

立式水泵机组顶车装置系统 智能化改造研究与应用

蒋兴勇,李昌龙,王 勇,鲁 健,侯程程

(南水北调东线江苏水源有限责任公司,江苏 南京 210029)

摘要:针对立式水泵机组顶车装置系统只能现地操作、无法远传上位机及远程控制操作等问题,设计提出了一种全新的顶车装置控制系统,包含现地控制模式、屏控模式、上位机远程控制,3种模式集成系统智能化改造方案。以南水北调解台站水泵机组1#机组的顶车装置系统智能化改造为例,分别介绍了顶车装置的智能化改造框架、原理、方法等改造内容,以及改造后的应用效果。结果表明,技术改造后的顶车装置运行情况良好,达到了预期目的,为同类型顶车装置的智能化改造提供重要参考。

关键词:立式水泵;控制系统;顶车装置;智能化改造

中图分类号:TV675

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2024)09-0048-0003

Research and application of intelligent transformation of vertical water pumping unit overhead traveling crane system

JIANG Xingyong, LI Changlong, WANG Yong, LU Jian, HOU Chengcheng

(The Eastern Route of South-to-North Water Diversion Jiangsu Water Resource Co., Ltd., Nanjing 210029, China)

Abstract: Aiming at the problems that the overhead traveling crane system of vertical pump units can only be operated on-site and cannot be remotely transmitted to the upper computer or controlled remotely, a new control system for the crane device is designed and proposed. This system includes on-site control mode, screen control mode, and supervisory computer remote control, integrating three modes into an intelligent retrofitting system scheme. This paper takes the intelligent transformation of the crane system for pump unit No. 1 at the South-to-North Water Diversion Jietai Station as an example. It introduces the intelligent transformation framework, principles, methods, and other content of the crane device, as well as the application effects after the transformation. The results show that the retrofitted crane device operates well and achieves the expected goals, providing important references for the intelligent retrofitting of similar crane devices.

Key words: vertical pump unit; control system; overhead traveling crane device; intelligent transformation

1 概 述

南水北调解台站位于江苏省徐州市贾汪区境内的不牢河输水线上,是南水北调东线工程的第八

级抽水泵站,主要运用性质为省际调水、抗旱调水、排涝。泵站设计调水流量为125 m³/s,设计扬程为5.84 m,水泵单机设计流量为31.5 m³/s,水泵单机功率为2 800 kW,总装机容量为14 000 kW。解台站

收稿日期:2024-04-07

作者简介:蒋兴勇(1981—),男,工程师,主要从事南水北调泵站工程建设与运行管理。E-mail:27020610@qq.com

通信作者:李昌龙(1996—),男,助理工程师,硕士,主要从事南水北调泵站工程建设与运行管理。E-mail:lichanglong0520@

163.com

内安装5台套2900ZLQ32-6型立式轴流泵(含备机1台套),均配套有TL2800-40/3250型同步电动机。

解台站水泵机组每季度带电试运行、调水开机时需要提前做好顶车准备工作。站所内的立式轴流泵机组长时间停机未运行时,机组转动部件重量受力面均在推力轴承上,通过镜板紧紧压在推力瓦上;停机时间越长,镜板和推力瓦之间的油膜被挤得越薄,超过1月之久的长期挤压甚至无油膜。因此机组启动前需要先进行顶车3~5 mm,使镜板与推力瓦之间形成油膜,降低机组启动力矩,避免烧坏推力瓦,保证机组能够正常运行^[1];为了完成机组的顶车操作,往往都是需要利用顶车装置来进行辅助工作。在此背景下,顶车装置的研制和改造也在不断创新和发展,何亦如等^[2]在大型立式水泵机组应用了液压顶转子装置系统,着重于解决电机转子结构不规则,空间布置复杂,不能使用简单的顶升结构的实际情况。曹海翔等^[3]将光纤、光电开关及变频技术相结合进行了立式轴流泵机组自动顶转子装置的研制,并取得了成功,提高了控制精度和机组自动化控制水平,完善了微机自动监控系统的功能。赵水汨等^[4]对原有机组顶车装置进行改造,研制一种包括油压装置、配压装置和油压千斤顶的水泵机组顶车装置,可以有效防止顶车过顶、千斤顶不返回等事故,并通过设置控制电路,实现自动化控制。目前针对立式轴流泵机组顶车装置的研制和改造已具有良好基础,初步满足泵站机组顶车操作的运行管理需求。

信息化时代,机电设备的信息化发展需要注重远程控制技术的应用。为顺应顶车装置的发展,提升现地站所泵站机组顶车操作的信息化水平,本文基于近年来国内在顶车装置的研制和改造方面积累的经验,提出了一套立式轴流泵机组顶车装置远程控制的智能化改造方案,对南水北调解台站水泵1#机组的原有顶车装置进行分析,实现对顶车装置系统进行远程控制智能化改造研究。

2 顶车装置系统现状简介

目前南水北调解台站水泵机组的顶车装置采用人工操作液压装置对机组的液压顶组加压,实现开机前顶转子过程的自动测控,可控制转子顶起3~5 mm,并监视液压顶的回落是否到位。但是在机组联轴层的控制箱内仅仅采用简易可编程控制器(PLC)控制顶车装置启闭,并且PLC仅设置一个串

口连接显示屏,没有外接通讯接口,无法和上位机实现通讯连接。现场顶车设备仍需现地进行手动或自动运行,无法在调度中心、集控中心和站所中控室上位机上进行运行操作,同时原顶车装置只显示“供油”“回油”“油泵启停”“液压顶1-4位置”信号接入现地控制箱内,无法具体显示顶车运行中行程高度和顶车顶到位和落到位精准信号、液压顶损坏偏顶现象监测、顶车装置某处渗漏油导致油箱油位高低位检测、油泵无电机过载保护装置等设备问题。因此调度中心、集控中心和站所中控室上位机系统不能对顶车设备进行远程监视和控制,无法发挥远程集控调度的功能。顶车设备的稳定运行和泵站机组安全受到严重影响,制约智能化管理的发展要求。因此,对解台站现有泵站机组顶车装置进行智能化改造,实现后台上位机远程控制、监测和智能化运行势在必行。

3 顶车装置系统智能化改造

3.1 智能化改造框架

根据解台泵站的水泵机组实际运行管理需求,对顶车装置系统进行智能化改造,装置组成框架如图1所示。传感器组包括红外激光测距传感器、开到位接近开关,模拟量传感器及油位传感器,负责装置内开关量、模拟量、油位等信号的实时采集;测控装置包括可编程控制器、开关电源、空气开关、交流接触器、继电器、启闭按钮、蜂鸣器、触摸屏、指示灯、急停按钮等设备,用来将泵站顶车装置的运行状态、转子位置状态、液压顶位置状态等信号上传至调度中心、集控中心和站所中控室的上位机控制系统,并实时显示和控制。泵站现场的油泵油位信号也传至上位机控制系统,能够实时监测的功能;液压装置包括电机、供油泵、电磁换向阀、溢流阀等设备,负责为站所的水泵机组的液压顶提供液压源;液压顶组主要包括4个千斤顶,采用等压方式来给千斤顶供油,保证每个千斤顶油压均衡,避免转子及其大轴因顶升力和顶升速度的差异出现偏顶现象。

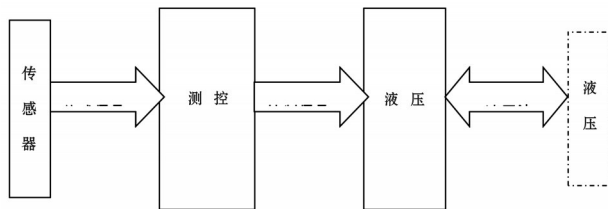


图1 顶车装置组成框架

3.2 智能化改造原理

智能化改造后顶车装置系统以可编程控制器 PLC 和触摸屏为核心设备。首先,将顶车装置上限 3~5 mm 全开位及落到全关位的数据,通过红外激光测距传感器和接近开关实时采集并输出开关量、模拟量信号到 PLC,经由 PLC 程序分析判断处理后传至触摸屏显示操作;其次,将顶车装置控制信号通过网线和交换机接入调度中心、集控中心和站所中控室的上位机控制系统,通讯协议采用 MODBUS 协议,在上位机系统内写入顶车装置页面,布置控制信号画面,实现现场运行信息远程传输,满足上位机远程监测及实时控制顶车装置运行的要求,确保泵站顶车装置系统远程控制技术有效应用。测控单元回路原理如图 2 所示。

3.3 智能化改造方法

(1)将原有简易可编程控制器(PLC)更换成更为强大的国产 PLC,并更换与国产 PLC 相配套的触摸屏,新增交换机,采用网络通信的方式,通过交换机将 PLC、触摸屏和上位机连通,组成通信控制网络,完成数据的采集、处理、存储及控制等,通讯协议设置为 MODBUS 协议。

(2)增加自动(远控、屏控)转换开关,修改控制回路,在保留现地手动控制的基础上,改为现在的现地手动、现地屏控、远程控制 3 种操作模式,可依据现场使用单位的实际情况与需求切换不同的操作模式,能够满足不同运行情况下对顶车装置的控制。

(3)将顶车装置系统 4 个落到位激光测距传感、

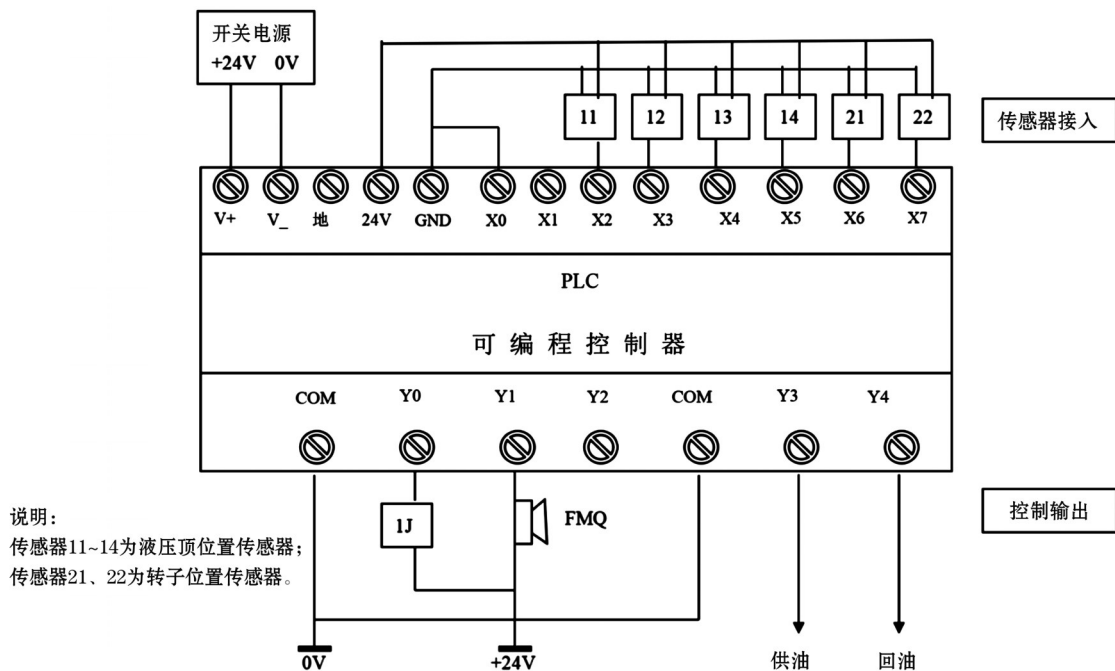


图 2 测控单元回路原理

2 个开到位接近开关,新增 2 个模拟量传感器、油泵电机热过载保护器及油位传感器接入 PLC,重新编写 PLC 和触摸屏的应用程序后由触模动画显示操作,同时上位机系统增加顶车装置操作画面,实现远程一键启动控制,使其符合现场设备的使用要求和效果要求。

4 智能化改造应用效果

本次改造经分析论证后,在原有的顶车装置自动化控制系统的基础上,选择对其进行智能化改造

研究,提出了一种全新的顶车装置系统远程控制智能化改造方案。南水北调解台站于 2023 年对水泵机组 1#机组的顶车装置系统进行了智能化改造,改造后设备投入多次运行,控制系统、监测系统稳定,取得了良好的预期效果。通过上面的智能化改造,改造后的顶车装置系统具有以下优点:

(1)开发了远程控制功能,将原来的单一操作模式改为现在的现地手动、现地屏控、远程控制 3 种操作模式,能够在上位机系统上进行一键操作,实

(下转第 57 页)

- quality[J]. Agricultural Water Management, 2015(148): 43-51.
- [9] 潘乐,茆智,董斌,等.塘堰湿地减少农田面源污染的试验研究[J].农业工程学报,2012,28(4):130-135.
- [10] 姜凯.水塘湿地截留和净化农业面源污染物特性研究[D].南京:河海大学,2006.
- [11] 曾文治,黄介生,吴谋松,等.不同棉田暗管布置方式对氮素流失影响的模拟分析[J].灌溉排水学报,2012,43(6):124-126.
- [12] 陈义浦,张少卿,刘聪,等.苏南地区小青菜耐淹特性试验研究[J].水利与建筑工程学报,2023,21(5):199-203.
- [13] 叶振威,张鸣,陈义浦,等.平原河网区农田渗滤沟道及氮磷拦截效果试验研究[J].水利与建筑工程学报,2018,16(6):236-240.
- [14] 梁家成,蔡志军,莫建刚,等.苏州生态涵养发展实验区工程设计——以消夏湾湿地生态安全缓冲区为例[J].农业与技术,2023,28(4):54-58.
- [15] 陈义浦,张力,邱超,等.平原河网区河蟹养殖塘生态化改造体系研究[J].水利规划与设计,2023(8):40-45.
- [16] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002.
- [17] 水质总氮的测定碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法:HJ636—2012[S].北京:中国环境科学出版社,2012.
- [18] 水质总磷的测定钼酸铵分光光度法:GB 11893—1989[S].北京:中国标准出版社,1989.
- [19] 水质铵的测定水杨酸分光光度法:GB 7481—1987[S].北京:中国标准出版社,1987.
- [20] 水质硝酸盐氮的测定酚二磺酸分光光度法:GB 7480—1987[S].北京:中国标准出版社,1989.

(上接第50页)

现对水泵机组的顶车装置系统远程控制以及紧急状态远程切断和流程切换的主要功能。

(2)提升了顶车装置本质安全,为防止检测有误,顶车装置开关量限位装置由原先并联使用改为串联使用,保证两个开关同时检测信号后停止油泵供油;同时在PLC程序内增加供油及回油延时保护功能,避免因接近开关或激光测距开关故障,导致设备持续工作产生损坏。

(3)丰富了触摸屏传感器到位显示和动画功能,重新编绘触摸屏的操作画面,满足泵站机组运行信息的直观显示需求,通过触摸屏画面直观显示实时监测顶车装置供回油、转子位置、液压顶位置等信息。

5 结 语

顶车装置系统智能化改造是一项多个领域、多个学科相互配合的重要工作,涉及对传统工业自动化技术和新兴信息的综合应用,同时也是一项繁琐复杂的改造工程。经对南水北调解台站1#水泵机组顶车装置系统智能化改造进行分析研究,本

装置用传感器远程监控代替了人工日常巡检,远程操作控制代替了现场操作,可以大幅减少人力资源投入,降低运营成本,可推广应用到其他行业领域内较复杂的顶转子项目,并为同类型的设备改造工作提供借鉴。

顶车装置系统改造的运行实践表明,提出的远程控制智能化改造方案是科学合理的,在改善水泵机组运行安全性和稳定性的同时,可获得良好的经济效益。顶车装置系统的建设为下一步南水北调解台站以及其泵站机电设备的数字化改革奠定了基础,助推泵站机组机电设备智能化发展新进程。

参考文献:

- [1] 崔庆福,王鹏.八里湾泵站机组液压顶转子装置系统改造分析[J].山东水利,2021(8):35-36.
- [2] 何亦如,郑灿雄.大型立式水泵机组液压顶转子装置系统[J].中国水利,2000(10):49.
- [3] 曹海翔,魏建群.立式轴流泵机组自动顶转子装置的研制[J].浙江水利科技,2010(4):54-56.
- [4] 江苏省骆运水利工程管理处.一种水泵机组顶车装置:CN202121286410.9[P].2021-12-14.