

/// 高等学校建筑环境与设备工程专业教材

建筑环境 设备控制技术

刘耀浩 主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

高等学校建筑环境与设备工程专业教材

建筑环境与设备控制技术

刘耀浩 主编

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

全书共分 11 章, 主要讲述建筑环境与设备工程中自动控制系统的基本概念、被控对象特性、测量变送器及其特性、基本控制规律、执行器及其特性、自动控制系统的特性及设计、工业锅炉的自动控制、集中供热系统的自动控制、空气调节系统的自动控制、自动控制系统的整定和投运等基本理论、应用技术及整定技术等内容。

本书系统性强, 并融入现代新技术成果及实践经验, 可作为高等院校建筑环境与设备工程、燃气工程和热动力工程等专业的教材, 也可供从事供热通风空调、燃气、制冷空调、锅炉、热工、地热利用、能源利用及自动化等工作的专业技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑环境与设备控制技术/刘耀浩主编. —天津: 天津大学出版社, 2006.1

ISBN 7-5618-2246-4

I. 建... II. 刘... III. ①建筑工程—环境管理—自动控制系统②房屋建筑设备—自动控制系统 IV. ①TU-023②TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 160034 号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编: 300072)

电 话 发行部: 022-27403647 邮购部: 022-27402742

网 址 www.tjup.com

短信网址 发送“天大”至 916088

印 刷 永清县哗盛亚印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 12

字 数 300 千

版 次 2006 年 1 月第 1 版

印 次 2006 年 1 月第 1 次

印 数 1—4 000

定 价 18.00 元

前 言

“建筑环境与设备控制技术”课程是建筑环境与设备工程专业本科生的—门专业技术课。

本书是按照建筑环境与设备工程专业的教学计划，在总结本人多年教学、科研及生产实践的基础上编写而成。为适应高等教育的发展，达到拓宽专业口径、扩大学生知识面、调整学生知识结构的高等教育目标的要求，本书在编写中注意融入现代新技术成果和应用经验，力求扩大高科技信息量。在取材上，紧密地结合我国建筑环境与设备工程的实际情况，较多地反映了传感器技术、电子技术、控制技术及计算机技术在生产和科研方面的先进成果。为便于读者自学，既重点详细讲述，又力求少而精，避免重复。

本书由天津大学刘耀浩教授主编，吴天岭副教授参加了编写工作。本书在编写过程中得到了有关专家及同行的指导和帮助，更得到生产热水和蒸汽埋地保温管的江苏地龙管业有限公司及其董事长兼总经理包卫军的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

本书可作为高等院校建筑环境与设备工程、燃气工程、热能动力工程专业的教材，也可供从事采暖通风、燃气、制冷空调、锅炉热工、能源及自动化等工作的专业技术人员参考。

由于时间仓促和编者水平有限，错误和不妥之处在所难免，敬请读者不吝指教。

编 者

于天津大学（北洋大学）110周年校庆

2005年10月2日

目 录

第 1 章 自动控制系统基本概念	(1)
1.1 自动控制系统的组成	(1)
1.2 自动控制系统的方框图及分类	(4)
1.3 自动控制系统的过渡过程及品质指标	(6)
第 2 章 被控对象的特性	(11)
2.1 被控对象的特性参数	(11)
2.2 被控对象的数学模型	(14)
2.3 被控对象特性的实验测取	(17)
第 3 章 测量变送器及其特性	(19)
3.1 温度测量变送器	(19)
3.2 空气湿度测量传感器	(30)
3.3 压力和压差测量变送器	(35)
3.4 流量测量变送器	(40)
3.5 液位测量变送器	(47)
3.6 热阻式热流传感器	(50)
3.7 测量变送器的特性	(52)
3.8 测量变送器的性能指标	(54)
第 4 章 基本控制规律	(58)
4.1 双位控制及其调节器	(58)
4.2 比例控制规律	(61)
4.3 比例积分控制规律	(64)



4.4 比例微分控制规律	(66)
4.5 比例积分微分控制规律	(69)
第 5 章 执行器及其特性	(72)
5.1 电动执行器及其特性	(72)
5.2 气动执行机构及其特性	(74)
5.3 直通调节阀及其特性	(76)
5.4 三通调节阀流量特性	(82)
5.5 调节风门及其特性	(83)
5.6 电—气转换器和电—气阀门定位器	(85)
第 6 章 简单自动控制系统的特性及设计	(87)
6.1 简单自动控制系统的特性	(87)
6.2 被控变量和调节参数的选择	(92)
6.3 调节器的选择	(94)
6.4 执行器的选择	(95)
第 7 章 复杂自动控制系统的特性及设计	(100)
7.1 串级控制系统	(100)
7.2 比值控制系统	(106)
7.3 分程控制系统	(109)
7.4 选择性控制系统	(112)
7.5 前馈控制系统	(115)
第 8 章 工业锅炉的自动控制	(119)
8.1 工业锅炉自动控制的任务	(119)
8.2 锅炉给水自动控制的任务及特性	(120)
8.3 工业锅炉给水自动控制系统	(122)
8.4 锅炉燃烧过程自动控制的任务及特性	(125)
8.5 锅炉燃烧过程自动控制系统	(128)



8.6 锅炉的自动控制	(130)
第9章 集中供热系统的自动化	(133)
9.1 集中采暖自动控制的任務及方式	(133)
9.2 采暖系统的自动控制方法	(134)
9.3 液体输送设备的控制	(136)
9.4 换热设备的自动控制	(139)
9.5 集中供热的自动化系统	(143)
9.6 城市集中供热工程的信息管理调度系统	(146)
第10章 空气调节系统的自动控制	(157)
10.1 空调房间温度对象的特性	(157)
10.2 空调房间温度自动控制的方法	(160)
10.3 空调房间空气相对湿度对象的特性	(163)
10.4 房间空气相对湿度自动控制的方法	(165)
10.5 空调用制冷装置的自动化	(167)
10.6 集中恒温空调系统的自动控制	(172)
10.7 集中恒温恒湿空调系统的自动控制	(175)
第11章 自动控制系统的整定和投运	(179)
11.1 调节器参数的工程整定	(179)
11.2 自动控制系统的投运	(181)



第1章 自动控制系统基本概念

1.1 自动控制系统的组成

1.1.1 人工控制的模拟和发展

空调与燃气生产过程的自动控制是在人工控制的基础上产生和发展起来的。图 1-1 所示是一个锅炉供水的水箱液位人工控制。水箱内水的流入量 q_i (或流出量 q_o) 的变化会引起水箱内液位的变化, 严重时水箱内的水会溢出或抽空, 因此常以水箱液位为控制指标, 以改变进口阀门开度为控制手段, 保持水箱的液位恒定, 满足锅炉供水的需要。

当水箱液位 (L) 上升时, 应将进水阀门关小, 减少进水量, 液位上升越多, 阀门也关闭得越小; 反之当水箱液位下降时, 则开大进水阀门, 液位下降越多, 阀门开得越大。为了使水箱液位上升和下降都有足够的余量, 通常将玻璃管液位计刻度的某一点作为正常工作时的液位高度, 通过控制进水阀门开度而使液位保持在这一高度上, 这样就不会出现因水箱的液位过高而溢流至外面, 或使水箱内液体抽空而出现事故。归纳起来, 操作人员所进行的工作有以下三个方面 (图 1-1 (b))。

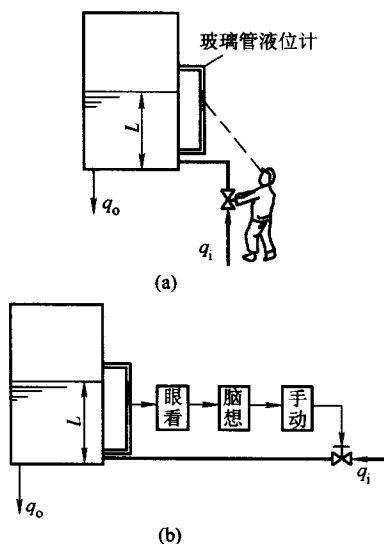


图 1-1 水箱液位人工控制

①检测: 用眼睛观察玻璃管液位计中液位的高低, 并通过神经系统传送给大脑。

②运算 (思考)、命令: 大脑根据眼睛看到的液位高度与要求的液位进行比较, 得出偏差的大小和正负, 然后根据操作经验, 经思考、决策后发出命令。

③执行: 根据大脑发出的命令, 通过手去调节阀门开度, 以改变流入量 q_i , 从而把液位保持在所需高度上。

人的眼、脑、手三个器官, 在人工控制中分别担负了检测、运算和执行三个作用, 完成测量、求偏差、再控制以纠正偏差的全过程。由于人工控制受到生理上限制, 满足不了大型现代化生产的需要, 为了提高控制精度和减轻劳动强度, 可以用液位测量变送器、调节器和执行器等一套自动化装置来代替上述人工操作, 这样水箱的液位就由人工控制变为自动控制了。



1.1.2 自动控制系统的流程图

水箱和液位测量变送器 (LT)、液位调节器 (LC)、执行器等自动化装置一起组成了液位自动控制系统, 其工艺控制流程如图 1-2 所示。

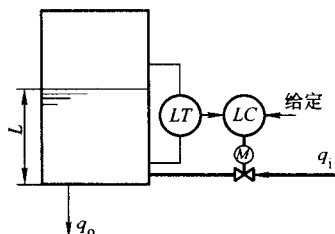


图 1-2 水箱液位自动控制流程图

在控制流程图中, 根据 GB—2625—81 的规定, 一般用小圆圈表示某些自动化仪表, 圆圈内写有两个 (或三个) 字母, 第一个字母表示被控变量的参数, 后继字母表示仪表的功能。常用被控变量和仪表功能的字母代号见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 被控变量参数符号

字母	被控变量	字母	被控变量
A	分析	P	压力或真空
D	密度	T	温度
F	流量	V	黏度
L	物位	W	重量或力
M	水分或湿度		

表 1-2 仪表功能的符号

字母	功能	字母	功能	字母	功能
A	报警	K	操作器	S	开关或连锁
C	控制 (控制)	O	节流孔	T	传送
E	检测元件	Q	积分累计	V	阀、风门
I	指标	R	传送记录或打印	Z	驱动、执行器

在控制流程图中, 常用图形符号见表 1-3。

在液位自动控制系统中, 液位测量变送器在图 1-2 中以 $\textcircled{LT}$ 表示, 它代替人的眼睛来感受水箱液位 L 的变化, 并将液位的变化变换成与之成比例的测量信号, 此测量信号送入液位调节器中。液位调节器在图 1-2 中以 $\textcircled{LC}$ 表示, 它代替人的大脑作用, 把液位的测量信号和设定信号作比较, 根据出现的所测液位参数与设定值之间偏差, 发出一个相应的控制信号

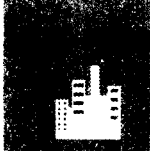


表 1-3 控制流程图中常用图形符号

内容		符号	内容		符号
常用检测元件	热电偶		执行机构形式	带弹簧的薄膜执行机构	
	热电阻			不带弹簧的薄膜执行机构	
	嵌在管道中的检测元件			活塞执行机构	
	取压接头（无孔板）			电动执行机构	
	孔板			电磁执行机构	
仪表安装位置	就地安装		常用控制阀	环形阀、闸阀等直通阀	
	就地安装（嵌在管道中）			角形阀	
	盘面安装			蝶阀、风门、百叶窗	
	盘后安装			旋塞、球阀	
	就地盘面安装			三通阀	

送到执行器。执行器（调节阀）在图中以 表示，它代替人的手去执行调节器所发出的命令，自动地改变进水阀门的开度，也就是改变水箱进水流量 q_i ，从而保持水箱液位在要求的设定值上。

显然，这套自动化装置具有人工控制中操作人员的眼、脑、手的部分功能，可完成自动控制水箱液位高低的任务。因此，自动控制是人工控制的模拟和发展，但自动控制系统都是



通过自动化装置,按照人们预先的安排来动作的,只能替代人的部分直接劳动。

1.1.3 自动控制系统的组成

由图 1-2 所示的水箱液位自动控制系统可以看出,任何一个简单的自动控制系统,均可概括成两大部分:一部分是自动化装置控制下的生产设备,称为被控对象;另一部分是为实现自动控制所必须的自动化仪表设备,简称为自动化装置,它包括测量变送器、调节器和执行器等。

1.1.3.1 被控对象

在自动控制系统中,需要控制工艺参数的生产设备叫做被控对象,简称对象。空调与燃气工程中,各种空调房间、换热器、空气处理设备、制冷设备、工业锅炉、供热管网、燃气管网及设备都是常见的被控对象,甚至一段输送介质的管道也可以作为一个被控对象。在复杂的生产设备中(如工业锅炉),需要控制温度、压力、液位等许多参数,在这种情况下,设备的某一相应的部分就是一个控制系统的对象。所以,对象不一定就是生产设备的整个装置,一个设备也不一定就只有一个控制系统。

在被控对象中,需要控制一定数值的工艺参数叫做被控变量,用字母 y 表示。被控变量的测量值用字母 z 表示,按生产工艺的要求,被控变量希望保持的具体数值称为设定值,用字母 g 表示。被控变量的测量值与设定值之间的差值叫做偏差,用字母 e 表示, $e = g - z$ 。在生产过程中,凡能影响被控变量偏离设定值的种种因素称为干扰,用字母 f 表示。用来克服干扰对被控变量的影响,实现控制作用的参数叫做调节参数。

1.1.3.2 自动化装置

(1) 测量变送器

用以感受工艺参数的测量仪表叫测量传感器。如果测量传感器输出的信号与后面仪表所要求的方式不同时,则要增加一个把测量信号变换为后面仪表所要求方式的装置,叫做变送器,变送器的输出值就是测量值 z 。对于电动单元组合仪表 DDZ-II 型,其直流电流为 $0 \sim 10 \text{ mA}$,而 DDZ-III 型,其直流电流为 $4 \sim 20 \text{ mA}$ 。

(2) 调节器

调节器把测量变送器送来的信号与工艺上需要保持的参数设定值(由一个设定装置给出)相比较,得出偏差 e 。根据这个偏差的大小,再按一定的运算规律进行运算后,输出相应的特定信号 p 给执行器。

(3) 执行器

执行器有电动和气动两类。在建筑环境与设备工程中,常用的执行器主要是电动调节阀、气动薄膜调节阀、电动风阀、电磁阀、晶闸管电压调整器等。执行器接受调节器的输出信号,以调节阀门的开启度来改变输送物料或能量的多少,实现对被控变量进行控制。

简单的自动控制系统由被控对象、测量变送器、调节器及执行器四大部分组成。

1.2 自动控制系统的方框图及分类

1.2.1 自动控制系统的方框图

在研究自动控制系统时,为了更清楚地表示出系统各个组成部分之间的相互影响和信号



联系，一般都用方框图来表示自动控制系统的组成，如图 1-3 所示。图中的每个方框均表示自动控制系统的一个组成部分，称为一个环节。各个方框之间用带有箭头的线表示其相互关系，箭头的方向表示信号进入还是离开这个方框，线上的字母表示相互作用信号。一个简单的控制系统主要由上面所述的被控对象、测量变送器、调节器及执行器这四部分组成。比较机构实际上是调节器的一个部分，不是独立的部件，在图中把它单独画出，以 $\otimes$ 或 $\ominus$ 表示，可以更清楚地表示其比较作用。

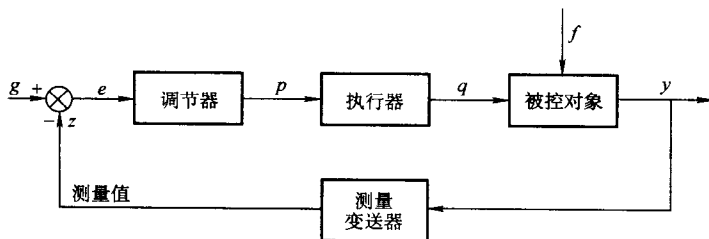


图 1-3 自动控制系统方框图

1.2.2 负反馈和闭环系统

被控对象输出的被控变量 y 是测量变送器的输入，而变送器的输出信号 z 进入比较机构，与工艺上希望保持被控变量的数值即设定值信号 g 进行比较，得到偏差信号 $e = g - z$ ，再送往调节器。调节器根据偏差信号 e 的大小，按一定的规律运算后，发出控制信号 p 并送至执行器，例如电动调节阀。调节阀接受调节器的输出信号 p ，使调节阀的阀门开大或关小，从而改变操纵变量流量，此操纵变量的改变即为调节阀的输出 q ，这将使被控对象的被控变量 y 发生变化，故它又是对象的输入。就这样一个信号沿着箭头的方向传送，最后又回到原来的起点，形成一个闭合的回路，如此循环往复，直到被控对象的被控变量值达到或接近设定值为止，所以这种自动控制系统是闭环系统。

在图 1-3 中，闭环自动控制系统输出的被控变量经过测量变送器后，又返回到系统的输入端，与设定值进行比较，这种把系统（或环节）的输出信号直接或经过一些环节重新返回到输入端的做法叫做反馈。如果反馈信号能够使原来的信号减弱，也就是反馈信号取负值，那么就叫做负反馈。如图 1-3 所示，在反馈信号 z 旁有一个负号“-”，而在设定值 g 旁有一个正号“+”（也可以省略），表示在比较时，以 g 作为正值，以 z 作为负值，送到调节器的偏差信号 $e = g - z$ 。如果反馈信号取正值，反馈信号使原来的信号加强，那么就叫做正反馈。在这种情况下，图 1-3 中反馈信号 z 旁则要用正号“+”，此时偏差 $e = g + z$ 。在闭环自动控制系统中都采用负反馈，因为只有负反馈，才能使被控变量 y 在受到干扰的影响升高时，反馈信号 z 也将升高，经过比较而使输入调节器的偏差信号 e 将降低，此时调节器将发出信号，使执行器的调节阀发生相反的变化，进而使被控变量下降回到设定值，这样就达到了控制的目的。如果采用正反馈的形式，那么控制作用不仅不能克服干扰的影响，反而会推波助澜，即当被控变量受到干扰升高时， z 亦升高，执行器的动作方向是使被控变量进一步上升，而且只要有微小的偏差，控制作用就会使偏差越来越大，直到被控变量超出了安全范围而破坏生产，所以自动控制系统绝对不能单独采用正反馈。

综上所述，自动控制系统是具有被控变量负反馈的闭环系统，它可以随时了解被控对象



情况, 有针对性地根据被控变量的变化而改变控制作用的大小和方向, 从而使系统的工作状况等于或接近于我们所希望的状况。

1.2.3 自动控制系统的分类

闭环自动控制系统有多种分类方法, 可以按被控变量来分类, 如温度、空气湿度、流量、压力、液位等控制系统; 也可以按调节器具有的控制规律来分类, 如位式、比例、比例积分、比例微分、比例积分微分等控制系统。在分析自动控制系统特性时, 常常按照工艺过程需要控制的参数值即设定值是否变化和如何变化来分类, 而将闭环自动控制系统分为定值控制系统、随动控制系统和程序控制系统三大类。

1.2.3.1 定值控制系统

所谓定值就是设定值恒定而不随时间发生变化。生产过程中, 如果被控制的工艺参数保持在一个技术指标上不变, 或者说要求工艺参数的设定值不变的自动控制系统就是定值控制系统。供热燃气及空气调节工程的自动控制系统, 多属于这种定值控制系统。因此, 我们主要讨论定值控制系统。

1.2.3.2 程序控制系统

被控变量的设定值是变化的, 是一个已知的时间函数, 即生产技术指标需按一定的时间程序变化的自动控制系统称为程序控制系统。例如燃气工业加热炉的温度控制系统就是程序控制系统。

1.2.3.3 随动控制系统

被控变量的设定值在不断地变化, 它是某一未知量的函数, 而这个变量的变化也是随机的, 这样的自动控制系统称为随机控制系统。随机控制系统的作用就是使所控制的工艺参数准确而快速地跟随设定值的变化而变化。如燃气工业炉的燃气—空气比值控制系统中, 空气流量按照燃气流量的变化保持固定的比值去变化, 维持合理的燃烧工况。

1.3 自动控制系统的过渡过程及品质指标

1.3.1 自动控制系统的静态和动态

在自动控制系统中, 把被控变量不随时间而变化的平衡状态称为系统的静态, 而把被控变量随时间而变化的不平衡状态称为系统的动态。

当一个自动控制系统的输入(设定和干扰)和输出均恒定不变时, 整个系统就处于一种相对稳定的平衡状态, 系统的各个组成环节如测量变送器、调节器、执行器都不改变其原先的状态, 它们的输出信号也都处于相对静止状态, 这种状态就是系统的静态。这个静态与习惯上所讲的静止是不同的。习惯上所说的静止都是指静止不动(实际是相对静止)。在自动化领域中的静态则是指各参数(或信号)的变化率为零, 即变量保持在某一数值不变, 而不是指物料或能量不流动。因为自动控制系统在静态时, 生产还在进行, 物料和能量仍然有进有出, 只是平稳进行没有改变而已。

自动控制系统的目的就是希望将被控变量保持在一个不变的设定值上, 这只有当进入被控对象的物料量(或能量)和流出对象物料量(或能量)相等时才有可能。例如前述的水箱



液位控制系统, 当流入和流出水箱的流量相等时, 液位恒定, 系统达到了平衡状态, 即系统处于静态。

假若一个系统原先处于相对平衡状态, 由于受到干扰的作用而破坏了这种平衡时, 被控变量就会随之发生变化, 调节器、执行器等自动化装置则力图使系统恢复平衡而改变原来平衡所处的状态, 产生一定的控制作用以克服干扰的影响。从干扰发生开始, 经过自动化装置的控制作用, 直到系统重新建立平衡, 在这一段时间中, 整个系统的各个环节参数都处于变动状态, 所以这种状态叫做动态。

自动控制系统的平衡(静态)是暂时的、相对的和有条件的, 不平衡(动态)才是普遍的、绝对的、无条件的。一个自动控制系统在正常工作时, 总是处于一波未平、一波又起、波动不止、往复不息的动态过程中, 因此, 研究系统的动态尤为重要。

1.3.2 自动控制系统的过渡过程

自动控制系统在动态过程中, 被控变量随时间而变化的过程称为自动控制系统的过渡过程, 也就是系统从一个平衡状态过渡到另一个平衡状态的过程。

自动控制系统的过渡过程是控制作用不断克服干扰作用影响的过程, 是控制作用与干扰作用一对矛盾在系统内斗争的过程。当这一对矛盾得到统一时, 过渡过程也就结束, 系统又达到了新的平衡。

1.3.2.1 阶跃干扰

在自动控制系统的过渡过程中, 被控变量随时间变化的规律首先取决于干扰作用的形式。在生产中, 出现的干扰是没有固定形式的, 且多半属于随机性质。在分析和设计控制系统时, 为了安全和方便, 常选择一些定型的干扰形式, 其中最常用的是阶跃干扰。所谓阶跃干扰就是在某一瞬间干扰突然地阶跃式地加到系统上, 并一直保持而不消失, 如图 1-4 所示, 自 t_0 时刻始, 阶跃干扰的幅值为 A 。

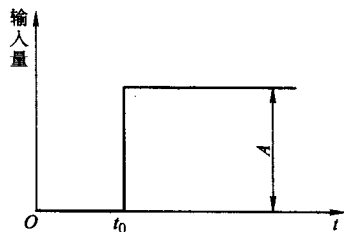


图 1-4 阶跃干扰作用

由于阶跃干扰对系统的作用比较突然、比较危险, 对被控变量的影响也最大, 如果自动控制系统能够有效地克服阶跃干扰的影响, 那么对于其他的干扰也就能很好地克服了。所以实际工作中, 大多以阶跃干扰对被控变量的影响作为研究的内容。

1.3.2.2 过渡过程的基本形式

自动控制系统在阶跃干扰作用下的过渡过程有以下几种基本形式。

(1) 非周期衰减过程

被控变量在设定值的某一侧做缓慢变化, 没有来回波动, 最后稳定在某一数值上, 这种过渡过程形式称为非周期衰减过程, 如图 1-5 (a) 所示。

(2) 衰减振荡过程

被控变量上下波动, 但幅度逐渐减少, 最后稳定在某一数值上, 这种过渡过程形式称为衰减振荡过程, 如图 1-5 (b) 所示。

(3) 等幅振荡过程

被控变量在设定值附近来回波动, 且波动幅度保持不变, 这种过渡过程形式称为等幅振



荡过程,如图 1-5 (c) 所示。

(4) 发散振荡过程

被控变量来回波动,且波动幅度逐渐变大,即偏离设定值越来越远,这种情况称为发散振荡过程,如图 1-5 (d) 所示。

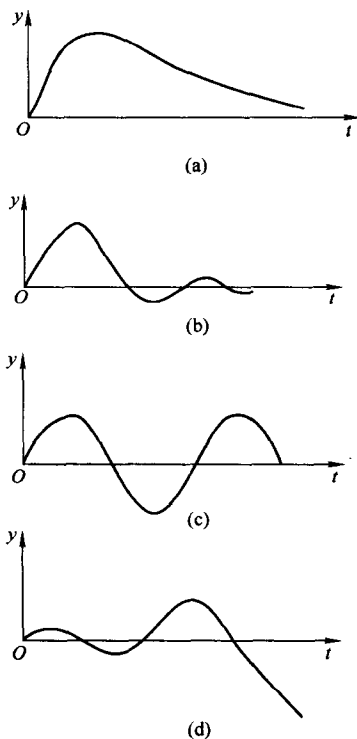


图 1-5 自动控制系统过渡过程的基本形式

1.3.2.3 基本过渡过程的分析

以上过渡过程的四种基本形式可以归纳为以下三类。

①过渡过程(图 1-5 (a) 和 (b))都是衰减的,称为稳定过程。被控变量经过一段时间后,逐渐趋向原来的或新的平衡状态,这是我们所希望的。

对于非周期的衰减过程(图 1-5 (a)),由于这种过渡过程变化较慢,被控变量在控制过程中长时间地偏离设定值,而不能很快地恢复平衡状态,所以一般不采用。

对于衰减振荡过程(图 1-5 (b)),由于能够较快地使系统稳定下来,所以在多数情况下,都希望自动控制系统在干扰作用下,能够得到该种过渡过程。

②过渡过程(图 1-5 (d))是发散的,称为不稳定的过渡过程。其被控变量在控制过程中,不但不能达到平衡状态,而且逐渐远离设定值,它将导致被控变量超越工艺允许范围,严重时会引起事故,这是生产上所不允许的,应竭力避免。

③过渡过程(图 1-5 (c))介于不稳定与稳定之间,一般也认为是不稳定过程。对于某些控制质量要求不高的场合,如果被控变量允许在工艺所许可的范围内变动(主要指在位式控制时),那么这种过渡过程的形式可以采用,也能达到满意的效果。

1.3.3 自动控制系统的品质指标

自动控制系统的过渡过程是衡量控制系统品质的依据。在评价控制系统质量时,一般采用最大偏差或超调量、衰减比、静差、回复时间、振荡周期或频率等品质指标,如图 1-6 所示。

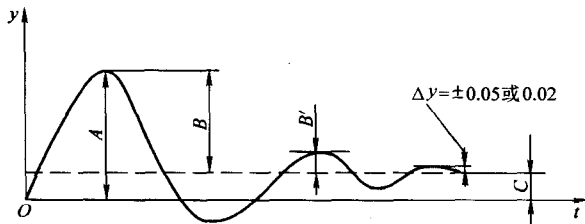


图 1-6 自动控制系统过渡过程品质指标示意图



1.3.3.1 最大偏差或超调量

最大偏差是指在过渡过程中,被控变量偏离设定值的最大数值。在衰减振荡过程中,最大偏差就是第一个波的峰值,在图 1-6 中以 A 表示。最大偏差表示系统瞬时偏离设定值的最大程度。若偏离越大,偏离的时间越长,则表明系统离开规定的工艺参数指标就越远,这对稳定正常生产是不利的,因此最大偏差可以作为衡量系统质量的一个品质指标。一般地说,最大偏差还是小一些为好。有时干扰会不断出现,当第一个干扰还未消除时,第二个干扰可能又出现了,偏差有可能叠加在一起,这就更需要限制最大偏差的允许值。所以,在决定最大偏差允许值时,要根据工艺要求慎重选择。

有时也用超调量来表征被控变量偏离设定值的程度。在图 1-6 中超调量以 B 表示。超调量是过渡过程曲线的第一个峰值与新稳定值之差,即 $B = A - C$ 。如果系统的新稳定值等于设定值,那么最大偏差 A 也就与超调量 B 相等了。

1.3.3.2 衰减比

衰减比是表示过渡过程振荡剧烈程度的一个指标,用它可以判断振荡是否衰减以及衰减的程度,实质上就是判断系统能否建立新的平衡及快慢程度。

衰减比是过渡过程曲线上第一、第二两个峰值之比,即 $n = B/B'$,习惯上以 $n:1$ 表示,如图 1-6 所示。一般取 n 在 4~10 之间。因为衰减比在 4:1 到 10:1 之间时,过渡过程开始阶段的变化速度比较快,被控变量在受到干扰作用的影响后,能比较快地达到一个高峰值,然后马上下降,又较快达到一个低峰值,而且第二个峰值远远低于第一个峰值,被控变量再振荡数次后就会很快稳定下来,并且最终的稳态值必然在高、低峰值之间,决不会出现太高或太低的现象,更不会远离设定值以至造成事故。

1.3.3.3 余差

当过渡过程终了时,被控变量所达到的新的稳态值与设定值之间的偏差叫做余差,也称静差,或者说余差就是过渡过程终了时的残余偏差,在图 1-6 中以 C 表示。余差的数值可正可负。在生产中,设定值是主要的技术指标,对于控制要求较高的系统,被控变量越接近设定值越好,即余差越小越好,而有些系统的余差也可稍大些,所以,对余差大小的要求应根据具体情况而定。

1.3.3.4 回复时间

从干扰作用发生的时刻起,直到系统重新建立新的平衡时止,过渡过程所经历的时间叫回复时间,用 T_s 表示。严格地讲,对于具有一定衰减比的衰减振荡过渡过程来说,要完全达到新的平衡状态需要无限长的时间。实际上,由于仪表灵敏度的限制,当被控变量接近稳态值时,指示值就基本上不再改变了。因此,一般是在稳态值的上下规定一个小范围,当被控变量进入这一范围并不再越出时,就认为被控变量已经达到新的稳态值,或者说过渡过程已经结束。这个范围一般定为稳态值的 $\pm 5\%$ (也有的定为 $\pm 2\%$)。按照这个规定,回复时间就是从干扰开始作用之时起,直至被控变量进入新稳态值的 $\pm 5\%$ (或 $\pm 2\%$) 的范围内且不再越出时为止所经历的时间。回复时间短,表示过渡过程进行得比较迅速,这时即使干扰频繁出现,系统也能适应,系统控制质量就高;反之回复时间太长,第一个干扰引起的过渡过程尚未结束,第二个干扰就已经出现,这样,几个干扰的影响叠加起来,就可能使系统不符合生产工艺的要求。



综上所述，过渡过程的品质指标有：最大偏差、超调量、衰减比、余差及回复时间等。其中最大偏差、超调量及衰减比表示系统的稳定性能，回复时间表示系统的快速性，这两方面都反映了系统的动特性；而余差表示系统静特性的好坏，反映系统的精度。