



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105436200 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201511003758. 1

(22) 申请日 2015. 12. 28

(71) 申请人 上海市环境科学研究院

地址 200000 上海市徐汇区钦州路 508 号

(72) 发明人 朱江 杨洁 李炳智 张施阳

吉敏 陈龙 林锦 林小小

涂宝声

(74) 专利代理机构 上海精晟知识产权代理有限

公司 31253

代理人 肖爱华

(51) Int. Cl.

B09C 1/06(2006. 01)

权利要求书2页 说明书5页

(54) 发明名称

一种土壤中挥发性 / 半挥发性有机污染土壤的蒸汽热强化抽提方法

(57) 摘要

本发明公开了一种土壤中挥发性 / 半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法。该方法为：在污染场地搭建修复装置；修复装置包括：蒸汽热风机、通风管路、抽提管道、冷凝器、气液分离器、抽风机、污水储存箱、燃烧炉、碱液喷淋塔、活性炭吸附塔；将污染土壤堆为长条形土垛，采用热蒸汽强制通风，通过蒸汽吹风机和通风管路向污染土壤提供热量，在加热作用下，使土壤温度升高，污染物的蒸汽压增加，通过抽提管道将污染物从土壤中分离出来；抽风机将土壤挥发后带有污染物的气体导出，经冷凝器、气液分离器、燃烧炉、碱液喷淋塔、活性炭吸附塔后排放。该方法可操作性强，抽提效率高，便于进行现场监控，抽提效率比原位抽提高，可实现清洁排放。

1. 一种土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法,其特征在于,在污染场地搭建修复设备;将污染土壤堆为长条形土垛,土垛表面覆盖强化塑料膜;修复设备包括:蒸汽热风机、通风管路、抽提管道、冷凝器、气液分离器、抽风机、燃烧炉、碱液喷淋塔和活性炭吸附塔;蒸汽热风机的出风口与通风管路的入口相连通,通风管路的出口延伸至污染土壤垛体内部;垛体表面布置抽提管道;抽提管道出口与冷凝器入口连接,冷凝器出口与气液分离器连接,气液分离器的气体出口与抽风机的进风口相连通;抽风机的出风口与燃烧炉的进口相连通,燃烧炉的出口与碱液喷淋塔的入口相连通,碱液喷淋塔的出口与活性炭吸附塔的进口相连通;通过蒸汽热风机采用热蒸汽对污染土壤强制通风,促进土壤中污染物的挥发及解吸;挥发后经冷凝器冷凝、气液分离器分离出来的带有污染物的气体通过抽风机抽出,再依次经过燃烧炉燃烧、碱液喷淋塔吸附和活性炭吸附塔吸附后,实现尾气的清洁排放。

2. 根据权利要求1所述的土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法,其特征在于,具体按如下步骤进行:

(1)在污染场地搭建修复设备;修复设备包括:蒸汽热风机、通风管路、抽提管道、冷凝器、气液分离器、污水储存箱、抽风机、燃烧炉、碱液喷淋塔、活性炭吸附塔及在线监测系统;蒸汽热风机的出风口与通风管路的入口相连通;冷凝器出口与气液分离器入口连接,气液分离器的液体出口与污水储存箱连接,气液分离器的气体出口与抽风机的进风口相连通;抽风机的出风口与燃烧炉的进口相连通,燃烧炉的出口与碱液喷淋塔的入口相连通,碱液喷淋塔的出口与活性炭吸附塔的进口相连通;

(2)对污染区域进行测量定位,将受污染的土壤挖出;随开挖随覆盖,防止污染物扩散与扬尘;将污染土壤从挖掘区域运送到指定修复地点,建设遮盖污染场地的塑料大棚,铺设土工布;用铲车及其它机械装备将土壤堆为长条形土垛;将通风管路的出口延伸至污染土壤垛体内部;在污染土壤垛体表面布置抽提管道;抽提管道出口与冷凝器入口连接,

(3)热空气输入:通过蒸汽热风机及延伸至污染土壤垛体内部的通风管路将热蒸汽连续通入堆置的土体内部,进行加热并吹脱污染物,实现挥发性有机物的解吸去除;

(4)抽提:通过抽风机对污染土壤进行抽提,抽提气经过冷凝器冷凝后进入气液分离器,再通过气液分离器将水蒸气、液态污染物与气体分离;水和液态污染物进入污水存储箱并转运到污水处理厂处理,气体经气液分离器气体出口进入抽风机;

(5)挥发性有机物处理:抽风机将解吸产生的挥发性有机物抽提进入燃烧炉的燃烧室,通过燃烧分解挥发性有机物;燃烧后的废气进入碱液喷淋塔吸附处理后,再进入活性炭吸附塔进一步吸附处理后,实现清洁排放。

3. 根据权利要求2所述的所述的一种土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法,其特征在于,步骤(2)中,长条形土垛堆制规格为:底面30m,宽9m,边坡比1.5,土体高4m,单个土垛占地面积274平米,可容纳土壤604立方米。

4. 根据权利要求2所述的土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法,其特征在于,步骤(3)中,蒸汽热风机出风口与通风管路的入口相连通,所述蒸汽热风机的风压为6Kpa,风量为200m³/h,出口温度为300-350℃。

5. 根据权利要求2所述的土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法,其特征在于,通风管路包括干管和支管;通风管路的干管和抽提管道采用304材质钢管,管

径为356mm,壁厚为10mm,管长为30m;通风管路的支管采用304材质钢管,管径为100mm,壁厚为5mm,管长为9m;每路干管间隔1米设一跟干管,每路干管带30根支管,呈梯状排列;每路支管上间隔0.3m开一个通风孔,通风孔径5mm。

6.根据权利要求2所述的土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法,其特征在于,步骤(4)中,抽提管道出口经过冷凝器,温度降低到30-35℃;气液分离器风量200m³/h。

7.根据权利要求2所述的土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法,其特征在于,步骤(5)中,抽风机的风压为6Kpa,风量为200m³/h,碱喷淋塔的设计风量1200m³/h,活性炭吸附塔的设计风量1200m³/h。

一种土壤中挥发性/半挥发性有机污染土壤的蒸汽热强化抽提方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法,可应用于对挥发性/半挥发性有机物污染土壤的修复。属于气相抽提实用技术领域。

背景技术

[0002] 土壤是人类赖以生存的重要自然环境之一,随着工农业的快速发展,土壤中挥发性/半挥发性有机污染问题日益突出,土壤污染修复日益受到重视。研究使用高效的、低成本的修复技术对挥发性/半挥发性有机污染土壤修复具有重要的推进作用。目前有关土壤挥发性/半挥发性有机污染的修复技术报道主要有气相抽提、热解吸、水泥窑焚烧和填埋等。其中气相抽提技术运行时间长,无法满足城市内工业污染场地亟待开发的需求,热解吸成本较高,无法用来处理大批量的污染土壤;焚烧和填埋技术存在二次污染,成本较高且处理量较少等弊端。所以,传统的土壤修复技术难以满足日益变化的市场需求。本发明使用蒸汽热强化抽提方法修复挥发性/半挥发性有机污染土壤,量化了修复过程中的各项参数,对污染土壤的修复效果好,操作简便,修复成本低。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有针对挥发性/半挥发性有机污染土壤修复技术的不足,解决现有气相抽提技术耗时长、效率低、热解吸成本高的问题;提供一种低成本的可以处理大批量挥发性/半挥发性有机污染土壤的蒸汽热强化抽提方法。

[0004] 本发明的构思及原理如下:利用土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的挥发性随温度升高而增加的特点,通过蒸汽吹风机和通风管路向污染土壤提供热量,在加热作用下,使土壤温度升高,污染物的蒸汽压增加,通过抽提管道将污染物从土壤中分离出来,土壤污染物经蒸发、热解、氧化、燃烧及蒸馏等而形成简单小分子气体、水和污染物蒸汽等尾气。加热产生的尾气由抽风系统提取,这些尾气由抽风机提供负压系统提取,收集后的尾气传输到污染物收集及处理设施,经处理后达标排放。从而实现将土壤中的污染物解吸去除,达到低能耗修复污染土壤的目的。

[0005] 本发明提供的土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法的技术方案如下:

[0006] 本发明一种土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法如下:在污染场地搭建修复设备;将污染土壤堆为长条形土垛,土垛表面覆盖强化塑料膜;修复设备包括:蒸汽热风机、通风管路、抽提管道、冷凝器、气液分离器、抽风机、燃烧炉、碱液喷淋塔和活性炭吸附塔;所述蒸汽热风机出风口与通风管路的入口相连通,通风管路的出口延伸至污染土壤垛体内部;垛体表面布置抽提管道,抽提管道出口经冷凝器与气液分离器连接,气液分离器的气体出口与抽风机的进风口相连通;抽风机的出风口与燃烧炉的进口相连通,燃烧炉的出口与碱液喷淋塔的入口相连通,碱液喷淋塔的出口与活性炭吸附塔的进口

相连通；通过蒸汽热风机采用热蒸汽对污染土壤强制通风，促进土壤中污染物的挥发及解吸；挥发后经冷凝器冷凝、气液分离器分离出来的带有污染物的气体通过抽风机抽出，再依次经过燃烧炉燃烧、碱喷淋塔吸附和活性炭吸附塔吸附后，实现尾气的清洁排放；修复后检测合格的土壤可作回填土或其他用途。

[0007] 优选方案，本发明一种土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法，具体按如下步骤进行：

[0008] 1、在污染场地搭建修复设备；修复设备包括：蒸汽热风机、通风管路、抽提管道、冷凝器、气液分离器、污水储存箱、抽风机、燃烧炉、碱液喷淋塔、活性炭吸附塔及在线监测系统；蒸汽热风机的出风口与通风管路的入口相连通；冷凝器出口与气液分离器入口连接，气液分离器的液体出口与污水储存箱连接，气液分离器的气体出口与抽风机的进风口相连通；抽风机的出风口与燃烧炉的进口相连通，燃烧炉的出口与碱液喷淋塔的入口相连通，碱液喷淋塔的出口与活性炭吸附塔的进口相连通；

[0009] 2、对污染区域进行测量定位，将受污染的土壤挖出。随开挖随覆盖，防止污染物扩散与扬尘。将污染土壤从挖掘区域运送到指定修复地点，建设遮盖污染场地的塑料大棚，铺设土工布。用铲车等机械装备将土壤堆为长条形土垛。长条形土垛堆制规格为：底面30m，宽9m，边坡比1.5，土体高4m，单个土垛占地面积274平方米，可容纳土壤604立方米。将通风管路的出口延伸至污染土壤垛体内部，即在长条形土垛内布置通风管路（包括干管和支管）；在污染土壤垛体表面布置抽提管道；抽提管道出口与冷凝器入口连接。

[0010] 3、热空气输入：蒸汽热风机出风口与通风管路的入口相连通，所述蒸汽热风机的风压为6Kpa，风量为 $200\text{m}^3/\text{h}$ ，出口温度为 $300\text{--}350^\circ\text{C}$ 。通风管路的出口延伸至污染土壤垛体内部。通过蒸汽热风机及通风管路将热蒸汽连续通入堆置的土体内部，进行加热并吹脱污染物，实现挥发性有机物的解吸去除。热空气通风管路构架的干管和抽提管道采用304材质钢管，管径为356mm，壁厚为10mm，管长为30m；支管采用304材质钢管，管径为100mm，壁厚为5mm，管长为9m；每路干管间隔1米设一跟干管，每路干管带30根支管，呈梯状排列；每路支管上间隔0.3m开一个通风孔，通风孔径5mm。

[0011] 4、抽提：通过抽风机对污染土壤进行抽提，抽提气（含水蒸气、挥发性有机物）经过冷凝器冷凝后进入气液分离器，再通过气液分离器将水蒸气、液态污染物与气体分离；水和液态污染物进入污水存储箱收集并转运到污水处理厂处理，气体经气液分离器气体出口与抽风机的进风口相连通；抽提管道出口经过冷凝器，降低到 $30\text{--}35^\circ\text{C}$ 。气液分离器风量 $200\text{m}^3/\text{h}$ 。

[0012] 5、挥发性有机物处理：抽风机将解吸产生的挥发性有机物抽提进入燃烧炉的燃烧室，通过燃烧分解挥发性有机物；燃烧后的废气进入碱喷淋塔吸附处理后，再进入活性炭吸附塔进一步吸附处理后，实现清洁排放。抽风机的风压为6Kpa，风量为 $200\text{m}^3/\text{h}$ ；碱喷淋塔的设计风量 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 。活性炭吸附塔的设计风量 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 。

[0013] 本发明的有益效果：

[0014] 本发明一种土壤中挥发性/半挥发性有机污染物的蒸汽热强化抽提方法，具有可操作性强，抽提效率高，便于进行现场监控等优点，抽提效率比原位抽提高，可实现清洁排放。

具体实施方式

[0015] 下面结合具体的实施例对本发明作进一步详细的说明。这些实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0016] 实施例1土壤中二甲苯的蒸汽热强化抽提试验

[0017] 污染土壤中二甲苯的浓度为33.6mg/kg,对污染区域进行测量定位,将受污染的土壤挖出。随开挖随覆盖,防止污染物扩散与扬尘。将污染土壤从挖掘区域运送到指定修复地点,建设遮盖污染场地的塑料大棚,铺设土工布;用铲车等机械装备将土壤堆为长条形土垛。长条形土垛堆制规格为:底面30m,宽9m,边坡比1.5,土体高4m,单个土垛占地面积274平方米,可容纳土壤604立方米;热空气输入:蒸汽热风机出风口与通风管路的入口相连通,所述蒸汽热风机的风压为6Kpa,风量为200m³/h,出口温度为350℃。通风管路的出口延伸至污染土壤垛体。通过蒸汽热风机及通风管路将热蒸汽连续通入堆置的土体内部,进行加热并吹脱污染物,实现挥发性有机物的解吸去除。热空气通风管路构架的干管和抽提管道采用304材质钢管,管径为356mm,壁厚为10mm,管长为30m;支管采用304材质钢管,管径为100mm,壁厚为5mm,管长为9m;每路干管间隔1米设一跟干管,每路干管带30根支管,呈梯状排列;每路支管上间隔0.3m开一个通风孔,通风孔径5mm。抽提阶段:在长条形污染土垛表面布置抽提管道,垛体表面布置抽提管道,抽提管道出口经过冷凝设备,降低到30℃。冷凝器出口与气液分离器连接,气液分离器风量200m³/h。通过气液分离器将水蒸气、液态污染物与气体分离。水和液态污染物进入污水存储箱收集并转运到污水处理厂处理,气体经气液分离器气体出口与抽风机的进风口相连通;挥发性有机物处理阶段:抽风机的出风口与燃烧炉的进口相连通,抽风机的风压为6Kpa,风量为200m³/h,将解吸产生的挥发性有机物抽提进入燃烧炉的燃烧室,通过燃烧分解挥发性有机物;燃烧炉的出口与碱液喷淋塔的入口相连通,碱液喷淋塔的设计风量1200m³/h。进入碱液喷淋塔处理吸附废气后,碱液喷淋塔的出口与活性炭吸附塔的进口相连通,活性炭吸附塔的设计风量1200m³/h。进入活性炭吸附塔,实现清洁排放。修复后检测土壤中二甲苯的浓度为1.01mg/kg,对挥发性/半挥发性有机物污染因子二甲苯的去除率为96.99%。

[0018] 实施例2土壤中苯的蒸汽热强化抽提试验

[0019] 污染土壤中苯的浓度为42.7mg/kg,对污染区域进行测量定位,将受污染的土壤挖出。随开挖随覆盖,防止污染物扩散与扬尘。将污染土壤从挖掘区域运送到指定修复地点,建设遮盖污染场地的塑料大棚,铺设土工布;用铲车等机械装备将土壤堆为长条形土垛。长条形土垛堆制规格为:底面30m,宽9m,边坡比1.5,土体高4m,单个土垛占地面积274平方米,可容纳土壤604立方米;热空气输入:蒸汽热风机出风口与通风管路的入口相连通,所述蒸汽热风机的风压为6Kpa,风量为200m³/h,出口温度为330℃。通风管路的出口延伸至污染土壤垛体。通过蒸汽热风机及通风管路将热蒸汽连续通入堆置的土体内部,进行加热并吹脱污染物,实现挥发性有机物的解吸去除。热空气通风管路构架的干管和抽提管道采用304材质钢管,管径为356mm,壁厚为10mm,管长为30m;支管采用304材质钢管,管径为100mm,壁厚为5mm,管长为9m;每路干管间隔1米设一跟干管,每路干管带30根支管,呈梯状排列;每路支管上间隔0.3m开一个通风孔,通风孔径5mm。抽提阶段:在长条形污染土垛表面布置抽提管道,

垛体表面布置抽提管道,抽提管道出口经过冷凝设备,降低到30℃。冷凝器出口与气液分离器连接,气液分离器风量200m³/h。通过气液分离器将水蒸气、液态污染物与气体分离。水和液态污染物进入污水存储箱收集并转运到污水处理厂处理,气体经气液分离器气体出口与抽风机的进风口相连通;挥发性有机物处理阶段:抽风机的出风口与燃烧炉的进口相连通,抽风机的风压为6Kpa,风量为200m³/h,将解吸产生的挥发性有机物抽提进入燃烧炉的燃烧室,通过燃烧分解挥发性有机物;燃烧炉的出口与碱液喷淋塔的入口相连通,碱液喷淋塔的设计风量1200m³/h。进入碱液喷淋塔处理吸附废气后,碱液喷淋塔的出口与活性炭吸附塔的进口相连通,活性炭吸附塔的设计风量1200m³/h。进入活性炭吸附塔,实现清洁排放。修复后检测土壤中苯的浓度为2.05mg/kg,对挥发性/半挥发性有机物污染因子苯的去除率为95.2%。

[0020] 实施例3土壤中1,2-二氯乙烷的蒸汽热强化抽提试验

[0021] 污染土壤中1,2-二氯乙烷的浓度为12.8mg/kg,对污染区域进行测量定位,将受污染的土壤挖出。随开挖随覆盖,防止污染物扩散与扬尘。将污染土壤从挖掘区域运送到指定修复地点,建设遮盖污染场地的塑料大棚,铺设土工布;用铲车等机械装备将土壤堆为长条形土垛。长条形土垛堆制规格为:底面30m,宽9m,边坡比1.5,土体高4m,单个土垛占地面积274平米,可容纳土壤604立方米;热空气输入:蒸汽热风机出风口与通风管路的入口相连通,所述蒸汽热风机的风压为6Kpa,风量为200m³/h,出口温度为350℃。通风管路的出口延伸至污染土壤垛体。通过蒸汽热风机及通风管路将热蒸汽连续通入堆置的土体内部,进行加热并吹脱污染物,实现挥发性有机物的解吸去除。热空气通风管路构架的干管和抽提管道采用304材质钢管,管径为356mm,壁厚为10mm,管长为30m;支管采用304材质钢管,管径为100mm,壁厚为5mm,管长为9m;每路干管间隔1米设一跟干管,每路干管带30根支管,呈梯状排列;每路支管上间隔0.3m开一个通风孔,通风孔径5mm。抽提阶段:在长条形污染土垛表面布置抽提管道,垛体表面布置抽提管道,抽提管道出口经过冷凝设备,降低到30℃。冷凝器出口与气液分离器连接,气液分离器风量200m³/h。通过气液分离器将水蒸气、液态污染物与气体分离。水和液态污染物进入污水存储箱收集并转运到污水处理厂处理,气体经气液分离器气体出口与抽风机的进风口相连通;挥发性有机物处理阶段:抽风机的出风口与燃烧炉的进口相连通,抽风机的风压为6Kpa,风量为200m³/h,将解吸产生的挥发性有机物抽提进入燃烧炉的燃烧室,通过燃烧分解挥发性有机物;燃烧炉的出口与碱液喷淋塔的入口相连通,碱液喷淋塔的设计风量1200m³/h。进入碱液喷淋塔处理吸附废气后,碱液喷淋塔的出口与活性炭吸附塔的进口相连通,活性炭吸附塔的设计风量1200m³/h。进入活性炭吸附塔,实现清洁排放。修复后检测土壤中1,2-二氯乙烷的浓度为0.85mg/kg,对挥发性/半挥发性有机物污染因子1,2-二氯乙烷的去除率为93.36%。

[0022] 实施例4土壤中总石油烃的蒸汽热强化抽提试验

[0023] 污染土壤中总石油烃的浓度为325.1mg/kg,对污染区域进行测量定位,将受污染的土壤挖出。随开挖随覆盖,防止污染物扩散与扬尘。将污染土壤从挖掘区域运送到指定修复地点,建设遮盖污染场地的塑料大棚,铺设土工布;用铲车等机械装备将土壤堆为长条形土垛。长条形土垛堆制规格为:底面30m,宽9m,边坡比1.5,土体高4m,单个土垛占地面积274平米,可容纳土壤604立方米;热空气输入:蒸汽热风机出风口与通风管路的入口相连通,所述蒸汽热风机的风压为6Kpa,风量为200m³/h,出口温度为350℃。通风管路的出口延伸至污

染土壤垛体。通过蒸汽热风机及通风管路将热蒸汽连续通入堆置的土体内部,进行加热并吹脱污染物,实现挥发性有机物的解吸去除。热空气通风管路构架的干管和抽提管道采用304材质钢管,管径为356mm,壁厚为10mm,管长为30m;支管采用304材质钢管,管径为100mm,壁厚为5mm,管长为9m;每路干管间隔1米设一根干管,每路干管带30根支管,呈梯状排列;每路支管上间隔0.3m开一个通风孔,通风孔径5mm。抽提阶段:在长条形污染土垛表面布置抽提管道,垛体表面布置抽提管道,抽提管道出口经过冷凝设备,降低到30℃。冷凝器出口与气液分离器连接,气液分离器风量200m³/h。通过气液分离器将水蒸气、液态污染物与气体分离。水和液态污染物进入污水存储箱收集并转运到污水处理厂处理,气体经气液分离器气体出口与抽风机的进风口相连通;挥发性有机物处理阶段:抽风机的出风口与燃烧炉的进口相连通,抽风机的风压为6Kpa,风量为200m³/h,将解吸产生的挥发性有机物抽提进入燃烧炉的燃烧室,通过燃烧分解挥发性有机物;燃烧炉的出口与碱液喷淋塔的入口相连通,碱喷淋塔的设计风量1200m³/h。进入碱喷淋塔处理吸附废气后,碱液喷淋塔的出口与活性炭吸附塔的进口相连通,活性炭吸附塔的设计风量1200m³/h。进入活性炭吸附塔,实现清洁排放。修复后检测土壤中石油烃的浓度为12.8mg/kg,对挥发性/半挥发性有机物污染因子石油烃的去除率为96.06%。