

# Practice of Upgrading and Renovating the Safety Monitoring Automation System for the Zaoshi Hydroproject

Jiade Zhang Jianping Chao Wei Yang Kun Li Junwei Zhu

Hunan Lishui Hydro & Power Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

## Abstract

As an important means of mastering the safety status of dams, safety monitoring can timely detect abnormal phenomena and safety hazards, ensuring the safe and stable operation of dams. This paper fully considers the adaptability of the on-site environment and upgrades the safety monitoring automation system of Zaoshi Hydroproject from the aspects of communication networking and instrument equipment. It realizes comprehensive IoT perception and automated collection of dam safety status, which can provide important data foundation for safety monitoring management analysis. At present, the upgraded and renovated safety monitoring automation system has been running stably for more than 2 years, effectively improving the efficiency and stability of automated collection, and can provide reference for similar projects.

## Keywords

hydroproject; safety monitoring; automation system; upgrade and transform

# 皂市水利枢纽大坝安全监测自动化系统升级改造实践

张家德 巢建平 杨威 李昆 朱军威

湖南澧水流域水利水电开发有限责任公司, 中国·湖南长沙 410000

## 摘要

安全监测作为掌握大坝安全性态的重要手段,能够及时发现异常现象和安全隐患,保证大坝安全稳定运行。论文充分考虑现场环境适应性,从通信组网、仪器设备两个方面对皂市水利枢纽安全监测自动化系统进行升级改造,实现了大坝安全性态的全面物联感知和自动化采集,能够为安全监测管理分析提供重要的数据基础。目前,升级改造后的安全监测自动化系统已稳定运行超过2年,有效提升了自动化采集的效率及稳定性,可为类似工程提供参考。

## 关键词

水利枢纽; 安全监测; 自动化系统; 升级改造

## 1 引言

安全监测作为掌握大坝安全性态的重要手段,可利用监测仪器对水工结构以及周围环境等进行测量,获取现场变形、渗流、应力应变及温度等实测数据,并结合资料分析及巡视检查,及时发现异常现象和安全隐患,从而保证大坝安全稳定运行<sup>[1]</sup>。

皂市水利枢纽是澧水流域防洪骨干工程,为一等大(1)型枢纽工程;工程由大坝、消力池、右岸坝后式电站厂房等建筑物组成;大坝为碾压混凝土重力坝,坝顶高程148m,全长351m,最大坝高88m<sup>[2]</sup>。

皂市水利枢纽于2009年建成大坝安全监测自动化系统<sup>[3]</sup>,系统采用分布式网络结构,包括测站层(5个主站、8个支站)的现场网络和监测管理中心站层的计算机网络;测站层由各

测点传感器和20台数据采集装置组成。系统经过十余年的运行使用,故障率逐年增加,影响了监测数据采集的连续性和稳定性。

2021年,皂市水利枢纽启动大坝安全监测自动化升级改造,本次改造以经济、实用为前提,以实现实时监控、远程控制为目标,坚持以自动化监测为主,兼顾自动化及人工观测;同时,设备安装、供电通信网络敷设充分考虑环境适应性及维护检修的便利性,确保自动化系统长期稳定运行。

本次改造更新了安全监测自动化系统的通讯组网设备及通讯线路,对监测站中的自动化数据采集装置、垂线坐标仪、引张线仪等测量设备进行了替换,并实现监测数据向大坝安全监测信息管理系统的自动化传输,为皂市水利枢纽安全稳定运行提供可靠的数据支撑。

## 2 通信组网改造

改造前,安全监测现场测站与监测管理中心站之间的通信网络采用以太网和485总线混合连接的方式,部分监测

【作者简介】张家德(1990-),男,中国湖南溆浦人,硕士,工程师,从事水电站运行管理研究。

站光缆未铺设到位,通信网络统一性较差。同时,485总线组网方式采用一条总线将各个节点进行串接,无法支持环形或星型网络,难以保证监测数据传输实时性要求。因此,本次进行改造的通信网络采用光纤以太网进行组网。

改造后安全监测自动化系统按监测站、监测管理中心站二级设置,现场监测站是利用数据采集装置对监测传感器进行数据采集、存储、电源管理,并实现监测数据上传;现场监测站与监测中心站之间均采用光缆通讯的方式;监测管理中心站设置在通信机房内,将所有监测数据进行汇聚、存储,并上传至大坝安全监测信息管理系统中进行统一管理和分析<sup>[4,5]</sup>。

监测仪器范围主要包括大坝、厂房及消力池、左右岸边坡、水阳坪滑坡体、金家沟崩坡积体等5个部分,现场划分为1个监测中心站、12个监测站,所有内观监测仪器、垂线、引张线、静力水准全部接入监测站内,整体网络采用星型网络连接方式进行组网。

数据采集装置的现场通信采用以太网方式,为有效提升系统数据上传效率和单次巡测的时效性提供了通信基础。由于大坝区域内的监测站离通信机房较远,采用光纤配线架将大坝范围内的光缆进行集中,再通过敷设一条48芯光缆,连接至通信机房的监测管理中心站。

现场通信网络光缆敷设如图1所示,自部署运行后,自动化系统的通信网络均保持正常连接和稳定通信状态。

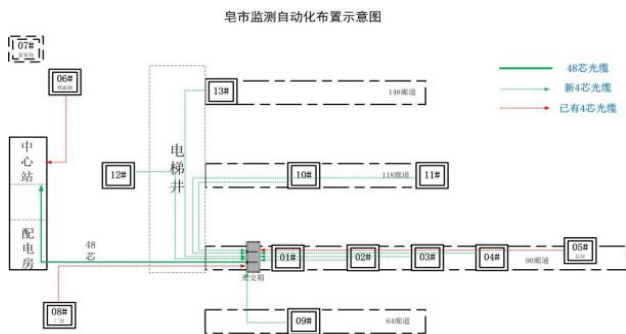


图1 通信网络光缆敷设示意图

### 3 仪器设备改造

在仪器设备改造方面,对皂市水利枢纽中的自动化数据采集装置、垂线坐标仪、引张线仪开展了全面的升级改造。

#### 3.1 自动化数据采集装置改造

在本次升级改造中,使用了22台武汉长江科创科技发展有限公司生产的CK-MCU型自动化数据采集装置(以下简称MCU),装置具有16通道或32通道,每个通道均可接入振弦式、差阻式、电压、电流信号等类型传感器,能够实现监测仪器的自动测量和记录,装置还具有人工在线比测、在线状态监控、快捷调试配置、远程设备管理等功能。MCU装置主控采用STM32F系列CPU,并采用全并行的系统构架,提供以太网传输接口,为快速采集提供硬件基础。

另外,MCU装置支持机箱环境监测,内置温湿度传感器,采集运行环境温度,对设备工作环境进行监控,确保装置的可靠运行。

自动化数据采集装置现场安装情况如图2所示。



图2 自动化数据采集装置现场安装图

MCU装置具有人工在线比测功能,每台MCU装置均配备比测接口及比测线,将任意厂家读数仪连接到比测线或比测接口,通过比测APP控制采集装置切换通道,比测APP显示通道号、通道类型、在线测值等信息,可在现场对MCU采集数据和读数仪数据进行对比,从而提升人工比测的准确性和便捷性。

MCU装置配置方式多样,具备现地蓝牙APP、内置网页及软件平台配置等多种方式。蓝牙配置APP能够连接单台MCU设备,就近对CK-MCU进行配置和操作;内置WEB版配置软件,通过以太网连接MCU网口,无需安装专用软件,运行内置WEB网页进行配置和读取数据;软件平台可全面查看所有接入自动化设备配置、数据信息等。

另外,MCU装置还具有振弦频谱分析功能,可通过手机APP及软件平台对振弦仪器回波信号进行谱分析,能够提供振弦仪器回波信号质量的参数化指标,包括信噪波、衰减率等技术参数,便于量化评估监测仪器质量。

#### 3.2 垂线坐标仪改造

大坝6#、9#和14#坝段各布设有1条倒垂线和1条正垂线观测坝体水平位移,6#和14#坝段垂线同时作为高程90m廊道和坝顶引张线的工作基点。其中6#坝段正垂线有2个中间测点,9#和14#坝段正垂线各有1个中间测点。

改造前垂线自动化系统已运行多年,设备均已出现不同程度的老化,设备稳定性、准确性均无法得到保证。本次改造采用具有TCP/IP通信接口的垂线坐标仪,仪器无需接入自动化数据采集单元,直接通过网线接入各监测站的光纤交换机。垂线坐标仪现场安装如图3所示,自动化监测数据存储在垂线坐标仪设备内部,并可直接上传至安全监测信息管理系统,实现远程自动化测量和管理分析功能。

本次改造中所采用的垂线坐标仪集CCD器件信号采集、信号处理、数据存储和通讯等功能于一体,结合以太网通信方式可对采集数据进行快速处理和分析,从而更加有效、快速地获取大坝水平位移变化量,为工程安全性态预测预警提供基础数据;同时垂线坐标具有蓝牙通信功能,配备手机

APP,能够实现现场参数配置、实时采集、数据查看等功能,为技术人员的现场维护工作提供了便捷的交互手段<sup>[6]</sup>。



图3 垂线坐标仪安装图

### 3.3 引张线仪改造

大坝90m廊道及坝顶高程148m处分别布设有引张线,

以观测7#~13#坝段上下游方向水平位移,共计14个引张线测点。

由于引张线仪为串行线性分布,运用以太网通信方式不利于布线,因此采用485通信方式将单条引张线的仪器进行通信连接,并接入数字式采集仪,然后通过主干光纤通讯线路就近接入附近监测站内。

本次改造采用的引张线仪运用精密CCD传感器,实现非接触式自动化位移测量,能够测量引张线在水平方向的位移;引张线仪自带微处理器及存储器,可自动采集、存储及通信,具有测量精度高、无电学漂移、性能稳定等技术特点<sup>[7]</sup>;同时,利用蓝牙通信、手机APP和,可实现现场参数配置、实时采集、数据查看等功能,解决了改造前引张线仪无法现场实时读取数据和参数配置的问题,提升了现场维护工作的便利性。另外,同样支持在安全监测信息管理系统中进行设备配置、信息管理及分析等操作。引张线仪APP端及平台端配置界面如图4所示。



图4 引张线仪APP端及平台端配置界面

## 4 结语

针对皂市水利枢纽大坝安全监测自动化系统故障及老化等问题,从通信组网、仪器设备两个方面进行了升级改造,实现了大坝安全性态的全面物联感知和自动化采集,并且充分考虑了现场通讯组网、供电、防潮等因素,具有较强的环境适应性。

目前,升级改造后的安全监测自动化系统已稳定运行超过2年,有效提升了自动化采集的效率及稳定性,为大坝安全管理和稳定运行提供了重要的数据支撑,也可为类似工程建设提供参考。

### 参考文献

[1] 吴中如.水工建筑物安全监控理论及其应用[M].北京:高等教育出版社,2003.

- [2] 凌玉标,陈印辉,彭敏.澧水流域防洪规划及防洪工程体系建设[J].湖南水利水电,2005(5):43-45.
- [3] 武方洁,赵卫,徐化伟.皂市工程安全监测自动化系统简介[J].人民长江,2008,39(21):35-36+41.
- [4] 易华,韩笑,王恺仑,等.物联网技术在大型水电站安全监测自动化系统中的应用[J].长江科学院院报,2019,36(6):166-170.
- [5] 牛广利,李端有,李天旻,等.基于云平台的大坝安全监测数据管理及分析系统研发与应用[J].长江科学院院报,2019,36(6):161-165.
- [6] 周芳芳,张锋,杜泽东,等.基于微处理器和多通信方式的大坝变形智能监测仪器的设计与实现[J].长江科学院院报,2024,41(2):167-172+180.
- [7] 周芳芳,毛索颖,黄跃文,等.基于线阵CCD和CAN总线通信的引张线仪的设计与实现[J].长江科学院院报,2021,38(4):150-154.