

掺杂氧化物对 Ni-ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂的性能影响*

The Effect of the Oxide Doping on the Property of Ni-ZrO₂-Al₂O₃ Catalyst

陈俭省, 李凝**, 刘金聚

CHEN Jian-sheng, LI Ning*, LIU Jin-ju

(桂林理工大学材料与化学工程系, 广西桂林 541004)

(1. Department of Material and Chemical Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要: 用水热合成法分别制备 Ni-ZrO₂-Al₂O₃ 和 Ni-M_xO_y-ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂, 并用 XRD、H₂-TPR、H₂-TPD 和 CO₂-TPD 方法对对催化剂的晶相结构、活性中心、表面酸碱性等进行表征, 同时以 CO₂ 重整 CH₄ 反应为探针考察催化剂的活性及稳定性。结果表明, 在 Ni-ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂中掺杂不同的金属氧化物 M_xO_y 能改变催化剂的晶相结构, 对催化剂表面活性和碱性中心有一定程度的调控作用。掺杂 BaO、CeO₂ 和 K₂O 后的催化剂反应的初活性明显增加, 在 850℃ 时, 使 CH₄ 的转化率分别达到 92.31%、90.29% 和 90.06%, CO₂ 的转化率分别达到 94.37%、93.94% 和 93.22%。800℃ 条件下反应 100h 后, Ni-BaO-ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂上的 CH₄ 转化率基本上维持在 85%。

关键词: 掺杂氧化物 二氧化碳 甲烷 重整

中图分类号: O63.32 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2010)01-0075-05

Abstract Hydrothermal method was applied to prepare Ni-ZrO₂-Al₂O₃ and Ni-M_xO_y-ZrO₂-Al₂O₃. Crystalline structures, active centers and alkalinity of the catalysts were characterized by XRD, H₂-TPR, H₂-TPD and CO₂-TPD. The CO₂ reforming of CH₄ reaction was chosen to investigate the catalytic activity and stability of the catalysts. The results show that the phase of every ingredient in the catalysts which was prepared by hydrothermal method is singleness. The results of the activity of catalytic show that the activity of Ni-BaO-ZrO₂-Al₂O₃, Ni-CeO₂-ZrO₂-Al₂O₃ and Ni-K₂O-ZrO₂-Al₂O₃ in the beginning of the reaction was better than others at 850℃, CH₄ conversion rate was reached 92.31%, 90.29% and 90.06% respectively, and CO₂ conversion rate was reached 94.37%, 93.94% and 93.22%. The results of the stability of catalytic show that the Ni-BaO-ZrO₂-Al₂O₃ catalyst displays higher stability than others for CO₂ reforming of CH₄; CH₄ conversion rate was maintained 85% after reacted 100h at 800℃.

Key words doped oxide, carbon dioxide, methane, reforming

CO₂ 和 CH₄ 是温室效应的主要气体。CO₂ 重整 CH₄ 反应对综合利用 CH₄、CO₂ 保护环境和制备合成气 (CO: H₂ = 1: 1) 均具有重要的意义。CO₂ 重整 CH₄ 反应的研究关键是开发高活性及高稳定性的催化剂。贵金属 Pd、Ru、Rh 等^[1-4] 催化剂在 CO₂ 重整 CH₄ 反应中具有较好的活性和稳定性, 但是成本太高, 工业

应用受到限制。因此, 国内外催化学者都聚焦于 Ni 基催化剂的研究。Ni 基催化剂虽然具有较高的初活性, 但容易积碳而失活。如何提高 Ni 基催化剂的抗积碳性, 是目前研究的热点。催化剂学者从催化剂的制备方法、掺杂不同的氧化物等方面来改善 Ni 基催化剂的催化剂性能。如刘水刚等^[5] 用溶胶-凝胶法制备介孔 Ni/CaO-ZrO₂ 纳米复合物, 使 CH₄ 的转化率达到 88%, 反应 50h 后活性基本上保持不变; 赵虹等^[6] 用溶胶-凝胶法制备了 La₂Ni_{1-x}CO_{1+x}O₄ 钙钛矿型复合氧化物, 当 x 在 0.0 到 1.0 之间时, CH₄ 和 CO₂ 的转化率趋向平衡转化率, 变化趋势相对缓和; 李凝等^[7-9] 用浸渍沉淀法制备了 ZrO₂/Al₂O₃ 纳米负载型的复合载

收稿日期: 2009-07-09

作者简介: 陈俭省 (1984-), 男, 硕士研究生, 主要从事催化材料与多相催化研究。

* 广西科学基金项目 (桂科自 0728217), 广西科学研究与技术开发计划项目 (桂科能 0842003) 资助

** 通讯作者。

体,通过控制 ZrO_2 的负载量制备 $Ni/ZrO_2/Al_2O_3$,在 CO_2 重整 CH_4 反应中,反应 $100h$,活性未见明显下降。王越等^[10]用钡改性 $Ni-Al_2O_3$ 催化剂,用于甲烷部分氧化制取合成气反应中,掺杂后的催化剂在 $800^\circ C$ 反应 $15h$, CH_4 转化率基本维持在 95% ,而未掺杂的从 92% 下降至 83% 。刘凤丽等^[11]在 $Ni-Al_2O_3$ 中掺杂 MgO 和 CeO_2 ,正交试验结果表明 MgO 的加入能降低催化剂体系的反应性能,而 CeO_2 则增加反应活性。崔月华等^[12]发现 La_2O_3 作为助剂可以使高温氢的数量增多且稳定性有所提高。本文利用水热合成法分别合成了 $Ni-ZrO_2-Al_2O_3$ 催化剂及 $Ni-M_xO_y-ZrO_2-Al_2O_3$ 催化剂,并用 XRD、 H_2 -TPR、 H_2 -TPD和 CO_2 -TPD等方法对催化剂的晶相结构、活性中心、表面酸碱性等进行表征,同时以 CO_2 重整 CH_4 反应为探针考察了催化剂的活性及稳定性。

1 试验部分

1.1 催化剂制备

称取一定量的 $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 、 $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ 、 $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$,用去离子水溶解后,滴加氨水使混合溶液的 pH值约为 10,加入适量丙三醇^[13],搅拌 30min后将混合悬浊液放入体积为 100ml的高压釜中, $115^\circ C$ 下恒温 24h,自然冷却至室温,开釜取出混合液体,然后将其在 $70^\circ C$ 的水浴中蒸至粘稠状,于 $120^\circ C$ 下烘干, $600^\circ C$ 下空气中焙烧 6h 得到样品记为 Ni-ZA,粉碎,压片过筛,取 40~ 60目颗粒备用。

按照一定比例称取 $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 、 $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ 、 $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ 、 $Ba(NO_3)_2$ (或 $Mg(NO_3)_2$)、 $Ce(NO_3)_4$ 、 $La(NO_3)_3$ 、 $MnSO_4$ 和 K_2NO_3 ,其中掺杂 $MnSO_4$,洗涤除 SO_4^{2-} (用 Ba^{2+} 检验),制备出的样品记为 Ni-Ba-ZA, Ni-Mg-ZA, Ni-Ce-ZA, Ni-Mn-ZA, Ni-La-ZA, Ni-K-ZA。所有样品中 $ZrO_2: Al_2O_3 = 4: 10$ (质量比),掺杂氧化物的量为: $M_xO_y: ZrO_2: Al_2O_3 = 1: 4: 10$ (质量比),NiO的质量分数为 10%。

1.2 催化剂表征

X射线衍射(XRD)采用荷兰 PANalytical B.V.公司 X'Pert PRO X衍射仪进行测试。实验条件:铜靶,管电压 45kV,管电流 55mA,扫描速率 $1^\circ /min$,扫描范围 $2\theta = 10^\circ \sim 80^\circ$, $\lambda = 0.154nm$ 。

H_2 -TPR、 CO_2 -TPD实验在天津先权公司生产的 TP-5000多用吸附仪上进行,称取 0.1g 40~ 60目的催化剂装于反应管内,在 N_2 (30ml/min)中升温至 $500^\circ C$,恒温半小时后,冷却至室温,通入 10% H_2/N_2 混合气(40ml/min),基线走平之后,以 $10^\circ C /min$ 速率升温至 $750^\circ C$,记录 H_2 -TPR曲线, $750^\circ C$ 恒温半小时,

并在 H_2/N_2 混合气中降至室温,切换 N_2 (40ml/min)于 $120^\circ C$ 吹扫至基线平直并降至室温,然后以 $10^\circ C /min$ 速率升温至 $550^\circ C$,记录 H_2 -TPD曲线。最后在 N_2 中冷却至室温。室温下吸附 CO_2 30min后, N_2 (40ml/min)于 $120^\circ C$ 吹扫至基线平直并降至室温,然后以 $10^\circ C /min$ 速率升温至 $550^\circ C$,记录 CO_2 -TPD曲线。

1.3 催化剂活性评价

取 40~ 60目样品 0.200g和 0.200g石英砂混合均匀装入 U型反应管,然后在 U型反应管中装入石英砂封堵进口和出口。室温下氮气吹扫 30min,于 $750^\circ C$ 中氢气(30ml/min)中还原 1h,之后切换氮气吹扫 10min之后于氮气氛围中冷却至 $650^\circ C$,切换成 CO_2/CH_4 混合气(比例 1: 1,流速为 40ml/min)进行反应,气相色谱在线检测, TDX-01色谱柱, TCD检测器。

2 结果与分析

2.1 不同助剂对催化剂晶相结构的影响

图 1显示,各样品中除 Ni-Ce-ZA之外分别在 $2\theta = 30.3^\circ$ 、 35.3° 、 50.6° 、 60.2° 处出现四方相 ZrO_2 (t- ZrO_2)的特征衍射峰,没有出现单斜相 ZrO_2 (m- ZrO_2)的特征衍射峰;在 $2\theta = 19.17^\circ$ 、 37.0° 、 45.8° 、 66.6° 处出现 $\gamma-Al_2O_3$ 的特征衍射峰,均没有出现掺杂氧化物的特征衍射峰,这可能是因为氧化物的掺杂量较少,且高度分散于 $ZrO_2-Al_2O_3$ 复合载体中,并与 Zr^{4+} 发生同晶取代形成类质同相体^[14]。Ni-Ce-ZA样品中发现,在 $2\theta = 29.2^\circ$ 、 33.5° 、 48.4° 及 58.3° 处出现特征衍射峰与 t- ZrO_2 的特征衍射峰相比有些偏移,经查 JCPDS标准卡,这些峰应归属于 $Ce_xZr_{1-x}O_2$ 的特征衍射峰,表明在 $ZrO_2-Al_2O_3$ 复合载体中掺杂 CeO_2 可以

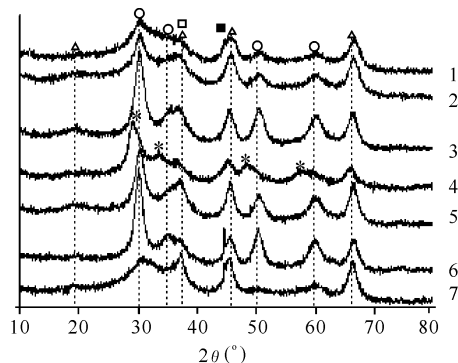


图 1 不同助剂的 Ni-ZA 催化剂的 XRD

Fig. 1 XRD patterns of Ni-ZA catalysts doped by different additives

△: $\gamma-Al_2O_3$; ○: t- ZrO_2 ; *: $Zr_xCe_{1-x}O_2$; □: NiO; ■: $NiAl_2O_4$

1. Ni-ZA, 2. Ni-Ba-ZA, 3. Ni-Mg-ZA, 4. Ni-Ce-ZA, 5. Ni-Mn-ZA, 6. Ni-La-ZA, 7. Ni-K-ZA

改变 ZrO_2 的晶相结构,形成了铈锆固溶体^[15]; Ni-ZA, Ni-La-ZA 和 Ni-K-ZA 的 XRD 谱图中出现 $NiAl_2O_4$ 特征衍射峰 ($2\theta = 44.6^\circ$) 但是峰强度较弱,表明催化剂中生成了少量的镍铝固溶体。掺杂 BaO, MgO, CeO₂ 和 MnO₂ 的催化剂样品中没有出现 $NiAl_2O_4$ 类固溶体,表明 BaO, MgO, CeO₂ 和 MnO₂ 的加入,能阻止 NiO 与 Al_2O_3 形成固溶体。在 $2\theta = 37.5^\circ$ 处出现 NiO 的特征衍射峰,峰形弥散,表明 NiO 以微晶或单分子层分布。

2.2 催化剂的 H₂-TPR 分析

图 2 显示,没有掺杂的 Ni-ZA 催化剂出现两个耗氢峰,其峰值分别为 $330^\circ C$ 和 $622^\circ C$ 。低温峰应归属于 Ni-ZA 催化剂中与载体相互作用较弱或游离态 NiO 微晶的还原,该部分活性中心在反应中虽然表现出较好的初活性,但是容易发生迁移和聚集而失活^[16]; 高温峰应归属于催化剂中与载体相互作用较强的镍铝固溶体物种的还原^[10]。掺杂氧化物的催化剂均在 $370^\circ C$ 和 $460^\circ C$ 之间出现一个明显的还原峰。峰温与未掺杂的催化剂的低温峰相比均有一定的提高,表明掺杂氧化物的引入增强了 Ni 物种与载体之间的相互作用,这种强相互作用有利于提高金属的分散度和抗烧结能力,使其在反应中表现出更高的活性和稳定性^[9]。

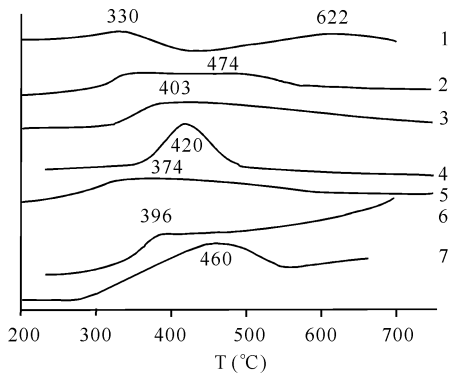


图 2 不同助剂的 Ni-ZA 催化剂的 H₂-TPR

Fig. 2 H₂-TPR patterns of Ni-ZA catalysts doped by different additives

1. Ni-ZA, 2. Ni-Ba-ZA, 3. Ni-Mg-ZA, 4. Ni-Ce-ZA, 5. Ni-Mn-ZA, 6. Ni-La-ZA, 7. Ni-K-ZA

2.3 催化剂的 H₂-TPD 分析

图 3 显示, Ni-ZA 分别在 $173^\circ C$ 和 $243^\circ C$ 处出现 H₂ 脱附峰,表明 Ni-ZA 催化剂样品中形成了两种不同的活性中心,低温峰面积较大,这类活性中心主要是催化剂中与载体作用较弱的 NiO 还原所形成的。掺杂氧化物之后的各催化剂样品的 H₂-TPD 谱图中均出现一个较为明显的 H₂ 脱附峰,其中掺杂 BaO, CeO₂ 和 K₂O 的样品的 H₂ 脱附面积较大,峰温较高,表明这

些氧化物的加入能提高催化剂的活性中心数。掺杂 MgO, MnO₂, La₂O₃ 的催化剂样品 H₂ 脱附峰较低,这些活性中心在反应过程中容易发生迁移和聚集而形成较大的 Ni 晶粒,使催化剂表面活性中心数减少。

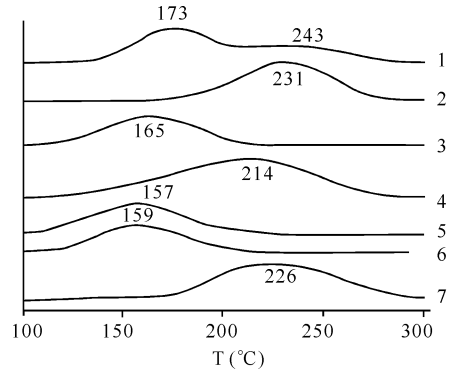


图 3 不同助剂的 Ni-ZA 催化剂的 H₂-TPD

Fig. 3 H₂-TPD patterns of Ni-ZA catalysts doped by different additives

1. Ni-ZA, 2. Ni-Ba-ZA, 3. Ni-Mg-ZA, 4. Ni-Ce-ZA, 5. Ni-Mn-ZA, 6. Ni-La-ZA, 7. Ni-K-ZA

2.4 催化剂的 CO₂-TPD 分析

从图 4 中可以看出样品 Ni-ZA 在 $337^\circ C$ 处出现一个 CO₂ 脱附峰。氧化物 BaO 加入后,样品在 $356^\circ C$ 处出现一个 CO₂ 脱附峰,与样品 Ni-ZA 相比,峰温提高,表明 BaO 的加入可以有效地改善催化剂的表面碱性。MgO 和 MnO₂ 的加入使得催化剂的 CO₂ 脱附峰的峰温有所下降,表明催化剂的碱性有所减弱。加入 CeO₂ 后的催化剂在 $260^\circ C$ 和 $398^\circ C$ 处出现了两个 CO₂ 脱附峰,低温峰应归属于催化剂载体中的晶格缺陷吸附的 CO₂ 脱附峰,高温峰应该归属于碳酸盐分解脱附峰^[17]。La₂O₃ 和 K₂O 加入后,催化剂均出现了两个不同的 CO₂ 脱附峰,且高温峰的面积明显大于低温峰面积,这表明 La₂O₃ 和 K₂O 的加入可以提高催化剂吸附 CO₂ 的能力。CO₂ 的吸附能力的提高,表明催化剂在 CO₂ 重整 CH₄ 反应中的消炭作用的增强,对提高催化

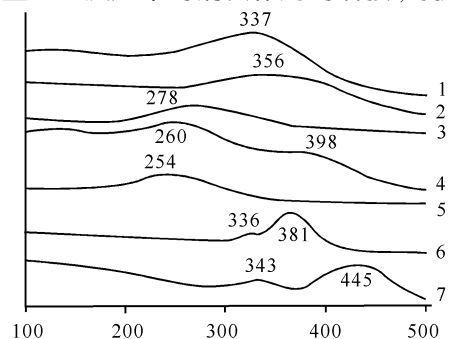


图 4 不同助剂的 Ni-ZA 催化剂的 CO₂-TPD

Fig. 4 CO₂-TPD patterns of Ni-ZA catalysts doped by different additives

1. Ni-ZA, 2. Ni-Ba-ZA, 3. Ni-Mg-ZA, 4. Ni-Ce-ZA, 5. Ni-Mn-ZA, 6. Ni-La-ZA, 7. Ni-K-ZA

剂的稳定性是有益的

2.5 不同助剂对催化剂的活性及稳定性的影响

图5结果表明, CH₄和 CO₂的转化率随反应温度的升高而增大,因为 CO₂重整 CH₄是吸热反应,高温有利于反应。在反应过程中部分 CO同时参与了逆水煤气变换反应,将重整反应生成的部分 H₂转化为 CO和 H₂O^[18],因而 CO₂的转化率要高于 CH₄的转化率。在相同反应温度条件下,催化剂的活性顺序为: Ni-Ba-ZA > Ni-K-ZA > Ni-Ce-ZA > Ni-ZA > Ni-Mg-ZA > Ni-La-ZA > Ni-Mn-ZA。催化剂的结构与性质、酸碱性和载体与金属组分的相互作用都会影响催化剂的反应活性、选择性和抗积碳性能。通过催化剂 H₂-TPR分析结果可以得知,含有 BaO、CeO₂、K₂O的催化剂 H₂还原温度较高,活性组分与载体之间有较强的相互作用,在反应过程中不易烧结,从而得到了较好的效果。在 850℃时, CH₄的转化率分别达到了 92.31%、90.29%和 90.06%, CO₂的转化率达到 94.37%、93.94%和 93.22%。而 MgO、MnO₂和 La₂O₃的添加对反应的活性影响不大,这与文献[11]所得的结果相同。

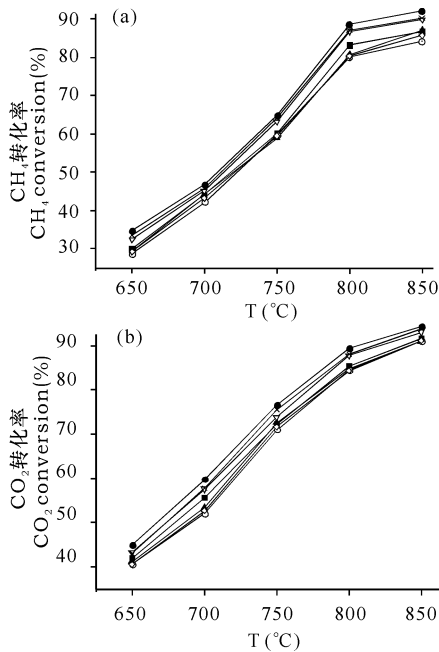


图5 不同助剂的 Ni-ZA催化剂 CH₄(a)和 CO₂(b)的转化率随温度变化情况

Fig. 5 CH₄ (a) and CO₂ (b) conversion rates versus reaction temperature over Ni-ZA catalysts doped by different additives

■: Ni-ZA, ●: Ni-Ba-ZA, ▲: Ni-Mg-ZA, ▽: Ni-Ce-ZA, ◇: Ni-Mn-ZA, ◇: Ni-La-ZA, ×: Ni-K-ZA

根据以上的实验结果,选取 Ni-Ba-ZA, Ni-ZA和 Ni-Mn-ZA做稳定性试验,试验结果如图6所示。

图6结果表明,各催化剂均具有较强的稳定性,反

应 100h 后 Ni-Ba-ZA 和 Ni-ZA 催化剂的 CH₄和 CO₂的转化率几乎没有发生变化,只有 Ni-Mn-ZA 催化剂的 CH₄和 CO₂转化率均下降了近 2%。H₂-TPR 的结果表明 Ni-Ba-ZA 的还原温度明显高于其他催化剂的还原温度, NiO 的还原温度的高低反映了活性组分与载体之间相互作用的强弱,较强的相互作用,在反应过程中能减少活性组分的迁移和烧结,从而具有较高的初活性。李春林等^[17]研究表明较弱的 CO₂高温脱附峰无法提供足够多的氧物种消炭,从而易失活。CO₂-TPD 结果表明 Ni-Ba-ZA 具有较强的 CO₂吸附能力,吸附的 CO₂具有消炭作用,减少了因积碳而导致的催化剂失活^[10]。

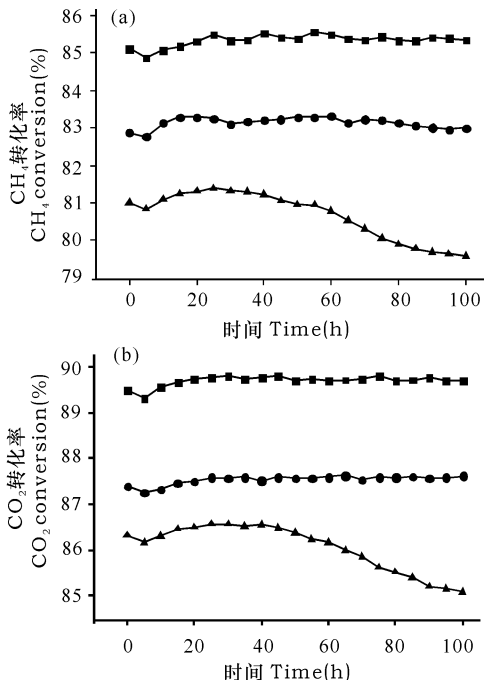


图6 CH₄(a)和 CO₂(b)的转化率与时间的关系(800℃)

Fig. 6 CH₄ (a) and CO₂ (b) conversion versus reaction time over Ni-based catalysts at 800℃

■: Ni-Ba-ZA, ●: Ni-ZA, ▲: Ni-Mn-ZA

3 结论

在 Ni-ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂中掺杂不同的金属氧化物 M_xO_y 能改变催化剂的晶相结构,对催化剂表面活性和碱性中心有一定程度的调控作用,掺 BaO、CeO₂ 和 K₂O 的催化剂反应初活性明显地增加,在 850℃ 时, CH₄ 的转化率分别达到 92.31%、90.29% 和 90.06%, CO₂ 的转化率达到 94.37%、93.94% 和 93.22%。800℃ 条件下反应 100h 后, Ni-BaO-ZrO₂-Al₂O₃ 催化剂上的 CH₄ 转化率基本上维持在 85%。

参考文献:

[1] Masatoshi Nagai, Keita Nakahira. CO₂ reforming of

- methane on Rh/Al₂O₃ catalyst [J]. Chemical Engineering Science, 2007, 62(18-20): 4998-5000.
- [2] Sánchez M D, Moreno M S. Characterization of carbon nanofibers produced in the reforming of CH₄ with CO₂ over supported Pd [J]. Today Catalysis, 2008, 133-135 842-845.
- [3] Robert M Rioux, Anderson L Marsh, J S, et al. Oxidation and reforming reactions of CH₄ on a stepped Pt (5 5 7) single crystal [J]. Catalysis Today, 2007, 123(1-4): 265-275.
- [4] Min Yang, Helmut Papp. CO₂ reforming of methane to syngas over highly active and stable Pt/MgO catalysts [J]. Catalysis Today, 2006, 115(1-4): 199-204.
- [5] 刘水刚, 李军平, 介孔 Ni/CaO-ZrO₂ 纳米复合物催化甲烷和二氧化碳重整 [J]. 催化学报, 2007(11): 1019-1023.
- [6] 赵虹, 郭建军, 楼辉. 溶胶-凝胶法合成 La₂NiCO_(1-x)O₄ 及其在 CH₄/CO₂ 重整反应中的应用 [J]. 浙江大学学报: 理学版, 2005(05): 554-557.
- [7] 李凝, 王鹏, 王强. Ni/ZrO₂/Al₂O₃ 催化剂在 CO 重整 CH₄ 反应中催化性能研究 [J]. 化工技术与开发, 2008(03): 1-4.
- [8] 李凝, 罗来涛. 负载型纳米 ZrO₂/Al₂O₃ 复合载体的制备和表征及其 Ni/ZrO₂/Al₂O₃ 催化性能的研究 [J]. 分子催化, 2005(05): 366-370.
- [9] 李凝, 罗来涛, 欧阳燕. 纳米 ZrO₂/Al₂O₃ 复合载体及 Ni/ZrO₂/Al₂O₃ 催化剂的性能研究 [J]. 催化学报, 2005(09): 775-779.
- [10] 王越, 叶季蕾, 段月华, 等. 钡改性的 Ni/Al₂O₃ 催化剂用于甲烷部分氧化的研究 [J]. 燃料化学学报, 2005(12): 750-754.
- [11] 刘凤丽, 刘建周, 刘军, 等. Mg-Ce 修饰纳米 Al₂O₃ 负载 Ni 催化剂对 CH₄/CO₂ 重整反应制合成气的影响 [J]. 应用化工, 2006(04): 263-266.
- [12] 崔月华, 徐恒泳, 葛庆杰, 等. Ni/La₂O₃-Al₂O₃ 中的高温脱附氢促进 CH₄/CO₂ 重整反应的初活性 [J]. 催化学报, 2006(08): 659-663.
- [13] 高龙柱, 陈洪龄, 徐南平. 低温水热合成四方相纳米二氧化锆 [J]. 化工学报, 2005(03): 551-554.
- [14] 庞松, 侯书恩, 张涛, 等. Y₂O₃ 和 CeO₂ 复合掺杂 ZrO₂ 纳米晶的制备与表征 [J]. 中国稀土学报, 2007, 25(6): 755.
- [15] Hyun-Seog Roh, Potdar H S, Jun Ki-Won. Carbon dioxide reforming of methane over co-precipitated NiCeO₂, NiZrO₂ and NiCeZrO₂ catalysts [J]. Catalysis Today, 2004(93-95): 39-44.
- [16] Oh Young-Sam, Roh Hyun-Seog, Jun Ki-Won, et al. A highly active catalyst, Ni/Ce-ZrO₂/Al₂O₃, for on-site H₂ generation by steam methane reforming: pretreatment effect [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2003, 28(12): 1387-1389.
- [17] 李春林, 伏义路, 卞国柱. 不同方法制备的 Ni/ZrO₂-CeO₂-Al₂O₃ 催化剂对 CH₄-CO₂ 重整反应的催化性能 [J]. 催化学报, 2003(03): 197-192.
- [18] 黄传敬, 郑小明, 费金华. 甲烷二氧化碳重整至合成气镍-钽双金属催化剂 [J]. 应用化学, 2001(09): 741-745.

(责任编辑: 尹 闯)

DNA 中鸟嘌呤形成“堤坝”助细胞长寿

端粒是染色体末端的 DNA 重复序列, 在正常细胞中, 端粒会随着细胞分裂而逐渐缩短. 细胞分裂次数越多, 其端粒磨损越多, 寿命越短.

最近, 意大利科学家拍摄到了鸟嘌呤的“战斗舞蹈”. 这些鸟嘌呤由直线排列转变成 4 个一组, 然后聚集在一起, 构成类似古罗马军队龟甲阵的“堤坝”. 当鸟嘌呤形成“堤坝”后, 即可以起到保护端粒的作用. 他们还发现, 只要给予简单的化学刺激, 比如在细胞中加入盐或者抽出盐, 就可以对鸟嘌呤的排列进行控制. 这一发现表明, 鸟嘌呤既在细胞老化过程中也在肿瘤细胞繁殖中起关键作用. 正常情况下, 鸟嘌呤可维持端粒长度, 延长细胞寿命, 而在肿瘤细胞中鸟嘌呤也能维持其端粒的长度, 这样肿瘤细胞就可以继续繁殖. 如果更清楚地了解鸟嘌呤排列形态和组合机制, 可以为研制治疗肿瘤或延年益寿的药物开辟新道路.

(据科学网)