

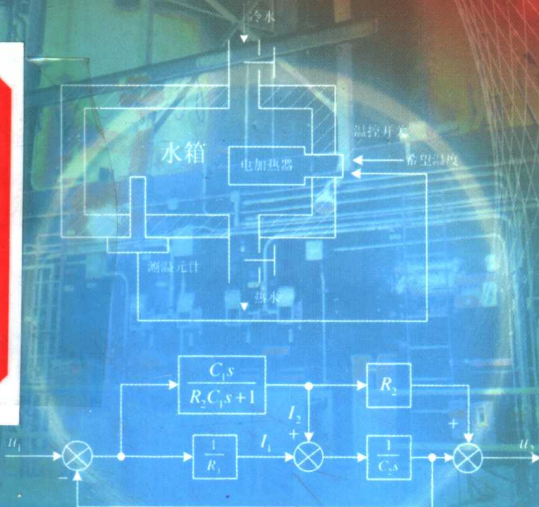
21 面向 21 世纪全国高职高专机电类规划教材

自动控制 原理与系统

ZIDONG KONGZHI YUANLI YU XITONG

姜春瑞
槐春晶 编 著
刘 丽

北京理工大学出版社



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

面向 21 世纪全国高职高专机电类规划教材

自动控制原理与系统

姜春瑞 槐春晶 刘丽 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书从简明实用的角度,对自动控制原理作了深入浅出的介绍,通过各个具有代表性的实例对自动控制原理的基本概念、线性系统的数学建模、控制系统的时域分析、根轨迹法、控制系统的频域分析和自动控制系统的校正进行了详细、透彻的分析与总结。同时,本书简要介绍了作为控制理论知识前沿的智能控制理论。

本书为大专(高职高专)和低层次的本科自动化专业教材,同时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化控制类专业教学用书。同时,本书适合相关专业人士自学。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理与系统/姜春瑞,槐春晶,刘丽编著. —北京:北京大学出版社,2005.9
(面向21世纪全国高职高专机电类规划教材)
ISBN 7-301-08942-2

I. 自… II. ①姜… ②槐… ③刘… III. 自动控制理论—专业学校—教材 IV. TP13

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第031824号

书 名: 自动控制原理与系统

著作责任者: 姜春瑞 槐春晶 刘丽 编著

责任编辑: 吕冬明

标准书号: ISBN 7-301-08942-2(IP·0787)

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765013

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印刷者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×980毫米 16开本 13.25印张 270千字

2005年9月第1版 2005年9月第1次印刷

定 价: 24.00元

前 言

为了适应大专（高职高专）等技术性人才的培养工作，笔者作为在工业自动化控制领域工作学习多年的教学科研人员，特编写了这本具有一般方法论特点的技术基础课程——《自动控制原理与系统》教材。

自动控制原理作为一门基础课程，它同时同工程实践紧密相连，在日常的工业生产当中随处可见其应用。然而，很多理论课的学习往往让人进入“理论”的陷阱当中去，仅仅能够就“理论”而论“理论”，在实际的生产实践当中遇到各种障碍，很难能够将所学到的理论应用到实际当中去。本书特别针对这一现象，在编写的过程中注重理论和实际的紧密相连，同时注重传输分析问题与解决问题的思路、方法。一个好的例子，往往能够使人更容易将所学的知识融会贯通，同时也能够增强人们学习的兴趣。本书在每一章节的最后，通过一个设计实例将本章的重点知识融会其中，既增强了可读性，同时对本章的内容也作了很好的总结。“实用”是本书的特点之一。

本书在编写的过程中，特别注重语言的简明，尽量用朴实的语言介绍书中的专业知识。同时，在文中注重方法的总结，对于重点的理论知识，都有对应的简明的使用方法。本书在编写的过程中，注重突出重点。作为自动控制理论中的重点知识，即线性系统的时域分析与频域分析，分析得比较透彻，而不是过分追求面面俱到。

智能控制在近代也取得了飞速的发展，本书在第7章作了简单的介绍。

考虑到计算机技术的发展对控制系统发展的促进作用，本书中的图表和大量的计算工作都由计算机通过MATLAB仿真给出。考虑到篇幅的原因，本书没有介绍计算机仿真方面的知识。

本书是姜春瑞、刘丽、槐春晶同志共同努力工作的结晶。在本书的编写过程中，受到了北大出版社的大力支持，在此由衷地表示感谢。同时也感谢给予我们关心和帮助的家人和朋友们。

本书在匆忙之中编写完成，其中难免有疏漏和错误之处，恳请读者对本教材提出批评与指正，以便进一步修改和完善。

编 者

2005年1月

目 录

第 1 章 自动控制的一般概念	1
1.1 概述.....	1
1.2 自动控制系统的构成.....	1
1.3 开环控制与闭环控制.....	3
1.4 自动控制系统的分类.....	5
1.4.1 按系统输入信号的变化规律不同分类.....	5
1.4.2 按描述系统的数学模型不同分类.....	6
1.4.3 按系统传输信号的性质分类.....	7
1.4.4 其他分类方法.....	8
1.5 自动控制系统的发展阶段.....	8
1.6 自动控制的基本要求.....	9
1.7 习题.....	11
第 2 章 系统的数学模型	13
2.1 自动控制系统的微分方程.....	13
2.1.1 系统微分方程式建立的一般步骤.....	13
2.1.2 系统微分方程建立举例.....	14
2.2 拉普拉斯变换.....	18
2.2.1 拉普拉斯变换.....	18
2.2.2 拉氏逆变换.....	20
2.3 控制系统的传递函数.....	21
2.3.1 传递函数的基本概念.....	22
2.3.2 几种典型的传递函数.....	25
2.4 框图及其化简方法.....	28
2.4.1 结构图的基本概念.....	28
2.4.2 结构图的化简.....	31
2.4.3 传递函数的几个基本概念.....	37
2.5 信号流图.....	40
2.5.1 信号流图中的术语及信号流图性质.....	40
2.5.2 信号流图的绘制.....	42

2.5.3	梅逊公式.....	43
2.6	设计实例.....	44
2.7	习题.....	49
第3章	线性系统的时域分析.....	51
3.1	典型输入信号.....	51
3.2	一阶系统的时域响应.....	54
3.2.1	一阶系统的数学模型.....	54
3.2.2	单位阶跃响应.....	54
3.2.3	单位斜坡响应.....	56
3.2.4	单位脉冲响应.....	57
3.3	二阶系统的时域响应.....	58
3.3.1	二阶系统的数学模型.....	58
3.3.2	二阶系统的阶跃响应.....	59
3.3.3	二阶系统的瞬态性能指标.....	64
3.4	系统的稳定性分析.....	67
3.4.1	稳定的充要条件.....	68
3.4.2	劳斯稳定判据.....	69
3.5	系统的稳态误差分析.....	74
3.5.1	稳态误差的定义.....	74
3.5.2	系统类型数.....	75
3.5.3	参考输入信号作用下的稳态误差.....	76
3.5.4	扰动输入信号作用下的稳态误差.....	80
3.6	设计实例.....	83
3.7	习题.....	85
第4章	根轨迹法.....	88
4.1	根轨迹的基本概念.....	88
4.2	根轨迹绘制的基本规则.....	90
4.3	控制系统根轨迹分析.....	103
4.4	设计实例.....	108
4.5	习题.....	110
第5章	频域分析.....	112
5.1	频率特性.....	112
5.1.1	频率特性的基本概念.....	112
5.1.2	频率特性与传递函数的关系.....	114
5.1.3	频率特性图形表示.....	114

5.2	典型环节的频率特性	115
5.2.1	比例环节	115
5.2.2	积分环节	117
5.2.3	微分环节	118
5.2.4	惯性环节	119
5.2.5	一阶微分环节	121
5.2.6	振荡环节	122
5.2.7	二阶微分环节	125
5.2.8	延迟环节	125
5.3	系统开环频率特性	126
5.3.1	系统开环幅相频率特性	126
5.3.2	系统开环对数频率特性曲线	131
5.4	奈奎斯特稳定判据	135
5.4.1	最小相位系统与非最小相位系统	136
5.4.2	闭环系统的稳定性	136
5.4.3	奈奎斯特稳定判据	138
5.4.4	奈奎斯特曲线与开环对数频率特性曲线的关系	140
5.5	系统的稳定裕度	143
5.6	闭环频率特性	148
5.6.1	闭环系统的频域性能指标	148
5.6.2	一阶系统的频域性能指标	149
5.6.3	二阶系统的频域性能指标	149
5.6.4	高阶系统的频域性能指标	151
5.7	设计实例	152
5.8	习题	154
第6章	控制系统的校正	158
6.1	控制系统的基本概念	158
6.2	基本控制规律分析	160
6.3	串联超前校正	164
6.3.1	超前校正装置	165
6.3.2	超前校正装置参数的确定	166
6.4	串联滞后校正	171
6.4.1	滞后校正装置	171
6.4.2	滞后校正装置参数的确定	173
6.5	串联滞后-超前串联校正	178

6.5.1	串联滞后-超前校正装置.....	178
6.5.2	串联滞后-超前校正参数的确定.....	180
6.6	反馈校正.....	186
6.6.1	反馈校正的特点.....	186
6.6.2	反馈校正系统的设计.....	186
6.6.3	串联校正与反馈校正比较.....	187
6.7	设计实例.....	187
6.8	习题.....	191
第7章	智能控制系统.....	194
7.1	智能控制系统发展状况.....	194
7.1.1	智能控制系统定义.....	194
7.1.2	智能控制系统的特点.....	195
7.1.3	智能控制系统的分支.....	195
7.1.4	智能控制系统发展状况.....	196
7.2	简单智能控制系统的构成.....	197
7.2.1	一般自动控制系统的构成.....	197
7.2.2	简单智能自动控制系统的构成.....	197
7.3	设计实例.....	198
附录	常用拉氏变换表.....	201
参考文献	202

第 1 章 自动控制的一般概念

1.1 概 述

自动控制 (Automatic control) 是一个非常有吸引力的研究领域, 在过去的几十年中发展起来的理论和实践解决了大量的自动化问题, 使这个领域发展成为综合性的学科, 它涉及到电气工程、计算机应用、机电一体化、过程控制等各种专业, 应用领域极为广泛。

自动控制在我们日常生活中随处可见, 人本身就是一个非常智能的自动控制系统。人体的许多功能可以在不需要有意识干涉的情况下完成, 从而维持人们的生命: 人的体温保持在 37°C 左右的自动温控系统、心跳控制系统、眼球聚焦系统等等都属于自动控制系统。在我们的周围有更多的自动控制系统。在一个现代化的居室内, 温度由温度调节装置自动控制, 类似的还有水箱中热水的温度。导航控制系统使汽车自动保持在设定车速, 刹车防抱死系统自动防止汽车在湿滑的路面上打滑, 数控机床按预定程序自动切削, 人造卫星准确进入预定轨道并回收等。

所谓**自动控制**, 就是在没有人直接参与的情况下, 利用外加的设备或装置 (控制装置), 使机器、设备或生产过程 (控制对象) 的某个工作状态或参数 (被控量) 自动地按照预定的规律运行。

自动控制系统 (Automatic control system), 是指能够对被控对象的工作状态进行自动控制的系统。它一般由控制装置和被控对象组成。**被控制对象**是指那些要求实现自动控制的机器、设备或生产过程。**控制装置**是指对被控对象起控制作用的设备总体。

自动控制系统的功能和组成是多种多样的, 其结构有简单也有复杂。它可以只控制一个物理量, 也可以控制多个物理量甚至一个企业机构的全部生产和管理过程; 它可以是一个具体的工程系统, 也可以是比较抽象的社会系统、生态系统或经济系统。

1.2 自动控制系统的构成

为了更好地理解自动控制系统的构成, 我们将自动控制系统与人类的决策过程作比较, 如图 1-1 和图 1-2 所示。

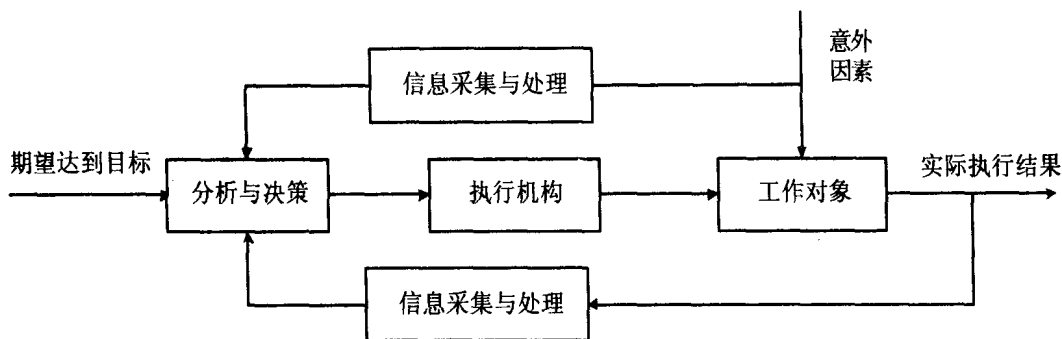


图 1-1 人工控制系统方框图

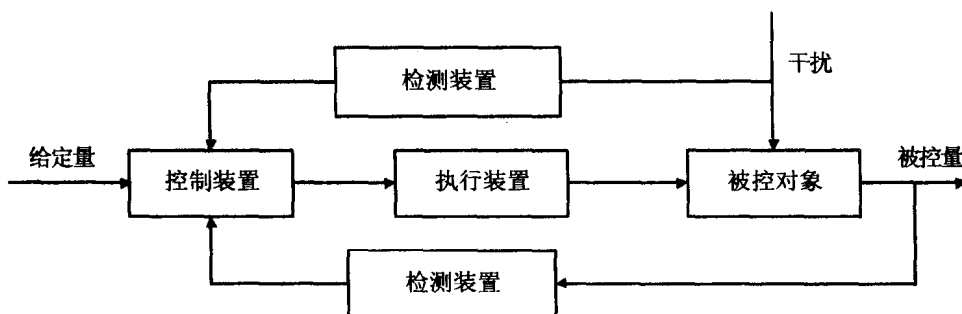


图 1-2 自动控制系统方框图

从图 1-1 和图 1-2 的比较中可以看出，自动控制系统应该具有测量、控制和执行单元，这些功能分别由相应的元器件来完成。

- 检测装置（检测元件）。它代替人眼或其他感官的功能，去测量被控参数，并转换成便于处理的信号。
- 控制装置（调节装置）。它代替人的大脑对检测装置送来的信号进行比较、分析、运算、判断等计算工作，并按计算结果发出控制信号。
- 执行装置。它代替人手和脚的功能，起到接受控制装置发出的控制信号去操纵被控对象的控制量以达到对被控参数实施控制的目的。

自动控制系统的实现过程是：在系统的给定量确定，即期望达到的目标确定，同时在干扰信号的作用下，通过检测输出信号的值进行数据处理计算，得到的结果经过执行器件输出作用到被控对象，对被控量进行新的调整。

下面以直流电动机速度自动控制为例来说明自动控制各部分的构成。结构如图 1-3 所示。图中，电位器电压为输入信号。电位器动点的位置一定，电动机速度就有一定值，故

电位器电压的变化称为参考输入量或给定量。测速发电机是电动机转速的监测装置，功率放大器为控制装置，也称为控制器。图 1-3 中，代表电动机转速变化的测速发电机电压送到输入端与电位器电压进行比较，两者的差值（又称偏差信号）控制功率放大器（控制装置），控制装置的输出控制电动机的转速，这就形成了电动机转速自动控制系统。

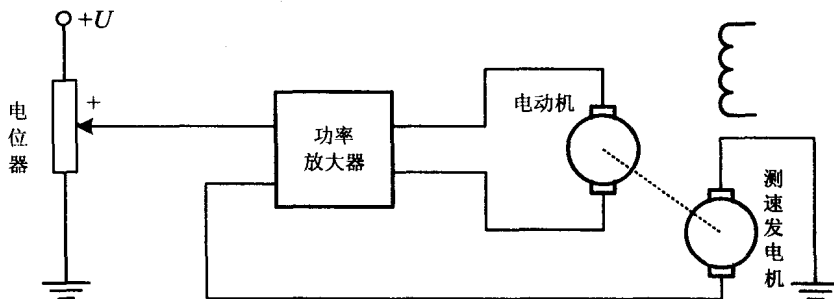


图 1-3 直流电动机速度自动控制的原理结构图

当电源变化、负载变化等引起转速变化，称为干扰。电动机被称为被控对象，转速称为被控量，当电动机受到扰动后，转速（被控量）发生变化，经检测装置（测速发电机）将转速信号（又称为反馈信号）反馈到控制装置（功率放大器），使控制装置的输出（称为控制量）发生相应的变化，从而可以自动地保持转速不变或使偏差保持在允许的范围内，也即使被控量自动地保持为给定值或在给定值附近的一个允许的很小范围内变动。

1.3 开环控制与闭环控制

自动控制系统有两种最基本的形式，即开环控制和闭环控制。

开环控制（Open-loop Control）是一种最简单的控制方式，其特点是，在控制器与被控对象之间只有正向控制作用而没有反馈控制作用，即系统的输出量对控制量没有影响。开环控制系统示意框图如图 1-4 所示。

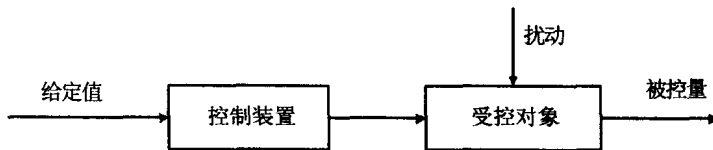


图 1-4 开环控制系统结构框图

传统的洗衣机就是一个开环的例子，浸湿、洗涤和漂清过程，在洗衣机中是依次进行的，在洗涤过程中，无需对其输出信号即衣服的清洁程度进行测量。

在任何开环控制中，系统的输出量都不需要与参考输入进行比较，对应于每一个参考输入量，便有一个相应的固定工作状态与之对应，这样，系统的精度便决定于校准的精度（为了满足实际应用的需要，开环控制系统必须精确地予以校准，并且在工作工程中保持这种校准值不发生变化）。当出现扰动时，开环控制系统就不能实现既定任务了，如果输入量与输出量之间的关系已知，并且不存扰动，则可以采用开环控制。沿时间坐标轴单向运行的任何系统，都是开环系统。

下面以一简单液面系统为例，来说明开环控制的原理与特点。

如图 1-5 所示为一简单的液面控制系统，要求其液面高度 h 能够保持在允许偏差的范围内。 V_1 和 V_2 是单位时间流出和流入此水槽的液体体积。要达到对液体高度控制的目的，首先应该根据要求的液面高度 h 及 V_1 的值，确定 V_2 的值，以达到期望的液面的高度。显然，这个目标是难以达到的，并且是十分不精确的。特别是在 V_1 和 V_2 的值受到温度、液体浓度、压强等因素影响而偏移了期望值的情况下，很难实现对液面高度的精确控制。可见开环控制的特点是结构简单、精度低、自调整能力差。开环控制一般只能用于对控制性能要求不高的场合。

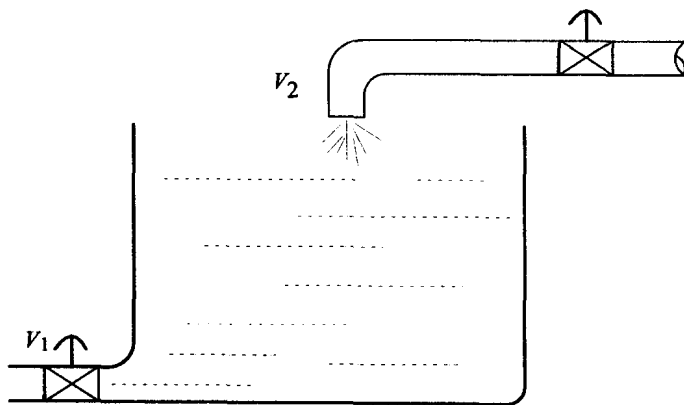


图 1-5 液面开环系统

如果此液面控制系统能够将液面的高度检测出来，通过液面的高度来调整 V_2 的值，即可对此液面实现精确的控制。此种思想即为闭环控制（Closed-loop Control）的思想。液面闭环系统示意图如图 1-6 所示。

图中浮子的位置就是测量出来的液面实际高度，将它与电位器相连接，在期望高度 h 的位置，此电位器的电压值为零。若水槽中的液体的液面高度偏离期望值 h ，就使电位器输出一个电压值 u ，此电压值经过放大后，作用于电动机，调整 V_2 的值，改变流入水槽中的

液体的速度，直到液面高度恢复到期望高度的值，由于电压输出为零，电动机不转动，液面就能维持在 h 附近而不超过允许误差的范围。从而实现了液面系统的自动控制。

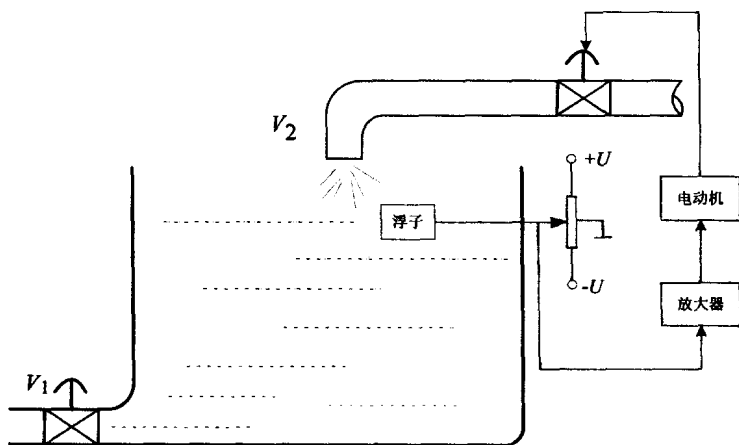


图 1-6 液面闭环系统示意图

从上面的例子可以看出，闭环系统是将输出的测量值与预期的输出值相比较，产生偏差信号并将偏差信号作用于执行机构。闭环控制也称为反馈控制，就是在输出与输入之间存在反馈通道，通过反馈通道将输出量反馈到输入端。

闭环控制方式比较复杂，但对于外界干扰，控制装置与控制对象参数发生变化引起的内部干扰，系统都能自动补偿。因此，闭环系统的控制精度比较高。闭环控制系统是自动控制系统中的最基本的控制方式，也是自动控制理论的基础。

1.4 自动控制系统的分类

自动控制系统种类繁多，上节我们所讲的开环控制和闭环控制是按照控制方式而分的，在这里介绍其他几种常见的分类方法。

1.4.1 按系统输入信号的变化规律不同分类

1. 恒值控制系统（或称自动调节系统）

这类系统的特点是输入信号是一个恒定的数值。工业生产中的恒温、恒速等自动控制系统都属于这一类型。恒值控制系统主要研究各种干扰对系统输出的影响以及如何克服这

些干扰，把输入、输出量尽量保持在希望数值上。

2. 过程控制系统（或称程序控制系统）

这类系统的特点是输入信号是一个已知的函数，系统的控制过程按预定的程序进行，要求被控量能迅速准确地复现，如化工中反应的压力、温度、流量控制。恒值控制系统也认为是过程控制系统的特例。

3. 随动控制系统（或称伺服系统）

这类系统的特点是输入信号是一个未知的函数，要求输出量跟随给定量变化。在随动系统中，扰动的影响是次要的，系统分析、设计的重点是研究被控制量跟随的快速性和准确性。函数记录仪、高炮自动跟踪系统便是典型的随动系统的例子。在随动系统中，如果被控制量是机械位置（角位置）或其导数时，这类系统称之为伺服系统。

1.4.2 按描述系统的数学模型不同分类

1. 线性系统

由线性元件构成的系统叫线性系统（Linear system）。其运动方程为线性微分方程。若各项系数为常数，则称为线性定常系统。其运动方程一般形式为

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n}{dt^n} c(t) + a_{n-1} \frac{d^{n-1}}{dt^{n-1}} c(t) + \dots + a_1 \frac{d}{dt} c(t) + a_0 c(t) \\ = b_m \frac{d^m}{dt^m} r(t) + b_{m-1} \frac{d^{m-1}}{dt^{m-1}} r(t) + \dots + b_1 \frac{d}{dt} r(t) + b_0 r(t) \end{aligned}$$

式中： $r(t)$ ——系统的输入量； $c(t)$ ——系统的输出量。

线性系统的主要特点是具有叠加性和齐次性，即当系统的输入分别为 $r_1(t)$ 和 $r_2(t)$ 时，对应的输出分别为 $c_1(t)$ 和 $c_2(t)$ ，则当输入为 $r(t) = a_1 r_1(t) + a_2 r_2(t)$ 时，输出量为 $c(t) = a_1 c_1(t) + a_2 c_2(t)$ ，其中 a_1, a_2 为常数。

2. 非线性系统

在构成系统的环节中有一个或一个以上的非线性环节时，则称此系统为非线性系统（non-linear system）。典型的非线性特性有饱和特性、死区特性、间隙特性、继电特性、磁滞特性等，如图 1-7 所示。

非线性理论研究远不如线性系统那么完整，一般只能近似地定性描述和数值计算。在自然界中，严格来说，任何物理系统的特性都是非线性的。但是，为了研究问题的方便，许多系统在一定的条件下，一定的范围内，可以近似地看成为线性系统来加以分析研究，其误差往往在工业生产允许的范围之内。

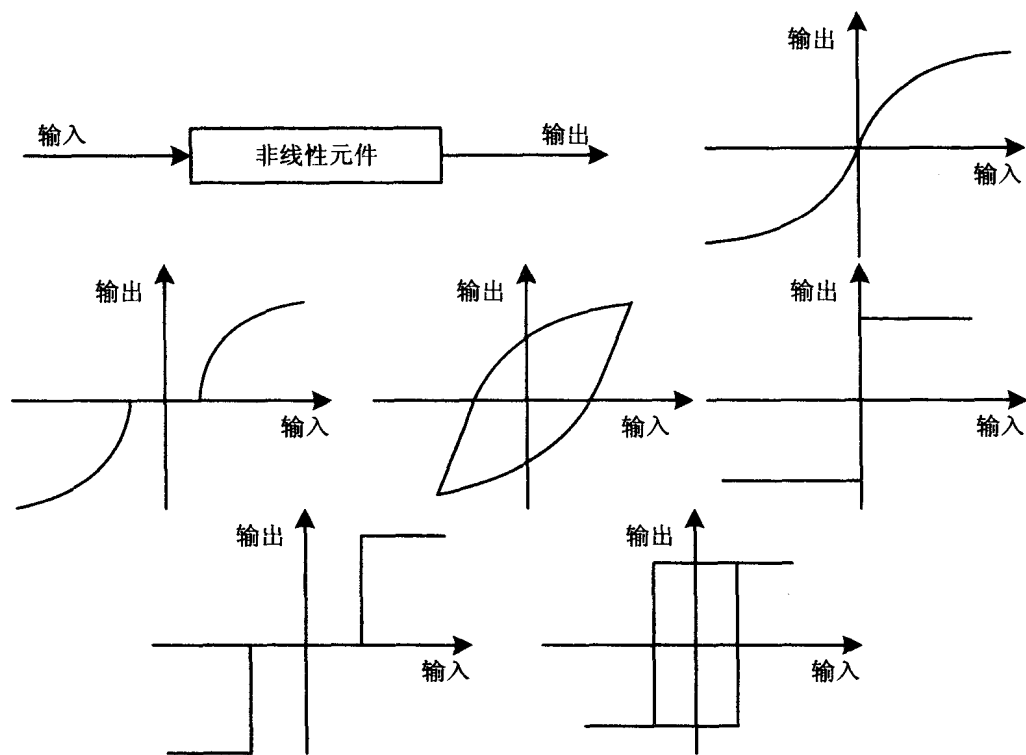


图 1-7 非线性特性举例

1.4.3 按系统传输信号的性质分类

1. 连续系统

系统各部分的信号都是模拟的连续函数。图 1-3 所示的电动机速度自动控制系统就属于这一类型。

2. 离散系统

系统的某一处或几处，信号以脉冲序列或数码的形式传递的控制系统。其主要特点是：系统中用脉冲开关或采样开关，将连续信号转变为离散信号。若离散信号为脉冲的系统又叫脉冲控制系统。若离散信号以数码形式传递的系统，又叫采样数字控制系统或数字控制系统。如数字计算机控制系统就属于这一类型。

1.4.4 其他分类方法

自动控制系统还有其他的分类方法,如按系统的输入/输出信号的数量来分,有单输入/单输出系统和多输入/多输出系统;按控制系统的功能来分:有温度控制系统、速度控制系统、位置控制系统等。按系统元件类型来分:有机电系统、液压系统、气动系统、生物系统。综合这些分类,可以全面反映控制系统。本书主要讲述线性定常系统,线性定常系统可用输入量与输出量的微分方程表示,且微分方程的系数是常数;反之,如果微分方程的系数随时间变化,称为时变系统。

对控制系统进行分类,可以在分析和设计系统前,对系统有初步的研究和认识,这样就可以选择适当的方法,有针对性地分析和设计系统。

1.5 自动控制系统的三个阶段

自动控制理论是研究自动控制共同规律的技术科学。既是一门古老的、已臻成熟的学科,又是一门正在发展的、具有强大生命力的新兴学科。控制理论的发展初期,是以反馈理论为基础的自动调节原理,主要用于工业控制。第二次世界大战期间,为了设计和制造飞机及船用自动驾驶仪、火炮定位系统、雷达跟踪系统等基于反馈原理的军用装备,进一步促进和完善了自动控制理论的发展。从1868年马克斯威尔(J.C.Maxwell)提出低阶系统稳定性判据至今一百多年里,自动控制理论的发展可分为三个主要阶段:

1. 第一阶段:经典控制理论(或古典控制理论)的产生、发展和成熟

经典控制理论的基本特征为:

- 主要用于线性定常系统的研究,即用于常系数线性微分方程描述的系统的分析与综合;
- 只用于单输入、单输出的反馈控制系统;
- 只讨论系统输入与输出之间的关系,而忽视系统的内部状态,是一种对系统的外部描述方法。

18世纪,James Watt为控制蒸汽机速度设计的离心调节器,是自动控制领域的第一项重大成果。在控制理论发展初期,做出过重大贡献的众多学者中有迈纳斯基(Minorsky)、黑曾(Hezen)和奈奎斯特(Nyquist)。1922年,Minorsky研制船舶操纵自动控制器,并证明了从系统的微分方程确定系统的稳定性。1932年,Nyquist提出了一种相当简便的方法,根据对稳态正弦输入的开环响应,确定闭环的稳定性。1934年,Hezen提出了用于位置控制系统的伺服机构的概念,讨论了可以精确跟踪变化的输入信号的继电器式伺服机构。19世纪40年代,频率响应法为闭环控制系统提供了一种可行方法,从20世纪40年代末到50年代初,伊凡思(Evans)提出并完善了根轨迹法。频率响应法和根轨迹法是古典控制理论

的核心。由这两种方法设计出来的系统是稳定的，并且或多或少地满足一些适当的性能要求。一般来说，这些系统是令人满意的，但它不是某种意义上的最佳系统。

本书重点讲解经典控制理论的内容。

2. 第二阶段：现代控制理论的兴起和发展

由于航天事业和电子计算机的迅速发展，20世纪60年代初，在原有“经典控制理论”的基础上，又形成了所谓的“现代控制理论”。现代控制系统解决的是多输入多输出问题，通常采用状态空间的时域分析法。数字计算机的出现为复杂系统的时域分析提供了可能。因此，利用状态变量、基于时域分析的现代控制理论应运而生，从而适应了现代设备日益增加的复杂性，同时也满足了军事、空间技术和工程应用领域对精确度、重量和成本方面的严格要求。

为现代控制理论的状态空间法的建立作出开拓性贡献的有：1954年贝尔曼(R.Bellman)的动态规划理论，1956年庞特里雅金(L.S.Pontryagin)的极大值原理和1960年卡尔曼(R.E.Kalman)的多变量最优控制和最优滤波理论。状态空间方法的核心是最优化技术。它以状态空间描述（实质上是一阶微分或差分方程组）作为数学模型，利用计算机作为系统建模分析、设计乃至控制的手段，适应于多变量、非线性、时变系统。它不但在航空、航天、制导与军事武器控制中有成功的应用，在工业生产过程控制中也得到逐步应用。

3. 第三阶段：智能控制发展阶段

智能控制是近年来新发展起来的一种控制技术，是人工智能在控制上的应用。智能控制的概念和原理主要是针对被控对象、环境、控制目标或任务的复杂性提出来的，它的指导思想是依据人的思维方式和处理问题的技巧，解决那些目前需要人的智能才能解决的复杂的控制问题。被控对象复杂性体现为：模型的不确定性，高度非线性，分布式的传感器和执行器，动态突变，多时间标度，复杂的信息模式，庞大的数据量，以及严格的特性指标等。而环境的复杂性则表现为变化的不确定性和难以辨识。智能控制是从“仿人”的概念出发的，智能控制的方法包括模糊控制，神经网络控制，专家系统控制等方法，以解决传统控制系统不能解决的问题。由于传统的控制系统建立在精确的数学模型基础上，不能解决具有不确定性的系统，并且传统控制系统输入信息比较单一，而现代的复杂系统必须处理多种形式的信息，进行信息融合。所以具有自适应、自学习和自组织的功能，能处理不确定性问题的智能控制系统应运而生。

1.6 自动控制的基本要求

当自动控制系统受到各种干扰（扰动）或者人为要求给定值（参考输入量）发生改变