



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117305071 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 12

(21) 申请号 202310909533.0

C12M 1/02 (2006.01)

(22) 申请日 2023.07.24

C12M 1/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C12M 1/36 (2006.01)

申请公布号 CN 117305071 A

C12M 1/26 (2006.01)

C12P 5/02 (2006.01)

(43) 申请公布日 2023.12.29

(56) 对比文件

(73) 专利权人 万木集团生物科技(武邑)有限公司

CN 106434763 A, 2017.02.22

CN 206157155 U, 2017.05.10

地址 053400 河北省衡水市武邑县040省道
以东(赵桥镇王龙口村东)

CN 214781661 U, 2021.11.19

CN 220284053 U, 2024.01.02

(72) 发明人 唐大理 刘柏玉

审查员 王康

(74) 专利代理机构 北京君慧知识产权代理事务
所(普通合伙) 11716

专利代理师 邢伟

(51) Int. Cl.

C12M 1/107 (2006.01)

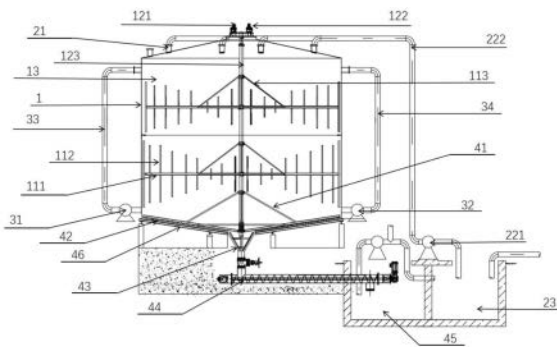
权利要求书1页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

一种干法沼气发酵装置及其发酵工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种干法沼气发酵装置及其发酵工艺,例如,一种大型钢制立式分层发酵装置及其发酵工艺,属于沼气发酵技术领域。所述装置罐体、配料单元、真空循环单元、出料单元、固液分离单元和自动控制系统。本申请的干法沼气发酵装置及其发酵工艺能够提升减少设备占地面积,降低建设成本,符合物料利用自重流动,减少能耗,提高发酵效率、提升发酵工艺顺行时间、增加装置的量产产能,实现零排放,具有资源集约化和环境无害化的优点。



1. 一种干法沼气发酵装置,其特征在于,所述装置包括:

罐体,包括驱动机构、原料处理腔和沿竖直方向设置在竖直中心轴上的两个或两个以上搅拌机构,所述驱动机构包括设置在所述罐体上端的旋转电机、减速电机和配置于沿所述原料行进方向伸入所述原料处理腔中的转动轴,所述搅拌机构沿竖直方向从上到下层状设置,每个所述搅拌机构包括沿水平方向设置的支撑臂、固定连接支撑臂和转动轴的连接臂、以及沿与水平方向交叉的方向设置在支撑臂上的两排长度不同的搅拌齿,所述连接臂的一端固定连接在转动轴上,另一端固定连接在支撑臂 $2/5 \sim 1/2$ 的位置,连接臂与支撑臂的夹角呈 $30^\circ \sim 50^\circ$,所述相邻的两个搅拌机构的搅拌齿之间交错设置,且交错位置为上层物料厚度的 $1/5 \sim 1/3$,所述每个搅拌机构的一排搅拌齿的交叉方向可以为呈水平方向沿顺时针 $80^\circ \sim 90^\circ$ 的竖直方向,另一排搅拌齿的交叉方向可以为呈沿水平方向逆时针 $80^\circ \sim 90^\circ$ 的竖直方向,两排搅拌齿沿水平方向对称设置,所述搅拌齿的长度为 $10 \sim 100\text{cm}$,所述搅拌齿之间的距离为 $20 \sim 50\text{cm}$,所述搅拌齿表面还设置有多个通孔;

配料单元,所述配料单元包括设置在罐体顶部的两个或两个以上布料口、与所述两个或两个以上布料口相连的真空进料机构、与所述真空进料机构相连的混料池,所述真空进料机构包括真空动力部件、分别与所述真空动力部件和所述布料口相连接的进料管道;

真空循环单元,所述真空循环单元包括将所述原料处理腔下部与上部连接的真空循环管道和真空动力部件;

出料单元,所述出料单元包括设置在罐体底部的刮料器、落料板、出料口、与所述出料口连接的输料部件和出料池;

固液分离单元,所述固液分离单元被配置为与所述出料池连接,用于对排出物进行固液分离;

自动控制系统,所述自动控制系统通过实时监测罐体内温度和压力,自动控制所述驱动机构和所述真空动力机构。

2. 一种使用如权利要求1所述的干法沼气发酵装置的干法沼气发酵工艺,其特征在于,所述发酵工艺包括以下步骤:

S1、将含有高干物质含量的有机废弃物在混料池粉碎、混合后作为原料;

S2、将等质量的原料分次导入罐体内进行慢速搅拌;

S3、原料延纵向分层发酵,不断注入流体中的菌种,实现在厌氧条件下进行发酵,生成沼气与排出物;

S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产;

所述原料的 $TS \geq 15\%$, C/N 为 $25 \sim 35$,湿度为 $15 \sim 25\%$;

所述发酵温度为 $30 \sim 65^\circ\text{C}$,真空压力为 $2 \sim 20\text{MPa}$;

所述流体中的菌种由装置内部产生的甲烷菌组成,所述流体与原料的比例为 $1:0.1 \sim$

1。

3. 一种使用权利要求1所述的干法沼气发酵装置或使用权利要求2中任意一项所述的干法沼气发酵工艺得到的产物在发电、工业燃料、高肥力有机肥中的应用。

一种干法沼气发酵装置及其发酵工艺

技术领域

[0001] 本发明属于沼气发酵技术领域,具体涉及一种干法沼气发酵装置及其发酵工艺,例如,涉及一种大型钢制立式分层发酵装置及其发酵工艺。

背景技术

[0002] 对于国内外现有的干式发酵装置而言,其结构基本均为卧式,且都是钢混结构,不利于单位原料产气效率的提高,不利于发酵工艺的长期顺行,也不利于装置的大型化和工艺量产。

[0003] 中国实用新型专利CN218507759U公开了一种干式沼气发酵罐,其包括:罐体、驱动装置、疏料器、耙料器,所述驱动装置设置在罐体的顶部,驱动装置向下驱动设置有中心轴,中心轴延伸至罐体内部,疏料器设有至少两组,并且排列在中心轴上部周围,耙料器设有至少两组,并且倾斜排列在中心轴下部周围。该方案针对干式厌氧发酵中物料固含率高,易结壳、易粘壁、流动性差的特点,采用双点驱动回转支承齿轮箱的方式,为中心轴的回转提供大扭矩的动力输出,通过连续不断地刮擦罐体内壁和疏散、疏松作用,避免了高浓度的发酵原料在罐体内壁结痂,保证了沼气的顺利导出,最终在耙料器和排料底框的作用下,将腐熟的发酵物料顺利排出。

[0004] 中国实用新型专利CN218507759U公开了一种立式干法发酵装置,通过太阳能热水器实现对发酵罐内沼液的循环加热,沼液在循环加热的同时,从喷嘴喷出的沼液在反作用力作用下带动空心轴及空心桨叶转动,实现发酵罐内的搅拌,弹性膜的设置,能够预测发酵罐内沼气的剩余量。

[0005] 然而,上述干法发酵装置依然存在搅拌不充分、沼气泡溢出效率低、单位原料产气效率低的问题,不利于发酵工艺的长期顺行,也不利于装置的大型化和工艺量产。对此,本申请提供了一种干法沼气发酵装置及其发酵工艺,以进一步提升单位原料产气效率,增大装置的量产产能。

发明内容

[0006] 针对现有技术中存在的缺陷,本发明的目的在于提供一种干法沼气发酵装置及其发酵工艺。其能够提升减少设备占地面积,降低建设成本,符合物料利用自重流动,减少能耗,提高发酵效率、提升发酵工艺顺行时间、增加装置的量产产能,实现零排放,具有资源集约化和环境无害化的优点。

[0007] 本发明一方面提供了一种干法沼气发酵装置,所述装置包括:

[0008] 罐体,包括驱动机构、原料处理腔和沿竖直方向设置在竖直中心轴上的两个或两个以上搅拌机构,所述驱动机构包括设置在所述罐体上端的旋转电机、减速电机和配置于沿所述原料行进方向伸入所述原料处理腔中的转动轴,所述搅拌机构沿竖直方向从上到下层状设置;

[0009] 配料单元,所述配料单元包括设置在罐体顶部的两个或两个以上布料口、与上述

两个或两个以上布料口相连的真空进料机构、与所述真空进料机构相连的混料池,所述真空进料机构包括真空动力部件、分别与所述真空动力部件和所述布料口相连接的进料管道;

[0010] 真空循环单元,所述真空物料循环单元包括将所述原料处理腔下部与上部连接的真空循环管道和真空动力部件;

[0011] 出料单元,所述出料单元包括设置在罐体底部的刮料器、落料板、出料口、与所述出料口连接的输料部件和出料池;

[0012] 固液分离单元,所述固液分离单元被配置为与所述出料池连接,用于对排出物进行固液分离;

[0013] 自动控制系统,所述自动控制系统通过实时监测罐体内温度和压力,自动控制所述驱动机构和所述真空动力机构。

[0014] 本发明另一方面提供了一种使用所述的干法沼气发酵装置的干法沼气发酵工艺,所述发酵工艺包括以下步骤:

[0015] S1、将含有高干物质含量的有机废弃物在混料池粉碎、混合后作为原料;

[0016] S2、将等质量的原料分次导入罐体内进行慢速搅拌;

[0017] S3、原料延纵向分层发酵,不断注入流体中的菌种,实现在厌氧条件下进行发酵,生成沼气与排出物;

[0018] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。

[0019] 本发明又一方面提供了一种如上述的干法沼气发酵装置或上述的干法沼气发酵工艺得到的产物在发电、工业燃料、高肥力有机肥中的应用。

[0020] 本发明的有益效果包括以下内容中的至少一项:

[0021] 1、本发明提供的干法沼气发酵装置,通过多个层状搅拌机构及其任意相邻两层的搅拌齿之间的交错设置,能够起到包括从上到下阶梯式鞣制物料、延迟物料下落时间、构建沿水平方向分布的多个充分搅拌层,从而提升了各层的搅拌充分度、并能够物料下落过程中通过逐渐增强的鞣制、充分搅拌,提升沼气泡的溢出速率,进而从发酵动力学维度提升发酵效率,并能够获得更高的单位原料产气效率;同时,层流递进发酵,物料不会发生短流现象,增加装置的量产产能;

[0022] 2、本发明提供的干法沼气发酵装置,能够利用真空压力完成进料,同时利用真空压力形成发酵物料回流接种;

[0023] 3、本发明提供的干法沼气发酵装置,通过设置配料单元,对流体和原料进行比例进行严格控制,实现智能配料,提高生产效率;

[0024] 4、本发明提供的干法沼气发酵装置,通过设置自动控制系统,可以有效处理大量有机废弃物,实现高效的干法沼气发酵,产气稳定,符合环境保护要求,具有较高的安全性和自动化程度;

[0025] 5、采用本发明的干法沼气发酵工艺,利用分层发酵物理特点,底层含水量增加的原理,原料延纵向分层发酵,分层注入原料,减少了物料内部扰动,不发生全混合,通过真空动力单元完成菌种接种,实现发酵,沼气产量高且成分稳定,具有处理量大、资源集约化的优点,能够产生大量高品质沼气和高肥力有机肥,实现零排放,对环境无害;

[0026] 6、本发明的发酵工艺采用批量化原材料、工业化设备,通用化强,易于规模化生产,具有很好的工业化应用前景。

附图说明

[0027] 图1示出了本发明干法沼气发酵装置的一个示例性实施例的整体结构示意图;

[0028] 图2示出了本发明干法沼气发酵工艺的一个示例性实施例的工艺流程示意图。

[0029] 部件和附图标记列表:

[0030] 1-罐体、111-支撑臂、112-搅拌齿、113-连接臂、121-旋转电机、122-减速电机、123-转动轴、13-原料处理腔;

[0031] 21-布料口、221-真空进料泵、222-真空进料管、23-混料池;

[0032] 31-第一真空泵、32-第二真空泵、33-第一真空管、34-第二真空管;

[0033] 41-刮料器、42-落料板、43-出料口、44-螺旋输送机、45-出料池、46-槽底加强梁。

具体实施方式

[0034] 为了更清楚的阐释本发明的整体构思,下面以示例的方式进行详细说明。

[0035] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是,本发明还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施,因此,本发明的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

[0036] 另外,在发明的描述中,需要理解的是,术语“顶”、“底”、“内”、“外”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系是为了便于描述本发明,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0037] 在发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接,还可以是通信;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0038] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0039] 在下文中,将结合示例性实施例来详细说明本发明的干法沼气发酵装置及其发酵工艺。

[0040] 实施例1、一种干法沼气发酵装置

[0041] 在本发明的一个示例性实施例中,干法沼气发酵装置包括:

[0042] 罐体,上部可以呈圆柱体,下部可以呈倒圆锥体,包括驱动机构、原料处理腔、沿竖

直方向设置在竖直中心轴上的两个或两个以上搅拌机构。

[0043] 具体来讲,罐体可由高强钢材焊接而成,然而,本发明不限于此。罐体内外表面均涂覆有保温材料,保障罐体内的温度恒定。搅拌机构为层状结构,具体层数根据工艺要求发酵时间和物料性质确定。倒圆锥体锥度可以为 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。

[0044] 驱动机构包括设置在所述罐体上端的旋转电机、减速电机和配置于沿所述原料行进方向伸入所述原料处理腔中的转动轴。

[0045] 具体来讲,旋转电机和减速电机设置于罐体外壁的顶部,直接与转动轴上端连接,罐体内壁顶部与转动轴连接位置用填料进行密封,保证罐体内的气密性。转动轴可被配置为沿原料行进方向的逆向(例如,由上向下的方向)伸入原料处理腔中。旋转电机被配置为能够为转动轴提供方向可变化的旋转动力,减速电机被配置为能够控制转动轴的转动速度。例如,旋转电机可被设置为用于带动转动轴沿顺时针或逆时针方向运动,减速电机可被设置为用于控制转动轴的转动速度,当转动轴的转动速度快时,启动减速电机减慢转动轴的转动速度。搅拌机构与转动轴相连,在转动轴的带动下沿顺时针或逆时针方向运动,从而带动搅拌齿轮对进入原料处理腔的原料进行搅拌。

[0046] 所述搅拌机构沿竖直方向从上到下层状设置。每个搅拌机构包括沿水平方向设置的支撑臂、固定连接支撑臂和转动轴的连接臂、以及沿与水平方向交叉的方向设置在支撑臂上的两排长度不同的搅拌齿。

[0047] 具体来讲,支撑臂分为两部分,沿转动轴对称设置。每个搅拌机构有两个连接臂,分别设置在转动轴的两侧,每个连接臂的一端固定连接在转动轴上,另一端固定连接在支撑臂 $2/5 \sim 1/2$ 的位置,连接臂与支撑臂的夹角呈 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$,连接臂能够固定支撑臂,提高搅拌过程中的稳定性和安全性。

[0048] 每个搅拌机构一排搅拌齿的交叉方向可以为呈沿水平方向顺时针 $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的竖直方向,另一排搅拌齿的交叉方向可以为呈沿水平方向逆时针 $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的竖直方向,两排搅拌齿沿水平方向对称设置。在一个优选地实施例方式中,每个搅拌机构一排搅拌齿的交叉方向可以为呈沿水平方向顺时针 90° 的竖直方向,另一排搅拌齿的交叉方向可以为呈沿水平方向逆时针 90° 的竖直方向,两排搅拌齿沿水平方向对称设置。每个支撑臂上的搅拌齿数量可以为 $10 \sim 50$ 个,然而,本发明不限于此。在一个实施例中,搅拌齿的长度以连接臂与支撑臂的连接点为界限分为两段,第一段搅拌齿所在支撑臂的长度大于或等于第二段搅拌齿所在支撑臂的长度。第一段搅拌齿的长度沿远离转动轴的方向逐渐增加,第二段搅拌齿的长度沿靠近转动轴的方向逐渐增加,且第二段搅拌齿的长度均不得超过连接臂的位置。搅拌齿的形状可以为杆状、螺旋状或者直角闪电状中的任意一种,然而,本发明不限于此。

[0049] 搅拌齿的长度为 $10 \sim 100\text{cm}$,若搅拌齿过长则会容易对多层物料进行搅动,破坏层状结构,降低产气量;若搅拌齿过短,则会导致物料得不到充分搅拌,沼气气泡溢出效率低,不利于发酵效率。搅拌齿之间的距离为 $20 \sim 50\text{cm}$,可以根据原料的密度进行设置,保证能够充分搅拌到物料。相邻的两个搅拌机构的搅拌齿之间交错设置,且交错位置为上层物料厚度的 $1/5 \sim 1/3$ 。采用慢速搅拌实现物料蠕动,全罐全方位搅拌,搅拌速度为 $0.2 \sim 2$ 圈/分钟。搅拌齿可与支撑臂活动连接,可进行拆卸,便于清洗和设置搅拌齿之间的距离。每个搅拌齿表面还设置有多个通孔,增加搅拌齿与物料的接触面,将流体中的菌群带入物料中,使物料充分发酵。

[0050] 通过上述的两个或两个以上层状搅拌机构及其任意相邻两层的搅拌齿之间的交错设置,能够起到包括从上到下阶梯式鞣制物料,从上到下鞣制程度越来越高,延迟物料下落时间,尤其是,从上到下下落速率递增。能够构建沿水平方向分布的多个充分搅拌层,且相邻两个搅拌层之间,上层物料通过层间的交错式鞣制而发生的物料下落至下层的情况,从而提升了各层的搅拌充分度,并能够物料下落过程中通过逐渐增强的鞣制,充分搅拌,提升沼气泡的溢出速率,进而从发酵动力学维度提升发酵效率,并能够获得更高的单位原料产气效率。同时,这也有助于提升发酵工艺顺行时间,增加装置的量产产能。

[0051] 配料单元,设置在罐体顶部的两个或两个以上布料口、与两个或两个以上布料口相连的真空进料机构、与真空进料机构相连的混料池。真空进料机构包括真空动力部件和进料管道。

[0052] 具体来讲,在罐体顶部设置两个或两个以上布料口,从而有利于实现更加均匀的布料效果,也有利于与多个搅拌机构配合形成稳定的物料层。例如,在一个具体的实施例中布料口可以为4个,且每个布料口可设置为以竖直方向为中心轴线进行半径递增的螺旋式布料,并且各个布料口在水平面方向均匀排布。

[0053] 真空动力部件可以为真空泵,然而,本发明不限于此。进料管道分别与真空动力部件和布料口相连。原料被真空部件自下而上泵入进料管道并传输到布料口。

[0054] 混料池内还分布有搅拌器和加温器,充分混合各种原料,并对原料进行加温,保证工艺运行期间的温度。

[0055] 真空物料循环单元包括将所述原料处理腔下部与上部连接的真空循环管道和真空动力部件。

[0056] 具体来讲,罐体上部有两个及两个以上的流体入口,罐体下部有两个及两个以上的流体出口,真空循环管道将罐体下部的流体出口与罐体上部的流体入口连接,通过真空动力部件将流体循环注入回罐体中,流体中的菌种回流至原料中接种,从而进一步提升了发酵效率和单位原料产气效率。真空动力部件可以为真空泵,利用真空压力完成进、出料,同时利用真空压力形成发酵物料回流接种。

[0057] 出料单元,包括设置在罐体底部的刮料器、落料板、出料口、与出料口连接的输料部件和出料池。

[0058] 具体来讲,原料发酵完成后的排出物通过出料口进入输料部件,通过输料部件的动力传送到出料池中,罐体底部可以呈倒圆锥状,也可以与水平方向形成倾斜角度,便于排出物快速排出,刮料器设置在罐体底部,可以在转动轴的带动下顺时针或逆时针转动将罐体底部的排出物刮除到出料口中。输料部件可以为螺旋输料机或输料传送带,然而,本发明不限于此。

[0059] 固液分离单元,被配置为与出料池连接,部分排出物进入混料池与原料混合继续进行生产,剩下部分排出物则进入固液分离单元进行固液分离。分离的沼液可导入混料池中继续进行循环利用,分离的沼渣可制成高肥力有机肥,实现零排放和资源的循环利用。

[0060] 干法沼气发酵装置还包括自动控制系统,通过实时监测罐体内温度和压力,自动控制驱动机构和真空动力机构的各项参数,保证发酵质量。可以有效处理大量有机废弃物,实现高效的干法沼气发酵、产气稳定,符合环境保护要求,具有较高的安全性和自动化程度。

[0061] 例如,在一个具体的实施例中,当自动控制系统检测到发酵温度低于或高于设定值时,会自动控制加温机构增加或减小温度。当自动控制系统检测到真空压力低于或高于设定值时,会自动控制真空动力机构增大或减小真空压力。

[0062] 实施例2

[0063] 图1示出了本发明干法沼气发酵装置的一个示例性实施例的整体结构示意图。

[0064] 在本实施例中,如图1所示,干法沼气发酵装置包括罐体1、配料单元、真空循环单元、出料单元、固液分离单元。

[0065] 罐体1上部呈圆柱体,下部呈倒圆锥体,包括沿竖直方向设置在竖直中心轴上的两个搅拌机构、驱动机构及原料处理腔。驱动机构包括设置在所述罐体上端的旋转电机121、减速电机122和配置于沿所述原料行进方向伸入所述原料处理腔13中的转动轴123。每个搅拌机构包括沿水平方向设置的支撑臂111、沿与水平方向交叉的方向设置在支撑臂上的两排长度不同的搅拌齿112、以及固定连接支撑臂111和转动轴123的连接臂113。支撑臂111与转动轴123相连,在转动轴123的带动下沿顺时针或逆时针方向运动,从而带动搅拌齿112对进入原料处理腔13的原料进行搅拌。支撑臂111分为两部分,沿转动轴123对称设置。每个搅拌机构有两个连接臂113,分别设置在转动轴123的两侧,每个连接臂113的一端固定连接在转动轴123上,另一端固定连接在支撑臂111长度的2/5的位置,连接臂113与支撑臂111的夹角呈45°。

[0066] 每个搅拌机构的一排搅拌齿112的交叉方向呈沿水平方向顺时针90°的竖直方向,另一排搅拌齿112的交叉方向为呈沿水平方向逆时针90°的竖直方向,两排搅拌齿112沿水平方向对称设置。每个支撑臂111上的搅拌齿112数量不同,位于原料处理腔13上部的搅拌机构设置有32个搅拌齿112,位于原料处理腔13下部的搅拌机构设置有36个搅拌齿112。搅拌齿112的长度以连接臂113与支撑臂111的连接点为界限分为两段,第一段搅拌齿112所在支撑臂111的长度大于或等于第二段搅拌齿112所在支撑臂111的长度。第一段搅拌齿112的长度沿远离转动轴123的方向逐渐增加,第二段搅拌齿112的长度沿靠近转动轴123的方向逐渐增加,且第二段搅拌齿112的长度均不超过连接臂113的位置。搅拌齿112的形状为杆状。相邻的两个搅拌机构的搅拌齿112之间交错设置。搅拌齿112可与支撑臂111活动连接,可进行拆卸。每个搅拌齿112表面还设置有多个通孔(未示出)。

[0067] 配料单元设置在罐体顶部的四个布料口21、与布料口21相连的真空进料机构、与真空进料机构相连的混料池23。真空进料机构包括真空进料泵221和真空进料管222。原料被真空进料泵221自下而上泵入真空进料管道222并传输到布料口21。

[0068] 真空物料循环单元包括将原料处理腔13下部与上部连接的第一真空泵31、第二真空泵32、第一真空管33和第二真空管34。

[0069] 出料单元包括设置在罐体1底部的刮料器41、落料板42、固定于落料板底部的槽底加强梁46、出料口43、与出料口43连接的螺旋输送机44和出料池45。

[0070] 固液分离单元(未示出)被配置为与出料池45连接,部分排出物进入混料池23与原料混合继续进行生产,剩下部分排出物则进入固液分离单元进行固液分离。分离的沼液可导入混料池中继续进行循环利用,分离的沼渣可制成高肥力有机肥,实现零排放和资源的循环利用。

[0071] 自动控制系统(未示出)通过实时监测罐体内温度和压力,自动控制所述驱动机构

和所述真空动力机构。

[0072] 实施例3、一种干法沼气发酵工艺

[0073] 图2示出了本发明干法沼气发酵工艺的一个示例性实施例的工艺流程示意图。

[0074] 本实施例中,如图2所示,使用上述实施例中的干法沼气发酵装置的干法沼气发酵工艺通过以下步骤实现:

[0075] S1、将含有高干物质含量的有机废弃物粉碎、混合作为原料。

[0076] 具体来讲,高干物质含量的有机废弃物可以为农作物秸秆、藤蔓、畜禽粪便、市政污泥,然而,本发明不限于此,其他高干物质含量的有机废弃物亦可。粉碎后原料的TS $\geq$ 15%,C/N为25~35,浓度为15~25%。

[0077] S2、将等质量的原料分次导入罐体内进行慢速搅拌。

[0078] 具体来讲,启动配料单元、搅拌机构和驱动机构,将等质量原料分次通过布料口导入罐体内进行慢速搅拌,充分混合均匀。例如,每天导入300吨原料进入罐体内,持续15~20天,原料内部扰动较少,任意两天导入的原料不发生全混合。

[0079] S3、原料延纵向分层发酵,不断注入流体中的菌种,实现在厌氧条件下进行发酵,生成沼气与排出物。

[0080] 具体来讲,罐体底部导入的原料最先开始发酵,生成沼气和排出物,同时产生流体,通过真空压力将流体传输至罐体上部,流体中含有甲烷菌等发酵菌种,流体与罐体上部原料接触完成菌种接种,实现罐体上部原料的发酵,生成沼气和排出物。导入的流体与原料的比例为1:0.1~1。

[0081] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。

[0082] 具体来讲,排出物进行固液分离后得到的沼液大部分回流至原料中,作为原料重新进行生产,部分进行外排。分离得到的沼渣可制成高肥力有机肥,应用于农田。真空压力为2~20MPa。

[0083] 实施例4

[0084] 使用上述干法沼气发酵装置1#~6#和D1#~D3#,分别按照上述干法沼气发酵工艺同时生产沼气。

[0085] 干法沼气发酵装置1#中的干法沼气发酵工艺具体的步骤为:

[0086] S1、将农作物秸秆粉碎为TS为25%、C/N为20、浓度为20%的原料。

[0087] S2、每日导入300吨原料进入罐体内,连续导入17天,搅拌速度为1圈/分钟。

[0088] S3、原料在厌氧条件、温度为50℃条件下发酵,在真空压力10MPa下循环注入流体,流体与原料按1:0.5比例导入罐体内生成沼气与排出物。

[0089] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。

[0090] 干法沼气发酵装置2#中的干法沼气发酵工艺具体的步骤为:

[0091] S1、将农作物秸秆粉碎为TS为15%、C/N为255、湿度为15%的原料。

[0092] S2、每日导入250吨原料进入罐体内,连续导入20天,搅拌速度为0.5圈/分钟。

[0093] S3、原料在厌氧条件、温度为30℃条件下发酵,在真空压力2MPa下循环注入流体,流体与原料按1:0.1比例导入罐体内生成沼气与排出物。

- [0094] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。
- [0095] 干法沼气发酵装置3#中的干法沼气发酵工艺具体的步骤为:
- [0096] S1、将农作物秸秆粉碎为TS为35%、C/N为35、浓度为25%的原料。
- [0097] S2、每日导入350吨原料进入罐体内,连续导入15天,搅拌速度为1.5圈/分钟。
- [0098] S3、原料在厌氧条件、温度为65℃条件下发酵,在真空压力20MPa下循环注入流体,流体与原料按1:1比例导入罐体内生成沼气与排出物。
- [0099] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。
- [0100] 干法沼气发酵装置4#中的干法沼气发酵工艺具体的步骤为:
- [0101] S1、将农作物秸秆粉碎为TS为20%、C/N为28、浓度为19%的原料。
- [0102] S2、每日导入200吨原料进入罐体内,连续导入25天,搅拌速度为0.8圈/分钟。
- [0103] S3、原料在厌氧条件、温度为45℃条件下发酵,在真空压力8MPa下循环注入流体,流体与原料按1:0.8比例导入罐体内生成沼气与排出物。
- [0104] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。
- [0105] 干法沼气发酵装置5#中的干法沼气发酵工艺具体的步骤为:
- [0106] S1、将农作物秸秆粉碎为TS为18%、C/N为32、浓度为23%的原料。
- [0107] S2、每日导入280吨原料进入罐体内,连续导入22天,搅拌速度为1.2圈/分钟。
- [0108] S3、原料在厌氧条件、温度为55℃条件下发酵,在真空压力15MPa下循环注入流体,流体与原料按1:0.3比例导入罐体内生成沼气与排出物。
- [0109] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。
- [0110] 干法沼气发酵装置6#中的干法沼气发酵工艺具体的步骤为:
- [0111] S1、将农作物秸秆粉碎为TS为40%、C/N为26、浓度为19%的原料。
- [0112] S2、每日导入320吨原料进入罐体内,连续导入18天,搅拌速度为1.8圈/分钟。
- [0113] S3、原料在厌氧条件、温度为48℃条件下发酵,在真空压力18MPa下循环注入流体,流体与原料按1:0.6比例导入罐体内生成沼气与排出物。
- [0114] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。
- [0115] 干法沼气发酵装置D1#中的干法沼气发酵工艺具体的步骤为:
- [0116] S1、将农作物秸秆粉碎为TS为10%、C/N为15、浓度为10%的原料。
- [0117] S2、每日导入300吨原料进入罐体内,连续导入17天,搅拌速度为1圈/分钟。
- [0118] S3、原料在厌氧条件、温度为50℃条件下发酵,在真空压力10MPa下循环注入流体,流体与原料按1:0.5比例导入罐体内生成沼气与排出物。
- [0119] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。
- [0120] 干法沼气发酵装置D2#中的干法沼气发酵工艺具体的步骤为:
- [0121] S1、将农作物秸秆粉碎为TS为25%、C/N为20、浓度为20%的原料。

[0122] S2、每日导入300吨原料进入罐体内,连续导入17天,搅拌速度为1圈/分钟。

[0123] S3、原料在厌氧条件、温度为50℃条件下发酵,在真空压力10MPa下循环注入流体,流体与原料按1:2比例导入罐体内生成沼气与排出物。

[0124] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。

[0125] 干法沼气发酵装置D3#中的干法沼气发酵工艺具体的步骤为:

[0126] S1、将农作物秸秆粉碎为TS为25%、C/N为20、浓度为20%的原料。

[0127] S2、每日导入300吨原料进入罐体内,连续导入17天,搅拌速度为1圈/分钟。

[0128] S3、原料在厌氧条件、温度为20℃条件下发酵,在真空压力10MPa下循环注入流体,流体与原料按1:0.5比例导入罐体内生成沼气与排出物。

[0129] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。

[0130] 干法沼气发酵装置D4#中的干法沼气发酵工艺具体的步骤为:

[0131] S1、将农作物秸秆粉碎为TS为25%、C/N为20、浓度为20%的原料。

[0132] S2、每日导入300吨原料进入罐体内,连续导入17天,搅拌速度为1圈/分钟。

[0133] S3、原料在厌氧条件、温度为50℃条件下发酵,在真空压力30MPa下循环注入流体,流体与原料按1:0.5比例导入罐体内生成沼气与排出物。

[0134] S4、将排出物进行固液分离处理得到沼液和沼渣,部分沼液回流至原料中继续生产。

[0135] 对上述干法沼气发酵装置1#~6#和D1#~D4#利用干法沼气发酵工艺的制备沼气过程中的产气量、产气质量及废物处理程度等方面进行测试和评价,得到的测试和评价结果如表1所示。

[0136] 表1

序号	产沼气量 (m ³ /d)	容积产气率 (m ³ /m ³ *d)	硫化氢含量 (g/m ³)	TS 浓度 (%)	沼液回流量 (t/d)	沼渣 C/N 值
1#	9000	1.80	0.07	7.6	780	17.6
2#	8500	1.70	0.12	7.1	600	16.7
3#	9300	1.86	0.09	8.0	750	18.7
4#	8600	1.72	0.11	7.3	650	16.2
5#	8200	1.24	0.12	7.0	634	15.8
6#	9000	1.78	0.10	7.5	733	16.6
D1#	4300	0.86	0.23	4.6	250	15.3
D2#	5800	1.16	0.34	6.2	150	14.9
D3#	6000	1.20	0.32	5.7	250	14.2
D4#	3900	0.78	0.45	3.5	350	15.1

[0137] 如表1所示,干法沼气发酵装置1#~6#利用本申请的干法沼气发酵工艺制备沼气过程中的产气量具有明显较高的沼气产量,容积产气量较高,且沼气中硫化氢含量低,沼气的质量高。相比而言,对比沼气发酵装置D1#~D4#中的沼气产气量、容积产气率和硫化氢含量均有明显的差距。

[0138] 发酵液的TS浓度应保持在一个合适的范围内,如果太高,则产甲烷菌无法充分利用,易造成原料结壳和有机酸的大量积累,不利于产沼气菌群的生长繁殖使发酵受到阻碍;如果TS质量分数过小,则单位容积内有机物含量少,产气量少,不利于沼气池的充分利用。

本申请干法沼气发酵装置1#~6#制沼气过程中的TS浓度维持在7.0%~8.0%之间,对比沼气发酵装置D1#~D4#的TS浓度在3.0%~6.0%之间,干法沼气发酵装置1#~6#产沼气的量相比对比沼气发酵装置D1#~D4#较高。

[0140] 由表1可以看出,利用本申请的干法沼气发酵工艺和干法沼气发酵装置1#~6#制备沼气的过程中,沼液的回流量较高,能够继续进行装置中进行循环利用,利用率较高。相比而言,对比沼气发酵装置D1#~D4#中沼液回流量较低,利用率也较低。

[0141] 通常来说,沼渣中C/N比值越高,说明沼渣中有机质质量相对较高,稳定性相对较强。否则,C/N比值越低,则说明沼渣中有机质质量相对较低,稳定性相对较弱。干法沼气发酵装置1#~6#利用本申请的干法沼气发酵工艺制备沼气过程中的沼渣的C/N值均高于对比沼气发酵装置D1#~D4#中沼渣的C/N值,说明采用本申请的装置和制备工艺得到沼渣成分稳定,能够产生高品质沼渣,可制成有机肥,实现零排放,对环境无害。

[0142] 以上所述仅为本发明的实施例而已,并不用于限制本发明。对于本领域技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的权利要求范围之内。

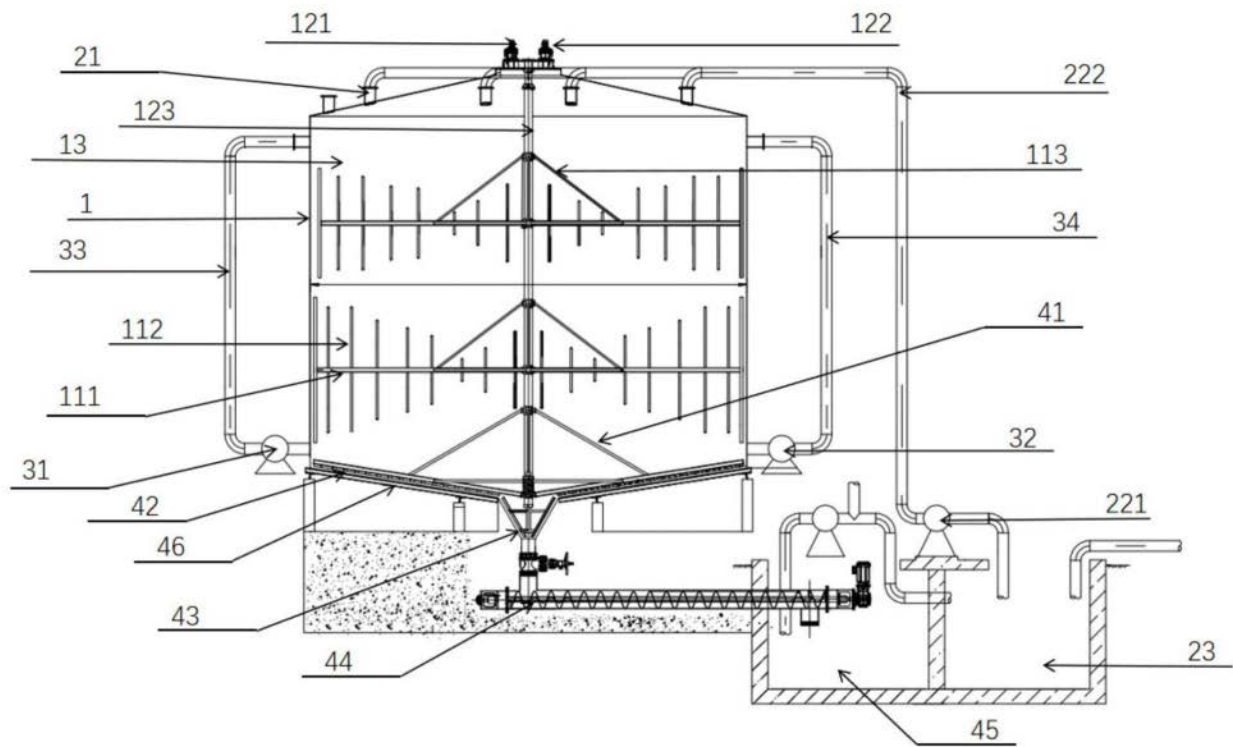


图1

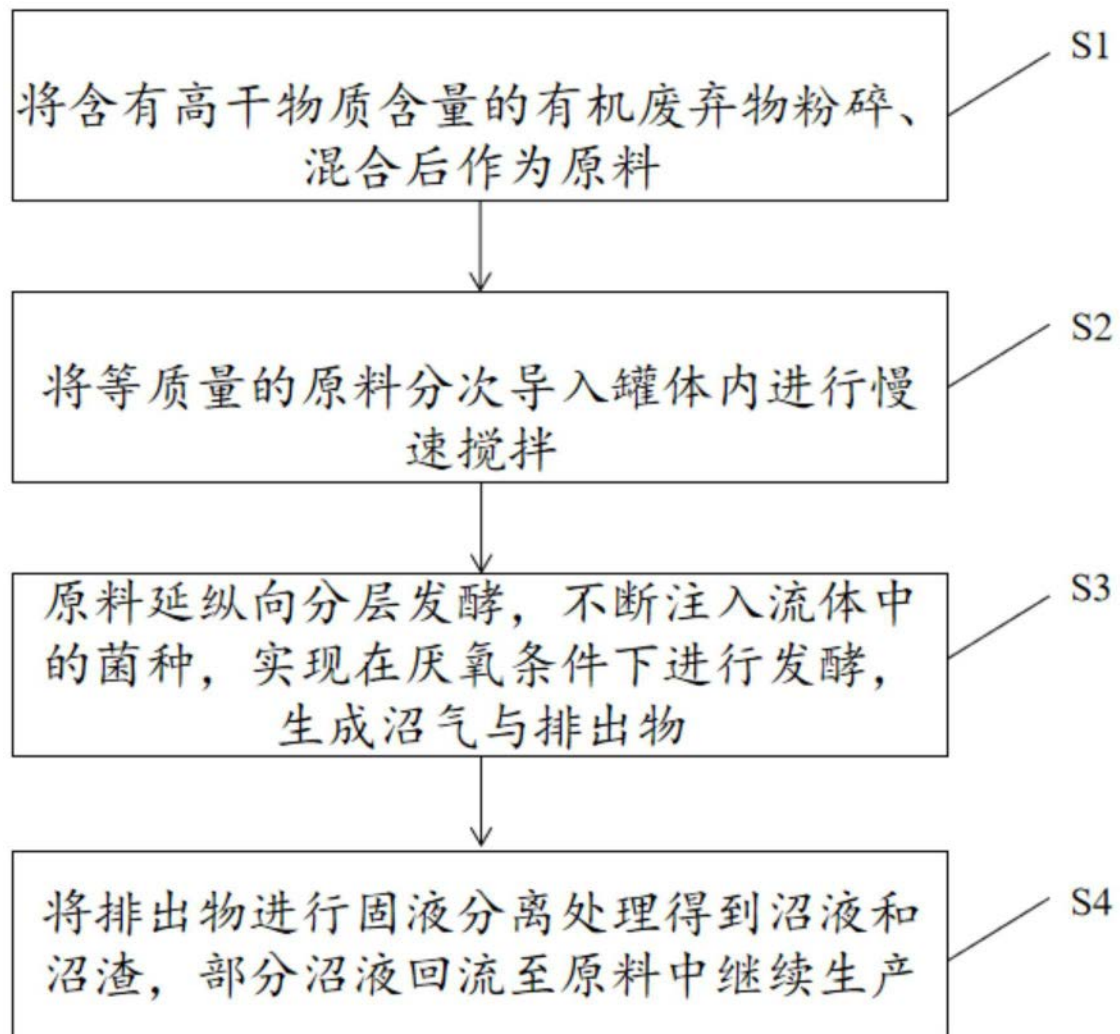


图2