



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新编电气与电子信息类本科规划教材·自动化专业

自动控制原理

(第2版)

谢克明 主编 刘文定 副主编 李友善 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编电气与电子信息类本科规划教材·自动化专业

自动控制原理 (第2版)

谢克明 主 编
刘文定 副主编
谢 刚 刘洪锦 参 编
李友善 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,比较全面地阐述自动控制的基本理论及应用。全书共分8章和3个附录,主要内容包括:线性系统的数学模型、时域响应分析、根轨迹法、频域特性分析、控制系统的设计与校正、非线性系统分析、采样控制系统,以及在MATLAB与Simulink支持下对控制系统进行计算机辅助分析与设计。全书内容取材新颖,阐述深入浅出。为了便于自学,各章均附有丰富的例题和习题。

本书可作为高等院校自动化等专业的本科生教材,也可供相关专业的研究生或从事自动化技术工作的人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理/谢克明主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2009.1
新编电气与电子信息类本科规划教材·自动化专业
ISBN 978-7-121-06893-5

I. 自… II. 谢… 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(2008)第084811号

策划编辑:凌毅

责任编辑:凌毅

印刷:北京民族印务有限责任公司

装订:北京鼎盛东极装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开本:787×1092 1/16 印张:21 字数:538千字

印次:2009年1月第1次印刷

印数:5000册 定价:29.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

再版前言

自动控制原理是自动化学科的重要理论基础,是专门研究有关自动控制系统中基本概念、基本原理和基本方法的一门课程,也是高等学校自动化类专业的一门核心基础理论课程。学好自动控制理论,对掌握自动化技术有着重要作用。

本书第1版是为适应自动化学科的发展,扩宽专业面、优化整体教学体系的教学改革形势,按照“理论讲透,重在应用”的原则,总结了作者多年的教学经验和课程教学改革成果,参考了国内外控制理论及应用发展的方向,经反复讨论编写而成的。几年来,控制理论的教学在高等院校有了较大的发展,我们修订这部教材是适时的。2007年,本书列选为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。在第1版的基础上,本书按照新教学大纲的要求重新编写,突出了基础性、先进性和易读性。以工程应用为背景,全面阐述自动控制的基本理论、基本概念和基本方法,并有实例分析贯穿始终,选例结合典型生产过程实例,其中增加的一些内容已在教学中实践过。

本书分8章及3个附录。主要内容分为4大部分:第一部分包括基本概念、线性系统的数学模型、时域响应分析、根轨迹分析、频域特性分析、控制系统设计与校正,这些内容属于线性定常连续控制系统问题,阐明了自动控制的3个基本问题,即模型、分析和控制;第二部分阐述非线性系统的基本理论和分析方法,包括相平面法和描述函数法,目的是为学生进一步学习后续课程打下一定的基础;第三部分有意加强了作为数字控制理论基础的采样控制系统的讨论,重点介绍了采样系统的数学模型、稳定性分析与采样系统的校正;第四部分包括MATLAB与Simulink软件支持下的控制系统的计算机辅助分析与设计,设置于各章的最后一节中。

与第1版相比,本书的内容有较大改动,全书新编写的和增补的内容有:基本概念和相应的应用实例,线性常微分方程求解,传递函数零点和极点对系统输出的影响,方框图利用梅森公式求传递函数,实验方法建立系统的数学模型,二阶系统的过阻尼动态分析、单位斜坡响应及非零初始条件下的输出响应分析,高阶系统的动态性能分析,根轨迹的基本概念如根轨迹与系统性能、闭环零点、极点与开环零点、极点之间的关系,根轨迹绘制的基本规则(如根轨迹的分离点和汇合点的多种求取、根之和、根之积等),多变量根轨迹、零极点对根轨迹的影响,利用根轨迹分析系统性能,频率特性的图形、利用频率特性分析系统品质、MATLAB频域特性分析,频率法串联校正、复合校正实例,控制系统设计的MATLAB实现,非线性系统概念(非线性系统的特点及分析设计方法)、非线性系统相平面图的解析绘制、由相轨迹求取时间、非线性系统的稳定性分析及非线性系统的简化,采样过程的数学描述、采样周期的选择等。

本书是面向应用型大学人才培养需要的一本教材,适用对象为应用型本科院校自动化专业(即“工程研究应用型”和“应用技术主导型”自动化专业)的本科生,也可供电气信息类其他专业的研究生及工程技术人员使用。在编写过程中,作者充分注意到以下几点:

(1)注重体系的基本结构,强调控制理论的基本概念、基本原理和基本方法,内容精炼,重点突出,不以细节为主。

(2)以学生为本,加强能力培养,遵照认识规律,内容叙述力求深入浅出、层次分明;注意理论的完整性与工程实用性相结合,培养学生的工程意识。

(3)引入了 MATLAB 软件实现控制系统的辅助分析和设计,以培养学生现代化的分析与设计能力,适应 21 世纪教学现代化的发展要求。

(4)为了便于不同层次的学生和读者自学,各章都附有较丰富的、有难度层次的典型例题和习题,并有部分习题要求应用 MATLAB 求解。

(5)给出本书主要专业术语的英语对照,以方便学生阅读相关的英文文献。

本书适用于 **64~80 学时** 教学。本书提供配套的电子课件,可登录电子工业出版社的华信资源教育网: www.huaxin.edu.cn 或 www.hxedu.com.cn,注册后免费下载。

本书由谢克明主编,刘文定副主编。参加编写的人员有:谢刚(第 2,3 章)、刘文定(第 5,6,7 章)、刘洪锦(第 8 章)、谢克明(第 1,4 章及附录)。全书由谢克明统稿。

借此衷心感谢本书的主审李友善教授和责任编辑凌毅女士,同时对在本书编写过程中给予帮助的各位人员表示诚挚的谢意。

由于笔者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

谢克明

2008 年 11 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 开环控制和闭环控制	2
1.1.1 开环控制	2
1.1.2 闭环控制(反馈控制)	3
1.2 自动控制系统的组成及术语	3
1.3 自动控制系统的类型	4
1.3.1 按信号流向划分	4
1.3.2 按系统输入信号划分	5
1.3.3 线性系统和非线性系统	5
1.3.4 定常系统和时变系统	5
1.3.5 连续系统和离散系统	6
1.3.6 单输入单输出系统与多输入多输出系统	6
1.4 自动控制系统性能的基本要求	6
1.5 自动控制课程的主要任务	7
1.5.1 阶跃函数	7
1.5.2 斜坡函数(等速度函数)	8
1.5.3 抛物线函数(等加速度函数)	8
1.5.4 脉冲函数	8
1.5.5 正弦函数	9
1.6 自动控制系统实例	9
1.6.1 造纸机分部传动控制系统	9
1.6.2 谷物湿度控制系统	10
1.6.3 烘烤炉温度控制系统	10
本章小结	10
习题	11
第 2 章 线性系统的数学模型	12
2.1 线性系统的微分方程	12
2.2 微分方程的线性化	17
2.3 传递函数	19
2.3.1 传递函数的概念	19
2.3.2 传递函数的特点	21
2.3.3 典型环节的传递函数	22
2.4 方框图	27

2.4.1	方框图	27
2.4.2	系统方框图的构成	27
2.4.3	环节间的连接	30
2.4.4	方框图的变换和简化	31
2.5	信号流图	34
2.5.1	信号流图的定义	35
2.5.2	系统的信号流图	35
2.5.3	信号流图的定义和术语	36
2.5.4	信号流图的性质	36
2.5.5	信号流图的简化	37
2.5.6	信号流图的增益公式	38
2.6	MATLAB 中数学模型的表示	41
2.6.1	传递函数	41
2.6.2	传递函数的特征根及零、极点图	42
2.6.3	控制系统的方框图模型	43
2.6.4	控制系统的零、极点模型	44
2.6.5	状态空间表达式	45
	本章小结	46
	习题	47
第3章	控制系统的时域分析	51
3.1	线性定常系统的时域响应	51
3.2	控制系统时域响应的性能指标	52
3.2.1	稳态性能指标	52
3.2.2	动态性能指标	52
3.3	线性定常系统的稳定性	53
3.3.1	稳定性的概念	53
3.3.2	线性定常系统稳定的充分必要条件	54
3.3.3	劳斯判据(Routh 判据)	55
3.3.4	赫尔维茨判据(Hurwitz 判据)	59
3.3.5	系统参数对稳定性的影响	60
3.3.6	相对稳定性和稳定裕量	61
3.4	系统的稳态误差	62
3.4.1	误差及稳态误差的定义	62
3.4.2	稳态误差分析	64
3.4.3	稳态误差的计算	64
3.4.4	应用静态误差系数计算给定信号作用下的稳态误差	65
3.4.5	扰动信号作用下的稳态误差与系统结构的关系	68
3.4.6	改善系统稳态精度的途径	69
3.4.7	系统的动态误差系数	70
3.5	一阶系统的时域响应	71

3.5.1 数学模型	71
3.5.2 单位阶跃响应	71
3.5.3 性能指标	72
3.5.4 一阶系统的单位脉冲响应	72
3.6 二阶系统的时域响应	72
3.6.1 二阶系统的数学模型	72
3.6.2 二阶系统的单位阶跃响应	73
3.6.3 二阶系统的单位脉冲响应	78
3.7 高阶系统的瞬态响应	81
3.7.1 高阶系统的瞬态响应	81
3.7.2 高阶系统的降阶	82
3.7.3 零、极点对阶跃响应的影响	84
3.8 用 MATLAB 和 Simulink 进行瞬态响应分析	85
3.8.1 单位脉冲响应	85
3.8.2 单位阶跃响应	86
3.8.3 斜坡响应	87
3.8.4 任意函数作用下系统的响应	87
3.8.5 由系统传递函数求系统的响应	89
3.8.6 系统阶跃响应的性能指标	90
3.8.7 Simulink 建模与仿真	91
本章小结	95
习题	95
第 4 章 根轨迹法	98
4.1 根轨迹的基本概念	98
4.1.1 根轨迹	98
4.1.2 根轨迹的基本条件	99
4.2 绘制根轨迹的基本规则	100
4.3 根轨迹绘制举例	107
4.4 广义根轨迹	109
4.4.1 参数根轨迹	110
4.4.2 多参数根轨迹簇	111
4.4.3 正反馈系统的根轨迹(零度根轨迹)	111
4.5 根轨迹分析系统的性能	114
4.5.1 根轨迹确定系统的闭环极点	114
4.5.2 根轨迹分析系统的动态特性	115
4.5.3 开环零点对根轨迹的影响	116
4.5.4 开环极点对根轨迹的影响	117
4.6 MATLAB 绘制系统的根轨迹	118
本章小结	122
习题	123

第 5 章 控制系统的频域分析	126
5.1 频率特性	126
5.1.1 频率特性概述	126
5.1.2 频率特性的求取	128
5.1.3 频域性能指标	129
5.2 典型环节的频率特性	130
5.2.1 概述	130
5.2.2 典型环节的频率特性	131
5.3 系统的开环频率特性	139
5.3.1 系统的开环对数频率特性	139
5.3.2 系统开环极坐标图(奈氏图)	142
5.3.3 最小相位和非最小相位系统	144
5.4 奈奎斯特稳定判据	147
5.4.1 映射定理	148
5.4.2 Nyquist 轨迹及其映射	150
5.4.3 Nyquist 稳定判据一	151
5.4.4 Nyquist 稳定判据二	152
5.4.5 Nyquist 对数稳定判据	154
5.5 控制系统的相对稳定性	155
5.5.1 增益裕量	156
5.5.2 相角裕量	157
5.5.3 用幅相频率特性曲线分析系统稳定性	158
5.6 闭环系统的频率特性	159
5.6.1 等 M 圆(等幅值轨迹)	160
5.6.2 等 N 圆(等相角轨迹)	161
5.6.3 利用等 M 圆和等 N 圆求单位反馈系统的闭环频率特性	161
5.6.4 非单位反馈系统的闭环频率特性	162
5.7 用频率特性分析系统品质	162
5.7.1 闭环频域性能指标与时域性能指标的关系	163
5.7.2 开环频率特性与时域响应的关系	164
5.8 MATLAB 频域特性分析	167
5.8.1 Bode 图	167
5.8.2 Nyquist 图	168
5.8.3 Nichols 图	171
本章小结	172
习题	173
第 6 章 控制系统的设计与校正	177
6.1 概述	177
6.1.1 系统的性能指标	177
6.1.2 系统的校正	180

6.2 线性系统的基本控制规律	181
6.2.1 比例(P)控制作用	182
6.2.2 比例-微分(PD)控制作用	182
6.2.3 积分(I)控制作用	184
6.2.4 比例-积分-微分(PID)控制作用	185
6.3 校正装置及其特性	187
6.3.1 无源超前校正装置	187
6.3.2 无源滞后校正装置	189
6.3.3 无源滞后-超前校正装置	190
6.4 采用根轨迹法进行串联校正	192
6.4.1 串联超前校正	192
6.4.2 串联滞后校正	195
6.4.3 滞后-超前校正	197
6.5 频率法进行串联校正	198
6.5.1 频率法的串联超前校正	198
6.5.2 频率法的串联滞后校正	200
6.5.3 频率法的串联滞后-超前校正	202
6.5.4 按期望特性对系统进行串联校正	206
6.6 反馈校正	207
6.6.1 比例负反馈校正	208
6.6.2 微分负反馈校正	208
6.6.3 反馈校正的设计	209
6.7 复合校正	211
6.7.1 反馈控制与前馈校正的复合控制	211
6.7.2 反馈控制与扰动补偿校正的复合控制	213
6.8 基于 MATLAB 和 Simulink 的线性控制系统设计	213
6.8.1 相位超前校正	213
6.8.2 相位滞后校正	215
6.8.3 Simulink 下的系统设计和校正	216
本章小结	219
习题	219
第7章 非线性系统分析	222
7.1 非线性系统概述	222
7.1.1 非线性系统的特点	222
7.1.2 非线性系统的分析和设计方法	224
7.2 典型非线性特性	224
7.3 相平面分析法	227
7.3.1 相平面的基本概念	227
7.3.2 线性系统的相轨迹	228
7.3.3 二阶非线性系统的线性化	231

7.3.4	相轨迹图的绘制	233
7.3.5	由相轨迹图求时间	234
7.3.6	非线性系统的相平面分析	235
7.4	描述函数法	241
7.4.1	描述函数的定义	241
7.4.2	典型非线性环节的描述函数	242
7.4.3	非线性系统的简化	246
7.4.4	描述函数分析法	247
7.5	基于 Simulink 的非线性系统分析	251
7.5.1	非线性系统的特点	251
7.5.2	非线性系统的响应	251
7.5.3	非线性系统的相轨迹	252
	本章小结	253
	习题	253
第 8 章	采样控制系统	258
8.1	概述	258
8.2	采样过程与采样定理	260
8.3	采样信号保持器	262
8.3.1	零阶保持器	263
8.3.2	一阶保持器	264
8.4	Z 变换	265
8.4.1	Z 变换定义	265
8.4.2	Z 变换方法	266
8.4.3	Z 变换性质	268
8.4.4	Z 反变换	270
8.5	采样系统的数学模型	273
8.5.1	线性定常差分方程	273
8.5.2	差分方程求解	274
8.5.3	脉冲传递函数(Z 传递函数)	275
8.6	采样系统的稳定性分析	281
8.6.1	采样系统的稳定条件	281
8.6.2	劳斯稳定判据	282
8.6.3	朱利稳定判据	284
8.6.4	采样周期与开环增益对稳定性的影响	285
8.7	采样系统的稳态误差	287
8.7.1	单位阶跃输入时的稳态误差	287
8.7.2	单位斜坡输入时的稳态误差	287
8.7.3	单位加速度输入时的稳态误差	288
8.8	采样系统的暂态响应与脉冲传递函数零、极点分布的关系	288
8.9	采样系统的校正	291

8.9.1 数字控制器的脉冲传递函数	292
8.9.2 最少拍系统的脉冲传递函数	293
8.9.3 求取数字控制器的脉冲传递函数	295
8.9.4 关于闭环脉冲传递函数 $\Phi(z)$ 或 $\Phi_e(z)$ 的讨论	296
8.10 MATLAB 在采样系统中的应用	300
8.10.1 连续系统的离散化	300
8.10.2 求采样系统的响应	300
8.10.3 采样系统的最少拍设计	303
本章小结	303
习题	304
附录 A 常用函数的拉普拉斯变换表	307
附录 B 常用函数的 Z 变换表	309
附录 C 控制理论术语中英文对照	310
参考文献	323

第1章 绪 论

内容提要

自动控制理论是自动化学科的重要理论基础,专门研究有关自动控制系统中的基本概念、基本原理和基本方法。本章介绍开环控制和闭环控制、控制系统的基本原理和组成、控制系统的类型,以及对控制系统的基本要求。

知识要点

开环控制,闭环控制,控制装置,被控对象,稳定性,稳态误差,动态特性。

教学建议

本章的重点是开环控制与闭环控制的区别,以及闭环控制的基本原理和组成,要求学生掌握控制系统性能的基本要求,会分析控制系统实例。建议学时数为4学时。

自动控制作为一种重要的技术手段,在工程技术和科学研究中起着极为重要的作用。什么是控制?什么是自动控制?为说明这些概念,我们首先看看下面恒温箱控制实例。

在一些生产过程中,常常需要利用加热源来维持某一箱体的温度。这时,人们需要控制加热源,不断调节箱体温度。

如图1-1所示为恒温箱控制示意图。在控制过程中,人们要用测温元件(如热电偶)不断地测量箱体温度,并与要求温度比较,反映到大脑中,然后大脑根据温差的大小和方向,产生控制指令,加大或减小热源,以减小差异。人们通过连续不断的操作,使箱体温度维持在要求值附近。在控制过程中,各种职能相互联系,可用方框图1-2表示。图中箭头方向表示各部分的联系。

通过研究上述人工控制恒温箱的过程可以看到,所谓控制就是使某个对象中物理量按照一定的目标来动作。本例中,对象指箱体,其中的物理量指箱体内温度,一定目标就是事先要求的温度期望值。

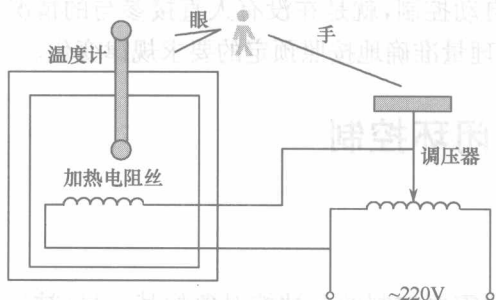


图 1-1 恒温箱控制示意图

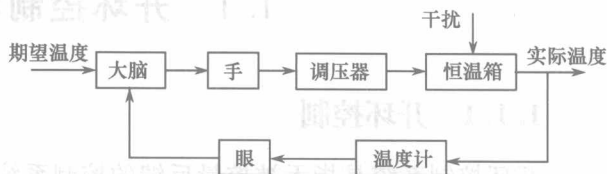


图 1-2 人工控制职能图

若温度控制要求精度高,那么由人来控制就很难满足要求,这时就需要用控制装置代替人,形成恒温箱自动控制系统,如图1-3所示。

该系统由测温元件(热电偶)、加热源(电阻丝)、信号放大变换装置、电机等构成。直流电机和减速器是执行机构,它的作用类似于人工控制中的人手。热电偶为测温装置,将箱体的实

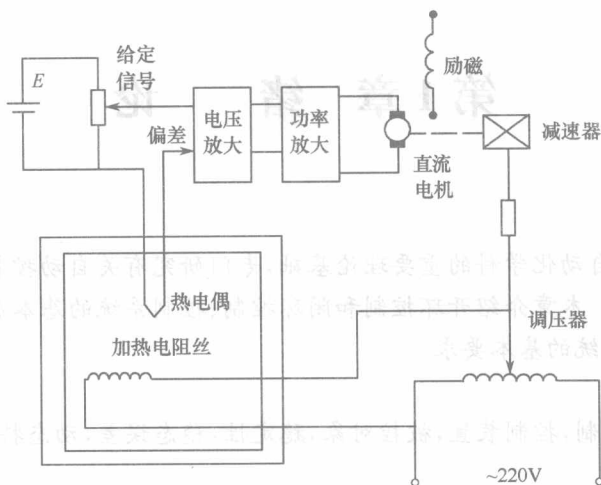


图 1-3 恒温箱自动控制系统示意图

实际温度测量出来,并将其传送给控制器,即电位器给出的给定信号与箱体的实际温度相比较的差异信号的大小及方向,经放大和变换产生直流电机的电枢电压去控制电机的转速和方向,再由传动装置去调节移动触头,以减小差异,直到偏差为零。根据上述分析,恒温箱自动控制的信号流动及相互关系如图 1-4 所示。



图 1-4 恒温箱自动控制信号流程方框图

自动控制和人工控制的基本原理是相同的,它们都是建立在“测量偏差,修正偏差”的基础上,并且为了测量偏差,必须把系统的实际输出反馈到输入端。自动控制和人工控制的区别在于自动控制用控制器代替人完成控制。总之,所谓自动控制,就是在没有人直接参与的情况下,利用控制装置使被控对象中某一物理量或数个物理量准确地按照预定的要求规律变化。

1.1 开环控制和闭环控制

1.1.1 开环控制

开环控制系统是指无被控量反馈的控制系统,即需要控制的是被控对象的某一量(被控量),而测量的只是给定信号,被控量对于控制作用没有任何影响的系统。结构图如图 1-5 所示。信号由给定值至被控量单向传递。这种控制较简单,但有较大的缺陷,即对象或控制装置受到干扰,或工作中特性参数发生变化,会直接影响被控量,而无法自动补偿。因此,系统的控制精度难以保证,系统的抗干扰能力较差。从另一种意义理解,意味着对被控对象和其他控制元件的技术要求较高。但其结构简单,成本低,在系统精度不高或扰动影响较小的情况下,具

有一定的实用价值,如数控线切割机进给系统、包装机等多为开环控制。

1.1.2 闭环控制(反馈控制)

闭环控制系统的定义是有被控量反馈的控制系统,其原理框图如图 1-6 所示。从系统中信号流向看,系统的输出信号沿反馈通道又回到系统的输入端,构成闭合通道,故称闭环控制系统,或反馈控制系统。

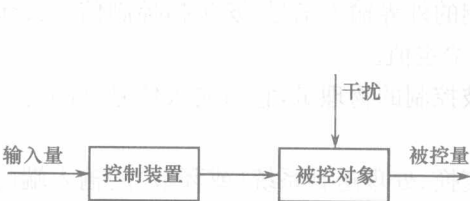


图 1-5 开环控制系统结构框图



图 1-6 闭环控制系统原理框图

这种控制方式,无论是由于干扰造成,还是由于结构参数的变化引起被控量出现偏差,系统就利用偏差去纠正偏差,故这种控制方式为按偏差调节。

闭环控制系统的突出优点是利用偏差来纠正偏差,使系统达到较高的控制精度。但与开环控制系统比较,闭环系统的结构比较复杂,构造比较困难。需要指出的是,由于闭环控制存在反馈信号,利用偏差进行控制,如果设计不当,将会使系统无法正常和稳定地工作。另外,控制系统的精度与系统的稳定性之间也常常存在矛盾。

开环控制和闭环控制方式各有优缺点,在实际工程中,应根据工程要求及具体情况来决定。如果事先预知输入量的变化规律,又不存在外部和内部参数的变化,则采用开环控制较好。如果对系统外部干扰无法预测,系统内部参数又经常变化,为保证控制精度,采用闭环控制则更为合适。如果对系统的性能要求比较高,为了解决闭环控制精度与稳定性之间的矛盾,可以采用开环控制与闭环控制相结合的复合控制系统。

1.2 自动控制系统的组成及术语

典型反馈控制系统的原理框图如图 1-7 所示。

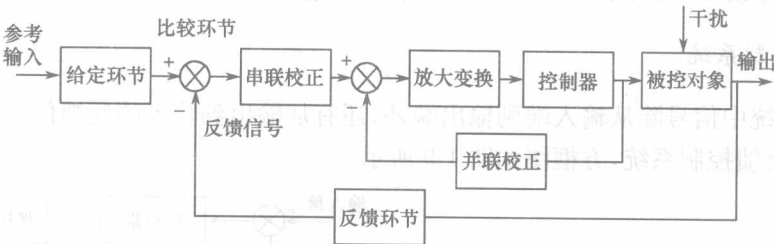


图 1-7 反馈控制系统原理框图

- (1) 被控对象:它是控制系统所控制和操纵的对象,它接受控制量并输出被控量。
- (2) 控制器:接收变换和放大后的偏差信号,转换为对被控对象进行操作的控制信号。
- (3) 放大变换环节:将偏差信号变换为适合控制器执行的信号。它根据控制的形式、幅值及功率来放大变换。
- (4) 校正装置:为改善系统动态和静态特性而附加的装置。如果校正装置串联在系统的

前向通道中,称为串联校正装置;如果校正装置接成反馈形式,称为并联校正装置,又称局部反馈校正。

(5) 反馈环节:它用来测量被控量的实际值,并经过信号处理,转换为与被控量有一定函数关系,且与输入信号为同一物理量的信号。反馈环节一般也称为测量变送环节。

(6) 给定环节:产生输入控制信号的装置。

下面介绍控制系统中常用的名词术语。

(1) 输入信号:泛指对系统的输出量有直接影响的外界输入信号,既包括控制信号又包括扰动信号。其中,控制信号又称控制量、参考输入或给定值。

(2) 输出信号(输出量):是指反馈控制系统中被控制的物理量,它与输入信号之间有一定的函数关系。

(3) 反馈信号:将系统(或环节)的输出信号经变换、处理送到系统(或环节)的输入端的信号,称为反馈信号。若此信号是从系统输出端取出送入系统输入端的,这种反馈信号称主反馈信号。而其他称为局部反馈信号。

(4) 偏差信号:控制输入信号与主反馈信号之差。

(5) 误差信号:是指系统输出量的实际值与希望值之差。系统希望值是理想化系统的输出,实际上并不存在,它只能用与控制输入信号具有一定比例关系的信号来表示。在单位反馈情况下,希望值就是系统的输入信号,误差信号等于偏差信号。

(6) 扰动信号:除控制信号以外,对系统的输出有影响的信号。

1.3 自动控制系统的类型

自动控制系统的种类很多,其结构性能和完成的任务各不相同,因此有多种分类方法,下面介绍几种常见的分类。

1.3.1 按信号流向划分

1. 开环控制系统

开环控制系统原理框图如图 1-8 所示。信号由输入端到输出端单向流动。

2. 闭环控制系统

若控制系统中信号除从输入端到输出端外,还有从输出到输入的反馈信号,则构成闭环控制系统,也称反馈控制系统,方框图如图 1-9 所示。



图 1-8 开环控制系统原理框图

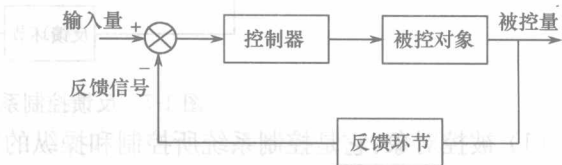


图 1-9 闭环控制系统方框图

1.3.2 按系统输入信号划分

1. 恒值调节系统(自动调节系统)

这种系统的特征是输入量为一恒值,通常称为系统的给定值。控制系统的任务是尽量排除各种干扰因素的影响,使输出量维持在给定值(期望值)上。如工业过程中恒温、恒压、恒速等控制系统。

2. 随动系统(跟踪系统)

该系统的控制输入量是一个事先无法确定的任意变化的量,要求系统的输出量能迅速平稳地复现或跟踪输入信号的变化。如雷达天线的自动跟踪系统和高炮自动瞄准系统就是典型的随动系统。

3. 程序控制系统

系统的控制输入信号不是常值,而是事先确定的运动规律,编成程序装在输入装置中,即控制输入信号是事先确定的程序信号,控制的目的是使被控对象的被控量按照要求的程序动作。如数控车床就属此类系统。

1.3.3 线性系统和非线性系统

1. 线性系统

组成系统元器件的特性均为线性的,可用一个或一组线性微分方程来描述系统输入和输出之间的关系。线性系统的主要特征是具有齐次性和叠加性。

2. 非线性系统

在系统中只要有一个元器件的特性不能用线性微分方程描述其输入和输出关系,则称为非线性系统。非线性系统还没有一种完整、成熟、统一的分析法。通常对于非线性程度不很严重或做近似分析时,均可用线性系统理论和方法来处理。非线性系统分析将在第7章专门讨论。

1.3.4 定常系统和时变系统

1. 定常系统

如果描述系统特性的微分方程中各项系数都是与时间无关的常数,则称为定常系统。该类系统只要输入信号的形式不变,在不同时间输入下的输出响应形式是相同的。

2. 时变系统

如果描述系统特性的微分方程中只要有一项系数是时间的函数,此系统称为时变系统。