

水利工程运维中的数字化技术应用探讨

陈弯弯

中国南水北调集团中线有限公司河南分公司 河南 郑州 450000

摘要: 本文聚焦于水利工程运维中的数字化技术应用,深入分析了水利工程运维面临的挑战以及数字化技术应用的必要性。详细阐述了物联网、大数据、人工智能、云计算、BIM等数字化技术在水利工程运维中的具体应用方式,同时,也指出了数字化技术应用过程中面临的问题,如数据安全、标准规范不完善等,并提出了相应的解决对策。最后对水利工程运维中数字化技术的未来发展趋势进行了展望,旨在为推动水利工程运维的数字化、智能化发展提供有益的参考。

关键词: 水利工程运维;数字化技术;物联网;大数据;人工智能

1 引言

水利工程作为国家基础设施的重要组成部分,在防洪、灌溉、供水、发电等方面发挥着至关重要的作用。水利工程的安全稳定运行直接关系到人民群众的生命财产安全和社会的可持续发展。然而,传统的水利工程运维方式主要依赖人工巡检和经验判断,存在效率低下、准确性不足、难以全面掌握工程运行状态等问题。随着信息技术的飞速发展,数字化技术逐渐渗透到各个领域,为水利工程运维带来了新的机遇和挑战。数字化技术在水利工程运维中的应用,能够实现工程运行状态的实时监测、数据分析与预测、智能决策等功能,有效提高运维效率和质量,降低运维成本,保障水利工程的安全可靠运行。因此,探讨水利工程运维中的数字化技术应用具有重要的现实意义。

2 水利工程运维面临的挑战

2.1 工程规模大、结构复杂

大型水利工程通常具有规模宏大、结构复杂的特点,涉及众多的建筑物和设备设施。以小浪底水利枢纽为例,它由拦河大坝、泄洪排沙洞、引水发电系统等组成。拦河大坝为壤土斜心墙堆石坝,全长1667米,最大坝高154米;泄洪排沙洞共有12条,洞径14.5米;引水发电系统安装6台30万千瓦混流式水轮发电机组。如此庞大且复杂的工程结构,使得运维工作难度极大,传统的运维方式难以对工程的各个部位进行全面、细致地检查和监测,容易遗漏一些潜在的安全隐患。

2.2 运行环境恶劣

水利工程大多位于江河湖泊等水域附近,运行环境恶劣,受到水流、水位、气象等多种因素的影响。三峡工程所在的长江流域,洪水期水流湍急、流量巨大,对大坝和堤防产生巨大的冲击力。例如,在1998年长江

特大洪水期间,三峡大坝尚未建成,长江中下游堤防承受了前所未有的压力,部分堤段出现了滑坡、塌陷等险情。同时,水利工程长期处于潮湿、腐蚀的环境中,设备的金属部件容易生锈腐蚀,影响设备的正常运行和使用寿命。

2.3 运维数据分散、管理困难

水利工程运维过程中会产生大量的数据,包括监测数据、巡检记录、维修报告等。这些数据通常分散在不同的部门和系统中,缺乏有效地整合和管理,难以实现数据的共享和利用。以南水北调中线工程为例,该工程涉及多个省市,沿线分布着众多的泵站、水闸等设施,每个设施都有各自的监测系统和数据记录方式。传统的数据管理方式导致数据查询困难、分析效率低下,无法为运维决策提供及时、准确的支持。

3 水利工程运维中常用的数字化技术

3.1 物联网技术

物联网技术是通过各种信息传感器、射频识别技术、全球定位系统、红外感应器、激光扫描器等各种装置与技术,实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程,采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息,通过各类可能的网络接入,实现物与物、物与人的泛在连接,实现对物品和过程的智能化感知、识别和管理^[1]。在水利工程运维中,物联网技术可以应用于工程结构健康监测、设备运行状态监测、水位水质监测等方面。例如,在大坝上安装传感器,实时监测大坝的位移、沉降、应力应变等参数,及时发现大坝的安全隐患;在水泵、发电机等设备上安装传感器,监测设备的运行温度、振动、电流等参数,实现设备的故障预警和预测性维护。

3.2 大数据技术

大数据技术是指从各种各样类型的数据中,快速获得有价值信息的能力。水利工程运维过程中会产生大量的数据,包括监测数据、巡检记录、维修报告、气象数据等。大数据技术可以对这些海量数据进行存储、管理和分析,挖掘数据背后的潜在价值。通过大数据分析,可以了解工程的运行规律和变化趋势,发现异常情况并及时进行处理。例如,通过对历史水位数据和降雨数据的分析,预测未来水位的变化趋势,为水库的调度和防洪决策提供依据。

3.3 人工智能技术

人工智能技术是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。在水利工程运维中,人工智能技术可以应用于故障诊断、决策支持、智能控制等方面。例如,利用机器学习算法对设备的运行数据进行分析,建立故障诊断模型,实现对设备故障的自动识别和诊断;利用专家系统技术,将专家的知识 and 经验转化为计算机程序,为运维决策提供智能支持;利用智能控制技术,实现对水利设备的自动化控制和优化调度。

3.4 云计算技术

云计算技术是一种基于互联网的计算方式,通过将计算任务分布在大量计算机构成的资源池上,使各种应用系统能够根据需要获取计算力、存储空间和信息服务。在水利工程运维中,云计算技术可以为数字化应用提供强大的计算和存储支持。通过将运维数据存储在云端,可以实现数据的集中管理和共享,方便不同部门和人员对数据的访问和使用^[2]。同时,云计算技术还可以提供弹性的计算资源,根据运维业务的需求动态调整计算能力,提高资源利用效率。

3.5 BIM技术

BIM (Building Information Modeling) 技术即建筑信息模型技术,是以建筑工程项目的各项相关信息数据作为模型的基础,进行建筑模型的建立,通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。在水利工程运维中,BIM技术可以构建水利工程的三维数字化模型,将工程的结构、设备、管线等信息集成在模型中。通过BIM模型,可以直观地展示工程的运行状态和设备设施的位置关系,方便运维人员进行巡检和维护工作。同时,BIM技术还可以与物联网、大数据等技术相结合,实现工程运维的信息化和智能化管理。

4 数字化技术在水利工程运维中的具体应用

4.1 工程结构健康监测

工程结构健康监测是水利工程运维的重要内容之

一。以小浪底水利枢纽为例,利用物联网技术在大坝上安装了多种类型的传感器,包括振弦式应变计、测斜仪、渗压计等,实时监测大坝的位移、沉降、应力应变、渗漏等参数。传感器采集到的数据通过无线传输网络发送到监控中心,利用大数据分析和人工智能技术对数据进行处理,建立结构健康评估模型。当监测数据超过预设的阈值时,系统及时发出报警信息,提醒运维人员采取相应的措施进行处理。在2020年的一次监测中,系统发现大坝某部位的渗流量有轻微异常,运维人员立即进行现场检查和处理,避免了可能发生的安全隐患。

4.2 设备运行状态监测与维护

水利工程中的设备设施众多,如水泵、发电机、闸门等,其运行状态直接影响工程的正常运行。三峡水电站安装了先进的设备状态监测系统,利用物联网技术对发电机组的温度、振动、电流、电压等参数进行实时监测。通过大数据分析技术对设备的运行数据进行分析,建立设备故障预测模型。例如,通过对发电机组振动数据的分析,提前预测到某台机组的一个轴承可能出现故障,并及时安排了维修计划,更换了轴承,避免了机组的非计划停机,减少了经济损失^[3]。同时,利用移动终端技术,运维人员可以随时随地获取设备的运行信息和维护任务,提高了维护工作的效率和及时性。

4.3 水位水质监测与调度

水位和水质是水利工程运行管理的重要指标。南水北调中线工程在水源地丹江口水库和沿线多个关键节点安装了水位传感器和水质传感器,利用物联网技术实时监测水位和水质的变化情况。通过无线通信网络将监测数据传输到调度中心,利用大数据分析和人工智能技术对数据进行分析 and 预测。例如,根据实时水位数据和气象预报信息,结合历史洪水数据,利用智能调度系统制定了合理的调度方案,在保障供水安全的同时,有效应对了可能出现的洪水威胁。同时,通过对水质数据的分析,及时发现水质异常情况,并采取相应的处理措施,保障了出水水质的安全。

4.4 运维管理与决策支持

数字化技术可以实现水利工程运维管理的信息化和智能化。向家坝水电站建立了运维管理信息系统,将工程的监测数据、巡检记录、维修报告等信息集成在系统中,实现运维数据的集中管理和共享。利用大数据分析和人工智能技术对运维数据进行分析 and 挖掘,为运维决策提供科学依据。例如,通过对历史运维数据的分析,找出设备设施的常见故障和维修规律,制定合理的备品备件库存策略,降低了库存成本。同时,利用可视化技

术可以将运维数据和决策结果以直观的图表、地图等形式展示出来,方便决策者进行理解和决策。在2021年的一次防洪调度决策中,通过可视化系统直观地展示了水库的水位、入库流量、出库流量等信息,以及下游河道的洪水演进情况,为决策者制定科学的调度方案提供了有力支持。

5 数字化技术应用过程中面临的问题及解决对策

5.1 数据安全问题

水利工程运维数据涉及工程的运行安全和隐私信息,数据安全至关重要。在数字化技术应用过程中,可能面临数据泄露、篡改、丢失等安全风险。解决对策:加强数据安全管理体系建设,制定完善的数据安全管理制度和流程;采用数据加密、访问控制、备份恢复等技术手段,保障数据的安全性和完整性;加强网络安全防护,建立防火墙、入侵检测等安全防护系统,防止网络攻击和数据泄露。

5.2 标准规范不完善问题

目前,水利工程运维中数字化技术应用的相关标准规范还不完善,导致不同系统之间的数据兼容性和互操作性较差,影响了数字化技术的集成应用和推广^[4]。解决对策:加快制定和完善水利工程运维数字化技术应用的相关标准规范,明确数据格式、接口标准、安全要求等方面的内容;加强行业内的标准宣传和推广,促进不同系统之间的互联互通和数据共享。

5.3 技术集成难度大问题

水利工程运维中涉及多种数字化技术,如物联网、大数据、人工智能、云计算等,这些技术的集成应用难度较大。解决对策:加强技术研发和创新,开展数字化技术集成应用的研究和示范项目;建立技术集成平台,实现不同技术之间的无缝对接和协同工作;加强与科研机构和企业合作,共同攻克技术集成难题。

6 水利工程运维中数字化技术的未来发展趋势

水利工程运维中数字化技术的未来发展前景广阔。一方面,它将与区块链、5G、VR、AR等新兴技术深度

融合,催生诸多创新应用。区块链能确保运维数据安全共享、不可篡改,提升数据可信度;5G可实现监测数据高速传输与实时处理,加快运维响应;VR和AR则为运维人员提供沉浸式培训和操作指导,提高工作效率与质量。另一方面,区域协同和共享发展将成为趋势,通过搭建区域性水利工程运维管理平台,打破地域限制,实现不同地区、工程间的数据共享与协同运维,增强区域水利工程整体运行管理水平和抗灾能力。此外,数字化技术应用还将聚焦绿色可持续发展,通过优化运维策略和资源配置,降低能源消耗和环境污染,推动水利工程运维向绿色、低碳方向迈进。

结语

数字化技术在水利工程运维中的应用是时代发展的必然趋势,它能够有效解决传统运维方式面临的诸多问题,提高运维效率和质量,降低运维成本,保障水利工程的安全可靠运行。虽然目前在数字化技术应用过程中还面临一些问题和挑战,但随着技术的不断进步和完善,这些问题将逐步得到解决。未来,水利工程运维将朝着智能化、融合化、协同化和绿色化的方向发展,数字化技术将在水利工程运维中发挥更加重要的作用。因此,水利管理部门和相关企业应积极推动数字化技术的应用和创新,加强人才培养和技术研发,为水利工程运维的数字化、智能化发展奠定坚实的基础。

参考文献

- [1]徐宏杰.水利工程运维管理中的技术创新与维护策略[J].工程建设与设计,2024,(09):275-277.
- [2]谈震,舒依娜,刘敏,等.水利工程智能运维“云-网-端”全链路监控系统的设计与研究[J].中国农村水利水电,2022,(09):19-24+29.
- [3]陈颖俊,施江峰,刘紫薇,等.建管协同的水利工程数字化管理效益评价[J].江苏建材,2025,(01):122-124.
- [4]李坚.水利工程数字化与智能化发展趋势研究[J].东北水利水电,2024,42(11):64-67.