



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104745639 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201310744236. 1

(22) 申请日 2013. 12. 30

(71) 申请人 中国科学院青岛生物能源与过程研究所

地址 266101 山东省青岛市崂山区松岭路
189 号

(72) 发明人 郭荣波 连淑娟 师晓爽 罗生军
戴萌 许晓晖 王传水

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 周秀梅 李颖

(51) Int. Cl.

C12P 5/02(2006. 01)

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种湿法—干法联合的两级厌氧发酵产沼气工艺

(57) 摘要

本发明属于固体废弃物处理与资源化利用领域,具体是一种湿法—干法联合的两级厌氧发酵产沼气工艺。将破碎的固体废弃物与接种物在全湿式反应器中混合进行湿法厌氧发酵,湿法厌氧发酵期水力停留时间为 5-20 天,发酵处理后发酵物料输送至底部具有渗滤装置的干法发酵反应器进行干法固态发酵进而制备沼气;本发明结合了湿法发酵和干法发酵的双重优势。即提出了利用湿法发酵传质快和易启动特性以及干法发酵节省反应空间等优势集于一体的发酵工艺。结合发酵过程的生物质多级分解转化和产甲烷菌群富集原理,利用湿法发酵工艺的优势,把湿法发酵作为干法发酵工艺的均匀接种阶段,解决了干法发酵接种难、启动慢的问题。

1. 一种湿法—干法联合的两级厌氧发酵产沼气工艺,其特征在于:将破碎的固体废弃物与接种物在全湿式反应器中混合进行湿法厌氧发酵,湿法厌氧发酵期水力停留时间为5-20天,发酵处理后发酵物料输送至底部具有渗滤装置的干法发酵反应器进行干法固态发酵进而制备沼气;

其中,经渗滤装置收集的沼液渗滤液体,通过全混式反应器与干法发酵反应器之间的回流装置回流到湿法发酵阶段接种于新物料,进而循环利用。

2. 按权利要求1所述的湿法—干法联合的两级厌氧发酵产沼气工艺,其特征在于:所述固体废弃物为颗粒直径大于渗滤装置孔径的废弃物。

3. 按权利要求1所述的湿法—干法联合的两级厌氧发酵产沼气工艺,其特征在于:所述破碎的固体废弃物与接种物混合后,物料固含量控制在20-200gVS/L。

4. 按权利要求1所述的湿法—干法联合的两级厌氧发酵产沼气工艺,其特征在于:所述干法发酵反应器的水力停留时间为20-60天。

5. 按权利要求1所述的湿法—干法联合的两级厌氧发酵产沼气工艺,其特征在于:所述湿法发酵得到的物料连续或间断分批式转入干法发酵阶段进行固态发酵。

一种湿法—干法联合的两级厌氧发酵产沼气工艺

技术领域

[0001] 本发明属于固体废弃物处理与资源化利用领域,具体是一种湿法—干法联合的两级厌氧发酵产沼气工艺。

背景技术

[0002] 我国现具有丰富的农业固体废弃物资源,传统的固体废弃物处理方式主要为焚烧,收获农作物之后,固体废弃物经焚烧得到的无机物质草木灰可用于农业肥料,形成能量再利用的循环。但是此措施容易造成大气层的污染,危害人体的健康,破坏土壤的结构,甚至会引发起火灾。通过沼气工程可以将这些资源变废为宝,在减少环境危害的同时,生产可再生能源沼气。将农业固体生物质废弃物回收利用作为沼气工程的原料生产沼气,厌氧发酵后的发酵沼渣可作为农用有机肥,从而实现无二次污染、资源循环再利用的生态农业产业模式。

[0003] 目前国际上沼气工程工艺主要有湿法发酵和干法发酵两种。湿法发酵具有启动性能好以及传质均匀的特点。干法发酵启动性能欠佳,但具备处理量大同时无大量沼液排放的优点,干法发酵是目前国内外沼气行业的一个重要的发展趋势,但启动慢和产气效率低的局限性一直限制着干法发酵技术的发展。由于沼气厌氧发酵过程涉及多种厌氧发酵微生物的多步联合作用,近年来国内外研究进展表明多级发酵工艺具有发酵速度快、降解率高等明显的优势,多级发酵工艺越来越受到沼气工程领域的重视。Wang 等(*Process Biochemistry*38(2003)1267-1273)研究表明,HFR(水力冲洗反应器)和 AF(厌氧滤池)结合的两级湿法发酵工艺处理屠宰场废物,COD 去除率达 95%,高于单级发酵的两倍,甲烷产量则达到单级的 2.7 倍。Cheng 等(*Bioresour Technol*,2012,114:327-33)利用 CSTR 和 UASB 相联合进行秸秆产沼气的工艺研究,甲烷产量达到 200.9ml/g,同时得到 67.1%的能量回收率。S. Ghaniyari-Benis 等(*Bioresour Technol*,2009,100(5):1740-5)将 ABR(anaerobic baffled reactor)和 UAFB 相结合对工业污水进行了处理,使 COD 去除率达到 88.3%。然而这些研究大都是仅单独利用 CSTR 之间相结合进行发酵,或者 CSTR 和其他的湿法厌氧发酵罐(如 UASB、ABR、UAFB)之间结合,并未改变湿法发酵处理量小和单位容积产气量小的缺点。在中国专利 CN202881263U 和中国专利 CN102212561A 中有涉及干法与湿法结合的工艺,但这两种工艺均未解决干法发酵启动慢、产气效率低的局限性,依然存在干法发酵启动性能欠佳的缺陷。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种湿法—干法联合方式利用农业废弃物进行厌氧发酵制备沼气的方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0006] 一种湿法—干法联合的两级厌氧发酵产沼气工艺,将破碎的固体废弃物与接种物在全湿式反应器中混合进行湿法厌氧发酵,湿法厌氧发酵期水力停留时间为 5-20 天,发酵

处理后发酵物料输送至底部具有渗滤装置的干法发酵反应器进行干法固态发酵进而制备沼气；

[0007] 其中,经渗滤装置收集的沼液渗滤液体,通过全混式反应器与干法发酵反应器之间的回流装置回流到湿法发酵阶段接种于新物料,进而循环利用。

[0008] 所述固体废弃物为颗粒直径大于渗滤装置孔径的废弃物;固体废弃物为各种农业秸秆或生物质垃圾。接种物可选用禽畜粪便和/或生物质垃圾,同时也可选用本发明湿法—干法联合厌氧发酵所剩的废弃物。

[0009] 所述破碎的固体废弃物与接种物混合后,物料固含量控制在 20-200gVS/L。

[0010] 所述干法发酵反应器的水力停留时间为 20-60 天。

[0011] 所述湿法发酵得到的物料连续或间断分批式转入干法发酵阶段进行固态发酵。

[0012] 本发明所具有的优点在于：

[0013] 1. 本发明结合了湿法发酵和干法发酵的双重优势。即提出了利用湿法发酵传质快和易启动特性以及干法发酵节省反应空间等优势集于一体的发酵工艺。结合发酵过程的生物质多级分解转化和产甲烷菌群富集原理,利用湿法发酵工艺的优势,把湿法发酵作为干法发酵工艺的均匀接种阶段,解决了干法发酵接种难、启动慢的问题。

[0014] 2. 本发明整个发酵过程发酵液循环利用,无沼液排放。在湿法发酵罐体和干法发酵罐体之间添加回流连通装置,干法发酵阶段的渗滤液体循环使用作为湿法发酵的接种物,经渗滤装置和回流连通装置组合实现沼液闭式循环。

[0015] 3. 本发明通过第一级湿法发酵,实现了第二级干法发酵阶段物料的微生物菌群均匀接种。干法发酵阶段的物料无需二次接种,无需进行渗滤喷淋,也无需进行混合搅拌,便可进入静态稳定快速发酵,大大降低了干法发酵的能耗。

[0016] 4. 本方法可连续厌氧发酵过程,也可是分批次的厌氧发酵。将湿法发酵和干法发酵相结合的两级发酵工艺处理固体废弃物,很大程度上提高了物料降解率并改造出一种经济可行的产沼气工艺。

[0017] 5. 本发明利用发酵过程的生物质多级分解转化和产甲烷菌群富集原理,将湿法发酵传质快和易启动特性以及干法发酵集于一体,充分使湿法发酵工艺发挥其优势,把湿法发酵物作为干法发酵工艺的均匀接种物,进而解决干法发酵接种难、启动慢的问题,同时干法发酵的渗滤液可以在两级发酵罐体内循环利用,可实现无沼液排放,并完善农业废弃物发酵制备沼气的工艺流程。

附图说明

[0018] 图 1 为本发明实施例提供的工艺流程图。

[0019] 图 2 为本发明实施例提供的两级发酵综合甲烷产量图。

[0020] 图 3 为本发明实施例提供的中 CSTR 运行状态图。

具体实施方式

[0021] 本发明工艺将固体生物质废弃物机械粉碎后,与接种物在全混式反应器中混合并发酵,湿法发酵水力停留时间设定为 5-20 天;出料经连接装置进入干法发酵罐体进行固态厌氧发酵;第一级湿法发酵与第二级干法发酵间的物料输送即可采用批式又可采用连续的

方式,发酵液体通过干法发酵反应器底部的渗滤装置收集于罐底,经连接两级发酵罐体的回流装置泵入第一级反应器形成发酵液循环利用体系。结合发酵过程的生物质多步分解转化和产甲烷菌群联合作用原理,第一级湿法发酵相当于两级发酵中的均匀接种阶段,其中发酵液体可以在两级发酵罐体内循环利用同时保持稳定的产甲烷活性。本发明将湿法发酵易启动以及干发酵节省反应空间等优势集于一体,是一种经济可行的厌氧发酵优化工艺组合。

[0022] 实施例 1

[0023] 两级发酵的原料底物是取自于青岛平度的风干玉米秸秆,发酵前进行简单切碎处理备用。取自于青岛四方区污水处理厂的厌氧活性污泥,经 1000rpm 离心 10min 处理后得到的浓缩污泥做为接种物。

[0024] 厌氧发酵实验采用两级发酵,第一级为湿式发酵,第二级为干式发酵。第一级湿式发酵按照接种物与底物比例(VS 比例)为 1:2 混合加入到 250ml 厌氧发酵瓶中,调节底物秸秆的 TS 浓度为 4% (相当于 40gTS/L),工作体积为 100ml。利用碱液调节发酵混合物的 pH 值至 7.5。采用 CO₂ (20%) 和 N₂ (80%) 混合气曝气 5min,然后用橡胶塞和铝制封口压盖密封,将厌氧发酵瓶放于水浴振荡培养箱中培养,设置温度 37℃、转速 150r/min。

[0025] 发酵时间 10 天后,将第一级湿法发酵物料通过批式或连续的方式转入到底部设沼液渗滤装置的干法发酵反应器中,使发酵物料得以

[0026] 固液分离,第二级干法发酵的厌氧发酵瓶放于恒温培养箱中,设置温度恒为 37℃。无需 pH 值调节,水力停留时间为 40 天。同时总发酵时间为 50 天;秸秆甲烷产量达到 218.63ml/gVS。

[0027] 其中发酵物料经渗滤装置固液分离收集的沼液渗滤液体,可以通过全混式反应器与干法发酵反应器之间的回流装置回流到湿法发酵阶段接种于新物料,进而循环利用。

[0028] 实施例 2

[0029] 两级发酵的底物是取自于青岛平度的风干玉米秸秆,发酵前进行简单切碎处理备用。取自于平度养殖场的牛粪作为接种物,用于 CSTR 发酵罐的启动。

[0030] 湿法阶段采用 CSTR 发酵罐,总容积为 5L,其中工作体积为 4L,设定 HRT 为 20 天。秸秆的固体含量为 4%TS(w/v)。pH 在初期调节至 7.5,后续反应体系中 pH 持续保持在 7.0 ~ 7.5 之间,无需调节。水套循环加热装置温度设为 37℃,搅拌时间为每隔 3 小时搅拌 10 分钟。反应罐运行稳定之后,罐内甲烷浓度在 49% ~ 56%。反应罐体系达到稳定时均产气量 980ml/d。甲烷产率为 81.67L/(kgVS·d)。

[0031] 第二级干法发酵物料采用第一级湿法发酵物料进行批次发酵,在本实施例中,干发酵体系中固体物料和渗滤得到的发酵液体的产气量分别测定。采用 CO₂ (20%) 和 N₂ (80%) 混合气曝气 5min,然后用橡胶塞和铝制封口压盖密封,将厌氧发酵瓶放于水浴振荡培养箱中培养,设置温度 37℃、转速 150r/min。在实际产甲烷工艺中发酵液可用于湿法发酵阶段的接种用。第二阶段干发酵总甲烷产气量(含渗滤液)为 134.08ml/gVS。综合第一阶段湿法发酵和干法发酵的总甲烷产气量为 215.75ml/gVS。

[0032] 比较例 1

[0033] 全湿式发酵按照接种物与底物比例(VS 比例)为 1:2 混合加入到 250ml 厌氧发酵瓶中,采用厌氧发酵的基础培养基配制底物秸秆的 TS 浓度为 4% (相当于 40gTS/L),工作体

积为 100ml。利用碱液调节发酵混合物的 pH 值至 7.5。采用 CO₂ (20%) 和 N₂ (80%) 混合气曝气 5min, 然后用橡胶塞和铝制封口压盖密封, 将厌氧发酵瓶放于水浴振荡培养箱中培养, 设置温度 37°C、转速 150r/min。全湿式发酵 50 天的甲烷累计产量为 224.70ml/gVS。

[0034] 由此可见, 实施例 1、2 相对于比较例 1 来说, 比较例 1 中全湿法发酵的甲烷产量为 224.70ml/gVS, 实施例 1 中湿法干法两级发酵的单位质量秸秆得到甲烷产量为 218.63ml/gVS, 实施例 2 中两级发酵综合甲烷产量为 215.75ml/gVS。从数据对比中可以看出, 甲烷产量基本相当。然而两级发酵在没有降低甲烷产量的同时, 可以发挥湿法和干法的两级发酵体系的优势, 利用湿法发酵作为启动接种阶段, 后续的干法发酵提高了发酵物的固含量, 增大了干法发酵阶段的处理量和甲烷产量。与单纯干法发酵相比, 两级发酵解决了干法发酵启动慢和传质不均匀的特点。与单纯的湿法发酵相比, 湿法干法结合的厌氧发酵产沼气技术在后期的干法发酵阶段中, 可以提高秸秆的单位处理固含量, 使得单位容积的产甲烷气量得到提高, 同时提高了处理秸秆的效率(参见图 2 和图 3)。

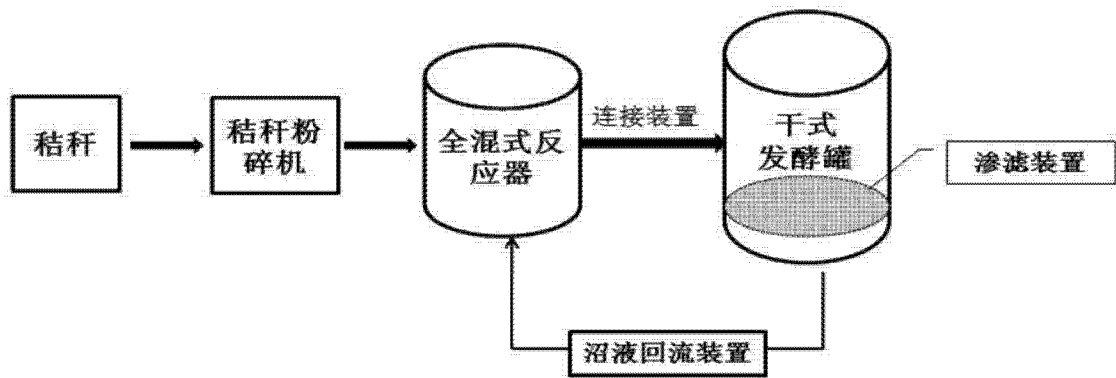


图 1

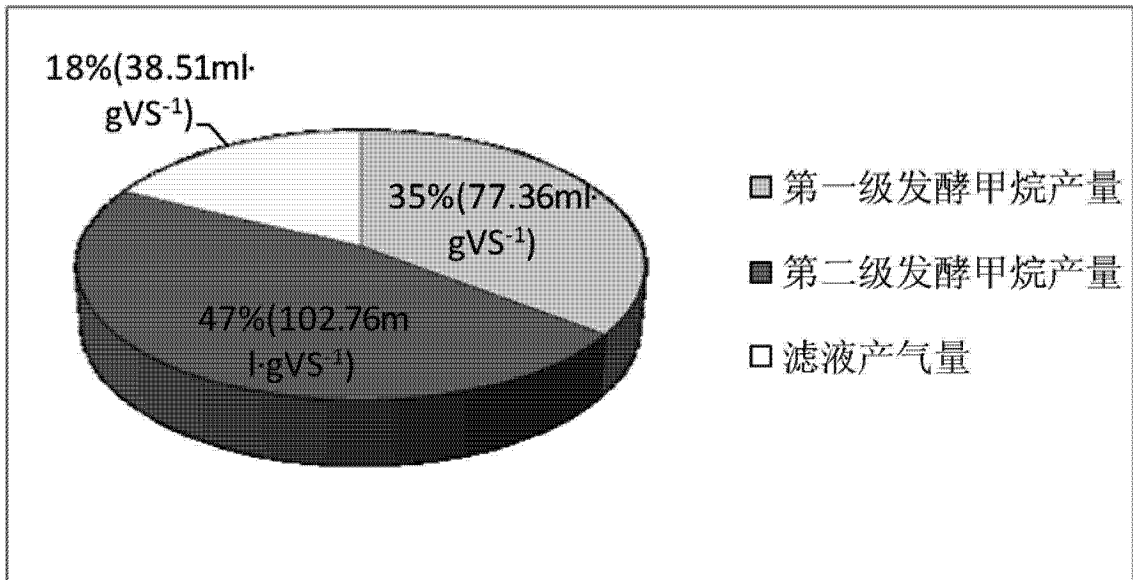


图 2

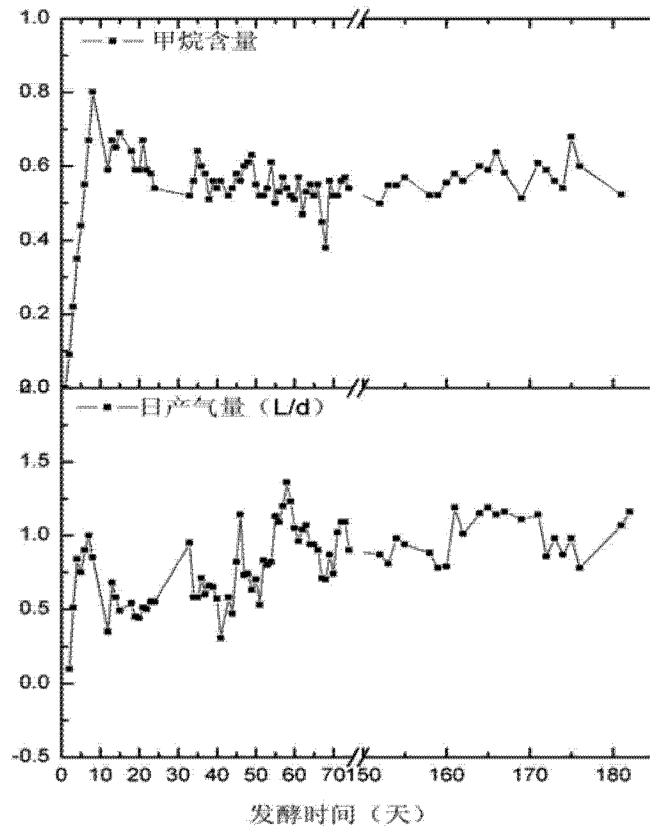


图 3