



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102266761 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 01

(21) 申请号 201110158422. 8

*B01D 53/56* (2006. 01)

(22) 申请日 2011. 06. 13

审查员 樊培伟

(73) 专利权人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区德胜门外朱辛庄  
华北电力大学

(72) 发明人 张俊姣 陆强 苏淑华 杨勇平  
董长青

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理  
有限公司 11246

代理人 张文宝

(51) Int. Cl.

*B01J 21/06* (2006. 01)

*B01J 23/30* (2006. 01)

*B01J 32/00* (2006. 01)

*B01D 53/90* (2006. 01)

权利要求书1页 说明书4页

(54) 发明名称

基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体的 SCR 烟气脱硝催化  
剂及制备方法

(57) 摘要

本发明属于环境保护与环境催化领域, 具体涉及一种基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物载体的 SCR 烟气脱硝催化剂。本发明是以纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  为载体、 $\text{WO}_3$  和  $\text{CeO}_2$  为助剂、 $\text{V}_2\text{O}_5$  为活性组分, 获得基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体的中低温烟气脱硝催化剂。采用纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  替代传统的纳米  $\text{TiO}_2$  作为载体, 不仅增加了催化剂的比表面积、热稳定性和酸性, 而且通过和  $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$  和  $\text{CeO}_2$  之间的相互作用, 提高了催化剂的脱硝活性; 在以氨为还原剂, 温度为  $150\text{-}450^\circ\text{C}$  的范围内都表现出很好的催化活性。

1. 一种基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物载体的 SCR 烟气脱硝催化剂的制备方法, 该催化剂为在纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体上, 负载助剂  $\text{WO}_3$  和  $\text{CeO}_2$ 、活性组分  $\text{V}_2\text{O}_5$  共同构成复合型催化剂; 其中, 在所述纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体中,  $\text{TiO}_2$  所占的质量百分比为 75-95%; 在制得的复合型催化剂中,  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  的质量百分比为 83.5-94.5%,  $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$ 、 $\text{CeO}_2$  各自所占的质量百分比分别为 0.5-1.5%、4-10% 和 1-5%; 其特征在于, 包括以下步骤:

(1) 复合载体的制备:

量取一定量的钛源, 缓慢滴入至 4-10 倍体积的无水乙醇溶液中, 另外量取一定量的锆源缓慢滴入至上述含有钛源的无水乙醇溶液中, 使最终得到的  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物中  $\text{TiO}_2$  所占的质量百分比为 75-95%; 在剧烈搅拌的条件下, 缓慢滴加沉淀剂直至 pH 值达到 9, 得到氢氧化物沉淀并静置一定时间; 而后对上述混合物过滤、洗涤、用  $\text{AgNO}_3$  检测、干燥、焙烧, 即得到纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物;

(2) 复合载体助剂和活性组分的负载:

按照等体积浸渍法, 量取一定量的硝酸铈溶于去离子水中, 将  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体加入上述硝酸铈溶液中, 超声处理并静置一定时间; 而后对上述物料进行干燥、焙烧, 即得到  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$ ;

配置 5% 的草酸溶液, 按照等体积浸渍法, 量取一定量的偏钒酸铵, 以及钨酸铵或偏钨酸铵溶于草酸溶液中, 将  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  加入上述溶液中, 超声处理并静置一定时间; 而后对上述物料进行干燥、焙烧, 即得到  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{WO}_3\text{-CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合型催化剂; 且  $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$ 、 $\text{CeO}_2$  各自的质量与复合型催化剂的质量百分比分别为 0.5-1.5%、4-10% 和 1-5%。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物载体的 SCR 烟气脱硝催化剂的制备方法, 其特征在于, 所述步骤(1) 或(2) 中的静置时间为 2-24 h。

3. 根据权利要求 1 所述的一种基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物载体的 SCR 烟气脱硝催化剂的制备方法, 其特征在于, 所述步骤(2) 中的超声处理时间为 1-3 h。

4. 根据权利要求 1 所述的一种基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物载体的 SCR 烟气脱硝催化剂的制备方法, 其特征在于, 所述步骤(1) 或(2) 中的干燥为自然阴干, 干燥时间为 24-72 h。

5. 根据权利要求 1 所述的一种基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物载体的 SCR 烟气脱硝催化剂的制备方法, 其特征在于, 所述步骤(1) 或(2) 中的干燥为干燥箱干燥, 干燥温度为 60-120 °C, 干燥时间为 2-24 h。

6. 根据权利要求 1 所述的一种基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物载体的 SCR 烟气脱硝催化剂的制备方法, 其特征在于, 所述步骤(1) 或(2) 中的焙烧温度为 350-600°C, 程序升温速度为 0.5-10°C /min, 保温时间为 1-4 h。

7. 根据权利要求 1 所述的一种基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物载体的 SCR 烟气脱硝催化剂的制备方法, 其特征在于, 所述钛源为四氯化钛或者钛酸四正丁酯, 所述锆源为四氯化锆、氧氯化锆或者丙醇锆, 所述沉淀剂为氨水。

## 基于 $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$ 复合载体的 SCR 烟气脱硝催化剂及制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于环境保护与环境催化领域,具体涉及一种新型的基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物载体的 SCR 烟气脱硝催化剂。

### 背景技术

[0002] 氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ ) 是主要的大气污染物,可以引起酸雨、光化学烟雾、温室效应及臭氧层的破坏,对人体健康也有着严重的危害。自然界中的  $\text{NO}_x$  63% 来自工业污染和交通污染,是自然发生源的 2 倍,其中电力工业的排放占到 40%,因此如何有效控制燃煤电站  $\text{NO}_x$  的排放备受人们关注。 $\text{NO}_x$  污染是一个全球性的环境问题,近年来各国对  $\text{NO}_x$  排放的要求也日趋严格。在各类脱硝技术中,氨选择性催化还原 (SCR) 法由于其高效的脱硝效率、选择性好,且技术成熟,是目前主要的燃煤电站脱硝技术。

[0003] SCR 脱硝技术的关键是催化剂。开发活性高、热稳定性好、耐久性好的催化剂是研究的重点。目前固定源电厂  $\text{NH}_3\text{-SCR}$  一般使用  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  商业催化剂,其中  $\text{V}_2\text{O}_5$  是活性组分,发挥着主要催化效果; $\text{WO}_3$  是助剂,可进一步提高催化剂的热稳定性、脱硝活性和抗中毒性;锐钛矿型  $\text{TiO}_2$  是载体,具有较好的抗硫中毒能力,硫酸盐在  $\text{TiO}_2$  表面的稳定性也比其他氧化物表面弱。然而,这种商业的脱硝催化剂催化活性温度范围较窄,通常是 300-400℃,而且催化活性也有待于进一步提高。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种活性高、热稳定性好、活性温度窗口较宽的 SCR 烟气脱硝催化剂及其制备方法,本催化剂利用复合金属氧化物  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  为载体,充分改善载体的性能,同时通过和  $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$  和  $\text{CeO}_2$  之间的相互作用,提高了催化剂的脱硝活性并拓宽催化活性温度窗口。

[0005] 该脱硝催化剂的组成为:在纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体上,负载助剂  $\text{WO}_3$  和  $\text{CeO}_2$ 、活性组分  $\text{V}_2\text{O}_5$  共同构成复合型催化剂;其中,在所述纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体中, $\text{TiO}_2$  所占的质量百分比为 50-95%;在制得的复合型催化剂中, $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  的质量百分比为 83.5-94.5%, $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$ 、 $\text{CeO}_2$  各自所占的质量百分比分别为 0.5-1.5%、4-10%和 1-5%。

[0006] 一种基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物载体的 SCR 烟气脱硝催化剂的制备方法,包括以下步骤:

[0007] (1) 复合载体的制备:

[0008] 量取一定量的钛源,缓慢滴入至 4-10 倍体积的无水乙醇溶液中,另外量取一定量的锆源缓慢滴入至上述含有钛源的无水乙醇溶液中,使最终得到的  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物中  $\text{TiO}_2$  所占的质量百分比为 50-95%;在剧烈搅拌的条件下,缓慢滴加沉淀剂直至 pH 值达到 9 左右,得到氢氧化物沉淀并静置一定时间;而后对上述混合物过滤、洗涤、用  $\text{AgNO}_3$  检测、干燥、焙烧,即得到纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物;

[0009] (2) 复合载体助剂和活性组分的负载:

[0010] 按照等体积浸渍法,量取一定量的硝酸铈溶于去离子水中,将  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体加入上述硝酸铈溶液中,超声处理并静置一定时间;而后对上述物料进行干燥、焙烧,即得到  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$ ;

[0011] 配置 5% 的草酸溶液,按照等体积浸渍法,量取一定量的偏钒酸铵,以及钨酸铵或偏钨酸铵溶于草酸溶液中,将  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  加入上述溶液中,超声处理并静置一定时间;而后对上述物料进行干燥、焙烧,即得到  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{WO}_3\text{-CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合型催化剂;且  $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$ 、 $\text{CeO}_2$  各自的质量与复合型催化剂的质量百分比分别为 0.5-1.5%、4-10% 和 1-5%。

[0012] 所述步骤 (1) 或 (2) 中的静置时间为 2-24h。

[0013] 所述步骤 (2) 中的超声处理时间为 1-3h。

[0014] 所述步骤 (1) 或 (2) 中的干燥为自然阴干,干燥时间为 24-72h。

[0015] 所述步骤 (1) 或 (2) 中的干燥为干燥箱干燥,干燥温度为 60-120°C,干燥时间为 2-24h。

[0016] 所述步骤 (1) 或 (2) 中的焙烧温度为 350-600°C,程序升温速度为 0.5-10°C/min,保温时间为 1-4h。

[0017] 所述钛源为四氯化钛或者钛酸四正丁酯,所述锆源为四氯化锆、氧氯化锆或者丙醇锆,所述沉淀剂为氨水。

[0018] 本发明的有益效果为:

[0019] 本发明采用纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物为载体,具有比表面积大、热稳定性高和酸性位点多的特点;其中较大的比表面积和较多的酸性位点有利于催化剂对气态  $\text{NH}_3$  的吸附,从而促进脱硝反应的进行,较高的热稳定性则有利于提高催化剂的使用寿命。

[0020] 本发明引入  $\text{CeO}_2$  作为助剂, $\text{CeO}_2$  是一种较为廉价的氧化物,也是稀土氧化物系列中活性最高的一种氧化物催化剂,具有较高的储氧-释氧能力和较强的氧化-还原性能,将  $\text{CeO}_2$  引入脱硝催化剂中,有助于提高催化剂的脱硝活性并拓宽催化活性的温度窗口。

[0021] 此外, $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  和  $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$  和  $\text{CeO}_2$  之间存在着相互作用,可以进一步提高催化剂的脱硝活性,并使催化剂在 150-450°C 的温度范围内都表现出优越的催化活性。

## 具体实施方式

[0022] 本发明提供了一种基于  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体的 SCR 烟气脱硝催化剂及制备方法,下面结合具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0023] 下述实施例中的百分含量如无特殊说明均为质量百分含量。

[0024] 实施例 1

[0025] (1) 复合载体制备:量取质量比为 5 : 4 的四氯化钛和四氯化锡,具体为量取 9.96g 的四氯化钛,缓慢滴入至 60mL 的无水乙醇溶液中;另外量取 7.94g 的四氯化锆,缓慢滴入至上述含有四氯化钛的无水乙醇溶液中;在剧烈搅拌的条件下,缓慢滴加氨水直至 pH 值达到 9 左右,得到氢氧化物沉淀并静置 24h;对上述混合物过滤、洗涤(用  $\text{AgNO}_3$  检测无  $\text{Cl}^-$ ),而后置于普通鼓风干燥箱中 110°C 下干燥 3h、马弗炉中 500°C 下焙烧(程序升温速度为 2°C/min,保温时间为 3h),即得到纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物,其中, $\text{TiO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2 = 50\%$ 。

[0026] (2) 量取质量比为 9.69 : 1 : 8.46 的硝酸铈、偏钒酸铵和钨酸铵,具体操作为:按

照等体积浸渍法,量取 1.26g 的硝酸铈溶于 8.08g 去离子水中,将  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体加入上述硝酸铈溶液中,超声处理 1h 并静置 2h;而后将上述物料置于普通鼓风干燥箱  $110^\circ\text{C}$  下干燥 3h、马弗炉中  $450^\circ\text{C}$  焙烧 3h(程序升温速度为  $2^\circ\text{C}/\text{min}$ ,保温时间为 3h),即得到  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$ 。按照等体积浸渍法,配置 5% 的草酸溶液 8g,量取 0.13g 的偏钒酸铵和 1.1g 钨酸铵溶于草酸溶液中,将  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  加入上述溶液中,超声处理 1h 并静置 2h;而后将上述物料置于普通鼓风干燥箱  $110^\circ\text{C}$  下干燥 3h、马弗炉中  $450^\circ\text{C}$  下焙烧 3h,程序升温速度为  $2^\circ\text{C}/\text{min}$ ,保温时间为 3h,即得到 1%  $\text{V}_2\text{O}_5/10\% \text{WO}_3\text{-}5\% \text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  ( $\text{TiO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2 = 50\%$ ) 复合型催化剂。

[0027] 采用模拟烟气条件对该脱硝催化剂的性能进行评价,以  $\text{NH}_3$  为还原剂,典型烟气工况下: $\text{NO}$  为 1000ppm,  $\text{O}_2$  为 5% (v/v),氨氮比为 1 : 1,  $\text{N}_2$  为平衡气,空速为  $15000\text{h}^{-1}$ ,在反应温度为  $150^\circ\text{C}$ 、 $300^\circ\text{C}$ 、 $450^\circ\text{C}$  时的脱硝效率分别为 73.3%、97.6%、95.7%。

#### [0028] 实施例 2

[0029] (1) 复合载体制备:量取质量比为 5 : 4 的四氯化钛和四氯化锡,具体操作为:量取 10.67g 的四氯化钛,缓慢滴入至 65mL 的无水乙醇溶液中;另外量取 8.51g 的四氯化锆,缓慢滴入至上述含有四氯化钛的无水乙醇溶液中;在剧烈搅拌的条件下,缓慢滴加氨水直至 pH 值达到 9 左右,得到氢氧化物沉淀并静置 24h;对上述混合物过滤、洗涤(用  $\text{AgNO}_3$  检测无 Cl),而后置于普通鼓风干燥箱中  $110^\circ\text{C}$  下干燥 3h、马弗炉中  $500^\circ\text{C}$  下焙烧(程序升温速度为  $2^\circ\text{C}/\text{min}$ ,保温时间为 3h),即得到纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物,且  $\text{TiO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2 = 50\%$ 。

[0030] (2) 量取质量比为 5.85 : 1 : 5.08 的硝酸铈、偏钒酸铵和钨酸铵,具体操作为:按照等体积浸渍法,量取 0.76g 的硝酸铈溶于 8.64g 去离子水中,将  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体加入上述硝酸铈溶液中,超声处理 1h 并静置 3h;而后将上述物料置于普通鼓风干燥箱  $110^\circ\text{C}$  下干燥 3h、马弗炉中  $450^\circ\text{C}$  焙烧 3h(程序升温速度为  $2^\circ\text{C}/\text{min}$ ,保温时间为 3h),即得到  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$ 。按照等体积浸渍法,配置 5% 的草酸溶液 8.35g,量取 0.13g 的偏钒酸铵和 0.66g 钨酸铵溶于草酸溶液中,将  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  加入上述溶液中,超声处理 1h 并静置 3h;而后将上述物料置于普通鼓风干燥箱  $110^\circ\text{C}$  下干燥 3h、马弗炉中  $500^\circ\text{C}$  下焙烧 3h(程序升温速度为  $2^\circ\text{C}/\text{min}$ ,保温时间为 3h),即得到 1%  $\text{V}_2\text{O}_5/6\% \text{WO}_3\text{-}3\% \text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  ( $\text{TiO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2 = 50\%$ ) 复合型催化剂。

[0031] 采用模拟烟气条件对该脱硝催化剂的性能进行评价,以  $\text{NH}_3$  为还原剂,典型烟气工况下: $\text{NO}$  为 1000ppm,  $\text{O}_2$  为 5% (v/v),氨氮比为 1 : 1,  $\text{N}_2$  为平衡气,空速为  $15000\text{h}^{-1}$ ,在反应温度为  $150^\circ\text{C}$ 、 $300^\circ\text{C}$ 、 $450^\circ\text{C}$  时的脱硝效率分别为 71%、96%、96.5%。

#### [0032] 实施例 3

[0033] (1) 复合载体制备:量取质量比为 3.76 : 1 的四氯化钛和四氯化锡,具体操作为:量取 15.97g 的四氯化钛,缓慢滴入至 98.9mL 的无水乙醇溶液中;另外量取 4.25g 的四氯化锆,缓慢滴入至上述含有四氯化钛的无水乙醇溶液中;在剧烈搅拌的条件下,缓慢滴加氨水直至 pH 值达到 9 左右,得到氢氧化物沉淀并静置 24h;对上述混合物过滤、洗涤(用  $\text{AgNO}_3$  检测无 Cl),而后置于普通鼓风干燥箱中  $110^\circ\text{C}$  下干燥 3h、马弗炉中  $550^\circ\text{C}$  下焙烧(程序升温速度为  $2^\circ\text{C}/\text{min}$ ,保温时间为 3h),即得到纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物,且  $\text{TiO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2 = 75\%$ 。

[0034] (2) 量取质量比为 8.08 : 1 : 2.82 的硝酸铈、偏钒酸铵和钨酸铵,具体操作为:按照等体积浸渍法,量取 1.26g 的硝酸铈溶于 8.06g 去离子水中,将  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体加入上述硝酸铈溶液中,超声处理 1h 并静置 3h;而后将上述物料置于普通鼓风干燥箱 110℃ 下干燥 3h、马弗炉中 450℃ 焙烧 3h(程序升温速度为 2℃/min,保温时间为 2h),即得到  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$ 。按照等体积浸渍法,配置 5% 的草酸溶液 8.51g,量取 0.156g 的偏钒酸铵和 0.44g 钨酸铵溶于草酸溶液中,将  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  加入上述溶液中,超声处理 1h 并静置 3h;而后将上述物料置于普通鼓风干燥箱 110℃ 下干燥 3h、马弗炉中 550℃ 下焙烧 3h(程序升温速度为 2℃/min,保温时间为 3h),即得到 1.2%  $\text{V}_2\text{O}_5$ /4%  $\text{WO}_3$ -5%  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  ( $\text{TiO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2 = 75\%$ ) 复合型催化剂。

[0035] 采用模拟烟气条件对该脱硝催化剂的性能进行评价,以  $\text{NH}_3$  为还原剂,典型烟气工况下:  $\text{NO}$  为 1000ppm,  $\text{O}_2$  为 5% (v/v),氨氮比为 1 : 1,  $\text{N}_2$  为平衡气,空速为  $15000\text{h}^{-1}$ ,在反应温度为 150℃、300℃、450℃ 时的脱硝效率分别为 74%、96.7%、95.2%。

[0036] 实施例 4

[0037] (1) 复合载体制备:量取质量比为 11.3 : 1 的四氯化钛和四氯化锡,具体操作为:量取 19g 的四氯化钛,缓慢滴入至 120mL 的无水乙醇溶液中;另外量取 1.68g 的四氯化锆,缓慢滴入至上述含有四氯化钛的无水乙醇溶液中;在剧烈搅拌的条件下,缓慢滴加氨水直至 pH 值达到 9 左右,得到氢氧化物沉淀并静置 24h;对上述混合物过滤、洗涤(用  $\text{AgNO}_3$  检测无 Cl),而后置于普通鼓风干燥箱中 110℃ 下干燥 3h、马弗炉中 550℃ 下焙烧(程序升温速度为 2℃/min,保温时间为 3h),即得到纳米  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合金属氧化物,且  $\text{TiO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2 = 90\%$ 。

[0038] (2) 量取质量比为 2.40 : 1 : 10.60 硝酸铈、偏钒酸铵和钨酸铵,具体操作为:按照等体积浸渍法,量取 0.25g 的硝酸铈溶于 8.37g 去离子水中,将  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  复合载体加入上述硝酸铈溶液中,超声处理 1h 并静置 3h;而后将上述物料置于普通鼓风干燥箱 110℃ 下干燥 3h、马弗炉中 450℃ 焙烧 3h(程序升温速度为 2℃/min,保温时间为 2h),即得到  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$ 。按照等体积浸渍法,配置 5% 的草酸溶液 8.08g,量取 0.104g 的偏钒酸铵和 1.102g 钨酸铵溶于草酸溶液中,将  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  加入上述溶液中,超声处理 1h 并静置 3h;而后将上述物料置于普通鼓风干燥箱 110℃ 下干燥 3h、马弗炉中 550℃ 下焙烧 3h 程序升温速度为 2℃/min,保温时间为 3h,即得到 0.8%  $\text{V}_2\text{O}_5$ /9.2%  $\text{WO}_3$ -1%  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  ( $\text{TiO}_2/\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2 = 90\%$ ) 复合型催化剂。

[0039] 采用模拟烟气条件对该脱硝催化剂的性能进行评价,以  $\text{NH}_3$  为还原剂,典型烟气工况下:  $\text{NO}$  为 1000ppm,  $\text{O}_2$  为 5% (v/v),氨氮比为 1 : 1,  $\text{N}_2$  为平衡气,空速为  $15000\text{h}^{-1}$ ,在反应温度为 150℃、300℃、450℃ 时的脱硝效率分别为 68.8%、97.2%、94.1%。