



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103007756 B

(45)授权公告日 2016.09.28

(21)申请号 201210347793.5

(22)申请日 2012.09.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103007756 A

(43)申请公布日 2013.04.03

(30)优先权数据
2011-205345 2011.09.20 JP

(73)专利权人 三浦工业株式会社
地址 日本国爱媛县松山市堀江町7号

(72)发明人 真锅敦行 渡边隼人 野口幸男

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200
代理人 楼高潮

(51)Int.Cl.

B01D 61/08(2006.01)

B01D 61/10(2006.01)

(56)对比文件

US 20070295650 A1,2007.12.27,

US 20070295650 A1,2007.12.27,

US 20080035201 A1,2008.02.14,

JP 特开平8-309349 A,1996.11.26,

CN 1268390 A,2000.10.04,

审查员 窦雅玲

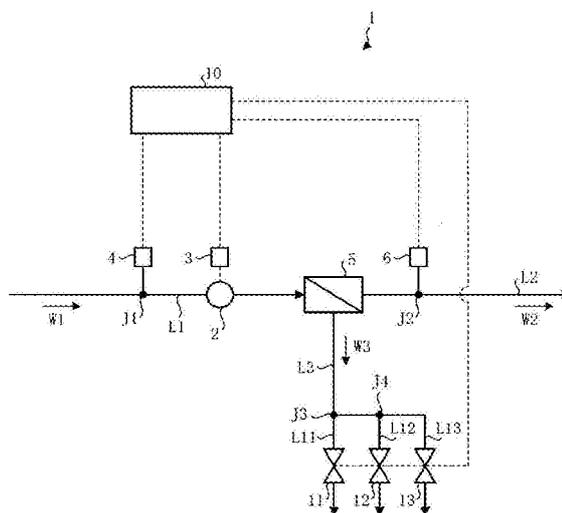
权利要求书1页 说明书12页 附图8页

(54)发明名称

反渗透膜分离装置

(57)摘要

本发明提供一种反渗透膜分离装置,即使在RO膜组件的水透过系数发生急剧变化的情况下,也能够将透过水的流量保持在目标流量值。本反渗透膜分离装置具备:反渗透膜组件;流量检测单元,对透过水的流量进行检测,并输出与该流量对应的检测流量值;供应水管线,将供应水供应至反渗透膜组件;加压泵,以与输入的驱动频率对应的转速被驱动,将供应水管线中流过的供应水压送至反渗透膜组件;变频装置,将与输入的电流值信号对应的驱动频率输出至加压泵;以及控制部,以使从流量检测单元输出的检测流量值达到预先设定的目标流量值的方式,按速度型数字PID算法计算加压泵的驱动频率,并将与该驱动频率的计算值相对应的电流值信号输出至变频装置。



1. 一种反渗透膜分离装置,具备:
 - 反渗透膜组件,将供应水分离为透过水和浓缩水;
 - 供应水管线,将供应水供应至所述反渗透膜组件;
 - 加压泵,以与输入的驱动频率对应的转速被驱动,将所述供应水管线中流过的供应水压送至所述反渗透膜组件;
 - 变频装置,将与输入的电流值信号对应的驱动频率输出至所述加压泵;以及
 - 透过水管线,从所述反渗透膜组件中送出透过水;
 - 流量检测单元,对透过水的流量进行检测,并输出与该流量对应的检测流量值;
 - 浓缩水管线,从所述反渗透膜组件中送出浓缩水;
 - 排水管线,其为所述浓缩水管线的分支,向装置外排出浓缩水的一部分;
 - 排水阀,其设置于所述排水管线上,能够对浓缩水的排水流量进行调节;
 - 回流管线,其为所述浓缩水管线的分支,使浓缩水的残留部分回流到所述加压泵上游侧的所述供应水管线中;
 - 温度检测单元,对供应水、透过水及浓缩水的温度进行检测;其特征在於:该装置还具备
 - 控制部,其包含透过水的水量控制执行部,以及透过水的回收率控制执行部;
 - 所述水量控制执行部,
 - (i)以使从所述流量检测单元输出的检测流量值达到预先设定的目标流量值的方式,按速度型数字PID算法计算所述加压泵的驱动频率,
 - (ii)将与该驱动频率的计算值相对应的频率指定信号输出至变频装置,使所述加压泵以驱动频率相对应的转速进行驱动;
 - 所述回收率控制执行部,
 - (i)根据预先获取的供应水的二氧化硅浓度及由所述温度检测单元的检测温度值所决定的二氧化硅溶解度,计算出浓缩水的二氧化硅容许浓缩倍率,
 - (ii)根据该容许浓缩倍率的计算值及透过水的所述目标流量值,计算出排水流量,
 - (iii)以使浓缩水的实际排水流量达到该排水流量的计算值的方式,对所述排水阀进行控制。
2. 如权利要求1所述的反渗透膜分离装置,其特征在於,
 - 所述流量检测单元输出具有与透过水流速成比例的时间宽度的脉冲信号,
 - 所述控制部,进一步包含集成定时器单元,
 - 所述水量控制执行部,
 - (i)采用所述集成定时器单元,对所述流量检测单元输出的所述脉冲信号的时间宽度进行测算,
 - (ii)根据该脉冲信号的时间宽度以及预先设定的一个脉冲的流量值,计算出瞬时流量,
 - (iii)将最近n次瞬时流量的计算值作为样本值,去除最大侧的j个($j \geq 1$)值及最小侧的k个($k \geq 1$)值,对剩余的($n - j - k$)个值进行平均化,将经该平均化而得的数值作为所述流量检测单元的检测流量值。

反渗透膜分离装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具备反渗透膜组件的反渗透膜分离装置。

背景技术

[0002] 在半导体制造工序及电子部件、医疗器具清洗等方面,需要使用不含杂质的高纯度纯水。这种纯水一般通过使用反渗透膜组件(以下亦称“RO膜组件”)对地下水或自来水等原水进行反渗透膜分离处理来制造。

[0003] 由高分子材料制成的反渗透膜的水透过系数随温度的变化而变化。并且,反渗透膜的水透过系数还随细孔的堵塞(以下亦称“膜堵塞”)和材料氧化所造成的劣化(以下亦称“膜劣化”)而变化。

[0004] 具体而言,RO膜组件的水透过系数在被供应的水(以下亦称“供应水”)的温度低时或膜堵塞时变小,反之,RO膜组件的水透过系数在供应水温度高时或膜劣化时变大。

[0005] 因此,使向RO膜组件送出供应水的加压泵以恒定的运行压力运行的情况下,在供应水温度低或膜堵塞时,制造出的透过水(纯水)的水量会比所要求的生产水量少。此时,向需求端所供应的水量就会不足。反之,在供应水温度高或膜劣化时,制造出的透过水的水量会比所要求的生产水量多。此时,在反渗透膜的初级侧易发生过度浓缩,而导致膜堵塞。

[0006] 于是,为了保证无论供应水温度和反渗透膜的状态如何,都能够使RO膜组件中的透过水流量保持稳定,现提出有进行流量反馈水量控制的水质改质系统。在这种流量反馈水量控制中,以使由RO膜组件制造出的透过水的流量达到目标流量值的方式,通过变频装置来控制加压泵的驱动频率(参照专利文献1)。

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本专利特开2005-296945号公报。

发明内容

[0009] 根据上述流量反馈水量控制,即使RO膜组件的水透过系数随着供应水温度和反渗透膜状态的变化而变化,也能够将透过水的流量保持在目标流量值。但是,在以往的流量反馈水量控制中,在RO膜组件的水透过系数发生急剧变化时,有可能发生无法完全跟踪其变化,从而透过水流量大幅偏离目标流量值的问题。

[0010] 因此,本发明的目的在于,提供一种反渗透膜分离装置,即使在RO膜组件的水透过系数发生急剧变化的情况下,也能够将透过水的流量保持在目标流量值。

[0011] 本发明涉及的一种反渗透膜分离装置,其具备:反渗透膜组件,将供应水分离为透过水和浓缩水;流量检测单元,对透过水的流量进行检测,并输出与该流量对应的检测流量值;供应水管线,将供应水供应至所述反渗透膜组件;加压泵,以与输入的驱动频率对应的转速被驱动,将所述供应水管线中流过的供应水压送至所述反渗透膜组件;变频装置,将与输入的电流值信号相对应的驱动频率输出至所述加压泵;以及控制部,以使从所述流量检测单元输出的检测流量值达到预先设定的目标流量值的方式,按速度型数字PID

(proportional-integral-derivative)算法计算所述加压泵的驱动频率,并将与该驱动频率的计算值相对应的电流值信号输出至所述变频装置。

[0012] 另外,本发明优选为所述反渗透膜分离装置,其中,所述流量检测单元输出具有与透过水流速成比例的时间宽度的脉冲信号,所述控制部,(i)根据从所述流量检测单元输出的所述脉冲信号的时间宽度及预先设定的一个脉冲的流量值,计算出瞬时流量,(ii)将最近 n 次瞬时流量的计算值作为样本值,去除最大侧的 $j(j \geq 1)$ 个值和最小侧的 $k(k \geq 1)$ 个值,对剩余的 $(n-j-k)$ 个值进行平均化,将该平均化而得的数值作为检测流量值。

[0013] 另外,本发明优选为所述反渗透膜分离装置,其具备:温度检测单元,对供应水、透过水及浓缩水的温度进行检测;以及排水阀,能够对于向装置外排出的浓缩水的排水流量进行调节,所述控制部,(i)根据预先获取的供应水的二氧化硅浓度及由所述温度检测单元的检测温度值所决定的二氧化硅溶解度,计算出浓缩水的二氧化硅容许浓缩倍率,(ii)根据该容许浓缩倍率的计算值及透过水的所述目标流量值,计算出排水流量,(iii)以使浓缩水的实际排水流量达到该排水流量的计算值的方式,对所述排水阀进行控制。

[0014] 另外,本发明优选为所述反渗透膜分离装置,其具备:硬度测定单元,对供应水的钙硬度进行测定;以及排水阀,能够对于向装置外排出的浓缩水的排水流量进行调节,所述控制部,(i)根据预先获取的碳酸钙溶解度及所述硬度测定单元的测定硬度值,计算出浓缩水的碳酸钙容许浓缩倍率,(ii)根据该容许浓缩倍率的计算值及透过水的所述目标流量值,计算出排水流量,(iii)以使浓缩水的实际排水流量达到该排水流量的计算值的方式,对所述排水阀进行控制。

[0015] 另外,本发明优选为所述反渗透膜分离装置,其具备:电导率测定单元,对透过水的电导率进行测定;以及排水阀,能够对于向装置外排出的浓缩水的排水流量进行调节,所述控制部以使所述电导率测定单元的测定电导率值达到预先设定的目标电导率值的方式,对从所述排水阀排出的排水流量进行控制。

[0016] 根据本发明提供一种反渗透膜分离装置,即使在RO膜组件的水透过系数发生急剧变化的情况下,也能够将透过水的流量保持在目标流量值。

附图说明

[0017] 图1是实施方式1涉及的反渗透膜分离装置1的整体结构图。

[0018] 图2是表示控制部10在对流量脉冲信号的时间宽度进行测算时的处理步骤的流程图。

[0019] 图3是表示控制部10对作为数值信息的检测流量值进行计算时的处理步骤的流程图。

[0020] 图4是表示控制部10在执行流量反馈水量控制时的处理步骤的流程图。

[0021] 图5是表示控制部10在执行温度前馈回收率控制时的处理步骤的流程图。

[0022] 图6是实施方式2涉及的反渗透膜分离装置1A的整体结构图。

[0023] 图7是表示控制部10A在执行水质前馈回收率控制时的处理步骤的流程图。

[0024] 图8是实施方式3涉及的反渗透膜分离装置1B的整体结构图。

[0025] 图9是表示控制部10B在执行水质反馈回收率控制时的处理步骤的流程图。

[0026] [符号的说明]

- [0027] 1、1A、1B 反渗透膜分离装置
- [0028] 2 加压泵
- [0029] 3 变频装置
- [0030] 4 温度传感器(温度检测单元)
- [0031] 5 RO膜组件(反渗透膜组件)
- [0032] 6 流量传感器(流量检测单元)
- [0033] 7 硬度传感器(硬度测定单元)
- [0034] 8 电导率传感器(电导率测定单元)
- [0035] 10、10A、10B 控制部
- [0036] 11 第1排水阀(排水阀)
- [0037] 12 第2排水阀(排水阀)
- [0038] 13 第3排水阀(排水阀)
- [0039] L1 供应水管线
- [0040] L2 透过水管线
- [0041] L3 浓缩水管线
- [0042] L11 第1排水管线
- [0043] L12 第2排水管线
- [0044] L13 第3排水管线
- [0045] W1 供应水
- [0046] W2 透过水
- [0047] W3 浓缩水。

具体实施方式

[0048] (实施方式1)

[0049] 下面,对本发明实施方式1涉及的反渗透膜分离装置1,参照附图进行说明。实施方式1涉及的反渗透膜分离装置1例如适用于从淡水制造纯水的纯水制造系统。图1是实施方式1涉及的反渗透膜分离装置1的整体结构图。图2是表示控制部10在对流量脉冲信号的时间宽度进行测算时的处理步骤的流程图。图3是表示控制部10对作为数值信息的检测流量值进行计算时的处理步骤的流程图。图4是表示控制部10在执行流量反馈水量控制时的处理步骤的流程图。图5是表示控制部10在执行温度前馈回收率控制时的处理步骤的流程图。

[0050] 如图1所示,本实施方式涉及的反渗透膜分离装置1具备:加压泵2、变频装置3、作为温度检测单元的温度传感器4、作为反渗透膜组件的RO膜组件5、作为流量检测单元的流量传感器6、控制部10以及作为排水阀的第1排水阀11~第3排水阀13。并且,图1以虚线表示电气连接路径(后述的图6、图8亦相同)。

[0051] 并且,反渗透膜分离装置1具备供应水管线L1、透过水管线L2、浓缩水管线L3、浓缩水W3的排水管线(第1排水管线L11、第2排水管线L12及第3排水管线L13)。本说明书中的所谓“管线”是流路、路径、管路等流体可流通的管线的统称。

[0052] 供应水管线L1是将供应水W1供应至RO膜组件5的管线。供应水管线L1的上游侧端部连接于供应水W1的供应源(未图示)。供应水管线L1的下游侧端部连接于RO膜组件5的初

级侧入口。

[0053] 加压泵2是将供应水W1吸入,并向RO膜组件5排出的装置。加压泵2与变频装置3(后述)电气连接。加压泵2从变频装置3输入已转换频率的驱动电力。加压泵2以与输入的驱动电力的频率(以下亦称“驱动频率”)相对应的转速被驱动。

[0054] 变频装置3是将转换频率后的驱动电力供应至加压泵2的电路。变频装置3与控制部10电气连接。变频装置3从控制部10输入电流值信号。变频装置3将与从控制部10输入的电流值信号相对应的驱动频率的驱动电力输出至加压泵2。

[0055] 温度传感器4是对供应水W1的温度进行检测的仪器。温度传感器4在连接部J1与供应水管线L1连接。连接部J1配置在供应水W1的供应源(未图示)与加压泵2之间。温度传感器4与控制部10电气连接。将由温度传感器4检测出的供应水W1的温度(以下亦称“检测温度值”)作为检测信号发送至控制部10。

[0056] RO膜组件5是将从加压泵2排出的供应水W1进行膜分离处理而使之分离为脱去了溶解盐类的透过水W2和浓缩了溶解盐类的浓缩水W3的设备。RO膜组件5具备一个或多个RO膜元件(未图示)。RO膜组件5通过这些RO膜元件将供应水W1进行膜分离处理,从而制造透过水W2及浓缩水W3。

[0057] 透过水管线L2是将从RO膜组件5制造出的透过水W2送出至需求端的管线。透过水管线L2的上游侧端部连接于RO膜组件5的次级侧出口。透过水管线L2的下游侧端部连接于需求端的装置等(未图示)。

[0058] 流量传感器6是对透过水管线L2中流过的透过水W2的流量进行检测的仪器。作为流量传感器6,例如可采用脉冲信号发送式的流量传感器,这种流量传感器在流路壳体内配有轴流叶轮或切向式叶轮(未图示)。流量传感器6在连接部J2与透过水管线L2连接。流量传感器6与控制部10电气连接。将由流量传感器6检测出的透过水W2的流量(以下亦称“检测流量值”)作为脉冲信号发送至控制部10。

[0059] 本实施方式采用的脉冲信号发送式流量传感器具备叶轮,该叶轮的偶数个叶片的尖端部分交替磁化为N极与S极,该流量传感器通过以霍尔IC检测此叶轮的旋转来输出时间宽度与透过水W2流速成比例的脉冲信号。霍尔IC是将调压器、霍尔元件、放大电路、施密特触发电路、输出晶体管等封装化而成的电子电路,对伴随叶轮转动而发生的磁通变化进行响应,叶轮每旋转1圈就输出矩形波脉冲信号。在此,脉冲信号的时间宽度是指矩形波脉冲信号的前一个下降沿至下一个下降沿的时间,对应于叶轮旋转1圈的时间。也就是说,透过水W2的流速越快(流量越多)脉冲信号的时间宽度就越窄,反之,透过水W2的流速越慢(流量越少)脉冲信号的时间宽度就越宽。

[0060] 浓缩水管线L3是从RO膜组件5送出浓缩水W3的管线。浓缩水管线L3的上游侧端部连接于RO膜组件5的初级侧出口。并且,浓缩水管线L3的下游侧,在分支部J3及J4分支为第1排水管线L11、第2排水管线L12及第3排水管线L13。

[0061] 第1排水管线L11中设置有第1排水阀11。第2排水管线L12中设置有第2排水阀12。第3排水管线L13中设置有第3排水阀13。第1排水阀11~第3排水阀13是对从浓缩水排出管线L3向装置外排出的浓缩水W3的排水流量进行调节的阀门。

[0062] 第1排水阀11可开闭第1排水管线L11。第2排水阀12可开闭第2排水管线L12。第3排水阀13可开闭第3排水管线L13。

[0063] 第1排水阀11~第3排水阀13分别具备定流量阀机构(未图示)。定流量阀机构在第1排水阀11~第3排水阀13中分别设定了不同的流量值。例如:对于第1排水阀11,在开启状态下,以RO膜组件5的回收率为95%的方式设定了排水流量。对于第2排水阀12,在开启状态下,以RO膜组件5的回收率为90%的方式设定了排水流量。对于第3排水阀13,在开启状态下,以RO膜组件5的回收率为80%的方式设定了排水流量。

[0064] 对于从浓缩水管线L3排出的浓缩水W3的排水流量,通过有选择地开闭第1排水阀11~第3排水阀13,能够进行阶段性调节。例如:只将第2排水阀12设为开启状态,而将第1排水阀11及第3排水阀13设为关闭状态。这种状况下,能够使RO膜组件5的回收率为90%。又如:将第1排水阀11及第2排水阀12设为开启状态,而只将第3排水阀13设为关闭状态。这种状况下,能够使RO膜组件5的回收率为85%。因此,在本实施方式中,对于浓缩水W3的排水流量,通过有选择地开闭第1排水阀11~第3排水阀13,能够使回收率在65%~95%之间,以每5%为一阶段进行调节。

[0065] 第1排水阀11~第3排水阀13分别与控制部10电气连接。在第1排水阀11~第3排水阀13中,阀芯的开闭由控制部10发送的驱动信号进行控制。

[0066] 控制部10由含有CPU及存储器的微处理器(未图示)构成。作为流量反馈水量控制,控制部10以使流量传感器6的检测流量值达到预先设定的目标流量值的方式,按速度型数字PID算法计算用于驱动加压泵2的驱动频率,并将与该驱动频率的计算值相对应的电流值信号输出至变频装置3。关于控制部10的流量反馈水量控制,将在后面记述。

[0067] 控制部10将作为脉冲信号输入的检测流量值转换为作为数值信息的检测流量值,用于流量反馈水量控制。也就是说,由于流量反馈水量控制中的目标流量值是以数值信息来设定的,因而将比较对象、即检测流量值转换为数值信息。在这一计算处理中,控制部10对输入的脉冲信号的时间宽度进行测算,并且使用预先设定的一个脉冲的流量值,以规定的周期计算瞬时流量。然后,控制部10对于计算出的最近6次瞬时流量(样本值),去除最大侧的2个值及最小侧的2个值,将剩余的2个值进行平均化(以下亦称“平均化处理”),将经该平均化处理而得的数值作为检测流量值。关于控制部10对检测流量值进行计算处理的具体示例,将在后面记述。

[0068] 并且,控制部10根据供应水W1的温度,对透过水W2执行回收率控制(以下亦称“温度前馈回收率控制”)。此温度前馈回收率控制与上述流量反馈水量控制并行执行。关于控制部10执行的温度前馈回收率控制,将在后面记述。

[0069] 下面,对控制部10将以脉冲信号输入的检测流量值转换为数值信息的检测流量值的处理,参照图2及图3进行具体说明。图2及图3所示的流程图的处理,在反渗透膜分离装置1运行期间反复执行。

[0070] 图2表示用于测算脉冲信号的时间宽度的处理。此处理利用在微处理器中内置的集成定时器单元(以下简称“ITU”)的输入捕捉功能来执行。

[0071] 在步骤ST101,ITU每当有计数时钟的输入时,就将定时器寄存器的计数值Mt增值1。例如,将计数时钟的频率设定为19.5kHz。在这种情况下,定时器寄存器的计数值Mt以51.2μs的间隔增值1。

[0072] 在步骤ST102,ITU对流量传感器6的脉冲信号是否检测出了下降沿的中断进行判定。在此步骤ST102,当ITU判定为检测出了下降沿的中断(判定为“是”)时,处理进入步骤

ST103。反之,在步骤ST102,当ITU判定为未检测出下降沿的中断(判定为“否”)时,处理进入步骤ST108。

[0073] 在步骤ST103(步骤ST102判定为“是”),ITU将定时器寄存器的计数值Mt存入至捕捉寄存器中,执行保持该值的捕捉动作。

[0074] 捕捉动作执行后,在步骤ST104,ITU将定时器寄存器的计数值Mt重置为零。

[0075] 在步骤ST105,ITU将事件寄存器的计数值Me增值1。此事件寄存器的计数值Me对应着下降沿的中断次数。

[0076] 在步骤ST106,ITU对事件寄存器的计数值Me是否为2以上进行判定。在此步骤ST106,当ITU判定计数值Me为2以上(判定为“是”)时,处理进入步骤ST107。反之,在步骤ST106,当ITU判定为计数值Me小于2(判定为“否”)时,处理返回步骤ST101。另外,事件寄存器的计数值Me小于2时,有可能是捕捉寄存器的计数值Mt未能准确反映脉冲宽度,因而跳过后述步骤ST107的处理。

[0077] 在步骤ST107(步骤ST106判定为“是”),ITU设定将捕捉寄存器的计数值Mt作为“有效”的标志(flag),处理返回步骤ST101。

[0078] 在步骤ST108(步骤ST102判定为“否”),ITU对定时器寄存器是否检测出了溢出(overflow)的中断进行判定。溢出的中断在未检测到脉冲信号下降沿的状态下,且定时器寄存器的计数值Mt超过上限值(如:16位计数时为65535)时发生。也就是说,定时器寄存器的溢出会在透过水W2流速为零或极小,流量传感器6的叶轮不转动时发生。在此步骤ST108,当ITU判定为检测出了溢出的中断(判定为“是”)时,处理进入步骤ST109。反之,在步骤ST108,当ITU判定为未检测出溢出的中断(判定为“否”)时,处理返回步骤ST101。

[0079] 在步骤ST109(步骤ST108判定为“是”),ITU将定时器寄存器的计数值Mt重置为零。

[0080] 在步骤ST110,ITU将事件寄存器的计数值Me重置为零。

[0081] 在步骤ST111,ITU设定将捕捉寄存器的计数值Mt作为“无效”的标志,处理返回步骤ST101。

[0082] 通过以上从步骤ST101到步骤ST111的处理,在捕捉寄存器中,始终保持脉冲信号的自前一个下降沿被检测出起至下一个下降沿被检测出止的最近计数值Mt。

[0083] 图3表示用于根据测算出的脉冲信号的时间宽度来计算出作为数值信息的检测流量值的处理。

[0084] 在图3所示的步骤ST201,控制部10对于ITU的计时t是否达到了计算周期100ms进行判定。在此步骤ST201,当控制部10判定为ITU的计时达到了100ms(判定为“是”)时,处理进入步骤ST202。反之,在步骤ST201,当控制部10判定为ITU的计时未达到100ms(判定为“否”)时,处理返回步骤ST201。

[0085] 在步骤ST202(步骤ST201判定为“是”),控制部10对于将捕捉寄存器的计数值Mt作为“有效”的标志是否已设定进行判定。在此步骤ST202,当控制部10判定为将计数值Mt作为“有效”的标志已设定(判定为“是”)时(即,图2的步骤ST107的处理已执行时),处理进入步骤ST203。反之,在步骤ST202,当控制部10判定为将计数值Mt作为“有效”的标志未设定(判定为“否”)时(即,图2的步骤ST111的处理已执行时),处理进入步骤ST209。

[0086] 在步骤ST203(步骤ST202判定为“是”),控制部10对于保持在捕捉寄存器中的计数值Mt执行读出。

[0087] 在步骤ST204,控制部10使用在步骤ST203读出的计数值Mt和计数时钟的周期时间(51.2 μ s),按下式(1)计算出脉冲信号的时间宽度W[s/p]。

$$[0088] \quad W = 51.2 \times 10^{-6} \times M_t \quad (1)$$

[0089] 在步骤ST205,控制部10获取一个脉冲的流量值 α [L/p]。此一个脉冲的流量值 α 例如是装置管理人经由用户界面(未图示)输入到控制部10的存储器中的设定值。另外,一个脉冲的流量值 α 是取决于流量传感器6设计规格的常数。

[0090] 在步骤ST206,控制部10使用脉冲信号的时间宽度W[s/p]及一个脉冲的流量值 α [L/p],按下式(2)计算出透过水W2的瞬时流量Qi[L/h]。

$$[0091] \quad Q_i = (3600/W) \times \alpha \quad (2)$$

[0092] 控制部10每计算出一次最新的瞬时流量Qi,就在存储器中存储该计算值。存储器中始终存储有最近6次的计算值,若计算出最新的瞬时流量Qi,最早的计算值就被删除而置换为最新的计算值。

[0093] 在步骤ST207,控制部10将包括最新瞬时流量Qi在内的最近6次的计算值作为样本值,去除最大侧的2个值和最小侧的2个值,对剩余的2个值进行平均化处理。

[0094] 在步骤ST208,控制部10将经平均化处理而得的数值确定为检测流量值Qp,将该数值存储至存储器。然后,处理返回步骤ST201。

[0095] 在步骤ST209(步骤ST202判定为“否”),控制部10将最新瞬时流量Qi的计算值设为零并存储在存储器中。也就是说,在步骤ST209的处理中,当发生定时器寄存器溢出,且将捕捉寄存器的计数值Mt作为“无效”的标志已设定时,由于流量传感器6的叶轮处于不转动状态,所以将瞬时流量Qi视为零。在步骤ST209后,处理进入步骤ST207。

[0096] 通过以上从步骤ST201到步骤ST209的处理,在每100ms的计算周期中,对于最近6次瞬时流量Qi的移动平均值,作为最新检测流量值Qp存储在存储器中。

[0097] 下面,对控制部10执行的流量反馈水量控制,参照图4进行说明。图4所示的流程图的处理,在反渗透膜分离装置1运行期间反复执行。

[0098] 在图4所示的步骤ST301,控制部10获取透过水W2的目标流量值 Q_p^* 。此目标流量值 Q_p^* 例如是装置管理人经由用户界面(未图示)输入到控制部10的存储器中的设定值。

[0099] 在步骤ST302,控制部10对于ITU的计时t是否达到了控制周期(Δt)100ms进行判定。在此步骤ST302,当控制部10判定为ITU的计时达到了100ms(判定为“是”)时,处理进入步骤ST303。反之,在步骤ST302,当控制部10判定为ITU的计时未达到100ms(判定为“否”)时,处理返回步骤ST302。

[0100] 在步骤ST303(步骤ST302判定为“是”),控制部10获取最新的检测流量值Qp作为反馈值。获取的最新检测流量值Qp是在图3的步骤ST208中存储在存储器中的瞬时流量Qi的移动平均值。

[0101] 在步骤ST304,控制部10以使在步骤ST303获取的最新检测流量值Qp与在步骤ST301获取的目标流量值 Q_p^* 之间的偏差为零的方式,按速度型数字PID算法计算出操作量Un。另外,在速度型数字PID算法中,按控制周期 Δt (100ms)分别计算操作量的变化量 ΔUn ,并将此变化量 ΔUn 与上次控制周期时刻的操作量 $Un-1$ 相加,从而决定当前时刻的操作量Un。

[0102] 速度型数字PID算法所采用的算式可由下式(3a)及(3b)表示。

[0103] $\Delta U_n = K_p \{ (e_n - e_{n-1}) + (\Delta t / T_i) \times e_n + (T_d / \Delta t) \times (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \}$ (3a)

[0104] $U_n = U_{n-1} + \Delta U_n$ (3b)

[0105] 式(3a)及式(3b)中, Δt :控制周期、 U_n :当前时刻的操作量、 U_{n-1} :上次控制周期时刻的操作量、 ΔU_n :从上次到此次的操作量变化量、 e_n :当前时刻的偏差大小、 e_{n-1} :上次控制周期时刻的偏差大小、 e_{n-2} :上上次控制周期时刻的偏差大小、 K_p :比例增益、 T_i :积分时间、 T_d :微分时间。另外,当前时刻的偏差大小 e_n 可按式(4)求出。

[0106] $e_n = Q_p^{\wedge} - Q_p$ (4)

[0107] 在步骤ST305,控制部10使用当前时刻的操作量 U_n 及加压泵2的最大驱动频率 F^{\wedge} (50Hz或60Hz的设定值),按下式(5)计算出加压泵2的驱动频率 F [Hz]。

[0108] $F = U_n / 2 \times F^{\wedge}$ (5)

[0109] 在步骤ST306,控制部10将驱动频率 F 的计算值转换为对应的电流值信号(4~20mA)。电流值信号的输出值 I [mA]例如可按式(6)计算,当驱动频率 F 为零时, $I = 4\text{mA}$,当驱动频率 F 为最大驱动频率 F^{\wedge} 时, $I = 20\text{mA}$ 。

[0110] $I = F / F^{\wedge} \times 16 + 4$ (6)

[0111] 在步骤ST307,控制部10将转换后的电流值信号输出至变频装置3。至此,本流程图的处理结束(返回步骤ST101)。

[0112] 另外,在步骤ST307,当控制部10将电流值信号输出至变频装置3时,变频装置3就将转换为由输入的电流值信号所指定的频率的驱动电力,供应至加压泵2。其结果,加压泵2以与从变频装置3输入的驱动频率相对应的转速被驱动。

[0113] 下面,对控制部10执行的温度前馈回收率控制,参照图5进行说明。图5所示的流程图的处理,在反渗透膜分离装置1运行期间反复执行。

[0114] 在图5所示的步骤ST401,控制部10获取透过水 W_2 的目标流量值 Q_p^{\wedge} 。此目标流量值 Q_p^{\wedge} 例如是装置管理人经由用户界面(未图示)输入到存储器中的设定值。

[0115] 在步骤ST402,控制部10获取供应水 W_1 的二氧化硅(SiO_2)浓度 C_s 。此二氧化硅浓度 C_s 例如是装置管理人经由用户界面(未图示)输入到存储器中的设定值。供应水 W_1 的二氧化硅浓度,可事前通过对供应水 W_1 进行水质分析来获取。另外,还可在供应水管线 L_1 中,通过未图示的水质传感器来测算供应水 W_1 的二氧化硅浓度。

[0116] 在步骤ST403,控制部10从温度传感器4获取供应水 W_1 的检测温度值 T 。

[0117] 在步骤ST404,控制部10根据获取的检测温度值 T 来决定对于水的二氧化硅溶解度 S_s 。

[0118] 在步骤ST405,控制部10根据在前面步骤获取或决定的二氧化硅浓度 C_s 及二氧化硅溶解度 S_s 计算出浓缩水 W_3 的二氧化硅容许浓缩倍率 N_s 。二氧化硅容许浓缩倍率 N_s 可按式(7)求出。

[0119] $N_s = S_s / C_s$ (7)

[0120] 例如:若二氧化硅浓度 C_s 为 $20\text{mgSiO}_2/\text{L}$ 、 25°C 时的二氧化硅溶解度 S_s 为 $100\text{mgSiO}_2/\text{L}$,则容许浓缩倍率 N_s 为“5”。

[0121] 在步骤ST406,控制部10根据在前面步骤获取或计算出的目标流量值 Q_p^{\wedge} 及容许浓缩倍率 N_s ,计算出回收率为最大的排水流量(目标排水流量 Q_d^{\wedge})。目标排水流量 Q_d^{\wedge} 可按式(8)求出。

$$[0122] \quad Qd^{\wedge} = Qp^{\wedge} / (Ns - 1) \quad (8)$$

[0123] 在步骤ST407,控制部10以使浓缩水W3的实际排水流量Qd达到在步骤ST406计算出的目标排水流量 Qd^{\wedge} 的方式,对第1排水阀11~第3排水阀13的开闭进行控制。至此,本流程图的处理结束(返回步骤ST401)。

[0124] 根据上述实施方式1涉及的反渗透膜分离装置1,例如能够得到以下效果。

[0125] 在实施方式1涉及的反渗透膜分离装置1中,控制部10以使从流量传感器6输出的检测流量值 Qp 达到预先设定的目标流量值 Qp^{\wedge} 的方式,按速度型数字PID算法计算加压泵2的驱动频率 F ,并将与该驱动频率 F 的计算值相对应的电流值信号输出至变频装置3。

[0126] 在上述的速度型数字PID算法中,因为采用的是依次计算相对于上次计算出的操作量的变化量,并将此变化量与上次操作量相加的方式,所以即使在检测流量值 Qp 为离散值的情况下,也能够快速消除与目标流量值 Qp^{\wedge} 之间的偏差。因此,即使在RO膜组件5的水透过系数发生急剧变化的情况下,也能够完全跟踪其变化。所以,在RO膜组件5的水透过系数发生急剧变化时,能够抑制透过水W2流量大幅偏离目标流量值 Qp^{\wedge} ,从而将透过水W2流量保持在目标流量值 Qp^{\wedge} 。

[0127] 并且,在实施方式1涉及的反渗透膜分离装置1中,控制部10根据从流量传感器6输出的脉冲信号的时间宽度 W 及预先设定的一个脉冲的流量值 α ,计算出瞬时流量 Qi ,对于计算出的最近6次瞬时流量 Qi (样本值),去除最大侧2个值及最小侧2个值,将剩余的2个值进行平均化处理,将经该平均化处理而得的数值作为检测流量值 Qp 。

[0128] 根据上述的平均化处理,即使在脉冲信号的时间宽度 W 因杂波(noise)等外部干扰而出现了异常值的情况下(比其他值突出地长或短的值),由该突出异常值计算出的瞬时流量 Qi 的计算值也会从样本值对象中被去除。由此,即使在脉冲信号的时间宽度 W 出现异常值的情况下,也能够抑制透过水W2的实际流量大幅偏离目标流量值 Qp^{\wedge} 。因此,能够将透过水W2的实际流量更加稳定地保持在目标流量值 Qp^{\wedge} 。

[0129] 并且,在实施方式1涉及的反渗透膜分离装置1中,控制部10还执行温度前馈回收率控制。由此,在反渗透膜分离装置1中,能够使透过水W2的回收率达到最大,并能够更加可靠地抑制RO膜组件5中二氧化硅系水垢的析出。

[0130] (实施方式2)

[0131] 下面,对本发明实施方式2涉及的反渗透膜分离装置1A的结构,参照图6进行说明。图6是实施方式2涉及的反渗透膜分离装置1A的整体结构图。另外,在实施方式2中,主要对与实施方式1的不同点进行说明。在实施方式2中,对与实施方式1同一或同等的结构,附加相同符号进行说明。并且,在实施方式2中,适当地省略与实施方式1重复的说明。

[0132] 如图6所示,实施方式2涉及的反渗透膜分离装置1A具备加压泵2、变频装置3、RO膜组件5、流量传感器6、作为硬度测定单元的硬度传感器7、控制部10A及第1排水阀11~第3排水阀13。

[0133] 硬度传感器7是对供应水管线L1中流过的供应水W1的钙硬度(碳酸钙换算值)进行测定的仪器。硬度传感器7在连接部J1与供应水管线L1连接。连接部J1配置在供应水W1的供应源(未图示)与加压泵2之间。硬度传感器7与控制部10A电气连接。将由硬度传感器7测定出的供应水W1的钙硬度(以下亦称“测定硬度值”)作为检测信号发送至控制部10A。

[0134] 控制部10A由含有CPU及存储器的微处理器(未图示)构成。控制部10A与第1实施方

式的控制部10同样,按速度型数字PID算法执行流量反馈水量控制(参照图4)。

[0135] 并且,本实施方式的控制部10A还根据供应水W1的硬度,对透过水W2执行回收率控制(以下亦称“水质前馈回收率控制”)。此水质前馈回收率控制与上述流量反馈水量控制并行执行。

[0136] 下面,对控制部10A执行的水质前馈回收率控制进行说明。图7是一流程图,表示了控制部10A执行水质前馈回收率控制时的处理步骤。图7所示的流程图的处理,在反渗透膜分离装置1A运行期间反复执行。

[0137] 在图7所示的步骤ST501,控制部10A获取透过水W2的目标流量值 Qp' 。此目标流量值 Qp' 例如是装置管理人经由用户界面(未图示)输入到存储器中的设定值。

[0138] 在步骤ST502,控制部10A获取由硬度传感器7测定出的供应水W1的测定硬度值 Cc 。

[0139] 在步骤ST503,控制部10A获取碳酸钙对于水的溶解度 Sc 。此碳酸钙溶解度 Sc 例如是系统管理人经由用户界面(未图示)输入到存储器中的设定值。另外,在通常的运行温度(5~35℃)下,碳酸钙对于水的溶解度基本上可视为不变值。

[0140] 在步骤ST504,控制部10A根据在前面步骤获取的测定硬度值 Cc 及碳酸钙溶解度 Sc ,计算出浓缩水W3的碳酸钙容许浓缩倍率 Nc 。碳酸钙的容许浓缩倍率 Nc 可按下式(9)求出。

$$[0141] \quad Nc = Sc/Cc \quad (9)$$

[0142] 例如:若测定硬度值 Cc 为3mgCaCO₃/L、25℃时的碳酸钙溶解度 Sc 为15mgCaCO₃/L,则其容许浓缩倍率 Nc 为“5”。

[0143] 在步骤ST505,控制部10A根据在前面步骤获取或计算出的目标流量值 Qp' 及容许浓缩倍率 Nc ,计算出回收率为最大的排水流量(目标排水流量 Qd')。目标排水流量 Qd' 可按下式(10)求出。

$$[0144] \quad Qd' = Qp' / (Nc - 1) \quad (10)$$

[0145] 在步骤ST506,控制部10A以使浓缩水W3的实际排水流量 Qd 达到在步骤ST505计算出的目标排水流量 Qd' 的方式,对第1排水阀11~第3排水阀13的开闭进行控制。至此,本流程图的处理结束(返回步骤ST501)。

[0146] 在上述实施方式2涉及的反渗透膜分离装置1A中,控制部10A按速度型数字PID算法,对透过水W2执行流量反馈水量控制。由此,能够得到与实施方式1同样的效果。并且,在实施方式2涉及的反渗透膜分离装置1A中,控制部10A还执行水质前馈回收率控制。由此,在反渗透膜分离装置1A中,能够使透过水W2的回收率达到最大,并能够更加可靠地抑制RO膜组件5中碳酸钙系水垢的析出。

[0147] (实施方式3)

[0148] 下面,对本发明实施方式3涉及的反渗透膜分离装置1B的结构,参照图8进行说明。图8是实施方式3涉及的反渗透膜分离装置1B的整体结构图。另外,在实施方式3中,主要对与实施方式1的不同点进行说明。在实施方式3中,对与实施方式1同一或同等的结构,标注相同符号来说明。并且,在实施方式3中,适当地省略与实施方式1重复的说明。

[0149] 如图8所示,实施方式3涉及的反渗透膜分离装置1B具备加压泵2、变频装置3、RO膜组件5、流量传感器6、作为电导率测定单元的电导率传感器8、控制部10B及第1排水阀11~第3排水阀13。

[0150] 电导率传感器8是对透过水管线L2中流过的透过水W2的电导率进行测定的仪器。电导率传感器8在连接部J5与透过水管线L2连接。电导率传感器8与控制部10B电气连接。将由电导率传感器8测定出的透过水W2的电导率(以下亦称“测定电导率值”)作为检测信号发送至控制部10B。

[0151] 控制部10B由含有CPU及存储器的微处理器(未图示)构成。控制部10B与实施方式1的控制部10同样,按速度型数字PID算法执行流量反馈水量控制(参照图4)。

[0152] 并且,本实施方式的控制部10B还根据透过水W2的电导率,对透过水W2执行回收率控制(以下亦称“水质反馈回收率控制”)。此水质反馈回收率控制与上述流量反馈水量控制并行执行。

[0153] 下面,对控制部10B执行的水质反馈回收率控制进行说明。图9是一流程图,表示控制部10B执行水质反馈回收率控制时的处理步骤。图9所示的流程图的处理,在反渗透膜分离装置1B运行期间反复执行。

[0154] 在图9所示的步骤ST601,控制部10B获取透过水W2的目标电导率值 $E_{p^{\wedge}}$ 。目标电导率值 $E_{p^{\wedge}}$ 是对透过水W2要求的纯度指标。目标电导率值 $E_{p^{\wedge}}$,例如是装置管理人经由用户界面(未图示)输入到存储器中的设定值。

[0155] 在步骤ST602,控制部10B获取由电导率传感器8测定出的透过水W2的测定电导率值 E_p 。

[0156] 在步骤ST603,控制部10B以使在步骤ST602获取的测定电导率值(反馈值) E_p 和在步骤ST601获取的目标电导率值 $E_{p^{\wedge}}$ 之间的偏差为零的方式,对第1排水阀11~第3排水阀13的开闭进行控制。即,为得到要求纯度的透过水W2,通过将浓缩水W3的排水流量进行阶段性增减来改变膜表面溶解盐类的浓度。至此,本流程图的处理结束(返回步骤ST601)。

[0157] 在上述实施方式3涉及的反渗透膜分离装置1B中,控制部10B对透过水W2执行流量反馈水量控制。由此,能够得到与实施方式1同样的效果。并且,在实施方式3涉及的反渗透膜分离装置1B中,控制部10B还执行水质反馈回收率控制。由此,在反渗透膜分离装置1B中,能够满足对透过水W2要求的水质,并能够将透过水W2的回收率提高到最大限度。

[0158] 以上,对本发明优选的实施方式进行了说明。但是,本发明不限于上述实施方式,还可通过其他多种形态来实施。

[0159] 例如,在实施方式1中,在温度前馈回收率控制方面,说明了对供应水W1的温度进行检测的示例。但不限于此,例如还可以对由RO膜组件5得到的透过水W2或浓缩水W3的温度进行检测。

[0160] 在实施方式2中,说明了在水质前馈回收率控制中,根据碳酸钙的容许浓缩倍率及透过水W2的目标流量值计算出最大回收率的排水流量的示例。但不限于此,还可以采用如下方法,即:将碳酸钙的容许浓缩倍率 N_c 与二氧化硅的容许浓缩倍率 N_s 进行比较,选择较小一方的容许浓缩倍率,然后根据选择的容许浓缩倍率及透过水W2的目标流量值,计算出回收率为最大的排水流量。

[0161] 在实施方式1(图3)的步骤ST207中,说明了对控制部10将包括最新瞬时流量 Q_i 在内的最近6次计算值作为样本值,除去最大侧的2个值和最小侧的2个值,对剩余的2个值进行平均化处理的示例。但不限于此,例如还可以将包括最新瞬时流量 Q_i 在内的最近8次计算值作为样本值,除去最大侧的3个值和最小侧的2个值,对剩余的3个值进行平均化处理。

也就是说,控制部10将最近 n 次瞬时流量的计算值作为样本值,除去最大侧的 $j(j \geq 1)$ 个值及最小侧的 $k(k \geq 1)$ 个值,对剩余的 $(n-j-k)$ 个值进行平均化处理即可,上述 n 、 j 、 k 值可适当设定。

[0162] 在实施方式1-3中,还可以采取如下结构,即:设置浓缩水回流管线,使从浓缩水管线L3中流过的浓缩水W3的一部分,回流到供应水管线L1中加压泵2的上游侧。通过设置浓缩水回流管线,能够提高在膜表面的水流流速,所以能够抑制污堵的产生。

[0163] 在实施方式1-3中,供应水W1还可以采用地下水和自来水等原水。并且,供应水W1还可以采用通过除铁除锰装置、活性炭过滤装置及硬水软化装置等,对原水进行了预处理的水。

[0164] 在实施方式1-3中,在各回收率控制方面,说明了通过有选择地开闭第1排水阀11~第3排水阀13,对浓缩水W3的排水流量进行阶段性调节的示例。但不限于此,还可以采用将排水管线不分支地设为1支管线,在该管线中设置比例控制阀的结构。在这种情况下,通过将电流值信号(例如:4~20mA)从控制部10(10A、10B)发送至比例控制阀来控制阀门开度,而能够对浓缩水W3的排水流量进行调节。

[0165] 并且,在设置了比例控制阀的结构中,还可以采用在排水管线中设置流量传感器的结构。将由流量传感器检测出的流量值作为反馈值输入至控制部10(10A、10B)。由此,能够更加准确地对浓缩水W3的实际排水流量进行控制。

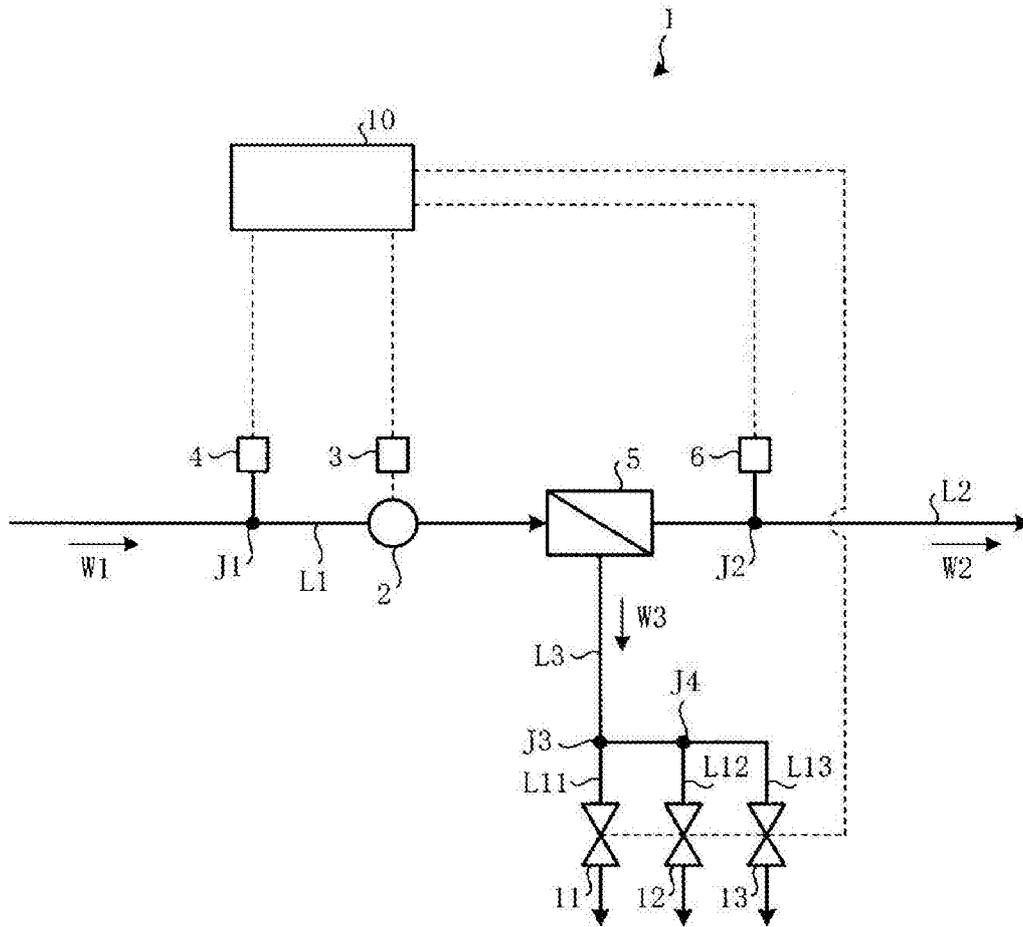


图1

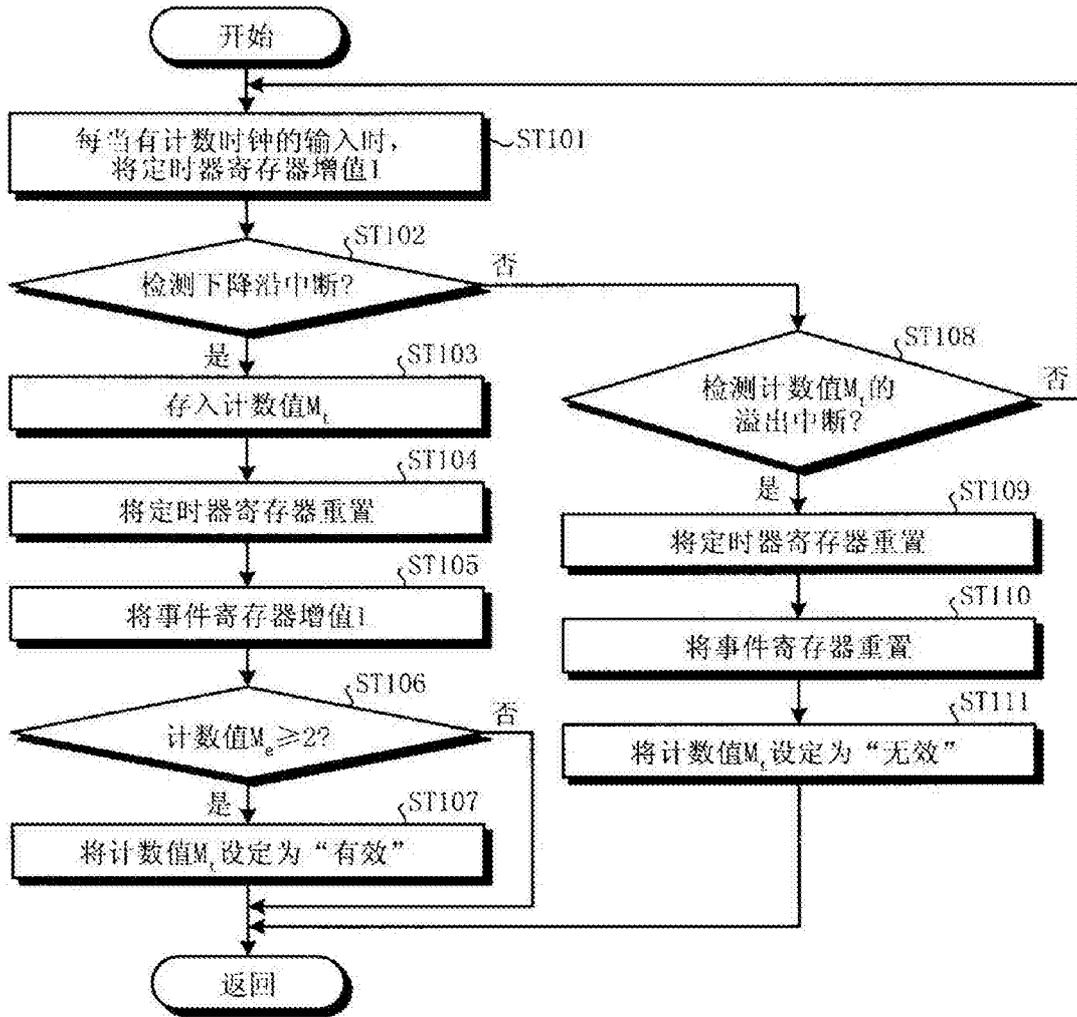


图2

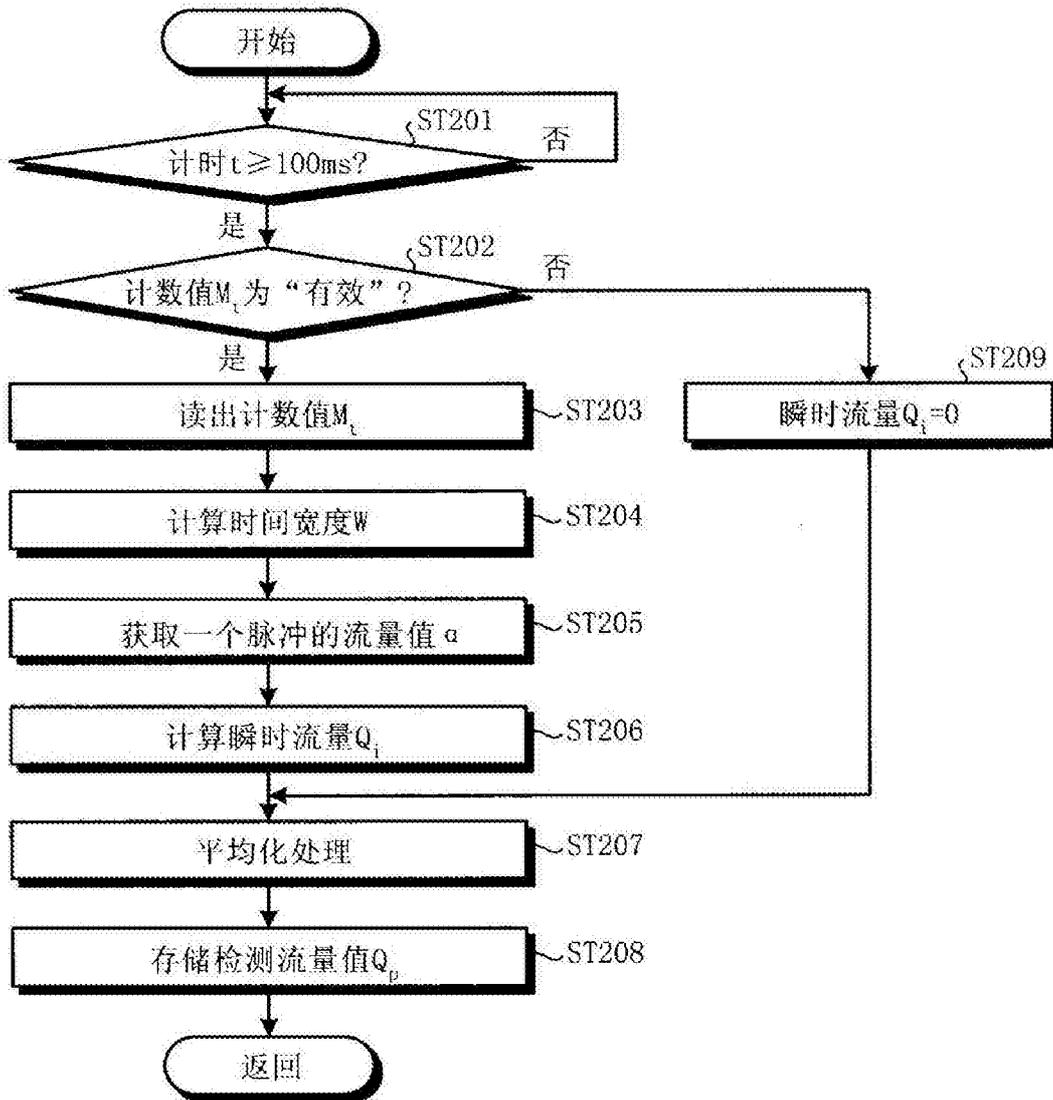


图3

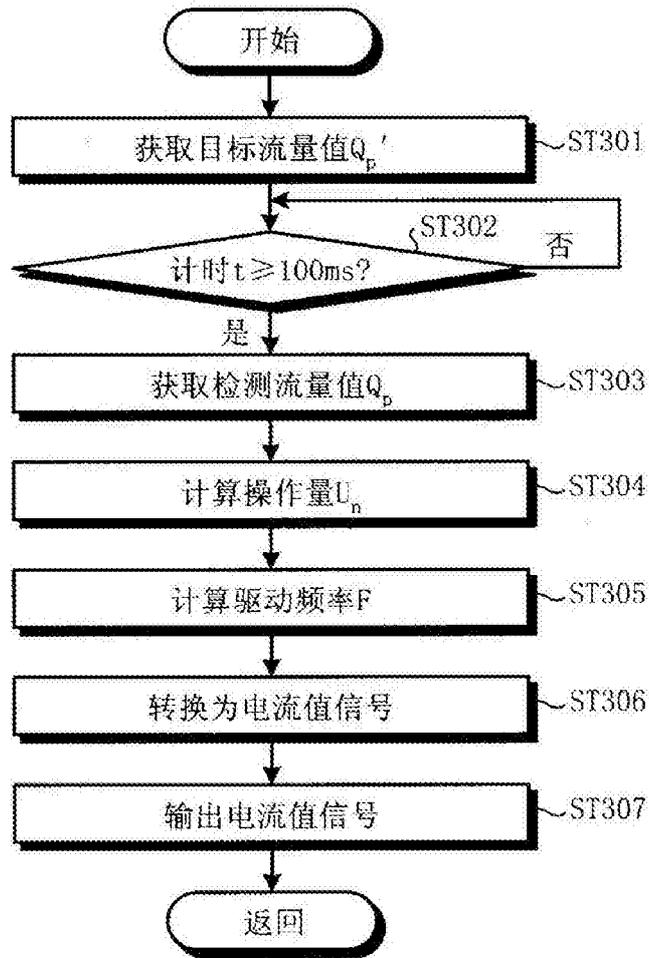


图4

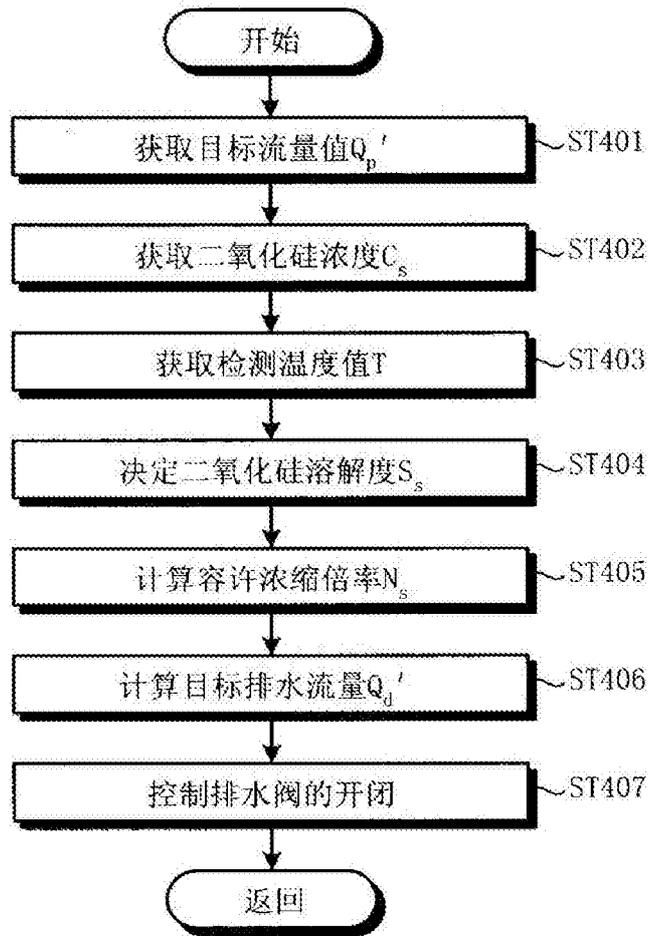


图5

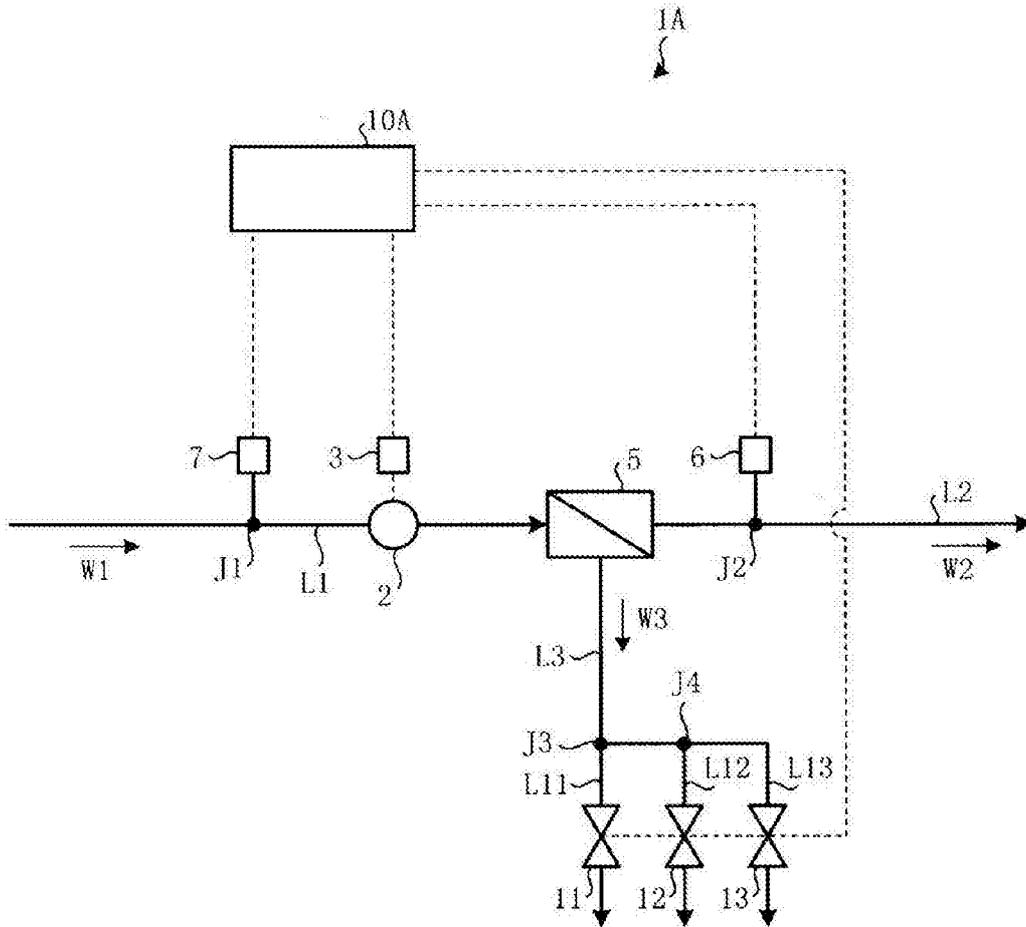


图6

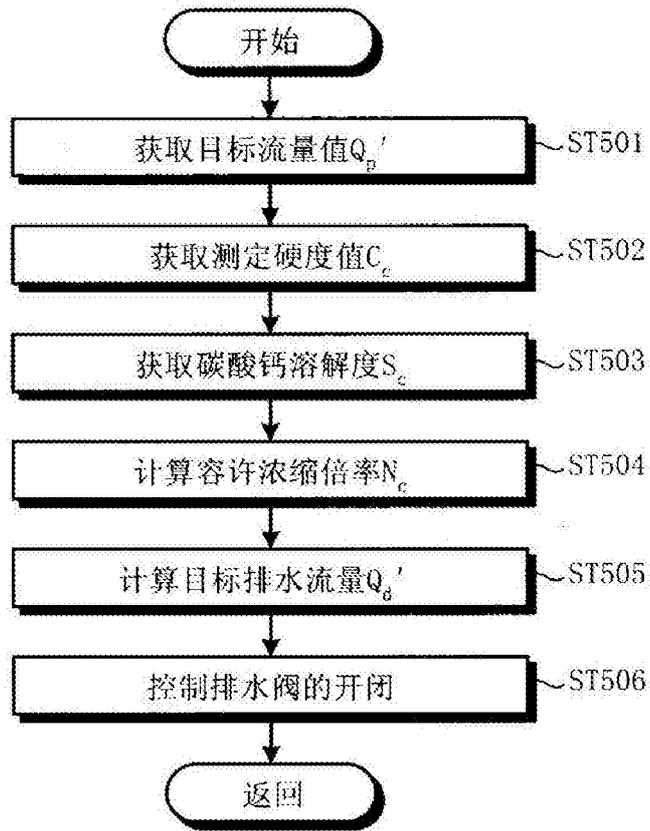


图7

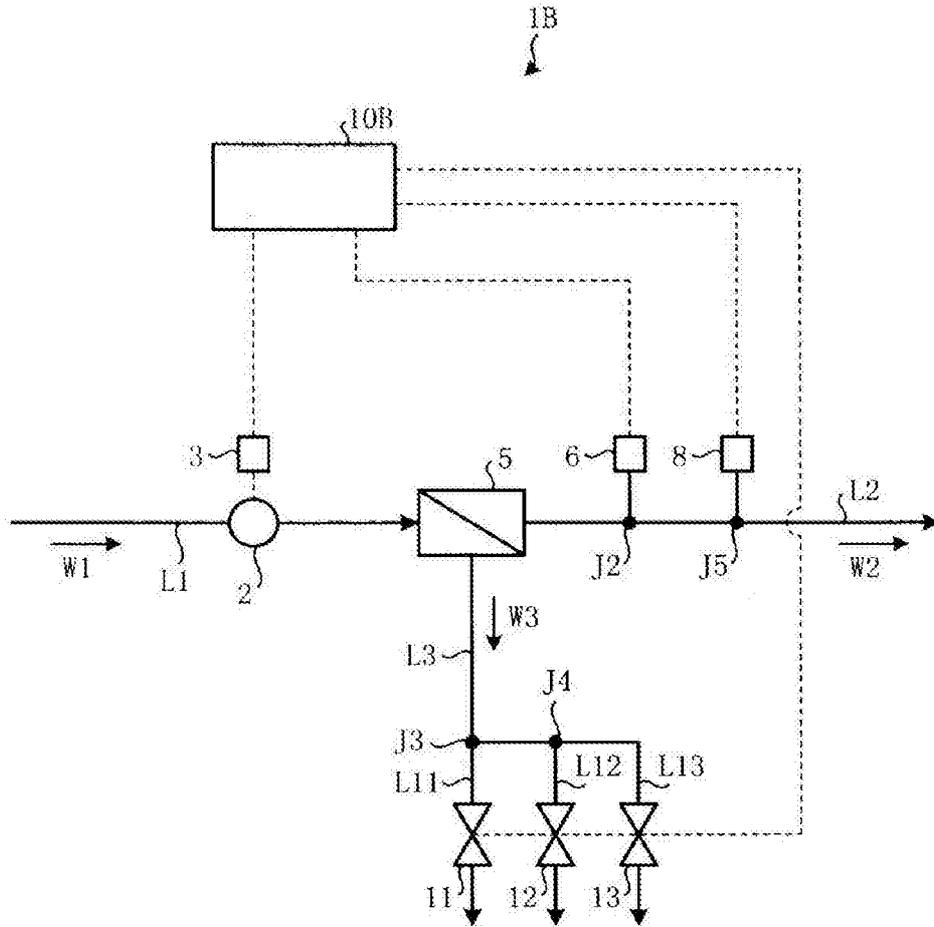


图8

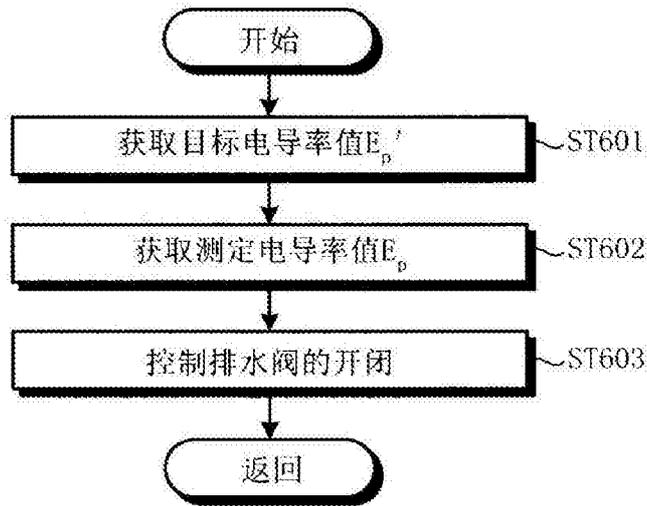


图9