



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105396440 B

(45)授权公告日 2018.07.17

(21)申请号 201510995666.X

(22)申请日 2015.12.25

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105396440 A

(43)申请公布日 2016.03.16

(73)专利权人 浙江工商大学
地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园
学正街18号

(72)发明人 李济吾 周武 张菊茹

(74)专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限
公司 33224

代理人 徐敏

(51)Int.Cl.

B01D 53/74(2006.01)

B01D 53/44(2006.01)

(56)对比文件

CN 103759275 A,2014.04.30,
JP 2007044605 A,2007.02.22,
CN 203955007 U,2014.11.26,
DE 19717887 C1,1999.04.08,

审查员 窦雅玲

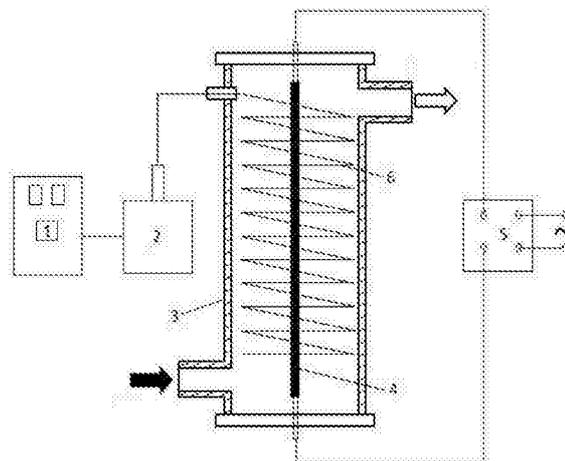
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的
装置和方法

(57)摘要

本发明公开了一种热电晕放电催化氧化处
理工业废气VOCs的装置,包括净化通道,所述净
化通道的两端分别设有废气进口和废气出口,还
包括:加热管,安装在净化通道内且沿净化通道
长度方向延伸;螺旋放电线圈,安装在净化通道
内,围绕在加热管外周且沿加热管长度方向螺旋
延伸;高压脉冲发生器,加载在螺旋放电线圈两
端使净化通道内产生高能电子与离子等离子体;
加热管控温器,加载在加热管两端;本发明还公
开了一种热电晕放电催化氧化处理工业废气
VOCs的方法;本发明充分发挥等离子体氧化性强
与热降解效率高等特点,以及高压强电场的聚集
作用,从而实现高效节能、不产生二次污染物的
目的,制造与处理成本低,具有广阔的应用前景。



1. 一种热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置,包括净化通道,所述净化通道的两端分别设有废气进口和废气出口,其特征在于,还包括:

加热管,安装在净化通道内且沿净化通道长度方向延伸,所述加热管的直径为20~60mm;

螺旋放电线圈,安装在净化通道内,围绕在加热管外周且沿加热管长度方向螺旋延伸,所述螺旋放电线圈的外径为400~1000mm;

高压脉冲发生器,加载在螺旋放电线圈两端使净化通道内产生高能电子与离子等离子体所述高压脉冲发生器的加载电压不小于50kV,脉冲幅度不小于1.2倍基础电压;

加热管控温器,加载在加热管两端。

2. 如权利要求1所述的热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置,其特征在于,所述净化通道的长度为3~15m。

3. 如权利要求1所述的热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置,其特征在于,所述净化通道为一圆筒的内腔,所述圆筒包括筒体以及密封筒体的两端盖,所述加热管的两端固定在对侧的端盖上,所述端盖上设有连接加热管控温器的接线柱。

4. 如权利要求1所述的热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置,其特征在于,所述螺旋放电线圈的外侧面与所述净化通道内壁之间的最短距离为2~6mm。

5. 如权利要求1所述的热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置,其特征在于,螺距为5~10mm。

6. 如权利要求1所述的热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置,其特征在于,所述螺旋放电线圈的放电线的直径为2~4mm。

7. 一种热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的方法,使用如权利要求1~6任一项所述的热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置,包括以下步骤:

(1) 将VOCs废气自废气进口通入净化通道;

(2) 所述高压脉冲发生器加载在螺旋放电线圈两端使净化通道内产生高能电子和离子等离子体,VOCs分子与高能电子和离子等离子体发生碰撞,使VOCs分子电离、解离和激发;

(3) 加热管控温器控制加热管的表面升温至200~500℃,在螺旋放电线圈放电产生的强电晕电场作用下,带有荷电的分子向净化通道的加热管表面迁移聚集,加热管加热VOCs分子进行热氧化降解。

8. 如权利要求7所述的热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的方法,其特征在于,所述VOCs废气自废气进口进入,从废气进口排出,在净化通道内的时间为8~15s。

热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及废气处理技术领域,特别涉及热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置和方法。

背景技术

[0002] 挥发性有机物(Volatile Organic Compounds,简称VOCs),通常指在常压下,沸点低于250℃的有机化合物,或在室温下,以气态分子形态排放到空气中的所有有机化合物的总称。大气中VOCs组成极其复杂,美国学者归纳为共有1885种。国家环保部最新发布的《大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南(试行)》中,将VOCs分为烷烃、烯烃、芳香烃、炔烃的C₂-C₁₂非甲烷碳氢化合物等152种化合物。VOCs是产生大气雾霾的主要因素,污染因子众多且毒性较大,易产生恶臭污染。其排放来源非常广泛,其中,VOCs工业源涉及行业众多(如喷漆、印刷、印染等),具有排放气量大、排放强度大、浓度波动大、污染物种类多、毒性大、持续时间长等特点,对空气质量的影响也最为显著。

[0003] 目前,VOCs的末端控制技术有吸附法、吸收法、冷凝法、膜分离法、生物控制法、燃烧法、低温等离子体法和光催化法等。吸附法是指利用吸附剂的吸附选择性,将气体中的VOCs分离出来的方法。吸附法是目前去除VOCs应用最广泛的方法,但其存在吸附平衡后,VOCs可能脱附及需要定期更换吸附剂等缺点。

[0004] 吸收法是将含VOCs的气体通过液体吸收剂,利用VOCs自身的理化特性而留在吸收剂中而被分离的方法。吸收法的缺点在于需要对吸附剂进行后期处理、易产生二次污染、对VOCs种类有选择性等。

[0005] VOCs的冷凝技术,是通过降低温度或提高系统压力使气态的挥发性有机物转为其他形态,从而从气体中分离出来。冷凝法对于高沸点的VOCs具有回收率高的优点,但其需低温高压,运行成本高,很不适于低浓度VOCs。

[0006] 膜分离法是利用VOCs和气体混合物中其他气体,对天然膜或人工合成膜的穿透、滤过或其他动力性质的不同,从而使VOCs从混合物中分离出来的方法。膜分离法的优点是对不同挥发性有机物的普适性好,几乎适用于各种VOCs,并且回收效率高,无二次污染等;缺点是对设备的要求高,一些分离膜等材料非常昂贵,成本较高。

[0007] 生物控制法的原理是利用微生物的代谢等过程,对有机物进行自然的分解、降解,最终转化为二氧化碳和水等。生物控制法的优点是工艺过程简单,设备统一,二次污染小,成本低等;缺点是处理过程缓慢,对VOCs处理的普适性差,难以应用于混合有机物废气。

[0008] 燃烧控制技术是利用有机物容易燃烧的特性而采取的VOCs控制方式。燃烧法具有原理简单,去除率高,可回收热能的优点,但其可能产生其他污染物,可能浪费资源。低温等离子体控制技术,是利用电场对电子加速,使之产生化学活性,当电子能量高于挥发性有机物的化学键强时,电子的不断轰击可使VOCs键断裂、电离,从而破坏有机物的分子结构,生成小分子低毒无毒物质,达到消除VOCs的目的。该方法对VOCs处理的种类范围较广,能耗相对低,无二次污染,去除效率高,对浓度要求低,但其存在选择性差,降解不完全,可能产生

有害副产物。

[0009] 光催化法的原理是利用光催化剂与挥发性有机物接触,催化剂受光照后产生电子空穴对,经过氧化等反应在催化剂表面生成水、二氧化碳的降解方法。光催化法的优点在于方法简单,适用范围广泛,终产物无毒,操作简单,较为经济;缺点是需要严格光照条件,VOCs浓度低时,催化降解效率下降,会产生有毒中间产物。

[0010] 目前,在很多工业应用领域中,使用单一的VOCs控制技术难以达到理想的效果。因此,针对工业废气VOCs的排放特点,开发新型高效经济的工业废气VOCs联合控制方法已成为研究难点与热点问题。

发明内容

[0011] 本发明提供了一种热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置,将电晕放电等离子体与高温热氧化降解有效结合,充分发挥等离子体氧化性强与热降解效率高的特点,具有结构简单、高效节能、不产生二次污染物,制造与处理成本低等优点。

[0012] 一种热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置,包括净化通道,所述净化通道的两端分别设有废气进口和废气出口,还包括:

[0013] 加热管,安装在净化通道内且沿净化通道长度方向延伸;

[0014] 螺旋放电线圈,安装在净化通道内,围绕在加热管外周且沿加热管长度方向螺旋延伸;

[0015] 高压脉冲发生器,加载在螺旋放电线圈两端使净化通道内产生高能电子与离子等离子体;

[0016] 加热管控温器,加载在加热管两端。

[0017] 本发明装置使用时,将混有 O_2 、 N_2 、 H_2O 的VOCs废气自废气进口通入净化通道,高压脉冲发生器输出高压加载在螺旋放电线圈两端,一方面,高压负电晕放电降解VOCs,数万度的高能电子直接与VOCs分子发生非弹性碰撞,将能量转换成基态分子的内能,使其激发、离解、电离最终生成无害的 CO_2 和 H_2O ;另一方面,高能电子激励气体中的 O_2 、 N_2 、 H_2O 等分子,从而产生具有强氧化能力 O 、 OH 、 O_3 、 OH_2 等自由基或活性粒子,它们破坏C-H、C=C或C-C等化学键,使VOCs分子中的H、Cl、F等发生置换反应和分解氧化,最终生成无害物质 CO_2 和 H_2O 。

[0018] 同时,净化通道内荷电的VOCs分子与其它物质,在高压电场的作用下,电迁移至净化通道的加热管表面,加热管发热产生高温,经电晕放电处理后的小分子VOCs及未分解的VOCs在高温热力氧化的作用下,进一步氧化燃烧生成 CO_2 和 H_2O 。

[0019] 本发明是将电晕放电与高温热氧化有效结合降解VOCs,高压负电晕放电降解VOCs时,等离子体中的高能电子起决定性作用。

[0020] 所述高压脉冲发生器包括高压脉冲电源智能控制器和高压整流器,高压脉冲电源智能控制器输出的直流基础电压范围 $0\sim 100kV$,脉冲幅度达 $150kV$ 。高压整流器耐压电压达 $180kV$ 。

[0021] 加热管用于升温加热VOCs废气,常见的,采用电热管,电热管可以选用市售镍铬Cr20Ni80电热丝管或镍铬Cr25Ni20电热丝管,但不仅限于此电热丝管。此时,加热管控温器为电热管控温器,由温度传感器和交流调压器组成,温度传感器的感应温度范围为 $0^\circ C\sim 1400^\circ C$,交流调压器的输入电压为 $220V$,输出电压介于 $0\sim 220V$ 。

[0022] 为了保证能源的充分利用以及VOCs处理净化效果,优选的,所述高压脉冲发生器的加载电压不小于50kV,脉冲幅度不小于1.2倍基础电压。

[0023] 净化通道的直径与高度由处理VOCs气量和放电电压设计而定,为了节省空间以及保证VOCs处理净化效果,优选的,所述净化通道的长度为3~15mm。

[0024] 为了方便制造和使用,优选的,所述净化通道为一圆筒的内腔,所述圆筒包括筒体以及密封筒体的两端盖,所述加热管的两端固定在对应侧的端盖上,所述端盖上设有连接加热管控温器的接线柱。为了不干扰降解反应,筒体由绝缘材质制成,端盖由聚四氟乙烯材料制成,接线柱采用不锈钢材料,但不仅限于上述材料。

[0025] 优选的,所述螺旋放电线圈的外侧面与所述净化通道内壁之间的最短距离为2~6mm。

[0026] 为了保证螺旋放电线圈的放电效果,同时便于制造和安装,优选的,所述螺旋放电线圈的外径为400~1000mm,螺距为5~10mm。

[0027] 进一步优选的,所述螺旋放电线圈的放电线的直径为2~4mm。

[0028] 螺旋放电线圈采用负高压供电,螺旋放电线圈的材料不仅限于铜丝或不锈钢丝。

[0029] 为了能够更好地对VOCs进行热氧化二次降解,优选的,所述加热管的直径为20~60mm。

[0030] 本发明还公开了一种热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的方法,使用如权利要求1~8所述的热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置,包括以下步骤:

[0031] (1) 将VOCs废气自废气进口通入净化通道;

[0032] (2) 所述高压脉冲发生器加载在螺旋放电线圈两端使净化通道内产生高能电子和离子等离子体,VOCs分子与高能电子和离子等离子体发生碰撞,使VOCs分子电离、解离和激发;

[0033] (3) 加热管控温器控制加热管的表面升温至200~500℃,在螺旋放电线圈的强电磁场作用下,带有荷电的分子向净化通道的加热管表面迁移聚集,加热管加热VOCs分子进行热氧化降解。

[0034] 上述过程中首先将待处理工业废气VOCs引入净化通道,一方面,VOCs分子与电晕放电产生的高能电子与离子等离子体发生碰撞,使其电离、解离激发,使部分VOCs降解;另一方面,在净化通道内强电磁场的作用下,使荷电的VOCs及其它分子向净化通道内的加热管的表面迁移聚集,在加热管表面高温作用下,VOCs分子进一步发生热氧化降解,从而达到VOCs废气净化目的。

[0035] 为了保证VOCs的处理效果,优选的,所述VOCs废气自废气进口进入,从废气进口排出,在净化通道内的时间为7~15s。

[0036] 本发明的有益效果:

[0037] 本发明的装置和方法将电晕放电等离子体与高温热氧化降解有效结合起来,充分发挥等离子体氧化性强与热降解效率高等特点,以及高压强电场的聚集作用,从而实现高效节能、不产生二次污染物的目的,制造与处理成本低,具有广阔的应用前景。

附图说明

[0038] 图1为本发明装置的结构示意图。

具体实施方式

[0039] 实施例1

[0040] 如图1所示,本实施例的热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置包括:高压脉冲发生器、反应圆筒体3、电热管4、电热管控温器5以及螺旋放电线圈6。高压脉冲发生器包括高压脉冲电源智能控制器1和高压整流器2,反应圆筒体3内腔为净化通道。电热管4布置在反应圆筒体3的中心轴上。

[0041] 本实施例中,反应圆筒体3内直径为800mm,高度为14m,材质为工程塑料,电热管4采用镍铬Cr25Ni20电热丝管,功率5KW,电热管控温600℃,螺旋放电线圈6为直径为4mm的铜丝自制绕组而成,螺旋放电线圈6的整体直径为790mm,电热管4的直径为30mm,高压脉冲电源智能控制器1采用自制的高压脉冲智能控制器,其输出直流基础电压范围0~90kV,脉冲幅度达150kV。

[0042] 使用本实施例的装置进行VOCs处理的过程为:首先将待处理工业废气VOCs引入反应圆筒体,电热管控温450℃,加载70kV电压、脉冲幅度1.3倍的基础电压的高压电在螺旋放电线圈6上,一方面,VOCs分子与负电晕放电产生的高能电子与离子等离子体发生碰撞,使其电离、解离激发,使部分VOCs降解;另一方面,在反应圆筒体3内强电磁场的作用下,使荷电的VOCs及其它分子向反应圆筒体3中心的电热管4的表面迁移,在电热管4表面高温作用下,VOCs分子进一步发生热氧化降解,燃烧生成CO₂和H₂O,从而达到VOCs废气净化目的。

[0043] 玩具制造公司对玩具进行喷漆加工作业,采用油性油漆,产生的喷漆废气经收集后未经处理直接排放至室外大气,造成VOCs污染环境严重,使用上述方法针对该玩具制造公司排出的VOCs废气进行处理,经检测,该公司喷漆废气量约3000m³/h,总VOCs浓度约为2200mg/m³,经本实施例的装置和方法处理VOCs后进行检测,VOCs脱除效率达到99.0%,系统运行可靠,使用方便,脱除效果好,运行费用较低。

[0044] 实施例2

[0045] 本实施例中的热电晕放电催化氧化处理工业废气VOCs的装置的结构与实施例1相同,规格尺寸有所不同。

[0046] 本实施例中,反应圆筒体3内直径为1000mm,高度为15m,材质为工程塑料,电热管4采用镍铬Cr20Ni80电热丝管,功率6KW,电热管控温650℃,螺旋放电线圈6为直径为3.5mm的不锈钢丝自制绕组而成,螺旋放电线圈6的整体直径为990mm,电热管4的直径为40mm,高压脉冲电源智能控制器1采用自制的高压脉冲智能控制器,其输出直流基础电压范围0~100kV,脉冲幅度达150kV。

[0047] 使用本实施例的装置进行VOCs处理的过程为:首先将待处理工业废气VOCs引入反应圆筒体内,电热管控温650℃,加载85kV、脉冲幅度1.35倍的基础电压的高压电在螺旋放电线圈6上,一方面,VOCs分子与负电晕放电产生的高能电子与离子等离子体发生碰撞,使其电离、解离激发,使部分VOCs降解;另一方面,在反应圆筒体3内强电磁场的作用下,使荷电的VOCs及其它分子向反应圆筒体3中心的电热管4的表面迁移,在电热管4表面高温作用下,VOCs分子进一步发生热氧化降解,燃烧生成CO₂和H₂O,从而达到VOCs废气净化目的。

[0048] 某印刷公司,在涂布生产工艺中采用大量有机溶剂,产生的VOCs废气经收集后原来经吸附处理排放至大气,但吸附工艺存在着活性炭吸附剂再生困难,系统操作复杂,运行

成本较高,效果不理想等问题,造成VOCs污染环境严重。使用本实施例的方法针对该印刷公司排出的VOCs废气进行处理后进行检测,VOCs脱除效率达到99.1%,系统运行可靠,使用方便,脱除效果好,运行费用较低。

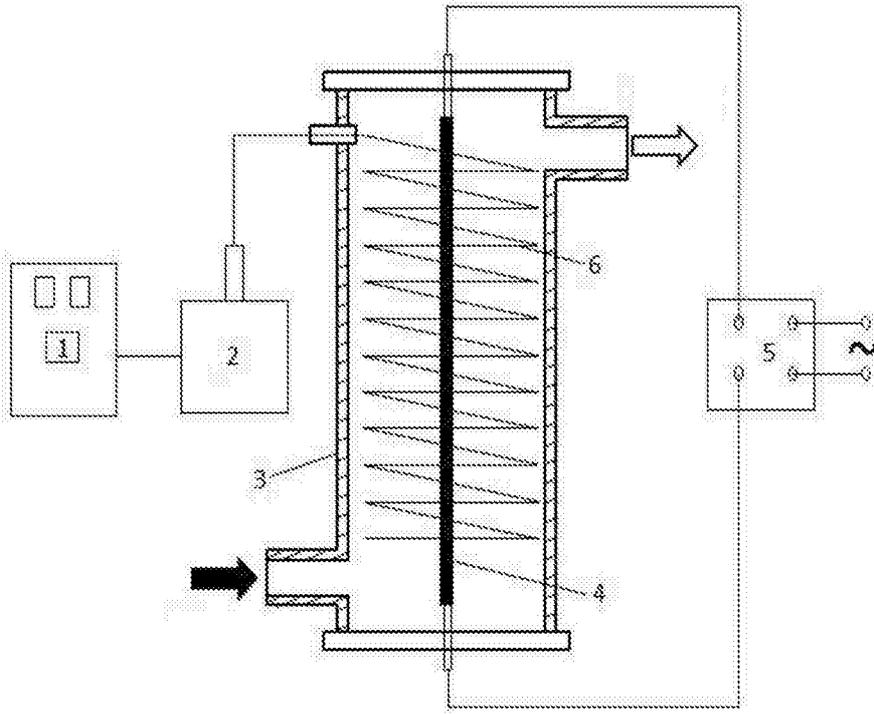


图1