

高职高专自动化专业十一五规划教材



GUOCHENG
KONGZHI
GONGCHENG
SHISHIJIAOCHENG

过程控制工程

实施教程

姜秀英 李駢 李宝利 董会英 编著



化学工业出版社

高职高专自动化专业十一五规划教材

过程控制工程实施教程

姜秀英 李 骥 李宝利 董会英 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材紧密配合“工学结合”的思路,以生产企业的实际工程项目为主线,用“任务驱动法”的教学最新模式编写。本教材打破了传统教材的编写模式,在编写思路与手法上与实际工程紧密结合,给人耳目一新的感觉。

本教材注重高等职业教育的特色,强调以能力为本,突出人才应用能力和创新素质的培养。理论教学与实践训练一体化;采用真实典型的生产过程为例,将生产过程控制技术贯穿于全教材,完整地讲述了过程控制工程实施的全过程。为适应不同行业的需要,案例分析涉及石油、化工、冶金、电力、医药等行业。

本教材理论联系实际,工学结合,内容丰富,实用性强。既可作为高职高专院校和本科院校职业技术学院自动化类专业、机电一体化专业、自动控制专业等相关课程的教材,也可作为成人教育生产自动化及相关专业的教材,还可作为企业提高自动化水平的培训教材。

姜会英 李宝利 李 杰 姜秀英

图书在版编目(CIP)数据

过程控制工程实施教程/姜秀英,李骥,李宝利,董会英
编著. —北京:化学工业出版社,2008.5

高职高专自动化专业十一五规划教材

ISBN 978-7-122-02779-5

I. 过… II. ①姜…②李…③李…④董… III. 过程
控制-高等学校:技术学院-教材 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第062773号

责任编辑:刘哲 高墨荣

装帧设计:京点设计

责任校对:宋夏

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张13¼ 字数339千字 2008年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00元

版权所有 违者必究

前 言

随着我国现代工业生产的飞速发展,过程控制工程技术的应用日新月异。过程控制工程技术一般是指在石油、化工、冶金、电力、国防、制药、纺织等工业部门生产过程中,通过采用各种检测仪表、控制仪表及计算机等自动化技术设备,对整个生产过程进行自动检测、监督、报警和控制,以实现各种最优化的生产技术指标,提高经济效益和劳动生产率,并节约能源,改善劳动条件,保护环境及达到安全生产的目的。

教材的应用价值

本教材按照 21 世纪人才培养的时代特征,突出高职高专工程类自动化技术的教育特点,以培养应用型、技能型人才为目标,将生产过程自动化工程的新知识、新技能、新控制手段编入其中。全书紧密配合“工学结合”的思路,以生产企业的实际工程项目“PVC 精馏塔自动化控制工程”为主线,用“任务驱动法”的教学最新模式编写。本教材打破了传统教材的编写模式,在编写思路与手法上与实际工程紧密结合,给人耳目一新的感觉。采用真实工程项目、子项目、工程任务的编写思路,以专业核心知识与技能一体化为目标,以过程控制工程应用能力为手段,以实际工程应用案例分析为示范,结构清晰,深入浅出。由于是真实工程项目,更便于高职高专学生学习和理解。

教材的主要特色

本教材用于重点培养生产过程控制工程的应用型人才。从内容到形式都具有工程特色,以真实典型的生产过程为例,将生产过程控制技术贯穿于全教材。按照工程实施步骤,从工程的材料准备、工艺熟悉、仪表选型、识图安装、仪表调校到设计图纸、系统构成、参数整定、工程投运、项目交工,完整地讲述了过程控制工程实施的全过程。以技能操作为核心,系统地讲授自动控制的基本概念及影响过程控制指标的主要因素和参数整定方法。本教材突出指导性、实用性和可操作性,着重培养学生的动手能力,训练内容精典,以达到培养具有关键能力的创新型技能人才的目的。

本教材立足高职高专人才教育培养目标,结合企业的真实生产过程,遵循主动适应社会发展需要、突出应用性和针对性、加强实践能力培养的原则,从高职高专院校的实际出发,精选内容,突出重点,可作为高职高专自动化专业的教材,同时也可作为企业提高自动化水平的培训教材。

教材的突出特点

(1) 教材中的项目来源于生产实际工程,涉及的专业技术面广,使专业核心技能得到综合运用,着重培养学生的综合动手能力。

(2) 集理论、实践技能训练与技术应用能力培养为一体,内容体系新颖,体现了新世纪高职高专人才教育的培养模式和基本要求。

(3) 将知识点与技能点紧密结合,注重培养学生实际动手能力和解决工程实际问题的能力,突出了高等职业教育的应用特色,强调以能力为本位,有明确具体的训练成果展示。

(4) 教材内容以具体工程为主,原理尽量少,充分考虑技能型人才的培养目标。

(5) 案例分析内容覆盖面广,选择性强,可满足不同行业的需求。

本教材有基础篇、提高篇、典型案例篇,采用一体化教学。建议按 90~112 学时讲授。

基础篇由工程项目 1、2 组成。工程项目 1 主要介绍精馏塔液位控制系统的基本要素，包括工程对象（工艺）、工程方案（图纸）、工程实施（安装）、系统投运、参数整定、系统运行和维护。工程项目 2 主要介绍精馏塔简单液位控制系统解决不了的控制问题，引深由均匀控制系统解决。提高篇由工程项目 3、4 组成，工程项目 3 主要介绍精馏塔温度流量串级控制系统，工程项目 4 主要介绍集散控制系统应用。典型案例篇主要介绍典型工业控制工程方案。

本书教材由天津渤海职业技术学院姜秀英、李骥，天津大沽化工厂李宝利高级工程师，天津渤海职业技术学院董会英编著，参加编写的还有天津中河化工厂高级技师杨振山，天津渤海职业技术学院韩睿群、严昆等。姜秀英负责全书统稿，朱凤芝教授主审。

本书的编写者都是多年从事过程控制教学和实践的教师和工程技术人员，其中工程项目 1 的子项目 1、2、3、6 和工程项目 3 的子项目 1、4 由姜秀英编写，工程项目 1 的子项目 4、5 和工程项目 3 的子项目 2、3 由李骥编写，工程项目 2 由李宝利编写，工程项目 4 由董会英编写，典型案例篇由杨振山、韩睿群、闫昆编写。

本书在编写过程中，得到许多单位和工程技术人员的大力支持与帮助，在此表示诚挚感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

化学工业出版社自动化类图书

工业过程控制技术——方法篇(“十五”国家重点图书)	78.00
工业过程控制技术——应用篇(“十五”国家重点图书)	65.00
仪表维修工工作手册	28.00
仪表工手册(二版)	118.00
石油化工自动控制手册(三版)	138.00
仪表工程施工手册	98.00
仪表常用数据手册(二版)	70.00
流量测量方法和仪表的选用	60.00
流量测量节流装置设计手册(二版)	68.00
新型流量检测仪表	45.00
人机界面设计及应用	36.00
煤矿机械 PLC 控制技术	23.00
电视监控系统及其应用	36.00
现场总线仪表	32.00
现场总线控制系统应用实例	36.00
现场总线控制系统原理及应用	49.00
先进控制技术应用实例	45.00
ERP 系统的需求量化分析及实现案例	42.00
流程工业制造执行系统	38.00
可编程序控制器原理及应用技巧(二版)	30.00
集散控制系统原理及应用(二版)	32.00
集散控制系统及其应用实例	28.00
仪表及自动化入门	18.00
过程自动检测与控制技术	20.00
过程控制系统及工程(二版)	30.00
过程控制装置(二版)	48.00
控制系统分析、设计和应用——MATLAB 语言的应用	30.00
过程分析仪样品处理系统技术(译)	95.00
在线分析仪表维修工必读	55.00
控制阀工程设计与应用	38.00
调节阀使用与维修	28.00
调节阀应用 1000 问	45.00
仪表工试题集(二版)——控制仪表分册	35.00
仪表工试题集(二版)——现场仪表分册	32.00
仪表工试题集(二版)——在线分析仪表分册	48.00
系统辨识与建模(附光盘)	45.00
基金会现场总线功能块原理及应用	35.00
信息技术词典	45.00
XDPS 分散控制系统	60.00

CENTUM CS1000 集散控制系统	35.00
仪表维修工技术培训读本——仪表维修技术基础	23.00
仪表维修工技术培训读本——可编程控制器与紧急停车系统	22.00
仪表维修工技术培训读本——计算机控制与装置	19.00
仪表维修工技术培训读本——在线分析仪表	25.00
仪表维修工技术问答	27.00
技术工人岗位培训读本——仪表维修工(第二版)	26.00
技术工人岗位培训题库——仪表维修工	26.00
职业技能鉴定培训读本(技师)——仪表维修工	26.00
职业技能鉴定培训读本(中级工)——仪表维修工	25.00
职业技能鉴定培训读本(高级工)——仪表维修工	30.00
职业技能鉴定培训用书——化工仪表维修工	68.00
化工工人岗位培训教材——化工仪表	30.00

以上图书由化学工业出版社 机械·电气分社出版。如要以上图书的内容简介和详细目录,或者更多的专业图书信息,请登录 www.cip.com.cn。如要出版新著,请与编辑联系。

地址:北京市东城区青年湖南街13号(100011)

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

编辑:010-64519262

目 录

基 础 篇

工程项目 1 精馏塔液位控制系统	1
1. 工程项目的基本要素	1
2. 工程施工人员主要工作内容	1
3. 精馏塔液位控制系统项目实施计划基本思路	1
子项目 1 熟悉工艺流程, 了解控制方案	1
任务 1 PVC 精馏塔的工艺流程及控制操作指标	2
1. 精馏塔的基本结构	2
2. 精馏塔的控制工艺要求	3
3. 精馏塔的操作步骤	4
4. 精馏塔的扰动分析	4
5. PVC 精馏塔的工艺流程及控制操作指标	4
任务 2 液位控制的工作过程	6
1. 人工控制与自动控制	6
2. 自动控制系统的基本组成	7
3. 自动控制系统基本工作方式	8
任务 3 精馏塔的控制方案	10
1. 精馏塔被控变量的选择	11
2. 操纵变量的选择	11
3. 精馏塔的基本控制方案	12
子项目 2 自动化控制仪表选型	17
任务 1 差压/压力变送器的选型	18
1. 差压式液位计	18
2. 差压/压力变送器的选型	20
3. 识读差压/压力变送器选型表	22
任务 2 调节阀的选型	24
1. 气动薄膜调节阀的结构	25
2. 调节阀的结构形式及选型	25
3. 调节阀流量特性及选择	28
4. 调节阀口径大小的选择	28
5. 气开/气关形式的选择	29
6. 正确使用阀门定位器与电-气转换器	30
7. 正确选用气动薄膜调节阀的型号	32
任务 3 控制规律的选取	33
1. 过程控制系统基本控制规律	33
2. 控制规律的选取	41

任务 4 PVC 精馏塔液位控制系统现场级仪表的选型	42
1. 调节阀选择	43
2. 变送器选择	43
3. 调节器选择	43
4. 仪表选型应用训练	44
子项目 3 识读仪表工程施工图	46
任务 1 带控制点的工艺流程图识读	47
1. 流程图识读基础	47
2. PVC 精馏生产过程的流程图识读训练	51
3. 脱丙烷塔 (DCS 系统) 控制流程图识读训练	52
任务 2 仪表盘正面布置图识读	54
1. 模拟仪表盘	54
2. 仪表盘正面布置图的内容	55
3. 表盘正面布置图识读训练	55
任务 3 背面电气接线图识读与配线	57
1. 仪表管线编号方法	57
2. 仪表盘盘内配线训练	58
子项目 4 现场级设备安装与维护	62
任务 1 变送器的安装	62
1. 差压变送器的典型安装	62
2. 差压变送器安装训练	66
3. 压力 (差压) 变送器管路连接训练	67
任务 2 调节阀的安装和维护训练	69
子项目 5 仪表的单体调校	71
任务 1 差压变送器的调校	72
任务 2 气动薄膜调节阀性能测试	75
任务 3 调节器的调校	78
1. 阅读 DTZ-2100 型差压变送器说明书, 熟悉主要技术指标	78
2. 熟悉基本结构、基本原理, 作好校验前的准备工作	79
3. 数据处理及填写任务报告	86
子项目 6 过程控制装置投运与运行	86
任务 1 过程控制系统投运前的准备工作	87
1. 了解系统投运前的准备工作	87
2. 投运前全面检查	87
3. 构成具有被控变量负反馈的闭环系统	87
任务 2 过程控制系统的投运、运行与维护	89
1. 过程控制系统的投运	89
2. 系统运行的基本要求	90
3. 过程控制性能指标	91
4. 控制系统的维护	93
任务 3 简单控制系统参数整定方法	94
1. 临界比例度法	94
2. 衰减曲线法	95

3. 经验凑试法	97
4. 三种调节器参数整定方法的比较	98
任务4 简单定值控制系统参数整定训练	98
1. 储罐液位定值控制系统参数整定实训	98
2. 锅炉夹套水温定值控制系统实训	102
任务5 控制系统的交接验收	104
1. “三查四定”与“中间交接”	104
2. 试车(开车)	104
3. 交工(交接工作)	105
4. 验收规范和质量评定规范	105
工程项目2 精馏塔均匀控制系统	107
任务 均匀控制方案与参数整定	107
1. 均匀控制的特点	107
2. 均匀控制的方案和控制规律的选择	109
3. 均匀控制系统的参数整定	109
4. 均匀控制系统实训	110

提 高 篇

工程项目3 精馏塔温度流量串级控制系统	111
子项目1 根据工艺特性制定合理的控制方案	111
任务 串级控制方案的设计训练	111
1. 串级控制的形成	112
2. 串级控制系统的结构特点	113
3. 串级控制系统的构建	114
4. 加热炉串级控制系统的设计训练	116
子项目2 控制方案的实施	119
任务1 温度检测及仪表的选择与安装	119
1. 热电偶温度计	119
2. 热电阻温度计	122
3. 温度变送器	123
4. 常用的温度显示仪表	124
5. 温度测量仪表的选择与安装训练	126
任务2 流量检测及仪表的选型与安装	130
1. 流量检测的基础	130
2. 差压式流量计	130
3. 其他流量仪表	133
4. 流量计选用	135
5. 差压式流量计的安装与投运训练	138
6. 电磁流量计的安装训练	142
任务3 设计控制系统的接线图	144
1. 仪表连接实施方案	144
2. 仪表盘背面电气接线图的绘制	144
3. 背面电气接线图绘制训练	147

子项目 3 仪表的单体调校	148
任务 1 温度变送器的校验	148
任务 2 差压流量计的调校	152
子任务 1 开方器的调校	152
子任务 2 比例积分器的调校	154
子项目 4 串级过程控制系统投运与参数整定	157
任务 1 投运与参数整定基本方法	157
1. 串级控制系统的投运	157
2. 串级控制系统的参数整定	157
任务 2 温度与流量的串级控制系统实训	158
1. 锅炉内胆水温与内胆循环水流量的串级控制系统	158
2. 储槽液位与上水流量组成串级控制系统实训	161
工程项目 4 DCS 集散控制系统	165
1. 过程控制系统和集散控制系统的联系	165
2. 集散控制系统的组成、功能及其特点	166
任务 1 Expertion PKS 集散控制系统的集成	172
1. 熟悉工艺生产过程	172
2. 系统配置	172
任务 2 利用 PKS 系统实施简单控制系统	174

典型案例篇

典型工业控制工程实例	183
任务 1 冶金工业过程控制工程方案	183
1. 冶金工业前馈-反馈控制系统	183
2. 冶金工业炉燃料燃烧比值控制系统	184
3. 冶金工业沸腾焙烧炉串级控制系统	185
4. 冶金工业的其他控制	186
任务 2 石油化工、制药工业生产过程流体输送设备的控制	187
1. 离心泵的控制方案	187
2. 往复泵的控制方案	188
3. 压缩机的控制方案	189
4. 离心式压缩机的防喘振控制	190
任务 3 传热设备的控制	192
1. 换热器的控制	192
2. 蒸汽加热器的控制	193
3. 冷却器的控制	194
任务 4 化学反应器的控制	195
1. 化学反应器的控制要求	195
2. 反应器的控制	196
参考文献	200

基础篇

工程项目 1 精馏塔液位控制系统



项目描述

某化工厂要对 PVC 聚氯乙烯精馏塔低沸点塔液位进行控制。低沸点塔的任务是将混合液中的沸点最低的乙炔及其轻组分从塔顶蒸出并排出塔外另工艺处理，剩下的其他部分由塔底部排出并进入到高沸点塔继续精馏。为保证低沸点塔塔底馏出物的产品质量，需要对精馏塔液位进行控制。本项目就是依据设计图纸和相关文字资料，进行仪表安装、调试、系统投运、参数整定、运行和维护。



项目分析

1. 工程项目的基本要素

一个工程项目的的基本要素包括工程对象、工程方案、工程实施、系统投运、参数整定、系统运行和维护。

2. 工程施工人员主要工作内容

工业自动化仪表是实现生产过程自动化的主要工具，要使这些工具充分发挥其性能，正确识读工程图，正确安装和调试是非常重要的。对工程施工人员来说，其主要工作内容包括如下。

- ① 熟悉工艺流程，全面掌握设计意图及控制方案的基本构成。
- ② 熟悉仪表选型、单体调校和联校的基本方法。
- ③ 掌握现场级仪表的安装、维护和使用方法。
- ④ 具有照图施工、配线的能力。
- ⑤ 具有系统投运、运行、参数整定和维护能力。

3. 精馏塔液位控制系统项目实施计划基本思路

- ① 将精馏塔液位控制系统工程项目根据工作过程划分成几个子项目。
- ② 进一步划分工作任务，并实施完成工作任务。

子项目 1 熟悉工艺流程，了解控制方案

知识点

1. 熟悉典型工艺设备及操作原理。
2. 了解操作过程及产品质量指标。
3. 了解典型工艺的扰动对产品质量的影响。
4. 熟悉过程控制系统操作的基础知识。

技能点

1. 会典型操作工艺的原理、结构。
2. 能根据工艺要求进行扰动分析。
3. 会典型操作工艺的操作步骤。
4. 会典型工艺过程控制系统的控制方案。



项目描述

熟悉被控对象的工艺流程、对象特性，是过程控制系统的重要环节，也是决定控制系统控制质量的决定性因素之一。本项目是要了解精馏塔的结构、干扰因素，PVC 精馏塔的工艺流程、主要技术要求，精馏塔控制方案。

任务1 PVC 精馏塔的工艺流程及控制操作指标



任务要求

深入了解 PVC 精馏塔的生产工艺，熟悉被控对象的工艺流程，熟悉工艺要求、工艺过程的主要技术指标，为实现生产过程自动化作好准备。

1. 精馏塔的基本结构

精馏是化工、石油化工、炼油生产过程中应用极为广泛的传质、传热过程。精馏的目的是利用混合液中各组分具有不同挥发度，将各组分分离并达到规定的纯度要求。精馏过程的实质是利用混合物中各组分具有不同的挥发度，即同一温度下各组分的蒸气分压不同，使液相中轻组分转移到气相，气相中的重组分转移到液相，实现组分的分离。

按需分离组分的多少可分为二元精馏和多元精馏；按混合物中组分挥发度的差异，可分为一般精馏和特殊精馏。精馏塔从结构上分，有板式塔和填料塔两大类。而板式塔根据结构不同，又有泡罩塔、浮阀塔、筛板塔、穿流板塔、浮喷塔、浮舌塔等。各种塔板的改造趋势是提高设备的生产能力，简化结构，降低造价，同时提高分离效率。填料塔是另一类传热设备，它的主要特点是结构简单，易用耐腐蚀材料制作，阻力小等，一般适用于直径小的塔。

一般精馏装置由精馏塔塔身、冷凝器、回流罐以及再沸器等设备组成，如图 1-1 所示。再沸器为混合物液相中轻组分的转移提供能量；冷凝器将塔顶来的上升蒸气冷凝为液相，并提供精馏所需的回流。精馏塔是实现混合物组分分离的主要设备，一般为圆柱形体，内部装有提供气液分离的塔板或填料，塔身设有混合物进料口和产品出料口。

精馏塔每块塔板有适当高度的液层，回流液经溢流管由上一塔板流至下一塔板；蒸气则由底部上升，通过塔板上小孔由下一塔板进入上一塔板，与塔板上的液体接触。在每块塔板上，将同时发生上升蒸气部分冷凝和回流液体部分汽化的传热过程，与此同时还发生易挥发组分不断汽化，从液相转入气相；而难挥发组分不断冷凝，从气相转入液相的传质过程。也就是说，在每块塔板上不断地进行传热、传质过程。从整个塔来看，易挥发组分浓度由下而上逐渐增加，而难挥发组分浓度则由上而下逐渐增加。在一定压力下，整个塔自下而上随着易挥发组分的增加，温度就逐渐减低。

工业中把这种过程称为精馏过程，把体现精馏过程的重要设备叫做精馏塔。进料板把全塔分成两段，进料板以上叫做精馏段，进料板以下称为提馏段。精馏段塔板的作用是使塔顶获得较纯的易挥发组分；而提馏段塔板则是将易挥发组分蒸发上去，最后在塔底获得较纯的难挥发组分。精馏塔的控制目标是：在保证产品质量合格的前提下，使塔的回收率最高，能耗最低，即总收益最大，成本最小。

在实际生产过程中，精馏操作可分为间歇精馏和连续精馏两种。对石油化工等大型生产

过程,主要采用连续精馏。随着石油化工的迅速发展,精馏操作的应用越来越广,分离物料的组分越来越多,分离的产品纯度要求越来越高,对精馏过程的控制也提出了越来越高的要求,也越来越被人们所重视。

2. 精馏塔的控制工艺要求

精馏过程是在一定约束条件下进行的,因此,精馏塔的控制要求可从质量指标、产品产量、能量消耗和约束条件四方面考虑。

(1) 质量指标

质量指标(即产品纯度)必须符合规定的要求。一般应使塔顶或塔底产品之一达到规定的纯度,另一个产品的纯度也应该维持在规定的范围之内。在某些特定情况下,也有要求塔顶和塔底的产品均应保证一定的纯度要求的。所谓产品的纯度,就二元精馏来说,是指塔顶产品中轻组分的含量和塔底产品中重组分的含量。对多元精馏而言,则以关键组分的含量来表示。关键组分是指对产品质量影响较大的组分,塔顶产品的关键组分是易挥发的,称为轻关键组分;塔底产品的关键组分是不易挥发的,称为重关键组分。

在精馏塔操作中使产品合格很重要。显然,如果产品质量不合格,其价值就将远远低于合格产品。但绝不是说质量越高越好,因为质量超过规定,产品的价值并不会因此而增加,而产品产量却有可能下降,同时操作成本(主要是能量消耗)会增加很多。因此,总的价值反倒下降了。由此可见,除了要考虑使产品符合规格外,还应同时考虑产品的产量和能量消耗。

(2) 产品产量指标

化工产品的生产,要求在达到一定质量指标的前提下,应得到尽可能高的收率。这对于提高经济效益显然是有利的。由精馏原理可知,用精馏塔进行混合物的分离是要消耗一定能量的,要使分离的产品质量越高,产品产量越多,所需的能量也就越大。故除了产品纯度与产品回收率之间的关系,还必须考虑能量消耗因素。

(3) 能耗要求和经济性指标

精馏过程中消耗的能量,主要是再沸器的加热量和冷凝器的冷却量消耗,此外,塔和附属设备及管线也要散失部分能量。

在一定的纯度要求下,增加塔内的上升蒸气是有利于提高产品回收率的,但同时也意味着再沸器的能量消耗要增大。况且,任何事物总是有一定限度的。在单位进料量的能耗增加到一定数值后,再继续增加塔内的上升蒸气,则产品回收率就增长不多了。精馏塔的操作情况,必须从整个经济效益来衡量。在精馏操作中,质量指标、产品回收率和能量消耗均是要控制的目标。其中质量指标是必要条件,在质量指标一定的条件下应在控制过程中使产品的产量尽可能提高一些,同时能量消耗尽可能低一些。

(4) 精馏塔操作参数的约束条件

精馏过程是复杂传质传热过程。为了满足稳定和安全操作的要求,对精馏塔操作参数有一定的约束条件。常见的精馏塔限制条件为液泛限、漏液限、压力限及临界温差限等。

① 液泛限也称气相速度限,指精馏塔上升蒸气速度的最大限值。当上升速度过高时,造成雾沫带,塔板上的液体不能向下流。下层塔板的液相组分倒流到上层塔板,出现液泛现象,破坏正常操作。

② 漏液限也称最小气相速度限,指精馏塔上升蒸气速度的最小限值。当上升蒸气速度过低时,上升蒸气不能托起上层的液相,造成漏液,使塔板效率下降,精馏操作不能正常进行。

③ 压力限是指塔的操作压力限制。每一个精馏塔都存在最大操作压力限制,塔的压力不能过大,否则会影响塔内的气液平衡,若严重超限甚至会影响安全生产。

④ 临界温差限是指再沸器两侧间的温差，保证精馏塔的正常传热需要，保证合适的回流温度，使精馏塔能够正常操作。当这一温差低于临界温差时，传热系数急剧下降，传热量也随之下降，无法保证塔的正常传热需要。

3. 精馏塔的操作步骤

- ① 准备工作 检查仪器、仪表、阀门等是否齐全、正确、灵活，作好开始前的准备。
- ② 预进料 先打开放空阀，冲淡置换系统中的空气，以防止进料时出现事故，当压力达到规定的指标后停止，先打开进料阀，打入指定液位高度后停止。
- ③ 再沸器投入使用 打开塔顶冷凝器的冷却水，再沸器通过蒸汽进行加热。
- ④ 建立回流 在全回路情况下继续加热，直到塔温、塔压均达到指标，产品质量符合要求。
- ⑤ 进料与采出产品 打开进料阀进料，同时从塔顶和塔釜采出产品，调节到指定的回流比。
- ⑥ 控制调节 当塔板类型及结构尺寸与物系确定后，精馏塔控制与调节的实质是控制塔内气液相负荷的大小，以保持塔设备良好的热传递，获得合格的产品，但气液相负荷是无法直接控制的，生产主要通过控制温度、压力、进料量和回流比来实现的。运行中要注意各参数的变化，及时调整。
- ⑦ 停车 先停进料，然后停再沸器，当质量不能达到质量指标时停止采出产品，最后停冷却水。

4. 精馏塔的扰动分析

精馏是在一定物料平衡和能量平衡的基础上进行的。物料平衡指进出物料平衡，即塔顶、塔底采出量应和进料量相平衡，维持塔的正常平稳操作以及上下工序的协调工作。物料平衡的控制是以冷凝罐（回流罐）与塔釜液位一定（介于规定的上、下限之间）为目标的。能量平衡要保证精馏塔产品质量、产品产量的同时，考虑降低能量的消耗，使能量平衡，实现较好的经济性。

影响物料平衡的因素包括进料量和进料成分的变化、塔顶馏出物及底部出料量的变化。影响能量平衡的因素主要包括进料温度或釜温的变化、再沸器加热量和冷凝器冷却量的变化及塔环境温度的变化等。同时物料平衡和能量平衡之间又是相互影响的。

精馏塔在生产上可能遇到的主要干扰有：

- ① 进料流量和进料成分；
- ② 进料温度和进料热焓值；
- ③ 再沸器加热蒸汽压力；
- ④ 冷却水压力和温度；
- ⑤ 环境温度。

在上述各扰动因素中，有的扰动是可控的，有的扰动是不可控的。进料流量和进料成分的波动是精馏塔操作的主要扰动，而且往往是不可控的。其余扰动一般较小，而且往往是可控的（或者可以采用一些控制系统预先加以克服）。因此，在精馏塔的整体控制方案确定时，如果工艺允许，能把精馏塔进料量、进料温度或热焓加以定值控制，将对精馏塔的平稳操作极为有利。

5. PVC 精馏塔的工艺流程及控制操作指标

本精馏塔过程控制区（低、高沸点塔）是 PVC 精馏生产过程装置中的一部分。工艺流程如图 1-2 所示。

由压缩机将氯化氢与乙炔合成反应后的粗氯乙烯单体，其组分主要有二氯乙炔，打到全

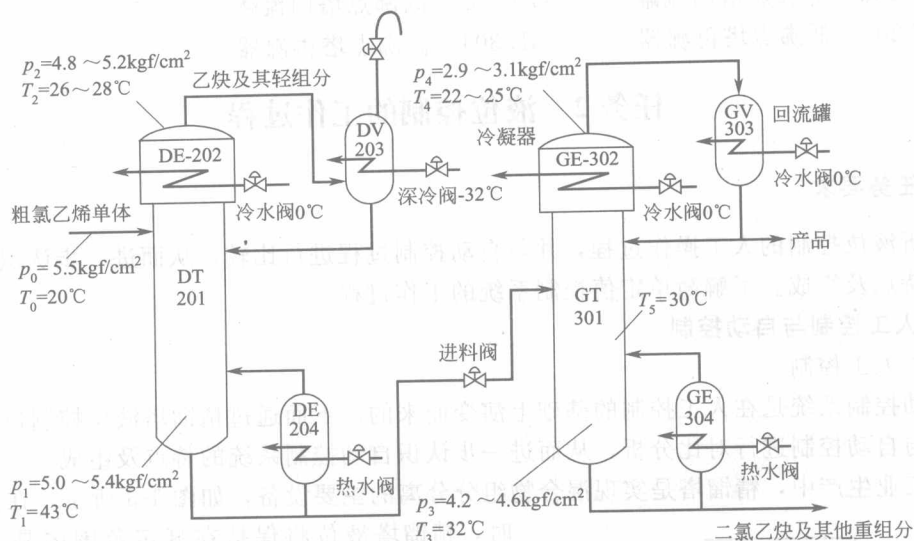


图 1-2 PVC 精馏塔工艺流程

凝器中，经 0°C 水的冷凝后（压力在 5.5kgf/cm^2 ^①，温度在 20°C 左右），通过中间槽除水后进入低沸点塔，其进料口应在塔顶冷凝器下层塔盘。精馏的过程是物理过程，是根据混合液沸点的不同将其分离出各种物质。低沸点塔的任务是将混合液中的沸点最低的乙炔及其轻组分从塔顶蒸出并排出塔外另工艺处理，剩下的其他部分由塔底部排出并进入到高沸点塔继续精馏（应从塔中部入料）。而高沸点塔的任务是将该塔的轻组分氯乙烯从塔顶蒸出经成品冷却器冷却后成为合格的中间产品。二氯乙烯及其他重组分则从塔底排出塔外另工艺处理。精馏过程的原理是将进入到塔中的物料由塔釜再沸器加热到沸腾状态，低沸点塔釜的压力在 $5.0\sim 5.4\text{kgf/cm}^2$ ，温度在 43°C 左右，高沸点塔釜的压力在 $4.2\sim 4.6\text{kgf/cm}^2$ ，温度在 32°C 左右，两塔液位控制在总量程 $50\%\sim 60\%$ 。上升到塔顶的气体通过塔顶冷凝器进行回流，将沸点高的部分冷却回塔中，低沸点塔的压力在 $4.8\sim 5.2\text{kgf/cm}^2$ ，温度在 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$ 左右，高沸点塔顶的压力在 $2.9\sim 3.1\text{kgf/cm}^2$ ，温度在 $22\sim 25^{\circ}\text{C}$ 左右，通过各塔盘中上升的气体与下降的液体不断充分传质传热，从而建立塔内物料平衡和能量平衡及正常的压力梯度、温度梯度和组分梯度，使精馏系统达到稳定最优化的工作状态，使生产产量最大、质量最优、消耗最低，再加上意外事故紧急联锁系统使生产的全过程安全可靠的运行。

(1) PVC 精馏塔主要工艺指标

低沸点塔进料： $p_0=5.5\text{kgf/cm}^2$ ， $T_0=20\sim 25^{\circ}\text{C}$

低沸点塔塔釜： $p_1=5.0\sim 5.4\text{kgf/cm}^2$ ， $T_1=43^{\circ}\text{C}$

冷凝器回流至低沸点塔： $p_2=4.8\sim 5.2\text{kgf/cm}^2$ ， $T_2=26\sim 28^{\circ}\text{C}$

高沸点塔塔釜： $p_3=4.2\sim 4.6\text{kgf/cm}^2$ ， $T_3=32^{\circ}\text{C}$

冷凝器回流至高沸点塔： $p_4=2.9\sim 3.1\text{kgf/cm}^2$ ， $T_4=22\sim 25^{\circ}\text{C}$

高沸点塔提馏段二氯乙烯与氯乙烯单体组分的灵敏板上的温度： $T_5=30^{\circ}\text{C}$

(2) 流程图中各设备说明

DT-201 低沸点塔

GT-301 高沸点塔

DE-202 低沸点塔冷凝器

GE-302 高沸点塔冷凝器

① $1\text{kgf/cm}^2=98.0665\text{kPa}$ 。

DV-203 低沸点塔回流罐

GV-303 高沸点塔回流罐

DE-204 低沸点塔再沸器

GE-304 高沸点塔再沸器

任务2 液位控制的工作过程



任务要求

分析液位控制的人工操作过程，并与自动控制过程进行比较，从而进一步认识自动控制系统的特点及组成。了解简单定值控制系统的工作过程。

1. 人工控制与自动控制

(1) 人工控制

自动控制系统是在人工控制的基础上演变而来的。下面通过精馏塔液位控制过程，将人工控制与自动控制进行对比分析，从而进一步认识自动控制系统的特点及组成。

在工业生产中，精馏塔是实现混合物组分分离的主要设备，如图 1-3 所示。在正常工作时，精馏塔液位将保持在规定的范围内是非常重要的。

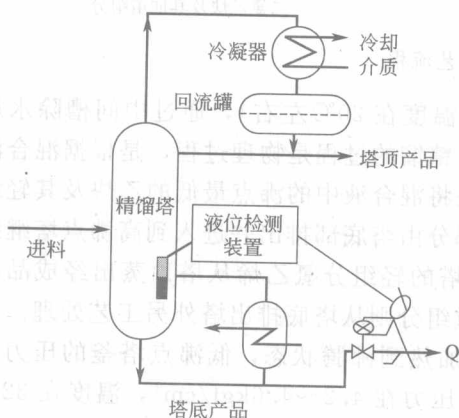


图 1-3 精馏塔人工控制

一旦生产发生变化，液位就发生相应变化。为保持液位恒定，操作人员必须密切注视着液位检测装置的变化。如果发现实际液位与应该维持的正常液位值之间出现偏差时，就要马上调节精馏塔塔底馏出液流量，使之恢复正常位置，这样就会使精馏塔中的液位稳定，不致影响生产的正常进行。

如图 1-3 所示，为保持精馏塔液位恒定，操作人员应根据塔内液位的变化情况控制精馏塔塔底馏出液流量。手工控制的过程主要分为三步：

① 用眼睛观察液位检测装置变化以获取液位测量值，并通过神经系统传送到大脑；

② 大脑根据眼睛看到的液位变化，与设定值进行比较，得出偏差的大小和方向，然后根据操作经验发出控制命令；

③ 根据大脑发出的命令，用双手去改变塔底馏出液流量调节阀的开度，最终使液位保持在工艺要求的高度上。

在整个人工控制过程中，操作人员的眼、脑、手分别担负了检测、判断和运算、执行三个作用，来完成测量、求偏差、再施加控制操作以纠正偏差的工作过程，保持精馏塔液位的恒定。由于人工控制受到生理上的限制，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，可以用一套自动化装置来代替上述人工操作，这样，就由人工控制变成自动控制了，精馏塔和自动化装置一起构成了一个自动控制系统，如图 1-4 所示。

(2) 自动控制

这里以精馏塔液位控制系统为例来说明自动控制系统的工作原理。当精馏塔受到扰动作用后，被控变量（液位）发生变化，通过检测变送仪表得到其测量值。调节器接受液位变送器送来的测量信号，与设定值相比较得出偏差，按某种运算规律进行运算并输出控制信号。调节阀接受调节器的控制信号，按其大小改变阀门的开度，调整塔底馏出液流量，以克服扰动的影响，使被控变量液位回到设定值，最终达到稳定精馏塔液位的目的。这些自动控制装置和被控的工艺设备组成了一个没有人直接参与的自动控制系统。

过程控制系统常用带控制点的工艺流程图表示，常用字母功能如下。