



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103055675 B

(45) 授权公告日 2015.04.15

(21) 申请号 201310017719.1

B01D 50/00(2006.01)

(22) 申请日 2013.01.18

(56) 对比文件

(73) 专利权人 大恩(天津)环境技术研发有限公司

CN 101366966 A, 2009.02.18, 说明书第1页第1段, 第3页倒数第5段-倒数第4段.

地址 300384 天津市西青区华苑产业园区
(环外)海泰发展五道16号B2-1-801

CN 102294171 A, 2011.12.28, 说明书第1、9-12段, 附图1.

(72) 发明人 陈涛 张曙光 杨学东 王娟娟
李萍 蔡江 刘万海

审查员 王维

(51) Int. Cl.

B01D 53/76(2006.01)

B01D 53/75(2006.01)

B01D 53/78(2006.01)

B01D 53/60(2006.01)

B01D 53/64(2006.01)

B01D 53/72(2006.01)

B01D 53/44(2006.01)

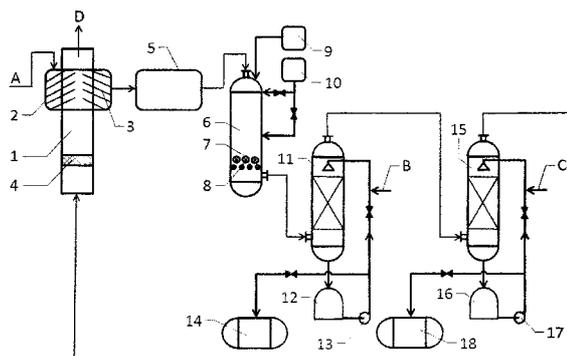
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统与方法

(57) 摘要

本发明涉及工业烟气污染物处理技术,旨在提供一种基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统与方法。该系统包括:依次相连的消白排气装置1、温度调节装置5、反应器6、水洗塔11、碱洗塔15,且反应器6连有水蒸气补偿装置9和臭氧发生器10。本发明提供的工业烟气综合治理新方法可达到脱硫效率95%、脱硝效率90%、脱汞效率85%并可同时脱除VOCs和二恶英等污染物,实现工业烟气中污染物的同步脱除;脱硫、脱硝、脱汞产物可回收利用,实现污染物资源化。系统的优化设计提高了臭氧的有效利用率,利用烟气余热实现系统节能和排放烟气的除雾消白,并且尾气中无臭氧残留。



1. 一种基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统,包括依次相连的消白排气装置 1、温度调节装置 5、反应器 6、水洗塔 11、碱洗塔 15,且反应器 6 连有水蒸气补偿装置 9 和臭氧发生器 10;其中,消白排气装置 1 在接近烟气排放出口的上段设有余热回收段,此处外设换热夹层 2,内置贯通内筒规整排列的热管换热器 3,两者协同作用实现高温烟气与低温烟气间的高效换热,接近烟气进口的下段设有除雾装置 4,用来去除净化后烟气中携带的微液滴,温度调节装置 5 可采用工程中的换热器,根据季节和外界环境条件不同调节烟气温度,使之达到反应器 6 需要的最佳反应条件,反应器 6 设有硬度高、透光性好的圆管 7 和紫外线灯 8,水洗塔 11 设有水洗缓冲罐 12、水洗循环泵 13 和水洗物资回收装置 14,碱洗塔 15 设有碱液缓冲罐 16、碱液循环泵 17 和碱洗物资回收装置 18。

2. 根据权利要求 1 所述的基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统,其特征在于,反应器 6 上端连接水蒸气补偿装置,并沿反应器 6 轴线方向设有臭氧分段注入口,注入口均与臭氧发生器 10 的出气导管相连接;反应器 6 下端设有 2~4 层硬度高、透光性好的圆管 7,圆管内置紫外线灯 8。

3. 根据权利要求 1 所述的基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统,其特征在于,水洗塔 11 用来脱除离开反应器 6 的烟气中易溶于水的物质;水洗塔 11 塔底连有水洗缓冲罐 12、水洗循环泵 13、水洗物资回收装置 14 和补给水 B。

4. 根据权利要求 1 所述的基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统,其特征在于,碱洗塔 15 用来脱除离开水洗塔 11 塔顶的烟气中易溶于碱液的物质;碱洗塔 15 塔底连有碱液缓冲罐 16、碱液循环泵 17、碱洗物资回收装置 18 和补给碱液 C。

5. 根据权利要求 1 所述的基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统,其特征在于,净化后的烟气由碱洗塔 15 塔顶排出,经由导管进入消白排气装置 1 处理后,洁净烟气 D 排入环境。

6. 根据权利要求 1 所述的基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统的技术方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 除尘后的高温烟气 A 进入消白排气装置 1 的换热夹层 2,经由夹层 2 内筒与热管换热器 3 两者协同作用实现高温烟气与低温烟气间的高效换热;

(2) 换热后的烟气从消白排气装置 1 出来并导入温度调节装置 5,根据不同的工业燃烧过程所产生的烟气组成不同在 60~130℃之间调节烟气温度;

(3) 调节到预设温度的烟气进入反应器 6,并与水蒸汽补偿装置 9 注入的水蒸气和臭氧发生器 10 产生的臭氧混合,注入的臭氧量与氮氧化合物的摩尔比例为 0.5~2.5 之间;反应器 6 中段设有臭氧补偿口用来补充臭氧并使得反应器内的臭氧浓度实现均一化,既降低臭氧分解率又提高平均反应速率;反应器 6 下段设有 2~4 层硬度高、透光性好的圆管 7 阵列,圆管 7 内装有紫外线灯 8,产生的紫外线照射吸光系数极高的臭氧,使之迅速产生大量羟基自由基·OH,并瞬间均匀分散于湍动的烟气中,未反应完全的污染物受到·OH 的无差别进攻,从而提高污染物的转化率并使剩余的臭氧全部分解,消除尾气中臭氧对环境的影响;为降低成本可控制臭氧的用量,使得 NO_x、Hg、VOCs、二恶英易被氧化的污染物转换成高价态易溶于水的 NO₃、N₂O₅、HgO、CO₂、H₂O;

(4) 经反应器 6 处理后的烟气进入水洗塔 11,易溶于水的 NO₃、N₂O₅、HgO 被水吸收;水溶液在水洗循环泵 13 的作用下循环使用,直至水洗缓冲罐 12 中的物质浓度达到预设值后导

入水洗物资回收装置 14 中,随后进行进一步分离处理,同时向水洗塔 11 中添加补给水 B;

(5) 经水洗塔 11 顶导出的烟气进入碱洗塔 15,在碱液循环泵 17 的作用下碱液循环吸收 SO_2 ;当碱液缓冲罐 16 中的物质浓度达到预设值后导入碱洗物资回收装置 18 中,同时向碱洗塔补给碱液 C;

(6) 碱洗塔 15 顶排出净化后的烟气导入消白排气装置 1,由消白排气装置 1 下段的除雾装置 4 脱除烟气中的微液滴;低温净化烟气向上经过换热夹层 2 和热管换热器 3 的强化加热升温,两者协同作用对排出的洁净烟气起到消白作用;最终,洁净烟气 D 排入环境。

一种基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统及方法,属于烟气净化领域。

技术背景

[0002] 工业燃烧过程产生的烟气中含有大量污染物,如颗粒物、SO₂、NO_x、Hg、VOCs、二恶英等。据中华人民共和国环境保护部统计,2010年全国工业废气排放量519168亿标准立方米,比上年增加19.1%,SO₂排放量1864.4万吨,NO_x(以NO₂计)排放量1465.6万吨,减排任务艰巨且刻不容缓。

[0003] 目前,国内外烟气净化技术方法较多,主要有烟气颗粒物捕集技术、脱硫技术、脱硝技术、脱汞技术、消白技术、降解持久性有毒污染物技术等。这些技术只针对一种或者少数几种污染物进行脱除,脱除能力对污染物种类多、排量大的工业烟气略显不足,有些技术还存在易引发二次污染的潜在危险。

[0004] 我国环保工作起步较晚,若采用发达国家逐项治理的思路,则会造成设备冗杂,占地面积大,流程操作复杂,投资和运行成本过高等诸多问题。因此,结合我国实际情况,需要开发成本相对较低、多种污染物共同高效脱除、无二次污染并可实现物质资源化利用的技术。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对以上技术问题并结合我国的实际,提出一种基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统,进一步的目的是基于该系统提出一种烟气综合治理方法。

[0006] 本发明的目的是通过下述技术方案实现的。

[0007] 本发明中的基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统,包括依次相连的消白排气装置1、温度调节装置5、反应器6、水洗塔11、碱洗塔15,且反应器6连有水蒸气补偿装置9和臭氧发生器10。其中,消白排气装置1设有换热夹层2、热管换热器3和除雾装置4;反应器6设有硬度高、透光性好的圆管7和紫外线灯8;水洗塔11设有水洗缓冲罐12、水洗循环泵13和水洗物资回收装置14;碱洗塔15设有碱液缓冲罐16、碱液循环泵17和碱洗物资回收装置18。其特征在于:

[0008] (1) 消白排气装置1在接近烟气排放出口的上段设有余热回收段,此处外设换热夹层2、内置贯通内筒规整排列的热管换热器3,两者协同作用实现高温烟气与低温烟气间的高效换热;接近烟气进口的下段设有除雾装置4,用来去除净化后烟气中携带的微液滴;

[0009] (2) 温度调节装置5可采用工程中的换热器,根据季节和外界环境条件不同调节烟气温度,使之达到反应器6需要的最佳反应条件;

[0010] (3) 反应器6上端连接水蒸气补偿装置9,并沿反应器6轴线方向设有臭氧分段注入口,注入口均与臭氧发生器10的出气导管相连接;反应器6下端设有2~4层硬度高、透光性好的圆管7,圆管内置紫外线灯8;

[0011] (4) 水洗塔 11 用来脱除离开反应器 6 的烟气中易溶于水的物质；水洗塔 11 塔底连有水洗循环泵 13、水洗缓冲罐 12、水洗物资回收装置 14 和补给水 B；

[0012] (5) 碱洗塔 15 用来脱除离开水洗塔 11 塔顶的烟气中易溶于碱液物质；碱洗塔 15 塔底连有碱液循环泵 17、碱液缓冲罐 16、碱洗物资回收装置 18 和补给碱液 C；

[0013] (6) 净化后的烟气由碱洗塔 15 塔顶排出，经由导管进入消白排气装置 1 处理后，洁净烟气排空。

[0014] 基于高级氧化作用的工业烟气综合治理的方法，包括以下步骤：

[0015] (1) 除尘后的高温烟气 A 进入消白排气装置 1 的换热夹层 2，经由夹层 2 内筒与热管换热器 3 两者协同作用实现高温烟气与低温烟气间的高效换热；

[0016] (2) 换热后的烟气从消白排气装置 1 出来并导入温度调节装置 5，根据不同的工业燃烧过程所产生的烟气组成不同在 60 ~ 130℃ 之间调节烟气温度；

[0017] (3) 调节到预设温度的烟气进入反应器 6，并与水蒸汽补偿装置 9 注入的水蒸气和臭氧发生器 10 产生的臭氧混合，注入的臭氧量与氮氧化物的摩尔比例为 0.5 ~ 2.5 之间；反应器 6 中段设有臭氧补偿口用来补充臭氧并使得反应器内的臭氧浓度实现均一化，既降低臭氧分解率又提高平均反应速率；反应器 6 下段设有 2 ~ 4 层硬度高、透光性好的圆管 7 阵列，圆管 7 内装有紫外线灯 8，产生的紫外线照射吸光系数极高的臭氧，使之迅速产生大量羟基自由基 $\cdot\text{OH}$ ，并瞬间均匀分散于湍动的烟气中，未反应完全的污染物受到 $\cdot\text{OH}$ 的无差别进攻，从而提高污染物的转化率并使剩余的臭氧全部分解，消除尾气中臭氧对环境的影响；为降低成本可控制臭氧的用量，使得 NO_x 、Hg、VOCs、二恶英等易被氧化的污染物转换成高价态易溶于水的 NO_3 、 N_2O_5 、 HgO 、 CO_2 、 H_2O 等；

[0018] (4) 经反应器 6 处理后的烟气进入水洗塔 11，易溶于水的 NO_3 、 N_2O_5 、 HgO 等被水吸收；水溶液在水洗循环泵 13 的作用下循环使用，直至水洗缓冲罐 12 中的物质浓度达到预设值后导入水洗物资回收装置 14 中，随后进行进一步分离处理，同时向水洗塔 11 中添加补给水 B；

[0019] (5) 经水洗塔 11 顶导出的烟气进入碱洗塔 15，在碱液循环泵 17 的作用下碱液循环吸收 SO_2 ；当碱液缓冲罐 16 中的物质浓度达到预设值后导入碱洗物资回收装置 18 中，同时向碱洗塔补给碱液 C；

[0020] (6) 碱洗塔 15 顶排出净化后的烟气导入消白排气装置 1，由消白排气装置 1 下段的除雾装置 4 脱除烟气中的微液滴；低温净化烟气向上经过换热夹层 2 和热管换热器 3 的强化加热升温，两者协同作用对排出的洁净烟气起到消白作用；最终，洁净烟气 D 排入环境。

[0021] 有益效果

[0022] 本发明提供的基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统，可达到脱硫效率 95%、脱硝效率 90%、脱汞效率 85% 并可同时脱除 VOCs 和二恶英等污染物，实现工业烟气中污染物的同步脱除；脱硫、脱硝、脱汞产物可回收利用，实现污染物资源化，具体方法可参见专利 CN201210280803.8。系统的优化设计提高了臭氧的有效利用率，利用烟气余热实现系统节能和排放烟气的除雾消白，并且尾气中无臭氧残留。

附图说明

[0023] 图 1 是基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统的装置结构示意图。

[0024] 图中：1- 消白排气装置，2- 换热夹层，3- 热管换热器，4- 除雾装置，5- 温度调节装置，6- 反应器，7- 硬度高、透光性好的圆管，8- 紫外线灯，9- 水蒸气补偿装置，10- 臭氧发生器，11- 水洗塔，12- 水洗缓冲罐，13- 水洗循环泵，14- 水洗物资回收装置，15- 碱洗塔，16- 碱液缓冲罐，17- 碱液循环泵，18- 碱洗物资回收装置；

[0025] A- 除尘后的高温烟气，B- 补给水，C- 补给碱液，B- 洁净烟气。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明

[0027] 一种基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统具有依次相连的消白排气装置 1、温度调节装置 5、反应器 6、水洗塔 11、碱洗塔 15，且反应器 6 连有水蒸气补偿装置 9 和臭氧发生器 10。其中，消白排气装置 1 设有换热夹层 2、热管换热器 3 和除雾装置 4；反应器 6 设有硬度高、透光性好的圆管 7 和紫外线灯 8；水洗塔 11 设有水洗缓冲罐 12、水洗循环泵 13 和水洗物资回收装置 14；碱洗塔 15 设有碱液缓冲罐 16、碱液循环泵 17 和碱洗物资回收装置 18。

[0028] 基于高级氧化作用的工业烟气综合治理方法包括以下步骤：

[0029] (1) 除尘后的烟气 A 进入消白排气装置 1 的换热夹层 2，经由换热夹层 2 内筒与热管换热器 3 两者协同作用实现高温烟气与低温烟气间的高效换热；

[0030] (2) 换热后的烟气从消白排气装置 1 出来并导入温度调节装置 5，调节烟气温度到 85℃；

[0031] (3) 调温后的烟气进入反应器 6；水蒸气补偿装置 9 使反应器 6 内的湿度保持在 80%；同时，臭氧发生器 10 产生的臭氧分段注入反应器 6；反应器 6 下段设有 2 层硬度高、透光性好的石英圆管 7 阵列，圆管 7 内装有紫外线灯 8；控制臭氧的注入量保持比例 $O_3/NO = 1.8 : 1$ ，使得烟气中的 NO_x 、Hg 被氧化成 NO_3 、 N_2O_5 、 HgO 易溶于水的化合物，使得 VOCs、二恶英被彻底氧化成 CO_2 、 H_2O ；

[0032] (4) 反应器 6 处理后的烟气进入水洗塔 11，易溶于水的 NO_3 、 N_2O_5 、 HgO 等被水吸收；水洗缓冲罐 12 中的溶液在水洗循环泵 13 的作用下循环使用，直至浓度达到预设值后导入水洗物资回收装置 14 中，随后进行进一步分离处理，同时向水洗塔 11 添加补给水 B；

[0033] (5) 经水洗塔 11 顶端导出的烟气进入碱洗塔 15，用碱液彻底吸收 SO_2 ；碱液缓冲罐 16 中的溶液在碱液循环泵 17 的作用下循环使用，直至浓度达到预设值后导入碱洗物资回收装置 18 中，同时向碱洗塔 15 添加补给碱液 C；

[0034] (6) 碱洗塔 15 顶端排出净化后的烟气导入消白排气装置 1，由消白排气装置 1 下段的除雾装置 4 脱除烟气中的微小液滴；低温净化烟气向上经过换热夹层 2 和热管换热器 3 的强化加热升温，两者协同作用对排出的净化烟气起到消白作用，洁净烟气 D 排入环境中。

[0035] 模拟烟气中各污染物含量： SO_2 :448.53mg/Nm³-dry、 NO_x :369.81mg/Nm³-dry、Hg:0.862mg/Nm³-dry、VOCs(以甲苯计):76.55mg/Nm³-dry、二恶英:5.238ng-TEQ/Nm³-dry，工业烟气综合治理系统入口流量设定为 6000~8000Nm³/h，烟气温度:140~160℃，连续操作时长 1~3h。

[0036] 实验结果表明：本发明提供的基于高级氧化作用的工业烟气综合治理系统，可以达到脱硫效率 97%、脱硝效率 91%、脱汞效率 88%并可脱除 VOCs 和二恶英等污染物，同时利用烟气余热实现系统节能和排放烟气的除雾消白，并且尾气检测未发现有臭氧残留。

[0037] 本发明可用其他不违背本发明精神和主要特征的具体形式来概述。因此，本发明的上述实施方案只能认为是对本发明的说明而不能限制本发明，权利要求书指出了本发明的范围。相关技术人员明显能在不脱离本发明精神、内容和范围内对本发明所述的装置和方法进行改动或者变更与组合，来实现本发明技术。特别需要指出的是，所有相类似的替换和改动对本领域技术人员来说是显而易见的，它们都被视为包括在本发明精神、内容和范围中。

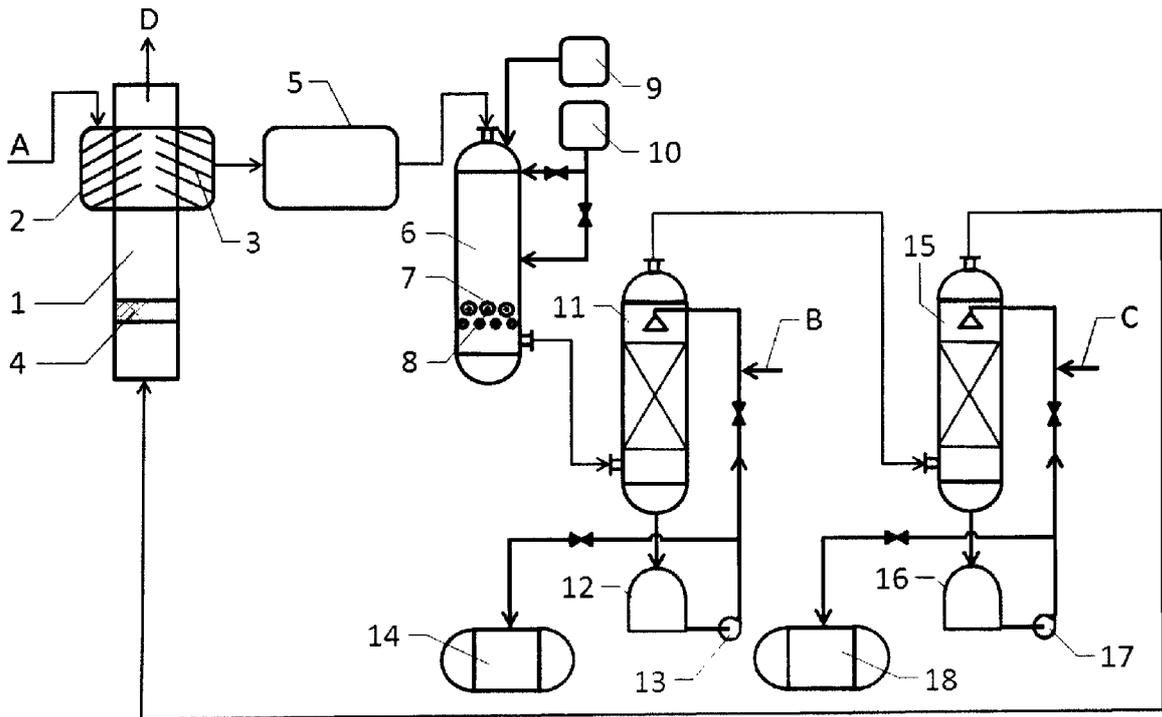


图 1