

智慧水利背景下中小型水利工程运维数字化改造路径研究

李震

临泉县城防管理所, 安徽 临泉 236400

[摘要]县域中小型水利工程普遍存在运维分散、智能化程度不高、险情处置不及时等问题。围绕基层智慧水利建设现实要求,以这类工程为研究对象,结合实地走访调研、统计数据分析和闭环管理方法,梳理数字化运维的实际情况与现存难题。调查发现,县域接近一半的中小型水利工程没有自动监测设备,同时还存在思想认识不到位、数据互不互通、运维制度不健全、人财物保障跟不上等现实难题。立足县域实际,不照搬大型水利工程的建设模式,引入PDCA闭环管理思路,从完善分级监测网络、建设统一数据平台、改造数字化业务流程、建立可量化考核机制、健全长效保障条件五个方向,给出适合县域中小型水利工程的数字化建设实施方案。

[关键词]智慧水利; 中小型水利工程; 运维管理; 数字化改造; PDCA 闭环管理; 县域水利

DOI: 10.33142/hst.v9i8.20429

中图分类号: TV87

文献标识码: A

Research on the Digital Transformation Path of Operation and Maintenance of Small and Medium-sized Water Conservancy Projects under the Background of Smart Water Conservancy

LI Zhen

Linquan County Defense Management Office, Fuyang, Anhui, 236400, China

Abstract: Small and medium-sized water conservancy projects in counties generally have problems such as scattered operation and maintenance, low level of intelligence, and untimely handling of dangerous situations. Focusing on the practical requirements of grassroots smart water conservancy construction, taking this type of project as the research object, combined with field visits, statistical data analysis, and closed-loop management methods, we will sort out the actual situation and existing problems of digital operation and maintenance. Research has found that nearly half of small and medium-sized water conservancy projects in counties do not have automatic monitoring equipment, and there are also practical problems such as inadequate ideological understanding, lack of data interoperability, inadequate operation and maintenance systems, and inadequate human, financial, and material security. Based on the actual situation in the county, instead of blindly copying the construction mode of large-scale water conservancy projects, we introduce the PDCA closed-loop management concept and provide a digital construction implementation plan suitable for small and medium-sized water conservancy projects in the county from five directions: improving the hierarchical monitoring network, building a unified data platform, transforming digital business processes, establishing a quantifiable assessment mechanism, and improving long-term guarantee conditions.

Keywords: smart water conservancy; small and medium-sized water conservancy projects; operation and maintenance management; digital transformation; PDCA closed-loop management; county level water conservancy

引言

按照新时期治水工作要求,要靠数字化、网络化、智能化推动水利高质量发展,数字孪生流域、智慧水利一体化建设,是水利行业转型的主要趋势^[1]。县域中小型水利工程是本地防洪排涝、农田灌溉、城乡供水、水生态治理的基础保障,这类工程数量大、点位分散、单个工程规模

不大,但覆盖范围广,直接关系群众民生。目前基层在做水利数字化升级时,存在不少误区。很多地区一味采购硬件设备,却不重视软件实际使用。再加上各部门、各个工程各自搭建信息系统,数据相互隔绝,业务没法协同,数字化的作用发挥不出来。基于上述现状,文章结合县域中小型水利工程实地调研得到的数据,梳理数字化改造的关

键问题，搭建符合基层实际的数字化运维体系，研究切实可行的改造落地思路。

1 县域中小型水利工程运维数字化建设现状调研

1.1 工程感知设施配置现状

通过实地摸排、系统统计、现场核查相结合的方式，对样本工程自动化监测设施布设情况、设备在线运行状态进行全面统计，具体数据如表 1 所示。

表 1 县域中小型水利工程数字化感知设施建设现状统计表

工程分类	工程数量 /处	水位雨量 监测布设 数量/处	结构安全 监测布设 数量/处	视频监控 布设数量 /处	设备平均 在线率 /%	无自动化 设施工程 占比/%
中小型闸坝	114	49	7	33	63.8	42.1
小型泵站	97	28	0	19	57.2	56.7
重点灌区 渠系	75	17	0	8	49.5	70.7
合计/均值	286	94	7	60	56.8	56.5

由表 1 数据可知，县域中小型水利工程数字化感知建设不均衡：小型闸坝、泵站、渠系自动化监测缺失严重，多靠人工巡查。监测设备平均在线率 60.5%，近四成设备故障离线，感知数据质量差，数字化基础薄弱。

1.2 管护人员数字化应用现状

统计人员数字化工具使用习惯、应用意愿及能力短板，走访发现，基层管护队伍对数字化运维工具的掌握程度差距很大，只有一半的工作人员可以熟练规范使用相关系统；还有超过四成人员工作态度消极，甚至从主观上不愿用数字化工具的问题。不少地方还同时维护线上、线下两套台账，重复填报资料，增加了基层负担。另外，管护队伍老龄化现象比较明显，50 岁以上人员接近半数，整体的数字应用基础偏弱，信息化实操能力不足，这也直接制约了水利管护数字化改造工作落地见效。

2 中小型水利工程运维数字化改造核心困境

2.1 思想认知存在偏差，建设与运维理念错位

当前基层水利数字化建设仍存在较为突出的认知偏差，部分管理者片面将数字化改造等同于传感器、监控终端、智慧管理平台等硬件设备的购置布设，过度关注设备布设规模与平台可视化展示效果，忽视业务流程适配优化、业务人员技能提升、长效运维体系搭建等关键性工作。部分项目竣工后存在数据更新不及时的问题，新建业务系统与既有水利管理业务相互割裂，基层业务人员操作能力不足、应用积极性不高，造成硬件设备闲置，已投入建设的数字化平台难以落地运行、发挥实际价值^[2]。数字化项目方案多由外包技术单位全权设计，一线运维人员参与度极

低，方案完全贴合大型水利工程标准，脱离基层实际运维需求，盲目叠加数字孪生大屏、三维可视化等非刚需功能，导致平台功能冗余、操作繁琐，实用性严重不足。此外，一线管护人员长期依赖人工巡检、纸质台账的传统工作模式，思维固化，对线上巡检、数字化工单、智能预警等数字化管护模式接受度低、存在抵触心理，将数字化工作视作额外负担，仅在督查时临时补录数据，日常工作仍沿用传统方式，致使数字化平台无法落地应用，出现“建而不用、用而不实”的问题，数字化赋能水利运维的实际成效无法发挥^[3]。

2.2 管理机制体系滞后，数据孤岛问题突出

县域中小型水利工程建设周期久、参与建设主体多，各时期搭建的信息化系统建设标准、接口规范不统一，无法实现数据互通。水库、闸站、灌区、泵站等各类监测系统独立搭建、单独运行，设备厂商杂乱、数据传输协议各异，各系统数据库相互独立，形成严重的信息孤岛。同时，水利部门与气象、应急、农业农村等相关部门未建立常态化数据共享机制，防汛、土壤墒情等外部关键数据无法接入水利运维体系，各类数据资源难以融合利用。此外，水利管理制度更新滞后于数字化建设进度，现有运维制度均适配传统人工管护模式，无法适配数字化运维工作。目前行业缺乏隐患上报、工单派发、整改处置、验收销号的全流程闭环管理机制，监测平台虽能自动推送风险预警，但缺少明确的责任主体、处置时限与考核标准，导致预警数据和现场处置脱节，监测数据无法落地转化为运维成效。不仅如此，基层存在数字化建设认知误区，普遍重建设、轻运维，重硬件、轻应用，片面将数字化改造等同于设备采购安装。项目方案多由外包单位设计，脱离基层实操需求，盲目照搬大型工程模式堆砌无用功能，平台实用性较差。一线人员固化于人工巡检、纸质记录的传统模式，抵触数字化作业，仅在迎检时补录数据，导致平台闲置空转，数字化赋能价值无法发挥^[4]。

2.3 感知网络覆盖不均，野外设备运维短板显著

调研数据显示，县域水利感知网络建设发展不均衡、两极分化问题显著。重点防洪水库的监测设施配置较为完善，但县域存量、分布零散的闸坝、泵站、灌区渠系工程，监测覆盖严重不足，近半数工程未配套自动化监测设备，运维管控存在大量监管盲区。县域水利工程多位于偏远区域，通信、供电基础条件薄弱，且野外自然环境复杂恶劣，监测传感器、监控设备长期经受风雨、温差侵蚀，极易出现数据漂移、设备故障、信号断连等问题。同时基层尚未建立常态化设备校准、故障排查、更新替换机制，

设备出现数据失真、离线失效等问题后无法及时检修维护,长期闲置报废,直接导致设备整体在线率偏低。前期数字化建设投入大量资金购置的监测设备,因后期运维管护缺位逐步荒废闲置,不仅造成公共资源浪费,也导致县域水利数字化监测体系无法稳定、长效运行。

2.4 资源保障体系薄弱,资金人才双重短缺

资金保障存在结构性问题:数字化改造建设阶段财政经费充足,能够覆盖设备采购、平台搭建等前期工作,可项目验收之后,日常运维经费就严重不足。传感器校准、通信流量、平台迭代升级、故障维修这些持续开销没有纳入年度财政专项预算,资金投入“重建设、轻运维”,数字化系统很难长期稳定跑起来。人才层面也有明显短板,基层管护人员实操经验充足,但大多不懂物联网、大数据这类信息化技术。县域岗位吸引力弱,很难招到既懂水利又懂信息化的复合型人才;培训也只是项目完工后简单教一遍操作,缺少分层、常态化的系统培训,工作人员数字化能力提升慢,跟不上数字化运维工作需要。调研还发现县域水利感知网络发展不均衡。重点防洪水库监测条件较好,但闸坝、泵站、灌区渠系数量大、分布广,监测覆盖率不足,近半数工程没有自动监测手段,存在监管盲区。工程多处偏僻野外,通信供电条件差,传感器容易出现数据漂移、设备故障、信号中断。基层没有建立定期校准、检修更换机制,坏了的设备得不到及时处理,慢慢闲置报废,设备在线率偏低,前期投入的设备浪费,数字化监测体系难以正常运行。

3 中小型水利工程运维数字化改造实施路径

3.1 优化全域感知网络体系

以县域为整体统筹编制中小型水利工程数字化改造专项规划,杜绝分头零散建设、重复投资的问题。编制方案时邀请一线管护人员、基层技术骨干共同研讨,按照工程风险高低、功能重要程度分级分类推进,按需选配监测设备,把控建设成本,不搞过度升级。把县域水利工程分成三类差异化实施:一级重点工程为小型水库、骨干防洪闸坝,配齐结构安全、水雨情、视频监控设备,做到全方位实时监测;二级一般工程是中小型泵站、支渠闸站,安装简易自动化设备,满足基础运行监测;三级普通工程为田间塘坝、零散渠系,主要依靠无人机定期巡检加人工定点核查,减少硬件投入。同时落实感知设备日常管护,执行季度校准、月度故障排查、年度检修,定期人工核对数据,及时处理数据漂移、失真、设备离线故障,提升设备在线率和数据可靠性,打牢数字化监测的硬件基础。

3.2 搭建统一数据底座

整合县域已有的各类水利信息化系统,对在用的旧设备和业务平台做标准化改造,统一数据接口与传输协议,将水库、闸站、灌区等相互独立系统的数据,全部汇总到县域统一水利数据底座,打通全县水利各类数据。建立跨部门的数据共享通道,对接气象、应急、自然资源等单位,引入气象预报、雨情墒情、防汛调度等外部业务数据,搭建多维度的水利大数据资源池。推行工程电子档案管理,做到“一工程一档”,把工程基础信息、安全鉴定、维修保养、隐患整改等资料电子化存档并实时更新,实现工程全生命周期档案可查询、可追溯、可分析。依靠数据规整和资源互通,打破信息孤岛,为智能预警、精准运维、科学调度打好数据基础。

3.3 融入 PDCA 闭环管理

规划阶段,利用智慧运维平台积累的工程档案、历年运行数据等核心资源,严格对照工程安全鉴定、防汛值守等重点工作标准,全面分析研判设备运行潜在隐患和日常管护重点工作。结合实际制定年度维修养护、日常巡检等专项工作方案,明确全年运维工作方向和重点任务。执行阶段,一线运维人员通过手机移动端 APP 开展日常巡检作业,实时上传巡检数据、现场照片及视频资料,让每一项线下作业都有记录、可追溯,实现作业全程留痕、透明化管理。系统提前设置好数据标准阈值,可智能识别异常情况,一旦发现数据超标、设备故障等问题,自动推送预警信息并生成整改工单,督促工作人员快速接单处置、现场核查、闭环整改。核查阶段,管理部门依托平台大数据,自动统计巡检完成率、隐患整改闭环率、设备在线率、预警响应时效等核心工作指标。同时搭配线下实地抽查、现场核验的方式,逐一核对线上上报数据的真实性、隐患整改的彻底性。

3.4 完善资源保障体系

资金保障层面,优化财政投入方式,改变“重建设、轻运维”的老思路,将设备校准、通信费用、平台维护、设备维修更换这类持续性开销,纳入年度财政专项预算,保证运维资金能够稳定到位。在项目方案设计、编制概算阶段,就要一并算好全生命周期运维成本,把运维经费直接纳入项目概算,实现建设和运维资金统一安排。另外整合现有水利养护经费,从中划出数字化运维专项费用,多渠道拓宽资金来源。人才保障方面,建立分层分类的常态化培训机制。对一线管护人员,重点培训手机端操作、数据填报、简单故障处理等基础内容,简化平台操作,降低

上手难度；针对技术骨干，开展平台运维、数据治理、预警研判等进阶学习，培养本地复合型人才。也可以和第三方技术单位签订长期服务合同，依靠外部专业力量弥补基层人手技术不足，保障平台正常运转。同时健全网络安全管理规定，做好数据分级备份、账号权限管理、终端安全防护，保护水利监测和运维数据，规避网络安全隐患。

4 结论

立足基层实际业务场景，分级搭建贴合基层需求的现场感知监测网络，打造县域统一的水利数据基础平台，打通数据壁垒，运用 PDCA 闭环管理模式，建立贴合基层工作、可量化、可考核的评价机制，完善人才、经费协同配套的长效保障体系，全面推动县域中小型水利工程运维工作，向标准化、精细化、智能化转型升级，切实提升基

层水利管护质效。

[参考文献]

- [1]单家求.基于智慧水利的水利工程智能监测与预警系统[J].城市建设理论研究(电子版),2026(24):193-195.
 - [2]李昭鹏.智慧水利背景下水利工程运维智能监测系统的应用研究[J].中国战略新兴产业,2026(21):44-46.
 - [3]王生村.智慧水利工程全生命周期运维管理研究[J].水上安全,2026(12):58-60.
 - [4]徐云乾,袁明道,罗永锐,李培聪,张舒,李诗婉,陈创威.“传感器+物联网”提升我省中小型水库标准化管理水平[J].广东水利电力职业技术学院学报,2022,20(2):89.
- 作者简介：李震（1989—），男，汉族，本科学历，现任职安徽省阜阳市临泉县城防管理所，助理工程师，从事水利工作。