

# 蘑菇湖水库消力池的失事原因分析

吴宇峰

(西华大学, 成都 四川 610039)

**摘要:** 利用实验数据和计算公式, 系统地分析了蘑菇湖水库消力池失事原因。结果表明消力池失事主要由消力池的设计不当引起, 不仅与水跃跃长公式的选择有关, 还与水库下泄流量的精确计算有关。因此, 设计和分析消力池失事应综合考虑流量的准确计算和水跃跃长公式的选择。

**关键词:** 消力池; 跃长公式; 流量系数

**中图分类号:** TV62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-6254(2003)06-0027-03

## 0 引言

新疆蘑菇湖水库是一座大(II)型平原水库, 设计库容为1.8亿 $m^3$ , 控制灌溉下野地区7个团场、沙湾县4个乡的耕地。水库泄水闸为竖井式平板闸门, 箱式涵洞, 共3孔, 单孔尺寸为2.3 m $\times$ 2.3 m, 水库泄水建筑物为永久性建筑物, 工程等级为2级。水库泄水涵洞原设计流量为47 $m^3/s$ , 最大泄流量为51 $m^3/s$ , 弧线下游接一平底扩散消力池, 长约18 m, 扩散角约为0.176弧度, 池深为0.88 m。运行期间, 消力池中的消力墩被冲走, 导致下游河道被严重冲刷, 不能满足消能。这说明出池水流的流态极度不良, 原设计方案不能充分发挥作用, 影响泄水明渠的安全运行, 必须对

消力池加以改造。

原消力池设计是按照规范设计的, 为什么不能满足消能呢? 为此, 受石河子水电局委托, 笔者对蘑菇湖泄水涵洞进行了分析试验。

## 1 消力池失事的原因分析

为了分析消力池失事的原因, 首先从消力池的设计来考虑。消力池主要根据水跃跃长来设计, 目前, 平底扩散水跃跃长公式较多, 见表1。由于都是经验公式, 计算结果大多只能在一定试验范围内适用, 而不能通用, 这样使这些公式在计算其它消力池的水跃跃长时误差较大, 有时相差达到50%, 这就给运用者带来选择公式的困难。

表1中,  $Fr_1$  为水跃起始断面的佛汝德数,  $b_1$

表1 常用水跃跃长公式

编号	提出单位或学者	公式 ( $L_j$ )	文献
A	水利水电科学研究院	$9.4(Fr_1 - 1)(1 - 11.915/m^{1.5}\beta^{0.5}) \cdot h_1$	[1]
B	ИГНатЕНКО	$6.4\sqrt{Fr_1^2 - 1}/(1 + 0.64\frac{tg\theta}{\beta}\sqrt{Fr_1^2 - 1}) \cdot h_1$	[2]
C	于志忠	$8.38(Fr_1 - 1)/[1 + (1 + 6.14/\beta)/m] \cdot h_1$	[2]
D	陕西水利科学研究院	$0.077 \cdot h_1 \cdot (Fr_1 \cdot ctg\theta)^{1.5}$	[3]
E	华西列夫	$\frac{10.3b_1h_1(Fr_1 - 1)^{0.81}}{b_1 + 1.08h_1(Fr_1 - 1)^{0.81} \sin\theta}$	[3]

基金项目: 西华大学科技基金项目(0224966)

作者简介: 吴宇峰(1975-), 男, 四川仪陇人, 硕士, 主要从事工程水力学、水电站教学与研究。

为水跃起始断面宽度,  $h_1$  为水跃起始断面水深,  $\theta$  为消力池的扩散角度,  $m=1/\lg q$ ,  $\beta=b_1/h_1$ 。

公式不但繁多不易选择, 而且公式本身也比较复杂, 不易准确计算。表1中各个公式形式差异较大, 但都可表示成  $L_j = f(h_1, b_1, Fr_1, \theta)$  的函数形式。其中  $h_1, b_1, \theta$  都可精确测量或计算, 但对于  $Fr_1$  的计算可就没这么简单了, 因为

$$Fr_1 = \frac{v}{\sqrt{gh_1}} = \frac{Q}{b_1 h_1 \sqrt{gh_1}} = \frac{\mu b e \sqrt{2gH}}{b h_1 \sqrt{gh_1}}$$

式中  $v$  为水跃起始断面流速,  $g$  为重力加速度,  $b$  为闸门宽度,  $e$  为闸门开度,  $H$  为闸前水头,  $\mu$  为流量系数。所以, 水跃跃长与流量系数  $\mu$  和水跃起始断面水深  $h_1$  和明渠的扩散角度有关, 下面就从流量系数和水跃跃长的公式来讨论。

### 1.1 涵洞段的流量系数

在试验中发现涵洞流量系数与常用的流量系数公式相差很大。用试验中得到的流量系数与用公式  $\mu = 0.6 - 0.176e/H$  计算得到的流量系数比较, 见表2。

表2 实测流量系数比较表

闸前水头 $H(m)$	流量 $Q(m^3/s)$	闸孔开度 $e(m)$	试验系数 $(\mu)$	计算系数 $(\mu)$	误差 (%)
11.3	30	0.44	0.664	0.593	10.667
11.3	40	0.60	0.649	0.591	9.021
11.3	50	0.76	0.641	0.588	8.197
11.3	60	0.92	0.635	0.586	7.784
11.3	70	1.08	0.631	0.583	7.606
11.3	75	1.15	0.635	0.582	8.348
11.3	80	1.23	0.633	0.581	8.296
11.3	90	1.37	0.640	0.579	9.548
11.3	100	1.52	0.641	0.576	10.044
11.3	110	1.66	0.645	0.574	11.028
9.51	40	0.68	0.624	0.587	5.928
9.51	60	1.02	0.624	0.581	6.935
9.51	70	1.18	0.630	0.578	8.188
9.51	75	1.27	0.627	0.576	8.038
9.51	80	1.34	0.634	0.575	9.238
7.50	70	1.35	0.620	0.568	8.307
7.50	75	1.46	0.614	0.566	7.867
5.50	30	0.70	0.598	0.578	3.448
5.50	40	0.93	0.600	0.570	5.018
5.50	50	1.18	0.591	0.562	4.941
5.50	60	1.43	0.586	0.554	5.367
5.50	70	1.65	0.592	0.547	7.596
5.50	75	1.78	0.588	0.543	7.669
5.50	80	1.889	0.591	0.540	8.729

一般认为, 由于闸前有一较长的涵洞段, 试验流量系数应比计算流量系数偏小。但从表2可以明显看出, 计算流量系数比试验流量系数小得太多, 远远超出了容许范围, 因此不能按照常规公式来计算。根据试验数据按照最小二乘法可拟订公式

$$\mu = 0.688 - 0.233 \frac{D}{H} \quad (1)$$

式中  $D$  为涵洞高度。

从(1)式可以看出, 该公式无论形式上, 还是计算结果上都与常规公式不同。其主要原因是平板闸门前有一长有压涵洞和水库连接, 使得水库处出流类似管嘴出流, 所以流量系数较大。

### 1.2 消力池的试验

试验中发现, 在水库水位为 392 m (闸门底板高程为 380.7 m) 条件下, 流量  $Q \leq 20 m^3/s$ , 能发生完整水跃。但当流量  $20 m^3/s < Q \leq 30 m^3/s$  时, 水流冲出消力池, 在消力池末端尾坎处发生挑流现象, 挑流高度随流量增大而增高, 当  $Q = 70 m^3/s$  时, 挑流高度达 4.6 m。在库水位为 386.2 m 条件下, 流量  $30 m^3/s < Q \leq 40 m^3/s$ , 可在消力池中形成水跃。当流量  $Q \geq 50 m^3/s$  后, 水流仍然冲出消力池发生挑流现象。这说明原方案(池深  $d = 0.88 m$ ) 不能充分发挥作用, 出池水流的流态极度不良, 影响泄水明渠的安全运行。在试验时水库水位为 392 m, 流量为  $Q = 70 m^3/s$ , 消力坎高度增加到 2.14 m 效果最好。按照试验方案对原消力池进行改建后, 消力池消能效果得到改善。

用实测的数据检验表1中的公式, 结果比较散乱。其中, 公式C计算结果与试验结果比较接近, 当流量  $Q = 70 m^3/s$  时, 公式C计算结果为池长 14.2 m, 池深 2.3 m。但原消力池比较长, 为 18 m, 所以用公式C算出的结果比试验时消力坎高一些应该是合理的。

### 1.3 消力池失事的原因分析

从试验可以看出, 蘑菇湖消力池失事的原因很多, 其主要原因有两点: ①水库平板闸门的流量系数公式计算不准确, 导致放水时流量过大, 超出了消力池的承载能力, 损害消力池。②水跃跃长公式的选用不准确, 水库消力池消力坎设计偏低, 导致耗费大量材料却不能满足消能。

## 2 结论

从上例可以看出, 合理设计消力池或分析消

力池的设计, 应注意以下几个方面:

1) 准确计算流量。流量的准确性关键是要要求流量系数的准确计算, 也就是流量系数公式的合理采用。对于具体的水流形式要具体分析, 不能盲目套用公式。对于闸前为长有压涵洞的平板闸门可以采用公式(1)或参考文献[4], 对于闸前为无压流的平板闸门可采用南京水科所公式[3]。

2) 要正确采用水跃跃长公式, 这对类似于蘑菇湖水库的矩形扩散消力池尤为重要。对于矩形扩散消力池可采用表1中公式C。

对于一般的大型工程, 应当先做试验, 然后根据试验现象和试验数据进行分析设计。

#### 参考文献:

- [1] 矩形平底槽中扩散水跃试验研究报告. 水利水电科学院, 1966(2).
- [2] 于志忠. 矩形扩散水跃的计算方法[J]. 水利学报, 1982(2).
- [3] 吴持恭. 《水力学》上册[M]. 高等教育出版社, 1996.
- [4] 刘焕芳, 等. 平原水库泄水涵洞流量系数的研究[J]. 西北水资源与水工程, 2001(2).

## Analysis on Wreckage of Moguhu Stilling Pool

WU Yu-feng

(Xihua University, Chengdu, Sichuan 610039, China)

**Abstract:** The cause of the wreckage of Moguhu stilling pool is found out by analyzing experimental data and computing formula in this paper. It is showed that the wreckage was caused by the faulty design of the stilling pool. The faulty design had not only something to do with the choice of jump length formula, but also with the accurate calculation of flowrate. So the accurate calculation of flowrate and the choice of jump length formula should been taken into account when designing and analyzing the stilling pool.

**Key words:** Stilling pool; Jump length formula; Flow coefficient

(上接第18页)

各种口径的阀80余台, 用于冶金高炉供水、石化冷却循环水等供水管道系统。最早应用的已有3年, 应用中工作开启迅速, 泄压快, 关闭时平稳能有效消除水击, 运行安全可靠。

#### 4 结语

采用活塞作驱动器, 利用先导阀反馈调节的

泄压持压阀具有开启快、泄压效果好, 关闭时能有效消除水击, 避免管道压力波动, 持压稳定, 运行平稳, 是一种值得推广应用的新型泄压阀。

#### 参考文献:

- [1] 陆培文. 实用阀门设计手册[M]. 机械工业出版社, 2002年.
- [2] 洪勉成. 阀门设计手册[M]. 中国标准出版社, 1994年.
- [3] 黎启柏. 液压元件手册[M]. 冶金工业出版社, 2000年.

## Design of the Pilot Pressure-releasing and Pressure-continuous Valve

LI Zhi-peng, LIU Ming-lan

(Changsha Science and Technology University, Changsha, Hunan 410077, China)

**Abstract:** The structure, work principle and design method of the pressure-releasing and pressure-continuous valve are introduced. This kind of valve uses piston as driver, and uses pilot valve as degenerative feedback controller. Its application shows that it have some good characteristics. It turns on rapidly; it has good pressure release effect; it removes water hammer when closed which avoiding pipe pressure fluctuating; it has steady continuous pressure, and it runs steadily.

**Key words:** Valve; Pilot; Pressure-releasing; Piston.