

基于环形工业以太网基础矿井泵房自动化控制系统设计与研究

杨珍珍¹, 侯波², 王戈³

(1. 潍坊职业学院, 山东 潍坊 262737; 2. 福尔波西格林输送科技(中国)有限公司, 山东 淄博 255025;
3. 淄博金乔建设工程有限公司, 山东 淄博 255025)

摘要:针对部分矿井泵房自动化程度偏低、安全性不足等缺点,研究并设计一种基于环形工业以太网和 PLC 的矿井泵房自动化控制系统,实现了泵房的实时监测及远程控制,提高了矿产企业运行的可靠性和生产的安全性。

关键词:环形;以太网;矿井;泵房;自动化

中图分类号:TP273 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2022)04-0182-02

Design and Research of Automatic Control System of Basic Mine Pump House Based on Ring Industrial Ethernet

YANG Zhenzhen¹, HOU Bo², WANG Ge³

(1. Weifang Vocational College, Weifang 262737, China; 2. Forbo Transportation Technology (China) Co., Ltd., Zibo 255025, China; 3. Zibo Jinqiao Construction Engineering Co., Ltd., Zibo 255025, China)

Abstract: Aimed at the shortcomings of low automation degree and insufficient security of some mine pump rooms, an automatic control system of mine pump rooms based on ring industrial Ethernet and PLC is studied and designed to realize the real-time monitoring and remote control of the pump rooms and improve the operation reliability and safe production of mining enterprises.

Keywords: ring; Ethernet; mine; pump room; automation

0 引言

矿井井下泵房作为矿产企业的重要组成部分,会直接影响该企业的安全生产和企业效益。目前我国煤矿开采深度逐年增加,漏水、涌水事故数量也在明显增加,给矿区的安全生产带来了极大的风险。而现有的煤矿大多采用就地水泵来人为控制排水,效率低下且安全性不足。目前矿井井下泵房的自动化升级改造成为矿山企业技改的重要方向之一,同时我国安全生产监督管理总局在《煤矿防治水规定》中也提出:受水位威胁严重的矿井,应当实现井下泵房无人值守和地面远程监控。

本文基于上述现状,介绍了一种基于环形工业以太网的矿井泵房自动化控制系统。由 PLC 控制整个井下水系统,同时通过工业以太网与整个矿井的控制系统进行组网,实现矿井的信息化管理和自动化控制,以减少故障,提高效率。

1 系统介绍

系统的设计目的是实现排水系统自动控制与水位高

低实时监测,以减少水害,同时根据水量实时掌握矿井水文地质的变化,为后续开采打好基础。本系统采用三级排水自动化控制系统及泵房水文动态控制、报警系统^[1]。

1.1 环形网络介绍

环形网络是工业行业中应用最广泛的一种网络结构,其特点是将中心节点和各下层节点串接成环形,因而在节约投资的基础上,使网络系统具有了最基本的链路冗余功能^[2]。本系统网络拓扑如图 1 所示。

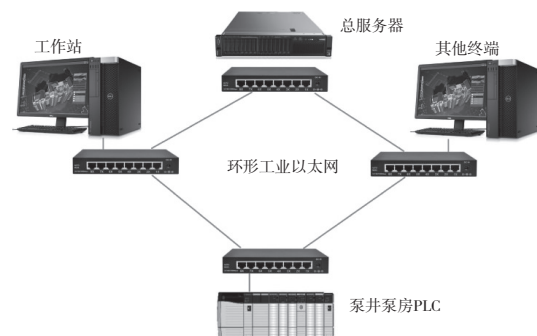


图 1 系统环形网络拓扑图

基金项目:江苏省自然科学基金面上研究项目资助项目(BK20161228)

第一作者简介:杨珍珍(1986—),女,山东泰安人,博士研究生,研究方向为机械设计理论以及机电过程控制。

1.2 系统水路介绍

系统基于矿山正在使用的四台手动控制的主排水泵及附属的抽真空系统(射流管路和真空泵管路)、两条排水管路来进行升级改造,泵房布置如图2所示。

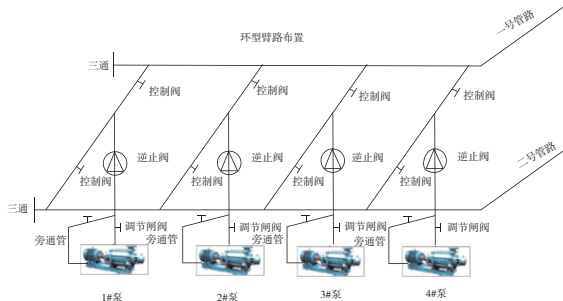


图2 矿井排水泵房布置例图

2 系统硬件及功能

2.1 系统硬件组成

控制系统主要由上位控制计算机、主控制柜与分布式防爆控制台组成。主控制柜选用某公司的 Logix5000 系列 PLC 作为总控制 CPU^[3],同时安装了 EtherNet/IP 工业以太网通信模块和 DeviceNet 设备层扫描模块。EtherNet/IP 通信模块实现与矿山总控制系统的通信,DeviceNet 扫描模块用于监控每台水泵的子系统。每台水泵使用单独的防爆控制柜子系统,控制柜内装有 Rockwell 的 FlexIO 来实现信号的采集与控制,控制柜柜面安装旋钮、按钮、指示灯等,用于就地控制以及运行状态的显示。同时主控制柜内安装有工业交换机及光电转换器等^[4],通过上述硬件实现环形网络拓扑。

系统配备各种传感器与智能数字仪表,例如使用超声波液位计来监测储水仓的水位,使用真空计来监测射流泵排真空的真空值,使用压力传感器来监测水泵出口的流体压力等,上述传感器均采用 4~20 mA 直流模拟量信号,接入防爆控制台的模拟量输入模块。同时为了防止传感器故障等,储水仓另增加了液位开关,用于紧急情况下的控制,其信号接入控制台的数字量输入模块。

另外系统还配备温度传感器、流量传感器、电压电流及功率监测等。

2.2 系统功能

系统使用时主要有手动及自动两种模式^[5]。手动模式与原有的控制差别不大,自动模式的主要控制功能如下所述。

1) 水泵启停控制。系统根据液位的高低、运行温度等来合理控制所有的水泵,并根据生产需要合理调配,实现控制的自动化。

2) 水位控制。储水仓水位分为低水位、正常水位和高水位 3 个控制值,超过高水位时需要发出报警信号。另外液位开关设为高水位,此时可能需要人为干预。

3) 运行监控。系统实时监控水泵的运行状态,比如运行时的正负压、电机及轴承的温度、系统电流电压等。上述数据可以设定阈值,超过阈值时系统会发出报警。系统也实时模拟显示流体的运动及流量,阀门的动作等。

4) 报警及数据记录。系统能够实时显示当前发生的故障,同时与所有历史运行数据一起进行存储,方便查询。

3 系统控制逻辑

3.1 总控制逻辑

系统总控制逻辑如图3所示。在发出开始指令后,设备首先判断水位高低,如果目前在低点则无需启动水泵,如果超过低点即需排水,并按照先使用真空泵和射流阀给水泵充水,之后再启动水泵。启动完成后,关闭真空泵和射流阀并打开水阀;运行中等待停泵信号。如需停泵时,关闭出水阀之后再关闭水泵正常停机。

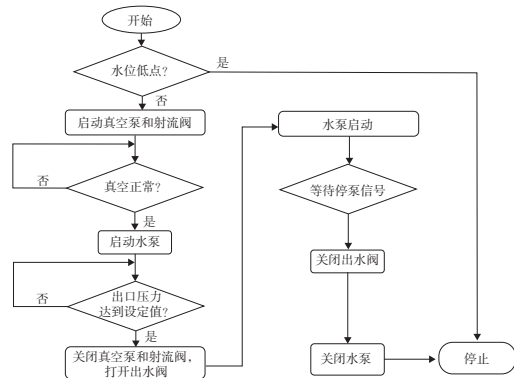


图3 总控制逻辑图

3.2 水位控制逻辑

水位的控制逻辑如图4所示,1#泵正常启动后会根据水位情况来判断是否投入2#泵,同时2#泵启动后系统也会根据水位情况判断是否需要停止2#泵或者是否需要投入3#泵。以此类推,4#泵的处理与3#泵相同。

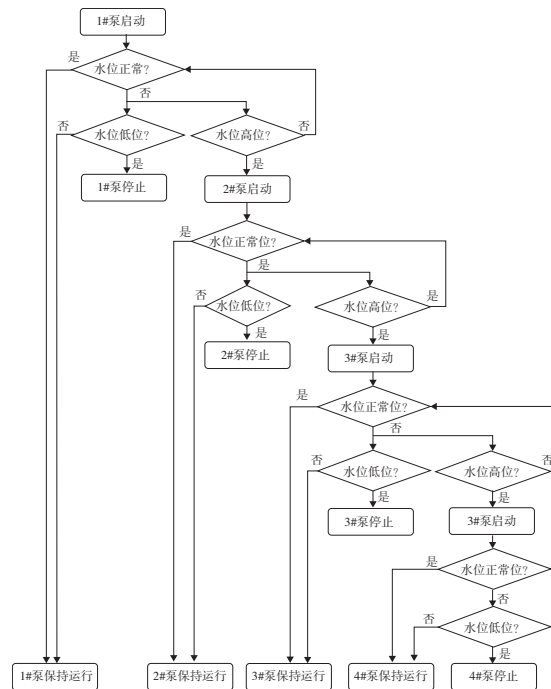


图4 水位控制逻辑图

(下转第 210 页)

同类型自然散热条件下的电力电子设备的热设计具有一定借鉴意义。

参考文献:

[1] 赵博彦. 电子设备热设计[M]. 北京:电子工业出版社,2009.

[2] 余建祖,高红霞,谢永奇. 电子设备热设计及分析技术[M]. 2版. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.

[3] 邱成梯. 电子设备结构设计原理[M]. 南京:东南大学出版社,2002.

[4] 谢德仁. 电子设备热设计[M]. 南京:东南大学出版社,1989.

[5] 李庆友,王文,周根明. 电子元器件散热方法研究[J]. 电子器件,2005,28(4):937-941.

[6] 杜丽华,蔡云枝. PCB的热设计[J]. 现代电子技术,2002,

25(8):85-87.

[7] 刘应辉,张思东. 防水透气阀在通信设备行业的应用[J]. 电子机械工程,2014,30(4):5-7.

[8] 任恒,刘万钧,黄靖,等. 基于 Icepak 的密闭机箱热设计研究[J]. 电子科学技术,2015,2(6):639-644.

[9] 祝德春,范志刚,吴明,等. 新一代智能变电站预制舱热设计与舱内热环境数值模拟及评价[J]. 机械制造与自动化,2017,46(1):126-130,152.

[10] 王晨,张德晓,王力. 新型导热凝胶材料在航空电子设备中的应用[J]. 航空电子技术,2016,47(3):43-46,55.

收稿日期:2021-01-28

(上接第 183 页)

3.3 系统操作界面介绍

应用 FactoryTalk SE 软件绘制控制系统界面,可以实现实时在线对系统进行监测与控制。如前文所述,系统有手动和自动两种操作模式,在自动模式时,所有的设备启停都需要受到连锁条件的限制,设备的启停及运行控制基本实现无人值守。系统控制界面如图 5 所示。

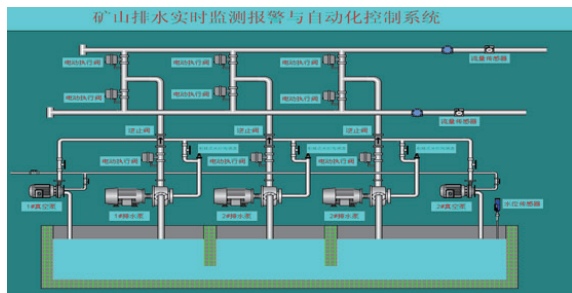


图 5 矿泵控制系统

4 系统应用效果

对原有矿山泵房采用环行以太网自动化控制系统升级改造后,基本实现了矿井泵房排水系统自动控制,水位高、低实时监测、泵房无人值守等。同时由于工作工时的减少,原泵房三班值班制改为了定期巡检制,节省下的员工可投入到了生产一线。系统改造投资费用约 600 万元,改造前后费用对比如表 1 所示。

表 1 升级改造费用对比 单位:万元/年

费用名称	手动控制	自动控制
工时费	65.7	21.9
折旧费	20.0	30.0
电费	949.4	602.5
维保费	50.0	65.0
合计	1 085.1	724.4

从表 1 可以看出,系统升级改造后,折旧及维保费用会增加,但工时费、电费等得到了降低。按此计算两年左右即可收回投资。同时采用本系统后具备报表功能,并能够掌握矿井的水文规律,有效地支撑了井下排水系统的安全运作,减少故障的发生概率,更有利于管理者实现人员统一的调度、优化和协调^[6]。

5 结语

本文结合矿井泵房的现状给出了矿井中央泵房自动化排水系统总体设计方案。该系统针对各种防治水故障、水泵的自动化控制因素在矿井环形工业以太网实现远程自动控制,最大程度地保障了矿井的安全生产,从而实现了人员无失误、设备无故障、系统无缺陷、管理无漏洞的现代化煤矿企业管理模式。

参考文献:

[1] KOKURIN M Y. Stable gradient projection method for nonlinear conditionally well-posed inverse problems[J]. Journal of Inverse and Ill-Posed Problems,2016,24(3):323-332.

[2] 张宏武. 工业以太网常用网络拓扑结构特点比较[J]. 内蒙古电力技术,2006,24(S2):93-96.

[3] 张康,刘淑良. 现场总线技术在煤炭装车中的应用[J]. 煤矿现代化,2013(5):90-91.

[4] 车永军,王成真,杜利宏. 煤矿井下中央水泵房自动化排水系统研究与应用[J]. 煤矿开采,2013,18(5):28-31,37.

[5] 刘海波,卓邦远. 基于 PLC 和以太环网的矿井泵房自动控制系统设计[J]. 科技创新导报,2014,11(28):90-91.

[6] 李宝望. 煤矿井下排水泵房 PLC 控制系统分析[J]. 当代化工研究,2020(6):66-67.

收稿日期:2021-04-06