

数字化技术在水利工程运行管理中的应用研究

董群彦

拉萨市水利局，西藏拉萨，850000；

摘要：随着水利行业高质量发展的持续推进，水利工程运行管理现代化转型需求日益凸显，数字化技术已经成为提升治理效能的核心支撑。水利工程运行管理具有复杂性特征，传统模式依赖人工巡检，存在监测精度不足等突出问题，难以适配新时代水安全保障的核心目标。基于此，本文立足于水利工程运行管理的现实需求，充分依托数字化技术在感知等方面的技术优势，首先阐述了数字化技术在水利工程运行管理中应用的现实意义，随后结合帕古水库工程相关应用验证技术落地的实践价值，探讨了物联网感知以及大数据分析等技术的具体应用，以期为一线水利工程管理单位在数字化转型进程中提供有益的借鉴。

关键词：数字化技术；水利工程；运行管理；应用

DOI：10.69979/3060-8767.26.05.084

引言

水利工程作为国家水安全保障体系的核心载体，承担着防洪减灾等多重功能，其运行管理质量直接关系到区域民生保障。传统水利工程运行管理依赖分散式数据处理，存在着运维成本高等诸多短板，难以适配新时代水利高质量发展的需求。数字化技术以物联网等技术为核心支撑，打破了传统管理模式的信息壁垒，实现了水利工程“运行状态实时感知—数据深度分析—决策智能优化—风险提前预警”的全链条升级。帕古水库工程作为高海拔地区中型水利枢纽工程，依托数字化技术构建全生命周期运行管理体系，可以为环境复杂区域水利工程数字化应用提供典型范例，从而助力水利治理体系以及治理能力的现代化。

1 数字化技术在水利工程运行管理中应用的意义

1.1 有利于筑牢水安全防线

数字化技术以全域感知为核心，构建了全方位的水安全保障体系，从源头降低工程运行风险，提升灾害应对能力。传统水利工程运行管理中，水情监测多依赖于人工定点排查，数据采集滞后且覆盖范围有限，难以实时捕捉坝体变形等隐性风险，以至于风险处置滞后，安全隐患扩大。数字化技术搭建空天地一体化监测网络，整合传感器等多元感知手段，能够实现水利工程关键部位无死角的监测，从而达到风险隐患“早发现、早预警、早处置”的目标。由此可以看出，数字化技术能够将水安全管理从“事后被动应对”转变为“事前主动防控”，全面提升工程运行稳定性^[1]。

1.2 有利于激活水资源效能

水资源高效利用作为水利工程运行管理的核心目标，数字化技术以数据驱动优化水资源配置逻辑，能够有效打破供需失衡的困境，从而实现水资源的精准调配。传统水利工程水资源调度依赖静态计划，难以适配用水需求的动态变化，以至于水资源浪费等问题频发，导致区域水资源利用效率最大化的目标存在较为明显的阻碍。而数字化技术能够整合用水需求数据等多源信息，构建动态调度模型，实现水资源按需分配。除传统调度模式的静态性缺陷之外，数字化技术的应用还可结动态调整水库泄量，渠道输水节奏，在这一基础之上，进一步提升水资源的利用效率，从而让有限水资源发挥最大的综合效益^[2]。

1.3 有利于降低运维成本

数字化技术以精细化管理为抓手，减少人工投入，优化运维流程，从而实现运维成本的优化。传统水利工程运维依赖大量人力开展数据记录等工作，偏远区域运维难度大，且人工操作易出现误差，以至于运维效率低下，成本居高不下，导致降本增效的目标难以实现。而数字化技术能够替代人工完成重复性以及高危性运维工作，压缩人力成本，提升运维精准度。除此之外，数字化技术还可实现设备状态实时监测，从而有效避免设备带病运行引发的大规模维修成本，在这一基础之上，进一步优化运维资源配置，降低全生命周期运维成本。

2 数字化技术在水利工程运行管理中的具体应用

2.1 物联网感知技术在水利工程状态监测中的应用

物联网感知技术依托多类型智能采集单元,构建覆盖水利工程全域的监测感知体系,将工程运行过程中的物理参数转化为可传输的数字信号,从而可实现水利工程运行状态从人工间断监测向智能连续感知的转变。水利工程状态监测涵盖设备运行参数等多项核心内容,传统监测模式依靠人工携带设备定点检测,数据采集频次低且受环境影响大,地形复杂区域更难以实现常态化的监测,以至于工程运行状态无法被全面精准掌握,隐性风险长期潜藏难以被发现。而物联网感知技术的融入,能够有效打破传统监测模式的环境制约,让水利工程每一项核心参数都处于不间断监测之下,从而为运行管理决策提供最真实的数据支撑。除基础水文参数监测之外,物联网感知技术还可搭载气象监测等拓展模块,实现水情等一体化感知,在这一基础之上,进一步丰富监测维度,构建全方位的工程状态感知网络。例如,帕古水库工程相关应用中,该工程坐落于高海拔严寒地区,平均海拔超4500米,常年气温偏低,昼夜温差极大,传统人工监测不仅作业难度极高,还存在着人员安全风险突出等问题,而物联网感知技术的落地应用可以有面破解这一难题。工程管理方在大坝坝体等关键部位布设防冻型渗压传感器等物联网设备,所有设备均适配高海拔严寒环境,具备抗低温的特性,可24小时不间断采集水位等各类数据,数据经专用通信网络实时传输至工程运行管理平台,无需人工现场操作即可完成全流程数据采集,起到全面掌控帕古水库工程实时运行状态的核心作用。由此可见,物联网感知技术的稳定运行,可以让帕古水库工程状态监测实现从“人工粗放式”向“智能精准式”的转型,每一项数据都能真实反映工程运行实际,从而为后续大数据分析筑牢数据根基^[3]。

2.2 大数据分析技术在水利工程调度决策中的应用

水利工程调度决策涉及防洪等多重目标,数据来源涵盖水文监测等多个方面,数据体量庞大,传统数据处理方式仅能实现简单的数据统计,无法挖掘数据背后的运行规律,以至于调度决策缺乏科学依据,容易出现水资源分配不均等问题。大数据分析技术的深度应用,能够破解水利工程调度决策的数据壁垒与分析瓶颈,让每一项调度指令都依托精准数据支撑,大幅提升调度决策的科学性。除常规数据统计之外,工程管理人员还可依托大数据分析技术,构建多目标调度优化模型,并结合未来气象预报开展情景模拟,在这一基础之上,进一步提升调度决策的预判能力,应对极端天气等特殊场景。例如,帕古水库工程相关应用中,该工程承担着区域城乡生活供水的重要任务,输水线路总长35.62公里,惠

及沿线多个乡镇,调度任务繁杂,传统经验式调度无法满足精细化调配需求。大数据分析技术接入帕古水库工程物联网感知终端采集的实时运行数据等全维度数据,搭建工程专属大数据分析平台,对各类数据进行深度清洗以及整合分析,精准研判水库来水规律,自动生成最优调度方案。不仅如此,大数据分析技术还可让帕古水库工程调度决策摆脱人工经验的局限,实现动态化、精准化度,充分发挥工程在区域水资源配置中的核心作用,从而为同类综合性水利工程调度决策优化提供相应的实践参考。

2.3 云计算技术在水利工程数据存储中的应用

云计算技术凭借弹性扩容的核心优势,搭建水利工程海量数据统一存储平台,解决传统本地存储容量不足等问题,使水利工程数据实现长效化管理,以达到数据安全存储的目标。除此之外,云计算技术还可实现多部门的数据同步共享,支持管理端实时调取所需数据,在这一基础之上,进一步提升数据流转效率,强化协同管理能力,降低数据存储成本。譬如,帕古水库工程相关应用中,该工程涵盖大坝枢纽等多个管理单元,运行过程中每日产生海量监测数据,传统本地存储模式无法承载如此庞大的数据量,且数据分散在不同管理节点,调取极为不便。云计算技术的落地构建了帕古水库工程专属云存储平台,所有工程数据统一上传至云端进行集中存储,平台具备弹性扩容能力,可根据数据增长需求实时调整存储容量,无需投入大量硬件设备,大幅降低存储成本。云存储平台对工程设计图纸等全生命周期数据进行分类归档,同时配备多重数据备份机制,抵御网络攻击等风险,确保数据长期安全不丢失。工程管理人员可利用移动终端等设备,随时随地登录云端调取所需数据,实现数据跨部门的高效共享,起到解决帕古水库工程数据存储难题的核心作用。由此可以看出,云计算技术为帕古水库工程数字化运行管理提供了坚实的数据底座,让各类数字化技术的应用拥有了稳定的数据支撑,也为高海拔偏远水利工程数据存储管理提供了高效路径^[4]。

2.4 人工智能算法在水利工程故障预警中的应用

水利工程结构复杂,设备繁多,供电设备等关键部位长期处于运行状态,受环境侵蚀等因素影响,容易出现渗流异常等隐性故障,传统故障排查依靠人工定期巡检,不仅效率低下,覆盖面有限,还无法及时识别数据细微异常,以至于故障发现滞后,甚至引发安全事故。人工智能算法的融入,能够赋予水利工程故障预警智能

研判能力,精准捕捉数据异常信号,提前预判故障风险,为隐患处置预留充足时间。除单一数据异常识别之外,人工智能算法还可结合工程历史故障数据,构建故障预警模型,自动区分故障类型,在这一基础之上,进一步提升故障预警的精准度,减少故障带来的损失。如帕古水库工程相关应用中,该工程地处高海拔严寒地区,强紫外线等恶劣环境极易导致坝体渗流异常等问题,故障隐患多,排查难度大,传统人工巡检模式无法满足工程安全运行需求。人工智能算法接入帕古水库工程物联网感知技术采集的全量监测数据,基于海量历史数据训练故障预警模型,自主学习工程正常运行数据特征,对坝体渗流参数等数据进行实时智能分析,一旦数据出现偏离正常值等情况,算法可立即识别异常信号,精准定位故障发生部位,自动评估风险等级,并第一时间向工程运行管理平台推送预警信息,同步生成针对性处置建议。针对冻胀引发的输水管道故障的设备失灵等高发性问题,人工智能算法可提前预判风险趋势,提醒管理人员提前采取防护措施,起到提前发现帕古水库工程故障隐患的核心作用,从而有效规避高海拔环境带来的运行风险,为高寒地区水利工程故障预警体系建设提供典型范例。

2.5 视频智能识别技术在水利工程安防监控中的应用

视频智能识别技术融合人工智能视觉识别等技术,对水利工程全域监控视频进行自动分析,实现非法入侵等异常情况自动识别,构建智能化的安防监控体系,从而使水利工程安防管控效率大幅提升。水利工程库区范围广,传统安防监控依赖人工值守查看视频画面,不仅人力投入大,视觉疲劳易漏判,还无法实现实时预警,对于隐蔽地段的异常情况更是难以及时发现,以至于出现非法闯入库区等问题时无法第一时间处置。为此工程管理人员可以借助视频智能识别技术,替代人工完成视频监控分析工作,实现安防监控智能化升级,有效解决传统安防模式的效率低等问题。除固定点位监控智能识别之外,视频智能识别技术还可有效弥补固定监控的盲区,在这一基础之上,进一步拓展安防监控范围,实现工程全域全覆盖管控。譬如,帕古水库工程相关应用中,

该工程库区面积大,部分管控区域地处偏远,传统人工安防巡检难度极大,监控盲区多,无法有效保障工程设施安全。视频智能识别技术在帕古水库工程大坝枢纽区等重要部位布设高清智能摄像头,搭配无人机搭载智能识别模块开展全域巡检,所有视频画面实时传输至管理平台,视频智能识别系统对画面进行自动分析,精准识别人员非法闯入库区等异常情况,一旦发现异常立即触发声光预警,并向管理人员推送预警信息,同步留存视频证据,从而全面提升工程安防水平^[5]。

3 结束语

综上所述,数字化技术作为水利工程运行管理现代化转型的核心驱动力,在筑牢水安全防线等层面展现出不可替代的价值,物联网感知等技术的深度应用,有效推动了水利工程运行管理从传统粗放模式向精细化模式跨越。帕古水库工程相关应用充分验证了数字化技术在复杂环境水利工程中的实效性,为同类工程数字化转型提供了可推广的实践经验。未来水利行业仍然需要持续深化数字化技术的研发,突破技术瓶颈,完善标准体系,从而充分释放数字化技术的赋能效应,助力水利高质量发展,为生态文明建设提供坚实的支撑。

参考文献

- [1]詹华锋,殷剑峰,金鹏飞.水利工程运行中数字化管理技术应用探讨[J].现代工程科技,2025,4(22):145-148.
- [2]郑文杰,王发明,张海波.数字化技术在水利工程监理中的应用研究[J].数码设计(电子版),2024(9):0298-0300.
- [3]王凯丽.数字化技术在水利工程建设管理中的应用研究[J].科海故事博览,2025(21):103-105.
- [4]樊金兰,张晋.水利工程建设管理中数字化技术的应用与前景展望[J].2025(30):196-198.
- [5]王晓君,张耕野,王东.数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用[J].智能城市应用,2024,7(3):126-128. DOI: 10.

作者简介:董群彦,1987.9,男,汉族,研究生,陕西人,中级工程师,研究专业方向:水利工程管理。