

汽车燃油加热器数据自动采集系统

Automatic Data Acquisition System for Automotive Fuel Oil Heater

张铁壁 孙士尉 夏国明 马晓辉 张学军

(河北工程技术高等专科学校,河北 沧州 061001)

摘要:为了解决目前汽车燃油加热器采集系统存在的问题,研制了一种基于RS-485总线的汽车燃油加热器数据采集系统。该系统采用触摸屏输入员工的信息、产品编号以及进行各项参数的设定;随后,采集模块将加热器的各项数据输入到PLC,并采用最小二乘法对温度测量数据进行修正。运行效果表明,系统操作简单、数据准确、适用性强,具有较高的推广价值。

关键词:汽车加热器 检测台 数据采集 PLC 最小二乘法 温度修正

中图分类号: TP29 文献标志码: A

Abstract: In order to solve the problem that existing in current data acquisition system for automotive fuel oil heater, the data acquisition system based on RS-485 for automotive fuel oil heater has been researched and developed. In this system, the personnel information, product serial number and various parameters are input and setup by using touch screen; all the data of the heater are input to PLC through acquisition module later; and the measurement data of temperature are corrected with the least squares method. The operation results prove that the system offers easy operation, accurate data and good applicability; it possesses higher promoting value.

Keywords: Automotive heater Test bench Data acquisition PLC Least squares method Temperature correction

0 引言

汽车燃油加热器数据采集系统用于测试加热器出厂前的各类参数。使用该系统前,员工手动抄录不同类型加热器的各种数据并进行分析。由于现场仪表显示的数据存在浮动,因此,很难准确记录各项参数^[1];此外,一些员工由于责任心不强,不能检出不合格的产品,也给企业的声誉带来了一定的负面影响。基于这些问题,需要设计一个自动数据采集系统。该系统用于将数据采集到上位机,对数据进行存储、分析并判定检测产品是否合格;最后将员工的信息存入到上位机的数据库,使产品编码与检测员工的信息做到一一对应,以备日后调用、处理和分析。

1 加热器的结构和工作原理

1.1 加热器的结构组成

汽车燃油加热器由供油系统、进排气系统、燃烧器、点火系统、供热系统及控制系统等组成^[2]。其中,供油系统由燃油箱(即车用油箱)、燃油滤清器、燃油管、低压油泵(离心或蒸发式燃烧器)、高压油

泵、喷油嘴以及回油管(喷射式燃烧器)等构成。进排气系统包括助燃空气进气滤网、进气量调节阀、进气消音器、助燃风扇、风扇电机、排气管及排气消声器等。点火系统用于对喷射式燃烧器,一般配用点火电极和高压线圈等。供热系统包括水泵、循环水管、热交换器等。控制系统包括控制器、点火传感器、过热传感器、水温传感器、开关等。

1.2 加热器的工作原理

加热器工作原理具体如下。启动时,控制器首先对加热器进行自检,循环水泵运转0.5 min后,电机低速运行,同时驱动助燃风扇和高压燃油泵工作;接着点火电极以一定的频率连续跳火;随后电磁阀打开,呈雾状的高压燃油以圆锥状由喷嘴喷出,并与进入燃烧室中的助燃空气混合燃烧;传感器感知着火后,点火电极停止工作,此时燃烧器依靠燃烧室中部分高温燃气回流点燃混合气,并持续燃烧,电机升至额定转速运转,加热器进入正常工作状态;最后燃烧的高温废气由燃烧室折返,经换热器散热后从排气管排入大气,热交换器水腔中的载热介质水将热量源源不断地输送给相应汽车,从而实行供热。

2 采集系统的整体功能

采集系统由上位机和检测台两大部分组成,其结构如图1所示。该系统一共有14个工位,即有14套

修改稿收到日期:2013-03-13。

第一作者张铁壁(1968-),男,2004年毕业于北京科技大学检测技术与自动化装置专业,获硕士学位,副教授;主要从事智能仪器仪表技术的研究与教学工作。

检测台。1号检测台的RS-485通信口经过RS-232转换后连接到上位机的COM₁口;1~14号检测台之间通过RS-485通信口以菊花链的形式连接。



图1 系统结构图

Fig.1 Structure diagram of system

系统首先通过上位机设定员工的编号和产品的编号,在现场触摸屏输入当班员工编号以及产品编号;与上位机比对无误后,发出测试指令,员工在现场按下测试按钮,系统就可以实现数据自动采集、数据结果分析。测试结束后,将测试数据及分析结果传送到上位机进行存储,并在现场显示产品是否合格。现场配置了多个传感器和测量仪表,用于测量加热器的各项参数,包括电压、电流、进水口温度、出水口温度、排气温度、排气烟度、系统压力、水流量、耗油量等。通过现场的触摸屏,不仅可以对各项参数进行实时显示,而且可以查询不合格产品的记录。设定参数必须由管理员进行设定。

3 检测台设计

检测台的构成框图如图2所示。

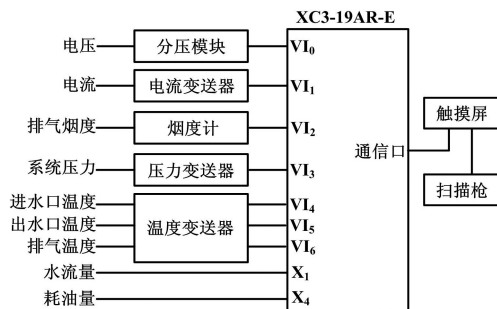


图2 检测台构成框图

Fig.2 Composition of the test bench

3.1 检测台硬件介绍

由于系统需要测量的模拟量较多,所以选择了性价比较高的信捷PLC XC3-19AR-E。它集逻辑控制、模拟量输入输出于一体,具有9点开关量输入、10点开关量输出、8点模拟量输入、2点模拟量输出,并支持3路AB相输入和4路高速计数。

BC-6800激光条码扫描枪是北京标识技术有限公司生产的一款设计精巧时尚、性能优良稳定的激光条码阅读器,其外形符合人体工程学设计,内部机芯采用日本技术生产。它能快速准确阅读所有一维条码,其《自动化仪表》第34卷第7期 2013年7月

超强的解码系统能非常有效地阅读残缺码、模糊码,特别适用于超市、仓储物流、商业POS系统以及生产制造业。

触摸屏选用昆仑电子科技有限公司生产的TPC1062K电阻式触摸屏。该触摸屏是10.2英寸(1英寸=25.4mm)TFT液晶显示、真彩LED背光、分辨率为800×480、显示颜色为65 535色、背光寿命可达到50 000 h、内存64 MB SDRAM。

3.2 数据采集模块

检测台中的数据采集模块主要包含电压、电流、温度、排气烟度、系统压力、水流量、耗油量等数据采集部分。检测器的工作电压一般为24 VDC或12 VDC,系统采用分压器将电压调整到0~10 V的范围后输入到PLC的模拟量输入端VI₀。电流模块采用霍尔式直流电流变送器,被测直流电流与输出信号之间采用电气隔离。该模块将系统的直流电流转换为0~5 V的直流输出信号,发送到PLC的VI₁端。

温度检测包括进水口、出水口和加热器的排气温度检测。进出水口温度检测采用的是热电阻Pt100,工作温度范围为0~98℃;排气温度选择的是K型热电偶,工作温度范围为200~300℃。该部分选择相应的温度变送器将温度信号转换为1~5 V的电压信号。循环水管压力范围为0~0.6 MPa,输出信号为0~20 mA电流,经250 Ω电阻转换为电压信号送至PLC。对应的PLC模拟输入端分别为VI₃~VI₆。

水流量检测模块将脉冲信号通过光耦进行电平转换后送入PLC的高速脉冲输入端X₁。耗油量模块输出的也是脉冲,但是脉冲频率较低,经电平转换后直接送到PLC的输入端X₄。编制程序按照每20 ms采样输入的脉冲个数,并计算出每秒相应的脉冲频率。

排气烟度由排气烟度计直接输出电压信号,并输入到PLC的VI₂端。经计算得到烟度的波许值计算公式为:

$$y = 4.32x/5 \quad (1)$$

式中: x 为烟度计输出的电压; y 为烟度的波许值。

额定放热量是加热器的一个重要参数,是衡量被测加热器额定放热量是否合格的依据。该值与进出口温度差、水流量、水的密度等参数有关,具体计算公式为:

$$P = cpQ(t_2 - t_1) \quad (2)$$

式中: P 为额定放热量,kW; c 为水的比热,kJ/kg·K; Q 为水流量,m³/s; ρ 为水的密度,kg/m³; t_1 为进口水温,℃或K; t_2 为出口水温,℃或K。

4 软件设计

系统软件包括上位机软件、触摸屏软件和 PLC 程序等 3 部分。

4.1 上位机软件设计

上位机采用 VC 编写,主要完成以下几项工作。

① 进行员工以及产品型号确认。工作时首先根据现场员工输入的个人编号确认是否正确,若不正确,返回输入错误的信息;如果正确,触摸屏直接进入下一屏。按照触摸屏的提示,用扫描枪扫描被检测的加热器的条形码,条形码信息通过 PLC 传送到上位机进行型号验证,如果正确,则进行相关参数测试;否则员工不能进行检测,返回信息提示型号错误,需要重新扫描。

② 根据加热器编号自动生成额定放热量、油耗相应的上下限,并发送给 PLC。

③ 数据存储功能。所有被检测的加热器信息,都以 Excel 的格式自动存储在上位机中,包括各项参数的数据、数据是否合格、哪项参数不合格等信息,以备查询。

4.2 触摸屏软件设计

触摸屏主要完成以下 3 项功能:①用来输入个人信息和产品编号,并查询不合格产品的记录;②进行加热器各项检测参数的上下限以及其他参数的设定,该参数设定设置了密码,只有管理人员才可以进行相关设定;③企业员工可以随时查看各项参数的实时显示画面。

4.3 PLC 程序设计

PLC 程序设计是整个系统的核心部分,主要完成数据采集、数据处理、放热量计算以及波许值计算等。由于加热器各项参数的检测是在加热器工作达到稳定后进行的,采集的时间也不是全过程。因此,可以进行时间设定。一般地,当温度大于 50 ℃(该温度可以通过触摸屏进行设定)时就可以进行采集。采集时间一般设定为 120 s,检测温度值和设定时间通过触摸屏来完成。为保证各项参数的准确性,系统每隔 10 s 进行数据采集,并计算各项参数在设定时间内的平均值。当设定时间到达后,向上位机发出测试结束命令,上位机读取各项参数,并为下一次测试做好准备。

程序的初始化包括建立与触摸屏/上位机的通信连接、参数上下限设定、测试时间设定、标志位初始化等内容。当测试时间到达后,置上位机读取标志位,并结束该次测试,等待输入下一个产品的编号,从而为下

一次测试做好准备。具体程序流程如图 3 所示。

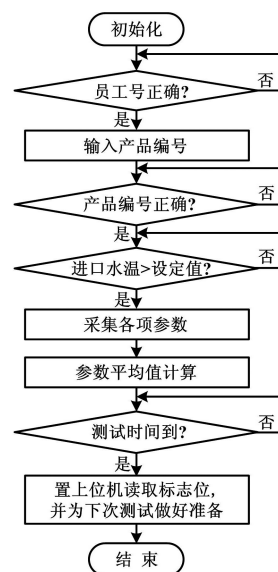


图 3 程序流程图

Fig. 3 The flowchart of program

5 数据处理

由于系统模拟量较多,涉及电压、电流、温度、压力、烟度、流量等多个模拟量的采集,所以对于所采集的数据进行线性化处理尤为重要。除进出水口温度外,其余数据均输入到 PLC 的模拟量输入端,得到的数字量基本达到了系统要求的精度,后续只需对数据进行标定即可。由于额定放热量的计算与进出口水温差有直接的关系,而额定放热量又是衡量加热器是否合格的一个重要参数,因此进出水口温度的准确性至关重要。实际过程中,温度变送器的输出已经近似为线性,但是仍不能满足精度要求,所以需要软件进行测量误差补偿^[3]。

温度的软件补偿方法有很多,常用的有插值法、查表法以及最小二乘法等^[4-7]。本文采用最小二乘法对进出水口的温度进行线性化补偿处理。由于进出水口温度采用的是同一种热电阻,因此处理方法相同。为提高拟合多项式的精度,选用三次多项式作为目标函数,其表达式为:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \quad (3)$$

式中: y 为实际温度值,℃; x 为测量温度值,℃; a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 为待定系数。

加热器测试的水温范围为 0 ~ 100 ℃,而额定放热量的测试温度一般都为 50 ~ 70 ℃,所以在 0 ~ 100 ℃ 内侧重选取了一系列的温度参考点,而在 50 ~ 70 ℃ 范围内每隔 2 ℃ 选取一个点;其余每隔 5 ℃ 选取一个点,一共选取了 28 个点作为 y_i 。对这 28 个点进行实时测

量,测量得到的 28 个数据作为多项式拟合的数据源 x_i 。根据最小项拟合多项式的原理^[7],可得:

$$\begin{bmatrix} 28 & \sum_{i=1}^{28} x_i & \sum_{i=1}^{28} x_i^2 & \sum_{i=1}^{28} x_i^3 \\ \sum_{i=1}^{28} x_i & \sum_{i=1}^{28} x_i^2 & \sum_{i=1}^{28} x_i^3 & \sum_{i=1}^{28} x_i^4 \\ \sum_{i=1}^{28} x_i^2 & \sum_{i=1}^{28} x_i^3 & \sum_{i=1}^{28} x_i^4 & \sum_{i=1}^{28} x_i^5 \\ \sum_{i=1}^{28} x_i^3 & \sum_{i=1}^{28} x_i^4 & \sum_{i=1}^{28} x_i^5 & \sum_{i=1}^{28} x_i^6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{28} y_i \\ \sum_{i=1}^{28} x_i y_i \\ \sum_{i=1}^{28} x_i^2 y_i \\ \sum_{i=1}^{28} x_i^3 y_i \end{bmatrix} \quad (4)$$

把数据源参数代入式(4),计算出 a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 的值,即得到拟合的多项式表达式为:

$$T = -0.000\ 001\ 603\ T_r^3 + 0.000\ 142\ 3T_r^2 + 0.997\ 3T_r - 0.110\ 9 \quad (5)$$

式中: T 为拟合后的温度值; T_r 为经过变送器输出以后的标定值。

将式(5)编制成一个插值子程序,PLC把采样的测量平均值 T_r 代入即可求得对应的温度值 T 。在 $0 \sim 100\text{ }^\circ\text{C}$ 范围内,采用式(5)计算得到的温度误差很小,最大值误差为 $0.110\ 9\ \text{K}$ 。当 4 号检测台的功率分别为 $19.8\ \text{kW}$ 、 $6.8\ \text{kW}$ 时,加热器测试数据与利用最小二乘法修正后的比较结果如表 1 所示。由表 1 可以看出,修正后的温度最大误差远小于系统要求的 $0.1\ \text{K}$ 。

表 1 实际温度值与修正值比较

Tab. 1 Comparison of the actual temperature and corrected value

加热器功率/kW	实际测量温度/ $^\circ\text{C}$		最小二乘法修正后温度/ $^\circ\text{C}$		最大误差/K
	出水口	进水口	出水口	进水口	
19.8	30.1	32.3	29.99	32.28	0.05
	50.2	53.1	50.16	53.12	0.06
	59.9	63.2	59.85	63.22	0.05
	70.4	72.8	70.38	72.78	0.02
	80.7	82.8	80.67	82.76	0.04
6.8	30.2	31.9	30.22	31.88	0.02
	49.9	52.1	49.84	52.12	0.06
	60.3	62.4	60.26	62.50	0.03
	70.7	72.5	70.75	72.45	0.05
	79.8	82.2	79.83	82.24	0.04

6 结束语

系统通过 RS-485 总线将每台加热器的各种信息传送到上位机进行存储,实现了加热器数据采集的无纸化,大大减少了员工的工作量;其自动测试功能,也减少了由于人为因素带来的影响,测量得到的数据更加准确可靠;此外,系统实现了员工与产品的一一对应,增强了员工的责任心。运行一年来,员工普遍反映系统具有使用简单、易于操作、显示界面直观、数据准确等特点。实践表明,系统具有较高的社会与经济效益。

参考文献

[1] 付伟,于培亮,马思乐.基于 S7-200 PLC 的汽车加热器数据采集

系统[J].可编程控制器与工厂自动化(PLC&FA),2011(11):94-97.

[2] 赵书明.客车采暖系统现状及发展分析[J].城市车辆,2009(6):56-59.

[3] 张天亮,姚庆梅,许夫明,等.基于分段线性插值法的高精度测温研究[J].信息技术与信息化,2012(1):70-72.

[4] 张雷杰,章洁平.宽量程高精度铂电阻温度变送器设计[J].导弹与航天运载技术,2010(4):55-57.

[5] 张华强,李玉峰.基于最小二乘法的热量表温度采集模块设计[J].仪表技术与传感器 2011(2):16-18.

[6] 王福顺,刘永福,孙小华,等.高精度土壤温度原位测量系统[J].农业机械学报,2012,43(11):102-106.

[7] 吕同富,康兆敏.数值计算方法[M].北京:清华大学出版社,2008:220-222.

(上接第 27 页)

[4] 顾祥柏,黄步余.安全联锁系统是否可在 DCS 中实现[J].炼油化工自动化,1995(1):25-28.

[5] 张锡鹏.煤油工艺学[M].北京:石油工业出版社,1982:289-291.

[6] 顾诚彪.石油化工装置紧急停车系统的设计探讨[J].石油化工自动化,2001(3):4-8.

[7] 肖锋.天津分公司加氢裂化装置首次开工设备故障的处理[J].

炼油技术与工程,2004,34(3):34-37.

[8] 何广平.离心压缩机组紧急停车及安全连锁系统设计研究[J].风机技术,2004(2):5-8.

[9] 张树广,熊守文,赵晨曦.中海油 400 万 t/a 加氢裂化装置工艺特点及运行工况[J].石化技术与应用,2010,28(5):430-433.

[10] 陈尧焕,李鹏.中国石化加氢裂化装置运行分析[J].炼油技术与工程,2007,37(10):1-4.