



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113583856 B

(45) 授权公告日 2024. 03. 19

(21) 申请号 202110949773.4

C12M 1/107 (2006.01)

(22) 申请日 2021.08.18

C12M 1/04 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C12M 1/02 (2006.01)

申请公布号 CN 113583856 A

C12M 1/00 (2006.01)

(43) 申请公布日 2021.11.02

(56) 对比文件

(73) 专利权人 上海交通大学

CN 104630283 A, 2015.05.20

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

审查员 马彧博

(72) 发明人 刘荣厚 朱献濮 Y·多米尼克

王曾真

(74) 专利代理机构 上海交达专利事务所 31201

专利代理师 王毓理 王锡麟

(51) Int. Cl.

C12M 1/38 (2006.01)

C12M 1/36 (2006.01)

C12M 1/34 (2006.01)

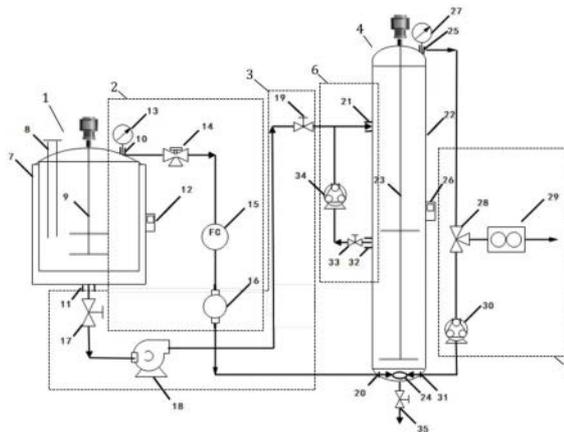
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

两相耦合厌氧发酵产沼气及原位沼气提纯装置

(57) 摘要

一种两相耦合厌氧发酵产沼气及原位沼气提纯装置,包括:产酸产氢反应器和与之相连的厌氧发酵产甲烷反应器,产酸产氢反应器的气体排出支路与厌氧发酵产甲烷反应器的输出端相连,发酵液输出支路与厌氧发酵产甲烷反应器的物料进料口相连,厌氧发酵产甲烷反应器的排气口与气体回流口之间设有气体输出回流支路形成自循环以延长产酸产氢反应器气相产物在厌氧发酵产甲烷反应器发酵液中的反应路径,物料回流口和物料进料口之间设有液体回流支路形成循环管路,用以产甲烷反应器发酵液回流。本装置实现了在发酵过程中,提升产酸产氢相降解有机废弃物能力的同时促进氢营养型产甲烷生物作用,提升沼气中甲烷含量,实现原位沼气提纯。



1. 一种两相耦合厌氧发酵产沼气及原位沼气提纯装置,其特征在于,包括:产酸产氢反应器和与之相连的厌氧发酵产甲烷反应器,其中:产酸产氢反应器的气体排出支路与厌氧发酵产甲烷反应器的输出端相连,发酵液输出支路与厌氧发酵产甲烷反应器的物料进料口相连,厌氧发酵产甲烷反应器的排气口与气体回流口之间设有气体输出回流支路形成自循环以延长产酸产氢反应器气相产物在厌氧发酵产甲烷反应器发酵液中的反应路径,物料回流口和物料进料口之间设有液体回流支路形成循环管路,用以产甲烷反应器发酵液回流;

所述的产酸产氢反应器包括:产酸产氢相耐负压反应器罐体以及设置于其上的液封进料口、气体排出口、底部出料口、产酸产氢相温度传感和控制器以及设置于罐体内部的机械搅拌器;

所述的厌氧发酵产甲烷反应器包括:耐正压鼓泡式反应器罐体和设置于其顶部的排气口、设置于底部的进气口和气体回流口、设置于上部的进料口、产甲烷相温度传感和控制器和设置于罐体内用于更均匀地分布来自产酸产氢反应器的气相产物到发酵液的自吸式搅拌器,其中:进气口和气体回流口通过气体分布装置并联并输出;

所述的气体分布装置采用带孔铁圈、泡沫陶瓷、分布盘,该气体分布装置和自吸式搅拌器组合用以确保产酸产氢相气相产物在产甲烷相发酵液中均匀分布,同时与气体回流装置共同强化对发酵物料的搅拌作用,该组合易于维护、实用性强;

所述的气体输出回流支路包括:三通分流阀和分别与之相连的气体质量流量计和气体蠕动泵,其中:气体蠕动泵与气体回流口相连以延长气体在产甲烷反应器液相中路径,从而有助于氢气在发酵液中的溶解,进而促进微生物对溶解氢的利用;

所述的气体排出支路包括:依次相连的产酸产氢相压力表、压力信号控制的电磁阀、气体流量控制器和真空泵,其中:产酸产氢反应器内的气相产物将由连接有真空泵的气体流量控制器按设定的速率泵出反应器,气压表控制的电磁阀用以维持反应器内部压强,避免罐内压强过低;

所述的发酵液输出支路包括:依次相连的发酵液排出阀、物料输送泵和液体进料阀;

所述的液体回流支路通过设置于厌氧发酵产甲烷反应器的物料进料口和物料回流口之间的液体蠕动泵实现,物料回流口具体位于耐正压鼓泡式反应器罐体距离底部五分之二处,位于回流口处的发酵液中产甲烷菌较多,经蠕动泵循环到上部进料口,可以起到减少反应器内产甲烷菌流失和稀释来自产酸产氢反应器的发酵液,提升产酸菌生物作用和产甲烷菌生物作用的协同性。

2. 根据权利要求1所述的两相耦合厌氧发酵产沼气及原位沼气提纯装置,其特征是,为了协调产酸菌和产甲烷菌之间的平衡,增强产甲烷菌活性,发酵产甲烷排出的含有较多产酸菌的物料残渣从厌氧发酵产甲烷反应器的底部排料口排出,上部的发酵液含有较多产甲烷菌,其由液体蠕动泵从厌氧发酵产甲烷反应器上部出料口回流到发酵罐内。

3. 根据权利要求1所述的两相耦合厌氧发酵产沼气及原位沼气提纯装置,其特征是,所述的耐正压鼓泡式反应器罐体的底部进一步设有底部出料口以便于发酵残渣清理和除去一部分冗余产酸菌。

两相耦合厌氧发酵产沼气及原位沼气提纯装置

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种环境工程领域的技术,具体是一种两相耦合厌氧发酵产沼气及原位沼气提纯装置。

背景技术

[0002] 现有工业上应用最广泛的厌氧发酵制取沼气技术一般都是在—个反应器中进行,但在运行过程中,在处理高有机负荷的有机污染物时,容易出现失稳和降解效率低的问题。近年来,产酸产甲烷两相厌氧发酵的研究为解决上述单相厌氧发酵的不足提供了有效解决方案,即产酸相排出的发酵液经产甲烷相再次利用,从而提高厌氧发酵系统对有机废弃物的处理效率和能量回收率,但现有的两相厌氧发酵产沼气技术主要强调产酸相和产甲烷相之间的发酵液耦合关系,同时现有的两相发酵系统对底物的降解率依然不高,产酸相反应器和产甲烷相之间的物料循环模式,会把上一相反应器中的菌种带入到下一相,不适合其生存的环境,从而影响了生物作用,需要有效的调控,以调节产酸菌和产甲烷菌之间的平衡关系。并且,现有的两相发酵系统没有考虑到气相产物之间的耦合;对于产酸相而言,氢气的过量存在会影响产氢效率,并抑制系统降解有机物产酸效率,而对于产甲烷相,产酸相产生的氢气不但可以作为氢营养型产甲烷菌的产甲烷原料,并且可以抑制产甲烷相中产酸产氢作用,从而强化了两相耦合厌氧发酵产甲烷能力。此外,产酸相产生的气相产物加入到产甲烷相反应器,可以提升产甲烷相反应器内部压强,能促进二氧化碳等易溶气体溶解在水相中,可以相对提升沼气中甲烷含量,实现原位沼气提纯。

[0003] 现有利用生物质及固体有机废弃物发酵法联产氢气和甲烷的技术分别获取两相各自优势产物的过程成本较高,且产物需要后续的分选和提纯的缺陷,忽视了两相在气相产物之间的关联,未能利用产酸相气相产物来调控两相反应过程,不能做到原位沼气提纯。

发明内容

[0004] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提出一种两相耦合厌氧发酵产沼气及原位沼气提纯装置,使产酸产氢相和产甲烷相液相产物和气相产物物料耦合关系得到强化,克服了目前两相发酵系统中的不足,实现了在发酵过程中,提升产酸产氢相降解有机废弃物能力,并高效利用产酸产氢相气相产物,协调产酸菌和产甲烷菌之间互营关系,强化产甲烷相氢营养型产甲烷途径,提升沼气中甲烷含量,实现原位沼气提纯的目的。与此同时,该技术可缩短厌氧发酵周期,提高厌氧发酵处理有机废弃物能力,发酵原料利用效率高,发酵过程易于调控。

[0005] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0006] 本发明涉及一种两相耦合厌氧发酵产沼气及原位沼气提纯装置,包括:产酸产氢反应器和与之相连的厌氧发酵产甲烷反应器,其中:产酸产氢反应器的气体排出支路与厌氧发酵产甲烷反应器的输出端相连,发酵液输出支路与厌氧发酵产甲烷反应器的物料进料口相连,厌氧发酵产甲烷反应器的排气口与气体回流口之间设有气体输出回流支路形成自

循环以延长产酸产氢反应器气相产物在厌氧发酵产甲烷反应器发酵液中的反应路径,物料回流口和物料进料口之间设有液体回流支路形成循环管路,用以产甲烷反应器发酵液回流。

[0007] 技术效果

[0008] 本发明整体解决了现有技术的对产氢产甲烷两相之间耦合性上的不足,利用产酸产氢相气相产物以减轻对产酸相的产氢抑制,同时实现产甲烷相的原位沼气提纯。与现有技术相比,本发明技术效果包括:

[0009] 1) 产酸产氢反应器气体排出支路将产生的氢气输送到产甲烷反应器中,可有效减轻氢气累积对产酸相的抑制作用,有利于提升对有机废弃物的生物降解效率和能力,强化两相在气体产物上的耦合,为后续产甲烷相提供原料。同时,利用在产甲烷相发酵液中的溶解氢抑制来自产酸相中的产酸产氢作用,协调产甲烷相产甲烷菌和产酸菌之间的代谢平衡。

[0010] 2) 厌氧发酵产甲烷反应器采用鼓泡式搅拌釜,在利用机械搅拌的同时,通入的产酸相气体可起到气体搅拌的作用,使得发酵物料和微生物能更好地接触,促进了生物降解作用,上部和底部两个排料口的设置促进了产酸菌和产甲烷菌的平衡,有助于厌氧发酵产甲烷。

[0011] 3) 液体回流系统起到了减少产甲烷功能微生物的流失,从而提升甲烷含量,提高沼气热值。

[0012] 4) 气体分布装置和气体回流装置促进了产甲烷相对产酸产氢相气相产物的利用,使得氢气能充分被产甲烷相中氢营养型产甲烷微生物利用,实现原位沼气提纯的目的;同时,将产酸产氢相反应器气相产物排出到产甲烷相反应器利用,同时获得了产酸产氢相反应器低压和产甲烷相反应器相对高压的效果,可有效解除氢气产物对产酸产氢相抑制,并利用相对高压增加产甲烷相发酵液对二氧化碳的容纳能力;综上可从生物作用和物理-化学两方面减少排出沼气中二氧化碳含量,有助于提高沼气中甲烷含量。

[0013] 5) 本发明结构合理,强化产酸产氢及产甲烷两相耦合,实现原位沼气提纯,对有机废弃物的厌氧处理效果好,效率高,特别适用于需要实现富含甲烷的沼气生产,具备广阔的应用前景。

附图说明

[0014] 图1为本发明的结构示意图;

[0015] 图中:1产酸产氢反应器、2气体排出支路、3发酵液输出支路、4厌氧发酵产甲烷反应器、5气体输出回流支路、6液体回流支路、7产酸产氢相耐负压反应器罐体、8液封进料口、9机械搅拌器、10气体排出口、11底部出料口、12产酸产氢相温度传感和控制器、13产酸产氢相压力表;14压力信号控制的电磁阀、15气体流量控制器、16真空泵、17产酸产氢反应器发酵液排出阀、18物料输送泵、19液体进料阀、20底部进气口、21物料进料口、22耐正压鼓泡式反应器罐体、23自吸式搅拌器、24气体分布装置、25顶部排气口、26产甲烷相温度传感和控制器、27产甲烷相压力表、28三通分流阀、29气体质量流量计、30气体蠕动泵、31气体回流口、32物料回流口、33产甲烷相物料回流阀、34液体蠕动泵、35底部排料口。

具体实施方式

[0016] 如图1所示,为本实施例涉及一种两相耦合厌氧发酵产沼气及原位沼气提纯装置,包括:至少一个产酸产氢反应器1和与之相连的厌氧发酵产甲烷反应器4,其中:产酸产氢反应器1的气体排出支路2与厌氧发酵产甲烷反应器4的输出端相连,发酵液输出支路3与厌氧发酵产甲烷反应器4的物料进料口相连,厌氧发酵产甲烷反应器4的排气口与气体回流口之间设有气体输出回流支路5形成自循环以延长产酸产氢反应器气相产物在厌氧发酵产甲烷反应器发酵液中的反应路径,物料回流口和物料进料口之间设有液体回流支路6形成循环管路,用以产甲烷反应器发酵液回流。

[0017] 所述的产酸产氢反应器1包括:产酸产氢相耐负压反应器罐体7以及设置于其上的液封进料口8、气体排出口10、底部出料口11、产酸产氢相温度传感和控制器12以及设置于罐体内部的机械搅拌器9。

[0018] 所述的厌氧发酵产甲烷反应器4包括:耐正压鼓泡式反应器罐体22和设置于其顶部的排气口25、设置于底部的进气口20和气体回流口31、设置于上部的进料口21、产甲烷相温度传感和控制器26和设置于罐体内用于更均匀地分布来自产酸产氢反应器的气相产物到发酵液的自吸式搅拌器23,其中:进气口和气体回流口通过气体分布装置24并联并输出。

[0019] 为了协调产酸菌和产甲烷菌之间的平衡,增强产甲烷菌活性,含有较多产酸菌的物料残渣从厌氧发酵产甲烷反应器4的底部排料口35排出,上部的发酵液含有较多产甲烷菌,其由液体蠕动泵34从厌氧发酵产甲烷反应器上部出料口21回流到发酵罐内。

[0020] 所述的气体分布装置24采用但不限于带孔铁圈、泡沫陶瓷、分布盘等,该气体分布装置和自吸式搅拌器组合用以确保产酸产氢相气相产物在产甲烷相发酵液中均匀分布,同时与气体回流装置共同强化对发酵物料的搅拌作用,该组合易于维护、实用性强。

[0021] 所述的气体输出回流支路5包括:三通分流阀和分别与之相连的气体质量流量计和气体蠕动泵,其中:气体蠕动泵与气体回流口相连以延长气体在产甲烷反应器液相中路径,从而有助于氢气在发酵液中的溶解,进而促进微生物对溶解氢的利用。

[0022] 所述的废气排出支路2包括:依次相连的产酸产氢相压力表13、压力信号控制的电磁阀14、气体流量控制器15和真空泵16,其中:产酸产氢反应器内的空气相产物将由连接有真空泵的气体流量控制器按设定的速率泵出反应器,气压表控制的电磁阀用以维持反应器内部压强,避免罐内压强过低。

[0023] 所述的电磁阀作为限制保护元件,设置在27.6kPa-34.5kPa。

[0024] 所述的气体流量控制器调控真空泵作为气相产物排出的灵活调节元件,两者配合使用可有效及时排除产酸产氢反应器顶部气相产物,具有安全性高、节能和可根据实际生产情况进行灵活调控的优点。

[0025] 所述的发酵液输出支路3包括:依次相连的发酵液排出阀17、物料输送泵18和液体进料阀19。

[0026] 所述的耐正压鼓泡式反应器罐体22采用鼓泡式搅拌釜。

[0027] 所述的液体回流支路6通过设置于厌氧发酵产甲烷反应器4的物料进料口和物料回流口32之间的液体蠕动泵34实现,物料回流口32具体位于耐正压鼓泡式反应器罐体22距离底部五分之二处,位于回流口处的发酵液中产甲烷菌较多,经蠕动泵循环到上部进料口,可以起到减少反应器内产甲烷菌流失和稀释来自产酸产氢反应器的发酵液,提升产酸菌生

物作用和产甲烷菌生物作用的协同性；

[0028] 所述的耐正压鼓泡式反应器罐体22的底部进一步设有底部出料口以便于发酵残渣清理和除去一部分冗余产酸菌。

[0029] 使用时,采用批次进料,产酸产氢反应器和厌氧发酵产甲烷反应器内的发酵温度控制在中温(37℃)或高温(55℃),产酸产氢相水力停留时间设置为48小时,按照厌氧发酵产甲烷反应器和产酸产氢发酵装置的有效工作容积比,调整厌氧发酵产甲烷反应器的水力停留时间,建议水力停留时间不少于3天,但根据选用的发酵液回流比例不同,可以做适当调整。

[0030] 经过具体实际实验,在厌氧发酵发酵的具体环境设置下,以餐厨垃圾、玉米秸秆和鸡粪进行混合厌氧发酵,有机负荷采取 $10\text{g.VS.L}^{-1}.\text{d}^{-1}$,产氢相和产甲烷相水力停留时间分别设置为48h和6d,产氢相反应器工作容积设置为0.8L,产甲烷相反应器工作容积设置为2.4L,产氢相反应器内部压强控制 $27.6\text{kPa}-34.5\text{kPa}$,产甲烷相反应器气体回流速率设置为 $0.2\text{L.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$,以未强化两相系统耦合关系的反应器作为对照组,即相同规格产氢相和产甲烷相反应器按照传统两相厌氧发酵模式进行,相较于对照组,本发明设备氢气产量提高了7%,甲烷产量提高了12%,达到 610mL/gVS ,甲烷含量提高了14%-15%,实现尾端排出沼气中甲烷含量为89%-90%。

[0031] 与现有技术相比,本发明强化两相厌氧发酵产氢相和产甲烷相之间的物料交流和代谢耦合关系,提高厌氧发酵降解有机废弃物能力,提升产氢相和产甲烷相产气表现,实现产甲烷相沼气原位提纯。

[0032] 上述具体实施可由本领域技术人员在不背离本发明原理和宗旨的前提下以不同的方式对其进行局部调整,本发明的保护范围以权利要求书为准,且不由上述具体实施所限,在其范围内的各个实现方案均受本发明之约束。

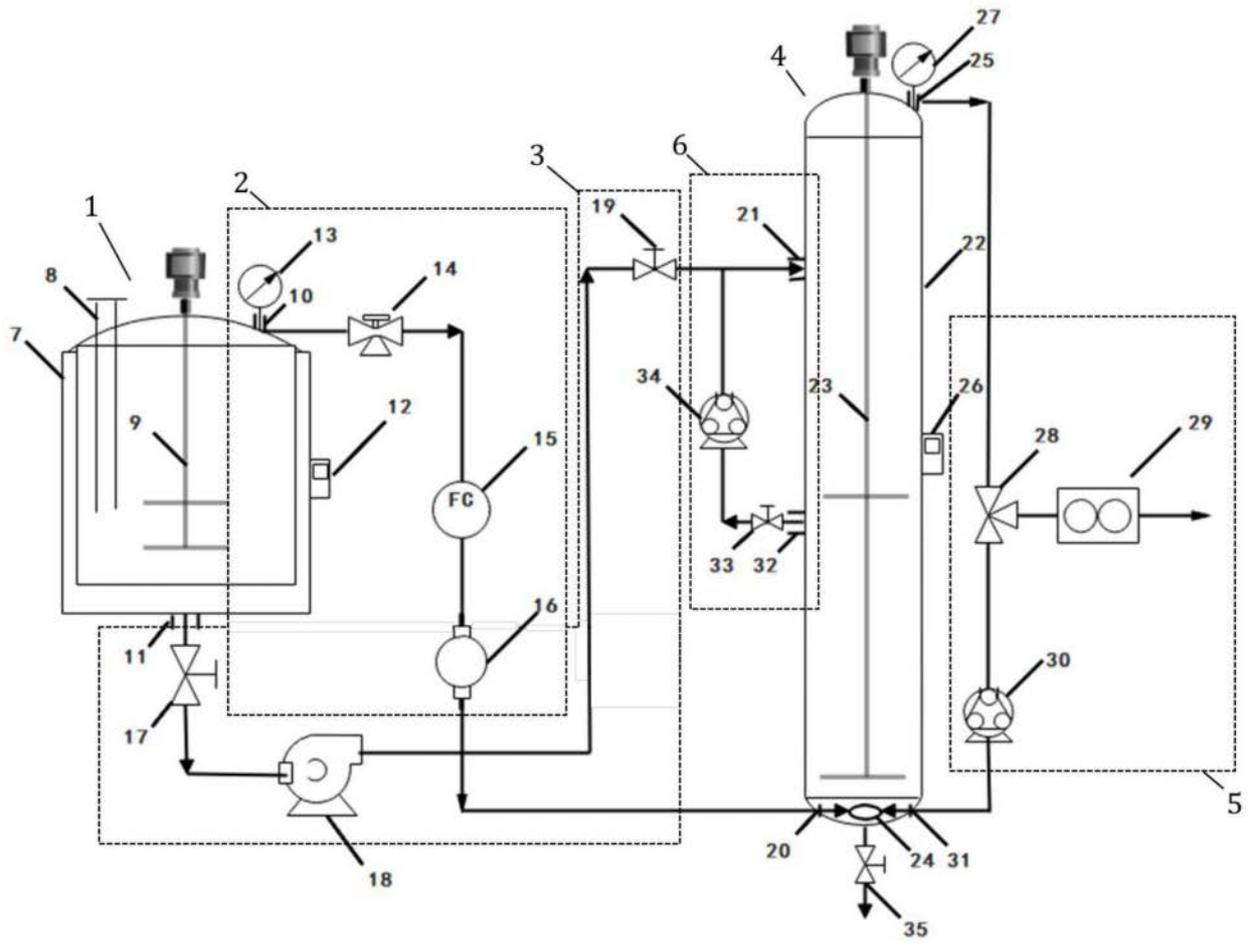


图1