

淤沙压力对水力自控翻板闸门开启的影响

吴培军¹,王晶²

(1. 江西省鄱阳湖水利枢纽建设办公室,江西 南昌 330094; 2. 北京市密云水库管理处,北京 101512)

摘要:为了研究水力自控翻板闸门在多泥沙河流应用时淤沙压力对闸门开启的影响,基于力矩平衡原理,建立考虑淤沙压力作用的翻板闸门力矩平衡公式。利用该公式对新疆某多泥沙河流复合运动式水力自控翻板闸门闸前无淤沙和不同淤沙高度工况下闸门的开启过程进行对比计算,并绘制了闸门开启曲线。算例计算结果表明淤沙压力将使闸门的启门水位抬高,并引起闸门运行时间前的水位波动和闸门运转的不稳定,严重时将危及上游河道安全。

关键词:水力自控翻板闸门;淤沙压力;闸门开启;力矩平衡原理

中图分类号:TV663.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2014)04-0079-03

Effects of sediment pressure on opening of hydraulic automatic control flap gate//WU Peijun¹, WANG Jing²
(1. Construction Office of Poyang Lake Control Project of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China; 2. Management Office of Miyun Reservoir of Beijing, Beijing 101512, China)

Abstract: This paper investigates the effects of sediment pressure on the opening of a hydraulic automatic control flap gate in sandy rivers. To do that, we consider the effects of sediment pressure based on the principle of moment balance and established the formula of moment balance by comparing the estimation the opening process of the gate with un-sediment and different height of the sediment on the type of composite motion flap gate in sandy river of Xingjian and drawing the opening curve of the gate. The results of the experiments show that the sediment pressure controls the level of gate opening, induces variation of the water level and the unstable rotation of the gate.

Key words: hydraulic automatic control flap gate; sediment pressure; gate opening; principle of moment balance

水力自控翻板闸门通过支腿、支墩与滚轮的相互配合,使支点位置随闸门开度不断发生变化,进而实现闸门的渐开和渐关。自20世纪60年代该闸门诞生以来,先后出现了单铰型、双铰型、多铰型、滚轮连杆式、复合运动式、滑块式及多铰连杆滑块式等多种形式,闸门的各项性能有了质的飞跃。各种水力自控翻板闸门在全国近千个水利工程中的运用,极大地提升了该闸门的发展空间,由于闸门开启后泄水量大,有利于排走淤沙及漂浮物,因而其在多泥沙河流的应用前景会更加广阔。正常情况下,当闸前水位升高,闸门的启门力矩大于抵抗力矩时,闸门逐渐开启泄流,直至闸前水位降低,闸门关闭;非正常情况下,闸前淤沙高度较高,淤沙压力较大,闸门启门水位抬高,但启门力矩仍有可能小于抵抗力矩,闸门有可能不能开启,导致洪水不能及时排泄,危及上游安全。然而截至目前,国内对水力自控翻板闸门的研究主要集中于闸门运行的稳定性、水流特性及

闸门在实际工程中的应用等方面,且这些研究都是基于清水河流,在对翻板闸门进行受力分析时未考虑淤沙压力的作用。为完善水力自控翻板闸门理论研究成果,促进其在多泥沙河流中的应用,本文对淤沙压力致使闸门的启门水位抬高并在闸门运行时引起闸前水位波动和闸门运转的不稳定工况进行理论分析,以确定淤沙压力对水力自控翻板闸门开启的影响。

1 水力自控翻板闸门开启分析

以复合运动式水力自控翻板闸门为例,考虑淤沙压力作用的闸门静止状态的受力情况及各作用力至受力中心的距离见图1。

由于闸门开启过程中,该闸门定滚轮对闸门支撑点的位置随闸门开启角度的变化而变化,所以闸门各力作用点至受力中心的距离亦随闸门开启角度的变化而变化。分别选取闸前无淤沙工况和闸前不

作者简介:吴培军(1983—),男,河北沧州人,工程师,硕士,主要从事水利工程建设管理工作。E-mail:wupj2010@sina.com

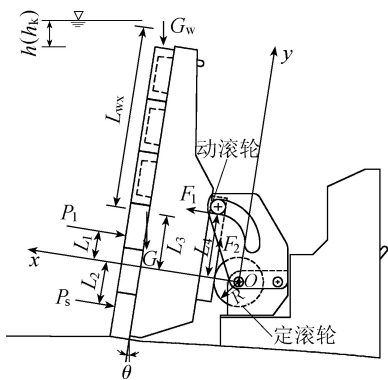


图1 水力自控翻板闸门受力分析

同淤沙高度工况进行对比计算,得出淤沙压力对闸门开启的影响。式(1)和式(2)分别为闸前无淤沙工况和闸前有淤沙工况下闸门受力合力矩计算公式:

$$\sum M = P'_1 L'_1 + G L'_3 \sin \theta' + G_w L'_{wx} \sin \theta' - F_1 L'_4 - F_2 R = 0 \quad (1)$$

$$\sum M = P'_1 L'_1 + G L'_3 \sin \theta' + G_w L'_{wx} \sin \theta' - P_s L'_2 - F_1 L'_4 - F_2 R = 0 \quad (2)$$

其中

$$P'_1 = \rho' g \left(h + \frac{L}{2} \cos \theta \right) b L$$

$$G_w = \rho' g b h d \quad F_1 = f_1 (G + G_w) \cos \theta$$

$$F_2 = f_2 (P'_1 + P'_s + G \sin \theta + G_w \sin \theta)$$

$$P_s = \frac{1}{2} \rho_n g h_n^2 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_n}{2} \right) b$$

$$L'_1 = L_1 - \frac{\pi R (\theta' - \theta)}{180^\circ}$$

$$L'_2 = L_2 + \frac{\pi R (\theta' - \theta)}{180^\circ} - \frac{h_k}{3}$$

$$L'_3 = L_3 - \frac{\pi R (\theta' - \theta)}{180^\circ}$$

$$L'_4 = L_4 - \frac{\pi R (\theta' - \theta)}{180^\circ}$$

$$L_1 = \frac{L}{3} \left(\frac{2h + L \cos \theta}{h + L \cos \theta} \right)$$

$$L_3 = \frac{\sum G_i Y_i}{\sum G_i}$$

式中: P'_1 为不同工况下闸前静水压力, kN; ρ' 为浑水密度, 一般情况下取 $\rho' = 1000 \text{ kg/m}^3 + 0.6222 S$, 其中 S 为河流含沙量; h, h_k 分别为闸门静止和开启过程中门顶水头, m; L, b, d 分别为闸门高度、宽度、厚度, m; P_s 为淤沙压力, kN; ρ_n 为泥沙浮密度, kg/m^3 ; h_n 为闸前淤沙高度, m; φ_n 为淤沙的内摩擦角, rad; θ, θ' 分别为闸门静止和开启过程中翻板闸门与竖直面的夹角; G 为闸门自重, kN; G_w 为闸门门顶水体自重, kN; F_1 为动滚轮摩擦力, kN; F_2 为定滚轮摩擦

力, kN; f_1, f_2 分别为动滚轮和定滚轮摩擦因数, 取 $f_1 = f_2$; R 为定滚轮半径, m; L'_1, L'_2, L'_3, L'_4 分别为闸门开启过程中静水压力作用点、淤沙压力作用点、翻板闸门重心、动滚轮摩擦力作用点至受力中心的距离, m; L'_{wx} 为闸门开启过程中门顶水头重心至受力中心的距离, m; L_1, L_2, L_3, L_4 分别为闸门静止时闸前静水压力作用点、淤沙压力作用点、翻板闸门重心、动滚轮摩擦力作用点至定滚轮中心的距离, m; G_i 为闸门各部位自重, kN; Y_i 为闸门各部位至受力中心的距离, m。

2 工程实例

以新疆某多泥沙河流复合运动式水力自控翻板闸门工程为例, 计算分析淤沙压力对闸门开启的影响。翻板闸门高度 $L = 4 \text{ m}$, 宽度 $b = 8 \text{ m}$, 厚度 $d = 0.26 \text{ m}$, 其余各参数如下: $\theta = 10^\circ$, $\varphi_n = 20^\circ$, $S = 2.0 \text{ kg/m}^3$, $\rho_n = 1380 \text{ kg/m}^3$, $f_1 = f_2 = 0.3$, $R = 0.31 \text{ m}$, $h = 0.50 \text{ m}$, $P' = 659.90 \text{ kN}$, $L_1 = 0.166 \text{ m}$, $L_2 = 1.2 \text{ m} - h/3$, $L_3 = 0.563 \text{ m}$, $L_4 = 0.74 \text{ m}$, $L'_{wx} = 2.8 \text{ m} + h_k/2$, $G = 190.54 \text{ kN}$ 。

翻板闸门启门曲线计算选取闸前无淤沙和闸前淤沙高度分别为 0.3 m 、 0.6 m 、 1.0 m 、 1.5 m 、 2.0 m 等工况进行计算。计算流程见图2, 首先给定一个闸前门顶水头 h , 输入相应闸门开启角度 θ' , 然后判断合力矩 $\sum M$ 是否为零, 如否, 则增大 θ' 值重新计算; 如是, 则判断此时闸门的开启角度 θ'_n 是否大于第 $n-1$ 次的开启角度 θ'_{n-1} , 并小于全开时的角度 $\theta'_{\text{全开}}$ (n 为试算过程中 $\sum M = 0$ 的次数), 如否, 需重新输入 h 计算, 直至满足要求; 最后得出相应的 h 和 θ' 值; 重复上述操作, 得出各种工况下的相应的 h 和 θ' 值, 绘制出 $h-\theta'$ 关系曲线, 见图3。

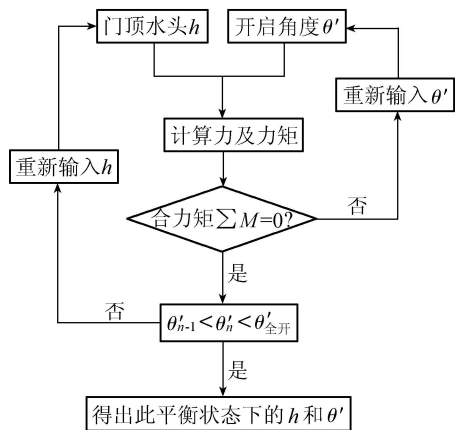


图2 水力自控翻板闸门启门曲线流程

由图3可以得出如下结论:

a. 无淤沙工况时, 当闸门门顶水头接近 0.43 m ,

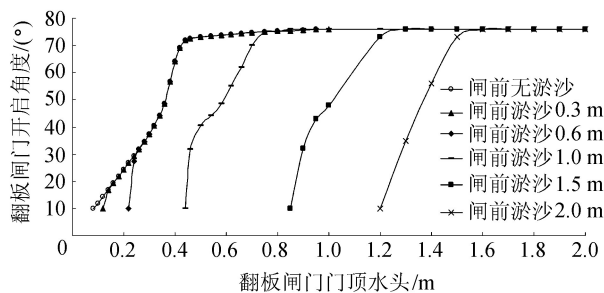


图3 水力自控翻板闸门启门曲线

闸门开启角度趋于稳定,说明已达到闸门的最大开启角度。

b. 当闸前有淤沙时,闸门开启所需的门顶水头要比闸前无淤沙时高,并且闸前淤沙越高,开启所需的门顶水头越高。经计算,当闸前淤沙高度为0.3 m、0.6 m、1.0 m、1.5 m、2.0 m时,水力自控翻板闸门开启时的门顶水头分别为0.12 m、0.22 m、0.44 m、0.85 m、1.20 m,尤其当闸前淤沙达到1.0 m以上时,水头达到或超过安全超高,将严重危及上游河道安全。由此可见,淤沙压力对水力自控翻板闸门的开启有影响。

c. 随着翻板闸门的逐渐开启,闸前淤沙逐渐被冲走,淤沙压力对闸门的抵抗力矩逐渐减小,当翻板闸门开度超过闸前淤沙高度时,闸门开启会有一个突然增大的过程,然后再根据闸前水位,逐渐与无淤沙工况的开启过程趋于一致,但闸门的突然增大会造成闸前的水位波动,说明淤沙压力对翻板闸门的运行过程有影响。

d. 闸前淤沙越高,闸门开启所需的水头越高,闸门开启后越易急开到最大开度,闸门急开极易使闸门产生“拍打”现象,并与闸前水位波动相互作用,影响闸门运行的稳定性。

3 结 语

通过对水力自控翻板闸门的开启分析,建立了考虑淤沙压力作用的闸门力矩平衡公式,分析了淤沙压力对水力自控翻板闸门开启的影响,并绘制出闸门的启门曲线。计算结果表明,淤沙压力对水力自控翻板闸门的开启和运行过程均有影响;对闸门开启的影响将使闸门开启所需的门顶水头随淤沙高度的增大而增大;对闸门运行过程的影响,将使闸前水位产生波动,并导致闸门运转不稳定,严重时将危及上游河道安全。

参考文献:

[1] 李宗健,江仪贞,王长德. 水力自动闸门[M]. 北京:水利电力出版社,1987.

[2] 涂启华,杨赟斐. 泥沙设计手册[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.

[3] 湖南省水利水电勘测设计研究总院. 中小型水电站典型设计图集挡水建筑物分册[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007.

[4] 吴培军,李玉建,王院生. 淤沙压力对多泥沙河流水力自控翻板闸门的影响研究[J]. 中国农村水利水电,2011(1):136-138. (WU Peijun, LI Yujian, WANG Yuansheng. Research on the effect of sediment pressure on hydraulic automatic control flap gate in sandy rivers [J]. China Rural Water and Hydropower, 2011(1):136-138. (in Chinese))

[5] 侯石华. 水力自动翻板闸门的稳定性分析与结构优化设计[D]. 南京:河海大学,2004.

[6] 刘长宝. 水力自动翻板闸门脉动压力对闸门结构及泄流量的影响分析研究[D]. 南京:河海大学,2007.

[7] 周经渊. 水力自控翻板闸门的研究与应用[J]. 水力发电学报,2007,26(6):73-76. (ZHOU Jingyuan. Research and application of hydraulic automatic flap gate [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2007, 26(6):73-76. (in Chinese))

[8] 李利荣,文恒,王福军. 水力自动滚筒闸门动水压力的模型试验[J]. 水利水电科技进展,2009,29(1):26-30. (LI Lirong, WEN Heng, WANG Fujun. Model experiment study on dynamic hydraulic pressure of hydro-automatic roller gate [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2009, 29(1):26-30. (in Chinese))

(收稿日期:2013-09-07 编辑:骆超)

(上接第65页)

[10] 梅长林,王宁. 近代回归分析方法[M]. 北京:科学出版社,2012.

[11] 白秀琴,李瑞阁. 多元回归分析方法应用实证分析与比较[J]. 河南科学,2010,28(9):1083-1088. (BAI Xiuqin, LI Ruige. Applied comparison of multiple regression analysis in the practical [J]. Henan Science, 2010, 28(9):1083-1088. (in Chinese))

[12] 张宗飞. VB中基于ADO的数据库访问技术分析及应用[J]. 计算机与数字工程,2008(6):53-56. (ZHANG Zongfei. Analysis and application about database access technology based on ADO in VB [J]. Computer & Digital Engineering, 2008(6):53-56. (in Chinese))

[13] 李淑红,张巧荣. 利用OLE技术和Excel制作复杂报表[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2004,26(5):74-76. (LI Shuhong, ZHANG Qiaorong. Complicated report generation using OLE and Excel [J]. Journal of Wuhan University of Technology: Information & Management Engineering, 2004, 26(5):74-76. (in Chinese))

[14] GB/T22483—2008 水文情报预报规范[S].

(收稿日期:2013-10-10 编辑:熊水斌)