

用于工业窑炉的多路远程温控系统设计

王宪菊

(阜阳师范学院 物理与电子科学学院 ,安徽 阜阳 236041)

[摘要] 针对工业窑炉对温度的严格要求,设计了一种基于 K 型热电偶的可远程监控的 8 路温度采集与控制系统。该系统由上下位机两部分组成。PC 机作为上位机,采用组态软件编写可视化界面,对工业现场温度实现远程监控。以 STC89C52 为核心的单片机作为下位机,根据上位机发送的指令执行相应的动作。实验结果表明,该系统测温范围大,测温精度高,稳定性好,易于扩展,能很好地满足工业窑炉温控需求。

[关键词] K 型热电偶, ASCII 码串口通讯协议, 温度测控系统

[中图分类号] TH811 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1672-4292(2012) 03-0027-04

Design of Multi-Channel and Remote Temperature Control System Used in Industrial Furnace

Wang Xianjü

(Department of Physics and Electronics , Fuyang Teachers College , Fuyang 236041 , China)

Abstract: According to strict requirements of industrial furnace temperature, the paper designs an eight temperature acquisition and control system who can be remotely monitored based on type-K thermocouple. This system is composed of master machine and a slaver machine. PC is master machine whose visual interface is written by configuration software, and can remotely monitor temperature of the industrial locale. A slaver machine whose core is STC89C52 SCM executes a corresponding action. Experimental results show that this system has wider measuring temperature range, higher temperature measurement precision, better stability and easy extensibility and can meet industry kiln needs of temperature control.

Key words: Type-K thermocouple, ASCII serial communication protocol, temperature measurement and control system

高温窑炉广泛应用于建材、冶金、化工、电站等领域,其运行质量对生产效率、产品质量有直接的影响,而温度是影响运行质量的主要工艺参数之一,这就要求有配套的温度测控系统。

在高温测量领域,比较常用的测温元件有基于力学原理的压力式温度计、双金属温度计、玻璃液体温度计和基于电学原理的热电阻和热电偶^[1]。比较而言,采用热电偶的测控系统,测温范围大,能长时间自由运行。采用廉价的 K 型热电偶作为测温元件,既能满足工业窑炉的测温要求,相比其他型号的热电偶,成本更低^[2]。

工业窑炉结构不一,热电偶在窑炉中的布置有所差异,但大多是沿窑长方向布置几十甚至上百个热电偶和电加热器,通过热电偶所测得的具体温度值和烧成曲线上要求的温度值之偏差来控制相应位置的电加热器的开关,进而控制窑温。

1 系统设计

该系统的上位机采用组态王编写图形界面,组态王是北京亚控公司开发的监控系统软件,具有适应性强、开放性好、易于扩展、经济、开发周期短等优点^[3]。下位机以 STC89C52 为核心,测温电路、驱动电路和串口通讯等为外围电路。温控系统采用闭环控制。整个系统结构如图 1 所示。

收稿日期: 2012-06-12。

通讯联系人: 王宪菊, 硕士, 助教, 研究方向: 测控技术。E-mail: wangxianju@qq.com

在实际的窑炉测温中,为实现对整个温度场的监控,需沿窑长方向放置几十个热电偶^[4]。为便于试验,本系统只采用了8路热电偶,但在硬件电路中已预留了扩展端口,最多可达96个通道。

2 测控电路和控制算法

2.1 测温电路

测温电路由模拟多路开关、信号调理和AD转换电路组成。图2为测温电路示意图。

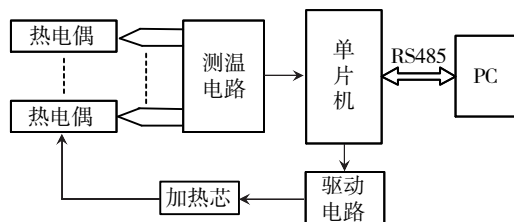


图1 系统结构图

Fig.1 System structure

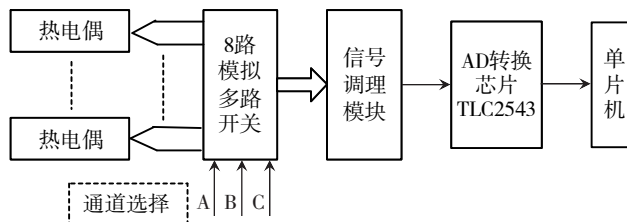


图2 测温电路

Fig.2 Temperature measurement circuit

2.1.1 模拟多路开关电路

如果每一路传感器都采用各自的输入回路,独立的信号调理模块,不仅会使系统体积庞大,急剧增加成本,而且由于模拟器件、阻容元件参数都具有一定的离散性,这使得系统的校准存在很大的困难。为了多个热电偶共用一个信号调理模块,因此在热电偶和信号调理模块之间增加了模拟多路开关电路,如图2所示。

8路K型热电偶的输出端分别接到两片CD4051多路开关的相应输入引脚上,多路开关的两个输出脚接到信号调理模块的输入脚。多路开关的地址线(A,B,C)分别接在单片机的P2.0,P2.1,P2.2引脚,用于选择模拟多路开关接通的通道。

2.1.2 信号调理电路

信号调理电路是整个测温电路的核心,其质量的好坏直接影响测温的准确性。为了缩短开发周期,提高测温的精确性,系统采用了阿尔泰科技生产的信号调理模块S1101。该模块具有信号放大、滤波和冷端补偿功能。

2.1.3 AD转换电路

由于K型热电偶表示的温度范围为 $0^{\circ}\text{C} \sim 1370^{\circ}\text{C}$ ^[5],故选用12位的AD转换芯片TLC2543。TLC2543是TI公司的12位串行模数转换器,使用开关电容逐次逼近技术完成A/D转换。由于是串行输入结构,与单片机的接口电路简单,节省单片机的I/O口资源;且价格适中、转换速度快、分辨率高,因此在仪器仪表中有广泛的应用。图3为TLC2543与单片机的接口电路。

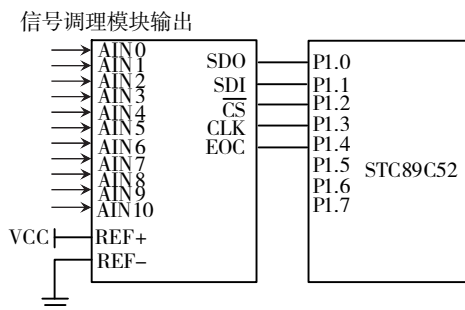


图3 TLC2543与单片机的接口电路

Fig.3 TLC2543 and single-chip microcomputer interface circuit

2.2 控制电路和控制算法

2.2.1 控制电路

工业窑炉中,由于加热对象的不同,采用的加热方式也不同。考虑到大部分工业窑炉采用电加热,实验中采用高温电阻丝为加热设备,加热温度高达 1200°C 。为减小控制电路对测温电路的干扰,采用光耦将单片机的输出和控制电路隔离。单片机的P3.6引脚输出的PWM信号经过一级光耦隔离,输出到固态继电器。固态继电器输入控制端的电压为DC24V,输出端接市电和负载,如图4所示。

2.2.2 控制算法

目前,控制窑温的方法主要有两种:(1)使用PID控制器调节温度;(2)在软件中使用PID算法控制温度。第一种方法调温效果比较好,但是PID控制器价格较昂贵,不便于普及;第二种方法使用到的关联参数比较多,参数选择较繁琐,实现起来较困难^[6]。鉴于此,本设计在实验的基础上提出一种新的控制算法。

即当实测温度值与设定值的偏差接近超调量时, 根据设定曲线函数和当前温度段窑温升温(降温)速率求出控制继电器通(断)的时间, 进而控制窑温。测控系统中, 电阻丝为被控对象, 根据此特性建立数学模型, 如图 5 所示。

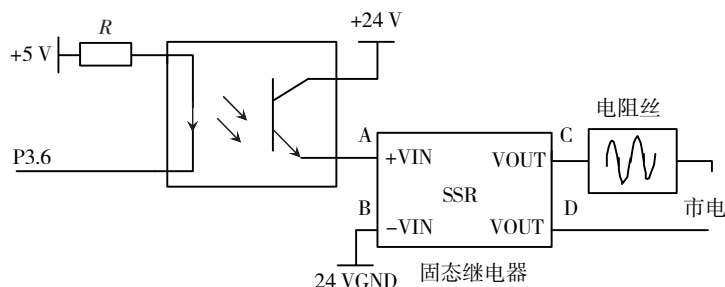


图4 加热驱动电路

Fig.4 The circuit of heating and driving

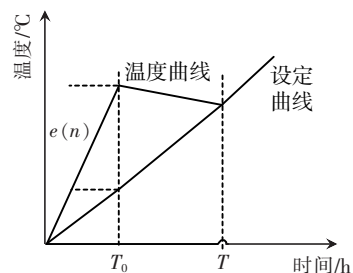


图5 数学模型

Fig.5 Mathematical model

模型中的设定曲线和温度曲线是取系统工作时间的一小段, 近似为线性。\$e(n)\$ 为测量值与设定值偏差; \$T_0\$ 为测量温度与设定温度之偏差达到超调量时刻; \$T\$ 为将窑炉温度调节到接近设定温度时刻。根据设定曲线和温度曲线的函数表达式可求得时间 \$T\$, 从而求得调节时间 \$t = T - T_0\$。温度曲线的升温(降温)斜率可通过实验获得; 设定曲线的平均升温斜率为已知。设温度曲线斜率为 \$a\$, 设定曲线斜率为 \$b\$。

温度曲线的函数表达式为:

$$y = at + c, \quad (1)$$

设定曲线的函数表达式为:

$$y = bt, \quad (2)$$

时间:

$$T = \frac{c}{b - a}. \quad (3)$$

实现过程为: 系统开始工作前, 取出某段时间烧成曲线的平均升温斜率, 根据此斜率, 调节 PWM 波形, 使窑炉温度接近设定温度, 并按此速度上升。当 \$e(n)\$ 接近超调量时, 查表求得当前温度段的升温(降温)速率, 然后根据公式 3 求出时间 \$T\$, 进而调节 PWM 波形, 使测量温度接近设定值。

3 软件设计

为实现工业现场温度的远程控制, 上位机和下位机采用标准 RS485 串行接口通信。为保证通讯质量, 采用 ASCII 串口通讯协议^[7]。

3.1 下位机软件设计

下位机软件采用 C51 语言在 Keil 开发环境下编写, 为方便功能扩展, 采用模块化的编程思想。下位机软件主要包括 AD 转换程序、数据处理程序和串口中断程序。下位机的主流程图和串口中断流程, 如图 6 所示。

由于温度量是一个缓慢变化的物理量^[8], 因此在数据采集的时候可以一次采集 8 组数据, 然后去除最大值和最小值, 剩下的求平均值作为某时刻该路热电偶的测温结果^[9]; 下位机若接收到测温命令, 则按照 ASCII 通讯协议向上位机发送相应热电偶的温度值; 若测到升温或降温指令, 则根据上位机控制算法运算的结果去调节相应驱动通道的 PWM 波形, 从而实

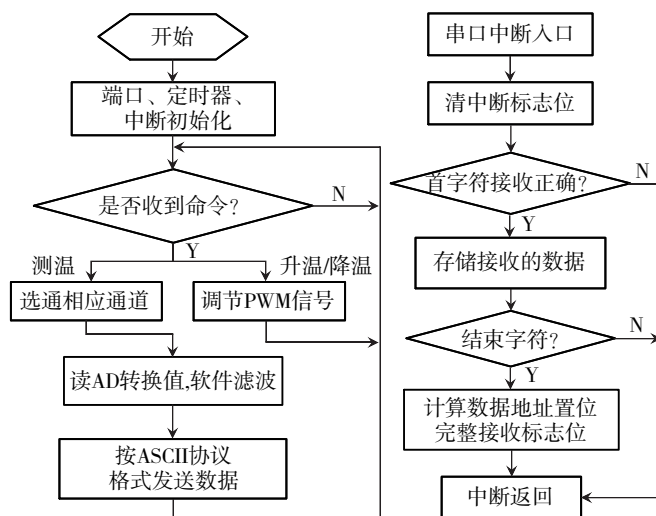


图6 下位机软件结构

Fig.6 Slaver machine software structure

现加热系统的闭环控制.

3.2 上位机软件设计

上位机软件主要负责 I/O 变量转换、实时曲线的图形化显示、参数设置、越限报警、历史曲线查询和曲线打印等.

由于加热对象的不同,窑炉对调节时间、超调量和精度均有不同的要求.为使该测控系统能适用于大部分工业窑炉,将这些参数设为输入变量,根据加热对象的不同,通过上位机软件对这些参数进行灵活设置.当测得的温度值与预设温度的偏差接近超调量时,根据上述数学模型求出控制继电器通断时间,将该时间参数发送给下位机,单片机调节 PWM 波形,从而达到控制炉温的效果.图7为单回路温度控制效果图.虚线为设定曲线,实线为实测温度曲线.

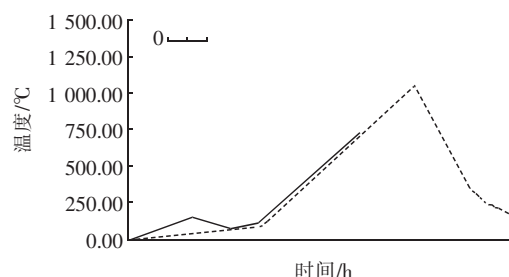


图7 单回路控制效果图

Fig.7 Effect picture of signal circuit

4 结论

本系统以实际研发为基础,设计出了 K 型热电偶的测控电路.该电路不但能实现 8 路热电偶的温度测量,还可扩展更多温度测量通道.根据 ASCII 码通讯协议编写了下位机程序,实现组态王与单片机通讯.根据被控对象的特性,在试验的基础上提出了一种新的温度控制方法,经验证,该方法简单、易用、系统响应速度快、精度高.利用组态王编写的上位机软件能同时显示 8 路热电偶温度曲线,并对曲线进行保存和打印.单通道数据刷新时间为 0.5 s,符合实际工程要求.

[参考文献](References)

- [1] 王魁汉. 温度测量实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 13-14.
Wang Kuihan. Temperature Measurement Practical Technology[M]. Beijing: China Machine Press, 2006: 13-14. (in Chinese)
- [2] 高智慧, 刘学平, 占涛. 基于 K 型热电偶的多路温控系统的研究[J]. 机械设计与制造, 2011(4): 7-9.
Gao Zhihui, Liu Xueping, Zhan Tao. The research of tempration control system based on type-K thermocouple[J]. Machinery Design and Manufacture, 2011(4): 7-9. (in Chinese)
- [3] 马国华. 监控组态软件及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
Ma Guohua. The Application of Control Configuration Software[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005. (in Chinese)
- [4] 刘文超, 金雪丰, 文昌俊, 等. 基于 UC/OS-II 的陶瓷窑温度测控智能核研究[J]. 中国仪器仪表, 2006(5): 85-87.
Liu Wenchao, Jin Xuefeng, Wen Changjun, et al. Research of the kiln temperature measurement and control system based on UC/OS-II[J]. China Instrumentation, 2006(5): 85-87. (in Chinese)
- [5] 戴欣荣, 陈璐怡. 工业用便携式低功耗高精度数字温度计设计[J]. 国外电子元器件, 2003(4): 19-22.
Dai Xinrong, Chen Luyi. The design of digital thermocouple meter with high precision and low power for industrial applications[J]. International Electronic Elements, 2003(4): 19-22. (in Chinese)
- [6] 白荷芳. 最优控制技术在高温熔炉系统中的应用研究[J]. 甘肃科技, 2003(7): 26-28.
Bai Hefang. The applied research of optimal control technology in high temperature melting pot[J]. Gansu Science and Technology, 2003(7): 26-28. (in Chinese)
- [7] 郑锁珍. 组态软件在炉温控制系统中的应用[J]. 机械管理开发, 2009, 24(5): 82-84.
Zheng Suozhen. The application of configuration software in the system of temperature control[J]. Mechanical Management and Development, 2009, 24(5): 82-84. (in Chinese)
- [8] 卫梁彦, 王玲珑, 吴薇. 一体化太阳能热泵热水器运行特性的实验研究[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2011, 11(3): 36-40.
Wei Liangyan, Wang Linglong, Wu Wei. Experimental on the operating characteristics of solar heat pump water heater integrated with collector, storage and evaporation[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2011, 11(3): 36-40. (in Chinese)
- [9] 蒯锐. 基于 Matlab 的实时多路温度采集系统设计[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2009, 9(2): 18-21.
Kuai Rui. Design of the real-time multi-channel temperature measuring system based on matlab[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2009, 9(2): 18-21. (in Chinese)

[责任编辑: 刘健]