

高精度自动测温系统研究与开发

徐立军, 杨 诚, 王 文

(浙江大学现代制造工程研究所, 杭州 310027)

摘要: 本文介绍一种基于 PC 机的高精度实时温度自动测定系统。运用铂电阻四线制测温原理, 采用研祥 PCL-816H A/D 转换卡进行信号采集和转换, 利用面向对象的高级程序设计语言 Visual C++ 进行软件设计。该系统在煤炭热量测定仪器中得到了应用, 具有精度高、操作简单、可靠性好、可视化效果好等优点。

关键词: 自动测温; 高精度; 煤炭热量; 面向对象程序设计

中图分类号: TP216.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-3881(2004)5-040-2

Study and Development of High Precision Temperature Measuring System

XU Li-jun, YANG Cheng, WANG Wen

(Institute of Modern Production Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: A high precision temperature measuring system based on PC was introduced. The hardware structure contained measuring temperature circuit by use of Pt resistance and PCL-816H A/D card, and the software was programmed using Visual C++, an OOP language. The system was applied to the instrument of coal calorimetry. And it shows the system has many characteristics, such as high precision, easy operation, high reliability, friendly interface as well.

Keywords: Automatic measuring; High precision; Coal calorimetry; Object Oriented Programming

0 前言

随着科技的飞速发展, 对温度测量的准确性、可靠性和效率都提出了更高的要求, 目前自动测温系统在硬件设计上多采用单片机技术, 存在电路复杂, 可视化不强, 通用性较差等缺陷。而 PC 微机的软硬件技术都已经相当完善, 并在各个领域得到广泛的应用, 因此, 我们根据对煤炭热量测定仪器的实际需要, 开发设计了基于 PC 机的自动测温系统, 测量精度高, 用户界面良好, 操作方便, 可实现计算参数的修正和校准, 并能动态地显示整个测量过程。

1 系统构成与硬件设计

本系统由温度传感器, 信号调理电路, A/D 转换卡, PC 机构成。温度传感器将得到电压模拟量通过信号调理电路进行信号放大、滤波, 然后由计算机来控制高精度 A/D 转换卡对模拟信号进行采集, 并转换成数字信号, 最后输入计算机进行运算、控制和输出。系统结构框图如图 1 所示。

温度传感器采用精密铂电阻 Pt100, 具有测量范围广, 稳定性强, 示值复现性好, 测量精度高和耐氧化等特点。测温桥路采用四线制接线方式, 不受接线电阻的影响, 能实现高精度要求。

工业铂电阻在 0~850℃ 范围内随温度变化的公式为:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2) \quad (1)$$

式中 R_t , R_0 为铂电阻在 $t^\circ\text{C}$ 和 0°C 时的阻值, A , B 为常数。对于铂电阻 Pt100, $R_0 = 100\Omega$, $A = 3.90802 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, $B = -5.802 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$ 。由式 (1) 可知, R_t 与 t 是非线性关系, 温度越高, 铂电

阻的非线性越明显, 但在低温段, 铂电阻的输出非线性很小。由于我们所开发的系统主要针对煤炭热量的测定, 温度一般在 0~100℃ 之间, 实验证明最大非线性误差很小, 可以在软件设计上通过参数化修正来减小误差。如果今后扩展系统功能, 增大测温范围, 则非线性误差将增大, 在硬件上可以增加线性校正电路, 使电路的最大非线性误差降低到 0.1% 左右^[1]; 在软件上可以利用插值法、折线法、迭代法和最小二乘法来很好的解决^[2]。

本系统选用了深圳研祥公司的 16 位的 PCL-816H A/D 转换卡, 实现高速、高精度信号采样。具有多路数模输入输出通道, 可以进行其他数字量和模拟量的控制和运算。同时, 该板卡还提供用 C、C++ 语言开发的库函数, 方便用户编程。

信号调理电路原理图如图 2 所示, 由稳压电路、测温电桥、滤波电路和运算放大电路等组成^[1]。

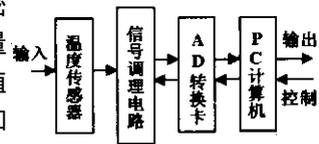


图 1 系统结构框图

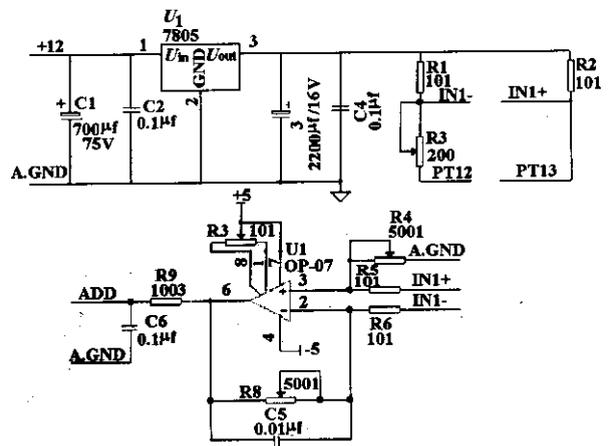


图 2 信号调理电路原理图

2 软件设计

基于 Windows 操作系统的 Microsoft Visual C++ 6.0 开发平台，具有强大的软件开发功能，在工业控制、数据库管理和网络编程等众多领域得到广泛地应用。系统开发选择该软件，合理利用其自带的 Microsoft 基本类库 (MFC)，按照系统的具体要求进行编程。

本软件主要由系统管理模块、参数校正模块、系统标定模块、热量测定模块和数据处理模块等部分组成。系统的软件整体框架结构如图 3，其中煤测定模块程序流程图如图 4 所示。

系统软件开发中采用了中值滤波等数字滤波方法，较大幅度地提高了系统的采样精度、稳定性和抗干扰能力，系统的测温精度可达 0.001℃。

3 实验研究

将所开发的测温系统应用于煤发热量测定装置中，进行多次重复性实验，取得了较满意的结果。部分实验数据如下表所示^[3]。

3.1 系统标定实验数据

表 1

测定次数	热容量 E/(J/℃)	冷却常数 K	综合常数 A
1	9385.2	0.0025	-0.0009
2	9390.3	0.0028	-0.0010
3	9380.5	0.0024	-0.0008
4	9386.8	0.0027	-0.0009
5	9384.7	0.0026	-0.0009
平均值	9385.5	0.0026	-0.0009

3.2 发热量测定实验数据

热容量 $E = 9385.5 \text{ J/}^\circ\text{C}$ ，冷却常数 $K = 0.0026$ ，综合常数 $A = -0.0009$

在以上标定实验的基础上，对两种标准煤发热量进行测量。测量数据如表 2、3 所示。

1 号煤测量热值与标准热值的误差率为：

$$(30218 - 30600) / 30600 = -1.25\%$$

$$(30206 - 30600) / 30600 = -1.29\%$$

$$(30292 - 30600) / 30600 = -1.01\%$$

2 号煤测量热值与标准热值的误差率为：

$$(30801 - 31230) / 31230 = -1.37\%$$

$$(30935 - 31230) / 31230 = -0.94\%$$

$$(30987 - 31230) / 31230 = -0.78\%$$

表 2

	1	2	3
室温/℃	28.278	27.181	27.305
样品重/g	0.7095	0.8608	0.7605
点火热/J	180	180	180
包纸热/(J/g)	13604	13604	13604
包纸重/g	0.4156	0.4201	0.4101
弹筒发热/(J/g)	31288	31275	31364
高位发热/(J/g)	31084	31072	31058
低位发热/(J/g)	30218	30206	30292

注：1 号煤的标准热值为 30600J/g^[4]。

表 3

	1	2	3
室温/℃	27.130	27.028	26.755
样品重/g	0.6922	0.6867	0.7803
点火热/J	180	180	180
包纸热/(J/g)	13604	13604	13604
包纸重/g	0.4214	0.4191	0.4180
弹筒发热/(J/g)	31908	31897	32038
高位发热/(J/g)	31689	31562	31823
低位发热/(J/g)	30801	30935	30987

注：2 号煤的标准热值为 31230J/g^[4]。

通过上述分析及多次重复实验结果检验，对标准煤测得的发热值与标准热值误差都在 1.5% 以内，达到煤发热量测定的精度要求。

4 结论与展望

该系统由于是基于 PC 微机在 Windows 环境下开发的，所以硬件软件扩展方便，可以实现多传感器多点测量；系统具有良好的开放性，通过功能扩展，还可以适用于水泥工业中生料发热量的测定及其他工业环境下的精密测温，具有较好的应用前景。

本系统选择优秀的程序开发工具 Visual C++ 进行编程，采用面向对象的编程方式 (OOP)，程序可读性强，人性化的人机界面极大地方便了用户的使用。在此基础上，如果需要增强系统的数据保存和处理功能，只需引入数据库管理技术，就可以实现。

参考文献

- 【1】黄贤武，邓筱霏等. 传感器实际应用电路设计 [M]. 成都：电子科技大学出版社，1997.
- 【2】李江全，支民等. 铂热电阻测温中的线性化处理 [J]. 石河子大学学报，2000，2(4).
- 【3】GB/T 213-1996 煤的发热量测定方法. 国家技术监督局，1996. 12. 19.
- 【4】煤物理特性和化学成份分析标准物质证书. 国家煤炭质量监督检验中心，2002.

作者简介：徐立军，1974 年生，男，浙江丽水人，浙江大学机械制造及其自动化专业硕士研究生。主要研究方向：自动化设备开发，数控技术研究与应用。电话：0571-87951907。

收稿时间：2003-05-19

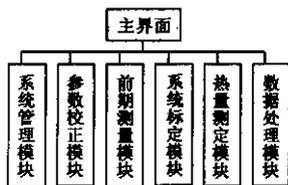


图 3 系统框架图

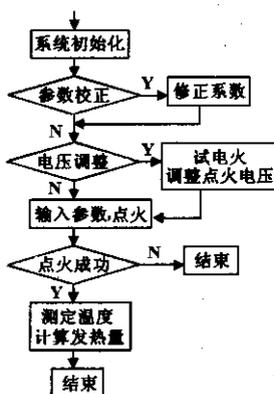


图 4 煤热量测定模块程序流程图