

Application Analysis of Dam Surface Deformation Monitoring in Water Conservancy and Hydropower Projects

Weiguo He

Scientific Research and Design Institute Monitoring Center of SinoEighth Engineering Bureau Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410007, China

Abstract

Water conservancy and hydropower project as an indispensable and important basic project in today's society, it has been playing a huge project benefits, in flood control and flood fighting, hydro power generation, water supply and other aspects of the important value. As the core part of the water conservancy and hydropower projects, the safety of the dam directly affects the water conservancy and hydropower projects. The environment of the dam is relatively complex, and its load is relatively large, which leads to different types of settlement and deformation. Based on this, the application value of GNSS technology in the dam surface deformation monitoring is analyzed to ensure the safety of the dam.

Keywords

water conservancy and hydropower engineering; deformation monitoring; GNSS technology

水利水电工程中大坝表面变形监测应用解析

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

水利水电工程作为当今社会不可或缺的重要基础工程,其一直以来发挥着巨大工程效益,在防汛抗洪、水力发电、水源供应等方面体现出重要价值。大坝作为水利水电工程核心部分,其安全性直接对水利水电工程造成影响。大坝所处环境较为复杂,其所承受荷载相对较大,导致其不同类型的沉降与变形情况屡见不鲜。基于此,论文研究中将针对GNSS技术在大坝表面变形监测中的应用价值进行分析,切实保障大坝安全性。

关键词

水利水电工程; 变形监测; GNSS技术

1 引言

随着科学技术发展水平不断提升,各种现代高新技术被广泛应用于大坝安全监测工作中,GNSS技术即其中典型代表,如中国自主研发的北斗卫星导航系统已被广泛应用于土坡、水库大坝等实体变形监测之中。GNSS技术在大坝表面监测中的优势在于,可提供三维层面变形信息,进一步提升变形监测结果准确性,同时其还具备全天候、高精度、高效益优势,对实现自动化监测具有重要现实意义。

2 基于GNSS技术的大坝表面变形监测概述

GNSS即全球导航卫星系统,是对北斗系统、GPS、GLONASS、Galileo系统等这些单个卫星导航定位系统的统一称谓,具有全方位、全天候、全时段、高精度的卫星导航

系统,能为全球用户提供低成本、高精度的三维位置、速度和精确定时等导航信息,是卫星通信技术在导航领域的应用典范,它极大地提高了地球社会的信息化水平,有力地推动了数字经济的发展。大坝表面变形监测也是其重要功能之一^[1]。

变形监测主要是对不同观测周期之间变形敏感部位和观测点变形信息展开监测的工作。当变形在合理区间范围之内时属于一种正常现象,反之则是异常现象,会对建筑物安全构成严重威胁,从而影响建筑物正常使用,威胁民众正常生活。变形观测精度一般要在亚毫米级到毫米级之间,实际监测过程中需要按照水利水电工程容许变形程度和目标,采用三角测量、水准测量方法来监测整个基础倾斜和位移幅度。在变形值监测中工作常以水准仪、全站仪等为代表的传统测量仪器进行测定,其优点在于可以适应多种环境、监测精度要求、不同形式变形体,可以获得绝对变形信息。但传统设备有受地形条件限制、现场工作繁重、观测时间长等缺点。随着GNSS技术发展和在水利水电工程中的应用,新

【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。

时期的新型监测方法可以达到对数据进行完全自动化的采集、分析和处理的目的。

3 水电站大坝表面变形自动化监测开展情况

通过对当前国家能源局大坝监察中心注册在案的 163 座土石坝外部变形监测情况进行深入梳理与分析,可得出如下结果:

第一,当前外部变形监测测点集中在坝体表面、工程边坡以及库区滑坡体等区域,主要对表面水平与垂直位移情况进行监测。

第二,当前注册在案的土石坝中实现自动化监测的数量仅为 17 座,比重仅为 10% 左右,且为局部实现。

第三,现阶段所开展坝体外部变形自动化监测主要通过测量机器人或测量机器人+GNSS 技术相结合形式开展,已实现自动化监测的水电站普遍拥有测量机器人系统,此外另有 6 座水电站配置有 GNSS 监测系统。测量机器人在实际应用过程中主要针对大坝坝体及工作基点测量,同时对测点视线较短、通视条件良好的近坝工程边坡进行测量;而 GNSS 监测技术主要应用于周边环境开阔、少遮挡的坝顶、高边坡以及库区滑坡体等部分。

第四,除少数水电站在 2012 年完成自动化监测系统建设外,其余水电站均为 2016 年后陆续开展变形自动化监测工作。

第五,就设备层面分析,当前水电站自动化监测所用测量机器人以及 GNSS 监测设备普遍为进口产品。

通过对上述情况进行分析,现阶段中国已经积极开展坝体表面变形自动化监测工作,以实现最大限度地保障坝体安全性目标。然而需要认识到一点是,当前中国坝体变形自动化监测起步相对较晚,普及度相对较低,同时设备方面对进口产品依赖性较大。随着中国自主研发的北斗卫星系统逐渐成熟,其在大坝表面变形自动化监测中的应用价值也逐渐提升,如某东部抽蓄电站开展了北斗高精度位移试点,在上、下水库典型部位分别安置北斗监测点以及基准点,并以一年为周期对坝体变形情况进行监测。最终结果显示被动系统可以对目标部位变形情况进行精准监测,测点过程图如图 1

所示。

该测点设置于电站库区堆渣体挡墙之上,堆渣体在降雨量增加情况下会产生较为显著的向坡外位移情况,而在雨量减少时该变形幅度也随之减少,此结果与现场巡查结果一致,由此可见北斗监测系统的可用性以及实效性。

在当前新时期背景下,坝体表面变形自动化监测已成为必然发展趋势,中国实际发展过程中应注意进一步加强对变形自动化监测的推广力度^[2]。同时上述案例也说明被动监测系统具备开展变形体高精度位移监测的能力,技术人员在实际工作中应积极加大对自主研发技术的研发力度。

4 基于北斗卫星导航系统的大坝表面静动力变形监测

为深入探究 GNSS 技术在监测大坝表面变形,保障坝体安全性的价值作用,论文研究中将结合实际案例进行详细说明。论文所选工程案例位于中国西南某处,该水库坝址以上控制流域面积以及总库容量分别达到 186.6km² 以及 2280m³。大坝为均质土坝,其坝高、长、宽分别为 45m、205m 以及 6m,该工程中除表面变形外,其他监测项目均已实现自动化监测。考虑到当前人工监测已经难以满足实际需求,因此建立基于北斗卫星导航系统(BDS)的变形监测自动化体系成为必然趋势。

根据工程特性,技术人员在库区内设置 13 个 BDS 观测台和 2 个基准站。在桩号 0+40、0+100 和 0+160 处设 3 个监测横断面,在坝顶下游侧、一级马道和二级马道各设 3 个纵断面,共设 B1-1~B3-3 九个测点,其中 0+100 断面为主河槽最大坝高。技术人员在水库左岸泄洪坝上布设 Y01、Y02 两个变形观测站。在水库潜在滑坡体部分设置 H01 以及 H02 两个观测点。在右坝末端库区选取稳定的基岩(左岸岩体失稳不具备设置条件)设置两个工作基点(J01,J02),其工作基点均为固定点,以便在解算时对系统的观测误差进行自动消除。

4.1 BDS 自动化监测系统配置

本工程选择 HXS2000 系列卫星接收器,该接收器中装有北斗星定位芯片。接收端定位更新频率可依据 1、2、5、

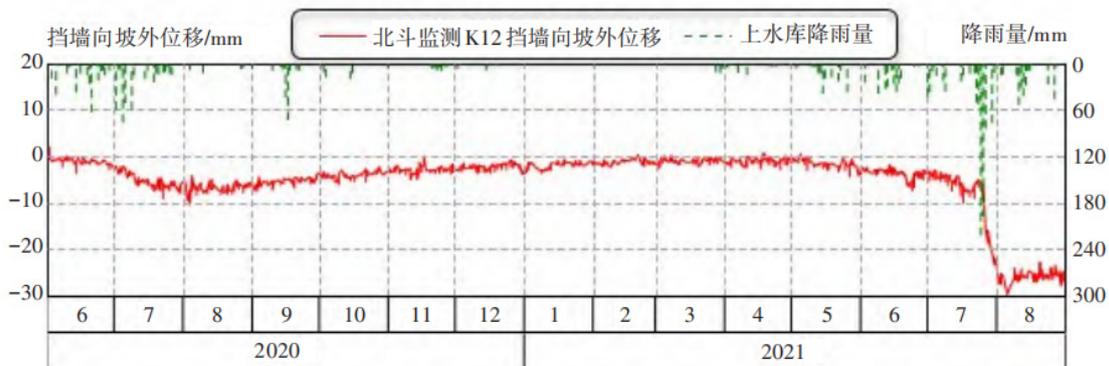


图 1 典型测点过程图

10、20 以及 50Hz 进行设置,同时配备有常规通讯接口和华为全网通的 ME909-821 无线通讯模组。

该系统主要由 BDS 监测单元、供电单元、通信单元以及监控中心四部分构成。监测单元主要部件包括 BDS 接收器、卫星天线,测点以及基准点设备相同;电源部分以太阳能电池+蓄电池或电网为主,电网取电不便时可利用太阳能发电;通信单元主要采用基于网桥的无线网络和基于 GPRS 的物联网数据传输技术;监控中心由计算机、服务器、数据处理和分析系统构成^[3]。

4.2 基于 BDS 的监测精度与传统技术对比

库区 BDS 自动形变监控系统于 2021 年 9 月初安装、调试、测试,取得初步数据,10 月正式投入运行。库区原有 9 个人工观测点,均为水平、垂直位移共同控制。在 BDS 观测站位置邻近原有人工观测站。

传统人工观测主要基于 Trimble5600S 全站仪法以及 DZS3-1 水准仪进行水平以及垂直方向位移监测。为对比 BDS 监测系统和人工观测两种监测方式的结果精度,技术人员在自动化监测站建成后继续开展人工监测活动,并利用增加测回平差方式提升人工观测精度。实际对比过程中,技术人员选择以 2021 年 9 月的观测值作为人工观测方式参考值,同时整理同时期内 BDS 自动观测结果,因 BDS 监测系统的输出结果是国家大地坐标系(CGCS2000),使用的是地心空间直角坐标系,为便于进行数据对比,与大坝轴线方向经转换后得到的每个 BDS 测点与水库人工测点水平(X、Y)、垂直(Z)同方向位移值。本次对比分别将人工测点以及 BDS 测点命名为 W1-1 以及 B1-1,以此类推。

通过对两个站点实测数据对比分析,发现两个站点的实测资料相差不超过 0.4mm,两个站点的位移变化规律基本相同。经过 50 多年的运营,该大坝的土壤已经基本上达到固化、稳固,观测到各个测点处的横向、纵向变形都比较均匀,没有出现明显趋势性变化,坝体表层的变形状态为正常。通过对观测结果进行分析可知,B1-3、B2-2 的测量结果与 W1-3、W2-2 的测量结果基本相同,但是相对于其他测点而言变形量偏大,技术人员经过深入分析后认为其主要是由于渗流影响造成。B1-3 测点处为左堤坝底,在地下洞穴

作用影响下,当高水位出现时会导致较大绕渗现象,且排水棱部分破坏导致浸润线上升。观测站 B2-2 设在主河道断面的半坝高程上,由于修建大坝时清基未完全完成,导致大坝在高水位时期出现渗漏现象,导致 2021 年库区洪水期间出现连续几天的高水位。坝下排水边的堵塞,使渗透出露的位置升高。根据以往渗透与变形监测结果,发现在高水位条件下,单个变形监测点均有一段时期的“后效应”现象。

图 2 所示为 B2-2 点位自动变形测点测值过程线。由图中信息可知,在同一观察时间段内,测值与该位置的人工测值点 W2-2 是一致的,但是人工观测不能获得观察日以外时间段的变形数据,而 BDS 自动变形观测系统可以每日获得变形测量结果,而且为连续数据。

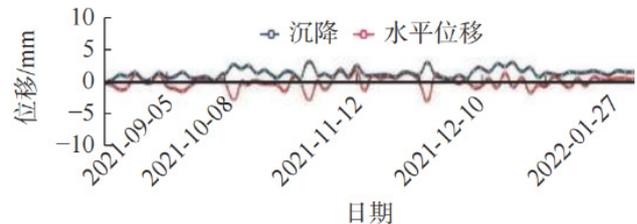


图 2 BDS 位移监测过程线

5 结语

综上所述,当前技术发展使得 GNSS 技术等现代科技被广泛应用于坝体变形监测之中,论文所研究 DBS 监测系统在实际应用中取得较好成效,其实际精度较人工观测方式更为精准,且其数据连续性使得其可以用于坝体变形影响的分析,因此技术人员应注意继续加大对相关技术的研究力度,为提升大坝表面变形监测有效性提供有力保障。

参考文献

- [1] 周旭.GPS技术与数据处理在水利水电工程变形监测中的应用[J].学生电脑,2021(4):1.
- [2] 李军峰.水利水电工程中大坝表面变形监测运用思考[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(7):2.
- [3] 孟波.探讨大坝安全监测技术在水利水电工程中的运用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(1):4.