



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105753114 B

(45)授权公告日 2018.11.09

(21)申请号 201610283373.3

EP 2810922 A1, 2014.12.10,

(22)申请日 2016.05.04

审查员 邹卫兵

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105753114 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(73)专利权人 中国科学院城市环境研究所

地址 361021 福建省厦门市集美区集美大道1799号

(72)发明人 郑煜铭 赵飞 苑志华 钟鹭斌

(51)Int.Cl.

C02F 1/469(2006.01)

(56)对比文件

CN 101337717 A, 2009.01.07,

CN 102600726 A, 2011.01.25,

CN 103265098 A, 2013.08.28,

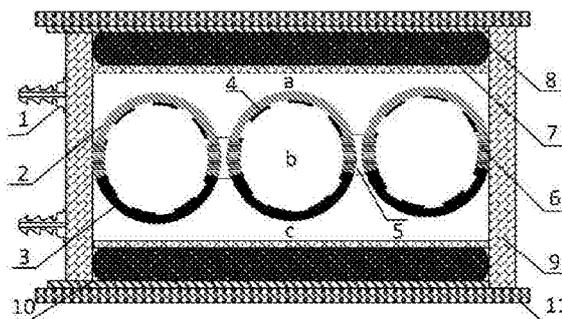
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种实现连续淡化产水的多腔室电吸附脱盐技术与装置

(57)摘要

一种能够进行持续脱盐工作的电吸附脱盐技术方法和一种实现装置,可应用于海水脱盐或重金属处理。该发明具体结合了电渗析多腔室和膜电容去离子的应用离子交换膜的技术特点。该技术方法通过离子交换膜和电极材料电吸附的协同操作运转,使得各个腔室内水质分别进行净化或浓缩,实现了在单个脱盐模块基础上的连续脱盐。产出的淡化和富集盐水可同时收集。并且基于该发明的工作原理,其装置能够在电极材料电吸附饱和的基础上进一步提高脱盐处理量。



1. 一种连续淡化多腔室电吸附脱盐装置,其特征在于,该脱盐装置的电吸附脱盐组件包括:阳离子膜,阴离子膜,离子膜支撑网架,绝缘固定配件,离子膜夹持固定板块,固定隔网,电极材料,金属板集流体,8个电吸附脱盐组件的连接关系为:阳离子膜和阴离子膜分别附于离子膜支撑网架的两侧,并使用离子膜夹持固定板块进行夹持紧固,进一步使用绝缘固定装置,装载于装置腔体内,并将装置内部空间分为三个相互隔离的腔室,在靠外侧两个腔室中分别安装金属板集流体,将电极材料贴附于金属板集流体上,并使用固定隔网进行固定,此时8个组件连接完毕。

2. 根据权利要求1所述的一种连续淡化多腔室电吸附脱盐装置,其特征在于,一种配合使用的连续淡化多腔室电吸附脱盐方法:在脱盐过程中对权利要求1中的装置施加周期反转电压,其周期频率与所使用离子交换膜位置的变换操作保持一致。

3. 根据权利要求1所述的一种连续淡化多腔室电吸附脱盐装置,其特征在于,离子膜支撑网架呈圆柱型,在离子膜支撑网架的两侧分别贴附阳离子膜和阴离子膜,膜的交界处用离子膜夹持固定板块紧固。

4. 根据权利要求1所述的一种连续淡化多腔室电吸附脱盐装置,其特征在于,电极上施加的适宜的电压在0.8V-1.6V范围内。

5. 根据权利要求1所述的一种连续淡化多腔室电吸附脱盐装置,其特征在于,所述腔室包括一个淡水腔室和两个浓缩水腔室。

6. 根据权利要求1-5任一项权利要求所述的一种连续淡化多腔室电吸附脱盐装置,其特征在于,离子膜支撑网架在离子膜夹持固定板块中旋转,使阴、阳离子交换膜的位置转换。

7. 根据权利要求2-5任一项权利要求所述的一种连续淡化多腔室电吸附脱盐装置的使用方法,其特征在于,在脱盐操作时,对装置施加正负交替电压,在电压交替的同时,进行装置内阳、阴离子交换膜位置的转换。

## 一种实现连续淡化产水的多腔室电吸附脱盐技术与装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种可连续脱盐工作的电吸附脱盐技术方法和一种实现装置,属于水处理脱盐技术领域。

### 背景技术

[0002] 在电容去离子技术是一种基于双电层电容理论的水处理脱盐技术。相比较于其它的脱盐技术,如反渗透、膜蒸馏、电渗析、离子交换、多级闪蒸等,其具有能耗低、无二次污染、材料循环使用寿命长的比较优势。经典的装置模型由一对平行板电极构成主体部分,加上水流导口,水流驱动装置和外部电源等部分。其中电极是由集流体,电极材料,隔膜,和外体框架等部分构成。在电极两端施加低电压后,溶液中阴、阳离子各自迁移至两端的电极溶液界面形成双电层,从而使水体达到脱盐的效果。待电极上离子吸附饱和后停止电压,此时双电层放电,被吸附的离子再迁移到水体中,得到富集盐水。同时电极材料得到再生,进行下一个脱盐循环。

[0003] 基于电容去离子的双电层电容原理,传统经典的电吸附装置在电极双电层充放电过程中,交替产出净化水和浓缩水。这与其他水处理脱盐技术如膜蒸馏、正渗透、电渗析等能够连续产出净化水的这一特征不同。而目前一些实现连续产水的CDI装置,是通过多个电容器单元叠加,净化水交替产出的这个途径来实现的。这增加了CDI这一低能耗技术的经济成本,且增加了实际操作中的协同和维护难度。如U.S.Pat.No. 6,661,643 B2专利提出了一种可实现连续脱盐和能量回收利用的电吸附脱盐装置,其装置的具体操作和功能的实现是依靠两个以上脱盐模块的协同操作来完成的。

[0004] Rommerskirchen等人(A. Rommerskirchen, Y. Gendel, M. Wessling, *Electrochemistry Communications*, 2015, 60: 34-37)报道了一种命名为FCDI (Flowing carbon deionization)的电吸附脱盐装置,其电极为使用活性炭粉末的流动相,并通过与离子半透膜的结合,实现了装置可以连续产出淡化水和浓缩水的功能。在1.0 g/ml的处理盐水条件下,其电极材料脱盐率为260 mg/g,远远高于当前文献报道中经典CDI 技术电极材料的脱盐率。其装置的流动式电极,通过在管道的水溶液中混入活性炭粉末来实现。而这增大了电极电压消耗和电路的欧姆电压降,且装置的电极材料循环流动实际操作时较复杂,增加了驱动能量消耗,于产业化发展有阻。且电吸附单元上的“蛇形”管道电极,相比于腔体片状电极,与水体的有效接触面积有所降低。此外,基于FCDI装置的设计思路,该体系不能使用当前CDI技术普遍采用的膜材料和块体材料。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供了一种能够进行连续脱盐工作的电吸附脱盐技术设计方法和一种实现装置,在单个脱盐模块上实现了净化水和浓缩水同时产出。该体系结合了电渗析多腔室和MCDI (Membrane capacitance deionization)离子交换膜的技术特点。且一般常用的活性炭、碳气凝胶、碳纤维、石墨烯等材料或复合材料都可以适用作为该装置的电极

材料。在同等实验条件下,使用该装置,其电极材料的脱盐率可以有很大的提升。

[0006] 本发明的一个目的在于提供一种能够进行连续脱盐工作的电吸附脱盐系统的设计方法。

[0007] 本发明的另一个目的在于提供一种基于以上方法的多腔室电吸附脱盐装置及配套操作方法。

[0008] 本发明提出的用于脱盐的电吸附装置,由一个或多个电吸附脱盐单元,配合辅助构件构成。电吸附脱盐模块包括2.阴离子膜,3.阳离子膜,4离子膜支撑网架,5橡胶固定架,6.离子膜夹持固定板块,7.固定隔网,8.电极材料,10.金属板集流体部分。将电吸附脱盐模块夹持在板槽之间,模块使用数量可根据产水量需求自行增添。并通过板槽边缘加入垫圈,压紧螺栓、螺母的方式达到固定、防渗水的目的。

[0009] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:将待处理的盐水通过进水导口分别进入装置中的三个腔室中,在电极上施加适宜的电压1.4V(以能抵消欧姆电压降,同时避免水的电解反应为宜)后,以电极阴极一端为例,腔室b盐水中的 $\text{Na}^+$ 透过靠近阴极电极侧的阳离子膜,迁移扩散到阴极一端,被吸附到电极材料上。同理,阳极一端的电极材料上吸附了 $\text{Cl}^-$ 等带负电电荷离子。腔室a,c中的盐水浓度有所提高,腔室b中的水质得到了淡化。待电极材料电吸附饱和后,即腔室b中溶液电导率趋于平衡后,旋转柱型离子膜构件,使得阳离子膜,阴离子膜的位置互换,随后电极两端电压进行反转。电极材料进行脱吸附再生。阴极电极材料上吸附的 $\text{Na}^+$ 在反向电压的作用下迅速脱吸附,且在阴离子交换膜的阻隔下,只释放于腔室a。同时,腔室b中的 $\text{Cl}^-$ 等带负电荷离子在腔室a中电场力和 $\text{Na}^+$ 带相反电荷的吸引下,透过阴离子膜进入腔室a,部分离子中和腔室a中的带相反电荷的 $\text{Na}^+$ ,部分离子吸附于阳极端的电极材料上。脱盐模块的阳极一侧,基于同理。该进程使得腔室b中的水质进一步淡化,而腔室a,c中的盐水浓度进一步提高。上述为一个操作周期。经过周期循环作业,同时通过控制浓缩水腔室的出水量和出水速率,可控制淡化水离子浓度,使得淡水腔室的产出水达到淡化水或去离子水浓度的标准。

[0010] 本发明提出的用于连续脱盐的电吸附脱盐技术方法和装置,相比较于传统电容去离子装置,有益效果如下所述。

[0011] 1.传统的CDI装置基于其双电层电容的基本原理,淡化水和浓缩水交替流出。不能进行连续脱盐,或者需要多个CDI单元交替进行来实现。本发明提出的设计理念,其CDI脱盐单元在双电层充电/放电的过程中,皆可进行脱盐,真正意义上实现了单个模块的连续脱盐操作。其淡化水和浓缩水分别由两个管道产出,使得电吸附脱盐技术在今后实际应用上更加简捷方便。

[0012] 2.相比于新近出现的FCDI技术,该装置体系在实现类似功能的同时,仍使用固定式电极。这使得该装置对可使用电极材料的选择性低,适用面更广。多种经文献报道的脱盐效果显著的碳材料如碳气凝胶,有序介孔碳,活性碳纤维,石墨烯等和掺杂复合材料,或者更经济成本的商业碳布,活性碳等等,这些化学性质较稳定的碳材料,都可以应用于该装置体系。

[0013] 3.CDI脱盐操作过程中,装置上施加低电压,待电极材料对离子吸附逐渐达到饱和后,产出淡化水。所以装置脱盐量有赖于所用电极材料的双电层电容和离子饱和电吸附量。而该发明在脱盐操作时,基于其方法原理,装置在电极材料双电层吸附离子饱和的基础上,

可进一步电吸附脱盐,且电极材料再生速率更快。这大大提高了所使用电极材料的脱盐效果和装置的盐水处理量。或者可用于减少电极材料使用量,提高可处理盐水的浓度。此外,通过控制浓缩水室的出水速率,可以灵活调控产出淡化水的离子浓度,可满足不同淡化需求。

## 附图说明

[0014] 图1是本发明的装置剖面图;

[0015] 图1中,包括1.富集水出水导口(两个),2.阴离子膜,3.阳离子膜,4离子膜支撑网架,5绝缘固定装置,6.离子膜夹持固定板块,7.固定隔网,8.电极材料,9.支撑固定板,10.集流体,11.装置框架板。装置内部包括a.富集水腔室,b.净化水腔室,c.富集水腔室。

[0016] 图2是本发明装置的侧面半剖面图;

[0017] 图2中,包括2.阴离子膜,3.阳离子膜,6.离子膜夹持固定板块,12.进水导口(三个),13.淡化水出水导口,14.固定板。

[0018] 图3是装置输入电压的工作图。

[0019] 具体实施方法

[0020] 以下结合附图对本发明的实施例做进一步详述。

[0021] 一种连续电吸附脱盐水处理装置,包括脱盐模块和辅助配件1.进水导口,12出水导口,9.支撑固定板,11装置框架板。其中脱盐模块由2.阴离子膜,3.阳离子膜,4离子膜支撑网架,5橡胶固定架,6.离子膜夹持固定板块,7.固定隔网,8.电极材料,10.金属板集流体这些部分构成。本发明脱盐模块的特征是在一对电极复合体之间装配了具有离子选择性透过功能的柱形构件。该构件设计为,将2阴离子膜,3阳离子膜分别贴附在圆柱型离子膜支撑网架的一侧,膜与膜交界处用6夹持板块紧固,附于4支撑网架表面。其中,贴附有离子膜的4支撑网架可以在6离子膜夹持板块中旋转。之后将各个支撑网架依次安装在5橡胶固定架上。5橡胶固定架与6夹持板块之间形成凹凸受面,并有一定弹性,以利于施加外部压力紧固和防止水液通过。且两者都绝缘,不导电。而两端的电极为金属板集流体、电极材料和固定隔网依次紧密接触的叠加复合体。

[0022] 进一步,集流体可以是钛钎合金、钛、不锈钢、紫铜、石墨、导电聚合物或任何较长耐受性的金属或非金属材料。电极材料可以是活性碳粉末、碳气凝胶、碳纤维、碳纳米管、石墨烯、介孔碳或含两种成分以上的碳掺杂复合材料。两个电极中的集流体各伸出一部分作为电极极耳,可与外部电源接通。

[0023] 进一步,由成对的电极和处于中间的离子膜构件组成一个脱盐模块,并且其内部空间分隔为三个腔室,包括一个淡化水腔室和两个富集水腔室。进一步,将组装好的一个或多个串联脱盐模板两端夹持9支撑固定板和11装置框架板,外沿用螺栓螺母固定夹紧。

[0024] 脱盐装置构建完毕之后,将待处理盐水通过图2中的三个进水导口12,分别进入到腔室a,b,c中。电极上持续施加周期性正负低电压,配合柱型构件位置的周期转换,进行连续脱盐操作。处于14固定板边侧的两个进水导管并于一处,由一个蠕动泵供给待处理盐水,分别进入到腔室a,c后,从两个出水导口1流出,且并为一个流道,此流道为富集水产出。而处于中间位置的进水导口12,离子膜包覆的腔室b和图2中的出水导口13构成另一个流道,为淡化水产出。



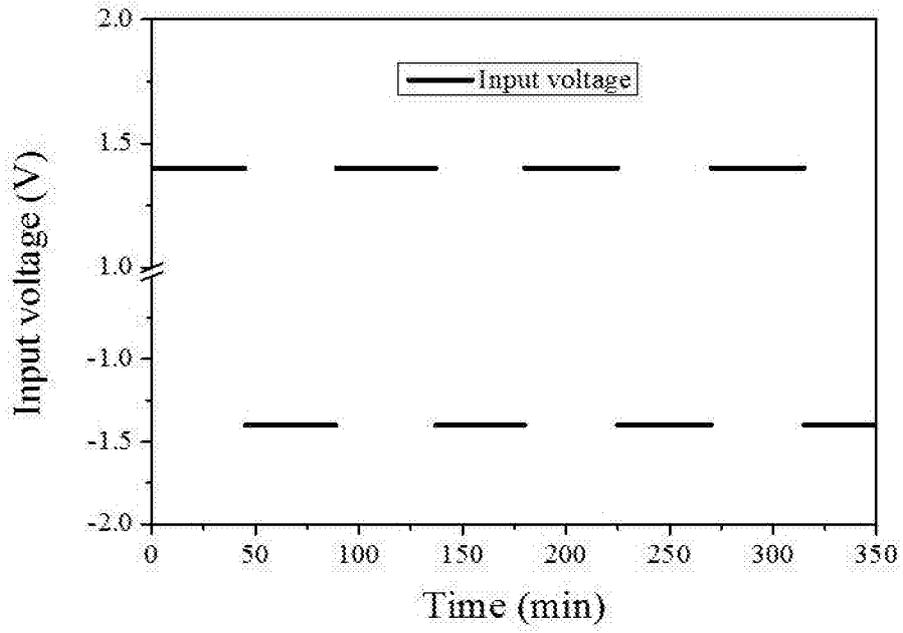


图3