

国家示范性高职院校重点建设专业精品规划教材（化工类）



化工单元 操作技术

下

HUAGONG DANYUAN CAOZUO JISHU

刘耀鹏◎主 审
张鄂峰◎主 编
宋桂贤 张瑞鹏 马彩梅◎副主编
薛 斌 谢五喜◎参 编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

国家示范性高职院校重点建设专业精品规划教材（化工类）



化工单元 操作技术

下

HUAGONG DANYUAN CAOZUO JISHU

策 划：田 沅

执行策划：孙 耕

责任编辑：杨笑颜

封面设计：红十月设计室

RED OCTOBER STUDIO[®]

18601093823

hongshiyue@vip.sina.com

上架建议 化 工 类

ISBN 978-7-5618-4519-6



9 787561 845196 >

定价：36.00元

性高职院校重点建设专业精品规划教材（化工类）



化工单元

操作技术

下

HUAGONG DANYUAN CAOZUO JISHU

刘耀鹏◎主 审
张郢峰◎主 编
宋桂贤 张瑞鹏 马彩梅◎副主编
薛 斌 谢五喜◎参 编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本册教材主要包含蒸馏技术、吸收技术、萃取技术及反应器四个典型的单元操作,在编写中本着以应用为目的,改变传统模式,以任务为导向,注重典型单元操作知识点与操作实践的紧密结合,充分体现教学做过程的统一,突出工程观点,注意启迪思维,有利于培养学生的学习能力及可持续发展能力,可作为高职高专化工类相关专业教材,也可供成人教育和在职人员学习参考。书中还增加了大量的自测题,以便学生自查学习效果。

图书在版编目(CIP)数据

化工单元操作技术. 下/张郢峰主编. —天津:天津大学出版社, 2012. 10

国家示范性高职院校重点建设专业精品规划教材. 化工类

ISBN 978-7-5618-4519-6

I. ①化… II. ①张… III. ①化工单元操作-高等职业教育-教材 IV. ①TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 237213 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨 欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 19.5

字 数 488 千

版 次 2012 年 11 月第 1 版

印 次 2012 年 11 月第 1 次

定 价 36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换。

版权所有 侵权必究

天津大学出版社国家示范性高职院校 重点建设专业精品规划教材

【编审委员会】

主任：

张权民 陕西国防工业职业技术学院 校长

董林英 陕西延长中煤榆林能源化工有限公司 高级工程师 董事长

副主任：

武建设 石河子职业技术学院 教务处处长

刘耀鹏 陕西国防工业职业技术学院 化学工程学院 院长

冯文成 兰州石化职业技术学院 石油化学工程系 主任

耿佃国 淄博职业学院 化学工程系 主任

韩平印 陕西宝塔山油漆股份有限公司 高级工程师 副总经理

委员：

展惠英 甘肃联合大学 化工学院 副院长

侯党社 咸阳职业技术学院 生化工程系 主任

王伟 银川能源学院 石油化工学院 院长

李慧云 宁夏职业技术学院 能源与化工技术系 主任

马金才 新疆轻工职业技术学院 轻化工程系 主任

李文有 酒泉职业技术学院 化学工程系 主任

马辉 宁夏工商职业技术学院 化工工程系 主任

马彩梅 石河子职业技术学院 教务处 副处长

闫晓前 陕西国防工业职业技术学院 化学工程学院教研室 主任

张军科 陕西国防工业职业技术学院 化学工程学院教研室 主任

杨楠 西安北方惠安化学有限公司 高级工程师

郝建军 陕西榆林天然气化工有限责任公司 高级工程师 总经理助理

前 言

化工单元操作技术课程是化工类专业研究化工生产过程及其共同性操作规律的一门重要的核心专业基础课程,该课程所涵盖的内容是化工从业人员必备的工程基础知识和技能。本书介绍了化工生产过程中常见的单元操作的基本原理、典型设备的构造和性能、一般的计算方法以及单元操作技术。基于化工典型单元操作技术,该书以项目化方式组织教材内容,每一个单元操作项目以不同任务为支撑,将原有的分散在认识实训、单元仿真、单元操作实训和课程设计等实践环节的相关内容,按照“做中教、做中学”的原则,有机地整合为一体,注重典型单元操作知识点与操作实践的紧密结合,充分体现教学与过程的统一。本书在编写时打破了原来的课程体系,将各单元操作所涉及的理论知识分散到各个教学任务中,并以国家职业资格标准为基础,本着以应用为目的,理论够用为原则,浅化理论知识,注重用理论知识解决在实践中提出的问题,具有较强的针对性、实践性和实用性。

全书分上下两册,上册包括流体输送技术、非均相混合物分离技术、传热技术、蒸发技术及干燥技术,下册包括蒸馏技术、吸收技术、萃取技术及反应器。教材文字简练,图文并茂,在编写上力求深入浅出,浅显易懂,避免了一些繁杂的数学推导,侧重单元操作基础知识的学习和实际应用与操作,突出工程观点,注意启迪思维。书中还增加了大量的自测题,以便学生自查学习效果。

本教材项目六由陕西国防工业职业技术学院张郢峰编写,项目七由陕西国防工业职业技术学院宋桂贤编写,项目八由陕西国防工业职业技术学院张瑞鹏编写,项目九由石河子职业技术学院马彩梅编写,项目十由石河子职业技术学院薛斌和西安近代化学研究所谢五喜共同编写,全书由张郢峰老师统稿。

本教材是编者在学校教学改革中逐步产生的,经过编者所在学校的试用,受到了学生的欢迎。但由于时间仓促和编者水平有限,疏漏之处在所难免,敬请读者予以批评指正。

目 录

项目六 蒸馏技术	1
任务一 认识蒸馏、精馏过程	1
一、工业生产中的简单蒸馏装置	1
二、工业生产中的精馏装置及工艺流程描述	2
三、工业生产中蒸馏操作的分类	3
任务二 认识板式精馏塔	5
一、板式精馏塔的结构	5
二、塔板的类型及性能评价	10
三、板式精馏塔内的气液两相存在状态	16
四、板式塔的正常操作现象	17
任务三 学习精馏操作基本理论知识	18
一、双组分溶液的气液相平衡基础	19
二、非理想物系的气液相平衡	28
三、简单蒸馏与平衡蒸馏	29
四、精馏原理	32
任务四 蒸馏技术仿真技能训练	37
一、认识精馏单元流程	37
二、认识精馏单元中的设备、阀门、仪表	39
任务五 双组分连续精馏工艺条件的确定	40
一、理论板与恒摩尔流假设	40
二、物料衡算与操作线方程及应用	41
任务六 蒸馏技术实操技能训练	64
一、影响精馏操作的主要因素	64
二、精馏塔的开车、停车操作	66
任务七 板式精馏塔的设计	67
一、塔高与塔径的确定	67
二、溢流装置的设计	69
三、塔板板面的设计	72
四、筛板塔的流体力学验算	74
五、塔板负荷性能图	76
任务八 了解其他蒸馏过程	85
一、间歇精馏	86
二、水蒸气蒸馏	87
三、恒沸精馏	87
四、萃取精馏	88
五、溶盐精馏	89

阅读材料——蒸馏工国家职业技能鉴定标准	91
主要符号说明	92
项目七 吸收技术	94
任务一 认识气体吸收过程	94
一、气体吸收法净化合成氨生产中的 CO_2 气体	94
二、吸收操作在工业上的应用与分类	95
三、吸收剂的选择	96
任务二 认识填料吸收塔	97
一、填料吸收塔的结构	97
二、填料塔内气液两相存在状态及流体力学特性	103
任务三 吸收技术仿真技能训练	106
一、认识吸收单元流程	107
二、认识吸收单元中的设备、阀门、仪表	107
任务四 学习吸收操作基本理论知识	108
一、吸收过程的相平衡关系	109
二、吸收传质机理	116
三、吸收速率	118
任务五 吸收过程工艺条件确定	125
一、物料衡算和操作线方程	125
二、填料层高度的计算	131
三、吸收塔计算分析	138
四、解吸	143
任务六 吸收技术实操技能训练	149
一、影响吸收操作的主要因素	150
二、开、停车操作	150
任务七 填料吸收塔的设计	151
一、填料的选择	151
二、填料塔工艺尺寸的计算	153
三、填料层压力降的计算	158
任务八 了解其他类型吸收操作	160
一、高浓度气体吸收	160
二、非等温吸收	161
三、多组分吸收	161
四、化学吸收	162
阅读材料——吸收工国家职业技能鉴定标准	163
主要符号说明	166
项目八 液-液萃取技术	167
任务一 认识液-液萃取过程	167
一、萃取设备的类型及特点	167
二、液-液两相的接触方式	173

三、液-液萃取操作的工艺流程描述	173
四、液-液萃取技术在工业上的应用	174
五、萃取操作的特点	175
任务二 学习液-液萃取技术的理论知识	176
一、液-液相平衡关系	177
二、萃取剂的选择原则	183
三、萃取剂的选择方法	186
任务三 学习液-液萃取技术工艺条件确定	187
一、萃取理论级	188
二、单级萃取过程	188
三、多级错流萃取过程	191
四、多级逆流萃取过程	192
五、完全不互溶物系的萃取过程	196
任务四 了解新型萃取技术	204
一、超临界流体萃取	204
二、双水相萃取	206
三、凝胶萃取	206
主要符号说明	207
项目九 均相理想流动反应器设计	209
任务一 反应器入门	209
一、化学反应及化学反应器的分类	209
二、反应器设计基本方程	212
任务二 学习釜式反应器的设计	217
一、釜式反应器的结构	217
二、理想间歇釜的设计计算	223
三、稳态全混釜的设计计算	228
任务三 管式反应器的设计	240
一、管式反应器的基本结构	240
二、管式反应器的传热方式	241
三、管式反应器的设计计算	242
主要符号说明	249
项目十 反应器的选型与优化	251
任务一 反应器生产能力的比较	251
一、简单反应器的比较	251
二、组合反应器的比较	254
任务二 复杂反应选择性的比较	276
一、平行反应	277
二、串联反应	286
三、串联-平行反应	290
主要符号说明	298
参考文献	299

项目六 蒸馏技术

项目介绍

日常生活中常见的白酒,大多是以高粱、大米等谷物为原料,经过发酵、蒸馏等工序加工而成的。酒的主要成分是乙醇,其余是水。发酵制酒时得到的液体产物中乙醇的质量分数只有 10% 左右,而通常人们爱喝的白酒中的乙醇质量分数在 60% 左右。用微生物发酵的方法还可以得到丙酮、丁醇等一系列物质,但它们的浓度都不高,达不到通常的使用要求。在化工生产中也存在许多同样的问题,或者是产品的浓度不够需要增浓,或者是产物由好几种物质组成,而人们所需要的只是其中的一种或几种物质。于是,怎样提高液体混合物中某种物质的浓度及怎样从液体混合物中分离出成分单一的某一种物质的问题就摆在了我们的面前。经过长期的生产实践,人们发现用蒸馏的方法可以解决这些问题。现在,蒸馏已经是化学工程领域极为重要的单元操作之一,也是应用最早和最广的化工分离过程之一,广泛地应用于化工、石油、医药、食品、环保等领域,在国民经济中占有重要地位。目前,随着化学工业的迅猛发展,蒸馏技术理论及设备都有了很大发展,是化工类学生必须掌握的单元操作之一。

任务一 认识蒸馏、精馏过程

任务分析:蒸馏是化工生产过程重要的分离液相混合物的单元操作,蒸馏操作可以提高混合物中某一组分的浓度,那么这一过程在生产中是如何实现的呢? 首先一起了解一下蒸馏、精馏过程。

任务目标:了解精馏操作的分类及操作工艺流程;理解平衡蒸馏、简单蒸馏、精馏的特点。

技能目标:能识别各种蒸馏流程,能说明精馏操作工艺流程。

一、工业生产中的简单蒸馏装置

(一) 简单蒸馏装置

如图 6-1 所示为简单蒸馏常用装置,类似于我们在实验室用三口烧瓶和玻璃冷凝管组成的蒸馏装置。操作时将原料液一次性加入蒸馏釜 1 中,在一定压力下通过加热使之沸腾汽化,产生的蒸气引入冷凝器 2 中,冷凝后的馏出液分别装入不同的馏出液罐 3 中。由于在蒸馏过程中随时不断地将蒸气移走,使釜内液体易挥发组分的浓度不断地下降,因此,所得的馏出液中,易挥发组分的浓度也在不断下降,

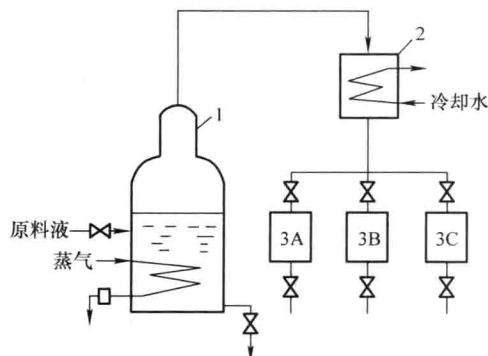


图 6-1 简单蒸馏装置

1—蒸馏釜 2—冷凝器 3—馏出液罐

将馏出液分段收集,分别装入贮罐 A、B、C 中,得到不同组成的塔顶产品。最后,当蒸馏釜内残液组成降到规定要求时,操作即停止,釜液一次排出。简单蒸馏是一种间歇、单级的蒸馏操作。

- ❓ 请思考 1:为什么简单蒸馏装置采用了三个容器贮存产品?
- ❓ 请思考 2:若将简单蒸馏一直进行下去,最后蒸馏釜内残余液量是多少?得到的气相组成又是怎样?
- ❓ 请思考 3:简单蒸馏过程中,蒸馏釜 1 中的温度是否变化?

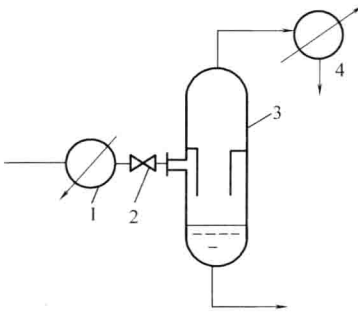


图 6-2 平衡蒸馏装置
1—加热器 2—节流阀
3—分离器 4—冷凝器

(二) 平衡蒸馏装置

平衡蒸馏(又称闪蒸)装置如图 6-2 所示。平衡蒸馏为连续、单级蒸馏操作。操作时原料液经加压后连续加入加热器 1 中,加热至指定温度后经节流阀 2 急剧减压至规定压力进入分离器(又称闪蒸器)3 中。由于压力的突然降低,在分离器内,过热液体部分汽化并引入冷凝器 4 中冷凝为液体,其中易挥发组分含量较高,称做顶部产品;另一部分未汽化的液体中易挥发组分含量较低,由分离器底部抽出,称做底部产品。

- ❓ 请思考:平衡蒸馏过程中,分离器 3 中的温度是否变化? 顶部产品及底部产品组成是否变化?

二、工业生产中的精馏装置及工艺流程描述

简单蒸馏是一个间歇操作过程,随着蒸馏的进行产品浓度不断降低,不能实现较为完全的分离。平衡蒸馏是一个连续操作过程,物料在分离器中迅速汽化分离,分离器顶部、底部得到的产品(量、组成)相对稳定,但产品的浓度不可能很高。可见简单蒸馏和平衡蒸馏都只能使液体混合物得到有限的分离,很难得到纯度较高的产品,且如果混合物中各组分挥发能力相差不大,更是无法达到满意的分离效果。那么什么样的装置能使混合液分离且能得到高纯度的产品呢?

(一) 工业生产中的连续精馏装置及工艺流程描述

图 6-3 所示为一连续生产的精馏装置。这种分离装置不仅能实现连续生产操作,且能得到高纯度的产品。这套装置主要包括精馏塔(板式塔或填料塔)、再沸器(或称蒸馏釜)、冷凝器等。

以板式塔为例,原料液预热至指定的温度后从塔的中段适当位置加入精馏塔,与塔内的物流汇合在一起。液体顺着层层塔板向下流动,最后流入塔底再沸器中,在再沸器内液体被加热至一定温度,使之部分汽化,另一部分液

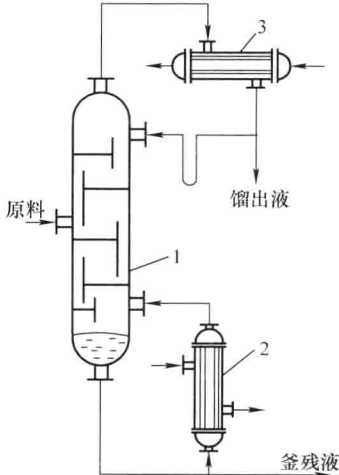


图 6-3 连续精馏操作流程
1—精馏塔 2—再沸器 3—冷凝器

体作为塔底产品排出。汽化后的蒸气引回塔内作为塔底气相回流,蒸气逐板上升,在塔板上与液体接触进行充分传质与传热。上升到塔顶的蒸气进入塔顶冷凝器中,经冷凝器全部冷凝为液体,部分冷凝液作为塔顶回流液体,其余部分经冷却后作为塔顶产品。

通常,将原料加入的那层塔板称为加料板,加料口将塔分为上下两段。加料板以上,上升蒸气中难挥发组分向液相传递,而下降液体中易挥发组分向气相传递。两相传质的结果,使上升蒸气中易挥发组分含量逐渐增加,到达塔顶时,蒸气将成为高纯度的易挥发组分,因此,塔的上半段完成了上升蒸气中易挥发组分的精制,因而称为精馏段。加料板以下(包括进料板)同样进行着下降液体中易挥发组分向气相传递、上升蒸气中难挥发组分向液相传递的过程。两相传质的结果是在塔底获得高纯度的难挥发组分,因此,塔的下半段完成了下降液体中难挥发组分的提浓,因而称为提馏段,从塔釜排出的液体称为塔底产品或釜残液。一个完整的精馏塔应包括精馏段和提馏段,才能达到较高分离。

连续精馏在整个操作过程中的各个参数都是稳定不变的,适用于大规模生产。

(二) 工业生产中的间歇精馏装置及工艺流程描述

图 6-4 所示为一间歇生产的精馏装置。这种分离装置也能得到相对高纯度的产品。这套装置的主要设备和连续精馏装置相同,不同之处是原料液在操作前一次性地加入塔釜中,再逐渐加热汽化,自塔顶引出的蒸气经冷凝后,一部分作为馏出液产品,另一部分作为回流液体返回塔内。因而间歇精馏塔只有精馏段而没有提馏段,只能获得较纯的易挥发组分。同时,间歇精馏釜液组成不断变化,在塔底上升蒸气量和塔顶回流量恒定的条件下,馏出液的组成也逐渐降低。当釜液达到规定组成后,精馏操作即被停止,并排出釜残液。可见,在间歇精馏操作过程中,馏出液、残液的浓度以及各层塔板上气液相的状态都在不断变化,属于不稳定操作。

间歇精馏通常采用不断加大回流比来保持馏出液组成恒定或回流比保持恒定、馏出液组成逐渐减小两种操作方式。在实际生产中,往往采用联合操作方式,即一阶段采用恒馏出液组成的操作,另一阶段采用恒回流比下的操作。

在工业上多采用连续操作,但在某些场合却宜采用间歇精馏操作。比如某些化学反应是分批进行的,其反应产物的分离可采用间歇精馏;若待分离的混合液量不多,或浓度经常变动,也可采用间歇精馏;在实验室或科研室中,采用间歇精馏更为灵活方便。但由于间歇精馏设备利用率不高,开、停车频繁,操作不方便,难于得到高纯度产品,因此,一般只有在不适合采用连续精馏的情况下,才考虑间歇精馏。

🧐 请思考:上述几种蒸馏装置,设备及流程有哪些是相同的? 哪些是不相同的?

三、工业生产中蒸馏操作的分类

工业蒸馏过程的应用非常广泛,除了上述常见的几种蒸馏方式外,还可以按以下方法将其分类。

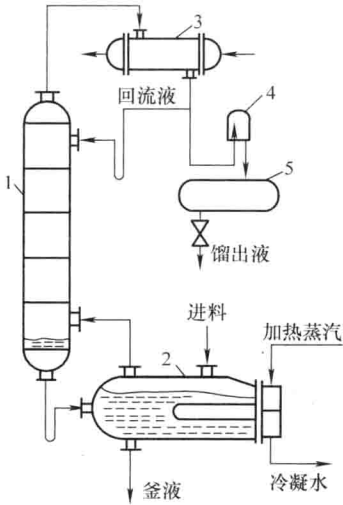


图 6-4 间歇精馏操作流程
1—精馏塔 2—再沸器 3—冷凝器
4—观察罩 5—贮槽

(一) 按操作方式分类

按操作方式蒸馏可分为间歇蒸馏和连续蒸馏。

间歇蒸馏过程操作设备简单、处理量小、生产不连续,主要应用于小规模、多品种或某些有特殊要求的场合;连续蒸馏过程处理量大、质量稳定、便于自动化控制,工业中以连续蒸馏为主。

(二) 按被分离混合物中组分的数目分类

按被分离混合物中的组分数目蒸馏可分为双组分(二元)蒸馏和多组分蒸馏。

工业生产中,绝大多数为多组分蒸馏,但双组分蒸馏的原理及计算原则同样适用于多组分蒸馏,只是在处理多组分蒸馏过程时更为复杂些,因此常以双组分蒸馏为基础。

(三) 按操作压力分类

按操作压力蒸馏可分为常压、加压和减压蒸馏。

在大气压(常压)下操作的蒸馏过程称为常压蒸馏。被分离混合液在常压下各组分挥发能力差异较大,可用冷却水进行气相的冷凝或冷却,用水蒸气加热进行液相汽化,这时应采用常压操作。

在塔顶压强高于大气压下操作的蒸馏过程称为加压蒸馏。常压下为气态(如空气、石油气)或常压下泡点为室温的混合物,常采用加压蒸馏;常压下虽是混合液体,但其沸点较低(一般低于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$),其蒸气难以用一般冷凝水冷却下来,需用冷冻盐水或其他较昂贵的制冷剂,这种情况也可采用加压蒸馏。

在低于 1 atm 下操作的蒸馏过程称为减压蒸馏,对真空度高的减压蒸馏(塔顶绝对压强小于 40 kPa)也称真空蒸馏。对于常压下泡点较高或热敏性的混合物(高温下易发生氧化、分解和聚合等变质现象)宜采用减压蒸馏,以降低操作温度。

(四) 按蒸馏方式及分离程度分类

按蒸馏方式及分离程度蒸馏可分为简单蒸馏、平衡蒸馏和精馏。

当分离程度要求不高或较易分离时,可采用简单蒸馏或平衡蒸馏;当分离程度要求较高时,可采用精馏。

在化工生产中,常常会遇到要分离的各组分之间挥发度差别很小,用普通的精馏方法难以分离,这时通常采用特殊精馏。向混合物中加入恒沸剂,使之与混合物中的某一组分形成共沸物而被蒸出的特殊精馏称为恒沸精馏;向混合物中加入萃取剂,以使混合物中某一组分的沸点升高,从而被分离的特殊精馏称为萃取精馏。

若精馏时混合液组分间发生化学反应,称为反应精馏,这是将化学反应与分离操作耦合的新型操作过程。

对于含有高沸点杂质的混合液,若它与水不互溶,可采用水蒸气蒸馏,从而降低操作温度。对于热敏性混合液,则可采用高真空下操作的分子蒸馏。

以上从不同的角度对精馏操作进行了说明,生产中,具体采用哪种蒸馏方式,通常主要根据物料的性质,原料的组成,对产品纯度的要求,设备、能源的来源等具体情况,因地制宜地选择合理的操作条件。

自 测 题

一、填空题

1. 工业上的精馏装置由_____塔、_____器、_____器等构成。

2. 一般将精馏塔分为两段,加料板以上称为_____段,加料板以下称为_____段,加料板属于_____段。

二、判断题

1. 在对热敏性混合液进行精馏时必须采用加压分离。()
2. 间歇蒸馏塔塔顶馏出液中的轻组分浓度随着操作的进行逐渐增大。()
3. 回流是精馏稳定连续进行的必要条件。()

三、选择题

1. 在精馏塔中每一块塔板上()。
A. 只进行传质过程 B. 只进行传热过程
C. 同时进行传质传热过程 D. 无传质传热过程
2. 组分较重、沸点较高的物料采用()方法分离。
A. 常压蒸馏 B. 减压蒸馏 C. 加压蒸馏 D. 间歇蒸馏
3. ()是保证精馏过程连续稳定操作的必不可少的条件之一。
A. 液相回流 B. 进料 C. 侧线抽出 D. 产品提纯
4. ()的作用是提供一定量的上升蒸汽流。
A. 冷凝器 B. 蒸发器 C. 再沸器 D. 换热器
5. 按操作流程可将蒸馏操作分为间歇蒸馏和()。
A. 简单蒸馏 B. 平衡蒸馏 C. 连续蒸馏 D. 特殊蒸馏
6. 在多数板式塔内气液两相的流动,从总体上看是()流,而在塔板上两相为()流。
A. 逆,错 B. 逆,并 C. 错,逆 D. 并,逆

四、简答题

精馏塔的精馏段和提馏段在精馏操作中各起什么作用?

任务二 认识板式精馏塔

任务分析:从上述内容可知,塔设备是实现工业上某些混合溶液高纯度分离的设备,其作用是提供气液两相充分接触的場所,什么样的结构才能提供良好的气液接触界面,以实现组分高纯度的分离?这一任务中我们将通过参观实训室来认识精馏塔的设备结构。

任务目标:理解板式塔的主要类型与结构特点,板式塔塔板上气液两相接触状况。

技能目标:能识别各类塔设备,能说明塔设备内部构件的名称与作用。

在塔设备内,液相靠重力作用自上而下流动,气相则靠压差作用自下而上,与液相呈逆流流动,两相之间要有良好的接触界面,这种界面由塔内装填的塔板或填料提供,装填塔板的塔称为板式塔,装填填料的塔称为填料塔。通常将用于精馏操作的塔设备称为精馏塔。精馏塔可以是板式塔也可以是填料塔。在精馏技术中重点介绍板式塔,填料塔将在吸收技术中介绍。

一、板式精馏塔的结构

板式塔早在 1813 年已应用于工业生产,其结构如图 6-5 所示,主要构件如下。

塔体:塔体是塔设备的外壳。常见的塔体由等直径、等壁厚的钢制圆筒和上、下椭圆形

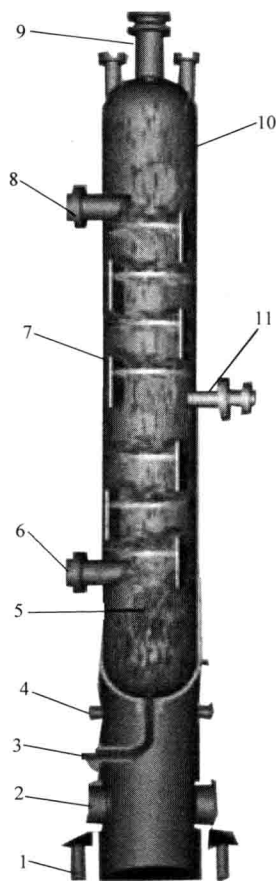


图 6-5 板式塔总体结构

- 1—裙座 2—裙座人孔 3—塔底液体出口
4—裙座排气孔 5—人孔 6—蒸气入口
7—塔盘 8—回流入口 9—塔顶蒸气出口
10—塔体 11—进料口

封头所组成。

塔体支座:塔体支座是塔体安放到基础上的连接部件,它必须保证塔体在确定的位置上能进行正常的工作。生产中最常用的塔体支座是裙式支座,简称为“裙座”。

塔内部件:板式塔内部件主要由塔盘(塔板、降液管、溢流堰、受液盘、紧固件、支撑件)及除沫装置等组成。

接管:接管是用以连接工艺管线,把塔设备与相关设备连成系统的管件。

塔附件:塔附件主要包括人孔或手孔、吊柱、平台、扶梯等,以方便安装和检修。

下面简单介绍一下板式塔的主要构件。

(一) 塔盘结构

塔盘是板式塔气液充分接触的場所,由气液接触元件、塔板、降液管、溢流堰、受液盘、塔盘支撑件和紧固件组成。

塔盘有错流、逆流两种,如图 6-6 所示。逆流式塔盘上无降液管装置,气液两相同时通过孔道逆流,处理量大,压降小,但效率低,操作弹性较差。错流式塔盘设有降液管,液体横向流过塔板,气体经过塔板上的孔道上升,在塔板上气液两相呈错流接触。适当安排降液管和溢流堰的高度,可以控制板上液层厚度,从而获得较高的传质效率,目前,在生产中应用广泛。下面简单介绍错流塔盘的结构。

1. 塔板

根据塔径大小,塔板分为整块式与分块式两种。

整块式即塔板为一整块,多用于塔径小于 800 mm 的塔。当塔径大于 1 200 mm 时,多采用由几块板合并而成的分块式塔板,以便于通过人孔装、拆塔板。塔径为 800 ~ 1 200 mm 的塔,可根据制造与安装的具体情况,任意选取一种结构。塔板厚度的选取,除经济性外,主要考虑塔板的刚性和耐腐蚀性。

分块式塔板的板块数与塔径有关,见表 6-1。

2. 降液管

降液管有圆形和弓形之分。圆形降液管制造方便,但流通截面小,对溢流周边的利用不充分,多用于液体流量小或塔径较小的情况。一般多采用弓形降液管,如图 6-7 所示。

3. 溢流堰

为了使板上维持一定高度的液层,溢流堰通常为平直堰,如图 6-8 所示,其尺寸由堰高 h_w 和堰长 l_w 决定。如果液流量较小可采用齿形堰,如图 6-9 所示,其中 h_n 表示齿缝的深度。

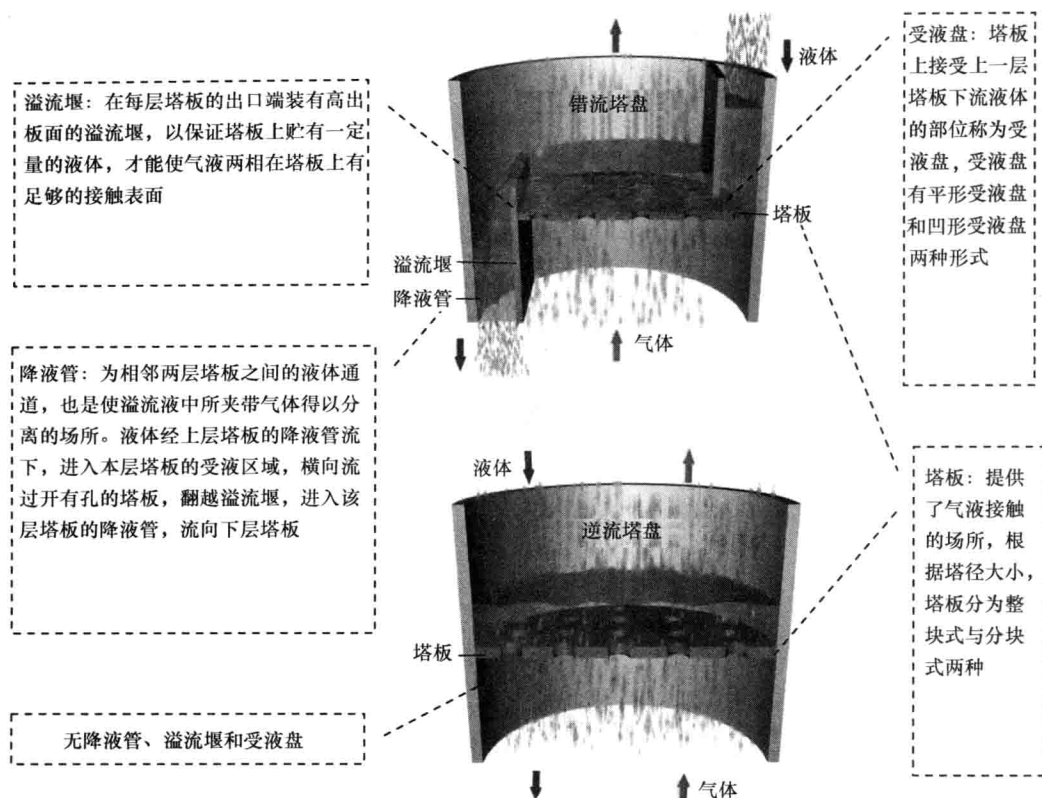


图 6-6 塔盘类型

表 6-1 分块式塔板的板块数与塔径的关系

塔径/mm	800 ~ 1 200	1 400 ~ 1 600	1 800 ~ 2 000	2 200 ~ 2 400
塔板分块数	3	4	5	6

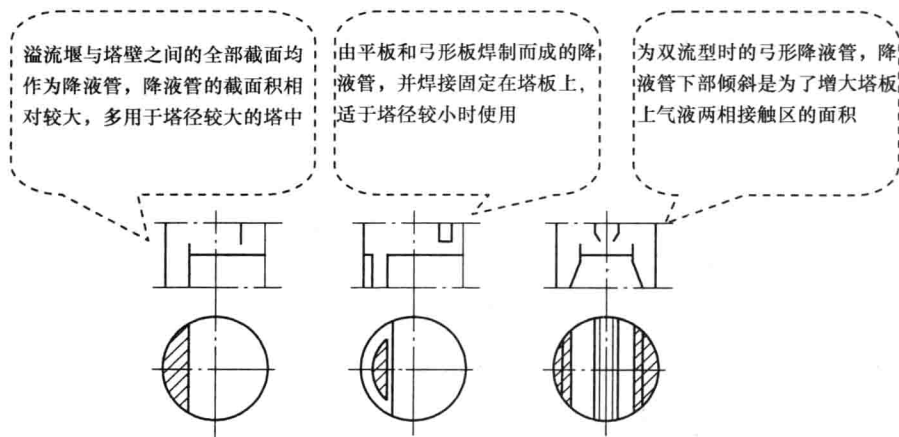


图 6-7 弓形降液管的结构形式

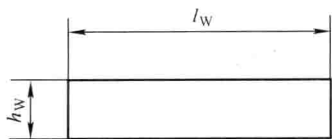


图 6-8 平直堰示意

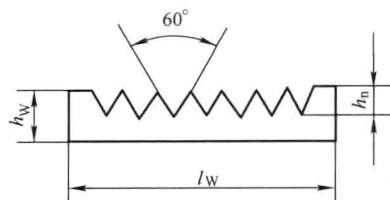


图 6-9 齿形堰示意

4. 受液盘

受液盘有平形受液盘和凹形受液盘两种形式,如图 6-10(a)、(b)所示。平形受液盘结构简单,但需在塔板上设置进口堰,以保证降液管的液封,并使液体在板上分布均匀。但设置进口堰很容易使沉淀物淤积于此而造成塔板阻塞,并且还会过多地占用塔板板面。

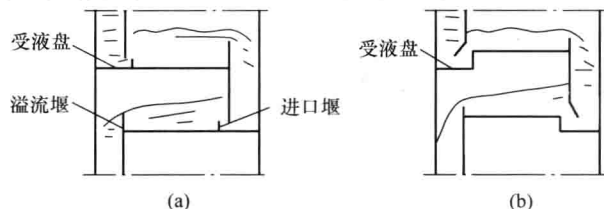


图 6-10 受液盘示意

(a) 平形受液盘 (b) 凹形受液盘

凹形受液盘可在低液量时形成良好的液封,且有改变液体流向的缓冲作用,并便于液体从侧线抽出。凹形受液盘结构稍复杂,但不需设置进口堰,工业上对于塔径在 600 mm 以上的塔,多采用凹形受液盘。凹形受液盘的深度一般在 50 mm 以上,有侧线采出时可取深些。但凹形受液盘因易造成死角而堵塞,不适于易聚合及有悬浮固体的场合。

(二) 接管

塔体上设置了各种接管,通常按接管的用途,可分为进料管、回流管、进气管、出气管等。

1. 液体进料管与回流管

液体进料管与回流管的设计应满足以下要求:①液体不直接加到塔板的鼓泡区;②尽量使液体均匀分布;③接管安装高度应不妨碍塔盘上液体的流动;④液体内含有气体时,应设法排出;⑤管内的允许流速一般不超过 1.5 m/s。

液体进料管可直接引入加料板。为使液体均匀通过塔板,减少进料波动带来的影响,通常在加料板上设进口堰,结构如图 6-11 所示。

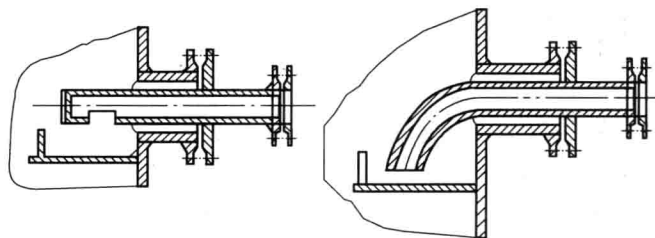


图 6-11 液体进料管