

负载型纳米 $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 复合载体中 ZrO_2 的负载量对 Ni 基催化剂性能的影响

李 凝

(桂林工学院材料与化学工程系, 广西桂林 541004)

摘要: 采用真空浸渍法在负载型纳米 $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 复合载体上负载 NiO, 并用 X 射线衍射考察了 NiO 在复合载体上的分散阈值. 结果表明, 该分散阈值与 $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 复合载体中 ZrO_2 的负载量有关, 当 ZrO_2 的负载量为 0.60 g/g 时, NiO 的分散阈值达到最高值 0.315 g/g. 热重-微分热重和程序升温脱附结果表明, NiO 在不同 ZrO_2 负载量的复合载体表面形成不同的相互作用和分布状态, 复合载体中 ZrO_2 的负载量影响催化剂表面活性中心的种类和对 CO_2 的吸附. 同时考察了不同 ZrO_2 负载量的复合载体 Ni 基催化剂在 CO_2 重整 CH_4 反应中的活性和稳定性.

关键词: 二氧化锆; 氧化铝; 镍; 纳米; 复合载体; 分散状态; 二氧化碳; 甲烷

中图分类号: O643 文献标识码: A

Effect of ZrO_2 Content of the $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ Composite Support on Catalytic Properties of the Ni-Based Catalyst

LI Ning*

(Department of Material and Chemical Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, Guangxi, China)

Abstract: A vacuum impregnation method was used to support NiO on a supported nano $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ composite support. Dispersion threshold of NiO on the composite support was studied using X-ray diffraction. The results indicated that the dispersion threshold was significantly related to the ZrO_2 content in the $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ composite support. When the ZrO_2 content was 0.60 g/g, the dispersion threshold of NiO reached the highest value of 0.315 g/g. These results were further studied by thermogravimetry-derivative thermogravimetry and temperature-programmed desorption. NiO on the support with different ZrO_2 contents showed different interaction with the support and different dispersion states forming different active centers. The activity and stability of the NiO/ $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ catalyst were studied in the CO_2 reforming with CH_4 .

Key words: zirconium dioxide; alumina; nickel; nanometer; composite support; dispersion state; carbon dioxide; methane

随着现代工业的迅速发展, 人类向大气中排放的 CO_2 正以每年 4% 的速度递增, CO_2 在大气层中的大量累积造成全球性的温室效应, 使地球的平均温度升高, 气候恶化, 给人类的生产和生活造成了严重的影响^[1]. 限制 CO_2 的排放在很大程度上影响着现代工业和世界经济的发展, 因此合理有效地利用 CO_2 已成为一个越来越迫切的问题. CO_2 重整 CH_4 制合成气是 CO_2 利用的有效途径之一, 不仅对缓解能源危机、改变某些化工产品的生产过程和原料路

线具有重大的现实意义, 而且对于减少温室气体的排放, 减轻“温室效应”对全球造成的生态环境的破坏具有深远的意义. CO_2 重整 CH_4 制合成气的关键问题是催化剂的开发, 负载型贵金属催化剂(如 Rh, Ru, Pd 和 Pt 等^[2~4])对 CO_2 重整 CH_4 反应具有较高的活性和稳定性, 但价格昂贵, 不利于工业应用. Ni 催化剂最有希望在 CO_2 重整 CH_4 反应中获得应用, 但大多数 Ni 催化剂容易因积炭而失活^[5,6], 因此寻找高活性和抗积炭的 Ni 基催化剂一直是 CO_2

重整 CH_4 反应研究的一个热点. 文献 [7, 8] 所研究的催化剂在 CO_2 重整 CH_4 反应中具有较高的活性和稳定性; Pb/ZrO_2 催化剂用于 CO_2 重整 CH_4 反应时可稳定工作 500 h 不失活^[9], 在保持 CH_4 转化率接近热力学平衡值时, 用纳米 ZrO_2 -AS 载体制备的 Ni/ZrO_2 -AS 催化剂 (Ni 含量 27.2%) 对 CO_2 重整 CH_4 反应能连续工作 600 h 而不失活^[10].

本文通过真空浸渍法将 NiO 负载在不同 ZrO_2 负载量的纳米 ZrO_2 - Al_2O_3 复合载体^[11, 12]上, 并用 X 射线衍射 (XRD)、热重-微分热重 (TG-DTG) 和程序升温脱附 (TPD) 等技术, 对 NiO 在复合载体上的分散阈值、吸附和还原行为作了系统考察, 同时对该 Ni 基催化剂在 CO_2 重整 CH_4 反应中的活性和稳定性进行了探讨.

1 实验方法

1.1 样品的制备

1.1.1 ZrO_2 - Al_2O_3 复合载体的制备

将 1 g Al_2O_3 置于容器中并抽空至 0.01 MPa, 继续抽空 2 h 后加入 10% 的十二烷基苯磺酸钠乙醇溶液 10 ml, 搅拌均匀后, 按每克 Al_2O_3 负载 0.24, 0.5, 0.6 和 0.8 g ZrO_2 的计量比加入 1.0 mol/L ZrOCl_2 溶液, 连续搅拌, 浸渍 4 h 后加入 10% 氨水, 调节 $\text{pH} = 10$, 于 50 °C 温度下陈化 4 h, 过滤并洗涤除去 Cl^- (用硝酸银溶液检验), 然后于微波炉中干燥 12 min, 再在 650 °C 下焙烧 4 h, 所得样品标记为 $x\text{ZrO}_2$ - Al_2O_3 (x 表示 1 g Al_2O_3 负载 ZrO_2 的质量).

1.1.2 NiO/ZrO_2 - Al_2O_3 的制备

将负载型纳米 ZrO_2 - Al_2O_3 复合载体置于容器中并抽空至 0.01 MPa, 继续抽空 2 h 后加入 1.0 mol/L 的 $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ 溶液真空浸渍 4 h, 将样品取出, 微波干燥 10 min, 650 °C 焙烧 4 h. 所得样品标记为 $y\text{NiO}/x\text{ZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (y 表示 NiO 的含量).

1.2 样品的表征

XRD 分析采用日本理学 D/MAX-RA 型转靶 X 射线衍射仪, 实验条件为 Cu K_α 靶 (波长 0.154 18 nm), 电压 30 kV, 电流 30 mA.

TG-DTG 采用德国耐兹公司的 STA-441 型热综合分析仪, 以 10 °C/min 的升温速度从室温升至 800 °C.

H_2 -TPD 和 CO_2 -TPD 在天津先权公司生产的

TP-5000 型多用吸附仪上进行.

1.3 催化剂活性和稳定性评价

活性评价在固定床流动反应装置上进行, 将 0.200 g 催化剂 (40~60 目) 置于 U 形反应器中, 在 850 °C 于 H_2 中还原 1 h. 反应条件为: 混合反应气 $\text{CO}_2/\text{CH}_4 = 1$, 空速 22 900 ml/(h·g), 750 °C, 常压. 气相色谱在线分析, TDX-01 柱, TCD 检测.

2 结果与讨论

2.1 NiO 在 ZrO_2 - Al_2O_3 复合载体上的分散阈值

ZrO_2 负载量不同, ZrO_2 - Al_2O_3 复合载体的结构和表面性能存在较大差异^[11, 12], 并影响 NiO 在 ZrO_2 - Al_2O_3 复合载体上的分布. 本文用 XRD 研究 NiO 在不同 ZrO_2 负载量的 ZrO_2 - Al_2O_3 复合载体上的分散阈值 (图略), 得出 NiO 在不同 ZrO_2 负载量的 ZrO_2 - Al_2O_3 复合载体上的分散阈值如表 1. 结果表明, 当 ZrO_2 的负载量为 0.60 g/g 时, NiO 的分散阈值达到最高值 0.315 g/g; ZrO_2 的负载量低于 0.60 g/g 时, NiO 的分散阈值随 ZrO_2 负载量的增加而提高; ZrO_2 的负载量高于 0.60 g/g 时, NiO 的分散阈值明显下降.

表 1 NiO 在不同 ZrO_2 - Al_2O_3 复合载体上的分散阈值

Support	Dispersion threshold of NiO (g/g)
γ - Al_2O_3	0.226
0.24 ZrO_2 - Al_2O_3	0.038
0.50 ZrO_2 - Al_2O_3	0.266
0.60 ZrO_2 - Al_2O_3	0.315
0.80 ZrO_2 - Al_2O_3	0.208
t - ZrO_2	0.034

文献 [15, 16] 报道, NiO 在 γ - Al_2O_3 表面上的分散阈值为 0.213 g/g, 在 ZrO_2 表面的分散阈值为 0.041 g/g, 与本文的结果基本相符. NiO 在 0.24 ZrO_2 / Al_2O_3 复合载体上的分散阈值较低, 因为这时 Al_2O_3 表面的八面体空位有四分之三左右被 Zr^{4+} 所占据, 四分之一左右被这些 Zr^{4+} 伴随的氧离子所屏蔽, 仅有四面体空位可用于 NiO 的分散^[17], 导致其分散阈值从 γ - Al_2O_3 表面上的 0.226 g/g 下降到 0.24 ZrO_2 / Al_2O_3 上的 0.038 g/g. 随着 ZrO_2 - Al_2O_3 复合载体中 ZrO_2 负载量的增加, NiO 的分散阈值也随之提高. ZrO_2 负载量增加时, ZrO_2 除按单分子层分散外, 还存在一定量纳米 ZrO_2 粒子, ZrO_2 的负载量不大于 0.60 g/g 时, 粒子的大小基本

保持在 4.1~4.2 nm 范围^[11], 此时的纳米 ZrO_2 粒子单层分布在载体的表面, NiO 主要分布在纳米 ZrO_2 粒子上, 少量 NiO 分散在四面体空位上. 当 ZrO_2 的负载量大于 0.60 g/g, 纳米 ZrO_2 粒径增大, 并出现多层分布, 一方面堵塞基载体 Al_2O_3 的部分孔, 另一方面较大的纳米 ZrO_2 粒子表面积较小, 屏蔽作用加大, 因此 ZrO_2 的负载量继续增大, NiO 的分散阈值相应减少.

2.2 NiO/ $ZrO_2-Al_2O_3$ 催化剂的 H_2 还原 TG-DTG

图 1 是 NiO 按照阈值负载在 $xZrO_2-Al_2O_3$ 复合载体上的 H_2 还原的 TG-DTG 曲线. 从图 1(a) 可见, 0.038NiO/0.24 $ZrO_2-Al_2O_3$ 样品的 DTG 曲线上在 655 °C 只出现一个峰, 其 TG 曲线有对应的失重平台, 对应于负载在 0.24 $ZrO_2-Al_2O_3$ 复合载体中 Al_2O_3 表面四面体上 NiO 的还原. 纯 NiO 的还原温度为 360 °C^[18,19]. NiO 负载在 $ZrO_2-Al_2O_3$ 复合载体上后, 由于与载体形成了较强的相互作用, 因此还原温度升高. 图 1(b) 为 0.315NiO/0.60 $ZrO_2-Al_2O_3$ 样品的 TG-DTG 曲线, DTG 曲线分别在 512 和

660 °C 出现两个峰, 其 TG 曲线有两个失重平台. 660 °C 的峰与样品 0.038NiO/0.24 $ZrO_2-Al_2O_3$ 相近, 可归属为分散在 Al_2O_3 表面四面体上 NiO 的还原, 在 0.60 $ZrO_2-Al_2O_3$ 复合载体中, ZrO_2 除按阈值分散外, 表面还分布一层均匀分布的纳米 ZrO_2 粒子, NiO 除了分散在 Al_2O_3 表面四面体空位外, 大部分分散在纳米 ZrO_2 粒子的表面, 512 °C 出现的峰可归属于分散在纳米 ZrO_2 粒子表面 NiO 的还原. 样品 0.208NiO/0.80 $ZrO_2-Al_2O_3$ 的 DTG 曲线出现三个峰, 对应的峰温分别为 400, 521 和 655 °C, TG 曲线出现相应的失重平台. 521 和 655 °C 出现的两个还原峰与 0.315NiO/0.60 $ZrO_2-Al_2O_3$ 相似, 400 °C 出现的还原峰可归属为分散在复合载体外层纳米 ZrO_2 粒子表面 NiO 的还原, 由于该部分 ZrO_2 纳米粒子尺寸较大^[12~14], 与 NiO 作用较弱, 所以 NiO 的还原温度较低. TG-DTG 结果表明, 当复合载体中 ZrO_2 的负载量大于 0.60 g/g 时, NiO 的还原峰温不同是由于 NiO 与不同分布的纳米 ZrO_2 的相互作用不同.

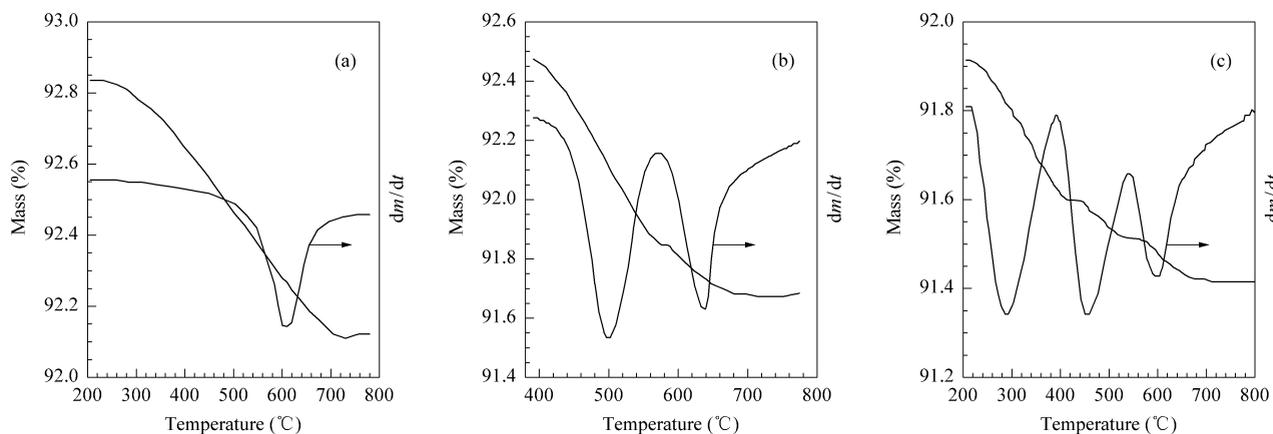


图 1 H_2 气氛下不同 NiO/ $ZrO_2-Al_2O_3$ 样品的 TG-DTG 曲线

Fig 1 TG-DTG curves of different NiO/ $ZrO_2-Al_2O_3$ catalysts under hydrogen atmosphere

(a) 0.038NiO/0.24 $ZrO_2-Al_2O_3$, (b) 0.315NiO/0.60 $ZrO_2-Al_2O_3$, (c) 0.208NiO/0.80 $ZrO_2-Al_2O_3$

2.3 TPD 结果

2.3.1 催化剂的 H_2 -TPD

图 2 是 NiO 按照阈值分散的样品的 H_2 -TPD 谱. NiO/ ZrO_2 催化剂在 286 °C 出现一个 H_2 脱附峰, 均匀分散在 ZrO_2 上的 NiO 还原后形成一种表面活性中心. NiO/ Al_2O_3 催化剂在 180 和 367 °C 出现两个 H_2 脱附峰, 分别对应于吸附在 Al_2O_3 表面的八面体和四面体活性中心上 H_2 的脱附, NiO 在 Al_2O_3 表面分散时 Ni^{2+} 优先分散于 Al_2O_3 表面的八

面体空位^[17], 八面体空位占满后, 进入 Al_2O_3 表面的四面体空位, 由于分散在 Al_2O_3 表面的八面体和四面体上的 NiO 与载体的相互作用不同, 因此还原后 NiO/ Al_2O_3 催化剂形成两类活性中心. ZrO_2 按阈值负载的复合载体中仅有 Al_2O_3 表面的四面体空位可用于 NiO 的分散, 因此 0.038NiO/0.24 $ZrO_2-Al_2O_3$ 催化剂只在 367 °C 处出现一个 H_2 脱附峰, 与 NiO/ Al_2O_3 的高温峰相对应. 0.315NiO/0.60 $ZrO_2-Al_2O_3$ 催化剂出现了两个 H_2 脱附峰, 其峰温分别在

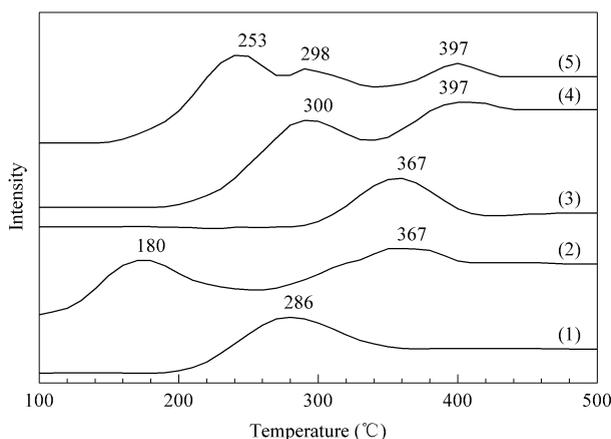


图 2 不同 NiO/ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂样品的 H₂-TPD 谱

Fig 2 H₂-TPD profiles of different NiO/ZrO₂-Al₂O₃ catalysts

(1) NiO/ZrO₂, (2) NiO/Al₂O₃, (3) 0.038NiO/0.24ZrO₂-Al₂O₃, (4) 0.315NiO/0.60ZrO₂-Al₂O₃, (5) 0.208NiO/0.80ZrO₂-Al₂O₃

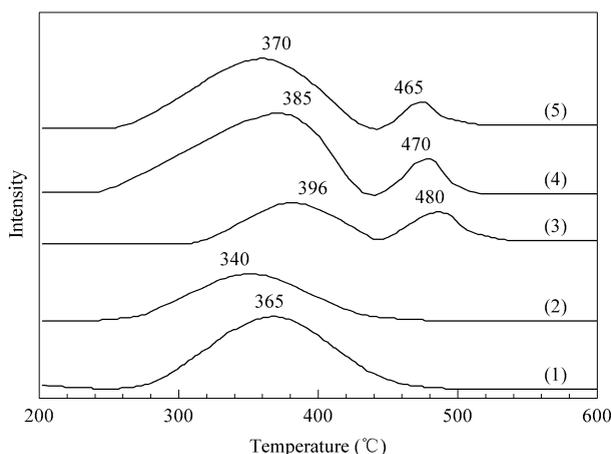


图 3 不同 NiO/ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂样品的 CO₂-TPD 谱

Fig 3 CO₂-TPD profiles of different NiO/ZrO₂-Al₂O₃ catalysts

(1) NiO/ZrO₂, (2) NiO/Al₂O₃, (3) 0.038NiO/0.24ZrO₂-Al₂O₃, (4) 0.315NiO/0.60ZrO₂-Al₂O₃, (5) 0.208NiO/0.80ZrO₂-Al₂O₃

300 和 397 °C, 300 °C 的脱附峰可归属于负载在纳米 ZrO₂ 粒子表面上活性中心吸附的 H₂ 的脱附, 其脱附峰温高于 NiO/ZrO₂ 是受纳米粒子的小尺寸效应和电子效应的影响, 397 °C 的脱附峰可归属于 Al₂O₃ 表面四面体上的活性中心吸附的 H₂ 的脱附. 表明 NiO 按阈值分散在 0.60ZrO₂-Al₂O₃ 复合载体上时, NiO 优先分布在表面的纳米 ZrO₂ 粒子表面, 然后进入到尚未完全屏蔽的 Al₂O₃ 表面的四面体, 低温峰的峰面积远大于高温峰, 因为大部分 NiO 分散在纳米 ZrO₂ 粒子表面, 少部分进入 Al₂O₃ 表面的四面体. 0.208NiO/0.80ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂的 H₂-TPD 谱出现了三个脱附峰, 其峰温分别为 253, 298 和 397 °C. 同 0.315NiO/0.60ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂相比, 253 °C 附近出现了一个新的 H₂ 脱附峰, 因为 ZrO₂ 负载量提高后, 纳米 ZrO₂ 粒子在 Al₂O₃ 上出现了多层分布^[13], NiO 优先分散在外层的纳米粒子表面, 然后分散于未被覆盖的内层纳米粒子表面, 最后进入尚未完全屏蔽的 Al₂O₃ 表面的四面体, 由于与内外层纳米粒子的相互作用不同, 导致活性中心的脱附活化能发生变化, 出现了三类不同的活性中心.

2.3.2 催化剂的 CO₂-TPD

图 3 是 CO₂ 在 NiO 按阈值分散的催化剂样品上的 CO₂-TPD 谱. 结果表明, NiO/ZrO₂ 和 NiO/Al₂O₃ 催化剂分别在 365 和 340 °C 出现 CO₂ 的脱附峰, y NiO/ x ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂出现两个 CO₂ 的脱附峰, 其低温峰峰温都比 NiO/ZrO₂ 和 NiO/Al₂O₃

催化剂高, 并且随着 ZrO₂ 的负载量增大, 高温和低温脱附峰温有所下降. 脱附峰温的高低反映催化剂对 CO₂ 吸附能力的强弱. 低温峰的形成主要是催化剂的表面缺陷和羟基形成的弱碱中心与二氧化碳作用的结果, 较大的脱附峰面积反映了其表面存在大量的缺陷和羟基结构^[20]. 高温脱附峰的形成是由于 Al₂O₃ 载体引入了纳米 ZrO₂, 纳米 ZrO₂ 的加入对调节 NiO/Al₂O₃ 催化剂表面酸碱性能有显著的作用, 增加了强碱吸附中心数和强度, 同时微波作用诱导 ZrO₂ 和 Al₂O₃ 之间产生新的强碱中心^[21], 对提高 CO₂ 吸附能力、阻止表面炭向体相扩散形成丝状炭和向石墨炭的转化、增强消炭作用非常有益^[22].

2.4 CO₂ 重整 CH₄ 反应中催化剂的活性和稳定性

在 ZrO₂-Al₂O₃ 复合载体中, ZrO₂ 的负载量不同可改变载体的表面性能和结构, 从而影响 Ni 基催化剂 CO₂ 重整 CH₄ 的反应性能. 0.053NiO/ x ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂在 750 °C 温度下的 CH₄ 转化率与时间的关系如图 4 所示. 结果表明, 0.053NiO/0.24ZrO₂-Al₂O₃ 和 0.053NiO/0.80ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂的 CH₄ 初始转化率均高于 0.053NiO/0.60ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂. 0.053NiO/0.24ZrO₂-Al₂O₃ 和 0.053NiO/0.80ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂反应 60 h 后 CH₄ 的转化率分别降至 88.3% 和 90%, 100 h 后 CH₄ 的转化率在 88% 和 90% 附近波动. 虽然 0.053NiO/0.60ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂的 CH₄ 初始转化率低于前两个催化剂, 但反应 100 h 后 CH₄ 的转化率基本保持在 92% 附近, 而 0.053NiO/0.24ZrO₂-

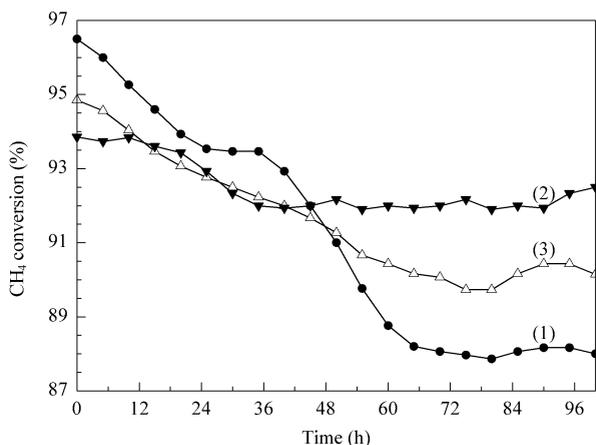


图 4 不同 $0.053NiO/xZrO_2-Al_2O_3$ 催化剂中 ZrO_2 的含量对 CH_4 转化率的影响

Fig 4 CH_4 conversion versus ZrO_2 content of different $0.053NiO/xZrO_2-Al_2O_3$ catalysts

(1) $0.053NiO/0.24ZrO_2-Al_2O_3$, (2) $0.053NiO/0.60ZrO_2-Al_2O_3$, (3) $0.053NiO/0.80ZrO_2-Al_2O_3$

Al_2O_3 和 $0.053NiO/0.80ZrO_2-Al_2O_3$ 催化剂分别下降了 7.3% 和 3.2%。

$0.053NiO/0.24ZrO_2-Al_2O_3$ 中 NiO 的负载量高于分散阈值, 催化剂表面存在微晶或游离的 NiO 颗粒, 该部分活性中心与载体的相互作用较弱, 虽然能提供较高的初活性, 但在反应中容易发生迁移聚集或烧结, 导致活性下降。 $0.053NiO/0.80ZrO_2-Al_2O_3$ 催化剂中由于 NiO 的负载量低于分散阈值, 活性组分主要分布在复合载体的外层纳米 ZrO_2 表面, 相互之间的作用相对较弱, 在反应过程中该部分活性组分容易烧结, 导致催化剂的活性下降。 而 $0.053NiO/0.60ZrO_2-Al_2O_3$ 催化剂中 NiO 高度分散在复合载体中纳米 ZrO_2 表面并形成较强的相互作用, 产生较稳定的活性中心。 同时 CO_2 -TPD 结果表明, $0.053NiO/0.60ZrO_2-Al_2O_3$ 吸附 CO_2 的能力较强, 有利于消炭反应的进行。 对于 CO_2 重整 CH_4 反应体系, 积炭主要是活化的 CH_4 裂解生成 C 覆盖在催化剂的表面, 通过吸附的 CO_2 活化与 C 反应生成 CO, 起到消炭作用。 CH_4 裂解生成的 H_2 能在 Ni^0 上活化而发生解离, 产生非常活跃的原子 H, 使 ZrO_2 部分还原, ZrO_2 粒子越小其被还原的程度越大, 从而在 ZrO_2 中产生一定数量的氧空位。 氧空位释放出的自由电子从 ZrO_2 表面迁移到 Ni 与 ZrO_2 的界面, 提高 Ni^0 的 d 电子密度。 Ni^0 的 d 电子密度的增加在一定程度上抑制了 CH_4 分子 C-H 键中的 σ 电子向 d 轨道迁移, 降低了裂解积炭, 同时加

强了 Ni^0 的 d 轨道向 CO_2 空反键 π 轨道的电子迁移, 促进了 CO_2 分子的活化, 提高 CO_2 的消炭活性^[20]。

3 结论

XRD, TG-DTG 和 TPD 结果表明, 复合载体中 ZrO_2 的负载量不同, 复合载体的结构存在一定的差异, 当 ZrO_2 的负载量为 $0.60 g/g$ 时, 复合载体中纳米 ZrO_2 分布均匀, NiO 的分散阈值较大, 有利于活性组分载量的提高。 在活性组分低于分散阈值时, 活性组分能与复合载体形成强相互作用, 得到稳定的活性中心, 同时形成较强的碱性中心, 有利于 CO_2 的吸附, 在 CO_2 重整 CH_4 反应中具有较强的活性和稳定性。

参 考 文 献

- 徐占林, 毕颖丽, 甄开吉. 化学进展(Xu Zh L, Bi Y L, Zhen K J. *Progr Chem*), 2000, **12**(2): 121
- 王锐, 刘雪斌, 陈燕馨, 李文钊, 徐恒泳. 催化学报(Wang R, Liu X B, Chen Y X, Li W Zh, Xu H Y. *Chin J Catal*), 2007, **28**(10): 865
- Bitter J H, Hally W, Seshan K, vanOmmen J G, Lercher J A. *Catal Today*, 1996, **29**(1-4): 349
- Bitter J H, Seshan K, Lercher J A. *J Catal*, 1998, **176**(1): 93
- 姜洪涛, 李会泉, 张懿. 催化学报(Jiang H T, Li H Q, Zhng Y. *Chin J Catal*), 2007, **28**(3): 193
- 刘水刚, 李军平, 赵宁, 魏伟, 孙予罕. 催化学报(Liu Sh G, Li J P, Zhao N, Wei W, Sun Y H. *Chin J Catal*), 2007, **28**(11): 1019
- 张美丽, 季生福, 胡林华, 银凤翔, 李成岳, 刘辉. 催化学报(Zhang M L, Ji Sh F, Hu L H, Yin F X, Li Ch Y, Liu H. *Chin J Catal*), 2006, **27**(9): 777
- 崔月华, 徐恒泳, 葛庆杰, 毕亚东, 王玉忠, 侯守福, 李文钊. 催化学报(Cui Y H, Xu H Y, Ge Q J, Bi Y D, Wang Y Zh, Hou Sh F, Li W Zh. *Chin J Catal*), 2006, **27**(8): 659
- Xu B Q, Wei J M, Wang H Y, Sun K Q, Zhu Q M. *Catal Today*, 2001, **68**(1-3): 217
- 叶青, 徐柏庆. 催化学报(Ye Q, Xu B Q. *Chin J Catal*), 2006, **27**(2): 151
- 魏俊梅, 徐柏庆, 孙科强, 李晋鲁, 朱起明. 高等学校化学学报(Wei J M, Xu B Q, Sun K Q, Li J L, Zhu Q M. *Chem J Chin Univ*), 2002, **23**(11): 2106
- 李凝, 罗来涛. 分子催化.(Li N, Luo L T. *J Mol Catal (China)*), 2007, **21**(5): 406
- 李凝, 罗来涛. 催化学报(Li N, Luo L T. *Chin J*

- Catal*), 2007, **28**(9): 773
- 14 李凝, 罗来涛, 欧阳燕. 催化学报(Li N, Luo L T, Ouyang Y. *Chin J Catal*), 2005, **26**(9): 775
- 15 Dias J A C, Assaf J M. *J Power Sources*, 2004, **130**(1-2): 106
- 16 Pozhidaeva O V, Korytkova E N, Drozdova I A, Gusarov W. *Russ J Gen Chem*, 1999, **69**(8): 1219
- 17 陈懿. 复旦学报(自然科学版)(Chen Y. *J Fudan Univ (Natur Sci)*), 2002, **41**(3): 251
- 18 李凝, 罗来涛. 化学研究与应用(Li N, Luo L T. *Chem Res Appl*), 2006, **18**(6): 693
- 19 Montoya J A, Romero-Pascual E, Gimon C, Del Angel P, Monzon A. *Catal Today*, 2000, **63**(1): 71
- 20 李春林, 伏羲路, 卞国柱. 催化学报(Li Ch L, Fu Y L, Bian G Zh. *Chin J Catal*), 2003, **24**(3): 187
- 21 李凝, 罗来涛. 材料导报(Li N, Luo L T. *Mater Rev*), 2005, **19**(12): 127
- 22 杨咏来, 李文钊, 徐恒泳. 催化学报(Yang Y L, Li W Zh, Xu H Y. *Chin J Catal*), 2002, **23**(6): 517

《催化学报》主编林励吾院士和副主编张涛研究员分获 中国催化成就奖和中国催化青年奖

2008年10月14~18日,第十四届全国催化学术会议在江苏南京召开。本次会议由中国化学会催化委员会主办、上海石化院协办、南京大学承办,是我国催化领域科技工作者的盛会。在10月15日上午举行的大会开幕式上,中国化学会催化委员会颁发了第二届“中国催化奖”。《催化学报》主编林励吾院士因其为推动我国催化技术与科学发展所做出的卓越成就获得本届“中国催化成就奖”(冠名“张大煜奖”),《催化学报》副主编张涛研究员因其在扩展催化剂在航空航天领域中的应用所做出的突出成就获得本届“中国催化青年奖”。



“中国催化奖”包括“中国催化成就奖”和“中国催化青年奖”。“中国催化成就奖”是我国催化委员会颁发的最高学术奖励,主要奖励近十年内所取得的成就。“中国催化青年奖”是奖励在催化科学和技术研究中做出创造性成果、为催化科学和催化应用的发展做出突出成绩的中国青年催化科学工作者。“中国催化奖”每两年评选一次(与全国催化大会召开年同步),由中国化学会催化委员会颁发荣誉证书及奖金。在2006年兰州举行的第十三届全国催化学术会议上,《催化学报》顾问中石化石油化工科学研究院闵恩泽院士获得了首届“中国催化成就奖”,《催化学报》编委清华大学徐柏庆教授和大连化学物理研究所刘中民研究员获得了首届“中国催化青年奖”。