

Accuracy Verification of Radial Gate Opening Instrument and Opening Scale

Jianjun Lu

Middle Line of China South-North Water Diversion Project Group Co., Ltd. Beijing Branch, Beijing, 102408, China

Abstract

The control gate of a water diversion project is an arc gate in the form of hydraulic hoswitch. The gate opening meter data is indirectly obtained by the absolute Gray code encoder data of hydraulic cylinder rod through PLC calculation program, and the data of gate opening ruler is directly read from the arc opening scale through the video monitoring system or the gate guard. At present, there is a deviation between the two readings. Based on the calculation principle of both, this paper analyzes the causes of the deviation and puts forward the accuracy checking method.

Keywords

hoisting machine; radial gate; opening meter; opening scale

弧形闸门开度仪与开度尺准确性校核

卢建军

中国南水北调集团中线有限公司北京分公司, 中国·北京 102408

摘要

某调水工程节制闸为液压启闭机开关形式的弧形闸门, 闸门开度仪数据由液压缸杆运动格雷码绝对值编码器数据通过PLC计算程序间接得到, 闸门开度尺数据通过视频监控系统或闸站值守人员从弧形开度尺刻度上直接读数。目前两者读数存在偏差, 论文从两者计算原理出发, 分析偏差产生原因并提出准确性校核方法。

关键词

启闭机; 弧形闸门; 开度仪; 开度尺

1 概述

1.1 研究背景

弧形闸门是水利工程中应用十分广泛的一种金结设备, 相对于平板闸门, 具有启门力小、水流阻力小等优点, 常被用于水利工程渠道工作闸门使用。使用弧形闸门可以调节渠道过闸水流量, 同时可以控制弧形闸门门前水位。弧形闸门启闭时门叶绕固定水平铰轴转动, 致使弧形闸门开度的计算并不像平面闸门那样简单, 因为弧形闸门开度与转动角度及距离并非简单的线性关系, 所以弄清楚弧形闸门开度与哪些关键参数值有关联, 同时弄清楚计算公式显得尤为必要。由于渠道通水后闸门在水面以下工作, 无法实时校核闸门开度准确性, 因此设计精准的闸门开度仪计算公式, 同时将公式中关键参数进行精准测量, 才能保证开度仪显示数据的准确性。设计准确的开度尺刻度才能保证开度尺与开度仪数据的吻合性。

1.2 闸门开度测量

闸门开启高度(简称闸门开度)指闸门底部止水至闸门门槛的垂直距离。目前常用的计算测量闸门开度的方式有传感器方式和开度尺方式。

1.3 传感器开度计算方式

①转动支铰安装增量型编码器, 通过编码器脉冲计算闸门开启角度, 进而计算出闸门开启高度^[1]。

②启闭机液压油缸杆尾部安装格雷码绝对值编码器, 通过格雷码绝对值编码器数据计算出缸杆伸缩长度, 进而计算出闸门开启高度。

本调水工程节制闸闸门开度计算方式采用方法2。

1.4 闸门开度尺方式

设计制作弧形开度尺, 安装于闸孔侧墙上, 弧形闸门上安装刻度指针, 在闸室地面上进行人工观测。开度尺不需在水下安装, 维护简单, 且读数方便。

下面就开度仪及开度尺数据产生过程进行推导, 同时分析两者偏差产生原因, 并对两者数据准确性进行分析, 提出数据值准确性校核方法。

【作者简介】卢建军(1983-), 男, 中国河北保定人, 本科, 高级工程师, 从事水利工程自动化技术研究。

2 开度仪数据准确性分析

2.1 启闭机行程与闸门开度的关系

已知:

L: 油缸伸缩格雷码计算实时距离 mm; $L_{\text{格雷码}}$ 为油缸格雷码实时值; L_0 格雷码 为门在最底部时格雷码值, 即为初始格雷码值; $BF=63.57\text{m}-61.50\text{m}=2070\text{mm}$; $AF=2400\text{mm}$; $BC=6200\text{mm}$; $AC=6315\text{mm}$; $R=BE=6500\text{mm}$ (支绞中心至板外缘面); $ZH=BD=61.5\text{m}-57.0\text{m}=4500\text{mm}$ (支绞中心距地面距离); H 为闸门实际开启高度。∠CBA 为 CBA 夹角, 单位为度; CBA_H 为 CBA 夹角, 单位为弧度; ∠ C_2BA 为 C_2BA 夹角, 单位为度; C_2BA_H 为 C_2BA 夹角, 单位为弧度; EBD_H 为 EBD 夹角; 单位为弧度; RAD_to_DEG 为弧度转换为度功能^[2]。

具体内容如图 1 所示。

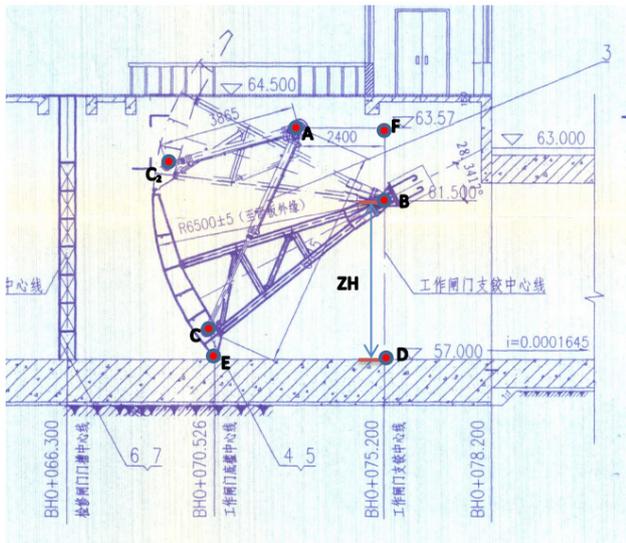


图 1 启闭机行程计算图

闸门开度仪计算闸门开启高度过程如下:

$L = (L_{\text{格雷码}} - L_0 \text{格雷码}) / 20$ (1/20 为每个格雷码值代表的油缸伸缩长度);

$$AB = \sqrt{AF \times AF + BF \times BF};$$

$$CBA_H = \arccos[(AB \times AB + BC \times BC - AC \times AC) / (2AB \times BC)];$$

$$\angle CBA = RAD_to_DEG(CBA_H);$$

$$C_2BA_H = \arccos[(AB \times AB + BC_2 \times BC_2 - AC_2 \times AC_2) / (2AB \times BC_2)];$$

$$\angle C_2BA = RAD_to_DEG(C_2BA_H);$$

$$AC_2 = AC - L;$$

$$EBD_H = \arccos(ZH/R);$$

$$H = ZH - [\cos(CBA_H - C_2BA_H + EBD_H)] \times R.$$

2.2 影响开度仪计算值的因素分析

通过上述公式分析, BC 长度和每个格雷码代表的杠杆伸缩长度需要进行实测, 其余长度值均为蓝图给定设计长度值。每个格雷码代表的杠杆伸缩长度值可以利用如下方式推

导计算:

首先将闸门落到最底部, 从程序中读到格雷码值为 L_0 , 将闸门开到最大, 从程序中读到格雷码值为 L_{max} , 那么每个格雷码对应的杠杆伸缩长度值为 $(6315-3865) / (L_{\text{max}}-L_0)$ 。

结合开度仪值计算过程得出: 影响开度仪计算值的过程参数值包括 AF、BF、BD、BC、AC、 AC_2 、BE、油缸杠杆伸缩过程中的最大值和最小值、闸门关闭位置的初始格雷码值、格雷码编码器的线性度及精度。开度仪计算过程公式符合几何运算要求, 无计算公式错误^[3]。

2.3 开度仪计算值校准方法

①利用每个格雷码对应的杠杆伸缩长度值为 $(6315-3865) / (L_{\text{max}}-L_0)$ 计算公式, 将计算结果与 1/20 比较, 如果相等不做处理, 如果不相等, 调整程序中系数值 1/20 为计算结果值。

②将闸门关闭, 读取零位格雷码值与程序中设定的零位格雷码参数值是否相等, 不相等做零位格雷码值标定操作。

③利用全站仪测量 BC 值是否等于 6200mm, 如果不相等, 调整程序中 BC 参数值为实测值。

④开启闸门, 分别将闸门停在开度仪显示 500mm、1000mm、1500mm、2000mm、2500mm、3000mm、3500mm、4000mm、4500mm 处, 在渠道底板处利用全站仪分别测量闸门底部 (标记一点) 距离渠道底部 (标记一点) 距离, 同样测量 9 组数据, 将 9 组数据与开度仪 9 组数据做比较, 计算偏差值。

⑤如步骤③中计算偏差值大致相等, 那么利用全站仪测量 BD 值, 将实测 BD 值代入程序中 BD 参数值, 再次重复步骤 3。如果计算偏差值无规律, 则需要利用全站仪依次测量 AF、BF、BC、AC、 AC_2 、BE 六组参数值, 将六组实测参数值与程序中设置对应参数值比较, 如果不相等则将实测参数值代入。

⑥再次重复步骤③操作。

3 开度尺刻度数据准确性分析

3.1 闸门开度、转动角度与弧形尺安装半径关系

由于是对同一扇闸门进行分析, 因此已知参数值同开度仪开度值计算过程参数值。启闭机行程开度尺刻度计算图具体内容如图 2 所示。

在弧形闸门门板上安装弧尺指针, 弧形刻度尺安装于闸室侧墙, 弧形尺中心线所在圆与闸门转动铰心同心。

闸门开度尺弧长与闸门开度关系推导过程如下:

弧形闸门在开启过程中, 开度尺指针从 M 运动到 N 点, 此过程指针沿弧形尺划过 MN, 设该弧长为 L, 此过程闸门转动角度为 MBN_H (∠MBN 的弧度表示形式), 设弧形开度尺曲率半径为 R' 。

