

周小林 主编

# 过程控制系统及仪表

*GUOCHENG  
KONGZHI  
XITONG  
JI YIBIAO*

大连理工大学出版社

TH86  
Z-883

# 过程控制系统及仪表

周小林 主编 张志君 副主编

编著者(按姓氏笔画排序)

孙凤桥 孙旭东 李亚芬 李殊骁

张志君 林 敏 周小林 赵永瑞

曹晓英 裴子英

大连理工大学出版社

## 内容简介

本书是作者在大连理工大学等高校多年从事生产过程自动化教学的基础上总结而成。主要面向工艺类工程技术人员介绍过程自动化领域的系统知识。

全书包括过程控制基本概念、对象特性分析、过程测量仪表、过程控制仪表、执行器、简单控制系统、复杂控制系统、直接数字控制系统和集散控制系统等9章。附录中还收集了各种典型操作单元和控制方案。在选材上既包含有过程控制中最基本、最实用的内容,又力争反映过程自动化领域的新技术和新成果。

本书可作为化工、炼油、轻工、纺织等工艺类专业的本科生、函大、夜大的教材,也可作为相关自动化专业的学习参考书,同时还可供石油化工等行业中的广大工程技术人员参考。

图书策划:刘杰

### 图书在版编目(CIP)数据

过程控制系统及仪表/周小林主编. —大连:大连理工大学出版社,1999.2

ISBN 7-5611-1501-6

I. 过… II. 周… III. ①过程控制②过程控制-自动化仪表 IV. TH86

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第40076号

大连理工大学出版社出版发行  
(大连市凌水河 邮政编码:116024)  
大连业发印刷厂印刷

开本:787×1092毫米 1/16 字数:450千字 印张:19.5

印数:1—3000册

1999年2月第1版

1999年2月第1次印刷

责任编辑:王君仁

责任校对:方延明

封面设计:孙宝福

定价:19.00元

# 前 言

《过程控制系统及仪表》是一本系统介绍生产过程自动化知识的教学用书。随着工艺生产和科学技术的飞速发展,生产过程自动化的水平越来越高,过程控制系统及仪表已经成为现代过程工业不可分割的重要组成部分。因此,作为工艺技术人员,全面地学习和掌握生产过程自动化方面的知识,对于强化生产工艺,优化生产操作,加强生产管理和提高生产效率都将是十分有益的。

近二十多年来,自动化技术取得了突飞猛进的发展,各种新型的自动化仪表和先进的控制系统层出不穷。摒弃那些已显陈旧的教学内容、努力反映自动化领域的新技术和新成果是本书的特色之一。

过程控制系统的理论分析和设计需要较多的数学知识,自动化仪表在设计制造方面也有许多技术问题值得探讨。但是,对于工艺技术人员来说,主要关心的问题是控制系统和仪表的基本原理及其应用特性。因此,本书尽量避免繁杂的数学推导,力求用简明扼要的文字和插图使读者对所学知识有更多的定性了解,通俗易懂,这是本书的另一个特色。

过程控制系统和仪表涉及的领域十分广阔,研究内容也极其丰富。本着理论联系实际、学以致用原则,本书在取材方面,不追求包罗万象、面面俱到,而是力争把最基本、最常用的内容都包含进来。突出重点,注重实用是本书的第三个特色。

全书共分四篇。第一篇过程控制基础知识由李亚芬、赵永瑞编写,主要介绍过程控制的基本概念,并对被控对象的特性给予分析。第二篇过程自动化仪表由张志君、孙旭东、李殊骁编写,系统地讲述组成自动化装置的各种测量和控制仪表的工作原理、特点、选型及使用方法。第三篇常规过程控制系统由孙凤桥、曹晓英、林敏编写,从系统角度出发,讨论了基本的简单控制系统和常用的复杂控制系统的组成原理及实际应用。第四篇计算机过程控制系统由周小林、裴子英编写,重点介绍了直接数字控制系统和集散控制系统的基本概念、结构特点及其应用功能。全书由周小林统稿,张志君负责附录内容的编排。

参加本书编写的作者是来自于大连理工大学、吉林化工学院、大连轻工业学院和山东矿业学院的高校教师,绝大多数人有着多年从事生产过程自动化教学的经历,这本教材凝聚了作者的心血和经验。但是由于我们初次编写这类教材,缺点和不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者

1998年12月于大连

# 目 录

## 第一篇 过程控制基础知识

第一章 绪论	1
§ 1-1 生产过程自动化概述	1
一、生产过程及其特点	1
二、生产过程对控制的要求	2
三、生产过程自动化的发展历程	3
§ 1-2 过程控制系统的组成及分类	4
一、过程控制系统的组成	4
二、过程控制系统的分类	6
§ 1-3 过程控制系统的方块图与流程图	7
一、方块图	7
二、工艺控制流程图	7
§ 1-4 过程控制系统的过渡过程和性能指标	11
一、过程控制系统的过渡过程	11
二、过程控制系统的性能指标	13
思考题与习题	15
第二章 被控对象的特性	18
§ 2-1 概述	18
一、基本概念	18
二、被控对象的阶跃响应特性	19
§ 2-2 被控对象特性的数学描述	22
一、一阶对象的机理建模及特性分析	22
二、二阶对象的机理建模及特性分析	26
三、纯滞后对象的数学模型及特性	28
§ 2-3 被控对象的实验测试建模	29
一、阶跃响应曲线的获取	30
二、一阶纯滞后对象特性参数的确定	31
三、二阶对象特性参数的确定	32

思考题与习题 .....	33
--------------	----

## 第二篇 过程自动化仪表

第三章 过程测量仪表 .....	36
§ 3-1 测量仪表中的基本概念 .....	36
一、测量过程及测量仪表 .....	36
二、测量误差 .....	37
三、测量仪表的品质指标 .....	38
四、变送器的零点迁移和量程迁移 .....	39
§ 3-2 温度测量 .....	40
一、概述 .....	40
二、热电偶温度计 .....	42
三、热电阻温度计 .....	48
四、温度测量仪表的选用 .....	50
五、温度变送器 .....	50
六、一体化温度变送器 .....	52
七、智能化温度变送器 .....	52
§ 3-3 压力测量 .....	53
一、概述 .....	53
二、弹性式压力表 .....	55
三、电容式压力变送器 .....	57
四、扩散硅压力变送器 .....	58
五、智能差压变送器 .....	59
六、压力测量仪表的选择和使用 .....	61
§ 3-4 流量测量 .....	62
一、概述 .....	62
二、差压式流量计 .....	63
三、容积式流量计 .....	69
四、浮子式流量计 .....	70
五、电磁流量计 .....	71
六、质量流量计 .....	72
§ 3-5 物位测量 .....	73
一、概述 .....	73
二、静压式液位计 .....	74
三、磁浮子式液位计 .....	76
四、电容式物位计 .....	78

五、其他物位测量仪表·····	79
§ 3-6 成分分析·····	81
一、概述·····	81
二、热导式气体分析仪·····	82
三、红外线气体分析仪·····	84
四、氧化锆氧量分析仪·····	85
五、pH 值测量仪·····	86
六、气相色谱仪·····	87
§ 3-7 显示仪表·····	90
一、概述·····	90
二、模拟式显示仪表·····	90
三、数字式显示仪表·····	92
四、智能化、数字化记录仪·····	93
思考题与习题·····	96
<b>第四章 过程控制仪表</b> ·····	<b>99</b>
§ 4-1 基本控制规律·····	99
一、位式控制·····	99
二、比例控制·····	101
三、比例积分控制·····	104
四、比例微分控制·····	106
五、比例微分积分控制·····	109
§ 4-2 DDZ-Ⅲ型控制器·····	110
一、主要功能及构成原理·····	110
二、各组成部分的工作原理·····	112
§ 4-3 可编程调节器·····	120
一、KMM 可编程调节器的构成·····	121
二、KMM 可编程调节器的主要功能·····	122
三、正面板和侧面板·····	129
§ 4-4 其它常用控制仪表·····	134
一、运算器·····	134
二、电-气转换器·····	137
思考题与习题·····	139
<b>第五章 执行器</b> ·····	<b>141</b>
§ 5-1 概述·····	141
§ 5-2 执行机构·····	142
一、气动执行机构·····	142

二、电动执行机构 .....	144
§ 5-3 调节机构 .....	145
一、常用调节机构及特点 .....	145
二、流量系数与可调比 .....	148
三、流量特性 .....	151
§ 5-4 阀门定位器 .....	155
一、阀门定位器的主要用途 .....	155
二、电-气阀门定位器 .....	156
思考题与习题 .....	156

### 第三篇 常规过程控制系统

第六章 简单控制系统 .....	158
§ 6-1 概述 .....	158
§ 6-2 被控变量的选择 .....	159
§ 6-3 操纵变量的选择 .....	162
一、对象静态特性对控制质量的影响 .....	162
二、对象动态特性对控制质量的影响 .....	163
三、选择操纵变量的原则 .....	164
§ 6-4 控制系统中的测量变送问题 .....	164
一、测量变送问题对控制质量的影响 .....	164
二、克服测量变送问题的措施 .....	166
§ 6-5 执行器的选择 .....	167
一、阀流量特性的选择 .....	168
二、执行器开、闭形式的选择 .....	168
§ 6-6 控制器的选择 .....	170
一、控制规律的选择 .....	170
二、控制器正、反作用的确定 .....	171
§ 6-7 控制系统的投运及控制器参数的整定 .....	172
一、控制系统的投运 .....	172
二、控制器参数的整定 .....	174
思考题与习题 .....	177
第七章 复杂控制系统 .....	179
§ 7-1 串级控制系统 .....	179
一、串级控制系统的结构 .....	179
二、串级控制系统的工作过程 .....	182



三、串级控制系统的特点及应用场合 .....	183
四、串级控制系统设计中的几个问题 .....	184
五、串级控制系统的投运和整定 .....	187
§ 7-2 比值控制系统 .....	189
一、概述 .....	189
二、比值控制系统的类型 .....	189
三、比值控制系统实施中的几个问题 .....	193
§ 7-3 前馈控制系统 .....	194
一、概述 .....	194
二、前馈控制系统的结构形式 .....	196
三、前馈控制系统的应用 .....	199
§ 7-4 均匀控制系统 .....	200
一、均匀控制问题的提出 .....	200
二、均匀控制的特点 .....	201
三、均匀控制系统的结构形式 .....	202
§ 7-5 分程控制系统 .....	205
一、基本概念 .....	205
二、分程控制系统的应用场合 .....	205
三、分程控制中的几个问题 .....	208
§ 7-6 选择性控制系统 .....	209
一、基本概念 .....	209
二、选择性控制系统的实例分析 .....	210
思考题与习题 .....	211

## 第四篇 计算机过程控制系统

第八章 直接数字控制系统 .....	215
§ 8-1 直接数字控制系统的组成 .....	215
§ 8-2 信号采集与量化 .....	217
一、信号采样 .....	217
二、采样信号的量化 .....	218
§ 8-3 数字滤波 .....	219
一、增量限幅滤波 .....	219
二、绝对限幅滤波 .....	219
三、算术平均滤波 .....	220
四、加权平均滤波 .....	220
五、一阶惯性滤波 .....	221

§ 8-4 标度变换 .....	221
一、线性标度变换 .....	222
二、非线性标度变换 .....	222
§ 8-5 DDC 系统中的数字 PID 算式 .....	223
一、理想 PID 控制算式 .....	224
二、PID 控制算式的改进 .....	225
思考题与习题 .....	228
<b>第九章 集散控制系统</b> .....	<b>229</b>
§ 9-1 概述 .....	229
一、集散控制系统的基本概念 .....	229
二、集散控制系统的基本构成 .....	229
三、集散控制系统的特点 .....	231
§ 9-2 控制站 .....	232
一、控制站的功能 .....	232
二、控制站的类型 .....	232
三、控制站的构成 .....	233
§ 9-3 操作站 .....	234
一、操作站的功能 .....	234
二、操作站的硬件构成 .....	235
三、操作站的显示画面 .....	237
§ 9-4 工程师站 .....	241
一、工程师站的功能 .....	241
二、组态的基本概念 .....	242
三、DCS 组态功能 .....	242
§ 9-5 集散控制系统的通信网络 .....	243
一、网络拓扑结构 .....	243
二、网络传输介质 .....	245
三、网络访问控制方式 .....	246
§ 9-6 集散控制系统构成实例 .....	247
一、CENTUM CS 系统的通信网络 .....	248
二、CENTUM CS 系统的控制站(FCS) .....	249
三、CENTUM CS 的操作站(ICS) .....	251
四、CENTUM CS 的其他功能 .....	253
思考题与习题 .....	253
<b>附录一 典型单元操作控制示例</b> .....	<b>255</b>
§ 1-1 化学反应器的控制 .....	255

一、反应器的基本控制方案 .....	256
二、反应器的新型控制方案 .....	257
§ 1-2 精馏塔的控制 .....	259
一、精馏塔的基本控制方案 .....	259
二、精馏塔的前馈、串级、比值、均匀的控制 .....	262
三、精馏塔的节能控制 .....	262
§ 1-3 泵和压缩机的控制 .....	263
一、泵的控制方案 .....	263
二、压缩机的控制方案 .....	264
三、压缩机的串、并联运行 .....	268
§ 1-4 燃烧过程的控制 .....	269
<b>附录二 分度表</b> .....	273
§ 2-1 热电偶分度表 .....	273
§ 2-2 热电阻分度表 .....	296
<b>参考文献</b> .....	299

# 第一篇 过程控制基础知识

## 第一章 绪 论

### § 1-1 生产过程自动化概述

生产过程自动化,是指石油、化工、电力、冶金、轻工等工业部门以连续性物流为主要特征的生产过程的自动控制,主要解决各种生产过程中的温度、压力、流量、液位(或物位)、以及成分(或物性)等参数的自动监测和控制问题。通过在生产设备、装置或管道上配置的自动化装置,部分或全部地替代现场工作人员的手动操作,使生产过程能在不同程度上自动地进行。这种用自动化装置来管理连续或间歇生产过程的综合性技术就称为生产过程自动化,简称为过程控制(Process Control)。

#### 一、生产过程及其特点

过程控制所面对的生产过程是多种多样的,在生产设备的类型和规模上差别较大,过程进行的方式和方法也完全不同。只有对这些生产过程的特性进行深入地了解,才能有效地对它们实施自动控制。

连续生产过程主要有以下几种形式:

##### 1. 传热过程

通过冷热物流之间的热量传递,达到控制介质温度、改变介质相态或回收热量的目的。热量的传递方式有三种:热传导、对流和热辐射。在实际的传热过程中,经常是几种方式同时发生。常见的传热设备有:各种换热器、蒸汽加热器、再沸器、冷凝冷却器、加热炉等。

##### 2. 燃烧过程

通过燃料与空气混合后燃烧为生产过程提供动力和热源。其中空气与燃料的比例是控制燃烧过程的关键因素。燃烧过程在过程工业中应用极广,比如热电厂的加热蒸汽锅炉、冶炼厂的各种冶炼炉及热处理炉、石化企业的加热炉、建材行业的干燥炉和各种窑炉等等。

##### 3. 化学过程

由两种或几种物料化成一种或多种更有价值的产品的反应过程。反应条件的选择和控制在化学反应的质量至关重要。化学过程通常是在各类化学反应器设备中进行的,某

些化学反应会在无任何外界干扰下,突然发生变化,其猛烈程度足以产生巨大的破坏力。

#### 4. 精馏过程

精馏是一种提纯或分离过程。整个过程是在多层塔板构成的精馏塔内进行的。由于塔板层数较多,塔内的精馏过程作用很慢,而对来自外部的干扰却很敏感,是一种难以自动控制的过程。

#### 5. 传质过程

不同组分的分离和结合,如液体和气体之间的解吸、汽提、去湿或润湿,不同非溶液体的萃取、液体与固体之间的结晶、蒸气或干燥等都是传质过程。其目的是获得纯的出口物料。因为该过程的最终检验指标是物料的成分,故对产品成分的测量和控制有较高要求。

上述各种生产过程虽然在工作机理上截然不同,但并不是孤立存在的。在大多数生产工艺中经常是几种过程同时发生,比如:燃烧过程伴随着传热过程,精馏过程伴随着传热和传质过程,化学过程伴随着传热过程等等。而且影响任何生产过程的参数都不止一个,不同参数的变化规律各异,对过程的影响作用也极不一致。即便对于同一个过程,在不同的操作条件或工况下,有时表现出完全不同的工作特性。有些生产过程的特性至今仍无法准确地用数学表达式来描述,只能用适当的简化方法来近似处理。这些分析说明,生产过程具有复杂性、关联性、时变性、非线性以及不确定性,在某些高温高压或有害介质存在的场合,还具有相当的危险性。生产过程的这些特点极大地促进了过程控制技术的发展,使得过程控制在自动控制领域乃至国民经济中都占有极其重要的地位。

## 二、生产过程对控制的要求

工业生产对过程控制的要求是多方面的,随着工业技术的不断进步,生产工艺对控制的要求也愈来愈高。在目前的发展阶段,最主要的要求可以归结为三个方面,即:安全性、稳定性和经济性。

(1)安全性是指在整个生产运行过程中,能够及时预测、监控和防止任何事故的发生,以确保生产设备和操作人员的安全,这是最重要也是最基本的要求。为此,必须采用自动检测、故障诊断、越限报警、联锁保护以及容错技术等措施加以保证。

(2)稳定性是指当工业生产环境发生变化或受到随机因素的干扰和影响时,生产过程仍能不间断地平稳运行,并保持稳定的产品质量。生产过程中采用的各类控制系统主要就是针对各种干扰而设计的,它们对生产过程的平稳运行起到了关键性的作用。

(3)经济性是指在保证生产安全和产品质量的前提下,以最小的投资、最少的能耗和最低的成本,使生产装置在高效率运行中获取最大的经济收益。这是随着市场竞争的日益加剧,对过程控制提出的一项高标准要求,正在受到过去从未有过的重视。

目前,生产过程全局最优化的问题已经成为亟待解决的迫切任务,大系统的协调控制、最优控制以及决策管理系统正在研究之中,并逐渐走向成熟。

过程控制的任务就是在了解、掌握工艺流程和生产过程的各种特性的基础上,根据工艺生产提出的要求,应用控制理论对控制系统进行分析、设计和综合,并采用相应的自动化装置和适宜的控制手段加以实现,最终达到优质、高产、低耗的控制目标。

生产过程自动化,对于保证生产的安全和稳定、降低生产成本和能耗、提高产品的产

量和质量、改善劳动生产条件、提高生产设备的使用率、促进文明生产和科技进步、增加企业的经济效益和市场竞争能力都具有十分重要的意义,是科学与技术进步的显著特征。当前,自动化装置已成为大型生产设备不可分割的重要组成部分,没有自动控制系统,大型生产过程根本就无法长时间正常运行。实际上,生产过程自动化的程度已成为衡量工业企业现代化水平的一个重要标志。

### 三、生产过程自动化的发展历程

生产过程自动化的发展与生产过程本身的发展有着密切的联系,它经历了一个从简单形式到复杂形式,从局部自动化到全局自动化,从低级经验管理到高级智能决策的发展过程。回顾生产过程自动化的发展历史,大致经历了三个发展阶段。

#### 1. 初级阶段

20世纪50年代以前,工业生产的规模比较小,设备也相对简单,大多数生产过程处于手工操作状态。生产过程自动化局限于简单的检测仪表和笨重的基地式仪表,只能在局部生产环节就地实现一些简单的自动控制。控制系统设计明显凭借实际经验,过程控制的目的主要为了维持生产的平稳运行。

#### 2. 仪表化阶段

50年代和60年代,随着人们对生产过程机理认识的深化和各种单元操作技术的开发,使得工业生产朝着大型化、连续化和综合化的方向迅速发展。为了适应工业生产发展的客观需要,各种自动化仪表应运而生,先后出现了单元组合仪表和巡回检测仪表。与此同时,现代控制理论也取得了惊人的进展,控制系统的设计不再完全依赖于经验,各种较为复杂的过程控制系统相继投运成功。由单元组合仪表组成的常规控制系统已经从原来分散的个别设备向装置级的规模发展,并实现了集中监视和操作,为强化生产过程和提高设备效率起到了重要作用。尽管在那时计算机集中控制系统已经在生产过程中有了应用,但单元组合仪表无疑是这一时期生产过程自动化的主角。

#### 3. 综合自动化阶段

70年代以来,由于大规模集成电路的研制和微处理器的问世,为生产过程实现高水平的自动化创造了强有力的技术条件,不仅各种多功能组装仪表、数字仪表和智能仪表层出不穷,而且适合工业自动化要求的商品化控制计算机系列相继推出。尤其是70年代中期出现的以微处理器为核心,以集中管理和分散控制为特征的集散型计算机控制系统,给生产过程自动化的发展带来了深远的影响,使其进入到了全车间、全厂甚至整个企业全面实现自动化的新时期。这一时期的过程控制已经突破了局部控制的旧模式,实现了过程控制最优化和生产调度与经营管理自动化相结合的管理控制一体化新模式,并且正在向着有高度智能化的计算机集成生产系统的方向发展。

总之,生产过程自动化是自动控制理论、计算机科学、仪器仪表技术和生产工艺知识相结合而构成的一门综合性的技术科学。它是适应工业生产发展的需要而发展起来的,它们之间具有相互依存、相互促进的密切关系。在现代过程工业中,自动化装置与生产工艺及设备已结合成为有机的整体。因此,作为工艺技术人员,学习和掌握生产过程自动化方面的知识,对于研究和开发新的生产工艺,解决生产操作中的关键技术问题,合理确定控

制方案,保证生产优质、高产、低耗的顺利运行,促进生产企业的现代化管理等都具有十分重要的作用。

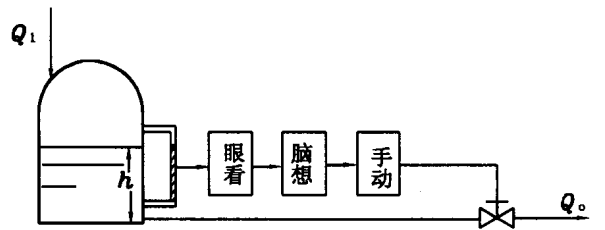
## § 1-2 过程控制系统的组成及分类

### 一、过程控制系统的组成

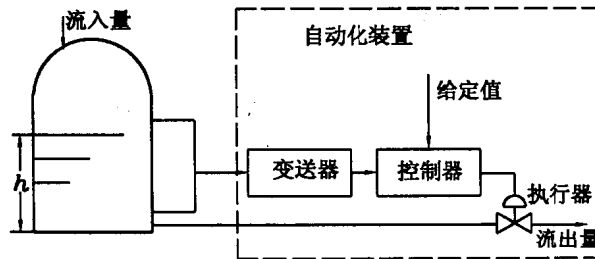
工业生产过程必然会受到各种干扰因素的影响,使得工艺参数经常偏离所希望的数值。为了实现优质高产和保证生产安全平稳地运行,必须对生产过程实施有效地控制。尽管人工操作也能控制生产,但由于受到生理上的限制,人工控制满足不了大型现代化生产的需要。在人工控制基础上发展起来的自动控制系统,可以借助于一整套自动化装置,自动地克服各种干扰因素对工艺生产过程的影响,使生产能够正常运行。我们把以温度、压力、流量、液位和成分等工艺参数作为被控变量的自动控制系统称为过程控制系统。

下面我们以液体贮槽的液位控制为例来说明过程控制系统的基本构成。

在生产中液体贮槽常被用来作为进料罐、成品罐或者中间缓冲容器。从前一个工序来的物料连续不断地流入槽中,而槽中的液体又被送至下一道工序进行处理。为了保证生产过程的物料平衡,工艺上要求将贮槽内的液位控制在一个合理的范围。由于液体的流入量受到上一工序的制约是不可控的,因此流入量的变化是影响槽内液体波动的主要因素,严重时会使槽内液体溢出或抽空。解决这一问题的最简单方法,就是根据槽内液位的变化,相应地改变液体的流出量。



(a)人工控制



(b)自动控制

图 1-1 贮槽液位控制原理图

液位在人工控制时,靠人眼观察玻璃管液位计(测量元件)的指示高度,并通过神经系统传入大脑;大脑将观察的液位高度与所期望的液位高度进行比较,判断出液位的偏离方向和程度,并经过思考估算出需要改变的流出量,然后发出动作命令;手根据大脑的指示,改变出口阀门的开度,相应地增减流出量,使液位保持在合理的范围内,如图 1-1(a)所示。

液位采用自动控制时,槽内液体的高度由液位变送器检测并将其转换成统一的标准信号后送到控制器;控制器将接收到的变送器信号与事先置入的液位期望值进行比较,并根据两者的偏差按某种规律运算,然后将结果发送给执行器(调节阀);执行器将控制器送来的指令信号转换或相应的位移信号,去驱动阀门的动作,从而改变液体流出量,以实现液位的自动控制,如图 1-1(b)所示。

上述液位的人工控制和自动控制系统的工作原理是相似的,操作者的眼睛类似于测量装置;操作者的头脑类似于控制器;而操作者的肌体则类似于执行器。

现在结合贮槽液位控制的例子,先介绍几个过程系统中常用的术语。

(1)被控对象 要实现控制的设备、机器或生产过程称为被控对象,简称对象。如本例中的液体贮槽。当需要控制的工艺参数只有一个时,则生产设备与被控对象是一致的;当需要控制的参数不止一个,而同时有几个控制系统存在时,被控对象的确定就不一定是整个生产设备,可能是与某一控制系统相对应的那一部分。

(2)被控变量 对象中需要进行控制(保持数值在某一范围内或按预定规律变化)的物理量称为被控变量。如本例中的贮槽液位。

(3)操纵变量 受到控制装置的操纵,用以使被控变量保持在设定数值的物料或能量称为操纵变量。如本例中的液体流出量。

(4)干扰(扰动) 除操纵变量外,作用于对象并使被控变量发生变化的因素称为干扰(扰动)。如本例中的液体流入量。由系统内部因素变化造成的扰动称为内扰,其它来自外部的影响统称为外扰。不论是内扰还是外扰,过程控制系统都应对其有较好的抑制作用。

(5)给定值(设定值) 按照生产工艺的要求为被控变量规定的所要达到或保持的数值称为给定值(设定值)。如在本例中,为了防止槽内液体溢出或抽空,规定贮槽液位保持在贮槽 50% 的高度比较合理。

(6)偏差 在理论上偏差应该是给定值与被控变量的实际值之差。但是我们能够直接获取的信息是被控变量的测量值而非实际值。因此,在过程控制系统中通常把被控变量的给定值与测量值之差作为偏差。

由液体贮槽的液位控制可知,实现液位的自动控制需要三类环节,即测量与变送装置、控制器、以及执行器。测量与变送装置的作用是自动检测被控变量的变化,并将其转换成统一的标准信号后传送给控制器。控制器的作用是根据偏差的大小、方向以及变化情况,按照某种预定的控制规律计算后,发出控制信号。执行器的作用是将控制信号转换成位移,并驱动阀的动作,使操纵变量发生相应的变化。如果把测量与变送装置、控制器、以及执行器统称为自动化装置,则过程控制系统是由被控对象和自动化装置两部分组成的。显然,不论被控对象是什么,作为生产过程自动化装置必须具备测量、比较、决策、执行这



些基本功能。过程控制系统的任务就是当被控对象受到干扰使被控变量(温度、压力、流量、液位、成分等)产生偏差时,能够及时检测,并通过合理地调节操纵变量使被控变量回到给定值。

## 二、过程控制系统的分类

过程控制系统的分类方法很多,每一种分类方法只反映出过程控制系统在某一方面的特点,不同的分类方法会得出不同的名称。比如,按被控变量的名称来分类,有温度控制系统、压力控制系统、流量控制系统及液位控制系统等。按被控变量的数量来分类,有单变量控制系统和多变量控制系统。按控制系统的难易程度分类,有简单控制系统和复杂控制系统。按控制系统所完成的功能分类,有反馈控制系统、串级控制系统、前馈控制系统、比值控制系统等。按控制系统处理的信号分类,有模拟控制系统与数字控制系统。按控制系统的结构分类,有开环控制系统和闭环控制系统。按控制系统的自动化装置分类,有常规仪表控制系统和计算机控制系统等等。当我们分析自动控制系统的特性时,最经常遇到的是将控制系统按照被控变量的给定值的不同情况来分类,这样可将自动控制系统分成以下三类:

### 1. 定值控制系统

定值控制系统是一种被控变量的给定值始终固定不变的控制系統。它的主要作用是克服来自系统内部或外部的随机干扰,使被控变量长期保持在一个期望值附近。图 1-1 所讨论的贮槽液位控制就是一个定值控制系统,它可以使贮槽液位保持在一个合理的小范围内波动。在工业生产过程中,大多数工艺参数(温度、压力、流量、液位、成分等)都要求保持恒定。因此,定值控制系统是工业生产过程中应用最多的一种控制系统。我们后面将要介绍的各种过程控制系统,如果没有特别说明,都属于定值控制系统。

### 2. 随动控制系统

随动控制系统是一种被控变量的给定值随时间不断变化的控制系统。而且,给定值的变化不是预先规定的,是未知的時間函数。随动控制系统的目的是使被控变量快速而准确地跟着给定值变化。例如,在锅炉的燃烧控制系统中,为了保证燃料的充分燃烧,要求空气量与燃料量保持一定的比例。为此,可以采用燃料量与空气量的比值控制系统,使空气量跟随燃料量而变化。由于燃料量的负荷是随机变化的,相当于空气量的给定值也是随机变化的,所以是一个随机控制系统。

### 3. 程序控制系统(又称顺序控制系统)

程序控制系统是被控变量的给定值按预定的时间程序来变化的控制系统。这类控制系统多用在工业炉、干燥设备和周期性工作的加热设备中。例如,合成纤维锦纶生产中的熟化缸的温度控制和冶金工业中金属热处理的温度控制,其给定值是按预定的升温、恒温和降温等程序而变化的,它们都属于程序控制系统。