

柠檬酸改性对掺 Ba 纳米 MgO 及其负载的 Ru 氨合成 催化剂性能的影响

霍超, 夏庆华, 潘美华, 杨霞珍, 骆燕, 刘化章

浙江工业大学化学工程与材料学院, 浙江杭州 310032

摘要: 采用超声-静电吸附法制备了一系列经柠檬酸改性的掺 Ba 纳米 MgO 及其负载的氨合成 Ru 催化剂. 并采用场发射扫描电镜、X 射线粉末衍射、N₂ 物理吸附-脱附、电感耦合等离子体发射光谱及红外光谱等手段对样品进行了表征. 结果表明, 适量添加柠檬酸可有效调控 Ba 的掺杂量, 从而使 Ba-MgO 结构与化学性质发生变化, 其表面性能得到极大改善, 最终导致相应 Ru/Ba-MgO 催化剂氨合成的低温活性显著提高. 在 10 MPa, 400 °C, 10 000 h⁻¹ 的条件下, 柠檬酸浓度为 2.0 mmol/L 时制得的 Ru/Ba-MgO 催化剂出口氨生成速率达 63.2 mmol/(g·h), 较未经柠檬酸改性的 Ru/Ba-MgO 催化剂活性提高了 21%.

关键词: 柠檬酸; 改性; 掺钡; 纳米氧化镁; 钌; 氨合成; 超声制备

中图分类号: O643 文献标识码: A

Effects of Citric Acid Modification on the Performance of Nano-Ba-MgO Support and Its Ru-Based Catalysts for Ammonia Synthesis

HUO Chao*, XIA Qinhua, PAN Meihua, YANG Xiazhen, LUO Yan, LIU Huazhang

College of Chemical Engineering and Materials Science, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, Zhejiang, China

Abstract: A series of citric acid-modified Ba-MgO supports (Ba-MgO(CA)) were prepared by ultrasound electrostatic adsorption (UEA), and the corresponding Ru catalysts for ammonia synthesis were then prepared by the impregnation method. Their physical and chemical properties were characterized by scanning electronic microscopy, X-ray diffraction, nitrogen physical adsorption, inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, and infrared spectroscopy. The results showed that the introduction of citric acid during the preparation of the support changed not only the chemical and textural properties of the nano-Ba-MgO support but also the doping amount of Ba in the Ba-MgO(CA) support. When the concentration of citric acid was 2.0 mmol/L, the Ru/Ba-MgO(CA) catalyst exhibited the highest catalytic activity for ammonia synthesis with a reaction rate of 63.20 mmol/(g·h) at 400 °C, 10 MPa, and 10 000 h⁻¹, which is 21% higher than that of unmodified Ru/Ba-MgO.

Key words: citric acid; modification; barium doping; nano-magnesia; ruthenium; ammonia synthesis; ultrasonic preparation

Ru 基催化剂因在低温低压下具有高活性而被认为是继熔铁催化剂以来的第二代氨合成催化剂, 是当今国内外学者研究的热点之一^[1]. 目前, 用于负载 Ru 的载体包括活性炭^[2]、MgO^[3]、Al₂O₃^[4]和钨酸钡^[5]等. 其中 MgO 具有机械强度高、稳定性好和碱性高等优点, 被认为是最具开发潜力的载体之一^[3,6]. 但是, 用传统浸渍法制备的 Ba-Ru/MgO 氨合成活性都不高^[6], 主要原因是活性组分 Ru 的分散度较低.

为了克服传统浸渍法的这一弊病, 本课题组^[7,8]曾利用超声-静电吸附法 (UEA) 成功地制备了高活性的 Ru/Ba-MgO 催化剂. 结果表明, Ba 在 MgO 中的掺杂量及其掺杂形式既是影响催化剂性能的关键因素, 又与所制得载体的表面性能关系密切.

研究表明^[9,10], 柠檬酸等有机分子作为金属及氧化物胶体粒子的稳定剂, 极易吸附在胶体粒子表面, 可以有效地改变胶体的带电性及带电量, 提高胶

收稿日期: 2010-10-04. 接收日期: 2010-11-02.

联系人: 霍超. Tel/Fax: (0571)88320815; E-mail: chaohc@zjut.edu.cn

基金来源: 国家自然科学基金 (20203016); 浙江省自然科学基金 (Y406294).

体粒子之间的静电及空间排斥力,从而极大地改善纳米粒子的表面性能及团聚情况.因此,本文采用 UEA 法制备载体的同时,尝试添加柠檬酸进行改性修饰,考察其对载体表面性能的影响以及 MgO 中 Ba 掺杂量的调控能力,旨在更大幅度地提高 Ru/Ba-MgO 催化剂的低温氨合成活性.

1 实验部分

1.1 催化剂的制备

将一定量的 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (AR, 上海泗联化工厂) 和 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ (AR, 上海化工高等专科学校实验工厂) 分别与不同摩尔比例的柠檬酸混合溶解在蒸馏水中,按化学计量比加入氨水 (NH_3 浓度为 25%, 杭州长征化工厂),同时施以超声作用 50 min (宁波科生仪器厂, 超声频率 25 kHz, 功率 300 W). 待反应完成后,将反应液静置老化 24 h,再经抽滤、乙醇洗涤后,将得到的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 在 110 °C 干燥 12 h, 600 °C 焙烧 5 h, 即得一系列不同柠檬酸用量改性的 Ba-MgO 样品,球磨筛分后备用.

采用浸渍法制备 Ru/Ba-MgO 催化剂. $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 的合成参见文献[11]. 将制得的 Ba-MgO 载体用一定量的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 四氢呋喃 (AR, 浙江杭州双林化工试剂厂) 溶液等体积浸渍 12 h. 水浴蒸干溶剂后,于 60 °C 烘干,再在 450 °C 真空分解后用 H_2 还原,经压片、破碎、筛分后,即得 Ru/Ba-MgO 催化剂, Ru 负载量为 2%.

1.2 催化剂的表征

Ba-MgO 样品表面形貌在 Hitachi S-4700(II) 型场发射扫描电镜 (FE-SEM) 上观察,加速电压为 15 kV. 催化剂的物相结构采用 Thermo ARL SCINTAG X'TRA 型 X 射线衍射仪 (XRD) 进行表征, $\text{Cu K}\alpha$ 辐射, 固体探测器, 电压 45 kV, 电流 40 mA, 扫描速率 5°/min, 扫描范围 $2\theta = 10^\circ \sim 80^\circ$. 催化剂比表面积及孔容在 Quantachrome NOVA-1000e 型物理吸附仪上测定,称取一定量样品经 250 °C 真空脱气处理 3 h 后,在液 N_2 温度下进行 N_2 吸附-脱附测定.

将载体和催化剂用 HNO_3 溶解配制成一定浓度的溶液,在 ICP-AES 仪器上测定其 Ba, Mg 及 Ru 含量. 红外吸收光谱 (FT-IR) 实验在 Nicolet Nexus 型红外光谱仪上进行, MCT 检测器, 扫描次数 64, 分辨率 2 cm^{-1} , 样品分别与 KBr 混合后压片用于测定.

1.3 催化剂的评价

氨合成反应在内径为 14 mm 的不锈钢连续流动反应器上进行. 取 2 ml 催化剂 (14~20 目) 置于反应器等温区,用 75% H_2 -25% N_2 混合气对催化剂进行还原活化,在 10 MPa, $10\,000 \text{ h}^{-1}$ 和 375~450 °C 条件下,测定反应器出口气体中的 NH_3 浓度,由此计算出氨生成速率 r ($\text{mmol}/(\text{g}\cdot\text{h})$),作为催化剂活性评价的依据.

2 结果与讨论

2.1 柠檬酸改性对 Ba-MgO 载体表面织构的影响

图 1 为经不同浓度柠檬酸改性后的 Ba-MgO 样品前驱体的 XRD 谱. 由图可见,各样品的主要特征衍射峰位置十分相似,其中 Mg 以 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的形式存在, Ba 则主要以 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 的形式存在. 随着柠檬酸浓度的增加,载体中 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 的衍射峰先变弱,后变强. 同时还出现了柠檬酸钡 $\text{Ba}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$ 的衍射峰. 经 2 mmol/L 柠檬酸改性的载体前驱体,经不同温度焙烧后所得载体的 XRD 谱见图 2. 由图可见,随着焙烧温度的升高,载体前驱体中 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 逐渐向 MgO 转变,而 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 和 $\text{Ba}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$ 逐渐向 BaCO_3 的形式转变. 这是因为载体中的 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 及 $\text{Ba}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$ 在高温焙烧时均会分解为 BaO , 并再吸收了空气中的 CO_2 形成 BaCO_3 .

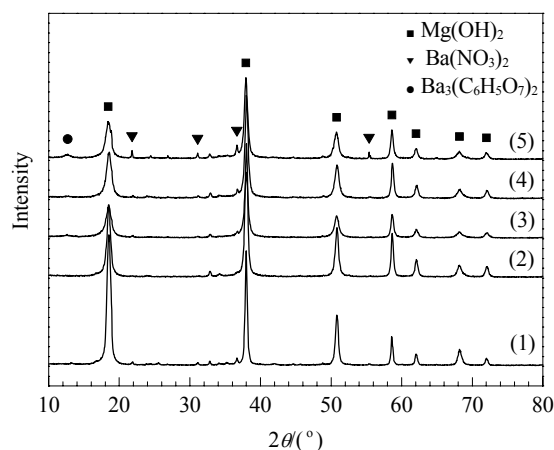


图 1 添加不同柠檬酸浓度的 Ba-MgO 前驱体的 XRD 谱
Fig. 1. XRD patterns of Ba-MgO precursors modified with different concentration of citric acid (CA). (1) 0 mmol/L; (2) 1.0 mmol/L; (3) 2.0 mmol/L; (4) 3.0 mmol/L; (5) 4.0 mmol/L.

表 1 为添加不同柠檬酸浓度所制 Ba-MgO 样品的织构性质. 由表可见,随着柠檬酸浓度的增加,载

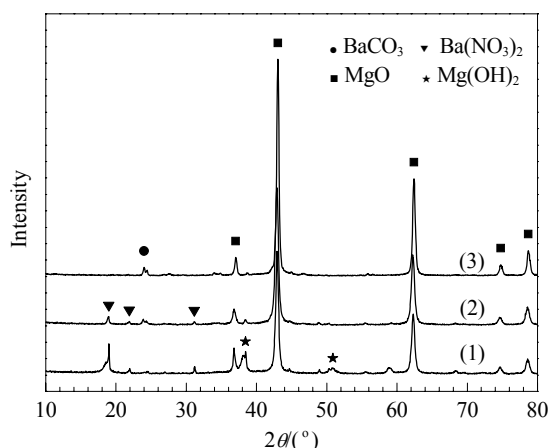


图2 经不同温度焙烧的Ba-MgO的XRD谱

Fig. 2. XRD patterns of Ba-MgO samples with 2 mmol/L citric acid calcined at different temperatures. (1) 450 °C; (2) 500 °C; (3) 600 °C.

表1 Ba-MgO与Ba-MgO(CA)的表面结构

Table 1 Textural parameters of Ba-MgO and Ba-MgO (CA)

Citric acid concentration (mmol/L)	A_{BET} (m^2/g)	Pore volume (cm^3/g)	Pore size (nm)
0	44.7	0.16	14.7
1	47.7	0.24	20.1
2	52.2	0.38	29.2
3	58.2	0.29	25.4
4	44.0	0.17	15.3
7	36.2	0.23	26.3

体比表面积和孔容先增大后减小, 孔径也发生了相应的变化. 这与文献[9]结果类似.

2.2 FE-SEM 结果

图3为各Ba-MgO样品的SEM照片. 由图可

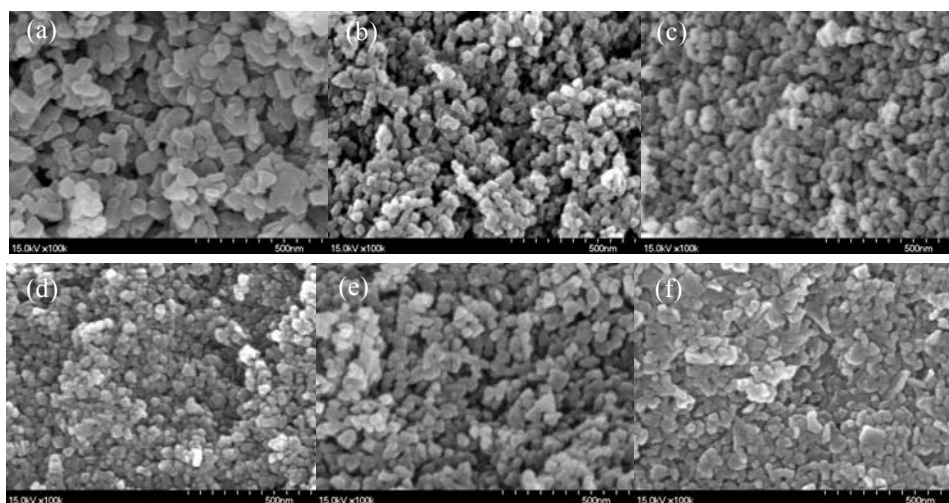


图3 Ba-MgO和柠檬酸改性的Ba-MgO载体的FE-SEM照片

Fig. 3. FE-SEM images of the Ba-MgO supports modified with different concentration of citric acid. (a) 0 mmol/L; (b) 1 mmol/L; (c) 2 mmol/L; (d) 3 mmol/L; (e) 4 mmol/L; (f) 5 mmol/L.

见, 各样品均为纳米级颗粒, 但适量柠檬酸的添加使得样品初级粒子明显细化 (见图3(b)~(d)), 这与表1结果一致. 另外, 经柠檬酸修饰的Ba-MgO颗粒趋于规则的球形, 且分布较为均匀, 团聚变少. 这是因为适量柠檬酸的添加可使得Ba-MgO颗粒的表面极性减弱, 表面能降低, 从而使颗粒处于较为稳定的状态, 颗粒间的团聚现象随之减少. 但柠檬酸的过量添加将会导致颗粒重新团聚且呈片状 (见图3(e), (f)), 这可能是由于Ba的架桥作用引起的^[12].

2.3 柠檬酸改性对Ba-MgO中Ba掺杂量的影响

图4为柠檬酸添加量对MgO中Ba掺杂量的影响. 由图可见, MgO中Ba的掺杂量随柠檬酸添加浓度的增加呈先减少后增加的趋势. 结合胶体化学知识^[13], 上述现象是由胶体的带电性、带电量(主

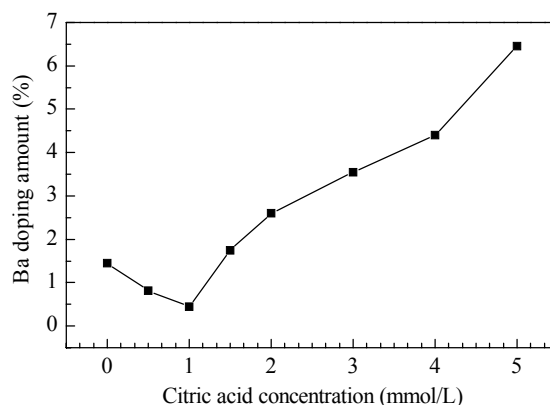


图4 不同柠檬酸浓度对MgO中Ba掺入量的影响

Fig. 4. Effects of citric acid concentration on the amount of Ba doped in MgO.

要受溶液 pH、离子的强度及反离子等因素影响) 及柠檬酸本身特有的物理化学性质所引起的, 即物理吸附及化学吸附作用对 Ba 的掺杂量起着决定性的影响. 可见, 柠檬酸添加量可用于调控 MgO 中 Ba 的掺杂量.

2.4 柠檬酸修饰的作用机理

由 Mg 和 Ba 溶度积 ($K_{sp} = 10^{-12}, 10^{-4}$) 与氨水的解离常数 ($\text{NH}_4\text{OH}: K_b = 1.7 \times 10^{-5}$) 可知, Ba 在反应溶液中会以 Ba^{2+} 或 $\text{Ba}(\text{OH})^+$ 的形式存在. 而柠檬酸的各级解离常数分别为 $\text{p}K_{a1} = 3.11, \text{p}K_{a2} = 4.77, \text{p}K_{a3} = 6.40$, 所以当溶液呈微酸性时, 柠檬酸主要以 HA^{2-} 及 HA^- 的形式存在, 此时柠檬酸可与 Mg 络合^[14]. 在实验过程中随着氨水的迅速加入, 溶液 pH 值升高, 溶液中游离的 Mg^{2+} 与 OH^- 反应即生成了 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 晶核. 随着溶液中 Mg^{2+} 的不断消耗, 柠檬酸-镁络合物将逐渐解离为柠檬酸根离子与 Mg 离子, 从而促进了 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 晶核的均匀成长, 所得颗粒均匀性好. 与此同时, 柠檬酸根离子将吸附在 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 颗粒上, 阻止 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的进一步增长. 包覆 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的柠檬酸根越多, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的生长阻力就越大, 相应的颗粒就越小, 这可由 Ba-MgO 的 SEM 照片和组织性质得到证实.

另一方面, 在水溶液中胶体具有不同的带电性

及带电量, 且对金属离子具有不同的吸附机理. 由于 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 胶体在水溶液中的等电点为 $\text{pH} = 12$ ^[15], 因此在本实验条件下 (氨水为沉淀剂, 反应最终 $\text{pH} = 10$ 左右), $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 胶体将带正电. 当不添加柠檬酸时, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 表面极易先吸附一层 NO_3^- , 随后吸附少量的 Ba^{2+} (见图 5(a))^[7]; 当添加柠檬酸时, 由于柠檬酸根为三价阴离子, 极易与 NO_3^- 产生竞争吸附, 从而改变胶体的带电性与带电量, 最终影响了 Ba^{2+} 的吸附量. 当柠檬酸浓度较低时 (低于 1 mmol/L), 三个羧基头极易同时吸附在 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 表面上, 此时化学吸附的 Ba^{2+} 极少, 同时对 NO_3^- 的吸附位也随之减少, 导致物理吸附的 Ba^{2+} 量减少 (见图 5(b)); 随着柠檬酸根量的增加 (1~3 mmol/L), 它在 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 表面上的竞争吸附将导致三个羧基头在颗粒表面与溶液中重新分配, 最终使得溶液中羧基头与 Ba^{2+} 结合, 即发生化学吸附 Ba^{2+} . 此外, 由于柠檬酸根的离子半径比 NO_3^- 的大, 将使紧密层 (stern 层) 厚度扩大, 导致物理吸附的 Ba^{2+} 也同时增加. 这样, 物理吸附与化学吸附的共同作用使得 Ba^{2+} 的吸附量增多 (见图 5(c), (d)); 而随着柠檬酸根的继续增加 (过量), 吸附在颗粒表面过量的柠檬酸根则会因为 Ba 的架桥作用^[12], 使颗粒之间重新团聚, 且为多层吸附.

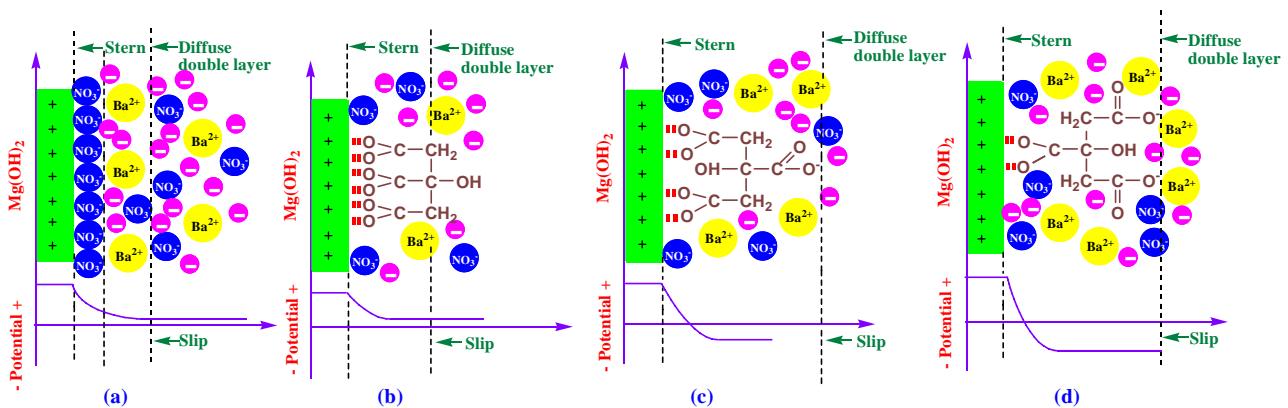


图 5 不同柠檬酸量改性 Ba-MgO 前驱体的相互作用

Fig. 5. Schematic presentation of the interaction of citric acid-modified Ba-MgO precursors. (a) No addition of CA; (b) Small addition of CA; (c) Appropriate addition of CA; (d) Excessive addition of CA.

图 6 是经不同用量的柠檬酸改性后的 Ba-Mg(OH)₂ 的 FT-IR 谱. 由图可见, 未经柠檬酸改性的 Ba-Mg(OH)₂ 在 3 650, 3 420, 1 480 和 700~800 cm⁻¹ 处存在特征吸收峰. 其中 3 650 cm⁻¹ 的宽吸收

峰对应于 H-O 键的对称伸缩振动和不对称伸缩振动, 它可归因于 Ba-MgO 表面的羟基和吸附水的存在. 1 480 cm⁻¹ 附近有一强吸收峰, 归属于 NO₃⁻ 中 N=O 键的对称伸缩振动, 1 000 cm⁻¹ 以下的峰归属

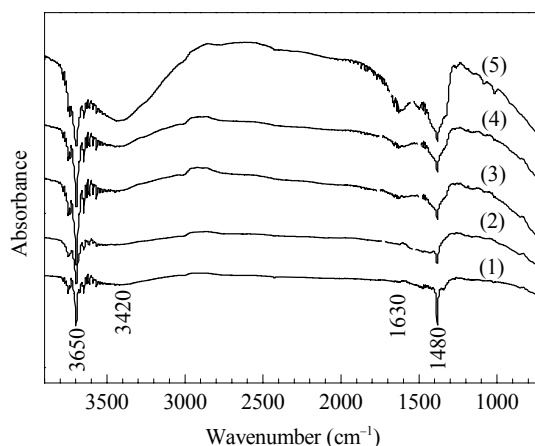


图6 Ba-MgO(CA)前驱体的FT-IR谱

Fig. 6. IR spectra of Ba-MgO(CA) samples modified with different amounts of citric acid. (1) 0 mmol/L; (2) 1.0 mmol/L; (3) 2.0 mmol/L; (4) 3.0 mmol/L; (5) 4.0 mmol/L.

为 Mg-O 及 N=O 的反振动伸缩峰。经柠檬酸改性后, Ba-Mg(OH)₂ 样品在 1 630 cm⁻¹ 处出现新的吸收峰, 可归属为 -COO 中 C=O 键的特征吸收峰^[16]。此外, 3 650 cm⁻¹ 的宽吸收峰是由于柠檬酸分子中的 H-O 键对称伸缩振动和不对称伸缩振动所产生的。据此我们认为, 柠檬酸与 Ba-Mg(OH)₂ 表面羟基发生了类似于有机酸和醇的反应, 形成了 (RCOO)₂Mg 或 (RCOO)₂Ba 难溶盐, 可能的反应为: Mg(OH)_x + yHOOCR + Ba²⁺ = MgBa(OH)_{x-y}[OOCR]_y + yH₂O。其可能的作用过程如下: 首先, 柠檬酸分子从液相主体迁移到 Ba-Mg(OH)₂ 粒子表面, 生成难溶盐前驱体; 然后, 柠檬酸分子和纳米 Ba-Mg(OH)₂ 粒子表面的 Mg²⁺ 离子反应生成难溶盐, 同时液相主体的难溶盐 (RCOO)₂Ba 前驱体迁移到 Mg(OH)₂ 粒子的表面; 最后, 液相主体中的难溶盐在 Ba-Mg(OH)₂ 粒子表面吸附、生长, 把 Ba-Mg(OH)₂ 粒子包覆起来 (参见图 5 的示意图)。

2.5 柠檬酸改性对钉基催化剂活性的影响

图 7 为添加不同柠檬酸量制得的 Ba-MgO 负载的 Ru 催化剂上氨合成活性。可以看出, 随着柠檬酸浓度的增加, 对应的 Ru/Ba-MgO 催化剂在 400 °C 时氨合成活性先降低后增加, 至 2.0 mmol/L 时, 即 Ba/Ru ≈ 1:1 时, 催化剂活性最高, 在 10 MPa, 400 °C, 10 000 h⁻¹ 反应条件下, 出口氨生成速率可达 63.20 mmol/(g·h), 较未经柠檬酸改性的 Ru/Ba-MgO 催化剂活性提高了 21%, 继续增加柠檬酸用量的相

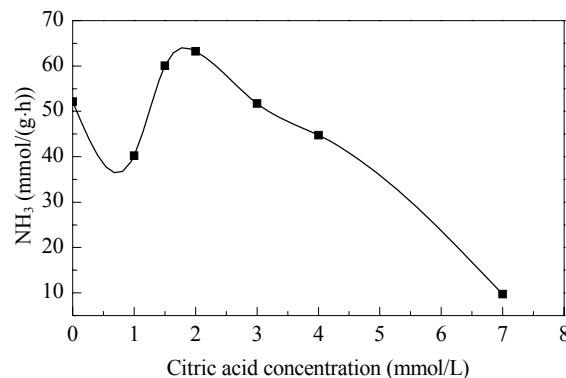


图7 400 °C 时 Ru/Ba-MgO 催化剂氨合成活性随载体制备时柠檬酸浓度的变化

Fig. 7. Rate of export ammonia over Ru/Ba-MgO catalysts with citric acid-modification at 400 °C, 10 MPa, and 10000 h⁻¹.

应催化剂活性开始下降。

3 结论

采用 UEA 法制备掺 Ba 的 MgO 过程中, 适量柠檬酸的添加可有效改变 Mg(OH)₂ 胶体的带电性及带电量, 促使 Ba-MgO(CA) 载体的初级粒子明显细化, 颗粒间的团聚现象减少。同时通过改变柠檬酸的添加浓度可调控 Ba 在 MgO 中的掺杂量, 可明显提高 Ru/Ba-MgO 催化剂的低温合成氨活性。

参 考 文 献

- Liang C H, Wei Zh B, Xin Q, Li C. *Appl Catal A*, 2001, **208**: 193
- Kowalczyk Z, Jodzis S, Rarog W, Zielinski J, Pielaszek J, Presz A. *Appl Catal A*, 1999, **184**: 95
- Wu Sh, Chen J X, Zheng X F, Zeng H Sh, Zheng Ch M, Guan N J. *Chem Commun*, 2003: 2488
- Murata S, Aika K. *J Catal*, 1992, **136**: 118
- 杨晓龙, 夏春谷, 熊绪茂, 慕新元, 胡斌. 催化学报 (Yang X L, Xia Ch G, Xiong X M, Mu X Y, Hu B. *Chin J Catal*), 2010, **31**: 377
- Xu Q C, Lin J D, Fu X Z, Liao D W. *Catal Commun*, 2008, **9**: 1214
- 霍超, 张学辉, 夏庆华, 杨霞珍, 骆燕, 刘化章. 催化学报 (Huo Ch, Zhang X H, Xia Q H, Yang X Zh, Luo Y, Liu H Zh. *Chin J Catal*), 2010, **31**: 360
- 霍超, 夏庆华, 杨霞珍, 骆燕, 刘化章. 催化学报 (Huo Ch, Xia Q H, Yang X Zh, Luo Y, Liu H Zh. *Chin J Catal*), 2009, **30**: 218
- Vega E D, Narda G E, Ferretti F H. *J Colloid Interface Sci*, 2003, **268**: 37
- Lackovic K, Angove M J, Wells J D, Johnson B B. *J Colloid Interface Sci*, 2004, **269**: 37

- 11 霍超, 晏刚, 郑遗凡, 于凤文, 刘化章. 催化学报 (Huo Ch, Yan G, Zheng Y F, Yu F W, Liu H Zh. *Chin J Catal*), 2007, **28**: 484
- 12 Lackovic K, Johnson B B, Angove M J, Wells J D. *J Colloid Interface Sci*, 2003, **267**: 49
- 13 朱步瑶, 赵振国. 界面化学基础. 北京: 化学工业出版社 (Zhu B Y, Zhao Zh G. *The Foundation of Interface Chemistry*. Beijing: Chem Ind Press), 1996. 247
- 14 Kabra K, Chaudhary R, Sawhney R L. *J Hazard Mater*, 2008, **155**: 424
- 15 Larson T E, Buswell A M. *Ind Eng Chem*, 1940, **32**: 132
- 16 章正熙, 华幼卿, 陈建峰, 王玉红. 北京化工大学学报 (Zhang Zh X, Hua Y Q, Chen J F, Wang Y H. *J Beijing Univ Chem Technol (Natur Sci)*), 2002, **29**: 49

第七届全国环境催化与环境材料学术会议

时间: 2011年8月12~15日 地点: 北京昌平

承办单位: 中国石油大学(北京) 协办单位: 北京工业大学 大连理工大学

环境保护在社会与经济可持续发展战略中占有重要的地位. 环境催化是环境保护和绿色化学最重要的科学与技术基础, 也是催化领域发展最为迅速的学科方向之一. 经中国化学会催化专业委员会批准, 第七届全国环境催化与环境材料学术会议由中国石油大学(北京)承办, 北京工业大学和大连理工大学协办, 拟定于2011年8月12~15日在北京的后花园——北京昌平召开. 本届会议将充分展示和交流近年来我国广大科技工作者在环境催化与环境材料领域所取得的新成果、新进展, 为同行专家和产、学、研单位间提供相互交流、切磋学习与深入讨论的机会, 促进相互了解与合作. 现面向全国从事环境催化与环境材料研究的同行和相关领域的企业征集会议论文或技术展示.

一、征文范围

气态污染物的催化消除; 温室气体减排技术; 废水/污水催化净化; 清洁能源中的催化脱硫、脱氮、脱氯等技术; 资源转化中的催化科学与技术; 绿色有机合成; 绿色反应介质与绿色过程工程研究; 生物催化及其在环境保护、资源节约中的作用; 光、电、磁、微波等条件下的催化技术与环境保护; 环境催化材料的合成与表征; 环境催化剂设计新概念、新理论与新材料; 理论化学和分子模拟在环境催化中的应用.

二、征文要求

1. 论文内容符合主题范围, 符合国家及各单位保密规定, 文责自负.

2. 论文模板及编排规则可在会议网站下载. 论文详细摘要以A4纸不超过2页为宜. 要求上空3 cm, 下空2.8 cm, 左右各空3 cm, 标题用三号黑体, 摘要用小五, 正文用五号宋体, 英文用Times New Roman, 单倍行距.

3. 论文通过会议网站(<http://www.7ncec.org>)在线投

稿. 也可从邮箱(huiyaonan@126.com, liujian@cup.edu.cn)投稿.

4. 根据在线投稿的说明, 选择稿件主题与投稿类别(口头报告或墙报).

5. 论文提交截止日期为2011年4月30日.

三、大会组织委员会

顾问委员: 沈师孔, 潘惠芳, 徐春明, 高金森, 鲍晓军, 郭绍辉, 刘晨光

主席: 赵震

共同主席: 何洪, 王新平

委员: 阎子峰, 戴洪兴, 窦涛, 申宝剑, 刘百军, 刘植昌, 陈胜利, 赵锁奇, 巩雁军, 周亚松, 陈玉, 孙乾耀, 余长春, 张鑫

秘书: 刘坚, 段爱军, 姜桂元, 张瑛, 王虹, 张桂臻, 邓积光

四、联系方式

联系人: 赵震, 刘坚

通讯地址: 北京市昌平区中国石油大学(北京)重质油国家重点实验室(邮编102249)

会议网址: <http://www.7ncec.org>

联系电话: 010-89731586; 传真: 010-69724721

电子邮件: zhenzhao@cup.edu.cn, liujian@cup.edu.cn

五、会议重要日期

2010-11-20 第一轮通知(稿件征集)

2011-04-30 网站投稿结束

2011-05-25 第二轮通知(论文录用通知及安排)

2011-06-30 第三轮通知(会议详细安排)

2011-08-12~2011-08-15 会期

第七届全国环境催化与环境材料学术会议筹备组