



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117401755 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 16

(21) 申请号 202311524832.9

(22) 申请日 2023.11.15

(71) 申请人 广东工业大学

地址 510080 广东省广州市越秀区东风东
路729号

(72) 发明人 王樟新 王龙超 冯德俊 杨澍

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限
公司 44102

专利代理师 林宇然

(51) Int. Cl.

C02F 1/04 (2023.01)

C02F 1/02 (2023.01)

C02F 103/08 (2006.01)

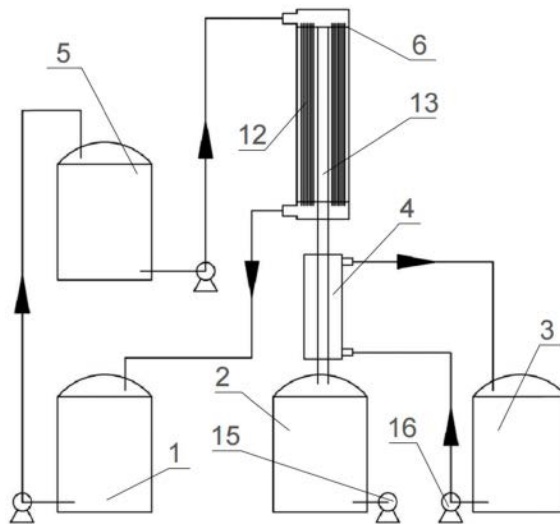
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法和装置

(57) 摘要

本发明公开了一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法。所述方法包括以下步骤：海水首先被加热并与导水纤维材料的一端产生接触，并从导水纤维材料的一端进入至导水纤维材料中，加热海水随着导水纤维材料中的微孔通道向下并向表面扩散，扩散至导水纤维材料表面后蒸发至蒸馏室；开启真空组件，为蒸馏室中空气体系提供真空或低压条件，使得空气体系中蒸发的水蒸气抽出，冷凝，收集，获得冷凝水。基于上述方法，本发明还提供一种真空式的毛细蒸馏装置。本发明提供了一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法和装置，避免了膜材料在膜蒸馏过程中润湿、污染、结垢的问题，能极大地提高海水淡化的产水回收效率，可重复清洗使用，减少污染物附着，降低使用成本。



1. 一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 海水加热后与导水纤维材料的一端端部接触,并从导水纤维材料的一端进入至导水纤维材料中,加热海水随着导水纤维材料中的微孔通道向下并向表面扩散,扩散至导水纤维材料表面后蒸发至蒸馏室;

(2) 开启真空组件,为蒸馏室中的空气体系提供真空或低压条件,使得空气体系中蒸发的水蒸气抽出,冷凝,收集,获得冷凝水。

2. 根据权利要求1所述方法,其特征在于,所述导水纤维材料选自棉花、麻纤维、聚乙烯醇中的一种或多种。

3. 根据权利要求1或2所述方法,其特征在于,所述导水纤维材料选自片状、束状、网状或海绵状中的一种或多种。

4. 根据权利要求1所述方法,其特征在于,所述导水纤维材料的水接触角 $<90^{\circ}$ 。

5. 根据权利要求1所述方法,其特征在于,所述导水纤维材料的微孔通道的孔径范围为 $0.1 \sim 200\mu\text{m}$ 。

6. 根据权利要求1所述方法,其特征在于,海水的加热温度为 $40 \sim 90^{\circ}\text{C}$ 。

7. 一种真空式的毛细蒸馏装置,其特征在于,用于实现权利要求1~6任一项所述真空式毛细蒸馏海水淡化的方法,所述真空式的毛细蒸馏装置包括:

海水储料罐(1),用于储备待蒸发的海水;

前处理组件(5),所述前处理组件(5)包括对海水进行加热的加热模块(7),所述前处理组件(5)与所述海水储料罐(1)相连接;

真空纤维蒸馏组件(6),包括进料室(9)、蒸馏室(10)和收集室(11),所述进料室(9)与所述前处理组件(5)相连通,所述蒸馏室(10)内设置有导水纤维材料(12)中,所述导水纤维材料(12)中的一端与所述进料室(9)相连通并与进料室(9)中的海水相接触,另一端与收集室(11)相连通;所述蒸馏室(10)内还设置有真空管(13),所述真空管(13)的管壁上设置有多个通孔(14),所述真空管(13)远离所述进料室(9)的一端与纯水储罐(2)相连通;所述收集室(11)与海水储料罐(1)相连通;

真空组件(15),用于为蒸馏室(10)和真空管(13)提供真空或低压环境,所述真空组件(15)与所述纯水储罐(2)、真空管(13)相连通;所述真空组件(15)提供的真空或低压环境将导水纤维材料(12)蒸发至蒸馏室(10)的水蒸气从真空管(13)吸出,随后在纯水储罐(2)中收集。

8. 根据权利要求7所述真空式的毛细蒸馏装置,其特征在于,所述前处理组件(5)还包括均质搅拌模块,所述均质搅拌模块包括固定杆(8)和与固定杆(8)相连接并相对固定杆(8)旋转的旋转部(81),所述固定杆(8)远离所述旋转部(81)的一端固定设置于所述前处理组件(5)的顶部;所述加热模块(7)设置于所述前处理组件(5)的底部。

9. 根据权利要求7所述真空式的毛细蒸馏装置,其特征在于,所述真空式的毛细蒸馏装置还包括冷凝组件,所述冷凝组件包括冷凝水循环罐(3)、用于对所述真空管(13)进行冷凝的冷凝室(4)和用于提供水循环动力的冷凝泵(16),冷凝室(4)的两端分别与所述冷凝水循环罐(3)、冷凝泵(16)相连接。

10. 根据权利要求7所述真空式的毛细蒸馏装置,其特征在于,所述真空管(13)包括相互连通的第一管体(17)和第二管体(18),所述第一管体(17)设置于蒸馏室(10)中,所述通

孔(14)设置于所述第一管体(17)的管壁上;所述第二管体(18)远离所述第一管体(17)的一端延伸至纯水储罐(2)中。

一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及水资源回收的技术领域,更具体地,涉及一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法和装置。

背景技术

[0002] 蒸馏法是常见的热分离方法,在浓缩、分离和海水淡化等领域有广泛的用途。目前使用较多的是多效蒸发(MED)技术、多级闪蒸(MSF)及蒸汽压缩冷凝(MVR)技术,这些技术采用传统的蒸馏方法,在此基础上进行改进,达到分离的目的;但蒸馏来说,消耗大量的热量需提高运营成本,蒸发过程中因大量原水的循环和流体的输送,导致操作成本升高,且设备需要更大的传热面积,投资成本高。

[0003] 膜分离是一种以分离膜为核心的新兴分离技术,可通过分离污染物和水,完成高效、低耗的废水处理,目前有将膜分离技术与蒸馏法结合起来的膜蒸馏技术,利用微孔疏水膜将热流侧与冷流侧分隔,两侧形成温差产生蒸汽压差,热侧蒸汽会向冷侧移动并冷凝;膜蒸馏有操作简便,可对极高浓度的水溶液进行处理,可用于混合非挥发性物质的废液进行分离浓缩,过程中无需把溶液加热到沸点,只要膜两侧维持适当的温差,该过程就可以进行,可利用太阳能、地热等廉价能源。

[0004] 但最关键的是膜材料开发的问题,现如今使用的疏水膜运用于膜蒸馏都会有污染、通量低的问题,进而导致膜蒸馏的效率不高,这些缺陷限制了膜蒸馏在实际生活生产中的应用,研究节能和耐用的新型膜和膜组件,减少运行能耗和维护费用,降低产水成本是目前面临的挑战。

[0005] 但是由于现阶段的新型疏水膜材料仍难以实现商业化制备,常规的微孔疏水膜依旧存在许多问题。在膜蒸馏的运行中,由于进料的复杂性,常规疏水膜材料会经常遇到膜润湿、膜污染等问题,导致膜蒸馏过程失效或通量的急剧减少;此外,也存在温差极化使传质阻力变大等问题,因此极大的限制了膜蒸馏技术的大规模商业化进程。此外,现有的膜蒸馏都是水蒸气通过疏水膜的膜孔实现的膜蒸馏,而废水中含有各种小分子物质、杂质都会使得疏水膜的膜孔堵塞,也会极大地影响了膜蒸馏的效率。进一步地,在海水淡化领域而言,也存在产水回收效率较低的问题。因此,开发一种既能解决微孔疏水膜润湿、污染和结垢问题,又能同时提高海水淡化回收效率的蒸馏方法和装置成为亟需解决的技术问题。

发明内容

[0006] 针对上述现有的技术问题,本发明的目的在于提供一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法,所述方法采用导水纤维材料替代传统的疏水膜材料,利用导水纤维材料形成热流通道,通过水蒸气在导水纤维材料表面的自扩散和真空组件形成的蒸汽压差将水蒸汽抽出并冷凝产出纯水,在较低的温度下实现凝结,提高了海水淡化回收效率。

[0007] 本发明的第二个目的在于提供一种真空式的毛细蒸馏装置。

[0008] 本发明上述目的通过以下技术方案实现:

[0009] 一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法,包括以下步骤:

[0010] (1) 海水加热后与导水纤维材料的一端端部接触,并从导水纤维材料的一端进入至导水纤维材料中,加热海水随着导水纤维材料中的微孔通道向下并向表面扩散,扩散至导水纤维材料表面后蒸发至蒸馏室;

[0011] (2) 开启真空组件,为蒸馏室中的空气体系提供真空或低压条件,使得空气体系中蒸发的水蒸气抽出,冷凝,收集,获得冷凝水。

[0012] 现有的疏水纤维膜因膜的疏水性,会导致膜润湿、膜污染、膜结垢等问题,更多在实验室进行实验,难以在市场上进行商业化应用,且目前现有的疏水纤维膜的原理都是在膜左右两侧热压差的作用下,水蒸气通过疏水膜的膜孔实现的膜蒸馏,而海水中含有的各种小分子物质、杂质都会使得疏水膜的膜孔堵塞,进而极大地影响了膜蒸馏的效率。

[0013] 发明人通过长期研究,采用导水纤维材料作为传质介质,替代传统的疏水膜材料进行水蒸气的回收利用。具体而言,本发明中,导水纤维材料的一端与进料室的热海水相接触,在重力和毛细作用下,热海水被亲水的导水纤维材料吸收并随着导水纤维材料的微孔通道在内部形成热流通道,随后热海水在导水纤维材料中进入蒸馏室中,进入蒸馏室后,热流通道中的热海水逐渐扩散至导水纤维材料表面并以水蒸气的形式蒸发并扩散至所述蒸馏室中。而开启真空组件使得蒸馏室形成了真空或低压环境,在真空压力(或低压)的作用下,水蒸气通过真空管上的通孔进入真空管中,冷凝,收集,获得冷凝水。

[0014] 本发明以亲水的导水纤维材料替代了传统的疏水膜材料作为水蒸气的蒸发媒介,避免了膜材料在膜蒸馏过程中润湿、污染、结垢的问题。导水纤维材料内具有微孔通道,热海水可在导水纤维材料中形成热流通道并逐步扩散至导水纤维表面形成水蒸气,再结合真空组件提供的负压条件,能极大地提高海水淡化的产水回收效率。同时,导水纤维材料可重复清洗使用,减少污染物附着,降低使用成本。

[0015] 优选地,所述导水纤维材料选自棉花、麻纤维、聚乙烯醇中的一种或多种。

[0016] 优选地,所述导水纤维材料选自片状、束状、网状或海绵状中的一种或多种。

[0017] 优选地,所述导水纤维材料选自聚乙烯醇片状材料和/或棉布纤维片。

[0018] 优选地,所述导水纤维材料的水接触角 $<90^{\circ}$ 。进一步优选地,所述导水纤维材料的水接触角 $40\sim 85^{\circ}$ 。

[0019] 优选地,所述导水纤维材料的微孔通道的孔径范围为 $0.1\sim 200\mu\text{m}$ 。

[0020] 优选地,所述海水的加热温度为 $40\sim 90^{\circ}\text{C}$ 。更具体而言,所述海水的加热温度可以是 40°C 、 45°C 、 50°C 、 55°C 、 60°C 、 65°C 、 70°C 、 75°C 、 80°C 、 85°C 、 90°C ,本申请不限于此。进一步优选地,所述海水的加热温度为 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。本发明也可以利用低品位热源达到更高的海水淡化效率。

[0021] 优选地,所述冷凝的温度低于所述真空管中水蒸气的温度。更具体而言,所述冷凝的温度可以是 0°C 、 5°C 、 10°C 、 15°C 、 20°C 、 25°C 、 30°C 、 35°C ,本申请不限于此。进一步优选地,所述冷凝的温度为 $0\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。

[0022] 进一步地,本发明请求保护一种真空式的毛细蒸馏装置,用于实现上述真空式毛细蒸馏海水淡化的方法,所述真空式的毛细蒸馏装置包括:

[0023] 海水储料罐,用于储备待蒸发的海水;

[0024] 前处理组件,所述前处理组件包括对海水进行加热的加热模块,所述前处理组件

与所述海水储料罐相连接；

[0025] 真空纤维蒸馏组件,包括进料室、蒸馏室和收集室,所述进料室与所述前处理组件相连通,所述蒸馏室内设置有导水纤维材料,所述导水纤维材料中的一端与所述进料室相连通并与进料室中的海水相接触,另一端与收集室相连通;所述蒸馏室内还设置有真空管,所述真空管的管壁上设置有多个通孔,所述真空管远离所述进料室的一端与纯水储罐相连通;所述收集室与海水储料罐相连通;

[0026] 真空组件,用于为蒸馏室和真空管提供真空或低压环境,所述真空组件与所述纯水储罐、真空管相连通;所述真空组件提供的真空或低压环境将导水纤维材料蒸发至蒸馏室的水蒸气从真空管吸出,随后在纯水储罐中收集。

[0027] 优选地,所述前处理组件还包括均质搅拌模块,所述均质搅拌模块包括固定杆和与固定杆相连接并相对固定杆旋转的旋转部,所述固定杆远离所述旋转部的一端固定设置于所述前处理组件的顶部;更具体而言,所述均质搅拌模块可以是本领域常规使用的均质搅拌装置,如搅拌器等。所述加热模块设置于所述前处理组件的底部。更具体而言,所述加热模块可以是本领域常规使用的加热装置,如加热盘等。

[0028] 优选地,所述真空式的毛细蒸馏装置还包括冷凝组件,所述冷凝组件包括冷凝水循环罐、用于对所述真空管进行冷凝的冷凝室和用于提供水循环动力的冷凝泵,冷凝室的两端分别与所述冷凝水循环罐、冷凝泵相连接。

[0029] 优选地,所述真空管包括相互连通的第一管体和第二管体,所述第一管体设置于蒸馏室中,所述通孔设置于所述第一管体的管壁上;所述第二管体远离所述第一管体的一端延伸至纯水储罐中。

[0030] 优选地,所述进料室上设置有进水口,所述进水口与所述前处理组件相连通;所述收集室设置有出水口,所述出水口与所述海水储料罐相连接。

[0031] 优选地,所述真空组件可以是本领域常规使用的抽真空装置,例如真空泵等。

[0032] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0033] 本发明以亲水的导水纤维材料替代疏水膜材料作为水蒸气的蒸发媒介,避免了膜材料在膜蒸馏过程中润湿、污染、结垢的问题。导水纤维材料内可形成热流通道并在导水纤维材料表面形成水蒸气,再结合真空组件,能极大地增加传质效率。同时,导水纤维材料可重复清洗使用,减少污染物附着,降低使用成本。

附图说明

[0034] 图1为真空式的毛细蒸馏装置的结构示意图。

[0035] 图2为图1中前处理组件的结构示意图。

[0036] 图3为图1中真空纤维蒸馏组件的示意图。

[0037] 图中,1-海水储料罐;2-纯水储罐;3-冷凝水循环罐;4-冷凝室;5-前处理组件;6-真空纤维蒸馏组件;7-加热模块;8-固定杆;81-旋转部;9-进料室;10-蒸馏室;11-收集室;12-导水纤维材料;13-真空管;14-通孔;15-真空组件;16-冷凝泵;17-第一管体;18-第二管体;19-进水口;20-出水口。

具体实施方式

[0038] 以下实施例仅用于示例性说明,不能理解为对本发明的限制。为了更好说明本实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸。对于本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。附图中描述位置关系仅用于示例性说明,不能理解为对本发明的限制。

[0039] 在针对发明的实施方式进行描述时,如有术语“长度”、“宽度”、“厚度”、“高度”“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示方位和位置关系是基于相关附图所示的方位或位置关系,其仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此上述术语不能理解为对本发明的限制。

[0040] 实施例1一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法和装置

[0041] 如图1~3所示,一种真空式的毛细蒸馏装置,包括:海水储料罐1、前处理组件5、真空纤维蒸馏组件6和真空组件15,海水储料罐1用于储备待蒸发的海水;前处理组件5包括对海水进行加热的加热模块7,前处理组件5与海水储料罐1相连接;真空纤维蒸馏组件6包括进料室9、蒸馏室10和收集室11,进料室9与前处理组件5相通,蒸馏室10内设置有导水纤维材料12中,导水纤维材料12中的一端与进料室9相通并与进料室9中的海水相接触,另一端与收集室11相通;蒸馏室10内还设置有真空管13,真空管13的管壁上设置有多个通孔14,真空管13远离进料室9的一端与纯水储罐2相通;收集室11与海水储料罐1相通;真空组件15用于为蒸馏室10和真空管13提供真空或低压环境,真空组件15与纯水储罐2、真空管13相通;真空组件15提供的真空或低压环境将导水纤维材料12蒸发至蒸馏室11的水蒸气从真空管13吸出,随后在纯水储罐2中收集。

[0042] 在本实施例中,前处理组件5还包括均质搅拌模块,均质搅拌模块包括固定杆8和与固定杆8相连接并相对固定杆8旋转的旋转部81,固定杆8远离旋转部81的一端固定设置于前处理组件5的顶部。

[0043] 在本实施例中,加热模块7设置于前处理组件5的底部。更具体而言,加热模块7为加热盘。

[0044] 在本实施例中,装置还包括冷凝组件,冷凝组件包括冷凝水循环罐3、用于对真空管13进行冷凝的冷凝室4和用于提供水循环动力的冷凝泵16,冷凝室4的两端分别与冷凝水循环罐3、冷凝泵16相连接。冷凝水循环罐3和冷凝泵16相连接。

[0045] 在本实施例中,真空管13包括相互连通的第一管体17和第二管体18,第一管体17设置于蒸馏室4中,通孔14设置于第一管体17的管壁上;第二管体1远离第一管体17的一端延伸至纯水储罐2中。

[0046] 在本实施例中,进料室9上设置有进水口19,进水口19与前处理组件5相通;收集室11设置有出水口20,出水口20与海水储料罐1相连接。

[0047] 在本实施例中,真空组件15为真空泵。

[0048] 在本实施例中,进料室9、蒸馏室10和收集室11仅通过导水纤维材料12相通。

[0049] 在本实施例中,还提供了一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法,包括以下步骤:

[0050] (1) 海水加热后与导水纤维材料的一端端部接触,并从导水纤维材料的一端进入至导水纤维材料中,加热海水随着导水纤维材料中的微孔通道向下并向表面扩散,扩散至

导水纤维材料表面后蒸发至蒸馏室；

[0051] (2) 开启真空组件,为蒸馏室中的空气体系提供真空或低压条件,使得空气体系中蒸发的水蒸气抽出,冷凝,收集,获得冷凝水。

[0052] 在本实施例中,导水纤维材料为聚乙烯醇片状材料(湖南科润膜业有限公司提供)。

[0053] 在本实施例中,导水纤维材料的水接触角为 $40.25 \pm 0.53^\circ$,且具有微米级别的微孔通道,导水纤维材料的孔径范围为 $2 \sim 15\mu\text{m}$ 。

[0054] 在具体使用上述方法和装置时,进行过程如下:

[0055] 将海水储料罐中的海水通入前处理组件中,在前处理组件中进行均质和加热,加热后的海水通入进料室中,导水纤维材料与热海水室中的热海水直接接触,热海水从导水纤维材料的一端端部吸收进导水纤维材料中,加热海水随着导水纤维材料中的微孔通道向下并向表面扩散,扩散至导水纤维材料表面后蒸发形成水蒸气,并扩散至蒸馏室中。开启真空组件,使得纯水储罐、真空管和蒸馏室形成负压吸力。在负压吸力的作用下,蒸馏室中导水纤维材料表面蒸发形成水蒸气经真空管抽出,随后经冷凝组件冷凝,最后在纯水储罐中储存。

[0056] 实施例2一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法和装置

[0057] 本实施例和实施例1的区别在于:导水纤维材料为棉布纤维片(湖南科润膜业有限公司提供),接触角为 $64.25 \pm 1.23^\circ$,导水纤维材料的孔径范围为 $20 \sim 60\mu\text{m}$ 。

[0058] 实施例3一种真空式毛细蒸馏海水淡化的方法和装置

[0059] 本实施例和实施例1的区别在于:导水纤维材料为棉布纤维片(湖南科润膜业有限公司提供),接触角为 $82.47 \pm 0.87^\circ$,导水纤维材料的孔径范围为 $120 \sim 180\mu\text{m}$ 。

[0060] 实施例4

[0061] 采用实施例1中真空式毛细蒸馏海水淡化的方法和装置在某海水淡化公司进行处理,海水含盐浓度为 $56000\mu\text{S}/\text{cm}$,进水量为 1t 。

[0062] 具体处理过程为:

[0063] (1) 海水通过调节罐调节pH,随后进入保安过滤器去除难溶性盐,以减小后续蒸馏过程中的传质阻力,之后进入海水储料罐中储存。

[0064] (2) 将海水从海水储料罐中泵入前处理组件中,开启前处理组件中的加热模块和均质搅拌模块,使得海水在加热的同时进行搅拌,待海水加热至 55°C 时,将海水泵入进料室内;在进料室中,热海水与导水纤维材料的一端接触,通过重力和虹吸的方式进入导水纤维材料内,沿导水纤维材料垂直向下形成热流通道,整个热流通道位于蒸馏室内;热流通道中的热海水扩散至导水纤维材料表面随后以水蒸气的形式蒸发并扩散至蒸馏室中。

[0065] (3) 开启真空组件,使得纯水储罐、真空管、蒸馏室内形成负压吸力,蒸馏室中的水蒸气被不断吸入至真空管中,随后通过冷凝室(15°C)冷凝并在纯水储罐中存储。而多余的未蒸发的海水沿导水纤维材料进入收集室,收集室将浓缩的海水返回至海水储料罐中进行循环。

[0066] 最终海水淡化产出纯水 796kg ,产水的电导率为 $0.57\mu\text{S}/\text{cm}$,达到产水标准,水回收率达到 80% 。

[0067] 实施例5

[0068] 采用实施例1中真空式毛细蒸馏海水淡化的方法和装置在某海水淡化公司进行处理,海水含盐浓度为 $54000\mu\text{S}/\text{cm}$,进水量为 2t 。具体处理过程为:

[0069] (1) 海水通过调节罐调节pH,随后进入保安过滤器去除难溶性盐,以减小后续蒸馏过程中的传质阻力,之后进入海水储料罐中储存。

[0070] (2) 将海水从海水储料罐中泵入前处理组件中,开启前处理组件中的加热模块和均质搅拌模块,使得海水在加热的同时进行搅拌,待海水加热至 65°C 时,将海水泵入进料室内;在进料室中,热海水与导水纤维材料的一端接触,通过重力和虹吸的方式进入导水纤维材料内,沿导水纤维材料垂直向下形成热流通道,整个热流通道位于蒸馏室内;热流通道中的热海水扩散至导水纤维材料表面随后以水蒸气的形式蒸发并扩散至蒸馏室中。

[0071] (3) 开启真空组件,使得纯水储罐、真空管、蒸馏室内形成负压吸力,蒸馏室中的水蒸气被不断吸入至真空管中,随后通过冷凝室(15°C)冷凝并在纯水储罐中存储。而多余的未蒸发的海水沿导水纤维材料进入收集室,收集室将浓缩的海水返回至海水储料罐中进行循环。

[0072] 最终海水淡化产出纯水 1614kg ,产水的电导率为 $0.36\mu\text{S}/\text{cm}$,达到产水标准,水回收率达到 82% 。

[0073] 对比例1

[0074] 本对比例和实施例1的区别在于:采用实施例1中的一种真空式的毛细蒸馏装置,将其中的导水纤维材料替换成PVDF中空纤维膜(疏水膜,湖南科润膜业有限公司提供)。

[0075] 在某海水淡化厂进行处理,处理与实施例3相同的海水,海水含盐浓度为 $56000\mu\text{S}/\text{cm}$,进水量为 1t 。

[0076] 具体处理过程为:

[0077] (1) 海水通过调节罐调节pH,随后进入保安过滤器去除难溶性盐,以减小后续蒸馏过程中的传质阻力,之后进入海水储料罐中储存。

[0078] (2) 将海水从海水储料罐中泵入前处理组件中,开启前处理组件中的加热模块和均质搅拌模块,使得海水在加热的同时进行搅拌,待海水加热至 55°C 时,将海水泵入膜组件中,在PVDF中空纤维膜的作用下,水蒸气透过膜至另一侧

[0079] (3) 开启真空泵,使水蒸气快速从膜组件中流出进入冷凝室中,通过冷凝室(15°C)冷凝并在纯水储罐中存储,而多余的未蒸发的海水返回海水储料罐中重新加热循环。

[0080] 最终海水淡化产出纯水 485kg ,产水的电导率为 $10.36\mu\text{S}/\text{cm}$,达到产水标准,水回收率达到 49% 。

[0081] 对比例2

[0082] 本对比例和实施例1的区别在于:采用实施例1中的一种真空式的毛细蒸馏装置,将其中的导水纤维材料替换成PTFE中空纤维膜(疏水膜,湖南科润膜业有限公司提供)。

[0083] 在某海水淡化厂进行处理,处理与实施例4相同的海水,海水含盐浓度为 $54000\mu\text{S}/\text{cm}$,进水量为 2t 。

[0084] 具体处理过程为:

[0085] (1) 海水通过调节罐调节pH,随后进入保安过滤器去除难溶性盐,以减小后续蒸馏过程中的传质阻力,之后进入海水储料罐中储存。

[0086] (2) 将海水从海水储料罐中泵入前处理组件中,开启前处理组件中的加热模块和

均质搅拌模块,使得海水在加热的同时进行搅拌,待海水加热至65℃时,将海水泵入膜组件中,在PTFE中空纤维膜的作用下,水蒸气透过膜至另一侧

[0087] (3) 开启真空组件,使水蒸气快速从膜组件中流出进入冷凝室中,通过冷凝室(15℃)冷凝并在纯水储罐中存储,而多余的未蒸发的海水返回海水储料罐中重新加热循环。

[0088] 最终海水淡化产出纯水952kg,产水的电导率为12.47 μ S/cm,达到产水标准,水回收率达到47%。

[0089] 最后所应当说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对本发明保护范围的限制,对于本领域的普通技术人员来说,在上述说明及思路的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动,这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

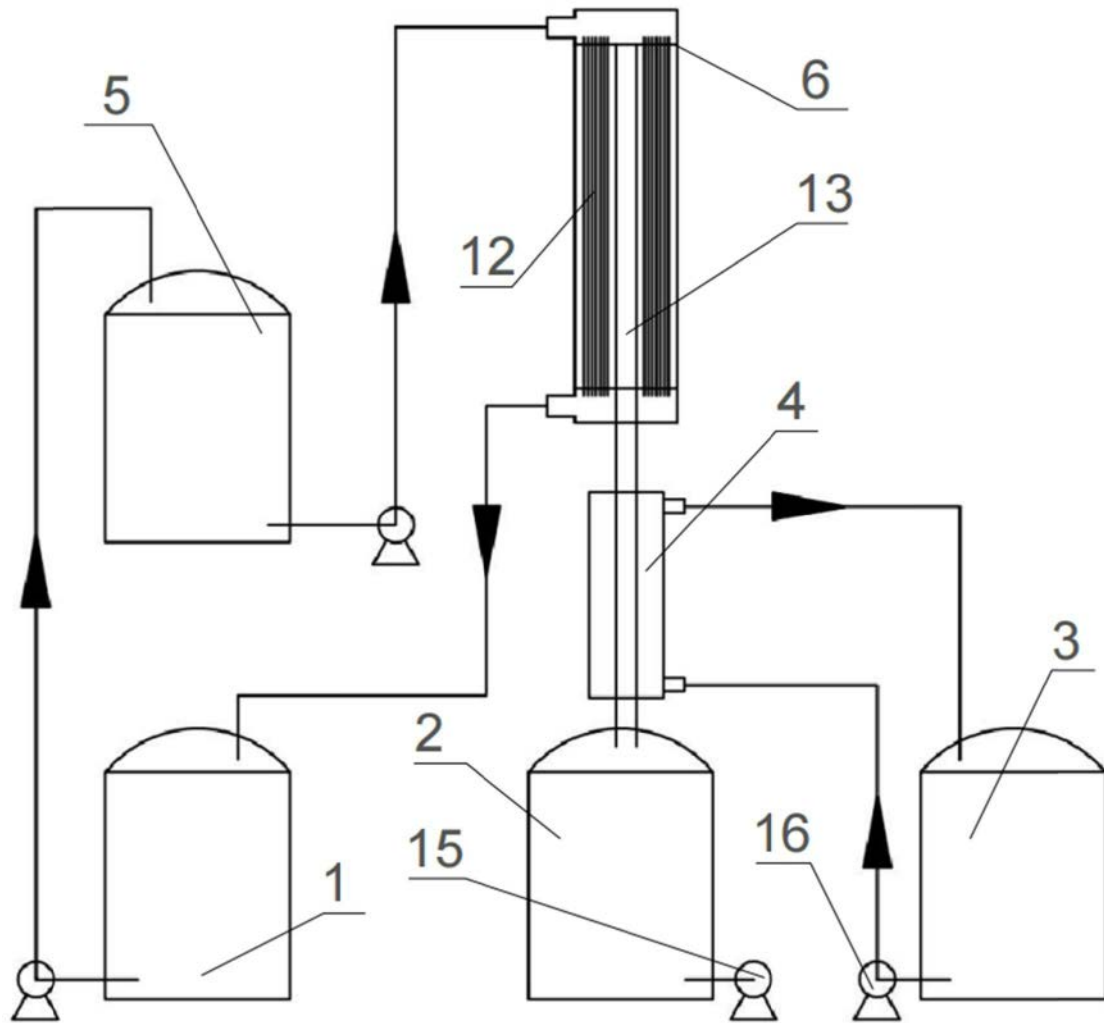


图1

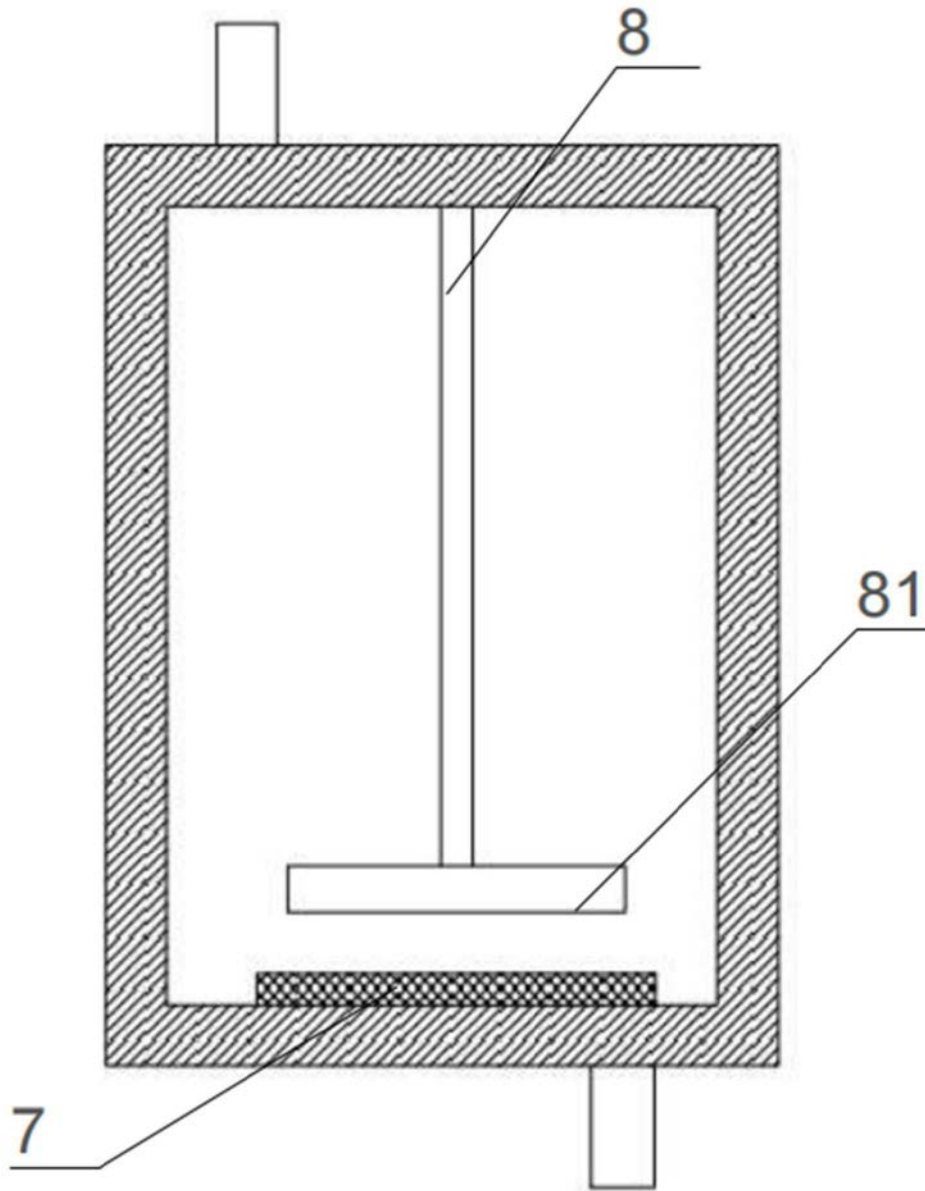


图2

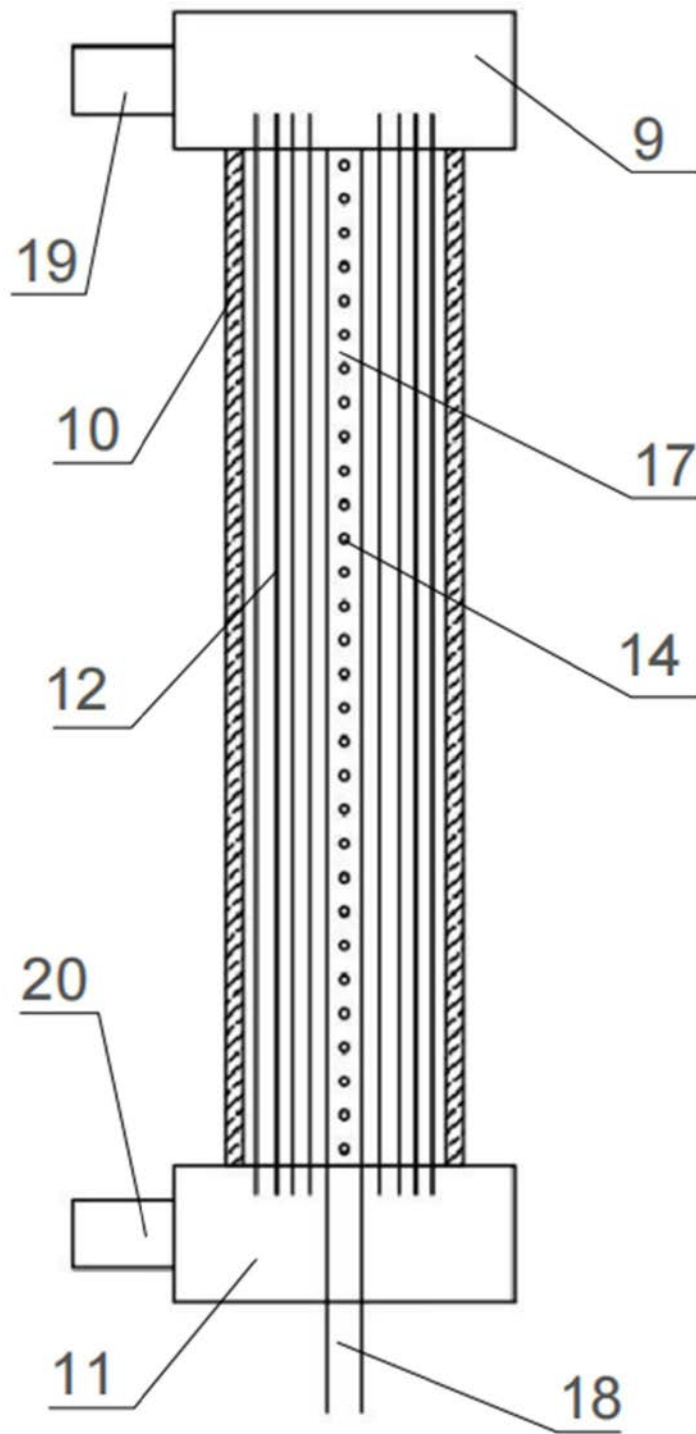


图3