

高等职业教育教学改革示范教材 · 自动化类专业规划教材系列

自动化控制工程设计

李 骥 姜秀英 主编 杨厚俊 王锁庭 副主编 王艾华 主审

项目导向

任务驱动

侧重技能

面向就业

Automation

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

高等职业教育教学改革示范教材·自动化类专业规划教材系列

自动化控制工程设计

李骐	姜秀英	主 编
杨厚俊	王锁庭	副主编
	王艾华	主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

自动化控制工程设计(含毕业设计)是运用自动化控制工程课所学的知识对某生产工艺流程实施自动化方案的具体实现。完成自动化控制工程设计,既要掌握自动控制理论及自动控制工程的基本理论,又要熟悉自动化工具(电动调节仪表、传感器与自动检测仪表、自动控制原理与控制系统、自动化仪表识图与安装、计算机控制)等的使用方法及型号、规格、价格等信息,而且要学习本专业的有关工程实际知识,如工程设计的一般程序和方法,电气设备、仪表设计安装方式及常用设备材料的规格、型号等。本教材以典型的精馏塔工艺自动化控制设计贯穿于课程设计的全面训练,将会使学生体会到各专业课所学知识的有机结合和综合应用的重要性。由于生产自动化控制工程设计工作实践性强,实际知识的涵盖面广,因此更需要综合技能的展示。

本教材可作为石油化工、化工、冶金、电力、国防、制药、纺织等行业自动化技术和工程设计的培训参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

自动化控制工程设计 / 李骥, 姜秀英主编. —北京: 电子工业出版社, 2009.7

高等职业教育教学改革示范教材·自动化类专业规划教材系列

ISBN 978-7-121-08942-8

I. 自… II. ①李…②姜… III. 自动控制—工程设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 089192 号

策划编辑: 王昭松

责任编辑: 周宏敏

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 18.75 字数: 480 千字

印 次: 2009 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

自动化控制工程设计是为了实现生产过程的自动化,用图纸资料 and 文件资料的形式表达出来的全部工作。自动化工程设计是企业工程建设中很重要的一个环节,对整个工程起着决定性作用。《自动化控制工程设计》(毕业)设计教材是自动化控制技术、生产过程自动化技术、电气自动化技术、仪表自动化技术、热工仪表维修技术、化工仪表维修技术、电气工程技术等众多专业的技术性、实践性很强的理论与实践相结合的综合性教材,是综合运用专业所学知识、解决企业生产自动化工程实际问题的教材。

一、教材的应用价值

由于国内各企业的自动化手段在不断更新,为配合 21 世纪高职高专自动化类的学生完成专业学习和培养目标,本教材在教学形式和教学内容上力求简明扼要,通俗易懂,深入浅出,应用性体现明显,内容选择上力求与生产实际相结合,适应高职高专教育培养岗位型、实用型、应用型人才的改革思想,因此编写适合于高职高专自动化类专业培养目标的教材,具有非常重要的应用价值。

二、教材的主要特色

本教材按照 21 世纪人才培养的时代特征,突出高职高专自动化工程类技术的教育特点,以培养应用型、技能型人才为目标;将自动化控制工程的新知识、新技能、新控制手段编入教材中。重点培养自动化技术和控制工程设计应用能力。从教材的内容到形式都具特色,采用大量的设计实例讲解,将作者多年积累的教学经验和教学成果编入教材中,以最新的编著方法,紧密配合“工学结合”的思路;采用生产企业的实际工程项目为主线设计,以“教、学、做一体化”的教学最新手段编著。以专业核心知识与技能一体化为目标;以自动化技术和控制工程设计应用能力为手段;以实际工程应用案例分析为示范;结构清晰,着重培养学生的动手设计能力,训练内容经典,力求达到培养高技能人才的目的。

本教材编写过程中得到了企业高级工程师、高级技师及高级自动化控制工程设计师的很大帮助,教材编写完成后,请专业高级工程师与高级技师及高级设计师把关,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,使该教材可作为石油化工、化工、冶金、电力、国防、制药、纺织等行业自动化技术和工程设计的培训教材。

本教材具有以下特点。

(1) 实用性:教材来源于实际工程和企业自动化技术,涉及的专业技术面广,使专业核心技能可得到综合运用,着重培养学生的综合动手设计能力。

(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控制工程设计实际问题的能力,突出了高等职业教育的应用特色。

(4) 内容以具体工程设计为主,尽量减少原理的阐述,充分考虑技能型人才的培养目标。

本教材由天津渤海职业技术学院李骥、姜秀英主编；天津渤海化工集团杨厚俊与天津石油职业技术学院王锁庭为副主编。天津静海成人职业教育中心荆茂祥、天津渤海职业技术学院姜涛、刘伟华，河南工业大学化学工业职业学院徐咏冬参加编著。李骥、刘伟华负责全书的整理统稿。天津化工设计院高级设计师王艾华主审。

本教材有共分 8 个工程项目，本着“教、学、做一体化”的教学思想。建议按 52~60 学时讲授。

项目一和项目三由姜秀英撰稿；项目二由荆茂祥、刘伟华撰稿；项目四和项目七由李骥撰稿；项目五由徐咏冬撰稿；项目六由王锁庭撰稿；项目八由杨厚俊撰稿。

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，在此表示诚挚的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者指正。

编者 2009 年 2 月

目 录

项目 1 熟悉各种典型工艺过程掌握自动化控制设计内涵	1
任务 1 精馏塔的基本结构与控制工艺设计要求	1
1.1.1 精馏塔的基本结构	1
1.1.2 精馏塔的控制工艺要求	2
1.1.3 精馏塔的操作步骤	3
1.1.4 精馏塔的扰动分析	4
1.1.5 精馏塔的工艺流程及控制操作指标	4
任务 2 冶金工业控制工艺设计分析	6
1.2.1 冶金工业前馈-反馈控制系统设计	6
1.2.2 冶金工业炉燃料燃烧比值控制系统设计	7
1.2.3 冶金工业沸腾焙烧炉串级控制系统设计	8
1.2.4 冶金工业的其他控制设计	9
任务 3 石油化工、制药工业生产过程流体输送工艺控制设计	10
1.3.1 离心泵的控制方案设计	10
1.3.2 往复泵的控制方案设计	12
1.3.3 压缩机的控制方案设计	13
任务 4 自动化控制专业毕业设计的内容	14
1.4.1 实施毕业设计教学的目的	14
1.4.2 自动化控制专业毕业设计内容	14
1.4.3 自动化毕业设计步骤	15
1.4.4 毕业设计准备工作	16
1.4.5 毕业实习报告上交材料规定	17
习题与思考	24
项目 2 自动化控制工程设计方法与内容	25
任务 1 自动化控制工程设计的准备工作	25
2.1.1 自动化控制工程设计是国家建设的重要环节	25
2.1.2 自动化控制工程设计人员必须掌握本专业的基础知识	25
2.1.3 自动化控制工程设计的具体工作	26
2.1.4 设计工作的技术标准和规定	26
任务 2 自动化控制工程的设计方法与设计内容	26
2.2.1 自动化控制工程的设计方法	26
2.2.2 自动化控制工程设计的内容	28
2.2.3 采用常规仪表与集散控制工程设计文件	30

2.2.4 施工图设计规定中各项设计文件的内容说明	34
2.2.5 设计图纸的说明	40
2.2.6 自动化控制专业与其他专业之间的关系	41
习题与思考	43
项目 3 自动化控制工程设计中常用图形符号及字母代号	45
任务 1 仪表术语与图形符号	45
3.1.1 自动化控制工程设计中常用仪表术语	45
3.1.2 仪表类型及位置图形符号	46
3.1.3 测量点与连接线图形符号	47
3.1.4 执行机构与仪表功能图形符号	48
3.1.5 管、线和调节系统图形符号	50
任务 2 常用字母代号	52
3.2.1 仪表功能字母代号及含义	52
3.2.2 检测、控制系统字母代号	54
3.2.3 仪表位号的表示方法	55
任务 3 温度、压力、流量、物位、自动分析设计符号的应用	56
3.3.1 温度、压力、流量、物位、自动分析等被测变量分类	56
3.3.2 管道仪表流程图设计	65
任务 4 分散控制、共用显示仪表、逻辑和计算机系统的设计符号	67
3.4.1 图形符号	67
3.4.2 报警设计	69
3.4.3 设计符号的应用	70
3.4.4 基本图形符号组合训练	72
任务 5 施工图的设计符号	74
3.5.1 平面敷设图中的图形符号	74
3.5.2 仪表、电气设备、元件及部件字母代号	76
3.5.3 仪表盘管线编号与连接设计方法	77
习题与思考	81
项目 4 自动化控制方案的设计与仪表选型	82
任务 1 自动化控制方案的设计	82
4.1.1 自动化控制方案的确定	82
4.1.2 带控制点工艺流程图设计	83
4.1.3 管道表示方法	84
4.1.4 阀门和管件表示方法	85
4.1.5 自动化控制方案表示方法	86
任务 2 带控制点工艺流程图设计	87
4.2.1 带控制点工艺流程图设计步骤	87

4.2.2 设计训练	88
任务 3 自动化控制设计中控制装置的选择	93
4.3.1 自动化控制装置的类型	93
4.3.2 自动化控制装置的选择	95
任务 4 自动化控制工程的仪表选型	96
4.4.1 仪表电动、气动型的选择	96
4.4.2 设计中测量仪表的选型	96
4.4.3 仪表选型与自动化控制设备表的设计训练	109
习题与思考	122
项目 5 自动化控制施工图设计	124
任务 1 控制室和仪表盘设计	124
5.1.1 控制室设计	124
5.1.2 控制室平面布置图	128
5.1.3 仪表盘设计	130
5.1.4 仪表盘正面布置图设计	133
任务 2 仪表接线图设计	137
5.2.1 复杂控制系统图设计	137
5.2.2 仪表盘背面电气接线图设计	141
任务 3 仪表供电、供气设计	150
5.3.1 仪表供电设计	150
5.3.2 供电设计要求	151
5.3.3 仪表配电设计	152
5.3.4 电器及材料选择	153
5.3.5 供电系统图设计	153
5.3.6 仪表供气设计	155
任务 4 电缆电线及气动管线设计	159
5.4.1 电缆电线外部连接系统图设计	159
5.4.2 接线端子箱接线图设计	160
任务 5 电缆管缆平面敷设图设计	163
5.5.1 控制室电缆管缆平面敷设图设计	163
5.5.2 控制室外部电缆管缆平面敷设图设计	165
5.5.3 配线配管与电缆管缆设计要求	171
任务 6 采用 DCS 系统的控制室设计	173
5.6.1 控制室位置选择	173
5.6.2 布局和面积设计	173
习题与思考	177
项目 6 自动化信号报警及联锁系统设计	177

任务 1 信号报警及联锁系统设计	177
6.1.1 联锁系统设计的目的	177
6.1.2 信号报警及联锁系统的设计要点	181
6.1.3 信号报警系统的设计	181
6.1.4 继电器信号报警系统线路设计	184
6.1.5 信号报警系统线路设计	186
6.1.6 信号报警继电器箱设计	195
任务 2 仪表设备防护设计	196
6.2.1 防爆设计	196
6.2.2 保温、保冷设计	198
6.2.3 接地设计	200
任务 3 可编程序控制器在联锁保护系统中程序条件的编写	202
6.3.1 PLC 应用的五种类型	203
6.3.2 可编程序控制器特点及编写程序条件	203
6.3.3 程序框图	204
习题与思考	206
项目 7 自动化控制工程设计其他设计文件	208
任务 1 自动化控制工程设计其他设计表格	208
7.1.1 自动化控制工程图纸目录	208
7.1.2 自动化控制工程设备汇总表	208
7.1.3 综合材料表	216
7.1.4 电气设备材料表	218
7.1.5 设备材料安装概算表	219
7.1.6 标题栏及设备材料表统一格式	220
任务 2 毕业设计说明书的编写	221
7.2.1 毕业设计说明书的写作要求	221
7.2.2 毕业设计的基本内容	222
任务 3 计算书与数据表	223
7.3.1 主要计算类型	223
7.3.2 节流装置的计算	224
7.3.3 调节阀流通能力的计算	228
7.3.4 差压式液位计的计算	230
任务 4 自动化控制工程的施工、试运行及验收	236
7.4.1 自控工程的试运行和验收	236
7.4.2 “三查四定”与“中间交接”	239
7.4.3 交工（交接工作）	240
习题与思考	243

项目 8 计算机辅助设计在自动化控制工程设计中的应用 244

 任务 1 计算机辅助设计概述..... 244

 8.1.1 计算机辅助设计系统的分类 244

 8.1.2 图形数据库的应用 244

 8.1.3 电子绘图操作 248

 8.1.4 绘图辅助工具 250

 8.1.5 图层与线型 253

 任务 2 图层设置..... 254

 8.2.1 线型加载 254

 8.2.2 图层设置 256

 8.2.3 图层管理 257

 任务 3 基本图形的绘制..... 259

 8.3.1 画线方法 259

 8.3.2 画圆方法 261

 8.3.3 图形实体的复制 263

 8.3.4 其他基本图形绘制 265

 8.3.5 文字写入 268

 8.3.6 尺寸标注 269

 8.3.7 尺寸标注类型及尺寸标注方法 270

 8.3.8 尺寸编辑 272

 实训课题 273

 任务 4 图形的修改与编辑..... 276

 8.4.1 块的使用 276

 8.4.2 三维图形的绘制 279

 任务 5 出图纸..... 280

 8.5.1 下拉菜单与对话框 281

 8.5.2 出图 286

 操作训练 288

参考资料 289

熟悉各种典型工艺过程 掌握自动化控制设计内涵

任务1 精馏塔的基本结构与控制工艺设计要求

1.1.1 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的不同挥发度，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汽分压不同，使液相中的轻组分转移到气相，气相中的重组分转移到液相，实现组分的分离。

(1) 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。

(2) 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汽冷凝为液相，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，内部装有提供汽液分离的塔板或填料，塔身设有混合物进料口和产品 outlets。

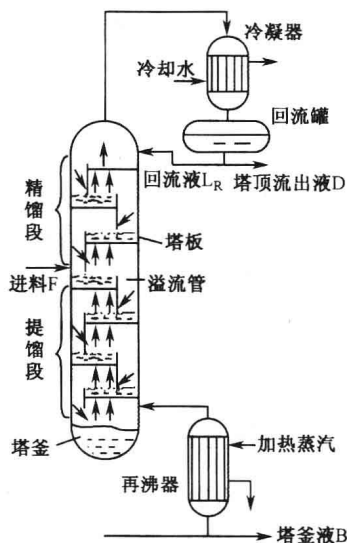


图 1-1 精馏塔结构示意图

(3) 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；蒸汽则由底部上升，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，将同时发生上升蒸汽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，把体现精流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。随着石油化工产生的迅速发展，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。

1.1.2 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保证质量指标、产品产量指标、能耗要求和经济性指标约束条件四方面考虑。

1. 保证质量指标

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，其价值将远远低于合格产品。但绝不是说质量越高越好。由于质量超过规定，产品的价值并不因此而增加；而产品产量却可能下降，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，应得到尽可能高的回收率。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，增加塔内的上升蒸汽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汽，则产品回收率就增长不多了。精馏塔的操作情况必须以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

精馏过程是复杂的传质、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，指精馏塔上升蒸汽速度的最大限值。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，指精馏塔上升蒸汽速度的最小限值。当上升蒸汽速度过低时，上升蒸汽不能托起上层液相，造成漏液，使板效率下降，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，否则会影响塔内的汽液平衡，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。

1.1.3 精馏塔的操作步骤

精馏塔的操作步骤如下。

(1) 准备工作：检查仪器、仪表、阀门等是否齐全、正确、灵活，做好开始前的准备。

(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、产品质量符合要求为止。

(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。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。

1.1.4 精馏塔的扰动分析

(1) 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。能量平衡要在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。

(2) 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的环境温度变化等。同时，物料平衡和能量平衡之间又是相互影响的。

(3) 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、进料温度或热焓值加以定值控制，则对精馏塔的平稳操作极为有利。

1.1.5 精馏塔的工艺流程及控制操作指标

精馏塔过程控制区（低、高沸点塔）是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凝器中，经 0°C 水的冷凝后（压力为 $5.5\text{kg}/\text{cm}^2$ ，温度在 20°C 左右）通过中间槽脱水后进入低沸点塔，其进料口应位于塔顶冷凝器的下层塔盘，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的物质，低沸点塔的任务是将混合液中的沸点最轻的乙炔及其轻组分从塔顶蒸出并排出塔外由另一工艺处理，剩下的其他部分由塔底部排出并进入高沸点塔继续精馏（应从塔中部入料）。而高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。二氯乙炔及其他重组分则从塔底排出塔外由另一工艺处理，精馏过程的原理是将进入塔中的物料由塔釜再沸器加热到沸腾状态，低沸点塔釜的压力为 $5.0\sim 5.4\text{kg}/\text{cm}^2$ ，温度在 43°C 左右；高沸点塔釜的压力为 $4.2\sim 4.6\text{kg}/\text{cm}^2$ ，温度在 32°C 左右，两塔液位控制在总量程的 $50\%\sim 60\%$ 。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，低沸点塔的压力为 $4.8\sim 5.2\text{kg}/\text{cm}^2$ ，温度为 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$ ；高沸点塔顶的压力为 $2.9\sim 3.1\text{kg}/\text{cm}^2$ ，温度为 $22\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，通过各塔盘中上升的气体与下降的液体不断充分地传质、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地运行。

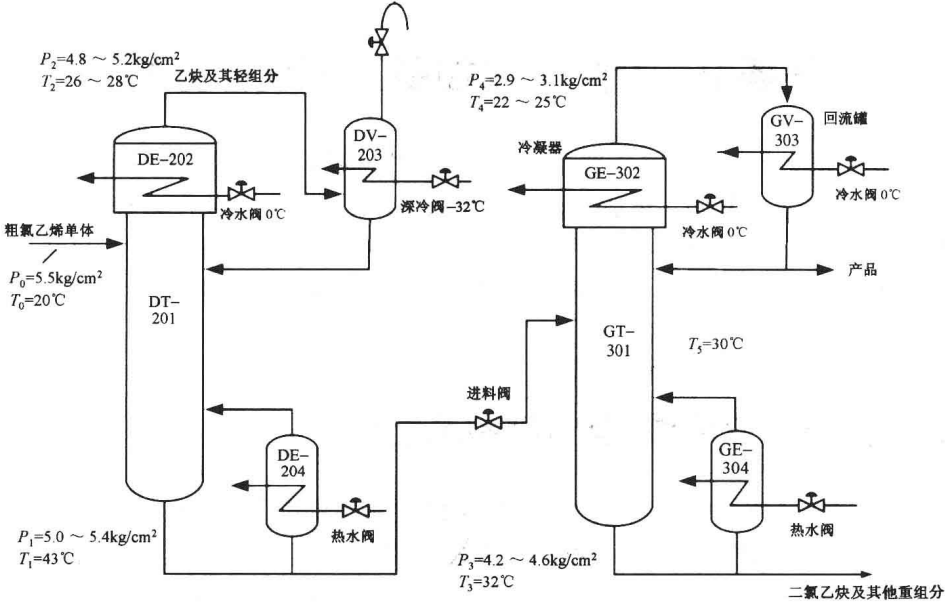


图 1-2 精馏塔工艺流程图

1. 精馏塔主要工艺指标

精馏塔主要工艺指标如下。

- 低沸点塔进料： $P_0 = 5.5\text{kg/cm}^2$
 $T_0 = 20 \sim 25^\circ\text{C}$
- 低沸点塔塔釜： $P_1 = 5.0 \sim 5.4\text{kg/cm}^2$
 $T_1 = 43^\circ\text{C}$
- 冷凝器回流至低沸点塔： $P_2 = 4.8 \sim 5.2\text{kg/cm}^2$
 $T_2 = 26 \sim 28^\circ\text{C}$
- 高沸点塔塔釜： $P_3 = 4.2 \sim 4.6\text{kg/cm}^2$
 $T_3 = 32^\circ\text{C}$
- 冷凝器回流至高沸点塔： $P_4 = 2.9 \sim 3.1\text{kg/cm}^2$
 $T_4 = 22 \sim 25^\circ\text{C}$
- 高沸点塔提馏段二氯乙烷与氯乙烯单体组分的灵敏板上的温度： $T_5 = 30^\circ\text{C}$

2. 设备说明

图 1-2 所示流程图中各设备说明如下。

- DT-201：低沸点塔
- GT-301：高沸点塔
- DE-202：低沸点冷凝器
- GE-302：高沸点塔冷凝器

DV-203: 低沸点回流罐

GV-303: 高沸点塔回流罐

DE-204: 低沸点再沸器

GE-304: 高沸点塔再沸器

任务2 冶金工业控制工艺设计分析

由于冶金工业生产过程的多样性和复杂性,有些过程采用简单的控制系统,往往不能满足要求,因此必须根据其特点,组成复杂的控制系统。在冶金工业生产过程控制工程设计中,应用到的复杂系统有前馈-反馈控制系统、比值控制系统、串级控制系统、自动选择性控制系统、非线性的连续控制系统、采样控制系统、最佳(也称最优)控制系统等,其中以前面三种控制系统用得较多。

1.2.1 冶金工业前馈-反馈控制系统设计

常见的单回路控制系统多属于反馈控制。反馈控制的特点是:必须在被控量出现偏差后,控制器才对操作量进行调整,以补偿扰动对被控量的影响。如果扰动已经发生,而被控量还未变化,或者说尚未出现偏差时,控制器是不会发出控制信号的,所以这种控制作用总是落后于干扰作用,是“不及时”的控制。由于冶金过程多少具有滞后的特性,这种“不及时”的控制往往要使被控量经历一段较长的时间,才能回复至给定数值,而且波动的幅度也较大,在温度及成分的控制过程中,这种情况较多。因此对于一些滞后较大,或扰动较大、较频繁的过程,采用反馈控制往往不能满足生产要求。

(1) 设计前馈控制:是按照扰动作用的大小进行控制的。当某一扰动出现后,控制器就对操作量进行调整,补偿扰动对被控量的影响。虽然被控量尚未显出变化,但控制器已经进行控制作用,故这样的系统称为前馈控制系统。由于这种控制是直接对扰动进行动态补偿的,因此有时也称为扰动补偿,前馈系统又称为具有扰动补偿的系统,这种扰动补偿的前馈控制作用如果加得适当,可以大大改善控制品质。但是,由于影响过程的扰动因素很多,很难做到对每个扰动都进行补偿,故在前馈控制回路不能完全补偿扰动影响时,还需采用反馈控制,这就是为什么单独的前馈控制系统较少、而实际多是采用前馈-反馈控制系统的主要原因。

(2) 设计前馈-反馈控制系统:应首先对过程的各种扰动进行具体分析,选择其中最主要的扰动进行前馈控制。这些扰动应是可以检测的,而且是反馈控制所不易克服的,然后把前馈控制系统与克服其他扰动影响的反馈控制系统组合起来,构成前馈-反馈控制系统。因此,在前馈-反馈控制系统中,至少有一个前馈回路与一个反馈回路。前馈控制回路有开环与闭环两类,多数采用开环。前馈控制所使用的控制器不同于反馈控制中所用的控制动作,它的控制动作必须根据过程的特点来制定,一般要采用特定控制动作的前馈控制器(或称前馈调节器)。

(3) 图1-3所示是具有开环前馈控制回路的前馈-反馈控制系统的设计实例,其中燃烧重油的炉子是被控过程,为保证运行安全和燃烧效率,要求能维持炉膛负压一定。负压受燃料量变化影响最大,同时也和烟囱、炉门等流出的烟气流量等因素有关。这里炉膛负压是被控



量，燃料量为操作量，但它又是影响最大的扰动。因此除将燃料量作为控制炉膛负压的反馈回路的操作量（实际上是燃料的回流量）之外，还取燃料总流量作为前馈信号，构成一个前馈回路。当燃料总量发生变化时，前馈回路就产生一个补偿性的操作量，直接对这一扰动进行动态补偿。当前馈回路不能完全补偿时，由反馈回路再加以调整，因此可使炉膛负压稳定在给定数值。所谓闭环的前馈控制回路，就是把作为前馈信号的扰动量也用一个闭环系统来控制。例如，对图 1-3 所示的系统，可先用一套单回路系统控制燃料的总流量，然后再采用一套根据炉膛负压来控制燃料回流量的反馈控制系统。

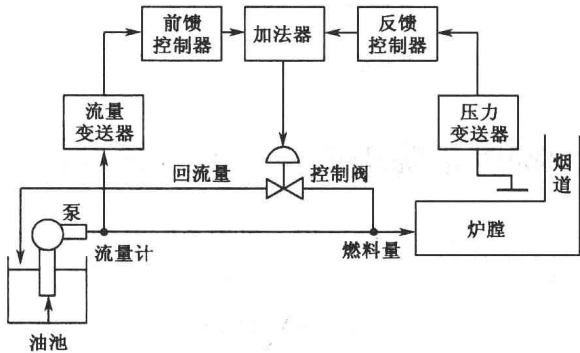


图 1-3 燃烧重油炉子前馈-反馈控制设计

前馈控制适于用来控制滞后较大或时间常数较小以及非线性的控制过程。

1.2.2 冶金工业炉燃料燃烧比值控制系统设计

在生产过程中，常要求自动控制两种物料流量成一定比例，例如冶金炉燃料燃烧过程，就需要自动控制煤气流量与空气流量成一定比例混合进入炉膛，才能保证合理燃烧。这种把两个量自动保持一定比例的控制系统称为比值控制系统。图 1-4 就是这种控制系统的实例示意图。其中炉膛温度由热电偶测出，通过变送器转换成控制器所需的温度信号，当炉膛温度高于或低于给定数值时，温度控制器即发出控制信号，要求改变煤气量。改变煤气量时，空气量也随之按一定比值变化，在此煤气量是主变量，空气量是从变量。对空气量而言，煤气量的变化就相当于空气量的给定值变了，空气量自然就要随之改变。因此比值控制系统可看成是独立的单回路控制系统的组合，为了保证质量，所用控制器必须是 PI（或 PID）控制动作才行。比值控制本质上也是一种前馈控制，因为它是根据扰动的变化大小来进行控制的，但与前馈控制又有差别。因为比值控制只考虑主变量与从变量在静态时的比值关系，而没有考虑两者在动态时的比值关系，所以比值控制对扰动只有静态的补偿效果，没有动态的补偿作用，而前馈控制则对扰动能够实现静态和动态的补偿，因此比值控制与前馈控制对被控量的控制效果存在差异。

比值控制虽然没有动态的补偿作用，但较前馈控制简单且较易实现。在某些情况下，例如主变量不是经常变化的，或主变量变化时所引起的被控量波动的幅度不大等，均可考虑采用比值控制，在冶金工业中燃料燃烧过程采用比值控制较多。