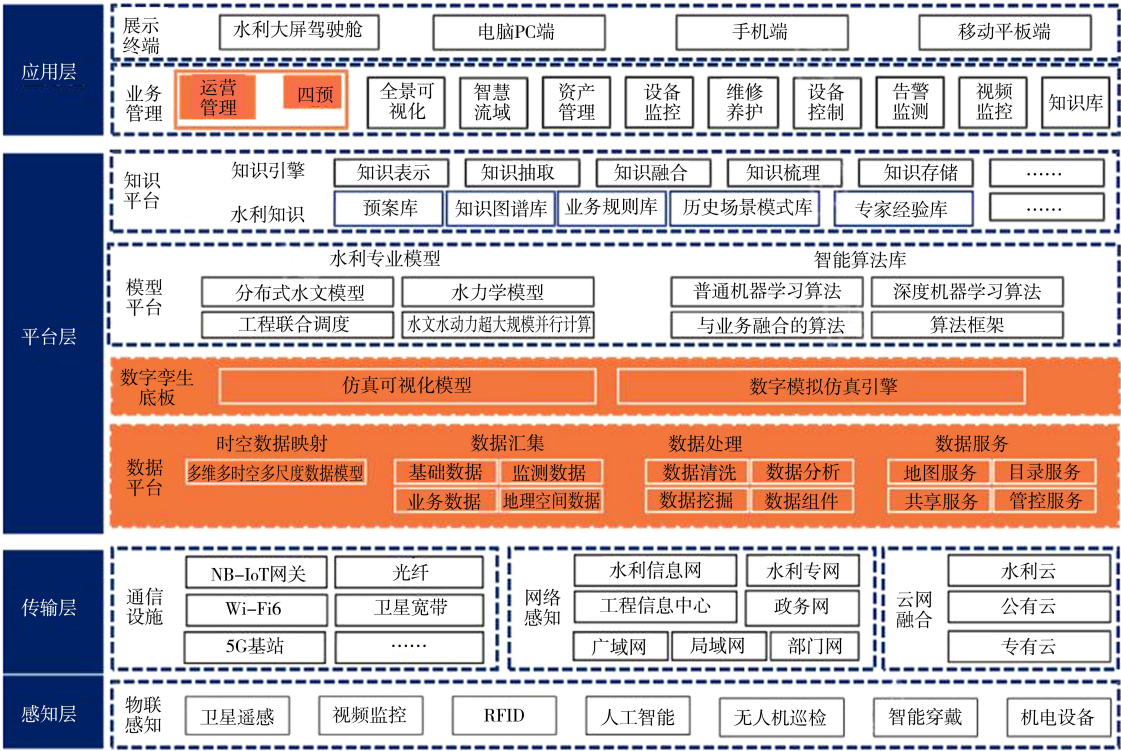


图 1 数字孪生技术框架

表 1 水利数据数字化方案

	全域水系分部总览	特定水系沿岸近景俯瞰	重点建筑/水利设施细节展示
数据源	GS 数据	斜扫、GIS 数据、彩平图、建筑模型	设备模型及落位布置图、建筑模型
解决方案(优选)	具备时效性的 GIS 数据	具备时效性的 GIS 数据+建筑模型 (BIM,3Dmax 等)	设备三维模型+建筑三维模型 (BIM,3Dmax 等)
解决方案(备选)	开源 GIS 数据+部分实拍调优	开源 GIS 数据+街景图+实拍调优+库内模型替换	外景实拍+室内扫描建模

2 数字孪生的实现步骤

(1)数据汇集治理。在汇集各类应用系统数据资源的基础上开展数据治理,主要包括水河流域数字高程数据、实景模型及实时影像、水利工程 BIM 模型、各类水利对象特征属性、监测感知数据、水利业务管理数据及水利部门等机构的共享数据。

(2)按照“定标准、整数据、保质量、管资源、通服务”的原则建立资源目录。其主要包括建立汇聚、服务、共享标准,统一标准规范;汇聚、清洗、整合数据,解决数据质量、融合问题;创建资源账本,记录数据资源数量、数据来源、标准

情况等。数据治理的目的是共享和应用,通过建设共享服务,向相关部门提供服务。

(3)根据管理需求及不同类型的空间数据模型特性,实现主河道及影响区域、水文水环境、生产建设活动等的仿真。主要工作为空间底板建设、数字高程模型构建、卫星遥感影像获取、无人机倾斜摄影测量、BIM 模型建设。数字孪生水利模型,一般包含洪水风险图模型、洪水预报模型、洪水演进模型、洪水淹没分析模型,根据数字孪生水利模型构建面向流域管理的时空态势模型、基于多源信息融合的动态土壤含水量场模型以及洪水预报网格化管理模型等。

(4)实现模型率定。参考历史或实测资料,设置合理的初始条件和可控的边界条件,选择合理的模型算法,实现对

水利专业模型的率定验证,保障参数调整的合理性,并完成多次模拟计算。

(5)实现专业模型和业务应用系统的耦合。利用模块化设计模型系统,通过 API,SDK,WebService 组件实现与业务应用系统的交互使用,最终实现水利专业模型的整合计算和标准化服务封装^[2]。

(6)数字孪生展示。通过仿真技术对物理水利状况进行数字模拟,从而对水利工程规划、建设、运营、维护等过程进行实时监测、诊断、分析、决策和预测,进而实现水利工程的智能运行、精准管控和可靠运维。此外,利用 GIS、视频融合、IOT 等技术,在虚拟水利平台上展示出管理者的决策,并将其映射到物理水利中,结合各类水利业务数据和数字孪生水利工程,构建智慧水利实景孪生一张图,实现对水利业务的可视化管理,最终实现对水利管理者在建设、运营、管理、维护、安全等方面的技术赋能^[3]。

3 数字孪生实例

数字孪生水利预警系统可以实时汇聚国内外权威气象机构的数值预报成果,并整合水文实时监测传感器的数据,形成区域性雨水情况的实时监控能力。其也可以利用历史数据和一定时期内积累的气象水文数据,建立科学的运算模块和能力峰值,从而实现科学、准确、及时的汛涝旱情预警预报。预警系统提供的信息如下^[4]。

(1)工情信息。基于 GIS 的各类水利工程对水库、堤防、海堤、水闸、穿堤、电排、河流、灌区、避风港、测站等的综合查询和展示。

(2)实时信息。包括实时旱情、实时风情、实时水情、实时雨情、实时低温冰冻、站点分布、水位流量过程线、水资源信息展示及各类水利工程现场视频监控。

(3)预警信息。包括台风路径、卫星云图、气象雷达、降雨预警、水情预警、风暴潮警报展示、实时超警信息综合展示、区域降雨量展示等,如图 2 所示。



图 2 数字孪生水利预警预报示意图

(4)三维展示。在不同水位下,展示区域淹没情况或水库蓄水量情况;实现水库库区、重点河段在不同来水情形下,河道区域水面线及流量沿程变化过程的比较和模拟仿真展示^[5]。

水利水库数字孪生利用信息化手段,可以将辖区内的水库信息互联,对其进行统一、综合的管理,如图 3 所示。以区县为单位,通过部署水库云监管平台、水库一体化站等硬件监测设施以及策划具有地方特色的运维实施方案,为客户提供一站式的水库安全监管服务,并提供智能视频云服务、监测分析及巡查养护管理服务,协助水库主管部门与责任人有效监管水库,保障水库安全运行。上述方式实现了水库安全管理的数字化、精细化,调度决策的科学化、智能化,日常办公的流程化、量化,管理联动的统一化、高效化^[6]。



图 3 水库数字孪生示意图

4 结语

数字孪生技术以信息化技术为支撑,有机整合了水利领域的各类设施功能、各种管理手段、各项建设目标有机整合,以信息网络为脉络,连接水利领域的各类设施、各个节点和各种要素,融合各条通道、各类信号和各种数据,形成了条口贯通、条块互联、信息互通的机制,打造了一个集“感知、预警、决策、处置”为一体的信息化管理与指挥网络,并以此建设了常态化值守的水利指挥调度中心,实现了水利领域“实时监管、科学预测、精准控制、高效处置”的现代化建设目标,全面提升了水利工作在经济建设、社会管理、生态文明建设等领域的服务保障能力。

参考文献

- [1] 陈胜,刘昌军,李京兵,等.防洪“四预”数字孪生技术及应用研究[J].中国防汛抗旱,2022,32(6):1-5,14.
- [2] 2023 年智慧水利综合解决方案,数字孪生,领导驾驶舱,水文监测[OL].https://it.sohu.com/a/692959510_120299519.
- [3] 李方平,吴楠,郭运华,等.水电工程智能安全监测体系特征及发展趋势[J].人民长江,2021,52(S2):259-264.
- [4] 颜培胜,奚歌.以勘测设计视角谈智慧水网建设与关键技术研究[J].中国水利,2021(20):18-21.
- [5] 李松辉,张国新,刘毅.混凝土坝温控全过程智能关联优化调控方法及工程应用[J].水利水电技术(中英文),2021,52(S2):193-198.
- [6] 饶小康,马瑞,张力,等.基于 GIS+BIM+IoT 数字孪生的堤防工程安全管理平台研究[J].中国农村水利水电,2022(1):1-7.