

数字孪生技术与智慧水利系统的 融合及应用

刘 斌¹, 蒋 涛¹, 吉庆伟¹, 张家伟²

(1. 江苏省骆运水利工程管理处, 江苏 宿迁 223800; 2. 钛能科技股份有限公司, 江苏 南京 211899)

摘要:充分利用人工智能和大数据等技术促进数字孪生与智慧水利系统的融合, 进一步提升了智慧水利的运行维护、信息获取、时间掌控和决策管理能力, 推动水利工程建设向数字化、网络化、智能化方向转型升级, 以实现水利工程现代化。

关键词:数字孪生技术; 智慧水利; BIM; 融合

中图分类号: TV213.4

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2022)Sup2-0041-04

Integration and application of digital twin technology and intelligent water conservancy system

LIU Bin¹, JIANG Tao¹, JI Qingwei¹, ZHANG Jiawei²

(1. Jiangsu Luoyun Hydraulic Engineering Management Division, Suqian 223800, China;
2. Talent Science And Technology Co., Ltd., Nanjing 211899, China)

Abstract: The integration of digital twin technology and intelligent water conservancy system has made full use of new technologies of artificial intelligence and big data, further improved the operation and maintenance, information acquisition, time control and decision-making management capabilities of intelligent water conservancy, actively promoted the transformation and upgrading of water conservancy construction to the direction of digitalization, networking and intelligence, and realized the modernization of water conservancy projects.

Key words: digital twin technology; intelligent water conservancy; BIM; integration

1 数字孪生

数字孪生体是指在计算机虚拟空间存在的与物理实体完全等价的信息模型, 可以基于数字孪生体对物理实体进行仿真分析和优化。通过结合 5G 通信、物联网、BIM、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术^[1], 充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据, 集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程, 在虚拟空间中完成映射, 从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。

通过数字化手段对实体对象进行动态仿真、监测、分析和控制, 综合运用感知、计算、建模等信息技术, 在水利工程建设中综合集成应用, 建立新型虚拟模型基础设施是实现水利治理能力现代化和发展数字经济的重要手段, 是智慧水利建设的重要标志。

2 数字孪生技术与智慧水利融合理论基础

数字孪生技术由实体、虚体、映射三大部分组

收稿日期: 2022-11-01

作者简介: 刘斌(1979—), 男, 高级工程师, 本科, 主要从事水利水电工程管理工作。E-mail: jsydsd1997@163.com

成。实体包括江河、水库、河口、流域、湖泊等;虚体包括仿真沙盘、图片、动画、三维可视化模型等虚拟表现手法;映射是最重要的部分,分为硬件映射和软件映射,硬件包括遥感、无人机、机器人、监测站点、无人船等感知设备,软件包括基于自然科学的数值模型、气象数值模型、二维三维水动力模型、水质模型、泥沙输运模型、生态模型等和基于数理统计的大数据模型(视频识别、语音识别、图片识别、知识图谱等)。

利用数字孪生技术在信息空间中对物理实体进行真实的刻画,构建相应的水利工程数字孪生体,孪生体与物理实体在几何、物理、行为、规则等方面有着精确的映射关系,并且处于实时的交互之中,可以实现水利工程运行管理过程的模拟仿真、评估、优化、预测和决策。针对水利工程运行过程,在信息空间中模拟各项任务的执行,采用多种模拟参数,尽可能掌握任务执行过程中可能遇到的各种情况,同时动态监测水利工程的运行情况,根据实际的运行情况以及环境变化情况对运行管理方案进行及时的调整,有效地协调和优化系统内所有水利业务活动,实现水利工程的智能运行;针对水利设施设备维修养护,通过实时监测的数据、历史数据、孪生数据以及相关物理参数,借助知识库、大数据分析、机器学习等智能分析技术对水利设施设备的健康状态进行评估,对可能出现的故障问题进行及时的预警,对已经出现的故障制定出合理的维修方案,实现水利工程的可靠运维;针对防汛调度决策,通过智能服务平台,对水利工程的联合调度进行有效的协同,综合考虑多方面的因素制定出最优的决策,对水利工程的运行状态进行预测,对可能出现的意外状况进行及时规避或者制定解决措施,实现对水利工程运行管理过程的精准管控^[2]。

3 数字孪生技术与智慧水利的融合分析

3.1 智慧水利概况

当前,我国水利行业已经进入新发展阶段,智慧水利已经成为行业发展水平的重要指标。新发展格局的构建,使得产业在加速向数字化、网络化、智能化转型,智慧水利成为水利高质量发展的重要标志。综合运用GIS、云计算、大数据、人工智能、数字孪生及三维可视化技术,提高水利数字化、网络化、智能化水平,实现预报、预警、预演、预案功能,提高水安全保障能力,是智慧水利的下一步发展方向。

加快推进智慧水利建设,需构建数字孪生流域。数字孪生流域发展经历了信息化、数字化、智能化几个重要的阶段^[3-4]。目前,在大数据、物联网、云平台和人工智能等技术的支持下,以防汛抗旱指挥系统为标杆,我国各流域防汛抗旱预报调度系统等已成功建立并得到了广泛应用,流域管理智能化水平有了显著的提升,基本具备了数字孪生流域的雏形。

3.2 数字孪生技术的应用方案

3.2.1 应用方案

数字化工程管理在BIM应用支撑模块的基础上^[5],构建面向智慧水利的具有个性化的数字化工程展示平台,为水利工程日常运行管理提供丰富多彩的数据展示服务。

针对水利工程日常工作的主要业务,遵循当前主流W3C标准和规范,采用SOA架构,基于BIM技术,通过数字化设计,提供水利工程监控类、工程概要类、工程模型类、工程维护类、工程防洪类、水情类、空间类、视频类、预警类等信息的服务功能,通过多维空间的平台展示对以上类型信息完成重构、查询、深度处理、统计分析等。

第一步是工程场景的三维建模。运用三维建模软件,通过对原工程施工图纸的解析,构建工程场景的三维模型,对土建、电气等各个专业角度所涉及的设备进行建模,模型应和现场的实际情况保持一致,达到虚实相依的标准。

模型从规模层次上分为宏观级、中观级和微观级。宏观级模型表现流域范围的大场景,力求表现全面,管理所涉及的所有站点悉数标记在场景中,不重视细部场景的表现(图1);中观级模型侧重于重要水利工程的总体环境展示,侧重于水利工程管理区环境、水利设施外部环境的总体表现(图2);微观级模型则具体到重要水利工程的内部环境、布置的设施设备(图3)。



图1 三维可视化地形



图2 水利枢纽三维模型



图3 水雨情动态展示

第二步是属性信息的叠加。模型的建立仅仅是为数字化管理提供了载体,而工程数据才是管理的目标,没有数据的模型无法为工程管理提供有效服务。

属性信息根据模型的层级同样分为宏观级、中观级和微观级3个层次。宏观级信息主要为概要类信息,是用户宏观场景的基本信息描述;中观级信息主要为重要水利工程的基本信息,主要包括了工程基本数据,设施设备基本运行工况等;微观级信息则主要侧重于设施设备的属性信息,主要包括机电设备制造及安装信息,金属结构设备制造及安装信息,同时还有重要设备的实时运行信息等。

第三步是基于数字模型的工程运行维护管理模块的应用。对水利工程的设计指标、技术参数、缺陷及其养护处理设施状态、鉴定评级、工程建设和加固改造情况、工程记事等信息进行分类管理,方便查询、增加、修改。基于信息模型对工程信息进行可视化动态展示。

3.2.2 轻量化应用

对建好的BIM模型首先进行轻量化处理,使模型能在浏览器中展示,并与信息化管理结合应用。轻量化的技术要求为具有相同图形的几何对象进行唯一性表达,图元合并是通过算法根据权重剔除相应的顶点和面,根据距离、级别加载不同复杂程

度的结构模型,构建模型流,边下载边显示,应用基于HTML5的三维显示引擎。

3.2.3 数字化应用

BIM模型轻量化处理后,通过HTML5引擎构建基于BIM的应用系统,实现基于浏览器的模型旋转、缩放以及漫游,查看不同构件的属性信息。同时结合设备属性、主辅机监测数据和维修养护信息,协助运维人员更直观精准地维护设备。

3.3 数字孪生技术与工程调度运行管理系统的融合

工程调度运行管理主要实现工程运行监测和运行调度,使用户能高效、快速地对工程进行实时监测和调度运行并实现全过程操作留痕,通过软件分析操作中存在的问题,并通过流程化调度,实现调度过程环环相扣,防止跳跃式操作,保障工程启闭安全。主要调度任务包括:调度指令接受、调度指令确认、记录运行情况等。运行监视水利工程内各业务系统的实时数据,涉及水利工程自动化监控、视频监控、工程安全监测、泵闸运行状态监测等控制系统的数据,是管控一体化的纽带,同时在BIM三维场景中查询监控信息,提升监测可视化。

3.3.1 调度运行流程

(1)调度指令接收。根据防洪调度、水资源调度、水环境调度、城市防涝调度、突发性水污染事件调度等需要,接收调度指令,并填写相关内容将调度指令下发。

(2)调度指令确认。在PC端或移动端进行调度指令的接收确认,向上级反馈接收指令情况。记录闸泵开启全过程的时间、运行状态、运行参数等信息,形成完整的调度闭环,并生成调度记录,方便后续查询。

3.3.2 调度运行监测

基于工业控制协议,通过安全设备接入计算机监控系统数据,实时展示闸泵主要运行数据,包括实时水位、流量、闸泵状态、开启台数、温度、电气量等。同时提供全站视频监控画面,实现设备运行状态实时监控。同时提供水雨情数据数据接入,为闸泵开启提供数据参考。

3.3.3 调度管理

调度管理能够根据接收到的工程运行调度指令,按照相关规定自动提供可供选择的调度方案,并能够记录、跟踪调度指令的流转和执行过程。

3.3.4 值班管理

值班管理将值班人员的出勤情况和值班记录统一管理,保障值班事务的规范化和标准化,为水

利工程稳定运行提供基本保障。值班管理主要有值班人员信息管理、生成排班表、值班记录填报等。

3.3.5 安全生产管理

安全生产管理包括工程检测、设备评级管理、事故报送、隐患报送、安全物资管理等。

3.4 数字孪生技术与工程设备管理的融合

面向水利工程的工程管理,要提供基于工程的信息管理、设备编码管理、设备台账管理、备品备件管理、运维资产管理。

3.4.1 工程信息管理

对水利工程的设计指标、技术参数、缺陷及其养护处理设施状态、鉴定评级、工程建设和加固改造情况、工程大事记等信息进行分类管理,方便查询、增加、修改。可以将工程按水利工程类型进行分类,各类型的水利工程按管理单位或单座工程的形式进行划分,能够进行信息的添加、编辑、修改等,具有按单个工程、某种类型工程等不同组合条件进行查询的功能。

3.4.2 设备编码管理

设备编码系统的建立可以更好地对水利工程设备对象进行统一的标识和管理,通过制定合理、科学和规范的设备编码,方便各种信息的传递与共享。

3.4.3 设备台账管理

设备台账主要记录和提供各种必要的设备信息,反映设备的基本情况以及变更历史记录。设备台账主要包括设备基本信息、设备重要参数、备品备件定额等。在设备管理过程中,及时记录设备的启停情况、重要故障、评级情况、历次检修情况、异动情况、缺陷情况,便于综合分析设备的运行、检修、变更等信息,也为设备的日常管理和检修提供相应的依据。

3.5 数字孪生技术与维修项目管理的融合

3.5.1 维修项目管理

按照相关规范,要对每一个维修类项目进行全流程管理,并记录项目实施过程中的大事,生成维修项目管理卡。作为维修项目信息管理的工作平台,水利工程技术人员通过这个平台填写立项申请、方案实施、开工报告、工程量核定、竣工总结、验收记录等,按照规定进行流程审批,并自动生成管理卡。

3.5.2 养护项目管理

养护项目管理能够对养护项目的养护计划、养护

情况、养护决算、养护总结以及养护验收进行管理,并形成养护项目管理卡。作为养护项目信息管理的工作平台,水利工程技术人员通过这个平台填写养护计划、养护情况、养护决算、养护总结以及养护验收信息,按照规定进行流程审批,并自动生成管理卡。

3.6 数字孪生技术与巡检管理系统的融合

水利工程水工及设备巡检是日常管理重点工作之一。通过建立巡检系统,及时发现问题、解决问题,降低损失,保障水利工程的正常运行和各设备的维护。巡检系统应具备巡查线路、巡检类型(日常检查、定期检查、专项检查)、巡检任务、问题记录、巡检报表查询等功能,从而推动维修养护管理工作程序化、精细化、规范化。巡检管理系统与工程管理系统实现了设备信息的互连互通,同时结合RFID技术和手持终端实现对水利工程关键点位的多维度巡查,满足不同类型的巡查任务。将RFID技术运用于巡检系统中,在主要机电设备、启闭设备、水泵设备等主要巡视检查设备上安装电子标签,巡视人员按照指定巡视检查线路进行巡视,掌握设备的运行状态。

4 结 语

随着计算机技术的发展,数字孪生作为新兴技术在智慧水利工程中应用与作用也越来越成熟与完善。现在众多大型水利工程开展了数字孪生系统的设计和应用,如新孟河智慧水利数字孪生系统,探索了现阶段数字孪生技术和智慧水利融合的需求,针对工程实施的环境和条件,提供可视化的模拟操作,该系统重视数字化模型构建,强调智慧化场景应用,有力推动了基于数字孪生的智慧水利应用体系的创新发展。

参考文献:

- [1] 张绿原,胡露骞,沈启航,等. 水利工程数字孪生技术研究与探索[J]. 中国农村水利水电, 2021(11): 58-62.
- [2] 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, 11(35): 5-9.
- [3] 李文正. 数字孪生流域系统架构及关键技术研究[J]. 中国水利, 2022(9): 25-29.
- [4] 黄艳. 数字孪生长江建设关键技术与试点初探[J]. 中国数字流域, 2022, 2(32): 16-26.
- [5] 刘志明. 以BIM技术促数字赋能推进智慧水利工程建设[J]. 智慧水利论坛, 2021(20): 6-7.