

# 信息化技术在水利工程管理中的应用

古丽阿依姆·莫敏 艾尔肯·艾合麦提

新疆维吾尔自治区塔里木河流域叶尔羌河水利管理中心, 中国·新疆 喀什 844700

**摘要:** 在全球水资源挑战日益严峻与新一代信息技术浪潮交汇的背景下, 推动水利工程管理向数字化、网络化、智能化转型已成为提升国家水安全保障能力的必然选择。本文基于水利工程全生命周期管理视角, 系统阐述信息化技术在水利工程管理中的应用, 剖析信息化技术在工程监测、调度决策、运维管理等领域的实践应用成效。同时, 聚焦当前水利工程信息化管理中存在的突出问题提出优化对策, 为推动水利工程管理向数字化、网络化、智能化转型提供理论参考与实践借鉴, 助力国家水安全保障体系构建与水利高质量发展。

**关键词:** 信息化技术; 水利工程管理; 数字孪生; 全生命周期

## The Application of Informatization Technology in Water Conservancy Project Management

Guliyimu Momin, Aierken Aihemaiti

Yarkand River Water Conservancy Management Center, Tarim River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China  
Xinjiang Kashgar 844700

**Abstract:** Against the backdrop of the increasingly severe global water resource challenges converging with the wave of the new generation of information technology, promoting the transformation of water conservancy project management toward digitalization, networking and intellectualization has become an inevitable choice to enhance the national water security guarantee capacity. From the perspective of the whole life cycle management of water conservancy projects, this paper systematically expounds the application of informatization technology in water conservancy project management, and analyzes the practical application effects of informatization technology in such fields as project monitoring, scheduling decision-making and operation and maintenance management. Meanwhile, focusing on the prominent problems existing in the current informatization management of water conservancy projects, it puts forward optimization countermeasures, which provide theoretical reference and practical reference for promoting the transformation of water conservancy project management toward digitalization, networking and intellectualization, and help construct the national water security guarantee system and realize the high-quality development of water conservancy.

**Keywords:** Informatization technology; Water conservancy project management; Digital twin; Whole life cycle

## 0 引言

水是生命之源、生产之要、生态之基。水利工程作为调控水资源时空分布、防御水旱灾害、保障生态安全的关键基础设施, 其管理效能直接关系到国计民生与可持续发展。然而, 传统水利工程管理长期依赖人工巡查、经验判断和分散式系统, 面临着监测感知不全、信息共享不畅、决策响应滞后、风险预警能力不足等系统性短板。在全球气候变化加剧、极端水文事件频发、水资源供需矛盾日益突出的新形势下, 这些短板已成为制约水利高质量发展的瓶颈。当前, 中国正将智慧水利建设作为推动新质生产力发展的重要领域进行战略布局。“十四五”规划以来, 水利部系统谋划并大力推进以数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生水利工程为核心的数字孪生水利体系建设。2025

年, “数字孪生水利体系”与“智能大坝”“国家水网”等一同被列为水利科学技术研究的前沿热点词, 标志着该领域已从概念探索进入规模化建设与实战应用的关键阶段。这一体系通过创建物理水利世界的虚拟镜像, 利用数学模型进行模拟仿真, 并基于水利知识进行前瞻预演与决策优化, 从而强化了预报、预警、预演、预案的“四预”功能, 为水旱灾害防御、水资源调配、工程安全运行装上了智慧的“大脑”。

## 1 水利工程管理信息化的核心基础

### 1.1 核心概念界定

水利工程管理信息化是指以信息技术为支撑, 通过数字化、网络化、智能化手段, 实现对水利工程规划、建设、运行、维护全生命周期的动态监控、智能分析与科学决策

的管理模式。其核心特征体现为数据集成化、过程可视化、决策智能化与管理协同化，旨在打破传统管理中的部门壁垒与信息孤岛，构建“感知—仿真—决策—控制”一体化的智慧管理体系，提升水利工程管理的精准性、高效性与安全性。与传统管理模式相比，信息化管理模式以数据为核心驱动要素，通过整合气象、水文、工程结构、设备状态等多源异构数据，依托大数据分析人工智能算法，实现风险提前预警、调度方案优化、运维流程闭环，推动水利工程管理从“经验驱动”向“数据驱动”转型，为水安全保障、水资源节约集约利用提供技术支撑。

## 1.2 关键信息化技术支撑

水利工程管理信息化的实现依赖于多类信息技术的融合应用，其中物联网、大数据、数字孪生技术构成核心支撑体系，各类技术协同作用，构建起全方位、多层次的信息化管理架构。

**物联网技术：**通过部署无线水位计、流量计、裂缝监测仪等传感终端，结合 LoRa/NB-IoT 等低功耗广域网技术，可实现对水位、流量、坝体沉降、设备工况等关键参数的实时采集与远程传输，尤其适用于偏远地区水利设施的监测需求。

**大数据技术：**为数据处理与价值挖掘提供支撑，通过 ETL 工具对多源异构数据进行清洗、标准化处理，存入分布式数据库构建统一数据资源池，再依托数据挖掘算法分析历史数据与实时数据，实现洪水趋势预测、设备故障诊断、水资源供需平衡分析等功能。

**数字孪生技术：**水利工程可视化与智能决策的核心载体，通过三维激光扫描、无人机测绘等技术构建工程虚拟模型，实现现实工程与虚拟模型的实时映射，支持仿真演练、空间碰撞检测、调度方案预演等功能。

## 2 信息化技术在水利工程全生命周期管理中的应用

### 2.1 在工程建设与施工管理中的应用

在工程建设阶段，信息化技术推动施工方式向“智能建造”深刻变革，其核心特征是少人化、无人化、绿色化与精细化。

#### 2.1.1 智能化施工装备

在隧洞开挖中，全电脑三臂凿岩台车通过数字化程序控制，实现钻孔定位的毫米级精度与自动作业，极大提升了效率与安全性。在大坝填筑中，无人驾驶智能碾压机集成高精度 GNSS、传感器与自动控制系统，能够严格按照预设路径、碾压遍数与速度进行作业，彻底避免了传统人

工操作可能产生的漏碾、欠碾等质量问题。

#### 2.1.2 智能化生产与温控

智能型混凝土搅拌站实现从订单、生产、运输到浇筑的全流程数字化管理。大体积混凝土智能温控系统，通过预埋传感器网络实时采集混凝土内部温度，并利用三维可视化平台进行展示与智能分析，自动调控通水冷却策略，有效防止了因温度应力导致的裂缝风险，确保大坝施工期工作性态“可知、可控”。

#### 2.1.3 智能化加工与灌浆

自动化钢筋加工机器人、智能拱架焊接机器人等，确保了工程构件的标准化与高质量生产。智能灌浆系统则实现了从配浆、压力控制到成果分析的“一键式”自动化作业，提升了隐蔽工程施工的可靠性与可追溯性。

## 2.2 在工程运行与安全监控中的应用

这是信息化技术应用最广泛、效益最直接的领域，其目标是实现工程运行状态的透彻感知、实时评估与智能预警。

### 2.2.1 “智能大坝”安全管理

“智能大坝”作为新一代信息技术与传统工程深度融合的产物，其典型实践是通过立体感知网络，持续采集大坝的变形、渗流、应力、环境量等数据。基于这些数据，系统不仅能够进行实时监控与超限报警，更能利用结构模型与大数据分析算法，对坝体的长期变形趋势、渗流稳定性等进行深度诊断与安全评估。例如，全国已有数万座水库完成了雨水情测报和安全监测设施的建设，风险感知能力得到大幅提升<sup>[1]</sup>。

### 2.2.2 库区与水域智能巡查

传统人工巡查存在盲区多、效率低、风险高的问题。如今，通过无人机自动巡飞+AI 图像识别，可高效完成对水库岸线、河道水域的全面巡查，自动识别侵占、采砂、排污、漂浮物等问题。浙江绍兴越城区利用该技术，每月可减少基层河长人工巡河超过 2000 人次。汤浦水库还创新开发了森林火灾应急演练模块，集成地形、水源、道路数据，使消防救援效率提升了 40%。

### 2.2.3 闸泵站远程集控

对于分布分散的闸门和泵站群，远程集中控制改变了依赖人工现场操作的落后模式。浙江乌镇圩区通过对 34 座闸泵站进行自动化改造并安装远程控制系统，工作人员在指挥中心即可依据内外河水位数据，安全、快速地完成“一键启闭”操作，将整个圩区的泵站群启闭时间从一小時以上缩短至分钟级，在应对暴雨洪涝时抢得了宝贵先机。

### 2.3 在水资源调度与防洪减灾中的应用

信息化技术在此领域的应用，集中体现了“四预”功能的强大威力，实现了从“被动抗洪”到“主动御洪”、从“经验调水”到“智慧配水”的根本性转变。

#### 2.3.1 防洪“四预”实战应用

数字孪生系统通过接入网格化降雨预报，驱动水文学与水动力学模型，可对未来几小时至几天的洪水过程进行高精度预报。当预报结果超过阈值时，系统自动预警。更重要的是，它能以三维可视化的方式，对洪水演进、圩区内涝淹没进行动态预演，并基于预演结果，结合应急预案库，自动生成或优化调度与人员转移预案。在2024年应对珠江、海河流域特大洪水过程中，全国大江大河的洪水预见期已从3天延长至10天，数字孪生系统为科学决策提供了关键支撑。乌镇圩区在台风期间，通过系统预演提前排水66万立方米，有效控制了内河水位涨幅<sup>[2]</sup>。

#### 2.3.2 水资源智能调配

在供水与水资源配置方面，智能调度系统能综合考虑来水预报、用水需求、工程状况等多重约束条件，自动寻优调度方案。汤浦水库开发的供水智能调配模块，在2025年干旱期通过优化与补水水源的协同调度，保障了500万人口用水，减少限供水天数18天，避免了近490万元的经济损失。南水北调中线工程构建的数字孪生平台，集成上万个监测点，实现了千里调水线的实时监控与动态调度。

### 2.4 在协同管理与决策支持中的应用

信息化打破了部门与业务之间的“数据孤岛”和“系统烟囱”，推动管理向平台化、协同化、扁平化发展。

#### 2.4.1 业务协同平台

现代化的水库运管矩阵平台，如汤浦水库所建设的，往往将供水管理、防汛调度、工程安全、日常运维等核心业务线整合到一个统一平台中，形成风格一致、数据共享、流程贯通的“一条线”业务协同系统。这使得不同岗位的管理人员能够在同一数据基底和操作环境中协同工作，极大提升了管理效率与应急响应速度。

#### 2.4.2 跨部门数据融合与决策

先进的数字孪生平台不仅集成水利内部数据，还积极融合气象、交通、自然资源、应急管理等多部门数据。乌镇圩区数字孪生工程整合了降雨预报、交通路网、易涝点、应急物资等跨部门信息，从而能够在洪涝模拟中更准确地评估对交通、重点设施的影响，并联动制定更周全的应急方案。这种跨领域的数据融合与业务联动，是提升综合防灾减灾和流域治理能力的关键<sup>[3]</sup>。

### 3 信息化技术应用于水利工程管理实例分析

近年来，新疆以发展水利新质生产力为目标，全面推进以“数字孪生”和“现代化运行管理矩阵”为核心的水利信息化建设，探索出一条极具地域特色的智慧水利发展路径。以下通过聚焦标志性工程、分析不同应用场景，系统阐述信息化技术在新疆水利工程管理中的深度实践。新疆水利信息化遵循“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”的原则，其顶层设计集中体现为两大战略方向：一是以数字孪生技术创建物理工程的虚拟镜像，实现模拟仿真与前瞻预演；二是构建以“四预”（预报、预警、预演、预案）功能为核心的现代化水库运行管理矩阵，实现管理流程的重塑。

在此战略指引下，一批代表性工程脱颖而出。其中，乌鲁瓦提水利枢纽作为南疆第一座高山水库和塔克拉玛干沙漠南缘的关键水源工程，被赋予了双重试点使命：它既是水利部首批数字孪生水利工程建设试点，也是新疆唯一的国家级现代化水库运行管理矩阵先行先试单位。此外，精河县大河沿子灌区作为数字孪生灌区试点，乌苏市、博州等地的智慧水务与灌区现代化改造，共同构成了点面结合、多层次推进的新疆智慧水利实践图景<sup>[4]</sup>。

不同水利单元的信息化应用，其核心目标与技术路径各有侧重，如下表所示：

水利单元类型	代表案例	信息化应用核心目标	关键技术路径与成效
大型水库枢纽	乌鲁瓦提水利枢纽	保障高坝安全、优化防洪调度、实现水资源精准配置	构建“天空地水工”一体化感知与数字孪生平台，实现“四预”功能。2025年关键期拦洪1.9亿立方米，削峰率71.6%。
大中型灌区	精河县大河沿子灌区、博州灌区	提升灌溉水利用率、实现节水增效与精细化管理	建设智慧管理平台，实施管道化改造与自动化控制。大河沿子灌区水利用系数从0.6提至0.9，年节水超2000万立方米。
区域水资源管理	博尔塔拉蒙古自治州	打破数据孤岛，实现跨区域、全业务统筹监管	推进数据整合，绘制全州灌溉“一张图”，建立“月计划、近预警、超限用”的智慧化水资源管理体系。
城乡供水系统	乌苏市、额敏县	降低管网漏损、提升供水服务效率与便民水平	部署物联网智能水表与“智慧水务”平台，实现从水源到水龙头的全过程信息化管理，支持手机缴费与报修。

### 4 结语

信息化技术在水利工程管理中的应用，是推动水利行业高质量发展、提升水治理体系与治理能力现代化的必然选择。随着数字中国战略的深入推进与信息技术的持续迭代，水利工程管理信息化将向更高水平迈进，数字孪生、

人工智能、区块链等新技术的广泛应用，将推动水利工程管理实现全流程智能化、协同化；跨区域、跨部门的协同管理机制将更加完善，水资源优化配置与防灾减灾能力将进一步提升。本文提出的优化对策，可为水利工程管理信息化建设提供参考，助力构建“感知全面、传输可靠、决策智能、管理高效”的智慧水利体系，为保障国家水安全、促进经济社会可持续发展提供坚实支撑。

#### 参考文献：

[1] 陈广兵. 水利工程施工管理信息化技术探析[J]. 现

代工程科技, 2025,4(22):153-156.

[2] 陈德. 信息化技术在水利工程管理中的应用分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025,(21):207-209.

[3] 李洋, 陶凤博. 信息化技术在水利工程施工管理中的应用研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025,(19):214-216.

[4] 陶凤博, 李洋. 信息化技术在水利工程管理中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025,(19):217-219.

作者简介：古丽阿依姆·莫敏（1992-），女，维吾尔族，新疆疏附县，大学本科。文章方向：水利工程。