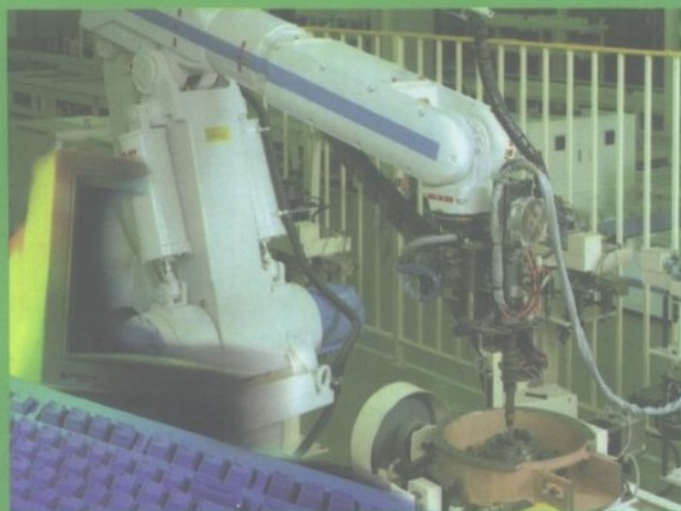


JIDIAN XITONG JISUANJI KONGZHI

机电一体化丛书

# 机电系统计算机控制

陈维山 赵杰 编著



哈尔滨工业大学出版社

TP273

C58

434142

# 机电系统计算机控制

陈维山 赵杰 编著



00434142



哈尔滨工业大学出版社

哈尔滨

内 容 提 要

DW 19 / 35  
01

本书对机电系统计算机控制的基本理论和应用技术进行了比较全面的介绍。全书内容包括:计算机控制系统的一般概念、分类和组成,信号采样与保持,采样控制理论,数字 PID 控制算法,数字控制器的直接设计方法,机电系统计算机控制的指令生成技术,机电系统的建模方法,步进电机传动控制系统,可编程控制器控制系统,直流拖动数字控制系统的设计。全书共十章,部分章节附有一定量的复习思考题。

本书可作为高等工科大学机械电子工程专业的本科生或硕士研究生的教材,也可作为相关专业工程技术人员的参考用书。

机电系统计算机控制

Jidian Xitong Jisuanji Kongzhi

陈维山 赵 杰 编著

\*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 印张 18.625 字数 415 千字

1999 年 4 月第 1 版 1999 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—3 000

ISBN 7-5603-1397-3/TP·124 定价 22.00 元

# 前 言

本书以计算机为控制工具,介绍计算机控制系统的基础知识和基本应用技术。全书共分十章。

第一章介绍机电一体化系统及计算机控制的一般概念,计算机控制系统的分类、组成和特点,机电控制系统的一般要求等。

第二章介绍信号采样与  $z$  变换理论,具体讲述计算机控制系统的信号形式,信号采样与保持以及  $z$  变换。

第三章介绍计算机控制系统分析,具体讲述计算机控制系统的数学模型,脉冲传递函数以及计算机控制系统的性能分析。

第四章介绍数字控制器的模拟化设计方法,具体讲述 PID 控制规律的离散化方法,数字 PID 控制器的设计, PID 控制算法的改进,数字 PID 控制器的参数整定,数字控制器的等价离散化设计,对数频率特性设计法。

第五章介绍数字控制器的直接设计方法,具体讲述最少拍随动系统的设计,最少拍无差系统的局限性,最少拍无纹波系统设计,最少拍设计的改进,达林算法。

第六章介绍机电系统计算机控制程序算法,具体讲述逐点比较法插补原理,数字积分法插补原理,数据采样插补原理,点位控制指令信号,数字滤波方法。

第七章介绍机电系统参数及动力学基础,具体讲述摩擦、间隙、刚度与扭转谐振,机械传动系统的动力学模型,直流拖动系统的传递函数。

第八章讲述步进电机传动控制系统,包括步进电机的工作原理,步进电机的运行特性,步进电机的驱动电路,步进电机的控制,步进电机的选择等。

第九章讲述可编程序控制器控制系统,包括可编程序控制器系统的组成,工作原理,硬件配置及功能,基本 I/O 单元的原理与功能,以 C200H PLC 为例介绍其存储区分配, CPU 的工作流程,软件编制,编程原则及编程技巧, PLC 系统设计原则, PLC 系统的可靠性以及应用实例。

第十章介绍直流拖动数字控制系统设计,具体讲述伺服系统的主要技术要求,直流伺服电动机的选择,伺服检测装置的选择,直流电动机的 PWM 调速原理,模拟直流伺服系统的工程设计,计算机控制直流伺服系统的设计。

本书是编者在哈尔滨工业大学讲授《机电系统的计算机控制》课程的讲义的基础上编写的,它是机械电子工程专业的本科生和硕士研究生的主要专业课之一。也是国家“九五”重点图书《机电一体化》丛书中的一种。本书第一、二、三、四、六、九各章是为本科生主要讲授的内容,在授课过程中可再充实一些具体应用实例;第四、五、七、八、十各章是为硕士研究生主要讲授的内容,另在授课时充实一些具体实例。在学习本课程时,应先学完《自动控制原理》、《计算机原理及应用》、《计算机应用接口技术》、《机械原理及设计》等有

关课程。

本书第二章及第九章第八节、第九节由陈晓峰编写,其余各章及前言由陈维山和赵杰合作编写,全书内容由陈维山和赵杰两人共同拟定。

在本书的出版过程中,博士研究生刘军考、诸详诚,硕士研究生张日安、陈学生等人帮助对文稿进行了文字校对和插图的绘制工作,在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和疏漏,敬请读者批评指正。

编著者  
于哈尔滨工业大学  
1998年12月

# 目 录

第一章 绪论 .....	(1)
1.1 机电一体化系统 .....	(1)
1.2 计算机控制系统 .....	(2)
1.3 计算机控制系统的分类 .....	(6)
1.4 计算机控制系统的一般要求 .....	(9)
复习思考题 .....	(10)
第二章 信号采样与 $z$ 变换理论 .....	(11)
2.1 计算机控制系统的信号形式 .....	(11)
2.2 信号采样与保持 .....	(12)
2.3 $z$ 变换 .....	(15)
复习思考题 .....	(22)
第三章 计算机控制系统分析 .....	(23)
3.1 计算机控制系统的数学模型 .....	(23)
3.2 脉冲传递函数 .....	(23)
3.3 计算机控制系统的性能分析 .....	(28)
复习思考题 .....	(37)
第四章 数字控制器的模拟设计方法 .....	(40)
4.1 PID 控制规律的离散化方法 .....	(40)
4.2 数字 PID 控制器的设计 .....	(43)
4.3 PID 控制算法的改进 .....	(49)
4.4 数字 PID 控制器的参数整定 .....	(57)
4.5 数字控制器的等价离散化设计 .....	(60)
4.6 对数频率特性设计法 .....	(64)
复习思考题 .....	(66)
第五章 数字控制器的直接设计方法 .....	(68)
5.1 概述 .....	(68)
5.2 最少拍随动系统的设计 .....	(69)
5.3 最少拍无差系统的局限性 .....	(76)

5.4	最少拍无纹波系统设计 .....	(79)
5.5	最少拍设计的改进 .....	(82)
5.6	达林算法 .....	(84)
	复习思考题 .....	(86)
<b>第六章</b>	<b>机电系统计算机控制程序算法 .....</b>	<b>(90)</b>
6.1	逐点比较法插补原理 .....	(90)
6.2	数字积分法插补原理 .....	(93)
6.3	数据采样插补原理 .....	(97)
6.4	点位控制指令信号 .....	(100)
6.5	数字滤波方法 .....	(103)
<b>第七章</b>	<b>机电系统参数及动力学基础 .....</b>	<b>(107)</b>
7.1	摩擦 .....	(107)
7.2	间隙 .....	(109)
7.3	刚度与扭转谐振 .....	(111)
7.4	机械传动系统的动力学模型 .....	(115)
7.5	传动比的选择和分配原则 .....	(117)
7.6	直流拖动系统的传递函数 .....	(120)
<b>第八章</b>	<b>步进电机传动控制系统 .....</b>	<b>(122)</b>
8.1	步进电机工作原理 .....	(122)
8.2	步进电机运行特性 .....	(129)
8.3	步进电机驱动电路 .....	(132)
8.4	步进电机的控制 .....	(166)
8.5	步进电机的选择 .....	(181)
<b>第九章</b>	<b>可编程序控制器控制系统 .....</b>	<b>(186)</b>
9.1	可编程序控制器系统组成 .....	(186)
9.2	可编程序控制器工作原理 .....	(187)
9.3	可编程序控制器的硬件配置及功能 .....	(190)
9.4	基本 I/O 单元的原理与功能 .....	(192)
9.5	C200HPLC 存储区分配 .....	(196)
9.6	C200H PLC CPU 工作流程 .....	(198)
9.7	可编程序控制器的软件编制 .....	(204)
9.8	OMRON C200H PLC 指令系统 .....	(205)
9.9	编程原则及编程技巧 .....	(229)
9.10	PLC 系统设计原则 .....	(234)

9.11 PLC系统的可靠性 .....	(237)
<b>第十章 直流拖动数字控制系统设计 .....</b>	<b>(244)</b>
10.1 伺服系统的主要技术要求 .....	(244)
10.2 直流伺服电动机的选择 .....	(246)
10.3 伺服检测装置的选择 .....	(248)
10.4 直流电动机的 PWM 调速原理 .....	(254)
10.5 模拟直流伺服系统的工程设计 .....	(262)
10.6 计算机控制直流伺服系统的设计 .....	(278)
10.7 计算机伺服控制系统的工程实现 .....	(284)
<b>参考文献.....</b>	<b>(289)</b>
<b>附录.....</b>	<b>(290)</b>



# 第一章 绪 论

## 1.1 机电一体化系统

传统的机械设备与产品,多是以机械为主,是电气、液压或气动控制的机械设备。随着工业水平的不断发展,机械设备已逐步地由手动操作改为自动控制,设备本身也发展为机电一体化的综合体。现代工业生产更趋向于实现最佳控制,亦即要求利用最少的能源与原材料消耗,使成本最低,取得最大的经济效益、最高的生产率、最好的产品质量等等。随着电子技术特别是微电子和计算机技术的飞速发展,为传统机器设备的革新创造了有利条件,带来了新的活力。机械工业的传统技术与电子工业尤其是计算机技术相结合,使生产技术和产品质量提到了一个新的高度,出现了机械与电子技术密切结合的新产品,开拓了许多新的技术领域。这些产品与传统的机械产品及普通的电子产品均不相同,它们是机械技术与微电子技术、计算机技术、信息技术、控制技术等有机的结合体。现在人们习惯上将这种结合体称为机电一体化,并将这类系统称为机电一体化系统。

关于机电一体化系统,目前尚无严格的统一定义,一般倾向认为:机电一体化系统是指在系统的主功能、信息处理功能和控制功能等方面引进了电子技术,并把机械装置、执行部件、计算机等电子设备以及软件等有机结合而构成的系统,即机械、执行、信息处理、接口和软件等部分在电子技术的支配下,以系统的观点进行组合而形成的一种新型机械系统。人们还认为,这种趋势已促使形成“机械电子学(mechatronics)”这一新的边缘学科。机电一体化系统总的发展趋势是机械与微电子技术结合、软硬件结合,向自动化、柔性化、多功能化、智能化发展。

机电一体化系统的涉及面很广,从各种计算机外部设备(如打印机、绘图机、磁盘驱动器等)、办公自动化设备、微细加工设备、数控机床和数控加工中心、机器人、射压成型设备,到轻工、冶金、土建、船舶、武器控制、航空航天技术、海洋技术,乃至家用电子机械、电子玩具等,都可归于机电一体化系统范畴。

机械工程作为最基础的工业领域,存在大量以机械装置或机器为控制对象、以电子装置(包括微处理器)为控制器的各式各样的控制系统。这类系统的受控物理量通常是机械运动,如位移、速度、加速度、力或力矩、运动轨迹,以及机器操作和加工过程等。在微电子技术尤其是计算机技术迅猛发展的今天,计算机已成了这些系统控制器的主流,而且这些设备大都具备上述机电一体化设备的特征。因此,我们可以认为这些系统为机械工程领域的机电一体化控制系统。下面我们就介绍几种机械工程领域中典型的机电一体化控制系统。

### 1. 伺服传动系统

伺服传动系统是一种最基本的机电控制系统。其输入为模拟或数字的电信号,输出(或受控物理变量)是机械位置和机械位移的变化率(速度)。伺服传动系统主要用于机械

设备位置和速度的动态控制,在数控机床、工业机器人、坐标测量机以及自动导引车等自动化制造、装配和检测设备中,已经获得非常广泛的应用。

## 2. 数字控制系统

数字控制系统是根据零件编程或路径规划,由计算机生成数字形式的指令,驱动机械运动的一种控制系统,称为数字控制系统,简记为 NC(Numerical Control)系统。当控制器由计算机实现时,又称为计算机数控系统,简记为 CNC(Computer Numerical Control)。CNC 系统的优点是高柔性。凡采用 CNC 系统的机床或其它制造设备,都是可以编程的,只要改变计算机程序,便可制造不同的工件,这比无计算机程序的自动化制造设备优越得多。

NC 系统可分为点位控制、直线运动控制以及连续路径或轮廓控制。点位控制只要求工具运动前后的坐标位置准确,对运动过程中的轨迹是无要求的。直线运动控制以及连续路径控制(或轮廓控制)要求工具运动的轨迹必须准确,因为整个运动过程中,工具始终保持对零件的加工。

## 3. 顺序控制系统

顺序控制系统是按照规定次序执行一组操作的控制系統,称为顺序控制系统。在顺序控制系统中,每一步操作都是一个简单的二进制动作,如操作开关的通断或制造设备专用控制器的启停等。

实现顺序控制功能可有很多种手段,如继电器逻辑、固态集成电路、通用微处理器等。当前,普遍应用可编程序控制器(Programming Controller,简记为 PC)作为顺序控制器,因为 PC 具有足够数量的输入/输出(I/O)端口,并带有专用的逻辑编程语言,用于顺序控制十分方便。

顺序控制系统不仅应用于数控机床、工业机器人等单机自动化的控制,而且应用于自动化制造单元和系统的过程控制。

## 4. 过程控制系统

在机械、冶金、化工、电力以及建材等生产过程中所采用的工业控制系统统称为过程控制系统。柔性制造单元、计算机集成制造(CIM)等自动化制造系统是典型的机械制造过程控制系统。

过程控制系统的受控变量是生产过程的物理量,可以是离散的、连续型的,或者半连续型的。过程控制系统可以是开环的,但是,多数实际系统是闭环的。

上面介绍了机械工业中常见的几类机电一体化控制系统。其中伺服传动控制和数字控制系统主要是解决机械设备的动态控制问题,因此,也可统称为动态控制。顺序控制是机器操作步骤的控制,也是一种加工过程的控制。动态控制经常采用反馈控制模式,而顺序控制是逻辑控制模式,它们都可以理解为某种物理过程的控制系統。生产过程控制是更高层次的控制,它可通过生产规划和调度达到生产量最大的目标。

# 1.2 计算机控制系统

## 1.2.1 什么是计算机控制系统

简单地讲,含有计算机并且由计算机完成部分或全部控制功能的控制系统,都可以称

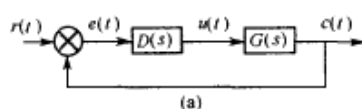
做计算机控制系统。随着计算机应用技术的日益普及,计算机在控制工程领域中也发挥着越来越重要的作用。它在控制系统中的应用主要可分为以下两个方面。

(1) 利用计算机帮助工程设计人员对控制系统进行分析、设计、仿真以及建模等工作,从而大大减轻了设计人员的繁杂劳动,缩短了设计周期,提高了设计质量。这方面的内容简称为计算机辅助控制系统设计或控制系统 CAD。这是计算机在控制系统方面的离线应用。

(2) 利用计算机代替常规的模拟控制器,而使它成为控制系统的一部分。对于这种有计算机参与控制的系统简称为计算机控制系统。这是计算机在控制系统中的在线应用。

计算机控制系统是强调计算机作为控制系统的—个重要组成部分而得名。计算机控制系统有时也称为数字控制系统,这是强调在控制系统中包含有数字信号。控制系统按照它所包含的信号形式通常可分为以下几种类型。

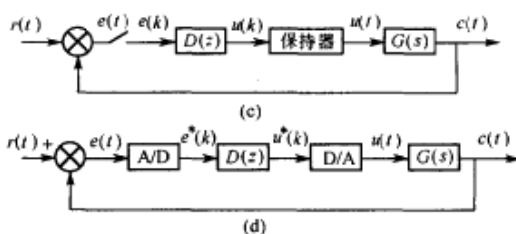
(1) 连续控制系统:典型结构如图 1.1(a)所示,系统中各处均为连续信号。



(2) 离散控制系统:典型结构如图 1.1(b)所示,系统中各处均为时间离散信号。



(3) 采样控制系统:典型结构如图 1.1(c)所示,它是其中既含有连续信号,也含有离散信号的混合系统。如图所示,采样控制系统是由连续的控制对象、离散的控制器、采样器和保持器等几个环节组成。



(4) 数字控制系统:典型结构如图 1.1(d)所示,其中包含有数字信号。所谓数字信号是指在时间上离散、幅值上量化的信号。

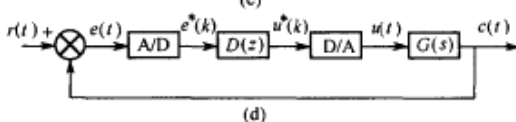


图 1.1 四种类型控制系统的典型结构  
(a) 连续控制系统;(b) 离散控制系统;  
(c) 采样控制系统;(d) 数字控制系统

显然,计算机控制系统即为典型的数字控制系统。在计算机控制系统中,除了包含有数字信号外,由于控制对象是连续的,因此其中也包含有连续信号。如果忽略幅值上的量化效应,数字信号即为离散信号。因此,计算机控制系统若不考虑量化问题即为采样控制系统。如果将连续的控制对象连同保持器一起进行离散化,那么采样控制系统即简化为离散控制系统。因此,对于计算机控制系统的分析和设计通常先从离散控制系统开始。

### 1.2.2. 计算机控制系统的组成

采用计算机控制的系统可以举出很多例子,尽管控制对象种类繁多,被控参数千变万化,但是计算机控制系统的基本结构和组成,却是大同小异,都具有相似的工作原理和共同的结构及特点。

计算机控制系统通常是一个实时控制系统,从系统总体的角度而言,它应包括硬件和软件两大部分。

### 1. 硬件组成

计算机控制系统的硬件一般由控制对象、检测环节、计算机、输入输出通道、外部设备和操作台组成,如图 1.2 所示。

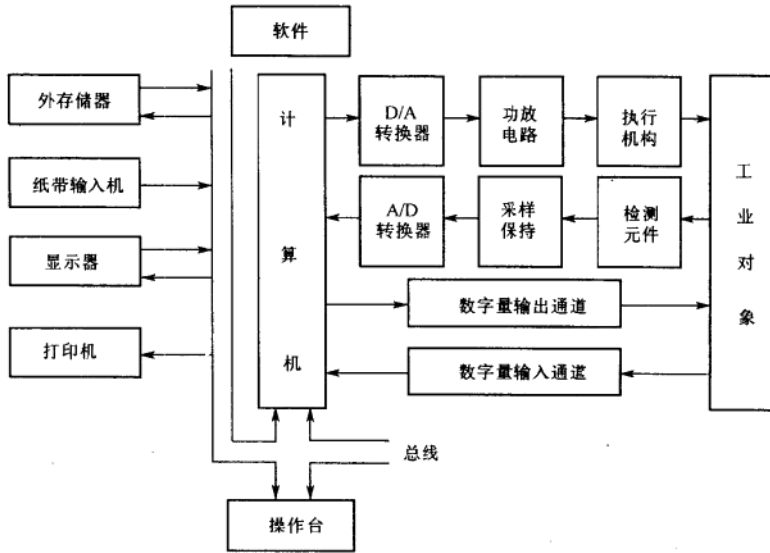


图 1.2 计算机控制系统的一般组成

**控制对象:**控制对象是指所要控制的机器或设备,如数控机床、工业机器人、智能仪器仪表等等。

**检测环节:**工业生产过程是连续进行的,常见的控制参数大多为连续变化的物理参数,如机械转速、加速度、位移、力或力矩等等;当然有时也包括如机械极限位置一类的开关量的控制。控制计算机在实时控制过程中要知道这些受控参数的变化情况,就需要在系统中配备相应的检测元件及其变换电路,将受控参数转换为电参数,再输入给计算机。

**计算机:**计算机是控制系统的核心。计算机根据输入通道发送来的工业对象的运行情况,按照预先根据控制规律(数学模型)设计的控制程序,自动地进行信息处理、分析和计算,作出相应的控制决策或调节,并通过输出通道发出控制指令。

**输入输出通道:**输入输出通道是计算机和受控对象之间进行信息传递和交换的连接通道,所以也称过程通道。输入通道的作用是将受控对象的物理参数实时地采集并转换成计算机所能识别的数字代码,再输入到计算机中。输出通道的作用是将计算机根据内部规定的控制规律和输入通道采集来的参数,经计算得出的控制指令和数据,变换成受控对象所能接受的控制信号输出给控制对象,以实现生产过程的控制。

根据受控物理参数的性质,输入输出通道分为模拟量输入通道、模拟量输出通道、开

关量输入通道以及开关量输出通道。其详细情况将在有关章节专门叙述。

外部设备:常规的外部设备,按功能可分成三类:输入设备、输出设备和外存储器。有些外部设备是控制系统所必需的,另外一些是根据具体情况可选的。

常用的输入设备有键盘、纸带输入机等。输入设备主要用来输入程序和数据。

常用的输出设备有打印机、记录仪、显示器(如数码显示器或 CRT 显示器)、纸带穿孔机等。输出设备主要用来把各种信息和数据以人们容易接受的形式,如数字、曲线、字符串等形式提供给操作人员,以便及时了解控制过程的情况。

外存储器:如磁带装置、磁盘驱动器等,兼有输入输出功能,主要用于存储系统程序和数据。

操作台:过程控制的操作员必须能够与控制计算机进行“对话”,以了解生产过程的状态,有时还要修改控制系统的参数,以及在发生事故时进行人工干预。所以,计算机控制系统一般要有一套专供操作员使用的控制台,其基本功能如下:

- (1) 要有显示屏幕或荧光数码显示器,以显示操作人员要求显示的内容或报警信号。
- (2) 要有一组或几组功能扳键(或按钮),旁边应标有其作用的标志或字符,扳动扳键,计算机就能执行标志所标明的动作。
- (3) 有一组或几组送入数字的扳键,用来送入某些数据或修改控制系统的某些参数。
- (4) 操作人员即使操作错误,也不能造成严重后果。操作台有多种形式,键盘是常用的一种形式,有时把它和计算机控制台结合在一起。

## 2. 软件组成

硬件只是计算机控制系统的躯体;而软件则是计算机控制系统的大脑和灵魂,是人的思维与系统硬件之间的桥梁。软件的优劣关系到计算机控制系统正常运行、硬件功能的发挥以及控制性能的优劣等。软件系统通常分为两大类:一类是系统软件,另一类是应用软件。

系统软件指的是操作系统、程序设计系统等与计算机密切相关的程序。系统软件一般由计算机生产厂商或各种软件公司提供,带有一定的通用性,用不着用户编写。

应用软件是用户根据要解决的实际问题而编写的各种程序。在计算机控制系统中,每个控制对象或控制任务都要配有相应的控制程序,用这些控制程序来完成各个控制对象的不同要求。这种为完成控制目的而编写的程序,通常称为应用程序。应用程序一般要由用户自己来编写。用户到底采用哪种语言来编写应用程序,主要取决于控制系统软件配备的情况和整个系统的要求。

应用程序的编制涉及到对控制规律、生产工艺、生产设备、控制工具等的深入理解。应用程序的优劣直接影响到系统的精度和效率,因此首先要建立符合实际的数学模型,确定控制算法和控制功能,然后将其编制成相应的程序。

从系统功能角度来分,除作为核心的监控程序外,可分为前沿程序、服务程序和后沿程序三部分。前沿程序是指那些直接与控制过程有关的程序,即这些程序直接参与系统的控制过程,是保证系统完成基本工作的部分;服务程序是指计算机对所有外围设备管理和进行人-机联系等工作的程序。这些程序有时也归属监控程序,它们和控制过程没有直接关系,但它承担的工作是系统所不可缺少的。后沿程序是指那些与系统控制过程完全无关的程序,例如对系统各种硬件和软件进行考核的程序,它们的工作只是保证系统能可

靠地运行,而且这些程序只是利用系统控制过程所留下的空余时间来运行,不与其它程序争夺计算机资源。

## 1.3 计算机控制系统的分类

### 1.3.1 数据采集和数据处理系统

计算机用作各种数据的采集和处理时,主要是在计算机的管理下,定期地对大量的过程参数进行巡回检测、数据记录、数据计算、数据统计和整理、数据超限报警以及对大量数据进行积累和实时分析等。需要时,可对采集的数据进行图表显示、制表打印、在线画面表示等,提供生产操作指导。这种应用方式,计算机不直接参与过程控制,对生产过程不会直接产生影响。图 1.3 所示为这种应用的典型框图。

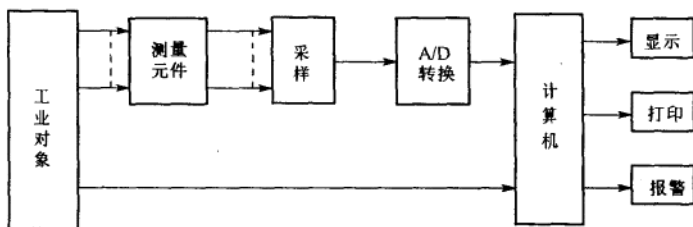


图 1.3 数据采集、处理系统组成框图

这种应用方式中,计算机虽然并不直接参与控制,但其作用还是比较明显的。首先,由于计算机具有速度快的特点,故在过程参数的测量和记录中可以代替大量的常规显示和记录仪表,对整个生产过程进行集中监视。同时,利用计算机强大的运算和逻辑判断能力,可以对大量的输入数据进行必要的集中、加工和处理,并且能以有利于指导生产过程控制的方式表示出来,故对指导生产过程控制具有一定的指导作用。另外,计算机具有信息存储能力,可预先存入各种工艺参数的极限值,处理过程中可进行超限报警,以确保生产过程的安全。

此外,这种应用方式可以得到大量的统计数据,有利于建立较精确的数学模型。而闭环控制时有时为建立较复杂的数学模型,则需通过具体生产实践,从大量的数据中抽象出来。

### 1.3.2 直接数字控制系统

直接数字控制系统 DDC(Direct Digital Control)的构成如图 1.4 所示。计算机通过测量元件对一个或多个物理量进行巡回检测,经采样、A/D 转换后将其转换为数字量,再根据采样值和内部按预先编制好的控制规律算法计算出控制量,最后发出控制信号直接去控制执行机构,使各个被控量达到预定要求。

DDC 系统中,计算机直接作为闭环控制回路的一个部件直接控制生产过程,它不仅能完全取代原来的常规模拟控制器,实现多回路的 PID(比例、积分、微分)调节,而且不需要改变硬件,只通过改变程序就能有效地实现较复杂的控制,如前馈控制、非线性控制、自适应控制、最优控制等。

DDC系统是计算机用于工业生产过程控制的最典型的一种系统。在DDC系统中使用计算机作数字控制器,在机械、热工、化工、冶金等部门已获得了广泛的应用。

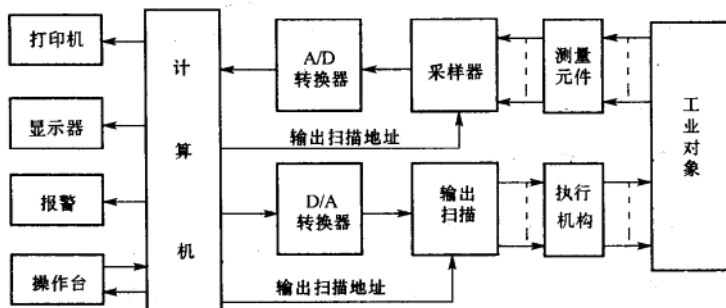


图 1.4 直接数字控制系统组成框图

### 1.3.3 监督控制系统

监督控制系统 SCC(Supervisory Computer Control)的构成如图 1.5 所示。由计算机

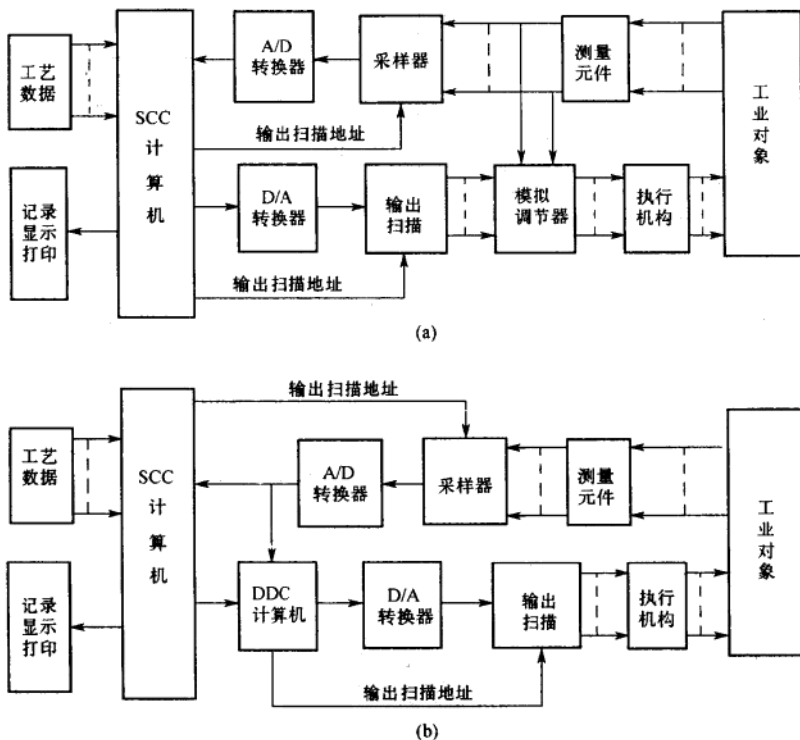


图 1.5 监督控制系统的两种结构形式

(a) SCC+模拟调节器系统; (b) SCC+DDC 控制系统

按照描述生产过程的数学模型,计算出最佳给定值送给模拟调节器或 DDC 计算机。最后由模拟调节器或 DDC 计算机控制生产过程,从而使生产过程始终处于最优工况。SCC 系统较 DDC 系统更接近生产变化的实际情况,它不仅可以进行给定值控制,同时还可以进行顺序控制、最优控制等等。它是操作指导控制系统和 DDC 系统的综合和发展。监督控制系统有两种不同的结构形式。一种是 SCC+模拟调节器,另一种是 SCC+DDC 控制系统。这两种系统都一定程度地提高了系统的可靠性。

### 1.3.4 分级计算机控制系统

生产过程中存在控制问题,同时也存在大量的管理问题。过去,由于计算机价格高,复杂的生产过程控制系统往往采用集中控制方式,以便对计算机充分利用。这种控制系统由于任务过于集中,一旦计算机出现故障,将会影响全局。价廉而功能完善的计算机的出现,则可以由若干台微处理器或计算机分别承担部分任务,用多台计算机分别执行不同的控制功能,既能进行控制,又能实现管理。计算机控制和管理范围缩小,使用灵活方便,可靠性高。图 1.6 所示的分级计算机控制系统是一个四级系统,各级计算机的功能如下:

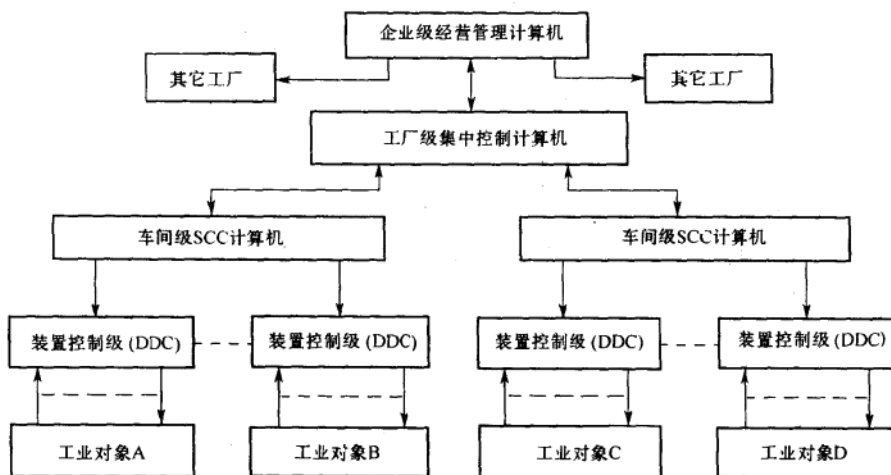


图 1.6 分级计算机控制系统

**装置控制级(DDC级)** 它对生产过程或单机进行直接控制,如进行 PID 控制或前馈控制,使所控制的生产过程在最优的工况条件下工作。

**车间监督级(SCC级)** 它根据厂级下达的命令和通过装置控制级获得的生产过程的数据,进行最优控制。它还担负着车间内各工段间的工作协调控制以及担负对 DDC 级进行监督。

**工厂集中控制级** 它根据上级下达的任务和本厂情况,制定生产计划、安排本厂工作、进行人员调配及各车间的协调,并及时将 SCC 级和 DDC 级的情况向上级反映。



企业管理级 制定长期发展规划、生产计划、销售计划,发命令至各工厂、接收各部门发回来的信息,实行全企业的总调度。

### 1.3.5 计算机控制系统的其它分类方式

计算机控制系统的分类方法很多,除了上述按控制方式的分类方法外,还可以按控制规律进行分类。按控制规律进行分类时,计算机控制系统有以下几种:

#### 1. 程序和顺序控制

程序控制是指根据输入的指令和数据,控制生产机械按规定的工作顺序、运动轨迹、运动距离和运动速度等规律而自动完成工作的数字式自动控制。这种控制方式主要用于机床的自动控制,如数字程序控制的铣床、车床、加工中心、线切割机以及焊接机、气割机等。顺序控制前面已经介绍过,指生产机械或生产过程按预先规定的时序而顺序动作,或在现场输入信号作用下按预定规律而顺序动作的自动控制。

#### 2. 比例积分控制(简称 PID 控制)

调节器的输出是输入的比例、积分和微分的函数。PID 控制是目前应用最广泛,也最为广大工程技术人员所熟悉的控制规律。PID 控制结构简单,参数容易调整,因此无论模拟调节器还是数字调节器多数使用的是 PID 控制规律。

#### 3. 最少拍控制

最少拍控制的性能指标是调节时间最短,要求设计的系统在尽可能短的时间内完成调节过程。最少拍控制常用在数字随动系统的设计中。

#### 4. 复杂规律的控制

实际的控制系统除了给定值的输入外,还存在着许多随机扰动。另外,控制系统除了典型的稳、动态指标外,有时还要包括能耗小、产量高以及质量最好等综合性能指标。

对于存在随机扰动的控制系统,仅用 PID 控制是难以达到满意的控制效果的,因此,针对实际的控制过程情况,可以考虑充分利用计算机的强大计算和逻辑判断以及学习功能,引入各种复杂的控制规律。如串级控制、前馈控制、纯滞后补偿、多变量解耦控制以及最优、自适应、自学习控制等。

#### 5. 智能控制

智能控制是一种先进的方法学理论与解决当前技术问题所需要的系统理论相结合的学科。智能控制理论可以看作是三个主要理论领域交叉或汇合的产物,这三个理论领域是人工智能、运筹学和控制理论。智能控制实质上是一个大系统,是综合的自动化。

当然,与常规控制系统的分类一样,计算机控制系统也可以按控制方式分为开环控制和闭环控制。这里就没必要再赘述了。

## 1.4 计算机控制系统的一般要求

计算机作控制器的机电控制系统和连续控制系统类似,可以用稳定性、精确性和快速性等特征来表征,用稳定裕度、稳态指标、动态指标来衡量其性能的优与劣。

### 1. 稳定性

由于机电控制系统都包含有储能元件,若参数匹配不当,便可能引起振荡。稳定性就