

中等专业学校教学用书

煉油厂設備的 結構及計算

下 册

撫順石油学院煉厂机械教研室編



中国工业出版社

本書分上下兩冊出版，上冊共計六章，包括緒論、石油煉廠常用的材料、煉廠設備的腐蝕與防蝕、容器及其零件、管綫及附件、設備支座及穩定計算等。下冊也分六章，介紹了有關塔、油罐及氣罐、換熱器、管式加熱爐、干燥爐、高壓設備及密封的結構、材料、計算和設計方面的知識。

本書是根據中等專業學校石油煉廠機械專業“石油煉廠設備結構與計算”課教學大綱編寫的，可作為石油中等專業學校的教材，也可供有關企業工程技術人員和高等學校有關專業的学生參考。

煉油廠設備的結構及計算

下 冊

(根據石油工業出版社紙型重印)

中國工業出版社出版(北京經源路丙10號)

(北京市書刊出版事業許可證出字第110號)

石油工業出版社印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行·各地新華書店經售

開本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印張 $10^{20/32}$ ·字數239,000

1959年12月北京第一版

1961年5月北京新一版·1961年5月北京第一次印刷

印數0001—2030·定價(10) 1.65元

統一書號: 15165·16 (石油-3)

目 录

第七章 塔	1
§ 7-1 概述	1
一、塔的作用和分类	1
§ 7-2 泡帽塔	4
一、泡帽塔一般介绍	4
二、泡帽及塔板的設計	10
三、溢流裝置	30
四、塔板与塔壳的联接	33
五、精餾塔附屬裝置的設計	36
六、精餾塔保温层	40
§ 7-3 篩板塔	40
§ 7-4 填料塔	42
一、填料塔的一般知識	42
二、塔身	43
三、填料	44
四、填料的支承結構	46
五、液体的噴淋裝置	53
第八章 油罐	59
§ 8-1 油罐概述、分类及应用范围	59
§ 8-2 立式圓筒形鋼質油罐	65
一、平底和錐頂油罐(标准型)	65
二、無樑的錐頂油罐	86
三、球形頂底油罐	86
四、輻射式頂底油罐	88
五、立式圓筒形鋼油罐頂架構造和計算	89
六、立式圓筒形鋼油罐的附屬設備	98

§ 8-3 臥式圓筒形鋼油罐	104
§ 8-4 扁球形油罐	109
一、水滴形油罐	109
二、球形油罐	113
§ 8-5 特殊結構的油罐	113
一、浮頂式油罐	113
二、呼吸頂（膨脹頂）油罐	116
三、升降頂式油罐	116
§ 8-6 鋼筋混凝土油池	117
一、儲存重油用的鋼筋混凝土油池	118
二、預应力鋼筋混凝土油池	118
三、儲存透明油品的鋼筋混凝土油池	119
§ 8-7 儲氣罐	122
一、濕式儲氣罐（圖 8-36）	122
二、干式儲氣罐（見圖 8-37 和表 8-3）	123
第 九 章 熱 交 換 器	125
§ 9-1 熱交換器的分類及其在煉油廠中的應用	125
§ 9-2 水浸式換熱器	128
一、概述	128
二、管內熱載體的流速	131
三、管徑和管長	132
四、矩形水箱的計算和構造	134
§ 9-3 水淋式蛇管換熱器	149
§ 9-4 管殼式換熱器	153
一、固定管板式熱交換器	153
二、補償式熱交換器	159
三、浮頭式熱交換器	160
四、螺紋管管殼式換熱器	167
五、管殼式換熱器的計算與設計	168
§ 9-5 套管式換熱器	195

§ 9-6 重沸器(再沸器)	197
§ 9-7 换热器热载体的空间选择	202
§ 9-8 各种类型换热器的比较	203
第十章 管式加热爐	207
§ 10-1 概述	207
§ 10-2 管式爐的結構零件	208
一、管式爐爐管	208
二、爐管联接零件——迴弯头	209
三、管板、管架和吊架	218
四、管式爐的鋼架和爐牆	224
§ 10-3 管式爐爐架的結構与計算	235
一、概述	235
二、箱式爐鋼架的典型分析	238
三、斜頂爐鋼架的典型分析	241
四、箱式爐鋼架的計算	244
五、立柱柱底底座的計算	258
第十一章 頁岩和煤的干餾爐	261
第一部分 頁岩干餾爐	261
§ 11-1 概述	261
§ 11-2 低溫干餾爐的構造及發展史	263
一、干餾爐型的選擇和种类	263
二、撫順式干餾爐爐型發展簡史	264
§ 11-3 撫順式干餾爐	267
§ 11-4 頁岩低溫干餾爐的新發展	273
一、新型撫順式干餾爐——預熱、干餾、气化三段式干餾爐	273
二、頁岩預熱的条件	275
§ 11-5 現有撫順爐改成三段爐的簡單介紹	275
一、二段爐改成三段爐(圖 11-16)	275
二、現代撫順爐改成三段爐的爐型(圖 11-17、圖 11-18)	276
第二部分 魯奇式煤低溫干餾爐	278

§ 11-6 概述	278
§ 11-7 三段爐的爐體結構	280
一、魯奇爐的鋼結構	280
二、魯奇爐的磚結構	282
§ 11-8 爐體附件	284
一、燃燒室的火咀	284
二、拉焦板	284
三、出焦的傳動裝置	286
四、焦斗和除焦箱	286
第十二章 高压设备及密封	288
§ 12-1 高压設備材料的選擇	288
§ 12-2 厚壁圓筒的計算	301
一、單层厚壁圓筒的強度計算	303
二、筒壁中的溫度應力計算	310
§ 12-3 高压設備与管道的联接与密封	314
一、概述	314
二、非自緊式密封	316
三、自緊式密封	318
四、自緊式密封的強度校核	320
§ 12-4 厚壁圓筒平板蓋的計算	325
§ 12-5 加氫反應塔	326
§ 12-6 高压管式加熱爐	329

第七章 塔

§ 7-1 概 述

一、塔的作用和分类

塔是供液体和气体或蒸汽之間进行紧密的相接触过程的设备。如吸收、解吸、精馏、工业气体的冷却与回收，气体的湿法淨制以及其他等过程。

塔是一个直立的容器（圖7-1），其高度比直徑大的多，其截面形狀通常是圓的，如用木材或石料制成时，可以是方形的或多

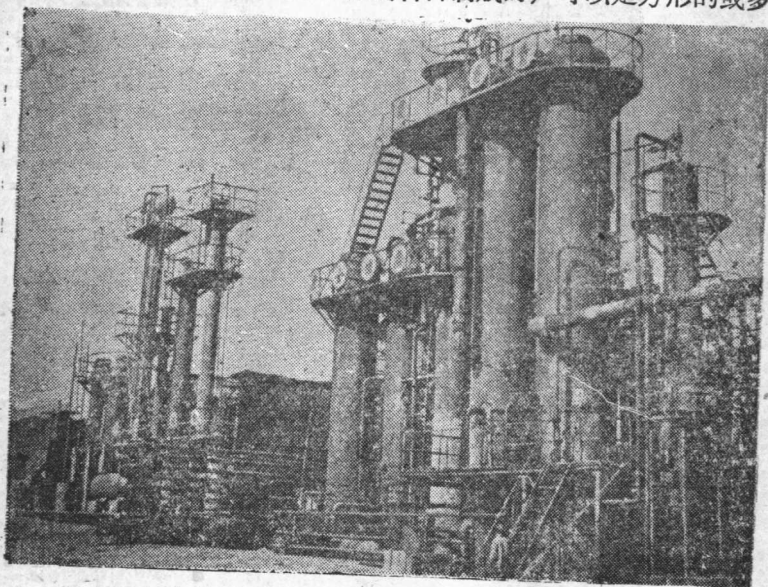


圖 7-1 塔設備

边形的。

塔的操作是逆流进行的，液体利用重力自上而下的流动，而气体则自下向上流动。

按照气液两相不同的接触扩散原理，塔设备可分为三个类型。

1. 喷淋塔（圖 7-2） 在这类设备中，液滴在气相中进行扩散，一般塔内是一个大空室，气体从底部进入而液体从塔顶用喷嘴喷出成细雾落下，以保证气液二相间大的接触面。

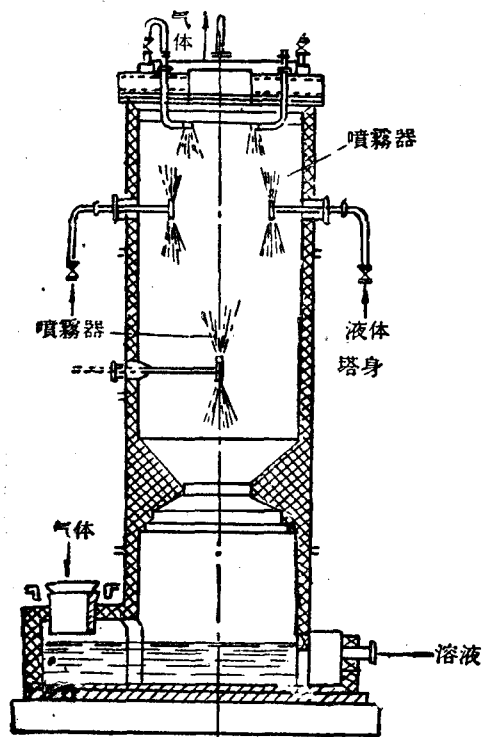


圖 7-2 喷淋塔

2. 填料塔 在设备中液体成膜状直接与气相进行扩散。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。

3. 鼓泡型塔 这类塔有泡帽塔、筛板塔等，在这类设备中，气液二相间的接触表面是由气体分成无数小泡进入液层而达到的，小的气泡具有很大的接触面，并在气泡通过液层上升时进行相间扩散。

还可以有其他的接触原理的塔，但

可以說都是从以上三种类型的相互結合，基本上属于这个范围内的。

煉油厂中使用的精餾塔，通常可分成下列几类：

1. 按照塔板的構造来分：

(1) 泡帽塔：在煉油厂中应用最广和最成熟，其中又分为：

a. 具有圓形泡帽塔板的精餾塔；

b. 具有槽形泡帽的精餾塔；

B. 具有長条形泡帽塔板的精餾塔；

r. 其它形式的如星形和六角形泡帽塔板，离心式精餾塔等。

(2) 篩板塔；

(3) 填料塔。

2. 按照操作压力分：

(1) 在压力下操作的塔 一般压力是3~15大气压。如汽油稳定塔、裂化精餾塔。

(2) 常压塔 一般的塔底压力是0.7大气压（表压）以下。如預汽化塔，原油精餾塔，超精餾塔等。有的地方把0.7大气压以下的塔叫常压塔，0.7大气压以上的塔叫高压塔。

(3) 真空塔（或叫減压塔） 一般的蒸發压力是140毫米水銀柱，塔頂为60~80毫米水銀柱。

二、对塔的要求

一般要求是：

1. 技术上是可靠的；它必須能够保証希望的物質产生热交换作用。为此必須具有高而稳定的塔板效率或傳質速度，不因处理量或其它操作条件的变动而使塔板效率急剧下降。也必須保証額定的其它要求，如压力降等等。

2. 使用上是方便的，要便于調节、清理和檢修。

3. 造价低廉，材料要节省耐用，安装和制造要方便省事。

必須指出，这些要求在選擇过程中不一定全部被滿足，因此还要根据該塔在工艺流程中的地位和特点来决定主要要求。这方面值得提出来考虑的是：处理量的大小，原料的性質（腐蝕、結焦、互溶性等），操作条件（溫度、压力等）等。掌握了精餾过程中一般以及具体要求，我們才能选出比較有利的結構要求。

§ 7-2 泡 帽 塔

一、泡帽塔一般介紹

泡帽式精餾塔是一个直立的圓筒，中間放有水平的泡帽塔板，塔板結構样式很多，主要区别在于泡帽的放置、溢流孔的外形和安放的方法，以及在每塊塔板上和沿全塔高度的液体流程的不同。

泡帽式精餾塔是利用气体在液層中鼓泡的方式达到气液二相的紧密接触，由于所用的鼓泡方法是使气体在泡帽的邊緣分成气泡逸出，故称为泡帽塔。在塔內按一定距离裝置塔板層，在塔板上裝置一定数量与一定形式的泡帽，液体从上層塔板經溢流裝置流至下層塔板上，蒸汽自下層塔板經過泡帽及塔板上液層进入上層塔板，由于气液二相紧密接触而产生了热量与物質的交换，当通过大量的精餾塔塔板后，蒸汽中低沸点餾分得到提濃，而液体中高沸点餾分得到提濃，这样溶液中的不同組分就会按照一定要求而加以分离。

塔板是由几个不同部分組成的，如上汽管、进口堰、出口堰、溢流管、淚孔及塔板本体所組成。塔板的主要作用是使气液二相得到密切的接触。接触的情况愈好，則塔板效率愈高，因此，塔板上泡帽的数量、形狀和尺寸，上汽管的大小，溢流裝置的形狀、尺寸等都影响塔板效率，故塔板設計为泡帽塔設計中重要項目之

一。为了使塔板尽可能地增大气液二相的接触表面以提高分馏效率，除了要研究流体动力学的问题以外，在构造上要满足以下要求：

1. 塔板应保持水平，不要扭曲和倾斜，塔板挠度应小于 $\frac{1}{2000}D$ 塔，这就要对塔板的制造和安装提出一定的要求；

2. 塔板应保持密封（除了涙孔以外），以保证尽少的使液体和蒸汽沿着塔板发生洩漏或旁路现象；

3. 容易管理、安装和清洗，这些要求对于处理粘性油品以及易于生成污垢的物料时有着特别重要的意义，因为液体和蒸汽的通路被堵塞而会显著的降低塔板效率，同时会破坏操作过程的正常进行；而在难于清扫和安装时即会延长检修时间，从而降低了设备的使用率；

4. 塔板的结构应当简单，便于制造，同时应考虑使用材料的合理性与经济性。

泡帽是泡帽塔主要零件，是散佈气相的装置。泡帽形式很多，最常用的有圆形泡帽（圖 7-3），条形泡帽（圖 7-4），槽形泡帽（圖 7-5），较为少见的有星形泡帽（圖 7-6），六角形泡帽（圖 7-7）等。

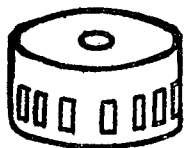


圖 7-3 圓形泡帽

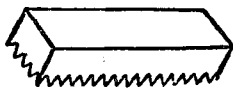


圖 7-4 長条形泡帽

液体在塔板上流动形式不一，不过它们都应当满足下列要求：

1. 塔板的布置应使液体在塔板上不走短路，避免一部分泡

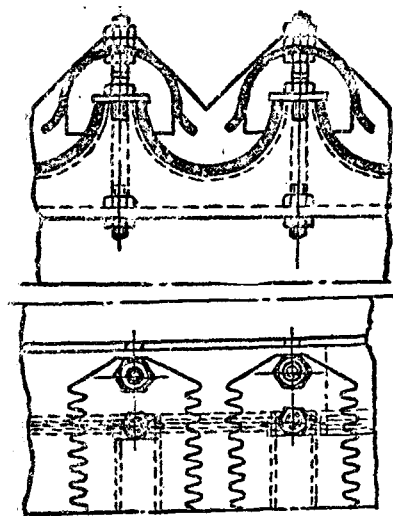


圖 7-5 槽形泡帽

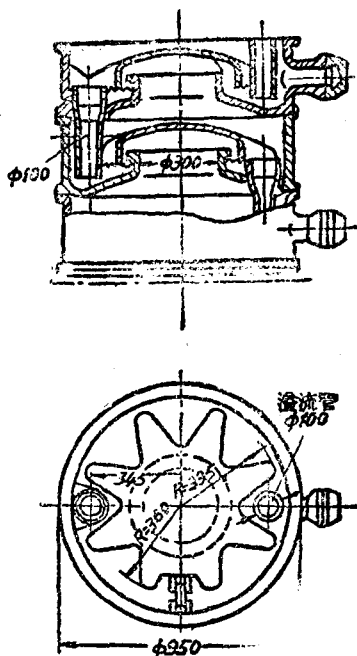


圖 7-6 星形泡帽

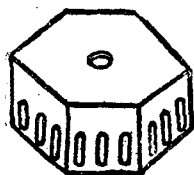


圖 7-7 六角形泡帽

帽由于不在液体流动的通路上而降低其作用；

2. 避免液体的流动产生过大的液面落差，否则使塔板上液层厚薄不一，从而使气体分布不均匀。液层较薄一端泡帽走汽很多，超过额定负担，而液层较厚一端泡帽走汽很少，利用率降低，这叫做“短路现象”。

在泡帽式精馏塔中，液体在塔板上流动形式以及液体在邻近二层塔板上的流动形式，基本上如图 7-8 所示。

当按图 6 和 6 安装塔板时，塔的操作在理论上是最均匀的，

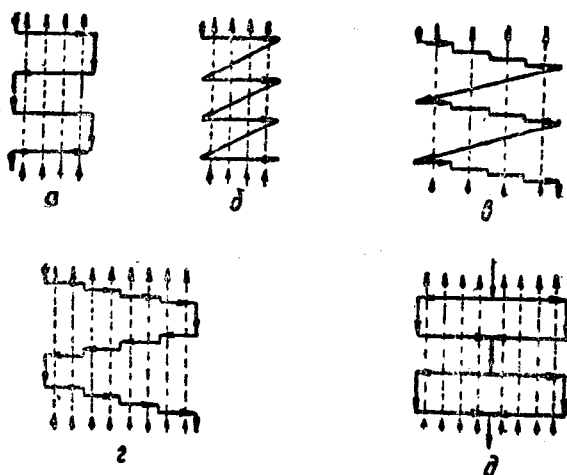


圖 7-8 气液流动示意图
a. б. в. г. д. (見圖上所註)

因为此时处在上部和下部塔板上温差在所有各点或多或少得到了同样的大小。

但是塔板也常常按圖 a 和 б 安装，因为在有着較好的效能条件下，它們的構造是較簡單的。

在进行机械設計以前，应將塔徑、塔高、溢流管及堰板尺寸，泡帽的大小及排列，精餾塔各种联結口尺寸先予以决定。如果这些尺寸是合理的，它們便是机械强度設計的基本数据。

塔徑应按最大的蒸汽流量（在塔頂）及它运动的允許速度来决定。蒸汽流量由下式决定：

$$v = 62.4 \frac{273+t}{\pi} \left(\frac{G}{M} + \frac{Z}{18} \right) \quad (7-1)$$

式中 v ——石油蒸汽和水蒸汽的体积流量，米³/秒；
 G ——石油蒸汽重量流量，公斤/秒；
 Z ——水蒸汽重量流量，公斤/秒；

t ——蒸汽溫度， $^{\circ}\text{C}$ ；

π ——塔內絕對壓力，以毫米水銀柱表示；

M ——石油蒸汽的分子量；

18——水的分子量。

塔內蒸汽的允許速度由下式確定：

$$u_{\Pi} = 1.74 \sqrt{\frac{H}{\gamma_{\Pi}}} \quad (7-2)$$

式中 u_{Π} ——許用蒸汽速度，米/秒；

γ_{Π} ——在塔頂壓力和溫度下的汽體重率，公斤/米³；

H ——塔板距，米。

一些實驗數據指出：對高壓塔（3~4絕對大氣壓或更高）蒸汽綫速度為 0.2~0.5 米/秒，常壓塔（1~2 絕對大氣壓）為 0.4~0.9 米/秒，減壓塔（0.05 絕對大氣壓）為 1.0~3.5 米/秒。

塔徑可由下式確定：

$$F_{\text{塔}} = \frac{\pi}{4} D_{\text{塔}}^2 = \frac{v}{u_{\Pi}}$$

$$D_{\text{塔}} = \sqrt{\frac{4 F_{\text{塔}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 v}{\pi u_{\Pi}}} \quad (7-3)$$

塔的高度與塔板數目和塔板間距等有關。塔板數目可由工藝計算算出，板間距可以根據具體情況做出選擇，板距的大小對塔板的安裝、清理和檢修，塔板上霧沫攜帶有很大影響。

在石油工業中，除了不常需要清理的精餾塔，或者使用手孔的小塔外，一般用較大的板距。一般板距 $\Delta h = 450 \sim 700$ 毫米之間，其中開人孔的部分，板距最少大於 600 毫米。此外板距還和塔徑有關係。可參考表 7-1。

決定了板距後，精餾段和提餾段高度都可由下式求出：

$$H = (N - 1) \Delta h \quad (7-4)$$

式中 H ——精餾段或提餾段高度，米；

塔間距与塔徑关系

表 7-1

常 压 塔		減 压 塔	
塔 徑 (毫米)	塔 板 距 (毫米)	塔 徑 (毫米)	塔 板 距 (毫米)
500~1000	460~610	1000~3600	750
1000~3600	600	大于 3600	920
3600~5000	750		

N ——精餾段或提餾段塔板数；

Δh ——板距，米。

塔頂到最上一層塔板距离，一般取 1.2~1.3 米，以便于第一層塔板的安裝和滿足開設人孔的需要。必要时还可以安裝破沫板等。

塔底到最下一層塔板的距离，一般取 1.3~1.5 米，这一段兼有中間儲槽的作用。希望液体停留 10~15 分鐘，保証塔底液体不致流空。

进料段高度一般取为 1.2~1.4 米。

最下面是支座的高度，一般是 3 米左右，主要考虑塔底管綫安裝和檢修以及保証抽出泵一定压头。避免产生气堵現象。

把各段高度加在一起，即为全塔高度。

精餾塔开有許多接口，作为原料引入、产品抽出、塔頂蒸汽排出、重沸器及側綫蒸汽进入之用。此外还有一些接口做为裝置測量仪表及安全裝置之用。

接口尺寸的大小应考虑到气体和液体的流量以及許可流速。具体数值可由下式求得：

$$Q = \frac{\pi}{4} D_{\text{内}}^2 v$$

$$D_{\text{内}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (7-5)$$

式中 Q ——接口管中液体或气体流量，米/秒；

v ——允許流速，对于在管内液体允許流速为 1 米/秒；蒸汽在塔頂允許流速，常压塔 15~20 米/秒；减压塔，压力为 50~100 毫米水銀柱时，为 30~50 米/秒；压力在 50 毫米水銀柱以下时，允許流速为 50~60 米/秒。

溢流管之設計，主要决定于溢流管的面积及形式。溢流管面积通常根据最大的溢流量及許用溢流速度来計算，其关系为：

$$F_{\text{溢}} = \frac{V}{W} \quad (7-6)$$

式中 $F_{\text{溢}}$ ——溢流管截面积，米²；

V ——最大溢流量，米³/秒；

W ——許用溢流速度，通常采用 0.12~0.20 米/秒。

圓形溢流管的直徑由下式求出：

$$d_c = \sqrt{\frac{4V}{\pi W n}} \quad (7-7)$$

n ——溢流管数目。

溢流周边应为 0.75 倍的 d_c 。

很多塔板上設計有进入堰和溢流堰，溢流堰用以維持塔板上一定的液層，保持泡帽齿縫的液封，也由于液体由堰板到溢流管有了一定距离，液体中携帶气体很易逸出，相对增加了溢流管液体負荷能力，进入堰防止汽泡由溢流管进入上層塔板。

溢流堰的長度在直徑流向中一般为塔徑的 60~80%。

小型塔或泡帽离溢流管下端較远的情况下 (>125 毫米) 可以不用进入堰，但是溢流管下端一定要有液封。

二、泡帽及塔板的設計

1. 具有圓形泡帽的塔板設計：

圓形泡帽的形式一般如圖 7-9 所示。泡帽。上汽管及溢流裝置在塔板上佈置情況如圖 7-10 所示。

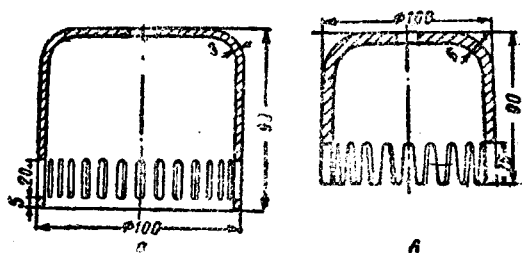


圖 7-9 圓形泡帽

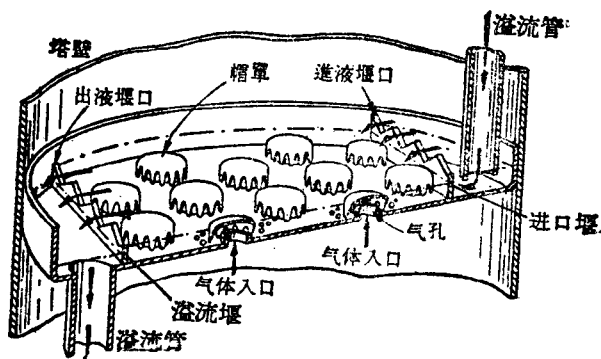


圖 7-10 典型圓形泡帽塔板示意圖

圓形泡帽的帽徑，在煉油工業中一般在 75~200 毫米 (3"~8") 之間，其中較大的尺寸用于較大的塔，而以帽徑為 100 毫米 (4")，上汽管為 75 毫米 (3") 的应用最廣。如用直徑 100 毫米之上汽管，应采用 150 毫米之泡帽 (在用鋼管時应考虑标准尺寸)。帽徑為 50~150 毫米的泡帽，适用于处理清潔的或含悬浮物不多的液体，小泡帽的优点在于能使气相散佈得很均匀，並且在單位