



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112058889 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 19

(21) 申请号 202010681923.3

B02C 21/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.07.15

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 110270588 A, 2019.09.24

申请公布号 CN 112058889 A

CN 104998897 A, 2015.10.28

(43) 申请公布日 2020.12.11

CN 109365512 A, 2019.02.22

(73) 专利权人 北京建工环境修复股份有限公司

CN 206838757 U, 2018.01.05

地址 100015 北京市朝阳区京顺东街6号院

CN 109647871 A, 2019.04.19

16号楼3层301

CN 104588404 A, 2015.05.06

CN 106944466 A, 2017.07.14

(72) 发明人 卜凡阳 王文峰 邢轶兰 赵朋

审查员 朱静

刘鹏 李书鹏 顾群 吕静

(74) 专利代理机构 北京中建联合知识产权代理

事务所(普通合伙) 11004

代理人 晁璐松

(51) Int. Cl.

B09C 1/02 (2006.01)

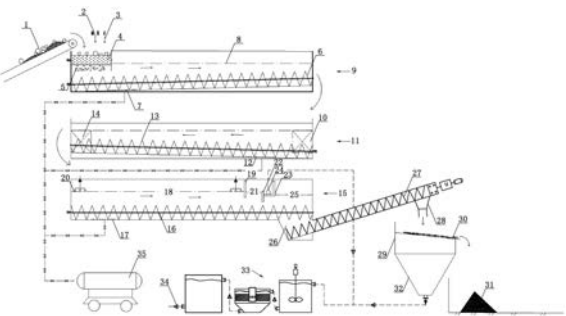
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统及方法

(57) 摘要

用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统及方法,该系统依次包括污染土壤上料单元、预处理破碎单元、微气泡夹带清洗单元、出料脱水单元、污水处理单元以及仪表及电气控制单元。其中微气泡夹带清洗单元依次包括第一清洗段和第三清洗段;第一清洗段包括贯穿这个第一清洗段的①号螺旋擦洗机、位于第一清洗段前端的①号微气泡群发生装置以及位于第一清洗段末端的①号污染土壤周转窗口;第三清洗段包括贯穿这个第三清洗段的③号螺旋擦洗机、位于第三清洗段前端的③号微气泡群发生装置,第三清洗段的末端设有物料出料口、连通至出料脱水单元。本发明提高了土壤修复工作效率,降低了土壤修复施工及运行成本。可广泛应用与污染土壤的清洗处理。



1. 一种用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统,依次包括污染土壤上料单元、预处理破碎单元、微气泡夹带清洗单元、出料脱水单元、污水处理单元以及仪表及电气控制单元,其特征在于:

所述微气泡夹带清洗单元依次包括第一清洗段(9)和第三清洗段(15);

所述第一清洗段(9)包括贯穿这个第一清洗段的①号螺旋擦洗机(6)、位于第一清洗段前端的①号微气泡群发生装置(7)以及位于第一清洗段末端的①号污染土壤周转窗口(10);

所述第三清洗段(15)包括贯穿这个第三清洗段的③号螺旋擦洗机(16)、位于第三清洗段前端的③号微气泡群发生装置(17),第三清洗段(15)的末端设有物料出料口、连通至出料脱水单元;

所述第一清洗段(9)与第三清洗段(15)之间还串联有至少一个第二清洗段(11);

所述第二清洗段(11)包括贯穿这个第二清洗段的②号螺旋擦洗机(13)、位于第二清洗段前端的②号微气泡群发生装置(12)以及位于第二清洗段末端的周转窗口;

所述周转窗口包括相邻第二清洗段(11)之间物料周转用窗口以及最后一个第二清洗段(11)与第三清洗段(15)之间物料周转用②号污染土壤周转窗口(14);

所述微气泡夹带清洗单元中的各个清洗段依次首尾连通且平行集成于多段隔板式U型清洗槽(39)内,所述多段隔板式U型清洗槽(39)为敞口是箱体结构,通过隔板分隔成多个U形槽体,每个U形槽体对应设置一段清洗段。

2. 根据权利要求1所述的用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统,其特征在于: 所述第三清洗段(15)中、③号螺旋擦洗机(16)上方、沿着物料流转方向依次设置有浮动集油器(20)、挡油板(19)、污水溢流堰(22)、污水排水口(24)以及挡水板(23);其中挡油板(19)前方是含油层液位(18),挡油板(19)与污水溢流堰(22)之间为污水液面(21),挡水板(23)后方为后端污水液位(25)。

3. 根据权利要求2所述的用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统,其特征在于:

所述浮动集油器(20)配置两套,分别设置于第三清洗段(15)的前端和挡油板(19)的前端。

4. 根据权利要求3所述的用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统,其特征在于:

所述②号污染土壤周转窗口(14)的上端为下凹型流水堰、其位置低于清洗液位(8);所述第一清洗段与第二清洗段以及相邻的第二清洗段之间的隔板低于清洗液位(8),最后一个第二清洗段(11)与第三清洗段(15)与多段隔板式U型清洗槽(39)的箱体侧板平齐。

5. 根据权利要求4所述的用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统,其特征在于:

所述第一清洗段(9)和第二清洗段(11)的U形槽体均沿物料流转方向成15%的上倾角,其内部的①号螺旋擦洗机(6)和②号螺旋擦洗机(13)也随着U形槽体倾斜设置;

第三清洗段(15)的U形槽体底部和③号螺旋擦洗机(16)呈水平设置。

6. 根据权利要求4或5所述的用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统,其特征在于:

所述出料脱水单元包括清洗后土壤出料槽(26)、贯通设置在清洗后土壤出料槽(26)内的出料脱水螺旋(27)、设置于清洗后土壤出料槽(26)末端的清洁土壤下料口(28)以及对应设置在清洁土壤下料口(28)下方的高频振动脱水筛(29)。

7. 根据权利要求6所述的用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统,其特征

在于:
所述清洗后土壤出料槽(26)设置于第三清洗段后端,呈下凹U形槽结构,且沿物料流转方向设计呈30°的上倾角。

8. 一种如权利要求7所述的用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统的使用方法,依次包括四个阶段:

第一阶段,污染土壤预处理,污染土壤依次经过上料单元、预处理破碎单元进行预先处理阶段,具体如下:

污染土壤(1)经皮带输送机输送到物料粉碎机(4),在物料破碎的同时,通过液体输送管线按照设计的比例分别投入清洗剂(2)和清洗水(3);

第二阶段,污染土壤螺旋擦洗和微气泡夹带清洗,经过预处理的粉碎后物料(5)在微气泡夹带清洗单元中经过三段式清洗,发生混合、摩擦清洗、微气泡夹带清洗、油水分离以及土水分离的阶段,具体如下:

粉碎后物料(5)落入①号螺旋擦洗机(6)前端,在螺旋推送搅拌作用和清洗液的浸泡双重作用下对小粒径的土块进一步进行破碎至泥浆状态,破碎后的土壤在①号螺旋擦洗机(6)螺旋推送下向前移动,在途径①号微气泡群发生装置7时经螺旋擦洗从污染土壤中剥离的石油烃污染物被微米级的气泡群通过气-水、气-固界面的引力差作用夹带后陆续上浮至清洗液表层,土壤颗粒则在重力作用下维持在清洗槽底部在①号螺旋擦洗机的推动作用下继续前进经由①号污染土壤周转窗口(10)进入第二清洗段(11);

粉碎后物料(5)在第二清洗段(11)中完成与第一清洗段同样清洗操作后,经②号污染土壤周转窗口(14)进入到第三清洗段(15);

此时,前两个清洗段产生的大量浮油经由②号污染土壤周转窗口(14)上端下凹型流水堰流入第三清洗段(15),并被安装于前端的浮动集油器(20)快速收集;

粉碎后物料(5)经过前两个阶段的清洗后在第三清洗段(15)中再次被清洗,其产生的少量浮油被安置于后半段的浮动集油器(20)收集;

第三阶段,污染土壤脱水,污染土壤继续经过出料脱水单元进行脱水处理阶段,具体如下:

清洗后的污染土壤在土壤出料槽(26)中沉淀并初步浓缩后经由出料脱水螺旋(27)提取出料,并完成物料的初步脱水,出料脱水螺旋(27)初步脱水后的清洁土壤(30)经清洁土壤下料口(28)落到后接的高频振动脱水筛(29)上,再经过高频振动脱水筛(29)二次脱水;

第四阶段,污水处理及回用,脱水后的泥水经过污水处理单元进行处理回收的阶段:

脱水后的泥水落入泥水收集罐(32),泥水经管道连同污水排放口(24)排出的污水接到污水处理站(33),经过混凝沉淀和石英砂过滤处理后完成清洗回用,回用中水(34)作为补充清洗水回收利用。

9. 根据权利要求8所述的使用方法,其特征在于:

第二阶段中,物料在每一清洗段的停留时间维持在15-30min;

所述①号微气泡群发生装置(7)、②号微气泡群发生装置(12)、③号微气泡群发生装置(17)持续产生微米级细小气泡,气泡直径在10-60 μm 之间,其中30 μm 以下的气泡的表面负荷为-40mV。

10.根据权利要求8所述的使用方法,其特征在于:

第三阶段中清洗后的污染土壤在初步脱水后土壤含水率在45%以下;二次脱水后的脱水后清洁土壤(31)含水率在25%以下。

用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及土壤修复技术领域,特别是一种用于石油烃类有机污染土壤的清洗系统及其使用方法。

背景技术

[0002] 土壤淋洗技术是土壤修复中的一种重要修复技术。土壤淋洗可去除吸附于土壤颗粒表面及内部的污染物。

[0003] 在土壤修复领域中,通常对土壤粒径进行分级,具体分级如下:巨砾粒径 $>256\text{mm}$;中砾粒径: $64\sim 256\text{mm}$;细砾粒径: $2\sim 64\text{mm}$;砂: $1/16\sim 2\text{mm}$;粉土粒径: $1/516\sim 1/16\text{mm}$;黏土粒径:小于 $1/512\text{mm}$ 。

[0004] 土壤淋洗属于原地异位修复技术,该技术利用清水(通常添加一些化学药剂)或溶剂去除清挖土壤中的污染物。清水在淋洗过程中主要发挥两个作用:1、将土壤中的粗颗粒与细颗粒进行分离;2、从土壤颗粒表面去除污染物。

[0005] 美国环保局(1989a)报告了利用4种土壤淋洗系统对粗颗粒土壤进行冲洗的污染物去除率,其中矿化油去除率达到98%,芳香烃去除率在81%~99.8%之间,多环芳烃去除率达到95%,原油去除率达到97%,烃类去除率达到96%,氯化烃和苯酚去除率达到100%。

[0006] Exner(1995)提出土壤淋洗可将粗颗粒中的挥发性物质去除90%~99%,半挥发性物质去除80%~95%。

[0007] 土壤细颗粒的孔隙比表面积较大,污染物倾向于吸附于土壤细颗粒,因此土壤细颗粒难以清洗,尤其是在利用清水而不是非水溶剂对有机污染物进行淋洗时。

[0008] Andsen(1993)提出,粒径小于 $63\mu\text{m}$ 的土壤颗粒倾向于松散地附着在较粗颗粒上,以水为淋洗剂时,可利用研磨机等装置破坏颗粒间的物理吸附力,以实现砾石、砂土和细颗粒的分离。此时污染物主要存在于细颗粒。分离出已清洗的粗颗粒可降低后续必须进行进一步处理或处置的土壤体积。

[0009] 基于土壤淋洗技术的基本原理,一般情况下,50%粒径大于 $63\mu\text{m}$ 且有机质质量分数低于20%的砂质土壤适宜使用土壤淋洗技术。高黏土和粉土不宜采用土壤淋洗技术。

[0010] 目前,我国国内已经对土壤淋洗技术进行了比较深入的研究和应用。

[0011] 中国专利文献CN104475441A公开了一种基于减量浓缩设计理念的土壤淋洗修复系统及其方法,该淋洗修复系统包括顺次相连的四大模块单元:进料筛分单元、多级清洗单元、污泥脱水单元以及尾端的污水处理回用单元。通过淋洗将粗颗粒表面的污染物洗脱、转移至压滤后的泥饼中,可实现污染土壤中含污细粒与砾石、砂砾等粗颗粒的有效分离。

[0012] 中国专利文献CN110340124A公开了一种污染土壤修复治理系统,通过对污染土壤的振动筛选的物理方法处理,以使污染土壤碎块化,保证后续淋洗充分,滚筒淋洗机向污染土壤中施加淋洗液,使其滚动混合污染土壤,与现有渗透方式相比,不仅与其中的污染物相互作用充分,而且效率高;通过淋洗液使污染物转移入淋洗液中,然后再把包含有污染物的液体从土壤介质中抽提出来,进行固液分离,以便旋流分离污水中较重的沙土或重金属等,

不含重质污染物的土壤混合进行絮凝沉砂后获取污泥,经脱水干燥和稳定化处理得到稳定化处理土壤。

[0013] 中国专利文献CN110961449A提供了一种土壤淋洗系统及土壤淋洗方法。装备主要由防渗隔板、喷淋组件和导流管;防渗隔板被配置为待修复土壤的分格组件,将待修复土壤分成至少两个分格区;喷淋组件设置于待修复土壤上方;导流管上设置有至少两个渗流孔,导流管设置于待修复土壤底部,导流管相对地面倾斜设置。该土壤淋洗系统能够有效防止土壤交叉污染,提高淋洗均匀性和淋洗效率,淋洗时间短。

[0014] 中国专利文献CN207119627U公开了一种用于油田钻井含油土壤的简易淋洗装置。设备主要由喷淋管、喷淋泵、配液箱和集液箱,喷淋管固定设置在振动筛箱体上,喷淋管上开有喷淋孔,喷淋孔的开设方向朝向振动筛筛布,喷淋泵固定设置在喷淋管上,喷淋泵进液端通过排液管与配液箱连接,出液端通过排液管与喷淋管连接;集液箱设置在振动筛下部,集液箱内设置有污水泵,污水泵通过过滤装置连接到喷淋泵出液端的排液管上形成过滤水循环管路。采用螺旋传输器将受污染土壤传输进入振动筛筛布,使土壤与淋洗液混合后,通过振动使固相进入固相接收罐,液相进入振动筛下部集液箱,集液箱内安装污水泵将液体泵入核桃壳过滤装置(上设压力表,监测工作压力),过滤水进入淋洗液配液箱配液循环使用。

[0015] 专利CN104475441A和CN110340124A均基于减量浓缩理念,其中基于CN104475441A专利已经研发出了成套设备,在国内几个大型修复项目中已经得到成功应用。但是以上两个专利多为矿山选矿分选工艺演化而来,具有工艺路线长、土壤需要分级清洗、设备构造复杂、占地面积大、操作难度高等特点;专利CN110961449A基于静态喷淋淋滤的设计理念,采用分格处理避免了清洗过程的混合交叉污染,但静态喷淋效率低,不适用于吸附能力强、透水性的土壤;专利CN207119627U公开了一种含油土壤的振动清洗工艺,但该工艺存在清洗过程土水分离难度高,尤其不适用于粘性达、粒径低的黏性土壤,高含泥量的污水增加了后端的污水处理装备的处理难度,且仅凭振动过程喷淋清洗难以将含油量降低到理想的浓度水平。

[0016] 目前修复行业土壤清洗工艺多为矿山选矿工艺演化而来,工艺清洗效果较佳,但也存在工艺路线长、土壤需要分级清洗、设备构造复杂、占地面积大、操作难度高等问题。少数设备开展了模块化设计,但因其工艺单元多,仍然不能满足场地的快速布置,对场地条件要求较高。虽然少数发明对其工艺进行了简化和革新,但大多还是在原有成套工艺某一单元的基础上进行创新,设备工艺简化了,但修复效果却难以保证。另外,目前的土壤淋洗工艺多适用于重金属、多环芳烃等污染物的清洗处理,对于石油烃类有机污染土壤的清洗工艺却鲜有报道。

发明内容

[0017] 本发明的目的是提供一种用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统及方法,要解决现有设备构造复杂、占地面积大的技术问题;并解决现场施工、布置效率低的问题。

[0018] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0019] 一种用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统,依次包括污染土壤上料

单元、预处理破碎单元、微气泡夹带清洗单元、出料脱水单元、污水处理单元以及仪表及电气控制单元。

[0020] 所述微气泡夹带清洗单元依次包括第一清洗段和第三清洗段；所述第一清洗段包括贯穿这个第一清洗段的①号螺旋擦洗机、位于第一清洗段前端的①号微气泡群发生装置以及位于第一清洗段末端的①号污染土壤周转窗口；所述第三清洗段包括贯穿这个第三清洗段的③号螺旋擦洗机、位于第三清洗段前端的③号微气泡群发生装置，第三清洗段的末端设有物料出料口、连通至出料脱水单元。

[0021] 所述第三清洗段中、③号螺旋擦洗机上方、沿着物料流转方向依次设置有浮动集油器、挡油板、污水溢流堰、污水排水口以及挡水板，其中挡油板前方是含油层液位，挡油板与污水溢流堰之间为污水液面，挡水板后方为后端污水液位。

[0022] 所述浮动集油器配置两套，分别设置于第三清洗段的前端和挡油板的前端。

[0023] 所述第一清洗段与第三清洗段之间还串联有至少一个第二清洗段；所述第二清洗段包括贯穿这个第二清洗段的②号螺旋擦洗机、位于第二清洗段前端的②号微气泡群发生装置以及位于第二清洗段末端的周转窗口；所述周转窗口包括相邻第二清洗段之间物料周转用窗口以及最后一个第二清洗段与第三清洗段之间物料周转用②号污染土壤周转窗口。

[0024] 所述微气泡夹带清洗单元中的各个清洗段依次首尾连通且平行集成于多段隔板式U型清洗槽内，所述多段隔板式U型清洗槽为敞口是箱体结构，通过隔板分隔成多个U形槽体，每个U形槽体对应设置一段清洗段。

[0025] 所述②号污染土壤周转窗口的上端为下凹型流水堰、其位置低于清洗液位；所述第一清洗段与第二清洗段以及相邻的第二清洗段之间的隔板低于清洗液位，最后一个第二清洗段与第三清洗段与多段隔板式U型清洗槽的箱体侧板平齐。

[0026] 所述第一清洗段和第二清洗段的U形槽体均沿物料流转方向成15%的上倾角，其内部的①号螺旋擦洗机和②号螺旋擦洗机也随着U形槽体倾斜设置；第三清洗段的U形槽体底部和③号螺旋擦洗机呈水平设置。

[0027] 所述出料脱水单元包括清洗后土壤出料槽、贯通设置在清洗后土壤出料槽内的出料脱水螺旋、设置于清洗后土壤出料槽末端的清洁土壤下料口以及对应设置在清洁土壤下料口下方的高频振动脱水筛；所述清洗后土壤出料槽设置于第三清洗段后端，呈下凹U形槽结构，且沿物料流转方向设计呈30°的上倾角。

[0028] 一种用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统的使用方法，依次包括四个阶段：

[0029] 第一阶段，污染土壤预处理，污染土壤依次经过上料单元、预处理破碎单元进行预先处理阶段，具体如下：

[0030] 污染土壤经皮带输送机输送到物料粉碎机，在物料破碎的同时，通过液体输送管线按照设计的比例分别投入清洗剂和清洗水。

[0031] 第二阶段，污染土壤螺旋擦洗和微气泡夹带清洗，经过预处理的粉碎后物料在微气泡夹带清洗单元中经过三段式清洗，发生混合、摩擦清洗、微气泡夹带清洗、油水分离以及土水分离的阶段，具体如下：

[0032] 粉碎后物料落入①号螺旋擦洗机前端，在螺旋推送搅拌作用和清洗液的浸泡双重作用下对小粒径的土块进一步进行破碎至泥浆状态，破碎后的土壤在①号螺旋擦洗机螺旋

推送下向前移动,在途径①号微气泡群发生装置时经螺旋擦洗从污染土壤中剥离的石油烃等污染物被微米级的气泡群通过气-水、气-固界面的引力差作用夹带后陆续上浮至清洗液表层,土壤颗粒则在重力作用下维持在清洗槽底部在①号螺旋擦洗机的推动作用下继续前进经由①号污染土壤周转窗口进入第二清洗段。

[0033] 粉碎后物料在第二清洗段中完成与第一清洗段同样清洗操作后,经②号污染土壤周转窗口进入到第三清洗段。

[0034] 此时,前两个清洗段产生的大量浮油经由②号污染土壤周转窗口上端下凹型流水堰流入第三清洗段,并被安装于前端的浮动集油器快速收集。

[0035] 粉碎后物料经过前两个阶段的清洗后在第三清洗段中再次被清洗,其产生的少量浮油被安置于后半段的浮动集油器收集。

[0036] 第三阶段,污染土壤脱水,污染土壤继续经过出料脱水单元进行脱水处理阶段,具体如下:

[0037] 清洗后的污染土壤在土壤出料槽中沉淀并初步浓缩后经由出料脱水螺旋提取出料,并完成物料的初步脱水,出料脱水螺旋初步脱水后的清洁土壤经清洁土壤下料口落到后接的高频振动脱水筛上,再经过高频振动脱水筛二次脱水。

[0038] 第四阶段,污水处理及回用,脱水后的泥水经过污水处理单元进行处理回收的阶段:

[0039] 脱水后的泥水落入泥水收集罐,泥水经管道连同污水排放口排出的污水接到污水处理站,经过混凝沉淀和石英砂过滤处理后完成清洗回用,回用中水作为补充清洗水回收利用。

[0040] 第二阶段中,物料在每一清洗段的停留时间维持在15-30min。

[0041] 所述①号微气泡群发生装置、②号微气泡群发生装置、③号微气泡群发生装置持续产生微米级细小气泡,气泡直径在10-60 μm 之间,其中30 μm 以下的气泡的表面负荷为-40mV。

[0042] 第三阶段中清洗后的污染土壤在初步脱水后土壤含水率在45%以下;二次脱水后的脱水后清洁土壤含水率在25%以下。

[0043] 与现有技术相比本发明具有以下特点和有益效果:

[0044] 针对上述问题,本发明公开了一种用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统及其使用方法。本发明采用了机械摩擦清洗+微气泡群夹带脱离的联合工艺单元作为核心装置,辅以污染土壤上料单元、预处理破碎单元、出料脱水单元、污水处理单元、仪表及电气控制单元等完成对含石油烃类有机污染土壤的清洗修复过程,解决了现有技术装备设备构造复杂,技术门槛高,单元衔接复杂等缺陷,而且整体系统采用了撬装式、模块化设计,可以快速移动和安装,提高了土壤修复工作效率,降低了安装及运行成本。

[0045] 用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统,依次包括污染土壤上料单元、预处理破碎单元、微气泡夹带清洗单元、出料脱水单元、污水处理单元以及仪表及电气控制单元。其中所述微气泡夹带清洗单元为针对石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统的核心单元,与现有的土壤淋洗技术相比,解决了现有技术工艺路线长、设备构造复杂、操作难度大、基建成本高等缺陷,尤其是针对石油烃类污染土壤无需进行分级清洗,除油率高,修复彻底,而且整个系统进行了撬装式设计,占地紧凑,可以快速布置和安装,提高

了土壤修复工作效率,降低了土壤修复施工及运行成本。

[0046] 与现有技术相比,本发明的积极效果如下:

[0047] 本发明解决了现有技术中设备构造复杂、处理工艺复杂、处理效果差等缺陷,而且整个系统进行了集成装配式设计,正常的运输车辆就可以运输,可以快速移动和安装,提高了土壤修复工作效率,降低了土壤修复施工及运行成本。

[0048] 经过实施验证,针对粉土类石油烃污染土壤,污染浓度在5000mg/kg的情况下,该套设备最大处理能力可达15m³/h,污染去除率高达95%以上,处理后土壤含油率在100-300mg/kg,效果明显。

[0049] 本发明可广泛应用与污染土壤的清洗处理,处理的污染物为挥发性及半挥发性有机物,包括但不限于烷烃、烯烃、苯系物、多环芳烃、脂类等,以及相关氯代衍生溶剂类化合物;主要应用场合包括但不限于:1、加油站污染土壤;2、退役工业污染场地有机类污染土壤;3、油田开采过程产生的高浓度含油钻屑及受其污染的土壤;4、环境突发事件中受石油烃污染的土壤等。

附图说明

[0050] 下面结合附图对本发明做进一步详细的说明。

[0051] 图1是本发明实施例一的结构示意图。

[0052] 图2是本发明实施例二的结构示意图。

[0053] 图3是本发明多段隔板式U型清洗槽的俯视结构示意图。

[0054] 图4是本发明多段隔板式U型清洗槽的三维结构示意图。

[0055] 附图标记:1-污染土壤、2-清洗剂、3-清洗水、4-物料粉碎机、5-粉碎后物料、6-①号螺旋擦洗机、7-①号微气泡群发生装置、8-清洗液位、9-第一清洗段、10-①号污染土壤周转窗口、11-第二清洗段、12-②号微气泡群发生装置、13-②号螺旋擦洗机、14-②号污染土壤周转窗口、15-第三清洗段、16-③号螺旋擦洗机、17-③号微气泡群发生装置、18-含油层液位、19-挡油板、20-浮动集油器、21-污水液面、22-污水溢流堰、23-挡水板、24-污水排水口、25-后端污水液位、26-清洗后土壤出料槽、27-出料脱水螺旋、28-清洁土壤下料口、29-高频振动脱水筛、30-清洁土壤、31-脱水后清洁土壤、32-泥水收集罐、33-配套污水处理站、34-回用中水、35-压缩空气泵;36-土壤改良剂添加、37-修复药剂添加、38-改良或修复药剂添加后的土壤、39-多段隔板式U型清洗槽、40-①号隔板、41-②号隔板。

具体实施方式

[0056] 实施例一参见图1所示,这种用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统,依次包括污染土壤上料单元、预处理破碎单元、微气泡夹带清洗单元、出料脱水单元、污水处理单元以及仪表及电气控制单元。

[0057] 所述污染土壤上料单元包括污染土壤1、清洗剂2、清洗水3和皮带运输机及相应液体输送管线,所述污染土壤1为受石油烃类有机污染物污染的土壤;所述清洗剂2主要用于污染土壤清洗过程中对有机污染物的增效洗脱,一般采用碳酸氢钠;所述清洗水3主要为市政自来水,也可为污水处理后回用的中水或者其他符合清洗标准的地表水和地下水等。

[0058] 所述预处理粉碎单元物料粉碎机4,本例中选用四轴式物料粉碎机,该粉碎机由开

口式料仓,破碎滚轴刀片组和下料网片组成,破碎效率高,适应性强,适用于污染土壤修复土块粒径大、建筑垃圾含量高等突出问题,可将进料破碎至粒径小于30mm的均匀下料。四轴式物料粉碎机通过底板、钢架等安装于微气泡夹带清洗单元的物料进口处。

[0059] 所述微气泡夹带清洗单元至少包括第一清洗段9和第三清洗段15,为了实现更好的清洗效果,还可以在所述第一清洗段9与第三清洗段15之间还串联有至少一个第二清洗段11,按照目前常规需求,为了保证修复的效果,至少需要两个清洗段,因为其停留时间基本差不多;另外由于该设备采取用的装配可车载式的常规设计,考虑便于运输及快速布置,所以至多设置三个清洗段。前两个主要为清洗,后面兼顾出油和出料,因此,本例中以三个清洗段为例,微气泡夹带清洗单元依次包括第一清洗段9、第二清洗段11和第三清洗段15。

[0060] 所述第一清洗段9包括贯穿这个第一清洗段的①号螺旋擦洗机6、位于第一清洗段前端的①号微气泡群发生装置7以及位于第一清洗段末端的①号污染土壤周转窗口10;其中①号螺旋擦洗机6前端与物料粉碎机4下料口相对,污染土壤经物料粉碎机4之后的粉碎后物料5落入①号螺旋擦洗机6前端,在螺旋推送搅拌作用和清洗液的浸泡双重作用下对小粒径的土块进一步进行破碎至泥浆状态,破碎后的土壤在①号螺旋擦洗机6螺旋推送下缓缓向前移动,在途径①号微气泡群发生装置7时经螺旋擦洗从污染土壤中剥离的石油烃等污染物被微米级的气泡群通过气-水、气-固界面的引力差作用夹带后陆续上浮至清洗液表层,土壤颗粒则在重力作用下维持在清洗槽底部在①号螺旋擦洗机的推动作用下继续前进经由①号污染土壤周转窗口10进入到下一清洗段。螺旋擦洗机的轴承及叶片均采用304不锈钢制成,具有较强的防腐和耐磨性。

[0061] 所述第二清洗段11包括贯穿这个第二清洗段的②号螺旋擦洗机13、位于第二清洗段前端的②号微气泡群发生装置12以及位于第二清洗段末端的②号污染土壤周转窗口14;整个清洗过程与第一清洗段9相同,污染土壤经二次清洗后通过②号污染土壤周转窗口14进入到下一清洗段。

[0062] 所述第三清洗段15包括贯穿这个第三清洗段的③号螺旋擦洗机16、位于第三清洗段前端的③号微气泡群发生装置17,第三清洗段15的末端设有物料出料口、连通至出料脱水单元;压缩空气泵35为三个清洗段微气泡群发生装置提供压缩空气。

[0063] 所述第三清洗段15中、③号螺旋擦洗机16上方、沿着物料流转方向依次设置有浮动集油器20、挡油板19、污水溢流堰22、污水排水口24以及挡水板23。其中挡油板19前方是含油层液位18,挡油板19与污水溢流堰22之间为污水液面21,挡水板23后方为后端污水液位25。

[0064] 所述浮动集油器20配置两套,分别设置于第三清洗段15的前端和挡油板19的前端,目的在于前两个清洗段产生的大量浮油可被快速收集,实现第一、二阶段清洗后土壤与浮油的快速分离,防止剥离的污染物再次吸附土壤上。

[0065] 污染土壤经过前两个阶段的清洗后在第三清洗段15中再次被清洗,其产生的少量浮油被安置于后半段的浮动集油器20收集。挡油板19主要用于油水分类,防止表层的含油层进入后续污水溢流堰22中,降低后续污水处理设施的处理负荷。油水分离后的污水液面21略低于含油层液位18。挡水板23安装于24污水排水孔的后端,主要作用为防止因排水水动力致使大量清洗后处于悬浊状态的土壤随水流溜走,增加后端污水处理段的处理难度和成本。也为清洗后土壤出料槽26中污染土壤的均匀沉降提供了一个相对稳定的水动力环

境。后端污水液位25略低于污水液位21。

[0066] 所述出料脱水单元包括清洗后土壤出料槽26、贯通设置在清洗后土壤出料槽26内的出料脱水螺旋27、设置于清洗后土壤出料槽26末端的清洁土壤下料口28以及对应设置在清洁土壤下料口28下方的高频振动脱水筛29。

[0067] 所述清洗后土壤出料槽26设置于第三清洗段后端，呈下凹U型槽设计，方便清洗后土壤顺利落入，便于出料脱水螺旋27的顺利出料，沿物料流转方向设计呈30°的上倾角，所述出料脱水螺旋27与清洗后土壤出料槽底部26相连接，可完成物料的第一阶段脱水，脱水后土壤含水率在45%以下，经过出料脱水螺旋27初步脱水后的清洁土壤30经清洁土壤下料口28落到后接的高频振动脱水筛29上。高频振动脱水筛29为两层筛网设计，筛网孔径分别为2mm和0.15mm两种规格，振动频率为25Hz。经过高频振动脱水筛29二次脱水后的脱水后清洁土壤31含水率在25%以下。

[0068] 所述污水处理单元包括泥水收集罐32以及配套污水处理站33。泥水收集罐32安装于高频振动脱水筛29下部，用于收集脱水后产生的泥水。泥水经管道连同污水排放口24排出的污水接到污水处理站33，经过混凝沉淀和石英砂过滤等简易处理后即可完成清洗回用。回用中水34可以作为补充清洗水与其他水源混合后资源化利用。

[0069] 参见图3、图4所示，所述微气泡夹带清洗单元中的第一清洗段9、第二清洗段11和第三清洗段15依次首尾连通、平行集成于多段隔板式U型清洗槽39内，所述多段隔板式U型清洗槽39为敞口是箱体结构，通过①号隔板40和②号隔板41分隔成三个U形槽体，本例中设置两个隔板，也可称为是多段隔板式U型清洗槽，其中第一清洗段9和第二清洗段11之间通过①号隔板40分隔，第二清洗段11和第三清洗段15之间通过②号隔板41分隔。

[0070] 所述②号污染土壤周转窗口14的上端为下凹型流水堰、其位置低于清洗液位8；所述①号隔板40低于清洗液位8，确保第一清洗段9中浮油不在第一期清洗段9中发生富集，可快速经第二清洗段11和第三清洗段15的②号污染土壤周转窗口14上端下凹型流水堰顺利进入第三清洗段15并由浮动集油器20快速收集至集油池中。

[0071] 所述②号隔板41与多段隔板式U型清洗槽42的箱体侧板平齐。

[0072] 所述第一清洗段9和第二清洗段11的U形槽体均沿物料流转方向成15%的上倾角，其内部的①号螺旋擦洗机6和②号螺旋擦洗机13也随着U形槽体倾斜设置，目的在于①号螺旋擦洗机6和②号螺旋擦洗机13在进行污染土壤物料螺旋推进中能确保物料能够顺利通过①号污染土壤周转窗口10和②号污染土壤周转窗口14进入下一螺旋推送段，倾角式设计可以确保两个螺旋推送段的物料周转处呈现约65cm的高差，便于物料的周转输送。多段隔板式U型清洗槽42整体采用碳钢材料制成，内衬做了防腐处理，以适用不同土质下的酸碱情况。第三清洗段15的U形槽体底部和③号螺旋擦洗机16呈水平设置，主要确保污染土壤顺利出料。

[0073] 所述①号螺旋擦洗机6、②号螺旋擦洗机13、③号螺旋擦洗机16可根据土壤土质、污染物特性等调节转速，物料在每一清洗段的停留时间一般维持在15-30min。但每一清洗段螺旋擦洗机转速不易过快，以免造成小粒径污染土壤扰动后处于悬浮状态不易沉淀，影响处理效果。

[0074] 所述①号微气泡群发生装置7、②号微气泡群发生装置12、③号微气泡群发生装置17，可持续产生数亿计的微米级细小气泡，气泡直径在10-60 μm 之间。30 μm 以下的气泡的表

面负荷在-40mV左右,利用微米气泡的带负电性,可以吸附水中带正电的物质,对去除水中悬浮物或污染物的吸附和分离起到很好的效果。此外,界面动电势高微米气泡的表面会吸附带电荷的离子如 OH^- ,而在这 OH^- 离子层周围,又会分布反电荷离子层如 H^+ ,这样微米气泡的表面就形成了双电层,双电层界面的电位又称为界面动电势,界面动电势的高低在很大程度上决定了微米气泡界面的吸附性能。另外,微米气泡在水中由产生到最终破裂消失会有几十秒钟甚至达到几分钟。有研究数据标明,直径为1mm的气泡在水中的上升速度为6m/min,而直径为10 μm 的气泡在水中的上升速度为3mm/min。可以看出,微米气泡在水中的上升速度非常缓慢,所以可在水中停留较长时间,确保其与污染物有重复的作用时间。

[0075] 一种用于石油烃类有机污染土壤的高效一体化清洗系统的使用方法,依次包括四个阶段:

[0076] 第一阶段,污染土壤预处理:

[0077] 污染土壤1经皮带输送机输送到物料粉碎机4,在物料破碎的同时,通过液体输送管线按照设计的比例分别投入清洗剂2和清洗水3。

[0078] 第二阶段,污染土壤螺旋擦洗和微气泡夹带清洗,经过预处理的粉碎后物料5在微气泡夹带清洗单元中经过三段式清洗,发生混合、摩擦清洗、微气泡夹带清洗、油水分离以及土水分离的阶段,具体如下:

[0079] 粉碎后物料5落入①号螺旋擦洗机6前端,在螺旋推送搅拌作用和清洗液的浸泡双重作用下对小粒径的土块进一步进行破碎至泥浆状态,破碎后的土壤在①号螺旋擦洗机6螺旋推送下缓缓向前移动,在途径①号微气泡群发生装置7时经螺旋擦洗从污染土壤中剥离的石油烃等污染物被微米级的气泡群通过气-水、气-固界面的引力差作用夹带后陆续上浮至清洗液表层,土壤颗粒则在重力作用下维持在清洗槽底部在①号螺旋擦洗机的推动作用下继续前进经由①号污染土壤周转窗口10进入第二清洗段11。

[0080] 粉碎后物料5在第二清洗段11中完成与第一清洗段同样清洗操作后,经②号污染土壤周转窗口14进入到第三清洗段15。

[0081] 此时,前两个清洗段产生的大量浮油经由②号污染土壤周转窗口14上端下凹型流水堰流入第三清洗段15,并被安装于前端的浮动集油器20快速收集,实现第一、二阶段清洗后土壤与浮油的快速分离,防止剥离的污染物再次吸附土壤上。粉碎后物料5经过前两个阶段的清洗后在第三清洗段15中再次被清洗,其产生的少量浮油被安置于后半段的浮动集油器20收集。

[0082] 第三阶段,污染土壤脱水:

[0083] 清洗后的污染土壤在土壤出料槽26中沉淀并初步浓缩后经由出料脱水螺旋27提取出料,并完成物料的第一阶段脱水,脱水后土壤含水率在45%以下。出料脱水螺旋27初步脱水后的清洁土壤30经清洁土壤下料口28落到后接的高频振动脱水筛29上,再经过高频振动脱水筛29二次脱水,脱水后清洁土壤31含水率在25%以下。

[0084] 第四阶段,污水处理及回用:

[0085] 脱水后的泥水落入泥水收集罐32,泥水经管道连同污水排放口24排出的污水接到污水处理站33,经过混凝沉淀和石英砂过滤等简易处理后即可完成清洗回用。回用中水34可以作为补充清洗水与其他水源混合后资源化利用。

[0086] 此外,实施例二参见图2所示,与实施例一不同的是,通过对出料脱水螺旋27进行

设备改造,通过添加土壤改良剂36、修复药剂37,形成改良或修复后的土壤38,通过化学、微生物等作用对清洗后的土壤进一步治理清洁,达到更加严格的要求。另外,对于浓度几万ppm甚至更高的污染土壤,可以采用两套甚至多套设备串联的方式进行逐级清洗。

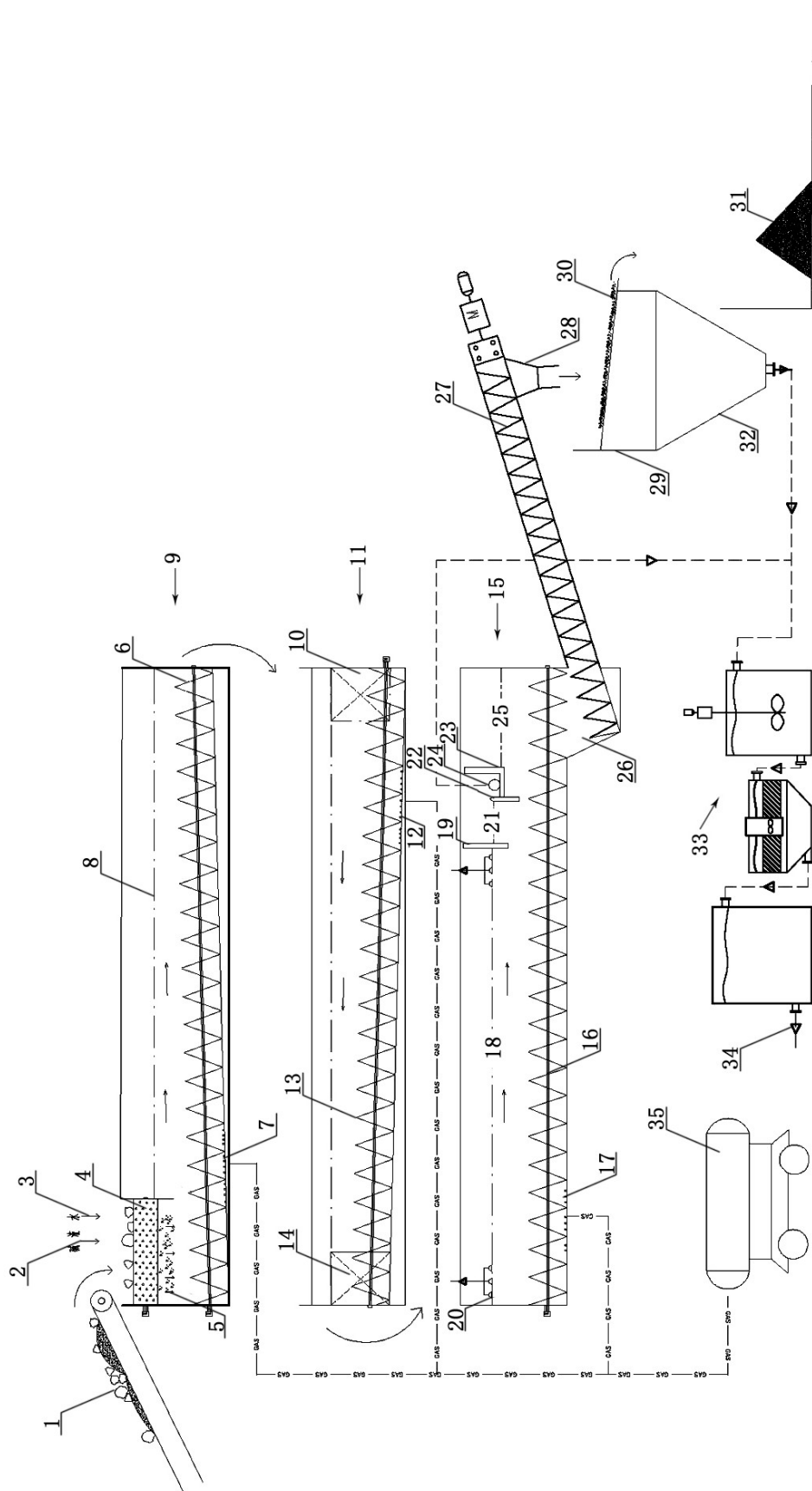


图 1

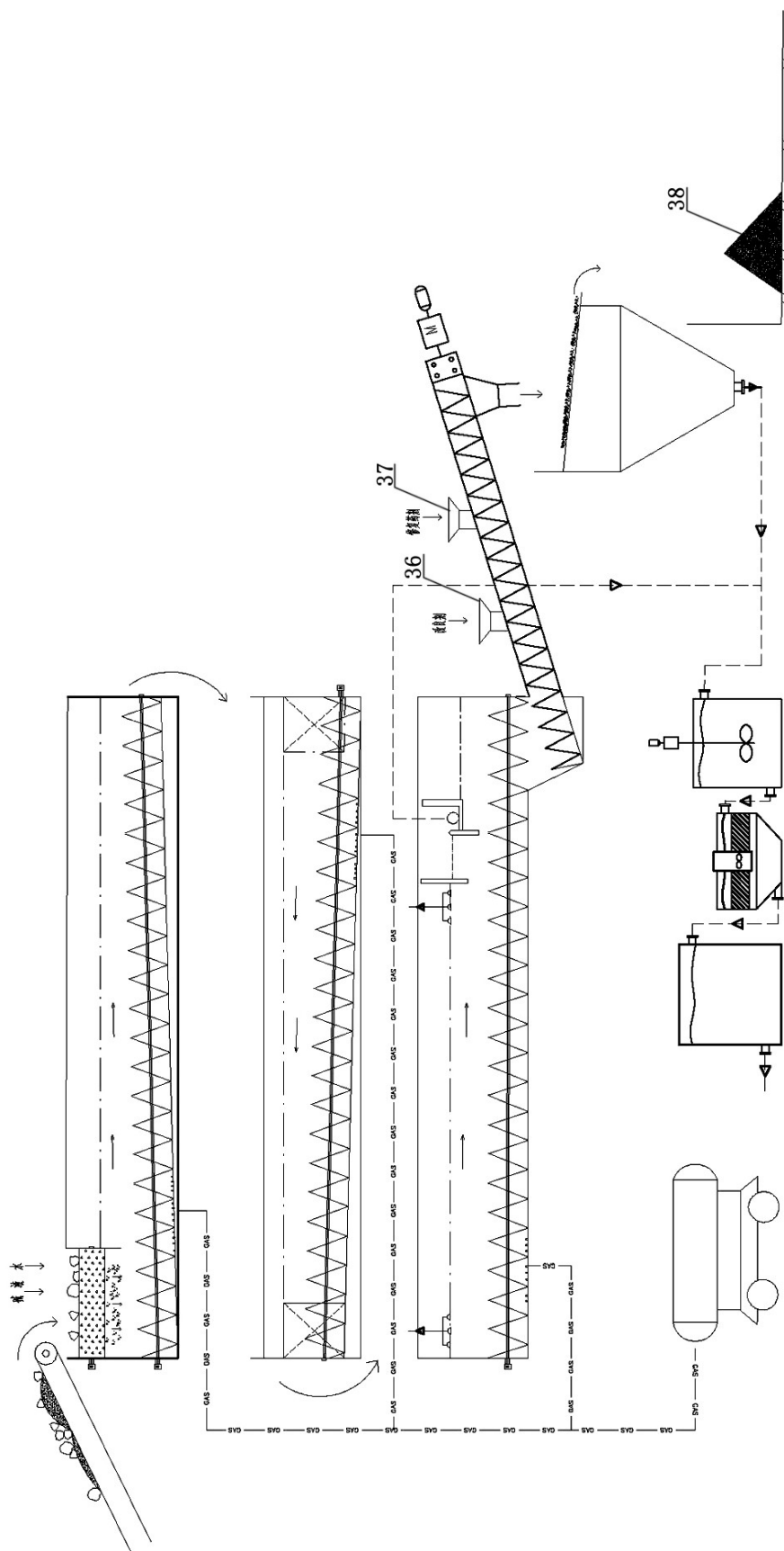


图 2

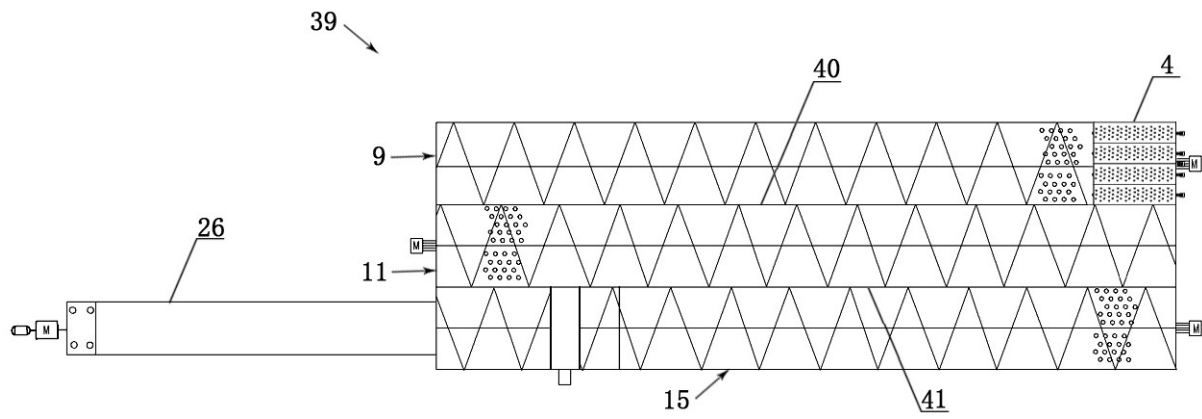


图 3

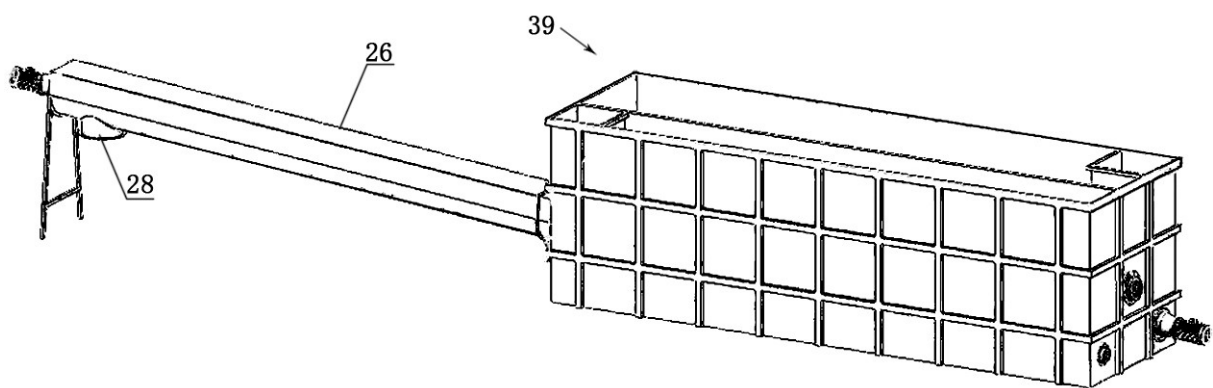


图 4