

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C02F 1/42 (2006.01)

G01R 19/00 (2006.01)

G05B 19/042 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610083021.X

[43] 公开日 2006 年 12 月 20 日

[11] 公开号 CN 1880237A

[22] 申请日 2006.5.25

[21] 申请号 200610083021.X

[30] 优先权

[32] 2005.5.26 [33] US [31] 11/138,179

[71] 申请人 库利甘国际公司

地址 美国特拉华州

[72] 发明人 库姆迪卡·普雷马赛雷克

约翰·范组恩希曾

[74] 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司

代理人 徐金国 陈 红

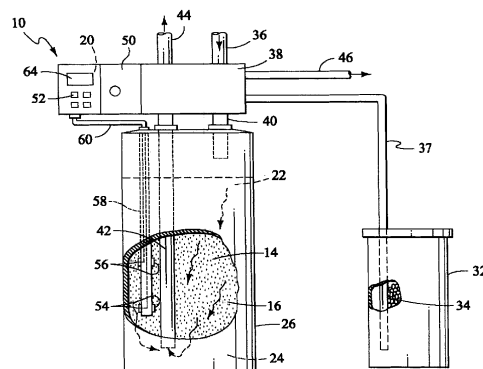
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 4 页

[54] 发明名称

采用阻抗比的服务启动和再生控制

[57] 摘要

本发明公开了一种在具有离子交换材料床的净水器中用于确定服务步骤结束和盐水/慢冲洗步骤的持续时间的装置和方法。在离子交换材料床中彼此垂直间隔地定位传感器探针和基准探针。在多个时间间隔中监控来各探针的电压。当阻抗比的百分数增加超过预定值时，确定终止服务步骤并启动再生循环。在再生步骤期间，计算传感器探针与基准探针的阻抗比变化速率并用于在传感器探针与基准探针之间的阻抗比变化速率中检测两个峰值，随后在检测到两个峰值后终止盐水/慢冲洗步骤。



1、一种在具有离子交换材料床的净水器的处理循环中用于确定服务和盐水/慢冲洗步骤的持续时间的方法，该方法包括：

在离子交换材料床中彼此垂直间隔地定位传感器探针和基准探针，所述传感器探针位于基准探针上部；

在多个时间间隔中监控来自各所述传感器探针和基准探针的电压；

计算当前时间间隔的阻抗比与服务步骤的最小阻抗比的变化百分数；

如果对于第一最小时间周期，所述阻抗比的变化百分数超过第一预定增加，则检测阻抗比变化的增加；

基于所述检测步骤终止服务步骤；

启动盐水/慢冲洗步骤；

在多个时间间隔中监控来自各所述传感器探针和基准探针的电压；

计算当前时间间隔的阻抗比与先前时间间隔阻抗比的变化速率百分数；

如果阻抗比的变化速率百分数超过对于预定第二时间的预定第一变化速率，则在该阻抗比变化速率中检测第一峰值；

在多个时间间隔中监控来自各所述传感器探针和基准探针的电压；

计算当前时间间隔的阻抗比与先前时间间隔的阻抗比的变化速率百分数；

如果阻抗比的变化速率百分数超过对于至少预定第三时间的预定第二变化速率，则在该阻抗比变化速率中检测第二峰值；

基于所述第三检测步骤终止盐水/慢冲洗步骤。

2、一种在具有离子交换材料床的净水器的处理循环中用于确定盐水/慢冲洗步骤的持续时间的方法，该方法包括：

在离子交换材料床中彼此垂直间隔地定位传感器探针和基准探针，所述传感器探针位于基准探针上部；

在多个时间间隔中监控来自各所述传感器探针和基准探针的电压；

计算所述传感器探针对基准探针的阻抗比变化速率；

在多个时间间隔之间在所述传感器探针对基准探针的阻抗比的变化速率中检测第一峰值；

重复所述监控、计算和检测步骤直到检测到第二峰值；以及

在检测到两个峰值之后终止该盐水/慢冲洗步骤。

3、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述第一检测步骤包括每30秒识别一次是否存在至少2%的阻抗比变化速率。

4、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述第二检测步骤包括每30秒识别一次是否存在至少2%的阻抗比变化速率。

5、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，还包括在所述检测第一峰值和开始监控第二峰值之间引入时间延迟。

6、根据权利要求5所述的方法，其特征在于，所述时间延迟至少为15分钟。

7、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，还包括在检测到第二峰值后延迟终止所述慢冲洗步骤。

8、根据权利要求7所述的方法，其特征在于，还包括如果在中止间隔内没有检测到第二峰值，则启动随后的程序步骤。

9、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述监控步骤的基准探针和传感器探针为可变电阻器。

10、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，借助于微处理器执行所述监控和计算步骤。

11、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，借助电桥电路执行所述监控和计算步骤。

12、一种具有控制器(20)和离子交换材料(16)床(14)的净水器(10)，包括：

位于该床(14)内的传感器探针(56)；

位于该床(14)内所述传感器探针(56)下部的基准探针(54)；

配置用于在多个时间间隔监控来自各所述传感器探针和基准探针的电压的电路；

配置用于监控所述传感器探针(56)和基准探针(54)的电压、计算传感器探针对基准探针的阻抗比并且基于所述阻抗比的变化终止服务步骤和盐水/慢冲洗步骤至少其中之一控制器(20)，其中如果在服务步骤，则在当前阻抗比与最小阻抗比的差值超出预定差值时安排再生步骤，如果在再生步骤，则如果阻抗比的变化速率超出第一预定变化速率并且延迟时间之后阻抗比的变

化速率超出第二预定变化速率则安排终止该再生步骤。

13、根据权利要求 12 所述的净水器，其特征在于，所述传感器探针（56）和所述基准探针（54）分别包括一对可变电阻器。

14、根据权利要求 12 所述的净水器，其特征在于，所述控制器（20）包括微处理器（50）。

15、根据权利要求 12 所述的净水器，其特征在于，所述电路包括惠斯通电桥电路（62）。

16、根据权利要求 12 所述的净水器，其特征在于，还配置所述控制器（20）以允许在所述第二峰值检测和终止盐水/慢冲洗步骤之间存在延迟。

17、一种在具有离子交换材料床的净水器的处理循环中用于确定服务步骤的持续时间的方法，该方法包括：

在离子交换材料床中彼此垂直间隔地定位传感器探针和基准探针，所述传感器探针位于基准探针上部；

在多个时间间隔中监控来各所述传感器探针和基准探针的电压；

计算当前时间间隔的阻抗比与服务步骤的最小阻抗比的变化百分数；

如果阻抗比的变化百分数超过 7.5%持续至少 6 分钟，则在阻抗比的变化中检测第一峰值；

基于所述检测步骤终止服务步骤。

18、根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述监控步骤每隔 30 秒钟执行一次。

19、根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述终止步骤还包括在终止所述服务步骤之前安排延迟。

20、根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，各所述传感器探针和基准探针分别包括一对可变电阻器。

采用阻抗比的服务启动和再生控制

技术领域

本发明涉及用于自动水处理产品的控制序列。具体地说，本发明涉及用于在自动净水器再生期间确定服务周期结束以及盐水/慢冲洗周期持续时间的方法以及采用该方法的装置。

背景技术

在处理硬水时，净水器中的离子交换树脂床或者其它材料从水中去除钙和镁离子并将其替换为钠离子。随着硬水经过该床，在硬水遇到的第一软化树脂中硬水离子与钠离子进行交换，产生离子交换活动中称为反应区域的波阵面（front）或者波形。如果可用的钠量耗尽并且离子交换材料对钙和镁达到饱和，则该床对于软化处理无效并且必须进行周期性再生。在通过从树脂中冲洗钙和镁离子并恢复钠水平的多步工艺再生离子交换树脂的同时，要暂停水处理。

使用一系列的步骤通过钠离子替换硬水离子，再一次活化用于水处理的离子交换材料。通常，首先通过反转进水流向而反冲洗该床以去除沉淀物并使该床疏松。接着，将该床与向下流动的盐溶液接触，从而使得离子交换材料从高密度盐溶液中获得钠离子并将钙和镁离子置换到盐溶液中作为废料排出。在已经输送了最佳量的盐溶液时，一直持续冲洗直到从该床中排放出几乎全部盐溶液和不必要的硬水离子为止。在冲洗以去除残余的盐水后，将该床恢复为称为软化树脂的钠状态，并且然后返回到处理硬水的服务。

通常在与树脂槽分离的盐水槽中制备盐水溶液。向含有盐的盐水槽中添加计算水量以形成饱和的盐溶液。由于重复再生以后产生耗尽，因此必须周期性替换盐供应。如果盐等级太低而不能产生指定强度的盐溶液，则没有充足的钠等级来驱动钙和镁离子的交换并且当将该树脂返回到服务中时不能有效地处理硬水。

大多数诸如水软化剂等的现代净水器在不同工艺步骤中采用了电子控制

器以执行计算、监控传感器、引导时序并且控制阀门。某些新型、更复杂的净水器能够基于一个或者多个输入采用电子装置安排下一次再生循环。该输入数据包括例如来自定时器、流量计的信息，已存储的用水数据等。已经设计了许多在净水器再生期间确定各个步骤所需的序列和持续时间的控制序列。在简单的再生序列中，无论树脂中钙和镁离子的饱和度如何，各步骤具有固定的时间长度。为了确保完全再生该床，假设在再生开始时树脂对于硬水离子完全饱和，则各步骤的持续时间必须至少为该处理步骤所需的时间。采用该技术，无论该树脂处于 10% 的饱和、40% 的饱和还是 90% 的饱和都采用同样量的时间和盐水，从而在树脂没有达到对硬水离子饱和程度时会导致时间和盐水的浪费。

在设计再生控制序列时，优选地出于许多原因而将再生处理的持续时间降到最小程度。当再生该单元的同时，要停止软化水的服务。大多数消费者希望他们的净水器能够根据需要提供软化水，即使在深夜或者在非常早的清晨。减少停止服务的时间量降低了在需要软水时无法提供的可能性。对再生采用较少的盐和水降低了操作成本。还需要最小化从净水器向环境中排放的盐水量。减少盐水循环的时间周期有利于最小化盐水用量，从而减少对环境的影响。

在美国专利 No. 5, 699, 272 中，通过查找三个明显不同的状态而采用传感器探针和参考探针之间的电压差来确定冲洗循环的持续时间。在盐水/慢冲洗周期的开始阶段，当钠离子完全包围该床时出现第一状态，表明盐水已经充满该床。随着盐水供应的停止以及冲洗水冲走钠，头部具有高钠浓度尾部具有低钠浓度的波阵面经过该床。当波阵面位于传感器探针和参考探针之间时出现表示正在从该床冲洗盐水溶液的第二状态。当波阵面已经通过参考探针时出现第三状态，其中两个探针均处于低钠溶液中，发出可以停止冲洗的信号。

公知的现有技术再生方案均没有考虑到制造变形或者探针或传感器会随着时间淤塞的影响。当使用两个探针之间或者探针与参考值之间的差值来确定循环结束时，随着波阵面的经过，发生的变化会产生同样的数值上的差异。而且，传感器可能会覆盖有沉淀物、水垢、锈垢或者其他淤塞物，使该传感器随着时间而对其周围的变化越来越不敏感。由于传感器敏感性降低，读数差异变得不明显并且影响正确检测处理步骤的开始和结束的能力。因此，该单元无法确认再生需求或者进行比所需次数更频繁的再生。

此外，由于阻抗逐渐增加，传感器被覆金属会导致比较器产生过早再生的

信号。因此，增加了备用容量并降低了软化剂效率，从而导致水和盐的浪费。

而且，现有技术以固定比较关系使用传感器读数或者将其与预定值进行比较。补偿由于制造差异导致给出微小阻抗读数差异的替代传感器是很困难的。可用软件无法考虑到常年暴露于流动水环境中的矿物质而已经被覆金属的传感器。固定值或者预定值会考虑这些变量中一些的初始状态，但是不能补偿随着时间的变化。

因此，需要一种使确定净水器处理周期中步骤的持续时间能够长期保持精确的方法。该方法应该在即使玷污或者替换一个或者多个传感器探针的情况下仍能精确地确定服务步骤或者盐水/慢冲洗步骤的终止。

发明内容

通过本发明中用于对具有离子交换材料床的净水器工艺步骤中确定服务步骤以及盐水/慢冲洗步骤至少其中之一的持续时间的方法解决了上述以及其它问题。该方法包括在离子交换材料床中彼此垂直间隔地定位传感器探针和基准探针，该传感器探针位于基准探针上部。监控来自各传感器探针和基准探针的电压并在多个时间间隔内计算传感器探针对基准探针的阻抗比。在服务步骤期间，当当前阻抗比对最小阻抗比的差值百分数超过第一最小增加时，安排终止服务步骤并启动盐水/慢冲洗步骤。在再生循环的盐水/慢冲洗步骤器件，监控来自各传感器探针和基准探针的电压并计算传感器探针对基准探针的阻抗比的变化速率。计算阻抗比的变化速率可以检测盐水/慢冲洗循环期间的最小和最大峰值。当阻抗比为最小值时检测该阻抗比变化速率的第一峰值。重复监控、计算和检测步骤直到检测到第二峰值。当该阻抗比为最大值时检测阻抗比变化速率中的第二峰值。在检测到两个峰值后经过预定延迟时间终止该盐水/慢冲洗循环。

具有离子交换材料床的净水器包括位于该床内的传感器探针和位于该床内所述传感器探针下部的基准探针。配置用于在多个时间间隔监控来自各传感器探针和基准探针的电路。该装置还包括配置用于监控传感器探针和基准探针的电压并用于计算传感器探针对基准探针阻抗比的控制器。使用计算的阻抗比确定服务步骤和盐水/慢冲洗步骤至少其中之一的持续时间。如果在服务步骤，该控制器还计算循环中当前阻抗比对最小阻抗比的差值百分比，并且如果百分

比差值超出了第一预定值则安排再生步骤。如果处理循环处于盐水/慢冲洗步骤,则该控制器检测阻抗比变化速率的峰值,重复监控和计算步骤直到检测到第二峰值,并在检测到两个峰值时终止盐水/慢冲洗步骤。

该净水器装置以及用于操作该装置的方法消除了现有技术中的许多缺点。本发明的水软化系统和方法的重要特征在于处理事件的检测以相对阻抗比为基础,而不是绝对阻抗比。使用相对阻抗比通过多种真实读数消除了改变传感器读数因素的影响。而且,我们还测量了相对阻抗比的变化程度,而不是绝对阻抗比。这有助于补偿由于各种制造差异、现场条件和常年位于流水环境中的传感器不可避免的“老化”现象造成的问题。

附图说明

图1所示为适用于本发明的水软化系统的正视图,其中为了更清晰而截取了多个部分;

图2所示为惠斯通电桥电路的电路图;

图3所示为用于确定服务步骤结束的过程流程图;

图4所示为用于确定再生步骤中第一峰值的过程流程图;

图5所示为用于确定第二峰值和再生步骤结束的过程流程图。

具体实施方式

在离子交换材料床中利用传感器产生再生信号的净水器是公知技术,诸如授予给 Culligan International Co. 的美国专利 Nos. 4, 257, 887、4, 299, 698、5, 699, 272 和 5, 751, 598, 分别在此引入其全部内容作为参考。

参照图1,通常标识为10的水处理系统或者调节器具有在软化步骤期间可以从硬水中接收硬水离子并且在再生步骤器件释放硬水离子的由离子交换材料16构成的床14。该调节器具有控制程序循环步骤等的控制器20,其中该步骤在钠含量耗尽时启动和终止补充离子交换材料16钠含量的再生步骤。为了便于讨论,床14具有限定为床14的上部部分或者在服务步骤期间硬水流过离子交换床时首先接触的床部分的顶部22。床14具有限定为床的下部部分或者在服务步骤期间在软化水流出离子交换床之前最后接触的床部分的底部24。任何其它的方向基准都可以如图1所示方向的水处理系统10一样进行解

释。

调节器 10 包括承载一定量离子交换材料 16 的壳体或者槽 26。该离子交换床 14 包括熟悉本领域的技术人员公知的可以去除硬水离子的任何材料 16 构成的床。离子交换树脂为优选的离子交换材料 16。通常，该离子交换树脂 16 为具有许多粘附于聚合物上的官能团的聚合珠以提供离子交换功能。根据粘附到聚合物上的官能团而对阴离子或者阳离子发生离子交换。沸石也是公知的离子交换材料 16。随着富含诸如钙和镁的硬水离子的原水经过床 14，硬水离子与诸如钠的软水离子进行交换。在以下所述的优选实施方式中，根据离子交换树脂讨论离子交换材料 16，但是，在所有实施方式中也可以考虑使用其它离子交换材料。

当将调节器 10 设计为家用时，壳体 26 通常为单个单元，但是，其它适用的调节器 10 可选地具有构成该壳体的两个或者多个部件。在优选实施方式中，由盐水槽和受盐器 32 围绕树脂槽 26。具有分离开的树脂槽 30 和盐水槽 32 的其它调节器（图 1）也是公知的。在需要不间断的软水供应时，可以使用多个树脂槽 30 从而在一个单元正在软化的同时一个或者多个其它单元进行再生。对于本发明，壳体 26 包封所有该单独的单元。

在受盐器 32 中净水器 10 还具有软化盐 34。固态块状或者颗粒状的钠盐诸如球状氯化钠为最通用的软化盐 34，但是任何可以与硬水离子交换的固态盐，诸如钾盐，都可以考虑用于本发明。建议使用高纯度盐来延长添加盐之间的时间并减少累积在净水器 10 底部的杂质量，但是盐的纯度并不会直接影响这里所述的控制器 20 和调节器 10 的操作。向受盐器 32 中添加水以使该软化盐 34 溶解，以在后续的再生期间使用该饱和盐水（未示出）。盐水在进行软化时与硬水供应 36 和离子交换材料 16 分离从而使得盐水不会污染软化后的水，并且由于在存在盐水的情况下树脂 16 与硬水之间的离子交换不够充分。只有在再生步骤期间，该盐水才经由管线 37 通过控制阀门 38 和入口 40 与离子交换树脂 16 接触。

仍然参照图 1，在软化期间，该控制器 20 操作阀门 38 以允许硬水从硬水供应 36 经过入口 40 流入树脂槽 26，并且软水经过管路 42 输出给向水系统（未示出）提供软水的出口 44。在入口 40 和出口 44 之间，该硬水与富含钠的离子交换树脂 16 接触，其中该树脂接收包括钙和镁的硬水离子，并将钠离子释

放给软水。软化后的水经过出口 44 从净水器 10 中流出。当硬水进入树脂床 14 中时,在硬水和床上部的耗尽树脂 16 以及软水和床下部的钠态树脂之间出现明显的界面。该界面允许控制器 20 测量并检测相对增长的阻抗比。当树脂 16 对硬水离子达到饱和并且钠和钾离子耗尽时,进行如上所述的树脂再生。通过排放管 46 去除废盐水。

该控制器 20 启动并控制该处理循环的步骤。出于本发明的目的,该控制器 20 包括至少一个微处理器或者微计算机控制单元 50 和用户界面 52。该单元控制器 20 的一些职责包括软化和再生步骤的时间选择,并适当地开启和关闭阀门 38。该控制器 20 还可以执行其它任务。大多数现代的水软化系统都包括位于控制器 20 中的微处理器 50。应该认识到,该微处理器 50 可以具有未在本申请中具体描述不属于本发明部分的功能,即使在通过同样或者相似的设备执行时。

优选地,通过控制器 20 移动一个或者多个控制阀门 38 而指导处理步骤。在优选实施方式中,阀门 38 的位置决定硬水或者盐水是否流入了该树脂槽 26。任何电子控制的阀门 38 都适用于该阀门,包括电磁阀门或者通过电控旋转凸轮控制的阀门。

在该处理循环中包括多个步骤。在软化或者服务步骤期间,来自供应 36 的硬水流入树脂槽 26,然后经过管路 42 向出口 44 提供软水。在完成软化步骤时,执行反冲洗步骤从而硬水进入管路 42 的底部并向上流动经过床 14,从入口 40 流出并流向排水管 46。该步骤使床 14 中的颗粒松软,该颗粒由于重力以及被软化的水向下流动而已经被压实,并且还可以去除存在于床内的固体杂质。

在完成反冲洗步骤时,盐水从盐水槽 32 被引入到床 14。在诸如键盘或者触摸屏的用户界面 52 处向控制器 20 输入用于配制盐水的盐 34 的量。向由控制器 20 确定的盐 34 中加入适量的水。当再生树脂 16 时,重新定位控制阀门 38 的位置以从盐水槽 32 中排出盐水并将其送入树脂槽 26。

随着将盐水送入到树脂床 14,钠离子有效地围绕树脂 16。由于钠离子浓度较高,平衡(equilibrium)有助于用树脂 16 中的钠离子替换硬水离子,并允许硬水离子与盐水一起排出。在盐水上部和硬水下部之间出现第一波阵面。与树脂 16 接触后,废盐水排放给排放管 46 并开始慢冲洗。

在用尽盐水时开始慢冲洗，在树脂槽 26 的顶部引导硬水进入以冲洗残留在床 14 内的盐水并开始软化。第二波阵面或者界面划分逆流的软化水和顺流的废盐水。当从树脂槽 26 中冲洗掉所有盐水后，该单元返回到产生软化水的服务。随着床 14 中的树脂 16 逐渐发送出钠离子并使其与硬水离子交换而产生第三波阵面。该第三波阵面的特征在于该波阵面的逆流硬水和顺流软水。

通过一组指令优选地以软件程序形式来驱动该控制器 20。优选地，在制造时将软件预先加载到微处理器 50 的存储器中。作为选择，可以将该指令集加载到固件上，诸如安装在微处理器 50 上的只读存储器。只要在使用时可以很容易地向控制器 20 提供指令，任何电子存储该指令的方法都是适用的。

净水器 10 的床 14 还在其内部定位有基准探针 54 和传感器探针 56，二者在垂直方向彼此间隔。任何可以在离子交换材料和周围水中指示电阻变化的探针 54、56 均是可用的。通常，各探针 54、56 具有至少一对间隔的电极，并优选地包括两对间隔的电极。优选的探针为由 Culligan International (Northbrook, IL) 制造的 AQUASENSOR。

传感器支撑 58 在床 14 内的固定位置保持该探针 54、56。在树脂槽 26 和控制器 20 之间，导线管 60 从探针 54、56 向控制器传输电信号。并非必须在具体位置设置该基准探针 54，但是，优选地，将该探针设置在床 14 的底部 24 附近从而更容易地估算离子交换波阵面或者介质界面即将到达床底部的时间。传感器探针 56 比基准探针 54 更靠近床 14 的顶部 22，从而该传感器探针位于基准探针的上部。还可以选择性地水平设置探针 54、56。在经过床的液体介质诸如盐水、硬水或者软水中发生变化的情况时出现介质界面。

可选地，在该树脂床 14 中使用三个或者更多的探针 54、56 从而更准确地确定离子交换波阵面或者介质界面的位置。如下所述，当每次对探针 54、56 进行两次电路分析时，可以密切监控经过床 14 的离子交换波阵面或者介质界面的情况。当采用多于两个的探针 54、56 时，不需要他们之间的垂直或者水平距离均匀。

现在参照图 2，优选地，通常使用惠斯通电桥电路 62 在各多个时间间隔监控传感器探针 56 的电压 V_{sensor} 和基准探针 54 的电压 $V_{\text{reference}}$ 。该电桥电路具有两个固定电阻 R_1 和 R_2 ，分别具有电压 V_{R1} 和 V_{R2} ，并且阻抗分别为 Z_{R1} 和 Z_{R2} ，如果对惠斯通电桥电路 62 的传感器管脚应用欧姆定律：

$$V_{sensor} = I \times Z_{sensor} \quad (I)$$

$$V_{R1} = I \times Z_{R1} \quad (II)$$

其中 I 为通过电路的电流。在电路中，阻抗方程式为：

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L^2 - X_C^2)} \quad (III)$$

其中， R 为电路的电阻， X_L 为感抗并且 X_C 为容抗。对于纯电阻，诸如电路板上的基准电阻， X_L 和 X_C 均为 0，方程式 III 简化为：

$$Z = R \quad (IV)$$

应用欧姆定律，可以将方程式 II 写成：

$$V_{R1} = I \times R_1 \quad (V)$$

计算流过电路的电流为：

$$I = \frac{V_{R1}}{R_1} \quad (VI)$$

由于传感器探针和固定电阻 R_1 为串联，作用于 R_1 上的电压等于施加给电路的总电源电压 V_{supply} 与传感器探针 56 上的电压 V_{sensor} 之差。因此，

$$V_{R1} = (V_{Supply} - V_{sensor}) \quad (VII)$$

将方程式 VII 带入方程式 VI：

$$I = \frac{V_{Supply} - V_{sensor}}{R_1} \quad (VIII)$$

将方程式 VIII 带入欧姆定律，得到：

$$Z_{sensor} = R_1 \times \left\{ \frac{V_{sensor}}{(V_{Supply} - V_{sensor})} \right\} \quad (IX)$$

对惠斯通电桥电路 62 的基准部分应用同样的方程式：

$$Z_{reference} = R_2 \times \left\{ \frac{V_{reference}}{(V_{Supply} - V_{reference})} \right\} \quad (X)$$

采用方程式 IX 和 X 计算比率，并采用已建立的惠斯通电桥电路 62 逻辑，该阻抗比为：

$$Z_{ratio} = \frac{Z_{sensor}}{Z_{reference}} = \frac{R_1 \times \left\{ \frac{V_{sensor}}{(V_{Supply} - V_{sensor})} \right\}}{R_2 \times \left\{ \frac{V_{reference}}{(V_{Supply} - V_{reference})} \right\}} \quad (XI)$$

在优选实施方式中，在惠斯通电桥电路 62 中固定电阻 R_1 为 200 欧姆， R_2 为 215 欧姆或者 226 欧姆。电阻值可以适应应用而改变。传感器探针 56 和基准探针 54 为可变电阻。通过控制器 20 向惠斯通电桥电路施加 2.5~5.0V 的电压。参照电压值 V_{sensor} 和 $V_{reference}$ 以及惠斯通电桥电路 62 中的两个固定电阻 R_1 和 R_2 ，通过微处理器 50 利用软件程序计算传感器探针 56 和基准探针 54 的阻抗比。

通过比较基准探针 54 和传感器探针 56 的阻抗而检测波阵面的经过。术语“波阵面”希望包括反应区域以及硬水、软水和盐水之间的任意界面。随着探针周围环境的变化，根据探针 54、56 周围是否围绕有硬水、软水或者盐水，该探针会产生可变电压。通过控制器 20 监控来自探针 54 和 56 的可变电信号并用来确定服务步骤或者盐水/慢冲洗步骤的终止时间。在所选的多个时间间隔上进行监控从而使得所有经过探针 54 和 56 的波阵面都被检测。时间间隔的选择依赖于液体的流速以及探针 54 和 56 的垂直距离。尽管在预计没有波阵面的期间微处理器 50 可选择性地暂停监控，但是优选地，有规律地间隔该时间间隔。优选的时间间隔为 30 秒。

当服务步骤开始时，两探针 54 和 56 同时处于软水和离子交换材料 16 中。随着软化开始，硬水穿过树脂床 14，硬水离子与和该树脂 16 相关的钠离子进行交换。该硬水离子与其接触到的第一钠离子交换，建立沿水流方向经过床 14 的波阵面。波阵面的逆流水为硬水而波阵面的顺流水为软化水。直到离子交换波阵面到达传感器探针 56 之前该阻抗比大约为常数并等于 1。随着离子交换波阵面经过传感器探针 56，该离子交换材料 16 从再生态改变为耗尽态并且周围水从软化变为非软化。此时该基准探针 54 还处于软水以及再生树脂中。因此，阻抗比增加。

当与当前循环的最小阻抗相比时，当在阻抗比中出现第一预定增加时检测

到一峰值。采用来自同一处理循环中的值确定该增加以最小化外部变化的影响，该外部变化包括原水供应的变化、探针更换和/或由于前面循环导致的探针 54、56 结垢。

阻抗比的第一预定增加为表示当前阻抗比与用于该循环的最小阻抗比之间的差值正在达到最大值的任意值。第一预定增加的精确值由探针 54、56 的特性、电路板上的固定电阻以及过早再生的容闲决定。当采用优选的 AQUASENSOR 探针时，从大约 5%到大约 15%的增加是非常有用的。更优选地，阻抗比的第一预定增加为大约 7%到大约 8%。

如果在第一最小时间周期内最小阻抗比与当前阻抗比之间的增加超过第一预定增加，则马上或者根据预定时间延迟执行服务步骤的终止。优选地，最小阻抗比与当前阻抗比之间的差值至少保持 4 分钟，更优选地至少保持 6 分钟。峰值的精确持续时间依赖于许多处理因素，尤其是流速。当仅剩少量树脂 16 时，即由于净化器 10 的尺寸或者传感器 54、56 的放置而导致离子交换树脂 16 的量位于传感器探针 56 的下部，最好马上终止该服务步骤。可选择地，根据许多标准之一可以延迟终止该服务步骤，当在控制器 20 判断应该终止服务步骤的时刻正在用水时，应选择性地延迟该再生过程至少直到用水已经停止或者用水量降到最少。如果具有足够的树脂 16 储备，可以延迟再生过程直到一天中的预定时间。随着离子交换波阵面经过基准探针 54，由于两个探针 54、56 又一次处于同样条件的水和树脂中，因此阻抗比大约降低为 1。

在适当时间，该控制器 20 终止服务步骤并启动再生的盐水/慢冲洗步骤。使用探针 54、56 阻抗比之间的不平衡以与服务步骤略有不同的方式确定再生步骤的持续时间。具体地说，确定两探针 54、56 之间的阻抗比，并计算一段时间间隔后该阻抗比的变化率。当检测到阻抗比变化率中的两个具体峰值时，该控制器 50 终止盐水/慢冲洗步骤。

在盐水/慢冲洗步骤开始时，传感器探针 56 和基准探针 54 均位于硬水和已耗尽树脂 16 中，其阻抗比为常数或者几乎相等。当盐水经过传感器探针 56 时，基准探针 54 仍处于硬水中。此时，由于不同溶液的相对电导率导致传感器探针 56 的电阻低于基准探针 54。阻抗比降低直到盐水表面经过基准传感器 54，此时两阻抗又一次相等，得到一恒定的阻抗比。在随着时间跟踪阻抗比的变化速率时，传感器探针 56 处于盐水中并且基准探针 54 处于硬水中，阻抗比

的快速变化产生明显的第一最小峰值。在服务步骤期间，根据由微处理器 50 检测到的传感器探针 56 和基准探针 54 的电压信号来计算阻抗比。当阻抗峰值的差值超出预定时间（优选为 32 秒）的预定第一变化速率时，检测到该第一峰值。

在再生期间当探针 54、56 同时处于盐水中时，所述比大致保持为常数并且变化率接近于 0。在盐水耗尽并将冲洗水引入床 14 以后，出现传感器探针 56 位于冲洗水中并且基准探针 54 仍位于盐水中的情况。冲洗水通常为硬水，但是，也可以选择性使用来自另一树脂槽的软水。此时，传感器探针 56 的电阻高于基准探针 54，这导致阻抗比的快速变化。在随着时间跟踪阻抗比变化时，该阻抗比的快速变化产生显著的第二峰值。当传感器探针 56 位于软水和再生树脂中并且基准探针 54 位于耗尽盐水中时，对阻抗比随着时间的变化速率的测量允许微处理器检测最大阻抗比峰值。当两探针 54、56 均位于软水和软树脂中时，所述比再一次变为近似常数。

在盐水经过床 14 的开始和结束阶段，阻抗比变化速率的峰值是可清楚识别的并且对于监控盐水/慢冲洗步骤很有帮助。当阻抗比的变化速率超过预定变化速率时检测到任一峰值。该预定变化速率是表示当前阻抗比和对于该循环的先前阻抗比的差值正接近最大值的任意值。通过探针 54、56 的特性和再生提前终止的容限确定该精确值。当采用优选的 AQUASENSOR 探针时，阻抗比的变化速率从约 0.5%到约 2.5%的增加是非常有用的。当盐水开始经过床 14 时，优选地第一预定速率变化高于 2%。随后，随着盐水耗尽并且第二峰值开始经过床 14，优选地第二预定速率变化高于 2%。

优选地，预定第二时间和预定第三时间均为至少 30 秒。预定第二时间和预定第三时间可以相同或者其数值可以彼此有很大差别。如果使用优选的时间间隔 30 秒，则如果其具有与该时间间隔一样长的最小持续时间就可以确保峰值的检测。优选地，第一和第二峰值都保持至少 32 秒，并且最好保持 1 分钟或者更长。

任何上述处理步骤的持续时间都依赖于许多因素。净水器 10 的尺寸以及树脂床 14 的深度确定了基准探针 54 和传感器探针 56 之间的垂直间距。该间距和流体流速将至少部分确定波阵面移动传感器 54、56 之间的距离所需的时间。树脂 16 的离子交换能力至少部分确定需要多少盐 34 进行再生以及盐水冲

洗要持续多长时间。

可选地，配置微处理器 50 包括终止盐水/慢冲洗步骤并如果在合理时间周期内没有出现第一峰值或者第二峰值触发报警的中止（time out）功能。中止报警的时间周期应该超出峰值经过的预计时间。优选的时间略长于整个再生过程的总预计时间。该报警可以是声音报警也可以是显示在显示器 64 上的视频报警。

在图 3 至图 5 所示的一优选实施方式中，对控制器 20 中的微处理器 50 进行编程以执行一系列的步骤从而实施优选过程。在图 3 所示的服务步骤期间，在 100 处，控制器 20 以 30 秒的间隔测量基准探针、传感器探针和电源线的电压。这些电压信号优选为模拟型信号测量。优选地在控制器 20 中设置诸如由 Hitachi (Tokyo, Japan)、NEC (Princeton, NJ) 和 Toshiba (Irvine, CA) 制造的模数信号转换器或者具有内置的模数转换器的微处理器 50 以在步骤 104 处将模拟信号转换为数字电压信号。

在 106 处，采用方程式 IX 和 X 利用惠斯通电桥电路 62 上基准电阻 R_1 和 R_2 的电压值和已知的电阻值计算基准探针 54 和传感器探针 56 的阻抗值。在 106 处还采用方程式 XI 计算两传感器 54、56 的阻抗比。如果这是服务步骤中的第一数据点，则在 108 处将当前阻抗比记录为最小阻抗比并且该控制器要等待下一个 30 秒读取的时间。

对于在服务步骤中的随后读取，在 110 处记录当前阻抗比，然后在 112 处使其与该最小阻抗比比进行较。如果当前阻抗比小于最小阻抗比，则在 114 处将最小阻抗比重置为当前值。在 116 处计算阻抗比的变化百分数并对其与预定增加进行比较，并且如果没有超过 7.5%，则在 120 处使条件定时器 118 清零并且该控制器 20 再次等待下一时间间隔。当阻抗比的变化超出 7.5% 时，在 122 处启动条件定时器 118，如果阻抗比的变化在 6 分钟内降低到低于 7.5%，则认为峰值出错并不会启动再生。可以改变百分数和时间间隔以适合应用。

但是，参照步骤 124，如果阻抗比的变化至少持续 6 分钟，则控制器 20 在适当时间启动再生所需的步骤。根据适当的标准可以立即启动再生或者延迟启动。此时，在 128 处该控制器停止启动对基准探针 54、传感器探针 56 和电源线电压的 30 秒读数。

一旦如图 4 所示启动了再生，则启动不同的程序以确定盐水/慢冲洗步骤

的持续时间。在进入盐水/慢冲洗循环 1 分钟后，在 130 处该控制器 20 开始测量基准探针 54、传感器探针 56 和电源线的电压（未示出）。在 132 处采用与上述服务步骤中讨论的相同转换器 102 将模拟信号转换为数字信号。在 136 处执行计算以获得各探针的阻抗和阻抗比。如果其为当前再生步骤中的第一数据点，则在 138 处将当前阻抗比的数值指定为旧阻抗比，然后该控制器 20 等待下一 30 秒间隔以获得新电压。

对于当前再生步骤中的随后数据点，在 140 处记录当前阻抗比并且在 142 处将阻抗比的变化百分比计算为当前阻抗比与旧阻抗比的差值与旧阻抗比相除的值。如果在步骤 144 处变化速率增加低于 2%，则检测不到峰值，在步骤 146 处控制器 20 对步骤定时器清零并且该控制器等待下一 30 秒时间间隔。如果在 30 秒的时间间隔内阻抗比的变化速率增加大于 2% 并且至少保持 30 秒，则检测到该第一峰值。

在检测到第一峰值以后，在 152 处插入延迟时间，从而在没有预期峰值的时候该控制器不需要记录信号。例如，该延迟时间可以持续约 5 分钟到约 30 分钟，优选地至少为 15 分钟。这些时间根据水的流速、基准探针 54 和传感器探针 56 彼此相对的位置以及盐用量而变化。

参照图 5，在第一峰值检测以后，在 130 处控制器重新测量传感器探针 56、基准探针 54 和电源线的电压，并在 132 处将这些数值从模拟向数字进行转换，在 136 处计算阻抗和阻抗比，在 138 处指定第一阻抗比为旧阻抗比，在 140 处记录当前阻抗比并在 142 处计算阻抗比对于上述第一峰值的变化百分比。

如果阻抗比的变化速率不满足最小变化速率，则在 156 处不确认第二峰值并且该控制器 20 复位该条件定时器 118 并在 130 处等待下一个 30 秒的测量。当在 154 处确定阻抗比的变化速率高于 2% 时在 158 处确认该第二峰值并在 160 处在条件定时器 118 中保持该状态大于 30 秒钟。在确认第二峰值以后，该控制器在 162 处马上或者由于再生量、时间或者其它事项而延迟安排终止再生步骤。

尽管惠斯通电桥 62（图 2）连续监控电压，但是其只在时间间隔处记录用于计算。用于确定阻抗比变化速率的时间间隔小于其试图检测的峰值持续时间，该时间间隔优选为 10 到 60 秒之间并且更优选为在 20 到 40 秒之间。优选地，规则分割该时间间隔。

尽管已经示出并说明了用于在再生序列中确定步骤持续时间的方法实施方式，但是应该认识到，熟悉本领域的技术人员在不脱离较宽范围以及如下权利要求书所述范围的情况下可以对本发明进行改进和变型。

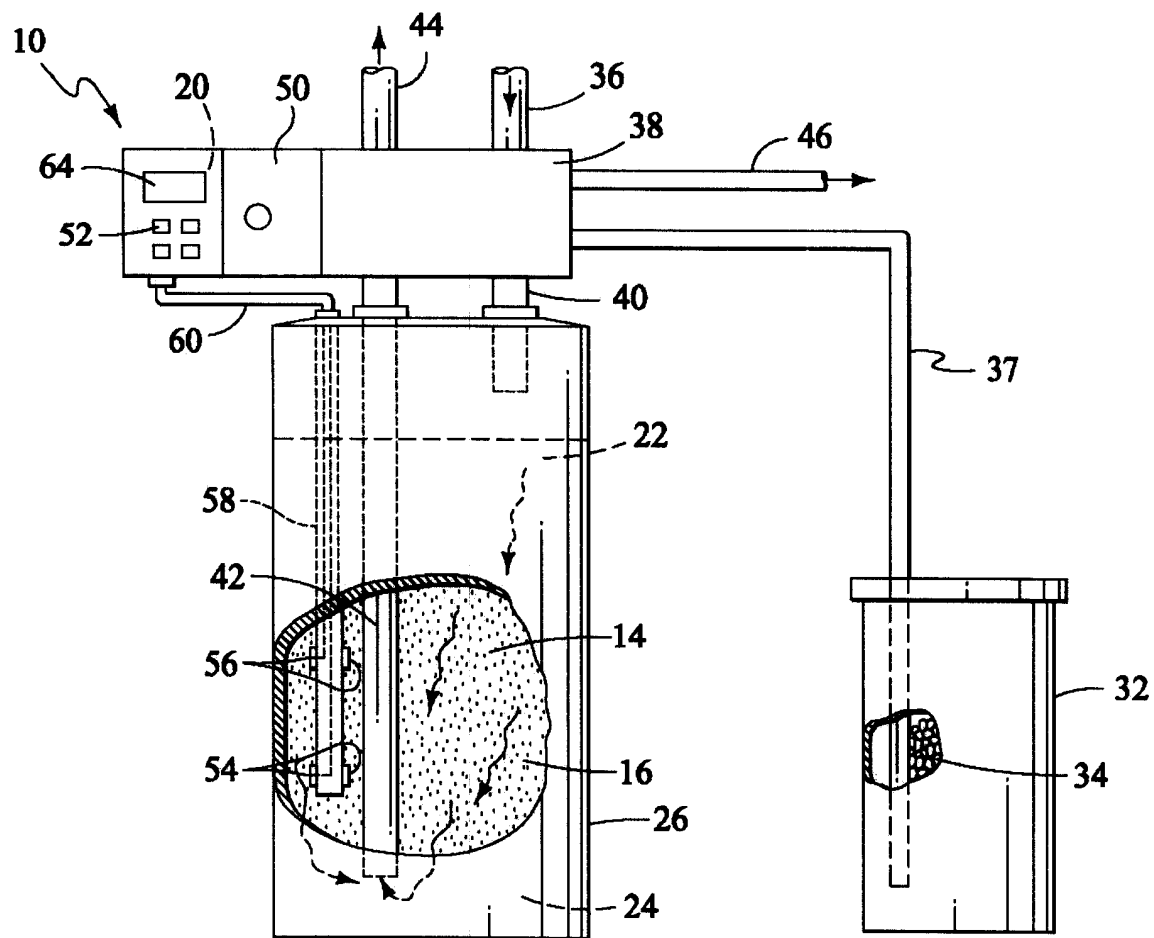


图 1

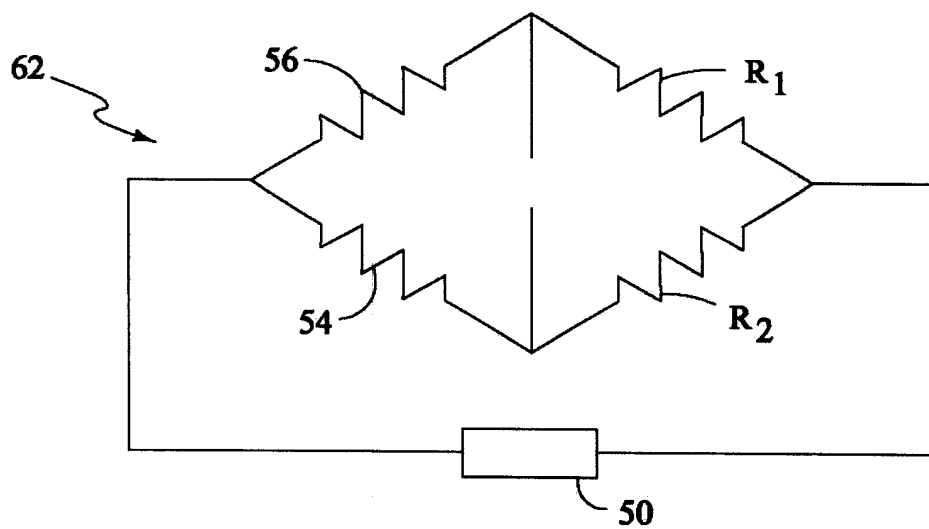


图 2

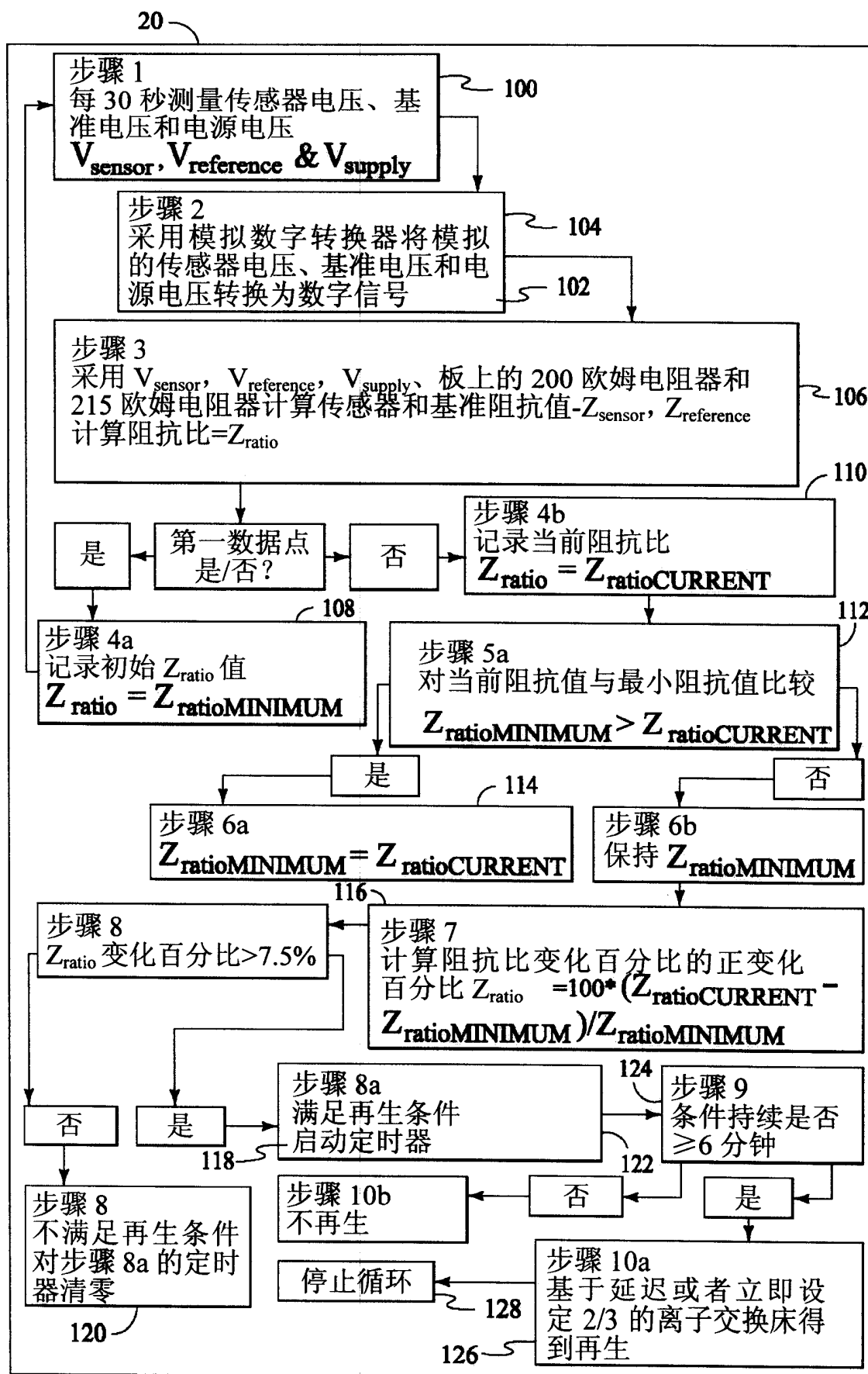


图 3

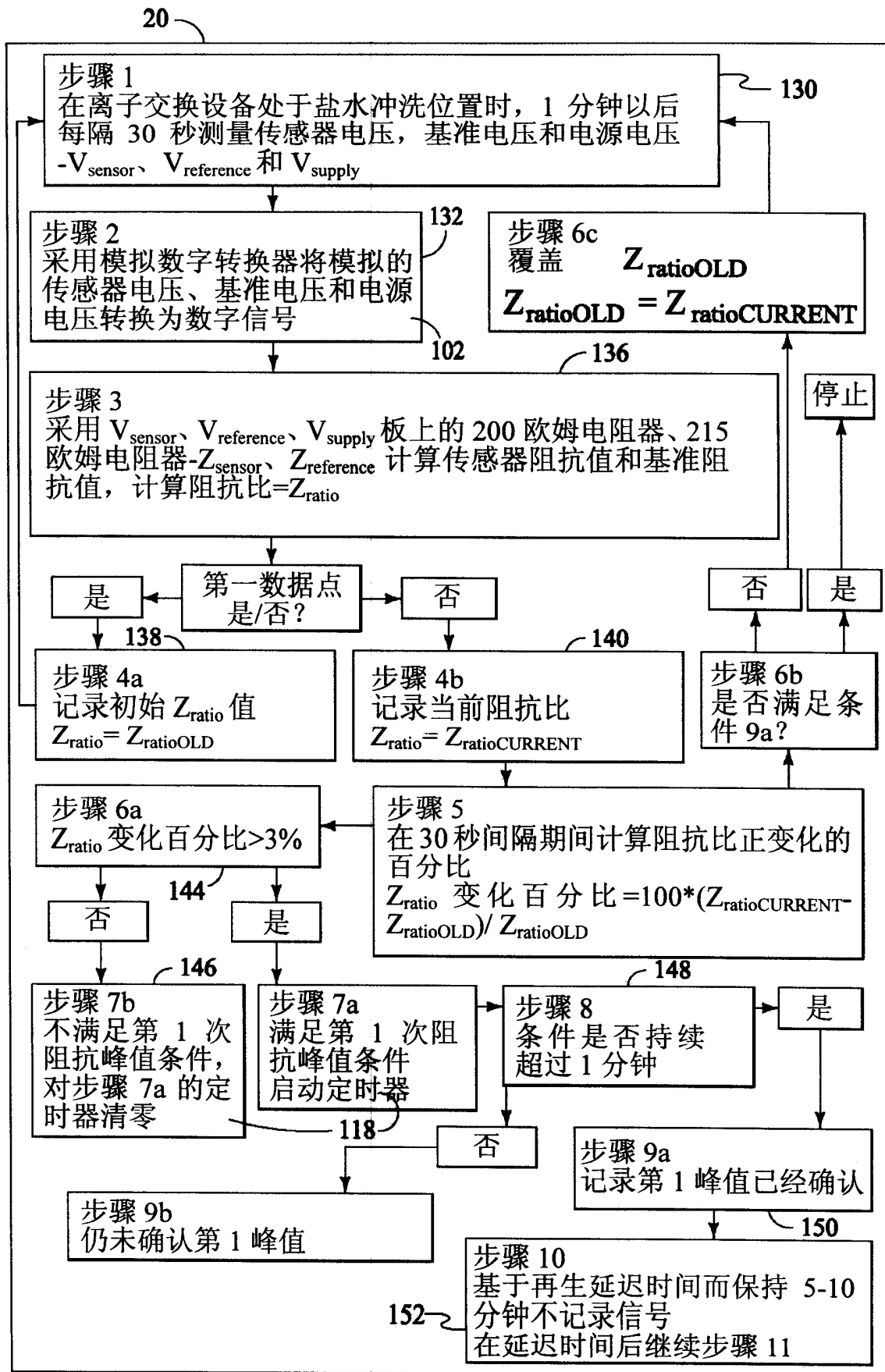


图 4

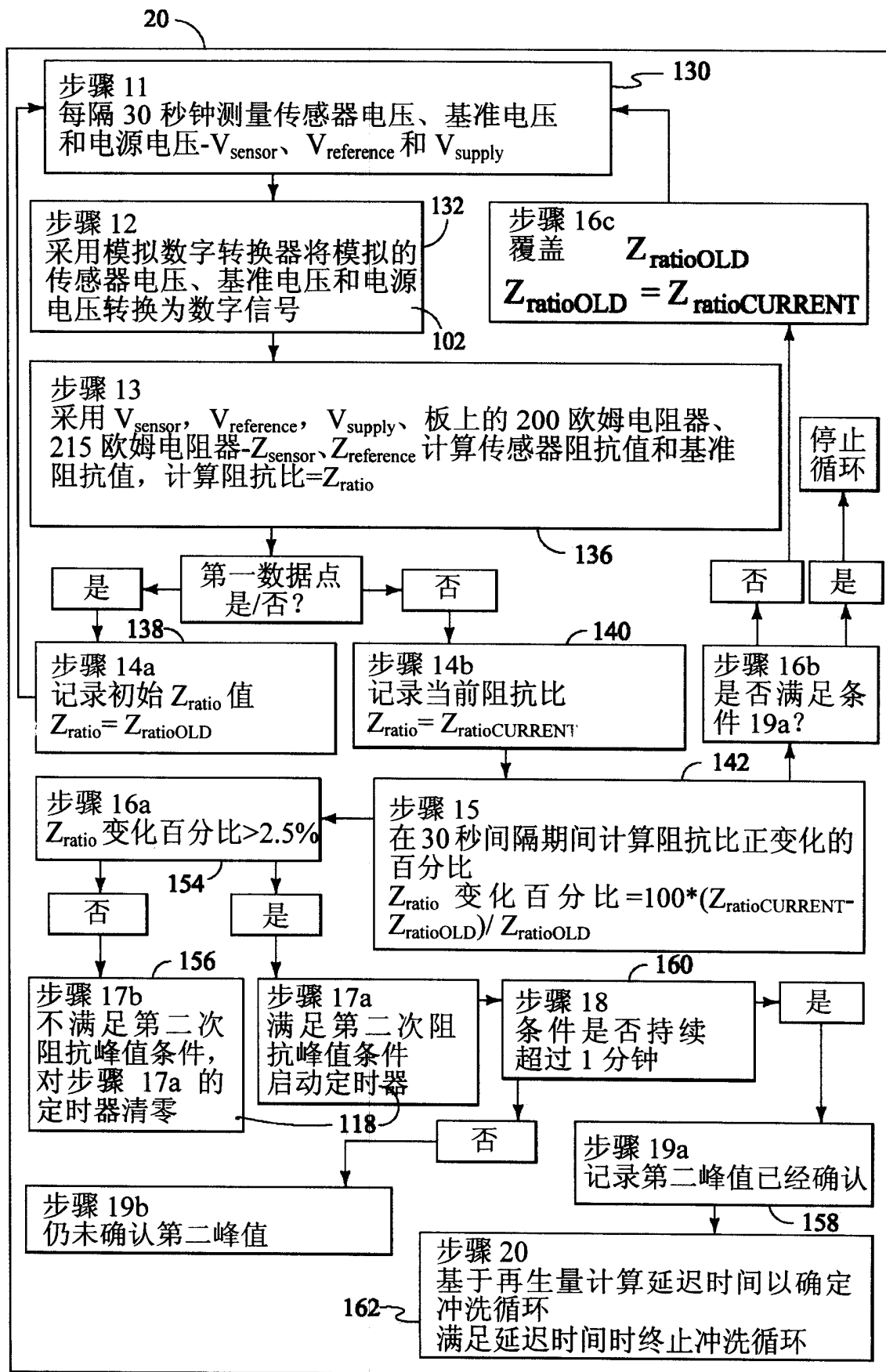


图 5