

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
C02F 1/44 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480023190.3

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100572293C

[22] 申请日 2004.8.16

[21] 申请号 200480023190.3

[30] 优先权

[32] 2003.8.17 [33] IL [31] 157430

[86] 国际申请 PCT/IL2004/000748 2004.8.16

[87] 国际公布 WO2005/016830 英 2005.2.24

[85] 进入国家阶段日期 2006.2.13

[73] 专利权人 艾维·艾弗雷提

地址 以色列哈尔阿代尔

[72] 发明人 艾维·艾弗雷提

[56] 参考文献

CN1156988 A 1997.8.13

US4814086 A 1989.3.21

US4983301 A 1991.1.8

审查员 刘长青

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

代理人 李 宓

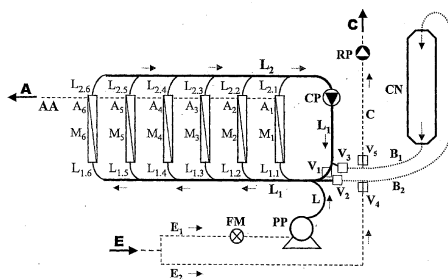
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称

带有单容器的连续闭合回路脱盐装置

[57] 摘要

一种用于通过反渗透对盐水溶液进行连续顺序闭合回路脱盐的装置，其具有至少一个回路和单容器(CN)，其中回路包括至少一个平行连接的 RO 模块(M1)。



1. 一种用于对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其包括：

至少一个闭合回路，其含有一个或者更多脱盐模块，模块各自具有通过导管线路平行连接的入口和出口，每个所述脱盐模块含有一个或者更多膜元件；

至少一个加压设备，用于形成足够的反压以在所述闭合回路中进行反渗透脱盐和用新鲜进料替换释放的渗透液；

至少一个循环设备，用于通过所述闭合回路的所述一个或者更多脱盐模块进行浓缩盐水溶液的循环；

至少一个导管线路设备，用于从所述闭合回路的所述一个或者更多脱盐模块中进行渗透液的收集；

单容器设备，能够在连续脱盐时，在所述闭合回路中通过新鲜进料进行浓缩盐水溶液的替换；

至少一个线路，用于将所述浓缩盐水溶液从所述闭合回路中导入所述单容器设备中；

至少一个线路，用于将需要脱盐的新鲜进料溶液从所述单容器设备中导入所述闭合回路中；

至少一个线路，用于使需要脱盐的新鲜进料溶液再装载所述单容器设备；

至少一个线路，用于从所述单容器设备中去除浓缩盐水溶液；

至少一个阀门设备，能够进行所述单容器设备与所述闭合回路的结合与分离，使来自所述单容器设备的新鲜进料进行浓缩盐水溶液替换，和所述单容器设备的加压和减压；

监测设备，用于检测进入所述闭合回路的新鲜盐水进料流和/或来自所述闭合回路的浓缩盐水溶液流的设备；以及

控制设备，根据监测设备显示的脱盐回收的进程，控制脱盐顺序的持续时间和所述脱盐顺序中施加的压力，能够在可变压力或者稳定压力条件下按照连贯顺序步骤进行具有期望回收率的连续闭合回路脱盐。

2. 根据权利要求1所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中在所述闭合回路脱盐顺序中控制地施加可变压力，以便在所述闭合回路脱盐过程中每个步骤的施加压力和渗透压之间的差别保持稳定或者实质上稳定。

3. 根据权利要求1所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中在所述闭合回路脱盐顺序中施加稳定压力，使得在所述脱盐过程中施加的压力和最大渗透压之间的差别维持在最低预定水平之上。

4. 根据权利要求1所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中所述用于监测脱盐进程的设备是浓度监测设备。

5. 根据权利要求1所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中所述模块包括位于在其内的一个或者更多半渗透膜元件。

6. 根据权利要求1所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中所述模块以平行排列的方式成组，每个平行排列含有若干模块。

7. 根据权利要求1所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中所述单容器设备是圆柱导管区域。

8. 根据权利要求1所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中所述加压设备包括一个或者更多平行或者一致启动的加压泵。

9. 根据权利要求1所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中所述循环设备是一个或者更多平行或者一致启动的循环泵。

10. 根据权利要求1-9中任一项所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中所述盐水溶液是海水。

11. 根据权利要求1-9中的任一项所述的对盐水溶液通过反渗透进行连贯顺序脱盐的装置，其中所述盐水溶液是含盐水。

12. 根据权利要求1-9中任一项所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中所述盐水溶液是处理的家用废水。

13. 根据权利要求1-9中任一项所述的对盐水溶液通过反渗透进行连续连贯顺序脱盐的装置，其中所述盐水溶液是工业废水。

14. 一种使用权利要求1所述的装置对盐水溶液通过反渗透进行连贯顺序闭合回路脱盐的方法，所述方法由连贯的脱盐顺序组成并按照下面的步骤

无间断地进行盐水连续脱盐：

a. 在大气压下使用新鲜盐水溶液充入所述闭合回路和单容器设备，密封所述闭合回路和单容器设备并对所述闭合回路和单容器设备中的新鲜盐水溶液加压；

b. 使用循环设备以预定的流速通过所述闭合回路脱盐模块，循环加压的盐水溶液，使得渗透液从所述模块中有效地释放；

c. 根据监测设备显示的脱盐回收的进程，控制脱盐顺序的持续时间和所述脱盐顺序中施加的压力；

d. 从所述模块中收集浓缩盐水溶液；

e. 将用新鲜进料装载并加压的所述单容器设备与在期望回收水平上的所述闭合回路结合，使得能够在每个所述脱盐顺序的末端用新鲜进料再装载所述闭合回路，并且无需停止所述的脱盐过程；

f. 在用需要脱盐的新鲜盐水进料再装载所述闭合回路后，将所述单容器设备与所述闭合回路分离，以及

g. 对所述用浓缩盐水溶液装载的分离的单容器设备进行减压，用新鲜盐水溶液在实质大气压下替换所述单容器设备内的浓缩盐水溶液，在完成用新鲜进料实质上再装载后封住所述单容器设备，并对准备好与所述闭合回路进行下一步结合的所述单容器设备进行加压。

15. 根据权利要求 14 所述的对盐水溶液通过反渗透进行连贯顺序闭合回路脱盐的方法，其中在脱盐顺序中由所述加压设备的施加输出压力是逐步增加的，其作为由所述监测设备监测的脱盐回收率增加的函数，使得在整个脱盐顺序中施加压力与渗透压的比例保持在预定最小值之上。

16. 根据权利要求 14 所述的对盐水溶液通过反渗透进行连贯顺序闭合回路脱盐的方法，其中在整个脱盐顺序中施加稳定反压，使得所述稳定反压维持在在每个脱盐顺序末端释放流出物溶液渗透压的预定最小比值以上。

17. 根据权利要求 14~16 中任一项所述的对盐水溶液通过反渗透进行连贯顺序闭合回路脱盐的方法，其中所述监测设备是流量计设备，其监测浓缩盐水溶液的体积或者压入闭合回路体系的新鲜进料盐水溶液的体积。

18. 根据权利要求 14~16 中任一项所述的对盐水溶液通过反渗透进行连

---

贯顺序闭合回路脱盐的方法，其中所述监测设备是浓度监测设备。

## 带有单容器的连续闭合回路脱盐装置

### 背景技术

本发明涉及在闭合回路中通过反渗透(SWRO 或者 BWRO)对海水(SW)或者含盐的水(BW)进行脱盐的方法和装置。

逆着半透膜对盐水溶液施加高于其渗透压的压力时,会发生由于反渗透(RO)的脱盐。“塞流脱盐”(下面称作“PLD”)方法包括将加压的进料流穿过带有半透膜元件的压力导管(模块),其中其连续地分为去盐渗透液的非加压流和盐水流出物的加压流。PFD 的 SWRO 或者 BWRO 回收涉及进料浓度、施加的压力、每个模块的元件数目、模块的阶段以及元件的规格。PFD 的加压进料流一直大于渗透液流,50%的回收率表示加压的进料流是渗透液的两倍。PFD 还包括部分循环以增强回收,该方法的特征是其三种组分的连续流:加压的进料、加压的盐水流出液和渗透液。

与 PFD 形成对比的是,闭合回路脱盐(下面称为“CCD”)是在流体静压下以溶液循环进行的批过程,其中加压的进料供给和渗透液传输有相同的速率。CCD 的内部流动是由循环设备造成的,以便将浓度极化效应最小化。CCD 技术首先在八十年代后期由 Szuz 等在美国专利 No.4,983,301 和由 Bartt 在美国专利 No.4,814,086 中报道,这种连续批处理的制造是通过在闭合回路中交替结合的“...两个相对大容量的容器...”提出的,因此,允许用新鲜进料再装载闭合回路而不需要停止脱盐。七十年代末的早期专利,例如 DE 26 22 461 A (1977) 和 JP 54 128985 A (1979),描述了带有部分循环的 PFD,其与 CCD 基本上不同,尽管有某些特征的相似(例如,带有膜模块的回路、用于进料和循环的导管、循环设备、加压设备、流出物释放设备、监测设备等)。CCD 和 PLD 之间的区别是清楚和明白的,因为只有前者工艺包括在大气压下用新鲜进料替换盐水流出物,因此避免了需要从加压的盐水流出物中进行能量回收,而这在后者工艺中是必要的。

与 PLD 相比,CCD 需要小很多的设备以对新鲜进料加压,并且运行需要更低的比能,而不需要回收能量。根据所述专利的 CCD 技术是批处理,其

用于通过连贯顺序步骤进行连续操作，其包括两个相对大容量的容器，而且也没有认为这种方法对脱盐装置的设计有经济上的优势。

本发明描述了用于闭合回路脱盐（CCD）的装置和方法，可以通过相对小的单容器进行连续操作，因此，这种技术的制作对于包括海水和/或含盐水脱盐的多种应用有经济上的可行性。

#### 发明内容

在使用闭合回路的反渗透的基础上，本发明提出了用于海水或者含盐水脱盐的方法和装置，其中通过平行的脱盐模块利用循环驱动设备对进料进行循环，并且反压是由加压设备而形成，其也替代由新鲜进料供给释放渗透液。在脱盐程序中压入闭合回路的进料体积是通过流量计进行监测的，在任何给定情况下，该体积与释放渗透液的体积相同。循环驱动设备被制成在最大元件回收率和浓缩与渗透的流动比例下的元件规格，在低输入-输出压力差下运转，并且加压设备被制成传递作为回收率函数的可变压，回收率由通过脱盐程序过程中渗透液流和/或加压进料流和/或变化浓度所监测。在整个脱盐程序中，模块输入处脱盐的反压维持在超过渗透压的固定水平。

可变压闭合回路脱盐装置可以制成通过加入单容器进行连续操作，该单容器间歇开动以用新鲜进料再装载闭合回路，同时从体系中去除所消耗的盐水流液。在含有新鲜进料的加压容器与闭合回路结合时，脱盐过程是连续的，并且模块可以在指定的渗透液输出下不断地运转。

本发明方法和装置，通过反渗透而进行可变压闭合回路脱盐，可以由能够购买的元件制成的简单设备进行补充，并且其可以达到在包括功率元件和能量的元件方面有显著节省的情况下进行低成本脱盐。

本发明的装置可以在稳定压力下运转，这样加压设备的成本显著地减低，而能量的消耗仍保持比现有技术方法低。

#### 附图说明

图 IA 是装置示意图，该装置具有六个模块和一个单容器，每个模块具有三个元件，用于海水或者含盐水连续闭合回路脱盐，其描述了根据本发明优选的实施例，在闭合回路脱盐过程中容器被再装载新鲜海水进料时阀的位置。

图 IB 是装置示意图，该装置具有六个模块和一个单容器，每个模块具有三个元件，用于海水或者含盐水连续闭合回路脱盐，其描述了根据本发明优

选的实施例，在闭合回路脱盐以及再装载新鲜海水进料的容器加压过程中阀的位置。

图 IC 是装置示意图，该装置具有六个模块和一个单容器，每个模块具有三个元件，用于海水或者含盐水连续闭合回路脱盐，其描述了根据本发明优选的实施例，在用新鲜进料再装载闭合回路以及同时通过容器去除盐水流物过程中阀的位置。

#### 具体实施方式

本发明提供了解决现有技术反渗透脱盐工艺中所存在的大量能量消耗和高成本问题的方法，其通过提供用于通过反渗透对海水或者含盐水进行连贯顺序脱盐的包括闭合回路的方法和装置，其中进料由循环泵通过平行脱盐元件进行循环，间歇地使用单容器以使用新鲜进料对闭合回路进行再装载，并去除盐水流物，并且通过加压泵制造反压，其也替换了由新鲜进料供给所释放的渗透液。

根据本发明的方法，在脱盐程序中加压进入闭合回路的进料体积是由流量计监测的，任何给定情况下该体积与释放渗透液的体积相同。释放渗透液的体积与渗透压的增加直接成比例，对该体积的监测使该设备控制在模块入口处脱盐的反压的方法，这样在整个脱盐过程中其保持在超过渗透压以上的固定水平。

根据本发明的新鲜装置和方法，每一模块可以包括一个、两个、三个或者更多膜元件，该数字代表每个单循环通道的模块循环，然而整个顺序工艺的最终循环仅仅依赖于在固定净驱动压的变压条件下在闭合回路中进行的循环通道的总数目。形成鲜明对比的是，如果没有超过在测试条件下由膜元件制造商确定的最大元件回收率（例如 10%），由现有技术的 CFD 方法进行单通道海水脱盐需要 7 或者 8 个元件的模块，全部的回收率保持很低（40%~42%）。简单地说，新鲜发明允许达到任何期望的脱盐回收而没有超过在测试条件下指定最大元件回收率，然而，在这样条件下现有技术 CFD 方法的回收限制在 40%~42%的范围内。

本发明的方法可以实现每个元件的高平均回收率，而没有超过在测试条件下最大元件回收率的规格，这在现有技术 CFD 方法中是不可能的。

在测试条件下特定最大元件回收率为 10%的具有 1、2、3、4、5、6、7

和 8 个元件的模块的回收率分别为 10.0(10)%、18.1(9.05)%、24.5(8.1)%、29.7(7.4)%、33.9(6.8)%、37.3(6.2)%、40.0(5.7)%、42.1(5.3)%，括号中提供了每个元件的平均回收率的值。与现有技术 CFD 方法相比本发明方法高得多的平均元件回收率说明新方法在膜元件方面的显著节省。

在制造商的特定测试条件下每个元件的平均流动直接涉及每个元件的平均回收率，因此，更高的元件回收率也代表了更快的渗透液流动。在半渗透膜中盐的通过与平均元件流动是反关系的，因此期望本发明的方法为提供与现有技术的 CFD 方法相比更低盐含量和更高质量的渗透液。在上述的前提下，期望本发明方法中盐的通过为按照每个模块元件减少数目的函数而降低。因此，通过本发明方法，使用更少元件的模块得到了更高质量的渗透液。

本发明的另一个优点是逐步地提高脱盐的反压，这样其保持在超过模块入口处浓缩液渗透压的固定数值，整个过程的平均反压显著低于现有技术 CFD 方法所需要的稳定反压，这也说明由于本发明方法在功率和能量方面显著的节省。

根据本发明的另一个优点，由于循环设备而产生在闭合回路中的流动可以被控制和调节，以最小化由于在膜表面浓缩液薄层的改变所引起浓度极化影响。

本发明方法完全满足对于昂贵的能量回收设备的全部需要，其是现有技术 CFD 装置最麻烦的组件。

本发明的新鲜装置和方法消除了对于巨大功率应用的需要，以及现有技术 CFD 方法对多余能量回收实践特征的需要。

根据本发明的另一个优点，由于功率设备、膜元件和能量的显著节省，以及完全消除从盐水流液回收能量的需要，脱盐单元的覆盖区与现有技术 CFD 方法相比得到了急剧地降低。

图 IA 是本发明装置一个优选实施方式装置的示意图。如图 IA 所示，本发明的脱盐装置包括加压的海水回路，其平行地向多重脱盐模块  $M_1$ - $M_6$  进料，其中所述回路和模块组成了闭合回路（以下称为“CC”），其中发生了脱盐。可以理解的是模块的数目并不限制于图 IA 所示的六个模块，并且其可以根据不同的设计需要而更小或者更大。本发明装置的一个优点是其可以与现有技术中已知的商业模块一起运行。还可以设想不同类型的模块可以设计为在本

发明装置中应用，或者本发明装置可以设置在本发明时还未知的商业模块。在本发明装置中所采用的模块通常包括在其中的一个或者更多的元件。通过 CC 利用循环泵 CP 将来自模块出口的浓缩液循环回到模块入口，循环泵在低输入-输出压力差下进行操作。在包括模块  $M_1$ - $M_6$  的 CC 中所期望的流体静压由加压泵 PP 产生，其将海水通过线路 L 进入装置，使用由箭头  $E_1$  所表示的新鲜海水供给，替换了由箭头 A 表示的释放渗透液体积。海水供给的体积通过流量计 FM 连续监测。加压泵 PP 在稳定压力下或者在作为流量计 FM 监测体积所显示的脱盐回收率函数的逐步提高压力下驱动。该装置还包括线路  $L_1$ ，用于在 CC 中从循环泵 CP 通过二级线路  $L_{1.1}$ 、 $L_{1.2}$ 、 $L_{1.3}$ 、 $L_{1.4}$ 、 $L_{1.5}$  和  $L_{1.6}$  传导供给到模块  $M_1$ - $M_6$  的入口。该装置还包括线路  $L_2$ ，用于从模块出口通过循环泵 CP 驱动的二级收集线路  $L_{2.1}$ 、 $L_{2.2}$ 、 $L_{2.3}$ 、 $L_{2.4}$ 、 $L_{2.5}$  和  $L_{2.6}$  对部分浓缩海水进行回收。整个 CC 包括线路  $L_1$ 、 $L_2$  以及带有入口和出口二级线路的模块  $M_1$ - $M_6$ 。可以理解的是，在图 IA 中所示的脱盐回路和线路是示意的和简化的，其不能被认为是对发明的限制。在实践中，根据特殊的需要，该脱盐设备可以包含许多附加线路、分支、阀和其它装置或者设备作为必需，而仍然在本发明和权利要求的范围内。

再次参考图 IA，脱盐装置还包括线路 AA，用于从模块出口处  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$  和  $A_6$  收集释放的渗透液（去盐溶液）。

再次参考图 IA，脱盐装置还包括用于进料再装载（以下称作“FR”）体系，因此在具有期望回收率的每个脱盐程序的末端，CC 中的新鲜进料替代盐水。FR 体系包括线路  $E_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$  和 C、双向阀  $V_1$ - $V_5$ 、容器 CN 和再装载泵 RP。图 IA 描述了在 CC 体系内进程中的脱盐，同时在 FR 体系内进程中发生再装载。图 IA 中，CC 与 FR 体系是不连接的，因为阀  $V_1$  打开，阀  $V_2$  和  $V_3$  关闭。FR 体系的再装载操作中，新鲜进料通过阀  $V_4$ （打开）和线路  $B_2$  进入到达容器 CN 顶部，同时盐水从容器 CN 底部通过线路  $B_1$ 、阀  $V_5$ （打开）和线路 C 利用再装载泵 RP 去除到外部（箭头 C），其中 RP 是在近似薄片流条件低压（ $\sim 1.0$  bar）情况下被驱动。

图 IB 描述在完成容器再装载操作完成后以及 FR 体系加压并准备为 CC 体系提供新鲜进料供给后阀的位置。在这个阶段 FR 体系除了阀  $V_3$  外其他阀是关闭的，用于产生加压。

图 IC 描述当 FR 体系为 CC 体系提供新鲜进料供给并去除盐水流出物时阀的位置。如果 CC 和 FR 体系具有相同的内部体积，一个用新鲜进料充满的 FR 容器足以完成整个 CC 体系的再装载。在进料再装载操作过程中，脱盐过程是连续的而没有停止。

淡灰色箭头表示本发明装置中流动的方向。虚线表示未加压线路，点线表示部分加压部分的线路，连续线表示连续加压的 CC 体系中的线路。可以理解的是，图 I (A-C) 中的线路、阀和泵只是一种实现本发明的方法，可以提出许多其它的设置以进行本发明的各种实施方式。

可以理解的是本发明的装置和方法可以作为非模块或者标准组件体系而应用，在前一种情况中，加压设备包括可变压力泵用以在大气压下提供进料，在后一种情况中，加压设备包括可变压调节泵用以在压力下提供进料。非标准组件本发明装置主要是用于自动脱盐单元，然而模块本发明装置用于作为大型脱盐设施的集成块，其中加压进料供给到主要线路的中心单元和系统中用于每一单元所需压力调节的每个单元的可变压调节泵。

本发明的装置可以通过使用大量模块来实现，这样模块安置成多重平行线路，每个线路被平行供给来自装置主线路的用于脱盐的溶液，每个线路中的每个模块也被平行供给。在这样的装置中，可以使用单独的循环设备分别用于每个所述线路或者可以使用单循环设备用于所有的所述线路。

根据特殊需要，加压设备或者循环设备或者两者可以通过两个或者更多平行安装的泵或者任何其它设计来实现。

根据本发明装置，容器不需要是大容量的容器，其可以作为管道或者输送区实现。

本发明的脱盐方法包括下列步骤，下面参考图 I (A-C) 的装置进行描述：

(I) 将整个装置装满新鲜海水或者含盐水；(II) 在适当可变压条件下，将加压泵设置为传输稳定加压的进料流；(III) 在低输入-输出压力差的情况下驱动循环泵 CP，这样浓缩液与渗透液的流动比率与模块的规格一致；(IV) 在 CC 体系中进行顺序 RO 脱盐，通过在脱盐程序的过程中循环过程浓缩液以及其与供给到 CC 的新鲜加压进料的混合液；(V) 伴随着 CC 体系中所期望连续回收的完成，流循环通过 FR 体系间隙地转向，直到用新鲜进料供给再装载 CC 体系并且去除盐水流出物；(VI) 伴随新鲜进料再装载 CC 体系的完成，

将 CC 和 FR 体系断开连接，前者开始新鲜的脱盐程序，后者进行新鲜进料再装载，与释放盐水相结合，接着进行加压，这样准备下一步 CC 再装载操作。

可以理解的是，为了保持来自本发明装置模块的稳定渗透液流，CC 体系中的可变压需要引起稳定或者近似稳定的净驱动压（以下称作“NDP”）。进一步能够理解的是，本发明方法中所述的 NDP 是在连续脱盐过程中施加的压力与循环溶液渗透压之间在模块入口处的压力差，施加的压力也被称作反压。

对于本领域技术人员显而易见的是，正如上面关于本发明装置的解释，本发明的脱盐方法可以在不同设计的脱盐装置中进行操作，只要这样的装置包括带有容器的导线闭合回路、一个或者更多每个都平行供给的膜元件的一个或者更多脱盐模块、加压设备、循环设备、流动监测设备和传导监测设备。

进一步，对于本领域技术人员显而易见的是，任何具有优选生产能力的所述模块设计的单个本发明装置都可以连接在一起，并制成具有扩展生产能力的脱盐设施，其中加压进料在中心产生，并通过来自新鲜进料的一个单高压传输线的扩展供给到设施的每个单元。

#### 实施例 1

表 1 是新鲜技术应用的例子，其通过在逐步提高稳定净驱动压力的条件下的海水脱盐，使用图 I (A-C) 示意设计的装置，其具有六个三元件模块，和一个 394 升的单容器，单容器与闭合回路具有相同的内部体积。该实施例中的元件是商业类型或者相似的，表 1 中列出了在测试条件下其推测的规格。在实施例所描述的整个顺序或者连贯顺序脱盐操作中，并没有超过模块中主要元件的指定最大元件回收率 10%。表 1 中所引用 24.5% 特定模块回收率是三元件模块在测试条件下的回收率，其中最大元件回收率为 10%。实施例中所评论的渗透液流假定为稳定的，因为脱盐方法是在稳定的或者近似稳定的 ~30.4bar 净驱动压力 (NDP) 下进行的，其是元件在测试条件下指定的 NDP。在实施例中所采用稳定 NDP 的条件下，每个模块的加压进料流 (37.4 升/分钟) 和每个模块的循环浓缩流 (115.3 升/分钟) 保持稳定，其中前者与每模块的渗透液流 (37.4 升/分钟) 相同。用于示例的六模块装置的稳定流参数是在表 1 中引用的每一单独模块的六倍。

在本实施例中，泵的假定效率因子 ( $f$ ) 是  $f_{PP}=0.88$ 、 $f_{CP}=0.85$  以及  $f_{RP}=0.80$ ；其中  $f_P$ 、 $f_{CP}$  以及  $f_{RP}$  分别是加压泵 (PP)、循环泵 (CP) 和进料再装载泵 (RP)

的效率因子。在本实施例中，PP的假定可变压力传输是在54.9-70.8 bar（平均压力，62.8 bar）范围内，RP在0.5 bar运转，CP在输入-输出压力差（ $\Delta p$ ）为1.0 Bar（~15 psi）运转。

在表 I 中所描述的实施例如体系所预期的含有每个模块的稳定流数据，其在稳定净驱动压（NDP）所引用可变施加压力（AP）下运转。稳定流是来自渗透流等式（1）和施加压力必要条件由（2）表示；其中  $Q_p$  代表每个元件的渗透流，A 代表渗透系数，S 代表膜表面积，TCF 代表温度校正因子，FF 代表污垢因子，NDP 代表净驱动压，AP 代表所施加压力，以及 OP 代表渗透压。在顺序脱盐过程中所考虑的回收率由（3）表示，获得所期望回收率的顺序时间周期由（4）表示；其中  $R_{ec}$  代表回收百分率，V 代表闭合回路的内部体积，v 代表加到体系中加压进料的体积或者接收的渗透液的体积，T 代表达到指定回收率的顺序周期，Q 代表每个模块的渗透流，以及 n 代表每个装置的模块数。实施例中所述的功率数据由流动-压力表达式（5）中得到；其中 P 代表 kW 为单位的功率，Q 代表升/分钟为单位的流动，p 代表 bar 为单位的压力或者压力差，f 代表功率组件的效率系数。

表 1 中的平均比能数据来自能量数据、用于得到期望回收率的顺序周期中所需时间（t），以及解释所释放渗透液的体积。

$$(1) Q_p = A * S (TCF) * (FF) * (NDP)$$

$$(2) AP = (OP) + (NDP)$$

$$(3) R_{ec}(\%) = 100 * v / (V + v)$$

$$(4) T = \{1 / (n * Q)\} * \{(R_{ec} * V) / (100 - R_{ec})\}$$

$$(5) P(kW) = (Q * p) / (592 * f)$$

在表 I 中所公开在顺序过程的时间轴（t，分钟）的其它指定信息包括：在过程中模块回收率（REC. 24.5%）、回收率构成（DESL. REC.）；浓缩液与渗透液流的比例（CONCEN. PERM.流比例）；循环的闭合回路的数目（RCC 数目）；模块入口浓度 [CONC (%). t-0.25, 入口]；闭合回路的平均浓度 [CONC (%), t]、每个模块的功率要求；模块入口处的渗透压（OP）、施加压力（AP）和净驱动压（NDP）；以及平均比能（平均 S. E. kWhm<sup>3</sup>）。

顺序脱盐步骤结合于用于连续脱盐的连贯顺序的连续工艺是通过控制的体系完成的，其根据浓度和/或压力和/或渗透流和/或加压进料流的在线监测信息驱动阀门和其它组件。在闭合回路中溶液传到的后续是多种方法之一，其用于有效地管理和控制这样的脱盐工艺。

根据表 1 的数据, 本实施例的装置以顺序周期 (T) 运转, 在 50%回收率下 107 秒 (1.75 分钟), 其中消耗 34 秒用于通过 395 升与闭合回路本身体积相同的容器再装载新鲜进料。因此, 在再装载容器的连续驱动之间的时间差 73 秒 (107-34) 是可以用于再装载和加压的最大周期。

总之, 本发明方法和装置的优选实施方式的例子是 (实施例 1) 以 100%可用性和 50%回收率为基础去盐海水 323 m<sup>3</sup>/天容量单位, 其在可变反压条件 (54.9~70.8 bar) 下需要平均比能为 2.18 kWh/m<sup>3</sup>, 或者在稳定施加压力 (70.8 bar) 下为 2.38 kWh/m<sup>3</sup>。

表 II

实施例 1 中非标准组件脱盐单元与由 10 个这样标准组件单元组成的设施的性能比较。

比较项目	M1E3	6[M1E3]	10{6[M1E3]}
每日渗透液产量 (m <sup>3</sup> /天)	53.9	323.3	3,233
每日加压进料供给 (m <sup>3</sup> /天)	53.9	323.3	3,233
每日非加压进料供给 (m <sup>3</sup> /天)	53.9	323.3	3,233
每日去除盐水 (m <sup>3</sup> /天)	53.9	323.3	3,233
最大元件回收率 (%)	10	10	10
模块回收率 (%)	24.5	24.5	24.5
最小顺序压力 (bar)	54.9	54.9	54.9
最大顺序压力 (bar)	70.8	70.8	70.8
平均顺序压力 (bar)	62.8	62.8	62.8
最小功率需求 (kW)	4.17	25.0	250
最大功率需求 (kW)	5.77	34.6	346
平均功率需求 (kW)	4.97	29.8	298
顺序持续时间 (秒)	107	107	107
回收率 (%)	50	50	50
平均比能 (kWh/m <sup>3</sup> )	2.18	2.18	2.18
所估计步迹 (m <sup>2</sup> )	6	6	60

M1E3: 实施例 1 和此处所使用的三元件模块。

6[M1E3]:实施例 1 中六模块非标准组件脱盐单元。

10{6[M1E3]}:10 个实施例 1 类型的标准组件单元的连接。

#### 实施例 2

十个与实施例 1 中标准组件设计类似的脱盐单元连接成主要的加压进料供给线，每个单元装配有可变压调压器而不是可变压力泵，举例说明了新鲜发明方法的标准组件装置的应用。表 2 中举例说明了某些性能，关于三元件脱盐模块，具有与实施例 1 相似设计含有 18 元件的 6 个模块的标准组件单元，和含有十个这样标准组件单元的脱盐设施。

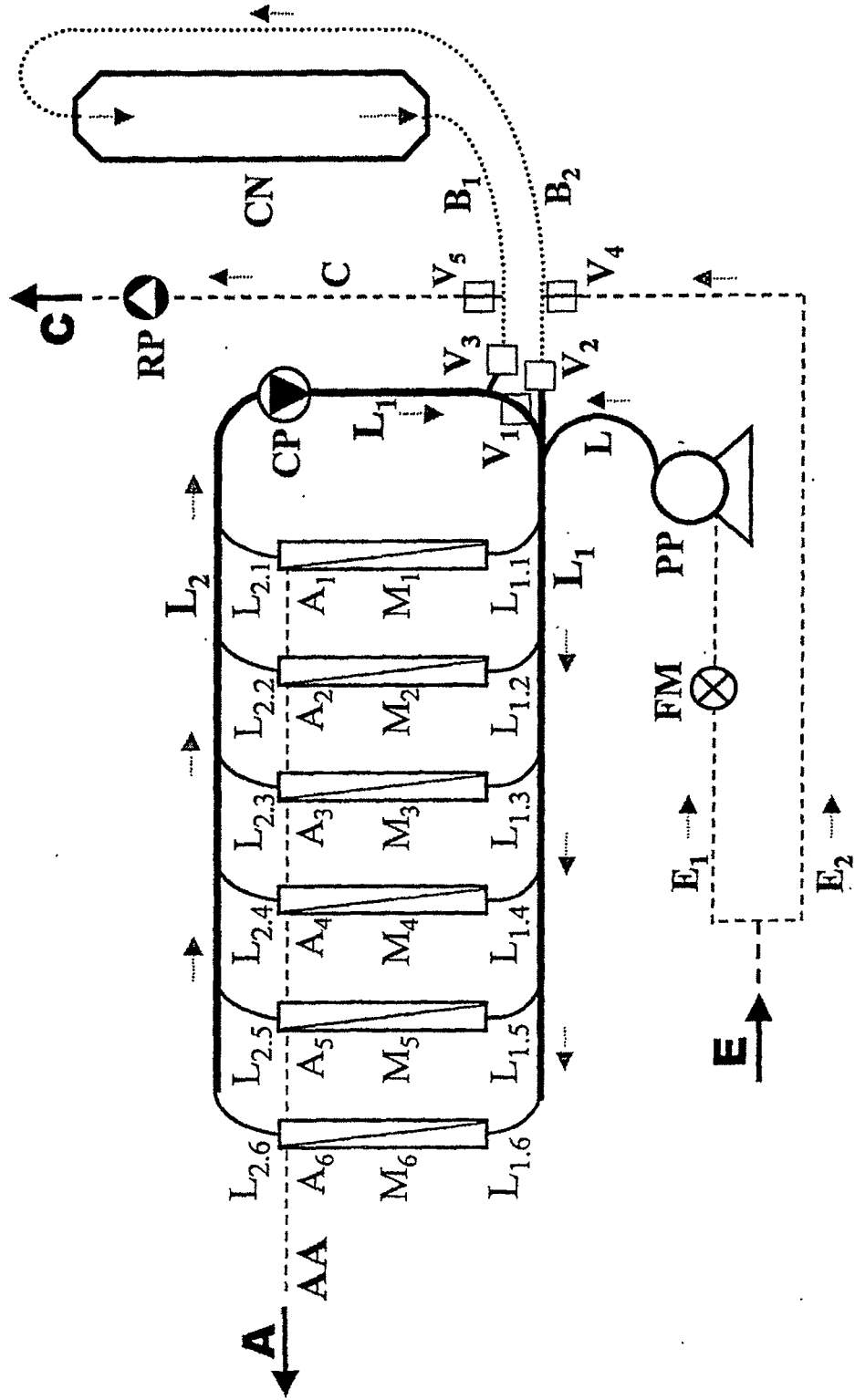


图 1A



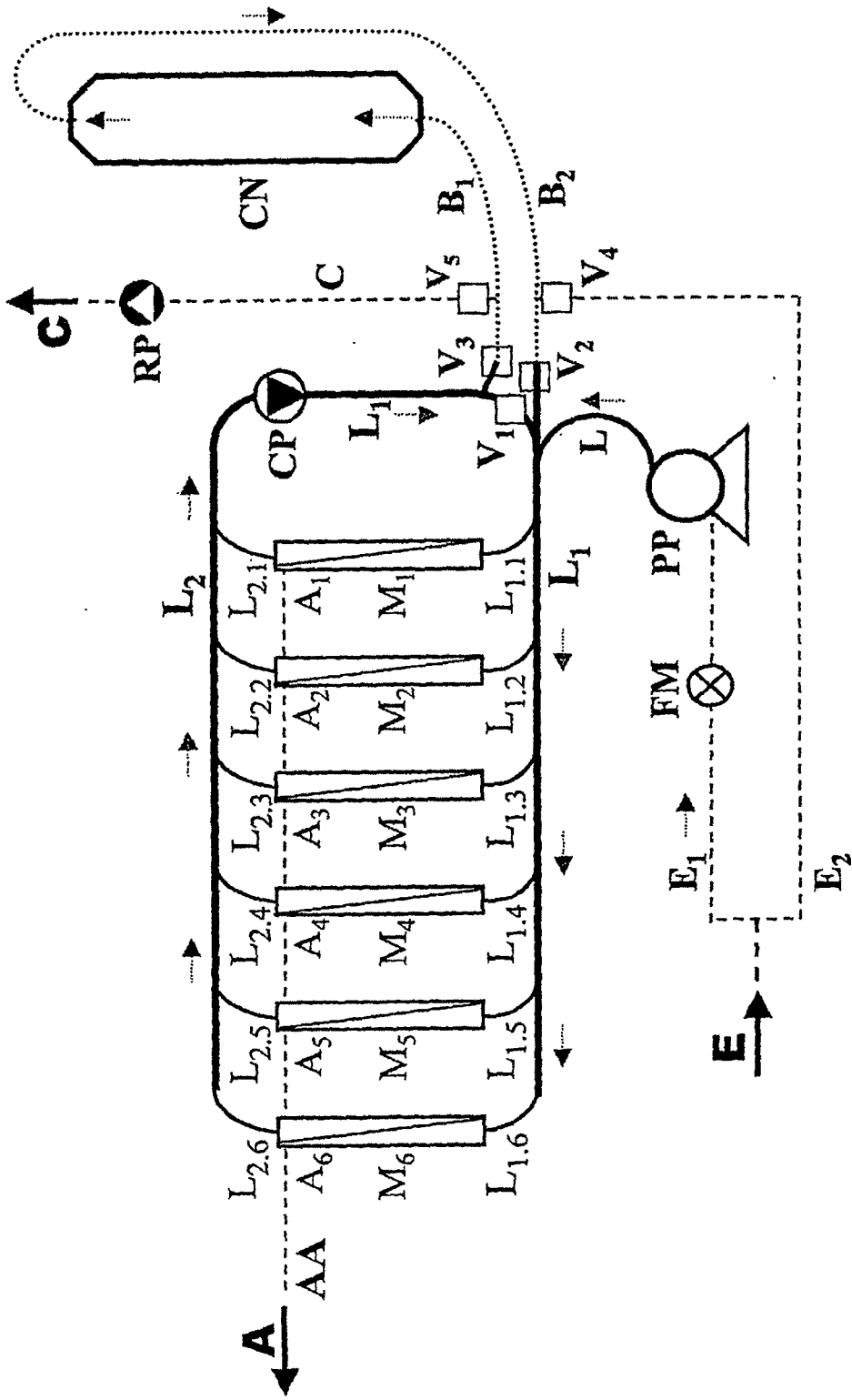


图 1C