

水利技术创新与管理能力提升策略

王顺太

(南雄市河堤管理所, 广东 韶关 512400)

摘要 水利技术创新与管理能力提升的主要目的是应对水资源开发利用中的技术瓶颈制约、管理效能不足等问题, 以保障水利工程长期稳定运行, 提升水资源综合利用水平。鉴于对水利行业高质量发展需求的深入考量, 本文重点探讨了水利技术创新路径与管理能力强化策略, 分析创新驱动下的技术应用场景及管理模式优化方向, 旨在为推动水利事业现代化建设、实现水资源可持续利用提供有益参考。

关键词 水利技术; 管理能力; 智慧平台; 智能监测网络; 数字孪生系统

中图分类号: TV5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.26.029

0 引言

随着社会经济的发展和人民群众对美好生活的追求, 水利工程在发挥防洪、排涝、供水、发电、生态保护等综合效益方面的作用日益凸显。然而, 当前水利工程管理仍面临管理粗放、信息化水平不足、协同机制缺失等问题, 制约了工程效益的最大化发挥。精细化管理理念以“精准、细致、规范”为核心, 通过系统化、数据化、动态化的管理手段, 可有效解决传统管理模式中的痛点。本文从水利工程运行管理的实际需求、发展方向和存在问题出发, 结合现代信息技术与管理理论, 深入分析精细化管理理念的实施策略, 探索其在工程全生命周期管理中的应用场景, 为提升水利工程管理的科学化、规范化水平提供实践参考。

1 水利技术创新驱动下管理能力提升内涵

发展水利新质生产力是推动高质量发展的内在要求, 面对水资源管理复杂化、工程运维智能化等新挑战, 传统水利技术与管理模式亟需向创新驱动转型。以智能监测、大数据分析、数字孪生为代表的先进技术, 正重塑水利工程建设与运维流程, 通过实时感知水情变化、精准预测灾害风险, 显著提升管理决策的科学性与时效性。从水利生产要素来看, 水利技术创新与管理能力建设聚焦高素质复合型人才培养, 推动新型传感设备、自动化控制系统等高科技工具的应用普及, 构建基于数据驱动的智慧水利管理平台。唯有强化产学研用协同创新机制, 深化技术成果转化应用, 完善管理体系与技术迭代适配机制, 才能实现水利技术创新与管理效能提升的双向赋能, 保障水资源可持续利用与水利工程长效安全运行^[1]。

2 水利技术和管理问题

随着经济建设速度不断加快, 我国出现严重的水资源短缺问题。南北水资源时空分布失衡加剧了部分北方地区长期干旱少水与南方季节性洪涝灾害并存的矛盾, 水资源总量不足与用水需求持续增长的矛盾突出。我国城市化进程持续推进, 工业经济不断发展, 城市生活用水、工业生产用水需求急剧攀升, 农业灌溉用水效率低下进一步加剧了水资源供需矛盾, 部分地区地下水超采引发地面沉降、水体污染等生态问题, 水资源承载力逼近极限, 传统水资源调配手段难以满足高质量发展的用水需求。

目前在水利工程建设过程中最主要的问题就是缺乏全面的安全生产管理制度, 现有施工安全生产管理制度存在明显漏洞与执行缺陷。第一, 在对施工安全管理工作的标准与制度进行制定的过程中未充分结合施工现场实际情况, 未对工程地质条件、施工工艺复杂性、环境风险因素进行系统评估, 导致制度内容与现场管理需求脱节。第二, 所制定的管理制度缺乏明确的违规惩戒机制与责任追溯体系, 对现场不合理施工行为、违规操作缺乏有效约束, 奖惩措施落实不到位, 安全监督与考核机制流于形式, 难以形成对施工安全的有效管控。

在水利管理过程中, 水利技术人员综合素质偏低。工作人员在实际开展水利工程施工的过程中缺乏系统的专业理论知识与实践操作技能, 对新技术、新工艺、新材料的应用能力不足。施工阶段未采用系统的安全生产管理措施, 缺乏对施工现场风险隐患的识别、评估与防控能力, 安全技术交底与培训工作不到位, 导致作业人员安全意识淡薄、违规操作频发。同时, 水利管

理队伍年龄结构老化、知识更新滞后，复合型人才短缺，难以适应智慧水利建设与现代化管理的技术要求。

3 水利技术创新与管理能力提升的实践策略

3.1 智慧平台架构构建，云边端协同与数据融合创新

规划投资建设集数据采集、传输、存储、分析、应用于体的统一技术平台。该平台采用“云一边一端”协同架构构建全域感知与智能决策体系，云端部署在自主可控的私有云环境实现海量数据的集中存储与计算，边缘计算节点设置在各水厂和泵站完成数据预处理与本地控制，终端设备包括智能水表、水质传感器、液位监测仪等物联网装置实现水系统全要素实时感知。平台基于微服务架构开发数据共享接口，打通水文、气象、管网、用水等多源数据壁垒，利用大数据分析技术构建水资源配置、供水调度、灾害预警等模型库，实现对水资源动态平衡的精准调控^[2]（见表1）。

3.2 智能监测网络部署，终端覆盖优化与通信体系构建

在水利设施全域范围推进智能终端设备全面覆盖，部署新一代超声波智能水表实现用水计量的高精度采集，布设管网压力与流量传感器构建输水系统动态监测体系，配置多参数水质检测仪实时感知水体 pH 值、浊度、重金属含量等指标，同时安装水位监测雷达、流速仪实现水文数据的自动化采集。为确保设备之间的高效连接和数据传输，所有智能终端均采用低功耗广域物联网技术，优先选用 NB-IoT 和 LoRa 通信协议，通过部署边缘网关实现异构网络协议转换与数据汇聚，构建星型、Mesh 等复合型网络拓扑结构提升通信稳定性与冗余度。通过技术的应用，整个系统形成全方位覆盖且高精度的监测网络，实现从水源地到用水终端的全链条数据采集。在实际部署中根据水利工程规模与功能分区，在重点水域、关键管网节点、大型水利枢纽等区域加密布设监测设备，利用地理信息系统（GIS）进行设备空间位置标注与状态可视化管理，建立设备

全生命周期运维管理机制，通过定期校准、远程诊断、自动报警等手段保障设备持续稳定运行，为智慧水务平台提供准确、实时、连续的基础数据支撑，赋能水利管理决策的科学化与精细化。

推动智慧水务的发展选择具有代表性的典型区域作为试点项目，逐步构建涵盖从水源地、水厂处理设施、供水管网直至终端用户的全流程数字孪生系统。通过融合地理信息系统（GIS）、建筑信息建模（BIM）、物联网（IoT）及大数据分析等先进技术手段，基于高精度地形测绘数据与设施三维建模构建水务系统物理实体的虚拟映射，建立包含水文、水质、管网压力等实时监测数据的动态数据库驱动数字孪生体同步运行。

3.3 数字孪生系统搭建，多技术融合与仿真决策联动

该数字孪生系统利用 GIS 技术实现水务设施空间分布的可视化管理，结合 BIM 模型展示水厂、泵站等建筑结构细节与设备参数，通过 IoT 设备实时采集数据驱动虚拟模型动态更新，详细记录和展示水务设施的空间分布与结构特征，并基于流体力学、水力学等专业模型模拟各种运行工况下的系统响应，对水资源调配、供水调度、管网漏损等场景进行预演分析。在面对极端天气、设备故障等突发情况时，系统通过快速构建应急仿真场景模拟灾害演变过程，评估不同处置方案的效果，生成包含风险等级、影响范围、应对措施的建议。同时，建立数字孪生系统与智慧水务平台的双向交互机制，将仿真优化结果反馈至物理系统实现精准调控，定期对数字模型进行校准更新，确保与物理实体的一致性，通过搭建开放的二次开发接口，支持不同部门基于数字孪生体开展协同管理，推动水利管理从经验驱动向数据驱动、从被动应对向主动防控转变^[3]。

3.4 智能算法研发应用，多领域模型构建与场景化赋能

推动水务行业的智能化发展要组建一支由顶尖专家组成的 AI 研发团队，专注于开发适用于水务场景的

表 1 智慧水务基础平台建设

建设维度	实施内容	技术亮点
架构设计	“云一边一端”三层架构：云端部署私有云存储计算集群边缘节点覆盖水厂泵站数据预处理终端物联网设备全要素实时感知	分层协同架构，实现毫秒级数据响应与云端智能决策联动
数据融合	打通水文 / 气象 / 管网 / 用水多源数据建立统一数据标准与加密传输通道微服务接口实现跨系统数据共享	消除数据壁垒，构建水务数据资产中心，数据互通率提升至 95%+
智能应用	大数据建模：水资源配置 / 供水调度 / 灾害预警数字孪生技术构建水利设施三维仿真分级授权管理保障数据安全	动态调控水资源平衡，预警响应时间缩短 50%，设施运维效率提升 30%

专用算法模型,力求在水资源预测、供水管网优化、水质预警等关键领域取得突破性进展。围绕水资源时空分布规律构建深度学习预测模型,整合气象数据、历史用水数据及水文信息,实现中长期水量供需预测与短期用水负荷精准预报。针对供水管网压力调控难题,运用强化学习算法建立管网压力动态调节模型,根据实时流量数据自动调整阀门开度,平衡管网压力与能耗。

同时,在泵站调度优化方向上,设计基于遗传算法的多目标调度模型,综合考虑水量需求、设备运行寿命、能耗成本等因素,制定水泵启停组合与运行参数优化方案,确保水泵运行达到最佳状态降低能耗并提升效率。开发基于计算机视觉的泵站设备巡检模型,通过摄像头采集设备图像,利用卷积神经网络识别设备异常状态、仪表读数及安全隐患,实现设备运维的智能化。

此外,在水质监测与预警领域,通过引入创新的传感技术和机器学习方法,构建多参数水质评价模型,融合光谱分析、电化学传感数据,运用支持向量机算法实现对 pH 值、浊度、重金属含量等水质参数的实时监控和准确评估,搭建基于 LSTM 网络的水质异常预警模型,分析水质数据时间序列特征,提前识别污染源入侵、藻类暴发等异常事件,生成分级预警信息并联动应急处置系统。针对污水处理工艺优化需求,应用神经网络算法建立污水处理过程动态模型,根据进水水质实时调整曝气、加药等工艺参数,提升污水处理效率与达标率,推动水利管理向智能化、精细化方向转型^[4]。

3.5 大数据中心建设,多源数据整合与决策工具开发

深化推动水务行业的数字化转型,在现有基础上规划建设功能全面的水务大数据中心,承担起整合生产数据、管网运行数据、用户用水数据、气象水文数据、设备维护数据等各类资源的重要任务。采用分布式存储架构与统一数据标准,构建涵盖结构化、半结构化和非结构化数据的多源数据库,通过 ETL 技术实现数据清洗、转换与加载,建立数据质量监控与溯源机制确保数据完整性和准确性。

在此基础上开发一系列专业化的数据分析工具。构建用水行为分析模型,运用聚类算法对用户用水数据进行分类,结合时间序列分析挖掘用户日常用水模式、季节变化规律及异常用水行为,为阶梯水价制定、

节水宣传提供数据支撑。开发管网运行状态评估工具,通过关联分析管网压力、流量、漏损率等参数,利用机器学习算法预测管网薄弱环节与潜在故障点,优化巡检路线与维护计划^[5]。

搭建水资源调配决策支持系统,融合气象预报、用水需求预测数据,运用线性规划算法制定多水源联合调度方案,实现水资源的科学配置。建立设备健康管理模型,基于设备运行数据、维修记录构建故障预测模型,采用随机森林算法评估设备剩余寿命,提前预警故障风险并生成维修策略。同时开发可视化数据驾驶舱,通过图表、地图等形式直观展示水务系统运行态势,支持管理层实时掌握关键指标,基于数据挖掘结果优化管理策略,驱动水利管理从经验决策向数据驱动决策转变,提升水务系统整体运营效率与服务水平。

4 结束语

水利技术创新与管理能力的提升需紧密贴合水资源禀赋特征与行业发展痛点,以智慧水务平台为核心枢纽,深度融合智能感知、数字孪生、人工智能等先进技术,构建数据驱动的现代化管理体系。一方面,通过“云一边一端”协同架构实现水系统全要素动态监测,依托大数据中心整合多源异构数据,借助智能算法模型提升水资源调配、灾害预警等场景的决策精度。另一方面,需搭建政府、企业、科研机构多方协同机制,以物联网技术夯实监测基础,以数字孪生技术构建虚实交互体系,同步完善行业标准与制度建设,强化复合型人才培养。唯有如此,方能推动水利行业突破传统管理瓶颈,向智能化、精细化、可持续化方向实现跨越式发展,为水资源高效利用与水安全保障提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 李嘉琪.生态环境保护下水利技术管理创新分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024(28):34-36.
- [2] 黄宁龙.水利技术创新与水利管理能力提升策略[J].农村科学实验,2024(17):65-67.
- [3] 宋艳芬.水利技术创新背景下的水利管理方法研究[J].水上安全,2024(14):31-33.
- [4] 陈凡.水利技术创新的分析与水利管理能力的实践[J].大众标准化,2021(13):40-42.
- [5] 李健龙.水利技术创新对提高水利管理的作用分析[J].智能城市,2021,07(01):81-82.