

# 弧形闸门小开度运行分析

朴雍军

(辽宁省柴河水库管理局, 辽宁 铁岭 112000)

**【摘要】** 弧形闸门工作稳定、可靠, 受力条件好, 对启闭设备的启闭力要求较小, 因此被水利工程广泛使用, 特别是针对经常起落的工作闸门, 采用弧形闸门更能显示出其优越性。但存在一个长期被人们忽视的问题: 闸门的开度及其测量方法。本文根据柴河水库工作闸门的实际使用情况, 进行初步分析、计算, 得出闸门开度与液压启闭机活塞杆伸缩量换算表。

**【关键词】** 弧形闸门; 开度; 液压启闭机; 测量

中图分类号: TV663+.2

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2017)07-0051-04

## Analysis on arc gate small opening operation

PIAO Weijun

(Liaoning Chaihe River Reservoir Administration, Tieling 112000, China)

**Abstract:** Arc gate is characterized by stable and reliable work, excellent stress condition, low requirements on opening and closing force of opening and closing equipment. Therefore, it is widely used in the water conservancy project, especially for working gates with frequent rising and falling. The advantages thereof can be further displayed by adopting arc gates. However, there is a problem which is ignored by people for long term, namely gate openness and measurement thereof. In the paper, practical application condition of Chaihe River Reservoir working gates are preliminarily analyzed and calculated for obtaining conversion table of gate opening and flexible quantity of hydraulic hoist piston rod.

**Key words:** arc gate; openness; hydraulic hoist; measurement

### 1 问题的提出

因为工作闸门是用来控制水库出库流量大小的, 除在度汛时需要以最大开度大流量向外弃水外, 闸门全开(最大开度)的时候并不多, 更多的是小开度运行(开度小于100%)。因此, 每次开启闸门时, 需要根据放水流量的不同, 计算出所需的闸门开度, 并且用简单工具(测绳)准确测量闸门的真实开度值。闸门的开度是用来控制通过闸门水流量的主要参数, 由于闸门多数是上下起落, 过水断面的宽度不变, 过水断面的面积与其高度(即闸门开度)成正比, 在水头不变的情况

下, 通过闸门的流量与过水断面面积成正比, 即与闸门的开度成正比, 通过改变闸门开度来改变过水断面面积, 即可达到控制闸门流量的目的。

#### 1.1 平板闸门开度

对于上下铅直起落的平板闸门来说, 闸门下方过水断面的垂直高度(闸门开度), 由于闸门的开启是铅直方向的直线运动, 可以利用测绳测量闸门刚开始启动时到正上方某固定点的距离和闸门运行停止时到该固定点的距离, 两距离之差就是平板闸门的开度, 实际上就是平板闸门行走的距离。

### 1.2 弧形闸门开度

弧形闸门(本文提到的是柴河水库泄洪、输水洞的工作闸门)的开度也是闸门下方的垂直高度,弧形闸门的起落也是上下方向,但是与平板闸门的起落是垂直方向上的直线运动,其开度值为闸门的运动距离(由全关起算),可以用测绳直接测量平板闸门的开度,然而弧形闸门的起落,其运动轨迹是以闸门支点(旋转轴心)为圆心的圆弧运动,闸门运行时既有垂直方向的位移分量,又有水平方向位移分量,并伴有转角,闸门的开度并非是闸门行走的距离(圆周运动)。若在闸门上固定测绳,只能测量闸门到某一固定点直线距离,而不能同时测量闸门开启时到某一固定点的铅直距离和闸门运行停止时到这一固定点的铅直距离(高差),因为闸门在开启的过程中产生了水平方向的位移和转角,但是测绳测得的数据与闸门开度存在一定关系,因此,需要将测量到的闸门到某定点(如液压启闭缸横轴轴心)的距离用来间接计算闸门开度,计算闸门下沿到闸门底坎的铅直高差。

### 1.3 实际运用

水库放水是根据(供水、泄洪等)需要,确定放水流量,再根据放水流量、水库水位及闸门尺寸等确定闸门开度,再根据闸门开度换算出闸门开启时测绳长度(此值固定不变)和闸门运行停止时测绳长度(根据闸门开度计算出的值),然后由操作人员按开度开启闸门,在闸门开启过程中,对闸门到某一固定点的距离进行测量,达到预定的(按闸门开度计算的)数值时,停止开启,此时闸门的真正开度就是需要的闸门开度,但不等于测绳长度的变化值(液压启闭机活塞伸缩量)。

## 2 弧形闸门的开度计算

### 2.1 基本数据

柴河水库泄洪、输水洞工作闸门布置如图1所示。输水泄、洪洞出口底高程为75.50m,闸门全关时底水封位置所在桩号为0+355.89。弧形闸门支点轴心位置为高程81.10m,桩号0+361.58。弧形闸门面板旋转半径为8.00m。吊点处旋转半径为7.70m。全关时高程80.086m。液压启闭机横轴轴心位(用测绳

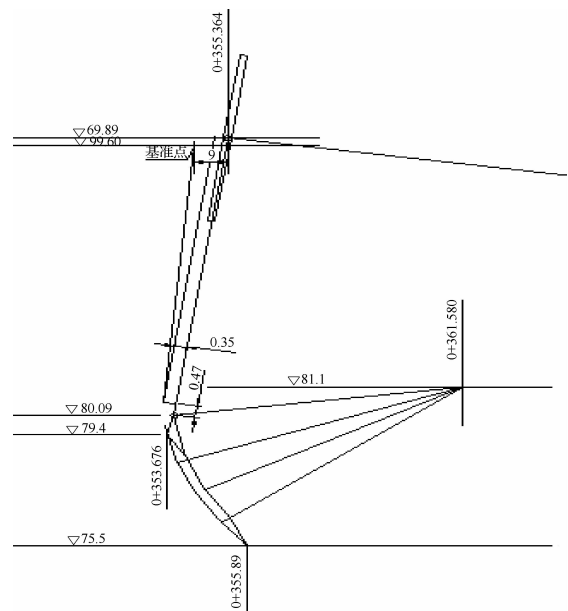


图1 柴河水库泄洪、输水洞闸门布置(单位:m)

测量时的参考点):高程89.89m,其桩号为0+355.364。

### 2.2 计算方法

为了计算方便,首先将空间问题简化为平面问题,即以图纸所在平面作计算平面,以弧形闸门支点(旋转轴心)为原点,以m为单位,以向左和向上为两轴正方向,建立直角坐标系,根据闸门的实际尺寸和位置,得出各关键点的实际坐标,如图2所示,用解析几何方法进行计算。

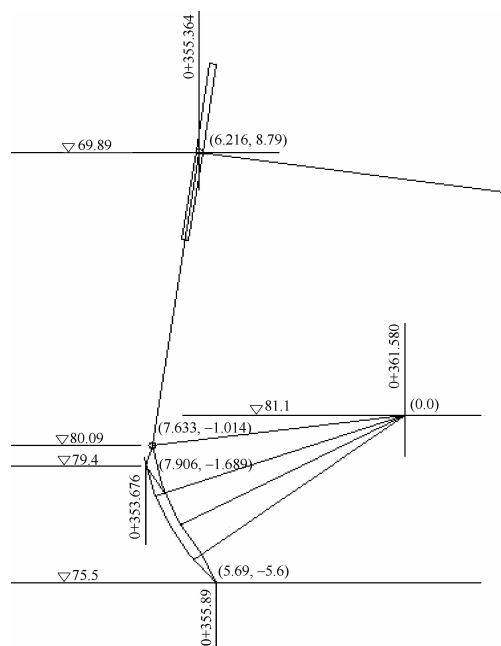


图2 柴河水库泄洪、输水洞几何坐标

### 2.3 计算步骤

a. 给定闸门所有开度值。闸门全关时开度为 0，闸门全开时开度为 4.10m 止，增量分划为 0.01m(根据工程要求闸门开度值精确到 1cm)。

b. 计算闸门在各开度下绕支点旋转轴转角。当闸门全关时，底水封坐标为(5.69, -5.60)，底水封到原点距离 7.983m。底水封与原点(支点旋转轴心)所连直线与 Y 轴成  $\alpha_0$  角，其值为  $\alpha_0 = \arccos(5.60/7.983) = 45.453^\circ$ 。闸门在其他开度  $e$  下其值为  $\alpha_x = \arccos(5.60 - e/7.983)$ ，产生转角为  $\beta = \arccos(7.60 - e/7.983) - 45.453^\circ$ 。

c. 计算吊点在各转角处的坐标。闸门全关时吊点坐标根据图纸计算为(7.633, -1.014)，吊点到原点(支点旋转轴心)的距离为 7.70m，吊点与原点(支点旋转轴心)所连直线与 X 轴成  $\alpha_1$  角，其值为  $\arccos(7.633/7.7) = 7.5639^\circ$ 。闸门在其他开度时，吊点与

原点(支点旋转轴心)所连直线与 X 轴成夹角为  $\alpha_x, \alpha_x = (\alpha_1 - \beta)$ ，吊点的横坐标为  $X = 7.7\cos\alpha_x$ ，吊点的纵坐标为  $Y = 7.7\sin\alpha_x$ 。

d. 计算吊点在各转角处至液压启闭机横轴轴心的距离。全关时  $S_0 = \sqrt{[(7.633 - 6.216)^2 + (-1.013 - 8.79)^2]} = 9.905$ ，其他开度  $S = \sqrt{[(X - 6.216)^2 + (Y - 8.79)^2]}$ 。

e. 计算测绳缩短量(液压启闭机活塞杆缩短量)与闸门开度的差值： $\Delta S = S - S_0$ 。

闸门开度计算表中开度增量值是根据工程实际需要的，柴河水库闸门开度精确到 1cm，即分划值为 0.01m，这样需要计算 411 组数据，考虑占用篇幅过大，故做了简化，将闸门开度增量值改成 0.1m，即 10cm 选用一组，只用了 42 组计算数据，虽然减少了一些中间数据，但下表只用来说明计算方法和计算步骤。

闸门开度计算略表

| 闸门开度<br>$e/m$ | 闸门转角<br>$\beta = \arccos(5.60 - e)/7.983 - 45.453/(\circ)$ | 吊点与 X 轴夹角<br>$\alpha_x = 7.5639 - \beta/(\circ)$ | 吊点横坐标<br>$X = 7.7\cos\alpha_x/m$ | 吊点纵坐标<br>$Y = -7.7\sin\alpha_x/m$ | 吊点到液压缸横轴处距离<br>$s = \sqrt{[(X - 6.216)^2 + (Y - 8.79)^2]}/m$ | 测绳缩短量/<br>m | 测绳缩短量与<br>闸门开度差值/<br>m |
|---------------|--|--|----------------------------------|-----------------------------------|--|-------------|------------------------|
| 0             | 0.000  | 7.564  | 7.633                            | -1.014                            | 9.905  | 0.000       | 0.000                  |
| 0.1           | 0.999  | 6.565  | 7.650                            | -0.880                            | 9.776  | -0.129      | 0.029                  |
| 0.2           | 1.981  | 5.583  | 7.663                            | -0.749                            | 9.648  | -0.257      | 0.057                  |
| 0.3           | 2.948  | 4.616  | 7.675                            | -0.620                            | 9.522  | -0.383      | 0.083                  |
| 0.4           | 3.901  | 3.663  | 7.684                            | -0.492                            | 9.397  | -0.508      | 0.108                  |
| 0.5           | 4.840  | 2.724  | 7.691                            | -0.366                            | 9.274  | -0.631      | 0.131                  |
| 0.6           | 5.767  | 1.797  | 7.696                            | -0.241                            | 9.152  | -0.753      | 0.153                  |
| 0.7           | 6.682  | 0.882  | 7.699                            | -0.119                            | 9.031  | -0.874      | 0.174                  |
| 0.8           | 7.585  | -0.022   | 7.700                            | 0.003                             | 8.912  | -0.993      | 0.193                  |
| 0.9           | 8.478  | -0.915   | 7.699                            | 0.123                             | 8.793  | -1.112      | 0.212                  |
| 1             | 9.361  | -1.798   | 7.696                            | 0.242                             | 8.676  | -1.229      | 0.229                  |
| 1.1           | 10.235   | -2.671   | 7.692                            | 0.359                             | 8.559  | -1.346      | 0.246                  |
| 1.2           | 11.099   | -3.536   | 7.685                            | 0.475                             | 8.444  | -1.461      | 0.261                  |
| 1.3           | 11.955   | -4.392   | 7.677                            | 0.590                             | 8.330  | -1.575      | 0.275                  |
| 1.4           | 12.803   | -5.239   | 7.668                            | 0.703                             | 8.216  | -1.689      | 0.289                  |
| 1.5           | 13.644   | -6.080   | 7.657                            | 0.816                             | 8.104  | -1.801      | 0.301                  |
| 1.6           | 14.476   | -6.912   | 7.644                            | 0.927                             | 7.992  | -1.913      | 0.313                  |
| 1.7           | 15.302   | -7.738   | 7.630                            | 1.037                             | 7.881  | -2.024      | 0.324                  |

续表

| 闸门开度<br>$e/m$ | 闸门转角<br>$\beta = \arccos(5.60 - e) / 7.983 - 45.453 / (^\circ)$ | 吊点与 X 轴夹角<br>$\alpha_x = 7.5639 - \beta / (^\circ)$ | 吊点横坐标<br>$X = 7.7 \cos \alpha_x / m$ | 吊点纵坐标<br>$Y = -7.7 \sin \alpha_x / m$ | 吊点到液压缸<br>横轴处距离<br>$s = \text{sqr}[(X - 6.216)^2 + (Y - 8.79)^2] / m$ | 测绳缩短<br>量/m | 测绳缩短量与<br>闸门开度差值/<br>m |
|---------------|---|---|--------------------------------------|---------------------------------------|---|-------------|------------------------|
| 1.8           | 16.122  | -8.558  | 7.614                                | 1.146                                 | 7.771   | -2.134      | 0.334                  |
| 1.9           | 16.935  | -9.371  | 7.597                                | 1.254                                 | 7.662   | -2.243      | 0.343                  |
| 2             | 17.742  | -10.178   | 7.579                                | 1.361                                 | 7.553   | -2.352      | 0.352                  |
| 2.1           | 18.543  | -10.979   | 7.559                                | 1.466                                 | 7.446   | -2.459      | 0.359                  |
| 2.2           | 19.339  | -11.775   | 7.538                                | 1.571                                 | 7.339   | -2.566      | 0.366                  |
| 2.3           | 20.130  | -12.566   | 7.516                                | 1.675                                 | 7.233   | -2.672      | 0.372                  |
| 2.4           | 20.915  | -13.352   | 7.492                                | 1.778                                 | 7.127   | -2.778      | 0.378                  |
| 2.5           | 21.697  | -14.133   | 7.467                                | 1.880                                 | 7.022   | -2.883      | 0.383                  |
| 2.6           | 22.473  | -14.909   | 7.441                                | 1.981                                 | 6.918   | -2.987      | 0.387                  |
| 2.7           | 23.246  | -15.682   | 7.413                                | 2.081                                 | 6.815   | -3.090      | 0.390                  |
| 2.8           | 24.014  | -16.450   | 7.385                                | 2.180                                 | 6.712   | -3.193      | 0.393                  |
| 2.9           | 24.778  | -17.215   | 7.355                                | 2.279                                 | 6.610   | -3.295      | 0.395                  |
| 3             | 25.539  | -17.975   | 7.324                                | 2.376                                 | 6.509   | -3.396      | 0.396                  |
| 3.1           | 26.297  | -18.733   | 7.292                                | 2.473                                 | 6.408   | -3.497      | 0.397                  |
| 3.2           | 27.051  | -19.487   | 7.259                                | 2.569                                 | 6.308   | -3.597      | 0.397                  |
| 3.3           | 27.802  | -20.238   | 7.225                                | 2.664                                 | 6.209   | -3.696      | 0.396                  |
| 3.4           | 28.550  | -20.986   | 7.189                                | 2.758                                 | 6.110   | -3.795      | 0.395                  |
| 3.5           | 29.295  | -21.731   | 7.153                                | 2.851                                 | 6.012   | -3.893      | 0.393                  |
| 3.6           | 30.038  | -22.474   | 7.115                                | 2.943                                 | 5.915   | -3.990      | 0.390                  |
| 3.7           | 30.778  | -23.214   | 7.077                                | 3.035                                 | 5.819   | -4.086      | 0.386                  |
| 3.8           | 31.516  | -23.952   | 7.037                                | 3.126                                 | 5.723   | -4.182      | 0.382                  |
| 3.9           | 32.251  | -24.687   | 6.996                                | 3.216                                 | 5.628   | -4.277      | 0.377                  |
| 4             | 32.985  | -25.421   | 6.954                                | 3.305                                 | 5.534   | -4.371      | 0.371                  |
| 4.1           | 33.717  | -26.153   | 6.912                                | 3.394                                 | 5.441   | -4.464      | 0.364                  |

## 2.4 分析

由表 1 可知,弧形闸门的开度值(实际值)与用测绳直接测得的数值(液压启闭机活塞杆伸缩量)不同,并且闸门随着开度不同,二者相差的数值也在变化,最大值可达近 40cm,这样的数据差值是不能在实际工作中使用的,必须加以改正。

## 3 结论

用测绳量测的数值(实际是液压启闭机活塞伸缩

量)是不能直接替代闸门开度的,二者是两个完全不同的概念,并非是测量误差。二者之间存在一定的关系,可以根据使用测绳测量的数据,计算闸门的真实开度,也可以根据需要的闸门开度,计算出闸门起落用测绳测量时测绳的真实变化值(液压启闭机活塞伸缩量),即测绳长度变化量与闸门开度可以相互换算,从而达到用测绳间接测量闸门开度的目的。◆