



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114350500 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 15

(21) 申请号 202210268212.2

(22) 申请日 2022.03.18

(71) 申请人 领先生物农业股份有限公司  
地址 066004 河北省秦皇岛市经济技术开  
发区秦皇西大街78-1号

(72) 发明人 徐延平 葛振宇 徐志文

(74) 专利代理机构 北京八月瓜知识产权代理有  
限公司 11543

代理人 张志良

(51) Int. Cl.

C12M 1/36 (2006.01)

C12M 1/38 (2006.01)

C12M 1/34 (2006.01)

C12M 1/04 (2006.01)

C12M 1/00 (2006.01)

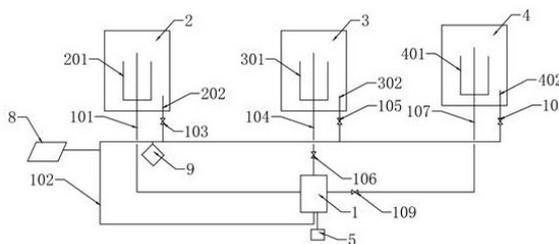
权利要求书3页 说明书15页 附图4页

(54) 发明名称

一种膜覆盖好氧发酵循环装置及循环方法

(57) 摘要

本发明涉及有机固废发酵处理中的循环技术领域,尤其是涉及一种膜覆盖好氧发酵循环装置及循环方法。包括风机,风机与若干个发酵仓连接,每个发酵仓的进风口均通过供风管与风机连接,每个发酵仓的出风口均通过抽风管与风机连接;发酵仓的堆料上方设有自动监测单元,自动监测单元、风机均与自动控制单元连接;发酵仓内的堆料上方均覆有防水透湿膜。该装置能够调节发酵仓内的温湿度、堆料间氧气浓度分布,使发酵仓进行充分的内外循环,发酵充分,发酵效果好。采用该装置进行的循环方法,不仅能够使发酵仓内部进行均匀发酵,能够为其他的发酵仓提供发酵反应初始需要的氧气和温度,促进发酵反应,增加整体效率,提高碳固定率,减少温室气体排放。



1. 一种膜覆盖好氧发酵循环装置,其特征在于,包括风机,所述风机与若干个发酵仓连接,每个所述发酵仓的进风口均通过供风管与所述风机连接,每个所述发酵仓的出风口均通过抽风管与所述风机连接;

其中一个所述发酵仓的出风口处设有控制阀;

所述发酵仓内的堆料上方均覆有防水透湿膜;

所述抽风管上设有废气处理口,所述废气处理口通过管道与废气处理装置连接;

所述抽风管上设有冷凝水收集箱。

2. 根据权利要求1所述的膜覆盖好氧发酵循环装置,其特征在于,所述风机与至少两个发酵仓连接,其中一个所述发酵仓的出风口处设有控制阀,其余所述发酵仓的进风口和出风口处均设有控制阀。

3. 根据权利要求2所述的膜覆盖好氧发酵循环装置,其特征在于,所述发酵仓的堆料上方设有自动监测单元,所述自动监测单元和所述风机均与自动控制单元连接。

4. 根据权利要求3所述的膜覆盖好氧发酵循环装置,其特征在于,所述自动监测单元包括温度传感器、湿度传感器、氧气浓度传感器和压力传感器;

所述温度传感器和所述湿度传感器均与所述自动控制单元连接;

所述氧气浓度传感器和所述压力传感器均与所述自动控制单元连接;

所述温度传感器的探头和所述氧气浓度传感器的探头均插入堆料中,所述防水透湿膜与堆料之间设有所述湿度传感器和所述压力传感器,所述发酵仓进风口处设有所述压力传感器。

5. 根据权利要求2所述的膜覆盖好氧发酵循环装置,其特征在于,所述发酵仓内设有通风管,所述通风管上设有若干个出风孔,所述通风管与所述发酵仓的进风口连接;所述供风管、所述抽风管外壁均设有保温层。

6. 一种采用权利要求1-5任一所述的膜覆盖好氧发酵循环装置进行的循环方法,其特征在于,包括以下步骤:

首先在其中一个所述发酵仓进行内部循环:

开始发酵,发酵处于第一阶段,所述风机将外界空气从其中一个供风管送入其中一个所述发酵仓,使得该发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于15%;

发酵进入第二阶段,堆料温度快速上升,打开该发酵仓出风口处的控制阀,使得该发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于12%,该发酵仓内的少量气体进入所述风机中,然后再通过所述供风管进入该发酵仓内部,形成气体循环;

发酵进入第三阶段,持续高温阶段,堆料温度 $\geq 70^{\circ}\text{C}$ ,完全打开该发酵仓对应出风口处的控制阀,使得该发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于8%,该发酵仓内部的气体进入所述风机中,然后再通过所述供风管进入该发酵仓内部,形成热能循环、气体循环,使该发酵仓内的堆料进行均匀发酵。

7. 根据权利要求6所述的循环方法,其特征在于,还包括以下步骤:

当其中一个所述发酵仓完成内部循环之后,再在其中两个所述发酵仓进行内外部循环:

当第一个所述发酵仓内的堆料温度 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 、所述防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 90\%$ 时,打开第二个所述发酵仓进风口处的控制阀,第一个所述发酵仓内部的气体进入到第

二个所述发酵仓内,为第二个所述发酵仓提供反应初始条件,第二个所述发酵仓内的堆料开始发酵,当第二个所述发酵仓内堆料温度首次升至70℃以上、且所述防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 90\%$ 时,打开第二个所述发酵仓出风口处的控制阀,第一个和第二个所述发酵仓内部的气体进入所述风机中,然后通过所述风机再回到第一个和第二个所述发酵仓内部,形成气体循环,使该第二个所述发酵仓内的堆料进行均匀发酵;

最后,重复上述步骤,直至所有所述发酵仓内部均形成气体循环,使所有所述发酵仓内的堆料进行均匀发酵。

8. 一种采用权利要求1-5任一所述的膜覆盖好氧发酵循环装置进行的循环方法,其特征在于,包括以下步骤:除第一个所述发酵仓外其余的所述发酵仓均额外再安装一个独立风机,

(1) 首先在第一个所述发酵仓进行内部循环:

开始发酵,发酵处于第一阶段,所述风机将外界空气从其中一个供风管送入第一个所述发酵仓,使得第一个所述发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于15%;

发酵进入第二阶段,堆料温度快速上升,打开第一个所述发酵仓出风口处的控制阀,使得第一个所述发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于12%,第一个所述发酵仓内的少量气体进入所述风机中,然后再通过所述供风管进入第一个所述发酵仓内部,形成气体循环;

发酵进入第三阶段,持续高温阶段,堆料温度 $\geq 70^\circ\text{C}$ ,完全打开第一个所述发酵仓对应出风口处的控制阀,使得第一个所述发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于8%,第一个所述发酵仓内部的气体进入所述风机中,然后再通过所述供风管进入第一个所述发酵仓内部,形成热能循环、气体循环,使第一个所述发酵仓内的堆料进行均匀发酵;

(2) 当第一个所述发酵仓内的堆料温度 $\geq 60^\circ\text{C}$ 、所述防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 90\%$ 时,打开第二个所述发酵仓进风口处的控制阀,第一个所述发酵仓内部的气体进入到第二个所述发酵仓内,为第二个所述发酵仓提供反应初始条件,第二个所述发酵仓内的堆料开始发酵,第二个所述发酵仓内物料温度首次升至50℃以上,关闭第二个所述发酵仓进风口处的控制阀,开启第二个所述发酵仓的独立风机,使第二个所述发酵仓独立进行内部循环;

(3) 重复步骤(2),直至所有所述发酵仓均进行内部循环。

9. 根据权利要求7所述的循环方法,其特征在于,还包括以下步骤:当第一个所述发酵仓的堆料温度降至50℃以下时,关闭第一个所述发酵仓的所有控制阀,第一个所述发酵仓完成发酵;当其他的所述发酵仓的堆料温度降至50℃以下时关闭所述发酵仓所有的控制阀,直至所有所述发酵仓完成发酵。

10. 根据权利要求7所述的循环方法,其特征在于,首先在第一个所述发酵仓进行内部循环时,第一阶段发酵仓内部微正压状态为:堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 350\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的10% ~ 20%;

第二阶段发酵仓内部微正压状态为:堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 300\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的40% ~ 50%;

第三阶段发酵仓内部微正压状态为：堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 250\text{Pa}$ ，微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的70%以上；

首先在第一个所述发酵仓进行内部循环时，第一个所述发酵仓内的堆料初始温度在 $0^{\circ}\text{C}$ 以上时，通过添加外源微生物使堆料快速发酵至升温，进入持续高温阶段。

## 一种膜覆盖好氧发酵循环装置及循环方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及有机固废发酵处理的循环技术领域,尤其是涉及一种膜覆盖好氧发酵循环装置及循环方法。

### 背景技术

[0002] 国家高度重视生态文明建设,随着我国工农业快速发展,畜禽粪污、秸秆、园林垃圾、中药渣等有机固废未得到合理处理,对生态环境造成危害。如何有效、快速、低成本处理有机固废并资源化利用成为生态环保行业研究热点。其中纳米膜覆盖高温好氧发酵堆肥技术因为具有环保、投资少、见效快,操作简便、处理成本低、发酵效果好的特点,是废弃物处理技术中一个能同时满足稳定化、减量化、无害化、资源化要求的技术,对于碳减排有极大推动作用,被称之为“用得起、接地气”的好技术。

[0003] 在高温好氧发酵过程中,氧气含量和堆料温度是影响堆料中微生物的活性高低的关键因素,直接影响堆肥速率堆肥质量,同时关系到碳固定率的高低。在高寒地区,一般情况下有机固废初始温度均为零下,没有微生物在水结冰的情况下还可以正常代谢,结冰状态的固废放入膜内,堆料内的土著或者外源添加的微生物无法启动升温过程。低温高寒地区,堆料初始反应温度低,不易发生反应。在低温下,非耐低温或嗜冷微生物物质代谢过程中的各种生化反应减缓,因而微生物的生长繁殖减慢,没有微生物可以在水结冰的情况下正常代谢。温度下降至冻结点以下时,微生物及其周围介质中水分被冻结,使细胞质粘度增大,电解质浓度增高,细胞的pH值和胶体状态改变,使细胞变性,加之冻结的机械作用使细胞膜损伤,这些内外环境的改变使得微生物代谢活动受阻,堆料初始不易发生反应。常见的技术方法是通过各种外部加热措施施加一个初始温度,需要额外的加热设备,并需要额外的电能。

[0004] 覆盖的高性能膜材料具有分子过滤微孔结构,可以有效控制异味,消灭细菌,同时堆料内空气分子和水蒸汽分子可以正常通过,外界水分子则无法进入,膜内部形成可使微生物在短时间内将废弃物转化成高品质堆肥所需要的发酵条件。

[0005] 目前最先进的覆膜堆肥技术采用的膜核心基本为e-PTFE(膨体聚四氟乙烯),具有原纤维状微孔结构,每个微孔直径比水分子直径小几百倍,比水蒸气分子大上万倍,使水蒸气能通过,而水滴不能通过,利用这种微孔结构可达到优秀的防水、透湿、阻臭功能;另外因为该孔极度细小和纵向不规则的弯曲排列,使风不能透过,从而又具有防风性和保暖性等特点。将此薄膜用特殊工艺覆合在各种织物和基材上,成为新型过滤材料,该膜孔径小,分布均匀,孔隙率大,在保持空气流通的同时,可以过滤包括细菌在内的所有尘埃颗粒,达到净化且通风的目的。

[0006] 但由于氨气、氧化亚氮、二氧化碳、低碳数烷烃等小于膜微孔径,在压差作用下仍会扩散到膜外,例如在堆肥过程仅能做到除臭90%以上,在目前的技术中,主要是对于环保管控气体(例如氨气),主要是通过对膜内侧进行亲水处理,使水蒸气在其上非孔部位聚集形成水,利用氨气的极易溶于水的特性,随水滴回滴到堆料上,被微生物进一步固定在发酵

物料中,但这个过程会受到多种因素影响,同时氧化亚氮、低碳数烷烃等非水溶性温室气体会被排出膜外(减排效果仅在50%以上),一方面资源化浪费(浪费了养分、碳等),另一方面除臭、减排效果受到一定限制。而且在进行覆膜发酵时发酵仓内的温湿度分布不均匀,发酵不充分,发酵效果差。

## 发明内容

[0007] 本发明的第一目的在于提供一种膜覆盖好氧发酵循环装置,该装置能够调节发酵仓内的温湿度分布,使发酵仓内进行均匀发酵,使发酵仓进行充分的内外循环,温湿度分布均匀,发酵充分,发酵效果好。本发明的第二目的在于提供一种采用该膜覆盖好氧发酵循环装置进行的循环方法。

[0008] 本发明提供的一种膜覆盖好氧发酵循环装置,包括风机,所述风机与若干个发酵仓连接,每个所述发酵仓的进风口均通过供风管与所述风机连接,每个所述发酵仓的出风口均通过抽风管与所述风机连接;

其中一个所述发酵仓的出风口处设有控制阀;

所述发酵仓内的堆料上方均覆有防水透湿膜;

所述抽风管上设有废气处理口,所述废气处理口通过管道与废气处理装置连接;

所述抽风管上设有冷凝水收集箱。

[0009] 优选地,所述控制阀采用电子阀。

[0010] 优选地,所述风机与至少两个发酵仓连接,其中一个所述发酵仓的出风口处设有控制阀,其余所述发酵仓的进风口和出风口处均设有控制阀。

[0011] 优选地,所述发酵仓的堆料上方设有自动监测单元,所述自动监测单元和所述风机均与自动控制单元连接。

[0012] 优选地,所述自动监测单元包括温度传感器、湿度传感器、氧气浓度传感器和压力传感器;

所述温度传感器和所述湿度传感器均与所述自动控制单元连接;

所述氧气浓度传感器和所述压力传感器均与所述自动控制单元连接;

所述温度传感器的探头和所述氧气浓度传感器的探头均插入堆料中,所述防水透湿膜与堆料之间设有所述湿度传感器和所述压力传感器,所述发酵仓进风口处设有所述压力传感器。

[0013] 优选地,所述发酵仓内设有通风管,所述通风管上设有若干个出风孔,所述通风管与所述发酵仓的进风口连接;所述供风管、所述抽风管外壁均设有保温层。

[0014] 本发明提供的一种采用膜覆盖好氧发酵循环装置进行的循环方法,包括以下步骤:

首先在其中一个所述发酵仓进行内部循环:

开始发酵,发酵处于第一阶段,所述风机将外界空气从其中一个供风管送入其中一个所述发酵仓,使得该发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于15%;

发酵进入第二阶段,堆料温度快速上升,打开该发酵仓出风口处的控制阀,使得该发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于12%,该发酵仓内的少量气体

进入所述风机中,然后再通过所述供风管进入该发酵仓内部,形成气体循环;

发酵进入第三阶段,持续高温阶段,堆料温度 $\geq 70^{\circ}\text{C}$ ,完全打开该发酵仓对应出风口处的控制阀,使得该发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料间氧气浓度不低于8%,该发酵仓内部的气体进入所述风机中,然后再通过所述供风管进入该发酵仓内部,形成热能循环、气体循环,使该发酵仓内的堆料进行均匀发酵。

[0015] 优选地,还包括以下步骤:

当其中一个所述发酵仓完成内部循环之后,再在其中两个所述发酵仓进行内外部循环:

当第一个所述发酵仓内的堆料温度 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 、所述防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 90\%$ 时,打开第二个所述发酵仓进风口处的控制阀,第一个所述发酵仓内部的气体进入到第二个所述发酵仓内,为第二个所述发酵仓提供反应初始条件,第二个所述发酵仓内的堆料开始发酵,当第二个所述发酵仓内堆料温度首次升至 $70^{\circ}\text{C}$ 以上、且所述防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 90\%$ 时,打开第二个所述发酵仓出风口处的控制阀,第一个和第二个所述发酵仓内部的气体进入所述风机中,然后通过所述风机再回到第一个和第二个所述发酵仓内部,形成气体循环,使该第二个所述发酵仓内的堆料进行均匀发酵;

最后,重复上述步骤,直至所有所述发酵仓内部均形成气体循环,使所有所述发酵仓内的堆料进行均匀发酵。

[0016] 本发明提供的另外一种采用膜覆盖好氧发酵循环装置进行的循环方法,包括以下步骤:除第一个所述发酵仓外其余的所述发酵仓均额外再安装一个独立风机,

(1) 首先在第一个所述发酵仓进行内部循环:

开始发酵,发酵处于第一阶段,所述风机将外界空气从其中一个供风管送入第一个所述发酵仓,使得第一个所述发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于15%;

发酵进入第二阶段,堆料温度快速上升,打开第一个所述发酵仓出风口处的控制阀,使得第一个所述发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于12%,第一个所述发酵仓内的少量气体进入所述风机中,然后再通过所述供风管进入第一个所述发酵仓内部,形成气体循环;

发酵进入第三阶段,持续高温阶段,堆料温度 $\geq 70^{\circ}\text{C}$ ,完全打开第一个所述发酵仓对应出风口处的控制阀,使得第一个所述发酵仓内部间歇性呈微正压状态,且堆料间氧气浓度不低于8%,第一个所述发酵仓内部的气体进入所述风机中,然后再通过所述供风管进入第一个所述发酵仓内部,形成热能循环、气体循环,使第一个所述发酵仓内的堆料进行均匀发酵;

(2) 当第一个所述发酵仓内的堆料温度 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 、所述防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 90\%$ 时,打开第二个所述发酵仓进风口处的控制阀,第一个所述发酵仓内部的气体进入到第二个所述发酵仓内,为第二个所述发酵仓提供反应初始条件,第二个所述发酵仓内的堆料开始发酵,第二个所述发酵仓内物料温度首次升至 $50^{\circ}\text{C}$ 以上,关闭第二个所述发酵仓进风口处的控制阀,开启第二个所述发酵仓的独立风机,使第二个所述发酵仓独立进行内部循环;

(3) 重复步骤(2),直至所有所述发酵仓均进行内部循环。

[0017] 优选地,还包括以下步骤:当第一个所述发酵仓的堆料温度降至50℃以下时,关闭第一个所述发酵仓的所有控制阀,第一个所述发酵仓完成发酵;当其他的所述发酵仓的堆料温度降至50℃以下时关闭所述发酵仓所有的控制阀,直至所有所述发酵仓完成发酵。

[0018] 优选地,首先在第一个所述发酵仓进行内部循环时:第一阶段发酵仓内部微正压状态为:堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 350\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的10%~20%;

第二阶段发酵仓内部微正压状态为:堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 300\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的40%~50%;

第三阶段发酵仓内部微正压状态为:堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 250\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的70%以上;

首先在第一个所述发酵仓进行内部循环时,第一个所述发酵仓内的堆料初始温度在0℃以上时,通过添加外源微生物使堆料快速发酵至升温,进入持续高温阶段。

[0019] 综上所述,本发明具有以下优点:

(1) 本发明提供的膜覆盖好氧发酵循环装置能够进行内循环,在防水透湿膜内微正压的辅助作用下,调节发酵仓内的温湿度、气体分布,优化发酵仓内的环境,充分发挥发酵仓堆料内土著微生物或者外源微生物代谢作用,进行均匀发酵,发酵效果更好。

[0020] (2) 本发明提供的膜覆盖好氧发酵循环装置通过在发酵仓外设置与风机连接的供风管和抽风管,能够将外界新鲜空气送入发酵仓内,维持发酵仓内堆料处于非缺氧状态,使堆料内的好氧微生物进行发酵,当发酵到一定程度时,风机将发酵仓内的气体通过抽风管抽到风机中,再通过供风管送入发酵仓中,形成气体循环,从而调节发酵仓的温湿度,使得发酵均匀。

[0021] (3) 本发明提供的采用该发酵装置的循环方法,不仅能够使发酵仓内部进行均匀发酵,还能够为其他的发酵仓提供发酵反应初始需要的氧气和温度,促进发酵反应,使其尽早达到最低的反应条件,增加整体效率,快速达到堆肥高温阶段,提高碳固定率,避免过度消耗,减少温室气体排放。

[0022] (4) 本发明提供的循环方法能够进行热气循环、湿气循环、水汽循环等,发酵无需额外的电力加热,无需额外补水,节省能源,还能将刺激性臭味气体循环至未反应的发酵仓中,通过反应进一步降解,减少整体臭气及温室气体的产量,减少有用成分的损耗。

## 附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0024] 图1为本发明实施例1中的第一个发酵仓的结构示意图;

图2为本发明实施例1中第一个发酵仓中的第一通风管的结构示意图;

图3为本发明实施例1中膜覆盖好氧发酵循环装置的结构示意图;

图4为本发明实施例2中膜覆盖好氧发酵循环装置的结构示意图;

图5为本发明实施例3中膜覆盖好氧发酵循环装置的结构示意图;

图6为本发明实施例4中膜覆盖好氧发酵循环装置的结构示意图；

图7为本发明实施例5中膜覆盖好氧发酵循环装置的结构示意图。

[0025] 附图标记说明：1-风机、101-第一供风管、102-抽风管、103-第一控制阀、104-第二供风管、105-第二控制阀、106-第三控制阀、107-第三供风管、108-第四控制阀、109-第五控制阀、2-第一个发酵仓、201-第一通风管、2011-出风孔、202-第一出风管、203-温度传感器、204-氧气浓度传感器、3-第二个发酵仓、301-第二通风管、302-第二出风管、4-第三个发酵仓、401-第三通风管、402-第三出风管、5-PLC控制器、6-第一独立风机、7-第二独立风机、8-废气处理装置、9-冷凝水收集箱。

### 具体实施方式

[0026] 应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0027] 需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0028] 下面将结合实施例对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

#### [0029] 实施例1

一种膜覆盖好氧发酵循环装置，风机1仅与第一个发酵仓2连接，如图1、图2、图3所示。

[0030] 第一个发酵仓2采用覆膜发酵，覆膜发酵采用防水透湿膜，覆膜发酵不需要复杂的结构性（如反应釜、发酵罐或者土建发酵房等），露天使用雨水无法进入膜内，覆盖的防水透湿膜能有效阻隔臭气大分子、病原菌、粉尘等，允许小于膜纳米级微孔径的水蒸气透过，在微正压作用下，有序将堆肥料中的液相水转化成气相水，排出膜外，使堆肥产物干化。

[0031] 第一个发酵仓2的进风口通过第一供风管101与风机1连接，第一个发酵仓2的出风口通过抽风管102与风机1连接。第一个发酵仓2内部设有第一出风管202，第一出风管202穿过第一个发酵仓2的出风口与抽风管102连接。第一个发酵仓2内部设有第一通风管201，第一通风管201与第一供风管101连接，第一通风管201上设置若干个出风孔2011，如图2所示，气体从出风孔2011进入第一个发酵仓2中，使得第一个发酵仓2内的气体分布均匀。第一出风管202上设有第一控制阀103，等发酵进行到升温或者高温阶段，打开第一控制阀103，风机1将第一个发酵仓2内的气体抽出，再通过第一供风管101送入第一个发酵仓2内部，实现第一个发酵仓2内部的气体循环，调节各个部位的氧气浓度、温湿度，使发酵反应均匀，提高发酵效率。第一供风管101、第一出风管202、抽风管102外壁都设有保温层，可以防止气体循环过程中产生的冷凝水。冷凝水会溶解氨气等物质，经过保温处理之后，减少冷凝水的产生，氨气等物质可以循环至第一个发酵仓2的堆料中，提高堆料发酵效率。

[0032] 如图1所示,在堆料上方设置自动监测单元,自动监测单元包括温度传感器203、湿度传感器、氧气浓度传感器204、压力传感器。温度传感器203与氧气浓度传感器204的探头均插入堆料中,防水透湿膜与堆料之间安装有湿度传感器和压力传感器,该压力传感器用于自动监测防水透湿膜与堆料之间的气体压力;发酵仓的进风口处也安装有压力传感器,该压力传感器用于自动监测进风口处气体压力。

[0033] 温度传感器203、湿度传感器、氧气浓度传感器204、压力传感器、风机1均与自动控制单元连接,本实施例中的自动控制单元采用PLC控制器5。通过温度传感器203、湿度传感器、氧气浓度传感器204、压力传感器实时连续监测发酵参数,并反馈给PLC控制器5,通过PLC控制器5记录、存储、分析,根据程序设定反馈调控风机1的启停。其中,所有控制阀优选为电子阀。

[0034] 抽风管102上设有废气处理口,废气处理口处设有控制阀,所述废气处理口通过管道与废气处理装置8连接,废弃处理口处安装有控制阀,便于对废气进行处理,废气处理装置8采用本领域常用的废气处理装置。抽风管102上设有冷凝水收集箱9,收集发酵过程中产生的冷凝水,实现冷凝水的资源化利用。

[0035] 采用本实施例的膜覆盖好氧发酵循环装置进行发酵的循环方法如下:

(1) 在第一个发酵仓2进行内部循环:

启动覆膜发酵循环装置,在自动控制单元中设定程序,确定各阶段调控参数,通过温度传感器、湿度传感器、氧气浓度传感器及压力传感器实时、连续监测发酵参数,通过自动控制单元反馈至风机、控制阀;

采用间歇式通气,启动风机1,风机1将外界空气通过第一供风管101送至第一个发酵仓2内的堆料中,开始发酵,发酵处于第一阶段,第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于15%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 350\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的10%~20%;

持续发酵,发酵进入到第二阶段,堆料温度快速上升,打开第一个发酵仓2的第一出风管202上的第一控制阀103,风机1将堆料内的气体抽入风机1中,使得该第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于12%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 300\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的40%~50%;第一个发酵仓2内的少量气体进入风机1中,然后再通过该第一供风管101进入第一个发酵仓2内部,形成气体循环;

发酵进入第三阶段,持续高温阶段,堆料温度 $\geq 70^\circ\text{C}$ ,完全打开第一控制阀103,使得第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料间氧气浓度不低于8%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 250\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的70%以上;第一个发酵仓2内部的气体进入风机1中,然后再通过第一供风管101进入第一个发酵仓2内部,形成热能循环、气体循环,形成气体循环,调节堆料内部的温度、湿度,充分利用自身热能,使得各部位的温度湿度一致,第一个发酵仓2内的堆料进行均匀发酵,不需要额外添加供热设备,节省能源;

当发酵仓内的堆料初始温度在 $0^\circ\text{C}$ 以上时,通过添加外源微生物使堆料快速发酵至升温,进入持续高温阶段;

(2) 当第一个发酵仓2的堆料温度降至 $50^\circ\text{C}$ 以下时,关闭第一控制阀103,第一个发

酵仓2完成发酵。

#### [0036] 实施例2

一种膜覆盖好氧发酵循环装置,如图4所示。

[0037] 其技术方案与实施例1的技术方案基本一致,不同之处在于:在第一个发酵仓2一侧增加了第二个发酵仓3。第二个发酵仓3的进风口通过第二供风管104与风机1连接,第二个发酵仓3的出风口通过抽风管102与风机1连接。第二个发酵仓3内部设有第二出风管302,第二出风管302穿过第二个发酵仓3的出风口与抽风管102连接。第二个发酵仓3内部设有第二通风管301,第二通风管301与第二供风管104连接,第二通风管301与第一通风管201的结构相同。第二出风管302上设有第二控制阀105,第二供风管104上设有第三控制阀106。

[0038] 采用本实施例的膜覆盖好氧发酵循环装置处理猪粪,循环方法步骤如下:

(1) 向含水率70.4%的猪粪中添加以猪粪干物质质量计1%的复合菌种(总有效活菌数为 $1.65 \times 10^9$  cfu/g)和食用菌渣,接着使用翻抛机混合均匀,得到含水率为以重量计57.8%、碳氮比25.6、料温4.5℃的混合物料,然后将混合物料送入待各个发酵仓的供风管上方,料高2.05m,然后在发酵料上覆盖防水透湿膜并密封固定,同时安装好温度传感器、湿度传感器、氧气浓度传感器及压力传感器;

(2) 先在第一发酵仓2进行内部循环:

启动覆膜发酵循环装置,在自动控制单元中设定程序,确定各阶段调控参数,通过温度传感器、湿度传感器、氧气浓度传感器及压力传感器实时、连续监测发酵参数,通过自动控制单元反馈至风机、控制阀;

采用间歇式通气,启动风机1,风机1将外界空气通过第一供风管101送至第一个发酵仓2内的堆料中,开始发酵,发酵处于第一阶段,第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于15%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 350$ Pa,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的10%~20%;

持续发酵,发酵进入到第二阶段,堆料温度快速上升,当堆料温度上升至50℃时,自动控制单元按设定程度打开第一个发酵仓2的第一出风管202上的第一控制阀103,风机1将堆料内的气体抽入风机1中,使得该第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于12%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 300$ Pa,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的40%~50%;第一个发酵仓2内的少量气体进入风机1中,然后再通过该第一供风管101进入第一个发酵仓2内部,形成气体循环;

发酵进入第三阶段,持续高温阶段,堆料温度 $\geq 70$ ℃,完全打开第一控制阀103,使得第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料间氧气浓度不低于8%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 250$ Pa,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的75%以上;第一个发酵仓2内大部分气体进入风机1中,然后再通过第一供风管101进入第一个发酵仓2内部,形成热能循环、气体循环,形成气体循环,调节堆料内部的温度、湿度,充分利用自身热能,使得各部位的温度湿度一致,第一个发酵仓2内的堆料进行均匀发酵,不需要额外添加供热设备,节省能源;

(3) 再在第一个发酵仓2和第二个发酵仓3内进行内外部循环:

当第一个发酵仓2内的堆料温度 $\geq 60$ ℃、防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 90$ %时,打开第二个发酵仓3的第二供风管104上的第三控制阀106,第一个发酵仓2内部的气体

进入到第二个发酵仓3内,为第二个发酵仓3提供反应初始条件,第二个发酵仓3内的堆料开始发酵;当第二个发酵仓3内的堆料温度首次升至70℃以上、且防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 90\%$ 时,打开第二个发酵仓3的第二出风管上302的第二控制阀105,第一个发酵仓2和第二个发酵仓3内部的气体进入风机1中,然后再通过风机1回到第一个发酵仓2和第二个发酵仓3内部,形成气体循环,使第二个发酵仓3内的堆料进行均匀发酵;

(4)当第一个发酵仓2内的堆料温度降至50℃以下时,关闭第一个发酵仓2的所有控制阀,第一个发酵仓2完成发酵;当第二个发酵仓3的堆料温度降至50℃以下时关闭第二个发酵仓3的所有控制阀,第二个发酵仓3完成发酵。

[0039] 低温条件下进行发酵时,采用本实施例的循环装置进行发酵时,第一个发酵仓2和第二个发酵仓3内均添加外源耐寒微生物。第一个发酵仓2内的堆料处于0℃以下,可以适当提供外源热,待堆料升至0℃以上,外源耐寒微生物开始发酵反应,当堆料处于进入升温或持续高温阶段,打开第一控制阀103进行第一个发酵仓2内部气体循环。第一个发酵仓2内的堆料进行到升温或持续高温阶段时,堆料内的微生物菌群有效活菌数量高,代谢能力强,产生大量的代谢能。打开第三控制阀106,将第一个发酵仓2内的热能循环至第二个发酵仓3,为第二个发酵仓3提供反应需要的氧气热量,使得堆料的温度升高至0℃以上,使添加的外源微生物繁殖代谢,使堆料升温,进而使堆料内的其他微生物进而使堆料内其他微生物菌群相继启动繁殖代谢。同时打开第二控制阀105,第二个发酵仓3可进行内部气体循环,进一步充分利用自身热能,充分利用内部氧气,节省能耗。解决了低温高寒地区,堆料初始反应温度低,不易发生反应的问题。

[0040] 同理,还可以第二个发酵仓3之后再增加第三个发酵仓4或多个发酵仓,在低温条件下,可将第一个发酵仓2的热量循环至第二个发酵仓3,待第二个发酵仓3发酵稳定后,然后再将第一个发酵仓2的热量循环至第三个发酵仓4,促进第二个发酵仓3和第三个发酵仓4中的堆料解冻,并提供适宜的反应起始温度及氧气。设置多个发酵仓时,为了降低低温环境的影响,第一个发酵仓的热量、气体等优选循环至紧邻的发酵仓。

#### [0041] 实施例3

一种膜覆盖好氧发酵循环装置,如图5所示。

[0042] 本实施例的循环装置与实施例2基本一致,不能之处在于:在第二个发酵仓3之后增加了第三个发酵仓4,第三个发酵仓4的进风口通过第三供风管107与风机1连接,第三发酵仓4的出风口通过抽风管102与风机1连接。第三发酵仓4内部设有第三出风管402,第三出风管402穿过第三个发酵仓4的出风口与抽风管102连接。第三个发酵仓4内部设有第三通风管401,第三通风管401与第三供风管107连接,第三通风管401与第一通风管201的结构相同。第三供风管107上设有第五控制阀109,第三个发酵仓4上的第三出风管402与抽风管102连接,第三供风管107上设有第四控制阀108。第三个发酵仓4内部设有第三通风管401,第三通风管401与第一通风管201、第二通风管301的结构相同。第三出风管402上设有第四控制阀108,第三供风管107上设有第五控制阀109。

[0043] 采用本实施例的膜覆盖好氧发酵循环装置进行循环处理牛粪,方法如下:

(1)奶牛养殖场的牛粪经过固液分离,获得含水率为66.5%的牛粪,向牛粪中添加其干物质质量计1‰的复合菌种(总有效活菌数为 $1.72 \times 10^9$  cfu/g),接着使用翻抛机混合均匀,得到碳氮比22.3、料温10.2℃的发酵料,然后将发酵料送入各发酵仓的供风管上方,料

高2.2m,然后在发酵料上覆盖防水透湿膜并密封固定,同时安装好温度传感器、湿度传感器、氧气浓度传感器及压力传感器;

(2)先在第一发酵仓2进行内部循环:

启动覆膜发酵循环装置,在自动控制单元中设定程序,确定各阶段调控参数,通过温度传感器、湿度传感器、氧气浓度传感器及压力传感器实时、连续监测发酵参数,通过自动控制单元反馈至风机、控制阀;

采用间歇式通气,启动风机1,风机1将外界空气通过第一供风管101送至第一个发酵仓2内的堆料中,开始发酵,发酵处于第一阶段,第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于15%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 380\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的10%~20%;

持续发酵,发酵进入到第二阶段,堆料温度快速上升,当堆料温度上升至 $50^{\circ}\text{C}$ 时,自动控制单元按设定程度打开第一个发酵仓2的第一出风管202上的第一控制阀103,风机1将堆料内的气体抽入风机1中,使得该第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于12%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 320\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的40%~50%;第一个发酵仓2内的少量气体进入风机1中,然后再通过该第一供风管101进入第一个发酵仓2内部,形成气体循环;

发酵进入第三阶段,持续高温阶段,堆料温度 $\geq 70^{\circ}\text{C}$ ,完全打开第一控制阀103,使得第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料间氧气浓度不低于8%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 250\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的70%以上;第一个发酵仓2内大部分气体进入风机1中,然后再通过第一供风管101进入第一个发酵仓2内部,形成热能循环、气体循环,形成气体循环,调节堆料内部的温度、湿度,充分利用自身热能,使得各部位的温度湿度一致,第一个发酵仓2内的堆料进行均匀发酵,不需要额外添加供热设备,节省能源;

(3)再在第一个发酵仓2和第二个发酵仓3内进行内外部循环:

当第一个发酵仓2内的堆料温度 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 、防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 95\%$ 时,打开第二个发酵仓3的第二供风管104上的第三控制阀106,第一个发酵仓2内部的气体进入到第二个发酵仓3内,为第二个发酵仓3提供反应初始条件,第二个发酵仓3内的堆料开始发酵;当第二个发酵仓3内的堆料温度首次升至 $70^{\circ}\text{C}$ 以上、且防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 95\%$ 时,打开第二个发酵仓3的第二出风管上302的第二控制阀105,第一个发酵仓2和第二个发酵仓3内部的气体进入风机1中,然后再通过风机1回到第一个发酵仓2和第二个发酵仓3内部,形成气体循环,使第二个发酵仓3内的堆料进行均匀发酵;

(4)第二个发酵仓3内的堆料进行均匀发酵时,打开第五控制阀109,风机1将第一个发酵仓2内的气体送入至第三个发酵仓4内,为第三个发酵仓4提供反应初始条件,第三个发酵仓4开始发酵;当第三个发酵仓4内的反应处于升温或高温阶段,打开第四控制阀108,第一个发酵仓2和第三个发酵仓4内部的空气进入风机1中,然后再回到第一个发酵仓2和第三个发酵仓4内部,形成气体循环,调节第三个发酵仓4内部的温湿度,进行均匀发酵;

(5)当第一个发酵仓2内的堆料温度降至 $50^{\circ}\text{C}$ 以下时,关闭第一个发酵仓2的所有控制阀,第一个发酵仓2完成发酵;当第二个发酵仓3的堆料温度降至 $50^{\circ}\text{C}$ 以下时关闭第二个发酵仓3的所有控制阀,第二个发酵仓3完成发酵;当第三个发酵仓4内的堆料温度降至 $50$

℃以下时,关闭第三个发酵仓4的所有控制阀,第三个发酵仓4完成发酵。

[0044] 采用多个发酵仓进行循环发酵时,可以选择其中任意一个发酵仓作为第一个发酵仓使用上述发酵循环方法,使所有的发酵仓都行气体循环,进行均匀发酵。

#### [0045] 实施例4

一种膜覆盖好氧发酵循环装置,如图6所示,其技术方案与实施例2基本一致,不能之处在于:第二发酵仓2侧壁额外安装了第一独立风机6,第一独立风机6仅与第二发酵仓2连接。

[0046] 采用该膜覆盖好氧发酵循环装置进行循环的方法,步骤如下:

(1) 与实施例2的步骤(1)相同;

(2) 当第一个发酵仓2内的堆料温度 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 、防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 90\%$ 时,打开第二个发酵仓3第三的控制阀106,第一个发酵仓2的气体进入到第二个发酵仓3内,为第二个发酵仓3提供反应初始条件,第二个发酵仓3内的堆料开始发酵;当第二个发酵仓3内堆料温度首次升至 $50^{\circ}\text{C}$ 以上,关闭控制阀105和控制阀106,开启第二个发酵仓3独立风机供风口处的控制阀,独立风机将外界空气送入第二个发酵仓3,使得该第二个发酵仓3内物料进行发酵,发酵堆料温度快速上升,发酵进行到持续高温阶段(堆料温度 $\geq 70^{\circ}\text{C}$ ),打开独立风机抽风口处的控制阀,第二个发酵仓3开始进行内循环,第二个发酵仓3的堆料进行均匀发酵;

(3) 当第一个发酵仓2发酵过程进入降温状态,且发酵堆料温度降至 $50^{\circ}\text{C}$ 以下,关闭第一个发酵仓2的所有控制阀,第一个发酵仓2完成发酵;当第二个发酵仓3发酵过程进入降温状态,且发酵堆料温度降至 $50^{\circ}\text{C}$ 以下,关闭第二个发酵仓3的所有控制阀,第二个发酵仓3完成发酵。

#### [0047] 实施例5

一种膜覆盖好氧发酵循环装置,如图7所示,其技术方案与实施例3技术方案基本一致,不同之处在于:第二个发酵仓3侧壁额外安装一个第一独立风机6、第三个发酵仓4侧壁额外安装一个第二独立风机7。

[0048] 采用本实施例提供的覆膜发酵循环装置处理马铃薯秸秆,循环方法如下:

(1) 马铃薯秸秆经预处理后长度为20-30 mm;然后,使用畜禽尿调节含水率至70.5%,向上述秸秆中添加复合菌种,均匀混合,得到料温 $15.3^{\circ}\text{C}$ 的发酵料;接种后堆料经检测,每g干重堆料含发酵菌群的总有效活菌数为 $1.69 \times 10^6$ - $1.92 \times 10^6$  cfu;然后将发酵料送入各发酵仓的供风管上方,料高2.8m,然后在发酵料上覆盖防水透湿膜并密封固定,同时安装好温度传感器、湿度传感器、氧气浓度传感器及压力传感器;

(2) 先在第一发酵仓2进行内部循环:

启动覆膜发酵循环装置,在自动控制单元中设定程序,确定各阶段调控参数,通过温度传感器、湿度传感器、氧气浓度传感器及压力传感器实时、连续监测发酵参数,通过自动控制单元反馈至风机、控制阀;

采用间歇式通气,启动风机1,风机1将外界空气通过第一供风管101送至第一个发酵仓2内的堆料中,开始发酵,发酵处于第一阶段,第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于15%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 350\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的10%~20%;

持续发酵,发酵进入到第二阶段,堆料温度快速上升,当堆料温度上升至 $50^{\circ}\text{C}$ 时,自动控制单元按设定程度打开第一个发酵仓2的第一出风管202上的第一控制阀103,风机1将堆料内的气体抽入风机1中,使得该第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料内部氧气浓度不低于12%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 300\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的40%~50%;第一个发酵仓2内的少量气体进入风机1中,然后再通过该第一供风管101进入第一个发酵仓2内部,形成气体循环;

发酵进入第三阶段,持续高温阶段,堆料温度 $\geq 75^{\circ}\text{C}$ ,完全打开第一控制阀103,使得第一个发酵仓2内部间歇性呈微正压状态,且堆料间氧气浓度不低于8%,堆料与所述防水透湿膜之间的气体压力 $\geq 250\text{Pa}$ ,微正压状态维持时间占该阶段发酵时间的60%以上;第一个发酵仓2内大部分气体进入风机1中,然后再通过第一供风管101进入第一个发酵仓2内部,形成热能循环、气体循环,形成气体循环,调节堆料内部的温度、湿度,充分利用自身热能,使得各部位的温度湿度一致,第一个发酵仓2内的堆料进行均匀发酵,不需要额外添加供热设备,节省能源;

(3)当第一个发酵仓2内的堆料温度 $\geq 65^{\circ}\text{C}$ 、防水透湿膜与堆料之间的空气湿度 $\geq 95\%$ 时,打开第二个发酵仓3第三的控制阀106,第一个发酵仓2的气体进入到第二个发酵仓3内,为第二个发酵仓3提供反应初始条件,第二个发酵仓3内的堆料开始发酵;当第二个发酵仓3内堆料温度首次升至 $50^{\circ}\text{C}$ 以上,关闭第二控制阀105和第三控制阀106,开启第二个发酵仓3第一独立风机6供风口处的控制阀,第一独立风机6将外界空气送入第二个发酵仓3,使得该第二个发酵仓3内物料进行发酵,发酵堆料温度快速上升,发酵进行到持续高温阶段(堆料温度 $\geq 75^{\circ}\text{C}$ ),打开第一独立风机6抽风口处的控制阀,第二个发酵仓3开始进行内循环,第二个发酵仓3的堆料进行均匀发酵;

(4)当第二个发酵仓3进行均匀发酵后,打开第三个发酵仓4的第五控制阀109,第一个发酵仓2的气体进入到第三个发酵仓4内,为第三个发酵仓4提供反应初始条件,第三个发酵仓4内的堆料开始发酵;当第三个发酵仓4内堆料温度首次升至 $50^{\circ}\text{C}$ 以上,关闭第四控制阀108和第五控制阀109,开启第三个发酵仓4的第二独立风机7供风口处的控制阀,第二独立风机7将外界空气送入第三个发酵仓4,使得该第三个发酵仓4内物料进行发酵,发酵堆料温度快速上升,发酵进行到持续高温阶段(堆料温度 $\geq 75^{\circ}\text{C}$ ),打开第二独立风机7抽风口处的控制阀,第三个发酵仓4开始进行内循环,第三个发酵仓4的堆料进行均匀发酵;

(5)当第一个发酵仓2发酵过程进入降温状态,且发酵堆料温度降至 $50^{\circ}\text{C}$ 以下,关闭第一个发酵仓2的所有控制阀,第一个发酵仓2完成发酵;当第二个发酵仓3发酵过程进入降温状态,且发酵堆料温度降至 $50^{\circ}\text{C}$ 以下,关闭第二个发酵仓3的所有控制阀,第二个发酵仓3完成发酵;当第三个发酵仓4发酵过程进入降温状态,且发酵堆料温度降至 $50^{\circ}\text{C}$ 以下,关闭第三个发酵仓4的所有控制阀,第三个发酵仓4完成发酵。

[0049] 在畜禽粪便、污泥、餐厨垃圾等发酵过程中,堆料含水率高且锁水能力较强,在风吹供氧过程中,水以水蒸气的形式自堆料内逸出导致堆料缺水,致使微生物繁殖代谢被迫停滞,发酵无法有效完成。尤其在干旱地区,若采用秸秆等干燥的材料为发酵原材料,需调节秸秆含水量。但由于秸秆自身的特性,水分难以被充分吸收到结构内部,致使物料处于局部干燥状态,不利于反应产生。通过该循环装置可将第一个发酵仓的湿热气体进行内部自循环,保持发酵的均匀性,同时可循环到第二个发酵仓和第三个发酵仓中,增加第二个发酵

仓和第三个发酵仓的整体湿度及热度,在无需其他外力的情况下,可促使第二个发酵仓和第三个发酵仓尽快达到最低的反应条件。本发明提供的膜覆盖好氧发酵循环装置解决了秸秆堆肥易失水、补水工艺繁琐、吸收率低、补水效果不理想、需额外增加成本、水性养分及活性物质易随水流失等问题。

[0050] 本发明提供的膜覆盖好氧发酵循环装置,突破了堆肥产品品质提升的技术瓶颈,具有以下有益效果:

(1) 发酵仓的内部自循环和不同发酵仓之间的循环,使堆肥发酵过程产生的挥发性物质进一步被堆料截留在堆料内,臭味被微生物转化、固定成无臭物质,提高了发酵后产物的养分含量。

[0051] (2) 使得发酵仓内的堆料快速达到发酵高温阶段,能够提高稳定性有机物质产生量,提高碳被固定率,减少碳过度消耗形成气体。

[0052] (3) 在覆膜堆肥发酵启动阶段,堆料内微生物总量及功能酶含量低,本发明提供的循环装置能够进行热循环或湿热循环,在低温高寒地区,突破待发酵料冰点,发酵无需额外的电力等措施的加热,节省能源。

[0053] (4) 对于新增加的发酵仓,能促进发酵反应的进行,使其尽早达到最低的反应条件,增加整体效率,快速达到堆肥高温阶段,提高碳固定率,避免过度消耗,减少温室气体排放。

[0054] (5) 发酵过程中会产生刺激性臭味气体,循环至新增发酵仓中,通过反应可降解一部分,减少整体的刺激性气体的产量,减少有用成分的损耗。

[0055] 本发明提供的膜覆盖好氧发酵循环装置适用于低温高寒地区的发酵、秸秆或园林废弃物等堆肥相对密闭的情况下,可以是单个发酵仓进行内部自循环,也可以是多个发酵仓之间进行外部循环。

[0056] 对本发明提供的膜覆盖好氧发酵循环装置及循环方法制备的发酵产品进行如下测试:

#### 试验1

本试验采用实施例2中的装置及循环发酵方法处理猪粪,作为对比设置了第三个发酵仓,其中第一个发酵仓和第二个发酵仓采用实施例2的装置进行覆膜循环发酵;第三个发酵仓单独进行覆膜发酵,且不进行内循环,具体步骤如下:

步骤(1)、(2)、(3)与实施例2中步骤(1)、(2)、(3)相同;

步骤(4):在第二个发酵仓启动发酵时,第三个发酵仓采用独立装置进行覆膜发酵,且不进行内循环(不进行内循环是指气体流向是单向的,即外界空气通过风机送入第三个发酵仓内,仓内气体压力增加,仓内小于膜孔径的气体通过防水透湿膜孔径排放至外界);除了不进行内循环,第三个发酵仓的其他发酵条件与第二个发酵仓一致;

步骤(5):当第一个发酵仓发酵过程进入降温状态,且发酵堆料温度降至50℃以下,关闭第一个发酵仓的所有控制阀,第一个发酵仓完成发酵;当第二个发酵仓发酵过程进入降温状态,且发酵堆料温度降至50℃以下,关闭第二个发酵仓所有的的控制阀,第二个发酵仓完成发酵,同时结束第三个发酵仓的发酵。

#### [0057] 试验2

本试验采用实施例3提供的覆膜发酵循环装置及循环方法处理牛粪,同时作为对

比,设置了第四个发酵仓,其中第一个发酵仓、第二个发酵仓和第三个发酵仓采用实施例3提供的装置进行覆膜循环发酵,第四个发酵仓单独进行覆膜发酵,且不进行内循环,具体步骤如下:

步骤(1)、(2)、(3)、(4)与实施例3中的步骤(1)、(2)、(3)、(4)相同;

步骤(5):在第三个发酵仓启动发酵时,第四个发酵仓采用独立装置进行覆膜发酵,且不进行内循环,除了不进行内循环,第四个发酵仓的其他发酵条件与第三个发酵仓一致;

步骤(6):当第一个发酵仓的发酵堆料温度降至50℃以下,关闭第一个发酵的所有控制阀,第一个发酵仓完成发酵;当第二个发酵仓的堆料温度降至50℃以下时关闭第二个发酵仓的所有控制阀,第二个发酵仓完成发酵;当第三个发酵仓内的堆料温度降至50℃以下时,关闭第三个发酵仓的所有控制阀,第三个发酵仓完成发酵;当第三个发酵仓完成发酵时结束第四个发酵仓的发酵。

#### [0058] 试验3

本试验采用实施例5提供的覆膜发酵循环装置及循环方法处理马铃薯秸秆,同时作为对比,设置了第四个发酵仓,第四个发酵仓单独进行覆膜发酵,且不进行内循环,具有步骤如下:

步骤(1)、(2)、(3)、(4)与实施例5中的步骤(1)、(2)、(3)、(4)相同;

步骤(5):在第三个发酵仓启动发酵时,第四个发酵仓采用独立装置进行覆膜发酵,且不进行内循环;除了不进行内循环,第四个发酵仓的其他发酵条件与第三个发酵仓一致。

[0059] 步骤(6):当第一个发酵仓的发酵堆料温度降至50℃以下,关闭第一个发酵仓的所有控制阀,完成第一个发酵仓覆膜循环发酵;同样当第二个发酵仓、第三个发酵仓的堆料温度降至50℃以下时,关闭第二个发酵仓、第三个发酵仓的所有控制阀,完成发酵;当第三个发酵仓完成发酵时结束第四个发酵仓的发酵。

[0060] 试验1中第二个发酵仓和第三个发酵仓分别编号为1和2;试验2中第三个发酵仓和第四个发酵分别编号为3和4;试验3中第三个发酵仓和第四个发酵仓分别编号为5和6。分别取出编号1-6的发酵仓制备的发酵产品进行无害化效果检测、成分检测和腐熟效果检测,检测结果见表1-3。其中,无害化效果指标包括粪大肠菌群数、蛔虫卵死亡率,成分检测指标包括N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O、pH值;腐熟效果检测包括种子发芽指数和杂草种子活性。

#### [0061] 表1 发酵产品的无害化处理效果

编号	1	2	3	4	5	6
粪大肠菌群数 (个/g)	2.5	8.4	1.3	5.8	0.8	25.6
蛔虫卵死亡率	100%	95.9%	100%	98.5%	100%	100%

表2 发酵产品的成分检测结果

编号	1	2	3	4	5	6
总养分(N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O,以干基计)	6.69%	5.63%	4.76%	4.12%	10.96%	5.09%
N含量	2.85%	2.12%	1.98%	1.56%	2.65%	1.54%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 含量	1.58%	1.51%	1.29%	1.31%	1.36%	1.12%
K <sub>2</sub> O含量	2.26%	2.00%	1.49%	1.25%	6.95%	2.43%

pH值	8.10	7.98	8.22	8.01	8.22	8.06
-----	------	------	------	------	------	------

表3 发酵产品的腐熟效果

编号	1	2	3	4	5	6
种子发芽指数,GI	96.48%	89.52%	102.53%	90.89%	95.96%	75.84%
杂草种子活性,株/3L	0	0	0	0	0	5

注:种子发芽指数(germination index)是指以黄瓜、萝卜种子等为试验材料,用于评价有机肥料的腐熟度。

[0062] 其中,表1中蛔虫卵死亡率的测定按GB/T 19524.2进行,粪大肠菌群数的测定按GB/T 19524.1进行;表2中N含量、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量、K<sub>2</sub>O含量、pH值及表3中的种子发芽指数和杂草种子活性的测定按NY 525进行。

[0063] 由表1、表2和表3可知,本发明提供的循环方法可提高发酵产品的安全性及有效成分。编号1、3、5号发酵仓利用本发明提供的循环方法制备的发酵产物在无害化效果、营养成分含量和腐熟效果等方面均优于编号2、4、6发酵仓(未采用本发明的循环方法)制得的发酵产物。

[0064] 并对上述6个发酵仓进行了发酵的促进效果测试,检测结果如表4所示。其中,臭气检测方法为:在每个发酵仓的五个采样点采集各处理发酵堆上15-30cm的周围气体,检测其中臭气总量,再计算出发酵期内总排放量及各处理相对对照臭气总排放量的降低百分比;温室气体检测方法为:在防水透湿膜外侧距膜5厘米处,五个采样点采集气体,检测温室气体总量,并计算出发酵期内总排放量及各应用例循环处理相对未采用循环处理的温室气体总排放量的降低百分比。

[0065] 表4 发酵促进效果检测结果

编号	温室气体排放量降低(%)	最高温度(°C)	臭气排放总量降低(%)	堆温升至50°C所需时间(h)
1	14.24	82.2	22.56	6.9
2	/	75.5	/	16.2
3	10.25	82.9	18.38	8.2
4	/	78.4	/	18.8
5	6.58	83.5	20.48	7.4
6	/	79.6	/	17.9

由表4可知,(1)在低温发酵环境下,编号为1、3、5的发酵仓堆体起温快,较编号2、4、6的发酵仓堆温升至50°C所用时间分别缩短9.3h、10.6h和10.5h,效率分别提高了57.40%、56.38%和58.66%;

(2)采用本发明的循环发酵方法1、3和5发酵仓内的堆体最高温度可达82.2°C、82.9°C和83.5°C,较未采用本发明循环方法的2、4和6发酵仓最高温度分别提升6.7°C、4.5°C和3.9°C;

(3)较未采用本发明循环方法的2、4和6发酵仓,采用本发明循环发酵方法1、3和5发酵仓的温室气体排放总量分别降低了14.24%、10.25%和

6.58%,臭气排放总量分别降低了22.56%、18.38%和20.48%。

[0066] 由此表明,本发明提供的循环方法能够在低温条件下使发酵迅速升温,提升最高发酵温度,缩短发酵周期,加速堆体微生物菌群繁殖速度,提高温室气体成分固定率,从而达到良好的发酵效果。

[0067] 本发明提供的覆膜发酵循环装置及循环方法还可以用于中草药有机残渣、酒糟、糖渣、油渣、糠醛渣、果蔬废物、餐厨垃圾、食物残渣或园林有机残体的无害化处理及资源化利用。

[0068] 最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

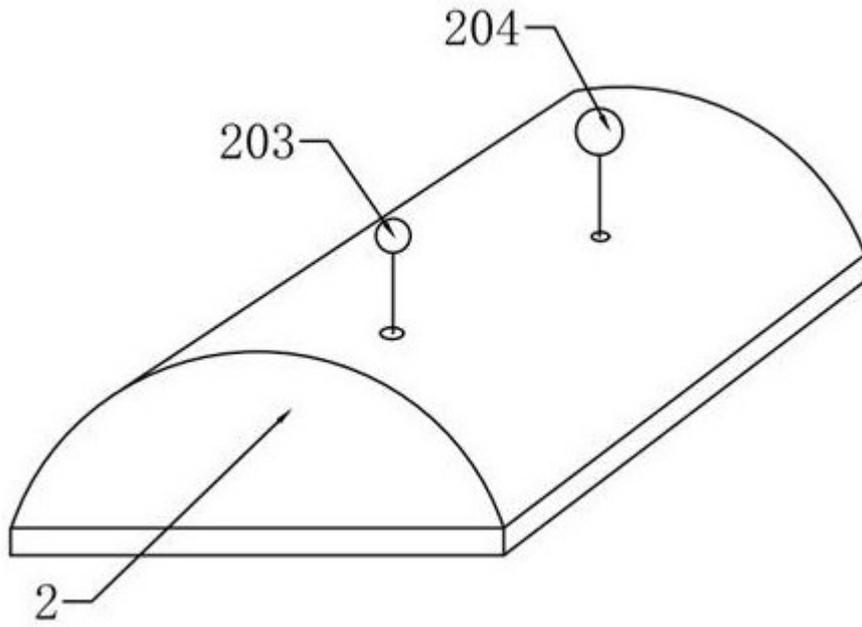


图1

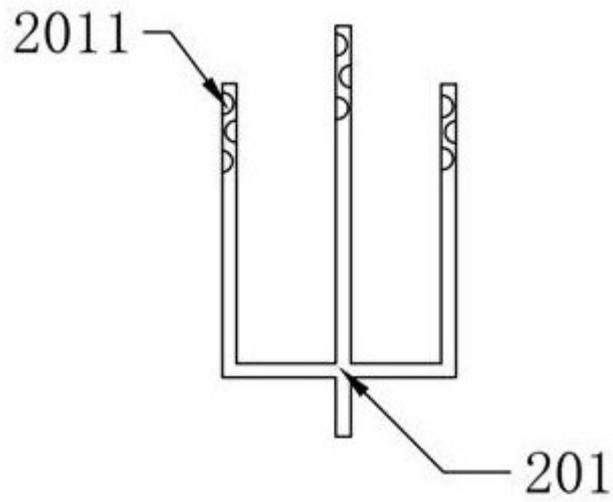


图2

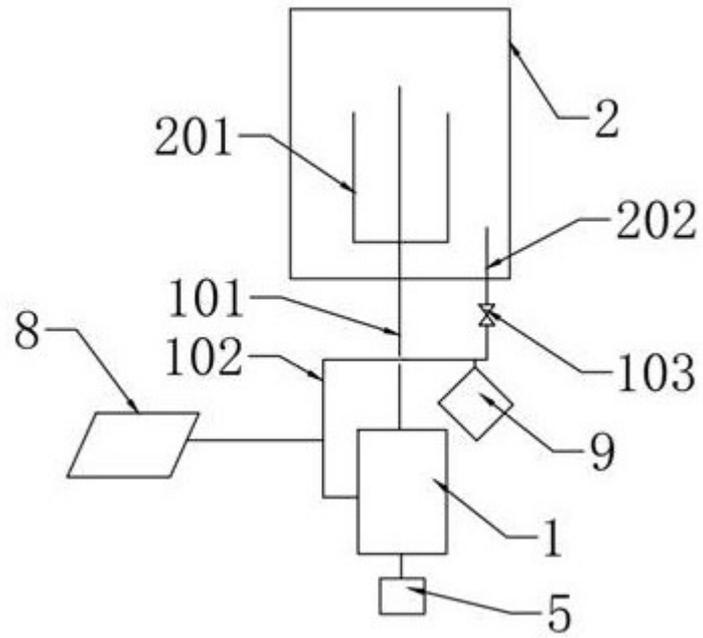


图3

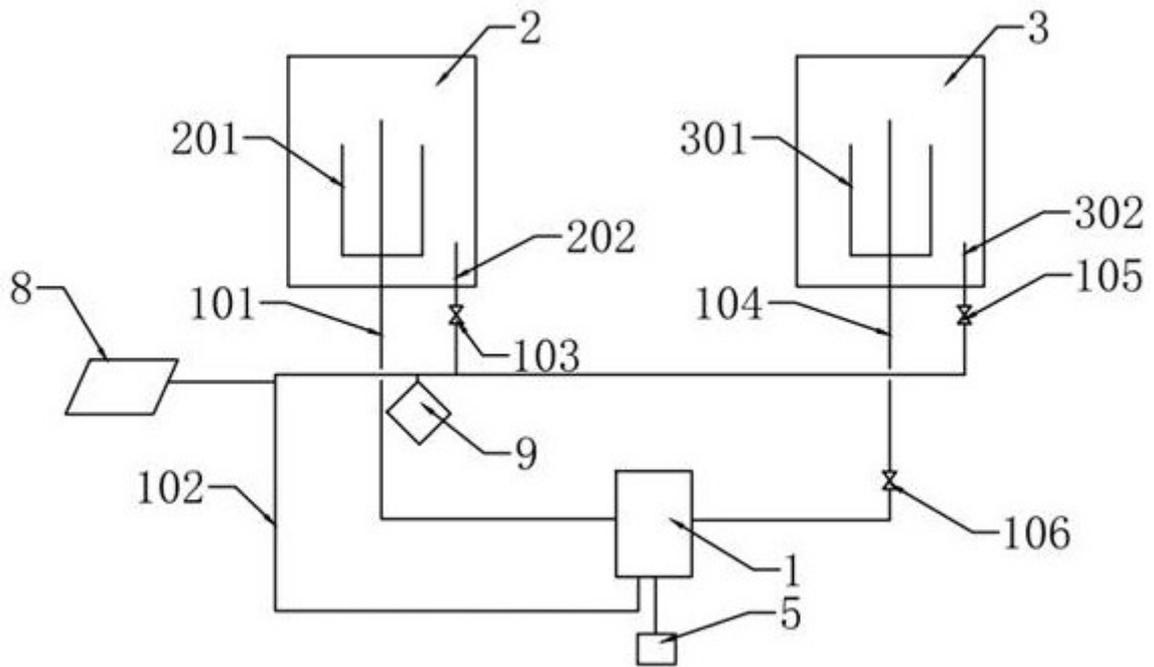


图4

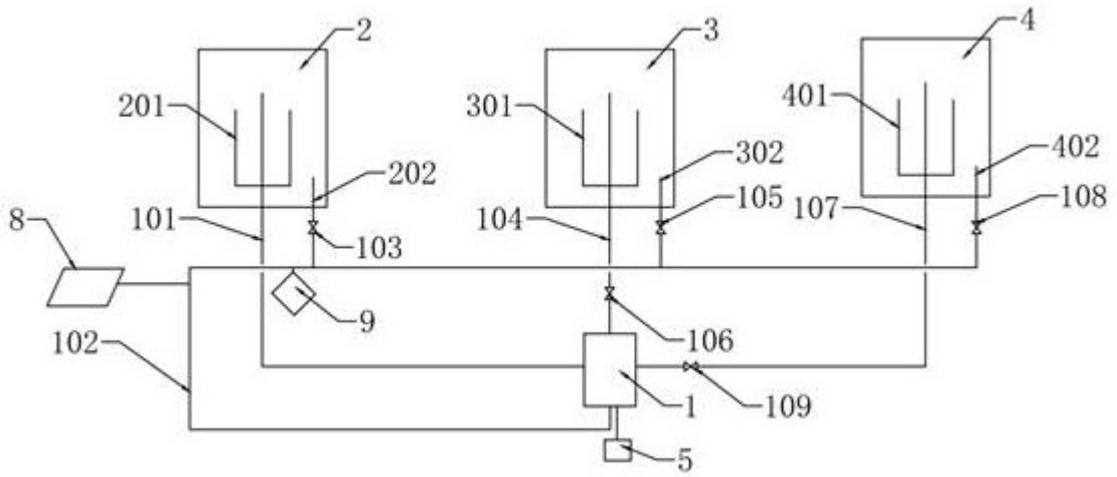


图5

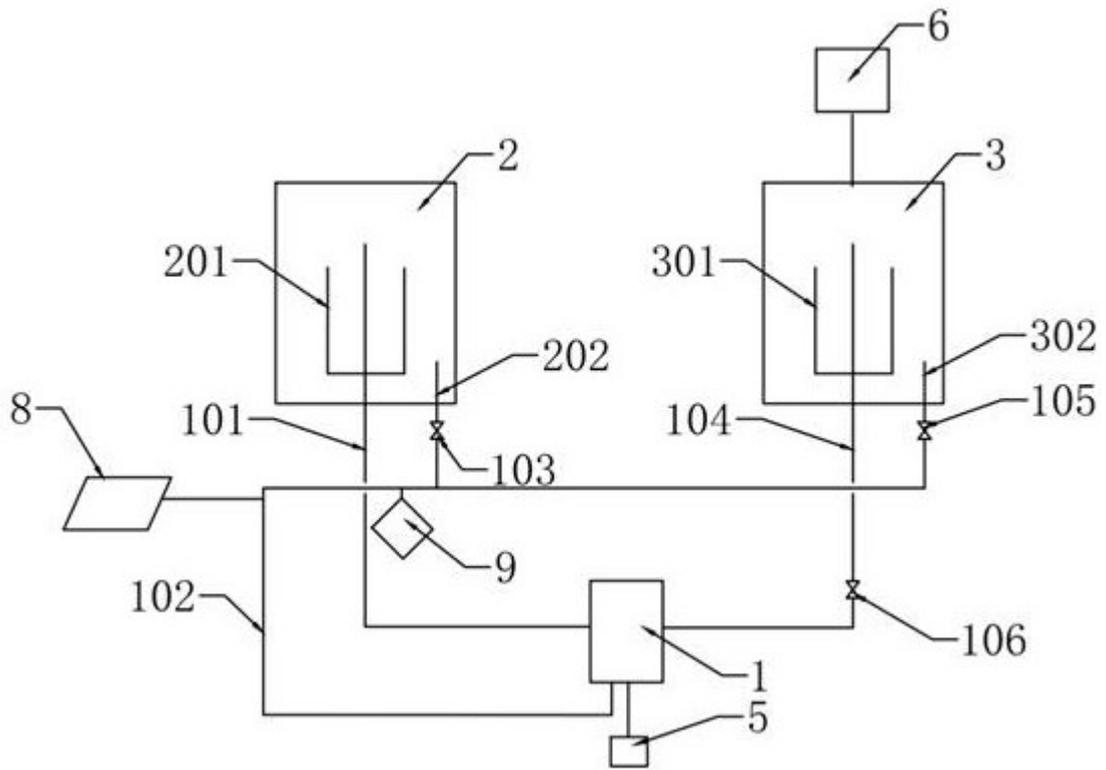


图6

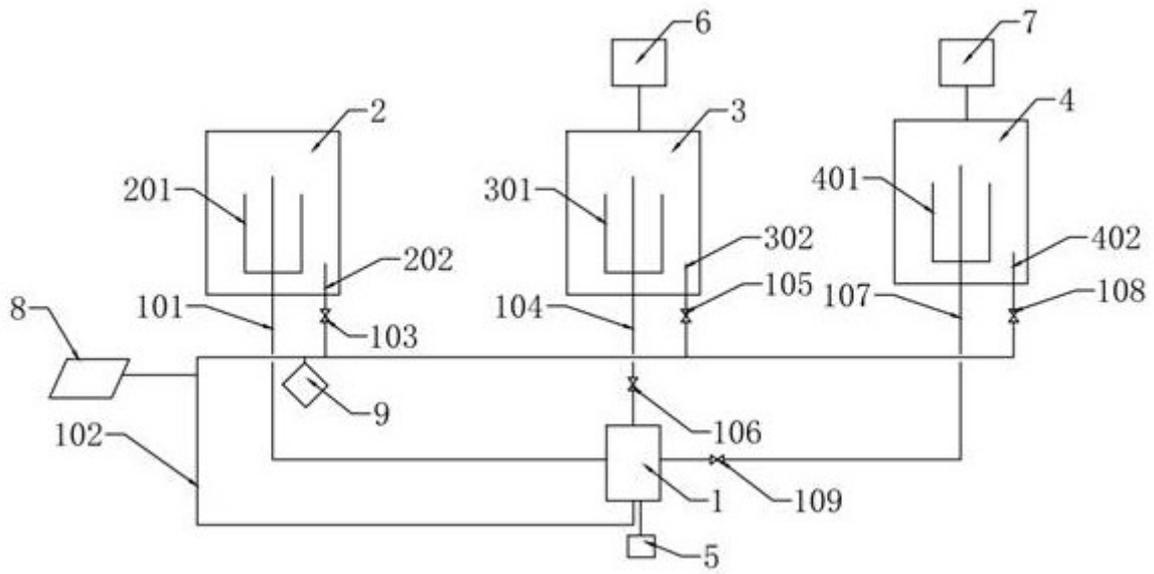


图7