

# 数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用研究

周 博

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津市 300000

**摘 要:** 数字孪生作为新兴技术应用,在水利行业应用时还面临模型不成熟、应用模型精度不够等问题,因此在智慧水利顶层设计中需充分融合数字孪生技术,重视数字化模型构建,强调智慧化场景应用,分业务领域纵向进行数字化模型研究,分优先步骤横向进行数字化应用整合,着力推动基于数字孪生的智慧水利应用体系的创新和高质量发展。

**关键词:** 水利工程;数字孪生技术;运行管理;应用研究

## 引言

数字孪生是充分利用物理模型、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,而反映相对应的实体装备的全生命周期过程,将带有三维数字模型的信息拓展到整个生命周期中的影像技术,最终实现虚拟与物理数据同步和一致。

### 1 数字孪生技术概述

“数字孪生”(digitaltwin)是一项用数字化的方法构建一个与现实世界一模一样的数字世界的技术,通过这项技术可以实现对物理实体的了解、分析和优化。在数字化发展的今天,可充分利用数字物理模型、传感器协议数据传输、运行历史存储等数据。数字孪生技术是一个通过集成多个学科、多个物理变量、多维度测量、事件概率统计的仿真过程,通过在虚拟空间中建立映射,从而反映相对应的实体装备的全生命周期。数字孪生应用需要在基础设施的支撑下实现<sup>[1]</sup>。物理世界中产品、服务或过程数据也会同步至虚拟世界中,虚拟世界中的模型和数据会与过程应用进行交互。向过程应用输入激励和物理世界信息,可以得到包括优化、预测、仿真、监控、分析等功能的输出。

### 2 数字孪生技术与水利工程运行管理中作用

近年来,随着大数据、云计算、物联网等信息、通信技术的快速发展,机器学习、聚类分析等优化算法的实现以及数字化表达技术的广泛应用,数字孪生技术的理论研究和应用领域逐渐趋向于多元化,应用阶段也由产品设计阶段向产品制造和运行管理等阶段转移。水利工程运行管理涉及到监测、监管、预警、调度、维护等众多业务环节,水利信息化要求主要水利业务范围的主体信息资源采集、处理、传输、利用的全面规划,在这个过程中需要建立水利数据模型,实现水利数据全生命周期的采集、存储、交换、更新、共享等。由此看来,数字孪生的思想和

实现水利信息化之间有着众多的共同点,数字孪生能够实现水利工程精细化管理提供许多理论和技术上的支持。从水利信息化建设历程来看,其信息源丰富度、数据整合能力、开发利用效益等均存在若干问题,但是随着信息技术、自动化技术和现代决策技术的迅速发展,使得水利工程运行管理过程中所需要的对各类复杂情况的监测手段层出不穷,使得水利工程在运行过程中对各种动态数据进行实时的采集、可靠与快速传输、存储、分析、决策、预测等成为可能,通过建立水利数据模型<sup>[2]</sup>,可以实现对水利工程的各种现象进行动态模拟,为实现水利工程中的物理实体和信息空间的数据、信息实时交互融合提供了理论和技术上的支撑。

### 3 数字孪生运行管理现状

随着物联网的出现,数字孪生技术已经成为成本效益高的技术,并在工业物联网中得到越来越多的应用,该领域主要集中在大型、复杂、资金密集的设备上。与此同时,继续投资于工业4.0的航空航天和国防工业已经开始投资于数字孪生技术。根据Gartner的数据,到2021年,几乎一半的主要工业公司将利用数字双技术促进系统性能和技术风险的评估,同时在系统有效性方面实现大约10%的改进。数字孪生,顾名思义,需要一个物理孪生体来进行数据采集和上下文驱动交互。数字孪生系统中的虚拟系统模型随着物理系统状态的变化(在运行过程中)而发生实时变化<sup>[3]</sup>。今天,数字孪生由连接的产品(通常使用物联网)和数字线程组成。数字线程提供整个系统生命周期的连接性,并从物理孪生体收集数据,以更新数字孪生体中的模型。

数字孪生成为一个物理系统的精确和最新的表示,它也反映了物理孪生的歌剧语境。重要的是,与物理孪生的关系即使在物理孪生体出售后,也可以继续存在,从而能够随着时间的推移,跟踪每个物理孪生体的性能和维护历史,检测和报告异常行为,并推荐/计划强度。

将数字双胞胎与物联网联系起来,可以获得所需的数据,以了解物理双胞胎(例如,制造装配线、机动车辆网络)在Opera环境中的行为和表现。此外,物联网和数字双生子的结合可以加强对物理系统和操作过程的预防性维护和分析/人工智能(AI)的优化。物联网作为物理世界和虚拟世界之间的桥梁,可以将性能、维护和健康数据从物理孪生交付给数字双胞胎。将来自现实世界数据的洞察力与预测建模相结合,可以提高做出知情决策的能力,从而可能导致创建有效的系统、优化生产操作和新的业务模型<sup>[4]</sup>。多源/多传感器信息(例如,外部温度、水分含量、当前批次的生产状态)可与传统传感器(如SCADA)提供的信息一起传递给数字孪生者,以便于建立预测模型。

#### 4 数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用

##### 4.1 水利工程数字孪生技术的架构设计

水利工程数字孪生技术就基础组成来讲,主要分为两个部分,物理实体和虚拟体。物理实体提供水利工程的实际运行状态给虚拟体,虚拟体以物理实体的真实状态为初始条件或边界约束条件进行决策模拟仿真。经决策仿真验证后的操作方案将会反馈到物理实体的信息化系统,从而实现物理实体(如闸、泵等设备)的控制操作。该阶段是在获得采集的数据之后,利用数据驱动方法对水利工程运行管理过程进行多物理、多尺度的建模,使相应的孪生模型能够与水利工程实际运行过程相匹配、实时同步<sup>[5]</sup>。具体内容包括水利工程虚拟仿真建模、运行过程行为建模、协作信息建模、管理决策建模、可视化建模、模拟仿真与验证、专家知识库的建立等,从而为功能的实现提供有力的数据和模型支撑。

##### 4.2 自适应数字孪生

第3级是自适应数字孪生。它为物理和数字孪生提供了自适应的用户界面(本着智能产品模型的精神)。自适应用户界面对用户/操作员的偏好和优先级非常敏感。在这个层次上,一个关键的能力是能够在不同的环境中学习人类操作员的偏好和优先级。利用一种基于神经网络的监督机器学习算法重新获得了这些特征,这个数字孪生体中的模型是根据实时从物理孪生体中“提取”的数据不断更新的。它还可以在系统使用后接受ba中的Informa。这种数字双功能支持在,维护和支持过程中的实时规划和决策<sup>[6]</sup>。地质矢量数据的提取,矢量数据通常由点、线、面来表达地理实体。

##### 4.3 系统功效评价

数字孪生系统建设复杂,会在多个系统间产生数据交互。在工程中一般遇到的问题是数字模型和信息化系统耦合性太强,导致调试运行时互为掣肘,难以理清头绪。根据建设经验,数字孪生系统要达到预期效果,在开发过程中可遵循“三可”原则:①可观察:虚拟体决策过程必须是可观察的,提供给用户的不能是仅有输入输出的黑箱子;②可执行:虚拟体决策的结果必须是清晰的可操作的指令<sup>[7]</sup>,譬如几点几分几号几号闸门开多少米。③可追溯:调度指令从虚拟体产生到信息化系统执行,必须有清晰的信息记录,譬如这条决策是那个模块产生的,是否执行了,谁执行的,什么时候执行的。

#### 5 结束语

综上所述,随着大数据、云计算、物联网、人工智能等技术的快速发展,各类模型算法的实现及数字化表达技术的广泛应用,数字孪生技术的理论研究和应用领域愈加广泛,应用阶段也由产品设计阶段向产品制造和运行管理等阶段转移。水管理涉及水利十大业务中的监测预警、运行调度、监督管理等业务环节,需要对广泛的管理对象建立模型,辅助实现管理过程中的数据收集、决策支持等,由此看来,数字孪生技术的应用领域与思路和智慧水利顶层设计框架较一致,应用数字孪生技术能够为水利管理提供理论和技术上的支持。

#### 参考文献:

- [1]石焱文,蔡钟瑶.基于数字孪生技术的水利工程运行管理体系构建[C].2019年(第七届)中国水利信息化论坛论文集.2019:53-60.
- [2]张凤.数字孪生技术在水利水电工程地质的应用分析[J].商品与质量,2021(21):389.
- [3]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.
- [4]秦晓珠,张兴旺.数字孪生技术在物质文化遗产数字化建设中的应用[J].情报资料工作,2018(2):103-111.
- [5]戴晟,赵罡,于勇,王伟.数字化产品定义发展趋势:从样机到孪生[J].计算机辅助设计与图形学学报,2018,30(08):1554 - 1562.
- [6]石焱文,蔡钟瑶.基于数字孪生技术的水利工程运行管理体系构建[C]//2019(第七届)中国水利信息化技术论坛.2019.
- [7]秦晓珠,张兴旺.数字孪生技术在物质文化遗产数字化建设中的应用[J].情报资料工作,2018(02):103 - 111.