



高等职业教育“十一五”规划教材  
高职高专机电类教材系列

# 自动控制技术

贺力克/主 编  
邱丽芳/主 审

 科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

---

• 高等职业教育“十一五”规划教材

---

高职高专机电类教材系列

# 自动控制技术

贺力克 主 编  
邱丽芳 主 审

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书系统介绍了自动控制系统的基本概念,结合直流调速系统和位置随动系统,着重叙述了自动控制系统的工作原理、自动调节过程、系统数学模型的建立,以及系统性能——稳定性、稳态性能、动态性能的分析;介绍了系统校正的作用和方法,同时以转差功率不变型调速系统——异步电动机变频调速系统为主,介绍了交流调速系统。本书各章配有小结和习题,全书侧重高等职业教育加强技术应用的特点,理论联系实际,分析细致,通俗易懂。

本书为高等职业教育“十一五”规划教材,可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高等学校及本科院校开办的二级职业技术学院的电气、自动化和机电等专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

自动控制技术/贺力克主编. —北京:科学出版社,2009  
(高等职业教育“十一五”规划教材·高职高专机电类教材系列)  
ISBN 978-7-03-025133-6

I. 自… II. 贺… III. 自动控制-高等学校:技术学校-教材  
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 133472 号

责任编辑:鹿海龙/责任校对:赵燕  
责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

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>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2009年8月第一版 开本:787×1092 1/16  
2009年8月第一次印刷 印张:12 1/4  
印数:1—3 000 字数:290 000

定价:20.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈海生〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135319-8999 (VT03)

**版权所有,侵权必究**

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

# 前 言

本书结合当今计算机与微机控制的广泛使用、新的自控软件的广泛应用、电力电子器件的更新、交流调速取代直流调速等高新技术的发展和高等职业教育的特点,着重培养学生的技术应用能力。全书以方法论为主线,尽量简化理论推导,注重物理概念的阐述与分析;主要的理论教学内容都配有相关的实例分析,做到理论联系实际,学以致用;习题中安排较多的读图练习,有利于学生自学能力、分析能力和实践能力的提高。

总之,本教材力求面向工程实际、面向当今控制技术,具有实用性、先进性和系统性,分析细致、通俗易懂,能体现高职教育培养生产第一线应用型人才的要求。

本书共分8章。包括自动控制系统概述、自动控制系统的数学模型、时域分析法、频率分析法、自动控制系统的校正、直流调速系统、位置随动系统、交流调速系统等。

贺力克负责本书编写思路与编写大纲的总体规划,并对全书进行整理、修改和定稿。第1章、第3章由胡邦南编写,第2章、第4章由贺力克编写,第5章由刘峥编写,第6章、第7章由黄立峰编写,第8章由张志田编写。邱丽芳审阅本书时,提出了许多宝贵意见,在此对她表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中存在差错或不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 自动控制系统的概述</b> .....	1
1.1 引言 .....	1
1.2 开环控制和闭环控制 .....	2
1.2.1 开环控制 .....	2
1.2.2 闭环控制 .....	3
1.3 自动控制系统的分类 .....	6
1.3.1 按给定信号的形式 .....	6
1.3.2 按系统是否满足叠加原理分类 .....	6
1.3.3 按系统参数是否随时间变化分类 .....	7
1.3.4 按信号传递的形式分类 .....	7
1.4 对自动控制系统性能的要求 .....	7
小结 .....	9
习题 .....	9
<b>第 2 章 自动控制系统的数学模型</b> .....	11
2.1 数学模型简介 .....	11
2.1.1 微分方程式 .....	11
2.1.2 传递函数 .....	13
2.1.3 框图 .....	15
2.2 典型环节的传递函数和功能框图 .....	15
2.2.1 比例环节 .....	16
2.2.2 积分环节 .....	17
2.2.3 理想微分环节 .....	18
2.2.4 惯性环节 .....	19
2.2.5 比例微分环节 .....	21
2.2.6 振荡环节 .....	21

2.2.7 延迟环节 .....	23
2.3 自动控制系统的框图 .....	24
2.3.1 系统框图的画法 .....	24
2.3.2 系统框图的物理含义 .....	25
2.3.3 框图的等效变换 .....	26
2.4 系统闭环传递函数的求取 .....	30
2.4.1 自动控制系统闭环传递函数的求取 .....	30
2.4.2 梅森公式 .....	31
小结 .....	32
习题 .....	33
<b>第3章 时域分析法</b> .....	<b>36</b>
3.1 典型输入信号和时域性能指标 .....	36
3.1.1 典型输入信号 .....	36
3.1.2 系统的动态性能指标 .....	38
3.2 控制系统的稳定性分析 .....	40
3.2.1 系统稳定性的概念和稳定的充分必要条件 .....	40
3.2.2 代数稳定判据 .....	41
3.2.3 代数判据的应用 .....	42
3.3 控制系统的动态性能分析 .....	43
3.3.1 一阶系统的动态响应分析 .....	44
3.3.2 二阶系统的动态响应分析 .....	46
3.3.3 二阶系统的动态性能指标 .....	48
3.3.4 高阶系统的动态响应分析 .....	54
3.4 控制系统的稳态误差分析 .....	55
3.4.1 系统稳态误差的概念 .....	55
3.4.2 系统稳态误差与系统型别、系统开环增益间的关系 .....	57
3.4.3 系统稳态误差与输入信号间的关系 .....	58
3.4.4 自动控制系统稳态性能分析举例 .....	60
小结 .....	64
习题 .....	64
<b>第4章 频率分析法</b> .....	<b>69</b>
4.1 频率特性的基本概念 .....	69
4.1.1 频率特性的概念 .....	69
4.1.2 频率特性的图示方法 .....	71
4.2 典型环节的对数频率特性 .....	74
4.2.1 比例环节 .....	74

4.2.2	积分环节	75
4.2.3	理想微分环节	76
4.2.4	惯性环节	77
4.2.5	比例微分环节	79
4.2.6	振荡环节	80
4.3	系统的开环对数频率特性	82
	小结	85
	习题	86
<b>第5章</b>	<b>自动控制系统的校正</b>	<b>89</b>
5.1	校正的基本概念	89
5.1.1	校正的概念	89
5.1.2	校正的方式	89
5.1.3	校正装置	90
5.2	串联校正	91
5.2.1	三频段对系统性能的影响	91
5.2.2	串联校正方法	91
5.3	反馈校正	99
5.3.1	反馈校正的方式	99
5.3.2	反馈校正的作用	100
5.4	复合校正	101
5.4.1	按输入补偿的复合校正	101
5.4.2	按扰动补偿的复合校正	101
	小结	102
	习题	102
<b>第6章</b>	<b>直流调速系统</b>	<b>105</b>
6.1	转速负反馈晶闸管直流调速系统	105
6.1.1	系统的组成	105
6.1.2	系统的框图	109
6.1.3	系统的自动调节过程	109
6.1.4	系统的性能分析	110
6.2	速度和电流双闭环直流调速系统	111
6.2.1	双闭环调速系统的组成	111
6.2.2	系统框图	112
6.2.3	双闭环调速系统的工作原理和自动调节过程	113
6.2.4	系统性能分析	114
6.2.5	双闭环调速系统的优点	115

6.2.6	给定积分器的应用 .....	116
6.3	双极晶体管脉宽调制控制的直流调速系统 .....	116
6.3.1	双极晶体管 (BJT) -脉宽调制 (PWM) 型直流调压电路 .....	116
6.3.2	由专用集成电路控制的 BJT-PWM 直流调速系统 .....	120
6.3.3	BJT-PWM 控制系统的特点 .....	122
6.4	晶闸管可逆直流调速系统 .....	122
6.4.1	电枢可逆线路 .....	122
6.4.2	可逆拖动的四种工作状态 .....	123
6.5	转速、电流双闭环数字式直流调速系统 .....	124
6.5.1	数字式直流调速系统的组成 .....	124
6.5.2	数字式直流调速系统的软件功能 .....	124
6.5.3	数字式直流调速系统的硬件组成 .....	125
	小结 .....	126
	习题 .....	127
<b>第 7 章</b>	<b>位置随动系统 .....</b>	<b>131</b>
7.1	位置随动系统概述 .....	131
7.1.1	随动系统的定义 .....	131
7.1.2	随动系统的应用 .....	131
7.1.3	位置随动系统的组成 .....	132
7.1.4	位置随动系统的特点 .....	133
7.2	位置信号的检测及执行电机 .....	133
7.2.1	感应同步器 .....	133
7.2.2	角位移检测元件 .....	134
7.2.3	直流伺服电动机的基本结构、工作原理与工作特性 .....	137
7.2.4	交流伺服电动机的基本结构、工作原理和工作特性 .....	139
7.3	交流位置随动系统 .....	141
7.3.1	系统的组成 .....	141
7.3.2	系统的组成框图 .....	144
7.3.3	系统的工作原理 .....	144
7.3.4	系统框图 .....	145
7.3.5	位置随动系统性能分析 .....	146
7.4	直流位置随动系统 .....	147
7.4.1	系统的组成 .....	148
7.4.2	专用集成控制芯片的工作原理 .....	148
7.4.3	微机控制的由 L290/1/2 芯片组成的直流位置随动系统的工作原理 .....	151
7.5	数控机床的伺服系统 .....	152



---

7.5.1 数控机床伺服系统原理 .....	153
7.5.2 数控机床伺服系统性能分析 .....	154
小结 .....	155
习题 .....	156
<b>第8章 交流调速系统</b> .....	<b>157</b>
8.1 交流调速的基本类型 .....	157
8.2 变频调速的构成及基本要求 .....	158
8.2.1 变频调速的组成 .....	158
8.2.2 变频调速的基本要求 .....	159
8.3 变频器的分类和特点 .....	161
8.3.1 间接变频装置构成及控制方式 .....	162
8.3.2 电压源和电流源变频器 .....	163
8.3.3 交-直-交电压源变频器工作原理 .....	164
8.4 正弦波脉宽调制变频器 .....	168
8.4.1 SPWM变频器工作原理 .....	168
8.4.2 工作原理 .....	169
8.4.3 对脉宽调制的制约条件 .....	171
8.4.4 SPWM变频器的同步调制和异步调制 .....	171
8.5 转速开环、恒压频比控制的变频调速系统 .....	173
8.6 转速闭环转差频率控制的变频调速系统 .....	178
8.6.1 转差频率控制的基本概念 .....	178
8.6.2 控制规律 .....	179
8.6.3 转差频率控制的变频调速系统 .....	180
小结 .....	181
习题 .....	182
<b>参考文献</b> .....	<b>183</b>

## 第 1 章

# 自动控制系统的概述

本章概括叙述了开环控制和闭环控制的特点,介绍了自动控制系统的分类和对自动控制系统性能的要求,并简单介绍了自动控制技术的发展历史和研究方法。

## 1.1 引言

自动控制技术已广泛地应用于工业、农业、国防、交通运输、空间技术、管理工程等各个领域。尽管自动控制系统种类繁多,结构和用途各异,但它们的基本原理是一样的。自动控制理论就是建立在各种自动控制系统之上的一门学科,它是分析、设计和调试自动控制系统的理论基础。

具有自动功能的装置很早就出现了,瓦特发明的蒸汽机上的离心调速器就是比较自觉地运用反馈原理进行设计并取得成功的例子。麦克斯韦对它的稳定性进行了分析,于 1868 年发表的论文当属很早的理论工作。从 20 世纪 20 年代到 40 年代形成了以时域法、频率法和根轨迹法为主要内容的古典控制理论。20 世纪 60 年代以来,随着计算机技术和航天等高科技技术领域的发展,又产生了基于状态空间模型的现代控制理论。特别是 20 世纪 80 年代后 MATLAB 软件的开发与应用,使得自动控制的研究方法发生了深刻的变化,功能强大的 MATLAB 软件使自动控制系统的仿真与设计变得简单、精确和灵活,如今 MATLAB 已成为控制领域应用最广的计算机辅助工具软件。

随着自动化技术的发展,人们力求使设计的控制系统达到最优的性能指标。为了使系统在一定的约束条件下,其某项性能指标达到最优而实行的控制称为最优控制。

当对象或环境特性变化时,为了使系统能自行调节,以跟踪这种变化并保持良好的品质,又出现了自适应控制。

虽然现代控制理论的内容很丰富,与古典控制理论相比较,它能解决更多更复杂的

控制问题，但对于单输入、单输出线性定常系统而言，用古典控制理论来分析和设计，仍是最实用方便的。

真正优良的设计必须允许模型的结构和参数不精确并可能在一定范围内变化，即具有鲁棒性。这是当前的重要前沿课题之一。另外，使理论实用化的一个重要途径就是数学模拟（仿真）和计算机辅助设计（CAD）。

近年来，现代控制理论在非线形系统理论、离散事件系统、大系统和复杂系统理论等方面均有不同程度的发展。智能控制在实用方面也得到了很快的发展，它主要包括专家系统、模糊控制和人工神经网络等内容。

总之，自动控制理论正随着技术和生产的发展而不断发展，并且反过来又成为高新技术发展的重要理论根据。本书所介绍的内容是该理论中最基本的也是最重要的内容，即古典理论部分。它在工程实践中用得最多，也是进一步学习自动控制理论的基础。

在自动控制系统方面，本书将通过典型的自动控制系统和实例分析，来阐述如何分析系统的组成，搞清系统的工作原理、工作特点和自动调节过程，搞清楚如何建立系统的数学模型和怎样应用自控原理来分析系统的性能，并探讨改善系统性能的途径。掌握自动控制系统的一般分析方法，将为读者在自动控制技术方面，打下一个初步但又非常重要的基础。

## 1.2 开环控制和闭环控制

所谓控制系统就是通过执行规定的功能来实现某一给定目标的一些相互关联单元的组。由人直接或间接操作执行装置的控制方式称为手动控制；而无需人直接或间接操纵执行装置，利用控制装置控制被控制量自动按预定的规律变化的过程则称为自动控制。

自动控制系统一般有两种基本结构，对应着两种基本控制方式。

### 1.2.1 开环控制

控制装置与受控对象之间只有顺向作用而无反向联系时，称为开环控制，相应的控制系统称为开环控制系统，如图 1.1 所示。

**【例 1.1】** 分析图 1.2 所示简单的电动机转速控制系统。

**解：**本例中，受控对象为电动机，控制装置为电位器和放大器。当改变给定电压  $U_n$  时，经放大器放大后的电压  $U_a$  随之变化，作为被控量的电动机转速  $n$  亦随之变化。就是说，系统正常工作时，应由  $U_n$  来确定  $n$ 。

若由于电网电压的波动或负载的改变等扰动量的影响使得转速  $n$  发生变化，而这种变化未能被反馈至控制装置并影响控制过程，则系统无法克服由此产生的偏差。

开环控制的特点是，系统结构和控制过程均很简单，但由于这类系统无抗扰能力，

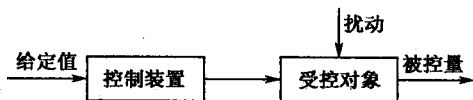


图 1.1 开环控制系统

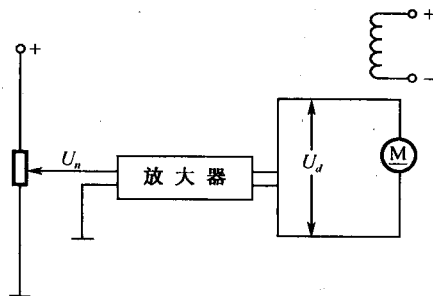


图 1.2 开环控制的调整系统

因而其控制精度较低，大大限制了它的应用范围。开环控制一般只能用于对控制性能要求不高的场合。当无法预计的扰动因素使输出量产生的偏差超过允许的限度时，开环控制系统便无法满足技术要求，就应考虑采用闭环控制系统。

### 1.2.2 闭环控制

控制装置与受控对象之间，不但有顺向作用，而且还有反向联系，即有被控量对控制过程的影响，这种控制称为闭环控制，相应的控制系统称为闭环控制系统，如图 1.3 所示。

**【例 1.2】** 分析图 1.4 所示采用转速反馈的直流电动机调速系统。

**解：**此系统与上述开环控制系统不同的是，增加了作为测量装置的测速发电机和分压电位器。电动机的转速  $n$  被其转换成反馈电压  $U_f$ ，并反馈至输入端，形成闭合回路。加在放大器输入端的电压  $e$  为给定电压  $U_n$  与  $U_f$  的差值，即

$$e = U_n - U_f$$

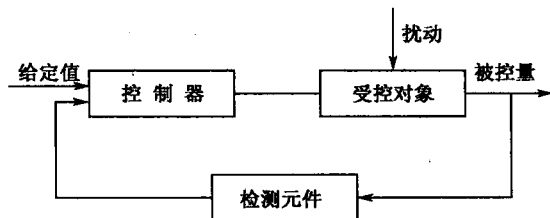


图 1.3 闭环控制系统

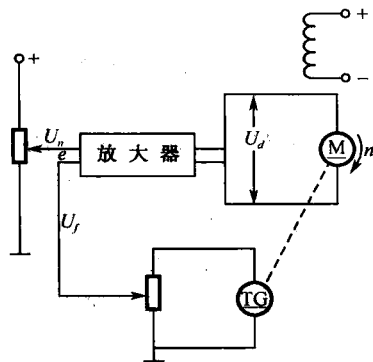


图 1.4 闭环控制的调整系统

此闭环控制系统中，输出转速  $n$  取决于给定电压  $U_n$ 。而对于由电网电压波动、负载变化，以及除测量装置之外的其他部分的参数变化所引起的转速变化，都可以通过自

动调整加以抑制。例如，如果由于以上原因使得转速下降 ( $n \downarrow$ )，将通过以下的调节过程使  $n$  基本维持恒定，即

$$n \downarrow \rightarrow U_f \downarrow \rightarrow e \uparrow \rightarrow U_d \uparrow \rightarrow n \uparrow$$

**【例 1.3】** 分析图 1.5 所示水位控制系统。

解：

(1) 系统的组成

图 1.5 为一个水位控制系统的示意图。由图可知，系统的控制对象是水箱（而不是控制阀）。被控制量（或输出量）是水位高度  $H$ （而不是  $Q_1$  或  $Q_2$ ）。使水位  $H$  发生改变的外界因素是用水量  $Q_2$ ，因此  $Q_2$  为负载扰动量（它是主要扰动量）。使水位能保持恒定的可控因素是给水量  $Q_1$ ，因此  $Q_1$  为主要扰动量（理清  $H$  与  $Q_1$ 、 $Q_2$  间的关系，是分析本系统组成的关键）。

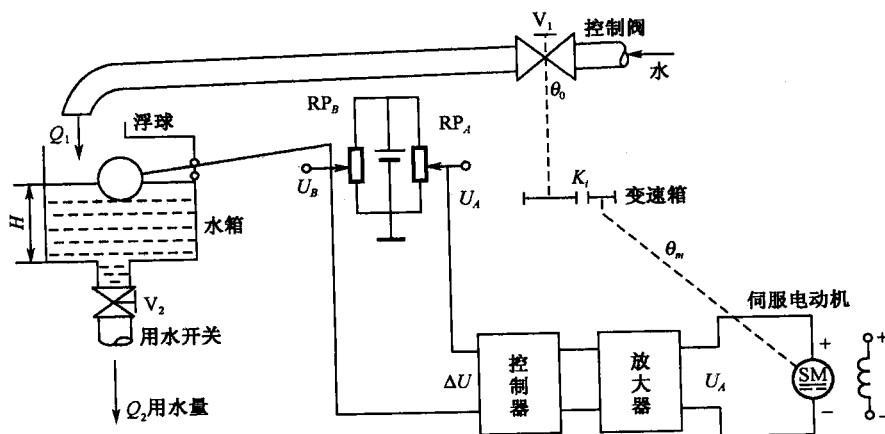


图 1.5 水位控制系统示意图

控制  $Q_1$  的是由电动机驱动的控制阀门  $V_1$ ，因此，电动机—变速箱—控制阀便构成执行元件。

电压  $U_A$  由给定电位器  $RP_A$  给定（电位器  $RP_A$  为给定元件）。 $U_B$  由电位器  $RP_B$  给出， $U_B$  的大小取决于浮球的位置，而浮球的位置取决于水位  $H$ 。因此，由浮球—杠杆—电位器  $RP_B$  就构成水位的检测和反馈环节。 $U_A$  为给定量， $U_B$  为反馈量， $U_B$  与  $U_A$  极性相反，所以为负反馈。 $U_A$  与  $U_B$  的差值即为偏差电压  $\Delta U$  ( $\Delta U = U_A - U_B$ )，此电压经控制器与放大器放大后即成为伺服电动机的控制电压  $U_A$ 。

根据以上的分析，得系统的组成框图，如图 1.6 所示。

(2) 工作原理

当系统处于稳态时，电动机停转， $\Delta U = U_A - U_B = 0$ ，即  $U_B = U_A$ ；同时  $Q_1 = Q_2$ ， $H = H_0$ （稳定值，由  $U_A$  给定）。若设用水量  $Q_2$  增加，则水位  $H$  将下降，通过浮球及杠杆的反馈作用，将使电位器  $RP_B$  的滑点上移， $U_B$  将增大；这样  $\Delta U = U_A - U_B < 0$ ，此

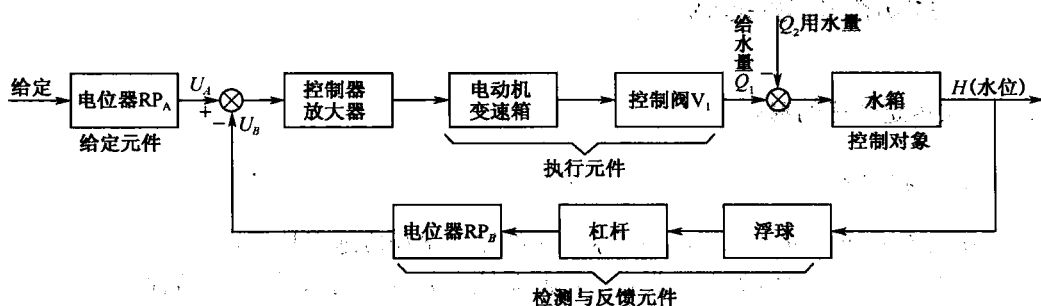


图 1.6 水位控制系统的组成框图

电压经过放大后，使伺服电动机反转，再经减速后，驱动控制阀  $V_1$ ，使阀门开大（这是安装时，做成如此的），从而使给水量  $Q_1$  增加，使水位不再下降，且逐渐上升恢复到原位。这个自动调节的过程一直要继续到  $Q_1 = Q_2, H = H_0$ （回复到原水位）， $U_B = U_A, \Delta U = 0$ ，电动机停转为止。

(3) 自动调节过程 (图 1.7)

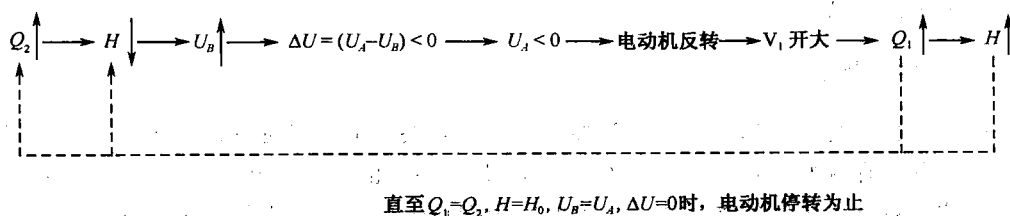


图 1.7 水位控制系统的自动调节过程

由上述例子可知，闭环控制系统有如下的特点。

1) 由于系统的控制作用是通过给定量与反馈量的差值进行的，故这种控制常称为按偏差控制，又称反馈控制。

2) 这类系统具有两种传输信号的通道：由给定值至被控量的通道称为前向通道；由被控量至系统输入端的通道称为反馈通道。

3) 不论取什么物理量进行反馈，作用在反馈环内前向通道上的扰动引起的被控量的偏差值，都会得到减小或消除，使得系统的被控量基本不受该扰动的影响。反馈控制可以进行补偿，这是闭环控制的一个突出的优点。正是由于这种特性，使得闭环控制系统在控制工程中得到了广泛的应用。

自动控制原理中所讨论的系统主要是闭环控制系统。

另外，也可将闭环控制与补偿控制相结合，形成复合控制。

## 1.3 自动控制系统的分类

### 1.3.1 按给定信号的形式

#### 1. 恒值控制系统

系统的参考输入量是恒值，并要求系统的输出量相应地保持恒定。

恒值控制系统是最常见的一类自动控制系统，如自动调速系统，恒温控制系统，恒张力控制系统，以及工业生产中的恒压（压力）、稳压（电压）、稳流（电流）、恒频（频率）自动控制系统都属于恒值控制系统。

#### 2. 随动系统

随动系统〔又称伺服系统〕中，输入量是变化的（有时是随机的），并且要求系统的输出量能跟随输入量的变化而变化。这种控制系统通常以功率很小的输入信号操纵大功率的工作机械。

随动系统广泛应用于船闸牵曳系统、刀架跟随系统、火炮控制系统、雷达导引系统和机器人控制系统等。

#### 3. 过程控制系统

生产过程系统通常是指把原料放在一定的外界条件下，经过物理或化学变化而制成产品的过程。在这些过程中，往往要求自动提供一定的外界条件，如温度、压力、流量、液位、黏度、浓度等参量在一定的时间内保持恒值或按一定的程序变化。

### 1.3.2 按系统是否满足叠加原理分类

#### 1. 线性系统

线性系统的特点是系统全部由线性元件组成。线性系统的性能可以用线性微分方程来描述，其最重要的特性是可以应用叠加原理，同时也可以应用拉普拉斯变换。

#### 2. 非线性系统

非线性系统的特点是系统中存在非线性元件（如具有死区、出现饱和或含有库仑摩擦等非线性特性的元件），要用非线性微分方程来描述。非线性系统不能应用叠加原理。分析非线性系统的工程方法常用相平面法和描述函数法。

### 1.3.3 按系统参数是否随时间变化分类

#### 1. 定常系统（又称时不变系统）

定常系统的特点是系统的全部参数不随时间变化，它用定常微分方程来描述。

#### 2. 时变系统

时变系统的特点是系统中有的参数是时间  $t$  的函数，它随时间变化而变化。

### 1.3.4 按信号传递的形式分类

#### 1. 连续控制系统

连续控制系统又称模拟控制系统，系统中各组成部分元件的输入量与输出量都是连续量或模拟量。连续系统的运动规律通常可用微分方程来描述。

#### 2. 离散控制系统

离散控制系统又称采样数据系统，系统中有的信号是脉冲序列、采样数据量或数字量。

## 1.4 对自动控制系统性能的要求

各种自动控制系统，为了完成一定任务，要求被控量必须迅速而准确地随给定量的变化而变化，并且尽量不受任何扰动的影响。然而，实际系统中，因控制对象和控制装置，以及各功能部件的特征参数匹配不同，系统在控制过程中差异很大，甚至因匹配不当而不能正常工作。因此，工程上对自动控制系统的性能提出了一些要求，主要有以下三个方面。

#### 1. 稳定性

稳定性是指系统受到外作用后，其动态过程的振荡倾向和恢复平衡的能力。当扰动作用（或给定值发生变化）时，系统的输出量将会偏离原来的稳定值，这时，由于反馈环节的作用，通过系统内部的自动调节，系统可能回到（或接近）原来的稳定（或跟随给定值）稳定下来，称系统是稳定的，如图 1.8（a）所示。由于内部的相互作用，使系统出现发散而处于不稳定状态，称系统是不稳定的，如图 1.8（b）所示。

显然，不稳定的系统是无法进行工作的，因此，对任何自动控制系统，首要的条件便是系统能稳定正常运行。另外，对于系统稳定性的要求要达到一定的稳定裕量，以免



由于系统参数随环境等因素的变化而导致系统进入不稳定状态。

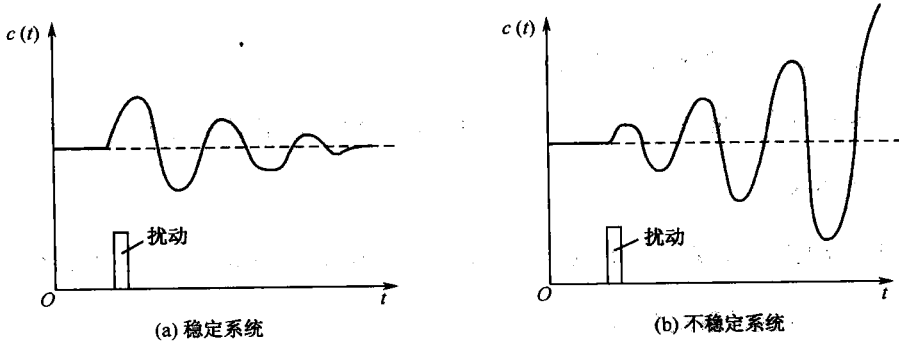


图 1.8 稳定系统和不稳定系统

### 2. 快速性

快速性是通过动态过程时间长短来表征的，如图 1.9 所示。过渡过程时间越短，表明快速性越好，反之亦然。快速性表明了系统输出  $c(t)$  对输入  $r(t)$  响应的快慢程度。系统响应越快，说明系统的输出复现输入信号的能力越强。

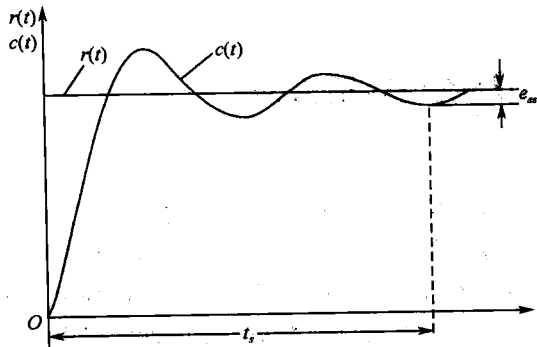


图 1.9 系统对突加给定信号的动态响应曲线

### 3. 准确性

对于稳定系统，输出的稳态值与其期望值之间出现的偏差称为系统的稳态误差  $e_{ss}$ ，如图 1.9 所示。系统稳态误差的大小反映了系统的稳定精度，说明了系统的准确程度。

然而，这些指标要求，在同一个系统中往往是相互矛盾的。这就需要根据具体对象所提出的要求，对其中的某些指标有所侧重，同时又要注意统筹兼顾。此外，在考虑提高系统的性能指标的同时，还要考虑系统的可靠性和经济性，就是要考虑性能指标是衡量自动控制系统技术品质的客观标准，它是订货、验收的基本依据，也是技术合同的基