

文章编号: 1005—8893 (2003) 02—0037—03

苯蒸汽回收活性炭吸附剂的筛选研究^{*}

慕常强¹, 高玉明²

(1. 齐鲁石化公司 储运厂, 山东 淄博 255410; 2. 江苏工业学院 机械工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 以苯蒸汽回收的吸附剂筛选为出发点, 研究了苯蒸汽在不同系列吸附剂上的吸附、脱附性能以及活性炭微孔结构对吸附性能的影响。结果表明: 所用吸附剂的吸附容量和工作容量优于一般市售活性炭。可望应用于国内石化企业等行业的苯蒸汽吸附回收利用。

关键词: 吸附剂; 吸附; 活性炭构型

中图分类号: TQ 028.1

文献标识码: A

在石化企业、造漆、涂料等行业的原料储运、产品使用过程中, 存在着较为严重的苯蒸发损耗问题。因其毒性较大, 不但对人们的身体健康造成直接危害, 同时严重污染了大气环境。因此, 探讨减少苯蒸发损耗的途径, 开展苯蒸汽回收技术的研究是极其重要的。

利用性能优良的吸附剂对苯蒸汽的高选择吸附性、实现苯蒸汽的吸附回收是一种有效的回收技术^[1,2]。在该技术中, 苯蒸汽吸附剂的选取是成功的关键之一。活性炭及改性活性炭具有非极性的表面结构, 为疏水性和亲有机物质的吸附剂, 因此, 特别适合于气体或液体混合物中吸附回收有机物。其吸附特性主要与吸附剂的比表面积、孔容、孔径分布等主要物理结构参数有关^[3~7]。

目前, 国内外对苯蒸汽活性炭吸附剂的研究重点主要在于吸附剂对苯蒸汽的高选择性和使用寿命。本文筛选了多种改性吸附剂, 研究了其对苯蒸汽的吸附性能, 讨论了用于苯蒸汽回收的可行性。

1 实验

用静态平衡实验方法和动态方法对煤质、木质、果壳类、油焦类颗粒炭等多种吸附剂进行了广泛筛选和相关性能实验, 并用美国麦克公司的 AS-AP2010C 全自动吸附仪进行全过程结构分析。

2 结果与讨论

2.1 苯蒸汽在吸附剂上的吸附与脱附特性

由氮吸附、静态吸附实验得到的实验结果如表1~表5、图1~图4。从在同样实验条件下得到的这些结果分析中可以看出:

(1) 蒸汽在活性炭上的吸附容量明显与吸附剂的微孔比表面、孔容、孔径与孔径分布的直接相关。对比结果表明: 适宜于苯蒸汽回收的吸附剂不仅应有比较高的微孔比表面和孔容, 还应有适宜的孔径分布。具有较高孔容和比表面的5#、6#、3#炭种, 吸附性能明显优于其他炭种, 吸附量排序和微孔比表面大小排序基本一致。吸附性能同样受孔分布、孔容影响, 多次吸附后其影响尤为明显。孔分布窄、孔容小的炭种6#、7#吸附量衰减较快。分析表明: 吸附剂吸附量的主要影响因素是微孔比表面, 但同时受到吸附剂孔容、孔分布的严格限制。

(2) 吸附过程具有微孔填充和毛细凝聚双重特征, 多次使用后吸附量、吸附速度有明显衰减。图1、图2分析表明: 吸附前段为与微孔比表面有关的微孔填充吸附, 后段为与孔容、孔分布有关的毛细凝聚过程。4#~7#以微孔填充为主, 1#~3#具有微孔填充和毛细凝聚双重特征。吸附速度主要

* 收稿日期: 2002—09—06

作者简介: 慕常强 (1968—), 男, 山东淄博人, 工程师。

影响因素为微孔比表面, 同时受孔容、孔分布的严格限制。而吸附速度、吸附量的衰减与孔径、孔分布有关。孔径较小、孔分布较窄的炭种吸附性能劣化较快。多次循环使用后吸附量初期 (1~4 次) 有明显衰减, 然后逐步趋于稳定。表 4、图 1~图 3 结果表明: 吸附量的衰减与平均孔径、孔分布有关。1 号~3 号炭种明显优于 4 号~7 号。孔径较小、孔分布较窄的 7 号炭种吸附性能劣化较快, 不适合于循环利用。

(3) 脱附过程主要受孔径与孔径分布的影响。实验结果 (表 3~表 4、图 1~图 4) 表明: 同等实验条件下, 脱附效果与孔径、孔分布有直接关系。平均孔径较大、孔分布较宽的 1 号~3 号炭种脱附性能明显优于小孔径、窄孔分布的 4 号~7 号炭种。多次循环后发现: 不同炭种的解吸特性逐步趋于一致, 孔分布窄、孔容小的炭种吸附量衰减较快。其幅度与孔分布、平均孔径有关。提高温度有利于脱附。

表 1 吸附剂的主要物理结构参数

炭号	比表面 (m^2/g)	微孔比表面 (m^2/g)	孔容 (cm^3/g)	微孔孔容 (cm^3/g)	平均孔径 (nm)	孔分布 (nm)
1	2 050	1 334	1.01	0.91	2.735	0.9~8.0
2	1 879	1 298	1.17	1.05	3.234	1.0~4.0
3	2 627	1 778	1.41	1.25	2.818	1.0~4.5
4	2 217	1 582	1.12	1.03	2.624	1.0~3.5
5	3 431	2 858	2.03	1.71	2.380	1.5~3.8
6	3 350	2 739	1.79	1.56	2.193	1.1~3.5
7	1 975	1 491	1.01	0.73	1.981	1.0~2.0

表 2 吸附量静态实验

吸附温度	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号
	USA	LQT	769	石大	PHACB	PHACA	PHACC
35 °C	79.6	77.3	87.1	72.1	120.1	104.5	67.5
30 °C	86.3	83.0	90.2	81.2	125.3	106.8	69.3
25 °C	91.2	90.3	94.2	86.2	137.4	110.9	76.3
20 °C	97.5	98.6	101.9	98.3	144.4	115.6	83.5
15 °C	99.1	102.2	107.1	100.7	148.7	126.7	93.2

说明: 吸附压力为所定温度下吸附质的饱和蒸汽压, 吸附时间: 10 h, 吸附质: 苯蒸汽。

表 3 饱和吸附量 (g/hg)、解吸率 (%), 极限工作容量 (g/hg)

温度	炭种	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号
15 °C	解吸率	65.3	70.2	68.7	61.8	59.1	59.3	53.4
	饱和吸附量	99.6	102.5	108.0	100.2	149.0	127.3	94.6
	极限工作容量	65.0	71.7	74.2	61.8	88.1	75.5	50.5
25 °C	解吸率	70.3	76.2	73.9	69.7	61.0	63.1	59.3
	饱和吸附量	91.4	90.5	95.1	87.6	138.0	111.6	77.6
	极限工作容量	64.3	69.0	70.4	61.0	84.2	70.1	46.0
35 °C	解吸率	74.5	80.1	77.5	72.4	65.0	63.0	61.2
	饱和吸附量	80.1	77.1	88.1	74.2	121.0	105.1	68.7
	极限工作容量	59.7	61.7	68.3	53.7	78.6	66.4	42.0

说明: 吸附压力为所定温度下吸附质的饱和蒸汽压, 吸附时间: 15 h, 吸附质: 苯蒸汽。

表 4 多次循环后各碳种的吸附量、极限工作容量衰减率 %

	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号
吸附量衰减率	22.1	20.6	20.6	24.8	32.0	37.5	41.1
极限工作容量衰减率	19.2	18.1	17.6	20.6	20.4	23.3	23.7

说明: 吸附: 常压 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$, 22.5 °C, 20 h; 脱附条件: 500 Pa, 95 °C, 15 h; 吸附质: 苯蒸汽 (图 4 及图 5 的实验条件同上)。

表 5 市售活性炭对苯蒸汽的极限工作容量

炭种编号	极限工作容量	活性炭生产厂	炭种型号
A	19	上海活性炭厂	1 号
B	27	上海活性炭厂	2 号
C	23	太原活性炭厂	1 号
D	21	太原活性炭厂	2 号
E	28	太原活性炭厂	3 号

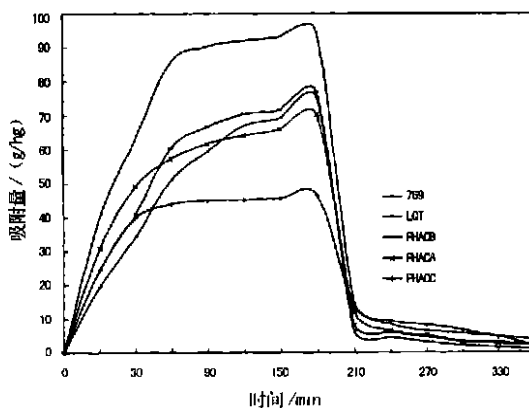


图 1 25 °C 吸附、45 °C 解析动力学曲线

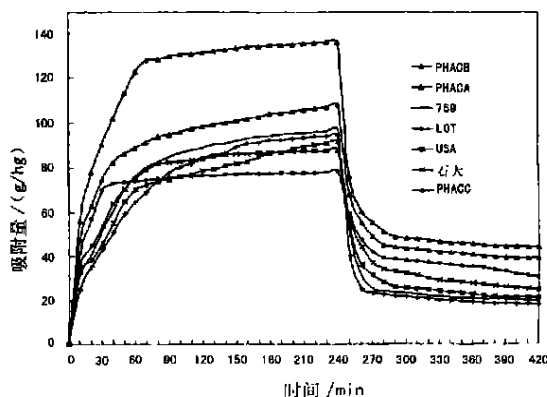


图 2 22.5 °C 7 次循环吸附动力学曲线

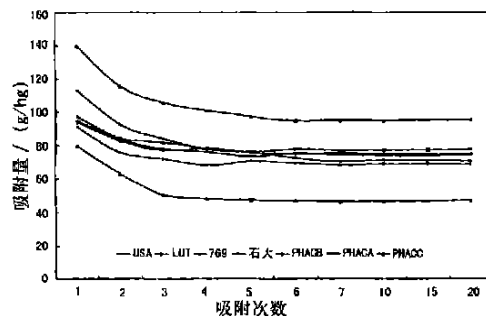


图 3 循环吸附量

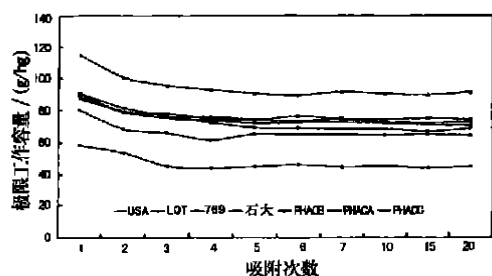


图4 循环吸附极限工作量

2.2 苯蒸汽在活性炭上的极限工作容量

吸附剂的极限工作容量为平衡吸附容量与平衡脱附滞留量的差。极限工作容量表征了在一定吸附与脱附实验条件下, 吸附剂吸附某种吸附质的最大能力。

图1~图4、表5实验结果分析表明: 多次吸附后极限工作容量均有降低, 下降幅度受平均孔径、孔分布的影响。在相同实验条件下, 本文改性炭种性能明显优于一般市售活性炭。其中以5#炭种最佳。性能优于美国类似炭种, 是性能更佳的苯蒸气吸附剂。

3 结论

(1) 研究表明: 活性炭对苯蒸汽的吸附过程为物理吸附过程, 吸附、脱附过程与活性炭的结构特征密切相关。吸附、脱附过程与活性炭的结构特征密切相关。

(2) 提高活性炭的比表面、孔容、选择合适的孔径分布是改进吸附与脱附性能的关键因素。回收用的吸附剂应具有较高的孔容、微孔比表面和合适的孔径分布。活性炭吸附剂的平均孔径在2.35 nm~3.0 nm、孔分布在1.0 nm~4.5 nm比较合适。加温结合真空有利于脱附过程。

(3) 吸附分离回收技术适宜应用于苯蒸汽回收过程中, 活性炭吸附剂具有较高的性能比。实验筛选的改性活性炭种吸脱附性能具有工作容量大、再生性能好等特点, 可望用于苯蒸汽的吸附回收利用。

参考文献:

- [1] 高尚愚. 活性炭对苯及甲苯蒸汽吸附能力相关性的研究[J]. 林产工业, 1999, 26(4): 27-29.
- [2] 叶振华. 化工吸附分离过程[M]. 北京: 中国石化出版社, 1992. 31-170.
- [3] Jarorniec M, Madey R. 非均匀均匀固体上的物理吸附[M]. 加璐, 陈代云, 王广昌, 译. 北京: 化学工业出版社, 1997. 51-98.
- [4] 朱亦仁. 环境污染治理技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996. 42-87.
- [5] 叶振华. 吸着分离过程基础[M]. 北京: 化学工业出版社, 1988. 100-210.
- [6] 高玉明. 油气吸附分离过程的研究[J]. 离子交换与吸附, 2001, 17(3): 263-270.
- [7] 高玉明. 油气回收活性炭吸附剂的筛选研究[J]. 江苏石油化工学院学报, 2000, 12(4): 23-26.

Study on the Selection of Activated Carbon Adsorbents for Recovering of Benzene Vapor

MU Chang-qiang^{1,2}, GAO Yu-ming²

(1. Plant of Store and Transportation, Qilu Petrochemical Company Ltd., Zibo 255133, China; 2. Department of Mechanical Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China)

Abstract: With the selection of the adsorbents for recovering benzene vapor as the starting point, this paper studied the desorption and the adsorption of the benzene vapor on different series of adsorbents, and the influences of tiny hole structure of activated carbon on adsorption function. Results showed: working capacity and adsorption capacity of adsorbents used were better of the general selling activated carbon. They were expected to apply adsorption to recovery of benzene vapor in domestic refineries.

Key words: adsorbents; adsorption; tiny hole structure of activated carbon