

文章编号:1000-582X(2005)12-0073-04

# 注汽锅炉在线监控系统\*

段黎明<sup>1</sup>,岳峰<sup>2</sup>,周艳君<sup>1</sup>,肖志祥<sup>3</sup>

(1. 重庆大学 ICT 研究中心,重庆 400030; 2. 胜利油田孤岛采油厂,山东东营 257001;  
3. 重庆大学 数理学院,重庆 400030)

**摘要:**为了保证注汽锅炉安全、可靠的运行,开发了注汽锅炉在线监控系统.系统由上位机和下位机二级系统构成.上位机监视注汽锅炉的运行状况,对注汽锅炉的运行参数进行自动控制.下位机完成注汽锅炉重要参数的采集,对注汽锅炉的运行参数进行手动调节.实际使用证明了该系统的有效性.

**关键词:**注汽锅炉;监控;自动控制

**中图分类号:**FE938+.4

**文献标识码:**A

目前,国内外稠油开采的方式均采用注汽锅炉生产高压蒸汽,输送到井下驱油,再由抽油机将稠油抽出,因此注汽锅炉是稠油热采的重要设备,而监控系统又是锅炉安全、可靠、稳定运行的必要保障<sup>[1]</sup>.

现有注汽锅炉的控制模式主要存在以下问题<sup>[2-8]</sup>:1)控制系统的设计限制了报警预警系统的建立,造成报警停炉频繁,并且每项报警只能通过数显表或巡检仪设置一个高限及低限报警值,无法设置最经济、最有效的运行范围.2)压力、温度、流量等运行参数分散显示于锅炉控制盘上的独立数显表或巡检仪上,由操作人员巡回检查,不能及时发现设备运行过程中存在的安全隐患;3)不能对蒸汽干度等关键指标在线监测,安全隐患突出.

结合注汽锅炉的特点,开发了注汽锅炉安全运行在线监控系统.

## 1 系统硬件组成

为了适应注汽锅炉灰尘多、振动大的工作环境和工业现场的各种干扰,提高监控系统的可靠性,采用了工业控制计算机为上位机和 PLC 为下位机构成的 2 级控制模式.工业控制计算机和 PLC 之间通过 RS485 串口通讯实现数据传递.其组成框图如图 1 所示.上位

机对注汽锅炉的运行参数进行自动控制,监视注汽锅炉的运行状况.下位机接受上位机的控制命令,采集注汽锅炉的运行参数.

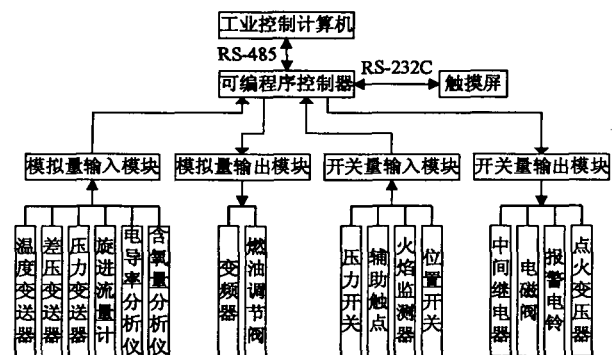


图 1 注汽锅炉监控系统硬件框图

在 PLC 控制柜上安装了一台日本富士 UG420 触摸屏,通过它可以对注汽锅炉进行水火量的跟踪,对蒸汽干度进行开环调节,同时能够观察锅炉运行的实时数据和曲线.UG420 通过 RS-232C 与 PLC 实现数据交换.

### 1.1 工业控制计算机

工业控制计算机不仅要处理 PLC 上传的数据,对注汽锅炉系统进行监控,按注汽锅炉的结构显示注汽锅炉的动画流程、趋势图、数据报表、日报表等,

\* 收稿日期:2005-07-08

基金项目:重庆市科技计划项目(6109)

作者简介:段黎明(1964-),男,四川营山人,重庆大学副教授,主要从事自动控制理论与应用的研究.

实现异常预警、故障报警处理、参数设置、故障诊断、通道检测等功能;还要根据控制算法得出执行机构的控制量.这一任务具有较大的计算量,对系统的硬件性能要求较高.同时注汽锅炉是一种连续工作的设备,对其控制系统的可靠性要求也相当的高,所以采用研华工控机,其基本配置为:英特尔奔腾IV处理器 2.4 GHz, 256 MB DDR 内存, 80 GB 硬盘.

## 1.2 PLC 控制系统

PLC 完成注汽锅炉高压系统变量如蒸汽压力、蒸汽温度、给水压力、烟气温度、管壁温度、燃油温度、燃烧器温度、进水流量等采集,并对采集的变量进行抗干扰、线性、工程化处理,通过串行总线 RS-485 与上位机进行通讯.

在系统中,采用日本 OMRON 公司的 C200HE 系列可编程序控制器. C200HE 系列为 OMRON 的中型高端模块式 PLC,具有强大的处理能力和连网能力. CH200HE 中的 CPU42 具有高速的数据处理速度(可达  $0.3 \mu\text{S}/\text{指令}$ ),大容量的程序存储器(7.3 k),并且具有 6 kW 的数据容量,该 CPU 最多可以控制 880 个 I/O 点.通过 CPU 模块上的编程口,PLC 可以和装有 CX-Programmer 编程软件的上位机连接,将梯形图写进存储器并可对梯形图进行在线编辑和监控,减轻了编程人员的工作量.

## 1.3 开关量输入/输出模块

开关量输出模块主要是输出设备的启停控制信号和控制方式的转换控制信号.

开关量输入模块主要是采集注汽锅炉系统的运行状态信号和故障报警信号.输入的运行状态信号经过处理后通过 RS-232 传递到触摸屏上作为状态监控信号显示,并通过 RS-485 传递到工业控制计算机上显示.而故障报警信号和系统运行参数的高低报警信号一起进行报警处理,PLC 根据报警级别做出停炉或报警不停炉等报警反应.

## 1.4 A/D、D/A 模块

PLC 系统中的 A/D 模块主要是接收注汽锅炉系统中各温度变送器、压力变送器、差压变送器和流量计送来的电流信号,经过 A/D 转换后将其变为数字量,这些数字量经过 PLC 进行单位换算后转换成 BCD 码.一些信号要进行上下限比较,并对报警信号进行处理,输入信号的 BCD 码和报警信号通过串口通讯上传到触摸屏和工业控制计算机上显示,工业控制计算机根据这些输入信号采用控制算法得出变频器频率和燃料

调节阀阀位百分比.

在系统中 PLC 有 2 路模拟量输出信号,即变频器频率给定信号和燃料调节阀阀位百分比给定信号.系统配置了一块 DA004 模拟量输出模块,它是一个 8 路 12 位模数转换模块,其输出为 4~20 mA 电流信号. PLC 将变频器频率给定信号核燃料调节阀阀位百分比信号的 BCD 码转换成 0~4 000 的数字量送入模拟量输出通道, D/A 模块将其转换成 4~20 mA 电流信号的电流信号,频率给定电流信号传给变频器的频率设定输入端子,而燃料调节阀阀位百分比信号传递给调节阀上的电气转换器上.

## 2 监控系统软件设计

注汽锅炉控制系统的软件部分主要由 3 部分组成:PLC 控制软件部分、触摸屏组态软件部分和上位机主控软件部分.

### 2.1 PLC 控制程序

OMRON 提供了一个 PLC 梯形图程序的编译平台 CX-Programmer,可以对 PLC 硬件模块进行组态、编写控制程序,并且可以对程序进行在线修改.使用方便快捷,界面友好. PLC 梯形图控制程序在 CX-Programmer 3.2 下编写而成,主要分为注汽锅炉的点火时序控制程序、故障报警处理程序、数据处理程序.

#### 2.1.1 故障报警处理程序

注汽锅炉的报警信号分为 2 个类级,一类是只报警不停炉,另一类是停炉报警.为了保证注汽锅炉安全平稳的运行,避免某些意外事故的发生,在程序中设置了一个运行连锁.报警处理程序在接收到停炉报警信号后,将断开运行连锁,系统将自动关断燃料管道,锅炉进入后吹扫阶段,等待故障检查.

#### 2.1.2 数据处理程序

OMRON PLC 的模拟量输入模块 AD003 在使用之前需要打通每一个模拟量,具体的方法是在该模块对应的数据区内送入某一数据.在通道打通后,外部传感器传送的 4~20 mA 模拟信号被模块转换成 0~4 000 的数字量,数据处理的工作有:判断数字量的有效性、将 0~4 000 的数字量转换成测量范围内的检测变量的 BCD 码、对变量检测值作报警上下限处理、将报警信号和检测值送入制定的数据位.

同样在使用模拟量输出模块前需要打通模拟量输出通道.由于在 PLC 内部数据是以 BCD 码形式进行计算和传递的,而模拟量输出通道只接收二进制数据,所

以 PLC 数据处理程序必须将 BCD 码形式的变频器给定频率和调节阀阀位百分比转换成二进制数据传递给模拟量输出通道,在模拟量输出模块中完成 DA 转换后,以 4~20 mA 信号传送到变频器和调节阀的电气转换器.

### 2.2 触摸屏组态软件

日本富士公司为其 POD 触摸屏提供了一个友好的组态软件开发平台 U3,通过 U3 组态,UG420 能够和 25 个厂家的 PLC 实现无程序连接.触摸屏主要由系统流程、点火启炉、参数设置、控制调节、数据报表和实时曲线等画面组成.共同实现对注汽锅炉的监控.

### 2.3 上位机主控软件

上位机主控软件主要包括有:通讯程序模块、控制算法模块、打印报表程序模块和监控模块.上位机主控软件的结构如图 2 所示.

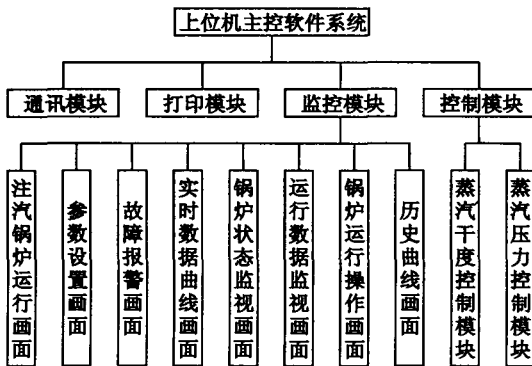


图 2 上位机主控软件结构图

通讯程序模块的主要功能是负责与 PLC 进行串口通讯,接收 PLC 发送的注汽锅炉的报警信号、状态信号和故障信号.

控制算法模块对现场传感器的检测数据进行处理、根据控制算法产生控制律,控制执行机构动作.

打印报表模块主要用来打印各种历史报表数据和记录.

监控模块的主要功能是为操作者提供一个良好的人机接口界面,使操作者可以对系统各种重要参数和重要工位的状态进行实时监控,并可以通过人机接口界面,向操作者提供各种故障和报警信息.另外,监控模块还可以对系统的重要数据进行运算处理及存储.

## 3 操作界面

系统操作简便,观察直观.主要的操作界面有系统流程图界面、参数设置界面、点火启炉界面、状态报警界面和调节控制界面等.限于篇幅,只介绍系统流程图

界面和点火启炉界面.

### 3.1 注汽锅炉系统流程图

显示注汽锅炉系统流程和重要变量实时检测值、累计量,以及相应的状态.注汽锅炉系统流程图如图 3 所示.

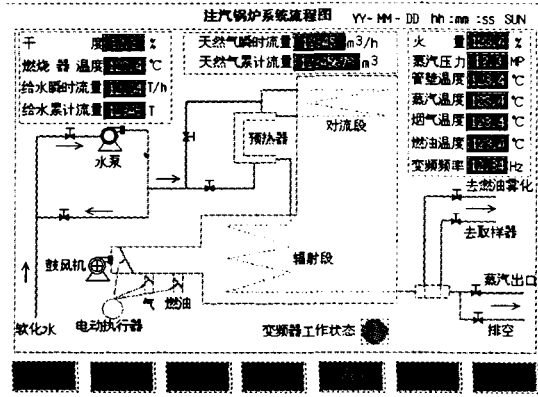


图 3 注汽锅炉系统流程图

### 3.2 点火启炉

锅炉启炉前的设置,如启动空压机及辅助空压机,开电加热器,选择燃料如气或油,点火连锁有效、是否需要调火,运行时进行定时吹灰;显示点火经历各个阶段及所用时间,当点火或运行熄火时能显示故障的原因,便于操作者进行点火失败的分析;指示灯用于显示锅炉运行状态如点火连锁、引燃、燃油、前、后吹扫等各种状态.点火启炉界面如图 4 所示.

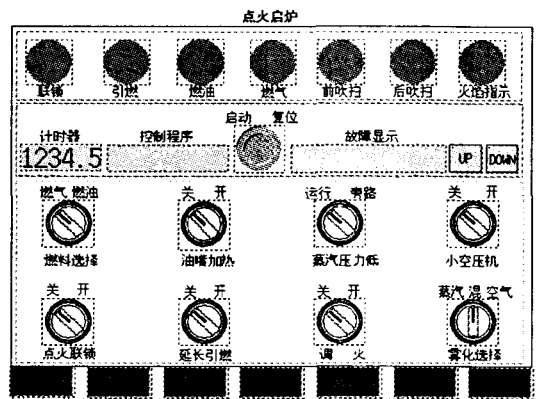


图 4 点火启炉界面

## 4 结论

注汽锅炉在线监控系统已在胜利油田独岛采油厂、克拉玛依油田重油开发公司和滨南采油厂投入使用,系统具有以下特点:

1) 注汽锅炉上的关键运行参数可以实时传送到上位机,显示锅炉工艺流程、锅炉运行状态、重要变量

的实时曲线和历史曲线,操作人员能够及时调整运行参数,减少事故隐患的发生;

2) 对各项报警设置提前报警量,在报警停炉发生前,就已在上位机上显示及声音提示,提醒操作人员进行处理,实现予警,减少停炉次数;

3) 可以在上位机上完成点火启炉和停炉操作,根据蒸汽干度的变化情况,手动调整水量或火量,确保蒸汽干度稳定;

4) 通过设置开关量和模拟量的通道测试,为直观地查找设备故障提供便利.

#### 参考文献:

- [1] 武占. 油田注汽锅炉[M]. 新疆: 新疆大学出版社, 1997.
- [2] 梁月霞. 稠油注蒸汽热采系统中技术问题的探讨[J]. 石油规划设计, 1996, (6): 1-3.
- [3] 邢远华, 黄德先, 张丽香. 注汽锅炉蒸汽干度的多变量预测控制[J]. 控制工程, 2004, 11(4): 309-312.
- [4] 姜玉山. 注汽锅炉水量火量控制技术[J]. 企业标准化, 2003, 3: 18-19.
- [5] 郭涛, 姜玉山. 注汽锅炉综合控制技术[J]. 特种油气藏, 2003, 10(增): 137-140.
- [6] 岳峰. 注汽锅炉调节系统[J]. 自动化与仪器仪表, 2003, (4): 45-46.
- [7] 赵建华. 油田注汽锅炉干度控制系统[J]. 自动化仪表, 2001, 22(12): 54-55.
- [8] 任旭虎, 郭曙光. 油田热采锅炉燃烧监控系统的研制与应用[J]. 仪表技术与传感器, 2002, (8): 26-27.

## Real-time Supervisory Control System of Steam-injection Boiler

DUAN Li-ming<sup>1</sup>, YUE Feng<sup>2</sup>, ZHOU Yan-jun<sup>1</sup>, XIAO Zhi-xiang<sup>3</sup>

(1. ICT Research Center, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Dudaoh Oil Extraction Plant of Shengli Oil Field, Shandong Dongying 257001, China;

3. College of Mathematics and Physics, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** To guarantee the safety and reliability of steam-injection boiler, the real-time supervisory control system of steam-injection boiler is developed. This system consists of host computer and slave computer two levels system. The run parameters and run status of steam boiler are automatic supervisory with the host computer. The important parameters acquisition and manual adjustment to run parameters of steam boiler are accomplished by the slave computer. The practice proves the validity of this system.

**Key words:** steam-injection boiler; supervisory control; automatic control

(编辑 成孝义)