

水利工程中智慧水利信息化系统的应用

张译雯 段慧芬

山东中鲁技术服务集团有限公司 山东 菏泽 274000

摘要：为适配当下水利工程精细化管理、防汛调度、水资源管控需求，本文以中小型水库、河道、灌区、河湖治理类水利工程为研究对象，结合一线工程运维实况，界定智慧水利信息化系统核心内涵，梳理感知、传输、平台、业务四层实操架构，梳理工程常用物联网、北斗监测等核心技术，从防洪减灾、枢纽管控、供水灌区、水生态管护四大场景分析系统落地应用模式。研究发现当前系统存在野外硬件故障率高、部门数据不通、基层运维能力不足等实操问题，结合工程现状提出硬件改造、数据统筹、人才运维、信息防护四项优化对策，助力智慧水利信息化系统适配基层水利工程长效使用。

关键词：水利工程；智慧水利；信息化系统；落地应用；优化对策

引言：传统水利工程依靠人工巡查、现场测读、线下调度开展管护工作，存在巡查效率低、水文数据滞后、汛期研判不及时、人力管护成本高等现实短板，难以应对汛期极端天气、河湖常态化管控、节水灌溉等工作要求。随着水利数字化改造推进，智慧水利信息化系统逐步普及至各类水工项目，依托前端硬件组网实现智能化管控。目前县域水利项目信息化建设参差不齐，新旧设备混用、落地应用同质化问题突出。基于此，本文结合基层水利工程实景，研究该系统架构技术、现场应用、现存短板及优化方案，助力水利工程数字化提质升级。

1 智慧水利信息化系统概述

1.1 智慧水利信息化系统核心内涵界定

智慧水利信息化系统依托物联网、大数据、通信传输技术，适配河道、水库、灌区、堤防等水利工程搭建一体化管控平台。相较于传统人工填报、单点监测的老旧水利信息化模式，该系统以工程运维、水资源调度、水灾害防控为核心目标，整合水文、工程结构、水环境三类数据，实现水利业务数字化、一体化管控。传统水利信息化仅能完成数据采集归档，被动处置水利问题；智慧水利信息化系统可自主分析数据、研判风险、远程操控设备，打通管理部门、施工现场、运维站点的数据隔阂，统筹工程安防、水资源调配、水生态管护工作，契合水利工程精细化、现代化管理发展需求，是当下水利工程提质管控的核心信息化载体。

1.2 水利工程应用智慧信息化系统适配原则

水利工程野外工况复杂、汛期气候多变、管护点位分散，系统落地应用需遵循三项实操原则。（1）安全

稳定性原则，水利站点临水潮湿、雷电多发，软硬件需具备防水、防雷、抗干扰性能，保障极端汛期数据传输连续，避免设备失灵、系统宕机。（2）工程兼容适配原则，兼顾老旧水工设施改造与新工程建设，系统接口、数据格式兼容原有监测设备，缩减改造施工量，适配各类规模水利工程使用。（3）长效运维经济性原则，统筹项目建设与后期运维成本，简化后台操作流程，适配基层管护人员操作能力，降低长期运维成本，保障系统长效稳定运行^[1]。

2 水利工程智慧水利信息化系统整体架构与核心技术

2.1 智慧水利信息化系统实操整体架构

结合国内中小型水库、河道堤防、灌区水利工程建设标准，现有落地智慧水利信息化系统采用四层分层架构，各层级独立运行、联动传输，适配野外临水运维环境，具体架构划分如下：（1）现场感知层。作为系统底层数据采集单元，属于前端硬件布设模块，在坝体、河道断面、闸室、渠系点位布设水位计、雨量传感器、渗压监测仪、水质探头、位移监测设备，实时采集水文指标、坝体沉降、渗流量、水体理化参数等原始数据，为全系统提供基础数据支撑。（2）网络传输层。负责感知层数据传输，结合水利站点分散特点采用双线传输模式，偏远站点依托 5G、北斗无线传输，城区枢纽工程采用光纤专网有线传输，配套防雷中继设备，保障汛期恶劣天气数据传输稳定。（3）数据平台层。为系统中枢管控单元，依托本地水利服务器，整合水情、工程结构、设备运行数据，统一数据编码，完成数据清洗、存储与校核，对接属地水利管理平台，完成全域水利站点数据

归集。(4)业务应用层。面向运维人员设置电脑管控端、移动端巡检小程序两大操作端口,主要实现数据查看、参数调取、设备手动调控功能,功能精简贴合基层管护使用需求。

2.2 水利工程适配核心信息化技术

现阶段工程常态化使用四项核心信息化技术,具体内容如下:(1)物联网现场组网技术。依托水利专用物联网模组,将现场各类监测传感器、电控闸门、水泵机组组网联动,实现硬件设备互联互通,可单点调试设备参数,适配老旧水工机电设备改造对接,改造施工难度低。(2)水利专项大数据处理技术。区别于通用大数据技术,适配水利时序性水文数据特点,对逐日水位、汛期流量、坝体渗流数据分类归档,完成历史数据比对校核,修正野外传感器采集误差,提升数据精准度。(3)轻量化数字孪生建模技术。依托现场实测地形、坝体图纸,搭建1:1简易水工构筑物三维模型,复刻水库坝体、河道、闸坝实景,匹配实时监测数据,直观标注结构监测点位,多用于枢纽工程可视化管控。(4)北斗定位监测技术。主要用于堤防边坡、大坝坝体位移监测,依托北斗卫星差分定位,全天候采集构筑物位移沉降数据,点位布设不受地形限制,适配山区、沿河偏远水利工程监测作业^[2]。

3 智慧水利信息化系统在水利工程细分场景落地应用

3.1 防洪减灾工程智能化监测预警应用

防洪减灾类工程涵盖流域河道、沿河堤防、山洪隐患点位,系统以前端硬件采集、阈值分级预警为核心应用内容,无自主调度功能,贴合基层防汛实操标准,具体布设应用如下:(1)水雨情全域采集布设。在流域干流、支流断面一体化布设翻斗式雨量计、雷达水位计、流速监测仪,设备接入本地水利专网,按5分钟频次自动采集累计降雨量、河道瞬时水位、断面过水流量数据,自动归档逐时水文数据,无需人工现场读数、台账登记;山区山洪片区搭配北斗一体化采集终端,解决山区移动网络信号盲区数据传输问题,保障汛期全天候数据回传。(2)防汛分级预警落地设置。依托属地水利部门核定警戒水位、保证水位、暴雨阈值,在系统后台录入分级参数,设备监测数值触碰阈值后,自动触发三级预警模式:一级预警推送后台弹窗提示,二级预警联动现场声光报警器,三级预警同步推送短信预警至属地防汛管护人员手机终端,预警信息附带监测点位坐标、实时水文数值,仅完成信息推送,不自动联动外部防洪设备。

3.2 水库、闸坝枢纽工程自动化管控应用

中小型水库、拦河闸坝为水利核心枢纽工程,系统应用分为坝体结构监测、机电闸门管控两大板块,对接原有水工机电设备,改造工程量小,适配存量老旧枢纽工程升级改造,具体应用内容:(1)坝体结构安全在线监测。均质坝、土石坝重点布设渗压计、渗流量传感器、坝面沉降位移监测点,重点监测坝基渗透水压、坝体渗漏水量、坝体竖向沉降、水平位移四项指标;闸坝构筑物增设伸缩缝、应力监测模块,全天候采集结构形变数据,系统自动剔除大风、气温扰动异常数据,留存有效监测数据,供运维人员定期比对研判坝体工况。(2)闸室库容远程电控调控。联动液压启闭机、电动闸门控制柜,实现闸板开度远程调控,运维人员可在管控后台手动设定闸门开合数值,精准调控下泄流量;水库库区联动取水口、泄洪洞电控阀门,结合实时库水位,分级调控蓄水、泄水水量,同时系统留存每一次闸门操作时间、开度、操作人员台账,实现机电操作全程可溯源,替代传统现场手摇启闭、到场作业模式^[3]。

3.3 城乡供水及灌区节水工程信息化管控应用

城乡输供水管网、农田自流灌区、提水灌区,侧重水量计量、管网巡检、分区控水智能化应用,贴合农业供水、民生供水管控标准,实操应用内容如下:(1)供水管网智能巡检渗漏监测。城乡主干输水管道加装电磁流量计、压力传感器,分段划定管网监测分区,实时比对管道进水压力、出水流量数值,当区间流量差值超出核定范围,系统判定管网存在破损渗漏,自动标注渗漏大致点位;管网关键阀井配套无线摄像设备,实现阀井远程可视化巡查,减少人工井下巡检频次,降低管网管护工作量。(2)灌区渠系分区精准控水。规模化灌区干支渠、斗渠分水口安装智能测控分水闸,结合农田灌溉定额、土壤墒情监测数据,分区核定各村组灌溉用水量;系统按灌溉周期分配渠系过水额度,超量自动限流控水,同时计量单日、周期渠首引水量、田间用水量,核算渠系水利用系数,为灌区节水改造、水费计量收缴提供实测数据支撑。

3.4 水生态水环境治理工程智慧监管应用

河道治理、水土保持、河湖管护工程依托固定式+移动式监测设备,完成水环境、水土生态常态化监管,应用偏向定点监测、台账归集,具体实操应用:(1)河湖水质定点溯源监测。在河道排污口、跨界断面、景观湖区布设一体化水质监测探头,常态化监测水体溶解氧、氨氮、COD、pH四项核心水质指标,排污口加装智能抓拍设备,一旦出

现污水超标排放,联动抓拍现场影像,绑定排污口点位信息,同步归集水质数据与影像资料,对接生态水利监管台账。(2)区域水土保持动态监管。山区水土保持片区依托北斗航拍、定点边坡监测设备,监测坡面植被覆盖度、边坡水土流失位移量;针对工程开挖扰动坡面,定期采集地形高程数据,比对水土流失变化量,划定水土流失重点管控片区,替代人工坡面巡查、实地采样测算方式,提升水土保持核查工作效率^[4]。

4 水利工程应用智慧水利信息化系统现存问题及优化对策

4.1 水利工程智慧水利信息化系统现存应用问题

现阶段系统应用问题集中在硬件、数据、运维三大板块,问题贴合工程实景,无理论化虚设问题,具体如下:(1)野外硬件设备稳定性不足。山区、临水水利监测点位湿度大、雷电天气频发,常规监测传感器、传输终端防水防雷等级偏低,汛期故障率偏高;早期改造工程新旧设备接口不统一,无法联动组网,部分老旧监测设备只能单独采集数据,无法接入统一管控平台。(2)水利数据互联互通程度较低。水利、生态、乡镇运维部门数据采集标准不统一,水位、水质、工程结构数据各自归档,存在数据孤岛;部分人工补录水文数据格式混乱,数据校核难度大,无法直接用于工程调度研判。(3)基层运维配套能力薄弱。一线水利管护人员多精通水工运维,信息化设备调试、故障检修能力不足;多数县域水利项目重建设、轻运维,后期设备检修、平台升级专项资金不足,故障设备维修周期较长。

4.2 适配水利工程的信息化系统优化整改对策

立足现有工程条件,不盲目大规模拆改现有设备,从硬件整改、数据规整、运维体系、信息防护四方面制定落地性对策,适配基层水利管护条件,长效优化系统使用效果,具体对策如下:(1)分级整改现场硬件设备,统一设备接入标准。针对沿河、山区高危监测点位,更换 IP68 防水防雷一体式监测传感器,加装户外信号稳压中继装置,降低极端天气设备故障率;摸排全域存量水利信息化设备,统一通信协议与外接接口,对老旧不可改造设备定点替换,可兼容设备加装转接模块,实现全域终端统一接入管控后台,减少二次施工改造成本。(2)统一水利数据采集标准,打通部门数据壁

垒。依照地方水利行业数据规范,统一水雨情、坝体监测、水质监测数据采集频次、归档格式,取缔非标人工台账;搭建县域本级水利数据共享端口,分级开放管控权限,水利管理、河湖管护、防汛部门按需调取数据,完成数据定期校核剔除误差数据,保障现场数据真实可用。(3)搭建基层专项运维体系,补齐人才资金短板。定期开展线下专项培训,针对性讲解传感器调试、平台基础操作、简易故障排查内容,适配高龄基层管护人员学习节奏;项目立项阶段单独列支信息化系统年度运维经费,纳入水利工程常态化管护预算;联动第三方运维单位,签订定点维保协议,缩短设备故障维修时长。(4)完善平台信息防护机制,规避数据安全风险。划分平台操作分级权限,普通人员仅具备查看权限,管控调度人员专属操作权限;定期对水利水文涉密数据本地备份、云端加密存储,定期查杀平台后台病毒,杜绝外网非法接入,保障水利工程调度数据安全^[5]。

结束语

本文结合一线水利施工现场运维经验,梳理智慧水利信息化系统基础理论、四层架构与实操技术,结合四类细分工程场景梳理落地应用模式,总结当下项目建设运维中的硬件、数据、运维三类现实问题,并提出低成本、可落地的优化整改对策。综合来看,智慧水利信息化系统能够替代传统人工作业,适配各类水利工程日常管控,但现阶段依旧无法脱离人工运维干预。

参考文献

- [1] 夏友超,邵春楼,马素俊.水利工程中智慧水利信息化系统的应用[J].中国科技论文在线精品论文,2025,18(4):222-224.
- [2] 王松岳,武佳枚,马良.水利工程中智慧水利信息化系统的应用[J].科学与信息化,2023(14):25-27.
- [3] 周绍元,黄涛,陈小艺.智慧水利信息化系统在水利工程的应用[J].中国科技期刊数据库工业 A,2026(4):053-056.
- [4] 冯海军.智慧水利信息化系统在水利工程中的应用探究[J].中国设备工程,2025(6):254-256.
- [5] 孙浩,赵迪,赵浩鹏.智慧水利信息化系统在水利工程中的应用研究[J].水上安全,2025(16):19-21.