

智能化技术在水利水电工程中的应用与展望

蔡 珊

河北省水务中心石津灌区事务中心, 河北 石家庄 050051

[摘要]随着信息技术迅猛发展,智能化技术在各行业应用不断深入,水利水电工程作为我国基础设施建设关键部分,其智能化转型特别迫切。此文全面阐述物联网、大数据、人工智能、自动化控制等智能化技术基本原理与发展状况,着重分析这些技术在水利水电工程具体应用,如智能监测、调度运行、预警风险管理、智能维护等。结合数字孪生等前沿技术,展望未来智能化水利水电工程发展趋势与挑战,为推动水利水电行业数字化升级与高效可持续发展提供理论参考与实践指导。

[关键词]智能化技术;水利水电工程;技术应用;智能化趋势

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17774

中图分类号: TV512

文献标识码: A

Application and Prospect of Intelligent Technology in Water Conservancy and Hydropower Engineering

CAI Shan

Hebei Provincial Water Affairs Center Shijin Irrigation District Affairs Center, Shijiazhuang, Hebei, 050051, China

Abstract: With the rapid development of information technology, the application of intelligent technology in various industries is constantly deepening. As a key part of Chinese infrastructure construction, the intelligent transformation of water conservancy and hydropower engineering is particularly urgent. This article comprehensively elaborates on the basic principles and development status of intelligent technologies such as the Internet of Things, big data, artificial intelligence, and automation control. It focuses on analyzing the specific applications of these technologies in water conservancy and hydropower engineering, such as intelligent monitoring, scheduling and operation, early warning risk management, and intelligent maintenance. Combining cutting-edge technologies such as digital twins, we look forward to the future development trends and challenges of intelligent water conservancy and hydropower engineering, providing theoretical references and practical guidance for promoting the digital upgrading and efficient sustainable development of the water conservancy and hydropower industry.

Keywords: intelligent technology; water conservancy and hydropower engineering; technology application; the trend towards intelligence

引言

水利水电工程属于保障国家水资源调控、能源供应以及生态安全的关键工程体系,其建设以及管理水平会对经济社会的可持续发展产生直接影响。传统水利水电工程管理依靠人工操作与经验判断,存在信息采集滞后的状况,还存在着运行效率较低以及风险预警不够及时等诸多问题。近些年来,随着智能化技术持续取得进展,特别是物联网、大数据还有人工智能得到广泛运用,给水利水电工程的管理模式带来了具有革命性的变化。智能化技术借助实时数据采集、智能分析以及自动决策等方式,明显提升了工程在安全性、经济性以及智能化水平方面的表现,推动水利水电工程朝着数字化、自动化以及智能化的方向不断发展。本文围绕智能化技术在水利水电工程中的应用实际状况以及未来的发展趋势展开系统探讨,目的在于揭示智能化技术对于行业变革产生的深远影响,推动水利水电工程的现代化建设进程。

1 智能化技术概述

1.1 物联网技术

物联网技术把传感设备和网络通讯结合起来,建起了

一个能实时感知又能传信息的智能网络系统,给水利水电工程带来了从各个方面、多个角度采集数据的能力。在工程里,传感器可实时监测水流量、压力、湿度、温度等关键指标,把物理世界的数据变成数字信号传到控制中心。物联网不但让信息采集变得更及时、更准确,还让设备之间能互相连通,推动了数据的共享以及协同管理,使得水利水电工程运行的透明度以及智能化水平有了很大提升。

1.2 大数据与云计算

水利水电工程所生成的数据量极为可观,并且呈现出多样化的态势。大数据技术具备处理如此海量、来源多样以及结构各异数据的能力,可深入挖掘出隐藏于数据当中的潜在规律与价值。经过数据清洗、存储以及分析等一系列操作之后,管理人员便能够全面掌握工程运行的整体情况,达成精准的状态评估以及趋势预测。云计算平台给大数据的存储与计算给予了弹性资源方面的有力支撑,使得数据处理的硬件成本得以降低,同时数据处理的效率以及可扩展性也得到了提升。依靠云计算,水利水电工程管理成功实现了从传统的单一系统朝着分布式、动态化以及智能化管理方向的转变。

1.3 人工智能与机器学习

人工智能技术于水利水电工程的应用,主要在数据智能分析以及辅助决策这两个层面有所体现。借助机器学习算法,系统可以从历史运行数据还有实时监测数据当中去学习,进而构建起设备故障诊断模型以及运行优化模型,以此达成故障的早期预警,并且实现运行方案的智能优化。人工智能还推动了智能调度系统的发展进程,让水资源分配以及电力调度变得更加科学合理,从而提升工程的经济效益以及安全性。伴随深度学习、强化学习等技术不断发展,人工智能的应用范围以及智能水平将会持续提升。

1.4 自动化控制技术

自动化控制技术算得上是达成水利水电工程智能化管理的途径。借助控制系统针对机械设备以及运行流程展开实时的监控活动,并且能够自动地进行调节操作,如此一来便可以确保工程能够稳定且高效地运行起来。现代的自动化控制技术包含了像 PLC 控制、SCADA 系统还有分布式控制系统(DCS)等这些方面,其可实现对水闸的开闭操作、机组的运行情况以及排水的调节等关键环节的自动化管理,进而把人为操作出现失误的风险给降了下来,同时也让工程的安全性以及管理效率都得到了提升。自动化控制技术得以成熟的应用,这就为智能化系统的集成以及后续的优化工作打下了一个颇为坚实的根基。

2 智能化技术在水利水电工程中的具体应用

2.1 智能监测系统

2.1.1 结构健康监测

结构健康监测系统会借助应变计、加速度计以及位移传感器等诸多设备,针对水利水电设施的结构性性能还有运行状态展开持续不断的监测工作。此系统能够敏锐地捕捉到结构出现的细微变化信号,像变形情况、裂纹不断扩展的情形以及振动存在异常等状况,并且能够凭借智能算法来对所获取的监测数据加以分析以及评估,从而精准地判断出结构的安全实际状况,还能对潜在的风险予以预测。借助结构健康监测这一手段,管理人员便能够达成对工程设施的早期诊断目标以及合理安排维护事宜的目的,进而促使设施的使用寿命得以延长,确保其运行过程中的安全无虞。与此再联合云平台以及大数据相关技术,结构健康数据就能够实现长期的存储以及深入的分析,从而为后续的设计优化工作以及管理决策事项给予科学层面的依据支撑。

2.1.2 水质与水位监测

水质与水位监测系统运用多参数传感器针对水体的 pH 值、溶解氧、浊度以及温度等相关指标展开实时监测,与此借助水位传感器可精准测量水库、水渠还有下游的水位变化情况。对这些数据加以持续采集并深入分析,能够助力及时察觉水体出现污染、水位存在异常等诸多问题,进而确保水资源得以合理开发利用,维护生态环境处于安

全状态。智能监测系统还能够依据实时水位数据,联合气象预报以及历史数据,给予调度人员科学调整蓄水与排水方案方面的辅助,以此提升水资源调配的工作效率以及操作准确性,减少洪涝灾害以及干旱风险发生的可能性。

2.2 智能调度与运行管理

智能调度系统把实时监测数据同历史运行信息结合起来,借助先进的优化算法以及人工智能技术,达成水利水电工程的自动化运行管理目标。该系统可依据水资源实际状况、用电方面的需求还有气象方面的条件,去科学地规划水库蓄水事宜、发电机组的启停操作以及水流调节工作,以此实现水资源的最充分运用,并且促使经济效益得以提升。智能调度一方面消减了人为决策所具有的主观性以及不确定性,另一方面也提升了应对突发事件时的灵活性以及响应的速度。凭借智能运行管理平台,相关的管理部门能够实时知晓工程的运行状态,进而开展远程监控以及远程控制相关操作,推动水利水电系统朝着智能化、集约化管理的方向去转变。

2.3 智能预警与风险防控

在自然灾害和设备故障带来复杂风险的情况下,智能预警系统整合多源数据与智能算法,达成对洪水、滑坡、泥石流等灾害的早期预警,还能预判关键设备故障。该系统借助传感器来监测环境变化,同时融合气象预报、地质信息以及运行数据,凭借机器学习模型去识别潜在风险信号,从而提前发出预警信息。智能预警拓展了灾害应对的时间窗口,降低了经济损失与人员伤亡,并且给决策者提供了科学依据,助力制定应急预案以及风险管理措施,切实增强了水利水电工程的安全保障能力。

2.4 智能维护与无人巡检

智能维护技术借助对设备运行数据展开分析,达成故障的精确诊断以及预测性维护,如此一来便能让设备停机时间得以减少,维修成本也能相应降低。无人机还有机器人技术在巡检作业当中的运用,使得巡检效率以及安全性都得到了大幅度的提升。无人机可以迅速完成针对大面积区域以及存在较高风险区域的图像采集以及实时监测工作,进而获取到高清视频以及红外图像,凭借这些图像能够对堤坝出现的裂缝、渗漏以及植被发生的变化等一系列问题加以检测。地面以及水下机器人能够进入到人力难以触及的环境当中,去完成设备检测、清理以及修复等各项任务,以此来确保相关设施能够正常地运行。这样的智能维护方式在很大程度上提升了巡检的覆盖范围以及精细程度,也有力地推动了水利水电工程维护管理朝着智能化的方向去转型。

2.5 数据集成与信息共享平台

第一,数据集成涉及将水利水电工程中各个环节产生的数据进行整合,包括水文水情数据、设备运行数据、维护记录等,以确保数据的完整性和一致性。通过数据集成,

可以实现不同系统和平台之间的数据无缝对接和交换,避免了数据孤岛和信息割裂的问题,提高了数据的利用效率和管理水平。第二,数据共享是指在建立信息化平台的过程中,各个相关部门和单位之间共享数据资源,实现信息的互通共享,以促进工程管理的协同和统一。通过建立数据共享机制,可以实现信息的共享共用,避免了重复采集数据,提高了工作效率和资源利用效率。同时,数据集成与共享还可以为水利水电工程的科学决策和智能化管理提供可靠的数据支撑,为工程管理提供更加科学、精准的数据支持。

3 未来发展趋势与展望

3.1 数字孪生技术应用前景

数字孪生技术会构建起水利水电工程实体系统的数字化映射,借此达成在工程整个生命周期之内的虚拟仿真以及实时监控。此项技术可实时呈现出工程结构状态、水流变化情况、设备运行状况等诸多维度的信息,从而助力于工程设计方面的优化、运行调度事宜以及维护管理等相关方面的决策工作。在未来,数字孪生将会成为促使水利水电工程迈向智能化转型的关键核心技术,其依靠虚拟与现实的紧密交融,能够让风险评估、故障预测以及应急演练等工作实现智能化,进而提高工程所具备的安全性以及响应的能力。与此伴随计算能力的增强以及传感技术的发展,数字孪生模型也会变得更加精准且更具动态特性,进而给工程管理不断带来创新的动力。

3.2 融合智能化技术的水利水电工程

未来的水利水电工程会把物联网、大数据、人工智能、自动化控制以及机器人技术融合起来,打造出一个多种技术协同运作的智能生态系统^[1]。依靠智能传感设备来实时收集环境还有设备方面的数据,再和大数据分析以及人工智能算法相互结合起来,进而达成对复杂工程系统进行精准感知并且能够自主调节的目的。自动化控制还有机器人技术能够确保工程高效地运行并且维护其安全。多种技术融合到一起,一方面提升了工程的智能化程度,另一方面也强化了系统的稳定性以及适应性,对于应对气候变化以及极端天气所带来的各种挑战是很有帮助的。融合了智能化技术的水利水电工程会有更强的柔性以及韧性,推动整个行业朝着智慧水利的新时代不断前进。

3.3 人工智能驱动的自主决策系统

人工智能驱动的自主决策系统借助对海量数据展开的深度学习以及细致分析,可达成对水利水电工程运行的智能优化目标,同时也能完成自动调度相关事宜。这一系统不但可以依据实时获取的数据自行对水资源配置状况做出调整,并且能够针对发电计划予以相应调节,而且还能够对设备的状态加以预测,同时预估潜在存在的各类风险,进而实现故障预警的精准化,同时也可制定出更为合

理的维护策略^[2]。在往后的日子里,伴随算法持续不断地得到优化,再加上计算资源得以提升,自主决策系统将会拥有更为强大的自适应能力以及学习能力,其能够在环境复杂且多变的情形下实现自主的运行状态,如此一来便能够大幅提升工程在经济方面的效益,同时也能使安全保障的水平得到明显提高。该系统要是得以广泛地应用起来,那么它极有可能成为推动水利水电朝着智能化方向转型的关键性驱动力量。

3.4 绿色智能水利水电工程建设

绿色智能理念着重于在水利水电工程建设以及运行期间,充分考虑环境保护事宜并注重资源的高效利用,以此来促进可持续发展进程。在未来,智能化技术能够助力达成低能耗、低排放并且对环境较为友好的工程运营状态,借助精准调控水资源以及优化能源使用的方式,降低其给生态环境带来的影响。智能监测和预警系统可有效地对生态风险加以防控,进而保障水质状况以及生物多样性的存续^[3]。与此绿色智能技术还涵盖利用智能材料以及节能设备的做法,以此来提升整个工程的环境适应能力以及资源循环利用的能力。绿色智能水利水电工程会成为推动生态文明建设工作以及实现“双碳”目标的关键支撑力量。

4 结语

智能化技术是推动水利水电工程走向现代化的关键力量,它正一点一点地改变传统的工程管理模式,促使管理方式从依靠人工经验转变为依靠数据以及智能决策来驱动。借助物联网、大数据、人工智能以及自动化控制等一系列技术的应用,水利水电工程在监测、调度、预警以及维护等多个方面的智能化程度得到了明显提高,这有力地保障了工程能够安全且稳定地高效运行。在未来,随着数字孪生以及自主决策系统等先进技术逐渐变得成熟起来,智能化水利水电工程将会达成更为精准、更具动态性以及更契合绿色环保理念的管理效果,推动资源得到科学合理的利用,同时也对生态环境起到保护作用。展望未来的发展趋势,智能化技术会成为水利水电行业实现可持续发展的核心推动力量,推动我国乃至全球范围内的水利水电工程朝着智慧水利的新时代迈进。

【参考文献】

- [1]曹刚.智能化技术在水利水电工程中的应用与展望[J].张江科技评论,2025(1):88-90.
- [2]张忠惠.智能化在水利水电工程管理中的应用[J].大众标准化,2024(16):170-172.
- [3]张盼.智能化管理系统在水利水电工程项目中的应用探讨[J].科技与创新,2025(5):204-207.

作者简介:蔡珊(1985—),男,毕业院校:河海大学,所学专业:水利水电工程,当前就单位:河北省水务中心石津灌区事务中心,职称级别:工程师。