

## 计算机自校正多点温度测控系统

陈学泮 韋沛文 胡广新 刘树雄

(无线电电子学系)

计算机技术为提高测控系统的精度提供了新手段。我们研究了用软件修正测量误差的方法，并把它用在多点温度测控系统中。此系统已于1984年11月用于广西玉林自行车一厂，对四个烤漆炉同时实现温度的监测与控制。它克服了目前国内一直沿用的人工测控的检测精度不高、温度控制不稳定以及产品质量难以保证等缺点。该系统的主要功能是：1.可按工艺要求对温度在40~350℃之间的四个烤漆炉进行温度的自动检测与控制；2.能获取给定热源分布下炉内温度的数据，以提供合理调整热源分布的方案；3.能得到各烤漆炉在不同的环境温度下炉内温度随时间的变化情况，以提供合理利用能源的措施；4.为寻找炉道最优的温度分布提供先进的实验手段；5.打印测量结果和自由修改控温曲线的标准温度；6.可自动控温或手动控温，并具有温度超限声、光报警装置。

在进行系统设计时，我们主要考虑了两点：一是充分发挥微机的作用，减少硬件结构的复杂性和降低系统对元、器件稳定性和线性度的要求，同时又要保证系统的测控精度；二是由于系统处于一个电磁干扰严重的工作环境，而信息又要进行较长距离的传送，因此在硬件和软件的设计上必须采取相应的抑制干扰的措施。为此我们采用了软硬件结合、以软件为主修正测量误差的设计方案。图1是这个方案的硬件结构框图。图中的信号生成与获取电路是一个电桥，接入电桥的感温元件采用物理、化学性能稳定、其电阻与温度具有良好线性关系的铂热电阻；A/D变换器是一个双斜率积分器；计算机采用带扩展板和热印机的ZD—065Ⅱ型单板计算机。

系统对温度的测量归结为把被测点温度变为电阻信号，然后经电阻——电压变换器获得温度等效电压，再经A/D变换，由计算机读取正、反向积分时间所得的脉冲数，即可获得理想条件下温度等效电压为

$$V_{tx} = T_2 V_R / T_1 K = N_2 V_R / N_1 K \quad (1)$$

式中 $V_R$ 为积分基准电压， $N_1$ 和 $N_2$ 分别为对信号采样时间 $T_1$ 和积分比较时间 $T_2$ 内所得的脉冲数； $K$ 为放大器的放大倍数。

由于用电桥实现电阻——电压变换，故温度等效电压 $V_{tx}$ 与被测温度 $t_x$ 具有下面的关系

$$V_{tx} = \left[ \frac{R_0(1+\alpha t)}{R_3 + R_0(1+\alpha t)} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot E \quad (2)$$

式中 $E$ 为电桥电源， $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 为桥臂设定电阻， $R_0$ 为热电阻在0℃时的阻值， $\alpha$ 为其温度系数。利用测得的 $V_{tx}$ 及(2)式就可求得相应的温度值 $t_x$ 。

但是一个实际的测量系统不可能是理想的。由于元器件特性的偏移、环境温度的影响、工频干扰和随机干扰的存在，都使系统引入一定的误差。因此由(1)和(2)式得到的温度值 $t_x$ 并不能反映被测点的真实温度。众所周知，在非计算机控制的测量系统中，为提高测量精度，误差的修正通常都是用硬件通过人工调整来实现的。这种方法带来结构复杂、调整困难、稳定性差、精度不高等缺点。本文使用的硬件与软件相结合、以软件为主的误差修正方法，则可以有效地克服硬件校正的缺点。应用软件修正测量误差的最大优越性在于降低测量系统对元、器件及电路的质量指标要求，并且不用严格调节电路参数就可以获得较高的精度。这种方法对于任何测量系统都有普遍的应用价值。

由于零点漂移是缓慢的，而测量的时间又是短暂的，因此零点漂移所造成的误差可看作瞬时系统误差来处理。而对于系统误差的修正则可用计算机自校正方法来实现。即每进行一次测量都先用系统内自定基准对测量系统进行一次校正，通过计算机的运算求出系统的本底误差（或误差修正因子），然后对被测信号进行测量，并在测量结果中自动将本底误差扣除，或用误差修正因子对测量结果进行修正。

我们所研究的是一个线性和非线性影响都存在的系统，因此被测温度等效电压与计数脉冲的函数关系可用一个 $(n-1)$ 次多项式来近似描述：

$$V_{tx} = a_0 + a_1N_2 + a_2N_2^2 + \dots + a_{n-1}N_2^{n-1} \tag{3}$$

为了求得修正系数 $a_0, a_1 \dots a_{n-1}$ ，可以设置 $n$ 个校正源 $U_{s1}, U_{s2} \dots U_{sn}$ ，并把它们先后送到A/D变换器进行变换，测得相应的计数脉冲数 $N_2(S_1), N_2(S_2) \dots N_2(S_n)$ ，从而获得 $n$ 个形式如(3)式的方程，求解方程组则可得到相应的修正系数。当被测温度等效电压送到A/D进行变换时，计算机又可测到相应的脉冲数 $N_2(x)$ ，利用已求出的修正系数及(3)式和(2)式，经过计算机的运算处理，就可得到一个经过误差修正的温度。

对于工频干扰，我们则用软件方法控制双斜率A/D变换器的采样积分时间，以消除工频干扰所引进的误差。

为了有效地减少随机干扰对测量结果的影响，设计了一个实现数字滤波的应用软件；同时还设计了一个用来减少积分器动态误差影响的程序。

上述方法的综合使用，使系统的测量精度得到很大的提高，其抽样测量结果见表1。

表1 测量结果

测量点序号	1	2	3	4	5	6	7
温度理论值(℃)	40	74	97	175	212	350	383
有校正时温度显示值(℃)	40	74	97	174	213	351	382
无校正时温度显示值(℃)	37	71	94	173	214	352	385
有校正时相对误差(%)	0	0	0	-0.6	+0.5	+0.3	-0.3
无校正时相对误差(%)	+7.5	-4	-3	-1	+0.7	+0.6	+0.5

本系统的程序流程见图 2；图 3 是在原有热源分布条件下的温度控制曲线。

系统投入使用时间虽不长，但已获得了明显的效果：①为指挥生产提供了科学依据；②保证了生产工艺所需的温度稳定性，提高了产品的质量；③节约了能源；④提高了生产效率，减轻了工人的劳动强度。

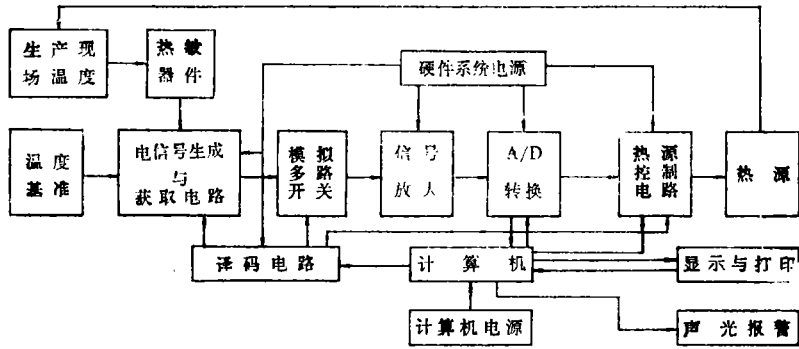


图 1 系统结构原理图

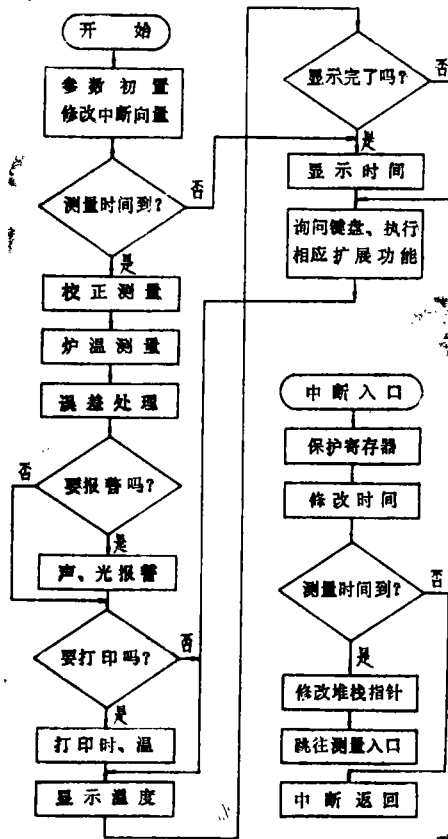


图 2 系统程序流程

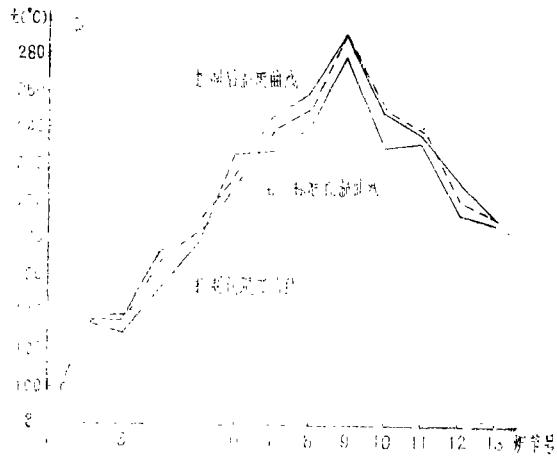


图3 炉温控制曲线

## 参 考 文 献

- 〔1〕 尤德曼, 数字化测量技术, 下册, 机械工业出版社, 1980, 54—65.
- 〔2〕 边峰, 数字电压表的抗干扰特性, 电子技术应用, 1982, 4, 21—25.
- 〔3〕 SYNERTEK SYSTEMS CORPORATION, SYM—1 REFERENCE MANUAL, 1981.
- 〔4〕 李清泉等, 集成运算放大器原理与应用, 科学出版社, 1982, 413—423.