

Research on the Application of GNSS Technology in Safety Monitoring of Oguan Reservoir Dam

Anwu Xiong Jinlin Hu Zhirong Xu

Hubei Gaoguan Reservoir Administration Bureau, Jingshan, Hubei, 431899, China

Abstract

This paper discusses the application of the global navigation satellite system (GNSS) technology in the horizontal and vertical displacement monitoring of the reservoir dam. This paper introduces the safety monitoring types of gaoguan reservoir dam, including horizontal and vertical displacement, seepage and pressure, joint measurement and oblique measurement instrument. In high reservoir dam monitoring information platform, for example, this paper expounds the system networking mode and Internet of things architecture, tracing the software platform to realize the real-time monitoring, terminal access, project overview, early warning information push, and other functions, for the safe operation of the reservoir dam provides advanced automatic monitoring means, and provide scientific basis for the safe and stable operation of the reservoir. Finally, this paper considers and prospects the future improvement of dam safety monitoring and management level.

Keywords

GNSS; dam; safety monitoring; cloud platform

基于 GNSS 技术在高关水库大坝安全监测中的应用研究

熊安武 胡金林 徐智容

湖北省高关水库管理局, 中国·湖北 京山 431899

摘要

论文探讨了全球导航卫星系统(GNSS)技术在水库大坝水平和垂直位移监测中的应用。介绍高关水库大坝安全监测种类,包括水平垂直位移、渗流渗压、测缝及测斜仪器等的布设情况。论文以高关水库大坝监测信息化平台为例,阐述了该系统组网方式和物联网架构,描述了软件平台实现的实时监测、终端接入、项目概览、预警信息推送等功能,为水库大坝安全运行提供了先进的自动化监测手段,并为水库安全稳定运行提供科学依据。最后,对大坝安全监测管理水平的未来提升进行了思考与展望。

关键词

GNSS; 大坝; 安全监测; 云平台

1 引言

高关水库位于湖北省京山市县城以北 45km,是一座以供水和灌溉为主,兼有防洪、发电、旅游等综合效益的大(2)型水库,水库控制流域面积 303km²,总库容 2.08 亿 m³。水库担负着汉北河的防洪错峰任务,保障下游京山市、应城市 70 万亩农田、80 万人口生命及财产安全,地理位置十分重要。水库由主坝、副坝、正常溢洪道、输水隧洞、水电站、灌溉工程及高关水厂组成。

2022 年,高关水库实施了除险加固工程,水库管理局利用此次契机对原有大坝监测系统进行了升级改造,按照相关规范要求重新对大坝安全监测内容进行补充与更新完善,同时将目前较为先进的 GNSS 技术运用到大坝安全监测中,

为水库现代化管理提供了良好的技术手段。

2 高关水库大坝安全监测类型

2.1 变形监测

2.1.1 水平位移监测

高关水库主坝表面变形监测为人工测点,为满足自动化监测的需求,本次加固改造采用一体化 GNSS 进行自动化监测,并增加 4# 副坝及溢洪道表面位移自动化监测测点。结合主坝现状已有位移测点,在主坝布置 15 个水平、垂直位移综合测点;在 4# 副坝坝顶各布置 1 个综合测点;在溢洪道左右岸闸墩顶部的上游侧布置 2 个综合测点。共布置 19 个 GNSS 综合测点,各测点由 2 个 GNSS 基点进行校测,基点布置于主坝下游左、右岸山体上。

2.1.2 垂直位移监测

在 4# 副坝坝面垂直位移测点布置大坝左岸共布置 2 个综合测点、4 个垂直位移测点,与布置在坝顶右岸的水准工

【作者简介】熊安武(1974-),男,中国湖北京山人,本科,工程师,从事水利信息化研究。

作基点(钢管标)进行水准测量,水准基准点利用水库原基准点校测。

溢洪道表面垂直位移测点布置于进口扭面墙顶部布置2个、闸室两侧闸墩顶部上下游侧各2个、出口泄槽两侧翼墙顶部22个。共布置2个综合测点、24个垂直位移测点,与布置在坝顶左岸的水准工作基点(钢管标)进行测量。溢洪道闸室基础垂直位移采用基础变位计进行监测,在闸室四个角落各布置1支变位计。

2.1.3 溢洪道宽缝开合度监测

在溢洪道闸室底板宽缝两侧的上、下游各布置1支测缝计,共布置4支测缝计监测宽缝开合度变化。

2.1.4 防渗墙变形监测

在防渗墙内采用固定式测斜仪监测防渗墙扰度,分别在主坝相应防渗墙内各布置1支测斜管,测斜管每隔3m布置1支测斜仪,2套测斜管共布置15支测斜仪。

2.1.5 主坝排渗洞封堵体接缝开合度监测

在主坝排渗洞封堵体上、下游侧各布置1个监测断面,在每个断面顶拱、左侧墙和右侧墙的围岩与回填混凝土接触面各布置1支测缝计,共布置4支测缝计。

2.2 渗流监测

2.2.1 主坝坝体及坝基渗压监测

因原主坝测压管运行情况良好,本次加固保留原测压管,仅将管内损坏渗压计进行更换。主坝共新增14根测压管和14支渗压计,原测压管内损坏渗压计更换。

2.2.2 主坝排渗洞封堵体渗压监测

在主坝排渗洞封堵体上、下游侧各布置1个监测断面,在每个断面顶拱、左侧墙和底板的围岩与回填混凝土接触面各布置1支渗压计,共布置6支渗压计监测封堵体周边渗压情况。

2.2.3 主坝绕坝渗流监测

在主坝左岸坝肩布置1个监测断面,断面上布置3个测点,观测主坝左坝肩帷幕后近坝区岸坡的绕渗情况。

2.2.4 主坝渗流量监测

在主坝左、右岸下游坝脚排水沟各布置1套三角量水堰,量程坝体两岸渗水。在主坝坝脚河床段布置5条横向排水盲沟和1条纵向导渗沟,将坝体和坝基渗水汇集后引入下游排水明沟,并在明沟入口处布置1套三角量水堰进行监测。

2.2.5 溢洪道闸基扬压力及侧向渗压监测

溢洪道闸基扬压力在1#和2#孔中心线基础面各布置1个监测断面,其中1#孔监测断面在闸室段布置4支渗压计,2#孔监测断面在闸室和泄槽段布置14支渗压计。溢洪道边墙两侧渗压各布置1个监测断面,每个断面布置2支渗压计。

2.2.6 4#副坝渗压监测

在4#副坝右坝肩布置1个绕渗监测断面,坝顶上游侧(帷幕前)布置1个测点,下游山体布置1个测点。每根测压管内设1支渗压计进行自动化监测,同时采用电测水位计

进行人工比测。4#副坝共设置9根测压管和13支渗压计。

2.3 环境质量监测

在水库坝前建设水位竖井,安装浮子式水位计实时采集上传水库水位数据。通过水库水位变化相关联大坝坝体浸润线变化趋势,实时掌握水库坝体安全状况。

3 GNSS自动监测平台应用实例

全球导航卫星系统(GNSS)技术是一种先进的卫星导航技术,通过GNSS接收器,只要用户能够接收来自至少四颗卫星信号,就能够确定其三维坐标(经度、纬度和高度),计算出接收器的位置、速度等信息,为水库大坝位移提供精确的定位服务。本次在大坝周围布置了多个GNSS接收器,实时监测大坝水库的水平位移和垂直位移情况。

3.1 系统架构

GNSS变形监测实现大坝的水平位移和垂直位移毫米级精度的自动化监测,有效解决了变形监测设施表面位移监测成本高、周期长、难以普及等问题。GNSS自动化监测系统主要包括辅助层、感知层、传输层、数据层和应用层几个方面的内容。



GNSS测点现场布置图

3.2 组网方式与数据采集

本工程监测自动化系统按两级设置,即现场监测站和监测中心站。本系统由云平台、传感器、数据采集器和现场控制箱构成,可使用笔记本电脑或手机连接云平台进行操作,也可使用笔记本电脑直接连接现场控制箱进行操作。

3.2.1 现场监测站

现场监测站主要作用是利用数据采集装置(MCU)对水库布置的各类监测传感器数据采集、存储、电源管理及监测数据上传和接收监测管理站上位机的控制指令。由于自动化数据采集装置的使用频率高,每个现场监测站配置220V供电或太阳能供电系统。该项目现场共设置12个互联网无线终端、2处互联网中继(副坝和溢洪道)、1处互联网基站(主坝)。其中,GNSS水平与垂直位移监测由GNSS接收器实现,由GNSS数据解算后软件接入监测平台。

3.2.2 监测中心站

监测中心站的主要作用是服务器通过安全监测信息管理系统对现场监测站自动采集、其他半自动人工测量的数据、工程所有与安全监测相关的文档资料进行集中统一管理,同时发送现场监测站的采集计算机相关控制指令。监控中心站布置在大坝管理所机房内。

3.2.3 云平台

该项目建成的云平台功能齐全、界面美观、支持响应式布局、操作简洁,使用前后端分离技术,能够接入各种类型的数据采集设备数据,并可对数据进行存储、可视化展示、分析和导出。同时,云平台还具备项目管理、设备管理、用户管理、视频监控、GIS、BIM等丰富的应用功能。

3.3 平台数据管理

在云平台通过 Web 浏览器可以查询各监测点测值、监测基本情况、统计分析情况和报表预警信息,实现监测解算数据以图形化的方式显示。平台包含监测隐患点的数据采集、数据分析、预警信息发布等功能。

3.3.1 终端接入管理

依托现场监测终端构成多维度、立体监测网络,通过传输网络以及数据协议统一接入到监测平台的物联网设备管理系统进行综合管理,实现灾害点连续不间断的数据采集与前端监测感知。

3.3.2 项目信息概览

依托平台 GIS 地理空间服务和 BIM 建模,融合二三维 GIS 地图,可视化展示项目基本信息、设备状态信息、风险预警信息、地理分布信息等综合概览数据。

3.3.3 实时动态监测

通过对风险点的实时监测数据进行集成处理,实时感知监测对象的安全运行状态,分类展示各类监测点终端设备状态和动态监测数据,按照时间与空间维度,以及列表与曲线图表方式动态展示。这种实时动态监测,提高了监测的效率和准确性,确保了水库管理人员能够快速响应大坝的状态变化,及时采取必要的安全防护措施。

3.3.4 数据共享与查询

平台的共享数据库,对监测数据进行汇聚和存储,提供数据接入转换、融合处理等实时数据处理等功能,实现多源异构数据的标准化。依托数据库的应用支撑,通过数据趋势分析,系统可以识别出大坝位移的规律,预测未来的变形趋势,提高大坝安全管理的效率与准确性,从而为水库安全管理提供决策依据。

3.3.5 预警信息推送

针对不同监测类别、监测设备与风险等级配置相应的报警阈值,前端实时监测数据一旦达到设定阈值,系统自动响应告警,并在地图上使用不同高亮图标展示不同风险的告警信息,查看报警位置、报警时间、风险级别、设备名称等信息。同时,可配置项目相关责任人信息,报警信息将以短信方式推送给指定人员,支撑相关管理人员的应急联动处置。

3.3.6 系统运维管理

运维管理包含用户管理、组织机构管理、角色权限管理与系统日志管理,为平台提供运维支撑。

3.3.7 开放定制服务

平台具备开放性与扩展性,以及定制化服务,针对后

期监测项目拓展提供接口集成。

3.4 设备维护

GNSS 变形监测、浸润线监测、渗流量监测维护和管理是大坝水库安全监测的重要内容。日常的维护包括设备清洁、设备检查、信号干扰排查、数据比测、数据备份、设备维修、日常巡检、数据分析等。

3.5 日常管理

水库的安全监测是一项长期而复杂的工作,需要建立健全的管理体系,包括监测管理机构、监测人员、监测设备、监测数据管理等。管理单位应制定相关的监测管理规章制度,明确监测人员的职责和任务,加强对监测设备的管理和维护,确保监测数据的准确性和可靠性。同时,还应该做好人员培训和建立健全的应急响应机制,及时处理各种异常情况。

4 应用展望

该系统作为高关水库智慧水利的一部分,按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”要求,努力以数字化、网络化、智能化为主线,以数字化场景、智慧化模拟、精准化决策为路径,全力构建具有预报、预警、预演、预案功能的智慧水利体系。

目前,该系统已初步建成,要及时梳理总结系统开发建设过程中的经验和问题,对系统运行过程中存在的不足进行优化补充与完善;随着后期高关水库“数字孪生”的建设,该平台应提供相应扩展接口,能够融合嵌入至高关水库数字孪生平台,建立防汛“四预”系统、打造“一张图”,构建高关水库防汛安全屏障;建立长效的运行管理体制机制,建立日常管理制度,形成制度上墙,实行规范化与标准化管理;工程管理人员要加强学习培训,提高应用与维护水平,确保系统发挥效益。

5 结语

GNSS 技术在高关水库大坝安全监测系统中的应用与实践,为大坝安全管理提供了智能化与数字化解决方案,通过高精度位移监测,较为完整的渗流监测体系,实时数据采集与传输,智能化数据分析,预警报警机制的建立,为水库安全管理提供了坚实的技术支撑,有效地预防和减少了大坝安全事故的发生,显著提升了水库安全管理水平和防范安全风险的能力,保障了水库安全稳定运行。

参考文献

- [1] 李佳宇.水利工程大坝的安全监测技术与发展[J].河南水利与南北水调,2015(4):12-13.
- [2] 袁兴明.GNSS技术在水库大坝变形监测分析中的应用[J].福建建筑,2019(4):25.
- [3] 王建西,苑泽鹏,李焱.GNSS技术在变形中的应用[J].中文科技期刊数据库(全中文版)工程技术,2021(1):2.