



普通高等教育  
电气工程与自动化类  
“十一五”规划教材

Computer Control Technology

# 计算机控制技术

范立南 李雪飞 编著

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育电气工程与自动化类“十一五”规划教材

# 计算机控制技术

范立南 李雪飞 编著

图例 (100) 目录附录在后

本书由机械工业出版社出版，为适应“十一五”规划教材的需要，特出版此书。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化专业及相关专业的教材，也可供从事该工作的工程技术人员参考。

ISBN 7-111-26000-1

机械工业出版社 北京 邮编 100007

01001

本书由机械工业出版社出版，为适应“十一五”规划教材的需要，特出版此书。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化专业及相关专业的教材，也可供从事该工作的工程技术人员参考。

本书由机械工业出版社出版，为适应“十一五”规划教材的需要，特出版此书。

本书由机械工业出版社出版，为适应“十一五”规划教材的需要，特出版此书。

本书由机械工业出版社出版，为适应“十一五”规划教材的需要，特出版此书。

本书由机械工业出版社出版，为适应“十一五”规划教材的需要，特出版此书。

本书由机械工业出版社出版，为适应“十一五”规划教材的需要，特出版此书。

本书由机械工业出版社出版，为适应“十一五”规划教材的需要，特出版此书。

本书由机械工业出版社出版，为适应“十一五”规划教材的需要，特出版此书。

本书由机械工业出版社出版，为适应“十一五”规划教材的需要，特出版此书。

机械工业出版社 北京 邮编 100007



机械工业出版社

本书系统地阐述了计算机控制系统的分析方法、设计方法以及在工程上的实际应用。主要内容包括：计算机控制系统的组成与分类，过程输入输出通道，常用应用程序设计，计算机控制系统特性分析，数字PID及其算法，直接数字控制，计算机控制系统的可靠性与抗干扰技术，计算机控制系统的设计与实现。本书注重理论与应用、软件与硬件、设计与实现的有机结合，重视解决工程实际问题。为了便于教学和自学，本书每章都配有不同类型的习题。

本书配有免费电子课件，欢迎选用本书作教材的老师登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 注册下载或发邮件到 [wbj@cmpbook.com](mailto:wbj@cmpbook.com) 索取。

本书可作为普通高等院校电子信息类、电气工程类、仪器仪表类及其相关专业的本科生和研究生的教材，也可作为科研和工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

计算机控制技术/范立南, 李雪飞编著. —北京: 机械工业出版社, 2009.4

普通高等教育电气工程与自动化类“十一五”规划教材  
ISBN 978-7-111-26651-8

I. 计… II. ①范…②李… 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 042238 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王保家 责任编辑: 卢若薇

版式设计: 霍永明 责任校对: 纪敬

封面设计: 王洪流 责任印制: 李妍

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2009年6月第1版第1次印刷

184mm × 260mm · 15.5 印张 · 378 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-26651-8

定价: 28.00 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) 88379727

封面无防伪标均为盗版

# 全国高等学校电气工程与自动化系列教材 编审委员会

**主任委员** 汪樵生 浙江大学

**副主任委员** (按姓氏笔画排序)

王兆安 西安交通大学

王孝武 合肥工业大学

田作华 上海交通大学

刘 丁 西安理工大学

陈伯时 上海大学

郑大钟 清华大学

赵光宙 浙江大学

赵 曜 四川大学

韩雪清 机械工业出版社

**委 员** (按姓氏笔画排序)

戈宝军 哈尔滨理工大学

王钦若 广东工业大学

吴 刚 中国科技大学

张纯江 燕山大学

张晓华 哈尔滨工业大学

邹积岩 大连理工大学

陈庆伟 南京理工大学

夏长亮 天津大学

萧蕴诗 同济大学

韩 力 重庆大学

熊 蕊 华中科技大学

方 敏 合肥工业大学

白保东 沈阳工业大学

张化光 东北大学

张 波 华南理工大学

杨 耕 清华大学

陈 冲 福州大学

范 瑜 北京交通大学

章 兢 湖南大学

程 明 东南大学

雷银照 北京航空航天大学

# 序

随着科学技术的不断进步，电气工程与自动化技术正以令人瞩目的发展速度，改变着我国工业的整体面貌。同时，对社会的生产方式、人们的生活方式和思想观念也产生了重大的影响，并在现代化建设中发挥着越来越重要的作用。随着与信息科学、计算机科学和能源科学等相关学科的交叉融合，它正在向智能化、网络化和集成化的方向发展。

教育是培养人才和增强民族创新能力的基石，高等学校作为国家培养人才的主要基地，肩负着教书育人的神圣使命。在实际教学中，根据社会需求，构建具有时代特征、反映最新科技成果的知识体系是每个教育工作者义不容辞的光荣任务。

教书育人，教材先行。机械工业出版社几十年来出版了大量的电气工程与自动化类教材，有些教材十几年、几十年长盛不衰，有着很好的基础。为了适应我国目前高等学校电气工程与自动化类专业人才培养的需要，配合各高等学校的教学改革进程，满足不同类型、不同层次的学校在课程设置上的需求，由中国机械工业教育协会电气工程及自动化学科教育委员会、中国电工技术学会高校工业自动化教育专业委员会、机械工业出版社共同发起成立了“全国高等学校电气工程与自动化系列教材编审委员会”，组织出版新的电气工程与自动化类系列教材。这类教材基于“加强基础，削枝强干，循序渐进，力求创新”的原则，通过对传统课程内容的整合、交融和改革，以不同的模块组合来满足各类学校特色办学的需要。并力求做到：

**1. 适用性：**结合电气工程与自动化类专业的培养目标、专业定位，按技术基础课、专业基础课、专业课和教学实践等环节，进行选材组稿。对有的具有特色的教材采取一纲多本的方法。注重课程之间的交叉与衔接，在满足系统性的前提下，尽量减少内容上的重复。

**2. 示范性：**力求教材中展现的教学理念、知识体系、知识点和实施方案在本领域中具有广泛的辐射性和示范性，代表并引导教学发展的趋势和方向。

**3. 创新性：**在教材编写中强调与时俱进，对原有的知识体系进行实质性的改革和发展，鼓励教材涵盖新体系、新内容、新技术，注重教学理论创新和实践创新，以适应新形势下的教学规律。

**4. 权威性：**本系列教材的编委由长期工作在教学第一线的知名教授和学者组成。他们知识渊博，经验丰富。组稿过程严谨细致，对书目确定、主编征集、资料申报和专家评审等都有明确的规范和要求，为确保教材的高质量提供了有

力保障。

此套教材的顺利出版，先后得到全国数十所高校相关领导的大力支持和广大骨干教师的积极参与，在此谨表示衷心的感谢，并欢迎广大师生提出宝贵的意见和建议。

此套教材的出版如能在转变教学思想、推动教学改革、更新专业知识体系、创造适应学生个性和多样化发展的学习环境、培养学生的创新能力等方面收到成效，我们将会感到莫大的欣慰。

### 全国高等学校电气工程与自动化系列教材编审委员会

汪植生 陈永刚 郑大钟

# 前 言

随着微电子技术的发展,计算机的应用迅速渗透到各个领域。近年来,微型计算机和控制技术的有机结合推动了计算机控制理论和控制技术的飞速发展,计算机控制系统在军事、航天、工农业、交通运输、生产管理和经济管理、能源开发与利用等领域都获得了广泛的应用,计算机控制技术越来越显示出其无限的生命力。

本书系统地阐述了计算机控制系统的分析方法、设计方法以及在工程上的实际应用。全书共分为8章。第1章介绍了计算机控制系统的基本概念、组成、分类和发展趋势;第2章介绍了计算机控制系统中的过程输入输出通道,重点讨论了典型的A/D、D/A器件与计算机的接口技术;第3章介绍了计算机控制系统中常见的应用程序设计,包括数字滤波、标度变换、越限报警、键盘控制和显示程序设计等;第4章介绍了计算机控制系统特性分析及系统稳定性判定方法;第5章介绍了数字PID以及相应的算法;第6章介绍了最少拍无纹波系统、大林算法等直接数字控制方法;第7章论述了与计算机控制系统可靠性相关的问题;第8章介绍了计算机控制系统设计与实现的原则、步骤,并通过实例展示了包括控制系统硬件、人机界面、控制软件方面的设计方法。本书力争给读者一个完成计算机控制系统设计的综合与全面的知识,注重理论与应用、软件与硬件、设计与实现的有机结合,重视解决工程实际问题。为了便于教学和自学,本书每章都配有不同类型的习题。

通过对本书的学习,能够使读者掌握计算机控制的基本原理和基本控制技术,具有研究和开发新的计算机控制系统、解决实际工程问题的初步能力。

本书的第1~3章,第5、7、8章由李雪飞编写;第4章和第6章由范立南编写,全书由范立南统稿。东北大学博士生导师顾树生教授对本书的编写提出了许多宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。书中还参考了所列参考文献中的部分内容,在此,亦向作者表示谢意。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的老师登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 注册下载或发邮件到 [wbj@cmpbook.com](mailto:wbj@cmpbook.com) 索取。

本书可作为普通高等院校电子信息类、电气工程类、仪器仪表类及其相关专业的本科生和研究生的教材,也可作为科研和工程技术人员的参考书。

限于水平,书中难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

作 者

## 目 录

## 序

## 前言

第 1 章 绪论	1
1.1 自动控制系统的一般形式	1
1.2 计算机控制系统的 一般概念与组成	2
1.2.1 计算机控制系统的一般概念	2
1.2.2 计算机控制系统的组成	2
1.3 工业控制计算机的特点	4
1.4 计算机控制系统的分类	5
1.4.1 操作指导控制系统	5
1.4.2 直接数字控制系统	6
1.4.3 监督计算机控制系统	6
1.4.4 集散控制系统	7
1.4.5 计算机集成制造系统	8
1.4.6 现场总线控制系统	9
1.4.7 嵌入式控制系统	10
1.5 计算机控制系统的发展概况与趋势	11
1.5.1 计算机控制系统的发展概况	11
1.5.2 计算机控制系统的发展趋势	11
习题 1	13
第 2 章 过程输入输出通道	15
2.1 信号的采样与恢复	15
2.1.1 信号的采样过程	15
2.1.2 采样定理	17
2.1.3 信息的恢复过程和 零阶保持器	19
2.2 模拟量输入通道	21
2.2.1 模拟量输入通道的一般组成	21
2.2.2 A/D 转换器接口逻辑 设计要点	30
2.2.3 典型 A/D 转换器与微机的 接口设计	30

2.3 模拟量输出通道	49
2.3.1 模拟量输出通道的结构形式	49
2.3.2 D/A 转换器的结构特性 与应用特性	50
2.3.3 D/A 转换器与微机的 接口设计	50
2.4 数字量输入输出通道	64
2.4.1 数字量输入通道	64
2.4.2 数字量输出通道	65
2.4.3 数字量输入输出通道设计	68
习题 2	69
第 3 章 常用应用程序设计	72
3.1 数字滤波	72
3.1.1 程序判断滤波	72
3.1.2 算术平均值滤波	74
3.1.3 加权平均值滤波	76
3.1.4 中值滤波	76
3.1.5 去极值平均滤波	77
3.1.6 滑动平均滤波	78
3.1.7 低通数字滤波	79
3.1.8 复合滤波程序	79
3.2 标度变换	80
3.2.1 线性参数标度变换	80
3.2.2 非线性参数标度变换	81
3.3 越限报警	82
3.3.1 软件报警程序设计	82
3.3.2 直接报警程序设计	84
3.4 键盘控制程序	85
3.4.1 键盘的组成、特点及消除 抖动的措施	85
3.4.2 独立式按键接口技术	86
3.4.3 矩阵式键盘接口技术	88
3.4.4 双功能键的设计及 重键处理技术	93



3.5 显示程序设计	94	5.4.2 不完全微分 PID 算法	134
3.5.1 LED 显示器接口技术	94	5.4.3 变速积分 PID 算法	135
3.5.2 LCD 显示器接口技术	102	5.4.4 带死区的 PID 算法	136
习题 3	105	5.4.5 PID 比率控制	137
<b>第 4 章 计算机控制系统特性分析</b>	<b>107</b>	5.5 PID 算法程序的实现	137
4.1 离散系统	107	5.5.1 位置式 PID 算法的程序设计	137
4.1.1 采样控制系统	108	5.5.2 增量式 PID 算法的程序设计	137
4.1.2 数字控制系统	108	5.5.3 积分分离 PID 算法的	
4.1.3 计算机控制系统与采样控制		程序设计	138
系统的关系	110	5.6 数字 PID 算法的参数整定	139
4.1.4 离散控制系统的特点	110	5.6.1 采样周期 $T$ 的确定	139
4.1.5 离散系统的分类	110	5.6.2 扩充临界比例度法	140
4.2 计算机控制系统的		5.6.3 扩充响应曲线法	141
稳定性分析	111	5.6.4 归一参数整定法	142
4.2.1 $Z$ 变换与拉普拉斯		5.6.5 优选法	142
变换的对比	111	习题 5	142
4.2.2 $S$ 平面与 $Z$ 平面的映射关系	112	<b>第 6 章 直接数字控制</b>	<b>144</b>
4.2.3 离散系统的稳定域	113	6.1 最少拍计算机控制	
4.2.4 劳斯稳定判据在离散		系统的设计	144
系统的应用	114	6.1.1 最少拍控制系统数字	
4.3 计算机控制系统的		控制器分析	144
动态响应分析	118	6.1.2 最少拍控制系统数字	
4.3.1 $Z$ 平面上极点分布与单位脉冲		控制器的设计	148
响应的关系	119	6.2 最少拍无纹波计算机	
4.3.2 用脉冲传递函数分析离散系统的		控制系统的设计	154
动态特性	121	6.2.1 单位阶跃输入最少拍	
4.4 计算机控制系统的		无纹波系统的设计	154
稳态误差分析	123	6.2.2 单位速度输入最少拍无纹波	
4.4.1 $Z$ 变换终值定理法求		系统的设计	155
稳态误差	124	6.2.3 最少拍无纹波系统设计举例	155
4.4.2 典型输入信号作用下的		6.3 大林算法	162
稳态误差分析	124	6.3.1 大林算法的 $D(z)$ 基本形式	162
习题 4	128	6.3.2 振铃现象及其消除方法	164
<b>第 5 章 数字 PID 及其算法</b>	<b>131</b>	6.3.3 大林算法的设计步骤	167
5.1 PID 算法的离散化	131	6.4 数字控制器 $D(z)$ 的	
5.2 位置式 PID 算法	132	实现方法	168
5.3 增量式 PID 算法	132	6.4.1 直接程序设计法	168
5.4 数字 PID 算法的改进	133	6.4.2 串行程序设计法	169
5.4.1 积分分离 PID 算法	133	6.4.3 并行程序设计法	171

6.4.4 数字控制器的设计 .....	172	8.1.2 系统设计的特点 .....	199
习题 6 .....	173	8.2 计算机控制系统的 设计方法及步骤 .....	200
<b>第 7 章 计算机控制系统的可靠性 与抗干扰技术</b> .....	176	8.2.1 控制系统总体方案的确定 .....	200
7.1 可靠性与抗干扰技术概述 .....	176	8.2.2 计算机及接口的选择 .....	201
7.1.1 干扰窜入计算机控制系统的主要途径 .....	176	8.2.3 控制算法的选择 .....	202
7.1.2 干扰的耦合方式 .....	177	8.2.4 控制系统的硬件设计 .....	202
7.2 计算机控制系统的硬件 抗干扰技术 .....	178	8.2.5 控制系统的软件设计 .....	204
7.2.1 过程通道干扰的抑制 .....	179	8.2.6 计算机控制系统的调试 .....	205
7.2.2 反射波干扰的抑制 .....	182	8.3 仪器用温箱温度控制系统 .....	205
7.2.3 空间干扰的抑制 .....	184	8.3.1 温度控制系统的组成 .....	205
7.2.4 RAM 数据掉电保护 .....	185	8.3.2 温度控制系统的硬件设计 .....	205
7.3 计算机控制系统的接地和 电源保护技术 .....	186	8.3.3 数字控制器的数学模型 .....	211
7.3.1 计算机控制系统的接地技术 .....	186	8.3.4 温度控制系统的软件设计 .....	211
7.3.2 计算机控制系统的 电源保护技术 .....	188	8.4 产品自动装箱控制系统 .....	217
7.4 计算机控制系统的软件 抗干扰技术 .....	189	8.4.1 产品自动装箱控制系统的 原理及操作流程 .....	217
7.4.1 指令冗余技术 .....	189	8.4.2 产品自动装箱控制系统的 硬件设计 .....	218
7.4.2 软件陷阱技术 .....	190	8.4.3 产品自动装箱控制系统的 软件设计 .....	220
7.4.3 故障自动恢复处理程序 .....	193	8.5 自动剪切机控制系统 .....	227
7.4.4 Watchdog 技术 .....	195	8.5.1 自动剪切机的组成及 工作过程 .....	227
习题 7 .....	196	8.5.2 自动剪切机控制系统的 硬件设计 .....	228
<b>第 8 章 计算机控制系统的 设计与实现</b> .....	198	8.5.3 自动剪切机控制系统的 软件设计 .....	230
8.1 系统设计的基本要求和特点 .....	198	习题 8 .....	232
8.1.1 系统设计的基本要求 .....	198	参考文献 .....	235

# 第1章 绪论

随着计算机技术的迅猛发展，计算机在自动控制领域中的应用越来越广泛。如今，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。因此，充分理解计算机控制系统是十分重要的。本章主要介绍计算机控制系统的组成、类型以及计算机控制系统的发展概况与趋势。

## 1.1 自动控制系统的一般形式

一般来说，自动控制系统随着控制对象、控制规律和执行机构的不同而具有不同的特点，但可归纳为图 1-1 所示的两种基本结构。

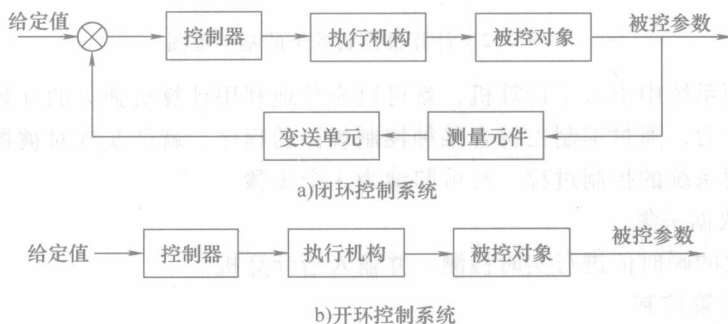


图 1-1 自动控制系统的基本结构

在控制系统中为了得到控制信号，通常要将被控参数和给定值进行比较，得到误差信号。控制器根据误差信号进行控制调节，使系统的误差减小，直到消除误差，从而达到使被控参数的值趋于或等于给定值的目的。在这种控制中，由于被控制量是控制系统的输出，同时被控制量又反馈到控制系统的输入端，与给定值相减，所以称为按误差进行控制的闭环控制系统，如图 1-1a 所示。

由图 1-1a 可知，该系统通过测量元件对被控对象的被控参数（如温度、流量、压力、转速等）进行测量，再由变送单元将被测参数变成一定形式的电信号，反馈给控制器。控制器将反馈信号对应的工程量与给定值进行比较，如有误差，则控制器按照预定的控制规律产生控制信号来驱动执行机构工作，使被控参数的值达到预定的要求。

图 1-1b 属于开环控制系统。它与闭环控制系统的区别是，它的控制器直接根据给定值去控制被控对象工作，被控制量在整个控制过程中对被控量不产生影响。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，控制性能较差，但结构简单，因此常用于特殊的控制场合。

从以上分析可以看出，自动控制系统的基本功能是信号的传递、加工和比较。这些功能

是由检测元件、变送装置、控制器和执行机构来完成的。其中，控制器是控制系统中最重要的部分，它决定了控制系统的性能和应用范围。

## 1.2 计算机控制系统的一般概念与组成

### 1.2.1 计算机控制系统的一般概念

如果把图 1-1a 中的控制器和比较环节用计算机来代替，再加上 A/D 转换器、D/A 转换器等器件，就构成了计算机控制系统，其基本框图如图 1-2 所示。



图 1-2 计算机控制系统的基本框图

在自动控制系统中引入了计算机，就可以充分地利用计算机强大的计算、逻辑判断和记忆等信息加工能力，通过编制出符合某种控制规律的程序，就能实现对被控参数的控制。

计算机控制系统的控制过程一般可归纳为 3 个步骤。

#### (1) 实时数据采集

对被控参数的瞬时值进行实时检测，并输入给计算机。

#### (2) 实时决策控制

对采集到的被控参数进行处理后，按照已经确定的控制规律，决定当前的控制量。

#### (3) 实时控制输出

根据实时计算的结果，适时地向执行机构发出控制信号，实施控制。

以上过程不断重复，使整个系统能够按照一定的性能指标进行工作，并且对被控参数和设备本身出现的异常状态及时监督和处理。

上面提到的“实时”是指计算机控制系统应该具有的能够在限定的时间内对外来事件做出反应的特性，即实时性。在确定限定时间时，主要考虑两个因素：

1) 根据工业生产过程出现的事件能够保持多长时间。

2) 该事件要求计算机在多长的时间内必须做出反应，否则，将对生产过程造成影响甚至造成损害。

“实时性”一般都要求计算机具有多任务处理能力，以便将测控任务分解成若干并行执行的多个任务，加速程序执行速度。

### 1.2.2 计算机控制系统的组成

计算机控制系统由计算机（通常称为工业控制机）和生产过程两大部分组成。工业控制机是指按生产过程控制的特点和要求而设计的计算机，它包括硬件和软件两部分。生产过

程包括被控对象、测量变送、执行机构、电气开关等。

### 1. 硬件组成

计算机控制系统的硬件主要由计算机、外部设备、操作台、输入和输出通道、检测装置、执行机构等组成,如图 1-3 所示。下面对各部分作简要说明。

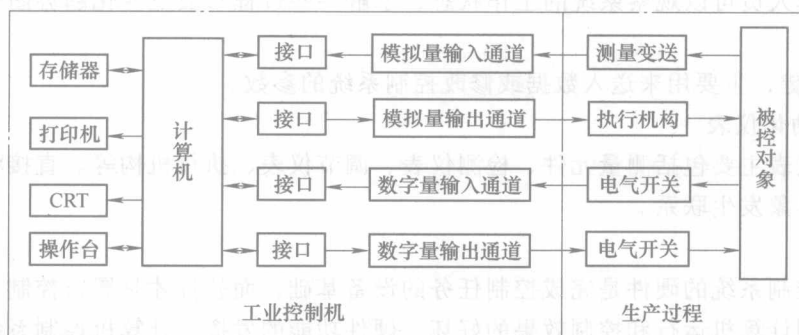


图 1-3 计算机控制系统的硬件组成框图

#### (1) 计算机

在计算机控制系统中,计算机取代了传统控制系统中的控制器,是控制系统的核心。它按照预先存放在存储器中的程序、指令,不断通过过程输入通道获取反映被控对象运行工况的信息,并按程序中规定的控制算法,或操作人员通过键盘输入的操作命令自动地进行运算和判断,及时地产生并通过过程输出通道向被控对象发出相应控制命令,以实现对被控对象的自动控制。

#### (2) 接口

I/O 接口是计算机与被控对象进行信息交换的纽带。计算机通过 I/O 接口与外部设备进行数据交换。目前大多数 I/O 接口电路都是可编程的,比如常用的并行接口 8155 和 8255、定时器/计数器 8253 等。

#### (3) 输入和输出通道

计算机的输入和输出通道,又称为过程通道。工业对象的过程参数一般是非电物理量,必须经过传感器(一次仪表)变换为电信号。为了实现计算机对生产过程的控制,必须在计算机和生产过程之间设置信息传输和转换的连接通道,这就是输入和输出通道。

输入和输出通道一般分为模拟量输入通道、模拟量输出通道、数字量输入通道和数字量输出通道。

#### (4) 通用外部设备

通用外部设备主要是为了扩大计算机的功能而设置的。它们用来显示、打印、存储及传送数据。目前已经有各种各样的通用外部设备可供选择,如打印机、显示器、声光报警器、光盘驱动器及扫描仪等。

#### (5) 操作台

操作台是一个实时的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,显示被测参数以及发出各种操作命令等。它主要包括以下 4 个部分:

1) 作用开关,例如:电源开关、手动/自动开关等。利用这些开关操作人员可以对主

机进行启停、设置和修改数据以及修改控制方式等。

2) 功能键, 例如: 复位键、启动键、打印键、显示键、工作方式选择键等。利用这些功能键可以向计算机申请中断服务, 选择连续工作或单步操作等工作方式。

3) 屏幕或显示器, 例如: CRT、液晶显示器或 LED、LCD 数码管显示器。利用这些显示设备, 操作人员可以观察系统的工作状态, 了解一些过程参数及变化趋势图等, 还可以报警。

4) 数字键, 主要用来送入数据或修改控制系统的参数。

#### (6) 自动化仪表

自动化仪表主要包括测量元件、检测仪表、调节仪表、执行机构等。直接将输入和输出通道与工业对象发生联系。

### 2. 软件

计算机控制系统的硬件是完成控制任务的设备基础, 而软件才是履行控制系统任务的关键, 它关系到计算机运行和控制效果的好坏、硬件功能的发挥。计算机控制系统的软件通常由系统软件和应用软件组成。

#### (1) 系统软件

系统软件完成人机交互、资源管理和系统维护等功能。通常包括操作系统、编译程序和诊断程序等, 具有一定的通用性, 一般由计算机生产商提供。

#### (2) 应用软件

应用软件则是专门开发用来完成程序控制、数据采集及处理、巡回检测及报警等规定任务的各种程序。一般是由计算机控制系统设计人员根据所确定的硬件系统和软件环境来开发编写的。

## 1.3 工业控制计算机的特点

计算机控制系统中的计算机通常是工业控制计算机, 简称工控机, 与通常用作信息处理的通用计算机 (如 PC) 不仅在结构上而且在技术性能方面都有较大差别。由于工控机要对被控对象进行实时控制和监视, 需要不间断、长期可靠地工作, 而且其工作环境一般都较恶劣, 所以工控机不仅需要配置过程输入输出设备实现与被控对象之间的信息联系, 还必须具有实时响应能力和较强的抗干扰能力以及很高的可靠性。工控机主要用于过程测量、控制、数据采集等, 其特点如下。

### 1. 可靠性高和可维修性好

工控机通常用于控制连续的生产过程, 它发生任何故障都将对生产过程产生严重后果。因此要求工控机具有很高的可靠性和很好的可维修性。可靠性的简单含义是指设备在规定的时间内无故障地运行, 为此需要采用可靠性技术来解决; 可维修性是指工业控制机发生故障时, 维修快速、方便、简单。

### 2. 控制的实时性好

工控机对生产过程进行实时控制和监测, 因此要求它必须实时地响应控制对象各种参数的变化, 当发生异常时能及时处理和报警。因此需要配有实时操作系统和中断系统。

### 3. 环境适应性强

工控机一般来说都安装在控制现场，所处的环境往往比较恶劣。这就要求工控机具有防尘、防潮、防腐蚀、耐高温以及抗振动等能力。

#### 4. 输入和输出通道配套好

工控机要具有丰富的输入和输出通道配套模板，如模拟量、开关量、脉冲量、频率量等输入和输出模板。具有多种类型的信号调理功能，如各类热电偶、热电阻信号的输入调理等。

#### 5. 系统的扩充性好

随着工厂自动化水平的提高，控制规模不断地扩大，要求工控机具有灵活的扩充性。

#### 6. 控制软件包功能强

工控软件包要具备人机交互方便、画面丰富、实时性好等性能；具有系统组态和系统生成功能；具有实时和历史的趋势记录与显示功能；具有实时报警及事故追忆功能；具有丰富的控制算法程序等。

#### 7. 系统通信功能强

有了强有力的通信功能，工控机便可以构成更大的控制系统，所以要求工控机具有串行通信和网络通信功能。

## 1.4 计算机控制系统的分类

针对不同的控制对象，计算机控制系统也会有所不同。根据计算机控制系统的工作特点，可划分成以下几种类型。

### 1.4.1 操作指导控制系统

操作指导控制系统（Operational Information System, OIS）是指计算机输出不直接用来控制被控对象，只是将被控对象的参数进行采集和处理后输出相关数据，操作人员根据计算机的输出数据进行操作，其原理框图如图 1-4 所示。

在这种系统中，计算机定时进行采样，将现场测得的过程参数经 A/D 转换后输入到计算机并进行分析计算，然后向操作人员提供参考性数据，如控制器的整定参数、被控量的设定值等。操作人员根据此结果进行设定值的改变或必要的操作。

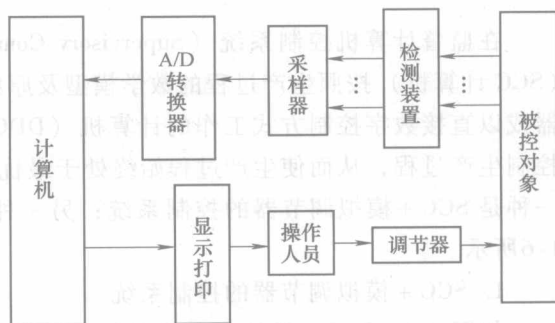


图 1-4 操作指导控制系统原理框图

这是一种开环控制结构。其优点是控制过程简单，并且即使计算机发生故障，也不会影响正常生产过程，因而比较安全。适用于控制规律不是很清楚的系统，或用于试验新的数学模型和调试新的控制程序等。其缺点则是需要人工操作，速度不能太快，控制的回路也不能太多，不能充分发挥计算机的作用。

### 1.4.2 直接数字控制系统

直接数字控制系统 (Direct Digital Control System, DDCS) 就是用一台计算机对多个被控参数进行巡回检测, 检测结果与设定值进行比较, 再按照一定的控制规律进行运算, 然后发出控制信号直接去控制执行机构, 对生产过程进行控制, 使被控参数达到预定的要求。其原理框图如图 1-5 所示。

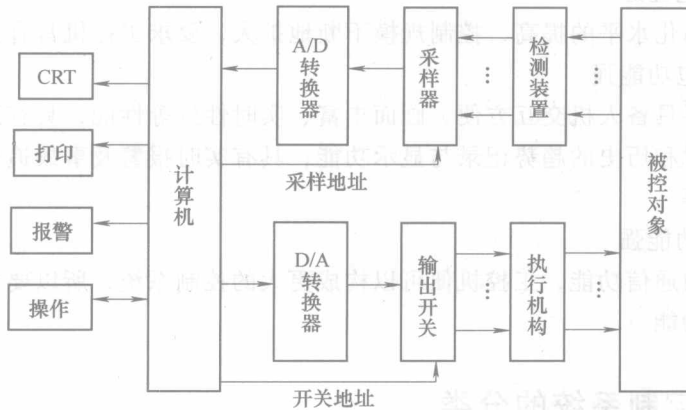


图 1-5 直接数字控制系统原理框图

由图 1-5 可见, 直接数字控制系统为闭环控制系统。其中计算机不仅能完全取代模拟调节器, 实现多回路的参数调节, 而且不需要改变硬件, 只通过改变程序就能有效地实现较复杂的控制, 如串级控制、自适应控制等, 因此直接数字控制系统设计灵活方便, 经济可靠。

### 1.4.3 监督计算机控制系统

在监督计算机控制系统 (Supervisory Computer Control System, SCCS) 中, 监督计算机 (SCC 计算机) 按照生产过程的数学模型及原始工艺信息, 计算出最佳给定值送给模拟调节器或以直接数字控制方式工作的计算机 (DDC 计算机), 最后由模拟调节器或 DDC 计算机控制生产过程, 从而使生产过程始终处于最优工况。监督计算机控制系统有两种结构形式: 一种是 SCC + 模拟调节器的控制系统; 另一种是 SCC + DDC 的控制系统。其原理框图如图 1-6 所示。

#### 1. SCC + 模拟调节器的控制系统

如图 1-6a 所示。计算机系统对各个信号进行巡回检测, 按给定的数学模型及工艺信息计算出最佳给定值并送给模拟调节器, 由模拟调节器与检测值进行比较并输出结果, 然后输出到执行机构进行控制调节。当 SCC 计算机出现故障时, 可由模拟调节器独立完成操作。

#### 2. SCC + DDC 的控制系统

如图 1-6b 所示。该系统实际上是一个两级控制系统。SCC 计算机可完成顶级的最优化分析和计算, 并给出最佳控制值送给 DDC 级执行控制过程。两级计算机之间通过通信接口进行信息联系。当 DDC 级计算机发生故障时, SCC 级计算机可以完成 DDC 的控制功能, 使系统可靠性得到了提高。



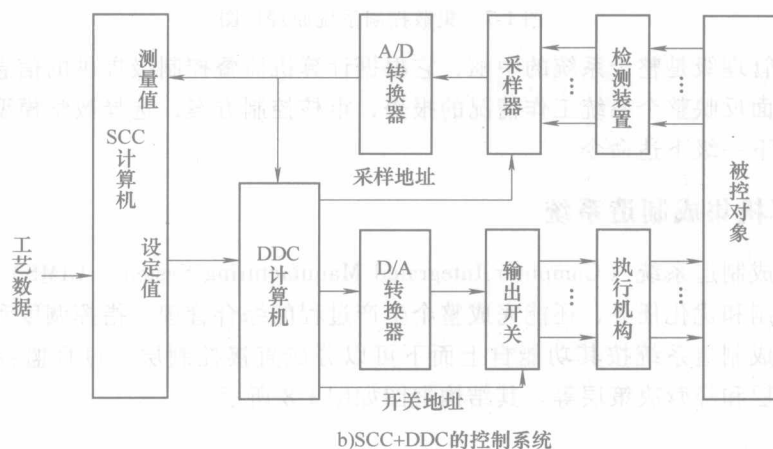
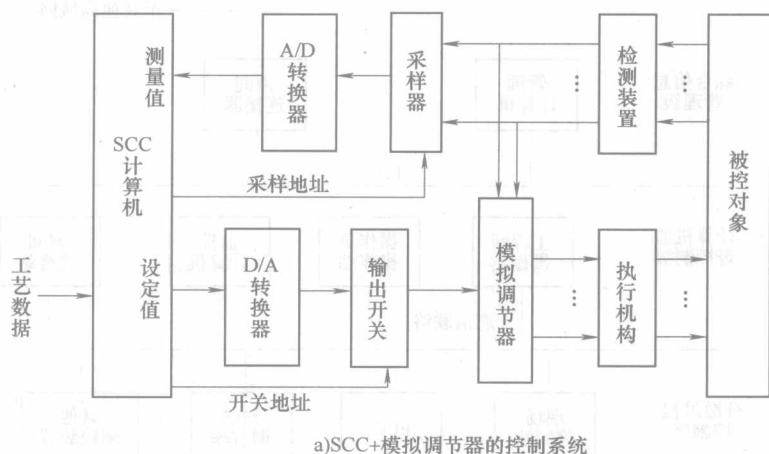


图 1-6 监督计算机控制系统原理框图

#### 1.4.4 集散控制系统

集散控制系统又称分布式控制系统 (Distributed Control System, DCS)，是一种分布式控制结构。采用分散控制、集中操作、分级管理、分而自治、综合协调的设计原则，把系统从上到下分为分散过程控制级 (DDC)、计算机监督控制级 (SCC) 和生产管理级 (MIC)，形成分级分布式控制，其结构框图如图 1-7 所示。

分散过程控制级 DDC 是 DCS 的基础，用于直接控制生产过程。它由各工作站组成，每一工作站分别完成数据采集、顺序控制或某一被控制量的闭环控制等。分散过程控制级采集到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，并以此工作。可见，分散过程控制级基本上属于 DDC 系统的形式，但将 DDC 系统的职能由各工作站分别完成。

计算机监督控制级的任务是对生产过程进行监控和操作。该级根据生产管理级的技术要求和通过分散过程控制级获得的生产过程的数据，对分散过程控制级进行最优控制。从计算机监督控制级能全面地反映各工作站的情况，提供充分的信息，因此本级的操作人员可以据此直接干预系统的运行。