

# 自动控制原理与系统 (第2版)

夏晨 主编

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 自动控制原理与系统

(第2版)

主 编 夏 晨

副主编 张淑艳 孟 春 宋 爽

李艳华 李 朴

参 编 侯晓茜

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书主要讲述自动控制技术的基本理论及应用,是将经典线性控制理论中最基本、最重要的内容与实际生产中应用最广泛、最常用的典型过程控制系统相结合。全书共分7章,第1~4章是自动控制原理部分,第5~7章是过程控制系统部分。在每章后面有小结与要求、思考题与习题,可供读者参考及练习。

本书适合作为高等院校和成人高校电气自动化、生产过程自动化技术、检测技术及仪表等专业的教材用书,也可作为机电一体化、冶金、化工等专业的自动控制用书,还可供相关专业的技术人员参考。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理与系统 / 夏晨主编. —2 版. —北京:北京理工大学出版社, 2017. 1  
ISBN 978 - 7 - 5682 - 3610 - 2

I. ①自… II. ①夏… III. ①自动控制理论 ②自动控制系统 IV. ①TP13 ②TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 011974 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 11

字 数 / 260 千字

版 次 / 2017 年 1 月第 2 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 42.00 元

责任编辑 / 李志敏

文案编辑 / 李志敏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

# Foreword 前言

Foreword

本书主要讲述自动控制技术的基本理论及其应用,是将经典线性控制理论中最基本、最重要的内容与实际生产中应用最广泛、最常用的典型过程控制系统相结合。结合高等院校学生的特点,基本理论知识以“必需、够用”为度,全书以“讲清概念,侧重应用”为主旨。简化了大量的数理推导,同时引进了大量的实际案例。

全书共分7章,第1章是自动控制系统的基本知识,第2章是自动控制系统的数学模型,第3章是时域分析法,第4章是频域分析法,第5章是简单控制系统,第6章是复杂控制系统,第7章是特殊控制系统。其中,第1~4章是自动控制原理部分,第5~7章是过程控制系统部分。在每章后面有小结与要求、思考题与习题,可供读者参考及练习。本书不仅适用于高等院校教学需要,而且充分考虑生产一线人员自学的需要。

本书是编者在多年的教学实践、科研和参与工程实践的基础上,借鉴了国内有关高职高专院校教材精华编写的。全书由夏晨、张淑艳、宋爽、孟春、李朴、李艳华、侯晓茜编写。其中第1、6、7章由夏晨编写;第3章由张淑艳;第5章由孟春编写;第4章由宋爽、李朴编写;第2章由李艳华编写。侯晓茜参与了部分章节的编写。全书由夏晨主编,张淑艳、孟春、宋爽、李艳华和李朴任副主编,侯晓茜任参编。全书由夏晨统稿。

由于编者水平有限,书中的错误及疏漏在所难免,恳请读者批评指正,同时希望读者提出宝贵建议。

编者

第1章 自动控制系统的基本知识 .....	1
1.1 自动控制的基本概念 .....	1
1.1.1 自动控制 .....	1
1.1.2 常用术语 .....	1
1.2 自动控制系统的组成与系统原理框图 .....	2
1.2.1 自动控制系统的组成 .....	2
1.2.2 自动控制系统的原理框图 .....	3
1.3 控制系统的分类 .....	4
1.3.1 自动控制的基本方式 .....	4
1.3.2 控制系统的分类 .....	5
1.4 对自动控制系统的的基本要求 .....	7
1.4.1 控制系统的稳态、动态与过渡过程 .....	7
1.4.2 对自动控制系统的的基本要求 .....	7
小结与要求 .....	9
思考题与习题 .....	9
第2章 自动控制系统的数学模型 .....	12
2.1 标准微分方程 .....	12
2.1.1 建立标准微分方程的一般步骤 .....	12
2.1.2 标准微分方程的建立 .....	12
2.1.3 标准微分方程的求解 .....	14
2.2 传递函数 .....	15
2.2.1 传递函数的定义 .....	15
2.2.2 传递函数的性质 .....	16
2.2.3 典型环节的传递函数 .....	16
2.3 动态结构图 .....	21
2.3.1 绘制动态结构图的步骤 .....	21
2.3.2 动态结构图的绘制 .....	21
2.3.3 运算阻抗法绘制动态结构图 .....	22
2.4 动态结构图的等效变换 .....	25

# 目录

2.4.1 基本连接方式	25
2.4.2 比较点、引出点的移动	28
2.5 梅逊公式	31
2.5.1 常用术语	32
2.5.2 梅逊公式	32
2.6 控制系统的典型传递函数	34
2.6.1 闭环控制系统的开环传递函数	35
2.6.2 系统的闭环传递函数	35
2.6.3 系统的误差传递函数	36
小结与要求	36
思考题与习题	37
<b>第3章 时域分析法</b>	<b>41</b>
3.1 控制系统的性能指标	41
3.1.1 典型输入信号	41
3.1.2 控制系统的性能指标	43
3.2 控制系统的动态性能分析	44
3.2.1 一阶系统的时域分析	44
3.2.2 二阶系统的响应分析	45
3.3 线性系统稳定性分析	53
3.3.1 系统稳定的概念	53
3.3.2 系统稳定的充分必要条件	53
3.3.3 代数稳定性判据	54
3.3.4 结构不稳定系统的改进措施	57
3.4 控制系统的稳态误差分析	58
3.4.1 误差与稳态误差的定义	59
3.4.2 稳态误差的计算	59
3.4.3 给定信号作用下的稳态误差及误差系数	60
3.4.4 扰动信号作用下的稳态误差	64
3.4.5 改善系统稳态精度的方法	65
小结与要求	66
思考题与习题	67
<b>第4章 频域分析法</b>	<b>69</b>
4.1 频率特性的基本概念	69
4.1.1 频率特性的定义	69
4.1.2 频率特性与传递函数的关系	70
4.1.3 频率特性的数学表达式	70

4.1.4	频率特性的图像表示法	71
4.2	典型环节的频率特性	73
4.2.1	比例环节的频率特性	73
4.2.2	积分环节的频率特性	73
4.2.3	微分环节(理想微分)的频率特性	74
4.2.4	惯性环节的频率特性	75
4.2.5	一阶微分环节的频率特性	78
4.2.6	振荡环节	79
4.2.7	迟延环节	81
4.2.8	一阶不稳定环节	82
4.2.9	最小相位系统和非最小相位系统	83
4.3	系统开环频率特性	83
4.3.1	0型系统的开环频率特性	84
4.3.2	I型系统的开环频率特性	86
4.3.3	II型系统的开环频率特性	87
4.3.4	系统开环幅相频率特性曲线的画法	88
4.3.5	系统开环对数频率特性曲线(Bode)的画法	90
4.3.6	根据对数幅频特性曲线确定传递函数	94
4.4	系统稳定性的频域判据	96
4.4.1	奈奎斯特稳定性判据	97
4.4.2	对数频率稳定性判据	98
4.4.3	稳定裕量	99
4.5	系统开环频率特性与系统性能的关系	102
4.5.1	3频段的概念	102
4.5.2	典型系统	106
	小结与要求	107
	思考题与习题	107
第5章	简单控制系统	110
5.1	简单控制系统的组成	110
5.2	被控量与操纵量的选择	110
5.2.1	被控量的选择	110
5.2.2	操纵量的选择	111
5.3	执行器的选择	113
5.3.1	气动执行器的结构与分类	113
5.3.2	控制阀流量特性	116
5.3.3	控制阀的选择	119
5.4	基本控制规律	120
5.4.1	控制器的控制规律	120

5.4.2	基本控制规律的类型	120
5.4.3	常用控制规律的选择	123
5.4.4	控制器正、反作用的选择	124
5.5	简单控制系统的控制器参数整定	125
	小结与要求	128
	思考题与习题	128
<b>第6章</b>	<b>复杂控制系统</b>	<b>130</b>
6.1	串级控制系统	130
6.1.1	串级控制系统的组成	130
6.1.2	串级控制系统的工作过程	132
6.1.3	串级控制系统的特点	132
6.1.4	串级控制系统的设计	133
6.1.5	串级控制系统的适用场合	136
6.2	前馈控制系统	137
6.2.1	前馈控制的概念	137
6.2.2	前馈控制的特点及局限性	138
6.2.3	前馈—反馈控制	138
6.2.4	前馈控制的应用	139
	小结与要求	141
	思考题与习题	141
<b>第7章</b>	<b>特殊控制系统</b>	<b>143</b>
7.1	均匀控制系统	143
7.1.1	均匀控制的概念	143
7.1.2	均匀控制系统的结构	144
7.2	分程控制系统	145
7.2.1	概述	145
7.2.2	分程控制系统的结构与分类	146
7.2.3	分程控制系统的应用	146
7.2.4	分程控制系统需要注意的问题	148
7.3	比值控制系统	148
7.3.1	比值控制的概念	148
7.3.2	比值控制系统的结构	149
7.3.3	比值控制系统中比值系数的换算	152
7.3.4	比值控制系统的设计	153
7.4	自动选择性控制系统	154
7.4.1	选择性控制系统的概念	154



7.4.2 自动选择性控制系统的类型 .....	154
7.4.3 选择性控制系统的设计 .....	156
7.4.4 预防积分饱和措施 .....	157
小结与要求 .....	157
思考题与习题 .....	157
附表 常用函数拉氏变换对照表 .....	159
附录 拉普拉斯变换的基本性质和定理 .....	160
参考文献 .....	162

# 第 1 章

## 自动控制系统的基本知识

自动控制技术在各行各业中起着十分重要的作用,而自动控制系统中充分地体现了自动控制技术。自动控制系统性能的优劣,将直接影响到产品的产量、质量、成本、劳动条件和预期目标的完成。

在分析自动控制系统之前,需要掌握自动控制的基本概念。

### 1.1 自动控制的基本概念

#### 1.1.1 自动控制

自动控制是在人工控制的基础上发展起来的。

以水箱液位控制系统为例,如图 1-1 所示,工艺要求保持水箱中的液位恒定。在人工控制中当出水量发生变化时,水箱液位会上下变动,操作者用眼睛观察液位计中液位的高低,通过神经系统告诉大脑;经过大脑的思考,与要求的液位进行比较,得出偏差的大小和方向,根据经验由大脑发出命令;用双手去控制进水阀的开度,引起进水量发生变化,最终使水箱中的液位达到要求的高度。

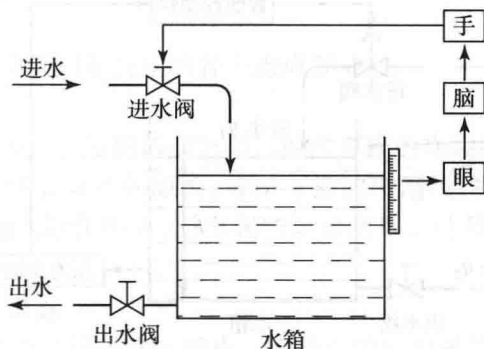


图 1-1 水箱液位人工控制系统

在人工控制中,人的眼睛、大脑和手分别起到了检测、运算和命令、执行 3 个作用,来保证水箱液位的恒定。

在自动控制中,利用控制装置代替人的眼睛、大脑和手,来完成控制的要求。

自动控制就是指在没有人直接参与的情况下,利用控制装置对生产过程或设备的某个参数进行控制,使之按照预定的规律运行。

#### 1.1.2 常用术语

以图 1-1 水箱液位控制系统为例,引出几个常用术语。

## 第1章 自动控制系统的的基本知识

(1)被控对象。将需要控制的设备或生产过程称为被控对象,简称对象。被控对象是控制系统的主体,本例中的被控对象是水箱。

(2)被控量。将被控对象运行时需要控制的参数称为被控量,用 $c(t)$ 表示。被控量是控制系统中最关键的物理量,本例中的被控量是水箱液位。

(3)给定值。工艺要求被控量所要达到的数值称为给定值、设定值或参考输入,用 $r(t)$ 表示。给定值是控制系统中的基本参数,本例中的给定值是工艺要求的液位恒定值。

(4)扰动量。将引起被控量变化的一切因素称为干扰量或扰动量,简称扰动,用 $d(t)$ 表示。引起被控量变化的因素很多,本例中主要的扰动量为出水量。

自动控制的目的是在没有人直接参与的情况下,被控对象在各种扰动 $d(t)$ 的作用下,始终能保证被控量等于给定值或接近给定值。数学表达式为

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

### 1.2 自动控制系统的组成与系统原理框图

#### 1.2.1 自动控制系统的组成

自动控制系统主要是由被控对象和自动控制装置组成的。利用自动控制装置代替人的直接参与,由图1-1变为图1-2所示。

水箱液位自动控制系统如图1-2所示,工艺要求保持液位恒定。 $q_1$ 为进水量, $q_2$ 为出水量, $h$ 为液位高度。为了控制好水箱液位,控制系统需包括以下几个部分:

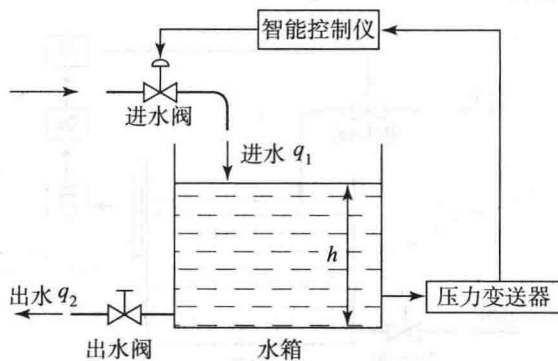


图1-2 水箱液位自动控制系统

(1)检测变送装置(或传感器)。将被控量的实际数值,转化为某种便于传送、符合规范、标准统一的信号的装置,称为检测变送装置或传感器。本例中的压力变送器就是检测变送装置,它实时测出被控量的实际数值,并送出一个相应规范的、标准统一的信号作为被控量的测量值 $c_m(t)$ ,它相当于人工控制中“眼”的作用。

(2)控制装置。接收检测变送装置送来的被控量的测量信号 $c_m(t)$ ,并与工艺上要求的给定值信号 $r(t)$ 进行比较,再根据比较的结果——偏差信号的极性与大小,按照一定的控制规律或算法,发出相应的控制信号 $u(t)$ 。本例中的智能控制仪,可起相当于人工控制中

“脑”的作用,用于比较、决策并发出控制命令。可见,控制装置是自动控制系统中最关键、核心的组成部分。

(3)执行装置(或执行器)。接收控制装置输出的控制信号  $u(t)$ ,并将其转变为一个能对被控对象实际施加的控制作用。本例中的进水阀,可起相当于人工控制中“手”的作用,能依据大脑发出的控制命令,来改变控制阀的流量。

(4)被控对象。自动控制系统的主体,也是自动控制系统的重要组成部分。本例中的水箱就是被控对象。

因此,一个自动控制系统是由被控对象、检测变送装置(或传感器)、控制装置和执行装置(或执行器)4大部分组成的。

### 1.2.2 自动控制系统的原理框图

为了直观表明自动控制系统的组成以及信号之间的传递关系,在控制中经常使用自动控制系统的原理框图来表示。系统原理框图简称系统框图或系统方块图。图 1-3 就是自动控制系统的原理框图。

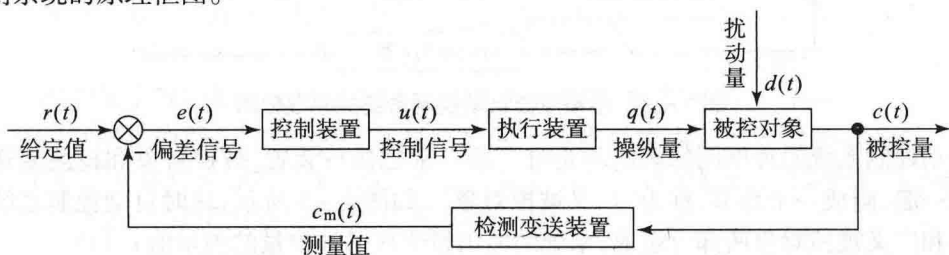


图 1-3 自动控制系统的原理框图

控制系统的原理框图是由 4 部分组成的。

#### 1. 环节

环节为图中方框,指自动控制系统中的各个组成部分。

#### 2. 作用线

作用线为图中箭头线,表示信号的传递方向。朝向方框的作用线,称为该环节的输入量(或输入信号),它是引起该环节运动的原因;背向方框的作用线,称为该环节的输出量(或输出信号),它是该环节在输入量作用下,所引起的运动结果。信号在每个环节中只能按箭头方向单向传递。

#### 3. 比较点或综合点、汇交点

比较点为图 1-3 中用“ $\otimes$ ”符号表示的点。比较点的输出量等于比较点的输入量的代数和。

偏差信号  $e(t)$  的定义为:

$$e(t) = r(t) - c_m(t)$$

在  $c_m(t)$  信号线旁务必要加“-”号,表示比较时测量信号  $c_m(t)$  是“负”的。而图 1-3 中的  $r(t)$  信号在比较时为“正”信号,可在其信号线旁不画任何符号。

#### 4. 分叉点或引出点

分叉点为图 1-3 中用符号“ $\leftarrow \rightarrow$ ”表示的点。从分叉点引出的信号是相同的。

图 1-3 中,被控量  $c(t)$  一方面作为被控对象的输出量往外输出,同时又被作为检测变送装置的输入量,把一个信号大小不变地同时送到不同的地方。

从图 1-3 可以看出,整个自动控制系统输入量为给定值  $r(t)$  和扰动量  $d(t)$ ,输出量为被控量  $c(t)$ 。

下面介绍一个重要的概念——反馈。

把系统(或环节)的输出信号直接或经过一些环节又送回到输入端的做法叫做反馈。如图 1-3 所示,把系统的输出信号通过检测变送装置送回到系统输入端的就是反馈。当系统反馈信号取负值,并与给定值相加时,属于负反馈;当反馈信号取正值,与给定值相加时,属于正反馈。自动控制系统的主反馈一般是负反馈。

从系统的输入量  $r(t)$  沿着箭头方向到系统的输出量  $c(t)$ ,称该信号通道为前向通道。而从系统的输出量  $c(t)$  沿着箭头方向到系统的输入端  $r(t)$ ,则称该信号通道为反馈通道。

水箱液位自动控制系统的原理框图如图 1-4 所示。



图 1-4 水箱液位自动控制系统的原理框图

自动控制系统原理框图的画法不是唯一的。常把执行装置、被控对象和检测变送装置综合在一起,画成一个环节,称为“广义被控对象”,如图 1-5 所示,这时自动控制系统由控制装置和广义被控对象两部分组成,系统的输出量变成了被控量的测量值  $c_m(t)$ 。

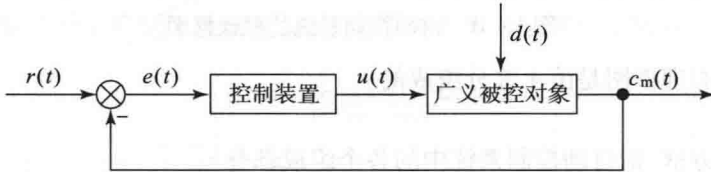


图 1-5 自动控制系统原理框图的另一种画法(一)

若用环节表示,自动控制系统原理框图也可以画成如图 1-6 所示的形式。

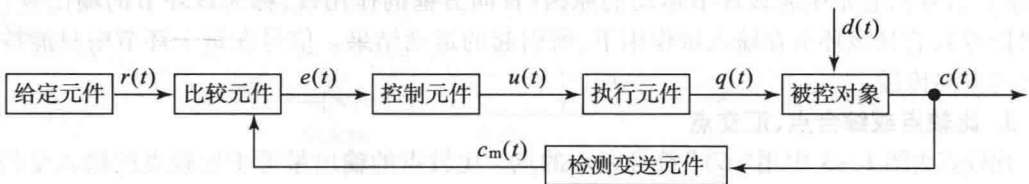


图 1-6 自动控制系统原理框图的另一种画法(二)

系统原理框图上的每个环节不一定与具体的装置一一对应。它可以是一个完整的装置,也可以是几个装置的组合,或者是某个装置中的一部分等,因此可以按照实际需要进行划分。

## 1.3 控制系统的分类

### 1.3.1 自动控制的基本方式

控制系统的分类方法有很多,首先介绍自动控制的基本方式。自动控制系统有两种最

基本的方式,即开环控制和闭环控制。

### 1. 开环控制

开环控制不存在反馈环节,只有信号的前向通道,没有反馈通道,如图 1-7 所示。

这种控制方式的结构比较简单,但是如果被控对象或控制装置受到扰动,而影响被控量时,系统不能进行自动补偿,因此控制精度难以保证。所以在控制精度要求不高而扰动又很小的场合中应用比较广泛。日常生活中的计算机磁盘驱动器、非智能化的洗衣机、非智能化的交通红绿灯等的控制系统都属于开环控制。

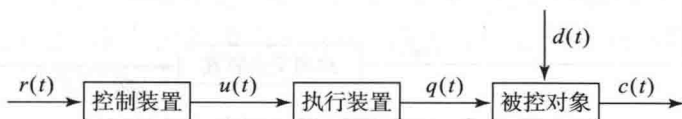


图 1-7 开环控制

### 2. 闭环控制(或负反馈控制)

闭环控制存在反馈环节,其不仅有前向通道,而且还有反馈通道。

图 1-3 所示的原理框图中有明显的闭合回路,它是一种最基本、最重要的典型控制系统。一些较为复杂的控制系统也是以它为基础,再加以改进、完善的。

闭环控制的结构复杂,负反馈控制对一切的外界或系统内部的扰动都有抑制、克服作用,但因它必须在被控量偏离了给定值、产生了偏差后才能施加影响并起作用,且最终又使系统偏差不断变小,直至为零,所以控制不及时。

## 1.3.2 控制系统的分类

控制系统常用的有以下几种分类。

### 1. 按系统的结构分类

(1) 开环控制系统。只有开环控制的系统,如图 1-7 所示。

(2) 闭环控制系统。只有闭环控制的系统,如图 1-3 所示。

(3) 复合控制系统。

复合控制是将开环控制和闭环控制适当结合的控制方式,可用来实现复杂并且控制精度要求较高的控制任务。

复合控制是集开环控制与闭环控制两者优点于一体的一种较完善的控制系统。它有两种基本形式,即按扰动补偿的复合控制和按输入给定补偿的复合控制。

按扰动补偿的复合控制,又称前馈—反馈控制,如图 1-8 所示。它既可利用前馈控制及时抑制主扰动,又可利用反馈控制克服工艺上的其他各种扰动。将在后面章节的前馈控制系统中详细介绍。

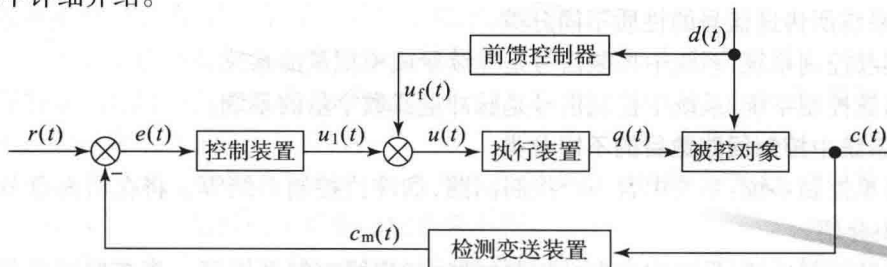


图 1-8 按扰动补偿的复合控制(前馈—反馈控制)

按输入给定补偿的复合控制如图 1-9 所示,能加速被控量跟踪给定值的变化,它是随动控制系统中提高跟踪速度和精度常用的一种控制方案。将在后面章节的时域分析法中详细介绍。

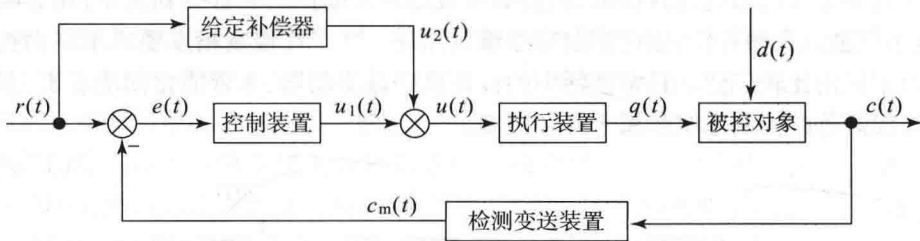


图 1-9 按输入给定补偿的复合控制

## 2. 按系统给定值 $r(t)$ 变化的规律分类

(1) 恒值控制系统:系统的给定值为恒值,可克服各种扰动因素的影响,保证被控量等于恒定的给定值或接近给定值。如前面提到的液位控制系统就是恒值控制系统。

(2) 程序控制系统:系统的给定值是一个按照一定规律变化的时间函数。如数控伺服系统以及一些自动化生产线,给定值是固有的程序。

(3) 随动(或跟踪)控制系统:系统的给定值是一个不能预知的随机量,要求被控对象的被控量能快速、准确地跟随输入的随机变化的给定值变化,如火炮自动跟随系统。

## 3. 按被控对象反应快慢不同分类

(1) 过程控制系统:生产过程中需要控制的温度、压力、流量、物位、成分等参数都是属于慢过程对象的被控量,相应的控制系统为过程控制系统。前面提到的液位控制系统就是过程控制系统。

(2) 运动(或拖动)控制系统:用电机直接拖动工作机械,常常是转角、转速等变化反应迅速的被控量,相应的控制系统为运动控制系统。如电机调速系统。

## 4. 按系统数学模型的性质不同分类

(1) 线性系统:系统全部由线性元件组成,系统的输入量与输出量的关系用线性微分方程来描述。

微分方程的系数不随时间变化,是个常数,这样的系统是定常系统;微分方程的系数随时间变化而变化,所以是时间的函数,这样的系统是时变系统。

(2) 非线性系统:系统中存在非线性元件,系统的输入量与输出量的关系用非线性微分方程来描述。

## 5. 按系统所传送信号的性质不同分类

(1) 连续控制系统:系统中控制信号是连续量或模拟量的系统。

(2) 离散控制系统:系统中控制信号是脉冲量或数字量的系统。

## 6. 按系统中控制回路数目的不同分类

(1) 简单控制系统:系统中含一个控制回路,如液位控制系统等。将在后面章节的简单控制系统中介绍。

(2) 复杂控制系统:系统中含多个控制回路,如串级控制系统等。将在后面章节的复杂控制系统中介绍。

## 1.4 对自动控制系统的基本要求

### 1.4.1 控制系统的稳态、动态与过渡过程

在介绍自动控制系统的基本要求之前,需首先介绍几个术语。

#### 1. 稳态

把被控量  $c(t)$  不随时间变化的平衡状态称为系统的稳态(或静态),这时工艺上进出系统的物料量都处于动态平衡状态,此时不仅被控量  $c(t)$  稳定不变,且系统中各处的信号都不随时间变化,处于平衡状态。

#### 2. 动态

把被控量  $c(t)$  随时间变化的不平衡状态称为系统的动态(或瞬态),这时系统中的各个环节和各处的信号都在随时间变动。

系统受到了扰动  $d(t)$  作用或给定值  $r(t)$  突然发生了某种变化,则系统原来的平衡状态将被打破,被控量开始偏离给定值变化,并导致控制装置、执行装置(或执行器)都将相应动作,对被控对象施加控制作用,最终使被控量回到给定值,此时系统又恢复到一个新的平衡状态,控制过程结束。

#### 3. 系统的过渡过程

系统从一个平衡状态到另一个新平衡状态的过程,称为系统的过渡过程。在此过程中,被控量及系统各处的信号都处于变化之中。

#### 4. 系统的过渡过程曲线

通常把表示被控量在过渡过程中的变化情况的曲线,称为系统的过渡过程曲线(见图 1-10)。根据自动控制系统的过渡过程曲线的情况就可判断其控制质量的好坏。

### 1.4.2 对自动控制系统的基本要求

对一个自动控制系统的基本要求为稳定性、快速性和准确性。

#### 1. 稳定性

对任何自动控制系统,首要条件是系统必须稳定。只有系统稳定,才能正常工作。

稳定性是指系统受到扰动作用或给定值发生变化时,其动态过程的振荡倾向和重新恢复状态的能力。

当系统受到扰动作用或给定值发生变化时,被控量就会偏离给定值,如果经过系统的自身调节,系统能回到或接近原来的给定值,这样的系统就是稳定的系统;否则,系统不能回到或接近原来的给定值,这样的系统就是不稳定的系统。

闭环控制系统在给定值单位阶跃函数作用下的过渡过程曲线如图 1-10 所示,系统过渡过程曲线以衰减振荡的形式,最终趋于新的稳态,如图 1-10(a) 所示,系统为稳定的,这样的系统能正常工作。

若系统的过渡过程曲线是发散的,即被控量偏离给定值越来越大,则系统为不稳定的,如图 1-10(b) 所示,这样的系统就不能正常工作。

若系统的过渡过程曲线是等幅振荡的,则系统处于稳定与不稳定之间的临界状态,称为临界稳定,如图 1-10(c) 所示,这样的系统也不能正常工作。



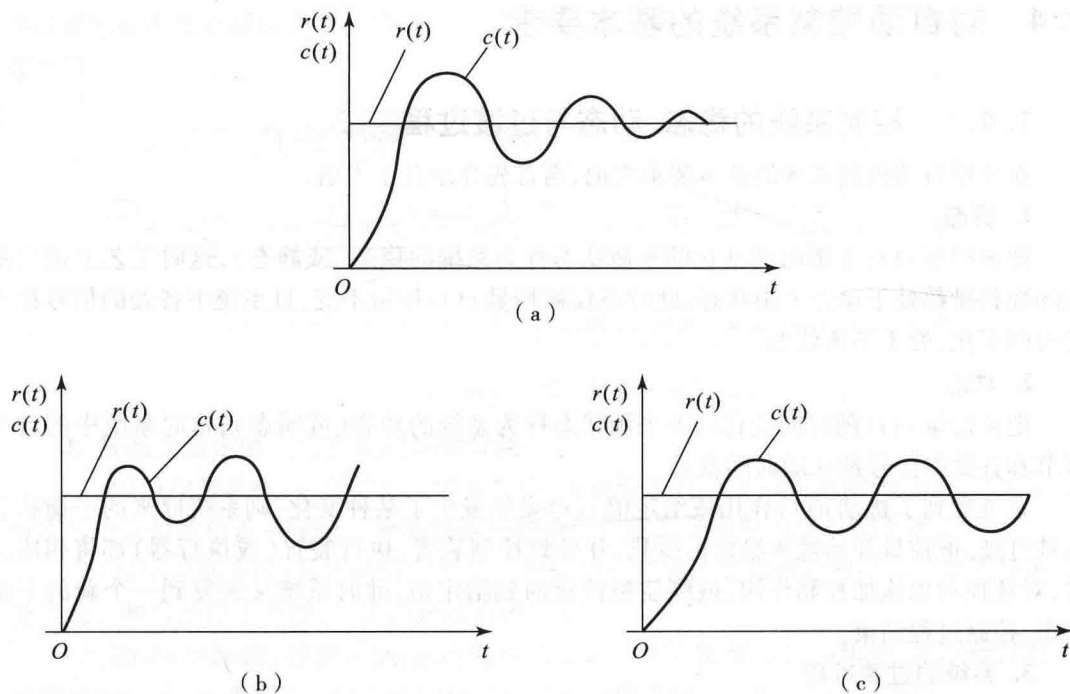


图 1-10 闭环控制系统在给定值单位阶跃函数作用下的过渡过程曲线  
(a)稳定;(b)不稳定;(c)临界稳定

## 2. 快速性

快速性是通过动态过渡过程时间的长短来表示的,如图 1-11 所示。过渡过程时间越短,则快速性就越好;反之,过渡过程时间越长,则快速性就越不好。

## 3. 准确性

准确性是由系统达到稳态时,给定值与实际值之差来体现的,如图 1-12 所示。它反映了系统的稳态精度。

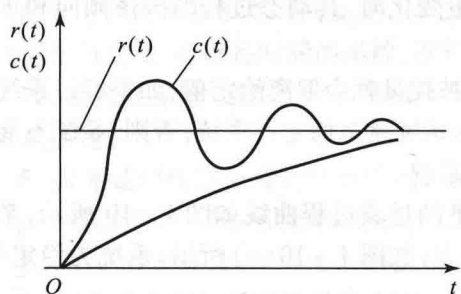


图 1-11 控制系统的快速性

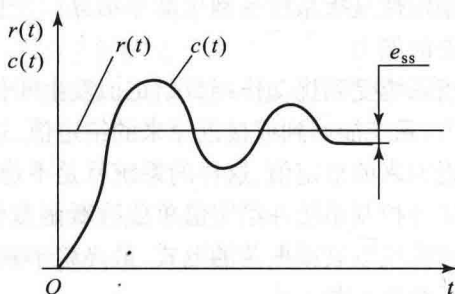


图 1-12 控制系统的准确性

稳定性、快速性和准确性往往是互相制约的。在设计与调试的过程中,若过分强调某方面的性能,则可能会使其他方面的性能受到影响。