



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102123782 A

(43) 申请公布日 2011. 07. 13

(21) 申请号 200980132251. 2

C02F 1/44 (2006. 01)

(22) 申请日 2009. 06. 22

(30) 优先权数据

61/074, 195 2008. 06. 20 US

61/074, 199 2008. 06. 20 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 02. 18

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/048137 2009. 06. 22

(87) PCT申请的公布数据

W02009/155596 EN 2009. 12. 23

(71) 申请人 耶鲁大学

地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 R·L·麦金尼斯 M·以利梅勒克

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247

代理人 林柏楠 彭飞

(51) Int. Cl.

B01D 61/02 (2006. 01)

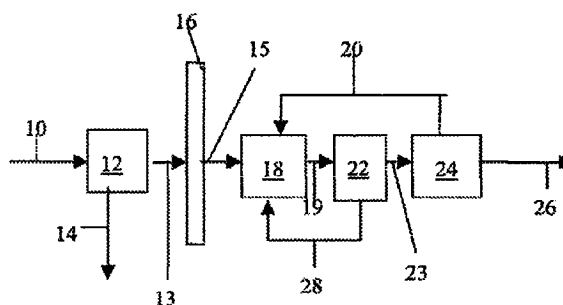
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 2 页

(54) 发明名称

正渗透分离法

(57) 摘要

本发明公开了使用工程化渗透的分离法, 概括而言, 其涉及利用第二浓缩溶液跨过半透膜从第一溶液中吸取溶剂, 以从第一溶液中提取溶剂从而浓缩溶质。溶质和溶剂之一或二者都可能是所需产物。使用来自工业或商业源的低级废热可能提高效率。



1. 正渗透分离法,包括:

在半透膜的第一侧上引入包含溶剂和至少一种目标物质的第一溶液;

在所述半透膜的第二侧上引入以至少 1 : 1 的摩尔比包含氨和二氧化碳的第二溶液,由此跨过该半透膜形成渗透浓度梯度,这促使第一溶液的至少一部分溶剂流过所述半透膜,以形成在该半透膜的第一侧上的第三溶液和在该半透膜的第二侧上的第四溶液;

促使至少一部分第四溶液流向分离操作,由此生成吸引溶质和溶剂流;

将所述吸引溶质送回所述半透膜的第二侧;和

从第三溶液中回收所述至少一种目标物质。

2. 权利要求 1 的方法,其中第一溶液是水溶液。

3. 权利要求 1 的方法,其中第一溶液包含来自药品或食品级操作的料流。

4. 权利要求 3 的方法,其中目标物质包含盐、糖、酶、蛋白质或微生物。

5. 权利要求 1 的方法,其中在半透膜的第一侧上引入第一溶液包括将该半透膜浸在第一溶液中。

6. 权利要求 4 的方法,其中引入第二溶液包括沿半透膜的第二侧传送第二溶液。

7. 权利要求 1 的方法,其中连续引入第一溶液。

8. 权利要求 1 的方法,其中将至少一部分第四溶液引入分离操作包括将至少一部分第四溶液引入蒸馏塔、膜蒸馏系统、或渗透蒸发或全蒸发系统。

9. 权利要求 8 的方法,进一步包括向所述分离操作供应废热。

10. 权利要求 8 的方法,进一步包括处理所述溶剂流。

11. 权利要求 1 的方法,其中回收所述至少一种目标物质包括将第三溶液引入沉降器、旋液分离器、沉淀器或力梯度操作。

12. 权利要求 11 的方法,进一步包括将所述至少一种回收的目标物质引入进一步的处理单元。

13. 权利要求 12 的方法,进一步包括将所述至少一种处理过的目标物质供应给下游使用点。

14. 正渗透废料处理法,包括:

在半透膜的第一侧上引入包含溶剂和至少一种成分的第一溶液;

在所述半透膜的第二侧上引入以至少 1 : 1 的摩尔比包含氨和二氧化碳的浓缩吸引溶液,以保持跨过该半透膜的渗透浓度梯度;

促使第一溶液的至少一部分溶剂流过所述半透膜,以形成在该半透膜的第一侧上的第二溶液和在该半透膜的第二侧上的稀释吸引溶液;

将至少一部分所述稀释吸引溶液引入分离操作,由此生成吸引溶质和溶剂流;

将所述吸引溶质送回所述半透膜的第二侧;和

从所述第二溶液中除去所述至少一种成分。

15. 权利要求 14 的方法,其中第一溶液包含废水。

16. 权利要求 15 的方法,其中第一溶液包含盐、有机物、悬浮胶体或生物有机体。

17. 权利要求 14 的方法,其中在半透膜的第一侧上引入第一溶液包括将该半透膜浸在第一溶液中。

18. 权利要求 14 的方法,其中引入浓缩吸引溶液包括沿半透膜的第二侧传送该浓缩吸

引溶液。

19. 权利要求 14 的方法,其中连续引入第一溶液。

20. 权利要求 14 的方法,其中将至少一部分稀释吸引溶液引入分离操作包括将至少一部分稀释吸引溶液引入蒸馏塔、膜蒸馏系统、或渗透蒸发或全蒸发系统。

21. 权利要求 20 的方法,进一步包括向所述分离操作供应废热。

22. 权利要求 14 的方法,进一步包括处理所述溶剂流。

23. 权利要求 14 的方法,其中除去所述至少一种不合意成分包括将第二溶液引入沉降器、旋液分离器或泄料操作。

24. 权利要求 23 的方法,进一步包括将所述至少一种不合意的成分引入进一步的处理操作。

正渗透分离法

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求 2008 年 6 月 20 日提交的美国临时专利申请序号 61/074,195 和 2008 年 6 月 20 日提交的美国临时专利申请序号 61/074,199 的优先权；二者均全文经此引用并入本文。

技术领域

[0003] 概括而言，本发明一个或多个方面涉及渗透分离。更特别地，本发明一个或多个方面涉及在高纯用途中，例如在食品和药品工业中，使用工程化渗透法（例如正渗透）从用于废水净化和产品回收的水溶液中分离溶质。

背景技术

[0004] 在各种用途中，可能希望浓缩溶液中存在的所需物质。在一些常规技术中，可以施加热以改变溶剂的状态，以将其从溶液中除去，由此提供较高浓度的所需物质。其它常规方法涉及用于使溶剂穿过溶剂可透但所需物质不可透的膜的液压驱动膜法。在废水处理的情况下，膜生物反应器已广泛替代用于从废水流中除去有机物的传统二级废水处理法。液压驱动的膜系统常用于从生物活性溶液中分离水，其中有机物作为食物被微生物消耗，然后这些微生物以沉淀的形式单独除去。

发明概要

[0005] 概括而言，本发明涉及溶液中的溶质的渗透分离系统和方法。

[0006] 根据一个或多个实施方案，公开了正渗透分离法。该方法可包括在半透膜的第一侧上引入包含溶剂和至少一种目标物质的第一溶液。该方法可进一步包括在所述半透膜的第二侧上引入以至少 1 : 1 的摩尔比包含氨和二氧化碳的第二溶液，由此跨过该半透膜形成渗透浓度梯度，这促使第一溶液的至少一部分溶剂流过该半透膜，以形成在该半透膜的第一侧上的第三溶液和在该半透膜的第二侧上的第四溶液。该方法可进一步包括促使至少一部分第四溶液流向分离操作，由此生成吸引溶质 (draw solutes) 和溶剂流。该方法可进一步包括将所述吸引溶质送回所述半透膜的第二侧。该方法可进一步包括从第三溶液中回收所述至少一种目标物质。

[0007] 在一些实施方案中，第一溶液可以是水溶液。在至少一个实施方案中，第一溶液可包含来自药品或食品级操作的料流。目标物质可包含盐、糖、酶、蛋白质或微生物。在一些实施方案中，在半透膜的第一侧上引入第一溶液包括将该半透膜浸在第一溶液中。引入第二溶液可包括沿半透膜的第二侧传送第二溶液。在至少一个实施方案中，连续引入第一溶液。

[0008] 在一个或多个实施方案中，将至少一部分第四溶液引入分离操作包括将至少一部分第四溶液引入蒸馏塔、膜蒸馏系统、或渗透蒸发或全蒸发系统。在一些实施方案中可以向该分离操作供应废热。在至少一个实施方案中，该方法可进一步包括处理该溶剂流的步骤。

[0009] 在一些实施方案中,回收所述至少一种目标物质包括将第三溶液引入沉降器、旋液分离器、沉淀器或力梯度操作。在一些实施方案中,该方法可进一步包括将所述至少一种回收的目标物质引入进一步的处理单元。可以将所述至少一种处理过的目标物质供应给下游使用点。

[0010] 根据一个或多个实施方案,公开了正渗透废料处理法。该方法可包括在半透膜的第一侧上引入包含溶剂和至少一种成分的第一溶液。在一些实施方案中,该方法可进一步包括在所述半透膜的第二侧上引入以至少 1 : 1 的摩尔比包含氨和二氧化碳的浓缩吸引溶液,以保持跨过该半透膜的渗透浓度梯度。在一些实施方案中,该方法可进一步包括促使第一溶液的至少一部分溶剂流过所述半透膜,以形成在该半透膜的第一侧上的第二溶液和在该半透膜的第二侧上的稀释吸引溶液。在一些实施方案中,该方法可进一步包括将至少一部分稀释吸引溶液引入分离操作,由此生成吸引溶质和溶剂流。在一些实施方案中,该方法可进一步包括将所述吸引溶质送回所述半透膜的第二侧。在一些实施方案中,该方法可进一步包括从第二溶液中除去所述至少一种成分。

[0011] 在一些实施方案中,第一溶液包含废水。第一溶液可包含盐、有机物、悬浮胶体或生物有机体。在至少一个实施方案中,在半透膜的第一侧上引入第一溶液包括将该半透膜浸在第一溶液中。引入浓缩吸引溶液可包括沿半透膜的第二侧传送浓缩吸引溶液。在至少一个实施方案中,连续引入第一溶液。

[0012] 在一些实施方案中,将至少一部分稀释吸引溶液引入分离操作包括将至少一部分稀释吸引溶液引入蒸馏塔、膜蒸馏系统、或渗透蒸发或全蒸发系统。该方法可进一步包括向所述分离操作供应废热的步骤。在至少一个实施方案中,该方法可进一步包括处理所述溶剂流。除去所述至少一种不合意成分可包括将第二溶液引入沉降器、旋液分离器或泄料操作。可以将所述至少一种不合意成分引入进一步的处理操作。

[0013] 下面详细论述这些示例性方面和实施方案的其它方面、实施方案和优点。此外,要理解的是,上文的信息和下文的详述仅是各种方面和实施方案的说明性实例,且意在提供用于理解所要求保护的方面和实施方案的性质和特征的综述或框架。附图包括在本发明中,以提供各种方面和实施方案的图示和进一步理解,其并入本说明书并构成本说明书的一部分。附图以及本说明书的剩余部分用于解释所描述和要求保护的方面和实施方案的原理和操作。

[0014] 附图简述

[0015] 下面参照附图论述至少一个实施方案的各种方面。在无意按比例绘制的附图中,各图中所示的各个相同或几乎相同的部件用类似数字表示。为清楚起见,可能并未在每个图中标记出每个部件。以图示和解释为目的提供附图并且无意限制本发明。在附图中:

[0016] 图 1 显示根据一个或多个实施方案的分离法的示意图;

[0017] 图 2 显示根据一个或多个实施方案的分离法的详细示意图;

[0018] 图 3 显示根据一个或多个实施方案的分离法中所用的装置的图;且

[0019] 图 4 显示根据一个或多个实施方案的分离法中所用的装置的示意图。

[0020] 发明详述

[0021] 根据一个或多个实施方案,所公开的分离法可用于从溶液中的各种类型的溶剂中提取各种类型的溶质。所公开的方法的所需产物可以是溶剂、溶质或这二者。在一些实施

方案中,本发明方法可用于浓缩溶质。在至少一个实施方案中,可以从工艺流中回收产品,例如盐、糖、药品或其它化合物。在另一些实施方案中,可以处理废料流,例如废水,以回收供下游使用的净化水。

[0022] 根据一个或多个实施方案,从溶液中提取溶剂的渗透法通常涉及使该溶液接触正渗透膜的第一表面。在一些实施方案中,第一溶液(称作工艺溶液或进料溶液)可以是海水、微咸水、废水、污水、工艺流或其它水溶液。在至少一个实施方案中,溶剂是水,但另一些实施方案涉及非水溶剂。可以使与第一溶液相比具有提高的溶质浓度的第二溶液(称作吸引溶液)接触所述正渗透膜的第二相对表面。然后溶剂(例如水)透过所述正渗透膜从第一溶液吸取到第二溶液中,从而经由正渗透生成富溶剂溶液。正渗透通常利用涉及从较稀溶液移向较浓溶液的流体转移性质。渗透压通常促使溶剂跨过正渗透膜从进料传输到吸引溶液中。可以在第一出口收集富溶剂溶液(也称作稀释吸引溶液),并进行进一步分离过程。在一些非限制性实施方案中,可以作为产物由所述富溶剂溶液生成净化水。可以在第二出口收集第二产物流,即贫化或浓缩的工艺溶液,以便排放或进一步处理。该浓缩的工艺溶液可含有一种或多种目标化合物,可能理想的是,将所述目标化合物浓缩或以其它方式分离以供下游使用。

[0023] 根据一个或多个实施方案,正渗透分离系统可包括一个或多个正渗透膜。正渗透膜通常是半透的,例如允许溶剂(例如水)通过,但挡住其中溶解的溶质,例如氯化钠、碳酸铵、碳酸氢铵、氨基甲酸铵、其它盐、糖、药物或其它化合物。许多类型的半透膜适用于此用途,只要它们能够允许水(即溶剂)通过并阻挡溶质通过且不与溶液中的溶质反应即可。该膜可具有各种构造,包括薄膜、中空纤维膜、螺旋盘绕膜、单丝和盘管。有许多公知的市售半透膜,其特征在于具有足够小的孔隙,以允许水通过,并筛出溶质分子(例如氯化钠)及其离子分子物质(例如氯离子)。此类半透膜可以由有机或无机材料制成。在一些实施方案中,可以使用由例如乙酸纤维素、硝酸纤维素、聚砜、聚偏二氟乙烯、聚酰胺和丙烯腈共聚物之类的材料制成的膜。其它膜可以由例如 ZrO_2 和 TiO_2 之类的材料制成的矿物膜或陶瓷膜。

[0024] 优选地,所选用作半透膜的材料通常应能承受该膜可能受到的各种工艺条件。例如,该膜最好能承受升高的温度,例如与消毒或其它高温法相关的温度。在一些实施方案中,正渗透膜组件可以在约 0°C 至约 100°C 的温度运行。在一些非限制性实施方案中,工艺温度可以为约 40°C 至约 50°C 。同样地,该膜最好能在各种 pH 条件下保持完整性。例如,膜环境中的一种或多种溶液,例如吸引溶液,可能是或多或少酸性或碱性的。在一些非限制性实施方案中,正渗透膜组件可以在大约 2 至大约 11 的 pH 水平下运行。在某些非限制性实施方案中,pH 水平可以为大约 7 至大约 10。所用的膜不需要仅由这些材料之一制成,它们可以是各种材料的复合体。在至少一个实施方案中,该膜可以是不对称膜,例如在第一表面上具有活性层和在第二表面上具有支承层。在一些实施方案中,活性层通常是阻挡层(rejecting layer)。例如,在一些非限制性实施方案中,阻挡层(rejecting layer)可阻止盐通过。在一些实施方案中,支承层,例如背衬层,通常是无活性的。

[0025] 根据一个或多个实施方案,至少一个正渗透膜可位于外罩或外壳内。该外罩的尺寸和形状通常适合容纳位于其中的膜。例如,如果容纳螺旋盘绕的正渗透膜,该外罩可以是基本圆柱体。该组件的外罩可含有向该组件提供进料和吸引溶液的入口以及用于从该组件

中提取产物流的出口。在一些实施方案中,该外罩可提供至少一个用于容纳或储存要引入该组件或从该组件中取出的流体的储器或室。在至少一个实施方案中,该外罩可以是绝缘的。

[0026] 根据一个或多个实施方案,通常可构造和布置正渗透分离系统,以使第一溶液和第二溶液分别与半透膜的第一和第二侧接触。尽管第一和第二溶液可保持停滞,但优选地,第一和第二溶液都通过横向流(即与半透膜的表面平行的流)引入。这通常可以提高沿一个或多个流体流径的膜表面积接触,由此提高正渗透效率。在一些实施方案中,第一和第二溶液可以以相同方向流动。在另一些实施方案中,第一和第二溶液可以以相反方向流动。在至少一些实施方案中,在膜表面的两侧上都存在类似的流体动力学。这可以通过该组件或外罩中战略性集成一个或多个正渗透膜来实现。

[0027] 根据一个或多个实施方案,本发明方法可实现溶剂提取的高收率而没有过度能量需求和/或环境有害的废物排放。可以实现高收率的能量有效方式从工艺流中提取溶剂以浓缩溶质,例如合意的目标物质。来自工艺流的溶剂和/或回收的溶质可能是所需的最终产物。也可以将吸引溶液中的溶质在该方法中再循环。

[0028] 根据一个或多个实施方案的分离法可包括使第一溶液接触半透膜的第一表面。可以使浓度大于第一溶液的第二溶液接触该膜的第二相反表面。在一些实施方案中,可以使用第一试剂提高第二溶液的浓度,以调节第二溶液内的溶质平衡,从而提高第二溶液内可溶溶质种类的量。然后第一和第二溶液之间的浓度梯度使溶剂透过该半透膜从第一溶液吸取到第二溶液中,以产生富溶剂溶液。根据一个或多个实施方案,可以从该富溶剂的第二溶液中回收一部分溶质并再循环到吸引溶液中。该回收方法可产生溶剂产物流。该浓度梯度也在半透膜的第一侧上产生贫化溶液,可以将其排出或进一步处理。该贫化溶液可包括需要浓缩或回收的一种或多种目标物质。

[0029] 根据一个或多个实施方案,公开了使用渗透从第一溶液中提取溶剂的装置。在该装置的一个非限制性实施方案中,该装置具有含入口和出口的第一室。第一室的入口可与第一溶液源相连。半透膜将第一室与第二室隔开。第二室具有入口以及第一和第二出口。在一些实施方案中,第三室可接收来自第二室的第一出口的富溶剂的第二溶液和来自第二室的第二出口的试剂。第三室可包括与分离操作(例如用于过滤该富溶剂的第二溶液的过滤器)相连的出口。所述过滤器可具有第一和第二出口,该第一出口与第二室的入口相连,以使沉淀的溶质再循环到第二室。在一些实施方案中,第四室可以从分离操作的第二出口接收富溶剂的第二溶液。第四室可具有的加热器,用于将所述富溶剂的第二溶液加热。第四室中的第一出口可以将成分气体送回第二室的入口。如本文所述,各种物质,例如来自第四室的气体和/或来自第三室的沉淀溶质可以在该系统内再循环。可以例如将这些物质在相同入口或不同入口引入第二室。第四室的第二出口可允许最终产物——溶剂——离开该装置。

[0030] 图1显示根据一个或多个实施方案的正渗透分离法的综述图,参照图2进一步描述其细节。如图1中所示,将被称作第一溶液的溶液(10),例如,海水、微咸水、废水、污水或其它溶液,置于第一室(12)中。第一室(12)如箭头(13)所示与半透膜(16)流体连通。在第二室(18)中包含浓度大于第一溶液的第二溶液。该较高浓度的溶液能使溶剂(即水)如箭头(15)所示从第一室(12)中的第一溶液穿过半透膜(16)渗透到位于第二室(18)内的

较浓的第二溶液中。由于已失去其大量溶剂,第一室(12)中的残余第一溶液的溶质浓缩。如果被视为废物,该溶质可以如箭头(14)所示被弃置。或者,该溶质可能是目标化合物,并可收集用于进一步处理或作为所需产物供下游使用。第二室(18)中的所得富溶剂的第二溶液然后如箭头(19)所示引入第三室(22)。在第三室(22)中,可以分离出所述富溶剂的第二溶液中的溶质,并如箭头(28)所示再循环回第二室(18),以保持第二溶液的浓度。然后可如箭头(23)所示将第三室(22)中的残余富溶剂的第二溶液引入第四室(24)。在第四室(24)中,可以加热该残余富溶剂的第二溶液以除去任何残余溶质,从而产生如箭头(26)所示的溶剂流。在一些实施方案,例如涉及废水处理的实施方案中,该溶剂流可能是净化水。在第四室(24)中,热可通过将残余溶质分解成它们的成分气体来除去任何残余溶质,可以如箭头(20)所示将这些气体送回第二室(18),以保持室(18)中第二溶液的浓度梯度和充当试剂。

[0031] 如上所述,根据一个或多个实施方案的分离法可以由第一容器(12)内所含的第一溶液开始。第一溶液可以是为了回收净化水、为了除去不合意的溶质、或为了浓缩和回收所需溶质而被处理的水溶液或非水溶液。不合意的溶质包括不想要的可化学沉淀的可溶盐,例如氯化钠(NaCl)。第一溶液的典型实例包括水溶液,例如海水、盐水和和其它盐溶液、微咸水、矿化水、工业废水和与高纯用途相关联的产物流,如与食品和药品工业相关的那些。本文所述的第一溶液可以是水溶液或非水溶液。通常,可以使用与吸引溶液相容的任何类型的溶剂,例如,能承受吸引溶液的pH、温度和其它特征的任何溶剂。第一溶液在渗透分离之前可根据已知技术过滤和预处理,以除去固体和化学废物、生物污染物,和以其它方式防止膜结垢,然后如箭头10所示供应至第一室(12)。

[0032] 根据一个或多个实施方案,第一溶液可以是含有溶剂和希望分离、净化或其它处理的一种或多种溶质的任何溶液。在一些实施方案中,第一溶液可以是不适饮的水,例如海水、盐水、微咸水、中水(gray water)和某些工业水。可能理想的是由此类料流制造净化或适饮水以供下游使用。要处理的工艺流可包括盐和其它离子物质,例如氯离子、硫酸根、溴离子、硅酸根、碘离子、磷酸根、钠、镁、钙、钾、硝酸根、砷、锂、硼、锶、钼、锰、铝、镉、铬、钴、铜、铁、铅、镍、硒、银和锌。在一些实例中,第一溶液可以是盐水,例如咸水或海水、废水或其它污水。在另一些实施方案中,第一溶液可以是含有希望浓缩、分离或回收的一种或多种溶质(例如目标物质)的工艺流。此类料流可来自工业过程,例如药品或食品级应用。目标物质可包括药品、盐、酶、蛋白质、催化剂、微生物、有机化合物、无机化合物、化学前体、化学产品、胶体、食品或污染物。第一溶液可以从上游单元操作(例如工业设施)、或任何其它来源(例如海洋)输送至正渗透膜处理系统。

[0033] 类似于第一溶液,第二溶液可以是水溶液,即溶剂是水。在另一些实施方案中,非水溶液(例如有机溶剂)可用于第二溶液。第二溶液可以是含有比第一溶液高的溶质浓度的吸引溶液。可以使用多种吸引溶液。例如,吸引溶液可包含散热盐溶液。在一些实施方案中,可以使用氨和二氧化碳吸引溶液,例如授予 McGinnis 的美国专利申请公开号 2005/0145568 中公开的那些,该公开出于各种目的全文经此引用并入本文。在一个实施方案中,第二溶液可以是氨和二氧化碳的浓溶液。在至少一个实施方案中,该吸引溶液可包含摩尔比大于 1 比 1 的氨和二氧化碳。

[0034] 该吸引溶液的溶质浓度通常大于进料溶液的溶质浓度。这可以使用足够可溶的溶

质实现,以产生具有比进料溶液高的浓度的溶液。可以根据向分离系统供应以便处理的工艺流调节吸引溶液的一个或多个特性。例如,体积、流速或进料溶液中溶质的浓度可能影响为吸引溶液选择的一个或多个参数。对于与该系统相关的排出流的要求也可能影响一个或多个操作参数。也可以根据该正渗透分离系统的预期用途改变其它操作参数。优选地,第二溶液内的溶质应容易通过分离法从溶液中除去,其中所述分离法将溶质分离成至少一种更易溶解在该溶液的溶剂中的种类,即可溶种类,和一种不易溶解在该溶剂中的种类,即较不溶种类,该溶质如果痕量留在所得溶剂中,不应具有健康危险。可溶和较不溶的溶质种类的存在使得该溶液能够按需要被调节或控制。通常,可溶和较不溶的溶质种类在溶液中达到这样的点——其中在特定的温度、压力、pH 等条件下,这两种溶质种类不相对增加或减少,即可溶与不可溶的溶质种类的比率恒定。这被称作平衡。考虑到溶液的特定条件,溶质种类在平衡下不是必须以 1 : 1 比率存在。通过添加化学品(在本文中称作试剂),可以改变溶质种类之间的平衡。使用第一试剂,可以改变溶液平衡以提高可溶溶质种类的量。同样,使用第二试剂,可以改变该溶液的平衡以提高较不溶的溶质种类的量。在添加试剂后,溶质种类的比率可以稳定在由该溶液的条件促成的新水平下。通过控制该平衡以偏向于可溶溶质种类,可以实现浓度近饱和的第二溶液——该溶液溶剂不再溶解溶质的状态。

[0035] 第二(吸引)溶液的优选溶质可以是氨和二氧化碳气体以及它们的产物碳酸铵、碳酸氢铵和氨基甲酸铵。当氨和二氧化碳以大约 1 的摩尔比溶解在水中时,形成主要由碳酸氢铵和在较低程度上由相关产物碳酸铵和氨基甲酸铵构成的溶液。这种溶液中的平衡更偏向于较不溶的溶质种类碳酸氢铵而非可溶溶质种类(氨基甲酸铵,和在较低程度上的碳酸铵)。用过量氨气缓冲主要由碳酸氢铵构成的溶液以使氨与二氧化碳的摩尔比大于 1 会使该溶液的平衡移向更可溶的溶质种类氨基甲酸铵。氨气更可溶于水并优先被该溶液吸附。由于氨基甲酸铵更容易被第二溶液的溶剂吸附,其浓度可提高至溶剂不能再吸收该溶质的程度,即饱和。在一些非限制性实施方案中,通过这种操作实现的这种第二溶液内的溶质浓度大于大约 2 摩尔浓度,大于大约 6 摩尔浓度,或大约 6 摩尔至大约 12 摩尔浓度。

[0036] 氨气可能是氨基甲酸铵优选的第一试剂,因为其在氨基甲酸铵分解时产生的化学成分之一,或称作组成成分。通常,用于该溶剂的试剂优选是溶质的组成成分,因为这样在除去溶剂时容易从该溶液中除去任何过量试剂,且在优选实施方案中,该组成元素可作为第一试剂再循环。但是,可以考虑可控制溶液中溶质种类的平衡的其它试剂,只要该试剂容易从溶液中除去且如果该试剂的痕量成分留在最终溶剂中没有健康危险即可。

[0037] 根据一个或多个实施方案,分离法可通过使第一溶液和第二溶液分别接触半透膜(16)的第一侧和第二侧来开始。尽管第一和第二溶液可保持停滞,但优选地,第一和第二溶液都通过横向流(即与半透膜(16)的表面平行的流)引入。这提高了给定量的溶液接触的半透膜(16)的表面积的量,由此提高正渗透效率。由于第二室(18)中的第二溶液具有比第一室(12)中的第一溶液高的溶质浓度,第一溶液中的溶剂通过正渗透向第二溶液扩散。在一些实施方案中,这两种溶液之间的浓度差如此大,以致在不对第一溶液施加压力的情况下溶剂穿过半透膜(16)。总的来说,该方法可除去第一溶液内所含的大约 90%至大约 99.9%的溶剂。在分离过程中,第一溶液变浓,因为其失去溶剂,第二溶液变稀,因为其获得溶剂。尽管出现这一情况,但这两种溶液之间的浓度梯度仍显著。可分别进一步处理该膜第一侧上的贫化溶液和该膜第二侧上的稀释溶液,以回收一种或多种所需产物。例如,该膜

第一侧上的贫化溶液可含有作为需要浓缩和回收的目标物质的溶质。或者,该膜第一侧上的贫化溶液可作为废料弃置。同样地,该膜第二侧上的稀释溶液可能富含作为所需产物的溶剂。

[0038] 排放物 (14),即浓缩的第一溶液,具有较大的溶质浓度。因此,在将第一溶液送回其来源或使第一溶液再循环通过本方法之前,可以从该浓缩的第一溶液中除去过量溶质。这例如在一些非限制性实施方案中可以通过使浓缩的第一溶液与日光蒸发器、简单筛滤机制、旋液分离器或沉淀物质或其它成核点接触以使溶质沉淀来进行。可以进一步处理这种沉淀的溶质,以使其适合消费或工业用途。

[0039] 在已通过正渗透将第一溶液的溶剂提取到第二溶液中由此形成富溶剂的第二溶液后,然后可能理想的是从富溶剂的第二溶液中除去溶质以分离出溶剂。在一些非限制性实施方案中,这可以通过从溶液中沉淀出溶质、将溶质分解成它们的成分气体(其从溶液中气化出来)、从溶液中蒸馏出溶剂或使溶质吸收到一表面上来实现。在至少一个实施方案中,通过沉淀除去一部分溶质减少了加热该溶液以分解残余溶质所需的能量,且分解导致完全除去溶质。分别参照第三和第四室 (22, 24) 描述可能的沉淀和分解步骤。

[0040] 可以如箭头 (19) 所示将第二室 (18) 中的富溶剂的第二溶液提取到第三室 (22)。可然后处理该富溶剂的第二溶液,以通过沉淀从该富溶剂溶液中除去一部分溶质。可引入第二试剂以调节可溶和较不溶的溶质种类的平衡,从而偏向于较不溶的溶质种类。如第一试剂那样,能够调节该平衡的任何化学品都是合适的,只要其容易从该富溶剂的第二溶液中除去并且没有健康危险即可。该试剂优选是溶质的组成成分,在是优选溶质氨基甲酸铵的情况下,其是二氧化碳气体。在一些非限制性实施方案中,当使二氧化碳在该富溶剂的第二溶液中扩散时,可以将溶解的氨与二氧化碳的比率降至大约 0.5 至 1.5,且该富溶剂的第二溶液中的平衡移回较不溶的溶质种类碳酸氢铵。该较不溶的溶质种类然后从溶液中沉淀出来。碳酸氢铵的沉淀导致该富溶剂的第二溶液内的溶质浓度显著降至大约 2 至 3 摩尔。优选地,将第三室 (22) 中的富溶剂的第二溶液的温度降至约 18 至 25℃,优选 20 至 25℃,以助于溶质沉淀。可然后从该溶液中过滤出沉淀的溶质。

[0041] 现在参照图 2,尽管可以在第三室 (22) 内将沉淀的溶质过滤,但可以如箭头 (36) 所示将该溶液导向过滤室 (29)。使用公知方法,例如旋液分离器、沉降槽、塔过滤或简单筛滤,可以从该富溶剂溶液中除去沉淀的溶质。例如,可以使沉淀物通过重力从溶液中沉降出来,然后虹吸抽出。可以如箭头 (23) 所示将残余的富溶剂的第二溶液从过滤室 (29) 转移到第四室 (24),然后在此将其加热,以使溶质分解成它们的成分气体。在一个优选实施方案中,这些成分气体可以是氨和二氧化碳。该分离法所需的能量是将溶液温度提高至导致完全除去氨基甲酸铵溶质的温度所需的热。还需要额外的热,补偿在该方法内再循环的溶质的气化和溶解焓的热转移的低效性。具体而言,加热导致该富溶剂的第二溶液中的残余溶质分解成它们的成分气体,从而留下溶液。在一些实施方案中,可以在加热的同时在该富溶剂的第二溶液上方保持真空或空气流,以改进从该溶液中气化出所述分解气体的效率。通过在第四室上方生成空气流,可以在比常用温度低的温度下除去所有溶质。这种分解可能产生溶剂产物,例如适饮水产品,可将其进一步处理以供最终使用。通常,适饮水产品应具有大约 7 的 pH,可能需要进一步的 pH 调节,以使该水适于其预期用途。

[0042] 可以使用外部热源 (34) 和经由热交换器 (32) 由气体和溶质 (38, 42) 的放热性引

入输送的热量的组合将所述富溶剂的第二溶液加热。可以通过包括太阳能和地热能的任何热源供应外部热源 (34)。该源可类似于蒸馏的热源。在一些实施方案中,该源可以主要来自热电联产环境,利用来自发电或工业过程的废热。此外,可以使用热交换器 (32) 保持工艺效率,以捕获本脱盐方法中的在先步骤过程中释放的热。如图 2 中的箭头 (38) 和 (42) 所示,可将由第二和第三室 (18、22) 内的化学反应释放的热输送至热泵 (32),然后如箭头 (40) 所示将该热泵送至第四室 (24),以助于加热该富溶剂的第二溶液。在另一实施方案中,通过使释放的成分气体在室 (24) (在此将所述富溶剂的第二溶液加热) 外部冷凝而生成额外的热,由此将来自这种放热反应的能量转移至第四室 (24)。然后可将冷凝物 (在一个优选实施方案中为氨基甲酸铵) 再循环到第二室 (18) 中的第二溶液中。

[0043] 也优选使从第二溶液中除去的溶质和溶质成分再循环,以限制本发明正渗透分离法的环境影响和成本。可以如箭头 (28) 所示将从过滤室中排出的沉淀溶质再循环到第二室 (18) 中,在此其可溶解在第二溶液中,并由此保持第二溶液的高浓度。另外,可以分别如箭头 (20) 和 (30) 所示将在第四室 (24) 中从富溶剂的第二溶液中除去的成分气体再循环回第二或第三室 (18, 22),在此它们充当试剂。在一个优选实施方案中,溶质是氨基甲酸铵,其分解成其成分气体:氨和二氧化碳。然后如箭头 (20) 所示将这些气体再循环到第二室 (18) 中。由于氨比二氧化碳更易溶,氨优先被第二溶液吸附,并通过调节溶质种类的平衡以偏向于氨基甲酸铵来充当试剂。如箭头 (30) 所示,从第二室 (18) 提取残余二氧化碳并转移到第三室 (22),在此其充当试剂,并改变第二溶液的平衡以偏向于碳酸氢铵。由于一些优选实施方案涉及使来自溶质分解的成分气体再循环,因此,可能必须沉淀不到最佳量的溶质,以确保足够的气体再循环,保持本方法的效率。通常,通过沉淀从该溶液中除去大约一半溶质应可确保生成足量的成分气体以维持本方法。

[0044] 本文所述的方法可以连续或分批进行,以在整个方法中更好地从溶剂中分离出溶质。

[0045] 在图 3 中详细描述了进行本方法的装置的一个非限制性实施方案。该装置具有第一室 (12),其具有入口 (50) 和出口 (52)。第一室的入口 (50) 与第一溶液源 (例如经过预处理的或从上游操作引入的溶液的储槽) 或第一溶液的天然来源 (例如海洋、湖泊、河流或其它水体和水路) 流体相连。第一室的入口 (50) 可包含泵,以从其来源虹吸第一溶液。其也任选包括加热或冷却装置以调节第一溶液的温度。类似地,第一室的出口 (52) 可包含泵,以从第一室 (12) 提取第一溶液。该出口 (52) 可用于使第一溶液直接再循环到第一溶液源,但优选地,将该第一溶液在送回第一溶液源之前泵送进入沉淀装置或经过沉淀装置。这种沉淀装置可包括日光蒸发床、简单筛滤机制、旋液分离器、或沉淀物质、或其它成核点操作、或本领域技术人员已知的其它类型。第一室 (12) 与第二室 (18) 被半透膜 (16) 隔开。

[0046] 第二室 (18) 具有入口 (54) 以及第一和第二出口 (56, 58)。入口 (54) 提供第二溶液源,并可包含泵以及加热装置。第二室的第一出口 (56) 与第三室 (22) 连通,并提供用于将富溶剂的第二溶液传送至第三室 (22) 的导管。第二室 (56) 的这种第一出口可包含泵,以从第二室 (18) 提取富水的第二溶液。在本发明的另一实施方案中,第二室的第一出口 (56) 可包含冷却装置,以将如上所述的富溶剂的第二溶液冷却。第二室的第二出口 (58) 提供导管,以供第一溶液中的溶剂透过半透膜 (16) 进入第二溶液时形成的任何气体 (其在优选实施方案中是二氧化碳气体) 转移到第三室 (22)。

[0047] 在一些实施方案中,在第三室(22)中,一部分溶质从所述富溶剂的第二溶液中沉淀出来。第三室(22)除了与(56)和(58)相连的入口外,还具有与用于从所述富溶剂的第二溶液中分离出沉淀物的过滤装置(29)相连的出口(60)。该过滤装置(29)可以是上述的任何类型,但其优选是沉降槽。过滤装置(29)具有两个出口:第一出口(62)可用于弃置沉淀溶质或将其通过第二室入口(54)送回第二室(18),第二出口(64)可用于将残余的富溶剂的第二溶液转移到第四室(24)中。在另一实施方案中,可将过滤装置(29)并入第三室(22)中,在这种情况下,第三室(22)具有附加出口,一个出口将残余的富溶剂的第二溶液转移至第四室(24),另一出口用于弃置沉淀的溶质或在优选实施方案中将沉淀的溶质经由第二室入口(54)送回第二室(18)。

[0048] 第四室(24)可包含用于将残余的富溶剂的第二溶液加热的加热装置。第四室(24)还包含第一出口(66),其可带有真空、风扇或用于生成空气流的其它装置以排出成分气体。优选地,第四室的第一出口(66)与第二室(18)的入口(54)连通,以使成分气体作为第二溶质再循环。第二出口(68)充当提取最终溶剂产品(例如适饮或净化水)的导管。

[0049] 可以使用任何材料构造各种容纳和/或储存装置(室、容器和储器)、导管、管道和相关设备,只要它们可承受溶液重量且不与溶液内的任何溶质反应即可。典型材料是非腐蚀、非反应性材料,例如不锈钢、塑料、聚氯乙烯(PVC)、玻璃纤维等等。容器可呈现任何合适的构造,但通常是圆柱形罐、成型或配合槽等等。储器通常是水塔、圆柱形罐、成型或配合槽等等。如上所述,重要的是指出,室作为独立单元显示,但本发明不限于该构造,如果适当,单一容器内可包含许多室,例如被半透膜(16)隔成两个室。

[0050] 加热和冷却装置可以是电热器、制冷单元、太阳能集热器和热交换器,例如本领域中公知的蒸汽冷凝器、循环器等,但优选为热交换器。可能具有动力需求的加热和冷却装置、以及该方法中所用的任何其它设备可以从各种常用来源获得它们的能量,包括例如但不限于,废蒸汽、太阳能、风能或地热能和常规来源。

[0051] 参照图4,公开了根据一个或多个实施方案的浓缩法。使第一溶液(1)接触正渗透膜的一侧。在第一溶液包含要处理的废料流的实施方案中,该第一溶液通常是水性的,并含有例如盐、蛋白质、催化剂、微生物、有机或无机化合物、化学前体或产物、胶体或其它成分之类的物质的溶液。在第一溶液含有要浓缩和回收的所需目标物质的实施方案中,第一溶液可包含药品、盐、酶、蛋白质、催化剂、微生物、有机化合物、无机化合物、化学前体、化学产物、胶体、食品或污染物。可以在许多构造中使第一溶液接触该膜的一侧,其中两种构造是将该膜浸在溶液中或沿该膜传送该溶液。可以将这种溶液连续、分批、一次或多次引入容器或导向装置。在示意图中没有显示第一溶液(1)的这种输入流。

[0052] 使能够产生比第一溶液的渗透压高的渗透压的第二溶液(2)(例如由包括水、氨和二氧化碳的物质构成的第二溶液)与第一溶液相反的膜侧接触。可以通过许多技术实现这种接触,但可以包括将该膜浸在第二溶液中(但如果对第一溶液使用浸渍,则不这样)或沿该膜表面传送第二溶液。膜对于第一溶液的所有或一些物质,例如盐、带电分子和/或大分子、微生物和颗粒物,是不可透的,但允许溶剂(例如水)通过,由此使第一和第二溶液之间的渗透压差能引起水透过膜从第一溶液流向第二溶液。这种流动可以显著、部分或基本不稀释第二溶液和/或浓缩第一溶液。根据膜类型和/或工艺应用意图,第一溶液的所选物质或目标物质中的一些、无一、少数或一种也可预计穿过该膜。

[0053] 将一部分富溶剂的第二溶液（经由料流 1）导向吸引溶液分离操作（3），例如蒸馏塔、膜蒸馏操作、或渗透蒸发或全蒸发操作，这使得所述富溶剂的第二溶液中的溶质（例如氨和二氧化碳溶质，包括铵盐物质）通过向吸引溶液分离操作（3）施加热和 / 或对上述和 / 或由吸引溶液分离操作产生的气体施加压差而被除去。这产生标作料流 2 的溶剂流（其中料流 1 的物质的浓度部分、显著或完全降低）和标作料流 3 的气流（其含有从料流 1 中除去的物质）。将料流 3 导向用于重构第二溶液的操作，其用于增强、替代或保持第二溶液的特征，例如体积或浓度。这种操作可包括将物质溶解在水、一部分第二溶液中，沉淀，和与第二溶液混合，或一些其它方法，以将 3 中除去的物质再引入第二溶液。这种再引入以虚线料流 4 显示。可以定期或连续地从溶液 1 中除去溶液 1 的被阻组分，因为从该溶液中除去了水。这种操作可包括沉降、旋液分离器分离、沉淀、力梯度（例如电力或磁力）、泄料或其它单元操作。从 1 中除去的该组分流被显示为料流 5。在一些实施方案中，料流 5 可能是所需产物流，或可以作为废料弃置。通过这些技术，利用渗透压通过渗透驱动地流过半透膜来从溶液中除去溶剂，例如将溶剂与溶液中的药物化合物、食品或其它所需物质分离，或通过除去不想要的溶质来处理工艺流以产生净化的产物流。

[0054] 尽管现在已描述了本发明的一些示例性实施方案，但本领域技术人员显而易见的是，前述内容仅是示例性而非限制性的，仅作为实例阐述。许多修改和其它实施方案在本领域普通技术人员的能力范围内，并被视为落在本发明的保护范围内。特别地，尽管本文阐述的许多实例涉及方法操作或系统要素的具体组合，但应该理解的是，这些操作和这些要素可以以其它方式组合以实现相同目的。

[0055] 要认识到，本文所述的装置、系统和方法的实施方案在应用中不限于下列描述中阐述或附图中图示的部件的构造和布置的细节。这些装置、系统和方法能在其它实施方案中实施并以各种方式实施或进行。具体实施方案的实例在本文中仅用于举例说明而非限制。特别地，联系任何一个或多个实施方案论述的操作、要素和特征无意被排除在任何其它实施方案中的类似作用外。

[0056] 本领域技术人员应认识到，本文所述的参数和构造是示例性的，实际参数和 / 或构造取决于本发明的系统和技术的用途。本领域技术人员还应认识到或仅使用常规实验就能确定本发明的具体实施方案的对等物。因此要理解的是，本文所述的实施方案仅作为实例给出，在所附权利要求及其对等物的范围内，可以与具体描述不同地实施本发明。

[0057] 此外，还应该认识到，本发明涉及本文所述的各特征、系统、子系统或技术，以及本文所述的两种或更多种特征、系统、子系统或技术的任何组合、且两种或更多种特征、系统、子系统和 / 或方法的任何组合被认为在如权利要求中具体体现的本发明的范围内，只要此类特征、系统、子系统或技术不相互冲突。此外，仅联系一个实施方案论述的操作、要素和特征无意被排除在其它实施方案中的类似作用外。

[0058] 本文所用的措辞和术语用于描述而不应被视为限制。本文所用的术语“多个”是指两个或更多个项目或部件。无论在书面说明书还是权利要求书等中使用，术语“包含”、“包括”、“带有”、“具有”、“含有”和“涉及”是开放式术语，即是指“包括但不限于”。因此，此类术语的使用意在包括其后列举的项目及其对等物，以及额外项目。就权利要求书而言，只有过渡术语“由... 构成”和“基本由... 构成”分别是封闭或半封闭的过渡术语。权利要求书中用于修饰权利要求要素的序数术语，如“第一”、“第二”、“第三”等的使用本身不隐含任

何优先、先后次序或一个权利要求要素优于另一个的次序,或实施方法的操作的时间次序,而是仅用作标记以将具有某一名称的一个权利要求要素与具有相同名称(除使用序数术语外)的另一要素相区分,从而区分这些权利要求要素。

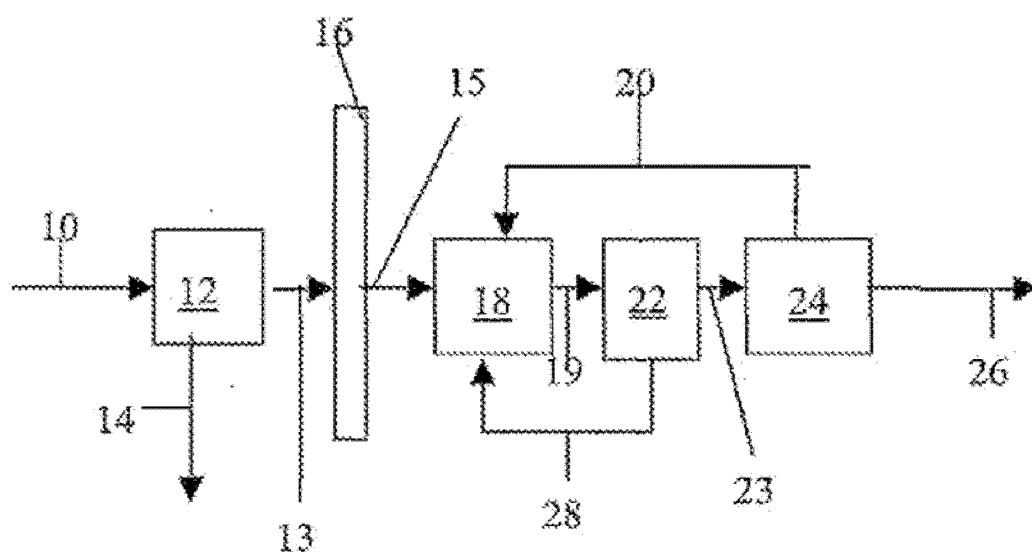


图 1

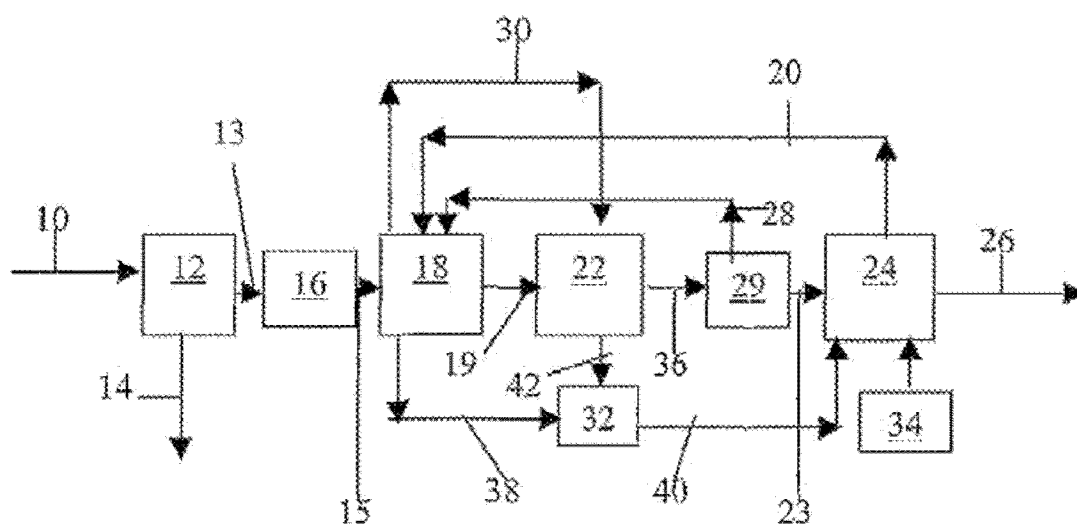


图 2

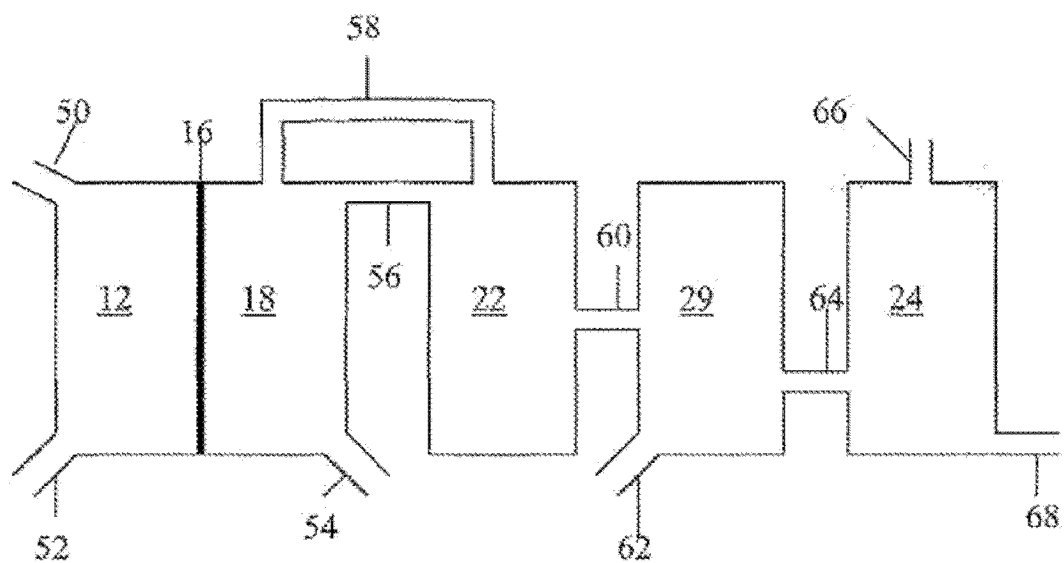


图 3

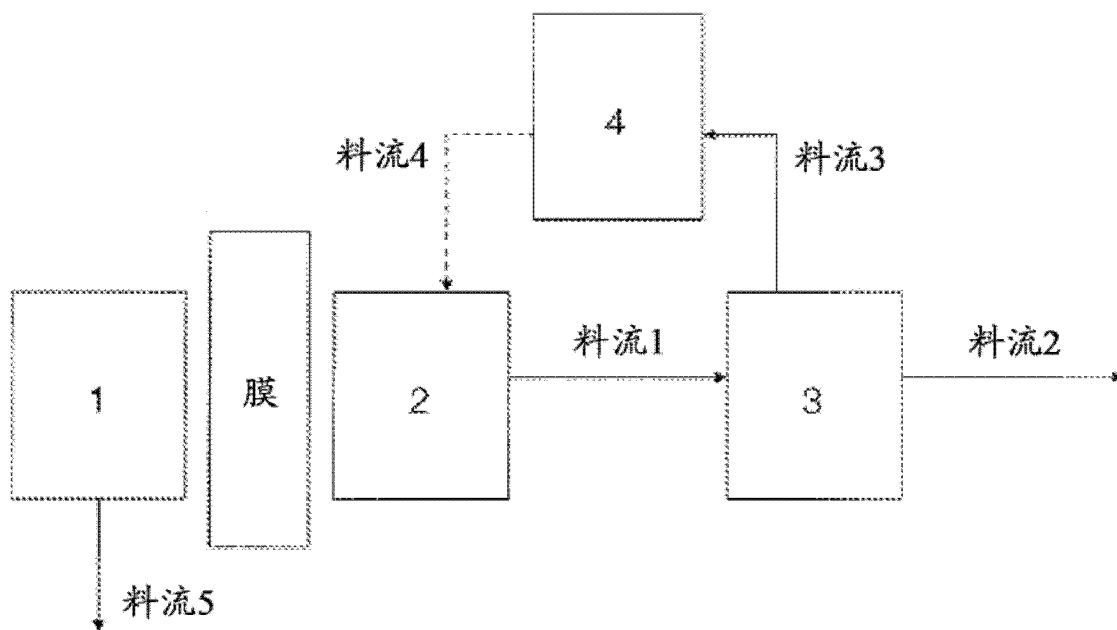


图 4