

无坎宽顶堰堰流流量系数的探讨

田间,李贵清,季安

(山东省水利勘测设计院,山东 济南 250013)

摘要:为方便而又精确地确定无坎宽顶堰的堰流流量系数,通过比较、分析几例已建工程水工模型试验数据,指出在进行水闸泄流能力计算或确定水闸规模时,采用 SL265—2001《水闸设计规范》中的计算公式,应合理确定堰流流量系数的适宜取值范围.提出在自由出流条件下,按常规设计的闸墩结构和闸室上下游连接段为矩形断面的无坎宽顶堰,堰流流量系数 m 在 0.36~0.375 之间取值更为适宜.

关键词:水闸设计;无坎宽顶堰;水工模型试验;堰流流量系数

中图分类号:TV66

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2003)03-0034-02

在水闸设计中,无坎(平底)宽顶堰是极为常见的一种结构形式,过闸水流受闸墩侧向收缩的影响,使过水断面减小,流速增大,部分势能转化为动能,引起过闸水面的降落,堰顶范围内产生一段流线近似平行堰顶的渐变水流——无坎宽顶堰流.现行国家行业标准 SL265—2001《水闸设计规范》中给出了平底闸过闸堰流流量的计算公式:

$$Q = \sigma \epsilon m b \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (1)$$

式中: Q 为堰流流量, m^3/s ; σ 为堰流淹没系数; ϵ 为堰流侧收缩系数; m 为堰流流量系数; b 为闸孔总净宽, m ; g 为重力加速度; H 为计入行近流速水头的上游能头, m . 式(1)中, σ , ϵ 可由孔径、堰型、墩型、上下游水位关系等按有关经验公式或相关图表得出,规范中规定堰流流量系数 m 可取 0.385,此值为进口局部能量损失为零时的堰流流量系数值,即最大值.在实际工程中,根据经验堰流流量系数 m 难以达到 0.385,流量系数 m 取值的大小直接影响工程规模的大小和工程运行的效果,进而影响工程的直接投资.笔者认为无坎宽顶堰堰流流量系数 m 的取值确有可商榷之处.

1 无坎宽顶堰堰流流量系数的计算

文献[1]中计算无坎宽顶堰堰流流量系数时,一般不单独考虑侧向收缩的影响,而是把侧向收缩的影响包含在流量系数中一并考虑.无坎宽顶堰堰流流量系数的大小根据进口翼墙的形式及平面收缩的程度,从相关表格中查得.

式(1)中规定 $m = 0.385$,其实是不计进口局部

损失时的堰流流量系数最大值.根据水力学中临界水深的定义,可以推导出这个结论.

假定水面线降落后的水深 h_c 为临界水深 h_k ; v_c , A 分别为水深 h_c 处的流速和过水断面面积;压强按静水压力分布,可以证明: $H = h_c + \frac{v_c^2}{2g}$,由此推出 $v_c = \sqrt{2g(H - h_c)}$,临界水深 $h_k = h_c = \frac{2}{3}H$;则过闸堰流流量为

$$Q = v_c A = b \cdot \frac{2}{3} H \sqrt{2g \left(H - \frac{2}{3} H \right)} = 0.385 b \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (2)$$

式(2)与式(1)对比,式(1)中不考虑堰流淹没系数 σ (按自由出流)及堰流侧收缩系数 ϵ 的影响,经整理后即为式(2).

由此可以看出,式(1)中规定 $m = 0.385$ 不太合理,实际上当无坎宽顶堰过闸水流为自由出流时($\sigma = 1.0$),水流侧向收缩的影响是存在的,而且式(1)中也考虑了侧向收缩的影响.一般来说,按常规设计的闸墩结构型式和闸室上下游连接段为矩形断面的无坎宽顶堰,堰流侧收缩系数 ϵ 一般为 0.98~0.99; m 取值大小成了比较关键的影响因素,其值经多个水工模型试验检验,结果表明均小于 0.385.

2 模型试验及原理

山东省在近几年对多座大中型水库进行了除险加固,为使设计更趋于合理,在溢洪闸加固改造设计过程中,均做了溢洪道水工模型试验.通过模型试验

来检验设计的合理性,试验给出的闸室流量系数是溢洪道优化设计的必要参数.这里通过下述两个工程实例,来说明无坎宽顶堰堰流流量系数的变化情况.

采用整体正态模型,按重力相似准则设计,参照 SL155—95《水工(常规)模型试验规程》,选定模型长度比尺 $L_r = 50$,相应各比尺为:流量比尺 $Q_r = L_r^{5/2} = 17677.7$;流速比尺 $v_r = L_r^{1/2} = 7.07$;糙率比尺 $n_r = r_{r'}^{1/6} = 1.92$.

用测针测读测针筒内水位,用毕托管量测流速,用 70 cm 宽矩形薄壁堰量测流量,用测压管量测动水压力.

堰流综合流量系数表达式为

$$M = \frac{Q}{b \sqrt{2g} H^{3/2}} \quad (3)$$

式中: Q 为堰流流量, m^3/s ; M 为堰流综合流量系数; b 为闸孔总净宽, m ; H 为上游能头, m .

a. 山东省日照水库溢洪道水工模型试验.日照水库溢洪闸采用弧形钢闸门,共 7 孔,单孔闸门尺寸 $10.0m \times 7.5m$ (宽 $\times$ 高),闸室总宽 78.0 m,闸室长 17.5 m;闸前引水渠宽 78.0 m,长 50.0 m,闸后泄槽宽 78.0 m,长 102.5 m,坡比 0.02 ~ 0.10,自由出流条件下的挑流消能.闸室、泄槽、闸门、挑流鼻坎用冷轧钢板制作,外喷油漆.闸墩采用硬塑料板制作,进出口均按比例用水泥砂浆抹面制成.

b. 山东省龙角山水库溢洪道水工模型试验.龙角山水库溢洪闸采用平板钢闸门,共 7 孔,单孔闸门 $10.0m \times 6.5m$ (宽 $\times$ 高),闸室总宽 78.4 m,闸室长 14.5 m;闸前引水渠宽 78.4 m,长 54.0 m,闸后泄槽宽 78.4 m,长 75.0 m,坡比 0.02,自由出流条件下的挑流消能.闸室、泄槽、闸门、挑流鼻坎用冷轧钢板制作,外喷油漆.闸墩采用硬塑料板制作,进出口均按比例用水泥砂浆抹面制成.

上述试验均由山东大学土建与水利学院完成.在闸门全部开启,流态为自由出流的情况下,得出溢洪道闸上能头与堰流综合流量系数关系,式(1)中 $m = M/\epsilon$.试验与计算结果见表 1.

表 1 日照水库和龙角山水库溢洪道闸上能头与堰流流量系数关系

水库名称	上游能头 H/m	堰流综合流量系数 M	堰流侧收缩系数 ϵ	堰流流量系数 m
日照水库	40.94	0.355	0.9800	0.362
	41.06	0.359	0.9800	0.366
	41.94	0.353	0.9800	0.360
	42.81	0.348	0.9800	0.355
	43.50	0.349	0.9800	0.356
	44.65	0.350	0.9800	0.357
	45.35	0.340	0.9800	0.347
	46.54	0.332	0.9800	0.339
	46.83	0.336	0.9800	0.343
	37.68	0.365	0.9825	0.372
龙角山水库	38.29	0.367	0.9825	0.374
	39.68	0.367	0.9825	0.374
	40.34	0.363	0.9825	0.369
	41.22	0.365	0.9825	0.372
	42.04	0.366	0.9825	0.373
	43.07	0.363	0.9825	0.369
	43.54	0.365	0.9825	0.372

上述试验成果中,水工模型试验成果与实际观察记录结果吻合,堰流流量系数 m 最大值为 0.374,最小值为 0.339,点据大多在 0.355 ~ 0.374 之间(由于篇幅所限,本文仅列举了两例试验成果).

3 结 论

在控泄式溢洪道或水闸设计中,作为经常采用的结构形式——平底板无坎宽顶堰,堰流流量系数 m 的取值成了除过流量以外唯一的控制因素.在进行水闸泄流能力计算或确定水闸规模时,为避免工程的重复建设和不必要的加固改造,保证工程长期安全稳定运行,应充分考虑堰流流量系数 m 的影响.笔者认为,在自由出流条件下,根据国家现行规范采用公式(1)确定工程规模时,堰流流量系数 m 取值 0.385 并不合适, m 取值在 0.36 ~ 0.375 之间更为适宜.

参考文献:

[1] 吴持恭.水力学[M].第二版.北京:高等教育出版社,1990.

(收稿日期:2002-08-05 编辑:张志琴)

· 简讯 ·

德国新近建成一座 100 万 kW 级抽水蓄能电站

德国第一座 100 万 kW 级抽水蓄能电站是在 1981 年建成的马克斯巴赫电站.该电站安装可逆式机组 6 台,共 105 万 kW,引用最大流量 $441 m^3/s$,水头 305.0 m.时隔 20 年,德国将建成第二座 100 万 kW 级抽水蓄能电站,那就是位于图林根州的戈尔第斯塔尔电站.该电站安装 4 台可逆式机组,总容量 106 万 kW,引用最大流量 $413 m^3/s$,最大水头 334 m.2002 年 9 月,电站与 400 kV 高压电网联网,12 月首台机组开始试运行,2003 年 1 月正式投入商业运行.其余 3 台机组现正在安装中,计划在 2003 年全部投入运行.

(吴冀高供稿)
· 35 ·