

# Research on Dam Safety Monitoring Technology in Water Conservancy and Hydropower Projects

Hang Chen

Scientific Research and Design Institute of Sinohydro Eighth Engineering Bureau Co., Ltd., Shuifu, Yunnan, 657800, China

## Abstract

Dam safety monitoring technology is crucial to the quality of hydropower project construction management. Therefore, the development and application of new monitoring technology has become a necessary means to improve the management quality. Based on this, this paper mainly combines with A water conservancy and hydropower projects to discuss and analyze the dam safety monitoring technology.

## Keywords

water conservancy and hydropower projects; dam safety monitoring; technology application

# 水利水电工程中的大坝安全监测技术研究

陈航

中国水利水电第八工程局有限公司科研设计院, 中国·云南水富 657800

## 摘要

大坝安全监测技术对于水电工程建设管理质量的影响至关重要。在过去, 大坝安全监测技术的发展并不完善, 导致一些水电工程建设出现了质量问题, 给社会带来了不小的安全隐患。因此, 新型监测技术的研发和运用已经成为提升管理质量的必要手段。基于此, 论文主要与A水利水电工程相结合, 针对大坝安全监测技术展开相关探讨分析。

## 关键词

水利水电工程; 大坝安全监测; 技术应用

## 1 引言

大坝工程安全监测的主要目的是排除隐患因素, 保障工程质量。在监测过程中, 需要采用先进的监测技术, 及时发现大坝工程中出现的问题, 采取措施进行修复。这样, 可以保证大坝工程的长期安全运行。然而, 目前中国大坝安全监测技术距离发达国家还有一定的差距。在实际工程中, 监测设备的使用不够普及, 监测数据的处理和分析也存在问题, 导致监测结果不够准确。因此, 需要进一步完善大坝安全监测工作, 制定改革措施, 提高监测技术水平和监测设备的使用普及率。

## 2 大坝工程与安全监测工作概述

### 2.1 大坝工程

大坝是一种水利水电工程建筑物, 其主要职能是防洪、蓄水、供水和发电。在当地大坝的建设落成与经济以及社会

经济的进一步发展发挥着重要的作用。大坝的类型包括混凝土坝和土石坝两种, 由不同类型的水工建筑物组成<sup>[1]</sup>。在大坝施工时, 需要根据当地自然条件和水利水电工程规模进行合理选择。其施工工序复杂, 需要注意周围环境, 施工场地要求较高。在施工过程中, 需要对大坝的强度、稳定性和密封性进行严格监测, 以确保大坝在使用过程中不出现安全事故。

### 2.2 大坝安全监测

在过去, 大坝安全监测技术的发展并不完善, 导致一些水电工程建设出现了质量问题, 给社会带来了不小的安全隐患。因此, 新型监测技术的研发和运用已经成为提升管理质量的必要手段。近年来, 随着科技的不断发展, 大坝安全监测技术也得到了很大的提升。新型监测技术的研发和运用, 不仅可以更加准确地监测大坝的安全状况, 还可以实现自动化监测, 大大提高了监测效率和准确性。这些新技术的应用已经成为水电工程建设管理质量提升的重要手段之一。大坝安全监测技术的使用需要考虑到许多因素, 包括监测设备的选择、监测数据的处理和分析、监测结果的评估等等。只有在考虑到这些因素的前提下, 才能够更加准确地监测大

【作者简介】陈航(1996-), 男, 中国重庆人, 本科, 助理工程师, 从事水利水电大坝安全监测研究。

坝的安全状况,保证水电工程的建设质量。应力变化也是大坝安全监测的重要指标,在大坝施工过程中,应力变化的大小和方向都会对大坝的结构产生影响,因此,对应力变化的监测也显得尤为重要。在大坝工程施工过程中,必须采取有效措施避免灾害发生。一旦发现大坝存在安全隐患,必须及时采取措施,确保大坝的安全。

### 3 大坝安全监测主要技术

#### 3.1 大坝 CT 技术

大坝是保证供水的关键,它的安全对人民群众的生产和财产有很大的影响。为了保证大坝的安全,大坝 CT 技术应运而生。基于计算机断层扫描技术的大坝 CT 技术利用大坝中多条光线的波动,可以在被测区内产生对应的截面。在此基础上,通过对地震剖面上地震波的数值分析,可以较好地把握地震波在大坝中的传播规律。大坝 CT 技术以音波和电磁波两种方式进行。声波监测系统是一种包括发送、接收和记录三个部分在内的探测装置,它包括探测装置和接收装置。该传动装置与一台录制器连接,可探测由弹性能量所引起的瞬间波动。而电磁波监测系统,通过改变大坝的频谱及振幅,对大坝的电导率、磁导率及介电常数进行了测试。采用计算机断层扫描技术对改善坝体的安全性、降低坝体损伤、降低坝体损伤等具有重要意义<sup>[2]</sup>,并有助于工程技术人员对大坝进行科学、理性的设计与建设,保证大坝的长期稳定与安全。

#### 3.2 GPS 监测技术

全球定位系统(GPS)是一种先进的监测技术,其灵活运用可以有效解决传统监测技术存在的弊端。在大坝变形监测和高边坡变形监测等方面,GPS 监测技术已经得到广泛应用。GPS 大坝监测技术包含三个部分:空间星座、大坝监测用户设备和地面监控系统。其中,空间星座提供了卫星信号,大坝监测用户设备接收卫星信号并计算位置信息,而地面监控系统则用于数据采集和数据处理。

GPS 定位包括绝对定位和相对定位两种形式。相对定位精度较高,适用于大坝位移监测。通过 GPS 相对定位技术,可以测量大坝结构体的变形情况,从而得出大坝的位移和变形量。通过 GPS 监测技术,相关定位信息可以通过无线网上传到终端。结合数据分析结果,可以了解大坝的情况并采取处理对策。GPS 监测技术的灵活运用,为大坝变形监测和高边坡变形监测等方面提供了更加可靠和精确的解决方案。

#### 3.3 水下监测技术

水下监测技术主要包括光学类和声学类两种。光学类水下监测设备监测效果直观,但容易受到水环境的干扰。在水下监测中,声学设备的分辨率较低,但对于大坝的结构监测来说,它可以提供更加准确的数据和信息。最近几年,随着技术的不断进步,水下机器人的使用也逐渐普及<sup>[3]</sup>。水下

机器人能够对坝体存在的各种隐患进行监测、分析与定位,为检修工作提供理论依据。同时,水下机器人的使用也能够避免人员进入水下进行监测工作的危险,提高工作效率和安全性。

### 4 工程概况

A 水电站是一座低闸引水式电站,容量超过正常蓄水位在 1270m 左右,容量大小超过 23 万 m<sup>3</sup>,并额外配备了 7.8 万 m<sup>3</sup> 的调节库容。这座水电站的总装机容量超过 10 MW,属于 III 级别的项目。为了使水利项目能够在施工的过程中更有保障的正常运转,项目单位决定组织人员对项目首部枢纽、引水系统以及厂区枢纽等部位全面开展安全监测工作。监测工作的内容主要包括参考建筑物地质情况、结构特征等方面。在监测过程中,监测人员将对建筑物的地质情况进行细致地分析和研究,以便更好地了解建筑物周围的地质环境和地质构造特征。同时,监测人员还将对建筑物的结构特征进行详细地了解,以便更好地评估建筑物的稳定性和安全性。监测过程中,监测人员还将对水库的水位、水压等参数进行监测和分析,以便更好地了解水库的运行情况和变化趋势。此外,监测人员还将对水库周围的地质和环境进行细致的分析和研究,以便更好地了解水库周围的地质情况和环境特征。

### 5 A 水电站大坝安全监测

#### 5.1 渗流监测

##### 5.1.1 基础扬压力监测

近年来,随着大型水利工程建设不断推进,工程建设中的安全问题越来越受到重视。在水利工程建设中,基础扬压力的监测是一项重要的工作。为了保证工程的安全稳定,需要在闸坝部位安设监测断面进行基础扬压力的监测。监测断面包括一个纵向监测断面和两个横向监测断面。所有断面监测点均使用振弦式扬压力计。纵向断面监测点设置在 0+004.50m 的位置,共设置了 9 个监测点。其中,左侧挡水坝部位设置了 4 个监测点,冲砂闸坝段设置了 1 个监测点,泄洪闸坝段设置了 2 个监测点,右侧挡水坝段设置了 2 个监测点。除了纵向监测点外,还设置了两个横向监测点。横向监测点分别设置在冲沙闸、1 泄洪闸之间以及 1\* 泄洪闸和 2\* 泄洪闸之间。两处横向监测点分别设置了 3 个监测点。

##### 5.1.2 绕参与坝基渗压监测

为保证大坝左、右坝肩都能被监测到,工程建设中,可以在左、右两个坝肩的灌浆位置设置绕渗孔 RK1。在左下侧分别设置了 RK2,RK3,RK4 和 RK5 四个监测井。另外,在右端注浆的平洞和下游,施工人员还设置了 5 个孔位,即 RK6,RK7 和 RK8,RK9,RK10。本课题拟在 1× 泄水闸段处安设 2—2 个监测剖面,在防渗墙后高约 1200m 处分别布置 P4 (1256m) 和 P5 (1246m) 两个渗压仪,以达到实时监测该工程的目的,同时掌握该工程中混凝土中的渗透水压情

况和该工程中的实际工作情况。另外,在1\*与2\*泄洪闸坝段部位设计了另外一个3-3监测断面,同样在防渗墙后侧高1200 m左右的位置,设置了相应的渗压计,也就是P1、P2(1256 m)以及P3(1246 m)。

## 5.2 监测数据控制

为了更好地将信息技术融入水利工程中,项目单位应充分发挥信息技术优势,将其充分融入水利工程中。在实际操作中,搭建专门的数据库管理体系是必不可少的。该体系可以实时收集、汇总、整理系统监测到的所有数据信息,从而更好地进行管理和分析。数据库系统管理工作主要包含数据信息的收集与分析汇总,这样可以更好地了解水利工程的工作情况,及时发现问题并加以解决。此项目可借助实际信息数据,在平台中搭建三维模型,客观反映大坝工作状况。这样的三维模型可以更直观地展示大坝的工作情况,从而更好地进行管理和调整。设计出真实性最强的三维模型,可以让负责人员根据系统适时做出调整,进一步提高水利工程的效率和安全性。

## 5.3 水位及降水量测量

大坝是重要的水利工程,它的安全性对于水源保护和灾害防范具有重要意义。在大坝的管理中,监测水位状况是非常关键的一点。为了确保大坝的安全水位,需要监控大坝水位,保证水位高度低于大坝安全线。为了监测水位,需要在溢洪道闸墩部位安设水位计,实时监测水位变化情况,以便及时采取应对措施。同时,在下游也需要准备雷达自报设备,配合施工,以便施工人员了解到最真实的水位变化。监测系统需要维持对水位、降水量的实时监测,并保留相关数据,建立数据库。通过长期的积累分析总结出水库水位变化规律,可以了解其蓄水能力,为大坝管理提供参考依据。除了以上措施,建议提前建立应急机制,以便在发生突发事件时能够做出及时的反应和处理,保障大坝和周围居民的安全。

## 6 监测成果及分析

### 6.1 首部枢纽

#### 6.1.1 水平位移监测

本项目涉及11个观测点的工程项目设计,这些观测点分别被命名为EX1到EX11,其中上游为负,下游为正。在工程项目的过程中,对水平位移进行了全面观测,发现整体未出现太大波动,较为平缓。然而,在EX8附近,出现了一些观测特征。实际位移量达到了0.7cm,这一数字相较于其他观测点要高出很多。此外,在下游变形中,水平位移量变动最大的位置在EX7和EX8之间。具体数值达到了0.9cm。这些数据的出现,需要对这些位置进行更深入地研究和分析。不过相邻坝段的水平变形趋于一致,引张线趋于平缓。这意味着这些坝段的变形趋势是相似的,需要更加全面的研

究才能深入理解和解释,此外当前未出现超出设定标准的现象。

#### 6.1.2 闸坝渗流监测

RK10观测点的水位高度达到了1261.69m,相比同期其他观测点水位较低。同时,在UP3观测点处,测压孔的变化最为显著,该孔内水位高度已经达到了1262.92m,相比于正常水位同样处于偏低状态,低了整整8.17m。此外,在扬压力的监测中,只有UP8处出现了堵塞的情况,其他观测点均正常。不过,目前绕坝渗流水位变化已经产生了正常规律,绕坝渗水水位变化区域平稳,项目中扬压力系数最大值控制在0.1,可见未出现渗流异常现象,大坝依然维持着正常的工作状态。

## 6.2 引水系统

项目中先后在进水处安装了三个测斜管,用以观察边坡变形状况。通过对测斜管数据的分析,发现VE1处长期趋于稳定状态,未出现突变与跳跃等问题;VE2监测点同样未出现明显变化,一直处于稳定状态;VE3观测点结果与前两个观测点类似,同样未出现异常状况。针对边坡挠度变形,VE1处边坡挠度变形最大值位于27.5m处,具体变形大小为-0.67mm;VE2处边坡挠度变形量最大值出现在6m处,具体变形达到27.24mm;VE3处挠度变形最大值处于28.5m的位置,具体变形量达到1.71mm。而针对水流变形量,VE1处水流方向的最大挠度出现在1m高度处,具体变形量达到-3.98 mm;VE2处水流量最大挠度值出现在4.5m,实际变形量接近27mm;VE3处水流变形量达到3.14 mm。综合分析三个斜测孔所监测到的数据信息,发现全部正常,边坡结构稳定。

## 7 结语

随着现代水利技术业的不断发展,对大坝的需求与建设也逐渐增多。大坝是维护水利工程和生态环境的重要设施,但其所具备的巨大储水能力也同时带来了巨大的安全风险。因此,势必要提高对监测大坝工作的关注程度,完善现阶段安全监测体系,以确保水利项目能够长时间处于安全的运行状态。第一,必须重视大坝监测工作。大坝监测是指对大坝的建设、运行、维护、改建等全过程进行监测和管理。第二,要进一步完善安全监测体系。第三,要实时获取、实时解读大坝于各种工作状态下的不同参数数据。第四,要第一时间排查出安全隐患并采取措施进行应对。

### 参考文献

- [1] 强发赞.探究水利水电工程中的大坝工程安全监测控制[J].水电站机电技术,2021,44(4):49-51.
- [2] 刘忠金.水利水电工程中的大坝安全监测技术探究[J].江西建材,2021(1):70+72.
- [3] 杨彬.简述水利水电工程中的大坝安全监测技术[J].低碳世界,2020,10(9):32-33.