

数字孪生水利工程网络安全风险分析和保障体系

吴健柏

新疆水利厅网络信息中心

DOI:10.12238/hwr.v8i1.5149

[摘要] 科技水平的提升,促进了水利工程信息化水平的不断提高。建设数字孪生水网是建设国家水网的重要内容,也是推动新阶段水利高质量发展的重要标志。数字孪生水利工程是以物理水利工程为单元、时空数据为底座、数据模型为核心、水利知识为驱动,对物理水利工程全要素和建设运行全过程进行数字映射、智能模拟、前瞻预演,实现对物理水利工程的实时监控,从而发现问题、优化调度的新型基础设施,是保障水利工程安全运行、充分发挥水利工程在防洪兴利、水资源调配等方面综合效益的重要手段,是智慧水利建设的重要组成部分,是数字孪生流域建设的关键节点,也是水利数字孪生建设的切入点和突破点。随着数字孪生水利工程的推进,工程自动化程度将越来越高,风险也将急剧增大。因此,在数字孪生水利工程建设中,要高度重视网络安全,构建完善的网络安全体系架构。

[关键词] 数字孪生水利工程; 网络安全风险; 保障体系; 智慧水利

中图分类号: TV 文献标识码: A

Risk analysis and guarantee system for network security of digital twin water conservancy engineering

Jianbai Wu

Network Information Center of Xinjiang Water Resources Department

[Abstract] The improvement of technological level promotes the continuous improvement of informationization level in water conservancy engineering. Building a digital twin water network is an important part of building a national water network, and also an important symbol of promoting high-quality development of water conservancy in the new stage. Digital twin water conservancy engineering is a new type of infrastructure that takes physical water conservancy engineering as the unit, spatiotemporal data as the foundation, data model as the core, and water conservancy knowledge as the driving force. It digitally maps, intelligently simulates, and previews the entire elements and construction process of physical water conservancy engineering, achieving real-time monitoring of physical water conservancy engineering, discovering problems, and optimizing scheduling. It is a guarantee for the safe operation of water conservancy engineering Fully leveraging the comprehensive benefits of water conservancy engineering in flood control and water resource allocation is an important means of smart water conservancy construction, a key node in the construction of digital twin river basins, and a starting point and breakthrough point for the construction of digital twin water conservancy. With the advancement of digital twin water conservancy projects, the degree of engineering automation will become higher and the risks will also increase sharply. Therefore, in the construction of digital twin water conservancy projects, it is necessary to attach great importance to network security and build a comprehensive network security system architecture.

[Key words] Digital twin water conservancy engineering; Network security risks; Security system; Smart water conservancy

引言

聚焦我国当前水利工程运行管理的实际需求,应结合具体应用场景,合理引入数字孪生技术,面向物理水利工程运行管理

各要素、全过程,实施数字映射、智能模拟、前瞻预演,进一步优化水利工程运行管理,实现物理实体与虚拟体的同步仿真、交互映射、迭代优化,推动水利工程运行管理提档升级。

1 数字孪生的概述

数字孪生是“通过物理设备的数据,在虚拟空间构建一个可以表征该物理设备的虚拟实体和子系统;并且这种联系不是单向和静态的,而是在整个产品的生命周期中都联系在一起”。数字孪生综合利用大数据、人工智能、云计算、边缘计算、区块链等通用技术,实现模型构建、模拟仿真等运行管理和应用服务过程,在虚拟空间中完成映射,刻画出实体的全生命周期过程,并通过可视化技术、虚拟现实技术进行多种手段的可视化展现。

2 对现代化水利工程中应用数字孪生技术的理解

在科学技术日益发展的现代社会工业领域中,物联网技术的信息便捷传输优势、大数据技术的海量数据处理优势、云储存的信息数据储存优势等,都是工业领域信息化变革的基础。而具备仿真应用以及系统建模的数字孪生技术能够借助数字化的技术手段构建起与物理世界相同的数据信息“虚拟体”,从而凭借技术参与人员对相关物理实体的了解以及技术应用经验,通过操控“虚拟体”实现对物理实体的认知、分析、监控、预测、优化与控制决策。针对建设阶段以及运维阶段的水利工程数字孪生技术而言,与之相对应的信息化系统能够帮助相关人员收集、了解工程运行的基本状态,如水利线路中的管线状态、闸阀开关状态、结构应变信息、水质变化趋势等,这些表现在智能系统中的数据信息都能够有效反映水利工程建设与运维的状态。而基于工程建设阶段所需要、所保存的设计资料,如水利工程设计图、泵站结构设计图等,结合数字孪生技术优势以及水文、水利、水质等方面的理论,辅以GIS、BIM等技术,便可以实现计算机系统、智能移动终端系统中搭建水利工程仿真模型的目标。而相关工作者可以基于虚拟模型在不同情境中的数据变化,对水利工程实体的变化规律进行预测、分析与决策。

3 数字孪生水利工程网络安全风险分析

数字孪生水利工程总体架构以水利信息化基础设施为依托,通过开发算法模型,使用大数据、人工智能、知识图谱等新技术,将感知、计算、通信、控制等技术与枢纽工程、引水工程、河道工程等水利工程中物理实体、运行环境等生产要素深度融合并进行数字化表达,构建具备高度智能性、系统性、动态性、精确性和完整性的数字孪生平台。作为智慧水利体系的“血管”,数字孪生平台信息化基础设施为整个系统运行提供了数据流动安全保障,通过云服务将数据传递至系统处理层。数字孪生平台信息化基础设施主要包括云存储、云计算、网络通信、安全防护等技术设施。数字孪生平台由数据底板、模型库和知识库以及模拟仿真引擎构成。数据底板是数字孪生的基础,模型库和知识库是核心,模拟仿真引擎实现物理实体与虚拟空间的映射。根据水利工程的各自特点和业务重点不同,在数字孪生平台上开发适应各水管单位所需的防洪、供水、工程运行等各类水利业务应用系统。数字孪生水利工程的系统结构包括了从感知层、传输层、数据层、平台层到应用层的各个组件。因此,数字孪生水利工程必然存在传统水利信息系统常见的网络安全风险。

4 数字孪生水利工程网络安全技术风险治理体系

4.1 实时数据采集与处理

通过传感器和物联网技术等手段,实现对水利工程系统的实时数据采集和处理,包括闸门实时运行数据、实时水情数据等,并将数据转换为数字孪生环境下的实时信息。根据实际需求,运用结构化方法建立相关模型,包括演算模型、调度模型、耦合模型等,实时采集工程智能运行数据。以水闸运行为例,利用数字孪生技术采集闸门运行实时数据,进行耦合模型计算,获悉闸门调度映射模式,如闸门位置、状态、开启度等,实现闸门远程调度与实时监控。

4.2 数字模型的构建

事实上,大部分的水利工程在自然界中并不具备天然的边界,其实际建设情况、运行工况与工程之外的自然系统(如水系)之间存在较强的融合关系。因此,在建立数字模型之前,首先需要明确水利工程中的边界条件,只有保障了边界约束条件的合理性与科学性,才能保证虚拟体数字模型全面反映出最真实的水利工程情况。(1)数字模型的参数问题。水利工程中如河流长度、水质数据、河道断面形状等都属于水利工程的基础参数,但针对阀门过流系数、河道糙率等则需要相关技术人员进行人工设定与调整。现阶段,相关工作人员无需进行过于繁杂的实际计算,只需要将相关数据输入到指定的计算端口中,便可以借助智能算法对这部分参数进行整体率定。例如,相关工作人员可以利用信息化系统中储存的既往水利工程数据,利用智能化算法对其进行一键率定,在同一时间内完成多个闸门过流系数的率定。(2)模型选用问题。在既往的建模过程中,针对参数质量不高、模型效果不好的问题,可以利用历史数据以及相关软件的深度模型技术建模,以及替代局部建模。这种简单的应急模式确实能够在特定的情况下取得较好的效果,但由于深度学习模型技术所构建模型的质量与可参考性不受控制。这意味着大云物移时代背景下,相关技术人员应加强对传统水文水利模型技术以及回归分析技术的关注,采取必要的应急措施,避免过度依赖历史数据的深度学习技术。(3)模型计算时效性问题。针对数据较多、结构较为复杂的模型,单核运算无法全面满足数字孪生技术决策的时效性需求。因此需要加强对多核计算的考量,全面优化模型的建立与求解速度。除此之外,在模型的设计方面,也需要基于计算机储存、CPU等方面的能力,多采用矩阵的概念,利用GPU优化数字孪生技术计算速度。针对决策算法方面,需要考虑能够全面支持并行性计算的算法模式,如遗传算法等。

4.3 数据安全防护

数据的安全防护是数字孪生水利工程的防护重点,需要开展数据安全治理,并在数据使用过程中严格权限管理,利用数据加密和脱敏技术防止数据的泄露、篡改和破坏。在系统运行过程中,加强数据库的运维审计,在极端情况下采取恢复备份数据的方式恢复系统的运行。在数据安全治理方面,按照《水利数据分类分级指南(试行)》的规定,做好数据资产的梳理和分类分级,建立数据资产台账,识别和掌握敏感数据的分布使用情况,根据

数据的分类分级不同,对数据进行有针对性的安全管理措施,既要保证数据的安全性,又要保证数据的有效利用。在汉江流域数字孪生项目建设中,对数据集中、预处理和数据汇聚环节进行了系统治理,包括数据采集和数据分层、数据整理、数据分级、元数据管理、数据质量管理等数据治理内容。通过数据治理将原本零散的数据变成统一规范的主数据,使之满足上层应用和数据共享的需求,实现对数据分布和动态变更情况的追踪,提升了数据质量,使数据得到了全面的规范化。在数据安全使用方面,项目实施中进行了数字资产盘点,建立了数据资产地图,对数据资产实施了细粒度的分类分级管理,同时对数据资产进行扫描探测,根据敏感级别对数据进行标记。对运维管理终端的安全状态进行监控,防止运维人员违规、越权或恶意进行数据操作。在应用系统开发中,严格控制API接口和数据层面的底层访问权限,对应用系统的使用人员权限进行动态管理,防止业务人员利用管理漏洞对数据进行违规、越权或恶意操作。统一通过数据交换平台与外部进行数据交换,防止数据非法泄露。在数据加密和脱敏方面,该项目使用了国产密码技术,建立自动加解密机制。应用SM2 / SM3 / SM4国密标准加密算法,对数据提供身份鉴别、隐私保护、信息校验、数据防伪等基于密码技术的综合性基础服务,实现数据在服务器端和终端之间的透明加解密,防止通过终端泄露数据。建立统一的数据服务平台,实现对数据的统一管理和控制,按需提供数据服务,减少敏感原始数据流出,确实需要原始数据的,输出脱敏后的数据。对数字孪生底板中的敏感数据,采用脱敏技术实现对数值和文本类型的数据脱敏,支持多种脱敏方式,包括不可逆加密、区间随机、掩码替换等。支持自动扫描发现敏感信息,实现高效、方便、准确的信息脱敏。在系统开发调试环节使用脱敏的数据集,防止开发测试环节的数据泄露风险。

4.4 实时监测和预测

通过数字孪生模型对水利工程系统进行实时监测,发现系统的运行问题并及时预测,提供决策支持和问题处理方案。具体来说,需结合水利工程地质条件、结构形式、运行工况、荷载条件等,重点监测以下方面的内容:(1)变形监测。主要监测工程水平位移、垂直位移状况,获悉工程运行挠度与倾斜情况,对于工程运行过程中出现的裂缝、变形进行实时在线监测;(2)渗流监测。重点监测工程运行中的扬压力、渗流压力、绕坝渗流、地下水位、渗漏流量、渗漏水质等内容;(3)应力应变及温度监测。重点监测水利工程结构内部的应力应变状况,实时在线监测温度信息;(4)专项监测。主要监测水利工程运行过程中的地震反应,获悉运行相关水力学特征。

4.5 核心问题探索

在数字孪生水利工程建设过程中,有两大核心问题,一是如

何以工程数据底板为基础支撑数字资产同步建设,二是如何充分利用平台数字孪生能力赋能建设过程。数字资产同步建设主要是通过建设水利工程数据底板来实现,通过底板可以有效处理海量多源异构数据的获取以及管理难题,实现水利部要求的L3+L2级数据底板,即构建工程实体场景,开展精细建模,融合各类数据,为工程建设管理和施工单位提供精准的信息支撑,满足模型平台计算分析等需要,并向水利工程所属的上一级单位L2级数据底板、覆盖全国的L1级数据底板提供数据及接口服务。涉及的数据包括地理空间数据、基础数据、监测数据、业务管理数据和行业共享数据。水利工程建设过程中,通过构建水利工程质量、进度、安全等专业模型,结合人工智能、大数据等技术,实现工程过程管理中的“四预”。模型针对各影响因素,开展综合分析预报,实时预警,仿真预演,预案及优化等工作。以工程安全模型来说,影响工程建设期的主要安全部位包括河道围堰,工程深基坑等。模型针对上述基坑、围堰等开展相关水文风险、工程风险监控,涉及的影响因子包括但不限于降雨量、水位、变形监测、渗流监测、应力应变及温度监测等。这些影响因子数据获取后,经模型分析计算后确定工程安全风险等级,并根据风险等级发出相应等级预警,启动相应预案。同时,可以定期开展模拟预演,优化预案。

5 结语

数字孪生水利工程的网络安全关系到系统的安全运行,本身也是水利工程安全的一部分,并且数字孪生水利工程的网络安全建设是体系化的建设,管理、技术和运维是有机的整体。在具体的数字孪生水利工程建设中,各个水利工程具有自身的特点和重点,在工作实践中还需要结合自身实际,开展数字孪生水利工程网络安全保障体系建设,在实践中进行迭代提升。对数字孪生水利工程网络安全管理的相关建议仅供网络安全管理部门和单位参考。

[参考文献]

- [1]彭金波.浅谈数字孪生技术在水利工程运行管理中的现状分析与前景展望[J].城市建设理论研究(电子版),2022,423(33):166-168.
- [2]申振,姜爽,聂麟童.数字孪生技术在水利工程运行管理中的分析与探索[J].东北水利水电,2022,40(08):62-65.
- [3]蔡健.数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用研究[J].长江技术经济,2022,6(S1):245-247.
- [4]霍建伟,李永胜,张军琿.数字孪生技术在引调水工程运行管理中的应用[J].小水电,2021,221(05):15-17.
- [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,2020,35(11):5-9.