



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102596368 A

(43) 申请公布日 2012.07.18

(21) 申请号 201080037931.9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010.08.20

*B01D 53/26* (2006.01)

(30) 优先权数据

*B01D 53/02* (2006.01)

61/274,870 2009.08.21 US

12/859,546 2010.08.19 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012.02.20

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/046149 2010.08.20

(87) PCT申请的公布数据

W02011/022636 EN 2011.02.24

(71) 申请人 布莱恩·杨大学

地址 美国犹他州

(72) 发明人 J·C·汉森 L·D·汉森

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 沙永生

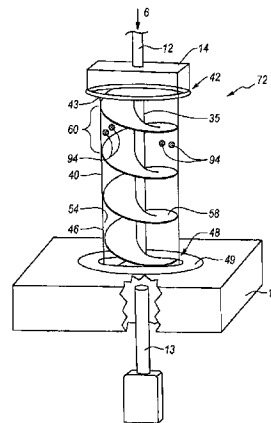
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 9 页

(54) 发明名称

出口气净化

(57) 摘要

本发明提供了热交换器和生物气调理器，它们包含设置在该装置的上下凸缘之间的热交换元件，其中至少热交换元件用高导热材料（例如至少 50W/m·K）形成，如铝或铝合金。将沸石床装在该装置内，使其接触热交换元件。热交换元件具有一定的形状和构造，使沸石床中的任何指定位置与包含高导热材料的热交换元件相隔不超过约 3 英寸。



1. 一种调理生物气的装置,它包含:
  - 上歧管;
  - 下歧管;
  - 用来将含杂质的生物气流引入所述装置的进口;
  - 至少一个设置在所述上下歧管之间的热交换元件,所述热交换元件包含导热材料,从而将热带出和 / 或传入与所述热交换元件发生传热接触的沸石床或其它物质;
  - 包含沸石且与所述热交换元件发生热交换接触的床,其中所述热交换元件包含导热材料,从而在通过所述进口将所述含杂质的生物气流引入所述装置并接触所述沸石床,以便沸石吸附所述含杂质的生物气流中的至少部分杂质时,从所述沸石床带走热;以及
  - 用来从所述装置移出经过调理后已除去杂质的生物气流的出口。
2. 如权利要求 1 所述的调理生物气的装置,它还包含具有上边沿和下边沿的外壳;
  - 其中所述至少一个热交换元件设置在所述上边沿与所述下边沿之间的所述外壳内;
  - 所述沸石床设置在所述外壳内;
  - 所述进口设置为穿过所述外壳或所述歧管之一,以便将含杂质的生物气流引入所述外壳;以及
  - 所述出口设置为穿过所述外壳或所述歧管之一,以便将经过调理的生物气流移出所述外壳。
3. 如权利要求 2 所述的调理生物气的装置,其特征在于,所述热交换元件包含螺旋翅片。
4. 如权利要求 3 所述的调理生物气的装置,其特征在于,所述螺旋翅片的构造使所述外壳内的任何指定位置与所述螺旋翅片相隔不超过约 3 英寸。
5. 如权利要求 4 所述的调理生物气的装置,它还包含与所述外壳热连接的加热元件,其中所述螺旋翅片与所述外壳热连接,使所述加热元件的加热作用将热传给所述外壳,所述外壳又将热传给所述螺旋翅片。
6. 如权利要求 2 所述的调理生物气的装置,其特征在于,所述外壳包含外管,所述热交换元件包含与外管同中心的内管,所述内管与所述外管之间的间隔不超过约 3 英寸。
7. 如权利要求 2 所述的调理生物气的装置,其特征在于,所述至少一个热交换元件包含设置在所述外壳内的内管,所述内管在所述外壳内被设计成螺旋构造,所述内管的直径不超过约 3 英寸。
8. 如权利要求 1 所述的调理生物气的装置,其特征在于,所述至少一个热交换元件包含多根管子,每根管子在所述上下歧管之间纵向延伸,每根管子的厚度不超过约 3 英寸,其中所述沸石床设置在每根管子内。
9. 如权利要求 1 所述的调理生物气的装置,其特征在于,所述热交换元件的构造使所述填充床内的任何指定位置与所述热交换元件相隔不超过约 3 英寸。
10. 如权利要求 1 所述的调理生物气的装置,其特征在于,所述热交换元件包含铝。
11. 一种调理生物气的装置,它包含:
  - 外壳,所述外壳包含上边沿和下边沿;
  - 用来将含杂质的生物气流引入所述外壳的进口;
  - 至少一个设置在所述外壳内并在所述上边沿与所述下边沿之间延伸的热交换元件;

设置在所述外壳内并与所述热交换元件发生热交换接触的包含沸石的床,其中所述热交换元件包含导热材料,从而在将所述含杂质的生物气流引入所述外壳和所述沸石吸附所述含杂质的生物气流中的至少部分杂质时,从所述填充沸石床带走热;以及

用来从所述外壳移出经过调理后已除去杂质的生物气流的出口。

12. 一种调理生物气的方法,它包括:

提供至少第一和第二生物气调理器,每个生物气调理器如权利要求 1 所述;

将含杂质的生物气流引入所述第一生物气调理器,以便调理所述生物气并得到已至少除去部分杂质的经过调理的生物气流,将所述含杂质的生物气流持续引入所述第一生物气调理器,直至所述第一生物气调理器内包含沸石的床需要再生;

调整所述含杂质的生物气流的方向,将其引入所述第二生物气调理器而不是所述第一生物气调理器,使所述生物气在所述第二生物气调理器内调理,同时对所述第一生物气调理器中包含沸石的床进行再生。

13. 如权利要求 12 所述的调理生物气的方法,其特征在于,所述热交换元件的构造使所述包含沸石的床内的任何指定位置与所述热交换元件相隔不超过约 3 英寸。

14. 如权利要求 13 所述的调理生物气的方法,其特征在于,所述热交换元件包含铝。

15. 如权利要求 12 所述的调理生物气的方法,其特征在于,所述含杂质的生物气流包括从选自下组的至少一种来源产生的生物气流:圈养动物饲养活动、城市废物、城市废水和酸性天然气井。

16. 如权利要求 12 所述的调理生物气的方法,其特征在于,所述第一生物气调理器中的沸石床的再生通过加热所述热交换元件完成,所述热交换元件将热传到所述沸石床,使所述第一生物气调理器的沸石床中的沸石所吸附的杂质释放出来。

17. 如权利要求 16 所述的调理生物气的方法,其特征在于,每个生物气调理器还包含与所述热交换元件热连接的加热元件,对所述热交换元件的加热通过加热所述加热元件实现。

18. 一种热交换器,它包含:

在上边沿与下边沿之间延伸的外壳;

设置在所述外壳内并绕着所述外壳的纵轴盘旋的螺旋翅片热交换元件,所述螺旋翅片热交换元件基本上从所述外壳的所述上边沿延伸到所述下边沿;

其中所述螺旋翅片热交换元件包含导热材料,从而将热带出和/或传入装在所述外壳内并与所述螺旋翅片热交换元件发生传热接触的沸石床或其它物质。

19. 如权利要求 18 所述的热交换器,其特征在于,所述螺旋翅片热交换元件的构造使所述外壳内的任何指定位置与所述螺旋翅片热交换元件相隔不超过约 3 英寸。

20. 如权利要求 19 所述的热交换器,其特征在于,所述螺旋翅片热交换元件包含铝。

## 出口气净化

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请根据 35U. S. C. § 119 要求 2009 年 8 月 21 日提交的题为“用于热管理的螺旋翅片热交换器装置和系统”(SPIRAL FIN HEAT EXCHANGER APPARATUS AND SYSTEM FOR HEAT MANAGEMENT) 的临时申请系列第 61/274870 号的权益。上述申请的内容通过参考完整地结合于此。

### 技术领域

[0003] 本发明一般涉及化学反应的热管理 (heat management), 更具体地涉及用于净化生物气及其它酸性气流 (sour gas stream) 的设备、装置和方法。本文所用术语“生物气”应从广义上理解为包括其它酸性气流。

### 背景技术

[0004] 热管理有许多应用, 包括但不限于燃料电池工业、玻璃珠的生产、细菌在制备有用的产品中的应用、酸奶的生产、聚合酶链反应、纳米技术以及化学反应。例如, 美国专利第 6881703 号披露了一个具体的例子, 在该例子所属领域, 反应器的温度控制特别重要, 该例子在重整烃进料流的系统里, 该系统产生富氢气体, 用来使氢燃料电池工作。在化学反应器中, 不管其构造或尺寸如何, 可能影响反应速率的两个变量是时间和温度。通过控制传热并由此控制温度, 可以确定完成反应或工艺所需时间的长短。因此, 对于化学过程来说, 温度控制是设计反应器时的重要考虑因素。在工业规模上, 表面积 - 体积的比率可能给传热和温度控制造成困难。反应器热管理比较重要的示例性过程包括但不限于选择性氧化反应, 用来制备诸如下面的产品: 环氧乙烷、邻苯二甲酸酐、马来酸酐、甲醛、丙烯腈、丙烯醛、丙烯酸、甲基丙烯醛、甲基丙烯酸、甲基丙烯腈、1,2-二氯乙烷、氯乙烯, 甲醇合成和费 - 托合成。

[0005] 热管理对净化过程也很重要。例如, 许多人试图将生物质及其它含碳材料转化为甲烷或其它有用的产品。最近的发现表明, 可能有一种经济的方法将纤维素材料和木质纤维素材料转化为生物气, 即不纯的甲烷和 / 或氢气。

[0006] 在厌氧消化器中通过微生物厌氧消化产生的生物气已经用作燃料源, 常用于现场加热或发电。作为消化过程的结果, 常常在生物气流中观察到高浓度的硫化氢、二氧化碳和水。例如, 这种生物气可包含约 75% 的  $\text{CH}_4$ 、约 20% 的  $\text{CO}_2$  以及显著比例的  $\text{H}_2\text{S}$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 。这些高浓度的杂质阻碍了消化工艺生产的甲烷在下游行业的应用。例如, 用不纯的生物气驱动发动机涡轮会迅速腐蚀涡轮或发动机的其它组件 (例如产生蚀斑)。

### 发明内容

[0007] 2009 年 2 月 13 日提交的题为“用沸石床调理生物气 / 酸性气”(BIOGAS/SOUR GAS CONDITIONING WITH A ZEOLITE BED) 的临时申请系列第 61/207533 号通过参考完整地结合于此。上述申请披露了一种流动反应器和污染物检测系统。在环境压力下将生物气或酸性气引入流动管 / 填充床; 用 T 形管从流动管的输出物中分出一部分气体, 送入检测室, 对

进出沸石床的气体进行测量；可将多孔塞结合到流动管中提供机械支撑，使沸石床固定不动；可沿流动管/填充床的长度方向设置一系列端口，用来将温度计、压力传感器和分析仪探针插入流动管和沸石床。

[0008] 上述申请披露了一种方法，该方法至少能用于一个实施方式，在该实施方式中，1) 流动管中的多孔塞之间夹有适量的沸石；2) 沸石的确切用量根据要处理的生物气中  $H_2S$ 、 $CO_2$  和  $H_2O$  的浓度确定；3) 这些气体的浓度水平与已知的气体流速和沸石的捕集容量 (trapping capacity) 结合，用于设计在大约 6-12 小时内清洁生物气的系统。通过在下游端口用一个或多个检测器取样测定生物气的纯度，可以确定污染物是否在沸石饱和之后渗出。可大约每两分钟对这些气体的浓度进行一次测量。沸石可通过许多不同的方式再生。

[0009] 根据一种方法，可在沸石被  $H_2S$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$  及其它可能存在的杂质饱和之后，通过直接加热沸石而将沸石加热到约  $200^\circ C$ ，同时使干燥的  $N_2/O_2$  气或空气流通过沸石。上述申请揭示，干燥的  $N_2/O_2$  在流速较慢时比在流速较快时需要的再生时间多；析出气体的纯度可经下游取样端口测量；当再也检测不到  $H_2S$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$  及其它可能存在的杂质时，可认为沸石得到再生，可预备再次使用。

[0010] 根据另一种方法，可在沸石被  $H_2S$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$  及其它可能存在的杂质饱和之后，将干燥的  $N_2/O_2$  气或空气流加热到约  $200^\circ C$ ，然后将空气引入沸石床。据信，与第一种方法相比，第二种方法可能有一个优点，即沸石可被加热得更均匀，结果缩短了脱附时间，沸石再生得更快。

[0011] 即便不能说所有的化学反应，也可以说大部分化学反应受到反应所产生的热或者产物或反应物中存在的热的影响。本发明的一个目的是提高热从一个地方转移到另一个地方的速率和效率。

[0012] 根据一个实施方式，本发明提供了热交换器设备和利用热交换器设备进行热管理的装置 [例如生物气调理器 (biogas conditioner)]。沸石难于进行热管理，这是提高用沸石净化生物气的经济可行性所必须克服的主要因素之一。因此，本发明的一种应用是对沸石进行热管理，所述沸石是可用来净化厌氧消化或酸性气井产生的生物气的一种分子筛。至少在一些实施方式中，本发明不限于净化生物气，而是可广泛应用于存在热管理问题的任何领域或任何情形。

[0013] 本发明的上述及其它益处、优点和特征可从以下描述和所附权利要求书中看得更加清楚，或者可通过实施下述本发明而了解到。

## 附图说明

[0014] 为了说明获得本发明的上述及其它益处、优点和特征的方式，下面结合附图所示的本发明的具体实施方式，对上面已经简述过的本发明进行更具体地描述。这些附图仅呈现了本发明的典型实施方式，因而不应视为对其范围的限制，在此理解的基础上，将利用附图，结合更多的特性和细节描述和解释本发明，附图中：

[0015] 图 1 是包含螺旋翅片构造的示例性热交换器和生物气调理器的透视图；

[0016] 图 2 是图 1 所示热交换器和生物气调理器的顶视图；

[0017] 图 3 是图 1 所示热交换器和生物气调理器的示例性螺旋翅片的透视图；

[0018] 图 4 是类似于图 3 所示的示例性螺旋翅片和外壳的透视图，但它还包含绕其设置

螺旋翅片的内部长形部件；

[0019] 图 5 是包含多个类似于图 1 所示的螺旋翅片热交换器和生物气调理器设备的装置的顶部透视图；

[0020] 图 6 是图 5 所示装置的另一幅透视图；

[0021] 图 7 是呈现了厌氧消化器和两个生物气调理器的示意图；

[0022] 图 8 是两个生物气调理器的精细透视图,其中一个生物气调理器正在进行再生循环处理；

[0023] 图 9 呈现了包含热交换器和生物气调理器的装置,该装置具有多个平行或串联操作的单元,适用于城市废物处理厂；

[0024] 图 10A 是根据本发明用于生物气调理器的另一种热交换器构造的透视图；

[0025] 图 10B 是图 10A 所示热交换器和生物气调理器设备的顶视图；

[0026] 图 11A 是根据本发明用于生物气调理器的又一种热交换器构造的透视图；

[0027] 图 11B 是图 11A 所示热交换器和生物气调理器设备的顶视图；

[0028] 图 12A 是根据本发明用于生物气调理器的又一种热交换器构造的透视图；

[0029] 图 12B 是图 12A 所示热交换器和生物气调理器设备的顶视图。

## 具体实施方式

### [0030] I. 引言

[0031] 本发明可广泛应用于能与另一种物体交换热的任何类型的材料。一些非限制性例子包括：沸石、流体、分子、纳米颗粒、混合物、金属和表面,如管子表面。

### [0032] II. 示例性热交换器和生物气调理器设备

[0033] 图 1-2 呈现了示例性热交换器 72 的一个实施方式,它可作为生物气调理器运行,如下文所述。热交换器 72 包含热交换翅片部件 58(例如螺旋形)、外壳 40(例如管形)、上凸缘 43、下凸缘 49、上歧管 14 和下歧管 16。进口 12 将不纯的生物气 6 引入上歧管 14,而出口 13 设置用来收集通过下歧管 16 出来的经过调理的生物气。当然,在另一个实施方式中,流向可以反过来。在一些实施方式中,凸缘 43、49 是板或轴环(collar),在相应的歧管与相应的外壳 40 端部之间形成密封。螺旋翅片 58、外壳 40、上凸缘 43 和下凸缘 49 及其它任何接触热交换器 72 的内容物(例如沸石)的结构均优选热导率较高(例如至少约 50W/m·K)的金属制造,如铝或铝合金。虽然外壳 40 优选包含圆柱管,但它也可以是矩形或其它任何形状。

[0034] 螺旋形翅片 58 是热交换部件的一个例子。在一些实施方式中,螺旋翅片 58 的表面基本上是平坦的。在其它实施方式中,螺旋翅片 58 的表面是弯曲的(例如具有类似于机翼的曲率)。螺旋翅片 58 的其它实施方式可包括类似于转子、螺旋钻叶片、发动机叶片及其它物体的构造。在一些最优的实施方式中,螺旋翅片 58 的形状类似于固定螺旋钻叶片(即不转),并包含至少一级(level)60(例如图 1 所示例子包含四级)。在一些实施方式中,螺旋翅片 58 可焊接或以其它方式附连到外壳 40 的部分内表面 54 上。每级 60 螺旋翅片 58 可由螺旋翅片 58 的一段限定,该段从外壳 40 与螺旋翅片 58 的接触点开始,到螺旋翅片 58 与外壳 40 同一侧的相对于第一接触点绕 360 度的下一个接触点为止(例如位于第一接触点的正下方)。一圈(turn)可限定为螺旋翅片 58 上将两个相邻级 60 隔开的点。

四级螺旋翅片 58 有四圈,可描述为圈数 / 英尺,即翅片数除以螺旋翅片 58 的竖直长度(测量单位为英尺)。较佳的是,螺旋翅片 58 基本上被外壳 40 包围,螺旋翅片 58 可从外壳 40 的顶端 42 旋至外壳 40 的底端 48。

[0035] 螺旋翅片 58 可这样构造,也就是从外壳 40 顶端 42 装入的圆形物体(例如沸石球粒)会沿着螺旋翅片 58 的通道向下滚到底端 48。可将沸石 94(见图 1)或一些其它的热交换材料装入热交换器 72,从底端 48 向上填充热交换器 72。这种构造对于更换沸石或其它物质特别有用。可在外壳 40 的底端 48 处或大致在其附近设置封盖机构如丝网 3(见图 8),以防沸石 94 或其它物质沿螺旋翅片滚出外壳 40,滚到地上。在一个实施方式中,基本上整个外壳 40 的高度都填充沸石 94 或其它材料的填充床。

[0036] 在一个实施方式中,至少一部分螺旋翅片 58 接触外壳 40 的内表面 54。螺旋翅片 58 可包含一种有选择地配置的材料如金属,使到达热交换器 72 内的沸石 94 或其它材料的传热效果最佳,或者从热交换器 72 内的沸石 94 或其它材料到外壳 40 的外表面 46 的传热效果最佳。此外,外壳 40、螺旋翅片 58 及其它任何配置成接触沸石 94 的结构(如内部长形部件 35)可用热导率较高的材料制作。优选的材料包括金属,特别是铝及其合金。所选材料的热导率优选至少约为  $50\text{W/m}\cdot\text{K}$ ,更优选至少约为  $100\text{W/m}\cdot\text{K}$ ,最优选至少约为  $150\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。6061 铝合金是一种合适的铝合金的一个例子。它具有良好的强度、机械加工性、可焊性、抗腐蚀性(例如抗  $\text{H}_2\text{S}$  腐蚀),热导率约为  $180\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。

[0037] 可提供丝网 3(图 8),盖住外管 40 的底端 48,以防装在外壳 40 内的沸石 94 或其它材料落到底端 48 外面。丝网 3 可拆除,这在更换沸石 94 时是有利的。在再生沸石 94 时,丝网 3 不必拆去。外壳 40 底端的丝网 3 可包含较平坦的丝网片,其形状和尺寸一般与外壳 40 的底端 48 的底部边沿 41(见图 8)相同。在一个实施方式中,丝网 3 可以是对称的,包含沿中线的切口,从而形成两片。可在丝网 3 的中央设置一个位于中心的孔 36(图 8),供内部长形部件 35 如棒、管道或管子穿过。沿丝网 3 的中线设置切口使得使用者能够拉丝网 3 的边缘,从而分离丝网 3 并将其从外壳 40 的底端 48 拆除。若热交换器具有外壳 40 但不含任何内部长形部件 35,则丝网 3 可简单地构造成与外壳 40 的底端 48 的边沿 41 的尺寸和形状基本上相匹配,而不存在任何中心孔 36。丝网 3 使经过调理的生物气能够通过外壳 40 的底端 48,并进入下歧管 16。也可采用对本领域的技术人员来说显而易见的其它结构(例如孔板)。

[0038] 在一个实施方式中,螺旋翅片 58 与外壳 40 物理接触。例如,螺旋翅片 58 可焊接在外壳 40 的内表面 54 上。这种使螺旋翅片 58 与外壳 54 接触的构造是有利的,因为这样就能更有效地将热从与螺旋翅片 58 的表面接触的沸石床 94 或其它物质传至外壳 40。向外壳 40 更有效地传热可使废热较快地散去。当然,在加热外壳 40 时,这种物理接触也提供了反向的有效传热(例如在沸石床 94 的再生过程中)。

[0039] 在一个实施方式中,在生物气调理过程中,接触螺旋翅片 58 的沸石床或其它物质的温度大约保持在等于或低于  $40^\circ\text{C}$ 。因为沸石床 94 吸收生物气流中的污染物的反应是放热的,所以赶走多余的热是有利的,这样就能将热交换器 72(特别是沸石床 94)维持在较低的温度上。将温度维持在低于约  $40^\circ\text{C}$  可防止所需方向的反应速率显著降低和 / 或所述方向的反应停止进行。更佳的是,沸石床 94 的温度维持在等于或低于约  $30^\circ\text{C}$ ,以获得最佳结果。

[0040] 上下凸缘 43 和 49 分别可以是圆环形,类似于面圈,并且可形成围绕外壳 40 的上端 42 和下端 48 的轴环。在一个实施方式中,上下凸缘是圆形的,并且较薄。较佳的是,上凸缘 43 构造成在上凸缘 43 的中心包含圆环空间。外壳 40 的上边沿 42 可通过螺栓或其它方式附连到上凸缘 43,后者可附连到上歧管 14。下凸缘 49 可具有类似的构造。下凸缘 49 可通过螺栓或其它方式附连到下歧管 16,下歧管可以是桌面式表面、构造成容纳气体物质的大容器或者具有倒转沙箱 (inverted sandbox) 形状的空心容器 (例如,用以包含向下取向的侧壁挡板),等等。

[0041] 在这种类型的构造中,根据下歧管 16 的尺寸,可将多个热交换器 72 以可拆除的方式连接到下歧管 16 上。下歧管 16 可构造成包含相应数量的环形空间或凹陷部,其尺寸和形状基本上与外壳 40 的底端 48 相同,使每个热交换器 72 的内部空间的底端 48 与下歧管 16 的内部空间连通。在热交换器 72 的上歧管 12 与上边沿 42 之间提供类似的构造。

[0042] 在这种类型的构造中,气体就能够较容易地从伸入上歧管 14 的任何管道或其它进口 12 流入,向下穿过外壳 40,穿过设置在外壳 40 内并与螺旋翅片 58 相邻的沸石床 94 或其它物质的床。此外,一个或多个风扇可向外壳 40 的外表面 46 吹冷空气,以便将沸石或其它内容物的温度维持在等于或低于所需的温度 (例如约 40°C,更优选等于或低于约 30°C)。当任何指定位置到螺旋翅片 58 和 / 或外壳 40 的距离等于或小于约 3 英寸时,对沸石或其它内容物的有效热管理最佳。更佳的是,沸石床 94 的任何指定位置到螺旋翅片 58 和 / 或外壳 40 的距离在约 1.5 英寸之内。例如,相邻级次的螺旋翅片 58 之间的距离可不超过约 3 英寸,这使沸石床 94 内任何指定位置到螺旋翅片的距离约为 1.5 英寸或更短。沸石床内任何指定位置紧密靠近螺旋翅片 58 和 / 或外壳 40 的高导热表面提供了有效传热,有利于将沸石吸附期间产生的过多的热有效传递到系统外,或者在再生过程中有利于加热沸石。

[0043] 当不纯的生物气 6 通过沸石床 94 时,沸石 94 捕集了所有或基本上所有的杂质,例如  $H_2S$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$  及其它可能存在的杂质。这得到基本纯净的生物气流,它离开螺旋翅片热交换器 72,通过纯净生物气出口管 13,随后可将其收集贮存。例如,较佳的是,至少约 90% 的  $H_2S$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$  及其它可能存在的杂质由此被捕集。更佳的是,至少约 95% 的  $H_2S$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$  及其它可能存在的杂质由此被捕集。最佳的是,至少约 99% 的  $H_2S$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$  及其它可能存在的杂质由此被捕集。例如,在经过调理的输出气流中,  $H_2S$  的含量约等于或小于 5ppm,更优选约等于或小于 1ppm。在经过调理的输出气流中,  $H_2O$  的含量约等于或小于 6500ppmv (基于体积的百万分浓度),更优选等于或小于 1500ppmv。

[0044] 在本发明的一个实施方式中,螺旋翅片 58 包含铝,每级螺旋翅片 58 的外边缘与外壳 40 的内表面 54 接触。通过使螺旋翅片 58 的外边缘与外壳 40 的内表面 54 接触,热更有效地从沸石 94 (或其它物质) 传递至螺旋翅片 58,然后传至外壳 40。热交换也可逆向进行,即从外壳 40 到螺旋翅片 58 和沸石床 94 或其它材料 (例如在填充沸石床再生的过程中)。

[0045] 例如,在一个实施方式中,三圈螺旋翅片 58 包含三层或三圈。较佳的是,对两个相邻的层或圈之间的竖直距离加以优化,使其约等于或小于 6 英寸。这种构造提供的结果是,在任何指定位置,热交换器 72 内所装的沸石或其它材料到螺旋翅片 58 的距离不超过约 3 英寸。本发明人发现,若沸石 94 (或其它材料) 与螺旋翅片相距约 3 英寸或更短,则热从沸石 (或其它材料) 传至螺旋翅片的速率将更快。如上所述,更佳的是,两个相邻的螺旋翅片层 58 之间的竖直距离约等于或小于 3 英寸,这样,在任何指定位置,沸石 94 或其它此类材



料与螺旋翅片 58 的距离不超过约 1.5 英寸。

[0046] 对于更大的外壳 40, 本发明人还发现, 在相邻的螺旋翅片层相隔不超过约 6 英寸的情况下, 提供至少一个内部长形部件 35 (例如空心管或实心棒) 可能是有利的, 例如将其构造成沿着外壳 40 的纵轴延伸。虽然这种构造是优选的, 但其它构造也可提供一个或多个内部长形部件, 它们可以是竖直的、水平的和 / 或倾斜的, 没有切分外壳 40 的上边沿 42 或下边沿 48 的中心直径。根据一个实施方式中, 螺旋翅片的厚度与螺旋翅片层的半径之比可约为 1 : 10。这种较小的厚度 / 半径 (或长度) 比有助于为该结构提供良好的导热特性。

[0047] 可利用各种技术中的任何技术, 将热导入螺旋翅片 58 和 / 或使热从螺旋翅片 58 散去。在一个实施方式中, 可用一个或多个风扇将冷空气或热空气吹向外壳 40 的外部和 / 或吹入外壳 40 被填充的内部里的环形空间, 从而通过对流促进传热。在另一个实施方式中, 可将热交换器 72 放置在流体 (例如水、防冻冷却剂或其它物质) 槽中, 水或其它流体的温度可升高、降低或保持不变, 具体取决于希望沸石 94 或其它物质的温度下降还是上升。由于对流和 / 或传导使热进入或离开相邻的流体, 所以这种构造促进了传热。

[0048] 在使用中, 对不纯的生物气 6 进行导引、泵抽或下推 (例如在压力下), 将其引入外壳 40 的环形空间。螺旋翅片 58 一般位于外壳 40 的环形空间内, 优选从外壳 40 的顶端 42 延伸到底端 48。如上所述, 外壳 40 可用风扇或其它设备 (或者, 当外壳 40 浸在水或其它流体中时, 通过控制该流体的温度) 从外部冷却。可对外壳 40 的尺寸进行设计, 使沸石床 94 或其它物质能够充分冷却或受热。在一些实施方式中, 提供沿着外壳 40 的纵轴延伸的内部长形部件 35 (例如实心棒、空心管或者实心棒与空心管的组合) 可能是有利的。这种结构提供了另一个具有较高热导率的表面, 从而更有效地将热传入或传出沸石床 94。

[0049] 一个较简单的构造可包含单一的螺旋翅片热交换器; 但也可采用其它的构造, 如双单元装置、三单元装置等。多个螺旋翅片热交换器可排成线形、矩形、X 形、簇状、大致的圆形或其它任何造型。

[0050] 在一个实施方式中, 热交换器的外壳 40 的外表面 46 可用加热带、冷却带、加热元件 (例如加热盘管) 或冷却元件 (例如冷却盘管) 包覆或盘绕, 这样, 通过利用冷却带、冷却盘管、加热带或加热盘管向系统加入热量或从系统取走热量, 可以控制热交换器 72 的温度。当然, 也可利用任何合适的吸热设备 (例如浸在流体浴中) 除热。在一些实施方式中, 加热带包含与金属如镍铬一起编织的陶瓷布。当在加热带中通电流时, 电阻导致热释放出来。或者, 在其它的实施方式中, 外壳 40 用传热纸包覆。在一些实施方式中, 可对嵌在带或盘管内的线或其它结构进行加热或冷却。

[0051] 在一个实施方式中, 沿着螺旋翅片 58 提供至少一个开口、孔或环形空间 90。在螺旋翅片 58 没有孔或环形空间 90 的情况下, 当不纯的生物气 6 进入热交换器 72 的顶部边沿 42 时, 不纯的生物气 6 将顺着螺旋翅片 58 的路径接触任何与螺旋翅片 58 接触的沸石 94 或其它填充材料。在这种情况下, 不纯的生物气 6 必须走过的路径是最长的, 因为生物气 6 受到螺旋翅片 58 和外壳 40 的限制。在一些实施方式中, 螺旋翅片 58 包含金属丝 (例如网状材料), 或者在实际的螺旋翅片 58 本身中有多个孔 / 环形空间。提供这种不连续的边界表面使得不纯的生物气 6 沿多个路径穿过沸石床 94 (或其它材料床)。例如, 一些不纯的生物气 6 不是严格顺着螺旋形或螺旋形路径, 而是能够沿竖直方向穿过孔, 然后继续顺着螺旋翅片的螺旋形路径向外壳 40 的底部流动。

[0052] 在一些实施方式中,在外壳 40 内提供了内部长形部件(例如内部棒 35),如管道、实心棒和/或空心管。这种内部长形部件与外壳 40 可具有彼此共轴对齐的纵轴。在其它的实施方式中,内部长形部件将外壳 40 的内表面 54 上的一个位置与外壳 40 的内表面 54 上的另一个位置连接起来。这种内部长形部件可用热导率较高的金属形成(例如包含铝)。这种内部长形部件的一个目的是增加沸石 94 或所装其它物质与热交换器 72 发生热交换的可用面积。例如,沸石 94 是在很大程度上绝热的陶瓷材料(即与螺旋翅片 58、外壳 40 和任何长形部件的金属材料相比,具有较低的热导率)。

[0053] 在一些实施方式中,实心棒竖直通过外壳 40 的环形空间。这种实心棒可用热导率较高的金属如铝或铝合金制作。可通过加热或冷却这种实心棒来使热传至热交换器 72 内的沸石床 94 或者从沸石床 94 传至周围环境。

[0054] 在其它的实施方式中,至少有一些实心棒可用空心管代替,并且可将各种物质泵抽通过空心管或者任其自行通过空心管。可通过这种空心管的加热或冷却流体的一些非限制性例子包括但不限于热空气、热水或其它液体、冷却水、冰、冷空气、冷水或其它液体(例如防冻剂和/或乙二醇)。一般地,可采用环境温度下的物质、低于环境温度的物质、高于环境温度的物质、环境条件下的流体(例如液体或气体)等。还可提供加热或冷却元件(例如带或盘管),用来加热或冷却这种空心管。

[0055] 在一些实施方式中,采用内部空心管,该内部空心管接触螺旋翅片 58,当该内部空心管改变温度时,螺旋翅片 58 以及与螺旋翅片 58 接触或几乎接触的物体(例如沸石 94)也将改变温度。若用空心管输送流体甚至固体,则多个热交换器 72 里的空心管可合并(例如连通)成单一空心管,然后,该单一空心管可穿过上歧管 14 或下歧管 16 中的单一孔。或者,在其它的实施方式中,多个长形部件 35,如空心管、棒或管道,可从外壳 40 的底端出来,然后穿过下歧管 16 的开口出来,最后连接到一起,形成单一的管子。如图 3-4 所示,长形部件 35 的上延伸部分 20 可从翅片 58 和/或外壳 40 的顶部伸出。类似地,长形部件 35 的下延伸部分 30 可从翅片 58 和/或外壳 40 的底部伸出。

[0056] 在本发明的一些实施方式中,发明人相信应最大程度减少或避免热交换器 72 中的空隙、空穴或空气以及气泡,因为均匀分布的沸石 94 或其它物质一般能更好地吸收生物气 6 中不需要的组分,同时还能更有效地将热传至或传出沸石床 94。最大程度减少或避免形成这种空穴的一种方法是用沸石填充外壳 40,使沸石(或其它物质)床中空隙的数量最少。在装填之后或装填的过程中晃动或摇动装置可促进沸石 94 沉降和挤紧。

[0057] 以下参考文献包含有关吸附、沸石的信息及其它有用信息,它们通过具体参考结合于此:1)《粉末和多孔固体的吸附:原理、方法与应用》(Adsorption by powders&porous solids:principles, methodology and applications). **Françoise** Rouquerol, Jean Rouquerol, Kenneth Sing. 出版者:加利福尼亚州圣迭戈市学术出版社(Academic Press), 1999 年。ISBN:0125989202. 2)《吸附法气体分离》(Gas separation by adsorption processes). Ralph T. Yang. 出版者:波士顿市巴特沃斯出版社(Butterworths), 1987 年。ISBN:0409900044.

[0058] 沸石是指一类铝硅酸盐微孔分子筛。术语“分子筛”是指这种材料能够有选择地分选分子,主要依据的是尺寸排阻法。这是因为沸石内具有非常规则的分子大小的孔结构。一般地,能进入沸石孔的分子或离子类物质的最大尺寸受孔道大小的控制。这些通常用孔

穴的环尺寸加以限定,例如术语“八环”是指闭环由 8 个四面体配位的硅(或铝)原子和 8 个氧原子构成。出于各种影响,这些环并非总是完美对称的,所述影响包括单元之间为形成总体结构而键合所引起的应变,或者环上的一些氧原子与结构内的阳离子配位所引起的应变。因此,许多沸石中的孔不是圆柱形的。

[0059] 任何合适的沸石或其它分子筛均可用于本发明的装置中。因此,本文所用的术语“沸石”应作广义理解,它是指能结合生物气或其它酸性气流中的  $H_2S$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$  和 / 或其它污染物的任何吸着剂。所述结合可以不是共价键结合,优选具有较大的结合焓变。一般地,焓变越大,吸着性和选择性越佳,再生所需的温度变化也越小。

[0060] 根据一个特别优选的使用方法,热交换器 72 包含用来净化不纯的生物气 6 的生物气调理器 72。如图 5-6 所示,在包含超过一个单元的多单元系统中,可提供外罩壳 50,其中设置了多个热交换器单元 72。图 5 显示了包含 37 个被外罩壳 50 包围的单元的示例性实施方式。罩壳 50 包围热交换器 72 的阵列。在一个实施方式中,罩壳 50 可以是圆柱形的,且没有顶面或底面。可提供至少一个进口 52,用来向罩壳 50 包围的内部空间输送冷空气、热空气(例如柴油机废气)、环境空气或所需温度的其它物质。类似地,可提供一个或多个出口 56,将这类物质从罩壳 50 内部除去。

[0061] 在一些实施方式中,被罩壳 50、上歧管 14 和下歧管 16 包围的区域作为单一容器,使通过进口 52 引入的物质也能到达沸石 94 或所装的其它物质,帮助热交换至或交换出沸石 94。上歧管 14 可类似于又大又浅的无盖倒箱(inverted box),可有选择地设置在罩壳 50 的顶部。下歧管 16 可具有类似的构造。下歧管 16 可包含四壁和底板。壁和底板可包含内外表面,且壁和底板的内表面限定了被四壁和底板包围的内部空间。当上歧管 14 与罩壳 50 的顶部相连时,上歧管 14 可作为不纯的生物气 6 或其它物质的临时贮存容器。

[0062] 从图 7 可看出,在一个实施方式中,上歧管 14 的进口 12 可通过管子 4 或其它机构连接到厌氧消化器 2 上。在一些实施方式中,随着消化器 2 产生不纯的生物气 6,生物气 6 移动通过消化器-歧管连接机构 4,通过进口 12,进入上歧管 14 限定的环形空间,所述歧管也可用铝或铝合金制作。可利用龙头、阀门或其它控制机构使生物气 6 流过消化器-歧管连接机构 4,需要时也可用它们防止生物气 6 流动。由于生物气进入上歧管 14 产生压力,一段时间后,歧管一般积聚至少几个 PSI 的压力。积聚的压力迫使不纯的生物气 6 及歧管中的任何空气沿着热交换器 72 的外壳 40 向下移动。在生物气通过沸石床 94(或其它材料)的过程中,填充在外壳内并与螺旋翅片接触的沸石床 94 或其它材料除去生物气 6 中的大部分或者接近全部的杂质。当清洁的生物气 8 在外壳 40 的底端离开外壳 40 时,收集通过出口 13 离开各单元 72 的经过调理的生物气 8。经过调理的生物气 8 比进入上歧管的不纯的生物气 6 明显纯净得多(即该生物气比调理之前的不纯的生物气 6 具有更少的二氧化碳、 $H_2S$ 、水和 / 或其它杂质)。结果是,经过调理的(例如基本上纯净的)生物气 8 在燃烧过程中损害发电涡轮或其它设备的可能性更小。例如, $H_2S$  在经过调理的生物气流 8 中的含量可约等于或小于 5ppm,更优选约等于或小于 1ppm。 $H_2O$  的含量可约等于或小于 6500ppmv,更优选约等于或小于 1500ppmv。

[0063] 在一些实施方式中,利用一个或多个内部长形部件(例如空心内管 35)将冷的或热的流体(例如空气和 / 或水)引入螺旋翅片热交换器 72。空心内管 35 可各自与相应的螺旋翅片热交换器 72 连接,然后,这些管子可连接到一起,形成单一管道。在一些实施方式

中,螺旋翅片热交换器 72 的外壳 40 连接到凸缘上,所述凸缘连接到相应的歧管上。在一些实施方式中,空心内管 35 连接到一起,在歧管的内部空间里形成单一管道,然后该单一管道从单一的位点离开歧管。在其它的实施方式中,空心内管 35 各自通过开口离开歧管,然后连接到一起,形成位于歧管外面的单一管道。

[0064] 可通过内部空心管 35 泵入冷流体、热流体或环境条件下的流体(例如空气和/或水),以提高热交换至或交换出沸石 94 的速率。例如,冷水或环境温度的水可循环通过每个热交换器 72 的空心内管 35,当水通过空心内管 35 时,它从沸石 94 带走热,同时水被加热。然后,将加热的水送至散热器或其它的热交换机构,将加热的水冷却,以便再次利用。在有连续水源的情况下,水可以不用循环。

[0065] 在一个实施方式中,内部空心管 35 的外径可限制在约 0.5 英寸至约 2.5 英寸。对本领域的普通技术人员来说,利用本发明的内容,可计算出生物气 6 通过沸石床 94(或所装其它物质)的最佳流速。这种计算一般可考虑这样一些因素,如结合(即吸附)反应焓变、结合常数、结合常数与温度的任何相关性以及与要除去的杂质相结合所涉及的动力学。

[0066] 在一个实施方式中,起冷却或加热作用的流体或其它物质可冲入外罩壳 50 的环形空间,从而帮助加热或冷却每个热交换器 72 及其内容物(例如通过进口 52 和出口 56)。在这样的实施方式中,优选密封每个单元 72 的每个外壳 40 内的环形空间,以防冷却或加热流体与通过沸石填充床 94 的生物气 6 发生混合。

[0067] 图 7 显示了一个特别优选的构造,它包含至少两个生物气调理器。单一管道 4 可将进料从厌氧消化器 2 经过阀门 88 送入第一生物气调理器 96。当第一生物气调理器 96 因沸石 94 不能继续有效吸附杂质而需要再生时,转动阀门 88,将不纯的生物气 6 送到第二生物气调理器 98。然后,第一生物气调理器 96 可再生,而第二生物气调理器 98 用于净化不纯的生物气 6。然后,当第一生物气调理器 96 的沸石床完成再生(即恢复到能有效吸附和捕集杂质的状态)和/或第二生物气调理器 98 的沸石 94 需要再生时,可切换该过程。因此,两个或更多个生物气调理器可平行配置,使得即使在一个调理器的沸石正在再生的时候,也可进行连续作业。

[0068] 例如,如图 8 所示,可利用来自热交换器的加热的空气(或者由另一个正在运行的生物气调理器产生)加热沸石床 94,释放结合在沸石上的杂质。例如,左边的单元可进行沸石 94 的再生,同时右边的单元对生物气流进行调理。释放的杂质可收集起来,根据需要予以处理(例如进一步加工成有附加值的产品、吸收、排放等)。

[0069] 在一个实施方式中,每个生物气调理器 96、98 包含例如设置在外壳 40 周围且/或与外壳 40 接触的加热盘管或其它加热元件(例如加热带)。在对加热元件进行加热时,热就传至各生物气调理器的外壳 40。根据勒夏特列原理,由于沸石吸附生物气 6 中的杂质的反应是放热的(即产生热量),因此,若向该系统添加足够的热量(例如开启加热带或加热盘管),则反应平衡向相反方向移动,从而将捕集在沸石 94 内的任何生物气杂质释放出来。

[0070] 在更优选的实施方式中,适用以下方程式:不纯的生物气 + 沸石 → 负载杂质的沸石 + 热量 + 基本纯净的生物气。因此,通过向各生物气调理器 96、98 的外壳 40 内添加热量(如热空气、热液体,或者通过加热盘管或加热带加热),可使负载了杂质的沸石再生。在其它的实施方式中,可将热同时导向外壳 40 的内部和外壳 40 的外表面 46。通过该过程产生的加热的空气(例如在吸附过程中取走热量,或者在沸石再生过程中使用的加热的空气)

可用来加热建筑或其它空间。在一些实施方式中,内含经过调理的生物气 8 的管道包含一个或多个检测器,用来测量可能存在于生物气中的杂质。这种检测器可帮助控制经过调理的生物气的质量。

[0071] 在其它的实施方式中,生物气可循环通过调理器 96、98 两次或更多次(即再循环),以进一步降低生物气的杂质含量。或者,两个或更多个调理器可串联配置,以达到类似的结果。在包含螺旋翅片热交换元件的实施方式中,翅片 58 可具有透过性(例如包含任何所需尺寸的孔洞),这可使不纯的生物气 6 更快地通过沸石床,因为一些生物气 6 可穿过螺旋翅片中的孔洞 90。这种构造可缩短生物气调理器中的停留时间,增大处理量,但同时会减少吸附,降低所得经过调理的生物气 8 的纯度。根据本发明,本领域的技术人员容易明白,为获得所需的性能特性(例如所需纯度、流速处理量等),可对这样的参数进行调节。

[0072] 在一个例子中,多个螺旋翅片热交换器 72 可用罩壳 50 包住,并且可在它们需要再生之前平行运行数小时。例如,图 5 和 6 所示的实施方式包含 37 个平行、独立的热交换器 72,它们可在需要再生沸石 94 之前运行约 10 小时。根据本发明,本领域的技术人员通过常规试验即可算出和/或找出需要再生之前运行时间的长短。影响再生之间的运行时间的因素可包括要调理的生物气的体积或流速、生物气的组成、系统温度、选来吸附杂质的沸石或所装其它材料的规格及其它因素。在其它条件都相同的情况下,相比于采用 37 个生物气调理器的例子,仅包含 3 个被罩壳 50 包住的平行螺旋翅片热交换器的实施方式在再生之间的运行时间显著缩短。若包含更多个平行的生物气调理器,则可增加生物气的体积和/或流量,将生物气调理至所需纯度。若再包含串联的生物气调理器,则可提高经过调理的生物气 8 的纯度水平。

[0073] 在一些实施方式中,个人使用者可将生物气调理装置改为家用。在其它的实施方式中,生物气调理装置可按比例放大,供处理城市废物污水用。生物气调理装置的示例性而非穷举性的应用包括圈养动物饲养活动、城市废物、城市废水和酸性天然气井(例如,特别是远离电网的“弃”井)。在一个实施方式中,本文所述的生物气调理器可连接到消化器 2 上(图 7)。例如,这种消化器 2 可利用过氧化氢或其它工艺提高有机材料到甲烷和/或氢气的转化率。如图 9 所示,多个单元 75(例如,如图 5-6 所示的那些单元)可串联和/或并联作业,以提高较大设施的容量和/或提高经过调理的输出气流的纯度。

[0074] 在一个实施方式中,该系统被设计用来将  $H_2S$  脱除至浓度约低于 5ppm。更典型的效能可以是使其浓度约低于 1ppm。该系统可将  $H_2O$  脱除至浓度约低于 6500ppmv,更典型的效能是使其浓度约低于 1500ppmv。待处理的示例性生物气流可在至少约 35°C 的温度下(例如消化器可在约 35°C 至约 45°C 运行),在接近大气压下,以约 750 英尺<sup>3</sup>/天的速度流动,并持续用水蒸气饱和。该系统可包含收集产物的控制设备、结构和/或材料。例如,可将从生物气调理系统捕集的  $H_2S$  转化为元素硫,然后可将其抛弃或作为有附加值的产品卖出。

[0075] 图 10A-10B 显示了另一种热交换元件。图 10A-10B 所示热交换器 172 没有包含螺旋翅片热交换元件(这种元件加工困难且/或费用高),而是包含外壳 140 和设置在外壳 140 内部中央的内管 135。外壳 140 和内管 135 基本上都是空心圆柱形,所以沸石 94 可装在内管 135 以及外壳 140 与内管 135 之间的环形空间内。为清楚起见,在图 10A 中,热交换器 172 仅显示为填充了一部分,但应理解,沸石 94 优选基本上填满内管 135 与外壳 140 之间的整个体积。外壳 140 和内管 135 均用热导率较高(例如至少约 50W/m·K)的材料形成,

例如铝和 / 或铝合金。

[0076] 此外,外壳 140 和内管 135 的尺寸经过具体设计,使得沸石床 94 内任何指定位置与外壳 140 或内管 135 中的至少一个相距不超过约 3 英寸,优选不超过约 1.5 英寸。这种构造使热在生物气 6 的吸附处理中能够被有效传走,而反过来,在需要有效加热沸石以赶走吸附的杂质的沸石再生过程中,热又能被有效传入。例如,在一个实施方式中,外壳 140 的直径约为 8 英寸,而内管 135 的直径约为 2 英寸。这种构造使外壳 140 与内管 135 之间相隔不超过约 3 英寸,因而即便在此间隔的中心,沸石与两个高导热表面中任何一个表面的距离仅约为 1.5 英寸。

[0077] 图 11A-11B 显示了另一种热交换元件。图 11A-11B 所示的热交换元件 272 包含多根管子 235,每根在上下歧管 14、16 之间纵向延伸。每根管子 235 可基本上为空心圆柱形,因而沸石 94 可装在每根管子 235 内。每根管子 235 用热导率较高(例如至少约  $50\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )的材料形成,例如铝和 / 或铝合金。另一个实施方式可包含围绕所述多根管子 235 的外壳(未示出),例如矩形或圆形,具体取决于管子 235 的排布;沸石 94 也可装在外壳与所述多根管子 235 之间所限定的空间内。

[0078] 此外,每根管子 235 的尺寸经过具体设计,使得每根管子所装沸石床 94 内的任何指定位置与管子 235 的表面相距不超过约 3 英寸,优选不超过约 1.5 英寸。这种构造使热在生物气 6 的吸附处理中能够被有效传走,而反过来,在需要有效加热沸石以赶走吸附的杂质的沸石再生过程中,热又能被有效传入。例如,在一个实施方式中,每根管子 235 的直径约为 3 英寸。这种构造使沸石床 94 中的任何指定点与管子 235 相隔不超过约 3 英寸,因而即便在此间隔的中心,沸石与任何高导热表面的距离仅约为 1.5 英寸。

[0079] 图 12A-12B 显示了另一种热交换元件。图 12A-12B 所示的热交换元件 372 包含外壳 340 和位于外壳 340 内、被设计成螺旋构造的内管 335。沸石 94 可装入螺旋管 335,并任选装入外壳 340 与螺旋管 335 之间的空间内。螺旋管 335 用热导率较高(例如至少约  $50\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )的材料形成,例如铝和 / 或铝合金,外壳 340 任选用这种材料形成。在另一个实施方式中,外壳 340 可包含绝热材料。

[0080] 此外,螺旋管 335 的尺寸经过具体设计,外壳 340 的尺寸任选经过具体设计,使沸石床 94 内的任何指定位置与螺旋管 335 或外壳 340 中的至少一个相隔不超过约 3 英寸,优选不超过约 1.5 英寸。这种构造使热在生物气 6 的吸附处理中能够被有效传走,而反过来,在需要有效加热沸石以赶走吸附的杂质的沸石再生过程中,热又能被有效传入。例如,在一个实施方式中,螺旋管 335 的直径约为 3 英寸。在外壳不填充沸石 94 的实施方式中,这使沸石 94 中的任何指定位置与螺旋管 335 之间的最大间隔约为 1.5 英寸。在外壳 340 也装载沸石 94 的实施方式中,外壳 340 也用导热材料形成,并且隔开的距离使螺旋管 335 与外壳 340 之间存在的间隙不超过 3 英寸。

[0081] 上述每种构造包含设置在装置的上下凸缘之间的热交换元件,其中至少热交换元件用高导热材料( $50\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )形成,如铝或铝合金,同时包含与热交换元件接触的沸石床,其中热交换元件具有一定的形状和构造,使沸石床内的任何指定位置与包含高导热材料的热交换元件相隔不超过约 3 英寸。另外,所述构造的制造和操作较简单,费用也不高。例如,热交换器或生物气调理器的优选实施方式可不含移动部件。根据本发明,本领域的技术人员不难想到满足这些要求的各种替代性构造,这些替代形式落在本发明的范围内。

[0082] 还应理解,要求专利保护的本发明可通过其它的具体形式实施,只要不偏离其精神或实质性特点。所述实施方式在所有情况下均应视为仅仅是说明,而不是限制。因此,本发明的范围由所附权利要求书而不是前面的描述指明。在权利要求书的等价含义和范围内的所有变化形式都涵盖在其范围之内。

[0083] 权利要求书附后。

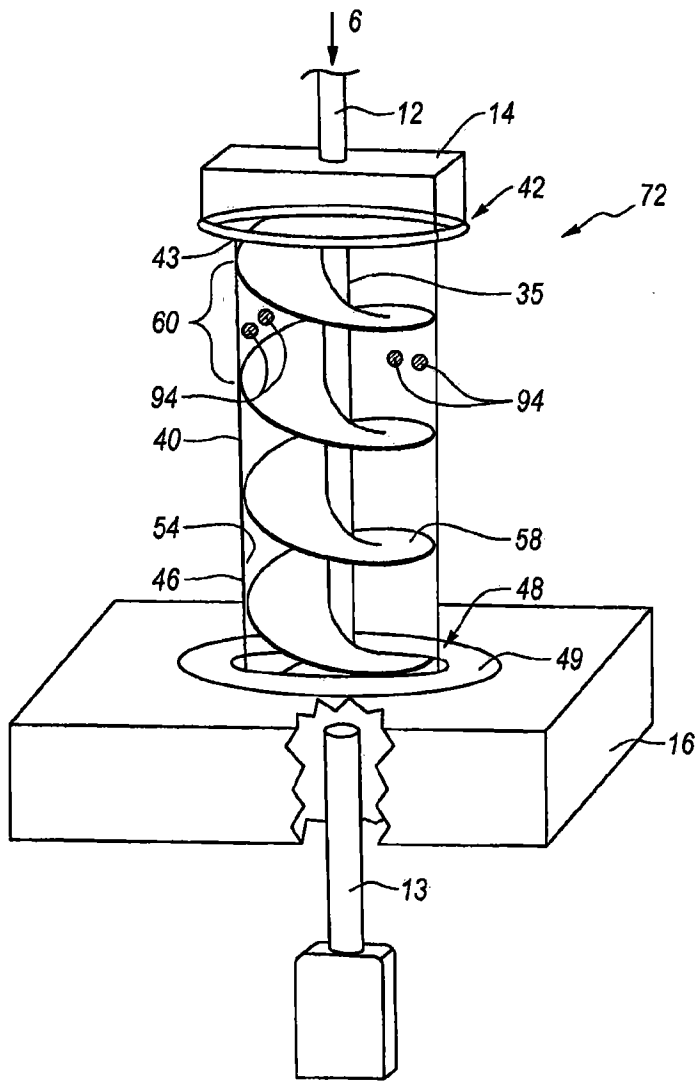


图 1

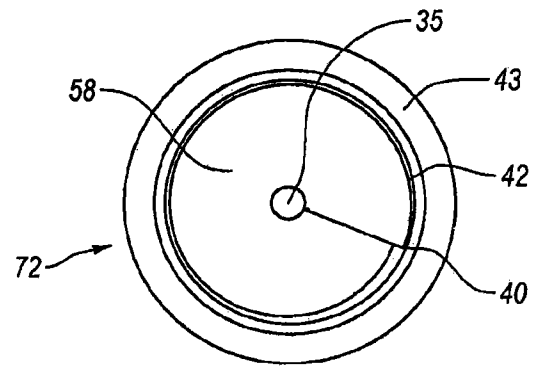


图 2



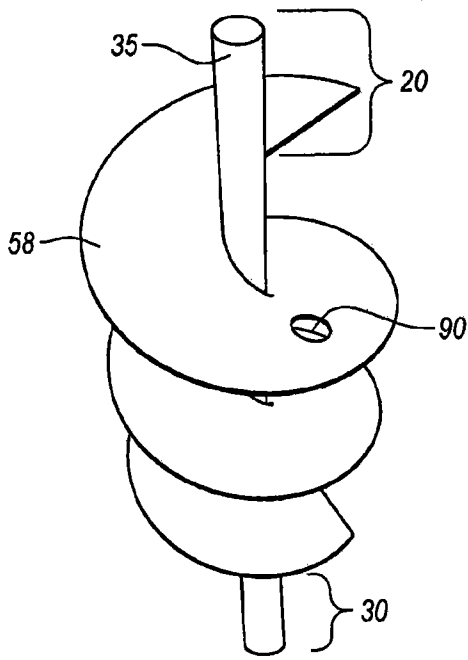


图 3

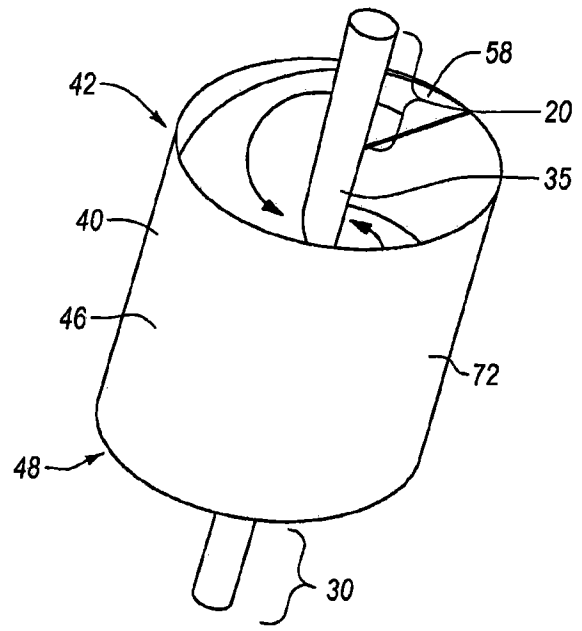


图 4

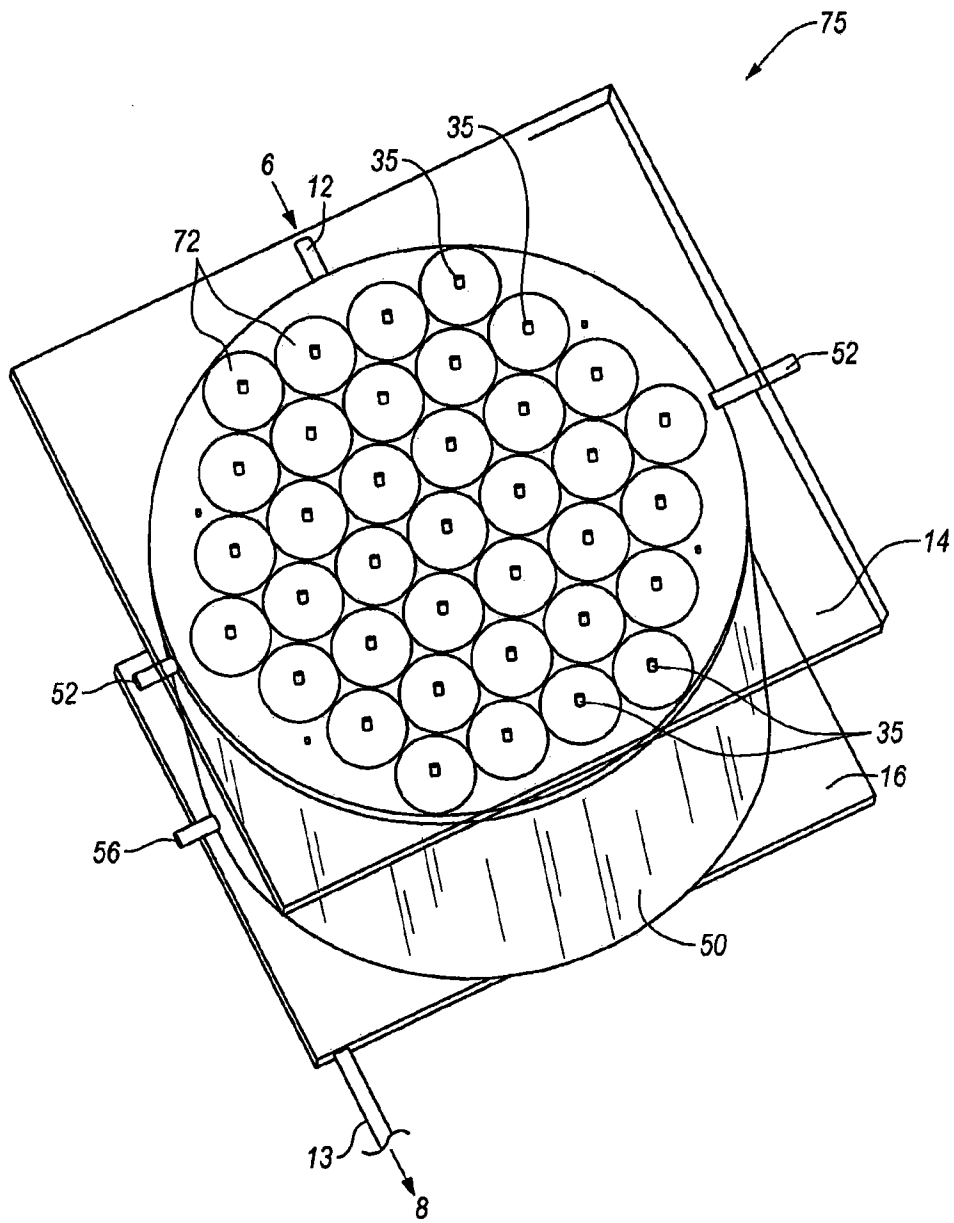


图 5

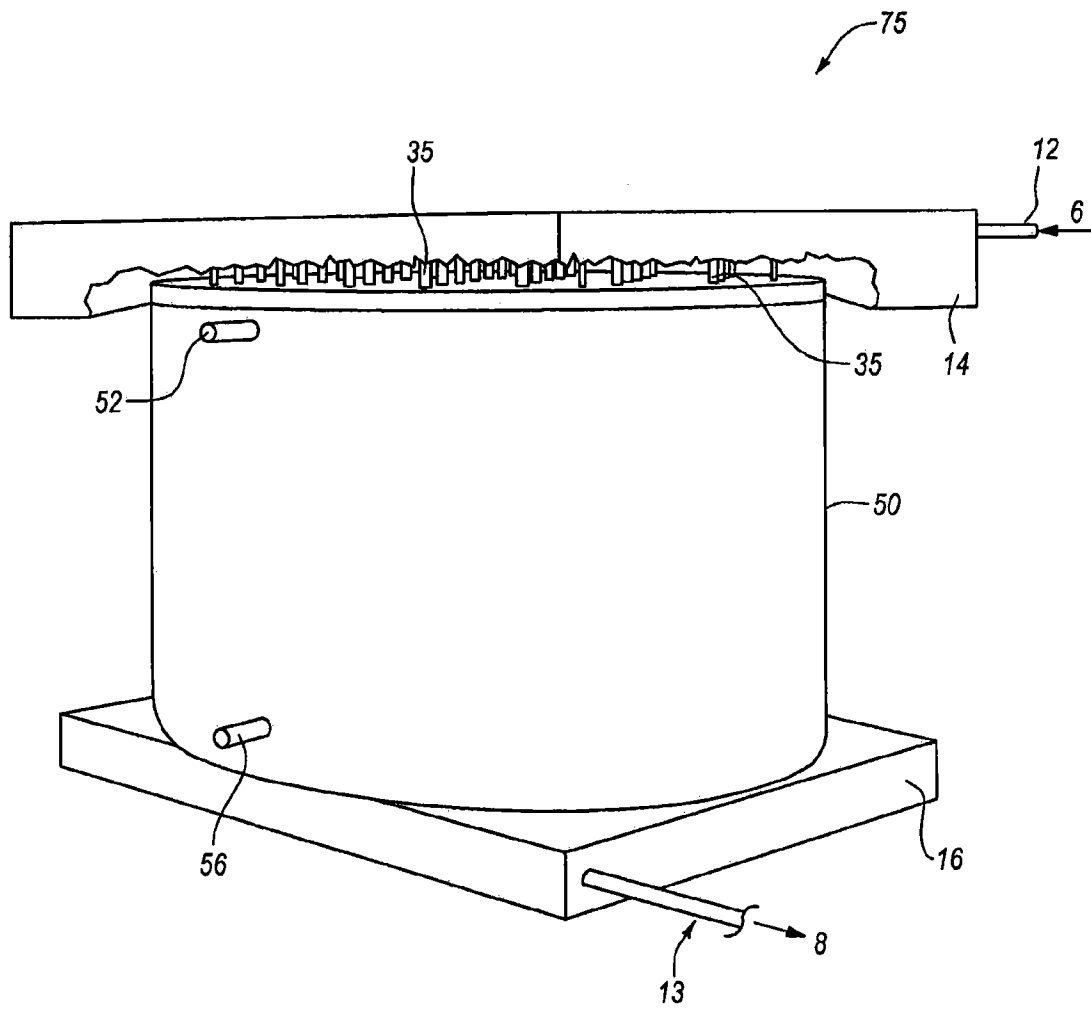


图 6

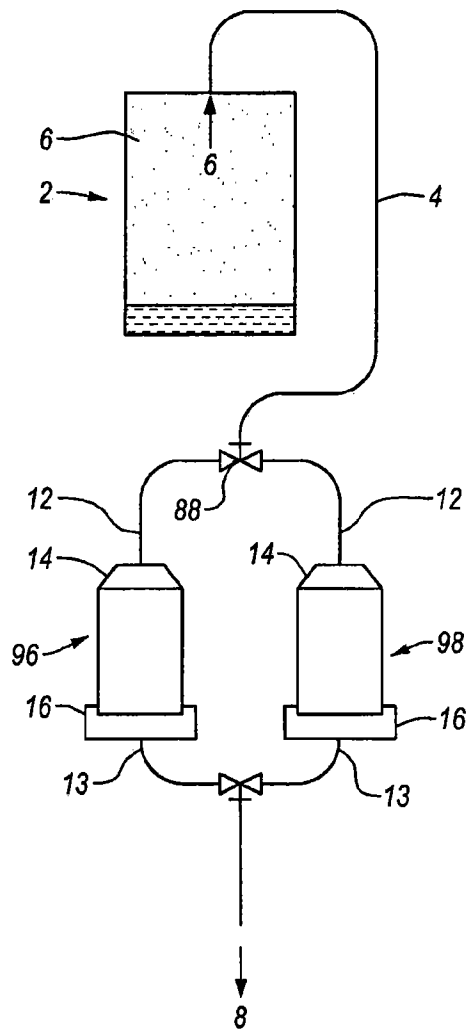


图 7

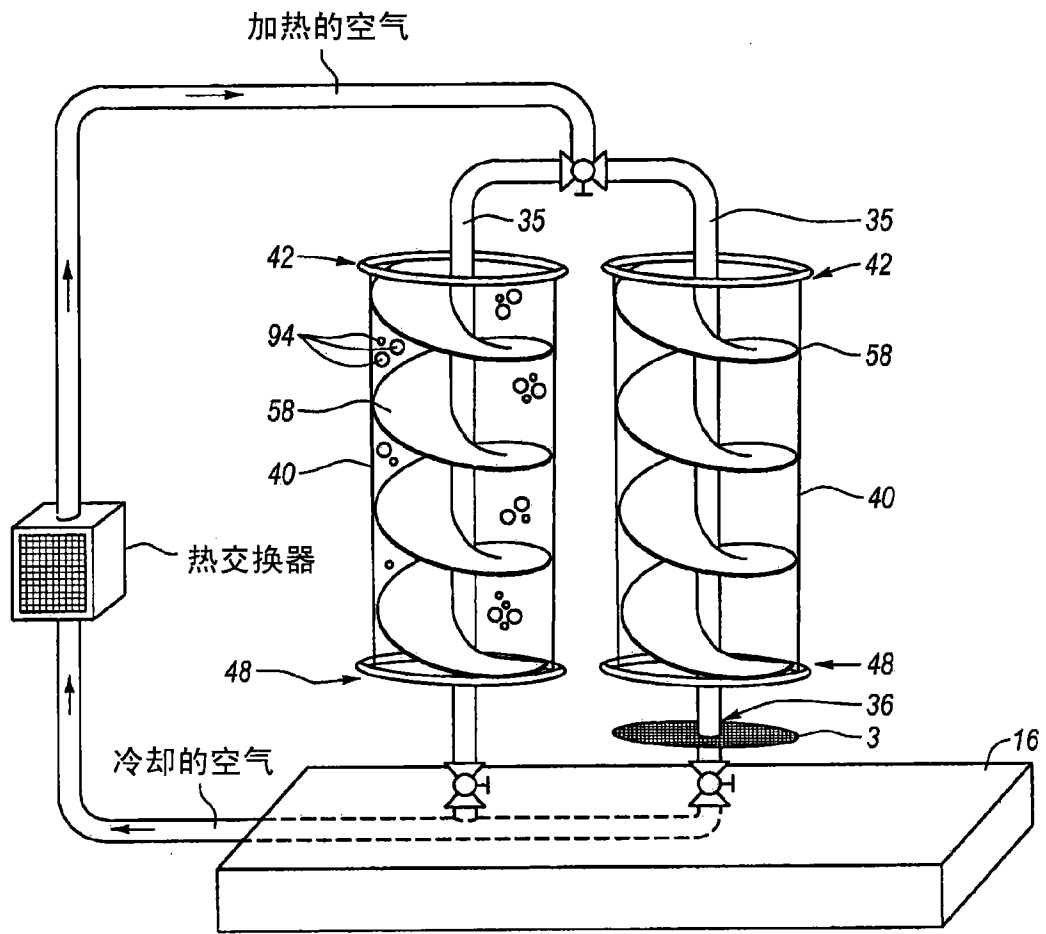


图 8

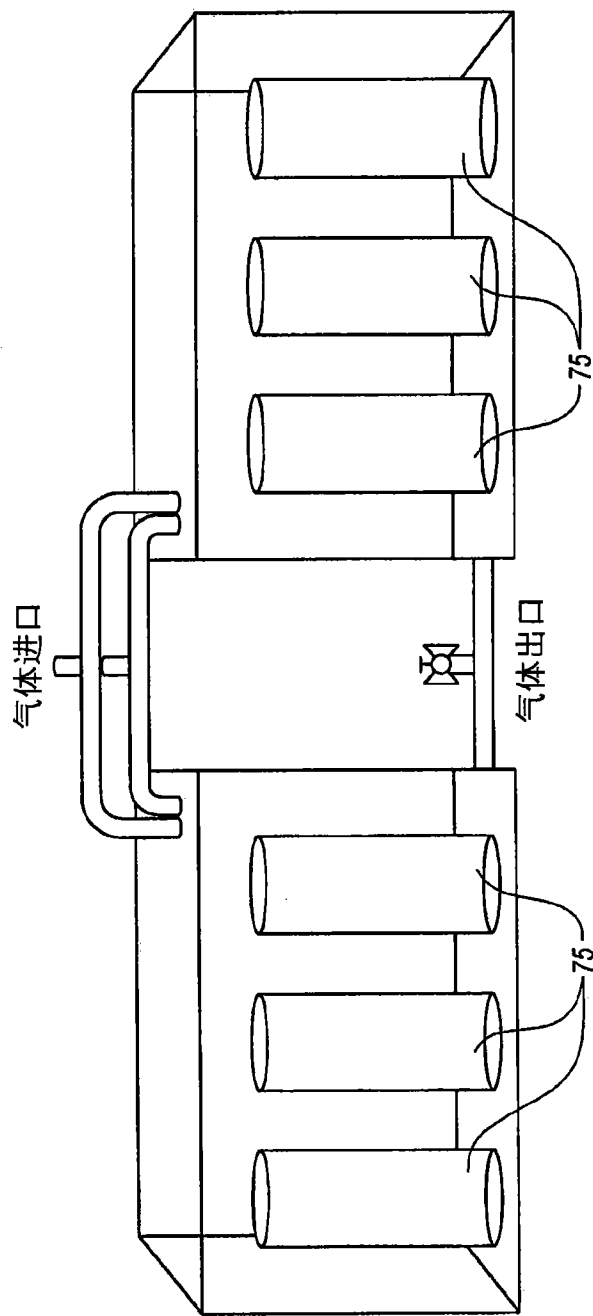


图 9

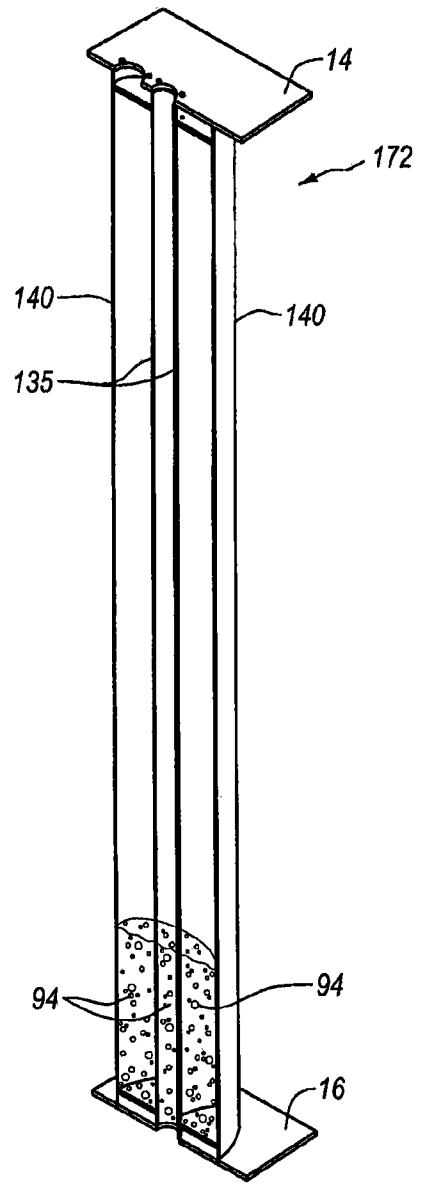


图 10A

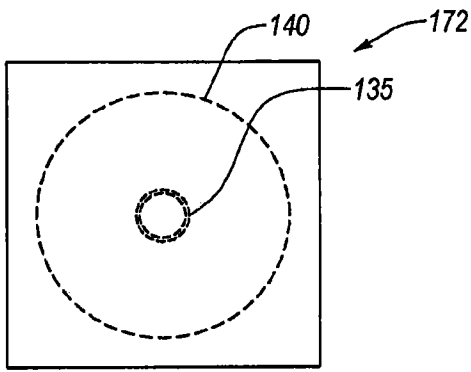


图 10B

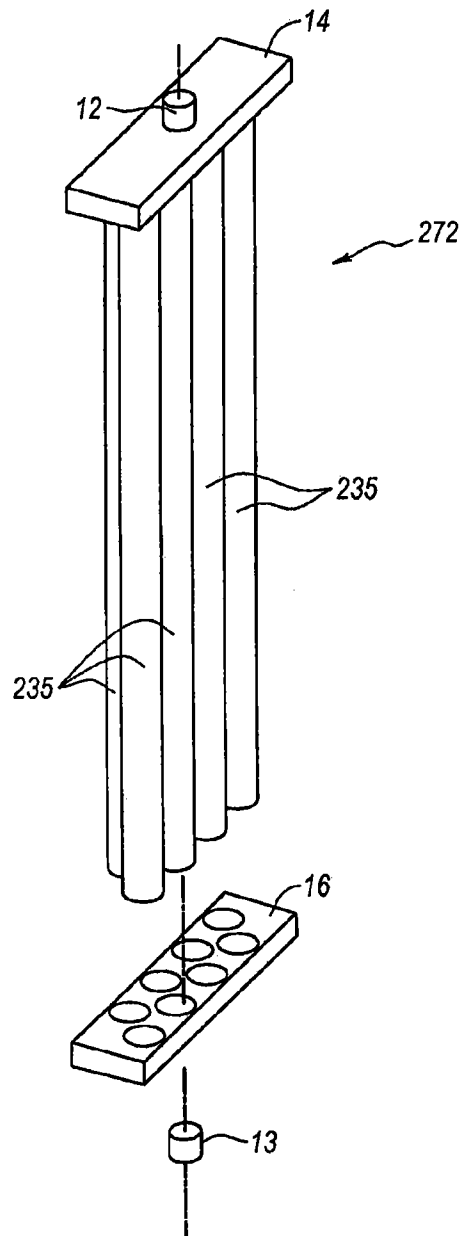


图 11A

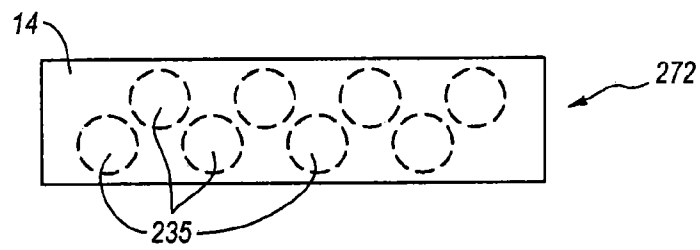


图 11B

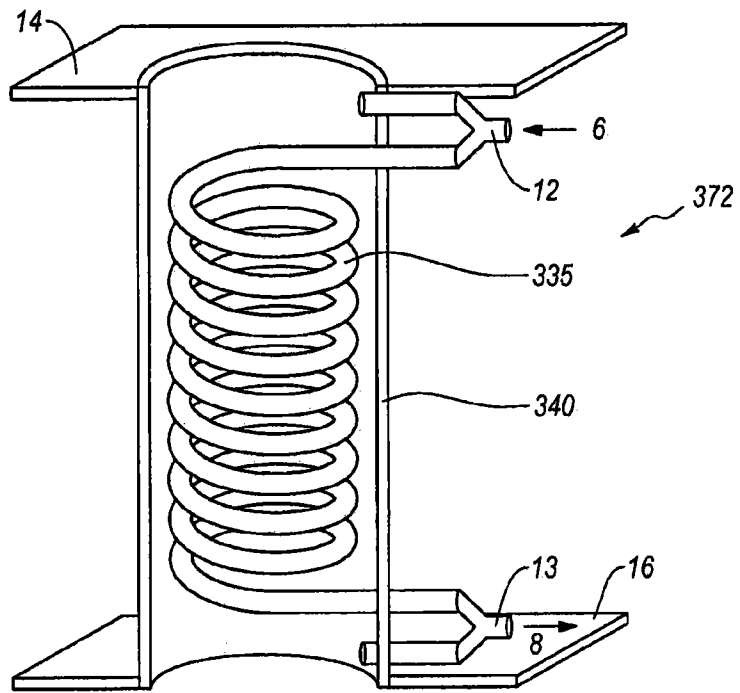


图 12A

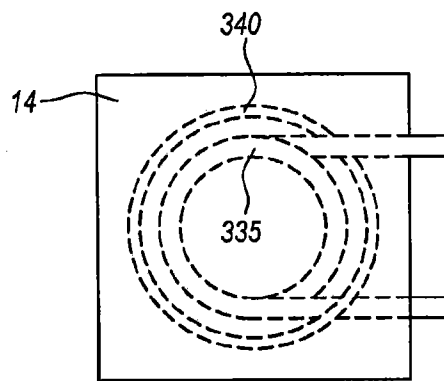


图 12B