



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103657368 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201310740770. 5

CN 203737088 U, 2014. 07. 30,

(22) 申请日 2013. 12. 30

WO 2009043540 A1, 2009. 04. 09,

(73) 专利权人 昆明理工大学

审查员 郑方圆

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路  
253 号

(72) 发明人 宁平 殷在飞 李凯 唐晓龙  
易红宏 孙鑫 王驰 刘烨

(51) Int. Cl.

B01D 53/75(2006. 01)

B01D 53/60(2006. 01)

B01D 53/64(2006. 01)

F23J 15/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101766945 A, 2010. 07. 07,

CN 102430318 A, 2012. 05. 02,

CN 102580706 A, 2012. 07. 18,

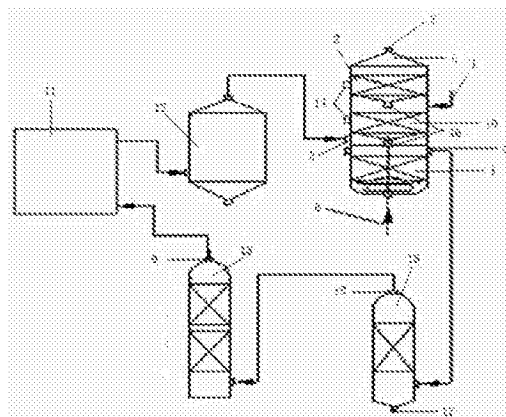
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法及装置

(57) 摘要

本发明公开一种同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法,属于大气污染净化技术领域;该工艺首先将烟气中的SO<sub>2</sub>吸附脱除;然后借助烟气中微量O<sub>2</sub>以及补充的空气,使Hg<sup>0</sup>催化氧化为HgO,并吸附于催化剂表面,同时喷入NH<sub>3</sub>,NO<sub>x</sub>转化为N<sub>2</sub>排放;最后将两个过程中吸附饱和的市售活性炭进入资源化装置中,在通入蒸气、1000~1100℃的条件下,生成CO、H<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S等气体进入湿式氧化法脱硫塔(ADA)法操作单元回收单质硫,CO和H<sub>2</sub>作为燃料气返回锅炉,该工艺属一塔式固定床干法联合净化工艺,工艺简洁,操作便捷,可连续运行。



1. 一种同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法,其特征包括以下步骤:

(1)借助烟气中已有的  $O_2$  和  $H_2O$  在煤质活性炭的作用下,将烟气中的  $SO_2$  氧化为  $H_2SO_4$ ,其中反应温度为  $120\sim 140^\circ C$ ,反应时间  $24\sim 48$  小时;

(2)借助烟气和空气中微量  $O_2$ ,将步骤(1)处理后的烟气在煤质活性炭的作用下,使  $Hg^0$  催化氧化为  $HgO$ ,并吸附于催化剂表面,同时喷入  $NH_3$ ,使  $NO_x$  选择性催化还原为  $N_2$ ,反应温度为  $110\sim 120^\circ C$ ,反应时间为  $24\sim 48$  小时;

(3)在步骤(1)和(2)中吸附饱和的煤质活性炭中通入空气、水蒸气,在  $1000\sim 1100^\circ C$  的条件下反应  $24\sim 48$  小时,然后将单质硫进行回收, $CO$  和  $H_2$  作为燃料气。

2. 根据权利要求 1 所述的一种同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法,其特征包括:步骤(3)中所述空气与水蒸气的体积比为  $5:1\sim 10:1$ 。

3. 权利要求 1 所述同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法所用净化装置,其特征包括:吸附塔(5)、燃煤锅炉(11)、电除尘器(12)、冷却塔(13)、湿式氧化法脱硫塔(15),所述吸附塔(5)包括脱硝汞层(2)、资源化层(4)、脱硫层(10),在吸附塔(5)的下面设有资源化层(4),在资源化层(4)的上面设有脱硫层(10),在脱硫层(10)的上面设有脱硝汞层(2),在资源化层(4)的下端设有空气和水蒸气的进气口 II(6),在资源化层(4)的侧面设有出气口 II(8),在脱硫层(10)的侧面设有进气口 I(3),在脱硝汞层(2)的上端设有出气口 I(7),侧面设有  $NH_3$  喷口(1),在脱硝汞层(2)和脱硫层(10)的侧面均设有进料口(14),在脱硝汞层(2)和脱硫层(10)的下端均设有筛网口(16),燃煤锅炉(11)和电除尘器(12)连接,电除尘器(12)通过进气口 II(3)与吸附塔(5)连接,吸附塔(5)通过出气口 II(8)与冷却塔(13)连接,冷却塔(13)通过出气口 IV(18)和湿式氧化法脱硫塔(15)连接,湿式氧化法脱硫塔(15)通过出气口 III(9)和燃煤锅炉(11)连接,在冷却塔(13)的下端设有排汞口(17)。

## 一种同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法及装置,烟气净化技术应用于大气污染净化技术领域。

### 背景技术

[0002] 煤是我国的主要能源,在一次能源中占了 75%,其中 84% 是燃烧方式利用的,煤燃烧产生的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  以及 Hg 等重金属污染物成为大气污染的最主要来源,同时硫资源的缺乏制约我国的工业发展,我国硫资源 60% 以上为硫铁矿,硫铁矿制酸曾经达 77%,现在已下降到不足 40%,2010 年以后不得不大幅度进口国际硫磺或者硫酸来补充生产量上的不足,因此,如果能回收烟气中的  $\text{SO}_2$ ,用于制酸或者单质硫,不仅能减少烟气排放所带来的大气污染,还可实现污染物的资源化利用,由此填补我国硫酸市场的生产空缺,缓解硫酸市场的紧缺现状, $\text{NO}_x$  同样是形成酸雨、光化学烟雾等污染的主要来源,此外,汞很容易挥发,在  $1200^\circ\text{C}$  燃烧时,煤中汞化合物几乎全部以气态  $\text{Hg}^0$  释出,随着在烟气流经受热面逐渐冷却的过程中,气态汞仍保持着单质元素汞成分,汞具有剧毒、在生物体内易于沉积且迟滞性强等特点,因此,从根本上控制烟气中  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和 Hg 的排放已经迫在眉睫。

[0003] 目前研究较多且综合性能良好的联合脱硫脱硝脱汞技术有:活性炭(焦)加氨法、改性活性炭吸附氧化法和可再生金属氧化物氧化法等。

[0004] 活性炭加氨法具有较高的脱硫脱硝效率,并能脱除一定的汞,无二次污染,副产品可回收利用,但活性炭需要频繁再生,喷入的氨水会增加活性炭的粘附力导致吸收塔内气流分布不均匀,为提高其脱硫脱硝和脱汞的活性,对活性炭改性活化处理,以增加其表面含氮官能团和含氧官能团,可再生金属氧化物氧化法脱硫、脱硝效率高,无需烟气再热,无二次污染,且能回收硫,脱硫剂可再生,但要求较高的使用温度,运行成本过高。目前经济可行的较有前景的金属氧化物为  $\text{CuO}$  和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,适宜载体为  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{MgO}$  等。

[0005] 就燃煤工业锅炉烟气联合脱硫脱硝脱汞技术而言,目前的联合脱硫脱硝脱汞技术大多数为串联的组合分级脱除工艺,主要技术手段是:布袋除尘器(脱汞)+ $\text{NH}_3$ 选择性催化还原(脱硝)+湿法脱硫装置(脱硫)、选择性催化还原(脱硝)+循环流化床(脱硫)+布袋除尘(脱汞),这两种方法对于 Hg 的脱除效果则随着燃料煤质和烟气条件的不同,效果差异很大,该法采用的净化装置主要采用固定床和移动床,在传统固定床工艺中,活性焦材料很容易达到饱和,需频繁再生,且再生损耗较大,运行费用较高;流化床工艺操作方便,但对净化材料的机械性能和综合净化能力有较高要求,工艺操作要求高,活性焦用量大,再生问题突出,净化成本较高,易产生二次污染问题。

[0006] 公开号为 CN1923337A 的中国发明专利介绍了一种利用臭氧作为氧化剂同时氧化  $\text{SO}_2$ 、NO 和  $\text{Hg}^0$ ,然后利用碱液洗涤塔同时脱硫脱硝脱汞的方法,该方法没有解决所吸收的  $\text{Hg}^{2+}$  在洗涤塔中的还原问题,且实际脱汞效率不高,同时利用臭氧将  $\text{SO}_2$  氧化成  $\text{SO}_3$  并不利于  $\text{SO}_2$  的脱除。

[0007] 公开号为 CN1962034A 的中国发明专利介绍了一种锅炉烟气同时脱硫脱硝脱汞的

方法及装置,其技术方案是将烟气引入循环流化床反应器中,并向其内喷入富氧高活性吸收剂,对  $\text{SO}_2$  脱除率在 90% 以上, $\text{NO}_x$  脱除率在 60% 以上, $\text{Hg}$  脱除率在 50% 以上,其工艺设计紧凑,运行稳定,无废水排放,但是脱硝脱汞的效率并不是很高,吸收剂再生较难,因此,研发一种同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化及资源化工工艺具有重要的现实意义。

## 发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法,具体包括如下步骤:

[0009] (1) 借助烟气中已有的  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  在煤质活性炭的作用下,将烟气中的  $\text{SO}_2$  氧化为  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,其中反应温度为  $120\sim 140^\circ\text{C}$ ,反应时间 24~48 小时;

[0010] (2) 借助烟气和空气中微量  $\text{O}_2$ ,将步骤(1)处理后的烟气在煤质活性炭的作用下,使  $\text{Hg}^0$  催化氧化为  $\text{HgO}$ ,并吸附于催化剂表面,同时喷入  $\text{NH}_3$ ,使  $\text{NO}_x$  选择性催化还原为  $\text{N}_2$ ,反应温度为  $110\sim 120^\circ\text{C}$ ,反应时间为 24~48 小时;

[0011] (3) 在步骤(1)和(2)中吸附饱和的煤质活性炭中通入空气、水蒸气,在  $1000\sim 1100^\circ\text{C}$  的条件下反应 24~48 小时,然后将单质硫进行回收,生成  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ ,空气和水蒸气的体积比为 5:1~10:1,  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  作为燃料气。

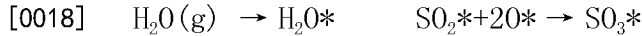
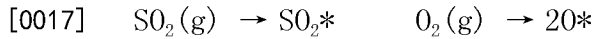
[0012] 本发明所述煤质活性炭为市售煤质活性炭。

[0013] 本发明的另一目的在于提供同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法所用的装置,该装置包括:吸附塔 5、燃煤锅炉 11、电除尘器 12、冷却塔 13、湿式氧化法脱硫塔 15,所述吸附塔 5 包括脱硝汞层 2、资源化层 4、脱硫层 10,在吸附塔 5 的下面设有资源化层 4,在资源化层 4 的上面设有脱硫层 10,在脱硫层 10 的上面设有脱硝汞层 2,在资源化层 4 的下端设有空气和水蒸气的进气口 II 6,在资源化层 4 的侧面设有出气口 II 8,在脱硫层 10 的侧面设有进气口 I 3,在脱硝汞层 2 的上端设有出气口 I 7,侧面设有  $\text{NH}_3$  喷口 1,在脱硝汞层 2 和脱硫层 10 的侧面均设有进料口 14,在脱硝汞层 2 和脱硫层 10 的下端均设有筛网口 16,燃煤锅炉 11 和电除尘器 12 连接,电除尘器 12 通过进气口 II 3 与吸附塔 5 连接,吸附塔 5 通过出气口 II 8 与冷却塔 13 连接,冷却塔 13 通过出气口 IV 18 和湿式氧化法脱硫塔 15 连接,湿式氧化法脱硫塔 15 通过出气口 III 9 和燃煤锅炉 11 连接,在冷却塔 13 的下端设有排汞口 17。

[0014] 燃煤工业锅炉 11 产生的烟气从底部经过电除尘装置 12,在电除尘装置 12 中脱除烟尘后,经进气口 I 3 进入到脱硫层 10 中,采用市售活性炭吸附脱除烟气中的  $\text{SO}_2$ ,反应后的气体经筛网口 16 进入到装有煤质活性炭的脱硝汞层 2,采用市售活性炭借助烟气中微量  $\text{O}_2$  以及补充的空气,使  $\text{Hg}^0$  催化氧化为  $\text{HgO}$ ,并吸附于催化剂表面,同时从 1 处  $\text{NH}_3$  喷口喷入  $\text{NH}_3$ , $\text{NO}_x$  转化为  $\text{N}_2$  排放;再开启脱硫层和脱硝、汞层中的筛网口 16,使吸附饱和的活性炭进入吸附塔资源化层 4,从进气口 II 6 通入空气和水蒸气的混合气体,在  $1000\sim 1100^\circ\text{C}$  下反应 24~48 小时,产生的  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2$  等气体从进气口 II 8 进入冷却塔 13,将烟气温度降低至  $40^\circ\text{C}$ ,冷凝单质  $\text{Hg}$  从冷却塔 13 底部的排汞口 17 处排出,而  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2$  进入湿式氧化法脱硫塔 15 中, $\text{H}_2\text{S}$  用于回收单质硫,  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  作为燃料气返回燃煤锅炉 11 中再次利用。

[0015] 本发明的原理:

[0016] (1)  $\text{SO}_2$  吸附脱除,采用煤质活性炭,借助烟气中已有的  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  氧化  $\text{SO}_2$  为  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,脱硫剂工作温度为:  $120\sim 140^\circ\text{C}$ ,脱硫效率:  $\geq 90\%$ ,主要反应如下:



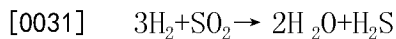
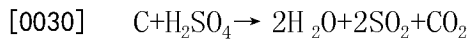
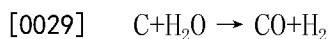
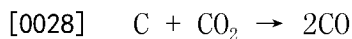
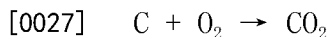
[0020] 吸附饱和后的煤质活性炭进入资源化层进行资源化处理,因为  $\text{SO}_2$  占据大部分煤质活性炭表面吸附位,抑制 Hg 和  $\text{NO}_x$  在煤质活性炭上的吸附以及转化,大部分随烟气进入下一个操作单元;

[0021] (2)  $\text{NO}_x$ 、 $\text{Hg}^0$  同时脱除,采用煤质活性炭,借助烟气中微量  $\text{O}_2$  以及补充的空气,使  $\text{Hg}^0$  催化氧化为  $\text{HgO}$ ,并吸附于催化剂表面,同时喷入  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$  被选择性催化还原为  $\text{N}_2$ ,烟气达标排放,反应温度为:  $110 \sim 120^\circ\text{C}$ ,脱汞效率:  $\geq 70\%$ ,脱硝率  $\geq 70\%$ ,主要反应如下:



[0025] 在表面吸附有  $\text{HgO}$  的催化剂进入资源化层进行资源化处理,分解为单质 Hg 和  $\text{O}_2$ ,由冷阱回收得单质 Hg;

[0026] (3) 资源化操作单元,吸附饱和的煤质活性炭净化材料进入资源化层中,通入空气和水蒸气的混合气体,在  $1000 \sim 1100^\circ\text{C}$  的条件下,生成  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等气体经洗涤冷却后进入脱硫塔, $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  作为燃料气返回锅炉,得到资源化利用,主要反应如下:



[0032] 此外,吸附饱和  $\text{HgO}$  的催化剂进入再生装置,在高温下分解为单质 Hg 和  $\text{O}_2$ ,经冷阱回收单质 Hg,主要反应如下:



[0034] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0035] (1) 本发明将烟气  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和 Hg 的脱除及资源化处理工艺和装置有机的组合成一个完整的工艺体系,既简化了工艺流程和系统结构,减小了设备占地面积,又大幅度降低了设备的投资和运行费用;

[0036] (2) 提出了一塔式固定床干法联合净化工艺,工艺简洁,操作便捷,可连续运行,烟气中的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和 Hg 在净化过程中得到分离及资源化利用,再生后得到  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等气体, $\text{H}_2\text{S}$  可通过 ADA 法回收单质硫, $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  可作为燃料气返回锅炉,再生产物全部充分利用,无二次污染,一体化脱硫脱硝脱汞设备运行成本低,结构合理,操作便捷;

[0037] (3) 本发明可以有效同时脱除  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和 Hg,脱除效率理想,且资源化利用充分,具有良好的市场前景。

## 附图说明

[0038] 图 1 是本发明的工作流程示意图;

[0039] 图 2 是本发明所述反应装置的结构示意图;

[0040] 图中:1- NH<sub>3</sub>喷口,2- 脱硝汞层,3- 进气口 I,4- 资源化层,5- 吸附塔,6- 进气口 II,7- 出气口 I,8- 出气口 II,9- 出气口 III,10- 脱硫层,11- 燃煤锅炉,12- 电除尘器,13- 冷却塔,14- 进料口,15- 湿式氧化法脱硫塔,16- 筛网口,17- 排汞口,18 出气口 IV。

### 具体实施方式

[0041] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明,但本发明的保护范围并不限于所述内容。

#### [0042] 实施例 1

[0043] 本实施例所述同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法,包括以下步骤,如图 1 所示:

[0044] (1) 将经过静电除尘的烟气在煤质活性炭的作用下脱除烟气中的 SO<sub>2</sub>,其中反应温度为 120℃,反应时间为 24 小时;

[0045] (2) 将步骤(1)中处理过的烟气通入到装有煤质活性炭的装置内,同时通入 NH<sub>3</sub>,反应温度为 110℃,反应时间为 24 小时, Hg<sup>0</sup>催化氧化为 HgO, NO<sub>x</sub> 被选择性催化还原为 N<sub>2</sub>;

[0046] (3) 将步骤(1)和(2)中的吸收了烟气的煤质活性炭通入到资源化处理区域,在通入空气、蒸气作用下,生成 CO、H<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S,空气和水蒸气的体积比为 5:1,反应温度为 1000℃,反应时间为 24 小时。

[0047] 本实施例所述同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法所用的装置,该装置包括:吸附塔 5、燃煤锅炉 11、电除尘器 12、冷却塔 13、湿式氧化法脱硫塔 15,所述吸附塔 5 包括脱硝汞层 2、资源化层 4、脱硫层 10,在吸附塔 5 的下面设有资源化层 4,在资源化层 4 的上面设有脱硫层 10,在脱硫层 10 的上面设有脱硝汞层 2,在资源化层 4 的下端设有空气和水蒸气的进气口 II 6,在资源化层 4 的侧面设有出气口 II 8,在脱硫层 10 的侧面设有进气口 I 3,在脱硝汞层 2 的上端设有出气口 I 7,侧面设有 NH<sub>3</sub>喷口 1,在脱硝汞层 2 和脱硫层 10 的侧面均设有进料口 14,在脱硝汞层 2 和脱硫层 10 的下端均设有筛网口 16,燃煤锅炉 11 和电除尘器 12 连接,电除尘器 12 通过进气口 II 3 与吸附塔 5 连接,吸附塔 5 通过出气口 II 8 与冷却塔 13 连接,冷却塔 13 通过出气口 IV 18 和湿式氧化法脱硫塔 15 连接,湿式氧化法脱硫塔 15 通过出气口 III 9 和燃煤锅炉 11 连接,在冷却塔 13 的下端设有排汞口 17,如图 2 所示。

[0048] 本实施例所述同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法在反应装置中的使用过程为:燃煤锅炉 11 产生的烟气从底部经过电除尘器 12,在电除尘器 12 中脱除烟尘后,经进气口 I 3 进入到脱硫层 10 中,在 120℃ 的温度下,采用市售活性炭吸附脱除烟气中的 SO<sub>2</sub>,反应时间为 24 小时,反应后的气体经筛网口 16 进入到装有煤质活性炭的脱硝汞层 2,借助烟气中微量 O<sub>2</sub> 以及补充的空气,使 Hg<sup>0</sup> 催化氧化为 HgO,并吸附于催化剂表面,同时从 NH<sub>3</sub> 喷口 1 处喷入 NH<sub>3</sub>,在 110℃ 下反应 24 小时,NO<sub>x</sub> 转化为 N<sub>2</sub> 排放;再开启脱硫层和脱硝、汞层中的筛网口 16,使吸附饱和的活性炭进入吸附塔资源化层 4,从进气口 II 6 通入空气和水蒸气的混合气体,在 1000℃ 下反应 24 小时,产生的 CO、H<sub>2</sub>S、H<sub>2</sub> 等气体从出气口 II 8 进入冷却塔 13,将烟气温度降低至 80℃,冷凝单质 Hg 从冷却塔 13 底部的排汞口 17 处排出,而 CO、H<sub>2</sub>S、H<sub>2</sub> 进入湿式氧化法脱硫塔 15 中, H<sub>2</sub>S 用于回收单质硫, CO 和 H<sub>2</sub> 作为燃料气返回燃煤锅炉 11 中再次利用。

[0049] 本实施例中 SO<sub>2</sub> 的脱除效率为 92%, NO<sub>x</sub> 的脱除效率为 75%, Hg<sup>0</sup> 的脱除效率为 70%。

#### [0050] 实施例 2

[0051] 本实施例所述同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法,包括以下步骤

[0052] (1)将经过静电除尘的烟气在煤质活性炭的作用下脱除烟气中的  $\text{SO}_2$ ,其中反应温度为  $130^\circ\text{C}$ ,反应时间为 30 小时;

[0053] (2)将步骤(1)中处理过的烟气通入到装有煤质活性炭的装置内,同时通入  $\text{NH}_3$ ,反应温度为  $115^\circ\text{C}$ ,反应时间为 35 小时,  $\text{Hg}^0$ 催化氧化为  $\text{HgO}$ ,  $\text{NO}_x$  被选择性催化还原为  $\text{N}_2$ ;

[0054] (3)将步骤(1)和(2)中的吸收了烟气的煤质活性炭通入到资源化处理区域,在通入空气、蒸气作用下,生成  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ ,空气和水蒸气的体积比为 7:1,反应温度为  $1050^\circ\text{C}$ ,反应时间为 30 小时。

[0055] 本实施例所述同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法所用的装置,该装置包括:吸附塔 5、燃煤锅炉 11、电除尘器 12、冷却塔 13、湿式氧化法脱硫塔 15,所述吸附塔 5 包括脱硝汞层 2、资源化层 4、脱硫层 10,在吸附塔 5 的下面设有资源化层 4,在资源化层 4 的上面设有脱硫层 10,在脱硫层 10 的上面设有脱硝汞层 2,在资源化层 4 的下端设有空气和水蒸气的进气口 II 6,在资源化层 4 的侧面设有出气口 II 8,在脱硫层 10 的侧面设有进气口 I 3,在脱硝汞层 2 的上端设有出气口 I 7,侧面设有  $\text{NH}_3$  喷口 1,在脱硝汞层 2 和脱硫层 10 的侧面均设有进料口 14,在脱硝汞层 2 和脱硫层 10 的下端均设有筛网口 16,燃煤锅炉 11 和电除尘器 12 连接,电除尘器 12 通过进气口 II 3 与吸附塔 5 连接,吸附塔 5 通过出气口 II 8 与冷却塔 13 连接,冷却塔 13 通过出气口 IV 18 和湿式氧化法脱硫塔 15 连接,湿式氧化法脱硫塔 15 通过出气口 III 9 和燃煤锅炉 11 连接,在冷却塔 13 的下端设有排汞口 17。

[0056] 本实施例所述同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法在反应装置中的使用过程为:燃煤锅炉 11 产生的烟气从底部经过电除尘器 12,在电除尘器 12 中脱除烟尘后,经进气口 I 3 进入到脱硫层 10 中,在  $130^\circ\text{C}$  的温度下,采用市售活性炭吸附脱除烟气中的  $\text{SO}_2$ ,反应时间为 30 小时,反应后的气体经筛网口 16 进入到装有煤质活性炭的脱硝汞层 2,借助烟气中微量  $\text{O}_2$  以及补充的空气,使  $\text{Hg}^0$  催化氧化为  $\text{HgO}$ ,并吸附于催化剂表面,同时从  $\text{NH}_3$  喷口 1 处喷入  $\text{NH}_3$ ,在  $115^\circ\text{C}$  下反应 35 小时,  $\text{NO}_x$  转化为  $\text{N}_2$  排放;再开启脱硫层和脱硝、汞层中的筛网口 16,使吸附饱和的活性炭进入吸附塔资源化层 4,从进气口 II 6 通入空气和水蒸气的混合气体,在  $1050^\circ\text{C}$  下反应 30 小时,产生的  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2$  等气体从出气口 II 8 进入冷却塔 13,将烟气温度降低至  $60^\circ\text{C}$ ,冷凝单质  $\text{Hg}$  从冷却塔 13 底部的排汞口 17 处排出,而  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2$  进入湿式氧化法脱硫塔 15 中,  $\text{H}_2\text{S}$  用于回收单质硫,  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  作为燃料气返回燃煤锅炉 11 中再次利用。

[0057] 本实施例中  $\text{SO}_2$  的脱除效率为 96%,  $\text{NO}_x$  的脱除效率为 80%,  $\text{Hg}^0$  的脱除效率为 75%。

[0058] 实施例 3

[0059] 本实施例所述同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法,包括以下步骤

[0060] (1)将经过静电除尘的烟气在煤质活性炭的作用下脱除烟气中的  $\text{SO}_2$ ,其中反应温度为  $140^\circ\text{C}$ ,反应时间为 48 小时;

[0061] (2)将步骤(1)中处理过的烟气通入到装有煤质活性炭的装置内,同时通入  $\text{NH}_3$ ,反应温度为  $120^\circ\text{C}$ ,反应时间为 48 小时,  $\text{Hg}^0$  催化氧化为  $\text{HgO}$ ,  $\text{NO}_x$  被选择性催化还原为  $\text{N}_2$ ;

[0062] (3)将步骤(1)和(2)中的吸收了烟气的煤质活性炭通入到资源化处理区域,在通入空气、蒸气作用下,生成  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ ,空气和水蒸气的体积比为 10:1,反应温度为  $1100^\circ\text{C}$ ,反应时间为 48 小时。

[0063] 本实施例所述同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法所用的装置,该装置包括:吸附塔 5、燃煤锅炉 11、电除尘器 12、冷却塔 13、湿式氧化法脱硫塔 15,所述吸附塔 5 包括脱硝汞层 2、资源化层 4、脱硫层 10,在吸附塔 5 的下面设有资源化层 4,在资源化层 4 的上面设有脱硫层 10,在脱硫层 10 的上面设有脱硝汞层 2,在资源化层 4 的下端设有空气和水蒸气的进气口 II 6,在资源化层 4 的侧面设有出气口 II 8,在脱硫层 10 的侧面设有进气口 I 3,在脱硝汞层 2 的上端设有出气口 I 7,侧面设有  $\text{NH}_3$  喷口 1,在脱硝汞层 2 和脱硫层 10 的侧面均设有进料口 14,在脱硝汞层 2 和脱硫层 10 的下端均设有筛网口 16,燃煤锅炉 11 和电除尘器 12 连接,电除尘器 12 通过进气口 II 3 与吸附塔 5 连接,吸附塔 5 通过出气口 II 8 与冷却塔 13 连接,冷却塔 13 通过出气口 IV 18 和湿式氧化法脱硫塔 15 连接,湿式氧化法脱硫塔 15 通过出气口 III 9 和燃煤锅炉 11 连接,在冷却塔 13 的下端设有排汞口 17。

[0064] 本实施例所述同时脱硫脱硝脱汞干法烟气净化方法在反应装置中的使用过程为:燃煤锅炉 11 产生的烟气从底部经过电除尘器 12,在电除尘器 12 中脱除烟尘后,经进气口 I 3 进入到脱硫层 10 中,在  $140^\circ\text{C}$  的温度下,采用市售活性炭吸附脱除烟气中的  $\text{SO}_2$ ,反应时间为 48 小时,反应后的气体经筛网口 16 进入到装有煤质活性炭的脱硝汞层 2,借助烟气中微量  $\text{O}_2$  以及补充的空气,使  $\text{Hg}^0$  催化氧化为  $\text{HgO}$ ,并吸附于催化剂表面,同时从  $\text{NH}_3$  喷口 1 处喷入  $\text{NH}_3$ ,在  $120^\circ\text{C}$  下反应 48 小时, $\text{NO}_x$  转化为  $\text{N}_2$  排放;再开启脱硫层和脱硝、汞层中的筛网口 16,使吸附饱和的活性炭进入吸附塔资源化层 4,从进气口 II 6 通入空气和水蒸气的混合气体,在  $1100^\circ\text{C}$  下反应 48 小时,产生的  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2$  等气体从出气口 II 8 进入冷却塔 13,将烟气温度降低至  $40^\circ\text{C}$ ,冷凝单质  $\text{Hg}$  从冷却塔 13 底部的排汞口 17 处排出,而  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2$  进入湿式氧化法脱硫塔 15 中, $\text{H}_2\text{S}$  用于回收单质硫, $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  作为燃料气返回燃煤锅炉 11 中再次利用。

[0065] 本实施例中  $\text{SO}_2$  的脱除效率为 98%, $\text{NO}_x$  的脱除效率为 85%, $\text{Hg}^0$  的脱除效率为 80%。



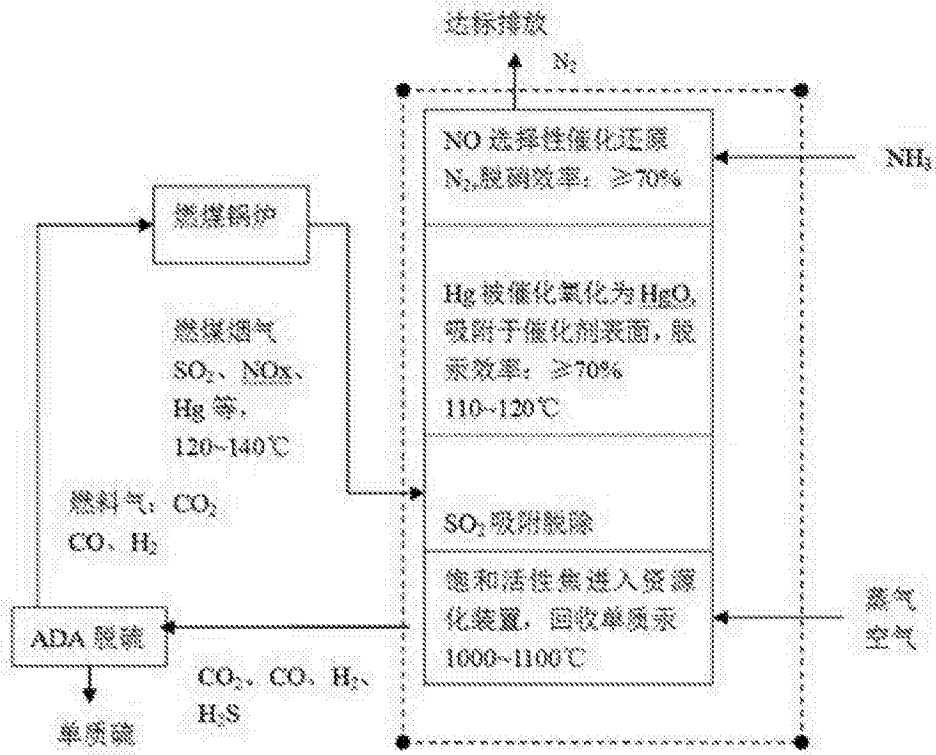


图 1

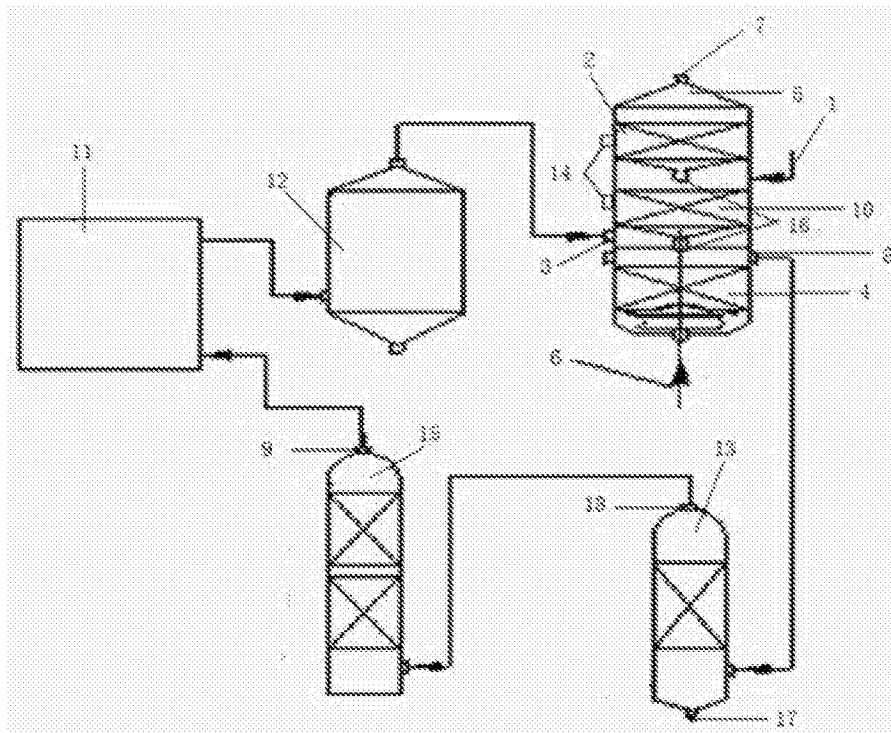


图 2