

高活性负载型纳米金催化剂的制备及应用进展

徐 新, 罗国华, 赵如松

(北京石油化工学院 化工系, 北京 102617)

[摘要] 综述了负载型纳米金催化剂的最新研究进展, 讨论了影响负载型纳米金催化剂催化活性的主要因素, 通过对纳米金催化剂的制备方法的比较, 得出高活性负载型纳米金催化剂的适宜制备方法: 选择适宜的负载方法、选择适宜的载体、严格控制纳米金粒径的大小。

[关键词] 纳米金; 负载型催化剂; 制备; 应用

[文章编号] 1000 - 8144(2005)09 - 0898 - 05

[中图分类号] O 643.32

[文献标识码] A

负载型纳米金催化剂(简称金催化剂)自 20 世纪 90 年代问世以来^[1,2], 以其特有的低温催化活性、催化活性随湿度增加而增加及相对其它贵金属催化剂低廉的价格等特性, 备受各国学者的关注。近年来, 有关金催化剂的研究和开发日益活跃, 人们已经发现金催化剂在很多反应(如 NO 还原反应^[3,4]、富氢环境下 CO 优先氧化反应^[5,6]、烃类氧化反应^[7]、丙烯环氧化反应^[8]、选择加氢反应^[9,10]等)中都具有较理想的催化活性。

为了获得高催化活性的金催化剂, 针对不同的反应体系, 纳米金可负载在 Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , TiO_2 ^[11], ZnO ^[12], Mn_2O_3 , SiO_2 , Co_3O_4 , NiO , Al_2O_3 ^[13], MgO 等多种金属氧化物、分子筛^[14]、活性炭及碳纳米管等载体上。而近年来的研究表明, 不论在何种载体上, 只有当负载的纳米金粒子小到一定的尺寸(小于 5~10 nm)才表现出高的催化活性, 且催化活性随纳米金粒径的增大而降低。

本文对影响金催化剂催化活性的因素进行了详细讨论, 对金催化剂的制备方法进行了比较, 给出了适宜的制备高催化活性的金催化剂的方法。

1 影响金催化剂催化活性的主要因素

1.1 金粒径大小对金催化剂催化活性的影响

金粒径大小是影响金催化剂催化活性的主要因素^[12,15]。一般当金粒径小于 5 nm(最佳粒径值为 2~3 nm)时, 金催化剂表现出很高的催化活性; 当金粒径大于 10 nm 时, 金催化剂的催化活性下降很快。金催化剂具有较高催化活性的原因主要有(1)表面和界面效应: 由于纳米金粒径小, 比表面积大, 位于表面的原子占相当大的比例。随着粒子尺寸的减小, 比表面积急剧变大, 表面原子占有的比例迅速增加, 使表面台阶和扭折增多, 角部位和边上的原子

数增加, 这样的表面粒子由于缺少近邻原子的配位, 极不稳定, 很容易与其它原子结合, 表现出很高的催化活性。随着金粒径的减小, 金和表面支持物的表面张力增大, 使表面能量过剩, 须吸附反应介质以平衡表面能, 这也将提高金催化剂的催化活性。(2)量子尺寸效应: Lai 等^[16]通过 Density Functional Theory(DFT)计算得出, 纳米级的金粒子之所以具有很高的催化活性主要是由于量子尺寸效应。当金粒径为纳米级时, 金由准连续的金属状态变成一系列的独立分散状态, 通过研究不同粒径的金催化剂对气相分子(如 CO)吸附能力的影响可以验证这种效应^[17,18]。以 CO 氧化反应为例, 光滑的金表面在室温下不吸附 CO^[19], CO 只可能被吸附在金晶粒的边缘或角落上, 纳米金粒子则提供了较多的上述吸附位, 使纳米级的金表现出较高的催化活性^[20]。扫描隧道显微镜(STM)显示, 在 TiO_2 表面的金粒子变得非常扁平, 高径比大约为 0.3^[21]。因此纳米金具有很强的量子尺寸效应。

1.2 载体对金催化剂催化活性的影响

载体对金催化剂催化活性的影响主要表现在: 载体本身的比表面积、润湿性及载体与纳米金粒子间的相互作用程度。具有大比表面积的载体是金粒子能高度分散的前提。而载体的润湿性决定了金催化剂在焙烧过程中是否会聚集成大的金粒子, 从而降低其催化活性。另外, 载体与纳米金粒子间的相互作用强度也是影响催化活性的关键因素; 金与载体间的相互作用力越强, 金催化剂的催化活性越高。文献^[22]报道, 当金与载体表面的相互作用非常强

[收稿日期] 2005 - 03 - 10; **[修改稿日期]** 2005 - 05 - 08。

[作者简介] 徐新(1967 -), 女, 辽宁省辽阳市人, 硕士, 副教授, 电话 010 - 81292074 - 16, 电邮 xuxin@bjpt.edu.cn。

时,金粒子以半球状附着在载体表面(见图 1(a)),且与界面之间接触的周边较长,金粒子以半球状附着在载体表面上的自由能比其以球状附着在载体表面上的自由能大,所以图 1(a)形态的金粒子更容易吸附反应介质以降低其自由能,因此,以图 1(a)方式负载的金催化剂的催化活性一般较高,不论是在 CO 氧化反应还是在液相氧化反应上都印证了这一事实。当金粒子与载体间的相互作用力较小时,金粒子以球状形态负载在载体表面(见图 1(b)),以这种方式负载的金催化剂的催化活性较低。Bianchi 等^[23]用 Au/C 为催化剂,对乙二醇液相催化氧化生成乙二酸的反应进行研究,为了考察金与碳载体相互作用的强弱对金催化剂催化活性的影响,采用不同的碳载体进行了金的负载实验,文献报道了乙二醇在 343 K、300 kPa 下的反应结果。实验结果表明,金催化剂的催化活性主要由金粒径及金与载体表面间的相互作用而决定;金与载体表面间的相互作用越强,金粒子在载体表面的形状越扁平,其催化活性也越高。另外,这种相互作用能使金的电子结构发生变化,通常金的 d 轨道完全充满,但在载体上形成金纳米粒子后,其外层 d 电子会向载体迁移,形成未充满的 d 轨道,从而使金具有与铂相似的 d 轨道结构,使本来惰性的金具有了超常的催化活性。因此只有选择合适的载体才能得到高活性的金催化剂。

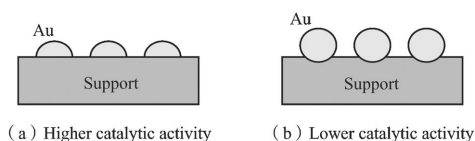


图 1 纳米金粒子在载体表面的形态

Fig 1 Morphologies of gold nano-particles on surface of support

1.3 金的负载量对金粒径大小的影响

一般对于比表面积小于 $100 \text{ m}^2/\text{g}$ 的载体,金的负载量决定了金粒径的大小,金的负载量越大,得到的金粒径的尺寸一般也较大。文献^[24]报道了通过电子束将金负载到单壁碳纳米管上的方法。当金的负载量(质量分数)为 10% 时,金在碳纳米管上聚集成团,相对应的晶粒尺寸约为 17 nm;当金的负载量为 2.6% 时,负载较为均匀,且没有出现大块的聚集粒子,晶粒尺寸约为 4 nm;当金的负载量为 0.9% 时,晶粒尺寸为 1~3 nm。所以,金在载体上的负载量一般为 1%~5%,这样比较容易得到 5 nm 以下的活性金粒子。

但最新研究结果表明,若使用大比表面积的载

体(如硅气溶胶),即使在负载量相对较大的条件下,也能得到尺寸小于 5 nm 的金粒子。文献^[25]报道,采用比表面积为 $500 \sim 600 \text{ m}^2/\text{g}$ 的硅气溶胶为载体时,即使金在载体表面的负载量为 15%,金的粒径仍为 2 nm 左右。

2 制备金催化剂的方法

目前高活性金催化剂的制备方法主要有:溶胶法^[26]、共沉淀法(CP法)^[27]、沉积-沉淀法^[21]、光化学沉淀法^[27]、化学气相沉积法^[28,29]、化学镀法^[30]。Haruta 等^[21]研究表明,普通的浸渍法不适用于制备高度分散的纳米金粒子(粒径 5~15 nm),主要是由于金和载体表面间的亲和力比较弱,金以球状粒子的形态附着在载体表面,制备的金催化剂的催化活性不高。共沉淀法、沉积-沉淀法、化学气相沉积法、溶胶法都是比较有效的制备高活性金催化剂的方法,它们都可以使金以半球状的形态附着在载体表面。沉积-沉淀法是最简单有效的制备纳米金催化剂的方法,但该方法不适用于在等电点小于 5 的金属氧化物和活性炭载体上进行金的负载,因为金的氢氧化物不能沉淀在 SiO_2 (等电点为 2)、 $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (等电点为 1)、 WO_3 (等电点为 1) 上。相比之下,化学气相沉积法是唯一可使金粒子负载在任何一种载体上的方法。

制备具有高催化活性的金催化剂,制备条件也很重要,如溶液的 pH、焙烧温度等都对金催化剂的催化活性有直接的影响。研究表明,通常情况下温和的焙烧温度(100~200)有利于提高催化剂的催化活性;而焙烧温度过高,则催化活性较差。Anke 等^[31]详细阐明了采用沉积-沉淀法合成催化剂时合成条件对 CO 氧化反应转化率的影响,指出高催化活性的金催化剂与制备催化剂时溶液的 pH 及焙烧温度有直接关系,焙烧温度过高和 pH 过高都使金催化剂对 CO 氧化反应的催化活性降低,主要是过高的 pH 和焙烧温度会引起金粒子的聚集,降低其催化活性。但 Marek 等^[32]用溶胶法制备出金粒径在 2~3 nm 的 Au/TiO_2 催化剂,其研究结果表明,当金催化剂在 500 下焙烧后,其催化 CO 氧化反应的活性最好。

最新研究结果表明^[33],采用离子交换法制备的 $\text{Au}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂对 CO 氧化反应的催化活性比用沉积-沉淀法制备的金催化剂的催化活性高。这种负载方法也适用于其它载体。

3 金催化剂的主要应用领域

在催化同类反应中,纳米金催化剂比一般的金属催化剂具有较低的反应温度和较高的选择性,目前研究比较多的主要有下面几种反应。

3.1 CO 氧化反应

CO 氧化反应是金催化剂的一个典型应用^[34~36]。金催化剂在常温、常压下就显示出比其它贵金属催化剂高得多的催化活性,如在 Au/Fe₂O₃ 催化剂上,在 -70℃ 时 CO 就能进行氧化反应。但大多数都是将纳米金负载在 TiO₂ 载体上,这主要基于 TiO₂ 和 Au 都对 CO 的氧化反应有催化活性。研究结果表明,金粒径越小,金催化剂的催化活性越高。与已商品化的 Hopcalite 催化剂(以铜、锰的氧化物为主要活性组分)相比,金催化剂对 CO 氧化反应的催化活性不仅不因湿度的增加而降低,反而在一定程度上随湿度的增加催化活性有所增加,且具有良好的抗硫中毒能力,这是由于金、硫成键的能力很弱,甚至很难成键。

3.2 低温水煤气转换反应

随着燃料电池的广泛应用,如何在较低的温度下进行水煤气转化反应制取氢气已成为人们重新关注的问题^[37~39]。已商业化的催化剂有 Fe₂O₃-C₂O₃ 和 CuO-ZnO-A₂O₃,使用温度分别为 563~723 K 和 483~513 K。与这两种催化剂相比,纳米金催化剂明显的优势在于它的低温催化活性高,如金的负载量为 10% 的 Au/TiO₂ 催化剂,在反应温度为 200℃ 时的催化活性比商业化 CuO-ZnO-A₂O₃ 催化剂的催化活性高很多;在 333~373 K 时,使用 Au/α-Fe₂O₃ 催化剂催化 CO 的氧化反应,CO 的转化率达到 80%;而使用传统的 α-Fe₂O₃ 催化剂,CO 的转化率不到 20%。影响 Au/TiO₂ 催化剂催化活性的因素比较多,使用相同的载体,而制备方法不同的催化剂的催化活性相差甚大,如采用沉积-沉淀法制备的 Au/TiO₂ 催化剂,其 CO 转化率达到 50% 的温度为 130℃;而修饰的沉积-沉淀法制备的 Au/TiO₂ 催化剂,其 CO 转化率达到 50% 的温度为 300℃。采用相同的制备方法,而使用不同的载体,金催化剂的催化活性也不同,如采用共沉淀法在相同条件下制备的金催化剂对水煤气转化反应的催化活性高低的顺序为: Au/TiO₂ > Au/α-Fe₂O₃ > Au/A₂O₃。因此只有选择适当的载体和适当的制备方法才能制备出高活性的水煤气转化催化剂。

3.3 液相加氢反应

大多数金属催化剂对不饱和碳氢化合物的加氢反应的催化活性很低。文献^[40]报道, Au/A₂O₃ 和 Au/TiO₂ 催化剂对丁烯的加氢反应有较高的催化活性和较高的 1-丁烯选择性^[10,40]。另外,金催化剂可对不饱和醛中的羰基进行优先加氢,实现不饱和醛生成不饱和醇的催化反应,在不饱和醛的加氢反应中,金催化剂对 C=O 的加氢选择性比对 C=C 的加氢选择性高 40%~50%;而同样的不饱和醛的加氢反应中,铂催化剂却总是优先对 C=C 加氢,生成饱和羰基化合物。

3.4 液相氧化反应

用于液相氧化反应的金催化剂大多采用活性炭、碳纤维、碳纳米管等作为载体,因为这类载体具有较大的比表面积和微观管状结构,可以提高液相反应的传质速率^[41]。

3.4.1 乙二醇氧化反应制乙二醇

在温度 343~363 K、氧气分压 300 kPa (绝压) 的温和条件下, Au/C 催化剂与其它金属催化剂相比,具有非常高的催化活性,乙二醇的转化率可达 80%~94%,羟基乙酸的选择性可高达 90%~100%^[42]。

3.4.2 葡萄糖的选择性氧化反应

在氧气分压 300 kPa、温度 363 K 的条件下,用 Au/C 催化剂对含 4% (质量分数) 葡萄糖的水溶液进行液相氧化反应时^[43],经过 15 min 的搅拌可得到反应物,葡萄糖的转化率接近 100%;并且经过过滤、洗涤等处理后的 Au/C 催化剂可以再次循环使用,说明 Au/C 催化剂具有很好的再生能力;而 Pt/C 和 Pb/C 催化剂在相同的反应条件下分别要经过 100 min 和 180 min 后,葡萄糖的转化率才能达到 100%,可见 Au/C 催化剂的催化活性远高于 Pt/C 和 Pd/C 催化剂。除此之外, Au/C 催化剂还在丙烯环氧化^[44,45]、乙醛氧化反应^[46]都显示出较高的催化活性。

4 结语

高活性负载型纳米金催化剂的制备必须从 3 方面入手。首先选择适宜的制备方法:溶胶法、沉积-沉淀法和化学气相沉积法都是比较简单有效的制备高催化活性纳米金催化剂的方法;其次是载体的选择:载体自身应具有相对较大的比表面积和较好的润湿性,并且与负载的金粒子具有较强的相互作用,使纳米金粒子在载体表面得到高度分散,目前人们研究较多的是将金负载到 3d 过渡金属氧化物上;最

后应严格控制纳米金粒径的大小,因为只有粒径小于 5 ~ 10 nm 的纳米金催化剂才有较高的催化活性,在制备过程中应严格控制制备条件(溶液 pH、焙烧温度等),防止纳米金粒子的聚集而引起金催化剂催化活性的降低。

参 考 文 献

- 1 Hanuta M, Yamada N, Kobayashi T. Gold Catalysts Prepared by Coprecipitation for Low - Temperature Oxidation of Hydrogen and of Carbon Monoxide. *J Catal*, 1989, **115**: 301 ~ 309
- 2 Hanuta M, Tsubota S, Kobayashi T. Low - Temperature Oxidation of CO over Gold Supported on TiO_2 , α - Fe_2O_3 , and Co_3O_4 . *J Catal*, 1993, **144**: 175 ~ 192
- 3 Baratto C, Sberveglieri G, Comini E. Gold - Catalyzed Porous Silicon for NO_x Sensing. *Sens Actuators, B*, 2000, **68**: 74 ~ 80
- 4 Ueda A, Oshima T, Hanuta M. Reduction of Nitrogen Monoxide with Propene in the Presence of Oxygen and Moisture over Gold Supported on Metal Oxides. *Appl Catal, B*, 1997, **12**: 81 ~ 93
- 5 Sanchez R M T, Ueda A, Tanaka K, et al. Selective Oxidation of CO in Hydrogen over Gold Supported on Manganese Oxides. *J Catal*, 1997, **168**: 125 ~ 127
- 6 Bethke G K, Kung H H. Selective CO Oxidation in a Hydrogen - Rich Stream over Au/Y - Al_2O_3 Catalysts. *Appl Catal, A*, 2000, **194**: 43 ~ 53
- 7 Kalvachev Y A, Hayashi T, Tsubota S. Vapor - Phase Selective Oxidation of Aliphatic Hydrocarbons over Gold Deposited on Mesoporous Titanium Silicates in the Co - Presence of Oxygen and Hydrogen. *J Catal*, 1999, **186**: 228 ~ 233
- 8 Hayashi T, Tanaka K, Hanuta M. Selective Vapor - Phase Epoxidation of Propylene over Au/ TiO_2 Catalysts in the Presence of Oxygen and Hydrogen. *J Catal*, 1998, **178**: 566 ~ 575
- 9 Jia J F, Haraki K, Kondo J N, et al. Selective Hydrogenation of Acetylene over Au/ Al_2O_3 Catalyst. *J Phys Chem B*, 2000, **104**: 11 153 ~ 11 156
- 10 Okumura M, Akita T, Hanuta M. Hydrogenation of 1, 3 - Butadiene and of Crotonaldehyde over Highly Dispersed Au Catalysts. *Catal Today*, 2002, **74**: 265 ~ 269
- 11 Boccuzzi F, Chiorino A, Manzoli M, et al. FTIR Study of the Low - Temperature Water - Gas Shift Reaction on Au/ Fe_2O_3 and Au/ TiO_2 Catalysts. *J Catal*, 1999, **188**: 176 ~ 185
- 12 Claus P, Brückner A, Mohr C, et al. Supported Gold Nanoparticles from Quantum Dot to Mesoscopic Size Scale: Effect of Electronic and Structural Properties on Catalytic Hydrogenation of Conjugated Functional. *J Am Chem Soc*, 2000, **122**: 11 430 ~ 11 439
- 13 Schubert M, Hackenberg S, van Veen A C, et al. CO Oxidation over Supported Gold Catalysts——“Inert” and “Active” Support Materials and Their Role for the Oxygen Supply During Reaction. *J Catal*, 2001, **197**: 113 ~ 122
- 14 Oliveira de Souza T R, de Oliveira Brito S M, Martins H, et al. Zeolite Catalysts for the Water Gas Shift Reaction. *Appl Catal, A*, 1999, **178**: 7 ~ 15
- 15 Alexander I K, Anguelina P K, Kiyotaka A, et al. Supported Gold Catalysts Prepared from a Gold Phosphine Precursor and As - Precipitated Metal - Hydroxide Precursors: Effect of Preparation Conditions on the Catalytic Performance. *J Catal*, 2000, **196**: 56 ~ 65
- 16 Lai X, Clair T P St, Valden M, et al. Scanning Tunneling Microscopy Studies of Metal Clusters Supported on TiO_2 (110): Morphology and Electronic Structure. *Prog Surf Sci*, 1998, **59**: 25 ~ 52
- 17 Holmgren L, Andersson M, Rosen A. CO Reactivity of Small Transition Metal Clusters. *Surf Sci*, 1995, **231**: 331 ~ 333
- 18 Heiz U, Vanolli F, Sanchez A, et al. Size - Dependent Molecular Dissociation on Mass - Selected, Supported Metal Clusters. *J Am Chem Soc*, 1998, **120**: 9 668 ~ 9 671
- 19 Boccuzzi F, Chiorino A, Manzoli M. Au/ TiO_2 Nanosized Samples: A Catalytic, TEM, and FTIR Study of the Effect of Calcination Temperature on the CO Oxidation. *J Catal*, 2001, **202**: 256 ~ 267
- 20 Mavrikakis M, Stoltze P, Norskov J K. Making Gold Less Noble. *Catal Lett*, 2000, **64**: 101 ~ 106
- 21 Valden M, Lai X, Goodman D W. Onset of Catalytic Activity of Gold Clusters on Titania with the Appearance of Nonmetallic Properties. *Science*, 1998, **281**: 1 647 ~ 1 650
- 22 Masatake H A, Masakazu D B. Advances in the Catalysis of Au Nanoparticles. *Appl Catal, A*, 2001, **222**: 427 ~ 437
- 23 Bianchi C F, Prati L. Selective Liquid Phase Oxidation Using Gold Catalysts. *Topics Catal*, 2000, **13**: 231 ~ 236
- 24 Zhang Y, Nathan W F, Robert J C. Metal Coating on Suspended Carbon Nanotubes and Its Implication to Metal - Tube Interaction. *Chem Phys Lett*, 2000, **331**: 35 ~ 41
- 25 Yutaka T, Junichi M, Koji T. Oxidation of Carbon Monoxide on Au Nanoparticles in Titania and Titania - Coated Silica Aerogels. *Appl Catal, A*, 2004, **268**: 183 ~ 187
- 26 Jan - Dierck G, Christoph K, Clemens W. Preparation of Supported Gold Catalysts for Low - Temperature CO Oxidation via “Size - Controlled” Gold Colloids. *J Catal*, 1999, **181**: 223 ~ 232
- 27 Chien S, Erdogan G, Demczyk B G. Structure of Coprecipitated Gold - Iron Oxide Catalyst. *Materials Mater Lett*, 1998, **36**: 11 ~ 16
- 28 Okumura M, Tanaka K, Ueda A, et al. The Reactivities of Dimethylgold() β - Diketone on the Surface of TiO_2 : A Novel Preparation Method for Au Catalysts. *Solid State Ionics*, 1997, **95**: 143 ~ 149
- 29 Okumura M, Nakamura S, Tsubota S, et al. Preparation of Catalysts. Elsevier Amsterdam, 1998, 277 ~ 281
- 30 李霞, 马希骋, 李士同. 碳纳米管的化学镀 Au 研究. *材料科学与工程学报*, 2004, **22**(1): 48 ~ 51
- 31 Anke W, Ferdi S. A Systematic Study of the Synthesis Conditions for the Preparation of Highly Active Gold Catalysts. *Appl Catal, A*, 2002, **226**: 1 ~ 13
- 32 Marek M, Patrizia F, Jan - Dierck G. Supported Gold Catalysts for CO Oxidation: Effect of Calcinations on Structure, Adsorption and Catalytic Behaviour. *Phys Chem Chem Phys*, 2001, **3**: 3 846 ~ 3 855
- 33 Ivanova S, Petit C, Pitchon V. A New Preparation Method for the Formation of Gold Nanoparticles on an Oxide Support. *Appl Catal, A*, 2004, **267**: 191 ~ 201

- 34 Miguel Ángel C, Ignacio C, José Antonio O. Deposition - Precipitation Method to Obtain Supported Gold Catalysts: Dependence of the Acid - Base Properties of the Support Exemplified in the System $\text{TiO}_2 - \text{TiO}_x\text{N}_y - \text{TiN}$. *Appl Catal A*, 2003, **246**: 365 ~ 372
- 35 Lin Fan, Nobuyuki I, Shogo S. Preparation of Au/ TiO_2 Catalysts by Suspension Spray Reaction Method and Their Catalytic Property for CO Oxidation. *Appl Catal A*, 2003, **246**: 87 ~ 95
- 36 Schwartz V, Mullins D R, Yan W, et al. XAS Study of Au Supported on TiO_2 : Influence of Oxidation State and Particle Size on Catalytic Activity. *J Phys Chem B*, 2004, **108**: 15 782 ~ 15 790
- 37 Andreeva D, Idakiev V, Tabakova T, et al. Low - Temperature Water - Gas Shift Reaction over Au/ CeO_2 Catalysts. *Catal Today*, 2002, **72**: 51 ~ 57
- 38 Hu Jiming, Wei Kemei, Zheng Qi. Influence of Calcination Temperature on the Structure and Catalytic Performance of Au/Iron Oxide Catalysts for Water - Gas Shift Reaction. *Appl Catal A*, 2004, **259**: 121 ~ 130
- 39 Gary J, Patricia M P, Leann W. Water - Gas Shift: In Situ Spectroscopic Studies of Noble Metal Promoted Ceria Catalysts for CO Removal in Fuel Cell Reformers and Mechanistic Implications. *Appl Catal A*, 2004, **262**: 177 ~ 187
- 40 Bailie J E, Hutchings G J. Promotion by Sulfur of Gold Catalysts for Crotyl Alcohol Formation from Crotonaldehyde Hydrogenation. *Chem Commun*, 1999, **21**: 2 151 ~ 2 152
- 41 Claudia L, Bianchi A, Serena B, et al. Gold on Carbon: Influence of Support Properties on Catalyst Activity in Liquid - Phase Oxidation. *Catal Lett*, 2003, **85**: 1 ~ 2
- 42 Laura P, Michele R. Gold on Carbon as a New Catalyst for Selective Liquid Phase Oxidation of Diols. *J Catal*, 1998, **176**: 552 ~ 560
- 43 Serena B, Laura P, Michele R. Selective Oxidation of D - Glucose on Gold Catalyst. *J Catal*, 2002, **206**: 242 ~ 247
- 44 Sinha A K, Seelan S, Akita T, et al. Vapor - Phase Epoxidation of Propene over Au/Ti - MCM - 41 Catalysts: Influence of Ti Content and Au Content. *Catal Lett*, 2003, **85** (3): 223 ~ 228
- 45 Sinha A K, Seelan S, Tsubota S, et al. Catalysis by Gold Nanoparticles: Epoxidation of Propene. *Topics Catal*, 2004, **29** (3): 95 ~ 102
- 46 Coluccia S, Martra G, Porta F, et al. Metal Sols as a Useful Tool for Heterogeneous Gold Catalyst Preparation: Reinvestigation of a Liquid Phase Oxidation. *Catal Today*, 2000, **61**: 165 ~ 172

Advances in Preparation and Application of Supported Gold Nano - Particles Catalyst with High Catalytic Activity

Xu Xin, Luo Guohua, Zhao Rusong

(Department of Chemical Engineering, Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing 102617, China)

[Abstract] The latest advances in preparation and application of supported gold nano - particles catalyst with high catalytic activity were reviewed. Important factors which would affect catalytic activity of catalyst were discussed. Preparation methods for gold nano - particle catalysts were compared. Gold nano - particle catalyst with high catalytic activity could be prepared by selecting suitable preparation method and support, and by strictly controlling Au nano - particle size.

[Keywords] gold nano - particle; supported catalyst; preparation; application

(编辑 赵红雁)

· 最新专利文摘 ·

一种延缓压降上升的加氢反应器及方法

一种延缓压降上升的加氢反应器及方法,加氢反应器呈筒状,筒体呈圆柱状,筒体上部装有分配构件和催化剂拦截网,筒体下部装有催化剂支撑网和分配构件,在催化剂支撑网上方的筒壁开有卸剂口,反应器的顶部和底部各开一个口。方法包括:物流在加氢反应器内先由一个方向流动,当压差为 $0.2 \sim 0.6 \text{ MPa}$ 时,将物流方向改为与原方向相反的方向,如此类推直至达到设计最大压差或停工。该反应器及方法可以克服反应器的堵塞和压降的上升,延长渣油加氢装置的操作周期。/CN 1621142, 2005 - 06 - 01

一种丙烯选择还原一氧化氮的催化剂及其制备方法

该发明提供了一种以铝交联蒙脱土为载体的富氧条件下丙烯选择还原 NO 的催化剂及其制备方法。该发明的催化剂包括载体铝交联蒙脱土,其活性组分为 Cu^{2+} , Cu^{2+} 质量分数为 1% ~ 5%。通过采用 SO_4^{2-} 对载体进行改性,在空气或惰性气氛下对载体铝交联蒙脱土进行精密前处理,再用 Cu^{2+} 溶液浸渍,经干燥和焙烧而成。该发明的催化剂具有高催化活性、耐湿热性和宽的操作温度范围等特点,为稀燃条件下汽车尾气净化装置的制造提供了一条可行的途径。/CN 1623634, 2005 - 06 - 08