

自动控制原理

第1章 自动控制原理的基本概念



东北大学

王建辉 顾树生 主编

杨自厚 主审



第1章 自动控制原理的基本概念

主要内容

- 开环控制系统与闭环控制系统
- 闭环控制系统的组成和基本环节
- 自动控制系统的类型
- 自动控制系统的性能指标
- 小结



第1章 自动控制原理的基本概念

学习重点

- ❖ 了解自动控制系统的基本结构和特点及其工作原理；
- ❖ 了解闭环控制系统的组成和基本环节；
- ❖ 掌握反馈控制系统的基本要求及反馈控制系统的作用；
- ❖ 学会分析自动控制系统的类型及本质特征。



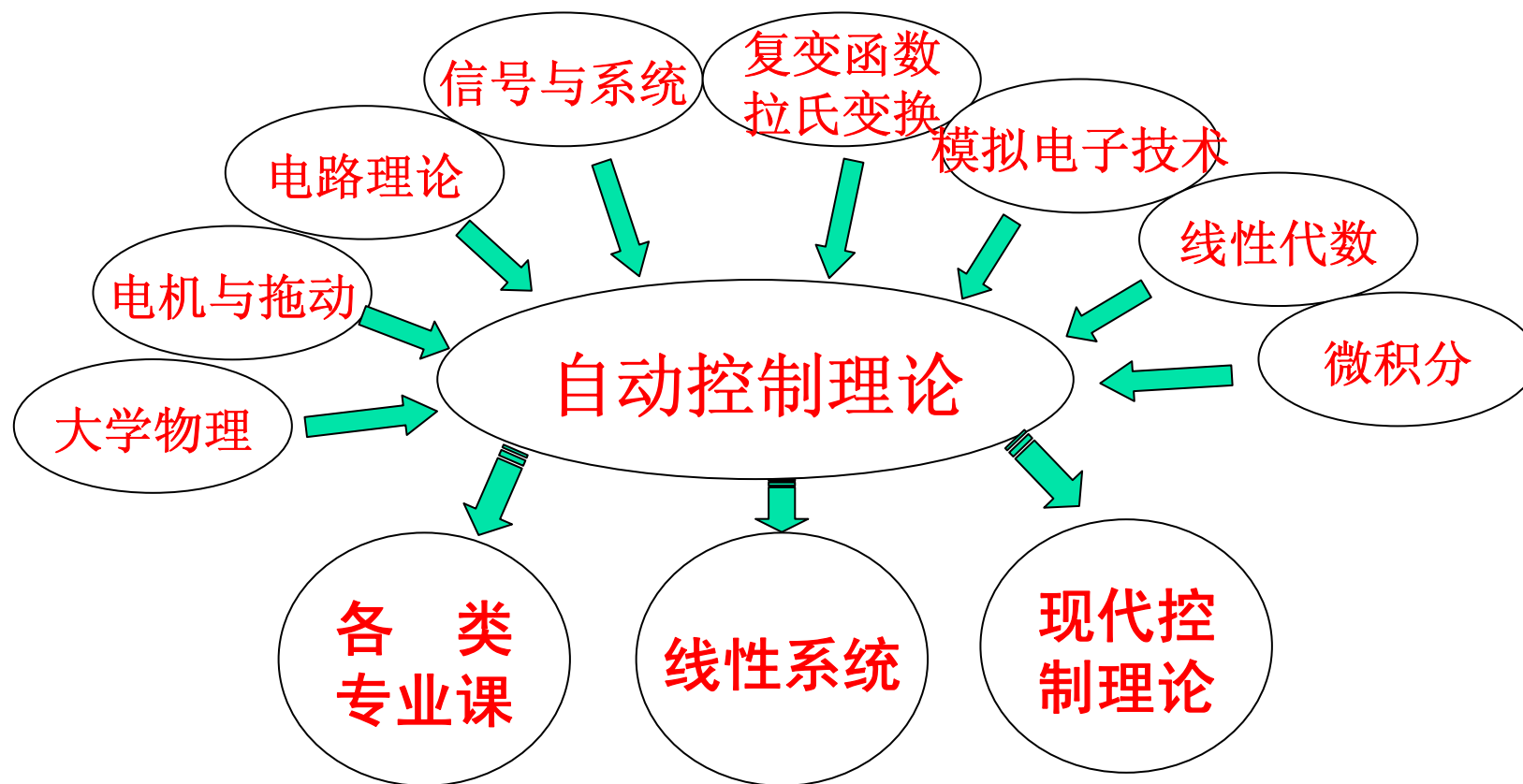
第1章 自动控制原理的基本概念

课程的性质和特点

自动控制是一门技术学科，从方法论的角度来研究系统的建立、分析与设计《自动控制原理》是本学科的技术基础课。

第1章 自动控制原理的基本概念

本课程与其它课程的关系:





1.1 开环控制系统和闭环控制系统

自动控制

自动控制是在没有人的直接干预下，利用物理装置对生产设备和工艺过程进行合理的控制，使被控制的物理量保持恒定，或者按照一定的规律变化，例如矿井提升机的速度控制、轧钢厂加热炉温度的控制等等。

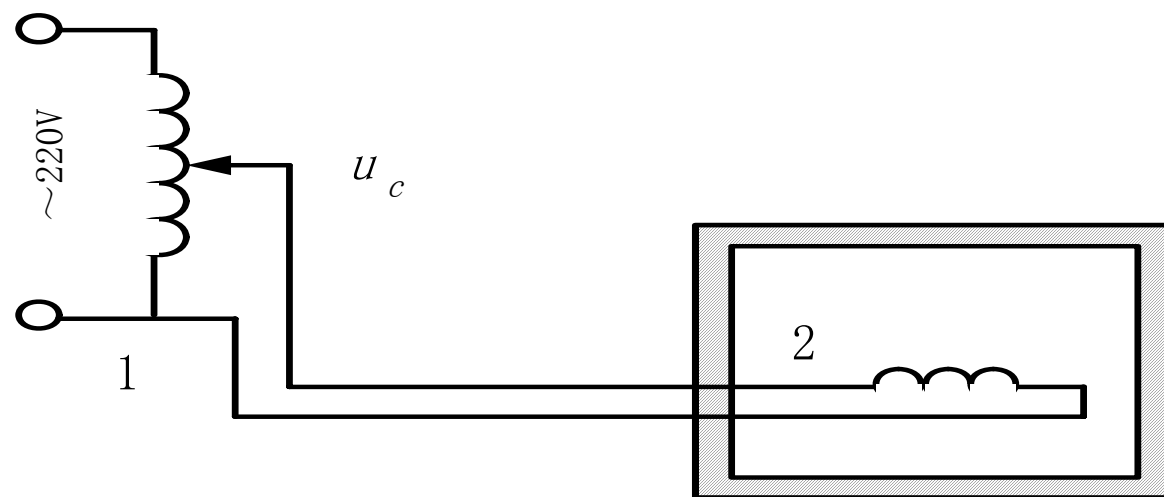
自动控制系统

自动控制系统是为实现某一控制目标所需要的所有物理部件的有机组合体。

1.1 开环控制系统和闭环控制系统

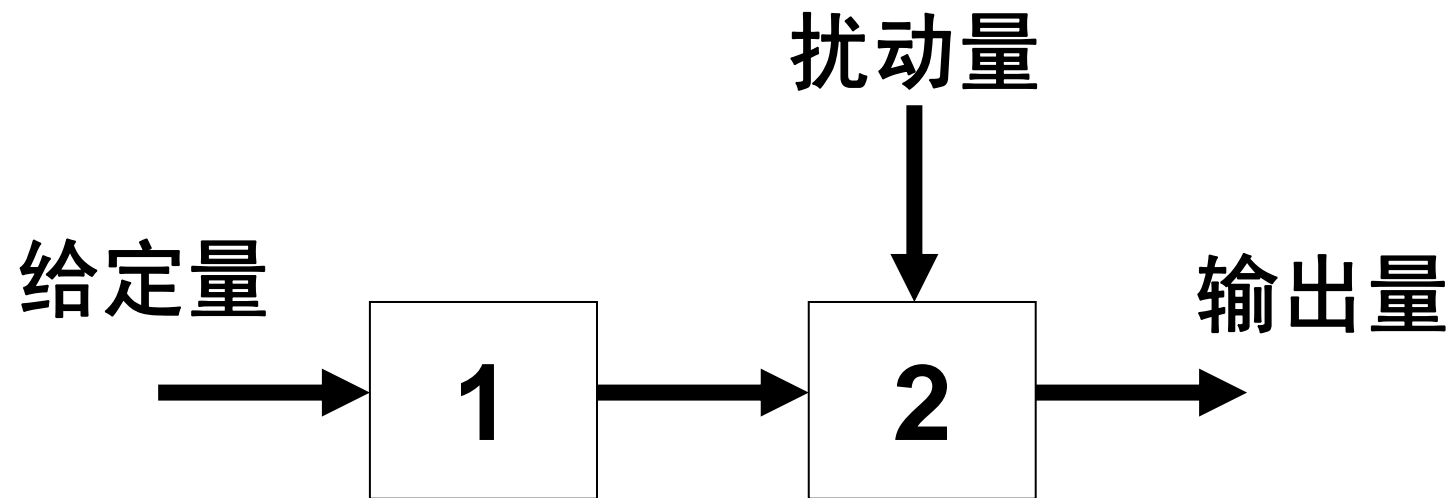
1. 开环控制系统

例1-1 温度控制系统



- 性能指标
- 工作过程

1.1 开环控制系统和闭环控制系统



图中： 1 - 执行器(自耦变压器)
2 - 被控对象(电阻炉)



1.1 开环控制系统和闭环控制系统

(1) 开环控制

只有输入量对输出量产生控制作用，输出量不参与对系统的控制。

(2) 开环控制特点

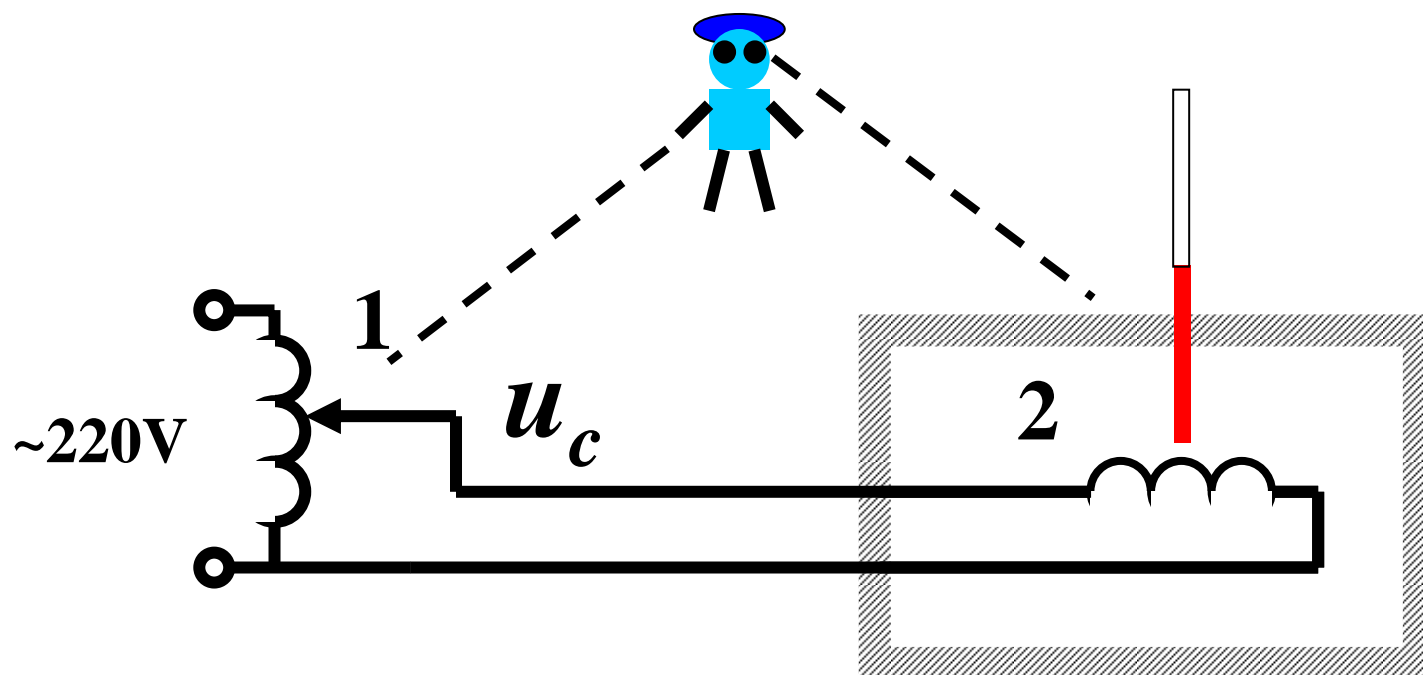
- 输入控制输出
- 输出不参与控制
- 系统没有抗干扰能力

1.1 开环控制系统和闭环控制系统

2. 闭环控制系统

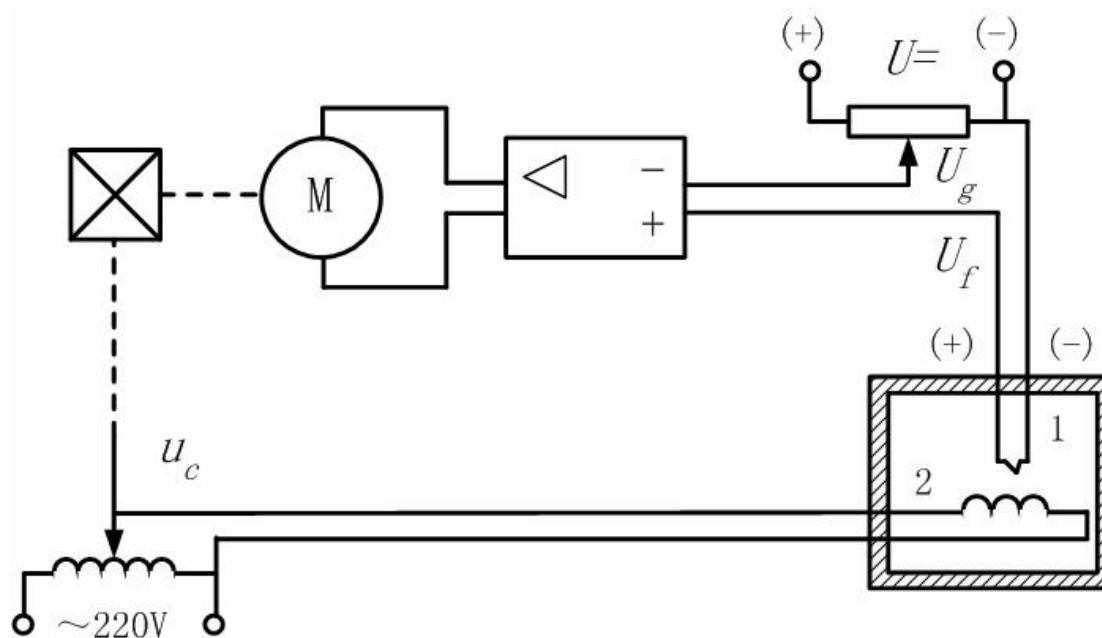
例1-2 温度闭环控制系统

(1) 人工闭环控制

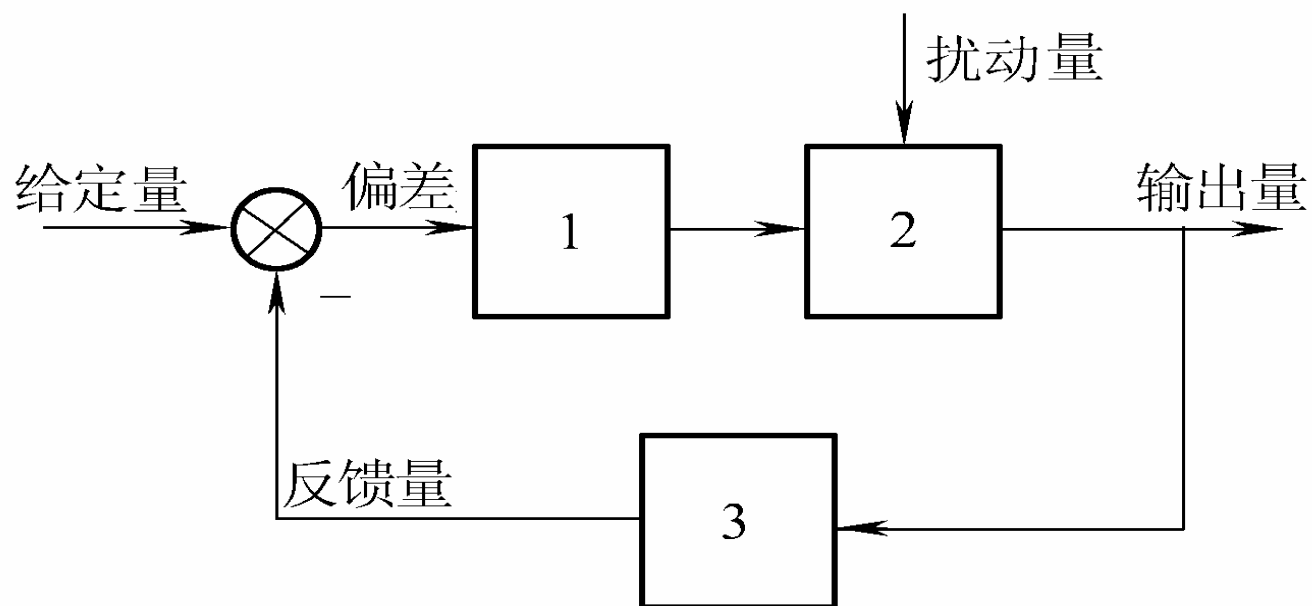


1.1 开环控制系统和闭环控制系统

(2) 自动闭环控制



1.1 开环控制系统和闭环控制系统



闭环控制结构图

1-控制器 2-控制对象 3-检测装置



1.1 开环控制系统和闭环控制系统

① 反馈控制

把输出量的一部分检测出来, 反馈到输入端, 与给定信号进行比较, 产生偏差, 此偏差经过控制器产生控制作用, 使输出量按照要求的规律变化

反馈信号与给定信号极性相反为负反馈, 反之为正反馈

② 反馈控制特点

输入控制输出

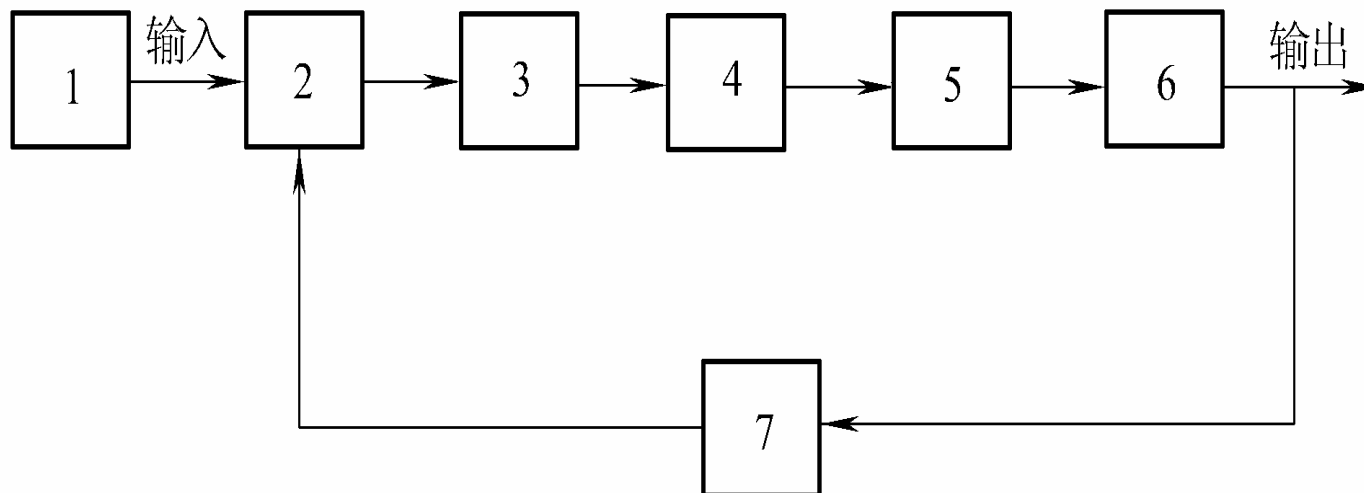
输出参与控制

检测偏差纠正偏差

具有抗干扰能力

1.2 闭环控制系统的组成和基本环节

1. 闭环控制系统的结构图



1-给定环节；2-比较环节；3-校正环节；4-放大环节；
5-执行机构；6-被控对象；7-检测装置



1.2 闭环控制系统的组成和基本环节

2. 闭环控制系统的基本环节

(1) 控制对象或调节对象

要进行控制的设备或过程。

(2) 执行机构

一般由传动装置和调节机构组成。执行机构直接作用于控制对象，使被控制量达到所要求的数值。

(3) 检测装置或传感器

该装置用来检测被控制量，并将其转换为与给定量相同的物理量。



1.2 闭环控制系统的组成和基本环节

(4) 给定环节

设定被控制量的给定值的装置。

(5) 比较环节

将所检测的被控制量与给定量进行比较，确定两者之间的偏差量。

(6) 中间环节

一般包括比较环节和校正环节。



1.2 闭环控制系统的组成和基本环节

3. 闭环控制系统中的基本术语

- | | |
|-------------|---------------|
| (1) 被控对象 | (8) 前向通道或正向通道 |
| (2) 被控量或输出量 | (9) 反馈通道或反向通道 |
| (3) 控制量 | (10) 理想输出 |
| (4) 设定量或输入量 | (11) 实际输出 |
| (5) 扰动量 | |
| (6) 反馈量 | |
| (7) 偏差量 | |



1.3 自动控制系统类型

1.按照主要元件的特性方程的输入输出特征划分

1) 线性系统

由线性元件组成的系统，其微分方程中输出量及其各阶导数都是一次的，并且各系数与输入量（自变量）无关。

2) 非线性系统

由非线性元件组成的系统，其微分方程式的系数与自变量有关。



1.3 自动控制系统类型

2.按照信号传递方式划分

1) 连续数据系统

系统各部分的信号都是模拟的连续函数。

2) 离散数据系统

系统的一处或几处，信号是以脉冲系列或数码的形式传递。



1.3 自动控制系统类型

3.按照输入量的变化规律划分

1) 恒值系统

给定量是恒定不变的。

2) 随动系统

给定量是按照一定的时间函数变化的。

3) 程序控制系统

给定量按照事先未知的时间函数变化。



1.4 自动控制系统的性能指标

1. 对自动控制系统基本要求

稳定性（稳）、快速性（快）、准确性（准）

“**稳**”与“**快**”是说明系统动态（过渡过程）品质。

系统的过渡过程产生的原因：系统中储能元件的能量不可能突变。

“**准**”是说明系统的稳态（静态）品质。

稳定性 是保证控制系统正常工作的先决条件。线性控制系统的稳定性由系统本身的结构与参数所决定的，与外部条件和初始状态无关。



1.4 自动控制系统的性能指标

2. 稳态性能指标

稳态误差

当系统从一个稳态过渡到新的稳态，或系统受扰动作用又重新平衡后，系统可能会出现偏差，这种偏差称为**稳态误差**。

系统稳态误差的大小反映了系统的**稳态精度**，它表明了系统控制的准确程度。稳态误差越小，则系统的稳态精度越高。

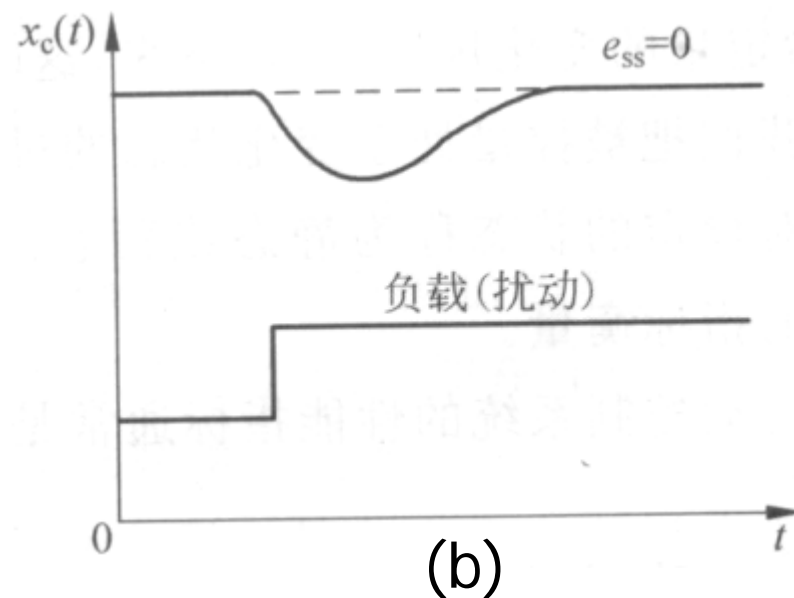
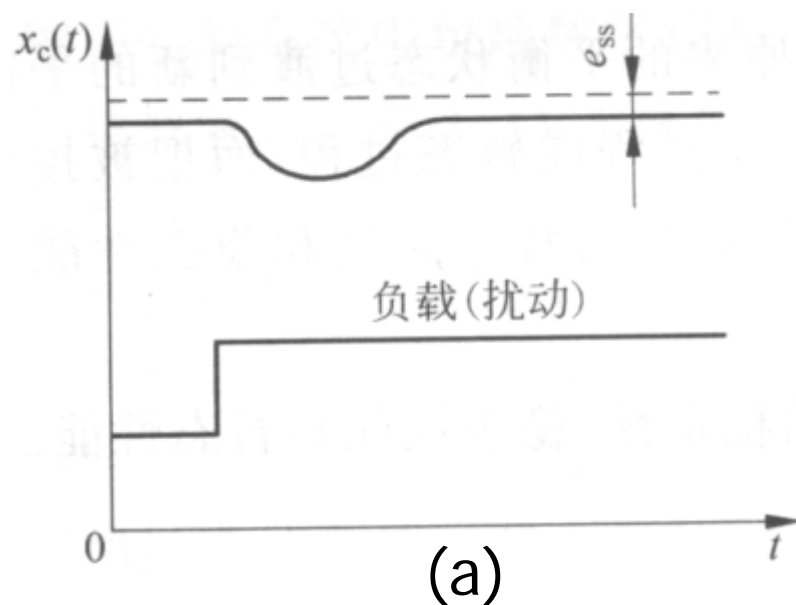
1.4 自动控制系统的性能指标

- 有差系统（图a）

若稳态误差不为零，则系统称为有差系统。

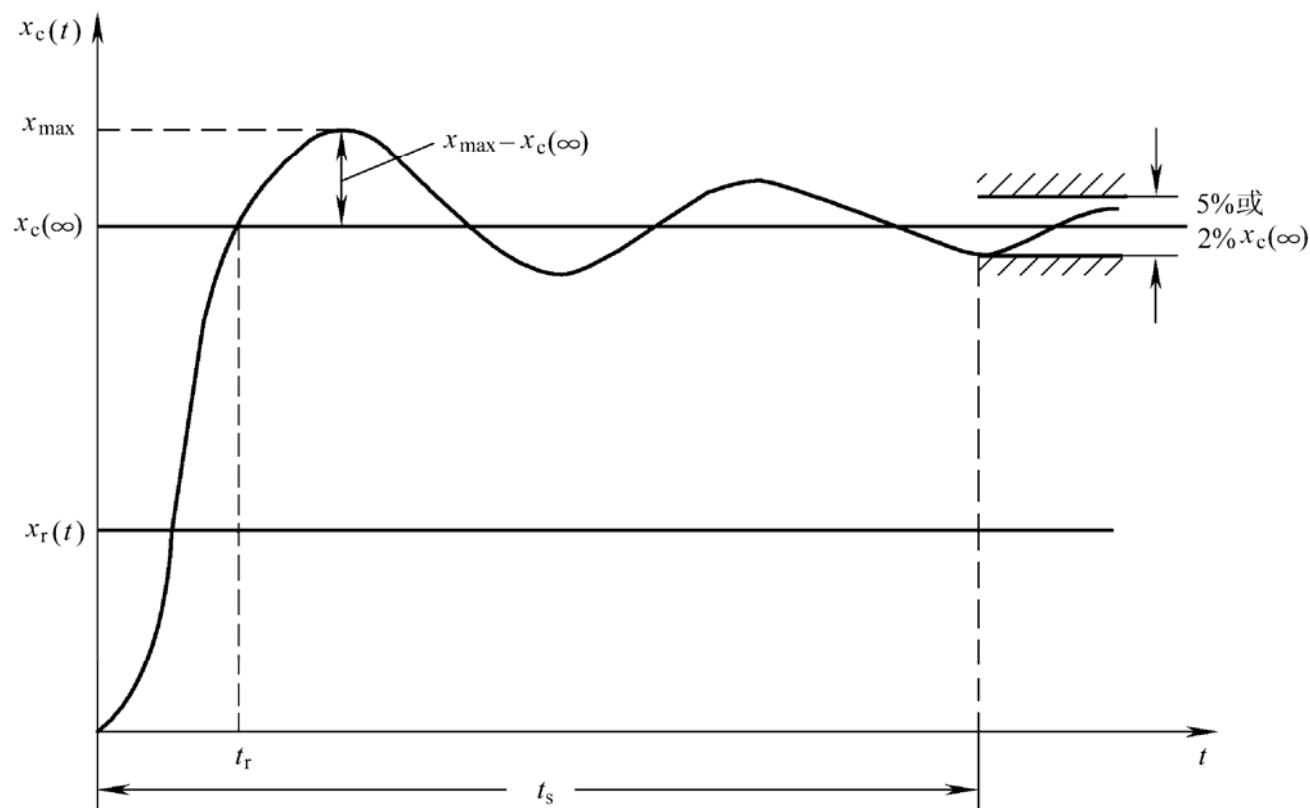
- 无差系统（图b）

若稳态误差为零，则系统称为无差系统。



1.4 自动控制系统的性能指标

3. 暂态性能指标





1.4 自动控制系统的性能指标

(1) 最大超调量 $\delta\% = \frac{x_{\max} - x_c(\infty)}{x_c(\infty)} \times 100\%$

- 输出最大值与输出稳态值的相对误差。
- 反映了系统的**平稳性**。最大超调量越小，则说明系统过渡过程越平稳。

(2) 上升时间 t_r

指系统的输出量第一次到达输出稳态值所对应的时刻。



1.4 自动控制系统的性能指标

(3) 过渡过程时间（调节时间） t_s

- 系统的输出量进入并一直保持在稳态输出值附近的允许误差带内所需的时间。允许误差带宽度一般取稳态输出值的**2%或5%**。
- 调节时间的长短反映了系统的**快速性**。调节时间越小，系统的快速性越好。

(4) 振荡次数 μ

- 在调节时间内，输出量在稳态值附近上下波动的次数。
- 它也反映系统的**平稳性**。振荡次数越少，说明系统的平稳性越好。



小 结

1. 开环控制系统结构简单、稳定性好，但不能自动补偿扰动对输出量的影响。当系统扰动量产生的偏差可以预先进行补偿或影响不大时，采用开环控制是有利的。当扰动量无法预计或控制系统的精度达不到预期要求时，则应采用闭环控制。
2. 闭环控制系统具有反馈环节，它能依靠反馈环节进行自动调节，以克服扰动对系统的影响。闭环控制极大地提高了系统的精度。但是闭环使系统的稳定性变差，需要重视并加以解决。



小 结

3. 自动控制系统通常由给定环节、检测环节、比较环节、放大元件、被控对象、和反馈环节等部件组成。系统的作用量和被控量有：给定量、反馈量、扰动量、输出量和各中间变量。
4. 结构图（又简称框图）可直观地表达系统各环节（或各部件）间因果关系，可以表达各种作用量和中间变量的作用点和信号传递情况以及它们对输出量的影响。



小 结

5. 在不同输入量作用下，对系统的输出量的要求，揭示出反馈控制系统的本质特征：输出跟随输入。
6. 对自动控制系统的性能指标要求有：
稳定性——系统能工作的首要条件；
快速性——用系统在暂态过程中的响应速度和被控量的波动程度描述；
准确性——用稳态误差来衡量。



END