

武义县清溪口水库大坝安全监测系统更新改造设计

郎敏 李一平

武义县水务局

摘要: 安全监测是监视水工建筑物安全运行的“耳目”，是掌握工程运行状态的重要手段。为保障清溪口水库大坝的运行安全，及时掌握大坝的运行性态，对监测系统更新改造，以保持监测资料的连续性，确保水库运行安全。本文根据清溪口水库安全监测系统存在的问题作出更新改造设计，以供参考。

关键词: 监测系统; 更新改造; 设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.21.169

一、工程概况

清溪口水库位于武义县泉溪镇武义江支流，坝址距武义县城15.0km，水库集雨面积35.3km²，主流长10.1km。清溪口水库正常蓄水位134.31m，设计洪水位(P=1%)135.90m，校核洪水位(P=0.05%)136.40m，总库容1348.0万m³，是一座以供水、灌溉为主，结合防洪、发电等综合利用的中型水利工程。水库枢纽建筑物主要由主坝、1#副坝、2#副坝、3#副坝、溢洪道、主输水隧洞、副输水洞和电站等建筑物组成，工程等别为III等。2019年12月，水库进行安全鉴定，评定为“一类坝”。

二、大坝安全监测系统更新改造设计

(一) 总体要求

清溪口水库大坝安全监测项目主要有表面水平位移监测、表面垂直位移监测、大坝渗流压力监测、防渗墙应力应变监测及环境量监测等，对照《土石坝安全监测技术规范》(SL551-2012)要求，结合实际，更新改造的内容主要有大坝表面变形监测、大坝渗流监测及自动化系统等。

(二) 大坝表面变形监测

(1) 监测设施布置

除险加固前，清溪口水库主坝共设有3排15个测点(水平位移和垂线位移共用)，在大坝迎水面、坝顶和背水面；1#副坝共设2排4个测点，在大坝迎水面和背水面；2#副坝共设3排9个测点，在大坝迎水面、坝顶和背水面。

除险加固后，清溪口水库主坝和副坝均设1排水平位移测点，共计10个测点，其中主坝5个，1#副坝2个，2#副坝3个。主坝左、右岸稳定基岩上各布置1个工作基点，共计2个工作基点；1#副坝、2#副坝左、右岸共布置3个工作基点，其中1#副坝右岸与2#副坝左岸工作基点共用。

(2) 存在的主要问题

现状主、副坝表面变形测点仅在坝顶上游侧设1个纵断面，不符合《土石坝安全监测技术规范》(SL551-2012)规定的“大坝表面变形纵断面一般不少于4个，坝顶上、下游应布设1~2个”的规定。

主、副坝水平位移测点直接安装于上游挡墙顶部，受顶部不锈钢护栏的影响，观测误差相对较大，同时其测值无法真实反映大坝上游坝坡的变形。

大坝表面变形目前均采用人工观测，与水库“数字化”发展要求不相适宜。

(3) 改造设计

根据相关规程规范要求，结合实际，大坝表面变形监测设施改造设计如下：

主坝表面变形设置4个纵断面，分别为大坝上游侧(▽136.8m)、坝顶下游侧(▽138.8m)、下游一级马道(▽131.3m)和下游坝坡(▽120.0m)，共设置18个测点。在每排测点左、右岸延长线上各设置1个工作基点和1个校核基点。在转折点处设置1个工作基点。原上游侧左、右岸工作基点保留。

1#副坝设置2个纵断面，分别为大坝上游侧(▽136.8m)和坝顶下游侧(▽136.5m)，共6个测点。每排测点左、右岸延长线上各设置1个工作基点和1个校核基点。原上游侧左岸工作基点保留。

2#副坝设3个纵断面，分别为大坝上游侧(▽136.7m)、坝顶下游侧(▽138.0m)和下游坝坡(▽131.8m)，共设9个测点。每排测点左、右岸延长线上各设置1个工作基点和1个校核基点。原上游侧左、右岸工作基点保留。

(三) 大坝渗流监测

(1) 监测设施布置

主坝布置了4个渗流观测断面，分别为坝0+130.0、坝0+200.0、坝0+293.0、坝0+380.0，每个断面设置3~4支测压管，共计14支测压管。其中10支测压管内安装有渗压计，并接入自动化采集装置，其余4支测压管(ZC3、ZC6、ZC10和ZC14)采用人工观测。

1#副坝和2#副坝各布置1个观测断面，每个断面布置2支测压管，均采用人工观测。

(2) 存在的主要问题

测压管ZC3、ZC6因堵塞失效。渗流监测断面间距最大有93m，间距过大，同时西坝段仅布置1个监测断面。坝0+130.0、坝0+380.0断面仅布置3根测压管，无法全面反映整个断面的渗流压力分布情况。1#副坝和2#副坝坝体渗流监测仅设置1个横断面，每个横断面仅布置2根测压管，且2个测压管均位于黏土心墙内，无法实现对大坝渗流性状的综合评价，不满足《土石坝安全监测技术规范》(SL551-2012)规定的“每个监测断面不宜少于3条测线”的要求。

(3) 改造设计

在主坝原测压管ZC3、ZC6旁重新钻孔，恢复功能。在主坝新增坝0+080、坝0+250监测断面，每个断面布置4根测压管，管内安装渗压计，实现自动化观测。坝0+130.0、坝0+380.0断面坝下0+021.0处布置1根测压管，管内安装渗压计，实现自动化观测。原主坝人工观测的测压管ZC3、ZC6、ZC10和ZC14管内均安装渗压计，并接入自动化系统，实现自动化观测。在1#副坝0+035.0m断面坝顶上、下游侧各增设1支测压管，共4支测压管(现状2支测压管)内均安装渗压计，并接入自动化系统，实现自动化观测。

(四) 防渗墙应力应变监测设施

(1) 监测设施布置：坝0+161.0和坝0+293.0设置了2个应变观测断面，在每个断面的不同高程上下游侧埋设

应变计及无应力计,每个断面安装应变计16支,无应力计2支。

(2)存在的主要问题:根据现场检查及相关资料,防渗墙应力应变监测设施主要存在的问题是部分仪器已失效,其中坝0+161.0断面应变计S1-2、S1-4、S1-12、S1-16及无应力计N1-2失效,坝0+293.0断面S2-3失效。

(3)改造设计:由于应变计及无应力计均安装于防渗墙内部,无法进行更换,同时防渗墙的物理力学特性已稳定,故本次更新改造接入运行正常的应变计及无应力计即可。

(五) 自动化监测系统

(1)监测设施布置:自动化监测系统由1台监控主机和2台测量控制装置(MCU)组成。MCU选用南瑞DAU2000型测量控制单元,安装在管理大楼1楼,监控主机安装于2楼机房。MCU与监测仪器通过通讯电缆连接。监控主机内安装自动化采集软件,实现数据的定时、实时采集。

(2)存在的主要问题:大坝自动化采集设备于2009年投入使用,至今已运行12年,目前运行障率高,数据缺失率大于规范要求,根据《大坝安全监测仪器报废标准》(SL621-2013),数据自动采集设备允许使用时间为6~8年,仪器设备完好,且经定期检定/校准满足规定要求的仪器设备,可适当延长允许使用时间,但最长不宜超过规定允许使用时间的50%。自动化采集装置已达到设备折旧年限。

(3)改造设计:增加一台监控主机,作为监测系统专用主机。主坝新增的14支渗压计通过电缆穿引至管理大楼原MCU处,接入2#自动化采集单元箱(原MCU拆除),并通过GPRS传输至云平台。1#副坝新增的4支渗压计及2#副坝增加的6支渗压计通过电缆穿引至1#副坝副输水洞启闭机房内,接入2#自动化采集单元箱,并通过GPRS传输至云平台。

三、监测系统更新改造仪器选型及安装要求

(一) 主要监测仪器选型

(1)表面变形监测设施:强制对中底盘对中误差 $<0.05\text{mm}$,水准标心采用不锈钢材质。

(2)渗压计:选用原装进口振弦式渗压计,其特性指标如下:量程:0~350kPa;分辨率:0.025%FS;精度: $\pm 0.1\%$ FS;线性度: $<0.5\%$ FS;最大过载:1.5倍量程;测温范围:0~65℃;测温精度: $\pm 0.1\text{℃}$ 。

(3)气温计:气温计特性指标:量程: $-40\text{℃}\sim+80\text{℃}$;灵明度: $\pm 0.1\text{℃}$;精度: $\pm 0.5\text{℃}$ 。

(4)监控主机:主要技术指标:CPU:i59400;内存容量:8G;硬盘容量:256GBSSD;机械硬盘1T;不小于23英寸显示器。

(4)通信电缆:通讯电缆为专用的2芯双绞屏蔽线,满足系统CAN总线通讯的使用要求。

(5)自动化采集系统:采集单元箱。采集单元箱主要由测量模块、主控模块,电源模块,接线端子组成。主要技术指标:单台传感器:32支;接传感器式样:振弦式、电压式、电流式、差动电阻式、电感式、电位器式、RS485信号、标准电量信号等;

(二) 主要监测仪器埋设要求

(1)表面变形测点

水平位移工作基点、校核基点应建在稳定基岩上,可直接凿坑浇筑混凝土埋设。

(2)测压管安装埋设

造孔。①在土体中钻孔采用岩芯管冲击法干钻,不采用泥浆护壁,套管跟进,孔径为108mm,套管直径采用110mm;在砂卵石和基岩中钻孔采用水钻,为防止塌孔,先下套管,当埋设好测压管后将套管拔出。

测压管安装。①埋设前,对钻孔进行全面检查并做记录;②在各项经检查合格后,严格按图纸进行施工;③测压管埋设后,在库水位稳定期进行了灵敏度检验,检验方法采用注水试验,测压管灵敏度检验合格后,及时设置管口保护装置,管口保护装置采用预制钢板盒,用锁具上锁,底部浇筑混凝土固定。

(3)渗压计安装埋设:渗压计运到现场后,应先测量渗压计的初始测值。将渗压计的透水石取下,放在清水中浸泡24小时以上。将渗压计空腔中注满水装上透水石,将渗压计放置在测压管内,采用悬吊的方式安装指定位置。电缆敷设完毕后,对每一支渗压计进行现场测试,测出各支仪器的初始测值和安装高程。

(4)电缆敷设:自动化观测系统涉及仪器电缆、通讯电缆和电源电缆。所有外露的电缆全部放在镀锌钢管内牵引,牢固固定在坡面上,并采用砂浆外包,有条件时可挖沟埋设;观测房内的各种电缆采用电缆槽敷设或沿已有的电缆架敷设牵引。

(三) 监测软件系统要求

大坝安全监测软件系统集成表面变形、渗流压力、应力应变监测等观测项目,实现监测数据在同一系统内展示,除应满足一般的显示、操作、通信功能外,监测系统还应具备下列基本功能:观测系统应满足《大坝安全自动监测系统设备基本技术条件》(SL268-2001)的基本要求。数据采集方式应由监控主机命令所有MCU同时巡测或选测且存储,也可根据监控主机所设定的测量时间和测量程序,能自动地进行巡测、存储。

(四) 系统防雷措施要求

电源防雷措施。系统电源防雷是防雷的重点,采用三级电源防雷,主要有三向并联式电源避雷器、隔离变压器、稳压电源、单向并联式电源避雷器等组成。

室外电源电缆、信号电缆防雷。室外电源电缆、信号电缆比较容易受感应雷入侵,可利用电磁屏蔽技术作为室外电源电缆、信号电缆防雷措施。电缆保护管一般采用镀锌钢管,且接头处进行焊接或丝口连接。接地电阻必须小于 10Ω 。

四、结语

针对大坝安全监测系统存在的问题,结合实际进行大坝安全监测系统更新改造,提升水库自动化监测水平,及时掌握大坝的运行性态,通过水库数字化管理手段,确保工程运行安全,是非常必要的,应根据批复的设计方案择时实施。

参考文献

[1]浙江省地方标准DB33/T2103-2018,大中型水库运行管理规程。

[2]浙江广川工程咨询有限公司.《清溪口水库除险加固工程初步设计报告》(报批稿)[R].杭州:浙江广川工程咨询有限公司,2008。

[3]浙江广川工程咨询有限公司.《清溪口水库监测资料整编报告》[R].杭州:浙江广川工程咨询有限公司,2019。

[4]邓成发等.浙江省武义县清溪口水库大坝安全监测系统更新改造方案[R]浙江省水利河口研究院,2020。