

# Research on the Application of Digital Twin in Water Conservancy and Hydropower Informatization

Xinyong Ma

Xinjiang Changji Fanghui Hydropower Design Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831100, China

## Abstract

Digital twin technology has brought a new solution to the informatization of water conservancy and hydropower in China, and has broad application prospects in water conservancy projects in Xinjiang region. The geographical conditions and water resources characteristics of Xinjiang region endow digital twin technology with widespread application value, effectively ensuring the safe and stable operation and maintenance of hydropower facilities, and improving disaster prevention and early warning level. However, during the implementation process, challenges such as information loss, system integration difficulties, and significant technological investment were encountered. This article will discuss the application of digital twins in the water conservancy and power industry, the difficulties encountered, and the corresponding measures. This paper will explore the application progress of digital twin technology in the field of water conservancy and hydropower, as well as its implementation status in Xinjiang. It will analyze the problems and formulate corresponding measures.

## Keywords

digital twin; Water conservancy and hydropower; Xinjiang; promotion of information technology; Intelligent management

## 数字孪生在水利水电信息化上的应用研究

马新勇

新疆昌吉方汇水电设计有限公司, 中国·新疆 昌吉 831100

## 摘要

数字孪生技术为我国水利水电信息化带来了全新的解决途径, 新疆地区水利工程中, 广泛应用前景广阔。新疆地域的地理状况与水资资源特点赋予数字孪生技术广泛应用的价值, 有力保障水电设施的安全稳定运行与维护, 提升防灾预警水平。然而, 实施过程中遭遇信息缺失、系统融合难题及技术投入较大等挑战。本文将论述数字孪生在水利电力行业中的应用情况、遭遇的困难及应对措施。本篇论文将探讨数字孪生技术在水利水电领域的应用进展及在新疆的实施状况, 分析问题并制定应对措施。

## 关键词

数字孪生; 水利水电; 新疆; 信息化; 智能化管理

## 1 引言

数字孪生技术在水利行业的运用, 特别在新疆地域, 有效增强水资源管理及调配效能。通过虚拟模型与实际系统的即时联动, 数字孪生为水利水电设施的管理、监控、预警等领域提供了精确的信息保障。新疆系水利资源充沛而管理面临诸多挑战之地, 数字孪生技术的运用至关重要, 可以优化水利水电设施运行效能, 增强设施安全保障和资源使用效率。

## 2 数字孪生技术概述

数字孪生技术通过在虚拟空间中映射物理对象, 实时同步与反馈物理世界的动态变化, 已成为水利水电领域信息化建设的重要手段。特别在新疆地域, 广阔的地理版图及繁

复的水利设施环境给传统管理模式带来众多挑战。运用数字孪生技术, 可对水库、水电站等设施实施实时监控, 预测水流量、安排水资源调配, 保障水利设施正常运行, 降低人为操作失误的风险。例如, 新疆三屯河水库应用数字孪生技术监控水位及流量变化, 改进水库调度策略依据数据分析, 提高了水资源管理水平<sup>[1]</sup>。



图1 三屯河水库

【作者简介】马新勇(1985-), 男, 中国甘肃民勤人, 本科, 副高级工程师, 从事水利设计研究。

### 3 数字孪生在水利水电信息化上的问题

#### 3.1 数据采集与质量控制问题

在新疆地区, 水利水电设施多处于偏远且复杂的自然环境中, 数据采集面临着较为严峻的挑战。鉴于新疆疆域宽广, 部分水利设施布局较为分散, 众多设施地处地形复杂、通讯基础设施建设欠发达的区域。常规无线传感网常受信号传输波动之困扰, 此行为严重干扰了数据采集的时效性与精确度。例如, 偏远山区、荒漠地区的通信条件不佳, 数据中断或失真风险较高, 无法准确反映水利设施运行现状<sup>[2]</sup>。

数据质量控制同样是数字孪生技术运用的一大挑战。水利设施数据收集涵盖多个层面, 如水量、水位、气候变动、电力使用等, 数据精确度与完整性对构建与运行数字孪生模型具有直接影响。例如, 水位传感器数据偏差可能引发模拟模型误差, 进一步影响水电厂的调度决策。此外, 鉴于新疆地域水利设施种类丰富, 设备间标准化水平不高, 数据来源厂商或设备间格式存在差异, 数据整合工作面临更高挑战。

#### 3.2 系统集成与平台兼容性问题

新疆地区水利水电设施的分布广泛且设施种类复杂, 使得数字孪生技术的系统集成和平台兼容性成为了一个待解决的难题。众多水利设施应用了多家厂商供应的设备与系统, 设备软硬件标准参差不齐, 导致融合过程中遭遇较大的技术障碍。不同监控体系、数据采集工具及分析系统之间, 可能存在数据接口不一致、数据格式不规范等情况, 进一步影响信息流通与共享。

部分老旧的水利设施仍然依赖于传统的监控与管理方式, 数据接口与集成模块与现代数字孪生技术不相匹配, 这使得新技术的引入面临很大的挑战。鉴于众多水利设施难以实施大规模设备升级或替换, 系统集成作业需兼顾设备既有机能, 确保新旧系统顺利衔接。除此之外, 水利部门在执行过程中, 通常需借助多厂商提供的软件系统, 如水电站调度系统、气候监测系统、电力网络等, 而系统间互联水平较低, 信息化建设成效受到影响, 难以达成一致性的监控与管控。

#### 3.3 高技术成本与实施难度

数字孪生技术的应用对硬件、软件以及计算平台有较高的要求, 这使得其实施成本相对较高。在新疆这一资源广泛分布、基础设施相对薄弱的区域, 我国水利水电设施的数字孪生系统建设面临较高投入成本挑战, 特别是在初期技术研发与设备购置阶段, 投入资金庞大。例如, 构建一个高效率的数字孪生系统, 除需配备众多高精度传感器及监控设施, 还需配备相应的数据处理系统、大数据存储设施及云计算技术保障, 需提供较多资金保障。

此外, 实施数字孪生存在较高挑战, 特别是在诸多中小型水利项目里, 常见技术支撑不足, 专业人才短缺。设备的安装、调试及后续维护须由专业人员负责执行与管理。而在部分边远地域, 鉴于人才短缺, 运维实施难度提升, 这导致项目实施时间延长, 亦推迟了数字孪生技术的广泛推广与

应用期限<sup>[3]</sup>。

### 4 数字孪生在水利水电信息化上的应用策略

#### 4.1 提升数据采集精度与标准化

在数字孪生技术应用于水利水电设施的过程中, 数据采集精度和标准化是确保系统正常运行的关键环节。新疆地域内水利水电设施分布广泛, 涵盖了多样化的自然环境及气候特征, 数据收集遭遇众多难题。为了增强数据搜集的准确性与规范化, 务必在多领域实施改进。精确的数据采集是数字孪生技术实施的基础。需确保水位、流量、气温、湿度等传感数据精准且实时, 为后续数据分析与模拟提供精确支撑。为了确保这一目标的达成, 首选需要挑选高精度传感设备, 并确保其持续稳固。在新疆等广袤、高海拔区域, 传感器设备受气候变化影响显著, 因此设备选择与保养极为关键。为此, 制定严苛的传感器选择规范, 确保传感设备具有显著抗干扰性能, 并能适应严苛气候环境持续运作, 系提高数据采集质量的关键。

数据采集标准化极为关键。新疆地域的水利设施涵盖多家厂商的设备, 设备间规范不一, 可能导致数据接口不匹配, 数据整合工作面临更大挑战。为了规避此类问题, 务必构建统一的标准体系, 确保各厂商设备产出数据实现无障碍连接, 具体举措涵盖确立数据搜集的统一规范与规程, 请确保各传感器遵循统一的数据格式开展数据收集。此外, 针对水位、流量等各类型数据的监测, 需制定相应的校准计划, 确保数据精确性与统一性。

数据的实时传输和处理也是提升数据采集精度和标准化的重要因素。在新疆辽阔的自然风光里, 常规传输模式往往遭遇信号波动难题, 数据传输时效性影响。为此, 整合当代无线通讯技术与物联网技术, 运用低功耗广域网(LoRa)、第五代移动通信等前沿通信技术, 加强数据传输稳定性与可靠性。同时, 运用边缘计算等手段, 在数据采集环节实施前期处理, 降低数据传输时延, 增强即时反应效率。建立数据质量管理体制亦为提高数据搜集精确度与规范化的核心步骤。通过实施设备周期性检验与校正, 确保传感器测量精度; 同时, 建立数据质量监管体系, 实时监控数据品质, 及时核查并处置异常信息。

#### 4.2 加强系统的开放性与兼容性

在新疆地区, 水利水电设施的信息化水平和设备种类差异较大, 导致不同系统间存在较大的兼容性问题。在数字孪生技术的应用中, 系统开放性与兼容性极为关键, 该因素影响各厂商设备与平台间的顺利融合, 及数据流转是否顺畅。为了妥善处理此问题, 提升体系的开放度与兼容性至关重要。为促进数字孪生技术的深入应用, 务必秉持开放平台设计理念。当前, 众多水利工程设施依赖众多厂商的设备与监控系统, 实施封闭式管理模式。平台间互操作性不足, 系统接口、通讯协议等方面存在不匹配问题, 此举导致信息流通严重受限。为了解决此问题, 应促进业内开放平台构建,

采用规范化的接口及开放性协议,确保各厂商设备可在统一平台内实现数据互享与网络互通。依托开放平台的系统构架可保障各类设备与系统间无障碍连接,增强数据的实用性和应用性。

兼容性问题主要体现在水利设施的多样化设备和不同技术的整合上。在新疆地域,鉴于水利设施建设历史悠久,众多设施依赖陈旧设备与系统,此类设备通常缺乏与现行数字技术相兼容的特质。因此,在数字孪生技术实施过程中,需充分关注新旧系统间的兼容性问题,可逐步实施改革策略,优先将核心环节与设施融入数字孪生体系,并确保新旧系统顺利衔接。采用统一的接口设定与规范协议,简化系统集成的复杂性,实现新旧设备互连互通。

为了加强系统的兼容性,软件平台也需要具备良好的适应性。市场上众多厂商提供的水利水电管理软件类型多样,平台间兼容性与互通性不足。因此,在推进数字孪生技术运用进程中,需依托开源技术或定制化开发途径,保障各平台与系统间的数据互通与协作。此外,打造一体化的监管与管控系统,亦能降低设备养护费用,进一步精简管理程序,提升运维整体效能。促进政策扶持与行业规范化亦是破解系统兼容难题的关键,相关部门可制定相应政策,并推动业界设备厂商与软件开发企业开展标准化工作,促进形成行业广泛适用的数据接口及协议规范。

#### 4.3 降低技术实施成本与资源优化

数字孪生技术在新疆地区的应用面临着较高的技术实施成本问题,尤其是水利水电设施建设与运营中的技术投入,往往需要大量的资金支持。为了破解此难题,务必从多角度加以改进,降低技术实施费用,优化资源配置。优化设备选型与采购是降低技术实施成本的关键步骤。当前,数字孪生技术在水利设施应用中普遍需依托众多高精度传感器、数据采集系统、通讯工具及高性能计算平台。该类硬件设备购置费用偏高,特别是鉴于新疆特有的气候环境,设备需具备更优的耐用性能与抗干扰力,设备采购费用进一步增加。为此,可采取集中招标、大批量购置等手段降低设备采购费用,同步增加更多性价比比较优的国内设备,降低对外国高科技进口设备的依赖程度。

借助云计算和大数据技术,可以显著降低计算和存储成本。水利水电设施的数据处理和存储需要大量的计算资

源,传统的本地计算和存储方式往往成本较高。通过将数据存储和计算迁移到云平台,不仅可以减少本地服务器的建设和维护成本,还可以实现资源的动态调整与弹性伸缩,降低技术实施成本。同时,云计算能够为水利设施提供强大的数据分析能力,帮助决策者在运行过程中更精确地监控和管理水资源,优化运营效率。

促进技术交流与协作亦是降低实施费用的重要手段。新疆地域水利电力设施分布较为稀疏,部分地区资源较为稀缺,单一机构难以独自负担高昂的技术投入。为此,可采取部门间、区域间资源共享与协作机制,携手打造技术共享平台与数据管理架构。通过行业间合作,依托同一技术平台实现数据与技术资源共享,有效提升资源使用效益,大幅减少单个单位的技术成本。针对新疆特定地理条件与技术要求,采取逐步推进和模块化实施的技术应用,亦是降低成本的有效途径。采取分步骤、分板块的推进方式,将项目风险及资金负担分摊至不同阶段,逐阶段实施技术调适与改进,不仅可以降低初期的资金投入,还能够在实践中积累经验,逐步提升技术水平和应用效果。采取相关举措,有效降低数字孪生技术应用成本,优化资源配置,促进水电设施信息化发展。

## 5 结语

在现代社会的发展建设中,水利工程占据着非常重要的地位,水利工程不仅能够对河流湖泊的水流进行有效的存储和控制,还能够进行发电,造福于社会。数字孪生技术在新疆水利水电领域的应用前景广阔,能够显著提升水资源管理、设施运行的智能化与精准化。然而,技术应用的实施仍面临数据质量、系统集成与技术成本等问题。通过加强数据采集标准化、推动系统兼容性、降低实施成本等措施,能够有效解决这些问题,推动数字孪生技术在新疆地区的广泛应用。

### 参考文献

- [1] 韩月朦.数字孪生技术在智慧水利工程中的应用研究[J].河南水利与南水北调,2024,53(11):88-90.
- [2] 荀文萱.数字孪生技术在智慧水利中的应用探讨[J].智能建筑与智慧城市,2024,(10):23-25.
- [3] 杨岩.数字孪生在水利泵站智能化管理中实践应用[J].水上安全,2024,(19):74-76.