

信息化在水利工程建设中的应用与发展趋势

刘明金

山东中鲁技术服务集团有限公司 山东 菏泽 274000

摘要：为适配现代化水利工程全流程管控需求，破解传统水利人工管控效率低、监测盲区多、数据不互通等现场问题，本文以水利工程信息化为研究对象，界定行业信息化基础定义，梳理感知层、传输层、处理层、应用层四层标准化架构，结合勘测、施工、运维、监管全施工环节，分析北斗、BIM+GIS、数字孪生等主流技术现场实操方式。立足当下基层水利信息化落地现状，梳理现有技术应用模式，研判行业后续发展方向。

关键词：信息化技术；水利工程建设；应用；发展趋势

引言：国内水利工程逐步从粗放式人工建设管护，转向数字化、精细化管控模式，堤防加固、水库改造、河道治理项目逐年增多，传统人工踏勘、现场值守、纸质台账管理模式，已无法满足汛期防汛、工程质量管控、水资源调配工作要求。近年来5G、物联网、数字孪生技术逐步融入水利行业，各地重点水利工程已普及信息化监测管控设备，但中小型水利项目信息化配套不足、技术应用碎片化问题依旧突出。基于此，本文结合水利工程全生命周期作业流程，梳理信息化体系架构与现场应用模式，总结主流技术实操要点，分析行业信息化长效发展方向。

1 水利工程信息化核心内涵与体系架构

1.1 水利工程信息化定义

水利工程信息化，是依托现代通信、传感、数字化技术，整合水文、施工、运维、管理各类水利资源，打破传统人工管控模式，对水库、堤防、灌区、河道等水利工程项目开展数字化采集、传输、处理、管控的实操工作，贯穿工程从开工到报废全流程，服务水利防灾、供水、生态、施工四大核心业务。

1.2 水利工程信息化分层体系架构

现阶段国内水利工程信息化沿用四层落地架构，层级划分清晰、适配工程落地使用。（1）现场感知层，依托水位传感器、雨量监测设备、北斗定位终端、工地摄像头、水下探测仪器，完成施工现场、水域环境、构筑物形变原始数据采集，是信息化基础载体。（2）网络传输层，依托5G、专网、光纤、物联网网关设备，打通野外站点与管控中心的数据传输通道，解决偏远水利站点信号传输不稳定问题。（3）平台处理层，依托本地服务器与云端水利平台，完成数据分类、校对、存储、分析，剔除无效监测数据。（4）应用服务层，面向施工人员、监管部门、运维单位，开放调度预警、施工管控、

台账管理、巡查复盘等功能端口，实现分级使用。

1.3 水利工程全生命周期信息化管控逻辑

水利工程信息化以全周期闭环管控为核心逻辑，区分四大阶段精准赋能。前期勘测设计阶段，依托数字化工具摸排地形水文数据，优化工程图纸设计，减少施工设计偏差；中期施工建设阶段，依托智慧工地系统管控施工进度、质量、人员、安全，实时监测坝体、基坑施工形变；后期运维管护阶段，常态化监测水域水位、构筑物沉降、水质指标，实现汛期风险自动预警；工程收尾报废阶段，留存全周期数字化档案，为改扩建、拆除施工提供数据参考^[1]。

2 信息化技术在水利工程建设全流程落地应用

2.1 勘测设计阶段：GIS、遥感、BIM一体化建模应用

水利工程前期勘测选址、方案设计依托GIS地理信息、卫星遥感、BIM三维建模三项技术联动作业，替代传统人工踏勘、手绘测绘模式，适配河道整治、水库大坝、灌区涵闸各类工程前期作业，实操应用分为三点：

（1）遥感全域地形摸排。依托高分卫星、低空航拍遥感影像，采集项目全域地貌、植被覆盖、水域径流、地质岩层分布数据，快速划定工程建设红线、洪水淹没范围，针对山区水利工程，规避滑坡、岩溶地质施工选址隐患，缩短野外实地勘测周期。（2）GIS空间数据分析建模。导入遥感实测数据搭建区域水文地理数据库，核算流域汇水面积、高程落差、土壤承载力，完成水文水力参数测算，比对多套选址方案的造价、防洪适配性，完成管线、渠系、泄洪构筑物平面布局规划。（3）BIM精细化协同设计。基于GIS底图搭建工程构筑物三维实体模型，整合土建、机电、给排水专业图纸，排查涵闸管线、坝体预埋件、监测设备点位交叉碰撞问题，联动设计、施工、监理三方线上会审，优化结构尺寸，从源头减少后期设计变更。

2.2 施工建造阶段：物联网、智能测控、智慧工地应用

水利临水露天施工风险高、工序繁杂，施工现场搭载信息化软硬件，实现施工要素闭环管控，落地应用分为四点：（1）物联网工况实时采集。在基坑、围堰、拌合站布设传感终端，采集混凝土温度、边坡位移、水压数据，数据同步中控室，数值超限即刻声光告警。（2）施工机具智能测控。碾压、灌浆、塔吊设备加装测控模块，管控作业范围、施工参数，规范坝体填筑、防渗灌浆施工工艺，保障施工质量达标。（3）智慧工地安防管控。依托人脸识别、电子围栏划分高危作业区，管控人员上岗资质，监测临水作业人员动态，规避现场安全事故。（4）施工进度数字化管控。依托工地平台归集工程量、材料数据，对照施工计划排查工期滞后问题，动态调配人员与机械设备^[2]。

2.3 运维管控阶段：安全监测、水文预警、远程调度信息化应用

工程竣工验收后，信息化系统承担常态化运维工作，服务防汛、管护、水资源调配工作，实操应用分为三项：（1）构筑物长效安全监测。在大坝、堤防布设监测传感器，全天候监测渗压、沉降、裂缝数据，留存监测资料，判定构筑物病害，制定维修方案。（2）流域水文自动化预警。沿线水文站点采集雨量、水位、流速数据，对接防汛平台，分级设置水位阈值，汛期及时推送预警信息，辅助开展泄洪控水作业。（3）水利设施远程联动调度。大中型闸站搭载电控调度系统，管控中心可远程启闭闸门，调配农业灌溉、生态、生活用水，适配季节性供水调度需求。

2.4 管理监管阶段：项目数字化台账、行业智慧监管平台应用

建设单位及水利主管部门依托智慧监管平台，开展项目监管、档案归档、造价核查工作，实操应用分为三点：（1）数字化台账归档。归集图纸、检测报告、运维报表等电子资料，分类建立质量、劳务、造价电子台账，方便工程审计、改扩建资料调取。（2）项目线上动态监管。监管平台接入在建项目端口，线上核查资质、安全、资金使用情况，降低线下人工巡查工作量。（3）行业信用溯源管理。依托平台录入参建单位履约、工程整改记录，建立行业信用档案，规范水利招投标及后期运维管理秩序^[3]。

3 水利工程主流信息化核心技术实操应用分析

3.1 感知层技术：北斗定位、无人机、水下探测监测技术应用

感知层为水利信息化前端采集核心技术，直接对接工程现场水域、构筑物、施工场地实景数据，适配野外无网络、临水复杂工况，各项技术现场实操方式如下：

（1）北斗定位技术实操布设。工程场区布设北斗差分定位基站，大坝填筑、堤防修整、渠系放线作业中，手持终端实时获取点位三维坐标；在围堰、边坡、坝体沉降点位预埋北斗监测模块，设定15分钟采集频次，固定点位全天候采集位移、高程偏差数据，数据直接对接现场中控终端，多用于河道岸线确权、水工构筑物形变定点监测。（2）无人机遥感巡检实操。选用防水行业级无人机，搭载可见光、热成像双镜头，按预设航线完成库区岸坡、跨河构筑物、堤防坡面全覆盖航拍；汛期加大航拍频次，排查岸坡裂缝、渗漏出水口、护坡破损点位，航拍影像直接就地存档标记，替代人工徒步高危坡面巡查作业。（3）水下探测监测技术实操。采用声呐水下探测设备，投放至库区底部、闸室下游、河道行洪断面，测绘水下地形淤泥厚度、桩基外露情况、护岸水下破损面积；汛期同步监测过水断面流速、水深参数，定点采集水下构筑物基础工况数据，补齐水上监测盲区数据。

3.2 数据层技术：水利大数据、云端数据存储与互通技术应用

数据层承接感知层全部原始监测数据，完成归集、清洗、互通、归档处理，是衔接前端设备与后台管理平台的中间核心技术，现场落地实操分为两项：（1）水利大数据归集处理。整合雨量站、水位站、施工监测、水质检测多源异构数据，剔除大风、设备扰动产生的异常噪点数据，按流域、项目标段、监测类型分类归档；针对灌区、水库项目，按月度、汛期、枯水期完成水文数据分组归集，不做二次算法推演，仅完成数据标准化规整处理。（2）云端分级存储与互通。中小型水利项目采用政务公有云存储监测数据，大型水库、重点防洪工程搭建水利专属私有云分区存储涉密工程图纸、坝体核心监测数据；搭建区域水利专网互通端口，实现站点、项目部、属地水利主管部门三级数据互通，限定不同岗位人员数据调取权限，杜绝外网随意访问数据。

3.3 赋能层技术：人工智能、BIM+GIS融合建模技术应用

赋能层技术依托现有数据完成可视化、智能化加工，多用于工程设计复核、现场工况研判、施工模拟作业，实操落地流程标准化程度较高：（1）人工智能图像识别实操。依托AI识别算法，接入工地摄像头、堤防监控画面，自动识别临水区域人员未佩戴救生衣、施工车辆违规通行、护坡植被大面积破坏画面；同时识别坝体

表面裂缝、渗水水渍外观形态,自动标注裂缝长度、渗水范围,人工复核后直接录入病害台账。(2) BIM+GIS双向融合建模实操。依托GIS全域地形底图,嵌套水工构筑物BIM精细化模型,叠加河道高程、管网走向、监测点位坐标信息;施工阶段联动模型核对灌浆孔位、预埋件安装位置,运维阶段依托融合模型定位渗漏监测点位,同步更新构筑物破损点位模型数据,实现图纸、现场实景数据同步更新。

3.4 新型技术:数字孪生流域、数字孪生工程落地应用

数字孪生为当下水利主推新型信息化技术,依托实景复刻实现工程可视化管控,目前仅重点大中型水利项目规模化落地,现场实操应用如下:(1) 数字孪生流域实景复刻。依托全域感知设备复刻辖区河道、支流、水库水系实景,绑定流域雨量、水位、行洪通道实时数据,划定流域行洪管控分区,模拟暴雨过境水流走向、水位上涨路径,贴合属地防汛调度实景作业。(2) 数字孪生单体工程搭建。针对大坝、大型水闸、泵站单体工程,1:1复刻构筑物结构、机电设备、监测点位布局,联动现场闸门启闭、渗压监测设备;可复刻不同水位工况下构筑物受力状态,模拟闸门启闭、应急泄洪全流程作业,用于运维人员实操培训、应急工况模拟演练^[4]。

4 新时代水利工程信息化长远发展趋势

结合当下水利基建提质、流域一体化管控行业要求,结合现有信息化设备、平台落地现状,未来水利工程信息化贴合工程实操、行业管理两大维度迭代升级,发展趋势集中分为四项,贴合国内水利建设落地节奏,无概念化技术堆砌。(1) 数字孪生工程全域规模化落地。现阶段数字孪生仅覆盖大型水库、主干河道重点项目,未来将下沉中小型灌区、乡镇堤防、小型涵闸工程,统一水工模型建模标准、监测点位布设规范,依托现场传感设备完成工程1:1实景复刻,打通单体工程与流域孪生平台数据端口,实现市县、流域两级平台互联互通,成为水利工程新建、改扩建标配信息化体系。(2) 现场管控轻量化、无人化迭代升级。依托边缘计算、本地物联网终端优化设备架构,摒弃大型中控机房管控模

式,野外水文站点、偏远闸站逐步取消常驻值守人员;依托AI视觉、传感联动设备,自动完成岸坡巡查、坝体形变监测、闸门启停调节,减少人工现场巡检、参数录入工作量,适配山区、野外临水恶劣作业工况。(3) 水利信息化与水生态管控深度融合。信息化采集维度从水位、沉降、流速工程参数,拓展至水体溶解氧、悬浮物、沿岸植被水土保持生态指标,监测终端一体化集成水工监测、生态监测模块,河道整治、生态修复类水利项目,同步配套生态数据信息化采集系统,实现工程管控、生态管护数据一体化归集。(4) 行业运维体系标准化、属地化完善。各地水利主管部门统一辖区信息化设备型号、数据传输格式、台账归档标准,补齐老旧水利设施信息化改造配套规范;同时完善基层信息化运维机制,划分施工单位、运维单位、监管部门设备管护权责,建立属地化设备检修、数据运维队伍,解决现有信息化设备后期失管、停运问题^[5]。

结束语:本文系统梳理水利信息化内涵架构,梳理全流程信息化落地场景,拆解四类主流信息化技术实操工艺,明确当下水利信息化落地模式与应用特点。现阶段大型水利信息化体系趋于完善,但基层小型水利设施存在设备运维不足、数据标准不统一、生态监测配套缺失等现实问题。综合全文研究来看,未来水利信息化会朝着全域孪生、站点无人值守、生态水工一体化、运维规范化方向发展。

参考文献

- [1]林桂丹.信息化技术在水利工程建设与管理中的应用研究[J].水上安全,2026(1):40-42.
- [2]赵淑霞.信息化技术在水利工程建设管理中的应用研究[J].水上安全,2025(4):172-174.
- [3]范海东.信息化技术在水利工程施工管理中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2026(4):202-204.
- [4]张振乾.信息化技术在水利工程管理中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026(3):052-055.
- [5]陈照宇.信息化手段在水利工程安全检测中的应用与发展趋势[J].水上安全,2025(8):46-48.