

文章编号: 1001-3555(2018)05-0454-07

高比表面介孔 LaNiO₃ 负载纳米 Au 催化剂的研究

孟根图雅¹, 杨桂萍², 贾美林^{2*}, 崔文静¹

(1. 内蒙古化工职业学院 化学工程系, 内蒙古 呼和浩特 010010;

2. 内蒙古师范大学 化学与环境科学学院, 内蒙古绿色催化重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要: 分别采用纳米铸型法和溶胶-凝胶法制备了系列 LaNiO₃ 载体, 并用沉积-沉淀法制备了系列 Au/LaNiO₃ 催化剂. 对催化剂进行了 XRD、BET、AAS、TEM 和 XPS 等表征, 测试了其对 CO 催化氧化活性. 实验结果表明, 纳米铸型法得到的 LaNiO₃-NCM 具有介孔结构, 且比表面积可达 126 m² · g⁻¹, 以其为载体制备的 Au/LaNiO₃-NCM 催化剂在 30 °C 条件下将 CO 完全转化, 活性远高于以传统溶胶-凝胶法制备的 LaNiO₃-SG 为载体的金催化剂. XPS 结果表明该 Au/LaNiO₃-NCM 催化剂表面存在较多的氧化态 Au^{δ+} (0<δ<3) 和晶格氧, 且活性组分 Au 含量也较高, 说明高比表面介孔 LaNiO₃ 载体有利于提高活性组分 Au 的负载量, 从而提高催化剂催化活性.

关键词: 纳米铸型法; 钙钛矿; Au/N-LaNiO₃ 催化剂; CO 催化氧化

中图分类号: O643.32 **文献标志码:** A

钙钛矿型复合氧化物 ABO₃ 不仅具有较高的热稳定性和化学稳定性, 并且由于 B 位离子通常价态可变, 因此具有较多氧空位, 与贵金属相结合, 可有效防止贵金属的烧结, 提高催化剂活性^[1]. 近年来, 钙钛矿型复合氧化物为载体的纳米金催化剂在一氧化碳、挥发有机物以及化工厂废气的氧化燃烧研究中得到了应用^[2]. 文献报道^[3-5], 和简单氧化物为载体的金催化剂相比, 钙钛矿型复合氧化物为载体的 Au 催化剂具有更好的稳定性. 但目前制备钙钛矿型复合氧化物多用溶胶凝胶法^[6], 该法焙烧温度高, 晶体颗粒大, 比表面积小, 一般小于 10 m² · g⁻¹, 限制了钙钛矿氧化物的应用, 因此制备高比表面的、具有介孔结构的钙钛矿复合氧化物成为研究热点. 文献报道^[7], 纳米铸型法是制备大比表面积载体的一种重要方法, 由于前驱体存在于模板剂的孔道内, 可在焙烧过程中限制颗粒的生长, 从而达到控制颗粒尺寸的效果, 去除模板剂后便得到了含有介孔结构的纳米材料. Duan 等^[8]利用 SBA-15 作为模板剂合成了 LaNiO₃ 催化剂, 比表面积达 98 m² · g⁻¹, 应用于甲烷部分氧化反应中, 800 °C 时 CH₄ 转化率达到 96%. Wang 等^[9]利用 KIT-6 为硬模板剂合成了 LaCoO₃, 比表面积达到 270 m² ·

g⁻¹. 郭谨玮等^[10]利用纳米铸型法制备 LaMnO_{3+δ} 比表面积为 45.2 m² · g⁻¹, 其甲烷起燃温度 (T₁₀) 和半转化温度 (T₅₀) 分别为 318 和 480 °C. 纳米金催化剂近年来一直是研究的热点. 但是由于载体的比表面积较小, 金负载量低, 从而催化剂活性不理想. 我们希望能以具有高比表面的介孔 LaNiO₃ 为载体制备纳米金催化剂 Au/LaNiO₃, 利用载体的高比表面积和介孔结构来提高金的负载量, 缓解金颗粒的长大, 提高催化剂活性, 而这方面的研究尚未见报道.

1 实验部分

1.1 载体和催化剂的制备

1.1.1 载体的制备 采用纳米铸型法制备介孔 LaNiO₃, 具体做法为: 将硝酸镧、硝酸镍和柠檬酸按物质的量比为 n_(La) : n_(Co) : n_(柠) = 1 : 1 : 2 溶于乙醇水溶液 (V_{乙醇} : V_水 = 3 : 1), 室温搅拌均匀. 将 1 g 硬模板剂 SBA-15 加入上述溶液, 室温搅拌 30 min, 超声 20 min, 80 °C 条件下烘干后研磨, 并先后在 400 和 700 °C 下焙烧 2 h, 得到样品表示为 LaNiO₃-NCM.

将 LaNiO₃-NCM 用 2 mol/L 的 NaOH 溶液浸泡以去除模板剂, 然后分别用水和乙醇洗涤, 80 °C 条

收稿日期: 2018-06-25; 修回日期: 2018-08-18.

基金项目: 内蒙古自治区高等学校科学研究项目 NJZY18281 (Foundation Project: Scientific Research projects of the Higher Education Institutions of Inner Mongolia Autonomous Region NJZY18281).

作者简介: 孟根图雅(1984-), 女, 蒙古族, 讲师, 从事化工工艺教学和多相催化研究工作 (The first author: Menggen tuyu, born in 1984, female, Mongolian nationality, lecturer, engaged in chemical process teaching and heterogeneous catalysis study).

* 通讯联系人, E-mail: jml@immu.edu.cn.

件下烘干, 得到的载体表示为 LaNiO₃-NC.

为进行比较, 采用传统溶胶-凝胶法制备 LaNiO₃, 具体做法为: 将硝酸镧、硝酸镍和柠檬酸按物质的量比为 $n_{(La)} : n_{(Co)} : n_{(柠)} = 1 : 1 : 2$ 溶于乙醇水溶液 ($V_{乙醇} : V_{水} = 3 : 1$), 室温搅拌均匀. 80 °C 条件下烘干后研磨, 并先后在 400 和 700 °C 下焙烧 2 h, 得到的载体表示为 LaNiO₃-SG.

1.1.2 催化剂的制备 采用沉积-沉淀法制备了金的理论负载量为 2% (质量分数) 的纳米金催化剂, 具体做法如下: 在锥形瓶中置入一定量的 HAuCl₄ 溶液, 加入载体 LaNiO₃, 用 0.1 mol/L NaOH 溶液调体系的 pH 至 8, 磁力搅拌条件下, 70 °C 恒温 2 h, 再陈化 6 h, 过滤, 洗涤至无 Cl⁻ 后, 60 °C 烘干, 250 °C 焙烧 2 h, 得到的催化剂分别表示为 Au/LaNiO₃-SG、Au/LaNiO₃-NC 和 Au/LaNiO₃-NCM.

1.2 催化剂表征

采用日本理学 X 射线衍射仪对样品进行 X 射线衍射分析. Cu 靶为发射源, K α 辐射源 ($\lambda = 0.1540 \text{ nm}$), 管压为 40 kV, 管流为 40 mA, 扫描角度 5°~80°, 扫描速度 10°/min. 样品 N₂ 吸附-脱附是在美国麦克公司 ASAP-2020 孔结构比表面积测定仪测定. 首先将样品以 100 °C 经 5 h 抽真空预处理, 然后在 76.47 K (液氮) 下进行静态氮吸附. 金含量的测定 (AAS) 在日本日立公司 Z-8000 型塞曼偏光原子吸收分光光度计上进行. 灯电流 10 mA, 波长 242.8 nm. 采用 TEM 美国 FEI 公司 Tecnai G2 F20 场发射透射电子显微镜, 电压 200 kV, 室温条件进行 TEM. 采用美国赛默飞世尔科技公司 ESCALAB 250Xi 电子能谱仪测定 X 光电子能谱 (XPS); X 光电子能谱; 采用单色 Al K α ($h\nu = 1486.6 \text{ eV}$), 功率 150 W, 500 μm 束斑; 采集到的数据用 Casaxps 软件进行拟合, 样品表面的荷电效应校正用 C 1s (284.8 eV) 来标定.

1.3 催化剂活性评价

以 CO 催化氧化为探针反应来评价催化剂的活性. 采用小型固定床连续流动反应装置进行 CO 的氧化反应, 反应管为石英玻璃管, 内径为 8 mm, 将其放置于加热炉内以便控制反应温度. 催化剂用量为 200 mg, 两端填充石英棉, 先在空气气氛下 200 °C 活化 1 h, 再对其通入原料气进行 CO 反应活性评价. 最低完全转化温度记作 T₁₀₀(°C), 此温度越低, 表明催化剂活性越好. 原料气 (1% CO、99% 空气) 流量为 25 mL/min, 使用 GC2014 型气相色谱仪、

TDX-色谱柱, 热导池检测器在线检测反应混合气中 O₂、N₂、CO 的含量.

2 结果与讨论

2.1 活性结果

由图 1 载体和催化剂的活性测试结果可知, 不同方法制备的载体均对 CO 催化氧化有一定的活

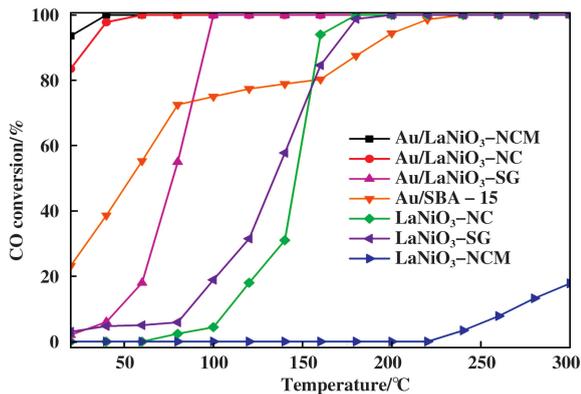


图 1 载体和催化剂的 CO 催化氧化活性图

Fig.1 Activity results profiles of support and catalysts

性, 其中纳米铸造法制备的、未去除模板剂的 LaNiO₃-NCM 载体的活性最差, 300 °C 时 CO 转化率为 17.8%; 将不同载体负载 Au 后, 催化剂的活性均有明显提升, 活性顺序为: Au/LaNiO₃-NCM > Au/LaNiO₃-NC > Au/LaNiO₃-SG, T₁₀₀ 分别为 30、60 和 100 °C. 并且还测试了 SBA-15 模板剂为载体的 Au/SBA-15 催化剂活性, 其 T₁₀₀ 为 230 °C, Au/LaNiO₃-NCM 和 Au/LaNiO₃-NC 催化剂活性高与是否除去模板剂没有太大的关联.

2.2 XRD 结果

从图 2 可知, 不同方法制备的 LaNiO₃ 载体在

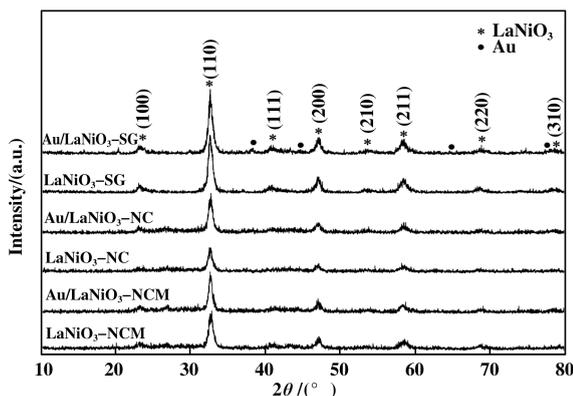


图 2 不同载体和催化剂的 XRD 图

Fig.2 XRD patterns of different support and catalysts

$2\theta = 22.982^\circ$ 、 32.705° 、 40.380° 、 46.886° 、 58.363° 、 68.670° 和 78.246° 位置处均出现了衍射峰,与 XRD 标准卡片 PDF (P750279) 给出的特征衍射峰基本吻合,说明溶胶凝胶法和纳米铸型法制备的载体均形成了钙钛矿型结构,并且晶型较好^[11]. 负载活性组分金后, Au/LaNiO₃-SG 催化剂在 38.268° 、 44.599° 、 77.547° 处有明显的衍射峰,与 Au 的 PDF 标准卡片 (D011174) 的 2θ 值 (38.268° 、 44.599° 、

64.677° 、 77.547° 和 82.35°)^[12]吻合. 而 Au/LaNiO₃-NCM 和 Au/LaNiO₃-NC 催化剂在衍射图中均未出现 Au 的特征峰,这可能是因为纳米铸型法制备的载体比表面积大,从而活性组分金分散良好的缘故^[13-14].

2.3 BET 结果

从图 3 可以看出载体 LaNiO₃-NCM 和 LaNiO₃-NC 在相对压力 0.4~1.0 带有明显毛细凝聚现象,

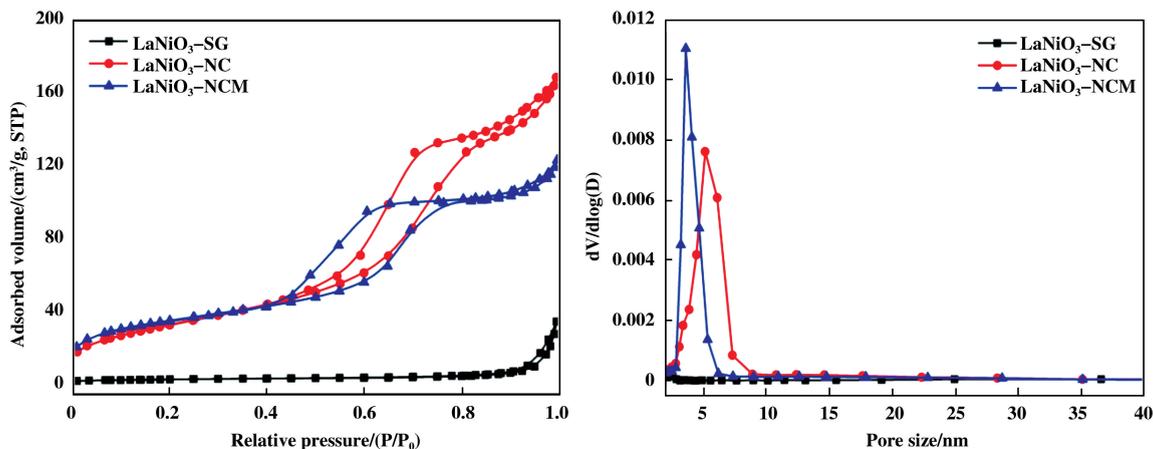


图 3 载体的 N₂ 吸附-脱附(左)和孔径分布(右)图

Fig.3 N₂ adsorption-desorption isotherm (left) and pore size distribution (right) profiles of supports and catalysts

为 IV 型等温线,表明 LaNiO₃-NCM 和 LaNiO₃-NC 具有介孔特征,孔径分布图显示 LaNiO₃-NCM 和 LaNiO₃-NC 载体的孔径分布较窄,平均孔径分别为 4.5 和 5.1 nm,孔体积为 0.175 和 0.041 cm³·g⁻¹,比表面积分别为 126 和 124 m²·g⁻¹,表明纳米铸型

法制备过程中,是否去除模板剂对载体的比表面积影响不大.而溶胶凝胶法制备的 LaNiO₃-SG 比表面积仅仅为 10 m²·g⁻¹.表 1 所示负载 Au 后,催化剂 Au/LaNiO₃-NCM 和 Au/LaNiO₃-NC 的比表面积无明显变化,仍为介孔结构.

表 1 不同载体和催化剂的 N₂ 吸附-脱附测定结果

Table1 N₂ adsorption-desorption measurement result of different support and catalysts

Sample	BET surface area/(m ² ·g ⁻¹)	BJH pore size/(nm)	Pore Volume/(cm ³ ·g ⁻¹)
LaNiO ₃ -SG	10	—	—
LaNiO ₃ -NC	124	5.1	0.041
LaNiO ₃ -NCM	126	4.5	0.175
Au/LaNiO ₃ -SG	17	—	—
Au/LaNiO ₃ -NC	119	6.3	0.246
Au/LaNiO ₃ -NCM	120	4.9	0.198

2.4 AAS 结果

表 2 为催化剂中金的理论和实际负载量,可以

看出催化剂中活性组分的实际负载量均低于理论负载量,特别是 Au/LaNiO₃-SG 催化剂,实际负载

表 2 不同催化剂的 Au 负载量和活性数据

Table 2 Au loading and catalytic performance of different catalysts

Catalyst	Theoretic content/%	Actual content/%	T ₁₀₀ /°C
Au/LaNiO ₃ -SG	2	1.00	100
Au/LaNiO ₃ -NC	2	1.40	60
Au/LaNiO ₃ -NCM	2	1.74	30
Au/LaNiO ₃ -NCM	1	0.53	140
Au/LaNiO ₃ -NCM	1.5	1.13	100

量仅为理论负载量的一半. 结合活性结果和 BET 结果可知, 载体 LaNiO₃-SG 的表面积较小, 不利于活性组分的沉积, 而 LaNiO₃-NCM 和 LaNiO₃-NC 具有较大比表面积, 不仅增加了活性组分金的实际负载量, 更有利于提高活性组分 Au 的分散度, 从而提升催化剂活性. 并且对以 LaNiO₃-NCM 为载体、不同 Au 负载量的的催化剂进行了 AAS 测试, 从实验结果可知, 随着活性组分 Au 负载量的增加, 催化

剂活性提高, 进一步说明金负载量高催化剂活性好. 其中, 实际负载量为 1% 左右的两个催化剂 Au/LaNiO₃-SG 和 Au/LaNiO₃-NCM 活性相近, 这可能由于载体 LaNiO₃-SG 和 LaNiO₃-NCM 本身活性的差异所致.

2.5 TEM 结果

选择了活性差别较大的两个催化剂做了 TEM 测试. 图 4 中 A、B、C 为 Au/LaNiO₃-SG 催化剂的

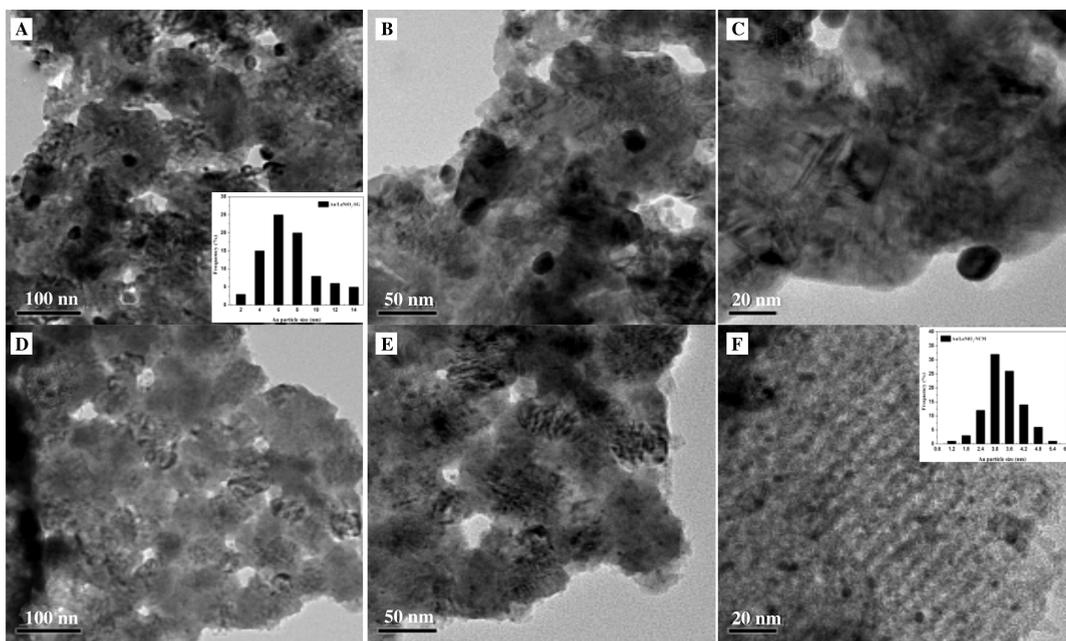


图 4 两种催化剂的 TEM 图

Fig.4 TEM images of two catalysts

(A-C) Au/LaNiO₃-SG catalyst (D-F) Au/LaNiO₃-NCM catalyst

形貌图, 图中钙钛矿型 LaNiO₃ 尺寸范围为 50~200 nm, 其表面可见活性组分 Au 颗粒较大, 分布不均匀, Au 平均粒径为 6~8 nm 左右. 图 D、E、F 为 Au/LaNiO₃-NCM 催化剂的形貌图, 从图可以看出载体 LaNiO₃-NCM 钙钛矿结构与 SBA-15 孔道相似, 说明 LaNiO₃-NCM 为介孔结构, 这与 BET 测定结果

相符. 负载 Au 后, 在图 F 中可以观察到均匀的 Au 在 LaNiO₃-NCM 表面高度分散, 平均粒径约为 3 nm 左右, 与负载 Au 的 LaNiO₃-SG 催化剂相比, Au/LaNiO₃-NCM 催化剂表面 Au 分散的更好, 粒径更小, 负载量更多. 结合活性数据, 金的负载量高, 尺寸小, 催化活性更好, 可能是因为介孔结构大大增

加了催化剂的比表面积有关。

2.6 XPS 结果

为进一步考察 Au 的价态与氧化物对催化剂活

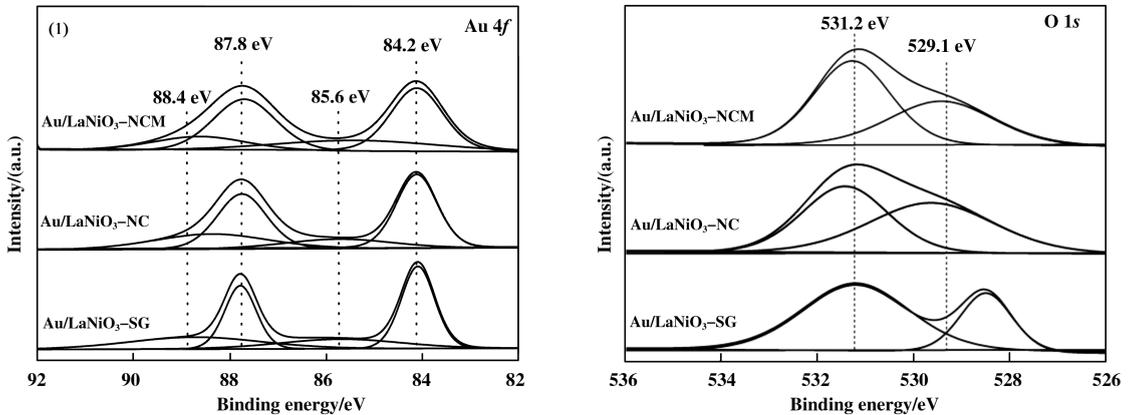


图5 三种催化剂的及 Au 4f 和 O 1s 的能谱图

Fig.5 XPS spectra of Au 4f and O 1s of three catalysts

应 $Au^{\delta+}$ ($0 < \delta < 3$, 或许 Au^+) 和 Au^0 的 $4f_{5/2}$ 与 $4f_{7/2}$ 谱峰^[15-16], 图 5(1) 和表 3 结果可知, Au 以不同价态存在于 Au/LaNiO₃-NCM、Au/LaNiO₃-NC 和 Au/LaNiO₃-SG 催化剂中, 且 3 种催化剂中氧化态 $Au^{\delta+}$ ($0 < \delta < 3$, 或 Au^+) 含量均高于 Au^0 的含量; 相对于 Au/LaNiO₃-SG 催化剂, Au/LaNiO₃-NC 和 Au/LaNiO₃-NCM 催化剂中氧化态 $Au^{\delta+}$ 含量相对较高, 这也可能是该催化剂具有较高活性原因之一。由

性的影响, 对两种催化剂的 O 1s 和 Au 4f 能谱进行了测定, 结果如图 5 中的 (1) 和 (2)。文献报道, BE 值在 87.7 与 88.4 eV 和 84.0 与 84.8 eV 位置分别对

O 1s 能级谱图 5(2) 可知 BE 值为 529.1 和 531.2 eV 的位置分别对应的是以 OH⁻ 或 CO₃²⁻ 形式存在的表面氧 (O_s) 和晶格氧 (O_L) 谱峰, 说明 Au/LaNiO₃-NCM 和 Au/LaNiO₃-SG 催化剂中均含有 O_s 和 O_L , 这与文献报道的相符^[17]。从表 3 可知, Au/LaNiO₃-NCM 催化剂晶格氧含量相对较多, 晶格氧 O_L 比较稳定且氧化能力强, 有利于 CO 的完全氧化而提高催化剂的活性。

表 3 三种催化剂的 Au 4f_{7/2} 和 O 1s 的 XPS 结合能结果

Table 3 Au 4f and O 1s binding energies for three catalysts

Catalyst	Au 4f BE/(eV)	Oxidation State	Peak Area/(%)	O 1s BE/(eV)	Oxygen species	Peak Area/(%)	
Au/LaNiO ₃ -NCM	84.2	Au^0	33.90	529.1	O_s	40.79	
	85.6						
	87.8	$Au^{\delta+}$	66.08		531.2	O_L	59.21
	88.4						
Au/LaNiO ₃ -NC	84.2	Au^0	35.41	529.1	O_s	52.20	
	85.6						
	87.8	Au^{δ}	64.59		531.2	O_L	47.80
	88.4						
Au/LaNiO ₃ -SG	84.2	Au^0	36.83	529.1	O_s	70.15	
	85.6						
	87.8	$Au^{\delta+}$	63.16		531.2	O_L	29.85
	88.4						

3 结论

与溶胶-凝胶法得到的 LaNiO₃-SG 为载体的 Au/LaNiO₃-SG 催化剂相比, 以纳米铸型法制备的具有介孔结构、高比表面 LaNiO₃-NCM 为载体的 Au/LaNiO₃-NCM 催化剂对 CO 氧化表现出较高的活性, 在 30 ℃时, 可将 CO 完全转化, 比 Au/LaNiO₃-SG 催化剂上的 T₁₀₀降低了 70 ℃. 从 BET、TEM、AAS 和 XPS 表征结果可知, 载体负载金颗粒小, 具有较高的比表面积(126 m² · g⁻¹), 有利于提高活性组分 Au 的负载量和分散度, 从而提高催化剂活性; 另外高比表面的 Au/LaNiO₃-NCM 催化剂表面存在较多的氧化态 Au^{δ+}(0<δ<3)和晶格氧, 也是该催化剂具有较高活性的原因。

参考文献:

- [1] Yan Yao-zong(晏耀宗), Guo Jin-wei(郭谨玮), Chen Ya-zhong(陈亚中), *et al.* La_{1-x}Ca_xMnO_{3+δ} perovskite catalysts preparation and their catalytic performance for methane combustion (La_{1-x}Ca_xMnO_{3+δ} 钙钛矿催化剂制备及其甲烷催化燃烧性能研究) [J]. *J Mol Catal (China)* (分子催化), 2015, **29**(1): 82-89.
- [2] Qin Yi-hong(秦毅红), Sun Li-guo(孙立国), Zhang Dang-long(张党龙), *et al.* Preparation of La_xSr_{1-x}FeO₃ catalyst and its performance for catalytic reduction of SO₂ with CO (La_xSr_{1-x}FeO₃ 催化剂的制备及其催化还原 SO₂ 性能的研究) [J]. *J Mol Catal (China)* (分子催化), 2016, **30**(1): 54-61.
- [3] Jia Meilin, Menggentuya, Bao Zhaorigetu, *et al.* The stability study of Au/La-Co-O catalysts for CO oxidation [J]. *Catal Lett*, 2010, **134**(1/2): 87-92.
- [4] a. Jia Mi-lin(贾美林), Tu Ya(图雅), Sa ga-la(萨嘎拉), *et al.* Stability of Au/Fe(OH)₃/LaFeO₃ catalyst (Au/Fe(OH)₃/LaFeO₃ 催化剂的稳定性研究) [J]. *Rare Met Mater Engineer* (稀有金属材料与工程), 2013, **42**(5): 96-970.
b. Zhu Lin-hua(祝琳华), Li Feng-long(李奉隆), Si Tian(司甜), *et al.* Preparation of layered clay-supported gold catalysts and catalytic activity for CO oxidation at room temperature(层状粘土负载的金催化剂制备及其常温催化氧化活性) [J]. *J Mol Catal (China)* (分子催化), 2016, **30**(1): 46-53.
- [5] a. Jia Mei-ling(贾美林), Li Xu(李旭), Zaorigetu(照日格图), *et al.* Activity and deactivation behavior of Au/LaMnO₃ catalysts for CO oxidation (Au/LaMnO₃ 催化剂

- 在 CO 氧化反应中的活化和钝化行为) [J]. *J Rare Earth* (稀土学报) (英文版), 2011, **29**(3): 213-216.
b. Wang Jiang(王奖), Xu Ai-ju(徐爱菊), Jia Mei-lin(贾美林), *et al.* Gold supported on Mg-Al layered double hydroxides for selective oxidation of alcohols: the effect of Mg/Al mole ratio (Mg-Al 类水滑石负载金催化醇选择氧化中 Mg/Al 比例的影响) [J]. *J Mol Catal (China)* (分子催化), 2017, **31**(1): 11-21.
- [6] Omari E, Makhloufi S, Omari M. Preparation by sol-gel method and characterization of Co-doped LaNiO₃ perovskite [J]. *Appl Sci*, 2008, **8**(12): 1-7.
 - [7] Xiaohui Deng, Kun Chen, Harun Tüüstüz. Protocol for the nanocasting method preparation of ordered mesoporous metal oxides [J]. *Chem Mater*, 2017, **29**(1): 40-52.
 - [8] Qianlin Duan, Junwen Wang, Chuanmin Ding, *et al.* Partial oxidation of methane over Ni based catalyst derived from order mesoporous LaNiO₃ perovskite prepared by modified nanocasting method [J]. *Fuel*, 2017, **193**(4): 112-118.
 - [9] Yongxia Wang, Xiangzhi Cui, Yongsheng Li, *et al.* A simple co-nanocasting method to synthesize high surface area mesoporous LaCoO₃ oxides for CO and NO oxidations [J]. *Micro Mes Mater*, 2013, **176**(1): 8-15.
 - [10] Guo Jing-wei(郭谨玮), Cai Jing-wen(蔡静文), Chen Ya-zhong(陈亚中), *et al.* Preparation of mesoporous LaMnO_{3+δ} perovskite by hard template method and its catalytic performance for methane combustion(硬模板法制备中孔 LaMnO_{3+δ} 钙钛矿及其甲烷燃烧催化性能) [J]. *Inorg Chem Indus* (无机盐工业), 2017, **49**(3): 65-69.
 - [11] Louloui A, Papayannakos N. Hydrogenation of benzene on La-Ni and clay supported La-Ni catalysts [J]. *Appl Catal A: Gen*, 1998, **175**(1): 21-31.
 - [12] Wang Xiao-li(王晓丽), Wu Gong-de(吴功德), Liu Xian-feng(刘献锋), *et al.* Selective oxidation of glycerol to glyceric acid catalyzed by supported nanosized Au/Cr₂O₃ (负载型纳米 Au/Cr₂O₃ 催化甘油氧化合成甘油酸) [J]. *J Mol Catal (China)* (分子催化), 2017, **31**(4): 334-340.
 - [13] Jia Mei-lin, Shen yue-nian, Li chang-yan, *et al.* Effect of supports on the gold catalyst activity for catalytic combustion of CO and HCHO [J]. *Catal Lett*, 2005, **99**(3/4): 235-239.
 - [14] Ulzijiargal Nanzad(乌力吉扎日嘎拉), A Gu-la(阿古拉), Sa Ga-la(萨嘎拉), *et al.* The Study on preparation, characterization of mesoporous Au/NiO catalysts and their spectral properties(负载型介孔 Au/NiO 催化

剂的制备、表征与光谱特性研究) [J]. *J Mol Catal (China)* (分子催化), 2013, **27**(1): 31-36.

- [15] Lin F, Nobuyuki I, Shogo S. Preparation of Au/TiO₂ catalysts by suspension spray reaction method and their catalytic property for CO oxidation[J]. *Appl Catal A: Gen*,

2003, **246**(1): 87-95.

- [16] Zhang Y, Beckers J, Bliet A. Surface properties and catalytic performance in CO oxidation of cerium substituted lanthanum-manganese oxides [J]. *Appl Catal A: Gen*, 2002, **235**(1): 79-92.

Catalytic Performance of Nano Au Catalyst Supported on Mesoporous LaNiO₃ with High Surface Area

Menggentuya¹, YANG Gui-ping², JIA Mei-lin^{2*}, CUI Wen-jing¹

(1. *Department of Chemical Engineering, Inner Mongolia Vocational College of Chemical Engineering, Hohhot 010070, China;*

2. *College of Chemistry & Environmental Science, Inner Mongolia Key Laboratory of Green Catalysis, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China*)

Abstract: A series of LaNiO₃ supports were prepared by nanocasting and sol-gel method respectively. Au/LaNiO₃ catalysts prepared by deposition-precipitation method were characterized by XRD, BET, AAS, TEM and XPS. The catalytic performance for CO oxidation was investigated. The Au/N-LaNiO₃ catalyst derived from the nanocasting method showed high activity for CO oxidation, with complete transformation of CO at 30 °C. The characterization results demonstrated that LaNiO₃-NCM support with mesoporous structure from nanocasting method exhibited specific surface area as high as 126 m² · g⁻¹. The XPS results implied that the content of oxidized Au^{δ+} (0 < δ < 3, or Au⁺), lattice oxygen as well as active species Au was high on the surface of the Au/LaNiO₃-NCM catalyst. This result demonstrated that the mesoporous LaNiO₃ support with high surface area was beneficial for increasing the loading of Au, thus improved the catalytic activity of the catalyst.

Key words: nanocasting method; perovskite; Au/LaNiO₃ catalyst; CO catalytic oxidation