



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103088070 B

(45) 授权公告日 2015.05.13

(21) 申请号 201310025678.0

(56) 对比文件

(22) 申请日 2013.01.22

CN 102559773 A, 2012.07.11, 参见具体实施方式和权利要求书.

(73) 专利权人 北京化工大学

CN 102808000 A, 2012.12.05, 参见权利要求书.

地址 100029 北京市朝阳区北三环东路 15  
号北京化工大学

审查员 马岚

(72) 发明人 刘广青 李叶青 张瑞红 何艳峰  
陈畅 冯璐 肖潇 马欣欣(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有  
限公司 11275

代理人 张水悌

(51) Int. Cl.

C12P 5/02(2006.01)

C02F 11/04(2006.01)

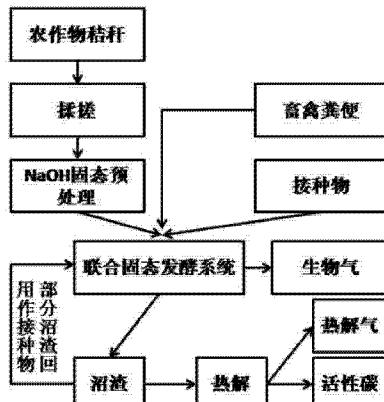
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

## (54) 发明名称

一种农作物秸秆与畜禽粪便联合固态发酵生  
产沼气的方法

## (57) 摘要

本发明属于有机固体废弃物高效资源化利用领域,尤其涉及一种农作物秸秆与畜禽粪便联合固态发酵生产沼气的方法。本发明所述的生产沼气的方法是用揉搓机将农作物秸秆揉碎,加入NaOH水溶液混合均匀进行预处理,然后将混合后的农作物秸秆与畜禽粪、接种物联合固态发酵,在50~60℃下进行厌氧发酵产沼气,最后将固态发酵后的残留物取出,30%用于新投料的接种物,剩余的沼渣进入热解反应器进行热解产气所产生的热解气可用于系统供热,热解后的固态产物可用作活性吸附材料或催化材料,实现有机废弃物的综合利用。与现有技术相比,本发明所述产沼气的方法具有无沼液、便捷快速、安全稳定、产气效率高的特点。



1. 一种农作物秸秆与畜禽粪便联合固态发酵生产沼气的方法,包括农作物秸秆固态预处理、联合固态发酵和沼渣热解利用三个过程,其特征在于,

1) 所述的农作物秸秆固态预处理:用揉搓机将农作物秸秆揉碎,加入 NaOH 水溶液混合均匀,按质量计算,NaOH 的加入量为农作物秸秆干重的 5%,混合后农作物秸秆的含水率在 60wt%,将混合后农作物秸秆在 20℃条件下放置 1 天,整个过程中没有液态水流出;

2) 所述的联合固态发酵:将上述预处理后的农作物秸秆与畜禽粪便按挥发性固体浓度以 3:1 的比例加入反应器中,再加入接种物,反应器中的原料与接种物的挥发性固体浓度之比为 3:1,控制发酵体总固体浓度为 22%,在 50℃下进行厌氧发酵产沼气,消化时间为 24 天,整个过程无额外添加营养物质及调节 pH 值;

3) 所述的沼渣热解利用:将上述固态发酵后的残留物取出,30wt% 用于联合固态发酵过程的接种物,剩余的沼渣进入热解反应器进行热解产气,从室温开始以 40℃ / 分钟升温速率升温,到达终温 800℃后保持 1.5 小时;

在联合固态发酵时,第一次使用的接种物为正常产气的沼气池的沼渣或阴沟、泥塘中的厌氧活性污泥,后期使用的接种物为联合固态发酵后的残留物。

## 一种农作物秸秆与畜禽粪便联合固态发酵生产沼气的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于有机固体废弃物高效资源化利用领域，尤其涉及一种农作物秸秆与畜禽粪便联合固态发酵生产沼气的方法。

### 背景技术

[0002] 传统制沼气的原料是用畜禽粪便，但是，由于经济快速发展、粮食涨价等原因，很多地方的出现了畜禽粪便原料短缺等问题。传统的沼气生产常常因缺乏原料而导致产气不稳定，严重时甚至出现不产气等现象。此外，由于原料内在性质的限制，以传统的畜禽粪便作为厌氧消化原料，沼气产气通常比较低，约为 350L/kg VS。

[0003] 我国是农业大国，每年约产生大约 7 亿吨的农作物秸秆。目前，这些农作物秸秆的利用率还不到 50%，大都被随意丢弃或露天燃烧，不仅浪费了资源，还严重地污染了环境。如何有效利用这些资源，是我国解决农村和城镇生活用能问题的重要途径之一。然而，在农作物秸秆中，大量含有的木质素及半纤维素将纤维素包裹，不利于微生物利用，将农作物秸秆作为单一原料进行厌氧消化也会出现产气率低下，约为 300L/kg VS。此外，传统的厌氧消化工艺会产生大量的沼液沼渣，还需额外增加处理设备才能将沼液沼渣转化成有机肥料，且这些有机肥料的肥力尚在研究中。因此，亟需开发出一种新的厌氧消化工艺解决这些问题。

[0004] 目前，联合厌氧消化工艺逐渐被使用，但是，以农作物秸秆和畜禽粪便为原料进行联合固态发酵工艺，还没有得到很好的开发和利用。首先，联合发酵工艺受多种因素制约，所选取的原料也受地域限制；其次，固态发酵技术还存在着很多不足，如需较长的停留时间、大量的接种物等；再者，目前尚未有较为经济的预处理技术用于处理农作物秸秆提高其产气能力；此外，沼液沼渣的高值利用问题急需解决。上述几方面共同限制了农作物秸秆及畜禽粪便作为能源原料的大规模利用。

### 发明内容

[0005] 为克服现有技术中存在的问题，本发明的目的在于提供一种产气量高的农作物秸秆和畜禽粪便联合固态发酵生产沼气的方法。

[0006] 本发明所述的农作物秸秆和畜禽粪便联合固态发酵生产沼气的方法，包括农作物秸秆固态预处理、联合固态发酵和沼渣热解利用三个过程；

[0007] 所述的农作物秸秆的固态预处理：用揉搓机将农作物秸秆揉碎，加入 NaOH 水溶液混合均匀，按质量计算，NaOH 的加入量为农作物秸秆干重的 3~7%，混合后农作物秸秆的含水率在 50~60wt%，将混合后农作物秸秆在 20~30℃条件下放置 1~3 天，整个过程中没有液态水流出；

[0008] 所述的联合固态发酵：将上述预处理后的农作物秸秆与畜禽粪便按挥发性固体浓度以 (1:1)~(3:1) 的比例加入反应器中，再加入接种物，反应器中的原料与接种物的挥发性固体浓度之比为 (3:1)~(4:1)，控制发酵体总固体浓度在 21~25% 之间，在 50~60℃下进行厌氧发酵产沼气，消化时间为 21~24 天，整个过程无额外添加营养物质及调节 pH 值；

[0009] 所述的沼渣热解利用 : 将上述固态发酵后的残留物取出, 20~40wt% 用于联合固态发酵过程的接种物, 剩余的沼渣进入热解反应器进行热解产气, 从室温开始以 30~50℃ / 分钟升温速率升温, 到达终温 600~800℃ 后保持 1.5~3 小时。

[0010] 本发明所述的生产沼气的方法, 在农作物秸秆固态预处理时, NaOH 的加入量为秸秆干重的 5wt%, 混合后农作物秸秆的含水率为 60wt%, 预处理温度为 20℃, 预处理时间为 1 天, 这时, 整个联合固态发酵系统产气效率最高。

[0011] 本发明所述的生产沼气的方法, 在联合固态发酵时, 农作物秸秆与畜禽粪便的挥发性固体浓度比为 3:1, 反应器中的原料与接种物的挥发性固体浓度之比为 3:1, 发酵体总固体浓度为 22%, 发酵温度为 50℃, 消化时间为 24 天, 这时整个联合固态发酵系统产气效率最高。

[0012] 本发明所述的生产沼气的方法, 在热解沼渣利用时, 升温速率 40℃ / 分钟, 到达终温 800℃ 后保持 1.5 小时, 这时整个联合固态发酵系统产气效率最高。

[0013] 本发明所述的生产沼气的方法, 在联合固态发酵时, 第一次使用的接种物为正常产气的沼气池的沼渣或阴沟、泥塘中的厌氧活性污泥, 后期使用的接种物为联合固态发酵后的残留物。

[0014] 本发明中, 所指的 TS (Total Solids) 即总固体浓度, 指一定量的原料在 105℃ 下烘干至恒重所得的净重与原有原料的质量比。灰分 : 指一定量的原料烘干后放入 600 摄氏度马弗炉灼烧 2 小时后剩余物的质量与原有原料的质量比。VS (Volatile Solids) 即挥发性固体浓度, 表征原料中有机物的含量, VS 等于 TS 减去灰分。消化时间系指原料厌氧发酵产沼气通常所需的时间。

[0015] 与现有技术相比, 本发明的创新之处是 : (1) 采用固态预处理方法结合固态发酵技术, 使整个过程中农作物秸秆均保持较干的状态, 没有沼液产生, 无需对沼液进行处理 ; (2) NaOH 固态预处理农作物秸秆 1d 后, 即可与畜禽粪便结合进行联合消化, 优化了原料的预处理时间及结构配置, 使得整个反应过程能稳定、高效进行 ; (3) 将沼渣作为热解原料, 不仅可解决沼渣利用难的问题, 还可产生有益的产品如低位热值可达 11~13MJ/m<sup>3</sup> 的热解气和活性碳 ; 所产生的热解气可用于系统供热, 热解后的固态产物可用作活性吸附材料或催化材料, 实现有机废弃物的综合利用 ; (4) 高温下, 整个固态发酵系统产气效率高, 可达 400~450mL/g VS, 容积产气率达 25~35L/L<sub>工作体积</sub>, 平均甲烷含量在 50% 以上, 消化时间可由传统的 30 天降至 24 天。

## 附图说明

[0016] 图 1 : 本发明生产沼气的流程图。

## 具体实施方式

[0017] 下面结合具体实施例对本发明作进一步详细描述, 但本发明不限于以下实施例。

[0018] 实施例 1

[0019] 首选将 500g 揉搓后的总固体浓度为 0.95、挥发性固体浓度为 0.9 的农作物秸秆放入 5L 容器中, 加入 23.75g 的 NaOH, 再加入 268g 水。混合均匀后密封, 20℃ 放置 1 天。取出, 加入挥发性固体浓度为 0.2 的畜禽粪便 800g, 再加入挥发性固体浓度为 0.1 的接种污泥

1600g,使整个发酵体系固体含量在 25%,混合均匀后放入 8L 的厌氧反应器中。通过水浴夹套控制反应器温度在 50℃。高温固态发酵 21 天后取出,30% 的沼渣作为接种物进行下一批次的厌氧发酵。剩余 70% 的沼渣通入热解反应器中进行热解,热解时,热解温度为 600℃,升温速率 40℃ / 分钟,到达终温后保持 3 小时。获得热解气和活性碳。整个固态发酵系统产气效率高,达 406mL/g VS,容积产气率达 25L/L<sub>工作体积</sub>,甲烷含量在 54. 9%。

#### [0020] 实施例 2

[0021] 首选将 500g 揉搓后的总固体浓度为 0.95、挥发性固体浓度为 0.9 的农作物秸秆放入 5L 容器中,加入 25g 的 NaOH,再加入 300g 水。混合均匀后密封,20℃放置 1 天。取出,加入挥发性固体浓度为 0.2 的畜禽粪便 750g,再加入挥发性固体浓度为 0.1 的接种沼渣 2000g,使整个发酵体系固体含量在 22%,混合均匀后放入 8L 的厌氧反应器中。通过水浴夹套控制反应器温度在 50℃。高温固态发酵 24 天后取出,30% 的沼渣作为接种物进行下一批次的厌氧发酵。剩余 70% 的沼渣通入热解反应器中进行热解,热解时,热解温度为 800℃,升温速率 40℃ / 分钟,到达终温后保持 1.5 小时。获得热解气和活性碳。整个固态发酵系统产气效率高,达 450mL/gVS,容积产气率达 34.5L/L<sub>工作体积</sub>,平均甲烷含量在 52.7%。

#### [0022] 实施例 3

[0023] 首选将 500g 揉搓后的总固体浓度为 0.95、挥发性固体浓度为 0.9 的农作物秸秆放入 5L 容器中,加入 16g 的 NaOH,再加入 255g 水。混合均匀后密封,20℃放置 3 天。取出,加入挥发性固体浓度为 0.2 的畜禽粪便 2000g,再加入挥发性固体浓度为 0.1 的接种污泥 3000g,使整个发酵体系固体含量在 25%,混合均匀后放入 8L 的厌氧反应器中。通过水浴夹套控制反应器温度在 50℃。高温固态发酵 24 天后取出,30% 的沼渣作为接种物进行下一批次的厌氧发酵。剩余 70% 的沼渣通入热解反应器中进行热解,热解时,热解温度为 700℃,升温速率 40℃ / 分钟,到达终温后保持 2 小时。获得热解气和活性碳。整个固态发酵系统产气效率高,达 425mL/g VS,容积产气率达 29L/L<sub>工作体积</sub>,平均甲烷含量在 54.2%。

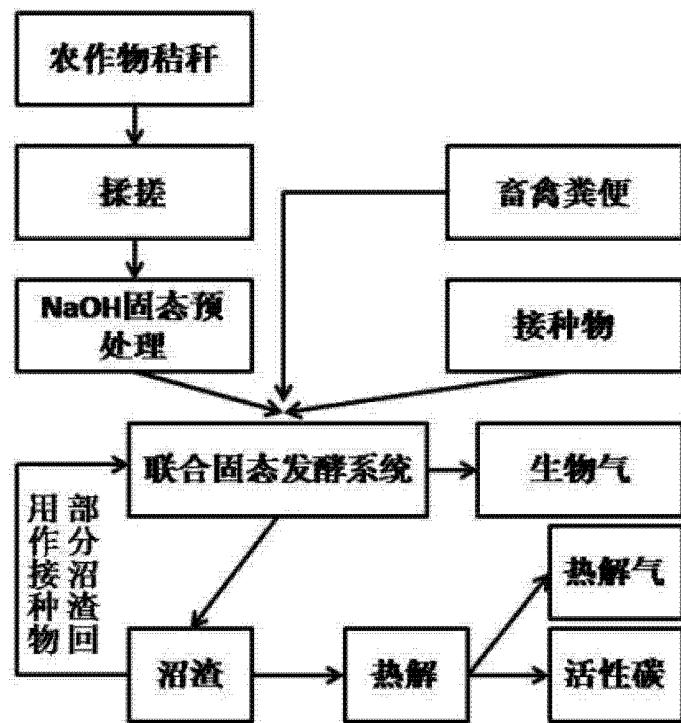


图 1