



普通高等教育“十一五”规划教材

连续与离散 控制系统

王春民 刘兴明 嵇艳鞠 编著

 科学出版社
www.sciencep.com

TP271/80

2008

普通高等教育“十一五”规划教材

连续与离散控制系统

王春民 刘兴明 嵇艳鞠 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统介绍了连续与离散控制系统的基本理论和方法。全书共分19章,内容包括系统模型的建立及转换、系统的基本性能及指标、频域特性法、根轨迹法、状态空间法、非线性系统分析方法、数据采集与数据保持、Z变换、差分方程求解、脉冲传递函数、状态空间和系统稳定性判定、离散控制系统的经典法设计、数字控制器的直接设计、状态空间分析与设计、最优控制、最小二乘法离线和在线辨识、采样周期选取、模糊控制等,最后给出控制系统的设计实例。每章详细介绍了MATLAB对控制系统进行计算机分析和应用仿真的实例,并提供一定数量的习题。

本书可作为高等院校自动化、测控技术与仪器、电气工程及其自动化等专业的本科教材和主要参考书,并且可供控制工程领域的专业技术人才自学和参考。

图书在版编目(CIP)数据

连续与离散控制系统/王春民,刘兴明,嵇艳鞠编著.——北京:科学出版社,2008

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-03-021067-8

I. 连… II. ①王…②刘…③嵇… III. ①连续控制-控制系统-高等学校-教材②离散控制-控制系统-高等学校-教材 IV. TP271

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第017147号

责任编辑:马长芳 潘继敏 / 责任校对:张 琪
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者创作工作室

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>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年2月第一次印刷 印张:35

印数:1—3 000

字数:818 000

定价:54.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

前 言

本书是为电气、测控与仪器、自动化以及机电类各专业本科生的教学需要而编写的。在计算机技术和相关学科推动下,控制技术得到飞速发展,并在许多领域广泛应用。目前离散控制已经成为各个领域实现自动化的重要手段,因此自动化或自动控制等相关专业学生掌握控制系统基础理论知识是十分必要的;对于从事控制方面的工程技术人员,掌握这些相关知识也是必需的。

本书第1章介绍连续与离散控制系统的基本结构和原理、各种类型、基本特点、发展概况及趋势。第2~8章介绍连续控制系统的基本理论和方法:第2~4章介绍经典控制理论和现代控制理论的共性问题——系统模型的建立及相互转换,系统的基本性能要求及性能指标,对于附加奇点对系统的影响、复合控制系统稳态误差分析提出了一些新的见解,并对公式的表述进行新的探索,通过MATLAB仿真加以证明;第5~7章根据各种方法的个性介绍经典控制理论的频域特性法和根轨迹法及现代控制理论的状态空间法;第8章介绍非线性系统的相关知识。第9~19章介绍离散控制系统的相关理论和设计方法:第9章介绍数据采集与数据保持;第10章介绍有关 Z 变换方面的内容;第11章介绍了差分方程求解、脉冲传递函数、状态空间和系统稳定性判定等方面知识;第12章介绍离散控制系统的经典法设计;第13章涉及数字控制器的直接设计;第14章侧重于状态空间分析与设计方面;第15章介绍了最优控制;第16章介绍了最小二乘法离线和在线辨识;第17章介绍与采样周期选取相关的问题;第18章初步介绍了模糊控制方面的相关知识;第19章介绍了控制系统的设计举例,并给出了温度控制和电机控制两个设计实例。

本书依据作者多年的教学经验,并参考国内外相关的优秀教材,为适应教育改革和教材建设的需要,将《自动控制原理》和《计算机控制原理与技术》两门课程整合成具有一定创新意义的一门课程,书中连续控制部分侧重基础理论,离散控制部分在兼顾基础理论的同时,强调向实践方面过渡。连续与离散控制的结合,使得控制理论和实践的脱节问题相对容易解决,学习的连续性加强,教师的处理空间增大、灵活性增强。在控制系统中,利用MATLAB仿真与各章节有机结合,使复杂问题简单化,理论问题直观化,增加了可读性和趣味性。通过教学实践将使两门课的整合变成两门课的真正融合。

本书在编写过程中注重控制系统体系结构和内在联系,采用共性问题汇总介绍、个性问题单独阐述的原则进行编写,并将连续系统的典型环节和非典型环节统一处理,力图在突破传统的写法方面做一些尝试。本书为吉林大学“十一五”规划教材,适于80~90学时的教学,含18学时的实验。

本书由吉林大学仪器科学与电气工程学院王春民任主编,吉林大学仪器科学与电气工程学院刘兴明、嵇艳鞠任副主编。

博士研究生王丰贵、崔兴华和王永海参与了本书配套的“控制系统实验仿真平台”的编制工作,博士研究生孙芳、硕士研究生闫士祯和张占胜参与了部分工作,栾奔博士、硕士研究生刘桂芬、时胜利、孙全强参与了部分修订工作。

本书的编写得到吉林大学仪器科学与电气工程学院院长、博士生导师林君教授的鼎力支持和指导,同时得到副院长、博士生导师程德福教授的帮助。在此向所有为本书出版给予支持和帮助的同志深表谢意。

由于编者的水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,恳请广大读者和专家批评指正。

编 者

2007年8月于长春

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 自动控制系统的结构原理及基本要求	1
1.3 控制系统的分类和特点	4
1.4 控制系统的发展概况和展望	10
习题	11
第 2 章 连续控制系统的机理建模	12
2.1 概述	12
2.2 控制系统的微分方程描述	13
2.3 控制系统的框图和传递函数	16
2.4 控制系统的状态空间描述	35
2.5 各种模型间的转换	39
2.6 非线性系统的偏微线性化	52
2.7 MATLAB 在建模中的应用	56
习题	58
第 3 章 控制系统的稳定性	63
3.1 稳定性的概念	63
3.2 系统稳定性的判定	66
3.3 系统稳定性的 MATLAB 仿真	95
习题	97
第 4 章 连续控制系统的时域分析	101
4.1 典型输入信号及动态性能指标	101
4.2 一阶系统的动态分析	105
4.3 二阶系统的动态分析	108
4.4 高阶系统及二阶近似	115
4.5 控制系统的稳态误差	126
4.6 系统性能的 MATLAB 仿真	137
习题	140
第 5 章 频率特性法	147
5.1 频率特性与频率特性法	147
5.2 基本环节的频率特性	148
5.3 频率特性指标	156
5.4 开环频率特性的系统分析方法	161
5.5 控制系统的频率法校正	167

5.6 频率特性法的 MATLAB 仿真	190
习题	193
第 6 章 根轨迹法	201
6.1 基本概念	201
6.2 绘制根轨迹图的基本规则	202
6.3 绘制根轨迹图	209
6.4 特殊根轨迹	213
6.5 开环零极点对根轨迹的影响	217
6.6 利用根轨迹法进行系统性能分析	221
6.7 利用根轨迹法校正	223
6.8 根轨迹的 MATLAB 仿真	228
习题	229
第 7 章 连续域现代控制理论基础	233
7.1 线性定常系统状态方程的解	233
7.2 控制系统的可控性和可观性	239
7.3 线性定常系统的线性变换	250
7.4 控制系统的状态空间设计	262
7.5 状态空间法的 MATLAB 仿真	280
习题	282
第 8 章 非线性控制系统	287
8.1 非线性控制系统概述	287
8.2 描述函数法	291
8.3 相平面法	302
8.4 非线性系统在 MATLAB 中应用	316
习题	319
第 9 章 数据采集与数据保持	322
9.1 概述	322
9.2 信号采样问题	323
9.3 零阶保持器和一阶保持器	328
习题	333
第 10 章 Z 变换	334
10.1 概述	334
10.2 Z 变换的定义	334
10.3 常用的典型函数的 Z 变换	335
10.4 Z 变换的收敛域	336
10.5 求 Z 变换的四种方法	337
10.6 Z 变换的性质和基本定理	338
10.7 Z 反变换	341
10.8 扩展的 Z 变换(改进的 Z 变换)	343

10.9	MATLAB 在部分分式展开和 Z 反变换中的应用	343
	习题	345
第 11 章	线性离散控制系统数学描述与分析	346
11.1	概述	346
11.2	线性差分方程	346
11.3	脉冲响应与线性卷积	349
11.4	脉冲传递函数(Z 传递函数)	350
11.5	离散状态空间描述	360
11.6	连续系统状态方程的离散化	365
11.7	线性定常离散系统的稳定性分析	369
11.8	离散控制系统的稳态误差分析	381
11.9	离散控制系统的频率响应特性	386
11.10	MATLAB 在模型转换、稳定性、稳态误差和规范型转换中的应用	388
	习题	396
第 12 章	离散控制系统的经典法设计	398
12.1	概述	398
12.2	控制系统的离散化方法	398
12.3	PID 控制器及其算式	408
12.4	具有史密斯纯滞后补偿的 PID 控制器	414
12.5	大林算法	416
12.6	数字 PID 控制器的参数整定	418
12.7	用 MATLAB 进行连续模型的离散化等效和 PID 参数仿真研究	421
	习题	425
第 13 章	数字控制器的直接设计	427
13.1	概述	427
13.2	W' 平面的频域法设计	427
13.3	根轨迹设计	431
13.4	MATLAB 在根轨迹中的应用	442
	习题	444
第 14 章	状态空间分析和设计	447
14.1	离散系统的可控性和可观测性	447
14.2	离散控制系统状态反馈的极点配置设计	452
14.3	观测器的设计	454
14.4	MATLAB 在现代控制理论中的应用	462
	习题	464
第 15 章	离散最优控制系统	467
15.1	概述	467
15.2	离散二次型最优控制的性能指标	467
15.3	离散二次型最优控制的设计	468

15.4	稳态二次型最优控制	474
15.5	MATLAB 在最优控制系统设计中的应用	479
	习题	481
第 16 章	系统辨识	483
16.1	被控对象的建模	483
16.2	最小二乘法参数估计	484
16.3	用飞升特性曲线法求取数学模型	491
	习题	494
第 17 章	离散控制系统采样周期的选择	496
17.1	概述	496
17.2	影响采样的主要因素	496
17.3	采样周期的选取方法	500
17.4	用 MATLAB 仿真研究采样周期 T 对系统稳定性的影响	502
	习题	504
第 18 章	模糊控制	505
18.1	模糊控制技术的发展及应用概况	505
18.2	模糊数学基础	505
18.3	模糊控制原理	513
18.4	基本模糊控制器的设计——双输入温度模糊控制系统	518
18.5	MATLAB 在模糊控制中的应用	521
	习题	522
第 19 章	离散控制系统设计与实现	523
19.1	概述	523
19.2	离散控制系统设计的基本原则和主要步骤	523
19.3	控制系统的设计及其实现过程	527
19.4	控制系统的设计举例	532
	习题	548
	参考文献	549
附录	常用拉普拉斯变换和 Z 变换表	551

第 1 章 绪 论

1.1 概 述

控制技术是多学科相互渗透和结合而发展起来的。当今计算机具有强大的存储记忆能力、可靠灵活的逻辑判断推理能力、高效的科学计算和数据处理能力,计算机技术的应用已遍布各个领域。正是计算机技术的广泛应用,促使控制技术在各个领域的应用也越来越广泛,离散控制已成为各个领域实现自动化最重要的手段。控制技术的广泛应用和深入发展,促进了控制工程实践技术的不断发展、控制系统分析理论和设计方法的不断完善。本课程为从事自动化技术领域的工程技术人员提供了必备的专业知识,本书详细介绍连续与离散控制系统的分析设计的基本理论及方法。

1.2 自动控制系统的结构原理及基本要求

1.2.1 自动控制系统的结构原理

所谓自动控制,就是能自动检测和处理信息,并按照筹划好的控制规律产生控制作用,无需人的干预使被控对象达到所要求的性能。这样的系统叫做自动控制系统。

自动控制系统一般结构形式如图 1-1 所示,它是由比较装置、校正装置、放大装置、执行装置、被控对象、测量装置、参考输入、扰动输入和被控量组成。除校正装置外,其余装置称为系统固有部分,它体现了系统的固有特性。校正装置是为了提高系统性能而加入的。

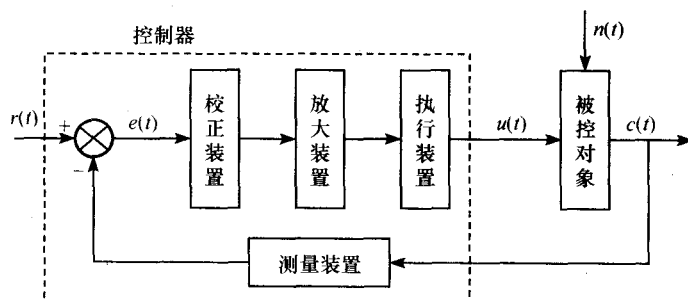


图 1-1 自动控制系统结构图

各部分信号介绍如下:

- (1) $r(t)$ 是输入信号, 又称参考输入;
- (2) $c(t)$ 是被控对象的输出量, 也叫被控量;
- (3) $e(t)$ 是反馈信号 ($c(t)$ 经过测量和转换) 与给定信号 $r(t)$ 的差值, 称为偏差;
- (4) $u(t)$ 是控制器的输出, 称为控制量;

(5) $n(t)$ 是系统的扰动输入量,它起破坏作用,是需要抑制掉的。

连续控制系统根据偏差进行连续控制,控制的目的是使 $c(t)$ 尽可能迅速地与 $r(t)$ 保持一致。

控制过程是: $c(t)$ 通过传感器测量和转换后与 $r(t)$ 比较产生误差信号 $e(t)$ 。误差信号 $e(t)$ 经过控制器按照一定的控制规律处理产生控制量 $u(t)$,控制量 $u(t)$ 作用到被控对象上,在控制量 $u(t)$ 的作用下使 $c(t)$ 尽可能及时精确地与 $r(t)$ 保持一致, $e(t)$ 趋于允许的误差范围之内,从而达到控制的目的。下面以一个液面控制系统为例具体说明如下:

如图 1-2 所示的液面控制系统是一个原理很简单的自动控制系统。在该系统中,只要阀门 1 的流量比阀门 2 大,不论阀门 2 是否打开,总能通过自动调整阀门 1 保证液位在期望的高度上。该系统被控制对象是水箱,被控制量是水箱液面的高度。参考输入是连杆的长度,由它设定液位高度。测量装置是浮子,它测得实际的液面高度。实际高度和设定高度进行比较,根据二者相差的状况通过杠杆来调节阀门 1,改变注入水的流量,使液面停止于设定高度上(阀门 2 关闭)或者在设定高度上达到动态平衡(阀门 2 打开)。其执行装置是阀门 1,比较装置和放大装置由杠杆来完成。注入水压的变化,杠杆的热胀冷缩都属于干扰因素。

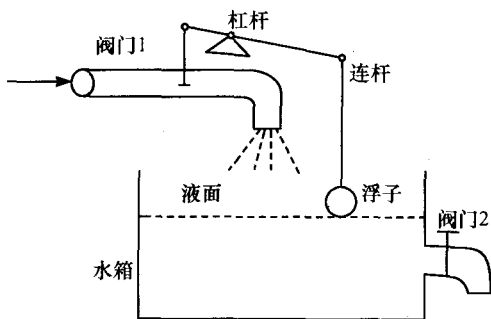


图 1-2 液面控制系统原理图

1.2.2 控制系统的基本要求

一般而言对控制系统要求其性能稳、快、准。

(1) 稳定性。“稳”指系统的稳定特性,它是对系统最基本的要求,如果一个系统不稳定,研究其他指标是没有任何意义的。所谓不稳定是说系统的被控量不是达到期望值而是趋于所达到的最大值或在两个较大量值之间剧烈波动和振荡,这样的系统不能正常运行,已经失控。如何判断系统稳定,如何使系统稳定及如何提高系统的稳定性将是连续控制理论重点讨论的内容之一。

(2) 快速性。“快”是指系统反应速度的迅速性,它由动态性能来体现。当系统受到外界扰动偏离了原有的工作状态(平衡状态),系统能使其尽快平稳地回到平衡状态。

(3) 准确性。“准”是对稳态精度的要求,它由稳态误差加以衡量。要求系统尽量地达到理想输出值。

1.2.3 离散控制系统的组成

离散控制系统的组成 { 计算机系统软硬件(由生产厂家确定)
面对用户的软硬件(由用户完成)
被控对象

1) 离散控制系统的硬件组成

离散控制系统的硬件组成框图如图 1-3 所示。通常包括被控对象、输入和输出通道、

计算机、人机对话设备、报警装置和通信设备等几部分组成。具体叙述如下：

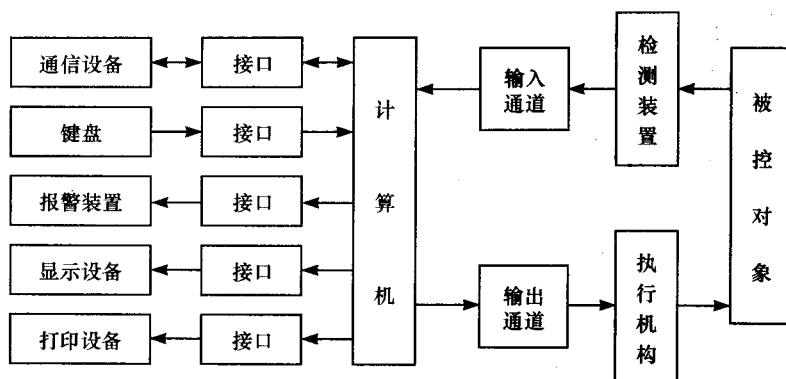


图 1-3 离散控制系统的硬件组成

(1) 计算机。包括 CPU(中央处理器)、内存、I/O 接口和三总线(地址、数据和控制总线)等,计算机是控制系统的核心。计算机根据输入通道送来的命令和测量信息,按照预先选定的控制算法编制控制程序来处理和计算相关的信息,产生控制量,通过输出通道由执行机构作用到被控对象上。

(2) 外设。外部设备通常包括输入设备、输出设备、通信设备和声光报警设备。

输入设备:键盘通常是必备的输入设备,作用是录入或修改用户程序、数据和操作命令。

输出设备:通常包括打印设备、CRT 显示设备、LCD 液晶屏显示设备等。一般以动态图形、曲线、表格数据等形式显示控制系统的实际运行情况及其相关信息。

通信设备:是与外部和内部进行信息交流的设备。例如,控制系统的前端机和上位机就是通过通信设备进行信息交流。分布式计算机控制就是网络功能很强、控制规模很大和控制功能复杂的控制系统,因此具有一定规模的控制系统一般会含有通信设备,通信总线的类型很多,可根据具体情况选择。

声光报警设备:当系统运行发生越限时,就会发出声光报警,并进行一系列处理,确保控制系统的安全运行。

(3) 过程输入输出(I/O)通道设备。包括模拟量输入、输出通道和数字量输入、输出通道。它们的作用是将检测转换单元、执行机构、生产过程和被控对象联系起来,进行信息的传递和变换。

① 模拟量输入设备:包括模拟量输入通道,作用是将传感器测得被控对象的模拟参数通过 A/D 转换成数字量,数字量被送入计算机处理。必要时考虑输入端隔离问题。

② 模拟量输出设备:包括模拟量输出通道,作用是将计算机根据算法产生的控制量通过 D/A 转换成模拟量,经过保持后送入执行机构,通过执行机构作用到被控对象上。一般输出端必须考虑强电和弱电的隔离问题。

③ 开关量输入设备:作用是将被控对象的开关量或数字量输入计算机。必要时要考虑隔离问题。

④ 开关量输出设备:作用是将计算机输出的开关控制量或数字控制量直接作用到相

应的开关上。一般输出端必须考虑强电和弱电的隔离问题。

(4) 被控对象。在控制系统中,被控对象通常为连续环节,计算机控制系统的控制器由计算机编程实现,控制器(计算机)输出数字量,这种控制量必须通过 D/A 转换和保持后变成连续量,才能作用到被控对象上。

在硬件设计方面,设计者主要精力应放在面对用户的硬件设计上,具体工作为传感器(检测)电路、信号调理(规格化)电路、各种接口电路、各种 I/O 扩展电路、隔离电路和功放驱动等电路的设计与实现。

2) 离散控制系统的软件组成

计算机硬件系统通常叫裸机,不能独立工作,必须配备相应的系统软件和应用软件才能完成各种控制功能,因此计算机控制系统软件与硬件的配合以及软件控制算法优劣决定了整个控制系统的控制质量和水平。离散控制系统的软件可分为两部分:系统软件和面对用户的应用软件。

(1) 系统软件。这类软件通常由计算机生产厂家或软件公司提供,也可以在市面上购买到。不需要用户编制这类软件,它们大致包括如下几个方面:操作系统、数据结构、数据库系统、监控程序、程序设计语言、编译程序和调试诊断程序等。

(2) 面对用户的应用软件。是用户根据控制系统的需要按照一定的控制算法、规律和数学模型而编制的应用程序。通常包括控制算法程序、I/O 过程通道的接口程序、人机对话接口程序、实时动态画面显示程序、打印程序和报警程序等。要求设计者将主要精力放在面对用户的应用软件设计上。

1.3 控制系统的分类和特点

控制系统的分类有多种方法,可以按照控制方式分类,也可以按照控制规律分类,还可以按照功能分类。

1.3.1 控制系统按照控制方式的分类

控制系统按照控制方式分类,可以分为三种类型:开环控制系统、闭环控制系统及复合控制系统。

1) 开环控制系统

开环控制系统结构如图 1-4 所示。其结构特点是被控量对系统的控制没有作用,开

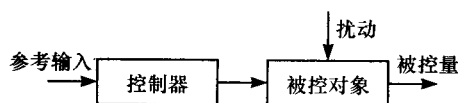


图 1-4 开环控制系统

环控制的优点是控制简单,设备量少,控制稳定,即不产生不稳定现象。但是其控制精度低,抑制干扰的能力差。

2) 闭环控制系统

闭环控制系统结构如图 1-5 所示。如果系统的被控量直接或间接地参与控制作用称该系统为闭环控制系统,又称为反馈控制系统。反馈分为正反馈和负反馈,自动控制系统多为负反馈系统,故后面均以负反馈系统为例研究问题。

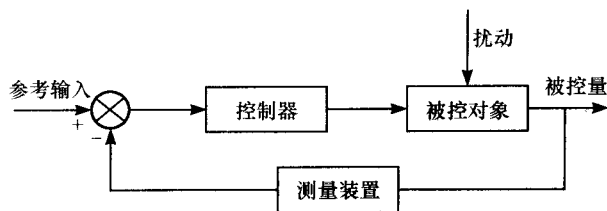


图 1-5 闭环控制系统

负反馈控制系统控制精度高,对各种扰动都具有抑制作用。但如果设置不合理可能造成系统不稳定及设备量多。由于其优点明显,故在控制系统中得到广泛应用。

3) 复合控制系统

集中开环和闭环之优点,在控制系统中将两者结合起来,既有开环控制又有闭环控制称为复合控制系统,框图如图 1-6 所示。

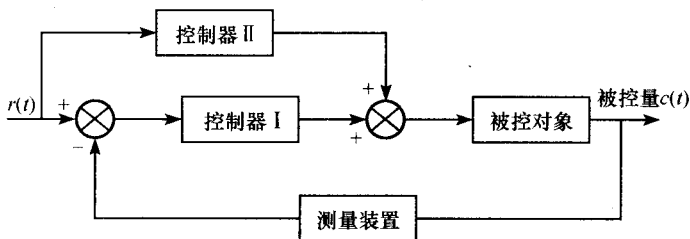


图 1-6 复合控制系统

1.3.2 控制系统按照控制规律分类

(1) 程序和顺序控制。在程序控制中,被控量按照预定时间函数变化,被控量是时间的函数。顺序控制在各时段给出的设定值可以是不同的物理量,设定值的给出,不仅取决于时间,而且还与对以前的控制结果的逻辑判断有关。

(2) PID 控制。PID 控制是控制工程技术人员熟知的技术,应用最广泛。该技术简单易学,参数调整容易,一般控制效果令人满意(大滞后系统和随机扰动系统除外)。

(3) 最小拍控制。所谓最小拍控制,就是控制系统在尽可能短的时间里完成调节过程,最小拍控制方法通常用在数字随动控制系统中。

(4) 复杂规律的控制。实际控制系统所处的环境可能存在大量的随机干扰,控制系统不仅跟踪给定指标,还要抑制各种扰动。另外性能指标可能是一类最优化性能指标,这时仅用一般的控制算法很难满足要求,可根据具体情况采用各种复杂的控制算法。例如,前馈、串级、大滞后补偿、最优和自适应控制等。

(5) 智能控制。智能控制大体上涵盖如下几方面的内容:①递阶控制系统;②专家控制系统;③模糊控制系统;④神经控制系统;⑤学习控制系统;⑥其他智能控制(包括仿人控制、进化控制和免疫控制)。

1.3.3 控制系统按照功能的分类

由于计算机可存储大量数据进行高速运算和数据处理并能实现复杂的逻辑分析和判

定,因此计算机不仅可以构成简单的反馈控制,而且可实现多种控制,包括非常复杂的控制。其所涵盖的类型大体如下:

1) 计算机监测与操作指导系统

该系统的框图如图 1-7 所示,这种系统实际上是个开环系统,计算机完成数据采集工作,不直接参与过程输出通道的操作,或者说计算机不直接参与控制。

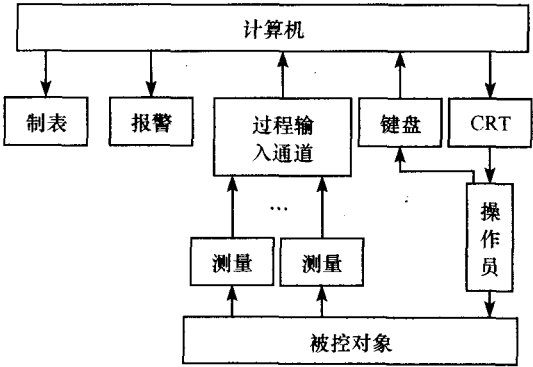


图 1-7 计算机监测与操作指导系统

这种系统的基本功能是全面监测系统的运行情况,并为操作员的控制操作提供参考性的指导。具体工作是,计算机通过过程输入通道的 A/D 实时采集被控对象的参数,经过一系列处理后,以某种形式,通过显示设备为操作人员提供全面的系统运行情况,同时给出操作指导信息。操作人员能够及时全面地监视系统的运行情况,并能根据系统实际运行情况进行适当处理(或应急处理)。

2) 直接数字控制(direct digital control, DDC)系统

DDC 系统的构成如图 1-8 所示。系统通过传感器对被控对象的物理量进行检测,经过适当的处理后,送去采样和 A/D 转换后成为数字量,此数字量送入计算机处理,计算机按照预定控制规律,对数字量运算和处理后产生对应的数字控制量,该数字控制量经 D/A 转换成连续量,再将连续量送入执行机构并作用到被控对象上,完成控制功能。在 DDC 控制系统中,数据采集和控制作用的实施都是计算机独立完成的,不需要操作人员

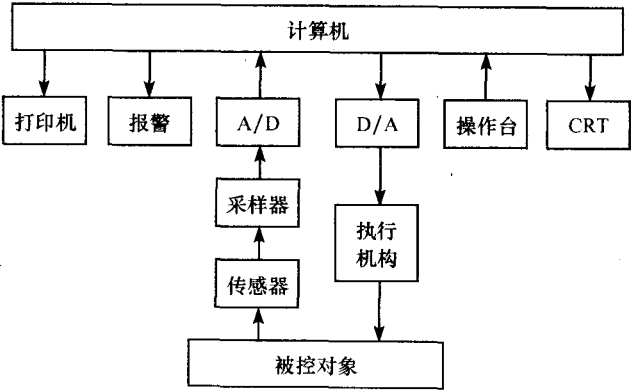


图 1-8 DDC 系统

干预,因此 DDC 系统是个闭环控制系统。DDC 系统可以实现多回路、多参数的 PID 控制,通过改变程序就可以完成复杂的控制(如前馈控制、非线性控制、自适应控制和最优控制等)。DDC 系统广泛用于热工、化工、机械和冶金等部门。

3) 计算机监督控制系统

计算机监督控制系统的结构图如图 1-9 所示。计算机监督控制系统简称 SCC(supervisory computer control),该系统利用计算机对工业生产过程进行监督管理和控制。计算机监督控制是个二级控制系统,DDC 计算机直接面对被控对象进行控制,控制功能类似于 DDC,DDC 设定值是事先预置或规定的,而计算机监督控制系统根据当时的工艺条件、控制状态和检测到的信息,按照一定的数学模型和最优化准则,在线实时提供最优化设定值,并及时赋给 DDC 级,实时实现自适应控制,使控制系统一直处于最优状态(实际上计算机监督控制系统不断检测和跟踪系统的状态,根据系统对控制的要求不断调整控制策略,使控制系统不断保持最佳状态,通过二级控制完成了自适应控制)。

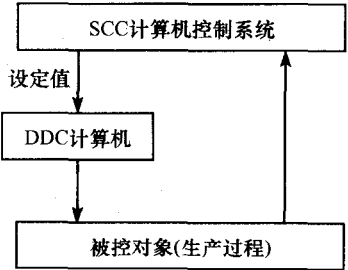


图 1-9 计算机监督控制系统

4) 分级计算机控制系统

分级计算机控制系统的示意图如图 1-10 所示。图 1-10 所示的分级计算机控制系统是个四级系统。可见这种系统用多台计算机分级承担部分任务。因为计算机的性价比越来越高,单机非常廉价,可以用若干计算机分别承担各自的一部分任务,克服用一台计算机对于复杂的生产过程进行集中控制,这种控制方式由于任务过于集中,一旦计算机出现问题,将造成全局性的问题。而分级计算机控制系统控制功能分散,用多台计算机分别执行不同的控制任务,既能进行控制,还能完成生产调度、生产计划、材料消耗、成本核算、产

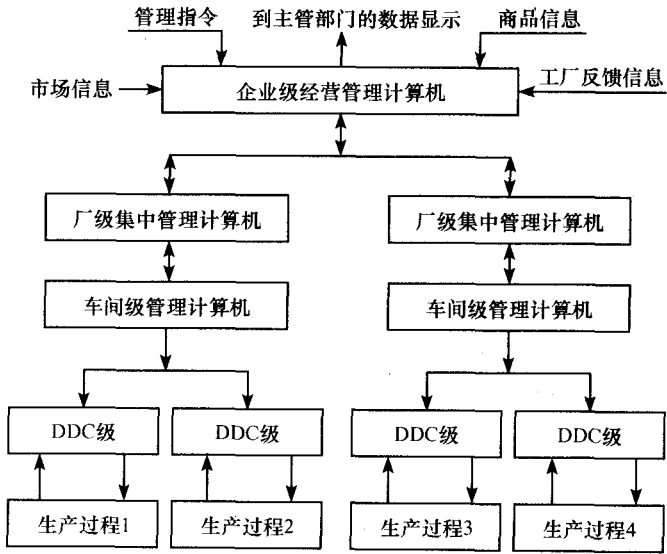


图 1-10 分级计算机控制系统

品库存、市场情况等企业管理任务。由于单台计算机的控制和管理范围小,故工作起来灵活方便,出问题的几率小,涉及的范围小,可靠性增高。

(1) DDC 级,直接用于控制生产过程,主要进行 PID 等各种直接数字控制,以及顺序控制、比值控制、串级控制、前馈控制、延迟补偿等各种控制算法,还有数据收集、监督报警等工作。

(2) 车间级管理级,主要进行最优控制或自适应控制,指 DDC 级工作并向生产管理级(MIS)汇报工作。生产管理级主要进行生产的计划调度和指挥 SCC 级工作。这一级可以根据企业的具体情况细分成车间级、厂级和企业级。

(3) 厂级,主要功能是根据企业级下达的任务和工厂的实际情况,进行优化计算,根据计算的结果制定厂级生产计划和短期安排,然后向车间级下达任务,并根据下级计算机系统的汇报情况,定期修订计划。

(4) 企业级,主要功能是制定长期发展规划、生产规划、并向下级下达任务。同时根据下级计算机系统汇报的实际生产情况,定期修订企业的生产计划再重新布置实施。

5) 集散型控制系统

集散型控制系统,简称 DCS(distributed control system)。集散型控制系统的结构图如图 1-11 所示。该系统是通过多台计算机借助于通信网络互联而成的控制系统。集散型控制系统采用分散控制、集中管理和综合协调的设计思想,使得工业企业的生产过程、监督、协调和各项生产经营管理工作一体化。系统可分为现场控制级(由现场控制计算机和被控对象构成,该级也叫过程控制级)、控制管理级(由控制管理计算机组成)、生产经营管理级(由监督计算机和 CRT 工作站部分组成)等。

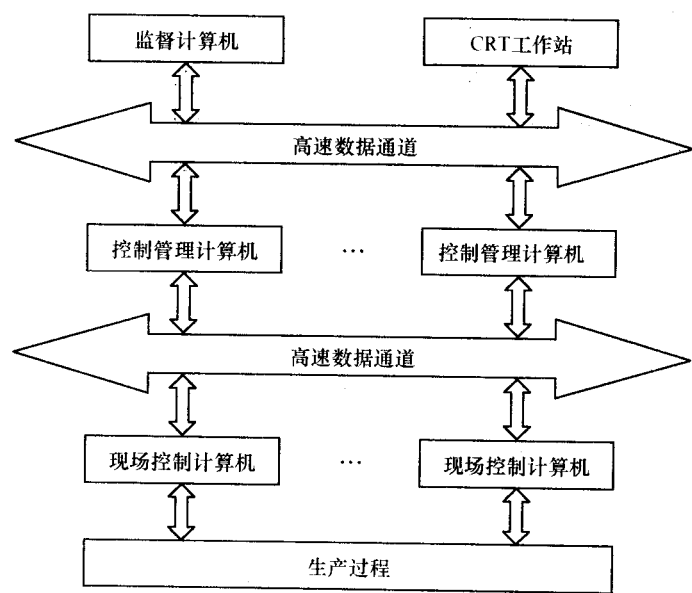


图 1-11 集散型控制系统

集散型控制系统安全性好,可靠性高,功能齐全,设计、安装、维护方便,扩展灵活,信息提取、传递和处理迅速及时。将管理和控制有机结合,增强了企业的自动化水平,集散