

计算机控制系统

王树人

辽宁大学计算机系

1989.12

目 录

第一章 计算机控制系统概述.....	1
第一节 计算机控制系统的组成.....	1
一. 用户现场.....	1
二. 外围通道.....	2
三. 计算机系统.....	3
第二节 计算机控制系统的分类.....	5
一. 数据收集系统.....	5
二. 操作指导控制系统.....	5
三. 监督控制系统.....	6
四. 直接数字控制系统.....	6
五. 分级分布控制系统.....	7
第三节 计算机控制系统的控制规律.....	8
一. 顺序控制.....	8
二. 程序控制.....	8
三. PID 反馈控制.....	9
四. 最优控制.....	11
五. 自适应控制.....	11
六. 自学习控制.....	11
第二章 敏感元件及传感器.....	12
第一节 传感技术概述.....	12
一. 传感器的定义和组成.....	13
二. 传感器的分类.....	14

第二节	温度传感器	16
一。	膨胀式温度传感器	16
二	电阻式温度传感器	17
三	半导体结型温度传感器	20
四	集成电路温度传感器	24
五	热电耦	25
第三节	力传感器	29
一	电位式压力传感器	29
二	应变式力传感器	30
三。	压电式力传感器	32
四	直流电桥	34
第四节	流量传感器	39
一	涡轮流量传感器	39
二。	电磁式流量传感器	40
三	差压式流量传感器	42
第三章	运算放大器	43
第一节	运算放大器的典型电路	43
一	运算放大器与G23的外形和外部接线	44
二	电路结构和工作原理	44
三	运算放大器的调零和补偿	47
第二节	运算放大器的技术指标	49
一。	增益特性	49
二	输入特性	51
三	输出特性	51
四	频率特性	53

第三节	运算放大器的基本应用	55
一	理想运算放大器	55
二	比例放大器	55
三	仪器放大器	61
四	加法放大器	63
五	PID放大器	65

第四章 采样/保持。数/模。模/数转换 70

第一节	采样/保持器	70
一	采样/保持器的作用	70
二	采样/保持电路	71
三	采样定理	74

第二节	数/模转换	79
一	权电阻型D/A转换器	79
二	倒T型电阻D/A转换器AD7541	81
三	D/A转换器的主要技术指标	84

第三节	模/数转换	86
一	并行比较型A/D转换器	87
二	反馈比较型A/D转换器	90
三	间接A/D转换器	93
四	集成A/D转换器ADC1210	97

第五章 模拟开关电路 99

第一节	模拟开关的特性和分类	99
一	模拟开关的主要特性	99
二	模拟开关的分类	101

第二节	机械触点开关	101
-----	--------	-----

一	电磁式继电器	101
二	干簧继电器	102
三	湿簧继电器	103
四	继电器的驱动	104
第三节	半导体模拟开关	105
一	晶体管模拟开关	105
二	J—FET模拟开关	107
三	MOS—FET模拟开关	110
第四节	多路切换电路	113
一	译码器典型电路	114
二	多路开关配置	119
第六章	抗干扰技术	123
第一节	干扰的传播途径	123
一	公共阻抗耦合	123
二	传导耦合	124
三	电磁耦合	125
第二节	电源干扰的抑制	127
一	交流电源干扰的抑制	127
二	直流电源干扰的抑制	133
第三节	接地技术	137
一	电源变压器屏蔽接地	138
二	降低公共阻抗	139
三	印刷电路板地线敷设	140
四	光电耦合	140
五	系统地线的敷设	143

第四节	放大器干扰的抑制	145
一	串模干扰及其抑制	145
二	共模干扰及其抑制	150
第七章	微型计算机控制系统	155
第一节	铝电解生产过程控制	155
一	工艺操作简介	155
二	控制系统	159
三	控制程序	162
第二节	炉温控制	168
一	控制系统结构	169
二	数学模型	173
三	参数初置和炉温跟踪	177
四	控制程序	178
第三节	微型机控制机械加工	185
一	线切割机床的工作原理	185
二	数学模型	189
三	控制系统	196
四	键盘命令	199
五	线切割机系统语句格式	201
六	系统管理程序	204

第一章 计算机控制系统概述

第一节 计算机控制系统的组成

生产过程的控制系统，应具有检测、控制和管理三方面的功能。以一个单机控制系统为例。如图1-1所示。其组成包括计算机系统 and 外围通道二大部分。用户现场在这里没列入控制系统内。

一. 用户现场

(一) 被控对象。简称对象。包括被控的各种生产设备。如各种炉窑各种机床等。

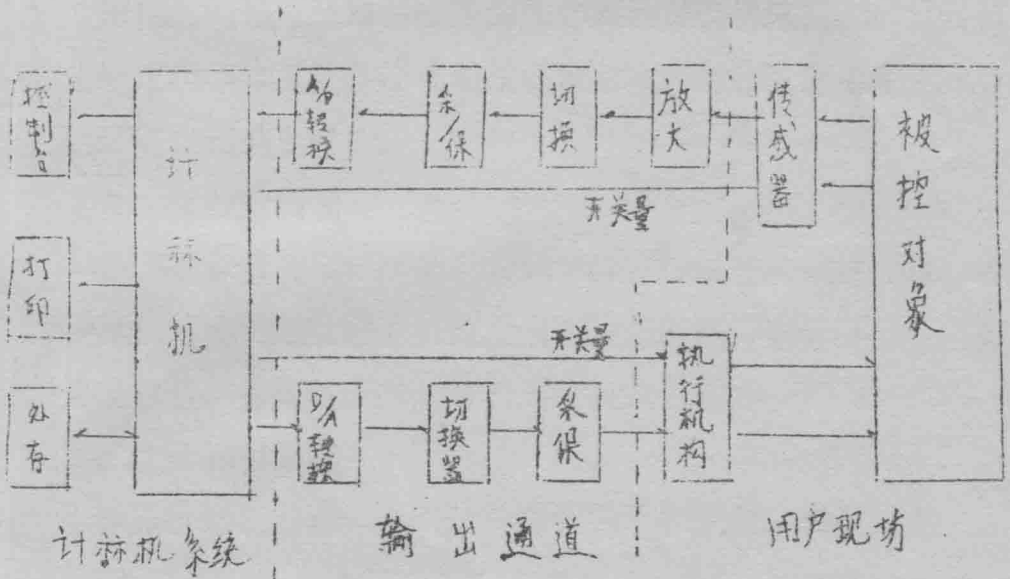


图1-1 单机控制系统框图

(二) 传感器

也称为一次仪表。由各种敏感元件和相应转换电路组成。其作用有三:

1. 将被控对象的有关参数(如温度、压力等)转换为电压(或电流)模拟量。

2. 将各种开关状态:如阀门的开和关、断电器触点的闭和开、定位挡板的撞和未撞等转换为高低电位并以二进制数据形式送入计算机。

3. 将有关参数如涡轮流量计将流量转换为单位时间内的脉冲数,并通过相应的计数器送入计算机。

(三) 执行机构和控制器

控制器指的是—些常规控制设备,如调节器。执行机构指的是各个传动装置和控制电路,如各种电动机及其控制开关。

二、外国通道

分为输入通道和输出通道二部分:

(一) 输入通道

其作用是将检测的各种参数或状态转换为数字量,分为模拟量输入和数字量输入二类。开关量或脉冲输入通道可以用一些触发器式计数器组成。对于模拟量需加设如下电路:

1 放大器

常用运算放大器。作用将传感器输出的微电压、电流信号(数+微伏~数+毫伏)放大到 $0\sim 5\text{V}$ 。

2 切换器:

由一些多路开关电路组成。其作用是分时选择各个传感器接入采样/保持器。

3 采样/保持器:

由一个模拟开关、一个存储媒介(如电容器)和一个缓冲放大器组成。其作用是通过模拟开关,用很短的时间将传感器输出的电压信

号接入存储媒介(电容器)然后保持电压不变,以供A/D转换。

4. 模数转换器

是一种专用器件,其作用是将电压信号转换为相应的数字信号。

(二) 输出通道

作用是将计算机以数字量输出的控制信号传送到各种执行机构,也分为模出和数出二类。

1. 数字量输出

用以控制各种继电器的触点开关,进而控制电机的启/停,正转/反转等。计算机以代码形式输出,经直接或译码,并驱动继电器动作。

2. 脉冲输出

如电机调速可采用可控硅为主体的斩波技术来实现,计算机可输出一定频率和宽度的脉冲信号控制斩波器的导通比(占空比)进而达到电机调速的目的。

3. 模拟量输出

各种模拟量控制器,如各种调节器需要用电压或电流进行控制,而计算机输出的是数字量,因此用数/模转换器将计算机的输出转换为模拟量,并通过采样保持器送到模拟控制器。

三. 计算机系统

计算机系统是由计算机、外部设备和相应的软件组成。

(一) 计算机

由中央处理器、内存贮器和通用输入/输出接口组成。

1. 中央处理器(CPU)

一般由控制器、运算器、寄存器组等组成,用于控制执行器的基本指令。在控制系统中多采用微型机,或小型机,即8位机、16

位机。32位机。

2 内存存储器

在计算机内由CPU直接读/写的存储器叫内存存储器。简称内存。分为随机存取存储器和只读存储器二种。用来存放各种数据和各种程序。在控制系统中，频繁使用的程序一般都固化于EPROM中。

3 通用输入/输出接口

用于同外部或外围设备交换数据，分为并行和串行两种。近距离的，要求快速处理的设备采用并行接口，远距离的外设采用串行接口。

(一) 外部设备

一般指为计算机服务的设备，如外存储器（磁鼓、磁带、磁盘等），输入/输出设备（如各种键盘、显示器、打印机等）。

1 控制台

在控制系统中，键盘和显示器通常放在控制台里。用作人机对话。控制台面板上具有各种指示灯、数码管或萤光屏，通过它们可以观察生产现场和计算机运行情况。台板上有各种搬键、按钮。通过它们可以设定有关生产设备的状态（控制与否，控制档次），可以随时设置、修改各种控制参数，可以启动有关命令，可以临时调试、修改应用程序。

2 外存储器

当内存容量不够时，或者需要较长间存放某些工艺数据，可以附加外存储器在控制系统中为适应生产过程的需要，一般需采用快速外存储器。

3 打印机

用于产生各种生产报表，便于操作工人和管理人员即时掌握生产指标和工艺参数。

第二节 计算机控制系统的分类

按计算机在控制系统中的结构和功能来划分，概括起来可分为五类：

一、数据收集系统(DAS)

具有数据采集而输出仅供打印，外存的工业生产用计算机控制系统。如图1-2所示。

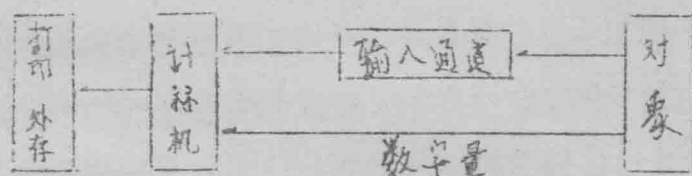


图1-2 数据收集系统

该系统不断巡回检测生产过程的有关参数(模拟和数字量)，并换算成相应的工程单位表示的数值，甚至还要加以必要的数据处理，然后由计算机将计算结果输出，记录在输出介质上，如纸带、磁带、磁盘、打印纸等，需要进一步计算的数据，可记录在磁带、磁盘、纸带上供计算机取用，需要存档的数据，则可通过打印机打印出来。

数据收集系统的主要作用是记录生产过程中，不同条件下的有关工艺参数供管理或技术人员了解，分析生产过程中各工艺参数的相互影响，进而建立或修改生产过程的数学模型，以改善各项经济和工艺指标。

二、操作指导控制系统

具有数据采集，而输出仅供显示、打印的计算机控制系统。如图1-3所示。



图1-3 操作指导控制系统

该系统将巡回检测并计算的结果实时或定时显示或打印出来，操作人员根据显示或打印情况直接操作执行机构，或去改变有关控制器的设定值。因此计算机系统仅是起到操作执导的作用。操作人员对显示、打印的数据有疑问时，可以再观察而不进行操作，因此比较安全、灵活。常用于控制规律尚未完全掌握的生产控制或用于试验新的数学模型，调试新的控制程序。

三. 监督控制系统 (SCC)

具有数据采集，由计算机按照规定的数学模型计算出设定值送给控制器，这样的控制系统叫监督控制系统，也叫做设定值控制系统。如图1-4所示。

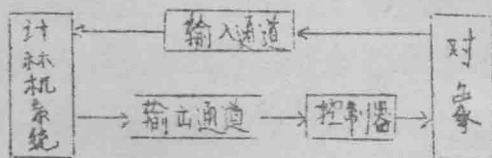


图1-4 监督控制系统

监督控制系统只是改变了控制器的设定值，并不直接控制生产设备，生产设备的控制是由常规控制器完成的。

四 直接数字控制系统 (DDC)

不仅收集数据，而且直接控制生产过程的计算机控制系统。如

图 1—5。

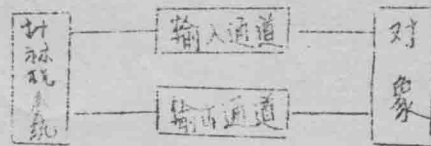


图 1—5 直接数字控制系统

该系统根据巡回检测所收集的数据，按规定的数学模型进行运算，然后输出控制信号，直接作用于执行机构，使被控量达到或保持在设定值。

DDC和SCC的区别是，DDC系统中取消了常规的控制器的，其结果是计算机需要按规定的数学模型计算设定值，同时按巡回检测数据和设定值计算控制量并输出，其控制输出十分频繁。而SCC系统中，计算机只是输出设定值，输出不频繁，其频繁的控制量输出是由所选配常规的控制器，如PID调节器来完成的。

五. 分级分布控制系统

在工业生产中，不仅需要计算机进行过程控制，同时需要用计算机进行生产管理，当管理信息量和过程控制参数较多时，若采用一台大型机，由于可靠性差，不太合适，若采用一台小型、微型机，其容量又不够，因而常采用功能分散的分级分布式多机控制系统，如图 1—6 所示。

DDCS级用于直接进行生产控制，往往采用微机，有人称为现场控制箱，其功能是检测、检测、输出控制、显示报警等。在上级机发生故障时，可以独立进行工作。

SCCS级，其功能是从各DDCS读取数据，根据有关数学模型计算，输出设定值或控制量，向DDCS发送控制命令。

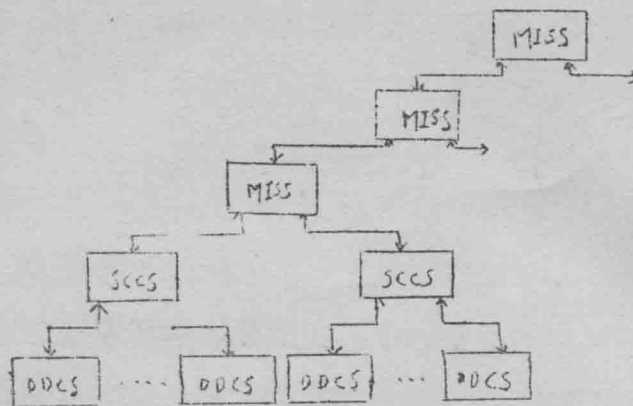


图 1—6 分级分布控制系统

MIS 管理信息系统，主要用于生产计算和调度，并指挥 SCCS 工作。这一级又可根据管理规模大小分成几个级。如车间管理级，工厂管理级，公司管理级等，或者车间管理级，工段管理级等。

第三节 计算机控制系统的控制规律

在生产过程中，常用以下几种控制规律。

一、顺序控制

按一定的顺序输出控制信号，主要用于开关量的控制。可分为组合逻辑控制和时序控制二种。组合逻辑控制信号是由当时各输入信号的逻辑判断来产生的（可用计算机，也可用数学逻辑电路实现）。时序控制信号是由当时各输入信号和系统过去的状态的逻辑判断产生的。例如电梯微机控制。

二、程序控制

在生产过程中，为了使被控量按予定的时间函数变化，就须使被控量的设定值严格按照规定的时间函数进行变化。这样的控制就叫做程序控制。例如，线切割机。

须注意“程序”一词，只具有时间概念，不是指计算机中由指令组成的“程序”。因为在计算机发明前就有了程序控制这一概念。所以至今沿用不改。

三. PID 反馈控制

简称PID控制，即比例积分微分控制。在计算机出现以前就以各种调节器（即常规控制器）面貌广泛应用于温度控制和电机调速等生产过程中。不过在常规控制器中，输入和输出都是模拟量，采用计算机时，需要进行离散化。

(一) 比例调节

图1-7是一个用杠杆做成保持水位的控制系统。它是简单的比例调节控制系统。被测量是水面的高度，控制量是闸门开度。

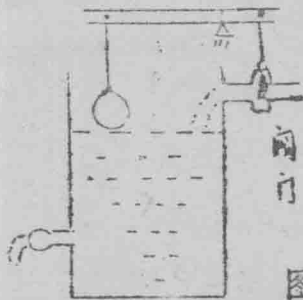


图1-7 简单比例调节

当液面高度下降时，入口开度增大，输入流量增加。当液面上升时，入口开度减小，输入液量减少。这实际上是一个比例（量）反馈控制系统。

设调节器的输入量（水位）为 x ，输出量（闸门开度）为 y ，则比例控制器的控制规律为 $y = Kx$

K 为杠杆的二个臂长之比。

一般的比例调节过程，可用图1-8表示，其中 x_r 为设定值， x_b 为反馈量， x （设定值 x_r 与反馈 x_b 之差）为调节器输入， y 为调节器输出，其关系为

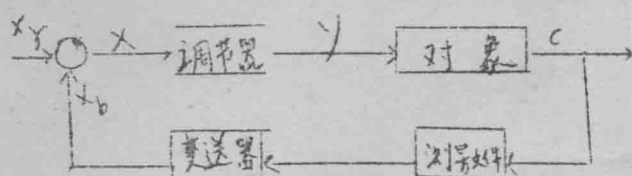


图 1-8 比例控制系统框图

$$y = K_p X = K_p (X_r - X_b)$$

K_p 称为比例系数。

K_p 大小表征控制系统的灵敏度， K_p 愈大，调节速度愈快。

但如果太大，由于惯性的作用将引起振荡，所以需要根据实际而合理选择放大系数 K_p 。

(二) 比例积分调节

即由比例调节和积分调节组成的调节器，调节器输入 X 和输出 Y 的关系成为

$$y = K_p \left(X + \frac{1}{T_i} \int_0^t X dt \right)$$

式 T_i 称为积分常数，需要合理进行选择。

设偏差 X 是一个阶跃函数，即从 $t=0$ 时起为一常数。则比例调节 y

$$y_p = K_p X$$

是一个常数，而积分调节

$$y_i(t) = \frac{K_p}{T_i} \int_0^t X dt = \frac{K_p}{T_i} X t$$

即 y_i 在 $t=0$ 时为零，以后逐渐增加，愈来愈强。因此又叫做滞后校正，滞后补偿。增强的速度与积分时间 T_i 常数有关， T_i 选得愈大，增加速度愈小，即积分作用愈弱， T_i 愈小，则积分作用愈强，但 T_i 不能选得太小， T_i 太小，积分作用太强，亦将产生

振荡。

三、比例、积分、微分调节

即比例调节、加积分调节、加微分调节。调节器输出输入关系式为

$$y = K_p \left(X + \frac{1}{T_i} \int X dt + T_d \frac{dX}{dt} \right)$$

式中 T_d 为微分时常数，也需合理选择。

设偏差 X 并非是一个理想的阶跃函数，即上升沿有一定陡度。因此 $t = 0$ 时，积分作用很小，但因 $\frac{dX}{dt}$ 很大，故微分作用很强。 $t > 0$ 时，则 $\frac{dX}{dt} = 0$ ，因此是一种具有脉冲函数 $\delta(t)$ 性质的作用，又叫做引前校正，引前补偿。

四、最优控制

是指控制系统在某些工作条件限制下，使某些性能指标达到最优的控制。由于是针对一定条件而言的，所以最优二字是相对性的，如轧钢自动控制系统，对连轧机中各台轧机来说，在保证设备强度、电机负载力等条件限制下，如何合理分配各轧机下压量设定值以达到最优工作状态，就是一个最优控制问题。

五、自适应控制

最优控制是受条件限制的，条件一变，则控制就不是最优了，在其工作条件或限制条件变化时，能自动的实现最优控制，这种控制就叫做自适应控制。

如水泥搅拌机，对于不同的配料（水泥号和称量，沙石称量），加水量和搅拌时间就要适当变化，控制系统可以通过各原料称量配比，自动调节加水量和搅拌时间，达到最优控制。

六、自学习控制

如果控制系统能不断地积累经验，并能根据经验自动地改变控