



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117757600 B

(45) 授权公告日 2025.01.21

(21) 申请号 202311585638.1

C12M 1/04 (2006.01)

(22) 申请日 2023.11.24

C12M 1/00 (2006.01)

C12P 7/6409 (2022.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117757600 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2024.03.26

CN 106269814 A, 2017.01.04

CN 109694130 A, 2019.04.30

(73) 专利权人 中煤西安设计工程有限责任公司

CN 203715626 U, 2014.07.16

地址 710054 陕西省西安市碑林区雁塔路北段66号

审查员 汪毅

(72) 发明人 马海波 苗立永 肖波 刘智杰

蒋小雨 荣懿 任武昂

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

专利代理师 王丹

(51) Int. Cl.

C12M 1/02 (2006.01)

B01J 19/18 (2006.01)

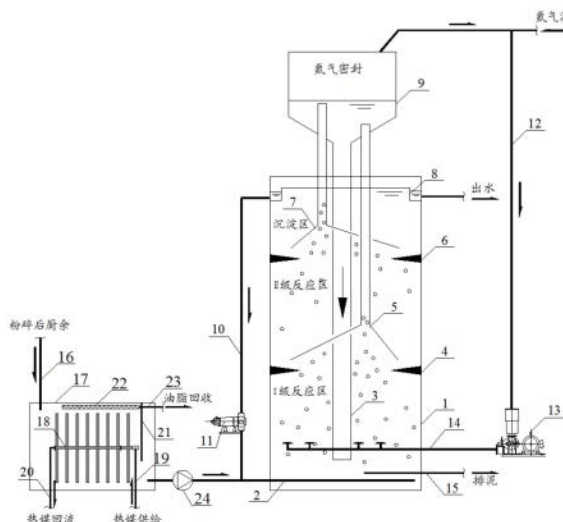
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

厨余高效发酵碳源制备设备及方法

(57) 摘要

本发明公开了厨余高效发酵碳源制备设备,包括用于对预先粉碎的厨余进行加热、油水分离的厨余预处理装置,厨余预处理装置通过配水管连通有发酵反应器,发酵反应器自下而上设置有气体搅拌装置、三相分离器,发酵反应器顶部连通有气液分离塔,三相分离器与气液分离塔连通。本发明还公开了厨余高效发酵碳源制备方法,能将厨余中的有机物水解、酸化形成富含挥发性脂肪酸的发酵液,作为非常有效的污水生物处理单元的外加碳源,应用于污水处理领域,实现工业化应用。



1. 厨余高效发酵碳源制备设备,其特征在于,包括用于对预先粉碎的厨余进行加热、油水分离的厨余预处理装置,所述厨余预处理装置通过配水管(2)连通有发酵反应器,所述发酵反应器自下而上设置有气体搅拌装置、三相分离器,所述发酵反应器顶部连通有气液分离塔(9),所述三相分离器与气液分离塔(9)连通;

所述发酵反应器包括反应器主体(1),所述三相分离器包括一级三相分离器(5),所述一级三相分离器(5)与气液分离塔(9)连通,所述气液分离塔(9)底部连接有中心回流管(3),所述中心回流管(3)伸入反应器主体(1)内,且出口位于配水管(2)与气体搅拌装置之间;所述反应器主体(1)内固定有用于阻止反应产生的气液混合物进入沉淀区的一级气封(4),所述一级气封(4)位于一级三相分离器(5)下方;

所述反应器主体(1)顶部设置有出水堰(8),所述出水堰(8)通过上清液回流管(10)与配水管(2)连通,所述上清液回流管(10)上设置有加压泵(11);

所述三相分离器还包括二级三相分离器(7),所述二级三相分离器(7)位于一级三相分离器(5)上方,所述二级三相分离器(7)对应设置有二级气封(6)。

2. 如权利要求1所述的厨余高效发酵碳源制备设备,其特征在于,所述气体搅拌装置包括增压风机(13),所述增压风机(13)连通有气体扩散机构(14),所述气体扩散机构(14)位于反应器主体(1)内;所述气液分离塔(9)顶部通过气体回流管(12)与增压风机(13)气体入口连通。

3. 如权利要求1所述的厨余高效发酵碳源制备设备,其特征在于,厨余预处理装置包括壳体(17),所述壳体(17)上方连接有入口管(16),所述壳体(17)内设置有加热器、集油槽(22)、隔油挡板(21),所述集油槽(22)位于加热器上方,所述配水管(2)入口位于壳体(17)内;所述隔油挡板(21)位于壳体(17)出口侧,所述隔油挡板(21)一端与壳体(17)顶部固定,另一端位于配水管(2)上方;所述集油槽(22)通过排油管(23)将油脂排出。

4. 厨余高效发酵碳源制备方法,采用权利要求3所述的厨余高效发酵碳源制备设备,其特征在于,包括:

预先破碎的厨余进入所述壳体(17),在加热器的作用下使其分层,上层的油脂进入集油槽(22),并通过排油管(23)排出;下层的厨余液体注入所述反应器主体(1)底部,气体搅拌装置鼓出气体将厨余液体与发酵液充分混匀,发酵后的厨余依次经过一级三相分离器(5)与不溶物质分离后,上清液从反应器主体(1)顶部流出;气体搅拌装置鼓出的气体经一级三相分离器(5)收集,进入气液分离塔(9)内完成发酵液与气体的分离,发酵液在重力作用下通过中心回流管(3)进入反应器主体(1)底部,气体回流至气体搅拌装置气体入口;部分上清液回流至反应器主体(1)底部;

所述发酵反应器的厨余投配比例为其有效容积的5~10%;所述反应器主体(1)的高径比为4~6,所述一级三相分离器(5)下方为I级反应区,所述一级三相分离器(5)与二级三相分离器(7)之间为II级反应区,所述二级三相分离器(7)上方为沉淀区,三者的体积比为55:30:15;

所述气体搅拌装置的气体为 $N_2$ ,气体搅拌强度为20~100L/m<sup>3</sup>;

所述一级三相分离器(5)、二级三相分离器(7)的提升管内气液混合物流速为0.6~1.2m/s。

## 厨余高效发酵碳源制备设备及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于垃圾资源化处理方法技术领域,涉及厨余高效发酵碳源制备设备,还涉及上述厨余高效发酵碳源制备设备的制备方法。

### 背景技术

[0002] 厨余垃圾具有含水率高、有机质高、含盐量高、含油量高和易腐烂等特点,若处理不及时则易产生恶臭,并会滋生病原体微生物,引发环境污染问题。我国厨余垃圾较高的N含量导致其C/N较低(10~20),若采用生物法处理厨余垃圾,则需考虑将厨余垃圾与其他高C/N的有机废弃物进行协同处理。此外,独特丰富的饮食习惯导致我国厨余垃圾具有高脂质(17.02%~31.80%)、高盐分(0.50%~5.00%)和高辣椒(0%~2.50%)的特点。因此,在中国厨余垃圾的资源化处理过程中,应考虑高油、高盐和高辣椒素的影响。

[0003] 目前,厨余垃圾通常与城市生活垃圾一起进行垃圾填埋和焚烧处置,随之带来垃圾渗滤液污染、二噁英和温室气体排放等二次污染问题。世界上越来越多的国家开始禁止厨余垃圾进入垃圾填埋场,并将厨余垃圾从生活垃圾中分出,进而提高干垃圾焚烧发电的效率。厨余垃圾具有较高的回收利用价值,其资源化回收逐渐成为最具发展潜力的处理模式,厨余资源化利用途径包括制饲料、昆虫养殖以及堆肥等方式。然而,昆虫养殖法还存在昆虫育种技术不成熟、最终产品缺乏风险评估等不足,并且厨余垃圾中过高的盐分和油分不利于昆虫生长,因此该技术尚未得到大规模推广应用。厌氧消化和好氧堆肥作为工业应用最广的资源化技术,分别适用于集中大规模处理和分散式、中小规模、源头减量处理的应用场景,其中厌氧消化技术具有较好的经济环境效益。直接用厨余垃圾作动物饲料的处置方式已被国家明令禁止,厨余垃圾需经过消毒、加工处理和生物转化过程,才可用作饲料资源,厨余垃圾饲料资源化的方式有高温消毒制法和生物处理制法。上述方法的资源化处理步骤繁琐、最终产物的应用范围受限,短期内很难实现工业化应用。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种厨余高效发酵碳源制备设备,解决了现有技术中存在的资源化处理方法难以实现工业化应用问题。

[0005] 本发明所采用的技术方案是,厨余高效发酵碳源制备设备,包括用于对预先粉碎的厨余进行加热、油水分离的厨余预处理装置,厨余预处理装置通过配水管连通有发酵反应器,发酵反应器自下而上设置有气体搅拌装置、三相分离器,发酵反应器顶部连通有气液分离塔,三相分离器与气液分离塔连通。

[0006] 本发明的特点还在于:

[0007] 发酵反应器包括反应器主体,三相分离器包括一级三相分离器,一级三相分离器与气液分离塔连通,气液分离塔底部连接有中心回流管,中心回流管伸入反应器主体内,且出口位于配水管与气体搅拌装置之间;反应器主体内固定有用于阻止反应产生的气液混合物进入沉淀区的一级气封,一级气封位于一级三相分离器下方。

[0008] 三相分离器还包括二级三相分离器,二级三相分离器位于一级三相分离器上方,二级三相分离器对应设置有二级气封。

[0009] 反应器主体顶部设置有出水堰,出水堰通过上清液回流管与配水管连通,上清液回流管上设置有加压泵。

[0010] 气体搅拌装置包括增压风机,增压风机连通有气体扩散机构,气体扩散机构位于反应器主体内;气液分离塔顶部通过气体回流管与增压风机气体入口连通。

[0011] 厨余预处理装置包括壳体,壳体上方连接有入口管,壳体内设置有加热器、集油槽、隔油挡板,集油槽位于加热器上方,配水管入口位于壳体内;隔油挡板位于壳体出口侧,隔油挡板一端与壳体顶部固定,另一端位于配水管上方;集油槽通过排油管将油脂排出。

[0012] 本发明的另一目的是提供一种厨余高效发酵碳源制备方法。

[0013] 本发明所采用的另一技术方案是,厨余高效发酵碳源制备方法,采用上述的厨余高效发酵碳源制备设备,包括:

[0014] 预先破碎的厨余进入壳体,在加热器的作用下使其分层,上层的油脂进入集油槽,并通过排油管排出;下层的厨余液体注入反应器主体底部,气体搅拌装置鼓出气体将厨余液体与发酵液充分混匀,发酵后的厨余依次经过一级三相分离器与不溶物质分离后,上清液从反应器主体顶部流出;气体搅拌装置鼓出的气体经一级三相分离器收集,进入气液分离塔内完成发酵液与气体的分离,发酵液在重力作用下通过中心回流管进入反应器主体底部,气体回流至气体搅拌装置气体入口;部分上清液回流至反应器主体底部。

[0015] 发酵反应器的厨余投配比例为其有效容积的5~10%;反应器主体的高径比为4~6,一级三相分离器下方为I级反应区,一级三相分离器与二级三相分离器之间为II级反应区,二级三相分离器上方为沉淀区,三者的体积比为55:30:15。

[0016] 气体搅拌装置的气体为 $N_2$ ,气体搅拌强度为20~100L/m<sup>3</sup>。

[0017] 一级三相分离器、二级三相分离器的提升管内气液混合物流速为0.6~1.2m/s。

[0018] 本发明的有益效果是:本发明厨余高效发酵碳源制备设备,厨余预处理装置同步实现厨余油脂的隔除和加热,给后续高效发酵提供基础条件;采用上清液回流调整进入反应装置的厨余固体浓度,并对上升流速进行控制,使泥水充分接触,确保发酵效果;采用气力内循环搅拌的方式实现反应器内的剧烈扰动,获得良好的传质效果,可以有效的提升厨余发酵产酸效率。本发明厨余高效发酵碳源制备方法,能将厨余中的有机物水解、酸化形成富含挥发性脂肪酸的发酵液,作为非常有效的污水生物处理单元的外加碳源,应用于污水处理领域,实现工业化应用。

## 附图说明

[0019] 图1是本发明厨余高效发酵碳源制备设备的结构示意图。

[0020] 图中,1.反应器主体,2.配水管,3.中心回流管,4.一级气封,5.一级三相分离器,6.二级气封,7.二级三相分离器,8.出水堰,9.气液分离塔,10.上清液回流管,11.加压泵,12.气体回流管,13.增压风机,14.气体扩散机构,15.污泥排出管,16.入口管,17.壳体,18.换热盘管,19.热媒自供给管,20.热媒回流管,21.隔油挡板,22.集油槽,23.排油管,24.隔膜计量泵。

## 具体实施方式

[0021] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

### [0022] 实施例1

[0023] 厨余高效发酵碳源制备设备,如图1所示,包括用于对预先粉碎的厨余进行加热、油水分离的厨余预处理装置,厨余预处理装置通过配水管2连通有发酵反应器,配水管2上设置有隔膜计量泵24,发酵反应器自下而上设置有气体搅拌装置、三相分离器,发酵反应器顶部连通有气液分离塔9,三相分离器与气液分离塔9连通。

[0024] 发酵反应器包括反应器主体1,三相分离器包括一级三相分离器5,一级三相分离器5的提升管与气液分离塔9连通,气液分离塔9底部连接有中心回流管3,中心回流管3伸入反应器主体1内,且出口位于配水管2与气体搅拌装置之间;反应器主体1内固定有用于阻止反应产生的气液混合物进入沉淀区的一级气封4,一级气封4位于一级三相分离器5的入口下方。三相分离器还包括二级三相分离器7,二级三相分离器7位于一级三相分离器5上方,二级三相分离器7的入口下方对应设置二级气封6。一级三相分离器5和二级三相分离器7均为锥形结构。

[0025] 本实施例中,反应器主体1内部分为上中下三个空间,其中上部空间为沉淀区,中部空间为Ⅱ级反应区,下部空间为Ⅰ级反应区,一级三相分离器5位于Ⅱ级反应区,二级三相分离器7位于沉淀区。

[0026] 反应器主体1顶部设置有出水堰8,出水堰8通过上清液回流管10与配水管2连通,上清液回流管10上设置有加压泵11,上清液回流管10连通在配水管2的隔膜计量泵24出口侧。本实施例中,加压泵11采用变频管道泵,回流量在50~300%间调整,水泵扬程不大于10m。反应器主体1底部设置有污泥排出管15。

[0027] 气体搅拌装置包括增压风机13,增压风机13连通有气体扩散机构14,气体扩散机构14位于反应器主体1内。进一步的,气体扩散机构14包括出水管,出水管上设置有喷嘴;气液分离塔9顶部出气口通过气体回流管12与增压风机13气体入口连通,作为增压风机13的气源。增压风机13的气体损耗由外部气源补充。本实施例中,增压风机13采用防爆电机,风量为进水量的10~20%,风压为出水管标高加2米水头。

[0028] 本实施例中,厨余预处理装置包括壳体17,壳体17上方连接有入口管16,壳体17内设置有加热器、集油槽22、隔油挡板21,集油槽22位于加热器上方,且靠近壳体17顶端,配水管2入口位于壳体17内;隔油挡板21位于壳体17出口侧,隔油挡板21一端与壳体17顶部固定,另一端位于配水管2上方,用于阻止油层进入配水管2;集油槽22通过排油管23将油脂排出。具体的,加热器包括换热盘管18,换热盘管18热媒进出口分别连接有热媒自供给管19、热媒回流管20。

### [0029] 实施例2

[0030] 厨余高效发酵碳源制备方法,采用上述厨余高效发酵碳源制备设备,包括以下步骤:

[0031] 预先破碎的厨余进入壳体17,在加热器的作用下使其分层,上层的油脂进入集油槽22,并通过排油管23排出;隔膜计量泵24定量将下层的厨余液体抽出注入反应器主体1底部,气体搅拌装置鼓出气体将厨余液体与反应器主体1内发酵液充分混匀,发酵后的厨余依次经过一级三相分离器5、二级三相分离器7与不溶物质分离后,富含挥发性有机酸的上清

液从反应器主体1顶部出水口流出作为备用碳源;气体搅拌装置鼓出的气体经一级三相分离器5、二级三相分离器7收集,进入气液分离塔9内完成发酵液与气体的分离,发酵液在重力作用下通过中心回流管3进入反应器主体1底部,气体通过气体回流管12回流至气体搅拌装置气体入口;部分上清液从反应器主体1顶部进入上清液回流管10收集,经加压泵11加压后汇入配水管2与粉碎的厨余混合、回送至I级反应区。

[0032] 本实施例中,发酵反应器的厨余投配比例为其有效容积的5~10%。反应器主体1的高径比为4~6,一级三相分离器5下方为I级反应区,一级三相分离器5与二级三相分离器7之间为II级反应区,二级三相分离器7上方为沉淀区,三者的体积比为55:30:15。一级三相分离器5、二级三相分离器7的提升管内气液混合物流速为0.6~1.2m/s,当反应器主体1的直径超过5m时,可设置多根提升管。

[0033] 气体搅拌装置的气体为 $N_2$ ,气体搅拌强度为20~100L/m<sup>3</sup>。气液分离塔9的有效容积不超过15min的混合液循环量,中心回流管3内下降流速为0.8~1.5m/s,当反应器主体1的直径较大(超过5m)时可在中心回流管3末端增设配水设备,以保障混合液均匀分散到整个反应器主体1的底部。

[0034] 通过以上方式,本发明厨余高效发酵碳源制备设备,厨余预处理装置同步实现厨余油脂的隔除和加热,给后续高效发酵提供基础条件;采用上清液回流调整进入反应装置的厨余固体浓度,并对上升流速进行控制,使泥水充分接触,确保发酵效果;发酵反应器底部设置有气体搅拌装置,将厨余与反应器内发酵液充分搅拌、混匀以提高发酵效率。本发明厨余高效发酵碳源制备方法,能将厨余中的有机物水解、酸化形成富含挥发性脂肪酸的发酵液,作为非常有效的污水生物处理单元的外加碳源,达到厨余垃圾高效资源化的目标。

[0035] 实施例3

[0036] 某煤矿工业场地职工食堂每日厨余垃圾总量1.3m<sup>3</sup>/d,其中含水率大于55%,油脂含量3%;将厨余粉碎后注入有效容积为1.5m<sup>3</sup>的厨余垃圾预处理装置,向其中供入60℃的热水对厨余垃圾进行加热,回水温度为45~50℃;经加热的厨余垃圾中油脂分离上浮,进入集油槽22后外排,经与处理后的厨余垃圾油脂含量低至0.1%以下;

[0037] 经预处理的厨余垃圾由隔膜计量泵24按照垃圾日产量均匀投加至两段式发酵反应器,按照10%的投配率设置有效容积为15m<sup>3</sup>的厨余垃圾反应器;上清液回流泵流量为3m<sup>3</sup>/h,扬程8m;上清液与厨余垃圾混合后,由反应器底部的配水管2均匀布置于反应器主体1底部;两段式发酵反应器主体1直径1.5m,高度8.2m,I级反应区、II级反应区和沉淀区三部分的体积比为55:30:15,采用风压为130kPa增压风机,以20L/m<sup>3</sup>·min的气力搅拌强度对反应器底部进行混合,一级三相分离器5和二级三相分离器7的提升管内气液混合物流速为分别为0.8m/s和0.5m/s,气液分离塔的有效容积为1.2m<sup>3</sup>,中心回流管3内下降流速为0.7m/s。

[0038] 经过I级反应区、II级反应区发酵后,厨余中的有机物被水解、酸化形成富含挥发性脂肪酸的发酵液,对发酵液的挥发性脂肪酸进行多次测试,其含量范围在518~1279mg/L之间,是一种非常有效的污水生物处理单元的外加碳源,为厨余垃圾的资源化利用提供了新的途径。

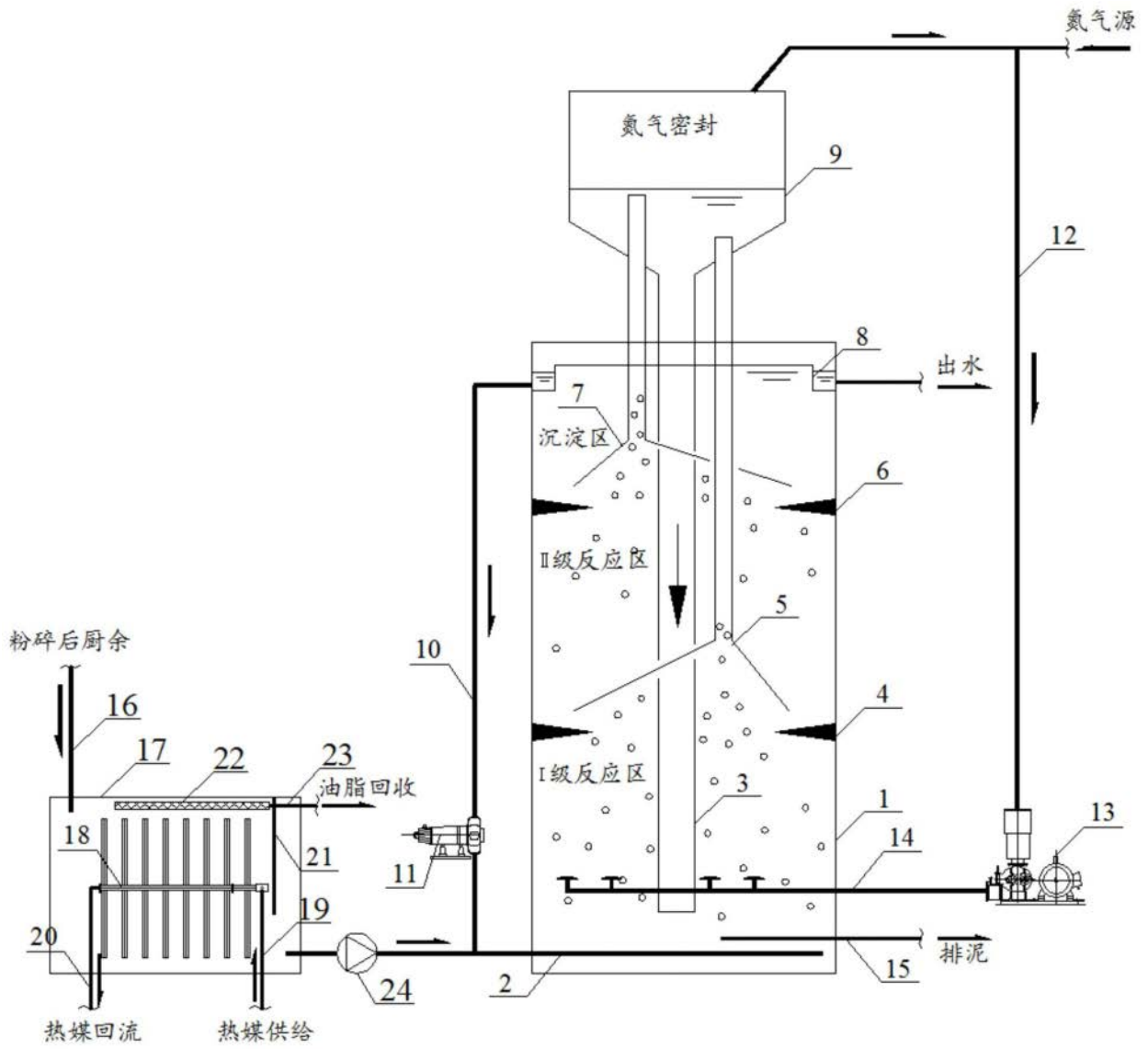


图1