

# 微型计算机多点温度与电机 转速检测控制系统

孙荣胜 胡寿安 沈继祖

(自动化系)

## 一、概 述

本系统是根据自行车烘漆线的自动控制要求设计的,主要功能是多点温度检测控制,电机转速检测与控制,温度与电机转速的配合和控制。此系统也可用于食品,轻工等行业的许多类似生产自动线的控制。温度与传动速度的自动调节,可避免因电网电压的波动及人工设定传动速度的不当而造成的产品质量问题。

本系统的主要特点是利用原自动线的设备,成本低,并可在本系统与原有控制设备间切换。

## 二、系统结构

本系统的结构见图1。由CPU板、A/D与D/A板、测温控温板、测速控速板及设定、显示和报警部分组成。

### 1. CPU板

CPU板包括Z80微处理器,4KB ROM、1KB RAM和CTC计数/定时器。控制程序和各种数据表格固化在ROM中,RAM是控制程序的工作区。CTC定时申请中断,实现巡回显示温度和速度,并保证电机速度检测的频率。

CPU板留有ROM、RAM扩充插座,使之具有一定的通用性。

### 2. A/D与D/A板

根据温度的测量范围和精度要求选择A/D转换器,因控制对象温度较低(500℃以下),且工作温度允许的变化范围不大,选用8位、八通道CMOS A/D转换器已能满足要求。如测温范围增大,精度高,应选择12位A/D转换器。

A/D完成将各点温度检测放大后的电信号转化为数字量和将测速发电机输出的电压转化为数字量的任务,转换一次需100~150微秒。

8位CMOSD/A转换器,将产生±5伏范围内的电压提供给直流电机控制柜的速度调节环,以控制电机速度。

### 3. 测温板和控温板

测温传感器可继续使用原有仪表所用的传感器,也可另外配备。信号经转换放大调整后

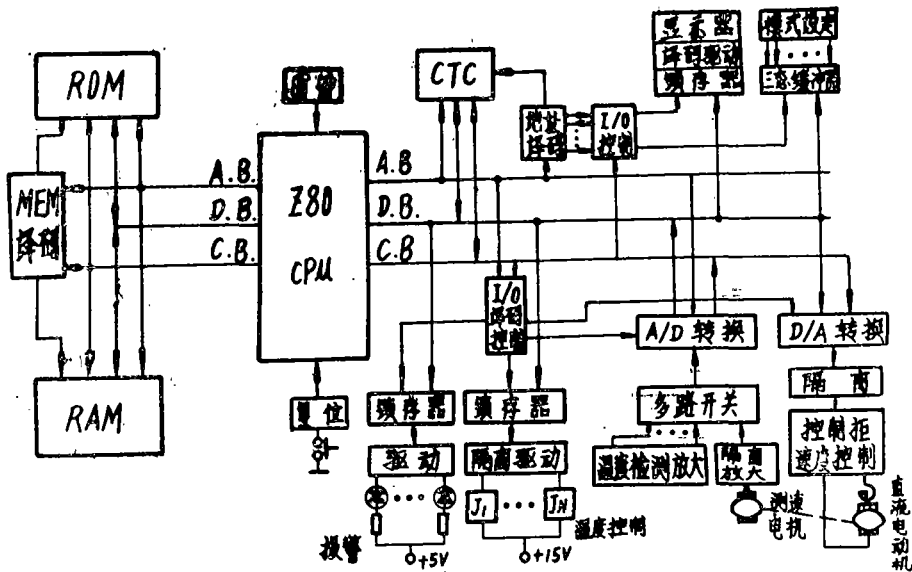


图1 系统结构框图

送多通道模拟开关。测温点增加到八个以上时另配前置多通道模拟开关。

温度控制是根据目前这一类生产线的实际情况设计的。目前这类生产线大多使用电热丝或远红外加热器，加热器分两部分：一部分是处于长加热状态，另一部分是用开关电路控制其通断，从而达到控温的目的。微计算机根据测得的温度决定开关量，从并行输出口经光电隔离送到各接触器。每块温度控制板可控制十六路开关。

#### 4. 转速检测和控制板

传动电机是直流电动机，利用其原有的双闭环控制系统，加入微机控制部分。测速电路从测速发电机取得信号，经调整，低通滤波线性光电隔离后送往A/D转换器。

微计算机计算后修改控制信息，经D/A转换器转化为0~5伏电压，控速板将0~5伏电压经线性光电隔离转化为-5伏~+5伏的控制电平加到双闭环控制柜的速度环。

#### 5. 设定、显示、报警电路

各点温度的分布及上下限，电机转速按预定的几种模式进行控制。模式的选择可有自动和手动二种方式。手动选择由计算机扫描面板上的模式选择开关决定。自动选择由计算机根据目前温度分布情况决定电机转速，选择控制模式。

七段代码显示器巡回显示各点温度和电机转速。每点显示1秒钟。

当温度，转速超出规定范围时将发出报警信号。

### 三、设计原理

#### 1. 测速调速部分的设计

考虑到微型计算机要求承担多点温度检测与控制、电机转速检测与控制二方面的任务，且电机转速控制要求有相当高的实时控制要求，以及充分利用目前一般生产线上现有调速控制柜，因而在电机控制方面，将微计算机设计为一个监督控制器。微型计算机根据工作模式选定电机转速，并测量计算电机的瞬时转速，计算选定转速与测定转速之间的差值、将此值

转化为数字量输出,通过D/A转换成-5伏~+5伏的电平,以控制速度调节器。图2为微机控制电动机转速的框图。

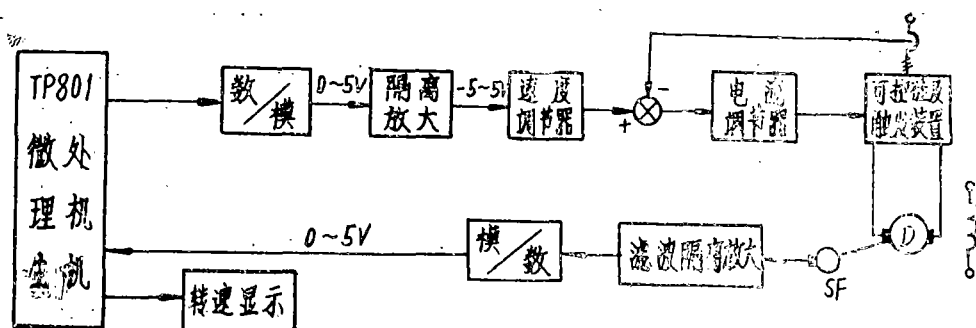


图2 微型计算机控制电动机转速的框图

我们用连续系统的设计方法初步设计出连续系统各环节的参数,然后进行离散化,建立微机控制系统,并对该系统进行动态分析,基本满足既定指标后再研制系统的若干外围电路最后进行联机调试。<sup>[1][3]</sup>设计是在已有的可控硅及其触发装置,电动机等强电电路和测速发电机基础上进行的。

1)设计电流调节器和速度调节器 连续系统动态结构如图3所示。

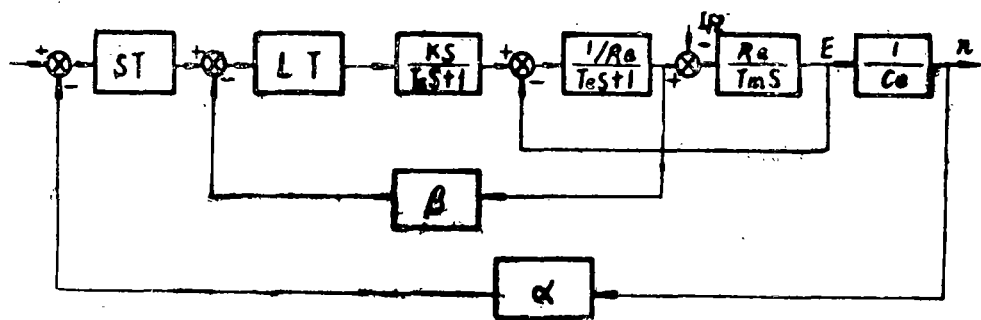


图3 连续系统动态结构图

其中:

$$K_s = 16.53$$

$$T_s = 0.0017 \text{ 秒}$$

$$R_a = 2.96 \text{ 欧}$$

$$T_e = 0.024 \text{ 秒}$$

$$T_m = 0.097 \text{ 秒}$$

$$\beta = 0.766 \text{ 伏/安}$$

$$C_e = 0.138 \text{ 伏/转/分}$$

可控硅功率放大器传递系数

三相桥平均失控时间

电枢回路电阻

电枢回路电磁时间常数

机电时间常数

电流反馈系数

电动机电势常数

$\alpha = 0.033$  伏/转/分 速度反馈系数

电流环要求反应迅速, 超调量小, 故设计成一阶无差度系统, 而把整个系统设计成二阶无差系统以提高精度, LT 和 ST 都是 PI 调节。按系统动态指标要求设计, 经计算 LT 的传递函数为:

$$\frac{K_i(\tau_i S + 1)}{\tau_i S} \quad (1)$$

ST 的传递函数为

$$\frac{K_n(\tau_n S + 1)}{\tau_n S} \quad (2)$$

其中

$$\tau_i = T_s = 0.024 \text{ 秒}$$

$$K_i = 0.42$$

$$K_n = 31.6$$

$$\tau_n = 0.17 \text{ 秒}$$

把 LT 和 ST 的传递函数写入图 3 中即得连续系统的结构图, 如图 4 所示。

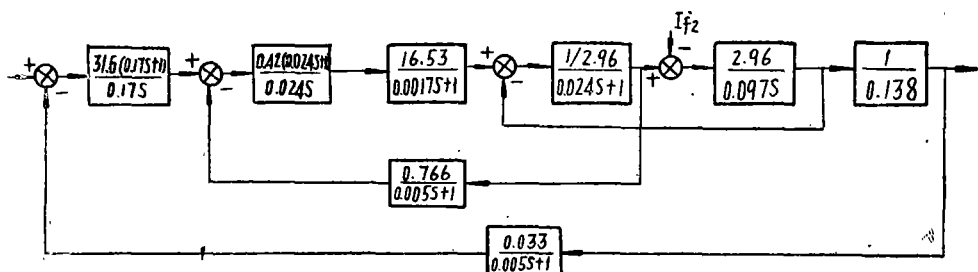


图 4 连续系统结构图

化简整理得连续系统的开环传递函数为

$$\frac{177.22(0.17S + 1)}{S^2(0.0184S + 1)} \quad (3)$$

2) 离散系统的设计与分析 离散系统的原理方框图如图 1 所示。

① 转速采样 为了降低成本又能达到预定的精度, 选择 A/D 工作区是很重要的<sup>[4]</sup>。对于工作转速在 1000 转/分到 1050 转/分时, 定检测区为 970 转/分到 1550 转/分。即 A/D 转换的 0 点定在 970 转/分, 全量程转换定在 1550 转/分。这样既满足了控制的要求, 又提高了检测精度, 使用 8 位 ADC 使不可调误差小于 2.5 转/分。

② 离散系统的稳定性及性能指标 离散系统结构如图 5 所示。

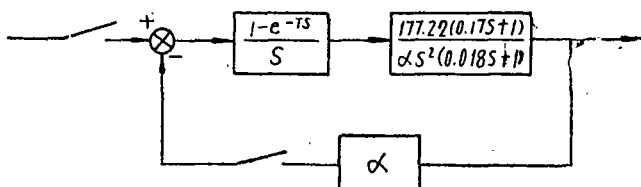


图5 离散系统结构图

其中连续信号部分即为前述双闭环调速系统的开环传递函数(见式3)。由于计算机采样转换和计算、多点温度的检测计算及显示等工作都需要时间,所以可将此视作延迟时间为采样周期 $T$ 的延时环节,传递系数为1,计算机的传递函数可简化成

$$\frac{1 - e^{-Ts}}{S}$$

离散系统前向通道的传递函数为

$$G(S) = \frac{177.22(0.17S+1)}{\alpha S^2(0.018S+1)} \cdot \frac{1 - e^{-Ts}}{S} \quad (4)$$

反馈通道传递函数为

$$H(S) = \alpha \quad (5)$$

$$G(S)H(S) = \frac{177.22(0.17S+1)}{\alpha S^2(0.018S+1)} \cdot \frac{1 - e^{-Ts}}{S} \quad (6)$$

对上式进行Z变换<sup>[1]</sup>

$$GH(S) = \frac{177.22}{(z-1)^2(z-e^{-54.35T})} \left\{ \frac{T^2}{2} + 0.15T - 0.00279 \right. \\ \left. (1 - e^{-54.35T}) \right\} z^2 + \left[ \frac{T^2}{2} (1 - e^{-54.35T} - 0.00279(1 - e^{-54.35T})) \right] \quad (7)$$

一般

$$T < \frac{2\pi}{4\omega_c}, \quad \omega_c \approx 30 \text{ 1/s}$$

∴取 $T = 50$  毫秒 代入上式得

$$GH(S) = \frac{1.1z^2 - 0.3z - 0.389}{(z-1)^2(z-0.066)} \quad (8)$$

a) 经 $W$ 变换后应用劳斯判据, 判别该系统是稳定的。

b) 退饱和超调

$$\Delta n(z) = \frac{G'R(z)}{1 + GH(z)} \\ = \frac{144.285z^2 - 9.523z}{z^3 - 0.966z^2 + 0.832z - 0.455} \\ = 144.285z^{-1} + 129.859z^2 + 5.396z^{-3} - 39.177z^{-4} \\ + 18.682z^{-5} + 51.433z^{-6} + 17.255z^{-7} \quad (9)$$

其中

$$G'(S) = \frac{R}{C_e T_m S}$$

$$R(S) = \frac{\lambda I_{ed}}{S} = \frac{13.05}{S}$$

$$G'R(z) = z[G'(S)R(S)]$$

$$= \frac{144.285z}{(z-1)^2}$$

由此得

$$\delta\% = \frac{\Delta_{max}}{n_{\infty}} \cdot 100\%$$

$$= 12\%$$

上升到最大速转的时间

$$t_m = t_a + 0.05 = 0.53 \text{ 秒}$$

其中

$$t_a = \frac{C_e T_m n_{\infty}}{R \lambda I_{ed}} = 0.48 \text{ 秒}$$

为恒流起动时间

过渡过程时间

$$t_p = t_a + 7 \times 0.05 = 0.83 \text{ 秒}$$

计算结果与实验测试基本相符,与未采样的连续系统的动态性能非常接近。

采样周期可缩短,当周期为4~5毫秒时,实验室调试证明系统性能良好。当采样频率很高时,零阶保持器的延迟时间很短,可近似看作小惯性环节,并可与其它小惯性环节合并加以分析,甚至可看成连续系统。本系统实际采样周期小于12毫秒。

## 2. 温度检测与控制部分的设计及理论分析

硬件部分的设计及工作原理比较简单、下面着重对系统作理论分析。这部分的结构原理如图6所示

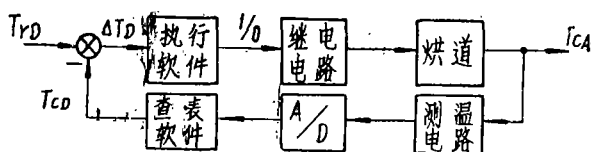


图6 温度检测与控制原理结构图

这是由离散、非线性连续及线性连续三部分组成,对这样的系统进行理论分析,应作必要的简化。

由于采样周期(数毫秒至数十毫秒)远小于连续部分的时间常数(数十秒至数分钟),因此就可以用连续系统理论来分析这种非线性系统。

烘道具有大惯性及纯滞后特性,

$$G(S) = \frac{Ke^{-\tau s}}{TS+1}$$

选择惯性及滞后小的测温元件,则测温元件的惯性及滞后较烘道小得多,可忽略。这样,若反馈通路不考虑各部件的测量,变换误差,可以看成具有单位负反馈结构。

由于控温对象是在一定的温度范围内工作,故执行软件是一个如图7所示的典型带滞环(2 $\Delta T_0$ )的二位式调节器<sup>[5][7]</sup>。

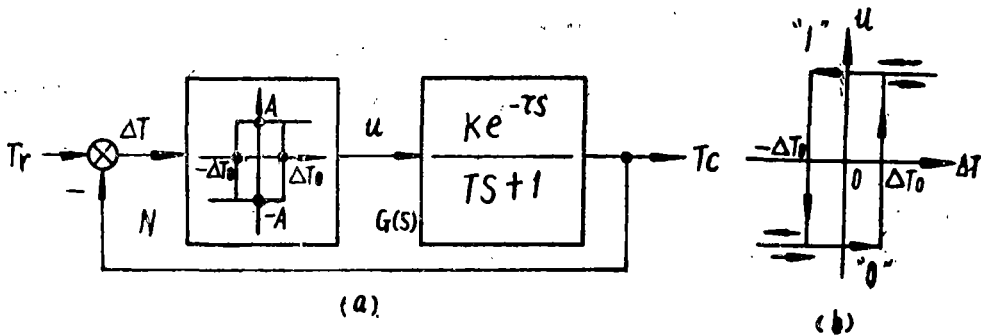


图7 (a)系统计算结构图 (b)二位式调节器图

用描述函数法分析此种非线性系统的稳定极限振荡性能。线性连续部分频率特性为

$$G(j\omega) = \frac{Ke^{-j\omega\tau}}{1+j\omega T} \quad (10)$$

其中

$K = (^\circ\text{C}/\text{V})$  连续部分增益。

带滞环继电器非线性的描述函数为

$$N = \begin{cases} \frac{4A}{\pi E} \angle -\sin^{-1} \frac{\Delta T_0}{E}, & E \geq \Delta T_0 \text{ 时} \\ 0, & E < \Delta T_0 \text{ 时} \end{cases} \quad (11)$$

其中

$A(\text{V})$  二位式调节器电压幅值,

$\Delta T_0(^\circ\text{C})$  滞环半宽,

$E(^\circ\text{C})$   $N$  的正弦输入幅值。

系统特征方程为

$$1 + NG(j\omega) = 0$$

为使环节传输特性非量纲化,将上式改写成

$$\begin{aligned} & 1 + \frac{\Delta T_0}{\Delta T_0} NG(j\omega) \\ &= 1 + \left( \frac{4\Delta T_0}{\pi E} \angle -\sin^{-1} \frac{E}{\Delta T_0} \right) \frac{AKe^{-j\omega\tau}/\Delta T_0}{1+j\omega T} \\ &= 0 \end{aligned}$$

可得

$$G(j\omega) = \frac{\Delta K}{\Delta T_0} e^{j\omega\tau} / (1 + j\omega T) \quad (12)$$

$$N = \frac{4\Delta T_0}{\pi E} \angle -\sin^{-1} \frac{\Delta T_0}{E}$$

即

$$-\frac{1}{N} = \frac{\pi E}{4\Delta T_0} \angle -180^\circ + \sin^{-1} \frac{\Delta T_0}{E} \quad (13)$$

对一个控温点的系统特性分析, 通过实验选定或测定各参数是

$$\Delta T_0 = 2(^{\circ}\text{C}), \tau = 0.25(\text{分}), T = 3(\text{分}), AK = 20(^{\circ}\text{C})$$

在同一复平面上画出  $G(j\omega)$  及  $-\frac{1}{N} \left( \frac{E}{\Delta T_0} \right)$  的矢端轨迹, 如图 8 所示。

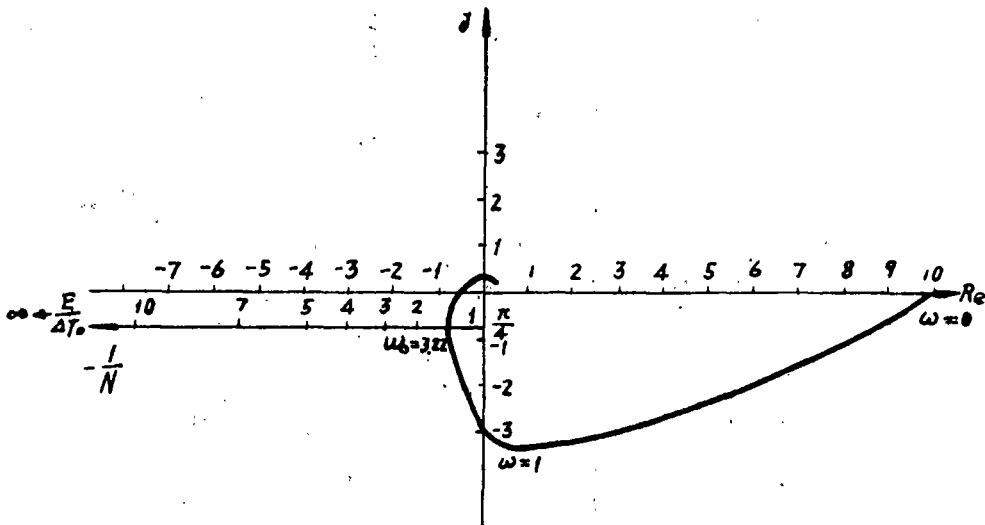


图 8  $G(j\omega)$  及  $-\frac{1}{N} \left( \frac{E}{\Delta T_0} \right)$  的矢端轨迹图

两条轨迹的交点是一个稳定极限周期振荡点, 其振幅为  $E_0 = 1.31\Delta T_0 = 2.62^{\circ}\text{C}$  频率  $\omega^* = 3.22$ , 即振荡周期  $T_0 = 2\pi/3.22 = 1.95$  分。

应当指出, 描述函数分析法是有误差的近似描述方法。本系统实际精度可达  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , 能满足一般生产工艺的要求, 且工作稳定可靠。

#### 四、系统的工作过程和程序设计

系统过程如图 9 所示。加电启动系统后, 微计算机立即进行初始化的工作, 即 CTC 计时初始化, 置 mod2 中断方式等。此后便检查工作方式开关。自动方式下, 取常用工作模式开始检测与控制, 手动工作方式是通过扫描模式开关来决定取指定工作模式进行检测与控制。

以后便是转速与温度的巡回检测和控制。本系统的温度点不超过十六点。主程序框图是不巡回检测时电机转速检测的最长时间间隔小于 12 毫秒的前提下设计的。如果温度检测点增多



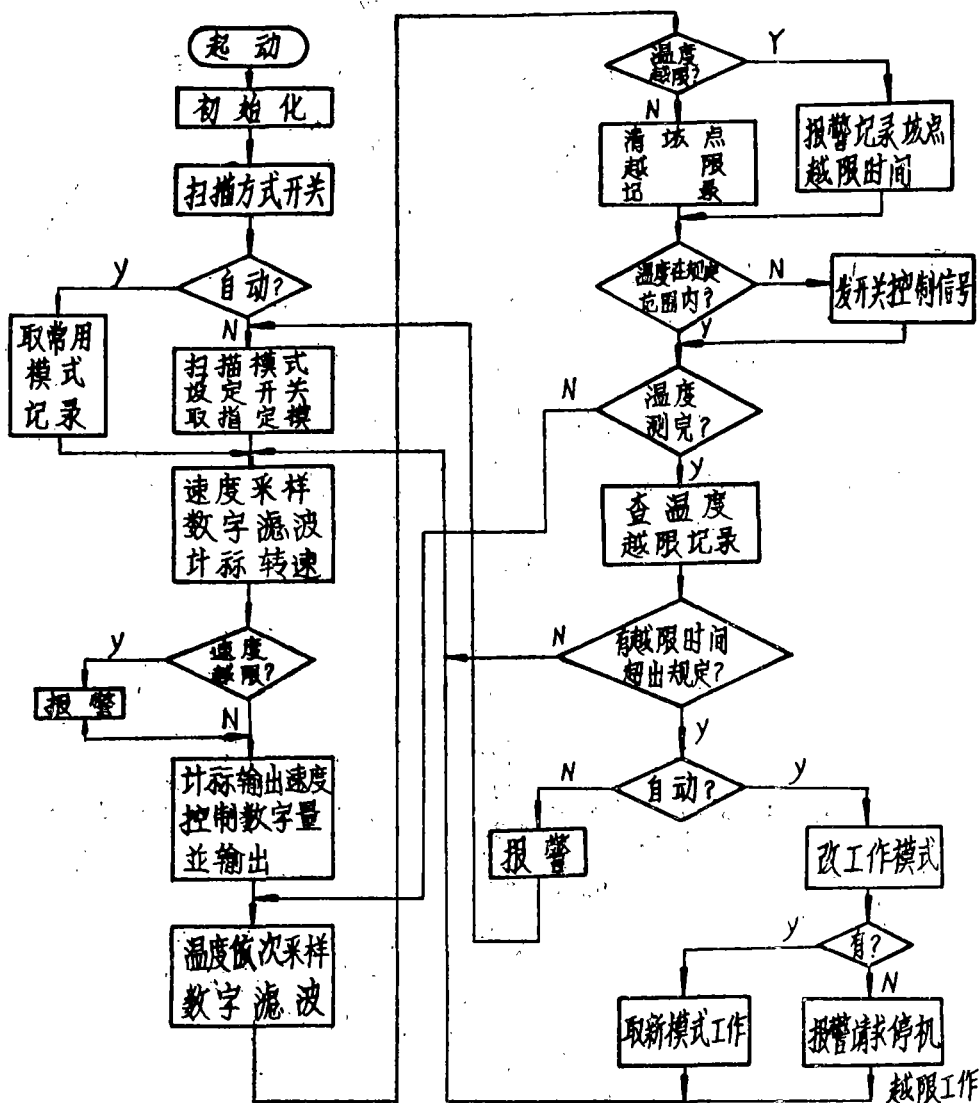


图9 主程序框图

则必须采用固定周期转速检测控制程序按排在 CTC 中断计时显示程序中。因一般十六个温度点控制已能满足要求, 本文仅介绍这一种程序结构。

转速信息由测速发电机发出, 经滤波调整线性光电隔离并再次调整为 0~5 伏, 经 A/D 转换成相应的数字量,  $0 \leq$  计算转速公式为:  $x = (A_m - A_0) \frac{M_x}{M} + A_0$ 。

其中

$A_m$  为最高转速限定值

$A_0$  为 A/D 零点值

$M_x$  为 A/D 转换所得的数字量

$M$  为 A/D 的满量程即转速达  $A_m$  时的值 255

实际工作转速略小于  $A_m$ , 而大于  $A_0$ 。

为了实现速度环的控制,必须对 A/D 转换得来的数值进行标度换算。换算公式为

$$M_y = \left(1 - \frac{A_o}{A_m}\right) \cdot M_x + \frac{A_o}{A_m} \cdot 255 \quad (14)$$

将  $M_y$  与设定模式中转速相应的设定值相减,输出偏移量到 D/A,以控制转速。

上述计算公式避免使用耗时标准乘法公式,采用快速高精度近似算法。以  $A_o = 970$  转/分,  $A_m = 1550$  转/分为例,将式(14)化为:

$$M_y = \frac{3}{8} M_x + 159.477$$

只要将  $M_x$  右移一位的值减去右移三位的值,即得  $\frac{3}{8} M_x$  的值。转速稳定值误差小于 1%。

温度检测。因工作温度范围控制在 128℃ 以内(例如 160℃ ~ 288℃),因而采用建立工作范围温度模数表,查表求得与 A/D 转换所得值相对应的温度值的方法,精度可达  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。加上其它原因产生的误差,温度最终误差达  $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

所谓温度分布就是根据工艺的要求和生产线的设计原则定出各点温度范围和转速。在实际控制中要考虑设备的热惯性及传感器的滞后特性而调整控制范围。如果某一点的温度超出了许可值,计算机发出的控制信号不能改变这一现象时称为越限,这时必须记录此点的越限时间。越限时间超过规定时间时,即为设备故障,或加热电压不正常而引起设备温度超出设计控制范围。如工作在自动方式,计算机将调整工作模式以适应这一变化,在保证质量的前提下避免停机停产。当所有模式均无法满足这一情况时,计算机报警要求停机,这时如不停机,工作将在越限工作方式。如计算机工作为手动方式,则计算机将对越限情况报警,要求人工干预,改变工作模式或停机。

实践证明该系统工作稳定,达到了预定要求。

## 五、系统的特点与继续开发

本系统不但能检测控制温度与电机转速,而且也能控制二者的相互协调,我们在理论设计和实践二个方面验证了系统的可行性,对强电与弱电的信息处理上采用线性光电耦合技术,提高了微计算机的抗干扰能力,使运行稳定可靠。本系统也可单独用于测温控温或电动机转速检测与控制。

本系统可在如下几个方面进一步开发。

- 1) 微计算机可扩大检测范围,如电源电压测量及产量统计等
- 2) 由于电机的实时控制要求,未设置打印机。在多生产线车间,可用 apple II 为主控机,同时与多个温度与速度检测系统相联,各种统计报表可由 appl II 打印,并可从主控机上发控制命令。这样的二级微计算机控制系统既可单机控制,避免因某些故障而全部停产,又可联机集中控制。

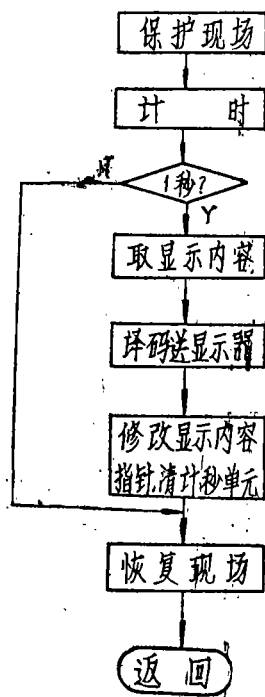


图 10 CTC 中断、计时、显示程序框图

3)电机转速控制可设计成开闭环复合系统,用专用微处理机加以控制,去除原双闭环控制柜。

4)增加各种故障检测控制功能。

#### 参 考 文 献

- [1] 蔡尚峰主编,《自动控制理论》,机械工业出版社,1980
- [2] 刘值桢、郭木河、何克忠著,《计算机控制》,清华大学出版社,1981
- [3] [苏]B、A 别列克尔斯基著,林华、古明泽,《数字自动控制系统》,科学出版社,1984
- [4] [美]R.J.比伯罗著,汪汉春译,《微处理机在仪器与控制中的应用》,国防工业出版社,1984
- [5] 厉玉鸣主编,《化工仪表及自动化》,化学工业出版社,1981
- [6] 陆道政、季新宝著,《自动控制原理及设计》,上海科学技术出版社,1978

86030

表面活性剂对蔗糖结晶MA、CV及CRI影响的研究,《无锡轻工业学院学报》,1986年,第5卷,第4期

主题词 表面活性剂;蔗糖;结晶

摘要 本文对制糖工业常用的几种表面活性剂在影响蔗糖结晶平均孔径(MA),变异系数(CV)及晶体规一性指数(CRI)方面作了系统的研究。参考国内外资料,我们自行设计按装了一套性能良好的实验室模拟煮糖装置,它充分满足试验要求。试验结果表明:在糖膏煮炼过程中,应该选用降粘和降表面张力作用强,受糖液性质影响小的非离子型表面活性剂,这不仅可以降低度蜜纯度,缩短煮糖时间,而且可改善蔗糖晶体外形和均匀度,提高成品白砂糖的感观质量。

作者:王文生、汪菊明

86032

微型计算机多点温度与电动机转速检测与控制,《无锡轻工业学院学报》,1986年,第5卷,第4期

主题词 计算机控制;温度测量;温度控制;电动机/电动机转速检测与控制

摘要 本文介绍了自行车烘漆线的微机控制系统的结构与原理,阐述了程序设计的方法;理论分析计算了速度系统与温度系统的动态性能指标,结果与实际情况大体相符;对系统的特点及进一步开发作了探讨。本系统能自动调节温度与电动机的相互关系,可推广应用于食品,轻工等行业的许多类似的生产自动线。

作者:孙荣胜、胡寿安、沈继祖

86031

饲料组份的容许误差及添加超量的简化计算,《无锡轻工业学院学报》,1986年,第5卷,第4期

主题词 均匀性;混合;差异系数;容许误差;组分的保证值;组分的超量

摘要 本文提出了一种在混合饲料加工中,计算组分含量的容许误差和添加超量的简化方法。它采用一组直线代替了过去所需的二组曲线。

作者:盛亚白

86033

计算机最佳分段线性校正,《无锡轻工业学院学报》,1986年,第5卷,第4期

主题词 一致逼近;数据处理;线性校正;非线性处理

摘要 本文介绍了一种最佳分段线性校正的工程方法。它基于一致逼近的原理,采用不连续折线一致逼近非线性曲线。把非线性问题转化成最佳分段线性问题,然后建立相关数据表,把查表和运算结合起来用于微处理机中进行最佳分段线性校正。

作者:陈进华

86032

**A MICROCOMPUTER MEASURING and CONTROLLING SYSTEM for MULTIPOINT of TEMPERATURE and the ROTATION RATE of MOTOR** «Journal of the Wuxi Institute Light Industry», Vol.5, No.4, 1986

**SUBJECTWORDS** computer control, temperature measurements, electric machines/the rotation rate measurement and control of motor

**ABSTRACT** The structure and principle of a micro computer control system for stoving finish automation line in bicycle factory is introduced. Its programming method is expounded. The dynamic performance indexes of its rotation rate and temperature are analyzed and calculated in theory, and the results are basically tallied with the actual situation. The characteristic of this system and its further development are explored. This system can automatically adjust the relation between temperature and rotation rate and is applicable to other similar of automation line in food and, light industries, etc.

Author, Sun Rongsheng, Hu Shouan, Shen Jizu

86030

**EFFECT of SURFACTANTS on MA, CV and CRI of SUCROSE CRYSTALS** «Journal of the Wuxi Institute Light Industry», Vol.5, No.4, 1986

**SUBJECTWORDS** surfactant, sucrose, crystal

**ABSTRACT** A systematic investigation on effect of a few surfactants usually used in sugar manufacture on MA(Mean Aperture), CV (Coefficient of Variation) and CRI (Crystal Regularity Index) of sucrose crystals is presented. In term of reference materials, a set of simulated boiling apparatus which performs satisfactorily, to meet the needs of tests is designed and installed. The results of tests show, during boiling, we should select nonionic surfactants which are greater in reducing of viscosity and surface tension, and are not affected by nature of sugar solution. Not only can these surfactants reduce the purity of black molasses and shorten the boiling time, but also improve the sensitive qualities of white sugar, such as sucrose crystals shape and uniformity.

Author, Wang Wensheng, Uang Juming

86033

**OPTIMAL SEGMENT LINEAR CALBRATION WITH COMPUTER** «Journal of the Wuxi Institute Light Industry», Vol.5, No.4, 1986

**SUBJECTWORDS** uniform approximation, data processing/linear calibration, nonlinear process

**ABSTRACT** A new engineering method of optimal segment linear calibration, is introduced. It is based on the principle of uniform approximation, adopting the method of approximating nonlinear curve with noncontinuous bent line uniformly. Nonlinear problems are converted into optimal segment linear problems. Then a related data table can be set up, and table checking and calculating are combined for optimal segment linear calibration in microprocessor.

Author, Chen Jinhua

86031

**A SIMPLIFIED CALCULATION METHOD of TOLERANCE ERRORS and EXCESS of FEED COMPONENTS** «Journal of the Wuxi Institute Light Industry», Vol.5, No.4, 1986

**SUBJECTWORDS** uniformity, mixing coefficient of variation, tolerance errors, Guarantee of component, excess of component

**ABSTRACT** A simplified calculation method of tolerance errors and excess of feed components in feed manufacturing is presented. A group of straight lines are used in the method instead of two groups of curves that were applied before.

Author, Sheng Yabai