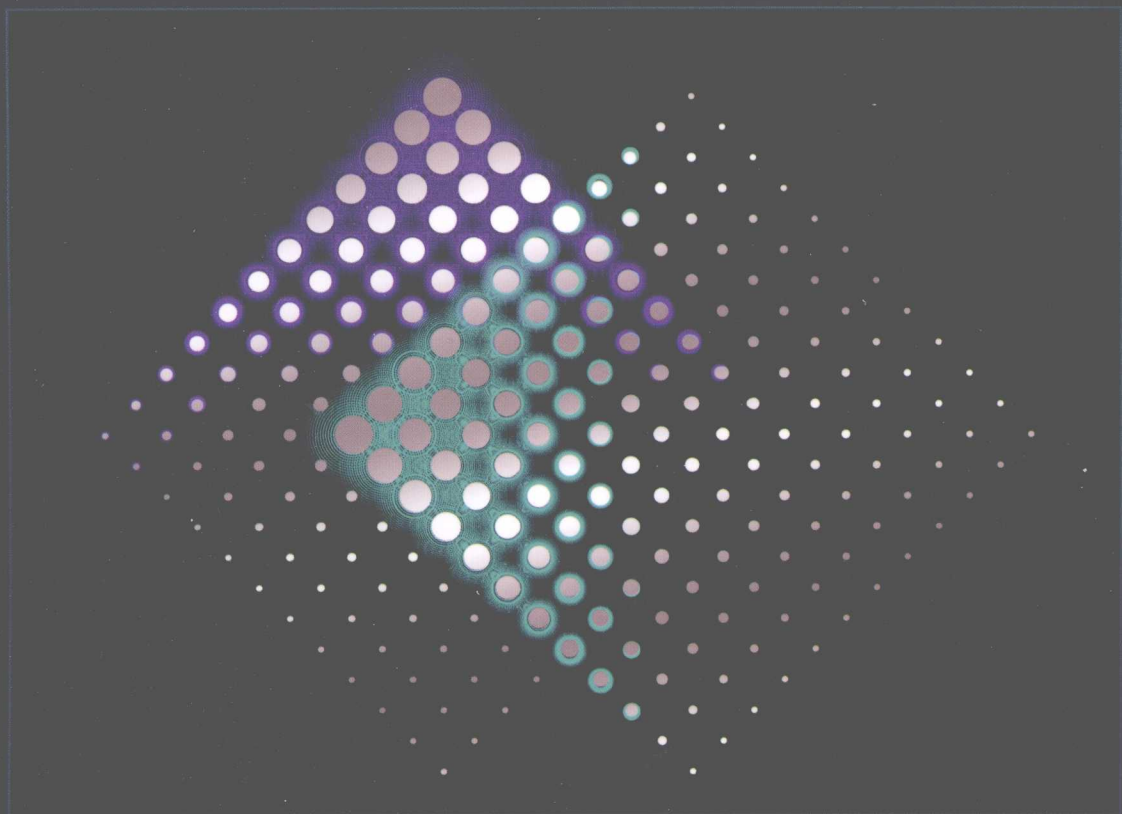




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编计算机类本科规划教材

计算机控制技术 (第2版)

朱玉玺 崔如春 邝小磊 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

TP273/379=2

2010

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编计算机类本科规划教材

计算机控制技术

(第2版)

朱玉玺 崔如春 邝小磊 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书着重介绍计算机控制系统的组成、基本控制算法及软、硬件系统在工业控制中的应用技术。全书共9章，主要内容以典型微型计算机（工控机和单片机）控制系统为例，介绍一般性控制系统的基本概念、原理和各组成部分，分别讲述输入/输出通道接口技术、顺序控制与数字程序控制、数字控制器的设计、模糊控制技术、多微处理器控制系统、控制技术中的计算机系统、计算机控制系统的设计等内容。

本书可作为高等院校计算机应用、自动化、电子工程、机电工程等专业计算机控制技术课程的教材，也可作为从事计算机控制系统设计工程技术人员的参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

计算机控制技术/朱玉玺，崔如春，邝小磊编著. —2版.—北京：电子工业出版社，2010.1

新编计算机类本科规划教材

ISBN 978-7-121-10059-8

I. 计… II. ①朱…②崔…③邝… III. 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（2009）第 227481 号

策划编辑：冉 哲

责任编辑：冉 哲

印 刷：北京市李史山胶印厂

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：18.75 字数：476 千字

印 次：2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

在自动控制领域，计算机在计算、数据处理等方面获得了极大的成功，它承担着控制系统中控制器的角色，直接参与控制，从而形成了计算机控制系统。它的参与对控制系统的性能、系统的结构及控制理论等多方面都产生了极为深刻的影响。本书介绍计算机控制系统的组成、工作原理及其特点，并着重说明计算机参与控制后给控制理论及控制系统设计所带来的新问题。由于理论基础、实际需要和物质条件这3个因素，使计算机控制成为一门迅速发展新兴学科。在没有特别说明的情况下，本书主要阐述以微型计算机为控制器的控制系统，讲解系统的组成、原理、控制过程、系统特性及相关新技术应用，将控制对象、传感器、通道及接口、数字控制器、系统软件和各种应用软件组织成一个有机的整体，形成完整的计算机控制系统，从而达到完整的“控制”目的。

本书主要特点是，对经典控制系统的基本控制算法、数学变换、控制参数整定等，采用适度引入，应用其定理、定义和结论的方法进行讲解；将输入/输出通道接口技术同相应的输入/输出设备及控制作为一个整体考虑，使读者容易接受控制系统中的模块化概念，使内容更具有连贯性和完整性；在模糊控制系统中，引入FUZZY理论，深度和广度适度，明确模糊理论在控制系统中的作用；在总线接口技术中，着重介绍当前应用于各种仪器设备上的PCI接口总线和USB接口总线；针对多机控制系统在现代计算机控制系统中的发展趋势，对几种主导市场的现场总线技术进行介绍；介绍计算机控制系统的设计方法和步骤，选取了经典的实例，作为各种相关技术的综合应用。

本书在第一版的基础上，总结实际教学和实践经验，对绝大多数的章节进行了修改和增删。在第5章中增加了串级、前馈和解耦控制内容，增加了第8章，将原第8章改为第9章并做了相应的修改。本书着重于建立学生对计算机控制系统的整体概念，培养学生软件、硬件相结合的系统设计能力。对计算机及相近专业的学生，根据课程设置的需要，可选讲部分章节的内容。

本书的第1章、第6章、第7章由朱玉玺编写，第2章、第3章、第4章和第8章由崔如春编写，第5章、第9章由邝小磊编写。全书由朱玉玺统稿。在本书编写过程中，始终得到了电子工业出版社的支持，使本书得以顺利完成。

由于我们水平有限，加上时间仓促，书中一定会有一些错误，殷切希望得到广大读者和同仁的批评指正，以便使本书的质量得到进一步的提高。

编著者
2009年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 控制系统组成	1
1.2 计算机控制系统的分类	4
1.3 工业控制计算机的特点	8
1.4 计算机控制系统的发展状况	9
习题 1	11
第 2 章 输入通道接口技术	12
2.1 信号测量与传感器技术	12
2.1.1 温度测量传感器	12
2.1.2 压力测量传感器	14
2.1.3 流量测量传感器	15
2.2 模拟信号输入通道接口	15
2.2.1 模拟多路开关	16
2.2.2 A/D 转换器	20
2.2.3 数据采集与处理方法	26
2.3 键盘接口技术	30
2.3.1 独立式按键	30
2.3.2 行列式键盘	31
2.3.3 软键盘与触摸屏接口	35
2.4 开关量信号输入接口	37
2.4.1 多路开关量信号输入接口技术	37
2.4.2 光电隔离与大功率输入接口技术	38
习题 2	40
第 3 章 输出通道接口技术	41
3.1 模拟信号输出通道接口	41
3.1.1 D/A 转换器	41
3.1.2 PWM 技术	44
3.2 LED 显示器及其接口技术	45
3.2.1 动态 LED 显示器接口技术	46
3.2.2 静态 LED 显示器接口技术	48
3.3 LCD 显示器接口技术	50
3.3.1 单色 LCD 显示原理	50
3.3.2 彩色 LCD 显示原理	51
3.3.3 单色 LCD 器件的驱动方式	51
3.3.4 点阵式单色 LCD 显示器的接口	53
3.4 开关量输出接口技术	55

3.4.1	输出接口光电隔离技术	56
3.4.2	继电器输出接口	56
3.4.3	大功率输出接口	58
3.5	电动机控制接口技术	59
3.5.1	小功率直流电动机调速原理及控制接口	59
3.5.2	步进电机工作原理及控制接口	62
习题 3	69
第 4 章	顺序控制与数字程序控制	71
4.1	顺序控制	71
4.2	数字程序控制	75
4.2.1	逐点比较插补法	75
4.2.2	数字积分器插补法	84
习题 4	92
第 5 章	数字控制器的设计	93
5.1	计算机控制系统的理论基础	93
5.1.1	控制系统中信号的基本形式与控制系统的结构	93
5.1.2	连续系统的数学描述	96
5.1.3	离散系统的数学描述	99
5.1.4	Z 变换	102
5.1.5	离散系统的传递函数	108
5.1.6	采样周期的选择	118
5.2	数字控制器的 PID 设计方法	122
5.2.1	PID 设计方法	122
5.2.2	PID 算法的离散形式	128
5.2.3	PID 算法数字控制器的改进	129
5.2.4	PID 算法数字控制器的参数整定	135
5.3	数字控制器的直接设计方法	139
5.3.1	最少拍无差系统	140
5.3.2	最少拍无纹波系统	150
5.3.3	纯滞后系统	153
5.4	串级控制	159
5.5	前馈控制	162
5.6	解耦控制	164
5.7	控制算法的实现	166
5.7.1	直接实现法	166
5.7.2	级联实现法	168
5.7.3	并行实现法	171
习题 5	173
第 6 章	模糊控制技术	175
6.1	模糊控制发展概况	175

6.2	常见的控制器类型及模糊规则	177
6.3	简单模糊逻辑控制系统	180
6.4	基本模糊控制器设计	181
6.5	模糊数学模型	187
6.6	模糊控制的发展	191
	习题 6	191
第 7 章	多微处理器控制系统	192
7.1	多微处理器控制系统的结构形式	192
7.2	多微处理器控制系统的通信	194
7.3	多微处理器控制系统总线	196
7.3.1	并行总线	197
7.3.2	串行通信标准总线	205
7.3.3	现场总线技术	219
	习题 7	224
第 8 章	控制技术中的计算机系统	225
8.1	工业控制计算机 (IPC)	225
8.2	可编程控制器 (PLC)	228
8.3	嵌入式系统	231
8.3.1	嵌入式系统简介	231
8.3.2	嵌入式系统开发步骤	233
8.3.3	嵌入式系统的硬件设计	234
8.3.4	嵌入式系统的软件设计	236
8.3.5	嵌入式操作系统的简介与选用	239
	习题 8	245
第 9 章	计算机控制系统的设计	246
9.1	计算机控制系统的设计步骤与方法	246
9.1.1	总体方案的确定	247
9.1.2	计算机控制系统输入部分的设计	251
9.1.3	确定控制算法	253
9.1.4	计算机控制系统输出部分的设计	254
9.1.5	计算机控制系统的调试	255
9.2	计算机控制系统的可靠性设计	255
9.3	计算机控制系统的抗干扰技术	265
9.3.1	硬件抗干扰技术	265
9.3.2	软件抗干扰技术	276
9.4	计算机控制系统设计举例	277
	习题 9	286
附录 A	常用函数的拉氏变换与 Z 变换对照表	287
附录 B	部分习题参考答案	288
参考文献	292

第 1 章 绪 论

自从 20 世纪 70 年代初第一个微处理器问世以来，随着半导体技术的进步，计算机以惊人的速度向前发展。在短短的三十几年时间里，经过了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机 4 个大的发展阶段，目前，64 位机也已问世。就计算机种类而言，功能齐全的高性能计算机相继问世，而且还出现了许多小巧灵活的单片机，如 Intel 公司的 MCS-51 系列、Zilog 公司的 Z8 系列、Motorola 公司的 68HCXX 系列等。特别是近年来随着 16 位、32 位单片机的出现，更使计算机在工业控制领域取得了长足的进步。由 20 世纪 80 年代的 Z80 单板机到 20 世纪 90 年代初的单片机，由结构简单、可靠性高的 STD 总线工业控制机到具有更加强大功能的工业 PC，从简单的单机控制到复杂的集散型多机控制，无不反映了计算机在工业控制中的强大生命力。

今天，完全可以这样说，没有微处理器的仪器就不能称其为“仪器”，没有计算机的控制系统更谈不上现代工业控制系统。作为从事工业控制及智能化仪表研究、开发和使用的人员，不懂计算机在工业控制领域里的应用，很难胜任现代工业控制工作。

由于理论基础、实际需要和物质条件这 3 个因素，使计算机控制成为一门迅速发展新兴学科。在没有特别说明的情况下，本书主要阐述以微型计算机为控制器的控制系统。

1.1 控制系统组成

由计算机完成部分或全部控制功能的控制系统，称为计算机控制系统。严格地讲，它是建立在计算机控制理论上的一种以计算机为手段的控制系统（见图 1-1）。

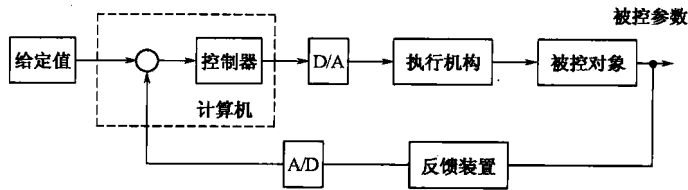


图 1-1 计算机控制系统

在该系统中，输入/输出计算机的信号均为二进制数字信号，因此需要进行数模（D/A）和模数（A/D）信号的转换。控制信号通过软件加工处理，充分利用计算机的运算、逻辑判断和记忆功能，改变控制算法只需要改编程序而不必改动硬件电路。

一般的计算机控制系统由计算机、I/O 接口电路、通用外部设备和工业生产对象等部分组成，其电路原理如图 1-2 所示。

在图 1-2 中，被测参数经传感器、变送器，转换成统一的标准电信号，再经多路开关分时送到 A/D 转换器进行模数转换，转换后的数字量通过 I/O 接口电路送入计算机，通常称为模拟量输入通道。在计算机内部，用软件对采集的数据进行处理和计算，然后经数字量输出通道输出。输出的数字量通过 D/A 转换器转换成模拟量，再经反多路开关与相应的执行机构

相连，以便对被控对象进行控制。可以用表 1-1 来说明一般计算机控制系统的基本组成。

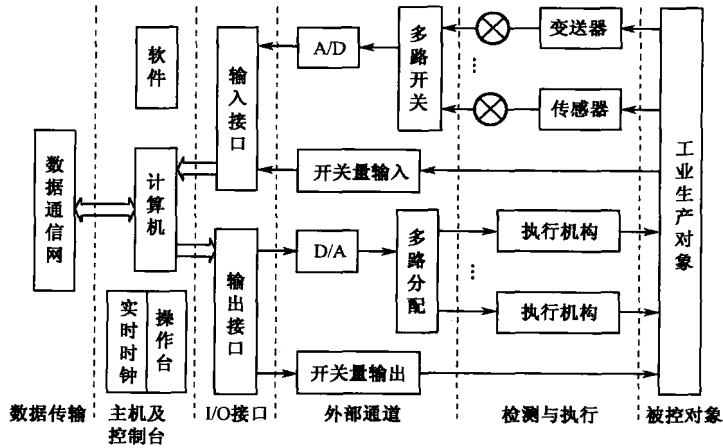


图 1-2 计算机控制系统电路原理

表 1-1 计算机控制系统的基本组成

计算机控制系统		
被控制对象	计算机	
生产过程 + 检测元件 + 执行机构 (广义对象)	硬件	软件
	中央处理器 + 通用外部设备 + I/O 接口电路	
	系统软件和应用软件	

1. 计算机控制系统的硬件构成

1) I/O (Input/Output) 接口电路

I/O 接口电路是主机与被控对象进行信息交换的纽带。主机通过 I/O 接口电路与外部设备进行数据交换。目前，绝大部分 I/O 接口电路都是可编程的，即它们的工作方式可由程序进行控制。目前，在工业控制机中常用的接口有：并行接口（如 8155 和 8255 等）、串行接口（如 8251 等）、直接数据传送控制器（如 8237）、中断控制接口（如 8259）、定时器/计数器（如 8253）和 A/D、D/A 转换接口。

由于计算机接收的是数字量，而一般连续化生产过程中的被测参数大多数都是模拟量，如温度、压力、流量、液位、速度、电压及电流等，因此，为了实现计算机控制，还必须把模拟量转换成数字量，即进行 A/D 转换。同样，外部执行机构的控制量也多为模拟量，所以计算机计算出控制量后，还必须把数字量变成模拟量，即进行 D/A 转换。

2) 通用外部设备

通用外部设备主要是为了扩大主机的功能而设置的，它们用来显示、打印、存储及传送数据。目前已有许多种类的通用外部设备，例如：打印机、显示终端、数字化仪、数码相机、纸带读入机、卡片读入机、声光报警器、磁带录音机、磁盘驱动器、光盘驱动器及扫描仪等。它们就像计算机的眼、耳、鼻、舌、四肢一样，从各方面扩充了主机的功能。

3) 中央处理器 (CPU)

CPU 是整个控制系统的指挥中心，通过 I/O 接口电路及软件可向系统的各个部分发出各种命令，同时对被测参数进行巡回检测、数据处理、控制计算、报警处理及逻辑判断等。因此，CPU 是计算机控制系统的重要组成部分，CPU 的选用将直接影响系统的功能及接口电路

设计等。最常用的CPU芯片有Intel 80x86及单片Intel8051、8096系列等。由于主控芯片种类繁多、功能各异，因此，主控芯片的选用和接口电路的设计有十分密切的联系。

2. 检测元件及执行机构

1) 检测元件

在计算机控制系统中，为了对生产过程进行控制，首先必须对各种数据进行采集，如温度、压力、液位、成分等。因此，必须通过检测元件传感器，把非电量参数转换成电量参数，例如，热电偶可以把温度转换成毫伏级电压信号，压力变送器可以把压力变成电信号。这些信号经过变送器，转换成统一的标准信号（0~5V或4~20mA）后，再送入计算机。因此，检测元件精度的高低，直接影响计算机控制系统的精度。

2) 执行机构

为了控制生产过程，还必须有执行机构，其作用就是控制各种参数的调节。例如，在温度控制系统中，根据温度的误差来控制进入加热炉的煤气（或油）量；在水位控制系统中，控制进入容器的水的流量。执行机构有电动、气动、液压传动等几种，也有的采用电动机、步进电机及晶闸管元件等进行控制，在后面章节中将详细介绍这些内容。

3. 主控制台

主控制台是人机对话的联系纽带。通过它，人们可以向计算机输入程序，修改内存的数据，显示被测参数及发出各种操作命令等。通常，主控制台由以下几个部分组成。

1) 作用开关

作用开关有电源开关、数据和地址选择开关及操作方式（自动/手动）选择开关等。通过这些开关，人们可以对主机进行启动、停止、设置数据及修改控制方式等操作。作用开关可通过接口与主机相连。

2) 功能键

设置功能键的目的，主要是要通过各种功能键向主机申请中断服务，如常用的复位键、启动键、打印键、显示键等。此外，面板上还有工作方式选择键，如连续工作方式或单步工作方式。这些功能键是以中断方式与主机进行联系的。

3) LED数码管及LCD显示

它们用来显示被测参数及操作人员需要的内容。随着计算机控制技术的发展，LCD显示的应用越来越普遍，它不但可以显示数据表格，而且能够显示被控系统的流程总图、柱状指示图、开关状态图、时序图、变量变化趋势图、调节回路指示图、表格式显示及报警等。

4) 数字键

数字键用来送入数据或修改控制系统的参数。关于键盘及显示接口的设计将在后面章节中详细讲述。

4. 计算机控制系统的软件构成

对于控制系统而言，除上述几部分以外，软件也是必不可少的。所谓软件，是指能够完成各种功能的计算机程序总和，如操作、监控、管理、控制、计算和自诊断程序等。软件分为系统软件和应用软件两大部分（见表1-2）。它们是计算机控制系统的神经中枢。整个系统的动作都是在软件指挥下进行协调工作的。

表 1-2 计算机控制系统软件分类

软件	系统软件	操作系统	管理程序、磁盘操作系统程序	
		诊断系统	调节程序、诊断程序等	
		开发系统	程序设计语言（汇编语言、高级算法语言） 服务程序（装配程序、编译程序） 模拟主机系统（系统模拟、仿真、移植软件） 数据管理系统	
		信息处理	文字翻译、企业管理	
	应用软件	过程监视	上、下限检查及报警、巡回检测、操作面板服务、滤波及标度变换、判断程序、过程分析等	
		过程控制计算	控制算法程序	PID 算法、最优化控制、串级调节、系统辨识、比值调节、前馈调节、其他
			事故处理程序	
			信息管理程序	文件管理、输出、打印、显示
公共服务	数码转换程序、格式编辑程序、函数运算程序、基本运算程序			

1) 系统软件

系统软件是指专门用来使用和管理计算机的程序，它们包括各种语言的汇编、解释和编译软件（如 8051 汇编语言程序、C51、C96、PL/M、Turbo C、Borland C 等），监控管理程序，操作系统，调整程序及故障诊断程序等。

这些软件一般不需要用户自己设计。对用户来讲，它们仅仅是开发应用软件的工具。

2) 应用软件

应用软件是面向生产过程的程序，如 A/D、D/A 转换程序，数据采样程序，数字滤波程序，标度变换程序，键盘处理、显示程序，过程控制程序等。

另外，有一些专门用于控制的应用软件，其功能强大，使用方便，组态灵活，可节省设计者大量时间，因而越来越受到用户的欢迎。

目前，计算机控制系统的软件设计已经成为计算机科学中一个独立的分支，而且发展得非常快，且正逐渐规范化、系统化。

1.2 计算机控制系统的分类

采用什么样的计算机控制系统与生产对象的复杂程度及控制要求有关。对象不同，要求不同，产生的控制方案及组成的控制系统也不同。在一般情况下，计算机控制系统可按系统的功能来分类，也可按控制规律来分类，例如，程序控制和顺序控制、PID(Proportional-Integral-Defferential) 控制、最少节拍控制、复杂规律控制、智能控制等。本节主要介绍按系统功能不同划分的控制系统的类型。

1. 直接数字控制（Direct Digital Control, DDC）系统

(1) 原理：用一台计算机对多个被控参数进行巡回检测，结果与设定值相比较，按 PID 规律或直接数字控制方法进行控制运算，然后输出到执行机构，对生产过程进行控制，使被控参数稳定在给定值上。其控制原理图如图 1-3 所示。

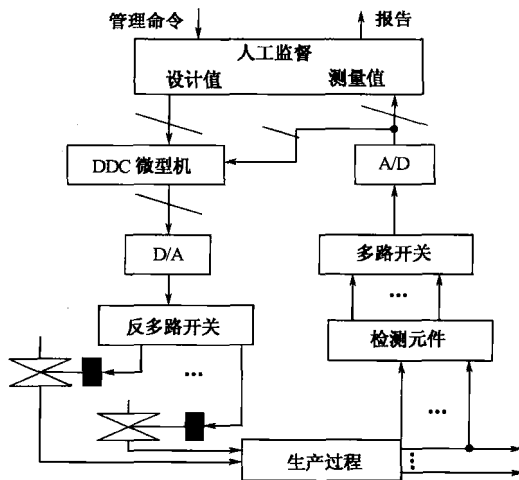


图 1-3 DDC 系统控制原理图

(2) 特点：计算机直接参与控制，系统经计算机构成了闭环。而在操作指导控制系统中，通过人工或别的装置来进行控制，计算机与对象未形成闭环，给定值是预先设定好后送给或存入计算机内的，在控制过程中不变化。

(3) 优点：一台计算机可以取代多个模拟调节器，它利用了计算机的分时能力。在不更换硬件的情况下，只要改变程序（或调用不同子程序）就可实现各种复杂的控制规律（如串级、前馈、解耦、大滞后补偿等）。

2. 操作指导控制系统

操作指导控制系统又称数据处理系统（Data Processing System, DPS）。

(1) 原理：计算机的输出不直接用来控制生产对象，而只是对系统过程参数进行收集、加工处理，然后输出数据。操作人员根据这些数据进行必要的操作，其原理图如图 1-4 所示。

在这种系统中，每隔一定的时间，计算机进行一次采样，经 A/D 转换后送入计算机进行加工处理，然后再进行报警、打印或显示操作。操作人员根据此结果进行设定值的改变或必要的操作。

(2) 特点：计算机不直接参与过程控制，而是由操作人员（或别的控制装置）根据测量结果来改变设定值或者进行必要的操作。由于计算机的结果可以帮助并指导人的操作，因此，把这种系统称为操作指导系统。

(3) 优点：一台计算机可代替大量常规显示和记录仪表，从而对整个生产过程进行集中监视；对大量数据集中进行综合加工处理，可得到更精确的结果，对指导生产过程有利；在计算机控制系统设计的初始阶段，尚无法构成闭环系统，可用 DPS 来确定系统的数学模型、控制规律和调试控制程序（DPS 属于计算机控制系统中一种特殊的类型）。

3. 计算机监督控制（Supervisory Computer Control, SCC）系统

(1) 原理：在 DDC 系统中，用计算机代替模拟调节器进行控制。而在 SCC 系统中，则由计算机按照描述生产过程的数学模型计算出最佳给定值后，送给模拟调节器或 DDC 计算机，并由模拟调节器或 DDC 计算机控制生产过程，使生产过程处于最优工作状态。

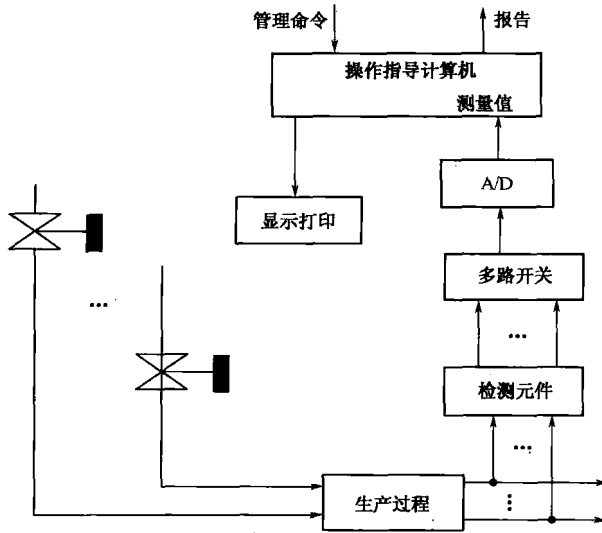


图 1-4 操作指导控制系统原理图

(2) 特点: SCC 系统就其结构来讲有两种, 一种是 SCC+模拟调节器控制系统, 另一种是 SCC+DDC 控制系统。

① SCC+模拟调节器控制系统。在此系统中, SCC 对计算机的监督作用是收集检测信号及管理命令, 然后, 按照一定的数学模型进行计算, 把给定值输出到模拟调节器中。此给定值在模拟调节器中与检测值进行比较, 其“偏差值”经模拟调节器计算后输出到执行机构中, 以达到调节生产过程的目的。而一般的模拟系统是不能改变给定值的。因此, 在系统技术改造时, 可充分利用原有的模拟调节器, 同时又实现了最佳给定值控制, 其原理图如图 1-5 (a) 所示。

② SCC+DDC 控制系统。其原理图如图 1-5 (b) 所示。该系统为两级计算机控制系统。一级为监督级 SCC, 其作用与 SCC+模拟调节器控制系统中的 SCC 一样, 用来计算最佳给定值; 而 DDC 用来把给定值与测量值 (数字量) 进行比较, 其偏差由 DDC 进行数字控制计算, 然后经 D/A 转换器和反多路开关分别控制各个执行机构进行调节。与 SCC+模拟调节器控制系统相比, 其控制规律可以改变, 使用起来更加灵活, 而且一台 DDC 可控制多个回路。该系统的特点是: 给定值是计算得到的, 以保证系统在最优工作状态下运行, 因而又称其为设定值控制 (Set Point Control, SPC) 系统。而在 DDC 中, 设定值是预先给定的, 不随参数或命令的改变而改变。

(3) 优点: 该系统能根据工作状态的变化来改变给定值, 以实现最优控制。SCC+模拟调节器法适合于老企业技术改造, 既用上了原来的模拟调节器, 又通过计算机实现了最佳给定值控制。SCC 有故障时, 可用 DDC 或模拟调节器工作; 或者 DDC 有故障时, 可用 SCC 代替, 故可靠性好。

4. 分布式控制系统

分布式控制系统 (Distributed Control System, DCS) 也称集散控制系统。由于生产过程复杂, 设备分布又很广, 其中各工序和设备同时并行地工作, 而且基本上都是独立的, 系统比较复杂。然而, 随着计算机价格的不断下降, 人们越来越希望把原来使用中小型计算机的

集中控制系统用分布式控制系统（DCS）来代替，这样就可以避免传输误差及系统的复杂化。在这种系统中，只有必要的信息才传送到上一级计算机或中央控制器中，而大部分时间都是各个计算机并行地工作。分布式控制系统由分散过程控制级直接数字控制级（DDC）、计算机监督控制级（SCC）和综合信息管理级（MIC）组成，如图 1-6 所示。

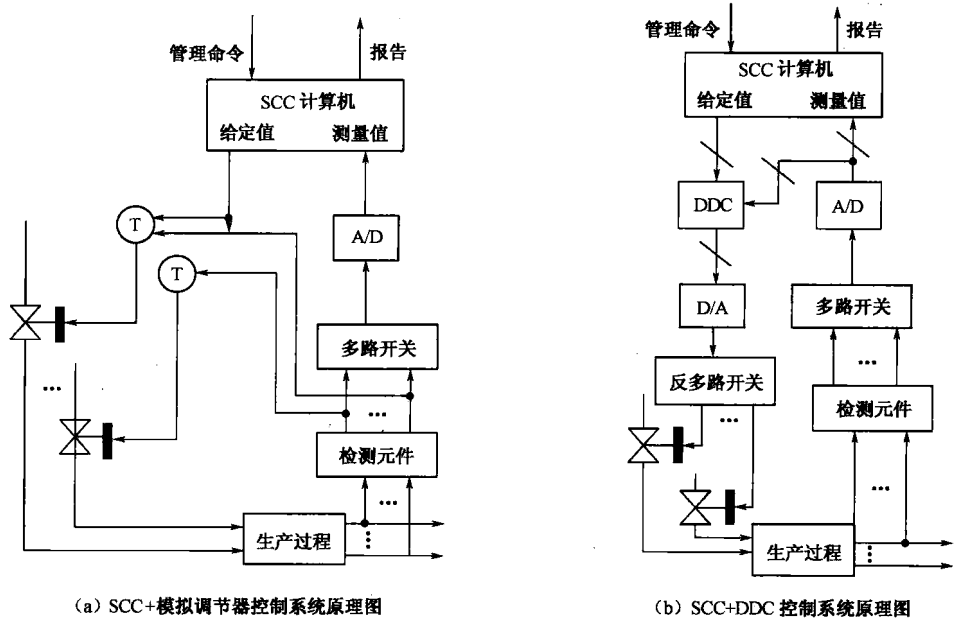


图 1-5 计算机监督控制系统原理图

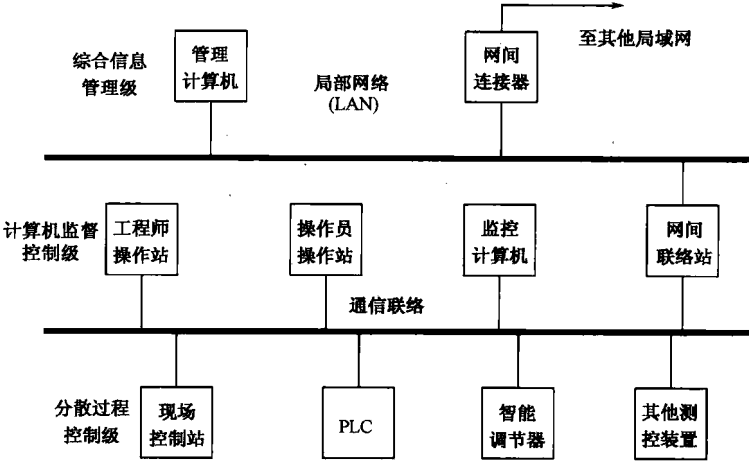


图 1-6 分布式控制系统的组成

(1) 原理：分散过程控制级是 DCS 的基础，用于直接控制生产过程。它由各工作站组成，每一个工作站分别完成数据采集、顺序控制或某一个被控制量的闭环控制等。分散过程控制级收集的数据供计算机监督控制级调用，各工作站接收计算机监督控制级发送的信息，并依此而工作。

(2) 特点：分散过程控制级基本上属于直接数字控制级（DDC）系统的形式，但工作任

由各工作站来完成，因此，局部的故障不会影响整个系统的工作；计算机监督控制级的任务是对生产过程进行监视与操作，确定分散过程控制级最佳给定值，它能全面地反映各工作站的情况，本级的操作人员可以依此直接干预系统运行；综合信息管理级根据计算机监督控制级提供的信息，编制审核控制方案，制订最优控制策略。

(3) 优点：该系统通用性强、组态灵活、控制功能完善、数据处理方便、调试方便、运行安全可靠，能够适应工业生产过程的多种需要，是目前国际上公认的最好的控制方式之一。

5. 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System, CIMS）体现了一种对企业生产过程与生产管理进行优化的新理念。它认为企业的计划、采购、生产、销售等各个环节是不可分割的，整个生产运作过程实际上是对各个有关环节信息的采集、传递、加工、协调、反馈控制的过程，必须统一考虑以利于优化决策。

(1) 原理：CIMS 采用多任务分层体系结构，其基本控制思想就是递阶控制。递阶控制（Hierarchical Control）是一种把所需完成的任务按层次分级的层状或树状的命令/反馈控制方式。由高一级装置去控制较低一级的装置，较低一级装置的功能更具体，而最后一级装置就是完成要求最具体的最后一个任务。

(2) 特点：越是处于高层的单元，对系统性能影响的范围就越广；高层单元主要处理系统中行为变化较慢的因素，因此，决策周期比低层单元长；处于高层的单元会有更多的不确定性，所以，很难进行定量的公式化描述。

(3) 优点：对于一个大规模的复杂系统，想逐个单元地解决优化和控制等问题是很困难的，而在递阶结构中，各级分担不同工作，同级中又可并行工作，效率高；级间协调通信比各单元相互通信有效得多。在许多管理控制系统中，本身就是按照递阶形式组织的，采用递阶控制非常切合实际。通常大的系统，总是先实现低级具体设备的控制，然后随着要求的提高及系统的扩充，可以逐步增添高层控制决策单元。

1.3 工业控制计算机的特点

计算机可以被用来完成控制任务，构成计算机控制系统。那么，用于科学计算和用于控制的计算机有什么区别？用于控制的计算机有哪些特点？

任何一台可用的计算机都是由各种类型的硬件和一定数量的软件构成的，这是上述两类计算机的共性。但用于控制目的“控制机”，有它自己的特点。

1. 可靠性要求

对于生产过程控制来说，由于生产的连续性，计算机发生任何故障都将对生产过程产生严重的影响。这是早期的许多计算机控制项目不能很好地达到预期目标的主要原因之一。

现在，由于微处理器和计算机的可靠性比较高，且价格低廉，因此在关键部位可采用冗余措施（如双机并用，其中一台作为热备份用），以提高可靠性。采用分散型结构也是一种提高可靠性的措施，因为在分散型结构中，每一个微处理芯片只负责一个局部工作，缩小了故障影响的范围。

2. 实时控制

实时的意思就是“及时”，控制对象按一定的运动规律运行，计算机必须在运行过程中及时采集运行数据，进行各种计算，发出控制命令，并通过执行机构对该过程施加影响。

在生产过程中发生不正常情况时，应及时进行事故处理和报警。所以，计算机的运算和操作速度必须与它所控制过程的实际运行情况相适应，对该过程运行情况的微小变动要实时作出响应并进行控制。为了达到这一要求，一般要从硬件和软件两方面来保证。

硬件方面，配备实时时钟和优先级中断信息处理电路。软件方面，配备完善的时钟管理、中断处理等程序，以及实时操作系统。应保证在控制过程正常进行时，严格地按事先安排好的时间计划表进行操作；当控制过程有变化而请求中断时，应按优先级别尽快地及时响应。

3. 生产过程的连接

控制用计算机需要随时对生产过程的运行情况进行监视，并根据计算结果输出控制作用，对不正常的运行情况要起到发出警告信号或输出紧急处理的控制作用。为了使操作管理人员能了解和干预生产情况，计算机必须显示生产情况，输出打印报表。在有些情况下，计算机还必须通过远程通信线路发出对其他控制机的信息，也可以通过通信线路接收其他控制机送来的信息。所以，控制机与外部世界的联系是紧密的和频繁的。早期，人们为这一特点设计了专用的接口装置和通道设备，以便和生产过程相连接，以及实现人机通信。由于大规模集成电路的出现，接口装置和通道已经演变成专用的接口芯片，各个制造厂提供了各种用途的接口芯片，供用户选用。

4. 环境的适应性

数据处理或科学计算用的计算机可以安装在十分完善的环境中，有空气调节器保证机房具有适宜的温度和湿度，计算机不会受到外界振动的影响，有时还可以通入保护性气体，以达到防尘、防潮、防腐蚀和降温的目的。但是，控制用计算机必须安装在距离控制现场不远的地方，有的控制用计算机甚至被安装在插入式线路板上，直接装到被控制的装置或机器设备上。

一般来说，工业用控制计算机安装地点的环境温度可能很高，还会有腐蚀性气体、外界振动等不利条件，但控制用计算机应该能在这种条件下正常运行。在设计符合要求的计算机控制系统时，上述控制用计算机的特点是必须考虑的。

1.4 计算机控制系统的发展状况

计算机科学领域的各项成果都会推动计算机控制系统的发展。计算机本身由主机架式的庞大结构发展成小型机、微型机，可靠性得到提高，成本也降低很多，从而推动计算机控制系统的发展，并逐步取代常规的模拟控制装置。

随着计算机的出现，在一个计算机系统中只使用一个（或少数几个）CPU的传统概念受到了冲击。微处理器的运算功能虽然不强，但它所具有的能力足以完成各项局部工作。在新的设计思想中，各个微处理器被用来完成局部的工作，形成独立的功能模块，再由其他微处理器进行各功能模块之间的协调统一工作。用这样的设计思想构成的计算机系统价格便宜，功能很强，工作可靠，维修方便。总之，具有优异的性能价格比。这就是分散型计算机系统的设计思想，它在设计计算机控制系统时也得到广泛应用。

在计算机控制系统的设计中，人们往往把各个功能单元的操作分散给不同的微处理器进行操作控制，这些微处理器称为卫星机。同时，把用于对计算机进行统一管理的计算机称为主计算机。主计算机用于协调各卫星机之间的工作，根据卫星机送来的数据实现生产过程监督控制功能，还要进行一定范围的（如全厂的）最优化计算和计划调度、库存管理等工作。各类计算机组合在一起的这种结构形式称为总体分散型系统。

随着计算机控制技术的发展，新的控制理论、新的控制方法、新的技术层出不穷。本节只从以下两个方面进行讨论。

1. 成熟技术的使用

① 可编程控制器（PLC）的出现，特别是具有 A/D、D/A 转换和 PID 调节等功能的 PLC 的出现，使得 PLC 的功能有了很大提高。它可以将顺序控制和过程控制结合起来，实现对生产过程的控制。

② 智能化调节器。它不仅可以接收 4~20mA 标准电流信号，还可实现异步串行通信接口的功能，实现主从式测控系统。

③ 新型的 DCS 和现场总线控制系统（Fieldbus Control System, FCS）。发展以位总线（bit bus）、现场总线（field bus）等先进网络通信技术为基础的 DCS 和 FCS 控制结构，并采用先进的控制策略，向低成本综合自动化系统的方向发展，实现计算机集成制造系统（CIMS）。

2. 智能控制系统的应用

人工智能的出现和发展，促进了自动控制向更高的层次发展。智能控制是一种无须人为干预就能够自主地驱动智能机器实现其目标的过程，是用机器模拟人类智能的又一重要领域。

1) 分级递阶智能控制

分级递阶智能控制系统是在学习控制系统的基础上，从工程控制论的角度出发，总结人工智能与自适应、自学习和自组织控制的关系之后而逐渐形成的，是根据分级管理系统中十分重要的“精度随智能提高而降低”的原理而分级分配的。这种分级递阶智能控制系统由组织级、协调级、执行级 3 级组成。

2) 模糊控制

模糊控制是一种应用模糊集合理论的控制方法。模糊控制提供一种实现基于知识及语言描述的控制规律的机制。模糊控制提供了一种改进非线性控制器的替代方法，这种非线性控制器一般用于控制含有不确定性和难以用传统非线性控制理论处理的装置。

其典型的控制方案有 PID 模糊控制器，自组织、自校正、自学习模糊控制器，专家模糊控制器，以及神经模糊控制器等。

3) 专家控制系统

工程控制论与专家系统的结合，形成了专家控制系统。专家控制系统和模糊控制系统的共同点是，二者都要建立人类经验和人类决策行为的模型。此外，二者都有知识库和推理机。因此，模糊逻辑控制器通常又称为模糊专家控制器。

4) 学习控制系统

学习控制系统用机器来代替人类从事脑力学习的学习功能，它是一个能在运行过程中逐步获得被控对象及环境的非预知信息，积累控制经验，并在一定的评价标准下进行评价、分类、决策和不断改善系统品质的自动控制系统。