

FeCl₃ 改性活性炭脱硫性能研究

胡谦, 刘然, 赵俊, 吕庆

(华北理工大学冶金与能源学院, 教育部现代冶金技术重点实验室, 河北 唐山
063009)

摘要: 这是一篇环境工程领域的论文。实验采用浸渍法, 以 FeCl₃ 作为改性剂对活性炭进行改性, 研究其脱硫能力。实验研究了改性剂浓度、焙烧温度、反应温度对改性活性炭脱硫性能的影响。研究表明, 随着改性溶液浓度的增加, 活性炭表面附着的 Fe₂O₃ 随之增加, 改性活性炭的比表面积和总孔容均降低, 平均孔径增加; 随着焙烧温度升高, 活性炭表面附着的 Fe₂O₃ 数量持续增加, 焙烧温度超过 300 °C 时, 活性炭表面的孔隙结构出现烧结现象, 降低改性活性炭的脱硫性能; 随着反应温度升高, FeCl₃/AC-0.15 的吸附性能先升高再降低。当 FeCl₃ 改性溶液浓度为 0.15 mol/L, 焙烧温度 300 °C, 反应温度为 60 °C 时, 改性活性炭的脱硫效率最高。

关键词: 环境工程; 活性炭; 改性; 脱硫; 浸渍法

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.01.022

中图分类号: TD989 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2024) 01-0167-07

引用格式: 胡谦, 刘然, 赵俊, 等. FeCl₃ 改性活性炭脱硫性能研究[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(1): 167-173.

HU Qian, LIU Ran, ZHAO Jun, et al. Study on desulfurization performance of FeCl₃ modified activated carbon[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(1): 167-173.

钢铁行业具有高消耗、高排放的特点, 近年来粗钢产量增长迅速, 污染量也大大增加。2017 年我国钢铁行业二氧化硫排放量为 106 万 t, 占全国排放总量的 7% 左右, 是大气主要污染源之一^[1]。钢铁行业各工序排放主要的污染源来自烧结工艺, 烧结中 SO₂ 排放量约占总排放量的 60.40%^[2]。面对逐年递增的污染物排放量, 为满足可持续发展战略需要, 生态环境部联合各部委在 2019 年 4 月发布《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》, 将烧结(球团)烟气中颗粒物、SO₂、NO_x 的超低排放限值分别规定为 10、35、50 mg/m³^[3]。

更新更严格的排放标准要求了生产中更优更先进的治理方式。目前钢铁行业中烧结烟气主要脱硫方法有湿法、干法和半干法脱硫, 其中干法脱硫技术中的活性炭脱硫法不仅脱硫效率较高, 在进行烟气处理过程中烟气温度下降较少^[4], 降低

了后续烟气升温的成本, 且对烧结烟气中的粉尘、二噁英、氮氧化物以及其他有害物的脱除也有很好的脱除效果, 相较于其他烟气脱硫方法, 具有综合成本低, 可协同脱除多种污染物等优点^[5]。

活性炭具有比表面积大、堆积密度低、孔隙结构发达、吸附能力强等优点, 其生产原料丰富、价格低廉, 可作为金属氧化物或官能团的载体, 但活性炭的吸附能力主要体现在物理吸附, 化学吸附能力较差^[6-7], 因此活性炭需要进行一系列的化学改性, 在保证原有吸附能力不变的前提下, 改善化学吸附性能^[8], 提高活性炭对污染物的脱除效率, 降低运行成本。常见的活性炭改性方法有: 表面物理结构特性的改性、化学氧化还原及负载金属、电化学改性等^[9]。本文采用负载金属改性, 研究了不同制备条件和不同反应条件下 FeCl₃ 溶液改性后活性炭的脱硫能力。

收稿日期: 2021-04-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(51674122); 河北省自然科学基金高端钢铁冶金联合基金项目(E2020209208)

作者简介: 胡谦(1998-), 女, 硕士生, 研究方向为钢铁冶金

通信作者: 刘然(1979-), 男, 博士, 教授, 研究方向为钢铁冶金。

1 实验方法

1.1 催化剂的制备

采用不同浓度的 FeCl₃ 改性溶液浸渍活性炭，将其与活性炭按体积比为 5:1 的比例混合，并在常温下浸渍 24 h。浸渍后的活性炭在 110 °C 恒温条件下干燥 12 h，其中改性溶液的摩尔浓度分别为 0.1、0.15、0.2、0.25 mol/L，煅烧温度 300 °C，煅烧 3.5 h 后降至室温，制得不同的 FeCl₃/AC 改性活性炭。

1.2 实验装置

本实验采用自制的脱硫实验装置对气态二氧化硫进行吸附实验，研究改性活性炭脱硫性能及其反应机理。实验装置主要由硫源、流量控制部分、反应吸附部分、干燥部分、烟气分析部分和尾气处理部分组成。

称取 12 g 的改性活性炭置于石英管内，两端用石英棉堵住。将石英管置于管式炉内，且改性活性炭位于中心加热区。将设备连接，抽真空，查看实验装置的密闭性良好后打开管式电阻炉，手动调节升温速度约为 6 °C/min。当炉温达到实验所需温度时，自动恒温，然后通入流量为 300 mL/min 高纯 N₂，最后通入流量为 1 000 mL/min 的混合气体。采用德国 Testo-340 烟气分析仪对烟气成分进行测量。恒温结束后，管式电阻炉开始降温。当炉温降到室温时，更换其他的改性活性炭重复以上实验。本实验采用控制单一变量的方法进行研究，以未经改性活性炭处理的实验为空白对照组。

1.3 催化剂活性评价方法

本实验采用脱硫率 δ 和穿透硫容 Φ 来评价吸附剂的脱硫性能，计算方法见式 (1)、(2)。

$$\delta = \frac{a_1 - a_2}{a_1} \times 100\% \quad (1)$$

$$\phi = \frac{a_1 \bar{\delta} V \times 10^{-3} t}{m} \quad (2)$$

式中： a_1 为 SO₂ 的进口浓度，mg/kg； a_2 为参与吸附反应后的 SO₂ 出口浓度，mg/kg； $\bar{\delta}$ 为 t 时间内的平均效率，%；V 为模拟烟气的体积流量，1 L/min；m 为吸附剂的质量，g。

2 结果与讨论

2.1 改性催化剂表征分析

2.1.1 改性后活性炭比表面积及微孔结构变化规律

比表面积和孔径是多孔材料吸附性能最为重要的指标之一^[10]，为确定活性炭改性前后比表面积、孔容和孔径的变化，以未改性的活性炭作为对照项，分别对吸附剂的比表面积、孔容和孔径进行了氮吸附检测，检测结果见图 1。改性后的活性炭比表面积和总孔容均降低，平均孔径随改性溶液浓度的增加呈增长趋势。

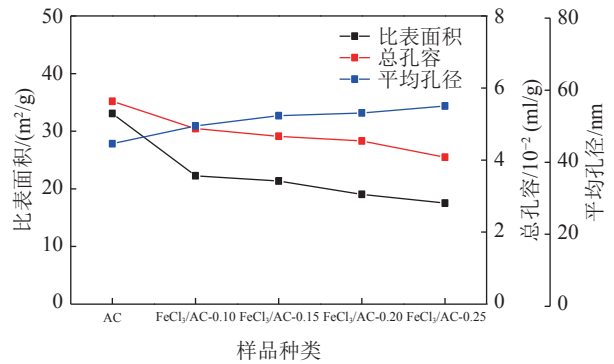


图 1 改性后各吸附剂比表面积、总孔容及平均孔径的变化

Fig.1 Changes of specific surface area, total pore volume and average pore size of each adsorbent after modification

2.1.2 改性活性炭 XRD 分析

改性后的活性炭表面发生变化，为了进一步确定改性活性炭表面金属氧化物类型，分别对改性前后的活性炭进行了 XRD 检测，检测结果见图 2。

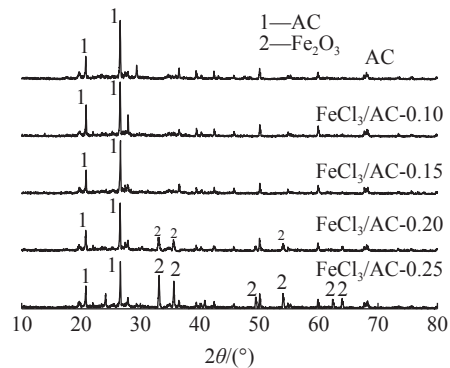


图 2 FeCl₃ 溶液改性前后活性炭的 XRD

Fig.2 XRD spectrum of activated carbon before and after FeCl₃ modification

FeCl₃ 改性后的活性炭在改性溶液浓度等于或低于 0.15 mol/L 时，Fe₂O₃ 衍射峰则不明显或没有，改性溶液浓度为 0.2 mol/L 时，在 $2\theta=33.1^\circ$ 、 35.6° 和 54° 处发现了较为明显的 Fe₂O₃ 衍射峰。当改性溶液浓度为 0.25 mol/L 时，在原有的 Fe₂O₃ 衍射峰基础上，在 $2\theta=49.4^\circ$ 、 62.4° 和 64° 周围出现了新的 Fe₂O₃ 衍射峰，且衍射峰的强度更高。这表

明 Fe₂O₃ 衍射峰的出现与改性液浓度有着直接的关系, FeCl₃ 浓度越高, 活性炭表面附着的 Fe₂O₃ 越多, Fe₂O₃ 衍射峰的强度越强。

2.1.3 改性活性炭形貌分析

为了更好的探讨改性活性炭表面附着物的分

散情况和组织结构, 通过扫描电镜对 FeCl₃/AC 改性活性炭进行检测, 对比活性炭改性前后的结构变化, 分析出改性活性炭的脱硫机理。图 3 分别为 0、0.1、0.15、0.2 和 0.25 mol/L 改性溶液浓度下 FeCl₃/AC 的扫描电镜。

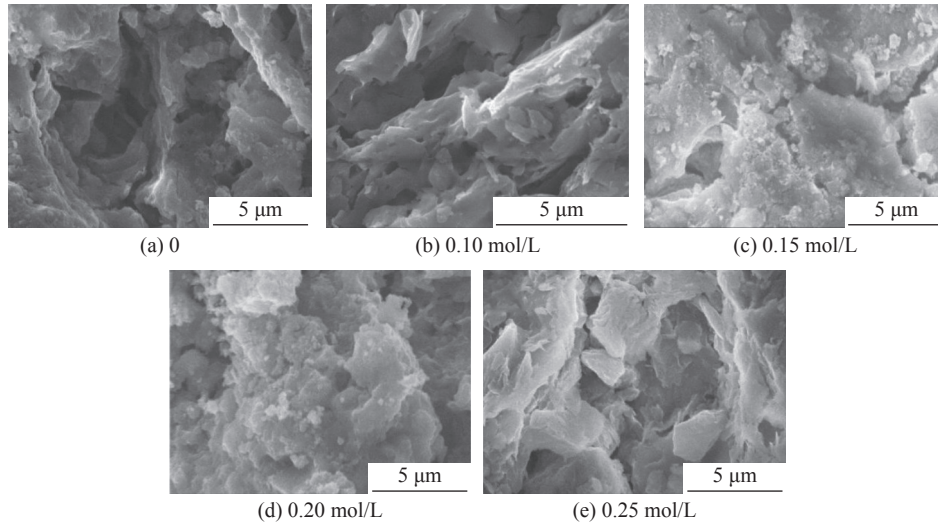


图 3 FeCl₃/AC 的 SEM
Fig.3 Scanning electron micrograph of FeCl₃/AC

对比 FeCl₃ 改性前后的活性炭 SEM 图像, 改性前的活性炭表面较光滑, 改性后的活性炭表面会存在白色的 Fe 基金属氧化物。随着 FeCl₃ 改性溶液浓度的增加, 活性炭表面附着的金属氧化物也会相应增加, 且浓度越大, 金属氧化物增加的越明显。

改性后的活性炭表面的孔隙会发生巨大的变化。随着 FeCl₃ 改性溶液浓度的增加, 活性炭表面的一些微孔或中孔会被金属氧化物覆盖, 导致活性炭的孔隙率降低^[1]。当 FeCl₃ 浓度足够高时, 活性炭表面的微孔和中孔甚至消失, 严重影响吸附反应的进行。这是由于改性活性炭在焙烧过程中, 表面负载的活性组分 Fe 与 O 结合, 生成结晶态的金属氧化物。而这些金属氧化物会优先在孔隙周围生成, 当生成的金属氧化物过多时, 则会发生聚集, 从而阻塞孔隙甚至覆盖孔隙^[12]。

2.2 活性炭改性对活性炭脱硫性能的影响

2.2.1 改性溶液浓度对改性活性炭脱硫性能影响

改性溶液的浓度直接的影响活性炭表面活性组分的负载量, 从而不同程度的影响改性活性炭的脱硫性能。FeCl₃ 改性溶液浓度设定为 0.1、0.15、0.2、0.25 mol/L, 在反应温度为 60 °C, SO₂

浓度为 3000 mg/kg, O₂ 浓度为 6%, 平衡气为 N₂ 的条件下, 不同改性溶液浓度改性的活性炭脱硫性能见图 4、5。

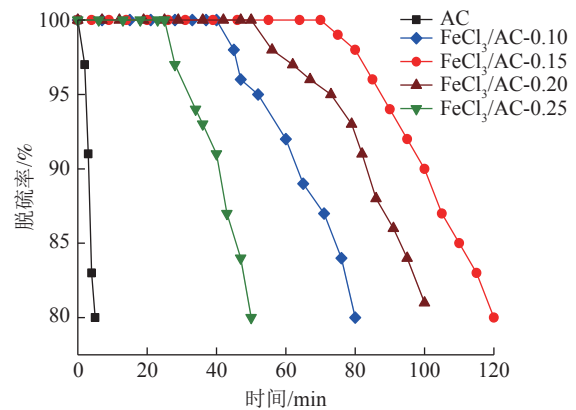


图 4 改性溶液浓度对活性炭脱硫性能的影响
Fig.4 Effect of modified solution concentration on desulfurization performance of activated carbon

由图 4、5 可知, FeCl₃ 改性溶液浓度为 0.15 mol/L 时, 活性炭的脱硫效果较佳。改性前活性炭表面孔隙内主要发生物理吸附, 随着反应的进行, 活性炭表面的孔隙逐渐被堵塞, 造成活性炭脱硫能力的下降。改性后吸附反应为物理吸附和化学吸附的共同作用, 活性炭表面负载的金属氧

化物 Fe_2O_3 可以促进 SO_2 氧化反应的进行，从而提高改性活性炭的脱硫效果。当改性溶液浓度由 0.1 mol/L 增至 0.15 mol/L 时，活性炭脱硫能力明显提高；继续增加改性溶液浓度时，脱硫能力开始下降，且浓度增加的越多，脱硫能力下降的越明显。这是由于改性溶液浓度低于 0.15 mol/L 时，活性炭表面附着的 Fe_2O_3 虽然高度分散，但活性组元数量不足，不能最大程度的促进吸附反应的进行^[13]。随着改性溶液浓度的增加，当浓度超过 0.15 mol/L 这一临界值时，活性炭表面附着的 Fe_2O_3 会发生聚集，覆盖原有的活性组元，阻碍物理吸附和化学吸附反应的进行，造成脱硫能力的下降^[14]。

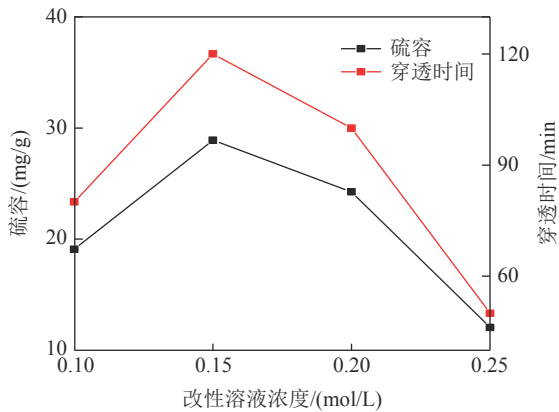


图 5 活性炭的硫容和穿透时间

Fig.5 Sulfur capacity and breakthrough time of activated carbon

由图 5 可知，随着 $FeCl_3$ 改性溶液浓度的增加，改性活性炭的穿透硫容呈现出先增加后减少的趋势，这说明适宜的改性溶液浓度有利于吸附反应的进行。当浓度为 0.15 mol/L 时，改性活性炭的穿透硫容达到较大，较大穿透硫容为 28.9 mg/g，较大穿透时间为 120 min。当改性溶液浓度超过 0.15 mol/L 时，改性活性炭的穿透硫容开始降低，且降低的幅度越来越大。这是由于活性炭表面附着的 Fe_2O_3 在孔隙周围大量聚集，阻碍化学吸附进行的同时^[15]，又降低了活性炭的比表面积和孔隙率，使活性炭的穿透硫容进一步降低。

2.2.2 焙烧温度对改性活性炭脱硫性能影响

焙烧温度不仅影响活性炭的物理结构（比表面积、孔径等），还会影响活性组元的分布和数量。选取脱硫性能较佳的 $FeCl_3/AC-0.15$ 作为实验对象，在反应温度为 60 °C， SO_2 浓度为 3000 mg/kg， O_2 浓度为 6%，平衡气为 N_2 的条件下，不

同焙烧温度的改性活性炭脱硫性能见图 6、7。

由图 6、7 可知，不同焙烧温度下制备的 $FeCl_3/AC-0.15$ 的脱硫能力依次为 300 °C>400 °C>200 °C>500 °C。当焙烧温度在 200~300 °C 范围内时，改性活性炭的脱硫能力随着焙烧温度的增加而提高；在焙烧温度为 300 °C 时， $FeCl_3/AC-0.15$ 的脱硫效果达到较佳；随着焙烧温度的继续升高， $FeCl_3/AC-0.15$ 的脱硫性能开始下降。这是由于焙烧温度低于 300 °C 时，活性炭表面附着的活性组分 Fe_2O_3 数量较少，不能最大程度的促进氧化吸附反应的进行，使活性炭的脱硫性能较低。随着焙烧温度的进一步升高，活性炭表面附着的 Fe_2O_3 数量持续增加，对氧化吸附反应的促进作用越明显^[16]，活性炭的脱硫性能越强。但当焙烧温度超过 300 °C 这一临界值后，活性炭表面的孔隙结构会出现烧结的现象^[17]，导致比表面积和总孔容下降^[18]，严重影响物理吸附和化学吸附的进行^[19]，使 $FeCl_3/AC-0.15$ 的脱硫性能急剧下降。

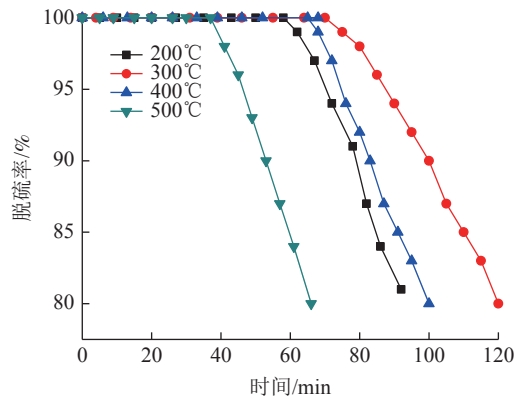


图 6 焙烧温度对活性炭脱硫性能的影响

Fig.6 Effect of calcination temperature on desulfurization performance of activated carbon

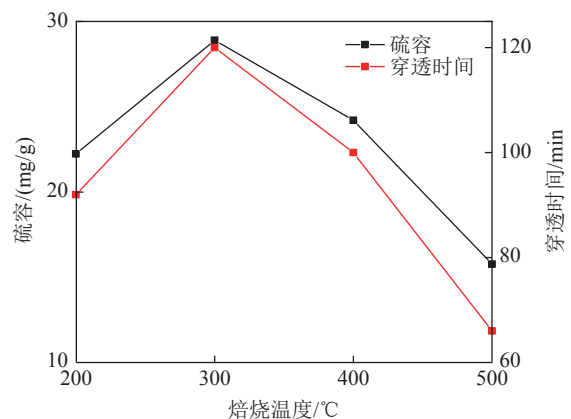


图 7 活性炭的硫容和穿透时间

Fig.7 Sulfur capacity and breakthrough time of activated carbon

由图7可以发现,随着焙烧温度的升高,FeCl₃/AC-0.15的穿透硫容也会发生相似的变化。当焙烧温度在200~300℃之间时,活性炭的穿透硫容随焙烧温度的升高而升高;活性炭穿透硫容在焙烧温度为300℃时达到较大,较大穿透硫容为28.9 mg/g;随着焙烧温度的进一步升高,FeCl₃/AC-0.15的穿透硫容开始降低。尤其在焙烧温度为500℃时,烧结现象的发生使活性炭穿透硫容仅有15.77 mg/g。

2.2.3 脱硫反应温度对改性活性炭脱硫性能影响

适宜的反应温度能够使物理吸附与化学吸附达到较佳的吸附平衡状态,使活性炭达到较佳的脱硫效果。反应温度较低时,不能为化学吸附反应提供足够的活化能,影响化学吸附反应的进行,而反应温度较高时,物理吸附过程所吸附的二氧化硫则会发生脱附,降低活性炭的脱硫性能。

选择脱硫性能较佳的FeCl₃/AC-0.15作为实验对象,反应温度分别为20、40、60、80和100℃,在SO₂浓度为3 000 mg/kg, O₂浓度为6%,平衡气为N₂的条件下,不同反应温度对改性活性炭脱硫性能的影响见图8、9。

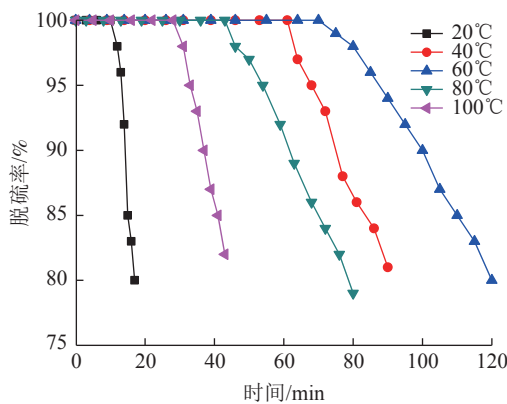


图8 反应温度对活性炭脱硫性能的影响
Fig.8 Effect of reaction temperature on desulfurization performance of activated carbon

由图8可知,不同反应温度下FeCl₃/AC-0.15吸附剂的脱硫能力依次为60℃>40℃>80℃>100℃>20℃。当反应温度为20℃时,由于化学吸附反应所需的活化能不足,活性炭吸附脱硫过程只发生物理吸附,导致脱硫能力很低。随着反应温度的升高,化学吸附反应所需的活化能逐渐增加,当超过某一临界值时,化学吸附与物理吸

附开始共同参与吸附脱硫过程,使活性炭的脱硫性能提高。当反应温度为60℃时,此时FeCl₃/AC-0.15的脱硫性能达到最大,物理吸附与化学吸附达到较佳的吸附平衡状态。随着反应温度的继续升高,FeCl₃/AC-0.15的脱硫性能开始下降。这是由于在较高的温度下,改性活性炭通过物理吸附过程吸附的SO₂发生脱附,使改性活性炭的脱硫性能降低。此外,在较高的反应温度下,活性炭表面附着的活性组分可能失活,使FeCl₃/AC-0.15的脱硫性能降低。

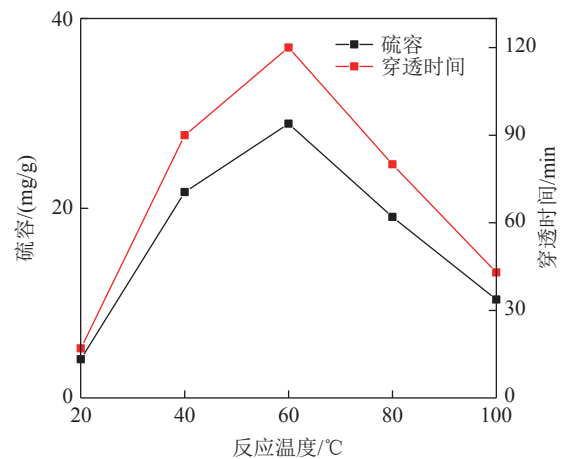


图9 穿透时间对活性炭硫容的影响
Fig.9 Effect of penetration time on sulfur capacity of activated carbon

由图9可知,随着反应温度的升高,FeCl₃/AC-0.15的穿透硫容和穿透时间呈现出与脱硫性能相似的变化趋势。在反应温度为20、40、60、80和100℃时,FeCl₃/AC-0.15的穿透硫容分别为4.07、21.7、28.9、19.08和10.37 mg/g,较大穿透时间分别为17、90、120、80和43 min。当反应温度为60℃时,改性活性炭的穿透硫容达到较大,脱硫性能较佳。

3 结论

(1) 当FeCl₃溶液浓度由0.1 mol/L增至0.15 mol/L时,脱硫性能逐渐提高;随着改性溶液浓度的进一步增加,金属氧化物会发生聚集和覆盖,活性炭脱硫性能开始降低。脱硫较佳的改性溶液浓度为0.15 mol/L。

(2) 焙烧温度较低时,活性炭表面附着的活性组分数量较少,不能很好的促进氧化吸附反应的进行,焙烧温度过高产生烧结现象,堵塞活性

炭孔隙,降低脱硫性能,脱硫性能较佳的改性活性炭焙烧温度为 300 ℃。

(3) 脱硫反应温度较低不满足化学吸附反应所需活化能,反应温度较高会使物理吸附的 SO₂ 发生脱附,较佳的脱硫反应温度为 60 ℃。

参考文献:

- [1] 杨光,张淑会,杨艳双. 烧结烟气中气态污染物的减排技术现状及展望[J]. 矿产综合利用, 2021(1):45-56.
- YANG G, ZHANG S H, YANG Y S. Current status and prospects of emission reduction technology for gaseous pollutants in sintering flue gas[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2021(1):45-56.
- [2] 汤铃,薛晓达,伯鑫,等. 中国钢铁行业大气环境影响[J]. 环境科学, 2020, 41(7):2981-2994.
- TANG L, XUE X D, BO X, et al. The atmospheric environmental impact of China's iron and steel industry[J]. *Environmental Science*, 2020, 41(7):2981-2994.
- [3] 王伟,宋静,刘璐琦,等. 烧结烟气脱硫脱硝技术探讨[J]. 节能与环保, 2020(8):58-60.
- WANG W, SONG J, LIU L Q, et al. Discussion on sintering flue gas desulfurization and denitration technology[J]. *Energy Conservation and Environmental Protection*, 2020(8):58-60.
- [4] 刘征建,张建良,杨天钧. 烧结烟气脱硫技术的研究与发展[J]. 中国冶金, 2009, 19(2):1-5+9.
- LIU Z J, ZHANG J L, YANG T J. Research and development of sintering flue gas desulfurization technology[J]. *China Metallurgy*, 2009, 19(2):1-5+9.
- [5] 左海滨,张涛,张建良,等. 活性炭脱硫技术在烧结烟气脱硫中的应用[J]. 冶金能源, 2012, 31(3):56-59.
- ZUO H B, ZHANG T, ZHANG J L, et al. Application of activated carbon desulfurization technology in sintering flue gas desulfurization[J]. *Energy for Metallurgical Industry*, 2012, 31(3):56-59.
- [6] 鲁健. 烧结烟气特点及处理技术的发展趋势[J]. 内蒙古科技大学学报, 2012, 31(3):227-230.
- LU J. The characteristics of sintering flue gas and the development trend of treatment technology[J]. *Journal of Inner Mongolia University of Science and Technology*, 2012, 31(3):227-230.
- [7] 高洪亮,周劲松,骆仲泱,等. 改性活性炭对模拟燃煤烟气中汞吸附的实验研究[J]. 中国电机工程学报, 2007(8):26-30.
- GAO H L, ZHOU J S, LUO Z Y, et al. Experimental study on the adsorption of mercury in simulated coal-fired flue gas by modified activated carbon[J]. *Proceedings of the Chinese Society of Electrical Engineering*, 2007(8):26-30.
- [8] 段东平. 活性炭的再生及改性进展研究[J]. 环境与发展, 2019, 31(6):78-79.
- DUAN D P. Research on the regeneration and modification of activated carbon[J]. *Environment and Development*, 2019, 31(6):78-79.
- [9] 韩严和,全燮,薛大明,等. 活性炭改性研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2003(1):33-37.
- HAN Y H, QUAN X, XUE D M, et al. Research progress of activated carbon modification[J]. *Environmental Pollution Control Technology and Equipment*, 2003(1):33-37.
- [10] 董宇. 活性炭的吸附性能及表征方法[J]. 中国资源综合利用, 2020, 38(7):64-66.
- DONG Y. The adsorption performance and characterization method of activated carbon[J]. *Comprehensive Utilization of Resources in China*, 2020, 38(7):64-66.
- [11] 龙小燕. 活性炭负载 Fe/Ti 改性及去除水体砷的效果和机理研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2012.
- LONG X Y. Study on the effect and mechanism of Fe/Ti modification by activated carbon loading and arsenic removal from water[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2012.
- [12] Lu F, Jie C, Jia X G, et al. Influence of manganese, iron and pyrolusite blending on the physiochemical properties and desulfurization activities of activated carbons from walnut shell[J]. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2013, 104:353-360.
- [13] 尹寿来,朱宝忠,孙运兰,等. Fe₂O₃/AC 催化剂的低温选择性催化还原脱硝性能[J]. 过程工程学报, 2018, 18(2):330-336.
- YIN S L, ZHU B Z, SUN Y L, et al. Low-temperature selective catalytic reduction denitrification performance of Fe₂O₃/AC catalyst[J]. *The Chinese Journal of Process Engineering*, 2018, 18(2):330-336.
- [14] 方惠斌,赵建涛,王胜,等. Fe-K/AC 催化氧化脱硫剂制备及反应机理研究[J]. 燃料化学学报, 2012, 40(1):105-110.
- FANG H B, ZHAO J T, WANG S, et al. Preparation and reaction mechanism of Fe-K/AC catalytic oxidation desulfurizer[J]. *Journal of Fuel Chemistry and Technology*, 2012, 40(1):105-110.
- [15] 宋华,王璐,张娇静,等. 氧化铁改性活性炭的制备及其吸附脱硫性能[J]. 化工进展, 2013, 32(3):639-644+651.
- SONG H, WANG L, ZHANG J J, et al. Preparation of iron

oxide modified activated carbon and its adsorption and desulfurization performance[J]. *Chemical Industry Progress*, 2013, 32(3):639-644+651.

[16] 李广柱, 曾尚景, 孙述海, 等. 生物炭负载铁氧化物复合材料的制备及在水处理中的应用[J]. *化工进展*, 2021, 40(2):917-931.

LI G Z, ZENG S J, SUN S H, et al. Preparation of biochar-supported iron oxide composite material and its application in water treatment[J]. *Chemical Industry Progress*, 2021, 40(2):917-931.

[17] 张耀辉, 涂勇, 唐敏, 等. Fe₂O₃-TiO₂-MnO₂/Al₂O₃ 催化臭氧氧化催化剂的制备及表征[J]. *中国环境科学*, 2016, 36(10):3003-3009.

ZHANG Y H, TU Y, TANG M, et al. Preparation and characterization of Fe₂O₃-TiO₂-MnO₂/Al₂O₃ catalyst for ozonation[J]. *China Environmental Science*, 2016,

36(10):3003-3009.

[18] 雷利荣, 党中煦, 李友明. 活性炭负载 Fe₂O₃ 催化臭氧降解丁香酚[J]. *华南理工大学学报(自然科学版)*, 2018, 46(10):132-140.

LEI L R, DANG Z X, LI Y M. Activated carbon supported Fe₂O₃ catalytic ozone degradation of eugenol[J]. *Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition)*, 2018, 46(10):132-140.

[19] 张武英, 黄碧纯, 周广英, 等. 低温等离子体改性对 Fe₂O₃/ACF 低温选择性催化还原 NO 的影响[J]. *环境科学学报*, 2009, 29(10):2025-2032.

ZHANG W Y, HUANG B C, ZHOU G Y, et al. Effect of low-temperature plasma modification on Fe₂O₃/ACF low-temperature selective catalytic reduction of NO[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2009, 29(10):2025-2032.

Study on Desulfurization Performance of FeCl₃ Modified Activated Carbon

HU Qian, LIU Ran, ZHAO Jun, LYU Qing

(College of Metallurgy and Energy, Ministry of Education Key Laboratory of Modern Metallurgy Technology, North China University of Science and Technology, Tangshan 063009, Hebei, China)

Abstract: This is an essay in the field of environmental engineering. The experiment adopts the impregnation method, and uses FeCl₃ as the modifier to modify the activated carbon to study its desulfurization ability. The effects of modifier concentration, roasting temperature, and reaction temperature on the desulfurization performance of modified activated carbon were experimentally studied. Studies have shown that as the concentration of the modified solution increases, the Fe₂O₃ attached to the surface of the activated carbon increases, the specific surface area and total pore volume of the modified activated carbon decrease, and the average pore size increases; as the roasting temperature increases, the amount of Fe₂O₃ attached to the surface of the activated carbon continues. When the roasting temperature exceeds 300 °C, the pore structure of the activated carbon surface will be sintered, which will reduce the desulfurization performance of the modified activated carbon; as the reaction temperature increases, the adsorption performance of FeCl₃/AC-0.15 first increases and then decreases. When the concentration of FeCl₃ modified solution is 0.15 mol/L, the calcination temperature is 300 °C, and the reaction temperature is 60 °C, the desulfurization efficiency of modified activated carbon is the highest.

Keywords: Environmental engineering; Activated carbon; Modified; Desulfurization; Impregnation method