

# Application of intelligent technology in monitoring and management of water conservancy and hydropower projects

Weiguo He

SINOHYDRO ENGINEERING BUREAU 8 CO.,LTD., Changsha, Hunan, 410007, China

## Abstract

Safe, stable and efficient management is an important issue in the construction of water conservancy and hydropower projects. The traditional monitoring and management mode has the disadvantages of lagging data collection, low analysis efficiency and lagging decision-making, which can no longer meet the increasingly complex management needs of water conservancy and hydropower projects. This paper mainly studies the application of intelligent technology in the monitoring and management system of water conservancy and hydropower projects. Based on the analysis of the characteristics and requirements of water conservancy and hydropower projects, the intelligent technologies such as Internet of Things, big data and artificial intelligence are integrated into the engineering monitoring system. Intelligent technology can realize real-time perception, accurate analysis and intelligent decision-making, and improve engineering safety, reliability and management efficiency. Therefore, it is of great significance to explore the application of intelligent technology in monitoring and management of water conservancy and hydropower projects.

## Keywords

intelligent technology; water conservancy and hydropower project; monitoring and management; application exploration

## 智能化技术在水利水电工程监测与管理中的应用探索

何卫国

中国水利水电第八工程局有限公司科研设计院监测中心, 中国·湖南长沙 410007

## 摘要

安全、稳定、高效管理是水利水电工程建设中的一个重要课题, 传统的监测管理模式存在着数据收集滞后、分析效率低下、决策滞后等不足, 已不能满足日益复杂的水利水电工程管理需求。本文主要针对水利水电工程监控管理系统中应用智能化技术进行研究。在分析水利水电工程项目特点及需求的基础上, 将物联网、大数据、人工智能等智能技术融入到工程监测系统中。智能技术可以实时感知、精确分析、智能决策, 提高工程安全、可靠和管理效率, 因此对智能化技术在水利水电工程监测与管理中的应用探索具有重要意义。

## 关键词

智能化技术; 水利水电工程; 监测与管理; 应用探索

## 1 引言

水利水电工程作为国家重要基础设施, 担负着防洪、发电、供水、灌溉等重要任务, 其安全运行和科学管理对人民群众的生命财产安全具有重要意义。随着工程规模的扩大, 结构的复杂化, 以及复杂多变的运营环境, 传统的监控管理模式已日益显露出其不足之处。近几年来, 物联网、大数据、人工智能、云计算等智能技术的迅猛发展, 给水利水电工程监控管理带来全新的契机。在监测方面, 建立基于物联网的实时传感网络, 精确获取水位、流量和坝体形变等关键参数。采用大数据分析处理方法处理海量监测数据, 从中挖掘隐含的规律, 利用人工智能算法对工程安全状态进行智能预

警。在管理上, 通过开发智能管理平台, 将项目建设、运营、维修等全过程数字化, 提高管理效率。成果可有效提高工程监控的实时性与精度, 提升管理决策的科学性, 为水利水电工程安全稳定运行提供强有力的保障。

## 2 水利水电工程监测与管理的现状及需求

### 2.1 传统监测与管理的局限性

传统的水利水电工程监测手段以人工观察为主, 并辅以少量的自动传感器进行监测。人工观测受到气象、时间、人员水平等多种因素的影响, 资料的精度与连续性很难保证<sup>[1]</sup>。如在大坝变形监测中, 传统的精密水准测量方法需现场测量, 耗时耗力, 且不能在恶劣天气条件下实施, 造成观测不连续。另外由于传感器布设数量有限、监测范围狭窄, 很难全面反映整个工程状况。

在管理上, 传统管理模式存在着严重的“信息孤岛”

【作者简介】何卫国(1977-), 男, 中国湖南安乡人, 本科, 工程师, 从事工程监测、工程测量研究。

现象。项目在设计、施工和运行各阶段的数据均由不同的单位、部门管理,存在格式不统一、难以共享的问题。这样就造成管理者不能及时地获得工程信息全貌,只能依赖于当地数据来做决策,影响了决策的科学性。另外,工程维修以定期维修为主,缺乏针对性、预见性,易造成维修过多或过少,增加项目运营成本。

## 2.2 智能化技术应用的必要性

随着水利水电工程建设规模的不断扩大,工程的复杂度和安全性要求也越来越高,迫切需要高精度、高效率、高时效性的监控管理。智能技术可以突破传统监测方式的限制,实现对监测数据的实时采集、传输与深度分析,为安全评价提供全面、精确的数据支撑<sup>[2]</sup>。同时,通过建立智能管理平台,可实现项目各个环节信息的整合,实现了信息共享和协作,提高了项目管理的效率。

例如,在防洪调度方面,智能监测系统能够实时获取降雨、水位、流量等资料,利用大数据分析与人工智能算法,对洪水的发展趋势进行预测,及时准确地为防洪决策提供依据,使洪涝灾害的损失降到最低。在水电厂运行管理中,利用智能技术可以实时监控机组运行状态,及时发现故障,及时预警,提高机组运行可靠性,延长机组使用寿命。

## 2.3 设计依据确定

智能化技术应用于水利水电工程监控管理的设计依据主要有工程实际需要、相关技术标准与规范、智能技术的发展水平等。以工程实际需要为出发点,不同的水利水电工程具有不同的功能与特点,不同的监测参数、管理流程的确定等。相关技术标准与规范可为应用设计提供技术指导与约束,以保证应用方案的科学与安全。如《大坝安全监测自动化技术规范》对水利工程监测系统的设计、安装和调试作了明确的规定,应严格执行。智能技术的发展水平决定着应用方案的可行性与先进性,为了保证应用效果,必须根据当前技术的成熟度来选择合适的技术与设备。

# 3 智能化技术在水利水电工程监测中的应用设计

## 3.1 物联网感知系统设计

物联网传感系统由传感器、数据传输网络、数据采集终端等构成,是水利水电工程实时监控的基础。在实际工程中,应根据监测参数的特性,结合工程实际来选择传感器的选择与布置<sup>[3]</sup>。对于水位和流量等水文参数的监测,可以选择超声波液位计和电磁流量计等传感器。利用 GNSS 接收机和全站仪等设备对大坝、堤坝等建筑物进行形变监测,可以实现高精度、自动化的形变测量。

数据传输网络负责将传感器采集到的数据传送给数据采集终端。在信号良好的地区,可以采用 4G 和 5G 等无线通信技术,安装方便、灵活性高、造价便宜;在布线方便的地区,可以采用高速传输和抗干扰性强的光纤通信。数据采

集终端负责对接收到的数据进行初步处理、存储,并上传到数据中心,为后续数据分析提供原始数据。

## 3.2 大数据分析系统设计

水利水电工程监测数据规模庞大,具有多源、异构、时序性等特征,传统数据处理手段已很难满足要求。大数据分析系统是通过大量监测数据进行清洗、集成、分析与挖掘,从中提炼出有价值的信息。数据清洗就是剔除噪音、离群点,保证数据准确<sup>[4]</sup>。数据集成就是将不同来源和格式的数据转换成统一的格式,方便后续处理,在资料分析方面,运用统计分析、数据挖掘等方法,对资料的变动趋势、关联性等进行分析,数据挖掘技术可以挖掘数据中隐含的规律与逻辑,为安全评价提供基础。

例如,通过长时间的监测资料分析,建立大坝变形与温度、水位等因素之间的关系模型,实现对坝体变形趋势的预测,及时发现异常变形。可利用 Hadoop 和 Spark 等分布式计算框架,提高数据处理效率。

## 3.3 人工智能预警系统设计

智能预警系统是一种基于人工智能算法的工程安全状态评估与预警系统,它可以提高预警的精度与时效性。它以监测数据作为输入,以安全状况作为输出,建立了工程安全评价模型。在此基础上,利用支持向量机和神经网络等机器学习算法,通过对历史数据进行训练,使模型能准确地识别出项目的安全状况。

在预警机制设计方面,采取多层次预警模式,根据项目安全状况的严重性,分别设置蓝、黄、橙、红四个预警等级。当监测数据超出设定阈值时,系统会自动向相关人员发送相应等级的预警信息,并通过短信或电子邮件通知相关人员,使其能够及时采取措施。如当坝体变形率超出警戒阈值时,系统会发出黄色警报,提醒管理者加强监控;当变形量达到一定的临界值,就会发出红色警报。

# 4 智能化技术在水利水电工程管理中的应用设计

## 4.1 智能化管理平台设计

智能管理平台是水利水电项目全过程管理的核心,它将项目的设计、施工、运行和维护等各环节的信息进行集成,实现信息的共享和协作。该平台采用了 B/S 体系结构,用户可通过浏览器进行访问,操作简单、快捷。该平台实现了项目信息管理,进度管理,质量管理,安全管理,设备管理等多个功能模块。

项目信息管理模块保存项目的基础资料、设计图和合同文档等,为项目管理者提供全面的项目信息。进度管理模块对项目进度进行实时跟踪,与计划进度相比较,发现进度偏差并采取相应措施<sup>[4]</sup>。质量管理模块记录工程质量检验数据,跟踪并解决质量问题。安全管理模块负责安全隐患的排查与管理,保证施工及运营的安全。设备管理模块实现设备

采购、安装和维修的全过程管理。

#### 4.2 智能决策支持系统设计

智能决策支持系统由数据库、模型库、方法库及人机交互系统构成，是水利水电项目管理决策的科学依据。数据库储存项目监控、管理等方面的数据，模型库包含了防洪调度、水资源优化分配等多种决策模型，方法库为模型的求解提供了算法与方法，人机交互系统实现了用户和系统之间的交互，用户可以在其中进行决策参数的输入和查询。

在防洪调度过程中建立防洪调度模型，根据雨情、水情等信息，对不同的调度方案进行预测，为管理者提供最优调度方案。在水资源管理方面，建立水资源优化配置模型，将生活、生产和生态用水需求结合起来，合理配置水资源，提高水资源利用率。

#### 4.3 数字孪生系统设计

数字孪生系统是水利水电项目的数字映射，它能实时地反映项目的物理状态及运行状态，是水利水电项目管理中的一个重要组成部分<sup>[6]</sup>。通过建立项目的三维数字化模型，实现了监控数据和管理数据与数字化模型的关联，实现项目可视化管理。数字孪生系统能够模拟不同工作状态下的工程运行状态，为项目设计优化、运营调度、应急演练等提供虚拟环境。

例如，在大坝设计阶段，采用数字孪生技术，可对不同设计方案下坝体受力状态及工作性能进行仿真，并对设计方案进行优化；在运行阶段，利用数字孪生技术对坝体变形、渗流等进行实时监测，模拟洪涝、地震等极端条件下大坝的响应，为应急决策提供支撑。

### 5 案例分析

#### 5.1 工程概况

如某集防洪、发电、灌溉和航运于一体的大型水利水电枢纽工程，总库容 100 亿立方米。该项目建成后为该地区经济发展、社会稳定发挥重要作用。项目规模大，结构复杂，监控管理难度大，传统的监控手段已很难满足要求，因此引入智能技术开展监控管理。

#### 5.2 智能化应用方案实施

在监控方面，建立完备的物联网传感系统，项目拟通过在坝体表面及内部布置 GNSS 形变监测装置、渗压计、应力计等传感器，对坝体变形、渗透、应力等参数进行实时监测。在水库及上、下游河段均布设水位计、流量计等仪器，对水位、流量等水文参数进行监测。采用光纤与 5 G 技术相结合的方式传输数据，保证数据的实时性。通过大数据

处理与分析，建立大坝安全评价模型；智能预警系统根据评估结果及时预警，提升项目安全保障水平。

在管理上，开发一个将项目设计、施工和运营信息集成的智能化管理平台。该平台实现项目管理的数字化、协同性。该智能决策支持系统能够为防洪调度、水资源调配等决策提供科学依据。利用数字孪生技术建立项目三维数字化模型，实现项目可视化管理与仿真模拟。

#### 5.3 实施效果

该智能技术方案实施以来效果明显。在监测方面，本项目实现了工程关键参数的实时精确监测，数据采集频率由传统的每周 1 次提升至每日 1 次，精度提高 50% 以上。利用大数据分析智能预警技术，对多期小规模坝体变形及渗透异常进行了预报，并采取了相应的预防措施，避免了重大安全事故。

从管理角度看，智能管理平台的应用使项目管理效率提高 30% 以上，信息传递时间由数天缩短至数分钟，各部门间的协作更加流畅。智能决策支持系统对防洪调度起到了很大的作用，经优化调度方案，使洪灾损失减少 1 亿元左右。“数字孪生”技术为项目的维修与改造提供了强有力的支撑，可使维修费用降低 20% 左右。

### 6 结语

综上，将智能化技术应用于水利水电工程监控管理，可以有效地解决传统监控方式存在的不足，提高工程安全、可靠、高效的管理水平。在实际应用中，要充分考虑到工程实际需要，按照相关技术规范要求，选用适当的智能技术与设备。同时，要注意系统集成与协同，实现监控和管理的一体化。通过不断地探索与实践，促进智能技术在水利水电工程中的广泛应用，为水利水电事业的发展作出更大的贡献。

#### 参考文献

- [1] 王佛刚.水利水电工程复杂环境下的安全监测与预警策略分析[J].中国高新科技,2024,(24):103-105.
- [2] 曾文樱.水利水电工程质量管理策略研究[J].水上安全,2024,(23):40-42.
- [3] 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.
- [4] 熊淑娟.电气自动化在水利水电工程中的应用研究[J].水上安全,2024,(20):49-51.
- [5] 陈杰.基于BIM技术的水利水电工程全生命周期管理分析[J].低碳世界,2024,14(10):124-126.
- [6] 杨岩.数字孪生在水利泵站智能化管理中实践应用[J].水上安全,2024,(19):74-76.