



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105387739 B

(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201510888340.7

C02F 1/461(2006.01)

(22)申请日 2015.12.03

C12P 5/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 肖震

申请公布号 CN 105387739 A

(43)申请公布日 2016.03.09

(73)专利权人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路
17923号

(72)发明人 陈岩 孙锲 李海龙 崔峥

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 赵敏玲

(51)Int.Cl.

F28D 9/00(2006.01)

F28F 3/04(2006.01)

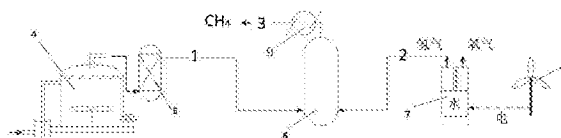
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

一种利用风电的甲烷制备工艺

(57)摘要

本发明提供了一种板翅式换热器及其利用风电的甲烷制备工艺,所述板翅式换热器包括互相平行的板片,所述板片之间设置翅片,所述翅片包括倾斜于板片的倾斜部分,在倾斜部分上通过冲压方式加工突起,从而使倾斜部分两侧的流体通过倾斜部分上冲压方式形成的孔连通;所述突起从倾斜部分沿着混合气体流动方向向外延伸。本发明提供一种新的类型的换热器及甲烷制备工艺,使其满足沼气生产过程中气体的冷凝提纯,极大的提高了换热效率。



1. 一种利用风电的甲烷制备工艺,其特征在于,其装置包括厌

氧发酵罐、生物反应器、风力发电装置和电解水装置,所述风力发电装置与电解水装置连接,以便向电解水装置输送电,电解水装置与生物反应器连接,将产生的氢气输入到生物反应器中,所述厌氧发酵罐产生的沼气进入生物反应器,进入生物反应器的所述沼气中含有甲烷和二氧化碳;在生物反应器中,进行合成甲烷的反应;所述生物反应器与冷凝器相连,用于冷凝合成后的甲烷;

所述的冷凝器为板翅式换热器,所述板翅式换热器包括互相平行的板片,所述板片之间设置翅片,所述翅片包括倾斜于板片的倾斜部分,在倾斜部分上通过冲压方式加工有突起,且倾斜部分两侧的流体通过倾斜部分上冲压方式形成的孔连通;所述突起从倾斜部分沿着混合气体流动方向向外延伸;

所述突起的延伸方向与混合物的流动方向的夹角为 a ,同一个倾斜部分设置多个突起,沿着混合物的流动方向,所述的夹角 a 越来越小。

2. 如权利要求1所述的制备工艺,其特征在于,生物反应器中使用的催化剂是氢营养型产甲烷菌。

3. 如权利要求1所述的制备工艺,其特征在于,沼气在进入生物反应器之前,还经过沼气洁净装置进行净化。

4. 如权利要求3所述的制备工艺,其特征在于,进入生物反应器的沼气,甲烷的摩尔百分含量45% 以上,二氧化碳的摩尔百分含量为30% 以上。

5. 如权利要求1所述的制备工艺,其特征在于,厌氧发酵罐与生物反应器之间的管路上设置沼气阀门,电解水装置与生物反应器连接的管路上设置氢气阀门,通过阀门来控制进入生物反应器中的沼气和氢气的数量。

6. 如权利要求1所述的制备工艺,其特征在于,还包括与生物反应器相连的氢气管道、甲烷管道及其二氧化碳管道,用于向生物反应器中输入氢气、甲烷和二氧化碳,同时每个管道上设置阀门和速度检测装置,所述阀门和速度检测装置与控制器进行数据联接。

一种利用风电的甲烷制备工艺

技术领域

[0001] 本发明属于能源利用领域,尤其涉及一种换热器及包括换热器的甲烷制备工艺和系统,属于换热器及其应用领域。

背景技术

[0002] 随着现代社会经济的高速发展,人类对能源的需求量越来越大。然而煤、石油、天然气等传统能源储备量不断减少、日益紧缺,造成价格的不断上涨,同时常规化石燃料造成的环境污染问题也愈加严重,这些都大大限制着社会的发展和人类生活质量的提高。沼气是低成本可再生能源,但实际中通常需要对沼气进行提纯,产生甲烷,以满足不同用途(比如:作为汽车燃料)的有关技术要求。传统沼气提纯技术需要消耗大量能源,不符合当前节能减排和保护环境的要求。

[0003] 在甲烷生产的过程中,一般需要经过换热器进行冷凝,目前的换热器都是使用通用的常见的换热器,并不能很好的适用气体的冷凝提纯,因此需要开发一种新的类型的换热器,使其满足沼气生产过程中气体的冷凝提纯。

[0004] 此外,对于甲烷的生产过程,如何提高甲烷的产出率,也是甲烷生产工艺中一直在追求的,利用氢气提纯生物质气是提高生产生物质甲烷效率的有效方法,这一方法基于Sabatier反应: $\text{CO}_2+4\text{H}_2\text{-CH}_4+2\text{H}_2\text{O}$ 。传统上,该反应一般使用钌(Ru)基和镍(Ni)基催化剂实现。但是目前并没有一套成型的工艺或设备来实现氢气提出甲烷。

发明内容

[0005] 本发明旨在提供一种氢气提纯生物质气中使用的换热器及其利用电能电解产生氢气提纯生物质气是提高生产生物质甲烷效率的工艺,该工艺利用生物方法来实现Sabatier反应。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的技术方案如下:

[0007] 一种混合气体冷凝使用的板翅式换热器,所述板翅式换热器包括互相平行的板片,所述板片之间设置翅片,所述翅片包括倾斜于板片的倾斜部分,在倾斜部分上通过冲压方式加工突起,且倾斜部分两侧的流体通过倾斜部分上冲压方式形成的孔连通;所述突起从倾斜部分沿着混合气体流动方向向外延伸。

[0008] 作为优选,所述突起的延伸方向与混合物的流动方向的夹角为 α ,同一个倾斜部分设置多个突起,沿着混合物的流动方向,所述的夹角 α 越来越小。

[0009] 一种生物质甲烷的制备工艺,包括厌氧发酵罐、生物反应器、风力发电装置和电解水装置,所述风力发电装置与电解水装置连接,以便向电解水装置输送电,电解水装置与生物反应器连接,将产生的氢气输入到生物反应器中,所述厌氧发酵罐产生的沼气进入生物反应器,进入生物反应器的所述沼气中含有甲烷和二氧化碳;在生物反应器中,进行合成甲烷的反应。

[0010] 作为优选,生物反应器中使用的催化剂是氢营养型产甲烷菌。

- [0011] 作为优选,沼气在进入生物反应器之前,还经过沼气洁净装置进行净化。
- [0012] 作为优选,进入生物反应器的沼气,甲烷的摩尔百分含量45%以上,二氧化碳的摩尔百分含量为30%以上。
- [0013] 作为优选,所述生物反应器与冷凝器相连,用于冷凝合成后的甲烷。
- [0014] 作为优选,厌氧发酵罐与生物反应器之间的管路上设置沼气阀门,电解水装置与生物反应器连接的管路上设置氢气阀门,通过阀门来控制进入生物反应器中的沼气和氢气的数量。
- [0015] 作为优选,还包括与生物反应器相连的氢气管道、甲烷管道及其二氧化碳管道,用于向生物反应器中输入氢气、甲烷和二氧化碳,同时每个管道上设置阀门和速度检测装置,所述阀门和速度检测装置与控制器进行数据联接。
- [0016] 作为优选,所述的冷凝器为权利要求1-2之一所述的换热器。
- [0017] 与现有技术相比较,本发明具有如下的优点:
- [0018] 1) 本发明利用风力或者太阳能发电装置连接电解水装置,通过电解产生的氢气制备甲烷,节约了能源。
- [0019] 2) 开发了一种适应气体的冷凝提纯的换热器,可以提高冷凝的效率。
- [0020] 3) 本发明通过设置生物反应器,通过生物方法来实现甲烷的生产,加大的提高了甲烷的生产效率。
- [0021] 4) 本发明提出了一种全新的生产生物质甲烷的工艺方法,将厌氧发酵和生物质气化过程结合起来,降低沼气提纯过程耗能的同时,大幅增加甲烷产量,从而提高厌氧发酵和生物质气化的整体效率。
- [0022] 5) 本发明的膜分离器是采用中空纤维和Matrimid聚合物材料制成的,是一种像玻璃一样的聚合膜。通过膜分离器的作用,分离可以达到分子级。

附图说明

- [0023] 图1是本发明的制备生物质甲烷的工艺流程图;
- [0024] 图2是本发明一种板翅式换热器换热板片结构示意图;
- [0025] 图3是本发明一个板翅单元的结构示意图;
- [0026] 图4是本发明设置突起结构倾斜部分平面的示意图;
- [0027] 图5是本发明设置突起结构倾斜部分平面的另一个示意图;
- [0028] 图6是本发明的三角形突起结构示意图;
- [0029] 图7是本发明三角形突起流道中的切面结构示意图。
- [0030] 图8是本发明的制备生物质甲烷的另一个实施例工艺流程图
- [0031] 附图标记如下:
- [0032] 1沼气流,2氢气流,3甲烷流,4厌氧发酵罐,5沼气洁净装置,6生物反应器,7电解水装置,8风力发电装置,9冷凝器,10密封件,11流体通道,12板片,13倾斜部分,14水平部分,15突起,16翅片。

具体实施方式

- [0033] 下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。需要说明的是,本文中的

气体含量,没有特殊说明的情况下是摩尔含量。

[0034] 图1展示了一种制备生物质甲烷的工艺流程,如图1所示,所述的制备工艺中包括厌氧发酵罐4、生物反应器6、电解水装置7和风力发电装置8,所述厌氧发酵罐4产生的沼气进入生物反应器6中,进入生物反应器6的沼气中含有甲烷和二氧化碳,作为优选,含量最多的依次是甲烷和二氧化碳;风力发电装置8与电解水装置7相连,向电解水装置7中输送电,电解水装置7电解产生的氢气流2进入生物反应器6中,在生物反应器6中,进行合成甲烷的反应: $\text{CO}_2+4\text{H}_2-\text{CH}_4+2\text{H}_2\text{O}$;

[0035] 生物反应器13中使用的催化剂是氢营养型产甲烷菌。

[0036] 作为优选,沼气在进入生物反应器6之前,还经过沼气洁净装置9进行净化,以除去杂质,比如硫化氢,氨,氧硅烷等。

[0037] 作为优选,进入生物反应器的沼气,甲烷的摩尔百分含量45%以上,二氧化碳的摩尔百分含量为13%以上%。

[0038] 作为优选,从生物反应器6中出来的甲烷经过冷凝器9后进行回收。

[0039] 作为优选,在生物反应器中,二氧化碳与氢气的比例为:1比4(摩尔数比例)。

[0040] 沼气流1的管路上设置沼气阀门,氢气流2的管路上设置氢气阀门,通过阀门来控制进入生物反应器中的沼气和氢气的数量。

[0041] 所述系统还包括二氧化碳浓度检测装置、氢气浓度检测装置、甲烷浓度检测装置,所述二氧化碳浓度检测装置、氢气浓度检测装置、甲烷浓度检测装置与控制器进行数据连接;所述系统还包括流速检测装置,所述流速检测装置与控制器数据连接,所述在气流1的管路上设置甲烷浓度检测装置、二氧化碳浓度检测装置和流速检测装置,所述在气流2的管路上设置流速检测装置,所述控制器根据二氧化碳浓度检测装置、甲烷浓度检测装置以及两个流速检测装置计算出进入生物反应器的二氧化碳摩尔数、氢气摩尔数以及甲烷摩尔数,并根据摩尔数来自动调整三通阀向气流1和气流2开度的大小。

[0042] 如果检测进入生物反应器氢气的摩尔数偏多,则控制器自动调低氢气阀门的开度,减少气流2的流量;如果检测的氢气的摩尔数偏少,则增加氢气阀门的开度,增加气流2的流量。

[0043] 或者如果检测进入生物反应器氢气的摩尔数偏多,则控制器自动增加甲烷阀门的开度,增加气流1的流量;如果检测的氢气的摩尔数偏少,则减少甲烷气阀门的开度,降低气流1的流量。

[0044] 对于控制氢气的摩尔数,上述的两种方式可以结合在一起控制氢气和二氧化碳的数量,从而尽快达到氢气和二氧化碳的数量的平衡。

[0045] 如果检测进入生物反应器的二氧化碳的摩尔数过多,则相应的自动增加氢气的含量,则增加氢气阀门的开度,增加气流2的流量,相反,则控制器自动调低氢气阀门的开度,减少气流2的流量。

[0046] 当然,作为一个优选,如果检测进入生物反应器的二氧化碳的摩尔数过多,则相应的自动降低甲烷气阀门的开度,相反,则控制器自动增加甲烷阀门的开度量。

[0047] 对于控制二氧化碳的摩尔数,上述的两种方式可以结合在一起控制氢气和二氧化碳的数量,从而尽快达到氢气和二氧化碳的数量的平衡。

[0048] 如果测量进入生物反应器的甲烷的摩尔数过多,则控制器自动调降低沼气阀门的

开度,相反,控制器自动调增加沼气阀门的开度。

[0049] 当然,上述所有的控制也可以采用手动方式控制。

[0050] 作为优选,还包括与生物反应器相连的氢气管道、甲烷管道及其二氧化碳管道,用于向生物反应器中输入氢气、甲烷和二氧化碳,同时每个管道上设置阀门和速度检测装置,所述阀门和速度检测装置与控制器进行数据联接。控制器根据进入生物反应器中的氢气、甲烷和二氧化碳的摩尔数,自动控制氢气管道、甲烷管道及其二氧化碳管道阀门,以便向生物反应器中输入相应的气体,使生物反应器中的气体含量达到最佳的比例。

[0051] 作为优选,可以在生物反应器中设置氢气浓度检测装置、甲烷浓度检测装置、二氧化碳浓度检测装置,分别检测生物反应器中氢气、甲烷、二氧化碳的摩尔数,并根据检测的结果如前面所述来自动调整各个阀门,使生物反应器中的气体含量达到最佳的比例。

[0052] 作为优选,在厌氧发酵罐中,反应温度在35-60摄氏度之间。优选为两种35-40摄氏度或者50-60摄氏度。反应压力低于2bar,优选1-1.8bar,进一步优选,1.1-1.5bar。反应的原 料包括有机物,例如餐厨垃圾,污泥,牲畜粪便,秸秆等有机物。原料粉碎后加水注入发酵罐,厌氧菌将有机物分解产生沼气。具体过程如下:

[0053] 第一阶段为水解发酵阶段,是指复杂的有机物在微生物胞外酶的作用下进行水解和发酵,将大分子物质破链形成小分子物质。例如:单糖、氨基酸等小分子物资,为后一阶段做准备。

[0054] 第二阶段为产氢、产乙酸阶段,该阶段是在产酸菌,例如胶醋酸菌、部分梭状芽孢杆菌等的作用下分解上一阶段产生的小分子物质,生成乙酸和氢。第二阶段中, $CO_2+CH_4.CO_2+4H_2 \rightarrow CH_4+4H_2O$ 。

[0055] 第二阶段产酸速率很快,致使料液pH值迅速下降,使料液具有腐烂气味。

[0056] 在生物质反应炉中进行生物质气化反应,生物质气化反应是在一定的热力学条件下,借助于空气部分(或者氧气)、水蒸气的作用,使生物物质的高聚物发生热解、氧化、还原重整反应,最终转化为一氧化碳,氢。生物质气化反应是本领域现有的一个常见的技术。

[0057] 在生物反应器中,甲烷菌将二氧化碳,利用氢气还原为甲烷。

[0058] 生物反应器作为优选密闭容器,可承压不高于2个大气压。

[0059] 生物反应器的甲烷菌及其它厌氧菌通常从其它发酵罐移植。

[0060] 作为优选,生物反应器中的反应温度为13-60摄氏度,反应压力为1-2个大气压。

[0061] 进一步优选,反应温度为40-50摄氏度,反应压力为1.1-1.5个大气压。

[0062] 作为优选,在生物反应器中,先输入一部分甲烷菌,作为种子,在合成甲烷的过程中,来自厌氧发酵罐中的甲烷与种子甲烷菌进行反应,进一步生成甲烷菌,同时生物反应器中的生成的甲烷的一部分也会与种子甲烷菌进行反应,进一步生成甲烷菌。

[0063] 在生产过程中,针对甲烷气体的生成情况,还可以不断的从外边移植甲烷菌。

[0064] 作为优选,所述生物反应器设置甲烷菌移植通道,以便从外部移植甲烷菌。作为优选,可以根据甲烷的产出情况来移植甲烷菌。如果发现甲烷产出的效率低于一定数值,则打开阀门,向生物反应器内移植甲烷菌。

[0065] 甲烷的产出效率可以根据输入的二氧化碳、氢气的数量来判断,采用实际产生的甲烷和理论上产生的甲烷的比例,理论上产生的甲烷采用输入的二氧化碳和氢气的数量来计算。

[0066] 作为优选,冷凝器9的冷凝温度是25摄氏度。主要是将水蒸气冷凝排除。

[0067] 反应的具体的实施例参见图表1。

Stream 1	
CH ₄ mol%	45-70
CO ₂ mol%	13-50
H ₂ O mol%	1-3
H ₂ mol%	0.0
<hr/>	
N ₂ mol%	0.0
CO mol%	0.0
<hr/>	
P bar	1
T ° C	25
Flow rate	
kmol/hr	12.4
LHV	
MJ/kg	19.6

[0070] 表1

Stream	1
CH ₄ (mol%)	63.0
CO ₂ (mol%)	35.0
H ₂ O (mol%)	2.0
H ₂ (mol%)	0.0
N ₂ (mol%)	0.0
CO (mol%)	0.0
P (bar)	1
T (°C)	25
Flow rate (kmol/h)	12.4
LHV (MJ/kg)	19.6

[0072] 表2:一个优选的实施例反应条件及结果

[0073] 作为优选,气流2中的氢气含量为95%以上,基本上可以达到100%。

[0074] 生物反应器6中产生的甲烷在冷凝器中冷凝中,气流在液化中非共沸多组分混合介质冷凝的热阻机制与纯组分物质冷凝有明显区别,理论分析和实验已证明换热系数比纯组分冷凝明显降低。现有对非共沸混合介质冷凝换热的研究更多集中在含一种不凝气体的工况,采用低纹槽、人工粗糙度表面等措施减小平均液膜厚度在纯组分冷凝时被证实效果突出的措施,在含不凝气体情况下效果有时不明显,而在合成甲烷的气流的冷凝换热过程和机理更为复杂,冷凝过程通常包含两种以上的不凝气体,换热情况更加复杂。

[0075] 针对上述问题,本发明提供了一种新的板翅式换热器,从而解决甲烷合成过程中沸点不同的多组分混合介质的冷凝。

[0076] 如果没有特殊说明,涉及公式的,“/”表示除法,“×”、“*”表示乘法。

[0077] 如图2所示,一种用于非共沸多组分混合物冷凝的板翅式换热器,所述板翅式换热器包括互相平行的板片12,所述相邻的板片12之间形成流体通道11,所述相邻的板片12之间设置翅片16。所述翅片16包括与板片12倾斜的倾斜部分13,所述倾斜部分互相平行。在倾

斜部分13上通过冲压方式加工突起15,从而使倾斜部分13两侧的流体通过倾斜部分13上通过冲压方式形成的孔连通;所述突起15从倾斜部分13向外延伸。

[0078] 因为倾斜部分13互相平行,因此相邻的倾斜部分13与上下板片之间构成了平行四边形通道。

[0079] 通过设置突起15,具有如下的优点:

[0080] 1) 一方面可以破坏层流底层,另一方面与“打孔”翅片相比,未因打孔损失换热面积,而且“刺”和“孔”可以分别在不同高度上扰动流体,强化不同的热阻环节;

[0081] 2) 冲压“微刺”形成的小孔,借助“微刺”下游压力场的影响,可实现翅片两侧介质的压力及质量交换,对粘性底层和液膜的稳定性造成破坏,强化换热。

[0082] 3) 针对非共沸多组分混合物的流体,能够借助“微刺”实现扩大气液界面以及气相边界层与冷却壁面的接触面积并增强扰动;

[0083] 4) 易加工实现,制作难度和成本不会明显上升。

[0084] 在板翅式换热器内采取上述措施,能够极大的提高了非共沸混合介质冷凝换热简易又有效的技术。与采取“打孔”翅片相比,能够提高20—13%的换热效率。

[0085] 作为优选,所述的突起15与混合物的流动方向所形成的夹角为锐角。

[0086] 作为优选,如图3所示,所述的翅片16为倾斜型翅片,所述翅片16包括水平部分14和倾斜部分13,所述水平部分14与板片12平行并且与板片12贴在一起,所述倾斜部分13与水平部分14连接。

[0087] 如图7所示,所述突起15的延伸方向与混合物的流动方向的夹角为 α ,如图4所示,沿着混合物的流动方向,同一个倾斜部分13设置多个突起15,沿着混合物的流动方向,所述的夹角 α 越来越大。

[0088] 通过实验发现,通过夹角 α 的逐渐变大,与夹角 α 完全相同相比,可以实现更高的换热效率,能够大约提高10%左右的换热效率。

[0089] 作为优选,沿着混合物的流动方向,夹角 α 变大的幅度越来越小。通过实验发现,变化夹角 α 的变大的幅度,可以保证换热效率的情况下,进一步降低流动阻力,能够大约降低5%左右的流动阻力。

[0090] 作为优选,所述突起15为等腰三角形,所述等腰三角形的底边设置在倾斜部分13上,作为优选,底边与倾斜部分的倾斜角度相同,所述等腰三角形的顶角为 β ,沿着混合物的流动方向,同一个倾斜部分13设置多个突起15,沿着混合物的流动方向,在底边长度保持不变的情况下,所述的突起顶角 β 越来越小。通过实验发现,通过突起顶角 β 的逐渐变小,与顶角 β 完全相同相比,可以实现更高的换热效率,能够大约提高8%左右的换热效率。

[0091] 作为优选,沿着混合物的流动方向,顶角 β 变小的幅度越来越小。通过实验发现,顶角 β 变小的幅度越来越小,可以保证换热效率的情况下,进一步降低流动阻力,能够大约降低4%左右的流动阻力。

[0092] 作为优选,沿着流体的流动方向,同一倾斜部分设置多排突起15,如图4和5所示,每排突起之间的距离为 S_2 ,沿着混合物的流动方向,所述的 S_2 越来越大。之所以如此设置,主要目的是通过 S_2 的变大,实现在保证换热效率的情况下,进一步降低流动阻力。通过实验发现,流动阻力降低10%左右。

[0093] 所述 S_2 是以相邻排的突起的底边为计算距离的。

[0094] 作为优选,如图5所示,多排突起15为错列结构。

[0095] 在实验中发现,相邻板片12的距离不能过大,过大会导致换热效率的降低,过小会导致流动阻力过大,同理,对于等腰三角形的底边长度、顶角、突起、翅片倾斜部分的距离与流体流动方向的夹角都不能过大或者过小,过大或过小都会导致换热效率的降低或者流动阻力的变大,因此在相邻板片12的距离、等腰三角形的底边长度、顶角、突起、翅片倾斜部分与流体流动方向的夹角之间满足一个最优化的尺寸关系。

[0096] 因此,本发明是通过多个不同尺寸的换热器的上千次数值模拟以及试验数据,在满足工业要求承压情况下(10MPa以下),在实现最大换热量的情况下,总结出的最佳的换热板片的尺寸优化关系。

[0097] 相邻的板片的距离为H,等腰三角形底边的长度为h,相邻的倾斜部分的距离为w,倾斜部分与板片之间的锐角的夹角为c,满足如下公式:

$$[0098] \quad 7*h/H=c1*Ln(L*\sin(a)/(w*\sin(c))+c2,$$

$$[0099] \quad \sin(b/2)=c3+c4*\sin(a)-c5*(\sin(a))^2,$$

[0100] 其中Ln是对数函数,c1、c2、c3、c4、c5是系数,

$$[0101] \quad 0.24<c1<0.25,0.68<c2<0.70,0.87<c3<0.88,0.68<c4<0.70,1.14<c5<1.15;$$

$$[0102] \quad 19^\circ<a<71^\circ,55^\circ<b<165^\circ,90^\circ<c<70^\circ;$$

$$[0103] \quad 10\text{mm}<w<15\text{mm},6\text{mm}<H<14\text{mm};$$

$$[0104] \quad 0.19<L*\sin(a)/w<0.41,0.12<7*h/H<0.47;$$

[0105] H是以相邻板片相对的面之间的距离,W是以相邻的倾斜部分相对的面在沿着板片方向上的距离,L为等腰三角形的顶点到底边中点的距离。

[0106] 作为优选,c1=0.245,c2=0.694,

[0107] c3=0.873,c4=0.691,c5=1.1454。

[0108] 作为优选,85°<c<80°。

[0109] 通过上述公式的出的“突起”的最佳的几何尺度,可以提高换热效率,同时可以实现仅对粘性底层、或包含液膜、及至包含气相边界层不同尺度内热阻的强化,避免措施过度,造成不必要的阻力损失。

[0110] 作为优选,所述的同一排的相邻的突起的底边都在一条线上,同一排相邻的突起距离为S1,所述4×h<S1<6×h,其中S1是以相邻两个等腰三角形突起的底边的中点的距离。

[0111] 作为优选,相邻排的突起的等腰三角形的底边互相平行,等腰三角形的顶点到底边中点的距离为L,相邻排的距离S2为4*L<S2<7*L。优选为S2=5*L

[0112] 相邻排的等腰三角形的底边不同时,采取两条底边的加权平均数来计算。

[0113] 作为优选,同一排的等腰三角形的夹角和底边完全相同。即形状完全相同,为相等形。

[0114] 对于前面的公式,对于前后排尺寸不同的突起,也依然适用。

[0115] 对于没有提到的具体尺寸参数,按照正常的换热器进行设计。

[0116] 作为本发明制备甲烷的另一个优选的实施例,如图8所示。与图1的第一个实施例相比,不同在于取消了生物反应器6,直接在厌氧发酵罐4中进行生物反应。产生的甲烷经过冷凝器9进行冷凝。

[0117] 作为优选,厌氧发酵罐4分为两部分,第一部分进行产生沼气的反应,第二部分是

产生甲烷的反应,沼气和气流2混合的部分。

[0118] 在厌氧发酵罐中,先输入一部分甲烷菌,作为种子,在合成甲烷的过程中,来自厌氧发酵罐中产生的甲烷与种子甲烷菌进行反应,进一步生成甲烷菌。

[0119] 作为优选,在生产过程中,针对甲烷气体的生成情况,还可以不断的从外边移植甲烷菌。

[0120] 作为优选,所述厌氧发酵罐设置甲烷菌移植通道,以便从外部移植甲烷菌。作为优选,可以根据甲烷的产出情况来移植甲烷菌。如果发现甲烷产出低于正常数值,则打开阀门,向厌氧发酵罐内移植甲烷菌。

[0121] 作为优选,可以在厌氧发酵罐中的第二部分中设置氢气浓度检测装置、甲烷浓度检测装置、二氧化碳浓度检测装置,分别检测厌氧发酵罐中氢气、甲烷、二氧化碳的摩尔数,并根据检测的结果如前面所述来自动调整三通阀,使厌氧发酵罐中的气体含量达到最佳的比例。

[0122] 作为优选,在气流2的通道上设置阀门,通过阀门控制进入厌氧发酵罐内的气流2的流量。

[0123] 如果测量的生物反应器中氢气的含量较低,则控制器自动增加阀门的开度,如果测量氢气含量较高,则控制器自动减少阀门的开度。当然,也可以采用手动方式控制。

[0124] 图8实施例中没有介绍的其他情况与图1的实施例相同,就不在具体介绍。

[0125] 虽然本发明已以较佳实施例披露如上,但本发明并非限定于此。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

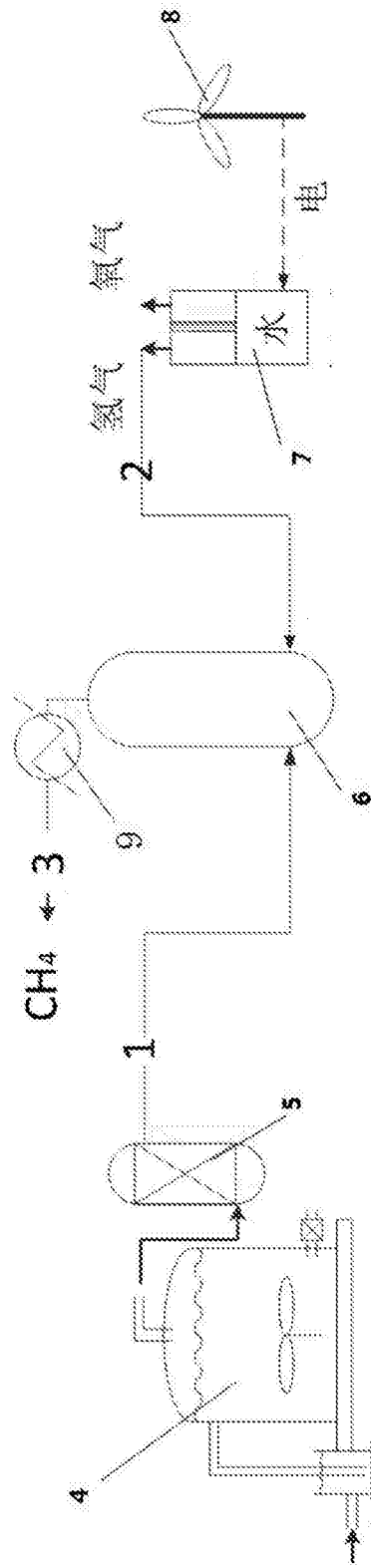


图1

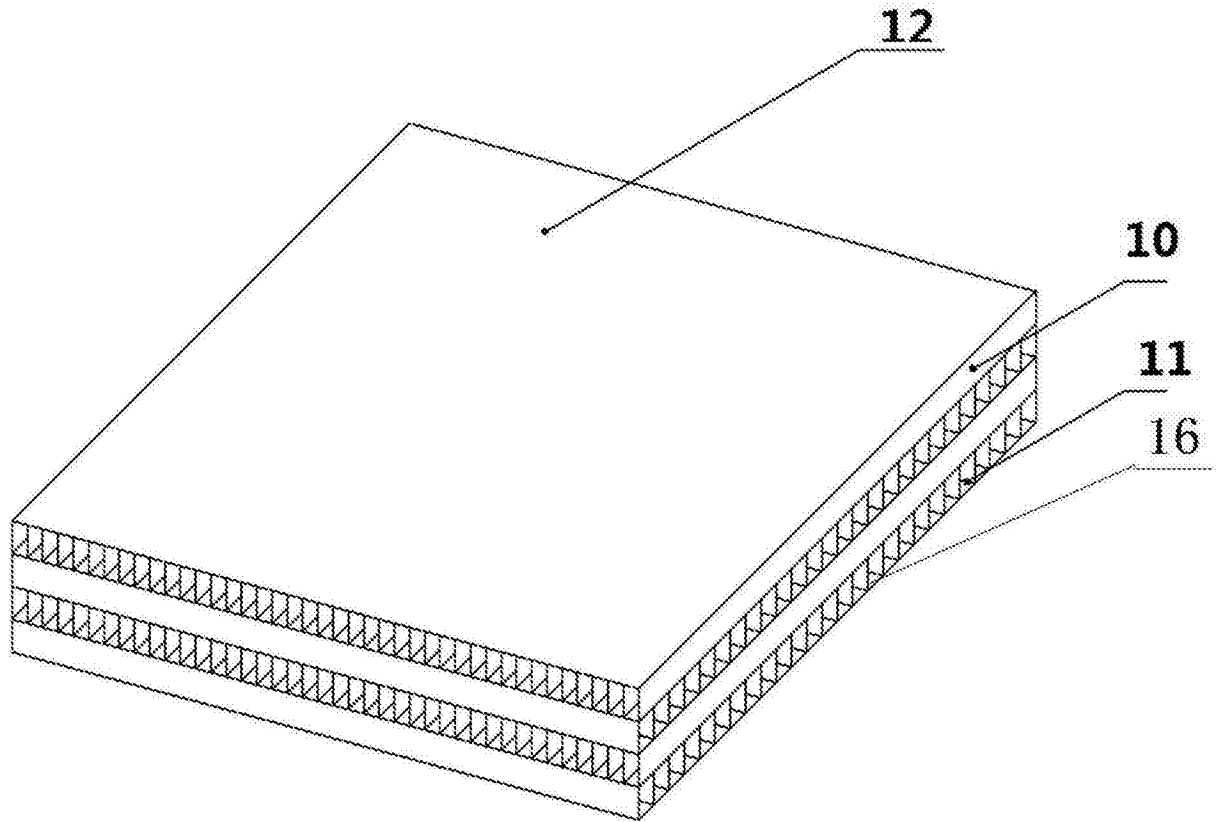


图2

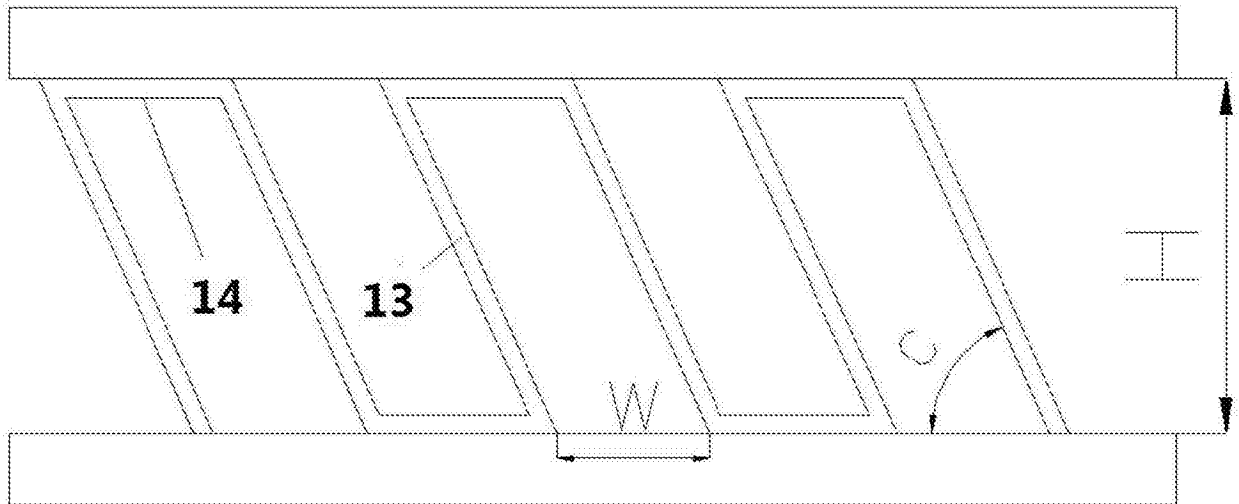


图3

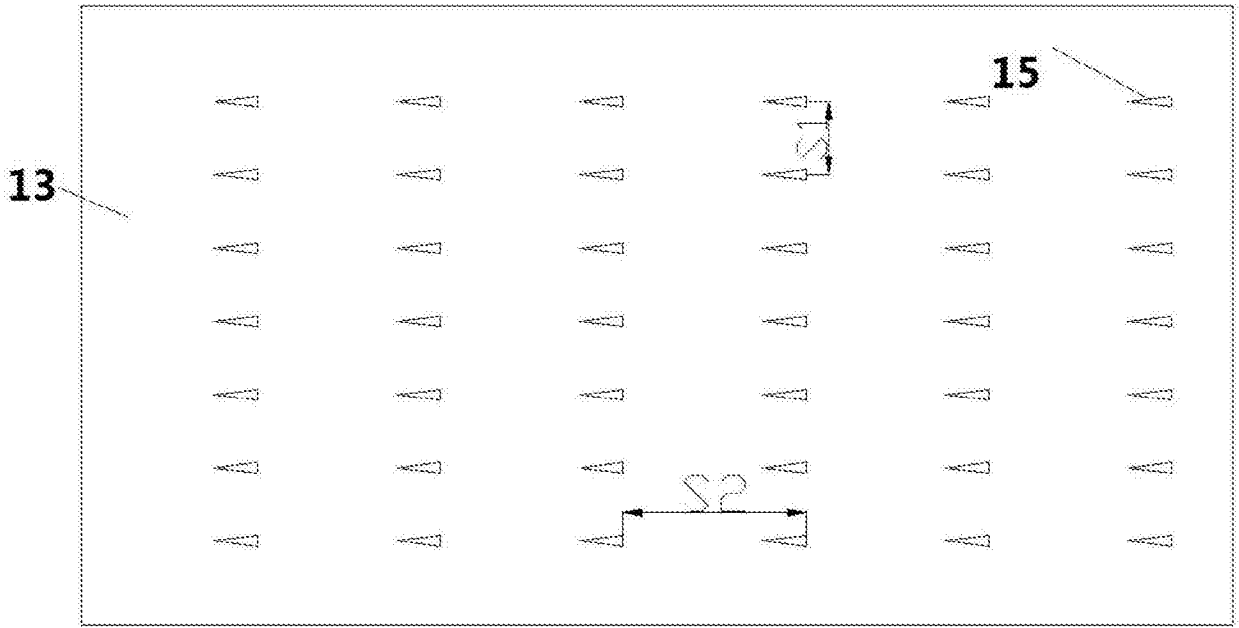


图4

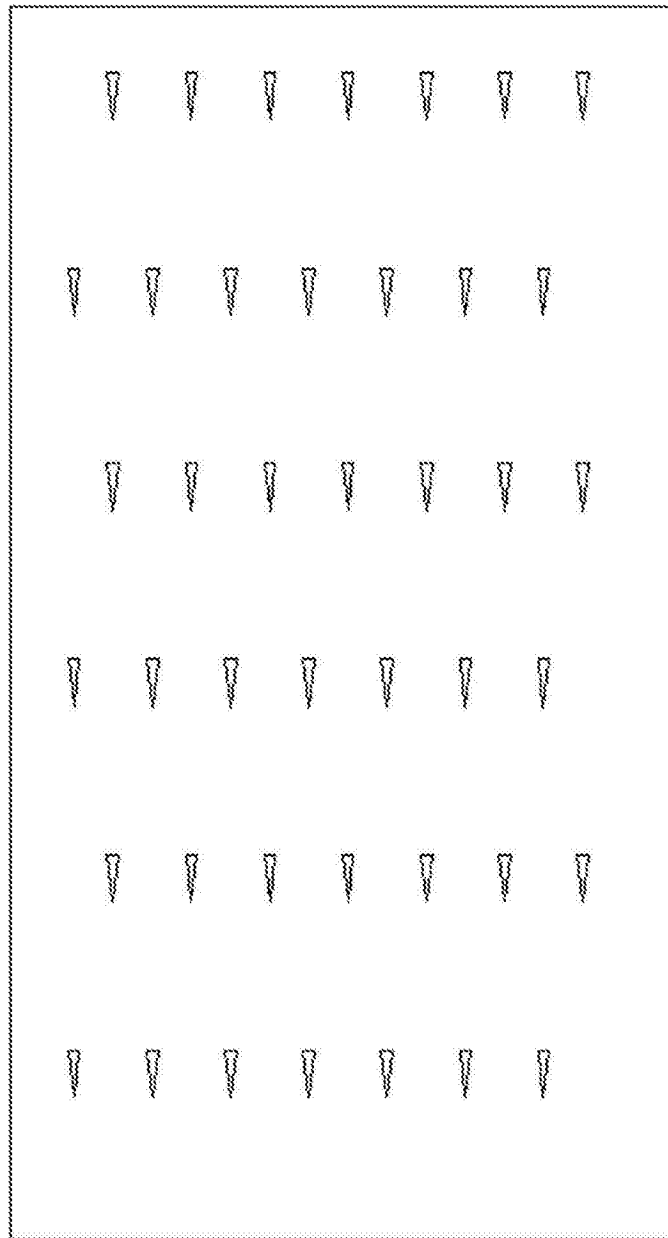


图5

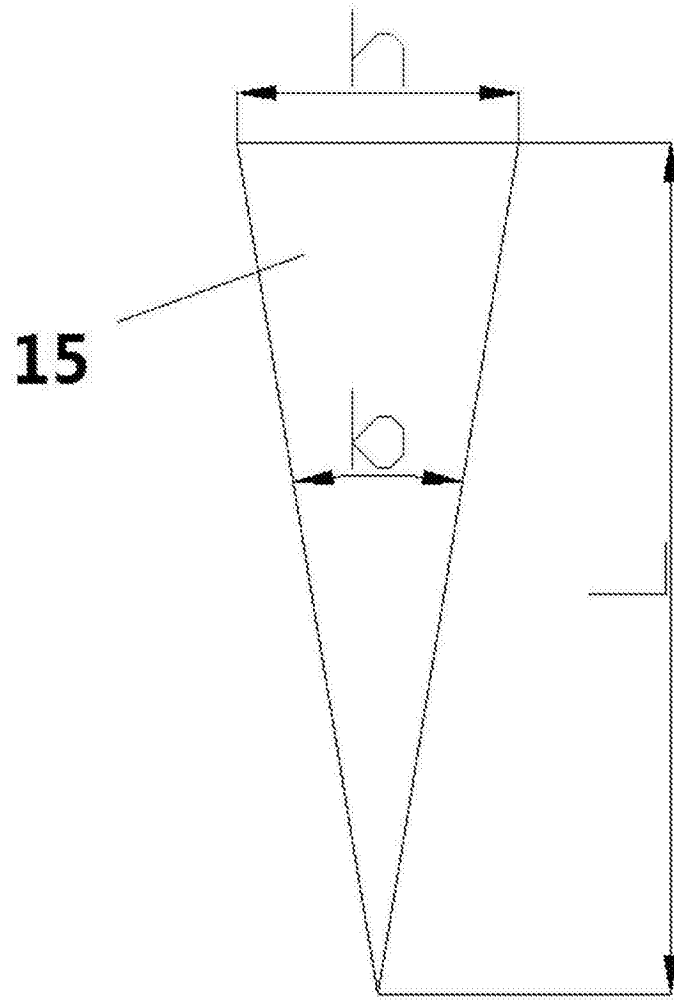


图6

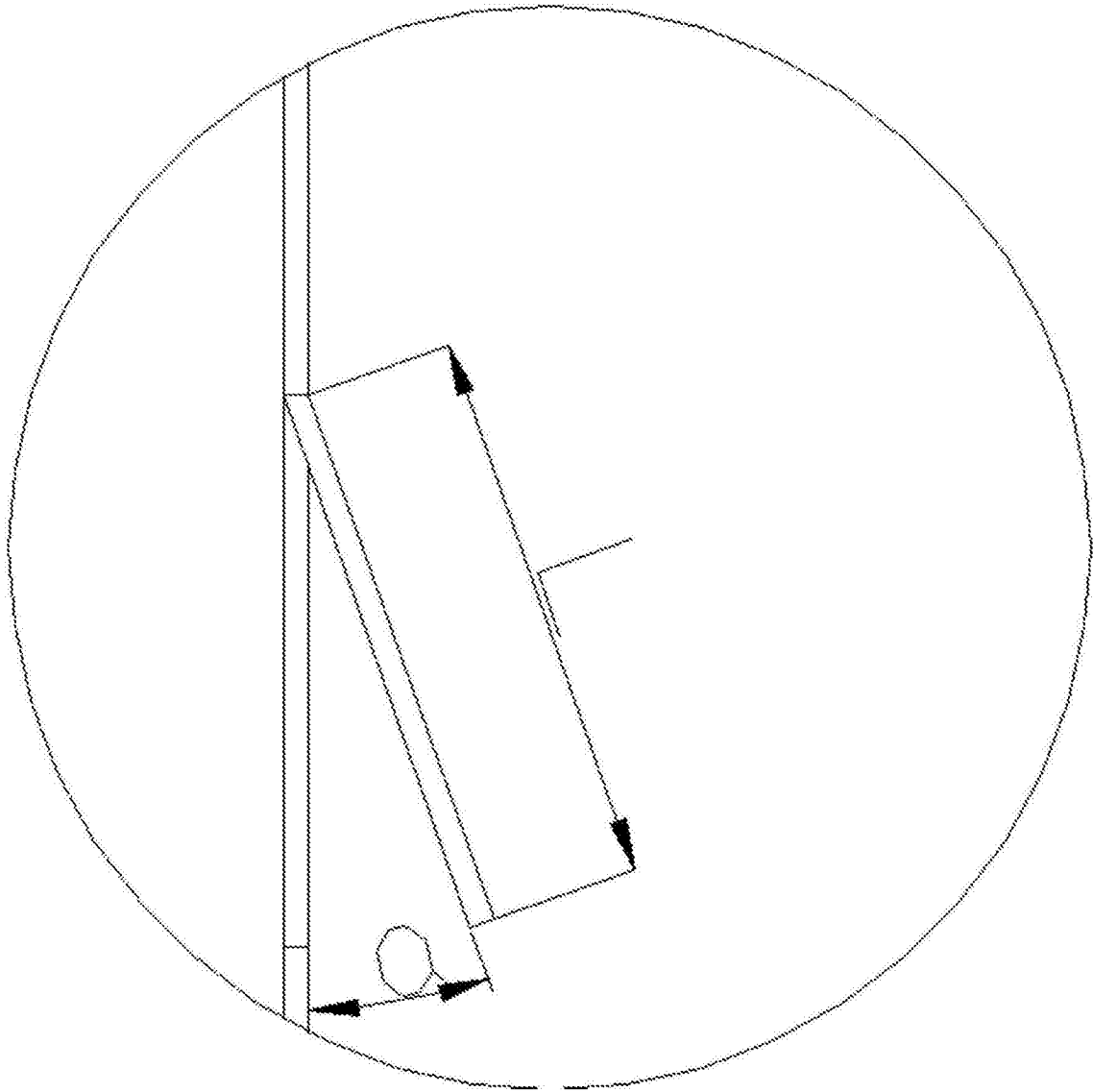


图7

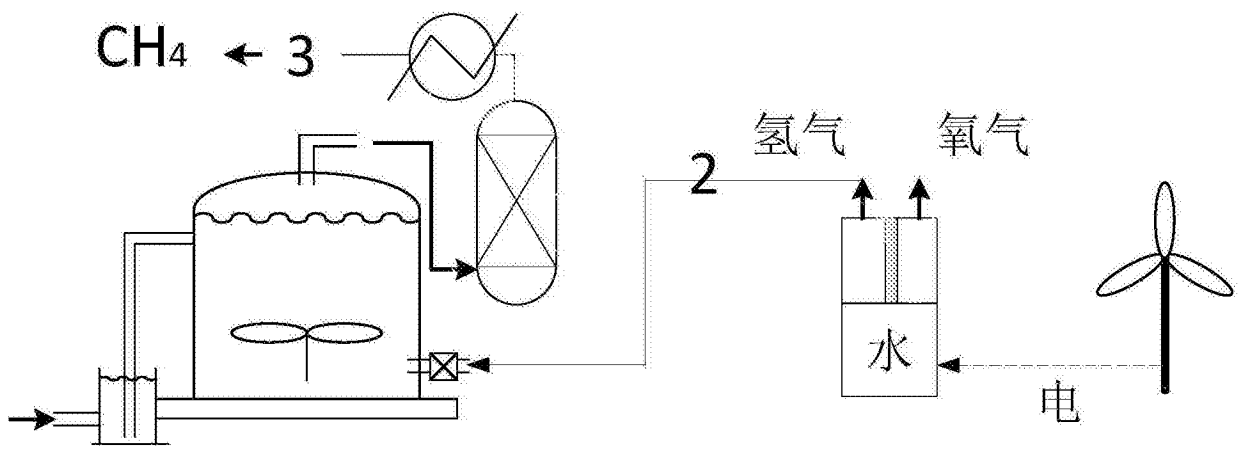


图8