

高等院校自动化与信息类专业课教材

GUOCHENG

KONGZHI XITONG

过程控制系统

严爱军 张亚庭 高学金◎编著

北京工业大学出版社

过程控制系统

严爱军 张亚庭 高学金 编著

北京工业大学出版社

内 容 简 介

本书全面介绍了过程控制系统的组成、特点及发展状况；对工业生产过程被控对象的数学模型讨论了建模方法；介绍了PID控制器的设计、选型与参数整定方法；论述了调节阀的流量特性、设计及选型；讨论了常用的复杂控制系统，如串级控制、补偿控制、比值控制、均匀控制、分程控制、选择性控制和解耦控制等系统的结构和分析、设计方法等；介绍了几种典型的先进控制方法；论述了计算机过程控制系统的组成与类型；最后介绍了过程控制的几个应用实例。

本书可作为高等院校自动化和信息类其他专业研究生和高年级本科生的专业课教材，也可作为从事自动控制研究、设计和应用的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

过程控制系统/严爱军, 张亚庭, 高学金编著. —北京:
北京工业大学出版社, 2010.3

ISBN 978-7-5639-2286-4

I. ①过… II. ①严…②张…③高… III. ①过程控制-自
动控制系统-高等学校-教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 026461 号

过程控制系统

编 著: 严爱军 张亚庭 高学金

责任编辑: 程业刚

出版发行: 北京工业大学出版社

地 址: 北京市朝阳区平乐园 100 号

邮政编码: 100124

电 话: 010-67391106 010-67392308(传真)

电子信箱: bgdcbsfxb@163.net

承印单位: 徐水宏远印刷有限公司

经销单位: 全国各地新华书店

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 15

字 数: 374 千字

版 次: 2010 年 3 月第 1 版

印 次: 2010 年 3 月第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-5639-2286-4

定 价: 25.00 元

版权所有 翻印必究

图书如有印装错误, 请寄回本社调换

前 言

在国民经济中占据着主导地位的是工业，各企业效益的提高受许多方面的影响，不仅取决于工艺方面的专业知识和实践水平，还与企业的自动化水平息息相关。自动化专业学生必须掌握与生产过程相关的控制技术与方法，才能具备设计控制系统、解决过程控制难题的能力。为此，特编写《过程控制系统》专业教材，系统地介绍了工业生产过程控制领域的控制方法及实用技术，为学生走向工作岗位奠定良好的基础。本书共七章，分别论述了如下几个问题：

(1) 过程控制系统的组成、特点及发展状况。

(2) 建立被控对象数学模型的方法，主要介绍了机理建模及实验测试建模方法。

(3) 简单控制系统的特点与设计步骤，主要包括变量配对、选择控制系统、执行器及安全栅的基本知识以及 PID 控制器的设计与参数整定方法等内容。

(4) 复杂控制系统中，介绍了串级控制系统、比值控制系统、均匀控制系统、分程控制系统、选择性控制系统、补偿控制系统以及解耦控制系统的基本知识与设计方法。

(5) 先进控制方法中，简单介绍了内模控制、自适应控制、预测控制、推理控制、鲁棒控制、智能控制的基本原理和方法。

(6) 计算机过程控制系统中，介绍了计算机技术应用于过程控制系统的基本知识，重点论述了数字 PID 控制器的设计。将 PLC、DCS、FCS 作了简单对比，并对综合自动化技术进行了介绍。

(7) 本书的最后部分给出了几个工业生产过程的控制实例供读者参考。

每章均配备了一定数量的思考题和习题供读者练习。本书作为教材可适用的学时数为 40~50 学时(2.5~3.5 学分)，一些章节编排具有相对的独立性，便于教师与学生取舍，以适应不同教学学时的需要。

本书的第 1 章，第 2 章的 2.4.1、2.4.2 节，第 4 章及第 7 章的 7.1~7.3 节由严爱军编写；第 2 章的 2.1~2.3 节由任明荣编写；第 3 章由张亚庭编写；第 5 章及第 7 章的 7.4 节由高学金编写，第 2 章的 2.4.3、2.4.4 及第 6 章由张会清编写。同时感谢齐咏生博士为第 5 章的编写付出了大量的工作，感谢北京工业大学出版社为本书的出版所付出的辛勤工作！

本书部分章节得到了国家自然科学基金项目(No. 60704036, No. 60974133)的资助，在此表示感谢！

由于编者水平有限，错误和不妥之处在所难免，敬请读者指正。

符号及缩写词

I 符 号

- a 脉冲输入的宽度
- e 自然对数的底
- e 误差
- $e(\infty)$ 稳态误差(余差, 静差)
- \dot{e} 误差变化率
- f 干扰输入
- h 物位
- l 阀门的某一开度
- n 阶次
- p 压力
- q 流量
- t 时间
- t_s 调节时间
- u 控制器输出, 控制量
- v 速度
- $x(t)$ 系统输入量
- $y(t)$ 系统输出量
- $y(\sigma)$ 最大动态偏差
- $y(\infty)$ 系统输出量的稳态值
- δ 比例带, 比例度
- δ_c 临界比例带, 临界比例度
- η 衰减比
- θ 阈值
- ξ 阻尼系数
- π 圆周率
- ρ 密度
- σ 超调量

τ 纯滞后时间
 τ_o 对象传输纯滞后时间
 τ_f 干扰传输纯滞后时间
 ψ 衰减率
 ω 角频率
 ω_c 振荡角频率
 ω_{cr} 临界振荡角频率
 ω_r 共振频率
 Δ 增量
 Σ 求和
 B 调节阀的旁路程度
 C 流量系数
 D 控制器的微分作用
 D 直径
 E 误差 e 的模糊论域
 $E(s)$ 误差 e 的拉普拉斯变换
 EC 误差变化率 \dot{e} 的模糊论域
 F 横截面积
 $F(s)$ 干扰输入变量的拉普拉斯变换
 $G(s)$ 传递函数
 $G_c(s)$ 控制器传递函数
 $G_d(s)$ 干扰通道传递函数
 $G_{ff}(s)$ 前馈控制器传递函数
 $G_m(s)$ 检测变送环节传递函数
 $G_o(s)$ 被控对象传递函数
 $G_s(s)$ Smith(史密斯)预估补偿器的传递函数
 $G_v(s)$ 调节阀传递函数
 $H(s)$ 物位参数的拉普拉斯变换
HS 高值选择器
I 控制器积分作用
 I 电流
 J 性能指标
 K 静态放大系数, 比值系数
 K_c 控制器静态放大系数
 K_f 干扰对象静态放大系数
 K_m 检测变送环节静态放大系数
 K_o 被控对象静态放大系数
 K_P 控制器比例增益
 K_I 控制器积分增益

K_D 控制器微分增益
 L 阀门全开度, 液位
LC 液位控制器
LS 低值选择器
LT 液位检测变送装置
P 控制器比例作用
 P 压力
PC 压力控制器
PT 压力检测变送装置
Q 流量
 Q_{\max} 最大流量
 Q_{\min} 最小流量
QC 流量控制器
QT 流量检测变送装置
 R 电阻, 阻力, 调节阀的可调比
 T 时间常数, 温度变量
 T_c 振荡周期
 T_{cr} 临界周期
 T_D 微分时间常数
 T_f 干扰对象时间常数
 T_I 积分时间常数
 T_o 被控对象时间常数
 T_s 采样周期
TC 温度控制器
TT 温度检测变送装置
 U 控制量 u 的模糊论域
 $U(s)$ 控制量 u 的拉普拉斯变换
 V 体积
 $X(s)$ 输入量的拉普拉斯变换
 $Y(s)$ 输出量的拉普拉斯变换

II 缩 写 词

AI 人工智能(Artificial Intelligence), 模拟量输入(Analog Input)
AO 模拟量输出(Analog Output)
APC 先进过程控制(Advanced Process Control)
CAN 控制局域网(Control Area Network)

CIPS 计算机集成过程系统(Computer Integrated Process Systems)
CPU 中央处理单元(Central Processing Unit)
CRT 阴极射线管(Cathode Ray Tube)
DCS 分布式控制系统(Distributed Computer Control Systems)
DDC 直接数字控制(Direct Digital Control)
DI 开关量或数字量输入(Digital Input)
DMC 动态矩阵控制(Dynamic Matrix Control)
DO 开关量或数字量输出(Digital Output)
ERP 企业资源计划(Enterprise Resource Planning)
ES 专家系统(Expert Systems)
FCS 现场总线控制系统(Fieldbus Control Systems)
FF 基金会现场总线(Foundation Fieldbus)
GPC 广义预测控制(Generalized Predictive Control)
HART 可寻址远程传感器数据通路(Highway Addressable Remote Transducer)
IAE 偏差绝对值积分(Integral of Absolute Error)
IC 智能控制(Intelligent Control)
IE 偏差积分(Integral of Error)
IMC 内模控制(Internal Model Control)
ISE 偏差平方值积分(Integral of Squared Error)
ITAE 偏差绝对值与时间乘积的积分(Integral of Time multiplied by Absolute Error)
ITSE 时间乘偏差平方积分(Integral of Time weighted Squared Error)
LMI 线性矩阵不等式(Linear Matrix Inequality)
LonWorks 局部操作网络(Local Operating Network)
LQ 线性二次型(Linear Quadratic)
LQG 线性二次型高斯(Linear Quadratic Gaussian)
LQR 线性二次型调节器(Linear Quadratic Regulator)
MAC 模型算法控制(Model Algorithmic Control)
MES 制造执行系统(Manufacturing Execution Systems)
MIMO 多输入多输出(Multiple Input Multiple Output)
NN 神经网络(Neural Networks)
PC 个人计算机(Personal Computer)
PCS 过程控制系统(Process Control Systems)
PID 比例-积分-微分(Proportional-Integral-Derivative)
PLC 可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller)
PROFIBUS 过程现场总线(Process Fieldbus)
SCC 计算机监督控制(Supervisory Computer Control)
SISO 单输入单输出(Single Input Single Output)
WorldFIP 世界工厂仪表协议(World Factory Instrument Protocol)

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 典型过程	1
1.2 过程控制的基本概念	3
1.3 过程控制系统的组成、特点及分类	4
1.3.1 过程控制系统的组成及特点	4
1.3.2 过程控制系统的分类	6
1.4 过程控制系统的发展	8
思考题与习题	11
第 2 章 过程建模	12
2.1 概述.....	12
2.2 过程动态特性.....	13
2.3 机理法建模.....	14
2.3.1 基本原理.....	14
2.3.2 单容过程的建模.....	15
2.3.3 多容过程的建模.....	17
2.4 测试法建模.....	18
2.4.1 概述.....	18
2.4.2 时域法.....	19
2.4.3 频域法.....	23
2.4.4 最小二乘法.....	24
思考题与习题	25
第 3 章 简单控制系统	27
3.1 控制系统的性能指标.....	27
3.2 简单控制系统的特点.....	29
3.3 过程控制系统的设计步骤.....	31
3.4 变量选择.....	33
3.4.1 被控变量的选择.....	33
3.4.2 操作变量的选择.....	34
3.5 控制系统的选择.....	36
3.5.1 控制系统简介.....	36
3.5.2 控制系统的选择.....	37
3.6 检测变送装置的选择.....	38

3.7	执行器及安全栅	41
3.7.1	电磁阀	41
3.7.2	步进电机	43
3.7.3	变频器	47
3.7.4	调节阀	50
3.7.5	安全栅	59
3.8	PID 控制器设计	65
3.8.1	PID 控制器概述	65
3.8.2	PID 控制器的特点	66
3.8.3	PID 控制器对控制品质的影响	68
3.8.4	PID 控制器的选择原则	69
3.8.5	作用方式的选择	70
3.9	PID 控制器的整定方法	70
	思考题与习题	73
第 4 章	复杂控制系统	75
4.1	串级控制系统	75
4.1.1	串级控制系统的组成结构及工作原理	75
4.1.2	串级控制系统的特点	80
4.1.3	串级控制系统的设计方法	84
4.1.4	串级控制系统的参数整定方法	87
4.2	比值控制系统	89
4.2.1	比值控制系统的结构类型	89
4.2.2	比值系数的换算	92
4.2.3	比值控制系统的设计方法	93
4.2.4	比值控制系统的参数整定方法	94
4.3	均匀控制系统	94
4.3.1	概述	94
4.3.2	均匀控制系统的结构原理	95
4.3.3	均匀控制系统的参数整定	97
4.4	分程控制系统	98
4.4.1	分程控制系统的结构与分类	98
4.4.2	分程控制系统的设计与应用	99
4.5	选择性控制系统	102
4.5.1	选择性控制系统的类型	103
4.5.2	选择性控制系统的设计方法	104
4.6	补偿控制系统	106
4.6.1	补偿控制的基本概念	106
4.6.2	前馈控制系统	107
4.6.3	大滞后过程控制系统	113

4.7	解耦控制系统	116
4.7.1	解耦控制系统的基本概念	117
4.7.2	解耦控制方法	117
	思考题与习题	121
第5章	先进控制方法	123
5.1	概述	123
5.2	内模控制	123
5.2.1	内模控制基本原理	124
5.2.2	内模控制的建模方法	126
5.2.3	内模控制器的设计	128
5.2.4	内模控制器的工业应用	129
5.2.5	内模控制器存在的问题及研究展望	130
5.3	自适应控制	131
5.3.1	模型参考自适应控制系统	133
5.3.2	自校正控制系统	135
5.3.3	两种方法的比较与总结	137
5.4	预测控制	138
5.4.1	概述	138
5.4.2	动态矩阵控制	139
5.4.3	模型算法控制	146
5.4.4	广义预测控制	148
5.5	推理控制	150
5.5.1	推理控制的基本原理	150
5.5.2	推理控制系统的设计	153
5.5.3	存在问题及展望	155
5.6	鲁棒控制	155
5.6.1	鲁棒控制的基本原理	156
5.6.2	鲁棒控制器设计	157
5.7	智能控制	160
5.7.1	概述	160
5.7.2	模糊控制	160
5.7.3	专家控制	165
5.7.4	神经网络控制	169
	思考题与习题	172
第6章	计算机过程控制系统	173
6.1	概述	173
6.1.1	计算机过程控制系统的发展	173
6.1.2	计算机过程控制系统的组成	174
6.1.3	计算机过程控制系统的基本类型	176

6.2	直接数字控制系统	179
6.2.1	直接数字控制系统的特点	179
6.2.2	数字 PID 控制	179
6.2.3	积分分离 PID 控制算法	181
6.2.4	不完全微分 PID 算法	182
6.3	计算机监督控制系统	183
6.4	PLC 控制系统	184
6.4.1	PLC 的产生和发展	185
6.4.2	PLC 的组成	186
6.4.3	PLC 的基本工作原理	190
6.4.4	PLC 编程与设计	190
6.5	分布式控制系统	194
6.5.1	DCS 的发展	195
6.5.2	DCS 的结构特点	196
6.6	现场总线控制系统	198
6.6.1	概述	198
6.6.2	现场总线控制系统结构与特点	198
6.6.3	现场总线的种类	199
6.7	综合自动化技术	201
	思考题与习题	203
第 7 章	工业过程控制实例	204
7.1	氧化铝生料浆配料过程控制	204
7.1.1	配料过程描述	204
7.1.2	过程控制方案	206
7.2	氧化铝熟料窑过程控制	207
7.2.1	熟料窑工艺	207
7.2.2	影响控制目标的因素分析	208
7.2.3	各参数的控制方案	210
7.3	竖炉焙烧过程控制	213
7.3.1	竖炉焙烧过程描述	213
7.3.2	过程控制的结构与功能	215
7.4	发酵工业过程控制	217
7.4.1	过程描述	217
7.4.2	控制方案	223
	思考题与习题	225
	参考文献	226

第 1 章 绪 论

本章主要介绍工业生产典型过程的特点、过程控制的基本概念以及过程控制系统方面的基础知识，最后对过程控制系统的发展概况进行了回顾与评述。

1.1 典型过程

18 世纪，英国人瓦特发明了蒸汽机，开始为工厂或采矿工作提供动力，标志着人类社会工业革命的开始。从此，工业的发展走上了机械化、电气化到自动化、甚至全球化的发展历程。如今，现代工业所包含的范围越来越广，比如石油、化工、冶金、造纸、制药、建筑、能源，这些行业均由许多的过程单元构成，其中，涉及的典型参数有温度、压力、流量、物位、成分等物理量，工业生产过程所追求的产品质量、产量、能耗等指标的实现往往依赖于上述典型参数的控制效果。下面介绍举例一些和温度、压力、流量、物位、成分等物理量有关联的典型过程单元。

1. 传热过程

传热过程是指通过热传导、对流、辐射三种方式，进行热量传输。其间，物体的典型参数会发生改变。传热过程涉及的物理参数有介质流量及温度等。比较常见的传热设备有换热器、蒸汽加热器等。图 1-1 是广泛用于化工、冶金等行业的板式换热器示意图。板式换热器是由传热板片和框架组成，传热板片上有四个角孔，供传热的两种介质通过，传热板片安装在一个侧面有固定板和活动板的框架内，用夹紧螺栓夹紧。传热板片波纹为人字形，相邻板片具有反方向的人字形沟槽，沟槽的交叉点相互支撑，从而形成接触点，介质流动时形成湍流，以获得很高的传热效率。

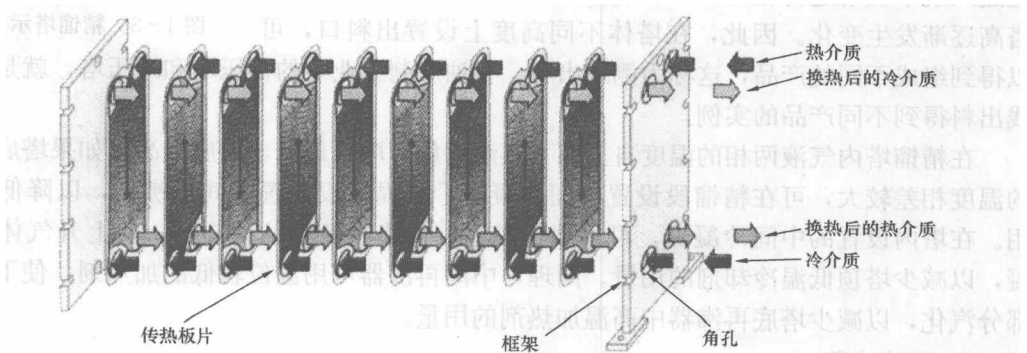


图 1-1 板式换热器示意图

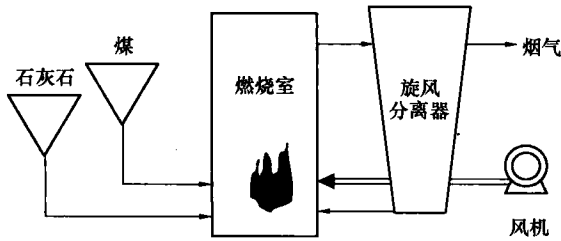


图 1-2 循环流化床锅炉燃烧过程示意图

2. 燃烧过程

燃烧过程是将燃料，比如煤气、燃油、煤粉等，与空气混合燃烧放出热量，通过传热过程进行热量的传递与交换，从而达到加热的目的。燃烧过程涉及的主要物理参数有温度、燃料和空气的流量、压力大小。比较常见的燃烧过程有电厂锅炉、工业炉窑等。图 1-2 是循环流化床

锅炉的燃烧过程示意图。这种锅炉的燃料一般由煤和石灰石两部分组成，它们由给料口进入炉膛密相区下部后，被高温物料包围而迅速着火，并在燃烧室中伴以高速风流在沸腾悬浮状态下进行燃烧。同时，高温烟气携带炉料和大部分未燃尽的煤粒飞出燃烧室顶部，其中较大颗粒因重力作用沿炉膛内壁向下流动，一些较小颗粒随烟气飞出炉膛进入物料分离装置，经旋风分离器分离出的未燃尽燃料由返料器返回炉膛底部，再次进入炉膛循环燃烧。经过分离的烟气通过对流烟道内的受热面吸热后，离开锅炉。炉膛温度控制往往是这类燃烧过程的首要任务。

3. 精馏过程

精馏过程是石油、化工等行业使用最为广泛的一个操作单元，是一种提纯和分离的过程。由于精馏过程是复杂的传质、传热过程，具有多变量、强非线性、强耦合性、不确定性和时变性，使得该过程的温度、压力等参数难以控制。比较常见的精馏过程设备主要有精馏塔、再沸器及冷凝器。图 1-3 是带中间再沸器和中间冷凝器的精馏塔。

精馏塔是完成精馏操作的主体设备。塔体为圆筒形。在简单精馏塔中，只有一股原料引入塔中，从塔顶和塔底分别引出一股成品。随着化工生产的发展，出现了多股进料和多股出料或有中间换热的复杂塔。在实际生产中，常有组分相同而组成不同的几种物料都需要分离。如果把这些物料混合以后进行分离，则能耗较大。为此可在塔体适当位置设置多个进料口，将各种物料分别加入塔内。例如，裂解气深冷分离的脱甲烷前冷流程，就是将四种组成和温度都不相同的液化裂解气在不同位置送入脱甲烷塔进行精馏的。在精馏塔内，气液两相的组成随塔高逐渐发生变化。因此，在塔体不同高度上设置出料口，可以得到组成不同的产品，这称为侧线出料。石油炼制工业中的常压塔和减压塔，就是通过侧线出料得到不同产品的实例。

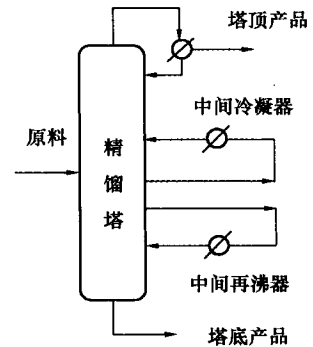


图 1-3 精馏塔示意图

在精馏塔内气液两相的温度自上而下逐渐增加，塔顶最低，塔底最高。如果塔底和塔顶的温度相差较大，可在精馏段设置中间冷凝器，在提馏段设置中间再沸器，以降低操作费用。在塔内设置的中间冷凝器，可用温位较高、价格较便宜的冷却剂，使上升气体部分冷凝，以减少塔顶低温冷却剂的用量。同理，中间再沸器可用温位较低的加热剂，使下降液体部分汽化，以减少塔底再沸器中高温加热剂的用量。

4. 配料过程

在工业生产过程中，常常将几种物料按一定比例混合，通过相关设备的运行，使得这几

种物料在充分混合的基础上发生物理、化学反应，得到相应的成品。在氧化铝或水泥行业均有配料过程，烧结法生产氧化铝工艺中的配料过程的最终产品是生料浆，其成分控制是一个关键，在氧化铝行业的配料过程中还涉及料浆槽的液位监测问题。由于配料过程往往是生产的基础，所以其控制问题一直被广大的工程技术人员及科研人员所关注。在本书的最后一章将详细介绍氧化铝行业配料过程的控制方法与策略。

上述几个典型过程涵盖了温度、压力、流量、物位、成分等物理参数，类似的过程还有很多，可以参考其他文献资料的介绍，本书不再赘述。对一个具体的工厂来说，往往是若干个过程单元构成彼此联系的一个流程工业过程，表现出多变量、非线性、强耦合、时变等综合复杂性，这些过程单元为完成企业的生产目标而协同配合。上述工业过程单元，比如传热、燃烧、精馏、配料等，它们的工作原理互不相同，但具体到上述提及的典型参数，比如温度、压力、流量、物位、成分等，从控制的角度来讲，对它们的要求则大致相同，必须在稳定的基础上实施监控，这也是控制系统设计的首要任务。

1.2 过程控制的基本概念

通过上述几个特例的介绍，初步认识了工业生产过程。最为常见的是连续工业过程，如冶金、造纸、电力、纺织、石油等行业，其次是离散工业过程，如机械加工、汽车制造等，再者就是间歇工业过程，如间歇反应釜等。它们本质特征都是指经过若干步骤将物料加工成产品的过程。由于连续工业过程的覆盖范围广，在国民经济中占有重要地位，本书着重介绍连续工业过程的控制问题。

凡是采用数字或模拟控制方式对生产过程的某一或某些物理参数进行的自动控制通称为过程控制，它是自动化技术的重要组成部分之一。工业生产的特点不尽相同，技术水平的要求存在差异，对其采取的控制方法、实施的控制方式也是多种多样。过程控制的主要任务表现在如下几个方面。

1. 了解工艺，分析机理

由于生产过程的多样性，规模大小不同，工艺要求千差万别，生产的产品种类繁多，而且不同生产过程的被控参数各有特点，其变化规律并不一样，如果对被控对象（或被控过程）不加以分析，千篇一律地采取同一种控制方法或控制方式，往往得不到理想的控制效果，企业所追求的产品质量、产量等指标也难以达到要求。这就要求对被控对象实施过程控制以前，首先了解被控对象，认识其工艺组成及工作原理，并借助于各种分析工具，对其内部机理进行剖析，以掌握被控对象的特点，为下一步的工作奠定基础。

2. 工程设计

在了解被控对象的基础上，就可以按工艺的要求进行过程控制方法的设计和各种自动化设备的选型设计，并进行一些必要的论证，使得所设计的过程控制方法是合理的，选择的设备能够满足技术要求，能长期可靠地工作，能够满足生产过程的要求。

3. 组成控制系统

根据工程设计的结果，组成可以在现场运行的控制系统，对于复杂的工业过程，可以考

虑应用先进控制方法组成复杂的控制系统，对一般要求的工业过程，按简单控制系统设计原理组成控制系统即可。

4. 实现目标

系统运行的目标主要包括保证安全生产、保证稳定运行、提高企业的经济效益等方面。其中，安全生产的目标主要是指保证人身和设备的安全；稳定运行的目标是要求系统能够抑制内、外扰动；提高经济效益主要是指生产的整体优化，使得效益最大化。这几个主要目标能否达到，依赖于过程控制系统的设计过程是否考虑全面，选择的控制方法及自动化设备是否合理。

1.3 过程控制系统的组成、特点及分类

1.3.1 过程控制系统的组成及特点

系统是由相互作用和相互联系的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体。其特点主要表现在三个方面：①每个系统都有其特定的目标；②每个系统都是由多个部件组成的；③系统中各部件之间存在相互联系。

在前述中已经阐明过程控制的主要任务之一就是要组成控制系统。例如，图 1-4(a)是某选矿厂煤气与矿石发生还原反应时煤气流量的控制示意图。在生产过程中，要求还原煤气的流量一定，按设定值大小进行控制。为了稳定控制煤气流量，在管道中安装了流量计和调节阀，流量控制器就是根据还原煤气的流量设定值与检测值的偏差自动控制调节阀的开度，以抵消来自煤气压力波动产生的干扰，从而保证还原煤气流量的实际值始终稳定在流量设定

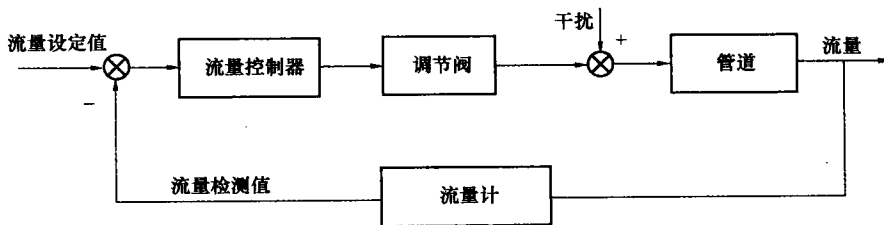
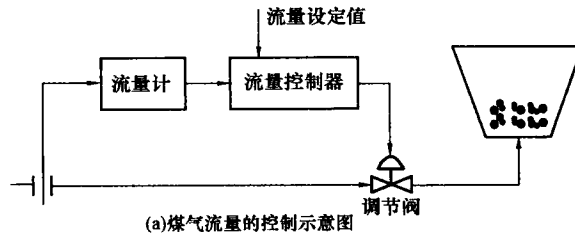


图 1-4 煤气流量的控制

值附近。该控制系统的方框图如图 1-5 所示。

从图 1-4 可以看出,这是一个由控制、检测、执行及实际过程等环节组成的流量过程控制系统,推而广之,过程控制系统就是由被控过程和各种自动化设备通过一定的联结方式组成、为完成特定的目标任务而构建的系统。以简单过程控制系统为例,其总的组成结构如图 1-5 所示。

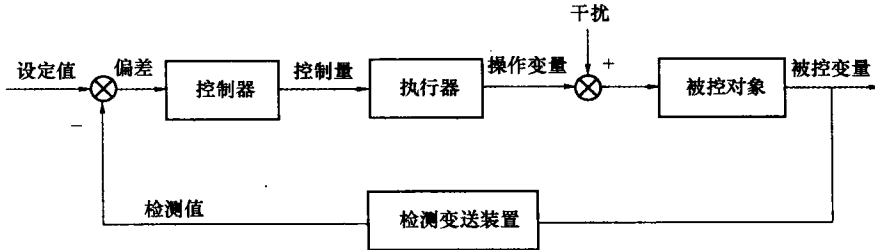


图 1-5 过程控制系统组成框图

从图中可以看出,过程控制系统由被控对象、检测变送装置、控制器(或称调节器)、执行器等组成。其工作原理简述如下:

控制器根据检测变送装置输出的检测值(或测量值)与设定值的偏差,计算控制量,并输出给执行器,执行器按控制量的大小进行动作,使得操作变量(或称操纵变量)发生变化,作用于被控对象后,被控变量(或称被控参数)按一定的规律接近其设定值,由于存在系统干扰,会使得被控变量发生波动,控制器的作用就是要抑制这种干扰,达到使被控变量稳定在设定值所允许的误差范围内的目标。

根据过程控制系统的组成框图,可以总结出过程控制系统的特点,主要体现在如下四个方面:

1. 过程控制系统多样

过程控制系统中,被控对象是核心,由于每类生产过程的工作原理互有差别,被控变量表现出的性质也不同,即使是同一个被控变量,但对控制品质的要求也不会完全相同,有的过程原理简单,有的则很复杂,比如,具有多变量、大惯性、大滞后、强非线性等复杂特点的过程就难于实现稳定控制,有些过程的被控参数变化缓慢,有的则变化迅速,比如流量、压力等参数。正是由于被控对象的多样性,各自的要求不一样,使得相应的过程控制系统也是种类繁多。

2. 过程控制方案多样

针对不同的工艺过程及其控制要求,需要设计相应的过程控制方案。为了满足生产中越来越高的要求,过程控制方案得到了长足的发展,比如,由最初单回路控制系统发展到了复杂控制系统,乃至先进控制系统;为提高控制品质而出现的串级控制系统、补偿控制系统、解耦控制系统等;还有为满足工艺特殊要求的比值控制系统、均匀控制系统、分程控制系统、选择性控制系统等;随着信息技术、计算机技术、电子技术的发展,从常规仪表控制系统发展到了如今的计算机过程控制系统。可以说,过程控制方案及相关的理论、技术仍然在发展、前进,其可靠性、适用性、合理性在实践中会不断提升。

3. 物理参数控制

在过程控制系统中,强调的是对物理参数的控制,比如温度、压力、流量、物位、成分