



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106955729 A

(43)申请公布日 2017.07.18

(21)申请号 201710157871.8

(22)申请日 2017.03.16

(71)申请人 兰州理工大学

地址 730050 甘肃省兰州市兰工坪路287号

(72)发明人 李贵贤 李红伟 季东

(74)专利代理机构 兰州振华专利代理有限责任
公司 62102

代理人 董斌

(51)Int.Cl.

B01J 29/12(2006.01)

B01J 29/74(2006.01)

B01J 29/44(2006.01)

C07C 209/36(2006.01)

C07C 211/35(2006.01)

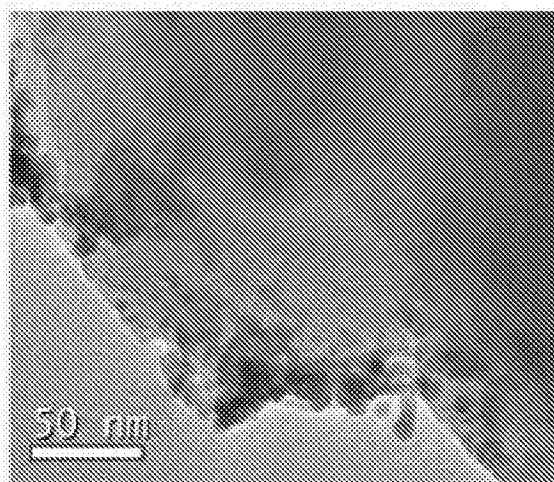
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂及其制备方法

(57)摘要

对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂及其制备方法,催化剂包含活性组分钌、助剂镧和载体,催化剂组成表示为: $x\% \text{ Ru}-y\% \text{ La}/\text{载体}$,式中 $x\%$ 表示Ru在催化剂中的质量百分数, $y\%$ 表示La在催化剂中的质量百分数,催化剂各组分含量按质量百分比为Ru:0.5%–5%,La:0.2%–2%,其余为载体。该催化剂前驱体采用浸渍-沉淀法制备,再将催化剂前驱体在含氢气氛下还原,即得到对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂,对硝基甲苯加氢制对甲基环己胺反应中,对甲基环己胺会强吸附在催化剂上,进而生成大量焦油,抑制反应进行;镧的加入很好地解决了催化剂对对甲基环己胺强吸附的问题,降低了焦油生成量。



1. 对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂, 其特征在于催化剂由钌、镧及载体组成, 催化剂组成表示为: $x\% \text{ Ru}-y\% \text{ La}/\text{载体}$, 式中 $x\%$ 表示 Ru 在催化剂中的质量百分数, $y\%$ 表示 La 在催化剂中的质量百分数, 催化剂各组分含量按质量百分比为 Ru: $0.5\sim5\%$, La: $0.2\sim2\%$, 其余为载体。

2. 根据权利要求1所述的对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂, 其特征在于活性组分 Ru 的可溶性化合物选自氧化钌、氯化钌、醋酸钌、碘化钌中的任意一种。

3. 根据权利要求1所述的对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂, 其特征在于助剂 La 的可溶性化合物选自氧化镧、氯化镧、硝酸镧中的任意一种。

4. 根据权利要求1所述的的对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂, 其特征在于所述的载体为 USY 分子筛、NaY 分子筛、HY 分子筛、ZSM-5 分子筛。

5. 对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂的制备方法, 其特征在于, 其步骤为:

(1) 将活性组分 Ru 的可溶性化合物用蒸馏水配成浓度为 $0.3\sim3.0 \text{ mol/L}$ 的溶液, 向配好的溶液中添加载体, 在强烈搅拌下浸渍 $1\sim5 \text{ h}$ 得到 A 溶液;

(2) 助剂镧的可溶性化合物配成浓度为 $0.3\sim3.0 \text{ mol/L}$ 的 B 溶液;

(3) 将配好的 B 溶液直接加入到 A 溶液中, 得到 C 混合溶液, 加入后继续老化 $2\sim10 \text{ h}$;

(4) 沉淀剂配成浓度为 $0.5\sim3.0 \text{ mol/L}$ 的 D 溶液;

(5) 将配好的 D 溶液滴加到 C 混合溶液中, 滴加过程中反应温度保持在 $40\sim80^\circ\text{C}$, 加料完毕继续老化 $5\sim20 \text{ h}$;

(6) 将步骤(5)所得样品过滤洗涤, 然后先置于 $80\sim100^\circ\text{C}$ 下干燥 $5\sim12 \text{ h}$, 后置于 $110\sim120^\circ\text{C}$ 干燥 $5\sim12 \text{ h}$; 将干燥后的催化剂研磨至 200 目;

(7) 步骤(6)所得催化剂需在氢气气氛下活化, 具体条件为: 压力为 $0.1\sim3 \text{ MPa}$, 在 $300\sim600^\circ\text{C}$ 下还原 $1\sim10 \text{ h}$, 还原后在高纯氮气保护下降温至 $20\sim30^\circ\text{C}$ 。

6. 根据权利要求5所述的对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂的制备方法, 其特征在于, 沉淀剂选自尿素、碳酸钠、碳酸铵、尿素、碳酸钾、碳酸氢铵中的任意一种。

7. 根据权利要求5所述的对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂的制备方法, 其特征在于, 氢气气氛下还原压力为 $0.1\sim3 \text{ MPa}$ 。

8. 根据权利要求5所述的对硝基甲苯加氢钌-镧双金属催化剂的制备方法, 其特征在于, 氢气气氛下还原温度为 $300\sim600^\circ\text{C}$ 。

对硝基甲苯加氢钕-镧双金属催化剂及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种加氢催化剂及其制备方法,特别是一种用于对硝基甲苯加氢催化剂。

背景技术

[0002] 对甲基环己胺,主要用于医药、汽车、造纸及催化等领域,如用于合成一些提高人体免疫力的药物,其次,它作为一种中间体,还是亚精胺酶的一种抑制剂;在催化行业可用在沸石催化剂的制备中;作为一种良好的粘结剂成分,还可用于汽车轮胎的翻新和工厂运输带的修补;也可用于造纸行业的漂白纸浆及处理废纸。另外,对甲基环己胺是生产新一代磺酰类降糖药格列美脲的中间体,随着国内外广泛的关注和重视,必将拥有广阔的前景。目前,对甲基环己胺的合成方法主要有两类,一类是由对甲基苯胺还原而成,另一类是由对硝基甲苯直接还原而成。由于对硝基甲苯直接加氢可使多步反应在同一设备中一步完成,具有原子经济性、产品收率高、质量好、成本低、环境友好等优点,日益受到国内外研究者的青睐,此加氢反应的难点在于硝基与苯环同时被还原时,不仅要求催化剂具备高活性,还要具备良好的择形催化能力,当反应物的硝基官能团被还原成氨基后,分子间易脱氨而发生聚合反应,进而生成大分子焦油,降低产品纯度,并导致催化剂失活,因此研究的关键在于保证催化剂高活性、低成本的前提下,如何降低焦油的生成量。

[0003] CN99104557.2公开的一种取代芳胺催化加氢还原新工艺,以取代硝基苯为原料,在甲醇或乙醇等有机溶剂中,雷尼镍为催化剂,氢气为还原剂,在一定的温度、压力条件下实现还原过程。从该专利公开的内容看,其催化反应温度相对较高,生产中当硝基被还原后产生大量焦油。

[0004] CN1850330A公开的一种采用常规的浸渍还原法制备负载型Ni-B非晶态合金催化剂,用于催化硝基苯加氢,由于在活性组分前驱体在载体中分布不均匀,且与载体的相互作用较弱,在还原过程中,载体孔道口的金属离子优先被还原,形成的非晶态合金会堵塞载体的孔道。多余的还原剂发生自分解,从而阻止了沉积在载体深孔内部金属离子的还原,造成活性组分含量下降且径向分布不均匀。

[0005] CN101439285A公开了一种用于对硝基化合物进行催化加氢制备相应的氨基化合物的催化剂的制备方法,该方法制备的镍/硅藻土催化剂活性组分含量太高,虽在降低焦油方面有一定成效,但是活性组分损失不少,稳定性不高。

[0006] Sasson等研究了硝基苯的还原,发现用甲酸和钯炭体系可对芳环还原,在氮气保护下,将对硝基甲苯2 mmol, Pd/C 50 mg以及甲酸0.5 ml的甲醇溶液在室温下搅拌70 h,得到的沉淀用酯萃取,最后产品用毛细柱色谱分离,可得48 %的对甲基环己胺,产品收率太低(Sasson, Tetrahedron Lett, 1992, 49:7477)。

[0007] 因此,对硝基甲苯加氢催化剂的研究和开发是催化加氢技术的关键,针对在催化加氢过程中存在的问题,本发明通过调变活性组分钕和镧的质量百分比,制备得到了催化对硝基甲苯加氢的高活性钕-镧双金属催化剂,该反应副产物主要是焦油,而对甲基环己胺

是生成焦油的中间体,会强吸附在催化剂上,抑制反应进行;加入的金属钬可减弱催化剂对甲基环己胺的吸附,降低焦油的生成量,同时提高了催化剂的稳定性。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种对硝基甲苯加氢钌-钬双金属催化剂及其制备方法。

[0009] 本发明是对硝基甲苯加氢钌-钬双金属催化剂及其制备方法,对硝基甲苯加氢钌-钬双金属催化剂,由钌、钬及载体组成,催化剂组成表示为: $x\% \text{ Ru}-y\% \text{ La}/\text{载体}$,式中 $x\%$ 表示Ru在催化剂中的质量百分数, $y\%$ 表示La在催化剂中的质量百分数,催化剂各组分含量按质量百分比为Ru: 0.5~5%,La: 0.2~2%,其余为载体。

[0010] 对硝基甲苯加氢钌-钬双金属催化剂的制备方法,其步骤为:

(1) 将活性组分Ru的可溶性化合物用蒸馏水配成浓度为0.3~3.0 mol/L的溶液,向配好的溶液中添加载体,在强烈搅拌下浸渍1~5 h得到A溶液;

(2) 助剂钬的可溶性化合物配成浓度为0.3~3.0 mol/L的B溶液;

(3) 将配好的B溶液直接加入到A溶液中,得到C混合溶液,加入后继续老化2~10 h;

(4) 沉淀剂配成浓度为0.5~3.0 mol/L的D溶液;

(5) 将配好的D溶液滴加到C混合溶液中,滴加过程中反应温度保持在40~80 °C,加料完毕继续老化5~20 h;

(6) 将步骤(5)所得样品过滤洗涤,然后先置于80~100 °C下干燥5~12h,后置于110~120 °C干燥5~12h;将干燥后的催化剂研磨至200目;

(7) 步骤(6)所得催化剂需在氢气气氛下活化,具体条件为:压力为0.1~3 MPa,在

300~600 °C下还原1~10 h,还原后在高纯氮气保护下降温至20~30 °C。

[0011] 本发明有益之处是:催化剂的催化活性高,选择性高,稳定性好。催化剂合成方法简单,易于工业化。

附图说明

[0012] 图1为钌催化剂的TEM图,

图2为钌-钬双金属催化剂的TEM图。

具体实施方式

[0013] 本发明是对硝基甲苯加氢钌-钬双金属催化剂及其制备方法,对硝基甲苯加氢钌-钬双金属催化剂,由钌、钬及载体组成,催化剂组成表示为: $x\% \text{ Ru}-y\% \text{ La}/\text{载体}$,式中 $x\%$ 表示Ru在催化剂中的质量百分数, $y\%$ 表示La在催化剂中的质量百分数,催化剂各组分含量按质量百分比为Ru: 0.5~5%,La: 0.2~2%,其余为载体,金属钬的加入改善了催化剂对甲基环己胺强吸附的问题,显著降低了焦油生成量。

[0014] 以上所述的对硝基甲苯加氢钌-钬双金属催化剂,活性组分Ru的可溶性化合物选自氧化钌、氯化钌、醋酸钌、碘化钌中的任意一种。

[0015] 以上所述的对硝基甲苯加氢钌-钬双金属催化剂,助剂La的可溶性化合物选自氧化钬、氯化钬、硝酸钬中的任意一种。

[0016] 以上所述的的对硝基甲苯加氢钌-钬双金属催化剂,所述的载体为USY分子筛、NaY

分子筛、HY分子筛、ZSM-5分子筛。

[0017] 对硝基甲苯加氢钌-钨双金属催化剂的制备方法,其步骤为:

(1)将活性组分Ru的可溶性化合物用蒸馏水配成浓度为0.3~3.0 mol/L的溶液,向配好的溶液中添加载体,在强烈搅拌下浸渍1~5 h得到A溶液;

(2)助剂钨的可溶性化合物配成浓度为0.3~3.0 mol/L的B溶液;

(3)将配好的B溶液直接加入到A溶液中,得到C混合溶液,加入后继续老化2~10 h;

(4)沉淀剂配成浓度为0.5~3.0 mol/L的D溶液;

(5)将配好的D溶液滴加到C混合溶液中,滴加过程中反应温度保持在40~80 °C,加料完毕继续老化5~20 h;

(6)将步骤(5)所得样品过滤洗涤,然后先置于80~100 °C下干燥5~12h,后置于110~120 °C干燥5~12h;将干燥后的催化剂研磨至200目;

(7)步骤(6)所得催化剂需在氢气气氛下活化,具体条件为:压力为0.1~3 MPa,在300~600 °C下还原1~10 h,还原后在高纯氮气保护下降温至20~30 °C。

[0018] 以上所述的对硝基甲苯加氢钌-钨双金属催化剂的制备方法,沉淀剂选自尿素、碳酸钠、碳酸铵、尿素、碳酸钾、碳酸氢铵中的任意一种。

[0019] 以上所述的对硝基甲苯加氢钌-钨双金属催化剂的制备方法,氢气气氛下还原压力为0.1~3 MPa。

[0020] 以上所述的对硝基甲苯加氢钌-钨双金属催化剂的制备方法,氢气气氛下还原温度为300 ~600 °C。

[0021] 对比图1与图2可知,采用本发明制备的钌-钨双金属催化剂表面未见明显的团聚现象,而钌催化剂表面活性组分团聚现象严重,从而影响了钌催化剂的催化活性。

[0022] 本发明各实施例和对比例的分析评价方法为:

1. 活性评价通过中国山东威海公司出品的0.5 L高压加氢反应釜测定,原料对硝基甲苯购自上海晶纯试剂有限公司,评价条件:对硝基甲苯称取5 g、催化剂称取0.5 g、溶剂异丙醇取300 mL、充入氢气3.5MPa,反应温度保持在150~160 °C,转速1000 r/min。

[0023] 实施例1:称取0.3克六水氯化钌溶于70毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克HY分子筛,在70°C下浸渍1 h,然后将 0.01克氧化钨溶于15毫升蒸馏水中,加入上述混合溶液中继续搅拌浸渍9 h,然后滴加0.05mol/L 尿素水溶液,继续老化14 h后过滤洗涤,之后先置于100 °C下干燥10 h,后置于120°C干燥10 h;将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:在500 °C下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原3 h,之后在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为1#催化剂,并取0.5 g催化剂1#进行活性评价。

[0024] 实施例2:称取0.3克氧化钌溶于70毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克NaY分子筛,在60°C下浸渍2 h,然后将 0.02克氯化钨溶于20毫升蒸馏水中,加入上述混合溶液中继续搅拌浸渍5 h,然后滴加0.04 mol/L碳酸钾水溶液,继续老化17 h后过滤洗涤,之后先置于95°C下干燥12 h,后置于110°C下干燥12 h,将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:在 480 °C下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原3 h,之后在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为2#催化剂,并取0.5 g催化剂2#进行活性评价。

[0025] 实施例3:称取0.3克醋酸钨溶于80毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克USY分子筛,在80℃下浸渍5 h,然后将 0.03克硝酸钼溶于20毫升蒸馏水中,加入上述混合溶液中继续搅拌浸渍5 h,然后滴加0.035 mol/L碳酸铵水溶液,继续老化14 h后过滤洗涤,之后先置于85℃下干燥8 h,后置于120℃干燥12 h;将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:先于 350℃下用氢气还原1.5 h,然后温度调至500℃下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原1.5h,在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为3#催化剂,并取0.5 g催化剂3#进行活性评价。

[0026] 实施例4:称取0.3克六水氯化钨溶于60毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克NaY分子筛,在80℃下浸渍1h,然后将 0.02克氧化钼溶于20毫升蒸馏水中,加入上述混合溶液中继续搅拌浸渍4 h,然后滴加0.03 mol/L碳酸铵水溶液,继续老化19 h后过滤洗涤,之后先在95℃下干燥12 h,后置于110℃下干燥12 h,将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:先于 350℃下用氢气还原1.5 h,然后温度调至500℃下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原1.5 h,在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为4#催化剂,并取0.5 g催化剂4#进行活性评价。4#催化剂的TEM照片如图1所示,由于钼的加入,Ru催化剂表面未出现大量团聚现象,说明钼的引入有助于活性组分在NaY分子筛表面分散,从而提高催化剂的活性,通过催化对硝基甲苯加氢反应评价,证明钼的引入还可以减弱催化剂对对甲基环己胺的吸附,降低焦油的生成量。

[0027] 实施例5:称取0.3克碘化钨溶于50毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克USY分子筛,在70℃下浸渍5 h,然后将 0.02克硝酸钼溶于20毫升蒸馏水中,加入上述混合溶液中继续搅拌浸渍3 h,然后滴加0.04 mol/L碳酸氢铵溶液,然后老化16 h后过滤洗涤,之后先置于90℃下干燥12h,后置于110℃干燥12h,将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:先于 350℃下用氢气还原1.5 h,然后温度调至500℃下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原1.5 h,在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为5#催化剂,并取0.5 g催化剂5#进行活性评价。

[0028] 实施例6:称取0.3克六水氯化钨溶于55毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克HY分子筛,在65℃下浸渍2 h,然后将 0.03克氯化钼溶于20毫升蒸馏水中,加入上述混合溶液中继续搅拌浸渍5 h,然后滴加0.04 mol/L碳酸氢铵溶液,然后老化17 h后过滤洗涤,之后先置于100℃下干燥12 h,后置于110℃干燥12h;将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:在 550℃下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原3 h,在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为6#催化剂,并取0.5 g催化剂6#进行活性评价。

[0029] 实施例7:称取0.3克醋酸钨溶于80毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克ZSM-5分子筛,在60℃下浸渍1.5 h,然后将 0.03克氧化钼溶于20毫升蒸馏水中,加入上述混合溶液中继续搅拌浸渍8.5 h,然后滴加0.05 mol/L碳酸钠水溶液,继续老化14 h后过滤洗涤,之后先在95℃下干燥6 h,后置于120℃下干燥12 h,将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:在 550℃下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原3 h,在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为7#催化剂,并取0.5 g催化剂7#进行活性评价。

[0030] 实施例8:称取0.3克氧化钨溶于75毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克ZSM-

5分子筛,在75℃下浸渍4 h,然后将 0.02克硝酸钼溶于20毫升蒸馏水中,加入上述混合溶液中继续搅拌浸渍10 h,然后滴加0.04 mol/L碳酸铵溶液,然后老化10 h后过滤洗涤,之后先在85℃下干燥12 h,后置于115℃下干燥12 h,将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:先于 350℃下用氢气还原1.5 h,然后温度调至500℃下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原1.5 h,在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为8#催化剂,并取0.5 g催化剂8#进行活性评价。

[0031] 对比例1:称取0.3克六水氯化钨溶于60毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克HY分子筛,在80℃下浸渍5 h,然后滴加0.03 mol/L碳酸铵水溶液,继续老化19 h后过滤洗涤,之后先在95℃下干燥12 h,后置于110℃下干燥12 h,将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:先于 400℃下用氢气还原2 h,然后温度调至500℃下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原2 h,在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为D1#催化剂,并取0.5 g催化剂D1#进行活性评价。

[0032] 对比例2:称取0.3克醋酸钨溶于65毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克HY分子筛,在80℃下浸渍5 h,然后滴加0.05 mol/L碳酸钾水溶液,继续老化15 h后过滤洗涤,之后先在95℃下干燥10 h,后置于110℃下干燥12 h,将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:先于 350℃下用氢气还原1.5 h,然后温度调至500℃下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原1.5 h,在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为D2#催化剂,并取0.5 g催化剂D2#进行活性评价。

[0033] 对比例3:称取0.3克氧化钨溶于70毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克HY分子筛,在80℃下浸渍4 h,然后滴加0.03 mol/L碳酸氢铵水溶液,继续老化20 h后过滤洗涤,之后先在100℃下干燥8 h,后置于110℃下干燥12 h,将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:500℃下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原5 h,在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为D3#催化剂,并取0.5 g催化剂D3#进行活性评价。D3#催化剂的TEM照片如图2所示,该催化剂表面出现大量活性组分团聚现象,通过催化对硝基甲苯加氢反应评价,表明该催化剂活性低,这可能是因未引入助剂钼,钨粒子在载体表面分散不均匀导致,对甲基环己胺的选择性低是由于Ru催化剂对对甲基环己胺进行吸附,从而发生脱氢反应生成大量焦油的缘故。

[0034] 对比例4:称取0.3克碘化钨溶于60毫升蒸馏水中,待完全溶解后,加入5.7克HY分子筛,在80℃下浸渍2 h,然后滴加0.04 mol/L碳酸钠水溶液,继续老化20 h后过滤洗涤,之后先在85℃下干燥12 h,后置于120℃下干燥10 h,将干燥好的催化剂研磨为200目,将所得的催化剂还原活化,条件为:600℃下用氢气(氢气压力为0.1~2.0 MPa)还原3 h,在高纯氮气保护下降至室温。所得催化剂样品记为D4#催化剂,并取0.5 g催化剂D4#进行活性评价。

[0035]

实施例催化剂与 对比例催化剂	反应时间/min	对硝基甲苯的转 化率/%	对甲基环己胺的 选择性/%
1#	300	98.53	78.83
2#	245	98.23	81.06
3#	330	99.50	80.86
4#	180	99.99	91.26
5#	360	97.91	79.83
6#	320	98.56	78.02
7#	288	98.98	84.26
8#	305	98.51	79.36
D1#	350	94.25	71.02
D2#	360	94.86	70.33
D3#	400	92.26	68.78
D4#	380	94.55	64.51

从表1数据可以看出,采用实施例1~8的制备方法合成的钕-镧双金属催化剂均比对比例1~4的制备方法合成的负载型钕基催化剂有较高的活性。说明金属镧的引入有利于提高对硝基甲苯加氢催化剂的催化活性、选择性以及稳定性。

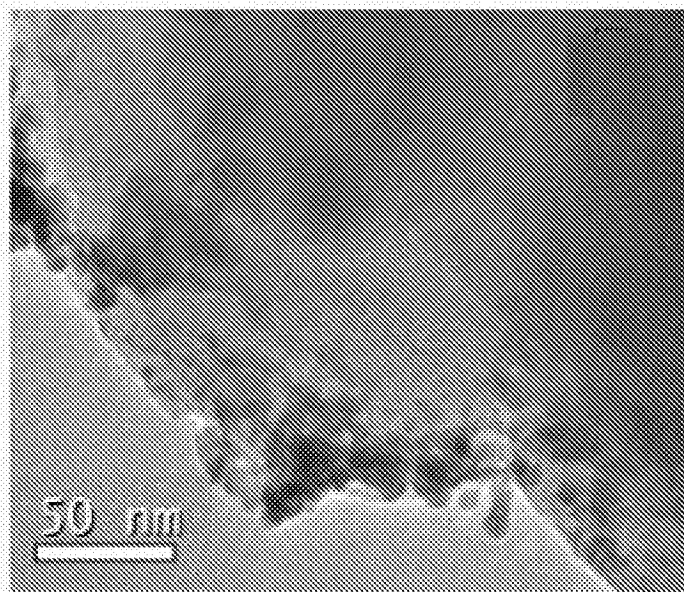


图1

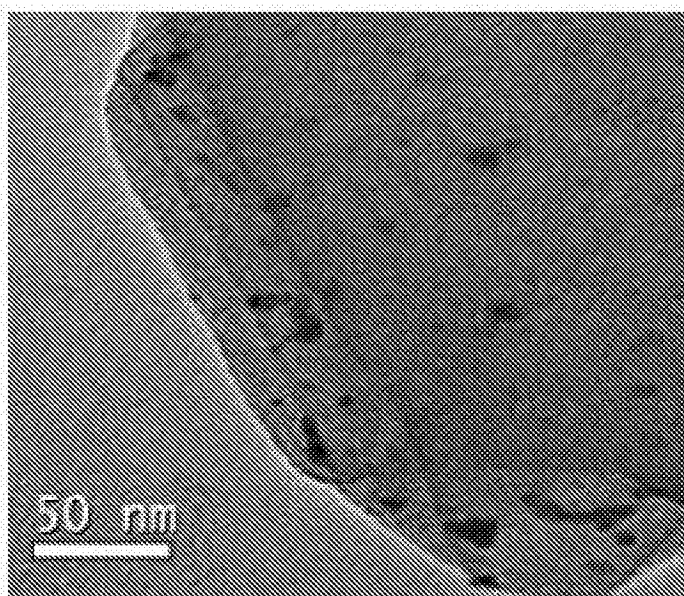


图2