

文章编号: 1005-8893 (2002) 01-0024-03

# 离子交换纤维树脂法净化二氧化硫尾气\*

凌达仁, 吴国琪

(江苏石油化工学院 化学工程系, 江苏 常州 213016)

**摘要:** 建立了一套净化空气中 SO<sub>2</sub> 的实验室装置和流程。采用渗透稳定性好、吸附速率高的新型离子交换纤维树脂 Fiban AK-22G, 研究了动态条件下空气流速、吸附质 (SO<sub>2</sub>) 质量浓度以及空气湿度对该树脂吸附大气中的 SO<sub>2</sub> 尾气的影响, 确立了树脂的优化吸附条件。研究表明, 树脂吸附量随 SO<sub>2</sub> 尾气质量浓度增大而增大, 当质量浓度达到 300 mg/m<sup>3</sup> 后, 吸附量趋向树脂的交换容量。吻合等温吸附规则; SO<sub>2</sub> 尾气的相对湿度较小时, 树脂对 SO<sub>2</sub> 几乎不吸附, 相对湿度 ≥ 50% 后, SO<sub>2</sub> 的吸附量平缓增加; SO<sub>2</sub> 吸附量与混合气的流速无关, 在高线性气流速度下, 使用的离子交换纤维树脂具有很好的吸附性能, 证明该树脂具有高的传质速率的特性。

**关键词:** 离子交换纤维树脂; 酸性尾气净化; 离子交换; 二氧化硫

**中图分类号:** O 625.15; X 510.2      **文献标识码:** B

SO<sub>2</sub> 是一种分布广泛的工业污染气, 主要来源是发电厂、汽车排放、冶金工业和石化工业。净化空气中的 SO<sub>2</sub> 对环境保护十分重要, 离子交换法工业酸性尾气净化工艺, 要求树脂有稳定的机械强度、高的吸附速度、很好的渗透性。作为一种有效的空气净化材料, 必须满足以下要求: 吸附量大, 吸附速度快, 良好的稳定机械性, 易脱附, 分离工艺简便, 能耗小等。综合上述条件, 纤维离子交换树脂是较理想的吸附材料<sup>[1~4]</sup>。V. S. Soldatov 在该领域做了大量的研究工作, 并获得了成功的应用<sup>[1]</sup>。本课题的目的是建立一套纤维离子交换树脂法净化 SO<sub>2</sub> 酸性气体的实验室装置和流程, 研究净化酸性气体的工艺条件, 为该净化工艺的工业化应用提供基础数据。

## 1 实验平台和实验

实验平台由 5 部分组成: (A) 空气条件化部分; (B) SO<sub>2</sub> 气体输入部分; (C) 模拟 SO<sub>2</sub> 酸性尾气合成部分; (D) 吸收部分; (E) 测定部分

(图 1)。

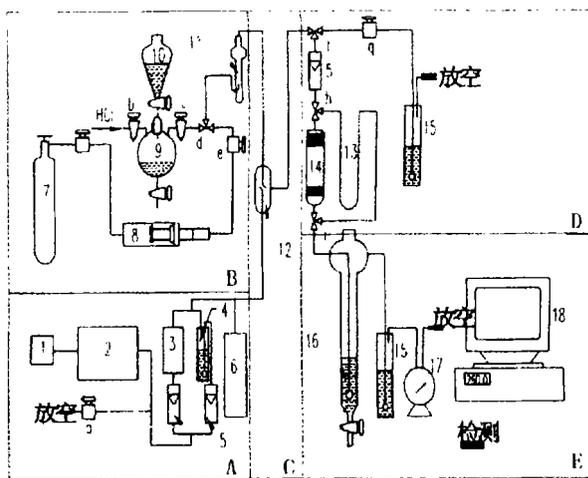


图 1 离子交换纤维树脂净化空气中 SO<sub>2</sub> 尾气的模拟平台

空气经过干燥器 1 干燥后, 由空压机 2 送入系统, 通过二通阀 a 调节空气流量。进入系统的空气分成两路, 一路通过硅胶干燥塔 3, 另一路通过鼓泡器 4 使空气为水蒸汽饱和, 两路都接有转子流量计 5, 调节两气路的流量比得到一定湿度的空气流, 用湿度计 6 测定湿度。具有一定湿度的空气进

\* 收稿日期: 2001-09-25

基金项目: 江苏省科技厅社会发展基金 (BS96005)

作者简介: 凌达仁 (1938-), 男, 江苏兴化人, 教授, 从事离子交换与吸附分离化学的基础研究和应用。

入混合器 11。将  $\text{SO}_2$  气体由  $\text{SO}_2$  气体钢瓶 9，经二通阀 b，引入自行设计的微量注射进样泵 8。接通氮气钢瓶 7，待压力恒定后，调节金属阀 c 使  $\text{SO}_2$  气体通过微流量计 10 进入混合器 11。微流量计是一种改进皂膜流量计，通过调节金属阀 c 计量气泡数来实现  $\text{SO}_2$  气体的流量控制。微流量计的测量范围为  $(0.2 \sim 2) \text{ mL/min}$ 。一定流量的  $\text{SO}_2$  气体进入混合器 11 与具有一定湿度的空气流混合。混合后的气体用转子流量计 5 测定总流量。充分混合的气体进入吸附部分，在填充碳酸型纤维离子交换剂的吸附柱 12 前有一个放空装置，用以调节进柱气流量，不通过柱的气体由吸收池 15 吸收。吸附柱的横截面积为  $4.52 \text{ cm}^2$ 。吸附柱的气流阻力由微压力计 13 测量，过柱后的  $\text{SO}_2$  气体被吸收池 14 吸收。接于吸收池 14 后的吸收池 15 是  $\text{SO}_2$  气体的二级吸收池，保护总流量计不受腐蚀。实验测定在该吸收池中未发现有  $\text{SO}_2$  存在。过柱气体总流量由总流量计 16 测定。最后，用匹配有氢离子选择电极和 217 型饱和甘汞电极的 MIA-3 微机化多功能离子分析器 17 跟踪监测吸收液中氢离子的浓度。用化学法定量测定  $\text{SO}_2$  气体的穿透量。

通过空气条件化控制部分和酸性气体输入部分的调节，可随意合成组成不同的模拟  $\text{SO}_2$  酸性尾气。模拟  $\text{SO}_2$  尾气经吸附柱为纤维树脂吸附，排出气体在吸收瓶中吸收。吸收瓶中加入浓度为 1.5%、确定体积的双氧水水溶液。 $\text{SO}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}_2$  作用，转换成  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，用  $\text{NaOH}$  标定其浓度，测得  $\text{SO}_2$  穿透量。用 MIA-3 型微机化多功能离子活度计可实现流程的连续自动检测<sup>[2]</sup>。

## 2 结果与讨论

研究、考察了影响  $\text{SO}_2$  气体吸附的主要因素：

(1) 尾气  $\text{SO}_2$  质量浓度；(2) 空气湿度；(3) 气体流速。分别叙述如下。

### 2.1 尾气 $\text{SO}_2$ 质量浓度对吸附的影响

实验的平均气体线性流速 ( $V$ ) 为  $6.64 \text{ mL/min}$ ，相对湿度 ( $P/P_0$ ) 为 73%，树脂床高度 ( $H$ ) 为 7 mm。测定吸收柱内离子交换纤维树脂的动态吸附穿透曲线。图 2 是混合气  $\text{SO}_2$  质量浓度 ( $C$ ) 为  $79.6 \text{ mg/m}^3$  的穿透曲线。图中的横坐标是通过吸附柱的  $\text{SO}_2$  净体积。

由对应浓度的穿透曲线，计算得到  $\text{SO}_2$  质量

浓度与树脂吸附量的关系曲线 (图 3)。从吸附量与浓度的曲线可以看出，随着  $\text{SO}_2$  质量浓度的增加，吸附量也增加，但当质量浓度增加到  $300 \text{ mg/m}^3$ ，吸附量趋向饱和量，接近树脂的交换容量。这种规律与等温吸附规则吻合，说明不存在超当量吸附<sup>[2]</sup>。

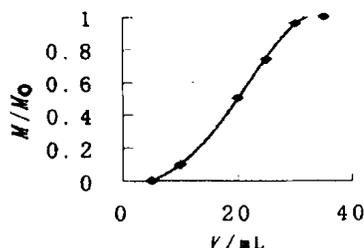
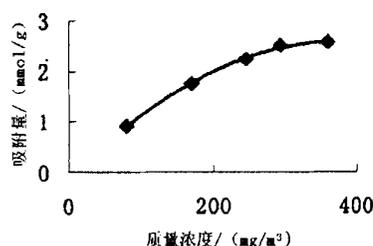


图 2  $\text{SO}_2$  尾气的穿透曲线



3  $\text{SO}_2$  尾气质量浓度与吸附量关系曲线

### 2.2 $\text{SO}_2$ 混合气湿度对吸附的影响

为了得到相对湿度与吸附量的关系曲线，在不同湿度下测定了  $\text{SO}_2$  混合气的吸附穿透曲线。实验中使用相应的湿度平衡过的离子交换纤维树脂， $\text{SO}_2$  质量浓度约为  $300 \text{ mg/m}^3$ ，气体的线性速度为  $6.64 \text{ mL/min}$ ，树脂床的阻力降为  $11.5 \text{ cm}$  水柱高。

同样，根据各穿透曲线计算出不同湿度下离子交换纤维树脂的吸附量 (图 4)。从关系曲线上可

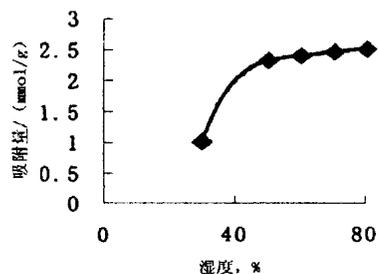


图 4 尾气湿度与吸附量的关系曲线

以看出，树脂的吸附量随着湿度的增加而增加，但当湿度达到 50% 后，吸附量趋向饱和。当湿度很小时，树脂几乎不吸附  $\text{SO}_2$ 。这是由于  $\text{SO}_2$  被树脂吸附的反应如下：



其中 R 表示树脂的骨架。水的存在使得方程向有利于反应的方向发展,  $SO_2$  吸附量趋近树脂交换容量。

### 2.3 混合气线性流速对吸附的影响

在不同线性流速下, 测定  $SO_2$  吸附穿透曲线, 用同样的方法确定树脂吸附量与线性流速的关系曲线(图5)。综合分析可得: 湿度与浓度一定时, 在线性流速为 (3.10~9.74) m/min 范围内, 树脂吸附量与流速无关, 说明在实验线性流速范围内, 树脂的扩散阻力对吸附速率没有影响。

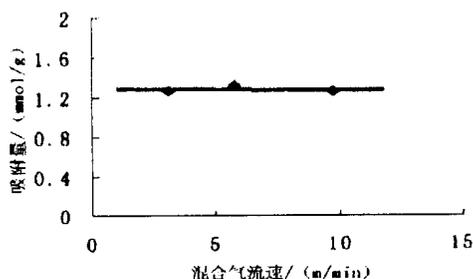


图5 尾气线性流速与吸附量的关系曲线

## 3 结论

(1)  $SO_2$  尾气质量浓度实验显示,  $SO_2$  尾气质量浓度对树脂的吸附量有很大的影响, 在  $SO_2$  尾气质量浓度较小时, 树脂上的吸附量较小, 随着尾气质量浓度的增大, 吸附量随之增大, 当质量浓度

达到  $300 \text{ mg/m}^3$  后, 吸附量趋向树脂的交换容量。吻合等温吸附规则。

(2)  $SO_2$  尾气的相对湿度实验显示, 当尾气的相对湿度较小时, 树脂对  $SO_2$  尾气几乎不吸附, 相对湿度  $\geq 50\%$  后, 树脂对  $SO_2$  尾气的吸附量平缓增加。

(3) 在实验的气体线性速度条件下, 吸附量与气体线性速度无关。这说明在高线性气流速度下, 使用的离子交换纤维树脂仍具有很好的吸附性能, 该树脂具有高传质速率的特性。

致谢: 白俄罗斯科学院院士 V. S. Soldatov 教授友好提供了纤维树脂, 曹学龙、毛云花参与了部分工作, 顺致谢意。

### 参考文献:

- [1] Soldatov V S, Petruzzelli D. Chloride/Sulphate Exchange Kinetics of Fibrous Resin. A Comparative Study with Spherical Exchangers [A]. Ion Exchange Process: Advances and Applications [C]. Dyer A. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1993. 167-179.
- [2] 凌达仁, 郑祖英, 周志荣, 等. 离子交换纤维树脂净化盐酸酸性尾气 [J]. 离子交换与吸附, 2000, 16 (4): 330-336.
- [3] Drofner K. Ionenaustauschfasern [J]. Technische Textilien, 1994, 37: T6-T9.
- [4] 原思国, 王毅, 兰淑琴, 等. FFA-1 离子交换纤维对不同酸性气体吸附性能的研究 [J]. 离子交换与吸附, 1997, 13 (1): 60-66.

## Purification of $SO_2$ Acidic Tail Gas with Fiber Ion Exchanger

LING Da-ren, WU Guo-qi

(Department of Chemical Engineering, Jiangsu Institute of Petrochemical Technology, Changzhou 213016, China)

**Abstract:** A laboratory platform for simulating process of sorption of industrial acidic tail gas, such as  $SO_2$ , from the atmosphere round factories was created. The novel fibrous ion exchanger (Fiban AK-22G) was used as a sorbent. The material is elastic to some degree and has great osmotic stability and high sorption rate.

The influence of the airflow rate, sorbate ( $SO_2$ ) concentration and airflow humidity on the sorption was studied. The optimal conditions of sorption were established, that is, the critical humidity valve corresponds to  $P/P_0=50\%$ ; the amount of sorption of  $SO_2$  is increased with the  $SO_2$  concentration in the gas phase and reached saturation capacity of the ion exchanger, no super-equivalent sorption is found; the sorption amount of  $SO_2$  is not affected by airflow rate in the linear rate range of (3.1~9.7) m/min.

**Key words:** fibrous ion exchanger; purification of acidic tail; ion exchange;  $SO_2$