

# 一种活性炭吸附床及其在有机废气处理方面的应用

王宏民<sup>1</sup>, 木巴热克·买买提<sup>1</sup>, 朱晓乔<sup>1</sup>, 卜娟<sup>2</sup>

<sup>1</sup>江苏宿迁润泰环保科技有限公司, 江苏 宿迁

<sup>2</sup>宿迁博辰科技信息有限公司, 江苏 宿迁

收稿日期: 2023年4月11日; 录用日期: 2023年5月18日; 发布日期: 2023年5月26日

## 摘要

随着社会工业的进步, 促进了经济的增长, 但是越来越多的废气排放到空气中, 给人们的健康和生存环境带来很大的危害, 其中有机废气占了一大部分。有机废气主要是石油化工、喷漆、制药、印刷所和垃圾填满等产生的污染物。这些废气直接排放到空气中不可避免的会对空气产生危害, 因此需要加以处理, 然后进行排放。现阶段最常见的处理手段是就是活性炭吸附技术, 活性炭吸附床利用活性炭吸附作用, 有效去除工业废气中的有机污染物和色味等。活性炭吸附设备具有净化效率高, 投资成本低, 被广泛应用于工业有机废气的净化处理, 净化效果良好, 具有广阔的应用前景。

## 关键词

有机废气, 活性炭, 活性炭吸附床, 吸附

# The Utility Model Relates to an Activated Carbon Adsorption Bed and Its Application in Organic Waste Gas Treatment

Hongmin Wang<sup>1</sup>, Mubareke Maimaiti<sup>1</sup>, Xiaojiao Zhu<sup>1</sup>, Juan Bu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jiangsu Suqian Runtai Environmental Protection Technology Co., Ltd., Suqian Jiangsu

<sup>2</sup>SuqianBochenTechnology Information Co., Ltd., Suqian Jiangsu

Received: Apr. 11<sup>th</sup>, 2023; accepted: May 18<sup>th</sup>, 2023; published: May 26<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

With the progress of social industry, it has promoted the growth of economy, but more and more

文章引用: 王宏民, 木巴热克·买买提, 朱晓乔, 卜娟. 一种活性炭吸附床及其在有机废气处理方面的应用[J]. 自然科学, 2023, 11(3): 420-426. DOI: 10.12677/ojns.2023.113050

waste gas is discharged into the air, which brings great harm to people's health and living environment, among which organic waste gas accounts for a large part. Organic waste gas is mainly pollutants produced by petrochemical industry, painting, pharmaceuticals, printing and garbage filling etc. This waste gas directly discharged into the air will inevitably cause harm to the air, so it needs to be treated and then discharged. At present, the most common treatment method is activated carbon adsorption technology, and activated carbon adsorption bed can effectively remove organic pollutants, color and taste in industrial waste gas by using activated carbon adsorption. Activated carbon adsorption equipment has high purification efficiency and low investment cost, is widely used in the purification of industrial organic waste gas, with good purification effect and broad application prospects.

## Keywords

Organic Waste Gas, Activated Carbon, Activated Carbon Adsorption Bed, Adsorption

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着工业的发展,越来越多的废气直接排放到大气中,给人们的生活、健康和环境带来严重的影响。其中,有机废气占很大一部分,主要是石油化工、喷漆、制药、印刷所和垃圾填埋等产生的化工废气、含氟废气、气态碳氢化合物、恶臭气体等[1][2],这些废气通过呼吸道和皮肤进入人体后,给人带来暂时性或永久性病变,严重危害人们的健康[3]。

目前,国内有机废气的处理主要有以下几种方法[4][5]: 1) 液体吸收法。2) 直接燃烧法。3) 生物法。4) 吸附、催化燃烧法。首先采用蜂窝状活性炭吸附,在活性炭接近饱和后引入热空气进行脱附、解析,脱附后的有机废气引入催化燃烧床燃烧、净化。因为活性炭具有孔径分布合理、良好的吸附性能、机械强度大和吸附速度快的特点[6],同时可以反复再生[7],因此吸附、催化燃烧法是国内治理有机废气较成熟和实用的方法。

活性炭吸附床是利用活性炭的吸附作用进行废气处理的,有机废气在经过活性炭的较大的比表面积后,能够与活性炭实现充分的接触,进而在活性炭孔隙拦截的作用下,将废气中的污染物质进行阻截,从而有效去除有机废气中的有机污染物和色味等[8],对于活性炭固定床吸附设备,可以分为立式和卧式两种,盛秀兵[9]等构建了一种新型的蜂窝状活性炭纤维吸附床并将其用于废气的吸收,研究表明大风量低浓度有机废气通过蜂窝状活性炭吸附床后可以达到排放标准;曾旋[10]通过分析确定了影响活性炭吸附的因素有吸附温度、气体浓度、流速等,并做了相关研究。以上研究表明活性炭吸附设备具有净化效率高,净化效果良好,适用于低浓度大风量或者高浓度间歇排放废气的作业环境,活性炭吸附床使用一段时间之后,需要更换内部的活性炭,现有的活性炭吸附床主要通过检修门进行更换活性炭,操作麻烦,人工劳动负担大。因此本文中研究了一种新型的活性炭吸附床,并将其应用于有机废气的处理。

## 2. 活性炭吸附床

### 2.1. 设计方案

活性炭吸附床的总体设计思路是在国内现有技术的基础上进行功能改造,通过添加横向抽屉、纵向

抽屉、置物槽、滑槽、滑轮和把手等，制成一种可以方便更换内部活性炭，同时使有机废气与活性炭充分接触，提高吸附效果的设备。

## 2.2. 设备

### 2.2.1. 设备外部结构

活性炭吸附床的外部结构主要包括壳体 1、纵向抽屉 2 和横向抽屉 3，壳体 1 左端设有气体入口 11，右端设有气体出口 12，纵向抽屉 2 和横向抽屉 3 安装在壳体 1 内，横向抽屉 3 排成一系列组成横向抽屉组，并且纵向抽屉 2 和横向抽屉组间隔分布。相比于原有技术中单层的吸附罐的设计，我们通过设计多组横向抽屉和纵向抽屉，进行废气吸附时，废气依次穿过纵向抽屉和横向抽屉，使废气充分的和活性炭进行接触，一方面提高了吸附效果，另一方面可以增大处理的风量，减少安装占地面积。其结构如图 1 所示。

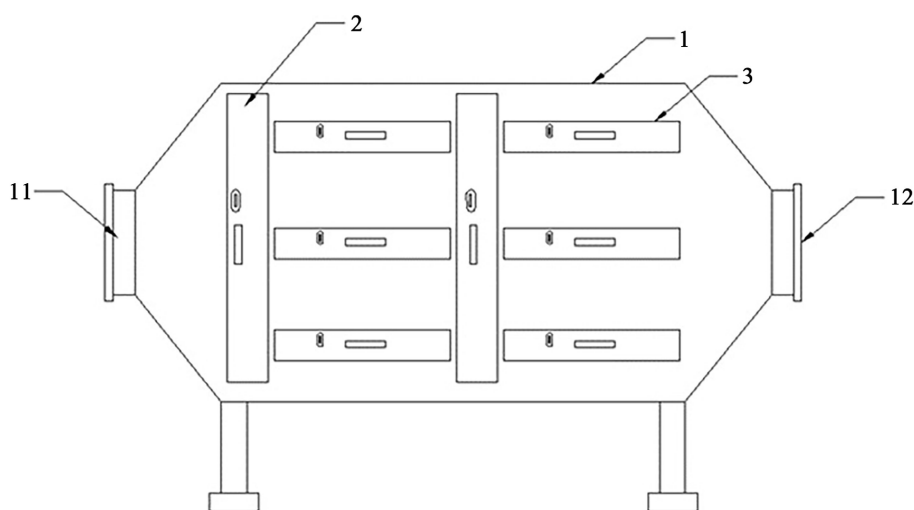


Figure 1. Schematic diagram of the external structure of activated carbon adsorption bed  
图 1. 活性炭吸附床外部结构示意图

### 2.2.2. 设备内部结构

如图 2 所示，活性炭吸附床纵向抽屉 2 内部被滤网分隔成若干个置物槽 4，并且纵向抽屉 2 除外围侧壁之外的其余部分均由滤网组成。如图 3 所示，横向抽屉 3 内部被滤网分隔成若干个置物槽 4，并且横向抽屉 3 除底面之外的其余部分均由滤网组成。横向抽屉和纵向抽屉被滤网分隔成若干个置物槽，置物槽内装有活性炭，一方面使废气顺利通过，另一方面增加了活性炭与废气的接触，进一步提高了废气的吸附效果。如图 4 和图 5 所示，壳体 1 内部设有若干纵向支撑架 13，纵向支撑架 13 分布在纵向抽屉 2 和横向抽屉 3 两侧，同时每个纵向抽屉 2 和横向抽屉 3 底部均设有横向支撑架 14，横向支撑架 14 上设有滑槽 141，纵向抽屉 2 和横向抽屉 3 在滑槽 141 对应位置设有滑轮 142，纵向抽屉 2 和横向抽屉 3 均设有锁扣 41 与壳体 1 锁紧，并且纵向抽屉 2 和横向抽屉 3 外表面均设有把手 42。当活性炭吸附废气达到饱和，需要更换活性炭时，可以将锁扣 41 打开，然后直接通过把手拉动纵向抽屉 2 和横向抽屉 3，将纵向抽屉 2 和横向抽屉 3 拉出壳体 1 然后更换置物槽内的活性炭，这种设计操作方便，降低了工人的劳动强度。

## 3. 活性炭吸附床对有机废气的吸附性能研究

我们将蜂窝状活性炭填充与置物槽内，蜂窝状活性炭与粒状活性炭相比，其结构为多孔蜂窝状，

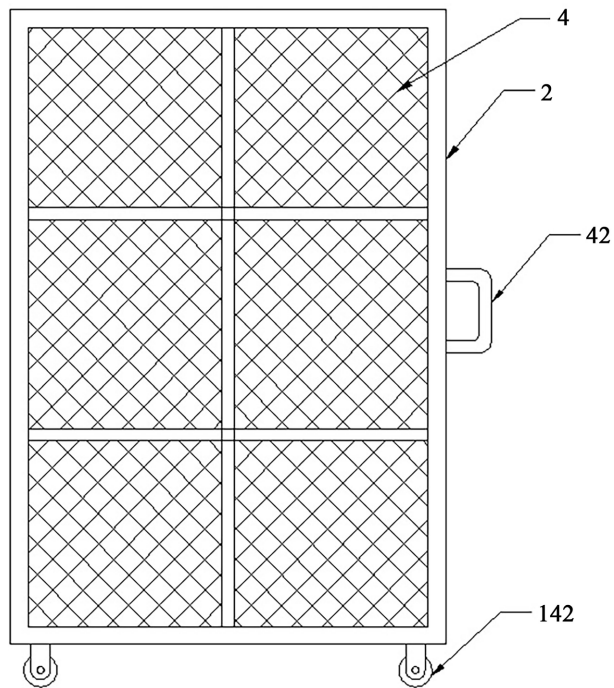


Figure 2. Schematic of the internal structure of the vertical drawer

图 2. 纵向抽屉内部结构示意图

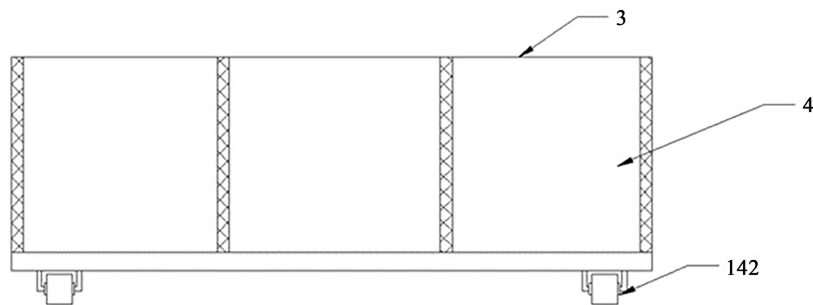


Figure 3. Schematic of the internal structure of the horizontal drawer

图 3. 横向抽屉内部结构示意图

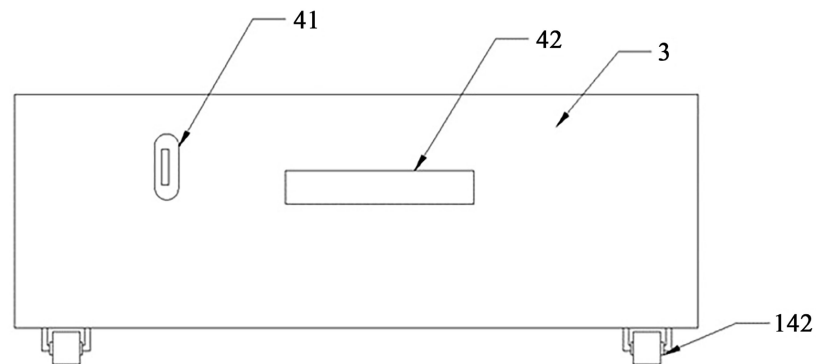
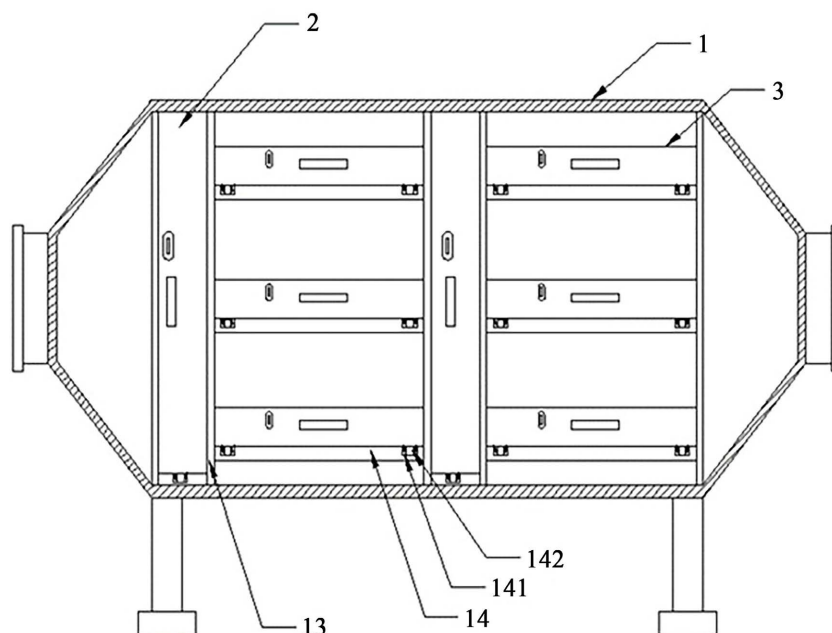


Figure 4. Schematic of the external structure of the horizontal drawer

图 4. 横向抽屉外部结构示意图



**Figure 5.** Schematic diagram of the internal structure of activated carbon adsorption bed

**图 5.** 活性炭吸附床内部结构示意图

孔隙分布均匀，比表面积大，并且小孔开口向外，气体扩散距离大大缩短，因此吸附速度快，有机废气净化效果好。我们分别从活性炭的堆积高度、吸附温度和空塔气速方面进行活性炭吸附床对有机废气的吸附性能研究。

将二甲苯加入反应器中，利用气泵使其挥发，与风机主气源在混合器混合，配置成一定浓度的二甲苯废气。然后将其通入活性炭吸附床，利用气相色谱仪在吸附床气体出口处取样检测。选择活性炭堆积高度作为影响因素时，将活性炭的堆积高度分别设置为 20 cm、40 cm、50 cm 和 60 cm。选择吸附温度为影响因素时，将吸附温度控制在 20℃、30℃、40℃ 和 50℃。选择空塔气速作为影响因素时，将空塔气速设置为 0.2 m/s、0.4 m/s、0.5 m/s、和 0.7 m/s。

设置空塔气速为 0.4 m/s，吸附温度为 40℃，将活性炭的堆积高度分别设置为 20 cm、40 cm、50 cm 和 60 cm，分别检测气体进出口二甲苯的浓度，计算其吸附效率，检测结果如表 1 所示。

**Table 1.** Adsorption efficiency for different carbon layer heights

**表 1.** 不同碳层高度的吸附效率

碳层高度/cm	20	40	50	60
吸附前/mg/m <sup>3</sup>	539	520	489	505
吸附后/mg/m <sup>3</sup>	72	40	34	35
吸附效率/%	86.6	92.3	93.0	93.1

由表 1 结果可以看出，活性炭吸附床中活性炭的堆积高度越高，吸附效率越大，吸附效果越好。综合考虑，我们设置活性炭的堆积高度为 50 cm，空塔气速设置为 0.4 m/s，考察吸附温度分别为 20℃、30℃、40℃ 和 50℃ 时，活性炭吸附床的吸附效率，其检测结果如表 2 所示。

**Table 2.** Adsorption efficiency for different adsorption temperature  
**表 2.** 不同吸附温度的吸附效率

吸附温度/°C	20	30	40	50
吸附前/mg/m <sup>3</sup>	537	524	558	545
吸附后/mg/m <sup>3</sup>	34	34	40	54
吸附效率/%	93.7	93.5	92.8	90.1

由表 2 结果可以看出, 活性炭吸附床吸附温度越高, 吸附效率越低, 20°C 到 40°C 之间吸附效率降低较少, 40°C 到 50°C 之间, 吸附效率明显下降, 因此, 活性炭吸附床用于废气吸附时需要控制吸附温度, 综合考虑控温成本和吸附效率, 适宜的吸附温度设置为 40°C, 设置活性炭的堆积高度为 50 cm, 考察空塔气速为 0.2 m/s、0.4 m/s、0.5 m/s、和 0.7 m/s 时, 活性炭吸附床的吸附效率, 其检测结果如表 3 所示。

**Table 3.** Adsorption efficiency for different gas rates  
**表 3.** 不同气速的吸附效率

空塔气速/m/s	0.2	0.4	0.5	0.7
吸附前/mg/m <sup>3</sup>	557	545	568	539
吸附后/mg/m <sup>3</sup>	36	38	40	47
吸附效率/%	93.5	93.0	92.9	91.3

由表 3 结果可以看出, 当随着空塔气速的增大, 活性炭吸附床的吸附效率降低, 说明随着气速的增加, 废气在活性炭吸附床停留的时间变短, 导致吸附进行的不够充分, 从而使得吸附效率下降, 吸附效果降低。因此综合吸附效果和废气的处理速度, 比较合适的空塔气速为 0.5 m/s。

为了验证该活性炭吸附床的吸附效果, 我们将其应用于某石油厂排放的废气处理, 设置空塔气速为 0.5 m/s, 吸附温度设置为 40°C, 活性炭堆积高度为 50cm, 在气体出口处收集经活性炭吸附床处理后的气体进行检测。其检测结果如表 4 所示。

**Table 4.** Detection data of exhaust gas before and after adsorption  
**表 4.** 废气吸附前后的检测数据

	苯/mg/m <sup>3</sup>	甲苯/mg/m <sup>3</sup>	二甲苯 mg/m <sup>3</sup>	苯胺类/mg/m <sup>3</sup>
吸附前	96.3	387.3	264.5	139.2
吸附后	0.2	0.5	0.2	0.1

由表 4 的结果可以看出, 活性炭吸附床对有机废气的吸附效果显著, 经过活性炭吸附床处理后的废气能够达到大气污染物排放标准。

#### 4. 结论

1) 在活性炭吸附床的现有技术基础上设计多组横向抽屉和纵向抽屉, 横向抽屉和纵向抽屉被滤网分隔成若干个置物槽, 置物槽内装有活性炭, 在进行废气吸附时, 废气依次穿过纵向抽屉和横向抽屉, 可以使废气充分的和活性炭进行接触, 从而提高了吸附效果。

2) 在横向抽屉和纵向抽屉上设置横向支撑架, 在支撑架上设置滑槽和滑轮, 当活性炭吸附达到饱和



后,可以更方便的更换活性炭,对活性炭进行处理再生,减轻人们的工作负担。

3) 研究了活性炭堆积高度、吸附温度和空塔气速对活性炭吸附床吸附效果的影响,经研究表明,在活性炭堆积高度为 50 cm、吸附温度为 40℃和空塔气速为 0.5 m/s 时,活性炭吸附效果最好。

4) 本文中的活性炭吸附对有机废气具有良好的吸附效果,经活性炭吸附床吸附处理的废气可以达到国家污染物排放标准。

## 参考文献

- [1] 韩博, 吴建会, 左明. 天津滨海新区工业源 VOCs 及恶臭物质排放特征[J]. 中国环境科学, 2011, 31(11): 1776-1781.
- [2] 邹世春, 张淑娟, 张展霞. 垃圾填埋场空气中微量挥发性有机物的组成和分布[J]. 中国环境科学, 2000, 20(1): 77-81.
- [3] 单阳, 张涛. 化工企业废气 BTEX 排放及周边居民区空气暴露健康风险分析[J]. 环境监控与预警, 2022, 14(5): 107-112.
- [4] 李明广. 大风量超低浓度有机废气处理方法研究[J]. 清洗世界, 2022, 38(7): 52-53.
- [5] 樊祥德. 基于 VOCs 有机废气处理技术研究进展[J]. 清洗世界, 2022, 38(8): 73-75.
- [6] 钱丹冰. 冷凝回收——活性炭吸附工艺处理干燥机有机废气工程设计与运行[J]. 中国高新技术, 2021(2): 13-14.
- [7] 李惠民. 几种活性炭再生的特点[J]. 化工技术与开发, 2006(11): 21-24.
- [8] 谭爽, 杨见青, 李晨静. 关于活性炭吸附法处理有机废气在实际应用问题的探讨[J]. 广东化工, 2020, 47(18): 141-142.
- [9] 盛秀兵. 一种新型的蜂窝状活性炭纤维吸附床的构建及应用[J]. 装备制造技术, 2013(7): 155-156.
- [10] 曾旋. 吸附浓缩-催化燃烧处理二甲苯废气工艺优化[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2018: 4-5.