

基于数字孪生技术水利工程运行管理体系构建

司彪

塔里木河流域巴音郭楞管理局

DOI:10.12238/hwr.v8i1.5137

[摘要] 为推动智慧水利事业的建设进程,我国相关企业单位积极引进数字孪生技术,并将其作为提升现代化水利运行管理体系的重要力量,以提升水利企业的现代化水利运行管理能力。本文将首先分析数字孪生技术在传统水利工程项目中的融合应用路径,明确基于数字孪生技术水利工程运行管理体系构建关键技术,以提升基于数字孪生技术水利工程运行管理水平。

[关键词] 数字孪生技术; 水利工程; 运行管理体系

中图分类号: TV5 **文献标识码:** A

Construction of Water Conservancy Engineering Operation Management System Based on Digital Twin Technology

Biao Si

Bayingolin Management Bureau in the Tarim River Basin

[Abstract] In order to promote the construction process of smart water conservancy, relevant enterprises in China have actively introduced digital twin technology and used it as an important force to enhance the modernization of water governance system, so as to improve the modernization of water governance capacity of water conservancy enterprises. This article will first analyze the integration and application path of digital twin technology in traditional water conservancy projects, and clarify the key technologies of water conservancy projects, so as to improve the intelligent operation level of water conservancy projects.

[Key words] digital twin technology; water conservancy project; operation management system

引言

目前,我国水利工程项目建设正处于转型发展的关键期,逐步从基础水利工程时代转型变化,向水资源综合开发时代跨越,表现出明显的经济增幅。利用信息化手段助力水利行业发展,推动水利行业向智能化方向迈进,可以为水利工程事业提供核心驱动力。近年来,数字和智慧水利逐渐成为水利行业发展的重要方向,从业者必须积极探寻合理的融合发展路径,积极引进数字孪生技术等高新技术手段,以适应时代发展。

1 数字孪生技术与水利工程项目的融合

近年来,社会发展与水资源利用的冲突问题日益明显,在此背景下开展水利信息化建设,应以确保水利系统运行管理的有效性为前提,不断提升项目运行管理水平,促进水利项目理论与数字信息化建设的融合,为制定科学有效的工程管理方案提供充足的数据参考,以加快推动水利工程项目转型,打造数字化水利的全新理念,数字孪生技术也随之迎来了光明的发展前景。此项技术可以将传统水利监测理论与水数字信息化水利技术进行充分融合,为实体项目与数字信息搭建融合媒介,进而促进水利工程项目的智慧化转变,以打造绿色经济的水利系统,推动水利

行业管理模式变革。

建设数字孪生工程项目应以算法模型为依据,需要融合不同类型的历史数据、实时数据等信息,利用大数据分析手段达成预警、预演的目的,进而提升水资源管理的整体水平。数字孪生水利工程技术更多依赖云计算和物联网等高新技术,秉持需求导向的原则,通过资源整合的方式实现创新驱动,在实际应用的基础上提升工程的安全性,确保工程建设的稳定性,并以数字化的形式真实呈现水利工程相关运行数据。通过计算分析、优化决策,反向影响水利工程运行,使其更加高效、准确和安全,是推动水利治理体系和治理能力现代化的重要手段。数字孪生最显著的特征在于对实体对象的动态模拟,在建设数字孪生水利工程时,可通过数字化手段创建水利实体工程的虚拟动态镜像,即孪生双胞胎,并利用大数据分析及算法模型等工具,全真模拟、验证和预测水利工程的全生命周期,提高系统生产效率和运维效率。数字孪生将不止以技术的方式呈现,而是更多演变成为一种全新的发展模式,成为推动传统水利实现现代化转型的重要抓手^[1]。

2 基于数字孪生技术的水利工程运行管理体系构建思路

在实际工作中,需要将管理人员、物理实体、运行环境等生产要素有机地结合在一起,通过融合各种信息技术,如通信、计算、感知等,提升数字孪生系统的一体化操作水平。该系统为达到良好的工程运行模式优化效果,需要在特定的虚拟空间中实现水利工程项目建设,结合工程的运行状态、特点及变化情况制定相应的应变策略,对工程运行情况做出精准映射,实时反馈项目运行状态。事实上,虚拟模型与实体生命之间并无明显区别,可以有效促进实体生命与虚拟空间的衔接,并将实体的行为、状态、表现在物理世界中进行真实模拟。具体而言,可立足以下三个维度分析该体系的构建思路。

2.1 构建目标

为推动水利信息化工程的建设进程,企业需将项目作为核心,对项目运行中的资源加以整合,通过对资源的优化配置,实现高度集成化的资源管理。由于受到环境和状态等因素的影响,水利工程运行的稳定性难以保障,工程管理者需优化物理和各类信息空间要素,确保空间信息的一致化水平。为此,水利工程项目方需搭建协同交互的控制系统,利用具有映射功能的控制系统实现资源优化,结合系统资源配置情况和具体的项目需求做出应急响应,以加快推动系统迭代。同时,应借助多元化技术手段,以现代化技术为媒介,在其中融入各类工程运行要素,对用户和数据信息加以管理,确保用户管理系统的性能,提升系统的互联互通水平;通过对项目整体运营情况的全过程集成化处理,实现实时化的跟踪监控;整合项目运营全业务流程需求,确保信息共享服务的全面性,提升信息完整度,并以此为前提,将水务业务、整体水务数据和业务关系进行高度集成化管理。

2.2 构建原则

首先,物理对象真实反映原则。水利工程项目所处的环境背景十分复杂,相应提高了对工程物理项目实体的要求,项目操作人员需不断提升自身的素养,确保自身具备良好的互联互通素养,通过实时的数据感知实现及时有效的多源异构数据处理,提升项目管理水平。此外,项目管理方需建立对环境、物品、机械和人员等要素的立体化感知,对既相核心要素加以整合,实时分析并采集相关物理状态信息,确保信息采集的完整性。

其次,虚拟模型构建真实性原则。通过虚拟模型再现工程物理实体,对模型加以分析利用,可以有效确保项目模拟的真实化水平。工程项目方需对工程检查、控制和养护过程进行评估,并制定相应的决策方案,确保可以对水利工程项目的全生命周期进行高质量监管,以精准预测工程运行状态。

最后,孪生数据动态性原则。水利工程项目运行过程中所产生的数据类型丰富,项目信息种类繁多,在实际运行中常常出现多源异构的问题。对这些数据进行处理,需应用虚拟模型展开分析,获取所需的新数据信息,得到相应的衍生数据。对孪生数据进行处理,应以数据服务系统为平台,将物理实体和虚拟模型进行整合,从中提取信息并加以处理。

2.3 功能介绍

对工程运行情况进行真实化模拟,预测评估并分析工程的

运行管理状态是提升水利工程项目管理水平的重要前提。水利工程项目方需依托在特定环境中进行全真模拟,对工程的运行管理行为做出评估,确保可以精准掌握各类要素状态信息,明确系统的运行参数信息,以真实掌握项目任务成功率为前提,提升管理计划设计的合理性。

依托规则模拟的方式进行评估,分析并利用现有数据,明确现行管理模式的先进性水平,促进信息空间与物理空间的整合,并以所获信息数据为前提,实现对物理实体的有效控制,确保可以实现精准高效的设施故障诊断,精准定位故障位置并进行管理,以确保物理实体监管的动态化水平,提升监管的可视性。工程项目方需构建预测模型,融合聚类分析技术和数据挖掘技术优势,通过比对分析实现项目预测,明确项目后期的实际运行情况,同时,结合项目运行问题采取措施,确保各类原始数据信息得以妥善运用,进而提升项目运行的稳定性。在数字孪生技术的支持下,可以实现对数据工程状态、行为和物理参数的全过程监控,并对水利工程安全管理情况进行精准映射,实现及时有效的调度管理,确保工程项目的整体维护水平。水利工程项目管理者需充分利用统一化资源管理服务平台,依托各类可视化数据资源实现系统规划,提升主体信息的可靠性,提供精准的个性化服务,确保用户服务的便捷化水平。

3 基于数字孪生技术的水利工程运行管理体系构建技术架构

数字孪生技术主要包括虚拟模型和实际物体,前者是依据实际物体的初始状态和条件进行模拟生成的,而后者则主要包含水闸和水泵等常见设施。在信息管理系统中反映出决策结果,将真实的决策验证结果加以呈现,可以实现对实际物体功能的即时化监控。

在系统中对物理实体进行监控管理,主要通过水质监测、闸泵监控、工程安全监测等功能模块进行监控管理,将监控所得的数据进行管理,真实模拟物理实体的运行状态。但是,一旦出现通信异常、传感器故障等问题,则会严重影响水利工程项目的实际运行,导致系统内部数据的真实性和可靠性受到影响,无法准确反映物理实体的实际状态。

至于虚拟体,其中所涉及的内容有决策算法和数字模型。这些数字模型在水利工程中有着广泛的应用,如洪水预测、水资源调度等。然而,仅依靠数字模型无法完全满足水利工程的调度与决策需求,还需要利用线性规划算法、遗传算法等决策算法,确保数据大规模计算的有效性,并将算法应用于水利工程优化调度、水资源配置等问题中,通过对水利工程运行状态的精准模拟,为工程运行提供充足的决策依据^[2]。

4 基于数字孪生技术的水利工程运行管理体系构建关键技术

探究数字孪生系统技术框架,对各个系统层级的基本功能展开分析,可以发现该项技术的关键多体现在物理实体层和虚拟层。

对于技术物理实体层而言,为了让系统数据得以实现高度

共享,需要在信息采集的第一时间融合各类技术,将分布式传感技术、云服务存储技术和现场总线技术进行整合,融合各项技术,可以实现对水利工程项目运行状态的实时模拟,通过即时化的数据信息采集,确保数据可以第一时间传输到虚拟层中,以实现深入系统的数据处理。

至于虚拟层,其主要工作内容是实施数据建模,通过重复的数据计算提升建模效果,确保仿真结果的真实性和准确度。工程人员需融合数据处理技术、虚拟混合现实技术、嵌入式计算技术等技术手段,通过对工程现场的仿真验证,实现对水利工程项目运行状态的仿真处理,通过高精度的建模为决策者提供科学依据。

5 基于数字孪生技术的水利工程运行管理体系构建机制

水利工程单元级孪生系统中的各个系统都可以实现对监测状态的全面分析,确保可以感知到具体的监测对象,通过对监测环境的分析和比对,促进水利工程虚拟及物理空间的有效融合,深化工程项目各方的互动,提升系统的延展性,确保系统可以第一时间实现计算感知和自动决策等功能。

该系统可以融合信息技术,并实现对系统运行数据的实时收集,通过对数据信息的整合,实现实时运行状态监测,构建水利工程的数字孪生,构建水轮发电机组、闸门启闭机、河渠等物理实体,从而实现对系统运行数据的实时采集。利用此类数字孪生体可以进行全面整体的信息监测,以明确水利工程物理实体的实际变化情况,明确配电设备的具体运行状态,确定设备的水位变化情况。同时,依托大数据技术构建数据分析模型,分析比对相关数据信息,以提升技术的适应度。

以闸机启闭机为例,设计孪生系统时需要先构建相应的感知模块,用于收集各类闸机运行信息,包括振动、空间尺度、开启和下降牵引力等,而这些信息对于后续的数据建模和仿真而言至关重要。分析比对各项系统采集数据,构建不同形式的系统数据模型,可以实现对闸机运行状态的真实反映,以明确闸机变化趋势。在实际操作中,可以通过这些数据模型对闸机的全过程和启闭机的整体情况进行跟踪监测和控制,有助于及时发现系统异常并采取有效措施,以提高水利工程的安全性和稳定性。如果闸机状态改变,系统可以对闸机的运行情况做出分析,结合分析结果确定闸机的高度信息。一旦发现异常变化,需要系统立即

做出处理,切断电源以扼杀事故风险。如果闸机发生振动,系统可以立即向闸机发出指令,结合系统运行情况调整闸机高度,利用系统感知模块呈现处理后的状态信息,将其呈现在虚拟模型上,切实降低振动发生风险,确保水利工程项目的高质量运行。

水利工程孪生系统是一个非常重要的平台,可依托先进的信息技术开展系统分析,确保单元级系统交互效率。运行该系统,应以确保水利工程项目决策和组织能力为目标,针对各类可利用资源进行优化配置。系统操作人员需灵活运用不同形式的网络技术,整合应用以太网、现场总线等新技术,将其运用在各个系统单元中,将系统建构联系,通过系统的互联互通优化设备操控效果。应用该系统全面分析整理不同单元级别系统中所存在的运行信息,并对各个模块状态加以调度,有助于提升工程运行效率,保证单元级别系统之间的协同效率,对提升工程安全性也有所助益。该系统的另一个重要特点是数据的自动流动,可以帮助系统更好地整合和优化水利工程的资源配置。这种优化和协调可以进一步增强水利工程各个功能模块的性能,提高整个工程的经济效益^[3]。

6 结束语

综上,我国水利行业无疑已经迈入了全新的发展阶段,智慧水利也逐渐成为引领水利行业发展的核心动力,是推动水利行业现代化发展的重要战略支撑。数字孪生流域建设是智慧水利的重要内容,也是推动水利现代化和数字化发展的主要推动力,有助于提升水资源集约安全利用水平,可以实现对水文状态的全真化模拟,以确保水资源利用率,让水利事业得以实现可持续发展。

[参考文献]

- [1]梁志开,江志明,李甘,等.基于数字孪生技术的水利机电设备智慧运维管理平台研究[J].水利水电快报,2023,44(9):116-122.
- [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]王飞.基于数字孪生技术的水利工程运行管理体系构建[J].建筑工程技术与设计,2020,(16):3085.

作者简介:

司彪(1986—),男,汉族,新疆库尔勒人,本科,工程师,研究方向:水利工程运行管理。