



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107485949 A

(43)申请公布日 2017. 12. 19

(21)申请号 201710812606.9

B01D 53/78(2006.01)

(22)申请日 2017.09.11

(71)申请人 中国环境科学研究院

地址 100012 北京市朝阳区安外北苑大羊坊8号

(72)发明人 马福俊 张倩 伍斌 李发生 谷庆宝

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 任岩

(51)Int. Cl.

B01D 50/00(2006.01)

B01D 53/72(2006.01)

B01D 53/74(2006.01)

B01D 53/75(2006.01)

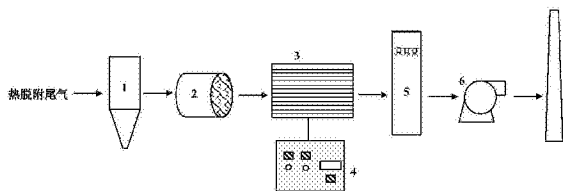
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## (54)发明名称

间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理方法及装置

## (57)摘要

一种间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理方法及装置。本发明的处理方法是首先对间接热脱附产生的尾气进行除尘处理,除尘后的气体进入串联的多级等离子反应器,气体中的大部分有机污染物在等离子反应器中被降解;等离子体处理后的尾气进入喷淋塔以进一步去除降解产生的酸性气体及降解中间产物,净化后的尾气被引入排气筒排出。本发明的尾气处理装置包括除尘系统、等离子体反应系统、喷淋系统等。该装置结构简单、处理成本低廉且能够在气相中实现有机污染物去除。



1. 一种间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理装置,包括依次连接的除尘单元、等离子体反应单元和喷淋单元,其中:

所述除尘单元用于除去待处理尾气中的烟尘;

所述等离子体反应单元用于产生高能电子和活性基团,将待处理尾气与所述高能电子和活性基团发生反应从而使其降解;

所述喷淋单元用于喷淋液的喷淋,从而将降解后的尾气中残留的污染物和降解产物去除或转移到液相中。

2. 如权利要求1所述的尾气处理装置,其特征在于:所述除尘单元包括旋风除尘器和纤维过滤器,旋风除尘器一端与前端设备含尘高温尾气出口相连,另一端连接纤维过滤器。

3. 如权利要求1或2所述的尾气处理装置,其特征在于:所述除尘单元外设保温材料,所述保温材料优选为岩棉、耐高温玻璃棉、硅酸铝、微孔硅酸钙、复合硅酸盐、管道支架、热收缩带或聚氨酯组合料。

4. 如权利要求1或2所述的尾气处理装置,其特征在于:所述等离子体反应单元包括:多级等离子体反应器和用于供电的高压电源。

5. 如权利要求4所述的尾气处理装置,其特征在于:所述等离子体反应单元外设保温材料,所述保温材料优选为岩棉、耐高温玻璃棉、硅酸铝、微孔硅酸钙、复合硅酸盐、管道支架、热收缩带或聚氨酯组合料。

6. 如权利要求4所述的尾气处理装置,其特征在于:所述等离子体反应器为介质阻挡放电等离子体反应器,所述介质阻挡放电反应器串联的级数优选为1~4级。

7. 如权利要求1或2所述的尾气处理装置,其特征在于:所述喷淋单元为调节式喷淋塔。

8. 如权利要求1或2所述的尾气处理装置,其特征在于:还包括引风机和排气筒,净化后的尾气被引风机引入排气筒排出。

9. 如权利要求1所述的尾气处理装置,其特征在于:所述喷淋液是清水、回用水、碱液或双氧水。

10. 一种间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理方法,其采用如权利要求1至9任意一项所述的间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理装置对所述尾气进行处理,包括以下步骤:

(1) 对有机污染土壤间接热脱附产生的尾气进行除尘处理,去除细小粉尘颗粒;

(2) 将除尘后的气体输入串联的多级等离子体反应器,使气体中的有机污染物发生降解反应;

(3) 经所述多级等离子体反应器处理后的尾气进入喷淋塔以进一步去除降解产生的酸性气体及降解中间产物,净化后的尾气被引入排气筒排出。

## 间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于土壤修复技术领域,具体涉及一种间接热脱附修复有机污染土壤的尾气净化方法及装置。

### 背景技术

[0002] 随着我国产业结构的调整和城市化进程的加快,大批原本位于城市主城区的农药、化工、炼焦、钢铁等高污染企业纷纷搬迁或关闭,遗留下来大量的有机污染土壤。这些有机污染土壤不仅对动植物及生态系统造成巨大危害,也会严重威胁人体健康。热解吸技术是通过直接或间接热交换,将含有污染物的土壤加热到足够高的温度,从而使污染物从土壤中挥发或分离的过程。由于处理效率高、修复周期短及修复后土壤可再利用等显著优势,热解吸技术已广泛地应用于有机污染土壤的修复治理中。根据热源与污染土壤接触与否,热脱附技术可分为直接热脱附和间接热脱附,与直接热脱附相比,间接热脱附的尾气具有体积较小、烟尘量较少、污染物浓度较高的特点。由于热解吸技术是物理分离技术,实际上是污染物从土壤转移到尾气的过程,因此迫切需要解决间接热解吸尾气中有机污染物的控制问题。

[0003] 现有技术中有的采用焚烧法对热脱附尾气进行处置,焚烧法比较适宜于直接热解吸的尾气处理,但是该方法能耗和成本高,又有产生二噁英污染的风险。

[0004] 现有技术中还有的采用冷凝法将尾气中的大部分有机污染物转移到液相中的技术,虽然其中有的还利用等离子体将剩余极少量的有机污染物去除,但是该技术中产生的废水还需进一步处置,增加了废水处理的难度。

[0005] 因此,本领域亟需研究开发成本更低、能够在气相中实现有机污染物去除的方法,以解决有机污染物的控制问题。

### 发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明的主要目的是提供一种间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理方法及装置以解决至少一个上述技术问题。

[0007] 为实现上述目的,作为本发明的一个方面,本发明提供了一种间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理装置,包括依次连接的除尘单元、等离子体反应单元和喷淋单元,

[0008] 其中所述除尘单元用于除去尾气中的烟尘;

[0009] 所述等离子体反应单元用于产生高能电子和活性基团,待处理尾气与高能电子和活性基团发生反应从而被降解;

[0010] 所述喷淋单元用于喷淋液的喷淋,从而将降解后的尾气中残留的污染物和降解产物去除或转移到液相中。

[0011] 优选地,所述除尘单元包括旋风除尘器和纤维过滤器,旋风除尘器一端与前端设备含尘高温尾气出口相连,另一端连接纤维过滤器。

[0012] 优选地,所述除尘单元外设保温材料,所述保温材料优选为岩棉、耐高温玻璃棉、

硅酸铝、微孔硅酸钙、复合硅酸盐、管道支架、热收缩带、聚氨酯组合料等。

[0013] 优选地,所述等离子体反应单元包括:多级等离子体反应器和用于供电的高压电源。

[0014] 优选地,所述等离子体反应单元外设保温材料,所述保温材料优选为岩棉、耐高温玻璃棉、硅酸铝、微孔硅酸钙、复合硅酸盐、管道支架、热收缩带或聚氨酯组合料等。

[0015] 优选地,所述等离子体反应器为介质阻挡放电等离子体反应器,所述介质阻挡放电反应器串联的级数优选为1~4级。

[0016] 优选地,所述喷淋单元为调节式喷淋塔。

[0017] 优选地,所述尾气处理装置还包括引风机和排气筒,净化后的尾气被引风机引入排气筒排出。

[0018] 作为本发明的另一个方面,本发明还提供了一种间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理方法,其采用上述的间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理装置对所述尾气进行处理,包括以下步骤:

[0019] (1) 对有机污染土壤间接热脱附产生的尾气进行除尘处理,去除细小粉尘颗粒;

[0020] (2) 将除尘后的气体输入串联的多级等离子体反应器,使气体中的有机污染物发生降解反应;

[0021] (3) 经所述多级等离子体反应器处理后的尾气进入喷淋塔以进一步去除降解产生的酸性气体及降解中间产物,净化后的尾气被引入排气筒排出。

[0022] 本发明的技术方案具有以下有益效果:

[0023] 1、除尘单元和等离子体反应单元外设保温材料,使系统内的气体温度维持在100℃以上,避免了水蒸气及污染物的冷凝进入到粉尘颗粒中,导致处置不达标的现象;

[0024] 2、除尘后的气体通入多级等离子体反应器实现有机污染物的降解作用,真正意义上消除有机污染物,而不仅仅将有机污染物转移到液相,减少过程中废液的产生量,具有降低处置成本和环境风险的双重益处;

[0025] 3、对于间接热脱附装置产生的含有机物的高温尾气,本装置可实现99%以上的去除效率。处理后尾气中有机物含量远低于国家标准,可直接排放;

[0026] 4、本发明提供的尾气处理装置能耗低、水耗小、处理成本低、不产生二次污染物,整个装置结构简单,安装检修方便,能够在气相中实现有机污染物的去除。

## 附图说明

[0027] 图1为本发明一实施例的间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处理装置的结构示意图。

[0028] 图中附图标记含义如下:1为旋风除尘器,2为纤维过滤器,3为等离子体反应器,4为高压电源,5为喷淋塔,6为引风机,7为排气筒。

## 具体实施方式

[0029] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面对本发明作进一步的详细说明。

[0030] 本发明提供了一种用于实现前述方法的间接热脱附修复有机污染土壤的尾气处

理装置,包括依次连接的除尘单元、等离子体反应单元和喷淋单元,其中:

[0031] 所述除尘单元用于在待处理尾气进入所述等离子反应单元前对其进行必要的前处理,以提高尾气处理效果、延长所述等离子反应单元的寿命等。除尘单元包括旋风除尘器和纤维过滤器,旋风除尘器一端与前端设备含尘高温尾气出口相连,另一端连接纤维过滤器。

[0032] 优选地,所述除尘单元外设保温材料,使除尘单元内的气体温度维持在 $100^{\circ}\text{C}$ 以上,避免尾气中水蒸气及污染物冷凝。

[0033] 优选地,所述保温材料可以是岩棉、耐高温玻璃棉、硅酸铝、微孔硅酸钙、复合硅酸盐、管道支架、热收缩带或聚氨酯组合料等。

[0034] 所述等离子体反应单元用于产生高能电子和活性基团,待处理尾气与高能电子和活性基团发生反应从而被降解,降解后的尾气进入所述喷淋单元中;所述喷淋单元用于喷淋液的喷淋,从而将降解后的尾气中残留的污染物和降解产物去除或转移到液相中。

[0035] 所述等离子体反应单元包括:多级等离子体反应器和用于供电的高压电源;所述等离子体反应器的进口与纤维过滤器的出口相连,等离子体反应器外设保温材料,使等离子体反应器内的气体温度维持在 $100^{\circ}\text{C}$ 以上,防止尾气中水蒸气的冷凝而影响等离子体反应器的处理效果。

[0036] 优选地,所述保温材料可以是岩棉、耐高温玻璃棉、硅酸铝、微孔硅酸钙、复合硅酸盐、管道支架、热收缩带、聚氨酯组合料等。

[0037] 优选地,所述等离子反应器为介质阻挡放电反应器。介质阻挡放电反应器能够在大气压下产生大体积、高能量密度的低温等离子体,由于电极不直接与放电气体发生接触,从而避免了电极的腐蚀问题。

[0038] 优选地,所述介质阻挡放电反应器串联的级数为 $1\sim 4$ 级。

[0039] 所述喷淋单元为调节式喷淋塔。调节式喷淋塔可根据前端尾气流量及温度,自动调整喷淋液流量。其内部结构与一般喷淋塔相近,主要通过反馈控制实现前端负荷的精确匹配,在保证喷淋冷凝效率前提下,尽可能减少喷淋液使用量。

[0040] 所述喷淋液可以是清水、回用水、碱液、双氧水等。

[0041] 经过所述喷淋单元后,尾气中的污染物含量远低于国家标准,可以直接排放。优选地,净化后的尾气被引风机引入排气筒排出。

[0042] 所述尾气处理方法和装置可以用于处理包含有机污染物的尾气,尤其是可以用于处理间接热脱附修复有机污染土壤的尾气。

[0043] 下面通过具体实施例并结合附图对本发明的技术方案作进一步阐述说明。

[0044] 实施例

[0045] 通过间接加热多环芳烃(PAHs)污染土壤产生含PAHs的高温尾气。尾气流量为 $250\text{m}^3/\text{h}$ ,尾气温度为 $300^{\circ}\text{C}$ ,尾气中PAHs的初始含量为 $45\text{mg}/\text{m}^3$ 。

[0046] 如图1所示,气体净化过程如下:含PAHs的高温尾气经入口进入旋风除尘器1,尾气中大部分烟尘被去除,气体经旋风除尘器1后,进入纤维过滤器2,尾气中残留的烟尘被进一步过滤去除。旋风除尘器1和纤维过滤器2外均有保温材料包裹,使除尘系统内的气体温度维持在 $100^{\circ}\text{C}$ 以上,避免尾气中水蒸气及污染物冷凝。除尘后的高温尾气进入到等离子反应器3中,等离子体反应器为2级介质阻挡放电等离子体反应器,每级介质阻挡放电等离子体

反应器长度为350mm,内径30mm,厚3mm,高温尾气在等离子反应器3内与高能电子和活性基团发生反应,实现PAHs的降解,高压电源4为交流电源,输出电压为20kv,电流小于1安培。等离子体反应器4外设保温材料,使等离子体反应器内的气体温度维持在100℃以上,防止尾气中水蒸气的冷凝而影响等离子体反应器的处理效果。等离子体3处理后的尾气进入到调节式喷淋塔5中,尾气中残留的污染物和降解产物可进一步通过喷淋去除或转移到液相中,达到彻底净化的效果。净化后的气体由引风机6抽送至排气筒7排放。

[0047] 经以上处理后,尾气中PAHs含量为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。尾气中PAHs的去除效率达99.3%,因而实现了良好的技术效果。

[0048] 本实施例中的尾气运行成本与现有的焚烧法和冷凝法相比可低40~70%,极大地节约了间接热解吸技术修复有机污染土壤的成本。

[0049] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

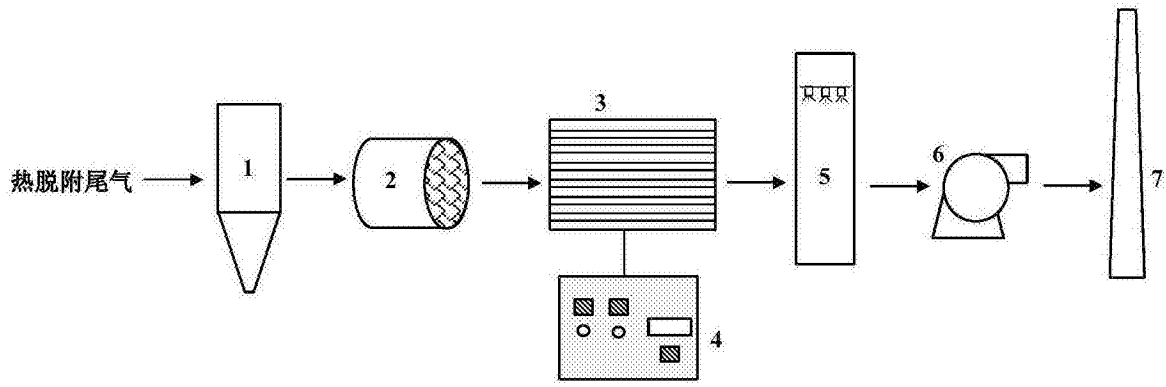


图1