



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111229208 B

(45) 授权公告日 2021.01.15

(21) 申请号 202010168770.2

B01D 53/56 (2006.01)

(22) 申请日 2020.03.12

审查员 刘云朋

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111229208 A

(43) 申请公布日 2020.06.05

(73) 专利权人 江西农业大学

地址 330045 江西省南昌市昌北经济技术
开发区志敏大道

(72) 发明人 喻成龙

(74) 专利代理机构 南昌金轩知识产权代理有限

公司 36129

代理人 邓澄宇

(51) Int.Cl.

B01J 23/34 (2006.01)

B01D 53/86 (2006.01)

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温
SCR烟气脱硝催化剂及其制备方法与应用

(57) 摘要

本发明属于环境保护与环境催化领域,具体涉及一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂及其制备方法与应用。本发明是通过对典型的农业废弃物荷叶进行酸改性处理后绝氧焙烧制得生物炭材料,以酸改性的荷叶生物炭为载体, MnO_x 为活性组分,以 CeO_x 为助催化剂,获得基于荷叶源生物炭的低温烟气脱硝催化剂。采用化学改性后制得的生物炭具有较高的比表面积,而且通过 MnO_x 、 CeO_x 和荷叶源生物炭之间的相互作用,提高了催化剂的脱硝活性;在以氨为还原剂,温度为225℃时催化剂的SCR活性可接近90%。

1. 一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂,其特征在于,在经酸改性的荷叶源生物炭LBC上,负载活性组分 MnO_x 、助催化剂 CeO_x ,构成催化剂 MnO_x-CeO_x/LBC ;所述 MnO_x-CeO_x/LBC 催化剂中, MnO_x 的质量为LBC质量的5-20%, CeO_x 的质量为LBC质量的3-10%;所述低温SCR烟气脱硝催化剂的制备方法,包括以下步骤:

(1) 荷叶的预处理:

以荷叶为原料,将荷叶烘干后用粉碎机进行粉碎,称取粉碎后的荷叶,使用硝酸溶液对生物质原料进行浸渍处理,控制浸渍过程中酸与原料质量比例后与50 mL去离子水混合,搅拌均匀2h后浸渍过夜;

(2) 荷叶生物炭的制备:

将上述浸渍并过滤后的粉末在105 °C下烘干24 h,后置于管式电阻炉中,在100 mL/min的 N_2 保护下,升温,并恒温活化;活化结束后,继续通入 N_2 直至炉管至室温,得到活性炭初级产品;然后用煮沸的去离子水进行洗涤直至中性,将洗涤后的样品烘干,得到成品生物炭载体;

(3) 活性组分的负载:

采用超声辅助的浸渍法,称取锰源和铈源溶于无水乙醇中,并均匀地滴加到荷叶生物炭中,经超声波处理并烘干,烘干后的粉末在氮气气氛下焙烧,即得到 MnO_x-CeO_x/LBC 。

2. 根据权利要求1所述的一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂,其特征在于,步骤(1)中所述控制浸渍过程中酸与原料质量比为0.5~5:1。

3. 根据权利要求1所述的一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂,其特征在于,步骤(1)中所述搅拌均匀2h后浸渍的时间为8~16 h。

4. 根据权利要求1所述的一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂的制备方法,其特征在于,步骤(2)中所述的在100 mL/min的 N_2 保护下,升温,升温速率为1~5 °C·min⁻¹;所述恒温活化,恒温温度为400~900°C,时间为1~4 h。

5. 根据权利要求1所述的一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂的制备方法,其特征在于,步骤(2)中所述的将洗涤后的样品烘干,烘干温度为90~110 °C。

6. 根据权利要求1所述的一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂的制备方法,其特征在于,步骤(3)中所述超声波处理时间为15~120 min。

7. 根据权利要求1所述的一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂的制备方法,其特征在于,步骤(3)中所述烘干为干燥箱烘干,烘干温度为100~110°C,烘干时间为6~24 h,述焙烧温度为300~500°C,升温速率为1~5°C/min,保温时间为1~4 h。

8. 根据权利要求1所述的一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂的制备方法,其特征在于,步骤(3)中所述锰源为乙酸锰,所述的铈源为硝酸铈。

9. 权利要求1~3任一项所述的荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂应用于低温SCR烟气脱硝系统。

一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂及其制备方法与应用

技术领域

[0001] 本发明属于环境保护与环境催化领域,具体涉及一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂及其制备方法与应用。

背景技术

[0002] 氮氧化物(NO_x)是主要的大气污染物之一。除直接危害人体健康外,还是生成臭氧的重要前驱体物之一,也是形成区域灰霾和细粒子等污染的重要原因。氮氧化物主要来源于化石燃料的燃烧,据统计,全国工业氮氧化物排放量的66.7%来自于电力、热力生产和供应业,是我国氮氧化物的排放大户,其中火电行业氮氧化物贡献值最大,因此,电力行业是我国控制氮氧化物排放的重点领域。在众多氮氧化物污染控制技术中,选择性催化还原(SCR)烟气脱硝技术成熟有效,在燃煤电厂烟气净化过程中广泛应用。

[0003] 催化剂是SCR烟气脱硝技术的关键,目前商业用SCR催化剂主要为 $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3(\text{MoO}_3)/\text{TiO}_2$ 系列催化剂,其活性温度窗口为 $300\text{-}400^\circ\text{C}$,由于所需的温度较高,SCR脱硝装置一般置于除尘和脱硫装置之前,因而催化剂易受到粉尘的冲刷和堵塞,寿命降低。而将脱硝装置置于除尘和脱硫装置之后时,则需要加装烟气预热装置以满足催化活性的要求。与之相比,低温SCR催化剂可以在低于 300°C 下工作,因此装备有低温SCR催化剂的脱硝装置可以直接安装在除尘和脱硫装置之后,具有较好的经济效益。

[0004] 生物炭,又称生物质炭,是指对生物质原料(木材、草、玉米秆、麦秆、种壳、粪便、树叶等)进行处理,将部分生物质转化为油气后剩余的炭产物,产生具有高度芳香性的多孔固体颗粒物质。生物炭产物具有丰富的孔结构,比表面积大,表面含氧活性基团多的特点,是一种环境友好型的多功能材料。相对于其他炭材料,以农业废弃物为主的生物质材料为原料制备的生物炭具有来源广泛,环境友好,成本低廉等特点,在环境修复领域具有巨大的应用前景。本发明充分利用农业废弃物制备生物炭,以生物炭为载体,可以负载活性组分(锰氧化物和铈氧化物),并且利用活性组分与生物炭之间的相互作用使催化剂具有良好的低温SCR活性和稳定性。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂及其制备方法与应用,本发明制备的催化剂可使SCR脱硝系统在低温下高效脱除烟气中的 NO_x 。

[0006] 一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂,其组成为:在经酸改性的荷叶源生物炭(LBC)上,负载活性组分 MnO_x 、助催化剂 CeO_x ,构成催化剂 $\text{MnO}_x\text{-CeO}_x/\text{LBC}$;所述 $\text{MnO}_x\text{-CeO}_x/\text{LBC}$ 催化剂中, MnO_x 的质量为LBC质量的5%-20%,而 CeO_x 的质量为LBC质量的3%-10%。

[0007] 一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂的制备方法,包括

以下步骤：

[0008] (1) 荷叶的预处理：

[0009] 以荷叶为原料，将荷叶烘干后用粉碎机进行粉碎，称取一定量粉碎后的荷叶，使用硝酸溶液对生物质原料进行浸渍处理，控制浸渍过程中酸与原料质量比例后与50mL去离子水混合，搅拌均匀2h后浸渍过夜；

[0010] (2) 荷叶生物炭的制备：

[0011] 将上述浸渍并过滤后的粉末在105℃下烘干24h，后置于管式电阻炉中，在100mL/min的N₂保护下，以一定的升温速率至特定温度，并恒温活化一段时间；活化结束后，继续通入N₂直至炉管至室温，得到活性炭初级产品；然后利用煮沸的去离子水进行洗涤直至中性，将洗涤后的样品置于一定温度下烘干，得到成品生物炭载体；

[0012] (3) 活性组分的负载：

[0013] 采用超声辅助下的浸渍法，称取锰源和铈源溶于无水乙醇中，并均匀地滴加到荷叶生物炭中，经超声波处理并烘干，烘干后的粉末在氮气气氛下焙烧，即得到MnO_x-CeO_x/LBC；所述锰源与荷叶生物炭载体加入比例满足得到的MnO_x-CeO_x/LBC催化剂中MnO_x的质量为LBC质量的5~20%，而CeO_x的质量为LBC质量的3~10%。

[0014] 其中，上述方法中，步骤(1)中所述控制浸渍比酸与原料质量比例为0.5-5:1。

[0015] 优选地，步骤(1)中所述控制浸渍过程中酸与原料质量比例分别为0.75:1、1.5:1、3:1。

[0016] 其中，上述方法中，步骤(1)中所述搅拌均匀2h后浸渍的时间为8-16h。

[0017] 优选地，步骤(1)中所述搅拌均匀2h后浸渍的时间分别为12、14、16h。

[0018] 其中，上述方法中，步骤(2)中所述的在100mL/min的N₂保护下，以一定的升温速率至特定温度，升温速率为1-5℃·min⁻¹。

[0019] 优选地，步骤(2)中所述的在100mL/min的N₂保护下，以一定的升温速率至特定温度，升温速率分别为1℃·min⁻¹、3℃·min⁻¹、5℃·min⁻¹。

[0020] 其中，上述方法中，步骤(2)中所述的在100mL/min的N₂保护下，以一定的升温速率至特定温度，特定温度为400-900℃。

[0021] 优选地，步骤(2)中所述的在100mL/min的N₂保护下，以一定的升温速率至特定温度，特定温度为600℃、700℃、800℃。

[0022] 其中，上述方法中，步骤(2)中所述的绝氧焙烧的恒温活化一段时间，活化时间为1-4h。

[0023] 优选地，步骤(2)中所述的绝氧焙烧的恒温活化一段时间，活化时间为1、2、3h。

[0024] 其中，上述方法中，步骤(3)中所述超声波处理时间为15-120min。

[0025] 优选地，步骤(3)中所述超声波处理时间为15、30、60min。

[0026] 其中，步骤(3)中的烘干为干燥箱烘干，烘干温度为100~110℃，烘干时间为6-24h。

[0027] 其中，上述方法中，步骤(3)中所述的焙烧温度为为300-500℃，升温速率为1-5℃/min，保温时间为1-4h。

[0028] 优选地，步骤(3)中所述的焙烧温度为300、400、500℃。

[0029] 上述方法中，所述生物炭来源为荷叶，所述锰源为乙酸锰，所述的铈源为硝酸铈。

[0030] 本发明还公开了一种荷叶源生物炭负载金属氧化物的低温SCR烟气脱硝催化剂在低温SCR烟气脱硝系统中的应用。

[0031] 荷叶本身具有孔道结构,所烧制的生物炭疏水性较好,但对NO_x的催化活性较弱。经酸改性后,比表面积增大,荷叶源生物炭表面增加了含氧官能团和酸性基团,不仅对NO_x的催化活性增加,而且由于含氧官能团和酸性基团的存在,负载的MnO_x与CeO_x能在荷叶生物炭载体上均匀分散,提高了负载后的荷叶源生物炭的催化活性,在反应温度为225℃时,NO_x的转化率接近90%。但过多的含氧官能团的存在,会影响其疏水性能,因此,浸渍过程中酸与原料质量比例是非常重要的参数,优选为0.5-5:1。

[0032] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0033] 本发明首先利用制备生物炭的来源广泛及生物炭比表面积大及疏水性的特点,通过超声辅助下的浸渍法使负载的活性组分Mn和Ce得到较好的分散。Mn、Ce和多孔生物炭之间的协同作用使得催化剂具有较好的SCR性能。

[0034] 本发明充分利用农业废弃物制备生物炭,以生物炭为载体,可以负载活性组分,并且利用活性组分与生物炭之间的相互作用使催化剂具有良好的低温SCR活性和稳定性。一方面解决了农业废弃物处理与处置的问题,另一方面变废为宝,使其应用于制备高活性的低温SCR脱硝催化剂,具有较好的经济和社会价值。

具体实施方式

[0035] 为了更清楚、完整的描述本发明的技术方案,以下通过具体实施例进一步详细说明本发明,应当理解,此处所描述的具体实施例仅用于解释本发明,并不用于限定本发明,可以在本发明权利限定的范围内进行各种改变。

[0036] 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。

[0037] 实施例1

[0038] (1) 荷叶的预处理:

[0039] 以荷叶为原料,将荷叶烘干后用粉碎机进行粉碎,称取一定量粉碎后的荷叶,使用硝酸溶液对生物质原料进行浸渍处理,控制浸渍过程中酸与原料质量比例为1.5:1后再与50mL去离子水混合,搅拌均匀2h后浸渍14h;

[0040] (2) 荷叶生物炭的制备:

[0041] 将上述浸渍并过滤后的粉末在105℃下烘干24h,后置于管式电阻炉中,在100mL/min的N₂保护下,以5℃/min的升温速率至800℃,并恒温活化2h;活化结束后,继续通入N₂直至炉管至室温,得到活性炭初级产品;然后利用煮沸的去离子水进行洗涤直至中性,将洗涤后的样品置于105℃的温度下烘干,得到成品生物炭载体;

[0042] (3) 活性组分的负载:

[0043] 采用超声辅助下的浸渍法,称取锰源和铈源溶于无水乙醇中,并均匀地滴加到荷叶生物炭中,经30min超声波处理并烘干后的粉末在氮气气氛下焙烧,即得到MnO_x-CeO_x/LBC;所述锰源与荷叶生物炭载体加入比例满足得到的MnO_x-CeO_x/LBC催化剂中MnO_x的质量为LBC质量的10%,而CeO_x的质量为LBC质量的3%。

[0044] 实施例2

[0045] (1) 荷叶的预处理:

[0046] 以荷叶为原料,将荷叶烘干后用粉碎机进行粉碎,称取一定量粉碎后的荷叶,使用硝酸溶液对生物质原料进行浸渍处理,控制浸渍过程中酸与原料质量比例为0.5:1后再与50mL去离子水混合,搅拌均匀2h后浸渍14h;

[0047] (2) 荷叶生物炭的制备:

[0048] 将上述浸渍并过滤后的粉末在105℃下烘干24h,后置于管式电阻炉中,在100mL/min的N₂保护下,以5℃/min的升温速率至800℃,并恒温活化2h;活化结束后,继续通入N₂直至炉管至室温,得到活性炭初级产品;然后利用煮沸的去离子进行洗涤直至中性,将洗涤后的样品置于105℃的温度下烘干,得到成品生物炭载体;

[0049] (3) 活性组分的负载:

[0050] 采用超声辅助下的浸渍法,称取锰源和铈源溶于无水乙醇中,并均匀地滴加到荷叶生物炭中,经30min超声波处理并烘干后的粉末在氮气气氛下焙烧,即得到MnO_x-CeO_x/LBC;所述锰源与荷叶生物炭载体加入比例满足得到的MnO_x-CeO_x/LBC催化剂中MnO_x的质量为LBC质量的10%,而CeO_x的质量为LBC质量的3%。

[0051] 实施例3

[0052] (1) 荷叶的预处理:

[0053] 以荷叶为原料,将荷叶烘干后用粉碎机进行粉碎,称取一定量粉碎后的荷叶,使用硝酸溶液对生物质原料进行浸渍处理,控制浸渍过程中酸与原料质量比例为5:1后再与50mL去离子水混合,搅拌均匀2h后浸渍14h。

[0054] (2) 荷叶生物炭的制备:

[0055] 将上述浸渍并过滤后的粉末在105℃下烘干24h,后置于管式电阻炉中,在100mL/min的N₂保护下,以5℃/min的升温速率至800℃,并恒温活化2h。活化结束后,继续通入N₂直至炉管至室温,得到活性炭初级产品;然后利用煮沸的去离子进行洗涤直至中性,将洗涤后的样品置于105℃的温度下烘干,得到成品生物炭载体;

[0056] (3) 活性组分的负载:

[0057] 采用超声辅助下的浸渍法,称取锰源和铈源溶于无水乙醇中,并均匀地滴加到荷叶生物炭中,经30min超声波处理并烘干后的粉末在氮气气氛下焙烧,即得到MnO_x-CeO_x/LBC;所述锰源与荷叶生物炭载体加入比例满足得到的MnO_x-CeO_x/LBC催化剂中MnO_x的质量为LBC质量的10%,而CeO_x的质量为LBC质量的3%。

[0058] 实施例4

[0059] (1) 荷叶的预处理:

[0060] 以荷叶为原料,将荷叶烘干后用粉碎机进行粉碎,称取一定量粉碎后的荷叶,使用硝酸溶液对生物质原料进行浸渍处理,控制浸渍过程中酸与原料质量比例为1.5:1后再与50mL去离子水混合,搅拌均匀2h后浸渍14h;

[0061] (2) 荷叶生物炭的制备:

[0062] 将上述浸渍并过滤后的粉末在105℃下烘干24h,后置于管式电阻炉中,在100mL/min的N₂保护下,以5℃/min的升温速率至800℃,并恒温活化2h。活化结束后,继续通入N₂直至炉管至室温,得到活性炭初级产品。然后利用煮沸的去离子进行洗涤直至中性,将洗涤后的样品置于105℃的温度下烘干,得到成品生物炭载体;

[0063] (3) 活性组分的负载:

[0064] 采用超声辅助下的浸渍法,称取锰源和铈源溶于无水乙醇中,并均匀地滴加到荷叶生物炭中,经30min超声波处理并烘干后的粉末在氮气气氛下焙烧,即得到 MnO_x-CeO_x/LBC ;所述锰源与荷叶生物炭载体加入比例满足得到的 MnO_x-CeO_x/LBC 催化剂中 MnO_x 的质量为LBC质量的10%,而 CeO_x 的质量为LBC质量的8%。

[0065] 对比例1

[0066] (1) 荷叶的预处理:

[0067] 以荷叶为原料,将荷叶烘干后用粉碎机进行粉碎,称取一定量粉碎后的荷叶,使用硝酸溶液对生物质原料进行浸渍处理,控制浸渍过程中酸与原料质量比例为1.5:1后再与50mL去离子水混合,搅拌均匀2h后浸渍14h;

[0068] (2) 荷叶生物炭的制备:

[0069] 将上述浸渍并过滤后的粉末在105℃下烘干24h,后置于管式电阻炉中,在100mL/min的 N_2 保护下,以5℃/min的升温速率至800℃,并恒温活化2h;活化结束后,继续通入 N_2 直至炉管至室温,得到活性炭初级产品;然后利用煮沸的去离子水进行洗涤直至中性,将洗涤后的样品置于105℃的温度下烘干,得到成品生物炭载体;

[0070] (3) 活性组分的负载:

[0071] 采用超声辅助下的浸渍法,称取锰源溶于无水乙醇中,并均匀地滴加到荷叶生物炭中,经30min超声波处理并烘干后的粉末在氮气气氛下焙烧,即得到 MnO_x/LBC ;所述锰源与荷叶生物炭载体加入比例满足得到的 MnO_x/LBC 催化剂中 MnO_x 的质量为LBC质量的10%;即为10% MnO_x/LBC 。

[0072] 对比例2

[0073] (1) 荷叶的预处理:

[0074] 以荷叶为原料,将荷叶烘干后用粉碎机进行粉碎,称取一定量粉碎后的荷叶,使用硝酸溶液对生物质原料进行浸渍处理,浸渍过程中酸与原料质量比例为1.5:1与50mL去离子水混合,搅拌均匀2h后浸渍14h;

[0075] (2) 荷叶生物炭的制备:

[0076] 将上述浸渍并过滤后的粉末在105℃下烘干24h,后置于管式电阻炉中,在100mL/min的 N_2 保护下,以5℃/min的升温速率至800℃,并恒温活化2h;活化结束后,继续通入 N_2 直至炉管至室温,得到活性炭初级产品;然后利用去离子水在煮沸的条件下洗涤直至中性,将洗涤后的样品置于105℃的温度下烘干,得到成品生物炭载体,即为0% MnO_x/LBC 。

[0077] 对比例3

[0078] (1) 水稻秸秆的预处理:

[0079] 以水稻秸秆为原料,将水稻秸秆烘干后用粉碎机进行粉碎,称取一定量粉碎后的荷叶,使用硝酸溶液对生物质原料进行浸渍处理,控制浸渍过程中酸与原料质量比例为3:1后再与50mL去离子水混合,搅拌均匀2h后浸渍14h;

[0080] (2) 水稻秸秆生物炭(RBC)的制备:

[0081] 将上述浸渍并过滤后的粉末在105℃下烘干24h,后置于管式电阻炉中,在100mL/min的 N_2 保护下,以5℃/min的升温速率至800℃,并恒温活化2h;活化结束后,继续通入 N_2 直至炉管至室温,得到活性炭初级产品;然后利用煮沸的去离子水进行洗涤直至中性,将洗涤后的样品置于105℃的温度下烘干,得到成品生物炭载体;

[0082] (3) 活性组分的负载:

[0083] 采用超声辅助下的浸渍法,称取锰源和铈源溶于无水乙醇中,并均匀地滴加到水稻秸秆生物炭中,经30min超声波处理并烘干后的粉末在氮气气氛下焙烧,即得到 CeO_x-MnO_x/RBC ;所述锰源和秸秆生物炭载体加入比例满足得到的 CeO_x-MnO_x/RBC 催化剂中 MnO_x 的质量为LBC质量的10%, CeO_x-MnO_x/RBC 催化剂中 CeO_x 的质量为RBC质量的3%。

[0084] 活性评价试验

[0085] 采用模拟烟气条件将实施例和对比例制备的催化剂置于石英管固定床反应器中进行活性评价,以 NH_3 为还原剂,典型烟气工况下: NO 和 O_2 的体积分数分别为0.06%和为2.5%,氨氮比为1:1, Ar 为平衡气,空速为 $45000h^{-1}$ 。气体分析采用德国德图350($NO-NO_2-NO_x$ 烟气分析仪),结果如表1所示:

[0086] 表1实施例与对比例的活性评价结果

NO _x 转化率%	温度℃								
	100	120	150	175	200	225	250	275	
[0087] 实施例1	16.7	26.2	37.3	55.1	68.3	86.7	81.3	68.3	
实施例2	15.3	23.1	36.1	41.3	59.8	69.1	45.1	32.1	
实施例3	13.1	22.6	33.2	44.9	52.5	69.7	39.7	21.4	
实施例4	16.1	21.5	39.1	44.3	62.1	77.5	67.5	43.2	
对比例1	14.9	17.3	29.2	48.7	57.5	76.1	83.0	76.2	
[0088] 对比例2	16.5	18.3	22.5	21.3	20.3	20.5	19.1	16.1	
对比例3	15.5	21.3	36.4	50.7	65.2	70.1	62.1	41.8	

[0089] 由表1可知,实施例1制备的催化剂在低温范围内具有呈现出一定的SCR活性,实施例制备的催化剂的活性大幅优于对比例1制备的催化剂的脱硝活性。实施例1对应催化剂的SCR活性最佳,在反应温度为225℃时, NO_x 的转化率接近90%。实施例1与对比例3的不同仅为使用的生物质原料不同,对比例3使用的是水稻秸秆用于生物炭的制备,结果发现对比例3的SCR活性明显低于实施例1,这说明生物炭原料的种类对催化剂的SCR活性有重要影响。实施例1、2、3仅为浸渍过程中酸料比的不同,由上表可知,在0.5-5:1的范围内,随着酸料比增加,催化剂活性效果先增加后减小。

[0090] 抗毒性效果试验

[0091] 采用模拟烟气条件将实施例和对比例制备的催化剂置于石英管固定床反应器中进行抗硫测试,反应温度为225℃,以 NH_3 为还原剂,典型烟气工况下: NO 和 O_2 的体积分数分别为0.06%和为2.5%, SO_2 的体积分数为0.02%,氨氮比为1:1,且 Ar 为平衡气,空速为 $45000h^{-1}$ 。气体分析采用德国德图350($NO-NO_2-NO_x$ 烟气分析仪),结果如表2所示:

[0092] 表2实施例1抗硫中毒测试结果

[0093]	时间/min NO _x 转化率%	0	20	40	60	80	100	120	200	220
	实施例 1	86.50	84.49	82.82	80.6	80.51	80.35	80.27	80.11	79.86
对比例 1	76.01	37.65	35.27	34.14	33.15	32.31	31.63	31.12	30.74	
对比例 3	69.10	39.88	38.18	37.55	37.05	36.51	36.11	35.79	35.47	

[0094] 表2可以看出,实施例1所对应的催化剂呈现出较强的抗硫能力。实施例1与对比例3的不同仅为使用的生物质原料不同,对比例3使用的是水稻秸秆用于生物炭的制备,结果发现对比例3的抗硫水中毒性能明显低于实施例1,这说明生物炭原料的种类对催化剂的抗中毒性能也有重要影响。实施例1与对比例1的不同仅为负载的金属氧化物的种类不同,对比例1中催化剂的活性组分仅为MnO_x,而实施例1含有MnO_x和CeO_x,从抗中毒实验可以看出,实施例1的抗硫水中毒性能明显高于对比例。这说明负载了MnO_x和CeO_x的荷叶源生物炭催化剂的抗中毒性能优于单独负载MnO_x的催化剂。

[0095] 最后需要强调的是,以上所述仅为本发明的优选实施例,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种变化和更改,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。