

JIANZHU SHEBEI KONGZHI GONGCHENG

建筑设备

控制工程

■ 主编 曹晴峰



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

建筑设备

全书内容包括：控制工程基础知识、测量执行器件与控制器件、中央空调的自动控制系统、锅炉控制系统、给排水控制系统、电梯控制系统、电气设备控制与建筑安全监控。本书理论联系实际，具有先进和系统的特点，既注重基本原理和必要的理论分析，又突出工程上的实践性，力求向读者全面展现建筑设备控制的基本知识和实用技术。

本书适用对象为高等院校电气工程与自动化、信息工程专业、智能建筑、建筑电气等本科专业的师生，也可供从事建筑、计算机、通信和自动控制等领域的技术人员和管理人员参考，并可作为与建筑设备工程相关的技术人员的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑设备控制工程/曹晴峰主编. —北京：中国电力出版社，2007.1

ISBN 978-7-5083-4908-4

I. 建... II. 曹... III. 房屋建筑设备-控制系统
IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 119625 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

策划编辑：周 娟

责任编辑：齐 伟 责任印制：陈焊彬 责任校对：崔 燕

北京市同江印刷厂印刷·各地新华书店经售

2007 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·18.5 印张·451 千字

定价：38.00 元

版权专有 翻印必究

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

本社购书热线电话 (010-88386685)

前 言

由于电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术的渗透，建筑设备控制的智能化获得了空前迅速发展。建筑设备的控制技术综合应用了各种电子技术、计算机网络技术、自动控制技术、系统工程技术，并加以研发和整合成为智能装备，为人们提供安全、便捷、舒适的工作条件和生活环境，成为现代智能建筑的基础和前提。

近年来，随着建筑设备领域的不断拓宽及建筑工程技术的进步，建筑设备的自动化、智能化方兴未艾，使我国的建筑设备产业蓬勃兴起，这就要求从事土木建筑、智能建筑、建筑电气、自动化及信息工程等专业的技术人员，掌握一定的建筑设备的基本知识和实用技术。目前，许多新建筑物，如政府机关、金融行业、交通枢纽、工厂，甚至某些居民小区等，都已具有不同程度的智能化。

全书共分七章。第一章介绍了电气控制技术、自动控制技术、计算机控制系统以及网络控制技术；第二章阐述了传感器与变送器、执行器及其工作特性，以及控制器和变频器；第三章讲述了中央空调的基本结构、控制系统与控制方案以及中央空调监控系统的设计；第四章介绍了锅炉自动控制系统和锅炉控制方案设计；第五章介绍了供水自动控制系统、排水监控系统、空调水系统的自动控制与采暖系统的水、气控制；第六章着重介绍了电梯的电力拖动系统、电梯信号控制系统；第七章讨论了电气设备控制与建筑安全监控的几个方面内容。本书目的是让读者通过阅读和学习能全面了解到建筑设备控制研究的主要内容和发展方向。

本书参考学时数为 48 学时（不包括 * 部分）。其中第一、二章为预备知识，分别占 8 和 4 学时。专业知识第二至七章分别占 8、8、6、8、6 学时。每章前均附有知识卡，便于读者

目 录

前言

第一章 控制工程基础知识	1
知识点	1
第一节 电气控制技术	1
一、常用低压控制电器	1
二、单方向起停电动机控制	3
三、正反转电动机控制	3
四、顺序控制	3
五、行程控制	4
六、定时控制	4
第二节 自动控制	5
一、自动控制的概​​念	5
二、常用的经典控制技术	10
三、常用的现代控制技术	17
第三节 计算机控制系统	26
一、计算机控制系统组成	27
二、计算机控制系统分类	28
三、计算机控制抗干扰技术	34
第四节 网络控制技术	42
一、RS-485 总线	42
二、现场总线	45
三、现场总线控制系统	49
四、工业以太网	51
思考题	53
第二章 测量执行器件与控制器件	54
知识点	54
第一节 传感器与变送器	54
一、概述	54
二、建筑设备常用传感器	56
第二节 执行器及其工作特性	80
一、执行器概述	80
二、电气执行元件	81
三、电磁阀	86
四、执行器	88
五、风门	93
第三节 控制器	93

一、模拟 PID 控制器	93
二、数字 PID 控制器	94
三、PC 控制器	96
四、变频器控制器	96
思考题	101
第三章 中央空调自动控制系统	102
知识点	102
第一节 中央空调的基本结构与控制方案	102
一、温、湿度以及焓值控制的意义	102
二、中央空调的结构	103
三、空调系统的自动控制方案	109
第二节 定风量控制和变风量控制	116
一、定风量控制	116
二、变风量控制系统	117
第三节 中央空调控制系统的模糊解耦控制方案	125
一、具有模糊控制功能的中央空调自动控制系统	125
二、模糊解耦控制系统	126
第四节 中央空调监控系统的设计*	127
一、中央空调的控制方式	127
二、中央空调控制的内容	129
三、中央空调 DDC 控制	131
四、中央操作站	133
第五节 中央空调远程监控	133
一、中央空调远程监控系统结构	134
二、现场监控计算机的功能	134
三、远程监控系统总方案设计*	137
思考题	138
第四章 锅炉控制系统	139
知识点	139
第一节 锅炉房设备的组成	140
一、锅炉本体结构	140
二、锅炉房的辅助设备	141
第二节 锅炉自动控制系统	141
一、锅炉自动控制	141
二、锅炉燃烧过程控制系统	144
三、炉膛负压控制	146
四、锅炉锅筒水位自动控制	148
五、过热蒸汽温度控制	152
第三节 变频器在锅炉控制中的应用	153
一、阀门特性及变频调速节能原理	154
二、变频器在炉膛负压控制系统中的应用	154
三、燃煤锅炉变频燃烧控制系统	156
四、燃烧控制系统方案	157

五、变频器的选型	158
第四节 锅炉控制方案设计*	159
一、锅炉计算机控制系统监测与控制的主要方案	160
二、锅炉计算机控制系统设计	161
三、软件系统设计	165
思考题	168
第五章 给排水控制系统	169
知识点	169
第一节 供水自动控制系统	170
一、高位水箱供水系统	170
二、气压给水系统	172
三、变频恒压供水原理	172
四、变频恒压供水装置整体设计方案*	176
第二节 空调水系统的自动控制	182
一、空调水系统的基本概念	182
二、冷热源监控	190
三、能量调节及水系统控制	201
第三节 采暖系统的水、气控制	205
一、热水采暖系统	205
二、蒸汽采暖系统	207
三、热水制备系统的监控	208
第四节 排水监控系统	210
思考题	211
第六章 电梯控制系统	212
知识点	212
第一节 电梯的结构、功能及控制方案	212
一、电梯的基本概念	212
二、电梯的控制功能	213
三、电梯的运行原则	215
四、电梯的控制方案	216
第二节 电梯的电力拖动系统	218
一、常见的电梯电力拖动方式	218
二、电梯的速度曲线	219
三、曳引电动机及其功率的确定	220
四、直流电梯电力拖动方式	221
五、交流双速电梯拖动方式	221
六、交流调压调速电梯拖动方式	223
七、变频调速电梯拖动方式	225
八、永磁同步电动机拖动方式	226
第三节 电梯信号控制系统	227
一、电梯的方向控制	227
二、电梯信号控制的分析	228
三、常用的自动开关门系统的电气控制线路原理	229

四、两种典型召唤指令信号登记记忆线路	230
五、选层器层楼指示灯接线原理	232
六、层楼上的预报方向灯和到站钟线路原理	233
七、微机电梯控制系统	234
第四节 电梯远程监控系统	241
一、电梯远程监控的定义与功能	241
二、电梯远程监控系统的结构	244
三、电梯远程监控系统的软件	245
思考题	247
第七章 电气设备控制与建筑安全监控	248
知识点	248
第一节 变电所自动化和照明自动控制	248
一、变电所自动化	248
二、数字化智能照明控制系统	252
三、智能型应急照明	254
四、城市照明集中监控系统	254
第二节 综合布线	255
一、基本概念	255
二、综合布线系统的基本构成	255
三、综合布线的拓扑结构	256
四、网络互联设备	256
第三节 视频监控系统	257
一、视频监控系统发展历程	257
二、视频监控系统的功能	258
三、模拟视频监控系统	258
四、网络化数字视频监控系统	266
五、几种视频压缩标准简介	268
第四节 防盗、出入口控制	270
一、防盗报警控制系统（周界防侵入系统）	270
二、出入口控制系统（门禁管制系统）	276
三、巡更系统	278
第五节 防火控制	279
一、火灾报警	279
二、灭火系统	281
第六节 停车场管理与控制	283
一、停车场管理系统主要功能	283
二、停车场管理系统过程管理	284
三、停车场收费管理系统配置	285
思考题	285
参考文献	287

第一章 控制工程基础知识

知识点

本章按照控制工程的发展过程，结合建筑设备的典型控制实例，着重阐述了建筑设备的基本控制知识。主要内容如下：

- (1) 掌握几种电机的控制方式以及行程控制和定时控制等。
- (2) 掌握自动控制的概念、串级控制技术，熟悉前馈-反馈控制技术、解耦控制技术，了解自适应控制、模糊控制、神经网络控制系统。
- (3) 了解计算机控制系统组成，熟悉计算机控制抗干扰技术，掌握可编程控制系统。
- (4) 熟悉网络控制技术。

第一节 电气控制技术

随着电子技术、自控技术和计算机应用的迅猛发展，电器对电能的生产、输送、应用等起着控制、调节、检测和保护作用。根据电路中通过电流的大小，可把控制电路分为主电路和低压控制电路。主电路一般为执行元件所在的电路，电流较大；控制电路由控制元件和信号元件组成，电流较小，用来控制主电路的工作。

一、常用低压控制电器

按钮、继电器、接触器等低压元件组成的控制电路具有线路简单、维护方便、便于掌握、价格低廉等优点。控制电路都是由一些基本控制器组成，这些控制器按照一定顺序的接通与断开实现生产机械动作的自动控制。

1. 接触器 用来频繁地接通和分断交直流主回路和大容量控制电路，主要用于电机控制。其结构为线圈、主触头、辅助触头。当线圈通电后，衔铁被吸合，触头自动闭合，使电机通电，如图 1-1 所示。

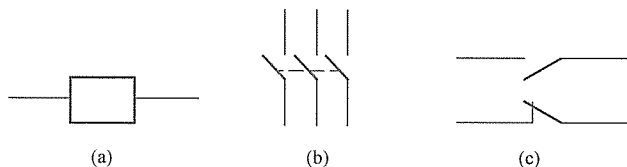


图 1-1 接触器结构

(a) 线圈；(b) 主触头；(c) 辅助触头

2. 继电器 主要用于控制和保护电路或作信号转换用。

(1) 热继电器 用于过载保护，靠由热效应产生动作，其发热元件串联在主电路中

(2) 时间继电器。从得到输入信号开始，经过一定的延时后才输出信号的继电器称为时间继电器，主要作用是通电延时或断电延时，如图 1-3 所示。

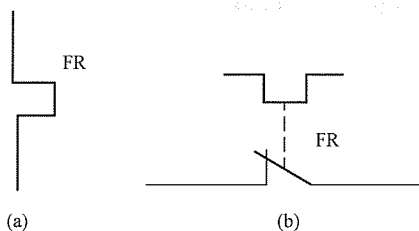


图 1-2 热继电器结构

(a) 发热元件；(b) 常闭触头

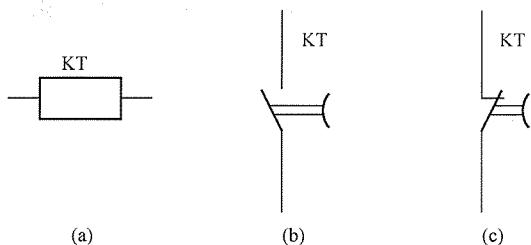


图 1-3 时间继电器结构

(a) 线圈；(b) 延时闭合触头；(c) 延时断开触头

3. 熔断器 主要由熔体和安装熔体的绝缘管组成，使用时串联于被保护电路中，当发生短路故障时，熔体被瞬时熔断而分断电路，起到保护作用，文字及图形符号如图 1-4 所示。

4. 低压断路器 多用于不频繁的转换及起动电动机，对线路、电器设备及电动机实行保护，当发生严重过载、短路等故障时能自动切断电路，文字及图形符号如图 1-5 所示。

5. 刀开关 用作电路的电源开关和小容量电动机非频繁动作的控制，控制对象为 380V、5.5kW 以下小电动机。其中单刀用于一相线上，双刀用于两相上，三刀用于三相上。使用时还应考虑到电动机的起动电流，如图 1-6 所示。

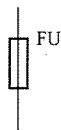


图 1-4 熔断器

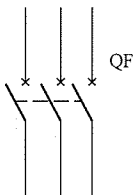


图 1-5 低压断路器

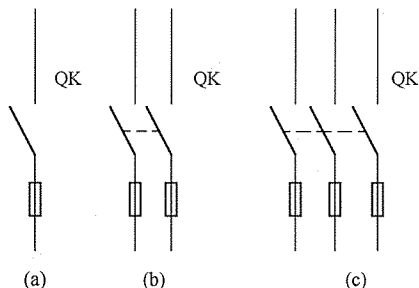


图 1-6 刀开关

6. 控制按钮

(1) 常开（动合）按钮。按下按钮后，开关闭合。

(2) 常闭（动断）按钮。按下按钮后，开关断开。

(3) 复合按钮。将常开和常闭按钮结合起来，使得它们成为一个联动装置。其电气符号如图 1-7 所示。

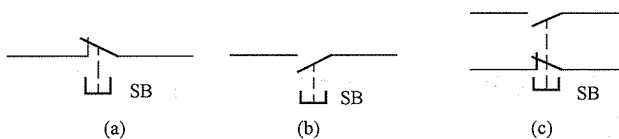


图 1-7 按钮电气符号

(a) 常开按钮；(b) 常闭按钮；(c) 复合按钮

二、单方向起停电动机控制

如图 1-8 所示,这是一个带有过载保护环节单方向起停电动机控制电路。当按下 SB_{st} 时,线圈 KM 通电,接触器闭合,电动机运行;按下 SB_{stp} 时,线圈断电,电动机停止运行。当电路中发生过载情况时, FR 断开,使整个控制电路停止运行,起到保护作用。

三、正反转电动机控制

在实际应用中,往往要求生产机械改变运动方向,如工作台前进、后退;电梯的上升、下降等,这就要求电动机能实现正、反转。对于三相异步电动机来说,可以通过两个接触器来改变电动机定子绕组的电源相序来实现。

如图 1-9 所示,该控制电路采用了互锁形式来控制电动机的正反转。按下按钮 SB_{stF} 时,线圈 KM_F 通电,正转支路中的接触器 KM_F 闭合,反转支路中的 KM_F 断开,此时电动机正转;相反,如按下 SB_{stR} ,线圈 KM_R 通电,反转支路中的接触器 KM_R 闭合,正转支路中的接触器断开,电动机反转。其中两个接触器的交叉使用就形成了一个互锁装置。

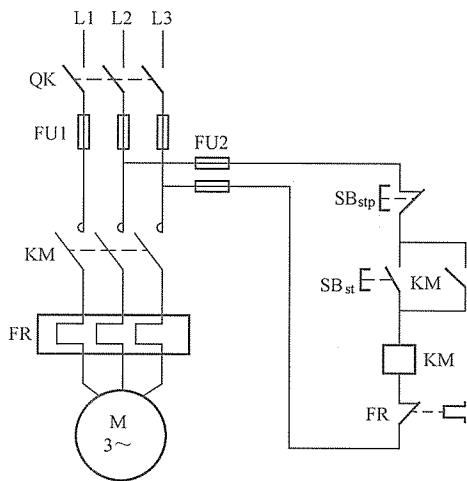


图 1-8 电动机单方向起停控制

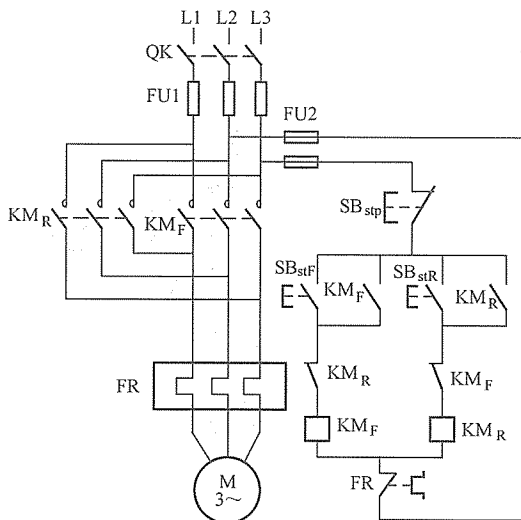


图 1-9 电动机正反转控制

四、顺序控制

在生产实践中,有时候要求一个拖动系统中多台电动机实现先后顺序工作。例如机床中要求润滑电动机先起动后,主轴电动机才能起动,图 1-10 为两台电动机顺序起动控制线路。

在此控制电路中,两台电动机分别由两个按钮控制起停。要求 M1 先启动, M2 后启动, M2

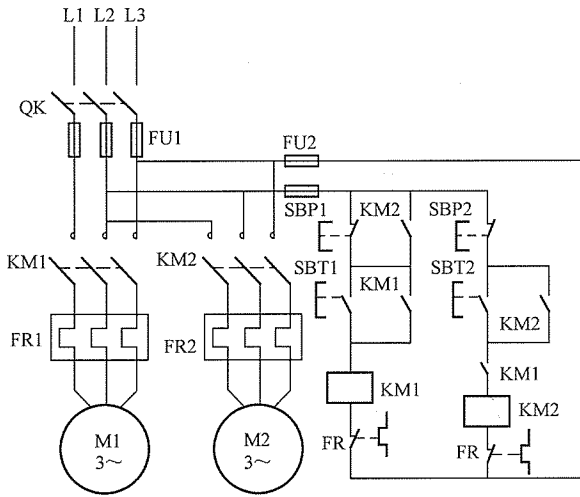


图 1-10 顺序控制电路

五、行程控制

利用行程开关进行的控制称为行程控制。在需要工作部件作往复运动时，行程控制电路可以实现该功能。

如图 1-11 所示，按下 SB1 时，接触器 KM1 线圈通电，电动机正转。设工作台向右为正方向，当工作台移动到预定位置时，撞击行程开关 ST1，使它的动断触点断开，而动合触点闭合，接触器 KM1 线圈断电，KM2 线圈通电，电动机实现正—停—反的转换。工作台开始向左移动，行程开关 ST1 复位，当工作台向左移动到预定位置时，撞击 ST2，动断触点断开，动合触点闭合，

使电动机实现反—停—正的转换。

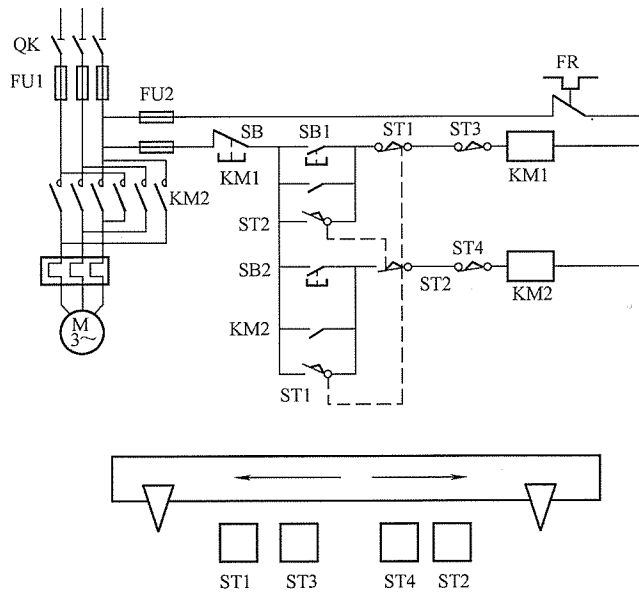


图 1-11 行程控制

六、定时控制

定时控制是一种利用时间继电器来完成设计任务的电路，主要依靠时间继电器通电延时或断电延时的特点实现部件动作的时间顺序。

如图 1-12 所示，这是一个电动机顺序控制电路，同样可以用定时控制来完成。按下 SB2，线圈 KM1 通电，主触头 KM1 闭合，第一个电动机起动；此时时间继电器线圈 KT 通

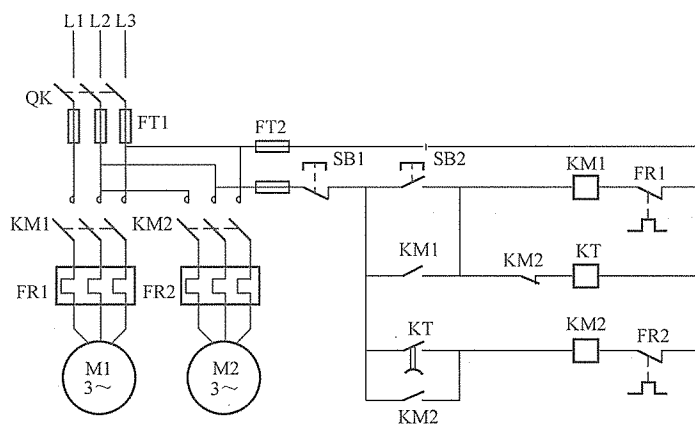


图 1-12 定时控制

电，经过预定时间后，时间继电器的动合触头闭合，此时线圈 KM2 通电，即第二个电动机起动。

第二节 自动控制

一、自动控制的观念

(一) 自动控制的观念简介

所谓自动控制，是指没有人直接参与的情况下，利用外加的设备或装置（称控制装置或控制器），使机器、设备或生产过程（统称被控量）的某个工作状态或参数（即被控量）自动地按照预定的规律运行。

(二) 自动控制系统的组成

一个自动化系统无论结构多么复杂都是由下面几部分组成：

第一，检测比较装置。相当于人眼的作用，主要是获得反馈信息，并且计算要达到的目的与实际情况之间的差值。

第二，控制器。相当于大脑的作用，主要是用来决定应该怎样做。

第三，执行机构。相当于人手的作用，完成控制器下达的决定。

第四，控制量。相当于手和被控对象之间的距离。控制量是控制系统所要控制的变量。

(三) 自动控制系统的分类

自动控制系统应用范围很广，种类繁多，名称上也很不一致，下面介绍两种常用的分类方法。

1. 按信号的传递路径来分

(1) 开环控制系统。指控制装置与被控对象之间只有顺向作用而没有反向联系的控制过程。即系统的输出端与输入端不存在反馈回路，输出量对系统的控制作用不发生影响的系统，如图 1-13 和图 1-14 所示。

(2) 闭环控制系统。凡是系统输出信号与输入端之间存在反馈回路的系统，叫闭环控制

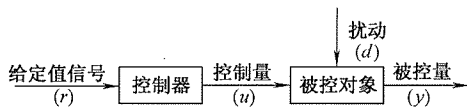


图 1-13 按给定量控制的开环控制方式

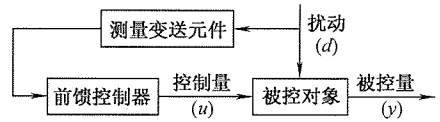


图 1-14 按扰动控制的开环控制方式

小系统误差。该类系统按偏差进行控制，具有抑制扰动对被控量产生影响的能力，如图 1-15 所示。

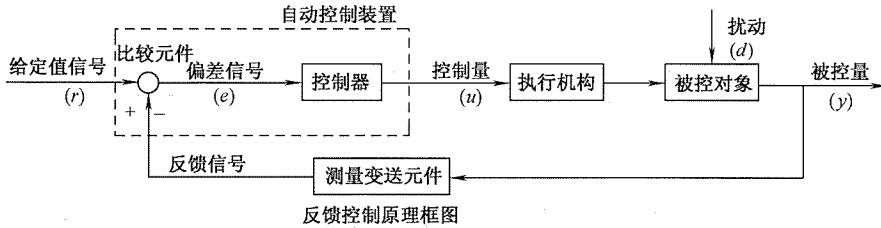


图 1-15 闭环控制原理框图

(3) 复合控制系统。复合控制是闭环控制和开环控制相结合的一种方式。它是在闭环控制等基础上增加一个干扰信号的补偿控制，以提高控制系统的抗干扰能力。该类系统按偏差控制和按扰动控制相结合的控制方式，称为复合控制方式，如图 1-16 所示。

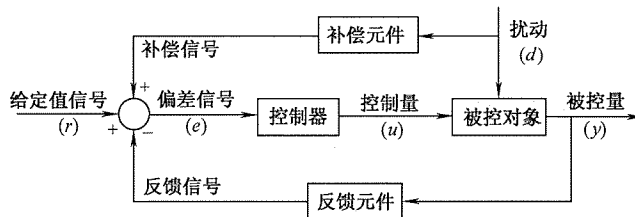


图 1-16 复合控制方式

2. 按系统输入信号的变化规律不同来分

(1) 恒值控制系统（或称自动调节系统）。这类系统的特点是输入信号是一个恒定的数值。工业生产中的恒温、恒速等自动控制系统都属于这一类型。

恒值控制系统主要研究各种干扰对系统输出的影响以及如何克服这些干扰，把输入、输出量尽量保持在希望数值上。

(2) 过程控制。工业生产过程的自动控制，如石油、化工、冶金、电力、轻工、纺织等连续生产过程的自动控制，称之为过程控制系统。其被控量主要是温度、压力、流量、料位和成分等。

过程控制是控制理论、工艺知识、计算机技术和仪器仪表等知识相结合而构成的一门应用科学。利用常规模拟仪表实现自动控制功能，称之为常规过程控制系统。随着计算机技术的发展，将计算机用于过程控制系统，称之为计算机过程控制系统。

恒值控制系统也认为是过程控制系统的特例。

多半为参量控制；⑤过程控制方案十分丰富；⑥定值控制是过程控制的一种常用形式。

2) 过程控制系统的组成。过程控制系统由被控对象、传感器、变送器、控制器和执行机构组成。被控制对象是生产过程中被控制的工艺设备或装置，如：锅炉、反应釜、储料罐或槽等。被控制对象的被控制量通过传感器、变送器转换成对应的电信号。控制器将测量值与设定值进行比较，若满足设定要求，即偏差值为零，则控制器输出不变。否则，由于存在偏差，使控制器输出发生变化。执行机构根据控制器输出信号的变化对被控对象施加控制作用，以使被控量趋向设定值。

过程控制系统中传感器、变送器、执行器均为自动化仪表装置。常规过程控制系统中的控制器为模拟调节器。计算机过程控制系统的控制器，其核心是微处理器、单片计算机或微型计算机，它们不是用模拟器件实现控制规律，而是由计算机的软件实现。改变系统控制方案不必更换硬件，只是对软件进行选择、组合或补充即可。

下面以典型工业控制系统为例介绍过程控制系统的组成。

① 锅炉过热蒸汽温度控制系统，如图 1-17 所示。

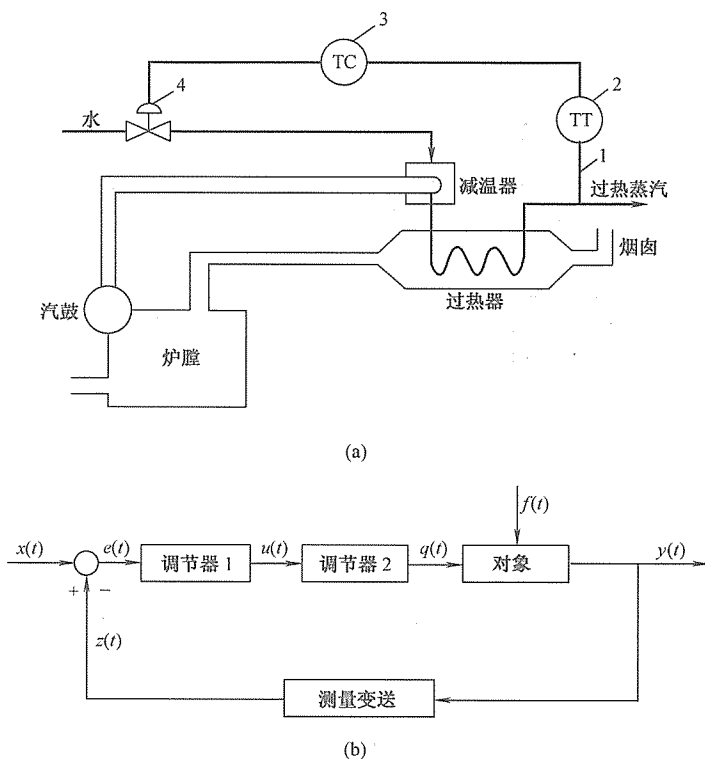


图 1-17 过热蒸汽温度控制系统

(a) 控制流程图；(b) 框图

1—热电阻；2—温度变送器；3—温度调节器；4—调节阀

② PH 控制系统，如图 1-18 所示。

③ 液位控制系统，如图 1-19 所示。

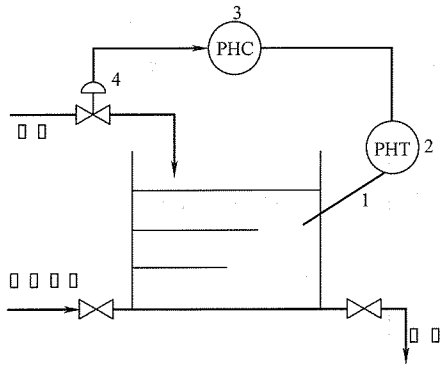


图 1-18 PH 控制系统

3) 过程控制系统的分类。过程控制系统可按不同方式进行分类。按设定值的形式分类，要求被控制参量保持在规定小范围不变，取设定值为固定值，称为定值控制系统。要求被控参数跟随某一无规律变化的参量而变化，设定值为无规律变化值，称为随动控制系统。若要求被控参数依照工艺需要按一定规律变化，则设定值应是有规律变化的，称之为程序控制系统。

按被控参数分类，有温度控制系统、压力控制系统、流量控制系统、液位控制系统等。

如按照被控对象的特点和工艺过程的要求对控制系统分类，常见的控制系统有：单回路控制、串级控制、大纯滞后补偿控制、前馈控制、选择性控制、解耦控制、比值控制等。

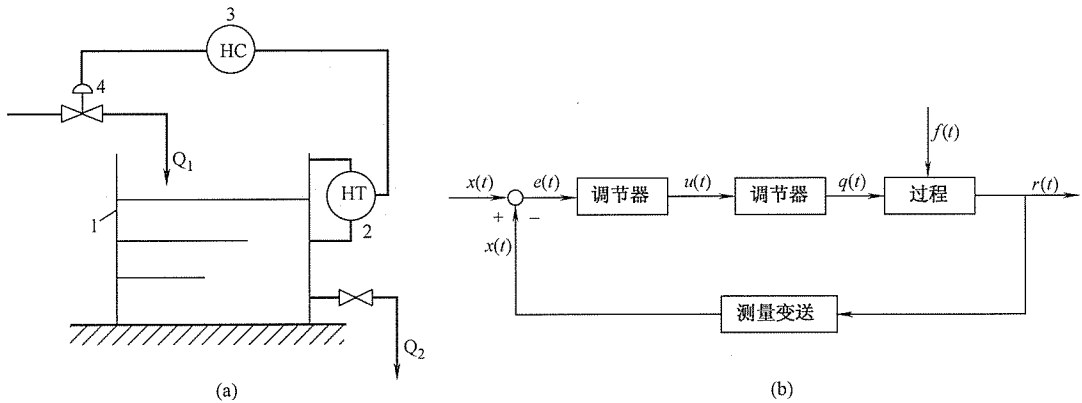


图 1-19 液位控制系统

1—贮藏；2—差压变送器；3—液位调节器；4—调节阀

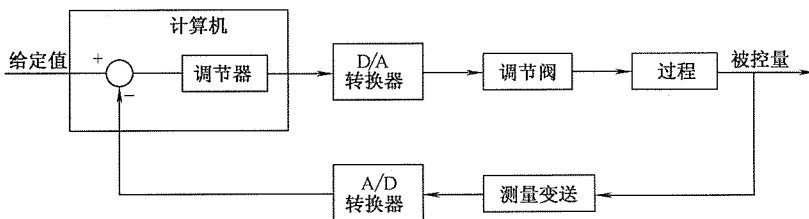


图 1-20 计算机过程控制系统框图

若按控制功能类型对控制系统分类，主要有 PID 控制、基于状态空间模型的最优控制、自适应控制、智能控制等等。

下面介绍两种常用的控制系统：集散控制型控制系统 DCS 和单回路控制系统。

集散控制型控制系统 DCS，如图 1-21 所示。

① 过程输入—输出接口。

② 过程控制单元（基本控制器，控制站）。

③ 数据高速通路。

④ CRT 操作站。

⑤ 管理计算机（上位机）。

单回路控制系统又称简单控制系统，它由被控对象、传感器、变送器、控制器和执行器组成一个闭合回路，也称闭环（反馈）控制系统。如图 1-15 所示。如果把执行器、被控对象、传感器、变送器归并在一起，称为“广义被控对象”或“广义对象”则单回路控制系统可简化为由广义对象和控制器两部分组成。单回路控制系统

上最简单、最基本的一种控制系统，它适用于被控对象滞后时间较小、负荷和干扰变化不大、控制质量要求不很高的场合。单回路控制系统的设计和参数整定方法却是各类复杂控制系统设计和整定的基础。

控制系统设计工作主要任务包括：确定控制目标与被控制量，选择操作量，分析对象特性并确定控制方案，选择控制器与执行器，设计报警和连锁保护系统等。

① 确定控制目标。所谓确定控制目标是指对控制系统总的要求。控制目标与工艺要求密切相关，应根据具体情况提出不同的控制目标。图 1-17 所示加热炉，可以有以下几种不同的控制目标：保证汽包水位稳定和保证过热蒸汽流量稳定；或保证炉膛负压稳定和最佳燃烧。为实现不同的控制目标应有不同的控制方案，不同的被控量与操作量。

② 被控制量的选择。被控制量的选择是控制系统工作的核心，影响生产过程正常运行

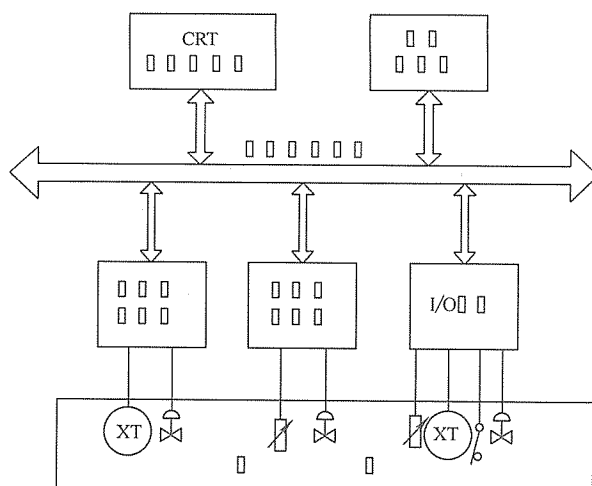


图 1-21 集散控制系统基本组成框图