



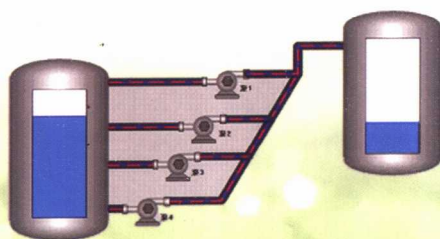
国家精品课程教材

普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

DIANQI
XINXILEI

计算机控制系统

■ 张德江 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费
电子课件

国家精品课程教材
普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

计算机控制系统

张德江 等编著
李元春 主审



机械工业出版社

本书为国家精品课程教材，书中较系统地介绍了计算机控制系统的理论基础和设计方法，全书分三篇共十三章：基础篇介绍了模拟化设计方法与直接数字化设计方法，数字 PID 控制算法，最小拍控制与纯滞后补偿，模糊控制器及其设计方法；设计篇介绍了计算机控制系统的硬件和软件设计，总线技术和抗干扰技术；应用篇介绍了计算机控制系统的一般设计方法以及三个设计实例。前两篇每章后附有习题。

本书配有免费电子课件，欢迎选用本书作教材的老师索取，电子邮箱：wbj@mail.machineinfo.gov.cn。

本书兼顾基础性、实用性和先进性，注重工程应用，可作为高等学校自动化、电气工程及其自动化等专业的教材或参考书，也可供从事计算机控制系统设计与维护的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机控制系统/张德江等编著. —北京：机械工业出版社，2007.7
国家精品课程教材. 普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材
ISBN 978-7-111-21774-9

I. 计… II. 张… III. 计算机控制系统 - 高等学校 - 教材
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 094763 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑：王保家 版式设计：张世琴 责任校对：李秋荣
封面设计：张 静 责任印制：杨 曦
北京机工印刷厂印刷 (北京双新装订有限公司装订)
2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
184mm × 260mm · 14.75 印张 · 363 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-21774-9
定价：22.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
销售服务热线电话：(010) 68326294
购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话：(010) 88379711
封面无防伪标均为盗版

前 言

计算机技术的开发和应用,影响着社会的发展和运行状态,改变着人们的生产和生活方式;计算机控制技术作为计算机技术中与工业生产关系最为紧密的专业技术,在越来越多的领域获得了越来越广泛的应用;“计算机控制系统”作为讲授计算机控制技术的课程,已成为我国工科院校电气信息类、机械类、仪器仪表类、航天航空类和农业工程类等大类中有关专业普遍开设的一门重要的专业课。此课程的专业知识既是这些专业的学生毕业设计中要大量运用的,更是学生毕业后从事自动控制系统、智能仪器仪表和机电一体化产品的设计与运行中要长期用到的。

长春工业大学“计算机控制系统”课程,2006年被评为国家精品课,并且是国内这门课程的第一个国家精品课。为落实教育部对国家精品课的要求,进一步搞好课程建设,课程组编写了本书,作为“计算机控制系统”课程的教材。本书的编写注意到了以下几点:

(1) 确定教材的应用面向。由于不同类型的高校具有不同的人才培养目标,即使同样名称的课程对教材的要求也不同。本书的应用面向定位在地方工科院校,以培养高级应用型人才作为主要目标模式,注重系统设计能力、实验能力和工程意识的培养,注重理论联系实际的教学方式。

(2) 明确课程的培养目标。本课程的目标是培养学生对计算机控制系统的设计和实现能力,使学生通过本课程的学习和训练,能够掌握计算机控制系统的硬件与软件设计以及制作与调试的基本知识和技能。

(3) 采取适当的教材结构。为了适应教材应用面向和课程培养目标,采取基础篇、设计篇和应用篇的教材结构。其中基础篇介绍计算机控制系统的设计基础,包括设计方法和控制算法;设计篇介绍计算机控制系统的设计方法,包括系统硬件设计、软件设计和抗干扰技术;应用篇介绍计算机控制系统的设计实例,包括系统设计原则、步骤和三种典型系统的设计。这样的结构,有利于学生系统设计和实现能力的培养,有利于理论教学与实践教学的配合。

(4) 把握教材的内容取舍。计算机控制系统的内容极其丰富,从控制算法到硬件模式,从基本理论到新技术、新器件,博大精深,奥妙无穷,要在一本教材中把这些内容都写进去,既不可能,也没必要。本书内容的取舍,还是本着适应教材应用面向和课程培养目标的原则,兼顾基础性、实用性和先进性,注重基本理论和基本方法,注重工程应用价值,注重既先进又实用的方法和技术,舍去那些理论上很先进而工程上极少应用的高级或复杂算法,舍去那些适用场合不多的硬件配置模式,舍去那些应用范围不广的技术和方法。

(5) 超脱机型的发展变化。针对CPU芯片和机型发展变化周期越来越短的情况,淡化了对某一具体机型和某一种汇编语言的依赖,侧重于基本原理、系统结构和设计方法。

(6) 注重学生的能力培养。这是每一门课程都应担负的责任和义务,但是从计算机控制系统在专业教学中的地位和特点出发,本课程更要注重这一点。这里的“能力”主要指学习能力、创新能力和实践能力。为此,本书绪论中专门进行了关于创新学习的探讨,以便学生在课程学习的一开始就注重创新精神的养成和学习能力的培养;本书的第三篇提供了工

程设计方法和几个设计实例，为学生的系统设计实践提供基础。

本书分为三篇，共十三章。第一章绪论，介绍计算机控制系统组成、分类与发展趋势。根据课程组多年来课程建设与教学改革的体会，归纳了本课程的特点，探讨了创新学习问题。

第一篇为基础篇，主要介绍计算机控制系统设计所需要的理论基础，其中第二章为计算机控制系统的设计方法，包括模拟化设计方法与直接数字化设计方法；第三章为数字 PID 控制算法，这是工程上应用最多的计算机控制算法，主要介绍了基本的和改进的数字 PID 控制算法以及 PID 控制算法的参数整定方法；第四章为最小拍控制与纯滞后补偿，包括 Smith 预估补偿器和 Dahlin 控制算法；第五章为模糊控制，主要介绍了模糊控制器的设计方法，这是一种不依赖被控对象模型的算法，在工程中应用较多。

第二篇为设计篇，主要介绍计算机控制系统的硬件和软件设计，其中第六章为计算机控制系统的硬件设计，包括控制用计算机的几种选择模式、过程通道的设计方法和常用的执行器；第七章为总线技术，随着计算机控制系统规模的增大和水平的提高，这部分内容得到越来越多的应用；第八章为计算机控制系统应用软件设计，包括软件结构、数据处理和数字滤波等；第九章为计算机控制系统的抗干扰技术，在对于干扰信号分析的基础上，介绍了共模干扰和串模干扰的抑制、软件抗干扰技术、接地技术、电源系统的抗干扰技术和印制电路板抗干扰技术。

第三篇为应用篇，介绍计算机控制系统的一般设计方法以及三个设计实例，其中第十章介绍计算机控制系统的一般设计原则与步骤，以及工程设计与实现方法；第十一章给出了电阻炉温度计算机控制系统的设计实例；第十二章给出了直流电动机调速计算机控制系统的设计实例；第十三章给出了变频恒压供水计算机控制系统的设计实例。这三章实例分别采用单片机系统实现多通道控制、数据采集芯片加上位机结构、可编程序控制器与上位机组态软件控制结构三种常用的控制系统构成方式，以便使读者了解计算机控制系统设计方案的多样性。

为方便教学和学生的练习，本书前两篇每章后附有习题，在附录中给出了常用函数的 Z 变换表。

本书的内容可以根据课程学时及先行课程的开设情况进行取舍。如果学时较少，可以舍去第五章，在第三篇中只选取一个或两个例子；如果已先行开设了过程控制或仪器仪表类的课程，第六章中的常用执行器部分可以舍去；如果已先行开设了计算机接口技术类的课程，第六章中过程通道的有关内容也可以舍去。

本书由长春工业大学电气与电子工程学院“计算机控制系统”课程组的教师集体编著。其中，张德江负责前言和绪论，于微波负责第一篇，贾文超负责第二篇，刘克平负责第三篇，黄艳秋起草了第十一章，柳青蕴起草了第十二章，陈月岩和李慧参加了绘图和校对工作。全书由张德江统稿、定稿。

教育部自动化专业教学指导分委员会委员，吉林大学博士生导师李元春教授担任本书的主审，对本书的编著提出了很多宝贵的意见，在此表示诚挚的谢意。

本书配有免费电子课件，欢迎选用本书作教材的老师索取，电子邮箱：wbj@mail. machineinfo. gov. cn。

限于作者的水平和经验，书中难免有一些缺点和不足之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

前言		
第一章 绪论	1	
第一节 计算机控制系统概述	1	
第二节 计算机控制系统的分类	4	
第三节 计算机控制系统的发展	7	
第四节 本课程特点	9	
第五节 关于创新学习的探讨	12	
思考与练习	14	
第一篇 基础篇		
第二章 计算机控制系统的设计方法	15	
第一节 计算机控制系统的基础知识	15	
第二节 计算机控制系统的模拟化设计方法	21	
第三节 计算机控制系统的直接数字化设计方法	27	
第四节 系统设计举例	31	
思考与练习	36	
第三章 数字 PID 控制算法	37	
第一节 标准数字 PID 控制算法	37	
第二节 改进的数字 PID 控制算法	45	
第三节 数字 PID 控制算法的参数整定	49	
思考与练习	53	
第四章 最小拍控制与纯滞后补偿	55	
第一节 最小拍控制系统设计	55	
第二节 Smith 纯滞后补偿控制算法	60	
第三节 Dahlin 算法	65	
思考与练习	70	
第五章 模糊控制	72	
第一节 模糊控制系统	72	
第二节 模糊控制器的设计	74	
第三节 模糊控制器的实现	84	
第四节 模糊控制器设计举例	85	
思考与练习	87	
第二篇 设计篇		
第六章 计算机控制系统的硬件设计	88	
第一节 常用计算机控制系统主机模式	89	
第二节 过程通道设计与人-机接口	96	
第三节 常用执行器	114	
思考与练习	130	
第七章 总线技术	132	
第一节 总线技术概述	132	
第二节 RS-232C/485 总线	134	
第三节 I ² C 总线	137	
第四节 SPI 总线	139	
第五节 现场总线技术	140	
第六节 组态软件	148	
思考与练习	154	
第八章 计算机控制系统应用软件设计	155	
第一节 概述	155	
第二节 计算机控制系统的数据处理	159	
第三节 数字滤波	162	
思考与练习	165	
第九章 计算机控制系统的抗干扰技术	166	
第一节 工业现场的干扰及其对系统的影响	166	
第二节 过程通道的抗干扰技术	167	
第三节 软件抗干扰与硬件冗余技术	171	
第四节 接地技术	175	
第五节 电源系统的抗干扰技术	176	
第六节 印制电路板抗干扰设计	180	
思考与练习	182	
第三篇 应用篇		
第十章 计算机控制系统设计原则与步骤	183	
第一节 计算机控制系统设计原则	183	
第二节 计算机控制系统设计步骤	185	
第三节 计算机控制系统的工程设计与实现	187	

第十一章 电阻炉温度计算机控制**系统设计 195**

第一节 电阻炉及其控制要求 195

第二节 系统总体方案设计 196

第三节 系统硬件和软件设计 197

第十二章 直流电动机调速计算机控制**系统设计 205**第一节 计算机控制直流电动机调速系统
及技术要求 205

第二节 系统总体方案设计 206

第三节 硬件系统与软件系统设计 207

第四节 系统调试运行 212

第十三章 变频恒压供水计算机控制系统**设计 214**第一节 变频恒压供水控制系统工艺及
技术要求 214

第二节 系统总体方案设计 215

第三节 硬件系统与软件系统设计 218

第四节 系统调试运行 224

附录 常用函数的 Z 变换 227**参考文献 228**

第一章 绪 论

随着自动控制技术和计算机技术的发展，计算机在工业控制方面获得了越来越广泛的应用。通过计算机控制，可以有效地提高产品的产量和质量，减少原材料和能源消耗，还可以实现数据统计、工况优化和控制与管理一体化，从而明显地提高企业的经济效益和自动化水平。

第一节 计算机控制系统概述

一、计算机控制系统的一般概念

计算机控制系统是在自动控制技术和计算机技术的基础上产生的。没有采用计算机控制的系统一般为连续控制系统，其典型结构图如图 1-1 所示，图中各处的信号均为模拟信号。为了对被控对象施行控制，由检测装置测得被控参数，并将此参数转换成一定形式的电信号反馈到输入端，与给定值比较后产生偏差作为控制器的输入信号，控制器按某种控制规律进行调节计算，产生控制信号驱动执行机构动作，使被控量向着减小或消除偏差的方向变化，这就是一个负反馈闭环连续控制系统的控制过程。

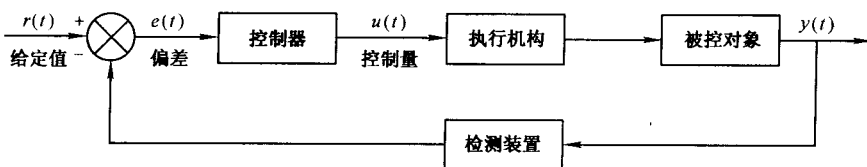


图 1-1 连续控制系统典型结构图

如果将连续控制系统的控制器用计算机来实现，就构成了计算机控制系统，其基本框图如图 1-2 所示。由于计算机只能处理数字量，其输入和输出都是数字信号，因此要加入模/数转换器（A/D）和数/模转换器（D/A），实现模拟信号和数字信号之间的相互转换。

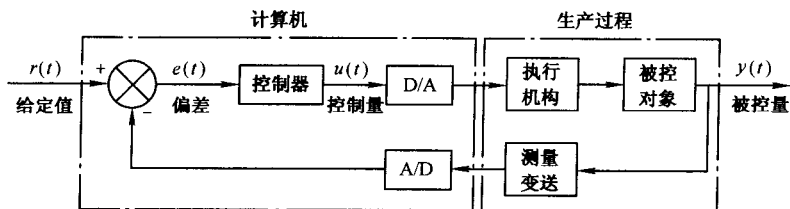


图 1-2 计算机控制系统典型结构图

计算机控制系统的控制过程可以归纳为以下三个步骤：

- (1) 数据采集：对被控量进行采样测量，形成反馈信号。
- (2) 计算控制量：根据反馈信号和给定信号，按一定的控制规律，计算出控制量。
- (3) 输出控制信号：向执行机构发出控制信号，实现控制作用。

上述三个步骤不断地重复进行，计算机控制系统便能按一定的品质指标完成控制任务。上述过程是“实时”进行的，即信号的输入、计算和输出都是在一定时间范围内即时完成的，超出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，就叫做“联机”方式或“在线”方式；反之，若生产过程设备不直接与计算机相连接，而是通过中间记录介质，再由人进行相应的操作，则叫做“脱机”方式或“离线”方式。离线方式不能实时地对系统进行控制。一个在线控制系统不一定是实时系统，但实时控制系统必定是在线系统。

二、计算机控制系统的组成

计算机控制系统由计算机系统和生产过程两大部分组成。计算机系统包括硬件和软件。其中硬件指计算机本身及其输入输出通道和外部设备，是计算机系统的物质基础；软件指管理计算机的程序及系统控制程序等，是计算机系统的灵魂。生产过程包括被控对象、测量变送单元、执行机构、电气开关等装置。图 1-3 给出了计算机控制系统的硬件组成框图。

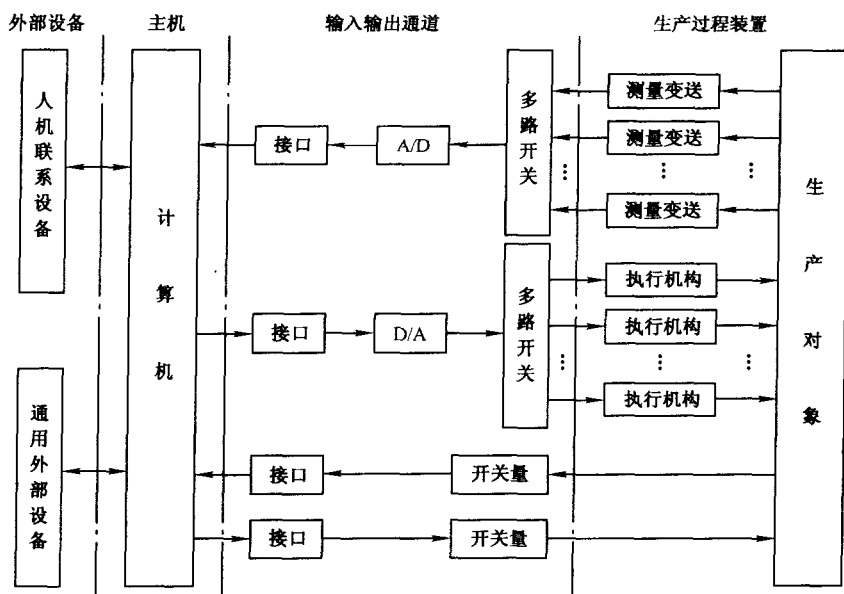


图 1-3 计算机控制系统硬件组成框图

1. 计算机控制系统的硬件组成

硬件是看得见摸得着的各部分器件和部件的总称。计算机控制系统的硬件包括计算机系统硬件和生产过程各部分的装置。

- (1) 计算机系统硬件，包括主机、输入输出通道和外部设备。

- 1) 主机：是计算机控制系统的核心。主机通过接口向系统的各个部分发出各种命令，

对被控对象进行检测和控制。

2) 输入输出通道: 是计算机和生产对象之间进行信息交换的桥梁和纽带。过程输入通道把生产对象的被控参数转换成计算机可以接收的数字信号, 过程输出通道把计算机输出的控制命令和数据, 转换成可以对生产对象进行控制的信号。过程输入输出通道包括模拟量输入输出通道和数字量输入输出通道。

3) 外部设备: 是实现计算机和外界进行信息交换的设备, 简称外设, 包括人机联系设备(操作台)、输入输出设备(磁盘驱动器、键盘、打印机、显示终端等)和外存储器等。其中操作台应具备显示功能, 即根据操作人员的要求, 能立即显示所要求的内容, 还应有按钮或开关, 完成系统的启、停等功能; 操作台还要保证即使操作错误也不会造成恶劣后果, 即应有保护功能。

(2) 生产过程装置, 包括测量变送单元、执行机构和被控对象。

1) 测量变送单元: 是为了测量各种参数而采用的相应的检测元件及变送器。绝大多数情况下, 被检测参数都是非电量, 例如温度、压力等等, 需要由检测元件在测量的同时转换成电量, 再经变送器转换成统一的标准电平信号, 以便送入计算机处理。

2) 执行机构: 要控制生产过程, 必须有执行机构, 它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, 产生相应的控制动作, 使被控对象按要求运行。常用的执行机构有电动、液动或气动阀门, 伺服电动机, 步进电动机及晶闸管元件等。

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, 因此可以说软件是计算机系统的中枢神经。就功能来分, 软件可分为系统软件、应用软件及数据库。

(1) 系统软件。它是由计算机生产厂家提供的专门用来使用和管理计算机的程序。对用户来说, 系统软件只是作为开发应用软件的工具, 不需要自己设计。系统软件包括:

1) 操作系统: 包括管理程序、磁盘操作系统程序、监控程序等;

2) 诊断系统: 指的是调试程序及故障诊断程序;

3) 开发系统: 包括各种语言处理程序(编译程序)、服务程序(装配程序和编辑程序)、模拟程序(系统模拟、仿真、移植软件)、数据管理程序等。

(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。计算机控制系统的应用软件有:

1) 过程监视程序: 包括巡回检测程序、数据处理程序、上下限检查及报警程序、操作面板服务程序、数字滤波及标度变换程序、判断程序、过程分析程序等;

2) 过程控制计算程序: 包括控制算法程序、事故处理程序和信息管理程序, 其中信息管理程序包括信息生成调度、文件管理及输出、打印、显示程序等;

3) 公共服务程序: 包括基本运算程序、函数运算程序、数码转换程序、格式编码程序等。

(3) 数据库。数据库及数据库管理系统主要用于资料管理、存档和检索, 相应的软件设计指如何建立数据库以及如何查询、显示、调用和修改数据等。

三、计算机控制系统的特点

计算机控制系统与连续控制系统相比,具有如下特点:

(1) 控制规律的实现灵活、方便。控制算法由程序实现,修改控制规律,只需修改相应的程序,不必像连续控制系统那样改动硬件电路。因此设计及修改控制算法灵活、方便,容易实现高级的控制。

(2) 控制精度高。在连续控制系统中,常规的模拟调节器的精度为 0.5%,而由计算机实现的数字调节器可通过扩展字节使其精度明显高于常规的模拟调节器。另外,数字调节器不存在模拟调节器的零点漂移问题,通过重复测量可提高检测精度,这些都有利于提高计算机控制系统的控制精度。

(3) 控制效率高。在连续控制系统中,一般一个模拟调节器只能控制一个回路,而在计算机控制系统中,由于计算机具有高速的运算处理能力,一个主机可以多路复用,分时对多个回路施行控制,所以控制效率高。

(4) 可集中操作显示。利用计算机的外部设备,可方便地进行打印、显示、记录、统计,实现人机对话;容易实现各种逻辑判断、越限报警等功能,可以随时进行参数的在线修改,便于集中操作和显示。

(5) 可实现分级控制与整体优化。通过计算机网络系统与上下位计算机相通信,进行分级控制,实现生产过程控制与生产管理的一体化与整体优化,提高企业的自动化水平。

(6) 存在着采样延迟。在计算机控制系统中,计算机按一定采样的时间间隔从 A/D 转换器读取测量数据,即对连续信号进行采样,经计算处理后,通过 D/A 转换将数字信号转换成连续信号,作用于被控对象。因此,计算机控制系统存在采样延迟,其控制作用不如模拟调节器及时。

第二节 计算机控制系统的分类

计算机控制系统按其控制方式和控制功能,可分为以下几种类型。

1. 操作指导控制系统

操作指导控制系统的构成如图 1-4 所示。这种类型属于开环控制系统。计算机的输出部分与被控过程不直接发生联系,而是通过数据采集和处理,为操作人员提供反映生产工况的各种数据,并相应的给出操作指导信息,由操作人员根据这些信息进行相应的操作。

在这种系统中,计算机每隔一定时间对被控过程的有关参数进行采样,经 A/D 转换后送入 CPU 进行加工处理,计算出最优操作条件及操作方案,并以显示、打印、报警等形式输出信息,操作人员根据这些信息去改变调节器的给定值或直接操作执行机构。

这种系统的优点是结构简单,并且安全可靠。它常被用在计算机控制系统的设计及调试阶段,进行被控过程数学模型的建立和新的控制程序的调试,或者用于被控系统的数据采集与处理,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、数据越限报警以及对大量数据进行积累和实时分析。

2. 直接数字控制系统

直接数字控制(Direct Digital Control,简称 DDC)系统是用得最普遍的一种计算机控制

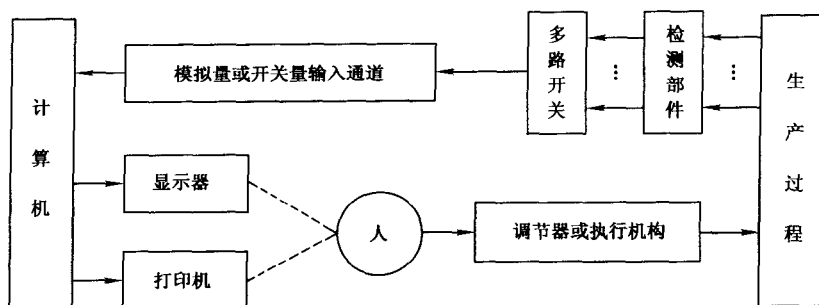


图 1-4 操作指导控制系统

系统，在这种系统中，计算机直接参加闭环控制过程。系统构成如图 1-5 所示。计算机通过测量元件对一个或多个系统参数进行巡回检测和采样，对开关量信号直接采集输入，对模拟信号经 A/D 转换变成数字量输入，然后按一定的控制规律计算处理，发出控制信号，经过 D/A 转换器变成模拟信号，去驱动执行机构动作，或者由开关量通道直接进行控制，使各被控量达到预定的要求。

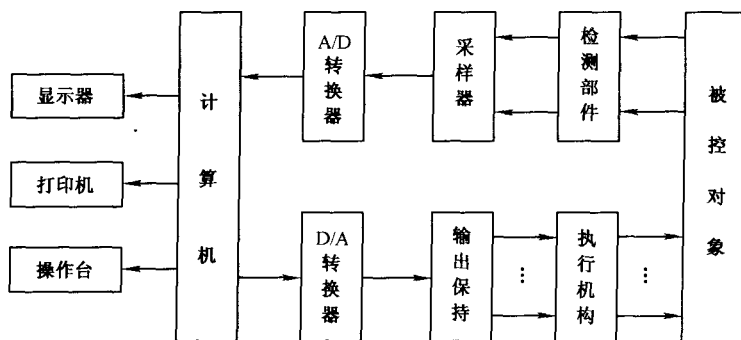


图 1-5 直接数字控制系统

在 DDC 系统中，计算机作为数字控制器，不仅完全取代了模拟调节器，而且可以完成各种控制算法，实现多种控制规律。另外，由于计算机的工作速度快，一台主机可以代替多个模拟调节器，同时控制多个回路，能够达到很高的性能价格比，所以 DDC 系统在工业控制的诸多场合中得到了非常广泛的应用，发挥着越来越大的作用。

3. 监督计算机控制系统

监督计算机控制（Supervisory Computer Control，简称 SCC）系统的构成如图 1-6 所示。计算机按照被控的生产过程工况和数学模型，计算出最佳给定值或最优控制量，提供给 DDC 计算机或模拟调节器，最后由 DDC 计算机或模拟调节器来控制生产过程，使生产过程始终处于最佳工况。

SCC 系统具有二级结构的特点，其中 DDC 计算机或模拟调节器为第一级，也称下位机，它与生产过程相连接，完成控制器的任务，因此要求可靠性高、抗干扰能力强，并能独立工作。SCC 计算机为第二级，也称上位机，承担高级控制与管理任务。SCC 系统不仅可以进行给定值控制，而且还可以进行顺序控制、最优控制等，它是操作指导控制系统和 DDC 系统

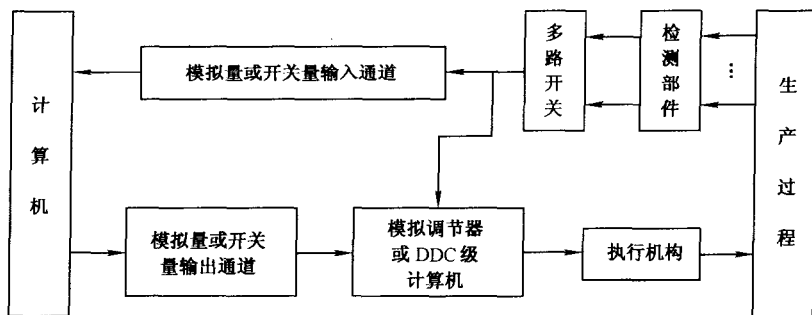


图 1-6 监督计算机控制系统

的综合与发展。

4. 分布式控制系统

企业的生产过程中需要控制的设备较多，一般分布在不同的区域，其中的各工序、各设备并行工作，既需要相对独立的控制，又需要有一定的联系，所以整个系统比较复杂。同时企业的生产中既存在控制问题，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取集中型控制方式，以便充分利用计算机。这种控制方式任务过于集中，一旦计算机出现故障，将会影响全局。随着微型计算机的发展，其价格低廉而功能又不断完善，从而可以由若干个微处理器或微型计算机分别承担部分任务而组成计算机控制系统，称为分级式或分布式控制系统（Distributed Control System，简称 DCS），如图 1-7 所示。该系统有代替集中控制系统的趋势，其特点是将控制任务分散，用多台计算机分别执行不同的任务，既能进行控制又能实现管理。图 1-7 给出的是一个四级系统，图中自下而上各级计算机的任务如下。

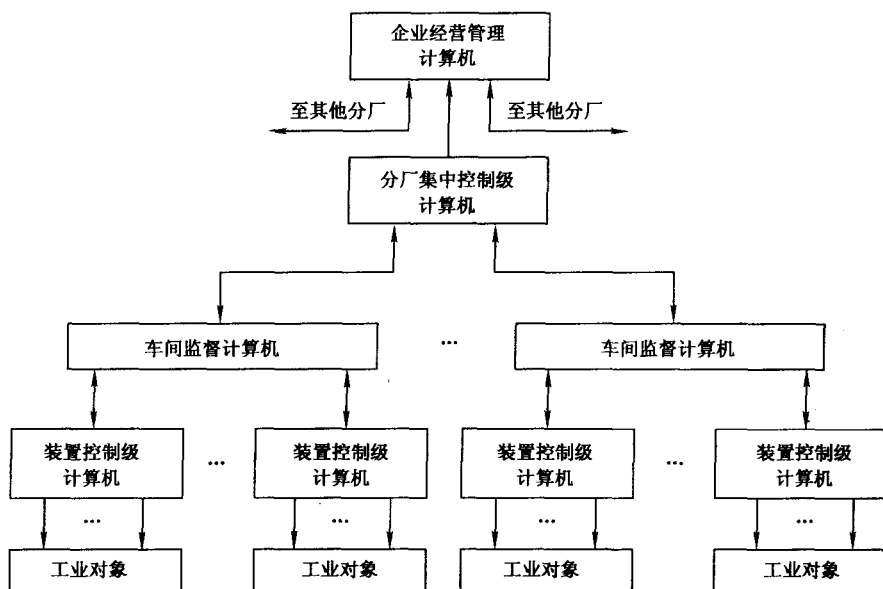


图 1-7 分布式计算机控制系统

(1) 装置控制级 (DDC 级)。对生产过程直接进行控制,使所控制的生产过程在要求的工作下工作。

(2) 车间监督级 (SCC 级)。根据厂级下达的命令和通过装置控制级获得的生产过程数据进行车间级的优化控制,同时还担负着车间内各个工段的协调控制和对 DDC 级的监督。

(3) 分厂集中控制级。根据上级下达的任务和本厂情况,制定生产计划、安排分厂工作、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。

(4) 企业经营管理级。制定长期发展规划、生产计划、销售计划,发命令至各分厂,并接受各分厂发回来的数据,实行全企业的总体调度和全局优化。

第三节 计算机控制系统的发展

一、计算机控制系统的发展过程

回顾计算机控制系统的发展过程,大体上经历了三个阶段。

第一个阶段是 1965 年以前的试验阶段。1952 年,计算机开始被用于生产过程,实现了自动测量和数据处理。1954 年用计算机构成了开环控制系统,能够帮助操作人员对一部分被控参量进行正确调节。1959 年在美国的得克萨斯州的一家炼油厂建成了第一台计算机闭环控制系统,1960 年美国孟山都公司的氨厂实现了计算机监督控制。以后虽然计算机控制系统陆续有一些新发展,但在 1965 年以前基本上处于单项工程试验阶段。

第二个阶段是 1965 年至 1972 年的实用阶段。在试验阶段用于控制的计算机基本上还是采用模拟常规调节仪表的调节规律,只在控制形式上由连续变为离散,因而调节效果得不到明显改善。直到 60 年代后期出现了小型机,才使计算机控制得以普及。由于小型机具有体积小、速度快、工作可靠、价格较便宜等特点,所以使得计算机控制系统不再只是大型企业的工程项目,对于较小的工程问题也能利用计算机来控制了。这一时期主要是计算机集中控制,即用一台计算机控制尽可能多的调节回路。在高度集中控制时,若计算机出现故障,将对整个生产产生严重影响。提高可靠性的措施就是采用多机并用的方案,即增加小型机数目。由于小型机的出现,过程控制计算机的台数迅速增长。这一时期为实用阶段。

第三阶段是从 1972 年开始到现在的发展阶段。1972 年出现了微型计算机,由于它优越的性能价格比,使得计算机的应用真正地进入了普及和深入的阶段。相应的,以微型计算机为核心的控制系统在工业生产和科学实验的诸多领域迅速地得到研制、推广和应用。在控制结构上,简单的生产过程或装置采用单个微型机独立控制,各种以单板机、单片机、工业控制机、可编程序控制器为核心的计算机控制系统纷纷被推出并得到迅速发展。复杂的生产过程或装置则采用集散控制系统,这种系统采用多级分布式的结构,从下而上分为过程控制级、控制管理级、生产管理级和经营管理级。过程控制级采用多个微型机,每个微型机组成一个基本控制器,每个基本控制器只控制少数回路,各级间通过高速数据通道通信。这种控制方式实行分散控制、集中操作、分级管理、统一协调的原则,既能使危险分散,又能实现整体的协调和优化,大大地提高了控制系统的安全可靠性、通用灵活性、最优控制性能和综合管理能力。近年来,集成制造系统技术也从研制、试用的阶段逐步走向成熟,开始被成功地应用。随着嵌入式应用技术的进一步发展和信息网络技术的兴起,基于网络的控制技术已

逐渐为人们关注和接受，并在控制领域掀起了研究和应用的热潮。

二、计算机控制系统的发展趋势

随着计算机技术、通信技术和控制理论的发展以及工业生产对控制系统提出新的要求，计算机控制系统也在不断发展，其发展趋势主要有：

1. 可编程序控制器

可编程序控制器（Programmable Controller，简称 PC），也可称为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller，简称 PLC），是一种专为工业环境应用而设计的计算机控制系统。它的应用从代替顺序控制器开始。在自动化生产线中，要求按规定的条件和顺序执行各道工序的动作，完成这种任务的装置称为顺序控制器。以往顺序控制器主要由继电器组成，改变生产工序、执行次序和条件需要改变硬件连接。另外，大量继电器的频繁动作经常出现器件的损坏，维修更换的工作量很大。随着微型计算机的发展和应用，人们开始以微型机的通用结构来实现顺序控制器，通过存储器中事先存储的程序，用软件实现开关量的逻辑运算、延时操作等过去用继电器完成的功能，形成了 PLC。它具有可靠性高、编程灵活简单、易于扩展和价格低廉等许多优点。随着 PLC 的发展，它除了具有逻辑运算、逻辑判断等功能外，还具有数据处理、故障自诊断、PID 运算及网络等功能，不仅能处理开关量，而且还能够实现模拟量的控制，多台 PLC 之间可方便地进行通信与联网。目前从单机自动化到工厂自动化，从柔性制造系统、机器人到工业局部网络都可以见到 PLC 的成功应用。

2. 集散控制系统

集散控制系统就是分布式控制系统（DCS），发展初期以实现分散控制为主，20 世纪 80 年代以后，集散控制系统的技术重点转向全系统信息的综合管理，使其具有分散控制和综合管理两方面特征，因此称为分散型综合控制系统，简称为集散控制系统。目前，在过程控制领域，集散控制系统技术已日趋完善而逐渐成为被广泛使用的主流系统。

集散控制系统的体系特征是功能分层，一般可以分为现场控制级、过程装置控制级、车间操作管理级、全厂优化和调度管理级等。信息一方面自下向上逐渐集中，同时，它又自上而下逐渐分散。从系统结构分析，集散控制系统由三大基本部分组成，它们是分散过程控制装置部分、集中操作和管理系统部分、通信系统部分。分散过程控制装置部分由多回路控制器、单回路控制器、多功能控制器、PLC 及数据采集装置等组成。它包括现场控制级和过程控制装置级，实现对生产过程的控制。一个控制器只控制一个回路或几个回路，这样可避免在采用集中型计算机控制系统时，若计算机出现故障，对整个生产装置或整个生产系统产生严重影响。集中操作和管理部分由操作站、管理机和外部设备等组成，它包括车间操作管理级和全厂优化与调度管理级，实现生产过程和调度管理的全局优化。通信系统部分完成每级之间以及每级内的计算机或微处理器的数据通信。在集散控制系统中，用大量的以微处理器为基础的过程控制器对生产过程实现分散控制，用一台或几台计算机对全系统进行全面信息管理。

3. 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacture System，简称 CIMS）是面向制造业的集成自动化系统，是计算机技术、自动化技术、制造技术、管理技术和系统工程等多种技术的综合和全企业信息的集成，包括了生产设备与过程控制、自动化装配与工业机器人、

质量检测与故障诊断、CAD 与 CAM、立体仓库与自动化物料运输、计算机辅助生产计划制定、计算机辅助生产作业调度、办公自动化与经营辅助决策等内容。20 世纪 80 年代中期以来, CIMS 逐渐成为制造业的热点, 其原因不仅在于 CIMS 具有提高生产率、缩短生产周期以及提高产品质量等一系列优点, 而且在于它是在新的生产组织原理和概念指导下形成的一种新型生产模式。目前世界上很多国家和企业都把发展 CIMS 定为本国制造业的发展战略, 制定了很多由政府或工业界支持的计划, 用以推动 CIMS 的开发与应用。我国也将 CIMS 列入了国家高技术发展规划, 以便跟踪国际上 CIMS 高技术的发展, 掌握 CIMS 的关键技术。

与计算机集成制造系统相类似, 在石化、冶金等流程工业中具有广阔应用前景的是计算机集成过程系统 (Computer Integrated Process System, 简称 CIPS)。CIPS 集成了企业的各种信息, 可分为三部分, 一是来自生产过程的状态和实时生产数据, 包括设备运行状态 (正常运行、停止、故障等)、物流数据、能量流数据、各种操作条件数据 (温度、压力、液位、流量等), 它们经逐级加工后从下至上传送; 二是企业内部的管理信息, 包括生产计划、生产设备管理、产品质量管理、产品配方、环保指标等, 它们由管理信息系统从企业内部收集得到; 三是企业与外界相联系的信息, 如市场信息、销售合同、采购合同等, 它们由管理信息系统从相关部门收集得到。对上述信息的分级管理、资源共享和协调处理, 可实现企业的集成控制和综合优化。

4. 嵌入式系统

嵌入式系统是将一个微型计算机嵌入到一个具体应用对象的体系中, 实现应用对象智能化控制的计算机控制系统。这样的应用对象从 MP3、手机等微型数字化产品, 到智能家电、车载电子设备、智能医疗设备、智能工具、数字机床、各种机器人、网络控制等各个领域。嵌入式系统以其成本低、体积小、功耗低、功能完备、速度快、可靠性好等特点在诸多的领域体现出强大的生命力, 也使计算机控制技术在这些领域获得了更加广泛的应用。与通用计算机在技术上追求高速运行、海量存储等性能不同, 嵌入式计算机控制系统的技术要求是对对象的智能化控制能力、嵌入性能和控制的可靠性。

5. 网络控制系统

网络控制系统是以网络为媒介对被控对象实施远程控制、远程操作的一种新兴的计算机控制系统。在这类系统中, 管理决策、资源共享、任务调度、优化控制等上层机构可以方便地与各种现场设备或装置连接在一起, 从而实现全系统的整体自动化和性能优化, 这必将带来巨大的经济效益和社会效益。另外, 在人不易操作或无法到达的场合, 可以采用基于网络的遥控方式实现有效的控制, 如强核辐射下、深海作业、小空间范围内的作业等。在一些特殊的场合, 网络控制也显示出明显的优势, 如用于医疗领域的远程病理诊断、专家会诊、远程手术等。在不久的将来, 多数电器都会有上网的功能, 可以通过网络对电器实施遥控操作。随着相关领域技术的发展, 网络控制技术作为“综合技术之上的技术”必将被迅速地应用到各个领域中去。

第四节 本课程特点

本课程具有比较鲜明的特点, 认识这些特点, 对于本课程的学习以至对自动化学科的进一步了解都有很好的帮助。

一、集中描述了自动化学科的知识结构

在高等学校开设本课程的有自动化专业或以自动化为后缀的有关专业,如电气工程及自动化、机械工程及其自动化、农业机械化及其自动化、农业电气化与自动化,还有电子信息工程、计算机科学与技术、测控技术与仪器、过程装备与控制工程等专业,以上专业或者以自动化学科为基础或者与自动化学科紧密相关。

并不是每一门学科的知识结构都可以用一个简洁的结构图来比较清晰地表示出来,但是对于自动化学科,其知识结构与体系却可以由图 1-8 所示的计算机控制系统典型结构图来集中地描述出来。

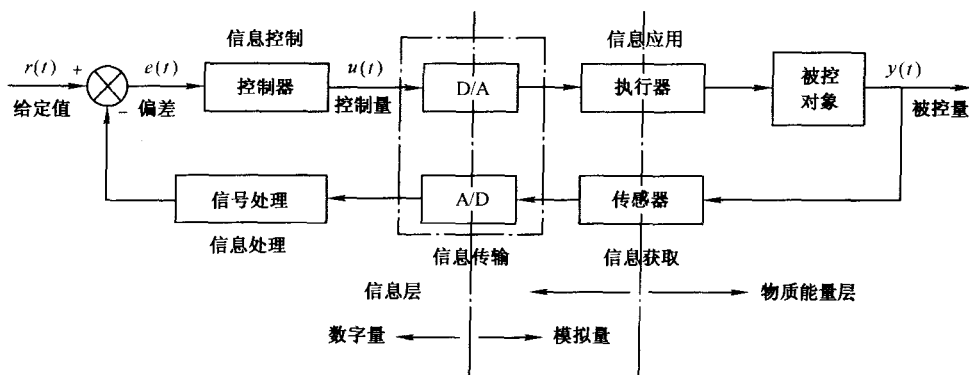


图 1-8 计算机控制系统典型结构图

将图 1-8 分为传感器、A/D 与 D/A、信号处理、控制器、执行器和被控对象 6 个部分,每一部分都代表了自动化学科的一个知识领域,分别称为传感与检测、变换与传输、计算与处理、控制与智能、执行与驱动、对象与建模。这 6 个知识领域所包括的知识单元为:

- (1) 传感与检测: 包括各类传感器、测量信号的处理与变送、抗干扰技术、信号检测与诊断等。
- (2) 变换与传输: 包括 A/D 与 D/A 变换、信号传输与通信、网络与总线等。
- (3) 计算与处理: 包括数字信号处理、数据结构、操作系统、算法基础、模式识别等。
- (4) 控制与智能: 包括经典控制理论、现代控制理论、智能控制、自适应控制、最优控制、稳定性与鲁棒性等。
- (5) 执行与驱动: 包括驱动环节、各种基于机电液气和光机电一体化机理的执行器、自动化仪表等。
- (6) 对象与建模: 包括系统辨识与参数估计、各类系统建模技术、CAD 仿真技术等。

除上述 6 个知识领域,图 1-8 还关联到以下几个知识领域:

- (1) 机电基础: 包括电工电子基础、机械基础、电机与传动、电力电子等。
- (2) 计算机硬件与软件: 包括计算机基础、计算机语言、微机原理、单片机原理,可编程序控制器、计算机集散系统等。
- (3) 系统与工程: 包括运动控制系统、过程控制系统、多变量系统、非线性系统、离散系统、大系统、管理信息系统、人机系统等。