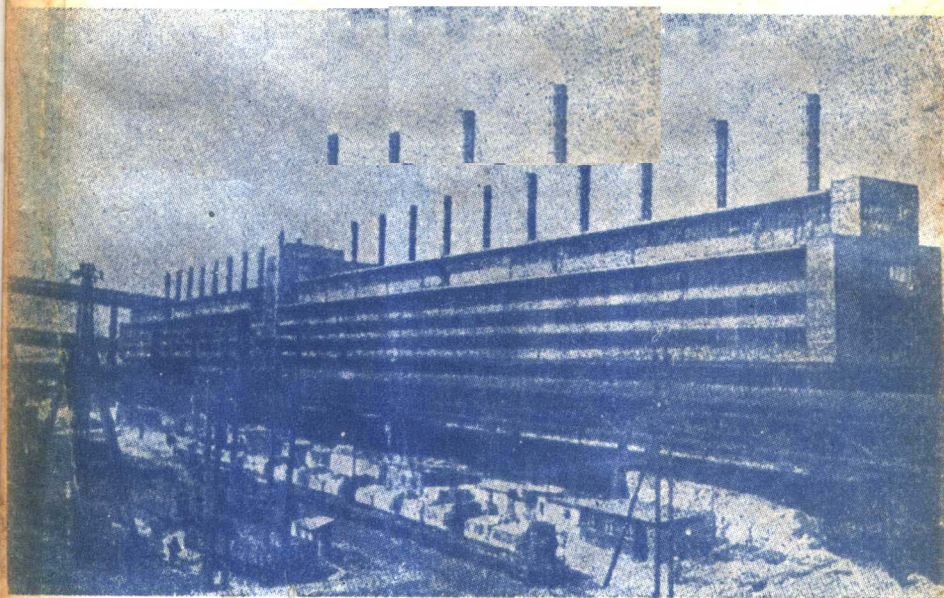


煤低温干餾培訓用書之二

簡明煤焦油加工工學

下 冊

石油五廠編



石油工业出版社

內 容 提 要

本書是石油五廠的培訓教材，內容豐富。書中詳述了焦油的加工設備、常減壓蒸餾、裂化和焦化加工，以及付產品的回收。書中對現廠的實際操作經驗和處理事故的方法談得比較多，對某些原理也作了扼要的介紹。以外，書中還引用了一些重要的數據和經驗公式。

本書適合於具有初中以上文化水平的低溫干餾及焦油加工工作人員學習。它是目前比較全面的焦油加工讀物。



統一書號：15037·705

煤低溫干餾培訓用書之二

簡明焦化油加工工學

下 冊

石 油 五 廠 編

*

石油工業出版社出版（社址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第081號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 印張10 $\frac{3}{4}$ * 209千字 * 印1—4,000冊

1959年6月北京第1版第1次印刷

定價（10）1.40元

目 录

第三章 焦油加工	1
第一节 常用的加工设备	3
1. 传热和换热设备及其概念	3
2. 加热爐	32
3. 蒸餾设备及精餾的概念	66
4. 加壓设备	100
第二节 焦油的簡易加工	107
1. 低溫煤焦油作为柴油机燃料时存在的問題	107
2. 离心分离	110
3. 溶剂稀釋沉淀法	114
第三节 焦油的蒸餾加工	125
1. 釜式蒸餾	130
2. 常压管式蒸餾	136
3. 減压管式蒸餾	160
第四节 焦油的裂化加工	170
1. 裂化过程的化学反应	172
2. 裂化动力学	180
3. 裂化过程中的生焦現象	185
4. 裂化产品的特性	189
5. 焦油的热裂化加工	198
6. 催化裂化	231
第五节 焦油的焦化加工	232
1. 釜式焦化裝置	236
2. 水平爐焦化裝置	245

3. 延迟焦化装置	252
4. 接触焦化装置	257
第六节 焦油的催化破坏加氢加工	262
1. 高压破坏加氢装置	272
2. 中压破坏加氢装置	278
3. 中压加氢精制装置	280
第七节 焦油产品的精制加工	282
1. 重整	283
2. 酸碱洗涤	287
3. 焦油产品的溶剂提取精制加工	303
4. 焦油产品的接触过滤加工	315
5. 添加剂	318
第四章 焦油加工付产品的回收	319
第一节 炼厂气体的利用	320
1. 硫酸烷基化装置	325
2. 磷酸聚合装置	327
3. 正丁烷异构化装置	330
第二节 焦油中酚的回收	332
第三节 石蜡的回收	338
第四节 废酸的回收	340

第三章 焦油加工

煤低温干馏工业现在已经获得了飞跃的发展，低温煤焦油的产量将在石油工业的总产量中和国民经济中佔一个很重要的地位。对于低温煤焦油的性质，加工方案以及产品的应用，已经引起了各方面的重视和研究。根据“多快好省”的建设社会主义的总路线，加工方案也必需是先简易的，然后很快的向新技术方向发展。

低温煤焦油的加工方法的选择主要决定于焦油的性质和产品的要求。而焦油的性质在一定程度上又取决于原料煤的组成，原料煤的预处理，干馏炉的构造和操作方法，其中，尤其是焦油油气在干馏室内的停留时间是影响焦油性质的主要因素。因为焦油并不是原来存在煤中的，而是煤的组份在干馏条件下热解生成的，低温干馏的干馏温度一般不超过 600°C ，在这时热解生成的焦油就随着热解生成的煤气携带到冷凝系统。这里可以看出，由于加热的方法不同，焦油油气在干馏室的停留时间也就不同。常用的“鲁奇”式炉采用的是一种大量吹入热煤气与煤直接导热的加热方法。热解生成的焦油随着循环煤气迅速离开高温的干馏室，在干馏室中停留的时间很短，这就不容易来得及发生二次热解作用。因而，这种低温焦油的粘度和高沸点组份较高，而且稳定性较低，一般在 325°C 左右即开始热解。

焦油的其他性质也是决定其加工方法的重要因素。如含蜡较多的焦油，就应该在加工过程中考虑采用适当的脱蜡方

法。含酚类較多的焦油則应考虑用合理的工艺方法来回收最寶貴的低級酚类。現在低溫焦油除提供煉制大量的高級液体燃料外，对提煉高品質的化学产品也極為重要。在液体燃料方面，煉制高辛烷值汽油、噴气燃料及高十六烷值高速柴油佔有重要地位。焦油高压加氢还不能滿足目前日益提高的汽油規格的要求。低溫焦油的中压加氢的应用，給煉制高辛烷值汽油和高級柴油的工艺起了一个根本性的变革。在付产品提煉方面，也有了新的發展。

从焦油的一般特征和干餾爐型的最可能的加热方法中分析，焦油的加工方法一般可以采用下列三种方案：

1)簡易方案 采用溶剂脫瀝青的方法，脫除焦油中的瀝青成份，并將脫瀝青后的焦油进行抽酚，抽酚后的中性油再采用一般加工。这些加工方法是：蒸餾，蒸餾焦化，硫酸精制等。

2)裂化方案 脫除瀝青质的焦油經裂化加工，以取得輕質油餾份。瀝青除直接作为商品外，可以选用焦化的方法来取得裂化原料。裂化的产品，再經過精制和深度加工。精制的方法是多样的，常見的是酸碱精制和白土精制，效率高的加氢精制。深度加工方法，則有重整和提取等。

3)加氢方案 含餾份焦油的催化加氢，有高压和中压二种。加氢后的汽油餾份則經過重整方法以提高其辛烷值，这个方案是屬於破坏加氢性質的，因此設備比較龐大，技术比較复杂。根据原料的性質，加氢后的产品中还有一部分須加以特殊加工以取得潤滑油。

上述第二第三方案中还包含着酚类回收的工作。

根据原料性質与产品需要，每一方案中还能列出很多小

方案。为了說明問題起見，現在把几种常用的加工方法分述于后。

在說明加工方案以前，先把加工中常用的三种設備講一下。

第一节 常用的加工設備

魚油加工中常用的設備大致有：换热器，加熱爐，蒸餾塔，油罐，泵，壓縮机及反应器几种。其中，油罐及泵在前二章已有較多的說明。

1. 傳热和換热設備及其概念

几乎全部魚油加工过程中都需要利用热量的差異来达到分离与反应作用，所以换热器在魚油加工作業中佔有很重要的地位。同时换热器的利用又是一个經濟問題。热量的回收和利用，都是依靠換热設備来达到的。

换热器是一种流体由热到冷，一种流体由冷到热的热量交换的設備。如果这二种热交换的流体，在冷热变化中，都是液体，这种設備稱謂液体换热器。如果有一种流体，通过热交换而可以冷凝一部分的，这称为气体换热器。如果这一种流体能完全冷凝成液体，这称为冷凝器。如果从冷凝器冷下来的液体，溫度仍然很高，需要再繼續經過冷凝的，这叫冷却器。如果一种流体是水蒸气，这称为重热器。如果用水槽冷却式冷凝的，这称为水槽冷却式冷凝器，或简称冷却槽。如果直接用冷水噴入冷凝气体的設備，这叫大气冷凝器。如果一种流体內的二种流質，用一部分冷凝的方法来达到分离作用的，这叫部分冷凝器。这些名称不能混淆。

1) 热的傳导 热傳导是热从这部分傳遞到他部分的过程。如果有一根鉄棍，一头燒紅了，当然有热能从燒紅的一头流傳到另一头来。如果在燒紅的一头的截面上，有一个非常小的面积 dA ，在一个很短的时间內 $d\theta$ ，有一个很小数量的热能 dQ 流傳过去，而鉄棍二头的溫度差是 dT ，鉄棍二头的距离是 dL ，按热傳导之理論，“热能流过的速度与截面面积及每一定距离溫度差成比例”，也即是：

$$\frac{dQ}{d\theta} \sim -A \cdot \frac{dT}{dL}$$

如果加入一个比例常数 K ，即成：

$$\frac{dQ}{d\theta} = -KA \frac{dT}{dL}$$

这一常数 K 就是热傳导系数，在工程上，热傳导系数的單位是每一公尺² 每一公尺相差的溫度所傳导的热量，也就是仟卡/时·公尺²·°C/公尺。 K 的本身一方面因各种不同的物質而变动，一方面又随物質溫度情况而異，另一方面又随物質本身的純粹程度而異。鑄鉄，在 0°C 时，热傳导系数是 36；而在 100°C 时，則为 35。下列是重要工程材料的 K 值。

表 12

溫 度, °C	0	100	300	400
鋁	145	148	165	179
鑄鉄	36	35	—	—
銅	278	270	263	261
軟鋼	—	32	31	29
18-8不銹鋼	—	—	19	—
熟鉄	—	40	35	32

在一个晝夜生产不停的工厂里，每一个时间，都有一定数量的热传导过去，所以 $\frac{dQ}{d\theta}$ 是一个常数 Q ，因此：

$$Q = K A \frac{dT}{dC}$$

將該式积分，就是：

$$Q \int_{L_1}^{L_2} \frac{dL}{A} = - \int_{T_1}^{T_2} K dT$$

如果 A 可以取平均值，則 K 也可取平均数：

$$\frac{Q}{A_{av}} (L_2 - L_1) = K_{av} (T_1 - T_2);$$

所以

$$Q = K_{av} A_{av} \frac{T_1 - T_2}{L_1 - L_2};$$

也可以写成：

$$Q = K_{av} A_{av} \frac{\Delta T}{L}.$$

如以换热器的管子为例：外徑为 D_2 內徑为 D_1 ，管子全長为 L ，則，

$$A = 2\pi D L,$$

$$\begin{aligned} Q \int_{D_1}^{D_2} \frac{dD}{A} &= Q \int_{D_1}^{D_2} \frac{dD}{2\pi D L} = \frac{Q}{2\pi L} \int_{D_1}^{D_2} \frac{dD}{D} \\ &= \frac{Q}{2\pi L} \ln \frac{D_2}{D_1} = \frac{Q(D_2 - D_1)}{A_{av}}; \end{aligned}$$

即

$$\frac{1}{2\pi L} \ln \frac{D_2}{D_1} = \frac{D_2 - D_1}{A_{av}};$$

、因此

$$A_{av} = \frac{2\pi L(D_2 - D_1)}{\ln \frac{D_2}{D_1}} = \frac{A_2 - A_1}{\ln \frac{A_2}{A_1}}$$

也就是求平均面积时，应该用对数平均法，这样用上述公式就可以进一步计算出传导的热量 Q 。

2) 热的对流 气体状态或液体状态的物质，在传热过程中是流质移动位置的，这一过程称之为对流。如果现在有一种流质，像 E 至 F 方向流动，而旁边的金属壁就一定有一部分热要从 G 传到 EF 方向来。热流的数量，当然与 G 的面积成正比例，同时和流质及金属壁面的温度差成正比例，如果在 C 点热的传导是 d_q ，因此就可以写成（图 80）：

$$d_q \sim dA(T_w - T)$$

如加入一常数 h ，即成

$$d_q = h dA(T_w - T)$$

这一常数 h ，就是薄膜系数，在讨论换热器时，很容易设想到一层管壁的两面，有二层薄膜存在（图 81）。

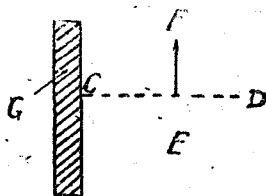


图 80

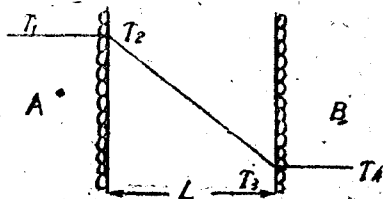


图 81

如图 81，如果 A 的流质要比 B 的流质要热，则一定有热能从 A 的一方传到 B 的一方来，在热能经过 A 的薄膜时，

热的传导是:

$$d_q = h_1 d A_1 (T_1 - T_2)$$

再经过金属管壁, 管壁厚度为 L_2 :

$$d_q = \frac{K_2 (T_2 - T_3)}{L_2} d A_2,$$

再经过 B 的薄膜,

$$d_q = h_3 d A_3 (T_3 - T_4),$$

因传过来的热 d_q 均相等, 所以

$$d_q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{1}{h_1 d A_1} + \frac{L_2}{K_2 d A_2} + \frac{1}{h_3 d A_3}}.$$

如果管子上面附有铁锈等结垢, 还应加上结垢因素

$$\frac{L_3}{R_s d A_3}.$$

金属壁的薄膜厚度, 因流质的性质而異, 又因流质流动的状态而異, 在层流时, 薄膜厚度就大些, 而在扰流时, 薄膜厚度就小些。

不同流质的薄膜关系如表 13 所示:

3) 热的辐射 热的物体不通过空气而扩散热量给另一物体, 这一过程中的热能的放射和吸收, 都是依靠热的辐射。例如太阳离开人类有着巨大的距离, 而太阳光线的强烈的热, 可以灼伤人类的皮肤, 但不受阳光的阴面则是凉的感觉。太阳热的传导, 就是热的辐射。

利用辐射热量, 来加热焦油或焦油的某一馏份到需要的温度, 这在焦油加工工业上有着广泛的应用。在管式炉中大部分的热量都是依靠热辐射来传导的, 并且这种传热的方法, 效率最高。辐射热的应用和计算留在下一节叙述。

表 13

	薄 膜 系 数	傳 导 系 数	薄膜厚度, 公厘
甲 燒	9.8	0.083	2.60
	195.5	0.083	0.13
油 脚	195.6	0.342	1.02
	391	0.244	0.19
輕 柴 油	147	0.391	0.81
	733	0.294	0.12
汽 油	342	0.489	0.44
	2444	0.391	0.09
水	489	1.711	0.05
	3910	1.711	1.07
蒸 汽	14700	0.611	0.013

4) 換熱設備 在工藝過程中換熱設備的改進是從蛇管式換熱器發展到管殼式換熱器的。

蛇管式換熱器在魚油加工工業的开始時期就普遍的应用，這主要是設備的構造簡單，製造和操作都較方便。

後來出現的換熱器是套管式換熱器。這種換熱設備是由兩層管子構成的，內管與外管各流傳一種流質，通過內外管的接觸以達到換熱的目的，其結構型式如圖82所示。這類換熱器在液體有較多沉淀物和粘度較高時可以應用，在氣體的換熱時可以應用，在較高的壓力時也可以應用。這類換熱器的效率一般較低，為了提高換熱效率，套管式換熱器的內管可以裝有各種形式的葉片（圖83）。套管式換熱器構造比較簡單，使用也很方便，使用時的可靠性較好。

換熱效率最高的是管殼式換熱器。管殼式換熱器有着廣泛的用途。管殼式換熱器是由一個鋼筒制成的，鋼筒里面置

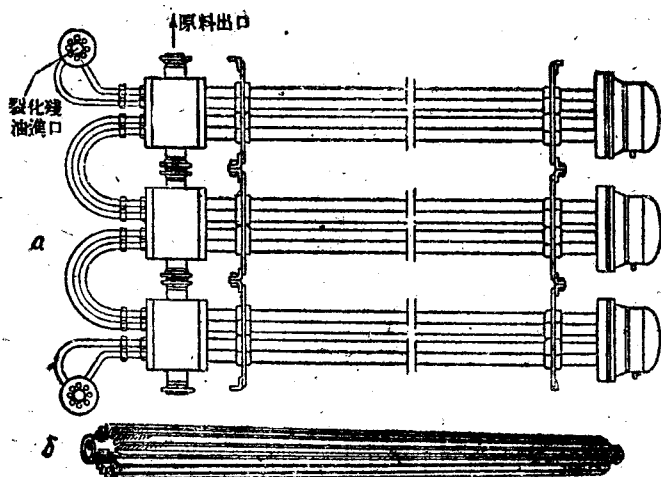


圖 82 套管換熱器結構圖
a—換熱器的外觀；b—帶導筋的內部管。

有很多直徑較小的鋼管或銅管，管子的口徑一般是18—25公厘，最大為50公厘，因為管子的直徑較小，所以在鋼筒內部有着很大的表面積。

對管壳式換熱器的選擇，首先要了解使用地點的情況，溫度和壓力高的地方，當然鋼筒要用得厚些，管子也要用得厚些。如果用在真空系統，就要注意到換熱器的阻力。一般人造用管壳式換熱器却要求換熱器的體積小，導熱度大。要導熱度大或者要傳熱效率高，一定要管子內外的流體流速高，因此，在管子里面，可以採用增加走過管子的次數（行程）的辦法來提高液流速度和換熱效率。以前，有流體在管子內來回走16次的換熱器，但是在現在已經公認行程太多，並沒有好處，有時反而效率降低。因此現在的換熱器的行程

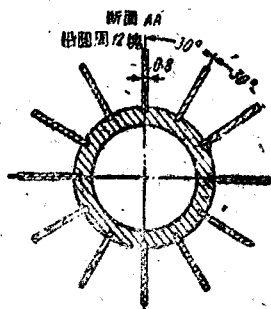
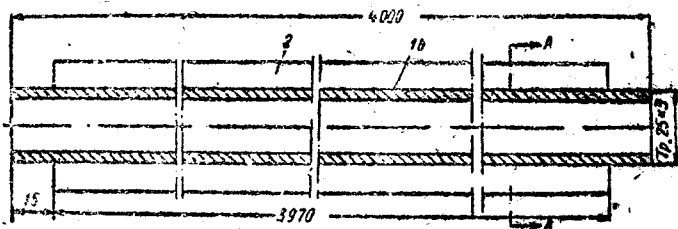
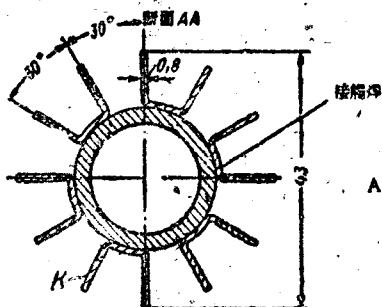
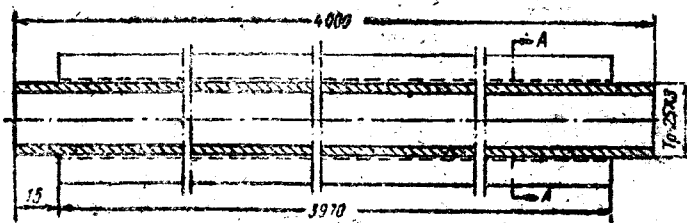


圖 83 叶片

最多不超过 6 次。为了提高液体速度和换热效率，在壳层就用增加挡板的办法。挡板也可隔成若干行程，过去有隔成 6 个行程的，现在一般采用 2 个行程，最多不超过 4 个行程。管壳式换热器的使用还要注意容易清洗的问题。如果壳层的流质很容易结焦或沉淀，这时管子的排列就不能太挤，但管子排列得松一些后，换热器的体积就要增大，也就是说金属的消耗要增多，造价也要高些。因此选用换热器时就需考虑经济问题。

管壳式换热器内设置的挡板计有 6 种，

(1) 环形挡板(圖 84) 依靠这种挡板壳层的流质流速可以加快，与管子的接触也较均衡，液流的方向不仅是与管子平行，而且越过管子，反复接触，接触次数的增加就可以提高换热的效率。但这种挡板的构造容易造成液流的很多“死角”，在这些死角里换热的效率就很低。

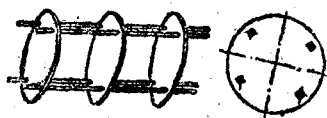


圖 84 环形擋板

(2) 半月形挡板(圖 85) 这是一种普通应用的挡板，具有和环形挡板同样的优点，而死角则较少。

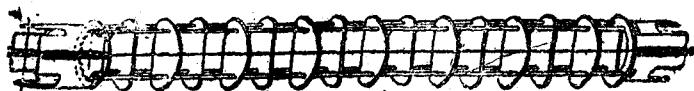


圖 85 半月形擋板

(3) 孔形挡板(圖 86) 这种挡板可以促使流质在管子与挡板的縫隙中流动，从而增加壳层流质的扰动和接触机会。

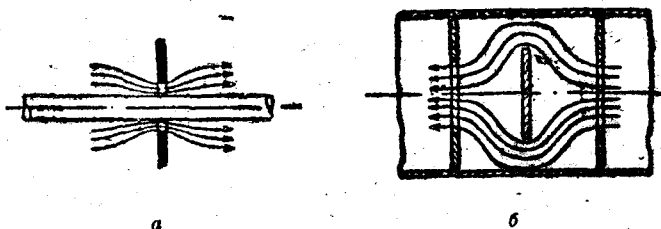


圖 86 孔形檔板

(4)螺旋形擋板(圖 87) 這種擋板可以改變壳層液體的方向，使它螺旋形的流動，反復的越過管子，管外壁的薄膜厚度就可降低，當然換熱效率也就獲得提高。

(5)正射擋板 這種擋板是避免流體直接沖射到某一部份用的。一般都設置在壳層流質的進口，正射擋板的曲度應該和換熱器外壳的曲度一樣，同時在板上應設有小孔，以免正射板下面的管子失去作用。各種擋板設得愈密，當然傳導的热量，換熱的效率就愈高，但是液流的壓力阻力也會增加。現在一般採用的擋板距離在 150—500 公厘之間。

(6)直擋板(圖 88) 這種擋板大多數用在冷凝器上，而且更適合於多行程管程的換熱器之中。

換熱器的管子愈長，壳筒就愈小，換熱的效率也愈大，但是在清洗時也愈困難。到現在為止，一般換熱器的管子長度，都在 2400 公厘到 5000 公厘，管徑大多用 18—25 公厘；管子排列的方法，都用等邊三角形，中心到中心的距離一般為 25—32 公厘。這種排列和中心距離方法在處理一般管子外壁結垢不多的換熱器是適用的。如果管子外壁結垢很多，非用機械法清洗不可時，管子中心距的排列，還應增大，必要時可用四方排列法。

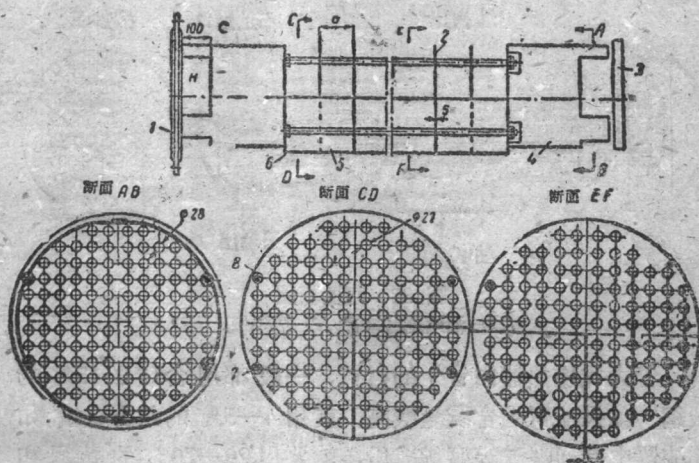


圖 87 螺旋形擋板 a.

1—固定管板；2—橫向折流板；3—活動管板；4—分佈壳板；5—縱向隔板；6—端折流板；7—固定桿 $\varnothing 16$ ；8—間隔管 $\varnothing 25$ 。

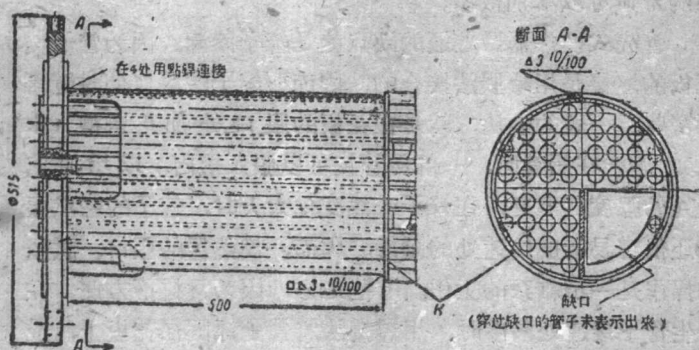


圖 87 螺旋形擋板 b