



化工技工学校教材

自动控制系统 技术原理

西安市化工医药技工学校
乐建波 主编

化学工业出版社

化工技工学校教材

自动控制系统

技术原理

西安市化工医药技工学校

乐建波 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

自动控制系统技术原理/乐建波主编. —北京: 化学工业出版社, 1999
化工技工学校教材
ISBN 7-5025-2526-2

I. 自… II. 乐… III. 自动控制系统-技工学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 71470 号

化工技工学校教材

自动控制系统

技术原理

西安市化工医药技工学校 乐建波 主编

责任编辑: 王丽娜

责任校对: 陈 静

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

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 269 千字

2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—3000

ISBN 7-5025-2526-2/G·693

定 价: 19.00 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

(一)

化工技工学校为经济建设服务,为化学工业的发展和进步服务,近20年来各校陆续开办了化工仪表维修工种,为企业输送了对口的技术工人。化工自动化仪表更新换代的速度很快,仪表维修技术的广度和深度拓展很宽,化工仪表维修成为一个很重要的工种,原劳动部和国家教委1986年末颁发的《技工学校工作条例》,明确规定了中级技术工人的培养目标。对照化工仪表维修工种中级工的技术等级标准和《条例》中技工学校招收初中毕业生,学制三年的规定,化工技工学校完成化工仪表维修中级工的培养目标教学改革的任务十分迫切。在原化工部教育司的直接领导下,化工技校教学指导委员会电仪专业组,从1987年开始有组织、有计划地进行了广泛的调查和深入研讨,制定了以技能培训为主导的教学计划。并相应编写了成套培训教材。

化工仪表维修工种的培训教材为对应的两大系列:技能培训教材和技术原理教材。又依照仪表维修技术的内涵,各分六个部分,即《钳工、管工基础》、《电工电子技术》、《化工测量仪表》、《电动控制仪表》、《气动控制仪表》、《化工自动化系统》。技能培训教材依照实习课题的体例编写,技术原规则仍以章节的体例编写。

考虑到各化工技工学校的实习设施和相关条件不尽相同。在编写本套教材时我们力求使之有较强的适应性。如实习条件较弱的学校,可按照原化工部颁发的教学计划,技术原理教材用作技术基础课和专业课的理论教材,技能培训教材用作实习指导教材;而对实习条件较强的技工学校,就可以以操作技能培训为主线,两部教材一一对应使用,做到讲和练的有机结合,有效地提高培训质量。

这套教材涉及技能培训与技术原理的相关问题,对应部分之间的相关问题的解决比较复杂,天津化工仪电技术学校高继群、原化工部淮南动力技工学校宋家霖、天津师范大学杨健和陕西兴平高级技工学校牛连和在编写过程中发挥了主导作用。化工出版社对编写工作进行了热情指导。审稿过程中得到了天津市化工仪电技术学校,原化工部淮南动力技工学校,太原化工技校,陕西兴平高级技工学校,山东鲁南化工技校,吉林化工技校,南化公司技工学校,浙江巨化公司技工学校,上海吴泾化工厂技校,云南省化工技校,重庆化工技校,西安医药化工技校,辽宁盘锦化工技校等单位的大力支持,在此一并致谢。

本套教材的编写过程,时间跨度较大,各种不足之处在所难免,热切希望听到对这套教材的批评指导。

全国化工技校教学指导委员会电仪专业组

1998年3月

(二)

本书是以 1997 年 12 月原化学工业部颁布的全国化工技工学校教学计划及与其配套的“自动控制系统技术原理教学大纲”为依据编写的。本书从国内化工生产的现状出发,吸收了传统教材中有用的部分,又增加了许多计算机控制系统的新知识,具有较强的实用性。在编写过程中,本书一反过去的从大到小,逐层解析的叙述方法,采用从简单到复杂,从具体到一般的总结式叙述,避免过多的理论阐述,力争做到通俗易懂、循序渐进,易于学生接受。

本书共分六章。包括自动控制系统的基本概念,简单控制系统和复杂控制系统,典型化工装置的自动控制系统,程序控制系统和计算机控制系统。本书每章配有习题,可以与《自动控制系统技能培训》教材结合使用,也可单独使用。

本书由西安化工医药技工学校乐建波主编并编写第二章二、三、四、五节,第三章二、三节及第四、五、六章,浙江巨化公司技工学校付士元编写了本书的其余章节。全书由天津化工仪电技术学校张大欣主审,淮南动力技校徐皓、云南省化工技校苏靖林参审。在编写过程中,得到了全国化工技校教学指导委员会仪电专业组、出版社编辑及本校校长郭仰安的大力支持,并得到了许多同志的帮助,同时参考了大量的书籍资料,在此一并表示衷心的感谢。

由于编写者水平有限,缺点和疏漏之处在所难免,殷切希望广大读者批评指正。

编者

1999 年 2 月

内 容 提 要

本书共分六章。第一章介绍自动控制系统的基本概念。第二、三章讲述了简单和复杂控制系统的组成原理、实施方案、系统的投运及控制器参数整定等内容。第四章从生产实际出发,讲述了典型化工装置的自动控制。第五章介绍了程序控制系统。第六章简单介绍计算机控制系统的基本概念及目前应用较多的集散控制系统。

本书除可作为技工学校教材使用外,也可供化工、炼油、冶金等行业从事自动控制的有关人员参考及职工培训教材使用。

目 录

绪论	1
一、化工生产和化工过程自动控制	1
二、化工仪表和化工过程自动控制系统	1
三、化工过程自动控制的发展与现状	2
四、本课程教学内容与要求	2
第一章 自动控制系统的基本概念	4
第一节 自动控制系统的组成和分类	4
一、化工生产过程的人工操作和自动控制	4
二、自动控制系统常用名词术语	5
三、自动控制系统的基本组成	5
四、自动控制系统的分类	6
第二节 自动控制系统各组成部分和特性	7
一、环节及其特性	7
二、被控对象的特性	9
三、测量变送环节的特性	11
四、执行器的特性	12
五、控制器的特性——控制规律	12
第三节 自动控制系统的过渡过程及其质量指标	20
一、自动控制系统的静态与动态	20
二、自动控制系统的过渡过程	20
三、过渡过程的质量指标	21
思考题与习题	22
第二章 简单控制系统	23
第一节 压力控制系统	23
一、化工生产过程中的压力自动控制系统	23
二、压力自动控制系统被控对象的特性	23
三、压力控制系统控制器的控制规律	24
四、双位式压力控制系统的组成及投运	24
第二节 液位控制系统	26
一、化工生产中的液位控制系统	26
二、液位控制系统的被控对象特性及其对控制质量的影响	27
三、执行器作用方式的选择	28
四、控制器作用方式的选择	28
五、控制规律的选择	29
六、纯比例液位控制系统的组成及其投运	29

七、控制器参数的工程整定	31
第三节 流量控制系统	32
一、化工生产中的流量控制系统	32
二、流量控制系统的被控对象特性及其对控制质量的影响	33
三、执行器作用方式的选择	33
四、控制器作用方式的选择	34
五、控制规律的选择	34
六、比例积分流量控制系统的组成及设定	34
七、控制器参数的工程整定	36
第四节 温度控制系统	36
一、化工生产中的温度控制系统	36
二、温度控制系统的被控对象特性及其对控制质量的影响	38
三、执行器作用方式的选择	38
四、控制器作用方式的选择	39
五、控制规律的选择	39
六、比例积分微分控制系统的组成及其投运	39
七、控制器参数整定	41
第五节 简单控制系统小结	42
一、简单控制系统的概念	42
二、被控变量和操纵变量的选择	42
三、控制器参数的工程整定	49
四、简单控制系统的投运	53
思考题与习题	53
第三章 复杂控制系统	54
第一节 串级控制系统	54
一、串级控制系统的组成	54
二、串级控制系统的特点	57
三、串级控制系统的应用	57
四、串级控制系统的设计	59
五、串级控制系统的实施	63
六、串级控制系统的投运	65
七、串级控制系统的 PID 参数整定	67
第二节 比值控制系统	68
一、比值控制系统的概念	68
二、比值控制系统的组成及特点	69
三、比值控制方案的实施	72
四、比值控制系统的投运及参数整定	73
五、比值控制系统的应用	74
第三节 其它复杂控制系统	74
一、前馈控制系统的特点及其组成	74

二、均匀控制系统的特点及其组成	79
三、多冲量控制系统的特点及其组成	82
思考题与习题	85
第四章 典型化工装置的自动控制	86
第一节 流体输送设备的自动控制	86
一、容积泵的自动控制	86
二、离心泵的自动控制	87
三、真空泵的自动控制	90
四、压缩机的自动控制	91
第二节 加热、换热设备的自动控制	93
一、换热器、冷却器的自动控制	94
二、蒸发器的自动控制	100
三、锅炉的自动控制	105
第三节 精馏设备的自动控制	109
一、精馏塔的扰动因素及对其控制的要求	110
二、精馏塔的控制方案	111
第四节 反应设备的自动控制	114
一、化学反应器的控制要求	114
二、釜式反应器的温度控制	114
三、固定床反应器的自动控制	115
思考题与习题	117
第五章 程序控制系统	118
第一节 继电-接触电路设计图例符号	118
一、继电-接触电路图及符号	118
二、继电-接触器电路图的绘制要求	120
三、继电-接触电路读图的方法	120
第二节 自动信号报警与联锁保护电路简介	121
一、自动信号报警装置	121
二、联锁保护	121
三、信号报警电路	122
四、联锁保护电路	123
五、无触点信号报警与联锁保护系统简介	124
第三节 常规程序控制系统	124
一、常规程序控制系统的组成	124
二、常规程序控制系统举例	126
第四节 可编程序控制系统	128
一、概述	128
二、PLC 的组成及工作方式	131
三、PLC 的编程语言	134
四、F1 系统可编程控制器的功能	137

思考题与习题	140
第六章 计算机控制系统	142
第一节 计算机控制系统的一般概念	142
一、计算机控制的一般概念	142
二、计算机控制的典型方式	143
第二节 集散型控制系统的发展与特点	146
一、集散型控制系统的发展	146
二、集散型控制系统的特点	147
第三节 集散型控制系统的硬件	148
一、集散型控制系统的层次结构	148
二、现场控制站	152
三、操作站	154
四、集散型控制系统的通讯网络	155
五、可靠性技术	158
第四节 集散型控制系统的软件	160
一、系统软件	160
二、DCS 组态软件	162
第五节 集散型控制系统的应用	168
一、DCS 在氮肥厂中的应用实例	168
二、TDC-3000 在化工厂聚丙烯装置中的应用	172
思考题与习题	176
主要参考书目	177

绪 论

一、化工生产和化工过程自动控制

化工生产过程是连续的生产过程，除了在设备检修期间外，生产总是不间断地进行。在化工生产过程中，大多数的物料是以流体的形式，在由管道和设备组成的密闭系统中连续地进行着复杂的变化。既有物理变化(如空分、蒸馏、压缩、干燥等)，也有化学变化(如合成、变换、氯化、聚合等)。由于化工生产过程中的物料，大多是易燃、易爆、有毒、有刺激性、有腐蚀性的物质。因此，化工生产的工艺条件、操作规程是非常严格的，它要求在一定的温度、压力、流量、物位等条件下进行，有时甚至需在高温、高压、深冷、真空的条件下，严格按照操作规程操作才能正常地进行生产。操作稍有不符，轻则影响产品质量，重则造成安全事故。为了确保化工生产能够“安全、优质、低耗、高产”地进行，为了保护工人身体健康，改善工人劳动条件，人们在化工设备上配置了一些专用的装置，代替操作人员的部分直接劳动，对化工生产过程进行监控和管理，使化工生产不同程度地自动进行。这种用专用装置代替人的直接劳动，对化工生产过程进行监控和管理的方法称为化工过程自动控制。为了实现化工过程自动控制而配置在化工生产设备上的所有专用装置统称为化工仪表。

化工仪表是实现化工过程自动控制必不可少的技术工具，化工过程自动控制是保证“安全、低耗、优质、高产”地进行化工生产的科学手段。

二、化工仪表和化工过程自动控制系统

在《化工测量仪表》、《气动控制仪表》、《电动控制仪表》等课程中，已经学了化工生产过程自动控制中一些常用的化工仪表。按照仪表的功能划分，可以把它们分为：

①对化工生产中的一些物理量(过程变量)进行测量的测量仪表；②根据测量结果及生产工艺的要求，按照一定的控制规律发出控制信号的控制仪表；③根据控制信号进行自动操作的执行器。

用不同的化工仪表，按不同的组合形式，可以构成不同的自动控制系统，在生产过程中起着不同的作用，完成不同的任务。化工过程自动控制系统按照它所能完成的任务——即系统功能的不同，可以分为：自动检测系统、自动报警和保护系统、顺序控制系统和连续变量控制系统。

1. 自动检测系统

在化工生产过程中，人们首先希望了解生产过程的状况如何，想要知道反映生产过程状况的某些物理量的大小。通常把这些物理量称为过程变量。化工生产中常常通过温度、压力、流量、液位、物料的成分等过程变量的大小来反映生产过程状况的好坏。自动检测系统就是对各种过程变量自动地进行检测，并且把检测的结果随时指示或记录下来。例如，在对某种物料加热时，需要知道该物料被加热到什么程度了，就要设置一个温度测量系统对被加热物料的温度进行测量。

2. 自动报警及保护系统

在化工生产过程中，当某个过程变量的数值超过或低于一定的限制值时，就会影响生产的正常进行，甚至会造成种种事故。例如，用乙炔鼓风机输送乙炔气时，如果鼓风机的入口

压力低于某个量值,入口管道内就有可能被抽成负压,漏进空气而引起爆炸。这就要设置一个压力报警及自动保护系统,对鼓风机的入口压力进行测量。当入口压力低于下限值时,系统自动发出警报或自动采取切断电源,使鼓风机停止运转等保护性措施操作,避免事故发生。这种当某个过程变量的值接近危险值时,自动发出警报或自动采取保护措施,以防止事故发生的自动控制系统叫自动报警及保护系统。

3. 顺序控制系统

在化工生产过程中,往往会有一些周期循环重复的操作。这种操作单调乏味容易使人疲劳。例如,用煤造气的生产过程中,由吹风、上吹、下吹、回收这四个步骤组成一组单调的、周期重复的操作。为了摆脱这种单调的重复操作,人们设置了由自动机(顺序控制器)和执行器组成的自动控制系统去自动地完成这组操作。这种能够按照人们事先规定好的操作顺序,自动地进行单调的、周期性重复操作的自动控制系统称为顺序控制系统。

4. 连续变量控制系统

化工生产过程是连续的生产过程,各种过程变量都是连续变化的模拟量。在化工生产中,常常要求通过操作使得某些表征化工生产过程状况的、重要的过程变量,相对地稳定在生产工艺要求的数值上。例如,在精馏塔的操作中,提馏段的温度是否稳定在某个量值上,将直接影响到精馏塔工作状况的好坏和产品质量的优劣,通常设置一个自动控制系统对提馏段温度进行自动操作。这种操纵某种物料量或能量的大小,使得某个过程变量保持在生产工艺要求的设定值上的自动控制系统,叫连续变量控制系统。

三、化工过程自动控制的发展与现状

20世纪30~40年代的生产相对落后,化工生产过程处于手工操作状态。那时的化工过程自动控制技术只是选配一些简单的测量仪表和极少数简单的基地式控制仪表。50年代出现了单元组合式仪表,化工过程自动控制技术有了较大发展。实现了较大规模的集中控制——即把二次仪表集中安装在控制室的仪表盘上,对化工生产过程进行监视、操作、控制。单回路控制系统得到了广泛的应用,相继出现了串级控制系统、比值控制系统、均匀控制系统、多冲量控制系统等复杂控制系统。70年代以来,由单元组合式仪表组成的自动控制系统得到了充分的发展。前馈控制、选择控制、解耦控制等特殊控制系统相继出现。同时,随着电子计算机技术的发展,自动化技术也逐渐进入了高级阶段。特别是随着微处理机的出现和飞速发展,利用微型计算机技术对化工生产过程进行集中操作管理和分散控制的计算机控制系统——集散控制系统相继出现并得到迅速发展。集中控制系统用操作站的CRT显示器和操作面板(操作台)取代盘装显示仪表和操作器等单元仪表,使操作和管理进一步集中,并且极大地改善了人机之间的联系。控制站的内部仪表单元取代部分常规控制仪表,既保留了原来分散控制的特点,又提高了控制精度,并且可以通过计算机实现自诊断、自适应、最优化控制等高级控制。

目前,在我国的石油、化工企业中,计算机控制系统的应用越来越广泛。然而,用单元组合仪表等常规仪表组成的化工过程自动控制系统仍然是化工仪表维修工的重要服务对象。虽然各种高级系统的出现,满足了化工生产过程中许多复杂的要求。然而,单回路反馈控制系统仍然是最基本的、应用最普遍的化工过程自动控制系统。

四、本课程教学内容与要求

本课程是继《化工测量仪表》、《气动控制仪表》、《电动控制仪表》等课程教学后,并在学生初步了解了化工生产过程的基础上进行教学的。通过本课程与《自动控制系统技能培

训》的配合教学，使学生懂得化工过程自动控制的基本概念；掌握如何把单元仪表与化工生产过程结合，组成化工过程自动控制系统；掌握化工过程自动控制系统的投运及控制器 PID 参数的整定方法；能够分析化工生产过程自动控制系统的工作过程、控制质量以及影响化工过程自动控制系统控制质量的主要因素；培养学生对化工过程自动控制系统的维护能力。

第一章 自动控制系统的基本概念

第一节 自动控制系统的组成和分类

一、化工生产过程的人工操作和自动控制

化工生产过程的自动控制技术是在人工操作的基础上产生和发展起来的。自动控制系统的运行过程实质上是人工操作过程的模仿、完善和提高。由于化工生产过程中的变量都是连续变化的模拟量，化工过程自动控制系统多数是连续变量控制系统。本书所示的自动控制系统，通常就是指连续变量控制系统。

下面用一个简单的例子说明。图 1-1 是贮水罐内水位人工操作控制示意图。生产工艺要求贮水罐内水位稳定在某个设定值上。进水流量的变化、进水阀前压力或出水阀后压力的变化都会引起贮水罐内水位的变化。当进水量增加时，水位会升高并超过设定值，操作人员注视着液位计显示的水位的变化，通过大脑思考判断，进行操作，开大出水阀门，增大出水量，使水位降下来。控制出水量等于进水量，最终保持贮水罐水位稳定在工艺要求的数值上，这就是贮水罐内水位的人工操作控制过程。它可以分为下列三个组成部分。

(1) 观察 操作人员用眼睛观察贮水罐的液位计显示的水位的高低变化。

(2) 比较及判断 操作人员的大脑把观察得到的水位高度和生产工艺要求的水位高度（设定值）进行比较，并根据比较结果（偏高或偏低以及水位变化的情况）判断应该如何操作，开大阀门还是关小阀门，动作快一点还是慢一点。

(3) 操作 操作人员根据判断结果，用手操作阀门，控制出水量的大小使得水位稳定在生产工艺要求的水位设定值上。

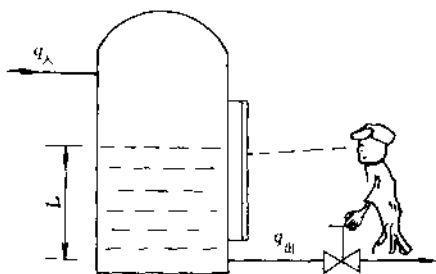


图 1-1 水位人工操作控制

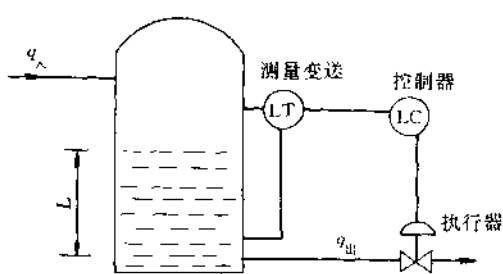


图 1-2 水位自动控制

化工生产过程是连续进行的，影响贮水罐水位变化的根本因素随时可能发生，不可预知。因此，这种人工控制是持续紧张的，尤其是在反应剧烈的场合。为了把人们从这种持续紧张的劳动中解放出来，提高生产过程的质量，设置三种不同的仪表，分别代替人的眼、脑、手、模仿人工操作控制过程，实现自动控制。贮水罐水位自动控制系统示意图如图 1-2 所示。这种自动控制过程可以与人工操作控制过程相对应地分为三个组成部分。

(1) 测量及变送 液位变送器代替液位计和人的眼睛，测量贮水罐水位的高度，并把水位高度值转换成对应的测量信号送给控制器。即把水位高度告诉给控制器。

(2) 比较及控制 控制器代替人的大脑把液位变送器送来的测量信号(测量值)与工艺要求的水位高度(设定值)进行比较,并根据比较结果按一定的控制规律向执行器发出控制信号。

(3) 执行操作 根据控制器送来的控制信号,执行器代替人手进行操作,开关阀门,操纵出水量。使贮水罐的水位稳定在生产工艺要求的设定值上。

二、自动控制系统常用名词术语

在讨论和研究自动控制问题时会经常遇到一些专用的名词术语,下面结合贮水罐水位控制的例子,对这些常用的名词和术语作一介绍。

● 被控对象 自动控制系统中被控制的工艺管道、设备或机器都称为被控对象。在贮水罐水位控制系统中,贮水罐就是被控对象。

● 被控变量 工艺要求自动控制系统通过自动操作控制,使之满足生产过程要求的某个过程变量。在贮水罐水位控制系统中的水位即是被控变量。

● 设定值 生产过程中生产工艺对被控变量的要求值称为设定值。

● 测量值 测量元件、变送器实际测得的被控变量的值称为测量值。

● 偏差 上述的设定值与测量值之间的差值称为偏差。

● 扰动作用 在生产过程中,破坏生产过程平衡状态,引起被控变量偏离设定值的各种作用,都叫扰动作用。在贮水罐水位控制系统中,进水量的变化、进水阀前压力的变化或出水阀后压力的变化,都会破坏生产的平衡状态,引起贮水罐内水位的变化。所以它们都是扰动作用。

● 控制作用 自动控制系统使被控变量回到设定值而对被控对象施加的影响作用叫做控制作用。被自动控制系统用来施加控制作用的变量叫操纵变量。被自动控制系统用来施加控制作用的介质称为控制介质。在贮水罐水位控制系统中,出水就是控制介质,出水流量就是操纵变量,出水流量的改变对贮水罐水位的影响作用就是控制作用。

扰动作用与控制作用是一对矛盾,扰动作用使被控变量偏离设定值,控制作用使被控变量回到设定值。扰动作用是控制作用的起因,控制作用是扰动作用的补偿,控制作用对扰动作用的补偿越好,自动控制系统的控制质量就越高。

三、自动控制系统的基本组成

图 1-3 所示为一个贮气罐压力控制系统,通过操纵进气量,控制贮罐内压力为定值。图 1-4 为泵的出口流量控制系统,通过对回流量的操纵,控制泵的出口流量为定值。

由上述不同的自动控制系统可以看到,自动控制系统在组成上有共同的特点。首先,它

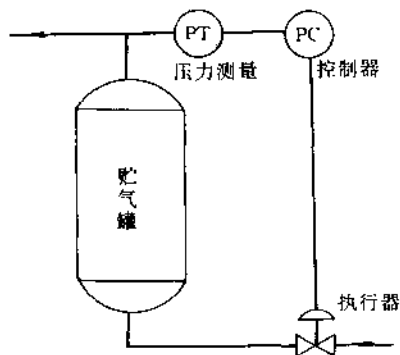


图 1-3 压力控制系统

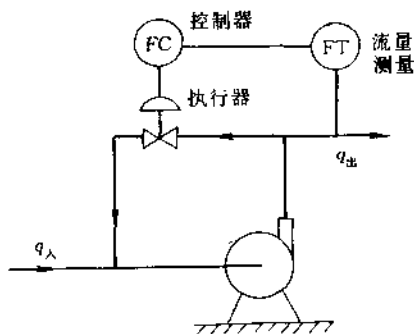


图 1-4 流量控制系统

们都由四个基本部分——被控对象、测量元件、变送器、控制器和执行器组成。其次，自动控制系统中有关的信号都是按一定的顺序单方向传递：扰动作用于被控对象，使被控变量发生变化(偏离设定值)；测量元件、变送器测量出被控变量的值，并把它转换成相应的、统一规格的信号(测量信号)送给控制器的比较环节；控制器把测量值和设定值进行比较，根据比较结果(偏差)按一定的控制规律向执行器送出控制信号；执行器按照控制器送来的控制信号执行操作，改变操纵变量，把控制作用施加给被控对象，使得被控变量回到设定值。下面用方框图表示自动控制系统的四个组成部分，用细实线表示信号传递路径，用箭头表示信号传递方向。按照信号传递过程可以把图 1-3 和图 1-4 所示的自动控制系统抽象表示成如图 1-5 所示。图 1-5 表示的是简单自动控制系统的基本组成，更复杂的自动控制系统可以用同样的方法作出类似的方框图来进行分析和研究。

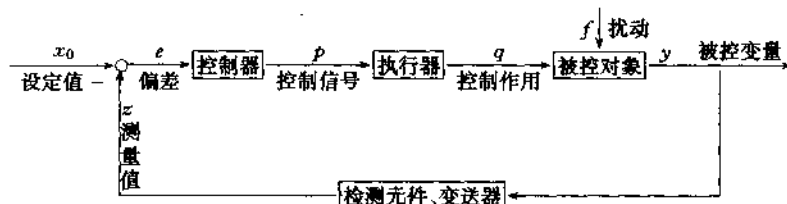


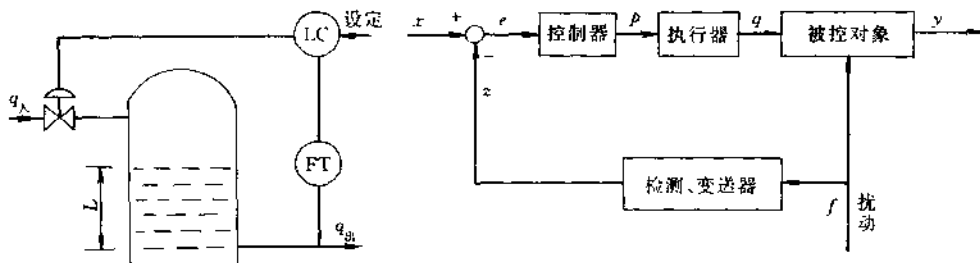
图 1-5 自动控制系统组成方框图

四、自动控制系统的分类

对自动控制系统，从不同的使用角度，可以有不同的分类方法。从生产工艺的角度看，常把自动控制系统按被控变量的种类分为压力控制系统、流量控制系统、液位控制系统、温度控制系统等。从化工过程自动控制的角度看，常把自动控制系统按其结构分为闭环控制系统和开环控制系统，或简单控制系统和复杂控制系统。同时自动控制系统按其设定信号的形式又可分为定值控制系统、随动控制系统和程序控制系统。

● 闭环控制系统 在图 1-2 所示的贮水罐水位控制系统中，被控变量——贮水罐水位的高度信号，经测量元件、变送器的测量和变送后，又送回到自动控制系统的输入端与设定信号进行比较，经控制器输出控制作用，然后经执行器把控制作用施加给被控对象，影响被控变量变化。信号传递路径形成了一个闭合的回路。这种具有被控变量信号负反馈，使信号传递路径形成闭合回路的自动控制系统称为闭环控制系统。

● 开环控制系统 图 1-6(a)所示为一个液位控制系统，它通过采用控制物料流入量，并使它等于流出量的措施，保持物料平衡，来维持液位稳定。自动控制系统并不对液位进行测量，液位的变化也不对自动控制系统直接产生影响，信号传递路径不能形成闭合的回路。这种没有被控变量信号负反馈，信号传递路径不能形成闭合回路的自动控制系统叫做开环控制



(a) 开环控制系统组成原理

(b) 开环控制系统组成方框图

图 1-6 开环控制系统

系统。其系统方框图如图1-6(b)所示。

● **定值控制系统** 自动控制系统的设定信号是一个恒定不变的信号。也就是说生产工艺要求被控变量保持在一个恒定值的自动控制系统称为定值控制系统。例如图 1-2 所示的贮水罐水位控制系统。化工生产过程的自动控制系统绝大多数是定值控制系统。定值控制系统的设定信号通常都是由控制器内部设定的。

● **随动控制系统** 设定信号是一个事先不能确定的,随着另外一个有关变量的变化而变化的自动控制系统称为随动控制系统。例如图 1-7 所示的合成氨生产中合成塔进料 N_2 和 H_2 的比值控制系统,它控制 N_2 的流量以近似 1:3 的比例随 H_2 流量值变化。即控制器的设定信号是随着 H_2 流量的变化而变化的。显然,随动控制系统的设定信号,是由外部的专用装置,把另一有关变量的信号转换而来的。

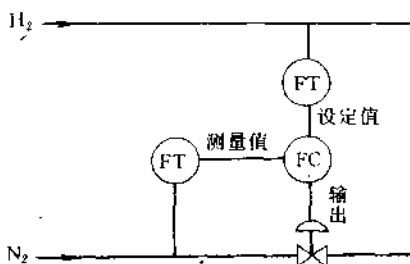


图 1-7 随动控制系统

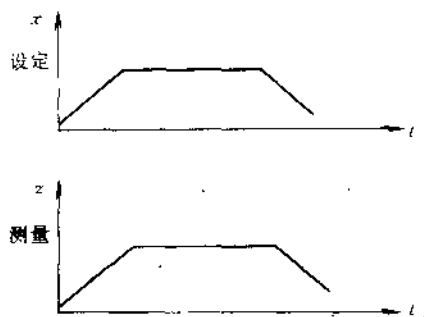


图 1-8 程序控制系统的设定值与测量值

● **程序控制系统** 自动控制系统的设定信号按照事先设置好的规律变化的自动控制系统称为程序控制系统。如锦纶生产中长丝定形锅熟化罐温度控制系统就是一个程序控制系统,它控制被控变量——熟化罐内温度按事先设定好的规律变化。如图 1-8 所示。程序控制系统的设定信号是由控制器外部的专用装置发送的。

第二节 自动控制系统各组成部分和特性

一、环节及其特性

1. 环节特性的概念

在图 1-5 所示的自动控制系统组成方框图中,表示了一个简单的自动控制系统的四个基本组成部分及各种有关信号的传递路径。图中的每一个箭头表示一种信号,箭头所指的方向就是该信号传递的方向,信号传递是单方向的。两个信号的交点产生一个节点,称为一个环节。自动控制系统的每一个组成部分可以看作一个环节。为了强调偏差的产生及其作用,把控制器的比较部分单独看作一个环节——比较环节。也就是说一个简单控制系统是由测量变送、比较、控制、执行和被控对象等五个环节及其输入信号、输出信号组成。指向环节的箭头表示该环节的输入信号,从环节指出来的箭头表示该环节的输出信号。每个环节都只有一个输出信号,至少一个输入信号。例如,被控对象这个环节有一个输出信号——被控变量,有两个或两个以上的输入信号——一个操纵变量和一个以上的扰动变量。如图 1-9 所示。环节的每一个输入信号发生变化,都会引起这个环节的输出信号发生变化。环节的输出信号如何随着某个输入信号的变化而变化,取决于这个环节内部的结构和性质。环节的结构和性质确定以后,它的输出信号随着输入信号变化的规律也就确定了。环节的输出信号随着其输入