

# 水利工程运行管理中自动化监控系统的构建与应用

倪晓冉

泰安市河湖管理保护服务中心 山东 泰安 271000

**摘要：**本论文围绕水利工程运行管理中自动化监控系统的构建与应用展开深入探讨。详细阐述了自动化监控系统构建的必要性、系统架构设计、关键技术以及实际应用场景，并分析了系统应用过程中面临的挑战与应对策略，旨在为水利工程自动化监控系统的建设与优化提供理论参考与实践指导，提升水利工程运行管理的效率与安全性。

**关键词：**水利工程；运行管理；自动化监控系统；系统构建；应用实践

## 1 引言

水利工程作为保障国家水资源合理利用、防洪抗旱、促进经济社会可持续发展的重要基础设施，其运行管理的科学性与安全性至关重要。传统的水利工程管理模式主要依赖人工巡查、人工记录和人工分析，存在效率低、实时性差、误差大等问题。随着信息技术、传感器技术、通信技术以及计算机技术的飞速发展，自动化监控系统在水利工程运行管理中的应用成为必然趋势。自动化监控系统能够实现对水利工程设施运行状态的实时监测、数据自动采集与传输、智能分析与预警，极大地提高水利工程运行管理的效率和精准度，降低安全风险，为水利工程的稳定运行和科学决策提供有力支持<sup>[1]</sup>。

## 2 水利工程运行管理中自动化监控系统构建的需求分析

### 2.1 保障工程安全运行的需求

水利工程中的大坝、水闸、泵站等关键设施长期处于复杂的工作环境中，受到水流冲刷、地质变化、气候变化等多种因素的影响<sup>[2]</sup>。通过构建自动化监控系统，可以实时监测大坝的位移、渗流、应力应变，水闸的启闭状态、水位变化，泵站的设备运行参数等关键指标，及时发现设施运行过程中的异常情况，为工程安全运行提供早期预警，避免重大安全事故的发生。

### 2.2 提高管理效率的需求

传统人工管理模式下，水利工程管理人员需要花费大量时间和精力进行现场巡查和数据记录，信息反馈不及时，难以对工程运行状态进行全面、动态的掌握。自动化监控系统能够自动采集、传输和处理数据，管理人员可以通过计算机或移动端随时随地获取工程运行信息，快速做出决策，大大提高管理效率，减少人力成本投入<sup>[3]</sup>。

### 2.3 实现水资源科学调度的需求

水资源的合理调度对于保障供水安全、满足农业灌

溉和工业用水需求、维持生态平衡具有重要意义。自动化监控系统可以实时监测流域内的水位、流量、水质等信息，结合气象预报和用水需求数据，运用数学模型和智能算法进行水资源调度方案的优化，实现水资源的科学合理分配，提高水资源利用效率<sup>[4]</sup>。

## 3 水利工程监控系统架构设计

### 3.1 感知层

感知层作为系统根基，由多元化传感器与数据采集设备构成。智能水位传感器融合压力式、雷达式技术，实现毫米级精度监测，具备自动温补与抗电磁干扰能力，适应洪水期强电磁与结冰期极端环境。流量传感器采用超声波时差法结合多普勒原理及动态流速建模，复杂水流条件下流量测算误差控制在 $\pm 1\%$ 以内。水质监测单元集成多参数传感器阵列，涵盖 pH 值、溶解氧等核心指标模块，高端型号搭载生物毒性传感器，15 分钟内完成突发污染毒性预警<sup>[5]</sup>。大坝安全监测中，高精度位移传感器融合 MEMS 惯性测量与激光测距技术，联合分布式光纤传感实现毫米级位移监测；应力应变传感器通过植入式光纤光栅构建三维应力感知网络，长期在线监测结构应力变化。温湿度传感器具备 IP68 防护等级，在 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 宽温域稳定工作，实时监测关键区域环境参数。传感器通过低功耗微控制器将物理量转化为电信号，经 24 位 ADC 处理后，按数据紧急程度分级传输：常规数据通过广域网长距离传输，关键数据利用 5G 网络切片保障实时性，经端到端加密后传输至网络层<sup>[6]</sup>。

### 3.2 网络层

网络层作为连接枢纽，涵盖通信网络与传输协议。通信网络依场景配置：近距离高稳定性需求场景采用光纤网络，如大坝渗流监测，其低延迟、高带宽特性使关键数据传输延迟从秒级降至毫秒级，丢包率趋近于零；偏远或布线障碍场景选用无线网络，4G/5G 适用于大流量实时监测，凭借低功耗强覆盖用于水位雨量长期监

测,平衡远距离与低功耗,适用于分散设备组网。数据传输协议中,TCP/IP 凭借可靠机制与兼容性支持多系统交互;MQTT 基于发布/订阅模式,以低带宽、低功耗优势应对不稳定网络下的海量数据传输,降低拥塞风险。标准化协议确保跨设备数据精准高效流转<sup>[7]</sup>。

### 3.3 应用层

应用层实现数据价值转化与智能决策,包含四大模块:数据处理与存储,清洗原始数据去除噪声与异常值,转换格式后存入数据库。中小型项目采用 MySQL (开源轻量),大型工程选用 Oracle (强事务处理与安全性),保障数据管理效率与可靠性。数据分析与决策支持,运用数据挖掘、机器学习技术,通过关联规则、聚类分析探索指标关联,构建时间序列等预测模型预判运行状态,结合专业知识输出调度与维护决策建议。可视化展示,借助 GIS 技术与可视化工具,在电子地图上实时呈现工程布局与监测数据,通过折线图、柱状图等对比分析,生成含运行统计、设备状态、异常记录的报表,助力管理人员快速掌握全局。预警报警,预设指标阈值与报警规则,实时数据触发异常(如水位超限、设备参数波动)时,启动多级预警:监控中心声光报警同步短信、邮件通知管理人员,包含报警时间、位置、异常数据及处理建议,确保及时响应排除隐患。

## 4 水利工程运行管理自动化监控系统的关键技术

### 4.1 传感器技术

作为自动化监控系统感知外界信息的核心部件,传感器如同系统的“眼睛”与“耳朵”,其性能优劣决定着监测精度与运行可靠性。伴随微机电系统(MEMS)技术、纳米技术的迭代突破,传感器正加速向小型化、智能化、高精度、低功耗方向演进。以新型光纤传感器为例,凭借卓越的抗电磁干扰能力、超高灵敏度及强耐腐蚀特性,能够轻松应对水利工程复杂多变的监测环境<sup>[8]</sup>;而智能传感器则通过集成自动采集、实时处理及高速传输功能,显著降低数据传输过程中的误差率与延迟问题,大幅提升系统响应效率。

### 4.2 通信技术

稳定、高效的通信技术是自动化监控系统数据传输的关键。光纤通信具有传输速率高、容量大、抗干扰能力强等优点,在水利工程自动化监控系统中广泛应用于数据中心与重要监测点之间的连接;无线网络技术则解决了偏远地区和移动监测设备的数据传输问题。4G/5G 通信技术具有高速率、低延迟的特点,能够满足实时视频监控和大数据量传输的需求。

### 4.3 数据处理与分析技术

水利工程自动化监控系统在运行过程中会产生海量的数据,如何对这些数据进行有效的处理和分析是系统应用的关键。数据处理技术包括数据清洗、数据集成、数据转换等,能够去除噪声数据、整合多源数据,提高数据质量。数据分析技术主要包括数据挖掘、机器学习和人工智能算法。例如,通过建立大坝位移预测模型,运用机器学习算法对历史位移数据和相关影响因素进行分析,预测大坝未来的位移趋势;利用人工智能算法对水质监测数据进行分析,判断水质变化原因和趋势,为水资源保护和污染治理提供决策支持<sup>[9]</sup>。

### 4.4 GIS 技术

地理信息系统(GIS)技术能够将水利工程的空間信息与监测数据相结合,直观地展示水利工程的地理位置、周边环境以及设施运行状态。通过 GIS 地图,管理人员可以快速定位监测点,查看该点的详细监测数据和历史变化情况;同时,GIS 技术还可以用于水利工程的规划设计、洪水模拟分析、水资源调度方案的可视化展示等,提高水利工程管理的科学性和可视化水平<sup>[10]</sup>。

## 5 水利工程运行管理自动化监控系统的应用实践

### 5.1 大坝安全监测

在某大型水库大坝的自动化监控系统应用中,通过在大坝内部和表面安装位移传感器、渗流传感器、应力应变传感器等,实现了对大坝位移、渗流量、应力应变等关键指标的实时监测。系统将采集到的数据通过光纤网络传输至监控中心,运用数据分析模型对数据进行处理和分析。当发现大坝某一部位的位移变化速率超过预设阈值时,系统立即发出预警信号,并通过短信通知相关管理人员。管理人员根据预警信息,及时组织技术人员进行现场检查和分析,采取相应的加固措施,有效保障了大坝的安全运行。

### 5.2 水闸运行管理

在某流域的水闸自动化监控系统中,通过安装水位传感器、闸门开度传感器、启闭机运行状态传感器等设备,实现了对水闸上下游水位、闸门启闭状态和启闭机运行参数的实时监测。系统根据流域的防洪调度要求和水资源管理需求,自动生成水闸启闭控制指令,通过无线网络传输至水闸现场控制系统,实现水闸的自动启闭。同时,管理人员可以通过手机 APP 远程监控水闸运行状态,查看实时数据和历史记录,当水闸出现异常情况时,系统能够及时发出报警信息,方便管理人员快速处理。

### 5.3 泵站运行监控

在某灌溉泵站的自动化监控系统中,对泵站的电

机、水泵、变频器等设备的运行参数进行实时监测,包括电压、电流、转速、流量、压力等。系统通过数据分析算法对设备运行状态进行评估,预测设备故障发生的可能性,并提前发出预警。当设备出现故障时,系统能够自动记录故障发生的时间、类型和相关数据,为维修人员提供准确的故障诊断信息,缩短设备维修时间,提高泵站的运行效率和可靠性。

## 6 水利工程运行管理自动化监控系统应用面临的挑战与应对策略

### 6.1 面临的挑战

#### (1) 数据安全问题

自动化监控系统涉及大量的水利工程运行数据和敏感信息,这些数据一旦被窃取或篡改,可能会对工程安全和水资源管理造成严重影响。网络攻击、数据泄露等安全威胁日益增加,保障数据安全成为系统应用的重要挑战。

#### (2) 系统兼容性问题

水利工程自动化监控系统通常由多个不同厂家的设备和软件组成,由于各厂家的技术标准和通信协议不一致,导致系统之间存在兼容性问题,影响数据的共享和系统的协同工作。

#### (3) 运维管理问题

自动化监控系统的正常运行依赖于先进的设备和复杂的软件系统,对运维管理人员的技术水平要求较高。目前,水利工程管理单位普遍存在运维管理人员不足、技术水平参差不齐的问题,难以满足系统运维管理的需求。

### 6.2 应对策略

#### (1) 加强数据安全防护

采用数据加密、访问控制、入侵检测、防火墙等技术手段,构建多层次的数据安全防护体系。定期对系统进行安全评估和漏洞扫描,及时发现和修复安全隐患;加强对运维管理人员的数据安全培训,提高安全意识。

#### (2) 统一技术标准和通信协议

制定水利工程自动化监控系统的技术标准和通信协议规范,推动各厂家设备和软件的标准化生产和开发。在系统建设过程中,优先选择符合标准的产品和技术,确保系统之间的兼容性和互操作性。

#### (3) 加强运维管理队伍建设

加大对运维管理人员的培训力度,定期组织技术培

训和交流活动,提高运维管理人员的技术水平和业务能力;建立健全运维管理制度,明确运维管理人员的职责和 workflow,加强对系统运行状态的实时监控和维护,确保系统的稳定运行。

## 结论

水利工程运行管理中自动化监控系统的构建与应用是提高水利工程管理水平、保障工程安全运行、实现水资源科学调度的重要手段。通过合理设计系统架构,应用先进的传感器技术、通信技术、数据处理与分析技术和 GIS 技术,自动化监控系统能够实现对水利工程运行状态的实时监控、智能分析和精准控制。尽管在系统应用过程中面临着数据安全、系统兼容性和运维管理等方面的挑战,但通过采取相应的应对策略,可以有效解决这些问题。未来,随着信息技术的不断发展,水利工程自动化监控系统将朝着智能化、集成化、协同化的方向发展,为水利事业的发展提供更强大的技术支持。

## 参考文献

- [1]水利工程运行管理中存在问题及对策.赵广甲;刘爱国.山东水利,2022(08)
- [2]水利工程运行管理方式的改革路径探究.代晓旭.城市建设理论研究(电子版),2022(27)
- [3]水利工程运行管理常见问题与运行优化措施研究.周旭东;胡曦;张莹.中国设备工程,2022(08)
- [4]水利工程运行管理中的问题及其对策探析.方久涌;周文国;钱学荣.城市建设理论研究(电子版),2018(33)
- [5]严守水利工程安全底线不断提升运行管理水平——访水利部运行管理司司长张文洁.张瑜洪;韩涵.中国水利,2022(24)
- [6]西湖区水利工程运行管理与标准化融合提升的探索.王志平.水电站机电技术,2022(08)
- [7]新时期水利工程运行管理标准化建设策略探究.崔迎华;李晓明.中国住宅设施,2024(S1)
- [8]水利工程运行管理与水资源的可持续利用分析.何卫军;陈晓兴.门窗,2015(12)
- [9]以政府购买服务方式开展水利工程运行管理的可行性研究.李彬;王璐.水利技术监督,2022(10)
- [10]水利工程运行管理与水资源的可持续利用.许华.南方农机,2017(18)