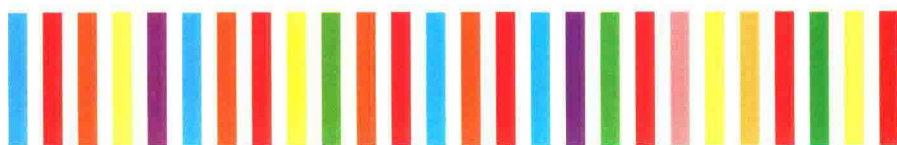




高职高专国家示范性院校课改教材

过程控制系统 应用与维护

GUOCHENG KONGZHI XITONG YINGYONG YU WEIHU



主 编 王银锁
主 审 李红萍



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专国家示范性院校课改教材

过程控制系统应用与维护

主 编 王银锁

副主编 张 多

参 编 周育人 马 莉 陈 琛

主 审 李红萍

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书由七个模块组成,主要内容为过程控制系统基础知识、控制系统的数学模型、常规控制规律、简单控制系统、复杂控制系统、其他控制系统、典型操作单元控制案例等。本书充分体现了职业教育的特点,突出实践性、实用性和先进性,着重职业技能的培养。

本书可作为高等职业教育、继续教育等院校的生产过程自动化技术专业的教材,也可作为化工、石油化工、轻工、炼油、冶金、电力、纺织、食品等企业的职业技能培训教材,还可作为高职、中职院校师生和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

过程控制系统应用与维护/王银锁主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2015.4

高职高专国家示范性院校课改教材

ISBN 978-7-5606-3623-8

I. ① 过… II. ① 王… III. ① 过程控制—自动控制系统—高等职业教育—教材 IV. ① TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 072128 号

策 划 秦志峰

责任编辑 秦志峰 曹 锦

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2015年4月第1版 2015年4月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 15.5

字 数 368千字

印 数 1~3000册

定 价 28.00元

ISBN 978-7-5606-3623-8/TP

XDUP 3915001-1

如有印装问题可调换

前 言

本书采用“理实一体化”教学方式,通过模块项目教学法,将过程控制系统的理论教学与实践教学有机地结合在一起,从感性认识入手,加大直观教学的力度,将理论教学过程融入技能训练中,在技能训练中加深对理论知识的理解和掌握,有助于激发学生的学习兴趣 and 积极性,提高学生的动脑和动手能力,使学生真正掌握过程控制系统的组成、工作原理和调试方法,实现了学校所学的知识与工厂实际的有机结合,为学生在走上工作岗位后能够迅速掌握工厂的控制系统奠定基础。

全书共分为七个模块,模块一主要介绍了过程控制系统的组成、分类、过渡过程和品质指标;模块二主要介绍了过程控制系统及环节的数学模型、方框图和被控对象特性测试;模块三主要介绍了常规控制规律及控制器参数对系统过渡过程的影响;模块四主要介绍了简单控制系统的结构,包括被控变量和操纵变量的选择、控制阀的选择、控制器的选择、简单控制系统的集成、简单控制系统投运和控制器参数整定;模块五主要介绍了串级控制系统、均匀控制系统、比值控制系统和前馈-反馈控制系统的结构、特点和使用;模块六主要介绍了分程控制系统和阀位控制系统、选择性控制系统、先进型控制系统和安全仪表系统;模块七主要给出了石油化工生产过程中典型的操作单元控制案例。

本书依据国家职业标准《化工仪表维修工》中的知识及技能内容要求,紧紧围绕高职高专职业教育高技能应用型人才培养目标,内容上突出实践性、实用性和先进性,理论知识以够用为宜,突出实践能力培养。

本书由兰州石化职业技术学院王银锁担任主编,李红萍担任主审。其中,模块二、模块四和附录 1、2 由王银锁编写;模块一由兰州石化职业技术学院陈琛编写;模块三由兰州石化职业技术学院马莉编写;模块五和模块七由青海制药厂有限公司张多编写;模块六由兰州石化职业技术学院周育人编写。王银锁负责拟订大纲并统稿。

本书的编写得到了兰州石化职业技术学院和中国石油兰州石化公司等单位朋友们的大力支持和帮助。本书内容参考了大量相关书籍和文献资料。在此,编者特向为本书的编写提供帮助的人们和相关书籍与资料的作者致以诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2015 年 1 月

目 录

模块一	过程控制系统基础知识	1
项目一	过程控制系统的基本概念	1
项目二	过程控制系统的组成及分类	6
项目三	自动控制系统的过渡过程及品质指标	13
模块二	控制系统的数学模型	23
项目一	过程动态特性与建模	23
项目二	传递函数及方框图的等效变换	36
项目三	过程控制系统的数学模型	45
项目四	对象特性测试实训	49
模块三	常规控制规律	54
项目一	双位控制	54
项目二	比例控制	58
项目三	比例积分控制	64
项目四	比例微分控制	70
项目五	比例积分微分控制规律	74
项目六	控制器参数对系统过渡过程的影响实训	78
模块四	简单控制系统	83
项目一	被控变量和操纵变量的选择	84
项目二	控制阀的选择	92
项目三	测量变送器的选择	104
项目四	控制器控制规律的选择	109
项目五	简单控制系统集成案例	115
项目六	简单控制系统的投运和控制器参数的工程整定	121
项目七	液位控制系统的投运和 PID 整定实训	128
模块五	复杂控制系统	131
项目一	串级控制系统	131
项目二	均匀控制系统	142
项目三	比值控制系统	149
项目四	前馈-反馈控制系统	158
模块六	其他控制系统	166
项目一	分程控制系统和阀位控制系统	166
项目二	选择性控制系统	175

项目三	先进型控制系统	181
项目四	安全仪表系统	191
模块七	典型操作单元控制案例	198
项目一	流体输送设备的控制	198
项目二	传热设备的控制	206
项目三	精馏塔的控制	213
项目四	锅炉设备的控制	220
项目五	化学反应器的控制方案	229
附录 1	拉氏变换对照表	234
附录 2	自动控制系统常用图例符号统一规定	236
参考文献		242

模块一 过程控制系统基础知识

过程控制是指化工、石油化工、轻工、炼油、冶金、电力、纺织、食品等类型的生产过程自动化控制的简称。过程控制(Process Control)技术是自动化技术的重要组成部分,为工业生产中连续或按一定周期程序进行的生产服务。

在化工、石油化工和炼油等生产过程设备、装置及管道上,配置一些自动化装置,以替代操作工人的部分直接劳动,使某些过程变量能准确地按照预期需要的规律变化,使生产在不同程度上自动地进行,这种部分或全部通过自动化装置来管理生产过程的办法,就称为生产过程自动化,亦即过程控制。

项目一 过程控制系统的基本概念

一、学习目标

1. 知识目标

- (1) 初步掌握过程控制技术的发展过程。
- (2) 掌握过程控制系统的内容。
- (3) 初步掌握过程控制技术的发展趋势。

2. 能力目标

- (1) 初步具备识别过程控制系统类型的能力。
- (2) 初步具备判断具体过程控制系统作用的能力。
- (3) 初步具备判断工业生产过程控制中仪表作用的能力。

二、必备知识与技能

1. 必备知识

- (1) 石油化工原理相关知识。
- (2) 过程检测仪表相关知识。
- (3) 电工基础相关知识。
- (4) 电子技术相关知识。

2. 必备技能

- (1) 计算机操作基本技能。
- (2) 电路系统相关技能。
- (3) 电子技术相关技能。

三、理实一体化教学任务

理实一体化(理论实训一体化的简称)教学任务参见表 1-1-1。

表 1-1-1 理实一体化教学任务

任 务	内 容
任务一	电子技术的发展如何促进过程控制技术的发展
任务二	计算机的发展如何促进过程控制技术的发展
任务三	自动检测系统的特点及作用
任务四	自动信号报警和联锁保护系统的特点及作用
任务五	自动操纵与自动开停车系统的特点及作用
任务六	自动控制系统的优点及作用
任务七	现场总线控制的发展、特点及作用

四、理实一体化步骤

1. 过程控制技术的发展过程

过程控制技术的发展首先从工业生产领域开始，并与工业生产过程本身的发展有着密切的联系。随着生产从简单到复杂、从局部到全局、从低级到智能的发展，过程控制技术也经历了一个不断发展的过程。

在 20 世纪 40 年代以前，化工、石油化工等生产过程处于手工操作阶段，过程控制仅体现为根据一些仪表反映的主要变量，进行人工干预。

20 世纪 50 年代到 60 年代，控制理论称为经典控制理论，它包括奈奎斯特和伯德的频域法、欧文斯的根轨迹法等。当时的控制系统以电子和电工为对象，从随动控制系统的实践中提高并移植到定值控制系统为主的生产过程控制系统中，解决定值控制系统的分析和综合等问题。所采用的仪表以基地式仪表为主，气动单元组合仪表也开始大量应用于工业生产过程的控制中。在实际生产中应用的自动控制系统主要是压力(Pressure, P)、流量(Flow, F)、液位(Level, L)和温度(Temperature, T)四大变量的简单控制系统。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。

20 世纪 70 年代开始，由于工业生产的发展，生产过程向着大型化、连续性方向发展，而控制对象的要求也日趋复杂，原有简单控制系统已不能满足要求。为适应工业生产控制的要求，一些复杂的控制系统得到开发，并在实践中获得了良好的控制效果。而在这个阶段，人们研究出了现代控制理论，这为新的控制技术提供了理论基础，从而使过程控制技术得到较快发展。为适应工业生产过程控制的要求，不仅一些复杂控制系统得到开发，而且在过程控制技术工具方面，气动Ⅱ型和电动Ⅱ型单元组合式仪表刚投入生产不久，气动Ⅲ型和电动Ⅲ型单元组合式仪表就相继问世，并进一步发展到具有多功能的组装仪表、智

能式仪表,为实现各种特殊控制规律提供了条件。

20 世纪 70 年代,现代控制理论在航天、航空和制导等领域取得了辉煌的成果,而自动控制的工具也产生了直接数字控制(Direct Digital Control, DDC)和监督计算机控制(Supervisory Computer Control, SCC)。特别是集散控制系统(Distributed Control System, DCS)的硬件可靠性大大提高,控制回路和危险的分散、数据显示和实时监督等功能的集中等特点,使得 DCS 在工业生产过程的控制中得到广泛应用,现代控制理论也因计算机的应用而在实践中得以实现。

20 世纪 80 年代以后的十几年里,出现了两级优化与控制,在 DCS 的基础上实现了先进控制和优化控制。在硬件上采用上位机和 DCS 或电动单元组合仪表相结合,构成两级计算机优化与控制。随着计算机及网络技术的发展,DCS 出现了开放式系统,可实现多层次计算机网络构成的计算机集成过程系统(Computer Integrated Process System, CIPS),而自动化的实现工具也由 DCS 发展到了现场总线控制系统(Fieldbus Control System, FCS)。

随着计算机技术、显示技术、控制技术、通信技术的发展,现场总线和现场总线仪表得到了迅速的发展。现场总线是顺应智能现场仪表而发展起来的一种开放式的数字通信技术,它是综合运用微处理器技术、网络技术、通信技术和自动控制技术的产物。现场控制系统和现场总线仪表的诞生和应用开辟了过程控制技术的新纪元。

2. 过程控制系统的内容

生产过程控制系统的内容比较广泛,根据其功能不同,可以分为自动检测系统、自动信号报警和联锁保护系统、自动操纵和自动开停车系统、自动控制系统四种类型。

1) 自动检测系统

为了控制生产过程,首先要了解生产过程进行的情况,因此要对反映生产状况的一些工艺变量如温度、压力、流量、液位和成分分析(Analytical)等进行测量。利用各种仪表对生产过程中主要工艺变量进行测量、指示或记录的系统称为自动检测系统。它代替了操作人员对工艺变量的不断观察与记录,起到对生产过程信息的获取与记录作用,在生产过程控制中是最基本也是十分重要的内容。

自动检测系统中主要的自动化装置为敏感元件、传感器与显示仪表。敏感元件亦称检测元件,它的作用是对被测的变量作出响应,将被测的变量转换为适合测量的物理量。

传感器可以对检测元件输出的物理量信号作进一步信号转换,当转换后的信号为标准的统一信号时,此时的传感器一般称为变送器,例如流量变送器和压差变送器。

显示仪表的作用是将检测结果以指针位移、数字、图像等形式,准确地指示、记录或储存,使操作人员能正确了解工艺操作情况和状态。

2) 自动信号报警和联锁保护系统

在生产过程中,有时由于一些偶然因素的影响,导致工艺变量超出允许的变化范围而出现不正常的情况,这就有可能引起事故,如爆炸、燃烧以及损坏设备等。为及时发现问题并采取措施,常对某些关键性变量设有自动信号报警和联锁保护系统。若工艺变量超过了工艺允许的范围,在事故即将发生以前,自动信号报警系统就自动地发出声、光信号警报,告诫操作人员注意,并督促操作人员及时采取措施。自动信号报警系统发出的声警报

提醒操作人员有工艺变量异常,自动信号报警系统发出的光警报提醒操作人员是什么工艺变量异常。如果工况已达到危险状态,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,必要时还可紧急停车,以防止事故的发生和扩大。

自动信号报警和联锁保护系统是生产过程中的一种安全装置。例如,某化学反应器的反应温度超过了允许极限值,自动信号报警系统就会发出声、光报警信号,督促工艺操作人员及时处理生产事故。

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。而自动联锁保护系统可以圆满地解决这类问题。当反应器的温度或压力接近危险极限时,自动联锁保护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。

20 世纪 60 年代,自动信号报警和联锁保护系统是由气动、继电器系统组成的,随着时间的推移,由气动、继电器组成的自动信号报警和联锁保护系统暴露的问题越来越多,很难达到实时、安全、可靠的要求。到了 20 世纪 70 年代,本质安全技术诞生,增加了安全性、整体性的需要。20 世纪 90 年代,双重化诊断系统、三重化冗余可编程控制器 PLC 技术在生产过程中得到了应用。

3) 自动操纵和自动开停车系统

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,利用自动操纵系统可以代替人工,自动地按照一定的时间程序开启空气和水蒸气的阀门,使它们交替地接通煤气发生炉,从而极大地减轻操作人员的重复性体力劳动。

4) 自动控制系统

生产过程中的各种工艺条件不可能是恒定不变的,特别是石油化工生产,大多数是连续生产,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变量或多或少的波动,偏离正常的工艺条件。为此,就需要用一些自动控制装置,对生产中某些关键性变量进行自动控制,使它们在受到外界干扰的影响而偏离正常状态时,能自动地回到规定的数值上或在规定的数值范围内,这就是自动控制系统。

3. 过程控制技术的发展趋势

(1) 控制技术向先进过程控制技术方向发展。

由于受经典控制理论和常规仪表的制约,简单控制系统很难解决生产过程中的系统耦合、非线性和时变性问题。随着企业对生产过程质量和效益要求的提高,人们越来越重视先进过程控制技术(Advanced Process Control, APC)。它是指在动态环境中,基于模型,充分借助计算能力,为工厂获得最大利润而实施的一类运行和技术策略。这种新的控制策略实施后,可使系统运行在最佳工况,实现所谓“卡边生产”。

先进过程控制技术包括双重控制和阀位控制、时滞补偿控制、解耦控制、自适应控制、差拍控制、状态反馈控制、多变量预测控制、推断控制及软测量技术、智能控制(专家控制、模糊控制、神经网络控制)等,尤其以智能控制作为开发、研究和应用的重点。

(2) 生产过程向优化方向发展。

在连续的工业生产过程中,上一级装置的部分出料是下一级装置的进料,整个生产过程存在装置间的物流分配、物料平衡、能量平衡等一系列问题。过程优化主要用于寻找最佳工艺操作变量的给定值,使生产过程获得最大经济效益,这也称为稳态优化。稳态优化采用静态模型,进行离线或在线的优化计算。离线优化是在约束条件下采用各种建模优化的方法寻求最优工艺操作变量,提供操作指导。在线优化是周期性进行模型计算、模型修正和变量寻优,并将变量值直接送给控制器作为给定值。为获得稳态最优,要求系统工作在一种较小的特定工况下,一旦偏离该工况,各项指标会明显变差,操作难度增加,并导致生产不安全。为保证安全生产,一定要考虑约束条件。过程优化可使整个生产过程获得较大的经济和社会效益。

(3) 控制系统向现场总线方向发展。

现场总线(FCS)控制系统是为适应综合自动化发展需要而诞生的,适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化方向发展的需要,沟通了生产过程现场控制设备之间及其与更高控制管理层网络之间的联系,为彻底打破自动化系统的信息孤岛创造了条件。

现场总线控制系统既是一个开放通信网络,又是一种全分布控制系统。它作为智能设备的联系纽带,把挂接在总线上且作为网络节点的智能设备连接为网络系统,并进一步构成自动化系统,实现基本控制、补偿计算、参数修改、报警、显示、监控、优化及管控一体综合自动化功能。

(4) 控制网络将向有线和无线相结合的方向发展。无线局域网(Wireless LAN)技术可以非常便捷地以无线方式连接网络设备,人们可随时、随地、随意地访问网络资源,是现代数据通信系统发展的重要方向。无线局域网可以在不采用网络电缆线的情况下,提供以太网互联功能。

计算机网络技术、无线技术以及智能传感器技术的结合,产生了“基于无线技术的网络化智能传感器”的全新概念。这种基于无线技术的网络化智能传感器,使得工业现场的数据能够通过无线链路直接在网络上传输、发布和共享。无线局域网技术能够在工厂环境下,为各种智能现场设备、移动机器人以及各种自动化设备之间的通信提供高带宽的无线数据链路和灵活的网络拓扑结构,在一些特殊环境下有效地弥补了有线网络的不足,进一步完善了工业控制网络的通信性能。

(5) 控制软件正向先进控制方向发展。

作为工控软件的一个重要组成部分,近几年国内人机界面组态软件研制取得了较大进展,软件和硬件相结合,为企业测、控、管一体化提供了比较完整的解决方案。在此基础上,工业控制软件将从人机界面和基本策略组态向先进控制方向发展。

过程控制技术是自动化的一门分支学科。它的任务是对过程控制系统进行分析、设计和应用。例如,对工业生产过程中已有的控制方案进行分析,总结各种控制方案的特点;在工业生产过程的工艺流程确定后,设计出满足工艺控制要求的控制方案;确定控制方案,使控制系统能够正常运行,并发挥其功能。

五、项目考核

项目考核采用步进式考核方式,考核内容如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 项目考核表

学号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
姓名												
考核内容 进程分组	过程控制技术的发展过程(20 分)											
	自动检测系统的特点及作用(15 分)											
	自动信号报警和联锁保护系统的特点及作用(15 分)											
	自动操纵和自动开停车系统的特点及作用(15 分)											
	自动控制系统的特点及作用(15 分)											
	过程控制技术发展的趋势(20 分)											
扣分	安全文明											
	纪律卫生											
总 评												

六、思考题

- (1) 简述过程控制技术的发展过程。
- (2) 简述自动检测系统的特点及作用。
- (3) 简述自动信号报警和联锁保护系统的特点及作用。
- (4) 简述自动操纵和自动开停车系统的特点及作用。
- (5) 举一个生活或生产过程中自动化的例子，并简要说明其工作过程。
- (6) 简述过程控制发展的趋势。
- (7) 简述传感器与变送器的区别。

项目二 过程控制系统的组成及分类

一、学习目标

1. 知识目标

- (1) 掌握过程控制系统的组成和自动化装置的作用。
- (2) 掌握过程控制系统的有关专业术语。
- (3) 掌握过程控制系统方框图的画法。

(4) 掌握过程控制系统的分类。

2. 能力目标

- (1) 具备区别自动化装置的能力。
- (2) 具备识别被控变量、操作变量和被控对象的能力。
- (3) 认知手动控制和自动控制。
- (4) 具备工艺流程的认知能力。

二、必备知识与技能

1. 必备知识

- (1) 过程控制系统的作用。
- (2) 测量仪表的有关知识。
- (3) 计算机通信的基本知识。

2. 必备技能

- (1) 熟练操作计算机的技能。
- (2) 变送器使用和接线的技能。
- (3) 判断变送器是否正常的技能。

三、理实一体化教学任务

理实一体化教学任务参见表 1-2-1。

表 1-2-1 理实一体化教学任务

任 务	内 容
任务一	人工控制的环节组成
任务二	过程控制系统的构成
任务三	过程控制系统的信号回路
任务四	过程控制系统的方框图
任务五	过程控制系统的分类

四、理实一体化步骤

1. 过程控制系统的组成

1) 人工控制

人工过程控制可用液位的人工控制过程加以说明。

液体储槽是生产上常用的设备，通常用来作为中间容器或成品储罐。从前一个工序来的物料(液体)连续不断地流入储罐，而罐中的液体又送至下一工序进行加工或包装。物料流入量或流出量的波动都会引起罐内液位的波动，储罐液位过高，液体有可能溢出罐外造成浪费或者影响前一个工序出料；液位过低，储罐可能被抽空，有被抽瘪而报废的危险。因此，维持液位在给定的标准值上是保证储罐正常运行的重要条件。可以采用以储罐液位为操作指标、以改变流出量为控制手段来达到维持液位稳定的目的。

储罐液位人工控制原理如图1-2-1所示。操作人员用眼睛观察玻璃液位计的液位高度,并通过神经系统告诉大脑;大脑根据眼睛看到的液位高度加以思考,并与生产上要求的液位标准值进行比较,得出偏差大小和方向;然后根据经验发出操作命令。按照大脑发出的命令,操作人员用双手去改变阀门开度,以调整物料的流出量,使流出量等于流入量,最终使液位保持在给定的标准值上。储罐液位人工控制逻辑如图1-2-2所示,人的眼、脑、手三个器官分别承担了检测、运算和执行三个任务,通过眼看、脑想和手动等一系列行为来共同完成测量、求偏差、再控制以纠正偏差的全过程,保持了储槽液位的恒定。

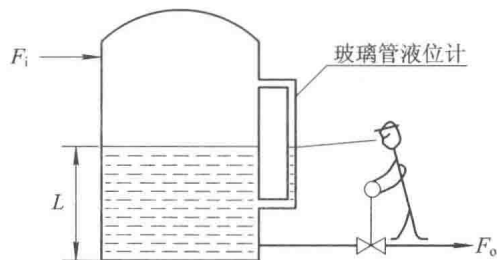


图 1-2-1 液位人工控制示意图

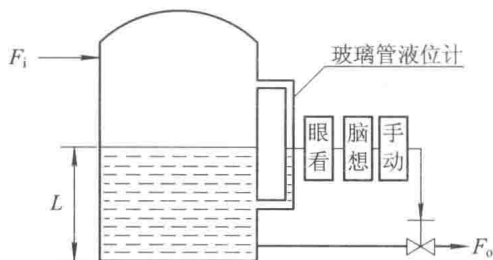


图 1-2-2 液位人工控制逻辑图

2) 自动控制

随着工业生产装置的大型化和对生产过程的强化,生产流程变得更为复杂,人工控制由于受生理的限制,无论在速度上或是在精度上都是有限的。为提高控制精度,减轻操作人员的劳动强度,改善操作人员的工作环境,用一些自动控制设备,如测量仪表、控制仪表、执行机构等自动控制装置来代替人工操作过程,那么人工控制就变成自动控制了。液位自动控制示意图如图1-2-3所示;液位自动控制流程图如图1-2-4所示。

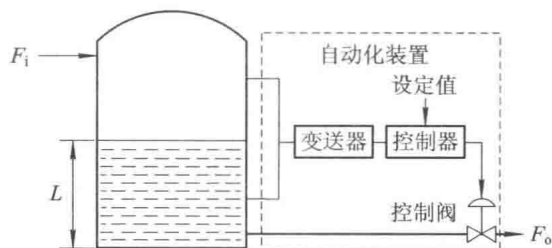


图 1-2-3 液位自动控制示意图

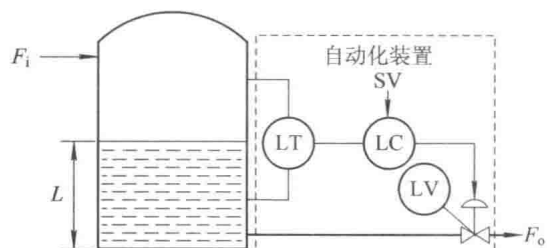


图 1-2-4 液位自动控制流程图

自动控制的过程简述如下:

液位测量变送器(图1-2-4中 LT)表示液位变送器,其中L表示液位(Level),T表示传送(Transmittal)检测储罐液位的变化,并将储罐液位高低这一物理量转换成仪表间的标准统一信号。

控制器(图1-2-4中 LC)表示液位控制器,其中L表示液位(Level),C表示控制(Control)接收液位测量变送器输出的标准统一信号,与工艺控制要求的目标液位信号相比较,得出偏差信号的大小和方向,并按一定的规律运算后输送一个对应的标准统一信号。

执行器(图1-2-4中 LV)表示液位执行器,其中L表示液位(Level),V表示控制阀(Valve)接收控制器的输出信号后,根据信号的大小和方向控制阀门的开度,从而改变液

体流量,经过反复测量和控制使储槽液位达到工艺控制要求。

由上述储罐液位控制系统分析可知,一般过程控制系统由被控对象、测量变送器、控制器和控制阀四个基本环节组成。其中测量变送器、控制器和控制阀是自动控制仪器设备,故可以将过程控制系统看成由被控对象和自动控制装置两部分组成。

(1) 被控对象。它是控制系统的主体,在过程控制系统中,将需要控制其工艺变量的生产设备或机器叫做被控对象。

(2) 测量变送器。它通常包括检测元件和变送器两部分。其作用是将被控制的变量检测出来并转换成工业仪表间的标准统一信号。例如,电Ⅲ压力变送器是将压力的大小转换成 $4\sim 20\text{ mA DC}$ 电信号。

(3) 控制器。其作用是将测量值与目标值比较得出偏差,按一定的规律运算后对控制阀(执行机构)发出相应的控制信号或指令。

(4) 执行器。可将其通称为执行机构。其作用是依据控制器发出的控制信号或指令改变控制量,对被控对象产生直接的控制作用。执行器可以是控制阀,也可以是变频器等。

2. 过程控制系统的方框图

为了便于对过程控制系统进行分析,常采用方框图的形式来表示控制系统的结构、环节之间的相互关系和信号间的联系。过程控制系统的方框图如图 1-2-5 所示。

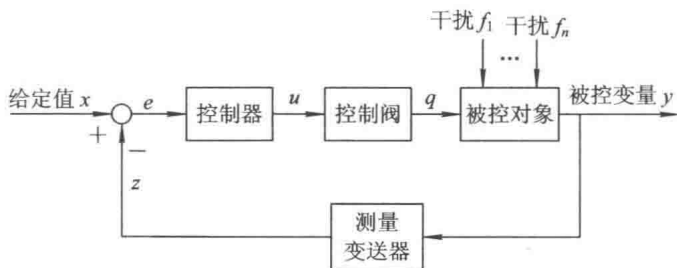
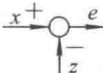


图 1-2-5 过程控制系统的方框图

在方框图中,每个方框代表系统中的一个环节,环节之间的带有箭头的直线只表示信

号的关系和传递的方向,  表示比较点,  表示分支点。

几点说明:

- (1) 箭头具有单向性,即方框的输入只能影响输出,而输出不能影响输入。
- (2) 方框图中各线段所表示的是信号关系,而不是指具体的物料或能量。
- (3) 方框图中的比较机构实际上是控制器的一个部分,不是独立的元件,只是为了更醒目地表示其比较作用,才把它单独画出。比较机构的作用是比较给定值与测量值并得到其差值。

控制系统中一些常用的名词术语的解释如下:

(1) 被控变量 y 。被控变量是表征生产设备或过程运行状况并需要加以控制的变量。它也是过程控制系统的输出量。如图 1-2-4 中储槽液位自动控制系统中的液位就是被控变量。通常,在石油化工生产过程控制系统中的被控变量有温度、压力、液位、流量、成分等。

(2) 给定值(设定值) x 。它是工艺要求被控变量的值,也是过程控制系统的输入量。如图 1-2-4 中储槽液位自动控制系统中的要求液位保持在储槽高度的 50%,储槽高度的

50%或所对应的标准信号值就是给定值。

(3) 干扰 $f_i (i=1, 2, \dots, n)$ 。在生产过程中,凡是影响被控变量的各种外来因素都叫干扰作用。它也是过程控制系统的输入量。如图1-2-4中储罐液位自动控制系统中进口流量的变化和控制阀后压力的变化等都是干扰。

(4) 操纵变量 q 。用以克服干扰变量的影响,具体实现控制作用的变量叫做操纵变量。用来实现控制作用的物料一般称为操纵介质或操纵剂。如图1-2-4中储罐液位自动控制系统中的流出量就是操纵变量,流出管道内的介质就是操纵介质。

(5) 测量值 z 。测量值是检测元件与变送器的输出信号值。在图1-2-4中,储槽液位变送器的输出信号值就是测量值。

(6) 偏差 e 。在过程控制系统(方框图和有关系统分析)中,规定偏差是给定值与测量值之差,即 $e=x-z$ 。

(7) 控制器的输出 u 。在控制器内,给定值与测量值进行比较得出偏差,按一定的控制规律发出相应的输出信号 u 去驱动执行机构。

(8) 反馈。把系统的输出信号通过检测元件与变送器又引回到系统输入端的作法称为反馈。当系统输出端送回的信号(即反馈信号)取负值与给定值相加时,属于负反馈;当反馈信号取正值与给定值相加时,属于正反馈。自动控制系统一般采用负反馈。

3. 过程控制系统的分类

1) 按划分过程控制类别的方式分类

由于划分过程控制类别的方式不同,因此它有各种不同的名称。

(1) 按被控变量来分类,有温度控制系统、压力控制系统、流量控制系统、液位控制系统等。

(2) 按控制器的控制算法来分类,有比例(P)控制系统、比例积分(PI)控制系统、比例积分微分(PID)控制系统及位式控制系统等。

(3) 按控制器信号来分类,有模拟控制系统与数字控制系统。

(4) 按是否采用计算机来分类,有常规的仪表控制系统、计算机控制系统、集散控制系统和现场总线控制系统等。

(5) 按控制系统组成回路的情况来分类,有单回路控制系统与多回路控制系统、开环控制系统与闭环控制系统等。

以上是人们视具体情况所采用的不同的分类方法,其中并没有严格的规定。而作为过程控制系统而言,主要是分析反馈控制的特性,这就和给定值有密切关系,因此按给定值来分类则更有意义。

2) 按给定值的形式分类

过程控制主要是研究反馈控制系统的特性,按给定值的形式不同,可将过程控制系统分为以下三类:

(1) 定值控制系统。在生产过程中,如果要求控制系统使被控变量保持在一个生产指标上不变,或者说要求工艺变量的给定值不变,这类控制系统称为定值控制系统。如图1-2-4所示储罐液位控制系统就是定值控制系统。这个控制系统的目的是使储罐液位保持在给定值不变。在石油化工生产中,绝大部分过程控制系统是定值控制系统。因此,我们后面讨论的过程控制系统,如果没有特殊说明,都是指定值控制系统。

(2) 随动控制系统。对于有的生产过程，其被控变量是变化的，即控制系统的给定值不是定值，而是无规律变化的，自动控制的目的是要使被控变量相当准确而及时地跟随给定值的变化，这类控制系统称为随动控制系统，又称为跟踪系统。

(3) 程序控制系统。程序控制系统被控变量的设定值是按预定的时间程序变化的，控制的目的是使被控变量按规定的程序自动变化。程序控制系统的给定值有规律地变化，是已知的时间函数。

3) 按开、闭环的形式分类

控制系统按有无闭合(简称闭环)来分类，可分为闭环控制系统和开环控制系统。

凡是系统的输出信号对控制作用有直接影响的控制系统，就称为闭环控制系统。例如，图 1-2-4 所示的储罐液位控制系统便是闭环控制系统。在图 1-2-5 所示的方框图中，任何一个信号沿着箭头方向前进，最后又会回到原来的起点，从信号的传递角度来看，它构成了一个闭合回路。所以，闭环控制系统必然是一个反馈控制系统。

若系统的输出信号不能影响控制作用，则称此系统为开环控制系统。这种系统的输出信号不反馈到输入端，不能形成信号传递的闭合回路。蒸汽加热器开环控制系统如图 1-2-6 所示。在蒸汽加热器中，如果负荷是主要干扰，则开环控制系统能使蒸汽流量与冷流体流量之间保持一定的函数关系。当冷流体流量变化时，通过控制蒸汽流量以保持热量平衡，图 1-2-7 是蒸汽加热器开环控制系统方框图，显然，开环控制系统不是反馈控制系统。

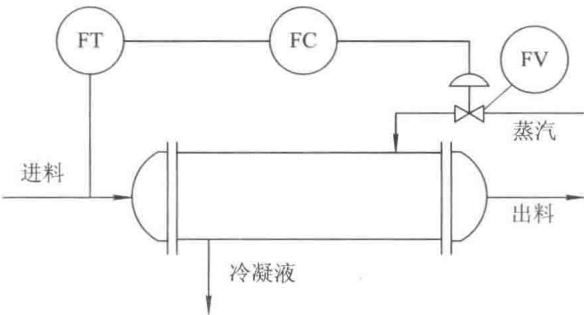


图 1-2-6 蒸汽加热器开环控制系统

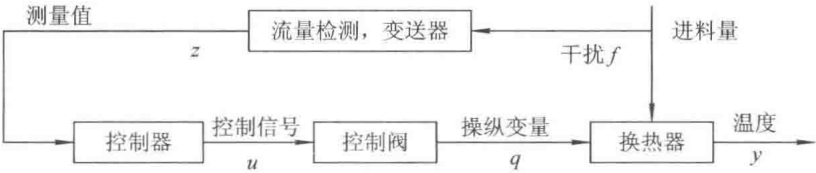


图 1-2-7 蒸汽加热器开环控制系统方框图

由于闭环控制系统采用了负反馈，因而使系统的被控变量受外来干扰和内部参数影响变化小，具有一定的抑制干扰、提高控制精度的特点；开环控制系统则不能做到这一点，但开环控制系统结构简单、使用便捷。

方框图是研究自动控制系统的常用工具和重要概念，有了它可以方便地讨论各个环节之间的相互影响。如果只需要研究系统输入与输出的关系，有时把图 1-2-5 所示方框图简化为图 1-2-8 所示的形式，即将检测元件与变送器、控制阀、控制对象合为一个整体，称之为广义对象。