



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110986575 A

(43)申请公布日 2020.04.10

(21)申请号 201910983979.1

(22)申请日 2019.10.16

(71)申请人 中国科学院生态环境研究中心  
地址 100085 北京市海淀区双清路18号

(72)发明人 焦文涛 籍龙杰 韩白玉

(74)专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理  
有限公司 11129

代理人 巩固 白玉娜

(51)Int.Cl.

F27B 7/20(2006.01)

F27D 17/00(2006.01)

B01D 50/00(2006.01)

B09C 1/06(2006.01)

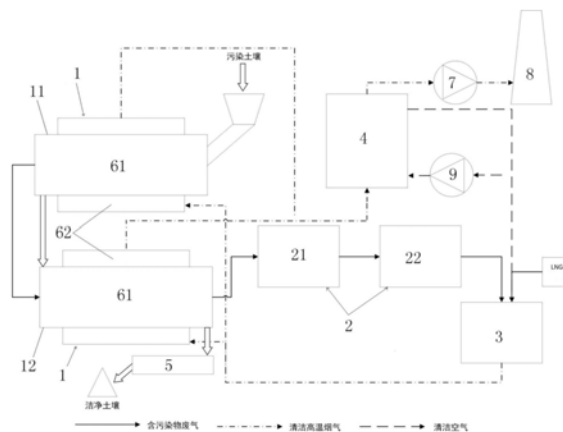
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能系统和方法

(57)摘要

本发明的一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能系统和方法,包括依次连接的间接加热回转窑、烟气除尘装置和高温氧化室,间接加热回转窑分为一级加热窑和二级加热窑,均由内筒和外筒组成,一级加热窑内筒入口连接输入待处理污染土壤的输送皮带,一级加热窑内筒出口与二级加热窑内筒入口相连通,二级加热窑内筒出口连接输出清洁土壤的螺旋输送机,一级加热窑内筒还依次与二级加热窑内筒、烟气除尘装置和高温氧化室通过气体管道连通,高温氧化室的排气管道分别与一级和二级加热窑外筒连通以通入高温烟气用于加热内筒以间接加热污染土壤。该系统将高温烟气间接加热土壤进行两级热脱附,具有节能、运行成本低等优势,最适于处理多环芳烃类污染土壤。



CN 110986575 A

1. 一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能系统,其特征在于包括依次连接的间接加热回转窑、烟气除尘装置和高温氧化室,

所述间接加热回转窑分为一级加热窑和二级加热窑,均由内筒和外筒组成,所述一级加热窑内筒的入口连接输入待处理污染土壤的输送皮带,所述一级加热窑内筒的出口与二级加热窑内筒的入口相连通,所述二级加热窑内筒的出口连接输出清洁土壤的螺旋输送机,所述一级加热窑内筒还依次与二级加热窑内筒、所述烟气除尘装置和高温氧化室通过气体管道连通,所述高温氧化室的排气管道分别与所述一级加热窑和二级加热窑的外筒连通以通入高温烟气用于加热内筒以间接加热污染土壤。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于包括气气换热器,所述气气换热器包括内管和外管,所述外管具有烟气入口、烟气出口,所述内管具有新鲜空气入口和新鲜空气出口,所述烟气入口连接所述一级加热窑和二级加热窑的外筒的出口以通入换热后的高温烟气,所述烟气出口通向烟囱,所述新鲜空气入口通入常温空气,所述新鲜空气出口通向所述高温氧化室的燃烧器以通入在气气换热器中被烟气间接加热升温后的新鲜空气作为助燃空气,所述高温氧化室包括燃料入口用于通入天然气或石油气。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于所述一级加热窑内筒与所述二级加热窑内筒之间以及所述二级加热窑与所述螺旋输送机之间均通过双层翻板阀连接。

4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于所述烟气除尘装置包括依次连接的旋风分离器和布袋除尘器,所述旋风分离器的气体入口通过所述气体管道与所述二级加热窑的内筒连通;所述布袋除尘器的排气口与所述高温氧化室连通。

5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于所述输送皮带具有计量土壤的计量称和除去土壤中的金属块状材料的磁选分离器,所述螺旋输送机内部设有自来水入口用于通入自来水以喷洒在土壤上。

6. 一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能方法,其特征在于包括以下步骤:待处理污染土壤通过输送皮带依次输入至一级加热窑和二级加热窑的内筒进行热脱附;热脱附后的土壤通过螺旋输送机输出至待检车间,热脱附后的烟气经烟气除尘装置除尘后输送至高温氧化室燃烧以对烟气中的有机污染物进行高温燃烧降解,所述高温氧化室内产生的高温烟气分别通入所述一级加热窑和二级加热窑的外筒用于间接加热所述内筒内的土壤进行热脱附,

所述高温烟气的温度为900℃以上,所述一级加热窑的出土温度为100-300℃,所述二级加热窑的出土温度为300-500℃。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于所述高温氧化室的高温烟气流经所述加热窑的外筒换热后进入气气换热器内,新鲜的空气经过气气换热器与所述烟气换热升温后作为助燃风流向所述高温氧化室的燃烧器,再与通入燃烧器内的天然气或石油气、尾气混合燃烧。

8. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于所述一级加热窑内的土壤通过双层翻板阀流至所述二级加热窑,所述一级加热窑的烟气通过气体管道输送至所述二级加热窑,所述二级加热窑内的土壤通过双层翻板阀流至所述螺旋输送机。

9. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于热脱附后的尾气依次经旋风分离器和布袋除尘器以分别除去大颗粒粉尘和细颗粒粉尘。

10. 根据权利要求6所述的方法,其特征在於待处理污染土壤首先经过破碎、筛分、调节含水率后再通过输送皮带输入到一级加热窑的内筒,在输送的过程中对土壤进行计量以及除去土壤中的金属块状物质。

## 一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于土壤修复技术领域,具体涉及一种修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能系统和方法。

### 背景技术

[0002] 随着我国社会的发展,产业结构的调整和经济发展方式的转变,大量工业企业停产、关闭或异地迁建,遗留下大量有机污染场地,亟需修复。然而,这些污染场地往往用做房地产开发等用处。修复任务重、周期短,因此需要快速高效的修复技术。热脱附技术作为一种异位修复技术,具有修复速度快、效率高和普适性强等特点,已广泛应用于有机物污染场地的修复处理。

[0003] 热脱附技术是指在真空条件下或通入载气时通过热交换将土壤中的有机污染物加热至一定温度,使有机污染物从污染介质上得以挥发或分离,进入气体处理系统进行尾气污染物集中治理,最终达到土壤彻底修复的过程。传统热脱附工艺路线通常为:污染土壤经过破碎、筛分、调节含水率等预处理后进入回转窑进行热脱附得到洁净土壤,该土壤经加水降温后送至待检场;分离的尾气进入旋风除尘器除尘,再进入二燃室高温燃烧,从二燃室出来的高温烟气需经水冷或风冷急冷塔从900℃急速降温至200℃以下,再经布袋除尘后进入立式或卧式碱喷淋塔吸附后经烟囱排放。

[0004] 多环芳烃(PAHs)是一类常见的土壤有机污染物,严重威胁人体健康与生态环境。若采用上述技术路线治理多环芳烃污染的土壤,存在能耗大、运行成本高的问题。由于采用急冷塔将900~1000℃高温烟气急冷到200℃以下会造成大量的能源浪费,而且导致大量的水分气化后变成水蒸汽,极大的增加了烟气体积,增加了布袋除尘器的运行负荷和运行成本,同时导致布袋除尘器的体积很大,生产制造成本较高。风冷式急冷塔进一步增加了设备的占地面积,运行过程中产生的噪声较大。

### 发明内容

[0005] 针对现有土壤热脱附技术存在能源消耗大、运行成本高等问题,本发明提出一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能系统和方法。

[0006] 本发明的技术方案:

[0007] 一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能系统,包括依次连接的间接加热回转窑、烟气除尘装置和高温氧化室,

[0008] 所述间接加热回转窑分为一级加热窑和二级加热窑,均由内筒和外筒组成,所述一级加热窑内筒的入口连接输入待处理污染土壤的输送皮带,所述一级加热窑内筒的出口与二级加热窑内筒的入口相连通,所述二级加热窑内筒的出口连接输出清洁土壤的螺旋输送机,所述一级加热窑内筒还依次与二级加热窑内筒、所述烟气除尘装置和高温氧化室通过气体管道连通,所述高温氧化室的排气管道分别与所述一级加热窑和二级加热窑的外筒连通以通入高温烟气用于加热内筒以间接加热污染土壤。

[0009] 包括气气交换器,所述气气换热器包括内管和外管,所述外管具有烟气入口、烟气出口,所述内管具有新鲜空气入口和新鲜空气出口,所述烟气入口连接所述一级加热窑和二级加热窑的外筒的出口以通入换热后的高温烟气,所述烟气出口通向烟囱,所述新鲜空气入口通入常温空气,所述新鲜空气出口通向所述高温氧化室的燃烧器以通入在气气换热器中被烟气间接加热升温后的新鲜空气作为助燃空气,所述高温氧化室包括燃料入口用于通入天然气或石油气。

[0010] 所述一级加热窑内筒与所述二级加热窑内筒之间以及所述二级加热窑与所述螺旋输送机之间均通过双层翻板阀连接。

[0011] 所述烟气除尘装置包括依次连接的旋风分离器和布袋除尘器,所述旋风分离器的气体入口通过所述气体管道与所述二级加热窑的内筒连通;所述布袋除尘器的排气口与所述高温氧化室连通。

[0012] 所述输送皮带具有计量土壤的计量称和除去土壤中的金属块状材料的磁选分离器,所述螺旋输送机内部设有自来水入口用于通入自来水以喷洒在土壤上。

[0013] 一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能方法,包括以下步骤:待处理污染土壤通过输送皮带依次输入至一级加热窑和二级加热窑的内筒进行热脱附;热脱附后的土壤通过螺旋输送机输出至待检车间,热脱附后的烟气经烟气除尘装置除尘后输送至高温氧化室燃烧以对烟气中的有机污染物进行高温燃烧降解,所述高温氧化室内产生的高温烟气分别通入所述一级加热窑和二级加热窑的外筒用于间接加热所述内筒内的土壤进行热脱附,

[0014] 所述高温烟气的温度为900℃以上,所述一级加热窑的出土温度为100-300℃,所述二级加热窑的出土温度为300-500℃。

[0015] 所述高温氧化室的高温烟气流经所述加热窑的外筒换热后进入气气交换器内,新鲜的空气经过气气交换器与所述烟气换热升温后作为助燃风流向所述高温氧化室的燃烧器,再与通入燃烧器内的天然气或石油气、尾气混合燃烧。

[0016] 所述一级加热窑内的土壤通过双层翻板阀流至所述二级加热窑,所述一级加热窑的烟气通过气体管道输送至所述二级加热窑,所述二级加热窑内的土壤通过双层翻板阀流至所述螺旋输送机。

[0017] 热脱附后的尾气依次经旋风分离器和布袋除尘器以分别除去大颗粒粉尘和细颗粒粉尘。

[0018] 待处理污染土壤首先经过破碎、筛分、调节含水率后再通过输送皮带输入到一级加热窑的内筒,在输送的过程中对土壤进行计量以及除去土壤中的金属块状物质。

[0019] 本发明的有益技术效果:

[0020] 本发明的一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能系统,基于发明人的深入思考和分析:现有技术的急冷塔将高温烟气极速降至较低温度,一是便于排放,二是为了防止在冷却过程中含氯有机污染燃烧后产生的烟气再合成二噁英类污染物,而多环芳烃类污染物不含氯,焚烧降解后在降温过程中不会生成二噁英,不需要极速降温,因此本发明去掉了急冷塔,设计该系统包括依次连接的间接加热回转窑、烟气除尘和高温氧化室,且高温氧化室通过气体管道连通加热窑的外筒,并设计热脱附流程为:高温氧化室内有机污染气体高温燃烧产生的900℃以上的高温烟气通入一级和二级加热窑的外筒间接加热内筒的污染

土壤,一方面充分利用高温烟气的热量,保证高温氧化室后的高温烟气被充分利用,即使为缓慢降温,也不会产生二噁英;另一方面,由于加热窑的窑体分为两级,则高温烟气对污染土壤分两级加热,土壤温度依次升高,避免急速升温导致土壤烧结,污染物被封堵在土壤颗粒内,无法实现完全脱附的问题,还可以避免使用单个窑体导致窑体过长,运输不便的缺陷;同时高温烟气对土壤为间接加热方式,不仅使得高温烟气不与热脱附尾气混合,含有有机污染物的废气量降低,而且高温烟气与污染土壤不进行直接接触,可极大减少粉尘产生量,进而降低布袋除尘器的运行负荷和成本,相应的布袋除尘器体积较小,减少占地面积。综上,本发明的热脱附系统不使用急冷塔,而是将高温烟气用于间接加热土壤进行两级热脱附,充分利用余热,具有节能、运行成本低、设备较少、占地面积小的优势,最适用于处理多环芳烃类污染土壤。

[0021] 高温烟气在加热窑内余热利用后由900℃降低至500℃左右的中温烟气,一级加热窑和二级加热窑则通过间接加热使得出土温度分别为100-300℃和300-500℃,足以满足多环芳烃热脱附要求,达到修复目标。进一步的,该中温烟气通入气气换热器预热助燃空气,不仅可以提高助燃风的温度,利于热脱附尾气的充分燃烧和降解减少不必要的天然气消耗,而且充分利用高温烟气的剩余热量,且降温过程也不会产生二噁英。

[0022] 螺旋输送机内部设有自来水入口,输送高温污染土出土的同时通入自来水喷洒到土壤上,以降低土壤温度,同时抑制螺旋输送机出口扬尘的产生。

[0023] 优选的,烟气除尘装置包括依次连接的旋风分离器和布袋除尘器,所述旋风分离器用以去除较大颗粒粉尘,所述布袋除尘器用以去除细颗粒粉尘。

## 附图说明

[0024] 图1为本发明的一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能系统的实施例示意图;

[0025] 图2为本发明的一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能方法的实施例的流程示意图。

[0026] 附图标记:1-间接加热回转窑、11-一级加热窑、12-二级加热窑、2-烟气除尘装置、21-旋风分离器、22-布袋除尘器、3-高温氧化室、4-气气换热器、5-螺旋输送机、61-内筒、62-外筒、7-引风机、8-烟囱、9-鼓风机。

## 具体实施方式

[0027] 为了清楚的说明本发明的内容,将结合附图1-2和具体实施例详细说明。

[0028] 实施例1

[0029] 本实施例的一种用于修复多环芳烃污染土壤的异位热脱附节能系统,如图1所示,该系统主要包括依次连接的间接加热回转窑1、烟气除尘装置2、高温氧化室3。间接加热回转窑1包括一级加热窑11和二级加热窑12,两个加热窑均为间接加热方式,均包括内筒61和外筒62,两个加热窑的内筒61通过双层翻板阀和气体管道相互连接,一级加热窑11的入口连接输送皮带用于将待处理污染土壤从预处理大棚输入至一级加热窑11,在二级加热窑12的内筒61的出口通过双层翻板阀连接螺旋输送机5用于将清洁土壤输送至待检车间。所述烟气除尘装置2包括依次连接的旋风分离器21和布袋除尘器22用以去除热脱附尾气中的大

颗粒粉尘和细颗粒粉尘。所述旋风分离器21的气体入口通过管道与所述二级加热窑12的内筒61连通,所述旋风分离器21的气体出口与所述布袋除尘器22的气体入口连接,所述布袋除尘器22的排气口与所述高温氧化室3连通。所述高温氧化室3内还通入天然气或石油气燃料,热脱附后的尾气—主要成分为多环芳烃的有机污染物在高温氧化室3内发生彻底焚烧降解,高温烟气经排气管道分别与一级加热窑11和二级加热窑12的外筒62连通以向两个加热窑通入高温烟气用于加热内筒61间接加热土壤进行热脱附。

[0030] 为了进一步实现高温烟气的余热梯级利用,该系统还包括气气换热器4也称为烟气换热器或GGH。气气换热器4包括内管和外管,所述外管的入口与所述一级加热窑11和二级加热窑12的外筒62的出口连通以通入降温后的高温烟气或称为中温烟气,外管的出口通过引风机7通向烟囱8;内管的入口通过鼓风机9通入新鲜空气,新鲜空气与中温烟气换热、升温后作为助燃气体经内管的出口以及管道通向高温氧化室3。

[0031] 实施例2

[0032] 本实施例的一种用于修复多环芳烃污染土壤的热脱附节能方法,如图2所示,包括以下步骤:

[0033] 土壤预处理:污染土壤经挖掘并运输至预处理大棚,进行破碎、筛分、加一定比例的生石灰调节含水率后通过输送带,输送到一级加热窑11的进口,输送皮带上设置计量称和磁选分离器,分别用于对进料土壤进行计量以及除去土壤中的铁块材料;

[0034] 两级热脱附:经过预处理后的污染土壤进入一级加热窑11的内筒61进行预热和一级热脱附,一级加热窑11的出土温度为100-300℃,处理时间为20-30min,然后污染土壤经双层翻板阀从一级加热窑11流至二级加热窑12进行二级热脱附,含有有机污染物的废气经过气体管道与二级加热窑12相连接,二级加热窑11内的温度为200-500℃,处理时间为20-30min;

[0035] 土壤回收:经二级加热窑12处理得到的清洁土壤流向螺旋输送机5,在螺旋输送机5内进行加水降温降尘处理,处理后的土壤收集输送至待检车间,等待检测验收;

[0036] 烟气除尘:经二级加热窑12流出的热脱附尾气依次经过旋风除尘器21和布袋除尘器22除去大颗粒粉尘后,流向高温氧化室3;

[0037] 尾气降解:高温氧化室3内通入LNG燃料和助燃空气,除尘后的有机污染物尾气在高温氧化室3内发生彻底焚烧降解,燃烧温度900℃以上,烟气在高温氧化室3内停留时间2s以上;

[0038] 余热利用:高温氧化室3内产生的900℃以上高温烟气分别流向一级加热窑11和二级加热窑12的外筒62,间接加热窑内的污染土壤,高温烟气温度下降,例如从900℃降低到500℃,然后再汇总流向气气换热器4,高温烟气通入换热器的外管,常温的新鲜空气通过鼓风机9通入换热器内管,新鲜空气被中温烟气加热至300℃,作为助燃风流向高温氧化室3,中温烟气温度降至100-200℃,最后通过引风机7通入烟囱8排出。

[0039] 以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以对本发明进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

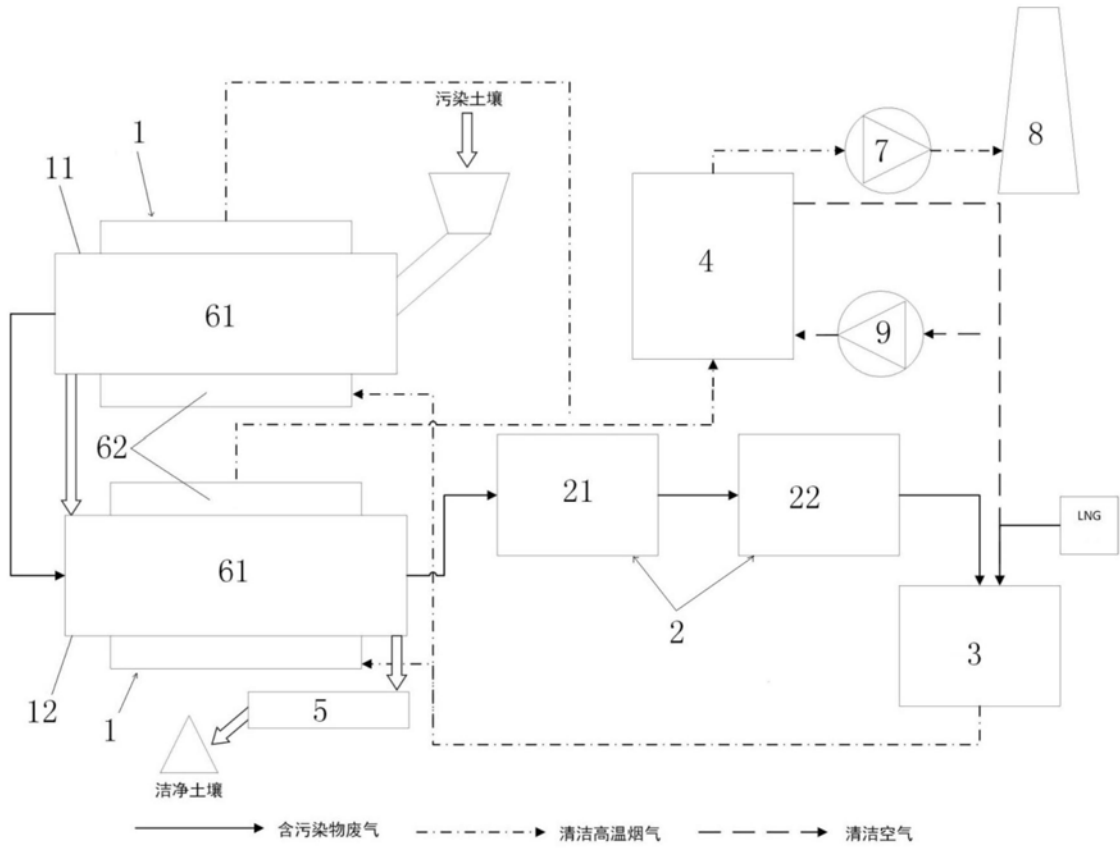


图1

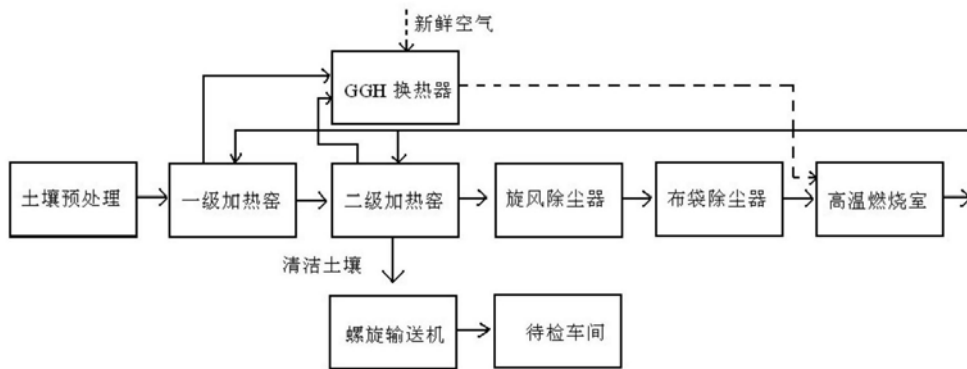


图2