

活性炭手册

一、活性炭过滤原理

活性炭的吸附能力与水温的高低、水质的好坏等有一定关系。水温越高，活性炭的吸附能力就越强；若水温高达 30℃ 以上时，吸附能力达到极限，并有逐渐降低的可能。当水质呈酸性时，活性炭对阴离子物质的吸附能力便相对减弱；当水质呈碱性时，活性炭对阳离子物质的吸附能力减弱。所以，水质的 PH 不稳定，也会影响到活性炭的吸附能力。

活性炭的吸附原理是：在其颗粒表面形成一层平衡的表面浓度，再把有机物质杂质吸附到活性炭颗粒内，使用初期的吸附效果很高。但时间一长，活性炭的吸附能力会不同程度地减弱，吸附效果也随之下降。如果水族箱中水质混浊，水中有机物含量高，活性炭很快就会丧失过滤功能。所以，活性炭应定期清洗或更换。

活性炭颗粒的大小对吸附能力也有影响。一般来说，活性炭颗粒越小，过滤面积就越大。所以，粉末状的活性炭总面积最大，吸附效果最佳，但粉末状的活性炭很容易随水流入水族箱中，难以控制，很少采用。颗粒状的活性炭因颗粒成形不易流动，水中有机物等杂质在活性炭过滤层中也不易阻塞，其吸附能力强，携带更换方便。

活性炭的吸附能力和与水接触的时间成正比，接触时间越长，过滤后的水质越佳。注意：过滤的水应缓慢地流出过滤层。新的活性炭在第一次使用前应洗涤洁净，否则有墨黑色水流出。活性炭在装入过滤器前，应在底部和顶部加铺 2~3 厘米厚的海绵，作用是阻止藻类等大颗粒杂质渗透进去，活性炭使用 2~3 个月后，如果过滤效果下降就应调换新的活性炭，海绵层也要定期更换。

二、影响粒状活性炭应用的主要性质

应用粒状活性炭，尤其大量应用，最影响效果和成本的活性炭主要性质是：吸附量；压降或床层膨胀；抗磨性；大小、水分、灰分、pH 值和可溶物。

应用较为大量的粒状活性炭都装在柱型设备中，就要讲究压降(压头损失)或床层膨胀，是设计炭柱的必要因素。压降由微粒大小和大小分布所决定。床层膨胀由微粒大小、形状和大小分布以及微粒密度所决定。

大量使用粒状活性炭时，常加水以泵输送和以运输带脱水，因此要重视活性炭的损失量，讲求活性炭的抗磨性。

三、评价活性炭的吸附能力

吸附分液相吸附和气相吸附两类，液相吸附能力常以吸附等温线进行评价，气相吸附能力以溶剂蒸气吸附量评价。

吸附等温线表示一定温度下吸附系统中被吸附物质的分压或浓度与吸附量之间的关系，即当保持温度不变，可测得平衡吸附量和分压或浓度间的变化关系。以剩余浓度为横轴，以活性炭单质量的吸附量为纵轴可绘出关系曲线。

当保持分压或浓度不变，可测得平衡吸附量和温度间的变化关系，绘出关系曲线，即吸附等压线。由于在工业装置中少量成分吸附大致在等温状态下进行，所以吸附等温线最为重要和常用。

溶剂蒸气吸附量表示气相吸附性能，可用颗粒活性炭的四氯化碳吸附率的测定为例，在规定的试验条件下，即规定的炭层高度、气流比速、吸附温度、测定管截面积、四氯化碳蒸气浓度的条件下，持含有一定四氯化碳蒸气浓度的混合空气流不断地通过活性炭，当达到吸附饱和时，活性炭试样所吸附的四氯化碳的质量与试样质量之百分比作为四氯化碳的吸附率。

活性炭应用中对于吸附能力，最好用实际拟用的活性炭、操作的条件、具体的处理物进行评价测试。

活性炭的吸附量，即单位活性炭所吸附的吸附质的量，工业上也有称为活性炭的活性，活性有两种表示方法：

静活性-----即通常所指的吸附剂达到平衡的吸附量。

动活性----是指流体混合物通过活性炭床层，其中吸附质被吸附，经一些时间的运作，活性炭床层流出的流体中开始出现含有一定的吸附质，说明活性炭床层失去吸附能力，此时活性炭上已吸附的吸附质的量，就称为活性炭的活性。是设计大量的、经常的、重要的吸附系统所需的数据。

用液相等温线法测定活性炭吸附能力的标准实用方法，可用于测定原始的和再活化的和粉状活性炭的吸附能力。

四、活性炭比表面积和吸附能力的关系

一般来说活性炭的比表面积（BET）越大，吸附力也越大，但是有时候却不一定。

BET 是用氮气或丁烷的吸附方法测出活性炭总表面积的应用参数。按理 BET 越大，吸附力就越大。可是在实际应用中这概念有局限性，因为活性炭的孔有大孔、中孔和微孔的区别，有时仅有部分的孔适合于某类大小吸附物的进入。

在液相应用中，通常有机物的吸附值随分子量（分子大小）的提高而提高。直到分子大到不能进孔为止。最理想的活性炭是具有大量恰好稍大于吸附物分子的孔。孔太小，吸附物进不了；孔太大，使单位体积的表面积减少。

在气相应用中，小分子被吸附进入微孔。这时总表面积的概念是合用的。至于活性炭对金属络合物的吸附，涉及化学键的形成，也不是 BET 越大越好。

五、活性炭在液相吸附中的应用

活性炭在液相中主要用于脱色精制，有时也用于捕集回收或分离。

液体用活性炭进行脱色精制时,除了脱色(即吸附除去在可见光波长内具有吸光性的物质)以外,同时还能够除去在可见光波长以外具有吸光性的物质,除去颜色的前驱物质,除去有臭味的物质或调整香味,除去臭味的前驱物质,除去浑浊及可能导致浑浊的物质,除去起泡性物质,除去妨碍结晶的物质,除去胶体物质,除去对胶体有保护性的物质,除去生理性有害物质,以及除去促进产品变质的物质等,具有多种综合性的精制作用。

液相扩散速度比气相小得多,为了在短时间内获得吸附效果,因此常常使用粒度很细小的粉末状活性炭。但是,在处理量很大的场合,颗粒状活性的用例不断增加。因为其操作方便,容易再生。表 3-6-4 中列示了液相中使用活性炭的主要操作方式。

表 3-6-4 液相中使用活性炭的主要操作方式。

活性炭种类	采用方法	操作方式
粉末状活性炭	间歇接触法 成层过滤法 连续接触法	一段接触式 多段分批添加式 多段逆流接触式
颗粒状活性炭	渗滤法	固定层式 连续移动式 间歇移动层式

六、活性炭在精制气体中的应用

精制工业用原料气体或工艺气体 活性炭用于精制多种工业用原料气体或工艺气体,以除去它们中所含有的各种杂质,提高纯度和使用价值。表 3-6-1 中列示了用活性炭精制的一些气体名称以及要除去的杂质成分。

表 3-6-1 活性炭对原料气体及工艺气体的精制

气体名称	要除去的成分
氢气	Hg、CO ₂ 、CH ₄ 、H ₂ S、N ₂ 、NH ₃
氦气	H ₂ 、N ₂ 、Ar、Ne、O ₂ 、CO ₂
氯气	烃类的氯化物
氯化氢	烃类的氯化物
二氧化碳	无机及有机硫化物、油、臭气
乙炔	无机及有机硫化物、高级炔烃、二烯烃、磷化氢、丙酮、聚合性物质
乙烯	
水煤气	无机及有机硫化物、乙炔、二烯烃
裂化气	无机及有机硫化物、聚合性物质
烟道气	无机及有机硫化物、聚合性物质

情性气体	无机及有机硫化物、油
原料用空气	无机及有机硫化物、油 无机及有机硫化物、油、臭气

由表 3-6-1 可见，用活性炭精制气体是将小分子、低沸点气体中的少量大分子、高沸点的气体除去。

七、活性炭在液相吸附中的应用 --水处理

水处理 水处理是活性炭应用广，潜力最大的部门。饮用水的质量直接关系到人体健康；排水及废水处理与否对地球水环境有重大影响。发达国家活性炭用量的 50%以上与水处理有关；我对水质重视程度也逐渐增加。

(1) 处理上水（自来水）：上水用活性炭处理的目的是提高水质，除去臭气、臭味、腐殖质、油类、农药、洗涤剂对人体有害的物质。

(2) 处理生产用水：活性炭在处理各种生产用水中获得广泛应用。如在酿造业、清凉饮料业及制冰业，使用活性炭除去地下水中的颜色、臭味、胶体物质、洗涤剂、农药及其他有机物质，或者除去自来水中的游离氯气、臭味等；电力、化学等工业部门用活性炭处理锅炉用水及锅炉回流水的脱油；医药工业用活性炭除去水中的致热源；电子工业使用活性炭制取超纯水；海运业使用活性炭制造饮用水；水族馆中用活性炭除去自来水中的氯气等。

此外，活性炭还用于保护离子交换树脂，净化工厂的循环用水等。

(3) 处理生产废水：各种生产过程中排出的废水，含有不同的杂质，但比较单纯，易于进行处理。因此，应该处理以后再排放或者循环使用。

(4) 处理下水（污水）：下水是各种废水汇集成的污水，成分极其复杂。进行处理时，通常将凝聚沉淀法（物理法）、活性炭泥法（生物法）与活性炭吸附法配合使用，以提高处理效果，降低处理成本。活性炭处理通常和生物法配合使用，或置于其后作为终级处理。经过处理，可以除去颜色、农药、洗涤剂、臭味，以及 BOD、COD、TOC 等杂质，作为工农业用水而再次利用或排放。

八、活性炭对各种蒸气之吸附能力

活性炭对各种蒸气之吸附能力									
指数	品名	指数	品名	指数	品名	指数	品名	指数	品名
4	硝基甲烷	3	硝酸	2	丙烷	3	乙醚	4	家具臭
3	甲醇	4	消毒剂	4	丙酸	1	乙烯	4	果实臭

3	甲醚	4	樟脑	4	丙醇	3	环氧乙烷	4	气油
4	油加利油	4	食品芳香	2	丙烯	4	二气乙醇	3	膻
4	肉臭	1	氢气	4	塗料臭	3	氯化烷	4	辛酸
4	浴室臭	4	苯乙稀	3	己烷	2	盐酸	3	花粉
4	醋酸丙酯	3	光气	4	庚烷	3	氯化甲烷	4	癌肿臭
3	醋酸甲酯	3	麻醉劑	4	苯	3	氯化稀	4	罐頭工場
3	三氧化硫	4	酸酐	3	放射性物	4	丙基氯	4	蚁酸
4	四氯乙烯	1	沼气	4	防臭剂	3	氯气	3	甲酸乙酯
4	四氯化碳	4	M. E. K	4	防腐剂	4	辛烷	3	甲酸甲酯
4	二乙胺	3	漂白液	4	防虫剂	3	青酸	4	二甲苯
4	二氧雜环	4	比啶	3	碘化氢	4	精油	4	鱼臭
4	环己烷	4	肥料臭	4	碘气	4	酚	4	杂酚
3	二甲基苯	3	病毒	4	碘仿	3	煤烟	4	巴豆醛
4	硫酸二甲	3	不完全燃	4	酪酸	4	肥皂臭	4	氯丁二烯
3	车排气	3	丁二烯	1	硫化氢	4	接著剂	4	氯苯
4	树脂臭	2	丁烷	4	硫酸	4	体臭	4	乳酸
4	臭化乙烷	4	丁醇	1	一氧化氮	4	香烟	4	尿酸
4	臭素	4	丁酮	1	坏疽臭	4	焦油	4	尿素
2	臭化氢	2	氟化氢	1	己烷	1	二氧化碳	3	二硫化碳
3	臭化甲烷	4	腐败臭	3	己胺	4	臭氧气	3	燃烧气
4	润滑油	4	塑料臭	4	酒精	4	家畜臭	4	糊臭
4	病院臭	4	残留酸	4	戊酸	4	棕榈酸	3	对二氯苯

九、活性炭对各种有机物质之吸附容量

活性炭对各种有机物质之吸附容量					
成分	饱和吸附	摘要	成分	饱和吸附	摘要
	容量 (%)			容量 (%)	
(醇类)			(芳香烃类)		
乙醇	21		苯	23	溶剂

甲醇	10	木精	硝基(代)苯	20	
丁醇	34	溶剂	甲苯	25	溶剂
戊醇	35	杂醇油	二甲苯	26	溶剂
(有机酸)					
醋酸(乙酸)	37	药品	(脂肪类碳化氢)		
酪酸	35	体臭	丙烷	5	燃料
甲酸	7	药品	丙烯	5	煤气
棕榈酸	35	棕榈油	癸烷	35	灯油成分
丙酸	30		庚烷	20	汽油成分
丙烯酸	20		己烯	10	汽油成分
辛酸	35	动物臭	壬烷	30	灯油成分
(无机气体)			(醚)	8	燃料
胺	一些	刺激臭	乙醚		
溴	40		二异丙醚	15	医药品
二硫化碳	15	粘胶	甲醚	18	溶剂
四氯化碳	45	溶剂灭火用	丁醚	10	
气	15	颜料制造	(酯)	20	溶剂
溴化氢	12	药品	醋酸戊酯		
氯化气	12	燃烧气体	醋酸丁酯	41	漆溶剂
氟化氢	10	氟	醋酸乙酯	28	漆溶剂
碘化气	15		醋酸丙酯	19	漆溶剂
硫化气	3	腐蛋臭	醋酸甲酯	23	漆溶剂
碘	40		(醛)	16	溶剂
硝酸	20	药品			
二氧化氮	10	燃烧气体	乙醛	7	药品燃烧排气
臭氧	分解氧	放电管	丙醛	15	
二氧化硫	10	燃烧排气	丁醛	20	柴油废气
三氧化硫	15	燃烧排气			合成用剂

硫酸	30	药品	甲醛	很少	燃烧排气臭
(卤化烃类)			(其他化合物)		
三氯乙烯	13	干洗用	石碳	30	苯酚烧脂
三氯甲烷	40	麻醉药	甲酚	30	医院消毒液臭
三碘甲烷	30	防腐用	皮啶	25	烟草臭
异丙基氯	20		粪臭素	25	排泄物
氯化甲烷	5	冷煤	松节油	32	溶剂
二氯甲烷	25		吉草酸	35	体臭、脚臭
四氯代甲烷	60				
(硫醇)			盖醇	20	
			烟硷	25	烟草
甲硫醇	20	黄萝卜硷菜臭	茨酮	20	
乙硫醇	23	蒜、葱、汗水	(多成分臭)		
丙硫醇	25		汗水臭	大	
(酮类)			厕所臭	大	
丙酮	10	溶剂	料理臭	大	
二乙基甲酮	30	溶剂	食物臭	大	
丁酮	10	溶剂	包装室臭	大	
甲基丁基酮	20	溶剂	体臭	大	

十、不适合使用活性炭吸附处理的 VOCs

反应性化合物

有机酸、醛类、某些酮类、某些聚合物单体

酚类

二醇类、胺类

高沸点物

可塑剂、树脂 14 以上之长链碳氢化合物

十一、活性炭在液相吸附中的应用

其他液相精制 除了水处理以外,活性炭还在制糖、食品、酿造、医药、化工等许多部门的液相精制中具有广泛的用途。表 3-6-5 中列举了一些常见的用例。

表 3-6-5 活性炭液相精制的用例

工业种类	工业部门	产品名称	活性炭精制效果
食品工业	精制糖	甘蔗糖	A、B、C、D
		甜菜糖	A、B、C
		糖蜜	A、B、C、J、捕集甜菜碱及谷氨酸
	淀粉	葡萄糖	A、B、C、D、F
		水饴糖	A、B、D、F
	乳制品	乳糖	A、B、D、F
食品工业	酿造	清酒	A、E、D、防止火落菌 A、E、D (防止冷雾) A、E
		啤酒	
		葡萄酒、果酒、酱油	
		威士忌、朗姆、白兰地、伏特加、食用醋	
	油脂	食用油	A、B、F、G
		人造奶油、可可脂、猪油	A、F、G
	食品添加剂	味精、核酸调味品、乳酸、柠檬酸、酒石酸、戊烯二酸、抗坏血酸	A、B、D、F
		调味液	A、E、F
		琼脂、果胶、明胶	A、F
		其他	A、F

		糖果屑	A、F、J
医药工业	医药品 注射剂	抗菌性物质、磺胺制剂、生物碱、纵他命、荷尔蒙 针剂、注射用水	A、B、D、F、H 除去致热源
化学工业	橡胶	再生橡胶	防止药剂渗透
	石油	液体石油馏份 酸类、盐类、胺类吸收液、 废油	A、F、脱硫 A、B、I、J
	高分子	合成树脂、合成纤维原料及 中间体 纺线浴、溶剂及溶液	A、F、防止副反应 A、B、F、J
	染料 染色	染料中间体 洗涤液等	H、防止副反应 A、防止渗透
	无机	磷酸、硼酸、盐酸、明矾、 碱、碳酸盐 双氧水	A、B 除去有机杂质
其他工业	金属加工	矿物油、油剂 蜡 界面活性剂 可塑剂、羊毛脂、硬化油、 蓖麻油、甘油	A、B、F、J A、B、F A、F A、B、F、I
	干洗	干洗液	除去油脂及分解产物、J B、除去油脂、J
	采矿	浮选选矿液	除去浮选选矿液、调整

分析	色谱分析	分析试样	除去生物化学试样中妨碍分析的成分
----	------	------	------------------

注：A：脱色；B：除去胶体物质；C：提高结晶性；D：提高产品稳定性；E：调整香料；F：脱臭；G：去除白土臭；H：提高纯度和得率；I：除去起泡性物质；J：再利用。

十二、气相回收及捕集

其他气相成分的捕集或回收 活性炭除用于从空气中回收有机溶剂以外，还广泛地用于从其他气相成分中捕集和回收各种有关物质。表 3-6-3 中列举了这方面的一些用例。

表 3-6-3 活性炭在其他气相捕集或回收中的应用

气体名称	捕集回收的组分
煤的干馏气体	苯、汽油等 C ₅ 以上的烃类
天然气	液化石油气等
裂化气体之类	CH ₄ 、C ₂ H ₆ 、C ₃ H ₈ 、C ₄ H ₁₀ 、C ₅ H ₁₂ 等
发酵气体	酒精、丙酮等
烟道气	二氧化硫
汽车挥发的气体	汽油
原子反应堆排气	放射性碘、氙、氙
各种工业性排气	苯、甲苯、二甲苯、戊烷、己烷、二硫化碳、氯乙烯、环己烷、甲醇、乙醇、丁醇、丙酮、丁酮、醋酸酯、环氧乙烷、氧化丙烯、香料成分、四氯化钛、二氯化钛、氧化氮等

下面以防止汽车中汽油挥发装置为例，说明活性炭在捕集回收方面的具体应用。该装置的工作原理。汽车停止时，由于气温升高、太阳照射等原因，使油箱、化油器、气缸等处汽油挥发。挥发出去的气体通过装置中的活性炭层（过滤器）吸附，防止扩散到外界。当汽车开支行驶时，通过吸气管的负压和排气管的压力，使压力动作阀动作，让滤气器中一部分空气经过活性炭层以后再进入吸气管中。此时，活性炭层所吸附的汽油脱附，随空气进入气缸中燃烧；同时，活性炭获得再生。这种装置中只充填了几百克颗

粒状活性炭，就不仅能防止汽油挥发到外界污染空气，还能够节约汽油，而且使用十分方便。

十三、分离气体

利用活性炭对不同种类的气体具有不一样的吸附能力这一性质，活性炭吸附法常用于分离气体。

用活性炭从天然气中分离汽油组分时，初期，活性炭逐渐被包括甲烷等分子量小的烃类物质在内的组分所饱和，但是随着吸附时间的延长，由于活性炭具有对分子量大的同族化合物吸附能力大的特性，所吸附的甲烷等低级烃类逐渐被分子量大的己烷、戊烷等置换出来。结果，活性炭中吸附保留的主要是汽油组分，而甲烷、乙烷、丙烷之类分子量小的组分则穿过活性炭层，保存在气相中，从而达到分离的目的。

又如，利用压力循环吸附法，可以使用活性炭将空气中的氧气和氮气分开；利用活性炭吸附法，能从煤气中分离出苯，能从反应产物中进行同分异构体的分离等等。

十四、活性炭应用注意事项

1、运输与装卸：活性炭在运输过程中，不得用铁钩拖拽，应防止与坚硬物质混装，不可强烈振动、磨擦、踩、砸，严禁抛掷，应轻装轻卸，以减少炭粒破碎，影响使用。

2、储存：应储存于阴凉干燥处，防止内外包装袋破裂，防止受潮和吸附空气中其它物质，影响使用效果。严禁与有毒有害气体或易挥发物质混放，存放要远离污染源??

3、严禁水浸：活性炭属于多孔性吸附类物质，所以在运输、储存和使用过程中，都要绝对防止水浸，因水浸后，水填充了活性孔隙，减少了活性炭比表面与气体的直接接触，严重影响使用效果。

4、防止焦油类物质：在使用过程中，应禁止焦油类粘稠物质进入活性炭床，以免堵塞活性炭孔隙或遮盖了活性炭展开表面，使气体不能与活性炭展开表面接触，失去应用效果，如气体中含有此类物质，应在气体进入活性炭床前进行清除（最好有除焦设备）以达到好的应用效果。

5、防火：活性炭在储存或运输时，防止与火源直接接触，以防着火。活性炭再生时避免进氧并再生彻底，再生后必须用蒸气冷却降至 800℃ 以下，否则温度高，遇氧，活性炭自燃。

6、使用：装填时应先筛去因搬运产生的碎粒与粉尘。然后层层均匀铺开，不得从进料孔处直接倒入，以免使大小颗粒装填不均，最终造成气体偏流，影响使用效果。装填结束，开车前应先吹空，吹出活性炭表面粘附粉尘，避免开车后粉尘带入后工段而影响正常生产。

7、安全需知：湿的活性炭需要从空气中除去氧，在安全密闭的容器内氧的消耗会造成有毒的环境，假如工人进到含有活性炭的容器内适当取样或低含氧空间作业，应遵守国家相关标准及作业规范。

十五、**活性炭再生**

