



普通高等院校“十一五”规划教材

流体控制工程

LIUTI KONGZHI GONGCHENG

栾秀春 主编

韩伟实 主审

本书特色：

1. 讲解电气控制的基本知识和技术手段；
2. 详述流体运动的动态特性，用于流体控制的传感器；
3. 结合流体控制工程方案中的若干实例和实际工作中常见问题。



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等院校“十一五”规划教材

流体控制工程

栾秀春 主编

韩伟实 主审

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书的内容包括流体控制的各个要素:流体运动的动态特性,用于流体控制的传感器,流体控制机械——调节阀、泵和风机,电气控制的基本知识和技术手段,变频调速技术,可编程控制器,现场总线控制系统,以及流体控制工程方案中的若干实例和实际问题。本书把流体控制的各个技术要素,放置在控制系统发展史的背景下论述,抓住信号传输标准的发展和演变这一主线,以控制系统的基本结构为框架,将各个技术要素贯穿起来,阐明技术发展的脉络,指出技术发展的方向。

本书可作为热能动力、流体机械、石油化工等专业的本科教材,同时对于相关领域,特别是核工程与核技术的工程技术人员也有很大参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

流体控制工程/栾秀春主编. —北京:国防工业出版社,2010.1

普通高等院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-06565-7

I. ①流… II. ①栾… III. ①流体工程 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 179896 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 10½ 字数 234 千字

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 26.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

流体控制是过程工业的重要分支,也是控制技术的重要组成部分。其基础是工程流体力学、电工电子技术、电力电子技术、控制理论、电气控制等。长期以来,在许多工业技术部门得到广泛应用,尤其是对于以蒸汽动力、核动力为动力源的民用设施和军用装备的安全可靠运行至关重要。近年来,随着信息技术的发展,流体控制工程中采用了数字技术、通信技术、网络技术,这对于全面提升军用、民用动力装置的自动化水平发挥了重要作用。本书可作为核工程与核技术专业的技术人员的参考书,目的是使读者开阔思路,在信息技术时代的背景下,掌握流体控制工程的前沿技术,应用于国民经济各行业和国防工业中。

本书把流体控制的各个技术要素,放置在控制系统发展史的背景下论述,以信号传输标准的发展和演变为线索,以控制系统的基本结构为框架,将各个技术要素贯穿起来,阐明技术发展的脉络,指出技术发展的方向。

本书共分5章,第1章流体控制概论,阐明流体控制的基本原理,论述控制系统的构成和发展史,阐明技术发展的脉络,指出技术发展的方向;第2章介绍流体控制机械——调节阀的构成、功能、技术指标、选型规则等理论和知识,以及泵和风机与流体控制相关的内容;第3章是交流变频调速,介绍其基本理论和基本概念,变频器的基本功能和特点,并以西门子变频器为例阐明其使用方法;第4章是可编程控制器,介绍其定义、特点、基本组成、工作原理、编程软件、设计原则;第5章是介绍现场总线控制系统,流体控制工程的前沿技术。

本书由哈尔滨工程大学栾秀春同志编写,研究生冯章俊参与了部分插图的绘制;编著者任教的哈尔滨工程大学核科学与技术学院2005、2006级的部分学生也为本书的编写提供了宝贵的意见;哈尔滨工程大学韩伟实教授认真审阅了全书,并提出了中肯的意见。在此对所有为本书的编写、出版给予帮助和支持的同志表示衷心感谢。

由于编著者水平有限,书中难免有不当之处,欢迎读者批评指正,在此深表谢意。

作者
2009. 10

目 录

第 1 章 流体控制概论	1
1.1 流体控制的基本原理	1
1.2 本书的内容安排	2
1.3 控制系统概述	2
1.3.1 控制系统的分类	2
1.3.2 控制系统的基本组成	3
1.3.3 测量方法和测量装置	4
1.3.4 控制方法和运算处理装置	5
1.3.5 控制的执行方法和执行装置	7
1.3.6 控制系统各要素的关系	7
1.3.7 控制系统的人机界面	8
1.4 控制系统的发展	9
1.4.1 控制系统的发展历史	9
1.4.2 仪表控制系统的基本概念	10
1.4.3 早期的仪表控制系统——基地式仪表	13
1.4.4 近代仪表控制系统——单元式组合仪表	13
1.4.5 数字式单回路调节器 SLC	15
1.4.6 计算机控制系统	16
1.4.7 控制系统从模拟技术向数字技术的演进	17
1.4.8 分布式控制系统的产生及其特点	19
1.4.9 现场总线控制系统的产生及控制系统的全面数字化	21
第 2 章 流体控制机械	24
2.1 调节阀的组成及分类	24
2.2 传统的阀	26
2.2.1 阀的类型	26
2.2.2 阀芯结构	30
2.3 执行机构	32
2.3.1 气动执行机构	32
2.3.2 电动执行机构	35

2.4	数字阀	39
2.4.1	工作原理和结构	39
2.4.2	数字阀的特点	40
2.5	调节阀的流量系数	42
2.5.1	流量系数的定义及其物理意义	42
2.5.2	流量系数计算公式	43
2.6	调节阀结构特性和流量特性	48
2.6.1	调节阀的结构特性	48
2.6.2	调节阀的流量特性	50
2.7	调节阀的选型	55
2.7.1	阀的选择	56
2.7.2	执行机构的选择	56
2.7.3	调节阀作用方式的选择	58
2.7.4	调节阀流量特性的选择	59
2.7.5	调节阀口径的确定	61
2.8	泵和风机	64
2.8.1	泵与风机主要的控制参数	64
2.8.2	通用性能曲线	66
2.8.3	泵与风机的变速调节	67
2.8.4	泵与风机变速的实现形式	68
第3章	交流变频调速	69
3.1	交流调速的基本类型	69
3.1.1	交流异步电动机调速方式	69
3.1.2	异步电动机调速系统分类	69
3.1.3	交流同步电动机调速系统的基本类型	70
3.1.4	变频调速的现实意义	70
3.2	变频调速的概念	70
3.2.1	转速与频率的关系	70
3.2.2	实现变频调速的必要条件	71
3.2.3	高水平的控制是变频调速的基础	71
3.3	变频变压调速的基本控制方式	71
3.3.1	电动机要求主磁通不变的原因	71
3.3.2	保持 E_g/f_1 为常数的控制方式	72
3.3.3	保持 $U_1/f_1 = \text{常数}$ 的控制方式	72
3.3.4	恒功率控制方式	73
3.4	变频器的分类	74

3.4.1	按变流环节不同分类	74
3.4.2	按直流电路的滤波方式分类	77
3.4.3	按电压的调制方式分类	78
3.4.4	按控制方式分类	82
3.4.5	按输入电流的相数分类	83
3.5	变频器的基本结构	84
3.5.1	变频器的主电路	84
3.5.2	变频器的控制电路	85
3.6	变频器功能综述	87
3.6.1	频率给定功能	88
3.6.2	控制方式的选择功能	88
3.6.3	升速和降速功能	89
3.6.4	变频器的控制功能	91
3.6.5	变频器的保护功能	91
3.6.6	变频器的功能预置	92
3.7	MICROMASTER440 变频器	93
3.7.1	MM440 通用型变频器的特点	93
3.7.2	MM440 变频器的电路结构	94
3.7.3	MM440 变频器与电源和电动机的连接	97
第4章	可编程控制器	99
4.1	可编程序控制器概述	99
4.1.1	PLC 的产生	99
4.1.2	PLC 的定义	100
4.1.3	PLC 的特点	100
4.1.4	PLC 的应用领域	101
4.1.5	PLC 的分类	102
4.1.6	PLC 的主要技术指标	103
4.1.7	PLC 的发展阶段	104
4.1.8	PLC 的发展趋势	105
4.2	PLC 的基本组成	106
4.2.1	PLC 的基本组成部分	106
4.2.2	PLC 系统的等效电路	110
4.2.3	PLC 与继电器控制系统的区别	111
4.3	PLC 的工作原理	112
4.3.1	PLC 的工作方式与运行框图	112
4.3.2	PLC 的工作过程	113

4.3.3	PLC 对输入/输出的处理原则	115
4.4	PLC 的软件	115
4.4.1	软件的分类	115
4.4.2	应用软件的编程语言	116
4.5	PLC 控制系统的设计	118
4.5.1	PLC 控制系统的设计原则与选用依据	118
4.5.2	PLC 控制系统的设计步骤	118
4.6	S7-300 系列 PLC 的硬件	121
4.6.1	S7-300 系列 PLC 的组成部件	121
4.6.2	S7-300 的系统结构	122
4.6.3	寻址	123
4.7	STEP 7 编程	124
4.7.1	STEP 7 的程序结构	124
4.7.2	数据类型	127
4.7.3	符号编址	130
4.7.4	STEP 7 指令系统简介	131
第 5 章	现场总线控制系统	136
5.1	现场总线的含义和产生	136
5.1.1	现场总线的含义	136
5.1.2	现场总线的产生	137
5.2	FCS 的含义和产生	140
5.2.1	FCS 的含义	141
5.2.2	FCS 的产生	141
5.2.3	FCS 的变革	143
5.3	FCS 的特点和优点	144
5.3.1	系统的分散性	144
5.3.2	系统的开放性	145
5.3.3	产品的互操作性	145
5.3.4	环境的适应性	145
5.3.5	使用的经济性	145
5.3.6	维护的简易性	145
5.3.7	系统的可靠性	146
5.4	FCS 的体系结构	146
5.4.1	FCS 的层次结构	146
5.4.2	FCS 的硬件结构	147
5.4.3	FCS 的软件结构	148

5.4.4	FCS 的网络结构	149
5.5	现场总线的设备	149
5.5.1	现场总线仪表	150
5.5.2	现场总线辅助设备	151
5.5.3	现场总线接口	151
5.6	现场总线仪表的应用块	151
5.6.1	现场总线仪表的资源块	152
5.6.2	现场总线仪表的变换块	152
5.6.3	现场总线仪表的功能块	153
5.7	现场总线控制回路的构成	155
5.7.1	简单控制回路的构成	155
5.7.2	复杂控制回路的构成	156
参考文献		158

第 1 章 流体控制概论

本书内容不同于自动控制原理那样的理论课程,本书的侧重点在于探讨工程实践的方法和实现手段,直接为工程实践服务,是一门工程技术课。

1.1 流体控制的基本原理

在书中,流体控制的含义是,控制装置施加控制作用的对象是流体,通过反馈控制,使流体按照期望的运动状态运动,以达到某种性能指标。

控制系统的一般结构,包括被控对象、执行机构、控制器和传感器,其中被控对象、执行机构合称为广义被控对象,如图 1-1 所示。

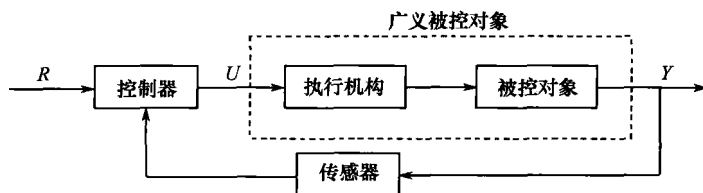


图 1-1 控制系统的一般结构

在流体控制研究的范畴中:

被控对象——指流体的运动状态;

执行机构——是实现流体运动状态的流体机械;

控制器——包括计算机、PLC、调节器等;

传感器——包括压力传感器、流量传感器、液位传感器等。

常见的流体机械有汽轮机、水轮机、泵、风机、阀门等。汽轮机和水轮机是把流体的热能和动能转变为机械能的动力设备;泵和风机是将机械能转换成流体的压力能和动能的动力设备;阀门是改变流体运动空间(主要是管道)特性的设备。流体的能量是与其运动状态相伴随的,因此,泵和风机、阀门是实现流体运动状态的流体机械。

物体的运动状态是其受力的结果,由其所受各种力的合力决定。对于受控的流体运动,泵和风机将机械能转换成流体的压力能和动能,使流体运动能量增加;阀门改变流体运动空间(主要是管道)特性,表现为阻力,使流体运动能量减小。这样,通过泵或风机与阀门之间的协调配合,就能够实现期望的流体运动状态。

表征流体的运动状态的物理量包括压力、流量、液位、浓度等,其中压力、流量是主要的和直接的物理量,其他是间接的和衍生的物理量。

将泵本身的性能曲线与管路的特性曲线用同样的比例尺绘在同一张图上,如图 1-2

所示,则这两条曲线相交于 M 点,M 点即是泵在管路中的工作点。该点流量为 q_{vM} ,总扬程为 H_M ,这时泵的扬程等于管路中流体流动所需克服的阻力,所以在 M 点工作时,能量平衡,工作稳定。

流体控制的目的是,通过协调泵或风机与阀门的工作,将流体运动的工作点 M 移动到期望的工作点 M^* 。泵或风机的控制量是转速 n ,而阀的控制量是开度 u 。

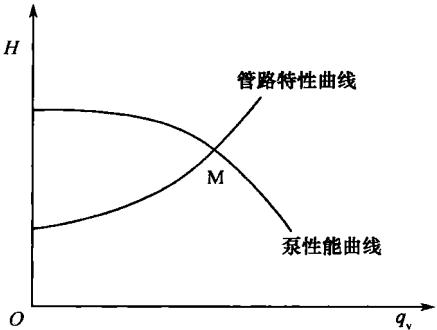


图 1-2 泵在管路中的工作点

1.2 本书的内容安排

按照控制系统的一般结构,本书内容安排如下:第 2 章讨论流体控制机械;第 3 章“交流变频调速”讨论实现泵或风机的转速控制的一种先进手段;第 4 章“可编程控制器”,这是流体控制系统中一种可靠的控制器实现形式;第 5 章“现场总线控制系统”,这是流体控制中一种有广阔发展前景的新型技术。

为了便于理解本书后面的内容,在第 1 章的下面部分先对控制系统进行一下概述。

1.3 控制系统概述

控制是在日常生活中经常接触到的问题,可以说在现代生活中到处都离不开控制,例如,骑自行车要控制平衡和方向,空调、电冰箱要控制温度,洗衣机要控制洗涤时间和水量,等等。这些控制有的是由人工(如骑自行车的人)实现,有的则是通过某些控制装置实现,这些都可称之为控制系统。

1.3.1 控制系统的分类

控制系统的分类有很多种形式,这里仅从过程变量的连续性角度加以讨论。

按照工业生产过程变量的时间连续性和幅度连续性,工业生产的典型过程可以分为三种:连续过程(Continuous Process)、离散过程(Discrete Process)和批量过程(Batch Process)。

连续过程指的是这样一种工业过程:其产品一般都是流体的,如液体、气体等,过程的输入输出变量为时间连续和幅度连续的量,并且过程一旦建立,只产出一种产品。连续过程的变量一般是温度、压力、流量、质量及液位等。比较形象地说,连续过程的产品一般都

按“斤”、“两”或类似的连续量纲计量,虽然其产品也可能被包装成固定计量单位的单个形态,但其本质仍是其质量、体积等度量值。石油炼制、化肥等生产过程都是连续过程。以连续过程为主要特征的生产行业被习惯性地称为过程工业。在国际上,过程控制(Process Control)和过程自动化(Process Automation)一般都是指连续过程。本书的内容就属于该范畴。

与连续过程相对应,离散过程指的是这样一种工业过程:其产品是“固态”的、按件计量,过程的输入输出变量为时间离散和幅度离散的量,如产品的数量、开关的状态等。比较形象地说,离散过程的产品一般都是按“个”计量,我们关心的是其产品的个数。例如,玩具的主要生产过程可以看成是一个离散过程。以离散过程为主要特征的生产行业被习惯性地称为制造业。

所谓批量过程,指的是一种间歇性多品种生产过程,即利用同样的生产装置,在不同的时间段,根据不同的配方和生产工艺生产出不同的产品。这类过程的特点是连续过程和离散过程交替进行,配方的切换和生产工艺的改变是离散过程,而在确定了配方和生产工艺后的生产过程又是一个连续过程。

一个完整的生产过程,一般都是连续过程和离散过程的混合体,比如,在啤酒的生产过程中,发酵过程是一个连续过程,但啤酒最后灌装成瓶的过程又是离散过程。在批量过程中,由于涉及设备的启停控制,一般也都包含有离散过程。

1.3.2 控制系统的基本组成

在一个控制系统中,必不可少的组成部分有三个:被控对象(即生产过程)、控制设备或装置、人。在这三个部分中,人是起主导作用的——生产过程是为满足人的需求而建立的,生产的程序、步骤及工艺等是人设计的,在整个生产过程中,要进行哪些控制、如何进行控制及控制的方法是什么,都是由人决定的。在某些情况下,人也直接参与控制。

被控对象则是实施生产过程的主体。不论何种控制装置,其控制作用都是围绕生产过程发生的。如果离开了生产过程,控制装置就失去了存在的意义,因此,控制装置是从属于生产过程的,但对生产过程又产生着巨大的反作用力,使得完成生产过程的主体,如各类加工机械、发电机、锅炉、化工反应装置、电力或油及汽输送管道等,能够更加安全、高效、稳定及可靠地运行。在上面讲到的连续过程、离散过程和混合过程,都是在描述被控对象的特点。

控制装置是控制系统的核心,所有控制作用都是由控制装置实现的,一个控制系统能否顺利地实现其控制目标,完成复杂的控制功能,主要看控制装置是否稳定可靠并具有优异的性能。因此人们在控制装置的研究方面给予了巨大投入,而且,随着生产效率的不断提高、生产规模的不断扩大、产品质量要求的不断提高,控制装置的作用越来越显得重要,在某些情况下甚至超过了生产设备。因为在使用同样生产设备的情况下,通过改进控制装置就可实现生产效率和产品质量的提高。由于控制装置的重要性,在很多场合,人们不再以被控对象、控制装置和人这三部分的总和作为控制系统的定义,而是直接将控制装置定义为控制系统,即认为控制系统是由围绕实施控制所必需的测量、计算及执行等各个环节所组成的。这实际上是对直接控制系统的定义,而有人参与的控制则被定义为监督控制系统。

直接控制系统定义为以下三个要素的集合:

- (1)测量方法和测量装置;
- (2)控制方法(包括算法)和运算处理装置;
- (3)执行方法和执行装置。

在这三个要素中,方法是软件(这里的软件是指解决方案,而不是指程序代码),虽然软件是无形的,但它是控制系统的主宰,决定了控制系统的功能和性能;各种装置则是硬件,是实现方法的手段。所有有关软件和硬件的结合,构成了控制系统的各个组成部分,以下简要介绍这些组成部分。

1.3.3 测量方法和测量装置

作为控制装置的作用目标,被控对象有其自身的运行状态,这些状态是生产过程的表征,控制系统将通过测量被控对象的运行状态来了解生产过程。一个被控对象能够被测量(即通过可行的方法进行测量,并通过测量数据准确、及时地判断出被控对象的状态)的难易程度,称为该被控对象的可测性。

表征生产过程状态的量有很多种,如温度、湿度、压力、流量、液位、密度、质量、体积、电流、电压、功率、速度、位置、亮度、接通/截断的状态、开关的分/合状态、零件所在工序的表示及物体有/无的表示,等等,所有这些量都被称为过程量,但这些过程量的性质有很大的不同。一般来说,过程量可分为模拟量和开关量两大类。

1. 模拟量

模拟量是表达物理过程或物理设备量值的一种连续变化的量,其数值随时间变化而变化,表现为一个时间的函数。模拟量最大的特点是连续性,即在其随时间变化的曲线上的任意一点均可求导。这个特点的物理意义是:这类物理量的变化是一个渐变的过程,无论该物理量的变化有多快,都会有一个过渡过程,其取值可有无穷多个。后面将要讲到的模拟量采样率就是根据这个特点确定的。在上面所提到的温度、湿度、压力、流量、液体、密度、质量、体积、电流、电压、功率、速度、位置及亮度等量都被归类于模拟量。

模拟量还可细分为两种:瞬时量和累积量:瞬时量(或瞬时值)是指该物理量在测量的时刻所具有的值,这个时刻一旦过去,该物理量的值就会改变。温度、压力等物理量都是瞬时量。而累积量则表明该物理量随时间的增长而不断增长的积累,是某瞬时量对时间的积分。如液体的体积,是流量和时间的乘积(在流量恒定条件下);电能(在工程上称之为电度)是电功率与时间的乘积(在电功率恒定条件下);等等。在工程上,对瞬时量和累积量有不同的测量设备,并采用不同的测量方法和手段。

测量是控制系统感知被控对象运行状态的重要环节,一般通过敏感元件或检测元件来实现测量,如压力传感器、流量传感器、温度传感器(热电偶或热电阻)、电流传感器、电压传感器、功率传感器、在运动控制中的速度及位置传感器,等等。传感器一般使用物理或化学原理来感知各种状态,传感器的输出一般是一个可以被控制系统的核心部件——运算处理装置所处理的信号,由于传感器所测量的状态包括了各种不同的物理、化学量,而运算处理装置则要求这些量是一种标准的、规范的表现形式,如电流、电压及气压等,因此往往通过变送器予以变换。形成符合一定标准的统一信号,一般称之为测量值。

在数字式控制系统中,由于要直接用数字表达各个物理量值,为此需要进行模拟量到数字量的转换,从电流、电压等模拟信号变换成数字的测量值。

2. 开关量

开关量是一种表示物理过程或设备所处状态的量,也可直接称之为状态量。典型的开关量只有两个取值,如电力开关的分与合、截断阀门的通与断、某压力容器气体压力是处于安全压力以下还是达到或超过安全压力等。这类物理量也可有多个取值,如具有多个绕组抽头的电力变压器当前的分接头位置、一台多工位的机器当前所处的工位等。尽管可以有多个取值,但开关量取值的数量是有限的,这一点与模拟量有着本质的不同。

在控制系统中,各种开关量也需要转换成标准信号,一般用电平的高或低表达不同的状态,在数字控制系统中,则采用二进制位的 0 或 1 表达开关量的状态。对于多状态的开关量,可采用多个二进制位来表达,如用两个二进制位可表达 4 种状态,用三个二进制位可表达 8 种状态,等等。

在工程上,对于开关量的测量是通过继电器接点、行程开关等装置实现的。

3. SOE 量

SOE 是 Sequence of Event 的缩写,它是一种特殊的开关量,这种开关量仅在现场设备的状态出现变化时产生,其中不仅要表示出现场设备改变后的状态,还要记录该状态出现改变的准确时间,一般要精确到毫秒。SOE 的作用是当现场设备因某种原因(一般是出现某种故障时)产生了一系列状态变化,如联锁保护装置的动作,在事后分析故障原因时要找出动作的顺序,以确定引起故障的第一原因是什么,其后联锁动作过程又是怎样的。这对故障分析是一种非常有用的数据。

4. 脉冲量

脉冲量实际上是一种用特殊方法进行测量的模拟量,一般用来表示某个量的累积值。能够发出脉冲量的测量装置通过对被测物理量进行时间上的累计,在到达一个计量单位时便发出一个脉冲,通过计数器对脉冲的数量进行累加,以得到该物理量的累计值。

1.3.4 控制方法和运算处理装置

控制系统是根据不同被控对象的特点实施控制的,对于连续过程,一般使用模拟调节仪表和 DCS 实施控制;对于离散过程,一般使用继电器和 PLC 实施控制;而对于批量过程或混合过程,则采用各种控制设备相结合以实施控制。

1. 对连续过程的控制

对于连续过程的控制一般称之为过程控制(Process Control)或流程控制,它是一种连续调节性质的控制。调节是控制的一种,它特指通过反馈的方法对连续变化的对象进行连续的控制,如通过调节燃气阀门的大小以控制燃烧火焰的大小,从而达到控制加热器温度,使其保持在预定温度范围内的目的。在这里温度是一个连续变化的量,对温度的调节也是连续进行的。调节的过程并没有明显的起点和终点,它所关心的是受控对象对目标值的允许偏差及进行测量和控制的周期,这两个参数是连续过程调节的两个最基本的要素。除了这两大要素外,连续过程调节最重要的要素是调节控制算法,如经典的 PID 调节、现代的模糊控制等。所有这些要素都极大地影响着调节的效果和质量。

根据调节控制算法进行计算,是控制系统最核心的功能,计算功能由控制器、调节器或运算器完成。一般将控制器、调节器或运算器统称为运算处理单元,这样的单元有两种输入,一种输入是测量值,即传感器/变送器给出的表达被控对象运行状态的量;另一种是

根据生产过程的要求所设定的控制目标,即设定值。运算处理装置的任务有两个,一是在设定值根据生产过程的要求发生改变时,采用一定的控制算法计算出需要进行何种操作或调节,并对被控对象的可操作、可调节部分实施输出,以使被控对象尽快达到控制目标;另一个是在出现干扰时,被控对象的运行状态偏离了预定的目标(即设定值),这时计算单元要通过测量得到偏离的程度,并采用一定的控制算法计算出操作步骤或调节量,并实施输出,以使被控对象的运行状态尽快回到预定的目标值。运算处理装置的输出量是对被控对象所实施的操作和调节,在这时,操作一般指通过某种方法改变被控对象的运行方式,如开通或关闭某个管道的阀门,闭合或分离电路的开关等;而调节则是通过某种方法改变被控对象的运行参数,如通过控制调节阀改变管路中流体的流量,通过调节加热器改变温度等。所有这些输出不论操作还是调节均被称为控制指令。

在一些生产过程中,除广泛使用反馈控制方法外,还经常使用前馈控制方法。前馈控制根据生产设备的运行参数计算控制量,并依据控制量对现场实施控制。在设定值发生改变或通过预估算法预测到被控对象与设定值的偏差时,常使用前馈控制。前馈控制的优点是可以使系统快速进入所需的运行状态,但由于前馈控制不检验控制执行的效果并进一步采取调整手段,因此控制的精确性较差。在实际控制系统中,常采用前馈控制结合反馈控制的综合方法,这样可以取得很好的控制效果。

2. 对离散过程的控制

对于离散过程的控制以状态控制为主,一般称之为程序控制或逻辑控制。这是一种对非连续对象、非连续过程的控制。

对非连续对象进行控制,实际上就是按照一定的方式改变被控制对象的状态或位量,如某个电力开关的合闸或分闸。而非连续过程则由一组非连续对象按照工序的要求组合在一起,以完成一个比较复杂的动作或任务,这样的过程有很明显的起点和终点,控制过程和动作过程是完全对应的。对非连续过程的控制是一种顺序控制或程序控制,是根据各个被控对象的动作时间、动作顺序利用逻辑关系进行的控制。上面所讲的动作时间、动作顺序和逻辑关系是对非连续过程实行控制的要素。

3. 连续控制和离散控制的比较

根据被控对象,将控制分为对连续过程的控制和对离散过程的控制两种,对这两种控制的比较见表 1-1 所列。

表 1-1 连续控制和离散控制的比较

控制方式 相关要素	连续控制	离散控制
运行方式	周期性的重复控制循环	从开始到结束的一系列控制步骤
控制目标	预期的允许偏差范围	预期的状态和位置
控制算法	PID 等数学方程	逻辑公式
时间特性	与过程适应的控制周期	分步骤地执行和间隔时间
控制质量	目标参数的控制精度	逻辑关系的正确性
稳定性要求	干扰工况下尽量小的偏差	干扰工况下无错误动作

4. 对批量过程或混合过程的控制

在实际的生产过程中,更多遇到的是连续控制(或调节)和非连续控制的混合型控

制,即对各种不同工况的过程控制。由于生产的复杂性,同样的生产装置也会有不同的生产工况或生产阶段,生产工况的切换是根据操作人员的指令或某种状态进行的,平稳工况的控制则是一种连续控制。有时前级工序是连续过程,而后级工序则是离散过程。

批次控制结合了过程控制和程序控制这两种控制类型,适用于在同一条生产线上通过装置连接、组合的改变,工艺流程的改变和工艺参数的调整,生产不同品种产品的生产控制。其工作过程为:首先通过程序控制确定生产流程和工艺参数,然后转入过程控制;当一个完整的过程完成后,再次转入程序控制,形成下一个批次的生产流程和工艺参数,如此反复。实际上,批次控制是一种混合控制,是将过程控制和程序控制结合在一起的控制系统。

1.3.5 控制的执行方法和执行装置

由计算机输出的控制指令,需要通过各种不同的执行机构作用于被控对象的可操作部分和可调节部分。这些执行机构称为执行装置或执行单元,如气动阀、电磁阀、控制电机及继电器等。执行装置将运算处理装置输出的控制指令转换为被控对象可接受的动作,以改变被控对象的运行状态。

运算处理装置的输出也可分为模拟量和开关量两大类,模拟量输出用于对被控对象进行连续调节,如调整阀门的开度(百分比)以控制流量,调整燃烧过程以控制温度等;开关量控制则用于改变被控对象的状态或工况,如在生产线上通过改变产品的走向以区分合格品与不合格品,通过电力开关的分/合以改变电网的接线方式等。

另一类控制方式称为乒乓控制,即采用开关量作为运算处理装置的输出量,通过控制开关量处于不同状态的时间比例,达到控制模拟量的目的。如一个电加热炉,可通过改变接通电源时间和关断电源时间的比例来控制加热温度,接通电源的时间长,温度提高;缩短接通电源的时间,温度降低。乒乓控制所用的输出是一种被称为脉宽调制输出的控制信号,它表现为一个宽度可调的脉冲串,通过调节脉冲的宽度,使输出处于“1”状态和“0”状态的时间比例发生变化,以达到控制调节的目的。

1.3.6 控制系统各要素的关系

以上介绍了与控制系统有关的几个关键要素,图 1-3 可简明扼要地表达这些要素及控制系统各组成部分之间的关系。

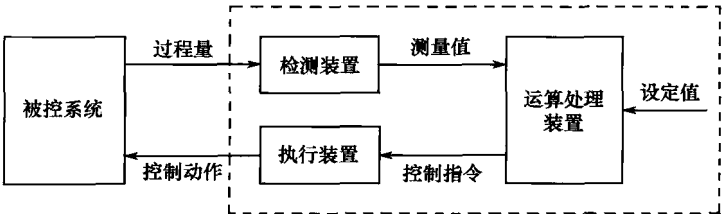


图 1-3 控制系统各要素之间的关系

对于连续控制系统和离散控制系统来说,图 1-3 所表示的控制系统各要素关系并不完全一样,如离散控制系统就没有一设定值,只有预定的步骤或程序。而且两种控制系

统所使用的装置也是不同的,连续控制系统的检测装置和执行装置以模拟量为主,而离散控制的检测装置和执行装置则以开关量为主。

1.3.7 控制系统的人机界面

在以上的讨论中,只涉及了由具体装置或设备构成的控制系统,而没有涉及生产过程本身以及对生产过程的控制起主导作用的主体——人的作用。在上面的讨论中多次讲到设定值,控制系统由设定值来规定控制目标,那么,设定值从何而来?它是如何得到的?又是如何作用于控制系统的?还有,在前面的讨论中讲到运算处理装置根据检测值与设定值之间的偏差,按照一定的控制算法计算出需要操作和调节的量,通过执行装置对被控对象实施控制。那么,运算处理装置所执行的控制算法是从哪里来的?它是如何得出的?又是如何被运算处理装置执行的?显然,不论是设定值还是控制算法,都离不开人的作用。控制系统自己不会确定设定值,因为它并不知道人希望生产过程按什么样的方式进行,控制系统也不了解生产过程的特性,只有人根据生产设备的特性从其对生产过程的影响,推导出如何对这些生产设备进行控制的数学模型,然后控制系统才能够按照这些数学模型进行计算,得到相应的控制值。

除此之外,还有一个重要的问题,即在此前所讲述的,都假设被控对象的运行是有规律可循的,是可以用数学模型表达的,因此,控制系统所依据的设定值和控制算法都是预先确定好的,并使用不同的方法固定在控制系统中,在实际运行中,控制系统将按照这些预定的算法执行。但是,实际的生产过程有相当多的部分是没有(至少现在没有)规律可循的,也无法用数学模型表示,另外,生产过程不可避免地会出现一些异常情况,这些异常情况是无法预知的。必须在运行过程中实时地做出决策,这些都离不开人的作用。

有关数学模型的问题已超出本书讨论的范围。因此在这里不做详述。但作为一个整体,人必须是控制系统的一个最重要的组成部分,这是毋庸置疑的,从数学模型的推导、建立并预先设置在运算处理装置中,以便在线运行时实现控制功能,到直接参与控制系统的在线运行,对运算处理装置不能够自动进行处理的控制问题,实施操作与调节或为运算处理装置给出设定值,都需要人的参与。而为了便于人了解被控对象的运行状态并进行人工的操作与调节,控制系统还必须提供人机界面。在任何一个控制系统中,人机界面都是必不可少的重要组成部分。一个完整的控制系统所有的组成部分如图1-4所示。

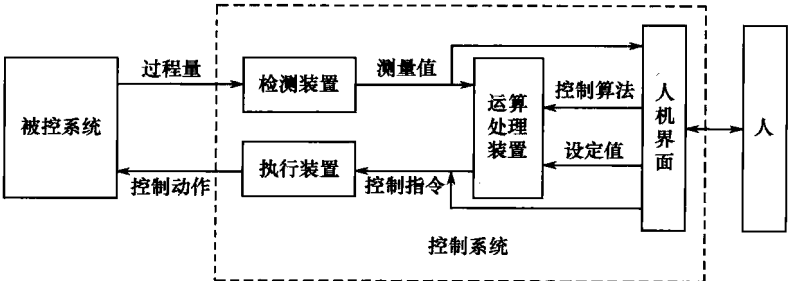


图 1-4 完整的控制系统组成部分