

富氧条件下 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂上丙烯选择性还原 NO_x 的研究

刘志明, 郝吉明*, 傅立新, 李俊华, 崔翔宇

(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要:考察了分别用浸渍法、共沉淀法和溶胶-凝胶法制备的 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂上丙烯选择性还原 NO_x 的催化活性, 发现制备方法与 Sn 的负载量对其活性有重要影响。溶胶-凝胶法制备的 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂活性最高, Sn 的最佳负载量为 5%。与浸渍法和共沉淀法制备的 5% $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂相比, 溶胶-凝胶法制备的 5% $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂受水蒸汽的抑制作用较弱, 并且在水和 SO_2 共存条件下活性最高。此外, 反应气中丙烯及氧气浓度的增加有利于 NO_x 转化率的提高。

关键词: $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$; 浸渍法; 共沉淀法; 溶胶-凝胶法; NO_x 的还原

中图分类号: X511 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2004)04-0007-06

Selective Reduction of NO_x with Propene over $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Catalyst

LIU Zhi-ming, HAO Ji-ming*, FU Li-xin, LI Jun-hua, CUI Xiang-yu

(Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: In the study, a series of $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalysts with various Sn loading were prepared by three different methods (impregnation, co-precipitation and single step sol-gel) and their catalytic activities for the selective reduction of NO_x with propene were investigated. It was found that the catalyst preparation method as well as the Sn loading exerted a significant influence on the catalyst activity. Catalysts prepared by sol-gel method exhibited the highest activity toward NO_x reduction and the optimal Sn loading is 5%. 5% $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalyst prepared by sol-gel method was found to be less inhibited by the presence of H_2O than those prepared by other methods. Even in the co-presence of H_2O and SO_2 , it still showed the highest activity. The increase of oxygen and propene concentration promotes the NO_x reduction, respectively.

Key words: $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$; impregnation; co-precipitation; sol-gel method; NO_x reduction

富氧条件下 NO_x 的选择性催化还原一直是人们研究的热点, 并且已经进行了许多卓有成效的工作^[1,2]。 Al_2O_3 负载的金属氧化物催化剂由于具有良好的活性和热稳定性而引起人们的广泛关注^[3~5]。但制备方法对该类催化剂的催化性能有重要影响, 例如与浸渍法相比, 溶胶-凝胶法制备的 $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 与 $\text{Ag}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂具有更高的催化活性^[6,7]; 在无水条件下, 浸渍法制备的 $\text{Cu}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂的催化活性高于共沉淀法与干凝胶法制备的催化剂的催化活性^[8]。Kung 等人对浸渍法制备的 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂进行了研究^[9,10], 发现 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂在水蒸气存在的条件下依然具有较高的活性, 认为它是有应用前景的催化剂, 但是该催化剂的低温活性比较低。迄今为止, 还没有关于制备方法对 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂催化性能影响的详细报道。本文分别采用浸渍法、共沉淀法和溶胶-凝胶法制备了一系列 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂, 希望通过制备方法的改变来提高 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂的活性及抗水和 SO_2 性能, 还考察了 Sn 的负载量、 H_2O 、 SO_2 以及反

应条件的不同对其催化还原性能的影响。

1 实验部分

1.1 催化剂的制备

(1) 溶胶-凝胶法 在旋转蒸发仪中, 将一定量的异丙醇铝加入 85℃ 的去离子水中, 水解 2h 后, 加入适量硝酸, 形成透明溶胶后, 按一定的化学计量比, 加入 SnCl_4 的乙醇溶液, 经减压蒸发, 室温下老化后, 于 110℃ 干燥, 700℃ 焙烧 4h 即得 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂, 用 SX(SG) 表示(其中 X 表示金属 Sn 的质量分数, SG 表示溶胶-凝胶法)。

(2) 浸渍法 用等体积的 SnCl_4 乙醇溶液浸上述溶胶-凝胶法制备 Al_2O_3 载体, 在上述条件下干燥, 焙烧, 即得 SX(IM) 催化剂, 其中 X 的意义同上, IM 表示浸渍法。

收稿日期: 2003-09-23; 修订日期: 2003-11-26

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2001 AA643030)

作者简介: 刘志明(1974-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为大气污染控制。

* 通讯联系人, E-mail: hjm@den@tsinghua.edu.cn

(3) 共沉淀法 按一定的化学计量比配硝酸铝与 SnCl_4 的混合溶液,然后用 10 % 的氨水进行滴定,控制其 pH 值在 10 ± 0.5 的范围内,所得沉淀经老化、过滤和洗涤后,在上述条件下干燥、焙烧,即得 $\text{SX}(\text{CP})$ 催化剂,其中 X 的意义同上,CP 表示共沉淀法。

1.2 催化剂的活性评价

将 0.5 g (粒径为 0.154 ~ 0.3 mm) 催化剂样品装入内径为 8 mm 的连续流动固定床反应器中,反应气的组成为 0.1 % NO 或 NO_2 , 0.1 % C_3H_6 , 0 或 0.01 % SO_2 , 0 或 10 % H_2O 和 8 % O_2 , He 为平衡气。反应气体的总流量为 $300 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,空速为 32000 h^{-1} 。在活性评价前,催化剂在反应气氛下于 600°C 预处理 2 h,活性评价的温度范围为 250°C ~ 600°C 。反应后的气体用化学发光 $\text{NO}-\text{NO}_2-\text{NO}_x$ 分析仪 (Thermal Environmental Instruments, Model 42C) 测定 NO 及 NO_2 ,用气相色谱 (Shimadzu GC 17A) 测定 C_3H_6 及 N_2O ,本研究中未检测到 N_2O 的生成。 NO_x 转化率 = [入口 ($\text{NO} + \text{NO}_2$) 浓度 - 出口 ($\text{NO} + \text{NO}_2$) 浓度] / 入口 ($\text{NO} + \text{NO}_2$) 浓度 $\times 100\%$, C_3H_6 转化率 = (入口 C_3H_6 浓度 - 出口 C_3H_6 浓度) / 入口 C_3H_6 的浓度 $\times 100\%$ 。

1.3 催化剂的表征

用 QUANTASORB (Quantachrome Corporation) 比表面分析仪测定催化剂的比表面,用 X 射线衍射法 (XRD) 测定各催化剂的物相组成,所用仪器为 D/MAX-RB 型 X 射线衍射仪。催化剂的显微形貌由日本日立公司生产的 H-800 透射电子显微镜 (TEM) 测试。在程序升温脱附 (TPD) 的研究中, $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂的用量为 0.1 g (粒径为 0.154 ~ 0.3 mm),脱附的物种用质谱 (Omnistar) 在线检测。首先将催化剂在 8 % O_2/He 的气氛中于 600°C 下预处理 1 h,然后冷至室温,再通 0.1 % $\text{NO}/8\% \text{O}_2/\text{He}$ 1 h,然后用 He 气吹扫至检测到的 NO_x 浓度小于 0.001 %,最后在 He 气吹扫下以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率由 20°C 升至 600°C 进行程序升温脱附,气体流速均为 $50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

2 结果与讨论

2.1 不同制备方法对催化剂活性的影响

图 1 为用浸渍法、共沉淀法和溶胶-凝胶法制备的不同负载量的 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂上 NO_x 转化率与反应温度的关系。从中可以看出,制备方法和 Sn 的负载量对其活性有重要影响。当 Sn 的负载量为

1 % 时,浸渍法制备的催化剂上 NO_x 的转化率在 550°C 时达到最大,仅为 36 %;而在共沉淀法和溶胶-凝胶法制备的催化剂上, NO_x 的转化率在 500°C 时达到最大,分别为 63 % 和 74 %,明显高于浸渍法制备的催化剂。对于这 3 种不同方法制备的催化剂,随着 Sn 负载量的增加,其活性温度窗口向低温方向移动,当负载量为 5 % 时, NO_x 的最大转化率达到最大,负载量高于 5 % 时, NO_x 的最大转化率略有下降。这是由于随着 Sn 负载量的增加, C_3H_6 在较低的

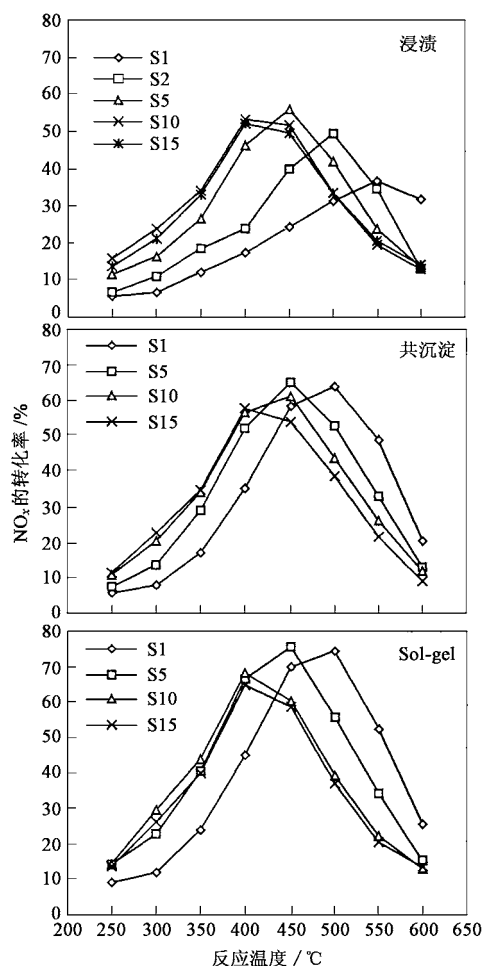


图 1 不同负载量的 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂上 NO_x 转化率与反应温度的关系

Fig. 1 NO_x conversion vs function of temperature over a series of $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalysts with different Sn loading

温度下便被活化为部分氧化产物,从而更利于还原 NO ,但是当 Sn 的负载量过高时,其氧化性增强, C_3H_6 直接与氧气反应生成 CO_2 ,导致还原 NO_x 的丙烯减少,从而使 NO_x 的最大转化率降低。当 Sn 的

负载量为 5 % 时, NO_x 的最大转化率由高到低的顺序是 $\text{S5}(\text{SG}) (75\%) > \text{S5}(\text{CP}) (65\%) > \text{S5}(\text{IM}) (56\%)$ 。

2.2 H_2O 和 SO_2 的影响

图 2(A) 为水对 $\text{S5}(\text{IM})$, $\text{S5}(\text{CP})$ 和 $\text{S5}(\text{SG})$ 催化剂催化活性的影响。与图 1 相比, 水蒸汽的存在对 $\text{S5}(\text{IM})$ 与 $\text{S5}(\text{CP})$ 催化剂的催化活性影响显著。虽然在 $\text{S5}(\text{IM})$ 催化剂上 NO_x 的最大转化率略有提高, 但其低温催化活性明显下降, $400\text{ }^\circ\text{C}$ 时 NO_x 的转化率由原来的 46 % 下降到 24 %, 催化剂的活性温度窗口也向高温方向移动; 对 $\text{S5}(\text{CP})$ 催化剂, 在整个测试温度区间内其活性都受到强烈的抑制, NO_x 的最大转化率由无水时的 65 % 下降为 41 %, 对应的反应温度却由 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 上升至 $500\text{ }^\circ\text{C}$ 。水的抑制作用主要是由于水与 C_3H_6 在催化剂的表面形成竞争吸附, C_3H_6 不易被活化而造成的^[11]。相比之下, $\text{S5}(\text{SG})$ 催化剂的催化活性受水的影响较小。在低于 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 的温度区间内, 水蒸气对其抑制作用较弱, 只有在 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 时 NO_x 转化率的下降幅度较大, 但仍明显低于 $\text{S5}(\text{IM})$ 与 $\text{S5}(\text{CP})$ 催化剂的下降幅度; NO_x 的最大转化率及其对应的反应温度与无水时相比基本保持不变, 而且在温度高于 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 时, NO_x 的转化率还明显提高。以上结果表明, 溶胶-凝胶法制备的 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂抗水能力最强。

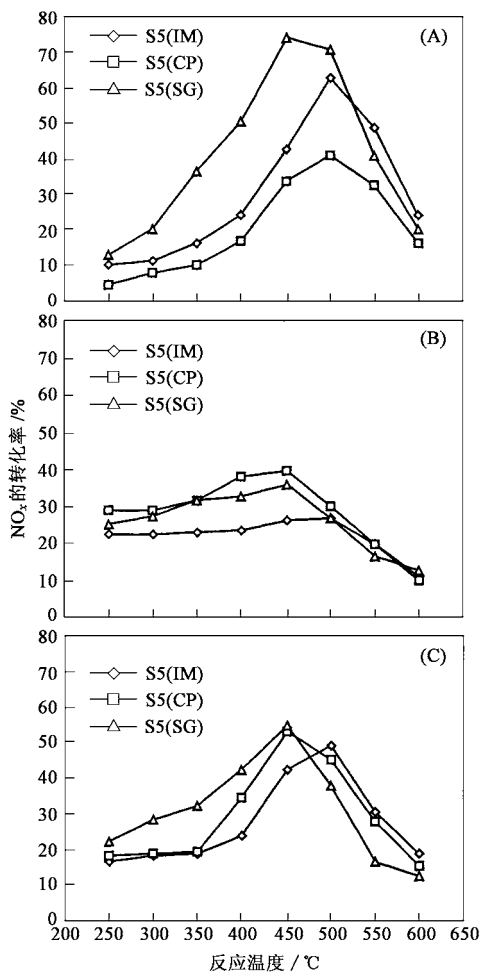
如图 2(B) 所示, 不同的制备方法制得的 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂抗 SO_2 的能力也有较大差别, 共沉淀法制得的 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂抗 SO_2 能力最强, 其次是溶胶-凝胶法制备的催化剂, 浸渍法制备的催化剂抗 SO_2 能力最弱。在温度低于 $300\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 由于 SO_2 的存在使 NO_x 的转化率有所提高, 这可能是由于 SO_2 使催化剂的表面产生 Brønsted 酸性位, 而该酸性位有利于 C_3H_6 的活化^[12]。

H_2O 和 SO_2 共存时催化剂的催化活性如图 2(C) 所示, 可以看出在温度高于 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 时催化活性高于 SO_2 单独存在时的活性, 这说明高温下水蒸汽的存在使 SO_2 的抑制作用减弱。在该条件下溶胶-凝胶法制备的 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂活性最高, 其次是共沉淀法制备的催化剂, 浸渍法制备的催化剂活性最低。

2.3 丙烯及氧气浓度的影响

由于溶胶-凝胶法制备的 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂具有良好的催化活性, 进一步考察了丙烯及氧气浓度的变化对 NO_x 转化率的影响。由图 3 可以看出, 随着丙烯浓度的提高, NO_x 的转化率得到显著的提

高。丙烯浓度为 500×10^{-6} 时, NO_x 的转化率仅为 45 %, 当丙烯浓度提高到 2000×10^{-6} 时, NO_x 的转化率达到 96 %, 随着丙烯浓度的进一步增加, NO_x 转化率的提高趋于平缓。



(A) 加 10 % H_2O (B) 加 0.01 % SO_2 (C) 加 10 % H_2O 和 0.01 % SO_2

(A) with 10 % H_2O (B) with 0.01 % SO_2

(C) with 10 % H_2O and 0.01 % SO_2

图 2 不同反应条件时 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂上 NO_x 转化率与反应温度的关系

Fig. 2 NO_x conversion vs function of temperature over $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalysts under various reaction conditions

从图 3 中可以看出, $\text{S5}(\text{SG})$ 催化剂上 NO_x 的转化率与 O_2 浓度的关系, 在 O_2 浓度由 2 % 增加到 8 % 的过程中, NO_x 的转化率也由原来的 61 % 增大到 75 %, 随着 O_2 浓度进一步增加, NO_x 转化率基本保持不变。这说明氧气的存在不但对 NO_x 的还原没有抑制作用, 而且还起到一定的促进作用。在

$\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂上也观察到类似的现象^[13], 这可能是由于随着 O_2 浓度的增加, NO 更有利于向 NO_2 转化, 而 NO_2 更易于与 C_3H_6 发生氧化还原反应. 我们用 NO_2 代替 NO , 结果发现, 在整个温度范围内, NO_x 的转化率明显提高(如图 4 所示), 这说明 NO_2 在 NO_x 的还原中起重要作用.

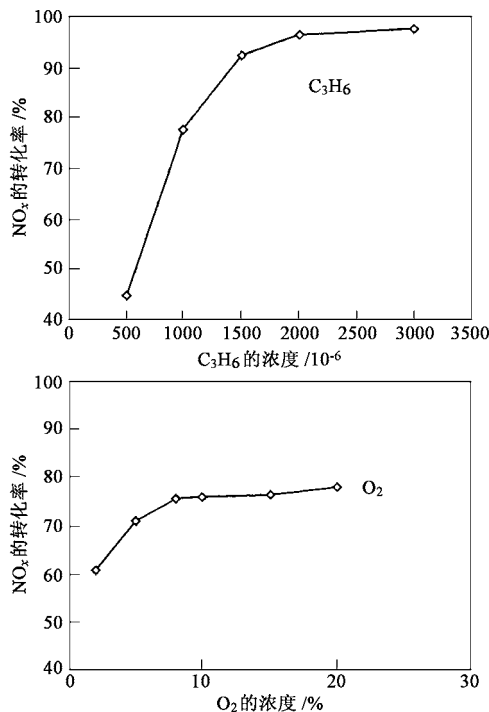


图 3 S5(SG)催化剂上 NO_x 的转化率与 C_3H_6 浓度及 O_2 浓度的关系

Fig. 3 NO_x conversion vs function of the concentration of C_3H_6 and O_2 at 450 °C over S5(SG) catalyst

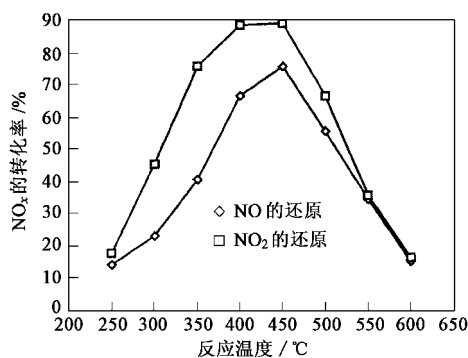


图 4 S5(SG)催化剂上 NO_x 的种类对其转化率的影响
Fig. 4 The effect of NO_x species on NO_x reduction over S5(SG) catalyst

2. 4 催化剂的表征

从表 1 给出的不同制备方法制得的 5 % $\text{SnO}_2/$

Al_2O_3 催化剂的各种物理参数可以看出, 溶胶-凝胶法与共沉淀法制备的催化剂的比表面大于浸渍法制备的催化剂, 共沉淀法制备的催化剂孔径与孔体积较大. 在 S5(IM), S5(CP) 和 S5(SG) 催化剂的 XRD 谱图中, 除了 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 的特征峰外, 没有 SnO_2 的特征峰出现, 这说明 SnO_2 在催化剂的表面是高度分散的. 图 5 为 S5(IM), S5(CP) 和 S5(SG) 催化剂预处理后的透射电镜照片. 对于 S5(IM) 催化剂, 物种有一定程度的聚集, 但是颗粒的分散度比较高, 而预处理后的 S5(CP) 和 S5(SG) 催化剂, 能明显地观察到粒径为 20 ~ 40 nm 的颗粒, 这可能是高分散的 SnO_2 发生了聚集. Lee^[14,15] 等研究者认为, 在 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂上 C_3H_6 还原 NO_x 的机理为 C_3H_6 在 SnO_2 活性位上发生活化, 活化的 C_3H_6 与 NO_x 在 Al_2O_3 上发生还原反应. 在预处理后的 S5(CP) 和 S5(SG) 催化剂上, SnO_2 的聚集使原先被高分散的 SnO_2 覆盖的 Al_2O_3 活性位暴露出来, 从而更有利于 SnO_2 与 Al_2O_3 协同效应的发挥, 使 S5(CP) 和 S5(SG) 催化剂具有更高的催化活性.

表 1 不同制备方法制得的 5 % $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂的各种物理参数

Table 1 The physical properties of $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalyst			
催化剂	比表面积/ $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$	平均孔径/ $\text{\AA}$	孔体积/ $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$
S5(IM)	154	57	0.22
S5(CP)	182	72	0.41
S5(SG)	186	45	0.26

图 6 为不同的制备方法制得的 5 % $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂上 NO 和 NO_2 的脱附曲线, 可以看出, NO 与 NO_2 均有 2 个脱附峰, 第 1 个峰在 150 °C 左右, 第 2 个峰在 450 °C 左右, 低温下的脱附峰可能是 NO_2 的分解^[16], 而高温下脱附的物种(主要是 NO_2) 被认为在反应中起重要作用. 溶胶-凝胶法与共沉淀法制备的催化剂上 NO 与 NO_2 的脱附量明显高于浸渍法制备的催化剂, 这说明 NO 更容易在溶胶-凝胶法与共沉淀法制备的催化剂上发生吸附并且被活化为 NO_2 , 而 NO_2 的反应活性高于 NO , 因此溶胶-凝胶法与共沉淀法制备的催化剂的催化活性高于浸渍法制备的催化剂.

3 结论

制备方法和 Sn 的负载量对 $\text{SnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂

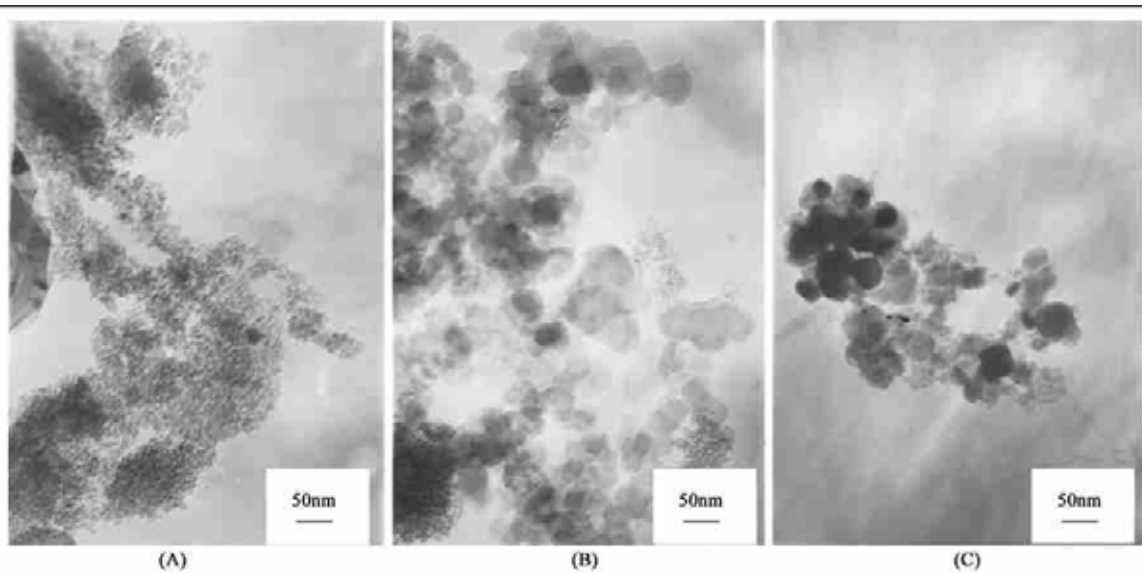


图 5 S5 (IM) , S5 (CP)和 S5 (SG)催化剂预处理后的透射电镜照片

Fig.5 TEM photographs of S5 (IM) with pre-treatment (A) , S5(CP) with pre-treatment(B) and S5(SG) with pre-treatment(C) catalysts

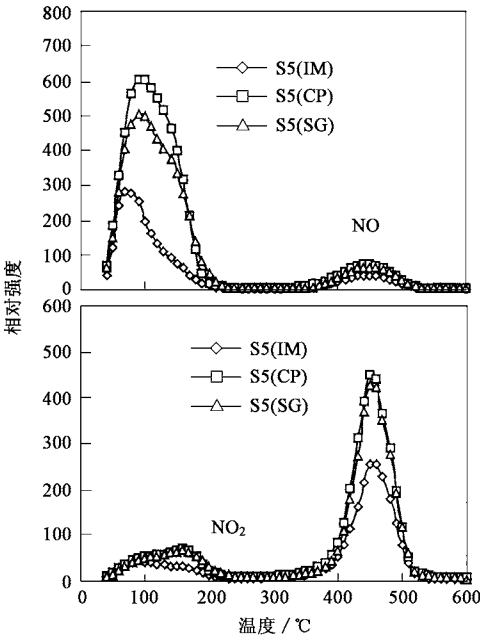


图 6 不同制备方法制得的 5 %SnO₂/ Al₂ O₃ 催化剂上 NO和 NO₂ 的脱附曲线

Fig.6 TPD profiles of NO and NO₂ over S5(IM) , S5(CP) and S5(SG) catalysts

上丙烯选择性还原 NO_x 的催化活性有重要影响,溶胶-凝胶法制备的 SnO₂/ Al₂ O₃ 催化剂活性最高,并且 Sn 的最佳负载量为 5 % .水蒸汽的存在对 S5 (IM) 与 S5(CP) 催化剂的催化活性有强烈的抑制作用,而 S5(SG) 催化剂的催化活性受水的影响较小,在水和 SO₂ 共存条件下溶胶-凝胶法制备的

SnO₂/ Al₂ O₃ 催化剂活性最高,其次是共沉淀法制备的催化剂,浸渍法制备的催化剂活性最低.反应气中丙烯及氧气浓度的增加有利于 NO_x 转化率的提高.溶胶-凝胶法制备的 SnO₂/ Al₂ O₃ 催化剂虽然活性较高,但是其抗 SO₂ 能力较弱,在 SO₂ 存在的条件下容易失活.在今后的研究中,通过在 SnO₂/ Al₂ O₃ 催化剂中加入其他活性组分,利用金属间的协同作用来提高催化剂的抗 SO₂ 性能,另外采用其他的还原剂(如醇等液态还原剂),通过催化剂与还原剂的匹配来提高催化剂的催化活性.

参考文献:

[1] Iwamoto M, Yahiro H, Yu U Y, *et al.* Influence of sulfur dioxide on catalytic removal of nitric oxide over copper ion-exchanged ZSM-5 zeolite[J]. Appl. Catal. , 1991 , **69**(2) :15 ~ 19 .
[2] Held W, Konig T, Richter T, *et al.* Catalytic NO_x reduction in net oxidizing exhaust gas[J]. SAE Transactions , 1990 , **99**(4) : 209 ~ 216 .
[3] Bethke K A, Kung H H. Supported Ag catalysts for the lean reduction of NO with C₃ H₆[J]. J. Catal. , 1997 , **172**(1) : 93 ~ 102 .
[4] Nikolopoulos A A, Stergioula E S, Efthimiadis E A, *et al.* Selective catalytic reduction of NO by propene in excess oxygen on Pt- and Rh-supported alumina catalysts[J]. Catal. Today , 1999 , **54**(4) : 439 ~ 450 .
[5] Maunula T, Ahola J, Hamada H. Reaction mechanism and kinetics of NO_x reduction by propene on CoO_x/ alumina catalysts in lean conditions[J]. Appl. Catal. B, 2000 , **26**(3) : 173 ~ 192 .
[6] Haneda M, Kintaichi Y, Shimada H, *et al.* Selective reduction of NO with propene over Ga₂ O₃- Al₂ O₃ :effect of sol-gel method on the catalytic performance[J]. J. Catal. , 2000 , **192**(1) :137

- ~148.
- [7] Seker E, Cavataio J, Gulari E, *et al.* Nitric oxide reduction by propene over silver/ alumina and silver-gold/ alumina catalysts :effect of preparation methods[J]. Appl. Catal. A, 1999, **183** (1) :121 ~ 134.
- [8] Chen L, Horiuchi T, Osaki T, *et al.* Catalytic selective reduction of NO with propylene over Cu-Al₂O₃ catalysts :influence of catalyst preparation method[J]. Appl. Catal. B, 1999, **23**(4) : 259 ~ 269.
- [9] Kung M C, Park P W, Kim D W, *et al.* Lean NO_x catalysis over Sn/ γ -Al₂O₃ catalysts[J]. J. Catal., 1999, **181**(1) :1 ~ 5.
- [10] Park P W, Kung H H, Kim D W, *et al.* Characterization of SnO₂/ Al₂O₃ lean NO_x catalysts[J]. J. Catal., 1999, **184**(2) : 440 ~ 454.
- [11] Burch R, Breen J P, Meunier F C, *et al.* A review of the selective reduction of NO_x with hydrocarbons under lean-burn conditions with non-zeolitic oxide and platinum group metal catalysts [J]. Appl. Catal. B, 2002, **39**(4) : 283 ~ 303.
- [12] Haneda M, Kintaichi Y, Hamada H. Effect of SO₂ on the catalytic activity of Ga₂O₃-Al₂O₃ for the selective reduction of NO with propene in the presence of oxygen[J]. Appl. Catal. B, 2001, **31**(4) : 251 ~ 261.
- [13] Shimizu K, Satsuma A, Hattori T. Selective catalytic reduction of NO by hydrocarbons on Ga₂O₃/ Al₂O₃ catalysts[J]. Appl. Catal. B, 1998, **16**(4) : 319 ~ 326.
- [14] Yezerets A, Zheng Y, Park P W, *et al.* Bifunctional nature of SnO₂/ γ -Al₂O₃ catalysts in the selective reduction of NO_x[J]. Stud. Surf. Sci. Catal., 2000, **130** : 629 ~ 634.
- [15] Lee J H, Yezerets A, Kung M C, *et al.* Hydrocarbon reaction pathway in selective NO reduction over a bifunctional SnO₂/ Al₂O₃ catalyst[J]. Chem. Commun., 2001, 1404 ~ 1405.
- [16] Haneda M, Kintaichi Y, Mizushima T, *et al.* Structure of Ga₂O₃-Al₂O₃ prepared by sol-gel method and its catalytic performance for NO reduction by propene in the presence of oxygen [J]. Appl. Catal. B, 2001, **31**(2) : 81 ~ 92.

中日环境化学学术大会

第二轮通知

2004 年“中日环境化学学术大会”定于 10 月 21 ~ 23 日在北京举行,本次会议的中心议题是化学物质的环境行为、管理与控制,欢迎您参加会议,并提交会议论文。

会议议题:

1. 化学物质的污染现状及在环境介质中的迁移转化规律;
2. 化学物质的检测新方法、新技术及食品和日用品中的污染水平分析;
3. 化学物质的毒理效应及区域风险评价;
4. 化学物质削减技术及有毒化学品管理战略;
5. 其他以化学物质为中心的环境化学研究成果。

会议内容:沙尘暴、光化学烟雾、细粒子与人体健康、水体富营养化、污染物削减技术、二噁英、POPs、内分泌干扰物、化学物质管理、土壤修复、固体废弃物资源化、室内污染及健康、环境模型与预测等。

会议论文:提交截止期为 7 月 30 日。

报到时间:2004 年 10 月 21 日 07:30 ~ 08:30

报到地点:北京 中日友好环境保护中心(电话:84638745,传真:84634274)

大会秘书处:中国科学院生态环境研究中心环境水质学国家重点实验室

北京市海淀区双清路 18 号(北京 2871 信箱)100085

TEL:010-62923541 FAX:010-62923543

E-mail:skleac@mail.rcees.ac.cn

联系人:巩玉华