

中型水闸安全监测体系构建与关键技术研究

贾 君

昌吉市水利管理站 新疆 昌吉 831100

摘 要: 本文聚焦于中型水闸安全监测体系的构建与关键技术。以三屯河水库下游西干渠渠首闸、东干渠渠首闸为例,依据规范在人工巡检基础上增加自动化监测,开发智能应用软件管理监测信息。阐述了工程概况、监测方案、仪器软件、设备安装调试等内容,旨在提高工程建筑物安全监管能力。

关键词: 中型水闸; 安全监测体系; 自动化监测; 关键技术

1 引言

水闸作为水利工程的重要组成部分,其安全运行直接关系到下游地区人民生命财产安全和经济社会稳定发展。中型水闸数量众多,在灌溉、防洪等方面发挥着重要作用,然而,由于长期受水流冲刷、地震等自然因素以及人为活动的影响,水闸结构可能出现变形、损坏等问题,因此,构建科学有效的安全监测体系对于保障中型水闸的安全运行至关重要。本研究以三屯河水库下游两座中型水闸为例,开展安全监测体系构建与关键技术研究,为中型水闸安全监测提供参考。

2 项目概述

本次项目聚焦于三屯河水库下游的西干渠渠首闸与东干渠渠首闸这两座中型水闸,旨在依据《水闸安全技术规范》,在现有的人工巡检观测基础上,引入自动化监测手段。同时,开发工程安全监测智能应用软件,实现对人工与自动监测信息的综合管理,以便及时发现异常迹象,显著提升工程建筑物的安全监管能力。三屯河发源于天山北麓天格尔峰,流域广阔,年径流量可观,其灌区作为国家大型灌区,灌溉体系完善,拥有多座水库及中型渠首水闸。西干渠首站位于昌吉市阿什乡境内努尔加水库下游,是中型拦河水闸,以灌溉为主,由泄洪冲砂闸、溢流堰、引水弯道、进水闸和冲砂闸多部分组成,抗震类别为丙类,地震设防烈度为VIII度。东干渠首同样以灌溉为主,位于努尔加水库下游13km河道,2017年完成除险加固后为Ⅲ等中型工程,由泄洪冲砂闸、进水闸、上下游游堤等构成,控制灌溉面积16万亩。本次监测方案将重点针对这两座渠首闸门的位移及强震情况进行监测。

3 监测方案概述

本次监测方案针对两座渠首闸进行门位移及强震监测。针对东干渠渠首闸、西干渠渠首闸建设工程安全监测系统,采用GNSS位移监测传感器进行变形监测和采用

一体式强震仪进行强震监测,其中东干渠渠首闸安装一体式强震仪1套,GNSS位移监测传感器20套。GNSS位移基准站2套;西干渠渠首闸安装一体式强震仪2套,GNSS位移监测传感器23套。并配套服务器、强震监测和GNSS结算软件^[1]。工程安全自动监测系统由两部分组成,即安装在现场的数据采集系统和安装在管理中心的数据处理系统。数据采集系统由监测仪器、测控装置、计算机、数据采集软件、通信网络和电源线路等组成,实现监测数据采集自动化。数据处理系统由服务器、管理主机、信息管理软件等组成,实现监测数据自动化管理。系统采用有线网络传送数据,利用市电供电系统供电。

4 监测体系关键技术

4.1 系统构成

闸门位移及强震监测系统主要由一体式强震监测仪、GNSS定位系统、计算机和传输线路四部分组成。一体式强震监测仪内含三向力平衡加速度计、24位采集器等;GNSS定位系统主要包括GPS定位和GNSS结算软件;计算机主要是数据处理服务器;传输线路包括通讯光缆、电源电缆及GPRS信号传输装置等。

4.2 测点布置

4.2.1 闸门位移测点布置

渠首中型闸门的位移监测由43个流动测点和2个基站点组成,共计设置45个测点。闸门的位移监测系统通过GPS卫星定位系统采集到卫星发送的差分信号,通过内部采集仪软件核算得到精确的经纬度数据,在通过光缆传输至观测房数据汇集管理中心,数据管理中心安转GNSS结算软件,软件接收到数据后将经纬度数据换算成平面坐标系得到精确的坐标系,通过软件坐标系数据对比得到位移变量,从而监测闸门位移量。

4.2.2 强震监测测点布置

闸门强震监测共设置3个强震动监测点:分别布置于西干渠泄洪闸,进水闸、冲砂闸和东干渠闸门的整体结

构中间位置。闸门的强震测点，通过强震仪拾取到地面的振动信号后，通过仪器内部传感器及采集软件将振动信号转换成数字信号，再通过通过光缆传送到水库管理房的数据汇集处理中心，在数据汇集处理中心安装大坝

强震动监测系统软件后，软件对收到的加速度信号进行实时的分析处理及储存；发生地震时间后，自动出具符合相关规范的地震事件分析报告。

4.3 位移和强震监测系统构成

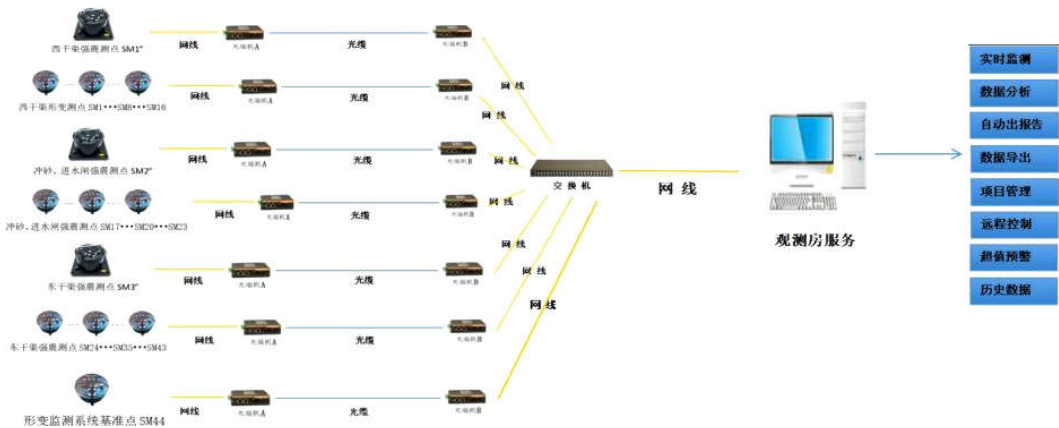


图1 闸门位移和强震监测系统构成图

4.4 设备选型

闸门位移监测系统，选用中国地震局工程力学研究所和北京腾晟桥康科技有限公司联合研发的SP-GIS高精度GNSS定位系统，该系统由GPS定位和GNSS结算软件组成，系统支持项目管理、设备管理、位移监测、相对位移测算、预警信息、历史查询等多个功能。

选用G01NET-3-S一体式强震仪，具有灵敏度高、动态范围大、防水等级高、易维护等特点。G01NET-3-S集成了加速度感应、采集、存储、数据传输、检测等多种功能为一体的强震仪，内部包含三向力平衡加速度计、24位采集器、数据存储单元、网络通讯以及GPS授时单元。通过面板上的指示灯就很容易判断仪器工作

4.4.1 一体式强震仪

状态^[2]。

表1 G01NET-3-S整体性能

授时	GPS+北斗授时	储存容量	16GBSD卡
时间同步误差	≤ 0.01MS	记录方式	事件触发记录，连续波形记录
事件触发	幅值、STA/LTA、定时	远程监控	远程设置参数、工作状态监控、数据拷贝
供电	12V	数据传输	实时在线传输，有线或者无线
使用环境	-35℃~+70℃	尺寸（L*W*H,mm）	200*175*150
防水等级	IP67	重量	4Kg

4.4.2 GNSS测量系统

选用SP-GIS高精度GNSS定位系统，GNSS测量系统由GPS定位和GNSS管理平台组成，系统支持项目管理、设备管理、位移监测、相对位移测算、预警信息、历史查询等多个功能。

GPS定位采用高性能卫星定位系统，内嵌多种差分算法。支持包括北斗三号新信号体制在内的全星座全频点GNSS信号接收，支持RTK、DGNS、地基增强和PPP等多种差分模式，可提供毫米级精度定位服务及高精度定向服务。设备中加入了抗干扰设计，保证在隧道和高架桥等复杂环境下定位定向输出的连续性和可靠性。GNSS测量系统可广泛应用于桥梁监测、边坡监测、矿山监测、风机塔等建筑物结构安全监测。



图2 GNSS测量系统

4.4.3 监测软件

选用DZJC2021工程地震动与振动监测软件，是一套专业性系统，集数据采集、分析、智能报警于一体。具备地震数据分析、结构振动安全分析等三十多种数据

分析功能。其主要功能包括：多台采集仪数据远程实时接收、分析、显示与保存；对接收数据实时进行峰峰值等分析并数据库存储；实现强震事件触发，自动保存触发后地震动数据并按时间命名文件；地震事件后自动生成高级分析报表，计算强震、微震事件基本信息；支持地震动事件基本信息、工程振动特征值历史数据、仪器工作状态查询；能通过短信、邮件定时报告系统运行状态；具备工程振动特性分析功能以及工程振动强度与振动疲劳趋势评估等工程安全评估功能，还可与南瑞、基康等国内主流厂家大坝安全监测系统联动^[3]。此外，该软件可实时显示数据波形，通过右侧状态灯（黑色表示仪器掉线、绿色表示数据传输正常、红色表示触发且软件正在保存数据）自动分析数据，并配有强震监测软件界面图（图5）；还能进行强震事件统计查询，可对单台仪器数据生成分析报告、导出原始数据、生成统计报告。

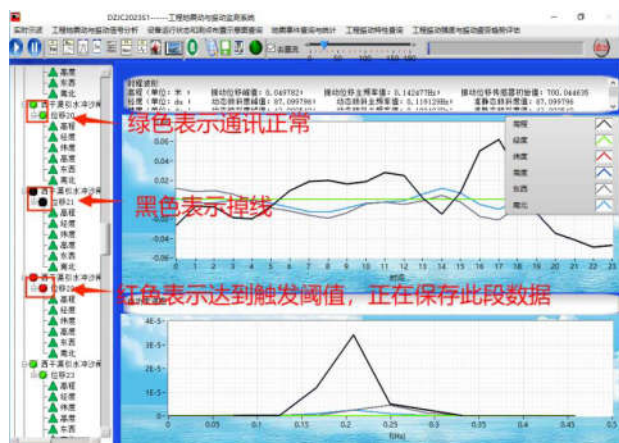


图3 强震监测软件界面

5 设备安装及通信线路铺设

5.1 线缆布置

所有设备供电线缆采用黑色2芯供电线缆供电。各位移监测点GNSS天线通过铜轴馈线连接SP-GIS定位设备。所有测点监测设备通过超5类千兆网线连接至光端收发器A，光端收发器A与光端收发器B通过8芯户外光缆连接。光端收发器B与交换机通过超5类千兆网线连接。所有线缆铺设时需外套PVC或镀锌保护管。

5.2 仪器供电

西干渠渠首监测设备供电，SM1-SM16和SM17”取电于西干渠闸门观测房。冲砂、进水闸监测设备供电，SM17-SM23和SM22”取电于冲砂、进水闸观测房。东干渠监测设备供电，SM24-SM43和SM3”取电于东干渠闸门观测房^[4]。位移基准点设备取电，选择就近闸门观测房取电至SM44测点位置。

5.3 数据传输

闸门位移测点SM1-SM43和闸门强震测点SM1”SM2”SM3”通过原有光缆把数据传输到西干渠管理房；SM44测点通过新铺光缆把数据到西干渠管理房。

6 系统调试

6.1 设备调试

仪器安装完成且光缆熔接完成后进行设备调试，包括设备运行参数设置，使用电脑连接传感器，设置传感器的IP地址、传输方式和波特率等，设置完毕后保存参数并重启设备。

6.2 系统联调

将各个测点传感器使用网线连接光端机，光端机使用跳线连接光缆终端盒；连接完成后，汇至监测服务器安装强震监测软件既可进行系统联调。服务器的IP地址设置为172.16.3.150；然后再设置软件数据接收参数：将各个测点的IP和端口写入配置文件；配置好数据库后，启动监测软件，软件就可以接收各个测点的加速度数据。

结语

本研究成功构建了三屯河水库下游两座中型水闸的安全监测体系，通过采用GNSS位移监测传感器和一体式强震仪等先进设备，结合智能应用软件，实现了对水闸闸门位移和强震的自动化监测。监测方案合理，测点布置科学，设备选型恰当，系统调试顺利，能够有效提高工程建筑物的安全监管能力。本研究虽然取得了一定成果，但仍存在一些不足之处。例如，监测系统的长期稳定性和可靠性还需要进一步验证；在复杂环境下，监测数据的准确性可能会受到一定影响。未来的研究可以进一步优化监测方案，提高设备的抗干扰能力，加强对监测数据的深度分析和挖掘，为水闸的安全运行提供更全面、准确的决策依据。随着科技的不断进步，中型水闸安全监测将朝着智能化、自动化、网络化的方向发展。未来，可以结合物联网、大数据、人工智能等技术，实现对水闸安全状况的实时、动态监测和预警，提高监测效率和准确性，为保障中型水闸的安全运行提供更有力的技术支持。

参考文献

- [1]吴新友.智能传感技术在水闸安全监测中的应用[J].中国水运,2025,(12):48-50.
- [2]孙小冉,彭建和.水闸安全监测数据融合技术探究[J].治淮,2025,(06):47-49.
- [3]潘业路.基于智能化安全监测的水利水闸管理研究[J].网络安全和信息化,2024,(02):80-82.
- [4]马福恒,胡江,叶伟.水闸安全监测技术规范关键要素研究[J].水利水电技术,2019,50(04):90-94.