



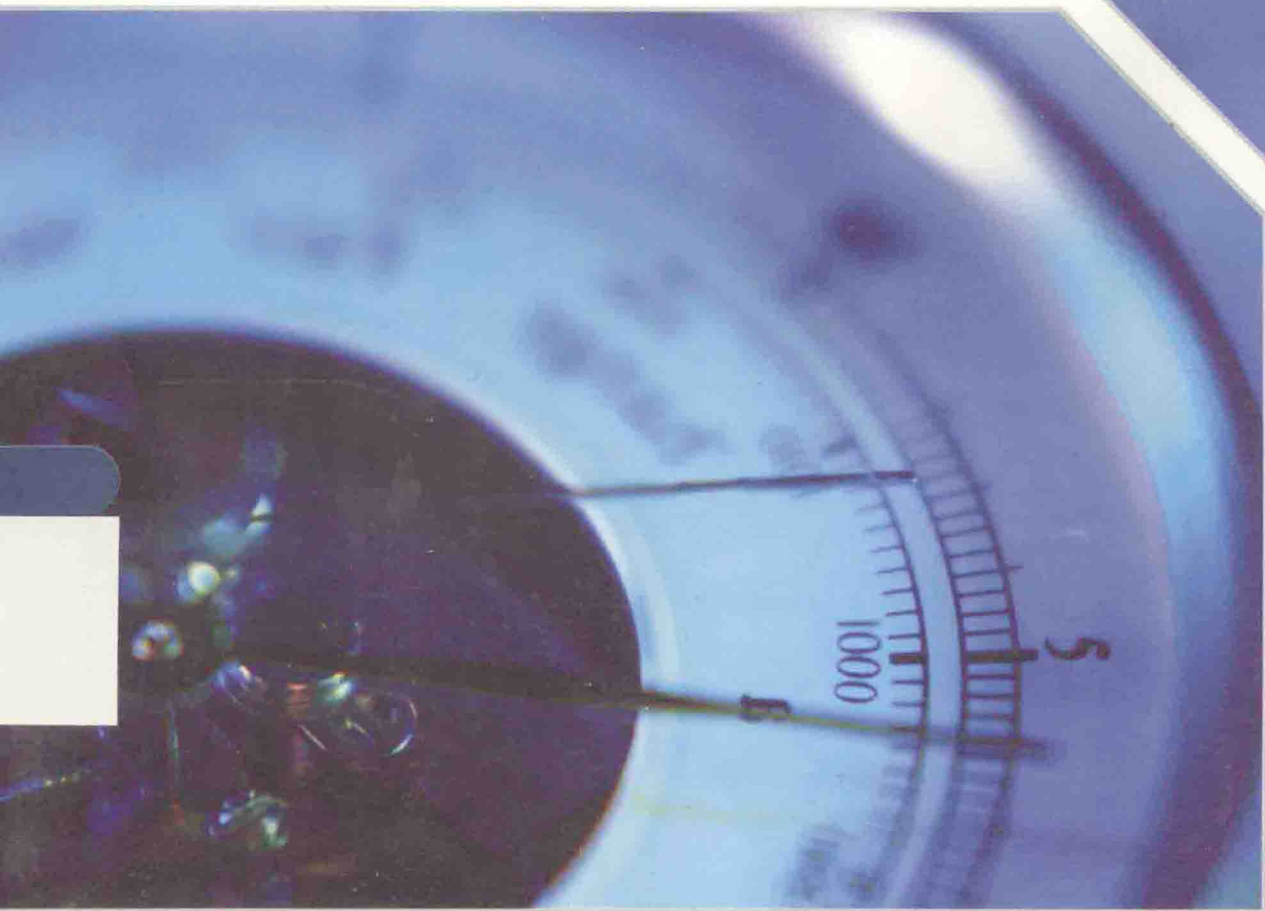
TEACHING MATERIALS
FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

热工系统自动控制

| Automatic Control of Thermal Systems

林日亿·编



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS



TEACHING MATERIALS
FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

热工系统自动控制

林日亿 编



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

图书在版编目(CIP)数据

热工系统自动控制/林日亿编. —东营:中国石油大学出版社, 2013. 10

ISBN 978-7-5636-4123-9

I. ①热… II. ①林… III. ①热工自动控制—高等学校—教材 IV. ①TK32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 191532 号

中国石油大学(华东)规划教材

书 名: 热工系统自动控制

作 者: 林日亿

责任编辑: 秦晓霞(电话 0532—86983567)

封面设计: 青岛友一广告传媒有限公司

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 莱芜市凤城印务有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532, 86983437)

开 本: 185 mm×260 mm 印张: 10 字数: 240 千字

版 次: 2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 16.00 元

前言

Preface

随着科学技术的日益发展,热工过程自动化程度越来越高,工业应用范围越来越广泛。在石油石化领域,随着油田产量的增加,生产各环节的自动化要求也越来越高。从稠油注蒸汽加热油层、集输系统原油加热分离外输到炼油厂高温蒸馏、裂解都涉及热工过程自动控制理论。本书围绕热工系统中的自动控制,并结合石油行业的热工过程自动控制应用,编写了自动控制系统概念、调节对象特性、调节器调节规律、自动调节系统特性分析及参数整定、传感器与执行器、计算机控制系统、复杂自动控制系统及典型自动控制系统等内容。本书内容的叙述,力求通俗易懂,便于阅读。本书可供能源与动力工程专业的本科生使用,也可供相关人员参考。

本书为中国石油大学(华东)“十二五”规划教材,感谢学校相关单位的大力支持。山东科技大学王孚懋教授、中国石油大学(华东)杨德伟教授审阅了全稿,并提出了修改意见,在此向其表示深切谢意!

中国石油大学(华东)王新伟老师参与了第六章、第七章的编写工作,在本书编写过程中,也得到了研究生张东杰、盖争、郭玉奇等的热情帮助,在此深表感谢。

由于编者水平有限,难免存在疏漏之处,敬请读者批评指正!

编者

2013年11月

目 录 Contents

第一章 概 述	1
第一节 过程自动控制的发展概况	1
第二节 自动控制理论的发展阶段	2
第三节 自动控制系统在热能工程中的应用	3
第二章 自动控制系统及其分类	5
第一节 自动控制系统的相关概念	5
第二节 自动控制系统的组成及工作过程	7
第三节 自动控制系统的分类	9
第四节 自控系统的过渡过程	14
第三章 调节对象特性	16
第一节 对象特性及微分方程	16
第二节 热工对象的阶跃扰动与飞升曲线	18
第三节 热工对象的动态特性	20
第四章 调节器调节规律	25
第一节 双位控制	25
第二节 比例控制	26
第三节 积分控制	28
第四节 微分控制	30
第五章 自动调节系统特性分析及参数整定	35
第一节 调节过程质量指标	35
第二节 应用传递函数求系统特性	38
第三节 自动控制系统的指标分析	42
第四节 调节规律选择与参数整定	47
第六章 传感器与执行器	55
第一节 传感器	55

第二节 执行器	65
第三节 变频器	74
第四节 自动控制仪表	78
第七章 计算机控制系统	87
第一节 计算机控制系统的组成及特点	87
第二节 计算机控制系统分类	92
第三节 数字采样过程	96
第四节 模拟量输入通道	98
第五节 模拟量输出通道	103
第六节 开关量输入与输出通道	105
第七节 过程控制计算机的中断系统	107
第八节 计算机过程控制的可靠性与抗干扰技术	109
第八章 复杂自动控制系统	113
第一节 串级控制系统	113
第二节 比值控制系统	119
第三节 前馈控制系统	121
第四节 选择性控制系统	124
第九章 典型自动控制系统	128
第一节 热工自动测试系统	128
第二节 热媒炉微机控制系统	130
第三节 油气处理厂自动化系统	134
第四节 锅炉自动控制系统	135
第五节 DCS 在常减压装置上的应用	140
附录一 传递函数	143
附录二 拉普拉斯变换	146
参考文献	151

第一章 概 述

过程自动控制在生产、科研和国民经济领域中发挥着越来越重要的作用,并影响着社会生产和生活的各个方面。热工自动控制是过程自动控制的重要组成部分,并以其高性能、低价格、高可靠性的优点在热能与动力工程自动化领域中获得了广泛的应用。小到家用的电子设备,大到大型的工业生产自动化装备,热工过程自动控制系统随处可见。

第一节 过程自动控制的发展概况

一、过程自动控制的发展

过程自动控制的发展经历了以下三个阶段:

(1) 初级阶段:20 世纪 50 年代前后,热工生产过程控制主要是依靠生产实践经验,局限于一般的控制元件及机电式控制仪器,采用比较笨重的基地式仪表来实现对机、炉、电等各自独立的、分散的局部自动控制。机、炉、电各控制系统之间很少或没有联系。热工过程控制主要是对几种热工参数,如温度、压力、流量和液位的定值控制,以此保证产品质量和产量的稳定,所应用的理论为古典控制理论。

(2) 仪表化阶段:20 世纪 50 年代末及以后的 10 年间,先后出现了电动单元组合仪表和巡回检测装置,因而实现了把机、炉作为一个整体单元来进行集中控制,仪表盘装在一起用于监视,从而使机、炉启停运行更加协调,对提高设备效率和强化生产过程有所促进,适应了工业生产设备日益大型化与连续化的需要。随着仪表工业的迅速发展,对过程控制及对象特性的认识逐步深入,仪表及控制系统的设计计算方法发展得越来越快,而且随着机组容量的增大,机、炉集中控制又进一步发展为机、炉、电集中控制。此时所用的仪表有电动及组装仪表,所应用的理论为古典控制理论。

(3) 综合自动化阶段:20 世纪 70 年代至今,由于集成电路及计算机技术的飞速发展,分散的机组或车间控制向全车间甚至全企业的综合自动化发展,实现了过程控制最优化与管理调度自动化相结合的分散计算机控制。这是过程控制发展的一个新阶段。对电厂而言,是把火电厂的生产过程(包括主、辅机,全厂和辅助车间)作为一个整体来进行控制,所用的仪表有气动仪表、电动组合仪表、组装仪表及计算机,所用理论大多为古典控制理论,少量为现代控制理论。



二、当前自动控制系统发展的一些主要特点

计算机网络技术和智能仪表技术的高速发展和应用,引起了自动化控制系统结构的变革,一种世界上最新型的控制系统即现场总线控制系统(Fieldbus Control System, FCS)在 20 世纪 90 年代走向了实用化,并正以迅猛的势头快速发展。现场总线控制系统是目前自动化技术中的一个热点,正越来越受到国内外自动化设备制造商与用户的关注。现场总线控制系统的出现将给自动化领域在过程控制系统上带来又一次革命,其深度和广度前所未有的,它将成为 21 世纪最具活力的开放式自动控制系统。

第二节 自动控制理论的发展阶段

根据控制理论的理论基础及所能解决的问题的难易程度,把控制理论大体分为了三个不同的阶段:经典控制理论阶段、现代控制理论阶段和大系统理论阶段与智能控制理论阶段。这种阶段性的发展过程是由简单到复杂、由量变到质变的辩证发展过程。

一、经典控制理论阶段(20 世纪 50 年代末期以前)

经典控制理论是以传递函数为基础的一种控制理论,控制系统的分析与设计是建立在某种近似的和(或)试探的基础上的,控制对象一般是单输入单输出的线性定常系统,对多输入多输出系统、时变系统、非线性系统等则无能为力。经典控制理论主要的分析方法有频率特性分析法、根轨迹分析法、描述函数法、相平面法和波波夫法等。控制策略仅局限于反馈控制和 PID 控制等,并且这种控制不能实现最优控制。

二、现代控制理论阶段(20 世纪 50 年代末期至 70 年代初期)

现代控制理论是建立在状态空间上的一种分析方法,它的数学模型主要是状态方程,控制系统的分析与设计是精确的。控制对象可以是单输入单输出控制系统或多输入多输出控制系统,也可以是线性定常控制系统或非线性时变控制系统,还可以是连续控制系统或离散和(或)数字控制系统。因此,现代控制理论的应用范围更加广泛,主要的控制策略有极点配置、状态反馈、输出反馈等。由于现代控制理论的分析与设计方法的精确性,现代控制可以得到最优控制,但这些控制策略大多是建立在已知系统的基础之上。严格来说,大部分控制系统是一个完全未知或部分未知系统,包括系统本身参数未知和系统状态未知两个方面,同时被控制对象还受外界干扰、环境变化等因素的影响。

三、大系统理论阶段与智能控制理论阶段(20 世纪 70 年代初期至今)

智能控制是一种能更好地模仿人类的智能的、非传统的控制方法,它采用的理论方法主要来自自动控制理论、人工智能和运筹学等学科分支。其内容包括最优控制、自适应控制、鲁棒控制、神经网络控制、模糊控制、仿人控制等。其控制对象可以是已知系统也可以是未知系统,大多数的控制策略不仅能抑制外界干扰、环境变化、参数变化的影响,还能有效地消

除模型化误差的影响,各阶段理论详细比较见表 1-1。

表 1-1 各阶段理论比较

	经典控制理论	现代控制理论	大系统理论
对 象	单输入单输出的线性定常系统	线性与非线性、定常与时变、单变量与多变量、连续与离散系统	规模庞大、结构复杂、变量众多、关联严重、信息不完备的系统
方 法	频域法	时域矩阵法	时域法
数学工具	拉氏变换	矩阵与向量空间理论	控制论、运筹学
数学模型	传递函数	状态方程与输出方程	子系统
基本内容	时域法、频域法、根轨迹法、描述函数法、相平面法、代数与几何稳定判据、校正网络设计、Z 变化法	线性系统基础理论(包括系统的数学模型、运动的分析、稳定性的分析、能控性与能观测性、状态反馈与观测器)、系统辨识	多级递阶控制,分解-协调原理、分散最优控制、大系统模型降阶理论
主要问题	稳定性问题	最优化问题	系统的最优化
控制装置	无源与有源 RC 网络	数字计算机	数字计算机
着眼点	输 出	状态方程与输出方程	大系统的最优化
评 价	具体情况具体分析,适宜处理较简单系统的控制问题	具有优越性,更适合处理复杂系统的控制问题	应用控制和管理的思路,适用于多学科交叉综合的研究控制领域

第三节 自动控制系统在热能工程中的应用

自动控制系统具有操作简单、维护方便、性能优越、可靠性高、控制精度高、抗干扰能力强和节约人力成本等一系列优点,因此,它在许多工业控制中有所应用。由于热能工程领域工业环境危险、作业时间长、维护成本高等,自动控制系统在热能工程中有着广泛的应用。从基础数据测试到高度集成化控制,随处可见。

一、热工自动测试系统

采用微型计算机组成的模拟数据探测分析系统,具有对温度、湿度、压力、流量等模拟量进行探测、数据处理、输出(打印或显示)以及控制等功能,以及速度快、效率高、精度高等优点。自动测试系统的工作原理方框图如图 1-1 所示。

由图 1-1 可知,一个简单的微机自动测试系统由传感器、输入通道、微型计算机和外部设备等组成。传感器的作用是检测物理量,并把物理量转换成电信号输出。输入通道一般由采样器、采样控制、变送器与模/数(A/D)转换等部分组成,其作用是将 N 个传感器的检测信号依次地通过输入通道转换成符合计算机数据处理所需要的数据,再输入到计算机的内存储器中存放起来,以方便数据处理。外部设备中的显示器和打印机等为输出设备,其作用是输出计算机处理后的结果^[1]。

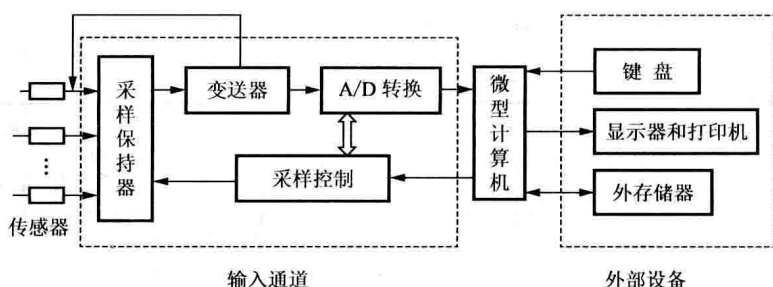


图 1-1 自动测试系统工作原理方框图

二、热媒炉微机控制系统

热媒炉是一种采用 55# 导热油作中间介质的间接加热炉。它以热媒为载热体，热媒在炉内经加热并与原油换热后返回炉内再加热。具有热媒炉的原油加热系统分为压缩空气供给系统、热媒加热炉系统、热媒-原油换热系统和热媒稳定供给系统。根据热媒炉工艺和燃烧特点需要设计三个热媒炉控制子系统：热媒流量控制系统、燃油流量控制系统和助燃风控制系统。

三、锅炉微型计算机控制系统

进入 21 世纪以来，随着工艺水平的不断提高，微机自动控制技术被大量应用到工业生产自动控制中。锅炉微型计算机控制是近年来开发的一项新技术，它是微型计算机软硬件、自动控制、锅炉节能等几项技术紧密结合的产物。它将先进的变频调速技术与计算机应用技术相结合，更容易对锅炉实现自动控制，对提高锅炉自动化水平、保障锅炉安全经济运行、提高锅炉热效率、降低耗煤量和减少对环境的污染具有重要的意义。

锅炉微机控制系统的硬件系统主要组成部分：一次测量元件、变送器或信号转换装置、工业控制计算机、手/自动切换操作器、磁放大器或可控硅控制器、执行机构、外部设备等。其工作原理是当自动操作时，一次测量元件将锅炉的温度、压力、流量、转速等参数转换成电流信号经过 A/D 转换后送入微机，由微机将一次测量元件采集的信号进行计算、分析后发出控制信号，通过执行机构控制设备运行；当切换成手动操作时，由操作人员通过操作器手动控制设备运行。微机对整个锅炉运行的工况进行监测、报警、控制，以保证锅炉经济、可靠地运行。

第二章 自动控制系统及其分类

自动控制是指在没有人直接参与的情况下,利用外加的设备或装置(控制装置或控制器),使设备或生产过程(统称被控对象)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。系统是指按照某些规律结合在一起的物体(元部件)的组合,它们相互作用、相互依存,并能完成一定的任务。能够实现自动控制的系统就可称为自动控制系统(简称自控系统),一般由控制装置和被控对象组成。

第一节 自动控制系统的相关概念

如图 2-1 所示,自力式液位调节系统是典型的自动控制系统,在日常生活中随处可见。如卫生间的冲水装置,虽然属于较原始的自动控制系统,但自动控制系统所具有的功能均可以呈现出来。自力式液位控制系统不同于卫生间水箱的是,水在水箱出入管道里连续不断地流动,水箱的水位要求保持一定的高度,但流出流量和流速需要用户决定,所以要调节水量平衡。流入量 Q_1 由调节阀 3 的开度决定。浮子 1 用来反映水位高度。若需要的水量 Q_2 突然增加,则水位 H 下降,浮子降低,通过杠杆 2 将阀门开大, Q_1 加大以恢复流入与流出量的平衡。反之, H 升高,浮子通过杠杆将阀门关小,这样就可以把水位自动保持在预定的高度^[2]。

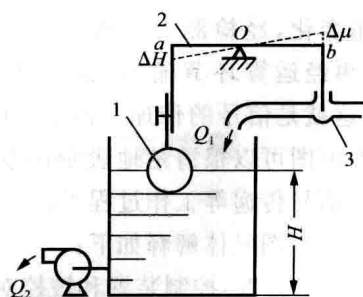


图 2-1 液位自动控制系统示意图

1—浮子;2—杠杆;3—调节阀

一、自动控制系统中的常用术语

(1) 被控过程(被控对象、对象):自动控制系统中,工艺参数需要控制的生产过程或机器。图 2-1 的水箱和进出水管是被控对象。

(2) 被控量:被控过程中要求保持设定值的工艺参数,又称为被控变量或被调量。图 2-1 中的水箱水位 H 是被控量。

(3) 操纵量:受控制器操纵的用以克服干扰,使被控量保持设定值的物料量或能量。图 2-1 中水箱的进口流量 Q_1 是操纵量。

(4) 扰动:除操纵量外,作用于被控过程并引起被控量变化的因素。图 2-1 中水箱的出

口流量 Q_2 的扰动变化是扰动量。

(5) 给定值:工艺参数所要求保持的数值,有时称为设定值。图 2-1 中水箱的给定值为 H_0 。

(6) 偏差:被控量设定值与实际值之差。图 2-1 中水箱的偏差为 $H - H_0$ 。

(7) 系统反馈量:将系统输出又反馈到输入端的信号称为反馈量(也称反馈信号)。从被控对象获取信息,经过判断、分析后,控制作用又反馈到被控对象,这种方式称为闭环反馈控制。反馈控制的目的是消除被控量与给定值的偏差。当被控量高于给定值也就是偏差为负时,控制作用的方向为减小方向;当被控量低于设定值也就是偏差为正时,控制作用的方向为增大方向。控制作用的方向与被控量的变化相反,也就是说反馈作用的方向应该是负反馈,负反馈是反馈控制系统能够完成控制任务的必要条件。

从扰动产生使被控量变化开始到操作人员或执行器改变调节机构和操纵量 Q_1 使被控量最终又回到设定值的过程称为控制过程或调节过程。在调节过程中,被控量会暂时偏离设定值,这个偏差称为动态偏差;调节过程总要经历一定的时间才能重新恢复平衡,这个时间称为过渡过程时间。

二、自动控制系统的方框图

由于自动调节主要研究运动变化和信号的传递关系,因此它通常用一种抽象的简化图来表示,即方框图。一个自调系统受到外界扰动后经对象引起被调量变化,经检测和比较环节产生(需要)调节的信号,再经运算环节输出(执行调节的)信号来驱动阀门,这就是信号的传递。图 2-2 所示的自动控制系统用方框图可以很清楚地表示出系统的各组成部分、功能和信号传递等工作过程^[3]。

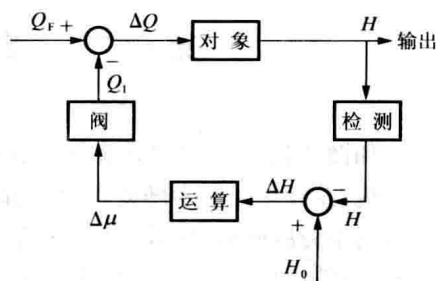


图 2-2 自动控制系统的方框图

方框图具体解释如下:

- (1) 方框:控制装置和被控对象都用方框表示。
- (2) 环节方框:图中的每个方框表示实现信号传递的基本单元。
- (3) 信号线:方框的输入、输出以及它们之间的连接用带箭头的信号线表示。
- (4) 输入信号:进入方框的信号。
- (5) 输出信号:离开方框的信号。
- (6) 相加点符号:如图 2-2 中的信号 $\Delta Q = Q_r - Q_1$, 各信号具有相同的量纲。
- (7) 分支点符号:如图 2-2 中由对象输出的 H 送到两处一是输出,二是检测。

绘制控制系统方框图的步骤:

- (1) 分析控制系统的工作原理,找出被控对象。
- (2) 分清系统的输入量、输出量。
- (3) 按照控制系统各环节的定义,找出相应的各个环节。
- (4) 按信息流动的方向将各个环节用元件方框和连线连接。

例题 图 2-3 是一个液位控制系统原理图。自动控制器通过比较实际液位与希望液位,并调整气动阀门的开度,对误差进行修正,从而保持液位不变。试说明系统的工作原理,

并画出该控制系统的方框图。

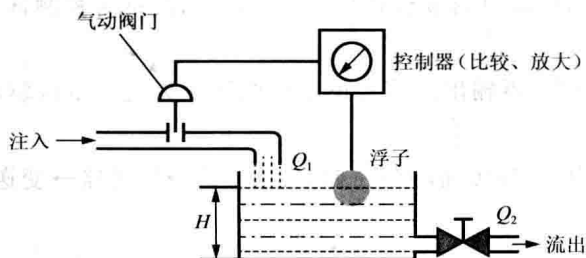


图 2-3 液位控制系统原理图

答 系统的工作原理是通过浮子检测水箱液位 H ，将此值与设定的希望液位 H_0 进行比较，由控制器对偏差 ΔH 进行某种控制运算，并将结果放大，最后通过放大信号控制气动阀门开度，从而改变注入流体的流量，以消除液位的偏差。该控制系统的方框图如图 2-4 所示。

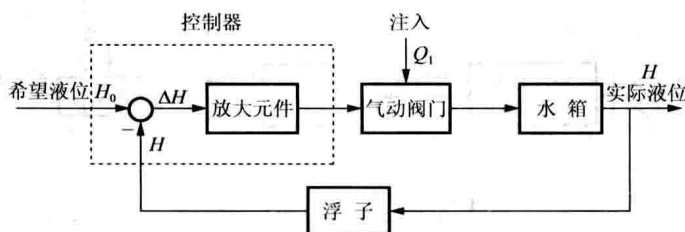


图 2-4 方框图绘制

第二节 自动控制系统的组成及工作过程

一、自动控制系统的基本组成

从图 2-1 液位自动控制系统的工作过程可见，一个自动控制系统从功能上说必须包括以下 6 个基本部分：

(1) 被控对象：图 2-1 的水箱和进出水管是被控对象。

(2) 传感器：它将被控量转变为电信号或气信号（分别对应电动调节器和气动调节器）。常用传感器（如热电偶）或传感器加变送器（如节流装置加流量变送器）。图 2-1 中的传感器是浮子。

(3) 变送器：变送器是把传感器的输出信号转变为可被调节器识别的信号的转换器。有时候其可与传感器通用是因为多数传感器的输出信号已经可被通用的调节器接收，此信号可以不经变送器的转换直接被控制器识别。所以，传统意义上的“变送器”是：“把传感器的输出信号转换为可以被控制器或者测量仪表所接受的标准信号的仪器”。

(4) 比较器：输出量与设定值相比较以产生一个差值信号（误差信号）的器件。

(5) 调节器：它用来设定给定值并把其与测量值进行比较后的差值作为调节信号。调节信号经运算后按一定的调法输出驱动阀门的信号，若有偏差，经执行器进行调节；若无偏

差则不需调节。图 2-1 中杠杆根据液位偏差,通过比较完成比例运算,按一定的调法输出驱动阀门的信号。一般比较器与调节器放在一个元件上,统称为控制器,在计算机控制系统中就是计算机。

(6) 执行器:它将调节器输出的信号正比例地转变为机械量以驱动阀门,它又分为电动执行器和气动执行器。

在自动控制系统中,信号传递的路径如下:信号源→传感器→变送器→比较器→调节器→执行器→控制输出。

二、反馈控制系统工作过程

一般的自动控制系统常采用闭环反馈结构,典型闭环反馈控制系统结构如图 2-5 所示。其工作过程是:通过检测装置(仪表)获得被控量,将此值与给定值比较后,由控制器按偏差进行自动控制运算,最后由执行器将控制量作用于被控对象,以清除偏差。一般包括下面 4 个内容。

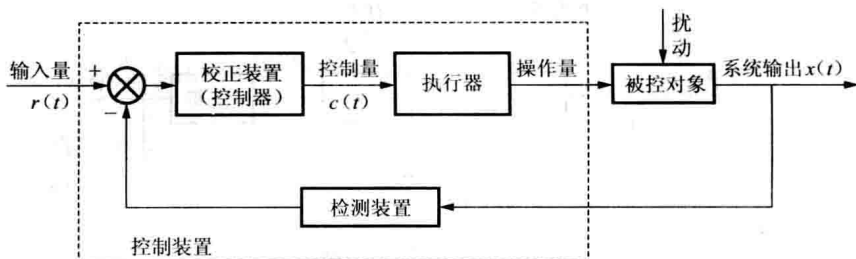


图 2-5 典型闭环反馈控制系统结构框图

(1) 自动检测:自动检查和测量反映控制过程运行工况的各种参数,如温度、压力和流量等,以监视控制过程的进行情况和趋势。

(2) 顺序控制:根据拟订的程序和条件自动地对设备进行系列操作。

(3) 自动保护:在发生故障时能够自动报警,并自动采取保护措施,以防事故进一步扩大或保护设备不受严重破坏。

(4) 自动调节:有计划地调整被调参数,使控制系统在给定的工况下运行。

在控制系统中,为了满足生产的需要,保证生产的安全性和经济性,要求控制系统在预期的工况下运行。但由于各种因素的干扰、影响,必须通过自动调节克服运行工况的偏差。因此,自动调节是一种最重要的自动控制职能,有的文献把自动调节直接称为自动控制。

三、热工过程计算机控制系统

若将前面讲到的反馈控制系统比较器和调节器用计算机代替,就组成了一个典型的计算机控制系统,如图 2-6 所示。

由于计算机只能对数字量进行比较运算,所以给定量和反馈量都应是数字量。反馈量要通过 A/D 转换将模拟量转换成数字量。计算机接收了给定量和反馈量后,让主机对偏差值进行算术逻辑运算,再输出运算结果,输出量应经 D/A 转换将数字量转换成模拟量输出到执行装置调节被控参数,达到控制目的。

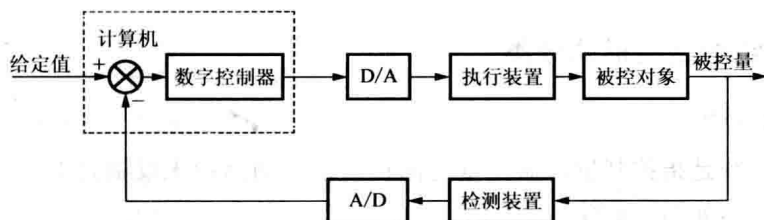


图 2-6 计算机控制系统基本框图

由于控制的是数字量,从而使计算机控制系统结构比较复杂,如图 2-7 所示。计算机控制系统由硬件和软件两部分组成。

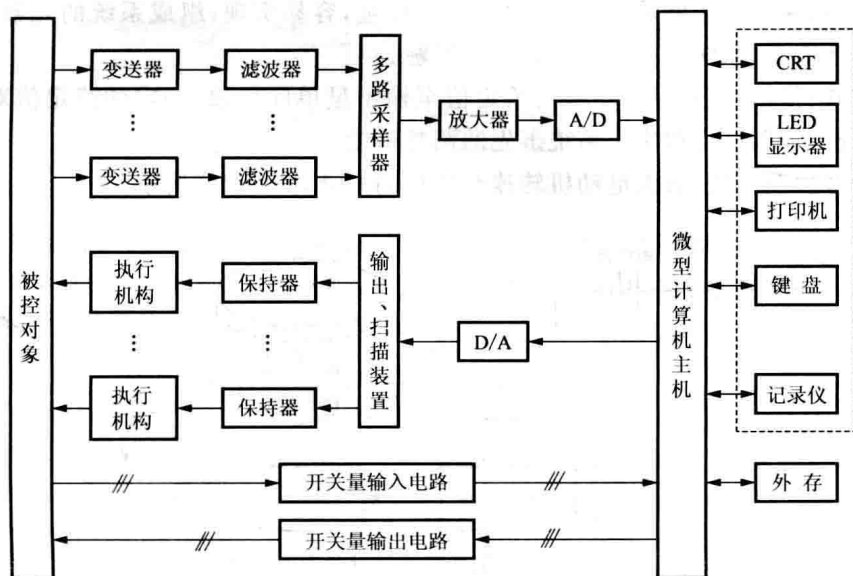


图 2-7 微型计算机控制系统组成框图

硬件部分一般由对象、过程通道、计算机及人机交互设备等构成。

过程通道通常由模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入通道、开关量输出通道组成,它们起着信息交换和传递的作用,在输入、输出控制程序的配合下,计算机和对象间进行信息交换,以实现过程控制。

计算机的任务主要是进行数据采集、数据处理、逻辑判断、报警、控制计算等,同时还向系统各部分发送控制命令,指挥系统的工作。

人机交互设备应该包括开关、按键、显示器、打印机或记录仪,以便操作人员和计算机系统交互联系,使操作人员及时了解生产、加工过程的状态,进行必要的人为干预,修改相关参数和处理紧急情况^[1]。

第三节 自动控制系统的分类

自动控制系统种类繁多,按照不同标准可以分为不同的类别。

一、按系统的结构形式分类

1. 开环控制系统

开环控制系统是指控制量与输出量之间仅有前向通路而无反馈通路(即输出量不能对控制量产生影响),如图 2-8 所示。

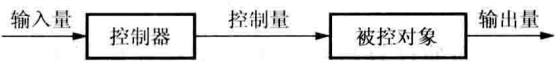


图 2-8 开环控制系统

主要特点:输出不影响输入,对输出不需要测量,容易实现;组成系统的元器件精度高,系统的精度才能高;系统的稳定性不是主要问题。

控制方式:按给定值操纵;信号由给定值至输出量单向传递;一定的给定值对应一定的输出量;系统的控制精度取决于系统事先的调整精度。

典型开环控制系统:直流电动机转速开环控制系统,如图 2-9 所示。

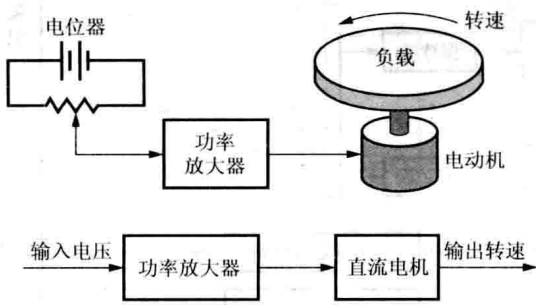


图 2-9 直流电动机转速开环控制系统

开环控制系统的优点:系统信息传递没有形成闭合回路,输出(被控量)不对控制作用产生影响,所以结构相对简单,维护容易,成本低,不存在稳定性问题。原则上,被控量的控制精度取决于系统各环节的精度,多用于系统结构参数稳定和扰动信号较弱的场合,如自动售货机、自动报警器、自动流水线等。

开环控制系统的缺点:对元器件要求较高,抗干扰能力差,无法自动补偿系统干扰对被控量带来的影响。

2. 闭环控制系统

闭环控制系统是指系统的信息传递形成闭合回路,也称反馈控制系统,如图 2-10 所示。

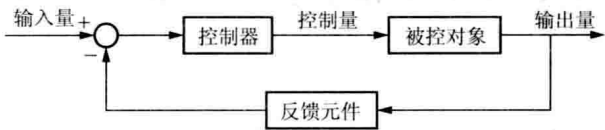


图 2-10 闭环控制系统

主要特点:输出影响输入,所以能削弱或抑制干扰;低精度元件可组成高精度系统;可进一步控制超调、振荡,提高系统稳定性。

控制方式:反馈控制,反馈按反馈极性的不同分成正反馈和负反馈两种形式。书中所讲述的反馈系统若无特殊说明,一般都指负反馈。

典型闭环控制系统:带速度反馈的直流电动机转速系统,如图 2-11 所示。

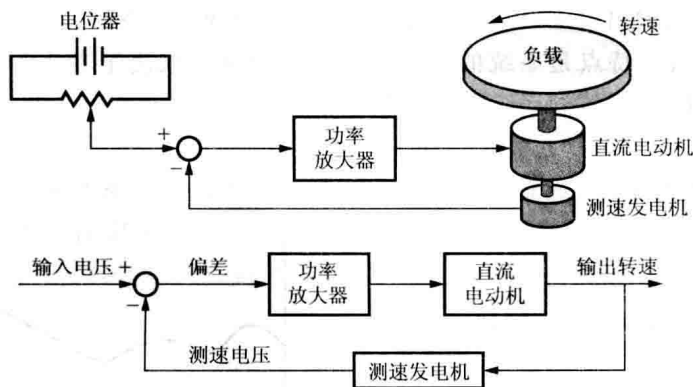


图 2-11 带速度反馈的直流电动机转速闭环控制系统

闭环控制系统的优点:系统的输出(被控量)经反馈通道形成反馈信号,回送到输入端和给定信号生成偏差信号,影响控制作用,因此控制精度受环节的转换精度较小。由于存在反馈通道,系统总是力图维持系统输出(被控量)等于给定值,因此对于干扰具有极强的补偿和修正作用。

闭环控制系统的缺点:由于干扰对系统输出的影响需经一定时间才能反映出来,控制作用对于干扰作用的调节有时间滞后;控制过程可能产生振荡;结构复杂,维护不易,可能存在稳定性问题。

3. 复合控制系统

复合控制系统是指把按偏差控制和按扰动控制相结合的控制系统,如图 2-12 所示。

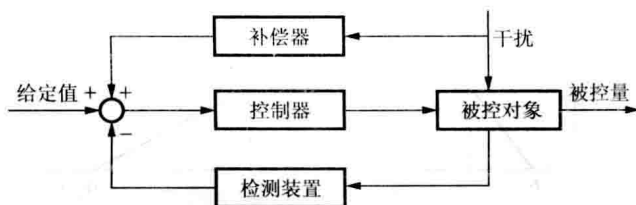


图 2-12 复合控制系统

主要特点:能够抑制强干扰,结构复杂。

控制方式:同时采用反馈控制(按偏差控制)和开环控制(按扰动控制)两种控制形式。

二、按给定值的变化形式分类

1. 定值控制系统

定值控制系统也称恒值控制系统。该系统的输出量以一定的精度等于给定值,而给定值一般不变化或变化很缓慢,扰动可随时变化,如图 2-13 所示。在生产过程中,这类系统非常多,例如冶金部门的恒温系统、石油部门的恒压系统等。