



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 00811062. X

[45] 授权公告日 2004 年 9 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1166769C

[22] 申请日 2000.7.26 [21] 申请号 00811062. X

[30] 优先权

[32] 1999. 7. 30 [33] JP [31] 218051/1999

[86] 国际申请 PCT/JP2000/004989 2000.7.26

[87] 国际公布 WO2001/009280 英 2001.2.8

[85] 进入国家阶段日期 2002.1.30

[71] 专利权人 大神设计株式会社

地址 日本北海道

[72] 发明人 前川孝昭

审查员 徐佳凌

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

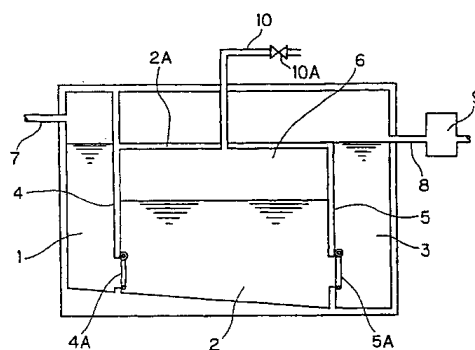
代理人 赵仁临 张平元

权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称 二相型甲烷发酵反应器

[57] 摘要

本发明提供一种能长时期地进行稳定操作的有机废物诸如家畜粪便的二相甲烷发酵反应器。该装置包括与进料槽相连的酸发酵槽(1)、用具有闸阀(4A)的隔板(4)与酸发酵槽(1)相隔开的甲烷发酵槽(2)和用具有闸阀(5A)的第二隔板(5)与甲烷发酵槽(2)相隔开的沉降槽(3)，且甲烷发酵槽(2)上部的空间用作贮气柜(6)。在甲烷发酵槽(2)中所产生的甲烷气被收集在贮气柜(6)中，并通过贮气柜(6)盖中的孔从甲烷排出管线(10)中取出。



1. 一种有机废物的二相甲烷发酵反应器，它包括：
 - (a) 一个接受发酵处理用进料液的酸发酵槽；
 - 5 (b) 一个与酸发酵槽并列的气柜型甲烷发酵槽，其上部空间用作甲烷气柜；
 - (c) 将酸发酵槽与甲烷发酵槽隔开的第一垂直隔板；
 - (d) 一个与甲烷发酵槽并列的沉降槽，消化液从其中卸出；
 - (e) 将甲烷发酵槽与沉降槽隔开的第二垂直隔板；
 - 10 (f) 装在第一隔板上的第一闸阀，用来控制酸发酵槽与甲烷发酵槽之间的液体流动；
 - (g) 装在第二隔板上的第二闸阀，用来控制甲烷发酵槽与沉降槽之间的液体流动；和
 - (h) 一根与甲烷气柜相连接的具有一个旋塞阀的甲烷气出口管。
- 15 2. 如权利要求 1 的有机废物的二相甲烷发酵反应器，其中在隔开酸发酵槽与甲烷发酵槽的第一隔板中的闸阀与漂浮在甲烷发酵槽中液面上的浮标相连接，以如此方式使该闸阀通过浮标移动来操作。
3. 如权利要求 1 的有机废物的二相甲烷发酵反应器，其中在隔开甲烷发酵槽与沉降槽的第二隔板中的闸阀与漂浮在沉降槽中液面上的浮标相
- 20 连接，以如此方式使该闸阀通过浮标移动来操作。
4. 如权利要求 1 的有机废物的二相甲烷发酵反应器，其中酸发酵槽、甲烷发酵槽和沉降槽的至少一个装有控制其中的液体温度的装置。
5. 如权利要求 1 的有机废物的二相甲烷发酵反应器，其中酸发酵槽与甲烷发酵槽的容量比为 1:5 到 1:10。

二相型甲烷发酵反应器

5

技术领域

本发明涉及甲烷发酵反应器，或者，更具体地说，涉及在其中通过使用有机废物诸如家畜粪便发酵，产生作为有用燃料气的甲烷气体用的二相型甲烷发酵反应器。

10

背景技术

现有的生产甲烷基燃料气的工业法是通过使包括家畜粪便的各种有机废物的甲烷发酵法。现已开发和应用若干种用于家畜粪便发酵处理的甲烷发酵反应器，它们包括可变体积的气柜型反应器，该类型反应器具具有内装上下可移动盖的贮气柜以根据拟贮存的甲烷气的体积来改变气柜容积；固定气柜型反应器，在该类型反应器中气柜被固定在发酵槽的上部；和二相(two-phase)型反应器，该类型反应器具具有污物消化罐(在污物处理厂它通常被用于厌氧处理)、酸发酵槽和甲烷发酵槽。

EP-A-0335825 公开了二相型甲烷发酵的生物反应器，包括有两个用隔板分开的室的槽(用于酸水解的第一室和用于甲烷发酵的第二室)。两个室用不变开口的通道以进料连通。

FR-A-2510605 公开了由有机废物通过厌氧发酵生产甲烷的生物反应器，包括用隔板分开的两个室。虽然两个室不变地以液体连通，但是液体的返流被连接两个室的通道中放置的一组回路防止。

FR-A-2305113 公开了厌氧发酵的生物反应器，包括用隔板分开的两个室。虽然两个室相互不变地以液体连通，但是液体的返流被特殊形状的隔板防止。

DE-A-19715646 公开了由有机废物通过厌氧发酵生产甲烷的生物反应器，其中发酵槽不隔开。

这些现有技术的发酵反应器具具有其各自的问题和缺点。例如，在具有

- 内装贮气柜的甲烷发酵反应器中，有时会出现含在其中的液体，即消化液，从甲烷发酵槽向酸发酵槽或原料废物贮槽的返流，或从沉降槽向甲烷发酵槽的返流，这种返流是由气柜内压变化所引起的。由于甲烷发酵能通过绝对厌氧性微生物的生长来进行，而该绝对厌氧性微生物的生长必须具有
- 5 150mv 到 400mv 的氧化-还原电位，液体从甲烷发酵槽向酸发酵槽的返流必然导致甲烷发酵槽中产甲烷微生物浓度的降低，从而降低甲烷发酵的效率。液体从沉降槽向甲烷发酵槽的返流意味着含在沉降槽中液体中的溶解氧进入到甲烷发酵槽中，从而部份地降低产甲烷微生物的活性或使部分产甲烷微生物死亡。于是，在两个组件槽之间的液体返流引起大大地降低反
- 10 应器的甲烷发酵能力和导致过程的不稳定，如果尚未被提及该问题的话，会使反应器的体积不能减少，因为发酵槽的体积必须是如此之大以便适应

液体的返流。

上述的缺陷阻碍了具有内装贮气柜的甲烷发酵反应器的应用，以致使此类型反应器没有显著的优势，尽管它的成本甚低。

5

发明内容

因此本发明的一个目的是通过克服在传统内装的气柜型甲烷发酵反应器中存在的上述的问题和缺点，提供通过保持高能力和稳定性下能长时期地操作高效甲烷发酵反应器。

- 10 发明人就开发高效二相型甲烷发酵反应器已进行了广泛的研究并获得了意想不到的发现：如果在酸发酵槽与甲烷发酵槽之间和在甲烷发酵槽与沉降槽之间设置闸阀，在此情况下闸阀只允许液体从酸发酵槽向甲烷发酵槽和从甲烷发酵槽向沉降槽的单向流动，且通过利用液面的上下移动和贮气柜压力的变化来控制闸阀，以这样的方式使进料液流动和连续不断地通
- 15 过酸发酵槽、甲烷发酵槽和沉降槽排出，各个槽之间的返流能被有效地防止，基于此发现而完成了本发明。

因此，本发明所提供的二相(two-phase)型甲烷发酵反应器为一完整体系，它包括：

- (a) 一个接受发酵处理用进料液的酸发酵槽；
- 20 (b) 一个与酸发酵槽并列的气柜型甲烷发酵槽，其上部空间用作甲烷气柜；
- (c) 将酸发酵槽与甲烷发酵槽隔开的第一垂直隔板；
- (d) 一个与甲烷发酵槽并列的沉降槽，消化液从其中卸出；
- (e) 将甲烷发酵槽与沉降槽隔开的第二垂直隔板；
- 25 (f) 装在第一隔板上的第一闸阀，用来控制酸发酵槽与甲烷发酵槽之间的液体流动；
- (g) 装在第二隔板上的第二闸阀，用来控制甲烷发酵槽与沉降槽之间的液体流动；和
- (h) 一根与甲烷气柜相连接的具有一个旋塞阀的甲烷气出口管。

- 30 上述规定的非强制的而有利的本发明的反应器被制成为半地下装置或全地下装置，以达到提高发酵槽的隔热性。如果还需要进一步提高效率的

话,通过例如将空气加入到进料液体贮槽中,以便引起废物的需氧分解与伴随的放热反应,从而适度地将被导入到酸发酵槽中的进料液温度提高到 20 - 30℃。

如上述的有机废物的二相甲烷发酵反应器,其中酸发酵槽、甲烷发酵槽
5 和沉降槽的至少一个装有控制其中的液体温度的装置。

附图简单说明

图 1 是本发明反应器典型例子的示意剖面图。

图 2 是通过利用浮标的浮力来操作闸阀机构的示意说明图。

10 图 3 是装有二个酸发酵槽与二个甲烷发酵槽的本发明反应器的示意剖面图。

图 4 是其中装有本发明的甲烷发酵反应器的猪粪处理体系的示意流程图。

15 实施本发明的最佳方式

在下文中,参照附图对本发明的反应器进行详细的说明。

图 1 是作为整体装置的本发明反应器的示意剖面图,它基本上由包括三个间隔段:酸发酵槽 1、甲烷发酵槽 2 和沉降槽 3,它在酸发酵槽 1 与甲烷发酵槽 2 之间用第一垂直隔板 4 隔开和在甲烷发酵槽 2 与沉降槽 3 之用第二
20 重直隔板 5 隔开。通过与进料液接受槽(在图中未示出)相通的进料液进口管 7 将进料液导入到酸发酵槽 1。高于其中贮存的液体的甲烷发酵槽 2 的上部空间 6 作为甲烷气贮柜。在沉降槽 3 中形成的消化液通过与消化液接受槽 9 相通的料液排出管 8 卸出。具有旋塞阀 10A 的甲烷气排出管 10 被连接到甲烷发酵槽 2 的盖 2A 的顶部并与甲烷气贮柜 6 相通。

25 上述的本发明反应器的重点在于,为了提高挥发性有机酸的产率而将酸发酵槽 1 与甲烷发酵槽 2 的体积比定为 1: 5 到 1: 10。当被加入到酸发酵槽 1 中的进料中的不溶固体物的含量很高特别如家畜粪便时,此比例被设定为 1: 5 或其附近;当被加入到酸发酵槽 2 中的进料含有大量的溶解物与不溶固体物如生活垃圾时,此比例被设定为 1: 8 或其附近,以便确保平稳而有效地
30 进行甲烷发酵。当进料含有大量可溶的固体物诸如食品加工厂的废物时,此比例优选设定为 1: 10 或其附近。另一方面,沉降槽 3 是如此设计

的以便使其具有确保悬浮固体颗粒(SS)的上行速度不超过超过静态液体中直径为 $10-20\mu\text{m}$ 颗粒(根据斯托克斯定律计算的)的沉降速度。

分隔酸发酵槽 1 与甲烷发酵槽 2 的隔板 4 在其较低部分装有第一闸阀 4A, 它作为控制装置起使液体平稳地从酸发酵槽 1 流向甲烷发酵槽 2 的作用, 而分隔甲烷发酵槽 2 与沉降槽 3 的隔板 5 在其较低部分装有第二闸阀 5A, 它作为控制装置起使液体平稳地从甲烷发酵槽 2 流向沉降槽 3 的作用。例如, 考虑到由于酸发酵槽 1 的水平面所引起的压力与由于甲烷发酵槽 2 的水平面所引引起的压力加上气柜 6 的气体压力之间的压差, 和考虑到由于甲烷发酵槽 2 的水平面所引起的压力加上气柜 6 的压力与由于沉降槽 3 的水平面所引起的压力之间的压差而将闸阀 4A 和 5A 的每一个分别设计成具有一定的重量。闸阀 4A 和 5A 的每一个通常具有被铰接到隔板 4、5 上部的折板(flap board), 并且所说的折板还通过线 4C、5C 使其下部分别与浮在甲烷发酵槽 2 和沉降槽 3 中液面上的浮标 4B、5B 相连接(参见图 2)。

就此而言, 重要的是甲烷发酵槽 2 是按如此方式构成的以致由于其中的水平面较低而使其获得必要的容积。另一方面, 在酸发酵槽 1 中水平面的高度是这样设定和控制的, 以便使液流通过打开的闸阀 4A 从酸发酵槽 1 流向甲烷发酵槽 2, 和使液流通过打开的闸阀 5A 从甲烷发酵槽 2 流向沉降槽 3 并且还通过溢流流向消化液接受槽。在甲烷发酵槽 2 中水平面高度是受到限制的, 因为贮气柜 6 的内压必须保持在 $200\text{mmH}_2\text{O}$ 或以上。

在甲烷发酵槽 2 中进行甲烷发酵, 在此期间当贮气柜 6 中的甲烷气被消耗而引起甲烷发酵槽 2 中的水表面向上移动, 这是由于酸发酵槽 1 中的液体被引入到甲烷发酵槽 2 之故, 条件是压力, 因为酸发酵槽 1 中水平面超过甲烷发酵槽 2 的水平面加上贮气柜 6 的内压的总压力。在甲烷发酵槽 2 中进行的甲烷发酵起增加贮气柜 6 的内压作用从而补偿了甲烷气的消耗。

因此, 当贮气柜 6 的内压由于甲烷发酵槽 2 中甲烷发酵之故而增高到这样的程度时, 以致使由于甲烷发酵槽 2 中水平面所引起的压力加上贮气柜 6 的内压的总压力超过由于沉降槽 3 中水平面的压力加上由于闸阀 5A 重量减少的压力的总压力, 闸阀 5A 打开从而使液体从甲烷发酵槽 2 向沉降槽 3 流动, 随着沉降槽 3 中水平面达到溢流管高度液体从沉降槽 3 中进入到消化液接受槽 9。

由于当其中的水平面处于下限时在甲烷发酵槽 2 中液体的平均保留时

间是最短的，因此，此时间因素应被作为计算装入到甲烷发酵槽 2 中的有机物的依据。

已经知道，废液诸如生活污水与家畜粪便的每日卸出时间表通常有 1-4 个高峰/日。本发明装置能有利地对进行二个卸出高峰间的半连续甲烷发酵过程进行操作。即，建立活塞式流动调节以非常有效地确保二相甲烷发酵体系，而当装置的操作模式是以这样方式排定以致贮气柜 6 的内压在废水出现的二个高峰的间隔期间被降低时，不会出现任何的返流。酸发酵槽 1 中的必不可少的容积能从甲烷发酵槽 2 中水平面的下限、酸发酵槽 1 中水平面的上限和由于闸阀 4A 重量减少的压力的水压头差之总值计算出来。

图 2 是打开与关闭图 1 中所示反应器的闸阀 4A、5A 机构的示意说明图。于是，将闸阀 4A 与 5A 的每一个通过拉线或绳 4C 或 5C 连接到漂浮在甲烷发酵槽 2 和沉降槽 3 的液面上的浮标 4B 和 5B 上，该机构的运行防止了从甲烷发酵槽 2 向酸发酵槽 1 的返流和从沉降槽 3 向甲烷发酵槽 2 的反流，和保证按来自贮气柜 6 的甲烷气的消耗模式将酸发酵液适当地导入甲烷发酵槽 2 中。

当贮气柜 6 的内压被增高到如此程度以致使甲烷发酵槽 2 中的水平面达到了设定的下限值时，液体开始从沉降槽 3 流出。在此情况下，涉及到废液进料流入的甲烷发酵能在设定的有机物装载量下进行，只要反应器应是这样方式设计的以致于由酸发酵槽 1 的水平面所引起的水压头，即使甚小但是比由甲烷发酵槽 2 上的贮气柜 6 内压减少的水压头、由甲烷发酵槽 2 本身和闸阀 4A 重量减少的水压头之总和较大也能进行废液进料流入的甲烷发酵。在甲烷发酵槽 2 中的水平面升高而达到上限之前，实际的有机物装入量总是被保持在低于有机物装入量的设定值，以便使反应器能安全而平稳地操作。

正如图 3 中被示意地说明的，一种可能的设计是这样的，本发明装置包括二个酸发酵槽 1、1'，二个甲烷发酵槽 2、2' 和一个与二个甲烷发酵槽 2、2' 的二边相连并被隔板 5、5' 隔开的沉降槽 3，隔板 5、5' 分别具有闸阀 5A、5A'，而甲烷发酵槽 2、2' 分别被连接到酸发酵槽 1、1' 并被隔板 4、4' 隔开，隔板 4、4' 分别具有闸阀 4A、4A'。各个甲烷发酵槽 2、2' 上的贮气柜 6、6' 被连接到甲烷气排出管线 10、10'，并通过旋

塞阀 10A 根据需要而与压力表或减压阀相连(在图中未示出)。

尽管是非强制性的, 最好每一个甲烷发酵槽 2、2' 装有“载体” C, 例如石棉块或板。当贮气柜 6、6' 的内压达到和超过规定的设定值时, 闸阀 10A 被手动或自动地打开而将甲烷气供入到热力发电机组(heat-power co-
5 generator engine)(图中未示出), 以产生供当地使用的电能或热水。当贮气柜 6、6' 的内压降低和达到下限设定值时, 发动机被手动或自动地停止而将酸发酵槽 1、1' 中的液体及时地导入到甲烷发酵槽 2、2', 以便通过溢流而从沉降槽 3 排出。

还可能是这样的, 来自沉降槽 3 的溢流液通过设定沉降槽 3 的水平面
10 的上限和下限值来排出, 沉降槽 3 的水平面的上下限值是通过装在沉降槽 3 中的排液泵来调整的, 由此将酸发酵槽 1、1' 中的液体平稳地转移到甲烷发酵槽 2、2'。

根据需要, 可以非强制地将温度控制装置或者特别是加热装置设置在本发明的反应器的酸发酵槽 1、甲烷发酵槽 2 与沉降槽 3 的至少一个上, 以
15 便在处理时控制其中液体的温度。例如, 在各个槽的外表面或底部安装加热介质即热水或热空气的管线或导管, 以及使用隔热材料诸如石棉的绝热措施。由堆肥发酵产生的废热能被用于生产热空气以作为加热介质。由甲烷发酵产生的甲烷气之燃烧热能可被用于生产热水以用作加热介质。

当此活塞流型完全二相甲烷发酵反应器被用于寒冷地区时, 反应器被
20 置于地下的深度是这样的, 以致使贮气柜 6 的盖的高度与该地区冬季冻结深度同样高或略低。已经知道, 甚至当冬季黑夜的气温降低到 -20 到 -30°C 时, 1 米或 1 米以下的地下温极少低于 10°C , 从而使本发明的反应器能在温度为 $15-20^{\circ}\text{C}$ 进行低温甲烷发酵操作。有可能甚至在不使用作为加热介质的热空气或热水的情况下, 通过向进料废液接受槽通气, 以控制废液
25 引入酸发酵槽 1 之前废液的温度, 以致使其中的温度增加到 $25-27^{\circ}\text{C}$, 并由此将甲烷发酵槽 2 的液体温度保持在 $20-22^{\circ}\text{C}$ 。

在下文中, 通过实施例来更详细地介绍本发明的反应器。

实施例 1

30 此例所使用的活塞流型完全二相型甲烷发酵反应器是具有图 2 所示结构的 23 升的实验型装置。用猪粪便作为进料废物的反应器试验操作是在受

控的温度计恒定温度为 20℃下进行的，设定的平均停留时间为 20 天和有机物装入量每天每立方米体积为 3 公斤，以平稳地得到每天为 25-26 升 NTP 的甲烷气。

当设定值被修正到一半时，平均停留时间为 10 天和有机物装入量被增加一倍而达到每天每立方米体积为 6 公斤，甲烷气的日产量为 12-14 升，即，前者试验的一半。

消化液中的乙酸和丙酸的浓度分别为 5500 克/升和 2357 克/升；而在平均停留时间为 10 天的试验中显示明显的乙酸的同化作用与丙酸的聚集作用，以及当有机物装入量高时的不完全的有机酸分解。

反应器的第三种试验以二阶段法并用体积相应于被保持在甲烷发酵槽 2 中最小液体体积 20%的、作为载体的石棉板来进行。第一阶段以平均停留时间为 20 天和有机物装入量为每天每立方米体积 3 公斤进行 20 天，而第二阶段以平均停留时间为 10 天和有机物装入量为每天每立方米体积 6 公斤进行 30 天，得到每天为 23-28 升甲烷气。

15

实施例 2

通过使用具有总体积容量为 50 升的如附图 3 中所示的反应器进行处理猪粪的试验操作，操作条件包括液体温度为 20-22℃、平均停留时间为 10 天和有机物装入量为每天每立方米体积 3 公斤。甲烷气的日产量为 50-65 升。

20

实施例 3

在图 4 的示意图所示的体系中进行处理猪粪的试验操作，有机物的装入量为每天每立方米体积 4 公斤和平均停留时间为 10 天。甲烷发酵槽中装有体积相应于 10%槽体积的圆柱形管状载体的石棉。

25

下面是试验操作的概要。

通过装在猪舍 101 地板上的栅格下流的猪尿被收集在下面的尿收集槽 102 中。从其中将尿以每天 8 吨的速率转移到进料槽 105 中。另一方面，通过单独的螺旋推进器 103 将固体粪便装在小车 104 上并以每天 1.5 吨的速率送入到进料槽 105。于是，进料槽(其容积为 21 吨)以每天 9.5 吨的速率接受液体与固体粪便。进料槽 105 装有搅动泵(在图中未示出)，通过此泵粪便被

30

均匀搅拌。

通过泵 105A 将如此混合的粪便输送到螺旋式压力机 106，在该处粪便被分离成液体与固体。将排泄物液体送至充气槽 108，其中通过操作充气鼓风机 109 将空气以受控的速率吹入到排泄物液体中而使其经受充气处理，
5 直至该液体温度达到 20 - 25℃。

在螺旋式压力机 106 中分离的排泄物固体被送到堆肥发酵槽 107，并在其中在鼓风机 110 吹入的空气下保留 5 天以便使固体温度增加到 60 - 75℃，接着将其转移到堆肥室 115 中，在该处堆肥块经受老化发酵处理二、三个月，期间无空气流动以便成为老化过的堆肥，通常用作农用有机肥料。

10 装在温度为 20 - 25℃的充气槽 108 中的排泄物液体被输送到酸发酵槽 111，然后通过闸阀 111A 进入到具有有效容积为 130 吨的甲烷发酵槽 112，在该处液体根据预先被引入到进料槽 105 的稀释水体积经受时间约为 10 - 13 天的厌氧发酵处理。甲烷发酵槽 112 上部的空间用作所谓沼气的贮气柜，所谓的沼气是排泄物液体地厌氧发酵产生的。此处，被收集在贮气柜的治
15 气含有 65 - 70%体积的甲烷、30 - 35%体积的二氧化碳和 0.2 - 0.4%体积的硫化氢。

甲烷气的产率达到每天 80 - 130 立方米并能用作燃料气，例如室内供热。从甲烷发酵槽通过闸阀 112A 排出的液体通过安装在控制槽 113 中的泵从控制槽 113 与沉降槽 114 中排出，能被用作农田的有机液体肥料。在二
20 月和三月进行的二次试验操作的结果示于下表 1 中。

表 1

	二月	三月
气温，℃	- 15 ± 3	- 8 ± 3
甲烷发酵槽中的液体温度，℃	8 ± 3	20 ± 4
消化气的产率，立方米/日	120 ± 10	140 ± 8
甲烷的浓度，%体积	60 ± 3	62 ± 2
有机酸，毫克/升	2000 ± 200	1800 ± 300
MH ₃ -N，毫克/升	2400 ± 300	2500 ± 300

工业实用性

本发明提供一种通过利用各种有机废物诸如猪粪便与厨房垃圾进行有效的甲烷发酵的反应器。该装置包括按序连接在一起的酸发酵槽、甲烷发酵槽和沉降槽，其中能完全避免由于处理时液体返流所引起的问题，从而

5 能够长时期地进行稳定的发酵操作。

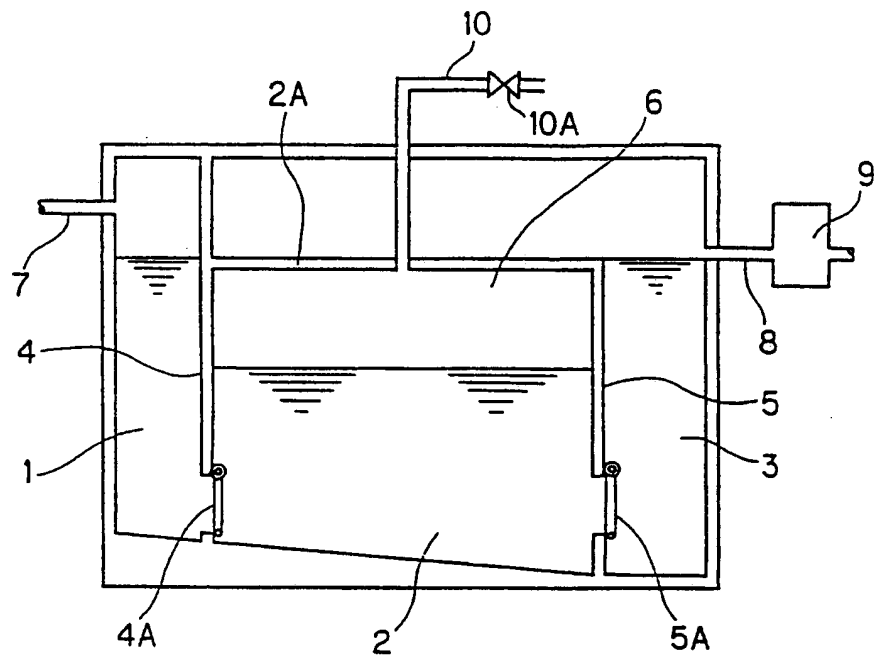


图 1

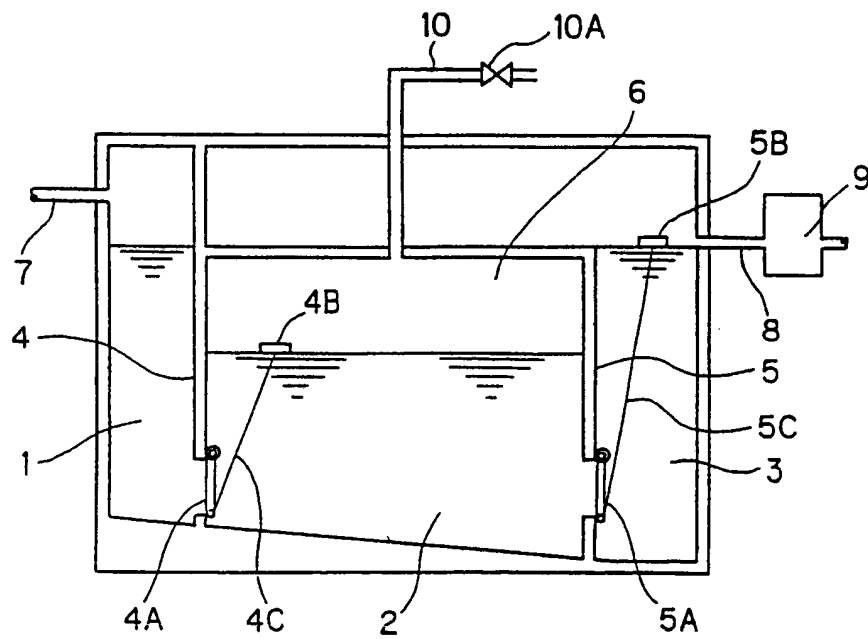


图 2

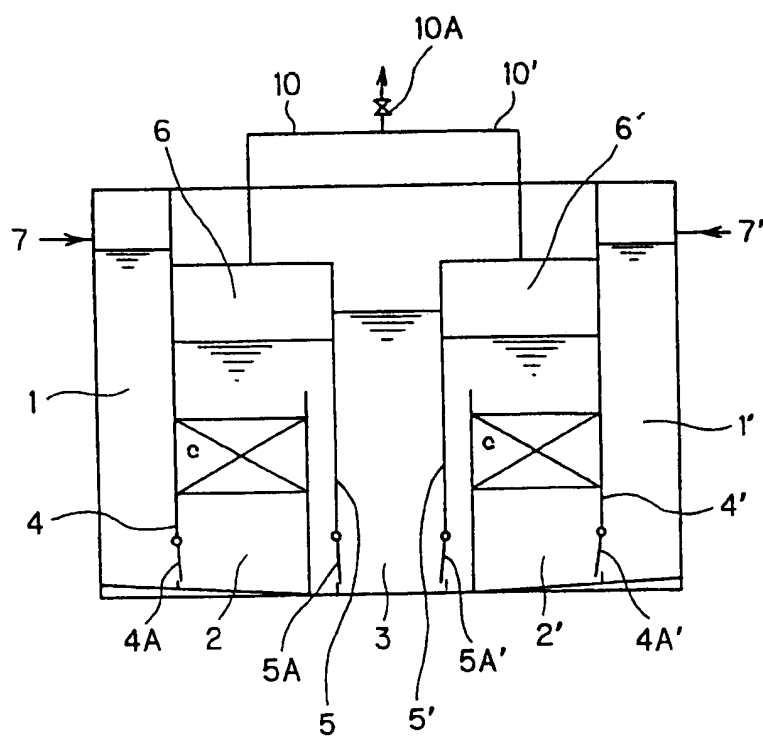


图 3

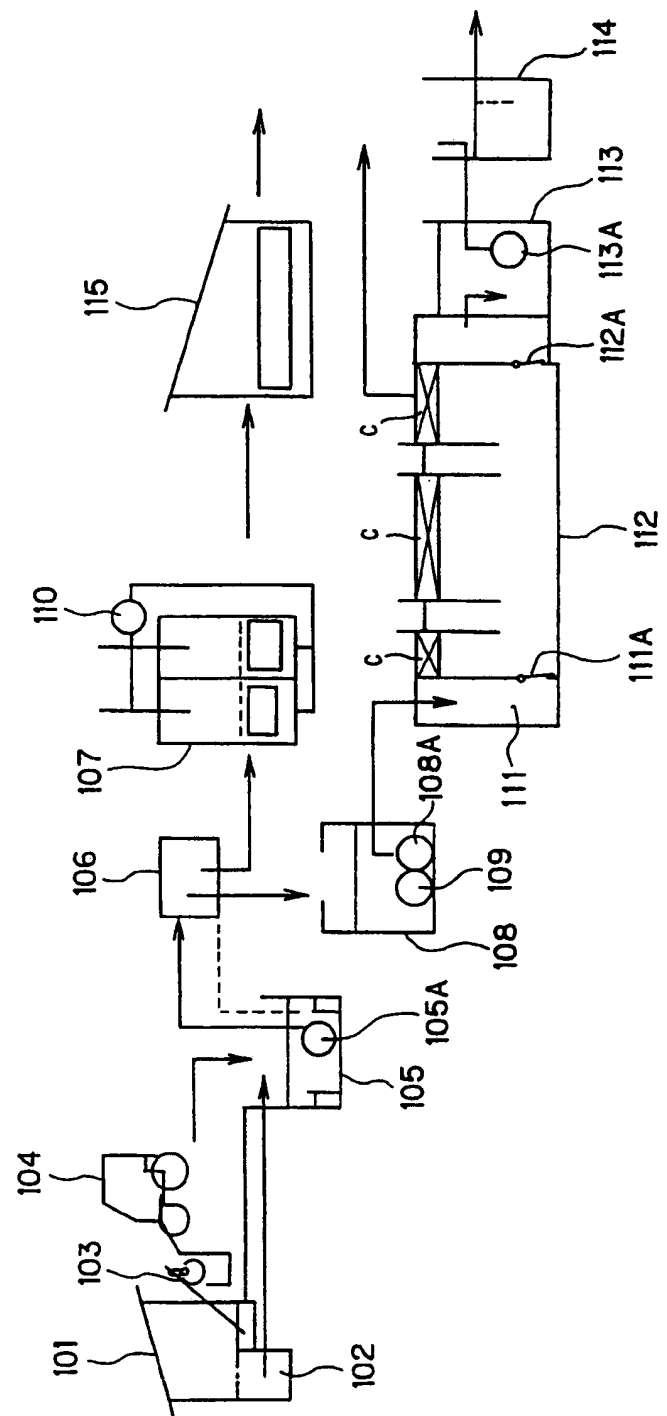


图 4