

生 产

过 程

自动化 及仪表

孙 自 强 主 编

华东理工大学出版社



生产过程自动化及仪表

孙自强 主编

华东理工大学出版社

内 容 提 要

本书以自动控制系统为体系(包括检测、变送、控制、执行及显示等),着重叙述生产过程自动化系统和仪表的原理、系统组成的各个部分及其对控制质量的影响,详细介绍了简单控制系统、复杂控制系统及新型控制系统的特点及适用场合,阐述了部分生产过程的控制方案。此外还介绍了当前发展很快的集散控制系统和现场总线控制系统。

本书可作为高等学校工艺类专业有关自动化及仪表课程的教材,也可供从事生产过程自动化的工程技术人员参考。

(沪)新登字 208 号

1999.8.20

生产过程自动化及仪表

孙自强 主编

华东理工大学出版社出版发行

上海市梅陇路 130 号

邮政编码 200237 电话 64250306

新华书店上海发行所发行经销

上海展望印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 21 字数 510 千字

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月第 1 次印刷

印数 1-4000 册



ISBN 7-5628-0975-5/TP·105 定价 29.00 元

前 言

随着现代科技的进步,各类生产工艺技术不断改进提高,对生产过程自动化不断提出新的要求,出现了大量先进的自动化生产成套设备及装置,使自动化水平迅猛提高。为了适应这一发展要求,必须使各类工艺专业技术人员具有生产过程自动化的基本知识,对生产过程自动化及仪表的现状和发展有所认识。本书为此目的而编写。

实现生产过程自动化,需要自动化专业人员与各类工艺技术人员相互配合,要求工艺技术人员能为自控设计提供正确的工艺条件和数据;能根据工艺和自动控制两方面的需要,与自控设计人员共同讨论并拟订合理可行的自动控制方案;能在生产启、停过程中了解自控系统的投运方法和参数整定等;能有常见的自动化仪表选择和使用的的基础知识。

本书的编写结合一些典型工业生产过程的特点和要求,以自动控制系统为主体,再辅以各种自动化仪表,深入浅出地叙述了生产过程控制和测量原理、自动化系统的基本组成和仪表应用特点,以及在设计、运行中与工艺过程有关的知识要点。

本书由华东理工大学孙自强副教授主编,彭亦功副教授参加了第6章中2、3、4节及第7章的编写。全书由张蕴端教授审阅。在编写过程中得到了陈彦萼教授和戚良华、许颖原讲师的帮助,在此表示感谢。

由于作者水平所限,书中难免存在缺点和错误,恳请读者批评指正。

作者

1999年4月

目 录

1 自动控制系统概述	
1.1 自动化及仪表发展概况	1
1.2 自动控制系统及类型	2
1.2.1 自动控制系统	2
1.2.2 自动控制系统结构分类	4
1.3 静态和动态	7
1.4 闭环控制系统的过渡过程及其控制指标	7
1.4.1 闭环控制系统的过渡过程	7
1.4.2 闭环控制系统的控制指标	9
1.5 自动控制系统的实现方式	11
2 过程特性	
2.1 过程特性的一般分析	15
2.1.1 放大系数 K	15
2.1.2 时间常数 T	17
2.1.3 时滞 τ	19
2.2 过程特性参数的实验测定方法	21
2.2.1 阶跃扰动法	21
2.2.2 矩形脉冲扰动法	22
2.2.3 周期扰动法	22
2.2.4 统计相关法	22
3 检测、变送与显示	
3.1 检测仪表的精度等级、变送器量程和零点	24
3.1.1 仪表精度等级和量程的选择	24
3.1.2 变送器量程调整,零点调整和零点迁移	25
3.2 温度检测与变送	28
3.2.1 温度检测元件	28
3.2.2 温度变送	33
3.3 流量、液位、压力的检测与变送	36
3.3.1 检测元件	36
3.3.2 流量、液位和压力的检测信号变送	43
3.4 成分、物性的检测	47
3.4.1 成分检测	47
3.4.2 物性检测	49
3.4.3 成分、物性检测的静态特性和影响静态特性的误差因素及排除措施	50

3.4.4 成分、物性检测的动态特性	51
3.5 显示仪表	52
3.5.1 数字式显示仪表	53
3.5.2 当前显示仪表的发展动态	55
4 执行器	
4.1 气动薄膜调节阀的结构、类型及材质	57
4.1.1 气动薄膜调节阀的结构	57
4.1.2 气动薄膜调节阀的类型	59
4.1.3 气动薄膜调节阀的材质	62
4.2 调节阀的静态特性——流量特性	62
4.2.1 调节阀的理想流量特性	62
4.2.2 调节阀的工作流量特性	64
4.3 调节阀的动态特性及变差	66
4.3.1 调节阀的动态特性	66
4.3.2 调节阀的变差	66
4.4 调节阀的选择与口径的确定	66
4.4.1 调节阀的选择	66
4.4.2 调节阀口径的确定	68
4.5 阀门定位器	69
4.5.1 电-气阀门定位器	69
4.5.2 阀门定位器的作用	70
4.6 调节阀的安装、使用	71
5 控制器	
5.1 控制器的基本控制规律	73
5.1.1 连续 PID 控制算法	74
5.1.2 离散 PID 控制算法	84
5.2 连续控制系统控制器	86
5.2.1 模拟式控制器——DDZ-Ⅲ型电动单元调节器	87
5.2.2 数字式控制器——可编程调节器	89
5.3 程序(顺序)控制系统控制器——可编程控制器	94
5.3.1 可编程控制器的特点	94
5.3.2 可编程控制器的结构和工作原理	95
6 简单控制系统的设计、投运及调节器参数的工程整定	
6.1 过程控制系统设计的基本方法和主要内容	101
6.1.1 过程控制系统设计的基本方法	101
6.1.2 过程控制系统设计的主要内容	102
6.2 简单控制系统的设计	102
6.2.1 被控变量的选择	103
6.2.2 操纵变量的选择	104

6.2.3	检测变送环节对控制系统的影响	106
6.2.4	调节器控制规律及作用方向的选择	107
6.2.5	气动薄膜调节阀的选择	109
6.3	简单控制系统的投运	110
6.3.1	投运前的准备	110
6.3.2	投运过程	111
6.4	调节器参数的工程整定	111
6.4.1	经验法	112
6.4.2	衰减曲线法	114
6.4.3	临界比例度法	115
6.5	简单控制系统设计举例	117
6.5.1	贮槽液位控制系统设计	117
6.5.2	喷雾式干燥设备控制系统设计	117
7	复杂控制系统	
7.1	串级控制系统	119
7.1.1	串级控制系统的基本概念	119
7.1.2	串级控制系统的特点及适用场合	122
7.1.3	串级控制系统的设计	126
7.1.4	串级控制系统的投运和参数整定	128
7.2	均匀控制系统	129
7.2.1	均匀控制系统的目的和要求	129
7.2.2	均匀控制系统的形式	130
7.2.3	调节器控制规律和调节器参数的选择	131
7.3	比值控制系统	132
7.3.1	比值控制系统的类型	132
7.3.2	比值系数 K 的计算	135
7.3.3	比值控制系统的构成方案	137
7.3.4	比值控制系统的整定	138
7.3.5	比值控制系统的变型式	138
7.4	分程控制系统	138
7.4.1	分程控制的应用	139
7.4.2	分程控制对调节阀的要求	141
7.5	前馈控制系统	142
7.5.1	前馈控制的基本概念	142
7.5.2	前馈控制系统的类型	143
7.5.3	前馈补偿装置的构成方法	145
7.5.4	前馈参数整定	147
7.5.5	前馈控制系统的应用	147
7.6	选择性控制系统	148

7.6.1	选择性控制系统的概念	148
7.6.2	选择性控制系统的类型	148
7.6.3	积分饱和及其防止措施	151
7.6.4	选择性控制系统的选型	152
8	新型控制系统	
8.1	采用阀位调节器的双重控制系统	154
8.2	非线性控制系统	156
8.2.1	位式控制	156
8.2.2	非线性过程的变增益控制(连续的非线性调节器)	157
8.2.3	具有不灵敏区的PI控制(断续的非线性调节器)	157
8.3	采用计算指标的控制系统	158
8.4	纯滞后补偿控制系统	159
8.5	差拍控制系统	161
8.6	解耦控制系统	161
8.6.1	系统的关联分析	162
8.6.2	减少与解除耦合的方法	164
8.7	推断控制系统	166
8.8	预测控制系统	167
8.9	自适应控制系统	168
8.10	智能控制	169
9	集散控制系统及现场总线控制系统	
9.1	集散控制系统	172
9.1.1	集散控制系统的特点	172
9.1.2	集散控制系统的发展概况	173
9.1.3	集散控制系统的网络通信	178
9.1.4	集散控制系统典型示例	180
9.1.5	集散控制系统的功能实现	184
9.2	现场总线控制系统	184
9.2.1	现场总线特点	184
9.2.2	现场总线标准	184
9.2.3	现场总线的完整模型	186
9.2.4	现场总线控制系统举例	187
10	生产过程控制方案	
10.1	流体输送设备的控制方案	189
10.1.1	泵的控制方案	189
10.1.2	压缩机的控制方案	193
10.2	传热设备的控制方案	197
10.2.1	两侧均无相变的换热器的控制方案	198
10.2.2	载热体进行冷凝的蒸汽加热器的控制方案	200

10.2.3	载热体进行汽化的氨冷器的控制方案	202
10.2.4	管式加热炉的控制方案	202
10.2.5	硅酸盐电阻式工业窑炉温度控制方案	205
10.3	锅炉设备的控制方案	207
10.3.1	锅炉汽包水位控制系统	207
10.3.2	燃烧过程控制系统	212
10.4	精馏塔的控制方案	213
10.4.1	工艺要求	213
10.4.2	扰动分析及操纵变量和被控变量的选择	213
10.4.3	产品质量的开环控制方案	215
10.4.4	按精馏段指标的控制方案	216
10.4.5	按提馏段指标的控制方案	219
10.4.6	压力控制	219
10.4.7	精馏塔的新型控制方案	222
10.4.8	精馏塔的节能控制方案	225
10.5	化学反应器的控制方案	227
10.5.1	反应器的控制要求及被控变量的选择	227
10.5.2	反应器的控制方案	228
10.5.3	化学反应器控制方案举例	232
10.6	发酵过程控制方案	235
10.6.1	常用发酵过程控制方案	235
10.6.2	青霉素发酵过程控制方案	238
10.6.3	啤酒发酵过程控制方案	240
附录1	过程数学模型的建立	243
A	一阶过程的动态方程	243
B	二阶过程的动态方程	246
附录2	变送器原理	247
A	温度变送器	247
B	差压变送器	249
C	智能变送器	253
附录3	显示仪表	258
A	电子电位差计	258
B	电子自动平衡电桥	260
C	数字式显示仪表	261
附录4	调节器	264
A	电动Ⅲ型调节器	264
B	KMM 可编程调节器	272
附录5	TDC—3000 简要介绍	294
A	TDC—3000 结构简介	294

B TDC—3000 软件编程	297
附录 6 部分热电偶、热电阻分度表	305
A 镍铬—铜镍(康铜)热电偶分度表	305
B 镍铬—镍硅(镍铬—镍铝)热电偶分度表	309
C 铂铑 10—铂热电偶分度表	313
D 铜热电阻分度表	318
E 铂热电阻分度表	319
F 铂热电阻分度表	321
附录 7 自控工程设计字母代号	324
参考文献	326

1 自动控制系统概述

1.1 自动化及仪表发展概况

在工业生产过程中,对各个工艺生产过程中的物理量(或称工艺变量),有着一定的控制要求。有些工艺变量直接表征生产过程,对产品的数量和质量起着决定性的作用。例如,精馏塔的塔顶或塔釜温度,一般在操作压力不变的情况下必须保持一定,才能得到合格的产品;加热炉出口温度的波动不能超出允许范围,否则将影响分馏效果;化学反应器的反应温度必须保持平稳,才能使效率达到指标;啤酒发酵过程中控制好发酵温度及其升降速率,才能保证啤酒质量和口味;硅酸盐工业窑炉内温度控制要符合温度分布曲线,才能保证工艺给定的整个窑内温度控制的稳定,保证产品质量。有些工艺变量虽不直接影响产品的数量和质量,然而保持其平稳却是使生产获得良好控制的前提。例如,用蒸汽加热反应器或再沸器,在蒸汽总压波动剧烈的情况下,要把反应温度或塔釜温度控制好将极为困难;中间贮槽的液位高度和气柜压力必须维持在允许范围之内,才能使物料平衡,保持连续的均衡生产;窑炉中各部位气体介质压力分布情况的变化对窑内温度控制影响很大,必须保持窑内压力相对稳定。有些工艺变量是决定安全生产的因素,例如,锅炉汽包的水位、受压容器的压力等,不允许超出规定的限度,否则将威胁生产的安全。还有一些工艺变量直接决定产品的质量,例如,某些混合气体的组成、溶液的酸碱度等。对于以上各种类型的变量,在生产过程中,都必须加以必要的控制。

随着现代工业的高速发展,生产规模扩大,过程更为复杂。过程控制已经不再局限于传统意义上的生产过程变量。过程控制目标体现出综合性。如,包含节约能源、环境保护、提高经济效益等控制指标。

为了实现控制的要求,可以有两种方式,一是人工控制,二是自动控制。人工控制主要是凭经验用人工去控制生产过程。生产过程中的关键参数靠人工观察,生产过程的执行也靠人工去执行。因此人工控制仅适用于工艺简单且控制要求不高的场合。自动控制是利用控制装置及信息技术完成控制任务。自动控制不仅能代替人的观察、判断、决策和操纵,而且还能完成一般人工控制难以完成的工作。如,复杂的运算和逻辑判断,危险的工作环境等。现代工业离不开自动控制技术。

本世纪40年代以后,生产过程自动化发展很快,并深入到许多领域。纵观生产过程自动化发展的历史,大致经历了以下几个阶段:

50年代前后,经典控制理论发展成熟。一些工厂企业实现了仪表化和局部自动化。这一阶段中,过程控制系统结构大多数是单输入、单输出定值控制系统,用以消除扰动,保持被控变量的稳定。检测和控制仪表普遍采用基地式仪表,将控制器、检测变送装置、显示记录装置乃至执行器合为一体,能完成单回路控制系统的就地检测、记录及调节等全部功能。基地式

仪表的优点是简单实用,然而无法用于复杂控制系统。虽然基地式仪表从 50 年代后开始在工业自动化仪表中所占的比重已经下降很多,但在一些中小规模的生产装置和大中型工厂的就地控制生产岗位,基地式仪表仍沿用至今,并且还不断有新品种问世。

60 年代至 70 年代初期,随着工业生产的发展,对过程控制的要求逐步提高,各种复杂控制系统应用于生产,如串级控制、比值控制、均匀控制和分程控制等,进而出现选择性控制、前馈控制。这些复杂控制系统解决了简单控制系统难以控制的问题。此外,多变量控制系统、动态最优控制系统以及多种新型控制系统都逐步进入生产过程控制领域,使一个系统控制信号从单输入、单输出的对应关系发展到多输入、多输出,满足了工艺流程复杂、多种工艺变量交叉影响等情况的控制需要。在这一阶段中,电子技术迅速发展促进了自动化工具的完善,保证了控制方案的顺利实施。单元组合仪表(包括气动和电动)开始问世。所谓单元组合,就是把整个控制仪表系统按功能分成若干单元,依据具体控制系统结构的需要进行适当的组合。因此单元组合仪表使用方便、灵活。单元组合仪表之间用标准统一信号联系。气动仪表(QDZ 系列)为 20~100kPa 气压信号,电动仪表信号为 0~10mA 直流电流信号(DDZ—Ⅱ系列)和 4~20mA 直流电流信号(DDZ—Ⅲ系列)。气动仪表防爆性能好,生产现场执行器多为气动阀门。电动仪表功能齐全,使用方便,发展极其迅速。为满足定型、灵活和多功能要求,在 60 年代末期又出现了电子组装式仪表,它将各个单元划分为更小的功能块,以适应比较复杂的模拟和逻辑规律相结合的控制系统的需要,使仪表结构更为紧凑。在单元组合仪表广泛应用的同时,计算机控制系统也开始应用于过程控制系统,实现直接数字控制(DDC)和监督控制(SPC)。

70 年代后期至今,随着计算机技术的发展,尤其是微型计算机的开发应用,微型计算机逐渐成为检测控制仪表的核心,仪表性能从此得以提高。各个生产过程分散控制、集中管理的集散控制系统(DCS)的应用,标志着自动控制达到了新水平。目前,在大型生产过程控制装置的引进、改造和建设中,DCS 占有重要地位,原先自动控制中实施困难的各种优化操作、复杂控制及新型控制技术正不断应用于生产中。在这一阶段除了模拟式电动单元组合仪表在继续发展外,出现了新型数字化的 DDZ—S 系列单元组合仪表,它将模拟技术与数字技术相结合,以数字技术为主。另外,基于单片机技术的可编程调节器、可编程控制器迅速发展,具有各种特定功能的智能化检测控制仪表不断出现。这些新型仪表在自动化仪表中所占的份额逐步加大。目前,又一种新的控制系统——现场总线控制系统(FCS)正在研究开发之中,FCS 不仅具有 DCS 的一般功能,还具有现场在线检测控制、全数字化信号联系等特点,它将引发自动化领域一场跨世纪的革命。

1.2 自动控制系统及类型

1.2.1 自动控制系统

图 1-1 所示是一个温度控制系统,用蒸汽加热冷流体,工艺要求热流体出口温度保持一定。若忽略热损失,当蒸汽带进的热量与热流体带出的热量相等时,热流体出口温度保持在规定的数值上。由于冷流体流量、冷流体入口温度和蒸汽阀前压力等因素的波动,将会使出口温度下降或上升。为此设置一个温度控制系统,它由电动单元组合仪表组成。温度检测

元件安装在蒸汽加热器热流体出口处,检测出口温度高低,检测信号经过温度变送器送至调节器。当出口温度与规定温度之间出现偏差时,调节器就立刻根据偏差数值和极性进行控制,开大或关小蒸汽阀门,使出口温度恢复到规定数值。

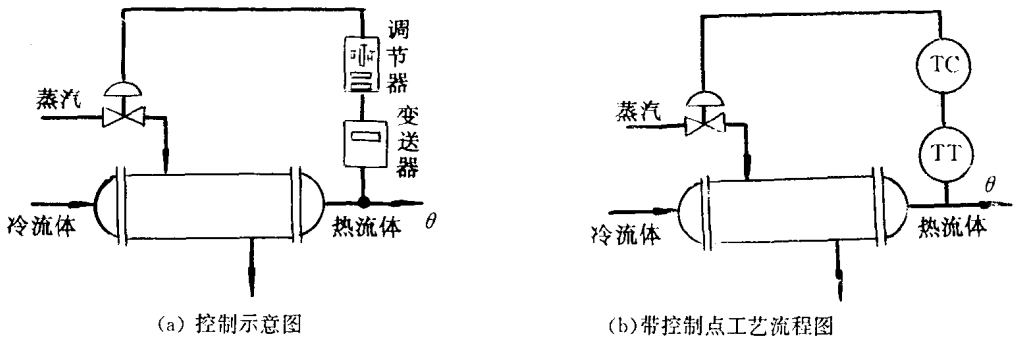


图 1-1 蒸汽加热器温度控制系统

图 1-2 所示是一个液位控制系统。化工生产过程中,贮槽常常作为一个中间容器或成品罐,前一道工序来料连续不断地流入贮槽,再流到下一道工序进行处理。为了保证生产的正常进行,需要控制贮槽液位高度。为此,用差压变送器测量贮槽液位,将测量信号送到液位调节器,与液位正常信号值比较得到偏差,调节器发出控制命令,控制调节阀开度,以达到控制液位高度的目的。

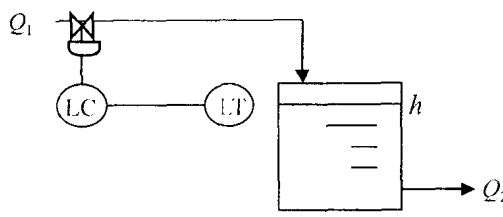


图 1-2 贮槽液位控制系统带控制点工艺流程图

由上述两例可见,要对生产过程进行自动控制,至少必须要有被控过程、检测元件和变送器、控制器以及执行器四个部分。

A 被控过程

被控过程指的是自动控制系统中需要实现控制的设备、机器或生产过程。被控过程可以很复杂,也可以很简单。如化工生产中的各类塔器、反应器、泵、压缩机以及容器,甚至一段输送流体的管道或是整个生产过程等,都可以是被控过程。

被控过程内要求保持设定数值(接近恒定值或按预定规律变化)的物理量,称为被控变量。非控制装置操纵而又作用于过程并引起被控变量变化的因素被称为扰动(干扰)。在被控过程中应抑制扰动影响。

B 检测元件和变送器

检测元件的作用是感受工艺变量的变化,并将它转换成电信号或气压信号。例如,用电阻或热电偶测量温度时将温度的变化转换成电阻或直流毫伏电压信号。变送器的作用是

将检测元件的检测信号转换成统一标准的气压信号(20~100kPa)或直流电流信号(0~10mA 或 4~20mA),送往其他控制装置。检测变送装置输出的信号被称为测量值。

C 控制器

控制器是控制系统的核心。生产过程中用得最多的是调节器,它把检测元件及变送器送来的测量值与设定值进行比较得出偏差,根据偏差的大小及变化趋势,按预先设计好的控制规律进行运算后,输出相应的控制信号给执行器。

所谓设定值是指被控变量的预定值,而偏差就是设定值与被控变量实际值之差。由于被控变量是测量得到的,因此通常把设定值与测量值之差作为偏差。

D 执行器

执行器接受控制器送来的信号,相应地去改变操纵变量,克服扰动的影响,最终实现控制要求。所谓操纵变量是指受控制装置操纵,用以使被控变量保持设定值的物料量或能量。化工生产中最常见的执行器是气动薄膜调节阀。

被控过程、被控变量、操纵变量、偏差、设定值、扰动是自动化的几个术语。

在图 1-1 蒸汽加热器温度控制系统中,蒸汽加热器是被控过程,热流体出口温度是被控变量,蒸汽流量是操纵变量,而其他可能影响出口温度的因素,如蒸汽阀前后压力波动,或冷流体流量变化,都被视为扰动。

在图 1-2 贮槽液位控制系统中,贮槽是被控过程,液面高度是被控变量,进液管流量是操纵变量。如果出口流量不稳定,必将影响液面高度变化,因此可将其作为扰动。

一个自动控制系统,除了上述四部分是不可缺少的外,有时还由一些辅助装置来实现特定功能,如电气阀门定位器、显示装置、运算单元等。这些辅助装置可以是单独仪表,也可以附带在其他仪表上,如现在不少测量仪表和调节仪表上都带有显示功能。

1.2.2 自动控制系统结构分类

在生产过程中,被控变量偏离设定值的主要原因有以下三个方面。

(1) 大多数情况下是由于扰动的出现,这时操纵变量必须作相应变动,否则被控变量将发生变化。以蒸汽加热器为例,当冷流体的流量增加时,若不相应地加大蒸汽流量,出口温度将会下降。

(2) 在设定值改变时,若不改变操纵变量的数值,被控变量不可能适应新的要求。例如,要提高蒸汽加热器的出口温度,如果冷流体的流量和入口温度不变,则必须加大蒸汽量。

(3) 即使设定值不变,扰动也不出现,在操纵变量不作调节的情况下,长期保持平衡也非常困难。以液体贮槽为例,即使流出量恒定不变,流入量也不可能非常精确地等于流出量,时间一长,累积误差越来越大,从而引起液位变化。

由于种种原因,被控变量不可避免地会发生变化,因此,必须选择适当的控制系统对被控变量进行控制。

按控制系统的基本结构,可以分为开环控制系统和闭环控制系统两大类。

1.2.2.1 开环控制系统

开环控制系统分两种,一种是按设定值进行控制,如蒸汽加热器,其蒸汽流量与设定值保持一定的函数关系,当设定值变化时,操纵变量随之变化,图 1-3 即为其原理图。另一种是按扰动进行控制,即所谓前馈控制。在蒸汽加热器中,如果负荷是主要扰动,则使蒸汽流量

与冷流体流量保持一定的函数关系。当扰动出现时,操纵变量随之变化。图 1-4 即为其原理图。

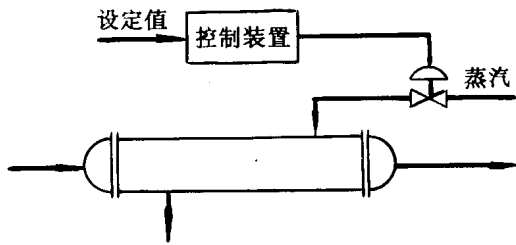


图 1-3 按设定值控制的开环控制

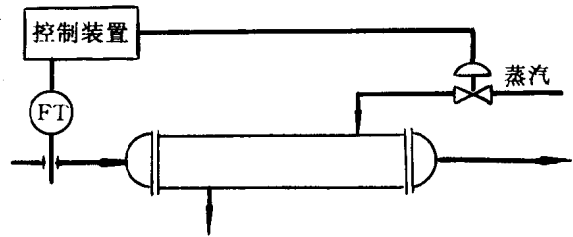


图 1-4 按扰动控制的开环控制

从信息传送角度看,在开环控制时,操纵变量对被控变量起到控制作用,而被控变量的变化并没有回送到控制装置,不影响操纵变量,整个信息流没有形成闭合回路。因此开环控制不能保证被控变量与设定值相符合,即不能保证控制质量。

1.2.2.2 闭环控制系统

闭环控制系统又称为反馈控制系统,它是按偏差进行控制的。图 1-1、图 1-2 两例都是闭环控制系统。在蒸汽加热器出口温度控制系统中,温度调节器接受检测元件及变送器送来的测量信息,并与设定值比较,根据偏差情况,按一定的控制规律,调整蒸汽阀门开度,以改变蒸汽量。在贮槽液位控制系统中,液位调节器将接受到的测量信息与液位设定值比较,再根据偏差,按一定的控制规律调整进液管流量阀,改变进液流量。

由此可见,操纵变量会通过过程去影响被控变量,而被控变量又会通过控制装置去影响操纵变量,最终使被控变量与设定值相符。从信息的传送关系看,构成了一个闭合的回路,所以称为闭环控制系统。被控变量的信息要回送到自动控制装置,所以也称为反馈控制系统。事实上,通常所说的自动控制系统都是指闭环控制系统。闭环控制系统能够满足生产过程控制要求。

1) 闭环控制系统的类型

在闭环控制系统中,按照设定值情况的不同,可以分为三种类型。

(1) 定值控制系统

所谓定值控制系统,是指控制系统的设定值恒定不变。例如,蒸汽加热器在工艺上要求出口温度按设定值保持不变,因而采用定值控制系统。定值控制系统的基本任务是克服扰动对被控变量的影响,即在扰动作用下仍能使被控变量保持在设定值或其附近。

工业生产领域里的自动控制系统中,凡要求工艺变量平稳不变的,都属于定值控制系统。

(2) 随动控制系统

随动控制系统又称自动跟踪系统,这类系统的设定值是随机变化的。随动控制系统的主要任务是使被控变量能够尽快地、准确无误地跟踪设定值的变化,而不考虑扰动对被控变量的影响。在生产过程自动化中,有些比值控制系统就属于此类。例如,要求甲流体的流量与乙流体的流量保持一定的比值,当甲流体的流量变化时,乙流体的流量能按一定比例随之变化。

(3) 程序(顺序)控制系统

顺序控制系统的设定值也是变化的,但它是已知的时间函数,即设定值按一定的时间程序变化。间歇反应器、玻璃熔化炉的升温控制系统都属于此类系统。

2) 闭环控制系统的组成

通常用图 1-5 所示的方框图来表示一个自动控制系统。

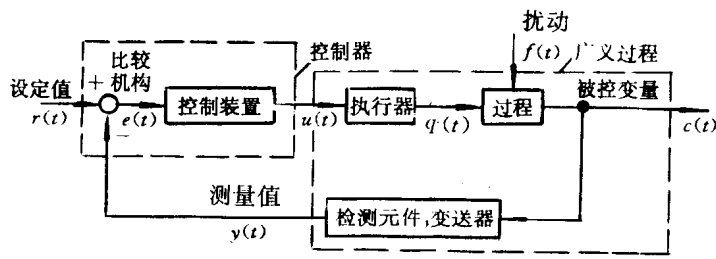


图 1-5 闭环控制系统的组成

方框图符号说明：

- $r(t)$ 设定值。
- $y(t)$ 测量值。
- $e(t)$ 偏差。在控制系统分析时, $e(t) = r(t) - y(t)$ 。
然而在仪表制造行业, $e(t) = y(t) - r(t)$, 两者的符号相反。
- $u(t)$ 调节器输出(控制作用)。
- $c(t)$ 被控变量。
- $q(t)$ 操纵变量。
- $f(t)$ 扰动。

控制器包括了比较机构和控制装置。为了分析问题方便,有时将控制器以外的各单元组合在一起看待,即将过程、执行器、检测元件与变送器的组合称为广义过程。

方框图可以清晰地表示出系统中各个组成环节以及它们之间的相互影响和信号联系。每个环节用一个方框表示,方框上箭头表示信息作用方向。作用于每个环节上的信息称为该环节的输入信号,而每个环节送出的信息称为该环节的输出信号。每个环节的输入信号与输出信号之间的关系取决于该环节的特性。从整个系统来看,设定值和扰动是输入信号,被控变量是输出信号。

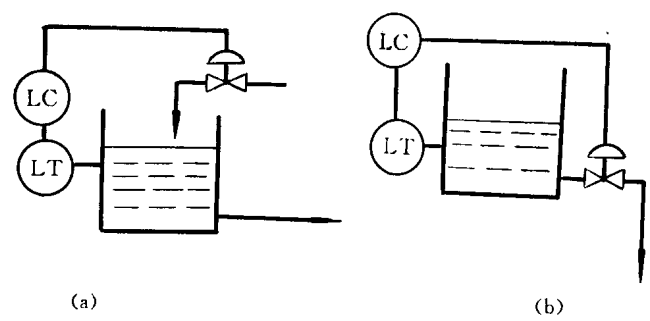


图 1-6 两个液位控制系统

值得注意的是,信息作用方向与工艺设备间物料的流向无关。如图 1-6 中的两个液位

控制系统中,图1-6(a)的操纵变量是流入量,图1-6(b)的操纵变量是流出量。作为物料流动方向来看,两者有进、出之分,但作为信息来看,它们都是作用于过程,使液位发生变化的输入信号,因此信息流的流向相同。

在图1-5方框图上的任意一个信号顺其箭头方向前进,最后仍回到出发点,信息流是一个封闭回路,也就是闭环。闭环控制系统的被控变量经过检测变送装置送回到控制装置,这就是反馈;测量值与设定值相减(即测量值取负值后再与设定值相加)得到偏差,因此闭环控制系统一定是负反馈控制系统。此外,被控变量、操纵变量、扰动等都随时间而变。

1.3 静态和动态

对于一个控制过程,除了要关心控制的最终结果外,更需要注意控制的变化过程。以精馏塔为例,如果出现扰动以后,被控变量塔顶温度回到设定值要经过很长的时间,其间的偏差又很大,则将在很长时间内给出不合格的产品,这是不允许的。因此对系统不仅需要从静态的观点来考虑,更需要从动态的角度去分析。

所谓静态,是指系统或环节在某一输入状态下,当时间 $t \rightarrow \infty$ 时达到平稳时的情况。对于化工过程来说,静态特性由物料平衡、能量平衡及化学反应平衡等规律所确定。从严格意义上说,应该称为稳态特性,因为它所反应的是动态平衡情况。例如,一个液体贮槽,如果流入量与流出量相等,则液位保持初始位置不变,这时候建立了动态平衡,这种情况就是静态。如果出现扰动之后,液位最终又在一个新的位置上建立平衡,则又建立了静态。

所谓动态,是指在输入信号作用下,系统或环节从原来的静态出发,逐渐随时间变化的过渡过程。仍以液体贮槽为例,如果流入量多于流出量,物料平衡被破坏,多出来的液体积蓄于贮槽内,使液位随时间逐渐升高,这种过程就是动态。可以认为静态特性是动态特性在时间 $t \rightarrow \infty$ 时的特例。

从生产过程控制角度看,一个控制系统不仅要施加控制作用,使被控变量保持在设定值上,更要重视施加控制时被控变量的变化过程,即要重视动态特性。也就是说,在液体贮槽中,要分析物料进入量与流出量不等时,物料的积蓄与亏缺引起被控变量的变化过程;在蒸汽加热器中要分析能量进入量与流出量不等时,能量的积蓄与亏缺引起被控变量的变化过程等等。

1.4 闭环控制系统的过渡过程及其控制指标

1.4.1 闭环控制系统的过渡过程

一个生产过程经常会受到各种扰动的影响,致使被控变量偏离设定值,扰动的形式千差万别,幅度和周期各不相同,不同的扰动对工艺生产的影响也各不相同。本节将主要叙述阶跃扰动(见图1-7)。实践表明,一个阶跃扰动作用对控制系统的被控变量影响最大;在生产过程中,阶跃扰动最为多见。例如,负荷的改变、阀门开度的突然变化、电路的突然接通或断开等。另外,设定值的变化通常也是以阶跃形式出现。

一个处于平衡状态的自动控制系统,在受到外作用时,即在扰动或设定作用下,被控变