

PLC在螺杆式启闭机 预防螺杆压弯保护中的应用

何云轩¹, 李 扬¹, 陈宇潮¹, 沈炜皓², 张 歆¹

(1. 江苏省江都水利工程项目管理处, 江苏 扬州 225200; 2. 江苏省秦淮河水利工程项目管理处, 江苏 南京 210022)

摘要: 螺杆式启闭机在日常使用下降过程中螺杆被压弯的现象时有发生, 其主要原因是水闸门槽或闸室底板有较大坚硬异物一般不易被运行管理人员察觉, 若异物没有被及时清理, 会导致闸门运行缓慢甚至停滞。现有的保护系统很难做到及时、精准的动作, 可能会造成螺杆被不同程度地压弯。通过直接跟踪闸门实时位移速度这一途径, 利用PLC快速精准测量速度, 并在螺杆启闭机发生异常时及时断电停机, 可有效避免上述现象的发生。

关键词: 螺杆启闭机; PLC控制; 脉冲测速; 中断程序

中图分类号: TV664

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2024)04-0066-0004

Application of PLC on the prevention of screw bending protection of screw hoist

HE Yunxuan¹, LI Yang¹, CHEN Yuhchao¹, SHEN WeiHao², ZHANG Xin¹

(1. Jiangdu Water Conservancy Project Management Office of Jiangsu Province, Yangzhou 225200, China;

2. Management Division of Qinhuai River Hydraulic Engineering of Jiangsu Province, Nanjing 210022, China)

Abstract: Screw hoist in the daily use of the decline process, the phenomenon of screw bending occurs from time to time. The main reason is that some large hard objects at the bottom of the sluice gate or the sluice gate groove are not easy to be detected by the operation management personnel. If the hard objects are not cleaned up in time, it will lead to slow or even stagnation of the sluice gate operation. The existing protection system is difficult to achieve timely and accurate action. As a result, the screw will be bent to different degrees. By directly tracking the real-time displacement speed of the sluice gate, using PLC to quickly and accurately measure the speed, and timely action to power down when the screw hoist is abnormal, the occurrence of the above phenomenon can be effectively avoided.

Key words: screw hoist; PLC control; pulse velocity measurement; interrupt routine

螺杆式启闭机因其具有自锁作用、结构简单、造价低廉、占地面积小、扬程小以及能施加启门力和闭门力等特点, 被广泛应用于水利水电、渠道、污水处理、环保、市政建设及农田水利等工程。

1 研究背景

螺杆式启闭机承重螺杆和闸门是刚性联接, 螺杆工作时承受轴向力, 即启门力和闭门力。闸门上

收稿日期: 2024-01-11

作者简介: 何云轩(1985—), 男, 高级技师, 本科, 主要从事水利自动化设计维护工作。E-mail: 8969390101@qq.com

升时异步电动机需克服闸门重力、闸门与门槽摩擦阻力、机械传动系统摩擦阻力之和,闸门下降时仅需克服闸门与门槽摩擦阻力、机械传动系统摩擦阻力之和,可见螺杆式启闭机运行时启门力远大于闭门力,因此电动机设计选型时功率根据启门力而定。这样会导致当闸门在下行过程中一旦发生严重卡阻停滞,螺杆受力由原先的拉力变成压力,电动机的扭矩全部施加在螺杆端部,再加上螺杆较为长细,易造成弯曲变形,严重时可能导致启闭机台(梁)位移、旋转、倾覆,电动机过载烧毁甚至引发事故。

闸门发生卡阻停滞主要有两种原因。

(1)门槽内或者闸室底部有较大石块或树根等坚硬物体阻碍闸门下行。遇此情况电动机负载增大→转子转速降低→转差率增大→转子电动势增大→转子电流增大→转子转矩增大,增加的闭门力全部施压在螺杆上,势必造成上述现象。

(2)闸门下行至闸室底板后,下限位开关未及时动作,此时闸门停滞,电动机无法自动切断,同样也造成上述现象。

螺杆式启闭机过载保护按原理可分为机械保护和电气保护。机械保护主要有超越摩擦片式安全联轴器和牙嵌式安全联轴器。电气保护措施一般通过测量电动机电流的大小来实现跳闸保护,如采用智能电机综合保护装置,该装置通过电流互感器采集电机电流来判断电机运行是否正常,具有过载、短路、缺相、接地、不平衡及堵转等保护功能。动作电流和动作时间均可以通过人机界面进行设置,动作灵敏、可靠,广泛应用在大型机电设备上。但其仍有不足之处:一是操作复杂,需要专业技术人员进行设置;二是主要针对电动机进行全面的电气保护,而非螺杆;三是启门时电流相对闭门时较大,若保护动作整定值根据启门时工作电流整定,则闭门时可能会拒动起不到保护作用。若整定值根据闭门时工作电流整定,则启门时可能会误动,影响正常开启。因此,需要有经验的技术人员兼顾到两种工况进行综合考虑。

2 设计方案

2.1 系统硬件原理及安装

本篇从闸门位移速度的角度去探索新的保护途径。闸门卡阻停滞意味着闸门位移速度骤然降低或为0 m/s,故可通过PLC(可编程逻辑控制器)测量闸门实时位移速度来判断闸门是否卡阻停滞。

闸门位移速度采集可通过高精度拉绳式速度传感器(简称拉绳器)来实现。它主要由高精度传动系统、恒力装置、不锈钢钢丝绳、输出轴及编码器部件组成,其将闸门直线运动转换成编码器旋转运动^[1-2]。拉绳器安装示意图如图1所示,安装技术要求如下。

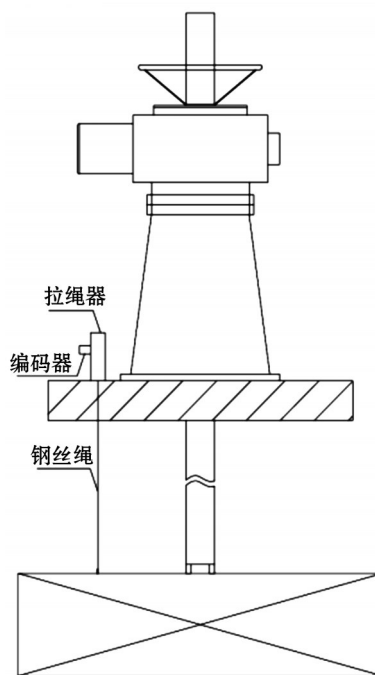


图1 拉绳器安装示意

(1)拉伸器本体安装在螺杆式启闭机机座附近,室外安装需要加装防雨护罩,钢丝绳终端固定在闸门顶梁上。

(2)确保钢丝绳垂直于闸门顶梁平面,钢丝绳倾斜会导致闸门匀速运行时钢丝绳速度越往下越快,不能精确反应真实速度。安装时借助铅垂线,测量钢丝绳与铅垂线上下水平距离误差控制在 ± 1 mm之内。

螺杆式启闭机防螺杆压弯保护系统基本原理:闸门上下移动→钢丝绳跟随闸门上下伸缩→编码器旋转发出高速脉冲信号→PLC采集处理脉冲信号计算速度→若速度异常则报警停机,从而避免螺杆压弯。

以淮河入江水道某进水闸螺杆式启闭机改造为例,采用的拉绳器钢丝绳每伸缩200 mm则编码器旋转1圈。编码器采用增量型光电式脉冲编码器,精度较高。闸门位移实测值为4 mm/s,则脉冲频率平均为40 Hz。PLC采用高性能、高集成度的小型S7-200smart系列可实现编码器高频脉冲信号的

采集与处理,其最大支持输入信号频率为 200 kHz。利用 PLC 内部高速计数功能实现编码器脉冲数量自动累加,将固定周期内产生的脉冲累加值变化量换算为钢丝绳线速度。

2.2 系统软件算法

考虑到 PLC 主程序的执行是遵循自上而下、从左到右、循环往复的机制,尽管偏差很小,但主程序 MAIN 的复杂程度还会影响到程序扫描周期的长短,从而影响计算精度,因此需使用中断程序 INT 来实现计算的高度精准。中断程序优先级高于主程序,一旦中断程序条件满足,则 PLC 暂停执行主程序而去执行中断程序,待中断程序执行结束后主程序再继续执行。本工程利用高速计数器 HC0(编码器脉冲信号指定接 PLC 输入接口 I0.0)对脉冲数量进行自动累加计数,再计算闸门位移速度^[3-4]。

有关测速部分的主程序及注释如图 2 所示。

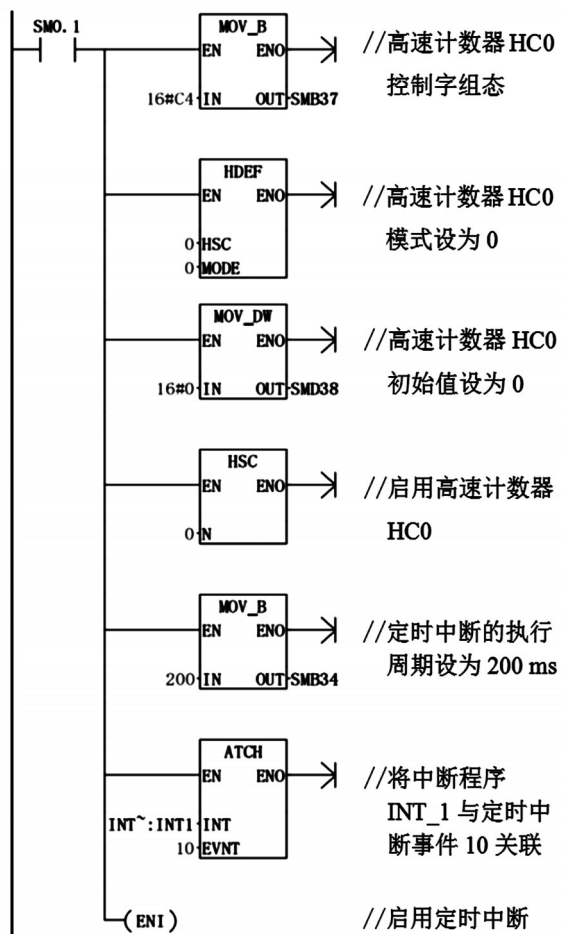


图2 主程序(高速计数器 HC0 和中断程序初始化)

闸门位移速度计算公式为

$$V = L \frac{\Delta P}{Q} \quad (1)$$

式中: V 为闸门位移速度; ΔP 为每分钟产生的脉冲增量; L 为编码器旋转 1 周钢丝绳位移量,该水闸为 200 mm/r; Q 为编码器旋转 1 圈的脉冲量。

中断程序及注释如图 3 所示。

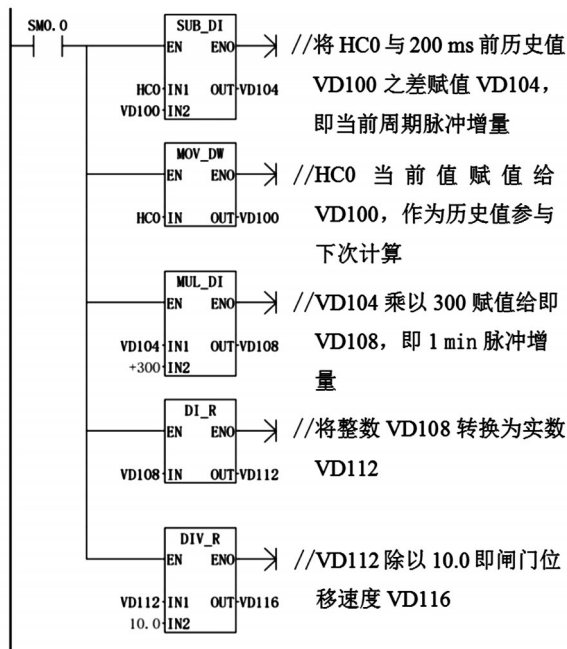


图3 定时中断梯形

利用 PLC 比较指令可以判断闸门当前速度是否异常,一旦 VD116 低于报警阈值,则 PLC 输出停机指令切断电动机电源并发出声光报警。阈值的设定需根据现场实际调试情况而定,有条件的管理单位也可以使用 HMI 触摸屏或者上位机组态软件通过 TCP/IP S7 协议与 PLC 实现互联,实时显示闸门运行速度,也可在线更改报警阈值。

3 调试与运行

进水闸在安装该套 PLC 保护系统后进行了反复调试,闸门在正常下行过程中速度实测为 233~245 mm/min,数据反应灵敏且精准。为验证实际保护效果,技术人员进行了多次试验。

第一步,确保闸门降至闸室底板后,测量机架盖板上剩余螺杆长度,标记为 L_1 。

第二步,将下限位开关常闭触点进行短接使其失去保护作用。

第三步,安排工作人员在启闭机及控制柜现场,保持通讯畅通并做好应急预案。

在确保不影响工程安全运行的情况下先将闸门上升至某一高度再将闸门下降,闸门接触闸底板后停滞,保护系统立即动作,电动机断电停止运

行。将此时机架盖板上方剩余螺杆长度标记为 L_2 , L_1 与 L_2 差值即为螺杆的变形程度。报警阈值设置过大,可能会引起误动作,影响开闸效率;报警阈值设置过小,则保护不及时,螺杆会出现轻微变形。经过多次试验,在失去限位开关保护的情况下,闸门均能在下行至闸底板后自行停机,且 L_1 和 L_2 之差在1.5 mm以内,最终报警阈值设为200 mm/min。

上述试验证明此种保护方案是切实可行的。螺杆式启闭机预防螺杆压弯保护系统测量精准、反应灵敏、动作可靠、经济有效。在闸门下行过程中实现预防螺杆被压弯,同理在闸门上升过程中也能

起到过载保护,实现分类分区保护,可在类似系统中推广应用。

参考文献:

- [1] 徐斌山,李国晶. 西门子S7-200 SMART PLC实战精讲[M]. 北京:清华大学出版社,2021.
- [2] 徐宁,赵丽君. 西门子S7-200 SMART PLC编程及应用[M]. 北京:清华大学出版社,2021.
- [3] 段礼才,黄文钰. 西门子S7-1200 PLC编程及使用指南[M]. 北京:机械工业出版社,2020.
- [4] 王兆宇. 施耐德PLC电气设计与编程自学宝典[M]. 北京:中国电力出版社,2015.

(上接第65页)

层面积变化表明,不透水层面积以梁溪区为中心向外扩增53.44%,透水层面积减少17.77%,城区下垫面的整体下渗率有所降低。

(3)本文所运用暴雨洪涝灾害风险指标建立模型与综合评价指标(低、次低、中等、次高),重点分析无锡市城区2000年、2005年、2010年、2015年与2020年暴雨洪涝灾害风险等级分布情况,可为城区防洪及规划建设提供参考。

(4)由于所收集数据种类的局限性,未能考虑到城市水网分布、雨水设施建设等影响因素,下阶段可收集更加完善的基础数据资料,基于《暴雨洪涝灾害风险区划技术规范》进行模型构建与数据处理,为防汛排涝、监测预报等提供更科学的参考依据。

参考文献:

- [1] 温克刚,丁一汇. 中国气象灾害大典:综合卷[M]. 北京:

气象出版社,2008.

- [2] 张金良,罗秋实,王冰洁,等. 城市极端暴雨洪涝灾害成因及对策研究进展[J]. 水资源保护,2024,40(1):6-15.
- [3] 梅超,刘家宏,王浩,等. 以事件为中心的城市洪涝调度模式研究[J]. 水资源保护,2022,38(5):46-50.
- [4] 盛龙寿,秦建国,姚华,等. 无锡市区2017年暴雨洪水及其成因分析[J]. 江苏水利,2020(12):32-34.
- [5] 李树军,袁静,何永健,等. 基于GIS的潍坊市暴雨洪涝灾害风险区划[J]. 中国农学通报,2012,28(20):295-301.
- [6] 邹洁云,陈苏婷. 基于样条插值法与GIS的江苏省暴雨洪涝风险评估[J]. 电脑知识与技术,2014,10(22):5380-5384.
- [7] 刘建芬,张行南,唐增文,等. 中国洪水灾害危险程度空间分布研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),2004(6):614-617.