

基层水利工程智能化管理及运行机制研究

朱伟华

长兴县苕溪河道堤防管理所 浙江 湖州 313000

摘要: 随着信息技术与水利行业的深度融合,基层水利工程智能化管理成为推动水利现代化的重要方向。本文聚焦基层水利工程,深入剖析其智能化管理的理论基础与现状问题,针对性地构建涵盖分层架构、关键技术及数据治理的智能化管理体系。同时,从协同治理、动态反馈优化及资金、人才、政策保障等方面,探索适配基层水利的智能化管理运行机制,为提升基层水利工程管理效能与可持续发展能力提供参考。

关键词: 基层水利工程;智能化管理;运行机制

引言:基层水利工程是保障农业生产、乡村供水及区域防洪排涝的关键设施,对民生福祉与区域经济发展意义重大。随着信息技术飞速发展,智能化管理成为水利工程现代化的必然趋势。然而,当前基层水利工程智能化管理尚处于起步阶段,存在技术、管理与机制等多方面问题。因此,深入研究基层水利工程智能化管理及运行机制,提升管理效能,实现可持续发展,具有重要的现实意义和紧迫性。

1 基层水利工程智能化管理理论基础

1.1 核心概念界定

(1) 基层水利工程:主要涵盖小型水库、泵站、灌溉渠道等直接服务于农业生产、乡村供水及区域防洪排涝的水利设施。此类工程分布广泛、体量较小但功能关键,是保障基层水资源调控与水安全的基础载体,其管理质量直接关系到民生福祉与区域经济发展。(2) 智能化管理内涵:以数字化为基础,通过数据整合实现工程信息可视化;以自动化为支撑,完成设备精准操控与流程高效运转;以决策智能化为核心,依托数据分析与模型推演,为工程运维、风险防控等提供科学指引,实现管理效能提升。

1.2 相关理论支撑

(1) 公共管理理论:强调政府、市场、社会协同治理。在基层水利工程管理中,政府发挥统筹规划与监管职能,市场优化资源配置,社会力量参与监督与服务,形成多元主体协同发力的管理格局,提升公共服务质量。(2) 信息技术理论:涵盖物联网、云计算、边缘计算、数字孪生等核心技术。物联网实现工程状态实时感知,云计算提供海量数据存储与算力支撑,边缘计算保障本地实时响应,数字孪生构建虚拟映射实现全生命周期管理,为智能化提供技术内核。(3) 可持续发展理论:聚焦资源高效利用与生态保护。通过智能化管理优

化水资源调配,减少浪费,降低工程运维对生态环境的影响,实现水利工程与生态、经济的协调可持续发展。

1.3 智能化管理的关键要素

(1) 数据采集与传输:依托传感器捕捉水位、流量、设备工况等数据,通过5G/LoRa等通信技术构建稳定传输网络,确保数据实时、准确汇聚,为后续分析决策提供数据支撑。(2) 智能分析与决策:运用AI算法对数据进行深度挖掘,结合风险预警模型识别工程运行隐患,生成科学决策方案,实现从被动处置向主动预判的转变。(3) 执行与反馈系统:通过自动化控制设备精准执行决策指令,借助移动端应用等载体实现管理指令下达与运行状态反馈,形成“感知-分析-决策-执行-反馈”的闭环管理^[1]。

2 基层水利工程智能化管理现状与问题分析

2.1 现状调查

(1) 基层水利工程设施分布与功能分类:基层水利工程呈现“点多、线长、面广”的分布特征,广泛散落于乡镇、村落区域,涵盖小型水库、灌溉渠道、排灌泵站、小型水闸等多种类型。从功能上可分为防洪排涝类、农业灌溉类、农村供水类三大核心类别,其中灌溉渠道与小型泵站多沿农田分布,小型水库则主要承担区域蓄水与防洪调控功能,各类设施共同构成基层水资源调配与水安全保障网络。(2) 现有智能化技术应用程度:近年来,基层水利工程智能化建设逐步推进,部分重点区域已初步部署水位、流量等基础监测设备,监测设备覆盖率约30%-50%,其中小型水库的监测设备配备率相对较高。同时,多地搭建了简易的智能化管理平台,实现基础数据的初步汇聚与展示,但平台实际使用率不足40%,多数基层单位仍依赖传统人工巡检与纸质记录模式,智能化技术的应用深度与广度有待提升。

2.2 主要问题

(1) 技术层面：一是设备兼容性差，不同厂商、不同批次的监测设备接口不统一，难以实现数据互联互通；二是数据标准缺失，各类工程数据的采集口径、格式不规范，导致数据整合分析难度大；三是网络覆盖不足，部分偏远区域的水利设施无法接入稳定网络，数据实时传输受阻，影响智能化管理效能发挥。(2) 管理层面：首先是权责模糊，基层水利工程管理涉及多部门，存在权责交叉或空白地带，导致问题处置推诿扯皮；其次是人才短缺，基层单位缺乏既懂水利工程又掌握信息技术的复合型人才，难以支撑智能化设备运维与平台管理；最后是资金投入不足，智能化建设与后期运维成本较高，基层财政保障能力有限，制约技术升级与设施更新^[2]。

(3) 机制层面：一是跨部门协同困难，缺乏常态化协同管理机制，水利、农业、应急等部门数据共享不畅，难以形成管理合力；二是应急响应机制缺失，智能化预警与应急处置衔接不紧密，突发水情、工程故障时响应滞后；三是公众参与度低，缺乏引导公众参与工程监督、信息反馈的有效渠道，社会监督作用未充分发挥。

3 基层水利工程智能化管理体系构建

3.1 总体架构设计

(1) 分层架构：构建“感知层-网络层-平台层-应用层”四级递进架构，实现从数据采集到智能应用的全流程闭环。感知层作为数据源头，部署各类传感器与监测设备，实时捕捉水位、流量、设备工况、气象等核心数据；网络层依托5G、LoRa等多元通信技术，搭建覆盖偏远区域的低功耗传输网络，保障数据稳定上传；平台层承担数据存储、处理与算力支撑功能，整合云计算与边缘计算资源，为上层应用提供技术保障；应用层聚焦实际管理需求，落地各类智能化服务，形成“感知-传输-处理-应用”的完整链路^[3]。(2) 功能模块：围绕基层水利管理核心需求，设置四大核心功能模块。监测预警模块通过实时数据监测与智能分析，实现水情灾害、工程故障的精准预判与及时告警；调度控制模块基于数据分析结果，自动生成水资源调配、设备运行控制方案，支持远程精准操控；运维管理模块构建工程全生命周期台账，实现设备检修、养护任务的智能化派发与进度跟踪；公众服务模块搭建信息发布与互动反馈平台，向公众推送水情信息、科普知识，接收公众监督建议，提升管理透明度与公众参与度。

3.2 关键技术选型

(1) 低功耗传感器技术：针对基层水利设施多分布在偏远区域、供电不便的特点，选用太阳能供电的低功耗传感器，涵盖水位、流量、土壤湿度等监测类型。

该技术可大幅降低设备能耗与运维成本，确保在无外接电源情况下长期稳定工作，提升偏远区域监测覆盖率。

(2) 边缘计算与本地化决策：采用边缘计算架构，在基层节点部署边缘计算网关，实现数据本地预处理、分析与决策。通过本地化计算减少对云端服务器的依赖，降低网络传输压力，提升应急响应速度，尤其适用于网络信号不稳定区域，保障极端情况下管理指令的快速执行。(3) 轻量化AI模型：结合基层硬件设备算力有限的实际情况，选用轻量化机器学习模型，如轻量化神经网络、决策树模型等。通过模型压缩与优化，在降低硬件资源占用的同时，保障数据分析精度，实现工程故障识别、水情趋势预判等核心功能的高效落地。

3.3 数据治理与安全机制

(1) 数据采集标准与共享协议：制定统一的基层水利数据采集标准，明确各类监测数据的采集口径、格式规范、精度要求与更新频率，实现不同设备、不同区域数据的标准化汇聚。同时，建立跨部门数据共享协议，规范数据共享范围、权限与流程，打通水利、农业、应急等部门的数据壁垒，提升数据资源利用效率^[4]。(2) 隐私保护与网络安全防护：构建全流程数据安全防护体系，在数据采集阶段采用加密传输技术，防止数据泄露；在数据存储阶段实施分级存储与访问权限管控，保障核心数据安全。针对公众信息等敏感数据，严格落实隐私保护制度，明确数据使用边界。同时，加强网络安全防护，部署防火墙、入侵检测系统，定期开展安全巡检与漏洞修复，防范网络攻击与恶意入侵，保障管理体系稳定运行。

4 基层水利工程智能化运行机制

4.1 协同治理机制

(1) 政府主导、企业参与、社会监督的多元主体模式：明确政府在基层水利工程智能化运行中的主导地位，负责统筹规划、政策制定与监督管理，牵头协调跨领域资源整合，保障智能化管理体系的有序推进。引入专业水利科技企业参与智能化设备运维、平台升级等市场化服务，通过公开招标、项目外包等方式，提升服务专业化水平，减轻基层管理压力。搭建社会监督平台，畅通公众参与渠道，鼓励群众通过移动端应用、热线电话等方式反馈工程运行问题，形成“政府统筹、企业施治、社会监督”的多元协同格局，提升治理效能。(2) 跨部门数据共享与业务协同流程：建立水利、农业、应急、气象等多部门协同工作小组，制定常态化沟通机制与联动处置流程。依托智能化管理平台搭建跨部门数据共享中心，明确各部门数据共享范围、权限与更新时

限,实现水位、流量、气象预警、农业灌溉需求等数据的实时互通。当发生洪涝灾害、工程故障等突发事件时,通过共享中心快速汇聚多部门数据,协同制定处置方案,明确各部门职责与处置时限,确保应急响应高效衔接。

4.2 动态反馈与优化机制

(1) 基于数字孪生的模拟推演与决策优化:依托数字孪生技术构建基层水利工程虚拟映射模型,整合实时监测数据、历史运行数据与气象预测数据,对工程运行状态进行动态模拟。通过模拟推演不同水文条件、调度方案下的工程运行效果,精准识别潜在风险与优化空间,为水资源调配、设备运维等决策提供科学依据。建立决策效果评估指标体系,对调度方案、运维措施的实施效果进行量化评估,结合评估结果持续优化数字孪生模型参数与决策算法,形成“模拟-决策-评估-优化”的闭环迭代机制^[5]。(2) 公众反馈渠道与满意度评价机制:在智能化管理平台的公众服务模块中增设反馈专栏,提供问题上传、意见建议提交、进度查询等功能,方便公众快速反馈水利工程运行中的问题。建立公众反馈快速响应机制,明确反馈问题的受理、核查、处置与回复时限,确保群众诉求得到及时回应。构建公众满意度评价体系,从服务效率、工程运行效果、信息公开度等维度设计评价指标,定期开展满意度调查。将评价结果纳入管理绩效考核,作为优化管理措施、提升服务质量的重要依据,增强公众对水利工程管理的认同感与参与感。

4.3 保障机制

(1) 资金保障:构建多元化资金保障体系,优先争取中央与省级财政专项补贴,重点支持偏远地区基层水利工程智能化改造与运维。推广PPP(政府和社会资本合作)模式,吸引社会资本参与智能化项目建设与长期运维,明确政府与社会资本的权责与收益分配机制。探索碳交易融资路径,将基层水利工程水资源节约、生态保护等效益转化为碳汇资产,通过碳交易市场获取额外资金,补充智能化运行资金缺口,保障项目持续推进。

(2) 人才保障:建立分层分类的基层技术人员培训体系,针对基层管理人员、设备运维人员等不同群体,开

展智能化设备操作、平台管理、数据分析等专项培训,邀请行业专家进行现场指导与案例教学,提升基层人员专业技能。与职业院校、水利科研院所建立合作机制,开展定向培养与技术帮扶,为基层输送既懂水利工程又掌握信息技术的复合型人才。建立人才激励机制,通过提高薪酬待遇、畅通晋升渠道、评选优秀技术人才等方式,吸引并留住专业人才,为智能化运行提供人才支撑。(3) 政策保障:制定基层水利工程智能化管理标准化规范,明确设备选型、数据采集、平台建设、运维管理等方面的技术标准与操作流程,确保智能化管理工作规范化推进。建立考核激励机制,将智能化管理成效纳入基层政府与相关部门的绩效考核体系,考核指标涵盖设备完好率、数据准确率、应急处置效率、公众满意度等方面。对考核优秀的单位与个人给予表彰奖励,对工作不力的进行约谈问责,通过考核倒逼管理责任落实,保障智能化运行机制稳定落地。

结束语

基层水利工程智能化管理及运行机制研究,是顺应时代发展、推动水利现代化的关键探索。通过研究,我们构建了较为完善的智能化管理体系,明确了协同治理、动态反馈优化等运行机制。然而,实践中仍面临诸多挑战。未来,需持续强化技术创新,完善多元保障机制,促进各主体深度协同。相信在各方共同努力下,基层水利工程智能化管理水平将不断提升,为保障水资源安全、推动区域经济社会可持续发展发挥更大作用。

参考文献

- [1]邢世林.水利工程运行管理单位财务智能化转型思考[J].治淮,2024,(10):10-11.
- [2]孟虹隐.智能化技术在水利工程运行与管理中的应用研究[J].水上安全,2024,(14):61-63.
- [3]许文涛.数字孪生技术在水利工程运行与维护中的创新应用[J].水上安全,2025,(05):49-51.
- [4]高健.智能化技术在水利工程运行与管理中的应用研究[J].科海故事博览,2024,(34):28-30.
- [5]杨洋.基层水利工程智能化管理及运行机制研究[J].建筑工程技术与设计,2021,(18):251-253.