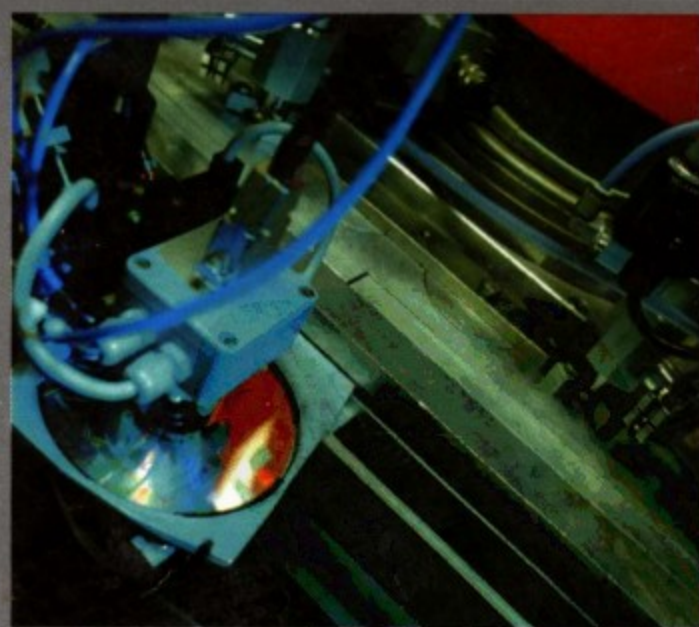
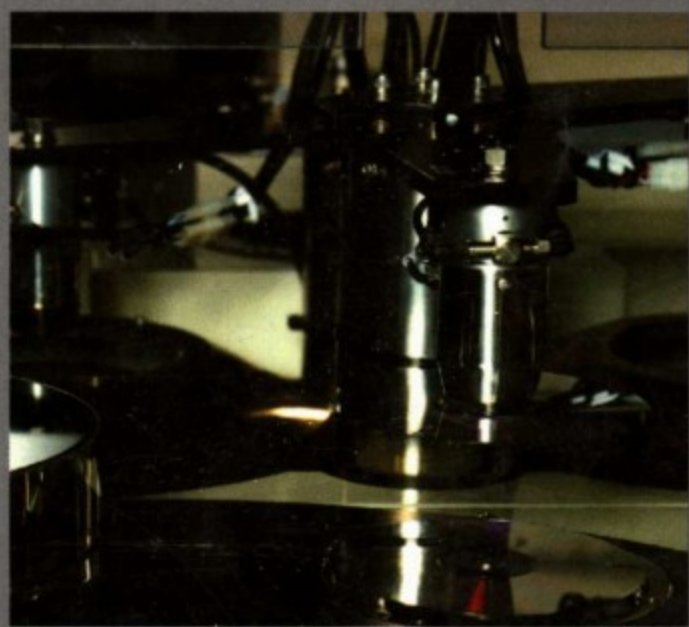
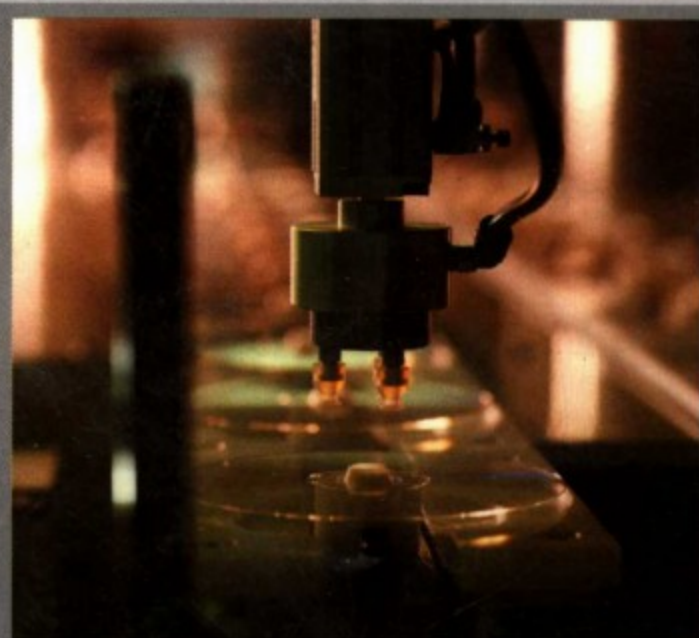
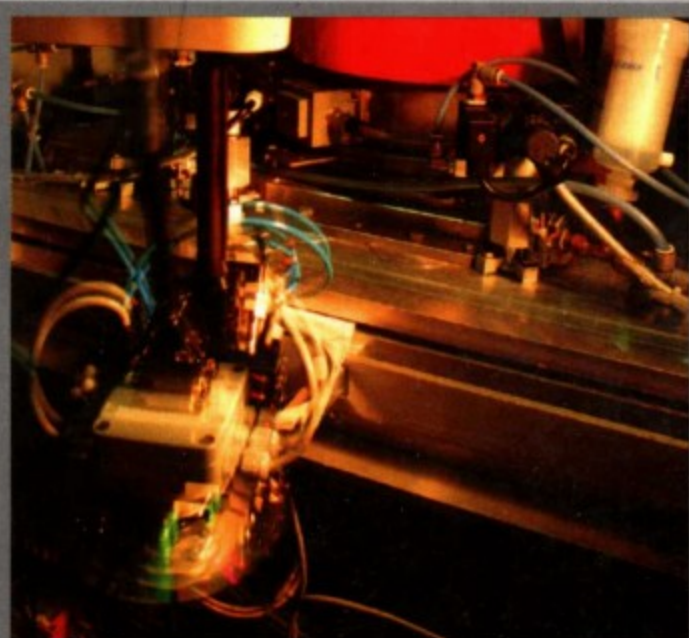


ZIDONG KONGZHI YUANLI ZIDONG KONGZHI YUANLI

自动控制 原理

第二版

□ 主编 涂植英 陈今润



Automatic control principle

重庆大学出版社



ZIDONG KONGZHI YUANLI

ISBN 7-5624-3461-1



9 787562 434610 >

ISBN 7-5624-3461-1

定价：28.00 元

自动控制原理

第2版

主 编 涂植英 陈今润

重 庆 大 学 出 版 社

○ 内 容 提 要 ○

本书是根据高等学校自动化类专业对“自动控制原理”课程的要求编写的。本书共分8章,内容有自动控制原理的基本概念,控制系统的数学模型,系统的时域分析,根轨迹法,频率特性法,控制系统的校正,非线性控制系统,线性离散系统以及 MATLAB 在控制中的应用,每章都有适当的例题和习题。本书力求结合专业特点,并兼顾相近专业的要求。

本书可作为高等学校自动化专业的教材,也可作为电气工程及其自动化、检测技术与自动化装置等自动控制类专业的教学用书,还可供从事自动控制等专业领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理/涂植英,陈今润主编. —2版. —重庆:重庆大学出版社,2005.9
ISBN 7-5624-3461-1

I. 自... II. ①涂... ②陈... III. 自动控制理论—高等学校—教材 IV. TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 080693 号

自动控制原理

第2版

主 编 涂植英 陈今润

责任编辑:肖顺杰 何建云 版式设计:肖顺杰

责任校对:邹 忌 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆华林天美彩色报刊印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:23.75 字数:593千

1994年6月第1版 2005年9月第2版 2005年9月第9次印刷

印数:29 001—32 000

ISBN 7-5624-3461-1 定价:28.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究。

第 1 版前言

本书介绍的自动控制原理属经典控制理论的范畴。虽然控制理论已从第 1 代经典控制理论发展到第 2 代现代控制理论,并已开始进入第 3 代控制理论,即大系统理论和智能控制理论;但经典控制理论仍是学习现代控制理论和其他高等控制理论的基础。它在单回路控制系统中的应用,目前仍占工业控制系统的 80% 以上。

控制理论与众多学科相联系,其应用已遍及众多技术领域。控制理论已日益成为一般性的控制科学,而经典控制理论更是众多学科和应用技术的基础。因此,经典控制理论是工业自动化仪表和自动化类专业的一门重要的技术基础理论课。本书就是根据高等学校工业自动化仪表和自动化类专业对这门课程的要求编写的教材,对其他相近专业可作为教学参考书,也可供从事自动化仪表和自动控制等专业领域的工程技术人员参考。

本书共分 8 章,由对这门课程有多年教学经验的教师分章编写。第 1~6 章主要讲述线性控制理论,以及分析和设计控制系统的根轨迹法和频率特性法;第 7 章介绍非线性控制系统的相平面法和描述函数法;第 8 章讨论在 z 域内分析和设计采样控制系统的方法。在编写过程中,作者力求内容精练、概念清晰、循序渐进、深入浅出、联系实际、符合教学规律、反映作者多年的教学经验。为便于理解和巩固所学内容,各章都安排了一定数量的例题和习题。如能在学习本课程的同时,配合一定的实验和计算机仿真,那就会收到更好的效果。

本书由重庆大学涂植英主编并编写第 1 章,何均正为副主编并编写第 6 章,廖常初编写第 2 章,何文渊编写第 3 章,李良筑编写第 5 章,许宏达编写第 7 章,吴宝炎编写第 8 章,郑州工学院吴天福编写第 4 章。

在本书即将出版之际,我们对参与编写有关章节的老师和我们参阅过的文献的作者表示衷心的感谢。

编 者

1993 年 8 月于重庆大学

第2版前言

《自动控制原理》教材第1版编写于1993年,10多年来经过许多高等学校选用,现编者吸收了各方面多年教学实践的经验和意见,以及有关科学技术的发展,进行全面修订,重新编写了第2版,使它成为一本面向21世纪的教材。

本书第2版仍然遵循第1版前言中明确的编写指导思想和原则,进一步突出原书的主要特点。与第1版相比,第2版在内容上主要进行了以下删改和补充:

1. 精简或删除了较为烦琐、陈旧的内容,如常见元部件的传递函数、尼柯尔斯图线、数字计算机在根轨迹法中的应用等。

2. 根据计算机应用软件的发展,为进一步培养学生的实践能力,在有关章节中增加了MATLAB和SIMULINK软件在控制技术中应用的内容。并配套了相应实验教材《自动控制原理及系统实验》。

3. 为弥补本书第1版对工业控制PID介绍不足的弱点,在第2版的有关章节中适当增加了工业控制器的分类,PID的控制作用,以及PID校正等内容。

4. 过程控制系统经历了4代(PCS气动、ACS电动、CCS集中式、DCS集散式)之后,发展至今的第5代过程控制系统FCS(现场总线控制系统),被誉为自控技术的新纪元。其中DCS和FCS均属于控制网络(即用于完成自动化任务的网络系统),DCS大多为模拟数字混合系统,为非完整网络系统,而FCS是全数字通信网络,它代表了控制网络发展的趋势。而且它还可以与企业信息网络集成,实现企业的综合自动化。为顺应这一发展需要,在第2版的适当章节中,引入了“控制网络”的概念。

5. 经修订后的第2版教材,其系统性、逻辑性更好,重点更加突出,其可读性更好,便于自学。

本书第2版由涂植英教授主编,并编写第1、2章和附录1和2;陈今润副教授为第二主编,并编写第4、6章和附录3;李良筑副教授编写第3、5章;黄建明副研究员编写第7、8章。

在本书第2版即将出版之际,我们对参与编写有关章节的老师和我们参阅过的文献的作者表示衷心的感谢。

编者诚恳希望读者对本书第2版提出意见、批评和指正。

编 者

2005年4月于重庆大学

目 录

1 绪 论	1
1.1 控制理论的发展	1
1.2 自动控制和自动控制系统	2
1.3 自动控制系统的方框图	3
1.4 自动控制系统的分类	4
1.5 自动控制系统的性能指标	9
小 结	11
习 题	11
2 控制系统的数学模型	13
2.1 传递函数	13
2.2 典型环节的传递函数	22
2.3 闭环控制系统的动态结构图	26
2.4 动态结构图的等效变换	33
2.5 工业控制系统及工业控制器分类	42
2.6 反馈控制系统的传递函数	46
2.7 信号流图与梅逊公式	50
小 结	54
习 题	55
3 时域分析法	59
3.1 系统典型化和性能指标	59
3.2 一阶系统的时域分析	63
3.3 二阶系统的时域分析	66
3.4 高阶系统分析	77
3.5 线性定常系统的稳定性及稳定判据	79
3.6 控制系统的稳态误差	86
3.7 PID 控制作用对控制质量的影响	94

3.8 用 MATLAB 和 Simulink 进行瞬态响应分析	98
小 结	105
习 题	106
4 根轨迹分析法	111
4.1 根轨迹的概念	111
4.2 绘制根轨迹的依据	113
4.3 绘制根轨迹的基本法则	115
4.4 参数根轨迹和多回路系统根轨迹	124
4.5 正反馈回路的根轨迹	128
4.6 迟后系统的根轨迹	130
4.7 根轨迹法在工程中的应用	134
4.8 MATLAB 在根轨迹法中的应用	136
小 结	140
习 题	141
第5章 频域分析法	144
5.1 频率特性	144
5.2 频率特性的极坐标图	147
5.3 频率特性的对数坐标图	154
5.4 奈奎斯特稳定判据	170
5.5 控制系统的相对稳定性	180
5.6 开环频率特性与系统时域指标的关系	184
5.7 闭环频率特性分析	189
5.8 用 MATLAB 进行系统频域分析	195
小 结	200
习 题	201
6 控制系统的综合与校正	206
6.1 概述	206
6.2 几种控制规律简介	208
6.3 串联超前校正参数的确定	210
6.4 滞后校正装置参数的确定	218
6.5 串联滞后-超前校正参数的确定	224
6.6 按期望特性进行串联校正	229
6.7 反馈校正及其参数的确定	231
6.8 复合控制的校正	234
6.9 纯迟延时间的补偿和校正	240
6.10 基于 SISO 平台的控制系统设计	242

小 结	250
习 题	251

7 非线性控制系统 254

7.1 概述.....	254
7.2 相平面法的基本概念.....	259
7.3 相平面图的绘制.....	263
7.4 非线性系统的相平面分析.....	270
7.5 描述函数法的基本思想及系统结构图的典型化.....	275
7.6 典型非线性特性的描述函数.....	277
7.7 用描述函数法分析非线性系统.....	283
7.8 非线性系统的校正及非线性特性的利用.....	290
7.9 非线性系统的仿真分析.....	293
小 结	297
习 题	297

8 线性离散系统 301

8.1 概述.....	301
8.2 信号采样与恢复.....	304
8.3 Z 变换与 Z 反变换.....	312
8.4 脉冲传递函数.....	322
8.5 线性离散系统的性能分析.....	335
8.6 离散控制系统的数字校正.....	346
8.7 MATLAB 在离散控制系统分析中的应用.....	361
小 结	364
习 题	365

附 录 368

附录 1 常用函数拉普拉斯变换和 Z 变换对照表	368
附录 2 常用拉普拉斯变换的性质和定理表	369

参考文献 370

本章从控制理论的发展、自动控制和自动控制系统、自动控制系统的方框图和性能指标,以及自动控制系统的分类等方面介绍自动控制系统的发展、任务和基本特点,从而对本学科所研究的对象和所要解决的问题有一个初步的认识。

1.1 控制理论的发展

自动控制科学和工程是 20 世纪最重要的科学理论和成就之一,其各阶段理论的发展及技术进步都与生产和社会实践密切相关。一般认为,自动化技术学科,萌芽于 1765 年俄国人波尔佐诺夫发明蒸汽锅炉水位调节器和 1784 年英国人瓦特(J. Watt)发明蒸汽机离心飞锤式调速器。从那时起的百多年来,随着社会生产力的发展和需要,自动控制技术和理论也得到不断的发展和提高。到 20 世纪 30 年代至 40 年代,奈奎斯特(H. Nyquist)于 1932 年提出稳定性的频率判据,伯德(H. W. Bode)于 1940 年在频率法中引入对数坐标系并于 1945 年出版了《网络分析和反馈放大器设计》一书,哈里斯(H. Harris)于 1942 年引入传递函数概念,伊万思(W. R. Evans)于 1948 年提出根轨迹法,维纳(N. Wiener)于 1949 年出版了《控制——关于在动物和机器中控制和通讯的科学》一书。他们的研究工作和著作以及前人的工作,奠定了经典控制理论的基础,到 20 世纪 50 年代趋于成熟。经典控制理论的特点是以传递函数为数学工具,采用频率域方法,研究“单输入-单输出”线性定常控制系统的分析和设计,但存在一定的局限性,即对复杂多变量系统、时变和非线性系统显得无能为力。

20 世纪 50 年代末 60 年代初,由于空间技术发展的需要,对自动控制的精密性和经济指标,提出了极其严格的要求;同时,由于数字计算机,特别是微型机的迅速发展,为控制理论的发展提供了有力的工具。在它们的推动下,控制理论有了重大发展,如庞特里亚金(Л. С. Понтрягин)的极大值原理,贝尔曼(R. Bellman)的动态规划理论,卡尔曼(R. E. Kalman)的能控性能观测性和最优滤波理论等,这些都标志着控制理论已从经典控制理论发展到现代控制理论阶段。现代控制理论的特点,是采用状态空间法(时域方法),研究“多输入-多输出”控制系统、时变和非线性控制系统的分析与设计。现在,随着技术革命和大规模复杂系统的发展,已促使控制理论开始向第 3 个发展阶段即第 3 代控制理论——大系统理论和智能控制理论发展。

虽然控制理论已经历了第 1 代经典控制理论和第 2 代现代控制理论两个发展阶段,并

已开始进入第3代,但经典控制理论仍不失其价值和实用意义,仍是进一步学习现代控制理论和其他高等控制理论的基础。

本书对经典控制理论的基本内容做了系统、详细的介绍。

1.2 自动控制和自动控制系统

自动控制作为技术改造和技术发展的重要手段,在我国的现代化建设中得到广泛应用。所谓自动控制,就是应用自动化仪表或控制装置代替人工自动地对机器设备或生产过程进行控制,使之达到预期的状态或性能要求。自动控制技术的应用可实现生产过程自动化,从而可以改善劳动条件,增加产量,提高质量,提高企业的经济效益。对那些人们无法接近的场合,自动控制更是惟一的技术手段。

自动控制是在人工控制的基础上发展起来的。图1.1为锅炉汽鼓液位控制的原理图。图中 W 、 D 分别为给水流量和蒸汽流量(负荷),控制的任务就是以一定精度保持汽鼓中液位为某一期望(给定)的数值。

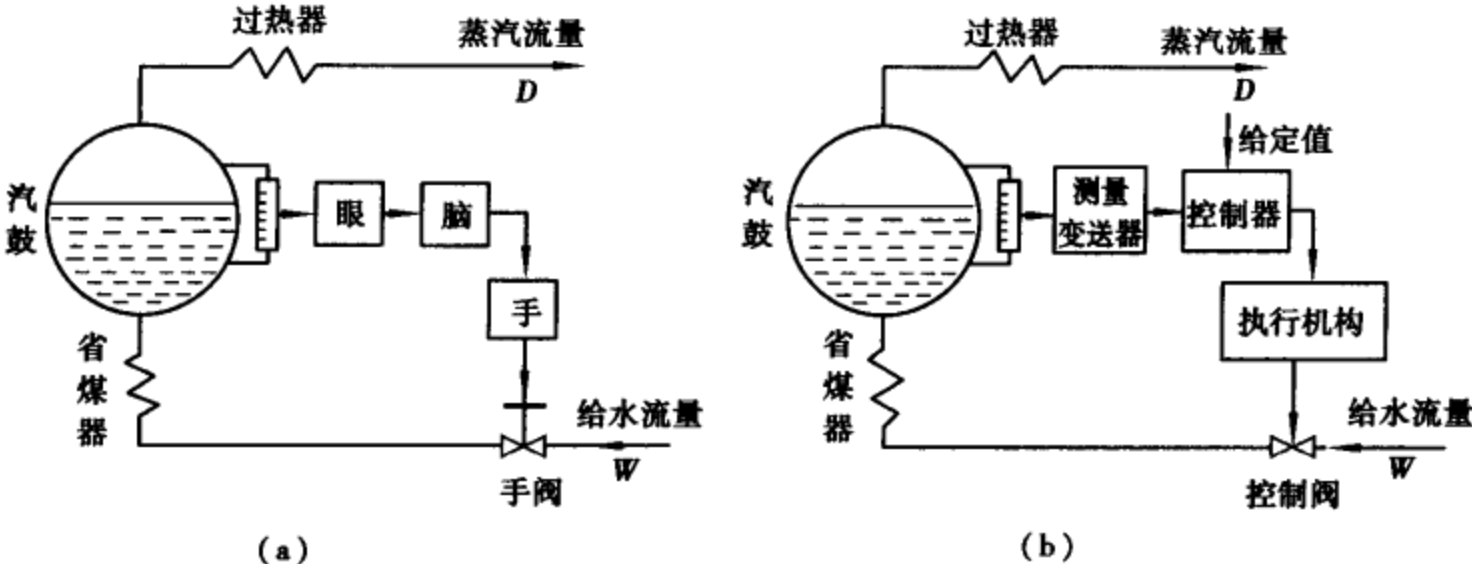


图 1.1 锅炉汽鼓液位控制原理图
(a)人工控制 (b)自动控制

在人工控制中,人是用眼、脑、手这三个器官来进行液位控制的。首先用眼睛观察液位的高低变化,然后用大脑分析比较实际液位是否偏离其期望值,若偏离了,则按操作经验,经过思考(运算)发出控制命令,指挥手去执行这一命令,调节给水调节阀的开度,从而把液位控制在所期望的数值上。

在自动控制中,用检测元件、变送器来代替人的眼睛,自动地检测液位的高低变化,并把它转换成与之成比例的统一信号:电动单元组合仪表为 $0 \sim 10 \text{ mA}$, D. C. 或 $4 \sim 20 \text{ mA}$, D. C. ;气动单元组合仪表为 $1.96 \times 10^4 \sim 9.81 \times 10^4 \text{ N/m}^2$,此信号称为“测量信号”。控制器则代替人的大脑,把接收到的测量信号与期望保持的液位值即“给定信号”进行比较,得出两者之差即“偏差”(也称“误差”),然后根据偏差信号的大小,按某种控制规律进行运算,运算的结果作为“控制信号”送到执行机构(或称执行器)中。执行机构代替人的手去关小或开大阀门,使液位保持在期望值上,从而实现自动控制。

如果将被控制的设备或过程称作受控对象(或称被控对象,简称对象),将表征设备或

过程运行情况或状态并需要加以控制的物理参量(或状态参量)称作被控量(或称被控参数),将这些物理参量所应保持的期望值称作给定值(或称参考输入或设定值),而将引起被控量变化的因素称作干扰(或扰动),则控制的任务又可概括为:使受控对象的被控量等于给定值。如果给定值以时间函数 $r(t)$ 表示,被控量以 $c(t)$ 表示,则受控对象满足的关系式

$$c(t) \approx r(t) \quad (1.1)$$

就是自动控制任务的数学表达式。

如图 1.1(b) 的液位控制所示,自动控制系统由受控对象和控制装置两部分组成。在工业过程控制中,控制装置主要包括检测元件、变送器、控制器(调节器)或计算机装置、执行机构等,分别完成检测、运算和执行等职能。

1.3 自动控制系统的方框图

在研究自动控制系统时,为了便于分析并直观地表示系统各组成部分(环节)间的相互影响和信号传递关系,一般习惯上采用方框图(也称方块图)来表示,如图 1.2 所示。

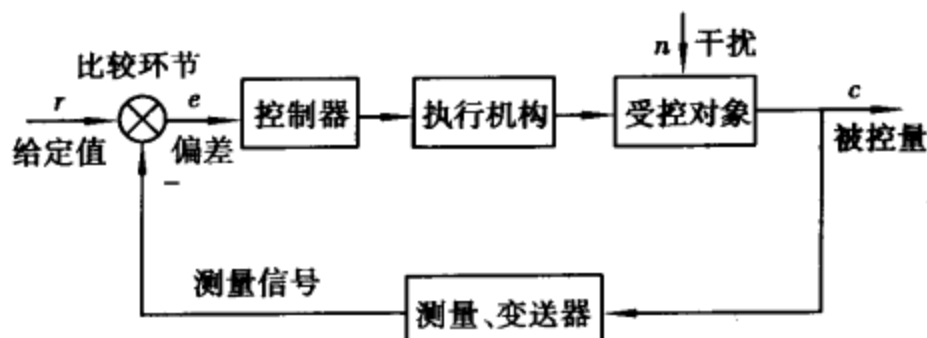


图 1.2 自动控制系统的方框图

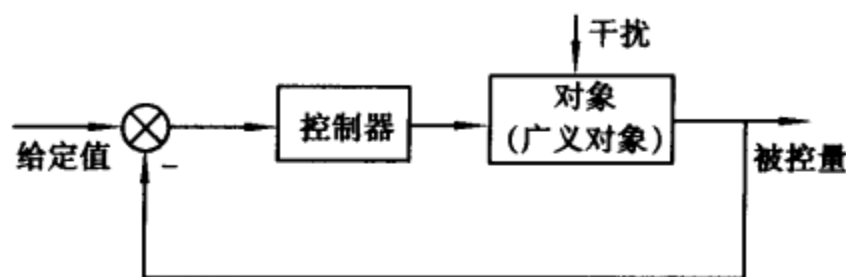
在方框图中,系统的每一个具有一定功能的组成部分称为“环节”。环节在图中用一个方框来表示。环节间信号的传递,用带箭头的的作用线来表示,其箭头方向表示作用方向。进入一个环节的信号称为该环节的“输入量”,离开环节的信号称为该环节的“输出量”。环节的输入量是引起该环节发生运动的原因,其输出量则是该环节发生运动的结果。方框图中每个环节都应具有单向性,即环节的输入引起输出的变化,而输出不会反过来引起输入的变化。这样,控制系统中的信号,只能沿着箭头方向进行单向传递。

就整个控制系统来说,系统的输出量即为被控量 c ,而系统的输入量则有两个:一个是给定值 r 的变化;另一个输入则是干扰 n ,它是一个不希望的、而影响输出的信号。不同的干扰,其作用点也不相同。系统的不同输入引起系统输出的变化也不相同,这就形成了不同的传递通道。

值得注意的是,方框图中带箭头的的作用线只表示信号的传递方向,而不表示实际物料的流动方向,两者决不能混淆。例如图 1.1 中锅炉汽鼓作为一个对象环节,其输出量(即系统的被控量)是液位高度,而引起液位变化的输入量则有两个(这里忽略锅炉排污量和假水位),一是由给水压力变化引起的给水流量 W 的变化,另一个是蒸汽负荷 D 的变化。而从实际系统的物料流动来看, D 却是从汽鼓流出去的。

方框图的应用可简可繁,这应以能清楚表达所需研究的信号传递关系和突出所研究环

节的性能为原则。例如图 1.2 所示的过程控制系统,在工程上实际测试出的对象特性,往往包含了检测元件、变送器和执行机构的特性,这时对象的特性常称为“广义对象特性”。这样,图 1.2 所示的系统,就可视为由对象(广义对象)和控制器两个环节组成,如图 1.3 所示。



1.4 自动控制系统的分类

随着控制理论和控制技术的日益发展,工业自动控制系统也日趋复杂和完善,出现了各式各样的控制系统,可从不同角度加以分类。本节着重讨论以下几种分类方法:

1.4.1 按系统的开环和闭环分类

1) 开环控制系统

开环控制系统的特点是系统的被控量对系统的控制作用没有影响,如图 1.4 所示。在这种控制系统中,不将被控量反馈回来,没有任何闭合回路。

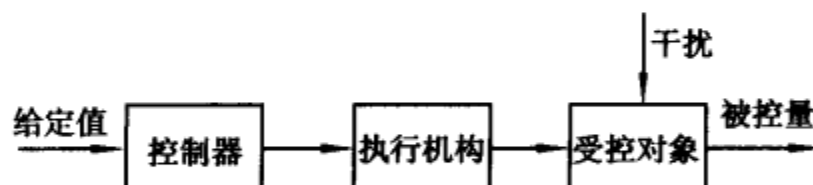


图 1.4 开环控制系统

这种控制系统结构较简单,对应于每一个给定值,其被控量便有一个对应的固定工作状态,其控制精度取决于系统各组成环节的精度。当系统存在干扰时,会直接影响被控量,而无法自动补偿,因而控制精度难以保证。所以这种系统只适用于输入与输出关系已知,且系统不存在干扰(或干扰很弱)的场合,如某些自动化流水线,多属这类系统。

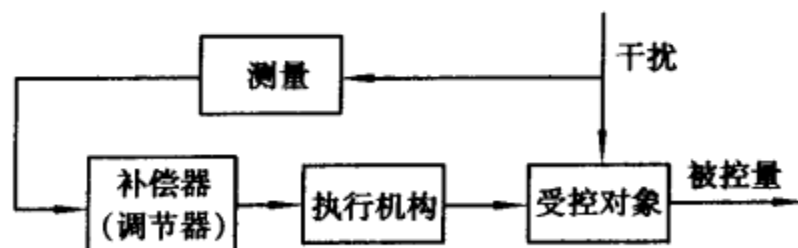


图 1.5 开环补偿系统

如果系统存在破坏系统正常运行的干扰,而干扰又能被测量,则可利用干扰信号产生控制作用,以补偿干扰对被控量的影响,如图 1.5 所示。这种按开环补偿原理建立起来的系统称为开环补偿系统。这种控制方式,亦称为“前馈控制”。前馈控制是一种主动控制方式,

即它能做到在干扰影响被控量之前,就将干扰完全抵消掉。单纯的前馈控制一般难以满足控制要求,这是因为系统往往存在很多干扰,不能一一补偿,而且有的干扰限于技术条件而无法检测,也就无法实现前馈补偿,因此,其控制精度受到原理上的限制。

2) 闭环控制系统

闭环控制系统的特点是系统的输出量(被控量)对控制作用有直接影响。图 1.2 所示的系统就是一个闭环控制系统。由图可知,系统的输出经检测、变送器(反馈通道或称反馈通路)又反送至系统的输入端形成所谓“反馈信号”。它是与输出成正比或某种函数关系的信号。若反馈信号的极性与系统输入信号(给定值)相反,则称为负反馈;若极性相同,则称为正反馈。为了和给定信号进行比较,必须把反馈信号转换成与给定信号具有相同量纲和相同量级的信号。控制器根据反馈信号和给定信号相比较后得到的偏差信号,经运算后输出控制作用去消除偏差,使被控量(系统的输出)等于给定值。由此可见,系统中的信号沿前向通道(或称前向通路)和反馈通道进行闭路传递,从而形成一个闭合回路,故这种系统称为闭环控制系统,由于具有反馈,故又称为“反馈控制系统”。而闭环控制系统都是负反馈控制系统。这是一种按偏差而进行控制的系统。反馈控制理论正是本书讨论的主要内容。

闭环控制系统的一个突出优点就是不管是由于干扰或是由于系统结构参数变化所引起的被控量偏离给定值,都会产生控制作用去消除此偏差。因此,这种系统从原理上提供了实现高质量控制的可能性。

由于反馈控制只有在偏差出现后才产生控制作用,因此系统在强干扰作用下,被控量有可能产生较大波动的控制过程。对于这种工作环境,适宜于采用按偏差调节和按干扰补偿相结合的复合控制系统,如图 1.6 所示。

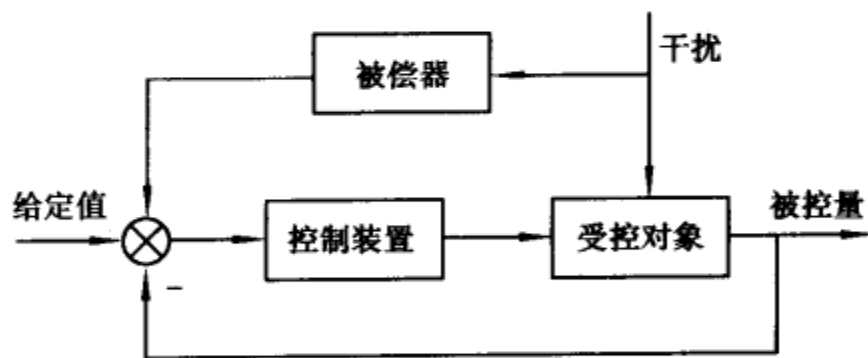


图 1.6 复合控制系统

1.4.2 按给定值分类

1) 定值控制系统

若控制的任务是使式(1.1)满足

$$c(t) = r(t) = \text{const}$$

则这样的控制系统称为定值控制系统或恒值控制系统。多数过程控制系统均属此类系统,如图 1.1 所示的锅炉汽鼓液位控制系统就是一例。

2) 随动控制系统

若控制的任务是使式(1.1) $c(t) = r(t)$,其中 $r(t)$ 为一未知时间函数,则这样的控制系统称为随动控制系统,又称跟踪控制系统或伺服系统。如跟踪卫星的雷达天线控制系统、工

业控制中的位置控制系统、过程控制中串级控制系统的副回路、工业自动化仪表中的显示记录仪等均属这类系统。

3) 程序控制系统

若控制的任务是使式(1.1) $c(t) = r(t)$, 其中 $r(t)$ 为一已知时间函数, 则这种控制系统称为程序控制系统。如耐火材料生产中的炉温程序升温、机械加工中的程序控制机床等均属此类系统。

1.4.3 按系统的特性分类

1) 线性控制系统

当系统中各组成环节或元件的状态或特性可以用线性微分方程(或线性差分方程)来描述时, 称这种系统为线性控制系统。线性控制系统的特点是具有叠加性和均匀性(或齐次性), 即当系统存在几个输入时, 系统的输出就等于各个输入分别作用于系统时系统输出之和; 当系统输入增加或缩小时, 系统的输出也按同样比例增大或缩小, 如图 1.7 所示。

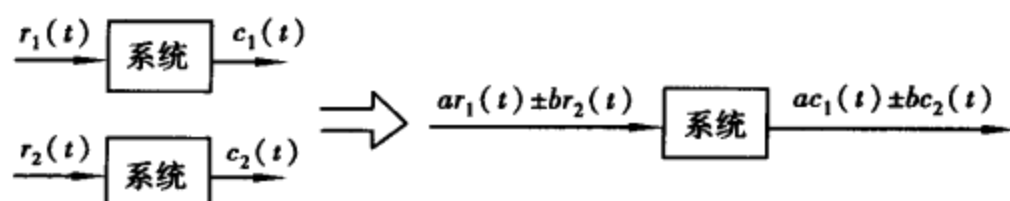


图 1.7 线性控制系统的叠加性和均匀性

如果描述系统运动状态的微分(或差分)方程的系数是常数且不随时间变化, 则这种线性系统称为线性定常(或时不变)系统。这种系统的响应形状只取决于输入信号的形状和系统的特性, 而与输入信号施加的时刻无关。若微分(或差分)方程的系数是时间的函数, 则这种线性系统称为线性时变系统, 这种系统的响应不仅取决于输入信号的形状和系统的特性, 而且与输入信号施加的时刻有关。本书主要讨论线性定常系统。

2) 非线性控制系统

当系统中存在非线性特性的组成环节或元件时(即使只存在 1 个), 系统的特性就由非线性方程来描述, 这种控制系统称为非线性控制系统。非线性控制系统不具有叠加性和均匀性, 因此叠加原理是不适用的。

严格地讲, 实际的控制系统都存在着不同程度的非线性特性, 如放大器的饱和特性, 运动部件的间隙、摩擦和死区, 等等。非线性特性根据其处理方法不同, 可分为本质非线性和非本质非线性两种。对于非本质的非线性特性, 其输入、输出关系曲线没有间断点和折断点, 且呈单值关系。因此当系统变量变化范围不大时, 可对非线性特性进行“线性化”处理, 这样就可应用相当成熟的线性控制理论进行分析和讨论。对于本质非线性特性, 其输入、输出关系或具有间断点和折断点, 或具有非单值关系。这类系统需要用非线性控制理论来分析研究。

1.4.4 按系统信号的形式分类

1) 连续控制系统

当系统中各部分的信号均是时间变量的连续函数时, 称此类系统为连续控制系统。连

续系统的运动状态或特性一般用微分方程来描述。模拟式工业自动化仪表和用模拟式仪表来实现自动化的过程控制系统均属此类系统。

2) 离散控制系统

当系统中某处或多处的信号为在时间上离散的脉冲序列或数码形式时,这种系统称为离散控制系统或离散时间控制系统。离散系统和连续系统的区别仅在于信号只在特定的离散瞬时是时间的函数。离散时间信号可由连续信号通过采样开关获得,具有采样的控制系统又称为采样控制系统。如用数字计算机或数字控制器,其离散信号是以数码形式在系统中进行传递,则称为采样数字控制系统或简称数字控制系统。由于这种系统中的被控量是模拟量,所以要用模/数(A/D)和数/模(D/A)转换器,如图1.8所示。

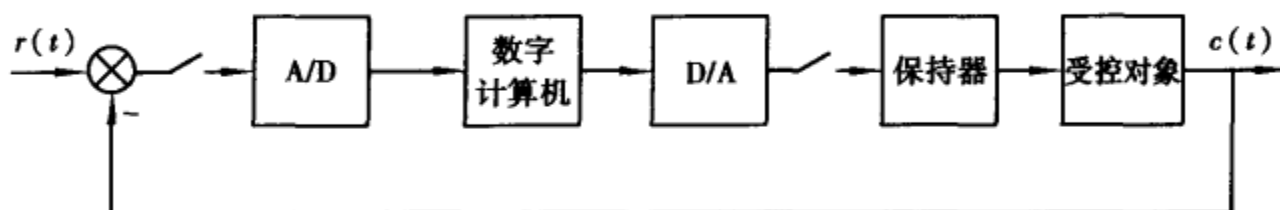


图 1.8 数字计算机采样控制系统

离散系统的运动状态或特性一般用差分方程来描述,它与连续系统类似,也有线性和非线性、定常与时变系统之分,但其分析研究方法则不同于连续系统。

1.4.5 按系统变量的多少分类

1) 单变量系统

单变量系统亦称单输入单输出系统,其输入量和输出量各为1个,系统结构较为简单。本书主要研究单变量系统。

2) 多变量系统

多变量系统亦称多输入多输出系统,其输入量和输出量多于1个,系统结构较为复杂,回路多。一个输入量对多个输出量都有控制作用,而一个输出量往往受多个输入量控制,即就是说,它们相互之间有耦合作用。对多变量系统的分析与设计远较单变量系统复杂。

自动控制系统的分类还可列举很多,这里不一一赘述。本书只讨论闭环随动控制系统和闭环定值控制系统的分析、综合校正方法,且重点放在单变量线性定常连续系统上。对于线性离散控制系统和非线性控制系统,只用一定篇幅进行分析和讨论。

例 1.1 图 1.9 是烘烤炉温度控制系统的示意图,控制的任务是保持炉温 T 恒定,试说明其工作原理,并画出该系统的方框图。

分析 在分析一个自动控制系统的工作原理时,如果明确了下面一些问题,就比较容易理解了:

(1) 哪个是受控对象? 被控量是什么? 作用在对象上的干扰有哪些? 对本例来讲,受控对象是烘炉,被控量是炉温 T , 干扰有工件、环境温度、煤气压力波动等。

(2) 依靠操纵哪个机构来改变被控量? 本例中,是依靠调节煤气管上的阀门来改变炉温。

(3) 有哪些测量元件? 测量的是被控量还是干扰? 本例中,是用热电偶来测量被控量炉温 T , 它将炉温转变为相应的电压(经放大后) u_T 。