



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113894150 A

(43) 申请公布日 2022.01.07

(21) 申请号 202111033821.1

B02C 23/12 (2006.01)

(22) 申请日 2021.09.03

B01D 50/00 (2006.01)

B01D 53/00 (2006.01)

(71) 申请人 广西博世科环保科技股份有限公司

F23G 7/06 (2006.01)

F23G 5/16 (2006.01)

地址 530000 广西壮族自治区南宁市高新区高安路101号

(72) 发明人 周永信 朱红祥 和利钊 张海欧  
董小龙 赵振 牛婧 顾静  
杨国航 李琼

(74) 专利代理机构 南宁智卓专利代理事务所  
(普通合伙) 45129

代理人 苏惠

(51) Int. Cl.

B09C 1/06 (2006.01)

B02C 18/14 (2006.01)

B02C 18/18 (2006.01)

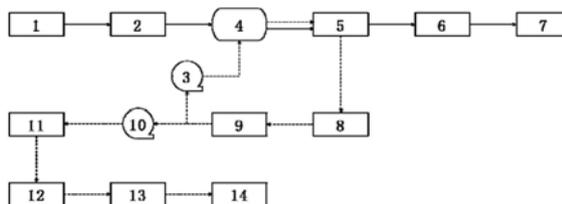
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法

(57) 摘要

本发明公开了一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,具体是将有机污染土壤开挖后置于密闭充气的预处理车间中备用;置于修复装置中的土壤破碎筛分系统破碎筛分;进入上料系统中称重后传送至高效预处理系统内,混匀、干燥、预加热,污染土壤在回转窑热脱附系统内加热,有机污染物从土壤中脱附出来后得到清洁土壤和尾气,清洁土壤进入降温系统降温后从出料系统中送出;尾气先进入旋风除尘器进行初步除尘,进入高温氧化系统进行高温氧化得到清洁尾气,将一部分清洁尾气是送至高效预处理系统,剩余部分进行除尘、过滤后排出。本发明大大提高了回转窑热脱附效率及修复能力,系统中所有尾气经除尘后进入二燃室高温彻底氧化,保证无二次污染物产生。



1. 一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 取样:将有机污染土壤清挖后置于密闭充气的预处理车间中备用;

(2) 破碎筛分:取步骤(1)中的污染土壤置于修复装置中的土壤破碎筛分系统进行破碎,筛分出小粒径的污染土壤进入上料系统,筛分出的大粒径污染土壤回收至土壤破碎筛分系统重新破碎筛分;

(3) 预处理:污染土壤进入上料系统中称重后传送至高效预处理系统内,进行混匀、干燥、预加热,部分有机物挥发出来后与土壤一起进入回转窑热脱附系统;

(4) 土壤清洁:污染土壤在回转窑热脱附系统内加热,有机污染物从土壤中脱附出来后得到清洁土壤和尾气,清洁土壤进入降温系统降温后从出料系统中送出;

(5) 尾气清洁:尾气先是进入旋风除尘器进行初步除尘后,进入高温氧化系统进行高温氧化得到清洁尾气,再将一部分清洁尾气是送至高效预处理系统,剩余部分进行除尘、过滤后排出。

2. 根据权利要求1所述的一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,其特征在于,所述修复装置包括依次连接的土壤破碎筛分系统、上料系统、高效预处理系统、回转窑热脱附系统、降温系统和出料系统,所述回转窑热脱附系统的出气口还依次连接有旋风除尘器、尾气高温氧化系统,所述尾气高温氧化系统分别连通高效预处理系统和尾气处理装置。

3. 根据权利要求2所述的一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,其特征在于,所述高效预处理系统包括筒体、进料口、保温层、风管、搅拌器、传送带和出料口,所述筒体轴线与呈水平设置,所述进料口与上料系统连接,所述出料口设置在传送带末端的下方,所述保温层铺设于筒体内壁,所述传送水平设置于筒体内中下部,所述风管置于传送带上方,所述搅拌器设置在传送带的上方。

4. 根据权利要求3所述的一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,其特征在于,所述风管设有若干个间隔的点位,每个点位开设两个开孔,两个开孔的夹角为90度,所述搅拌器包括两套搅拌头和转杆,每套搅拌头固定有4个不锈钢搅拌刀片,搅拌头与转杆连接。

5. 根据权利要求1所述的一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,其特征在于,所述降温系统包括传送装置、称重系统、测温装置、喷淋系统和换气系统,所述传送装置与称重系统连接,所述测温装置设置在传送带末端的上方,所述喷淋装置设置在传送装置的上方朝向传送带喷淋,所述回转窑热脱附处理后的污染土壤进入降温系统传送装置。

6. 根据权利要求2所述的一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,其特征在于,所述尾气处理装置包括依次连接的急冷塔、布袋除尘器、活性炭吸附器,所述活性炭吸附器与排气的烟囱连通。

7. 根据权利要求1所述的一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,其特征在于,在步骤(2)中,所述小粒径的污染土壤为粒径小于30mm的污染土壤,所述大粒径为粒径大于30mm的污染土壤。

8. 根据权利要求1所述的一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,其特征在于,在步骤(3)中,所述高效预处理系统中预加热的温度为800-1000℃。

9. 根据权利要求1所述的一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,其特征在于,所述回转窑热脱附系统内加热的温度为1000℃。

## 一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及土壤修复技术领域,特别涉及一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,用于有机污染土壤异位热脱附修复领域。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着经济结构、产业结构及城市规划的调整,化工厂等城市污染企业逐步关闭或迁出城区,从而在城市内遗留下大量有机污染场地。对此类场地再开发利用前的修复往往时间紧、任务重,因此不易采用修复时间较长的原位修复技术,需要快速、高效、彻底的异位修复技术。

[0003] 热脱附技术是指采用直接或间接热交换的方式,将有机污染物加热到足够高的温度,使其蒸发并从受污染介质中分离出来,进而通过尾气处理系统彻底去除,实现尾气达标排放。基于污染物处理范围广、设备可移动、处理速率高、修复后土壤可再利用等优点,热脱附技术已经广泛应用于有机污染土壤的修复。根据EPA公布的资料来看,1982年至2014年期间,在571个异位土壤修复项目中,有13.5%(77个)的项目采用了异位热脱附技术。在我国,土壤异位热脱附技术的应用也已初具规模。

[0004] 影响土壤热脱附效率的关键因素有热脱附设备系统参数(系统温度、停留时间等)、土壤特性(土壤含水率、土壤粒径、土壤渗透性等)、污染物特性等方面。目前,国内外对于热脱附技术的探索规模多为中小试设备。我国在用热脱附技术与装备普遍存在修复能力不足、能效水平低、热能回收利用不充分、二次污染等问题。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术存在的不足,本发明的目的在于提供一种有机污染土壤节能高效热脱附修复的系统及方法。

[0006] 为了实现上述发明目的,本发明采用的技术方案如下:

[0007] 一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 取样:将有机污染土壤清挖后置于密闭充气的预处理车间中备用;

[0009] (2) 破碎筛分:取步骤(1)中的污染土壤置于修复装置中的土壤破碎筛分系统进行破碎,筛分出小粒径的污染土壤进入上料系统,筛分出的大粒径污染土壤回收至土壤破碎筛分系统重新破碎筛分;

[0010] (3) 预处理:污染土壤进入上料系统中称重后传送至高效预处理系统内,进行混匀、干燥、预加热,部分有机物挥发出来后与土壤一起进入回转窑热脱附系统;

[0011] (4) 土壤清洁:污染土壤在回转窑热脱附系统内加热,有机污染物从土壤中脱附出来后得到清洁土壤和尾气,清洁土壤进入降温系统降温后从出料系统中送出;

[0012] (5) 尾气清洁:尾气先是进入旋风除尘器进行初步除尘后,进入高温氧化系统进行高温氧化得到清洁尾气,再将一部分清洁尾气是送至高效预处理系统,剩余部分进行除尘、过滤后排出。

[0013] 进一步地,所述修复装置包括依次连接的土壤破碎筛分系统、上料系统、高效预处理系统、回转窑热脱附系统、降温系统和出料系统,所述回转窑热脱附系统的出气口还依次连接有旋风除尘器、尾气高温氧化系统,所述尾气高温氧化系统分别连通高效预处理系统和尾气处理装置。

[0014] 进一步地,所述高效预处理系统包括筒体、进料口、保温层、风管、搅拌器、传送带和出料口,所述筒体轴线与呈水平设置,所述进料口与上料系统连接,所述出料口设置在传送带末端的下方,所述保温层铺设于筒体内壁,所述传送水平设置于筒体内中下部,所述风管置于传送带上方,所述搅拌器设置在传送带的上方。

[0015] 进一步地,所述风管设有若干个间隔的点位,每个点位开设两个开孔,两个开孔的夹角为90度,所述搅拌器包括两套搅拌头和转杆,每套搅拌头固定有4个不锈钢搅拌刀片,搅拌头与转杆连接。

[0016] 进一步地,所述降温系统包括传送装置、称重系统、测温装置、喷淋系统和换气系统,所述传送装置与称重系统连接,所述测温装置设置在传送带末端的上方,所述喷淋装置设置在传送装置的上方朝向传送带喷淋,所述回转窑热脱附处理后的污染土壤进入降温系统传送装置。

[0017] 进一步地,所述尾气处理装置包括依次连接的急冷塔、布袋除尘器、活性炭吸附器,所述活性炭吸附器与排气的烟囱连通。

[0018] 进一步地,在步骤(2)中,所述小粒径的污染土壤为粒径小于30mm的污染土壤,所述大粒径为粒径大于30mm的污染土壤。

[0019] 进一步地,在步骤(3)中,所述高效预处理系统中预加热的温度为800-1000℃。

[0020] 进一步地,所述回转窑热脱附系统内加热的温度为1000℃。

[0021] 在上述有机污染土壤节能高效热脱附修复的方法中,有机污染土壤清挖后运送至密闭充气大棚预处理车间暂存,由挖机将暂存污染土壤转移至土壤破碎筛分系统,利用土壤破碎构件、筛分构件将大块污染土壤逐级破碎并筛分,利用传送构件将粒径大于30mm的污染土壤重新运送至土壤破碎筛分系统进口,对于大块碎石等难以破碎的杂物由传送构件运至杂物暂存区进行后续处理。破碎筛分处理后的污染土壤进入上料系统进行称重并输送至高效预处理系统。该高效预处理系统为间接加热,热源来自尾气高温氧化系统,尾气高温氧化系统出口温度最高可达1000℃左右,巨有可观的热源回收利用价值,利用引风机A将高温洁净烟气引入高效预处理系统风管,风管间隔开孔,每个点位开设两个孔,夹角为90度,能够保证筒内污染土壤充分、均匀受热,同时配合搅拌头对传送带上的污染土壤进一步连续破碎、搅拌,筒体内侧保温层能够减少系统内部能量散失,污染土壤经高温加热、破碎搅拌后含水量可降低5%~10%,出口污染土壤温度在100℃左右,经过高效预处理系统处理后污染土壤能够大大提高修复体系的热能利用,为后续回转窑热脱附体系节约大量能源,减少处理时间,提高有机污染土壤中污染物去除效率。高效预处理系统产生的尾气在引风机A和引风机B制造的负压环境进入回转窑热脱附系统,污染土壤由系统出料口进入回转窑热脱附系统,利用窑内直接加热使吸附在土壤颗粒中的有机污染物转移至尾气中,部分有机污染物在该系统中可被直接分解,剩余难分解有机污染物将随烟气进入后续处理装置,处理后的洁净土壤由出料口进入降温系统,高效预处理系统的高温尾气和低土壤含水率有利于节约回转窑热脱附系统燃烧所需燃料。回转窑热脱附系统产生的尾气首先进入旋风除

尘器去除粉尘,然后进入高温氧化系统,系统内的二燃室燃烧器和燃烧风机通过对二燃室内加热至1000℃左右,使尾气中的有机污染物充分分解为水、二氧化碳等无毒物质,净化后的尾气进入急冷塔进行快速降温,然后进入布袋除尘器进一步除尘,最后配合活性炭吸附器去除杂质,并通过烟囱安全排放。同时,进入降温系统的洁净土壤经称重系统分批运输,根据测温装置结果智能控制喷淋系统进行降温,处理完成后运送至土壤待检场暂存。

[0022] 综上所述,由于采用了上述技术方案,本发明的有益效果是:

[0023] 1、热能二次利用效率高。本发明采用将二燃室洁净尾气直接引入高效预处理系统内,相比较热交换器热能利用更直接,能量损失更少,最大程度的利用系统预热,对土壤进行预干燥及预加热,减少后续回转窑热脱附系统耗能,提高热脱附效率。

[0024] 2、修复能力高。本发明相比于传统异位热脱附系统增加了高效预处理系统,有机污染土壤在该系统内可以进行预加热、预干燥及二次破碎,二燃室高温尾气可以将土壤加热至100℃左右,并且可使部分低沸点有机污染物、水分蒸发,高效预处理系统内的搅拌刀可对干燥后的土壤进行二次破碎,使土壤颗粒更小,经高效预处理后,为回转窑热脱附系统降低了污染物浓度、减少了水分蒸发耗能,同时高效预处理系统内高温尾气进入回转窑后有利于窑内保温,大大提高了热脱附处理效率,因此处理量较同类系统明显提高。

[0025] 3、无二次污染。系统各可能产生污染尾气的装置均为密闭结构,含有有机污染物的污染尾气在二燃室高温下能够彻底分解,经后续降温除尘操作后达标排入大气,有效的避免了大气二次污染。体系过程无废水排放,因此无水体二次污染。

## 附图说明

[0026] 图1为一种有机污染土壤节能高效热脱附修复装置示意图,其中,实线代表固相流,虚线代表气相流;

[0027] 图2为高效预处理系统结构示意图;

[0028] 图3为高效预处理系统结构剖面示意图。

[0029] 附图中,1-土壤破碎筛分系统,2-上料系统,3-引风机A,4-高效预处理系统,5-回转窑热脱附系统,6-降温系统,7-出料系统,8-旋风除尘器,9-尾气高温氧化系统,10-引风机B,11-急冷塔,12-布袋除尘器,13-活性炭吸附器,14-烟囱,4-1-筒体,4-2-保温层,4-3-进料口,4-4-风管,4-5-风管支撑角钢,4-6-搅拌器,4-7-传送带,4-8-出料口,4-6-1-搅拌刀片,4-6-2-转杆。

## 具体实施方式

[0030] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下举出优选实施例,对本发明进一步详细说明。然而,需要说明的是,说明书中列出的许多细节仅仅是为了使读者对本发明的一个或多个方面有一个透彻的理解,即便没有这些特定的细节也可以实现本发明的这些方面。

[0031] 一种有机污染土壤节能高效热脱附修复方法,包括以下步骤:

[0032] (1) 有机污染土壤清挖后运送至密闭充气大棚预处理车间暂存。

[0033] (2) 由挖机将暂存污染土壤运送至土壤破碎筛分系统进行破碎、筛分,粒径小于30mm的污染土壤随后进入上料系统,粒径大于30mm的污染土壤由传送构件运至土壤破碎筛

分系统进口重新处置。

[0034] (3) 污染土壤在上料系统内利用称重装置称重,并分批传送至高效预处理系统进料口。

[0035] (4) 污染土壤在高效预处理系统内进行进一步混匀、干燥、预加热,预加热的温度为800-1000℃,部分低沸点有机污染物从土壤颗粒内部或表面挥发,随筒内尾气进入回转窑热脱附系统,预处理后的土壤由出料口进入回转窑热脱附系统。

[0036] (5) 有机污染物在回转窑热脱附系统内充分从土壤中挥发出来,回转窑热脱附系统内加热的温度为1000℃,达到彻底去除污染物的目的,洁净土壤进入降温系统进行降温处置,随后进入出料系统运送至清洁土壤待检区。

[0037] (6) 回转窑热脱附系统的尾气首先进入旋风除尘器进行初步除尘,随后进入为其高温氧化系统,利用二燃室高温将有机污染物分解为水、二氧化碳等无毒物质,部分处理后的洁净尾气由引风机A输送至高效预处理系统,剩余尾气由引风机B输送至布袋除尘器进一步除尘,最后经活性炭吸附器过滤,达标后由烟囱排出。

[0038] 实施上述修复方法的节能高效热脱附修复系统,包括土壤破碎筛分系统 1、上料系统2、引风机A 3、高效预处理系统4、回转窑热脱附系统5、降温系统6、出料系统7、旋风除尘器8、尾气高温氧化系统9、引风机B10、急冷塔11、布袋除尘器12、活性炭吸附器13、烟囱14;其特征在于,高效预处理系统4出口与回转窑热脱附系统5入口相连通,回转窑热脱附系统5烟气出口与旋风除尘器8入口连通,回转窑热脱附系统5土壤出口与降温系统6 入口相连,降温系统6出口与出料系统7入口相连通,回转窑热脱附系统5 烟气出口与尾气高温氧化系统入口相连通,尾气高温氧化系统9出口分别与引风机A 3和引风机B10连通,引风机A3出口与高效预处理系统4进气口连通,引风机B10出口与急冷塔11进口连通,急冷塔11出口与布袋除尘器 12进口连通,布袋除尘器12出口与活性炭吸附器13进口连通,活性炭吸附器13出口与烟囱14进口连通。

[0039] 其中土壤破碎筛分系统包括,土壤破碎构件、筛分构件和传送构件,所述土壤破碎构件将污染土壤破碎后通过筛分构件进行筛分,所述传送构件将粒径大于25mm的污染土壤重新送回土壤破碎构件进行再次破碎;上料系统包括称重装置和传输装置,所述土壤破碎筛分系统处理的污染土壤进入上料系统后,由称重装置判断并控制污染土壤传输量,并通过传输装置输送;高效预处理系统包括筒体、进料口、保温层、风管、搅拌器、传送带和出料口,为确保高效预处理系统的稳定运行,筒体及传送带轴线与地面呈0度夹角,所述进料口可与上料系统连接,所述保温层铺设于筒体内壁,所述风管置于传送带上方,风管间隔设置若干个点位,每个点位开设两个孔,夹角为90度,所述搅拌器包括两套搅拌头和转杆,每套搅拌头固定有4个不锈钢搅拌刀片,搅拌头与转杆连接,搅拌器置于风管下方,传送带上方,搅拌器在筒内匀速转动对土壤进行搅拌;尾气高温氧化系统包括燃烧风机、二燃室燃烧器和烟道,所述烟道为高温氧化后尾气出口;引风机A进气口与尾气高温氧化系统烟道出口连通,引风机A出口与高效预处理系统的风管连通,将部分高温尾气输送至高效预处理系统,实现对污染土壤的预加热、预干燥,并能使部分污染物挥发,提高处理效率;降温系统包括传送装置、称重系统、测温装置、喷淋系统和换气系统,所述回转窑热脱附处理后的污染土壤进入降温系统传送装置,根据土壤重量和测温装置对系统内温度的测定结果,启动喷淋系统对高温土壤降温,保证降温后土壤含水率不大于15%。

[0040] 工作原理：

[0041] 有机污染土壤清挖后运送至密闭充气大棚预处理车间暂存，由挖机将暂存污染土壤转移至土壤破碎筛分系统，利用土壤破碎构件、筛分构件将大块污染土壤逐级破碎并筛分，利用传送构件将粒径大于30mm的污染土壤重新传送至土壤破碎筛分系统进口，对于大块碎石等难以破碎的杂物由传送构件运至杂物暂存区进行后续处理。破碎筛分处理后的污染土壤进入上料系统进行称重并输送至高效预处理系统。该高效预处理系统为间接加热，热源来自尾气高温氧化系统，尾气高温氧化系统出口温度最高可达1000℃左右，巨有可观的热源回收利用价值，利用引风机A将高温洁净烟气引入高效预处理系统风管，风管间隔开孔，每个点位开设两个孔，夹角为90度，能够保证筒内污染土壤充分、均匀受热，同时配合搅拌头对传送带上的污染土壤进一步连续破碎、搅拌，筒体内侧保温层能够减少系统内部能量散失，污染土壤经高温加热、破碎搅拌后含水量可降低5%~10%，出口污染土壤温度在100℃左右，经过高效预处理系统处理后污染土壤能够大大提高修复体系的热能利用，为后续回转窑热脱附体系节约大量能源，减少处理时间，提高有机污染土壤中污染物去除效率。高效预处理系统产生的尾气在引风机A和引风机B制造的负压环境进入回转窑热脱附系统，污染土壤由系统出料口进入回转窑热脱附系统，利用窑内直接加热使吸附在土壤颗粒中的有机污染物转移至尾气中，部分有机污染物在该系统中可被直接分解，剩余难分解有机污染物将随烟气进入后续处理装置，处理后的洁净土壤由出料口进入降温系统，高效预处理系统的高温尾气和低土壤含水率有利于节约回转窑热脱附系统燃烧所需燃料。回转窑热脱附系统产生的尾气首先进入旋风除尘器去除粉尘，然后进入高温氧化系统，系统内的二燃室燃烧器和燃烧风机通过对二燃室内加热至1000℃左右，使尾气中的有机污染物充分分解为水、二氧化碳等无毒物质，净化后的尾气进入急冷塔进行快速降温，然后进入布袋除尘器进一步除尘，最后配合活性炭吸附器去除杂质，并通过烟囱安全排放。同时，进入降温系统的洁净土壤经称重系统分批运输，根据测温装置结果智能控制喷淋系统进行降温，处理完成后运送至土壤待检场暂存。

[0042] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，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，还可以作出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

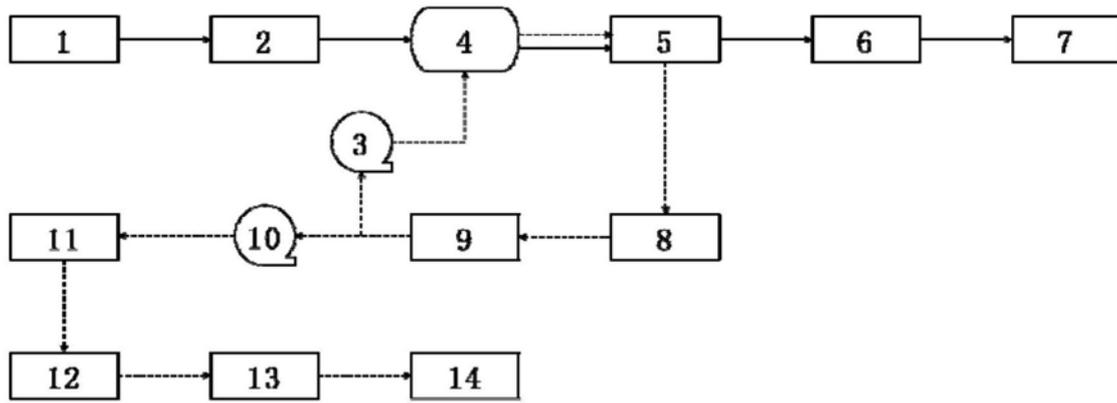


图1

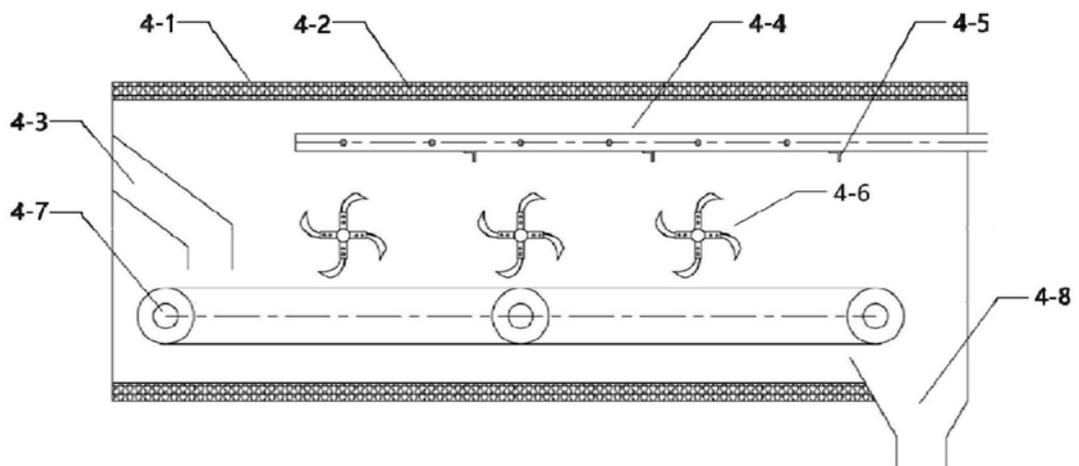


图2

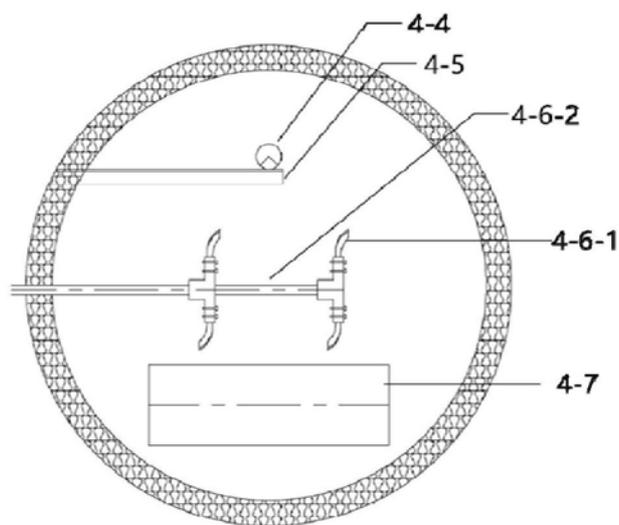


图3