

北京市精品立项教材

计算机控制系统

JISUANJI

KONGZHI XITONG

孙德辉 李志军 史运涛 董哲 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

北京市精品立项教材

计算机控制系统

孙德辉 李志军 史运涛 董哲 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书对计算机控制系统的基本概念、组成原理、设计方法及应用进行了全面和系统的论述, 主要内容包括计算机控制系统概述、计算机控制系统的理论基础、数字 PID 控制器、直接数字控制器、基于状态空间模型的设计方法、模型预测控制、模糊控制与神经网络控制、过程输入输出通道、人机接口与抗干扰技术、微型计算机控制系统的工程设计、工业控制计算机和网络化控制系统。

本书是作者在早期出版的《微型计算机控制系统》和《微型计算机控制技术》基础上, 结合了作者近年来的教学和科研成果, 吸收了国内外先进控制理论、技术和方法编写而成的。本书重视理论联系实际, 列举了大量工程实用技术和应用实例, 可作为自动化、电气工程和计算机应用等专业高年级本科生和研究生的教材, 也可作为广大科研和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制系统 / 孙德辉等编著. —北京: 国防工业出版社, 2010. 4

北京市精品立项教材

ISBN 978-7-118-06738-5

I. ①计... II. ①孙. III. ①计算机控制系统—教材
IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 036854 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
北京嘉恒彩色印刷有限公司
新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 19 1/4 字数 504 千字
2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 36.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422
发行传真: (010) 68411535

发行邮购: (010) 68414474
发行业务: (010) 68472764

前 言

本书是作者在早期出版的《微型计算机控制系统》和《微型计算机控制技术》基础上,综合了近年来作者在北方工业大学现场总线技术及自动化北京市重点实验室的科研成果,吸收了国内外先进控制理论、技术和方法,经过反复修改和总结编著定稿的。本书被评为北京市精品立项教材。

本书系统地阐述了计算机控制系统的组成原理、控制结构、设计方法和实现方法,重视理论联系实际,重视解决工程实际中出现的问题。在编写过程中,本书尽量做到重点突出、层次分明、条例清晰,并列举了大量工程实用技术和应用实例,建立了一套比较完整、科学和实用的计算机控制系统分析、设计和实现的基本体系。

全书共 12 章。第 1 章是对计算机控制系统的简要概述,包括计算机控制系统组成、结构、特点、分类与发展前景等。第 2 章讲述了计算机控制系统的理论基础,包括计算机控制系统的信号变换、数学描述方法、脉冲传递函数及其系统分析等。随后的几章介绍了几种数字控制器的设计方法:第 3 章是数字 PID 控制,包括基本 PID 算法、改进 PID 算法、PID 参数整定方法以及自抗扰控制器;第 4 章是直接数字控制器,包括控制器的设计原理、最少拍控制、大林算法以及控制器的实现方法;第 5 章是基于状态空间模型的设计方法,包括状态空间模型描述、能控性、能观性与稳定性分析、状态反馈控制、状态观测器设计与最优二次型控制等内容;第 6 章是模型预测控制,包括模型预测控制的基本原理和几种典型的预测控制方法;第 7 章是模糊控制和神经网络控制,包括模糊控制原理、模糊 PID 控制、神经网络控制和单神经元 PID 控制方法。第 8 章~第 10 章介绍了计算机控制的技术实现问题:第 8 章是过程输入输出通道,包括模拟量输入通道、模拟量输出通道、数字量输入通道、数字量输出通道以及通道中隔离电路的设计;第 9 章是人机接口技术,包括各种信息输入、输出装置以及键盘显示器的典型接口电路;第 10 章是抗干扰技术,包括计算机控制系统中干扰的来源和分类以及抗干扰的措施。第 11 章讲述了微型计算机控制系统的工程设计,包括设计的方法和步骤以及全数字位置伺服系统、全数字双闭环直流调速系统、恒压调速供水系统、数字呼吸机控制系统等四个应用实例。第 12 章介绍了工业控制计算机和网络化控制系统,包括工控机系统、集散控制系统和现场总线控制系统等内容。本书第 1 章~第 4 章、第 8 章、第 11 章由孙德辉教授编写,第 5 章~第 7 章由李志军副教授编写,第 9 章、第 10 章、第 12 章由史运涛副教授编写,刘大千、李月恒参与了编写和修订。

本书可以作为自动化、电气工程和计算机应用等专业高年级本科生和研究生的教材,也可作为广大科研和工程技术人员的参考书。

由于作者水平有限,书中内容难免存在一些缺点和不足,殷切希望广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 计算机控制系统概述..... 1

1.1 计算机控制系统的组成、结构与特点..... 1

1.1.1 计算机控制系统的组成..... 1

1.1.2 计算机控制系统的结构..... 2

1.1.3 计算机控制系统的特点..... 3

1.2 计算机控制系统的分类..... 3

1.2.1 计算机操作指导控制系统..... 3

1.2.2 直接数字控制系统..... 4

1.2.3 监督计算机控制系统..... 4

1.2.4 集散控制系统..... 5

1.2.5 现场总线控制系统..... 5

1.2.6 计算机集成制造控制系统..... 6

1.3 计算机控制系统的发展前景..... 7

1.3.1 开放化..... 7

1.3.2 小型化..... 7

1.3.3 智能化..... 7

第 2 章 计算机控制系统的理论基础..... 8

2.1 计算机控制系统的信号变换..... 8

2.1.1 信号的种类..... 8

2.1.2 A/D 转换器与采样定理..... 9

2.1.3 D/A 转换器与保持器..... 14

2.1.4 计算机控制系统的简化
结构图..... 16

2.2 线性离散控制系统的数学描述 方法..... 16

2.2.1 差分方程..... 17

2.2.2 Z 变换..... 17

2.2.3 Z 变换的基本定理..... 21

2.2.4 Z 反变换..... 22

2.2.5 用 Z 变换解差分方程..... 25

2.3 脉冲传递函数..... 27

2.3.1 脉冲传递函数的定义..... 27

2.3.2 脉冲传递函数的求法..... 27

2.3.3 离散系统结构图的等效
变换..... 29

2.4 线性离散控制系统的稳定性与 稳态误差..... 32

2.4.1 稳定性..... 32

2.4.2 稳态误差..... 35

第 3 章 数字 PID 控制器..... 37

3.1 数字控制器的设计方法..... 37

3.1.1 计算机控制系统的等效
结构图..... 37

3.1.2 数字控制器的间接设计
方法..... 38

3.2 PID 控制算法..... 43

3.2.1 模拟 PID 控制器..... 43

3.2.2 数字 PID 控制器..... 45

3.3 PID 算法的几种改进形式..... 47

3.3.1 带有死区的 PID 控制算法..... 47

3.3.2 抗积分饱和的 PID 算法..... 48

3.3.3 不完全微分的 PID 控制
算法..... 49

3.3.4 对象具有纯滞后的 PID
控制..... 52

3.4 PID 控制器的参数整定..... 53

3.4.1 经验法..... 53

3.4.2 试凑法..... 53

3.4.3 扩充临界比例带法..... 54

3.4.4 扩充阶跃响应法..... 55

3.4.5	参数寻优方法	56	5.2.3	稳定性	88
3.4.6	自整定 PID 算法	57	5.3	状态反馈控制	91
3.5	自抗扰控制器	57	5.3.1	状态反馈	91
3.5.1	PID 控制器的缺点	57	5.3.2	极点配置	92
3.5.2	自抗扰控制器的结构	58	5.4	状态观测器	93
3.5.3	仿真实例	62	5.4.1	开环估计器	93
第 4 章	数字控制器的直接设计方法	63	5.4.2	闭环状态观测器	94
4.1	直接设计法的原理与步骤	63	5.4.3	带有状态观测器的状态 反馈系统	96
4.2	最少拍系统设计	64	5.5	线性二次型最优控制	97
4.2.1	最少拍系统 $D(z)$ 的设计	64	5.5.1	性能指标	97
4.2.2	最少拍系统的调整时间	65	5.5.2	离散系统的无限时间二次型 最优控制	98
4.2.3	数字控制器的可实现条件	68	5.5.3	离散系统的有限时间二次型 最优控制	98
4.2.4	最少拍系统的稳定性	68	第 6 章	模型预测控制	99
4.3	最少拍无纹波系统设计	71	6.1	MPC 的基本原理	99
4.4	大林算法	73	6.1.1	MPC 的内部结构	99
4.4.1	大林算法的基本形式	73	6.1.2	一个简单的例子	101
4.4.2	振铃的强弱及振铃的消除 方法	74	6.2	典型的模型预测控制算法	103
4.5	数字控制器 $D(z)$ 的实现	76	6.2.1	动态矩阵控制	103
4.5.1	直接程序设计法	76	6.2.2	模型算法控制	107
4.5.2	串行程序设计法	77	6.2.3	广义预测控制	109
4.5.3	并行程序设计法	78	第 7 章	模糊控制与神经网络控制	114
第 5 章	基于状态空间方程的设计方法	80	7.1	模糊数学基础	114
5.1	离散时间系统的状态空间描述	80	7.1.1	模糊集合与模糊关系	114
5.1.1	由差分方程建立离散状态 空间方程	80	7.1.2	模糊推理	116
5.1.2	由脉冲传递函数建立离散 状态空间方程	82	7.2	模糊控制的基本原理	118
5.1.3	线性连续系统的离散化	85	7.2.1	模糊化	118
5.1.4	离散状态方程求解	86	7.2.2	知识库	119
5.1.5	线性离散系统的传递矩阵 和特征方程	86	7.2.3	模糊推理与解模糊化	121
5.2	离散时间系统的能控性、能观性 与稳定性	87	7.2.4	模糊控制的应用实例	122
5.2.1	能控性及其判据	87	7.3	模糊控制与 PID 的结合	123
5.2.2	能观性及其判据	88	7.3.1	模糊 - PID 复合控制	123
			7.3.2	模糊自适应 PID 控制	124
			7.4	神经网络基础	125

7.4.1	神经元数学模型	125	9.3.1	发光二极管显示器及 接口电路	181
7.4.2	神经网络的结构	126	9.3.2	液晶显示器及接口电路	186
7.4.3	神经网络的学习规则	127	9.3.3	图形显示器	188
7.4.4	典型前向神经网络 (BP 网络)	128	9.3.4	微型打印机	190
7.5	单神经元 PID 控制	130	9.4	触摸屏	193
第 8 章	过程输入输出通道	133	9.4.1	触摸屏的工作原理	193
8.1	模拟量输入通道	133	9.4.2	触摸屏的三个基本技术 特性	194
8.1.1	传感器	134	9.4.3	触摸屏的主要类型	194
8.1.2	信号处理	140	9.5	键盘显示器典型接口电路	196
8.1.3	多路转换开关	141	9.5.1	串行口硬件译码键盘显示器 接口	196
8.1.4	放大器	143	9.5.2	8279 键盘显示器接口	198
8.1.5	采样保持器	145	9.5.3	8279 键盘显示器应用及 编程方法	202
8.1.6	模数(A/D)转换器	147	第 10 章	抗干扰技术	205
8.2	模拟量输出通道	152	10.1	计算机控制系统干扰的来源 及分类	205
8.2.1	数模转换器	153	10.1.1	干扰的来源	205
8.2.2	电压/电流变换器	158	10.1.2	干扰的分类	206
8.3	数字量输入通道	159	10.2	几种主要干扰的抑制方法	207
8.3.1	开关量输入通道	160	10.2.1	电源噪声的抑制	207
8.3.2	脉冲量输入通道	160	10.2.2	过程通道的干扰 抑制	210
8.3.3	中断输入通道	161	10.2.3	接地技术	213
8.4	数字量输出通道	161	10.2.4	布线的抗干扰技术	216
8.4.1	功率开关驱动	162	10.2.5	CPU 抗干扰技术	218
8.4.2	开关执行器	163	第 11 章	微型计算机控制系统的工程 设计	226
8.5	通道中的隔离电路	165	11.1	微型计算机控制系统设计的 方法和步骤	226
8.5.1	数字隔离电路	165	11.1.1	系统工程设计的基本 要求	226
8.5.2	模拟隔离放大器	166	11.1.2	系统设计的特点	227
第 9 章	人机接口技术	168	11.1.3	确定系统总体控制方案	227
9.1	概述	168			
9.2	信息输入装置	169			
9.2.1	电位器输入装置	169			
9.2.2	拨码盘输入装置	169			
9.2.3	键盘输入装置	171			
9.2.4	鼠标输入装置	176			
9.2.5	扫描仪输入装置	179			
9.3	信息输出装置	180			

11.1.4	建立系统的数学模型并 确定控制算法	227	11.5.2	控制器单元硬件设计	257
11.1.5	微型机与接口电路的 选择	228	11.5.3	控制器软件设计	261
11.1.6	系统总体设计	228	第 12 章	工控机系统与网络化控制 系统	269
11.2	全数字位置随动系统设计	230	12.1	工控机系统	269
11.2.1	系统基本单元设计	230	12.1.1	工控机系统的组成	269
11.2.2	数字触发器设计	233	12.1.2	工控机的结构	270
11.2.3	数字控制器设计	240	12.1.3	工控机的 I/O 接口信号 模板	271
11.2.4	系统的主程序框图及 程序清单	240	12.1.4	工控机的应用实例	276
11.3	全数字双闭环直流调速系统 设计	242	12.2	集散控制系统	277
11.3.1	系统组成原理	242	12.2.1	DCS 的基本结构	277
11.3.2	系统各单元设计	243	12.2.2	DCS 的硬件构成	279
11.3.3	系统动态参数计算	248	12.2.3	DCS 的软件构成	280
11.3.4	系统软件设计	249	12.2.4	DCS 的网络构成	283
11.4	微机控制的恒压调速供水 系统设计	250	12.3	现场总线控制系统	287
11.4.1	系统主要单元设计	250	12.3.1	现场总线概述	287
11.4.2	系统软件设计	254	12.3.2	FCS 的技术特点	289
11.5	数字式呼吸机控制器设计	255	12.3.3	几种有影响的现场总线	291
11.5.1	控制器组成原理	256	附录	PID 计算程序	294
			参考文献	300	

第 1 章 计算机控制系统概述

计算机控制系统是以计算机为核心部件的自动控制系统或过程控制系统。在控制工程中,它已经取代了传统的模拟检测、调节、显示、记录等仪器设备,成为了控制系统的主流。计算机控制系统集成了计算机、自动控制、网络通信等多种技术,具有高级的信息处理方法与控制方法,能够完成各种过程控制、操作管理等任务,在各行各业中得到了广泛应用。本章将概述计算机控制系统的结构特点、分类与发展前景。

1.1 计算机控制系统的组成、结构与特点

1.1.1 计算机控制系统的组成

计算机控制系统的组成如图 1-1 所示,其中计算机是控制系统的核心,通常是专用的工业控制计算机,也可以采用一般的计算机或单片机,这里的工业对象是广义的,包括被控对象、测量变送装置、执行机构、电气开关等,被控对象可以是开关量,也可以是模拟量。计算机控制系统由硬件和软件两部分组成,硬件是指计算机及外围设备实体,软件是指管理计算机的程序以及过程控制的应用程序。

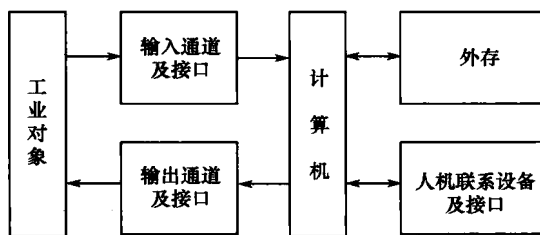


图 1-1 计算机控制系统的组成

1. 硬件

硬件包括计算机、过程输入输出通道及接口、人机联系设备及接口、外部存储器等。计算机的关键部件是中央处理器(CPU),CPU 通过接口接收人的指令和工业对象的各种参数,并向系统各部分发送各种命令数据,完成巡回检测、数据处理、控制计算、逻辑判断等工作。

过程输入通道把工业对象的参数转换成计算机可以接受的数字信号,过程输出通道及接口把计算机处理结果转换成可以对被控对象进行控制的信号。过程输入输出通道既可以传输数字量信号,也可以传输模拟量信号。

人机联系设备及接口包括显示操作台、屏幕显示器(CRT)或数码显示器、键盘、打印机、记录仪等,它们是操作人员和计算机进行联系的工具。

外部存储器(外存)包括磁盘、光盘、磁带,主要用于存储系统大量的程序和数据。它是内存容量的扩充,可根据要求决定外存的选用。

2. 软件

软件是能够完成各种功能的计算机程序的总和,由系统软件和应用软件组成。系统软件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,具有一定的通用性,包括操作系统、程序设计软件、编译软件、系统诊断软件等。

应用软件是根据用户要解决的实际问题而编写的各种程序,包括控制程序、数据采集及处理程序、巡回检测程序和数据管理程序等。

在常规模拟控制系统中,系统的控制规律是用硬件电路实现的,改变控制规律需要改变硬件;而在计算机控制系统中,控制规律程序化了,改变控制规律和被控参数,只需改变程序即可。

1.1.2 计算机控制系统的结构

与传统的控制系统类似,计算机控制系统也可分为开环控制和闭环控制两种结构,采用哪种控制结构取决于被控对象的类型以及对控制性能的要求。一般来讲,开关量(顺序)控制采用开环控制结构,模拟量控制采用闭环控制结构;对控制性能要求低的控制系统可采用开环控制结构,对控制性能要求高的系统采用闭环控制结构。

1. 开环控制结构

开环控制结构,是指控制系统按照给定的输入信号对被控对象进行单向控制而没有对被控对象进行测量和反馈,或者只进行数据采集与测量而不直接参与控制的控制方式,如图1-2所示的计算机顺序控制和图1-3所示的计算机数据采集及处理系统。顺序控制只根据人们事先设计的逻辑关系驱动执行机构动作,完成设定的工序;数据采集及处理系统只对被控制对象的各物理量经计算机处理后进行显示和打印,给操作者提供参考值,两者都不形成回路,因此属于开环控制。在实际工业应用中,自动机床、自动洗衣机、公路交通管理系统、铁路信号检测系统等,都是开环控制系统。

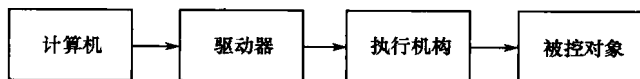


图 1-2 计算机顺序控制系统结构图

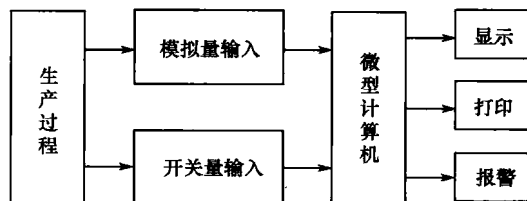


图 1-3 计算机数据采集与处理系统结构图

2. 闭环控制结构

对于按偏差进行调节的传统模拟闭环负反馈控制系统,如果把控制器用计算机来代替,就构成了计算机闭环控制系统,如图1-4所示。计算机把通过测量元件、变送单元和A/D转换接口送来的数字信号,直接反馈到输入端与设定值进行比较,然后对其偏差按某种控制算法进行计算,所得数字量输出信号经D/A转换接口直接驱动执行装置,对控制对象进行调节,使其保持在设定值上。

计算机闭环控制系统的工作过程可归纳为以下三个步骤:①实时数据采集,对来自测量元件和变送单元的被控量的瞬时值进行检测和输入;②实时数据处理,对采集到的被控量进行分析和

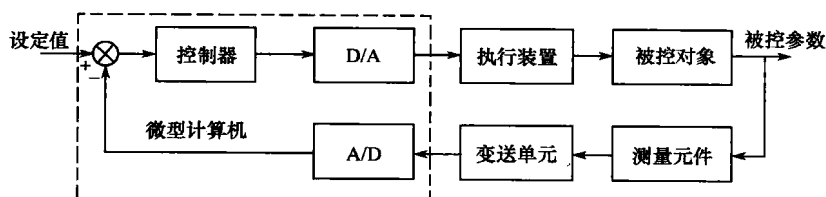


图 1-4 计算机闭环控制结构

处理,按一定的控制规律运算,进行控制决策;③实时控制输出,根据控制决策,适时地对执行装置发出控制信号,完成工作任务。工程实际中上述过程不断重复。“实时”,是指信号的输入、运算处理和输出能在一定的时间内完成,即要求计算机对输入信号要以足够快的速度进行测量与处理,并在一定的时间内作出反应或产生相应的控制。超过这个时间,就会失去控制时机。“实时”概念不能脱离具体过程,如炼钢的炉温控制,由于时间惯性很大,输出延迟几秒仍然是“实时”的;而轧钢机的拖动电机控制,一般需在几毫秒或更短的时间内完成对电流的调节,否则,电流失控将造成事故。

1.1.3 计算机控制系统的特点

与传统的模拟控制系统相比,计算机控制系统有如下突出特点:

(1)技术集成和系统复杂程度高。计算机控制系统是计算机、控制、通信、电子等多种高新技术的集成,是理论方法和应用技术的结合。由于信息量大、速度快和精度高,因此能实现复杂的控制规律,从而达到较高的控制质量。计算机控制系统实现了常规系统难以实现的多变量控制、智能控制、参数自整定等。

(2)可靠性高和可维护性好,这两个因素决定着系统的可用程度。由于采取有效的抗干扰、冗余、可靠性技术和系统的自诊断功能,计算机控制系统的可靠性高,而且可维护性好。如有的工控机,一旦出现故障,能迅速指出故障点和处理办法,便于立即修复。

(3)环境适应性强。工业环境恶劣,要求工业控制机适应高温、高湿、腐蚀、振动、冲击、灰尘等环境。工业环境电磁干扰严重,供电条件不良,一般的工业控制机有较高的电磁兼容性。

(4)控制的多功能性。计算机控制系统具有集中操作、实时控制、控制管理、生产管理等多种功能。

(5)应用的灵活性。由于软件功能丰富,编程方便和硬件体积小,重量轻以及结构设计上的模块化、标准化,系统在配置上有很强的灵活性。如一些工控机有操作简易的结构化、组态化控制软件,硬件的可装配性、可扩充性也很好。

此外技术更新快、信息综合性强、内涵丰富、操作便利等,也都是计算机控制系统的一些特点。

1.2 计算机控制系统的分类

计算机控制系统种类繁多,命名方法也各有不同。根据应用特点、控制功能和系统结构,计算机控制系统主要可分为六种类型:计算机操作指导控制系统、直接数字控制系统、监督计算机控制系统、集散型控制系统、现场总线控制系统,计算机集成制造系统。

1.2.1 计算机操作指导控制系统

计算机操作指导控制系统(ODC)的结构如图 1-5 所示。该系统属于图 1-4 所示的数据采

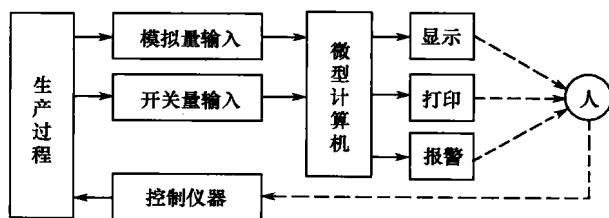


图 1-5 计算机操作指导控制系统的结构

集与处理系统。生产过程需要收集的参数,经多路模拟量输入、多路数字量输入送进微机,进行数据采集和分析处理,并将采集处理的数据以一定的形式显示或打印出来并可以在存储器中保存,当出现异常时发出声光报警。这种系统中的微机不直接参与影响生产的过程控制,仅为操作人员提供指导信息,供操作人员参考。操作人员根据计算机的指导,通过控制仪表对生产过程进行控制。

1.2.2 直接数字控制系统

直接数字控制(Direct Digital Control)系统,简称 DDC 系统,一般为在线实时系统,结构如图 1-6 所示。

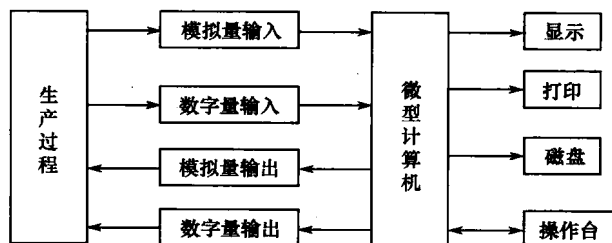


图 1-6 直接数字控制系统结构图

计算机通过模拟量输入通道及接口 AI,数字开关量输入通道及接口 DI 进行实时数据采集,然后按已设定的控制规律进行实时控制决策,最后通过模拟量输出通道及接口 AO、数字开关量输出通道及接口 DO 输出控制信号,实现对生产过程的直接控制。DDC 属于计算机闭环控制系统,是计算机在工业生产过程中的最普遍的一种应用方式。为提高利用率,一台计算机有时要控制几个或几十个回路。

1.2.3 监督计算机控制系统

监督计算机控制(Supervisory Computer Control)系统,简称 SCC 系统,系统结构如图 1-7 所示。

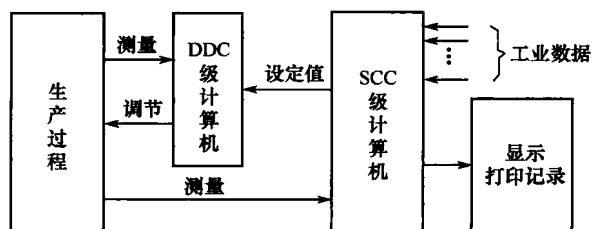


图 1-7 监督计算机控制系统结构图

SCC 系统是一种两级计算机控制系统,其中 DDC 级计算机完成生产过程的直接数字控制; SCC 级计算机则根据生产过程的工况和已定的数学模型,进行优化分析计算,产生最优化给定值,送给 DDC 级执行。SCC 级计算机承担高级控制与管理任务,要求数据处理功能强,存储容量大等,一般采用较高档计算机。如果将图 1-7 的监督计算机控制系统的 DDC 级计算机用模拟调节仪表(如模拟 PID 调节器)代替,并配以输入采样器、A/D 转换器和 D/A 转换器、输出扫描器,便是由模拟调节器构成的 SCC 系统。当计算机出现故障时,由模拟调节仪表独立完成任务,比较安全可靠,这类系统在计算机技术不十分成熟时期应用较多,有一定代表性。

1.2.4 集散控制系统

集散控制系统,也叫分散控制系统(Distributed Control System),简称 DCS,它采用分散控制、集中操作、分级管理、分而自治和综合协调的设计原则,把系统从下到上分为过程控制级、控制管理级、生产管理级等若干级,形成分级分布式控制,其结构如图 1-8 所示。

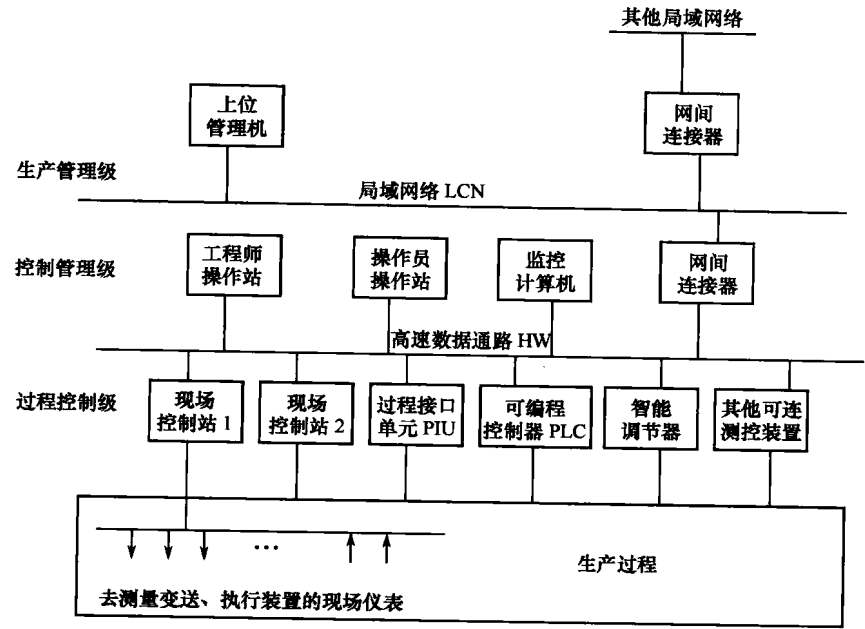


图 1-8 DCS 的组成结构图

DCS 系统由高速数据通路 HW 和局域网 LCN 两级通信线路相连。控制管理级与过程控制级为操作站、控制站、现场仪表三层结构模式,由现场控制站、输入输出过程接口单元 PIU、CRT 显示操作站、高速数据通路、监控计算机五部分组成。在高速数据通路上,可以挂接可编程控制器 PLC、智能调节器或其他可连测控装置。控制管理级的监控计算机通过协调各控制站的工作,达到生产过程的动态最优化控制。生产管理级的上位机具有制定生产计划和工艺流程以及产品、财务、人员的管理等功能,以实现生产管理的优化。生产管理级可具体细分为工段、车间、厂、公司等几层,由上层其他局域网互相连接,传递信息,进行更高层次的管理、协调工作。

1.2.5 现场总线控制系统

现场总线控制系统(Fieldbus Control System),简称 FCS,是新一代分布式控制结构,如图 1-9 所示。

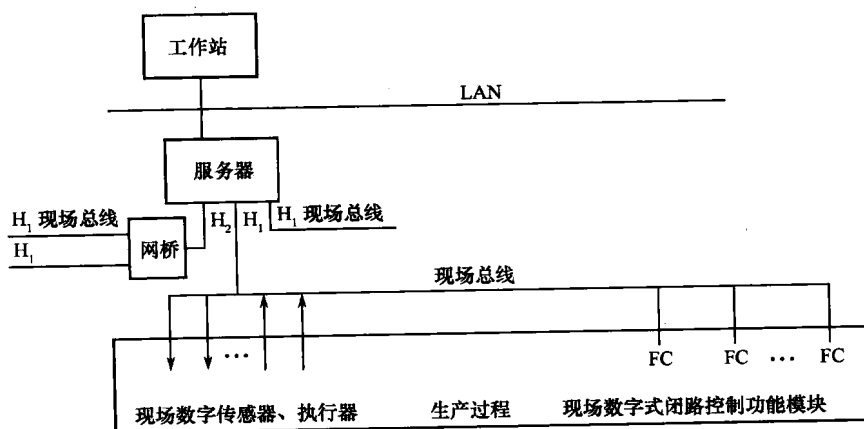


图 1-9 现场总线控制系统结构图

FCS 的实现建立在智能传感器和智能执行器的基础之上,这里的智能是指控制仪表中包含单片机等智能芯片,能够进行数值运算、数据处理、接收和传输数字信号。由于现场仪表能够传输和接收数字信号,那么就可以将这些智能仪表用一种现场总线通信协议进行连接,取代 4mA ~ 20mA 模拟信号,实现工业过程现场仪表和控制系统之间的全数字化、双向的数字通信。FCS 能够改进 DCS 成本高和由于各厂商的产品通信标准不统一而造成的不能互联等弱点,采用工作站、现场总线智能仪表的二层结构模式,完成了 DCS 中三层结构模式的功能,降低了成本,提高了可靠性。

现场总线有很多种总线协议,图 1-9 中的 H_1 和 H_2 是基金会现场总线的协议标准。 H_1 传输速度较低,每秒几千比特,但传输距离较远,可达 1900m,称为低速方式; H_2 方式主要用于高性能的通信系统,它的传输速度高,达到 1Mb/s,传输距离一般不超过 750m,称为高速方式。信号形式有电压方式和电流方式两种,电压方式居多。

1.2.6 计算机集成制造控制系统

20 世纪 90 年代以来,计算机控制系统从功能上朝着制造自动化、过程控制自动化、办公室自动化和经营管理自动化相结合的方向发展,即构成计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System)或计算机集成过程系统(Computer Integrated Process System),简称 CIMS 或 CIPS。

CIMS 由决策管理、规划调度、监控、控制四个功能层次的子系统构成,实现管理控制的一体化模式。具体地说,决策层根据生产过程的实时信息和管理信息,发出多目标决策指令。规划调度层则按指令制定相应的生产计划并进行调度,通过监控层对控制层加以实施,使生产结构和操作条件在最短时间内得到调整,跟踪和满足上层指令。同时,生产结构和操作条件调整后的信息反馈到决策层,与决策目标进行比较评估。如有偏差,即修改决策,使整个系统处于最优的运行状况。

CIMS 代表着工业控制系统的未来,它的研究开发不是以某个区域或某项活动为对象,而是以企业的全部活动为对象。从市场预测、接受订货、原料供应、生产计划、作业排序、过程控制、产品销售,到用户反馈、新产品开发、经营管理,整个形成一个动态反馈系统,具有自判断、自组织、自学习的能力。由此可见,CIMS 不仅是对生产技术的变革,也是生产组织和生产方式的变革,因而它不是单纯地对现行生产模式进行计算机化及自动化,而是必须按照新的生产组织原理,对现行生产模式进行全面改造。

CIMS 把孤立的工厂自动子系统在新的管理模式与工艺指导下,综合运用信息技术和自动化技术,并通过软件支持,构成一个完整的系统,对生产过程的物质流与管理过程的信息流和决策过程的决策流进行有效的控制和协调,以满足新的竞争模式下市场对生产和管理过程提出的高质量、高速度、高灵活性和低成本的要求。

1.3 计算机控制系统的发展前景

由于微处理器成本的下降以及网络通信技术的进步,目前 32 位微处理器已普遍应用于计算机控制系统,其功能更强,速度更快,存储器容量也不断增大;交互图形、复合窗口及触摸屏幕等技术的应用,使人机交互更为便捷;专用集成电路和表面安装技术在硬件设计上的使用,使板级上的元件数量更少,硬件的可靠性大大提高;直接数字传感器、光纤传感器和智能执行器等智能仪表应用到工业现场;标准化的数据通信链路和通信网络技术的应用改进了计算机控制系统的网络体系结构。另外,各种公共网络体系的建立和通信网络技术的普及,在网络环境下新的各类控制系统已成为可能。

在整个计算机控制系统的发展过程中,应该说 DDC 和 DCS 最具代表性。DDC 实现了真正意义上的闭环控制,确立了计算机控制的基本结构;DCS 将计算机网络引入到了控制系统,确立了计算机控制系统的分层结构,为企业实现厂级自动化奠定了基础,FCS 和 CIMS 可以看作是 DCS 向基础控制级和上层管理级的进一步延伸。因此,这里主要介绍 DCS 的发展前景。

1.3.1 开放化

DCS 的通信,用实现开放系统互连(OSI)来满足工厂自动化对各种设备(计算机、DCS、单回路调节器、PLC 等)之间的通信能力加强的要求,以方便地构成一个大系统。DCS 各制造商为适应这种发展,竞相改造自己的专用网络以符合国际标准,或在自己的专用网络与普通网络之间加入网关,使其与以太网、MAP 网连接。开放化的关键是技术标准的统一。通信标准化 MAP/TOP 已获成功,并为世界各国所接受。因此,新推出来的集散型控制系统均采用开发系统的标准模型、通信协议或规程,以满足 MAP/TOP 的要求,提高数据高速公路的吞吐能力,发展宽带的光纤传输介质。新一代的集散控制系统的开放型结构,将方便地与指挥生产管理上位计算机进行信息交换,实现计算机集成生产系统。

1.3.2 小型化

个人计算机的性能不断提高,价格不断降低,使得中小规模的 DCS 可广泛采用高档微型计算机以及加固的工业 PC 来构成低价格集散控制系统,以满足小型工厂和装置的应用。从规模来看,大量小型计算机和价廉的可编程控制器已开始起着大型 DCS 的作用,因此可靠、价廉的 DCS 将深受用户的欢迎,小型系统越来越多的应用是十分有意义的事情。

1.3.3 智能化

一方面,计算机控制系统强大的计算机硬件平台为先进的控制算法、人工智能方法、专家系统的使用提供了条件,一些先进的控制算法软件包已经被开发并广泛的使用,人工智能、专家系统也已开始用于操作指导、优化计算、计划调度、科学管理等各个方面。另一方面,在工业现场仪表中,由于微处理器的引入,现场设备不仅能够完成传感测量、回路控制等基本功能,还可以进行补偿计算、故障诊断等,这些智能仪表的使用提高了整个控制系统的智能性。

第2章 计算机控制系统的理论基础

由于计算机只能接收和处理二进制的数字信号,而被控对象的输入输出通常是连续时间的模拟信号,如流量、压力、温度等,因此从本质上讲计算机控制系统是模拟信号和数字信号共同存在的混合系统,信号需要经过适当的变换才能在计算机与被控对象之间进行正常的传输。信号的变换是如何进行的,对变换过程有什么样的要求,对系统会产生什么样的影响,是学习和研究计算机控制系统的基础,也是它与采用模拟控制仪表的连续时间系统的主要区别。同连续控制系统理论一样,计算机控制系统的分析与设计也是以系统数学模型为基础的,而与其不同的是,通常都是将计算机控制系统等效为离散时间系统进行描述的,因此离散时间系统的描述和分析方法是计算机控制系统分析与设计的重要理论基础。

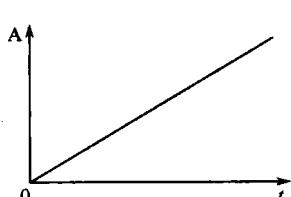
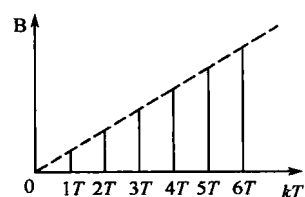
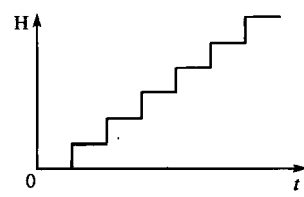
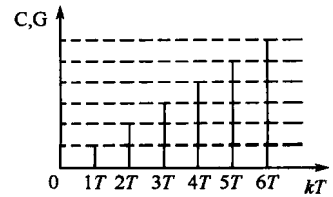
本章首先介绍计算机控制系统中的信号变换,包括信号的种类,A/D 转换器与采样定理,D/A转换器与保持器以及计算机控制系统的简化结构图,然后讲述离散时间系统的数学描述方法,包括差分方程、Z 变换和脉冲传递函数等数学工具以及离散时间控制系统的稳定性和稳态误差分析。

2.1 计算机控制系统的信号变换

2.1.1 信号的种类

计算机控制系统中的信号可以用时间与幅值两个方面加以区分。从时间上可分为连续信号和离散信号,从幅值上可分为模拟量、离散量和二进制数字量,表 2-1 列出了不同的信号种类。

表 2-1 计算机控制系统中信号的种类

时间 \ 幅值	连续	离散
连续		
离散		

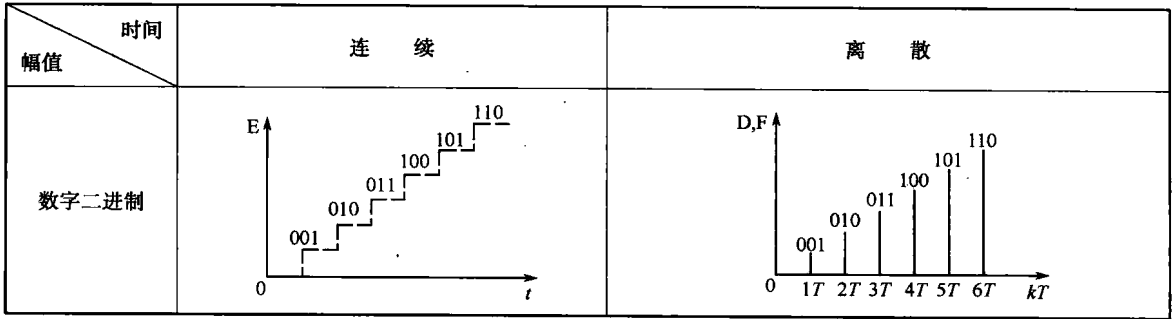


图 2-1 所示为典型计算机控制系统的信号变换过程:一个连续模拟信号(在时间上连续、幅值上模拟的信号,表 2-1 中的信号 A)按一定的采样周期经过 A/D 转换器变换为离散数字信号(在时间上离散、幅值上是二进制代码的信号,表 2-1 中的信号 D),计算机对其进行数学运算后,再经过 D/A 转换器后重新变换为连续模拟信号送入被控对象。在整个过程中,A/D 和 D/A 构成了信号转换的重要桥梁。

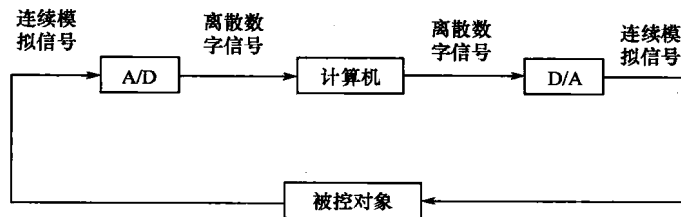


图 2-1 计算机控制系统的信号变换过程

2.1.2 A/D 转换器与采样定理

要将连续模拟信号转换为离散数字信号,A/D 转换器通常需按顺序完成采样、量化及编码这三种转换,其过程如图 2-2 所示。首先通过采样将时间连续的模拟信号转换为时间离散的模拟信号,然后经过量化将幅值连续的模拟信号进行量化转换为幅值离散的信号,最后通过编码得到二进制代码,图 2-3 所示为 A、B、C、D 处的信号形式。

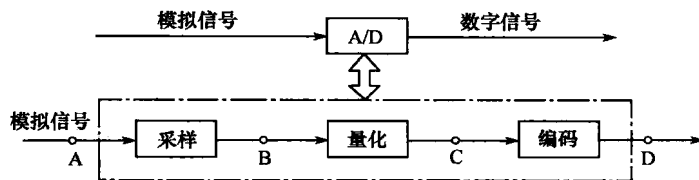


图 2-2 A/D 转换器框图

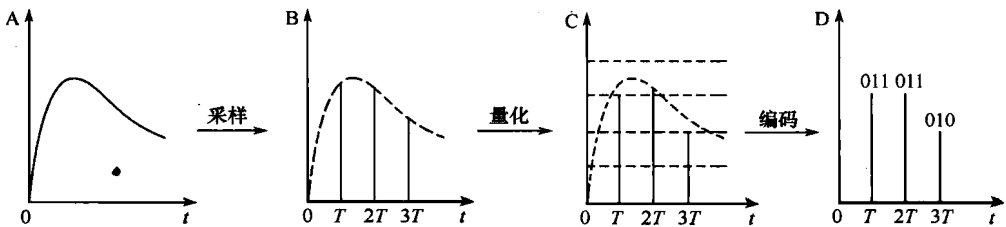


图 2-3 A/D 转换器中的信号形式