(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110563164 A
(43)申请公布日 2019.12.13

(21)申请号 201910976265.8

(22)申请日 2019.10.15

(71)申请人 中国大唐集团科学技术研究院有限公司华东电力试验研究院
地址 236000 安徽省合肥市高新区创新大道666号赛为智能大厦
申请人 大唐锅炉压力容器检验中心有限公司
大唐淮北发电厂 西安交通大学

(72)发明人 梁琳琳 张达光 慕晓炜 陈皓 薛怀标 徐浩

(74)专利代理机构 合肥市浩智运专利代理事务所(普通合伙) 34124
代理人 叶濛濛

(51)Int.Cl.
C02F 5/00(2006.01)
C02F 101/10(2006.01)

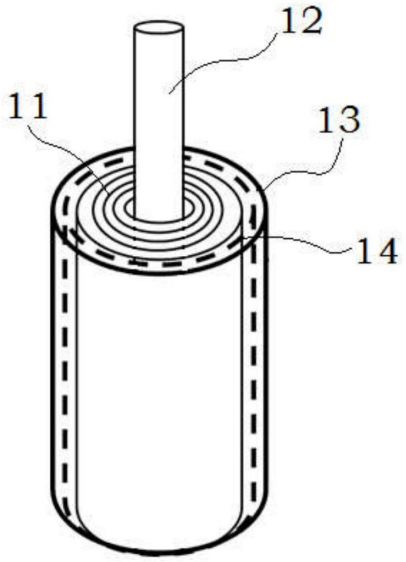
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

卷绕式电化学反应器、除垢方法及换热器

(57)摘要

本发明公开一种卷绕式电化学反应器，涉及电化学反应技术领域，本发明包括第一阳极、第二阳极、阴极和绝缘层；第一阳极卷绕在第二阳极上，阴极卷绕在第一阳极上，绝缘层位于第一阳极和阴极之间。本发明还提供一种包括上述卷绕式电化学反应器的换热器。本发明的有益效果在于：利用阴极高碱度区域除垢的电化学除垢技术相比，在处理过程中没有水垢析出，无需设计大量的部件或装置来完成阴极上水垢的刮除及外排，由此能够极大的简化设备设计，减少人工干预，同时构造简单，维护方便，成本低廉。



CN 110563164 A

1.一种卷绕式电化学反应器，其特征在于：包括第一阳极、第二阳极、阴极和绝缘层；所述第一阳极卷绕在第二阳极上，所述阴极卷绕在第一阳极上，所述绝缘层位于第一阳极和阴极之间。

2.根据权利要求1所述的卷绕式电化学反应器，其特征在于：所述第一阳极的材质为多孔柔性导电材料。

3.根据权利要求1所述的卷绕式电化学反应器，其特征在于：所述第二阳极呈棒状或管状。

4.根据权利要求3所述的卷绕式电化学反应器，其特征在于：所述第二阳极为碳电极、贵金属电极或金属氧化物电极。

5.根据权利要求1-4中任一项所述的卷绕式电化学反应器，其特征在于：所述第一阳极沿第二阳极的轴径向卷绕在第二阳极上，形成具有多层结构的圆柱状阳极。

6.根据权利要求1所述的卷绕式电化学反应器，其特征在于：所述阴极的材质为多孔柔性导电材料。

7.一种采用权利要求1所述的卷绕式电化学反应器的除垢方法，其特征在于：包括以下步骤：

(1)通电后，待处理水体流经第一阳极和第二阳极，在第一阳极和第二阳极之间形成酸性区域；

(2)待处理水体中的碱性离子与第一阳极和第二阳极产生的酸性区域反应后，流出卷绕式电化学反应器。

8.一种采用权利要求1所述的卷绕式电化学反应器的换热器，其特征在于：包括壳体、卷绕式电化学反应器、水箱和若干换热管；所述卷绕式电化学反应器、水箱和换热管均位于壳体内；所述壳体上设有溶液进口和溶液出口；所述水箱内容纳介质，所述壳体内容纳换热溶液；

所述水箱的一端与壳体侧壁连通，所述卷绕式电化学反应器位于水箱与壳体端部之间，所述水箱侧壁与任一换热管的端部连通，所述换热管背离卷绕式电化学反应器设置，所述溶液进口靠近卷绕式电化学反应器设置。

9.根据权利要求8所述的换热器，其特征在于：所述卷绕式电化学反应器包括第一卷绕式电化学反应器和第二卷绕式电化学反应器，所述第一卷绕式电化学反应器和所述第二卷绕式电化学反应器分别位于壳体的两端；所述第一卷绕式电化学反应器分别与壳体的两侧连接，所述第二卷绕式电化学反应器分别与壳体的两侧连接。

10.根据权利要求9所述的换热器，其特征在于：所述第一卷绕式电化学反应器的轴线与壳体的端面平行；所述第二卷绕式电化学反应器的轴线与壳体的端面平行。

卷绕式电化学反应器、除垢方法及换热器

技术领域

[0001] 本发明涉及电化学反应技术领域，具体涉及一种卷绕式电化学反应器、除垢方法及换热器。

背景技术

[0002] 为减少循环水处理系统中因循环水中成垢离子的浓缩对管道及设备产生不利的影响，因此常采用电化学方法对水进行处理。

[0003] 现有的电化学方法处理过程中，水中的成垢离子在阴极区域析出，以水垢沉积的方式沉积在阴极板上，因此需要设计大量的部件或装置来完成阴极上水垢的刮除及外排，导致现有的电化学设备都比较庞大且处理效率较低。

[0004] 出于避免水垢处理部件的考虑，电化学阻垢方法被提出，即利用电化学阳极及其所产生的强酸性区域，来实现水体中的碱度消减，使得被处理水体变为高硬度低碱度水体(甚至高硬度无碱度水体)，进而达成防止处理水体在换热器表面结垢的目的。

[0005] 专利201610802332.0公开一种电化学阻垢方法，包括：(1)将电解槽通过隔膜分为阳极室与阴极室，阳极与阴极分别置于阳极室与阴极室中；(2)让待处理的水体经阳极室入口流经阳极室：在通电后，在阳极室内成为酸性区域；利用阳极产生的酸度将流经阳极室的水体中的碱度降低或去除，然后从阳极室出口流出；在阴极室，使用导电液体进行循环流动。但是该方法中的隔膜在使用过程中容易出现损坏，导致阴极室和阳极室联通，从而失去阻垢效果，减少使用寿命。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题之一在于现有的电化学阻垢装置使用寿命较短，从而提供一种卷绕式电化学反应器。

[0007] 本发明通过以下技术手段实现解决上述技术问题的：

[0008] 本发明提供一种卷绕式电化学反应器，包括第一阳极、第二阳极、阴极和绝缘层；所述第一阳极卷绕在第二阳极上，所述阴极卷绕在第一阳极上，所述绝缘层位于第一阳极和阴极之间。

[0009] 工作原理：电源正极与第二阳极连接，电源负极与阴极连接，将本实施例中的卷绕式电化学反应器置于换热器内，运行时，待处理水体通过卷绕式电化学反应器，通电后，多层结构圆柱状阳极内形成酸性区域；利用阳极产生的酸度与流经阳极区域的水体中的碱性离子反应，生成二氧化碳气体或游离态碳酸，使水中的碱性离子减少或消失，然后流出卷绕式电化学反应器，即完成处理过程。

[0010] 有益效果：本发明中的卷绕式电化学反应器能够消减水中碱性离子，减少或消除水垢的生成，与现有电化学阻垢技术相比，在使用过程中不会出现阴极室和阳极室联通的问题，延长使用寿命，简化设备设计，减少人工干预，构造简单，维护方便，成本低廉，可以根据换热器的大小对卷绕式电化学反应器进行调节。

[0011] 优选的，所述第一阳极的材质为多孔柔性导电材料。

[0012] 优选的，所述第一阳极的材质为碳纤维、碳毡或碳布。

[0013] 优选的，所述第二阳极为棒状或管状。

[0014] 优选的，所述第一阳极沿第二阳极的轴径向卷绕在第二阳极上，形成具有多层结构的圆柱状阳极。

[0015] 优选的，所述第二阳极为碳电极、贵金属电极或金属氧化物电极。

[0016] 优选的，所述阴极的材质为多孔柔性导电材料。

[0017] 优选的，所述阴极的材质不锈钢片、铸铁片、铝片、铜片、碳纤维、碳毡或碳布。

[0018] 优选的，所述绝缘层的材质为柔性绝缘材料。

[0019] 优选的，所述绝缘层的材质为无纺布。

[0020] 优选的，多个卷绕式电化学反应器并联。

[0021] 优选的，多个卷绕式电化学反应器串联。

[0022] 优选的，多个卷绕式电化学反应器先串联后并联。

[0023] 本发明解决的技术问题之二在于现有的电化学阻垢装置使用寿命较短，从而提供一种采用卷绕式电化学反应器的除垢方法。

[0024] 本发明通过以下技术手段实现解决上述技术问题的：

[0025] 一种采用卷绕式电化学反应器的除垢方法，包括以下步骤：

[0026] (1)通电后，待处理水体流经第一阳极和第二阳极，在第一阳极和第二阳极之间形成酸性区域；

[0027] (2)待处理水体中的碱性离子与第一阳极和第二阳极产生的酸性区域反应后，流出卷绕式电化学反应器。

[0028] 有益效果：采用本发明的除垢方法简单，减少或消除卷绕式电化学反应器表面的水垢，同时方便维护。

[0029] 本发明解决的技术问题之三在于现有的电化学阻垢装置使用寿命较短，从而提供一种包括卷绕式电化学反应器的换热器。

[0030] 本发明通过以下技术手段实现解决上述技术问题的：

[0031] 一种包括卷绕式电化学反应器的换热器，包括壳体、卷绕式电化学反应器、水箱和若干换热管；所述卷绕式电化学反应器、水箱和换热管均位于壳体内；所述壳体上设有溶液进口和溶液出口；所述水箱内容纳介质，所述壳体内容纳换热溶液；

[0032] 所述水箱的一端与壳体侧壁连通，所述卷绕式电化学反应器位于水箱与壳体端部之间，所述水箱侧壁与任一换热管的端部连通，所述换热管背离卷绕式电化学反应器设置，所述溶液进口靠近卷绕式电化学反应器设置。

[0033] 工作原理：往水箱内注入介质，介质进入换热管内，从溶液进口注入换热溶液，换热溶液依次流经卷绕式电化学反应器、换热管后，经过除碱和换热后，从溶液出口流出。

[0034] 有益效果：能够消减换热器内水中碱性离子，减少换热器使用过程中产生的水垢，减少清理次数，提高换热器的使用寿命。

[0035] 优选的，所述卷绕式电化学反应器包括第一卷绕式电化学反应器和第二卷绕式电化学反应器，所述第一卷绕式电化学反应器和所述第二卷绕式电化学反应器分别位于壳体的两端；所述第一卷绕式电化学反应器分别与壳体的两侧连接，所述第二卷绕式电化学反

应器分别与壳体的两侧连接。

[0036] 优选的，所述第一卷绕式电化学反应器的轴线与壳体的端面平行；所述第二卷绕式电化学反应器的轴线与壳体的端面平行。

[0037] 优选的，所述壳体的侧壁设有介质入口和介质出口，所述水箱包括第一水箱和第二水箱，所述第一水箱位于第一卷绕式电化学反应器的一侧，所述第一水箱的一端与壳体的侧壁连通，所述第一水箱的另一端与壳体的侧壁之间留有间隙，所述介质入口位于第一水箱的端部；

[0038] 所述第二水箱位于第二卷绕式电化学反应器的一侧，所述第二水箱的一端与壳体的侧壁连通，所述第二水箱的另一端与壳体的侧壁之间留有间隙，所述介质出口位于第二水箱的端部；所述第一水箱与第二水箱相对于壳体的中心旋转对称。

[0039] 优选的，所述换热管位于第一水箱与第二水箱之间，所述换热管的一端与第一水箱的侧壁连通，所述换热管的另一端与第二水箱的侧壁连通。

[0040] 优选的，还包括折流挡板，所述折流挡板包括第一折流挡板和第二折流挡板，所述第一折流挡板和第二折流挡板沿壳体的长度方向交错分布，所述第一折流挡板和第二折流挡板位于第一水箱和第二水箱之间。

[0041] 本发明的工作原理：介质从介质入口流入第一水箱内，第一水箱内的介质流入换热管内，然后流入第二水箱中，从介质出口流出，介质在第一水箱、换热管和第二水箱之间流动；

[0042] 换热溶液从换热溶液进口流入壳体内，经过第一卷绕式电化学反应器，去除或部分去除碱性离子后，换热溶液从第一水箱与壳体侧壁之间的间隙流入，经过换热管换热，并通过折流挡板使换热溶液在壳体内部形成迂回流动通道，换热溶液经换热后，从第二水箱与壳体侧壁之间的间隙流出，经过第二卷绕式电化学反应器，继续去除或部分去除碱性离子后，从换热溶液出口流出。

[0043] 本发明的工作原理：电源正极与第二阳极连接，电源负极与阴极连接，将本实施例中的卷绕式电化学反应器置于换热器内，运行时，待处理水体通过卷绕式电化学反应器，通电后，多层结构圆柱状阳极内形成酸性区域；利用阳极产生的酸度与流经阳极区域的水体中的碱性离子反应，生成二氧化碳气体或游离态碳酸，使水中的碱性离子减少或消失，然后流出卷绕式电化学反应器，即完成处理过程。

[0044] 介质从介质入口流入第一水箱内，第一水箱内的介质流入换热管内，然后流入第二水箱中，从介质出口流出，介质在第一水箱、换热管和第二水箱之间流动；

[0045] 换热溶液从换热溶液进口流入壳体内，经过第一卷绕式电化学反应器，去除或部分去除碱性离子后，换热溶液从第一水箱与壳体侧壁之间的间隙流入，经过换热管换热，并通过折流挡板使换热溶液在壳体内部形成迂回流动通道，换热溶液经换热后，从第二水箱与壳体侧壁之间的间隙流出，经过第二卷绕式电化学反应器，继续去除或部分去除碱性离子后，从换热溶液出口流出。

[0046] 本发明的优点在于：

[0047] (1)本发明中的卷绕式电化学反应器能够消减水中碱性离子，减少或消除水垢的生成，与现有电化学阻垢技术相比，在使用过程中不会出现阴极室和阳极室联通的问题，延长使用寿命，简化设备设计，减少人工干预，构造简单，维护方便，成本低廉，可以根据换热

器的大小对卷绕式电化学反应器进行调节；

[0048] (2)本发明能够消减换热器内水中碱性离子，减少换热器使用过程中产生的水垢，减少清理次数，提高换热器的使用寿命。

附图说明

[0049] 图1为本发明实施例1中第一阳极和第二阳极的结构示意图；

[0050] 图2为本发明实施例1中卷绕式电化学反应器的结构示意图；

[0051] 图3为本发明实施例1中换热器的结构示意图；

[0052] 图中：第一阳极11；第二阳极12；阴极13；绝缘层14；壳体21；介质入口211；介质出口212；溶液进口213；溶液出口214；水箱22；第一水箱221；第二水箱222；换热管23；折流挡板24；第一折流挡板241；第二折流挡板242；第一卷绕式电化学反应器251；第二卷绕式电化学反应器252。

具体实施方式

[0053] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0054] 需要说明的是，当元件被称为“固定于”另一个元件，它可以直接在另一个元件上或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件，它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。

[0055] 需要说明的是，在本文中，如若存在第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0056] 实施例1

[0057] 一种卷绕式电化学反应器，如图1和图2所示包括第一阳极11、第二阳极12、阴极13和绝缘层14；第一阳极11卷绕在第二阳极12上，阴极13卷绕在第一阳极11上，绝缘层14位于第一阳极11和阴极13之间。

[0058] 第一阳极11的材质为多孔柔性导电材料，可以为碳纤维、碳毡、碳布或表面经过涂覆处理的钛丝网，但不仅限于碳纤维、碳毡、碳布或表面经过涂覆处理的钛丝网，表面经过涂覆处理的钛丝网为现有技术；第一阳极11卷绕的层数根据实际需要设置；

[0059] 第二阳极12为棒状或管状阳极，第一阳极11沿第二阳极12的轴径向卷绕在第二阳极12上，形成具有多层结构的圆柱状阳极，第一阳极11沿其轴线的长度大于或等于第一阳极的宽度。

[0060] 第二阳极12的材质为碳电极、贵金属电极或金属氧化物电极，但不仅限于碳电极、

贵金属电极或金属氧化物电极;碳电极包括石墨电极或掺硼金刚石电极,金属氧化物电极包括钛基体金属氧化物电极;

[0061] 第二阳极12起支撑和固定的作用,第一阳极11和第二阳极12接触,第二阳极12作为阳极的集流体,导通电流的作用,第一阳极11提高了阳极区域可供反应的电极面积,有利于阳极区域产生更多的酸性物质。

[0062] 为防止第一阳极11从第二阳极12上脱落,可以采用扎带或类似的方式对整个卷绕式电化学反应器包括第一阳极11、第二阳极12、阴极23和绝缘层14进行捆扎,保证卷绕式电化学反应器不会互相错动。

[0063] 阴极13的材质为多孔柔性导电材料,阴极13的材质包括但不限于不锈钢片、铸铁片、铝片、铜片、碳纤维、碳毡或碳布,阴极13卷绕层数为一层,只要包裹住阳极即可。

[0064] 绝缘层14的材质为柔性绝缘材料,具有柔韧性、绝缘性及透水性,绝缘层14的材质包括但不限于无纺布。

[0065] 电源正极与第二阳极12连接,电源负极与阴极13连接,供电方式包括但不限于:直流恒压供电、直流恒流供电、直流脉冲供电、动态电流调整供电模式。

[0066] 为防止颗粒堵塞、影响出水效果,当待处理水体浊度较高(浊度大于10NTU)时,在卷绕式电化学反应器之前设置过滤或沉淀装置,以降低进水浊度;其中过滤或沉淀装置为现有技术。当待处理水体浊度较小(浊度小于等于10NTU),无需在卷绕式电化学反应器设置前置过滤或沉淀装置,直接进水。

[0067] 本实施例的工作原理:电源正极与第二阳极12连接,电源负极与阴极13连接,将本实施例中的卷绕式电化学反应器置于换热器内,运行时,待处理水体通过卷绕式电化学反应器,通电后,多层结构圆柱状阳极内形成酸性区域,利用阳极产生的酸度与流经阳极区域的水体中的碱性离子反应,生成二氧化碳气体或游离态碳酸,使水中的碱性离子减少或消失,被处理水体变为高硬度低碱度水体或高硬度无碱度水体,然后流出卷绕式电化学反应器,即完成处理过程。

[0068] 本实施例有益效果:本发明中的卷绕式电化学反应器能够消减水中碱性离子,减少或消除水垢的生成,与现有电化学阻垢技术相比,在使用过程中不会出现阴极室和阳极室联通的问题,延长使用寿命,简化设备设计,减少人工干预,构造简单,维护方便,成本低廉,可以根据换热器的大小对卷绕式电化学反应器进行调节。

[0069] 实施例2

[0070] 采用实施例1中的卷绕式电化学反应器对水体进行处理:

[0071] 采用扎带对卷绕式电化学反应器进行捆扎,然后将卷绕式电化学反应器放入空心圆管内,圆管的内径与第一阳极的外径相等或略大于第一阳极的外径,避免待处理水体不经过反应体系,圆管的长度根据第二阳极12的长度设置,待处理水体从圆管的一端流入,从圆管的另一端流出,水流与卷绕式电化学反应器接触的时间影响水体中碱度的去除效率,通过控制与卷绕式电化学反应器的控制时间,从而达到减少或消除水体中的碱性离子。

[0072] 待处理水体的进水碱度为2.0mmol/L,待处理水体在圆管内的停留时间为1min时,处理后的水体中碱性离子去除率为8-12%;当停留时间为2min时,处理后的水体中碱性离子去除率为15-18%;当停留时间为4min时,出水碱度去除率为24-28%。

[0073] 实施例3

[0074] 本实施例与实施例1的区别之处在于：设置多个卷绕式电化学反应器，采用扎带对每个卷绕式电化学反应器进行捆扎，然后将卷绕式电化学反应器放入内径与第一阳极11外径相等的圆管内，多个圆管串联设置，使多个多个卷绕式电化学反应器串联设置，卷绕式电化学反应器的个数根据实际需要设定，本实施例中串联的个数为3个，水体经过其中一个卷绕式电化学反应器处理后，与另一个卷绕式电化学反应器接触，提高处理效果。

[0075] 实施例4

[0076] 本实施例与实施例1的区别之处在于：设置多个卷绕式电化学反应器，，且多个卷绕式电化学反应器并联设置，卷绕式电化学反应器的个数根据实际需要设定，本实施例中并联的个数为3个，水体经过所有并联的卷绕式电化学反应器处理同时处理，可以提高处理水量。

[0077] 实施例5

[0078] 本实施例与实施例1的区别之处在于：设置多个卷绕式电化学反应器，多个卷绕式电化学反应器串联设置形成多个处理单元，多个处理单元并联设置，同时提高处理效果和处理水量。

[0079] 实施例6

[0080] 如图3所述，一种包括实施例1中的卷绕式电化学反应器的换热器，包括壳体21、水箱22、换热管23、折流挡板24、卷绕式电化学反应器；

[0081] 壳体21的形状为柱状，壳体21的尺寸根据实际需要设定；壳体21的侧壁设有介质入口211、介质出口212、溶液进口213和溶液出口214，介质入口211和介质出口212分别位于壳体21的两侧，溶液进口213和溶液出口214分别位于壳体21的两侧；介质入口211、介质出口212、溶液进口213和溶液出口214上均设有阀门。

[0082] 卷绕式电化学反应器位于壳体21内，卷绕式电化学反应器的个数根据实际需要设定，本实施例中卷绕式电化学反应器的个数为2个，包括第一卷绕式电化学反应器251和第二卷绕式电化学反应器252，第一卷绕式电化学反应器251和第二卷绕式电化学反应器252分别位于壳体21的两端；

[0083] 第一卷绕式电化学反应器251其第二阳极12的一端与壳体21的内侧壁固定连接，第一卷绕式电化学反应器251其第二阳极12的另一端与壳体21的内侧壁固定连接，第一卷绕式电化学反应器251的轴线与壳体21的端面平行；溶液进口213位于第一卷绕式电化学反应器251与壳体21的端部之间；

[0084] 第二卷绕式电化学反应器252与第一卷绕式电化学反应器251相对于壳体21的中心轴对称设置，第二卷绕式电化学反应器252其第二阳极12的一端与壳体21的内侧壁固定连接，第二卷绕式电化学反应器252的轴线与壳体21的端面平行；溶液出口214位于第二卷绕式电化学反应器252与壳体21的端部之间。

[0085] 水箱位于壳体21内，水箱包括第一水箱221和第二水箱222，第一水箱221位于第一卷绕式电化学反应器251的一侧，第一水箱221的一端与壳体21的侧壁连通，第一水箱221的另一端与壳体21的侧壁之间留有间隙，介质入口211位于第一水箱221的端部；

[0086] 第二水箱222位于第二卷绕式电化学反应器252的一侧，第二水箱222位于第二卷绕式电化学反应器252的一侧，第二水箱222的一端与壳体21的侧壁连通，介质出口212位于第二水箱222的端部，第二水箱222的另一端与壳体21的侧壁之间留有间隙，第一水箱221与

第二水箱222相对于壳体21的中心旋转对称；

[0087] 换热管23位于第一水箱221与第二水箱222之间，换热管23的个数根据实际需要设置，换热管23的一端与第一水箱221的侧壁连通，换热管23的另一端与第二水箱222的侧壁连通。

[0088] 折流挡板的个数根据实际需要设置，折流挡板包括第一折流挡板241和第二折流挡板242，第一折流挡板241和第二折流挡板242沿壳体21的长度方向交错分布，第一折流挡板241和第二折流挡板242位于第一水箱221和第二水箱222之间。

[0089] 工作原理：介质从介质入口211流入第一水箱221内，第一水箱221内的介质流入换热管23内，然后流入第二水箱222中，从介质出口212流出，介质在第一水箱221、换热管23和第二水箱222之间流动；

[0090] 换热溶液从换热溶液进口213流入壳体21内，经过第一卷绕式电化学反应器251，去除或部分去除碱性离子后，换热溶液从第一水箱221与壳体21侧壁之间的间隙流入，经过换热管23换热，并通过折流挡板使换热溶液在壳体21内部形成迂回流动通道，换热溶液经换热后，从第二水箱222与壳体21侧壁之间的间隙流出，经过第二卷绕式电化学反应器252，继续去除或部分去除碱性离子后，从换热溶液出口214流出。

[0091] 有益效果：采用实施例1中的卷绕式电化学反应器，消减或消除换热器使用过程中产生的水垢，减少清理次数，提高使用寿命。

[0092] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

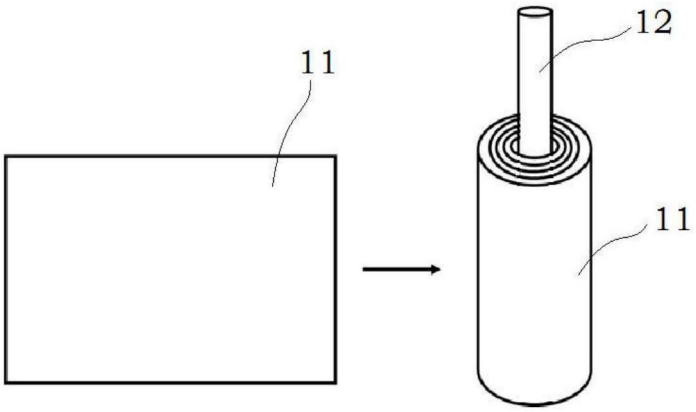


图1

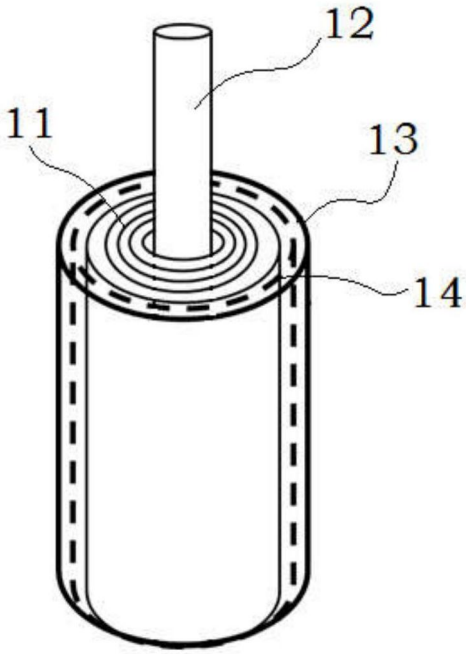


图2

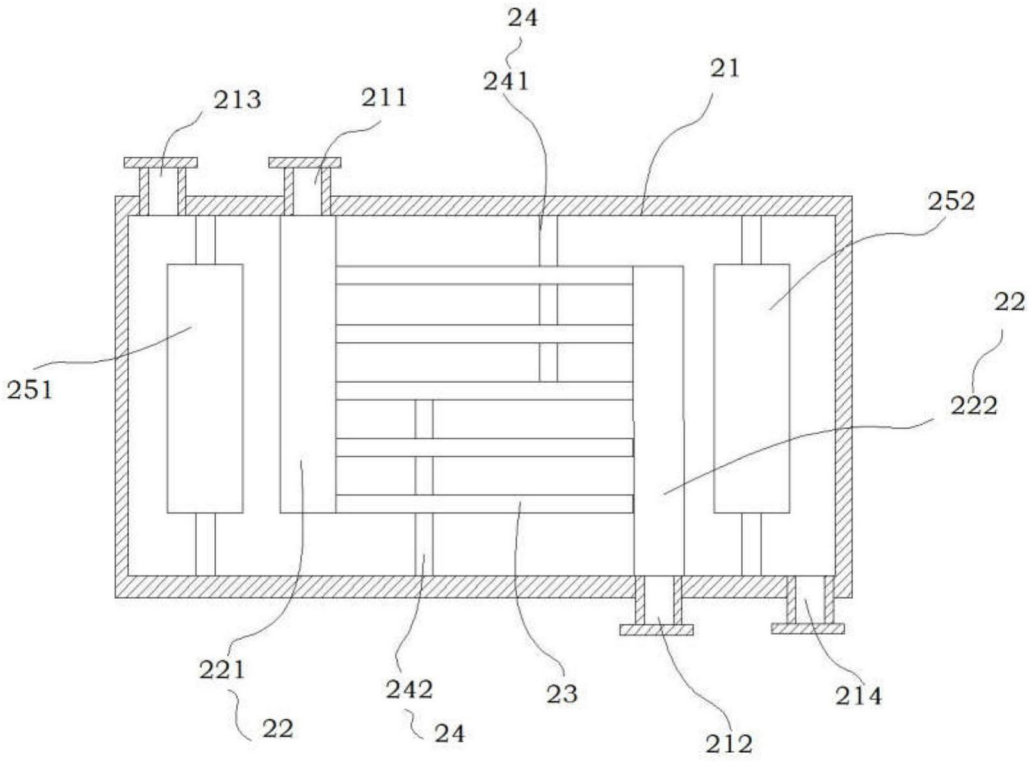


图3