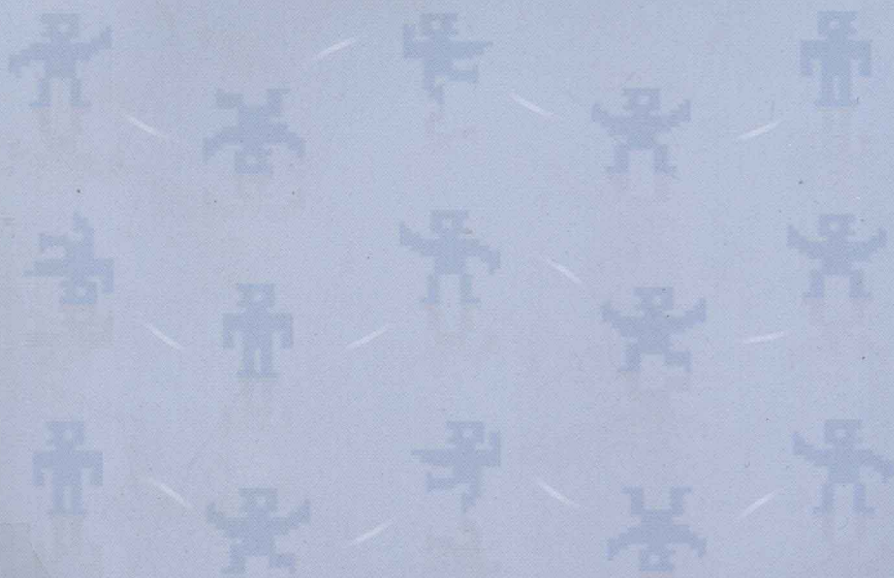
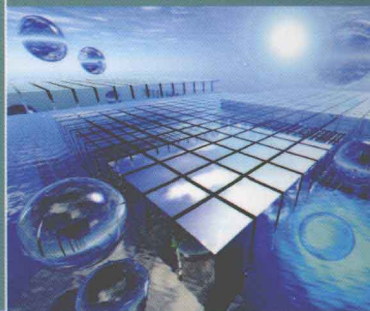




高等职业教育“十二五”规划教材  
高职高专自动化类专业系列教材

# 计算机控制技术

李方园 等◎编著



科学出版社



高等职业教育“十二五”规划教材

高职高专自动化类专业系列教材

# 计算机控制技术

李方园等 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

计算机控制系统是以计算机替代了原模拟控制系统的控制器组成的先进控制系统。全书共分6章,第1章、第2章是对计算机控制基础知识的系统归纳和深化,尤其澄清了一些跨课程、易混淆的重要概念之间的关系,重点介绍了计算机控制的实现技术、过程通道等;第3章~第6章,详细介绍可编程控制器(PLC)、集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统(FCS)和工控机控制系统(IPC),这4类典型系统代表了当今计算机控制系统的精华。

本书可作为高职高专院校计算机、电子信息、电气自动化、机电一体化等专业计算机控制类课程的教材,以及过程控制、机电控制、自动化综合系统和综合设计等课程的教学参考书,也可供相关领域工程、技术、管理、维护人员作为技术参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术/李方园等编著. —北京:科学出版社,2011  
(高等职业教育“十二五”规划教材·高职高专自动化类专业系列教材)  
ISBN 978-7-03-030052-2

I. ①计… II. ①李… III. ①计算机控制-高等学校:技术学校-教材  
IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第009918号

责任编辑:孙露露/责任校对:耿耘

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2011年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011年6月第一次印刷 印张:15 3/4

印数:1—3000 字数:357 000

定价:27.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈俊杰〉)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62135763-8212

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

# 前 言

计算机控制系统是应用计算机参与控制并借助一些辅助部件与被控对象相联系而构成,以获得一定控制目的的先进控制系统。与一般控制系统相同,计算机控制系统可以是闭环的,这时计算机要不断采集被控对象的各种状态信息,按照一定的控制策略处理后,输出控制信息直接影响被控对象。它也可以是开环的,这有两种方式:一种是计算机只按时间顺序或某种给定的规则影响被控对象;另一种是计算机将来自被控对象的信息处理后,只向操作人员提供操作指导信息,然后由人工去影响被控对象。

本书共分6章,第1章、第2章是对计算机控制相关基础知识的系统归纳和深化,尤其针对一些跨课程、易混淆的重要概念之间的关系加以澄清,重点介绍了计算机控制的实现技术、过程通道等;第3章~第6章,详细介绍可编程控制器(PLC)、集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统(FCS)和工控机控制系统(IPC),这4类典型控制系统代表了当今计算机控制系统的精华。

本书具有下列主要特点:

(1) 引入标准。例如在介绍PLC时,详细介绍了IEC 61131-3编程标准,该标准集中了美国、加拿大、欧洲(主要是德国、法国)以及日本等7家国际性工业控制企业的专家和学者的智慧以及数十年在工控方面的经验;在介绍现场总线时,介绍了IEC 61158第四版、BACnetTM,让读者充分了解ISO/OSI参考模型的重要性。

(2) 科学分类。本书将计算机控制系统分为PLC、DCS、FCS和IPC四大类,这也符合计算机控制系统在发展过程中的顺序。当然,这四者之间会穿插、会融合,本书都在其中做了铺垫处理。

(3) 产品主流。在本书中,几乎每一个章节都会介绍典型产品,而这些产品都是国内市场普遍在用且有示范作用的,如西门子S7系列PLC、Honeywell PKS集散控制系统、浙江中控ECS-100集散控制系统、FF现场总线、LonWorks总线、iFIX组态软件、研华工控机等。

本书在编写过程中,得到了张永惠教授的大力支持,陈亚玲、叶明、陈贤富、沈阿宝、陈亚珠、李伟庄、章富科、方定桂、刘军毅、戴琴、王永行、刘伟红等参与了本书的编写工作。在收集资料的过程中,中国传动网和中国自动化网给予了很大帮助,西门子、通用电气、浙江中控、Honeywell、研华等厂家的技术人员也提供了相当多的典型案例和调试经验。同时,在编写本书过程中参考和引用了国内外许多专家、学者、工程技术人员最新发表的论文、著作等资料,在此对他们一并致谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足和疏漏之处,希望广大读者能够给予批评指正。

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 计算机控制技术基础</b> .....	1
1.1 计算机控制系统概述 .....	1
1.1.1 计算机控制系统简介 .....	1
1.1.2 典型计算机控制系统的组成 .....	3
1.1.3 计算机控制系统的分类 .....	5
1.1.4 计算机控制技术的典型应用 .....	6
1.2 离散控制及其应用 .....	9
1.2.1 离散控制理论的引入 .....	9
1.2.2 信号的采样 .....	11
1.2.3 离散 PID 控制 .....	13
1.3 计算机控制中的网络与通信技术 .....	15
1.3.1 计算机网络的定义 .....	15
1.3.2 计算机网络的分类 .....	15
1.3.3 计算机局域网 .....	17
1.3.4 数据通信技术 .....	19
1.4 计算机控制系统的干扰与抗干扰 .....	22
1.4.1 干扰的传播途径与作用方式 .....	22
1.4.2 硬件抗干扰技术 .....	23
1.4.3 软件抗干扰技术 .....	26
本章小结 .....	27
思考与练习 .....	28
<b>第 2 章 过程通道技术与传感器、执行机构</b> .....	29
2.1 过程通道的硬件基础 .....	29
2.1.1 计算机输入与输出通道 .....	29
2.1.2 各类电平标准及其转换电路 .....	32
2.2 模拟量输入通道与相关传感器 .....	37
2.2.1 模拟量的采样与处理 .....	37
2.2.2 A/D 转换 .....	39
2.2.3 传感器应用概述 .....	41
2.2.4 典型的传感器介绍 .....	43



2.3 模拟量输出通道与相关执行机构	50
2.3.1 模拟量的输出	50
2.3.2 计算机控制系统的执行机构	54
本章小结	57
思考与练习	57
<b>第3章 可编程控制器 (PLC)</b>	<b>58</b>
3.1 PLC 控制基础	58
3.1.1 PLC 概况	58
3.1.2 PLC 的组成原理	60
3.1.3 PLC 的特点	62
3.2 PLC 编程语言标准 IEC 61131-3	63
3.2.1 IEC 61131-3 概况	63
3.2.2 IEC 61131-3 的软件模型	65
3.2.3 IEC 61131-3 的编程模型	70
3.2.4 IEC 61131-3 的公共元素	72
3.2.5 IEC 61131-3 的数据类型与表示	73
3.2.6 IEC 61131-3 的变量	75
3.2.7 IEC 61131-3 的程序组织单元	77
3.2.8 IEC 61131-3 标准的优势	77
3.3 PLC 的冗余模式	80
3.3.1 冗余模式介绍	80
3.3.2 西门子 PLC 软冗余系统的构建	81
3.3.3 PLC 软冗余系统的调试过程	86
3.4 基于 PLC 的模糊控制	98
3.4.1 概况	98
3.4.2 PLC 模糊控制在水温控制中的应用	99
本章小结	104
思考与练习	105
<b>第4章 集散控制系统 (DCS)</b>	<b>106</b>
4.1 DCS 控制基础	106
4.1.1 DCS 概况	106
4.1.2 DCS 的基本功能、特点与应用	108
4.2 DCS 的体系结构与软硬件系统	112
4.2.1 DCS 的分层体系结构	112
4.2.2 DCS 过程控制装置级	113
4.2.3 DCS 现场控制站的结构与功能	114



4.2.4	DCS 工作站 .....	117
4.2.5	DCS 的控制层软件、监控软件与组态软件 .....	118
4.3	Experion PKS 系列 DCS 系统 .....	120
4.3.1	Experion PKS 系统特点 .....	120
4.3.2	Experion PKS 系统架构 .....	122
4.3.3	组态软件 COTROL BUILDER 的相关操作 .....	123
4.4	WebField ECS-100 系列 DCS 系统 .....	129
4.4.1	ECS-100 系统概况 .....	129
4.4.2	ECS-100 系统通信网络 .....	131
4.4.3	ECS-100 系统硬件 .....	133
4.4.4	ECS-100 系统软件 .....	134
	本章小结 .....	137
	思考与练习 .....	137
<b>第 5 章</b>	<b>现场总线控制系统 (FCS)</b> .....	<b>138</b>
5.1	FCS 控制基础 .....	138
5.1.1	FCS 概况 .....	138
5.1.2	ISO/OSI 参考模型 .....	139
5.1.3	现场总线的定义与特点 .....	142
5.1.4	现场总线的标准 .....	143
5.1.5	部分现场总线技术特点总结 .....	147
5.1.6	现场总线设备描述技术 .....	148
5.2	FF 现场总线的应用 .....	151
5.2.1	基金会现场总线 FF 简介 .....	151
5.2.2	FF 现场总线 H1 的安装与调试规范 .....	154
5.2.3	FF 现场总线控制技术在 1000MW 超临界机组上的应用 .....	160
5.3	PROFIBUS/PROFINET 现场总线 .....	162
5.3.1	PROFIBUS 介绍 .....	162
5.3.2	PROFINET 介绍 .....	167
5.3.3	PROFIBUS 总线在电厂中的应用 .....	170
5.4	LonWorks 现场总线 .....	173
5.4.1	LonWorks 现场总线介绍 .....	173
5.4.2	LonTalk 协议 .....	173
5.4.3	通信服务 .....	175
5.4.4	Neuron 芯片 .....	177
5.4.5	LonWorks 总线在煤矿瓦斯检测系统中的应用 .....	180
	本章小结 .....	183



思考与练习 .....	184
<b>第 6 章 工控机控制系统 .....</b>	<b>185</b>
6.1 工控机控制基础 .....	185
6.1.1 工控机控制系统 .....	185
6.1.2 PC-based 控制的典型产品 .....	188
6.1.3 SCADA 软件的典型产品 .....	189
6.2 工控机的硬件结构 .....	191
6.2.1 工控机的典型结构 .....	191
6.2.2 基于 PC 总线的板卡与工控机 .....	192
6.2.3 第三代工控机的技术标准 .....	200
6.2.4 研华工控机在烟气连续排放监测系统的设计 .....	204
6.3 SCADA 组态软件 .....	206
6.3.1 SCADA 系统介绍 .....	206
6.3.2 SCADA 主站系统 .....	209
6.4 “PC+PLC” 的计算机控制技术 .....	215
6.4.1 “PC+PLC” 方式介绍 .....	215
6.4.2 典型应用：iFIX 与 S7-300 PLC 的 S7 连接 .....	218
本章小结 .....	240
思考与练习 .....	240
<b>参考文献 .....</b>	<b>241</b>



### 学习目标

- 了解信息化与工业化的关系；
- 了解计算机控制系统的定义；
- 熟悉计算机控制系统的分类及典型应用；
- 了解离散控制及其相关理论；
- 了解采样原理；
- 熟悉离散 PID 的控制原理；
- 了解计算机控制组网的方式与特点；
- 了解计算机数据传输方式及其在计算机控制中的应用；
- 了解计算机干扰源及其干扰的方式；
- 熟悉计算机控制系统抗干扰的基本方法。

历史上曾出现两次工业技术革命，第一次是蒸汽技术革命，第二次是电力技术革命。第三次技术革命则是人类文明史上继前两次技术革命之后科技领域里的又一次重大飞跃。它以原子能、电子计算机、空间技术和生物工程的发明和应用为主要标志，是涉及信息技术、新能源技术、新材料技术、生物技术、空间技术和海洋技术等诸多领域的一场信息控制技术革命。这次科技革命不仅极大地推动了人类社会经济、政治、文化领域的变革，而且也影响了人类生活方式和思维方式，使人类社会生活和人的现代化向更高境界发展。

计算机控制技术作为信息技术的一个主要分支，在工业、农业、商业和国防等各个领域发挥了重要的作用。计算机控制系统，简单地说，是以计算机替代了原模拟控制系统的控制器组成的自动控制系统。

## 1.1 计算机控制系统概述

### 1.1.1 计算机控制系统简介

#### 1. 工业化与信息化

计算机的应用非常广泛，它几乎渗透到人类社会的各个环节，是目前信息化的主要



载体之一。众所周知，工业化与信息化是人类文明进程中的两个重要社会发展阶段，是人类社会现代化和后现代化的两个基本标志，主要表现在科技进步及其广泛应用而引发的社会结构性变化。按照通常的自然逻辑来看，信息化是建立在高度的工业化基础之上的，也就是说，西方发达国家 20 世纪中叶开始的信息化高潮，是建立在高度的工业化基础上的，是工业化和科技发展到一定程度的结果。当然信息化的发展，也会促进和改造工业化。目前，全球的信息化和工业化正处于相互促进、相互影响、相互融合中，它们之间的关系如图 1-1 所示。

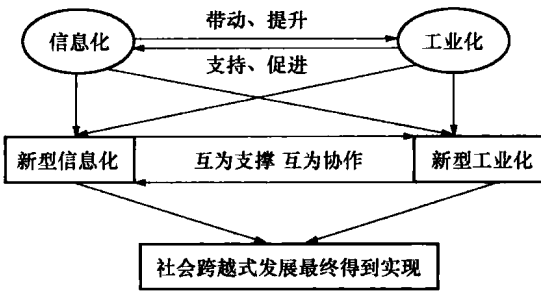


图 1-1 信息化与工业化之间的关系

利用信息技术（包括计算机技术）改造传统产业是信息化带动工业化的基础工作。而计算机控制作为计算机应用的一个非常大的分支，涉及工业、农业、商业、国防等各个领域。

## 2. “计算机控制系统”的定义

计算机控制是将计算机技术应用于工农业生产、国防等行业自动控制的一

门综合性学科与技术，它是以计算机、自动控制理论、自动控制工程、电子学和自动化仪表为基础的综合学科。

计算机控制系统，简单地说，就是以计算机替代了原模拟控制系统的控制器（控制仪表）组成的自动控制系统，但是这种取代绝不是一种简单的替代而是一种升华。因此，计算机控制系统可以定义为：计算机控制系统是在非人工直接参与的前提下，应用计算机控制器自动地、有目的地控制设备和生产过程，使它们具有一定的状态和性能，从而完成相应的功能、实现预定目标的系统。

在这里需要理解的是，这里讲的计算机不仅仅是 PC，它具有更广泛的含义。计算机是一种能够按照指令对各种数据和信息进行自动加工和处理的电子设备，它一般由多个零配件（如中央处理器、主板、内存、电源等）组成，能自动进行数据接收和处理，通常由输入/输出设备、存储器、运算和逻辑部件以及控制器组成。它涵盖了从中央处理器出现以来的各种计算机控制器，包括通用计算机、可编程控制器（PLC）、集散控制系统（DCS）、现场总线系统（FCS）等。

## 3. 计算机控制技术的发展史

传统意义上的古典控制理论是在 20 世纪 40 年代发展起来的，目前，许多工程仍然采用经典控制理论进行分析和设计，这些方法用来处理单输入—单输出的线性定常系统是卓有成效的。随着科学的发展、技术的进步和对控制要求的提高，控制对象越来越复杂多样，使系统的控制越来越复杂，出现了多输入—多输出的多变量系统、非线性系统控制、时变及分布参数控制系统。

对于这些系统，使用常规的控制方法和手段来实现是十分困难的，因此，计算机尤其是微型计算机的出现并应用于自动控制领域，使自动控制水平产生了巨大的飞跃。微

电子技术和计算机技术的发展,为计算机控制的发展奠定了坚实的基础,这些发展包括1968年可编程控制器(PLC)的出现、1971年世界上第一片四位微处理器的出现、1975年集散控制系统(DCS)的初步应用、2000年正式通过IEC 61158的测量和控制数字数据通信工业控制系统用现场总线标准。

近半个世纪以来,计算机控制技术得到了迅速发展,不但得到了使用者的高度评价,同时也为制造商和企业带来了巨大的经济效益。

目前,计算机控制技术正朝着广度和深度发展。在广度方面,向着大系统或系统工程的方向发展、向着管理控制一体化的方向发展,计算机控制技术已经从单一过程、单一对象的局部控制,发展到对整个工厂、整个企业,甚至对社会经济、国土利用、生态平衡、环境保护等大规模复杂对象和系统进行综合控制;在深度方面,则向着智能化方向发展,人们逐步地引入了自适应、自学习等控制方法,并且模拟生物的视觉、听觉和触觉,能够自动地识别图像、文字、语言,进一步根据感知的信息进行推理分析、直观判断、自学习、自行解决故障和问题。

从科学发展的历史来看,在无人直接参与下通过工业计算机使生产过程或其他过程按期望规律或预定程序进行的控制系统是实现自动化的一种主要手段。

### 1.1.2 典型计算机控制系统的组成

#### 1. 硬件组成

将模拟式自动控制系统中的控制器的功能用计算机来实现,就组成了一个典型的计算机控制系统,如图1-2所示。因此,从这种意义上来说,计算机控制系统就是采用计算机来实现的工业自动控制系统。

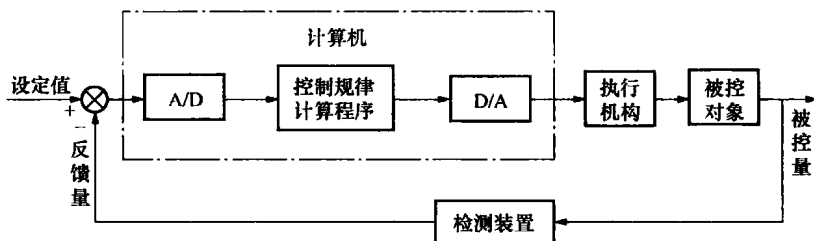


图 1-2 典型计算机控制系统基本框图

在控制系统中引入计算机,可以充分利用计算机的运算、逻辑判断和存储记忆等功能完成多种控制任务。在该系统中,由于计算机只能处理数字信号,因而给定值和反馈量等模拟量要先经过A/D转换器将其转换为数字量,才能输入计算机。当计算机接收了给定量和反馈量后,依照偏差值,按某种控制规律进行运算(如PID运算),计算结果(数字信号)再经过D/A转换器,将数字信号转换成模拟控制信号输出到执行机构,便完成了对系统的控制作用。

典型的计算机控制系统硬件结构如图1-3所示,它一般包括中央处理器,内存存储器,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。

(1) 计算机控制器由中央处理器、时钟电路、内存存储器构成, 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 I/O 接口与 I/O 通道电路向系统发出各种控制命令并协调工作。

(2) 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、数字显示器或触摸屏等。

(3) 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, 它们用来显示、存储、打印、记录各种数据。常用的有打印机、记录仪、显示终端、硬盘及外存储器等。

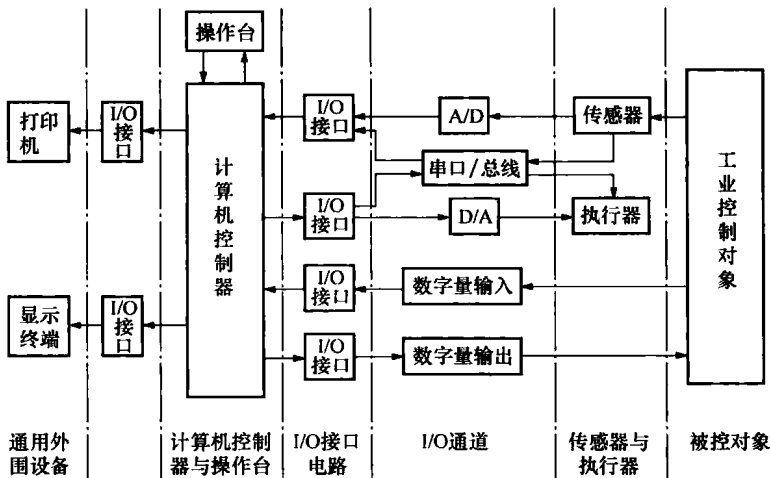


图 1-3 典型计算机控制系统硬件组成框图

(4) 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/总线接口, I/O 通道有模拟量 I/O 通道、数字量 I/O 通道和串口/总线通道。

(5) 传感器的主要功能是将检测到的非电量参数转换成电量参数, 如  $0\sim 5/10\text{V}$ 、 $0/4\sim 20\text{mA}$  等; 常用的执行器有各种电动、液动、气动开关, 电液伺服阀, 交直流电动机, 步进电动机等。

## 2. 软件组成

计算机控制系统的软件是指具有各种功能的计算机程序的总和, 如完成操作、监控、管理、控制、计算和自诊断等功能的程序。整个计算机控制系统在软件指挥下协调工作, 这里主要讲的是应用软件。

应用软件是用户根据要解决的控制问题而编写的各种程序, 如各种数据采集、滤波程序、控制量计算程序、生产过程监控程序等。

由于计算机控制系统的应用软件与计算机控制系统的硬件有很大关联, 因此在实际应用中具有品种多、版本多的特点。

### 1.1.3 计算机控制系统的分类

#### 1. 按照自动控制类型分类

计算机控制系统来源于自动控制系统，因此它的分类也可以分为开环控制系统和闭环控制系统两大类。

##### 1) 开环控制系统

所谓开环控制系统是指控制器按照经验的控制方案对对象或系统进行控制，使被控制的对象或系统能够按照约定来运动或变化，如图 1-4 所示。

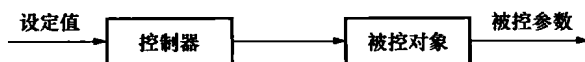


图 1-4 开环控制系统

开环控制是一种很好的控制方案，但是开环系统必须在实施控制之前确定被控对象的准确数学模型和控制方案。开环控制系统的优点是系统结构和控制过程简单、稳定性好、调试方便、成本低；缺点是抗干扰能力差，当受到来自系统内部或外部的各种扰动因素影响而使输出量发生变化时，系统没有自动调节能力，因此控制精度较低。

图 1-5 所示为某电加热开环系统，其控制目标是通过改变自耦变压器滑动端的位置来改变电阻炉的温度，并使其保持在某一温度范围。在本系统中，被控制的设备是电阻炉，被控量是电阻炉的温度。计算机控制器通过 D/A 通道输出电压值  $U_{sp}$  ( $0\sim 10V$ )，经过电压放大器、功率放大器到直流伺服电动机，最后带动变压器调压。由于本系统并未将工件的实时温度送入到计算机控制器中，因此这种控制方式是开环且控制温度的精度相对不高。

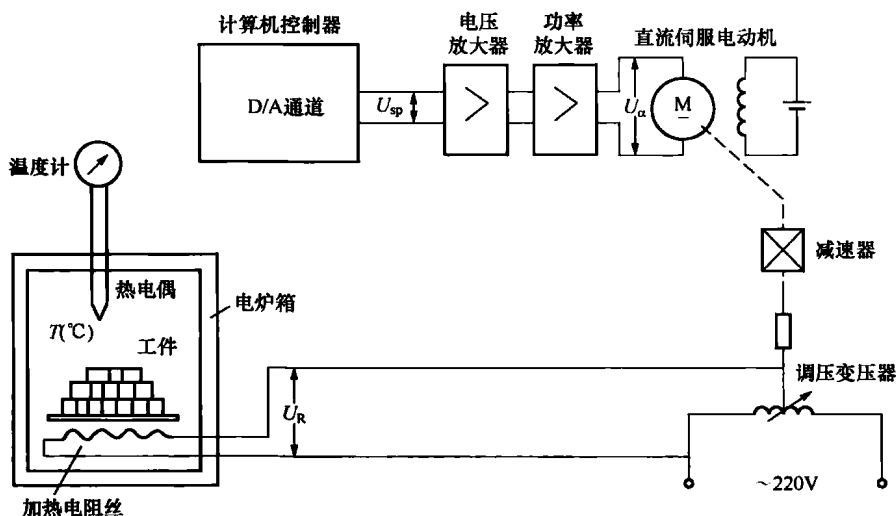


图 1-5 电加热开环系统

由于在控制过程中得不到被控参数的信息，所以开环控制系统一般用于对控制性能

要求不高,系统输入—输出之间的关系固定、干扰较小或可以预测并能进行补偿的场合。

## 2) 闭环控制系统

闭环控制系统的结构如图 1-6 所示,很明显,闭环控制系统较开环控制系统增加了一个比较环节和一个来自被控参数的反馈信号,由于控制器得到被控对象的信息反馈,因此便可实时地对其控制的结果进行检测,并且及时调节其控制量使之达到预期的效果。闭环控制可以适当降低对对象数学模型的准确了解,可以有效地解决一些不确定的随机问题。需要注意的是,由于反馈的存在,一些闭环系统在控制参数和结构设置不合理的情况下,原开环稳定的系统能够变得不稳定。

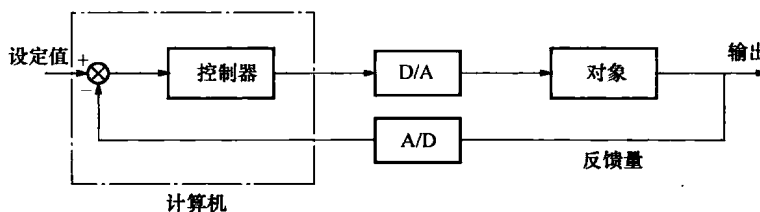


图 1-6 计算机闭环控制系统

图 1-7 所示为某电加热炉的闭环控制系统。图中热电偶将检测到的温度信号  $T$  转变成电压信号  $U_{TT}$  并以反馈形式返回 A/D 通道,根据计算机控制的软件进行 PID 运算,得到偏差电压  $\Delta U$ ,此偏差电压经过电压、功率放大后,改变电动机的转速和方向,并通过减速器带动调压器,实现对炉温的闭环控制。输出量直接(或间接)地反馈到输入端形成闭环,使输出量参与系统的控制,这样的系统称为反馈控制系统,又称为闭环控制系统。在这里,控制装置和被控对象不仅有顺向作用,而且输出端和输入端之间存在反馈关系。

## 2. 按照构成特点分类

计算机控制系统按照构成特点分类,可分为可编程控制器系统(PLC)、集散控制系统(DCS)、现场总线系统(FCS)、工控机控制系统(IPC)等。本书将在后续的章节中专门对这些系统进行介绍。

### 1.1.4 计算机控制技术的典型应用

#### 1. 计算机过程控制系统

用计算机对温度、压力、流量、液面、速度等过程参数进行测量与控制的系统称为计算机过程控制系统。图 1-8 所示的为工业炉计算机控制的典型情况,其燃料为燃料油或者煤气,为了保证燃料在炉膛内正常燃烧,必须保持燃料和空气的比值恒定。图中描述了燃料和空气的比值控制过程,它可以防止空气太多时,过剩空气带走大量热量;也可防止当空气太少时,由于燃料燃烧不完全而产生许多一氧化碳或炭黑。为了保持所需的炉温,将测得的炉温送入计算机计算,进而控制燃料和空气阀门的开度。为了保持炉

膛压力恒定，避免在压力过低时从炉墙的缝隙处吸入大量过剩空气，或在压力过高时大量燃料通过缝隙逸出炉外，同时还采用了压力控制回路，测得的炉膛压力送入计算机，进而控制烟道出口挡板的开度。此外，为了提高工业炉的热效率，还需对其排出的废气进行分析，一般是用氧化锆传感器测量烟气中的微量氧，通过计算而得出其热效率，并用以指导燃烧调节。

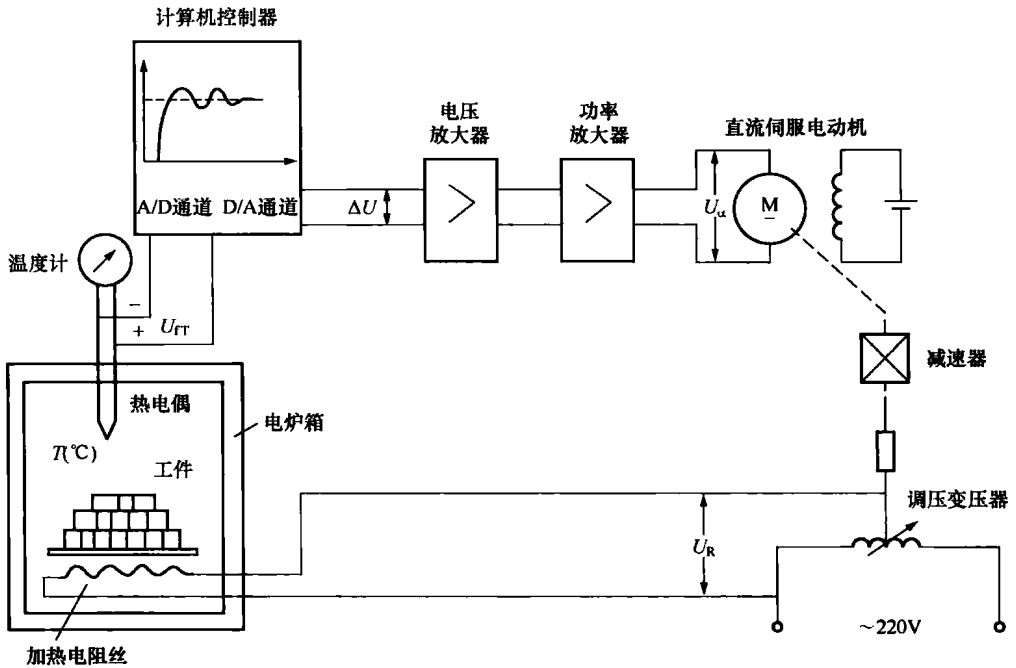


图 1-7 电加热炉闭环系统

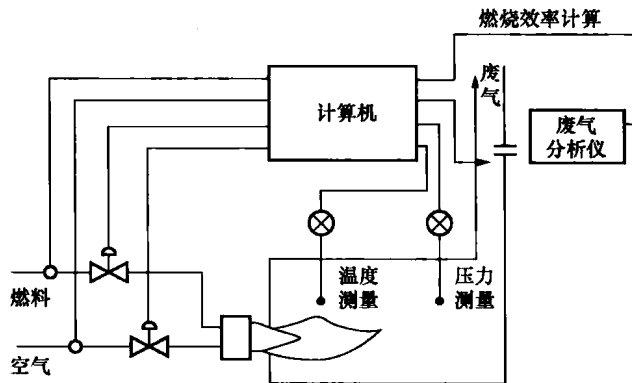


图 1-8 工业炉计算机过程控制

## 2. 微型计算机控制的电动机调速系统

由于微型计算机具有极好的快速运算、信息存储、逻辑判断和数据处理能力，电动机调速系统中的许多控制要求很容易在计算机中实现。例如，变流装置的非线性补偿，

起动和调速时选用不同的控制方式或不同的控制参数，四象限运行时的逻辑切换，在 PWM 逆变器、交—交变频或某些生产机械传动控制中要求的电压、电流基准曲线等。由于采用计算机控制，可大大提高系统的性能。

图 1-9 是计算机控制的双闭环直流调速系统的原理图。其中，晶闸管触发器、速度调节器和电流调节器均由计算机控制实现。

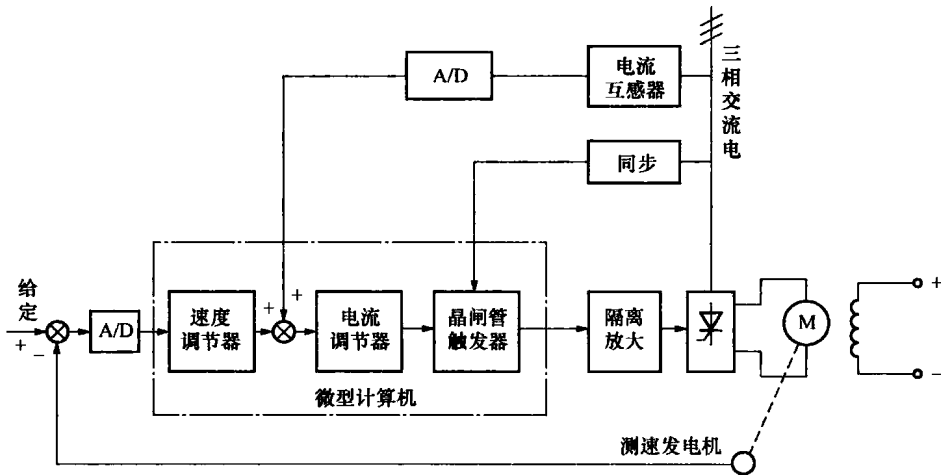


图 1-9 计算机控制的双闭环直流调速系统

### 3. 计算机数字程序控制系统

采用计算机来实现顺序控制和数字程序控制是计算机在自动控制领域中应用的一个重要方面。它广泛地应用于机床控制、生产自动化控制、运输机械控制和交通管理等许多工业自动化控制系统中。

所谓顺序控制是使生产机械或生产过程按预先规定的时序（或现场输入条件等）而顺序动作的自动控制系统，目前这类系统中多采用微处理器构成的可编程控制器（PC 或 PLC）。可编程控制器使用方便、可靠性高、应用广泛。

所谓数字程序控制系统是指能根据输入的指令和数据，控制生产机械按规定的工作顺序、运动轨迹、运动距离和运动速度等规律而自动完成工作的自动控制系统。数字程序控制系统（通常简称数控）一般用于机床控制系统中，这类机床被称为数控机床。

目前，数控系统多采用 16 位或 32 位工业控制微机系统或多微处理器系统控制，它按运动轨迹可以分为点位控制系统和轮廓（轨迹）控制系统。在点位控制系统中，被控机构（如刀具）在移动中不进行加工，对运动轨迹没有具体要求，只要能准确定位即可，它适用于数控钻床、冲床等类机床的控制。在轮廓控制系统中，被控机构按加工件的设计轮廓曲线连续地移动，并在移动中进行加工，最终将工件加工成所需的形状，它适用于数控铣床、车床、线切割机、绣花机等机床和生产机械的控制。

图 1-10 所示的为一个在线、开环、实时的简单机床数字程序控制系统的构成框图。根据所使用的软件，该系统既可以设计成平面点位控制系统，又可设计成平面轮廓控制



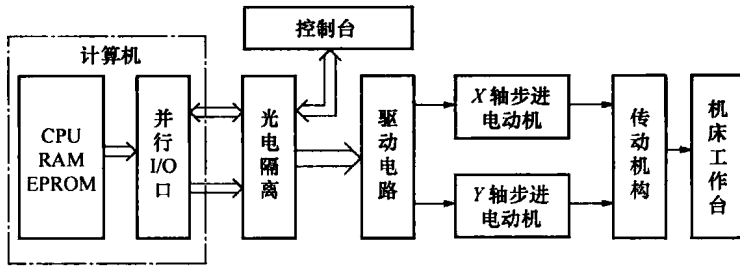


图 1-10 简单机床数字程序控制系统构成框图

系统。图中微型计算机是系统的核心部件，它完成程序和数据的输入、存储、加工轨迹计算和步进电动机控制程序、显示程序、故障诊断程序等控制程序的执行等。

#### 4. 工业机器人

工业机器人是一种应用计算机进行控制的替代人进行工作的高度自动化系统，它主要由控制器、驱动器、夹持器、手臂和各种传感器组成。工业机器人计算机系统能够对力觉、触觉、视觉等外部反馈信息进行感知、理解、决策，并及时按要求驱动运动装置、语音系统完成相应任务。图 1-11 给出了智能机器人的一般结构，它是一个多级的计算机控制系统。可以说，没有计算机，就没有现代的工业机器人。

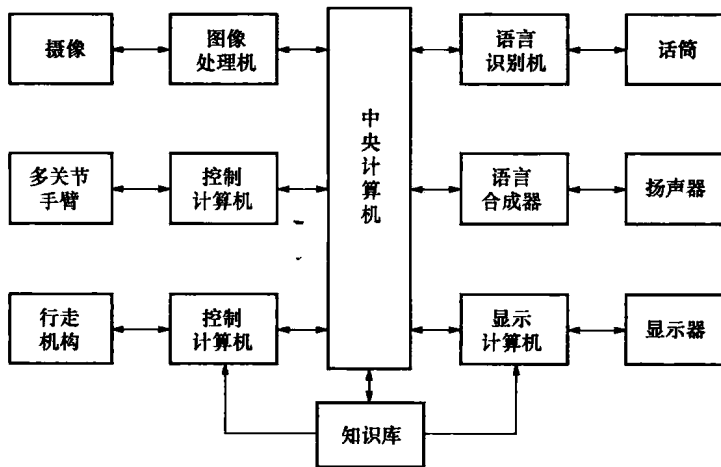


图 1-11 智能机器人的一般结构

## 1.2 离散控制及其应用

### 1.2.1 离散控制理论的引入

#### 1. 连续与离散

自动控制系统按控制系统信号的形式可以分为连续控制系统和离散控制系统，而离