

活性炭吸附操作

柳 柱 材編写

石油工业出版社

內 容 提

活性炭吸附在石油工业、化学工业以及其他部門都得到了广泛的利用。但是介紹这方面操作的出版物还很少。这本书是由一位工人根据多年的操作經驗写出来的。内容主要介紹活性炭吸附装置的流程，操作以及设备特点和結構等，並且也簡單的介绍了活性炭的吸附原理、活性炭制造及再生的方法。

这本书文字浅显易懂，适合于活性炭吸附操作的工人閱讀。

統一書号：T 15037·809

活 性 炭 吸 附 操 作

柳 柱 材 編 写

*

石油工业出版社出版（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068號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 印张2 $\frac{1}{6}$ * 45千字 * 印1—3000册

1960年1月北京第1版第1次印刷

定价（10）0.30元

目 录

第一章 緒論	1
第一节 活性炭在石油工业中的应用	1
第二节 活性炭性質及其主要規格	2
第三节 活性炭吸附的簡單原理	3
第二章 吸附装置 流程	5
第一节 吸附气体流程	5
第二节 脫附流程	8
第三节 活性炭預处理流程	10
第三章 活性炭吸附的各期操作	11
第一节 吸附	11
第二节 脫附	16
第三节 活性炭干燥冷却操作	19
第四节 吹出操作	24
第四章 影响活性炭吸附效率的几个因素	27
第一节 吸附期活性炭溫度上升影响	27
第二节 吸附气体含有杂质及水分的影响	30
第五章 活性炭吸附其他设备构造及操作条件	33
第一节 煤气加热器	33
第二节 煤气冷却器	35
第三节 冷凝分离设备	36
第四节 活性炭罐附屬设备的构造	41
第六章 利用活性炭回收輕油与其他方法的比較	44
第一节 活性炭吸附的特点	44

第二节	活性炭吸附与油洗法及压缩法之效率的比较	46
第七章	活性炭制造及废活性炭活化和消耗计算	52
第一节	活性炭一般的制法	52
第二节	废活性炭的活化	55
第三节	活性炭消耗量的计算	56
第八章	吸附操作技术安全	58
第一节	一般事故处理	59
第二节	设备事故	60
第三节	设备排气	62
第九章	吸附工艺讨论	63
第一节	活性炭吸附，一般流程及改进	63
第二节	各段吸附	64
第三节	多吸附罐操作	66
第四节	间断式活性炭流程	66
第五节	活性炭工艺流程改进讨论	67

第一章 緒論

第一节 活性炭在石油工业中的应用

在很早以前，人們就发现，木材經過干餾以后所获得的木炭具有吸附某些气体的能力，並且开始用它来脫除污水中的臭味，用作澄清剂，用作制糖工业的糖液脫色剂等等。

为了满足工业的需要，將木材或煤干餾，以制取具有較高吸附性能的炭，並制成一定形状，这种炭就叫作活性炭。

活性炭在近代工业上用途很广，除应用于制糖工业，水的淨化外，还应用在溶液提純，防毒面具的过滤器等。在石油工业中，活性炭应用于沸点較低的輕質油的回收，煤气的脫硫等方面。

例如在石油合成过程中，除得到石蜡和重質油外，还有佔产品总量50%的輕質油，在合成尾气中，这种輕質油大多数工厂是用活性炭吸附法来回收的。在石油加工厂也常常用活性炭来回收天然气以及加工后气体（如裂化气）中的輕質油或气体汽油，以增加輕質油的产率。

在煤气厂以及石油合成厂常常用活性炭来脫除煤气中的硫化物，以便使气体符合于使用条件。例如在合成煤气中含有硫化物就会使合成催化剂中毒，丧失活性，而用活性炭来脫除气体中的硫化物，則可以收到良好的脫硫效果。从以上敘述中，不难看出，活性炭在石油工业中是佔有重要位置的原料之一。

第二节 活性炭性質及其主要規格

制取活性炭的原料有两种：一种是以植物为原料制得的所謂木質炭；另一种是用礦物質（褐煤）为原料制得的所謂礦物質活性炭。木質炭是指將木材干餾，經高溫，使部分碳氫化物分解而得到的活性炭。礦物質活性炭，則是使褐煤在高溫下進行分解，來制取活性炭。褐煤經高溫分解后可以得到两种不同类型的碳素，即 α 型和 β 型碳素。 α 型碳素的活性較高， β 型碳素則沒有活性。植物質活性炭的优点是活性高，但是耐壓強度低；礦物質活性炭恰好相反，也就是它的活性較低，但耐壓強度較高。在工業生產中，我們除希望有高的活性外，更希望有較高的耐壓強度，因為耐壓強度高，可以避免活性炭粉碎，從而提高活性炭的使用壽命。植物質活性炭就不能滿足這一要求，所以植物質活性炭一般常用于醫藥製造上或用于脫色劑。

关于礦物質活性炭中 α 和 β 型碳素的取得，完全決定于活性炭製造的條件，干餾溫度過高則生成 β 型碳素較多，因此，干餾溫度應該控制在 600°C 以下，這樣就可以減少 β 型碳素的生成。

在用活性炭吸附的工業生產中，為了達到最高的吸附效率，並使活性炭的使用壽命達到最長，對活性炭有如下的要求：

1. 粒度 在工業生產中，對活性炭的粒度要求是嚴格的，特別是在回收輕質油時，要求粒度均勻。粒度過大或過小都不能達到最好的吸附效率。粒度小將使氣流分布不均，造成氣流短路，並且會使活性炭易于粉碎成粉，這樣對活性炭表

面气孔將有很大的影响。在生产中要求活性炭的粒度在直径3毫米，长5—6毫米。其均匀度的要求：8孔目者应少于20%，4—8孔目的总量应在99%以上。

2. 耐压强度 也叫做硬度。前面已经提到过，在生产中活性炭强度高可以防止活性炭的碎裂，一般对活性炭的要求是具有4公斤/厘米²的耐压强度。但是活性炭的耐压强度愈大，它的气孔相对的就少，所以强度和气孔两者必须相适应，使活性炭既有较高的吸附效率，又能减少粉碎度。

3. 吸附效率 活性炭的吸附效率在20°C时负荷应在40%以上；在吸附1/10苯饱和蒸汽时，其吸附能力应在32克/厘米³；在吸附丁烷、戊烷时应接近100%。

4. 湿度 也就是活性炭的含水量。活性炭的含水量愈高，它的吸附能力就愈低，因此，我们要求活性炭的含水量在5%以下。此外活性炭中还不应含有杂质、水溶性物质，及对金属有腐蚀性的物质，油渍试验合格。

5. 密度 活性炭的假密度在0.42—0.54克/厘米³之间，而真密度则在1.85—1.93克/厘米³之间。假密度愈低，活性炭的活性就愈高。

第三节 活性炭吸附的简单原理

关于活性炭吸附的理论，到现在为止还没有一种统一的说法。所谓吸附是指气体或液体吸着于固体表面上的现象。具有吸附能力的固体我们叫做吸附剂。吸附剂是多孔性的物质，它具有极大的内表面，例如活性炭的比表面积为200—1000米²/公斤。吸附过程就在这极大的表面上进行。被吸附剂吸附的物质，我们叫它吸附质。

关于吸附的理論現在有三种說法。

1. 单分子层吸着：这是根据晶体結構的新的概念所提出来的。按照这种說法，在晶体中的原子受邻近原子的引力而在晶体網格中佔有一定的位置。在晶体表面上的分子是由内部原子的吸引力来吸引的，而表面上的原子則是有亲合力的。如果在这种表面上落上气体或蒸汽的分子，則这种亲合力就把蒸汽或气体分子吸住。根据这种說法，吸附剂（活性炭）在吸附过程中，是按单分子层进行的，活性炭表面吸附滿載后，就停止再吸附。

2. 多分子层吸附：这种說法認为吸附剂分子对吸附質的吸引力很大，因此認为吸附是在不同分子之間，固体分子的吸引力作用范围很大，所以在吸附剂表面上具有很厚的吸附分子层。

3. 毛細管凝結說：这种說法認为，在吸附时，吸附質蒸汽由于蒸汽压的降低而在毛細管内凝結。吸附質蒸汽压的降低是由于表面张力的作用。表面张力在温度高时即减小，而在临界温度时則等于零。因此，吸附質在毛細管内的凝結，只有在低于临界温度时进行。

另外，按照吸附性質的不同，可分为化学吸附和物理吸附两种。

1. 物理吸附：过程发生的原因是固体吸附剂表面和吸附質分子間的引力，它的特征是吸着速度在低温时比較高，高温时吸附速度就降低；在吸着过程中吸着热小；容易脫附。

2. 化学吸附：过程发生的主要原因是吸附剂表面存在着不飽合的价鍵，故此種吸附类似化学作用。化学吸附的特征

是：吸附速度比物理吸附低；在吸附过程中，放出大量的吸附热；脱附比较困难。

我們用活性炭吸附回收輕質油，即屬於物理吸附过程。

第二章 吸附裝置流程

第一节 吸附气体流程

在常压鈷剂合成工厂，合成原料气經合成反应器合成为液体油。其中較重質的油和蜡均用凝縮法来回收。但是尾气中的輕質油和丙烷、丁烷等用一般的冷凝方法是不能回收的。在一些合成工厂这些輕質的产品大都采用活性炭吸附法进行回收。

吸附操作是在吸附罐内进行的。吸附罐呈一圓筒形（見图 1）。厂使用的吸附罐的大小是不同的。一般直径在4—5米，高度2—2.5米。一个吸附罐内可容10—15吨或更多的活性炭。在罐的底部垫有瓷磚（滤石），目的是为了阻止活性炭落入管路内，同时可以使气体均匀的进入活性炭层。滤石为正方形，上有900个喇叭口（見图 2）。

在吸附工厂，根据所需吸附的油的数量，設置有一組或几組吸附裝置。每一套吸附裝置根据吸附操作的四个步驟，設有四个吸附罐。吸附操作的四个步驟为：吸附、脱附、干燥、冷却。

从合成反应器出来的油蒸汽經過冷凝设备，將重質油冷凝下来以后，含有輕質油蒸汽的尾煤气，即进入吸附裝置一个吸附罐内进行吸附；这时的另一个罐則正在利用蒸汽进行脱附；第三个槽則正在用冷却过的煤气来冷却活性炭；第四个

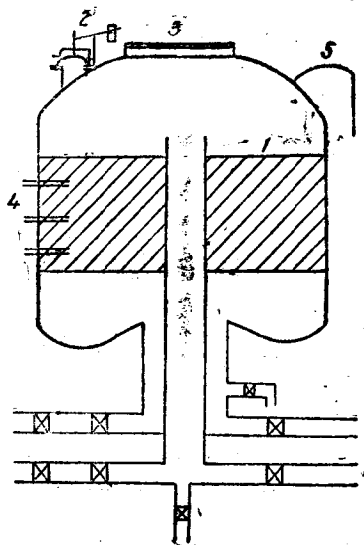


图 1 活性炭吸附罐略图

1—活性炭；2—安全閥；3—装入孔；4—溫度計。

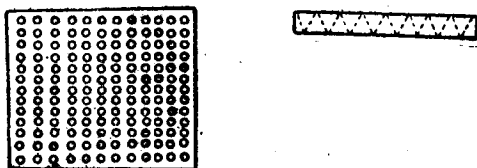


图 2 吸附罐底濾石示意图

槽則在用煤氣進行干燥，在第一個槽吸附達飽和時，即進入脫附工作，第二個槽進行冷卻，第三個槽進行干燥，原來的第四個槽則進行吸附。整個吸附操作就這樣循環進行。每一個吸附操作循環（從吸附開始到干燥完了）約需140—320分鐘。循環時間的長短主要決定於尾煤氣中的含油濃度。吸附操作的時間可按下列式來計算。

$$t = \frac{60}{V} \times \frac{G}{a} \times \frac{10^6}{\%}$$

式中 t ——吸附時間；

G ——輕質油或汽體油吸附量，%（重量）；

V ——通過煤氣量，單位小時通過每噸活性炭的米³數，米³/小時/噸；

a ——煤氣中輕質油密度，克/米³；

%——輕質油或氣體油回收百分率。

輕質油密度 $a = 110$ 克/米³；

例：氣體油密度 $a = 55$ 克/米³；

氣體油回收率為 87%；

氣體油吸附量 $G = 1.6$ %；

通過煤氣量 $V = 500$ 米³/小時/噸活性炭。

將已知數字代入公式，即得

$$t = \frac{60}{500} \times \frac{1.6}{55} \times \frac{10^6}{87} = 40 \text{ 分}$$

以輕質油回收率為 100%，則

$$\begin{aligned} \text{輕質油吸附量 } G &= \frac{40}{60} \times 500 \times 110 \times 10^{-6} \times 100 \\ &= 3.7\% \end{aligned}$$

我們知道煤氣中輕質油的濃度，就可以求出吸附時間。吸附時間的安排，對輕油回收有很大的關係，因此，掌握吸附時間的分配，是吸附工作中的重要環節。

圖 3 為具有三組吸附裝置的吸附工段流程圖。這種具有三組吸附裝置的吸附工段可以根據煤氣中的含油數量以各個

凡尔来调节并联或串联吸附，或两段并联，第三段串联。

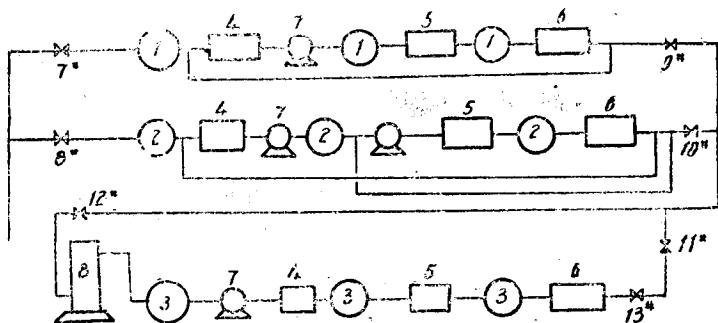


图 3 吸附流程图

1、2、3——二三段吸附罐；4—煤气冷却器；5—煤气加热器；
6—温煤气冷却器；7—各段鼓风机；8—三段入口冷却塔；7#—
一段吸附总凡尔；8#—二段吸附总凡尔；9#—一段煤气总出口凡
尔；10#—二段煤气总出口凡尔；11#——二段出口，不经三段控
制凡尔；12#—三段入口凡尔；13#—三段出口凡尔。

第二节 脱附流程

活性炭吸附轻质油达到一定程度，活性炭再不能完全吸附时，也就是活性炭吸附达到了饱和。这时就要用饱和蒸汽进行脱附。脱附所用的蒸汽压力为 2.5 公斤/厘米²，温度在 150—180℃ 之间。根据实际需要，也可以适当的提高蒸汽压力，以便进行活性炭的彻底脱附。脱附蒸汽引入吸附槽的方向，正好和吸附时煤气进入的方向相反。吸附时煤气是由活性炭下部进入，从上部引出，而脱附则由活性炭上部引入蒸汽，由下部引出。

脱附出来的轻质油和蒸汽混合物，经过冷凝系统进行冷凝分离，回收油品。脱附出来的油品除轻质油外，还有一部

分丙烷、丁烷，經冷凝后仍然是气体，这种气体就送入貯存罐，經過压缩后就是我們所說的液化汽油。

图 4 为脫附流程图。

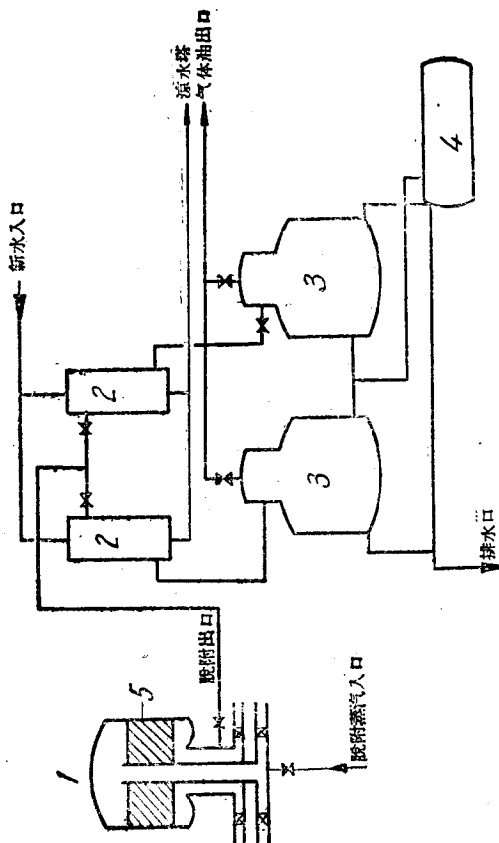


图 4 脫附流程图

第三节 活性炭预处理流程

活性炭的预处理包括两部分：（1）新活性炭投入生产的预处理；（2）脱附后活性炭的干燥冷却处理。

活性炭的预处理是决定吸附效率的关键性操作，预处理好吸附效率就高，否则吸附效率就会降低。

新活性炭投入生产前的预处理，和用蒸汽脱附的方法一样，时间则比正常脱附要长，所用蒸汽的温度可以尽量提高。这样处理可以使活性炭的吸附效率大大提高。处理新活性炭所用的废蒸汽不需要通过冷凝系统，直接放空。

用蒸汽处理活性炭的目的是把活性炭在空气中吸附的水分和杂质脱除掉，而另一个目的是把活性炭制造过程中，残留在活性炭空隙中的碱液除掉。活性炭中有碱液存在，在进

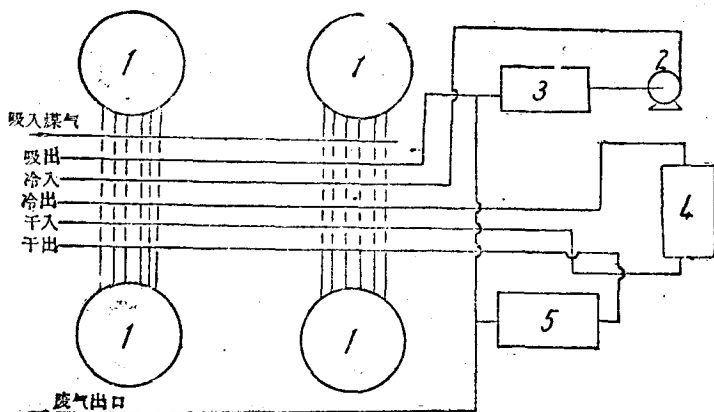


图5 干燥冷却处理流程图

- 1—活性炭罐；2—循环鼓风机；3—煤气冷却器；4—煤气加热器；5—废气冷却器。

行吸附时，就会产生大量的热，而使吸附效率降低。

脱附后的活性炭的干燥冷却处理的目的是，降低活性炭的含水量和降低活性炭的温度，以使活性炭具有一定的吸附能力。活性炭含水量愈低，温度就愈低，它的吸附能力就愈高，因此活性炭干燥和冷却操作是非常重要的。

图 5 为活性炭干燥冷却处理流程图。

第三章 活性炭吸附的各期操作

第一节 吸 附

在第二章中，我們已經介紹了活性炭吸附流程。这一章我們將介紹活性炭吸附裝置各步驟的操作。

活性炭的吸附特点，是具有选择性的，也就是說吸附过程中不单是对輕質油具有吸附能力，而同样对于二氧化碳等气体有吸附作用。如活性炭温度很低，在吸附輕質油的同时，对其他气体也在进行吸附。特别是吸附初期，在活性炭負荷較小，温度低的阶段，对二氧化碳吸附現象很高。但这不过是短時間选择性吸附作用。根据选择的特点，活性炭对油多量吸附后，可以逐渐置换出大部分被吸附的二氧化碳。但我們要認識到决不是百分之百可以置换，还剩余部分二氧化碳被吸附，这一部分二氧化碳一直到吸附終期仍在活性炭内部被吸附着。同时也可能是因为煤气中含有大量二氧化碳与輕油同时进行吸附，而在末期活性炭对 CO_2 的吸附已經是极少，所以有大量二氧化碳残存在活性炭表面上。

由生产及試驗証明，活性炭对下列一些气体的吸附能力（体积%）为：

空气.....	17—26%
二氧化碳.....	0.7—1.0%
烃.....	72—82%

当然，这里提出对二氧化碳的吸附，受活性炭温度升高及煤气中含轻油的浓度较高的影响，会对二氧化碳吸附能力减退；同时温度升高对吸附轻质油也不利，特别是二氧化碳分压较高的情况下，活性炭对轻质油吸附也将要受到一定影响。如果在吸附过程中减少其他气体成分的被吸附，则有利于活性炭对轻质油回收效率的增高。我们知道，吸附过程本是一放热反应，吸附一克轻油，可以放出1.25卡的热量，而温度高对活性炭的吸附效率是不利的，因此控制活性炭温度在40°C以下（愈低愈佳），对轻质油回收非常有利。

活性炭对二氧化碳及某些烃类的吸附热如表1所示。

为了减少热量，一般的方法是控制吸附量，不超过活性炭的重量2—3%左右作为一个吸附周期。这种热量的产生虽然比较微量，但对生产也是不利，在操作中应尽量设法减少温度升高，加强吸附期流量的调节，使吸附效率增加。

在生产中人们主要掌握吸附期的温度，可以使我们及时的判断活性炭吸附效率。温度升高，则标志效率逐步趋向下降。但应注意，活性炭超过吸附量，在吸附末期，往往发现活性炭的温度反而有下降的趋势。这一温度改变，我们认为这是活性炭对轻油吸附量的改变，其原因是活性炭达到饱和后对轻油将逐步停止吸附。这一点在吸附操作中是十分重要的环节，要掌握它，以便及时改变吸附时间。

活性炭对丙烷、丁烷吸附温度与吸附量的关系如表2所示。

表 1

吸 着 質	吸 附 放 出 热 量	
	卡/克分子	千卡/公升
二氧化碳	7500	170
甲烷	5500	343
丙烷及丁烷	8000	170
戊烷及以上	12000	150

表 2

温 度	丙烷的吸附量, 克/100克活性炭	丁烷的吸附量 克/100克活性炭
20°C	14.80	17.52
50°C	12.02	15.56
70°C	10.75	13.70
100°C	8.76	10.65
130°C	5.99	9.30
160°C	5.62	7.95
200°C	3.05	6.00

从上面表 2 中可以看出, 活性炭温度升高, 丙烷、丁烷吸附效率显著降低, 因此对活性炭温度控制愈低, 而吸附效率愈高。活性炭在吸附期在槽中温度, 一般的上升约 2—3°C。