

OMS-2 制备方法对其负载 Cu 催化剂 CO 氧化性能的影响

汤清虎, 王晓培, 谢小培, 赵培正

(河南师范大学 化学化工学院, 河南 新乡 453007)

摘要:采用 3 种不同方法制备氧化锰八面体分子筛(OMS-2),通过浸渍负载 CuO 制备了一系列 CuO 含量为 10.0 % (质量分数)的 CuO/OMS-2 催化剂,考察了催化剂在 CO 催化氧化反应中的催化性能,并利用 X 射线衍射(XRD)、N₂ 吸附(BET)、透射电镜(TEM)、X 射线光电子能谱(XPS)、程序升温还原(H₂-TPR)等手段对催化剂进行了表征.结果表明,固相法制备的 S-OMS-2 为纳米棒状形貌、结晶度低、比表面积大,而回流法和水热法的 OMS-2 为针状或纤维状形貌、结晶度高、比表面积小,OMS-2 制备方法对其负载 Cu 催化剂上的 CO 氧化反应影响较大,CuO/S-OMS-2 具有最高的催化活性,这可能是因为 CuO/S-OMS-2 中较大的比面积、较多的晶格缺陷以及高分散的 CuO 提供了更多有利于 CO 氧化反应的 Cu-O-Mn 界面.

关键词:氧化锰八面体分子筛,铜,一氧化碳,催化氧化,负载型催化剂

中图分类号:O643

文献标志码:A

CO 催化氧化在诸多领域有着广泛的应用,如:呼吸用气体净化装置、CO 气体探测器、CO₂ 激光器、汽车尾气处理等^[1,2].负载型纳米贵金属催化剂如 Au/MgO, Au/CeO₂, Pt/TiO₂ 等具有良好的 CO 低温催化氧化活性^[3-5],但其成本较高且贵金属储量有限.从经济性和实际应用考虑,研制能够替代贵金属的非贵金属催化剂具有重要价值.OMS-2 分子筛的化学组成为 KMn₈O₁₆ · nH₂O,它是由锰氧八面体(MnO₆)链通过共棱角的方式形成 2×2 的一维孔道结构,孔径约为 4.6 nm.OMS-2 分子筛中的锰离子(Mn²⁺、Mn³⁺和 Mn⁴⁺)呈混合价态形式存在,又具有较多开放的层间和孔道结构,使其在包括 CO 催化氧化在内的许多氧化反应中呈现出良好的催化性能^[6-8].为了进一步改善 OMS-2 的催化活性,常采用过渡金属离子如 Cu²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺对 OMS-2 掺杂改性^[9].Hernández 等^[10]的研究显示,Cu 离子改性的 OMS-2 具有最好的 CO 催化氧化活性.Liu 等^[11]报道,CuO/OMS-2 能呈现出比 CuO/MnO_x 更高的 CO 催化氧化活性.赵海霞等^[12]研究表明,制备方法对 Cu 掺杂 OMS-2 催化剂上的 CO 氧化反应有很大影响,采用前掺杂法制备 Cu/OMS-2 催化剂的活性远高于浸渍法制备的催化剂.目前对于 Cu/OMS-2 催化剂的研究主要集中在制备方法和催化机理方面,但探讨活性组分与载体的相互作用以及这种相互作用所引起的催化剂物化性质的改变却少有报道,而这对于深入认识 Cu/OMS-2 上的 CO 催化氧化反应机理是十分重要的.

本文分别采用固相法、回流法和水热法制备 OMS-2 载体,并通过湿法浸渍法负载 CuO 制备了一系列 CuO/OMS-2 催化剂,详细考察了 OMS-2 制备方法对其负载 Cu 催化剂上 CO 氧化反应的影响,并利用 XRD, TEM, XPS, H₂-TPR 等方法表征了催化剂的结构与物化性质.

1 实验部分

1.1 催化剂的制备

1.1.1 OMS-2 的制备

采用 3 种不同方法制备 OMS-2 载体.

(1)固相法:将 2.37 g KMnO₄ 和 4.09 g Mn(AC)₂ · 4H₂O 混合,研磨均匀后,在 80 °C 反应 4 h.将所得固体用大量去离子水洗涤、抽干后在 80 °C 烘箱中烘干,再放入 400 °C 马弗炉中煅烧 5 h,即制得 OMS-2 载体,将它标记为 S-OMS-2.

(2)回流法:称取 19.8 g MnSO₄ · H₂O 溶于 67.5 mL 去离子水中,得到浓度约为 1.75 mol/L 溶液 A.称取 13.3 g KMnO₄ 溶于 225 mL 去离子水中,得到浓度约为 0.4 mol/L 溶液 B.在不断搅拌下,将溶液 B 逐滴加入溶液 A 中,同时加入 6.8 mL 浓

收稿日期:2017-12-15;修回日期:2018-01-04.

基金项目:国家自然科学基金项目(21503070)

作者简介(通信作者):汤清虎(1970—),男,河南新野人,河南师范大学教授,博士,主要从事绿色化工与催化研究,
E-mail:qinghutang@163.com.

HNO₃.将混合液在 100 ℃回流反应 24 h 后过滤、洗涤,所得固体在120 ℃干燥后于 400 ℃煅烧 5 h,即制得 OMS-2 载体,标记为 R-OMS-2.

(3)水热法:称取 3.22 g KMnO₄ 加入 100 mL 去离子水配置溶液 A,再取 4.96 g MnSO₄ · H₂O 加入40 mL去离子水配制溶液 B.在剧烈搅拌下,将溶液 A 与溶液 B 混合.搅拌均匀后,转移至带聚四氟乙烯内衬的不锈钢反应釜中,160 ℃水热反应 24 h,所得沉淀经过滤、洗涤后,放入 120 ℃烘箱中干燥过夜,再在400 ℃煅烧 5 h,即得 OMS-2 载体,标记为 H-OMS-2.

1.1.2 CuO/OMS-2 的制备

分别以 S-OMS-2、R-OMS-2 和 H-OMS-2 为载体,以 Cu(Ac)₂ · H₂O 为铜源,采用湿法浸渍法制备催化剂,CuO 负载量为 10.0 % (质量分数).具体步骤:称取 0.28 g Cu(Ac)₂ · H₂O 溶于 10 mL 去离子水中,加入 1.0 g OMS-2 载体,搅拌 30 min 后放置 24 h,将混合物在 70~80 ℃水浴中蒸干,然后放入 120 ℃烘箱中干燥 6 h,将所得固体充分研磨后于 400 ℃煅烧 3 h,即制得 CuO/OMS-2 催化剂.

1.2 催化剂的表征

催化剂的比表面积(BET)测定在美国 Micromeritics 公司 ASAP 2020 型吸附仪上进行,以氮气为吸附质,在-196 ℃下测定.采用德国 Bruker-axs 公司 D8 ADVANCE 型 X 射线衍射仪(XRD)测定样品的晶相结构,Cu Kα(λ=0.150 64 nm) 射线源,管电压 40 kV,管电流 40 mA,扫描范围 2θ=10°~80°.使用日本 JEOL 公司 JEM-2100 型透射电子显微镜(TEM)表征载体及其负载 CuO 催化剂的形貌特征.催化剂表面元素测定在美国 Thermo Fisher Scientific 公司 ESCABAL 250Xi 型能谱仪(XPS)上进行,以 C 1s (284.8 eV)为基准校正结合能.程序升温还原(H₂-TPR)实验在自制的流动系统中进行,氢氩混合气(体积组成为:5% H₂+95% Ar)总流量 30 mL/min,升温速率 10 ℃/min,使用热导检测器检测氢气消耗的信号.

1.3 催化剂活性测定

使用常压石英管反应器(id:9 mm)评价催化剂在 CO 氧化反应中的催化活性,催化剂用量 100 mg(40~60 目),通入体积组成为 20% O₂ 与 80%N₂ 的氧氮混合气,在 250 ℃下活化处理 1 h,当反应管的温度降到 25 ℃以下时,通入体积组成为 1% CO、20% O₂ 与 79% N₂ 的混合气,在空速 30 000 mL/(g · h)下进行反应,采用 GC-9160 型气相色谱仪(上海欧华分析仪器公司)在线分析反应后的气体.

2 结果与讨论

2.1 不同载体的结构表征

图 1 为 OMS-2 和 CuO/OMS-2 的 N₂ 吸附-脱附等温线.所有样品均在 P/P₀<0.05 低压处,呈现明显的 N₂ 吸附行为,表明样品中存在微孔;在 P/P₀>0.5 高压处,呈现 H3 型滞后环,表明样品中存在介孔.表 1 为 OMS-2 载体及负载 CuO 催化剂的比表面积和孔结构参数.可见,制备方法对 OMS-2 载体的比表面积和孔体积有较大影响,固相法制备 S-OMS-2 的表面积最大(约 120 m² · g⁻¹),明显大于回流法的 R-OMS-2 和水热法的 H-OMS-2.另外,固相法制备 S-OMS-2 的孔体积也较大(约 0.42 cm³ · g⁻¹).负载 CuO 后,OMS-2 的孔径基本保持不变,但比表面积和孔体积均有所减小,这可能与活性组分在 OMS-2 孔道中的负载有关^[12].

2.2 XRD 和 TEM 结果

由图 2 可见,所制备的 OMS-2 均在 2θ=12.6°、17.9°、28.7°、37.5°、42.0°、50.1°和 60.1°处出现 MnO₂ 四方晶型结构的衍射峰(JCPDS 29-1020),表明制备的 OMS-2 具有结晶良好的八面体[MnO₆]孔道结构^[6].固相法制备 S-OMS-2 的 XRD 特征峰较宽、强度较弱,说明固相法 S-OMS-2 的结晶度较小,而其他方法制备 OMS-2 的结晶度相对较高.负载 Cu 后,OMS-2 衍射峰的强度有所降低,但仍能看到归属于锰氧八面体孔道结构的特征峰,表明 CuO/OMS-2 能保持 OMS-2 的晶型结构,负载 Cu 并未影响 OMS-2 的结构.CuO/H-OMS-2 在 2θ=35.5°和 38.7°处呈现对应 CuO 的(002)和(111)晶面衍射峰,而 CuO/S-OMS-2 和 Cu/R-OMS-2 对应 CuO 的衍射峰却很弱,表明 CuO 颗粒很小,是高分散在 OMS-2 表面上的.OMS-2 载体上 CuO 颗粒大小差异可能是由于不同方法制备 OMS-2 的比表面积和孔体积不同所引起的.固相法 S-OMS-2 的比表面积和孔体积较大,有利于活性组分 CuO 的负载和分散^[11],故负载 CuO 的颗粒较小、分散度较高.

图 3 为 OMS-2 载体及负载催化剂的 TEM 图.固相法 S-OMS-2 为棒状结构,直径约为 5 nm,长度在30~50 nm之间.R-OMS-2 和 H-OMS-2 为针状或纤维状形貌,但两者的长度存在明显差异,R-OMS-2 的长度约为 300~400 nm,而 H-OMS-2 的长度约为 400~600 nm.负载 CuO 后,OMS-2 的形貌特征没有明显变化,这与 XRD 表征相吻合,表明负载 CuO 不影响 OMS-2 的结构.

2.3 XPS 结果

从表 2 看出, CuO/S-OMS-2 和 CuO/R-OMS-2 的表面 Cu 含量以及 Cu/Mn 比接近,表明负载 CuO 在 OMS-2 表面上的分散程度类似.与前两个样品相比,Cu/H-OMS-2 表面 Cu 所占的比例以及 Cu/Mn 比均有较大幅度增加,表明负载的 CuO 在 OMS-2 表面富集.

表 1 OMS-2 和 CuO/OMS-2 的孔结构参数

样品	比表面积/($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	孔体积/($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	孔径/nm
S-OMS-2	121	0.42	15
R-OMS-2	86	0.43	20
H-OMS-2	59	0.16	12
CuO/S-OMS-2	91	0.35	16
CuO/R-OMS-2	76	0.37	19
CuO/H-OMS-2	40	0.13	12

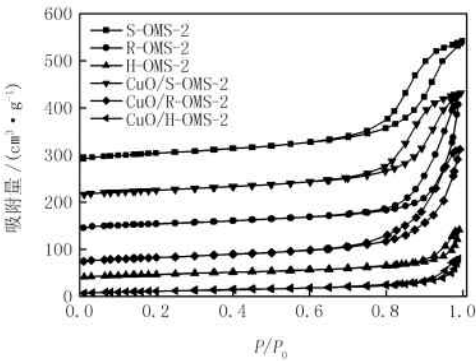
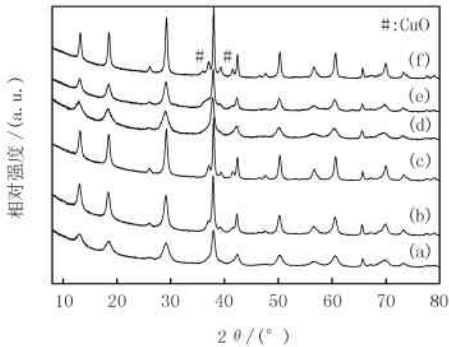


图 1 OMS-2 和 CuO/OMS-2 的 N_2 吸附-脱附等温线



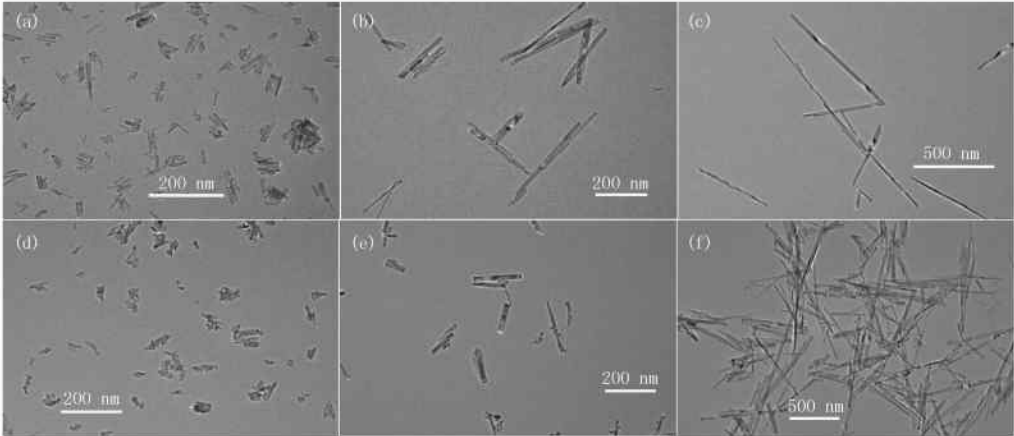
(a) S-OMS-2; (b) R-OMS-2; (c) H-OMS-2; (d) CuO/S-OMS-2; (e) CuO/R-OMS-2; (f) CuO/H-OMS-2.

图 2 OMS-2 和 CuO/OMS-2 的 XRD 图

表 2 CuO/OMS-2 的表面元素组成

样品	C 1s/%	K 2p/%	O 1s/%	Mn 2p/%	Cu 2p/%	Cu/Mn
CuO/S-OMS-2	10.3	2.9	56.1	24.0	6.7	0.27
CuO/R-OMS-2	10.1	2.8	55.3	25.0	6.8	0.28
CuO/H-OMS-2	12.0	2.6	53.7	23.7	8.0	0.35

图 4(A)为 CuO/OMS-2 的 Mn 3s 谱图. Mn 3s 两个谱峰的结合能差(ΔE)均为 4.8 eV 左右,与结晶 MnO_2 ($\Delta E = 4.8 \text{ eV}$)接近,表明 CuO/OMS-2 中 Mn 的平均氧化态接近+4 价.图 4(B)为 CuO/OMS-2 的 Cu 2p 谱图.在 934.5 eV 和 954.2 eV 处可看到归属于 Cu 2p_{3/2} 和 Cu 2p_{1/2} 的主峰,而在高结合能端(944.3 eV 和 962.5 eV)也能看到明显的卫星(shake-up)峰,表明 CuO/OMS-2 表面的 Cu 主要以+2 价形式存在^[13].



(a) S-OMS-2; (b) R-OMS-2; (c) H-OMS-2; (d) CuO/S-OMS-2; (e) CuO/R-OMS-2; (f) CuO/H-OMS-2.

图 3 OMS-2 和 CuO/OMS-2 的 TEM 图

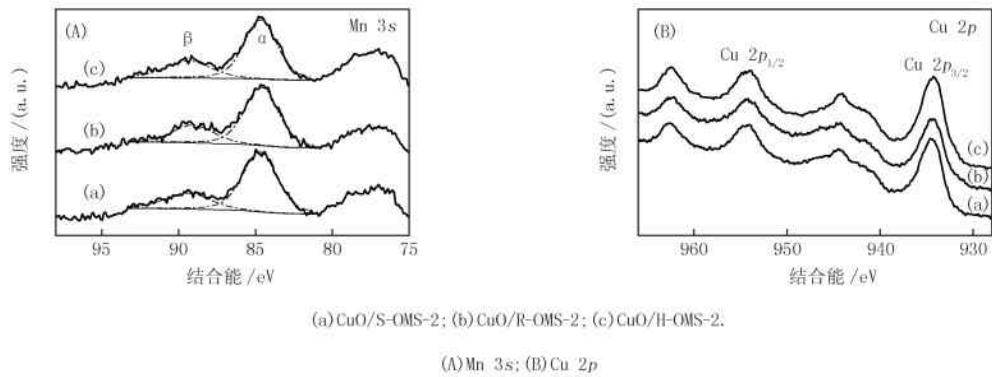


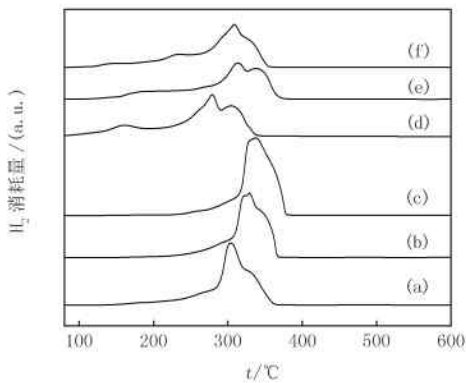
图4 CuO/OMS-2的XPS谱图

2.4 H₂-TPR 结果

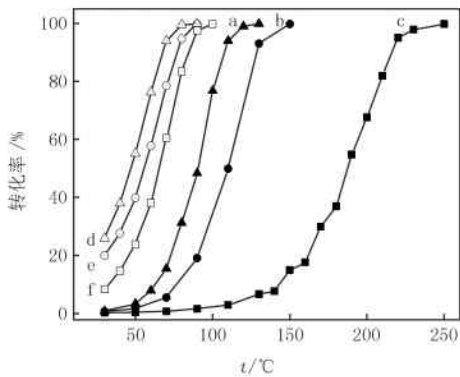
从图 5 看出,所制备的 OMS-2 均在 250~400 °C 范围内呈现出两个典型的还原峰,它们归属于 $\text{MnO}_2/\text{Mn}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Mn}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{MnO}$ 的分步还原^[14].负载 CuO 后,归属于 OMS-2 的特征还原峰明显变宽并移向低温方向,说明负载的 CuO 借助氢溢流效应促使锰氧化物发生了还原^[15].我们注意到,在 130~300 °C 范围内还有 2 个较弱的还原峰.170 °C 左右出现的还原峰归属于与锰氧化物有强烈相互作用的高分散 CuO 的还原,而 250 °C 左右的还原峰则归属于与锰氧化物相互作用较弱的较大颗粒 CuO 的还原^[16].CuO/S-OMS-2 和 CuO/R-OMS-2 中 CuO 的还原以 170 °C 左右的还原峰为主,而 CuO/H-OMS-2 中的 CuO 则以 250 °C 左右的还原峰为主.这与 XRD 和 XPS 表征相吻合,表明 CuO/S-OMS-2 和 CuO/R-OMS-2 中 CuO 颗粒很小,是高分散在 OMS-2 表面上的,而 CuO/H-OMS-2 则呈现 CuO 在 OMS-2 表面明显富集现象.

2.5 CuO/OMS-2 催化 CO 氧化反应性能

图 6 为 OMS-2 载体及其负载 CuO 催化剂上的 CO 氧化反应性能.未掺杂 OMS-2 的 CO 氧化活性较低, T_{100} (CO 完全转化温度)均在 130 °C 以上.掺杂 Cu 后,催化活性显著提高, T_{100} 降至 100 °C 以下 (CuO/S-OMS-2、CuO/R-OMS-2 和 CuO/H-OMS-2 分别为 70、80 和 90 °C).从 BET 和 H₂-TPR 结果看出,尽管负载 CuO 会使催化剂的比表面积和孔体积有所降低,但却能显著改善催化剂的氧化还原能力.Xia 等^[17]认为,Cu²⁺ 掺杂 OMS-2 后能在催化剂中形成 Cu-O-Mn 桥键,电子能沿着 Cu-O-Mn 桥键快速迁移,从而显著改善了催化剂的氧化还原性能并显著提高了催化剂活性.进一步分析表明,OMS-2 载体的制备方法对其负载 Cu 催化剂上的 CO 氧化反应性能有较大影响.其中,CuO/S-OMS-2 具有最高的催化活性.从 TEM 和 BET 结果看出,固相法 S-OMS-2 为纳米棒状结构且具有较大的比表面积,能够形成较多的表面缺陷位和酸性位,显著改善了催化剂对 CO 和 O₂ 的化学吸附.Hernández 等^[10]报道,CO 氧化反应主要是在 Cu-O-Mn 界面发生的.XPS 和 H₂-TPR 结果显示,负载在 S-OMS-2 上 Cu 主要以小颗粒或高分散 CuO 形式存在,CuO/S-OMS-2 较大的比表面积及高度分散的 CuO 能为 CO 氧化反应的进行提供更多的 Cu-O-Mn 界面,故 CuO/S-OMS-2 催化剂具有较高的 CO 氧化反应活性.



(a) S-OMS-2; (b) R-OMS-2; (c) H-OMS-2; (d) CuO/S-OMS-2; (e) CuO/R-OMS-2; (f) CuO/H-OMS-2.



(a) S-OMS-2; (b) R-OMS-2; (c) H-OMS-2; (d) CuO/S-OMS-2; (e) CuO/R-OMS-2; (f) CuO/H-OMS-2.

图5 OMS-2 和 CuO/OMS-2 的 TPR 图

图6 CO 催化氧化反应活性

3 结 论

制备方法对 OMS-2 的结构和形貌影响较大,固相法 S-OMS-2 为纳米棒状形貌、结晶度低、比表面积大、有利于活性组分的负载和分散,而回流法 R-OMS-2 和水热法 H-OMS-2 为针状或纤维状形貌、结晶度高、比表面积小.OMS-2 制备方法对其负载 Cu 催化剂 CO 氧化反应影响较大,CuO/S-OMS-2 具有最高的催化活性,这可能是因为 CuO/S-OMS-2 较大的比面积、较多的晶格缺陷以及高分散的 CuO 提供了更多有利于 CO 氧化反应的 Cu-O-Mn 界面.

参 考 文 献

- [1] Royer S,Duprez D.Catalytic oxidation of CO over transition metal oxides[J].ChemCatChem,2011,3(1):24-65.
- [2] Min B K,Friend C M.Heterogeneous gold-based catalysis for green chemistry:low-temperature CO oxidation and propene oxidation[J].Chem Rev,2007,107(6):2709-2724.
- [3] Hernández W Y,Alic F,Navarro-Jaen S,et al.Structural and catalytic properties of Au/MgO-type catalysts prepared in aqueous or methanol phase:application in the CO oxidation reaction[J].J Mater Sci,2017,52(8):4727-4741.
- [4] Fonseca J,Royer S,Bion N,et al.Preferential CO oxidation over nanosized gold catalysts supported on ceria and amorphous ceria-alumina[J].Appl Catal B Environ,2012,128:10-20.
- [5] Bastakoti B P,Torad N L,Yamauchi Y.Polymeric micelle assembly for the direct synthesis of platinum-decorated mesoporous TiO₂ toward highly selective sensing of acetaldehyde[J].ACS Appl Mater Interfaces,2014,6(2):854-860.
- [6] Chen J,Li J,Li H,et al.Facile synthesis of Ag-OMS-2 nanorods and their catalytic applications in CO oxidation[J].Micropor Mesopor Mater,2008,116(1/3):586-592.
- [7] Sun H,Chen S,Wang P,et al.Catalytic oxidation of toluene over manganese oxide octahedral molecular sieves (OMS-2) synthesized by different methods[J].Chem Eng J,2011,178(1):191-196.
- [8] Sun M,Yu L,Ye F,et al.Transition metal doped cryptomelane-type manganese oxide for low-temperature catalytic combustion of dimethyl ethers[J].Chem Eng J,2013,220 (12):320-327.
- [9] Chen X,Shen Y F,Suib S L,et al.Characterization of manganese oxide octahedral molecular sieve (M-OMS-2) materials with different metal cation dopants[J].Chem Mater,2002,14(2):940-948.
- [10] Hernández W Y,Centeno M A,Ivanova S,et al.Cu-modified cryptomelane oxide as active catalyst for CO oxidation reactions[J].Appl Catal B Environ,2012,123/124(14):27-35.
- [11] Liu X S,Jin Z N,Lu J Q,et al.Highly active CuO/OMS-2 catalysts for low-temperature CO oxidation[J].Chem Eng J,2010,162(1):151-157.
- [12] 赵海霞,叶青,张玉,等.氧化锰八面体分子筛负载 Cu 催化剂催化氧化性能研究[J].环境污染与防治,2014,36(4):33-37.
- [13] Moretti E,Infantes Molina A,Sponchia G,et al.Low-temperature carbon monoxide oxidation over zirconia- supported CuO-CeO₂ catalysts:Effect of zirconia support properties[J].Appl Surf Sci,2017,403:612-622.
- [14] Xu R,Wang X,Wang D S,et al.Surface structure effects in nanocrystal MnO₂ and Ag/MnO₂ catalytic oxidation of CO[J].J Catal,2006,237(2):426-430.
- [15] Morales M R,Barbero B P,Cadus L E,et al.Evaluation and characterization of Mn-Cu mixed oxide catalysts for ethanol total oxidation: Influence of copper content[J].Fuel,2008,87(7):1177-1186.
- [16] Luo M F,Song Y P,Lu J Q,et al.Identification of CuO species in high surface area CuO-CeO₂ catalysts and their catalytic activities for CO oxidation[J].J Phy Chem C,2007,111(34):12686-12692.
- [17] Xia G G,Yin Y G,Willis W S,et al.Efficient stable catalyst for low temperature carbon monoxide oxidation[J].J Catal,1999,185(1):91-105.

[18] Hui K S,Chao C Y H,Kot S C,Removal of mixed heavy metal ions in waste water by zeolite 4A and residual products from recycled coal fly ash[J].Journal of Hazardous Materials,2005,127B(1-3):89-101.

[19] 相波,李义久,吸附等温式在重金属吸附性能研究中的应用[J].有色金属,2007,59(1):77-80.

[20] Behera S K, Kim J H, Guo X, et al. Adsorption equilibrium and kinetics of polyvinyl alcohol from aqueous solution on powdered activated carbon[J]. Journal of Hazardous Materials, 2008, 153(3): 1207-1214.

Fly ash adsorption efficiency of lead ions under different environmental conditions

Zheng Mandi^{1,2}, Xiong Heigang³, Yi Yuanrong¹

(1.College of Resource and Environment Science,Xinjiang University,Urumqi 830046,China;
2.Key laboratory of oasis ecology of ministry of education,Urumqi 830046,China;
3.College of Art and Science,Beijing Union University,Beijing 100083,China)

Abstract: Taking advantage of lead nitrate reagent simulated as wastewater containing lead ion, this used fly ash as the adsorption material.The purpose of this study is evaluating the influence of efficiency of lead ion absorption about five factors, such as adsorption time, pH, temperature, ash content and ion concentration, and fitting out the best adsorption model under different conditions. The result of single factor analysis showed that the efficiency of adsorption was the best in the experimental condition of 90 min adsorption time, pH=6.0, 50 ℃, 5.0 g fly ash or 30 mg/L ion concentration, which was more than 98%. The best fly ash adsorption equation was modeled by adsorption time, pH, ash content as quadratic polynomial, and regression coefficient R^2 were all more than 0.83. The highest precision of temperature equation was using the form of cubic polynomial, regression coefficient R^2 was 0.86; and the equation of ion concentration fit in logarithmic form was the best and the value of R^2 was 0.93. In the experiment, the value of R^2 of the Langmuir model was more than Freundlich model of 0.602, so the Langmuir monolayer adsorption model was more suitable for process of absorbing lead ion.

Keywords: fly ash; the adsorption rate; lead; adsorption equation

[责任编辑 赵晓华]

(上接第 59 页)

Effect of OMS-2 support preparation technique on CO oxidation of Cu/OMS-2 catalysts

Tang Qinghu, Wang Xiaopei, Xie Xiaopei, Zhao Peizheng

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: OMS-2 supports were synthesized by three different methods, and a series of CuO/OMS-2 catalysts with CuO loading of 10.0 t%(mass fraction) were synthesized by the impregnation method.The synthesized catalysts were characterized by X-ray diffraction, N₂ adsorption, transmission electron microscopy, X-ray photoelectron spectroscopy and H₂-temperature programmed reduction and their catalytic activities for CO oxidation were evaluated on a continuous flow fixed-bed reactor.It was found that the S-OMS-2 synthesized by the solid phase method with nanorod morphology has a lower crystallinity but a larger specific surface area, whereas, the OMS-2 by the refluxing method or the hydrothermal method with needle-like or fibrous morphology shows a higher crystallinity but a lower specific surface area. The synthesized method for OMS-2 has a great effect on the catalytic activity of CuO/OMS-2. The CuO/S-OMS-2 catalyst exhibited the highest catalytic activity for CO oxidation. The superior catalytic activity observed on CuO/S-OMS-2 is probably associated to its larger surface area, more lattice defects as well as highly dispersed CuO species, which can provide more Cu-O-Mn interfaces for CO oxidation.

Keywords: OMS-2; Cu; CO; catalytic oxidation; supported catalyst

[责任编辑 赵晓华]