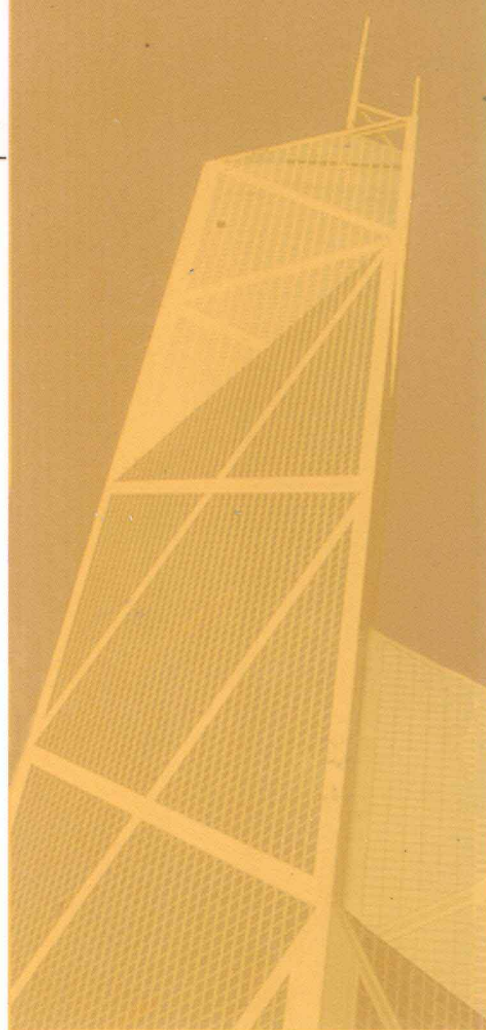


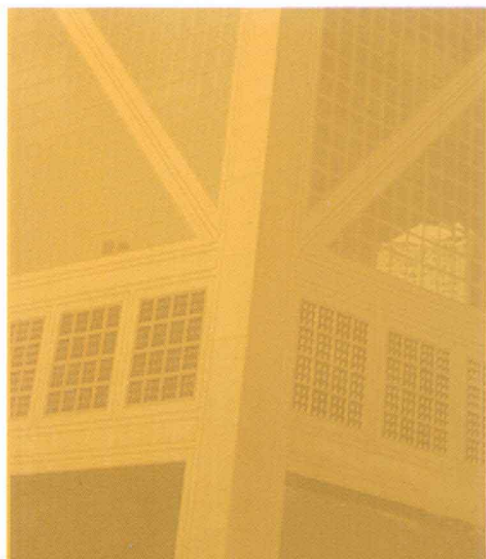


普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高等学校建筑电气与智能化专业指导小组
规划推荐教材



计算机控制技术

魏 东◎主编



中国建筑工业出版社



普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高等学校建筑电气与智能化专业指导小组
规划推荐教材

计算机控制技术

魏 东 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术/魏东主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 10

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高等学校建筑电气与智能化专业指导小组规划推荐教材

ISBN 978-7-112-13705-3

I. ①计… II. ①魏… III. ①计算机控制 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 213356 号

全书共分 7 章, 主要内容包括: 绪论; 计算机控制系统的硬件设计技术, 包括过程通道和硬件抗干扰技术; 数据处理技术, 包括数字滤波、标度变换与线性化处理和报警处理等; 计算机控制系统的控制算法, 包括数字 PID 算法及其改进; 计算机控制系统复杂控制算法, 包括串级控制算法、前馈控制算法和史密斯预估控制算法; 介绍了网络化测控技术和目前在工业控制和建筑智能化领域广泛采用的 LonWorks 技术; 最后讨论了计算机控制系统设计和实现方面的内容, 包括系统设计的原则和方法、系统集成技术等, 并给出了具体工程实例。

* * *

责任编辑: 王 跃 齐庆梅 张 健

责任设计: 李志立

责任校对: 刘梦然 王雪竹

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高等学校建筑电气与智能化专业指导小组规划推荐教材

计算机控制技术

魏 东 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 字数: 425 千字

2012 年 1 月第一版 2012 年 1 月第一次印刷

定价: 33.00 元

ISBN 978-7-112-13705-3

(21459)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序

自 20 世纪 80 年代起,中国乃至世界掀起兴建智能建筑的热潮。这是因为智能化建筑是现代高科技硕果的综合反映,是一个国家、地区科学技术和经济水平的综合体现,是现代化大城市建筑发展的大趋势,也是当今世界各国为实现社会经济快速发展和管理科学化最有力的技术手段。进入 21 世纪,随着我国经济社会的快速发展和城镇化、现代化、国际化进程的加快,城乡居民生活水平日趋提高,居住条件日益改善,建筑业在国民经济中的支柱地位得到进一步加强,其中智能与绿色建筑产业已成为中国经济发展中最活跃、最具有生命力的新兴产业之一。

为了促进经济社会的可持续发展,建立资源节约型、环境友好型社会,实现国家确定的节能减排目标,建筑节能将发挥越来越重要的作用。在“推广绿色建筑,促进节能减排”的任务中,建筑电气和智能化领域的专业技术人员发挥着十分重要的作用,人才的数量和素质直接关系到我国建筑节能减排目标的实现,直接影响到智能与绿色建筑产业的发展,大力发展“建筑电气与智能化”专业本科教育是十分重要和迫切的,为此自 2006 年度起教育部批准设置了“建筑电气和智能化”本科专业。

为促进建筑电气与智能化本科专业的建设和发展,高等学校建筑环境与设备工程专业指导委员会智能建筑指导小组组织编写了本套建筑电气与智能化专业的规划教材,以适应和满足建筑电气与智能化专业以及电气信息类相关专业教学和科研的需要,同时也可作为从事建筑电气、建筑智能化工作的技术人员的参考书。

建筑电气与智能化是一个跨专业的新兴学科领域,我们衷心希望各院校积极参与规划教材的编写工作,同时真诚希望使用规划教材的广大读者提出宝贵意见,以便不断完善教材内容。

高等学校建筑环境与设备工程专业指导委员会
智能建筑指导小组
寿大云

前 言

目前在自动控制领域,计算机常常承担着控制系统中控制器的角色,直接参与控制,此类控制系统被称为计算机控制系统。计算机控制系统综合了计算机、自动控制理论和自动化仪表等多项技术,并将这些技术集成起来应用于工业生产过程。目前计算机控制技术已在越来越多的领域获得了广泛应用,“计算机控制技术”已成为我国工科院校电子信息类专业普遍开设的一门重要专业课程。

本书从培养应用型人才的目标出发,以工程技术应用能力培养为主线来组织编写内容,注重培养学生工程系统的设计能力和实践能力,重点突出工程方面广泛采用的实用技术,避免繁琐的理论推导,并舍去理论上先进但工程上很少应用的技术。全书内容兼顾基础性、实用性和先进性,选材注意跟踪科学技术的发展,重点介绍了目前工业生产和智能建筑领域中广泛应用的常规控制方法、过程通道的设计和计算机控制系统的设计与实现;阐述了几种目前在工业生产领域常用的复杂控制方法;并介绍了目前正在蓬勃发展中的网络测控技术,重点对在工业生产和建筑智能化领域应用广泛的 LonWorks 网络控制技术进行了详细讨论。本书从系统角度加大了应用实例的介绍,所举工程实例突出综合性和实用性,并能够通过综合性实验实现相关的应用系统,便于教师组织实践教学。

全书共分 7 章,主要内容包括:计算机控制系统的基本原理、组成和特点;计算机控制系统硬件设计技术,包括过程通道和硬件抗干扰技术;数据处理技术,包括数字滤波、标度变换与线性化处理和报警处理等;计算机控制系统常规控制方法,包括数字 PID 算法及其改进;计算机控制系统复杂控制算法,包括串级控制算法、前馈控制算法和史密斯预估控制算法;介绍了网络化测控技术和目前在工业控制和建筑智能化领域广泛采用的 LonWorks 技术;最后讨论了计算机控制系统设计和实现方面的内容,包括系统设计的原则和方法、系统集成技术等,并给出了具体工程实例。

本书编写时力求做到叙述简单明了,通俗易懂,条理清晰。每章附有习题和思考题,便于教学和自学。本书教学时数为 60 学时,其中实验 10 学时。

本书第 1、4 章由魏东编写,第 2 章由张俊红编写,第 3 章由史晓霞编写,第 5 章由谭志编写,第 6 章由魏东和潘兴华编写,第 7 章由庄俊华编写。魏东任主编,完成了全书的统稿工作。

在本书编写过程中,始终得到了中国建筑工业出版社的大力支持和帮助。书中参考了有关专著、教材和一些专家的应用成果,在此谨向所有支持和帮助本书编写和出版工作的有关人员、参考文献的作者致以诚挚的谢意。

计算机控制技术正处于快速发展中,新的技术层出不穷。限于编者水平有限,书中不妥之处或错误在所难免,敬请读者和同行批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机控制系统的组成及特点	1
1.2 计算机控制系统的分类	7
1.3 对控制用计算机系统的一般要求	11
习题和思考题	13
第 2 章 计算机控制系统的硬件设计技术	15
2.1 数字量输入输出接口与过程通道	15
2.2 模拟量输入接口与过程通道	19
2.3 模拟量输出接口与过程通道	37
2.4 硬件抗干扰技术	49
习题和思考题	56
第 3 章 数据处理技术	57
3.1 数字滤波	57
3.2 标度变换与线性化处理	62
3.3 查表法	67
3.4 报警处理	68
习题和思考题	71
第 4 章 计算机控制系统的控制算法	72
4.1 数字控制器的设计方法	72
4.2 模拟控制器的离散化方法	73
4.3 数字 PID 算法	79
4.4 串级控制	94
4.5 前馈控制	98
4.6 史密斯 (Smith) 预估控制	101
习题和思考题	106
第 5 章 网络化测控技术	108
5.1 工业控制网络概述	108
5.2 控制网络技术基础	112
5.3 数据通信技术	122

5.4 DCS	127
5.5 现场总线技术	132
5.6 工业以太网	136
习题和思考题	142
第6章 LonWorks 网络控制技术	143
6.1 LonWorks 技术概述及应用系统结构	143
6.2 Neuron 芯片的应用与开发	147
6.3 Neuron C 语言	161
6.4 网络变量 (network variables)	167
6.5 显式报文 (explicit message)	172
6.6 Neuron 芯片的 I/O 对象类别与应用编程	178
6.7 LonTalk 网络通信协议	192
6.8 LonWorks 网络的应用开发	198
习题和思考题	214
第7章 计算机控制系统设计与实现	215
7.1 系统设计的原则与步骤	215
7.2 系统集成技术	219
7.3 系统的工程设计与实现	237
7.4 计算机控制技术应用设计举例 1——单片机温度控制系统	245
7.5 计算机控制技术应用设计举例 2——LonWorks 空调控制系统	258
习题和思考题	264
参考文献	265

第 1 章 绪 论

计算机控制技术综合了计算机、自动控制和自动化仪表等技术，并将这些技术集成起来应用于工业生产过程。数字计算机在自动控制系统中的基本应用是直接参与控制，承担了控制系统中控制器的任务。数字计算机强大的计算能力、逻辑判断能力和大容量存储信息的能力使得计算机控制能够解决常规控制技术解决不了的难题，能达到常规控制技术达不到的优异性能指标。与采用模拟调节器的自动调节系统相比，计算机控制能够实现先进的控制策略（如最优控制、智能控制等）以保证控制的精度和性能，而且控制结构灵活，易于在线修改控制方案，性能价格比高，便于实现控制与管理相结合。

1.1 计算机控制系统的组成及特点

1.1.1 计算机控制的一般概念

1. 传统生产过程自动控制系统结构

传统的采用模拟调节器进行自动控制的反馈闭环控制系统框图如图 1-1 所示，测量元件对被控对象的被控参数进行测量，反馈给由模拟调节器组成的控制器，比较环节将反馈信号与给定值进行比较，如有偏差，控制器将产生控制量驱动执行机构动作，直至被控参数数值满足预定要求为止。

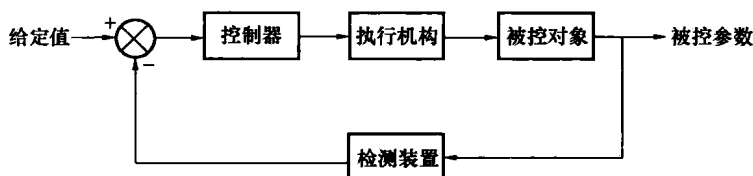


图 1-1 传统闭环自动控制系统典型结构框图

2. 计算机控制系统结构

将图 1-1 中的控制器和比较环节用计算机代替，则可构成计算机控制系统，其框图如图 1-2 所示。由于计算机的输入和输出信号都是数字信号，因此计算机控制系统还需要有模拟量/数字量转换器（Analog/Digital Converter，简称 A/D 转换器或 ADC）和数字量/

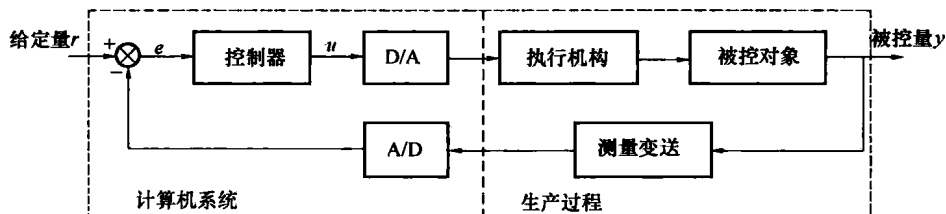


图 1-2 计算机控制系统基本结构框图

模拟量转换器 (Digital/Analog Converter, 简称 D/A 转换器或 DAC)。

3. 计算机控制系统的控制步骤

计算机控制系统通常按照以下几个步骤完成控制任务：

(1) 实时数据采集

测量元件对生产过程中被控参数的瞬时值进行检测，A/D 转换器将所检测的连续模拟信号转换为数字量二进制信号，输送给计算机。

(2) 实时决策

计算机对所采集到的表征被控参数的状态量进行分析，按照内部存储的相关算法或控制规律（如 PID 控制）决定下一步的控制过程，计算出控制量。

(3) 实时控制

计算机输出的数字量控制信号通过 D/A 转换器转换为连续模拟信号，并传送给执行机构，使之执行相应的操作，对被控设备加以控制，完成控制任务。

上述过程不断重复，使整个系统能够按照一定的控制性能工作，并且对被控参数和设备本身出现的异常情况进行及时监督，同时迅速做出处理。

所谓“实时”，是指信号的输入、计算和输出都是在一定时间范围内完成的，即计算机对输入信息以足够快的速度进行处理，并在一定的时间内作出反应并进行控制，超出了这个时间就会失去控制时机，控制也就失去了意义。

在计算机控制系统中，如果生产过程设备直接与计算机连接，生产过程直接受计算机的控制，叫做“联机”方式或“在线”方式；若生产过程设备不直接与计算机相连接，其工作不直接受计算机的控制，而是通过中间记录介质，靠人进行联系并作相应操作的方式，则叫做“脱机”方式或“离线”方式。

1.1.2 计算机控制系统的组成

为完成控制任务，计算机控制系统应包括硬件和软件两个部分。

1. 计算机控制系统的硬件组成

硬件是指计算机本身及其外围设备，一般包括中央处理器、内存储器、磁盘驱动器、各种接口电路、以 A/D 转换和 D/A 转换为核心的模拟量 I/O 通道、数字量 I/O 通道以及各种显示、记录设备、运行操作台等。计算机控制系统的硬件组成框图如图 1-3 所示。

(1) 主机

由中央处理器 (CPU)、时钟电路、内存储器构成的计算机主机是组成计算机控制系统的核心部件，主要进行数据采集、数据处理、逻辑判断、控制量计算、越限报警等，通过接口电路向系统发出各种控制命令，指挥全系统有条不紊地协调工作。

(2) 操作台

操作台是人—机对话的联系纽带，操作人员可通过操作台向计算机输入和修改控制参数，发出各种操作命令；计算机可向操作人员显示系统运行状况，发出报警信号。操作台一般包括各种控制开关、数字键、功能键、指示灯、声讯器、数字显示器或 CRT 显示器等。

(3) 通用外围设备

通用外围设备主要是为了扩大计算机主机的功能而配置的。常用外围设备按其功能可分为输入设备、输出设备、外存储器和人—机联系设备。输入设备用来输入程序、数据或

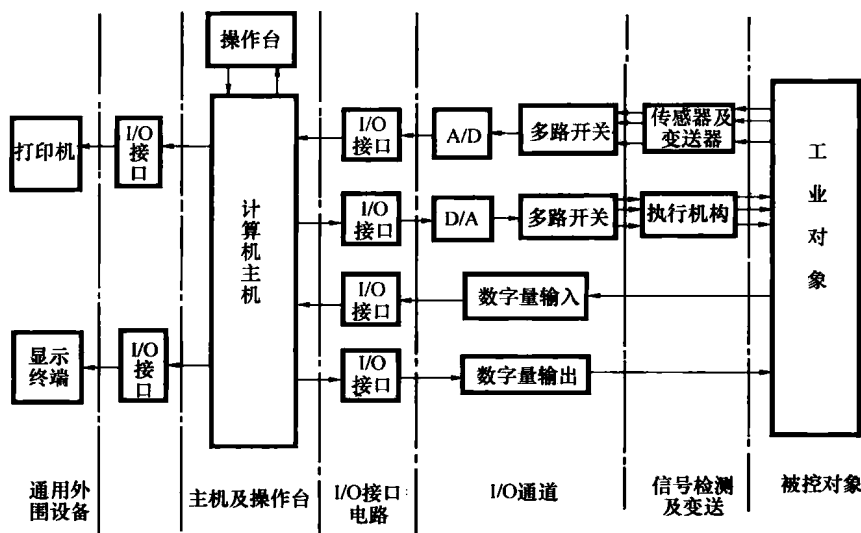


图 1-3 计算机控制系统硬件组成框图

操作命令，如键盘终端等。输出设备如打印机、绘图仪、CRT 显示器等，以字符、曲线、表格、画面等形式来反映生产过程工况和控制信息。外存储器有磁盘、磁带等，兼有输入和输出两种功能，用来存放程序和数据，作为内存储器的后备存储设备。操作员与计算机之间的信息交换是通过人一机联系设备进行的，如显示器、键盘、专用的操作显示面板或操作显示台等，其作用主要是用来显示生产过程的状态，供操作人员和工程师进行操作，并显示操作结果。它们用来显示、存储、打印、记录各种数据。

(4) I/O 接口与 I/O 通道

I/O 接口与 I/O 通道是计算机主机与外部连接的桥梁，常用的 I/O 接口有并行接口和串行接口。I/O 输入通道包括模拟量输入通道（AI 通道）和数字量输入通道（DI 通道）。AI 通道由多路开关、A/D 转换器和接口电路组成，它将模拟量信号（如温度、压力、流量等）转换成数字信号再输入给计算机；DI 通道包括光电耦合器和接口电路等设备，它直接输入开关量或数字量信号（如设备的起/停状态、故障状态等）。I/O 输出通道包括模拟量输出通道（AO 通道）和开关量输出通道（DO 通道），AO 通道由接口电路、D/A 转换器、放大器等组成，它将计算机计算出的控制量数字信号转换成模拟信号后再输出给执行机构（如电动机、电动阀门、电动风门等）；DO 通道包括接口电路、光电耦合器等设备，它直接输出开关量信号或数字量信号，用来控制设备的起/停和故障报警等。

(5) 检测与执行机构

①测量变送单元：在自动控制系统中，往往需要对温度、湿度、压力、流量与物位等参量进行检测和控制，使之处于最佳的工作状态，以使用最少的材料及能源消耗，获得较好的经济效益，为此必须掌握描述它们特性的各种参数，需要测量这些参数的值。为了收集和测量各种参数，需要根据不同的控制任务采用各种检测元件及变送器，其主要功能是将检测参数的非电量转换成电量。例如，热电偶可以把温度转换成电压信号，压力传感器可以把压力转换为电信号，这些信号经变送器转换成统一的标准电信号（0~5V 或 4~20mA 等）后，再通过 A/D 转换器送入计算机。

②执行机构：执行机构是计算机控制系统中的重要部件，其功能是根据计算机输出的控制信号，直接控制能量或物料等被测介质的输送量。执行机构按照控制器输送的控制量大小改变输出的角位移或直线位移，并通过调节机构改变被调介质的流量或能量，使生产过程符合预定的要求。例如，在温度控制系统中，计算机根据温度误差调用控制算法计算出相应的控制量，输出给执行机构（调节阀）来控制进入加热炉的煤气（或油）量以实现预期的温度值。常用的执行机构有电动、液动和气动等控制形式，也有的采用电动机、步进电动机及晶闸管元件等进行控制。

2. 计算机控制系统的软件组成

软件是指能够完成各种功能的计算机程序的总和。整个计算机系统的动作，都是在软件的指挥下协调进行的，因此说软件是计算机系统的中枢神经。

(1) 系统软件

它是由计算机设计者提供的专门用来使用和管理计算机的程序，具有一定的通用性。对用户来说，系统软件只是作为开发应用软件的工具，是不需要自己设计的。

系统软件主要包括：

①操作系统软件：它是对计算机本身进行管理和控制的一种软件。计算机自身系统中的所有硬件和软件统称为资源。从功能上看，可把操作系统看作是资源的管理系统，实现对处理器、内存、设备以及信息的管理，例如对上述资源的分配、控制、调度和回收等。操作系统软件包括管理程序、磁盘操作系统程序、监控程序等。

②诊断系统软件：它是用于维护计算机的软件，包括调节程序及故障诊断程序等。

③开发系统软件：它包括各种程序设计语言、语言处理程序（编译程序）、服务程序（装配程序和编辑程序）、模拟主系统（系统模拟、仿真、移植软件）、数据管理系统等。

④信息处理软件：它包括文字处理软件、翻译软件和企业管理软件等。

(2) 应用软件

它是面向用户本身的程序，即指由用户根据要解决的实际问题而编写的各种程序，包括控制程序、数据采集及处理程序、巡回检测程序和数据管理程序等。

①控制程序：它主要实现对系统的调节和控制，可根据各种控制算法和被控对象的具体情况来编写，控制程序的主要目标是满足系统的性能指标。

②数据采集及处理程序：它包括数据可靠性检查程序、A/D 转换及采样程序、数字滤波程序和线性化处理程序等。其中数据可靠性检查程序用来检查是可靠输入数据还是故障数据；数字滤波程序用来滤除干扰造成的错误数据或不宜使用的数据；线性化处理程序负责对检测元件或变送器的非线性特性用软件进行补偿。

③巡回检测程序：它包括数据采集程序、越限报警程序、事故预告程序和画面显示程序等。其中数据采集程序完成数据的采集和处理；越限报警程序用于在生产中某些量超过限定值时报警；事故预告程序根据限定值，检查被控量的变化趋势，若有可能超过限定值，则发出事故预告信号；画面显示程序用图、表在计算机显示器上形象地反映生产状况。

④数据管理程序：这部分程序用于控制过程管理，主要包括统计报表程序以及能源损耗、过程调度及设备运行管理程序等。

1.1.3 计算机控制系统的特点

相对连续自动控制系统而言,计算机控制系统的主要特点可归纳为以下几点。

1. 系统结构特点

计算机控制系统必须包括计算机,它是一个数字式离散处理器。此外,由于多数系统的被控对象及执行部件、测量部件是连续模拟式的,因此,还必须加入信号变换装置(如A/D及D/A转换器)。所以,计算机控制系统通常是模拟与数字部件的混合系统。

2. 信号形式上的特点

计算机是数字设备,只能接收和输出数字信号。而被控对象(或生产过程)通常是模拟系统,被控参数(如温度、压力、流量、料位和成分等)通过传感器或变送器输出后是模拟信号,由于计算机是按时序工作的,必须按一定的采样间隔(称为采样周期)对连续信号进行采样,故将其变成时间上断续的信号才能进入计算机。此外,执行器也只能接收模拟信号。因此,计算机和被控对象之间存在信号的互相转换。计算机控制系统的信号流程如图1-4所示,从被控对象开始依次有以下5种信号:模拟信号 $y(t)$ 、离散模拟信号 $y^*(t)$ 、数字信号 $y(kT)$ 、 $r(kT)$ 和 $e(kT)$ 、数字信号 $u(kT)$ 和量化模拟信号 $u^*(t)$ 。

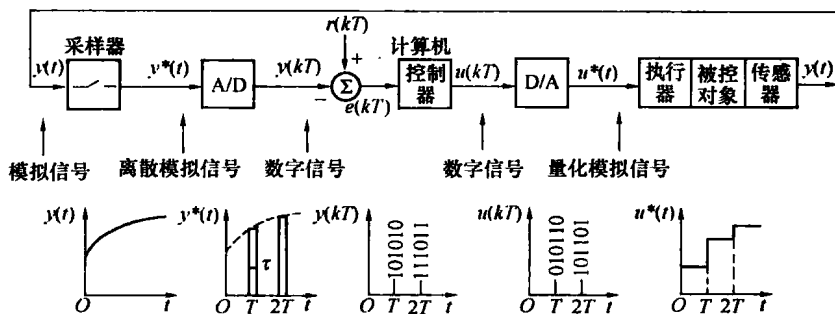


图 1-4 计算机控制系统的信号流程

(1) 模拟信号 $y(t)$

模拟信号是时间上连续且幅值上也连续的信号,如来自被控对象的温度、压力、流量、料位和成分等传感器或变送器的信号(如4~20mA)。

(2) 离散模拟信号 $y^*(t)$

把模拟信号 $y(t)$ 按一定的采样周期 T 转变为在瞬时 $0, T, 2T, \dots, kT$ 的一连串脉冲信号 $y^*(t)$ 的过程称为采样过程,实现采样的器件称为采样器或采样开关。在每个采样周期 T 内采样开关闭合时间为 τ , τ 远小于 T ,仅仅在 τ 时间内, $y^*(t)$ 才是连续的。

模拟信号 $y(t)$ 经过采样器就得到离散模拟信号 $y^*(t)$,离散模拟信号是时间上离散、幅值上连续的信号。

(3) 数字信号 $y(kT)$ 、 $r(kT)$ 和 $e(kT)$

离散模拟信号 $y^*(t)$ 经过A/D转换器转换成数字信号 $y(kT)$,设定值(如25℃)在计算机中以数字信号 $r(kT)$ 表示,在计算机内部 $y(kT)$ 和 $r(kT)$ 的差值 $e(kT)$ 也为数字信号。

数字信号是时间上离散、幅值上为二进制数值的信号。

从离散模拟信号到数字信号的转换过程称为量化,即用一组二进制数码来逼近采样的

模拟信号值, 所以 A/D 转换的过程就是一个量化过程。由于 A/D 转换器的位数 (字长) 是有限的, 因此量化过程会带来量化误差, 量化误差 ϵ 的大小取决于量化精度 q 。量化精度 q 取决于 A/D 字长和输入信号量程, 若被转换的模拟量满量程为 M , 转换成二进制数字量的位数为 n , 则量化精度定义为

$$q = M / (2^n - 1) \quad (1-1)$$

如 0~5V 输入信号, 用 8 位 A/D, 量化精度为 19.6mV, 改用 12 位 A/D, 量化精度为 1.22mV。

量化误差 $\epsilon = \pm q/2$, 显然 n 越大, 量化误差越小。

(4) 数字信号 $u(kT)$

计算机按控制周期执行控制算法, 其运算结果或控制量 $u(kT)$ 为数字信号, 同样是时间上离散、幅值上为二进制数值的信号。量化精度取决于计算机的运算字长 C , 即为 $1/(2^C - 1)$ 。

(5) 量化模拟信号 $u^*(t)$

数字信号经过 D/A 转换器可转换成量化模拟信号。如控制量 $u(kT)$ 经过 D/A 转换成量化模拟信号 $u^*(t)$, 转换精度取决于 D/A 字长和输出信号量程, 其公式与量化精度相同, 如 4~20mA 输出信号, 用 8 位 D/A, 转换精度为 0.0627mA, 改用 12 位 D/A, 转换精度为 0.0039mA。

量化模拟信号是时间上连续、幅值上连续量化的信号。

3. 系统工作方式上的特点

在连续控制系统中, 控制器通常都是由不同的电路构成的, 并且一台控制器仅为一个控制回路服务。在计算机控制系统中, 一台计算机可同时控制多个被控量或被控对象, 即可为多个控制回路服务。每个控制回路的控制方式由软件设计。同一台计算机可以采用串行或分时并行方式实现控制。

尽管由常规仪表组成的连续控制系统已获得了广泛的应用, 并具有可靠、易维护操作等优点, 但随着生产的发展、技术的进步, 对自动化的要求越来越高, 这种常规连续控制系统的应用受到了极大的限制。例如, 难于实现多变量复杂系统的控制, 难于实现自适应控制等。与连续控制系统相比, 计算机控制系统除了能完成常规连续控制系统的功能外, 还表现出如下一些独特的优点:

(1) 由于计算机的运算速度快、精度高、具有极丰富的逻辑判断功能和大容量的存储能力, 因此能实现复杂控制, 如最优控制、自适应控制及自学习等, 从而可达到较高的控制质量。

(2) 计算机控制系统的性能价格比值 (性价比) 高。尽管一台计算机最初投资较大, 但增加一个控制回路的费用却很少。对于连续系统, 模拟硬件的成本几乎和控制规律的复杂程度、控制回路的多少成正比; 而计算机控制系统中的一台计算机却可以实现复杂控制并可同时控制多个控制回路, 因此, 它的性价比较高。

(3) 由于计算机控制系统的控制律是由软件程序实现的, 并且计算机具有强大的记忆和判断能力, 极易实现工作状态的转换, 实现不同的控制功能, 因此它的适应性强, 灵活性高。此外, 计算机是可编程的, 易于修改系统功能和特性, 构成了一种柔性 (弹性) 系统。

(4) 随着微电子技术的发展,大规模集成电路的出现,计算机的体积减小、重量减轻、成本下降,这使计算机用于自动控制的优点更为突出。

与连续控制系统相比,计算机控制系统也有一些缺点与不足。例如,由于系统中插入数字部件,信号复杂,给设计实现带来一定困难。但全面比较起来,随着对自动控制系统功能要求的不断提高,计算机控制系统的优越性表现得越来越突出。

1.2 计算机控制系统的分类

根据应用特点、控制方案、控制目的和系统构成,计算机控制系统可分成五种类型,即操作指导控制系统、直接数字控制(DDC)系统、监督控制(SCC)系统、集散控制系统(DCS)和现场总线控制系统(FCS)。

1.2.1 操作指导控制系统

如图 1-5 所示,在操作指导控制系统中,计算机的输出不直接用来控制生产对象。计算机只是对生产过程的参数进行采集,然后根据一定的控制算法计算出供操作人员参考、选择的操作方案和最佳设定值等,操作人员根据计算机的输出信息去改变调节器的设定值,或者根据计算机输出的控制量执行相应的操作。操作指导控制系统的优点是结构简单,控制灵活安全,特别适用于未摸清控制规律的系统,常常被用于计算机控制系统研制的初级阶段,或用于试验新的数学模型和调试新的控制程序等。由于最终需人工操作,故不适用于快速过程的控制。

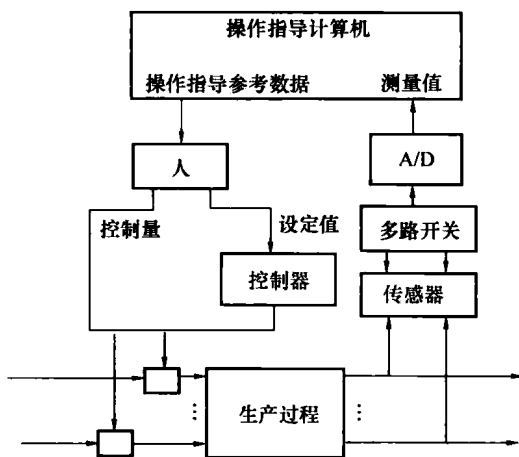


图 1-5 计算机操作指导控制系统示意图

1.2.2 直接数字控制系统

直接数字控制系统(Direct Digital Control, DDC)是计算机用于工业过程控制最普遍的一种方式,其结构如图 1-6 所示。计算机通过输入通道对一个或多个物理量进行巡回检测,并根据规定的控制规律进行运算,然后发出控制信号,通过输出通道直接控制调节阀等执行机构。

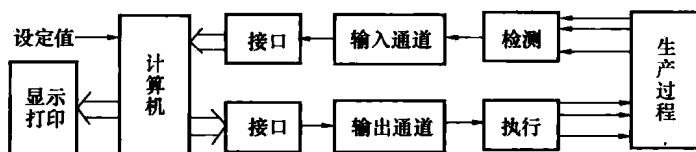


图 1-6 直接数字控制系统

在 DDC 系统中的计算机参加闭环控制过程,它不仅能完全取代模拟调节器,实现多回路的 PID(比例、积分、微分)调节,而且不需改变硬件,只需通过改变程序就能实现多种较复杂的控制规律,如串级控制、前馈控制、非线性控制、自适应控制、最优控制等。

1.2.3 监督计算机控制系统

在监督计算机控制系统 (Supervisory Computer Control, SCC) 中计算机根据工艺参数和过程参量检测值, 按照所设计的控制算法进行计算, 计算出最佳设定值直接传送给常规模拟调节器或者 DDC 计算机, 最后由模拟调节器或 DDC 计算机控制生产过程。SCC 系统有两种类型, 一种是 SCC+模拟调节器, 另一种是 SCC+DDC 控制系统。监督计算机控制系统构成示意图如图 1-7 所示。

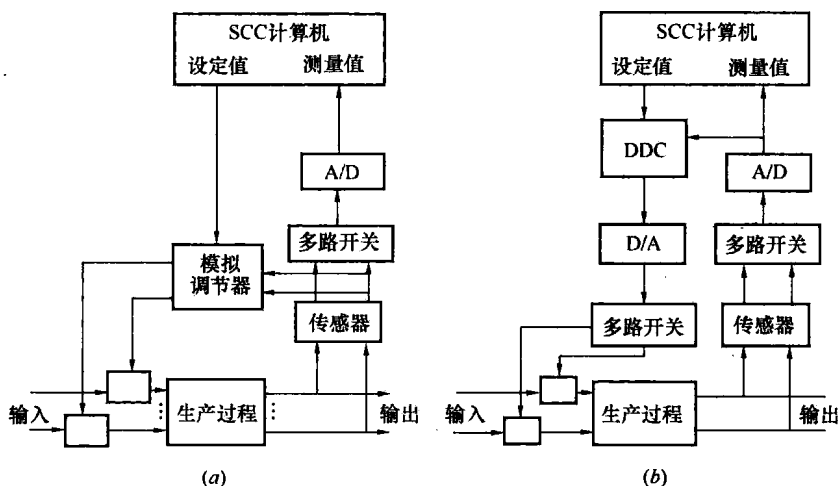


图 1-7 监督计算机控制系统构成示意图

(a) SCC+模拟调节器系统; (b) SCC+DDC 系统

1. SCC 加上模拟调节器的控制系统

这种类型的系统中, 计算机对各过程参量进行巡回检测, 并按一定的数学模型对生产工况进行分析、计算后得出被控对象各参数的最优设定值送给调节器, 使工况保持在最优状态。当 SCC 计算机发生故障时, 可由模拟调节器独立执行控制任务。

2. SCC 加上 DDC 的控制系统

这是一种二级控制系统, SCC 可采用较高档的计算机, 它与 DDC 之间通过接口进行信息交换。SCC 计算机完成建筑智能化系统高一级的最优化分析和计算, 然后给出最优设定值, 送给 DDC 计算机执行控制。

通常在 SCC 系统中, 选用具有较强计算能力的计算机, 其主要任务是输入采样和计算设定值。由于它不参与频繁的输出控制, 可有时间进行具有复杂规律的控制算式的计算。因此, SCC 能进行最优控制、自适应控制等, 并能完成某些管理工作。SCC 系统的优点是不仅可进行复杂控制规律的控制, 而且其工作可靠性较高, 当 SCC 出现故障时, 下级仍可继续执行控制任务。

1.2.4 集散控制系统

集散控制系统 (Distributed Control System, DCS) 采用分散控制、集中操作、分级管理、分而自治和综合协调的设计原则, 一个完整的大型集散控制系统从上而下分为生产管理级、控制管理级和自动控制级等若干级, 形成分级分布式控制。图 1-8 所示为常用的两级集散控制系统原理框图, 图中的系统分为两级, 即控制管理级 (由监督计算机和操作

站等组成)和自动控制级(由现场控制器组成,完成现场控制和数据采集功能),它是以一台主计算机和多台从计算机为基础的一种结构体系,所以也叫主从结构或树形结构,从机绝大部分时间都是并行工作的,只是必要时才与主机通信。

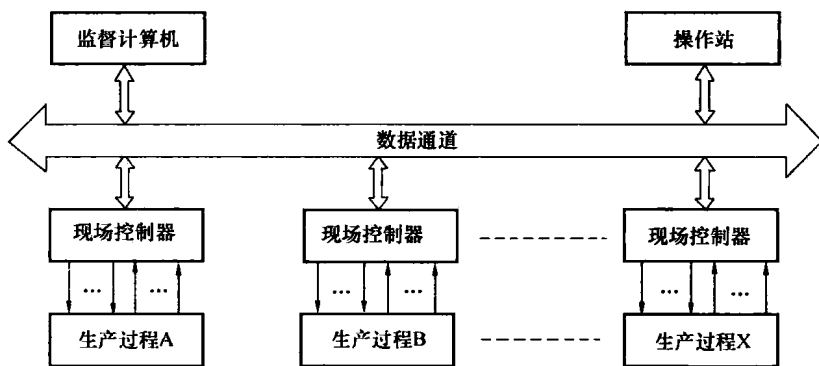


图 1-8 两级集散控制系统原理框图

由于计算机刚出现时造价昂贵,体积庞大,计算机控制系统结构一般都是用一台计算机控制大量的现场设备,此时的计算机控制系统被称为集中式控制系统。集中式控制系统是以计算机为基础加上扩展 I/O 接口构成的,中心控制是一台计算机,这里的计算机可以是单片机,也可以是个人计算机,或者是通用型工业控制机。

这种控制结构如同主从式计算机网络一样有着与生俱来的缺点,也就是集中式控制机制带来的缺点。这些缺点是:

(1) 集中式计算机控制系统中的计算机若出现故障,会造成整个系统不能正常工作,系统可靠性较差,危险高度集中。

(2) 现场设备到计算机之间传递的是模拟量信号,只有计算机端对数据进行数字化处理。太多太长的现场连线通过各类干扰环境到达现场,这些连线各自传递着不同性质的信号,有微弱电流、电压信号,也有大功率的脉冲、开关信号,加上环境干扰,使系统抗干扰的设计和实现都十分困难。

(3) 由于控制系统结构所限,开发大范围的系统比较困难。

自 20 世纪 70 年代以来,随着计算机技术的快速发展,计算机开发成本不断降低,集成化程度也越来越高,体积越来越小,分散式计算机控制系统应运而生,该系统代替了原来的中小型计算机集中控制系统,它具有如下特点:

(1) 可靠性高。集散控制系统能实现地理上和功能上的分散控制,使每台计算机的任务相应减少,功能更明确,组成也更简单,分散了危险性,因此能够提高可靠性。

(2) 速度快。集散控制系统各级并行工作,很多采集和控制功能都分散到各个子环节中,仅在必要时才通过高速数据通道与监督计算机进行信息交换,因此减少了数据集中串行处理的时间,也减少了信息传递的次数,所以提高了系统运行速度。

(3) 结构灵活,易于扩展。集散控制系统采用的是模块化结构,即把任务相同的部分做成一个模块,系统结构灵活,可大可小,便于操作、组装和调度,容易扩展。

(4) 设计、开发、维护简便。由于系统采用模块式结构,且具有自诊断和错误检测系统,所以设计、开发及维护都很方便,并能实现高级复杂规律控制。

1.2.5 现场总线控制系统

集散控制系统在一定程度上实现了分散控制的要求，可以用多个基本控制器作为现场控制器分担整个系统的控制功能，分散了危险性，但是现场控制器本身仍然是小型集中式系统，一旦现场控制器出现故障，影响面仍然较大，而且现场控制器和现场设备之间仍然存在长距离模拟量传输，抗干扰能力较差。

随着大规模集成电路技术和微处理器技术的发展，微处理器芯片价格不断降低，而功能不断提高，一块芯片常常能够集成有 CPU、存储器、A/D 转换器、I/O 通信接口等功能，成为控制器。将这种微处理器芯片嵌入到各种设备、仪表中，与它们合成一体，一方面可以加强设备、仪表的功能处理能力（如就地的控制、操作、显示功能），另一方面可以通过通信接口实现与外界通信，使设备、仪表智能化。智能化现场仪表还需要与上层系统通信，现场总线技术应运而生。

现场总线控制系统（Fieldbus Control System, FCS）的总体结构与集散控制系统相同（见图 1-8），所不同的是自动控制级中的现场控制器利用智能化仪表实现了彻底的分散控制，同时克服了集散控制系统需要模拟量传输的缺点，使得系统的可靠性大大加强。图 1-9 所示为集散控制系统和现场总线控制系统的结构对比。集散控制系统的通信网络接至现场控制器（控制站），现场仪表仍然是一对一的模拟信号传输，而现场总线的现场设备采用智能化仪表（智能传感器、变送器或执行器等），现场总线的通信网络实现了这些智能现场仪表的互连，把通信线一直延伸到被控现场和设备。数字信号传输抗干扰能力强、精度高，无需采用过多的抗干扰措施，可有效减少系统成本。图 1-10 所示为典型现场总线控制系统结构。

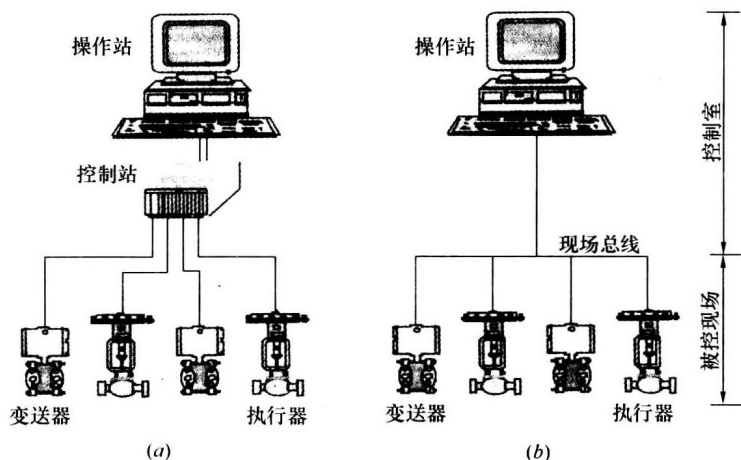


图 1-9 集散控制系统和现场总线控制系统结构对比

(a) DCS 结构；(b) FCS 结构

由图 1-9 和图 1-10 可以看出，FCS 废弃了 DCS 的现场控制器，把现场控制器的功能块分散给现场仪表（传感器、变送器、执行器），现场仪表内嵌入了智能控制单元，这些设备通过一对传输线互连。例如，现场总线控制系统中的流量变送器具有 A/D 转换、流量信号补偿和累加输入功能块；调节阀除了具有信号驱动和执行功能外，还内