

21 世纪高职高专规划教材·机电系列

# 工业计算机控制技术 ——原理与应用

夏建全 主 编  
赵又新 副主编

清华大学出版社  
北京交通大学出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书以工科高职高专为背景,本着“必需、够用”的原则,理论联系实际,突出工程应用,全面系统地介绍了计算机控制技术的理论与实现方法,以及计算机控制系统的各个重要组成部分。是作者在多年教学与科研实践经验的基础上,总结、吸取了国内外计算机控制系统设计的最新技术编写而成的。书中介绍的工程应用实例具有一定的参考价值。

全书共分10章,主要内容为:计算机控制系统的基本概念和发展趋势;计算机控制系统的输入、输出通道接口技术;数字控制技术及常用电机控制技术;计算机系统的控制规律;数据库技术与应用程序设计;现场总线技术;工控组态软件设计方法;计算机串行通信控制技术;计算机控制系统的整体设计与实现方法;计算机控制系统工程设计实例。

本书可作为高职高专院校电气类、电子类及机电一体化专业的教材或教学参考书,也适合从事工业测控及自动化、计算机控制系统设计的工程技术人员学习与参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

## 图书在版编目(CIP)数据

工业计算机控制技术:原理与应用/夏建全主编. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2006.6

(21世纪高职高专规划教材·机电系列)

ISBN 7-81082-743-X

I. 工… II. 夏… III. 工业控制计算机-高等学校:技术学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第050017号

责任编辑:吴嫦娥 特邀编辑:冯波

出版者:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京东光印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开本:185×260 印张:20.75 字数:518千字

版次:2006年9月第1版 2006年9月第1次印刷

书号:ISBN 7-81082-743-X/TP·282

印数:1~4000册 定价:29.00元

---

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@center.bjtu.edu.cn。

## 21 世纪高职高专规划教材·机电系列 编审委员会成员名单

|       |           |     |     |     |     |
|-------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 主任委员  | 李兰友       | 边奠英 |     |     |     |
| 副主任委员 | 周学毛       | 崔世钢 | 王学彬 | 丁桂芝 | 赵伟  |
|       | 韩瑞功       | 汪志达 |     |     |     |
| 委员    | (按姓名笔画排序) |     |     |     |     |
|       | 马辉        | 万志平 | 万振凯 | 王永平 | 王建明 |
|       | 尤晓旻       | 丰继林 | 左文忠 | 叶华  | 叶伟  |
|       | 付晓光       | 付慧生 | 冯平安 | 江中  | 佟立本 |
|       | 刘炜        | 刘建民 | 刘晶  | 曲建民 | 孙培民 |
|       | 邢素萍       | 华铨平 | 吕新平 | 陈小东 | 陈月波 |
|       | 李长明       | 李可  | 李志奎 | 李琳  | 李源生 |
|       | 李群明       | 李静东 | 邱希春 | 沈才梁 | 宋维堂 |
|       | 汪繁        | 张文明 | 张权范 | 张宝忠 | 张家超 |
|       | 张琦        | 金忠伟 | 林长春 | 林文信 | 罗春红 |
|       | 苗长云       | 竺士蒙 | 周智仁 | 孟德欣 | 柏万里 |
|       | 宫国顺       | 柳炜  | 钮静  | 胡敬佩 | 姚策  |
|       | 赵英杰       | 高福成 | 贾建军 | 徐建俊 | 殷兆麟 |
|       | 唐健        | 黄斌  | 章春军 | 曹豫莪 | 程琪  |
|       | 韩广峰       | 韩其睿 | 韩劼  | 裘旭光 | 童爱红 |
|       | 谢婷        | 曾瑶辉 | 管致锦 | 熊锡义 | 潘玫玫 |
|       | 薛永三       | 操静涛 | 鞠洪尧 |     |     |

# 出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，它的根本任务是培养生产、建设、管理和服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型专门人才，所培养的学生在掌握必要的基础理论和专业知识的基础上，应重点掌握从事本专业领域实际工作的基本知识和职业技能，因而与其对应的教材也必须有自己的体系和特色。

为了适应我国高职高专教育发展及其对教学改革和教材建设的需要，在教育部的指导下，我们在全国范围内组织并成立了“21世纪高职高专教育教材研究与编审委员会”（以下简称“教材研究与编审委员会”）。“教材研究与编审委员会”的成员单位皆为教学改革成效较大、办学特色鲜明、办学实力强的高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业技术学院，其中一些学校是国家重点建设的示范性职业技术学院。

为了保证规划教材的出版质量，“教材研究与编审委员会”在全国范围内选聘“21世纪高职高专规划教材编审委员会”（以下简称“教材编审委员会”）成员和征集教材，并要求“教材编审委员会”成员和规划教材的编著者必须是从事高职高专教学第一线的优秀教师或生产第一线的专家。“教材编审委员会”组织各专业的专家、教授对所征集的教材进行评选，对列选教材进行审定。

目前，“教材研究与编审委员会”计划用2~3年的时间出版各类高职高专教材200种，范围覆盖计算机应用、电子电气、财会与管理、商务英语等专业的主要课程。此次规划教材全部按教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”编写，其中部分教材是教育部《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》的研究成果。此次规划教材编写按照突出应用性、实践性和针对性的原则编写并重组系列课程教材结构，力求反映高职高专课程和教学内容体系改革方向；反映当前教学的新内容，突出基础理论知识的应用和实践技能的培养；适应“实践的要求和岗位的需要”，不依照“学科”体系，即贴近岗位，淡化学科；在兼顾理论和实践内容的同时，避免“全”而“深”的面面俱到，基础理论以应用为目的，以必需、够用为度；尽量体现新知识、新技术、新工艺、新方法，以利于学生综合素质的形成和科学思维方式与创新能力的培养。

此外，为了使规划教材更具广泛性、科学性、先进性和代表性，我们希望全国从事高职高专教育的院校能够积极加入到“教材研究与编审委员会”中来，推荐“教材编审委员会”成员和有特色、有创新的教材。同时，希望将教学实践中的意见与建议及时反馈给我们，以便对已出版的教材不断修订、完善，不断提高教材质量，完善教材体系，为社会奉献更多更新的与高职高专教育配套的高质量教材。

此次所有规划教材由全国重点大学出版社——清华大学出版社与北京交通大学出版社联合出版，适用于各类高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业技术学院使用。

# 前 言

近年来,随着电子技术、计算机控制技术、信息技术及自动控制技术的飞速发展,计算机控制技术已广泛应用于工农业生产、交通运输及国防建设的各个领域,正在发挥着越来越重要的作用。建立计算机控制系统的概念,了解和初步掌握计算机控制系统的基本理论和基本设计方法,掌握计算机对模拟量、开关量、数字量及脉冲量的处理和控制在方法,了解集散控制、局域网控制和以太网控制技术,掌握计算机控制系统工程应用设计方法,已成为当前工科高职高专类学生适应新形势、新技术发展的当务之急。本书正是为了迎合这一需求,在编者多年从事计算机控制技术教学与科研工作的基础上,将有关的教学和科研成果加以总结提高,并吸收了近年来国内外本学科发展的先进理论、方法和技术编写而成。

本教材以工科高职高专为背景,对计算机控制系统中所涉及的基础知识和应用技术作了较为全面和系统的论述,包括计算机控制系统的分析、数字控制器的设计计算及计算机控制系统的具体实现等方面的内容。

全书共分 10 章。第 1 章阐述了计算机控制系统的基本概念和计算机控制系统的分类;第 2 章介绍计算机控制系统的输入、输出通道,结合单片机系统,着重讨论 A/D、D/A 转换及其与微机的接口技术,还介绍了数字量输入、输出通道和过程通道抗干扰问题;第 3 章介绍了计算机控制系统的数字控制技术及常用电机的计算机控制技术;第 4 章简要介绍了数字控制器的间接设计法和直接设计法,包括数字 PID 控制器、最少拍控制系统及其各种改进算法,以及模糊控制算法等;第 5 章介绍了在计算机控制系统中数据的采集和处理的一些常用方法,如数字滤波和线性化处理等;第 6 章介绍现场总线技术,让读者了解现场总线的技术特点与常见类型;第 7 章以国内工控领域影响较大的 KINGVIEW 组态软件为例,介绍了工控组态软件的构成及应用方法;第 8 章介绍计算机串行通信控制技术与应用实例;第 9 章较为系统地介绍了计算机控制系统的整体设计与实现,综合叙述了计算机控制系统设计的基本要求和一般步骤,最后介绍了基于工业以太网和现场总线技术的新型控制系统;第 10 章是在以上各章的基础上,通过两个工程实例具体介绍单片微型计算机控制系统和集散式计算机控制系统的设计与实现方法。

编写本书时,立足于高职高专学生的工程应用需求,力求做到理论分析计算与工程应用紧密结合。在介绍计算机控制系统时注重软件与硬件的有机结合,以使读者牢固建立计算机控制系统的整体概念。为了便于读者自学和理解,本书列举了大量有关计算机控制系统分析、设计和调试的例子,并力求做到突出重点,层次分明,通俗易懂。在编写过程中还注意理论与实际结合,重视解决工程实际问题,其中包括了编者多年来从事计算机控制系统设计工作所得到的体会和经验。此外,根据计算机控制技术目前发展的最新情况,本书有重点地引入了一些新的概念和方法,更新了原来一些教材的陈旧内容。特别在计算机控制系统的硬件内容方面,集中介绍了一些当前最流行的系统结构和相关技术。

本书第 1, 9, 10 章由夏建全编写,第 3, 4, 7 章由赵又新编写,第 2, 5, 8 章由董红

生编写，第 6 章及附录 A（控制系统实验）由赵浪涛编写。全书由夏建全副教授负责统稿并担任主编，由赵又新副教授担任副主编。

本书在编写过程中得到了兰州工业高等专科学校电气工程系有关领导和教师的大力帮助，在此一并表示诚挚的谢意。

限于作者水平，书中难免存在缺点和不足之处，敬请读者批评指正。

编者  
2006. 6

# 目 录

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 第 1 章 计算机控制系统概述          | (1)  |
| 1.1 计算机控制系统的概念、组成与特点     | (1)  |
| 1.1.1 计算机控制系统概述          | (1)  |
| 1.1.2 计算机控制系统组成          | (3)  |
| 1.1.3 计算机控制系统特点及优点       | (5)  |
| 1.2 计算机控制系统的典型结构         | (6)  |
| 1.2.1 计算机巡回检测和操作指导系统     | (6)  |
| 1.2.2 计算机直接数字控制系统        | (7)  |
| 1.2.3 计算机监督控制系统          | (8)  |
| 1.2.4 分级控制系统             | (8)  |
| 1.2.5 计算机集散控制系统          | (9)  |
| 1.2.6 现场总线控制系统           | (10) |
| 1.3 计算机控制系统应用举例          | (10) |
| 1.4 计算机控制系统的发展趋势         | (11) |
| 1.4.1 控制用计算机的特点          | (11) |
| 1.4.2 计算机控制系统的发展趋势       | (13) |
| 思考题和习题                   | (14) |
| 第 2 章 计算机控制系统中的信号和过程通道设计 | (15) |
| 2.1 计算机控制系统中的信号种类        | (15) |
| 2.2 数字量通道设计              | (16) |
| 2.2.1 数字量输入通道            | (16) |
| 2.2.2 数字量输出通道            | (18) |
| 2.3 模拟量输入通道设计            | (21) |
| 2.3.1 模拟量输入通道组成          | (21) |
| 2.3.2 采样与量化              | (27) |
| 2.3.3 A/D 转换器及接口技术       | (30) |
| 2.4 模拟量输出通道设计            | (48) |

|              |                       |             |
|--------------|-----------------------|-------------|
| 2.4.1        | 模拟量输出通道组成             | (48)        |
| 2.4.2        | D/A 转换器及接口技术          | (49)        |
|              | 思考题和习题                | (56)        |
| <b>第 3 章</b> | <b>数字控制与电机控制技术</b>    | <b>(58)</b> |
| 3.1          | 数字控制基础                | (58)        |
| 3.1.1        | 数字控制的基本原理             | (58)        |
| 3.1.2        | 数字控制方式                | (59)        |
| 3.1.3        | 开环数字控制                | (60)        |
| 3.2          | 逐点比较法插补原理             | (61)        |
| 3.2.1        | 逐点比较法直线插补             | (61)        |
| 3.2.2        | 逐点比较法圆弧插补             | (65)        |
| 3.3          | 直流电动机控制技术             | (70)        |
| 3.3.1        | 直流电动机的 PWM 调压调速原理     | (70)        |
| 3.3.2        | 直流电动机的不可逆 PWM 控制系统    | (72)        |
| 3.3.3        | 直流电动机双极性驱动可逆 PWM 控制系统 | (75)        |
| 3.4          | 单片机控制步进电动机            | (77)        |
| 3.4.1        | 步进电动机的结构和工作原理         | (77)        |
| 3.4.2        | 步进电动机的驱动              | (83)        |
| 3.4.3        | 步进电动机的单片机控制           | (84)        |
|              | 思考题和习题                | (87)        |
| <b>第 4 章</b> | <b>计算机控制系统的控制算法</b>   | <b>(88)</b> |
| 4.1          | 数字 PID 控制算法           | (88)        |
| 4.1.1        | 准连续 PID 算法            | (88)        |
| 4.1.2        | 对标准 PID 算法的改进         | (91)        |
| 4.1.3        | PID 调节器参数整定           | (98)        |
| 4.1.4        | 小结                    | (102)       |
| 4.2          | 数字控制器的直接设计            | (103)       |
| 4.2.1        | 最少拍控制系统的设计            | (103)       |
| 4.2.2        | 最少拍无纹波控制系统的设计         | (110)       |
| 4.2.3        | 数字控制器的计算机实现方法         | (112)       |
| 4.2.4        | 小结                    | (114)       |
| 4.3          | 模糊逻辑控制                | (114)       |
| 4.3.1        | 模糊逻辑                  | (114)       |
| 4.3.2        | 模糊逻辑控制方法              | (119)       |
| 4.3.3        | 模糊推理器设计方法             | (130)       |
| 4.3.4        | 模糊控制系统设计和应用           | (137)       |
|              | 思考题和习题                | (146)       |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 第 5 章 计算机控制系统应用程序设计      | (148) |
| 5.1 过程监控程序设计             | (148) |
| 5.1.1 开关量检测程序设计          | (148) |
| 5.1.2 脉冲量计数程序设计          | (148) |
| 5.1.3 显示程序设计             | (149) |
| 5.1.4 键盘处理程序设计           | (154) |
| 5.1.5 报警程序设计             | (158) |
| 5.2 数字滤波程序设计             | (163) |
| 5.2.1 程序判断滤波             | (163) |
| 5.2.2 中值滤波               | (165) |
| 5.2.3 算术平均滤波             | (166) |
| 5.2.4 惯性滤波               | (169) |
| 5.2.5 数字滤波总结             | (169) |
| 5.3 标度变换程序设计             | (170) |
| 5.4 线性化处理程序设计            | (171) |
| 5.4.1 算法                 | (171) |
| 5.4.2 查表法                | (172) |
| 5.4.3 线性插值法              | (172) |
| 思考题和习题                   | (175) |
| 第 6 章 现场总线应用技术           | (176) |
| 6.1 现场总线的现状与发展           | (176) |
| 6.1.1 现场总线的产生            | (176) |
| 6.1.2 现场总线技术的意义          | (177) |
| 6.1.3 现场总线的特点和优点         | (177) |
| 6.1.4 现场总线标准的制定          | (180) |
| 6.1.5 现场总线协议             | (181) |
| 6.1.6 现场总线网络的实现          | (181) |
| 6.1.7 企业网络信息集成系统         | (182) |
| 6.1.8 国内外现场总线市场分析预测及发展趋势 | (183) |
| 6.2 现场总线简介               | (184) |
| 6.2.1 基金会总线              | (184) |
| 6.2.2 CAN                | (186) |
| 6.2.3 LonWorks           | (186) |
| 6.2.4 Profibus           | (187) |
| 6.2.5 RS-485             | (188) |
| 6.3 CAN 现场总线             | (188) |
| 6.3.1 CAN 现场总线概述         | (188) |

|                                  |                              |              |
|----------------------------------|------------------------------|--------------|
| 6.3.2                            | CAN 的技术规范 .....              | (189)        |
| 6.4                              | Profibus 现场总线 .....          | (193)        |
| 6.4.1                            | Profibus 现场总线概述 .....        | (193)        |
| 6.4.2                            | Profibus 传输技术 .....          | (194)        |
| 6.4.3                            | Profibus 通信模型 .....          | (194)        |
| 6.4.4                            | Profibus 产品特点 .....          | (194)        |
|                                  | 思考题和习题 .....                 | (195)        |
| <b>第 7 章 计算机控制系统应用软件简介 .....</b> |                              | <b>(196)</b> |
| 7.1                              | 了解组态王 .....                  | (197)        |
| 7.1.1                            | 组态王软件的结构 .....               | (197)        |
| 7.1.2                            | 组态王与下位机通信的方式 .....           | (197)        |
| 7.1.3                            | 产生动画效果的方法 .....              | (198)        |
| 7.1.4                            | 建立应用程序的一般过程 .....            | (198)        |
| 7.2                              | 开始一个新项目 .....                | (199)        |
| 7.3                              | 设计画面 .....                   | (200)        |
| 7.4                              | 定义外部设备和数据库 .....             | (202)        |
| 7.5                              | 让画面运动起来 .....                | (204)        |
| 7.6                              | 实时趋势曲线与实时报警窗口 .....          | (205)        |
| 7.7                              | 查阅历史数据 .....                 | (209)        |
| 7.8                              | 报告和控件 .....                  | (212)        |
| 7.9                              | 增强系统的安全性 .....               | (215)        |
| <b>第 8 章 工业控制中的串行通信技术 .....</b>  |                              | <b>(218)</b> |
| 8.1                              | 串行通信基础 .....                 | (218)        |
| 8.1.1                            | 通信系统的组成 .....                | (218)        |
| 8.1.2                            | 串行通信的基本概念 .....              | (219)        |
| 8.1.3                            | 串行通信协议和同步技术 .....            | (222)        |
| 8.2                              | 工业控制中常用的串行接口 .....           | (225)        |
| 8.2.1                            | RS-232C 接口标准 .....           | (225)        |
| 8.2.2                            | RS-422A 与 RS-423A 接口标准 ..... | (228)        |
| 8.2.3                            | RS-485 接口标准 .....            | (229)        |
| 8.2.4                            | 几种接口标准的比较 .....              | (233)        |
| 8.3                              | 常见的串行通信接口芯片 .....            | (234)        |
| 8.3.1                            | 串行通信接口的基本任务 .....            | (234)        |
| 8.3.2                            | 8251A 组成的串行接口 .....          | (234)        |
| 8.4                              | 串行通信的应用举例 .....              | (242)        |
| 8.4.1                            | 两台 PC 机的串行通信 .....           | (242)        |
| 8.4.2                            | PC 机与 MCS-51 单片机的串行通信 .....  | (245)        |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 思考题和习题                       | (247) |
| <b>第9章 计算机控制系统工程设计方法</b>     | (248) |
| 9.1 计算机控制系统设计的基本要求、特点和步骤     | (248) |
| 9.1.1 计算机控制系统设计的基本要求         | (248) |
| 9.1.2 计算机控制系统的设计特点           | (250) |
| 9.1.3 计算机控制系统的设计步骤           | (250) |
| 9.2 计算机控制系统总体方案设计            | (251) |
| 9.3 计算机控制系统硬件系统设计            | (252) |
| 9.3.1 系统拓扑结构图设计              | (253) |
| 9.3.2 系统主机机型的选择              | (257) |
| 9.3.3 系统总线的选择与通信方式的确定        | (258) |
| 9.3.4 输入输出通道的选择              | (258) |
| 9.3.5 传感器的选择                 | (259) |
| 9.3.6 执行机构的选择                | (263) |
| 9.4 计算机控制系统软件系统设计            | (266) |
| 9.4.1 主系统实时监控管理软件的设计         | (267) |
| 9.4.2 子系统软件的设计               | (267) |
| 9.5 基于工业以太网和现场总线技术的新型控制系统    | (271) |
| 9.5.1 系统结构                   | (271) |
| 9.5.2 系统性能                   | (273) |
| 9.5.3 OPC 技术                 | (274) |
| 9.5.4 Web 浏览与控制技术            | (277) |
| 9.5.5 组态软件技术                 | (278) |
| 9.6 计算机控制系统的抗干扰设计            | (282) |
| 9.6.1 干扰信号的类型及其传输形式          | (282) |
| 9.6.2 硬件抗干扰技术                | (284) |
| 9.6.3 软件抗干扰技术                | (290) |
| <b>第10章 计算机控制系统应用实例</b>      | (294) |
| 10.1 电加热温度智能控制系统             | (294) |
| 10.1.1 硬件系统设计                | (294) |
| 10.1.2 控制算法                  | (299) |
| 10.1.3 软件设计                  | (301) |
| 10.2 羰基合成模试评价装置计算机控制系统(智能仪表) | (303) |
| 10.2.1 羰基合成反应生产工艺            | (303) |
| 10.2.2 羰基合成过程参量与控制要求         | (304) |
| 10.2.3 系统总体控制方案              | (305) |
| 10.2.4 系统软件设计                | (306) |

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 附录 A 控制系统实验.....     | (311) |
| 实验一 直流电动机闭环调速实验..... | (311) |
| 实验二 电烤箱闭环控制实验.....   | (314) |
| 参考文献.....            | (319) |

# 第 1 章 计算机控制系统概述

随着科学技术的进步和发展,计算机在自动控制领域中得到了广泛的应用。计算机控制是计算机技术与自动控制理论及自动化技术紧密结合并应用于实际的结果。它在现代化的工、农、医、国防等领域发挥着越来越重要的作用。本书将从应用的角度讨论计算机控制系统的基本工作原理、基本工作方式、总线技术、输入输出接口技术、数据采集技术、控制策略、软件技术、系统的工程实现以及计算机集散控制系统等。为使读者拓宽知识面,本书还介绍了近年来新发展起来的与计算机控制有关的一些先进技术,如现场总线技术以及计算机集成制造系统等。

## 1.1 计算机控制系统的概念、组成与特点

### 1.1.1 计算机控制系统概述

正是由于计算机自身表现出来的优势,所以从它一出现就备受人类青睐。人们用计算机取代了常规的控制设备,从而形成了计算机控制系统,所以计算机控制系统的基础是自动控制技术和计算机技术,应当从自动控制技术的发展情况和计算机技术向控制领域的渗透两个方面进行了解。

在古代,中国和外国都出现过一些自动控制装置的雏形。真正得到广泛应用的是 18 世纪的锅炉供水的水位调节装置和蒸汽机转速调节器。19 世纪初,人们设计出一些自动控制系统,但这些成就主要依靠直观创造发明,缺少理论分析和描述。19 世纪中后期,人们才开始用微分方程描述控制系统的运动情况。

第二次世界大战期间及其战后,由于工业和军事的需要,自动控制理论和实践得到了飞速发展,飞机自动驾驶仪、大炮位置控制系统、雷达天线控制系统和其他一些以反馈控制方法为基础的军用装备系统得到了发展。在工业上,出现了各种用于控制生产过程的基地式调节仪表,并逐步发展成单元组合式仪表,由气动、液压仪表过渡到大量使用电动调节仪表,这些都是实现计算机控制的良好基础。

世界上第一台电子计算机于 1946 年在美国问世,经过 10 多年的研究,到 20 世纪 50 年代末已经将计算机用于过程控制。例如:美国得克萨斯州的一个炼油厂,从 1956 年开始与美国的航天工业公司 TRW 合作进行计算机控制的研究;1959 年,已经将 RW-300 计算机用于控制聚合装置,该系统控制 26 个流量、72 个温度、3 个压力、3 种成分,其功能是使反应器压力最小,确定 5 个反应器进料量的最优分配,根据催化作用控制热水流量和确定最优循环。

由于计算机控制方面的上述开创性工作,使计算机逐步渗透到各行各业中。在渗透过程

中,既有高潮,也有由于某些项目失败的阴影,而进入低潮。但是,最终还是逐步趋于成熟,从理论分析、系统设计,到工程实践都有一整套方法。从工作性质上来看,计算机逐步由早期的操作指导控制系统转变为直接数字控制(Direct Digital Control, DDC)。操作指导控制系统仅仅向操作人员提供反映生产过程的数据,并给出指导信息,而直接数字控制可以完全替代原有的模拟控制仪表,由计算机根据生产过程数据,对生产过程直接发出控制作用。

20世纪60年代,由于集成电路技术的发展,计算机技术也有了很大发展,计算机的体积缩小、运算速度加快、工作可靠、价格便宜。60年代后期,出现了适合工业生产过程控制的小型计算机(Minicomputer),使规模较小的过程控制项目也可以考虑采用计算机控制。70年代,由于大规模集成电路技术的发展,1972年出现了微型计算机。微型计算机具有价格便宜、体积小、可靠性高等优点,使计算机控制由集中式的控制结构完成许多控制回路的控制任务,转变成分散控制结构。人们设计出以微型计算机为基础的控制装置。例如,用于控制8个回路的“现场控制器”,用于控制一个回路的“单回路控制器”等。它们可以被“分散”安装到更接近于测量和控制点的地方。这一类控制装置都具有数字通信能力,它们通过高速数据通道和主控制室的计算机相连接,形成分散控制、集中操作和分级管理的布局。这就是“分散控制系统”(Distributed Control Systems, DCS)。对DCS的每个关键部位都可以考虑冗余措施,保证在发生故障时不会造成停产检修的严重后果,使可靠性大大提高。许多国家的计算机和仪表制造厂都推出了自己的DCS,如美国Honeywell公司的TDC-2000和新一代产品TDC-3000,日本横河公司的CENTUM等。现在,世界上几十家公司生产的DCS产品已有50多个品种,而且有了几代产品。

除了在过程控制方面计算机控制日趋成熟外,在机电控制、航天技术和各种军事装备中,计算机控制也日趋成熟,得到了广泛的应用。例如,通信卫星的姿态控制,卫星跟踪天线的控制,电气传动装置的计算机控制,计算机数控机床,工业机器人的姿态,力、力矩伺服系统,射电望远镜天线控制,飞行器自动驾驶仪等。在某些领域,计算机控制已经成为该领域不可缺少的技术。例如,在工业机器人的控制中,不使用计算机控制是无法完成控制任务的。在射电望远镜的天线控制系统中,由于使用了计算机控制,引入了自适应控制等先进控制方法而大大提高了控制精度。

从80年代后期到90年代,计算机技术又有了飞速的发展,微处理器已由16位发展到32位,并且进一步向64位过渡。高分辨率的显示器增强了图形显示功能。采用多窗口技术和触摸屏调出画面,使操作简单,显示响应速度更快。多媒体技术使计算机可以显示高速动态图像,并有音乐和语音,增强显示效果。另一方面,人工智能和知识工程方法在自动控制领域得到应用,模糊控制、专家系统、各种神经网络算法在自动控制系统中同样得到应用。在故障诊断、生产计划和调度、过程优化、控制系统的计算机辅助设计、仿真培训和在线维护等方面也愈来愈广泛地使用知识库系统(KBS)和专家系统(ES)。90年代随着分散控制系统的广泛使用和工厂综合自动化的要求,对各种控制设备提出了很强烈的通信需求,要求计算机控制的核心设备,如工业控制计算机、现场控制器、单回路调节器和各种可编程控制器(PLC)之间具有较强的通信能力,使它们能很方便地构成一个大系统,实现综合自动化的目标。这就是在自动化技术、信息技术和各种生产技术的基础上,通过计算机系统将工厂的全部生产活动所需要的信息和各种分散的自动化系统实现有机集成,形成能适应生产环境

不确定性和市场需求多变性总体最优的高质量、高效益、高柔性的智能生产系统。这种系统在连续生产过程中被称为计算机集成生产/过程系统(Computer Integrated Production/Process System, CIPS)。与此相对应的,在机械制造行业,称为计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)。可以预见,在计算机技术、自动控制技术、通信技术(Computer、Control、Communication, 3C 技术)不断发展和紧密结合的驱动下,计算机控制技术将会突飞猛进,以崭新的面貌出现在我们面前。

## 1.1.2 计算机控制系统组成

计算机在控制领域中的应用,有力地推动了自动控制技术的发展,扩大了控制在工业生产中的应用范围,使大规模的工业生产自动化系统发展到了崭新的阶段。

计算机控制系统是由计算机(通常称为工业控制计算机)和工业对象两大部分组成。

在工业控制领域中,自动控制技术已获得了广泛的应用。图 1-1(a)示出了按偏差进行控制的闭环控制系统。

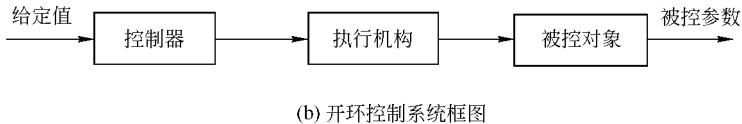
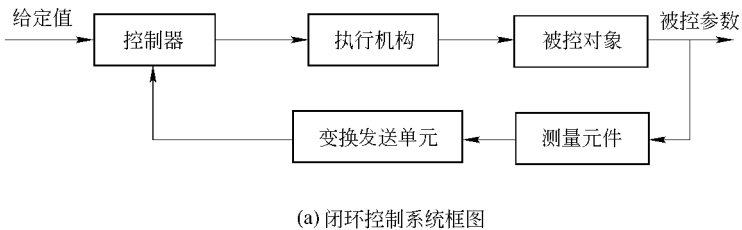


图 1-1 控制系统的一般形式

在控制系统中为了得到控制信号,要将被控参数与给定值进行比较,然后形成误差信号。控制器根据误差信号进行控制调节,使系统趋向减小误差,最终使误差为零,从而达到使被控参数趋于或等于给定值的目的。在这种控制系统中,被控量是系统的输出,被控量又反馈到输入端,与输入量(给定值)相减,所以称之为按误差进行控制的闭环控制系统。从图 1-1(a)可知,该系统通过测量元件对被控参数(如温度、压力、流量、转速、位移等)进行测量,由变换发送单元将被测参数变成一定形式的电信号,反馈给控制器。控制器将反馈回来的信号与给定信号进行比较,若有误差则按预定的控制规律产生一控制信号并驱动执行机构工作,使被控参数与给定值保持一致。

图 1-1(b)是开环控制系统。与闭环控制系统不同,它不需要被控对象的反馈信号,控制器直接根据给定值去控制被控对象工作。这种控制系统不能自动消除被控参数与给定值之间的误差。与闭环控制系统相比,其控制性能显然要差。

由图 1-1 可见,自动控制系统的的基本功能是进行信号的传递、加工和比较。这些功能是由检测、变换发送装置、控制器和执行机构来完成的。其中控制器是控制系统的关键部

分，它决定了控制系统的控制性能和应用范围。

若将图 1-1 中的控制器的功能用计算机或数字控制装置来实现，就构成了计算机控制系统，其基本框图如图 1-2 所示。如果计算机是微型计算机，就称之为微型机控制系统。简单说来，计算机控制系统就是由各种各样的计算机参与控制的一类系统。

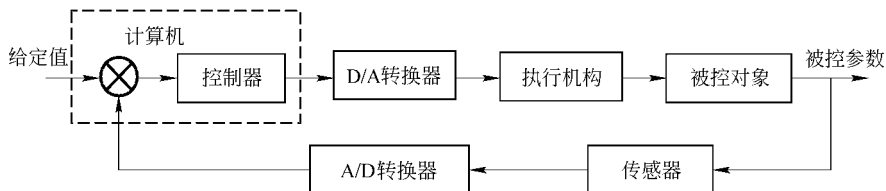


图 1-2 计算机控制系统基本框图

在一般的模拟控制系统中，控制规律是由硬件电路产生的，要改变控制规律就要更改硬件电路。而在计算机控制系统中，控制规律是用软件实现的，计算机执行预定的控制程序，就能实现对被控参数的控制。因此，要改变控制规律，只要改变控制程序就可以了。

这就使控制系统的设计更加灵活方便。特别是可以利用计算机强大的计算、逻辑判断、记忆和信息传递能力，实现更为复杂的控制规律，如非线性控制、逻辑控制、自适应控制、自学习控制及智能控制等。

在计算机控制系统中，计算机的输入和输出信号都是数字量，因此这样的系统需要将模拟量变成数字量的 A/D 转换器，以及将数字量转换成模拟量的 D/A 转换器。

计算机控制系统的控制过程一般可归纳为两个步骤。

① 实时数据采集。对被控参数的瞬时值实时采集，并输入计算机。

② 实时决策控制。对采集到的被控参数的状态量进行分析，并按已确定的控制规律决定进一步的控制过程，适时地向执行机构发出控制信号。

以上过程不断重复，使整个系统能按照一定的动态品质指标工作。此外，计算机控制系统还应该能对被控参数和设备本身可能出现的异常状态进行及时监督和处理。控制过程的两个步骤主要由计算机完成，计算机实际上只进行算术、逻辑操作和数据传递等工作。

下面以啤酒罐计算机温度控制系统为例来说明计算机控制系统的重要组成部分。在工业生产中，啤酒罐计算机温度控制系统为多点温度控制系统，系统如图 1-3 所示。啤酒罐的温度要求多点控制，各点温度由铂电阻、恒流源、放大器等构成的测量电路转换成电压信号，由多路开关、采样保持器巡回检测，各点温度经 A/D 转换器变成数字量送到计算机与给定值进行比较后，按照一定的规律运算，输出控制量，然后经过 D/A 转换器、保持器、执行机构分别控制啤酒罐相应各点的温度。

从图 1-3 可知，在计算机控制系统中，计算机不但要完成原来由模拟调节器完成的控制任务，而且还应充分发挥其优势，完成更多模拟调节器不可能完成的任务，从而使控制系统的功能更趋于完善。一般地，计算机在控制系统中至少起到以下三个作用。

① 实时数据处理。对来自测量变送装置的被控变量数据的瞬时值进行巡回采集、分析处理、性能计算及显示、记录、制表等。

② 实时监督决策。对系统中的各种数据进行越限报警、事故预报与处理，根据需要进行设备自动启停，对整个系统进行诊断与管理等。

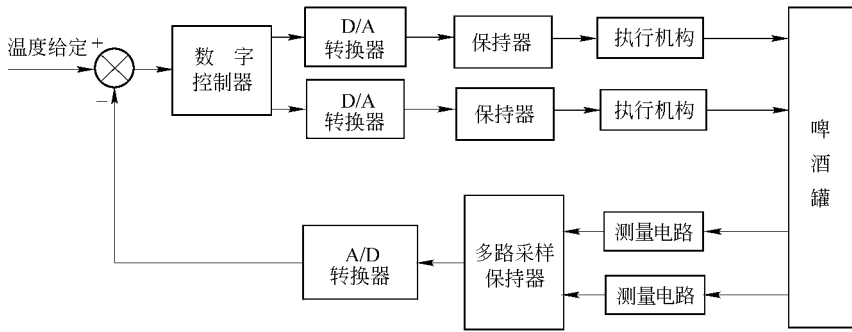


图 1-3 啤酒罐计算机温度控制系统

③ 实时控制及输出。根据被控生产过程的特点和控制要求，选择合适的控制规律，包括复杂的先进控制策略，然后按照给定的控制策略和实时的生产情况，实现在线、实时控制。

### 1.1.3 计算机控制系统特点及优点

#### 1. 计算机控制系统的特点

相对连续控制系统而言，计算机控制系统的主要特点可以归纳为以下几点。

##### (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部件(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

连续系统中各点的信号均为连续模拟信号，而计算机控制系统有多种信号形式，由于计算机是串行工作的，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，将其变为在时间上断续的信号才能进入计算机。所以，它除了有连续模拟信号外，还有离散模拟、离散数字、连续数字等信号形式，是一种混合信号形式系统。

##### (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，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来形成。同一台计算机可以采用串行或分时并行方式实现控制。

#### 2. 计算机控制系统具有的优点

尽管连续控制系统具有可靠性高、电路简单、维护方便等特点，由其组成的常规仪表在工业生产中已获得了广泛的应用，但随着科学技术的发展，现代工业生产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，已难以实现多变量复杂的控制，难于实现自适应控制。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