(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115784545 A
(43)申请公布日 2023.03.14

(21)申请号 202211590691.6

(22)申请日 2022.12.12

(71)申请人 哈工大郑州研究院
地址 450008 河南省郑州市郑东新区龙湖中环北路龙源东七街交叉口
申请人 哈尔滨工业大学

(72)发明人 于艳玲 贺巍 曹永娜

(74)专利代理机构 哈尔滨市阳光惠远知识产权代理有限公司 23211
专利代理师 韩丽娜

(51)Int.Cl.
C02F 11/00(2006.01)
C02F 11/02(2019.01)
C02F 11/121(2006.01)
C02F 103/20(2006.01)

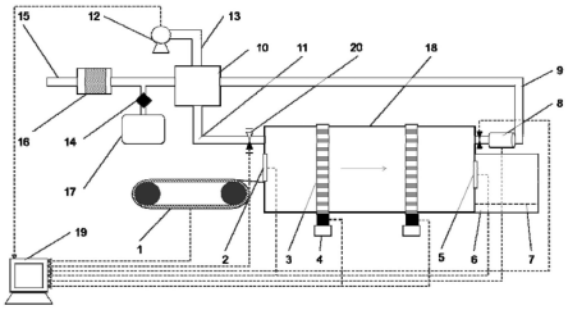
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的方法及装置

(57)摘要

本发明提出了利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的方法及装置，属于禽畜粪污资源化利用技术领域。解决了在北方寒区，外界温度极低，由热传导造成的热量损失更多，对于发酵设备的保温要求极为苛刻，一般禽畜污粪干化杀菌的工艺和设备不足以抵抗外界低温的问题。本发明可以在确保添加物料和设备检修操作方便前提下，对物料好氧发酵过程中产生的热能进行高效利用。一方面利用禽畜污粪好氧发酵热能原位形成系统高温和蒸汽完成自身干化杀菌；另一方面通过外置的换热器使系统排出的热蒸汽对新通入系统的冷空气进行初步加温，避免了冷空气进入发酵罐内形成大量冷凝水，并避免了出现发酵物料局部低温现象，促进发酵产热。



CN 115784545 A

1.一种利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的方法,其特征在于:包括预处理和间歇式负压干化杀菌过程,具体包括以下步骤:

一、预处理,包括如下步骤:

步骤一:通过分离机将禽畜粪便中多余的水分分离,分离出的固体物质含水率在70%以下;

步骤二:将初步分离干化后的禽畜粪便与纤维素类生物质按一定比例均匀混合,调节物料碳氮比在20～100;

步骤三:根据物料自身成分,按以下添料所占总物料的质量分数均匀添加辅料和菌剂,包括麸皮0～5%,氧化钙0～1.6%,过磷酸钙0～1%,发酵菌剂0～0.2%,完成预处理,即可得到预处理后的畜禽粪便;

二、间歇式负压干化杀菌,包括如下步骤:

步骤一:将预处理后的物料通过传送带送入发酵罐内,在发酵罐内进行好氧发酵1～7天;发酵时常压通气,保证发酵供氧,待物料发酵温度达到60～70℃的高温段时,进行不同流量下的抽气和通气,实现罐内间歇式负压,促进物料的干化杀菌和余热利用;

负压换气期间,根据发酵罐内体积大小,负压装置抽气流量调控为60～300m^3/h,通气装置通气流量调控为30～180m^3/h,控制发酵罐内真空度在0.02～0.08Mpa,发酵罐内温度降至50-60℃停止负压通气;

步骤二:负压换气结束后,停止大流量抽气过程,只进行强制通风,根据物料发酵情况,调控通气流量不高于80m^3/h,若发酵罐体温度较低或升温速率缓慢,通气流量不高于30m^3/h,对发酵罐内进行强制通风,真空度降低,直至恢复常压,发酵罐内温度上升至60～70℃再进行负压换气操作,以此进行循环,实现间歇式负压干化杀菌。

2.根据权利要求1所述的利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的方法,其特征在于:步骤二中,对产生的湿热空气进行余热利用,余热利用过程为:将发酵罐内流出的湿热空气通入换热装置和通气过程中的新空气进行汽-气换热所采用的装置。

3.一种利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的装置,其特征在于:包括进料系统、出料系统、主体部分、控制系统和热回收系统,所述进料系统、主体部分、出料系统和热回收系统依次连接,控制系统控制各阀门和进出料口的开关启闭,用于调控抽气装置和通气装置的流量,以及调节罐体和传送带的转速。

4.根据权利要求3所述的利用生物质好氧发酵热对禽畜粪便干化杀菌的装置,其特征在于:所述热回收装置为换热器(10),所述通气装置为鼓风机(12),所述负压装置一端连接发酵装置的出料端,另一端连接换热器(10),所述换热器(10)还与鼓风机(12)、发酵装置的进料端以及过滤装置(16)连接。

5.根据权利要求4所述的利用生物质好氧发酵热对禽畜粪便干化杀菌的装置,其特征在于:所述换热器(10)采用间壁式类的汽-气换热器,通过调节鼓风机(12)频率控制冷空气的换热速率。

6.根据权利要求4或5所述的利用生物质好氧发酵热对禽畜粪便干化杀菌的装置,其特征在于:所述换热器(10)的热气入口温度为60℃～70℃,经换热后热气出口温度降至50℃以下;冷空气入口温度-25～35℃,经过换热其出口温度可升高20～55℃,外界温度越低,升温效果越明显,冬季换热后冷空气出口温度可达到25℃～35℃。

7.根据权利要求6所述的利用生物质好氧发酵热对禽畜粪便干化杀菌的装置,其特征在于:所述换热器(10)与过滤装置(16)间的管路上连接有冷凝液收集箱17。

8.根据权利要求3所述的利用生物质好氧发酵热对禽畜粪便干化杀菌的装置,其特征在于:所述出料仓(6)内设置有多孔隔板(7)。

9.根据权利要求3所述的利用生物质好氧发酵热对禽畜粪便干化杀菌的装置,其特征在于:所述发酵装置为卧旋式好氧发酵罐(18),所述好氧发酵罐(18)外设置有转动带(3),转动结构驱动转动带(3),以带动好氧发酵罐(18)转动。

10.根据权利要求3所述的利用生物质好氧发酵热对禽畜粪便干化杀菌的装置,其特征在于:所述好氧发酵罐(18)及出料仓(6)四周外壳设置有保温材料,所述出料仓(6)的面积热阻值不低于3.0(m^2·K)/W,总传热系数控制在0.25～0.35W/(m^2·K)。

利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于禽畜粪污资源化利用技术领域，特别是涉及一种利用生物质好氧发酵热对禽畜粪便干化杀菌的方法及装置。

背景技术

[0002] 随着我国经济的发展和人民生活水平的提高，人们对肉蛋奶等产品的需求不断增大，使得我国规模化、集约化养牛场不断兴起，与此同时产生了大量的粪污。但是很多禽畜粪便未经处理便直接排放，不仅加剧了水体、土壤以及空气的污染，还直接传播疾病，导致生态系统遭到严重破坏，故禽畜粪便处理成为限制养殖业发展的一大因素，因此禽畜污粪的“减量化”是必要的。

[0003] 我国禽畜粪便资源丰富(年产量高达30.5亿吨)，将其通过好氧发酵热回收技术进行干化不仅可以实现养殖业废弃物的高效清洁处理、粪污零排放，而且禽畜粪便干化杀菌后产物制成的再生垫料代替沙子、橡胶、稻壳等传统垫料大大降低了养殖场场的养殖成本，促进了禽畜污粪的“资源化”利用。由于我国北方地区温度低，禽畜粪便发酵存在启动困难、发酵温度低、高温持续时间短等问题，导致牛粪等原料好氧发酵得到的垫料具有含水率过高、有害微生物超标等问题，因此禽畜污粪的“无害化”处理是必要的。

[0004] 生物质好氧发酵技术，是一种通过微生物在有氧条件下催化降解有机质产生水、CO_2和固体发酵产物(有机肥、牛床垫料和饲料等)，并将化学能以热能形式释放的技术。在好氧发酵过程中，生物质中大约有60％～70％的化学能转化成热能，而只有30％～40％的能量保留到固体产物中，其物料中心温度最高可达70℃以上，可以有效杀死物料中的有害细菌、病原菌及虫卵等。由此通过生物质好氧发酵技术可以有效促进实现禽畜污粪的“减量化”、“资源化”和“无害化”。

[0005] 在我国北方寒区，利用反应器设备对禽畜粪便进行干化，需要对物料进行及时的通风、搅拌和去除水分，但是一般通风条件会大幅影响内部发酵适宜的热环境，影响干化速率，同时冷空气会导致在发酵设备内冷凝水残留，不能及时排出，因此开发具有加温冷空气和调控通气流速的干化设备，对实现禽畜污粪的干化处理具有重大意义。

[0006] 同时，一般干化设备对发酵热的利用较为忽视，禽畜粪便发酵产生的热量大部分被浪费掉，发酵热利用率不高，而发酵热作为物料自身产生的能源，若能将热能定向用于干化杀菌过程，可以大大减少干化过程中的能耗，实现禽畜污粪的低碳清洁处理。由此，在利用反应器进行禽畜粪便干化的过程中，若能一方面通过其自身发酵产生的热量进行加温干燥，另一方面利用发酵产生的湿热蒸汽对通气过程进行加温，防止冷空气进入反应器造成水蒸气的冷凝和物料发酵温度的降低，那将是“北方寒区禽畜粪便干化处理”的高效解决方案。

[0007] 此外，一般禽畜粪便干化工艺是在常压下进行，在强制通风或自然通风条件下，对发酵产生的废气进行处理后自然排放。经试验表明，常压干化工艺的干燥速率远远不如负

压干化。在反应器内部发酵过程中，若在抽气进行余热回收利用的同时，调控反应器内部的抽气量和通气量，使得反应器内部形成负压，即可以一定程度上提高物料的干化速率。但不间断、高流量的换气过程会严重影响物料的好氧发酵效果，导致物料干化过程受阻。因此，需要开发一种发酵热耦合间歇式负压干化的工艺，从而有效匹配系统发酵产能过程，保证干化杀菌装置稳定运行。

[0008] 在北方寒区，外界温度极低，由热传导造成的热量损失更多。由此，对于发酵设备的保温要求极为苛刻，一般禽畜污粪干化杀菌的工艺和设备不足以抵抗外界低温，因此需要开发设计全方面高效严格保温的禽畜粪便干化杀菌系统。

发明内容

[0009] 有鉴于此，为了解决上述背景技术提出的技术问题，本发明旨在提出一种利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的方法及装置，以物料自身发酵热为热能来源，耦合间歇式负压干燥的方式，促进北方寒区禽畜粪便的“减量化”、“资源化”和“无害化”，本发明适用于畜牧场和农户等具有禽畜粪便干化杀菌及资源化利用需求的场所。

[0010] 为实现上述目的，本发明采用以下技术方案：一种利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的方法，具体包括以下步骤：包括预处理和间歇式负压干化杀菌过程。

[0011] 一、预处理，具体包括如下步骤：

[0012] 步骤一：通过干湿分离机将禽畜粪便中多余的水分分离，分离出的固体物质含水率在70％以下。

[0013] 步骤二：将初步分离干化后的禽畜粪便(牛粪、猪粪、鸡粪等)与秸秆或木屑或稻壳等纤维素类生物质按一定比例均匀混合，调节物料碳氮比在20～100范围。

[0014] 步骤三：根据物料自身成分，按以下添料所占总物料的质量分数均匀添加辅料和菌剂，主要包括麸皮0～5％，氧化钙0～1.6％，过磷酸钙0～1％，EM发酵菌剂0～0.2％，完成预处理，即可得到预处理后的畜禽粪便。

[0015] 二、间歇式负压干化杀菌，具体包括如下步骤：

[0016] 步骤一：将预处理后的物料通过传送带送入好氧发酵罐内，在罐内进行好氧发酵1～7天。发酵时常压通气，保证发酵供氧，待物料发酵温度达到60～70℃的高温段时，进行不同流量下的抽气和通气，实现罐内负压，促进物料的干化杀菌和余热利用。其中，余热利用过程为：将罐内流出的湿热空气通入换热器和通气过程中的新空气进行汽-气换热。

[0017] 负压换气期间，根据罐内体积大小(30～90m^3)，管道式抽气机抽气流量调控为60～300m^3/h，鼓风机通气流量调控为30～180m^3/h，控制罐内真空度在0.02～0.08Mpa，罐内温度降至50-60℃停止负压通气。

[0018] 步骤二：负压换气结束后，停止大流量抽气过程，只进行强制通风，根据物料发酵情况，调控通气流量不高于80m^3/h，若罐体温度较低或升温速率缓慢，通气流量不高于30m^3/h。对罐内进行强制通风，真空度降低，直至恢复常压，罐体内温度上升至60～70℃再进行负压换气操作，以此进行循环，实现间歇式负压干化杀菌，期间对产生的湿热空气进行余热利用。

[0019] 步骤一和步骤二中涉及到的通气和余热利用过程在系统运行过程中不间断进行，抽气过程为间歇式，用以提供间歇式负压，抽气时长根据抽气流量和真空度大小进行调整，

以上过程通过控制系统进行调控。

[0020] 一种利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的装置，包括进料系统、出料系统、主体部分、智能控制系统和热回收系统，所述进料系统、主体部分、出料系统和热回收系统依次连接，智能控制系统主要控制各阀门和进出料口的开关，调控抽气机和鼓风机的流量，调节罐体和传送带的转速。

[0021] 所述主体部分为发酵装置，所述出料系统包括出料仓6，所述热回收系统包括负压装置和热回收装置，所述负压装置一端与发酵装置连接，另一端与热回收装置连接。

[0022] 更进一步的，所述负压装置为管道式抽气机8。

[0023] 更进一步的，所述热回收装置为换热器10，所述管道式抽气机8一端连接发酵装置的出料端，另一端连接换热器10，所述换热器10还与鼓风机12、发酵装置的进料端以及过滤装置16连接。

[0024] 更进一步的，所述换热器10采用间壁式类的汽-气换热器，通过调节鼓风机12频率控制冷空气的换热速率。

[0025] 更进一步的，所述换热器10的热气入口温度为60℃～70℃，经换热后热气出口温度降至50℃以下；冷空气入口温度-25～35℃(冬季温度-25～0℃，夏季温度15～35℃)，经过换热其出口温度可升高20～55℃，外界温度越低，升温效果越明显，冬季换热后冷空气出口温度可达到25℃～35℃。所述发酵罐进气管道11上设置有管道止回阀20。

[0026] 更进一步的，所述换热器10与过滤装置16间的管路上连接有冷凝液收集箱17。

[0027] 更进一步的，所述出料仓6内设置有多孔隔板7。

[0028] 更进一步的，所述发酵装置为卧旋式好氧发酵罐，所述好氧发酵罐外设置有转动带3，所述支座4上的转动结构驱动所述转动带3，以带动好氧发酵罐18转动。

[0029] 更进一步的，所述发酵罐18及出料仓6四周外壳采用保温材料，总传热系数控制在0.25～0.35W/(m^2·K)。

[0030] 与现有技术相比，本发明所述的一种利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的方法和装置的有益效果是：

[0031] 1、本发明采用好氧发酵热作为粪便干化杀菌的清洁热源，可以在确保添加物料和设备检修操作方便前提下，对物料好氧发酵过程中产生的热能进行高效利用。一方面利用禽畜污粪好氧发酵热能原位形成系统高温和蒸汽完成自身干化杀菌；另一方面通过外置的换热器使系统排出的热蒸汽对新通入系统的冷空气进行初步加温，避免了冷空气进入发酵罐内形成大量冷凝水，并避免了出现发酵物料局部低温现象，促进发酵产热。

[0032] 2、本发明所述干化杀菌系统具有全方面高效严格的保温设计，大幅降低因外界环境造成的热损失，确保系统内部正常运行，确保热能定向用于干化杀菌过程。所述干化杀菌系统主要应用于北方地区，冬夏均可应用，但北方冬季天气寒冷，系统通过全面保温设计，可有效解决一般禽畜粪便发酵启动困难、发酵温度低、高温持续时间短，热散失巨大的问题及难点。

[0033] 3、本发明采用了间歇式负压干燥的模式。本发明提供了一种间歇式负压干燥的工艺，通过调控进出口空气流量，使得好氧发酵罐内部形成间歇性负压，可有效提高物料的干化速率，也可有效匹配系统发酵产能过程。好氧发酵过程中，若发酵罐内空气为饱和状态，则物料蒸发速率会大大降低，通过快速抽气在发酵罐及出料仓内形成负压环境，即可加快

蒸发的进行,同时可以及时快速的带走水分,避免冷凝水的滴落残留,强化了禽畜污粪的干化过程。同时,好氧发酵过程既是产能过程也是用能过程,过多的热量随湿热蒸汽排出系统,会使发酵系统温度过低影响杀菌、也影响产能发酵过程,通过间歇式快速抽气,可以控制系统随湿热蒸汽带走热量的速度,保证系统自身用能充足,使好氧发酵产能过程顺利进行,从而保证物料干化杀菌能量来源的稳定性。

[0034] 4、本发明对禽畜粪便处理后产生的固体有机物,含水率可以从55～70%降低至30～42%,杀菌率符合垫料利用标准,可作为高品质的垫料使用,降低养殖场的生产成本,具有非常高的农业和商业价值。

[0035] 5、本发明结构简单,操作简便,耗能小且产能大,可在北方地区进行大规模推广。

附图说明

[0036] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0037] 图1为本发明所述的一种利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的装置结构示意图;

[0038] 图中,1-传送带;2-入料口;3-转动带;4-支座;5-出料口;6-出料仓;7-多孔隔板;8-管道式抽气机;9-发酵罐出汽管道;10-换热器;11-发酵罐进气管道;12-鼓风机;13-新空气管道;14-疏水阀;15-排气管道;16-过滤装置;17-冷凝液收集箱;18-好氧发酵罐;19-智能控制系统;20-管道止回阀。

具体实施方式

[0039] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地阐述。需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0040] 参见图1说明本实施方式,一种利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的方法,包括预处理和间歇式负压干化杀菌过程,具体包括以下步骤:

[0041] 一、预处理包括以下三个步骤:

[0042] 步骤一:初步干化过程主要是通过干湿分离机将禽畜粪便中多余的水分分离,分离出的固体物质含水率在70%以下。

[0043] 步骤二:所述调节碳氮比过程为将初步分离干化后的禽畜粪便(牛粪、猪粪、鸡粪等)与秸秆或木屑或稻壳等纤维素类生物质按一定比例均匀混合,调节物料碳氮比在20～100范围。

[0044] 步骤三:所述添加辅料菌剂过程是按以下添料所占总物料的质量分数均匀添加辅料和菌剂,主要包括麸皮0～5%,氧化钙0～1.6%,过磷酸钙0～1%,EM发酵菌剂0～0.2%,完成预处理,即可得到预处理后的畜禽粪便。

[0045] 所述菌剂主要包含商用EM菌剂。EM菌剂在堆体快速起温后可以对堆体的后续产热起到一定的支撑作用,维持高温期的持续时长。

[0046] 二、间歇式负压干化杀菌,包括如下步骤:

[0047] 步骤一:将预处理后的物料通过传送带送入好氧发酵罐内,在罐内进行好氧发酵1

～7天;发酵时常压通气,保证发酵供氧,待物料发酵温度达到60～70℃的高温段时,进行不同流量下的抽气和通气,实现罐内间歇式负压,促进物料的干化杀菌和余热利用,其中,余热利用过程为:将罐内流出的湿热空气通入换热器和通气过程中的新空气进行汽-气换热;

[0048] 负压换气期间,根据罐内体积大小(30～90m^3),管道式抽气机抽气流量调控为60～300m^3/h,鼓风机通气流量调控为30～180m^3/h,控制罐内真空度在0.02～0.08Mpa,罐内温度降至55℃左右停止负压通气;

[0049] 步骤二:负压换气结束后,停止大流量抽气过程,只进行强制通风,根据物料发酵情况,调控通气流量不高于80m^3/h,若罐体温度较低或升温速率缓慢,通气流量不高于30m^3/h,对罐内进行强制通风,真空度降低,直至恢复常压,罐体内温度上升至60～70℃再进行负压换气操作,以此进行循环,实现间歇式负压干化杀菌;期间对产生的湿热空气进行余热利用。

[0050] 所述通气和余热利用过程在系统运行过程中不间断进行,抽气过程为间歇式,用以提供间歇式负压,抽气时长根据抽气流量和真空度大小进行调整。所述出料仓6为密封设计,可以和发酵罐18内空间连通为一体,在抽气过程中,内部为负压环境。在出料仓6顶部可为三角设计,顶部冷凝形成的水滴延内壁流到底部废水层。对出料仓6进行保温设计,防止出现内部蒸汽大量冷凝现象,同时维持内部较高的发酵温度。

[0051] 一种利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的装置,包括进料系统、出料系统、主体部分、智能控制系统和热回收系统,所述进料系统、主体部分、出料系统和热回收系统依次连接,所述智能控制系统主要控制各阀门和进出料口的开关,调控抽气机和鼓风机的流量,调节罐体和传送带的转速。

[0052] 所述主体部分为发酵装置,所述出料系统包括出料仓6,所述热回收系统包括负压装置和热回收装置,所述负压装置一端与发酵装置连接,另一端与热回收装置连接。

[0053] 所述负压装置为管道式抽气机8。所述热回收装置为换热器10,所述管道式抽气机8一端连接发酵装置的出料端,另一端连接换热器10,所述换热器10还与鼓风机12、发酵装置的进料端以及过滤装置16连接。

[0054] 所述换热器10与过滤装置16间的管路上连接有冷凝液收集箱17。

[0055] 所述发酵装置为卧旋式好氧发酵罐,所述好氧发酵罐外设置有转动带3。所述支座4上的转动结构驱动所述转动带3,以带动所述好氧发酵罐18转动。

[0056] 所述发酵罐18及出料仓6四周外壳采用保温材料,总传热系数控制在0.25～0.35W/(m^2•K)。

[0057] 所述利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的装置的工作原理如下:

[0058] 本系统采用卧旋式好氧发酵罐18作为主要设备进行禽畜粪便的干化和杀菌,其主要由进出料系统、主体部分、智能控制系统和热回收系统四部分组成。进料之前对需要处理的禽畜粪便进行初步干化、碳氮比调节和添加辅料菌剂等预处理,,进料时经传送带1将预处理后的禽畜粪便送入发酵罐18,在发酵罐18内通过其自身转动对物料进行混匀和不断向前传动,好氧发酵干化1～7天后物料送入出料仓6静置。发酵罐18进出料过程连续不断,同时进行。

[0059] 其中,在发酵罐18进汽端设置鼓风机12,将新鲜空气通入其中来补充氧气并带走物料中的水分,在发酵罐出汽管道9上设置管道式抽气机8以调控出气流量,出汽管道9连通

换热器10，换热器10利用罐内产生的湿热空气加热进口新鲜空气，提高发酵罐18进气口空气温度，加热完后的残余热蒸汽温度仍然较高，且体积大，仍具备回收潜力，换热过程产生的冷凝水通过疏水阀流到冷凝水收集箱，根据工艺需求可对残余湿热蒸汽和冷凝水进行二次利用。

[0060] 物料在发酵罐18内除水后，经出料口5进入出料仓6，出料仓6设置有多孔隔板7，用于过滤和收集渗滤液。同样地，通过抽气在出料仓6处形成负压条件，物料通过静态堆肥产热，利用自身产生热量进一步去除水分。

[0061] 该方案可以充分利用好氧发酵热大幅度提高能量利用率和物料干化速率。

[0062] 所述换热器10可采用间壁式汽-气换热器，通过调节风机频率可以控制冷空气的换热速率。热气入口温度一般可以达到60℃～70℃，在换热器10换热效率较高的情况下，热气出口温度降至50℃以下；冷空气入口温度-25～35℃(冬季温度-25～0℃，夏季温度15～35℃)，经过换热其出口温度可升高20～55℃，外界温度越低，升温效果越明显，冬季换热后冷空气出口温度可达到25℃～35℃，因此该干化系统具有较大意义。所述发酵罐进气管道11上设置有管道止回阀20。

[0063] 所述发酵罐18，内部空间密闭，承压材质可为玻璃钢、硅硼玻璃和镍铬铁合金等耐腐蚀高强度复合材料。发酵罐18自身可以进行转动，实现内部空气和物料的高效接触，同时通过所述智能控制系统调节罐体转速，控制物料在罐内停留时间。在通气供氧和热蒸汽利用过程中，可以通过控制系统调控进、出气体流量来实现内部间歇式负压干燥。

[0064] 所述干化杀菌系统有严格的保温设计。在环境温度最低不低于-25℃的情况下，发酵罐18及出料仓6四周外壳可采用橡塑板、聚苯板等保温材料进行保温，总传热系数控制在0.25～0.35W/(m^2·K)；对管壳式换热器有一定的保温要求，换热器10需要热阻值应不小于4.0(m^2·K)/W，可采用保温材料有二氧化硅气凝胶毡、聚氨酯和橡塑板等。对蒸汽及新鲜空气管道进行保温，管路管材可使用ppr聚氨酯发泡管等导热系数不大于0.03W/(m·K)的保温材料，厚度不小于30mm。

[0065] 实施例1：

[0066] 本发明公开了一种利用发酵热耦合间歇式负压对禽畜粪便干化杀菌的方法和装置。当本发明用于禽畜粪便干化时，可根据堆肥规模和原料性质，采用不同尺寸的发酵热回收系统。本系统可以对牛粪进行干化，即利用好氧菌剂对粪便进行发酵处理，发酵过程产生的热能进行干化，用于生产牛床垫料，可代替沙子、橡胶、稻壳等传统垫料降低养殖成本。

[0067] 用于牛粪干化的系统，包括进出料系统、主体发酵部分、控制系统和热回收系统四部分组成。

[0068] 测得室外温度在-20～-8℃之间，需要干化的物料主要成分为牛粪，采用到的发酵罐容积为60m^3。首先通过干湿分离机将粪便中多余的水分分离，测得分离出的固体物质含水率平均值在58.5％。物料自身碳氮比在合适范围，将牛粪、菌剂等按一定比例混合，通过传送带1运输到滚筒好氧发酵罐18中，在微生物的生命活动下，反应器内的有机物不断被氧化分解并放出热量。

[0069] 系统运行过程如下：牛粪等物料经传送带1进入发酵罐18，在发酵罐18内通过其自身旋转进行混匀和不断向前传动，好氧发酵48h左右后物料送入出料仓6静置。发酵罐18进出料过程连续不断，同时进行。

[0070] 其中，在发酵罐18进口设置鼓风机12，将新鲜空气引入其中来补充氧气和带走物料中多余的水分。在发酵罐18末端设置管道抽气机，通过调控进、出口气体流量，使得发酵罐18内部形成间歇式负压条件，加快热蒸汽的产生速率和物料的干化速率，测得抽出的热蒸汽温度可达65℃左右，流入管壳换热器10对新引入的空气进行换热加温，新空气初始温度为-10℃左右，经过一次换热，测得冷空气温度平均可达30.5℃，根据实际情况可以对空气流量进行调控来改变发酵罐18进口空气温度或通过循环多次加热的方式来显著提高发酵罐18进口空气温度。对空气的初步加温过程可以有效避免0℃以下的冷空气直接进入发酵罐18内形成大量冷凝水，并避免了出现发酵物料局部低温现象。

[0071] 整个好氧发酵产热抽气过程即为物料除水的主要方式。一次换热利用后的热蒸汽温度依然很高，可达到48℃，具有很大的回收潜力，换热过程产生的冷凝水通过疏水阀14流到冷凝液收集箱17，根据工艺需求可对残余热蒸汽和冷凝水进行二次利用。物料在发酵罐内除水后，经出料口5进入出料仓6，出料仓6设置有多孔隔板7，用于过滤水分和收集冷凝水。在出料仓6，同样地，可以通过抽气形成负压条件，物料在出料仓6内进行静态堆肥产热，利用自身产生热量进一步去除水分。

[0072] 最终经过本发明所述干化杀菌系统处理过后的禽畜粪便，它的含水率降至42％，同时，检测到产品中粪大肠杆菌数量≤4.5×10^4个/kg，无霉菌、金黄色葡萄球菌和沙门氏菌检出，符合垫料利用标准。

[0073] 实施例2：

[0074] 同样地，本发明也可以用于有机生活垃圾的干化和猪粪堆肥。在北方地区温度在-15～0℃的条件下用于猪粪堆肥时，采用到的发酵罐容积为40m^3，可以通过该发明进行高温发酵腐熟及其热回收利用。

[0075] 首先通过干湿分离机将粪便中多余的水分分离，测得分离出的固体物质含水率在56.4％。接着通过添加秸秆、稻壳类生物质对物料碳氮比进行调节，使其达到30左右，将上述物料、菌剂等按一定比例混合，通过传送带1运输到好氧发酵罐18中，在微生物的生命活动下，反应器内的有机物不断被氧化分解并放出热量。经过36h自身发酵干化杀菌，物料送入出料仓静置，发酵罐18进出料过程连续不断，同时进行。

[0076] 最终经过本发明所述干化杀菌系统处理过后的产品含水率大大降低，达到38.5％，检测到产品中粪大肠杆菌数量≤3×10^4个/kg，无霉菌、金黄色葡萄球菌和沙门氏菌检出。

[0077] 通过抽气得到的湿热空气温度可达68℃，首先用于对新鲜空气的加温，使新空气温度可达到35℃，加温后的新空气用于罐内供氧。另外，残余的热蒸汽温度仍有52℃，将这部分发酵过程回收的热量就近用于猪舍的供暖，通过板式换热器进行水-汽换热，蓄热水作为暖气水为室内供暖，最终，20天内，50m^2的房屋室内温度平均升高21.5℃。

[0078] 以上公开的本发明实施例只是用于帮助阐述本发明。实施例并没有详尽叙述所有的细节，也不限制该发明仅为所述的具体实施方式。根据本说明书的内容，可作很多的修改和变化。本说明书选取并具体描述这些实施例，是为了更好地解释本发明的原理和实际应用，从而使所属技术领域技术人员能很好地理解和利用本发明。

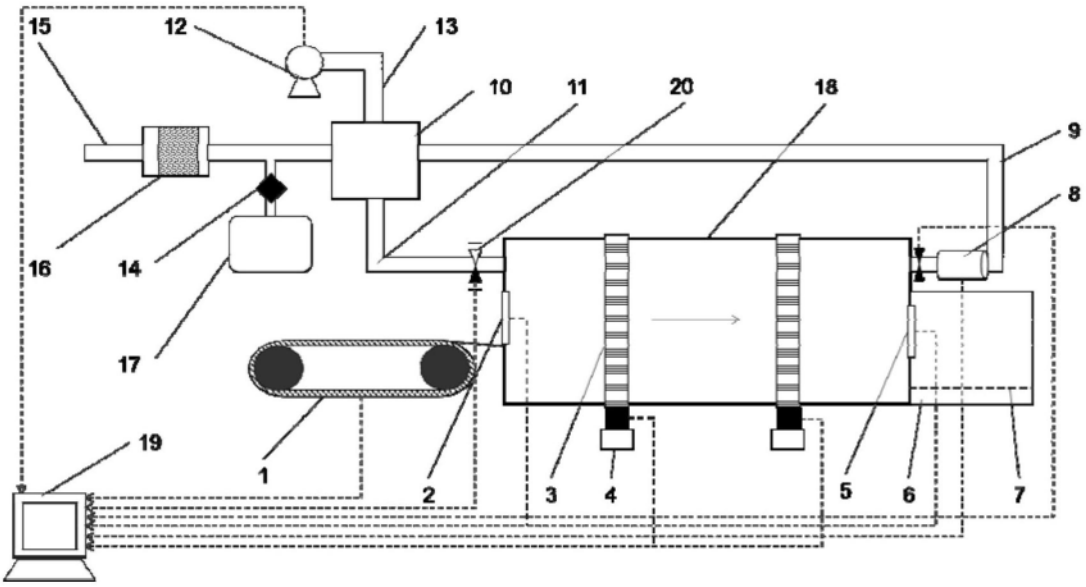


图1