

减小碾压混凝土双曲拱坝内观监测差动电阻式仪器测量误差的探讨

甘银波, 秦 岭, 杜 杰, 邓安辉, 刘庆波

(贵州金元象鼻岭水电厂, 贵州 毕节, 553107)

摘 要:大坝作为最主要的挡水建筑物,其安全性至关重要。一般根据内观监测结果判断其安全性,但是如果测量误差较大,则会导致得出错误结论,做出错误判断,造成无法挽回的损失。本文以象鼻岭水电厂大坝安全监测为例,对目前电厂差动电阻式仪器观测方法提出改进,减小系统误差,保证数据分析合理,通过正反测电阻比方法对测量仪器校核,对测量结果进行优化,提高测量精度,及时消除误差,未对仪器校核,观测人员只凭借经验,只根据正向电阻比测量,误差可达 10 个单位,对仪器校核分析以后可将测量误差控制在 5 个单位以内,精确度提高了 1 倍以上,同时也能及时发现问题,例如线路接头老化,钢丝锈蚀、脱落、导致测量结果失真等,并根据实际情况适当的作出一些修复,对于其他混凝土双曲拱坝内观监测具有一定借鉴和推广意义。

关键词:数据检查;差动电阻式仪器;象鼻岭水电厂

文章编号:2096-4633(2018)09-0080-07 **中图分类号:**TV7 **文献标志码:**B

大坝的安全运行不仅直接影响到水电站的经济效益,而且关系到库区下游人民的生命安全和社会财产安全。大坝安全监测是大坝建设初期大坝建设者十分关心的问题。在大坝施工技术的发展过程中,大坝安全监测技术也得到了发展和完善。

大坝安全监测是人们了解大坝运行状态和安全状况的有效手段和方法,它的目的主要是了解大坝安全状况及其发展趋势是一个包括获取各种环境、水文、结构、安全信息到经过识别,计算、判断等步骤,最终给出大坝安全程度的全过程。此过程包括:通过各种信息的获取和整理分析,给出大坝安全评价,控制大坝安全运行,校核计算参数的准确性和计算方法的实用性,反馈施工方法的正确性,改进施工方法和施工控制指标,为科学研究提供现场资料,校验各种理论,检验各种模型参数,协助找出辅助规律和辅助成因分析。

大坝安全监测仪器是大坝安全监测技术的敏感单元,是保证大坝安全监测系统的高精度、高精度、稳定可靠的基础,是大坝长期运行的基础。在图像中,大坝安全监测仪器就像安全监测系统的“感觉”。如果“感觉”是一个问题,所给予的信息是扭曲的。即使后续的数据采集单元和数据分析软件更强大,其结果也不能反映大坝的实际运行状态,甚至

误差。信息。随着电子测量技术、新材料、新技术等技术的飞速发展,安全监测仪器技术也在与时俱进,不断发展和完善。由于使用安全监测仪器的特殊性,特别需要可靠性和长期稳定性。相对于普通消费类电子产品,安全监测仪表的升级换代速度相对保守。大坝安全监测仪器技术。20 多年来,随着大坝安全监测工作者的不懈努力,传感器原理的先进性和多样性,先进的生产工艺,传感材料的性能,施工的高效率和方便性,先进的措施。技术等方面取得了很大的进步。在这段时间内,钢弦仪器得到了广泛的应用,高耐压仪器和超大距离仪器也得到了成功的开发和应用。光纤传感器和卫星定位测量技术得到了推广和应用。

1 工程概况

某水电站位于贵州省威宁县与云南省会泽县交界处的牛栏江上,系牛栏江流域中下游河段规划梯级的第三级水电站,其上游为大岩洞水电站,下游为小岩头水电站。牛栏江为金沙江右岸一级支流。

本工程以发电为主要目标。坝址多年平均流量 $128 \text{ m}^3/\text{s}$, 水库正常蓄水位为 1405 m , 相应库容 2.484 亿 m^3 , 死水位 1370 m , 调节库容 1.685 亿 m^3 , 其中死库容 0.799 亿 m^3 , 属不完全年调节水库。电站装机两台,总装机容量为 240 MW , 保证出力为

47.42 MW,多年平均发电量为9.30 亿 kW·h,年利用小时为3 875 h。

水电站枢纽建筑物由碾压混凝土拱坝、右岸引水系统和地下厂房等组成。

拱坝坝顶高程1 409.50 m,最大坝高141.5 m,坝顶长459.23 m(含右岸垫座),坝顶宽8 m,拱冠梁坝底厚35 m,厚高比0.247。

泄水建筑物由3 溢流表孔和2 中孔组成,主要承担渲泄水库各种频率的洪水及冲沙的任务。泄洪表孔堰面为实用堰,堰顶高程1 397.00 m,孔口尺寸12×8 m(宽×高),出口采用异型鼻坎挑流消能。中孔进口底板高程为1 335.00 m,孔口控制尺寸4×6 m(宽×高)出口采用窄缝挑流消能。大坝下游设有混凝土护坦及护岸等防冲结构。

引水发电系统由进水口、引水隧洞、压力钢管、地下厂房和尾水隧洞等组成。进水口距坝轴线上游约60.00 m,为岸塔式进水口,前沿宽度40.5 m,底板高程为1356 m。引水系统采用两洞两机的供水方式,引水隧洞内径6.8 m,压力钢管直径5.5 m。

地下厂房位于右岸坝后雄厚山体内,厂区枢纽

主要由主厂房、右端副厂房及中控室、下游主变洞、母线洞、风机室、排风洞、尾水洞、出线洞、进厂交通洞兼进风洞等建筑物组成。电站装两台120 MW 混流式水轮发电机组,机组安装高程为1276.90 m,发电机层高程1291.10 m,机组间距为22 m,主厂房尺寸为83.5×20×53.9 m(长×宽×高)。

大坝施工导流采用土石过水围堰、隧洞导流方式,导流时段为11月6日至次年5月25日(计六个月二旬),相应设计流量为450 m³/s。大坝施工要经历两个汛期,截流后第一个汛期,导流洞与大坝基坑联合泄流,度汛采用全年10年一遇洪水标准,相应流量为1 620 m³/s。第二个汛前,坝体浇筑至1 365 m 高程以上,汛期由导流洞、临时导流底孔(1 302 m 高程,宽6 m,高7 m)、大坝中孔联合泄流,其度汛标准按全年50年一遇洪水,相应流量为2 560 m³/s,坝前最高水位为1 361.2 m,满足大坝全年施工要求。在导流洞封堵以后,汛期洪水可由坝身表孔和中孔过流。

2 设备

表1 某水电站电阻式仪器统计表

Tab. 1 Statistical table of resistance instruments for the hydropower station

序号	仪器名称	单位	合同量	设计量	累计完成量	累计完成/%	备注
1	枢纽区开挖边坡						
1.1	锚杆应力计	支	12	30	30	100.00	
2	大坝						
2.1	测缝计	支	48	128	128	100.00	
2.2	裂缝计	支		18	18	100.00	
2.3	温度计	支	61	113	113	100.00	
2.4	无应力计	组	18	34	34	100.00	
2.5	单向应变计	支		4	4	100.00	
2.6	三向应变计	组		8	8	100.00	
2.7		组		24	24	100.00	
2.8	钢板计	支		8	8	100.00	
2.9	钢筋计	支	21	23	23	100.00	
3	发电厂房						
3.1	锚杆应力计	支	18	16	16	100.00	
3.2	2点式锚杆应力计	组	4	4	4	100.00	
3.3	3点式锚杆应力计	组	8	8	8	100.00	
3.5	测缝计	支		12	12	100.00	

序号	仪器名称	单位	合同 量	设计量	累计完成量	累计完成/%	备注
3.6	钢筋计	支		4	4	100.00	
4	引水和尾水隧洞						
4.1	锚杆应力计	支	1	1	1	100.00	
4.2	钢筋计	支	12	30	30	100.00	
4.3	钢板计	支	5	4	4	100.00	
5	导流底孔及导流洞堵头						
5.1	温度计	支	5	8	8	100.00	
5.2	无应力计	组		2	2	100.00	
6	BT2 堆积体						
6.1	锚杆测力计	支		4(2)	2	100.00	取消 2 支
6.3	钢筋计	支		28	28	100.00	
合 计				509	509		

3 差动电阻式仪器工作原理与特性参数

电阻决定式 $R = \rho \frac{l}{s}$,由物理学可知,金属导线受拉应变增加,电阻值增大,温度升高电阻也增大;反之电阻减小。在一定范围内,导线的变化与应变的变化可用下式表示。

$$\frac{R}{R} = \lambda \frac{\Delta l}{l}$$

其中,ΔR 为导线电阻变化值,R 为导线电阻值,Δl 为导线变化长度,l 为导线长度,λ 为电阻应变灵敏系数。

对于同种类的导线,电阻的应变灵敏系数 λ 应为常数。电阻 R 与温度 T 可用下式表示。

$$R_T = R_0 (1 + \alpha T)$$

式中,R_T为温度为 T℃时导线电阻,R₀为温度为 0℃时导线电阻值,α 为电阻温度系数,在一定范围内为常数。

差动电阻式仪器就是根据这两个原理设计而成,如图 1 所示。

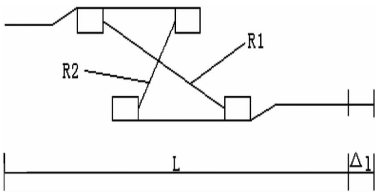


图 1 差动电阻式仪器原理

仪器受到拉伸变形时,钢丝电阻 R1 增加,R2 减小,则 R1/R2 增大,表示应变增加,反之应变减小。

上述两种情况下,两根钢丝的电阻之和 R1 + R2 近似不变;温度改变时两根钢丝电阻同时变化,电阻比值基本不变,这样分别测出温度和应变^[1-3]。

4 电桥测量原理

测量差动电阻式仪器的电阻比 R1/R2 ,和温度电阻值 R1 + R2 ,用惠斯登式电桥,电桥内有一个可调节的”可变电阻 R“,还有两个串联在一起的固定电阻值 M/2 ,固定电阻 M/2 = 50Ω ,测量原理如图 2 所示。

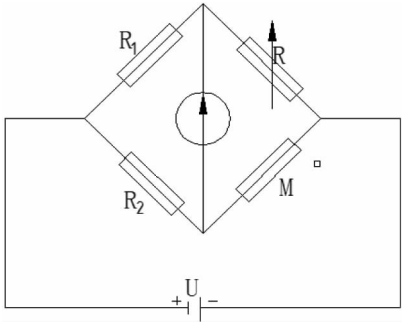


图 2 电桥测量原理

Fig. 2 Principle of electric bridge measurement

电阻比 $Z = \frac{R}{M} = \frac{R_1}{R_2}$,由于此处电阻 $R_{min} = 0.01\Omega$,所以电阻比的最小读数为 0.01

用 0.01% 作为电阻比 Z 的测量单位, $R_{max} = 111.10\Omega$,最大电阻比为 $Z_{max} = 11110(0.01\%)$

图 3 是测量温度电阻的电桥电路,调节可变电阻 R 使电桥达到平衡以后,则:

$$\frac{M}{2} (R_1 + R_2) = \frac{M}{2} R$$
$$R = R_1 + R_2$$

这时可变电阻 R 的电阻值就是传感器的钢丝总电阻,从而可以求得传感器所在测点的温度。

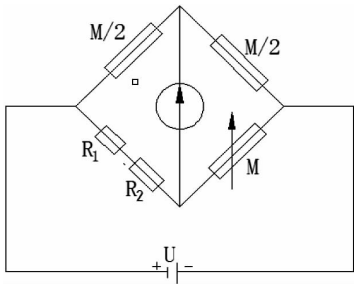


图3 测温电路原理图

Fig. 3 Schematic diagram of temperature measuring circuit

当仪器受到拉伸发生变形 Δl 时,钢丝电阻 R_1 增加 ΔR_1 、 R_2 减小 ΔR_2 ,因而其电阻比也发生变化。设电阻比增量为 ΔZ ,则 ΔZ 可用下式表示。

$$\Delta Z = Z_i - Z_0 = \frac{R_1 + R_1}{R_2 - R_2} - \frac{R_1}{R_2}$$

近似 $R_1 = R_2$, $|\Delta R_1| = |\Delta R_2| = \Delta R$,由前面式子注意到 $\Delta R/R < 1$,则:

$$Z = Z_0 \left(\frac{R_1}{R_1} + \frac{R_2}{R_2} \right) = 2 \frac{R_1}{R_1} = 2\lambda \frac{\Delta l}{l}$$

可见两根钢丝电阻差动变化之后,将仪器的灵敏度提高一倍,应变

$$\varepsilon = \frac{l}{l} = \frac{Z}{2\lambda} = fZ$$

将 f 称为传感器灵敏系数,其值为 $\frac{l}{l} \times \frac{1}{z}$ ($10^{-6}/0.01\%$)

测定传感器变形后变化电阻比 Z ,可以用上式计算出传感器在测点应变 ε ,根据公式看出差动电阻式仪器的输出——输入特性为直线。

一般来说,差动电阻式仪器出厂时,其引线长度很短,而实际使用需要接长电缆,因为钢丝电阻值 $R_1 + R_2$ 很低,一般为 $20 \sim 80\Omega$,而当电缆线 100m 时,电阻值有 $1.5 \sim 1.6\Omega$,当引出电缆线较长时,其电阻相对而言较大,会对测量结果产生一定影响^[4-10]。

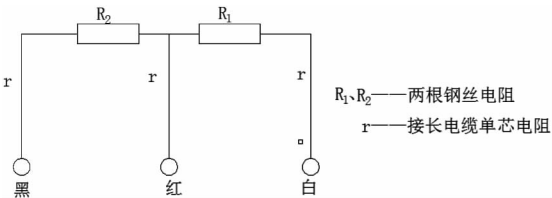


图4 仪器电阻和电缆接线图

Fig. 4 Wiring diagram of Instrument resistance and cable

当传感器电缆引出线接长后,电缆电阻值归入传感器内部电阻计算,此时当传感器受到拉伸变形 l 时,电阻比的增量为 Z' ,则:

$$Z' = \frac{R_1 + R_1 + r}{R_2 - R_1 + r} - \frac{R_1 + r}{R_2 + r} = Z \left(1 + \frac{2r}{R_1 + R_2} \right)$$

可见传感器的电缆引出线接长后,承受同样的变形,得到的电阻比变小 $Z' < Z$,这说明受电缆电阻后,传感器的灵敏度降低,同样温度变为 $R'_T = R_1 + R_2 + 2r$, $R'_T > R_T$ 。为了消除电缆电阻的影响,可以采用修正灵敏度系数方法或者采用不同的测量步骤,但效果并不理想。源于上述原因,观测时一般不采用三芯电缆接长和测读,而是采用四芯、五芯电缆测量,以消除电缆电阻对温度的影响,但需采用灵敏修正系数 $f' = f \left(1 + \frac{2r}{R'_T} \right)^{[11-14]}$ 。

5 仪器偏差

仪器的测量值偏差,也就是说的系统误差。差动电阻式传感器的系统误差有两大类,一类是将观测线接长后,公式计算电缆电阻引起的测量偏差;另一类是传感器本身质量问题引起的零飘。下面介绍消除零飘方法。

5.1 钢丝锈蚀

当传感器内腔注入的变压器油不干净或者采用酸性焊膏焊接等工艺原因,使得仪器在储存或者埋设以后发生的钢丝锈蚀,电阻值会增大,设钢丝电阻 R_1 增大阻值为 δ_1 , R_2 增大阻值为 δ_2 ,电阻比为:

$$Z' = \frac{R_1 + \delta_1}{R_2 + \delta_2} = \frac{R_1}{R_2} + \frac{\delta_1 R_2 - \delta_2 R_1}{(R_2 + \delta_2) R_2}$$

设 $R_1 \approx R_2$, $R_2 + \delta_2 = \frac{R_1 + R_2 + \delta_1 + \delta_2}{2} = 0.5 R_T$,可将

上式改写为:

$$Z' = Z + \frac{\delta_1 - \delta_2}{0.5 R_T}$$

电阻比误差为:

$$Z = \frac{\delta_1 - \delta_2}{0.5 R_T}$$

电阻误差为:

$$R_T = \delta_1 + \delta_2$$

传感器内腔有气体时,外圈钢丝容易首先锈蚀,故 $\delta_1 > \delta_2$,钢丝锈蚀引起的电阻增加随着时间增加而增大。

5.2 钢丝脱焊

传感器钢丝脱焊,因张力松弛电阻会有较大减小,设 R_1 减小值为 δ_1 , R_2 的减小值为 δ_2 ,则电阻比为:

$$Z' = \frac{R_1 - \delta_1}{R_2 - \delta_2} = \frac{R_1}{R_2} - \frac{\delta_1 - \delta_2 R_1 / R_2}{R_2 - \delta_2}$$

设 $R_1 \approx R_2 = R$,则上式为:

$$Z' = Z - \frac{\delta_1 - \delta_2}{R - \delta_2}$$

电阻比偏差为:

$$Z = - \frac{\delta_1 - \delta_2}{R - \delta_2}$$

电阻值偏差为:

$$R_T = - (\delta_1 + \delta_2)$$

上式中负号表示减少,仅当 R_1 松弛而 $\delta_2 = 0$,则电阻比有大幅减少;仅 R_2 松弛而 $\delta_1 = 0$ 时电阻比增加;若 R_1 、 R_2 同时松弛且 $\delta_1 = \delta_2$,电阻值偏差最大,电阻比偏差最小。

5.3 比较钢丝锈蚀和脱焊:

(1)两根钢丝同时锈蚀和同时脱焊松弛,电阻比偏差小而电阻值偏差大,前者电阻值增大,后者电阻值减小。

(2)一根钢丝锈蚀和一根钢丝脱焊松弛,电阻比测量偏差最大。

(3)钢丝锈蚀和脱焊松弛造成的偏差不能修正,观测结果不能作为分析或判断依据,这样的测值属于无效值^[15-16]。

6 观测方法改进

差动式电阻仪器的五芯接线法,传感器引出之黑、蓝、红、绿、白与电桥上相对应的五个接线柱相接,得到的是正测电阻比,用 Z 表示,将黑白两线对调,得到的是反测电阻比,用 Z' 表示。按照电桥原

理,可以建立以下两个等式。

$$\frac{Z}{M} = \frac{R_1 + r_1}{R_2 + r_5}$$

$$\frac{Z'}{M} = \frac{R_2 + r_5}{R_1 + r_1}$$

式中 M 为电桥固定电阻, Z' 为正、反测电阻比, R_1 、 R_2 为传感器两个线圈电阻, r_1 、 r_5 为黑芯线、白芯线电阻。

将上面两式左右相乘,得:

$$M^2 = Z \cdot Z'$$

该式表示正反侧电阻比为一常数,可以利用正反测电阻比检查测量值的可行性。

设 Z_H 、 Z'_H 为正反测电阻比的真实值, η 和 η' 为相对误差, $Z = Z_H(1 + \eta)$, $Z' = Z'_H(1 + \eta')$ 则 $Z Z' = Z_H Z'_H(1 + \eta + \eta' + \eta \eta')$,再设 $\eta = \eta'$,忽略 $\eta \eta'$,则成为:

$$\frac{Z \cdot Z'}{Z_H \cdot Z'_H} - 1 = 2\eta$$

由于电阻比测量误差为 $\pm 0.01\%$,在正常工况下有:

$$\left| \frac{Z \cdot Z'}{Z_H \cdot Z'_H} - 1 \right| \leq 2 \times 0.01\%$$

说明只要当正反测电阻比符合上式便说明观测数据可信,否则应该做电阻检查。考虑到施工影响,可以适当放宽判别条件,用 $3 \times 0.01\%$ 电阻比做标准。

因为电阻比的真实值是不知道的,一般用 $Z \cdot Z'$ 的平均值 $\overline{ZZ'}$ 代替 Z_H 、 Z'_H ,判别式可改写为:

$$|Z_i \cdot Z'_i - \overline{ZZ'}| \leq \Delta_{max}$$

Δ_{max} 为允许误差限值,取 $\Delta_{max} = 2 \sim 3 \times 0.01\%$ 电阻比,根据每次测量的正反电阻比差值可以初步判断测量数据是否又问题,而后进一步分析原因。

7 观测质量评价分析

表 2 电阻比可信观测计算表

Tab. 2 Calculation table of resistance ratio reliable observation

观测日期	Z_i	Z'_i	$Z_i \cdot Z'_i$	$\overline{ZZ'}$	差值 Δ_i
01. 15	10028	9983	10011	10004	7
01. 22	10016	9986	10002		-2
01. 29	10015	9984	9999		-3
02. 25	10017	9985	10002		-2
03. 15	10007	9989	9996	9998	-2
04. 02	10008	9990	9998		0
04. 27	10000	9999	9999		1
05. 16	9994	10004	9998		0

表2为电阻比可信度观测表中01.15~02.25中有两侧测值的绝对值大于 $\Delta_{max} = 3 \times 0.01\% = 3$,在03.15电缆处理之后观测结果在 Δ_{max} 的允许范围之内,说明前四次测量结果不可信,后四次测量结果可信。

当观测数据较多时,除了人工检验还可以通过计算标准差进行数据检验。先计算出正反测电阻比乘积的平均值 $\overline{ZZ'}$,然后分别计算误差 Δ_i :

$$i = Z_i Z'_i - \overline{ZZ'}$$

再计算出标准差:

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n 2_i}{n-1}}$$

然后计算K:

$$K = \frac{max}{\sigma_{n-1}}$$

K值大小表示在允许误差范围内测量值在观测数据中所占比例,标准差越小,则K越大,表示误差允许范围之内的观测数据较多,误差过大的观测数值较少,表示观测资料准确度高,观测系统及方法没有问题,反之,标准差越大,则K越小,表示误差允许范围之内的观测数据较少,误差过大的观测数值较多,表示观测资料准确度低,观测结果不可信。

8 结语

本论文主要从结合现有观测情况,对观测方法进行一些改进,但仍不能彻底消除仪器误差,通过数学方法对测量数据进行检查,结合实际情况与规范相对比,进而分析误差成因,对大坝稳定分析具有重要意义。

参考文献:

[1] 唐崇钊,陈灿明,黄卫兰. 水工建筑物安全监测分析[M]. 南京:东南大学出版社,2015.

[2] 赵志仁,徐锐. 国内外大坝安全监测技术发展现状与展望[J]. 水电自动化与大坝管理,2010,34(05):52-57.

ZHAO Zhiren, XU Rui. Advance and prospect of monitoring technology for dam safety[J]. Hydropower Automation and Dam Monitoring,2010,34(05):52-57.

[3] 宁志新,何鹏. 传感器在大坝安全监测中的发展与应用[J]. 传感器世界,2004,10(06):21-24.

NING Zhixin, HE Peng. Development and application of sensors in dam security monitoring[J]. Sensor World,2004,10(06):21-24.

[4] 张进平,黎利兵,卢正超. 大坝安全监测研究的回顾与展望[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2008,6(04):75-80.

ZHANG Jinping, LI Libing, LU Zhneqchao. Review and prosepct of dam safety monitoring[J]. Journal of China Institute of water conservancy and Hydroelectric Science,2008,6(04):75-80.

[5] 吕刚. 大坝安全监测技术及自动化监测仪器、系统的发展[J]. 大坝观测与土工测试,2001,25(03):1-4.

LV Gang. Development of safety monitoring technology, automatic monitoring devices and monitoring systems for dams[J]. Dam Observation and Geotechnical Test,2001,25(03):1-4.

[6] 吕永宁,王玉洁,沈海尧. 水电站大坝安全监测自动化的现状和展望[J]. 大坝与安全,2007,21(05):24-29.

LV Yongning, WANG Yujie, SHEN Hairao. Dam monitoring automation at hydropower stations and its future development[J]. Dam & Safety,2007,21(05):24-29.

[7] 方卫华. 大坝安全监测仪器的综合评判[J]. 水利水电技术,2000,7(07):46-48.

FANG Weihua. Comprehensive Judgement on dam safety monitoring instrument[J]. Water Resources and Hydropower Engineering,2000,7(07):46-48.

[8] 何金平,施玉群,吴雯娟. 大坝安全监测系统综合评价指标体系研究[J]. 水力发电学报,2011,30(04):175-180.

HE Jinping, SHI Yuqun, WU Wenxian. Index system of comprehensive evaluation on the dam safety monitoring system[J]. Journal of Hydroelectric Engineering,2011,30(04):175-180.

[9] 方卫华,王润英. 大坝安全监测自动化系统的选型与考核[J]. 红水河,2000,19(02):29-32.

FANG Weihua, WANG Runying. Type selection and assessment of automatic monitoring system for dam safety[J]. Hongshui River,2000,19(02):29-32.

[10] 陈文燕,朱林,王文韬. 大坝安全监测的现状与发展趋势[J]. 电力科技与环保,2009,25(06):38-42.

CHEN Wenyan, ZHU Lin, WANG Wentao. Present condition and development trend of dam safety monitoring technologies[J]. Electric Power Environmental Protection,2009,25(06):38-42.

[11] 顾冲时,王建,郑东健. 不同监测方法下大坝安全监测资料差异性检验[J]. 水利学报,2004,35(04):101-104.

GU Chongshi, WANG Jian, ZHENG Dongjian. Type selection and assessment of automatic monitoring system for dam safety[J]. Journal of Hydraulic Engineering,2004,35(04):101-104.

[12] 魏德荣. 大坝安全监测及其特征浅析[J]. 大坝观测与土工测试,1997,21(04):1-4.

WEI Derong. Dam safety monitoring and its characters analysis[J]. Dam Observation and Geotechnical Test,1997,21(04):1-4.

[13] 方卫华. 对大坝安全监测的几点认识[J]. 大坝与安全,2004,18(06):26-28+33.

FANG Weihua. Some acquaintance with dam safety monitoring[J]. Dam & Safety,2004,18(06):26-28+33.

[14] 朱颖琪. 数据加密技术在计算机网络安全中的应用研究[J]. 电力大数据, 2017, 20(11): 62-65.
ZHU Yinqi. Research on application of data encryption technology in computer network security[J]. Power Systems and Big Data, 2017, 20(11): 62-65.

[15] 周召梅, 韩哲. 中小型水库土坝安全监测及管理数字系统研究[J]. 水利水电技术, 2012, 43(09): 112.
ZHOU Shaomei, HAN Zhe. Safety monitoring and digital management system for earth-fill dams of small and medium reservoirs[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2012, 43(09): 112.

[16] 孙广春, 李志咏等. 基于 CIM 模型的水电大数据分析平台建

设[J], 电力大数据 2017, 20(12): 27-29.
Sun Guangchun, Li Zhiyong, et al. Construction of hydropower large data analysis platform based on CIM model[J]. Power Systems and Big Data. 2017, 20(12): 27-29.

收稿日期: 2018-07-02

作者简介:



甘银波(1994), 男, 本科, 无职称, 从事大坝安全监测工作。

(本文责任编辑: 范 斌)

Discussion on reducing measurement error of internal monitoring differential resistance instrument of RCC double curved arch dam

GAN Yinbo, QIN Ling, DU Jie, DENG Anhui, LIU Qingbo

(Guizhou Jinyuan Xiangbiling hydropower station, Bijie 553107 Guizhou, China)

Abstract: As the most important water retaining structure, the safety of dams is of great importance. In general, the security is judged according to the results of the internal monitoring, but if the measurement error is large, it will lead to the wrong conclusion, make the wrong judgment, and cause irreparable loss. Taking the dam safety monitoring of the Xiangbiling hydropower plant as an example, this paper puts forward the improvement of the current differential resistance instrument observation method, reduces the system error, ensures the reasonable data analysis, checks the measuring instrument by the positive and negative measurement of resistance ratio, optimizes the measurement results, improves the measurement precision, and eliminates the error in time, and the error is eliminated in time, and the error is eliminated, and the error is eliminated in time. The instrument check, the observation personnel only rely on experience, only according to the positive resistance ratio measurement, the error can be up to 10 units. After the analysis of the instrument, the measurement error can be controlled within 5 units, the accuracy is increased by more than 1 times, and the problems can be found in time, such as the aging of line joints, the corrosion and shedding of the steel wire, It leads to the distortion of the measurement results, etc, and some repair can be made according to the actual situation, which has a certain reference and promotion significance for the internal monitoring of other concrete double curved arch dams.

Key words: data inspection; differential resistance instrument; error; hydropower station