

# KOH 沉淀剂对 Ag/TS-1 催化剂用于 丙烯气相环氧化的影响

王金雪, 刘 民, 刘冠锋, 郭新闻, 吴宏宇

(大连理工大学精细化工国家重点实验室, 化工学院催化化学与工程系, 辽宁 大连 116024)

**摘要:** 采用沉积-沉淀法制备 Ag/TS-1 催化剂, 在 423 K、常压条件下用于丙烯气相环氧化反应, 研究了碱金属沉淀剂 KOH 的影响。结果表明, 以 KOH 为沉淀剂, TS-1 为载体制备的 Ag/TS-1 催化剂反应性能最佳, 丙烯转化率为 1.8%, 环氧丙烷选择性为 91.7%;  $K^+$  的存在对反应有促进作用。

**关键词:** 银; 丙烯环氧化; 环氧丙烷; 沉淀剂; 钾

**中图分类号:** O643.36

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0253-4320(2011)04-0045-04

## Gas-phase propylene epoxidation with Ag/TS-1 catalyst prepared with different precipitator

WANG Jin-xue, LIU Min, LIU Guan-feng, GUO Xin-wen, WU Hong-yu

(State Key Laboratory of Fine Chemicals, Department of Catalysis Chemistry and Engineering, School of Chemical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

**Abstract:** Gas-phase propylene epoxidation with Ag/TS-1 catalyst prepared by deposition-precipitation method is studied. The effect of precipitator of KOH is investigated at 423 K and ambient pressure. Ag/TS-1 catalyst is characterized by TEM, XRD and UV-Vis. The results show that propylene conversion of 1.8% and PO selectivity of 91.7% are obtained with Ag/TS-1 catalyst prepared with  $5 \times 10^{-2}$  mol/L KOH as precipitator. This catalyst shows good stability.

**Key words:** silver; propylene epoxidation; propylene oxide; precipitator; kalium

环氧丙烷(PO)是一种重要的有机化工原料,每年生产消耗超过10%的丙烯<sup>[1]</sup>。目前工业生产PO主要采用氯醇法和共氧化法,由于这2种方法在环保和联产物方面的缺陷<sup>[2]</sup>,绿色生产途径的开发成为研究的新挑战,其中,直接气相氧化丙烯合成PO成为研究热点<sup>[3-7]</sup>。Ag催化乙烯环氧化已经成功实现工业化,但由于烯丙基氢原子特别活泼,用于丙烯环氧化易氧化生成CO<sub>2</sub>,PO选择性低。1998年, Hayashi等<sup>[3]</sup>发现了氢氧共存时Au-Ti可以高选择性催化丙烯气相环氧化,且条件温和。此后,有大量关于Au的研究<sup>[4,8-12]</sup>。本实验组报道了与Au-Ti类似的Ag-Ti催化体系,同样得到了较高的PO选择性<sup>[13]</sup>。最近,Lei等<sup>[14]</sup>发现严格限制尺寸的Ag<sub>3</sub>簇和3.5 nm的Ag颗粒负载在氧化铝上,在低温下催化丙烯环氧化有较高的活性,CO<sub>2</sub>的生成量极少,使得Ag催化取得了与Au催化相媲美的丙烯气相环氧化的研究进展。

催化剂制备方法对丙烯气相环氧化反应影响巨大,沉积-沉淀法被认为是最有效的方法之一<sup>[3,5]</sup>。其中沉淀剂的选择同样对催化剂有很大的影响。Stangland和Wang等<sup>[15-16]</sup>认为碳酸盐是最好的沉

淀剂。碱金属的存在同样影响其反应性能。Uphade等<sup>[17]</sup>报道Au-Ti催化剂在制备时完全洗掉碱金属将使产物由PO变为丙醛;Chimentao等<sup>[18]</sup>证明无环氧化性能的纳米Ag线经钾和铯改性后有环氧化性能;Chu等<sup>[19]</sup>用醋酸钾浸渍CuO<sub>x</sub>/SBA-15后,丙烯转化率由1%提高至12%;Wang等<sup>[20]</sup>用碱金属改性FeO<sub>x</sub>/SBA-15后,PO选择性明显增加,改性剂对PO选择性影响顺序是K > Na > Rb > Cs > Li。笔者采用沉积-沉淀法制备Ag/TS-1,研究了K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、KOH和NaOH沉淀剂制备的Ag/TS-1的丙烯气相环氧化反应性能,并着重就KOH的作用,及K<sup>+</sup>的存在对丙烯环氧化稳定性的影响进行了考察。

## 1 实验部分

### 1.1 钛硅沸石 TS-1 载体的合成

以硅溶胶为硅源,钛酸四丁酯为钛源,四丙基溴化铵(TPABr)为模板剂,按一定摩尔比配料,搅拌,装入不锈钢高压釜内成胶,在443 K自身压力下晶化,经过滤、干燥和焙烧后得到TS-1分子筛<sup>[21]</sup>。

### 1.2 Ag/TS-1 催化剂的制备

Ag/TS-1采用沉积-沉淀法制备<sup>[16]</sup>,将一定量

收稿日期:2010-12-06

作者简介:王金雪(1981-),女,博士生;郭新闻(1967-),男,博士,教授,博士生导师,主要从事环境友好催化技术及新材料的应用基础研究,通讯联系人,guoxw@dlut.edu.cn。

的 TS-1 加入到 200 mL 沉淀剂溶液中搅拌,后将 1.4 mmol/L 的  $\text{AgNO}_3$  溶液 100 mL 逐滴加入到沉淀剂和 TS-1 的混合液中。过滤,洗涤,在 373 K 干燥 20 h,723 K 焙烧 5 h。制得的催化剂统一进行标记及反应评价,如采用  $7 \times 10^{-2}$  mol/L  $\text{K}_2\text{CO}_3$  为沉淀剂制备的 Ag/TS-1 标记为 Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07。

### 1.3 Ag/TS-1 催化剂的表征

透射电镜照片在 JEM-2000EX 型透射电子显微镜(TEM)上得到,加速电压 120 kV。X 射线衍射分析采用日本理学 D/max-2400 型 X 射线粉末衍射仪(XRD), $\text{CuK}_\alpha$  辐射,电流 100 mA,电压 40 kV。样品的相对结晶度以未负载 Ag 的 TS-1 分子筛的 7.9°、8.8°、23.1°、24.0°和 24.5°的峰强度之和为基准。紫外-可见光谱分析是在日本分光公司 Jasco V-550 型紫外-可见漫反射光谱仪(UV-Vis)上测得,扫描范围 190~800 nm。

### 1.4 丙烯气相环氧化反应

在 423 K、常压固定床石英玻璃反应器中评价 Ag/TS-1 催化剂的性能。催化剂压片并粉碎成 20~40 目的颗粒。反应产物采用 GC 7890 F 型气相色谱仪(50 m×0.25 mm×0.4 μm PEG 20 M 毛细管柱,FID 检测器)和 SRI 8610 C 型气相色谱仪(2.5 m×3 mm GDX-101 填充柱,TCD 检测器)进行分析。采用碳平衡法计算丙烯转化率  $X(\text{C}_3\text{H}_6)$  和 PO 选择性  $S(\text{PO})$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 Ag/TS-1 催化剂的表征

图 1 和图 2 为 Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07、Cat-KOH-0.05 和 Cat-KOH-0.005 的 TEM 图和银粒径分布图。Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07 催化剂上 Ag 颗粒分布不均,局部载体上较密集,大部分载体上 Ag 颗粒少,平均分布在 4~12 nm; Cat-KOH-0.05 的 Ag 均匀分布在大部分载体上,其粒径多为 8~10 nm,见图 1(a)、图 1(b)和图 2(a)、图 2(b)。Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07 与 Cat-KOH-0.05 相比,银颗粒分布不均,局部密集,且粒径差异较大,催化剂容易形成积炭失活。Cat-KOH-0.005 与 Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07 制备所用的沉淀剂 pH 相同,但前者载体上 Ag 的分布较后者更不均,粒径分布范围宽,在 4~20 nm,有较大的 Ag 存在,见图 1(c)和图 2(c)。可能由于制备 Cat-KOH-0.005 采用的 KOH 浓度较低, $\text{OH}^-$  浓度前后变化较大(pH 初始 11.7,结束 8.9),所以生成的 Ag 大小不均。

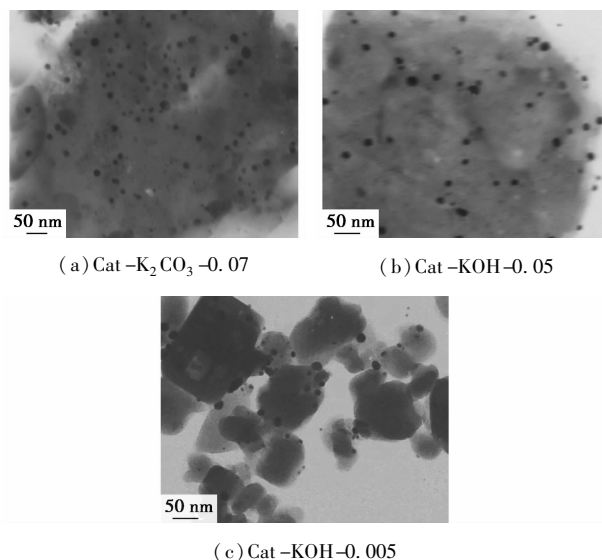


图 1 Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07、Cat-KOH-0.05、Cat-KOH-0.005 的 TEM 图

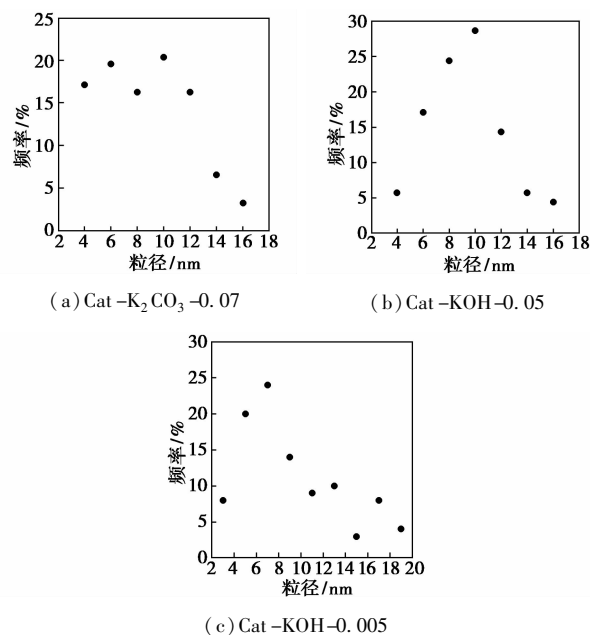
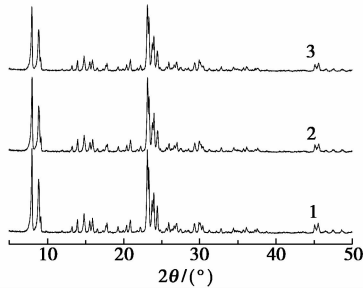


图 2 Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07、Cat-KOH-0.05、Cat-KOH-0.005 的 Ag 粒径分布

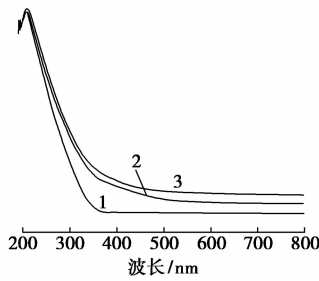
图 3 为 TS-1、Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07 和 Cat-KOH-0.05 的 XRD 谱图。TS-1 和负载 Ag 后的样品在 7.9°、8.8°、23.1°、24.0°和 24.5°处都出现了典型的 MFI 结构特征峰,表明负载 Ag 后催化剂保持了 TS-1 的骨架结构。由于沉淀剂碱性对 TS-1 的影响,负载 Ag 后样品结晶度下降,各样品相对结晶度(以 TS-1 的结晶度为基准)分别为 100%、90%和 81%。KOH 沉淀剂由于碱性更强,对 TS-1 骨架的破坏程度大于 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>。Ag 负载量较低且分散良好,样品未检测到 Ag 的衍射峰。



1—TS-1;2—Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07;3—Cat-KOH-0.05

图3 Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07、Cat-KOH-0.05 和 TS-1 的 XRD 谱图

图4为 Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07、Cat-KOH-0.05 和 TS-1 样品的 UV-Vis 谱。一般认为在 TS-1 中, 210~230 nm 波长处的吸收峰对应于四配位的骨架钛<sup>[22]</sup>, 由图4可以看出, 在 TS-1 的 UV-Vis 谱图中有骨架钛的电子跃迁信号。负载 Ag 后样品的 UV-Vis 谱图与 TS-1 相比没有明显变化。由于 TS-1 在 190~400 nm 有电子跃迁信号使 Ag 物种低于 400 nm 的电子跃迁信号的差异难以判断, 只能对 400~800 nm 内银物种的吸收信号进行分析。Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07 在 400~800 nm 表现出微弱的 Ag 物种的吸收信号, 而 Cat-KOH-0.05 上没有检测到明显的 Ag 物种吸收峰。



1—TS-1;2—Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07;3—Cat-KOH-0.05

图4 Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07、Cat-KOH-0.05 和 TS-1 的 UV-Vis 图

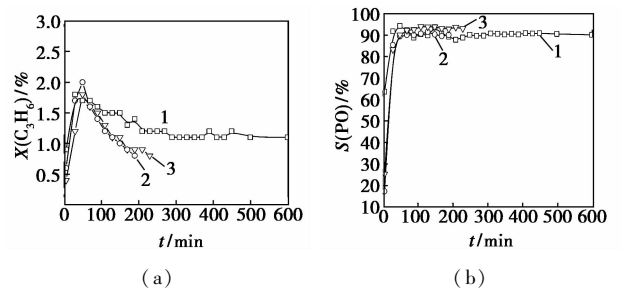
比较 TEM、XRD 和 UV-Vis 的表征结果, 沉淀剂对 TS-1 的结晶度造成一定的破坏, 但是并没有破坏其骨架结构。适度提高 KOH 浓度可以适当控制 Ag 颗粒的直径分布, 且制得的催化剂 Ag 颗粒在载体上分布更均匀。KOH 比 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 更适合作为制备 Ag/TS-1 催化剂的沉淀剂。

## 2.2 Ag/TS-1 催化剂的丙烯气相环氧化反应性能

### 2.2.1 沉淀剂的影响

文献[16]报道 KOH 制备的催化剂上 PO 选择性仅为 0.6%。NaOH、KOH 和 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 3 种沉淀剂制

备的 Ag/TS-1 的丙烯气相环氧化反应的催化性能见图5。反应 30~50 min 内丙烯转化率和 PO 选择性达到最优。Cat-NaOH-0.05 的最高转化率略高于其他 2 种, 但 30 min 后持续迅速下降, 130 min 即降至 1% 以下; Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07 样品的表现与 Cat-NaOH-0.05 相似; Cat-KOH-0.05 样品的丙烯转化率下降最为缓慢, 且在 200 min 后不再下降, 并保持在 1% 以上。负载型 Ag 或 Au 催化剂虽然有较高的 PO 选择性 (>90%), 但是容易失活, 稳定性较差, 一般 3 h 后转化率即 <1%。这里采用 KOH 作为沉淀剂与其他 2 种相比能一定程度上提高催化剂稳定性和使用时间。

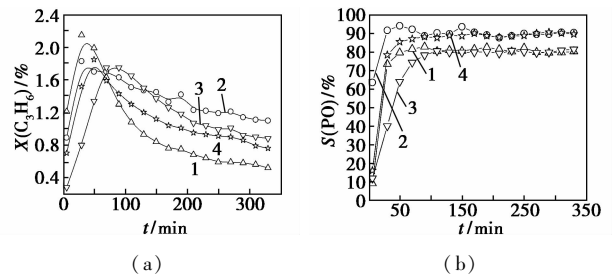


反应条件:  $n(\text{C}_3\text{H}_6):n(\text{H}_2):n(\text{O}_2):n(\text{N}_2) = 1:3:3:12$ ,  
 $m(1\% \text{Ag/TS-1}) = 0.6 \text{ g}$ ,  $T = 423 \text{ K}$ , 空速 =  $4000 \text{ h}^{-1}$   
1—Cat-KOH-0.05;2—Cat-NaOH-0.05;3—Cat-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-0.07

图5 沉淀剂对 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 转化率和 PO 选择性的影响

### 2.2.2 KOH 浓度的影响

KOH 浓度对丙烯气相环氧化性能影响见图6。



反应条件:  $n(\text{C}_3\text{H}_6):n(\text{H}_2):n(\text{O}_2):n(\text{N}_2) = 1:3:3:12$ ,  
 $m(1\% \text{Ag/TS-1}) = 0.6 \text{ g}$ ,  $T = 423 \text{ K}$ , 空速 =  $4000 \text{ h}^{-1}$   
1—Cat-KOH-0.035;2—Cat-KOH-0.05;3—Cat-KOH-0.065;  
4—Cat-KOH-0.08

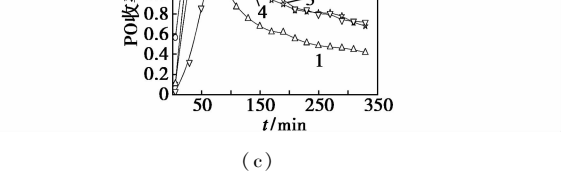
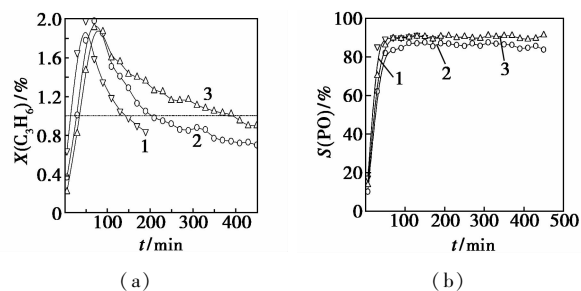


图6 KOH 浓度对 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 转化率、PO 选择性和 PO 收率的影响

Ag/TS-1 的性能随着 KOH 浓度的升高先增加后降低。PO 的收率: Cat - KOH - 0.05 > Cat - KOH - 0.065 > Cat - KOH - 0.08 > Cat - KOH - 0.035。Cat - KOH - 0.05 性能最佳。由 TEM 分析可知,当沉淀剂浓度低时,容易生成大粒径的 Ag 颗粒,文献[16]中采用的 KOH 溶液浓度为  $5 \times 10^{-3}$  mol/L,只有极少 PO 生成。采用此浓度的 KOH,在制备过程中溶液 pH 从 11.7 降到 8.9,变化较大,从而导致其 Ag 颗粒的粒径形成大小不均,这可能是其反应性能较差的原因。

### 2.2.3 K<sup>+</sup> 离子的影响

综合以上结果,K<sup>+</sup>的存在对催化剂表现出有益的影响,图 7 考察了 K<sup>+</sup>对丙烯气相环氧化的影响。用不同量的 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液浸渍 Cat - NaOH - 0.05 后焙烧并用于反应。由图 7 可知,随着 K<sup>+</sup>含量的增加,催化剂的性能增加。无 K<sup>+</sup>样品反应 130 min 后  $X(C_3H_6) < 1.0\%$ ;含质量分数 0.1% K<sup>+</sup>的样品,210 min 后  $X(C_3H_6) < 1.0\%$ ;含质量分数 0.5% K<sup>+</sup>的样品性能最佳,390 min 后  $X(C_3H_6) = 1.0\%$ 。Palermo 等<sup>[23]</sup>认为吸附在载体表面的碱金属的过氧化物和超氧化物,能作为环氧化试剂参与反应。Moens 等<sup>[24]</sup>用碱金属和碱土金属改性负载型催化剂,发现改性前没有 PO 生成,改性后的催化剂有较高的 PO 选择性,催化剂上异丙醇分解反应说明碱金属的存在能降低催化剂酸性,从而降低了 PO 的异构化;并且 X 射线光电子能谱分析(XPS)和拉曼分析都证明改性剂对反应有直接的电子促进作用。



反应条件: $n(C_3H_6):n(H_2):n(O_2):n(N_2) = 1:3:3:12$ ,  
 $m(1\% Ag/TS-1) = 0.6 g, T = 423 K, \text{空速} = 4\ 000\ h^{-1}$   
 1—0% K; 2—0.1% K; 3—0.5% K

图 7 K<sup>+</sup>对 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 转化率和 PO 选择性的影响

## 3 结语

强碱性沉淀剂尤其是 KOH 适合作为制备 Ag/TS-1 催化剂的沉淀剂,虽然对载体 TS-1 的结晶度造成一定的破坏,但是并没有破坏载体的骨架

结构。适度提高 KOH 的浓度不但能适当控制 Ag 颗粒的直径分布,使制得的催化剂上 Ag 颗粒分布更均匀,并且 K<sup>+</sup>的存在可以有效提高催化剂的稳定性,延长催化剂的使用寿命。

## 参考文献

- [1] Nijhuis T A, Makkee M, Moulijn J A, *et al.* The production of propene oxide: Catalytic processes and recent developments [J]. *Ind Eng Chem Res*, 2006, 45(10): 3447 - 3459.
- [2] Lambert R M, Williams F J, Cropley R L, *et al.* Heterogeneous alkene epoxidation: Past, present and future [J]. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 2005, 228(1/2): 27 - 33.
- [3] Hayashi T, Tanaka K, Haruta M. Selective vapor-phase epoxidation of propylene over Au/TiO<sub>2</sub> catalysts in the presence of oxygen and hydrogen [J]. *J Catal*, 1998, 178(2): 566 - 575.
- [4] Uphade B S, Akita T, Nakamura T, *et al.* Vapor-phase epoxidation of propene using H<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> over Au/Ti-MCM-48 [J]. *J Catal*, 2002, 209(2): 331 - 340.
- [5] de Oliveira A L, Wolf A, Schuth F. Highly selective propene epoxidation with hydrogen/oxygen mixtures over titania-supported silver catalysts [J]. *Catal Lett*, 2001, 73(2/4): 157 - 160.
- [6] Lu J Q, Bravo-Suarez J J, Haruta M, *et al.* Direct propylene epoxidation over modified Ag/CaCO<sub>3</sub> catalysts [J]. *Appl Catal A*, 2006, 302(2): 283 - 295.
- [7] Sacaliuc E, Beale A M, Weckhuysen B M, *et al.* Propene epoxidation over Au/Ti-SBA-15 catalysts [J]. *J Catal*, 2007, 248(2): 235 - 248.
- [8] Chou J, Franklin N R, Baeck S H, *et al.* Gas-phase catalysis by micelle derived Au nanoparticles on oxide supports [J]. *Catal Lett*, 2004, 95(3/4): 107 - 111.
- [9] Taylor B, Lauterbach J, Blau G E, *et al.* Reaction kinetic analysis of the gas-phase epoxidation of propylene over Au/TS-1 [J]. *J Catal*, 2006, 242(1): 142 - 152.
- [10] Lu J Q, Zhang X M, Bravo-Suarez J J, *et al.* Direct propylene epoxidation over/barium-promoted Au/Ti-TUD catalysts with H<sub>2</sub> and O<sub>2</sub>: Effect of Au particle size [J]. *J Catal*, 2007, 250: 350 - 359.
- [11] Deng X Y, Min B K, Liu X Y, *et al.* Partial oxidation of propene on oxygen-covered Au(111) [J]. *J Phys Chem B*, 2006, 110(32): 15982 - 15987.
- [12] Qi C X. The production of propylene oxide over nanometer Au catalysts in the presence of H<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> [J]. *Gold Bulletin*, 2008, 41(3): 224 - 234.
- [13] Wang R P, Guo X W, Wang X S, *et al.* Propylene epoxidation over silver supported on titanium silicalite zeolite [J]. *Catal Lett*, 2003, 90(1/2): 57 - 63.
- [14] Lei Y, Mehmood F, Lee S, *et al.* Increased silver activity for direct propylene epoxidation via subnanometer size effects [J]. *Science*, 328(5975): 224 - 228.

(下转第 52 页)

- [10] Lu R C, Cao A N, Lai L H, *et al.* Effect of cationic surfactants on the interaction between sodium perfluorooctanoate and [beta]-lactoglobulin[J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2006, 293: 61 - 68.
- [11] 潘阳, 韦亚兵, 陈洪龄, 等. 氟表面活性剂  $C_8F_{17}SO_2N(C_2H_5)C_2H_4(OC_2H_4)_nOH$  的合成与性能[J]. *材料开发与应用*, 2003, 19(3): 16 - 18.
- [12] Hutchinson J. Chemistry and properties of a new range of fluorocemical surface-active agents [J]. *Fette Seifen Anstrichmittel*, 1974, 76: 158 - 163.
- [13] 刘在美, 吴京峰, 谈龙妹, 等. 由六氟丙烯二聚体合成阳离子表面活性剂及其性能[J]. *精细化工*, 2005(S1): 53 - 55.
- [14] 陈慧卿. 氧杂全氟烷基聚乙二醇系氟碳表面活性剂的合成及性能研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [15] 陈洁, 宋启泽. 有机波谱分析[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996: 43 - 153.
- [16] Devinsky F, Lacko I, Bittererova F, *et al.* Relationship between critical micelle concentration and minimum inhibitory concentration for some nonaromatic quaternary ammonium salts and amine oxide[J]. *J Colloid Interface Sci*, 1986, 114: 314. ■
- (上接第 48 页)
- [15] Stangland E E, Taylor B, Andres R P, *et al.* Direct vapor phase propylene epoxidation over deposition-precipitation gold-titania catalysts in the presence of  $H_2/O_2$ : Effects of support, neutralizing agent, and pretreatment [J]. *J Phys Chem B*, 2005, 109(6): 2321 - 2330.
- [16] Wang R P, Guo R W, Wang X S, *et al.* Synthesis of propylene oxide by gas-phase propylene epoxidation over Ag/TS-1 prepared with different precipitators[J]. *Chin J Catal*, 2004, 25(1): 55 - 59.
- [17] Uphade B S, Tsubota S, Hayashi T, *et al.* Selective oxidation of propylene to propylene oxide or propionaldehyde over Au supported on titanasilicates in the presence of  $H_2$  and  $O_2$  [J]. *Chem Lett*, 1998(12): 1277 - 1278.
- [18] Chimentao R J, Kirm I, Medina F, *et al.* In sensitivity of styrene oxidation reaction to the catalyst structure of silver nanoparticles [C]//5th International Symposium on Effects of Surface Heterogeneity in Adsorption and Catalysis on Solids. Gdansk, Poland, 2004: 793 - 800.
- [19] Chu H, Yang L, Zhang Q H, *et al.* Copper-catalyzed propylene epoxidation by molecular oxygen: Superior catalytic performances of halogen-free  $K^+$ -modified  $CuOx/SBA-15$  [J]. *J Catal*, 2006, 241(1): 225 - 228.
- [20] Wang X X, Zhang Q H, Guo Q, *et al.* Iron-catalysed propylene epoxidation by nitrous oxide: Dramatic shift of allylic oxidation to epoxidation by the modification with alkali metal salts [J]. *Chem Commun*, 2004(12): 1396 - 1397.
- [21] Li G, Guo X W, Wang X S, *et al.* Synthesis of titanium silicalites in different template systems and their catalytic performance [J]. *Appl Catal A*, 1999, 185(1): 11 - 18.
- [22] Vayssilov G N. Structural and physicochemical features of titanium silicalites [J]. *Catalysis Reviews-Science and Engineering*, 1997, 39(3): 209 - 251.
- [23] Palermo A, Husain A, Tikhov M S, *et al.* Ag-catalysed epoxidation of propene and ethene: An investigation using electrochemical promotion of the effects of alkali,  $NO_x$ , and chlorine [J]. *J Catal*, 2002, 207(2): 331 - 340.
- [24] Moens B, De Winne H, Corthals S, *et al.* Epoxidation of propylene with nitrous oxide on  $Rb_2SO_4$ -modified iron oxide on silica catalysts [J]. *J Catal*, 2007, 247(1): 86 - 100. ■

### 安捷伦推出高精度猪肉中“瘦肉精”残留检测方法

随着“瘦肉精”猪肉事件的再次曝光, 国家各部门立即派出督察组督导查处工作。安捷伦对该事件立即做出反应, 推出了具有高精度猪肉中“瘦肉精”超痕量分析的解决方案。瘦肉精是动物用药, 包括盐酸克仑特罗、莱克多巴胺、沙丁胺醇和硫酸特布他林等, 属于肾上腺类神经兴奋剂。食用含有“瘦肉精”的肉会对人体产生危害, 因此, 国内外对该类化合物的限量要求也越

来越严。安捷伦推出的猪肉中“瘦肉精”检测方法特别针对于新法规的超低检测限要求而开发, 实现了对猪肉中的瘦肉精超痕量残留的准确定量、定性分析(检测下限可达到 50 ppt, 不同添加浓度下的重复实验, 平均 RSD 为 4.4%), 结合安捷伦最新的 SCX 聚合样品前处理技术, 平均回收率接近 90%。该方法准确, 简单便捷, 检测灵敏度高。(王云)