[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710110467.1

[51] Int. Cl.
C02F 1/04 (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01)
C02F 1/52 (2006.01)
C02F 103/02 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 12 月 10 日

[11] 公开号 CN 101318716A

[22] 申请日 2007.6.7
[21] 申请号 200710110467.1
[71] 申请人 天津工业大学
地址 300160 天津市河东区程林庄路 63 号
[72] 发明人 吕晓龙
[74] 专利代理机构 天津三元专利商标代理有限责任公司
代理人 郑永康

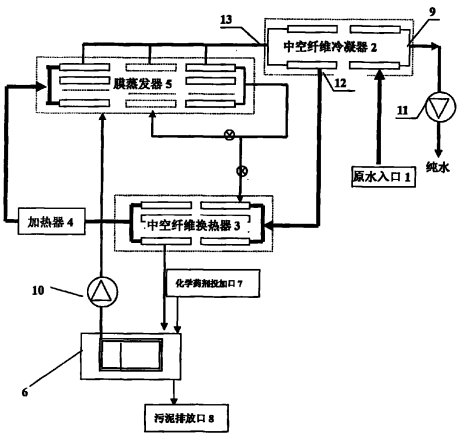
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种膜蒸发浓缩液体处理系统及处理方法

[57] 摘要

本发明提供一种液体分离的膜浓缩蒸发浓缩系统和方法。 膜蒸发浓缩液体处理系统包括依次连接起来的中空纤维冷凝器、中空纤维换热器、加热器、中空纤维膜蒸发器；上述中空纤维冷凝器对蒸汽进行冷凝，并对原水进行预热；上述中空纤维换热器利用从膜蒸发器中排出的部分浓缩水对原水进行二次预热；上述加热器将原水加热至规定温度；上述中空纤维膜蒸发器对原水进行蒸发过滤。 根据本发明的膜蒸发浓缩液体处理方法，原水首先通过原水入口进入中空纤维冷凝器，原水被加热，同时中空纤维冷凝器使透过膜的蒸汽冷却凝结，原水被二次加热后，进入加热器中，被加热至规定温度后，进入膜蒸发器中逐级蒸发。 本发明大大减少污水排放量，可以最大限度地回收热能和提高水回收率，降低膜蒸发浓缩系统运行成本，实现工业污水净化回用，达到节水减排的目的。



1、 一种膜蒸发浓缩液体处理系统，其特征在于，包括:

依次连接起来的中空纤维冷凝器(2)、中空纤维换热器(3)、加热器(4)、中空纤维膜蒸发器(5);

上述中空纤维冷凝器(2)对蒸汽进行冷凝，并对原水进行预热;

上述中空纤维换热器(3)利用从膜蒸发器(5)中排出的部分浓缩水对原水进行二次预热;

上述加热器(4)将原水加热至规定温度;

上述中空纤维膜蒸发器(5)对原水进行蒸发过滤。

2、 根据权利要求1所述的膜蒸发浓缩液体处理系统，其特征在于:

上述中空纤维冷凝器(2)具有原水入口(1)、原水出水口(12)、冷凝纯水出水口(9)以及蒸汽入口(13);原水通过原水入口(1)进入中空纤维冷凝器(2)，从膜蒸发器(5)排出的蒸汽通过蒸汽入口(13)进入到中空纤维冷凝器(2)中被冷凝，原水同时被加热，初步加热后的原水通过原水出水口(12)排出中空纤维冷凝器(2)，冷凝后的纯水通过冷凝纯水出水口(9)排出到系统外侧。

3、 根据权利要求2所述的膜蒸发浓缩液体处理系统，其特征在于:

在冷凝纯水出水口(9)后面设置负压泵(11)，采用负压抽吸，将水蒸气导入冷凝器(2)中进行冷凝收集。

4、 根据权利要求1所述的膜蒸发浓缩液体处理系统，其特征在于:

在中空纤维换热器(3)和膜蒸发器(5)之间还设置有浸没式膜反应过滤装置(6)，从膜蒸发器(5)中排出的部分浓缩水在中空纤维换热器(3)中与原水进行换热后，从浓缩水出水口排放到固化处理装置中过滤。

5、 根据权利要求4所述的膜蒸发浓缩液体处理系统，其特征在于:

上述固化处理装置为浸没式膜反应过滤装置(6)，其上还设置有:化学药剂投加口(7)、污泥排放口(8)、负压泵(10);

膜过滤水则通过负压泵(10)抽吸，输送至膜蒸发器(5)，继续浓缩蒸发。

6、 根据权利要求1所述的膜蒸发浓缩液体处理系统，其特征在于:

膜蒸发器(5)中的膜为聚偏氟乙烯中空纤维疏水膜，内径:0.2—3.0mm，壁厚:0.05—1.0mm，膜蒸发器多支并列组成一级，多极串联构成一组。

7、 根据权利要求 1 所述的膜蒸发浓缩液体处理系统，其特征在于:

中空纤维换热器(3)中的膜为聚偏氟乙烯中空纤维，内径: 0.2—3.0mm，壁厚: 0.05—1.0mm，换热器多支并列组成一级，多极串联构成一组。

8、 根据权利要求 4 所述的膜蒸发浓缩液体处理系统，其特征在于:

浸没式膜反应过滤装置（6）采用帘式聚偏氟乙烯中空纤维膜，其中设有空气曝气管。

9、 一种膜蒸发浓缩液体处理方法，其特征在于:

原水首先通过原水入口（1）进入中空纤维冷凝器（2），原水被透过膜的蒸汽加热，同时蒸汽冷却凝结;

原水吸收热量被初步加热后，从中空纤维冷凝器（2）排放进入到中空纤维换热器（3），在中空纤维膜换热器（3）中，原水被从膜蒸发器（5）中排放出来的部分浓缩水二次加热;

最后，原水从中空纤维换热器（3）中排放进入到加热器（4）中，被加热至规定温度后，进入膜蒸发器（5）中逐级蒸发。

10、 根据权利要求 9 所述的膜蒸发浓缩液体处理方法，其特征在于:

部分浓缩水经过中空纤维换热器（3）进行换热后，进入浸没式膜反应过滤装置（6），通过化学药剂投加口（7）投加絮凝剂、酸碱等化学药剂，使高浓度的盐、有机物沉淀，成为污泥，通过排放口（8）排出；膜过滤水则通过负压泵（10）抽吸，输送至膜蒸发器（5），继续浓缩蒸发。

一种膜蒸发浓缩液体处理系统及处理方法

技术领域

本发明涉及一种水处理系统及处理方法，尤其涉及工业循环水净化处理的膜分离处理方法。

背景技术

循环冷却水是工业用水中的用水大项，在石油化工、电力、钢铁、冶金等行业，循环冷却水的用量占企业用水总量的 50-90%，某些电厂、化工企业的冷却水占总用水量的 90-95%。循环冷却水在系统不断地循环使用中，由于水温、流速的变化，水分不断蒸发，无机离子和有机物逐渐浓缩，水中的 Ca^{2+}、Mg^{2+}、Cl^{-}等离子、溶解固体和悬浮物相应增加，加之空气中污染物如灰尘、杂物、可溶性气体以及换热器物料泄露等，引起循环冷却水水质变坏，致使水冷换热等设备产生水垢沉积和腐蚀，造成使用效率和寿命降低，甚至妨碍系统的正常运行。

为了防止钙、镁离子水垢的析出，减少泥团杂质等污垢对传热的影响，控制循环冷却水系统金属腐蚀和控制循环冷却水系统微生物的孳生，目前最有效和最常用的方法则是向循环水中加入大量的缓蚀剂、阻垢剂、分散剂、杀生剂等化学药剂，但这些传统处理方法，不能从根本上解决盐与有机物浓缩引起的各种问题，并且投加各种水处理剂的操作系统复杂、药剂费用高，使循环水的总体浓缩倍数不高、运行管理成本很高。

常规冷却水循环过程中，循环冷却水浓缩到一定倍数必须排出一定的浓水，并补充新水，使冷却水中的含盐量、PH 值、有机物浓度、悬浮物含量控制在一个合理的允许范围。所以节约循环冷却水的新鲜水用量，减少污水排放，可减轻周边环境的水体污染状况，这对保证环境经济的可持续发展，促进生态环境的良性循环，改善少数地区的人居环境状况有着重要的意义。

反渗透法是近 20 年来发展起来的膜技术，在循环水处理系统中，一方面可用于排放污水的净化，处理后的水直接重复利用，减少排放量，另一方面可用于补充水的脱盐处理，提高循环水系统的浓缩倍数。在一定的循环冷却水系统中，只要改变补充水的含盐量，就可以改变循环水系统的浓缩倍数，而提高浓缩倍数是保证整个循环冷却水系统经济运行的关键。但是，采用反

渗透技术，仍存在两个问题：一是反渗透技术对被处理水质预处理要求高，通常要求采用超、微滤技术作为前级处理，而且，原水温度通常不得高于 40℃，导致设备投资高和运行费用高，二是水回收利用率低，一般只能达到 70%左右，仍有 30%左右浓水排放，排放量大。

因此，研究新的水处理技术，降低投资和运行费用，提高水的利用率，减少污水排放，可以取得显著的经济效益和社会效益。

发明内容

本发明的目的是克服现有技术中的缺陷，提供一种液体分离的膜浓缩蒸发浓缩（Membrane Evaporated Concentration）系统和方法。

为了解决上述技术问题，本发明提供一种膜蒸发浓缩液体处理系统，其特征在于，包括：依次连接起来的中空纤维冷凝器 2、中空纤维换热器 3、加热器 4、中空纤维膜蒸发器 5；上述中空纤维冷凝器 2 对蒸汽进行冷凝，并对原水进行预热；上述中空纤维换热器 3 利用从膜蒸发器 5 中排出的部分浓缩水对原水进行二次预热；上述加热器 4 将原水加热至规定温度；上述中空纤维膜蒸发器 5 对原水进行蒸发过滤。

另外，上述中空纤维冷凝器 2 具有原水入口 1、原水出水口 12、冷凝纯水出水口 9 以及蒸汽入口 13；原水通过原水入口 1 进入中空纤维冷凝器 2，从膜蒸发器 5 排出的蒸汽通过蒸汽入口 13 进入到中空纤维冷凝器 2 中被冷凝，原水同时被加热，初步加热后的原水通过原水出水口 12 排出中空纤维冷凝器 2，冷凝后的纯水通过冷凝纯水出水口 9 排出到系统外侧。

而且，在冷凝纯水出水口 9 后面设置负压泵 11，采用负压抽吸，将水蒸气导入冷凝器 2 中进行冷凝收集。

并且，在中空纤维换热器 3 和膜蒸发器 5 之间还设置有浸没式膜反应过滤装置 6，从膜蒸发器 5 中排出的部分浓缩水在中空纤维换热器 3 中与原水进行换热后，从浓缩水出水口排放到固化处理装置中过滤。

另外，上述固化处理装置为浸没式膜反应过滤装置 6，其上还设置有：化学药剂投加口 7、污泥排放口 8、负压泵 10；膜过滤水则通过负压泵 10 抽吸，输送至膜蒸发器 5，继续浓缩蒸发。

而且，膜蒸发器 5 中的膜为聚偏氟乙烯中空纤维疏水膜，内径：0.2—3.0mm，壁厚：0.05—1.0mm，膜蒸发器多支并列组成一级，多极串联构成一组。

而且，中空纤维换热器 3 中的膜为聚偏氟乙烯中空纤维，内径：0.2—

3.0mm，壁厚：0.05—1.0mm，换热器多支并列组成一级，多极串联构成一组。

而且，浸没式膜反应过滤装置6采用帘式聚偏氟乙烯中空纤维膜，其中设有空气曝气管。

本发明还提供一种膜蒸发浓缩液体处理方法，其特征在于：原水首先通过原水入口1进入中空纤维冷凝器2，原水被透过膜的蒸汽加热，同时蒸汽冷却凝结；原水吸收热量被初步加热后，从中空纤维冷凝器2排放进入到中空纤维换热器3，在中空纤维膜换热器3中，原水被从膜蒸发器5中排放出来的部分浓缩水二次加热；最后，原水从中空纤维换热器3中排放进入到加热器4中，被加热至规定温度后，进入膜蒸发器5中逐级蒸发。

另外，部分浓缩水经过中空纤维换热器3进行换热后，进入浸没式膜反应过滤装置6，通过化学药剂投加口7投加絮凝剂、酸碱等化学药剂，使高浓度的盐、有机物沉淀，成为污泥，通过排放口8排出；膜过滤水则通过负压泵10抽吸，输送至膜蒸发器5，继续浓缩蒸发。

通过本发明取得如下效果：

本发明设计了新的膜蒸发浓缩过程，其将具有一定温度的原液与疏水性多孔膜接触，水蒸汽以气态方式穿过多孔膜，在膜的另一侧被脱除和冷凝收集。通过该工艺过程的循环，在膜一侧可以得到原液浓缩物，富集了污水中的无机离子和有机污垢等溶解态污染物质，在膜的另一侧可以得到纯水。这样，纯水可以直接回用，高度浓缩的污水则可采用其他物化方法进行处理，大大减少污水排放量。

另外，本发明采用聚偏氟乙烯中空纤维膜组件作为蒸发器，聚偏氟乙烯中空纤维作为液体加热换热器和冷凝换热器，利用中空纤维加热换热器回收浓水废热，利用中空纤维冷凝换热器回收膜蒸发潜热，利用浸没式膜化学反应装置将浓水中的水回收，从而最大限度地回收热能和提高水回收率，降低膜蒸发浓缩系统运行成本，实现工业污水净化回用，达到节水减排的目的。

而且，在本发明的系统中，待处理的液体可以是自来水、海水或冷却系统排出的热水。将该待处理的液体(原水)进入中空纤维冷凝器使透过膜的蒸汽冷却凝结，同时吸收热量被初步加热，然后进入中空纤维换热器，从浓排水中回收废热，被二次加热，最后进入加热器中被加热至规定温度后，进入膜蒸发器中逐级蒸发。一部分浓缩水返回膜蒸发器当中某一级，继续蒸发；另一部分浓缩水进入固化处理装置，通过投加絮凝剂、酸碱等化学药剂或其

它公知的处理方法，使高浓度的盐、有机物沉淀，通过膜过滤，成为污泥，排放。本发明优选浸没式膜化学反应过滤装置，可以得到含水率较低的污泥。透过浸没式膜的清水被负压抽吸至膜蒸发器继续浓缩。蒸发透过膜的水蒸气在膜组件的冷侧被负压收集，通过冷凝器液化，经过输水泵输送到系统外部供使用。通过该过程的反复循环，可以最大限度地回收热能和提高水回收率，降低膜蒸发浓缩系统运行成本，实现工业污水净化回用，达到节水减排的目的。

附图说明

图 1 是本发明膜蒸发浓缩(MEC) 液体处理系统示意图。

具体实施方式

本发明的系统如图 1 所示。系统主要由以下部件构成：中空纤维冷凝器 2，中空纤维加热换热器 3，加热器 4，中空纤维膜蒸发器 5，固化处理装置。

其中，中空纤维冷凝器 2 具有原水入口 1，原水出水口 12，冷凝纯水出水口 9，以及蒸汽入口 13。原水通过原水入口 1 进入中空纤维冷凝器 2。从膜蒸发器 5 排出的透过膜的蒸汽通过蒸汽入口 13 进入到中空纤维冷凝器 2 中被冷凝，原水同时被加热。初步加热后的原水通过原水出水口 12 排出中空纤维冷凝器 2。冷凝后的纯水通过冷凝纯水出水口 9 排出到系统外侧。

在蒸汽冷凝过程中，如果在膜的蒸汽透过侧直接水冷，会导致冷能损失大。因此，本发明中，在冷凝纯水出水口 9 后面，设置负压泵 11，采用负压抽吸，将水蒸气导入冷凝器 2 中进行冷凝收集。冷凝器的冷凝方式采用原水从冷凝器中空纤维外侧流过的方式，无须外接冷凝水，同时，将原水预热，降低系统能耗。

中空纤维冷凝器 2 的原水出水口 12 通过管线连接到中空纤维换热器 3 上。原水从中空纤维冷凝器 2 排放进入到中空纤维换热器 3，进行原水的二级预热。从膜蒸发器 5 排出的部分浓缩水排入到中空纤维换热器 3 中，作为热源与原水进行换热。

中空纤维换热器 3 的原水出水口与加热器 4 相连接，加热器 4 与膜蒸发器 5 连接。中空纤维换热器 3 的浓缩水出水口与固化处理装置（优选为浸没式膜反应过滤装置 6）相连接。

上述部分浓缩水经过中空纤维换热器 3 进行换热后，被排放进入固化处理装置。在本实施例中，固化处理装置优选为浸没式膜反应过滤装置 6。在浸没式膜反应过滤装置 6 上还设置有：化学药剂投加口 7、污泥排放口 8、负压

泵 10。化学药剂投加口 7 用于投加絮凝剂、酸碱等化学药剂，使高浓度的盐、有机物沉淀，成为污泥，通过排放口 8 排出。膜过滤水则通过负压泵 10 抽吸，输送至膜蒸发器 5，继续浓缩蒸发。

由于换热器循环水温度过高，在换热器内结垢情况严重，常规循环水系统运行的中、后期，往往由于严重结垢而影响换热效果。在电力生产中，循环水突出的问题是在部分换热器中结垢严重，另外也存在运行中含盐量增高，细菌滋生及藻类等问题，腐蚀换热器。在本过程中，采用中空纤维换热器，具有较高的传热面积，而且，中空纤维膜壁厚较薄，可以抵消高分子材料导热率低于金属的缺点，同时，高分子材料的耐盐类腐蚀性远高于金属材料，因此，中空纤维换热器的预期使用寿命比较长。

本发明中，上述中空纤维材料为聚偏氟乙烯或聚丙烯、聚乙烯等疏水性高分子材料。根据处理量的不同，可以将多个膜组件并联或同时串联使用。最好是采用聚偏氟乙烯材料作为膜蒸发器和热交换器。

本发明特点如下:

1、膜蒸发器 5 优选采用聚偏氟乙烯中空纤维疏水膜，内径: 0.2—3.0mm，壁厚: 0.05—1.0mm。膜蒸发器 5 由多支并列组成一级，多极串联构成一组。

2、中空纤维换热器 3 优选采用聚偏氟乙烯中空纤维，内径: 0.2—3.0mm，壁厚: 0.05—1.0mm。换热器 3 由多支并列组成一级，多极串联构成一组。

3、 部分浓缩水返回膜蒸发器 5 当中的某一级，继续蒸发浓缩，另一部分进入浸没式膜过滤装置 6，通过投加絮凝剂、酸碱等化学药剂，使高浓度的盐、有机物沉淀，成为污泥，排放。透过膜的清水被负压抽吸出来，输送至膜蒸发器 5 继续浓缩。

4、 原水进入中空纤维冷凝器 2 使透过膜的蒸汽冷却凝结，同时吸收热量被初步加热，然后进入中空纤维换热器 3，从浓排水中回收废热，被二次加热，最后进入加热器中被加热至规定温度后，进入膜蒸发器 5 中逐级蒸发。

5、高浓度的污水在浸没式膜反应过滤装置 6 中，通过投加絮凝剂、酸碱等化学药剂，使高浓度的盐、有机物沉淀，成为污泥，实现污水减排。

下面描述原水处理过程如下:

原水首先通过原水入口 1 进入中空纤维冷凝器 2。在中空纤维冷凝器 2 中，原水被加热，同时中空纤维冷凝器 2 使透过膜的蒸汽冷却凝结。原水吸收热量被初步加热。然后，原水从中空纤维冷凝器 2 排放进入到中空纤维换热器 3。在中空纤维膜换热器 3 中，从浓排水中回收废热，从而原水被二次加

热。最后，原水进入加热器 4 中，被加热至规定温度后，进入膜蒸发器 5 中逐级蒸发。

部分浓缩水经过中空纤维换热器 3 进行换热后，进入浸没式膜反应过滤装置 6。通过投药口 7 投加絮凝剂、酸碱等化学药剂，使高浓度的盐、有机物沉淀，成为污泥，通过排放口 8 排出。膜过滤水则通过负压泵 10 抽吸，输送至膜蒸发器 5，继续浓缩蒸发。

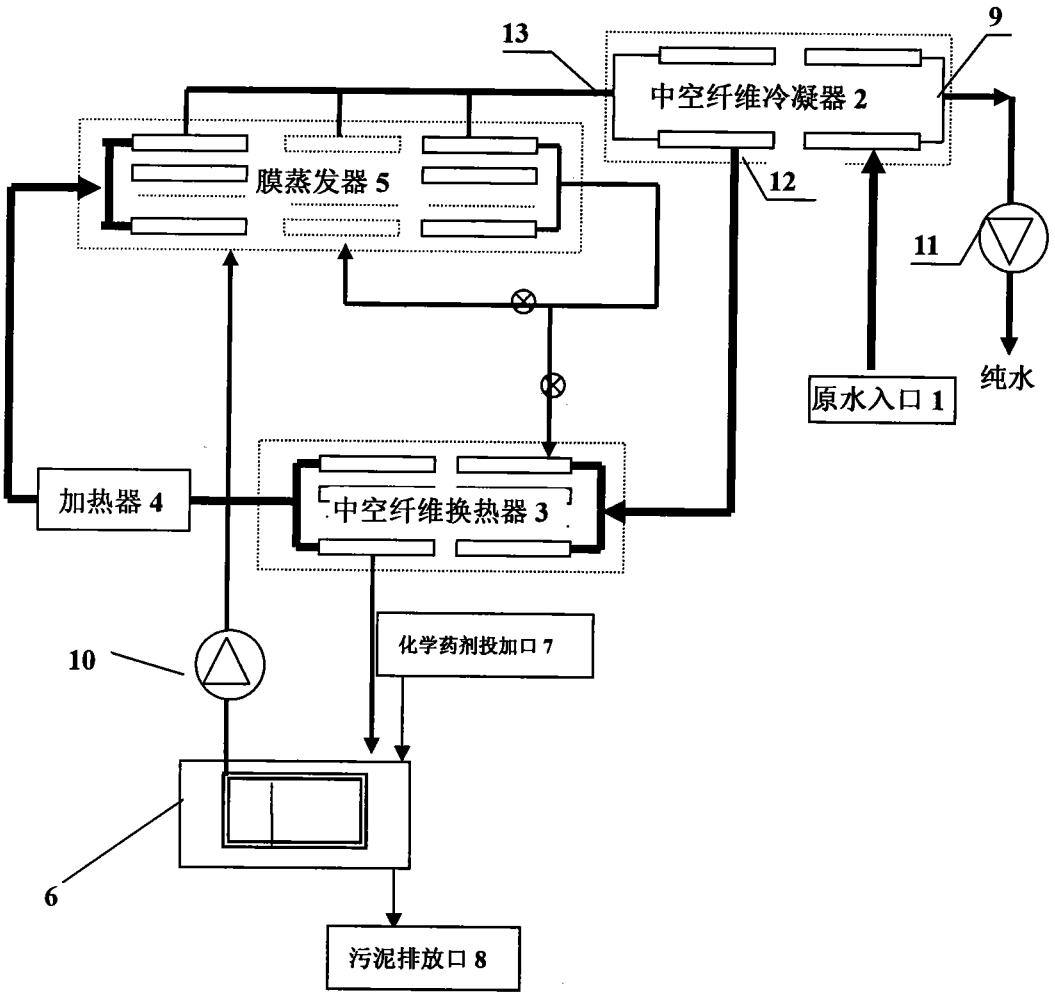

13
9
中空纤维冷凝器 2
膜蒸发器 5
12
11
纯水
原水入口 1
加热器 4
中空纤维换热器 3
10
化学药剂投加口 7
6
污泥排放口 8

图 1