

doi: 10.11799/ce201411018

演马矿泵房主排水监控系统技术改造

苏明辉¹, 庞政铎², 刘冬梅³

(1. 中国神华海外开发投资有限公司, 北京 100011; 2. 中工国际工程股份有限公司, 北京 100080;
3. 中国国际人才开发中心, 北京 100192)

摘要: 针对调研发现的演马矿泵房主排水设备监控系统存在的不足之处, 进行了针对性的技术改造。文章主要介绍了通过分析主排水设备效率计算方法, 设计了监控系统应具有的检测点和控制点, 然后, 阐述了监控系统避峰填谷、轮换和高效运行的新型控制策略, 最后介绍了系统的组成结构和功能。

关键词: 主排水设备; 监控系统; 设备效率; 新型控制策略

中图分类号: TD744 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0959(2014)11-0057-04

Technological Reform for Main Water Drainage Monitoring System of Pump Room in Yanma Coal Mine

SU Ming-hui¹, PANG Zheng-duo², LIU Dong-mei³

(1. China Shenhua Overseas Development and Investment Company Limited, Beijing 100011, China;
2. China CAMC Engineering Company Limited, Beijing 100080, China;
3. China International Talent Development Center, Beijing 100192, China)

Abstract: Aiming at the inadequacy in main water drainage monitoring system of Yanma coal mine pump room, a technological reform was conducted. The paper analyzed the calculation method of main pumping equipment efficiency, and designed the monitoring points and controlling points the system required. Then a new control strategy was proposed, achieving reasonable arrangement of operation at peak and slack period, realizing rational rotation, and efficient operation of the monitoring system. Finally the structure and function of the system was introduced.

Keywords: main pumping equipment; monitoring system; equipment efficiency; control strategy

1 概述

演马矿泵房共安设8台主排水泵, 4趟管路, 每台主排水泵均采用射流泵抽真空。目前, 井下配备两名水泵工值班, 水泵启停都为人工操作, 仅电机轴承及定子备有PT100温度信号传感元件和二次仪表。通过现场调研, 发现演马矿泵房主排水设备监控系统存在如下不足之处:

1) 监测点不全面。现有自动化排水装置无法监测水泵效率、管路效率、水泵振动、电动机振动。流量监测点布置较少, 只监测排水管路的流量。

2) 选用电动或电液闸阀作为管路控制元件。由于煤矿主排水系统管路的管径较大, 排水高度较高, 打开闸阀需要力(力矩)很大, 加上机构的阻力影响, 使得用电动操作机构操作时很容易造成开闭失败, 较大容量的电磁阀或电

动机还很容易造成过载烧坏。

3) 无法根据水泵和管路效率进行更合理的自动化排水。

现有自动化排水装置最全面的控制原则为: 根据水位, 结合避峰填谷和轮换工作原则自动控制水泵启停。但是, 由于无法监测水泵效率、管路效率, 系统无法选择效率高的水泵和管路投入运行, 导致主排水系统的经济性不够高。针对上述问题, 对焦作演马矿泵房进行自动化技术改造。

2 监测点与控制点的选择

理论上矿井主排水系统的总效率为电机效率、传动效率、水泵效率和管路效率的乘积, 在电动机正常运行时, 可以认为电机效率和传动效率为固定值, 因此运行主排水系统效率的主要因素只有水泵本身的效率和管路效率。水

收稿日期: 2014-02-18

作者简介: 苏明辉(1982-)男, 河南周口人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为煤炭机电, E-mail: suminghui@shenhua.cc。

引用格式: 苏明辉, 庞政铎, 刘冬梅. 演马矿泵房主排水监控系统技术改造 [J]. 煤炭工程, 2014, 46(11): 57-60.

泵效率为水泵有效功率与水泵轴功率 N 的比值, 管路效率为实际排水扬程 H_{sy} 和水泵总扬程 H 的比值。因此只需得到水泵总扬程 H 、实际排水扬程 H_{sy} 、管路损失、水泵轴功率 N 和水泵有效功率 N_s , 即可计算主排水系统的效率^[1,2]。

1) 水泵总扬程 H 的计算。测定总扬程可在水泵进、出口法兰盘上, 分别安装负压传感器和正压传感器, 然后按式(1)计算总扬程。

$$H = p_1 + p_2 + \rho g \Delta z + \frac{8\rho}{\pi^2} \left(\frac{1}{d_1^4} - \frac{1}{d_2^4} \right) Q^2 \quad (1)$$

式中 H ——水泵扬程, m;

p_1 ——压力表读数, Pa;

p_2 ——真空表读数, Pa;

Q ——流量, m^3/s ;

Δz ——两表盘中心垂直高度, m;

ρ ——矿水密度, kg/m^3 ;

d_1 ——水泵出口内径, m;

d_2 ——水泵进口内径, m。

2) 实际排水扬程 H_{sy} 可根据矿井井口与泵房标高资料计算。

3) 管路损失的计算。

$$H_s = H - H_{sy} \quad (2)$$

4) 水泵轴功率 N 。水泵的轴功率是电动机传递给水泵轴的功率。水泵轴功率的测定是通过测定电机的输入功率和电动机功率损耗来测定电机输出功率, 对于联轴器直联传动机组, 有:

$$N = \sqrt{3} u i \cos\theta \eta_d \eta_c \quad (3)$$

式中 N ——水泵轴功率;

u ——线电压, V;

i ——线电流, A;

$\cos\theta$ ——功率因数;

η_d ——电动机的效率;

η_c ——传动效率。

5) 水泵有效功率。水泵实际传递给水的功率就是水泵的有效功率。

$$N_s = \gamma Q H \quad (4)$$

式中, γ 为矿水重度, N/m^3 ; Q 为水泵流量, m^3/s ; H 为水泵总扬程, m。

2.1 系统的监测点

通过上述计算分析, 通过直接监测水泵进水口压力、出水口压力、流量、电动机电压、电流、功率因数就可计算得到主排水系统的效率参数。系统监测点见表1。

2.2 系统的控制点

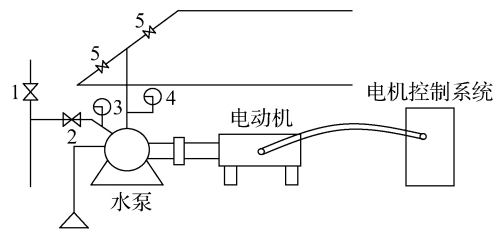
系统采用多功能水泵控制阀代替传统电动闸阀作为管路控制元件, 采用本安型电动球阀作为射流泵控制元件。多功能水泵控制阀易于实现自动化控制, 具有止回和水锤消除等功能, 安全可靠性强。

单台水泵排水装置示意图如图1所示, 1和2组成射流

泵抽真空系统, 电动机由配电开关供电。单台水泵过程是: 首先, 关闭多功能水泵控制阀5, 打开电动球阀1和电动球阀2, 开始抽真空; 待负压传感器3达到规定值后, 关闭电动球阀1和2, 启动电动机, 待正压传感器4读数达到规定值后(必须在规定的时间内, 否则说明水泵出现故障), 打开多功能水泵控制阀5, 开始排水。电动机的启/停控制是通过控制配电开关实现的, 本系统通过数字通信方式实现对开关的控制从而控制电动机启/停。系统的控制点见表2。

表1 监测点信息表

测点名称	传感器选型	传感器安装部位及安装方式	传感器数量统计
电机温度	电机出厂自带的PT100	电机前后轴承座、三相绕组	2×8
水泵温度	GWP200-M	水泵前后轴承座、磁铁式固定	2×8
振动	JX56	电机和水泵轴承座、双头螺栓固定	2×8
压力	GYD60-Y2	水泵进、出口法兰, 螺纹固定	2×8
流量	LCZ-803	水泵进水管路、插入式	8
流量	LCZ-803	排水管路、外贴式	4
水位	超声波液位计: KGU5B 配水井两端各一个		2
	投入式液位计: GUY5 配水井两端各一个		2



1、2—电动球阀; 3—负压传感器; 4—正压传感器; 5—控制阀

图1 单台水泵排水装置示意图

表2 控制点信息表

控制点名称	控制方法	数量
本安型电动球阀 (DFH20/7)	高电平输入, 球阀打开; 低电平输入, 球阀关闭	2×8
多功能水泵控制阀	左电磁阀通电, 控制阀打开; 右电磁阀通电, 控制阀关闭	2×8
配电开关柜	RS-485 接口, Modbus 协议	1

3 系统的控制策略

总的要求是: 对水泵房内所有水泵, 按照保持电机不受潮, 排水效率高, 避峰填谷的原则, 根据矿井涌水量的情况编制运行程序, 确保排水系统工作在最佳状态。对所

有水泵实行实时运行状态和故障检测,并能根据检测实现提示、警告警示、预警、报警等功能。

3.1 避峰填谷原则

按照避峰填谷的原则和汛期、非汛期及涌水量的稳定情况,确定排水水位范围和开泵数量。

设定排水系统高、较高、中、低四个水位,在用电高峰期,当水位上升至中水位时,可暂时不增加排水能力,只有在水位上升至较高水位时再增加排水能力。在用电尖峰期,当水位上升至较高水位时,可暂时不增加排水能力,只有在水位上升至高水位时再增加排水能力。在用电低谷期,当水位上升到中水位时,增加开泵台数,将水排至低水位。

非汛期时按上述程序执行,汛期时按照低水位运行的原则编制程序。非汛期程序编制原则见表3。

表3 非汛期避峰填谷原则

用电时段	水位阈值			
	高水位	较高水位	中水位	低水位
尖峰期	加开水泵	保持	保持	减泵
高峰期	加开水泵	加开水泵	保持	减泵
平谷期	加开水泵	加开水泵	保持	减泵
低谷期	加开水泵	加开水泵	加开水泵	减泵

3.2 轮换运行原则

根据水泵房的潮湿程度,在确保安全高效和保证电机不受潮的前提下编制控制程序。对所有能够运行的水泵(检修泵除外),强制轮流运行,力求在兼顾水泵电机不受潮的前提下确保系统的高效运行^[6]。

3.3 高效原则

优先运行高效率水泵,选择高效率的管路。

综上所述,非汛期时,按避峰填谷原则,开停水泵。按如下优先等级选择水泵启动:①运行累计时间短;②效率高。根据管路与水泵配合情况,按优先选择效率高的管路。若需增加排水能力,先启动一台水泵,监测水位变化率,计算按此变化率下降到规定的水位所需时间,若该时间大于距下一用电时段的时间,则再增加一台水泵,重复上述检测与计算比较,直至将水位排至规定的水位所需时间小于距下一用电时段的时间。

4 系统功能和结构

4.1 系统功能

1) 系统能够实时监测水泵的运行效率、管路效率、水泵运行时间、电机电压、电机电流、水泵和电机温度、水泵和电动机振动、矿井涌水量、水位、真空度、出水口压力等模拟量和开关量。

2) 系统有三种控制方式,分别为就地手动控制、就地自动控制和远程控制。就地手动控制是指通过井下就地操作台,按钮点动控制各台水泵的启、停。自动控制分为系统自动控制和单台泵自动控制。系统自动控制方式是依据

水位和涌水量,按照效率优先、排水管路均衡分配、轮换工作制的原则,编制PLC控制程序,控制水泵自动运行。单台泵自动控制是指选定待开水泵,操作流程(抽真空→检测真空度是否合格→启动电机→检测出水口压力是否合格→选择管路→排水)由PLC控制。远程控制是指在地面调度室,通过计算机启、停各台水泵,设定排水系统相关参数。其控制方式也分系统自动控制和单台自动控制。就地控制与远程控制相互闭锁。

3) 每台泵具有“检修”、“工作”两种工作状态。

4) 系统具有按年、按月、按日进行数据存储、数据查询、故障记录、事件以及打印功能。

5) 系统具有故障报警功能,比如水位超限、电机、水泵震动过大、电机超温等报警功能。

6) 系统在正常的自动运行状态下,能够在轮换原则、避峰填谷原则、高效原则以及当前涌水量的前提下自动启动/停止水泵,以及选择水泵运行的台数。

7) 水泵启动时具有自动检测水泵启动条件的闭锁功能。

8) 系统具有电气保护功能,其中过压、欠压,过流等参数由变电所监控系统提供,可以通过此参数计算、分析、判断水泵电机的运行情况。

9) 系统的通讯接口标准、统一,通讯协议开放,方便接入全矿自动化平台中。

10) 系统能够监测自身运行状态,自诊断。

11) 系统具有功能扩展冗余。

4.2 系统的结构

演马矿新泵房监测监控系统由井下监控和地面监测设备设备组成,两者通过Profibus-DP现场总线通信。井下监控设备由就地操作台、井下监测分站、防爆显示屏和井下监控总站组成,井下监控总站通过本质安全型现场总线Profibus-DP/IS与就地操作台、井下监测分站通信,通过Profibus-DP现场总线与防爆显示屏通信。地面监测设备主要由工控机、UPS不间断电源和打印机组成。

4.2.1 地面监控设备

1) 就地操作台。泵房巡检人员可通过就地操作台控制水泵启停,按下启动按钮或停止,对应的水泵启动流程或停止流程都由程序自动完成。就地操作台前面板的红色状态指示灯亮,指示对应的水泵处于“检修”状态;红色状态指示灯灭,指示对应的水泵处于“工作”状态。

2) 井下监测分站。井下监测分站直接连接传感器,设计成通用的模块。当系统扩展时,只需选用更多的井下监测分站模块,同时软件做相应的改变即可。井下监测分站的监测点按4台水泵机组、所有排水管和水管的监测点设计。每台水泵机组必须监测的物理量包括:电动机的三相绕组,前、后轴承座温度,轴承座振动;水泵的前、后轴承座温度,轴承座振动,真空度,出水口压力;吸水管流量;4趟排水管流量;水井水位。

3) 井下监控总站和防爆显示屏。井下监控总站采集就地操作台手动启/停水泵的动作信号和井下监测分站的数字量信号,并根据采集的信号作出判断,控制电动球阀和多功能水泵控制阀;并将泵房工况通过模拟图显示到防爆显示屏上,实现排水过程的动态模拟和工况超限报警;同时将监测结果和操作事件上传至地面。

井下监控总站采用 S7 300 PLC^[5] 开发,设计为隔爆兼本安型。

4.2.2 地面监控设备

地面监控总站采用工控机(内置西门子 PCI 卡 cp5611)、G11、打印机和 UPS 不间断电源开发。

接受信号时,G11 将 Profibus - DP 的光信号转变为电信号,送入 CP5611 卡,工控机读取卡内数据,进行分析、存储和显示。采用西门子组态软件编程,ACCESS 建立数据库,C++ 语言开发分析软件^[7]。

当总站电源突然断开,由 UPS 电源给总站供电,保证总站继续工作 1~2h。

打印机用于报表等的打印输出。

5 结 语

改造后的演马矿泵房监测监控系统已经良好地运行了近半年时间。改造前,两个水泵工需每天来回下井,现在每周只需下一次,极大的减轻了工人的劳动强度。由于采

(上接第 56 页)

期来压极不明显,且曲线表现出了高阻力值的连续特性,曲线甚至呈现出了连续的一字分布特征。

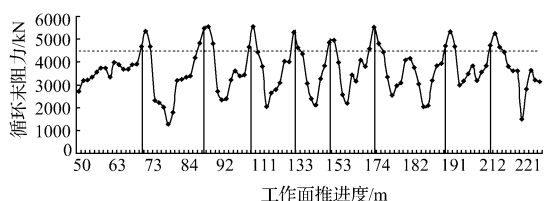


图3 周期来压工作面支架末阻力曲线

5 结 论

1) 根据顶板钻孔窥视和岩石力学测试,可将 K₂ 石灰岩坚硬顶板分为下部厚约 1.3m,中部厚约 2.6m,上部厚约 5.21m 的三个分层考虑,各分层强度由下至上逐渐增大,岩层完整性也逐渐提高。

2) 理论计算表明,总厚约 3.9m(厚约 1.3m 的下分层和厚约 2.6m 的中分层)的顶板下部分层随机垮落,充填采空区;厚约 5.21m 的顶板上部分层表现出明显的缓慢下沉特征。

3) 通过顶板深基点观测及顶板来压分析可知,工作面石灰岩顶板在现场生产过程中并没有表现出典型的周期来压特征,顶板岩层整体下沉明显,末阻力曲线表现出了高阻力

用了新的控制策略;现在泵房耗电量相当于改造前的一半,极大地降低了生产成本,经济效益极为显著。

参考文献:

- [1] 张 君,王任远. 矿井排水设备最佳工况点的研究 [J]. 煤矿机械, 2008, 12(12): 123-125.
- [2] 孙玉臣,刘海涛. PLC 在矿井下主排水控制系统中的应用 [J]. 科苑论谈, 2008, 4(5): 54-55.
- [3] 李维熙. 提高矿井排水管网运行效率的研究 [J]. 矿业快报, 2008, 7(7): 15.
- [4] 王 东,李维熙,冯立杰. 矿井自动排水优化控制策略的研究 [J]. 中州煤炭, 2008(2): 57-58.
- [5] 程高新,李敬兆. 基于 PLC 的矿井自动排水系统设计 [J]. 煤矿机电, 2009(3): 77-78.
- [6] 高 林. 煤矿井下排水自动控制系统的研究与开发 [D]. 太原: 太原理工大学, 2007.
- [7] 郭金龙,马文智. PLC 技术在矿井排水全自动控制系统中的应用 [C] //第 18 届煤矿自动化与信息化学术会议论文集, 2009.
- [8] 刘守胜,孙秀茹,夏国彬. PLC 控制在矿井自动排水系统中的应用 [J]. 矿山机械, 2008(20): 23-24.
- [9] 李利青,李爱旺,裴江涛,等. PLC 在矿井主排水系统自动化平台及远程监控系统的应用 [J]. 数字化矿山建设, 2008, 10(10): 34-36. (责任编辑 赵巧芝)

值的连续特性,顶板表现出了典型的缓慢下沉运动特征。

参考文献:

- [1] 韩立军,蒋斌松,韩贵雷,等. 晋城矿区厚层脆韧性石灰岩顶板变形与控制特性研究 [J]. 岩土力学, 2010, 31(6): 1841-1846.
- [2] 杨玉辉,祖贺军. 厚煤层坚硬顶板采场矿压显现规律分析 [J]. 煤炭技术, 2011, 30(2): 67-69.
- [3] 黄醒春,陶连金,曹文贵. 岩石力学(第 1 版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [4] 侯忠杰. 断裂带老顶的判别准则及在浅埋煤层中的应用 [J]. 煤炭学报, 2003(1): 8-12.
- [5] 梁运培. 采场覆岩移动的组岩梁理论 [J]. 地下空间, 2001, 21(5): 341-345.
- [6] 钱鸣高,缪协兴,许家林,等. 岩层控制的关键层理论 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [7] 史元伟. 采煤工作面围岩控制原理和技术(第 1 版) [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [8] 郑 刚. 高等基础工程学(第 1 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [9] 曾巧玲. 基础工程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [10] 贾喜荣. 矿山岩层力学 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1997.

(责任编辑 郭继圣)