

高等学校教材

化工设备设计

聂清德 主编

吴东棣 审定

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字039号

图书在版编目(CIP)数据

化工设备设计/聂清德主编. —北京:化学工业出版社,
1991.4(1998.4重印)

高等学校教材

ISBN 7-5025-0814-7

I. 化… II. 聂… III. 化工设备-设计-高等学校-教材
IV. TQ050.2

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第03283号

高等学校教材
化工设备设计
聂清德 主编
吴东棣 审定
责任编辑:孙世斌
封面设计:郑小红

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)

新华书店北京发行所经销

北京市东华印刷厂印刷

北京前程装订厂装订

开本 787×1092 毫米 $1/16$ 印张 11 字数 272 千字
1991年4月第1版 1998年4月北京第5次印刷

印 数 221015-32100

ISBN 7-5025-0814-7/G·226

定 价: 12.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

前 言

化学工业是对国民经济影响很大的一个工业部门。发展化学工业不仅关系到人民的衣、食、住、行有利于促进物质文明与精神文明的建设,对实现工业、农业、国防与科学技术的现代化也起着十分重要的作用。

化学工业中有着许多不同的工艺过程,为这些工艺过程服务的化工设备更是不可胜数。要想把所有的设备一一予以阐述,既无可能,也无必要。重要的是通过若干典型设备的细致分析,使学生能够掌握设备设计的基本原则与方法,并进一步运用它来了解、分析与设计其他类型的设备与结构,进行创造性的工作。

传质、传热与化学反应过程是化学工业中非常广泛应用的工艺过程,因此在编写本书时选择了塔设备、换热设备与反应设备作为典型的化工设备。

化工设备是为工艺过程服务的,因此它必须在所规定的工艺条件下在单位时间内,尽可能利用最少的能源,最小的空间生产最多的产品,而且在经济上也是最为合理的。

结构分析是化工设备设计的重要内容之一,任何一种结构的出现都是有原因的。应当满足工艺过程所提出的强化传质、传热或化学反应等诸方面的要求,还应便于加工、运转、装配与维修。

结构的强度计算是保障设备安全可靠的重要依据。化工设备本身也是压力容器,故其零、部件的强度计算方法,一般的都可利用《化工容器设计》课程中学到的知识得到解决。本书重点解决的是一些特殊的零、部件受力分析与强度计算。

本书共分三章:第一章塔设备重点是对板式塔与填料塔的传质元件、主要零、部件的结构及其促进过程的强化进行了分析与讨论。阐明了在风载荷、地震载荷与风诱发振动时流体力的作用下塔体的强度计算方法,第二章换热设备以主要篇幅阐述了管壳式换热器的设计计算方法,进行了结构分析,并对管板、膨胀节的强度计算以及换热器中流体诱发的振动进行了讨论。第三章反应设备重点讲述了搅拌反应器的主要零、部件结构与设计。

书中采用国际单位制,当个别部分因引用有关设计规定而必须保留工程单位制时,会相应地告知如何进行单位换算。

科学技术在不断发展,新型、高效的化工设备不断出现,由于编者水平所限,书中难免有偏颇、欠妥之处,衷心希望读者予以指正。

编者

一九八九年九月

内 容 提 要

本书是根据1989年4月在西安召开的全国高校化工设备与机械专业教学指导委员会会议通过的《化工设备设计》课程教学基本要求而编写的(参考学时数40)。

全书共分三章,依次编写了塔设备、换热设备与反应设备。每章的重点部分均附有例题。

各章的编写人为:第一章是李儒、聂清德;第二章是聂清德;第三章是李儒副教授。全书主编为聂清德教授。

本书主审为华东化工学院吴东隼教授。

本书系高等院校化工设备与机械专业的教学用书,也可供工程技术人员在从事化工设备的设计、运行与科研时参考应用。

目 录

第一章 塔设备	1
第一节 概述.....	1
一、塔设备在化工生产中的作用和地位.....	1
二、化工生产对塔设备的要求.....	1
三、塔设备的分类和总体结构.....	1
四、塔设备的发展及现状.....	3
第二节 板式塔.....	3
一、常用板式塔的类型.....	3
二、塔盘的结构.....	8
三、裙座及除沫器.....	18
第三节 填料塔.....	20
一、填料.....	20
二、液体分布装置.....	25
三、液体再分布装置.....	31
四、填料支承装置.....	34
第四节 塔设备的振动.....	36
一、风诱发的振动.....	36
二、塔设备的自振周期.....	39
三、塔设备在共振时的强度计算.....	42
四、塔设备的防振.....	45
例1-1	46
第五节 塔设备的强度计算.....	49
一、塔的受载分析.....	49
二、筒体的强度计算及校核.....	55
三、裙座的强度计算及校核.....	56
例1-2	62
主要参考资料.....	67
第二章 换热设备	68
第一节 概述.....	68
一、换热设备应满足的基本要求.....	68
二、换热设备的分类.....	69
三、间壁式换热器.....	70
第二节 管壳式换热器的结构.....	77
一、管壳式换热器的种类.....	77
二、管壳式换热器的结构设计.....	80

第三节 管板的计算	89
一、基本考虑	90
二、管板的受力分析	91
三、固定管板式换热器管板的计算	91
四、按计算程序进行固定管板式换热器管板的计算	93
五、浮头式换热器管板的计算	97
六、U形管式换热器管板的计算	90
例2-1	98
第四节 U形膨胀节的计算	101
一、设置膨胀节的依据	101
二、U形膨胀节的计算	104
例2-2	109
第五节 管壳式换热器的振动与防止	111
一、流体诱发的振动	111
二、管子的自振频率	115
三、振动判据	118
四、管子振幅的计算	119
五、防振措施	120
例2-3	122
主要参考资料	125
第三章 反应设备	126
第一节 概述	126
一、反应设备在化学工业中的作用	126
二、反应设备的种类及特点	126
第二节 搅拌反应器的总体结构及类型	127
一、搅拌反应器的总体结构	127
二、搅拌反应器的类型	127
第三节 搅拌反应器的搅拌装置	129
一、搅拌器	130
二、搅拌附件	134
三、搅拌器的功率	136
例3-1	139
例3-2	140
四、搅拌器的强度计算	143
五、传动装置及搅拌轴	148
第四节 搅拌反应器的轴封	152
一、填料密封	152
二、机械密封	156
第五节 搅拌反应器的罐体	160
一、罐体的尺寸	160
二、搅拌反应器的传热	162
主要参考资料	168
《化工设备设计》课程教学基本要求(试行)	169

第一章 塔 设 备

第一节 概 述

一、塔设备在化工生产中的作用和地位

塔设备是化学工业、石油工业、石油化工等生产中最重要设备之一。它可使气（汽）液或液液两相之间进行充分接触，达到相际传热及传质的目的。在塔设备中能进行的单元操作有：精馏、吸收、解吸，气体的增湿及冷却等。

在化工、石油化工及炼油厂中，塔设备的性能对于整个装置的产品产量、质量、生产能力和消耗定额，以及三废处理和环境保护等各个方面，都有重大的影响。在化工和石油化工生产装置中，塔设备的投资费用占整个工艺设备费用的25.39%，炼油和煤化工生产装置占34.85%；它所耗用的钢材重量在各类工艺设备中所占的比例也较多，例如在年产250万吨常压及减压炼油蒸馏装置中耗用的钢材重量占62.4%，年产60及120万吨催化裂化装置占48.9%。因此，塔设备的设计和研究，对化工、炼油等工业的发展起着重大的作用。

二、化工生产对塔设备的要求

塔设备除了应满足特定的化工工艺条件（如温度、压力及耐腐蚀）外，为了满足工业生产的要求还应达到下列要求：

- 1) 生产能力大，即气液处理量大。
- 2) 高的传质、传热效率，即气液有充分的接触空间、接触时间和接触面积。
- 3) 操作稳定、操作弹性（最大负荷对最小负荷之比）大，即气液负荷有较大波动时仍能在较高的传质效率下进行稳定的操作，且塔设备应能长期连续运转。
- 4) 流体流动的阻力小，即流体通过塔设备的压力降小，以达到节能降低操作费用的要求。
- 5) 结构简单可靠，材料耗用量小，制造安装容易，以达到降低设备投资的要求。

事实上，任何一个塔设备能同时达到上述的诸项要求是困难的，因此只能从生产需要及经济合理的要求出发，抓住主要矛盾进行设计。随着人们对于增大生产能力、提高效率、稳定操作和降低压力降的追求，推动着各种新型塔结构的出现和发展。

三、塔设备的分类和总体结构

随着化学工业的发展，研制了许多的塔设备结构。塔设备的分类方法很多，例如：按操作压力分为加压塔、常压塔和减压塔；按单元操作分为精馏塔、吸收塔、解吸塔，萃取塔等；按形成相际接触面的方式分为具有固定相界面的和流动过程中形成相界面的塔；但是长期以来，最常用的是按塔的内件结构分为板式塔（图1-1）和填料塔（图1-2）两大类。

在板式塔中，塔内装有一定数量的塔盘，气体自塔底向上以鼓泡喷射的形式穿过塔盘上的液层，使两相密切接触，进行传质。两相的组分浓度沿塔高呈阶梯式变化。

在填料塔中，塔内装填一定高度的填料。液体自塔顶沿填料表面向下流动，作为连续相的气体自塔底向上流动，与液体进行逆流传质。两相的组分浓度沿塔高呈连续变化。

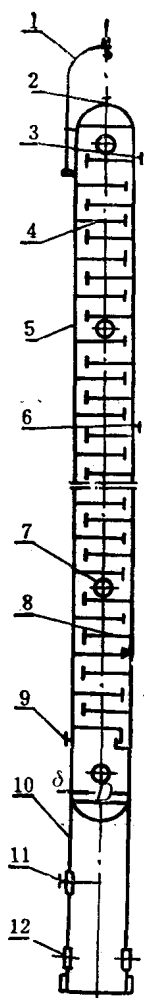


图 1-1 板式塔

1—吊柱；2—气体出口；3—回流液入口；4—精馏段塔盘；5—壳体；6—料液进口；7—人孔；8—提馏段塔盘；9—气体入口；10—裙座；11—釜液出口；12—出入口

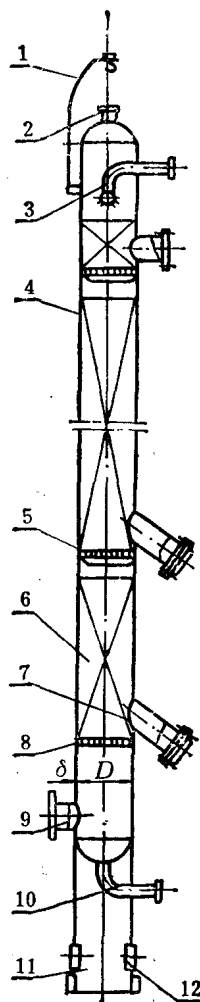


图 1-2 填料塔

1—吊柱；2—气体出口；3—喷淋装置；4—壳体；5—液体分配器；6—填料；7—卸填料人孔；8—支承装置；9—气体入口；10—液体出口；11—裙座；12—出入口

塔设备的总体结构如图1-1及图1-2所示，包括塔体，塔体支座、除沫器、接管、人孔和手孔，以及塔内件。

塔体是塔设备的外壳。常见的塔体由等直径、等壁厚的圆筒及作为顶盖和底盖的椭圆形封头所组成。随着化工装置的大型化，为了节约原材料，有用不等直径、不等壁厚的塔体。塔体的厚度除满足工艺条件下的强度外，还应校核风力、地震、偏心载荷所引起的强度和刚度，以及水压试验、吊装、运输、开停工的情况。另外，对于塔体安装的不垂直度和弯曲度有一定的要求。

塔体支座是塔体安放到基础上的连接部分，一般采用裙座。其高度按照工艺条件的附属设备（如再沸器、泵）及管道布置决定。它承受各种情况下的全塔重量，以及风力、地震等载荷，为此，它应具有足够的强度及刚度。

除沫器用于捕集夹在气流中的液滴。使用高效的除沫器，对于回收昂贵物料、提高分离效率、改善塔后设备的操作状况，以及减少对环境的污染等都是非常必要的。常用的有丝网除沫器和折板除沫器。

接管是用以连接工艺管路，使之与相关设备连成系统。有进液管、出液管、回流管、进气管、出气管、侧线抽出管、取样管、液面计接管及仪表接管等。

人孔、手孔和视孔是为了安装、检查的需要而设置的。在板式塔和填料塔中，各有不同的设置要求。

吊柱设置在塔顶，用于安装检修运送塔内件。

四、塔设备的发展及现状

1813年Cellcer提出泡罩塔，1832年开始用于酿造工业。1881年工业规模的填料塔开始用于蒸馏操作，当时的填料是碎砖瓦，小石块和管子短节等。二十世纪初期，随着炼油工业的发展和石油化学工业的兴起，塔设备被广泛采用。当时炼油工业多采用泡罩塔，无机工业以填料塔为主。二十世纪中期，为了适应各种化工产品的生产，开发了一些新型塔盘，如条形泡罩塔盘、S形塔盘、筛板塔盘、浮阀塔盘、舌形塔盘等。这一时期填料塔也在瓷环填料被广泛采用的基础上开发了鲍尔环填料、狄克松环填料、麦克马洪填料、矩鞍形填料等。从六十年代起，随着化学及炼油工业的大型化发展，塔设备的单塔规模也随之增大。直径在10m以上的板式塔已经出现，塔板数多达上百块，塔的高度达80余米，重量达几百吨；填料塔的最大直径已达15m、高达100m。

目前，我国常用的板式塔仍为泡罩塔、浮阀塔、筛板塔和舌形塔盘塔。近年来，开发使用了斜孔塔盘、导向筛板、网孔塔盘、大孔筛板、浮阀-筛板复合塔盘以及浮动喷射塔板、旋流塔板、旋叶塔板等。填料塔所用填料，对于乱堆填料除拉西环、鲍尔环外，阶梯环、金属矩鞍环已大量采用；由于金属丝网及金属板波纹填料规整填料的使用，并配合新型塔内件结构使填料塔的效率大为提高，因此应用范围日益扩大。

第二节 板式塔

一、常用板式塔的类型

(一) 泡罩塔

泡罩塔是最早使用的板式塔，近三十年来由于塔设备的发展不少新型塔板取代了它的地位，但在许多场合仍然使用。

泡罩塔的优点是操作弹性较大，在负荷变动范围较大时仍能保持较高的效率；液气比的范围大；不易堵塞，能适用于多种介质；操作稳定可靠。其缺点在于结构复杂，造价高，安装维修麻烦以及气相压力降较大，但在常压或加压下操作，压力降虽高些，并不是主要问题。

泡罩的种类很多，目前应用最多的型式为圆形泡罩（图1-3），泡罩的尺寸已有部颁标准。

泡罩塔盘的主要结构包括泡罩、升气管、溢流管及降液管。

泡罩塔盘上的气液接触状况如图1-4所示。液体由上层塔盘通过左侧的降液管从A处流入塔盘，然后横向流过塔盘上布置泡罩的区段B-C，此处为塔盘的气液接触区；C-D段用于初步分离液体中夹带的气泡，接着液体流过出口堰进入右侧的降液管。在堰板上方的液层高度 h_w 称为堰上液流高度。在降液管中被夹带的蒸气分离出来上升返回塔盘，清液则流向下层塔盘。与此同时，蒸气从下层塔盘上升，进入泡罩的升气管中，通过环形通道，再经泡罩的齿缝分散到泡罩间的液层中去。蒸气从齿缝中流出时，搅动了塔盘上的液体，使液层上部变成泡沫层。气泡离开液面破裂成带有液滴的气体，小液滴相互碰撞形成大的液滴落回液

层；还有少量微小液滴被蒸气夹带到上层塔盘称为雾沫夹带。如上所述，蒸气在从下层塔盘进入上层塔盘的液层并继续上升的过程中，与所接触的液体发生传热与传质。蒸气通过每层塔盘所引起的压力损失称为每层塔板的压力降。另外，当液体流过整个塔盘时，还须克服各种阻力，因而产生液面落差 Δ ，由于液面落差的存在使塔盘上的液层高度不同，因而造成蒸气分布不均匀，故在设计中应充分注意。

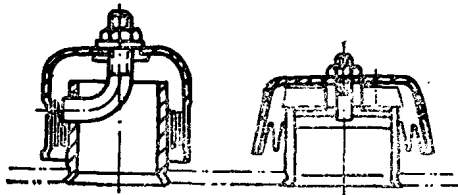


图 1-3 圆形泡罩

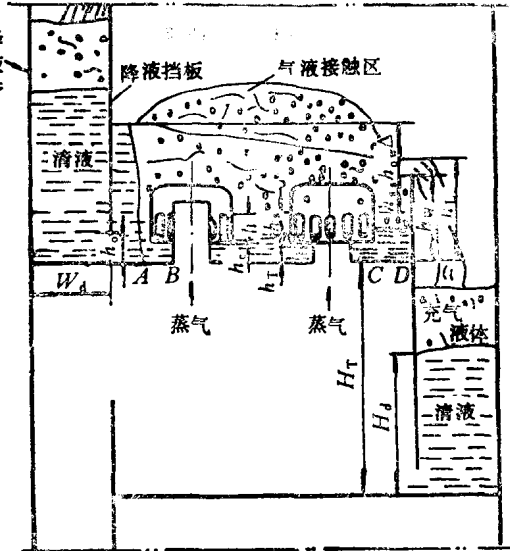


图 1-4 泡罩塔盘上的气液接触状况

泡罩塔如果设计或操作不当，出现液体流量很小或液封高度不够，这时从齿缝出来的蒸气能推开液体掠过液面直接上升而形成的锥流，使气液接触不良；若蒸气流量很小，不能以连续鼓泡的形式通过液层时，必然是逐渐积蓄蒸气，使塔盘下方的气压逐渐升高，当增加到足够的数值后，才能通过齿缝鼓泡逸出，在流过若干气泡后，气压下降，停止鼓泡，再等到上升至一定压力后才形成鼓泡而形成的蒸气流动的脉动，或者当液体流量过大和蒸气流量过小时塔盘上的液面落差大，使气流分布不均匀而形成偏流；或者当蒸气速度过高而形成过量的雾沫夹带；或者当板间太短，降液管容积太小，气液流量都很大，部分液体不能通过降液管流下被拦截在塔板上，使泡沫层超过板间距而形成液泛等都会使塔板效率下降，甚至操作破坏，设计时必须给予注意。

(二) 筛板塔

筛板塔也是最早出现的板式塔。与泡罩塔相比，其生产能力大20~40%，塔板效率高10~15%，而且结构简单，塔盘造价减少40%左右，安装维修都较容易。近年来，发展了大孔筛板（孔径达20~25 mm）、导向筛板等多种筛板塔。

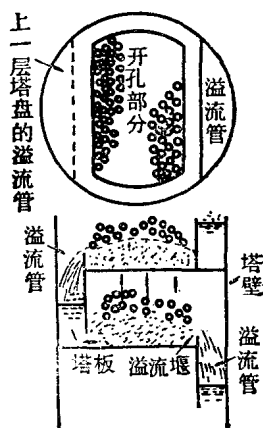


图 1-5 筛板塔盘上气液接触状况

筛板塔的示意结构及气液接触状况如图1-5所示，筛板塔盘上分为筛孔压、无孔区、溢流堰及降液管等几部分。工业塔的筛孔孔径为3~8mm，按正三角形排列，孔间距与孔径之比为2.5~5。它具有制造容易，不易堵塞等优点，只是漏液点稍低，操作弹性较小。

与泡罩塔操作情况类似，液体从上一层塔盘的降液管流下，横向流过塔盘，经溢流管流入下一层塔盘。依靠溢流堰保持塔盘上的液层高度。蒸气自下而上穿过筛孔时，分散成气泡，在穿过板上液层时，进行气液间的传热和传质。

筛板塔的优点是结构简单,制造维修方便,相同条件下生产能力高于浮阀塔;塔板压力降较低,适用于真空蒸馏;塔板效率较高,但稍低于浮阀塔;具有较高的操作弹性,但稍低于泡罩塔。其缺点是小孔径筛板易堵塞,不适宜处理脏的、粘性大的和带固体粒子的料液。

(三) 浮阀塔

从五十年代起已大量应用于工业生产,用以完成加压,常压,减压下的精馏、吸收、解吸等过程。大型浮阀塔的塔径可达10m,塔高达83m,塔板有数百块之多。

浮阀塔之所以广泛应用是由于浮阀在塔盘上可安排的比泡罩紧凑,其生产能力比圆形泡罩塔盘提高20~40%,接近于筛板塔;由于浮阀可在一定范围内自由升降以适应气量的变化,因此能在较宽的流量范围内保持高效率,其操作弹性为5~9,比筛板、泡罩和舌形塔盘大得多;由于气液接触状态良好,且蒸气以水平方向吹入液层,故雾沫夹带较少,塔板效率比泡罩塔高15%左右;由于气流通过浮阀时只有一次收缩、扩大及转弯,故干板压力降比泡罩塔低,在常压塔中每层塔板的压力降一般约为400~666Pa^[4];浮阀形状简单,液面落差小;由于阀盘大多用不锈钢制造,加之浮阀不停地浮动,所以不易积垢堵塞,故操作周期较泡罩塔长,清理也节省时间;其结构比较简单,安装容易,制造费仅为泡罩塔盘的60~80%(但为筛板塔的120~130%)。

浮阀塔盘操作时的气泡液流程和泡罩塔相似。蒸汽自阀孔上升,顶开阀片,穿过环形缝隙,以水平方向吹入液层,形成泡沫。浮阀能随着气速的增减在相当宽的气速范围内自由升降,以保持稳定操作。

浮阀的型式很多,国内已采用的浮阀及特点如表(1-1)所示。

表 1-1 浮阀型式及特点

型式	F1型 (V-1型)	V-4型	V-6型
特点	1. 结构简单,制作方便,省材料; 2. 有轻阀 (25 g), 重阀 (33 g) 两种,我国已有标准(JB1118—81)	1. 阀孔为文丘里型,阻力小,适于减压系统; 2. 只有一种轻阀 (25 g)	1. 操作弹性范围大,适用于中型试验装置和多种作业的塔; 2. 结构复杂,重量大,阀重为 52 g
型式	十 字 架 型		A 型
特点	1. 性能与V-1型无区别; 2. 对于处理污垢或易聚物料,可能较好; 3. 制造与安装较复杂。		1. 性能及用途同V-1,但结构较复杂; 2. 国外有做成多层型的。

如上所述,浮阀塔盘虽然优点很多,但它在构造、生产能力、塔板效率、及压力降等方面均不及筛板塔,在操作弹性及处理脏物料方面又优于筛板塔。

(四) 舌形塔及浮动舌形塔

舌形塔是喷射型塔,六十年代开始应用。它是在塔盘上开有与液流相同方向的舌形孔(图1-6),蒸气经舌孔流出时,其沿水平方向的分速度促进了液体的流动,因而在大流量时也不会出现较大的液面落差。由于气液两相呈并流流动,就大大减少了雾沫夹带。当舌孔气速提高到某一定值时,塔盘上的液体受气流喷射形成滴状和片状,从而加大了气液接触的面积。与泡罩塔相比其优点是液面落差小,塔盘上液层薄、持液量少、压力降小(约为泡罩塔盘的33~35%),处理能力大,塔盘结构简单,钢材可节省12~45%,而且安装维修方便;其缺点是操作弹性小(仅2~4),塔板效率低,因而使用受到一定限制。

浮动舌形塔盘是一种新型的喷射塔盘，其舌片综合了浮阀及固定舌片的结构特点（图1-7），故其既有浮阀塔的操作弹性大、效率高、稳定性好等优点（据称这种塔盘的操作弹性可达15），又有舌形塔盘处理量大、低压降、雾沫夹带小的优点；其缺点是舌片易损坏。

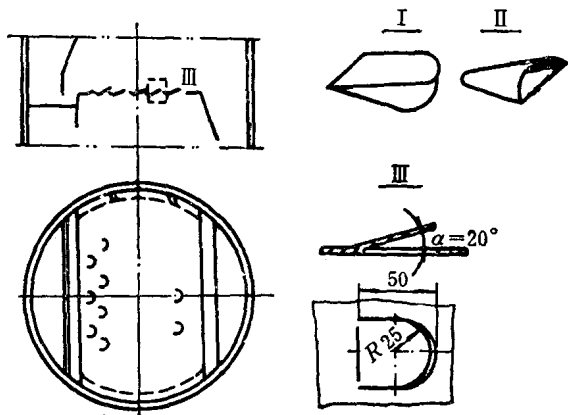


图 1-6 舌形塔盘

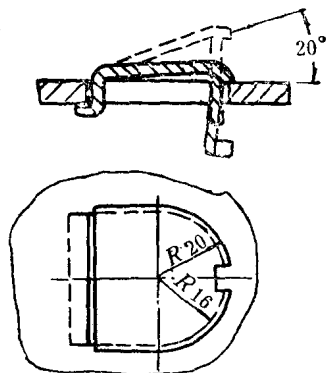


图 1-7 浮舌舌片构造

（五）穿流式栅板塔

穿流式栅板塔（图1-8）属于无溢流装置的板式塔，在工业上也得到广泛的应用。根据塔盘上所开的栅缝或筛孔，分别称为穿流式栅板塔或穿流式筛板塔。这种塔没有降液管，气液两相同时相向通过栅缝或筛孔。操作时蒸气通过孔缝上升进入液层，形成泡沫；与蒸气接触后的液体不断地通过孔缝流下。

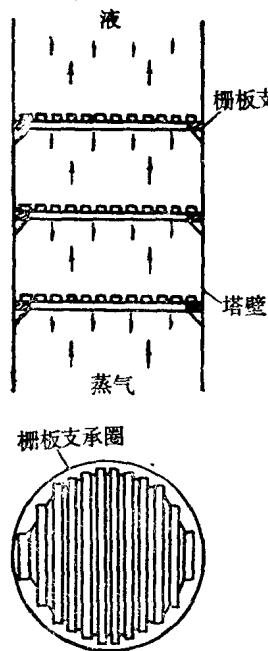


图 1-8 穿流式栅板塔盘

穿流式栅板塔的优点是塔盘上无溢流装置，结构比一般筛板塔还简单，因而制造容易、安装维修方便，节省材料和投资；由于没有溢流装置，省去了降液管所占的面积（一般降液管占塔盘面积的15~30%），允许通过更多的蒸气流量，故生产能力大；其开孔率大，孔缝气速比溢流式塔盘小，故压力降小（比泡罩塔小40~80%），适用于真空蒸馏；污垢不易沉

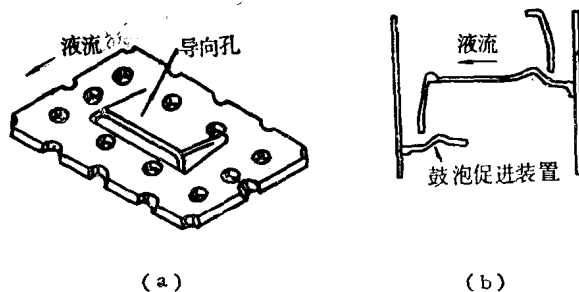


图 1-9 导向筛板塔盘结构

积、孔道不易堵塞；可用塑料、陶瓷、石墨等非金属耐腐蚀材料制造。其缺点是操作弹性较小，能保持较好效率负荷的上下限之比约为2.5~3.0；塔板效率较低，比一般板式塔约低

30~60%。但穿流式塔的孔缝气速较小，雾沫夹带量也小，故可缩小塔板间距，因而在同样的分离条件下，塔的总高度与泡罩塔大致相同。

(六) 导向筛板塔

导向筛板塔盘的结构如图1-9所示。它是在普通筛板塔盘上进行了两项改进，其一是在筛板上开设了一定数量与液流方向一致的导向孔；其二是在液体进口区设置了鼓泡促进装置。利用导向孔喷出的气流推动液体，既可减少液面落差，又可通过适当安排的导向孔来改善液流分布的状况，减少液体返混，从而提高塔板效率，并且导向孔气流与筛孔气流合成了抛物线型的气流，可减少雾沫夹带。鼓泡促进装置使塔盘进口区的液层变薄，可避免漏液，因而易于鼓泡，从而使整个鼓泡区内气体分布均匀，故可增大处理能力和减少塔板压力降。

(七) Kittel (凯特尔) 塔盘

Kittel塔盘是最早利用气相动能来强化传质的塔盘。标准Kittel塔盘结构见图1-10。它属于穿流式塔盘，由上下两层塔盘组成一个单元。塔盘用拉伸金属板网制造，它具有定向切口，通过塔盘分块的特殊布置，促进液体流动。在每个单元中，切口的安排使上层塔盘的液体流向是离心的，下层塔盘是向心的。操作时上层塔盘的液体从中心向塔盘边积聚，通过外缘的切口流入下层塔盘；下层塔盘的液体又从四周聚向中心，最后从切口流往下一单元。

每层标准Kittel塔盘由6~8块扇形的拉伸金属板网组合而成，塔板开孔率约为20%左右，离心板与向心板间距一般为200mm，单元间的塔板距为400mm。塔盘中心有支承柱。

Kittel塔盘的特点是由于气液的流动使相接触面得到迅速的更新，有利于传质；由于离心塔盘和向心塔盘的交替排列，液体可以得到

自动的再分配；因为其开孔率较大，故具有较低的压力降；因为它有效地利用了气相动能和小的雾沫夹带，故具有较大的负荷能力；其塔板有自净作用，不易堵塞。

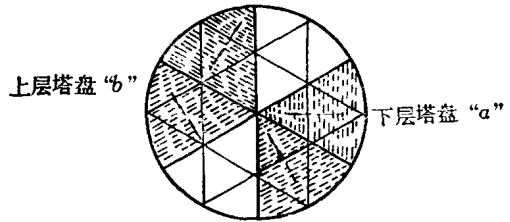
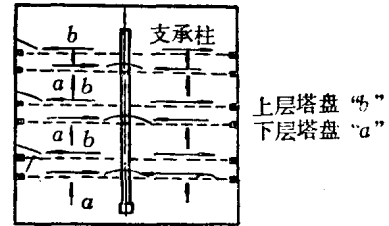


图 1-10 标准Kittel塔盘

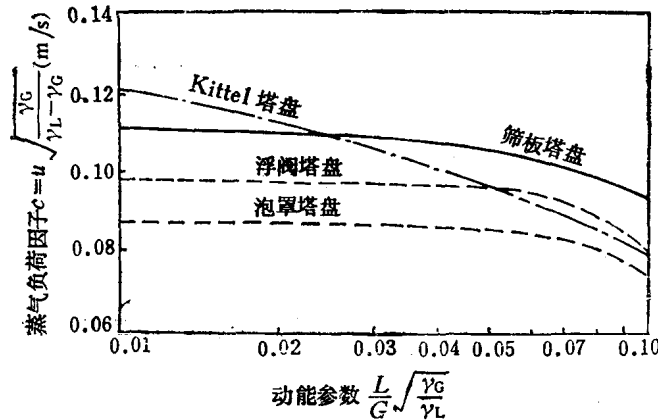


图 1-11 几种板式塔盘生产能力的比较

μ —液相粘度(mPa·s); $\gamma_L \cdot \gamma_G$ —液相、气相密度(kg/m³); $L \cdot G$ —液相、气相流量(kg/s)

(八) 板式塔的比较

各种板式塔的比较是一个十分复杂的问题，很难用简单的指标衡量。下面就生产能力、塔板效率、造价及操作等方面进行比较（参见图1-11、图1-12、图1-13、及表1-2、表1-3）。从上述图表中可以看出，泡罩塔盘的蒸气负荷和操作弹性都比较高，且在负荷有较大变化时能保持较高的效率，但它的造价很高，此乃被其它塔型逐渐取代的原因之一；浮阀塔盘在蒸

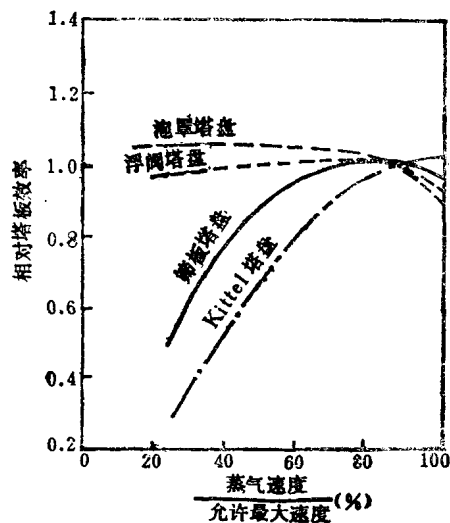


图 1-12 几种板式塔盘相对板效率

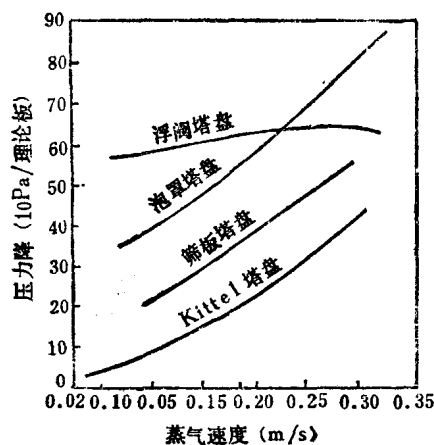


图 1-13 几种板式塔盘压力降的比较

表 1-2 几种塔盘的性能比较

塔盘型式	蒸 气 量	流 量	效 率	操作弹性	单板压降(Pa)	价 格	可 靠 性
泡 罩	良	优	良	超	1000	良	优
筛 板	优	优	优	良	520	超	优
浮 阀	优	优	优	超	630	优	良
穿 流 式	优	超	优	差		超	可

气负荷、操作弹性、效率和价格等方面都比泡罩塔盘优越，因而目前得到广泛应用；筛板塔造价低、压力降小，除操作弹性较小外，其它性能接近于浮阀塔盘，故其应用也较为广泛。

二、塔盘的结构

板式塔的塔盘分为溢流式和穿流式两类。溢流式塔盘有降液管，塔盘上的液层高度可通过改变溢流堰高度调节，故操作弹性较大，且能保证一定的效率。穿流式塔盘上的气液两相同时通过塔盘上的孔道流动，其处理能力大，压力降较小，但操作弹性及效率较差。这里介绍溢流式塔盘的结构。

塔盘系由气液接触元件、塔板、降液管及受液盘、溢流堰等构成。

(一) 塔盘

塔盘按结构特点可分为整块式和分块式两种。当塔径小于900mm时采用整块式塔盘；

表 1-3 几种塔盘的优缺点及用途

塔盘型式		结 构	优 点	缺 点	用 途
泡罩型	圆形泡罩	复杂	1.在宽的负荷范围内可稳定操作; 2.弹性好	1.费用高; 2.板间距大; 3.压力降比较大	适用于广泛的范围, 板数少的场合更有利
	S形泡罩塔板	稍简单	简化了泡罩的形式, 因此性能相似	同上	同上
浮阀型	条形浮阀	简单	1.在宽的负荷范围内效率不降低; 2.最高负荷的效率也比泡罩塔稍高; 3.费用比较便宜; 4.雾沫夹带少; 5.液面落差小	没有特别的缺点	适用于一切场合
	重盘式浮阀	有简单的和稍复杂的			
	T形浮阀	简单			
穿流型	筛板(溢流式)	简单	1.最高负荷的效率高; 2.费用最低; 3.压力降小	1.稳定操作范围窄; 2.要么扩大孔径, 否则易堵物料不适用; 3.容易发生液体泄漏	适于处理量变动少且不折出固体物料的系统
	波纹筛板	简单	1.比筛板压力降稍高, 但具有同样的优点; 2.气液分布好		
	栅板	简单	1.处理能力大; 2.压力降小; 3.费用便宜	1.塔板效率低; 2.处理量少时, 效率剧烈下降	适用于粗蒸馏

当塔径大于 800mm 时, 由于人能在塔内安装、拆卸、可采用分块式塔盘; 塔径为 800~900mm 时, 可根据制造与安装的具体情况, 任意选用这两种结构。

1. 整块式塔盘

整块式塔盘分为定距管式和重叠式两类。采用整块式塔盘的塔体系由若干节组成, 每个塔节中安装若干层塔盘, 塔节之间用法兰连接。

(1) 定距管式塔盘 定距管式塔盘结构如图 1-14 所示。用拉杆和定距管将塔盘紧固在塔节内的支座上。定距管起着支承塔盘和保持塔板间距的作用。塔盘与塔壁间的缝隙, 以软填料密封后, 用压板及压圈压紧。

塔节的长度取决于塔径。当塔径为 300~500mm 时, 只能伸入手臂安装, 塔节长度以 800~1000mm 为宜; 塔径为 500~800mm 时, 人可勉强进入塔内安装, 塔节长度一般不宜超过 2000~2500mm; 塔径大于 800mm 时, 由于受拉杆长度的限制, 并避免发生安装困难, 每个塔节安装的塔盘数一般不超过 5~6 层, 故塔节长度不超过 2500~3000mm。

(2) 重叠式塔盘 重叠式塔盘的结构如图 (1-15) 所示。在每一塔节下面焊有一组支承, 底层塔盘安置在支座上。然后依次装入上一层塔盘, 塔盘间距由焊在塔盘下的支柱保证, 并用调节螺钉调整水平。塔盘与塔壁的间隙, 以软质填料密封后用压板及压圈压紧。

(3) 整块式塔盘的结构及尺寸 整块式塔盘的结构有两种, 一种是角焊结构, 一种是翻边结构。

角焊结构如图 1-16 (a、b) 所示, 此结构系将塔盘圈角焊在塔盘板上。这种塔盘制造方便, 但要采取措施, 以减少因焊接变形而引起塔板的不平。

翻边结构如图 1-16 (c、d) 所示, 此结构是塔盘圈直接由塔板翻边而成, 因此, 可避

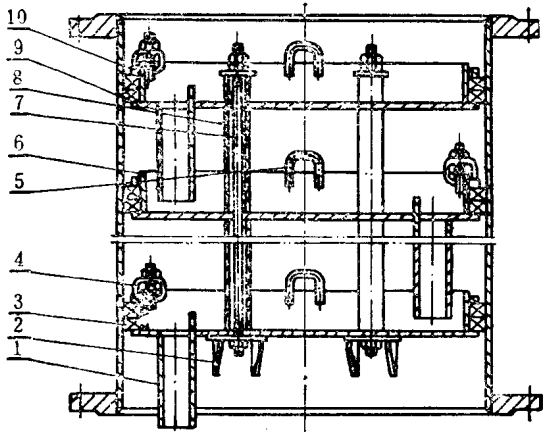


图 1-14 定距管式的塔盘结构

1—降液管；2—支座；3—密封填料；4—压紧装置；5—吊耳；6—塔盘圈；7—拉杆；8—定距管；9—塔盘板；10—压圈

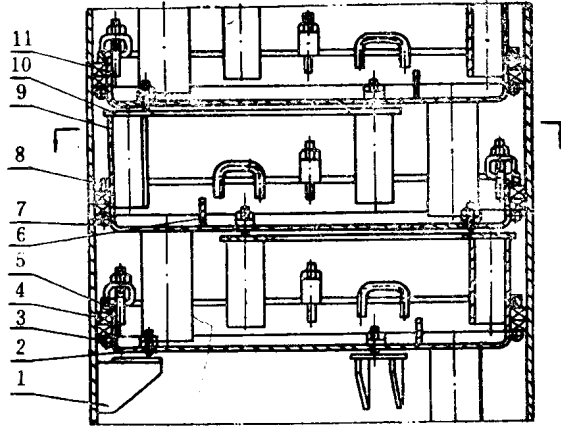


图 1-15 重叠式塔盘结构

1—支座；2—调节螺钉；3—圆钢圈；4—密封填料；5—塔盘圈；6—溢流堰；7—塔盘板；8—压圈；9—支柱；10—支承板；11—压紧装置

免焊接变形。当直边较短或制造条件许可时，可以整体冲压（图1-16 c）；否则可另作一个塔盘圈与塔盘板对接（图1-16 d）。其缺点是需要冲压模具。

塔盘的结构尺寸如图1-16所示。塔盘圈的高度 h_1 一般可取70mm，但不得低于溢流堰高度。塔盘圈外缘与塔体内壁的间隙一般为10~12mm。填料支承圈用 $\phi 8 \sim 10$ mm的圆钢弯成，其焊接位置 h_2 随填料圈数而定，一般为30~40mm。

2. 分块式塔盘

在直径较大的板式塔中，如果仍用整块式塔盘，则由于刚度的要求，塔盘板的厚度势必增加；而且，为便于安装、检修、清洗，可将塔盘板分成数块，通过人孔送入塔内，装在焊于塔体内壁的塔盘支承件上。分块或塔盘的塔身为焊制整体圆筒，不分塔节。

塔盘的分块，应为结构简单，装拆方便，有足够刚性，便于制造、安装、检修。一般多采用自身梁式塔盘板（图1-17 a），有时也采用槽式（图1-17 b）。它们的特点是结构简单，制造方便；由于将塔盘板冲压折边，使其具有足够刚性，这样不仅简化了塔盘结构，而且可以节约钢材。

分块塔盘板的长度 L (图1-17) 随塔径大小而异, 最长可达2200mm。宽度 B 由塔体人孔尺寸、塔盘板的结构强度及升气孔的排列方式等决定, 自身梁式的 B 有310、415mm两种。筋板高度 h_1 , 自身梁式的为60~80mm, 槽式的为30mm。塔盘板厚度, 碳钢为3~4mm, 不锈钢为2~3mm。

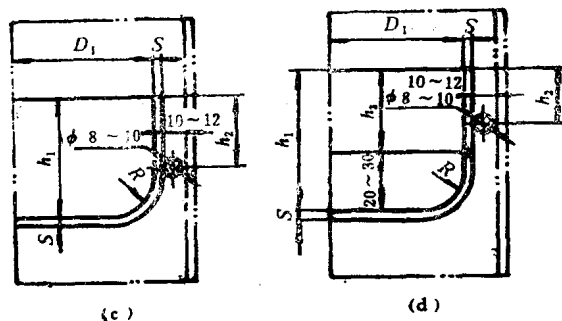
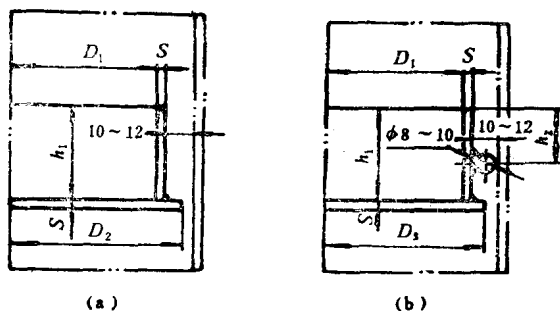


图 1-16 整块式塔盘结构

为进行塔内清洗和检修, 使人能进入各层塔盘, 可在塔盘板接近中央处设置一块内部通道板, 又因在一般情况下, 塔体设有两个以上的人孔, 人可以从上面或下面进入, 故通道板应是上、下均可拆的。最简单的结构如图1-18所示, 紧固螺栓从上面或下面均能转动 90° 使

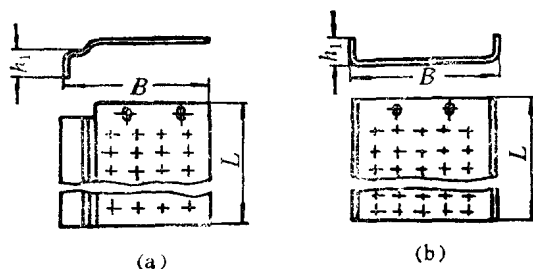


图 1-17 分块的塔盘
(a)—自身梁式; (b)—槽式

通道板紧固或拆卸时松开。图中 (b) 为安装好通道板的情况, (a) 为拆卸通道板时的情况。为了使人能移开通道板, 其质量不应超过30kg。最小通道板尺寸为 $300 \times 400\text{mm}$, 各层内部通道板最好开在同一垂直位置上, 以利于采光和拆卸。如不设内部通道板。有时也可用一块塔盘板代替。

分块式塔盘板之间的连接, 根据人孔位置及检修要求, 分为上可拆连接和上、下均可拆连接两种。常用的紧固件是螺栓和椭圆垫板。上可拆连接结构如图1-19所示, 上、下均可拆连接结构如图1-20所示。在图1-20中, 从上或从下松开螺母, 并将椭圆垫板转到虚线位置后, 塔板 I 即可自由取开, 这种结构也常用于通道板与塔盘板的连接。

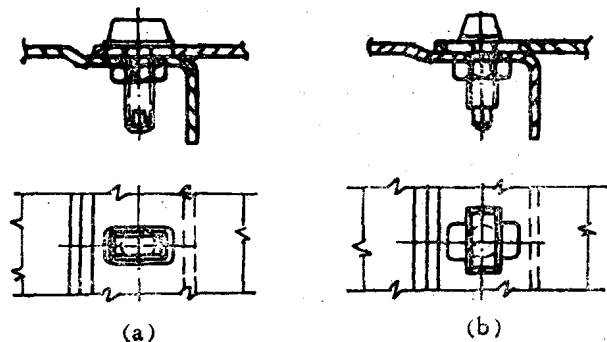


图 1-18 上、下均可拆的通道板

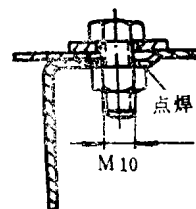


图 1-19 上可拆的连接结构