

高等学校教学用书

石油厂机器与设备

上册

第二分册

北京石油学院炼厂机械教研室编



中国工业出版社

石油厂机器与设备分为上下两册，按照讲授次序，上册为石油厂设备，下册为石油厂机器。

上册第二分册包括第二篇石油厂设备的结构设计。

本书是石油厂机器及设备专业的教学用书，培养学生具有石油厂设备的设计能力和具有石油厂用机器的使用、维修方面的知识。同时也可作为石油厂机械工作者和化学工厂机械工作者以及高等学校有关专业学生的参考用书。

石油厂机器与设备

上册

第二分册

北京石油学院炼厂机械教研室编

*

石油工业部编辑室编辑（北京北郊六铺炕石油工业部）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $12^{1/4}$ ·插页1·字数281,000

1961年10月北京第一版·1962年6月北京第三次印刷

印数1,508—2,550·定价（10-5）1.50元

*

统一书号：K 15165·346（石油-63）

目 录

第二篇 石油厂设备的结构设计

第五章 塔器	1
第1节 概述	1
第2节 精馏塔的机理	3
第3节 塔的结构设计	8
第4节 精馏塔的发展与几种新型塔盘的介绍	26
第六章 管式炉	30
第1节 管式炉的一般特性	30
第2节 管式炉炉型结构设计	37
第3节 燃烧器	53
第4节 炉架	75
第5节 炉管及其连接	78
第6节 炉墙结构	86
第七章 热交换设备	94
第1节 概述	94
第2节 管束式热交换器的设计和计算	95
第3节 常用热交换器的特点及新型热交换器	113
第八章 气固相接触的反应设备	126
第1节 绪言	126
第2节 颗粒物料的基本特性	128
第3节 固定床设备	137
第4节 移动床设备	142
第5节 充填固体物料的器壁强度计算	165
第6节 迴转圆筒设备	172
第7节 流化床	186
第8节 加料器及排料器	189
参考文献	197

第二篇 石油厂设备的结构设计

第五章 塔 器

第1节 概 述

塔是供液体和气体（或蒸气）之间进行紧密相接触的设备。如精馏、解吸、吸收、工业气体的冷凝与回收、气体的湿法净制以及其他过程。因而塔在石油工业中获得了广泛的应用，在石油加工设备中占有很大的比重。

一、塔的分类

由于工艺条件及用途的不同，塔器的型式极多。按照气液二相不同的接触方法，塔器可以分为三类。

（一）喷淋塔（图 5—1）：这类塔中液滴在气相中进行扩散。塔内是一个大空室，气体由底部进入，而液体由塔顶用喷嘴喷成细雾落下，以保证气液二相间大的接触面。

这类塔多用于气体的除尘、浮化（如洗涤塔）及吸收过程。

（二）填料塔（图 5—2）：在塔中液体成膜状直接与气相进行接触扩散。液体从上面洒下，在填料表面形成流动的薄膜，气体从填料的空隙中上升，与液膜接触进行扩散。这类塔多用于吸收过程（如吸收塔）和洗涤净化过程，也可用于精馏过程。

（三）鼓泡型塔：这类塔包括泡帽塔（图 5—3）和筛板塔（图 5—4）等。在这类

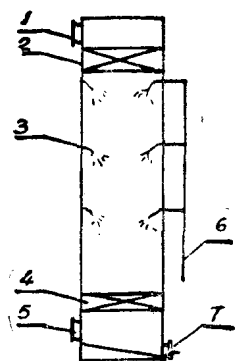


图5—1 喷淋式氨吸收塔

1—煤气出口；2—捕雾器；3—喷嘴；4—煤气分布塔；5—煤气入口；6—循环吸收液管；7—硫酸铵液出口。

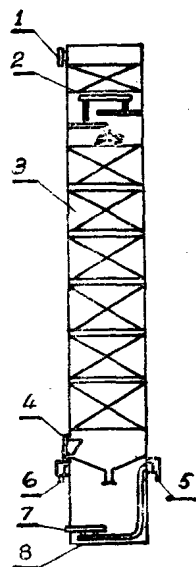


图5—2 填料塔

1—煤气出口；2—冷却水入口；3—木格层；4—煤气入口；5—水出口；6—重油出口；7—蒸气入口；8—加热器。

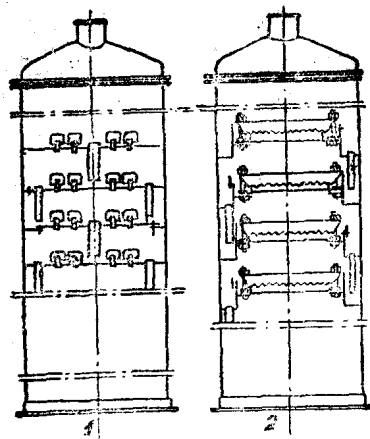


图 5—3 泡帽塔
1—圓泡帽塔；2—槽形泡帽塔。

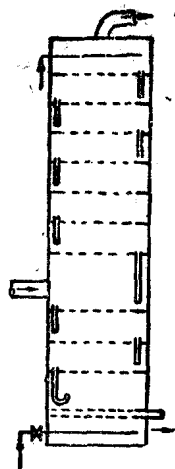


图 5—4 篩板塔

中，气液二相間的接触表面是由气体分成无数小泡穿过液层而达到的。这类塔多用于精馏过程。

在石油工业中各类塔的应用以精馏塔最为广泛。虽然填料塔、篩板塔、泡帽塔都可以作为精馏塔。但其中泡帽塔由于其塔板上的液封不是靠气流来维持，故低的蒸气速度和高的蒸气速度均可达到气液两相良好的接触；同时气液接触受液体的影响也不大，无论是高的和低的液流速度都能达到好的效率。这样泡帽塔就具有适应性大、操作稳定（当气液量变化较大时，仍能保证高的效率）的突出优点，而这些正是篩板塔、填料塔所不易达到的。所以泡帽塔在精馏中得到了广泛的应用。本章也将重点介绍泡帽塔的设计原理和方法。

泡帽塔的泡帽可以具有各种不同的形式，故又可分为圆形泡帽塔、槽形和长条形泡帽塔，近年来还用到“S”形泡帽塔（详细结构见后）。

根据操作压力不同，精馏塔又可以分为常压塔、高压塔和减压塔（又叫真空塔）三种：

- （一）常压塔：操作压力在 1—2 大气压以下，如预气化塔、原油分馏塔等；
- （二）减压塔：操作压力在 40—100 毫米水银柱之间，用于分馏重的石油馏分及润滑油加工；
- （三）高压塔：操作压力在 3—15 大气压左右，如汽油稳定塔、裂化分馏塔等。

二、精馏塔设计原则

石油及其产品的精馏过程和一般化学工业的精馏有一定的不同。主要表现在石油工业生产处理量大，因而设备的尺寸相当庞大。如一个年处理百万吨的常减压装置，其减压塔尺寸为 $\phi 6.4 \text{ 米} \times 22 \text{ 米}$ ；常压塔为 $\phi 3.2 \text{ 米} \times 40 \text{ 米}$ 。同时石油所需分馏组分复杂，因此全塔甚至每一层塔盘的汽液相比例均在变化，造成负荷极不均匀；一般情况下，塔顶负荷最大。另一方面又要根据市场的需要，生产不同性质的产品，因而塔的气液负荷也会有一定变动。根据这些特点，设计一个精馏塔的原则可归纳如下：

- （一）塔在技术上是可靠的，能满足工艺要求，生产出合乎规格的产品；同时具有高的处理能力。

(二) 設計之塔必須由結構上保證有高的效率和高適應性。所謂適應性是指當處理量有變化或者是氣液兩相之比有變化時塔能穩定的進行操作，並且能維持高的效率。

(三) 機械性能上可靠，同時製造、檢修方便迅速。

上面各項要求統一的體現在經濟指標，即製造費用和操作檢修費用上。我們所設計之塔必須具有最低的製造與操作費用。

必須指出，設計上的這些原則和要求不一定全部被滿足，因此還要根據該塔在工藝流程中的地位 and 特點首先滿足主要的要求。只有掌握了精餾過程中的內在規律，我們才能設計出最合理的塔。

第2節 精餾塔的机理

一、精餾的概念

精餾是多段逆流的擴散過程（包括接觸和分離）。這個過程借不平衡的液流與蒸氣流的多次逆流接觸而產生互相物質交換，使輕重組分達到分離的目的。

在泡帽式精餾塔中，上升的蒸氣流與下降的液流兩者是不平衡的，在塔板上進行了充分的接觸，以使二相儘可能趨於平衡狀態。接着必須使互相平衡的二相分離，蒸氣繼續上升，液流繼續下降，各自進入另一塊塔板，進行新的接觸。此過程的不斷重複，最後在塔的不同位置得到所需要的產品。

實際上，在接觸過程中，不能達到絕對的平衡，分離時也不能絕對的分清，所以塔板效率一般就不能達到100%。但是也有例外的情況：由於在一塊塔盤上，液體每流過一排泡帽時，都與氣體接觸一次；這樣液體就多次的與汽流進行了接觸，所以塔板效率也有超過100%的可能。根據這個道理，在設計塔時都希望泡帽的排數不要小於五，以提高塔板效率。

通過上面的分析，可以看出，要想提高塔板效率必須由以下幾方面着手：

(一) 增加氣液二相的接觸面積與強度，增加接觸的必要時間。

(二) 增加離開塔盤的汽液兩相間的分離淨度，減少氣液互相的夾帶。

為此，要設計和選擇合理的塔盤結構和尺寸，滿足工藝要求且具有高的塔板效率，就必須由塔盤的水力流動出發，對塔盤的結構作一全面的分析。

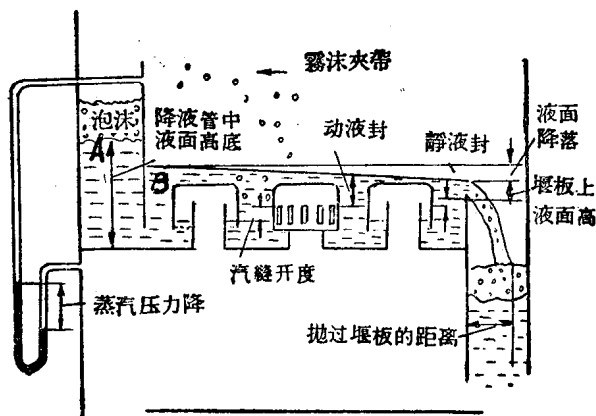


图 5-5 塔板的水力流动示意图

二、泡帽形塔盤的水力流动

一个在操作过程中的塔，其相邻的二块塔盤的水力流动情况表示于图 5—6。在本图中液体自左方由上面降液管进入塔盤，降液管中的液体高度包括了清液高度及液面上的泡沫高度。液体流过降液挡板的下面进入泡帽部分。液体在横流过塔盤时要克服阻力，故在塔盤上产生了液面降落。然后液体流过堰板，离开泡帽部分，往下流入右方的降液管。液体流过堰板时，夹带有气泡，气泡在降液管的自由空间里从液体中逸出而复回升。在流过堰板时，液体被抛过堰板，抛过堰板的距离是指堰板到液流落到降液管内液面上为止的一段水平距离。同时蒸气从下面塔盤升起，进入泡帽的上汽管，经过迴轉通路向下流动到环形空间把液面压低经气缝形成气泡穿过液体而逸出。气缝开度是指被压低的液面到气缝顶的距离。从气缝顶端到塔盤上液面的距离叫做汽缝动液封。蒸气压力降是指塔盤上下蒸气空间的压力差。上升的蒸气夹带液滴的现象叫做雾沫夹带。

(一) 蒸气的流动和分配 蒸气流动情况和在整个塔盤上分布的均匀性是影响塔板效率的主要原因之一。

通过任何一排泡帽的塔盤压力降由下式表示：

$$h = h_1 + h_2 + h_{3n} + J_n$$

式中 h ——塔盤压力降，毫米液柱；

h_1 ——塔盤上静液封，毫米液柱；

h_2 ——溢流堰上液体高度，毫米液柱；

h_{3n} ——蒸气通过第 n 排泡帽压力降，毫米液柱；

J_n ——由堰板在第 n 排泡帽之液面降落，毫米。

式中 h 、 h_1 、 h_2 对稳定流动的塔盤来说是常数，因此很明显 h_{3n} 必须随 J_n 而逐排变化，如图 5—7 所示。

由于 h_{3n} 沿排次变化，因而各排蒸气负荷也在变化，引起蒸气分配不均匀。显然进口一排泡帽 J_n 最大，阻力最大，所以通过的气量最小；而出口一排泡帽 J_n 趋于零，阻力最小，通过的气量最大。如果设液体进口一排泡帽压力降为 h'_3 ；平均的泡帽压力降（可用中间一排为代表，其液面降近似为 $\frac{J}{2}$ ）为 h_3 ，则可得：

$$h'_3 + J + h_1 + h_2 = h_3 + \frac{J}{2} + h_1 + h_2$$

当液体量加大，会导致液面降落的增加，增加至一定值将使进口一排泡帽不冒泡，这时：

$h'_3 = 0$ ，则 $h_3 = \frac{J}{2}$ ；即当 $\frac{J}{h_3} = 2$ 时，进口一排泡帽停止冒泡。 $\frac{J}{h_3}$ 称为蒸气分配比 R_n 。

当 R_n 继续升高时，不冒泡的排数增加，同时泡帽内液面逐渐回升。直至进口一排泡帽内液面上升至上汽管口，这时 R_n 再增加，液体开始由上汽管流到下一层塔盤，液体不经过塔盤而发生了短路，塔板效率大为下降。这种现象称为倒流。

如汽缝顶端距上汽管口为 m （图 5—8），则当进口一排泡帽液体升至上汽管口的条件为：

$$h = \Delta + h_1 + h_2 - m = h_3 + \frac{\Delta}{2} + h_1 + h_2,$$

即 $h_3 + m = \frac{\Delta}{2}$; 整理后得:

$$R_n = \frac{\Delta}{h_3} = 2 + \frac{2m}{h_3}.$$

当 $R_n > 2 + \frac{2m}{h_3}$ 时, 就会产生倒流。

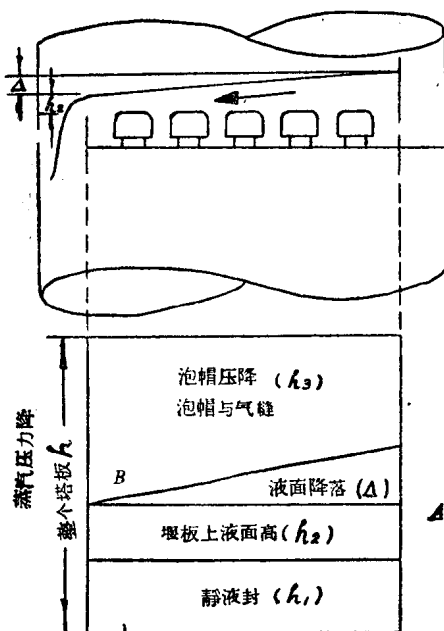


图 5-6 液面降落对塔盘动态的影响

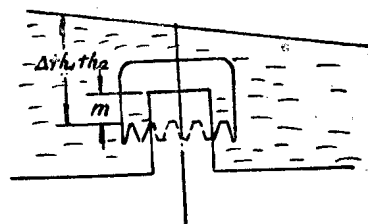


图 5-7 倒流时的泡帽水力情况

由于相邻塔盘蒸气负荷最大的几排泡帽处于相反的位置, 所以当蒸气分配比较大时, 就有大量蒸气沿塔径流动, 其方向与液流相反。蒸气分配比不均匀的程度很大, 特别是当塔盘间距很小时, 蒸气横流和液体由于互相逆流而产生的摩擦会增加液面降落, 结果使蒸气的分配更不均匀。故设计时要求 R_n 不要超过 0.5, 一般应在 0.4 以下。

(二) 液体流动: 由于有泡帽、堰板和塔壁的影响, 整个塔盘上的液体流动并不均匀。塔盘的中間部分液体流动较为畅快, 而靠近塔壁处的液体流动较慢, 甚至会造成死角。但是当泡帽与塔壁距离较泡帽间距大时, 又会使液体在这些阻力小的地方很快流走, 而在泡帽处流动很慢。此外当进出口堰板由于安装不水平, 也会引起各处液体流动的不均匀。所有这些不均匀的现象都会使气液二相的接触条件变坏, 降低了塔板效率。设计时应儘可能保证液体在整个塔盘上的均匀流动。

塔内液体的流动是靠降液管中的液面高度 H_1 来维持的。根据水力学原理可以写出降液管的液面 A 点与塔盘上液面的 B 点的伯努利方程 (图 5-6):

$$H_1 + \frac{P_A}{\gamma_A} + \frac{u_A^2}{2g} = h_1 + h_2 + \Delta + \frac{P_B}{\gamma_B} + \frac{u_B^2}{2g} + h_3$$

$$\text{則 } H_1 = h_1 + h_2 + \Delta + \left(\frac{P_B}{\gamma_B} - \frac{P_A}{\gamma_A} \right) + \left(\frac{u_B^2}{2g} - \frac{u_A^2}{2g} \right) + h_4$$

而式中 $\frac{P_B}{\gamma_B} - \frac{P_A}{\gamma_A} = h$, 且 $u_B = u_A$,

故 $H_1 = h_1 + h_2 + \Delta + h + h_4$

各式中 h_4 ——液体流过降液管的压力降, 毫米液柱;

P_A, P_B ——A、B二点之蒸气压力, 公斤/米²;

u_A, u_B ——A、B二点之液体流速, 米/秒。

当蒸汽或液体的负荷增加时, 就会使通过泡帽的压力降 h_3 和液面差 Δ 增加, 这都会使塔盘压力降增加, 结果造成 H_1 的增加。当 H_1 达板间距 H 时, (即降液管内液面平堰口), 稍增加蒸汽或液体流量, H_1 也随着稍增, 但这时情况与前不同, H_1 稍增 dH_1 , 就迫使溢流堰上液体高度也增加 dH_1 , 结果又反过来迫使 H_1 再上升, 就这样不断的恶性循环, 最后就会使整个塔都充满液体, 完全破坏了塔的操作。该现象称为淹塔。设计时应保证 H_1 不大于板间距, 防止淹塔。

(三) 蒸气速度: 蒸气速度包括蒸气在空塔内的流动速度 (又叫空塔速度) 和蒸气通过泡帽汽缝的速度两方面概念。确定合理的蒸气速度是塔的设计中一个很重要的问题, 因为蒸气速度的大小不仅对塔板的效率会有影响, 而且会直接影响到塔的处理能力大小和塔的总体尺寸大小。

当汽体或蒸汽穿过液体层时, 希望生成大量的汽泡、泡沫和雾沫, 以使两相间的接触表面和接触时间大大增加, 提高塔板效率。另一方面又不允许把雾沫 (液滴) 带到上一层塔盘, 因为这样会降低塔板效率。因此要求塔盘的结构和蒸汽速度既能保证最大限度地生成汽泡、泡沫和雾沫, 又要保证雾沫与汽体的分离。

从增加接触强度的观点来看, 汽缝速度越高越有利, 因为这时对液层的搅动加剧, 泡沫和雾沫量都增加。汽缝速度越高, 汽缝开度越大。因此蒸汽可能只通过原有汽缝面积的一部份; 也可能超过原有面积而同时从泡帽下沿的下边鼓出。后者叫做“汽缝超负荷”。汽缝速度可以 $\frac{V_n}{F_n}$ 来计算和表示。 (V_n ——汽体负荷, 米³/小时; F_n ——塔盘汽缝总面积, 米²。) 塔盘上鼓泡的强度是由单位鼓泡边长 (泡帽下沿边长) 的蒸气通过量米²/秒来表示。实验还证明: 对于没有汽缝的泡帽, 蒸汽从平帽沿下部鼓出, 当鼓出的缝速度高时, 塔板效率也不低。但有汽缝仍然是合理的, 一方面可以使泡帽边缘不水平时, 减少蒸汽从一边吹出; 另一方面当鼓泡强度不高时, 窄细的汽缝可以把汽体分散成细小的汽泡。

空塔速度的增加也能使泡沫及雾沫量增加, 对接触强度也是有利的。但它的加大, 大大增加了雾沫带到上一层去的量, 从而降低了塔板效率, 因此在塔设计中, 蒸汽空塔速度是决定塔径的主要因素之一。

蒸汽速度增加时, 会使汽缝及空塔速度增加, 提高了接触强度; 还会使通过泡帽的压力降 h_3 上升, 从而使蒸汽分配比 $R_n \left(= \frac{\Delta}{h_3} \right)$ 下降, 改善了蒸汽分布, 提高了塔板效率, 但

同时也会使液面的搅动加剧，泡沫量及雾沫量增加而加多雾沫夹带量，使塔板效率下降。当空塔速度超过一定值时，泡沫层会填满塔盘的空间，上下塔盘间已被联起，液体大量上升到上面一块塔盘，这种塔的操作已被破坏。这种现象称为汽泛。对容易起泡沫的液体，这种现象比淹塔更容易产生。

当蒸汽通过泡帽的速度过小时，会使通过泡帽的压力降 h_3 下降，从而使蒸汽分配比上升，会导致气体分配的不均匀；同时也会因压力降 h_3 过小且接近于此处液体的表面张力，使蒸汽呈现脉动的鼓泡现象，而且这时没有参加接触的液层很高，当汽缝速度低于 $4.15/\sqrt{\gamma_n}$ 米/秒（ γ_n ——蒸汽重度，公斤/米³）时，便可能产生这种情况，相应地也可以找出汽缝开度。操作的汽缝开度推荐不小于13毫米。

以上各种不良现象在设计中必须通过选择和安排合理的蒸汽速度加以防止。

（四）液体速度：从堰板流入降液管的液体中总是要夹带着一些气体。为了提高塔板效率，必须使气体由液体中逸出而不带入下层塔盘上。为此必须控制一定的液体流速，即保证液体在降液管中停留一定的时间，使夹带在液体中之气体能够逸出。根据计算，为了保证气体由液体中充分逸出，要求液体在降液管中停留时间在五秒钟左右。

塔盘上的液体流速取决于塔盘上液层的厚度，泡帽形式和排列（即液体明渠流道的形状和尺寸）及鼓泡强度等。凡是阻力大的流道所需要的液面差 Δ 越大。液体单位截面的流速越大， Δ 也越大。因此降低 Δ 来改善蒸汽分配的措施要从这二方面着手。从前者来看，缩短流道长度，减少流道的弯曲和截面的变化，都可以减少阻力。从后者来看，提高出口溢流堰的高度和加宽流道以及减低液体流量，都可以降低单位截面的流速。但是必须注意，以上这些改变的后果是错综复杂的，它不但与塔盘型式分不开，而且还影响着两相接触和蒸汽压力损失。

当塔盘上液体流速越大时，液体抛过堰板的距离也越远（见图5—5）。当液体速度达到一定数值之后，会使液体抛过堰板的距离大于降液管的宽度而堵住了降液管中由液体中逸出之气体的上升通路；这样即妨碍了气体的流动，增加了泡沫夹带，因之塔板效率下降。在设计时要保证液体抛过堰板的距离不超过降液管的宽度。此外，液体流过堰板的速度过小时会使堰板上的液层高度过小，从而引起液体分配不均匀（对堰板安装不水平敏感），这些对塔板效率也起不良的影响。通常推荐 h_2 大于6毫米，否则改用齿形堰。

综上所述，为了保证塔板具有高的效率，必须在设计时保证塔在操作时不发生下面几种情况（见图5—8）。

- （一）蒸汽分配不均匀的程度过大；（或蒸汽分配比超过允许值）；
- （二）过量的雾沫夹带；
- （三）汽缝超负荷；
- （四）倒流；
- （五）淹塔；
- （六）汽缝淹没不够；
- （七）液体在降液管中停留时间不足和抛过堰板距离过远。

综合上面所说的七个方面，不难看出，影响塔板效率的因素很多，而且许多因素又往往互相牵制。其中应抓住以下两个方面：第一是塔内蒸汽速度与雾沫夹带（或者与汽缝超负荷）的关系。由扩大汽液两相的接触面积出发，高的蒸汽速度会加剧扰动，造成较

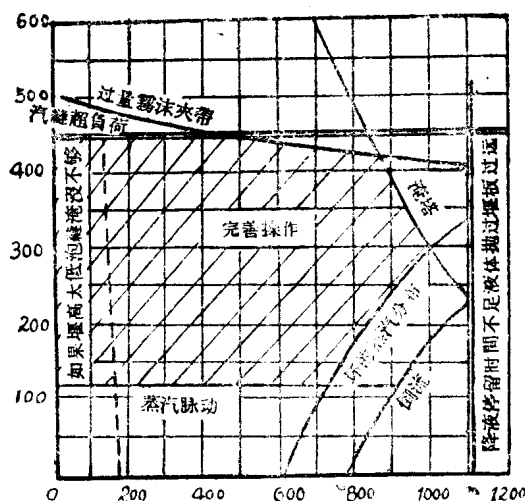


图 5-8 液体与气体负荷对泡帽塔操作的定性影响

大的表面积，并且能使接触面不断更新，提高了塔板效率；同时增大了蒸气速度就会提高塔的处理量。但是蒸气速度的增加受到雾沫夹带（或汽液超负荷）的影响而不能过大。设计时必须把两者全面考虑，得出一个最合适的数值。第二是塔盘的蒸汽分配不均匀。由于液面降落是不可避免的，所以在设计时应由结构上最大限度的减少这种液面降，使蒸气尽可能均匀分配。合理的解决以上二方面的问题，是塔盘不断发展推动力之主要方面。

第3节 塔 的 结 构 设 计

一、概貌介绍与总体尺寸的决定

（一）概貌介绍：塔器是一种直立设备，其高度与直径之比可达20倍甚至更多。外壳是焊接成的圆筒形容器，内部装有若干层塔盘、防护板和汽提装置；塔外有很多附属设备，如人孔、原料进口线、产品抽出线以及回流装置等（详见图5-9）。

全塔分成两段：进料口以上叫做精馏段；以下叫做提馏段。原料油经加热炉加热后，由进料口进入塔内。一部分原料汽化上升，进入精馏段；而液体流入提馏段。根据所要求的产品不同，在塔的不同位置抽出侧线。为了保证精馏过程，在塔顶和侧线抽出处都要打入回流。在塔底安装加热器或通入过热水蒸气，以供给提馏段汽体。为了使侧线抽出产品不含有轻的组分，常用的汽提方法通入过热水蒸气把轻组分赶出。汽提分为内汽提和外汽提两种。

（二）总体尺寸的决定

1. 塔盘间距及塔高：为了提高塔板效率，减少雾沫夹带及防止淹塔，塔盘间距希望越大越好。但是塔盘间距增大，则塔高也随之增加，因而塔机械稳定性变差，必须加强。这会使造价加多。同时塔盘间距还必须便于塔盘的安装和检修。因此塔盘间距的选择是很重要的。在石油工业中常用的塔盘间距为450—700毫米；开置人孔部分不小于600毫米。

全塔高 = $(N-2)H + H_{\text{顶}} + H_{\text{底}} + H_{\text{进}}$

式中 N ——塔板数；

H ——塔盘间距，米；

$H_{\text{頂}}$ ——塔頂到第一層塔盤的距離，米；要便于開置人孔和安裝破沫板。一般選為1.2—1.3米；

$H_{\text{底}}$ ——塔底到最下一層塔盤間距，米；塔底空間起中間槽作用，以保證液體能有10—15分鐘的儲存，使塔底液體不致流空。一般取1.3—1.5米；

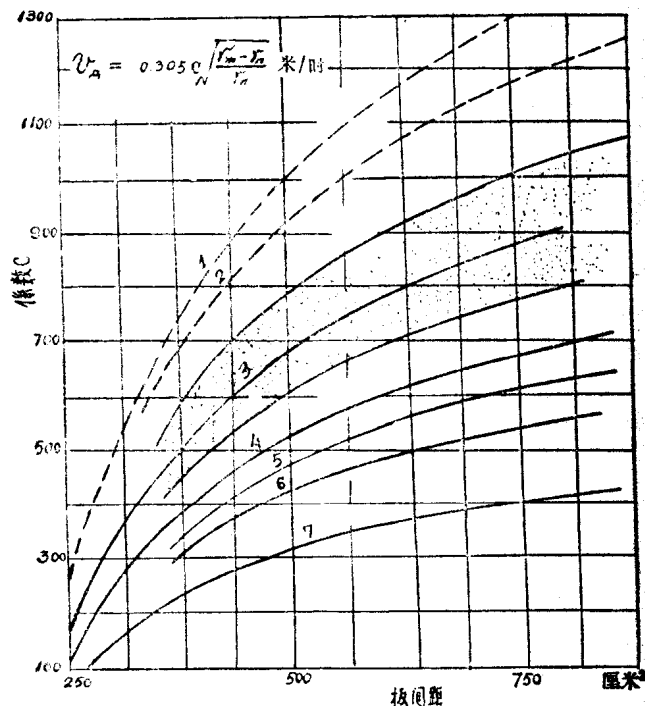
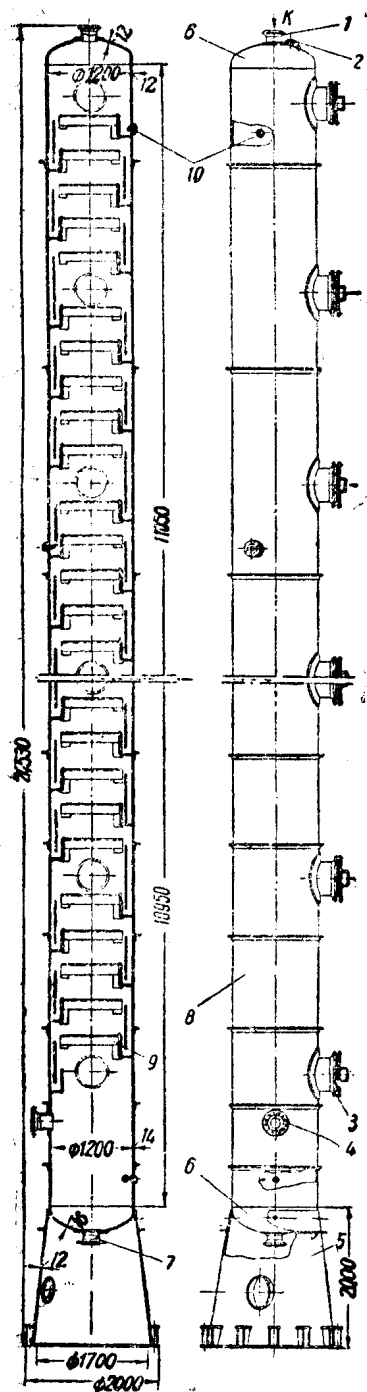


圖 5—10 空塔允許速度計算圖

1—柵板，篩板及階梯塔的最大速度；2—柵板，篩板及階梯塔的正常速度及最有利的液體負荷下常壓高壓泡帽塔的最大速度；3—一般液體負荷下的常壓高壓泡帽塔的正常速度，在高的液體負荷和大的帽邊距條件下採用較低值；4—原油預汽化塔和設有高效破沫裝置的真空塔；5—解吸塔；6—吸收塔；7—易于泡沫化的吸收塔，真空塔。

圖 5—9 全塔概貌

1—蒸氣出口；2—安全閥；3—人孔；4—蒸氣入口；5—支座；6—塔底；7—產品出口；8—外殼；9—精餾塔盤；10—迴流入口。

$H_{\text{进}}$ ——进料段高度，米；一般高度为1.2—1.4米，对急剧汽化的进料，进料段还必须安上防护板及破沫板，这时还要把进料段加高。

2. 塔径：一般是根据蒸气速度及流量来决定，其公式如下：

$$F = \frac{\pi}{4} D^2 v_{\text{汽}} = \frac{3600 V_{\text{汽}}}{v_{\text{汽}}}, \quad D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$$

式中 F ——塔截面积，米²；

D ——塔直径，米；

$V_{\text{汽}}$ ——最大汽体流量，米³/秒；

$v_{\text{汽}}$ ——许用空塔蒸气线速度，米/小时，查图 5—10。

许用蒸气速度的决定因素在第2节中业已谈过，现把工业上常用的数值举例如下：

高压塔（3—4 大气压或更高） 0.2—0.7 米/秒；

常压塔（1—2 大气压） 0.4—0.9 米/秒；

减压塔（0.05 大气压） 1.5—3.5 米/秒。

布置塔盘时，应以上面计算出的塔径为依据，在已知的截面中布置出最合理的塔盘结构。一般塔盘的直径约小于塔径10—50毫米，由塔盘大小及安装方法决定。若布置结果与上述尺寸稍有不同，允许作小范围改动。

二、塔盘结构

（一）液体在塔内的流动形式：液体在塔内的流动形式，随着塔径和处理量的变化有以下几种形式：如图 5—11 所示。

当按 2 和 3 的流程安装塔盘时，塔的操作在理论上最均匀，因为这种流动形式可使上下两层塔盘上相对各点的温差相近。塔常采用 1 和 5 的流程，这时塔盘的构造较为简单，同时可以保证较高的塔板效率。

液体在每层塔盘上的流程有如下几种：

1. 直径流向（图 5—12, 1）：液体流过全塔盘，这是最普通最常用的塔盘型式，制造起来最经济；此外由于液体流过塔盘的路程长，因而塔板效率高。

2. 迴转流向（图 5—12, 2）：降液管都在塔的一边，液体围绕中间隔板迴转流动。这种塔盘安排泡帽的面积较多。但是液体流过的路程相当长，液面降落较大，所以当汽液比很小时才采用迴转流向塔盘。

3. 分离流向（图 5—12, 3）：液流分为两部分，各部分只流过塔板的一半，因此分离流向的塔盘比直径流向的塔盘液体处理量大的多，而液面降落却较小。分离流向对液汽比大或塔径大的塔特别适用，但是同样大小的塔盘，分离流向的价格要比直径流向高。

4. 分离阶梯流向（图 5—12, 4）：在分离流向的塔盘上安装中间堰板。由于各段液流流过的路程再被减少，大大降低液面降落。这种塔盘只有在液汽比极大或者塔径极大时才采用。

设计塔盘时流向是根据汽液量的不同和塔径的大小来确定。其参考数值见表 5—1。

（二）塔盘的型式介绍：现厂中应用较多的塔盘有圆形泡帽塔盘，槽形泡帽塔盘和“S”形泡帽塔盘。现分述如下：

1. 圆形泡帽塔盘（其结构如图 5—13）：圆形泡帽塔盘的结构分为可拆卸的和不可拆卸的两种。

这种塔盘易于安装、维护和检修，多用在直径较大的塔内。

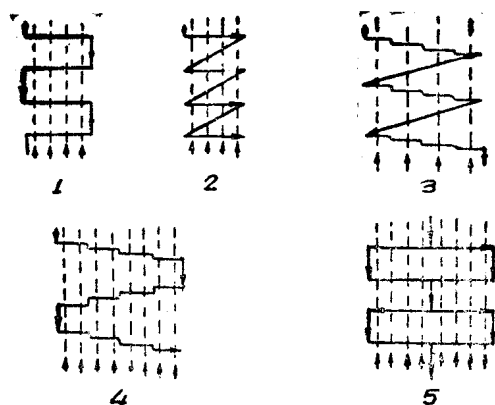


图 5-11 汽液流动示意图

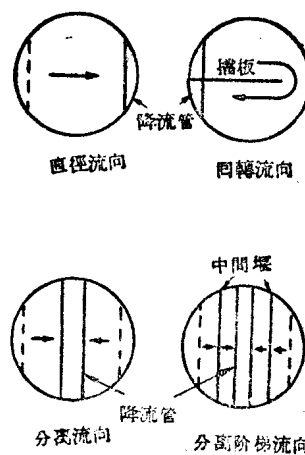


图 5-12 液体在塔盘上的流向

表 5-1 液体流向与塔径及流量的关系

塔 的 直 径 米	液 体 流 量 米 ³ /小 时			
	迴 轉 流 向	直 径 流 向	分 离 流 向	分 离 阶 梯 流 向
<1	0—7	7—45		
1.2	0—9	9—70		
1.5	0—11	11—90	90—160	
2.5	0—11	11—110	110—180	
3	0—11	11—110	110—200	200—300
3.5	0—11	11—110	110—230	230—350
4.5	0—11	11—110	110—250	250—400
6	0—11	11—110	110—250	250—460

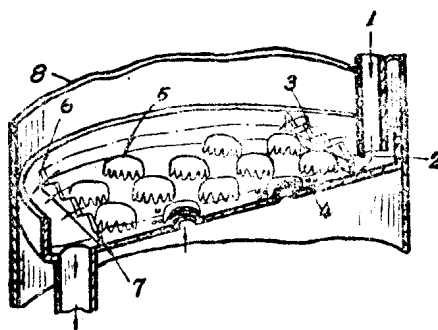


图 5-13 圓形泡帽塔盘

1—降液管；2—进口堰；3—进液堰口；4—上汽管；5—泡帽；
6—出液堰口；7—溢流堰；8—塔盘。



图5-14 悬挂在角鋼上的泡帽

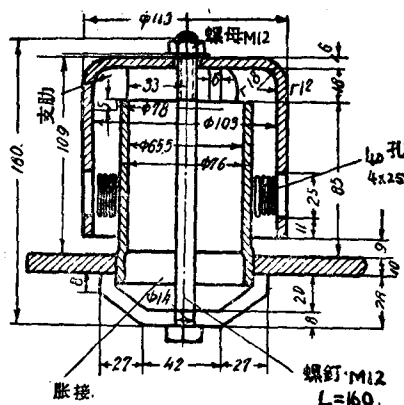


图 5-15 用支持直接联接到上汽管的泡帽

其可拆卸的塔板分成几块，每块的大小要能通过人孔。塔板各部用螺栓联接。这种塔盘易于安装、维护和检修，多用在直径较大的塔内。

圆形泡帽可悬挂在角鋼上（如图 5-14）或者通过三个棱角来支撑直接连接到上汽管上（如图 5-15）。前者泡帽的装置是独立成组的，每组泡帽一开始就安置在角鋼上。后者泡帽的装置是单个的，因为每个泡帽被固定在自己的上汽管上，所以安装上汽管时必须使管端处于同一水平面内。这时如果泡帽的高度不能调节，上汽管安装不准确会导致泡帽安装的不正确，使每个泡帽的水封不均匀；一般上汽管安装高度的许可误差是 ± 2 毫米。如采用成组的或个别可以调节的泡帽联接时，上汽管安装高度的许可误差是 $\pm 3-4$ 毫米。对于 $\phi 115$ 毫米的泡帽，其上汽管通常用外径为 76 毫米，壁厚为 2—3 毫米的无缝钢管切断而成。

不可拆卸的泡帽塔盘的结构是塔板焊在塔壳上。这种结构造成塔盘的清扫、检修、观察都很困难，并且费用大。因此除非是非常干净且无腐蚀的条件，都不应采用这种结构。

2. 槽形泡帽塔盘（其结构如图 5-16）：

塔盘的操作如下：液体从上层塔盘流到弓形囊内，将其充满，并且通过齿状进口堰板的齿缝底处分布在塔盘的每个槽内。齿状进口堰板的每个齿缝和塔盘上的每个槽相对应。塔盘上液面的高度由平的出口堰板来确定，其高度可以调节。然后液体翻过出口堰板，进入降液管，再流到下一层塔盘的弓形囊中，依此类推。

3. “S”形泡帽塔盘：“S”形泡帽塔盘是新型的结构，适用于石油工业的各种过程。这种塔盘由许多“S”型部件所构成，每个“S”型部件上有着泡帽段及槽形段。（见图 5-17）。泡帽段的两端都装有封板，槽形段上隔一定距离也装有定距板，将槽形段与相联的部件上泡帽段相对距离固定，使每个液体和蒸汽通道的截面各自相等。所有的封板及定距板都开有缝隙，这样可以使“S”型部件相互咬合而构成塔盘（图 5-18）

既是构架也是零件的“S”型部件，可用很薄的钢板来制造，例如用合金钢时，它的厚度只有 1.5 毫米，用碳钢也只有 3 毫米。在 3 米左右直径的塔中，不需要任何加强，也有足够的强度。当塔径在 6 米以上时，才需要一根中间梁来加强。

这种塔盘可以是单流式的，也可是双流式的。（即直径流向和分离流向）。单流式塔盘上的流动情况表示于图 5-19。不论那种形式的塔盘在装配“S”型部件时，它的槽形

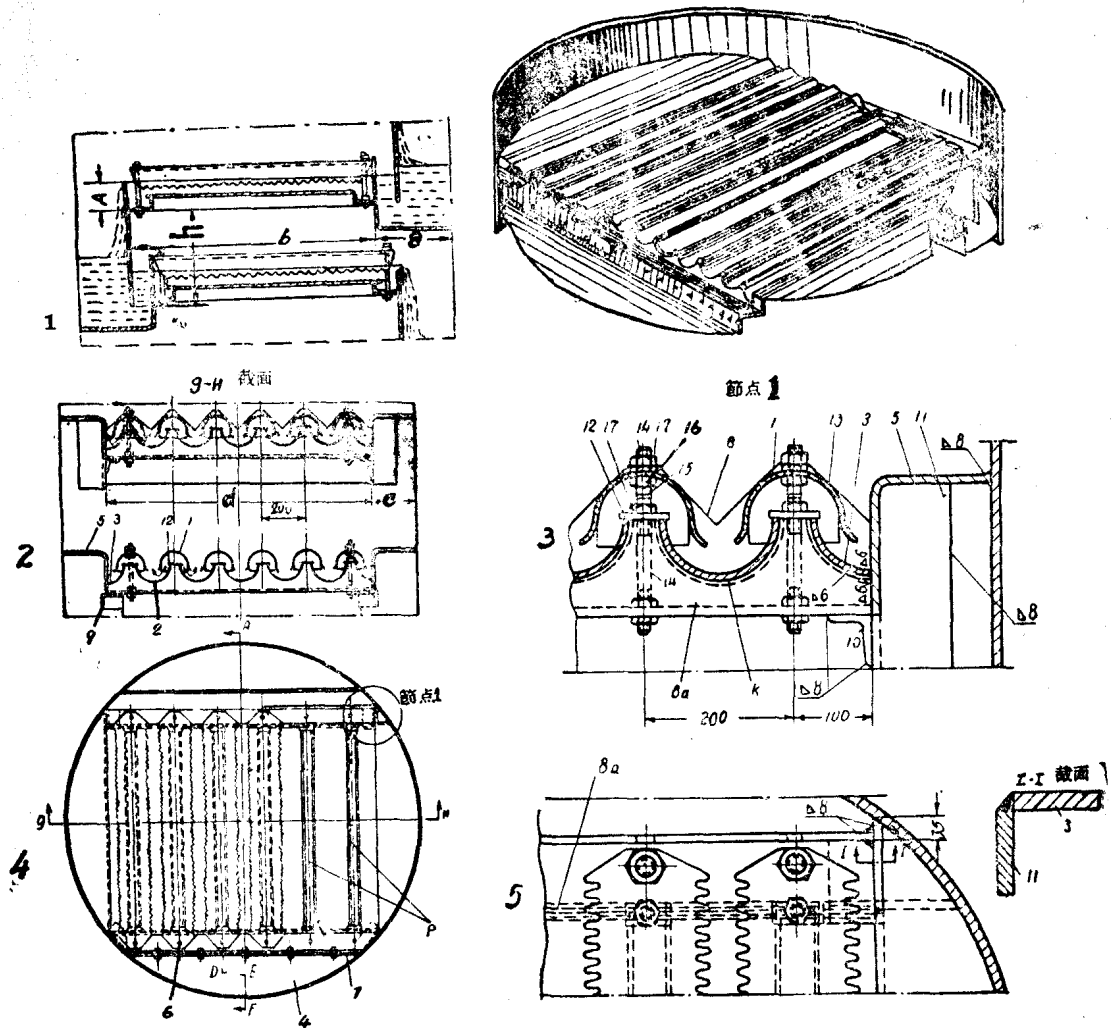


图 5-16 槽形泡帽塔盘结构

1—槽形泡帽，帽上开有汽缝，用螺母16、17将它固定在支承角钢8（或8a）上，泡帽的高度是可以调节的；2—槽，液体在槽上流动，槽与槽间有一长方形通路，油气由此上升从泡帽汽缝出来进入液体；3—半个槽，焊在弓形盲台5上；4—弓形囊，焊在塔壁上；6—溢流板，焊在塔壁上；7—堰板，用螺钉固定在溢流板上；8（8a）—角铁制成像笔架一样的支承，槽2放在上面用螺栓14、15固定；9、10、11—支承角铁，用作支承3（8a），9、11焊在塔壁上，10焊在11上；12—垫圈；13—泡帽封板。

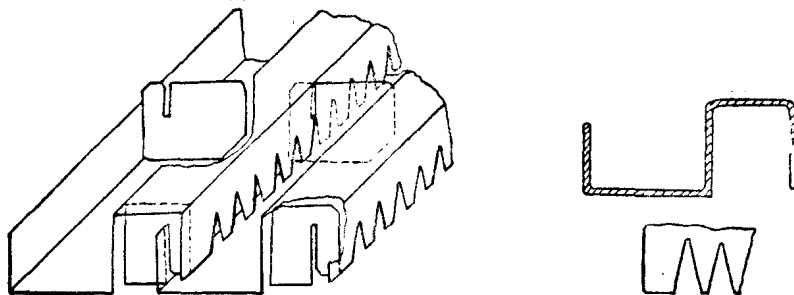


图5-17 “S”型部件结构图

段都要和溢流堰相联，同时泡帽段的汽缝边都要使鼓泡方向和液流流动方向一致。

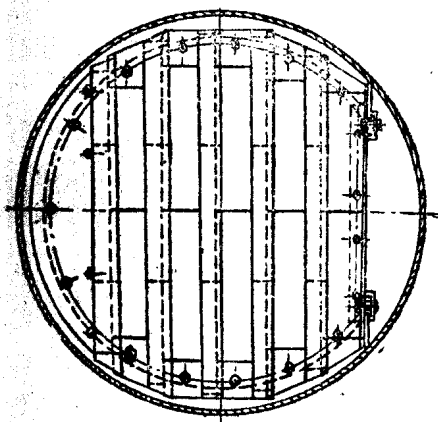
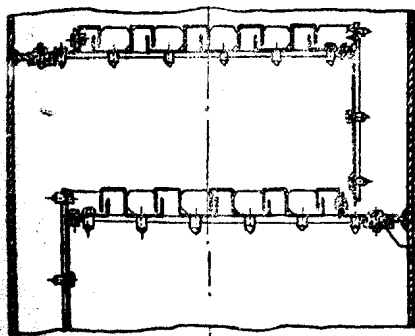


图 5-18 “S”型塔盘

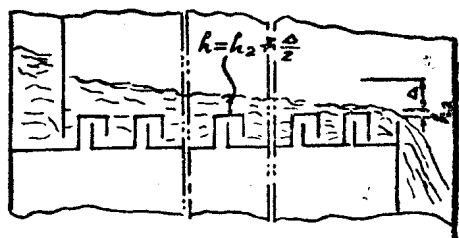


图 5-19 单流式“S”型塔板的水力流动

(三) 塔盘的总体结构设计：从上述塔盘形式介绍中看出，塔盘依其泡帽型式不同而有很多类型，如圆形泡帽塔盘、槽形泡帽塔盘等。但其总体结构都是由鼓泡部分及液体导流部分（溢流堰、降液管、受液槽）两大部分组成。

由于结构上相似，所以塔盘在设计时的基本原则也是一致的，即：

1. 汽液相间有最大的接触面和接触时间；
2. 液体分布均匀，且有一定的停留时间，同时蒸汽要能通过泡盘上所有的上汽管；
3. 降液管大些，对液体负荷的变动有一定的适应性，同时又要最有效的利用塔板面积；
4. 蒸汽上升时，通过每一层塔盘的压力降要选择适当，一般常压塔取 4—10 毫米水银柱，减压塔取 1.5—3 毫米水银柱；
5. 选蒸汽及液体负荷最大的一层塔板为设计对象，同时应校核汽液负荷最小的一层。
6. 材料选择经济合理。（参阅本书第一章）。

根据这些基本原则，在设计塔盘的各个组成部分时基本要求如下：

1. 泡帽及上汽管 泡帽：依其型式有圆形、长条形、槽形等不同。其具体尺寸与布置亦不同，但其共同要求：在泡帽边缘要开有缝隙，称为汽缝。目的是为保证汽、液具有更