

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2014年2月6日 (06.02.2014)



(10) 国际公布号  
WO 2014/019272 A 1

- (51) 国际分类号 : C02F 1/44 (2006.01) F15B 3/00 (2006.01) BOW 61/06 (2006.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN2012/080956
- (22) 国际申请日 : 2012年9月4日 (04.09.2012)
- (25) 申报语言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (30) 优先权 : 2012 10270447.1 2012年7月31日 (01.07.2012) CN
- (72) 发明人及
- (71) 申请人 朱荣辉 (ZHU, Ronghui) [CN/CN]; 中国北京市昌平区龙城花园龙邸 11号楼 4单元 101室, Beijing 102208 (CN)。
- (74) 代理人 : 北京三友知识产权代理有限公司 (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市金融街 35号国际企业大厦 A座 16层 Beijing 100033 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: MEMBRANE SEAWATER DESALINATION PRESSURIZATION AND ENERGY RECOVERY INTEGRATED METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称 膜法海水淡化加压与能量回收一体化方法及装置

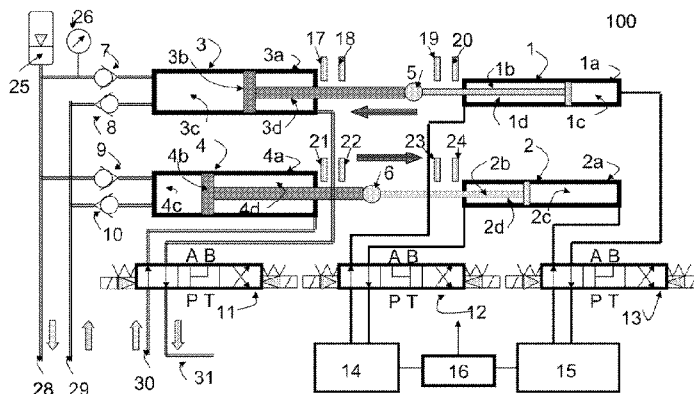


图1 / Fig. 1

(57) Abstract: A membrane seawater desalination pressurization and energy recovery integrated method. Piston rods of single-rod piston-type seawater cylinders are connected with single-rod piston-type hydraulic cylinders to form two or more than two working combined bodies which operate alternately. In a process that the hydraulic cylinders drive the seawater cylinders to move back and forth, one piston cavity of a seawater cylinder sucks high pressure strong brine in the process of moving forward and drains the high pressure strong brine in the returning process; and the other piston cavity of the seawater cylinder sucks raw seawater in the return process, pressurizes the raw seawater in the process of moving forward and continuously and stably outputs the pressurized high pressure raw seawater to a reverse osmosis membrane module. Meanwhile, a membrane seawater desalination pressurization and energy recovery integrated device is further disclosed.

(57) 摘要 : 一种膜法海水淡化加压与能量回收一体化方法, 其由单出杆活塞式海水缸的活塞杆与单出杆活塞式液压缸相连接, 组成两个或两个以上交替运行的工作联合体。在液压缸驱动海水缸往返运动的过程中, 海水缸的一活塞腔在进程时吸入高压浓盐水, 在回程时排出; 海水缸的另一活塞腔在回程时吸入原海水, 在进程时对原海水加压, 并将加压后的高压原海水连续稳定地输出给反渗透膜组。同时, 还公开了一种膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置。



W 2 14/ 19272

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

## 膜法海水淡化加压与能量回收一体化方法及装置

### 技术领域

本发明涉及一种反渗透膜法海水淡化所需要的高压泵、能量回收装置与增压泵，特别是一种将高压泵、增压泵与能量回收系统一体化集成的装置。

### 5 背景技术

海水淡化是解决全球淡水资源匮乏的一种方法，常用的有热法和膜法两种。其中，采用反渗透膜的膜法海水淡化技术，因其成本低、耗能少而得到广泛应用，并逐步成为主流。

在海水淡化系统中，经过预处理的含盐量较低的进入淡化系统的海水为原海水，经过加压后形成高压原海水，一部分经过反渗透膜组后成为低压淡水，余下的则成为高压浓盐水，经过能量回收释放压力能后成为低压浓盐水被排出。

该技术包含三大核心部件：反渗透膜、高压泵和能量回收装置。高压泵将原海水压力提升到 5-7Mpa，使其中 40%左右的淡水透过反渗透膜，而余下的 60%左右的浓盐水仍然具有 6Mpa 左右的压力势能，需要通过能量回收系统将其传递到原海水中，以减少总的能量消耗。

15 如何降低高压泵与能量回收装置的投资成本、运营成本与能耗，是该技术的关键。二者的成本之和约占总投资成本的 1/3 左右，电耗则占总电耗的 2/3 以上，电耗成本占运营成本 1/3 以上，目前该法所产淡水的吨耗电量在 3-5kwh，而在现有膜技术水平下，极限耗电量应当在 2.5kwh 左右，尚有 1/3 的节能空间。

20 目前海水淡化用的高压泵有两种，一种是活塞式，采用曲柄连杆机构将电机转动的动力转换为活塞在圆柱形缸体内的直线运动，给海水加压；该结构效率较高，泵效可达 80% 以上，但流量不够稳定，压力波动明显，采用阀控，受限于曲柄连杆的长度，导致换向频率高，振动、噪声大，控制阀与密封件的故障率较高。另一种是离心式水泵，通过多级转子旋转产生的离心力来提升水压，流量大而稳定，无需阀控，但效率较低，泵效通常低于 80%，平均在 75%左右。由于海水的强腐蚀性和低粘度特征，两种泵的支撑及过流部件均  
25 需要高品质的耐腐蚀耐磨材料，如铜合金、双相钢甚至陶瓷材料，造价都非常高。

目前海水淡化用的能量回收装置也有两种，一种是基于水力透平机原理，高压浓盐水推动透平机旋转，进而将原海水加压，无需配流控制，无需增压泵，流量稳定连续；但需

要进行浓海水压力势能—轴转动机械能—原海水压力势能的两次转换，回收效率偏低，一般只能达到 60%，已逐步被淘汰。另一种是基于压力交换原理，即在圆柱形缸体中，通过配流机构，高压浓盐水直接将压力势能传递给原海水中，其传递效率很高，能量回收效率可达 90% 以上；根据其配流方式不同，又可细分为旋转缸体端面配流无活塞结构和固定缸体有活塞的阀配流结构；旋转缸体端面配流无活塞结构（例如：美国某公司的 PX 系列产品），其结构简单但会有 2-5% 的掺混，需要独立的增压泵，会降低总体效率；而固定缸体有活塞的阀配流结构，无需再设置增压泵，效率可更高，但是，其控制机构较复杂。国内外的相关专利都基于以上几种技术解决方案。

由此，本发明人凭借多年的相关设计和制造经验，提出一种膜法海水淡化加压与能量回收一体化方法及装置，以克服现有技术的缺陷。

### 发明内容

本发明的目的在于提供一种低成本、高效和高可靠性的反渗透膜法海水淡化加压与能量回收一体化方法及装置。

本发明的目的是这样实现的，一种膜法海水淡化加压与能量回收一体化方法，由单出杆活塞式海水缸的活塞杆与单出杆活塞式液压缸相连接，组成两个或两个以上交替运行的工作联合体；液压缸活塞杆相对缸体伸出时为进程，缩回时为回程；在液压缸驱动海水缸往返运动的过程中，海水缸的一活塞腔在进程时接入从反渗透膜组输出的高压浓盐水，在回程时排出；海水缸的另一活塞腔在回程时吸入原海水，在进程时对原海水加压输出；由此，通过液压缸高压液压驱动力和高压浓盐水的压力相互叠加对原海水进行加压，并将加压后的高压原海水通过水压蓄能器和/或恒流量控制连续稳定地输出给反渗透膜组。

在本发明的一较佳实施方式中，所述海水缸与液压缸的连接方式为，海水缸的活塞杆与液压缸的活塞杆相连接；或为海水缸的活塞杆与液压缸的缸体相连接。

根据上述方法，本发明还提出一种膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置，所述加压与能量回收一体化装置包括有第一液压缸、第二液压缸和第一海水缸、第二海水缸，所述第一液压缸、第二液压缸、第一海水缸、第二海水缸均为单出杆活塞缸；所述第一液压缸与第一海水缸的活塞杆相连接，构成第一工作联合体；所述第二液压缸与第二海水缸的活塞杆相连接，构成第二工作联合体；所述第一液压缸和第二液压缸的无杆腔通过一进程方向控制阀连接于一进程液压动力单元；所述第一液压缸和第二液压缸的有杆腔通过一回程方向控制阀连接于一回程液压动力单元；所述第一海水缸和第二海水缸的有杆腔通过一

能量回收方向控制阀连接于高压浓盐水管路或低压浓盐水管路；所述第一海水缸和第二海水缸的无杆腔分别通过止入单向阀连接于高压原海水管路，又分别通过一止出单向阀连接于原海水管路；在高压原海水管路中设有水压蓄能器；所述加压与能量回收一体化装置还包括系统控制单元，该系统控制单元至少由控制器、设置在液压回路中的液压压力传感器和设置在高压原海水管路中的水压压力传感器、以及设置在活塞杆往返行程中的多个活塞位置传感器组成；该控制单元根据系统负荷要求、活塞杆位置传感器给出的位置信号和各压力传感器信号来控制进程方向控制阀、回程方向控制阀以及能量回收方向控制阀的切换与协调；进程方向控制阀与回程方向控制阀联合协调动作，以控制第一工作联合体和第二工作联合体处于液压缸活塞杆相对缸体向外伸出的进程和液压缸活塞杆相对缸体向内缩回的回程的交叉和交替运动状态；能量回收方向控制阀控制处于进程的海水缸能量回收腔与高压浓盐水管路接通，处于回程的海水缸能量回收腔与低压浓盐水管路接通；由控制器控制进程液压动力单元与回程液压动力单元输出的压力和流量，从而实现给定的淡水制水量。

在本发明的一较佳实施方式中，所述第一液压缸的活塞杆与第一海水缸的活塞杆相连接，构成第一工作联合体；所述第二液压缸的活塞杆与第二海水缸的活塞杆相连接，构成第二工作联合体。

在本发明的一较佳实施方式中，所述两个液压缸的无杆腔分别为第一进程腔和第二进程腔，两个液压缸的有杆腔分别为第一回程腔和第二回程腔；所述两个海水缸的无杆腔分别为第一加压腔和第二加压腔，两个海水缸的有杆腔分别为第一能量回收腔和第二能量回收腔；所述海水缸的能量回收腔截面面积与加压腔的截面面积之比 $=1-k$ ；所述液压缸的进程腔截面面积与海水缸的加压腔截面面积之比 $=k_0 \times k \times P_s / P_h$ ，其中， $P_s$ 为满足反渗透膜正常工作所需的压力， $P_h$ 为液压动力单元的输出油压， $k_0$ 为大于1的系数， $k$ 为海水淡化反渗透膜系统的淡水回收率。

在本发明的一较佳实施方式中，所述进程方向控制阀为一个二位四通或三位四通方向阀，其控制方式为电磁或电液控制；该进程方向控制阀的进油口、回油口分别与进程液压动力单元输出油口和回油口连接；进程方向控制阀的两个工作油口分别连接第一液压缸和第二液压缸的进程腔。

在本发明的一较佳实施方式中，所述回程方向控制阀为一个二位四通或三位四通方向阀，其控制方式为电磁或电液控制；该回程方向控制阀的进油口、回油口分别与回程液压动力单元输出油口和回油口连接；回程方向控制阀的两个工作油口分别连接第一液压缸和

第二液压缸的回程腔。

在本发明的一较佳实施方式中，所述能量回收方向控制阀为一个二位四通或三位四通的海水分配阀，其控制方式为电磁或电液控制；该能量回收方向控制阀的进液口与反渗透膜组输出的高压浓盐水管路连接，能量回收方向控制阀的回液口与系统低压浓盐水管路连接；能量回收方向控制阀的两个工作液口分别连接第一海水缸和第二海水缸的能量回收腔；该能量回收方向控制阀控制处于进程的海水缸能量回收腔与高压浓盐水管路接通，控制处于回程的海水缸能量回收腔与系统低压浓盐水排放管路接通。

在本发明的一较佳实施方式中，所述进程方向控制阀、回程方向控制阀和能量回收方向控制阀为滑阀、转阀或是由多个插装阀构成的逻辑控制阀组。

在本发明的一较佳实施方式中，所述进程方向控制阀、回程方向控制阀和能量回收方向控制阀具有换向缓冲调节功能、中位过渡机能。

在本发明的一较佳实施方式中，所述进程液压动力单元由原动机、高压液压泵和辅助装置组成；进程液压动力单元给第一液压缸和第二液压缸提供高压液压动力油源，驱动活塞杆作向外伸出的进程运动。

在本发明的一较佳实施方式中，进程液压动力单元的原动机为电动机、内燃机或其他常用动力装置；高压液压泵为定量泵或变量液压泵，优选为轴向柱塞泵或者叶片泵。

在本发明的一较佳实施方式中，所述回程液压动力单元由原动机、低压液压泵和辅助装置组成；回程液压动力单元给第一液压缸和第二液压缸提供低压液压动力油源，驱动活塞杆作向内缩回的回程运动。

在本发明的一较佳实施方式中，回程液压动力单元的原动机为电动机、内燃机或其他常用动力装置，也可以和进程液压动力单元共享原动机。

在本发明的一较佳实施方式中，所述液压动力单元中的辅助装置包括液压油箱、冷却器、过滤器、压力可调的电控溢流阀、液压蓄能器、压力传感器或压力表、温度传感器或温度表、液位传感器或液位指示表、连接管路和阀门。

在本发明的一较佳实施方式中，所述第一液压缸和第二液压缸带有机电缓冲装置。

在本发明的一较佳实施方式中，所述第一海水缸和第二海水缸的缸体、活塞及活塞杆是由耐海水腐蚀的材料制成；缸体为双相不锈钢或玻璃钢复合材料；活塞及活塞杆为双向不锈钢或耐腐蚀的铜合金材料。

在本发明的一较佳实施方式中，所述水压蓄能器是一个采用耐海水腐蚀材料制作的蓄能器，优选为皮囊式蓄能器。

在本发明的一较佳实施方式中，该控制单元实施如下基本过程控制：由系统控制单元根据系统负荷需求调节进程液压动力单元的输出压力和流量，输出的高压液压油通过进程方向控制阀进入第一液压缸的进程腔，驱动第一液压缸的活塞杆向第一海水缸的活塞及活塞杆施压；同时，高压浓盐水管路通过能量回收方向控制阀进入第一海水缸的能量回收腔，

5 也向第一海水缸的活塞施压，高压液压驱动力和高压浓盐水的压力相叠加后一同驱动第一海水缸的活塞移动，将第一海水缸加压腔中的原海水升压，通过止入单向阀挤入高压原海水管路，进入反渗透膜组；与此同时，回程液压动力单元输出的低压液压油通过回程方向控制阀进入第二液压缸，由系统控制单元调节回程液压动力单元的压力和流量，驱动第二液压缸的活塞快速回位，带动第二海水缸的活塞移动，第二海水缸的加压腔通过止出单向

10 阀吸入原海水，第二海水缸的能量回收腔通过能量回收方向控制阀排出已经做功后的浓盐水，同时也通过进程方向控制阀排出第二液压缸进程腔内已经做功后的液压油，并且第二液压缸的活塞在第一液压缸的活塞尚未到达工作终点前的位置时即已回到第二液压缸的起点，在第一液压缸的工作行程到达终点时，由系统控制单元发出指令使回程方向控制阀、进程方向控制阀和能量回收方向控制阀换位，第二液压缸和第二海水缸与第一液压缸和第一海水缸的工作机制互换，由此循环往复，完成海水淡化所需加压及能量回收的工作。

在本发明的一较佳实施方式中，该控制单元实施如下恒流量过程控制：由系统控制单元根据系统负荷需求调节进程液压动力单元的输出压力和流量，输出的高压液压油通过进程方向控制阀进入第一液压缸的进程腔，驱动第一液压缸的活塞杆向第一海水缸的活塞及活塞杆施压；同时，高压浓盐水管路通过能量回收方向控制阀进入第一海水缸的能量回收

20 腔，也向第一海水缸的活塞施压，高压液压驱动力和高压浓盐水的压力相叠加后一同驱动第一海水缸的活塞移动，将第一海水缸加压腔中的原海水升压，通过止入单向阀挤入高压原海水管路，进入反渗透膜组；与此同时，回程液压动力单元输出的低压液压油通过回程方向控制阀进入第二液压缸，由系统控制单元调节回程液压动力单元的压力和流量，驱动第二液压缸的活塞快速回位，带动第二海水缸的活塞移动，第二海水缸的加压腔通过止出

25 单向阀吸入原海水，第二海水缸的能量回收腔通过能量回收方向控制阀排出已经做功后的浓盐水，同时也通过进程方向控制阀排出第二液压缸进程腔内已经做功后的液压油，并且第二液压缸的活塞在第一液压缸的活塞尚未到达工作终点前的位置时即已回到第二液压缸的起点，由系统控制单元发出指令使回程方向控制阀进入中位，进程方向控制阀也同步向中位切换，将高压液压油同时配送给第一液压缸和第二液压缸，并使得进入第一液压缸进程腔的流量逐步减少，进入第二液压缸的进程腔的流量则逐步增加，且进入第一液压缸

30 进程腔的流量与进入第二液压缸进程腔的流量之和为常量；与之相对应，能量回收方向控

制阀也进行相应的切换进入中位，使得进入第一海水缸能量回收腔的高压浓盐水流量逐步减少，进入第二海水缸能量回收腔的高压浓盐水流量则逐步增加，这样，两个工作联合体在液压压力和回收高压浓盐水压力的共同作用下，保证在第一海水缸海水加压腔流出的高压原海水流量逐步减少的同时，第二海水缸海水加压腔输出的高压原海水流量则逐步增加，二者流出的高压原海水流量之和为常量，实现高压原海水的连续稳定输出给反渗透膜组；在第一液压缸的工作行程到达终点时，由系统控制单元发出指令使回程方向控制阀、进程方向控制阀和能量回收方向控制阀换位，第二液压缸和第二海水缸与第一液压缸和第一海水缸的工作机制互换，由此循环往复，完成海水淡化所需加压及能量回收的工作。

由上所述，本发明通过一对液压及海水活塞缸同时完成高压海水泵、能量回收及增压装置的三大功能，采用液压驱动来补充海水淡化所需能量，采用液-液交换实现压力能的回收。本发明与目前最先进的高压海水泵+压力交换能量回收装置+增压泵的海水淡化系统相比，在结构上保留了压力交换能量回收装置，且让其同时承担全部原海水的加压工作，用高压液压泵+液压缸的液压系统替代了高压海水泵+海水增压泵的系统，由此产生如下有益效果：

#### 1. 系统初始投资成本大幅度降低：

液压系统所用的高压泵、油缸、控制阀等，均是由钢或铸铁制成，且已经是大批量工业化生产的成熟产品，价格低廉。而高压海水泵则需要使用既耐腐蚀又耐磨的贵重金属，如双相不锈钢、铝青铜、陶瓷材料等，加工难度大，材料价格高。同等功率的传统高压海水泵系统是本发明液压加压系统成本的数倍；同时，由于加压与能量回收功能的高度集成，节省了传统系统中大量的连接管道和阀门，管道工程和材料成本也大为降低；同时也节省了占地面积，减少包括厂房在内的基础设施建设成本。

#### 2. 系统效率得到提升：

本发明的系统中，能量回收系统与先进的压力交换系统原理是一样的，效率也相同；但在高压泵部分，目前柱塞式高压海水泵的泵效在80%左右，多级离心式高压海水泵的泵效则在78%左右；在本发明的系统中，由于海水缸两腔内的压力基本平衡，海水加压过程的容积效率和机械效率都很高，高压液压泵（如高压轴向柱塞泵）的泵效则在90%以上，即便考虑到阀控、液压缸效率及液压油路系统的压力损失（1-2%），系统总效率可达85%，至少能提高5-10%，相应可降低电耗，即降低运营成本。

#### 3. 系统可靠性提高：

本发明中省去了故障率较高、寿命较短的高压海水泵，而液压系统则相对比较成熟，故障率低，在负荷相对平稳的海水淡化系统中，寿命也会比较长。如本系统和效率相对较



高的柱塞式高压海水泵系统相比，由于机械式柱塞泵流量波动明显，且活塞的行程有限，为了获得较大的海水流量，就必须使活塞高速往复运动，300-500rpm，导致水压冲击、振动和噪声都比较大，运动部件磨损快，阀组及密封部件容易失效等。相比之下，本系统的高压海水缸行程长，往复频率可降低到柱塞泵的几分之一，加上水压蓄能器的稳压和特殊的过渡过程控制，使高压海水的流量接近常量，冲击振动要小得多，自然其故障率减少，系统本身的使用寿命增加，模組的寿命也相应增加。更为重要的是，由于液压系统所特有的安全保护和缓冲机制，可以保护包括膜组在内的整个系统免受误操作等意外事件造成高压冲击引起的破坏。

#### 4. 维修成本低：

10 高压海水泵的泵体泵芯在海水的腐蚀冲刷磨损之后，只能更换，而液压泵的泵芯则可以修复，使维修成本大大降低。

#### 5. 系统适应性强，负荷调节灵活：

15 如进程液压泵采用变量泵，其排量变量范围可以从 10%到 100%，由此可以在很宽的负荷范围内进行调节，且效率变化不大，这是其他海水淡化系统所难以达到的，因为无论离心泵还是柱塞泵，其输出流量是基本不变的，只能用关停部分机组来进行负荷调节，每天要完成一次起停控制，工作量太大。由此可带来两大优势，一是该系统能和风能、太阳能等不稳定的能源供应相结合，促进新能源的应用；二是可大量使用夜间低谷电，降低白天负荷，即用海水淡化中淡水储存来调节电网负荷，淡水储存的成本很低；就目前工业用电的价格而言，白天电价各地有所不同，平均在 1 元左右，而晚上的低谷电价则在 0.35 元左右，是白天的 1/3，这样，不但能大幅度降低海水淡化的用电成本，同时也能提高整个电网运行的能源使用效率。

### 附图说明

以下附图仅旨在于对本发明做示意性说明和解释，并不限定本发明的范围。其中：

图 1：为本发明膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置的系统原理图。

25 图 2：为本发明中进程液压动力单元和回程液压动力单元的结构示意图。

图 3：为本发明中具有恒流量功能的两个海水缸的高压海水流量-时间示意图。

### 具体实施方式

为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解，现对照附图说明本发明的

具体实施方式。

本发明提出一种膜法海水淡化加压与能量回收一体化方法，由单出杆活塞式海水缸的活塞杆与单出杆活塞式油缸的活塞杆相对固定连接，组成两个或两个以上交替运行的工作联合体；在油缸驱动海水缸往返运动的过程中，海水缸的一活塞腔在进程时吸入渗透膜过滤后的高压浓盐水，回程时排出；海水缸的另一活塞腔在回程时吸入原海水，在进程时对原海水加压；由此，通过油缸高压液压驱动力和高压浓盐水的压力相互叠加对原海水进行加压，并将加压后的高压原海水连续稳定地输出给反渗透膜组。

如图 1、图 2 所示，根据上述方法，本发明还提出一种膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置 100，所述加压与能量回收一体化装置 100 包括有第一液压缸 1、第二液压缸 2 和第一海水缸 3、第二海水缸 4，所述第一液压缸 1、第二液压缸 2、第一海水缸 3、第二海水缸 4 均为单出杆活塞缸；所述第一液压缸 1 和第二液压缸 2 分别由缸体（含左右缸盖）1a、2a，活塞及活塞杆 1b、2b 所组成，活塞将液压缸的容积分隔为左右两腔体，所述两个液压缸的无杆腔分别为第一进程腔 1c 和第二进程腔 2c，两个液压缸的有杆腔分别为第一回程腔 1d 和第二回程腔 2d；所述第一海水缸 3 和第二海水缸 4 分别由缸体（含左右缸盖）3a、4a，活塞及活塞杆 3b、4b 所组成，活塞将海水缸的容积分隔为左右两腔体，所述两个海水缸的无杆腔分别为第一加压腔 3c 和第二加压腔 4c，两个海水缸的有杆腔分别为第一能量回收腔 3d 和第二能量回收腔 4d；所述第一液压缸 1 的活塞杆 1b 与第一海水缸 3 的活塞杆 3b 通过连接器 5 相对固定连接，第一液压缸 1 活塞的工作行程与第一海水缸 3 活塞的工作行程一致，构成第一工作联合体；所述第二液压缸 2 的活塞杆 2b 与第二海水缸 4 的活塞杆 4b 通过连接器 6 相对固定连接，第二液压缸 2 活塞的工作行程与第二海水缸 4 活塞的工作行程一致，构成第二工作联合体；所述第一液压缸 1 和第二液压缸 2 的进程腔 1c、2c 通过一进程方向控制阀 13 连接于一进程液压动力单元 15；所述第一液压缸 1 和第二液压缸 2 的回程腔 1d、2d 通过一回程方向控制阀 12 连接于一回程液压动力单元 14；所述液压缸的两端缸盖上设置有通用的缓冲装置，防止活塞在换向时与缸盖发生撞击；所述第一海水缸 3 和第二海水缸 4 的能量回收腔 3d、4d 通过一能量回收方向控制阀 11 连接于高压浓盐水管路 30 或低压浓盐水管路 31；所述第一海水缸 3 的加压腔 3c 通过止入单向阀 7 连接于高压原海水管路 28，所述第二海水缸 4 的加压腔 4c 通过另一止入单向阀 9 也连接于高压原海水管路 28；同时，所述第一海水缸 3 的加压腔 3c 又通过止出单向阀 8 连接于原海水管路 29，所述第二海水缸 4 的加压腔 4c 又通过另一止出单向阀 10 也连接于原海水管路 29；在高压原海水管路 28 中设有水压蓄能器 25，吸收高压原海水管路 28 中可能出现的压力冲击与波动，从而保护反渗透膜组；所述加压与能量回收一

体化装置 100 还包括系统控制单元，该系统控制单元至少由控制器 16、设置在液压回路中的液压压力传感器 14f、15f 和设置在高压原海水管路 28 中的水压压力传感器 26、以及设置在活塞杆往返行程中的多个活塞位置传感器 17、18、19、20、21、22、23、24 组成；该控制单元根据系统负荷要求、活塞杆位置传感器给出的位置信号和各压力传感器信号来控制进程方向控制阀 13、回程方向控制阀 12 以及能量回收方向控制阀 11 的切换与协调；进程方向控制阀 13 与回程方向控制阀 12 联合协调动作，以控制第一工作联合体和第二工作联合处于液压缸活塞杆向外伸出的进程和液压缸活塞杆向内缩回的回程的交叉和交替运动状态；能量回收方向控制阀 11 控制处于进程的海水缸能量回收腔与高压浓盐水管路 30 接通，处于回程的海水缸能量回收腔与低压浓盐水管路 31 接通；由控制器 16 控制进程液压动力单元 15 与回程液压动力单元 14 输出的压力和流量，从而实现给定的淡水制水量。

由上所述，本发明通过一对海水活塞缸同时完成高压海水泵、能量回收及增压装置的三大功能，采用液压驱动来补充海水淡化所需能量，采用液-液交换实现压力能的回收。由此，降低了系统成本，提高了系统效率和可靠性。

进一步，在本实施方式中，所述海水缸 3、4 的能量回收腔 3d、4d 截面面积与加压腔 3c、4c 的截面面积之比= $l-k$ ；所述液压缸 1、2 的进程腔 1c、2c 截面面积与海水缸 3、4 的加压腔 3c、4c 截面面积之比= $k_0 \times k \times P_s / P_h$ ；其中， $P_s$  为满足反渗透膜正常工作所需的压力，在当前技术水平下约为 5-7Mpa； $P_h$  为液压动力单元的输油压，根据所用液压泵特性不同而选择，优选高压轴向柱塞泵，压力为 25-40Mpa 之间； $k_0$  为一个略大于 1 的系数，主要考虑克服管道阻力损失、摩擦阻力损失和泄漏等因素； $k$  为海水淡化反渗透膜系统的淡水回收率，在当前的反渗透膜技术水平下， $k$  约为 30-60%。

在本实施方式中，如图 1 所示，所述进程方向控制阀 13 为一个二位四通方向阀，或者为一个三位四通方向阀，进程方向控制阀 13 的控制方式为电磁控制，或者为电液控制；该进程方向控制阀 13 的进油口 P 与进程液压动力单元 15 的输出油口连接，进程方向控制阀 13 的回油口 T 与进程液压动力单元 15 的回油口连接；进程方向控制阀 13 的两个工作油口 A、B 分别连接第一液压缸的进程腔 1c 和第二液压缸的进程腔 2c。所述进程方向控制阀 13 可为滑阀、转阀或是由多个插装阀构成的逻辑控制阀组；所述进程方向控制阀 13 具有换向缓冲调节功能和中位过渡机能；在中位时高压进油口 P 和两个工作油口 A、B 同时接通，则可实现恒流量功能，可降低换向冲击。

如图 1 所示，所述回程方向控制阀 12 也为一个二位四通方向阀，或者为一个三位四通方向阀，回程方向控制阀 12 的控制方式也为电磁控制，或者为电液控制；该回程方向

控制阀 12 的进油口 P 与回程液压动力单元 14 的输出油口连接，回程方向控制阀 12 的回油口 T 与回程液压动力单元 14 的回油口连接；回程方向控制阀 12 的两个工作油口 A、B 分别连接第一液压缸的回程腔 1d 和第二液压缸的回程腔 2d。所述回程方向控制阀 12 可为滑阀、转阀或是由多个插装阀构成的逻辑控制阀组。所述回程方向控制阀 12 具有换向缓冲调节功能和中位过渡机能；在中位时回油口 T 和两个工作油口 A、B 同时接通，可降低回程速度调节的精度，降低换向冲击。

如图 1 所示，所述能量回收方向控制阀 11 为一个二位四通的海水分配阀，或者为一个三位四通的海水分配阀，能量回收方向控制阀 11 的控制方式为电磁控制，或者为电液控制；该能量回收方向控制阀 11 的进液口 P 与反渗透膜组输出的高压浓盐水管路 30 连接，能量回收方向控制阀 11 的回液口 T 与系统低压浓盐水管路 31 连接；能量回收方向控制阀 11 的两个工作液口 A、B 分别连接第一海水缸的能量回收腔 3d 和第二海水缸的能量回收腔 4d。该能量回收方向控制阀 11 控制处于进程的海水缸能量回收腔与高压浓盐水管路 30 接通，控制处于回程的海水缸能量回收腔与系统低压浓盐水管路 31 接通。所述能量回收方向控制阀 11 可为滑阀、转阀或是由多个插装阀构成的逻辑控制阀组；该能量回收方向控制阀 11 可设置中位过渡机能，其中在中位时高压进液口 P 和两个工作液口 A、B 同时接通，以实现恒流量功能。

进一步，在本实施方式中，如图 1、图 2 所示，所述进程液压动力单元 15 由原动机 15a、高压液压泵 15b 和辅助装置组成；进程液压动力单元 15 给第一液压缸 1 和第二液压缸 2 提供高压液压动力油源，驱动活塞杆作向外伸出的进程运动；进程液压动力单元 15 的原动机 15a 可为电动机、内燃机或其他常用动力装置；高压液压泵 15b 为定量泵或变量液压泵，优选为轴向柱塞泵或者叶片泵。所述辅助装置包括液压油箱 27、冷却器 27a、过滤器 15c、压力可调的电控溢流阀 15e、液压蓄能器 15g、压力传感器或压力表 15f、温度传感器或温度表、液位传感器或液位指示表、连接管路和设置在出油口上的止回单向阀 15d。由于工作过程中，液压油流量波动较大，特设液压蓄能器 15g 进行调节。

所述回程液压动力单元 14 由原动机 14a、低压液压泵 14b 和辅助装置组成；回程液压动力单元 14 给第一液压缸 1 和第二液压缸 2 提供低压液压动力油源，驱动活塞杆作向内缩回的回程运动；回程液压动力单元 14 的原动机 14a 可为电动机、内燃机或其他常用动力装置（也可以考虑和进程液压动力单元 15 的原动机 15a 共享）；所述原动机 14a 的功率可小于原动机 15a；低压液压泵 14b 的流量可小于高压液压泵 15b；所述辅助装置包括液压油箱 27、冷却器 27a、过滤器 14c、压力可调的电控溢流阀 14e、液压蓄能器 14g、压力传感器或压力表 14f、温度传感器或温度表、液位传感器或液位指示表、连接管路和

设置在出油口上的止入单向阀 14d。由于工作过程中，液压油流量波动较大，特设液压蓄能器 14g 进行调节。

在本实施方式中，所述第一海水缸 3 和第二海水缸 4 的缸体 3a、4a、活塞及活塞杆 3b、4b 是由耐海水腐蚀的材料制成的；缸体 3a、4a 优选为双相不锈钢或玻璃钢复合材料；  
5 活塞及活塞杆 3b、4b 优选为双向不锈钢或耐腐蚀的铜合金材料。

设置在高压原海水管路 28 中的水压蓄能器 25，可以吸收高压原海水管路 28 中可能出现的压力冲击与波动，进而保护反渗透膜组；该水压蓄能器 25 采用耐海水腐蚀材料制作，优选为皮囊式蓄能器。

进一步，所述系统控制单元是由控制器 16、设置在液压回路中的液压压力传感器 14f、  
10 15f 和设置在高压原海水管路 28 中的水压压力传感器 26、以及设置在活塞杆往返行程中的多个活塞位置传感器 17、18、19、20、21、22、23、24 组成；其中，活塞位置传感器 17、18、19、20 设置在第一工作联合体的第一液压缸 1 与第一海水缸 3 之间的活塞杆往返行程中，所述传感器 17、18 位于第一海水缸 3 一端呈间隔设置，传感器 17 邻近第一海水缸 3；所述传感器 19、20 位于第一液压缸 1 一端呈间隔设置，传感器 20 邻近第一液  
15 缸 1；由此，在第一工作联合体的活塞杆往复运动过程中，传感器 18、19 可发出活塞位置接近终点的预警信号，传感器 17、20 则发出活塞位置到达终点的交替换位信号。同理，活塞位置传感器 21、22、23、24 设置在第二工作联合体的第二液压缸 3 与第二海水缸 4 之间的活塞杆往返行程中，所述传感器 21、22 位于第二海水缸 4 一端呈间隔设置，传感器 21 邻近第二海水缸 4；所述传感器 23、24 位于第二液压缸 2 一端呈间隔设置，传感器  
20 24 邻近第二液压缸 2；由此，在第二工作联合体的活塞杆往复运动过程中，传感器 22、23 可发出活塞位置接近终点的预警信号，传感器 21、24 则发出活塞位置到达终点的交替换位信号。控制器 16 根据各压力传感器和位置传感器的信号来控制各液压动力单元中液压泵的输出流量、压力以及进程方向控制阀 13、回程方向控制阀 12 以及能量回收方向控制阀 11 的电磁铁的动作。

25 该控制单元实施如下基本过程控制：由系统控制单元根据系统负荷需求调节进程液压动力单元 15 的输出压力和流量，输出的高压液压油通过进程方向控制阀 13 进入第一液压缸的进程腔 1c，驱动第一液压缸 1 的活塞杆 1b 向第一海水缸 3 的活塞及活塞杆 3b 施压；同时，高压浓盐水管路 30 通过能量回收方向控制阀 11 进入第一海水缸 3 的能量回收腔 3d，也向第一海水缸 3 的活塞施压，高压液压驱动力和高压浓盐水的压力相叠加后一同驱  
30 动第一海水缸的活塞向左移动，将第一海水缸 3 加压腔 3c 中的原海水升压，通过止入单向阀 7 挤入高压原海水管路 28，进入反渗透膜组；与此同时，回程液压动力单元 14 输出

的低压液压油通过回程方向控制阀 12 进入第二液压缸 2，由系统控制单元调节回程液压动力单元 14 的压力和流量，驱动第二液压缸 2 的活塞快速向右回位，带动第二海水缸 4 的活塞右移，第二海水缸 4 的加压腔 4c 通过止出单向阀 10 吸入原海水，第二海水缸 4 的能量回收腔 4d 通过能量回收方向控制阀 11 排出已经做功后的浓盐水，同时也通过进程方向控制阀 13 排出第二液压缸进程腔 2c 内已经做功后的液压油，并且第二液压缸 2 的活塞在第一液压缸 1 的活塞尚未到达工作终点前的位置时即已回到第二液压缸 2 的起点，在第一液压缸 1 的工作行程到达终点时，由系统控制单元发出指令使回程方向控制阀 12、进程方向控制阀 13 和能量回收方向控制阀 11 换位，第二液压缸 2 和第二海水缸 4 与第一液压缸 1 和第一海水缸 3 的工作机制互换，由此循环往复，完成海水淡化所需加压及能量回收的工作。

由于在切换过程中，系统处于失压状态，导致进入反渗透膜组的高压原海水的流量及压力的大幅波动，容易对管道和模组造成疲劳损坏；因此，本发明在高压原海水输出端接入一个水压蓄能器 25，可将压力波动控制在一定幅度内，以来减少流量和压力的波动和冲击，保护反渗透膜组；不仅如此，本发明还通过设置各阀的中位过渡机能和系统控制单元中的恒流量控制模式，进一步降低高压原海水的流量和压力波动。

在该系统中的进程方向控制阀、回程方向控制阀及能量回收方向控制阀均设置中位过渡机能，并通过调节回程控制动力系统使得液压缸的回程速度高于进程速度，这样，进程控制阀在切换过程中可将高压液压油同时配送给第一液压缸和第二液压缸的进程腔，并使得进入第一液压缸进程腔的流量逐步减少，进入第二液压缸进程腔的流量逐步增加；能量回收方向控制阀使得进入第一工作联合体能量回收腔的高压浓盐水流量逐步减少，进入第二工作联合体能量回收腔的高压浓盐水流量则逐步增加，这样就使得在第一工作联合体海水加压缸流出的高压原海水流量逐步减少的同时，第二工作联合体海水加压缸输出的高压原海水流量则逐步增加，第一工作联合体和第一工作联合体的加压腔流出的高压原海水流量之和为常量，进而实现高压原海水的连续稳定输出给反渗透膜组。

具有恒流量功能的本系统工作过程是：

由系统控制单元根据系统负荷需求调节进程液压动力单元 15 的输出压力和流量，输出的高压液压油通过进程方向控制阀 13 进入第一液压缸的进程腔 1c，驱动第一液压缸 1 的活塞杆 1b 向第一海水缸 3 的活塞及活塞杆 3b 施压；同时，高压浓盐水管路 30 通过能量回收方向控制阀 11 进入第一海水缸 3 的能量回收腔 3d，也向第一海水缸 3 的活塞施压，高压液压驱动力和高压浓盐水的压力相叠加后一同驱动第一海水缸的活塞向左移动，将第一海水缸 3 加压腔 3c 中的原海水升压，通过止入单向阀 7 挤入高压原水管路 28，进入

反渗透膜组；与此同时，回程液压动力单元 14 输出的低压液压油通过回程方向控制阀 12 进入第二液压缸 2，由系统控制单元调节回程液压动力单元 14 的压力和流量，驱动第二液压缸 2 的活塞快速向右回位，带动第二海水缸 4 的活塞右移，第二海水缸 4 的加压腔 4c 通过止出单向阀 10 吸入原海水，第二海水缸 4 的能量回收腔 4d 通过能量回收方向控制阀 11 排出已经做功后的浓盐水，同时也通过进程方向控制阀 13 排出第二液压缸进程腔 2c 内已经做功后的液压油，并且第二液压缸 2 的活塞在第一液压缸 1 的活塞尚未到达工作终点前（由位置传感器 18 确定）的位置时即已回到第二液压缸 2 的起点（由位置传感器 24 确定），由系统控制单元发出指令使回程方向控制阀 12 进入中位，进程方向控制阀 13 也逐步向中位切换，将高压液压油同时配送给第一液压缸 1 和第二液压缸 2，并使得进入第一液压缸 1 进程腔 1c 的流量逐步减少，进入第二液压缸 2 的进程腔 2c 的流量则逐步增加，且进入第一液压缸进程腔 1c 的流量与进入第二液压缸进程腔 2c 的流量之和为常量；与之相对应，能量回收方向控制阀 11 也进行相应的切换进入中位，使得进入第一海水缸 3 能量回收腔 3d 的高压浓盐水流量逐步减少，进入第二海水缸 4 能量回收腔 4d 的高压浓盐水流量则逐步增加，保证在第一海水缸 3 海水加压腔 3c 流出的高压原海水流量逐步减少的同时，第二海水缸 4 海水加压腔 4c 输出的高压原海水流量则逐步增加，二者流出的高压原海水流量之和为常量（如图 3 所示），实现高压原海水的连续稳定输出给反渗透膜组；在第一液压缸 1 的工作行程到达终点（由位置传感器 17 信号确定）时，由系统控制单元发出指令使回程方向控制阀 12、进程方向控制阀 13 和能量回收方向控制阀 11 换位，第二液压缸 2 和第二海水缸 4 与第一液压缸 1 和第一海水缸 3 的工作机制互换，由此循环往复，完成海水淡化所需加压及能量回收的工作。

由上所述，本发明通过一对液压及海水活塞缸同时完成了高压海水泵、能量回收及增压装置的三大功能，采用液压驱动来补充海水淡化所需能量，采用液-液交换实现压力能的回收。本发明与目前最先进的高压海水泵+压力交换能量回收装置+增压泵的海水淡化系统相比，在结构上保留了压力交换能量回收装置，且让其同时承担全部原海水的加压工作，用高压液压泵+液压缸的液压系统替代了高压海水泵+海水增压泵的系统。

根据本结构的基本原理，可以进行多方面的扩展或简化，比如：由于海水缸的活塞杆比较粗大，可以在海水缸的活塞杆端部轴向设置孔洞，将液压缸的缸体固定嵌入孔洞中，由此与海水缸的活塞杆连接，如此结构，既可以进一步减小结构空间尺寸，又可以提高同轴度；又比如：由两个联合体增加为多个联合体，组合体水平摆放或者垂直摆放，采用多台液压泵并联以扩大单机容量，液压泵采用不同结构及变量形式，联接器为刚性或可补偿安装误差的弹性连接器，电液控制阀在小容量情况下简化为电磁控制阀，取消各阀的中位

过渡机能仅通过水压蓄能器来稳定流量和压力的简化系统等等。

以上所述仅为本发明示意性的具体实施方式，并非用以限定本发明的范围。任何本领域的技术人员，在不脱离本发明的构思和原则的前提下所作出的等同变化与修改，均应属于本发明保护的范围。



## 权利要求书

1. 一种膜法海水淡化加压与能量回收一体化方法，由单出杆活塞式海水缸的活塞杆与单出杆活塞式液压缸相连接，组成两个或两个以上交替运行的工作联合体；液压缸活塞杆相对缸体伸出时为进程，缩回时为回程；在液压缸驱动海水缸往返运动的过程中，海水缸的一活塞腔在进程时接入从反渗透膜组输出的高压浓盐水，在回程时排出；海水缸的另一活塞腔在回程时吸入原海水，在进程时对原海水加压输出；由此，通过液压缸高压液压力驱动力和高压浓盐水的压力相互叠加对原海水进行加压，并将加压后的高压原海水通过水压蓄能器和/或恒流量控制连续稳定地输出给反渗透膜组。
2. 如权利要求 1 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化方法，其特征在于：所述海水缸与液压缸的连接方式为，海水缸的活塞杆与液压缸的活塞杆相连接；或为海水缸的活塞杆与液压缸的缸体相连接。
3. 一种膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置，其特征在于：所述加压与能量回收一体化装置包括有第一液压缸、第二液压缸和第一海水缸、第二海水缸，所述第一液压缸、第二液压缸、第一海水缸、第二海水缸均为单出杆活塞缸；所述第一液压缸与第一海水缸的活塞杆相连接，构成第一工作联合体；所述第二液压缸与第二海水缸的活塞杆相连接，构成第二工作联合体；所述第一液压缸和第二液压缸的无杆腔通过一进程方向控制阀连接于一进程液压动力单元；所述第一液压缸和第二液压缸的有杆腔通过一回程方向控制阀连接于一回程液压动力单元；所述第一海水缸和第二海水缸的有杆腔通过一能量回收方向控制阀连接于高压浓盐水管路或低压浓盐水管路；所述第一海水缸和第二海水缸的无杆腔分别通过止入单向阀连接于高压原海水管路，又分别通过止出单向阀连接于原海水管路；在高压原海水管路中设有水压蓄能器；所述加压与能量回收一体化装置还包括系统控制单元，该系统控制单元至少由控制器、设置在液压回路中的液压压力传感器和设置在高压原海水管路中的水压压力传感器、以及设置在活塞杆往返行程中的多个活塞位置传感器组成；该控制单元根据系统负荷要求、活塞杆位置传感器给出的位置信号和各压力传感器信号来控制进程方向控制阀、回程方向控制阀以及能量回收方向控制阀的切换与协调；进程方向控制阀与回程方向控制阀联合协调动作，以控制第一工作联合体和第二工作联合体处于液压缸活塞杆相对缸体向外伸出的进程和液压缸活塞杆相对缸体向内缩回的回程的交叉和交替运动状态；能量回收方向控制阀控制处于进程的海水缸能量回收腔与高压浓盐水管路接通，处于回程的海水缸能量回收腔与低压浓盐水管路接通；由控制器控制进程液压动力单元与回程液压动力单元输出的压力和流量，从而实现给定的淡水制水量。

4. 如权利要求 3 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置,其特征在於:所述第一液压缸的活塞杆与第一海水缸的活塞杆相连接,构成第一工作联合体;所述第二液压缸的活塞杆与第二海水缸的活塞杆相连接,构成第二工作联合体。

5. 如权利要求 3 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置,其特征在於:所述两个液压缸的无杆腔分别为第一进程腔和第二进程腔,两个液压缸的有杆腔分别为第一回程腔和第二回程腔;所述两个海水缸的无杆腔分别为第一加压腔和第二加压腔,两个海水缸的有杆腔分别为第一能量回收腔和第二能量回收腔;所述海水缸的能量回收腔截面面积与加压腔的截面面积之比 $=1-k$ ;所述液压缸的进程腔截面面积与海水缸的加压腔截面面积之比 $=k_0 \times k \times P_s / P_h$ ;其中, $P_s$ 为满足反渗透膜正常工作所需的压力, $P_h$ 为液压动力单元的输油压, $k_0$ 为大于 1 的系数, $k$ 为海水淡化反渗透膜系统的淡水回收率。

6. 如权利要求 3 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置,其特征在於:所述进程方向控制阀为一个二位四通或三位四通方向阀,其控制方式为电磁或电液控制;该进程方向控制阀的进油口与进程液压动力单元输出油口连接,进程方向控制阀的回油口与进程液压动力单元回油口连接;进程方向控制阀的两个工作油口分别连接第一液压缸和第二液压缸的进程腔。

7. 如权利要求 3 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置,其特征在於:所述回程方向控制阀为一个二位四通或三位四通方向阀,其控制方式为电磁或电液控制;该回程方向控制阀的进油口与回程液压动力单元输出油口连接,回程方向控制阀的回油口与回程液压动力单元回油口连接;回程方向控制阀的两个工作油口分别连接第一液压缸和第二液压缸的回程腔。

8. 如权利要求 3 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置,其特征在於:所述能量回收方向控制阀为一个二位四通或三位四通的海水分配阀,其控制方式为电磁或电液控制;该能量回收方向控制阀的进液口与反渗透膜组输出的高压浓盐水管路连接,能量回收方向控制阀的回液口与系统低压浓盐水管路连接;能量回收方向控制阀的两个工作液口分别连接第一海水缸和第二海水缸的能量回收腔;该能量回收方向控制阀控制处于进程的海水缸能量回收腔与高压浓盐水管路接通,控制处于回程的海水缸能量回收腔与系统低压浓盐水管路接通。

9. 如权利要求 6、7 或 8 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置,其特征在於:所述进程方向控制阀、回程方向控制阀和能量回收方向控制阀为滑阀、转阀或是由多个插装阀构成的逻辑控制阀组。

10. 如权利要求 6、7 或 8 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置,其特征在

于：所述进程方向控制阀、回程方向控制阀和能量回收方向控制阀具有换向缓冲调节功能、中位过渡机能。

11. 如权利要求 3 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置，其特征在于：所述进程液压动力单元由原动机、高压液压泵和辅助装置组成；进程液压动力单元给第一液压缸和第二液压缸提供高压液压动力油源，驱动活塞杆作向外伸出的进程运动。

12. 如权利要求 3 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置，其特征在于：所述回程液压动力单元由原动机、低压液压泵和辅助装置组成；回程液压动力单元给第一液压缸和第二液压缸提供低压液压动力油源，驱动活塞杆作向内缩回的回程运动。

13. 如权利要求 11 或 12 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置，其特征在于：所述液压动力单元中的辅助装置包括液压油箱、冷却器、过滤器、压力可调的电控溢流阀、液压蓄能器、压力传感器或压力表、温度传感器或温度表、液位传感器或液位指示表、连接管路和阀门。

14. 如权利要求 3 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置，其特征在于：所述第一液压缸和第二液压缸带有机电或电控缓冲装置。

15. 如权利要求 3 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置，其特征在于：所述第一海水缸和第二海水缸的缸体、活塞及活塞杆是由耐海水腐蚀的材料制成；缸体为双相不锈钢或玻璃钢复合材料；活塞及活塞杆为双向不锈钢或耐腐蚀的铜合金材料。

16. 如权利要求 4 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置，其特征在于：该控制单元实施如下基本过程控制：由系统控制单元根据系统负荷需求调节进程液压动力单元的输出压力和流量，输出的高压液压油通过进程方向控制阀进入第一液压缸的进程腔，驱动第一液压缸的活塞杆向第一海水缸的活塞及活塞杆施压；同时，高压浓盐水管路通过能量回收方向控制阀进入第一海水缸的能量回收腔，也向第一海水缸的活塞施压，高压液压驱动力和高压浓盐水的压力相叠加后一同驱动第一海水缸的活塞移动，将第一海水缸加压腔中的原海水升压，通过止入单向阀挤入高压原水管路，进入反渗透膜组；与此同时，回程液压动力单元输出的低压液压油通过回程方向控制阀进入第二液压缸，由系统控制单元调节回程液压动力单元的压力和流量，驱动第二液压缸的活塞快速回位，带动第二海水缸的活塞移动，第二海水缸的加压腔通过止出单向阀吸入原海水，第二海水缸的能量回收腔通过能量回收方向控制阀排出已经做功后的浓盐水，同时也通过进程方向控制阀排出第二液压缸进程腔内已经做功后的液压油，并且第二液压缸的活塞在第一液压缸的活塞尚未到达工作终点前的位置时即已回到第二液压缸的起点，在第一液压缸的工作行程到达终点时，由系统控制单元发出指令使回程方向控制阀、进程方向控制阀和能量回收方向控制阀

换位，第二液压缸和第二海水缸与第一液压缸和第一海水缸的工作机制互换，由此循环往复，完成海水淡化所需加压及能量回收的工作。

17. 如权利要求 10 所述的膜法海水淡化加压与能量回收一体化装置，其特征在于：该控制单元实施如下恒流量过程控制：由系统控制单元根据系统负荷需求调节进程液压力单元的输出压力和流量，输出的高压液压油通过进程方向控制阀进入第一液压缸的进程腔，驱动第一液压缸的活塞杆向第一海水缸的活塞及活塞杆施压；同时，高压浓盐水管路通过能量回收方向控制阀进入第一海水缸的能量回收腔，也向第一海水缸的活塞施压，高压液压驱动力和高压浓盐水的压力相叠加后一同驱动第一海水缸的活塞向左移动，将第一海水缸加压腔中的原海水升压，通过止入单向阀挤入高压原海水管路，进入反渗透膜组；

5 与此同时，回程液压力单元输出的低压液压油通过回程方向控制阀进入第二液压缸，由系统控制单元调节回程液压力单元的压力和流量，驱动第二液压缸的活塞快速向右回位，带动第二海水缸的活塞右移，第二海水缸的加压腔通过止出单向阀吸入原海水，第二海水缸的能量回收腔通过能量回收方向控制阀排出已经做功后的浓盐水，同时也通过进程方向控制阀排出第二液压缸进程腔内已经做功后的液压油，并且第二液压缸的活塞在第一

10 液压缸的活塞尚未到达工作终点前的位置时即已回到第二液压缸的起点，由系统控制单元发出指令使回程方向控制阀进入中位，进程方向控制阀也同步向中位切换，将高压液压油同时配送给第一液压缸和第二液压缸，并使得进入第一液压缸进程腔的流量逐步减少，进入第二液压缸的进程腔的流量则逐步增加，且进入第一液压缸进程腔的流量与进入第二液

15 压缸进程腔的流量之和为常量；与之相对应，能量回收方向控制阀也进行相应的切换进入中位，使得进入第一海水缸能量回收腔的高压浓盐水流量逐步减少，进入第二海水缸能量回收腔的高压浓盐水流量则逐步增加，这样，两个工作联合体在液压压力和回收高压浓盐

20 水压力的共同作用下，保证在第一海水缸海水加压腔流出的高压原海水流量逐步减少的同时，第二海水缸海水加压腔输出的高压原海水流量则逐步增加，二者流出的高压原海水流量之和为常量，实现高压原海水的连续稳定输出给反渗透膜组；在第一液压缸的工作行程

25 到达终点时，由系统控制单元发出指令使回程方向控制阀、进程方向控制阀和能量回收方向控制阀换位，第二液压缸和第二海水缸与第一液压缸和第一海水缸的工作机制互换，由此循环往复，完成海水淡化所需加压及能量回收的工作。

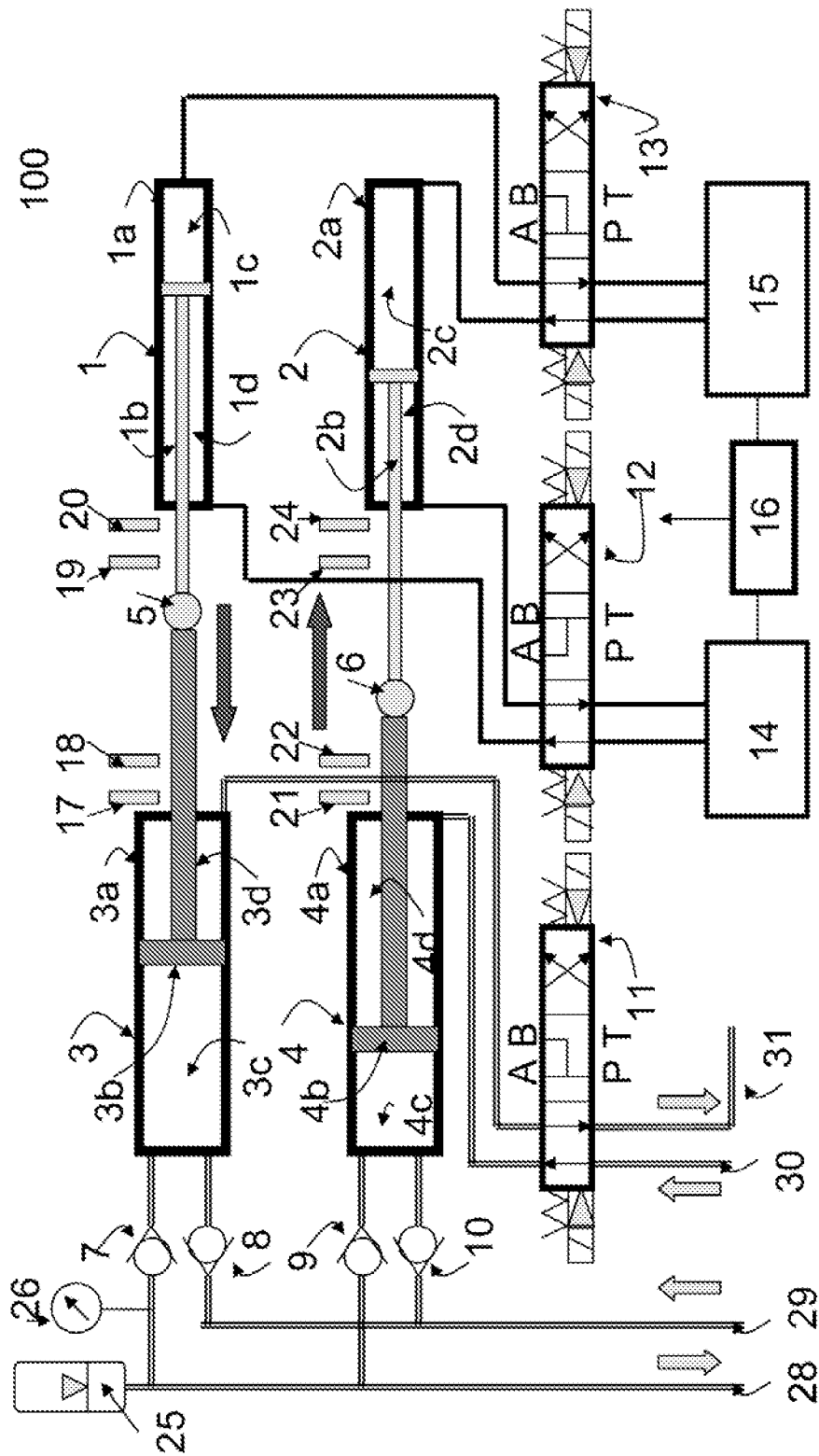


图1

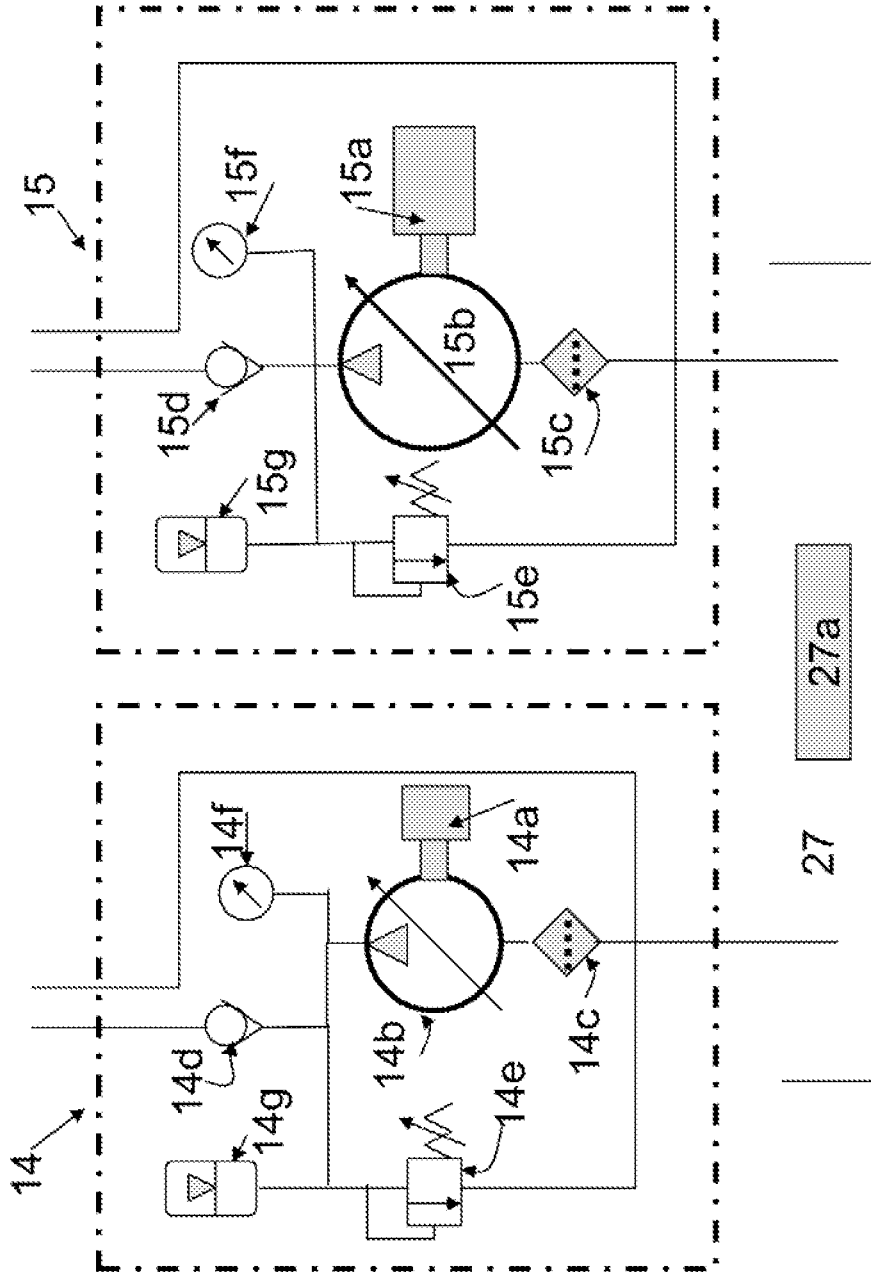


图2

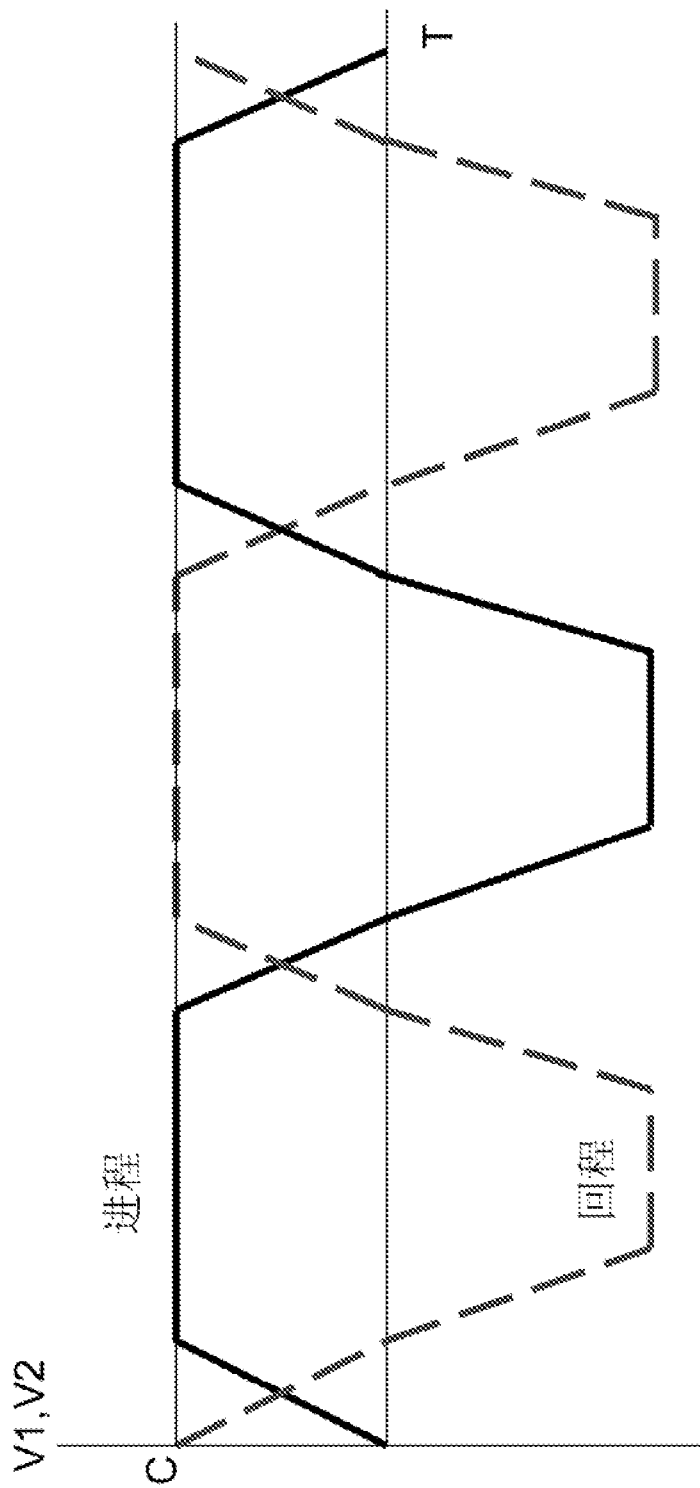


图3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN20 12/080956

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: C02F; B01D; F15B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: piston?, hydraulic 2d cylinder, hyperfiltration or (reverse w osmosis) or (counter w osmosis) or RO.,  
seawater or (sea w water)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN 102838186 A (ZHU, Ronghui) 26 December 2012 (26.12.2012) claims 1-15, description, paragraphs [0028] and [0029], and figures 1-3	1-17
E	CN 202808438 U (ZHU, Ronghui) 20 March 2013 (20.03.2013) claims 1-13, description, paragraphs [0026] and [0027], and figures 1-3	1-17
X	JP 2003-144856 A (SASAKURA KK) 20 May 2003 (20.05.2003) description, paragraphs [0012] to [0052], and figures 1 and 3	1-17
X	JP 2010-253343 A (EBARA CORP) 11 November 2010 (11.11.2010) description, paragraphs [0024] to [0050], and figures 1-8	1-17
A	CN 101581328 A (WANG, Shichang) 18 November 2009 (18.11.2009) the whole document	1-17
A	CN 101254407 A (TIANJIN UNIVERSITY) 03 September 2008 (03.09.2008) the whole document	1-17

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 10 April 2013 (10.04.2013)	Date of mailing of the international search report 09 May 2013 (09.05.2013)
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China [Facsimile No. (86-10) 62019451]	Authorized officer  SUN, Zhenjun  Telephone No. (86-10) 62084953



INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2012/080956

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102838186 A	26.12.2012	None	
CN 202808438 U	20.03.2013	None	
JP 2003-144856 A	20.05.2003	None	
JP 2010-253343 A	11.11.2010	JP 5026463 B2	12.09.2012
CN 101581328 A	18.11.2009	None	
CN 101254407 A	03.09.2008	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN20 12/080956

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F 1/44 (2006.01) i

B01D 61/06 (2006.01) i

F15B 3/00 (2006.01) i

A. 主题的分类

参见附加页

按照国际专利分类(IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: C02F, B01D, F15B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

WPI,EPODOC,CNPAT,CNKI: 活塞, 液压缸, 反渗透, 逆渗透, 海水, piston?, hydraulic 2 d cylinder, hyperfiltration|  
or (reverse w osmosis) or (counter w osmosis) or RO, seawater or (sea w water)

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
E	CN102838186 A (朱荣辉) 26. 12 月 2012 (26. 12.2012) 权利要求 1-15 , 说明书 【0028】 - 【0029】段, 附图 1-3	1-17
E	CN202808438 U (朱荣辉) 20.3 月 2013 (20.03.2013 ) 权利要求 1-13 , 说 明书 【0026】 - 【0027】段, 附图 1-3	1-17
X	JP2003-144856 A (SASAKURA KK) 20.5 月 2003 (20.05.2003 ) 说明书 第 【0012】 - 【0052】段, 附图 1、3	1-17
X	JP2010-253343 A (EBARA CORP) 11.11 月 2010 (11.11.2010) 说明书第 【0024】 - 【0050】段, 附图 1-8	1-17
A	CN101581328 A (王世昌) 18. 11 月 2009 (18. 11.2009) 全文	1-17
A	CN10 1254407 A (天津大学) 03.9 月 2008 (03.09.2008) 全文	1-17

其余文件在 C 栏的续页中列出。

见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的3/4或3/4后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇  
引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引  
用的文件(如具体说明的)

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触!, 但为了  
理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的  
发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件  
结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时,  
要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期  
10.4 月 2013 (10.04.2013)

国际检索报告邮寄日期  
09.5 月 2013 (09.05.2013)

ISACN 的名称和邮寄地址:  
中华人民共和国国家知识产权局  
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088  
传真号: (86-10)62019451

受权官员  
孙振军  
电话号码: (86-10) 62084 953

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
PCT/CN2012/080956

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN102838186 A	26.12.2012	无	
CN202808438 U	20.03.2013	无	
JP2003-144856 A	20.05.2003	无	
JP2010-253343 A	11.11.2010	JP5026463 B2	12.09.2012
CN101581328 A	18.11.2009	无	
CN101254407 A	03.09.2008	无	

A. 主题的分类

C02F 1/44 (2006.01) i

B01D 61/06 (2006.01) i

F15B 3/00 (2006.01) i