



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108380655 A

(43)申请公布日 2018.08.10

(21)申请号 201810192643.9

(22)申请日 2018.03.09

(71)申请人 江苏索尔雷米环保科技有限公司  
地址 215000 江苏省苏州市常熟经济技术  
开发区四海路11号科创园2号楼507室

(72)发明人 刘凯 徐劫 张学锋

(74)专利代理机构 苏州国诚专利代理有限公司  
32293

代理人 李凤娇

(51) Int. Cl.

B09C 1/06(2006.01)

B09C 1/08(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54)发明名称

一种一体化土壤修复方法

(57)摘要

本发明公开了一种一体化土壤修复方法,包括如下步骤:步骤1)将待修复的污染土壤加入循环流化床装置中,进行干燥和粉碎,得到预处理的污染土壤;步骤2)将预处理的污染土壤经过筛分后送入热解吸装置进行热解吸反应;步骤3)利用零价铁和过氧化氢联合活化过硫酸盐进行有机物降解;步骤4)收集循环流化床装置和热解吸装置中产生的烟气进入尾气净化排放系统中进行处理;步骤5)回收被分离出污染物的土壤中的余热和进入尾气净化排放系统中的烟气的余热,并且通过热传输装置,将回收的热量传输入循环流化床装置中。本发明对重金属和有机污染物均有修复效果,可同时一体化处理,避免了多步骤多种技术联用带来的工艺流程长且复杂的缺陷。

1. 一种一体化土壤修复方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤1) 将待修复的污染土壤加入具有干燥和粉碎功能的循环流化床装置中,进行干燥和粉碎,得到预处理的污染土壤;

步骤2) 将预处理的污染土壤经过筛分后送入热解吸装置进行热解吸反应,实现污染物与污染土壤的初步分离;

步骤3) 将经过初步分离的污染土壤利用零价铁和过氧化氢联合活化过硫酸盐进行有机物降解;

步骤4) 收集所述循环流化床装置和所述热解吸装置中产生的烟气进入尾气净化排放系统中进行处理;

步骤5) 采用热回收装置,回收被分离出污染物的土壤中的余热和进入尾气净化排放系统中的烟气的余热,并且通过热传输装置,将回收的热量传输入所述循环流化床装置中。

2. 根据权利要求1所述的一种一体化土壤修复方法,其特征在于:所述步骤1)中,所述循环流化床装置内的温度为 $120^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ,风速为 $1\text{m/s}\sim 2\text{m/s}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种一体化土壤修复方法,其特征在于:所述步骤2)中,筛分出的所述预处理的污染土壤的粒径小于 $2\text{cm}$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种一体化土壤修复方法,其特征在于:所述步骤2)中,所述热解吸装置中的热解吸温度为 $300^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ ,热解吸时间为 $1\text{h}\sim 5\text{h}$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种一体化土壤修复方法,其特征在于:所述步骤3)具体为:先将经过初步分离的污染土壤与零价铁粉末混合均匀后,再加入过硫酸盐和过氧化氢的混合水溶液,搅拌使其发生降解反应。

6. 根据权利要求5所述的一种一体化土壤修复方法,其特征在于:所述零价铁与过硫酸盐的摩尔比为 $1:2\sim 1:5$ ;所述零价铁与过氧化氢的摩尔比为 $1:1\sim 1:10$ 。

7. 根据权利要求5所述的一种一体化土壤修复方法,其特征在于:所述过硫酸盐为过硫酸钾、过硫酸钠或过硫酸铵中的至少一种。

8. 根据权利要求1所述的一种一体化土壤修复方法,其特征在于:所述步骤4)中的尾气净化排放系统为烟气处理喷淋塔。

## 一种一体化土壤修复方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及环境保护技术领域,尤其涉及一种一体化土壤修复方法。

### 背景技术

[0002] 土壤本来是各类废弃物的天然收容所和净化处理场所,土壤接纳污染物,并不表示土壤即受到污染,只有当土壤中收容的各类污染物过多,影响和超过了土壤的自净能力,从而在卫生学和流行病学上产生了有害的影响,才表明土壤受到了污染。造成土壤污染的原因很多,如工业污泥、垃圾农用、污水灌溉、大气中污染物沉降,大量使用含重金属的矿质化肥和农药等等。土壤修复是指利用物理、化学和生物的方法转移、吸收、降主要技术原理主要技术原理解和转化土壤中的污染物,使其浓度降低到可接受水平,或将有毒有害的污染物转化为无害的物质。从根本上说,污染土壤修复的技术原理可包括为:(1)改变污染物在土壤中的存在形态或同土壤的结合方式,降低其在环境中的可迁移性与生物可利用性;(2)降低土壤中有害物质的浓度。但是,现有的土壤热修复的成本较高,尤其是当需要对大量土壤加热时,则需大量的热量。

### 发明内容

[0003] 鉴于上述现有技术中存在的缺陷,本发明的目的是提出一种一体化土壤修复方法。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案是:

[0005] 一种一体化土壤修复方法,包括如下步骤:

[0006] 步骤1) 将待修复的污染土壤加入具有干燥和粉碎功能的循环流化床装置中,进行干燥和粉碎,得到预处理的污染土壤;

[0007] 步骤2) 将预处理的污染土壤经过筛分后送入热解吸装置进行热解吸反应,实现污染物与污染土壤的初步分离;

[0008] 步骤3) 将经过初步分离的污染土壤利用零价铁和过氧化氢联合活化过硫酸盐进行有机物降解;

[0009] 步骤4) 收集所述循环流化床装置和所述热解吸装置中产生的烟气进入尾气净化排放系统中进行处理;

[0010] 步骤5) 采用热回收装置,回收被分离出污染物的土壤中的余热和进入尾气净化排放系统中的烟气的余热,并且通过热传输装置,将回收的热量传输入所述循环流化床装置中。

[0011] 进一步的,所述步骤1) 中,所述循环流化床装置内的温度为 $120^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ,风速为 $1\text{m/s}\sim 2\text{m/s}$ 。

[0012] 进一步的,所述步骤2) 中,筛分出的所述预处理的污染土壤的粒径小于 $2\text{cm}$ 。

[0013] 进一步的,所述步骤2) 中,所述热解吸装置中的热解吸温度为 $300^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ ,热解吸时间为 $1\text{h}\sim 5\text{h}$ 。

[0014] 进一步的,所述步骤3)具体为:先将经过初步分离的污染土壤与零价铁粉末混合均匀后,再加入过硫酸盐和过氧化氢的混合水溶液,搅拌使其发生降解反应。

[0015] 进一步的,所述零价铁与过硫酸盐的摩尔比为1:2~1:5;所述零价铁与过氧化氢的摩尔比为1:1~1:10。

[0016] 进一步的,所述过硫酸盐为过硫酸钾、过硫酸钠或过硫酸铵中的至少一种。

[0017] 进一步的,所述步骤4)中的尾气净化排放系统为烟气处理喷淋塔。

[0018] 采用上述技术方案,本发明至少包括如下有益效果:本发明的一种一体化土壤修复方法,对于重金属污染物和有机污染物均有修复效果,可同时一体化处理,避免了多步骤多种技术联用带来的工艺流程长且复杂,工程量大的缺陷;在热解吸反应前,对待修复的污染土壤进行干燥和粉碎的预处理,与传统的热解吸反应相比,可以在保持较大处理量的同时,去除水分和粉碎后的土壤有利于提高热解吸反应效率,能耗及经济成本大幅降低;零价铁与和过氧化氢联合催化活化过硫酸盐提高了自由基的生成量,降低了对活性自由基的淬灭作用,提高了氧化剂的利用率,并且能够在更广的pH范围内依然能保证对污染物较高的去除率;循环流化床装置和热解吸装置中产生的烟气进入尾气净化排放系统中进行处理,能够有效避免二恶英的产生,对环境无二次污染;充分回收利用被分离出污染物的土壤中的余热和进入尾气净化排放系统中的烟气的余热,将余热的热量作为循环流化床装置的热源,有效降低了能耗成本问题。

## 具体实施方式

[0019] 下面将结合具体实施例对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

### [0020] 实施例1

[0021] 本实施例的一种一体化土壤修复方法,包括如下步骤:

[0022] 步骤1) 将待修复的污染土壤(某重金属砷污染场地,污染土壤中砷平均浓度为260mg/kg)加入具有干燥和粉碎功能的循环流化床装置中,进行干燥和粉碎,得到预处理的污染土壤;其中,循环流化床装置内的温度为120℃,风速为1m/s。

[0023] 步骤2) 将预处理的污染土壤经过筛分后送入热解吸装置进行热解吸反应,实现污染物与土壤的初步分离;其中,筛分出的预处理的污染土壤的粒径小于2cm;热解吸装置中的热解吸温度为300℃,热解吸时间为5h。

[0024] 步骤3) 先将经过初步分离的污染土壤与零价铁粉末混合均匀后,再加入过硫酸盐和过氧化氢的混合水溶液,搅拌使其发生降解反应;其中,零价铁与过硫酸盐的摩尔比为1:2;零价铁与过氧化氢的摩尔比为1:1;过硫酸盐为过硫酸钾。

[0025] 步骤4) 收集循环流化床装置和热解吸装置中产生的烟气进入尾气净化排放系统中进行处理;其中,尾气净化排放系统可以为烟气处理喷淋塔。

[0026] 步骤5) 采用热回收装置,回收被分离出污染物的土壤中的余热和进入尾气净化排放系统中的烟气的余热,并且通过热传输装置,将回收的热量传输入循环流化床装置中。

[0027] 应用本实施例时,在具有干燥和粉碎功能的循环流化床装置中加入待修复的污染

土壤,启动风机在高速气流的作用下形成流化态并在循环管道内高速流动,污染土壤和气流间快速的进行热和水分交换,污染土壤中的水分被汽化后随气流排出,同时,污染土壤在风机叶片、管壁以及相互撞击的作用下被粉碎。作业完成后,进行筛分,将粒径小于2cm的污染土壤送入热解吸装置中进行热解吸反应,反应完成后得到修复的土壤。

[0028] 对处理后的土壤采样进行分析,按照US EPA SW 846Method 1312方法对处理前后的土壤进行浸出试验,通过ICP-OES分析浸出液中砷浓度,测得处理前后浸出液中砷浓度分别为5.4mg/L和0.03mg/L,达到地下水质量标准(GB/T 14848-93) III类水质标准,土壤中重金属砷固化效率达到99.1%。

#### [0029] 实施例2

[0030] 本实施例的一种一体化土壤修复方法,包括如下步骤:

[0031] 步骤1) 将待修复的污染土壤(某重金属铅污染场地,污染土壤中铅平均浓度为970mg/kg)加入具有干燥和粉碎功能的循环流化床装置中,进行干燥和粉碎,得到预处理的污染土壤;其中,循环流化床装置内的温度为200℃,风速为2m/s。

[0032] 步骤2) 将预处理的污染土壤经过筛分后送入热解吸装置进行热解吸反应,实现污染物与土壤的初步分离;其中,筛分出的预处理的污染土壤的粒径小于2cm;热解吸装置中的热解吸温度为500℃,热解吸时间为1h。

[0033] 步骤3) 先将经过初步分离的污染土壤与零价铁粉末混合均匀后,再加入过硫酸盐和过氧化氢的混合水溶液,搅拌使其发生降解反应;其中,零价铁与过硫酸盐的摩尔比为1:5;零价铁与过氧化氢的摩尔比为1:10;过硫酸盐为过硫酸钠。

[0034] 步骤4) 收集循环流化床装置和热解吸装置中产生的烟气进入尾气净化排放系统中进行处理;其中,尾气净化排放系统可以为烟气处理喷淋塔。

[0035] 步骤5) 采用热回收装置,回收被分离出污染物的土壤中的余热和进入尾气净化排放系统中的烟气的余热,并且通过热传输装置,将回收的热量传输入循环流化床装置中。

[0036] 对处理后的土壤采样进行分析,按照US EPA SW 846Method 1312方法对处理前后的土壤进行浸出试验,通过ICP-OES分析浸出液中铅浓度,测得处理前后浸出液中铅浓度分别为66mg/L和0.01mg/L,达到地下水质量标准(GB/T 14848-93) II类水质标准,固化效率达到98.9%。

#### [0037] 实施例3

[0038] 本实施例的一种一体化土壤修复方法,包括如下步骤:

[0039] 步骤1) 将待修复的污染土壤(某PAHs(多环芳烃)污染场地,污染土壤中多环芳烃总浓度为219mg/kg)加入具有干燥和粉碎功能的循环流化床装置中,进行干燥和粉碎,得到预处理的污染土壤;其中,循环流化床装置内的温度为150℃,风速为1.5m/s。

[0040] 步骤2) 将预处理的污染土壤经过筛分后送入热解吸装置进行热解吸反应,实现污染物与土壤的初步分离;其中,筛分出的预处理的污染土壤的粒径小于2cm;热解吸装置中的热解吸温度为400℃,热解吸时间为3h。

[0041] 步骤3) 先将经过初步分离的污染土壤与零价铁粉末混合均匀后,再加入过硫酸盐和过氧化氢的混合水溶液,搅拌使其发生降解反应;其中,零价铁与过硫酸盐的摩尔比为1:3;零价铁与过氧化氢的摩尔比为1:6;过硫酸盐为过硫酸铵。

[0042] 步骤4) 收集循环流化床装置和热解吸装置中产生的烟气进入尾气净化排放系统

中进行处理;其中,尾气净化排放系统可以为烟气处理喷淋塔。

[0043] 步骤5)采用热回收装置,回收被分离出污染物的土壤中的余热和进入尾气净化排放系统中的烟气的余热,并且通过热传输装置,将回收的热量传输入循环流化床装置中。

[0044] 对处理后的土壤采样,二氯甲烷超声萃取后按照US EPA 8270标准方法通过GC-MS定量分析,测得处理后土壤中PAHs总浓度为0.86mg/kg,PAHs去除率达到98.5%。

[0045] 对比例1

[0046] 本对比例的一种一体化土壤修复方法,包括如下步骤:

[0047] 步骤1)将待修复的污染土壤(与实施例1相同,均为某重金属砷污染场地,污染土壤中砷平均浓度为260mg/kg)加入具有干燥和粉碎功能的循环流化床装置中,进行干燥和粉碎,得到预处理的污染土壤;其中,循环流化床装置内的温度为120℃,风速为1m/s。

[0048] 步骤2)将预处理的污染土壤经过筛分后送入热解吸装置进行热解吸反应,实现污染物与土壤的初步分离;其中,筛分出的预处理的污染土壤的粒径小于2cm;热解吸装置中的热解吸温度为300℃,热解吸时间为5h。

[0049] 步骤3)收集循环流化床装置和热解吸装置中产生的烟气进入尾气净化排放系统中进行处理;其中,尾气净化排放系统可以为烟气处理喷淋塔。

[0050] 步骤4)采用热回收装置,回收被分离出污染物的土壤中的余热和进入尾气净化排放系统中的烟气的余热,并且通过热传输装置,将回收的热量传输入循环流化床装置中。

[0051] 对处理后的土壤采样进行分析,按照US EPA SW 846Method 1312方法对处理前后的土壤进行浸出试验,通过ICP-OES分析浸出液中砷浓度,测得处理前后浸出液中砷浓度分别为5.4mg/L和2.89mg/L,土壤中重金属砷固化效率仅46%。

[0052] 对比例2

[0053] 本对比例的一种一体化土壤修复方法,包括如下步骤:

[0054] 步骤1)将待修复的污染土壤(与实施例1相同,均为某重金属砷污染场地,污染土壤中砷平均浓度为260mg/kg)加入具有干燥和粉碎功能的循环流化床装置中,进行干燥和粉碎,得到预处理的污染土壤;其中,循环流化床装置内的温度为120℃,风速为1m/s。

[0055] 步骤2)将预处理的污染土壤经过筛分后与零价铁粉末混合均匀后,再加入过硫酸盐和过氧化氢的混合水溶液,搅拌使其发生降解反应;其中,零价铁与过硫酸盐的摩尔比为1:2;零价铁与过氧化氢的摩尔比为1:1;过硫酸盐为过硫酸钾。

[0056] 步骤3)收集循环流化床装置中产生的烟气进入尾气净化排放系统中进行处理;其中,尾气净化排放系统可以为烟气处理喷淋塔。

[0057] 步骤4)采用热回收装置,回收被分离出污染物的土壤中的余热和进入尾气净化排放系统中的烟气的余热,并且通过热传输装置,将回收的热量传输入循环流化床装置中。

[0058] 对处理后的土壤采样进行分析,按照US EPA SW 846Method 1312方法对处理前后的土壤进行浸出试验,通过ICP-OES分析浸出液中砷浓度,测得处理前后浸出液中砷浓度分别为5.4mg/L和3.11mg/L,土壤中重金属砷固化效率仅为37.2%。

[0059] 对比例1-2的土壤修复方法与实施例1相比,分别缺少热解吸步骤和零价铁和过氧化氢联合活化过硫酸盐进行有机物降解的步骤,由其重金属砷固化效率很低。

[0060] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的

一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。