



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102046265 B

(45) 授权公告日 2014. 01. 29

(21) 申请号 200980119776. 2

(22) 申请日 2009. 05. 22

(30) 优先权数据

102008025971. 3 2008. 05. 30 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 11. 29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2009/003656 2009. 05. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/146805 DE 2009. 12. 10

(73) 专利权人 DGE 京特博士工程有限公司

地址 德国维滕贝格

(72) 发明人 L · 刚特

(74) 专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司 11285

代理人 钟守期 张广育

(51) Int. Cl.

B01D 53/14 (2006. 01)

C07C 7/11 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 4409102 A, 1983. 10. 11, 全文.

WO 2008034473 A1, 2008. 03. 27, 全文.

DE 102007048565 B3, 2009. 01. 22, 全文.

US 2008134754 A1, 2008. 06. 12, 全文.

审查员 刘辉

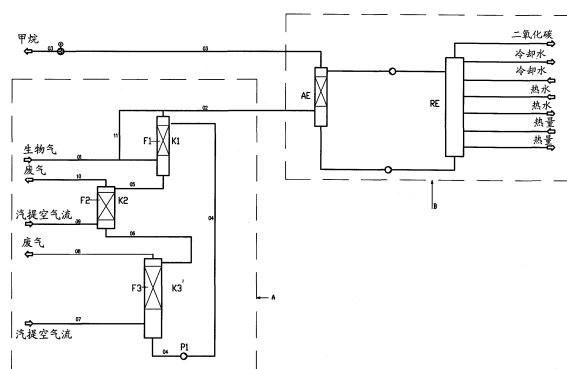
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

为提取甲烷而纯化生物气的方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及一种为提取甲烷而纯化生物气的方法, 其中将在生物气中存在的多种组分, 如二氧化碳、硫化物、以及氨气在多个不同的处理步骤中进行分离; 并且涉及一种适合于实施该方法的一种系统。提供一种为提取甲烷而纯化生物气、具有低能耗以及允许甲烷含量增大至少 10% 的特征的方法的这个目的通过以下特征得以实现: 在一个第一纯化步骤中, 将存在于原气体中的二氧化碳、硫化氢、氨气、以及其他水溶性有机物质在一个洗涤柱 K1 中于标准压力或者高至 6 巴的超压下借助新鲜水去除, 其中将具有至少 65% 甲烷含量的甲烷气在该洗涤柱 K1 的头部抽出。在一个第一汽提柱 K2 中并且接着在一个第二汽提柱 K3 中通过在标准压力下加入汽提空气而将溶解于洗涤水中的甲烷和二氧化碳从该洗涤柱 K1 排出的被污染的洗涤水中顺序地分离出来。在该第一汽提阶段 K1 中出现了具有燃料气品质的一种含氧的汽提气。将在该第二汽提阶段中获得的纯化的洗涤水返回至该第一洗涤阶段 K1 中。



1. 为提取甲烷而纯化生物气的方法,其中,将该生物气中所含的这些组分二氧化碳、硫化物、氨气、以及其他水溶性物质在一个多阶段纯化过程进行去除,其特征在于该纯化过程是在至少三个纯化步骤中进行的,该至少三个纯化步骤相互立即连续地发生并且使用了在回路中被引导的无添加剂的新鲜水,其中:

a) 作为一个第一纯化步骤,抽自一个生物气工厂的待纯化的生物气在标准压力或者在高至 6 巴的超压下与所送入的该新鲜水逆流地流动穿过带有填充床的一个洗涤柱(K1),并且在原气体中所含的二氧化碳、硫化氢、氨气、以及其他有机的水溶性物质被束缚在该新鲜水中,并且将具有至少 65% 甲烷含量的甲烷气在该洗涤柱(K1)的头部抽出,

b) 在一个带有填充床或者填料的第一汽提柱(K2)中将溶解于从该洗涤柱(K1)排出的被污染的洗涤溶液中的甲烷从所述洗涤溶液中去除至少 90%,是通过加入基于生物气的量并且在标准压力下在逆流方向上以高至 60℃ 的温度被送入的 0.5% 至 10% 的汽提空气或者汽提空气以及氧气,其中一种具有燃料气品质的含氧的汽提气在该过程中产生,

c) 将溶解于从该第一汽提柱(K2)中排出的被污染的洗涤溶液中的二氧化碳在一个带有填充体或者填料的第二汽提柱(K3)中去除至低于 200mg/l 的剩余含量,是通过加入基于生物气量值并且在标准压力下在一个逆流方向上被送入的至少 25% 的汽提空气,其中将该纯化的洗涤溶液送至洗涤柱(K1)中并且将废气导出。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于在回路中被引导的新鲜水具有的温度高至 65℃。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于将从该第一汽提柱(K2)中抽出的汽提气或者返回至该生物气工厂的消化器中或者送入第一洗涤阶段中所去除的甲烷气流中或者用作一种燃料气。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,将用于从该被污染的洗涤溶液中去除甲烷的该第一汽提柱(K2)以两个阶段来构造,其中氧气被送入第一阶段中而汽提空气被送入第二阶段中或者反之亦然,并且产生了具有不同的氧气含量的两种不同的燃料气。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于将具有高氧气含量的燃料气作为一种氧气来源用于该生物气的一种生物脱硫。

6. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的方法,其特征在于,将从该洗涤柱(K1)中抽出的甲烷气送入一个另外的处理阶段中以便或者单独地或者与从该第一汽提柱(K2)中抽出的汽提气一起来增大该甲烷含量。

7. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的方法,其特征在于,将送入的生物气在将其导入该洗涤柱(K1)之前调整为 <5ppm 的硫含量。

8. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的方法,其特征在于,在一个指定的运行时期之后如果在从洗涤柱(K1)中抽出的被污染的洗涤溶液中硫含量超过 50ppm,则将该回路中循环的洗涤溶液用新鲜水部分地或完全地替换。

9. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的方法,其特征在于将在该第二汽提柱(K3)的底部抽出的洗涤溶液的一部分量从该回路中移除,将一种结合了硫化氢的反应物加入所述溶液中,并且在铁-II-二硫化物沉淀之后将该洗涤溶液返回至该回路中。

10. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的方法,其特征在于,借助洗涤溶液的量/h 以及该洗涤柱(K1)中的洗涤溶液温度这些参数,对于溶解于该洗涤溶液中的二氧化碳的分离能力是

可调节的,其中一个更高量值的洗涤溶液和一个更低的洗涤溶液温度产生了一个更高的分离能力。

11. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的方法,其特征在于,将从该洗涤柱(K1)中抽出的、用于增大甲烷浓度和该消化器中生物气的储存能力的该纯化的生物气直接导入该生物气工厂的消化器中。

12. 用于进行根据权利要求 1 至 10 之一所述的方法的系统,该系统包括:一个洗涤柱(K1),是作为一个气体洗涤器形成的,用于借助洗涤溶液来去除该生物气中所含的这些组分,二氧化碳、硫化物、氨气、以及其他水溶性物质;一个第一汽提柱(K2),用于去除溶解在该被污染的洗涤溶液中的甲烷;以及一个第二汽提柱(K3),用于从该第一汽提柱底部获得的被污染的洗涤溶液中去除二氧化碳,其中,该洗涤柱和这两个汽提柱是串联连接的并且该洗涤柱(K1)具有一个有着 300 至 $900\text{mm}^2/\text{m}^3$ 的表面积以及 2 至 16m 的床高度的填充床或者填料,该第一汽提柱(K2)具有一个有着 350 至 $900\text{mm}^2/\text{m}^3$ 的表面积以及 1 至 4m 的床高度的填充床或者填料,并且该第二汽提柱(K3)具有一个有着 100 至 $300\text{mm}^2/\text{m}^3$ 的表面积以及 1 至 10m 的床高度的填充床或者填料,并且该第二汽提柱(K2)的底部通过输送洗涤液的一根管线(04)连接至该洗涤柱(K1)的头部,其中一个泵(P1)被整合到循环管线之中。

13. 根据权利要求 12 所述的系统,其特征在于,一个热交换器(W1)被整合到该循环管线(04)中以冷却该洗涤溶液。

14. 根据权利要求 12 或 13 之一所述的系统,其特征在于,该洗涤柱(K1)和这两个汽提柱(K2, K3)具有相同的柱直径以及不同的填充床高度,其中洗涤柱(K1):第一汽提柱(K2):第二汽提柱(K3)的床高度的比率总计为 $3:1:2$ 至 $3:0.5:1$ 。

15. 根据权利要求 12 或 13 之一所述的系统,其特征在于该第一汽提柱(K2):第二汽提柱(K3)的填充床的表面积比率是 $1:0.2$ 至 $1:0.8$ 。

16. 根据权利要求 12 或 13 之一所述的系统,其特征在于该第一汽提柱(K2):第二汽提柱(K3)的填充床的表面积比率是 $1:0.5$ 。

17. 根据权利要求 12 或 13 之一所述的系统,其特征在于该第一汽提柱(K1)被分成两个柱部分(K2A, K2B),其中,每个柱部分(K2A, K2B)装配有一个填充床或者是填料,并且上部的柱部分(K2A)被连接至一根提供氧气的管线(09b)上并且下部的柱部分(K2B)被连接至一根供应空气的管线(09a)上。

18. 根据权利要求 12 或 13 之一所述的系统,其特征在于该洗涤柱(K1)和这两个汽提柱(K2, K3)被安排在一个塔中。

19. 根据权利要求 12 或 13 之一所述的系统,其特征在于,该洗涤柱(K1)和这些汽提柱(K2, K3)的分隔板被构造为在技术上关于气体加载而言是防漏的并且关于流体加载而言是完全可渗透的。

为提取甲烷而纯化生物气的方法及系统

[0001] 本发明涉及一种为提取甲烷而纯化生物气的方法,在该方法中将该生物气中所含的多种组分如二氧化碳、硫化合物、以及氮气在多个不同的处理步骤中进行分离;并且涉及一种适合用于实施该方法的系统。

[0002] 生物气是通过有机材料的厌氧(无氧)消化形成的并且被用作一种可再生的能源。所产生的这些气体被分类为污泥气、消化气、掩埋气以及生物气,取决于所使用的相应原料,如污泥、淤浆、粪肥、植物或动物来源的废弃材料以及生物原料。

[0003] 所有上述气体此后将被称为生物气。

[0004] 生物气的主要组分是甲烷和二氧化碳以及少量成分一起,包括氮气、硫化合物、氧气、氢气、以及氨气。

[0005] 为了利用该生物气中含有的甲烷,因此有必要在一个多级过程中对该生物气进行处理以去除这些不想要的组分。

[0006] 通常的处理步骤本质上(它们通常是单独进行的)包括除湿(水的去除)、脱硫、以及二氧化碳和氨气的去除。

[0007] 脱硫的生物吸收方法(使用微生物)和化学吸收方法是已知的,其中硫化氢以不同的方式被转换为元素硫。

[0008] 二氧化碳连同少量的硫化氢是通过物理或化学手段被去除,例如通过压力水洗涤、膜法、Selexol 法(在高压下)、变压吸收、或者胺洗涤。

[0009] 这些方法中的一些还去除了水或氨气。

[0010] 以上指出的方法中大多数是能源密集型的并且造成了甲烷损失。

[0011] 使用压力水洗涤和变压吸收方法出现了甲烷的相对高的损失,总计为生物气中所含甲烷的约 2%至 5%。此外,在已被去除的二氧化碳中所含的甲烷仅仅可以借助一种辅助燃烧系统来作为燃料使用,因为它是以如此小的浓度存在的。此外,归因于该变压吸收系统运作的方式,发生了甲烷排放方面的剧烈波动,这要求使其平滑。另外,原气体必须仅含有非常小浓度的 H_2S ,从而迫使对所使用的活性炭的耗时且昂贵的处置成为必需。

[0012] 仅仅在将该受污染的洗涤溶液进行再生的情况下,使用一种洗涤溶液的洗涤(如胺洗涤)才是经济合理的。

[0013] 从 DE 10200051952B3 中获知了一种由炼厂气和/或生物气生产甲烷和液体二氧化碳的方法。将原气体在一个初级阶段纯化(去除杂质,如 NH_3 、 H_2SO_4 、 H_2S 、 SO_2 以及 CO_2)并且随后送入一个吸收柱中,在该吸收柱中在优选 5 至 30 巴的压力下使用一种含胺的洗涤溶液将该原气体中所含的二氧化碳束缚在该洗涤溶液中。所获得的纯化的气体含有按体积计约 98%的甲烷并且可以直接用于其他目的。将该受污染的洗涤溶液在一个汽提柱中在压力下并且在增大的温度下(180℃至 230℃)进行再生处理。

[0014] 该使用压力的方法要求装置上的高水平的支出。

[0015] 从 WO 2008/034473A1 中获知了一种从生物气中去除甲烷和二氧化碳的方法,该方法使之有可能不使用压力而去除二氧化碳并且其中得到了具有 99.5%以上纯度的甲烷气。

[0016] 如同所有的胺洗涤一样,为将该洗涤溶液再生而消耗了相对大量的能量,总计为 0.5 至 0.8kWh/Nm³ 生物气。

[0017] 本发明的目的是设计一种为提取甲烷而纯化生物气的方法,该方法具有低能耗的特征并且使甲烷含量能够增大至少 10% 而伴随低的甲烷损失。此外,要设计一种适合用于实施该方法的系统。

[0018] 以上目的根据本发明借助权利要求 1 所指定的这些特征得以解决。该方法的多个有利实施方案是权利要求 2 至 11 的主题。在权利要求 12 中限定了限定一种适合用于进行该方法的系统的多项特征。这个系统的多个有利的发展是权利要求 12 至 18 的主题。

[0019] 该纯化过程根据所提出的方法在至少三个纯化步骤中发生,它们相互立即连续地发生,使用了在回路中被引导的无添加剂的新鲜水。可以使用取自本地供应网的水或井水或者准备的雨水作为新鲜水。所使用的水不含添加剂。绝对不可缺少地要进行的三个纯化步骤如下:

[0020] 待纯化的生物气(原气体)(起始自生物气工厂或者其他工厂,例如用于生产消化气、污泥气、或填埋气的一个工厂)在标准压力下或者在高达 6 巴的超压下与所送入的新鲜水逆流地流动穿过带有一个填充床的一个洗涤柱。在这个过程中,该原气体中所含的二氧化碳、硫化氢、氨气以及其他有机的水溶性物质被束缚在该新鲜水中。将具有至少 65% 的甲烷含量的甲烷气在该洗涤柱的头部抽出。

[0021] 这种气体洗涤通常在标准压力下进行。然而,在例外情况下,该系统还可以在高达 3 或 4 巴、服从 6 巴的最大值的超压下进行操作。使用更高的压力,更大量的二氧化碳(在 3 巴下它可以是多达三倍)被溶解在该洗涤溶液中。因此,所要求的洗涤溶液的量按倍数三更小,并且该洗涤柱由于该更小的气体体积而可以具有更小的尺寸。所有常规的压缩气体洗涤方法都要求超过 6 巴的压力以便经济地产生按体积计超过 96% 的甲烷浓度。然而,更高的压力导致了显著更高的能耗,因为必须将该系统随后再次降压。此外,存在更高的甲烷损失。

[0022] 以下列出的通过汽提柱进行的这两个纯化步骤对于确保该方法成功进行是不可缺少的。将从洗涤阶段中排出的被污染的洗涤溶液在带有填充床或填料的一个第一汽提柱中进行纯化,是通过加入基于生物气(原气体)的量并且在标准压力下以逆流原则在高达 60°C 的温度下送入的 0.1% 至 10% 的汽提空气或者汽提空气以及氧气,其中甲烷从它被溶解其中的洗涤溶液中几乎完全被去除(至少 90%)。具有燃料气品质的一种含氧的汽提气在这个过程中作为一种废气形成,可以或者将它返回至生物气工厂的消化器中或者送入从洗涤阶段去除的甲烷气流中来浓缩甲烷含量或者将其用作一种燃料气。

[0023] 该第一汽提柱还可以优选作为一个两级柱来构造,其中氧气被送入第一级中并且汽提空气被送入该第二级中,或者反之亦然。这使得能够生产具有不同氧气含量的两种不同的燃料气。具有高氧气含量的该燃料气可以例如用作一种氧气源,用于生物气或者在消化器中的或者外部地生物脱硫作用。

[0024] 将从第一汽提柱中排出的被污染的洗涤溶液在标准压力下以逆流原则在一个带有填充床或填料的一个第二汽提柱中进行纯化,是通过加入基于所送入生物气(原气体)的量为至少 25% 的汽提空气,其中溶解于该洗涤溶液中的二氧化碳被去除到至少低于 200mg/l 的残余含量。将纯化的洗涤溶液返回至气体洗涤器的洗涤阶段,并且将该废气释放

到环境中或者用于其他目的。

[0025] 所提出的方法产生了相对小的在 0.05% 以下的甲烷损失。当该系统在标准压力下运作时,对于这三个纯化步骤的能耗是小于 0.03kWh/Nm³ 生物气,从而使该系统能够极其经济地进行运作。此外,在第一汽提阶段中获得的并具有燃料气品质的该废气可以用于能量生产。如果生物气将被用于送入一种天然气网络中或者生产燃料,这是特别重要的。在此类情况下,没有来自发电的余热可供使用。来自一种生物甲烷气压缩的余热不足以加热该消化器。在此情况下,必须提供另外的化石燃料。作为副产物产生的燃料气可以很好地利用来加热该消化器。

[0026] 可替代地,可以将从该洗涤柱中抽出的用于增大甲烷浓度和该消化器中生物气的储存能力的纯化的生物气直接导入该生物气工厂的消化器中。

[0027] 通过将根据本发明的方法与一个生物气工厂以此方式连系起来,可以在该消化器中产生具有显著更高的甲烷含量的生物气,并且该生物气的储存能力被大大扩大。然后,从该消化器中抽出的具有增大的甲烷浓度的生物气可用于立即的商业利用而无需进一步的处理。

[0028] 从该洗涤阶段抽出的纯化的生物气(甲烷气)对于立即的进一步使用已经是足够纯的,例如对于送入天然气网络中或者用于运行组合的热电厂。如果要求具有更大纯度的天然气,则可以通过借助于胺洗涤的进一步处理或纯化来将目前的甲烷气调节至所要求的纯度。可以将该甲烷气(或者就其本身或者与从第一汽提柱中排出的汽提气(燃料气)一起)送入一个进一步的处理阶段以增大甲烷含量。一个后续的胺洗涤连同洗涤溶液的再生可以在显著更小的能量消耗以及显著更少的甲烷损失下进行,因为这些杂质中的多数部分已经从该生物气中被去除了。

[0029] 然后在高至 65°C 的温度下(优选低于 20°C)将新鲜水送入第一纯化阶段(洗涤柱)。可以使用 10°C 至 15°C 温度的地下水作为新鲜水。

[0030] 洗涤溶液的温度越低,对二氧化碳的分离能力就越高。因此在温暖的环境温度下,应将洗涤溶液在导入气体洗涤器之前进行冷却。对溶解在洗涤溶液的二氧化碳的分离能力可以通过以下参数进行调整:洗涤溶液的量/h 以及该洗涤柱中的洗涤溶液温度。更大量的洗涤溶液和更低的洗涤溶液温度产生了更高的分离能力。

[0031] 关于待送入这两个汽提柱的汽提空气的量应该注意,仅小量的汽提空气被送入第一汽提柱中以从该洗涤溶液中分离出甲烷,而一个显著更高的量被送入第二汽提柱中以去除 CO₂。

[0032] 这些比例取决于这些汽提柱的尺寸以及该生物气(原气体)中的甲烷含量。

[0033] 因此,第一汽提阶段中的生物气(原气体)的汽提空气量的量比率应该总计为 1 : 50 至 1 : 1000,优选 1 : 100。与使用更大的比率相比,使用 1 : 50 的小比率在汽提气(废气)中实现了更高的甲烷浓度。同时,应该记住甲烷逃逸可能发生。该第二汽提阶段中生物气(原气体)的汽提空气量的量比率应该为 1 : 0.3 至 1 : 10,优选 1 : 2。

[0034] 该比例越高,在该纯化的洗涤溶液中溶解的 CO₂ 的残余量就越高。第一汽提阶段:第二汽提阶段中的汽提空气的量值的比率应该是 1 : 200 至 1 : 3000。应该优选使用常态空气作为汽提空气,尽管氧气和氮气两者都是适合的,或者是单独地或者是作为一种混合物。

[0035] 送入的生物气在被导入洗涤阶段或气体洗涤器之前,应该被调整到 $< 5\text{ppm}$ 的硫含量。这可以通过该消化器中一个本质上已知的脱硫单元或者借助一种单独的预脱硫单元来完成。如果洗涤阶段的被污染的洗涤溶液中硫含量太高,例如在 30ppm 以上,则可能有必要用新鲜水部分或全部地替换在回路中被引导的洗涤溶液。为了避免这种情况,将从第二汽提柱的底部抽出的洗涤溶液的一部分从该回路中去除,并且将结合了硫化氢的一种反应物(例如铁-III-氯化物或者铁-III-氧化物)加入到所述洗涤溶液中,由此所溶解的硫化氢被化学地束缚,并且在铁-III-二硫化物的沉淀之后,将该洗涤溶液返回至该回路中。在该生物气中硫化氢的浓度超过 30ppm 时,该气体洗涤可以同时用于外部脱硫,在这种情况下下一个适合的脱硫单元(例如通过生物滤池)将被定位在来自第二汽提阶段的汽提气的下游。

[0036] 用来进行本方法的所提出的系统具有简单且便宜的构造并且在下面更加详细地进行了解释。

[0037] 这些附图示出了以下细节:

[0038] 图1:简化表示的用于进行本方法的一种系统的一个初始实施方案变体

[0039] 图2:简化表示的纯化单元A的一个第二实施方案变体

[0040] 图1中示出的系统包括根据本发明用于从生物气中提取甲烷的一个纯化单元A以及用于以一种本身已知的方式进行后续的胺洗涤的一个任选可连接的组件B。用于胺洗涤的组件B的主要部件包括一个吸收单元AE(用于从在纯化单元A中被预纯化的生物气中进一步去除二氧化碳)以及一个再生单元RE(用于所得的含胺的在回路中被引导的被污染洗涤溶液的再生)。

[0041] 纯化单元A包括三个串联连接的带有生物气(原气体)中所含组分的洗涤柱:一个洗涤柱(气体洗涤器)K1、一个第一汽提柱K2以及一个第二汽提柱K3,这些组分是例如二氧化碳、硫化物、氨气,以及在洗涤柱K1中被去除的其他水溶性物质。洗涤柱K1包括一个带有填充床或填料F1的洗涤塔,该填充床或填料由聚乙烯颗粒制成、具有依赖于所要求的 CO_2 去除程度的 200 至 $850\text{m}^2/\text{m}^3$ 的表面积和 2 至 16m 的床高度。

[0042] 第一汽提柱K2和第二汽提柱K3各自包括一个带有聚乙烯颗粒所制成的填充床F2或F3的塔。第一汽提柱K2包含聚乙烯颗粒,表面积为 250 至 $900\text{m}^2/\text{m}^3$ 、优选 300 至 $790\text{m}^2/\text{m}^3$ 并且床高度为 2 至 4m 。在第二汽提柱K3中床高度是 2 至 8m ,其中具有的表面积为 100 至 $480\text{m}^2/\text{m}^3$ 的聚乙烯颗粒被用作填料。洗涤柱K1、K2以及K3通过一条循环线04、05、06被连接,其中泵P1被整合到管线04中。泵P1将所送入的从井或本地供应网或雨水收集集中抽出的洗涤溶液进行循环。

[0043] 将待纯化的生物气经由填充床F1下面的管线01导入洗涤柱K1中。该洗涤溶液在洗涤柱K1的头部经由管线04送入并且与所送入生物气逆流地流动穿过该填充床或填料F1。将纯化的生物气(甲烷气)在洗涤柱K1的头部经由管线02抽出。将被污染的洗涤溶液在洗涤柱K1的底部经由管线05抽出并且在第一汽提柱K2的头部导入其中。一个第一汽提空气流经由管线09进入汽提柱K2之中,是在所述汽提柱的填充床F2的下面。将形成的汽提气(废气)在汽提柱K2的头部经由管线10抽出。将于汽提柱K2的底部获得的被污染的洗涤溶液经由管线06抽出并且在第二汽提柱K3的头部导入其中。将一个第二汽提空气流经由管线07送入第二汽提柱K3的填充床F3的下面。将获得的汽提气(废气)在

汽提柱 K3 的头部经由管线 08 抽出。将在这个汽提柱 K3 的底部获得的纯化的洗涤溶液经由管线 04 泵送至第一洗涤柱 K1 的头部。通过逆流来完成洗涤柱 K2 和 K3 中的汽提气与洗涤溶液之间的接触。可以将含有甲烷的汽提气经由被整合到管线 01 之中的一条分流管线 11 送至管线 02 中。在标准压力下进行这些汽提过程。

[0044] 如果操作者要求对经由管线 02 被抽出的甲烷气的进一步甲烷富集,则可以将这种气体送至下游的胺洗涤(部分 B)。在该胺洗涤之后,将高纯度甲烷气在吸收单元 AE 的头部经由管线 03 抽出。纯化单元 A 还可以不用后续胺洗涤而进行操作。图 2 中示出的纯化单元 A 与图 1 中示出的洗涤单元 A 之间的唯一区别在于前一个单元中单独的纯化步骤 K1 至 K3 被安排在一个单级塔中并且汽提柱 K2 是以被分为上部柱部分 K2A 和下部柱部分 K2B 的两个部分构建的,它们各自具有一个填充床 F2A 或 F2B。。

[0045] 氧气经由管线 09b 被送入柱部分 K2A 中并且空气作为一种汽提媒介经由管线 09a 被送入柱部分 K2B 中。

[0046] 例如,如果将仅仅 $0.5\text{Nm}^3/\text{h}$ 的氧气送入柱部分 K2A 中,则从该洗涤溶液中去除 $4\text{Nm}^3/\text{h}$ 的被溶解的甲烷。将具有高的氧气含量的一种甲烷气(它作为一种氧气来源被用于生物气(原气体)的生物脱硫)经由管线 10b 抽出。

[0047] 将仍然被包含在受污染的洗涤溶液中的残余甲烷借助空气在下游柱部分 K2B 中从所述洗涤溶液中去除。将经由管线 10a 导出的燃料气送入一个热利用系统中。

[0048] 将获得的被污染的洗涤溶液引导穿过来自洗涤柱 K1 的四个溢流口 11 的每个进入第一汽提柱 K2 之中并且由此进入第二汽提柱 K3 中。

[0049] 将被安排在这些单独的柱之间的分隔板构造为使得关于气体加载是技术上防漏的并且关于流体加载是完全可渗透的。此外,将一个用于冷却该洗涤溶液的热交换器 W1 整合到泵 P1 下游的循环线 04 之中。

[0050] 借助以下列举出的实例对这些系统的操作模式进行解释。

[0051] 实例 1

[0052] 源自一个生物气工厂的消化器中并且已在该消化器中未加入空气或氧气而被脱硫的生物气具有以下组成:

[0053]	甲烷	52%	按体积计
[0054]	二氧化碳	44%	按体积计
[0055]	水	3.4%	按体积计
[0056]	氢气	0.1%	按体积计
[0057]	氧气	0.1%	按体积计
[0058]	氮气	0.4%	按体积计
[0059]	H ₂ S	3	ppm
[0060]	NH ₃	20	ppm

[0061] 38°C 至 45°C 温度的生物气 ($500\text{Nm}^3/\text{h}$) 直接从洗涤柱 K1 的消化器被进料并且流动穿过该填充床(高度 6m),在该过程中与洗涤溶液(抽自本地供应网、在回路中被引导并且在逆流方向上被送入)相接触。该洗涤过程在标准压力下(-10 至 $+20$ 毫巴)发生,基于所供应生物气的量送入了 $400\text{m}^3/\text{h}$ 的水。在短期运行之后,该洗涤溶液含有约 $50\text{mg}/\text{l}$ 的 CO_2 的残余负载。

[0062] 在无压气体洗涤的过程中, CO_2 、 H_2S 以及 NH_3 从生物气中被去除并被溶解在该洗涤溶液中, 其 CO_2 的中去除比例总计约 80%。在洗涤柱 K1 的头部抽出了 $333\text{Nm}^3/\text{h}$ 具有以下组成的纯化的生物气 (甲烷气):

[0063] 甲烷 76.8% 按体积计

[0064] 二氧化碳 13.2% 按体积计

[0065] 水 9.15% 按体积计

[0066] 氢气 0.1% 按体积计

[0067] 氧气 0.15% 按体积计

[0068] 氮气 0.6% 按体积计

[0069] H_2S < 1 ppm

[0070] NH_3 < 1 ppm

[0071] 将在洗涤柱 K1 的底部获得的、含有被携带的溶解于洗涤溶液中的甲烷 (所谓甲烷逃逸) 的被污染洗涤溶液在一个随后的第二纯化步骤中直接引导穿过一个第一汽提柱 K2, 在该柱中通过加入汽提空气将逆流中的甲烷从该被污染的洗涤溶液中部分地去除。

[0072] 由于第一汽提柱的构造 (填充床的表面积 $790\text{m}^2/\text{m}^3$, 床高度 2m), 小量的送入汽提空气 ($5\text{Nm}^3/\text{h}$) 确保了约 $6.8\text{Nm}^3/\text{h}$ 的溶解于该被污染的洗涤溶液中的甲烷中多余 98% 的通过该汽提空气从所述溶液中被去除。在第一汽提柱 K2 的头部被抽出的汽提气 (废气) 仍然含有 CO_2 (约 $4\text{Nm}^3/\text{h}$)。获得的汽提气 (废气) 具有按体积计 43% 的甲烷含量并且具有与发热值为 74.5kW 的完全成熟的燃料相同的品质。

[0073] 这可以用于将从洗涤柱 K1 中抽出的甲烷气进行流富集或者用作燃料或者作为一种能量来源用于加热气体。第二纯化步骤因此确保了生物气中所含甲烷的总损失是保持在一个相对低的水平并且不超过 0.5% 的值。将第一汽提阶段 K2 中获得的被污染的无甲烷洗涤溶液直接送入一个进一步的纯化步骤 (第二汽提阶段 K3) 中, 其中通过在逆流方向上送入的汽提空气而将 CO_2 从洗涤溶液中去除。与在第一汽提阶段 K2 中相比, 在第二汽提阶段 K3 中使用了大得多的量值的汽提空气。

[0074] 将 $300\text{Nm}^3/\text{h}$ 的吸收了束缚于洗涤溶液中的二氧化碳的湿的汽提空气 (25°C) 送入汽提柱 K3 (填充床的表面积 $480\text{m}^2/\text{m}^3$; 床高度 4m) 中。在这些条件下, 该洗涤溶液中的二氧化碳负荷从 $915\text{g}/\text{l}$ 被减少至 $50\text{mg}/\text{l}$ 。将在汽提柱 K3 的底部获得的纯化的洗涤溶液通过泵 P1 经由管线 04 送入洗涤柱 K1 中。

[0075] 可以将退出汽提柱 K3 的废气直接排放入环境中无需任何进一步的处理。

[0076] 对于纯化步骤 K1、K2 以及 K3 的整个过程控制仅要求 12.5kW 的电, 这在本方法的经济运行的意义上是非常重要的。这种低能耗意味着基于生物气的输入 ($500\text{Nm}^3/\text{h}$) 为 $0.025\text{kWh}/\text{Nm}^3$ 的比消耗量。

[0077] 从洗涤柱 K1 的头部抽出的纯化的生物气 (甲烷含量按体积计 76.8%) 可用于立即的进一步商业利用或者可以 (如果要求的话) 进一步进行纯化以增大它的甲烷含量。

[0078] 例如, 进一步的纯化可以通过一种本质土已知的胺洗涤来进行, 例如在公开的文件 DE 10200051952B3 和 WO 2008/034473A1 中说明的。在洗涤柱 K1 的头部抽出的甲烷气已经借助用含胺类的一种洗涤试剂进行的一种胺洗涤被纯化之后, 产生了具有以下组成的一种纯化的生物气 (甲烷气):

[0079]	甲烷	88.3%	按体积计
[0080]	二氧化碳	0.3%	按体积计
[0081]	水	10.3%	按体积计
[0082]	氢气	0.17%	按体积计
[0083]	氧气	0.17%	按体积计
[0084]	氮气	0.69%	按体积计
[0085]	H ₂ S	2	ppm
[0086]	NH ₃	1	ppm

[0087] 将仍被包含在该生物气中的水在一个下游除湿阶段中去除,并且将该纯化的生物气调整为 2℃ 的露点温度,在此之后该生物气具有以下组成:

[0088]	甲烷	97.7%	按体积计
[0089]	二氧化碳	0.38%	按体积计
[0090]	水	0.78%	按体积计
[0091]	氢气	0.19%	按体积计
[0092]	氧气	0.19%	按体积计
[0093]	氮气	0.76%	按体积计
[0094]	H ₂ S	2	ppm
[0095]	NH ₃	1	ppm

[0096] 甲烷含量通过进一步的冷却和残余水含量的去除和/或氮气含量的减少仍然可以进一步增大。然而,这对于该纯化的生物气(甲烷气)的应用的大多数技术领域将不是必需的。与另外地纯化作为原气体的生物气所必要的相比,胺洗涤(伴随洗涤溶液的再生)可以在大大更小的能量消耗下进行。这是因为仅仅小量的杂质仍要在一个随后的胺洗涤中进行去除,因为该生物气已经在纯化步骤 K1 至 K3 中被预纯化。

[0097] 用于纯化该含胺类的洗涤溶液所要求的热能因此从 250kW 被减少至 72kW。基于生物气的量的比热量要求因此可以从 0.5kWh/Nm³ 减少至 0.144kWh/Nm³。一个另外的优点是常规胺洗涤(0.1%)相比低的甲烷损失(0.03%)。在用于胺洗涤的这 72kW 之中,可以通过废热回收使约 85% 的热能再次可用于另外的应用。这可以用来将该消化器加热至 58℃ 的温度。

[0098] 实例 2

[0099] 按类似于实例 1 的方式对于从一个污水厂的消化塔中获得的具有以下组成的污泥气进行处理:

[0100]	甲烷	65.4%	按体积计
[0101]	二氧化碳	29.6%	按体积计
[0102]	水	4.5%	按体积计
[0103]	氢气	0.1%	按体积计
[0104]	氧气	0.1%	按体积计
[0105]	氮气	0.3%	按体积计
[0106]	H ₂ S	2	ppm
[0107]	NH ₃	5	ppm

- [0108] 输入量 : $500\text{Nm}^3/\text{h}$, 温度从 38°C 至 45°C ;
- [0109] 气体洗涤——洗涤柱 K1
- [0110] - 填充床的表面积 : $740\text{m}^2/\text{m}^3$
- [0111] - 标准压力 ; 洗涤溶液的量 : $350\text{m}^3/\text{h}$
- [0112] - 在洗涤柱 K1 的头部以 $333\text{Nm}^3/\text{h}$ 的量抽出的纯化的生物气 (甲烷气) 的组成 :
- [0113] 甲烷 83.8% 按体积计
- [0114] 二氧化碳 8.8% 按体积计
- [0115] 水 6.6% 按体积计
- [0116] 氢气 0.15% 按体积计
- [0117] 氧气 0.15% 按体积计
- [0118] 氮气 0.4% 按体积计
- [0119] H_2S < 1ppm
- [0120] NH_3 < 1ppm
- [0121] 汽提柱 K2 :
- [0122] - 填充床的表面积 : $840\text{m}^2/\text{m}^3$
- [0123] - 送入汽提空气的量 : Nm^3/h ;
- [0124] - $4.9\text{Nm}^3/\text{h}$ 的溶解甲烷 (= 99.7%) 从被污染的洗涤溶液中被去除 ;
- [0125] - 根据饱和度, 抽出的汽提气 (废气) 含有 $4\text{Nm}^3/\text{hCO}_2$ 和水蒸气 ;
- [0126] - 汽提气 (燃料气) 的甲烷含量 : 按体积计 32.2. %
- [0127] - 汽提气 (燃料气) 的发热值 : 54kW
- [0128] 汽提柱 K3 :
- [0129] - 填充床的表面积 : $220\text{m}^2/\text{m}^3$
- [0130] - 送入汽提空气的量 : $570\text{Nm}^3/\text{h}$;
- [0131] - CO_2 负荷从 $845\text{g}/1$ 减少至 $50\text{mg}/1$
- [0132] 这些柱的填充床高度的比例 : K1 : K2 : K3 为 3 : 1 : 2
- [0133] 能耗 K1 至 K3
- [0134] 电能 : 10.5kW ;
- [0135] 比能耗 : $0.021\text{kWh}/\text{Nm}^3$
- [0136] 甲烷损失总计仅 0.3%

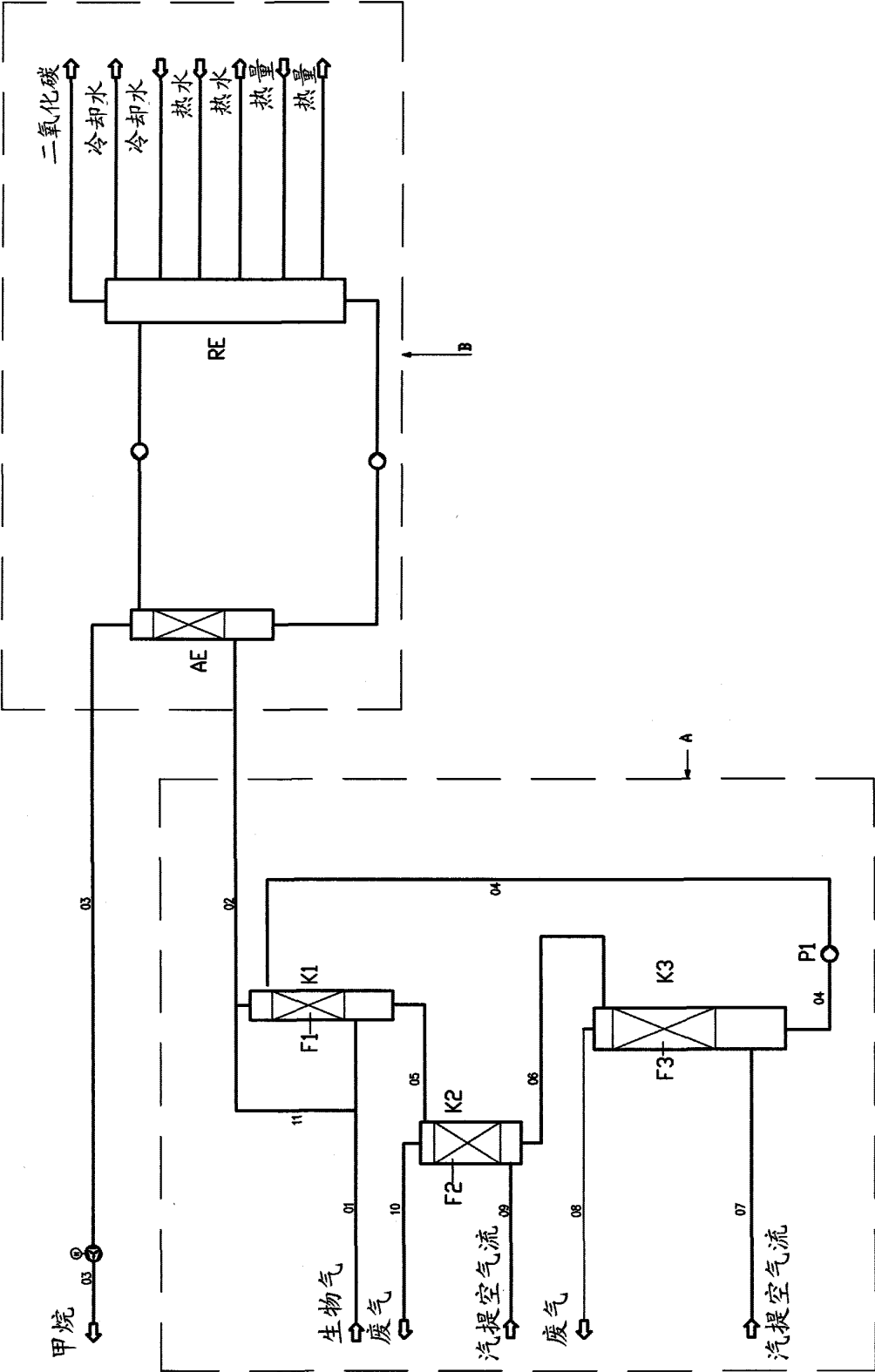


图 1

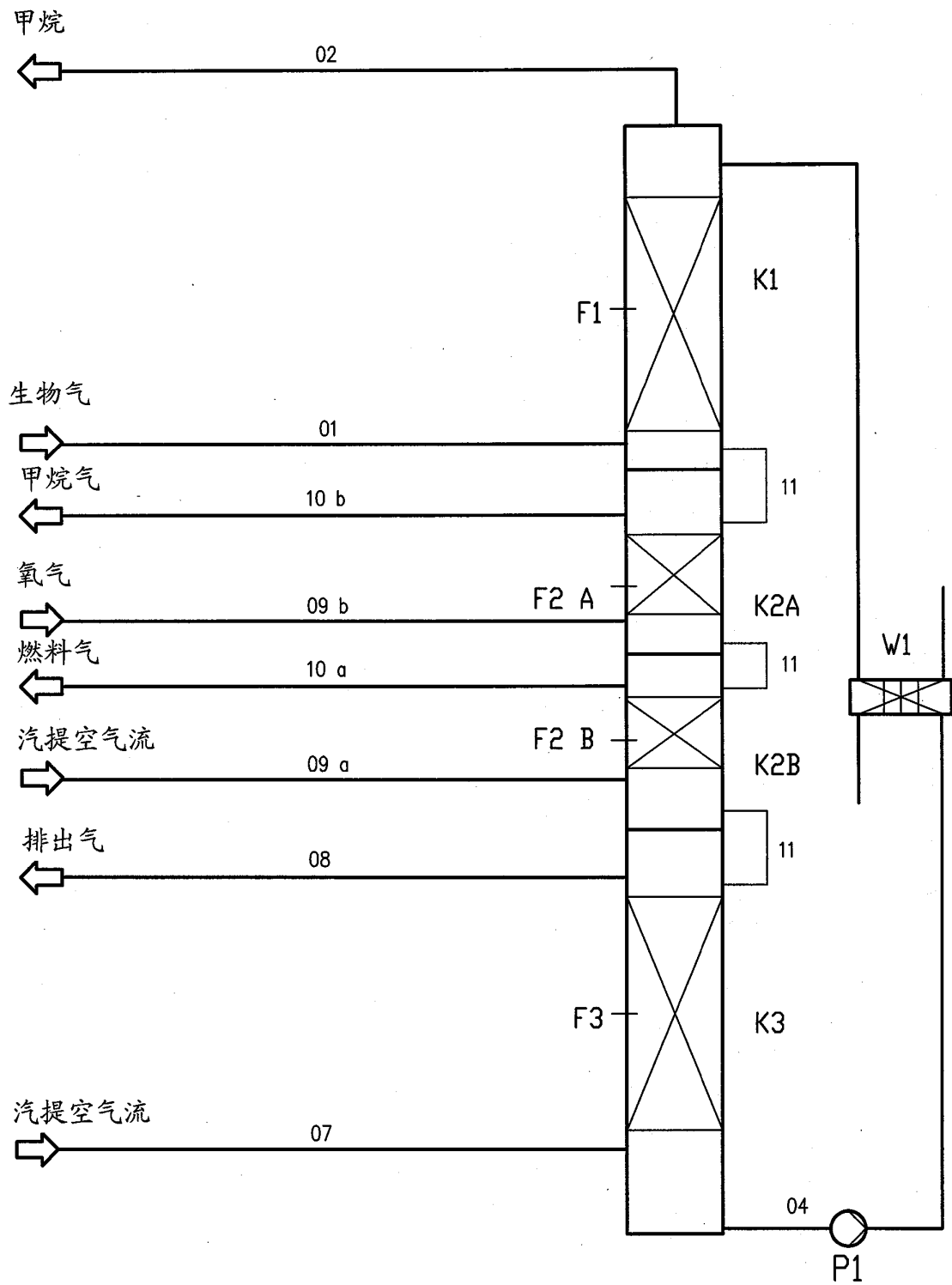


图 2