

水利工程管理中智能化技术的实践应用研究

王登锋

第三师图木舒克市水利工程管理服务中心小海子灌区管理服务站, 新疆 图木舒克 843900

[摘要] 智能化技术正在成为水利工程管理模式改变的主要动力。物联网、大数据、数字孪生、人工智能等技术被广泛地应用到了水利工程的安全监测、防洪调度、运行维护等各个方面, 使水利工程管理由以前的经验型管理转变为数据驱动的管理。但是实践中还存在着感知网络覆盖不足、数据孤岛严重、专业人才缺乏和保障机制不健全等问题。通过对国内典型实践的分析可以发现, 在对智能化技术的应用情况及存在的不足方面做了系统的论述, 从健全管理机制、加快人才队伍建设、推进数据资源共享、完善智能感知网络这四个角度提出改进路径, 为水利工程管理的数字化转型提供一些参考。

[关键词] 水利工程管理; 智能化技术; 智慧水利

DOI: 10. 64635/ja. 2026. 1513

中图分类号: TV698

文献标识码: A

Research on the Practical Application of Intelligent Technology in Water Conservancy Project Management

Wang Dengfeng

Xiaohaizi Irrigation District Management Service Station, Water Conservancy Engineering Management Service Center of the Third Division Tumushuke City, Tumushuke, Xinjiang 843900, China

Abstract: Intelligent technology is becoming a major driving force for the transformation of water conservancy project management models. Technologies such as the Internet of Things, big data, digital twins, and artificial intelligence have been widely applied in safety monitoring, flood control dispatching, operation and maintenance, and other aspects of water conservancy projects, transforming water conservancy project management from traditional experience-based management to data-driven management. However, practical application still faces problems such as insufficient coverage of sensing networks, serious data isolation, a shortage of professional personnel, and imperfect support mechanisms. Based on an analysis of typical domestic practices, this paper systematically discusses the application status and existing deficiencies of intelligent technology, and proposes improvement paths from four perspectives: improving management mechanisms, accelerating talent team development, promoting data resource sharing, and improving intelligent sensing networks. The study provides reference for the digital transformation of water conservancy project management.

Keywords: water conservancy project management; intelligent technology; smart water conservancy

引言

水利工程是调节水资源时空分布、改善水资源配置的重要基础设施, 对防洪、灌溉、供水、发电等都有巨大的作用。伴随着水利工程信息化、智慧化的不断发展, 出现了许多板块、多种类、大范围的大量运行监测管理数据, 怎样高效快捷地对这些数据进行处理、分析、应用成为新的问题。在此背景下, 把物联网、大数据、人工智能、数字孪生等新一代信息技术同水利业务深度融合起来, 促使水利工程管理由“治水”迈向“智水”, 已经是行业转型的必然趋势。目前, 水利部全面推进数字孪生水利建设、现代化水库运行管理矩阵试点, 给智能化技术的落地指明了方向、搭建了平台。对国内典型实践, 对水利工程管理中智能

化技术的应用情况进行系统梳理, 分析存在问题并提出相应的解决对策, 为水利行业数字化转型提供参考。

1 水利工程管理中智能化技术应用的内涵及发展意义

水利工程管理中智能化技术的应用, 就是综合使用物联网、大数据、人工智能、数字孪生等技术手段, 创建起一个包含工程安全监测、防洪调度、运行维护等各个方面智慧化管理体系。关键之处就在于对水利工程的整个生命周期实施数字化感知, 智能分析, 精确判断和协同管理。智能大坝是新一代信息技术和传统水利工程深度融合的产物, 我国是世界上大坝数量最多、规模最大的国家, 推进智能大坝建设既是新形势下发展新质生产力、不断提高水库大坝现代化建设

运行管理水平的迫切需要，也是保障国家水安全、能源安全、生态安全和行业现代化转型的重大战略举措。

该转变的意义表现在三个方面。第一，提高工程安全运行保障能力，依靠实时感知和智能预警，做到风险早发现、早处理。目前我国已经基本建成覆盖全国、流域、省、市、县、水库多级的全国水库运行管理矩阵平台，可以对矩阵的各项业务进行全方位的监管、直观地展示和高效地使用。第二，改善水资源调配效率，依靠精准的预报和模型推演，在防洪和兴利之间找到一个动态的最佳解。第三，实行管理流程再造，用数字手段把全生命周期的信息串联起来，从而达到标准化、精细化的目的。

2 水利工程中智能化技术的实践应用现状

2.1 智能监测感知技术的应用现状

创建“天空地水工”一体化监测感知体系，这是目前智能化技术应用的基础工程。佛子岭水库群是全国首批现代化水库运行管理矩阵建设的先行试点单位，针对传统监测覆盖不全、精度不高、反应慢等问题，创建起多维融合、全域感知网络——天上依靠卫星遥感做宏观监测，空中用测雨雷达抓降雨进程，地上在 1840 平方公里流域内布置 102 个水位雨量监测站、500 多个摄像头和 3 处全景摄像机，再加上传统的人工巡查，依靠 AI 边缘计算智能识别异常状况，水下用无人船、水下机器人对水下地形、穿坝钢管等建筑物实施全方位检测。茨淮新河灌区在灌区范围内建设 55 座水位监测站、48 座泵（闸）站运行状态监测站和 74 座泵（闸）站流量监测站，并将全省水利大数据平台 30 处雨量站、21 座水位站数据共享给灌区，实现了灌区沿河取水工程水情、雨情、工情、流量等全部信息的实时在线监测^[1]。大藤峡水利枢纽在智能巡检装备上使用深度融合人工智能技术的“机器狗”，可以准确发现裂缝、渗漏，自动识别准确率大于 99.5%。由此可见智能监测技术由原来的单点监测发展为全域监测，由人工巡检变为机器自主识别。

2.2 智能管理平台的建设与应用现状

智能管理平台就是数据汇聚、分析、决策和调度的中枢。聊城市“智水聊城”数字孪生平台搭建起“1365”总体架构，纵向回流省水利厅数据，横向整合水文、气象、资规、城管、住建等部门涉水数据，利用数据集成和可视化的方式呈现全市水利全要素“一屏统览”，平台数据量已超过 1.1 亿条。海河下游局数智平台把水雨情、工程运行、地理信息、巡查

管护等各类数据融合起来，涵盖防洪减灾、水资源管理、供水保水、工程运行管理等主要业务领域，实现孪生工程调用、全景态势展示、视频实时回传、水情动态可视化等功能，创建起“一屏统览、全域可控、精准调度”的数智化管理模式^[2]。溪洛渡水电站探索出人工智能辅助的参数化数量 BIM 模型快速创建办法，创建水利工程运行安全智能监测流程体系，改善了水利工程的监测管理能力及科学化水平。目前智能管理平台建设已经由原来的单一功能模块向全域整合、业务联动的体系化方向发展。

表 1 典型水利工程智能化技术实践应用对比

典型工程 / 平台	智能感知体系建设	智能管理平台功能
佛子岭水库群	卫星遥感 + 测雨雷达 +102 处水位站 +500 余处摄像头 + 无人船 + 水下机器人	全国水库运行管理矩阵平台
茨淮新河灌区	55 座水位站 +48 座运行监测站 +74 座流量站 + 共享 51 处水文站数据	灌区信息化管理平台
大藤峡水利枢纽	AI “机器狗”智能巡检	工程安全监测预警平台
“智水聊城”平台	整合水文、气象、资规、城管、住建等多部门数据	“1365”架构数字孪生平台
海河下游局数智平台	水雨情、工程运行、地理信息、巡查管护多源数据	防洪减灾等一体化数智平台

由表 1 可知，各种工程所采用的智能化技术是不一样的。大型水利枢纽已经初步实现了从感知层到决策层的全过程，灌区和区域性平台更多的是对监测设施进行普及化、数据进行集中化管理。

3 水利工程中智能化技术实践应用存在的问题

3.1 智能感知体系建设不够完善

虽然“天空地水工”一体化感知体系已经建立起来，但是覆盖范围以及监测精度还存在着不足。目前推进智能大坝建设在体制机制、支撑技术、标准体系、人才储备等各方面还存在着瓶颈。部分中小型水利工程的监测设施老化，传感器布设密度不够，数据采集频率低、精度不高不能满足智能化分析的要求。另外，

外部数据跨主体流转和内部数据质控融合共享的双通道打通,仍是行业面临的主要问题,防洪数据跨部门、类型多、异构特征明显、流转路径差异大等仍需解决。

3.2 数据资源共享与协同管理不足

数据孤岛现象成了限制智能化管理效能提高的瓶颈。虽然各地都在推进数据整合工作,但是对于水利行业数据纵向、横向共享和多层级流通的机制还没有建立起来,跨部门、跨层级的数据壁垒依然存在。各个业务系统间数据标准不统一、接口不兼容,造成信息不能充分流通、不能复用^[3]。中国水利水电科学研究院就防洪数据跨部门流转问题创建起外部数据跨主体流转、内部数据质控融合共享双机制,塑造起数字孪生防洪数据基础设施,此成果已在多个流域级、省级数字孪生水利平台中得到应用,但是大面积推广还需要时间。

3.3 智能化管理能力与专业人才存在短板

智能化技术深度使用要有人工智能知识加水利业务知识双重背景的人才。但是传统的水利院校专业设置比较固定,水利学科同计算机、人工智能、自动化等学科之间存在着制度和认知上的障碍,“水利课程+少量编程课”的简单叠加不能培养出支撑数字孪生、智能调度等核心业务所需要的系统性知识人才。面对交叉融合、快速迭代的战略需求,以单一学科纵深发展为特点的传统水利工程教育体系已经不能满足智慧水利产业的迫切需要,出现人才供给结构与智慧水利产业急需人才之间的严重脱节。

3.4 智能化运行保障机制有待健全

智能化系统长期运行要依靠完善的保障机制。目前部分智能化项目重建设、轻运维,系统建成之后缺少持续的经费投入和技术更新,造成设备老化、数据质量降低。推进智能大坝建设要秉持系统思维,塑造起“顶层设计—技术革新—标准制定—人才培养”的全链条推进途径。但就实际执行而言,水库大坝智能化建设标准体系还不健全,运维责任主体不明,考核评价机制没有同智能化水平紧密联系起来,致使智能化技术不能长久发挥作用。

4 水利工程中智能化技术实践应用优化策略

4.1 完善智能感知网络建设提升监测能力

就感知体系覆盖不全而言,应当依照“需求牵引、应用至上”的准则,分层推进监测设施的创建。在大型水利工程上不断健全“天空地水工”全天候智能监测系统,综合利用卫星遥感、探地雷达、无人机、无

人船、水下机器人等手段来加强隐患探测和智能巡检。对中小型工程要制定差异化的监测设施配置标准,加快补齐短板,防止由于投入不足造成监测盲区长时间存在。推进“安全大坝、生态大坝、智能大坝”三个大坝建设,先选取一批典型水库开展智能大坝建设试点,推进新一代信息技术在坝工领域的全方位、全链条应用。从技术路线来说,应该推进监测设备朝着智能化、低功耗、自组网方向前进,加强数据采集的及时性以及可信度,重视多源监测数据的协同融合以及边缘计算能力的下沉布置,从而达到从数据采集到风险预估的端侧闭环。

4.2 推进数据融合共享强化智慧管理平台建设

破解数据孤岛的关键就是创建统一的数据标准以及共享机制。应当以防洪数据基础设施“感、存、仿、知、用”五环节管理平台建设的经验为基础,创建起质控、融合、评价的标准体系,为数据更新与流通提供良好的基础。平台架构上要实行全市一盘棋或者全流域一盘棋的统一规划研发、统筹布局建设的原则,推进各级平台互联互通。推进“智水聊城”等典型平台建设经验的推广,使水资源管理、河湖长制、水利工程建设、水利工程运行管理等各方面的数据得到深度融合并实现跨部门共享。应同步加强网络安全防护,创建态势感知平台,由原来的被动应对转变为现在的主动防御。

4.3 加强智能化人才培养与技术创新应用

人才是智能化转型的智力支持。破解当下人才培养同产业需求相脱离的难题,要创建起以价值、知识、能力为内核的“三维一体”培养新范式。一方面要打破学科专业壁垒,把数字素养当作基础能力来培养,实现信息技术和水利工程知识的有机融合;另一方面要推行课程项目、科研实战、产业攻坚全链条项目式教学,通过政、产、学、研、用五位一体的协同育人联盟,在真实的智慧水利项目中锻炼学生的创新能力。在技术创新上,要不断探索人工智能在水利工程三维仿真创建、工程建设施工管理、管理调度决策辅助等方面的应用途径,促使人工智能辅助组件化 BIM 模型迅速搭建等关键技术更多的工程中得到应用,从而达到技术赋能管理的目的。

4.4 健全智能化管理机制提升工程运行水平

机制建设为智能化技术长期运作打下基础。应统筹推进数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生工程的建设工作,利用数字化映射、智能化模拟等手段,对物理工程进行数字化建模,创建出一个“数字副本”,

从而达到虚实融合、数据驱动、智能分析、智慧运行的目的。从制度上来说要强化顶层设计,创建统筹协调机制,确定智能化系统运维责任、经费来源和考核标准。依靠矩阵管理平台,实行移动巡检,对日常巡查、线索发现、立案等全过程实行线上闭环管控。推进应急预案的数字化转型,创建起自动响应体系,依照实际观测的水位,预报的流量等信息来自动挑选预案等级,并且动态形成岗位职责清单,进而达成由“人防”向“技防”的管理效能提升。

5 结语

智能化技术正对水利工程管理的底层逻辑以及运行方式进行全方位的改变。从感知的普遍性、决策支持的智能化、平台建设的集中化、管理过程的闭环化,水利工程管理正在处在数字化转型的关键时期。但是技术工具的更新不能自然而然地提高管理效率,感知体系的完善、数据壁垒的消除、专业

人才的培养和保障机制的建立,形成一个互相制约又互相促进的系统工程。未来应该坚持系统思维,把技术嵌入制度、把数据转化为决策、把人才当作核心资产,在智水之路上行稳致远,为国家水安全和水利高质量发展筑牢根基。

【参考文献】

- [1] 智能大坝建设的重大意义及其相关问题探讨[J]. 中国水利, 2025(16): 4-9+30.
 - [2] 黄卫华, 魏伶芸. 溪洛渡水电站人工智能辅助工程监管探索[J]. 水利水电快报, 2025, 46(S1): 114-118.
 - [3] 宋敏, 周伊文. 数字孪生技术赋能水利工程建设管理路径[J]. 水利经济, 2023, 41(6): 73-78+113.
- 作者简介: 王登锋(1979.05—), 男, 汉族, 新疆图木舒克, 大学本科学历, 职称: 中级职称, 研究方向: 水利工程管理与运行。