



高等学校教材

化工仪表 及自动化

(化学工程与工艺专业适用)

第三版

厉玉鸣 主编

化学工程与工艺专业适用

Q056
3:3

化学工业出版社

化学工业出版社



高等学校教材

化工仪表及自动化

(化学工程与工艺专业适用)

第三版

厉玉鸣 主编

化学工业出版社

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

化工仪表及自动化/厉玉鸣主编. —北京: 化学工业出版社, 1999
高等学校教材 (化学工程与工艺专业适用) (2000.5 重印)
ISBN 7-5025-2496-7

I. 化… II. 厉… III. ①化工仪表-高等学校-教材②化工过程-
自动化-高等学校-教材 IV. TQ056

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 25183 号

高等学校教材

化工仪表及自动化

(化学工程与工艺专业适用)

第 三 版

厉玉鸣 主编

责任编辑: 唐旭华

责任校对: 马燕珠

封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

Http://www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 18¼ 字数 424 千字

1999 年 11 月第 3 版 2000 年 5 月北京第 2 次印刷

印 数: 10101—20200

ISBN 7-5025-2496-7/G·663

定 价: 21.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本书自 1981 年出版以来,经全国许多高等学校试用,基本上满足了化工高等院校及其他一些类型(例如食品、轻工、林业、冶金、煤矿、师范……)高校工艺类专业的教学需要。到 1991 年,作者根据该书第一版多年使用中发现问题,并考虑到化工仪表及自动化生产水平的提高,对原书的内容作了较大的改动,逐渐形成以自动化为主线的整体编写思想,出版了该书的第二版。自第二版出版以来,经过多次印刷,被许多学校和单位选用,受到广大师生和读者的欢迎和支持,并提出了许多宝贵的意见,在此向广大师生和读者表示衷心的感谢。

近年来,由于过程自动化与仪表行业的飞速发展,原书中的部分内容已显得比较陈旧,现根据使用院校的意见及当前的实际需要,决定将该书改写再版。这次改写的指导思想是使该书的内容能面向 21 世纪,结合信息时代的特点,注重课程内容的更新和整体的优化。这次修订删除了第二版中某些在当前已显得陈旧的内容(例气动仪表及某些老型号的仪表),改写了某些显得繁琐或工艺技术人员较少接触的内容(例某些仪表结构及电路图 etc),增加了大量反映当前自动化水平的新内容,特别对计算机在过程控制中的应用及各种新型控制系统作了比较简明的、深入浅出的介绍。本书试图以较少的数学推导和较简明的叙述,将化工仪表及自动化的基本内容以及许多新概念、新系统、新方法、新工具一并展现于读者面前,以满足能够培养面向 21 世纪工程技术人员的需要。

本书各章后面给出了习题与思考题,供广大师生与读者参考。为了帮助广大师生与读者学习,最近,我们与北京服装学院、北京林业大学、河北科技大学、河北理工学院等院校联合编写出版了《化工仪表及自动化例题习题集》。该书收集了大量的例题与习题,给出了例题题解与习题答案,并对各章的要求、主要内容作了详细的介绍,对于广大师生及读者学习化工仪表及自动化课程定会有很大的帮助。欢迎各院校及广大读者使用并提出宝贵意见。

本书第三版由北京化工大学厉玉鸣教授主编,并编写其中第七、第八、十一章及第五、六章的部分内容。参加编写的有北京化工大学潘立登教授(第十章)、马俊英副教授(第三章的第五节、第四、九章)、黄玉洁老师(第一、二章)、北京服装学院李慧老师(第五章)、陈亚男老师(第六章)、北京林业大学张谦副教授(第三章的第一、二、三、四节)。

全书由华东理工大学章先楼教授主审。他对全书作了详细的审阅和修改,在此深表感谢。

参加过本书第一版、第二版编写工作的还有华南理工大学吴嘉麟、南京化工大学何叔畬、钱玲等老师,对他们为本书付出的辛勤劳动深表敬意。在这次改编过程中,得到许多同志的帮助,这里谨向这些同志及对本书提出过宝贵意见的广大师生和读者表示感谢,并恳切希望大家继续对本书第三版提出宝贵意见。

本书第三版的编写得到了“北京化工大学化新教材建设基金”的资助。

厉玉鸣

1998.10

内 容 提 要

本书是高等学校教材《化工仪表及自动化》的第三版。

本书主要介绍工业生产过程中自动控制系统方面的基本知识，并分别介绍了构成自动控制系统的各个基本环节（包括被控对象、测量元件及变送器、显示仪表、自动控制仪表、执行器等）。在简单、复杂控制系统的基础上，还介绍了新型控制系统与计算机控制系统，最后结合化工生产过程介绍了典型化工单元操作的控制方案。

本书除可作为高等学校化学工程与工艺专业的教材外，也可作为炼油、轻工、林业、冶金、师范等院校相关专业的教材，还可供从事连续生产过程的工艺工程技术人员参考。

目 录

绪论	1
第一章 自动控制系统基本概念	3
第一节 化工自动化的主要内容	3
第二节 自动控制系统的组成	4
第三节 工艺管道及控制流程图	5
一、图形符号	6
二、字母代号	7
三、仪表位号	8
第四节 自动控制系统方块图	8
第五节 自动控制系统的分类	10
第六节 自动控制系统的过渡过程和品质指标	11
一、控制系统的静态与动态	11
二、控制系统的过渡过程	12
三、控制系统的品质指标	13
四、影响控制系统过渡过程品质的主要因素	15
习题与思考题	16
第二章 被控对象的数学模型	18
第一节 化工对象的特点及其描述方法	18
第二节 对象数学模型的建立	20
一、建模目的	20
二、机理建模	20
三、实验建模	24
第三节 描述对象特性的参数	26
一、放大系数 K	27
二、时间常数 T	27
三、滞后时间 τ	30
习题与思考题	33
第三章 检测仪表与传感器	35
第一节 概述	35
一、测量过程与测量误差	35
二、仪表的性能指标	36
三、工业仪表的分类	38
第二节 压力检测及仪表	39
一、压力单位及测压仪表	40

二、弹性式压力计	41
三、电气式压力计	43
四、智能型压力变送器	47
五、压力计的选用及安装	49
第三节 流量检测及仪表	51
一、概述	51
二、差压式流量计	52
三、转子流量计	57
四、椭圆齿轮流量计	63
五、涡轮流量计	63
六、电磁流量计	64
七、漩涡流量计	65
八、质量流量计	66
第四节 物位检测及仪表	69
一、概述	69
二、差压式液位变送器	70
三、电容式物位传感器	72
四、核辐射物位计	74
五、称重式液罐计量仪	74
第五节 温度检测及仪表	75
一、温度检测方法	76
二、热电偶温度计	78
三、热电阻温度计	85
四、电动温度变送器	87
五、测温元件的安装	91
习题与思考题	92
附录一 常用压力表规格及型号	95
附录二 铂铑 ₁₀ -铂热电偶分度表	95
附录三 镍铬-铜镍热电偶分度表	100
附录四 镍铬-镍硅热电偶分度表	100
附录五 铂电阻分度表	103
附录六 铜电阻 (Cu50) 分度表	105
附录七 铜电阻 (Cu100) 分度表	105
第四章 显示仪表	106
第一节 动圈式显示仪表	106
一、XCZ-101 型动圈式显示仪表	106
二、XCZ-102 型动圈式显示仪表	108
三、几点要说明的问题	109
第二节 自动电子电位差计	109
一、手动电位差计	109

二、自动电子电位差计的工作原理	111
三、自动电子电位差计的测量桥路	111
四、自动电子电位差计的结构	113
第三节 自动电子平衡电桥	113
一、平衡电桥测温原理	113
二、电子自动平衡电桥	114
三、自动电子平衡电桥与自动电子电位差计的比较	115
第四节 DDZ-Ⅲ型显示仪表	115
一、DDZ-Ⅲ型电动记录仪	115
二、光柱显示式报警指示计	117
第五节 数字式显示仪表	117
一、数字式显示仪表的原理和组成	118
二、模-数转换	118
三、电子计数器	122
四、寄存器	123
五、显示器	123
六、非线性补偿	124
七、标度变换	124
八、数字式显示仪表举例	125
第六节 新型显示记录仪表	126
一、概述	126
二、无笔、无纸记录仪的原理和组成	126
三、记录仪的使用	127
习题与思考题	128
第五章 自动控制仪表	130
第一节 概述	130
第二节 基本控制规律及其对系统过渡过程的影响	130
一、双位控制	131
二、比例控制	132
三、积分控制	135
四、微分控制	136
第三节 模拟式控制器	137
一、基本构成原理及部件	137
二、气动控制器	138
三、DDZ-Ⅱ型电动控制器	138
四、DDZ-Ⅲ型电动控制器	142
第四节 数字式控制器	144
一、单回路数字控制器	144
二、可编程序控制器	146
习题与思考题	153

第六章 执行器	155
第一节 气动执行器	155
一、气动执行器的结构与分类	155
二、控制阀的流量特性	158
三、控制阀的选择	161
四、气动执行器的安装和维护	163
第二节 电动执行器	163
第三节 电-气转换器及电-气阀门定位器	164
一、电-气转换器	165
二、电-气阀门定位器	165
习题与思考题	165
第七章 简单控制系统	167
第一节 简单控制系统的结构与组成	167
第二节 被控变量的选择	168
第三节 操纵变量的选择	170
一、操纵变量	170
二、对象特性对选择操纵变量的影响	171
三、操纵变量的选择原则	172
第四节 测量元件特性的影响	172
一、测量元件的时间常数	172
二、测量元件的纯滞后	173
三、信号的传送滞后	174
第五节 控制器控制规律的选择	174
一、控制器控制规律的确定	174
二、控制器正、反作用的确定	176
第六节 控制器参数的工程整定	177
一、临界比例度法	178
二、衰减曲线法	178
三、经验凑试法	179
习题与思考题	181
第八章 复杂控制系统	183
第一节 串级控制系统	183
一、概述	183
二、串级控制系统的工作过程	185
三、串级控制系统的特点	187
四、串级控制系统中副回路的确定	188
五、主、副控制器控制规律及正、反作用的选择	190
六、控制器参数的工程整定	192
第二节 均匀控制系统	194
一、均匀控制的目的	194

二、均匀控制方案·····	195
第三节 比值控制系统·····	196
一、概述·····	196
二、比值控制系统的类型·····	196
第四节 前馈控制系统·····	199
一、前馈控制系统及其特点·····	199
二、前馈控制的主要形式·····	201
三、前馈控制的应用场合·····	203
第五节 选择性控制系统·····	203
一、基本概念·····	203
二、选择性控制系统的类型·····	204
三、积分饱和及其防止·····	208
第六节 分程控制系统·····	209
一、概述·····	209
二、分程控制的应用场合·····	210
三、分程控制中的几个问题·····	212
第七节 多冲量控制系统·····	213
习题与思考题·····	215
第九章 新型控制系统·····	217
第一节 自适应控制系统·····	217
一、变增益自适应控制·····	217
二、模型参考自适应控制系统·····	218
三、直接优化目标函数的自适应控制系统·····	218
四、自校正控制系统·····	218
第二节 预测控制·····	219
一、模型算法控制·····	219
二、动态矩阵控制·····	221
三、广义预测控制·····	222
四、内部模型控制·····	222
第三节 智能控制与专家系统·····	222
一、智能控制的基本概念·····	222
二、智能控制的主要类型·····	223
三、智能控制的主要内容·····	224
四、专家控制系统·····	226
第四节 模糊控制系统·····	228
一、模糊控制系统的基本结构·····	228
二、模糊控制的几种方法·····	230
第五节 神经网络控制·····	231
一、神经元模型·····	231
二、人工神经网络·····	232

三、神经网络在控制中的主要作用	234
四、神经网络控制的分类	234
第六节 故障检测与故障诊断	234
一、提高控制系统可靠性的主要方法	235
二、主要故障	235
三、故障检测和诊断的含义	235
四、故障检测和诊断的主要方法	235
习题与思考题	237
第十章 计算机控制系统	238
第一节 概述	238
第二节 直接数字控制系统	239
一、基本概念	239
二、DDC 中的 PID 算式	241
三、DDC 中的其他算法	242
第三节 集散控制系统	242
一、集散控制系统的组成	242
二、集散控制系统的特点	243
三、集散控制系统的硬件	244
四、集散控制系统的软件	249
第四节 全开放式控制软件平台	251
一、概述	251
二、ONSPEC 运行环境	252
三、ONSPEC 主体软件	253
四、接口软件	253
五、ONSPEC 网络软件	253
六、终端及客户机软件	253
七、应用软件	254
八、工具软件	254
第五节 现场总线和现场总线控制系统	254
一、现场总线特点	254
二、现场总线的基本设备	255
三、基金会现场总线 (FF)	255
习题与思考题	256
第十一章 典型化工单元的控制方案	258
第一节 流体输送设备的控制方案	258
一、离心泵的控制方案	258
二、往复泵的控制方案	259
三、压气机的控制方案	260
四、离心式压缩机的防喘振控制	261
第二节 传热设备的自动控制	264

一、两侧均无相变化的换热器控制方案·····	264
二、载热体进行冷凝的加热器自动控制·····	266
三、冷却剂进行汽化的冷却器自动控制·····	267
第三节 精馏塔的自动控制·····	268
一、工艺要求·····	269
二、精馏塔的干扰因素·····	269
三、精馏塔的控制方案·····	270
第四节 化学反应器的自动控制·····	273
一、化学反应器的控制要求·····	274
二、釜式反应器的温度自动控制·····	275
三、固定床反应器的自动控制·····	275
四、流化床反应器的自动控制·····	276
习题与思考题·····	278
参考文献·····	279

绪 论

自动化技术是当今举世瞩目的高技术之一，也是中国今后重点发展的一个高科技领域。

自动化技术的研究开发和应用水平是衡量一个国家发达程度的重要标志，也是现代化社会的一大标志。

自动化技术的进步推动了工业生产的飞速发展，在促进产业革命中起着十分重要的作用。特别是在石油、化工、冶金、轻工等部门，由于采用了自动化仪表和集中控制装置，促进了连续生产过程自动化的发展，大大地提高了劳动生产率，获得了巨大的社会效益和经济效益。

化工自动化是化工、炼油、食品、轻工等化工类型生产过程自动化的简称。在化工设备上，配备上一些自动化装置，代替操作人员的部分直接劳动，使生产在不同程度上自动地进行，这种用自动化装置来管理化工生产过程的办法，称为化工自动化。

自动化是提高社会生产力的有力工具之一。实现化工生产过程自动化的目的如下。

(1) 加快生产速度，降低生产成本，提高产品产量和质量。在人工操作的生产过程中，由于人的五官、手、脚，对外界的观察与控制其精确度和速度是有一定限度的。而且由于体力关系，人直接操纵设备功率也是有限的。如果用自动化装置代替人的操纵，则以上情况可以得到避免和改善，并且通过自动控制系统，使生产过程在最佳条件下进行，从而可以大大加快生产速度，降低能耗，实现优质高产。

(2) 减轻劳动强度，改善劳动条件。多数化工生产过程是在高温、高压或低温、低压下进行，还有的是易燃、易爆或有毒、有腐蚀性、有刺激性气味，实现了化工自动化，工人只要对自动化装置的运转进行监视，而不需要再直接从事大量而又危险的操作。

(3) 能够保证生产安全，防止事故发生或扩大，达到延长设备使用寿命，提高设备利用能力的目的。如离心式压缩机，往往由于操作不当引起喘振而损坏机体；聚合反应釜，往往因反应过程中温度过高而影响生产，假如对这些设备进行必要的自动控制，就可以防止或减少事故的发生。

(4) 生产过程自动化的实现，能根本改变劳动方式，提高工人文化技术水平，为逐步地消灭体力劳动和脑力劳动之间的差别创造条件。

从化工生产过程自动化的发展情况来看，首先是应用一些自动检测仪表来监视生产。在20世纪40年代以前，绝大多数化工生产处于手工操作状况，操作工人根据反映主要参数的仪表指示情况，用人工来改变操作条件，生产过程单凭经验进行。对于那些连续生产的化工厂，在进出物料彼此联系中装设了大的贮槽，起着克服干扰影响及稳定生产的作用，显然生产是低效率的，花在设备上的庞大投资也是浪费的。

20世纪50年代到60年代，人们对化工生产各种单元操作进行了大量的开发工作，使得化工生产过程朝着大规模、高效率、连续生产、综合利用方向迅速发展。因此，要使这类工厂生产运行正常，必须要有性能良好的自动控制系统和仪表。此时，在实际生产中应用的自动控制系统主要是温度、压力、流量和液位四大参数的简单控制，同时，串级、比值、多冲量等复杂控制系统也得到了一定程度的发展。所应用的自动化技术工具主要是基地式电动、气动仪表及单元组合式仪表。此时期由于还不能深入了解化工对象的动态特性，因此，应用半

经验、半理论的设计准则和整定公式，给自动控制系统设计和参数整定起了相当重要的作用，解决了许多实际问题。

70年代以来，化工自动化技术又有了新的发展。在自动技术工具方面，仪表的更新非常迅速，特别是计算机在自动化中发挥越来越重要的作用，这对常规仪表产生了一系列的影响，促进常规仪表不断变革，以满足生产过程中对能量利用、产品质量等各方面越来越高的要求。在自动控制系统方面，由于控制理论和控制技术的发展，给自动控制系统的发展创造了各种有利条件，各种新型控制系统相继出现，控制系统的设计与整定方法也有了新的发展。

近年来，现代自动化技术已经不只是局限于对生产过程中重要参数的自动控制了。概括地说，现代自动化技术主要具有以下一些特点：现代自动化技术已发展为综合自动化，其应用的领域和规模越来越大，控制与管理一体化的系统已提到议事日程，因此，其社会、经济效益也越来越大；自动化技术显示了知识密集化、高技术集成化的特点，它是信息技术、自动化技术、管理科学等相结合的现代高技术，在发展自动化技术的过程中，软设备所起的作用日益被重视；自动化过程中的智能化程度日益增加，各种智能仪表不断出现，控制的精度越来越高，控制的方式日益多样化，自动化技术已经不仅仅是减轻和代替了人们的体力劳动，而且也在很大程度上代替了人们的脑力劳动。

由于现代自动化技术的发展，在化工行业，生产工艺、设备、控制与管理已逐渐成为一个有机的整体，因此，一方面，从事化工过程控制的技术人员必须深入了解和熟悉生产工艺与设备；另一方面，化工工艺技术人员必须具有相应的自动控制的知识。现在，越来越多的工艺技术人员认识到：学习自动化及仪表方面的知识，对于管理与开发现代化化工生产过程是十分重要的。为此，化工工艺类专业设置了本门课程。通过本课程的学习，应能了解化工自动化的基本知识，理解自动控制系统的组成、基本原理及各环节的作用；能根据工艺要求，与自控设计人员共同讨论和提出合理的自动控制方案；能在工艺设计或技术改造中，与自控设计人员密切合作，综合考虑工艺与控制两个方面，并为自控设计人员提供正确的工艺条件与数据；能了解化工对象的基本特性及其对控制过程的影响；能了解基本控制规律及其控制器参数与被控过程的控制质量之间的关系；能了解主要工艺参数（温度、压力、流量及物位）的基本测量方法和仪表的工作原理及其特点；在生产控制、管理和调度中，能正确地选用和使用常见的测量仪表和控制装置，使它们充分发挥作用；能在生产开停车过程中，初步掌握自动控制系统的投运及控制器的参数整定；能在自动控制系统运行过程中，发现和分析出现的一些问题和现象，以便提出正确的解决办法；能在处理各类技术问题，应用一些控制论、系统论、信息论的观点来分析思考，寻求考虑整体条件、考虑事物间相互关联的综合解决方法。

化工生产过程自动化是一门综合性的技术学科。它应用自动控制学科、仪器仪表学科及计算机学科的理论与技术服务于化学工程学科。然而，化学工程本身又是一门覆盖面很广的学科，化工过程有其自身的规律，而化学工艺更是类型纷繁。对于熟悉化学工程学科的人员，如能再学习和掌握一些检测技术和控制系统方面的知识，必能在推进我国的化工自动化事业中，起到事半功倍的作用。

第一章 自动控制系统基本概念

第一节 化工自动化的主要内容

为了实现化工生产过程自动化，一般要包括自动检测、自动保护、自动操纵和自动控制等方面的内容，现分别予以介绍。

1. 自动检测系统

利用各种检测仪表对主要工艺参数进行测量、指示或记录的，称为自动检测系统。它代替了操作人员对工艺参数的不断观察与记录，因此起到人的眼睛的作用。

图 1-1 的热交换器是利用蒸汽来加热冷液的，冷液经加热后的温度是否达到要求，可用测温元件配上平衡电桥来进行测量、指示和记录；冷液的流量可以用孔板流量计进行检测；蒸汽压力可用压力表来指示，这些就是自动检测系统。

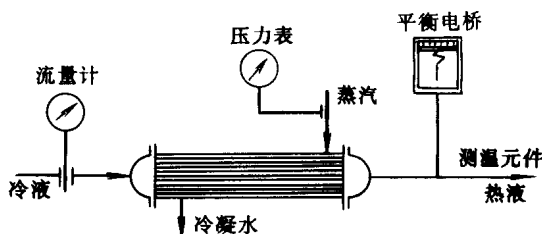


图 1-1 热交换器自动检测系统示意图

2. 自动信号和联锁保护系统

生产过程中，有时由于一些偶然因素的影响，导致工艺参数超出允许的变化范围而出现不正常情况时，就有引起事故的可能。为此，常对某些关键性参数设有自动信号联锁装置。当工艺参数超过了允许范围，在事故即将发生以前，信号系统就自动地发出声光信号，告诫操作人员注意，并及时采取措施。如工况已到达危险状态时，联锁系统立即自动采取紧急措施，打开安全阀或切断某些通路，必要时紧急停车，以防止事故的发生和扩大。它是生产过程中的一种安全装置。例如某反应器的反应温度超过了允许极限值，自动信号系统就会发出声光信号，报警给工艺操作人员以及时处理生产事故。由于生产过程的强化，往往靠操作人员处理事故已成为不可能，因为在一个强化的生产过程中，事故常常会在几秒钟内发生，由操作人员直接处理是根本来不及的。自动联锁保护系统可以圆满地解决这类问题，如当反应器的温度或压力进入危险限时，联锁系统可立即采取应急措施，加大冷却剂量或关闭进料阀门，减缓或停止反应，从而可避免引起爆炸等生产事故。

3. 自动操纵及自动开停车系统

自动操纵系统可以根据预先规定的步骤自动地对生产设备进行某种周期性操作。例如合成氨造气车间的煤气发生炉，要求按照吹风、上吹、下吹制气、吹净等步骤周期性地接通空气和水蒸气，利用自动操纵机可以代替人工自动地按照一定的时间程序扳动空气和水蒸气的阀门，使它们交替地接通煤气发生炉，从而极大地减轻了操作工人的重复性体力劳动。

自动开停车系统可以按照预先规定好的步骤，将生产过程自动地投入运行或自动停车。

4. 自动控制系统

生产过程中各种工艺条件不可能是一成不变的。特别是化工生产，大多数是连续性生产，各设备相互关联着，当其中某一设备的工艺条件发生变化时，都可能引起其他设备中某些参

数或多或少地波动，偏离了正常的工艺条件，为此，就需要用一些自动控制装置，对生产中某些关键性参数进行自动控制，使它们在受到外界干扰（扰动）的影响而偏离正常状态时，能自动地控制而回到规定的数值范围内，为此目的而设置的系统就是自动控制系统。

由以上所述可以看出，自动检测系统只能完成“了解”生产过程进行情况的任务；信号联锁保护系统只能在工艺条件进入某种极限状态时，采取安全措施，以避免生产事故的发生；自动操纵系统只能按照预先规定好的步骤进行某种周期性操纵；只有自动控制系统才能自动地排除各种干扰因素对工艺参数的影响，使它们始终保持在预先规定的数值上，保证生产维持在正常或最佳的工艺操作状态。因此，自动控制系统是自动化生产中的核心部分，也是本课程了解和学习的重点。

第二节 自动控制系统的组成

自动控制系统是在人工控制的基础上产生和发展起来的。所以，在开始介绍自动控制的时候，先分析人工操作，并与自动控制加以比较，对分析和了解自动控制系统是有裨益的。

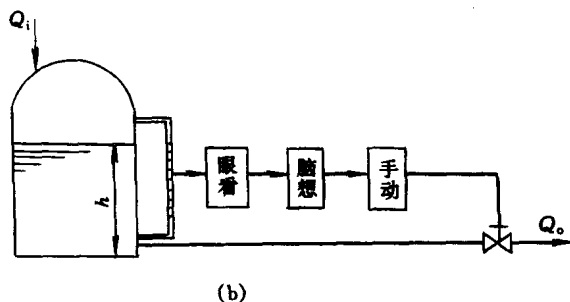
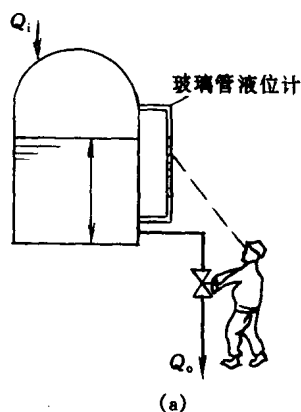


图 1-2 液位人工控制

图 1-2 所示是一个液体贮槽，在生产中常用来作为一般的中间容器或成品罐。从前一个工序来的物料连续不断地流入槽中，而槽中的液体又送至下一工序进行加工或包装。当流入量 Q_i （或流出量 Q_o ）波动时会引起槽内液位的波动，严重时会造成溢出或抽空。解决这个问题的最简单办法，是以贮槽液位为操作指标，以改变出口阀门开度为控制手段，如图 1-2 (a) 所示。当液位上升时，将出口阀门开大，液位上升越多，阀门开得越大；反之，当液位下降时，则关小出口阀门，液位下降越多，阀门关得越小。为了使液位上升和下降都有足够的余地，选择玻璃管液位计指示值中间的某一点为正常工作时的液位高度，通过改变出口阀门开度而使液位保持在这一高度上，这样就不会出现贮槽中液位过高而溢至槽外，或使贮槽内液体抽空而发生危险的现象。归纳起来，操作人员所进行的工作有三方面 [如图 1-2 (b) 所示]。

(1) 检测 用眼睛观察玻璃管液位计（测量元件）中液位的高低，并通过神经系统告诉大脑。

(2) 运算（思考）、命令 大脑根据眼睛看到的液位高度，加以思考并与要求的液位值进行比较，得出偏差的大小和正负，然后根据操作经验，经思考、决策后发出命令。

(3) 执行 根据大脑发出的命令，通过手去改变阀门开度，以改变出口流量 Q_o ，从而使液位保持在所需高度上。

眼、脑、手三个器官，分别担负了检测、运算和执行三个作用，来完成测量、求偏差、操纵阀门以纠正偏差的全过程。由于人工控制受到人的生理上的限制，因此在控制速度和精度

上都满足不了大型现代化生产的需要。为了提高控制精度和减轻劳动强度，可用一套自动化装置来代替上述人工操作，这样就由人工控制变为自动控制了。液体贮槽和自动化装置一起构成了一个自动控制系统，如图 1-3 所示。

为了完成人的眼、脑、手三个器官的任务，自动化装置一般至少也应包括三个部分，分别用来模拟人的眼、脑和手的功能。如图 1-3 所示，自动化装置的两个部分分别是：

(1) 测量元件与变送器 它的功能是测量液位并将液位的高低转化为一种特定的、统一的输出信号（如气压信号或电压、电流信号等）；

(2) 自动控制器 它接受变送器送来的信号，与工艺需要保持的液位高度相比较得出偏差，并按某种运算规律算出结果，然后将此结果用特定信号（气压或电流）发送出去；

(3) 执行器 通常指控制阀，它与普通阀门的功能一样，只不过它能自动地根据控制器送来的信号值来改变阀门的开启度。

显然，这套自动化装置具有人工控制中操作人员的眼、脑、手的部分功能，因此，它能完成自动控制贮槽中液位高低的任务。

在自动控制系统的组成中，除了必须具有前述的自动化装置外，还必须具有控制装置所控制的生产设备。在自动控制系统中，将需要控制其工艺参数的生产设备或机器叫做被控对象，简称对象。图 1-3 所示的液体贮槽就是这个液位控制系统的被控对象。化工生产中的各种塔器、反应器、换热器、泵和压缩机以及各种容器、贮槽都是常见的被控对象，甚至一段输气管道也可以是一个被控对象。在复杂的生产设备中，如精馏塔、吸收塔等，在一个设备上可能有好几个控制系统。这时在确定被控对象时，就不一定是生产设备的整个装置。譬如说，一个精馏塔，往往塔顶需要控制温度、压力等，塔底又需要控制温度、塔釜液位等，有时中部还需要控制进料流量，在这种情况下，就只有塔的某一与控制有关的相应部分才是某一个控制系统的被控对象。例如，在讨论进料流量的控制系统时，被控对象指的仅是进料管道及阀门等，而不是整个精馏塔本身。

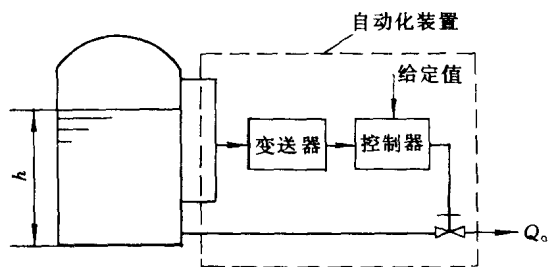


图 1-3 液位自动控制

第三节 工艺管道及控制流程图

在工艺流程确定以后，工艺人员和自控设计人员应共同研究确定控制方案。控制方案的确定包括流程中各测量点的选择、控制系统的确定及有关自动信号、联锁保护系统的设计等。在控制方案确定以后，根据工艺设计给出的流程图，按其流程顺序标注出相应的测量点、控制点、控制系统及自动信号与联锁保护系统等，便成了工艺管道及控制流程图（PID）。

图 1-4 是乙烯生产过程中脱乙烷塔的工艺管道及控制流程图。为了说明问题方便，对实际的工艺过程及控制方案都作了部分修改。从脱甲烷塔出来的釜液进入脱乙烷塔脱除乙烷。从脱乙烷塔塔顶出来的碳二馏分经塔顶冷凝器冷凝后，部分作为回流，其余则去乙炔加氢反应器进行加氢反应。从脱乙烷塔底出来的釜液部分经再沸器后返回塔底，其余则去脱丙烷塔脱除丙烷。

在绘制控制流程图时，图中所采用的图例符号要按有关的技术规定进行，可参见化工部设计标准 HGJ7—87《化工过程检测、控制系统设计符号统一规定》。下面结合图 1-4 对其中