



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105439246 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201510796737. 3

(22) 申请日 2012. 04. 24

(30) 优先权数据

61/478, 768 2011. 04. 25 US

61/479, 187 2011. 04. 26 US

61/597, 371 2012. 02. 10 US

(62) 分案原申请数据

201280031184. 7 2012. 04. 24

(71) 申请人 OASYS 水有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 罗伯特·麦金尼斯

(74) 专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理
有限责任公司 11290

代理人 洪俊梅 张淑珍

(51) Int. Cl.

G02F 1/44(2006. 01)

B01D 61/58(2006. 01)

B01D 61/00(2006. 01)

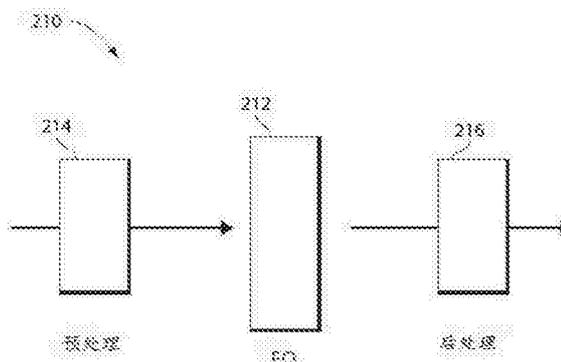
权利要求书2页 说明书17页 附图5页

(54) 发明名称

渗透分离系统和方法

(57) 摘要

公开了使用渗透驱动膜系统的分离方法，一般包括通过使用第二浓缩溶液来吸引第一溶液中的溶剂穿过半透膜，而从所述第一溶液提取所述溶剂以浓缩溶质。使用来自工业或商业来源的低位废热可以得到增强的效率。预处理和后处理也可以增强渗透驱动膜方法。



1. 一种处理废水的方法,包括:
 - 将具有高生化需氧量或高化学需氧量的废水引入到半透膜的第一侧;
 - 将包含至少一比一摩尔比的氨和二氧化碳的浓缩吸引溶液引入到所述半透膜的第二侧,以维持所需的跨所述半透膜的渗透浓度梯度;
 - 促进至少一部分所述废水流动穿过所述半透膜,以在所述半透膜的所述第一侧形成第二溶液并在所述半透膜的所述第二侧形成稀释的吸引溶液;和
 - 将至少一部分所述稀释的吸引溶液引入分离操作以回收吸引溶质和溶剂流。
2. 权利要求1所述的方法,还包括将所述第二溶液引入二级过程,所述二级过程包括焚烧器和厌氧消化器的至少一种。
3. 权利要求2所述的方法,还包括向所述分离操作提供在所述二级过程期间产生的热。
4. 一种正向渗透方法,包括以下步骤:
 - 将包含溶剂和至少一种溶质的第一溶液引入半透膜的第一侧;
 - 将多个晶种引入所述第一溶液;
 - 将浓缩吸引溶液引入所述半透膜的第二侧;
 - 促进所述第一溶液中所述至少一种溶质的成核;和
 - 促进至少一部分所述溶剂流动穿过所述半透膜,以在所述半透膜的所述第一侧形成第二溶液并在所述半透膜的所述第二侧形成稀释的吸引溶液。
5. 权利要求4所述的方法,还包括以下步骤:将至少一部分所述稀释的吸引溶液导入分离单元以回收溶剂流或吸引溶质的至少一个。
6. 权利要求5所述的方法,还包括以下步骤:将吸引溶质重新引入所述半透膜的所述第二侧的所述浓缩吸引溶液以维持在所述浓缩吸引溶液中的所需摩尔比。
7. 权利要求4所述的方法,还包括以下步骤:回收至少一部分从所述第一溶液沉淀出的至少一种溶质。
8. 权利要求7所述的方法,其中回收沉淀的溶质的步骤包括进一步处理所述溶质或所述第一溶液的至少一个。
9. 一种用于使用渗透处理溶液的系统,所述系统包括:
 - 正向渗透模块,包括:
 - 第一室,其与包含溶剂和至少一种溶质的第一溶液源流体连通;
 - 第二室,其与浓缩吸引溶液流体连通;和
 - 联接所述第一室和所述第二室的半透膜;和
 - 用于将多个晶种引入所述第一室的装置,其中当所述第一溶液被引入所述第一室时,所述多个晶种导致至少一部分所述至少一种溶质的成核。
10. 权利要求9所述的系统,还包括与所述第二室流体连通的分离模块,用于回收溶剂流和吸引溶质的至少一个。
11. 权利要求10所述的系统,还包括用于将吸引溶质再循环入所述浓缩吸引溶液的装置。
12. 权利要求9所述的系统,还包括与所述第一室流体连通的回收模块,用于回收沉淀的溶质。
13. 一种使用渗透处理溶液的装置,包括:

室,其被配置用于接收包含溶剂和至少一种溶质的第一溶液;

膜模块,其置于所述室内并包括具有与所述第一溶液流体连通的外表面和用于接收浓缩吸引溶液的内表面的半透膜;和

用于将多个晶种引入所述室的装置,其中所述多个晶种导致所述室中所述第一溶液中至少一部分的所述至少一种溶质的成核。

渗透分离系统和方法

[0001] 本申请是申请日为2012年4月24日、发明名称为“渗透分离系统和方法”的申请号为201280031184.7的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 一个或多个方面一般涉及渗透分离。更具体地,一个或多个方面涉及使用渗透驱动膜方法,例如正向渗透,以分离溶液中的溶质。

背景技术

[0003] 已经将正向渗透用于脱盐。一般而言,正向渗透脱盐方法涉及具有被半透膜隔开的两个室的容器。一个室包含海水。另一个室包含浓缩溶液,其在水和浓缩溶液之间产生浓度梯度。该梯度吸引海水中的水穿过膜进入到浓缩溶液中,所述膜选择性地允许水通过而不允许盐通过。逐渐地,进入浓缩溶液中的水将该溶液稀释。然后从该稀释的溶液移除溶质,以产生饮用水。

[0004] 正向渗透系统的一个缺点是破坏系统离子平衡的离子交换现象。例如,在使用 $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ 吸引溶液和 NaCl 进料溶液的系统, Na^+ 和 NH_4^+ 离子将穿过膜而交换,这可以导致更高盐度的产物水和增加的回收吸引溶质的难度。一些脱盐装置目前使用预处理和后处理离子交换或类似方法;然而,该使用通常被用于进一步调节产物溶剂,而不是试图克服这些缺点,特别是对于回收吸引溶质。

发明内容

[0005] 各方面一般涉及渗透驱动膜系统和方法,包括正向渗透分离(FO)、直接渗透浓缩(DOC)、压力辅助正向渗透和压力延缓渗透(PRO)。

[0006] 一方面,本发明涉及渗透驱动膜方法以及维持其离子平衡的方法。所述过程/方法包括将第一溶液引入正向渗透膜的第一侧并将浓缩吸引溶液引入正向渗透膜的第二侧的步骤。所述浓缩吸引溶液具有足以维持跨膜的渗透浓度梯度的溶质浓度。所述过程/方法还包括促进所述第一溶液的溶剂流动穿过所述膜,从而在所述正向渗透膜的第一侧形成第二溶液,并在所述正向渗透膜的第二侧形成稀释的吸引溶液。所述第二溶液包含经由通过膜的反向离子交换的至少一种第一离子物类的溶质(例如,铵)。此外,所述过程/方法包括将所述稀释的吸引溶液导入分离系统并将所述稀释的吸引溶液分离成吸引溶质和溶剂。回收的溶剂包含至少一种第二离子物类的溶质;例如,通过正向渗透膜交换的钠离子(Na^+)和/或由于离子失衡而留存在回收溶剂中的碳酸根离子,离子失衡阻碍全部的吸引溶质从稀释的吸引溶液中回收。离子失衡可以是跨正向渗透膜发生的离子交换的结果。所述过程/方法还包括以下步骤:将吸引溶质再循环入被引入正向渗透膜的第二侧的浓缩吸引溶液以维持其中的渗透浓度梯度,将回收的溶剂导入反向渗透系统,给回收的溶剂加压以产生纯化的溶剂和包含至少一种第二离子物类的溶质的浓缩溶液,并将所述浓缩溶液引入被引入正向渗透膜的第一侧的第一溶液。第二离子物类的溶质与第一离子物类的溶质在第二溶液内平

衡形成第二溶液内另外的可去除的吸引溶质。具体地,各种正和负离子物类的溶质以等电荷平衡驻留在第二溶液内。然后将第二溶液导入分离/再循环系统以回收另外的吸引溶质。与第二离子物类的溶质(或其形式)组合的第一离子物类的溶质(或其形式)使得每个物类的吸引溶质可从第二溶液去除。

[0007] 可选地,可以将来自反向渗透单元的浓缩溶液引入膜第一侧的第二溶液、分离/再循环系统内的第二溶液、和/或从膜第一侧转移至分离/再循环系统时的第二溶液。在一些实施方案中,来自反向渗透单元的浓缩溶液可以具有比第一溶液更大数目的总溶解固体(TDS),在这种情况下,优选将浓缩溶液引入正向渗透单元下游的第二溶液,从而避免更大TDS对正向渗透单元的可能的不利影响。在一些情况下,第二溶液可以包含来自其他来源的另外的铵,其也可以用公开的系统和方法来回收。

[0008] 另一方面,本发明涉及使渗透驱动膜系统中吸引溶质回收最大化的方法。该方法包括以下步骤:提供具有正向渗透膜并被配置用于在所述膜的第一侧接收第一溶液并在所述膜的第二侧接收浓缩吸引溶液的第一渗透驱动膜系统,使用所述浓缩吸引溶液从所述第一溶液渗透分离溶剂,从而在所述膜的第一侧形成第二溶液并在所述膜的第二侧形成稀释的吸引溶液。第二溶液包含经由通过膜的反向离子交换的至少一种第一离子物类的溶质。可以将稀释的吸引溶液导入分离/再循环系统以进一步处理。所述方法还包括分离稀释的吸引溶液以回收至少一种吸引溶质和溶剂。回收的溶剂包含至少一种第二离子物类的溶质。所述方法还包括以下步骤:使回收的至少一种吸引溶质再循环至第一渗透驱动膜系统;提供具有反向渗透膜的第二渗透驱动膜系统;在所述第二渗透驱动膜系统中给回收的溶剂加压,以回收基本上纯的溶剂和包含所述至少一种第二离子物类的溶质的浓缩溶液;和将具有至少一种第二离子物类的溶质的浓缩溶液再循环至第一渗透驱动膜系统。将浓缩溶液添加至第一溶液,从而得到包含至少一种第一离子物类的溶质和至少一种第二离子物类的溶质的第二溶液。至少一种第一物类的溶质与至少一种第二物类的溶质平衡以形成另外的可去除的吸引溶质。所述方法包括分离第二溶液以回收另外的吸引溶质和第三溶液的步骤。可以将第二溶液导入第二分离/再循环系统,或者可以使用与稀释的吸引溶液使用的相同的分离/再循环系统进行该分离步骤。

[0009] 在前述方面的各种实施方案中,所述方法包括将另外吸引溶质再循环入浓缩吸引溶液的步骤。在一个或更多实施方案中,分离稀释的吸引溶液的步骤包括蒸馏。浓缩吸引溶液可以包含至少一种热可去除的吸引溶质和/或包含至少1:1摩尔比的氨和二氧化碳。

[0010] 在另一方面,本发明涉及用于从第一溶液渗透提取溶剂的系统。该系统包括:正向渗透系统,该正向渗透系统具有具有与第一溶液源流体连接的进口的第一室、具有与浓缩吸引溶液源流体连接的进口的第二室、和分隔第一室与第二室的半透膜系统;第一分离系统,其与正向渗透系统在第二室的下游流体联接,并被配置以从其接收稀释的吸引溶液并将稀释的吸引溶液分离成吸引溶质和溶剂流;压力交换器(例如,泵),其与分离系统流体联接并被配置以加压并运输溶剂流;与压力交换器流体联接的反向渗透系统,其中反向渗透系统包括被配置用于接收加压的溶剂流的第一室、与第一室联接的半透膜、和与半透膜联接并被配置用于接收流经膜的溶剂的第二室。反向渗透单元的第一室与正向渗透单元的第一室流体联接以提供至少一部分第一溶液。所述系统还包括第二分离系统,其与正向渗透单元的第一室流体联接并被配置用于从其接收浓缩第一溶液并从所述浓缩第一溶液去除

吸引溶质和产物流的至少一种。

[0011] 在另一方面,本发明涉及用于从第一溶液渗透提取溶剂的系统。该系统包括被配置用于接收半透膜一侧的进料溶液并接受所述膜对侧的浓缩吸引溶液的正向渗透系统,与正向渗透系统流体连接并被配置用于从正向渗透系统接收稀释的吸引溶液并将稀释的吸引溶液分离成吸引溶质和溶剂流的第一分离系统,与所述分离系统流体连接并被配置以加压并运输所述溶剂流的压力交换器,与所述压力交换器流体连接并被配置用于在半透膜第一侧接收加压溶剂流并具有用于接收流经所述膜的产物溶剂的膜的对侧的反向渗透系统,其中所述膜的第一侧与正向渗透单元流体连接以提供作为第一溶液的至少一部分的浓缩加压溶剂,并且第二分离系统与正向渗透系统流体连接并被配置用于从其接收浓缩第一溶液并从所述浓缩第一溶液去除吸引溶质和产物流的至少一种。

[0012] 在本发明前述方面的各种实施方案中,所述系统包括与所述第二分离系统流体连通的再循环系统,用于将分离的吸引溶质返回所述浓缩吸引溶液。在一个或多个实施方案中,所述第一分离系统和第二分离系统可以包括蒸馏柱或接触膜的至少一个。在某些实施方案中,浓缩吸引溶液包含至少一比一摩尔比的氨和二氧化碳。

[0013] 另一方面,本发明涉及用于从第一溶液渗透提取溶剂的系统。该系统包括正向渗透系统、预处理系统和分离系统。正向渗透系统包括具有与第一溶液源流体连接的进口的第一室、具有与浓缩吸引溶液源流体连接的进口的第二室、和分隔所述第一室与所述第二室的半透膜系统。预处理系统与第一溶液源和正向渗透系统流体连通。在一个实施方案中,预处理系统置于第一溶液源和正向渗透系统之间。分离系统在第二室的下游流体连接以回收吸引溶质或溶剂流的至少一个。分离系统可以包括蒸馏柱或接触膜的至少一种、被配置用于从第二室接收稀释的吸引溶液的分离系统。

[0014] 在各种实施方案中,浓缩吸引溶液包含至少一比一的所需摩尔比的氨和二氧化碳。预处理系统可以包括以下的至少一个:用于预热第一溶液的热源,用于调节第一溶液pH的装置,用于过滤第一溶液的滤器或其他装置(例如,碳或沙过滤),用于聚合物添加的装置,或用于软化第一溶液的装置。该系统还可以包括与溶剂流流体连通的后处理系统。后处理系统可以包括以下的至少一个:反向渗透系统、离子交换系统、第二正向渗透系统、蒸馏系统、全蒸发器、机械蒸气再压缩系统或过滤系统。在其他实施方案中,该系统还可以包括再循环系统,包括被配置以促进吸引溶质重新引入第二室以维持所需摩尔比的吸引溶液的吸收器。

[0015] 另一方面,本发明涉及用于从第一溶液渗透提取溶剂的系统。该系统包括正向渗透系统、分离系统和后处理系统。正向渗透系统包括具有与第一溶液源流体连接的进口的第一室、具有与浓缩吸引溶液源流体连接的进口的第二室、和分隔所述第一室与所述第二室的半透膜系统。分离系统在第二室的下游流体连接以回收吸引溶质或溶剂流的至少一个。后处理系统与溶剂流流体连通。

[0016] 在各种实施方案中,浓缩吸引溶液包含至少一比一的所需摩尔比的氨和二氧化碳。后处理系统可以包括以下的至少一个:反向渗透系统、离子交换系统、第二正向渗透系统、蒸馏系统、全蒸发器、机械蒸气再压缩系统或过滤系统。该系统还可以包括与第一溶液源流体连通的预处理系统,例如,预处理系统可以置于第一溶液源和正向渗透系统之间。预处理系统可以包括以下的至少一个:用于预热第一溶液的热源,用于调节第一溶液pH的装

置,用于过滤第一溶液的滤器或其他装置(例如,碳或沙过滤),用于聚合物添加的装置,或用于软化第一溶液的装置。该系统还可以包括再循环系统,包括被配置以促进吸引溶质重新引入第二室以维持所需摩尔比的吸引溶液的吸收器。在一些实施方案中,分离系统可以包括蒸馏柱或接触膜的至少一个、被配置用于从第二室接收稀释的吸引溶液的分离系统。

[0017] 根据一个或多个实施方案,用于从第一溶液渗透提取溶剂的系统可以包括具有与第一溶液源流体连接的进口的第一室、具有与包含至少一比一的所需摩尔比的氨和二氧化碳的浓缩吸引溶液源流体连接的进口的第二室、分隔第一室与第二室的半透膜系统、与第一溶液源或第一室的至少一个流体连通的预处理操作、在第二室的下游流体连接的分离系统、被配置以从第二室接收稀释的吸引溶液并回收吸引溶质和溶剂流的分离系统、包括被配置以促进吸引溶质重新引入第二室以维持所需摩尔比的吸收器的再循环系统、和与溶剂流流体连通的后处理操作。在一个实施方案中,分离系统包括蒸馏柱。

[0018] 本发明的其他方面涉及利用本文描述的系统和方法来处理废水。根据一个或多个实施方案,处理废水的方法可以包括将具有高生化需氧量或高化学需氧量的废水引入到半透膜的第一侧,将包含至少一比一摩尔比的氨和二氧化碳的浓缩吸引溶液引入到半透膜的第二侧以维持所需的跨半透膜的渗透浓度梯度,促进至少一部分所述废水流动穿过所述半透膜以在所述半透膜的第一侧形成第二溶液并在所述半透膜的第二侧形成稀释的吸引溶液,并将至少一部分所述稀释的吸引溶液引入分离操作以回收吸引溶质和溶剂流。所述方法还可以包括以下任选的步骤:将吸引溶质重新引入半透膜的第二侧以维持浓缩吸引溶液中氨与二氧化碳的所需摩尔比,和收集溶剂流。

[0019] 在一些实施方案中,所述方法还可以包括将第二溶液引入二级过程,例如厌氧消化器。在其他实施方案中,所述方法还可以包括将第二溶液引入焚烧器。可以将从焚烧器或者从来自消化器的甲烷燃烧产生的热提供至分离操作。在至少一些实施方案中,所述方法还可以包括控制半透膜积垢。

[0020] 另一方面,本发明涉及正向渗透方法。所述方法包括以下步骤:将具有溶剂和至少一种溶质的第一溶液引入半透膜的第一侧,将多个沉淀成核结晶(“晶种”)引入第一溶液,将浓缩吸引溶液引入所述半透膜的第二侧,促进所述第一溶液中所述至少一种溶质的成核,并促进至少一部分所述溶剂流动穿过所述半透膜,以在所述半透膜的第一侧形成第二溶液并在所述半透膜的第二侧形成稀释的吸引溶液。所述多个晶种可以包括基本上均一组成和构型的晶种,然而,可以将具有不同组成和/或构型的晶种引入用于不同溶质的选择性成核。选择晶种的量、组成和构型以适合特定应用;例如,回收药物化合物的回收和/或不想要溶质的去除。促进成核的步骤可以包括溶液中晶种的引入和被动分散以及任选地搅拌、通气或促进第一溶液内晶种混合的其他手段。

[0021] 在前述方面的各种实施方案中,所述方法可以包括将至少一部分所述稀释的吸引溶液导入分离单元以回收溶剂流或吸引溶质的至少一个的步骤,以及将吸引溶质重新引入所述半透膜的第二侧的浓缩吸引溶液以维持在所述浓缩吸引溶液中的所需摩尔比的步骤。在一个实施方案中,促进至少一部分溶剂流动的步骤包括维持跨半透膜的渗透浓度梯度,其可以包括维持浓缩吸引溶液中氨和二氧化碳至少1:1的摩尔比。任选地,所述方法可以包括以下步骤:监测浓缩吸引溶液的一个或多个特征,并且必要时通过例如将吸引溶质重新引入溶液以改变其摩尔比来调整吸引溶液。所述方法还可以包括回收至少一部分从所述第

一溶液沉淀出的至少一种溶质的步骤。回收沉淀的溶质可以包括通过例如溶质的过滤、重力沉降(例如,在分离的室中)、分类和优先沉淀、热交换或其他分离手段来进一步处理所述溶质和/或第一溶液。例如,在某些实施方案中,当沉淀的溶质包括或包含有机物质时,可以将沉淀的溶质或浆料导入焚烧器或消化器以进一步处理。

[0022] 另一方面,本发明涉及用于使用渗透处理溶液的系统。所述系统包括正向渗透模块和用于将多个晶种引入正向渗透模块的装置。正向渗透模块包括与包含溶剂和至少一种溶质的第一溶液的源流体连通的第一室、与浓缩吸引溶液流体连通的第二室、和联接所述第一室和所述第二室的半透膜。用于引入多个晶种的装置被配置以将多个晶种引入第一室,其中当将第一溶液引入第一室时,所述多个晶种导致至少一部分所述至少一种溶质的成核。用于引入多个晶种的装置可以包括来自系统中其他地方或者靠近第一室放置的料斗的一部分去除的沉淀晶体的再循环,以提供(有或没有计量)晶种进入第一室或分离系统,包括例如用于容纳多个晶种(作为干晶体或浆料)的贮器和用于将晶种从贮器递送至第一室的必要的泵(或其他原动力)、铅管和阀。所述装置和/或第一室还可以包括空气源、混合器和/或导流板,以辅助晶种在第一溶液内的引入和分散。

[0023] 在一个或多个实施方案中,所述系统可以包括与第二室流体连通、用于回收溶剂流和吸引溶质的至少一个的分离模块,以及用于将吸引溶质再循环入浓缩吸引溶液的装置。分离模块和再循环装置可以包括例如其他室、滤器、热交换器、蒸馏柱、接触膜和必要的管路,以将吸引溶质回收并重新引入浓缩吸引溶液。所述系统还可以包括与第一室流体连通、用于回收沉淀的溶质的回收模块。回收模块可以包括例如沉降罐、滤器、焚烧器和/或消化器(例如,其中沉淀随着BOD或COD浓度而发生)。

[0024] 另一方面,本发明涉及使用渗透处理溶液的装置。所述装置包括被配置用于接收包含溶剂和至少一种溶质的第一溶液的室;置于所述室内的膜模块;和用于将多个晶种引入所述室的装置,其中所述多个晶种导致所述室中第一溶液中至少一部分的所述至少一种溶质的成核。膜模块包括具有与所述室中所述第一溶液流体连通的外表面和用于接收浓缩吸引溶液的内表面的半透膜。

[0025] 下文详细讨论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,应理解上述信息和以下详细描述都仅为各个方面和实施方案的示例说明性实例,并且预期提供用于理解要求保护的方面和实施方案的性质和特征的概述或框架。因此,通过参照如下描述和附图,本文公开的本发明的这些和其他目的以及优点和特征将变得明显。此外,应了解本文描述的各个实施方案的特征并非互相排斥,并且可以以各种组合和排列存在。

附图说明

[0026] 在附图中,类似的附图标记通常在不同的视图中指相同的部分。而且,附图不一定是成比例的,相反,通常强调示例说明本发明的原理,而不旨在作为本发明的限制的定义。为了清楚的目的,在每个附图中可能并未标记每一个部件。在以下描述中,本发明的各个实施方案参照如下附图进行描述,其中:

[0027] 图1是根据本发明的一个或多个实施方案的用于废水处理的正向渗透系统/方法的示意图;

[0028] 图2是根据本发明的一个或多个实施方案的用于废水处理的可选系统/方法的示

意图；

[0029] 图3是根据本发明的一个或多个实施方案的用于渗透提取溶剂的系统的示意图；

[0030] 图4是根据本发明的一个或多个实施方案的图3的系统的一个应用的示意图；

[0031] 图5是根据本发明的一个或多个实施方案的包括正向渗透单元和反向渗透单元的渗透系统的示意图；和

[0032] 图6是描述被配置用于维持其离子平衡的渗透驱动膜方法的各个步骤的流程图。

具体实施方式

[0033] 根据一个或多个实施方案，用于从溶液提取溶剂（例如，水）的渗透方法一般可以包括将所述溶液暴露于正向渗透膜的第一表面。可将相对于第一溶液或过程溶液具有增加的浓度的第二溶液或吸引溶液暴露于正向渗透膜的第二相对表面。然后，溶剂可从溶液被吸引通过正向渗透膜并进入第二溶液，经由正向渗透产生富含溶剂的溶液，正向渗透利用流体转移性质，涉及从较不浓缩溶液向较浓缩溶液移动。富含溶剂的溶液，也称为稀释的吸引溶液，可在第一出口收集并经历进一步的分离过程，以产生例如纯化的水。可在第二出口收集第二产物流，例如消耗或浓缩的过程溶液，以排出或进一步处理。

[0034] 液压一般可以促进第一和第二溶液通过膜模块沿着其各自通道的纵轴运输，而渗透压一般可以促进溶剂从进料跨模块中正向渗透膜至吸引溶液的运输。可选地，液压可以施加于进料溶液以帮助溶剂从进料流动至吸引溶液，或者液压可以施加于吸引溶液以允许从吸引溶液的体积膨胀中产生粉末，吸引溶液的体积膨胀是由于两种溶液之间渗透压差驱动的溶剂从进料溶液的膜通量（PRO）。一般而言，可以设计模块内的流动通道以使引起通过这些通道的流动（错流）所必需的液压最小化，但这常常与在流动通道中产生湍流的希望不符，湍流有益于两种溶液之间渗透压差的有效产生，其倾向于增加流动阻力。较高的渗透压差一般可以增加跨膜通量，但是也可以具有增加从稀释的吸引溶液分离吸引溶质所需热量以产生稀释的水产物和再浓缩的吸引溶液的趋势。

[0035] 根据一个或多个实施方案，正向渗透膜可以包括一个或多个正向渗透膜。正向渗透膜一般可以是半透性的，例如，允许水穿过，但是排除其中溶解的溶质，例如氯化钠、碳酸铵、碳酸氢铵和氨基甲酸铵。许多类型的半透膜适合该目的，条件是它们能够允许水（即，溶剂）穿过的同时阻止溶质穿过，并且不与溶液中的溶质反应。膜可以具有许多构型，包括薄膜、中空纤维膜、螺旋缠绕膜、单丝和盘管。存在许多公知的可商业途径获得的半透膜，其特征在于具有足以允许水穿过的小孔径，同时筛掉溶质分子，例如氯化钠及其离子分子物类，例如氯化物。这种半透膜可以由有机或无机材料制成。在一些实施方案中，可以使用由诸如以下材料制成的膜：醋酸纤维素、硝酸纤维素、聚砜、聚偏二氟乙烯、聚酰胺和丙烯腈共聚物。其他膜可以由诸如 ZrO_2 和 TiO_2 等材料制成的矿物膜或陶瓷膜。

[0036] 优选地，被选择用作半透膜的材料一般能够经受膜可能经受的各种处理条件。例如，可能希望膜能够经受升高的温度，例如与灭菌或其他高温过程相关的那些。在一些实施方案中，正向渗透膜模块可以在约0-100摄氏度范围内的温度下操作。在一些非限制性实施方案中，处理温度范围可以是约40-50摄氏度。同样，可能希望膜能够在各种pH条件下维持完整。例如，在膜环境中的一种或多种溶液，例如吸引溶液，可以或多或少的酸性或碱性。在一些非限制性实施方案中，正向渗透膜模块可以在约2和11之间的pH水平下操作。在某些非

限制性实施方案中，pH水平可以是约7至10。使用的膜不需要由这些材料的一种制成，并且它们可以是不同材料的复合物。在至少一个实施方案中，膜可以是不对称膜，例如在第一表面上具有活性层，并且在第二表面上具有支持层。在一些实施方案中，活性层一般可以是拒绝层。例如，在一些非限制性实施方案中，拒绝层可以阻止盐的穿过。在一些实施方案中，支持层，例如衬里层，一般可以是非活性的。

[0037] 根据一个或多个实施方案，至少一个正向渗透膜可以位于外套或罩内。外套的大小和形状一般可以适应位于其中的膜。例如，如果外套螺旋缠绕正向渗透膜，则外套可以基本上是圆柱形的。模块的外套可以含有对模块提供进料和吸引溶液的进口和用于产物流从模块退出的出口。在一些实施方案中，外套可以提供至少一个贮器或室，用于容纳或储存被引入模块或从模块退出的流体。在至少一个实施方案中，外套可以是绝缘的。

[0038] 根据一个或多个实施方案，分离过程可以包括将第一溶液暴露于半透膜的第一表面。具有比第一溶液浓度大的浓度的第二溶液可以暴露于该膜的第二相对表面。在一些实施方案中，可以通过使用第一试剂来调节第二溶液中溶质的平衡以增加第二溶液内可溶物类的溶质的量，来增加第二溶液的浓度。然后，第一溶液和第二溶液之间的浓度梯度通过半透膜从第一溶液吸引溶剂进入第二溶液，产生溶剂富集的溶液。根据一个或多个实施方案，可以从溶剂富集的第二溶液回收一部分溶质并再循环至吸引溶液。回收过程可以产生溶剂产物流。浓度梯度还在半透膜的第一侧上产生消耗的溶液，其可以被排放或者进一步处理。消耗的溶液可以包含希望浓缩或回收的一种或多种目标物类。

[0039] 根据一个或多个实施方案，公开了使用渗透从第一溶液提取溶剂的装置。在该装置的一个非限制性实施方案中，该装置具有第一室，该第一室具有进口和出口。第一室的进口可以与第一溶液源连接。半透膜分隔第一室与第二室。第二室具有进口和第一和第二出口。在一些实施方案中，第三室可以接收来自第二室的第一出口的溶剂富集的第二溶液以及来自第二室第二出口的试剂。第三室可以包括与分离操作连接的出口，所述分离操作例如用于过滤溶剂富集的第二溶液的滤器。该滤器可以具有第一和第二出口，第一出口与第二室的进口连接以将沉淀的溶质再循环至第二室。在一些实施方案中，第四室可以接收来自分离操作的第二出口的溶剂富集的第二溶液。第四室可以具有用于加热溶剂富集的第二溶液的加热器。第四室中的第一出口可以将组成气体返回第二室的进口。如本文讨论的，各种物类，例如来自第四室的气体和/或来自第三室的沉淀的溶质，可以在系统内再循环。例如，这种物类可以在相同进口或不同进口引入第二室。第四室中的第二出口可以允许最终产物、例如溶剂从装置排出。当发生从一种溶液至另一溶液的跨膜流动时，流动通道构型可以负责改变进料溶液和吸引溶液的流量或流速。一般应该设计膜系统中进料溶液和吸引溶液的流动通道为对于短长度和低至中流速而言是大致相等的，或者是分等级的，其中对于较长的通道长度和或较高的流量而言进料变得更窄并且吸引变得更深。

[0040] 根据一个或多个实施方案，一般可以构建并安排正向渗透膜模块以使第一溶液和第二溶液分别与半透膜的第一和第二侧形成接触。尽管第一和第二溶液可以保持停滞，但优选通过错流，即与半透膜表面平行的流动引入第一和第二溶液。这一般可以增加沿着一个或多个流体流路的膜表面积接触，从而增加正向渗透效率。在一些实施方案中，第一和第二溶液可以相同方向流动。在其他实施方案中，第一和第二溶液可以相反方向流动。在至少一些实施方案中，膜表面的两侧上可以存在相似的流体动力学。这可以通过模块或外套中

一个或多个正向渗透膜的策略集成来实现。

[0041] 根据一个或多个实施方案,可以将吸引溶质回收再利用。吸引溶质回收过程的实例描述于McGinnis的美国专利公布号2012/0067819('819公布),其公开内容通过引用整体并入本文。分离系统可以从稀释的吸引溶液剥离溶质以产生基本上无溶质的产物水。分离系统可以包括蒸馏柱。然后,可以例如通过再循环系统将吸引溶质返回浓缩吸引溶液。可以浓缩或吸收气态溶质以形成浓缩吸引溶液。吸收器可以使用稀释的吸引溶液作为吸收剂。在其他实施方案中,可以使用产物水作为吸收剂,用于从溶质再循环系统吸收气体流的全部或部分。此外,作为废水处理过程的部分而产生的气体和/或热可用于吸引溶质回收过程。

[0042] 根据一个或多个实施方案,第一溶液可以是含有期望分离、纯化或其他处理的一种或多种溶质的任何水溶液或溶剂。在一些实施方案中,第一溶液可以是非饮用水,例如海水、盐水、苦咸水、中水(graywater)和一些工业水。待处理的过程流可包含盐和其他离子物类,例如氯化物、硫酸盐、溴化物、硅酸盐、碘化物、磷酸盐、钠、镁、钙、钾、硝酸盐、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(例如盐水或海水)、废水或其它污水。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)递送至正向渗透膜处理系统。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。可使用多种吸引溶液。例如,吸引溶液可包含热分解盐溶液。在一些实施方案中,可以使用氨和二氧化碳吸引溶液,例如McGinnis的美国专利公布号2005/0145568中公开的那些,其公开内容通过引用整体并入本文。在一个实施方案中,第二溶液可以是氨和二氧化碳的浓缩溶液。在至少一个实施方案中,吸引溶液可以包含大于1比1摩尔比的氨和二氧化碳。

[0043] 第二(吸引)溶液的优选溶质可以是氨和二氧化碳气体及其产物、碳酸铵、碳酸氢铵和氨基甲酸铵。当以约1的比例溶解于水中时,氨和二氧化碳形成主要包含碳酸氢铵和更小程度的相关产物碳酸铵和氨基甲酸铵的溶液。该溶液的平衡偏向于较不可溶的物类溶质碳酸氢铵,超过可溶性物类溶质氨基甲酸铵和更小程度的碳酸铵。用过量氨气缓冲主要包含碳酸氢铵的溶液,使铵与二氧化碳的比例增加到约1.75至2.0,将使溶液平衡转向可溶性物类溶质氨基甲酸铵。氨气在水中更可溶,并且优先被溶液吸收。因为氨基甲酸铵更容易被第二溶液的溶剂吸收,其浓度可以增加至溶剂不能再吸收更多溶质,即饱和的点。在一些非限制性实施方案中,通过该操作实现的该第二溶液中的溶质浓度大于约2摩尔、大于约6摩尔或约6至12摩尔。

[0044] 根据一个或多个实施方案,氨与二氧化碳的比例应该基本上允许吸引溶液气体完全吸收进入吸收流体,例如一部分上述的稀释的吸引溶液,基于系统中吸引溶液的最高浓度。吸引溶液的浓度、体积和流速一般应匹配进料溶液的浓度、体积和流速,使得两个溶液之间所需的渗透压差在整个膜系统和进料水回收范围中得以保持。这可根据考虑膜中和其表面处的内部和外部浓差极化现象的一个或多个实施方案来计算。在一个非限制性的脱盐实施方案中,可使用大约为盐水进料水流速的大约33%的浓缩吸引溶液进口流速,对于海水脱盐系统,通常在约25%至75%的范围内。较低盐度的进料可能需要进料水流速的约5%至25%的吸引溶液进口速率。稀释的吸引溶液出口速率可通常为进料水进口速率的约50%至100%,并且为盐水排放体积的约三至四倍。

[0045] 根据一个或多个实施方案,氨与二氧化碳的比例一般应该与吸引溶液的浓度和在吸引溶质的除去和回收过程中使用的温度相匹配。如果该比例不够高,那么将不可能将吸引溶质气体完全吸收成盐以再用于浓缩溶液,而如果该比例太高,则吸引溶液中会有过量的氨,其在希望的温度范围内(如利用废热驱动该过程所必需的温度范围)将不会适当地冷凝。例如,在一些实施方案中,蒸馏柱可在约50°C剥离气体,吸收柱可在约20°C下操作。应该进一步考虑氨与二氧化碳的比例以防止氨通过膜进入进料溶液。如果该比例太高,可能引起非离子化的氨以高于必需的或理想的浓度存在于吸引溶液中(通常主要是铵)。其它参数,例如进料水的类型、所需的渗透压、所需的通量、膜的类型和吸引溶液浓度,可影响优选的吸引溶液的摩尔比。在渗透分离过程中,可监测和控制氨与二氧化碳的比例。在至少一个实施方案中,吸引溶液可包含摩尔比大于1比1的氨和二氧化碳。在一些非限制性实施方案中,在约50°C且吸引溶液的摩尔浓度规定为该溶液内二氧化碳的摩尔浓度时,吸引溶液的比例对于最多1摩尔的吸引溶液可以是至少约1.1比1,对于最多1.5摩尔的吸引溶液可以是约1.2比1,对于最多3摩尔的吸引溶液可以是约1.3比1,对于最多4摩尔的吸引溶液可以是约1.4比1,对于最多4.5摩尔的吸引溶液可以是约1.5比1,对于最多5摩尔的吸引溶液可以是约1.6比1,对于最多5.5摩尔的吸引溶液可以是约1.7比1,对于最多7摩尔的吸引溶液可以是约1.8比1,对于最多8摩尔的吸引溶液可以是约2.0比1,对于最多10摩尔的吸引溶液可以是约2.2比1。实验表明,这些比例大致为这些浓度的溶液在该近似温度下的稳定溶解性所需要的最小比例。在较低的温度,对于相同的浓度,需要较高的氨与二氧化碳的比例。在较高的温度,可能需要较低的比例,但可能还要求对溶液进行一定加压来防止溶质分解成气体。大于1比1的比例,即使在总浓度小于2摩尔时,也大大增加溶液的稳定性,并防止二氧化碳气体的形成和通常响应于甚至是适量热和或压降的吸引溶液的热分解。

[0046] 根据一个或多个实施方案,正向渗透分离过程可以包括将第一溶液引入半透膜的第一侧,检测第一溶液的至少一个特征,基于至少一个检测的特征来选择包含氨和二氧化碳的浓缩吸引溶液的摩尔比,将以选定的摩尔比包含氨和二氧化碳的浓缩吸引溶液引入半透膜的第二侧以维持跨半透膜的所需的渗透浓度梯度,促进至少一部分第一溶液流动穿过半透膜以在半透膜第一侧形成第二溶液并在半透膜第二侧形成稀释的吸引溶液,将至少一部分稀释的吸引溶液引入分离操作以回收吸引溶质和溶剂流,将吸引溶质重新引入半透膜的第二侧以维持选择的浓度和浓缩吸引溶液中氨与二氧化碳的摩尔比,并收集溶剂流。

[0047] 根据一个或多个实施方案,用于从第一溶液渗透提取溶剂的装置可以包括具有与第一溶液源流体连接的进口的第一室、具有与包含至少1比1的摩尔比的氨和二氧化碳的浓缩吸引溶液的源流体连接的进口的第二室、分隔第一室与第二室的半透膜系统、在第二室的下游流体连接的分离系统(包括蒸馏柱)、被配置以从第二室接收稀释的吸引溶液并回收吸引溶质和溶剂流的分离系统、和包括被配置以促进吸引溶质重新引入第二室以维持浓缩吸引溶液中氨与二氧化碳的摩尔比的吸收器的再循环系统。

[0048] 根据一个或多个实施方案,各种渗透驱动膜系统和方法可以与更大的系统集成。在一些实施方案中,系统和方法可以与各种热源和水系统集成。在至少一个实施方案中,吸引溶液可以在与冷凝器相关的管内部进料。在一些实施方案中,来自地下的热水可用于再煮器。在其他实施方案中,可以使用地热、工业来源的废热、太阳能集热器、熔盐或热储存系统中的余热。在其他实施方案中,可以采用柴油发电机。

[0049] 根据一个或多个其他实施方案,正向渗透系统和方法可以与用于最大化从具有结垢沉淀可能性的废水源回收水的辅助过程集成。例如,为了防止钙和镁盐的沉淀,可以首先通过诸如包括在强酸阳离子交换树脂上与钠离子交换的那些技术从进料去除钙和镁。FO浓缩液可用于再生树脂。化学分散剂可用于防止离子交换柱内的沉淀。为了二氧化硅结垢控制,可以向系统进料提供二氧化硅结垢分散剂。如果所需浓度因子导致超过分散剂供应商推荐的最大的二氧化硅的浓度,则可以通过去除二氧化硅的小的外部微滤器或超滤器再循环一部分进料。

[0050] 在另一实施方案中,可以在FO膜系统中浓缩可溶性盐达到或超过其溶解度(使用或不使用阻垢化学品),使得浓缩的进料溶液被导入含有晶种和/或絮凝剂化学添加的沉淀罐。然后将该溶液导入沉降罐和/或过滤装置以去除颗粒。然后将来自该处理的流出物导入另一过程、去除或在FO膜系统中再循环以进一步浓缩。流体剪切力的使用和/或用于冲洗的气泡的引入可用于FO膜系统,以确保膜表面不发生沉淀和/或积垢。

[0051] 根据一个或多个实施方案,可以监测并控制膜积垢。可以使用诸如涉及液体湍流和气体引入的那些冲洗技术来控制膜积垢。在一些实施方案中,剪切力,诸如涉及在膜表面诱导剪切的循环流体动力学的那些,可用于冲洗。在其他实施方案中,可以将诸如泡沫球的物体放入流路中以实现冲洗。在一些实施方案中,可以通过操纵操作参数以改变渗透压和流路来控制积垢和生物活性,例如,使得不同膜区域在不同的时间经历不同的溶液、渗透压、pH或其他条件。可以将随时间的变化列表,例如基于分钟、小时或年。可以使用另外的FO分离系统和方法来处理具有高结垢可能性的溶液。通过使用超饱和和去饱和或加入晶种的浆料,这些系统和方法将允许显著提高进料水流的回收,提供显著的经济和环境益处(例如,较少摄入水、较少排放水、较少化学使用等)。

[0052] 未加入晶种的浆料系统将饱和溶液送至膜阵列,其进料将通过流动去除水而变得超饱和。将该超饱和的溶液导入罐,该罐混合该溶液与悬浮的晶体或其他成核点以沉淀。然后将浆料导入沉降罐、旋流器或其他过滤装置以去除沉淀。

[0053] 使用加入晶种的浆料的系统和方法将具有在膜模块中溶液中悬浮的沉淀,使得在这些成核点上、而不是在膜表面发生另外沉淀,如下参考图2更详细描述。浆料的处理将需要预过滤或旋流器系统以维持最大颗粒直径。在各种实施方案中,可以将该系统的膜包衣并且在一些情况下定期重新包衣以防止阻挡层的磨损。这种包衣可以包括聚乙酸乙烯酯(PVA)。这些系统和方法的另外优点包括例如其允许在或高于一种至多种盐的溶解度极限下对溶液连续去盐,减少或消除过程中消耗的化学品的使用,减少膜积垢,和减少反相盐运输的影响。

[0054] 根据一个或多个实施方案,系统和方法可用于膜生物反应器(MBR)操作以进行废水处理。在一些实施方案中,可以在一步中将废水转化以从废物重新利用。一些实施方案可能不需要通气,使得在水系统或膜消化器操作中水从悬浮固体和有机物的直接膜分离可以提供在能量和总成本方面的节省。在非限制性实施方案中,可以设计MBR系统,使得循环沿着膜片表面,在膜片下罐中具有相对未混合的区域。可以从该沉降区去除固体。也可以将发酵置于未混合区,允许从罐顶部去除和使用甲烷。可以配置罐,使得泵出口置于罐一侧,指导沿着膜片横(宽度)轴的流动,如果需要则诱导剪切力和湍流,使得流动沿着膜片的纵轴平均分布,从顶到底均匀分布。剪切力以及例如通气和搅拌帮助防止/减少膜表面的积垢。

可以进一步配置罐,使得罐的相对壁以使水在减少的阻力下返回罐的泵侧的方式弯曲,该流动在膜层叠的任一侧穿过。膜袋内部中的吸引溶液可以从顶流向底、从底流向顶或者按需要交替串联。可以布置膜层叠,使得罐的不同区域经历进料溶液的不同稳态浓度。可以使用气泡冲洗膜表面以减少浓差极化现象并防止膜表面上的积垢和/或结垢,该空气引入预期为了这些目的,而不是为了如常规膜生物反应器通常的向溶液引入氧。

[0055] 根据一个或多个实施方案,可以用本文公开的正向渗透技术替代膜生物反应器和常规反向渗透过程来处理工业废水。在涉及高水平悬浮固体或高水平溶解的有机物的应用中,正向渗透方法可能是特别有益的。对于处理具有高生化需氧量(BOD)或高化学需氧量(COD)的废水,正向渗透也可能是理想的选择。正向渗透发挥与MBR和反向渗透相同的功能,但是以一步进行,并且没有MBR正常所需的能量以对水通气以引入氧以生物降解BOD和COD。具体地,使用正向渗透浓缩污水消除了对获得必要细菌以消耗废物的空气/氧的需要,得到更有效的方法-较少设备、较少能量和较小足迹。如下讨论,然后将该浓缩的污水送至例如消化器以产生甲烷气体。

[0056] 根据一个或多个实施方案,还可以使用正向渗透来浓缩进料流。与需要后精制阶段(例如涉及反向渗透的那些)的常规微过滤或超过滤方法相反,正向渗透浓缩方法可以在一步过程中产生适于饮用或其他高质量的水,即,FO-MBR产生与常规MBR加上反向渗透过程一样质量的水,但是在一步中完成。

[0057] 在一些实施方案中,过程流可以含有待浓缩和回收的所需的目标物类,例如药物、盐、酶、蛋白、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。在至少一个实施方案中,正向渗透可用于矿物回收。在一些实施方案中,正向渗透可用于在溶液采矿工业中浓缩盐水。盐水溶液可以用正向渗透操作达到饱和,使得沉淀可以促进矿物、盐、金属和肥料例如钾碱的回收。

[0058] 可以使用正向渗透方法浓缩具有高BOD和/或高COD的流。在一些实施方案中,正向渗透浓缩方法可以与厌氧消化器联接以产生用于燃烧的气体。产生的气体还可以为溶质回收过程提供热而无需单独的消化器。在其他实施方案中,正向渗透浓缩方法可以与焚烧器联接以直接燃烧固体以向上游正向渗透过程和/或溶质回收过程提供热。

[0059] 图1提供了用于废水处理的正向渗透系统/方法的示意图。待处理的废水流可以含有一种或多种物类,例如盐、蛋白、催化剂、微生物、有机或无机化学品、化学前体或产品、胶体或其他成分。在一些非限制性实施方案中,可以用如示例说明的正向渗透系统和方法来减少废水厂的营养排放。

[0060] 如图1所示,系统/方法10包括正向渗透模块12。可以使用各种正向渗透系统和方法,例如本文描述和美国专利号6,391,205、美国专利公布号2011/0203994;和2010年10月29日提交的PCT申请序号PCT/US10/054738和2010年10月28日提交的PCT/US10/054512中进一步描述的那些,其公开内容通过引用整体并入本文。模块12与废水源或流14(即,进料溶液)和吸引溶液源或流16流体连通。废水源14可以包括例如市政(例如,污水)和/或工业(例如,水力破碎回流)废水,包括放射性水。吸引溶液源16可以包括例如盐水流,例如海水或本文描述的另一溶液,其可用作渗透剂以通过模块12内的正向渗透膜渗透而使废水源14脱水。模块12从废水源14向外输出浓缩溶液的流18,其可以如本文所述进一步处理。模块12还输出稀释的吸引溶液20,其可以如本文所述进一步处理,例如,可以将稀释的吸引溶液20导

入分离单元22,在那里可以回收吸引溶质和靶溶剂。

[0061] 图2描绘了系统/方法110,其中正向渗透膜模块102可以浸入或放入包封的组件内。除了上述用于减少积垢的方法以外,图2中描绘的系统/方法110利用了用于处理废水或其他进料溶液源的加入晶种的浆料方法。如所示的,系统/方法110包括与废水流114和吸引溶液流116流体连通的正向渗透模块112。模块112包括用于接收废水的室或罐104。室104被配置用于容纳膜模块102。如相对于图1讨论的,F0模块112还输出浓缩溶液118和稀释的吸引溶液120。

[0062] 根据一个或多个实施方案,向室104添加晶种以产生加入晶种的浆料106。晶种提供了用于选择性沉淀其上的某些溶质(例如,盐或氨基酸)的成核点。靶向溶质将从加入晶种的浆料106中沉淀出来,并且沉降室104的底,与沉积在膜表面上相反,其中沉淀的溶质可以如前讨论的进一步处理。这些可以在所述方法中部分地重复使用,例如,使用重新导入罐的沉淀的固体作为晶种。此外,室104可以包括用于改善正向渗透过程的其他装置,例如通气和搅拌,以减少膜积垢和/或改善晶种效力,如前所公开的。

[0063] 正向渗透模块中晶种的使用对于可能需要预处理或包含所需的溶质的进料、例如来自制药过程的晶种是特别有益的。晶种辅助靶溶质的回收。而且,相对于具有高水平悬浮固体的废水的处理,可以从室104的底部抽取一部分固体,并且可以通过使用晶种沉淀出另一部分固体。此外,可以选择晶种的尺寸和组成以适合特定应用,例如,回收药物化合物或减少反向盐运输的影响。

[0064] 图3展示了使用包括一个或多个预处理和/或后处理单元操作214、216的正向渗透系统/方法212渗透提取溶剂的系统210的示意图。可以使用各种正向渗透系统和方法,例如本文描述和上文引用的美国专利号6,391,205、美国专利公布号2011/0203994;和PCT公布号W02011/053794和W02011/059751中进一步描述的那些。

[0065] 根据一个或多个实施方案,系统210可以包括一个或多个预处理操作214以增强正向渗透过程212。预处理可以包括pH调节,例如升高待处理的过程流的pH水平,使用阻垢剂,各种类型的过滤,聚合物添加,热交换,软化,和纳米过滤软化。

[0066] 根据一个或多个实施方案,系统210可以包括一个或多个后处理操作216。后处理可以包括第二单程反向渗透分离、离子交换分离、另外的正向渗透过程或其他氨和/或盐去除操作。后处理可以使产物水盐度降低至单程正向渗透系统产生的盐度之下。在其他实施方案中,可以可选或附加地使用后处理以去除否则将在产物流中存在的吸引溶质。在一些特定的非限制性实施方案中,可以使用离子交换、蒸馏、全蒸发、膜蒸馏、通气、生物处理或其他过程来后处理正向渗透盐水排出物,以去除反向扩散进入盐水的吸引溶质。另外的后处理操作可以包括零液体排放(ZLD)处理,使用例如结晶和蒸发。在一个实施方案中,ZLD处理利用例如正向渗透系统替换蒸发系统。

[0067] 根据一个或多个实施方案,可以使用来自改善通量的吸引溶质回收过程的拒绝热来预热进料水。吸引溶质回收过程的实例描述于上文引用的'819公布。吸引溶质回收系统可能需要冷却。例如,剥离器的冷凝器可能需要冷却。因此,可以由膜进料流在其引入正向渗透膜之前提供冷却。膜进料流可以提供足够的冷却,以允许吸引溶质流在吸引溶质回收过程的重吸收。在一个实施方案中,进料流可以冷却回收过程中的一个或多个流至室温。此外,通过增加水透过性、增加吸引和/或进料溶质扩散性并通过热膨胀改善膜孔结构,较高

的膜系统温度可以伴随较高的通量。

[0068] 根据一个或多个实施方案,可以使用盐水去除吸引溶质回收过程的热。加热盐水可以蒸发盐水中的残余溶质。具体地,可以将来自正向渗透膜的盐水浓缩物导入剥离器顶部的冷凝器以提供剥离器的冷却。盐水吸收的热可以帮助驱动来自盐水的溶解气体,并且可以用于作为盐水后处理的剥离过程,类似于用于从产物水流的吸引溶质再循环的过程。例如,已经通过膜系统中反向盐通量进入盐水流体的吸引溶质可以通过加热盐水来回收;在一些实施方案中与例如‘819公布中公开的其他过程相结合。在任一情况下,可以将吸引溶质返回浓缩吸引溶液并再利用。

[0069] 根据一个或多个实施方案,活性炭或其他有机物可用于吸收或过滤来自稀释的吸引溶液剥离系统和/或盐水后处理系统的气流。吸收操作可以去除处理流的挥发性组分,否则其将在吸引溶液系统中累积。例如,穿过正向渗透膜的可溶性有机化合物可以在溶质回收系统中挥发。类似系统可用于任何流组分从含有非吸引溶质挥发性组分的吸引溶质剥离的情况。应该对来自剥离系统的蒸气流使用任何适当的分离操作以防止挥发性化合物的累积。例如,可以在液相中剥离之前、在蒸气相中浓缩之前、在液相中浓缩之后、或者在其中这些化合物的累积将被其使用所预防的任何点的吸引溶液系统内提供分离。在一个实施方案中,吸引溶液蒸气和液体流将被冷却并相互接触足以允许基本上完全重吸收吸引溶质的时间段,这可以在填料塔或膜系统中进行。

[0070] 根据一个或多个实施方案,通过离子交换、纳米过滤或类似过程的水软化可以作为正向渗透过程的预处理来实施。在一些特定实施方案中,可以在零液体排放水处理之前提供软化,以确保产物盐具有高值。可以通过预处理软化的操作来选择盐的纯度及其组成,例如高纯度氯化钠,因为软化过程可以选择性去除二价离子。因此,集成系统可以产生高价值产物。正向渗透处理后的盐水可用于离子交换再装填。在其他实施方案中,任何类型的结晶器可用于在正向渗透分离之后产生盐。

[0071] 图4代表根据本发明一个或多个实施方案的用于渗透提取溶剂的系统210的一个可能应用。如参考图3所讨论的,系统210包括正向渗透系统212和一个或多个预处理和后处理单元214、216。系统210可以包括与一个或多个正向渗透系统212结合的预处理和/或后处理单元214、216的任何组合,包括仅预处理或仅后处理。本文描述的各种系统/单元可以通过常规铅管技术互连,并且可以包括任何数目和组合的组成部分,例如泵、阀、传感器、计量器等,以监测并控制本文所述各种系统和过程的操作。各种组成部分可以与本文描述的控制组合使用。

[0072] 在图4所示的应用中,使用系统210来处理来自内陆来源218的苦咸水。如所示的,将进料流220导入预处理单元214,在那里例如加热进料流。进料流一经预处理,则将处理的流222导入正向渗透系统212,其中它提供如本文讨论的第一溶液。任选地,可以将处理的流222导入另外预处理单元以在进入正向渗透系统212之前进一步处理(例如,pH调节)。将吸引溶液通过流224提供至正向渗透系统212以提供促进溶剂跨膜运输所必需的渗透压力梯度,如本文讨论的。

[0073] 至少两个流退出正向渗透系统212:已经提取了溶剂的浓缩进料或处理的流226;和已经添加了溶剂的稀释吸引流228。然后可以将浓缩流226导入后处理单元216以进一步处理,例如第二正向渗透系统以回收另外溶剂。可以利用另外的后处理过程,例如结晶和蒸

发,以进一步提供零液体排放。根据浓缩物的性质,可以处置、再循环或者以其他方式回收利用完全处理或浓缩的进料(箭头238)。

[0074] 可以将稀释的吸引流228导入分离系统230,在那里可以回收溶剂和/或吸引溶质。任选地,如对于另外处理所需要的,还可以将稀释的吸引流228导入后处理单元(流228a)。在一个或多个实施方案中,分离系统230从稀释的吸引流228分离吸引溶质以产生基本上纯化的溶剂流232例如饮用水、和吸引溶质流236。在一个或多个实施方案中,根据溶剂的最终用途,还可以将溶剂流232导入后处理单元以进一步处理(流232a)。例如,可以通过蒸馏以去除可能依然存在于溶剂中的另外的吸引溶质来进一步处理溶剂。在一个或多个实施方案中,根据回收的吸引溶质的预期用途,可以将吸引溶质流236直接返回吸引流224(流236a),导入再循环系统234以重新加入吸引流224(流236b),或者导入后处理单元(流236c)以进一步处理。在一个或多个实施方案中,可以与预处理单元214结合使用再循环系统234,以例如提供与进料流220(流240)的热交换。

[0075] 图5展示了渗透驱动膜系统310,其被配置为调节总体系统的离子平衡,并通过使用反向渗透单元后处理分离/再循环单元排放的纯化水并将来自反向渗透系统的浓缩物再导入正向渗透系统的进料而从正向渗透系统回收另外的吸引溶质。该布置允许另外的吸引溶质的回收,并维持总体系统的离子平衡,而不需要添加和/或去除某些化学品或另外系统/过程(例如,离子交换器)。

[0076] 如图5所示(并且类似于图4所示的系统210),系统310包括正向渗透单元312,其包括含有或与进料或第一溶液320的源流体连通的一个或多个第一室312a。正向渗透单元312还包括由半透性正向渗透膜313与第一室312a分隔的一个或多个第二室312b。第二室312b含有或者与浓缩吸引溶液324的源流体连通。浓缩吸引溶液324具有足以维持跨膜313的渗透浓度梯度的溶质浓度,从而引起来自第一/进料溶液320的溶剂流动穿过膜313进入第二室312b并稀释浓缩吸引溶液。第一溶液320在第一室312a内浓缩,形成第二溶液322。

[0077] 在正向渗透过程中,离子交换可以跨膜313发生。在使用 $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ 吸引溶液与含有 NaCl 的进料溶液的示例性系统中,铵离子(NH_4^+)可以从正向渗透膜313的第二室/侧312b移动至渗透膜313的第一室/侧312a,并且钠离子(Na^+)可以从膜313的第一室/侧312a移动至膜313的第二室/侧312b。该离子交换得到含有至少一种第一离子物类的溶质(例如, NH_4^+)的第二溶液322和含有至少一种第二离子物类的溶质(例如, Na^+)的稀释的吸引溶液326。离子交换的负面作用可以导致可回收的吸引溶质的损失和较高盐度的产物水。如下所述的反向渗透系统和另外分离系统的新用途除了改善产物水的质量,还克服了离子交换现象的负面作用,并且提供了对吸引溶质回收的预料不到的改善。

[0078] 将稀释的吸引溶液326导入分离和/或再循环系统330,其中将稀释的吸引溶液326分离成通过正向渗透过程获得的吸引溶质(或浓缩吸引溶液)328和溶剂(例如,饮用水)。该回收的溶剂332含有至少一种第二离子物类的溶质,其通过膜交换,但是不在吸引溶质回收操作过程中被去除。可以通过本文描述的系统和方法(包括‘789专利中的那些)的任何一种来回收吸引溶质。可以将回收的吸引溶质328再循环进入浓缩吸引溶液324的源或形成其基础。

[0079] 因为离子交换现象,不是所有的吸引溶质在该初始分离/再循环过程中可去除。例如,当一种离子物类(例如, NH_4^+)通过膜反向离子交换并且另一种物类的溶质(Na^+)进入吸

引溶液时,稀释的吸引溶液中吸引溶质的比例是失衡的。需要平衡吸引溶质(例如,氨(NH_3)和二氧化碳(CO_2))的平衡,以最有效地去除稀释的吸引溶液中所有的吸引溶质。因此,至少一种第二离子物类的溶质可以包括保留在于回收的溶剂中的离子物类的吸引溶质(例如,碳酸盐)。在示例性实施方案中,铵离子的损失导致过量碳酸根离子保留在溶剂中。在该实施方案中,回收的溶剂中存在的至少一种第二离子物类的溶质将包括溶液中的钠离子(Na^+)和碳酸根离子(CO_3^-)。

[0080] 在一个或多个实施方案中,分离/再循环系统330利用废热去除稀释的吸引溶液中的氨和二氧化碳溶质。如前讨论的,因为铵离子通过正向渗透膜313反向交换,铵与二氧化碳的比例改变,并且稀释的吸引溶液中没有足量的氨以去除所有二氧化碳,一些二氧化碳以碳酸盐形式存在。以希望比例存在于稀释的吸引溶液中的 NH_3CO_2 从溶液中蒸发,在含有回收的溶剂的溶液中留下溶剂和钠离子和碳酸根离子(即,至少一种第二离子物类的溶质)。

[0081] 将可能正常被认为是最终产物的含有至少一种第二离子物类的溶质的回收的溶剂332导入反向渗透系统316。通常,通过压力交换装置、例如泵338将溶剂332加压并转移至反向渗透系统316。在压力下将溶剂332转移至反向渗透系统316的第一室/侧316a,从而迫使溶剂穿过反向渗透膜317并在膜317的第二室/侧316b上得到纯化的溶剂334。可以收集纯化的溶剂334用于任何预期目的。将含有至少一种第二离子物类的溶质的浓缩溶液在压力下保持在膜317的第一室/侧316a中,其不能穿过膜317。然后将该浓缩溶液336导入正向渗透系统312。具体地,将浓缩溶液336添加至进料/第一溶液320并与其一起引入系统312/膜313的第一室/侧312a。浓缩溶液336的引入得到同时含有至少一种第一和至少一种第二离子物类的溶质(例如, Na^+ 、 NH_4^+ 和 CO_3^-)的第二溶液。在可选实施方案中,浓缩溶液336不直接返回正向渗透单元312/第一溶液320,但是直接转移至第二分离系统340,如虚线323所示,在这种情况下,浓缩溶液336与第二溶液或盐水浓缩物混合。这在浓缩溶液336具有较高TDS的情况下是特别有益的,较高TDS可以通过例如降低系统中的渗透压而负面影响正向渗透单元312的操作。

[0082] 平衡第二溶液322中第一和第二离子物类的溶质,从而导致碳酸铵和/或碳酸氢铵和/或氨基甲酸铵(即,另外的可去除的吸引溶质)的形成。将第二溶液322导入第二分离/再循环系统340。在一些实施方案中,使用系统340来浓缩/分离出盐水。分离/再循环系统340类似于第一分离/再循环系统330工作,并分离出新形成的另外的吸引溶质344。可以将这些吸引溶质344再循环回浓缩吸引溶液源324。铵离子和碳酸根离子的平衡比例允许基本上所有吸引溶质从第二溶液去除并再循环。可以进一步处理或者以其他方式处置留下的第二溶液(例如,盐水)342。

[0083] 图6是流程图,总体描绘了被配置以维持总体系统的离子平衡并最大化吸引溶质的回收的各种渗透驱动膜系统的操作。如图6所示,该过程开始于提供正向渗透系统形式的第一渗透驱动膜系统(步骤405)。将第一溶液和浓缩吸引溶液引入第一系统内正向渗透膜的对侧(步骤415,425)。该过程还包括促进溶剂从第一溶液流入浓缩吸引溶液的步骤(步骤435)。该步骤导致在膜的一侧上形成第二溶液并且在膜的对侧形成稀释的吸引溶液。由于离子交换现象,第二溶液将包括通过膜反向交换的第一离子物类的溶质,并且稀释的吸引溶液将包括通过膜正向交换的第二离子物类的溶质。

[0084] 该过程接下来的步骤之一包括将稀释的吸引溶液导入第一分离/再循环系统(步

骤445),在那里将吸引溶质回收并再循环回浓缩吸引溶液。一般而言,因为浓缩吸引溶液中第一离子物类吸引溶质的损失,稀释的吸引溶液内存在吸引溶质的失衡,这阻碍/防止稀释的吸引溶液中所有吸引溶质的回收。具体地,过量的至少一种吸引溶质将作为一种离子物类的溶质保留在回收溶剂中,其包括在至少一种第二离子物类的溶质中。在一个示例性系统中,至少一种第二离子物类的溶质将包括钠离子和碳酸根离子。

[0085] 然后将第一分离系统中回收的留下的溶剂在压力下直接导入反向渗透系统形式的第二渗透驱动膜系统(步骤455)。促进溶剂跨反向渗透膜的流动,在膜的一侧得到纯化的溶剂并且在膜的对侧得到浓缩溶液(步骤465)。收集纯化的溶剂供使用(例如,作为饮用水)或以其他方式进一步处理。将含有至少一种第二离子物类的溶质的浓缩溶液导入第一渗透驱动膜系统,在那里它与第一溶液混合并被引入第一渗透驱动膜系统(步骤475)。

[0086] 至少一种第二离子物类的溶质(例如, Na^+ 和 CO_3^-)将与第二溶液中存在的至少一种第一离子物类的溶质(NH_4^+)平衡(步骤485),从而导致另外可去除的吸引溶质的形成。可以从第一渗透驱动膜系统去除第二溶液并导入第二分离/再循环系统(步骤495),其中可以将另外的吸引溶质去除并再循环至浓缩吸引溶液。可以进一步处理或以其他方式处置留下的浓缩的第二溶液(例如,盐水)。

[0087] 根据一个或多个实施方案,本文描述的装置、系统和方法一般可以包括用于调节或调控装置或系统组成部分的至少一个操作参数的控制器,例如但不限于开启阀和泵,以及调节通过正向渗透膜模块的一个或多个流体流动流的性质或特征。控制器可以与至少一个传感器电连通,配置所述传感器以检测系统的至少一个操作参数,例如浓度、流速、pH水平或温度。一般可以配置控制器以响应于传感器产生的信号而产生调节一个或多个操作参数的控制信号。例如,可以配置控制器以接收渗透驱动膜系统和相关预处理和后处理系统的任何流、组成部分或子系统的状况、性质或状态的表现。控制器通常包括促进至少一种输出信号产生的算法,所述输出信号通常基于任何所述表现和目标或希望值例如如设定点的一个或多个。根据一个或多个特定方面,可以配置控制器以接收任何流的任何测量性质的表现,并对系统组成部分的任何一个产生控制、驱动或输出信号,以减少测量性质与目标值的任何偏差。

[0088] 根据一个或多个实施方案,过程控制系统和方法可以监测各种浓度水平,例如可以基于检测的参数,包括pH和电导率。还可以控制过程流的流速和罐水平。可以监测温度和压力。可以使用离子选择性探针、pH计量仪、罐水平和流的流速来检测膜泄漏。可以通过用气体在膜的吸引溶液侧加压并使用超声检测器和/或目视观察进料水侧的泄漏来检测泄漏。可以监测其他操作参数和维护问题。可以监测各种过程效率,例如通过测量产物水流速和质量、热流和电能消耗。可以控制生物积垢减轻的清洁方案,例如通过测量如通过在膜系统中特定点的进料和吸引溶液的流速所确定的通量下降。针对盐水流传感器的传感器可以指示何时需要处理,例如使用蒸馏、离子交换、断点加氯或类似方案。这可以利用pH、离子选择性探针、傅里叶变换红外光谱(FTIR)或感应吸引溶质浓度的其他装置来进行。可以监测并追踪吸引溶液状况以补给添加和/或替换溶质。同样,可以通过常规手段或者使用诸如铵或氨探针的探针来监测产物水质量。可以实施FTIR来检测存在的物类,提供可用于例如确保适当工厂操作并坚定诸如膜离子交换效果的行为的信息。

[0089] 正向渗透可以与积垢预防预处理配合以允许高的进料水回收,包括例如离子交

换、化学软化、纳米过滤、阻垢剂和/或沉淀技术。可以在FO的结垢预防系统中使用空气冲洗来防止膜表面上的结垢。正向渗透可用于没有针对生物活性的通气的含有机物的水域。可以浓缩废流以供在消化器中的可能用途,同时可能在膜罐内产生甲烷用于能量用途,并产生再利用质量的产物水。这可能在浸入的膜罐设计中特别有效。除了提供氧以外,还可以使用空气冲洗来允许有机物的高浓缩而无膜积垢。可以用正向渗透实施一批或连续搅拌罐反应器(CSTR)类型的操作,特别以允许有机物浓缩正向渗透和/或沉淀系统的增强的功能。压力阻滞渗透系统也可以是浸入的罐配置。可以对压力阻滞渗透系统通气以防止积垢和/或结垢并减少浓差极化。反应性气体也可以辅助该功能。可以通过交替暴露于高或低渗透压的膜模块或阵列部分来控制正向渗透系统中的生物生长。例如,可以将正常看到0.5M水域的膜阵列部分更换为2M水域的处理。这种调整将使生物膜生长非常困难。还可以进行进料流的脱气以防止某些类型的生物有机物的生长。例如,去除氧可以限制消化生物的生长,消化生物可能氧化从吸引溶液穿至进料溶液的氨。可以实施以限制生物活性的其他技术有亚硫酸盐减少、生物处理、渗透冲击、不与吸引溶液反应的常规清洁技术、无化学品的产物水通量、盐水溶液通气和硫酸氢钠添加。在一些实施方案中,可以使用pH、离子探针、FTIR和/或流速来控制正向渗透系统以确保所需的通量、渗透压差、氨与二氧化碳的比例、和浓度。

[0090] 现在已描述了本发明的一些示例说明性的实施方案,本领域技术人员应该明了,前述仅是示例说明性而非限制性的,仅作为例子而提供。许多调整和其他实施方案在本领域普通技术人员范围内,并预期落入本发明的范围内。特别地,尽管本文提供的许多实例涉及方法动作或系统元件的特定组合,但应理解那些动作和那些元件可以以其他方式组合以实现相同的目的。

[0091] 此外,本领域技术人员应该理解本文所述的参数和配置为示例性的,而实际的参数和/或配置将取决于其中利用本发明的系统和技术的实际应用。本领域技术人员仅仅使用常规实验也应认识到或能够确定本发明的特定实施方案的等同替代。因此应理解,本文所述的实施方案仅作为例子提供,并且在任何所附权利要求和其等同的范围内;可以以不同于具体描述的方式实施本发明。

[0092] 本文使用的短语和术语用于描述目的并且不应被认为是限制性的。本文使用的术语“多个”指两个或更多个项目或组成部分。术语“包含”、“包括”、“带有”、“具有”、“含有”和“涉及”无论是在书面说明书还是权利要求等中,均为开放式术语,即,意思是“包括但不限于”。因此,此类术语的使用意思是包括其后所列的项目及其等同物以及另外的项目。对于任何权利要求,仅过渡短语“由……组成”和“基本由……组成”分别为封闭或半封闭的过渡短语。权利要求中修饰权利要求要素的诸如“第一”、“第二”、“第三”等序术语的使用本身并不意味着一个权利要求要素超过另一权利要求要素的任何优先、优越或次序,也不意味着进行方法动作的时间顺序,而仅是用作区分具有某一名称的一个权利要求要素与具有相同名称(除序术语的使用之外)的另一权利要求要素的标记,以区分权利要求的要素。

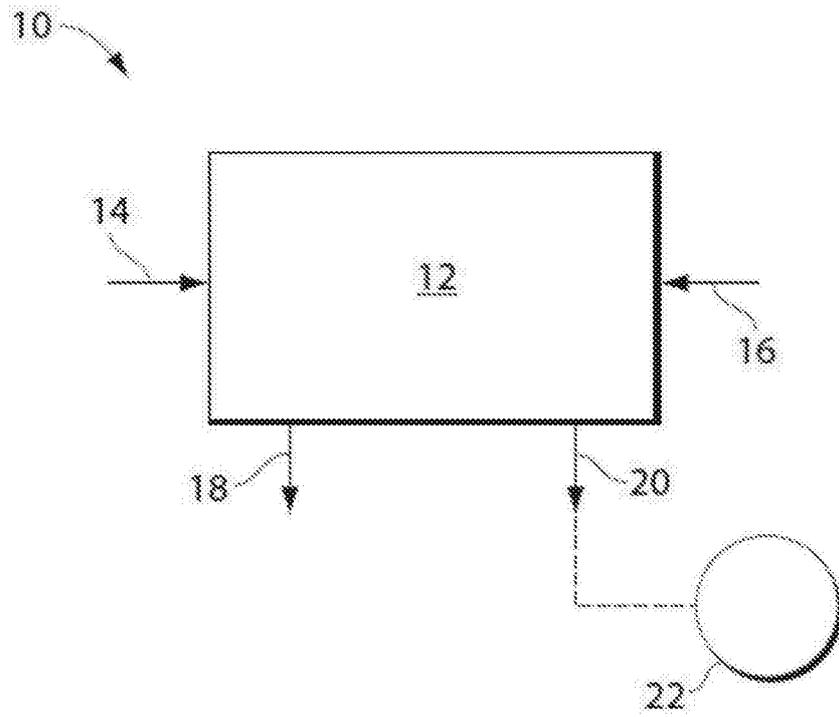


图1

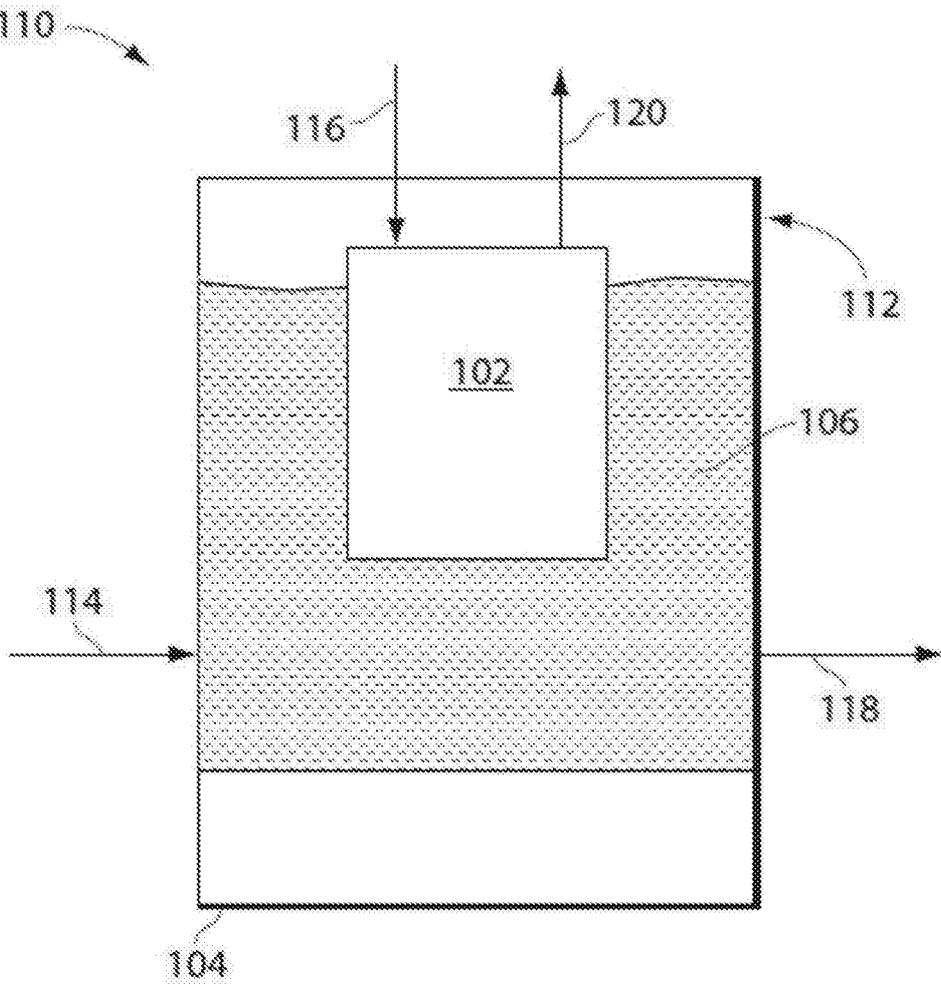


图2

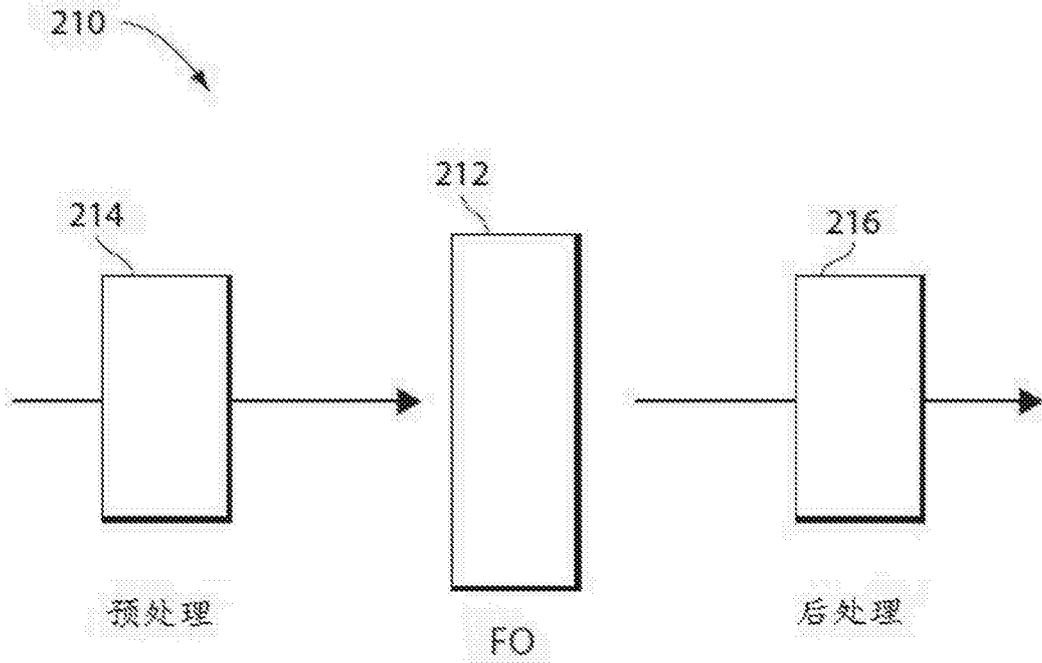


图3

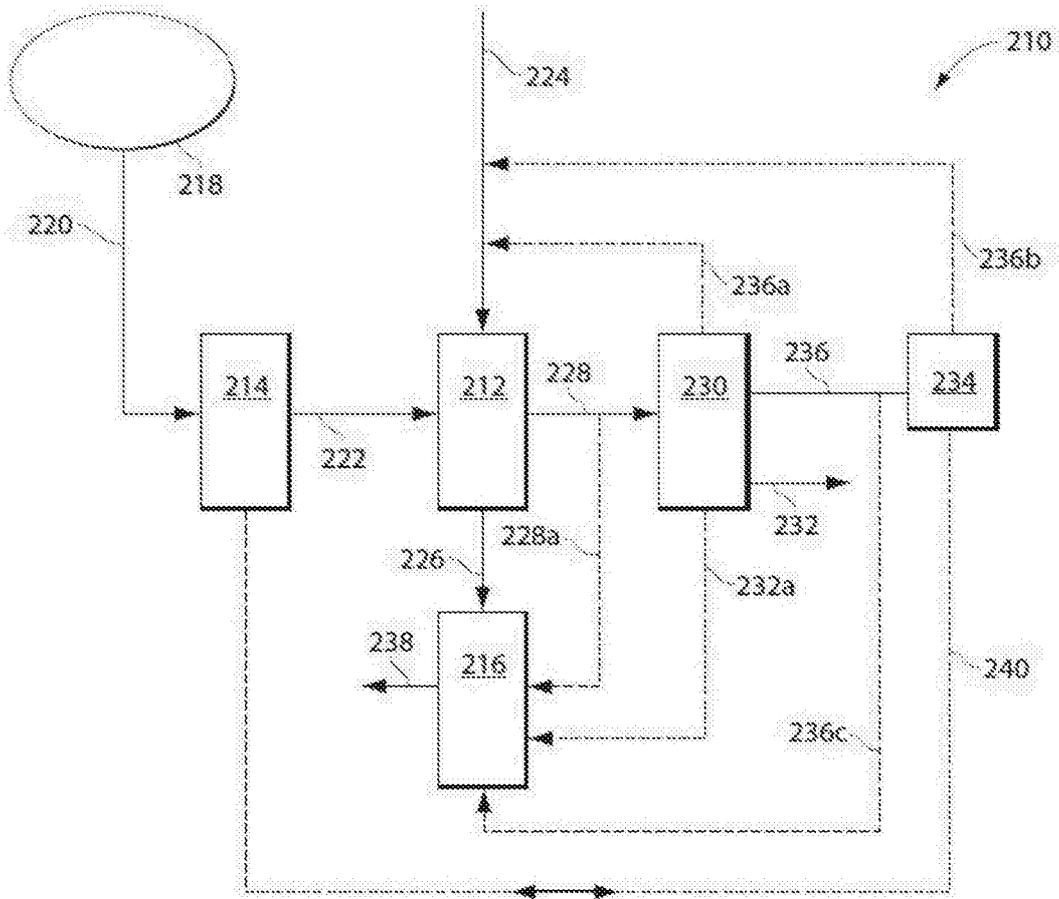


图4

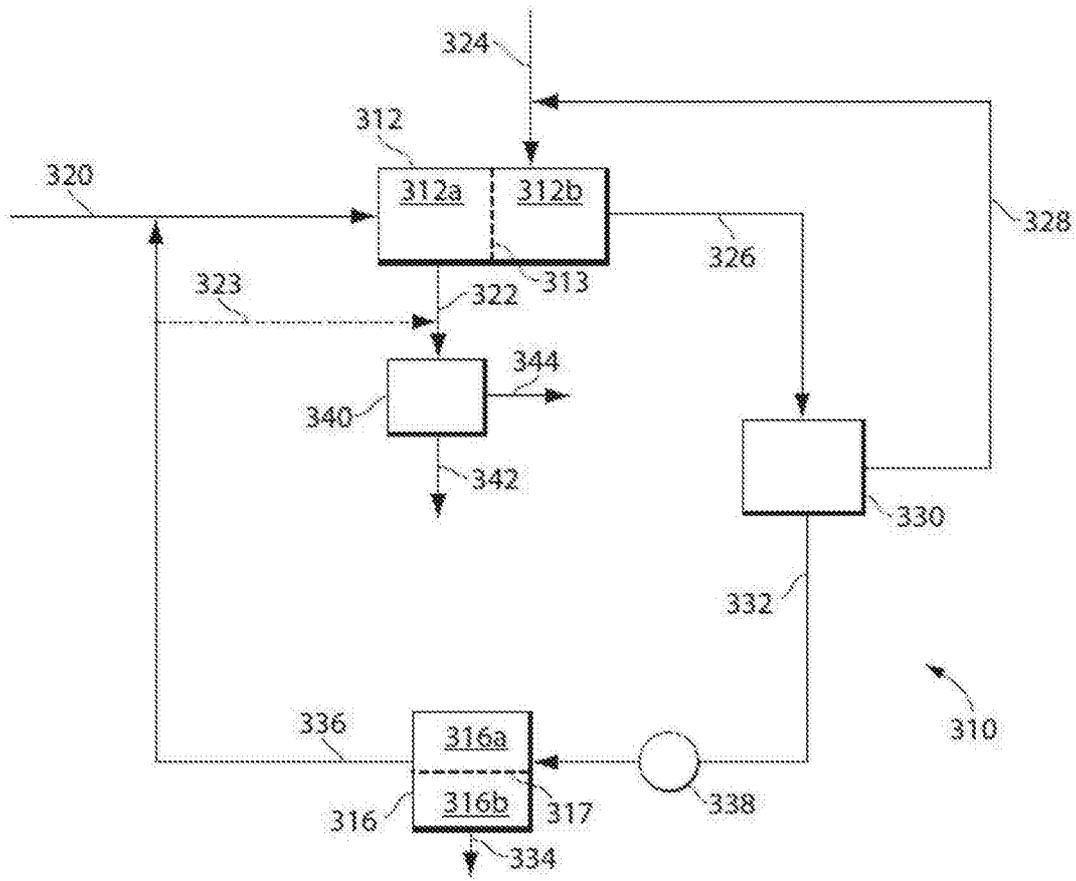


图5

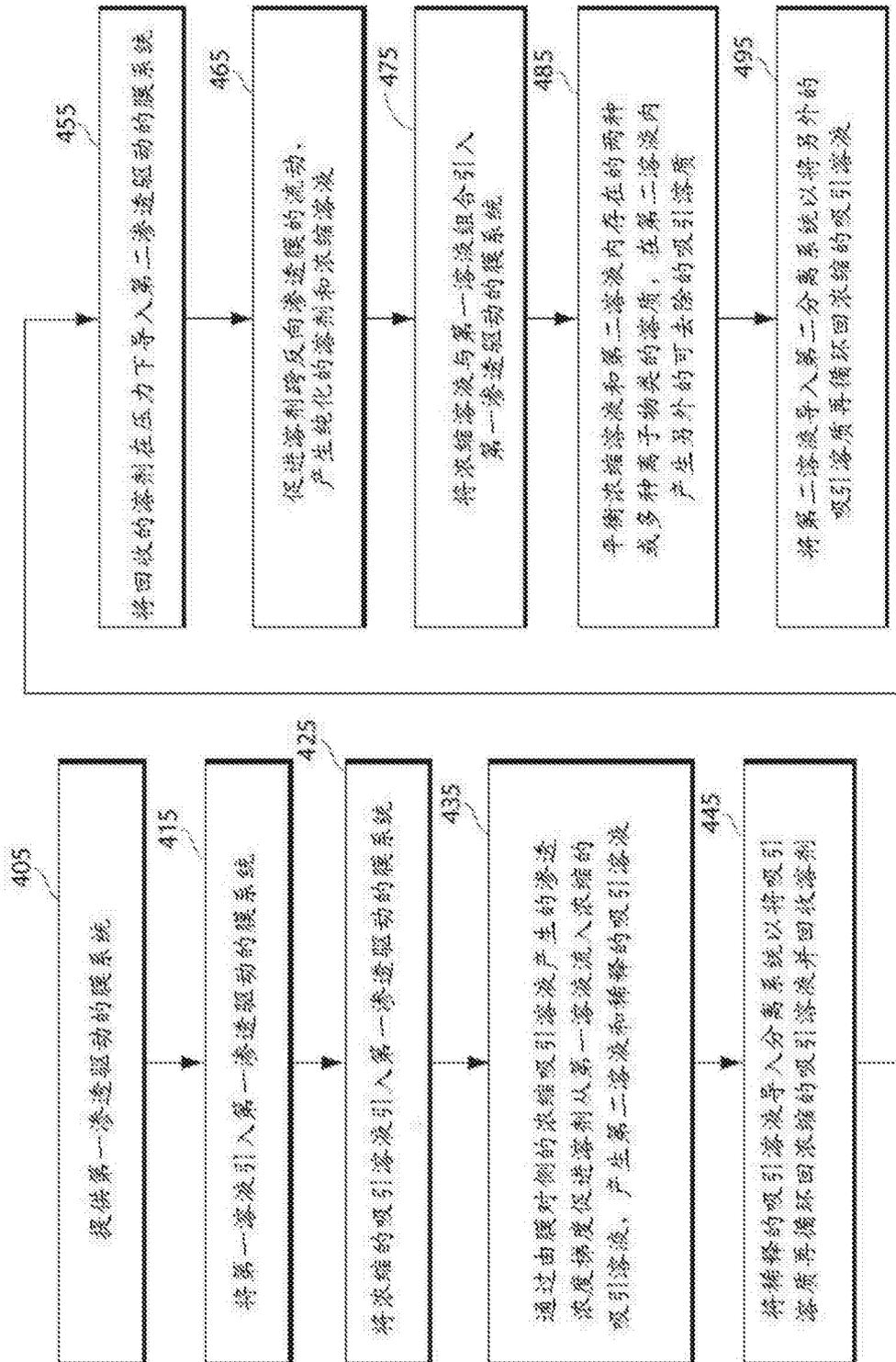


图6