

21世纪 高等学校本科系列教材

# 微型计算机控制技术

(23)

孔 峰 主 编

董秀成 梁岚珍 副主编

重庆大学出版社



# 微型计算机控制技术

孔 峰 主编  
董秀成 梁岚珍 副主编

重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书为电气工程及其自动化专业本科系列教材之一,是适应 21 世纪信息技术革命的需要,突出应用性和实用性,重视解决工程实际问题的新编教材。全书共 8 章,详细介绍了微型计算机控制技术的原理、方法和发展趋势,内容包括:微机控制系统的主要概念和基本组成、构建微机控制系统所用主要硬、软件的基本知识和应用技术、微机控制系统的几种典型控制方式、微机控制系统的实现形式等,并重点介绍了各类主要微机控制技术的设计、调试和整定方法。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化、电子信息工程、自动化、计算机科学与技术等有关专业的计算机控制课程教材,也可供从事微机控制技术研发和设计的科技人员及工程技术人员参阅。

### 图书在版编目(CIP)数据

微型计算机控制技术/孔峰主编. —重庆:重庆大学出版社,2003. 1

电气工程及其自动化专业本科系列教材

ISBN 7-5624-2453-5

I. 微... II. 孔... III. 微型计算机—计算机控制—高等学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 095979 号

### 微型计算机控制技术

孔 峰 主编

董秀成 梁岚珍 副主编

责任编辑:曾令维 版式设计:曾令维

责任校对:蓝安梅 责任印制:张永洋

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400044

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

自贡新华印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:14.75 字数:368 千

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-2453-5/TP·321 定价:18.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

# 前言

现代的工业自动化是一门应用性的学科,它主要由单机系统的自动化、工业生产过程的自动化和工业企业管理自动化三大部分组成。20世纪70年代的微型计算机问世,使自动化技术在各传统工业领域的应用产生了质的飞跃,促进了工业自动化的高速发展。以微机或微处理器为控制器所组成的单机自动化控制系统和生产过程自动化控制系统,现已成为我国工业领域中工业生产控制及智能化仪器(仪表)控制的主要形式,关于微机控制的基础理论及应用技术也已成为有关专业的学生和从事相应工作的工程技术人员所必须掌握的重要学习内容之一。

本书认真吸取了全国各兄弟院校微机控制技术有关教材的长处,注意固化近几年高等教育教学改革和教材改革的优秀成果,剔除和删节相对过时或用处不大的内容,适当引入微型计算机控制技术方面的新知识、新技术和新成果,及时反映本学科领域的新成就和新的研究方法,努力缩小教学内容和现代科技之间的差距,使读者能够了解并掌握使用微型计算机控制技术进行工业控制和智能化仪器(仪表)控制的一般方法和过程。

在编著过程中,编者力求突出本书的应用性和实用性,少作过多、过细、过深的理论推导,而注重于介绍计算机控制技术的设计、调试、整定等实际技能,注意理论结合实际,重视解决工程上的实际问题,并尽量做到重点突出、层次分明、条理清晰、语言易懂,以便于自学。

全书分8章。第1章介绍与微机控制系统有关的主要概念和控制系统的基本组成,第2章到第7章讲述组成微机控制系统所用硬、软件的基本知识和应用技术以及几种典型的控制方式,第8章是微机控制系统的设计和实现方法。全书的第1、2、3、4、8章建议作为必读(必讲)内容,第5、6、7章用于拓宽知识面,可根据需要选学。章末均有小结、习题与思考题。

本书编写组由广西工学院孔峰、四川工业学院董秀成、新疆大学梁岚珍、四川轻化工学院谭功佳和陈昌忠组成,孔峰为主编,董秀成、梁岚珍为副主编。第1、6、8章由孔峰编著,第

3、4章由董秀成编著,第5、7章由梁岚珍编著,第2章由谭功俊、陈昌忠编著,全书由孔峰负责统稿。上海交通大学博士生导师肖登明教授担任主审,编写组全体同志参加汇审。编写过程中,得到了广西工学院、四川工业学院、新疆大学、四川轻化工学院许多领导和同事们的大力支持和帮助,在此表示诚挚的感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在缺点和错误,殷切期望广大读者批评指正。

编者

2002年9月

# 目 录

<b>第 1 章 微型计算机控制系统概述</b> .....	1
1.1 微机控制的一般概念 .....	1
1.2 微机控制系统的一般组成 .....	4
1.3 微机控制系统的分类及其特点 .....	6
1.4 微机控制技术的发展趋势 .....	10
小结 .....	12
习题与思考题 .....	13
<b>第 2 章 过程输入输出通道</b> .....	14
2.1 过程通道的一般结构 .....	14
2.2 输入输出接口 .....	15
2.3 数字量输入输出通道 .....	22
2.4 模拟量输入通道 .....	24
2.5 模拟量输出通道 .....	37
小结 .....	45
习题与思考题 .....	45
<b>第 3 章 数据采集、处理和传送</b> .....	46
3.1 数据采集系统的功能和结构 .....	46
3.2 测量数据预处理技术 .....	48
3.3 数字滤波技术 .....	54
3.4 数据通信技术 .....	56
小结 .....	62
习题与思考题 .....	62
<b>第 4 章 数字 PID 控制器设计</b> .....	64
4.1 PID 三作用的控制作用 .....	64
4.2 PID 数字化标准算法算式 .....	66
4.3 数字 PID 控制器算法的改进 .....	70
4.4 数字 PID 控制器参数的整定 .....	76
4.5 由数字 PID 控制器演变的变型控制器 .....	81
小结 .....	97
习题与思考题 .....	98
<b>第 5 章 顺序控制和数字程序控制</b> .....	99
5.1 计算机顺序控制 .....	100

5.2	数字程序控制	104
5.3	步进电机控制	124
	小结	130
	习题与思考题	131
<b>第6章</b>	<b>模糊控制和神经网络控制</b>	<b>132</b>
6.1	模糊逻辑的基本原理	132
6.2	模糊控制系统	143
6.3	神经网络的基本原理	158
6.4	神经网络控制	168
	小结	174
	习题与思考题	175
<b>第7章</b>	<b>集散控制系统</b>	<b>177</b>
7.1	集散控制系统概述	177
7.2	集散控制系统的组成	180
7.3	集散控制系统的通信概要	185
7.4	集散控制系统实例介绍	187
	小结	189
	习题与思考题	190
<b>第8章</b>	<b>微机控制系统的设计</b>	<b>191</b>
8.1	微机直接数字控制系统	191
8.2	微机 DDC 系统的总体设计	194
8.3	微机 DDC 系统的硬件设计	199
8.4	微机 DDC 系统的软件设计	203
8.5	微机控制系统实例	208
	小结	225
	习题与思考题	226
	<b>参考文献</b>	<b>228</b>

# 第 1 章

## 微型计算机控制系统概述

由于科学技术和生产技术的进步,自动控制技术在 20 世纪得到了飞速的发展,尤其是电子计算机在控制领域中的应用,使工业生产自动化发展到了一个崭新的阶段,并产生了与传统的自动控制在理念、方法和手段上都有所不同的新型控制技术——计算机控制技术。特别是 20 世纪 70 年代微型计算机问世后,随着微电子技术、计算机技术和信息处理技术的发展,微型计算机的硬件费用急剧下降,体积缩小,运算速度加快,存储量扩大,能耗降低,可靠性提高,性能价格比日趋合理,从而使以微型计算机为控制核心的微机控制技术逐渐成为当前自动控制技术的主流,以微机为控制器组成的微机控制系统已经成为在工农业生产、军事、国防、管理乃至日常生活中得到广泛应用的首选控制系统。

通过本章的学习,要求掌握微机控制技术中的开环、闭环、实时、在线、离线等一般概念;掌握微机控制系统的一般结构组成和分类方法,建立对微机控制系统的总体认识,便于以控制系统为主线在以后各章对组成系统的各部分进行学习;了解当前几种典型微机控制系统的组成及其特点。

### 1.1 微机控制的一般概念

微机控制技术是计算机技术与自动化技术相结合的应用技术,是计算机的重要应用领域之一,在研究微机控制系统之前,先了解几个有关的概念,便于后面继续学习。

#### 1.1.1 微机的开环控制与闭环控制

从控制理论可知,如图 1.1 所示的系统,其控制器的输出只随给定值而变,与被控制对象的被控参数变化无关,这样的系统称为开环控制系统。如果需要调整被控参数,可人为调整给定值,改变控制器的输出,通过执行器动作位置的变化,达到改变被控参数的目的。

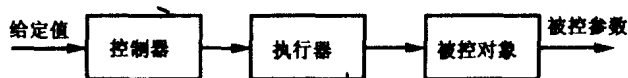


图 1.1 开环控制系统



但是,在工业生产过程中,对于上述这种系统,往往因各种外界因素的干扰,使被控参数偏离预定值(如电动机转轴转速随轴负荷的变化而改变、加热炉炉门的开闭和进料出料影响炉温的变化),又不能自动得到恢复,所以它的控制性能是比较差的。

如图 1.2 所示的系统,通过检测装置获取变化的被控参数信息,与给定值比较后成为误差信号,控制器按误差信号的大小产生一相应的控制信号,自动调整系统的输出,使其误差趋向于零,这样便形成闭环负反馈控制系统,即闭环控制是指系统输出对控制器控制作用产生影响的控制。

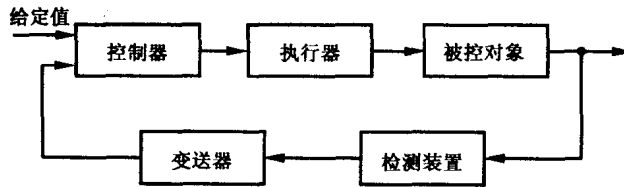


图 1.2 闭环控制系统

在常规的控制系统中,上述的控制器是用自动化仪表或其他控制装置来实现的,如果控制器用微机来代替,便构成微机控制系统了,所以微机控制系统也有开环控制与闭环控制之分。

值得一提的是后面将要讨论到的数据采集、数据处理系统,这种系统中的微机虽然直接与生产过程相联系,但它的基本任务是把生产过程参数经检测输送到微机中,微机对这些参数经过适当的处理后输出到显示器或打印机,供操作时参考。微机的输出与系统的过程参数输出有关,但并不影响或改变生产过程的参数,所以这样的系统也可以说是一个开环系统,但不是开环控制系统。

微机有着高速运算、强大的逻辑判断和记忆的能力,用它来完成控制器输入输出关系的运算,只是执行事先编写好的控制程序便可实现,因而可灵活地完成各种复杂的控制算法,若要改变控制规律,只要修改控制程序即可。

在微机控制系统中,微机输入输出的信号都是数字量,被控对象的输入输出信号往往是连续变化的模拟量,为此在微机的信号输入和输出端需要设有模拟量与数字量之间信号形式转换的模/数(A/D—Analog/Digital)和数/模(D/A)转换装置。典型的微机控制系统框图如图 1.3 所示。

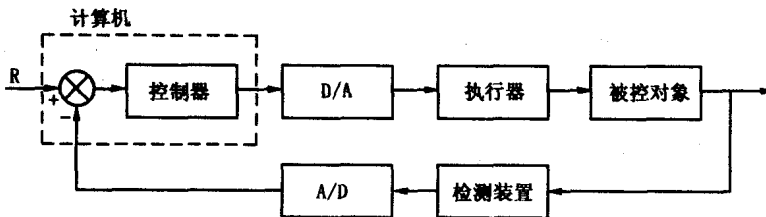


图 1.3 微机控制系统基本框图

### 1.1.2 实时性

控制系统用的微机与科学计算用的微机由同样的基本硬件组成,亦需要有系统软件和应用软件来支持,但它们也有区别,其中最突出的一个不同点是控制用微机的操作具有实时性。

“实时”含有及时、即时和适时的意思,或者说要求控制用微机能够在规定的时间范围内完成规定操作,否则把微机放在控制系统中将没有任何实际意义。微机控制操作的实时性主要包含以下4个方面的内容:

1)实时数据采集。被控对象当前输出的信息(如温度、压力、流量、成分、速度、转速、位移量等)瞬间即逝,如不及时采集,便会丢失,所以应将它们转换为相应的模拟电信号,由微机随时对它们进行采样,并及时把这些采样结果存入内存。

2)实时决策运算。采样数据是反映生产过程状态的信息,微机对它经过比较、分析、判断后,得出生产过程参数是否偏离预定值、是否达到或超过安全极限值等,即时按预定控制规律进行运算,作出控制决策。

3)实时控制。微机及时将决策结果形成控制量输出,作用于执行机构,校正被控对象参数。

4)实时报警。如果被控对象参数超限或系统设备出现异常情况,微机应能及时发出声光报警信号,并自动地或由人工进行必要的处理。

实际上系统中的微机就是按顺序连续不断地重复以上几个步骤的操作,保证整个系统能按预定的性能指标要求正常运行。

但是“实时”不等同于“同时”,因为从被控参数的采集到微机的控制输出作出反应,是需要经历一段时间的,即存在一个实时控制的延迟时间,这个延迟时间的长短,反映实时控制的速度,只要这一时间足够的短,不至于错过控制的时机,便可以认为这系统具有实时性。不同的控制过程,对实时控制速度的要求是不同的;即使是同一种被控参数,在不同的系统中,对控制速度的要求也不相同。例如电动机转速和移动部件位移的暂态过程很短,一般要求它的控制延迟时间就很短,这类控制常称为快过程的实时控制;而热工、化工类的过程往往是一些慢变化过程,对它们的控制属慢过程的实时控制,其控制的延迟时间允许稍长一些。

控制器的延迟时间在正常情况下包含数据采集、运算决策和控制输出三个步骤所需时间之和,其中运算决策部分的延迟时间占的比例最大。为了缩短控制的延迟时间,应从合理选择控制算法、优化控制程序的编制、选用运算速度较高的微机等方面加以解决。

此外,要使微机控制系统具有实时性,在微机硬件方面还应配备有实时时钟和优先级中断信息处理电路,在软件方面应配备有完善的时钟管理、中断处理的程序、实时时钟和优先级中断系统,这些是保证微机控制系统实时性的必要条件。

### 1.1.3 在线与离线

在微机控制系统中,若微机的输入输出端直接与被控对象连接起来,直接交换信息,而不通过其他中间记录介质如磁带等来传递,微机的这种工作方式称为“在线”方式或“联机”方式;若微机不直接对生产装置进行控制,而将其输出信息先记录在某种记录介质上,再由人来联系,按照记录信息完成相应的控制操作,这种工作方式称为“离线”方式或“脱机”方式。离线方式显然不能达到实时控制的目的。由此可见,要使系统具有实时性,就必须要求计算机以“在线”方式工作,不过应注意,计算机以“在线”方式工作不等于说该系统就是一个实时控制系统,例如数据采集系统中的计算机,虽然它直接与生产装置连接,及时采集系统的输出数据,但不要求它对生产装置进行直接的控制,所以这种系统的计算机是“在线”,并非完全“实时”。

## 1.2 微机控制系统的一般组成

随着被控对象的不同、完成控制任务的不同、对控制要求的不同和使用设备的不同,各个微机控制系统的具体组成是千差万别的,但是从原理上说,它们都有其共同的结构特点。本节主要介绍一般微机控制系统所包含的硬件和软件组成,为后面的详细讨论打下基础。

### 1.2.1 硬件组成

微机控制系统的硬件一般由生产过程、过程通道、微型计算机、人机联系设备、控制操作台等几部分组成,如图 1.4 所示,各部分简要说明如下:

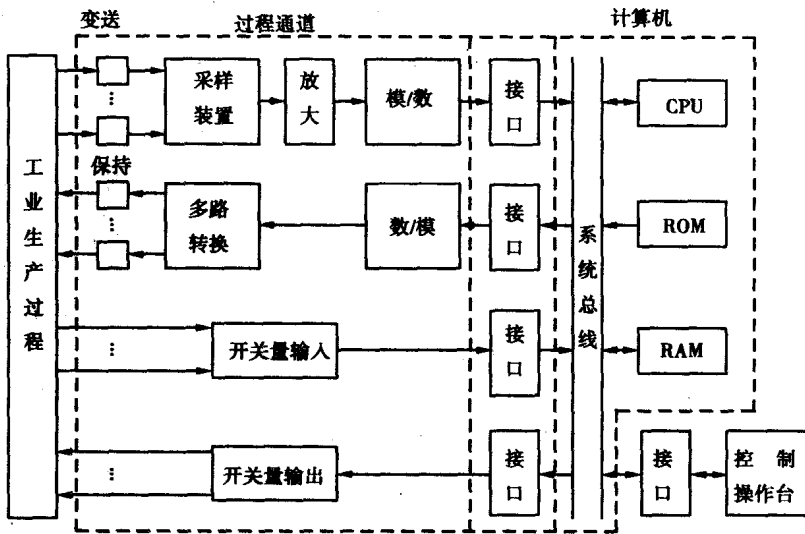


图 1.4 微机控制系统的一般组成

#### (1) 主机

包括中央处理器 CPU、存储器 ROM、RAM 和系统总线在内的几部分称为主机,它是整个系统的核心部分,它主要是执行人们预先编制好并存放在存储器的程序,收集从工业生产过程送来的过程参数,并进行处理、分析判断和运算,得到相应的控制信息,用它输出到工业生产过程,使过程参数趋于预定数值。控制程序反映控制器输入输出之间的数学关系。主机启动后,便从存储器逐条取出程序指令并执行。该程序被连续重复地执行着,于是便能对生产过程按一定的规律连续地进行控制。

#### (2) 过程通道

过程通道是主机与工业生产过程交换信息的通道,是微机控制系统按特殊要求设置的部分。按传送信号的形式可分为模拟量通道和开关量通道,按信号传送的方向可分为输入通道和输出通道。

生产过程的被控参数一般为连续变化的非电物理量,在模拟量输入通道中先用传感元件把它转换成连续变化的模拟电量,然后用模/数转换器转换成微机能够接受的数字量。计算机

输出的数字量往往要经过数/模转换器转换成连续的模拟量,去控制可连续动作的执行机构。此外还有开关量形式的信号,它将通过开关量输入输出通道来传送。因此,过程通道有:模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入通道和开关量输出通道。下一章将较详细地介绍这几种通道。

通道入口的传感变送设备和出口的执行设备等自动化仪表,不再在本课程内讨论,但从事微机控制系统工作的人员可参考其他相关资料,应熟练地加以掌握。

### (3)接口

接口是通道与微机之间的中介部分,经接口联系,通道便于接受微机的控制(能直接接受微机控制的通道也可以不通过接口联系),使用它可达到由微机从多个通道中选择特定通道的目的。

系统所用的接口通常是通用的数字接口,其中分为并行接口、串行接口和脉冲列接口。目前各型号的CPU均有其配套的通用可编程接口芯片,这些接口芯片使用方便灵活。为了能用好各种接口,要充分了解和掌握更多的通用集成接口芯片知识。

### (4)控制操作台

控制操作台是人与计算机控制系统联系的必要设备。在操作台上随时显示或记录系统的当前运行状态和被控对象的参数,当系统某个局部出现意外或故障时,也在操作台上产生报警信息。操作人员在操作台上可修改程序或某些参数,也可按需要改变系统的运行状态。运行操作台应包括以下几方面的设备:

- 1) CRT 屏幕显示器或 LED 数码显示器、打印机、记录仪等输出装置。
- 2) 键盘、功能控制按钮或扳键等输入装置。
- 3) 微机的外存储器,如磁盘机、磁带机等。
- 4) 状态指示和报警指示的指示灯和声报警器。

控制操作台实际是把主机的控制台和系统的控制台结合在一起,必要时也可以将二者分开。

控制操作台上的各个设备都需要各自的接口与主机相连接,在主机内部也需要配置相应的软件对各个设备进行管理,这样操作人员才有可能利用操作台上的设备与控制系统联系。

## 1.2.2 软件组成

从微机原理可知,微机的操作功能除了与微机硬件有关外,还有赖于它是否配置完善的软件。微机控制系统的运行也不例外,需要软件来支持。

微机软件分系统软件和应用软件两大类,系统软件是微机操作运行的基本条件之一,由于微机系统硬件发展很快及应用领域的扩大,系统软件的发展也很迅速。

应用软件按照对系统功能要求和完成任务的不同而有所不同,通常由用户来编写。控制系统中的应用软件主要是直接控制软件,其质量的好坏直接影响控制系统的控制效果。

控制软件指对系统直接监测、起控制作用的前沿程序,包括人机联系、对外围设备起管理作用的服务性程序,还有与控制关系不大的例如保证系统可靠运行的自检程序之类的后沿程序。

微机执行程序需要时间,若要为快过程(如电动机)的控制系统编写控制程序,务必注意它执行时间的长短,保证控制系统的实时性。

此外,要充分使用系统程序为控制系统服务,以减少应用程序的编制工作量。

### 1.3 微机控制系统的分类及其特点

在工业生产上用到的计算机控制系统,其具体组成虽然都有硬件部件和软件系统,但由于应用目的、对功能的要求和使用的控制规律不同而各不相同。这里将从控制系统的功能及控制规律的分类角度,介绍几种常见的典型微机控制系统。

#### 1.3.1 按功能分类的典型微机控制系统

##### (1) 数据采集和数据处理系统

数据采集和数据处理系统主要用于对生产过程中的大量数据(如温度、压力、流量、速度、位移量等)作巡回检测,进行收集、记录、统计、运算、分析、判断等处理,最后由显示器或打印机列出结果。如某项数据超出设定界限时,该系统还会自动发出声光报警,提醒操作人员及时处理。

这种系统可以取代大量的常规显示和记录仪表,对整个生产过程进行集中式的实时监视。各种数据的积累和实时分析,不但可作为指导生产过程的人工操作信息,还能用于生产过程的趋势分析和预测。

图 1.5 为数据采集和数据处理系统的硬件组成原理图。这种系统的主机,一般只需要模拟量输入通道和开关量输入通道,而没有输出通道。在软件系统中,它除了有控制数据输入的程序外,还应该有的数据处理程序。

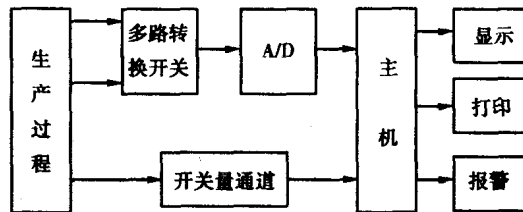


图 1.5 数据采集、数据处理系统硬件组成原理框图

数据采集和数据处理系统并不直接控制生产过程,所以从严格意义上说,这种系统并不是控制系统,因此,它常要辅以人工控制或其他控制装置,来完成对生产过程的控制作用。

##### (2) 直接数字控制系统

在直接数字控制(DDC——Direct Digital Control)系统中,微机通过过程输入通道对生产过程的控制对象作巡回检测,根据测得的数据,由微机按一定的控制规律进行运算,并将运算结果经过程输出通道作用于执行机构,以完成调节这些被控参数的目的,使之符合所要求的性能指标。

直接数字控制系统中的微机起着模拟调节器的作用,只要配置有相应的控制软件,一台微机可以替代多个模拟调节器,同时按不同的控制规律对不同的参数进行不同的控制。它可以实现常规的 PID(比例、积分、微分)控制,也可实现其他复杂或先进的控制,控制规律的改变只需变换相应的控制软件。由于这种微机控制系统使用比较灵活,因此目前在工业生产中应用

最为广泛。

直接数字控制系统的硬件组成原理框图如图 1.6 所示。系统中除了输入和输出通道外，一般还有一个功能较强的控制操作台，配有显示器、打印机、键盘、各种开关和声光报警器，操作人员可以通过控制操作台进行人机的信息交流，如输入和调整被控参数的给定值，显示和打印各种数据、表格，变更控制方式或控制规律。

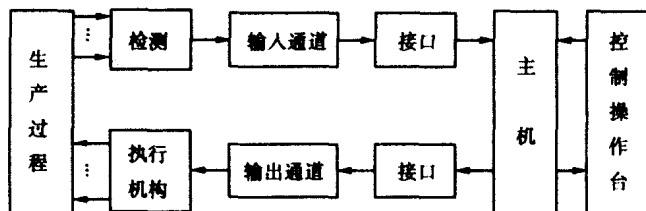


图 1.6 直接数字控制系统硬件组成原理框图

### (3) 监督控制系统

监督控制系统(SCC——Supervisory Computer Control)的硬件组成原理框图如图 1.7 所示。在这类系统中，总有一台用于监督控制的微机，它根据生产过程的工艺参数和数学模型，计算出最佳的给定值，送给模拟调节器或 DDC 微机，最后由模拟调节器或 DDC 微机控制生产过程，完成闭环自动控制，而监督控制的微机是不直接参与过程调节的。

生产过程的闭环自动调节是依靠模拟调节器(图 1.7(a))或 DDC 微机(图 1.7(b))来完成的，模拟调节器或 DDC 微机直接面向生产过程，SCC 微机是面向模拟调节器或 DDC 微机的，也就是说，含有 SCC 的系统至少是一个两级控制系统。一台 SCC 微机可监督控制多台 DDC 微机或模拟调节器，这种系统具有较高的运行性能和可靠性。

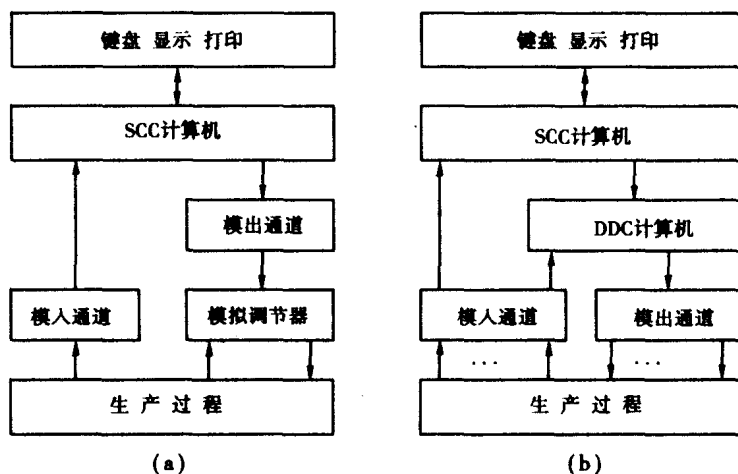


图 1.7 监督控制系统组成原理框图

监督控制微机所给出的最佳值，可以使生产过程始终在最优或较优的工况下运行，但这种控制的效果，常常受数学模型和被控参数采样及变换精确程度的影响。

### (4) 集散控制系统

集散控制系统(TDC——Total Distributed Control)也称分级分布式控制系统，简称集散系统，它是计算机、控制器、通讯和显示技术相结合的产物，多台以微处理器为核心的控制器分

散于整个生产过程各部分,整个系统采用单元模块组合式结构,各单元用通讯线路连接成一个整体,不同的系统可用不同的模块来组合以适应不同的要求。但整个系统一般总是由实现 DDC 局部控制的基本控制器、实现监督控制的上级监督控制计算机及控制操作台等组成。它可使整条生产线或整个车间达到全自动控制的目的。集散控制系统的组成框图如图 1.8 所示。图 1.8 中的局部控制均是以微处理器为核心的 DDC 控制,各控制器通过外部数据通讯线路与上级 SCC 微机及控制操作台联系,控制操作台也是以微处理器为核心的装置。系统应用的层数可按需确定,目前较普遍地采用第 1、第 2 两层组成的系统。

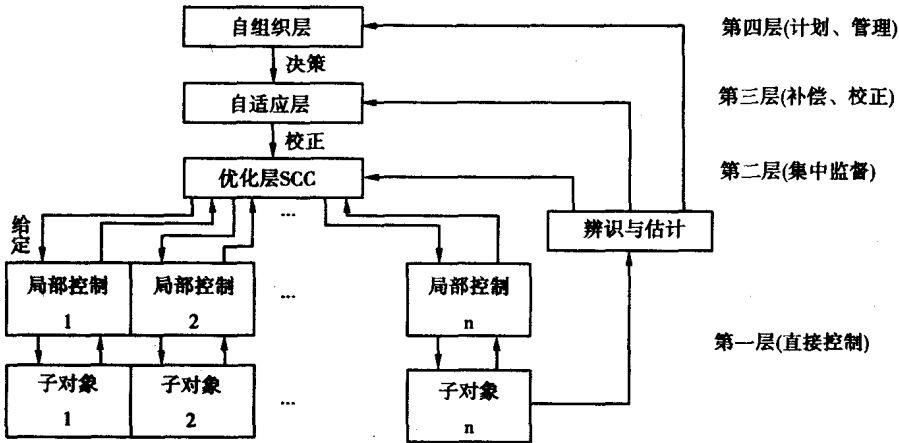


图 1.8 集散控制系统组成框图

集散系统有系统组成灵活、操作方便、能实现集中控制和可靠性高等优点。目前许多国家都陆续推出了类似的系统产品,我国通过引进技术和自行研制相结合,开展了集散系统的生产和推广使用工作,这类系统现在已在我国得到了广泛的应用。

(5) 现场总线控制系统

现场总线控制系统(FCS——Fieldbus Control System)是一种自 20 世纪 80 年代开始发展起来的新型控制系统,它是一种安装在现场装置与控制室之间的数字式、双向串行传输、多点通信的数据总线。在现场总线控制系统中,生产过程现场的各种传感器、变送器、仪表、执行机构等都配置了微处理器或单片机,使它们各自都具有数字计算和数字通信能力,可以完成对单一量的自行测量、数据的自行处理及自行分析、判断、决策的控制任务,从而把许多控制功能从控制室移到现场。现场总线控制系统采用双绞线作为总线,把多个测量控制装置连接成网络系统,并按公开、规范的通信协议,在位于现场的多个微机化测量控制装置之间以及现场装置与远程监控计算机之间,实现数据传输和信息交换,形成有现场通信网络、现场设备互连、互操作性、分散功能块、通信线供电和开放式互连网络六大功能的网络集成式全分布型的自动控制系统。

现场总线控制系统的组成如图 1.9 所示。图中的现场设备如传感器、变送器、调节器、步进电机等都不是传统的单功能的现场仪表和器件,而是具有综合功能的智能仪表和智能控制器件。现场总线上的网络连接器可以将该控制系统与其他的现场总线控制系统直至 Internet 互联网连接在一起。

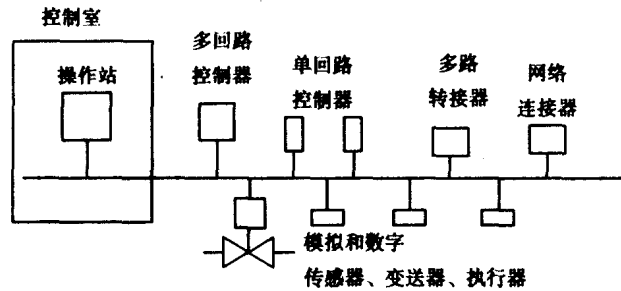


图 1.9 现场总线控制系统组成示意图

### 1.3.2 按使用的控制规律分类的典型微机控制系统

控制规律又称控制策略,在计算机控制系统中也可狭义地称为控制算法。微机控制系统按控制规律分类时,主要有:

#### (1) 程序和顺序控制

程序控制是指被控制量要按照预先设定的时间函数变化,被控制量为时间的函数,例如一般数控机床的加工控制和单晶硅炉的温度控制等。

顺序控制是程序控制的一种扩展,它在各个时期给出的设定值可以是不同的物理量。下一步设定值的给出,不仅取决于时间,还取决于前一步(或前几步)控制结果的逻辑判断。可编程控制器(PLC)在顺序控制中使用较为广泛。

#### (2) 比例积分微分控制

比例积分微分(PID)控制是指控制调节器的输出为输入的比例、积分、微分的函数。PID控制结构简单,参数容易调整,最为广大工程技术人员熟悉,因此目前使用最为普及,无论是模拟调节器还是数字调节器,大多使用PID控制规律。

#### (3) 复杂规律的控制

传统的控制规律在应用时需要两个前提,一是要求控制对象的模型是精确的、不变的,而且是线性的;二是要求操作条件和运行环境是确定的、不变的。对于存在随机扰动、纯滞后对象、多变量耦合或非线性的系统,仅用PID控制是难以达到满意的性能指标的。所以,随着自动化在工业应用领域的扩大,必须要针对生产过程的实际情况,考虑多变量、非线性、控制对象的参数乃至结构变化的影响,考虑运行环境改变及随机扰动等时变的或不确定因素的影响,因此,可以引进各种复杂的控制规律。例如:串级控制、前馈控制、纯滞后补偿控制、多变量解耦控制等,以及可以使环境干扰和控制对象特性的变化漂移对系统的影响逐渐降低和消除的自适应控制、可以使系统对外界干扰和参数变化不灵敏的变结构(滑模)控制、鲁棒控制、预测控制等。

#### (4) 智能控制

智能控制是一种在近几年发展很迅速的新型控制策略,它是自动控制理论和人工智能相结合的产物。随着对智能控制研究的深入和应用的扩大,智能控制已经从初期的三元结构(控制理论—人工智能—运筹学)发展成四元结构(控制理论—人工智能—运筹学—信息论)和多元结构(控制理论—人工智能—运筹学—信息论—计算机科学—生物学)。典型的智能控制方法有模糊逻辑控制、神经网络控制、专家控制、遗传算法等。



## 1.4 微机控制技术的发展趋势

21 世纪是知识经济和信息技术的新世纪。信息技术(IT)革命的飞速发展,特别是计算机科学技术和自动控制理论的成就有力地推动了计算机控制技术的进步。借助于计算机高速运行以及强大的计算、记忆和逻辑推理等信息处理能力,实现从经典控制到先进控制的各种控制规律、控制策略和控制算法的计算机控制系统,已经成为当前自动控制系统的主流,并且日益显示出它的强大生命力。可以预计,在不久的将来,除个别特殊场合外,绝大多数的自动控制系统将会是计算机控制系统。

从工程应用的角度出发,新一代计算机控制系统的控制对象、控制内容和应用领域都会出现极大的变化。在工业应用领域中,控制对象从单台设备、机械、生产线或生产过程延拓到整个工厂或企业,对技术指标的期望值或其优化控制将会变成对信息流、物质流、能量流和资金流的控制;控制内容也日益广泛,既包括通常意义下的闭环调节和伺服控制,也包括操作、指导、诊断、监督、优化、调度、计划、组织和管理等,还应该包括自适应、自学习和自组织控制;计算机控制系统的应用领域,也正在从传统的运动和过程控制的工业生产领域发展到智能化仪器(仪表)、家用电器、办公自动化设备、智能大厦乃至通讯、航天、军事甚至于农业生产现代化等其他领域。

微电子技术和计算机科学技术的日新月异,始终是计算机控制技术发展的重要前提和坚实基础。著名的“每 18 个月同体积芯片上集成的器件数量将增加 1 倍而其性能则提高 2 倍”的摩尔定理已被实践所证明,计算机的运行速度日益加快,功能日趋完善,目前正在向巨型机、微型机、高速化、集成化和网络化的方向发展。微型计算机由于其体积较小、结构组合灵活、性能价格比高、可靠性好,从一开始就被作为计算机控制技术的主要使用机型。因此,计算机控制技术一般是指微型计算机控制技术。

从控制系统组成的角度来看,微型计算机控制技术的应用目前有几点引人瞩目的新趋势。

### 1.4.1 分级分布式的控制方式

在 20 世纪 60 年代,较大规模工业生产中的计算机控制系统基本上都是集中式的,当计算机一旦出现故障,就会给整个装置和生产系统带来严重影响。所以,从 70 年代初起,开始推广分级控制系统,即用多台微型计算机分散于整个生产过程的各部分,实现各自小范围的局部控制,上一级的微型计算机则起监督作用,从而形成分散型的微机控制系统。70 年代中期,开始出现一种新型的分散型综合控制系统,又称集散控制系统 DCS。它是以微机为核心,把微机、各自独立的带 CPU 的工业控制单元、输入输出通道、模拟仪表及显示操作装置等通过数据通信系统有机地结合起来,既实现地理上和功能上分散的控制,又由高速数据通道集中所有分散控制点的信息,进行集中的监督和操作。集散控制系统是一种典型的分级分布式的控制结构,上一级的微型计算机对分散的各控制单元进行统一管理,它根据接收到的各控制单元送来的信息,经分析和处理后对各控制单元进行监督控制,实现对整个生产过程控制的协调和优化;它还能完成生产计划编制、原材料及能源调度、工艺流程管理、产品管理、财务管理、人员管理以及打印统计报表等工作;而且它的系统组成是积木式的,所以组合方便灵活,易于扩展。新