

智慧水利在水利工程运行管理中的应用研究

穆和强

宁夏回族自治区彭阳县水务局 宁夏 固原 756000

摘要: 随着信息技术在水利行业的深度普及,智慧水利成为水利工程现代化转型的核心方向。本文以智慧水利技术体系为研究对象,梳理智慧水利的核心内涵、关键技术与应用架构,围绕水库、河道堤防、灌区及防汛应急四大实际场景,分析智能化技术在工程运维、数据治理、安全预警、调度管控中的具体应用。研究明确了智慧水利与水利工程运行管理的适配优势,总结现有落地应用模式,可为基层水利工程数字化运维、风险防控及水资源优化调度提供实践参考,助力水利工程管理提质增效。

关键词: 智慧水利; 水利工程; 运行管理; 应用体系; 应用场景

引言: 水利工程是保障区域防洪安全、水资源供给与生态治理的基础性设施,工程运行管理水平直接关系到水利设施综合效益的发挥。当前,传统粗放式、人工化管理模式逐渐无法适配规模化、常态化、精准化的水利管控需求,工程隐患排查不及时、水量调度不科学、运维台账不规范等问题普遍存在。基于此,本文结合基层水利工程运行实际,系统研究智慧水利的技术体系、应用架构与落地场景,探索智能化手段优化工程运行管理的实践路径,为水利工程规范化、数字化管理提供支撑。

1 智慧水利与水利工程运行管理概述

1.1 智慧水利的核心内涵与体系架构

智慧水利是传统水利与现代信息技术深度融合的新型水利发展模式,核心是以水利工程、水资源、水生态为管理主体,依托各类现代化技术手段,实现水利管理的数字化、精细化和智能化。其摒弃了传统水利粗放式的管理方式,以数据为核心资源,覆盖水利监测、调度、运维、防灾等全业务环节。整体体系架构主要分为以下三层:(1)感知层依托监测设备采集水文、工程、环境等基础数据;(2)平台层负责数据的汇总、存储与规整处理;(3)应用层面向实际工作场景,提供智能预警、调度决策、运维管理等功能,全方位支撑水利行业现代化转型发展。

1.2 水利工程运行管理的核心内容

水利工程运行管理是保障水库、堤防、水闸、灌区等各类水利设施安全稳定运行的核心工作,贯穿工程投用后的全生命周期。其核心内容主要包含三大板块,(1)工程安全运维,定期开展设施巡查、设备检修、隐患排查,及时处理工程老化、破损等问题,保障工程结构稳定。(2)水资源调度管理,结合水文气象数据与用

水需求,科学调配水量,满足农业灌溉、城乡供水、生态补水等用水需要。(3)防汛减灾与应急管理,汛期实时监控水情、工情,落实防汛调度措施,处置突发险情,同时做好日常运维台账管理,保障水利工程持续发挥防洪、供水、节水等综合效益。

1.3 智慧水利赋能工程运行管理的适配性分析

智慧水利与水利工程运行管理具备高度的实践适配性,能够有效弥补传统管理模式的短板。传统水利管理多依赖人工巡查、经验判断,存在监测滞后、数据零散、调度粗放、隐患发现不及时等问题,难以适配现代化水利管理需求。而智慧水利以实时感知、数据研判、智能决策为核心优势,可实现对水利工程运行状态的全天候、全方位监测,替代重复性人工作业。通过数据整合分析,能够精准预判工程隐患、优化水量调度方案,让水利运维从“事后处置”转变为“事前预防、事中管控”,完全契合水利工程安全运行、高效调度、科学管控的核心需求,适配性与实用性极强^[1]。

2 智慧水利关键技术

智慧水利的落地应用依托多项前沿技术的融合支撑,各类技术相互配合,构成水利工程智能化运行管理的核心技术体系,核心关键技术主要包含以下四类:

(1)物联网感知技术。该技术是智慧水利的数据采集基础,主要通过布设各类高精度、智能化终端设备,涵盖水位、雨量、流速、渗压、位移等水利监测传感器,以及视频监控、无人机巡检设备。设备可部署于水库、堤防、水闸、灌区等工程点位,全天候采集水利工程运行工况、水文水资源、水环境等基础数据,突破传统人工定点采集的局限,实现水利数据的自动化、实时化、全域化采集传输,为后续数据分析与管控决策提供原始数据支撑。(2)大数据处理技术。水利行业具备数据量

大、类型杂、更新快的特点,大数据技术主要用于对海量异构水利数据的整合处理。该技术可实现水文监测数据、工程运维数据、气象数据、用水数据的统一归集、清洗、分类与存储,解决传统水利数据碎片化、孤岛化问题,构建标准化水利数据资源体系,为智能分析、模型运算、调度研判提供标准化数据支撑。(3)人工智能分析技术。人工智能是智慧水利智能决策的核心技术,依托机器学习、智能算法、图像识别等技术模块,对整合后的水利数据进行深度挖掘。可针对工程运行隐患、水情变化规律、用水供需关系进行智能研判,替代传统经验化判断模式,提升水利工程运行研判的精准度与科学性。(4)数字孪生技术。数字孪生技术依托三维建模、仿真模拟技术,构建水利工程虚拟仿真模型,实现物理水利工程与虚拟模型的实时映射。可精准复刻工程结构、水情状态、运行工况,对水利工程运行状态进行动态仿真、趋势推演,为工程调度、隐患排查、防汛处置提供可视化、可模拟、可预判的技术支撑^[2]。

3 智慧水利在工程运行管理中的核心应用体系

3.1 全域智能感知采集体系

智能感知体系主要覆盖水利工程运行全要素数据采集工作。该体系以现场布置的自动化监测设备为核心载体,在堤防、坝体、闸站、渠道等关键点位布置渗压计、沉降仪、流量计、水位雨量监测终端、高清视频采集设备及无人机巡检设备。系统可常态化采集工程结构变形、渗流压力、水位流量、降雨气象、设备运行参数等基础工情、水情数据。同时结合定点自动采集与移动巡检补采模式,补齐传统人工监测点位稀疏、频次不足的短板,实现工程运行状态数据的全覆盖、不间断、标准化采集,为后续数据分析与业务管控提供基础数据支撑。

3.2 水利数据融合治理体系

数据融合治理体系承担各类水利数据归集、整理与统一管理核心职能。水利工程运行过程中产生的数据类型繁杂,包含实时监测数据、历史运维台账、设备检修记录、水文气象资料、用水统计数据等多类异构数据。该体系通过搭建标准化数据中台,对多源零散数据进行统一归集、清洗纠错、分类归档与格式标准化处理,破除各部门、各工程点位的数据孤岛问题。体系严格遵循水利行业数据规范,建立统一的数据编码与存储标准,实现工程运行数据的集中管理、动态更新与有序调用,为智能分析、模型推演、调度决策提供规范、可靠的数据底座。

3.3 工程安全智能预警体系

安全预警体系聚焦水利工程运行安全管控核心业务,依托算法模型与实时数据开展风险研判。体系内置水利工程安全阈值标准、结构风险判别模型、水情风险预警模型,可对坝体渗漏、结构沉降、堤防隐患、超标水位、流量异常等危险工况进行自动识别。系统根据监测数据的实时变化,分级划分预警等级,针对一般隐患、重点隐患、紧急险情形成差异化预警反馈,同步留存预警记录与数据轨迹。该体系覆盖工程结构安全、水文风险、设备运行故障等多维度安全管控场景,实现工程风险的动态监测与精准预判。

3.4 精细化智能调度运维体系

智能调度运维体系面向水利工程常态化运行与水资源配置业务,服务工程常态化管理工作。体系结合实时水情、工程工况、区域用水计划与气象预报数据,适配水库蓄水调度、闸站启闭管控、灌区配水调水、河道生态补水等实操场景。通过标准化调度模型与数字化管控流程,替代传统经验化调度模式,规范各类水利工程的运行调度流程。同时整合设备运维管理模块,记录设备运行时长、检修频次、故障信息,形成数字化运维台账,实现水利工程调度运行、设备运维、日常管控的一体化、精细化管理^[3]。

4 智慧水利在水利工程运行管理中的应用场景

4.1 水库工程智慧化运行管理

水库工程承担蓄水、供水、调洪、发电等多项功能,是水利管控的核心节点,工况复杂、管控参数繁多,智慧化改造主要聚焦常态化监测与精细化调度两大核心业务。(1)大坝安全在线监测。在水库坝体、坝基、溢洪道等关键结构位置布置渗压、渗流、沉降、位移等自动化监测设备,全天候采集工程结构运行数据。系统按照水利工程安全规范设定阈值,实时比对监测数据,记录结构形变、渗流变化的动态过程,替代传统季度、年度人工检测模式,实现大坝结构状态的常态化把控。(2)水库水情自动测报。通过库区水位计、雨量站、水质监测终端,自动采集库区水位、入库流量、降雨量、水体含氧量等基础数据,数据实时同步至水利管控平台。平台完成数据归集整理,形成连续的水情时序数据,为水库运行台账、水文资料整编提供原始依据。(3)闸门智能启闭管控。水库泄洪闸、输水闸接入智能控制系统,结合实时水位、库容参数,实现闸门开度的精准调控。系统可记录每次启闭时间、开度数值、运行时长,形成标准化运维记录,杜绝人工操作记录疏漏、数据偏差等问题,规范水库调水、泄洪作业流程。

4.2 河道与堤防工程智能巡查管理

河道、堤防工程线路长、覆盖范围广、人工巡查难度大,传统管理存在巡查盲区、隐患排查滞后、台账不规范等问题。智慧水利技术通过立体化监测手段,实现河道堤防工程的全域常态化管控。(1)立体化巡检作业。采用无人机航拍、移动巡检终端、固定高清监控相结合的巡检模式,对堤防堤身、堤脚、护岸、河道岸线开展常态化巡查。无人机负责大范围远距离河段巡检,固定摄像头实现重点河段24小时监控,人工手持终端完成定点复核巡检,形成空、地、人一体化巡检体系。

(2)河道工况动态监管。在河道关键断面布设流量、流速、水位监测设备,实时掌握河道水情变化。同时接入视频图像识别技术,对河道垃圾堆积、违规采砂、违建侵占、污水直排等异常情况进行自动抓拍标记,实现河道日常管护的数字化监管。(3)堤防隐患动态监测。在堤防薄弱地段、险工险段布设沉降、滑移、渗流监测设备,持续采集堤防运行数据。针对汛期高水位工况,系统实时跟踪堤防参数变化,记录工程运行状态,为堤防养护、除险加固提供数据支撑^[4]。

4.3 灌区工程精准化配水运维管理

灌区工程是农业供水的核心设施,包含主干渠、支渠、斗渠及各类配套闸阀设施,传统灌区存在配水不均、计量不准、运维粗放等问题,智慧水利主要应用于配水管控、水量计量和渠道运维三个方面。(1)渠系流量精准计量。在各级渠道分水口、关键断面安装智能流量计、水位监测设备,自动统计各片区、各时段引水量、用水量,替代传统人工估测模式,实现灌区水量计量的标准化、精准化,为用水统计、水费核算提供准确数据。(2)智能配水调度管控。灌区管理平台结合种植结构、作物需水规律、气象蒸发数据及上下游用水情况,制定阶段性配水方案。通过智能闸阀控制系统,自动调节渠道过水流量,按需分配水资源,规范灌区配水流程,解决传统配水随意性大、供需失衡的问题。(3)渠系设施数字化运维。将灌区所有闸阀、泵站、渠道设施录入数字化台账,记录设备安装位置、运行年限、检修记录、故障信息。

4.4 防汛抗旱与应急调度应用管理

防汛抗旱是水利工程运行管理的核心应急业务,智

慧水利通过数据联动、动态推演、分级管控,实现汛期、枯水期工程运行的科学化管理,覆盖风险监测、应急调度、台账管理全流程。(1)雨情水情全域监测。整合区域内雨量站、水文站、水库、河道监测数据,形成全域水雨情数据库,实时更新降雨量、江河水位、入库流量、土壤墒情等关键参数,实现旱涝风险源头监测。

(2)风险分级预警研判。系统结合历史水文数据、气象预报资料,通过水文模型对水位涨幅、洪水过程、干旱程度进行推演分析。根据行业防汛标准划分预警等级,对超阈值水情、持续干旱工况进行预警提示,为管理部门提前部署防控工作提供依据。(3)应急智能调度处置。针对汛期洪水、枯水期缺水等极端工况,平台联动水库、闸站、泵站等水利工程,制定联合调度方案。通过数字化管控系统统一调度各类水利设施,规范应急处置流程,同步留存调度记录、处置台账,实现防汛抗旱工作的标准化、数字化管控^[5]。

结束语:本文通过梳理智慧水利核心技术与应用体系,结合多类水利工程实际运行场景,明确了智慧水利在工程安全监测、智能预警、精准调度、日常运维中的应用价值。智慧水利有效弥补了传统人工管理的短板,实现水利工程运行管理从被动处置向主动防控、从经验判断向数据研判的转变。构建全覆盖感知、标准化治理、智能化预警、精细化调度的管理体系,能够显著提升水利工程运维质量与管控效率。

参考文献

- [1]高加温.智慧工地系统在水利工程施工安全管理中的应用实践[J].门窗,2026(2):103-105.
- [2]胡珺.智慧水利在中小河流管理中的应用研究——以肇兰新河为例[J].黑龙江水利科技,2026,54(2):121-124.
- [3]刘文涛.智慧节水灌溉技术在农田水利工程中的应用实践研析——以山东齐河县农田水利工程为例[J].数字农业与智能农机,2026(3):74-77.
- [4]李保华.智慧水利技术在农田水利工程管理中的应用研究[J].当代农机,2025(10):70-71.
- [5]王凤波,李洪军.智能化技术在水利工程管理中的应用研究[J].水上安全,2025(5):28-30.