

# 数字孪生技术在智慧水利工程中的应用

赵 帅

长沙市天心区南托垵水利管理站 湖南长沙 410000

**摘 要:** 促进智能建设数字孪生技术在智慧水利中的应用, 具有“预报、预警、预演、预案”四个先决功能, 有助于防洪和减灾规划, 积极预防未来自然灾害, 减少自然灾害成对为城市经济、人民生活 and 财产的影响, 推动高质量水利发展进入新阶段。因此, 加快数字孪生技术在智慧水利工程中的应用至关重要。

**关键词:** 数字孪生技术; 智慧水利工程; 应用

## Application of digital twinning technology in the Intelligent Water Conservancy Project

Shuai Zhao

Changsha Tianxin District, Nantuo yuan Water Conservancy Management Station, Hunan Changsha 410000

**Abstract:** promote the construction of intelligent digital twin technology in the application of intelligent water conservancy, with "forecast, early warning, rehearsal, plan" four prerequisite function, help flood control and disaster reduction planning, actively prevent future natural disasters, reduce natural disasters pair for the city economy, people's life and property, promote high quality water conservancy development into a new stage. Therefore, it is very important to accelerate the application of digital twin technology in intelligent water conservancy projects.

**Keywords:** digital twinning technology; intelligent water conservancy project; application

推进智慧水利建设是提高水利信息化水平、实现数字化转型与智能升级、推进水利高质量发展新阶段、全面提高水利工程安全和水生态环境安全的重要途径, 数字孪生技术在智慧水利工程中的应用有助于提高决策能力和管理水平, 是水利工程建设的未来趋势。智慧水利是某区智慧城市建设中的一部分, 而智慧泵站作为智慧水利其中重要一环, 通过整合泵站原有的信息化工程, 加装 AI 视频监控设备、液位传感器等态势感知设备, 将雨情、水情、工情、灾情等基础信息数据传输至区智慧城市运营指挥中心, 综合环保水质监控数据、气象大数据等进行分析, 实现泵站的同步仿真预演、自动开关机排空或预储、动态优化数字预案等, 提升水旱灾害防御智能化决策能力, 为水利高质量发展提供有力支撑。

### 一、对水利工程数字孪生技术的理解

在工业中, 数字孪生技术不是一项全新的技术, 它是系统建模的一种重要形式, 正是在物联网技术的技术背景下, 提供了方便的数据收集和可靠的数据传输, 大数据技术提供了大数据的存储和分析, 云计算提供了强大的算力。人工智能技术提供强大的推理和分析能力, 系统建模技术正在进入一个新阶段。数字孪生技术通过数字手段理解、分析、预测、优化和管理物理对象, 从而创建与物理世界相同的虚拟对象。

对于数字孪生技术的运行和维护阶段, 信息系统提供有关项目运行状态的信息。例如, 闸阀开关状态、气象和水文

信息、结构应力变形信息、水质信息等, 只要这些信息反映了真实世界中的水工程状态, 基于项目施工阶段的数据, 如水利工程施工计划, 闸门和泵站的施工计划, 使用水力工程理论和水质分析, 使用 GIS (GIS)、建筑信息建模 (BIM) 等技术, 在计算机上创建与物理对象匹配的虚拟对象, 从虚拟对象预测物理对象的变化模式, 验证和优化规划与运行解决方案<sup>[1]</sup>。

### 二、水利工程数字孪生技术的架构设计

从基本配置的角度来看, 水利工程的数字孪生技术主要分为物理对象和虚拟对象, 物理对象提供虚拟对象的手动结构的实际操作状态。受基线或边界限制, 根据物理对象的实际状态模拟决策, 通过决策建模验证的操作系统返回到物理体的信息系统, 以执行控制物理对象 (例如, 闸、泵和其他设备) 的操作。

通常, 物理对象包括信息系统和数据质量管理体系。信息系统主要包括封闭式水泵监控、水质监控, 包括工程安全监控和水质监控等系统。关于物理物体状态的数据是从监测和信息系统收集的数据中提取的。由于通信故障等原因, 项目中的监控和采集值经常存在异常, 导致监控和采集数值不反映物理对象的真实状态, 导致虚拟对象中的决策错误, 从而自动过滤和删除物理对象上的异常数据, 人机交互数据补偿器还应包括提供功能的特殊数据质量管理体系。

从广义上讲,虚拟体包括数值模型和决策算法,数值模型主要具有径流形成和浓度模型、河流网络的流体动力学模型,包括黑匣子模型,如水质模型、神经网络和时间序列模型。但单靠数字模型不足以支持数字孪生水利工程,因此虚拟实体还必须支持决策算法。这些算法不仅包括传统的线性和动态规划算法,还包括大规模并行计算的决策算法。为了满足这些要求,还包括智能算法,如遗传算法和粒子群体优化算法。

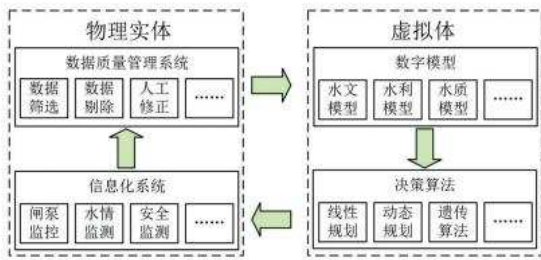


图 1 数字孪生技术的架构设计

### 三、数字孪生技术在智慧水利工程中的应用

#### 1.智慧业务应用

智能业务应用程序是数字孪生维修工程的核心,是数字孪生的最终目标,这是一系列基于数字孪生平台的智能服务,建立在可视化平台和基于可视化平台建模能力的“四个前提”之上。为了开展业务,对于不同的水利工程任务,建设智能业务应用是不同的,同时,作为流域管理的重要中心,水利工程通常是流域防洪、执行供水等复杂任务,特别是有针对性地监督区域和流域的水利工程,除了项目本身面临的挑战外,为了创建数字孪生,通常需要提供流域和区域的重要数据,例如:流域管理项目是直接执行流域管理的主体,其主要任务是防洪和发电,项目管理单位防洪期间的主要任务是执行上级调度单位的指示,防汛“四预”防洪行动主要服务中长期预警预报,在发生灾害前向上级防汛抗旱指挥办公室发出预警信息,制定防洪规划指南与行动计划,并有效执行规划指南,在考虑到项目安全的同时,流域管理组织重视流域规划和河流风险评估等;综合业务及供水管理项目可用于城乡供水工程,工程单位可根据上级单位的规划指示和水资源状况,动态预演水库供水的详细实施计划;工程安全管理项目则是基于 2D/3D 可视化场景和水工程数据库面板构建工程主题安全场景,集成工程结构、监控对象、监控数据、工程危害、分析图、安全警报、检查、水文预测计划、实时水状态和其他信息等的显示,调用数据融合的分析和评估模

型,通过数据挖掘等方式分析和预测工程安全行为的演变趋势;生产管理系统项目则强调不同业务流程之间的互联和数据共享、生产状态预测、生产风险预警,强调生产风险的事先控制,具有生产资源整合、生产计划管理等功能;员工的技术培训项目,基于 2D/3D 项目可视化场景和数据库面板构建生产运营管理主题场景,整合有关水情、气象学、防洪、大坝、设备运行、危险源、风险等信息的显示,以及模拟设施设备的运行,将灌溉、排涝等生产和运营设备同财务、成本、预算、材料、工程、劳动力和规划等数字生产资源相结合,实现综合合作预测、生产计划<sup>[2]</sup>。

#### 2.信息基础设施

基础设施主要为数字孪生水利工程提供信息采集服务,主要建设要素包括提供孪生平台信息感知基站“计算能力”,安装孪生平台计算机存储设备“计算能力”,由于大部分维护设施位于远离人类生活的地区,因此,需要根据项目的实际需要建立和改进监测和遥测设施。新的监控工具包括自动测量和报告、双电源、多通信、停机存储等功能,必须使用多通道冗余收集重要的监控信息。信息基础设施必须集中构建,并与网络安全功能兼容。测量点代码必须满足手动对象代码要求,在这种情况下,为了提供信息和警报能力,必要时应部署卫星应急通信设备。大多数工程管理服务的数据和计算性能有限。考虑到构建和运营成本,工程服务将 IT 存储环境用作小型虚拟云点或独立服务器。

#### 3.数字孪生技术在工程调度运行管理系统的应用

项目规划运营管理主要实施项目任务的监控和规划,用户可以对项目进行高效快速的实时任务监控和规划,实施整个任务跟踪流程,通过程序分析和程序规划任务中出现的问题来规划进程锁定,确保项目的启动和停止是安全的。主要规划操作包括接收规划订单、确认规划订单和记录执行条件。水利工程的各种业务系统与实时监控数据一起工作,包括:水利工程的自动化监控、视频监控、工程安全监控,包括监控系统。

##### (1) 调度运行流程

1) 接受规划命令,获取防洪规划、水利规划、水环境规划、城市防洪规划、水污染应急规划、规划说明,并完成规划说明出版物的相关内容。2) 确认调度指令。确认 PC 或移动终端是否已接收到调度命令并将其发送到上层。记录整个过程信息,如截止泵运行时间、运行状态、运行参数等,形成完整的调度闭环,并为后续查询创建调度记录。

## (2) 调度运行监测

基于工业控制协议,通过安全设备访问计算机监控系统数据,实现实时水位、流量、油泵状态、启动装置数量、温度、气泵主要运行数据的实时显示,包括输出,通过在整个现场提供视频监控图像,实时监控设备的运行状态;提供对雨水数据的访问,并提供到闸板泵启动数据的链接。

## (3) 调度管理

调度可以根据收到的调度命令和相关项目安排自动提供替代调度选项,并记录和跟踪调度命令的流程和执行<sup>[3]</sup>。

## (4) 值班管理

服务管理统一服务人员的服务记录,实现服务服务的标准化,为液压装置的稳定运行提供基本保障,服务管理主要包括服务人员信息管理、调度、服务记录制作。

## (5) 安全生产管理

生产安全管理包括技术测试、设备质量评估管理、事故报告、风险报告、安全材料管理等。

## 4. 数字孪生技术在工程设备管理的应用

水利管理包括技术信息管理、设备代码管理、设备办公室账户管理、备件管理和运营资产管理。

### (1) 工程信息管理

分类和管理有关设计指标、技术参数、缺陷、维护和加工设施状况、等级评估和评估、结构施工、加固和改造、工程进度等的信息,以便于研究、添加和修改。项目可按水利工程类型分类;每种类型的水利工程可按管理单位或单个项目进行分类,可以添加、编辑、修改信息或执行其他功能。查找不同组合的函数,如单个项目或项目类型。

### (2) 设备编码管理

设备编码系统的建立进一步统一了液压设备设施的识别和管理,开发了合理、科学、标准化的设备编码,可以轻松传输和交换各种信息。

### (3) 设备台账管理

记录并提供所有必要的设备信息,以反映设备的主要特性和历史。标准设备账户主要包括设备基本信息、关键设备参数、备件标准等。在设备管理过程中,设备进入和关闭状态、重大故障、额定值、以前的维护状态、及时记录变更和异常缺陷、深入分析操作,维护和更换设备,并提供有关设备日常管理和维护的附加信息和基本信息。

## 5. 数字孪生技术在维修项目管理的应用

### (1) 维修项目管理

根据相关规范,每个维护项目必须在整个过程中进行管理,记录项目实施过程中的主要事件,生成维护项目管理图

纸,作为维护项目信息管理的商业平台,水利工程人员必须通过该平台申请项目批准,实施计划,启动报告、创建工作范围检查、竣工总结、验收记录等,根据规定的审批流程自动生成控制卡。

### (2) 养护项目管理

维护项目管理可以管理维护计划、维护状态、维护账户、维护简历、维护项目验收、维护项目管理图的形成。作为维护项目信息管理的平台,水利工程人员可以执行维护计划、维护条件、创建维护报告、维护总结和验收信息,根据规则批准流程并自动生成控制卡。

## 6. 数字孪生技术在巡检管理系统的应用

水利工程水工及设备巡检是日常管理重点工作之一,通过建立现场检查系统,可以及时发现和解决问题,减少损失,确保水电设施的正常运行和各种设备的维护,检查系统包括检查线,检查类型(日常检查、定期检查、特殊检查)、检查任务,具有问题记录、检查报告请求等功能,以规划服务管理;为了促进改进和标准化,检验管理系统和工程信息领域管理系统实现了设备信息的互连和互操作,将 RFID 技术与便携式终端相结合,实现了维修工程关键点的多维检验,完成了各种检验任务,已将 RFID 技术应用于检测系统,实现机电设备,启动锁定设备,在泵送设备等主要检测设备上放置电子标签。检查员按照规定的检查路线进行检查,并监控设备的运行状态<sup>[4]</sup>。

## 四、结语

智慧水利是新阶段实现水利高质量发展的最重要标志和重要途径之一,以数字孪生为核心的智慧水利是高度创新和复杂的系统设计,建设内容丰富,要求高,任务重。数字孪生水利工程系统问题值得研究和探索,许多技术、产品和模型仍有待开发。2022 年是数字孪生流域的第一年,我们充满着好奇与期许,期待各级水利部门、各企业、机构和相关专业人士共同努力,推动智慧水利管理中数字孪生的应用和发展,为智慧水利管理提供信息。

## 参考文献:

- [1]朱敏,施闻亮.数字孪生技术在水利工程中的实践与应用[J].江苏水利,2022(S2):81-85.
- [2]黄立锴.浅谈数字孪生技术在智慧水利工程中的应用[J].珠江水运,2022(16):46-48.
- [3]李锴,张晶.数字孪生技术在水利工程中的应用[J].电子技术,2022,51(08):186-187.
- [4]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.