



普通高等教育 电气信息类 应用型规划教材

过程控制

李文涛 主编



科学出版社



免费提供电子教案



普通高等教育电气信息类应用型规划教材

过程控制

李文涛 主编

王志春 李忠虎 丁金婷 副主编

王化祥 主审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一本综合性、工程性及实用性很强的专业课教材,将过程控制系统与计算机实现方法相结合,分为上、下两篇:上篇详细介绍各种常规过程控制系统的构成、特点、设计和应用;下篇介绍过程控制系统的计算机实现方法。本书内容简洁明了、通俗易懂、图文并茂、重点突出,在强调系统构成和工作原理的基础上,侧重于实际工程应用。

本书可作为面向应用的一般院校电气与电子信息类的测控技术与仪器、自动化、电气工程及其自动化专业本科生教材;也可作为企业或科研单位从事过程控制工程设计与维护人员知识培训与继续教育的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

过程控制 / 李文涛主编. —北京: 科学出版社, 2012

(普通高等教育电气信息类应用型规划教材)

ISBN 978-7-03-033279-0

I. ① 过… II. ① 李… III. ① 过程控制—高等学校—教材
IV. ① TP364.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 001172 号

责任编辑: 陈晓萍 / 责任校对: 马英菊

责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 2 月第一次印刷 印张: 19 1/2

字数: 444 000

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62138978-8003

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

目前,国内已有不少涉及过程控制内容的教材,每部教材各有特色。随着传感技术、通信技术和计算机技术的发展,过程计算机控制已经逐步取代了传统的仪表控制,计算机控制系统也从集中控制发展为集散控制和现场总线控制。因此,有必要在过程控制教材中引入过程计算机控制的内容,讲述如何利用计算机实现过程控制,重点放在过程计算机控制系统的工程实现上。

本书将过程控制系统与计算机实现方法相结合,分为上、下两篇:上篇详细讲述各种常规过程控制系统,均从产生背景出发介绍系统的构成、特点、设计和应用;下篇讲述过程控制系统的计算机实现方法。本书写作简洁明了、通俗易懂、图文并茂、重点突出,在强调系统构成和工作原理的基础上,侧重于实际工程应用。

本书上篇为过程控制系统,第1章重点介绍过程控制的基本概念、组成、分类及性能指标;第2章介绍被控过程的数学模型及典型建模方法;第3~7章分别详细介绍单回路、串级、比值、前馈及选择性控制系统的构成原理、特点、设计和应用;第8章介绍均匀、分程及阀位控制系统的结构特点、设计方法及应用;第9章介绍几个过程控制系统设计实例。下篇为过程计算机控制,以上篇为基础介绍过程控制系统的计算机实现技术与方法,重点介绍直接数字控制系统,包括过程输入、输出通道技术、数据采集与处理技术、数字PID控制技术、数字控制器的直接设计方法;简要介绍集散控制系统和现场总线控制系统;最后结合实例介绍计算机控制系统的工程设计方法。

本书是一本实用性很强的专业课教材,可作为面向应用的一般院校电气与电子信息类的测控技术与仪器、自动化、电气工程及其自动化专业本科生教材;也可作为企业或科研单位从事过程控制工程设计与维护人员技术培训与继续教育的参考用书。

本书由内蒙古科技大学的李文涛任主编;内蒙古科技大学王志春、李忠虎和浙江大学城市学院的丁金婷任副主编;桂林电子科技大学的于新业、浙江大学宁波理工学院的马修水参编。具体编写分工:李忠虎编写第1、7章及8.2~8.3节、第9、14章;马修水编写第2章;李文涛编写第3、5、10章;丁金婷编写第4、6章及8.1节;王志春编写第11章;于新业编写第12、13章。全书由李文涛负责统稿及定稿。本书由天津大学检测技术与自动化装置国家重点学科带头人、博士生导师王化祥教授任主审。

本书的出版得到了内蒙古科技大学教材建设项目资助;在编写过程中,我们参阅了许多专家的著作,在此向这些文献的作者表示感谢;天津大学博士生导师王江教授也审阅了本书,并提出了修改意见,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中可能存在错误和不妥之处,敬请专家及读者批评指正(E-mail: liwentao0472@163.com)。

目 录

上篇 过程控制系统

第 1 章 过程控制概述	3
1.1 过程控制发展概况	3
1.2 过程控制的任务及要求	4
1.3 过程控制系统的组成、特点及分类	5
1.3.1 过程控制系统的组成	5
1.3.2 过程控制系统的特点	6
1.3.3 过程控制系统的分类	7
1.4 过程控制系统的过渡过程和性能指标	9
1.4.1 过程控制系统的静态与动态	9
1.4.2 过程控制系统的过渡过程	9
1.4.3 过程控制系统的性能指标	10
1.5 过程控制系统设计概述	12
思考题与习题	15
第 2 章 被控过程的数学模型	16
2.1 过程建模的基本概念	16
2.1.1 被控过程的数学模型及其作用	16
2.1.2 被控过程的动态特性	18
2.1.3 被控过程数学模型的建立方法	22
2.1.4 被控过程数学模型的类型	23
2.2 机理法建模	24
2.2.1 机理法的基本原理	24
2.2.2 单容过程的数学模型	25
2.2.3 双容过程的数学模型	29
2.3 实验法建模	32
2.3.1 阶跃响应曲线法	33
2.3.2 脉冲响应曲线法	39
思考题与习题	40
第 3 章 单回路控制系统	41
3.1 单回路控制系统概述	41
3.1.1 单回路控制系统的构成	41
3.1.2 控制系统的工程表示	42

3.2	单回路系统控制方案的设计	44
3.2.1	被控参数的选择	45
3.2.2	控制参数的选择	45
3.2.3	被控参数的测量与变送	51
3.2.4	执行器的选择	54
3.2.5	调节器控制规律的选择	59
3.2.6	调节器正、反作用的确定	72
3.3	单回路控制系统的调试	73
3.3.1	控制系统的投运	73
3.3.2	调节器参数的工程整定	74
3.4	常见控制系统分析	80
3.4.1	温度控制系统	80
3.4.2	压力控制系统	81
3.4.3	流量控制系统	81
3.4.4	液位控制系统	82
3.4.5	成分控制系统	82
3.5	单回路控制系统设计实例	83
3.5.1	喷雾式干燥设备控制系统的设计	83
3.5.2	储槽液位控制系统设计	86
	思考题与习题	88
第4章	串级控制系统	89
4.1	串级控制系统的基本概念	89
4.1.1	串级控制系统的结构	89
4.1.2	串级控制系统的工作过程	91
4.2	串级控制系统的特点	92
4.3	串级控制系统的适用场合	97
4.4	串级控制系统的设计与应用	98
4.4.1	主、副被控参数的选取	98
4.4.2	控制参数的选择	102
4.4.3	主、副调节器调节规律的选择	102
4.4.4	主、副调节器正、反作用方式的选择	102
4.5	串级控制系统的整定	104
	思考题与习题	106
第5章	比值控制系统	108
5.1	比值控制系统概述	108
5.2	比值控制系统的类型	109
5.2.1	开环比值控制系统	109
5.2.2	单闭环比值控制系统	109

5.2.3 双闭环比值控制系统	110
5.2.4 变比值控制系统	111
5.2.5 串级和比值控制组合的系统	112
5.2.6 具有逻辑关系的比值控制系统	112
5.3 比值控制系统的设计	114
5.3.1 主、副流量的确定	114
5.3.2 控制方案的选择	114
5.3.3 调节器控制规律的确定	114
5.3.4 流量变送器的选用	115
5.3.5 比值系数的计算	115
5.3.6 比值控制系统中的非线性补偿	116
5.3.7 比值控制系统中的动态补偿	117
5.3.8 比值控制系统的实现	117
5.4 比值控制系统的整定	118
5.5 比值控制系统的应用实例	119
思考题与习题	121
第6章 前馈控制系统	122
6.1 前馈控制的基本原理	122
6.2 前馈控制系统的特点	124
6.3 前馈控制系统的结构形式	125
6.3.1 静态前馈控制系统	125
6.3.2 动态前馈控制系统	126
6.3.3 前馈-反馈控制系统	127
6.3.4 前馈-串级控制系统	129
6.4 前馈控制规律及其实施	130
6.4.1 常用前馈调节器模型	130
6.4.2 前馈控制规律的实施	131
6.5 前馈控制系统的选用原则及系统设计	132
6.5.1 前馈控制系统的选用原则	132
6.5.2 前馈控制系统的设计	132
6.6 前馈控制系统的应用实例	134
6.6.1 锅炉汽包水位控制系统	134
6.6.2 蒸发过程浓度控制系统	135
思考题与习题	136
第7章 选择性控制系统	137
7.1 选择性控制系统概述	137
7.2 选择性控制系统的类型	138
7.2.1 开关型选择性控制系统	138

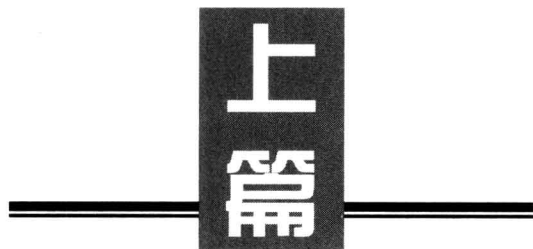
7.2.2 连续型选择性控制系统	139
7.2.3 混合型选择性控制系统	142
7.3 选择性控制系统的设计	143
7.4 积分饱和及其防止措施	144
思考题与习题	144
第8章 其他控制系统	145
8.1 均匀控制系统	145
8.1.1 均匀控制的原理及特点	145
8.1.2 均匀控制系统的设计	147
8.1.3 均匀控制系统的整定	149
8.2 分程控制系统	150
8.2.1 分程控制系统概述	150
8.2.2 分程控制系统的设计	152
8.2.3 分程控制的工业应用及实例	152
8.3 阀位控制系统	156
8.3.1 问题的推出及系统特点	156
8.3.2 阀位控制系统的结构及工作原理	156
8.3.3 阀位控制系统的设计	158
思考题与习题	159
第9章 过程控制系统的设计实例	161
9.1 火电厂锅炉过程控制系统设计	161
9.1.1 工艺过程概述	161
9.1.2 锅炉控制的要求及主要控制系统	164
9.1.3 锅炉汽包水位控制	165
9.1.4 过热蒸汽温度控制	168
9.1.5 锅炉燃烧过程控制	169
9.2 流体输送设备过程控制系统设计	173
9.2.1 离心泵控制系统	173
9.2.2 容积式泵控制系统	176
9.2.3 离心式压缩机控制系统	176
9.3 钢坯加热炉过程控制系统设计	180
9.3.1 工艺过程概述	180
9.3.2 控制要求	181
9.3.3 主要控制系统	181
思考题与习题	184

下篇 过程计算机控制

第10章 计算机控制系统概述	187
10.1 计算机控制系统的原理	187

10.2 计算机控制系统的组成	188
10.3 计算机控制系统的分类	190
思考题与习题	194
第 11 章 直接数字控制系统	195
11.1 直接数字控制系统概述	195
11.2 过程输入、输出通道技术	196
11.2.1 过程输入、输出通道技术概述	196
11.2.2 模拟量输入通道	197
11.2.3 模拟量输出通道	203
11.2.4 数字量输入、输出通道	204
11.2.5 过程输入、输出板卡（或模块）的选择	206
11.3 数字滤波与数据处理	207
11.3.1 数字滤波	208
11.3.2 标度变换	212
11.4 数字 PID 控制技术	217
11.4.1 理想微分 PID 控制算法	218
11.4.2 实际微分 PID 控制算法	220
11.4.3 数字 PID 控制算法的改进	223
11.4.4 数字 PID 控制算法的实现	228
11.4.5 数字 PID 控制参数的整定	230
11.5 数字控制系统的设计与实现	233
11.5.1 单回路控制系统	233
11.5.2 串级控制系统	236
11.5.3 前馈控制系统	239
11.6 数字控制器的直接设计方法	240
11.6.1 数字控制器的离散化设计方法	240
11.6.2 最少拍随动系统设计	241
11.6.3 纯滞后对象的控制算法	244
11.7 监控组态软件	247
11.7.1 监控组态软件概述	247
11.7.2 监控组态软件的构成及功能	248
11.7.3 监控组态软件的应用	250
思考题与习题	255
第 12 章 集散控制系统	256
12.1 集散控制系统概述	256
12.1.1 集散控制系统的概念	256
12.1.2 集散控制系统的发展历程	257
12.1.3 集散控制系统的特点	259

12.2 DCS 的分散过程控制级	259
12.2.1 分散过程控制级的主要装置及其功能	259
12.2.2 分散过程控制级的控制软件包	262
12.3 DCS 的集中操作监控级	264
12.3.1 集中操作监控级的主要装置	264
12.3.2 集中操作监控级的控制软件包	269
12.4 DCS 的综合信息管理级	269
思考题与习题	270
第 13 章 现场总线控制系统	271
13.1 现场总线控制系统概述	271
13.1.1 FCS 的相关概念	271
13.1.2 FCS 的特点	272
13.2 FCS 的现场总线	274
13.2.1 现场总线的定义	274
13.2.2 当前有影响的现场总线	274
13.2.3 现场总线的发展现状与趋势	277
13.3 FCS 的现场控制级	278
13.3.1 工厂底层自动化系统及信息集成技术	279
13.3.2 传统的现场级与车间级监控系统	279
13.3.3 新一代自动化监控系统	280
13.3.4 自动化系统自主开发及应用推广的新机遇	282
思考题与习题	283
第 14 章 计算机控制系统的工程设计	284
14.1 计算机控制系统的设计方法	284
14.1.1 系统设计的原则与步骤	284
14.1.2 系统的工程设计与实现	286
14.2 工业锅炉计算机控制系统设计	292
14.2.1 工艺过程概述	292
14.2.2 工业锅炉采用计算机控制的意义	293
14.2.3 工业锅炉计算机控制系统的基本功能	293
14.2.4 工业锅炉直接数字控制系统设计	294
14.2.5 工业锅炉 IPC+PLC 控制系统设计	295
思考题与习题	298
参考文献	299



过程控制系统

本篇为过程控制系统,详细讲述各种常规过程控制系统,均从产生背景出发介绍系统的构成、特点、设计和应用。第1章重点介绍过程控制的基本概念、组成、分类及性能指示;第2章介绍被控过程的数学模型及典型建模方法;第3~7章分别详细介绍单回路、串级、比值、前馈及选择性控制系统的构成原理、特点、设计和应用;第8章介绍均匀、分程及阀位控制系统的结构特点、设计方法及应用;第9章介绍几个过程控制系统设计实例。

第1章 过程控制概述

本章要点

- ◇ 过程控制的基本概念、任务与要求
- ◇ 过程控制系统的组成、特点及分类
- ◇ 过程控制系统的性能指标

本章学习目标

- ◇ 掌握过程控制的基本概念、任务与要求
- ◇ 了解过程控制的发展概况
- ◇ 掌握过程控制系统的组成、特点及分类方法
- ◇ 掌握过程控制系统性能指标的定义
- ◇ 了解过程控制系统的设计步骤

过程控制是生产过程自动化的简称，是自动化技术的重要分支，它泛指冶金、石油、化工、电力、轻工、建材及核能等工业生产中连续地或按一定周期程序进行的生产过程自动控制。

工业生产过程一般可分为三大类，即连续型工业过程、离散型工业过程和间歇型工业过程，其中连续型工业过程所占比重最大。过程控制主要是指连续型工业过程的自动控制，它通过采用自动化仪表和计算机等自动化技术工具，对生产过程中的温度、压力、流量、物位及成分等工艺参数进行自动控制，以确保工业过程安全、优质、高效地进行生产。

1.1 过程控制发展概况

自动控制技术自 20 世纪 40 年代形成以来，在人类社会的诸多方面都产生了深远的影响。自动控制技术的起源可追溯到我国古代，但在工业生产中的具体应用，则是以瓦特发明蒸汽机调速器作为起点。在自动控制技术发展过程中，任务的需求、理论的不断成熟和相关技术设备的研制开发三者相互促进、共同发展。回顾自动控制技术的发展历史可知，它与生产过程本身的发展密不可分，是一个从简单到复杂，从局部自动化到全盘自动化，从低级智能到高级智能的发展过程。

1948 年，自动控制技术开始形成一套完整的、以传递函数为基础的、在频域对单输入-单输出控制系统进行分析和设计的理论，这就是今天仍在广泛使用的经典控制理论，

其突出成果就是 PID (Proportion Integration Differentiation, 比例-积分-微分) 控制规律。PID 控制规律原理简单且易于实现, 对无时延的简单控制系统非常有效。20 世纪 60 年代, 控制理论迅猛发展, 现代控制理论在航空航天及制导等领域取得了丰硕成果。为了扩大控制理论的应用范围, 又相继产生了系统辨识、随机控制、自适应控制和健壮性 (Robustness, 也称为鲁棒性) 控制等各理论分支, 从而使控制理论的内容更为丰富。同时, 为了解决大规模复杂系统的优化控制问题, 将现代控制理论与系统理论相结合, 这就形成了大系统理论。20 世纪 80 年代出现了智能控制理论, 它是继经典控制理论和现代控制理论之后出现的新的控制理论。智能控制将人工智能和控制理论灵活地结合在一起, 可以更好地适应对象的复杂性和不确定性。

以上介绍了控制理论的发展, 如果从过程控制系统体系结构来看, 过程控制的发展主要经历了以下几个阶段: 20 世纪 50 年代, 采用基地式仪表和部分单元组合仪表组成控制系统, 其功能主要局限于单回路控制。20 世纪 60 年代, 主要采用由半导体分立元器件制造的 DDZ-II 型仪表组成控制系统, 工业控制规模不断扩大, 但控制策略主要是 PID 控制和串级、比值、前馈及选择等常用复杂控制系统。20 世纪 70 年代, DDZ-III 型仪表在工业控制中投入使用, 集散控制系统 (Distributed Control System, DCS) 研制成功, 并逐步取代了原有的直接数字控制 (Direct Digital Control, DDC) 系统。同时, 可编程控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 在生产过程中得到了广泛应用。20 世纪 80 年代, DCS 在工业控制中得到广泛应用, 并在 DCS 基础上实现了先进控制和优化控制, 构成了二级计算机优化控制系统。同时, 智能化、数字化仪表和网络与通信技术引入到自动控制系统中, 使控制系统的搭建更为灵活且功能更为强大。20 世纪 90 年代, 在线成分分析仪表应用于工业生产过程, 以现场总线为标准、以微处理器为基础的现场总线控制系统 (Fieldbus Control System, FCS) 逐步走向实用化, 开辟了控制系统的新纪元。目前, 随着计算机在企业管理和控制中的广泛应用, 工厂计算机综合优化控制系统逐步完善, 并发挥着越来越重要的作用。

1.2 过程控制的任务及要求

在工业生产过程中, 应该以最经济的方式将所用原材料加工转换成预期的合格产品。要达到这一目标, 对生产过程进行自动监测与控制是必不可少的。因此, 过程控制的任務就是在了解、掌握相关工艺流程和生产过程动、静态特性的基础上, 应用相关理论对控制系统进行分析与综合, 并采用适宜的手段和方法实现过程控制目标。

工业生产对过程控制的要求很多, 但归纳起来主要有三点, 即安全性、稳定性和经济性。安全性是指在整个生产过程中, 确保人身和设备的安全, 这是最重要和最基本的要求。为此, 可采用参数越限报警、事故报警和连锁保护等措施加以保证。另外, 随着工业生产过程向着连续化和大型化方向发展, 还必须设计在线故障检测与诊断和容错控制系统, 以进一步提高系统运行的安全性。稳定性是指系统抑制外部干扰、保持生产过程长期稳定运行的能力。工业生产环境不是固定不变的, 这或多或少会影响稳定生产,

在外部干扰作用下,过程控制系统应该使过程参数和状态的变化尽可能小,以减小甚至消除外部干扰对生产过程造成的不良影响。经济性是指生产同样质量和数量产品所消耗的能量和原材料最少,也即要求低成本高效益地生产。这不仅需要对过程控制系统的设计进行优化,而且,还需要实现以经济效益为目标的管控一体化,即生产过程的整体优化。

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

过程控制系统是以表征生产过程性能的工艺参数为被控变量,使之接近给定值或按一定规律变化的自动控制系统。过程控制系统主要由被控过程和自动化仪表(设备)两部分组成。其中,被控过程(也称对象或被控对象)是指被控制的装置或设备,其输出即为被控变量(也称被控量或被控参数);自动化仪表(设备)主要完成对过程参数的自动检测、自动显示和自动控制等任务,具体包括检测元器件、变送器、调节器(也称控制器)、执行器和计算机等。检测元器件用于感受并测出被控变量的大小;变送器的作用是将检测元器件测出的被控变量变换成调节器所需要的信号形式;调节器将变送器送来的信号与被控变量的设定信号进行比较得出偏差信号,根据这个偏差信号的大小按一定的运算规律计算出控制信号,然后将控制信号传送给执行器;执行器的作用是接收调节器发出的控制信号,直接改变操纵变量(也称控制变量或控制参数),调整能量或物料的平衡,使被控变量回到设定数值。此外,过程控制系统可以简化为调节器和广义对象两大部分,这时的检测元器件、变送器、执行器和被控对象的组合称为广义对象。

下面以锅炉汽包液位控制系统为例加以说明。

锅炉汽包液位控制系统如图 1.1 所示。锅炉汽包属于高压容器,是锅炉的关键部件。汽包液位是确保锅炉安全正常生产极为重要的参数,而且它直接关系到汽包汽水分离和蒸汽的质量。如果汽包液位过高,则会增大饱和蒸汽的湿度,影响蒸汽品质,甚至会产生蒸汽带液现象,这将会影响汽轮机的安全运行;如果汽包液位过低,则可能引起下降管入口处自行汽化或旋涡斗带汽,影响水循环,严重时可能出现干锅,造成锅炉爆管事故。由于汽包内部压力可高达几个甚至几十个兆帕,而液位允许的波动范围仅在几十毫米之内,这就决定了汽包液位测量与控制的重要性和复杂性。现代大型热电机组都将汽包液位过高或过低作为紧急停炉的一个主要条件。近几年,随着锅炉容量的不断增大和汽包容积相对减小,使得汽包液位的变化速度进一步加快,稍不注意就可能会造成汽包满水或干锅,进而发生重大事故,这就对汽包液位的测量和控制提出了更高的要求。

汽包液位通常采用双室平衡容器和差压变送器配套进行测量,双室平衡容器把液位

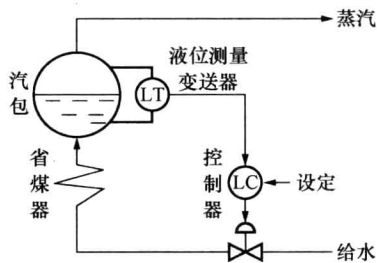


图 1.1 锅炉汽包液位控制系统

信号转换成差压信号，差压变送器把差压信号线性转换成 DC 4~20mA 标准电流信号；调节器将液位测量信号与给定信号进行比较后得到二者的偏差，然后根据预定的控制算法（如 PID 算法）对该偏差进行处理后输出相应的控制信号；执行器根据控制信号的大小调节给水阀门的开度，改变给水量的大小，进而使液位回到规定的高度，完成汽包液位自动控制任务。

在研究过程控制系统时，为了更清楚地表示控制系统的组成、特性及各环节相互之间的信号联系，一般都采用框图表示。图 1.2 所示即为上述锅炉汽包液位控制系统框图。图中，每个框表示组成系统的一个环节，两个框之间用带箭头的线段表示信号联系，箭头表示信号传递方向，进入框的信号为环节输入，离开框的信号为环节输出。

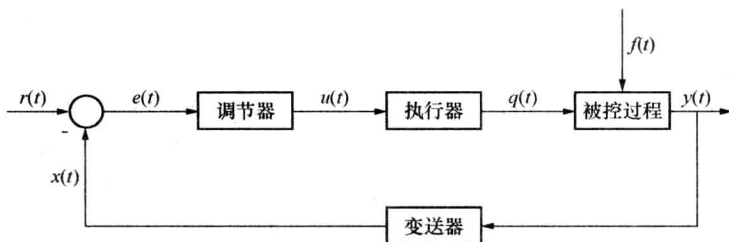


图 1.2 锅炉汽包液位控制系统框图

下面对图 1.2 中名词术语的含义加以解释说明。

① 被控变量 $y(t)$ ：它是指被控过程内需要控制的工艺参数，如锅炉汽包液位、反应釜内温度等。在控制系统框图中，被控变量是过程控制系统的输出信号。

② 操纵变量 $q(t)$ ：它是指受调节阀控制，用以克服干扰对被控变量的影响，具体实现控制作用的变量，如图 1.1 所示的锅炉给水量。

③ 干扰量 $f(t)$ ：引起被控变量偏离给定值的，除操纵变量以外的各种因素，图 1.1 中，蒸汽用量的变化就是一种干扰量。

④ 给定值 $r(t)$ ：也称设定值，对应于生产过程参数的期望值。给定值可以是固定不变的，也可以是随时间而变化的。

⑤ 测量值 $x(t)$ ：经检测变送装置而得到的被控变量的实际值。

⑥ 偏差值 $e(t)$ ：给定值与测量值之差为偏差值， $e(t) = r(t) - x(t)$ 。

⑦ 控制作用值 $u(t)$ ：调节器将偏差值按一定的控制规律运算后得到的输出值。

⑧ 反馈值：把系统的输出信号引回到输入端的过程称为反馈。反馈有正反馈和负反馈之分，工业过程控制系统多是具有负反馈的闭环系统。

1.3.2 过程控制系统的特点

过程控制是自动化技术的重要组成部分，与其他控制技术相比，过程控制具有如下显著的特点。

1) 被控对象的多样性

被控对象是指通过一定物质流或能量流的工艺设备。过程工业涉及各种工业部门，

由于产品种类、工艺要求和生产规模各不相同,因而导致被控对象的结构形式和动态特性也复杂多样。如锅炉、热交换器、动力核反应堆、转炉及热处理炉等都属较大型工艺设备,这些对象通常具有惯性大、时延长和变化比较缓慢等特性;又如压力和流量对象,其变化相对比较迅速;还有些对象的机理较为复杂(如发酵过程、生化过程等),还有待于对其进行深入研究。由此可见,过程控制系统的被控对象多种多样,这明显区别于运动控制系统,所以,设计通用过程控制系统是比较困难的。

2) 被控过程多属慢变过程和参量控制

连续性过程大多具有大惯性、大时延等特点,这就决定了控制过程为慢变过程。同时,在冶金、电力、石油、化工及建材等生产过程中,常用温度、压力、流量、物位及成分等参数来表征生产过程是否正常及产品的质量指标,并要求对其进行控制,故过程控制多属参量控制。

3) 控制方案多样

由于被控过程的多样性,决定了控制方案必须是多样的,同时对过程控制功能的要求也在逐步提高。在控制方案中,既有常规PID控制,又有如自适应控制、预测控制和推理控制等先进过程控制;既有单回路控制,又有串级控制、比值控制、前馈控制、分程控制及选择性控制等复杂过程控制。

4) 定值控制是过程控制的主要形式

在大多数过程控制系统中,其被控变量的给定值为一定值,并要求被控变量维持在给定值上或在给定值上下的很小范围内变化,以确保安全生产和产品质量。所以,定值控制是过程控制的主要形式。

1.3.3 过程控制系统的分类

过程控制系统的分类方法很多,如按被控变量的不同可分为温度控制系统、压力控制系统、流量控制系统、物位控制系统和成分控制系统等;按被控变量的多少可分为单变量控制系统和多变量控制系统;按完成特定工艺要求的不同可分为比值、均匀、分程、选择性和阀位控制系统;按所用自动化工具的不同可分为常规仪表控制系统和计算机控制系统等。此外,还可按系统结构和给定值的不同进行分类,现介绍如下。

1. 按系统结构不同分类

1) 反馈控制系统

反馈控制系统是将系统的输出信号反馈到输入端构成闭合回路,它是控制系统中最基本的结构形式。图1.3所示为反馈控制系统框图,该系统根据被控变量的测量值与给定值的偏差进行控制,最终达到减小甚至消除偏差的目的。最简单的反馈控制系统只有一个反馈信号,故称为单回路反馈控制系统;反馈信号也可以有多个,如串级控制系统有两个反馈信号。

2) 前馈控制系统

前馈控制系统是按照干扰量的大小进行控制的,干扰量是控制的依据。前馈控制系统不存在被控变量的反馈,因而不构成反馈闭合回路,故称为开环控制系统。由于前馈