

# 基于数字孪生技术的水利工程建设管理分析

陈舸

珠海市水利设施管理和技术中心

**摘要：**为解决技术运用不合理、不科学，水利工程建设管理效能较差的问题，本文聚焦于数字孪生技术，围绕水利工程建设管理开展分析。先对数字孪生技术进行简要概述，然后对技术运用现状开展简要研究，并针对性分析运用路径，包括技术系统搭建目的、建设模式以及具体应用等。具体来看，应基于数字孪生技术科学开展水利工程监控体系建设，然后通过多技术融合，强化技术监测，并基于天地空多位一体理念建立水利感知网，打造数字孪生体，最后，得出相应的结论，希望通过本文研究，为水利工程后续管理优化创造良好条件。

**关键词：**数字孪生技术；水利工程；管理体系；工作优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.21.071

引言：现阶段，5G、物联网等多种技术已经成为各行各业进行改革发展的关键技术。对于水利工程而言，必须科学融合GIS、GPS、大数据等多种技术形式，通过数字孪生的运用，完成管理模式创新，提升管理成效。当前，部分人员已经通过建模、仿真以及数字孪生等手段进行现实与虚拟的镜像连接，以此强化管理的数字化质量。但部分区域在数字孪生技术应用方面存在诸多不足。由此可见，围绕数字孪生技术下水利工程建设管理开展分析，具有关键意义。

## 一、数字孪生技术分析

在多种技术不断发展的背景下，虚拟现实技术以及仿真技术的有限为各行业转型创造了良好条件。早在2003年，美国教授便提出借助虚拟的手段进行产品展现，后续在2012年更是提出了数字孪生技术思想。结合当前来看，此技术收集内容较多，主要是针对全生命周期进行技术管控，其核心是将传感器安装在特定区域，收集数据内容，完成现实与虚拟的对接，借助镜像连接完成高效管控。在技术运用背景下，可针对物体的属性以及数据进行模型建立，帮助管理人员及时了解设备运行状态，科学完成数字化维护。目前，数字孪生技术已经融合多种新型技术类型，不仅可以提供强大的数据存储以及计算推演功能，而且还能够帮助管理人员进行分析预测，找出潜在不足，确保决策有效性<sup>[1]</sup>。

## 二、当前数字孪生技术在水利工程建设管理现状

在社会发展的过程中，水资源问题逐渐凸显，随着人们的不断探求与总结，发现只有进行水利运行管控创新，才能够提升管理水准，减少社会建设与水资源之间

的矛盾，确保日常决策的有效性。在此背景下，数字孪生技术应用理念油然而生。对于水利工程而言，在日常管理中融合数字孪生技术，不仅能够进行有效的管理改革，而且还可以将现阶段的监测系统化转向为智慧化，为水利现代化目标的达成提供有力支持。当前数字孪生技术运用主要是基于云计算、互联网、智能化等多种技术形式，根据水利工程的诉求，帮助管理人员完成工程数字化表达，优化决策，为后续发展提供职业结合。当前来看，在数字孪生技术运用下，我国水利工程运行安全度进一步提升，可运用数字映射以及动态仿真等手段推进虚拟化分析和验证，及时预测潜在问题，强化运维以及生产质量，帮助有关部门降低维护成本。因此，从宏观角度来看，数字孪生已经不仅是水利工程创新的一种模式，更是水利向现代化转变的重要驱动。

## 三、数字孪生技术在水利工程建设管理中的运用路径

### （一）系统建设目的

数字孪生技术对于水利工程而言，是实现全生命周期管控，科学进行设备监测、有效完成资源调度的核心。在具体运用的过程中，技术会将原有的工程划分为不同的模型体系，通过结构分割以及技术化管控等方式，尽量延长工程的使用寿命，强化管理水准。现阶段，数字孪生技术系统已经可以基于当地的实际情况，最大程度发挥技术优势。一般而言，对于水利工程而言，为满足建设管理需求，在引入数字孪生技术的过程中，要满足以下几种所需，第一，要开展全流程管控，借助物联网等多种技术完成工程的数字化映射，通过模型搭建等方式保障管理的有效性和统一性，帮助工作人员实时收集水利运行以及数字信息，完成全方位监控，为后续工程优化奠定基础。在此过程中，由于工程资料设计内容较多，因此系统还会通过技术进行有效整合，并基于全要素管控的核心目标完成数字化升级。第二，需借助数字孪生技术完成虚实相融，将实物实体进行虚拟化模型建设，借助模型完成实体管控，通过实体映射以及空间交互等手段处理当前管理兼顾不足的矛盾问题，为强化水利工程管理提供有力支持。

### （二）系统建设模式

基于数字孪生技术所完成的系统设计，应关注以下几个层次需求：一方面，从功能的角度出发，要涉及所有部门的工作，需要进行功能设计。另一方面，多维角度全面管控管理要素，通过精准建模完成虚实交互。除此之外，还要清楚掌握模型之间的关系，强化模型联系

的精度，完成闭环控制，为运行管理提供条件。

**(三) 系统构想与仿真**

在进行技术运用的过程中，要针对水利工程所有的单元及设备进行状态感知以及信息收集，完成有效分析，实现精准管控。强化决策水准。在具体系统设计的过程中，需强化调度水准，确保各系统能够统一协作，保障运行质量。具体机制如图1所示。

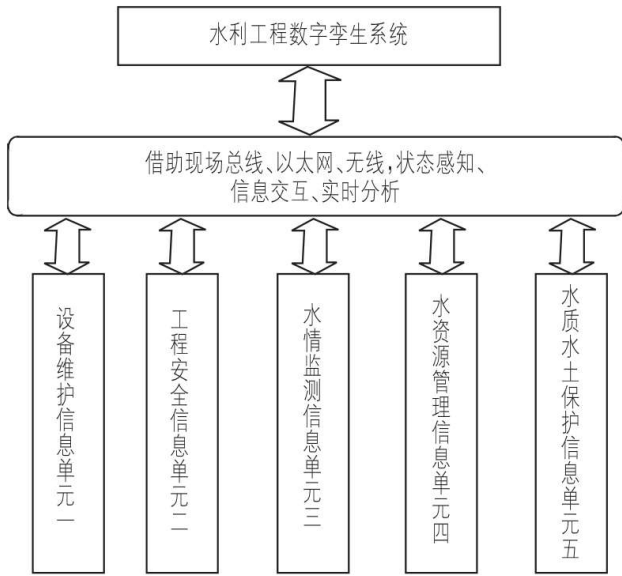


图1 数字孪生技术运用下的系统运行机制

对于水利工程人员，在研究此技术的过程中，主要分为实体装置以及数字孪生体两个体系。其中实体装置主要是进行数据信息的采集，并将数据传给数字孪生体，通过同步管理的方式，确保数字孪生体能够基于数据情况以及相关条件完成模拟运行，为后续工作人员的管理创造条件。工作人员在进行验证与决策之后，会将方案设定同步给系统，而数字孪生技术则会以方案为基础进行同步仿真，并反馈实体状况，以此完成全面管理。

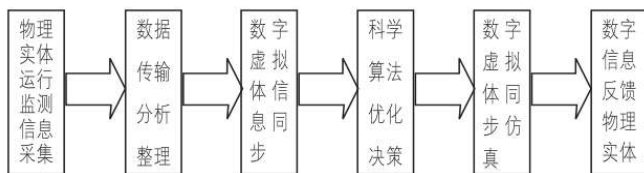


图2 系统流程构想

**(四) 系统思路**

一方面，基于技术完成虚拟体系设计，在具体工作中应构建各类体系架构，明确管理诉求，完成方案设定，生成技术清单。另一方面，进行数据采集与传输，所以对实体监测产生的数据同步传输给系统，并按照原标准进行格式调整，满足管控需求，推进模型设计，实现同频同步的立体建模，为管理人员管理提供条件<sup>[2]</sup>。

**(五) 数字孪生水利思路**

1. 有效开展湖泊以及水工程监控体系建设

在体系建设的过程中，感知体系尤为关键。对于水利工程而言，技术资料涉及内容较多，包括水量、水位、泥沙以及区域降雨状况等。为此，工作人员需要对周围区域进行监测站点设计，借助设备完成在线监测，强化感知水准。在进行体系建设的过程中，应将遥感、遥测等技术融合其中，推动空天地系统组建，进一步强化技术覆盖范围，增强数据获取精准度。在具体工作中，应对原有的灾害站网进行分析，科学进行优化，通过拓展监测范围等方式实现规模监管。除此之外，还要进一步强化水资源采集与利用，要基于当前的水利装置进行认知体制设计，具体需针对泵站、堤防、灌区等，科学运用BIM以及监控技术，完成数据管理，实现实时监管。对于新建的加固工程而言，则要强化系统设计，科学设置监测装置，为拓展数据监测网奠定有利基础。

2. 借助多技术融合增强监测技术水准

工作中需强化智能感知，综合运用RS、GPS、GIS等手段实现动态监管，并将以上技术融合到智能监测系统体系中，科学进行图像获取以及数据分析，若是系统发现异常，则会自动触发报警体系，满足不同的监测需求。在具体工作中，还要基于物联网等技术形式，优化设备创新成效，并在现有基础上推进新装置推广，为管理架构创新提供条件。

3. 建立多位一体水利感知网

由于水利工程涉及不同管控段，因此还要基于现阶段实际情况设立控制点以及多元一体管控模型，通过建模的方式生成水利感知网，为后续管理创造条件。在具体工作中，可基于卫星图像进行信息提取与合成，掌握水质参数，并借助模型建设推演信息，了解不同污染程度的河段状况。此过程可配合无人机监控完成深度分析，强化技术支持，并基于物联网整合感知数据，实现实时监管。具体工作中，应针对当前的监管设备、水质监控站等多区域进行动态监控，掌握水利工程区域河流湖泊水质现状<sup>[3]</sup>。

4. 建立水利工程数字孪生体

目前，随着技术模式的不断增多，将BIM与GIS融合成一体，也成了数字孪生技术运用的新型体系。对水利工程而言，水闸、工站等区域为了满足监测需求，可通过以上两种技术融合，进一步强化关键数据获取成效，并借助三维仿真以及无人机提高水利工程系统运行质量，为实现全生命周期管理目标奠定基础。

**(六) 技术路径**

1. 技术准备

为确保数据孪生技术能够在数据工程管理中真正发挥作用，要做好技术准备。结合当前来看，准备环节主

要是针对现阶段的管理情况进行运行机制设计,具体包含以下内容:首先,数据感知,在进行平台管控的过程中,需要广泛的数据源提供信息,因此要配置大量的装置以及传感器,帮助工作人员了解实时监控降雨、温湿度以及设备运行状态,为决策提供条件,确保镜像互联的有效性。其次,数据传输,由于设计数据较多,因此要基于云存储等技术体系,将数据传递至数据库,构建映射关系,强化动态监管,为后续工作推进奠定基础。最后,数据处理,此环节是技术运用的关键。从处理的角度而言,需基于历史数据以及现阶段的感知情况完成智能预测,及时预报区域条件,保障模型精准度。此外,还要为模型搭建提供预判功能,基于过往闸门数据以及设备寿命推测水利工程结构寿命状况,为后续维修以及日常管理提供参考。

## 2. 系统构建

### (1) 明确数字孪生系统构建思路

为实现高效管理,要基于现代化理念进行平台设计。从构建的角度来看,要基于业务诉求进行功能规划,通过动态交互建立智慧互联以供用户使用。具体功能设计上,包括水利功能讲解以及模型搭建和参数交互等。平台在运行的过程中,可基于不同工作需求完成服务配置,实现智能处理<sup>[4]</sup>。

### (2) 设计数字孪生水利管理模块

模块分区是数字孪生系统建设的关键。第一,底板模块应建立不同维度的数据模型构建体系,具体模型搭建应基于历史、当前实时动态数据以及业务诉求和空间数据几大板块进行操作,以供用户进行信息使用。第二,仿真引擎。此模块包括专业模型加建、可视化立体模型建设以及镜像映射等多方面内容,需基于当前业务管理需求进行图像以及模型设计。为了有效保障后续决策的有效性,水利模型对专业度的要求较高,为此,在模型系统搭建的过程中,也要基于研发需要进行多元编程运用,实现业务模拟,确保能够为后续水利工程维护管控提供保障。第三,信息引擎。对于系统平台运行而言,设计大量的知识信息,此模块主要是针对图谱以及专家经验等进行不同场景的模块规划。在此背景下,用户可基于自身的实际需要,有效运用系统内的知识数据完成问题处理,而系统则会基于用户需求提供有效参考,完成信息交互。总而言之,对于数字孪生技术应用而言,系统平台的搭建可为工作人员提供多维模型,借助映射以及仿真完成管理可视化,改变传统水利管理时间成本高、效率差的问题。

### (七) 技术前景

一是,实现全生命周期管控。未来水利工程在融合数字孪生技术的过程中,将对人、设备以及环境要素进行充分的映射以及数据展示,使工作人员实时掌握当前

运行管理的问题,针对性对闸门以及机电装置进行监管,并通过数据和整合完成信息交互和危险预测,延长装置寿命,为后续维修养护提供条件。二是,自动化管控。当前,随着时代的发展,人们对水利工程日常管控的要求也不断提升,为保障管理有效性,确保水利工程能够稳定、安全加以利用,我国不断推进智能化改革,数据完成技术的引入,将为未来的水利工程管理提供统一规范的自动化管控体系,使水利工程所有的数据分析以及数据用户都能够借助技术系统完成操作。除此之外,在技术应用的过程中,为满足多方需求,系统会将数据的格式转化为不同的类型,以此满足多方需求,解决当前数据处理单一、有效性不足等问题,为决策者提供帮助。三是,全面数字管控体系。在数据完成技术应用的过程中,工作人员可更全面了解实施运行状态,并借助系统强化管控水准。在未来,数据集成技术应用优势进一步出现。例如,可对不同设备的启停状态、风险等进行有效分析,科学完成实时资源调度并加以监管。在现有基础上,还能够针对数据参数完成各类水工装置图纸设计,并综合基于BIM、GIS等手段完成虚拟建设,实现动态决策与判断,为工程发展提供保障<sup>[5]</sup>。

## 结论

综上所述,水利工程作为基础设施建设中非常关键的内容,其运行管理十分关键。随着技术的不断产生,管理模式也要及时推进改革,强化管理决策的有效性。其中,数字孪生技术作为新时期的重要技术体系,可有效进行管理优化,帮助水利工程进行水利系统数字化转型,为区域经济建设与社会发展奠定良好基础。

## 参考文献

- [1] 梁爱萍,张发清,蔡运忠,等.基于BIM+GIS+IoT技术的水利工程数字孪生工地建设管理系统研究与应用[J].水利技术监督,2024,(02):39-43.
- [2] 邵志平,龚向荣,吴建平.水利工程建设中的安全管理及技术分析——评《水利工程运行安全管理》[J].人民黄河,2023,45(01):163.
- [3] 彭金波.浅谈数字孪生技术在水利工程运行管理中的现状分析与前景展望[J].城市建设理论研究(电子版),2022,(33):166-168.
- [4] 林立.探讨水利工程建设管理现代化与精细化建设的思考分析[J].陕西水利,2022,(09):177-178.
- [5] 高曼.“小业主、大监理”工程建设管理模式在水利工程中应用分析[J].海河水利,2021,(05):59-61.

作者简介:陈舸,1988年8月,男,汉族,籍贯:吉林长春,本科,中级工程师,研究方向:水利技术管理。