



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204637949 U

(45) 授权公告日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201520245759. 6

(22) 申请日 2015. 04. 21

(73) 专利权人 南京朗洁环保科技有限公司

地址 210000 江苏省南京市栖霞区燕子矶街
道和燕路 371 号

(72) 发明人 刘杨先 张军 刘勇 阮小娇
赵亮 张永春

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 朱少华

(51) Int. Cl.

B01D 53/76(2006. 01)

B01D 53/78(2006. 01)

B01D 53/44(2006. 01)

B01D 53/73(2006. 01)

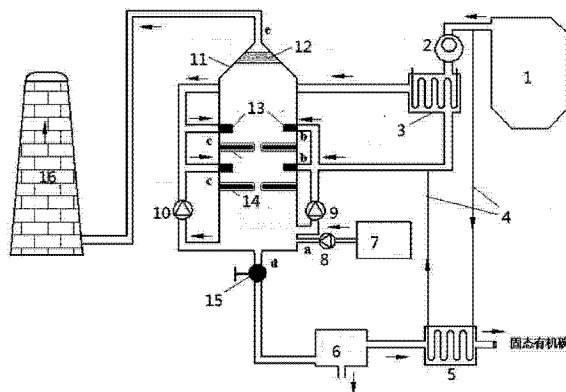
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统

(57) 摘要

本实用新型涉及一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统,来自排放源的部分废气与部分过氧化物溶液混合后由高速喷嘴喷入撞击床,另一部分废气与另一部分过氧化物溶液混合后则由同轴对向布置的高速喷嘴喷入撞击床,两股雾化的气液混合物在撞击床内发生对向撞击混合。紫外光辐射分解过氧化物产生羟基或硫酸根自由基氧化脱除 VOCs,反应产生的残炭溶液进入尾部分离塔过滤分离,分离后的残炭进入干燥塔干燥后可作为燃料使用。该系统具有很高的 VOCs 脱除效率,且脱除过程无二次污染,具有广阔的市场应用前景。



1. 一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统,其特征在于:所述脱除系统设有 VOCs 排放源、风机、废气控温器、撞击床、循环泵一和循环泵二、氧化剂添加塔及添液泵、烟囱、分离塔、干燥塔和烟气余热利用系统;所述 VOCs 排放源的烟道连接废气控温器的入口,所述废气控温器的出口设有两个烟道,将经过降温的烟气分为两部分,上述两个烟道分别通入撞击床的高速喷嘴内;所述撞击床的顶部出口 e 设有连接烟囱的烟道,出口 e 下部设有除雾器,撞击床的中部的内壁上设有高速喷嘴、紫外灯及石英套管,所述撞击床的侧壁的底端设有入口 a,氧化剂添加塔及添液泵与入口 a 连接,过氧化物溶液经入口 a 由添液泵通入撞击床下部;所述撞击床底部设有阀门,所述阀门通过管道分别连接分离塔、干燥塔。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统,其特征在于:所述 VOCs 排放源连接废气控温器的烟道上设有风机。

3. 根据权利要求 1 所述的一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统,其特征在于:所述连接废气控温器与撞击床上的烟道分别设有循环泵一和循环泵二,废气与过氧化物溶液混合后分别由循环泵一通过入口 b、入口 c 由高速喷嘴喷入撞击床。

4. 根据权利要求 1 所述的一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统,其特征在于:撞击床内的高速喷嘴和紫外灯管均采用多级交叉布置;高速喷嘴与紫外灯管相间布置;高速喷嘴相邻两层之间的垂直间距 H 位于 10cm-80cm 之间,且相邻两级采用 90 度错开的交叉布置;紫外灯管布置在相邻两级高速喷嘴之间的中心点处,相邻两级采用 90 度错开的交叉布置。

5. 根据权利要求 3 所述的一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统,其特征在于:所述循环泵一和循环泵二具有相同的功率和流量,且对向同轴布置的高速喷嘴具有相同的型号、出口流量和流速,以保证两股气流碰撞平衡点位于反应器中间位置。

6. 根据权利要求 1 所述的一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统,其特征在于:所述烟气余热利用系统为排放源设有通过干燥塔的烟道旁路,分离后的残炭进入干燥塔利用废气余热干燥产生可作为燃料的残炭。

一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及大气污染物控制领域,具体涉及一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统。

背景技术

[0002] VOCs 是挥发性有机化合物 (Volatile Organic Compounds) 的英文缩写。大量研究表明, VOCs 通过呼吸道和皮肤进入人体后,能给人的呼吸、血液、肝脏等器官造成暂时性和永久性病变(例如会引发各种血液病和癌症)。工业生产中会产生各种有机物废气,主要包括各种烃类、醇类、醛类、酸类、酮类和胺类等,这些有机废气会造成大气污染,危害人体健康。随着经济的快速发展和人们环保意识的提高,尾气中 VOCs 脱除问题越来越受到人们的关注。同时国家也制定了相应的法律法规对 VOCs 的排量作了严格的限制。研究开发 VOCs 的高效脱除技术已成为世界各国关注的热点问题。

[0003] 在过去的几十年中,国内外研究人员对废气中 VOCs 脱除问题作了大量的研究并开发了多种 VOCs 脱除方法。按照脱除的基本原理,废气 VOCs 脱除方法主要包括冷凝回收法、吸收法、直接燃烧法、催化燃烧法和吸附法等。冷凝回收法适用于有机废气浓度高、温度低、风量小的工况,需要附属冷冻设备,主要应用于制药、化工行业,而印刷企业较少采用,应用范围受到局限。吸收法常用的是物理吸收,即将废气引入吸收液净化,待吸收液饱和后经加热、解析、冷凝回收。这种方法适用于大气量、低温度、低浓度的废气,但需配备加热解析回收装置,设备体积大、投资较高。直接燃烧法是利用燃气或燃油等辅助燃料燃烧,将混合气体加热,使有害物质在高温作用下分解为无害物质。该方法工艺简单、投资小,适用于高浓度、小风量的废气,但对安全技术、操作要求较高。催化燃烧法是把废气加热经催化燃烧转化成无害无臭的二氧化碳和水,这种方法起燃温度低、节能、净化率高、操作方便、占地面积少、适用于高温或高浓度的有机废气,但催化剂容易中毒失活,稳定性差。活性炭吸附法脱除效率可达 95%,设备简单、投资小,但活性炭更换频繁,增加了装卸、运输、更换等工作程序,导致运行费用增加。因此,到目前为止,尽管有多种 VOCs 脱除技术被开发和利用,但每一种技术几乎都有应用范围的限制和有诸多缺点。因此,继续开发更加经济有效的 VOCs 脱除技术具有重要的现实意义。

实用新型内容

[0004] 本实用新型涉及一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统,所述脱除系统基于的方法是采用紫外光辐射分解过氧化物产生强氧化性的羟基或硫酸根自由基作为 VOCs 的氧化剂,在撞击床中氧化脱除废气中的有害气体 VOCs。

[0005] 本实用新型的脱除系统的原理及反应过程如下:

[0006] 1、由图 1 所示,采用电子自旋共振光谱仪可测定到紫外光辐射过氧化氢系统中产生了羟基自由基。因此,紫外光辐射分解过氧化物首先是释放了具有强氧化性的羟基自由基,具体过程可用如下的化学反应(1)表示:

[0007] $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{UV} \rightarrow 2 \times \text{OH}$

[0008] (1)

[0009] 2、由图 2 所示,采用电子自旋共振光谱仪可测定到紫外光辐射过硫酸铵系统中产生了硫酸根和羟基自由基。因此,紫外光辐射分解过硫酸盐首先是释放了具有强氧化性的硫酸根和羟基自由基,具体过程可用如下的化学反应 (2) 和 (3) 表示:

[0010]



[0011]



[0012] 3、产生的强氧化性的硫酸根和羟基自由基可将废气中的 VOCs 氧化脱除:

[0013] $a \times \text{OH} + b \text{VOCs} \rightarrow c \text{CO}_2 + d \text{H}_2\text{O} + \text{Carbon residues}$

[0014] (4)

[0015]



[0016] 反应产生的残炭溶液进入尾部分离塔过滤分离,分离后的残炭进入干燥塔干燥产生可作为燃料的残炭。

[0017] 为实现以上目的,根据上述原理,本实用新型采用的实施方案如下:

[0018] 一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统,所述脱除系统设有 VOCs 排放源、风机、废气控温器、撞击床、循环泵一和循环泵二、氧化剂添加塔及添液泵、烟囱、分离塔、干燥塔和烟气余热利用系统;所述 VOCs 排放源的烟道连接废气控温器的入口,所述废气控温器的出口设有两个烟道,将经过降温的烟气分为两部分,上述两个烟道分别通入撞击床的高速喷嘴内,部分废气与部分过氧化物溶液混合后由高速喷嘴喷入撞击床,另一部分废气与另一部分过氧化物溶液混合后则由同轴对向布置的高速喷嘴喷入撞击床,两股雾化的气液混合物在撞击床内发生对向撞击混合。所述撞击床的顶部出口 e 设有连接烟囱的烟道,出口 e 下部设有除雾器,撞击床的中部的内壁上设有高速喷嘴、紫外灯及石英套管,紫外光辐射分解溶液中的过氧化物产生羟基或硫酸根自由基氧化脱除 VOCs;所述撞击床的侧壁的底端设有入口 a,氧化剂添加塔及添液泵与入口 a 连接,过氧化物溶液经入口 a 由添液泵通入撞击床下部;所述撞击床底部设有阀门,所述阀门通过管道分别连接分离塔、干燥塔。反应产生的残炭溶液进入尾部分离塔过滤分离,分离后的残炭进入干燥塔干燥产生可作为燃料的残炭。

[0019] 所述 VOCs 排放源连接废气控温器的烟道上设有风机;所述连接废气控温器与撞击床上的烟道分别设有循环泵一和循环泵二,废气与过氧化物溶液混合后分别由循环泵一通过入口 b、入口 c 由高速喷嘴喷入撞击床。

[0020] 撞击床内的高速喷嘴和紫外灯管均采用多级交叉布置;高速喷嘴与紫外灯管相间布置;高速喷嘴相邻两层之间的垂直间距 H 位于 10cm-80cm 之间,且相邻两级采用 90 度错开的交叉布置;紫外灯管布置在相邻两级高速喷嘴之间的中心点处,相邻两级采用 90 度错开的交叉布置。

[0021] 所述循环泵一和循环泵二具有相同的功率和流量,且对向同轴布置的高速喷嘴具

有相同的型号、出口流量和流速,以保证两股气流碰撞平衡点位于反应器中间位置。

[0022] 所述烟气余热利用系统为排放源设有通过干燥塔的烟道旁路,分离后的残炭进入干燥塔利用废气余热干燥产生可作为燃料的残炭。

[0023] 撞击床的废气入口温度不高于 75°C ,有效液气比为 $2\text{L}/\text{m}^3$ – $12\text{L}/\text{m}^3$,过氧化物的最佳浓度为 $0.5\text{mol}/\text{L}$ – $2.5\text{mol}/\text{L}$ 之间,溶液的 pH 位于 2.0–7.0 之间,溶液温度不高于 75°C ,废气中 VOCs 的含量不高于 $2000\text{mg}/\text{m}^3$,紫外光有效辐射强度为 $20\mu\text{W}/\text{cm}^2$ – $500\mu\text{W}/\text{cm}^2$,紫外光有效波长为 160nm–290nm。

[0024] 所述的排放源可以是燃煤锅炉,垃圾焚烧炉,石油化工设备,生物质燃烧锅炉和医疗废弃物焚烧炉中的任一种。

[0025] 所述的过氧化物是双氧水、过硫酸铵、过硫酸钠和过硫酸钾中的一种或两种以上的混合。

[0026] 本实用新型的优点及显著效果(与现有专利对比):

[0027] 1. 中国专利(ZL201210431594.2)提出了一种利用电解工艺脱除 VOCs 的方法,但该方法系统和工艺复杂,电耗和应用成本高。本实用新型采用的自由基脱除 VOCs 的方法非常简单,脱除过程稳定可靠,应用成本较低。

[0028] 2. 中国专利(ZL 201410247572.X)提出了一种利用吸附、冷凝和膜分离相结合的 VOCs 脱除方法及工艺,但该方法工艺复杂,应用成本高,尤其是尾部的膜分离技术不稳定,难以工业应用,而本实用新型提出的工艺相对简单,设备成熟可靠,具有良好的市场开发和应用前景。

[0029] 3. 中国专利(ZL201210263021.3)提出了一种基于吸附、脱附、精馏和渗透汽化分离的 VOCs 脱除方法和工艺,但该方法同样具有工艺复杂和应用成本高等不足,难以实现工业应用,而本实用新型提出的工艺相对更加简单可靠,具有更好的开发前景。

[0030] 4. 中国专利(ZL201210334393.0)提出了一种基于吸附、膜分离和冷凝技术相结合的 VOCs 脱除方法及工艺。该方法具有工艺复杂和应用成本高等不足,无法实现应用。

[0031] 5. 中国专利(ZL201410007192.9)提出了一种可有效脱除 VOCs 的分子筛/二氧化钛负载铜锰铈的催化剂制备方法及相应的脱除工艺,但该专利申请提出的催化剂制备方法非常复杂,吸收剂稳定性不高,需要定期的再生和活化,而本实用新型所述的方法不需要制备复杂的脱除剂和再生活化工序,且运行可靠性更高,可实现系统的连续运行,具有更好的工业发展前景。

附图说明

[0032] 图 1 一种基于自由基高级氧化的电子自旋共振光谱图(双氧水溶液)。

[0033] 图 2 一种基于自由基高级氧化的电子自旋共振光谱图(过硫酸铵溶液)。

[0034] 图 3 是本实用新型系统的工艺流程图。

[0035] 图 4 是本实用新型中撞击床内高速喷嘴和紫外灯管布置的结构示意图。

[0036] 图 5 是高速喷嘴的结构示意图。

具体实施方式

[0037] 本实用新型涉及一种基于自由基高级氧化的 VOCs 脱除系统,所述脱除系统设有

VOCs 排放源 1、风机 2、废气控温器 3、撞击床 11、循环泵一 9 和循环泵二 10、氧化剂添加塔 7 及添液泵 8、烟囱 16、分离塔 6、干燥塔 5 和烟气余热利用系统 4；所述 VOCs 排放源 1 的烟道连接废气控温器 3 的入口，所述废气控温器 3 的出口设有两个烟道，将经过降温的烟气分为两部分，上述两个烟道分别通入撞击床 11 的高速喷嘴 13 内；所述撞击床 11 的顶部出口 e 设有连接烟囱 16 的烟道，出口 e 下部设有除雾器 12，撞击床 11 的中部的内壁上设有高速喷嘴 13、紫外灯 14 及石英套管，所述撞击床 11 的侧壁的底端设有入口 a，氧化剂添加塔 7 及添液泵 8 与入口 a 连接，过氧化物溶液经入口 a 由添液泵 8 通入撞击床 11 下部；所述撞击床 11 底部设有阀门 15，所述阀门 15 通过管道分别连接分离塔 6、干燥塔 5。

[0038] 如图 4 所示，撞击床 11 内的高速喷嘴 13 和紫外灯管 14 均采用多级交叉布置；高速喷嘴 13 与紫外灯管 14 相间布置；高速喷嘴 13 相邻两层之间的垂直间距 H 位于 10cm-80cm 之间，且相邻两级采用 90 度错开的交叉布置；紫外灯管 14 布置在相邻两级高速喷嘴之间的中心点处，相邻两级采用 90 度错开的交叉布置。石英套管套设在紫外灯管 14 上，主要起到保护紫外灯管 14 的作用。

[0039] 如图 5 所示，高速喷嘴 13 的结构示意图，其中两个高速喷嘴 13 左右对称；高速喷嘴 13 包括双氧水溶液入口 k 与烟气入口 m 以及喷嘴出口 n，都通入高速喷嘴 13 的入口，双氧水溶液入口 k 与烟气入口 m 通入高速喷嘴 13 内部，在高速喷嘴 13 内部预混合后，由高速喷嘴 13 的出口 n 喷出，所述动力由循环泵一 9 和循环泵二 10 提供。

[0040] 来自排放源 1 排放的含 VOCs 废气的烟气经风机 2 引入废气控温器 3，含 VOCs 废气经废气控温器 3 调温后，分别进入两个管道分隔成两部分，部分废气与部分过氧化物溶液混合后由溶液循环泵一 9 通过入口 b 由高速喷嘴 13 喷入撞击床 11。另一部分废气与另一部分过氧化物溶液混合后由溶液循环泵二 10 通过入口 c 由高速喷嘴 13 喷入撞击床 11。两股雾化的气液混合物在撞击床 11 内发生对向撞击混合。

[0041] 实施例 1. 撞击床的废气入口温度为 50℃，液气比为 2.5L/m³，双氧水浓度为 0.5mol/L，溶液 pH 为 2.5，溶液温度为 50℃，废气中甲苯含量为 400mg/m³，紫外光有效辐射强度为 40 μW/cm²，紫外线有效波长为 254nm。其脱除效率达到 68.5%。

[0042] 实施例 2. 撞击床的废气入口温度为 50℃，液气比为 2.5L/m³，过硫酸铵浓度为 0.5mol/L，溶液 pH 为 2.5，溶液温度为 50℃，废气中甲苯含量为 400mg/m³，紫外光有效辐射强度为 40 μW/cm²，紫外线有效波长为 254nm。其脱除效率达到 61.1%。

[0043] 实施例 3. 撞击床的废气入口温度为 50℃，液气比为 2.5L/m³，双氧水浓度为 0.5mol/L，溶液 pH 为 2.5，溶液温度为 50℃，废气中甲醛含量为 300mg/m³，紫外光有效辐射强度为 40 μW/cm²，紫外线有效波长为 254nm。其脱除效率达到 75.8%。

[0044] 实施例 4. 撞击床的废气入口温度为 50℃，液气比为 2.5L/m³，过硫酸铵浓度为 0.5mol/L，溶液 pH 为 2.5，溶液温度为 50℃，废气中甲醛含量为 300mg/m³，紫外光有效辐射强度为 40 μW/cm²，紫外线有效波长为 254nm。其脱除效率达到 72.9%。

[0045] 实施例 5. 撞击床的废气入口温度为 50℃，液气比为 2.5L/m³，双氧水浓度为 1.0mol/L，溶液 pH 为 2.5，溶液温度为 50℃，废气中甲醛含量为 300mg/m³，紫外光有效辐射强度为 40 μW/cm²，紫外线有效波长为 254nm。其脱除效率达到 85.8%。

[0046] 实施例 6. 撞击床的废气入口温度为 50℃，液气比为 2.5L/m³，过硫酸铵浓度为 1.0mol/L，溶液 pH 为 2.5，溶液温度为 50℃，废气中甲醛含量为 300mg/m³，紫外光有效辐射

强度为 $40 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, 紫外线有效波长为 254nm。其脱除效率达到 92.9%。

[0047] 实施例 7. 撞击床的废气入口温度为 50°C , 液气比为 $4.5\text{L}/\text{m}^3$, 双氧水浓度为 $1.0\text{mol}/\text{L}$, 溶液 pH 为 2.5, 溶液温度为 50°C , 废气中甲醛含量为 $300\text{mg}/\text{m}^3$, 紫外光有效辐射强度为 $60 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, 紫外线有效波长为 254nm。其脱除效率达到 100%。

[0048] 实施例 8. 撞击床的废气入口温度为 50°C , 液气比为 $4.5\text{L}/\text{m}^3$, 过硫酸铵浓度为 $1.0\text{mol}/\text{L}$, 溶液 pH 为 2.5, 溶液温度为 50°C , 废气中甲醛含量为 $300\text{mg}/\text{m}^3$, 紫外光有效辐射强度为 $60 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, 紫外线有效波长为 254nm。其脱除效率达到 100%。

[0049] 实施例 9. 撞击床的废气入口温度为 50°C , 液气比为 $4.5\text{L}/\text{m}^3$, 双氧水浓度为 $1.0\text{mol}/\text{L}$, 溶液 pH 为 2.5, 溶液温度为 50°C , 废气中甲苯含量为 $300\text{mg}/\text{m}^3$, 紫外光有效辐射强度为 $60 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, 紫外线有效波长为 254nm。其脱除效率达到 100%。

[0050] 实施例 10. 撞击床的废气入口温度为 50°C , 液气比为 $4.5\text{L}/\text{m}^3$, 过硫酸铵浓度为 $1.0\text{mol}/\text{L}$, 溶液 pH 为 2.5, 溶液温度为 50°C , 废气中甲苯含量为 $300\text{mg}/\text{m}^3$, 紫外光有效辐射强度为 $60 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, 紫外线有效波长为 254nm。其脱除效率达到 100%。

[0051] 经过以上实施例的综合对比可知, 实施例 7-10 具有较好的脱除效果, 脱除效率均达到 100%, 可作为最佳实施例参照使用。

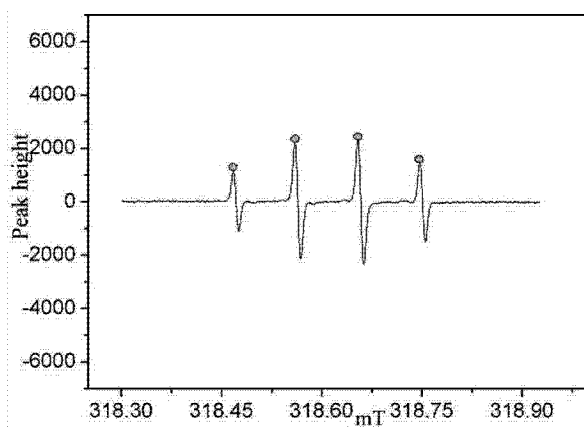


图 1

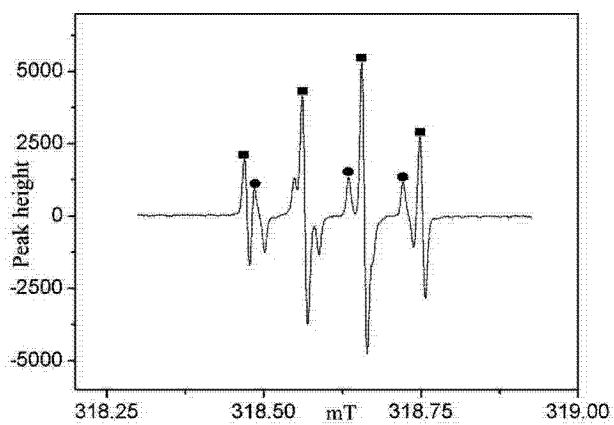


图 2

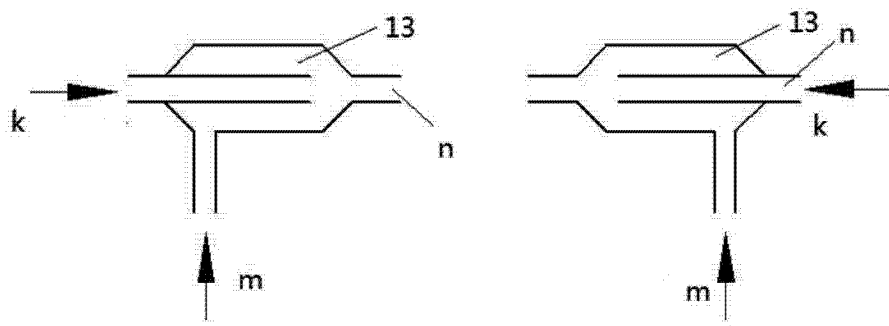


图 5