

# 自动控制系统

## ——工业生产过程自动控制系统

(修订版)

邵裕森 主编

中央广播电视大学出版社

# 自动控制系统

——工业生产过程自动控制系统

(修订版)

邵裕森 主编

中央广播电视大学出版社

**(京)新登字 163 号**

**图书在版编目 (CIP) 数据**

自动控制系统: 工业生产过程自动控制系统/邵裕森主编. —修订版. —北京: 中央广播电视大学出版社, 1998. 2

ISBN 7-304-01477-6

I. 自… II. 邵… III. 工业企业-生产过程-自动控制系统-教材 IV. TP406.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 07269 号

**自动控制系统**

——工业生产过程自动控制系统

(修订版)

邵裕森 主编

---

**中央广播电视大学出版社出版**

社址:北京市复兴门内大街 160 号 邮编:100031

首都师范大学印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 15.25 千字 347

1988 年 7 月第 1 版

1998 年 2 月第 2 版 1998 年 2 月第 1 次印刷

印数 1~5000

定价:17.00 元

ISBN 7-304-01477-6/TP·70

## 内 容 简 介

本书根据工业生产过程的特点,结合生产工艺要求,以自动控制理论为基础,系统地介绍工业生产过程自动控制系统的分析、设计和参数整定方法,以及在工业应用中必须注意的有关问题。本书内容十分丰富,并选编了较多的工程实例、思考题和习题,有利于读者掌握和应用。

本书是中央广播电视大学电气类及有关专业的教材。可供电力、冶金、石油化工、机械、轻纺、食品、建材、轻工和环保等部门从事工业生产过程自动化方面的工程技术人员学习参考,也可作为大专院校有关专业师生的教学参考书。

## 修订版前言

1988年出版的《自动控制系统》(工业生产过程自动控制系统),是根据中央广播电视大学的教学大纲编写的。

随着现代工业生产的迅速发展,工业生产过程自动控制在生产过程自动化中得到了越来越广泛地应用。为了满足人才培养与工业生产的实际需要,编者在总结经验的基础上,保优增新,重新进行修订。

本书根据工业生产过程的特点,结合生产工艺要求,以自动控制理论为基础,系统地介绍了工业生产过程自动控制系统的分析、设计和参数整定方法,以及在工业应用中必须注意的有关问题。

对于组成系统的过程检测控制仪表,从使用角度进行介绍,并着重介绍仪表选用中的有关问题。

本书修订后共分六章。

第一章介绍过程控制的特点,系统的分类和系统的性能指标。

第二章介绍过程控制对象常用的建模方法,即解析法建模和实验法建模。这是本书的重点内容之一,是分析和设计自动控制系统的必备资料。

第三章介绍过程检测控制仪表的工作原理、性能特点及其在工业应用中的有关问题。侧重介绍了可编程序调节器的功能、软件设计(组态)和工业应用。仪表是构成过程控制系统的自动化技术工具。

第四章介绍单回路控制系统的设计方法,参数整定方法,并通过设计原则应用举例,以加深和巩固理论。这是本书的重点内容。

第五章是在第四章的基础上,结合生产工艺的特点和某些特殊要求,介绍串级控制、前馈控制、比值控制、分程控制、选择性控制、多变量控制和微型计算机过程控制典型应用方式等,侧重介绍其构成原理和工业应用。

第六章从工业应用角度系统地介绍集散控制系统(DCS)的基本硬件组成及其功能、软件设计、数据通信及其在现代工业自动化应用中的DCS选型、系统配置等有关问题。DCS正将逐渐成为过程控制的主流。

本书内容十分丰富,在各章中选编了较多工程实例、思考题与习题,便于读者掌握和应用。

编者担任过中央广播电视大学《自动控制系统》(工业生产过程自动控制系统)课程的主讲教师。由于科学技术的迅速发展与学科的更新,本教材作了必要的修订。本书内容若与过去录像讲授有不一致之处,应以本书(修订版)为准。

由于编者水平有限,书中难免有缺点或错误之处,恳请读者批评指正。

编者

1997年7月于东南大学

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	( 1 )
§ 1-1 过程控制的特点.....	( 1 )
§ 1-2 过程控制系统的分类.....	( 3 )
§ 1-3 过程控制系统的性能指标.....	( 5 )
思考题与习题.....	( 7 )
<b>第二章 建立过程控制对象的数学模型</b> .....	( 8 )
§ 2-1 概述.....	( 8 )
§ 2-2 用解析方法建立对象的数学模型.....	( 11 )
§ 2-3 用实验方法建立对象的数学模型.....	( 19 )
思考题与习题.....	( 28 )
<b>第三章 过程检测控制仪表及其应用</b> .....	( 30 )
§ 3-1 概述.....	( 30 )
§ 3-2 过程参数检测仪表.....	( 32 )
§ 3-3 变送器与调节器.....	( 66 )
§ 3-4 执行器.....	( 94 )
§ 3-5 可编程序调节器.....	( 103 )
思考题与习题.....	( 125 )
<b>第四章 单回路控制系统设计</b> .....	( 128 )
§ 4-1 过程控制系统设计概述.....	( 129 )
§ 4-2 选择被控参数和控制参数.....	( 132 )
§ 4-3 系统设计中的测量及信号传送问题.....	( 137 )
§ 4-4 调节阀特性的选择.....	( 138 )
§ 4-5 调节器控制规律的选择及其正、反作用方式的确定.....	( 139 )
§ 4-6 单回路控制系统设计原则应用举例.....	( 141 )
§ 4-7 单回路控制系统的投运及调节器参数的整定.....	( 143 )
思考题与习题.....	( 155 )
<b>第五章 其他典型过程控制系统</b> .....	( 158 )
§ 5-1 串级控制系统及其工业应用.....	( 158 )
§ 5-2 前馈控制系统及其工业应用.....	( 167 )
§ 5-3 比值控制系统及其工业应用.....	( 173 )
§ 5-4 分程控制系统及其工业应用.....	( 180 )

§ 5-5 选择性控制系统及其工业应用·····	(185)
§ 5-6 多变量控制系统·····	(189)
§ 5-7 微型计算机过程控制系统典型的应用方式·····	(197)
思考题与习题·····	(199)
<b>第六章 集散控制系统 (DCS) ·····</b>	<b>(201)</b>
§ 6-1 概述·····	(201)
§ 6-2 集散控制系统基本硬件组成及其功能·····	(203)
§ 6-3 集散控制系统的软件·····	(206)
§ 6-4 集散控制系统的通信·····	(216)
§ 6-5 集散控制系统工业应用中的选型及系统配置·····	(220)
思考题与习题·····	(223)
<b>附录 部分思考题与习题答案·····</b>	<b>(225)</b>
<b>参考文献·····</b>	<b>(229)</b>
<b>实验指导书·····</b>	<b>(230)</b>

# 第一章 绪 论

## § 1-1 过程控制的特点

过程控制通常是指石油、化工、电力、机械、冶金、轻工、建材、原子能等工业生产中连续的或按一定周期程序进行的生产过程的自动控制。(不包括电力拖动及电机传动)。即通过各种过程检测控制仪表及计算机等自动化技术工具,对整个生产过程进行自动检测、监督和控制,以实现各种最优的技术经济指标,提高经济效益和劳动生产率,节约能源,改善劳动条件和保护环境卫生。

与其它自动控制系统相比,过程控制的主要特点大致可归纳如下:

### 一、系统由系列生产的过程检测控制仪表组成

#### 例 1-1 发电厂锅炉过热蒸汽温度控制系统。

在冶金、机械、石油、化工、电力、轻工等工业部门中,锅炉是不可缺少的动力设备。发电厂从锅炉汽鼓出来的饱和蒸汽经过过热器继续加热成为过热蒸汽,使其温度达到  $460^{\circ}\text{C}$  左右,再去推动汽轮机工作。每种锅炉与汽轮机组都有一个规定的运行温度,在这个温度下运行,机组的效率最高。如果温度过高,会使汽轮机的寿命大大缩短;如果温度过低,当蒸汽带动汽轮机做功时,会使部分蒸汽变成小水滴,冲击汽轮机叶片,造成生产事故。因此过热蒸汽的温度是生产工艺的一个重要参数,是保证汽轮机组正常运行的一个重要条件,必须对其进行控制。通常在过热器之前或中间部分串接一个减温器,通过减温水流量大小来改变过热蒸汽温度。本系统(图 1-1(a)所示)采用 DDZ-III 型仪表(即电动单元组合 III 型

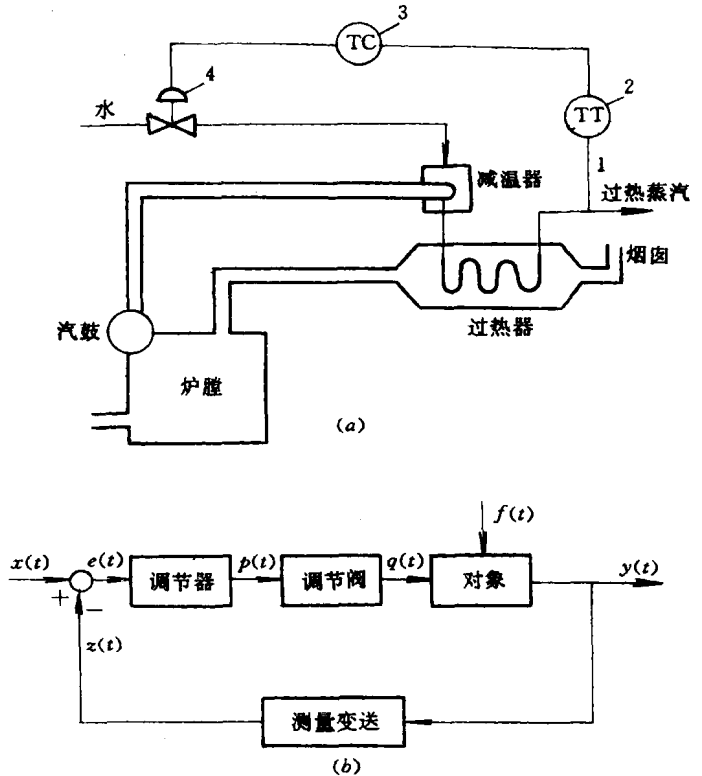


图 1-1 锅炉过热蒸汽温度控制系统



仪表),用热电阻 1 检测过热蒸汽的温度,经温度变送器 2,将测量信号送至调节器 3 的输入端,并与代表蒸汽温度的给定值(图中未画)进行比较,调节器按此偏差发出控制命令,来控制调节阀 4 的开度,从而改变减温水流量,达到控制过热蒸汽温度的目的。

图 1-1(b)为本系统的方框图。

### 例 1-2 液位控制系统。

图 1-2(a)所示为一个液体贮罐,在实际工业生产过程中常常作为一个中间容器或成品罐,从前一道工序来的成品或半成品连续不断地经过阀门 4 流入贮罐,而贮罐中的成品或半成品又通过阀门 5 送至下一道工序进行包装或加工。为了保证正常生产,需要对贮罐液位进行控制。

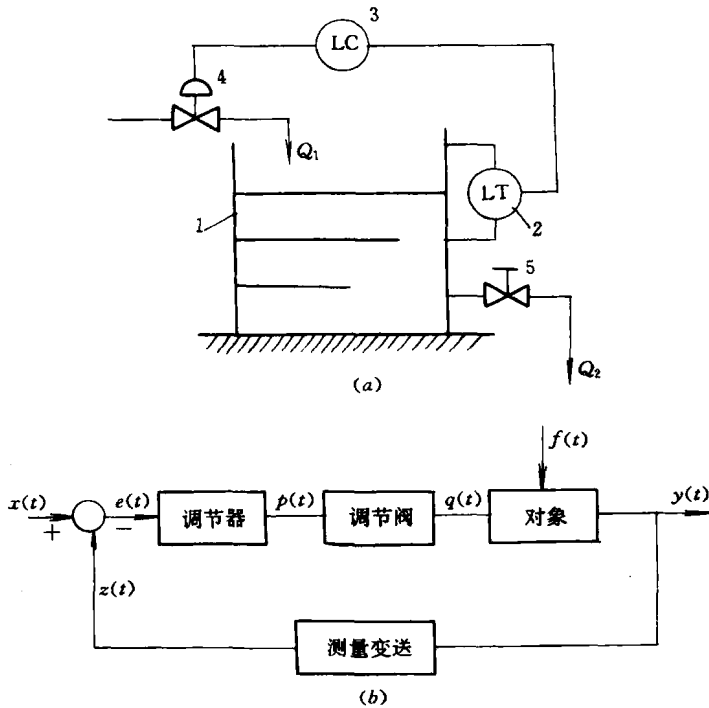


图 1-2 液位控制系统

本系统采用气动单元组合仪表(即 QDZ 仪表)。用 QBC 差压变送器 2 测量液位,其液位信号与其给定值(图中未画)进行比较,调节器 3 按此偏差发出控制命令,控制调节阀 4 的开度,使液位控制在给定值上。

从上述两个实例的方框图 1-1(b)、1-2(b)可以看出,一个简单的过程控制系统是由控制对象和过程检测控制仪表(包括测量元件、变送器、调节器和调节阀)两部分组成。为了设计系统方便和得到预期的控制效果,根据生产工艺要求,通过选用过程检测控制仪表,组成过程控制系统,并通过对控制系统调节器参数整定,使系统运行在最佳状态,实现对生产过程的最佳控制。

## 二、被控对象的多样性

在现代工业生产过程中，由于生产规模大小不同，生产工艺要求各异，生产的品种多样，因此过程控制中的被控对象的形式很多，有些生产过程是在较大的设备中进行，它们的动态特性一般具有惯性大、滞后大等特点，而且具有非线性特性。例如热工过程中的锅炉、热交换器、动力核反应堆；冶金过程中的转炉、平炉；机械工业中的热处理炉；石油化工过程中的精馏塔，化学反应器，流体传输设备等。这些对象的工作机理比较复杂，很难用解析方法得出其精确的动态数学模型。所以，要设计能适应各种不同对象的过程控制系统是比较困难的。

## 三、控制方案的多样性

随着现代工业生产的迅速发展，生产工艺条件变得越来越复杂，对过程控制的要求也越来越高。同时由于被控对象的多样性，而且生产过程多属多变量，非线性，分布参数。因此过程控制中应用的控制方案十分丰富。有单变量控制系统，多变量控制系统；有线性系统，也有非线性系统；有常规仪表过程控制系统，也有计算机过程控制系统，等等。这是其他自动控制系统所不能比拟的。

## 四、控制过程属慢过程，多半属参量控制

由于对象特性具有惯性大、滞后大等特点，决定了控制过程属慢过程。另外，在一些生产过程中（例如石油、化工、冶金、电站、造纸、玻璃制品、塑料加工等），通常用一些物理量和化学量来表征其生产过程是否正常，因此，需要对表征生产过程的温度、压力、流量、液位、成份、pH（酸碱度）等过程参量进行控制。所以说过程控制多半为参量控制。

## 五、定值控制是过程控制中的一种主要控制形式

在目前的多数过程控制系统中，其给定值是恒定的或保持在规定的很小范围附近不变的。控制的主要目的是在于如何减小或消除外界扰动对被控量的影响，使生产稳定，保证产品的产量和质量，定值控制是一种主要形式。

综上所述，工业生产要实现生产过程自动化，首先必须熟悉生产过程，掌握对象特点；同时要熟悉过程参数的主要测量方法，了解仪表的主要性能、特点，根据生产工艺要求和控制理论及其分析方法，合理正确地构成过程控制系统；并且通过改变控制仪表的P, PI, PD, PID特性参数，使系统运行在最佳状态。

# § 1-2 过程控制系统的分类

过程控制系统是指自动控制系统的被控量是温度、压力、流量、液位、成份、粘度、湿度以及pH值（亦称氢离子浓度）等这样一些过程变量时的系统。

过程控制系统的分类方法很多，其中最基本的分类方法是：

### 一、按系统的结构特点来分类

#### （一）反馈控制系统

反馈控制系统是根据系统被控量和给定值的偏差进行工作的，偏差是控制的依据，最后

要达到减小或消除偏差的目的。图 1-2 所示的液位控制系统就是一个反馈控制系统。因为该系统由被控量的反馈构成一个闭合回路，故又称为闭环控制系统。反馈控制系统是过程控制系统中最基本的一种控制形式。另外，反馈信号可能也有多个，从而可以构成多个闭合回路，称为多回路控制系统。

### (二) 前馈控制系统

前馈控制系统是根据扰动量的大小进行工作的，扰动是控制的依据。由于前馈控制没有被控量的反馈，所以也称为开环控制系统。

图 1-3 所示为前馈控制方框图。扰动  $f(t)$  是引起被控量  $y(t)$  变化的原因，通过前馈控制可以及时消除  $f(t)$  对  $y(t)$  的影响。但是前馈控制是一种开环控制，无法检查控制的效果，因此在工业生产中是不能单独使用的。

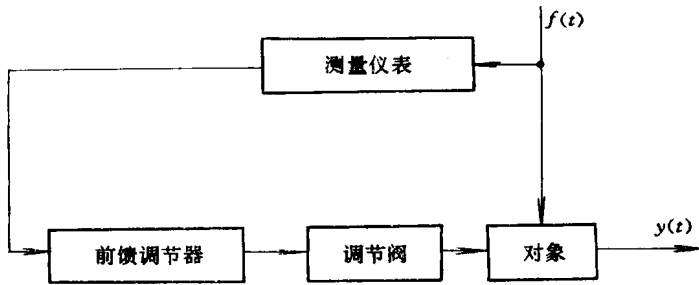


图 1-3 前馈控制系统方框图

### (三) 前馈-反馈控制系统

前馈开环控制能迅速及时克服主要扰动对被控量的影响。反馈控制能克服其它扰动并能检查控制效果。所以在实际工业生产过程中，利用两者的优点，在反馈系统中引入前馈控制，构成如图 1-4 所示的前馈-反馈控制系统，以提高控制质量。

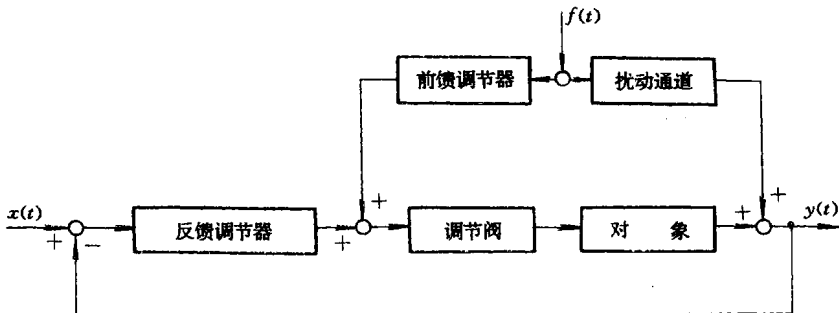


图 1-4 前馈-反馈控制系统

## 二、按系统给定值的特点来分类

### (一) 定值控制系统

定值控制系统是工业生产过程中应用最多的一种控制形式。在运行时，系统被控量的给定是固定不变的。有时根据生产工艺要求，被控量的给定值保持在规定的范围附近不变。如图 1-1 所示的过热蒸汽温度控制系统就是一个定值控制系统。对于定值控制系统来说，由于  $\Delta x=0$ ，所以系统的输入量是扰动信号。

### (二) 随动控制系统

随动控制系统是一种被控量的给定值随时间任意变化的控制系统。控制的目的是要使被控量准确及时地跟随给定值变化。例如在加热炉燃烧过程中，燃料量是随负荷不断改变的，控制系统就要使空气量跟随燃料量的变化自动按比例增减，以保证达到最佳燃烧。

### (三) 程序控制系统

程序控制系统被控量的给定值是按预定的时间程序变化的。控制的目的是使被控量按规定的程序自动变化。例如机械、冶金工业中的退火炉的温度控制系统的给定值是按升温、保温后逐次降温等程序自动变化的，温度控制系统按此设定程序进行工作。

## 三、按构成系统的仪表种类来分类

### (一) 常规(仪表)过程控制系统

常规过程控制系统是由被控对象和模拟仪表所构成的。目前中小型企业中广泛应用。

### (二) 数字(计算机)过程控制系统

数字过程控制系统是由被控对象和数字量仪表(含计算机)所构成的。目前在大、中型企业中广泛地应用着。

## § 1-3 过程控制系统的性能指标

一个过程控制系统性能的好坏，只有在系统过渡过程中才能反映出来。一个控制性能良好的系统在受到外来干扰或给定值发生变化后，应平稳、迅速、准确地趋近或回复到给定值上。在衡量和比较不同的控制方案时，必须根据工艺过程的实际需要来确定评价系统控制性能好坏的质量指标。

图 1-5(a)为阶跃干扰作用下定值控制系统的过渡过程；图 1-5(b)是阶跃给定值变化下随动系统的过渡过程。通常采用以下几个特征参数为性能指标。

### 一、衰减比 $n$ 或衰减率 $\psi$

衰减比  $n$  是衡量系统过渡过程稳定性的一个动态指标，反映了系统振荡的衰减程度，可定义为第一个波的振幅  $B$  与第二个波的振幅  $B'$  之比，即  $n = \frac{B}{B'}$ 。衰减比一般取  $4:1 \sim 10:1$ 。

有时亦用衰减率  $\psi (= \frac{B-B'}{B})$  来表示系统的稳定程度。在工程上应根据生产过程的特点来确定合适的  $\psi$  值。为了使系统具有足够的稳定程度，一般取衰减率  $\psi = 0.75 \sim 0.9$ 。

### 二、最大偏差 $A$ 或超调量 $\sigma$

对于定值系统来说，常用最大偏差  $A$  来衡量被控参数偏离给定值的程度。 $A$  指被控参数第一个波的峰值与给定值的差，如图 1-5(a)所示。

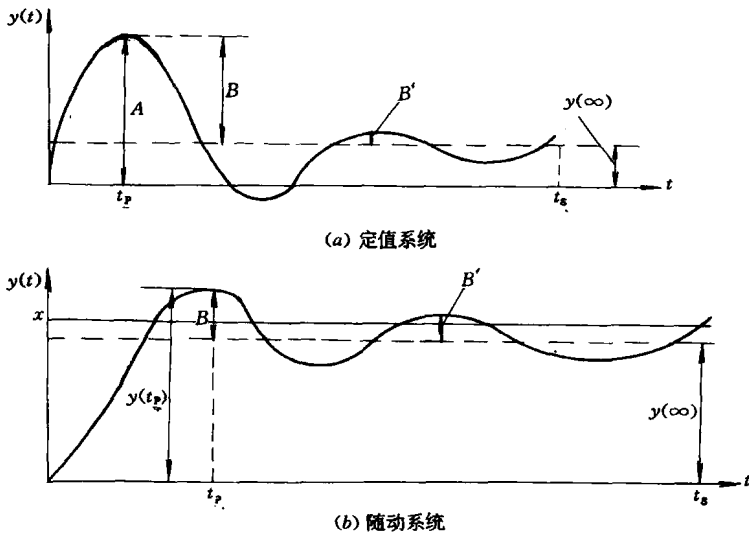


图 1-5 过渡过程曲线  
(a) 定值系统 (b) 随动系统

随动系统常用超调量  $\sigma$  来衡量被控参数偏离给定值的程度。

$$\sigma = \frac{y(t_p) - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100\% \quad (1-1)$$

$A$  或  $\sigma$  都是衡量系统质量的一个重要性能指标。对于一些有危险限制的生产过程，都有规定允许最大偏差的条件。例如生产炸药的温度限值极其严格，最大偏差必须控制在温度限值以下，才能确保生产安全。

### 三、余差(静态偏差) $C$

余差  $C$  是指系统过渡过程终了时被控参数新的稳态值与给定值之差。它是一个静态指标，用来衡量系统的控制精度。 $C$  的大小是按生产工艺过程的实际需要制订的。

### 四、过渡过程时间 $t_s$

过渡过程时间  $t_s$  是指系统受扰动作用后，直到被控参数进入新的稳态值  $\pm 5\%$  (或  $\pm 2\%$ ) 范围内所经历的时间。 $t_s$  值的大小反映系统过渡过程的快慢，是衡量系统快速性的指标。通常要求  $t_s$  小些为好。

对于一个过程控制系统来说，在保证系统稳定的前提下，总希望能做到最大偏差小，过渡过程时间短、余差小。但是上述性能指标之间是相互矛盾的。当要求稳态精度很高时，可能会引起动态不稳定；解决了稳定性问题之后，又可能因反映迟钝而失去快速性。所以对于不同的过程控制系统，这些性能指标各有其重要性，要高标准，同时满足这些指标要求是很困难的。在实际工作中应根据工艺生产的具体要求，分清主次，统筹兼顾，保证优先满足主要的性能指标。

## 思考题与习题

- 1-1 什么是过程控制和过程控制系统?
- 1-2 与其它自动控制系统(如调速系统、伺服系统)相比,过程控制具有哪些主要特点?
- 1-3 试述过程控制系统的组成。
- 1-4 为什么说过程控制的控制过程属慢过程?
- 1-5 过程控制系统是怎样进行分类的?反馈控制系统和前馈控制系统的控制依据是什么?在工业生产中为什么开环前馈系统不能单独使用?
- 1-6 什么是定值控制系统?其输入信号是什么?
- 1-7 在比较和评价一个过程控制系统方案时,通常采用哪些性能指标?为什么说这些性能指标是相互矛盾的?应如何处理?

## 第二章 建立过程控制对象的数学模型

### § 2-1 概 述

过程控制系统的品质，是由组成系统的对象和过程检测控制仪表各环节的特性和系统的结构所决定的。建立对象的数学模型，对于实现生产过程自动化有着十分重要的意义。可以这样说，一个过程控制系统的优劣，主要取决于对生产工艺过程的了解和建立对象的数学模型。

在过程控制系统中，对象是指正在运行中的多种多样的工艺生产设备。操作人员根据工艺需要，操作着这些设备。有经验的操作人员由于他们深入了解生产过程，摸透这些设备的特性，当生产出现扰动并偏离工艺要求时，就能正确地操作各种阀门和装置，使生产很快恢复正常。

工业生产过程的对象是千差万别的，有的对象很稳定，操作很容易，但有的对象则不然，只要稍不小心，就会偏离正常工艺条件，甚至造成生产事故。在过程控制中，是运用一些自动化技术工具来模拟操作人员动作的。所以，首先必须深入了解对象特性，了解其内在规律，学会建立对象数学模型的方法。

在对象中，总有某些物质或能量的输入和输出，而一般对象均具有储存物质和能量的能力。

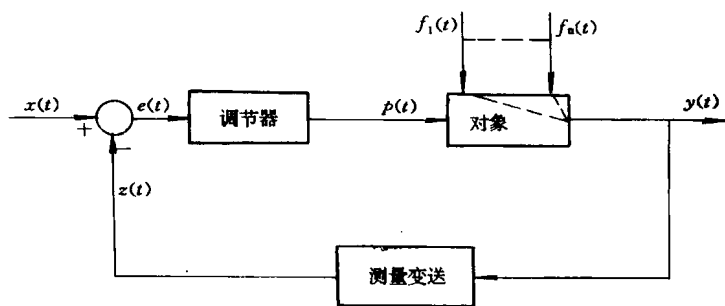


图 2-1 工业生产过程的自动控制系统方框图

图 2-1 所示为最简单的过程控制系统方框图。其中过程检测控制仪表完成系统中检测、运算和执行三种功能，是用来实现对生产过程中某一设备进行控制的工具。在实际生产过程中，对象是多种多样的，生产工艺要求也各不相同，欲设计一个过程控制系统，必须根据具体的对象，正确选用过程检测控制仪表。同时，为使控制系统运行在最佳状态，还必须针对

具体对象的特性与控制要求（即工艺要求），选择合适的调节器参数。对于那些纯滞后较大，扰动众多或非线性较严重等很难控制的对象，采用简单控制系统是不能满足工艺要求的。因此，将要设计较复杂的过程控制系统。由此可见，为了分析、设计、研究或整定一个过程控制系统，首先必须熟悉生产过程，掌握对象的动态特性。

图 2-1 所示，对象是多个输入信号( $p(t), f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)$ )、单个输出信号( $y(t)$ )的物理系统。各个输入信号( $p(t), f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)$ )引起被控量( $y(t)$ )变化的动态特性一般是不同的。通常选一个可控性良好的输入信号作为控制作用，即调节器的输出  $p(t)$  作为控制作用，常称为对象的“基本扰动”或“内部扰动”。其他的输入信号则为扰动作用  $f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)$ ，统称为“外部扰动”。对象的“基本扰动”作用在闭合回路内，所以对过程控制系统的性能起决定作用。但是，“外部扰动”作用下对象的动态特性对控制过程也有很大影响，所以也必须有所了解。

为了简化对象的数学模型，我们仅讨论线性对象或线性化的对象。这样，在多个输入信号的作用下，对象的输出量为

$$Y(s) = W_o(s)P(s) + W_{f_1}(s)F_1(s) + \dots + W_{f_n}(s)F_n(s) \quad (2-1)$$

式中： $W_o(s)$ ——当  $f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)$  不变时，控制作用  $p(t)$  对被控量  $y(t)$  的传递函数；

$W_{f_1}(s)$ ——当  $p(t), f_2(t), \dots, f_n(t)$  不变时，扰动  $f_1(t)$  对被控量  $y(t)$  的传递函数；

$W_{f_n}(s)$ ——当  $p(t), f_1(t), f_2(t), \dots, f_{n-1}(t)$  不变时，扰动  $f_n(t)$  对被控量  $y(t)$  的传递函数；

$Y(s), P(s), F(s)$ ——分别为对象被控量、控制信号和扰动信号的拉氏变换。

对象输入量与输出量之间的信号联系（图 2-1 中用虚线表示），称为“通道”。调节作用（控制作用）与被控参数之间的信号联系，称为调节通道（即控制通道）。扰动作用与被控参数之间的信号联系，称为“扰动通道”。

另外，还有一些对象可能是多个输入信号( $p_1(t), p_2(t) \dots p_n(t)$ )、多个输出信号( $y_1(t), y_2(t) \dots y_m(t)$ )的物理系统。在这样一些对象中，调节阀的个数通常与被控参数的个数相等。几个输入信号将同时影响两个或两个以上的被控量。即每一个控制作用除了影响“自己的”被控参数外，还将或多或少地影响其余的被控量。为此，有时可以采用解耦控制，以便使某一个控制作用只影响“自己的”被控参数，而不影响其余的被控参数。本章仅讨论只有一个被控量的对象。

从阶跃响应曲线来看，过程控制中大多数控制对象特性的特点是：被控量的变化往往是不振荡的、单调的，有滞后和惯性，如图 2-2 所示。从对象的典型阶跃响应曲线来看，当扰动发生后，被控参数并不立即有显著的变化，这表明对象对扰动的响应有滞后，被控参数变化的最后阶段可能达到新的平衡，如图 2-2(a) 所示。也可能被控量不断变化，而其变化速度趋近某一数值，不再平衡下来，如图 2-2(b) 所示。前者对象具有自平衡能力，统称为自衡的对象；后者对象无自平衡能力，统称为无自衡对象。

对象的数学模型，是指对象在各输入量作用下，其相应输出量变化的函数关系的数学表达式。如微分方程式、微分方程组、传递函数表达式或频率特性表达式等。



目前，研究对象数学模型一般有两种方法。对于简单对象，可以根据过程进行的机理和生产设备的具体结构，用分析计算的方法，即通过物料平衡和能量平衡关系，推导出对象的数学模型；对复杂对象，用解析方法求取数学模型较困难，因此，通常采用现场实验测定方法来获得。

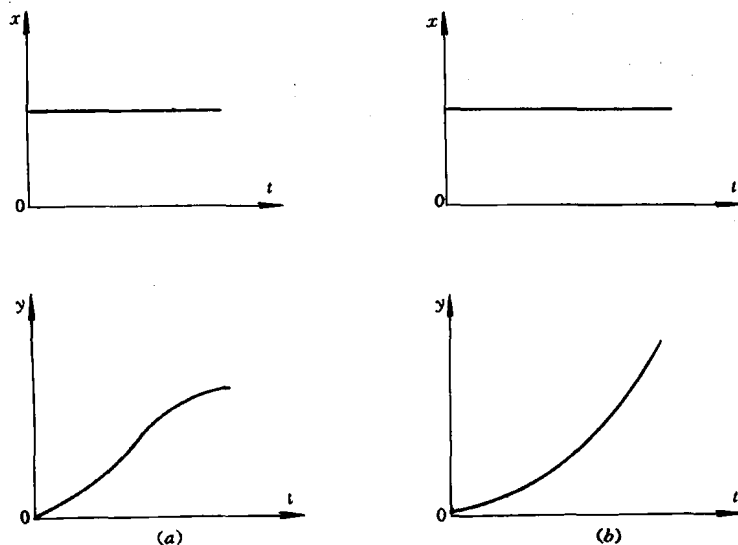


图 2-2 对象的阶跃响应曲线

所谓物料平衡和能量平衡关系可分为静态和动态两种情况。

静态物料或能量平衡关系是：单位时间内流入被控对象的物料或能量等于单位时间内从被控对象流出的物料或能量。

动态物料或能量平衡关系是：单位时间内流入被控对象的物料或能量减去单位时间内从被控对象流出的物料或能量等于被控对象内物料或能量贮存量的变化率。

为了对现代日益复杂、庞大的被控对象进行操作，实现自动控制和最优化设计方面的研究与开发，首先要求建立其数学模型。研究建立对象数学模型的目的是：

### 1. 设计过程控制系统和整定调节器参数

在过程控制系统设计时，选择控制通道、确定控制方案、分析系统的质量指标、探索最优工况，以及调节器参数的最佳整定等都是与被控对象的数学模型为重要依据的。尤其是要实现工业生产过程的最优控制，更需要掌握对象的数学模型。因为设计最优控制的基本内容是根据被控对象的数学模型和预定的性能指标，在一定的约束条件下选择最优的控制作用，使被控对象的运行情况对预定的性能指标来说是最优的。所以建立其数学模型是实现最优控制的前提。

### 2. 指导设计生产工艺设备

通过对生产工艺设备数学模型的分析 and 仿真，可以确定有关因素对整个被控对象特性的影响（如锅炉受热面的布置、管径粗细等对整个锅炉出口汽压、汽温等特性的影响），从而提