

大柳行金矿井下排水自动化控制系统

王成志

(山东黄金金创集团有限公司蓬莱市大柳行金矿, 山东省蓬莱市 265615)

[摘要] 近年来, 越来越多的计算机技术、通信网络技术及自动化监控技术进入了矿山管理网络, 以可编程序控制器为基础的控制系统, 已应用于各行各业的自动化控制领域。矿山井下排水系统自动化技术已经成熟, 经过多年的实践证明, 已经为矿山管理水平的提升和经济效益的提高起到了实质性的作用。本文介绍了山东黄金金创集团有限公司蓬莱市大柳行金矿井下排水自动化控制系统, 该系统具有运行可靠、操作方便、自动化程度高等特点, 并可节省水泵的运行费用。

[关键词] 井下排水; 自动化; PLC

引言

山东黄金金创集团有限公司蓬莱市大柳行金矿原有矿区两个均采用人工控制水泵进行井下排水, 本方案对该泵站水泵及其附属的设备与管道电动阀门等装置实施了PLC自动控制及运行参数自动检测, 动态显示, 并将数据传送到地面生产调度中心, 进行实时监测及报警显示。系统通过检测水仓水位和其它参数, 控制水泵轮流工作与适时启动备用泵, 合理调度水泵运行。系统通过触摸屏以图形、图像、数据、文字等方式, 直观、形象、实时地反映系统工作状态以及水仓水位、电机工作电流、电机温度、轴承温度、轴承振动、排水管流量等参数, 并通过通讯模块与综合监测监控主机实现数据交换。

1 系统组成

本系统是由现场数据传感器检测子系统、前端数据采集子系统、机房数据监视与设备控制子系统、远程数据传输子系统和调度室浏览与控制等五大子系统组成。

1.1 现场数据传感器检测子系统

由振动传感器(实时监测电机及水泵振动数据)、电量传感器(监测电压、电流等数据)、温度传感器(由电机前后轴温度传感器(由电机情况决定)、水泵前后轴温度传感器、电机定子温度传感器(由电机情况决定)等)、流量传感器(监测排水流量)、阀门开闭传感器和水仓液位传感器(实时采集水仓液位高度)等组成。所有变送器均经过防振处理, 确保了使用寿命长、数据采集变换精度高、信号输出稳定。

传感器安装位置:

- 振动传感器: 在水泵上安装。安装时只需在水泵吸水端焊一条M10的螺杆, 传感器固定上即可。(根据实际)
- 温度传感器: 在水泵轴两端分别安装红外线温度传感器。电机绕组温度检测、电机轴承温度检测采用电机所带的PT100热电阻。(根据实际)
- 压力传感器: 每台水泵出口安装压力变送器一支。
- 液位传感器: 每个水仓安装超声波传感器各1个。
- 流量传感器: 安装于水泵吸水管上, 用于排水量检测, 漏水检测。
- 差压变送器: 每台水泵真空罐安装一套差压变送器, 检测真空罐内水位。

1.2 前端数据采集子系统

负责将现场各种传感器检测的参数数据传送到上位工控机和PLC模块, PLC与调度中心工控机间采用以太网通讯。

1.3 机房数据与设备控制子系统

主要由PLC、电动阀门、传感器等组成。

负责采集现场传来的检测数据, 并进行本地显示、超限报警、分析处理等操作; 同时将机房或上级调度发来的控制命令下达到现场执行设备, 进行设备控制操作。并通过井下光纤环网与地面调度控制中心交换信息。

1.3.1 主PLC

主PLC采用德国西门子公司产品。

S7-300系列 PLC通讯卡与CPU集成在一起, 通讯速度更快。控制系统由上位机OS操作员站监控系统和下位机PLC可编程逻辑控制系统组成。

由于采用工业级网络交换器和工控PC机, 使控制系统更加稳定可靠; 操作员站与局域网分离设计, 使整个系统更加安全; 采用网络系统, 用户可以方便的对整个系统内的每一台设备进行管理和控制。

1.3.2 主回路和补加水电动阀门:

水泵房每台泵到排水管路阀门为电动阀门。真空罐补加水阀门和排气阀门采用电动球阀。

1.3.3 现场控制系统:

每台水泵都有一套现场控制系统, 具有自动/手动转换功能, 现场控制柜采用不锈钢柜体, 防止了井下有害气体的侵蚀。人机界面采用昆仑通泰最新款15寸的触摸屏, 使画面更加清晰和便于操作, 通过触摸屏可以对水泵运转参数、峰平谷时间的设定等参数进行监视和修改。指示灯和转换开关采用上海二工的APT品牌, 防水性能和美观效果更上一层。

1.4 远程数据传输子系统:

负责将机房数据与设备控制子系统采集的数据通过光缆上传到调度室, 以便远程监控。

系统主要架构和现场显示见下页图1、图2:

2 信号处理及程序思路

2.1 数据自动采集与检测

数据自动采集与检测主要分为两类: 模拟量数据和数字量数据。

模拟量检测的数据主要有: 水仓水位、电机工作电流和电压、水泵振动、电机振动、水泵轴温、电机温度、排水管流量及水泵出水口压力和排水管压力等; 数字量检测的数据主要有: 水泵启动柜接触器的状态、电动阀门的工作状态与启闭位置等。

数据自动采集主要由PLC实现, PLC模拟量输入模块通过传感器连续检测水仓水位, 将水位变化信号进行转换处理, 计算出单位时间内不同水位段水位的上升速率, 从而判断矿井的涌水量, 控制排水泵的启停。水泵振动、电机振动、电机电流和电压、水泵轴温、电机温度、排水管流量等传感器与变送器, 主要用于监测水泵、电机的运行状况, 超限报警, 超高限停泵, 以避免水泵和电机损坏。PLC的数字量输入模块将各种开关量信号采集到PLC中作为逻辑处理的条件和依据, 控制排水泵的启停。

在数据采集过程中, 模拟量信号的处理是将模拟信号转换成数字信号(A/D转换), 其转换速度由采样定律确定。一般情况下, 采样频率应为模拟信号中最高频率成分的2倍以上, 这样经A/D变换的精度可完全恢复到原来的模拟信号精度。A/D变换的精度取决于A/D变换器的位数。如5V电压要求以5mV精度变换时, 精度为 $5\text{mV}/5\text{V}=0.1\%$, 即1/1000十进制的1000用二进制表示时要求为10位, 而本系统所采用的A/D模块分辨率为16bit, 其精度在 $\pm 0.05\%$ 以上, 该精度等级足以满足控制系统要求。同时, PLC所采用的A/D模块均以积分方式变换, 可使输入信号的尖峰噪音和

感应噪声平均化,适用于噪音严重的工业场所。

2.2 自动轮换工作

为了防止因备用泵及其电气设备或备用管路长期不用而使电机和电气设备受潮或其他故障未经及时发现,当工作泵出现紧急故障需投入备用泵时,而不能及时投入以至影响矿井安全,本系统程序设计了水泵自动轮换工作控制,控制程序将水泵启停次数及运行时间和管路使用次数及流量等参数自动记录并累计,系统根据这些运行参数按一定顺序自动启停水泵和相应管路,使各水泵及其管路的使用率分布均匀,当某台泵或所属阀门故障、某趟管路漏水时,系统自动发出声光报警,并在触摸屏上动态闪烁显示,记录事故,同时将故障泵或管路自动退出轮换工作,其余各泵和管路继续按一定顺序自动轮换工作,以达到有故障早发现、早处理,以免影响矿井安全生产的目的。

2.3 自动控制

系统控制设计选用了S7-312 PLC为控制主机,该机为模块化结构,由PLC机架、CPU、数字量I/O、模拟量输入、电源、通讯等模块构成。PLC自动化控制系统根据水仓水位的高低、单位时间内的涌水量、井下用电负荷的高、低峰和供电部门所规定的平段、谷段、峰段供电电价时间段(时间段可根据实际情况随时在触摸屏上进行调整和设置)等因素,建立数学模型,合理调度水泵,自动准确发出启、停水泵的命令,控制水泵运行。

为了保证井下安全生产,系统可靠运行,水位信号是水泵自动化一个非常重要的参数,因此,系统设置了两套水位传感器,分别设于两个水仓的集水槽内,PLC将接收到的模拟量水位信号分成若干个水位段,计算出单位时间内不同水位段水位的上升速率,从而判断矿井的涌水量,同时检测井下供电电流值,计算用电负荷率,根据矿井涌水量和用电负荷,控制在用电低谷和一天中电价最低时开启水泵,用电高峰和电价高时停止水泵运行,以达到避峰填谷及节能的目的。

2.4 动态显示

动态模拟显示选用触摸式工业图形显示器(触摸屏),系统通过图形动态显示水泵、真空罐、电磁阀、电动阀和电机的运行状态,采用改变图形颜色和闪烁功能进行事故报警。直观地显示电磁阀和电动阀的开闭位置,实时显示水泵抽真空情况和压力值。

用图形填充以及趋势图和数字形式准确实时地显示水仓水位,并在启停水泵的水位段发出预告信号和低段、超低段、高段、超高段水位分段报警,用不同形式提醒工作人员注意。

采用图形、趋势图和数字形式直观地显示管路的瞬时流量及累计流量,对井下用电负荷的监测量、电机电流和水泵瞬时负荷及累计负荷量、水泵轴温、电机温度等进行动态显示、超限报警,自动记录故障类型、时间等历史数据,并在屏幕下端循环显示最新出现的3条故障(故障显示条数可在触摸屏上设置),以提醒

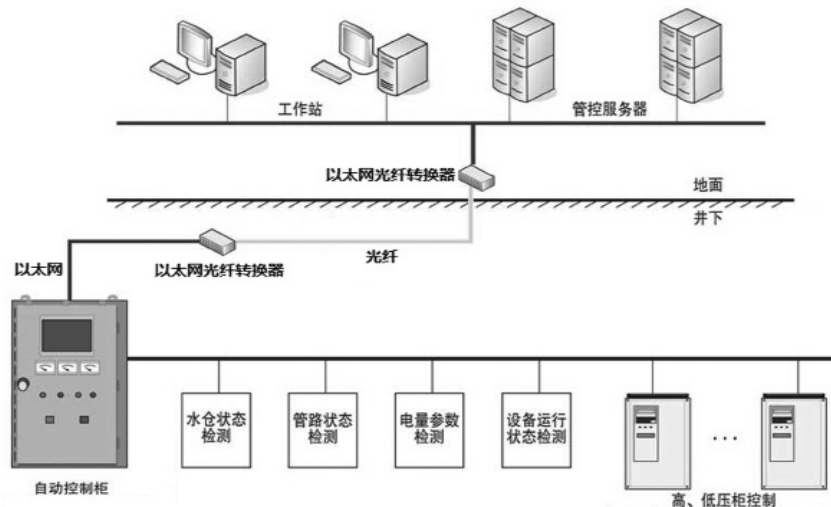


图1 排水网络架构

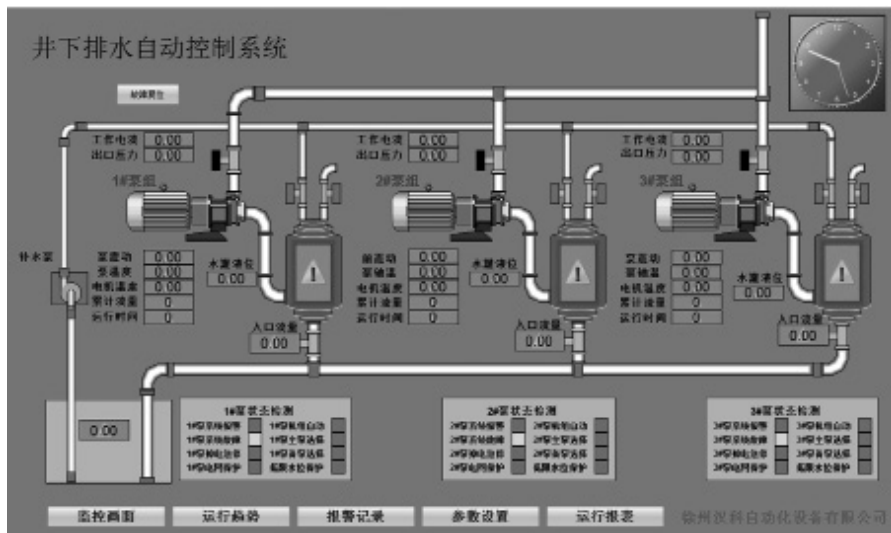


图2 上位机监控画面总貌

工作人员及时检修,避免水泵和电机损坏。

2.5 通讯接口

PLC通过通讯接口和通讯协议,与触摸屏进行双向通讯,将水泵机组的工作状态与运行参数传至触摸屏,完成各数据的动态显示;同时,操作人员也可利用触摸屏将操作指令传至PLC,控制水泵运行。PLC同时将水泵机组的运行状态与参数经安全生产监测系统分站传至地面生产调度监控中心主机,与全矿井安全生产监控系统联网,管理人员在地面即可掌握井下主排水系统设备的所有检测数据及工作状态,又可根据自动化控制信息,实现井下主排水系统的遥测、遥控、遥信,并为矿领导提供生产决策信息。触摸屏与监测监控主机均可动态显示主排水系统运行的模拟图、运行参数图表,记录系统运行和故障数据,并显示故障点以提醒操作人员注意。

3 系统功能

1. PLC控制程序采用模块化结构,系统可按程序模块分段调试,分段运行。该程序结构具有清晰、简捷、易懂,便于模拟调试,运行速度快等特点。

2. 系统根据水位和压力控制原则,自动实现水泵的轮换工作,延长了水泵的使用寿命。

3. 系统可根据投入运行泵组的位置,自动选择启动就近的真空泵,若在程序设定的时间内达不到真空度,便自动启动备用真空泵。

4. 系统根据电网负荷和供电部门所规定的平段、谷段、峰段供电电价时间段,以“避峰填谷”原则确定开、停水泵时间,从而合理地利用电网信息,提高矿井的电网运行质量。

5. PLC自动检测水位信号,计算单位时间内不同水位段水位的上升速率,从而判断矿井的涌水量,自动投入和退出水泵运行台数,合理地调度水泵运行。

6. 在触摸屏上动态监控水泵及其附属设备的运行状况,实时显示水位、流量、压力、温度、电流、电压等参数,超限报警,故障画面自动弹出,故障点自动闪烁。具有故障记录,历史数据查询等功能。

7. 系统具有通讯接口功能,PLC可同时与触摸屏及地面监测监控主机通讯,传送数据,交换信息,实现遥测、遥控、遥信功能。

8. 系统保护功能有以下几种。

● 超温保护:水泵长期运行,当轴承温度或定子温度超出允许值时,通过温度保护装置及PLC实现超限报警。

● 流量保护:当水泵启动后或正常运行时,如流量达不到正常值,通过保护装置使本台水泵停车,自动转换为启动另一台水泵。

● 电动闸阀故障:监视闸阀限位检测,并参与水泵的连锁控制。

9. 系统控制具有自动、手动和检修功能。自动时,由PLC自动检测水位、压力及有关信号,自动完成各泵组运行,不需人工参与;手动方式为手动试车时使用,当某台水泵及其附属设备发生故障时,该泵组将自动退出运行,不影响其它泵组正常运。检修方式为设备检修时使用,可防止其他人员误操作,以保证系统安全可靠。系统可随时转换为自动和手动工作方式运行。

4 系统技术指标

4.1 主要监测参数量程:

- 液位 0.3~5m
- 流量 0~300 m³/min
- 压差 -0.1~0MPa
- 温度 0~200℃
- 电流 根据电流互感器定

- 压力 0~10MPa
- 4.2 测量精度:
 - 电流 0.5级
 - 温度量 0.5级
 - 调用画面响应时间 ≤2s
 - 实时数据刷新时间 ≤2s

4.3 其他参数:

- 通信传输速率 根据通讯介质而定
- 工作温度 -10~50℃
- 相对湿度 0~95%,无凝露
- 电源 AC380V,50Hz

5 工艺连锁

5.1 正常情况:

水仓水位检测→真空罐水位检测及充水→检测真空度→关闭充水→选择启动水泵→启动水泵→检测水泵出口压力→打开闸阀→延时检测流量→低液位→关闭闸阀→停泵。

5.2 应急情况:

连续排水→水位快速上涨→加开一台水泵。

5.3 报警预告:

排水中电机或水泵出现异常,关闭闸阀后停泵,发出报警信息,启动其他水泵。静止时,管道压力不断降低,提示压力过低。

6 安全措施

整个工程将依据国家及中矿企业的相关标准及要求,编制完整的施工组织设计和万无一失的安全措施,确保整个改造工程的顺利实施。

7 结语

近年来,随着开采深度的增加,矿山涌水问题更加凸显了出来,为了提高矿山自动化工程效益和管理水平,适应现代化发展的要求,计算机技术、通信网络技术及自动化监控技术进入了矿山管理网络。矿山井下排水系统自动化技术的应用,不仅解放了人力同时也提高了管理水平和经济效益,从节能减排上也起到了实质性的作用。

参考文献

- [1]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB16423-2006 金属非金属地下矿山安全规程[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [2]中华人民共和国有色金属工业总公司.GB50070-94YS5030-96 有色金属矿山电力设计规范[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [3]中华人民共和国有色金属工业总公司.GB50070-94 矿山电力设计规范[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [4]中华人民共和国国家技术监督局.GB50055-93 通用用电设备配电设计规范[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [5]中华人民共和国机械电子工业部.GB50054-95 低压配电设计规范[S].北京:中国标准出版社,1995.
- [6]中华人民共和国国家技术监督局.GB/T14048.8-1998 低压开关设备和控制设备总则[S].北京:中国标准出版社,2001.
- [7]国家质量技术监督局.GB16423-2006 低压开关设备和控制设备辅助电器[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [8]国家质量技术监督局.GB/T14048.10-1999 低压开关设备和控制设备控制电路电器和开关元件[S].北京:中国标准出版社,2004.

作者简介

王成志,男(1970年2月)汉族、籍贯山东省乳山市、西安电子科技大学、研究方向自动化换人,减少人工操作。