



普通高等教育电气工程与自动化类“十三五”规划教材



“十三五”江苏省高等学校重点教材

Computer Control Technology

计算机控制技术

◎ 陈红卫 主编



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“十三五”规划教材



“十三五”江苏省高等学校重点教材

计算机控制技术

主 编 陈红卫

副主编 袁 伟 叶树霞 李建祯 齐 亮 李 彦

参 编 俞孟蕙 张永林 李 众



机械工业出版社

本书是“十三五”江苏省高等学校重点教材，着重介绍计算机控制系统的概念、结构与组成，理论基础，控制算法，相关技术以及系统设计与应用实例。全书共6章，主要内容以工控机、PLC为控制主机，工业锅炉、船舶可调螺距螺旋桨、大型耙吸式挖泥船等为控制对象构成计算机控制系统，讲述计算机控制理论，常用数字控制技术与先进控制技术，系统设计方法、原则与步骤以及软硬件的具体设计过程。本书内容简明扼要，深入浅出，融入了作者多年教学与工程实践的经验与体会。书中有适量的例题与习题，并对其中部分应用实例在MATLAB环境下进行了仿真。

本书可作为普通高等院校计算机控制技术课程的教材或教学参考书，也可作为从事计算机控制系统设计的工程技术人员的参考书。

本书配有免费电子课件，欢迎选用本书作教材的老师发邮件到jinacmp@163.com索取，或登录www.cmpedu.com注册下载。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术 / 陈红卫主编. —北京: 机械工业出版社, 2017.11

“十三五”江苏省高等学校重点教材 普通高等教育
电气工程与自动化类“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-58229-8

I. ①计… II. ①陈… III. ①计算机控制—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第245549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: 吉玲 责任编辑: 吉玲 刘丽敏

责任校对: 潘蕊 封面设计: 张静

责任印制: 常天培

涿州市京南印刷厂印刷

2018年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13.5印张·320千字

标准书号: ISBN 978-7-111-58229-8

定价: 35.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

前 言

随着计算机控制理论与控制技术的不断发展,计算机控制系统在国民经济、社会生活的各个领域得到了广泛的应用。计算机控制技术是电气类、自动化类及仪器类等专业的技术基础课。本书是为普通高等院校计算机控制技术课程的学习者以及从事计算机控制系统设计的工程技术人员而编写的。

本书以工控机、PLC 为控制主机,工业锅炉、船舶可调螺距螺旋桨、大型耙吸式挖泥船等为控制对象构成计算机控制系统,从最基本的概念入手,引导读者逐步掌握计算机控制系统的理论知识,掌握 PID 控制、模糊控制以及神经网络控制等算法,掌握计算机控制系统的设计方法、原则与步骤,具备设计具体控制对象的计算机控制系统的初步能力,了解计算机控制系统中发展的新技术。

全书共 6 章,包括绪论,计算机控制系统的理论基础, PID 控制、纯滞后控制等常用数字控制技术,模糊控制、神经网络控制等先进控制技术,计算机控制系统设计与应用实例。本书特别注意阐明基本概念、方法以及设计中的注意事项;在讲清基本概念与基本方法的基础上,用典型实例说明其方法与应用,以帮助读者加深理解;内容简明扼要、深入浅出,融入了作者多年教学与工程实践的经验与体会。书中有适量的例题与习题,帮助读者巩固和应用所学到的知识。

本书由江苏科技大学陈红卫教授任主编,袁伟、叶树霞、李建祯、齐亮、李彦任副主编。参加本书编写工作的还有俞孟蕙、张永林以及李众。

本书在编写和出版过程中得到了许多领导、同行及学生的帮助,特别是上海海事大学虞旦老师的帮助。他们为本书提出了许多宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了有关作者的书籍,在此谨表谢意。

由于编者的水平有限,加上时间仓促,书中疏漏与不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
于镇江

目 录

前 言	
第 1 章 绪论	1
1.1 计算机控制系统的基本概念	1
1.1.1 开环控制与闭环控制	1
1.1.2 计算机控制系统的含义	2
1.2 计算机控制系统的组成	3
1.2.1 计算机控制系统的硬件构成	3
1.2.2 计算机控制系统的软件构成	4
1.3 计算机控制系统的典型类型	5
1.3.1 操作指导控制系统	5
1.3.2 直接数字控制系统	6
1.3.3 监督控制系统	6
1.3.4 集散控制系统	7
1.3.5 现场总线控制系统	8
1.4 计算机控制系统的发展概况与趋势	9
1.4.1 计算机控制系统的发展概况	9
1.4.2 计算机控制系统的发展趋势	10
习 题	13
第 2 章 计算机控制系统的理论基础	14
2.1 连续系统数学模型的表示方法	14
2.1.1 控制系统数学模型及其类型	14
2.1.2 建立数学模型的方法	15
2.1.3 控制系统中基本环节的传递函数	17
2.1.4 控制系统的结构图及其等效变换	18
2.1.5 反馈控制系统的传递函数	20
2.2 连续信号的离散化	21
2.2.1 信号的采样与恢复	21
2.2.2 采样周期的选择	22
2.3 Z 变换与反变换	23
2.3.1 Z 变换的定义	23
2.3.2 Z 变换方法	23
2.3.3 Z 变换的基本定理	25
2.3.4 Z 反变换	27
2.4 离散系统与差分方程	28

2.4.1	离散系统	28
2.4.2	差分方程	29
2.4.3	差分方程求解	29
2.5	离散系统的传递函数	31
2.5.1	Z 传递函数的定义	31
2.5.2	Z 传递函数的求法	31
2.5.3	开环 Z 传递函数	32
2.5.4	闭环 Z 传递函数	33
2.6	计算机控制系统的性能分析	34
2.6.1	计算机控制系统的稳定性分析	34
2.6.2	计算机控制系统的稳态误差分析	37
2.6.3	计算机控制系统的响应特性分析	38
	习 题	41
第 3 章	常用数字控制技术	43
3.1	最少拍数字控制	43
3.1.1	最少拍数字控制系统的设计	43
3.1.2	最少拍无纹波控制系统的设计	46
3.2	模拟化设计方法	47
3.2.1	模拟设计的步骤	47
3.2.2	$D(s)$ 离散化成 $D(z)$ 的方法	48
3.3	PID 控制	51
3.3.1	模拟 PID 控制	52
3.3.2	数字 PID 控制	52
3.3.3	改进的数字 PID 控制	54
3.3.4	数字 PID 控制器的参数选定	58
3.3.5	数字 PID 控制器应用实例	61
3.4	纯滞后控制	64
3.4.1	史密斯 (Smith) 预估控制	64
3.4.2	大林 (Dahllin) 算法	68
3.5	串级控制	73
3.5.1	串级控制系统的结构和特点	73
3.5.2	串级控制算法	75
3.5.3	串级控制系统的设计	75
3.6	前馈-反馈控制	76
3.6.1	前馈-反馈控制的概念	76
3.6.2	前馈-反馈控制系统的原理和结构	76
3.6.3	数字前馈-反馈控制算法	78
3.7	解耦控制	79
3.7.1	耦合控制系统	79

3.7.2	解耦控制原理	80
3.7.3	数字解耦控制算法	81
	习 题	82
第 4 章	先进控制技术	83
4.1	概述	83
4.2	模糊控制技术	84
4.2.1	模糊控制的数学基础	85
4.2.2	模糊控制原理	87
4.2.3	模糊控制器	87
4.2.4	模糊控制算法仿真	93
4.2.5	模糊控制算法应用实例	96
4.3	预测控制技术	98
4.3.1	预测模型	99
4.3.2	预测控制算法	105
4.3.3	预测控制算法仿真	111
4.4	神经网络控制技术	112
4.4.1	神经网络基础	113
4.4.2	神经网络控制	118
4.4.3	神经网络算法仿真	121
	习 题	124
第 5 章	计算机控制系统的设计	126
5.1	设计原则与步骤	126
5.1.1	设计原则	126
5.1.2	设计步骤	127
5.2	控制主机	129
5.2.1	工业控制计算机	130
5.2.2	可编程序控制器	132
5.3	控制软件开发平台	137
5.3.1	工业组态软件	137
5.3.2	PLC 软件开发环境	140
5.4	工业控制网络	142
5.4.1	控制网络的类型与特点	142
5.4.2	现场总线	142
5.4.3	工业以太网	144
5.5	系统数据预处理技术	145
5.5.1	采样数据的合理性判别与报警	146
5.5.2	数字滤波	146
5.5.3	数值变换	148
5.6	系统抗干扰与可靠性技术	150

5.6.1	干扰来源	151
5.6.2	硬件抗干扰技术	151
5.6.3	系统供电与接地技术	152
5.6.4	软件可靠性技术	156
5.7	硬件与软件的具体设计	157
5.7.1	硬件的具体设计	157
5.7.2	软件的具体设计	160
	习 题	163
第 6 章	计算机控制系统的设计与应用实例	164
6.1	锅炉控制系统	164
6.1.1	锅炉工艺流程	164
6.1.2	锅炉控制对象分析	165
6.1.3	控制规律的选择	166
6.1.4	锅炉控制系统总体设计	168
6.1.5	系统硬件设计	169
6.1.6	检测装置和执行机构	170
6.1.7	系统软件设计	170
6.2	船舶可调螺距螺旋桨控制系统	170
6.2.1	调距桨及其控制方式	171
6.2.2	调距桨航速控制原理	172
6.2.3	调距桨控制系统结构	172
6.2.4	调距桨遥控系统总体设计	173
6.2.5	调距桨遥控系统硬件设计	177
6.2.6	系统软件设计	181
6.3	大型耙吸式挖泥船集成控制系统	188
6.3.1	耙吸式挖泥船集成控制系统概况	188
6.3.2	系统组成和功能	188
6.3.3	系统硬件设计	192
6.3.4	系统软件设计	194
6.4	船舶综合计算机控制系统	198
6.4.1	船舶自动化概述	198
6.4.2	船舶自动化典型产品介绍	199
	习 题	205
	附录	206
	附录 A 常用 Z 变换表	206
	附录 B 典型模糊隶属度函数	207
	参考文献	208

第 1 章 结 论

计算机控制技术是迅速发展的一门综合性技术。它是计算机技术、自动控制技术、微电子技术、自动检测和传感技术、通信技术有机结合与综合发展的产物。计算机具有强大的逻辑判断、计算和信息处理能力，它使自动控制达到新的水平，能极大提高生产过程的自动化程度和系统的可靠性。

计算机控制系统是现代自动化技术的重要内容和具体形式。以计算机为基础的自动控制、辅助管理以及将它们有机集成的计算机综合控制已经成为现代企业拥有先进技术和现代化生产的标志。国务院已经发布了推进“互联网+”行动的指导意见，指出“推动互联网与制造业融合，提升制造业数字化、网络化和智能化水平，加强产业链协作，发展基于互联网的协同制造新模式。”这给计算机控制技术的发展赋予了新内容。

1.1 计算机控制系统的基本概念

1.1.1 开环控制与闭环控制

1. 开环控制

开环控制是根据输入的指令信号，按照事先确定的控制规律，输出相应的控制信号，直接控制执行机构或被控对象工作。在整个控制过程中，被控对象对控制量不产生影响。开环控制系统结构框图如图 1-1 所示，其特点是结构简单，但所能实现的控制动作或控制策略相对单一，控制精度取决于所用的元件及校准的精度，性能相对较差。开环控制结构一般要求被控过程的物理特性、运行规律及其相应的控制策略均简单、明确，且系统不存在扰动或事先已知扰动，因此，开环控制不适合复杂和高精度的被控过程。

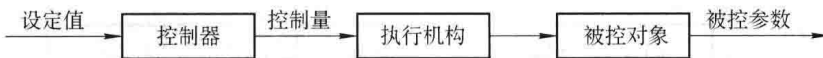


图 1-1 开环控制系统框图

2. 闭环控制

与开环控制结构不同，闭环控制系统的结构框图如图 1-2 所示。图中，传感器对被控对象的被控参数（如温度、压力、流量、转速、位移等）进行测量；变送器完成对被测参数的传感器输出信号的转换工作；变送器的输出信号反馈到控制器的输入端，称为反馈信号；系

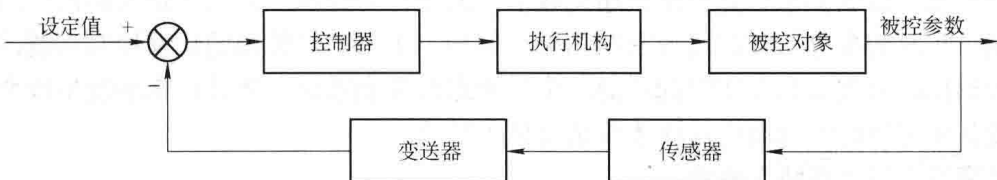


图 1-2 闭环控制系统的结构框图

统的设定值（参考输入或期望输出）与反馈信号进行比较，得到偏差值；控制器根据此偏差值及控制规律输出相应的控制信号；控制信号控制执行机构工作，调整被控参数的值，使被控参数与其设定值尽量保持一致。

3. 控制系统的基本要求

1) 稳定性：系统在平衡状态下，受到外部扰动而偏离平衡状态，当扰动消失后，系统又能够回到平衡状态。稳定性是保证控制系统正常工作的先决条件。

2) 快速性：被控量趋近给定值的快慢程度。它反映系统的过渡过程。

3) 精确性：过渡过程结束后，被控量与给定值的接近程度。即当系统过渡到新的平衡工作状态后，被控量与给定值的偏差的大小。

稳定性和快速性反映系统的动态性能，精确性反映系统的静态性能。

1.1.2 计算机控制系统的含义

计算机控制系统的传统含义就是采用计算机来实现的控制系统，即利用计算机的运算、逻辑判断和记忆等功能，取代开环控制系统中的控制器或闭环控制系统中的控制器和比较环节的自动控制系统。计算机控制系统的现代含义内容非常丰富，它是现代传感技术、网络技术、自动化技术以及人工智能的深度融合与集成，通过感知、人机交互、决策、执行和反馈，实现对被控对象的智能控制。其中的传感器、感应器可以是智能装置，这些智能装置可以嵌入到各种被控对象和环境，通过有线或无线网络加以连接，形成物联网。

与前述的开环控制、闭环控制对应，计算机控制系统也有开环控制和闭环控制之分，但绝大部分采用闭环控制。图 1-3 给出了计算机控制系统开环控制结构与闭环控制结构的两种系统框图。

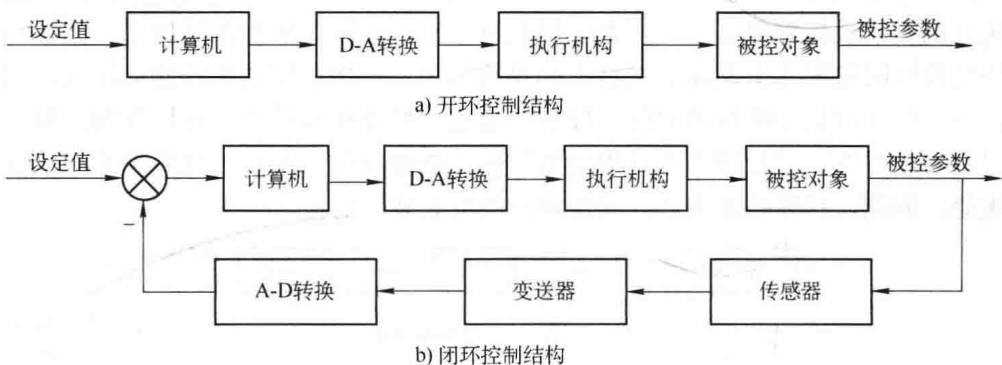


图 1-3 计算机控制系统框图

1. “实时”

计算机控制系统中的“实时”是指信号的输入、分析与处理、输出控制都要在一定的时间内完成。这就要求计算机能快速完成信号的采样与处理，并在一定时间内做出反应或实施控制。实时的概念与被控过程密切相关。例如，一个高炉炼钢的炉温控制系统，在秒级时间内做出反应就被认为是实时的；而一个导弹跟踪控制系统，当目标状态发生改变时，需在毫秒级甚至更短时间内做出反应才被认为是实时的。

2. “离线”与“在线”方式

“离线”方式也称“脱机”方式，是指计算机不直接控制生产过程设备，通过中间记录介

质,依靠人工进行联系并进行相应操作的方式。“离线”方式不能对被控系统进行实时控制。

“在线”方式也称“联机”方式,是指计算机依据输入/输出要求做出决策并直接控制生产过程设备的方式。一个在线系统不一定是实时系统,但一个实时系统必定是在线系统。

3. 控制过程

这里谈到的控制过程是针对实时闭环计算机控制系统的。按顺序不断重复以下3个过程,使整个系统能够按照一定的动态品质指标进行工作,并对被控参数和设备本身出现的异常状态实时监督且实时做出处理。

1) 实时数据采集:对被控参数的瞬时值进行检测并输入。

2) 实时控制决策:对采集到的表征被控参数的状态量进行分析和处理,并根据已定的控制规律,决定将要采取的控制行为。

3) 实时控制输出:在系统规定的时间间隔内,根据决策,适时地对执行机构发出控制信号,完成预定的控制任务。

4. 计算机的作用

1) 信息处理:计算机能完成复杂控制系统中输入信号、反馈信号和偏差信号的信息处理任务。

2) 系统校正:计算机程序能实现对控制系统的校正以保证系统具有所要求的动态特性。

3) 智能控制与计算:计算机具有快速完成复杂的工程计算的能力,可以实现对系统的最优控制、自适应控制等高级控制功能以及多功能计算调节。

4) 信息交互:发送与接收信息的过程称为信息交互。信息交互是网络化、智能化控制系统必不可少的环节。

1.2 计算机控制系统的组成

一般来说,计算机控制系统由计算机系统和被控对象系统两大部分组成,主要包括计算机、操作台、外部设备、输入/输出通道、输入/输出接口、数据通信网络、检测装置、执行机构、被控对象以及相应的软件,如图1-4所示。

1.2.1 计算机控制系统的硬件构成

1. 主机

由中央处理器、时钟电路、内存等构成的计算机主机是组成计算机控制系统的核心部件。它通过接口电路对被控对象进行巡回检测并向系统发出各种控制指令,通过操作台、通用外部设备接收各种指令与参数并输出操作人员所需的信息,通过数据通信网络与其他主机相互交换信息与命令,使控制系统有条不紊地完成数据采集与处理、逻辑判断、控制量计算、超限报警、故障诊断等任务。

2. 通用外部设备

通用外部设备包括打印机、记录仪、显示器、软盘、硬盘等,主要完成数据与状态的打印、记录、显示与储存等功能。

3. I/O 接口与通道

I/O 接口包括并行接口与串行接口。I/O 通道包括模拟量、数字量以及开关量通道,其中

模拟量通道含有 A-D、D-A 转换电路。I/O 接口和通道是计算机主机与被控对象系统之间连接的桥梁。

4. 操作台

操作台是人机对话的联系纽带。操作人员通过操作台可向计算机输入或修改控制参数，发出各种操作指令，也可观察被控对象的状态。

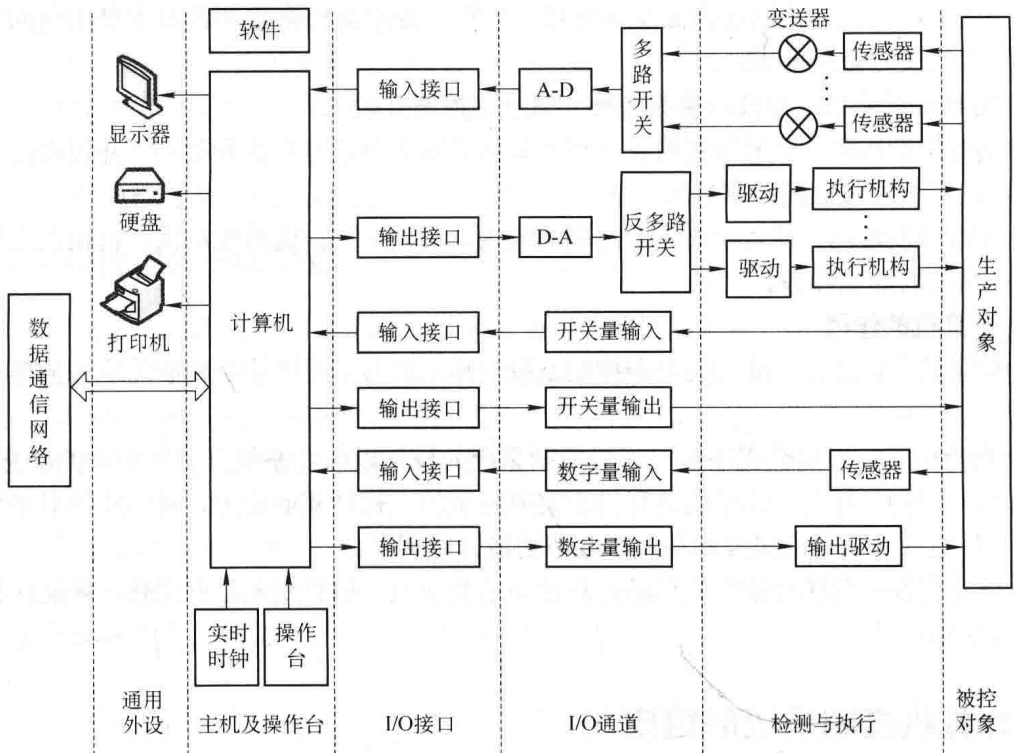


图 1-4 计算机控制系统组成框图

5. 数据通信网络

现代计算机控制系统通常包含数据通信网络，如含有 RS-232、RS-485 等常规通信接口，CANBUS、PROFIBUS 等现场总线和工业以太网。

6. 检测装置

为了对生产过程进行控制，必须先对各种参数（如温度、压力、液位等）进行检测。传感器的主要功能是将非电参数转换成电量信号，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成电信号等。变送器的作用是将传感器得到的电信号转换成统一的标准信号（0~5V 或 4~20mA）。

7. 执行机构

执行机构是一种能提供直线或旋转运动的驱动装置。它有电动、气动、液压传动等几种类型。例如，在水位控制系统中，阀门就是一种执行机构，通过控制阀门就能控制进入容器的水的流量。

1.2.2 计算机控制系统的软件构成

软件是计算机控制系统中不可少的重要组成部分，包括操作、监控、管理、控制、计算、

诊断等各种程序。市场竞争已经证明,没有软件或软件含量低的实体产品是低附加值的产品。整个计算机控制系统是在软件的指挥下进行协调工作的。

1. 系统软件

系统软件是指由计算机制造厂商提供的用于管理计算机本身的资源以及方便用户使用计算机的软件,包括各种语言的汇编、解释和编译软件,监控管理程序,调整程序,自诊断程序,操作系统等。

2. 应用软件

应用软件是指用户根据所要解决的控制问题而编写的各种程序,如 A-D、D-A 转换程序,数据采集程序,数字滤波程序,键盘处理、显示程序,控制量计算程序,生产过程监控程序等。此外,一些功能强大、使用方便的组态软件得到快速发展。组态软件能提高控制系统应用软件的开发效率,缩短研发时间,深受用户的欢迎。

计算机控制系统的应用软件设计已成为计算机科学中的一个独立分支,并逐步规范化、系统化。

1.3 计算机控制系统的典型类型

计算机控制系统的控制方案及组成与控制对象的复杂程度和控制要求密切相关。计算机控制系统可以按功能进行分类,如操作指导控制系统、直接数字控制系统、监督控制系统等;也可按控制规律进行分类,如顺序控制、PID 控制、智能控制等。本节按功能进行分类介绍。

1.3.1 操作指导控制系统

操作指导控制系统又称数据处理系统(Data Processing System),或监测系统,其经典的结构框图如图 1-5 所示。

1) 原理:①根据生产对象的特性,选定构成计算机控制系统的硬件,如传感器、A-D 及其相关电路;②每隔一定的时间启动 A-D 转换电路对生产对象的参数进行采样;③计算机收集系统过程参数,并对收集的参数进行加工、分析、处理;④通过显示终端、打印机等输出设备显示或打印数据、操作信息和报警信息。计算机的输出结果不直接控制生产对象,而是作为操作人员进行必要操作的依据。

2) 特点:计算机不直接参与过程控制,而由操作人员(或其他的控制装置)根据测量结果来改变设定值或者进行必要的操作。由于计算机的输出可以帮助并指导人的操作,因此把这种系统称为操作指导系统。

3) 优点:结构简单,控制灵活安全,特别适用于控制规律不清楚的系统、计算机控制系统设计的初始阶段等。

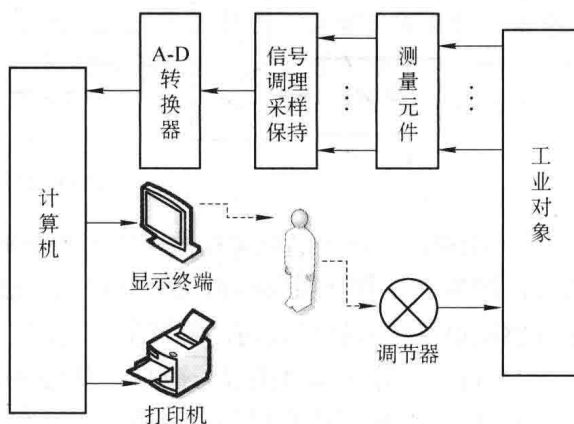


图 1-5 计算机操作指导控制系统框图

目前，小范围监测区域的监测系统仍可使用这种结构实现。更多地可以在这种结构中添加无线通信模块，同时计算机采用单片机或 ARM 系统，可以构成智能传感器节点，由智能传感器节点联网实现大范围区域的远程监测与报警。图 1-6 就是一种较大范围监测区域，本地与远程监测并存系统的结构示例。监测区域内，根据需要布置多种多个智能传感器节点，由智能传感器节点采集监测区域内的各种参数，并经过路由节点将采集到的参数信息汇总至本地监测中心，或经 Internet、GPRS 将监测信息送至远程监测中心或手机及其他终端设备，实现参数的监测与报警功能。

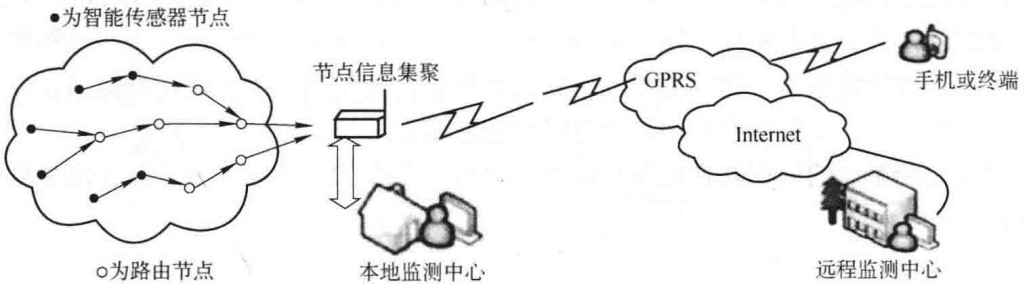


图 1-6 远程监测系统的示例

1.3.2 直接数字控制系统

直接数字控制（Direct Digital Control, DDC）系统是计算机用于工业过程控制最普遍的一种方式，其框图如图 1-7 所示。

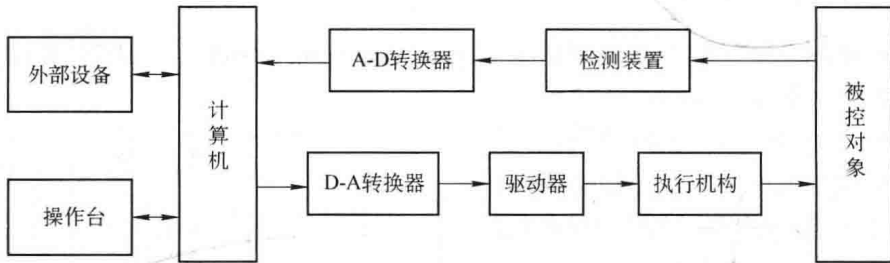


图 1-7 计算机直接数字控制系统框图

1) 原理：一台计算机对被控对象的多个被控参数进行巡回检测，将检测值与设定值进行比较，按照 PID 规律或其他直接数字控制方法进行控制运算，然后输出控制量。控制输出量经过驱动电路带动执行机构，调节生产过程，使得被控参数值稳定在设定值的一定范围内。

2) 特点：计算机直接参与控制，系统经计算机构成了闭环。

3) 优点：利用计算机的分时能力，一台计算机能取代多个模拟调制器，实现多回路的 PID 调节。在不改变系统硬件的条件下，通过修改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。

1.3.3 监督控制系统

计算机监督控制（Supervisory Computer Control, SCC）系统通常有两种结构形式，其框图如图 1-8 所示。

1) 原理: 在 SCC 系统中, 计算机按照描述生产过程的数学模型计算出最佳设定值后, 将最佳设定值送给模拟调节器或 DDC 计算机。模拟调节器或 DDC 计算机依据最佳设定值控制生产过程, 使得生产过程处于最优工作状态。

2) 特点: SCC 系统有 SCC+模拟调节器和 SCC+DDC 系统两种不同的结构形式。

① SCC+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佳设定值, 将最佳设定值送给调节器, 使工况保持在最优状态。SCC+模拟调节器法适合于老旧企业技术改造, 既能使原有的模拟调节器发挥作用, 又能通过计算机实现最佳设定值控制。当 SCC 故障时, 可由模拟调节器独立完成操作。

② SCC+DDC 的控制系统。这是一种二级控制系统。SCC 计算机完成工段、车间等高一级的最优化分析和计算, 给出最佳设定值, 然后将最佳设定值送给 DDC 计算机, DDC 计算机执行过程控制。当 DDC 故障时, 可用 SCC 完成 DDC 的控制功能。

3) 优点: 此类系统结构能根据工作状态的变化来改变设定值, 以实现最优控制。

1.3.4 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), 是由多台计算机分别控制生产过程的不同回路, 同时又可集中获取数据和集中管理的自动控制系统。集散控制系统是控制、计算机、数据通信和屏幕显示技术的综合应用。DCS 既实现了在管理、操作和显示三方面的集中, 又实现了在功能、负荷和危险性三方面的分散, 它在现代化生产过程控制中起着重要的作用。图 1-9 是 DCS 典型的结构形式。

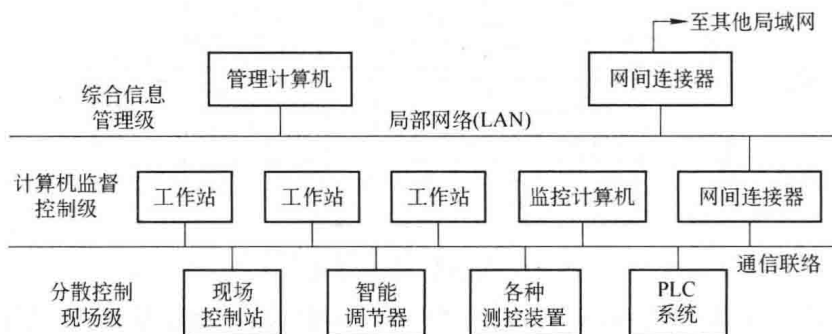


图 1-9 计算机分布式控制系统结构

1) 原理: 系统由若干工作站组成, 每个工作站分别完成数据采集、顺序控制或某一个控制量的闭环控制等任务, 通过高速数据通道把各个分散点的信息集中进行监视和操作, 并接

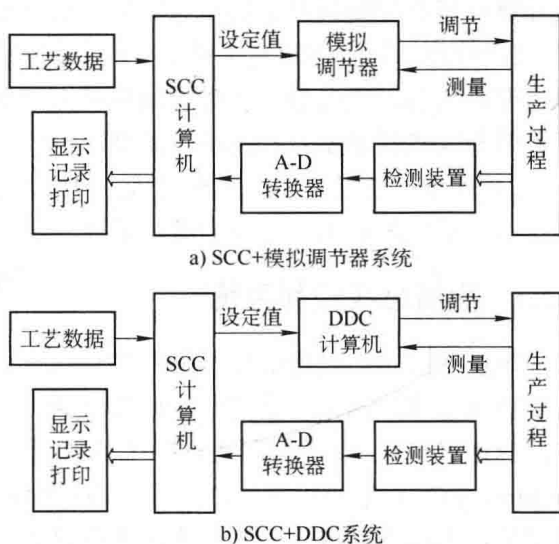


图 1-8 计算机监督控制系统的两种结构

收计算机监督控制级发送的信息。管理级计算机监控整个系统，实现最优化控制。

2) 特点：集散控制系统采用分散控制和集中管理的控制理念与网络化的控制结构，灵活地将控制设备、服务器、基础自动化单元等联系在一起，克服了常规仪表功能单一、控制过于分散和人机联系困难以及单台微型计算机控制系统危险性高度集中的缺点。

3) 优点：通用性强、组态灵活、控制功能完善、数据处理方便、调试方便、运行安全可靠，能够适应工业生产过程的多种需要。

1.3.5 现场总线控制系统

现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。现场总线控制始于 20 世纪 80 年代末，它将计算机网络通信与管理引入了控制领域，并广泛应用于过程自动化、制造自动化、楼宇自动化等领域。现场总线控制系统(Fieldbus Control System, FCS)是应用在生产现场、微机化测量控制设备之间实现双向串行多节点数字通信的系统，也称为开放式、数字化、多点通信的底层控制网络。

1) 原理：FCS 是将现场仪表和控制室仪表连接起来的全数字化、双向、多站的互连通信的控制网络系统。它融合了智能化仪表、计算机控制网络和开放系统互连等技术。FCS 以现场总线为纽带，把挂接在总线上的网络节点组成自动化系统，实现基本控制、补偿计算、参数修改、报警、显示、综合自动化等多项功能，如图 1-10 所示。

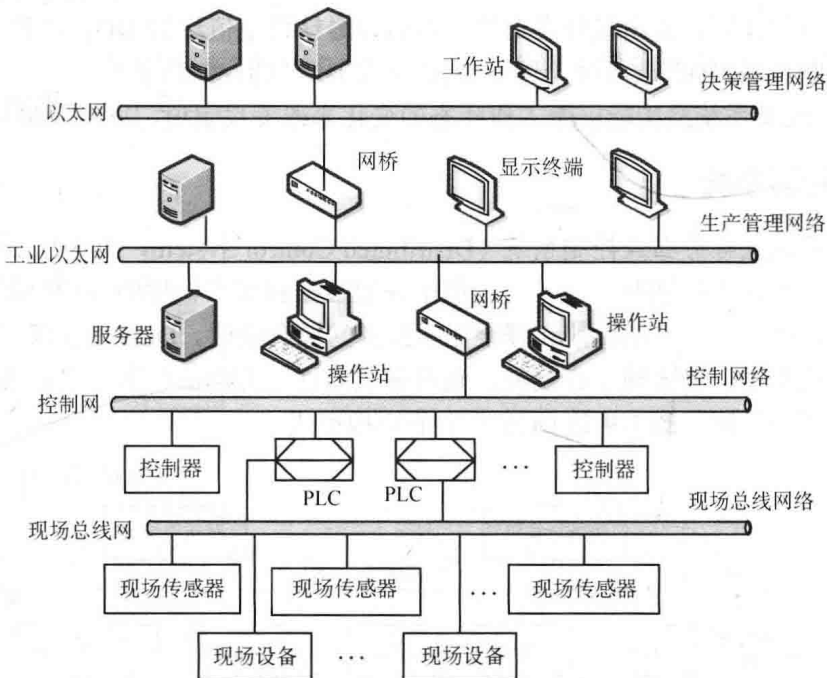


图 1-10 现场总线控制系统结构示意图

2) 特点：FCS 是新一代 DCS，它采用“工作站-现场总线智能仪表”二层结构完成 DCS 中的三层结构功能，降低了系统总成本，提高了可靠性，国际标准统一后可实现真正的开放式互联系统结构。

3) 优点：现场总线技术用数字信号取代模拟信号，提高了系统的可靠性、精确度和抗干扰能力，并延长了信息传输的距离。FCS 废弃了 DCS 的输入/输出单元和控制站，采用现场

设备或者现场仪表取代之。现场设备具有互换性和互操作性,改变了 DCS 控制层的封闭性和专用性,不同厂家的现场设备可互连也可互换,并可以统一组态。开放式互连网络可极为方便地实现数据共享。与 DCS 相比, FCS 能充分发挥上层系统调度、优化、决策的功能,并降低系统投资成本和减少运行费用。如果系统各部分分别选用合适的总线类型,会更有效地降低成本。

1.4 计算机控制系统的发展概况与趋势

20 世纪中期计算机、可编程序控制器的应用使机器不但延伸了人的体力,还延伸了人的脑力,开创了数字控制机器的新时代,使人与机器在空间和时间的分离成为可能。

1.4.1 计算机控制系统的发展概况

回顾工业过程的计算机控制历史,在 20 世纪大致经历了 50 年代的起步期、60 年代的试验期、70 年代的推广期、80 年代和 90 年代的成熟期及进一步发展期。

世界上第一台数字计算机于 1946 年在美国诞生,起初计算机用于科学计算和数据处理,之后,人们开始尝试将计算机用于导弹和飞机的控制。20 世纪 50 年代开始,首先在化工生产中实现了计算机的自动测量和数据处理。1954 年,人们开始在工厂实现计算机的开环控制。1959 年 3 月,世界上第一套工业过程计算机控制系统应用于美国德州一家炼油厂的聚合反应装置,该系统实现了对 26 个流量、72 个温度、3 个压力和 3 个成分的检测及其控制,控制的目标是使反应器的压力最小,确定 5 个反应器进料量的最佳分配,根据催化剂的活性测量结果来控制热水流量以及确定最优循环。

1960 年,在美国的一家合成氨厂实现了计算机监督控制。1962 年,英国帝国化学工业公司利用计算机代替了原来的模拟控制,该计算机控制系统检测 224 个参数变量和控制 129 个阀门,因为计算机直接控制过程变量,完全取代了原来的模拟控制,所以称其为直接数字控制,简称 DDC。DDC 是计算机控制技术发展过程的一个重要阶段,此时的计算机已成为闭环控制回路的一个组成部分。DDC 系统在实际应用中呈现出的与模拟控制系统相比所具有的优点,使人们看到了 DDC 广阔的推广前景,以及它在控制系统中的重要地位,从而对计算机控制理论的研究与发展起到了推动作用。

随着大规模集成电路技术在 20 世纪 70 年代的发展,1972 年生产出了微型计算机,过程计算机控制技术随之进入了崭新的发展阶段,出现了各种类型的计算机和计算机控制系统。另外,现代工业的复杂性,生产过程的高度连续化、大型化的特点,使得局部范围的单变量控制难以提高整个系统的控制品质,必须采用先进控制结构和优化控制等来解决。这就导致了计算机控制系统的结构发生变化,从传统的集中控制为主的系统逐渐转变为集散型控制系统(DCS)。它的控制策略是分散控制、集中管理,同时配合友好、方便的人机监视界面和数据共享。集散式控制系统或计算机分布式控制系统为工业控制系统的水平提高提供了基础。DCS 成功地解决了传统集中控制系统整体可靠性低的问题,从而使计算机控制系统获得了大规模的推广应用。1975 年,世界上几个主要计算机和仪表公司几乎同时推出了计算机集散控制系统,如美国 Honeywell 公司的 TDC-2000 以及后来新一代的 TDC-3000、日本横河公司的 CENTUM 等。如今,DCS 已得到了广泛的工业应用。但是,DCS 不具备开放性、互操作性,