



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111495158 B

(45) 授权公告日 2024.02.27

(21) 申请号 202010473349.2

(22) 申请日 2020.05.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111495158 A

(43) 申请公布日 2020.08.07

(73) 专利权人 广东佳德环保科技有限公司
地址 510663 广东省广州市黄埔区科学城
光谱西路69号TCL文化产业园文创楼
102室及201-224室

(72) 发明人 胡小吐 刘勇 杨森林 薛学良
莫伟智 张海军

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332
专利代理师 巩克栋

(51) Int.Cl.

B01D 53/78 (2006.01)

B01D 53/50 (2006.01)

B01D 53/76 (2006.01)

B01D 53/56 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102764574 A, 2012.11.07

CN 105536467 A, 2016.05.04

CN 110052139 A, 2019.07.26

CN 110743340 A, 2020.02.04

CN 1762551 A, 2006.04.26

CN 208626983 U, 2019.03.22

CN 212492357 U, 2021.02.09

JP H06343820 A, 1994.12.20

审查员 郑琳娜

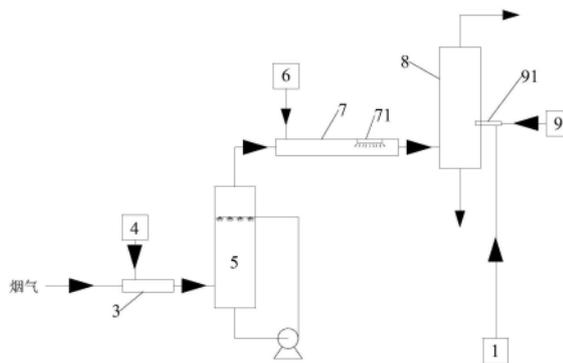
权利要求书2页 说明书14页 附图2页

(54) 发明名称

一种电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统及方法,所述系统包括气液混合装置、硫氧化物吸收装置、静态混合器、氮氧化物吸收装置、氧化剂供给装置、电子束发生装置、氨供给装置、吸收液供给装置、气液混合喷射装置与臭氧发生器组成。所述系统首先利用氧化剂供给装置提供的氧化剂对烟气中的硫氧化物与氮氧化物进行处理,首先实现硫氧化物与氮氧化物的分离,然后利用电子束发生装置对过多的氧气与水蒸气进行电子束辐照,利用产生的强氧化性自由基对氮氧化物进行氧化,进而与少量臭氧配合实现对残余氮氧化物的处理。所述方法能够臭氧消耗较少,能够提高氧化剂的利用率,降低脱硫脱硝的成本。



1. 一种电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统,其特征在于,所述系统包括依次设置的气液混合装置、硫氧化物吸收装置、静态混合器与氮氧化物吸收装置;

烟气与氧化剂供给装置提供的氧化剂在气液混合装置内混合后,流入硫氧化物吸收装置;

所述静态混合器的末端设置有电子束发生装置,由硫氧化物吸收装置排出的气体与氨供给装置提供的氨气在静态混合器内混合,流经电子束发生装置后,流入氮氧化物吸收装置;

所述氮氧化物吸收装置的侧壁设置有气液混合喷射装置,所述气液混合喷射装置用于将吸收液供给装置提供的吸收液以及臭氧发生装置提供的臭氧由气液混合喷射装置共同喷入氮氧化物吸收装置;

所述氮氧化物吸收装置的侧壁设置有2个气液混合喷射装置;

所述2个气液混合喷射装置呈上下关系设置于脱硫脱硝反应器的侧壁,位于底部的气液混合喷射装置的出料口与氮氧化物吸收装置的进气口相对设置;所述进气口用于与静态混合器的出气口连接;

所述系统还包括换热装置,所述换热装置用于吸收液供给装置提供的吸收液与烟气进行换热;

换热后的烟气与氧化剂供给装置提供的氧化剂在气液混合装置内混合;换热后的吸收液与臭氧发生装置提供的臭氧由气液混合喷射装置共同喷入氮氧化物吸收装置。

2. 一种应用如权利要求1所述的系统进行脱硫脱硝的方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

(1) 混合烟气与氧化剂,所得混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;

(2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气进行电子束辐照,得到活化气;

(3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;

所述臭氧与所述吸收液分别独立地分为至少两股;

步骤(3)所述臭氧分为臭氧I与臭氧II,所述吸收液分为吸收液I与吸收液II,臭氧I与吸收液I混合喷入氮氧化物吸收装置,臭氧II与吸收液II混合喷入脱硫脱硝反应器,臭氧I的喷入口位于臭氧II喷入口的下方。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,步骤(1)所述烟气的流量为 $50-80\text{Nm}^3/\text{s}$ 。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,步骤(1)所述烟气中 SO_2 的质量浓度为 $500-800\text{mg}/\text{Nm}^3$,氮氧化物的质量浓度 $\leq 300\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

5. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,步骤(1)所述氧化剂为双氧水。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为 $(1.5-2.5):1$ 。

7. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,步骤(1)所述脱硫剂为pH值为 $7.5-11$ 的碱性溶液。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述碱性溶液中的碱性物质包括氢氧化钠、氨水、氢氧化镁或氢氧化钙中的任意一种或至少两种的组合。

9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述碱性溶液中的碱性物质为氢氧化钙。
10. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,步骤(2)所述氨气与步骤(1)所述氧化剂的摩尔比为(0.3-0.8):1。
11. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,步骤(2)所述电子束辐照的温度为50-70℃。
12. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,步骤(3)所述吸收液与活化气的液气比为5-10L/Nm³。
13. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,步骤(3)所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为(0.2-0.4):1。
14. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,步骤(3)所述吸收液为pH值为7.5-10的碱性溶液,所述碱性溶液中的碱性物质包括氢氧化钠、氨水、氢氧化钙或氢氧化镁中的任意一种或至少两种的组合。
15. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述臭氧I与臭氧II的流量比为(2-5):1,吸收液I与吸收液II的流量比为(1-2):(1-2)。
16. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述方法还包括步骤(1)之前使烟气与吸收液进行换热的步骤;
换热后的烟气温度降低至100-150℃。
17. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:
 - (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至100-150℃,混合烟气与双氧水,所得混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中SO₂的摩尔比为(1.5-2.5):1;所述脱硫剂为pH值为7.5-11的碱性溶液;
 - (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在50-70℃下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为(0.3-0.8):1;
 - (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为5-10L/Nm³;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为(0.2-0.4):1;吸收液为pH值为7.5-10的碱性溶液。

一种电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于烟气治理技术领域,涉及到一种脱硫脱硝的系统及方法,尤其涉及一种电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统及方法。

背景技术

[0002] 氮氧化物和二氧化硫是各类烟气中的主要污染物,氮氧化物和二氧化硫排放到大气中不仅直接危害人体健康,还会造成雾霾、酸雨和光化学烟雾等一系列环境问题,因此,控制烟气的排放对于改善大气环境质量至关重要。

[0003] 烟气脱硫脱硝的主流技术包括湿法烟气脱硫、SCR烟气脱硝、活性炭/焦烟气脱硫脱硝以及烟气循环流化床脱硫脱硝等。湿法烟气脱硫主要采用石灰石或石灰-石膏法、氨法、海水脱硫法等方法。石灰石或石灰-石膏法是应用最广泛的湿法烟气脱硫方法,该方法具有脱硫效率高,运行可靠性好,吸收剂来源广泛,价格低等优点。SCR烟气脱硝技术具有脱硝效率高,占地面积小等优点,但常规SCR烟气脱硝技术要求温度较高,反应温度过低不仅影响脱硝效率,更主要的是会使催化剂中毒。

[0004] 为了应对温度较低且成分复杂的工业炉窑烟气和不宜设置SCR脱硝系统的场所,近年来活性炭/焦烟气脱硫脱硝和烟气循环流化床烟气脱硫脱硝等技术得到推广应用。活性炭/焦烟气脱硫脱硝技术具有净化各类污染物的优点,且净化效率高,但活性炭/焦成本较高,循环和再生过程复杂,导致系统故障率较高。烟气循环流化床技术的净化效率高,但脱硫效率保证率相对较低,并且同样面临系统故障高等问题。基于此,人们提出了氧化吸收法。

[0005] 氧化吸收法一般采用臭氧和/或双氧水做氧化剂,臭氧的氧化还原电位为2.07V,氧化性仅次于羟基自由基。在氧化过程中,臭氧携带的氧原子被消耗掉而进入稳定状态,在使用过程中不会产生二次污染,但使用臭氧进行脱硝存在臭氧用量啊,脱硝成本高的问题;如果减少臭氧用量,则会使烟气中的NO更多的转化为NO₂,而非高价态的N₂O₅,造成后续吸收工序的效率不高。双氧水的氧化性较强,且来源广泛、价格便宜,并且经氧化过程后被还原为水,不会带来环境污染,是一种绿色氧化剂,但是也想双氧水脱硝一般用于500℃左右的高温,在低温(<280℃)的烟气中活性较差,不易利用。

[0006] CN 205235751 U公开了一种双氧水氧化脱硝系统,包括双氧水储存罐,双氧水储存罐通过与动态控制器相连的注入量控制仪与双氧水激活罐的入口相连,双氧水激活罐的出口与混合反应器的一个入口相连,混合反应器的另一入口与锅炉烟道相连、出口通过引风机与脱硫脱硝吸收塔底部相连,脱硫脱硝吸收塔的上部设有喷淋系统,喷淋系统与循环池的一个出口相连,循环池的一个入口与氢氧化钙溶液池相连、另一路口与脱硫脱硝吸收塔的底部相连、另一出口与废水处理系统相连,脱硫脱硝吸收塔的烟气出口处设置有与动态控制器连接的NO_x浓度监测器。

[0007] 所述双氧水激活罐利用烟道高温条件使H₂O₂激发产生羟基自由基,但羟基自由基在溶液中存在的时间较短,先将双氧水进行激活,再将双氧水与氮氧化物进行接触,严重削

弱了双氧水的氧化效果。

[0008] CN 106853327 A公开了一种低温烟气脱硫脱硝一体化的方法及装置,所述装置在待处理的烟道上集成有等离子体脱硫脱硝装置、双氧水催化活化脱硫脱硝装置和臭氧氧化脱硫脱硝装置中的两种或三种装置,在含油等离子体脱硫脱硝装置的方案中,等离子体脱硫脱硝装置设置于烟道的最前端,在双氧水、臭氧氧化脱硫脱硝装置同时存在的情况下,双氧水催化活化脱硫脱硝装置位于前端。在装置能够灵活利用双氧水、臭氧以及等离子体对烟气进行处理,但三者之间没有配合作用,各自消耗量仍然较高。

[0009] CN 106178863 A公开了一种锅炉烟气的脱硫脱硝方法,包括以下步骤:(1)制备脱硫脱硝剂;(2)锅炉烟气经步骤(1)得到的脱硫脱硝剂处理15-20min,得到第一次脱硫脱硝烟气;(3)第一次脱硫脱硝烟气与锅炉烟气进行热交换,得降温的锅炉烟气和升温的第一次脱硫脱硝烟气,然后对升温的第一次脱硫脱硝烟气同时进行紫外线照射和电子束辐照,得第二次脱硫脱硝烟气,其与降温的锅炉烟气进行热交换,得降温的第二次脱硫脱硝烟气和升温的锅炉烟气;(4)水喷淋处理步骤(3)所得第二次脱硫脱硝烟气。所述方法需要同时使用紫外线照射与电子束辐照,不仅能耗较高,且对脱硫脱硝烟气的温度存在较高要求。

[0010] 对此,本发明提供了一种利用电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统及方法,所述系统利用电子束辐照产生氧化性较强的自由基,同时结合氧化剂的作用完成对烟气中硫氧化物与氮氧化物的氧化吸收,实现了脱硫脱硝能耗降低的目的。

发明内容

[0011] 本发明的目的在于提供一种电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统及方法,所述系统能够充分利用氧化剂对烟气中的氮氧化物以及硫氧化物进行氧化,且能够充分去除烟气中的氮氧化物与硫氧化物。

[0012] 为达到此发明目的,本发明采用以下技术方案:

[0013] 第一方面,本发明提供了一种电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统,所述系统包括依次设置的气液混合装置、硫氧化物吸收装置、静态混合器与氮氧化物吸收装置。

[0014] 烟气与氧化剂供给装置提供的氧化剂在气液混合装置内混合后,流入硫氧化物吸收装置。

[0015] 所述静态混合器的末端设置有电子束发生装置,由硫氧化物吸收装置排出的气体与氨供给装置提供的氨气在静态混合器内混合,流经电子束发生装置后,流入氮氧化物吸收装置。

[0016] 所述氮氧化物吸收装置的侧壁设置有气液混合喷射装置,所述气液混合喷射装置用于将吸收液供给装置提供的吸收液以及臭氧发生装置提供的臭氧由气液混合喷射装置共同喷入氮氧化物吸收装置。

[0017] 所述吸收液供给装置包括但不限于吸收液储罐以及输送吸收液的输送泵;所述气液混合装置为常规的气液混合器;所述氧化剂供给装置包括但不限于氧化剂储罐以及输送氧化剂的输送泵;所述硫氧化物吸收装置为喷淋塔;所述氨供给装置为常规的氨气供给装置;所述电子束发生装置为常规的电子束发生器,用于将氨混气中的 O_2 与 H_2O 转化为大量的 $\cdot OH$ 与 $\cdot O$ 自由基,这些自由基与烟气中的 SO_2 和氮氧化物以极快的速度发生氧化反应生成 H_2SO_4 和 HNO_3 , H_2SO_4 和 HNO_3 与氨气反应生成副产物硝酸铵与硫酸铵;所述氮氧化物吸收装

置为喷淋塔;所述臭氧发生装置包括但不限于臭氧发生器;所述气液混合喷射装置为本领域常规的气液混合喷射器,只要能够实现吸收液与臭氧的共同喷射即可。

[0018] 应用本发明提供的系统进行脱硫脱硝时,烟气与氧化剂在气液混合装置内混合,利用氧化剂的氧化作用将烟气中大部分的硫氧化物以及氮氧化物进行氧化,然后利用硫氧化物吸收装置内的脱硫剂对硫氧化物进行吸收;过多的氧化剂产生的 O_2 与 H_2O 随着脱硫气流入静态混合器,在静态混合器前端与氨气均匀混合,然后经电子束发生装置进行辐照,使 O_2 与 H_2O 转化为大量的 $\cdot OH$ 与 $\cdot O$ 自由基这些自由基与烟气中的 SO_2 和氮氧化物以极快的速度发生氧化反应生成 H_2SO_4 和 HNO_3 , H_2SO_4 和 HNO_3 与氨气反应生成副产物硝酸铵与硫酸铵,剩余活化气中的氮氧化物与硫氧化物由氮氧化物吸收装置内通入的少量臭氧与吸收液氧化吸收,所得净化气内氮氧化物以及硫氧化物含量较低,且氧化剂得到了充分利用。

[0019] 优选地,所述系统还包括换热装置,所述换热装置用于吸收液供给装置提供的吸收液与烟气进行换热;所述换热装置为本领域常规的换热器,包括管壳式换热器和/或间壁式换热器。

[0020] 换热后的烟气与氧化剂供给装置提供的氧化剂在气液混合装置内混合;换热后的吸收液与臭氧发生装置提供的臭氧由气液混合喷射装置共同喷入氮氧化物吸收装置。

[0021] 对烟气进行换热,使其与双氧水作用时温度符合反应要求,在换热温度下进行氧化,不仅能够提高烟气中硫氧化物的去除率,还能够对烟气所带预热进行利用。

[0022] 优选地,所述氮氧化物吸收装置的侧壁设置有1-3个气液混合喷射装置,例如可以是1个、2个或3个,综合考虑氮氧化物去除率以及操作难度,所述氮氧化物吸收装置的侧壁设置有2个气液混合喷射装置。

[0023] 优选地,所述2个气液混合喷射装置呈上下关系设置于脱硫脱硝反应器的侧壁,位于底部的气液混合喷射装置的出料口与氮氧化物吸收装置的进气口相对设置;所述进气口用于与静态混合器的出气口连接。

[0024] 第二方面,本发明提供了一种应用如第一方面所述的系统进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0025] (1) 混合烟气与氧化剂,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;

[0026] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气进行电子束辐照,得到活化气;

[0027] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液。

[0028] 优选地,步骤(1)所述烟气的流量为 $50-80Nm^3/s$,例如可以是 $50Nm^3/s$ 、 $55Nm^3/s$ 、 $60Nm^3/s$ 、 $65Nm^3/s$ 、 $70Nm^3/s$ 、 $75Nm^3/s$ 或 $80Nm^3/s$,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用。

[0029] 优选地,步骤(1)所述烟气中 SO_2 的质量浓度为 $500-800mg/Nm^3$,例如可以是 $500mg/Nm^3$ 、 $550mg/Nm^3$ 、 $600mg/Nm^3$ 、 $650mg/Nm^3$ 、 $700mg/Nm^3$ 、 $750mg/Nm^3$ 或 $800mg/Nm^3$,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用;氮氧化物的质量浓度 $\leq 300mg/Nm^3$,例如可以是 $150mg/Nm^3$ 、 $180mg/Nm^3$ 、 $200mg/Nm^3$ 、 $210mg/Nm^3$ 、 $240mg/Nm^3$ 、 $250mg/Nm^3$ 、 $270mg/Nm^3$ 、 $280mg/Nm^3$ 或 $300mg/Nm^3$,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用。

[0030] 优选地,步骤(1)所述氧化剂为双氧水。

[0031] 优选地,所述双氧水与烟气中SO₂的摩尔比为(1.5-2.5):1,例如可以是1.5:1、1.8:1、2:1、2.2:1或2.5:1,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用。

[0032] 优选地,步骤(1)所述脱硫剂为pH值为7.5-11的碱性溶液,所述碱性溶液的pH值为7.5-11,例如可以是7.5、8、8.5、9、9.5、10、10.5或11,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用。

[0033] 优选地,所述碱性溶液中的碱性物质包括氢氧化钠、氨水、氢氧化镁或氢氧化钙中的任意一种或至少两种的组合,典型但非限制性的组合包括氢氧化钠与氨水的组合,氨水与氢氧化镁的组合,氢氧化镁与氢氧化钙的组合,氢氧化钠、氨水与氢氧化镁的组合,氨水、氢氧化镁与氢氧化钙的组合,或氢氧化钠、氨水、氢氧化镁与氢氧化钙的组合;优选为氢氧化钙。

[0034] 优选地,步骤(2)所述氨气与步骤(1)所述氧化剂的摩尔比为(0.3-0.8):1,例如可以是0.3:1、0.4:1、0.5:1、0.6:1、0.7:1或0.8:1,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用。

[0035] 优选地,步骤(2)所述电子束辐照的温度为50-70℃,例如可以是50℃、55℃、60℃、65℃或70℃,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用。

[0036] 优选地,步骤(3)所述吸收液与活化气的液气比为5-10L/Nm³,例如可以是5L/Nm³、6L/Nm³、7L/Nm³、8L/Nm³、9L/Nm³或10L/Nm³,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用。

[0037] 优选地,步骤(3)所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为(0.2-0.4):1,例如可以是0.2:1、0.25:1、0.3:1、0.35:1或0.4:1,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用。

[0038] 优选地,步骤(3)所述吸收液为pH值为7.5-10的碱性溶液,所述碱性溶液的pH值为7.5-10,例如可以是7.5、8、8.5、9、9.5或10,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用;所述碱性溶液中的碱性物质包括氢氧化钠、氨水、氢氧化钙或氢氧化镁中的任意一种或至少两种的组合,典型但非限制性的组合包括氢氧化钠与氨水的组合,氨水与氢氧化镁的组合,氢氧化镁与氢氧化钙的组合,氢氧化钠、氨水与氢氧化镁的组合,氨水、氢氧化镁与氢氧化钙的组合,或氢氧化钠、氨水、氢氧化镁与氢氧化钙的组合;优选为氢氧化钙。

[0039] 优选地,步骤(3)所述臭氧与所述吸收液分别独立地分为至少两股,优选为两股。

[0040] 优选地,步骤(3)所述臭氧分为臭氧I与臭氧II,所述吸收液分为吸收液I与吸收液II,臭氧I与吸收液I混合喷入氮氧化物吸收装置,臭氧II与吸收液II混合喷入脱硫脱硝反应器,臭氧I的喷入口位于臭氧II喷入口的下方。

[0041] 优选地,所述臭氧I与臭氧II的流量比为(2-5):1,例如可以是2:1、2.5:1、3:1、3.5:1、4:1、4.5:1或5:1,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用;吸收液I与吸收液II的流量比为(1-2):(1-2),例如可以是1:1、1:1.5、1:2、2:1.5或2:1,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用。

[0042] 优选地,所述方法还包括步骤(1)之前使烟气与吸收液进行换热的步骤;

[0043] 优选地,换热后的烟气温度降低至100-150℃,例如可以是100℃、110℃、120℃、

130℃、140℃或150℃,但不限于所列举的数值,数值范围内其它未列举的数值同样适用。

[0044] 作为本发明第二方面所述方法的优选技术方案,所述方法包括如下步骤:

[0045] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至100-150℃,混合烟气与双氧水,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中SO₂的摩尔比为(1.5-2.5):1;所述脱硫剂为pH值为7.5-11的碱性溶液;

[0046] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在50-70℃下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为(0.3-0.8):1;

[0047] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为5-10L/Nm³;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为(0.2-0.4):1;吸收液为pH值为7.5-10的碱性溶液。

[0048] 进一步优选的,所述方法包括如下步骤:

[0049] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至100-150℃,混合烟气与双氧水,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中SO₂的摩尔比为(1.5-2.5):1;所述脱硫剂为pH值为7.5-11的碱性溶液;

[0050] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在50-70℃下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为(0.3-0.8):1;

[0051] (3) 臭氧分为臭氧I与臭氧II,吸收液分为吸收液I与吸收液II,臭氧I与吸收液I混合喷入氮氧化物吸收装置,臭氧II与吸收液II混合喷入脱硫脱硝反应器,臭氧I的喷入口位于臭氧II喷入口的下方;臭氧I与臭氧II的流量比为(2-5):1,吸收液I与吸收液II的流量比为(1-2):(1-2);臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为5-10L/Nm³;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为(0.2-0.4):1;吸收液为pH值为7.5-10的碱性溶液。

[0052] 相对于现有技术,本发明具有以下有益效果:

[0053] 所述系统首先利用氧化剂供给装置提供的氧化剂对烟气中的硫氧化物与氮氧化物进行处理,首先实现硫氧化物与氮氧化物的分离,然后利用电子束发生装置对过多的氧气与水蒸气进行电子束辐照,利用产生的强氧化性自由基对氮氧化物进行氧化,进而与少量臭氧配合实现对残余氮氧化物的处理,最终烟气中SO₂的去除率可达99.9%,氮氧化物去除率可达97.7%;所述方法能够臭氧消耗较少,能够提高氧化剂的利用率,降低脱硫脱硝的成本。

附图说明

[0054] 图1为实施例1提供的电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统的结构示意图;

[0055] 图2为实施例2提供的电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统的结构示意图;

[0056] 图3为实施例3提供的电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统的结构示意图。

[0057] 其中:1,吸收液供给装置;2,换热装置;3,气液混合装置;4,氧化剂供给装置;5,硫氧化物吸收装置;6,氨供给装置;7,静态混合器;71,电子束发生装置;8,氮氧化物吸收装置;9,臭氧发生装置;91,气液混合喷射装置。

具体实施方式

[0058] 下面通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。本领域技术人员应该明了,所述实施例仅仅是帮助理解本发明,不应视为对本发明的具体限制。

[0059] 实施例1

[0060] 本实施例提供了一种电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统,所述系统的结构示意图如图1所示,包括依次设置的气液混合装置3、硫氧化物吸收装置5、静态混合器7与氮氧化物吸收装置8;

[0061] 烟气与氧化剂供给装置4提供的氧化剂在气液混合装置3内混合后,流入硫氧化物吸收装置5;所述静态混合器7的末端设置有电子束发生装置71,由硫氧化物吸收装置5排出的气体与氨供给装置6提供的氨气在静态混合器7内混合,流经电子束发生装置71后,流入氮氧化物吸收装置8;所述氮氧化物吸收装置8的侧壁设置有1个气液混合喷射装置91,所述气液混合喷射装置91用于将吸收液供给装置1提供的吸收液以及臭氧发生装置9提供的臭氧由气液混合喷射装置91共同喷入氮氧化物吸收装置8,气液混合喷射装置91的出料口与氮氧化物吸收装置8的进气口相对设置;所述进气口用于与静态混合器7的出气口连接。

[0062] 吸收液供给装置1包括于吸收液储罐以及输送吸收液的输送泵;所述氧化剂供给装置4包括氧化剂储罐以及输送氧化剂的输送泵;所述硫氧化物吸收装置5为喷淋塔;所述氨供给装置6为常规的氨气供给装置;所述电子束发生装置71为常规的电子束发生器,用于将氨混气中的 O_2 与 H_2O 转化为大量的 $\cdot OH$ 与 $\cdot O$ 自由基;所述氮氧化物吸收装置8为喷淋塔;所述臭氧发生装置9为臭氧发生器;所述气液混合喷射装置91为本领域常规的气液混合喷射器。

[0063] 应用本实施例提供的系统进行脱硫脱硝时,烟气与氧化剂在气液混合装置3内混合,利用氧化剂的氧化作用将烟气中大部分的硫氧化物以及氮氧化物进行氧化,然后利用硫氧化物吸收装置5内的脱硫剂对硫氧化物进行吸收;过多的氧化剂产生的 O_2 与 H_2O 随着脱硫气流入静态混合器7,在静态混合器7前端与氨气均匀混合,然后经电子束发生装置71进行辐照,使 O_2 与 H_2O 转化为大量的 $\cdot OH$ 与 $\cdot O$ 自由基这些自由基与烟气中的 SO_2 和氮氧化物以极快的速度发生氧化反应生成 H_2SO_4 和 HNO_3 , H_2SO_4 和 HNO_3 与氨气反应生成副产物硝酸铵与硫酸铵,剩余活化气中的氮氧化物与硫氧化物由氮氧化物吸收装置8内通入的少量臭氧与吸收液氧化吸收,所得净化气内氮氧化物以及硫氧化物含量较低,且氧化剂得到了充分利用。

[0064] 实施例2

[0065] 本实施例提供了一种电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统,所述系统的结构示意图如图2所示,与实施例1相比,所述系统还设置有换热装置2。

[0066] 所述换热装置2用于吸收液供给装置1提供的吸收液与烟气进行换热,换热后的烟气与氧化剂供给装置4提供的氧化剂在气液混合装置3内混合;换热后的吸收液与臭氧发生装置9提供的臭氧由气液混合喷射装置91共同喷入氮氧化物吸收装置8。

[0067] 本实施例通过换热装置2的设置,使烟气与吸收液进行换热,不仅对烟气的余热进行了利用,还能够使烟气降低至与双氧水作用时的合适温度,并使吸收液升温以促进臭氧氧化协同吸收。

[0068] 应用本实施例提供的系统进行脱硫脱硝时,烟气与吸收液供给装置1提供的吸收液在换热装置2内换热,而后烟气与氧化剂在气液混合装置3内混合,利用氧化剂的氧化作

用将烟气中大部分的硫氧化物以及氮氧化物进行氧化,然后利用硫氧化物吸收装置5内的脱硫剂对硫氧化物进行吸收;过多的氧化剂产生的 O_2 与 H_2O 随着脱硫气流入静态混合器7,在静态混合器7前端与氨气均匀混合,然后经电子束发生装置71进行辐照,使 O_2 与 H_2O 转化为大量的 $\cdot OH$ 与 $\cdot O$ 自由基这些自由基与烟气中的 SO_2 和氮氧化物以极快的速度发生氧化反应生成 H_2SO_4 和 HNO_3 , H_2SO_4 和 HNO_3 与氨气反应生成副产物硝酸铵与硫酸铵,剩余活化气中的氮氧化物与硫氧化物由氮氧化物吸收装置8内通入的少量臭氧与吸收液氧化吸收,所得净化气内氮氧化物以及硫氧化物含量较低,且氧化剂得到了充分利用。

[0069] 实施例3

[0070] 本实施例提供了一种电子束协同氧化剂脱硫脱硝的系统,所述系统的结构示意图如图3所示,与实施例2相比,除所述系统内的氮氧化物吸收装置8的侧壁设置有2个气液混合喷射装置91,2个气液混合喷射装置91呈上下关系设置于脱硫脱硝反应器的侧壁,位于底部的气液混合喷射装置91的出料口与由氮氧化物吸收装置8的进气口相对设置,所述进气口用于与静态混合器7的出气口连接外,其余均与实施例2相同。

[0071] 应用本实施例提供的系统进行脱硫脱硝时,烟气与吸收液供给装置1提供的吸收液在换热装置2内换热,而后烟气与氧化剂在气液混合装置3内混合,利用氧化剂的氧化作用将烟气中大部分的硫氧化物以及氮氧化物进行氧化,然后利用硫氧化物吸收装置5内的脱硫剂对硫氧化物进行吸收;过多的氧化剂产生的 O_2 与 H_2O 随着脱硫气流入静态混合器7,在静态混合器7前端与氨气均匀混合,然后经电子束发生装置71进行辐照,使 O_2 与 H_2O 转化为大量的 $\cdot OH$ 与 $\cdot O$ 自由基这些自由基与烟气中的 SO_2 和氮氧化物以极快的速度发生氧化反应生成 H_2SO_4 和 HNO_3 , H_2SO_4 和 HNO_3 与氨气反应生成副产物硝酸铵与硫酸铵,剩余活化气中的氮氧化物与硫氧化物由氮氧化物吸收装置8内通入的少量臭氧与吸收液氧化吸收,所得净化气内氮氧化物以及硫氧化物含量较低,且氧化剂得到了充分利用。

[0072] 通入氮氧化物吸收装置8内的臭氧分为臭氧I与臭氧II,所述吸收液分为吸收液I与吸收液II,臭氧I与吸收液I混合喷入氮氧化物吸收装置8,臭氧II与吸收液II混合喷入脱硫脱硝反应器,臭氧I的喷入口位于臭氧II喷入口的下方。

[0073] 通过将臭氧与吸收液分为两股,提高了臭氧氧化残余氮氧化物时的臭氧利用率,使最终所得净化气中的氮氧化物以及硫氧化物的含量进一步降低。

[0074] 应用例

[0075] 应用本发明实施例1-3提供的系统对烟气进行脱硫脱硝处理,所述统一测试条件,所述烟气为除尘后额烟气,流量为 $80Nm^3/s$,且烟气中 SO_2 的质量浓度为 $800mg/Nm^3$,氮氧化物的质量浓度为 $300mg/Nm^3$,控制烟气的温度使其流入气液混合装置3的温度为 $100-150^\circ C$ 。

[0076] 应用例1

[0077] 本应用例提供了一种应用实施例1提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0078] (1) 混合双氧水与 $120^\circ C$ 的烟气,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为2:1;所述脱硫剂为pH值为9的氢氧化钙溶液;

[0079] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在 $60^\circ C$ 下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.5:1;

[0080] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净

化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为 $8\text{L}/\text{Nm}^3$;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.3:1;吸收液为pH值为9的氢氧化钙溶液。

[0081] 应用例2

[0082] 本应用例提供了一种应用实施例1提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0083] (1) 混合双氧水与 110°C 的烟气,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为1.8:1;所述脱硫剂为pH值为10的氢氧化钙溶液;

[0084] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在 65°C 下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.4:1;

[0085] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为 $9\text{L}/\text{Nm}^3$;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.35:1;吸收液为pH值为8的氢氧化钙溶液。

[0086] 应用例3

[0087] 本应用例提供了一种应用实施例1提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0088] (1) 混合双氧水与 140°C 的烟气,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为2.2:1;所述脱硫剂为pH值为8的氢氧化钠溶液;

[0089] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在 55°C 下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.7:1;

[0090] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为 $6\text{L}/\text{Nm}^3$;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.25:1;吸收液为pH值为9.5的氢氧化钠溶液。

[0091] 应用例4

[0092] 本应用例提供了一种应用实施例1提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0093] (1) 混合双氧水与 100°C 的烟气,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为1.5:1;所述脱硫剂为pH值为11的氢氧化钠溶液;

[0094] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在 50°C 下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.8:1;

[0095] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为 $10\text{L}/\text{Nm}^3$;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.4:1;吸收液为pH值为7.5的氢氧化钠溶液。

[0096] 应用例5

[0097] 本应用例提供了一种应用实施例1提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0098] (1) 混合双氧水与 150°C 的烟气,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为2.5:1;所述脱硫剂为pH值为7.5的氢氧化钙溶液;

[0099] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在 70°C 下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.3:1;

[0100] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为 $5\text{L}/\text{Nm}^3$;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.2:1;吸收液为pH值为10的氢氧化钠溶液。

[0101] 应用例6

[0102] 本应用例提供了一种应用实施例2提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0103] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至 120°C ,混合双氧水与烟气,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为2:1;所述脱硫剂为pH值为9的氢氧化钙溶液;

[0104] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在 60°C 下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.5:1;

[0105] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为 $8\text{L}/\text{Nm}^3$;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.3:1;吸收液为pH值为9的氢氧化钙溶液。

[0106] 与应用例1相比,本应用例通过使用换热装置2使烟气与吸收液进行换热,不仅对烟气的余热进行了利用,还能够使烟气降低至与双氧水作用时的合适温度,并使吸收液升温以促进臭氧氧化协同吸收。

[0107] 应用例7

[0108] 本应用例提供了一种应用实施例2提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0109] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至 110°C ,混合双氧水与烟气,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为1.8:1;所述脱硫剂为pH值为10的氢氧化钙溶液;

[0110] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在 65°C 下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.4:1;

[0111] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为 $9\text{L}/\text{Nm}^3$;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.35:1;吸收液为pH值为8的氢氧化钙溶液。

[0112] 与应用例2相比,本应用例通过使用换热装置2使烟气与吸收液进行换热,不仅对烟气的余热进行了利用,还能够使烟气降低至与双氧水作用时的合适温度,并使吸收液升温以促进臭氧氧化协同吸收。

[0113] 应用例8

[0114] 本应用例提供了一种应用实施例2提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0115] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至 140°C ,混合双氧水与烟气,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为2.2:1;所述脱硫剂为pH值为8的氢氧化钠溶液;

[0116] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在 55°C 下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.7:1;

[0117] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为 $6\text{L}/\text{Nm}^3$;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.25:1;吸收液为pH值为9.5的氢氧化钠溶液。

[0118] 与应用例3相比,本应用例通过使用换热装置2使烟气与吸收液进行换热,不仅对烟气的余热进行了利用,还能够使烟气降低至与双氧水作用时的合适温度,并使吸收液升温以促进臭氧氧化协同吸收。

[0119] 应用例9

[0120] 本应用例提供了一种应用实施例1提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0121] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至 100°C ,混合双氧水与烟气,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为1.5:1;所述脱硫剂为pH值为11的氢氧化钠溶液;

[0122] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在 50°C 下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.8:1;

[0123] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为 $10\text{L}/\text{Nm}^3$;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.4:1;吸收液为pH值为7.5的氢氧化钠溶液。

[0124] 与应用例4相比,本应用例通过使用换热装置2使烟气与吸收液进行换热,不仅对烟气的余热进行了利用,还能够使烟气降低至与双氧水作用时的合适温度,并使吸收液升温以促进臭氧氧化协同吸收。

[0125] 应用例10

[0126] 本应用例提供了一种应用实施例2提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0127] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至 150°C ,混合双氧水与烟气,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为2.5:1;所述脱硫剂为pH值为7.5的氢氧化钙溶液;

[0128] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在 70°C 下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.3:1;

[0129] (3) 臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为 $5\text{L}/\text{Nm}^3$;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.2:1;吸收液为pH值为10的氢氧化钠溶液。

[0130] 与应用例5相比,本应用例通过使用换热装置2使烟气与吸收液进行换热,不仅对烟气的余热进行了利用,还能够使烟气降低至与双氧水作用时的合适温度,并使吸收液升温以促进臭氧氧化协同吸收。

[0131] 应用例11

[0132] 本应用例提供了一种应用实施例3提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0133] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至 120°C ,混合烟气与双氧水,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中 SO_2 的摩尔比为2:1;所述脱硫剂为pH

值为9的氢氧化钙溶液；

[0134] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在60℃下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.5:1;

[0135] (3) 臭氧分为臭氧I与臭氧II,吸收液分为吸收液I与吸收液II,臭氧I与吸收液I混合喷入氮氧化物吸收装置8,臭氧II与吸收液II混合喷入脱硫脱硝反应器,臭氧I的喷入口位于臭氧II喷入口的下方;臭氧I与臭氧II的流量比为3.5:1,吸收液I与吸收液II的流量比为2:1;臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为8L/Nm³;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.3:1;吸收液为pH值为9的氢氧化钙溶液。

[0136] 应用例12

[0137] 本应用例提供了一种应用实施例3提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0138] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至110℃,混合烟气与双氧水,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中SO₂的摩尔比为1.8:1;所述脱硫剂为pH值为10的氢氧化钙溶液;

[0139] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在65℃下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.4:1;

[0140] (3) 臭氧分为臭氧I与臭氧II,吸收液分为吸收液I与吸收液II,臭氧I与吸收液I混合喷入氮氧化物吸收装置8,臭氧II与吸收液II混合喷入脱硫脱硝反应器,臭氧I的喷入口位于臭氧II喷入口的下方;臭氧I与臭氧II的流量比为3:1,吸收液I与吸收液II的流量比为2:1.5;臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为9L/Nm³;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.35:1;吸收液为pH值为8的氢氧化钙溶液。

[0141] 应用例13

[0142] 本应用例提供了一种应用实施例3提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0143] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至140℃,混合烟气与双氧水,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中SO₂的摩尔比为2.2:1;所述脱硫剂为pH值为8的氢氧化钠溶液;

[0144] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在55℃下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.7:1;

[0145] (3) 臭氧分为臭氧I与臭氧II,吸收液分为吸收液I与吸收液II,臭氧I与吸收液I混合喷入氮氧化物吸收装置8,臭氧II与吸收液II混合喷入脱硫脱硝反应器,臭氧I的喷入口位于臭氧II喷入口的下方;臭氧I与臭氧II的流量比为2:1,吸收液I与吸收液II的流量比为1:1;臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为6L/Nm³;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.25:1;吸收液为pH值为9.5的氢氧化钠溶液。

[0146] 应用例14

[0147] 本应用例提供了一种应用实施例3提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述

方法包括如下步骤:

[0148] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至100℃,混合烟气与双氧水,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中SO₂的摩尔比为1.5:1;所述脱硫剂为pH值为11的氢氧化钠溶液;

[0149] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在50℃下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.8:1;

[0150] (3) 臭氧分为臭氧I与臭氧II,吸收液分为吸收液I与吸收液II,臭氧I与吸收液I混合喷入氮氧化物吸收装置8,臭氧II与吸收液II混合喷入脱硫脱硝反应器,臭氧I的喷入口位于臭氧II喷入口的下方;臭氧I与臭氧II的流量比为4:1,吸收液I与吸收液II的流量比为1:1.5;臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为10L/Nm³;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.4:1;吸收液为pH值为7.5的氢氧化钠溶液。

[0151] 应用例15

[0152] 本应用例提供了一种应用实施例3提供的系统对烟气进行脱硫脱硝的方法,所述方法包括如下步骤:

[0153] (1) 烟气与吸收液进行换热,使烟气温度降低至150℃,混合烟气与双氧水,所述混合物经脱硫剂处理,得到脱硫气;所述双氧水与烟气中SO₂的摩尔比为2.5:1;所述脱硫剂为pH值为7.5的氢氧化钙溶液;

[0154] (2) 氨气与步骤(1)所得脱硫气混合,得到氨混气,对得到的氨混气在70℃下进行电子束辐照,得到活化气;所述氨气与步骤(1)所述双氧水的摩尔比为0.3:1;

[0155] (3) 臭氧分为臭氧I与臭氧II,吸收液分为吸收液I与吸收液II,臭氧I与吸收液I混合喷入氮氧化物吸收装置8,臭氧II与吸收液II混合喷入脱硫脱硝反应器,臭氧I的喷入口位于臭氧II喷入口的下方;臭氧I与臭氧II的流量比为5:1,吸收液I与吸收液II的流量比为1:2;臭氧与吸收液共同喷入氮氧化物吸收装置8,吸收步骤(2)所得活化气,得到净化气与吸收后液;所述吸收液与活化气的液气比为5L/Nm³;所述臭氧与烟气中NO的摩尔比为0.2:1;吸收液为pH值为10的氢氧化钠溶液。

[0156] 使用烟气分析仪对应用例1-15中所得净化气中的氮氧化物与SO₂浓度进行测试。

[0157] 所得氮氧化物去除率为:

[0158] $[(\text{烟气氮氧化物质量浓度} - \text{净化气氮氧化物质量浓度}) / \text{烟气氮氧化物质量浓度}] \times 100\%$;

[0159] 所得SO₂去除率为:

[0160] $[(\text{烟气SO}_2\text{质量浓度} - \text{净化气SO}_2\text{质量浓度}) / \text{烟气SO}_2\text{质量浓度}] \times 100\%$;

[0161] 所得结果如表1所示。

[0162] 表1

[0163]		SO ₂ 去除率(%)	氮氧化物去除率(%)
--------	--	------------------------	------------

[0164]	应用例 1	99.1	96.8
	应用例 2	99.0	96.5
	应用例 3	98.5	96.1
	应用例 4	98.7	96.1
	应用例 5	98.6	96.3
	应用例 6	99.4	97.5
	应用例 7	99.2	97.2
	应用例 8	98.8	96.9
	应用例 9	98.9	97.0
	应用例 10	98.8	97.1
	应用例 11	99.5	98.1
	应用例 12	99.3	98.0
	应用例 13	99.0	97.7
	应用例 14	99.0	97.5
	应用例 15	99.9	97.6

[0165] 由表1可知,对比本发明实施例6-10与实施例1-5可知,用于吸收液供给装置1提供的吸收液与烟气进行换热的换热装置2的设置使烟气与吸收液进行换热,不仅对烟气的余热进行了利用,还能够使烟气降低至与双氧水作用时的合适温度,并使吸收液升温以促进臭氧氧化协同吸收。

[0166] 由本发明实施例11-15与实施例6-10可知,2个气液混合喷射装置91的设置提高了臭氧氧化残余氮氧化物时的臭氧利用率,使最终所得净化气中的氮氧化物以及硫氧化物的含量进一步降低。

[0167] 综上所述,所述系统首先利用氧化剂供给装置提供的氧化剂对烟气中的硫氧化物与氮氧化物进行处理,首先实现硫氧化物与氮氧化物的分离,然后利用电子束发生装置对过多的氧气与水蒸气进行电子束辐照,利用产生的强氧化性自由基对氮氧化物进行氧化,进而与少量臭氧配合实现对残余氮氧化物的处理,最终烟气中SO₂的去除率可达99.9%,氮氧化物去除率可达97.7%;所述方法能够臭氧消耗较少,能够提高氧化剂的利用率,降低脱硫脱硝的成本。

[0168] 申请人声明,以上所述仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局

限于此,所属技术领域的技术人员应该明了,任何属于本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,均落在本发明的保护范围和公开范围之内。

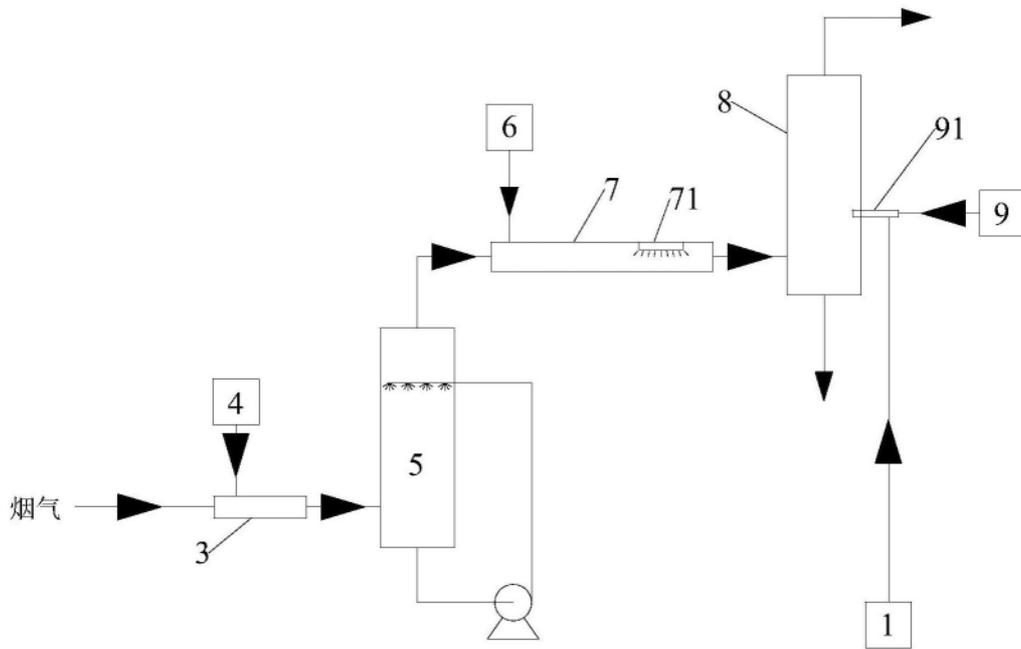


图1

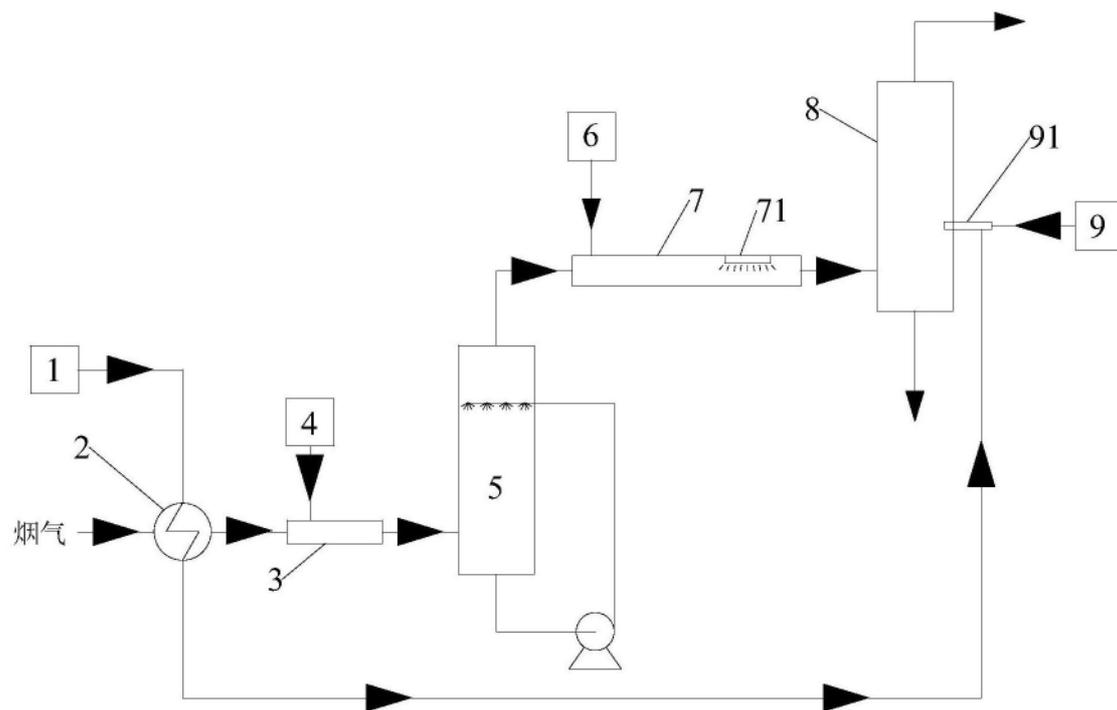


图2

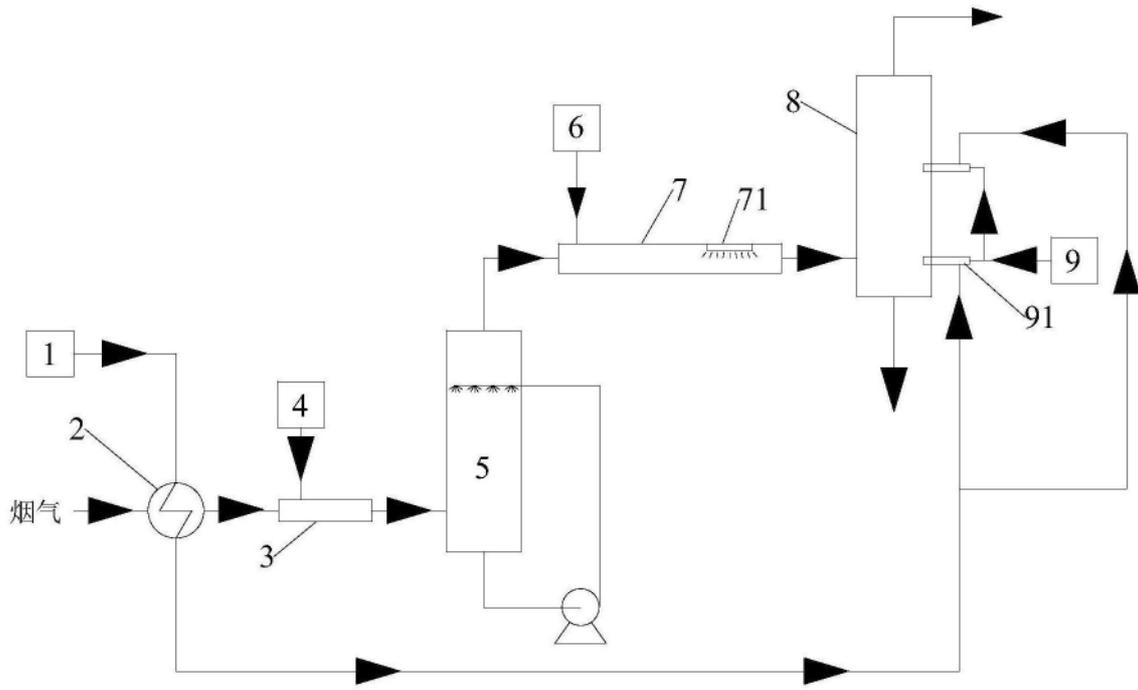


图3