

卷扬式启闭机闸门自动制动系统研究

彭 坤,王 军,王长亮,项明洋,从维国

(南水北调东线江苏水源有限责任公司宿迁分公司,江苏 宿迁 223800)

摘要:卷扬式启闭机因构造较简单且维护检修方便,被广泛采用于各类型的泵闸工程中,闸门启闭机设备以其机电设备稳定可靠的特点保障了水利工程安全稳定运行。结合苏州市城区防洪工程娄江枢纽,分析快速闸门卷扬式启闭机性能特点及存在问题,提出合理的解决方案,对启闭机的制动系统进行优化改造,从而进一步提高运行的可靠性。

关键词:卷扬式启闭机;电动机;电控系统;优化改造

中图分类号:TV664 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2024)12-0069-0004

Research on the automatic braking system of the gate of the winch hoist

PENG Kun, WANG Jun, WANG Changliang, XIANG Mingyang, CONG Weiguo

(Suqian Branch of the Eastern Route of South-to-North Water Diversion Jiangsu Water Resource Co., Ltd.,
Suqian 223800, China)

Abstract: Due to its simple structure and convenient maintenance and repair, the winch type hoist has been widely used in various types of pump and gate projects. The gate hoist equipment, with its stable and reliable mechanical and electrical characteristics, ensures the safe and stable operation of water conservancy projects. Combined with the Loujiang Hub of the urban flood control project in Suzhou, this paper analyzes the performance characteristics and existing problems of the fast gate hoisting hoist, proposes reasonable solutions, optimizes and transforms the braking system of the hoist, and further improves the reliability of operation.

Key words: winch hoist; motor; electronic control system; optimization and transformation

1 工程概况

娄江枢纽处于苏嘉杭高速公路娄江高架西侧、外塘河以东侧娄江河段位置,包括14 m的节制闸1座和设计流量为15 m³/s单向泵站,发挥着中心城区内河排涝以及水环境改善的重要作用。

节制闸位于河道北面,包括闸室、海漫、消力池(内外河)以及两侧翼墙等。采用钢筋混凝土开敞

式结构,单个孔净宽14 m,在垂直水流方向的闸室宽度达18 m,拥有双向挡水的升卧式钢闸门,可通过卷扬式启闭机操作启闭或局部开启。满足排涝要求的单向泵站依托节制闸在河道南岸建造,选用单列堤身式形式布置,由进水池、导流墩、拦污栅、泵房、出水池等建筑物共同构成,配置3台单台水泵流量为5 m³/s的S型单轴伸泵,总装机容量600 kW。

收稿日期:2024-07-12

作者简介:彭坤(1986—),男,工程师,本科,主要从事水利工程运行管理工作。E-mail:277599822@qq.com

2 主要构造及相关参数

2.1 结构布置

娄江枢纽泵站工程断流方式为快速门断流,进出水口各布置1套双吊点卷扬式启闭机带动闸门快速启闭,采用单侧电机驱动,刚性联轴器直连方式以达到闸门两吊点同步工作,由起升机构、制动系统、控制系统、保护装置、机架组成。其工作原理是制动轮联轴器和减速器在电机的驱动下,带动开式齿轮和卷筒转动,同时卷筒上钢丝绳利用滑轮和平衡滑轮达到闸门升降的目的。当泵站正常停机时,电动机驱动启闭机控制机快速门升降;在紧急情况出现时,通过松闸电路通电,松开制动器,驱动电机不再工作,快速门则以自由落体速度下降关闭。娄江枢纽设备现场布置示意图如图1所示。

2.2 主要参数

启闭机的主要参数如表1所示。

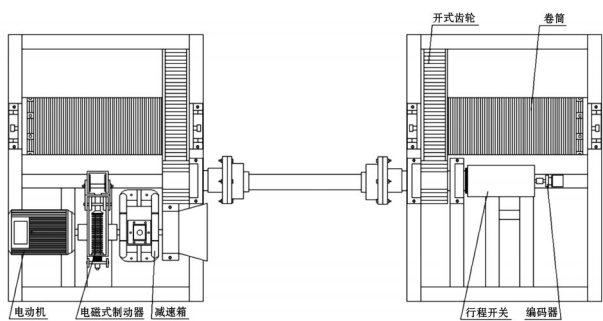


图1 现场布置示意

3 需要优化的几个方面

一是快速门启闭机采用交流电磁鼓式制动器,如出现失电状况时,制动器在断电状态下无法松开刹车片,闸门在机组停机后不能及时关闭,导致机组发生倒转现象,降低主电机使用寿命^[1]。二是在运行过程中如果出现需要执行紧迫停机情形时,按下“急停”按键,机组通过主电机高压断路器分闸而及时停止工作。此时,电磁制动装置得电,松开刹车片,闸门受到地心引力作用做自由落体运动,直至闸门到达底坎。根据自由落体运动规律推算,当闸门到达底坎时会产生较大的末速度,加上闸门重量的冲击,极易砸坏闸门及底坎^[2]。三是电控系统在紧急停机操作后,闸门下降过程中如无任何监控及缓降措施,可能导致闸门在速降时钢丝绳脱离滑轮槽而造成钢丝绳卡死或缠绕^[3]。

4 优化改造方案

4.1 总体思路

针对当前启闭机在紧急停机状态下存在的弊端,优化改造卷扬式启闭机制动系统,设计1种断电即可控制门落的制动控制系统,该制动控制含有制动器1台,电控系统1套及其他相关的附件。紧急停机指令实施后,电控操作系统按照初始设置的落门速度调节制动器的制动力矩。当制动器接收指令松开刹车片后,在自身重力的影响下,闸门下降,同时采集闸门的实时高度数据和速率,通过节动力

表1 启闭机主要参数

类别	启闭机 型号	启门力/ kN	起门 高度/m	起门 速度/ (m/min)	快速闭门 速度/ (m/min)	总传 动比	吊点 中心距/ m	电机额定 功率/ kW	电机额定 转速/ (r/min)	额定制动 力矩/ (N·m)	减速机 型号	钢丝绳 直径/ mm
参数	QPK	2×60	6	3.5	5	205	1.8	3.7	900	170	ZQ250-31.5	12

矩达到控制闸门下降速度的目的。由此可使闸门前半程快速下降,达到快速断流的目的,后半程按照预设的速度降门,保障机电设备和水工建筑物安全。

4.2 制动系统改造

为了确保控制紧急停机状态下后半程降门速度,本文选用常闭式变频变力制动器,该制动器可利用操作制动器的制动力矩来保证闸门的缓降程度^[4]。其工作原理是通过变频改变电动液压制动器内电机与油泵转速,从而改变液压缸推力大小,最终达到制动器的制动力矩可任意调节的目的。具

体方法是原交流电磁鼓式制动器(型号:TJ2-200)更换为电力液压推杆式制动器(型号:YWZ5-200/23),制动器制动力矩完全满足最大制动要求,综合考虑额定制动力矩为200 N·m。YWZ5型制动器其内部结构如图2所示。

4.3 电源设计

电源系统采用交直流两路供电,在正常情况下交流供电,当交流线路断电后,由直流系统供电。从继电保护室的直流电源屏的备用空气开关下引出直流电源,接入开关电源内,变换成24 V后

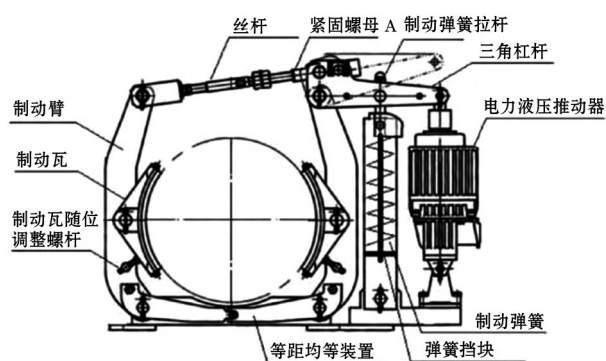


图2 YWZ5电力液压推杆式制动器内部结构

作为系统控制后备电源;另一路引至变频器直流母线上,当变频器交流输入断电后,直流母线将继续保证直流供电,从而实现交流断电后运行功能正常,形成不间断电源系统。变频器型号经综合评估后选择MD280系列的变频器,分析变频器力矩补偿后制动器输出力矩,从而确保满足变频变力制动器所需要的运行条件。

4.4 速度及高度测量

原启闭机控制系统配备的是二合一精密行程开关,用于闸门高度测量,同时具有上下限位测量保护功能,但是闸门升降无法采集速度信号,同时扩展启闭机的电控PLC也没有信号支持。为解决以上问题,本文通过增加1个绝对值编码器,利用其DP通讯功能实现闸门速度与高度的实施监控。系统另外增设了1套高度限制器,用于额外的上下限位、全开和全关等信号采集,监测闸门位置,控制闸门升降的安全性,从而可以做到大幅度提升整体系统的安全可靠性。

因原有输出轴仅满足安装1组编码器,新增设备无法对输出轴扩展出3个接口,用于装设原编码、高度限制器和新增编码器。主要操作方法是在输出轴末端增设1组分接箱,分接箱速比为1:1,有效解决新增设备无法安装的问题^[5]。安装形式如图3所示。

4.5 通讯组态及PLC

电控系统控制器选取由CPU、DP、数字I/O、模拟I/O等模块构成的西门子S7-1200系列PLC,利用PROFIBUS数据总线链接到设置的绝对值编码器,可实时抓取到实时编码值数据。此外,PLC程序对采集闸门位置状态和升降速度实时信号进行周期性计算,实现对闸门速度和位置实时监控。同时,为了利于数据设置、报警查询和降门曲线记录等,系统配置1块7寸触摸屏作为系统HMI,实时显示

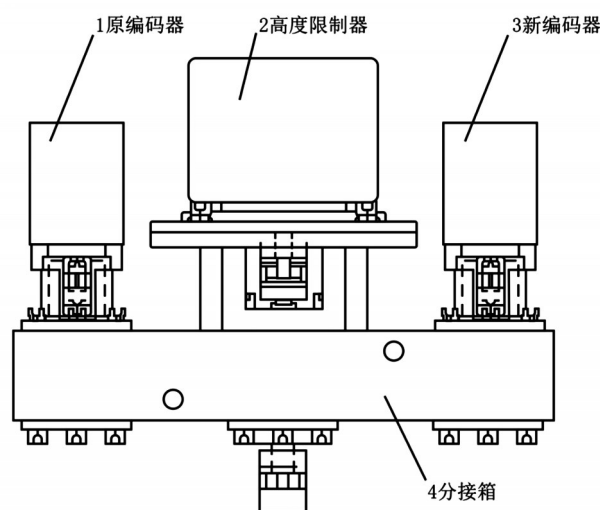


图3 安装形式示意

系统状态和相关数据^[6]。

4.6 系统主要功能

机组快速门的降落通常分为正常停机降门、有电紧急停机降门、断电停机降门3种方式。其中,正常停机降门可分为现场控制柜操作和上位机程序操作,有电紧急停机降门操作可根据急停按钮产生的信号,判断执行快速降门操作,断电停机降门可分为现场控制柜操作和上位机程序操作,此时操作电源为直流系统提供^[7],所以,电控系统设计时需在电路和控制程序上考虑以下几点:

(1)在正常操作的过程中,还应考虑防止误操作的措施。本系统在不改变原有正常降门时快速闸门的操作方式,选择在系统整体电路上增设1组启闭机动作信号接收功能,同时在程序上加入对应的联锁和互锁功能实现的指令,一旦系统接收到松闸指令,便立即执行松刹车片操作。

(2)利用中间继电器扩展机组LCU柜中闸门快降信号后,1组接入现场控制柜,1组接入本系统中,并在机组急停按钮中增加1个常开触点接入本系统。当按下急停按钮常开触点变常闭,松闸回路接通,刹车片松开,闸门快速下降^[8]。

(3)快速闸门按5 m/min的速度从6 m下降至0.5 m的减速高度,减速后以2 m/min的速度将闸门降到0.2 m预停高度后停止,延时0.5 s后完全松开制动器,闸门下降至全关位置。这样既可以保障闸门完全关闭,又可减小全速降门对闸门和底坎的冲击。

(4)因受水流、水压、浮力等因素的影响,闸门在下降的过程中有不可控因素,系统采集的信号数

据通过内置的编码器换算得出速度和高度自动调节、修正闸门降落速度^[9]。快速降门时调速控制模拟系统流程如图4所示。

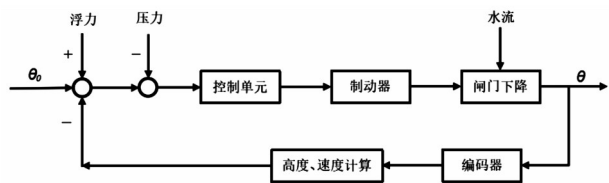


图4 快速降门时调速控制模拟系统流程

(5)系统内应设置闸门高度行程到位、超限位报警、超限值保护,闸门3种模式下降速度超限报警、速度检测和自动抱闸保护,AC电源、编码器异常、空开分合闸、通讯异常和硬件故障检测与保护等功能^[10]。

5 结 语

启闭机作为水利工程中的重要组成装置,其安全、可靠性直接影响水利工程整体安全运行。本文针对姜江枢纽存在的紧急停机、断电情况下不自动落门和松开刹车片落门无保护的问题,开展了详细分析与研究,对目前卷扬式启闭机的运行模式提出优化改造建议。本方案具有远程可控、性能可靠、

安全冗余量高等优点,有力保障卷扬式启闭机闸门运行安全,从而进一步提高水利工程运行效益。

参考文献:

- [1] 梁雪云. 水闸卷扬式启闭机制动器应用效果强化对策探究[J]. 黑龙江水利科技, 2019, 47(4): 176-178.
- [2] 管晓云. 卷扬式快速启闭机调速器的改进[J]. 江苏水利, 2003(10): 16-17.
- [3] 王高原, 张娇. 谈塔山新闸闸门维修[J]. 江苏水利, 2021(11): 69-72.
- [4] 梁姝颖, 冯志先. 南水北调中线天津段慢速卷扬式闸门启闭机设计[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2010, 22(1): 10-12.
- [5] 刘汉凌, 杨莉, 方蕾. 固定卷扬式启闭机安装方法探讨[J]. 中国水能及电气化, 2023(8): 28-33.
- [6] 盛国超, 费会新, 刘强. 智能制动系统在水电站卷扬式启闭机上的应用[J]. 起重运输机械, 2018(10): 104-107.
- [7] 连振荣, 郑春峰, 王波. 新型联动启闭机在太浦闸套闸工程中的应用[J]. 水利建设与管理, 2016, 36(10): 73-75.
- [8] 查六一, 邵建龙, 周玉岩, 等. 基于S7-200PLC的闸门卷扬启闭机的控制系统设计[J]. 水电能源科学, 2010, 28(3): 127-130.
- [9] 夏江涛. 泄洪闸门启闭机自动变速控制系统[J]. 电机与控制应用, 2008(1): 32-35.
- [10] 周勇, 周雨洁, 吉波, 等. 基于闸门安全运行的多功能行程控制装置技术[J]. 江苏水利, 2023(7): 55-58.

(上接第63页)

(3)在年度电气预防性试验中对限流保护电阻的阻值进行检查,确保阻值正常。

(4)定期用仪表及标准电阻在系统测试条件下对监测仪进行比对复核,保证测量精度。

参考文献:

- [1] 江苏省质量技术监督局. 泵站运行规程: DB32/T1360—

2009[S]. 南京: 江苏人民出版社, 2009.

- [2] 许建中, 李扬, 李娜, 等. 大型泵站主水泵机组安装与检修[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020.

- [3] 国家能源局. 电力设备预防性试验规程: DL/T596—2021[S]. 北京: 中国电力出版社, 2021.

- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 旋转电机绝缘电阻测试: GB/T20160—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.