

# 基于现场总线的风粉智能测量前端的开发与实现

李 峥 周兆捷 吕震中 东南大学动力系(210096)

## Abstract

With the requirement of inspecting primary-air velocity and thickness of coal power on line in power plant, develop an air-power intellectualized measure front-end based on the fieldbus. Some soft and hard technology used in the front-end are introduced. Locale use proves it is accurate in measure, easy to operate, credible in communication and stable in work.

**Keywords:** intellectualized measure front-end, primary-air velocity, thickness of coal power, fieldbus

## 摘 要

根据火电厂在线监测一次风速与煤粉浓度的要求,研究开发了一种基于现场总线的风粉智能测量前端。介绍了该前端所采用的一些软、硬件技术。现场使用表明,该前端测量精确,易于操作,通讯可靠,工作稳定。

**关键词:** 智能测量前端,一次风速,煤粉浓度,现场总线

目前,在大中型电站中,基于现场总线的集散控制系统已经得到了普遍的应用。从配合 DCS 的工作原则和便于管理的角度看,在线实时监测煤粉浓度和一次风速也应作为 DCS 功能之一来实现,并且基于 MODBUS 协议,通过现场总线与整个 DCS 联接。

## 1 概述

### 1.1 仓储式热风送粉系统风粉测量原理

一次风和煤粉的混合过程可简单示意如图 1<sup>[1]</sup>。

风速由下式计算:

$$\omega = k \frac{t_2 + 273}{t_1 + 273} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} \quad \text{m/s} \quad (1)$$

式中:

- $t_1$ ——风粉混合前一次风的温度值  $^{\circ}\text{C}$
- $t_2$ ——风粉混合后风粉混合物的温度值  $^{\circ}\text{C}$
- $k$ ——工程现场采用的一次测压元件的修正系数
- $\Delta P$ ——一次风动压  $\text{Pa}$
- $\rho$ ——管道中的空气密度  $\text{kg}/\text{m}^3$

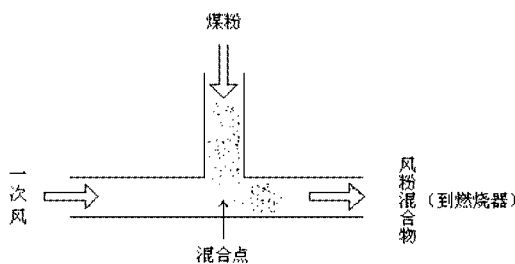


图 1 风粉混合示意图

煤粉浓度可由下式计算:

$$\mu = \frac{C_{a1}t_1 - C_{a2}t_2}{C_{c2}t_2 - C_{c1}t_3} - \frac{Q_s}{C_{c2}t_2 - C_{c1}t_3} \quad \text{kg/kg} \quad (2)$$

式中:  $\mu$ ——煤粉浓度  $\text{kg}/\text{kg}$ ;

$t_1$ ——风粉混合前一次风的温度  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_3$ ——风粉混合前煤粉的温度  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_2$ ——风粉混合后风粉混合物的温度  $^{\circ}\text{C}$ ;

$Q_s$ ——总体散热损失  $\text{kJ}/\text{kg}$

$C_{c1}, C_{c2}$ ——风粉混合前、后煤粉的比热容  $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ ;

$C_{a1}, C_{a2}$ ——风粉混合前、后空气的比热容  $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ ;

### 1.2 数据采集、传输及处理

由公式(1)及(2)可见,为实现每一燃烧器一次风风速及煤粉浓度测量,必须在智能测量前端输入混合前一次风温度  $t_1$ 、一次风动压  $\Delta P$ 、混合前煤粉温度  $t_3$  及风粉混合物温度  $t_2$  等四个输入信号。一次风混合前温度的测点和煤粉混合前温度的测点分别定于混合器前的一次风管和给粉管中。风粉混合温度的测量应采用耐磨热电偶或热电阻,其测点位置应该安装在煤粉混合点后稍远距离,以保证混合、传热均衡。一次风动压测点的选择应保证测点前后有一定的直管段长度。智能测量前端的输入信号允许为由各类热电偶、热电阻以及由测量动压的微差压传感器或变送器送来的电压或电流信号。公式中其余参数可以通过以

上四个参数计算得到。

考虑智能测量前端允许对多个燃烧器进行风速及煤粉浓度测量,故通过 PhotoMos 继电器多路开关实现多路模拟量输入信号的切换。智能仪表具有简易人机接口,可就地监视及设置各测量参数。所计算得到的一次风速及煤粉浓度既可通过模拟量形式输出,便于直接接入分散控制系统(DCS)I/O 模块;也可经现场总线通讯送入 DCS<sup>[2]</sup>。

对于每个输入信号,本前端可通过通讯或键盘定义其风粉系数以及相应输入通道所采用的热电偶、热电阻对应的代码。对各种不同的热电偶、热电阻,可通过公式(3)和公式(4)将其线性化。

$$y = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 \quad (3)$$

$$z = b_n y^n + b_{n-1} y^{n-1} + \dots + b_1 y + b_0 \quad (4)$$

公式(3)中,为输入的电流或电压信号,为对应的测量温度值,为不同类型热电偶、热电阻所对应的参数(本前端已将所有热电偶、热电阻所对应的参数存储在仪表中);公式(4)中可为所需二次运算后所得数据。

## 2 硬件设计

### 2.1 主要功能模块

前端总体框架如图 2 所示。从传感器采集的各个模拟量信号经 PhotoMos 继电器多路开关进入可编程运算放大器。信号经放大后,进入 ADC 转换成数字量信号,以供控制、运算处理模块使用<sup>[3]</sup>。

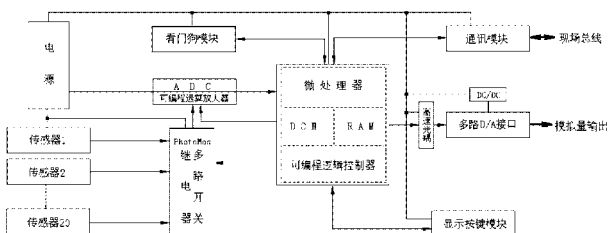


图 2 风粉智能测量前端硬件框图

通信模块允许通过现场总线与 DCS 通信连接,便于直接对各个风粉智能测量前端进行参数设置、状态检查及数据读取。通信接口选用接口芯片 MAX1480B,它是内部集成了收发器、光耦合器和 DC—DC 转换器的完整的光电隔离通信接口芯片,其典型隔离电压的有效值可达 1600V (1 分钟)。MAX1480B 的另外一个重要特点是具有有限斜率驱动器,即驱动器发送的数字信号,其边沿具有一定的斜率,以使电磁干扰减到最小,并能减小可能由于电缆终端不匹配而引起的反射,在数据传输速率高达 250Kbps 时能做到无误差的数据传送。此外,

MAX1480B 还具有电流限制和热关断特性的驱动器过载保护功能,在高阻关闭方式下的功耗仅为 1μW。

显示与按键模块是操作人员与风粉智能测量前端的信息接口。在此电路模块中所选用的显示与键盘接口芯片是通用可编程键盘、显示器接口芯片 INTEL8279。8279 分为两个部分:键盘部分与显示部分。键盘部分能够提供 64 按键阵列(可扩展为 128 键)的扫描接口,能对键盘不断扫描,自动消抖,自动识别出按下的键并给出按键编码,能对双键或 n 键同时按下实行保护,也可以接传感器阵列;显示部分能够对 LED、荧光管和其它显示器件提供显示接口,它为显示器提供多路复用信号,可显示多达 16 位的字符或数字。

看门狗模块有两个功能:(1)定时通过访问内部数据线来判别是否由于外界的各种干扰或不正常情况的出现导致前端进入非正常工作状态,如发现异常立即跳回正常工作状态或者对现场信息进行保护并报警;(2)由于本身含有 EPROM,所以可将不可或缺的工作参数和数据存在其中,这样在下次系统启动后就能直接进入正常工作状态。

多路 D/A 接口模块的功能是将计算所得数字量一次风速与煤粉浓度值转换成标准 4~20mA 电流或 0~10V 电压信号,以便能通过硬接线的方式将这些值送进 DCS 系统。为了保证风粉智能测量前端的安全稳定的工作,模拟量输出模块必须在电气上要与其它各个模块隔离开来。因此仪表中采取了两个措施。一个方面是数字信号接口的隔离:所采用的模数转换芯片 MAX536 采用的是串行数字信号接口,其电路中使用高速光电耦合器 6N137 来完成隔离功能;另一个方面是该模拟量输出模块的激励电源采用由 +5V 电压激励输出 ±5V 电压的 DC—DC 隔离转换芯片。

控制、运算处理模块是整个硬件电路的核心部分,对上述各个电路模块的功能进行控制。本风粉智能测量前端中选用 MCS—51 系列的 80C31 单片机做主处理器。并采用了可编程逻辑器件,用来完成接口 I/O 线的扩展及多种逻辑功能的实现。根据功能要求,外接程序存储器与数据存储器。

### 2.2 微差压传感器

一次风速的测量采用的是动压测量法,测量压力的一次元件采用耐磨靠背管,靠背管迎流方向的取压孔测量一次风的全压  $P_1$ ,背流方向的取压孔测量其静压  $P_2$ ,然后分别通过传压管将全压与静压送到差压传感器,由微差压传感器感应变换得到一次风动压

$\Delta P(\Delta P=P_1-P_2)$ 。

目前微差压传感器有很多种,有电感式、电容式与力平衡式等等,本前端采用的是硅压阻式压力传感器。硅压阻式压力传感器采用硅集成电路工艺技术和硅三维加工技术制造,利用硅优良的力学特性,用硅膜作为弹性敏感元件。它使用 10V 电压激励型,并且进行了全温度补偿及标定(0~70℃),具有优良的线性特性,其测压范围是 0~2.0KPa,满量程输出为 25mV。实践证明,硅压阻式压力传感器工作温度范围宽,集成设计方便,完全能够满足测量一次风动压的需要。

### 2.3 PhotoMos 继电器多路开关

采集前端在信号进入运算放大器前使用 PhotoMos 继电器<sup>[4]</sup>。图 3 是 PhotoMos 继电器的结构示意图,图 4 是使用 PhotoMos 继电器的多路开关示意图。图 4 所示,当系统发出选通指令后,选通信号经驱动门驱动所选的 PhotoMos 继电器的发光二极管发光,使该路开关(S1、S2)闭合,从而将所选模拟量信号接入。本仪表所使用的继电器具有如下特点:低导通电阻常开型:内装有用二重扩散选择掺杂质法制作的 MOSFET;小模拟信号控制:很低的闭路偏置电压,可用于微小模拟信号控制而无失真;高灵敏度、低导通电阻;5mA 的输入电流能控制最大 0.12A 的负载电流。50 欧的低导通电阻,由于无触点所以能长期可靠工作;低开路漏电电流:在额定 400V 负载电压时也仅有 100pA 的漏电电流。采用 PhotoMos 继电器多路开关保证了多路输入模拟信号之间的隔离,从而很好的保证了智能仪表的高抗干扰性。

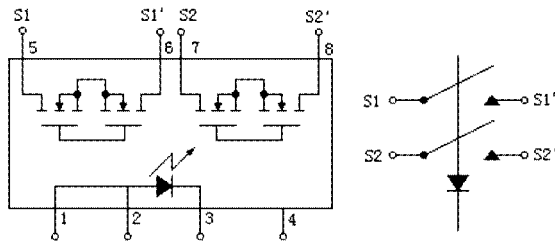


图 3 PhotoMos 继电器结构示意图

### 3 软件设计

本风粉智能测量前端的软件主要由监控软件模块、键盘与显示处理、数据处理模块、I/O 接口处理以及串行通信处理模块五部分组成。监控程序是整个软件模块的主线,由它来管理协调各个软件模块与硬件模块,形成一个有机的整体,最终完成特定的功能。整个软件模块的工作流程结构可用图 5 表示。

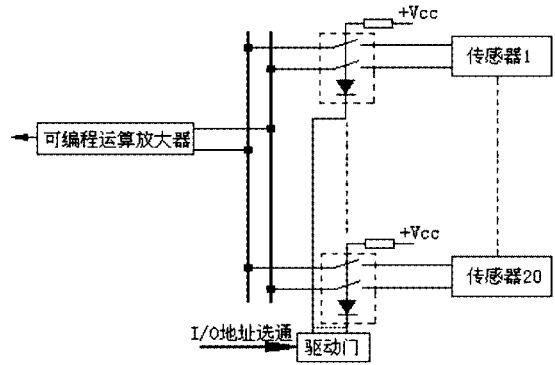


图 4 PhotoMos 继电器多路开关示意图

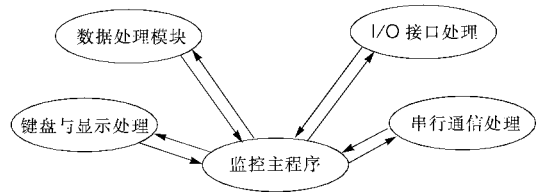


图 5 软件模块结构框图

系统软件中,测量、计算、自校验和诊断功能在前台监控程序中完成。与上位机的通讯由串行中断处理子程序完成,采用 MODBUS 协议,接收来自上位机的命令,并且向上位机返回恰当的应答信号。当接收到一个完整的命令信号之后,将该命令代码及参数存到 RAM 中开辟的接收命令缓冲区,并置相应的命令接收标志,以等待监控主程序的查询和处理。

### 4 结束语

该风粉智能测量前端适于与各种热电偶、热电阻配套使用,可直接引入差压信号,可靠实用;使用 PhotoMos 继电器实现输入信号的多路切换及模拟量通道与测量前端光电隔离;具有风粉测量计算及所需二次参数计算的功能;可以通过 4~20mA 电流或 0~10V 电压标准模拟信号传送测量计算值给集散控制系统;由数字通信接口连接现场总线网络以完成与集散控制系统输出的信息传递;采用了看门狗模块及多种软、硬件抗干扰措施,保证了仪表在强干扰生产现场的正常工作。现场运用表明,该前端测量精确,易于操作,通讯可靠,工作稳定。

### 参考文献

- 1 李益国.均衡燃烧控制系统关键技术问题研究.东南大学硕士学位论文,1998(3)
- 2 周明.现场总线控制.中国电力出版社,2000(5)
- 3 王锦标,方崇智.过程计算机控制.清华大学出版社,1999(2)
- 4 PhotoMOS 继电器.松下电工,2000(8)
- 5 周航慈.单片机应用程序设计技术.北京航空航天大学出版社,1997(8)

[收稿日期:2001.12.20]