



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110918630 A

(43)申请公布日 2020.03.27

(21)申请号 201911359102.1

G01N 33/24(2006.01)

(22)申请日 2019.12.25

(71)申请人 中国电建集团中南勘测设计研究院  
有限公司

地址 410014 湖南省长沙市雨花区香樟东  
路16号

申请人 中电建环保科技有限公司

(72)发明人 刘喜 肖劲光 张荷 张义  
刘德华 肖武 张海静 贺妮

(74)专利代理机构 长沙正奇专利事务有限责  
任公司 43113

代理人 卢宏

(51)Int.Cl.

B09C 1/06(2006.01)

G01N 7/16(2006.01)

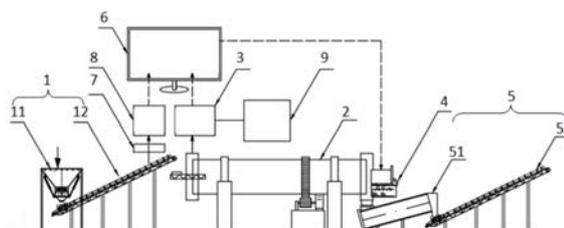
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统  
及方法

(57)摘要

本发明公开了一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统,包括进料装置、回转窑、脱附气体流量/有机物浓度测定仪、回转窑加热控制器、出料装置,所述进料装置、所述出料装置分别设于所述回转窑的进料端和出料端,所述脱附气体流量/有机物浓度测定仪安装于所述回转窑的气体出口处,本发明还公开了有机污染土壤异位热脱附的修复方法。本发明通过在线监测原始土壤有机物浓度与回转窑排放有机废气的浓度与气体流量,计算脱附效率以及判断正在加热处理过程中的土壤是否达标,从而自动控制回转窑的加热温度,使经过回转窑加热系统处理后的有机污染土壤达到修复目标。



1. 一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统,其特征在于:包括进料装置(1)、回转窑(2)、脱附气体流量/有机物浓度测定仪(3)、回转窑加热控制器(4)、出料装置(5),所述进料装置(1)、所述出料装置(5)分别设于所述回转窑(2)的进料端和出料端,所述脱附气体流量/有机物浓度测定仪(3)安装于所述回转窑(2)的气体出口处。

2. 如权利要求1所述的一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统,其特征在于:还包括热脱附智能化控制系统(6),所述热脱附智能化控制系统(6)分别与所述脱附气体流量/有机物浓度测定仪(3)、回转窑加热控制器(4)电连接;

所述热脱附智能化控制系统(6)用于对脱附气体流量/有机物浓度测定仪(3)获得的数据、土壤处理前的有机物含量进行分析处理,并根据分析处理结果控制回转窑加热控制器(4)的热脱附温度和时间。

3. 如权利要求2所述的一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统,其特征在于:还包括取样装置(7)、土壤有机物含量快速测定仪(8),所述取样装置(7)邻近所述进料装置(1)安装,并在所述进料装置(1)上取样送至所述土壤有机物含量快速测定仪(8)中,所述土壤有机物含量快速测定仪(8)与所述热脱附智能化控制系统(6)电连接。

4. 如权利要求1-3任意一项所述的一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统,其特征在于:还包括尾气处理系统(9),所述尾气处理系统(9)与所述脱附气体流量/有机物浓度测定仪(3)相连通。

5. 一种有机污染土壤异位热脱附的修复方法,应用于权利要求1至4任意一项所述的一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统中,其特征在于包括如下步骤:

设定土壤有机物含量修复目标值;

记录土壤有机物原始含量;

测定回转窑中土壤因加热而挥发的有机污染物浓度和气体流量;

计算有机污染土壤中有有机物的去除总量,与土壤有机物原始含量做差值,得到加热后回转窑中土壤的有机物残留量,若有机物残留量小于或等于土壤有机物含量修复目标值,则排出土壤,若有机物残留量大于土壤有机物含量修复目标值,则进入下一步骤;

控制回转窑加热控制器,调节回转窑加热系统的二次加热温度和脱附时间。

6. 如权利要求5所述一种有机污染土壤异位热脱附的修复方法,其特征在于:记录土壤有机物原始含量之前还包括快速测定进样土壤的土壤有机物含量。

7. 如权利要求5所述一种有机污染土壤异位热脱附的修复方法,其特征在于:根据土壤有机物原始含量控制回转窑加热控制器:土壤的原始有机物含量大于1%时采用间接热脱附回转窑加热系统,土壤的原始有机物含量小于等于1%时可采用直接热脱附或间接热脱附回转窑加热系统。

8. 如权利要求5-7任意一项所述一种有机污染土壤异位热脱附的修复方法,其特征在于:还包括对有机污染物气体进行尾气处理。

## 一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统及方法,属于土壤治理领域。

### 背景技术

[0002] 随着近年我国产业结构的调整,以及人们对居住环境要求的不断上升,城区中大部分化工企业面临关停或搬迁,暴露出原有化工企业场地的土壤有机物污染严重问题。根据我国2014年公布的《全国污染状况调查公报》显示,有机污染物六六六、滴滴涕、多环芳烃3类有机污染物点位超标率分别为0.5%、1.9%、1.4%,不仅仅是工业废弃土壤存在有机物污染问题,耕地和林地不同程度的有机物污染。如何将这些有机污染场地的污染消除,保证周边居民和生态安全的同时将污染场地再次开发利用,成为亟待解决的问题。

[0003] 目前对有机物污染土壤的修复方法主要包括物理修复技术、化学修复技术、生物修复技术及复合修复技术等。其中,热脱附技术作为国内外污染场地修复中常用的技术,具有应用范围广泛、运行效率强大、能实现高效传热及传质等优点,然而,对于目前现有的异位热脱附处理技术而言,由于待处理的土壤污染情况存在一定差异,经热脱附处理完的土壤首先进入待检区放置,在抽检过程中发现未达标的情况要回炉重新进行热脱附,且不能保证二次回炉之后即可达标,这样大大降低了工作效率,同时也增加了处理的能耗。因此,亟待研究一种在线监测热脱附过程中污染土壤修复是否达标,兼具调节热脱附温度降低能耗的修复方法。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统及方法,及时监测有机污染土壤的修复是否达标,提高修复效率,降低有机污染土壤热脱附处理工艺的能耗。

[0005] 本发明采用的技术方案是:

[0006] 一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统,包括进料装置、回转窑、脱附气体流量/有机物浓度测定仪、回转窑加热控制器、出料装置,所述进料装置、所述出料装置分别设于所述回转窑的进料端和出料端,所述脱附气体流量/有机物浓度测定仪安装于所述回转窑的气体出口处。

[0007] 进料装置将土壤运输至回转窑中加热,脱附气体流量/有机物浓度测定仪对回转窑中加热产生的气体进行测定,判断土壤有机物原始含量与测定的数值的差值是否达标,如果达标通过出料装置排出土壤,如果不达标则控制回转窑加热控制器继续进行加热。

[0008] 可选的,脱附气体流量/有机物浓度测定仪可采用现有技术CN106198422A、CN205317753U等所述的检测装置。

[0009] 为了实现智能化控制,该有机污染土壤异位热脱附的修复系统还包括热脱附智能化控制系统,所述热脱附智能化控制系统分别与所述脱附气体流量/有机物浓度测定仪、回

转窑加热控制器电连接；

[0010] 所述热脱附智能化控制系统用于对脱附气体流量/有机物浓度测定仪获得的数据、土壤处理前的有机物含量进行分析处理,并根据分析处理结果控制回转窑加热控制器的热脱附温度和时间。

[0011] 优选的,为了快速测量土壤有机物原始含量,该有机污染土壤异位热脱附的修复系统还包括取样装置、土壤有机物含量快速测定仪,所述取样装置邻近所述进料装置安装,并在所述进料装置上取样送至所述土壤有机物含量快速测定仪中,所述土壤有机物含量快速测定仪与所述热脱附智能化控制系统电连接。

[0012] 可选的,土壤有机物含量快速测定仪可采用现有技术CN201710460055.4、CN201710553218.3、CN201910423429.4等所述的检测装置。

[0013] 优选的,为了实现环保生产,该有机污染土壤异位热脱附的修复系统还包括尾气处理系统,所述尾气处理系统与所述脱附气体流量/有机物浓度测定仪相连通。

[0014] 本发明的另一方面涉及一种有机污染土壤异位热脱附的修复方法,应用于上述有机污染土壤异位热脱附的修复系统中,包括如下步骤:

[0015] 设定土壤有机物含量修复目标值;

[0016] 记录土壤有机物原始含量;

[0017] 测定回转窑中土壤因加热而挥发的有机污染物浓度和气体流量;

[0018] 计算有机污染土壤中有机物的去除总量,与土壤有机物原始含量做差值,得到加热后回转窑中土壤的有机物残留量,若有机物残留量小于或等于土壤有机物含量修复目标值,则排出土壤,若有机物残留量大于土壤有机物含量修复目标值,则进入下一步骤;

[0019] 控制回转窑加热控制器,调节回转窑加热系统的二次加热温度和脱附时间。

[0020] 优选的,记录土壤有机物原始含量之前还包括快速测定进样土壤的土壤有机物含量。

[0021] 优选的,根据土壤有机物原始含量控制回转窑加热控制器:土壤的原始有机物含量大于1%时采用间接热脱附回转窑加热系统,土壤的原始有机物含量小于等于1%时可采用直接热脱附或间接热脱附回转窑加热系统。

[0022] 优选的,该有机污染土壤异位热脱附的修复方法还包括对有机污染物气体进行尾气处理。

[0023] 本发明还包括以下内容:

[0024] 有机污染土壤为渗透性好的沙土或沙壤,土壤含水率为5~35%,为了提高土壤的处理效率,土壤需提前破碎至小于5cm。

[0025] 回转窑中污染土壤的处理量为5~20吨/每小时,脱附停留时间为15~45min,脱附温度为110~600℃。

[0026] 本发明具有以下优点:

[0027] (1)解决了热脱附过程中因土壤污染程度不均导致的脱附效果部分不达标的技术问题:通过在线监测原始土壤有机物浓度与回转窑排放有机废气的浓度与气体流量,计算脱附效率以及判断正在加热处理过程中的土壤是否达标,从而自动控制回转窑的加热温度,使经过回转窑加热系统处理后的有机污染土壤达到修复目标;

[0028] (2)解决了热脱附过程中能耗问题:热脱附智能化控制系统直接调节回转窑加热

控制器,调节回转窑的加热温度,减少不必要的能耗;

[0029] (3) 本发明适用于挥发、半挥发性有机物污染土壤,工艺流程简单,全程实现自动化控制,大大提高了处理效率和降低了处理成本。

### 附图说明

[0030] 图1为本发明所述的有机污染土壤异位热脱附的修复系统的结构示意图;

[0031] 图2为本发明所述的有机污染土壤异位热脱附的修复方法的控制模块示意图;

[0032] 其中,1为进料装置、2为回转窑、3为脱附气体流量/有机物浓度测定仪、4为回转窑加热控制器、5为出料装置、6为热脱附智能化控制系统、7为取样装置、8为土壤有机物含量快速测定仪、9为尾气处理系统、11为混合进料斗、12为进料传输带、51为土壤冷却器、52为出料传输带。

### 具体实施方案

[0033] 为了更好的理解上述技术方案,下面将结合说明书附图以及具体的实施方式对上述技术方案做详细的说明。

#### [0034] 实施例

[0035] 如图1所示,一种有机污染土壤异位热脱附的修复系统,包括进料装置1、回转窑2、脱附气体流量/有机物浓度测定仪3、回转窑加热控制器4、出料装置5、热脱附智能化控制系统6、取样装置7、土壤有机物含量快速测定仪8、尾气处理系统9。

[0036] 进料装置1包括混合进料斗11和进料传输带12,进料传输带12倾斜安装于回转窑2一侧,混合进料斗11安装于进料传输带12的左侧,混合进料斗11位于进料传输带12的上方。取样装置7安装于进料传输带12的右侧,且位于进料传输带12的上方,取样装置7选用取样机械臂,土壤有机物含量快速测定仪8安装于进料传输带12上方,取样机械臂从进料传输带12上方抓取土壤送入土壤有机物含量快速测定仪8中进行检测。

[0037] 脱附气体流量/有机物浓度测定仪3安装于回转窑2的气体出口处,脱附气体流量/有机物浓度测定仪3的另一端与尾气处理系统9连通。

[0038] 热脱附智能化控制系统6分别与土壤有机物含量快速测定仪8、脱附气体流量/有机物浓度测定仪3、回转窑加热控制器4电连接。热脱附智能化控制系统6用于对脱附气体流量/有机物浓度测定仪3获得的数据、土壤处理前的有机物含量进行分析处理,并根据分析处理结果控制回转窑加热控制器4的热脱附温度和时间。

[0039] 出料装置5包括土壤冷却器51和出料传输带52。土壤冷却器51与回转窑2的出料端连通,土壤冷却器51和出料传输带52均倾斜设置,土壤冷却器51的另一端位于出料传输带52的上方。

[0040] 本发明提供一种有机污染土壤异位热脱附的修复方法,包括如下步骤:

[0041] 在热脱附智能化控制系统中设定土壤有机物含量修复目标值:土壤有机物含量修复目标值由控制人员按照修复目标输入。

[0042] 检测土壤有机物原始含量:将待处理土壤用破碎筛分斗破碎至小于5cm、含水率不高于20%的沙土或沙壤土后,由装载机运送至混合进料斗11中,通过进料传输带12传输污染土壤进入回转窑2中,取样机械臂取样至土壤有机物含量快速测定仪8中,测定所述混合

土壤中有机的原始含量,并将数据传输到热脱附智能化控制系统6中的土壤有机物含量分析程序①中。

[0043] 热脱附智能化控制系统6根据土壤有机物原始含量控制回转窑加热控制器:土壤的原始有机物含量大于1%时采用间接热脱附回转窑加热系统,土壤的原始有机物含量小于等于1%时采用直接热脱附或间接热脱附回转窑加热系统。

[0044] 测定回转窑中土壤因加热而挥发的有机污染物浓度和气体流量:混合土壤经由进料系统加入回转窑2中,由热脱附智能化控制系统6的加热系统温度控制程序②传输加热指令至回转窑加热控制器4,控制回转窑加热温度及脱附时间;有机污染土壤被加热至110~600℃,脱附停留时间为15~45min,有机污染物与土壤分离。回转窑中污染土壤的处理量为5~20吨/每小时。脱附气体的有机污染物的浓度和气体流量由废气排放出口安装的脱附气体流量/有机物浓度测定仪3测得,持续测定回转窑2中在加热过程中挥发的有机污染物浓度和气体流量,将数据反馈至有热脱附智能化控制系统6的土壤有机物含量分析程序①中。

[0045] 热脱附智能化控制系统6自动计算有机污染土壤中有机的去除总量,与土壤有机物原始含量做差值,得到加热后回转窑2中土壤的有机物残留量。热脱附智能化控制系统6的土壤有机物含量分析程序①将加热后回转窑中土壤的有机物残留浓度数值与土壤有机物含量修复目标值进行比较:当土壤有一种或多种有机物残留量>所述设定的土壤有机物含量修复目标值,视为处理未达标,处理后未达标的土壤仍停留在回转窑加热系统中,土壤有机物含量分析程序①传输调节指令给加热系统温度控制程序②设定回转窑加热系统4的二次加热温度和脱附时间,加热系统温度控制程序②进一步传输加热指令给回转窑加热控制器4,使回转窑2加热温度升高或延长脱附停留时间;当土壤中所有有机的残留量<设定的土壤有机物含量修复目标值,此时回转窑2中土壤达到修复目标,排出土壤,土壤有机物含量分析程序①传输调节指令给加热系统温度控制程序②设定回转窑2的加热温度和脱附时间:回转窑2加热温度适度降低或减少脱附停留时间,用于下一批次土壤的处理。

[0046] 最后对回转窑2中加热产生的污染气体通途尾气处理系统进行尾气处理。

#### [0047] 实施例1

[0048] 将含水率为23%的某氯苯污染场地土壤破碎至5cm以下并混合均匀。

[0049] 设定自动控制系统中土壤有机物含量修复标准值为:1,2-二氯苯1696.48mg/kg,1,2,3-三氯苯16.54mg/kg,1,2,4-三氯苯28.29mg/kg,六氯苯0.52mg/kg;每批次处理土壤的量设置为10吨。

[0050] 通过传输带传输10吨污染土壤进入回转窑加热系统中,经检测土壤的有机物污染初始值为:1,2-二氯苯1430mg/kg,1,2,3-三氯苯149mg/kg,1,2,4-三氯苯1880mg/kg,六氯苯6mg/kg。

[0051] 回转窑加热系统设置脱附温度为460℃,脱附停留时间为40min,有机气体检测装置检测得挥发的有机污染物浓度和气体流量,经自动控制系统中处理软件积分计算得有机的脱附量为1,2-二氯苯795g,1,2,3-三氯苯1379g,1,2,4-三氯苯18624g,六氯苯55.2g;经差值计算,土壤中所有有机的残留量<设定的土壤有机物含量修复标准值,此时回转窑中土壤达到修复目标,将回转窑加热系统中土壤排出;

[0052] 自动控制系统将回转窑加热系统的脱附温度重新设置降低为350℃,脱附停留时间设置为35min;

[0053] 回转窑加热系统进入下一批次10吨土壤;经检测此批次土壤的有机物污染初始值为:1,2-二氯苯1630mg/kg,1,2,3-三氯苯73.9mg/kg,1,2,4-三氯苯1686.7mg/kg;六氯苯22.3mg/kg。脱附程序完成后,有机气体检测装置检测得的挥发性有机污染物浓度和气体流量经自动控制系统中处理软件积分计算得有机物的脱附量为1,2-二氯苯362g,1,2,3-三氯苯594.3g,1,2,4-三氯苯14376g,六氯苯142.4g;经差值计算,1,2,4-三氯苯与六氯苯的残留量>系统软件设定的土壤有机物含量修复标准值,土壤不排出,自动控制系统将回转窑加热系统的脱附温度重新设置升温至为400℃,脱附停留时间延长10min;

[0054] 二次脱附程序完成后,有机气体检测装置检测得的挥发性有机污染物浓度和气体流量经自动控制系统中处理软件积分计算得有机物的脱附量为1,2-二氯苯421g,1,2,3-三氯苯77.8g,1,2,4-三氯苯2543g,六氯苯80.4g;经差值计算,土壤中所有有机物的残留量<设定的土壤有机物含量修复标准值,此时回转窑中土壤达到修复目标,将回转窑加热系统中土壤排出;

[0055] 自动控制系统将回转窑加热系统的脱附温度重新设置降低为400℃,脱附停留时间设置为45min。

[0056] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

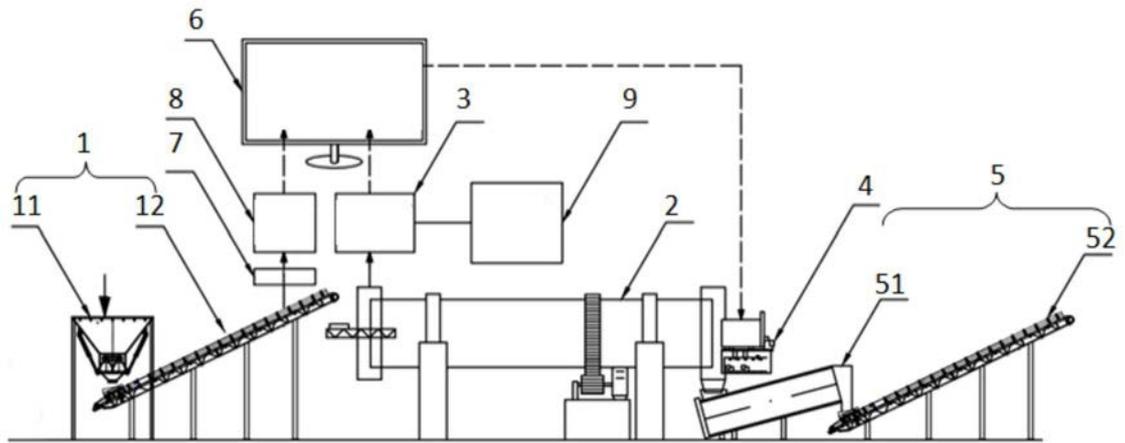


图1

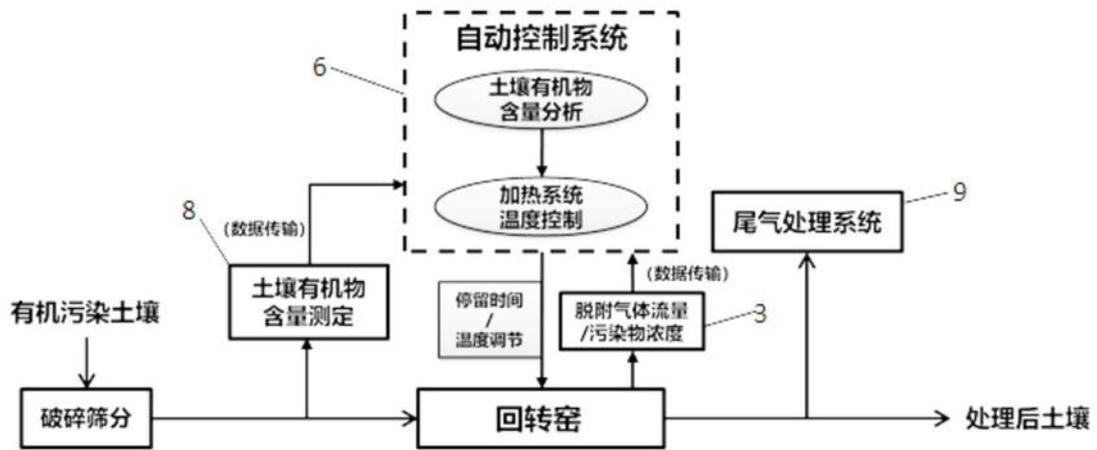


图2