

中国计算机应用软件人员  
水平与职称考试指导丛书

# 实时处理与控制

王顺晃 主编



中国科学技术出版社

73.822  
123

中国计算机应用软件人员  
水平与职称考试指导丛书

# 实时处理与控制

王顺晃 主编

中国科学技术出版社

DS79/23

### 内 容 提 要

本书是作者多年来从事计算机控制教学和科研的总结。它从提高读者实际应用水平的角度出发,深入浅出地阐述计算机控制系统理论、接口和硬件连接,并着重从几个方面深入地介绍实时处理与控制的应用软件设计。

本书对应试实时处理与控制的应用软件人员有明确的指导作用。适宜于从事过程自动化工程的技术人员阅读,还可作为大专院校工业自动化专业的教材和教学参考书。

(京)新登字 175 号

中国计算机应用软件人员  
水平与职称考试指导丛书  
实时处理与控制

\*

王顺晃 主编  
责任编辑 白丽娟  
封面设计 王序德  
技术设计 范小芳

\*

中国科学技术出版社出版(北京海淀区白石桥路 32 号)  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
北京昌平百善印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15.5 字数: 370 千字  
1992 年 10 月第 1 版 1992 年 10 月第 1 次印刷  
印数: 1— 2700 册 定价: 11.00 元  
ISBN 7-5046-0732-0/TP·27

## 编者的话

本书着重从应用角度出发,深入浅出地阐明计算机控制系统设计理论、接口和硬件连接,较全面深入地解剖几个不同类型计算机控制系统软硬件设计全过程,特别是对应用软件设计作了详尽的讨论,以期读者掌握本书后能独立分析和设计一个计算机控制系统。本书可作为应用软件人员水平考试参考书之一,也可作为大学工科院校工业自动化专业教学用书。

本书第一、五章,第三章中§3-9节由北京科技大学王顺晃同志执笔;第二章由北京科技大学吴宝亮同志执笔;第三章中§3-1~§3-8由北京科技大学王京同志执笔;第四章由北京科技大学许耀昌同志执笔。王顺晃同志还担负全书的主编工作。

由于我们业务水平有限,加之编写时间较仓促,缺点、错误是难免的,希望读者提出批评和宝贵意见。

编者

1991年4月

# 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	1
§ 1-1 序言 .....	1
一、计算机控制系统的一般概念 .....	1
二、计算机在线和离线控制方式 .....	2
三、实时控制与处理 .....	2
§ 1-2 计算机控制系统设计的一般步骤 .....	3
一、建立数学模型 .....	3
二、进行静态计算 .....	3
三、计算机和外围设备的选择 .....	3
四、软件编程 .....	4
五、系统软硬件调试 .....	4
§ 1-3 计算机控制系统的分类 .....	4
一、开环计算机控制系统 .....	4
二、闭环计算机控制系统 .....	7
三、多级计算机控制系统 .....	11
四、分散集中型计算机控制系统 .....	11
五、分布式的计算机控制系统 .....	12
六、计算机控制系统的可靠性 .....	13
七、计算机控制系统的通讯问题 .....	13
<b>第二章 过程输入输出通道</b> .....	14
§ 2-1 过程输入通道 .....	14
一、模入通道的电路结构及其工作原理 .....	14
二、模拟多路切换器 .....	16
三、采样保持器 .....	17
四、模拟/数字转换原理 .....	18
五、单片式集成 A/D 转换器 .....	22
§ 2-2 过程输出通道 .....	24
一、模出通道的电路结构及其工作原理 .....	24
二、数/模转换原理 .....	25
三、单片式集成 D/A 转换器 .....	30
§ 2-3 模入模出接口板 .....	32
<b>第三章 计算机控制系统设计理论</b> .....	35
§ 3-1 线性定常离散系统的数学描述 .....	35

一、线性定常离散系统	35
二、差分方程	36
§ 3-2 采样过程和采样定理	40
一、采样过程的数学描述	41
二、采样信号的频谱分析及采样定理	42
§ 3-3 Z变换	45
一、Z变换定义	45
二、Z变换方法	45
三、Z变换的性质	47
四、Z反变换	49
五、用Z变换求解差分方程	50
§ 3-4 脉冲传递函数	52
一、脉冲传递函数的定义	52
二、脉冲传递函数与差分方程的相互转换	53
三、脉冲传递函数求法	54
四、扩展Z变换	58
§ 3-5 保持器	63
一、零阶保持器	64
二、一阶保持器	66
§ 3-6 线性离散系统特性分析	68
一、稳定性分析	68
二、静态误差	70
§ 3-7 计算机控制系统的连续设计方法	73
一、概述	73
二、数字PID调节器的连续设计	74
三、数字滤波器法	79
§ 3-8 计算机控制系统的离散设计方法	86
一、最小拍随动系统的数字调节器设计	86
二、具有大滞后对象的计算机控制系统设计	96
§ 3-9 建模和自适应控制算法	101
一、被控对象数学模型的建立	102
二、自适应控制算法	112

#### 第四章 数据采集及处理 119

§ 4-1 微型计算机数据采集系统	119
一、数据采集系统的基本程序流程图	119
二、多路采集系统的程序框图	119
§ 4-2 数字滤波	120
一、硬件滤波	121

二、软件滤波 .....	124
§ 4-3 线性化处理 .....	128
一、可用数学方程表示的处理 .....	128
二、折线近似与插值逼近 .....	129
三、标度变换 .....	131
§ 4-4 越限报警及显示 .....	132
一、越限报警 .....	132
二、显示 .....	133
<b>第五章 实时控制系统的设计</b> .....	<b>139</b>
§ 5-1 用微型机控制直流可逆调速系统 .....	139
一、问题的提出 .....	139
二、系统硬件连接 .....	139
三、对象数学模型、控制器的设计及采样周期的选择 .....	139
四、系统软件设计 .....	151
§ 5-2 数字随动系统 .....	175
一、引言 .....	175
二、微机化随动系统的组成 .....	175
三、控制对象的数学模型,控制器的设计及 采样周期的确定 .....	177
四、系统软件设计 .....	180
五、数字随动系统负载观测器 .....	183
§ 5-3 电加热炉炉温随机最优控制 .....	187
一、概述 .....	187
二、控制对象的模型辨识 .....	188
三、卡尔曼滤波器的设计 .....	194
四、最佳反馈控制器的设计 .....	196
五、自适应补偿的计算 .....	196
六、控制器算法总框图及软件设计 .....	197
七、电加热炉自由升温分段最优控制 .....	200
八、结论 .....	202
§ 5-4 非晶制带钢水液位智能控制系统 .....	202
一、非晶制带生产工艺及对自动控制提出的要求 .....	202
二、非晶制带钢水液位控制被控对象特性分析 .....	203
三、非晶制带钢水液位智能控制问题的引入 .....	205
四、非晶制带钢水液位智能控制系统硬件连接 .....	206
五、非晶制带钢水液位智能控制系统的设计 .....	206
六、非晶制带钢水液位模糊控制系统的设计 .....	208
七、仿真和实时控制结果 .....	212

§ 5-5 实时控制系统软件编制语言 .....	217
一、用汇编语言编制应用程序 .....	217
二、混合汇编语言在实时控制中的应用 .....	217
三、高级语言在实时控制中的应用 .....	219
附录一、例题解答及题例分析 .....	220
附录二、部分 Z-80 汇编语言实时控制程序清单 .....	236
参考文献 .....	239



# 第一章 概 论

## § 1-1 序言

### 一、计算机控制系统的一般概念

随着自动控制技术的不断发展,由具有简单运算能力的PI、PID调节器组成的单输入输出自动调节系统,现在已发展到具有复杂运算能力调节器组成的多输入输出系统。前者,简单的调节器很容易用硬件来实现;而后者,复杂的调节器(包括最优调节器,自适应调节器,智能控制器等)若用一般硬件就很难实现,因而最优控制、自适应控制、智能控制的发展受到制约。

计算机问世,引起自动控制工程技术人员的极大关注,是否能利用计算机来代替复杂的调节器呢?经过实践,60年代初已开始用计算机来代替模拟调节器,实现直接数字控制(DDC)。但是当时计算机价格高,可靠性差,还未能用于过程控制。随着计算机的发展,70年代后已出现微型机,这种计算机可靠性进一步提高,价格又便宜,这为计算机取代复杂的调节器铺平了道路,促进自适应控制技术、最优控制技术的发展,促进现代控制理论在实践中的应用。

当然,也可以用1台价廉的微型机控制数台、几十台、几百台的生产机械和对象,即用1台计算机取代数个、数十个、数百个自动调节回路中PI、PID调节器,所以用1台计算机就可以实现对多台生产机械的群控。

综上所述,利用计算机进行生产过程自动控制,可以把计算机看成自动控制系统中的一个环节(调节器),其简化结构框图如1-1所示。

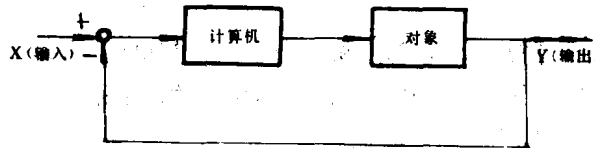


图 1-1 计算机控制系统框图

从本质上看,图 1-1 是通用的,若控制对象不同,只要改变计算机算法(数值运算或逻辑运算)即可。所以采用计算机控制的任何生产过程都可以归纳为 3 个控制环节:

1. 实时收集数据:对生产过程各种物理量进行数据采集;
2. 实时决策:对收集来的各种物理量,按给定的静动态指标进行分析计算,作出控制决策;
3. 实时控制:根据决策,适时地对各个执行机构发出控制信号。

这个过程不断重复,保证整个系统按一定动态指标进行工作,同时还可以对过程与设备的异常状态及时监督并作出迅速的处理。显然,模拟控制、人工控制对一些快速系统不可能在监督控制中进行实时决策和实时处理异常状态,因而得不到良好的监控品质。只有计算机

每秒几百万次,几十亿次的处理速度支持整个系统工作,才有可能更好地提高系统控制品质。因此计算机控制系统有如下特点:

能实现各种复杂的运算,如最优计算、自适应计算、卡尔曼滤波计算、数字滤波计算、以提高系统的控制性能,提高产品质量;

能实现多机群控,降低成本,提高劳动生产率;

用计算机进行实时控制,可以很容易实现整个车间、工厂全盘自动化,减少操作人员,甚至可以实现整个车间无人控制。同时可以减轻劳动强度,改善劳动条件。这就促使我们深入研究计算机控制系统。

## 二、计算机在线和离线控制方式

若控制对象(设备)和计算机相连,它的工作状态直接受计算机控制,我们称这种控制为“联机”方式或“在线”方式。

若控制对象和计算机断开,它的工作状态不受计算机直接控制,我们称这种控制为“脱机”方式或“离线”方式。而任何计算机控制系统都是“在线”工作方式。因为离线方式不能及时地对系统进行控制和处理,这里及时就是所谓实时性。

## 三、实时控制与处理

### 1. 计算机操作系统的概念

#### (1) 批处理系统

所谓批处理指的是:

① 系统内可以同时容纳多个作业,这些作业放在外存储器中,组成一个后备作业队列,系统按一定调度原则,每次从后备作业队列中取出一个或多个作业调入内存运行。运行作业结束,退出及后备作业再进入运行均由系统自动实施;

② 系统向用户提供的是一个“脱机”操作方式。用户和作业之间没有交互作用,一旦进入系统运行,用户不能在计算机前直接干预其作业运行。

#### (2) 分时系统

它向用户提供同一台计算机,1台计算机联有多个计算机终端,多个用户可以在自己的终端上以交互作用方式联机使用计算机。分时操作系统的作用是及时响应和服务于多个终端,因而其设计目标是对用户响应的及时性。

但是,分时系统和批处理系统的共同点是“作业处理”,即用户以作业为单位使用计算机,操作系统以作业为处理对象。

#### (3) 实时系统

系统能及时响应外部发生的随机事件,并以足够快的速度完成对事件的处理。所谓外部事件是指与计算机相连接设备(控制对象、键盘等)提出的服务要求,如数据采集、情报检索、控制器输出等。

由于信息处理和过程控制都有一定的实时要求,我们可以把实时系统分为实时信息处理系统和实时过程控制系统。

### 2. 实时处理

这种系统一般配有大型文件和数据库,预先存有已知数据,能及时响应来自终端的服务请求,进行信息检索、修改、更新、加工、删除等功能,并在很短时间内对用户作出正确回答。这类系统如机票预定,银行业务等。

实时系统又不同于作业处理系统,它是以数据或信息作为处理对象的。

### 3. 实时控制

过程控制对实时性提出更高的要求。由于生产过程状态变化是随机的,但不管状态参数如何变化,都应对此“事件”作出及时响应,以保证系统能以最好的品质工作。这就可能发生“事件”和“响应”之间反应速度问题,其时间延滞 $t$ 就是这个反应速度的测度,如果 $t$ 很小就说明系统是实时的。但不同生产过程实时性也不同。对于温控系统, $t$ 为秒级就可以说是实时的,而对调速系统毫秒级才算是实时的。所以实时指标对具体过程才有意义。这类系统由计算机直接控制生产过程,如加热炉最佳燃烧控制系统,电炉电极升降控制系统等,因而实时控制系统就是计算机控制系统,它对实时性有更高的苛刻要求:

- (1) 响应时间快;
- (2) 中断能力强;
- (3) 可靠性高;
- (4) 一般有人机对话。

事实上,由于计算机的成就,推动了计算机控制系统的发展,目前已广泛应用于石油、化工、冶金、电力、水泥、造纸、机械、航空、汽车等许多工业部门;并从一般直接数字控制(DDC)发展到多级控制,集中分散控制、分布式控制。深信计算机科学的各项成就将进一步推动计算机控制系统向更高层次发展。

## § 1-2 计算机控制系统设计的一般步骤

### 一、建立数学模型

所谓建立数学模型就是要求取对象传递函数或状态方程。一个复杂的生产过程数学模型需要借助生产操作人员现场经验,并以生产内在机理为基础,结合应用数学的一些方法,才能得到准确的数学模型。对于时变非线性对象还需要在线辨识技术,对控制对象进行参数辨识,最后得到近似的模型。

### 二、进行静态计算

有了对象数学模型,提出满足一定经济技术指标的目标函数,并以此寻找满足该目标函数的控制律。

### 三、计算机和外围设备的选择

#### 1. 计算机的选择

(1) 字长:要选择能满足系统精度的字长。因为字长越长,精度越高,但价格相应提高了,所以字长的选择只要满足系统精度要求就可以。例如8位字长能满足精度要求,就不用选择16位字长的计算机。

(2) 速度:运算速度的选择直接影响系统的快速性。若系统要求响应快,就必须选择运算速度高的计算机,若系统本身响应慢,就不必选择运算速度快的计算机。

(3) 内存容量:内存容量取决于控制算法的复杂程度,若控制算法复杂,计算量大,所需处理的数据多,需占内存多,就要选择内存容量大的计算机;反之亦然。

(4) 中断能力:计算机控制系统所需要的中断能力,不仅要解决主机和外设并行交换信息,而且要解决多道中断服务程序、故障处理、多机联接等,因而要选择中断能力强的计算机。

(5) 可靠性:过程控制对计算机可靠性提出很高的要求,一般要选择专门用于实时控制的计算机。

## 2. 外围设备选择

(1) 模入模出板:选择模入模出板主要取决 A/D 和 D/A 转换器的精度,A/D 和 D/A 转换器位数越长,精度越高,所以希望 A/D 和 D/A 位数越长越好。但是,其位数越长,价格越高,因而位数选择只要满足精度即可。

(2) 其他外部设备:一般只要选择合适的打印机、显示器、键盘及软盘硬盘外存储器就可以了。

## 四、软件编程

已经求出控制器方程,首先要把这方程离散化,变成适于计算机运算的差分方程、设计系统程序总框图,然后编制各部分的应用程序。这里不管 PI、PID 算法,最优算法或自适应算法等,都不增加硬件资源,只要研制不同软件就能实现高性能的控制系统,显示了计算机控制系统的优点。

## 五、系统软硬件调试

调试中要特别注意抗干扰问题。显然从自动控制的观点来看,实现计算机控制精力应集中在应用软件编制和调试上。

## § 1-3 计算机控制系统的分类

计算机控制系统分类多种多样。若按系统功能可分为:数据处理系统;直接数字控制(DDC);监督控制(SCC);多级控制;分布式控制;计算机网络。若按控制规律可分为:程序和顺序控制;PID 控制;最小拍控制;复杂规律控制;智能控制。若按控制方式可分为:开环控制和闭环控制。本书按控制方式来分类,而且主要讨论闭环计算机控制系统理论和设计方法。

### 一、开环计算机控制系统

#### 1. 数据采集系统

(1) 硬件结构框图:此系统的目的是利用计算机对生产过程多个参数进行自动测量、显示、打印,供操作人员监视现场生产情况。若某参数偏高设定值,操作人员马上去调节,这种人工干预系统是属于开环计算机控制系统。其简化硬件连接如图 1-2 所示。

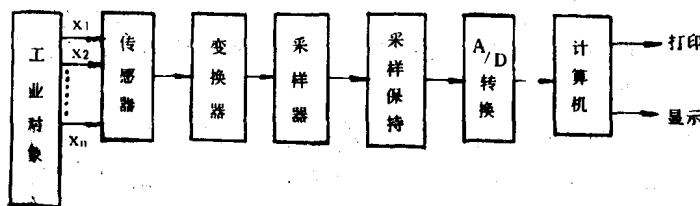


图 1-2 数据采集系统

① 传感器:把生产现场的非电量变成电信号,如温度传感器就是用热电偶把温度变成电信号。通称一次仪表。

② 变换器:把传感器输出微弱信号经滤波、线性化处理、放大变成标准电压信号和电流信号。

③ 采样器:它相当于一个转换开关,按照不同时刻循环接通现场各测量点,把不同的物理量如温度、压力、流量等信号采入计算机。循环一次采入所有测量点所需的时间就称为采样周期,这一转换开关也称为采样开关。

④ 采样保持器:这是为提高 A/D 转换器的精度而专门设置的。

⑤ A/D 和 D/A 转换器:因为计算机都是按二进制运算,而现场信号是模拟量,所以必须把这一模拟信号变成二进制代码,A/D 转换器就是为了完成此任务而设计的。若要使计算机输出控制生产过程,而控制生产过程需要模拟量,但计算机输出是二进制代码,所以在计算机输出要设置一个 D/A 转换器,把二进制代码变成模拟信号,以控制生产过程。

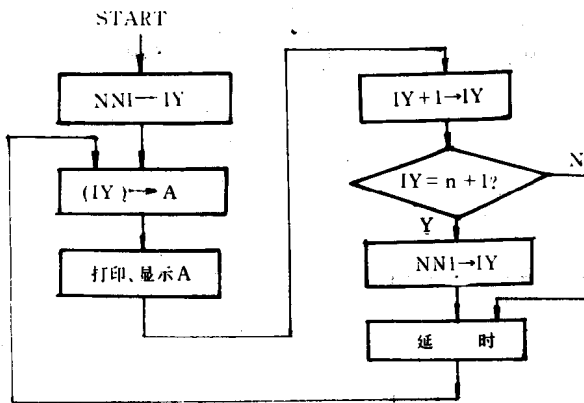


图 1-3 数据采集程序框图

(2) 程序框图:设现场需要采集的物理量为  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , 它们接在相应的模入板口地址上,模入板地址分配为:

NN1:01  
02  
.  
.  
.  
on

其相应程序框图如图 1-3

所示。

(3) 工作过程:系统启动后,计算机执行数据采集程序,每一个采样周期采集一个现场的物理量,经 A/D 转换器送入计算机,计算机立即显示打印

结果。这种循环采样打印显示,就可以有效地监视现场各测量点状况。

## 2. 数据处理系统

数据处理是对现场各个物理量进行循环检测送入计算机,计算机按照预设定的数学模型进行运算,运算结果显示打印。其硬件连接和数据采集系统相同。而程序框图只需在数据采集系统程序框图上加一计算框即可。例如炉外精炼计算机数据处理系统。计算机按预定采样周期,循环采入  $N_2, O_2, CO, CO_2, \dots$  等 13 种元素送入计算机,计算机根据已建立的数学模型(1-1)所示,算出钢水含碳量  $C\%$ ,显示打印结果。

$$C\% = f(N_2, N_2, CO, \dots) \quad (1-1)$$

若  $C\%$  满足要求立即出钢;若不满足要求,就人工调节  $O_2, N_2$  等元素,直到满意为止。

## 3. 计算机顺序控制

### (1) 什么叫顺序控制

各种生产自动线要求顺序启动和顺序停车,如制砖送料系统,顺序启动设备是除尘器、送料皮带、振动筛、球磨机、输出皮带。机床加工一个零件分几步完成也属于单机顺序控制。如何实现顺序控制呢?

## (2) 一般顺序控制

过去一般顺序控制器都是利用硬件搭成,如继电器、矩阵板顺控器、可编程序顺控器;这类顺控器由于设备复杂,价格高,适应性和可靠性差都未能大力推广。价廉、可靠性高的微型机出现,为顺序控制提供良好的条件。计算机、PLC、PC 用于顺序控制,它不仅可以单机顺序控制,而且可以实现多机顺序控制,即用 1 台计算机控制多条生产自动线或多台机床。

## (3) 计算机顺序控制

设生产某种机械产品的工艺要求是:机器启动后  $Z_1$  动作;到 3 秒钟后  $Z_2$  动作,  $Z_1$  停;到 10 秒后  $Z_3$  动作,  $Z_2$  停;到 13 秒后  $Z_4$  动作,  $Z_3$  停;到 21 秒后  $Z_5$  动作,  $Z_4$  停;到 23 秒后  $Z_6$  动作,  $Z_5$  停;到 25 秒后  $Z_7$  动作,  $Z_6$  停;到 27 秒后  $Z_8$  动作,  $Z_7$  停;到 29 秒后  $Z_8$  停。经过  $Z_1 \sim Z_8$  顺序工作完成后,生产出一个零件。然后重新启动机器,生产另一个零件。根据上述工艺要求,我们可以作出相应的按时间动作顺序表,即在规定的时间内输出相对应的控制量,使得相应电磁阀得电为“1”或失电为“0”即可。这种按时间顺序动作表如图表 1-1 所示。相应的程序框图如图 1-4 所示。

以上讨论的是以时间为基准的顺序控制,当然也可以限位开关为基准的顺序控制。例如

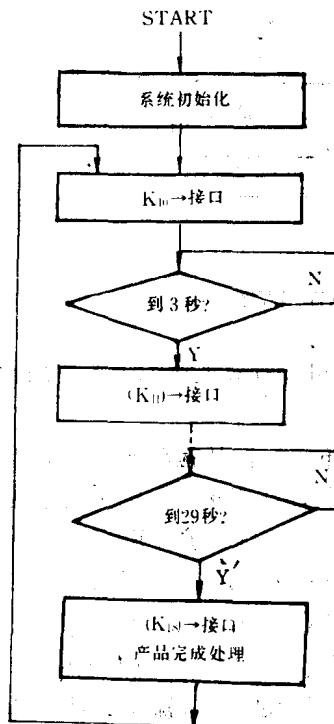


图 1-4 顺序控制程序框图

按时间顺序动作表

表 1-1

阀状态	延时	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	秒
		0	3	10	13	21	23	25	27	29	
		Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>	Z <sub>7</sub>	Z <sub>8</sub>	停	
K <sub>10</sub>		1	0	0	0	0	0	0	0		
K <sub>11</sub>		0	1	0	0	0	0	0	0		
K <sub>12</sub>		0	0	1	0	0	0	0	0		
K <sub>13</sub>											
K <sub>14</sub>											
K <sub>15</sub>											
K <sub>16</sub>											
K <sub>17</sub>		0	0	0	0	0	0	0	1		
K <sub>18</sub>		0	0	0	0	0	0	0	0		

注：①Z<sub>1</sub>~Z<sub>8</sub>为电磁阀

②K<sub>0</sub>~K<sub>8</sub>为存放时间单元

③K<sub>10</sub>~K<sub>18</sub>为存放输出控制量单元

某行程开关到位就允许下一个机械设备启动等。总之，计算机顺序控制，特别是 PLC 和 PC，在现代化企业中已占举足轻重的地位。

## 二、闭环计算机控制系统

所谓闭环计算机控制系统是计算机分别采集现场各个控制对象的信息后，不要人工干预，自动输出信号去控制相应的对象，使控制对象某参数保持预期的数值。这与开环计算机控制系统有本质上的区别。

### 1. 力学持久机电加热炉炉温计算机控制系统

(1) 力学持久机电加热炉结构如图 1-5 所示，它由平面台、砝码、杠杆、炉子组成。

① 力学持久机电加热炉的功能：用于测试合金钢在一定压力和温度下的力学性能。把被测量的合金钢(试样)放在一定温度的炉子中，然后通过杠杆和砝码给试样加一定拉力，看此试样经过多少时间被拉断，拉断所需时间越长，说明试样力学性能越好。这种设备就称为力学持久机。

② 炉子热源由上下电阻丝加热而产生。

③ 炉子温度由热电偶进行检测。

④ 力学持久机电加热炉对自动控制提出的要求：根据不同的工艺要求，不同合金材料测试温度不同，一般在 850~1200℃，要求炉子以室温升到规定温度后长期(几十小时)稳定在规定的温度，温差允许范围为±1~±2℃，这是一个恒值调节系统，可以用一般温度调节系统来解决。

### (2) 控制方案

① 用一般 PID 调节器来实现温度恒值控制。这样每个炉子都要用两块 PID 调节器实现各自闭环控制，以保持每个炉子上下点温度恒定不变。而一般一个车间有几十台，甚至几百台这样的持久炉，就要用上百个 PID 调节器，设备多，调整也不方便。特别是升温过程中，

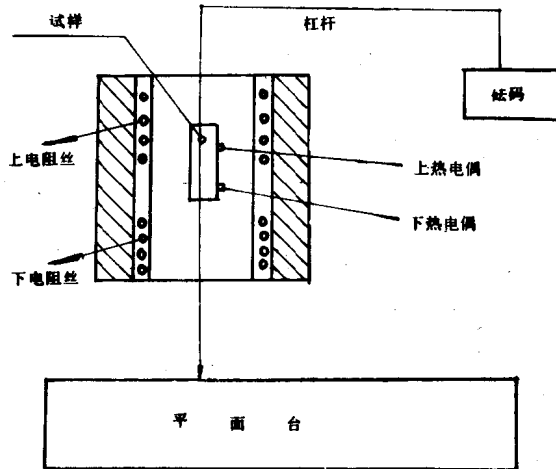


图 1-5 力学持久机电加热炉结构

每隔 15 分钟就需测量调节一次温度,大约 5 到 6 小时才能把温度上升到规定值,一个操作工人最多也只能管理 10 台炉子。这样调节温度波动大,影响产品质量。针对以上控制方案存在的问题,1975 年提出用计算机控制。

② 力学持久机电加热炉计算机控制,可以用 1 台计算机取代上百个 PID 调节器,并实现升温过程自动控制,这样可以节省设备和人力,又能提高产品质量。

(3) 持久机电加热炉计算机控制系统硬件连接

设本系统由 1 台计算机控制  $n$  台持久炉,每个炉子有上下测量点,由于两个测量点在同一炉子中,它们之间互相影响,所以本系统是属于多输入输出系统。系统中每一个测量点都可以独立组成一个温度自动调节回路,因此本系统应有  $2n$  个自动调节回路。其简化硬件连接如图 1-6 所示。

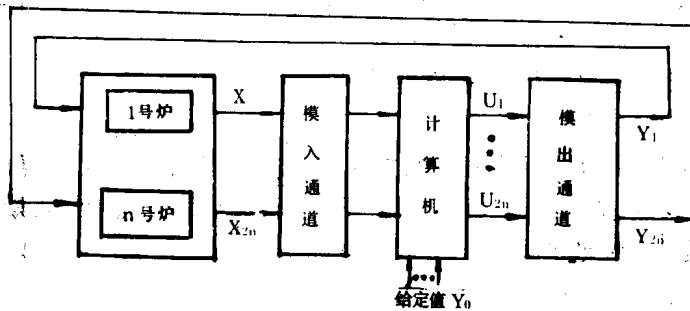


图 1-6 多回路计算机控制系统

下面画出一个调节回路硬件连接图(如图 1-7 所示)。



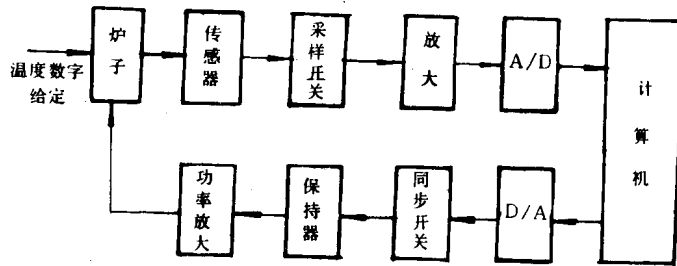


图 1-7 一个调节回路硬件框图

同步开关与模入通道采样开关相同。模出通道中一个较特殊环节是输出保持器：由于计算输出时只有同步开关合上瞬间才有输出，过了这个瞬间就没有输出，这对连续生产过程是不允许的，所以设置这一环节，把计算机瞬间输出信号送到此环节保持，直到输入新信息后，才改变相应的输出。确保生产过程连续进行，这环节就称为保持器。

(4) 程序框图：图 1-8 为相应的程序框图。

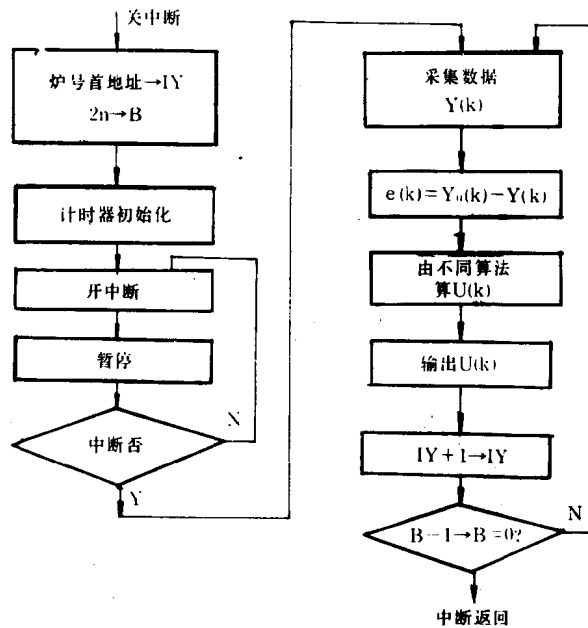


图 1-8 持久炉炉温计算机控制系统程序框图

(5) 工作过程分析：这里以温度上升到规定值后进行恒温调节。开机后，使每个炉子上