乳酸对平板式 Ce-Mo/Ti 脱硝催化剂性能的影响

纵宇浩[1],刘 洋[1],黄 力[1*],王 虎[1],常峥峰[1],高义博[1],姚 晔[1],韩 沛[2]

(1. 大唐南京环保科技有限责任公司,江苏 南京 211111;
2. 内蒙古科技大学 分析测试中心,内蒙古 包头 014010)

摘 要:采用浸渍法制备了乳酸改性的 Ce-Mo/Ti 脱硝催化剂,通过 XRD、N_2-吸附脱附等一系列测试手段表征了催化剂的理化性能,并采用固定床微型反应器测试了催化剂的脱硝性能。测试结果表明,乳酸的引入没有改变载体的晶型结构及孔道结构,但提高了催化剂的涂覆效果及耐磨性能。适量乳酸的添加,提高了催化剂的表面酸量、还原性能及化学吸附氧的含量,从而提高了催化剂的脱硝性能。同时,添加适量乳酸具有提高催化剂耐 SO_2/H_2O 蒸气的性能。

关键词:脱硝;催化剂;Ce-Mo/Ti;乳酸;平板式

中图分类号:X511 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-0277(2024)03-0078-08

选择性催化还原技术(SCR)是燃煤电厂脱除 NO_x 的主流技术,其核心是催化剂。传统的商用脱硝催化剂以 V-Mo(W)/Ti 为主,但 V_2O_5 剧毒,微溶于水,使用后的催化剂是危废,处理成本较高[1]。开发环境友好型的脱硝催化剂势在必行。

CeO_2 因独特的氧化还原性能等特点而备受关注[2]。Xu 等[3]用浸渍法制备了 Ce/Ti,表现较好的脱硝及 N_2 选择性。Shan 等[4]采用均相沉淀法制备的 Ce/Ti 催化剂,温度在 200 ℃~425 ℃范围内脱硝效率 90%。同时,研究了在 Ce/Ti 体系中引入不同元素对其影响,发现 Ce∶W 摩尔比为 1∶1 时,催化剂活性最佳,表现出较好的 N_2 选择性以及抗中毒性能[5]。引入 Sn 后,提高了 Ce-Ti 催化剂的晶格氧迁移率、总酸量和表面氧的吸附量,表现出较好的脱硝及抗 SO_2 性能[6]。用 Mn 进行改性,采用共沉淀法制备的 Mn-Ce/Ti 催化剂表现出较好的低温活性,催化剂在 80 ℃的 NO 去除率达 85%以上[7]。采用均相沉淀法制备的 Ce-Mo/Ti 催化剂具有较高的 SCR 活性和抗 H_2O、SO_2 性能,主要原因归结为,Mo 的添加提高了催化剂的氧化还原性能、Ce^{3+} 含量及化学吸附氧量[8]。Ce-Mo/Ti 催化剂具备的高储氧能力,也是其高脱硝活性的原因之一[9]。同时,Ce-Mo/Ti 催化剂表现出较好的 Hg^0 氧化能力[10]和苯、甲苯的脱除能力[11]。Ce-Mo/Ti 是工业应用潜能巨

收稿日期:2022-09-22
基金项目:江苏省自然科学基金项目(BK20210001)
作者简介:纵宇浩(1987-),男,安徽宿州人,硕士,工程师,主要从事脱硝催化剂新产品的开发及应用的研究,E-mail:zongyh@dteg.com.cn
*通信作者:黄 力,高级工程师,E-mail:huangl@dteg.com.cn
DOI:10.3724/S1004-0277.202403009

大的环境友好型新型脱硝催化剂,对于燃煤电厂的协同脱除也具有重要的意义。乳酸作为乳化剂通常应用在脱硝催化剂的工业生产过程中,具有增强催化剂的塑性和流动性、调节膏料 pH 的作用[12]。谷华春[13]认为乳酸作用主要是发酵,使陈腐的膏料塑性更好。然而,关于乳酸对 Ce-Mo/Ti 催化剂物理化学性能的影响方面的研究,目前鲜见报道。

本研究使用乳酸作为助剂,采用浸渍法制备了 CeO_2-MoO_3/TiO_2 脱硝催化剂,探究乳酸的添加对其物理化学性能的影响。通过固定床微型反应装置,考察催化剂脱硝性能的变化,为工业化应用提供参考数据。

1　实验部分

1.1　催化剂制备

称取锐钛矿型 TiO_2 置于混炼机中,随后加入硝酸铈和七钼酸铵的单乙醇胺溶液,搅拌 2 h 后加入羧甲基纤维素、聚氧化乙烯和乳酸,再继续混炼 2 h,制得催化剂膏料,将膏料密封放入恒温箱中,35 ℃陈腐 24 h,通过辊轮将膏料涂覆于不锈钢钢网上制得催化剂单板,单板室温存放 24 h 后,空气氛围下 500 ℃煅烧 2 h,制得平板式脱硝催化剂。根据乳酸的量 0、5%、15%和 25%(质量分数)(以 TiO_2 质量计算比)分别记为 CM-1、CM-2、CM-3、CM-4。催化剂中 CeO_2 的含量为 6%(质量分数,下同),MoO_3 的含量为 3%。

1.2　催化剂表征

采用日本理学公司生产的 ZSX Primus Ⅱ型 X 射线荧光光谱仪定量测试催化剂的化学成分。采用荷兰帕纳科公司生产的 X'Pert3 Powder 型 X 射线粉末衍射仪测试催化剂的晶型结构,测试时选用 Cu K_α 靶,扫描速度为 5(°)/min。采用美国 Taber 公司生产的 5135 型磨耗仪按照国标 GB/T 31584—2015 测试平板式催化剂耐磨强度。N_2-吸附脱附选用美国 Micromeritics 公司的 ASAP 2000 型比表面积测定仪进行测定,根据 BET 公式计算比表面积。NH_3-TPD 和 H_2-TPR 采用美国 Micromeritics 公司制造的 AutoChem Ⅱ 2920 全自动化学吸附仪测定。其测试条件分别如下:(1) 称取 0.10 g 的催化剂样品,置于 U 型管中,在 He 气氛下 300 ℃吹扫 0.5 h,冷却至室温后通入氨气至吸附平衡,随后,将氨气切换成 He,以 10 ℃/min 的升温速率进行程序升温脱附分析;(2) 称取 0.05 g 的催化剂样品,置于 U 型管中,在 He 气氛下 300 ℃吹扫 0.5 h,冷却至室温后,将 He 气切换成 10% H_2/Ar 混合气,以 10 ℃/min 的升温速率进行程序升温还原分析。

采用美国热电公司生产的 Thermo ESCALAB 250XI 型 X 射线光电子能谱仪分析催化剂各元素的状态(X 射线源为 Al K_α,1486.6 eV),并用 C1s 结合能 284.6 eV 为参比校正各元素的电子结合能。

1.3　催化剂评价

在固定床微型反应器上评价催化剂的脱硝性能。模拟烟气组成为 NO 0.05%(体积分数)、NH_3 0.05%(体积分数)和 O_2 5%(体积分数),N_2 为平衡气,混合气气体总流量为 1 L/min,测试设备选用奥地利 Madur 公司生产的 GA-21plus 型烟气分析仪分析,分析反应器前、后混合气中 NO 的浓度,并按式(1)计算脱硝效率:

$$脱硝效率(\%) = \frac{\varphi(NO)_{入口} - \varphi(NO)_{出口}}{\varphi(NO)_{入口}} \times 100 \quad (1)$$

2　结果与讨论

图 1 是不同脱硝催化剂的 XRD 谱图。由图 1 可见,四种脱硝催化剂只有锐钛矿型的 TiO_2 特征衍射峰,其中 2θ 为 25.371°、37.728°、48.108°、53.764°、55.023°、62.576°,分别对应锐钛矿型 TiO_2 的(101)、(004)、(200)、(105)、(211)、(204)晶面,属四方晶系[14]。锐钛矿型 TiO_2 峰型尖锐,峰强一致,结晶程度好,颗粒均匀,说明乳酸的添加没有影响载体的晶型。同时,XRD 图谱中没有发现 CeO_2 和 MoO_3 特征衍射峰,可能是 CeO_2 和 MoO_3 含量少且高度分散难以分辨造成的[14]。

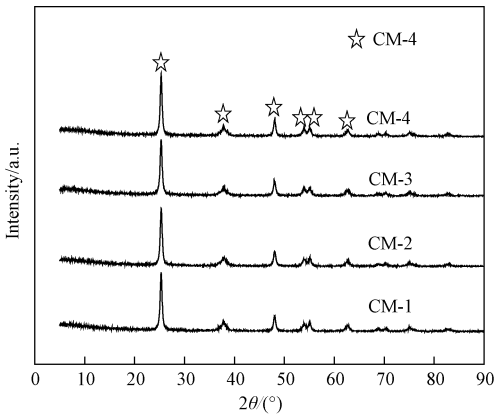


图 1 不同催化剂的 XRD 图

Fig. 1 XRD patterns of the different catalysts

表 1 为不同脱硝催化剂的孔结构参数。由表 1 可知,CM-1 催化剂的比表面积和孔容分别为 79.8 m^2/g 和 0.34 cm^3/g;添加不同浓度的乳酸后,比表面积、孔容、平均孔径基本没变化。结合图 2a 催化剂的 N_2 吸附-脱附等温线可见,四种催化剂的 N_2 吸附-脱附等温线均符合Ⅳ型,迟滞环归属于 H3 型,说明四种催化剂的孔道结构均为狭缝型。图 2b 中 4 种催化剂的孔径在 10 nm~30 nm 之间,最可几孔径在 16 nm 附近,证实介孔结构的存在。综上所述,可知乳酸的添加没有影响载体的孔道结构。此外,表 1 中还列出了不同催化剂的耐磨强度数据。随着乳酸添加量的增多,催化剂的耐磨强度呈升高趋势,说明乳酸经发酵后,增强了催化剂颗粒之间的粘结作用[13]。

表 1 不同样品的孔结构分析数据和耐磨强度

Table 1 Textural properties and abrasive resistance of the different samples

Catalyst	BET surface area/ ($m^2 \cdot g^{-1}$)	Pore volume/ ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	Pore size/ nm	Abrasive resistance/ [mg·(100r)$^{-1}$]
CM-1	79.8	0.34	17.0	73.5
CM-2	79.4	0.35	17.4	70.1
CM-3	80.9	0.35	16.9	68.3
CM-4	79.2	0.35	17.5	67.2

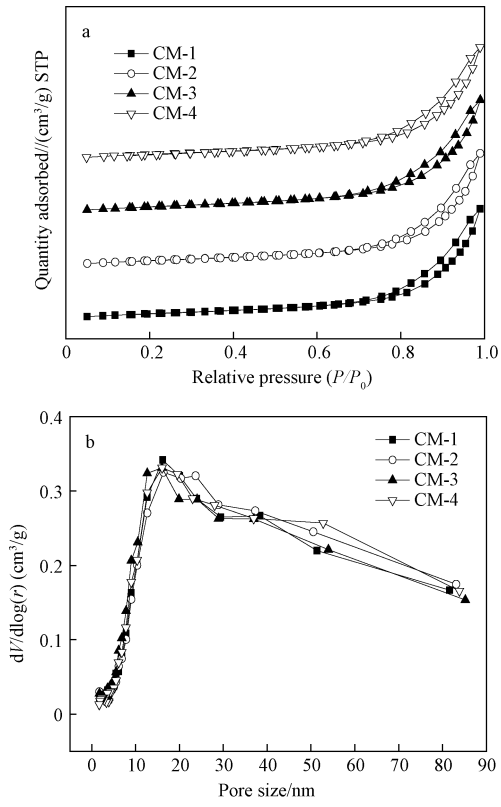


图 2 不同脱硝催化剂的 N_2 吸附-脱附等温线(a)和孔径分布图(b)

Fig. 2 The N_2 adsorption and desorption isotherms (a) and pore size distribution (b) of different denitration catalysts

图 3 为不同单板的照片,CM-1 催化剂单板表面带有毛刺,存在明显裂纹,因而耐磨强度差。随着乳酸含量的增多,催化剂单板表面光滑,裂纹减少,如 CM-2 单板表面光滑,存在少量裂纹,CM-3、CM-4 催化剂单板表面光滑,无明显裂纹,说明随着乳酸的添加,催化剂膏料的粘性及塑性提高,催化剂单板涂覆效果变好。

为研究乳酸添加对 Ce-Mo/Ti 催化剂氧化还原性能的影响,图 4 给出了不同乳酸添加量的 H_2-TPR 图谱。由图 4 可知,CM-1 在 450 ℃~600 ℃之间出现耗氢峰,归属于催化上八面体的 Mo 物种和表面 CeO_2 的共还原[15]。Ce-Mo/Ti 催化剂中添加乳酸,乳酸与 Ce 的络合作用,改变了 Ce、Mo 与载体之间的相互作用,耗氢峰的峰顶温度向低温方向偏移,

随着乳酸含量的增多,耗氢峰的峰面积增大,表面氧物种含量增加,提升了催化剂的还原性能。Wang 等[16]研究 MoO_3/CeO_2-Al_2O_3 催化剂耐硫甲烷化性能时发现,添加柠檬酸也有类似的现象,可能是柠檬酸与 Ce 的络合作用,改变了催化剂的还原性和各组分间的相互作用。

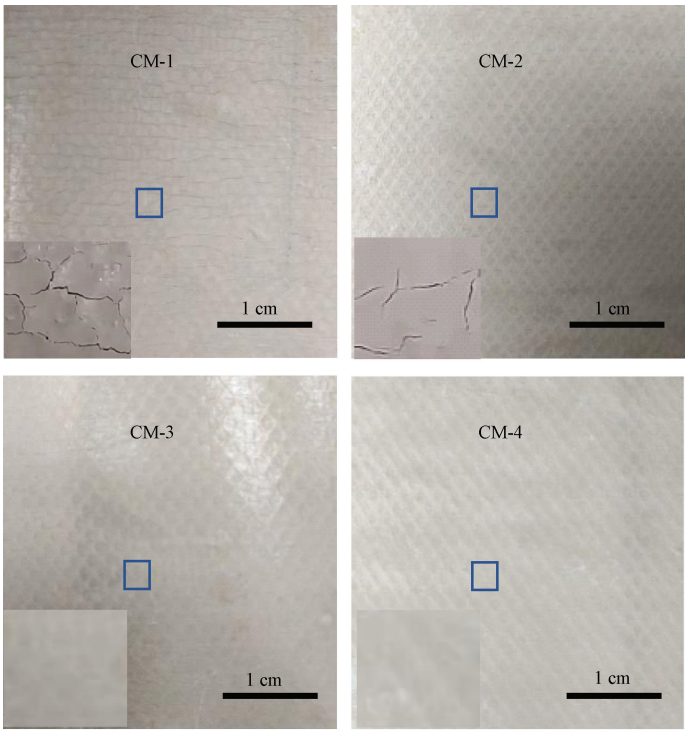


图 3　不同脱硝催化剂单板图片

Fig. 3　Photos of the different denitration catalysts

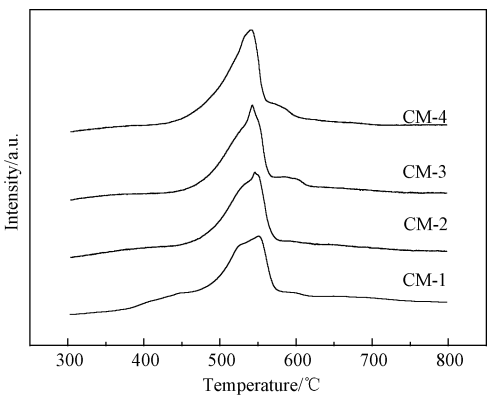


图 4　不同催化剂的 H_2-TPR 图

Fig. 4　H_2-TPR profiles of the different catalysts

图 5 是不同乳酸加入量 Ce-Mo/Ti 催化剂的 NH_3-TPD 图。CM-1 催化剂在 95 ℃、280 ℃附近出现较宽的 NH_3 脱附峰,其中,第一个脱附峰归属于吸附氨,第二个脱附峰归属于弱酸位上的 NH_3 的脱附[14,17]。添加乳酸后,CM-3 催化剂较 CM-1 的弱酸酸量明显增加,峰顶温度向高温方向偏移,说明添加乳酸提高了催化剂的酸性。

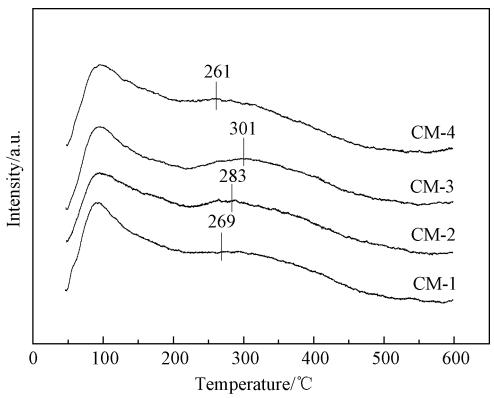


图 5　不同催化剂的 NH_3-TPD 图

Fig. 5　NH_3-TPD profiles of the different catalysts

采用 XPS 测试不同催化剂上金属元素的价态和氧物种类型,如图 6 所示。如图 6a 中,标记为 u, u″, u‴, v, v″以及 v‴代表 Ce^{4+} 的 $3d^{10}4f^0$ 态,而 u′和 v′代表 $3d^{10}4f^1$ 态,对应 Ce^{3+}[11,17]。结果表明,CM-1、CM-2、CM-3、CM-4 催化剂中均存在 Ce^{3+}/Ce^{4+} 氧化还原对。根据 Ce^{3+} 和 Ce^{4+} 的峰面积进行计算,可以得出 Ce^{3+} 占($Ce^{3+}+Ce^{4+}$)物质量的比例,计算结果见表 2,由表 2 可知,CM-1 催化剂的 $Ce^{3+}/(Ce^{3+}+Ce^{4+})$ 比值为 0.25。随着催化剂制备过程中乳酸含量的增加,催化剂的 $Ce^{3+}/(Ce^{3+}+Ce^{4+})$ 比值先逐渐增大后降低,最高比值为 0.3。说明适量乳酸的引入促进了 Ce^{4+} 向 Ce^{3+} 的转化,Ce^{3+} 的存在会在催化剂表面产生不平衡电荷、空位和不饱和键,导致催化剂表面化学吸附氧或/和弱结合氧物种的增加,从而改变催化剂的脱硝性能[9,17]。

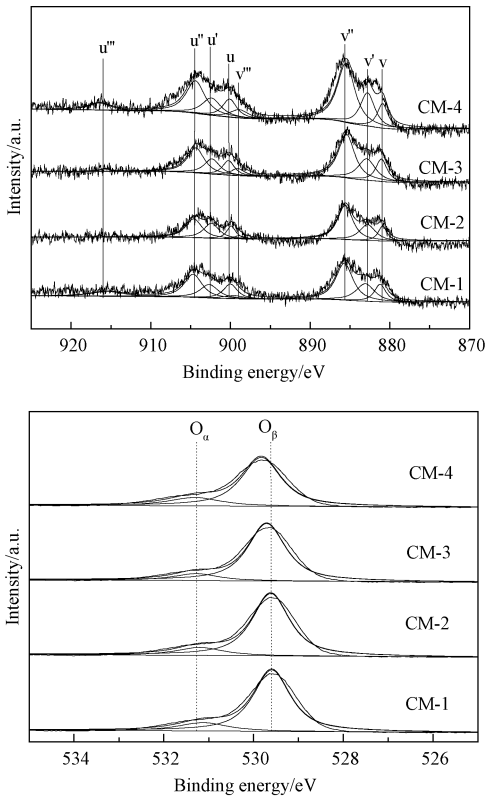


图 6 不同催化剂的 XPS 图

Fig. 6 XPS profiles of different catalysts

图 6b 为不同催化剂的 O1s 的 XPS 图谱。图中,531.2 eV 处的峰归属于化学吸附氧(O_α),529.7 eV 处出现的峰则归属于晶格氧(O_β)。由表 2 可知,适量的乳酸,将 $O_\alpha/(O_\alpha+O_\beta)$ 的比值由 0.16 提高到 0.23,由于 O_α 比 O_β 具有更高的迁移率,在 SCR 反应中更为活跃,高 O_α 比被认为有利于 SCR 反应中 NO-NO_2 的氧化[9,18],从而提高催化剂的活性,这与活性测试的结果是一致的。

表 2 不同催化剂的 XPS 分析数据

Table 2 XPS analysis data of different catalysts

Catalyst	$Ce^{3+}/(Ce^{3+}+Ce^{4+})$	$O_\alpha/(O_\alpha+O_\beta)$
CM-1	0.25	0.16
CM-2	0.27	0.18
CM-3	0.30	0.23
CM-4	0.25	0.14

图 7 为不同催化剂的脱硝性能,CM-1 催化剂在烟气温度 250 ℃~430 ℃之间,随着烟气温度升高脱硝效率先升高后降低,温度为 430 ℃时脱硝效率最佳达 75.9%。CM-2、CM-3、CM-4 脱硝催化剂在烟气温度为 280 ℃~400 ℃范围内,均表现较好的脱硝活性,其中 CM-3 脱硝效率最佳,在温度为 400 ℃时,脱硝效率为 78.1%。

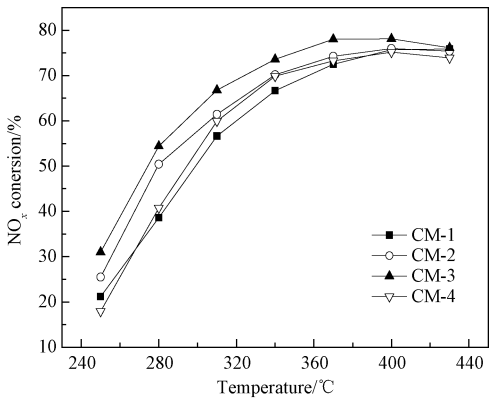


图 7 不同催化剂的脱硝性能图

Fig. 7 NO_x conversion of the different catalysts

文献报道,SCR 属于气固相非均相催化反应,遵循 E-R 反应机理[19,20]。(1)NH_3 吸附在催化剂的酸性位上,经活化脱氢形成 NH_2(ads),同时

Ce^{4+}═O 被还原为 H—O—Ce^{3+}。(2)NH_2(ads)与气相中的 NO 结合形成 NH_2NO(ads),随后分解形成 N_2 和 H_2O。(3)NH_2NO(ads)分解成 N_2 和 H_2O。(4)H—O—Ce^{3+}被 O_2 氧化为 Ce^{4+}═O。

催化剂的酸性和氧化还原性的协同催化共同决定了其脱硝活性。在本实验中,乳酸的添加,提升了 CeO_2-MoO_3/TiO_2 催化剂的酸性和还原性能,从而提高了催化剂的脱硝活性。此外,添加乳酸后 CeO_2-MoO_3/TiO_2 催化剂具有相对较多的化学吸附氧,有利于脱硝反应的进行[10]。

图 8 为四种催化剂的抗 SO_2/H_2O 性能。在烟气温度为 310 ℃时,四种催化剂稳定 0.5 h 后,向烟气中通入 2×10^{-4} SO_2 和 2%H_2O 蒸气。

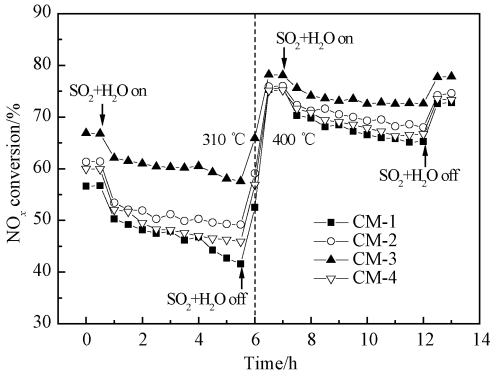


图 8　不同催化剂的抗 SO_2、H_2O 性能图

Fig. 8　Diagrams of SO_2 and H_2O resistance of the different catalysts

四种催化剂的脱硝率均有所下降。CM-1、CM-2、CM-3、CM-4 催化剂脱硝效率分别由 56.7%、61.4%、66.8%、59.9%降至 41.6%、49.2%、57.6%、45.9%,降幅分别为 15.1%、12.2%、9.2%、14%。四种催化剂相比,CM-3 催化剂的脱硝效率下降幅度最小。运行 5 h 后,停止向烟气中通入 SO_2 和 H_2O 蒸气,四种催化剂的脱硝率分别提升至 52.5%、59.1%、65.9%和 56.9%,脱硝活性基本恢复,其中以 CM-1 恢复效果最差、CM-3 恢复效果最好。随后,将烟气温度升至 400 ℃,四种催化剂的脱硝效率进一步提高至 75%以上。继续向烟气中注入 SO_2 和 H_2O 蒸气,CM-1、CM-2、CM-3、CM-4 催化剂脱硝效率降幅分别为 10.4%、8%、5.5%、8.5%,CM-2、CM-3、CM-4 催化剂的脱硝效率降幅小于 CM-1,且 CM-3 的降幅最小。当运行 12 h 时,停止向烟气中通入 SO_2 和 H_2O 蒸气,四种催化剂的脱硝率恢复到 72%以上,其中以 CM-1 恢复效果最差,CM-3 恢复效果最佳。这个现象说明,不同温度下,向 CeO_2-MoO_3/TiO_2 催化剂中添加乳酸提高了抗 SO_2/H_2O 蒸气性能,且高温抗 SO_2/H_2O 蒸气性能优于低温状态。

3　结论

1. Ce-Mo/Ti 催化剂添加乳酸,其晶型结构和载体的孔道结构没有改变,涂覆效果及耐磨性能有所提高。

2. 适量的乳酸,使催化剂的表面酸量增加,还原性能提升,催化剂化学吸附氧的含量增多,从而提高催化剂的脱硝性能。

3. Ce-Mo/Ti 催化剂添加乳酸,提高抗 SO_2/H_2O 蒸气性能,且高温抗 SO_2/H_2O 蒸气性能优于低温状态。

参考文献:

[1] Shen Y S, Zhu S M. Deactivation mechanism of potassium additives on $Ti_{0.8}Zr_{0.2}Ce_{0.2}O_{2.4}$ for NH_3-SCR of NO [J]. Catalysis Science & Technology, 2012, 2(9): 1806-1810.

[2] Shen Y S, Zhu S M, Qiu T, Shen S B. A novel catalyst of CeO_2/Al_2O_3 for selective catalytic reduction of NO by NH_3[J]. Catalysis Communications, 2009, 11(1): 20-23.

[3] Xu W Q, Yu Y B, Zhang C B, He H. Selective catalytic reduction of NO by NH_3 over a Ce/TiO_2 catalyst[J]. Catalysis Communications, 2008, 9(6): 1453-1457.

[4] Shan W P, Liu F D, He H, Shi X Y, Zhang C B. An environmentally-benign CeO_2-TiO_2 catalyst for the selective catalytic reduction of NO_x with NH_3 in simulated diesel exhaust [J]. Catalysis Today, 2012, 184(1):

160-165.

[5] Shan W P, Liu F D, He H, Shi X Y, Zhang C B. A superior Ce-W-Ti mixed oxide catalyst for the selective catalytic reduction of NO_x with NH_3[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2012, 115-116: 100-106.

[6] Gong P J, Xie J L, Cheng X K, Fang D, He F, Li F X, Qi K. Elucidate the promotional effects of Sn on Ce-Ti catalysts for NH_3-SCR activity[J]. Journal of the Energy Institute, 2020, 93(3): 1053-1063.

[7] 王献忠, 吴彦霞, 赵春林, 梁海龙, 陈鑫, 唐婕. 共沉淀法制备的 Mn-Ce/TiO_2 催化剂低温脱硝性能研究[J]. 人工晶体学报, 2017, 46(11): 2271-2276.
Wang X Z, Wu Y X, Zhao C L, Liang H L, Chen X, Tang J. Low temperature denitrification of Mn-Ce/TiO_2 catalyst prepared by coprecipitation method[J]. Journal of Synthetic Crystals, 2017, 46(11): 2271-2276.

[8] Jiang Y, Zhang X, Lu M Y, Bao C Z, Liang G T, Lai C Z, Shi W Y, Ma S Y. Activity and characterization of Ce-Mo-Ti mixed oxide catalysts prepared by a homogeneous precipitation method for selective catalytic reduction of NO with NH_3[J]. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2018,86:133-140.

[9] Jiang Y, Xing Z M, Wang X C, Huang S B, Liu Q Y, Yang J S. MoO_3 modified CeO_2/TiO_2 catalyst prepared by a single step sol-gel method for selective catalytic reduction of NO with NH_3[J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2015, 29: 43-47.

[10] Zhang P, Pan W G, Guo R T, Zhu X B, Liu J, Qin L, She X L. The Mo modified Ce/TiO_2 catalyst for simultaneous Hg^0 oxidation and NO reduction[J]. Journal of the Energy Institute, 2019, 92(5): 1313-1328.

[11] Chen L, Liao Y F, Xin S R, Song X X, Liu G C, Ma X Q. Simultaneous removal of NO and volatile organic compounds (VOCs) by Ce/Mo doping-modified selective catalytic reduction (SCR) catalysts in denitrification zone of coal-fired flue gas[J]. Fuel, 2020, 262: 116485.

[12] 吴国勋. CeO_2-V_2O_5-WO_3/TiO_2 脱硝催化剂氧化 Hg^0 的试验研究[D]. 西安: 西安热工研究院有限公司, 2017.
Wu G X. Experimental Study on Oxidation of Hg^0 by CeO_2-V_2O_5-WO_3/TiO_2 Denitration Catalyst[D]. Xi'an: Xi'an Thermal Power Research Institute Co., Ltd., 2017.

[13] 谷华春. 低钒含量的 V_2O_5-WO_3/TiO_2 脱硝催化剂的制备及性能研究[D]. 济南: 济南大学, 2014.
Gu H C. Preparation and Performance of V_2O_5-WO_3/TiO_2DeNO$_x$ Catalysts with Low Contents of Vanadium [D]. Jinan: University of Jinan, 2014.

[14] Sui G R, Xue Z W, Zhou D, Wang Y, Shen Y S, Zong Y H, Liu Y L, Qiu T, Zhu S M. The influence factors on $CeSn_{0.8}W_{0.6}O_x$/TiO_2 for catalytic removals of NO, CO and C_3H_8[J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2017, 51: 229-236.

[15] Liu Z M, Zhang S X, Li J H, Ma L L. Promoting effect of MoO_3 on the NO_x reduction by NH_3 over CeO_2/TiO_2 catalyst studied with *in situ* DRIFTS[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2014, 144: 90-95.

[16] Wang B W, Meng D J, Wang W H, Li Z H, Ma X B. Effect of citric acid addition on MoO_3/CeO_2-Al_2O_3 catalyst for sulfur-resistant methanation[J]. Journal of Fuel Chemistry and Technology, 2016, 44(12): 1479-1484.

[17] Li L L, Li P X, Tan W, Ma K L, Zou W X, Tang C J, Dong L. Enhanced low-temperature NH_3-SCR performance of $CeTiO_x$ catalyst via surface Mo modification[J]. Chinese Journal of Catalysis, 2020, 41(2): 364-373.

[18] Wu Z B, Jin R B, Liu Y, Wang H Q. Ceria modified $MnOx/TiO_2$ as a superior catalyst for NO reduction with NH_3 at low-temperature[J]. Catalysis Communications, 2008, 9(13): 2217-2220.

[19] 陈亮, 李俊华, 葛茂发, 马磊, 常化振. CeO_2-WO_3 复合氧化物催化剂的 NH_3-SCR 反应机理[J]. 催化学报, 2011, 32(5): 836-841.
Chen L, Li J H, Ge M F, Ma L, Chang H Z. Mechanism of selective catalytic reduction of NOX with NH_3 over CeO_2-WO_3 catalysts[J]. Chinese Journal of Catalysis, 2011, 32(5): 836-841.

[20] Anstrom M, Topsøe N Y, Dumesic J A. Density functional theory studies of mechanistic aspects of the SCR

reaction on vanadium oxide catalysts[J]. Journal of Catalysis, 2003, 213(2): 115-125.

Effect of Lactic Acid on the SCR Performance of Plate-type Ce-Mo/Ti Catalyst

ZONG Yu-hao[1], *LIU Yang*[1], *HUANG Li*[1*], *WANG Hu*[1], *CHANG Zheng-feng*[1], *GAO Yi-bo*[1], *YAO Ye*[1], *HAN Pei*[2]

(1. *Datang Nanjing Environmental Protection Technology Co., Ltd., Nanjin* 211111, *China*;
2. *Instrumental Analysis Center, Inner Mongolia University of Science & Technology, Baotou* 014010, *China*)

Abstract: The lactic acid modified Ce-Mo/Ti catalysts were prepared by impregnation method. The physicochemical properties of the catalysts were characterized by XRD, N_2-adsorption desorption, etc. The denitration performance of the catalyst was investigated with a micro fixed-bed reactor. The results show that the crystal structure and pore structure of Ce-Mo/Ti catalyst do not change with the loading of lactic acid, but the washcoating uniformity and wear resistance of the catalyst was improved. With an appropriate amount of lactic acid, the surface acidity, redox property and chemisorbed oxygen content of the catalyst are enhanced, resulting in improved the denitration activity of catalyst. Additionally, the tolerance of catalyst to $SO_2$and H_2O is also improved.

Key words: De-NO_x; catalyst; Ce-Mo/Ti; lactic acid; flat-plate type