

DOI: 10.13622/j.cnki.cn42-1800/tv.1671-3354.2017.03.016

万安水电站土石坝坝体渗流特性分析

彭正权, 施玉群

(武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 渗流特性是反映土石坝运行性态的重要内容。依据万安水电站土石坝坝体测压管渗压水位监测资料, 从渗压水位变化过程、渗压水位与上游水位相关性、坝体浸润线和心墙渗透坡降等方面, 对大坝渗流特性与渗流状态进行了分析与评价。研究表明, 万安水电站土石坝坝体渗压水位变化规律和坝体浸润线状态合理, 心墙防渗效果较好, 坝体渗流特性正常。

关键词: 土石坝; 渗流特性; 测压管; 渗压水位; 浸润线

中图分类号: TV649

文献标志码: A

文章编号: 1671-3354(2017)03-0064-04

Seepage Analysis of the Embankment Dam in Wan'an Hydropower Station

PENG Zhengquan, SHI Yuqun

(School of Water Resources and Hydropower Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Seepage state is an important index to reflect the operational condition of embankment dams. According to the monitoring data on piezometric levels, the seepage characteristics of the embankment dam in Wan'an Hydropower Station are analyzed, including the variation process of piezometric levels, correlation between piezometric levels and upstream water levels, phreatic line in the dam body and seepage gradient in the core wall. The seepage state of the dam is then evaluated. The results show that the seepage characteristics of the dam are normal as the variation of the seepage pressure water level and the phreatic line are reasonable, and the seepage-proof performance of the core wall is fine.

Key words: embankment dam; seepage characteristics; piezometric tube; seepage pressure water level; phreatic line

土石坝是最普遍的坝型,在我国现有的9万余座水库大坝中,90%以上是土石坝。根据水利部《全国水库垮坝登记册》的统计,因渗流问题导致土石坝垮坝是土石坝失事的主要形式之一^[1],因此,对土石坝渗流状态进行分析,可及时掌握土石坝的运行性态,也是保证土石坝安全运行的重要措施^[2]。

本文基于万安水电站土石坝坝体测压管渗流监测资料,对坝体渗流变化特性和渗透特性进行了综合分析,对万安水电站土石坝渗流状态进行了评价。本文的研究方法可以为类似土石坝坝体渗流特性分析提供借鉴和参考。

1 工程概况

万安水电站枢纽位于江西赣江中游万安县城以上

2 km,工程以发电为主,兼有防洪、航运、灌溉以及水库养殖等综合效益。枢纽等别为I等,主要建筑物级别为1级;防洪限制水位和死水位均为85 m,正常蓄水位96.00 m;按千年一遇($P=0.1\%$)洪水设计,设计洪水位100.00 m;按万年一遇($P=0.01\%$)洪水校核,校核洪水位100.70 m。水库具有年调节功能。

万安水电站由重力坝、船闸和土石坝等建筑物组成。其中,土石坝位于河床右岸,坝顶长430.00 m,坝顶高程105.00 m,最大坝高37.00 m,左边与船闸相连,右边与右岸山体相接。土石坝坝型为粘土心墙坝,坝壳料主要为石碴料;心墙顶高程104.00 m,粘土心墙上下游侧均设置反滤层。

万安水电站采取“工程一次建成、水库分期蓄水”的建设方案。由于后期涉及到移民等困难,因此水库

收稿日期: 2017-02-15

作者简介: 彭正权,男,硕士研究生,主要从事大坝安全监测管理方面的研究。

蓄水以来一直处于库水位低于正常蓄水位的方式运行。

万安水电站土石坝布置了比较齐全的变形和渗流监测项目,其中坝体渗流在桩号 0 + 687 m、0 + 817 m 和 0 + 930 m 处各布置了 1 个监测横断面,每个横断面各布置 3 根测压管,其中在粘土心墙内布置 1 根测压管,在下游坝体内布置 2 根测压管,采用电测水位计观测测压管水位,一般每月观测 2 次;同时,在每根测压管内安置 1 支渗压计,接入自动化观测系统,一般每天观测 1 次。因渗压计受雷击导致经常出现故障,自动化观测成果不完整,因此,本次以人工观测成果为主要分析对象。坝体渗流监测具体布置情况见表 1。

表 1 万安水电站土石坝坝体测压管布置情况表 m

	测压管编号	管口高程	管底高程	位置
0 + 687 断面	0 + 687 - 1	105.01	87.11	粘土心墙内
	0 + 687 - 2	104.96	79.94	下游坝体内
	0 + 687 - 3	94.13	67.91	下游坝体内
0 + 817 断面	0 + 817 - 1	105.05	86.25	粘土心墙内
	0 + 817 - 2	104.99	85.60	下游坝体内
	0 + 817 - 3	94.55	82.11	下游坝体内
0 + 930 断面	0 + 930 - 1	105.03	87.27	粘土心墙内
	0 + 930 - 2	105.02	86.42	下游坝体内
	0 + 930 - 3	94.50	85.56	下游坝体内

2 坝体渗流变化特性分析

选择 1993 年 ~ 2015 年坝体渗流监测资料,绘制各监测断面测压管渗压水位变化过程线;作为代表性,图 1 为 0 + 817 断面各测压管渗压水位变化过程线。为判断上游水位对各测压管渗压水位的影响,分别计算各测压管渗压水位与上游水位的相关系数,计算结果见表 2。

2.1 位于粘土心墙内的测压管

0 + 687 - 1、0 + 817 - 1 和 0 + 930 - 1 测压管位于粘土心墙内靠近上游侧处,实测渗压水位呈较明显的年周期性,与上游水位接近,且变化基本同步,渗压水位与上游水位相关性较强,相关系数大于 0.6;各测压管实测渗压水位与测压管位置 and 水库年调节性能相适应,渗压水位总体正常,未出现明显异常现象。

2.2 位于下游坝体的第 1 根测压管

0 + 687 - 2、0 + 817 - 2 和 0 + 930 - 2 测压管位于下游坝体内,靠近粘土心墙下游侧。

0 + 687m 监测断面 0 + 687 - 2 测压管实测渗压水位波动较大,过程线较为杂乱,规律性不明显,部分时段测压管实测渗压水位明显偏大;0 + 687 - 2 测压管渗压高水位一般出现在降雨后,同时段下游坝体的其他测压管渗压水位未明显上升,且 0 + 687 - 2 测压管渗压水位与上游水位不存在明显的相关性(相关系数仅 0.11)。初步判断 0 + 687 - 2 测压管渗压水位偏高系存在表水渗入,并非防渗心墙存在缺陷所致。

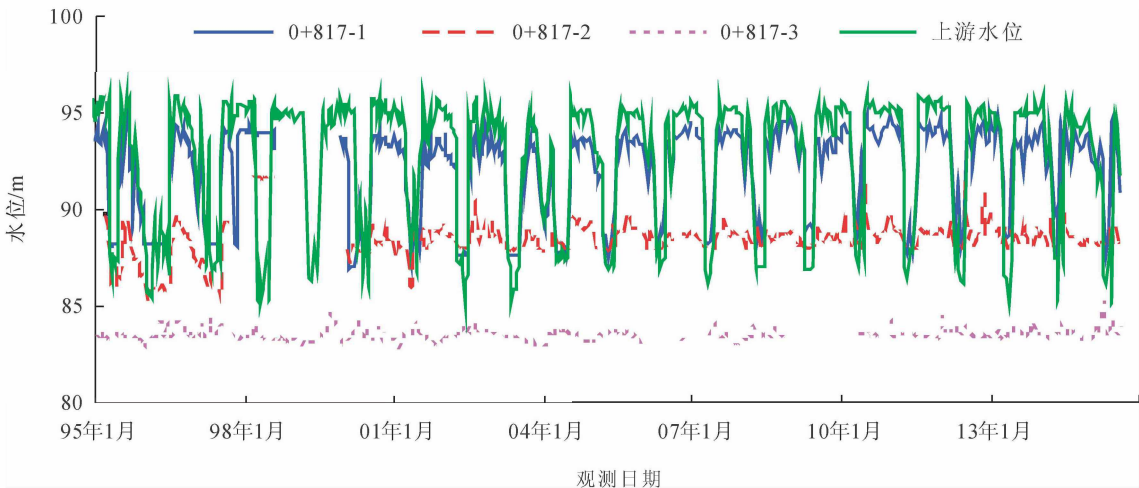


图 1 万安水电站土坝、坝体测压管 0 + 817 断面渗压水位变化过程线

表2 坝体测压管渗压水位与上游水位相关性统计表

监测断面名称	测压管编号	相关系数 R
0+687 断面	0+687-1	0.69
	0+687-2	0.11
	0+687-3	0.02
0+817 断面	0+817-1	0.85
	0+817-2	0.42
	0+817-3	0.10
0+930 断面	0+930-1	0.62
	0+930-2	0.28
	0+930-3	0.18

0+817 监测断面 0+817-2 测压管和 0+930 监测断面 0+930-2 测压管 1999 年以前因存在淤堵问题,导致实测渗压水位波动较大,且部分时段缺测;1999 年重新钻孔后,测值恢复正常。0+817-2 测压管实测渗压水位存在一定的波动,但总体变化正常,实测渗压水位与上游水位存在一定的相关性;0+930-2 测压管实测渗压水位变化基本正常,实测渗压水位与上游水位相关性不明显。

2.3 位于下游坝体的第 2 根测压管

0+687-3、0+817-3 和 0+930-3 测压管位于下游坝体内,孔口在下游坝坡 94 m 马道处。

坝体内第 2 根测压管实测渗压水位明显低于第 1 根测压管,渗压水位变幅很小,与上游水位相关性不明显,各测压管实测渗压状态基本正常。

3 坝体渗流渗透特性分析

3.1 坝体浸润线分析

浸润线是判断坝体渗透特性的重要指标之一,利用渗流监测资料推求坝体浸润线是分析坝体渗透特性的重要内容。

利用坝体渗流监测资料推求坝体浸润线时,不能直接将监测断面上各测压管实测渗压水位的连线形成坝体浸润线,应考虑坝体渗流与上游水位变化之间的滞后效应、坝体渗流位势以及降雨入渗等因素的影响来综合确定^[3]。当无法排除降雨入渗因素的影响时,所确定的浸润线实际上是“综合浸润线”。

因此,一般采用以下两种方法:①利用上游水位与

实测渗压水位之间的相关性来消除滞后效应,再由相应的位势关系,确定坝体在相应上游水位和坝址降雨作用下的“综合浸润线”,该方法需要良好的监测资料来确保所确定的上游水位与实测渗压水位的滞后时间的客观性和合理性。②选择上游水位变化相对稳定的时段(该时段一般不得短于上游水位对渗压水位产生影响的最长滞后时间),利用该时段的平均库水位作为上游水位,根据该时段末实测渗压水位的实测值,将其换算成位势值,再由相应的位势关系来绘制相应的坝体“综合浸润线”,该方法比较实用,但难以确定上游最高水位条件下的坝体浸润线。

由于到万安水电站土坝粘土心墙后的坝体渗压水位与上游水位相关性不明显,各测压管渗压水位对上游水位的滞后时间不明确,难以满足第一种方法的要求,因此采用第二种方法绘制浸润线。

根据万安水电站上游水位长期变化过程线,2014 年 8 月~12 月期间上游水位保持高水位,变幅较小,基本稳定,因此取 2014-12-10 日的测值绘制各监测断面浸润线,其中 0+817 监测断面浸润线如图 2 所示。

由图 2 可知,0+817 监测断面坝体浸润线形状基本合理,防渗心墙对坝体浸润线具有较明显的降低效果,表明心墙防渗效果较好。

为分析坝体浸润线的长期变化情况,在图 2 中还绘制了 2004 年高水位条件下 0+817 监测断面的坝体浸润线。由图 2 可知,2014 年 12 月的坝体浸润线与 10 a 前的 2004 年的坝体浸润线基本一直,未出现明显的异常现象,表明心墙的长期防渗效果稳定。

3.2 心墙渗透坡降分析

根据万安土石坝现有的测压管布置及测压管渗压水位实测资料,按下式计算测压管间的渗透坡降:

$$J_{i,j+1} = \frac{h_{i+1} - h_i}{L_{i,j+1}}$$

式中: h_i 和 h_{i+1} 为 i 和 $i+1$ 测压孔内水位; $L_{i,j+1}$ 为 i 和 $i+1$ 测压孔间的距离; $J_{i,j+1}$ 为 i 和 $i+1$ 测压孔间的渗透坡降。

由上述方法确定的各监测断面心墙渗透坡降特征值见表 3。万安水电站土石坝为心墙坝,心墙料为含少量砾石的低液限粘土,其允许渗透坡降为 2~3。由表 3 可知,各监测断面心墙渗透坡降均小于允许渗透坡降,心墙不会发生渗透破坏。

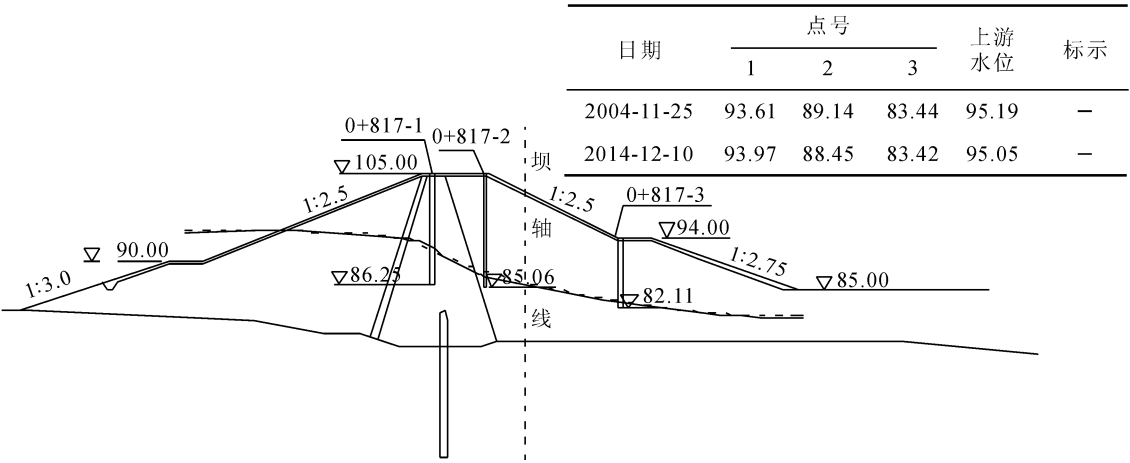


图 2 0 + 817 断面浸润线图

表 3 心墙渗透坡降特征值统计表

断面名称	测压管	最大值	最小值	变幅	平均值
0 + 687	0 + 687 - 1 ~ 0 + 687 - 2	0.624	0.135	0.489	0.139
0 + 817	0 + 817 - 1 ~ 0 + 817 - 2	0.779	0.175	0.604	0.391
0 + 930	0 + 930 - 1 ~ 0 + 930 - 2	0.782	0.121	0.661	0.240

4 结 语

1)土石坝坝体渗流特性应基于坝体实测渗压水位的变化特性和渗透特性重点分析防渗结构的防渗效果。变化特性应重点分析渗压水位的变化规律,以及渗压水位变化与上游水位变化之间的相关性;渗流特性应重点分析坝体浸润线和防渗结构的渗透坡降。

2)坝体浸润线是判断坝体渗透特性的重要指标之一。在推求坝体浸润线时,应综合考虑坝体渗流与上游水位变化之间的滞后效应、坝体渗流位势以及降雨入渗等因素的影响。

3)万安土石坝坝体渗流监测资料分析表明,各测

压管实测渗压水位与测压管所在位置和坝体防渗结构及坝体填料相适应;坝体浸润线现状合理,防渗心墙对坝体浸润线具有较明显的降低效果。因此,综合来看,万安土石坝坝体渗流特性正常,心墙防渗效果良好。

参考文献:

[1]汝乃华,牛运光. 大坝事故与安全·土石坝[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001

[2]何金平. 大坝安全监测理论与应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010

[3]高全,吴洁莲,施玉群. 深圳水库主坝坝体渗流监控指标拟定方法[J]. 水电与新能源,2016(2): 21 - 24, 38

欢 迎 投 稿 欢 迎 订 阅