

# 数字孪生技术在水利工程中的应用研究

吴健柏

新疆维吾尔自治区水利厅网络信息中心 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 通过对数字孪生技术的概念和原理进行介绍,分析了数字孪生技术在水利工程中的应用优势。本篇文章探讨了数字孪生技术在水利工程设计、运维和管理等方面的具体应用,以及其对提高水资源利用效率、减少灾害风险等方面的影响。

**关键词:** 数字孪生技术; 水利工程; 应用

随着信息技术的发展和水利工程的不断进步,数字孪生技术作为一种新兴的技术手段被广泛研究和应用。数字孪生技术通过将物理系统与虚拟仿真模型相结合,实现对水利工程的全生命周期管理和优化。本文旨在探讨数字孪生技术在水利工程中的应用,分析其对于提高水资源利用效率、减少灾害风险等方面的潜力和优势。本文对数字孪生技术在水利工程中具体应用进行分析,从而为促进水利工程的智能化和可持续发展提供参考和借鉴<sup>[1]</sup>。

## 1 数字孪生技术在水利工程中应用概述

数字孪生技术是一种将物理系统与虚拟仿真模型相结合的技术,可以实现对水利工程全生命周期的管理和优化。该技术利用传感器和数据采集设备获取实时数据,建立水利工程的数字模型,并通过模拟和预测分析来进行系统优化和决策支持。数字孪生技术在水利工程中的应用范围广泛,主要涉及设计、运维和管理等方面。

在设计阶段,数字孪生技术可以通过虚拟建模和仿真,帮助工程师评估不同设计方案的效果和影响。通过建立真实水利工程的数字模型,可以对不同变量进行定量分析和优化,提高设计效率和准确性。此外,数字孪生技术还可以进行多场景模拟,帮助工程师预测和解决潜在问题,提前发现和解决风险。

在运维和管理阶段,数字孪生技术可以帮助监测和分析水利工程的运行状态。通过传感器和数据采集设备收集实时数据,数字孪生模型可以实时更新,并通过与实际运行数据进行对比和分析,识别异常情况和趋势,提供及时的故障诊断和维护建议。此外,数字孪生技术还可以进行多种情景仿真,帮助工程师预测设备的寿命和性能,制定维护计划和决策,优化水利工程的运行效率和资源利用。

数字孪生技术还可以应用于水利工程的应急管理和灾害预防。通过模拟和预测灾害情景,数字孪生技术可

以帮助工程师制定相应的应急预案,并提前采取措施以减灾害对水利工程的影响。

总的来说,数字孪生技术在水利工程中的应用可以提高设计效率、优化运维管理、提升水资源利用效率、减少灾害风险等,为水利工程的智能化和可持续发展提供了强大支持。随着技术的不断进步,数字孪生技术在水利工程领域的应用前景将更加广阔<sup>[2]</sup>。

## 2 数字孪生技术在水利工程中应用的重要性

### 2.1 提高设计效率和准确性:

数字孪生技术通过虚拟建模和仿真,能够快速评估不同设计方案的效果和影响。它可以提供多个场景的仿真模拟,帮助工程师优化设计,并降低设计风险。通过数字孪生技术,工程师可以在设计阶段避免潜在问题,提高设计效率和准确性。

### 2.2 实现全生命周期管理和优化:

数字孪生技术可以对水利工程进行全生命周期的管理和优化。它可以实时监测和分析工程设施的运行状态,预测设备的寿命和性能。通过与实际运行数据进行对比和分析,数字孪生模型可以提供及时的故障诊断和维护建议,优化水利工程的运行效率和资源利用。

### 2.3 改善应急管理和灾害预防能力:

数字孪生技术可以进行多种灾害情景的模拟和预测,帮助工程师制定应急预案,并提前采取相应的措施。它可以识别潜在的风险因素,并支持风险评估和优化。应用数字孪生技术,可以提升水利工程应对灾害和应急情况的能力,减少灾害对工程的影响。

### 2.4 提高水资源利用效率:

数字孪生技术可以模拟和优化水利工程的水流情况、水资源分配等,帮助工程师制定更科学和高效的水资源管理策略。通过数字孪生技术的应用,可以减少资源浪费,提高水资源的利用效率,实现可持续的水资源管理。

综上所述,数字孪生技术在水利工程中的应用对于提高设计效率、优化运维管理、改善应急管理 and 提高水资源利用效率等方面具有重要意义。它为水利工程的智能化和可持续发展提供了技术支持,有助于提升水利工程的效能和可靠性<sup>[3]</sup>。

### 3 数字孪生技术应用管理现状

伴随着物联网的兴起,以规模庞大、复杂和投资密集的设备为主的数字孪生技术被广泛地运用于工业物联网。同时,航空航天和国防工业也在开始对工业4.0进行投资。根据相关统计我们能够了解到,到2021年,近半数行业企业将采用数字双技术,来评价自身技术风险及系统性能,并使其效率提高10%左右。

数字孪生指的就是需要一个物理孪生体来进行数据采集和上下文驱动交互,并且是通过其中的虚拟系统模型随着物理系统状态的变化而发生实时变化。目前,数字孪生系统连接的产品(通常使用物联网)和数字线程组成。数字线程通过对整个系统生命周期的连接性进行提供,来手机物理孪生体数据,来使数字孪生体模型得以更新,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“数字孪生”与物联网相结合,将有助于理解Opera环境中“物理孪生”(如流水线、无人车)的运行规律。同时,将物联网与“孪生”技术相融合,能够提高设备运行状态下的故障诊断与诊断能力,提高设备运行状态下的故障诊断能力。物联网是连接物理世界与虚拟世界的重要纽带,能够将实体与虚拟的关系、维护与健康等信息传递到物理孪生与数字孪生的重要载体。将真实数据融入到预测模型中,能够提升企业的信息获取能力,进而推动企业高效生产、优化生产运营以及构建新型商业模式。在此基础上,将外界温度、湿度、产品质量等多源/多感知数据与SCADA等常规传感数据相结合,实现对产品质量的有效预警。

而将数字孪生技术与物联网技术相融合,可以帮助企业更好地洞察用户对该技术的需求。本项目将为用户提供最优的设备维修方案、最大限度地提高设备维修效率、提前预警设备失效风险、降低或降低设备停产等方面的决策支持。最后,根据该体系的运营与维修经验,提出了提高其维修效率的方法,将多个数字孪生技术应用到物联网中,可以使其收益得到更大程度的发挥<sup>[4]</sup>。

## 4 数字孪生技术在水利工程中的应用

### 4.1 推动工程维护体系的建设

由于水利工程的建设类型不同,其运行环境和实现的功能也不尽一样,在运行和管理方面也有着自己的独特性,因此,需要针对项目所承担的社会责任进行灵活的调控和应用。一种水利项目需要同时具备防洪、度汛、发电、供电、灌溉、城市供水、生态保护等多种功能,具有较强的综合性,各个项目所需的水资源不尽相同,既互相协调,又互相制约。为此,必须构建一套科学合理的水利设施运行与管理体制,对其进行综合决策,才能使有限的水资源得到最大限度的利用。根据水利工程本身的运行特点,水利工程运行管理部门可以在数字孪生虚拟体中,对各个工作任务的过程进行仿真,并对模拟的运行数据进行分析,从而可以及时地对运行过程中出现的各种状况进行把握,从而可以找到工程运行中存在的问题和不足之处。同时,根据外部环境的改变,对运行管理进行快速、高效的调节,对水利设施的安全运行进行实时监控,从而达到水利工程智能化运行。

水利工程中水利设施的维修是一项极为重要且工作量繁重的日常管理工作,它需要保证质量和质量,否则就会造成无法弥补的损失。在运行管理方面,要确保足够的经费与装备,确保维修工作的顺利进行。但是,目前我国水利行业的信息化系统还不健全,信息收集的水平还很低,造成了水利行业的管理工作任务繁重,难度较大。在水利设施设备的维修保养工作中,利用数字孪生技术能够把信息安全监测资料、大数据孪生数据等资料加以汇集,并以历史数据为依托,以数字模型为框架,对水利设施系统进行了进一步的深入研究,从而提出了一套合理的解决方法。这种方法不仅可以提升养护的质量,还可以极大地提升工作的效率,利用信息数据对存在的问题做出迅速的响应,从而降低了水利工程运行管理部门在人力、物力、财力方面的投入,从而让水库的运行实现了专业化、高效化的管理,最终达到了水利工程的安全稳定运行。

### 4.2 数字孪生技术的应用

例如,某流域一支流的一座普通闸门,其功能是排洪、引潮,并且需要根据上级防汛办公室的指示,在不同的条件下打开闸门。十几年前,这类水闸的运行工作,大多依靠的是一名专业的运行值班人员的经验,利用仪器分析当前上下水位的变化,并与水文观察相结合,对将来的潮流趋势进行预测。并按照上级提出的流量要求,估算出开闸的时间节点,开闸的高度和孔数。而如今,借助数字孪生技术,可以构建出一套虚拟的体

系,将技术工人所需要做的工作全部交给机械来做,进而将实体、空间、历史数据、水利流程等要素进行数字化模拟。双核系统可以在三维地理信息系统的基础上,对系统范围内配电柜、PLC柜、闸门、清污机、网络等设备的电气参数量、设备状态量、视频等实时数据进行信息调阅,并可以产生主接线图、闸门平面示意图、水位报表、操作报表、报警报表、操作审批单、设备台账等。在此基础上,综合考虑水位、水文和气象等多因素,对该系统进行实时模拟,并与系统的真实运行状态相关联,进行水情的智能化解析,从而为全流域范围内的调度提供决策依据。

当满足现场要求时,可以通过下达命令,实现无人或少数人值班的目的。在进行维护与保养时,需要不断地监控设备的各项参数,对可能出现的问题提出警告,在输入某一时期的运行与维修的历史资料后,可以提前预测出可能的故障,提醒技术人员尽快地进行替换与检修,减少意外的发生。在流域水文区域化项目中,以流域内的基本门站为单元,利用该平台,在水利知识驱动下,完成流域内两幅地图的自动创建,从而达到对流域内各域水文区进行实时监测的目的。通过这种方式,可以构建出一个覆盖全流域的监测感知体系,进而可以达到对流域和项目生命周期的可视化以及对水资源的可控性和可预测性,进而为增强我国水利建设的防灾减灾效应,并提高我国洪涝灾害的应对和管理水平。

#### 4.3 新疆水利工程数字孪生系统应用的探索

根据水利部关于数字孪生流域(工程)建设的相关部署,新疆地区已确定了部分流域(工程)开展数字孪生先行先试建设任务,乌鲁瓦提水利枢纽数字孪生项目作为新疆第一批先行先试工程具有典型代表性。乌鲁瓦提水利枢纽工程位于新疆维吾尔自治区境内和田河西支流喀拉喀什河中游河段,是一座具有灌溉、发电、防洪、改善生态等综合效益的大(Ⅱ)型水利枢纽工程,是国家和新疆维吾尔自治区“九五”重点工程,枢纽以上控制流域面积19983km<sup>2</sup>,约占全河流域面积的90%,控制全河径流量约97%。

当前乌鲁瓦提水利枢纽与流域水资源及防汛调度协调控制面临着多水库与流域构成的流域片区水情信息错综复杂、多元、多流域、多水利工程、多水库间水力耦

合等多重复杂的关系,导致水库、流域间防洪或水资源调度协调控制要求多样化,水库、流域水协调控制面临更大挑战。基于新疆水利调控现状建设水利工程数字孪生系统,构建水利智慧服务平台,依托信息化手段解决实际调控问题迫在眉睫。但在系统建设中必须综合实时的累计降雨的汇流预报、入库流量的汇流预报等信息和大量历史数据进行校核,在信息空间中模拟调度,尽可能地模拟出各水利工程在工作环境中的状态、行为、任务成功率、运行参数、对上下游的影响以及调度方案中未考虑到的问题,才能较好的数字孪生系统的作用。

同时数字孪生系统可以在虚拟场景中设定变数,模拟各类故障及突发性事故对水文过程的影响,并由此生成适合于调节目标和约束条件的、最优化的水资源调配计划和调整方案在实施调节的同时,可以把流域内的水利的运营状态、水利设施装备的情况、流域内的水情状况等数据,及时准确的向水利工程的大数据孪生系统反映,并通过信息集成,分布式计算,大数据分析等技术手段,以及根据实际的防洪库容,水库的即时水位,降雨等数据,对调度计划加以调整。在此基础上,以水库结合流域为研究对象,对水库流域体系进行多目标协同控制,实现水库、流域体系防洪、供水、发电、生态等多目标协同控制,实现水库、流域体系数字孪生系统的综合利用,实现水资源高效利用。

#### 结论

综上所述,数字孪生技术在水利工程中的应用具有重要的意义和广阔的前景。进一步的研究和实践应重点关注数字孪生技术与水利工程的融合,加强技术创新和推广应用,为水利工程的智能化和可持续发展提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]顾思斌,陆炜,钟爱成.数字孪生技术在水利枢纽工程管理中的应用[J].江苏水利,2022(S2):28-31.
- [2]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.
- [3]黄立镨.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.
- [4]李镨,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.