

## 磷化镍/介孔 TiO<sub>2</sub> 催化剂的制备及其催化加氢脱硫性能

杨祝红\*, 李力成, 王艳芳, 刘金龙, 冯新, 陆小华

南京工业大学材料化学工程国家重点实验室, 江苏南京 210009

YANG Zhuhong\*, LI Licheng, WANG Yanfang, LIU Jinlong, FENG Xin, LU Xiaohua

State Key Laboratory of Materials-Oriented Chemical Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, Jiangsu, China

- 摘要
- 参考文献
- 相关文章

Download: PDF (726KB) HTML (1KB) Export: BibTeX or EndNote (RIS) Supporting Info

**摘要** 以介孔 TiO<sub>2</sub> (m-TiO<sub>2</sub>) 为载体, 采用程序升温还原法制备了 Ni<sub>2</sub>P/m-TiO<sub>2</sub> 催化剂, 考察了不同起始 Ni/P 摩尔比及活性组分负载量对该催化剂结构及其催化加氢脱硫 (HDS) 性能的影响。结果表明, 当 Ni/P 摩尔比为 1.25 时, 活性组分以 Ni<sub>2</sub>P 为主, 催化剂的最佳 Ni 负载量为 10%。采用 X 射线衍射、低温 N<sub>2</sub> 吸附-脱附、场发射扫描电镜和程序升温还原等技术表征了 m-TiO<sub>2</sub> 及其不同载体负载的 Ni<sub>2</sub>P 催化剂。结果表明, 高结晶度 m-TiO<sub>2</sub> 载体使 Ni 和 P 物种的还原温度大幅度降低, 在 450~600 °C 还原制得的 Ni<sub>2</sub>P/m-TiO<sub>2</sub> 催化剂的结构参数基本一致, 比表面积均为 90 m<sup>2</sup>/g 左右, 具有很高的热稳定性和对二苯并噻吩的 HDS 催化性能。在相同的反应条件下, m-TiO<sub>2</sub> 负载的 Ni<sub>2</sub>P 催化剂 HDS 性能最好, 各载体负载的 Ni<sub>2</sub>P 催化剂活性大小顺序为 Ni<sub>2</sub>P/m-TiO<sub>2</sub> > Ni<sub>2</sub>P/SiO<sub>2</sub> > Ni<sub>2</sub>P/P25。

**关键词:** 介孔 二氧化钛 磷化镍 加氢脱硫 二苯并噻吩

**Abstract:** Using mesoporous TiO<sub>2</sub> (m-TiO<sub>2</sub>) as the support, novel nickel phosphide/m-TiO<sub>2</sub> catalysts (Ni<sub>2</sub>P/m-TiO<sub>2</sub>) were prepared by a temperature-programmed reduction method. The influence of the Ni/P molar ratio and the amount of active component on the catalyst structure and the hydrodesulfurization (HDS) performance was investigated. The results indicated that the reduction of precursor with Ni/P = 1.25 yielded mainly Ni<sub>2</sub>P, and the optimum loading of Ni was 10%. The influence of m-TiO<sub>2</sub> on the preparation and HDS performance of nickel phosphide catalysts was also evaluated by X-ray diffraction, N<sub>2</sub> physisorption, field-emission scanning electron microscopy, and temperature-programmed reduction. The results showed that m-TiO<sub>2</sub> with high crystallinity could dramatically decrease the reduction temperatures of Ni and P species. When the reduction temperatures were between 450 and 600 °C, the textures of the Ni<sub>2</sub>P/m-TiO<sub>2</sub> catalysts were very similar and the specific surface areas were about 90 m<sup>2</sup>/g. The effects of the support on the dibenzothiophene HDS performance of the nickel phosphide catalysts were also investigated. The results showed that the order of dibenzothiophene conversion was Ni<sub>2</sub>P/m-TiO<sub>2</sub> > Ni<sub>2</sub>P/SiO<sub>2</sub> > Ni<sub>2</sub>P/P25.


**Keywords:** mesoporous, titania, nickel phosphide, hydrodesulfurization, dibenzothiophene


收稿日期: 2011-09-05; 出版日期: 2012-03-07

**引用本文:**  
杨祝红, 李力成, 王艳芳等. 磷化镍/介孔 TiO<sub>2</sub> 催化剂的制备及其催化加氢脱硫性能[J]. 催化学报, 2012, V33(3): 508-517


YANG Zhu-Hong, LI Li-Cheng, WANG Yan-Fang etc. Preparation of Nickel Phosphide/Mesoporous-TiO<sub>2</sub> Catalyst and Its Hydrodesulfurization Performance[J]. Chinese Journal of Catalysis, 2012, V33(3): 508-517


**链接本文:**  
http://www.chxb.cn/CN/10.1016/S1872-2067(11)60358-6 或 http://www.chxb.cn/CN/Y2012/V33/I3/508


[1] Oyama S T. J Catal, 2003, 216: 343 


[2] Nedeljkovic J M, Micic O I, Ahrenkiel S P, Miedaner A, Nozik A J. J Am Chem Soc, 2004, 126: 2632 

[3] Kashkarov P K, Obratsov A N, Sorokin I N, Sosnovskikh Y N. Inorg Mater, 1986, 22: 1407

[4] Hu X L, Yu J C. Chem Mater, 2008, 20: 6743 

[5] Phillips D C, Sawhill S J, Self R, Bussell M E. J Catal, 2002, 207: 266 

[6] Wang X Q, Clark P A, Oyama S T. J Catal, 2002, 208: 321 

[7] Clark P A, Oyama S T. J Catal, 2003, 218: 78 

[8] 黄晓凡, 季生福, 吴平易, 刘倩倩, 刘辉, 朱吉钦, 李成岳. 物理化学学报 (Huang X F, Ji Sh F, Wu P Y, Liu Q Q, Liu H, Zhu J Q, Li Ch Y. Acta Phys-Chim Sin), 2008, 24: 1773

### Service

- ▶ 把本文推荐给朋友
- ▶ 加入我的书架
- ▶ 加入引用管理器
- ▶ Email Alert
- ▶ RSS

### 作者相关文章

- ▶ 杨祝红
- ▶ 李力成
- ▶ 王艳芳
- ▶ 刘金龙
- ▶ 冯新
- ▶ 陆小华

- [9] Kawai T, Sato S, Suzuki S, Chun W-J, Asakura K, Bando K K, Matsui T, Yoshimura Y, Kubota T, Okamoto Y, Lee Y K. Chem Lett, 2003, 32: 956 
- [10] Shu Y Y, Oyama S T. Carbon, 2005, 43: 1517 
- [11] Wang A J, Ruan L F, Teng Y, Li X, Lu M H, Ren J, Wang Y, Hu Y K. J Catal, 2005, 229: 314 
- [12] 刘理华, 李广慈, 刘迪, 柳云琪, 刘晨光. 化学进展 (Liu L H, Li G C, Liu D, Liu Y Q, Liu Ch G. Progr Chem), 2010, 22: 1701
- [13] Sawhill S J, Phillips D C, Bussell M E. J Catal, 2003, 215: 208 
- [14] 许建跃, 李凤艳, 赵天波, 赵志芳, 郭剑. 石油化工高等学校学报 (Xu J Y, Li F Y, Zhao T B, Zhao Zh F, Guo J. J Petrochem Univ), 2003, 16(4): 4
- [15] Tauster S J, Fung S C, Garten R L. J Am Chem Soc, 1978, 100: 170 
- [16] Segawa K, Soeya T, Kim D S. Res Chem Intermed, 1991, 15: 129 
- [17] Yoshinaka S, Segawa K. Catal Today, 1998, 45: 293 
- [18] Wang K L, Yang B L, Liu Y, Yi C H. Energ Fuel, 2009, 23: 4209 
- [19] Li X, Lu M H, Wang A J, Song C S, Hu Y K. J Phys Chem C, 2008, 112: 16584 
- [20] Li X, Zhang Y L, Wang A J, Wang Y, Hu Y K. Catal Commun, 2010, 11: 1129 
- [21] Vu V H, Belkouch J, Ould-Dris A, Taouk B. AIChE J, 2008, 54: 1585 
- [22] Ma Z, Brown S, Overbury S H, Dai S. Appl Catal A, 2007, 327: 226 
- [23] Zhang J, Li M J, Feng Z C, Chen J, Li C. J Phys Chem B, 2006, 110: 927 
- [24] Li W, Dhandapani B, Oyama S T. Chem Lett, 1998, 27: 207
- [25] He M, Lu X H, Feng X, Yu L, Yang Z H. Chem Commun, 2004: 2202 
- [26] Zhu Y H, Li W, Zhou Y X, Lu X H, Feng X, Yang Z H. Catal Lett, 2009, 127: 406 
- [27] Li W, Bai Y, Liu C, Yang Z H, Feng X, Lu X H, van der Laak N K, Chan K-Y. Environ Sci Technol, 2009, 43: 5423 
- [28] 王海棠, 朱银华, 杨祝红, 刘金龙, 孙庆杰, 陆小华, 冯新. 催化学报 (Wang H T, Zhu Y H, Yang Zh H, Liu J L, Sun Q J, Lu X H, Feng X. Chin J Catal), 2009, 30: 414
- [29] 陈闪山, 朱银华, 李伟, 刘维佳, 李力成, 杨祝红, 刘畅, 姚文俊, 陆小华, 冯新. 催化学报 (Chen Sh Sh, Zhu Y H, Li W, Liu W J, Li L Ch, Yang Zh H, Liu Ch, Yao W J, Lu X H, Feng X. Chin J Catal), 2010, 31: 605 
- [30] 于荟, 朱银华, 刘畅, 杨祝红, 陆小华, 冯新. 催化学报 (Yu H, Zhu Y H, Liu Ch, Yang Zh H, Lu X H, Feng X. Chin J Catal), 2009, 30: 265
- [31] 丁玉兰, 柏扬, 李伟, 陈闪山, 朱育丹, 朱银华, 杨祝红, 陆小华. 催化学报 (Ding Y L, Bai Y, Li W, Chen Sh Sh, Zhu Y D, Zhu Y H, Yang Zh H, Lu X H. Chin J Catal), 2010, 31: 1271
- [32] Bai Y, Li W, Liu C, Yang Zh H, Feng X, Lu X H, Chan K-Y. J Mater Chem, 2009, 19: 7055 
- [33] 刘金龙, 朱银华, 杨祝红, 王海棠, 陆小华, 冯新, 汪怀远. 过程工程学报 (Liu J L, Zhu Y H, Yang Zh H, Wang H T, Lu X H, Feng X, Wang H Y. Chin J Process Eng), 2009, 9: 882
- [34] Stinner C, Tang Z, Haouas M, Weber T, Prins R. J Catal, 2002, 208: 456 
- [35] 李冬燕, 余夕志, 陈长林, 徐南平, 王延儒. 高校化学工程学报 (Li D Y, Yu X Zh, Chen Ch L, Xu N P, Wang Y R. J Chem Eng Chin Univ), 2006, 20: 825
- [36] Chen J X, Chen Y, Yang Q, Li K L, Yao C C. Catal Commun, 2010, 11: 571 
- [37] 鲁墨弘, 王安杰, 李翔, 单玉华, 胡永康. 石油学报 (石油加工). (Lu M H, Wang A J, Li X, Shan Y H, Hu Y K. Acta Petrol Sin (Petrol Proc Sect)), 2009, 25: 522
- [38] Bao N Z, Feng X, Lu X H, Shen L M, Yanagisawa K. AIChE J, 2004, 50: 1568 

- [1] 王卫, 陆春华, 苏明星, 倪亚茹, 许仲梓. N 掺杂富含 (001) 晶面 TiO<sub>2</sub> 纳米片的制备及 N 掺杂浓度对可见光催化活性的影响[J]. 催化学报, 2012,33(4): 629-636
- [2] 黄健, 马人熊, 高志华, 沈朝峰, 黄伟. CeO<sub>2</sub>/Ni/Mo/SBA-15 甲烷二氧化碳重整催化剂的表征和催化性能[J]. 催化学报, 2012,33(4): 637-644
- [3] 景明俊, 王岩, 钱俊杰, 张敏, 杨建军. 水热法制备铂掺杂二氧化钛及其可见光催化性能[J]. 催化学报, 2012,33(3): 550-556
- [4] 亓雪, 石秋杰, 谌伟庆, 张荣斌. Mo 对非晶态合金 Ni-B/薄水铝石催化剂上噻吩加氢脱硫性能的影响[J]. 催化学报, 2012,33(3): 543-549
- [5] 李伟, 赵莹, 刘守新. 以纳米微晶纤维素为模板的酸催化水解法制备球形介孔 TiO<sub>2</sub>[J]. 催化学报, 2012,33(2): 342-347
- [6] 黄燕, 李可心, 颜流水, 戴玉华, 黄智敏, 薛昆鹏, 郭会琴, 熊晶晶. 二维六方 *p6mm* 有序介孔 WO<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> 复合材料的制备及其可见光催化性能[J]. 催化学报, 2012,33(2): 308-316
- [7] 宋明娟, 邹成龙, 牛国兴, 赵东元. (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> 预处理改善 SBA-15 介孔材料的水热稳定性[J]. 催化学报, 2012,33(1): 140-151
- [8] 张莉娜, 王浩, 樊卫斌, 王建国. 阳离子表面活性剂-阴离子聚合物为模板剂合成硅基介孔材料[J]. 催化学报, 2012,33(1): 164-173
- [9] 申宝剑, 覃正兴, 高雄厚, 林枫, 周淑歌, 沈文, 王宝杰, 赵红娟, 刘宏海. 碱处理脱硅与提高 Y 型分子筛硅铝比——矛盾的对立与统一[J]. 催化学报, 2012,33(1): 152-163

- [10] 方林, 张坤, 李晓红, 吴海虹, 吴鹏. 磺酸基团功能化的碳-硅介孔复合材料的制备及其在生物柴油绿色合成中的应用[J]. 催化学报, 2012,33(1): 114-122
- [11] 王月娟, 郭美娜, 鲁继青, 罗孟飞, 介孔  $\text{Al}_2\text{O}_3$  负载 PdO 催化甲烷燃烧反应性能[J]. 催化学报, 2011,32(9): 1496-1501
- [12] 王晟, 高艳龙, 王驹, 王栋良, 丁源维, 许学飞, 张晓龙, 江国华. 紫外光还原法制备铂填充硅钛复合纳米管及其光催化性能[J]. 催化学报, 2011,32(9): 1513-1518
- [13] 冯建, 熊伟, 贾云, 王金波, 刘德蓉, 陈华, 李贤均. Ru/TiO<sub>2</sub> 催化剂上甘油氢解制 1,2-丙二醇[J]. 催化学报, 2011,32(9): 1545-1549
- [14] 汪青, 尚静, 宋寒. 影响 TiO<sub>2</sub> 纳米管光电催化还原 Cr(VI) 的因素探讨[J]. 催化学报, 2011,32(9): 1525-1530
- [15] 郑青<sup>1</sup>, 李金花<sup>1</sup>, 陈红冲<sup>1</sup>, 陈全鹏<sup>1</sup>, 周保学<sup>1,2,\*</sup>, 尚树川<sup>3</sup>, 蔡伟民<sup>1</sup>. 基于薄层反应器的有机污染物光电催化氧化反应性能与机理[J]. 催化学报, 2011,32(8): 1357-1363