



其应用技术  
柱状活性炭及

主讲人 张旭

2024.3

## ▶ 一、活性炭的分类

## ▶ 二、柱状活性炭的介绍

1. 何为柱状活性炭
2. 柱状炭生产工艺流程
3. 柱状活性炭常规直径
4. 柱状活性炭型号的习惯称谓

## ▶ 三、柱状活性炭的应用

1. 气相吸附方面的应用
2. 液相吸附方面的应用
3. 作为催化剂的应用

# 一、活性炭的分类

- 活性炭按形状分类，可分为颗粒状和粉粉末状两大类。颗粒尺寸大于0.18mm（80目）的粒度占优势的为颗粒活性炭；颗粒尺寸小于0.18mm（80目）的粒度占优势的为粉末活性炭。
- 颗粒活性炭按外形还可分为定型、不定型两类，其中定型活性炭有柱状、球状，不定型也称为破碎状活性炭。无论煤质、木质（含果壳、椰壳、竹质等）都有定型或不定型颗粒活性炭产品。其中，柱状活性炭在研发和应用中都占有十分重要的地位。

## 二、柱状活性炭的介绍

### 1.何为柱状活性炭

- 外形为圆柱状的活性炭称为柱状活性炭，它是在制备成型工序时采用了压制成圆柱状，然后这种颗粒再经炭化和活化而成的活性炭。我国的柱状活性炭的研发始于一五期间，主要用于军用活性炭和军用防化武器的核心装填材料浸渍活性炭上。



## 2.柱状炭生产工艺流程



### 3.柱状活性炭常规直径

- 有0.9mm、1.5mm、2mm、3mm、4mm、5mm、9mm。柱状活性炭的长度一般在其直径的1.5倍左右。其中9mm的柱状活性炭通常被作为脱硫脱硝用炭（行业内也称为活性焦或者大颗粒炭）。柱状活性炭的直径是与压模的开孔尺寸有关，可根据用途或用户的需求更换不同孔径的模盘进行变更。



## 4.柱状活性炭型号的习惯称谓

- 柱状活性炭的型号是由圆柱直径（mm）数的十倍称谓的，如1.5mm柱炭习惯叫15炭，3mm柱炭习惯上叫30炭。另外由于柱状活性炭气相应用较广泛，其型号除圆柱直径外还把CTC值（四氯化碳吸附率）一并表示。
- 如3060柱炭表示直径3mm，CTC60%的的柱炭。



# 三、柱状活性炭的应用

- 柱状活性炭作为活性炭的一类，现已成为一种基础性材料，广泛地应用于工业、农业、国防、科技、环境保护以及人民日常生活等各个方面。柱状活性炭在气相吸附、液相吸附与催化方面的应用都很多，下面分别加以论述。



# 1.气相吸附方面的应用

- 柱状活性炭在气相吸附方面的应用可以讲为独占鳌头，无论空气净化用、溶剂回收用、脱硫（硫化氢）用、防护用还是脱硫（二氧化硫）脱硝用等方面的应用，柱状活性炭都起到了它应尽的作用，柱状活性炭特点是微孔发达，强度高，表面浮灰少，再生得率较高。该类活性炭微孔发达，适合吸附小分子，其气相吸附能力强，四氯化碳吸附率（CTC）最高可以做到90%以上，因此常被应用于气相吸附领域，如用于有毒有害气体的净化处理、工业气体的分离精制、回收挥发性有机溶剂、家用空气净化器等。



# 1.1 空气净化用柱状活性炭

- 国标GB/T 7701.1-2008规定了空气净化用柱状活性炭主要技术指标：

水分  $\leq 5\%$

强度  $\geq 90\%$

装填密度 450-600g/L

四氯化碳吸附率  $\geq 50\%$

- 从以上指标分析，主要性能为四氯化碳吸附率即CTC值，这是由于空气中的有害气体污染物很多，以四氯化碳为代表的气体吸附率可表征活性炭对污染物脱除的效率。国际上，也用丁烷活性和丁烷工作容量来表征的，这两种表达方式都可使用，实验证明，四氯化碳吸附率与丁烷活性具有线性对应关系，可互换结果。

## 1.2 溶剂回收用柱状活性炭

- 国标GB/T 7701.1-2008规定了溶剂回收用柱状活性炭主要技术指标：

水分  $\leq 5\%$

强度  $\geq 90\%$

装填密度  $\geq 350\text{g/L}$

粒径 3mm或4mm

着火点  $\geq 350^\circ\text{C}$

四氯化碳脱附率  $\geq 80\%$

四氯化碳吸附率  $\geq 70\%$

- 溶剂回收柱状活性炭主要用于回收苯、甲苯、二甲苯、丙酮、醇、酯、醚、汽油、三氯甲烷、四氯化碳等有机溶剂，它是变温吸附原理来回收溶剂的，因此四氯化碳吸附率、四氯化碳脱附率及着火点三个参数指标尤为重要。在应用中，活性炭既要吸得进还必须脱得出，同时脱附时还需防着火。

# 1.3 脱硫用柱状活性炭

- 脱硫用柱状活性炭主要用于合成工业及其他工业生产中硫化氢的脱除，GB/T 7701.1-2008规定了此类活性炭的主要技术指标：

水分  $\leq 5\%$

强度  $\geq 90\%$

装填密度 400-550g/L

水容量  $\geq 62\%$

饱和硫容量  $\geq 800\text{mg/g}$

- 脱硫化氢的柱状炭其水容量、饱和疏硫容量是两重要性能参数指标。脱硫化氢时，需要活性炭的孔容大，这里水容量的测定是最便捷的孔容量的测定，在测定饱和硫容量的同时，还应该测定穿透硫容。从实际脱硫化氢的应用经验上总结，在脱硫柱柱状炭上添加氢氧化钾碱性物质，其脱硫化氢效果更好，业内叫浸碱柱炭。

# 1.4 防护用柱状活性炭

- 防护用柱状活性炭用于装填各类滤毒罐
- 以及制造各类浸渍炭。
- GB/T 7701.1-2008规定了防护用柱状活性炭
- 的主要技术指标：

水分 $\leq$ 5%

强度 $\geq$ 85%

装填密度430-530g/L

粒径1.5mm

苯蒸气防护时间40-50分钟

氯乙烷蒸气防护时间25-30分钟（分合格、一级、优品）。

- 防护用柱状活性炭关键性能为防护时间，防护时间指活性炭脱除有毒蒸气的的能力，它以时间分钟表示。测定时，将含有一定浓度有毒气体的空气流连续通过活性炭层，直至有毒蒸气透过使指示液变色，这段时间作为活性炭对该有害气体的防护时间。



# 1.5 脱硫脱硝柱状活性炭

- 脱硫脱硝柱状活性炭也称为活性焦，主要用于脱除工业尾气、烟气中的二氧化硫和氮氧化物。GB / T 30201—2013规定了脱硫脱硝柱状活性炭的技术要求：
- 活性焦分为A、B型，柱径9mm为A型，5mm为B型

水分  $\leq 5\%$

堆积密度 570-700g/L

耐磨强度  $\geq 97\%$

耐压强度  $\geq 25-40\text{kgf}$

着火点  $\geq 420^\circ\text{C}$

脱硫值  $\geq 15.0-20.0\text{mg/g}$  (分合格、一级、优级品)

脱硝率 % 实测。

## 1.6 活性焦

- 脱硫脱硝活性炭是干法脱硫脱硝的最优质脱除材料，它在流动床吸附塔中吸附二氧化硫并在吸附塔中通入氨气使氮氧化物催化还原（SCR）为氮气进行脱硝，然后将饱和活性炭移至脱附流动床进行脱除二氧化硫从而回收硫酸。活性炭一直循环使用，这就要求活性炭必须有足够的耐磨强度和耐压强度。脱硫值这个性能是指活性焦吸附饱和后能脱附出的二氧化硫的量，相当于工作容量，对实际应用指导意义重大。

# 1.7 变压吸附精制氢气柱状活性炭

- 变压吸附法可分离和精制氢气、氧气、氮气、二氧化碳等气体。它是把在加压下的吸附与减压下的脱附再生操作，频繁地反复进行而发挥其分离、精制机能。
- 我国已有变压吸附精制氢气用活性炭行业标准，标准号：LY/T 1971 2011
- 变压吸附精制氢气用活性炭，粒径为 $1.0\sim 3.0\text{mm}$ 柱状颗粒，主要质量指标见下表：

项 目	指 标	
	一级品	二级品
二氧化碳吸附容量(25 ℃,0.1 MPa)/(mL/g) $\geq$	42	38
水分/% $\leq$	10.0	
pH 值	7.0~8.0	
灰分/% $\leq$	8.0	10.0
耐磨强度/% $\geq$	96	94
表观密度/(g/mL)	0.56~0.63	

## 2.液相吸附方面的应用

- 活性炭表面呈疏水性这一基本性质，使它能从水中吸附各种物质，从而在水溶液净化中得到广泛应用。用作液相吸附剂的柱状活性炭具有如下特点，使用方便，易于再生，总耗用量可降低，吸附设备可大型化，操作可连续化，易于实现自动控制。下面着重介绍柱状活性炭在水处理方面的应用，其他液相精制、液相回收和液相分离不再详细介绍。



## 2.1 生活饮用水净水厂用柱状活性炭

- 由于地面水源水质变差和饮用水水质的标准提高，在常规的饮水处理工艺基础上，使用活性炭进行饮用水的深度处理已成为我国各地城镇自来水厂的技术改造的首选，应用臭氧与活性炭滤池联合使用的生物活性炭是去除水中有机物较为有效的深度处理方法。通常日产水10万立方的自来水厂，深度处理初装用活性炭量约为900-1000立方米左右。



## 2.1.1 饮用水厂用柱状活性炭执行的技术标准

- 饮用水厂用柱状活性炭执行的技术标准有：
- GB/T 7701.2-2008，CJ/T 345，及GB/T 13803.2国家标准和行业标准。其主要技术指标为：

水分  $\leq 5\%$

强度  $\geq 90\%$

碘吸附值  $\geq 950\text{mg/g}$

亚甲蓝吸附值  $\geq 180\text{mg/g}$

苯酚吸附值  $\geq 140\text{mg/g}$  (酚值  $\leq 25\text{mg/L}$ )

水溶物  $\leq 0.4\%$

颗粒直径  $1.5\text{mm}$ 。

## 2.2 柱状破碎净水活性炭

- 由原生柱状活性炭经破碎、筛分而成的破碎活性炭称为柱状破碎活性炭，它是不定型活性炭的一种。由于北美、西欧只有不定型（破碎活性炭）炭，柱状活性炭生产厂商为满足出口和国内市场的需求，先生产较大直径的柱状活性炭，而后根据订单需求，破碎筛分为客户需要的破碎型活性炭，常用的型号有， $8 \times 30$ ， $12 \times 40$ ， $20 \times 50$ （目数）等。



## 2.2.1 柱破活性炭的优势

- 柱破活性炭是柱状活性炭厂家根据市场需求开发的产品，它具有柱状活性炭的全部吸附性能外，还具有以下优势：
- 漂浮率极低：0-2%；
- 强度高 优于其他破碎活性炭；
- 成膜性好 利于表面生物附着。



## 2.2.2 柱状和柱破净水炭的再生

- 柱状和柱破活性炭在自来水厂深度处理中的应用，其再生问题分为两种，一种是臭氧生物活性炭法，另一种是纯活性炭吸附法。对于臭氧生物活性炭来说，生物活性炭具有生物再生作用，通常使用寿命都在五年以上，有些水厂用到八年出水仍达标，只是颗粒磨损太大需补充添加新炭而不需要再生。对于纯活性炭吸附法的水厂，建议使用一年左右，取出再生。再生方式可采用热再生，用回转炉热再生，再生性能恢复率和再生得率都可达到90%以上。

## 2.3 柱状活性炭的废水处理应用

- 目前，废水处理大量使用柱状活性炭。废水分为城市污水和工业废水，城市污水在生化处理后，可用活性炭进行深度处理，可将二级处理后残存的难分解有机物、产生的臭味物质、耗氧物质、无机营养物及着色物质等除去，能达到达标排放或中水回用的目的。对于工业废水应根据其废水性质，针对性的开展活性炭的应用研究，进行推广性处理。下面分别介绍。



## 2.3.1 城镇污水处理工艺

- 下面为城镇污水的典型处理工艺：
- 一次沉淀→生物曝气→二次沉淀→化学除氮、除磷→砂滤→活性炭吸附→氯消毒→达标排放。
- 活性炭吸附装置通常采用多个降流式固定床，炭层高度2-4m，通水速度12-16m/h，通水倍数15m<sup>3</sup>/L炭左右。



## 2.4 工业废水的处理



- 在工业生产中，各种废水都有，如纺织、印染、化工、石化、焦化、农药、制药、军工等行业生产都会产生各类废水，柱状活性炭有丰富的孔隙和发达的表面官能团，通过吸附和催化作用，对各类废水的深度处理都会起到脱除效果。这里以含磷废水、含氰废水、含烃废水、含酚废水、含有机酸废水为例，介绍活性炭的处理方法。

# a. 含磷废水的处理

- 废水中含有有机磷农药，如对硫磷、甲基对硫磷等，可用活性炭吸附。达到吸附饱和的活性炭可用蒸气再生。马拉硫磷、磷酰胺、敌百虫及敌敌畏等有机磷化合物，可先用活性炭吸附，再用硫酸铝及氯化铁进行混凝沉淀去除。



## b.含氰废水的处理

- 活性炭在处理一黄金生产中尾矿库含氰溢流水的应用中取得良好的效果。用煤、木混合配比压条柱状黄金用活性炭，其载金量优于其他原料生产的活性炭，经黄金炭处理后含氰废水基本符合排放标准。黄金炭质量标准：粒度 $\phi$  1.5-2.5mm，pH:7，碘值800-1000mg/g，强度 $\geq$ 85%，水容量 $\geq$ 60%。



## c.含烃废水的处理

- 对含烃类（苯、甲苯、二甲苯等）废水的处理，单独使用活性炭就能极易将其去除。如果结合曝气，再用活性炭处理，去除效果更好。
- 对活性炭表面进行相应的改性处理可以增加活性炭的吸附性能，提高对水中苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯的去除效率。



## d. 含酚废水的处理

- 酚及其衍生物是工业废水中常见的高毒性、难降解的有机物，含酚废水来自焦化厂、煤气厂、石油化工等工业部门及合成苯酚、合成农药、有机染料等的生产过程。国内外含酚废水的处理方法主要包括吸附法、萃取法、氧化法以及生物技术。其中吸附法就是用活性炭吸附，处理含酚废水，以活性炭作催化剂，用湿空气催化氧化苯酚是个有前途的方法。



## e. 含有机酸废水的处理

- 活性炭对有机酸具有良好的吸附性能，能吸附各种脂肪酸、芳香酸、氨基酸及其取代衍生物。含醋酸及苯酚的废水可用活性炭吸附回收。含邻苯二甲酸、硝一基对苯二甲酸、硝基苯甲酸及苦味酸等的废水，可用活性炭处理。废水中若含有10g/L的溶解性芳香酸时，可用16-25g/L的活性炭处理，能降低60-75%的污染。含草酸的废水中，使用活性炭，在活性炭催化作用下溶解的草酸被氧氧化分解。

# 3.作为催化剂和催化剂载体的应用

- 活性炭与分子筛和氧化铝一样，它还被用作催化剂和催化剂载体，具有经济、环保和表面化学性质容易调节等优点。活性炭作为接触催化剂用于各种异构化、聚合、氧化和卤化反应中，它的催化活性是由于炭的表面和表面化合物以及灰分等的作用。活性炭在化学工业中常用作催化剂载体，即将有催化活性的物质沉积在活性炭上，一起用作催化剂。此时，活性炭的作用不仅限于负载活化剂，它对催化剂的活性、选择性和使用寿命都有重大影响，具有助催化的作用。



# 3.1 作为催化剂的应用

- 研究表明，活性炭表面具有的官能团赋予了其催化活性。以活性炭作为催化剂进行光气合成的应用，光气是一个合成聚氨酯类化合物的原料，在使用氯和稍过量的一氧化碳通过装有催化剂活性炭的反应器，在80-150℃和1-10个大气压下，可合成得到高转化率（90%）的光气，1t活性炭可产2t光气。



# 3.1.1 活性炭作为催化剂的主要应用领域

- 活性炭作为催化剂的主要应用领域有，含卤素的反应，氧化反应，脱氢反应，氧化脱氢反应，还原反应，单体的合成反应，异构化反应，聚合反应及其他如醇类的脱水反应、重氢的交换反应。在这些反应中，活性炭可催化氯和二氧化硫，合成硫矿酰氯，催化卤代烃的氢解，脱除煤烟中的硫、醇类的脱水反应及乙烯、丙烯、丁烯、苯乙烯的聚合反应等。



## 3.2 活性炭作为载体的应用

- 活性炭作为载体的使用，其应用范围就比活性炭本身作为催化剂的应用宽的多。活性炭不像氧化铝那样作为载体使用范围有限，它可以负载贵金属、硫化物、卤化物、无机酸类等，主要用于农药、医药、香料中的加氢或合成，塑料及化纤中的聚酯、聚氨基甲酸酯等的生产及脂环族化合物脱氢制芳环化合物。其中使用活性炭负载稀有贵金属的应用较多。



## 3.2.1 催化剂载体的先例

- 第一次世界大战期间，由于德国将氯气（1915年）应用于战争，致使世界各国开始研究防毒面具用活性炭，其间，发明了通过金属盐类（铜、铬、银）浸渍的活性炭可以加快对有毒气体的分解与防护，从而开创了活性炭作为催化剂载体的研究。



## 3.2.2 载体用柱状活性炭国标

- 我国的载体用活性炭现行国家标准为GB/T 7701.3-2008。该标准规定了载体用活性炭的技术指标：

水分  $\leq 5.0\%$

强度  $\geq 90\%$

装填密度 360-600g/L

pH值 8-10

水容量 66-75% (分级)

四氯化碳吸附率 54-65% (分合格、一级、优级品)

粒径 3mm、4mm。



The background is a soft-focus, misty landscape of mountains and water. In the upper right, several birds are flying. A large, thin blue circle is centered on the page, with stylized scrollwork elements extending from its left and right sides. The text '谢谢聆听!' is written vertically in the center of the circle.

谢谢聆听!

2022.9.1 张旭