



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114984760 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 02

(21) 申请号 202210847351.0

B01D 61/36 (2006.01)

(22) 申请日 2022.07.19

(71) 申请人 天俱时工程科技集团有限公司

地址 050000 河北省石家庄市高新区湘江道319号天山科技园A座26层

申请人 北京工业大学

(72) 发明人 雷诣涵 彭跃莲 庞志广 陈晓飞

谷奎庆 侯鹏飞 刘兴 薛龙

周兰霞 赵艳君 姚振永 甄兴航

岳宗礼

(74) 专利代理机构 石家庄国域专利商标事务所有限公司 13112

专利代理师 张浩

(51) Int. Cl.

B01D 63/02 (2006.01)

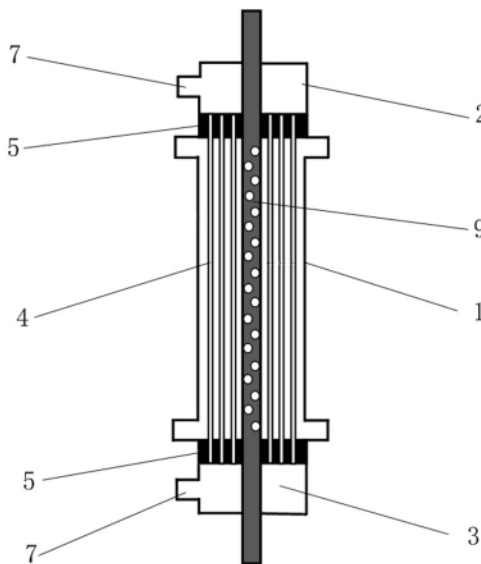
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件及真空膜蒸馏系统

(57) 摘要

本发明涉及一种真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件及真空膜蒸馏系统,膜组件包括膜壳,在膜壳的两个端口上分别设置有固定密封板,在膜壳的两端分别设置有进料腔室和出料腔室,在膜壳内设置有若干个中空纤维膜丝和若干个多孔中心抽吸管,多孔中心抽吸管平行于膜壳的中心轴,在多孔中心抽吸管上位于两个固定密封板之间的部分的侧壁上开有若干孔洞,在进料腔室和出料腔室上分别开设有料液进口和料液出口,在膜壳的侧壁上开设有若干侧出口。本发明的中空纤维膜组件可以实现从多孔中心抽吸管上、下出口以及膜壳侧的出口实现单口或多口耦合抽吸蒸汽,降低壳侧蒸汽压力,并使其分布更均匀,提高了膜通量。



1. 一种真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件,其特征在于,包括膜壳,在所述膜壳的两个端口上分别设置有固定密封板,在所述膜壳的两端分别设置有进料腔室和出料腔室,在所述膜壳内设置有若干个中空纤维膜丝,所述中空纤维膜丝平行于所述膜壳的中心轴,所述中空纤维膜丝的两端贯穿所述固定密封板分别与所述进料腔室和所述出料腔室相连通,在所述膜壳内设置有若干个多孔中心抽吸管,所述多孔中心抽吸管平行于所述膜壳的中心轴,所述多孔中心抽吸管穿过所述固定密封板、所述进料腔室以及所述出料腔室,在所述多孔中心抽吸管上位于两个所述固定密封板之间的部分的侧壁上开有若干孔洞,在所述进料腔室和所述出料腔室上分别开设有料液进口和料液出口,在所述膜壳的侧壁上开设有若干侧出口。

2. 根据权利要求1所述的真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件,其特征在于,在所述膜壳的两端的侧壁上分别开有2~4个侧出口。

3. 根据权利要求1所述的真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件,其特征在于,所述多孔中心抽吸管共有1~10根,当所述多孔中心抽吸管只有一根时,其中心轴和所述膜壳的中心轴重合。

4. 根据权利要求1所述的真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件,其特征在于,所述多孔中心抽吸管的直径为1cm~5cm,所述孔洞的直径为1mm~10mm,孔中心距为1mm~10mm。

5. 根据权利要求1所述的真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件,其特征在于,所述中空纤维膜丝有1~10000根。

6. 根据权利要求1所述的真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件,其特征在于,所述固定密封板的材质为环氧树脂胶。

7. 一种真空膜蒸馏系统,其特征在于,包括中空纤维膜组件,所述中空纤维膜组件包括膜壳,在所述膜壳的两个端口上分别设置有固定密封板,在所述膜壳的两端分别设置有进料腔室和出料腔室,在所述膜壳内设置有若干个中空纤维膜丝,所述中空纤维膜丝平行于所述膜壳的中心轴,所述中空纤维膜丝的两端贯穿所述固定密封板分别与所述进料腔室和所述出料腔室相连通,在所述膜壳内设置有若干个多孔中心抽吸管,所述多孔中心抽吸管平行于所述膜壳的中心轴,所述多孔中心抽吸管穿过所述固定密封板、所述进料腔室以及所述出料腔室,在所述多孔中心抽吸管上位于两个所述固定密封板之间的部分的侧壁上开有若干孔洞,在所述进料腔室和所述出料腔室上分别开设有料液进口和料液出口,在所述膜壳的侧壁上开设有若干侧出口;所述料液出口通过管路依次连通原水储罐、预热器、进料泵以及料液进口形成循环管路,至少一个所述侧出口和/或所述中空纤维膜丝上至少一个端口同时连接有真空管路,在所述真空管路上依次设置有冷凝器、冷凝液接收器、干燥器以及真空泵。

8. 根据权利要求7所述的真空膜蒸馏系统,其特征在于,所述真空管路和所述多孔中心抽吸管的两端以及所述膜壳上下端的侧出口同时连接。

一种真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件及真空膜蒸馏系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种膜蒸馏设备,具体地说是一种真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件及真空膜蒸馏系统。

背景技术

[0002] 在全球淡水资源短缺的背景下,脱盐技术的快速扩张应用产生大量的高浓盐水,给环境带来了严重的污染。以膜蒸馏为核心的脱盐技术可突破盐度限制、能够利用低品位热能或废热且易于模块化应用,在高浓盐水处理中具有显著优势。膜蒸馏是采用疏水多孔膜、以膜两侧蒸汽压差为传质驱动力的低温蒸发过程。

[0003] 膜组件是膜蒸馏的核心部件,膜组件的设计和优化的追求高通量、低能耗和抗污染为目标。中空纤维膜组件由于占地面积小、装填面积大、结构简单、造价低廉等优点而广泛使用。当中空纤维膜组件用于真空膜蒸馏时,进料液可在管程或壳程流动。当进料液在壳程流动时,由于膜丝的随机分布导致壳程流体会产生沟流、死区、短路等非理想流动行为,加剧了温差和浓差极化现象,降低了传热传质效率,严重影响了膜组件的性能,针对这一现象众多研究者通过在膜组件壳侧增加挡板、隔网、流体分布器等形式,或通过改变膜丝表面几何形状、改变膜丝排布方式,或采用错流流动等方法来改善壳侧流体的流动状态。而当进料液在管程流动时可避免在壳程流动时的非理想流动,并且膜丝的长度、装填分率可适当提高。目前大多数中试膜组件都采用丝内进料、壳侧抽真空的形式。然而,在此种操作方式下,随着组件尺寸的放大,膜通量出现了衰减。在实验中,我们发现壳程蒸汽压力的分布不均匀造成的传质推动力下降是通量衰减的一个重要原因。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是提供一种真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件及真空膜蒸馏系统,以解决现有中空纤维膜组件由于壳程蒸汽压力的分布不均匀,随着组件尺寸放大膜通量出现衰减的问题。

[0005] 本发明是这样实现的:一种真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件,包括膜壳,在所述膜壳的两个端口上分别设置有固定密封板,在所述膜壳的两端分别设置有进料腔室和出料腔室,在所述膜壳内设置有若干个中空纤维膜丝,所述中空纤维膜丝平行于所述膜壳的中心轴,所述中空纤维膜丝的两端贯穿所述固定密封板分别与所述进料腔室和所述出料腔室相连通,在所述膜壳内设置有若干个多孔中心抽吸管,所述多孔中心抽吸管平行于所述膜壳的中心轴,所述多孔中心抽吸管穿过所述固定密封板、所述进料腔室以及所述出料腔室,在所述多孔中心抽吸管上位于两个所述固定密封板之间的部分的侧壁上开有若干孔洞,在所述进料腔室和所述出料腔室上分别开设有料液进口和料液出口,在所述膜壳的侧壁上开设有若干侧出口。

[0006] 进料腔室和出料腔室分别通过螺纹连接在膜壳的上下两端。

[0007] 在所述膜壳的两端的侧壁上分别开有2~4个侧出口,且侧出口绕膜壳的中心轴均

匀分布,根据膜壳的长度,还可以在膜壳的中部开设2~4个侧出口,均匀分布在膜壳的中部。

[0008] 可以通过侧出口和多孔中心抽吸管的端口进行耦合抽吸,可根据不同需要选择不同的抽吸口。

[0009] 多孔中心抽吸管的端口还可用于连接温度传感器和压力传感器进行温度和压力的监测。

[0010] 多孔中心抽吸管多余的端口以及膜壳上多余的侧出口在不使用时需要将该支路真空管道阀门关闭或进行封堵密封。

[0011] 膜壳的长度优选为10cm~1.2m,内直径为10mm~50cm。

[0012] 所述多孔中心抽吸管共有1~10根,当所述多孔中心抽吸管只有一根时,其中心轴和所述膜壳的中心轴重合。

[0013] 所述多孔中心抽吸管的直径为1cm~5cm,长度10cm~1.2m,所述孔洞的直径为1mm~10mm,孔中心距为1mm~10mm。

[0014] 侧出口的外直径1cm~5cm,长度5~15cm。

[0015] 所述中空纤维膜丝有1~10000根,且均匀分散在多孔中心抽吸管的周围。

[0016] 所述固定密封板的材质为环氧树脂胶,在制作时,确定好中空纤维膜丝以及多孔中心抽吸管的位置,然后使用环氧树脂胶将膜壳两端进行封装,形成固定密封板。

[0017] 膜壳和多孔中心抽吸管的材质包括但不限于PVC、CPVC、ABS、有机玻璃、不锈钢、PPR、铸铁、铝合金、钛合金、铜等金属或塑料的单一材质或多种组合。

[0018] 中空纤维膜丝的材质包括但不限于聚醚砜、聚砜、聚偏氟乙烯、聚氯乙烯、纤维素、聚酰胺、聚丙烯、聚乙烯、聚四氟乙烯等单一材质或多种组合。

[0019] 其中,料液进口、进料腔室、膜丝内部空间、出料腔室、料液出口之间形成的密闭空间组成料液循环通路;而蒸汽抽吸口(侧出口以及多孔中心抽吸管的端口)、膜壳与中空纤维膜丝之间形成的密闭空间组成透过侧蒸汽通路。料液在料液循环通路内环流动,由透过侧蒸汽通路不断将形成的蒸汽排出,从而实现膜蒸馏。

[0020] 本发明还公开了一种真空膜蒸馏系统,包括中空纤维膜组件,所述中空纤维膜组件包括膜壳,在所述膜壳的两个端口上分别设置有固定密封板,在所述膜壳的两端分别设置有进料腔室和出料腔室,在所述膜壳内设置有若干个中空纤维膜丝,所述中空纤维膜丝平行于所述膜壳的中心轴,所述中空纤维膜丝的两端贯穿所述固定密封板分别与所述进料腔室和所述出料腔室相连通,在所述膜壳内设置有若干个多孔中心抽吸管,所述多孔中心抽吸管平行于所述膜壳的中心轴,所述多孔中心抽吸管穿过所述固定密封板、所述进料腔室以及所述出料腔室,在所述多孔中心抽吸管上位于两个所述固定密封板之间的部分的侧壁上开有若干孔洞,在所述进料腔室和所述出料腔室上分别开设有料液进口和料液出口,在所述膜壳的侧壁上开设有若干侧出口;所述料液出口通过管路依次连通原水储罐、预热器、进料泵以及料液进口形成循环管路,至少一个所述侧出口和/或所述中空纤维膜丝上至少一个端口同时连接有真空管路,在所述真空管路上依次设置有冷凝器、冷凝液接收器、干燥器以及真空泵。

[0021] 所述真空管路和所述多孔中心抽吸管的两端以及所述膜壳上下端的侧出口同时连接。

[0022] 水由原水储罐通过预热器加热至40℃通过进料泵由膜组件料液进口进入,由料液

出口重新返回原水储罐,蒸汽通过真空泵负压抽吸由中空纤维膜丝穿透至膜壳,由膜壳侧出口和多孔中心抽吸管进入冷凝器,冷凝液进入冷凝液接收器。

[0023] 本发明的中空纤维膜组件可以实现从多孔中心抽吸管上、下出口以及膜壳侧的出口实现单口或多口耦合抽吸蒸汽,降低壳侧蒸汽压力,并使其分布更均匀,提高了膜通量。

附图说明

[0024] 图1是本发明中空纤维膜组件的结构图。

[0025] 图2是本发明真空膜蒸馏系统的结构图。

[0026] 图中:1、膜壳;2、进料腔室;3、出料腔室;4、中空纤维膜丝;5、固定密封板;6、料液进口;7、料液出口;8、侧出口;9、多孔中心抽吸管;10、膜组件;11、原水储罐;12、预热器;13、进料泵;14、冷凝器;15、冷凝液接收器;16、干燥器;17、真空泵。

具体实施方式

[0027] 如图1所示,本发明的真空膜蒸馏用的中空纤维膜组件10,包括膜壳1,在膜壳1的两个端口上分别设置有固定密封板5,在膜壳1的两端分别设置有进料腔室2和出料腔室3,在膜壳1内设置有若干个中空纤维膜丝4,中空纤维膜丝4平行于膜壳1的中心轴,中空纤维膜丝4的两端贯穿固定密封板5分别与进料腔室2和出料腔室3相连通,在膜壳1内设置有若干个多孔中心抽吸管9,多孔中心抽吸管9平行于膜壳1的中心轴,多孔中心抽吸管9穿过固定密封板5、进料腔室2以及出料腔室3,在多孔中心抽吸管9上位于两个固定密封板5之间的部分的侧壁上开有若干孔洞,在进料腔室2和出料腔室3上分别开设有料液进口6和料液出口7,在膜壳1的侧壁上开设有若干侧出口8。

[0028] 真空膜蒸馏系统如图2所示,水由原水储罐11通过预热器12加热至40℃通过进料泵13由中空纤维膜组件10料液进口6进入,由料液出口7出重新返回原水储罐11,蒸汽通过负压抽吸由中空纤维膜丝4穿透至膜壳1,由膜壳1侧出口8和多孔中心抽吸管9进入冷凝器14,冷凝液进入冷凝液接收器15,冷凝液接收器15通过干燥器16和真空泵17连通。

[0029] 采用上述的真空膜蒸馏系统进行实验。

[0030] 实施例1

进料液为北京市自来水,进料温度40℃,进料流速0.18m/s。抽吸位置为膜壳1下端的一个侧出口8和多孔中心抽吸管9下端口,双口同时抽吸。真空泵17的功率为120W,抽吸气量为10L/min。冷凝器14为列管换热器,换热面积为1m²,冷却水为20℃一次水。

[0031] 膜组件10结构:CPVC膜壳1,尺寸 ϕ 40mm×35cm,填充聚偏氟乙烯中空纤维膜120根。膜壳1内多孔中心抽吸管9的数量为1根,材质为ABS,长度55cm,外直径为20mm,其上孔洞直径为4mm,孔中心距为8mm。

[0032] 实施例2和3膜壳1的长度分别为70cm和100cm,其他均与实施例1相同。

[0033] 实施例4、5、6分别对应于实施例1、2、3,实施例4、5、6中采用单口抽吸方式,抽吸位置为膜壳1下端的一个侧出口8,其他分别与实施例1、2、3相同。

[0034] 实施例7、8、9分别对应于实施例1、2、3,实施例7、8、9采用四口抽吸方式,抽吸位置为膜壳1上下两端各一个侧出口8出口以及多孔中心抽吸管9上下两个端口,其他分别与实施例1、2、3相同。

[0035] 各实施例和实施例的膜壳内平均蒸汽压力、膜通量见下表。

表 1 各实施例中膜壳内的平均蒸汽压力和膜通量

实施例编号	膜壳长度 (cm)	抽吸口数量 (个)	平均蒸汽压力 (Pa)	膜通量 (kg m ⁻² h ⁻¹)
实施例 1	35	2	5000	2.8
实施例 2	70	2	5150	2.7
实施例 3	100	2	5250	2.4
实施例 4	35	1	5050	2.8
实施例 5	70	1	5250	2.5
实施例 6	100	1	5350	1.9
实施例 7	35	4	4900	2.9
实施例 8	70	4	4950	2.8
实施例 9	100	4	5050	2.6

[0036] 由表1可知,随着膜壳1长度的增加、膜壳1内平均蒸汽压力变大、膜通量变小。其他所有条件不变的情况下,仅仅改变抽吸口数量及分布,实施例7、8、9较实施例4、5、6膜通量分别提高3.6%、12.0%、36.8%。因此在相同条件下,膜壳1越长,多孔耦合抽吸技术对于膜通量的提升越明显。而膜通量的提升意味着能耗以及蒸馏成本的降低。而实际生产中真空膜蒸馏组件体积较大,这意味多孔耦合抽吸技术极大的降低运行成本,减少膜组件10用量。

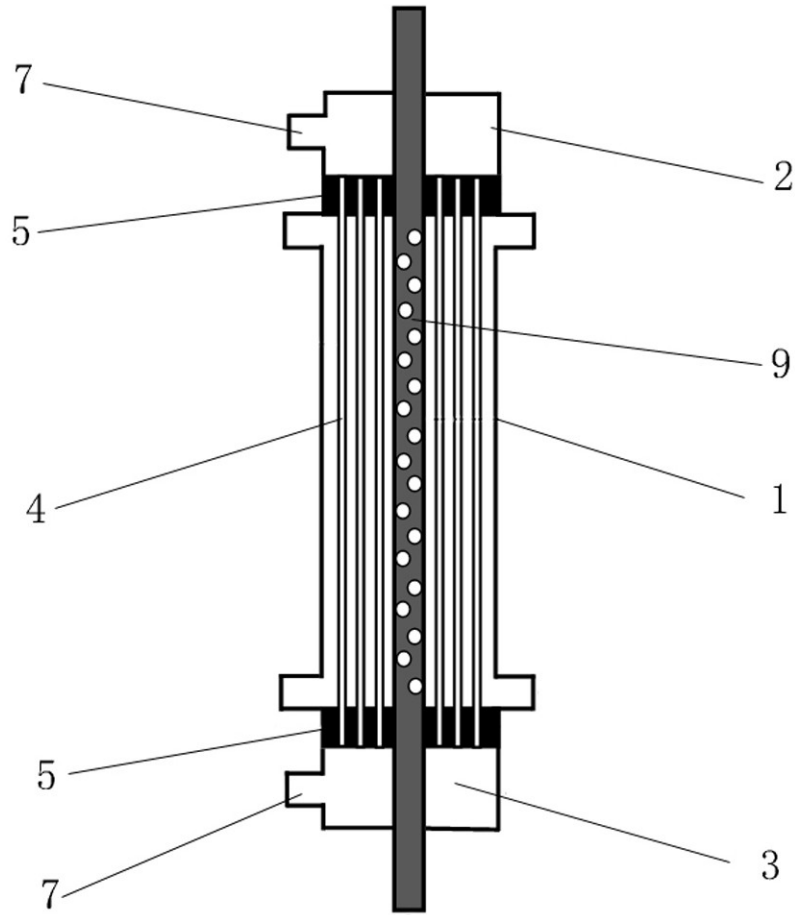


图1

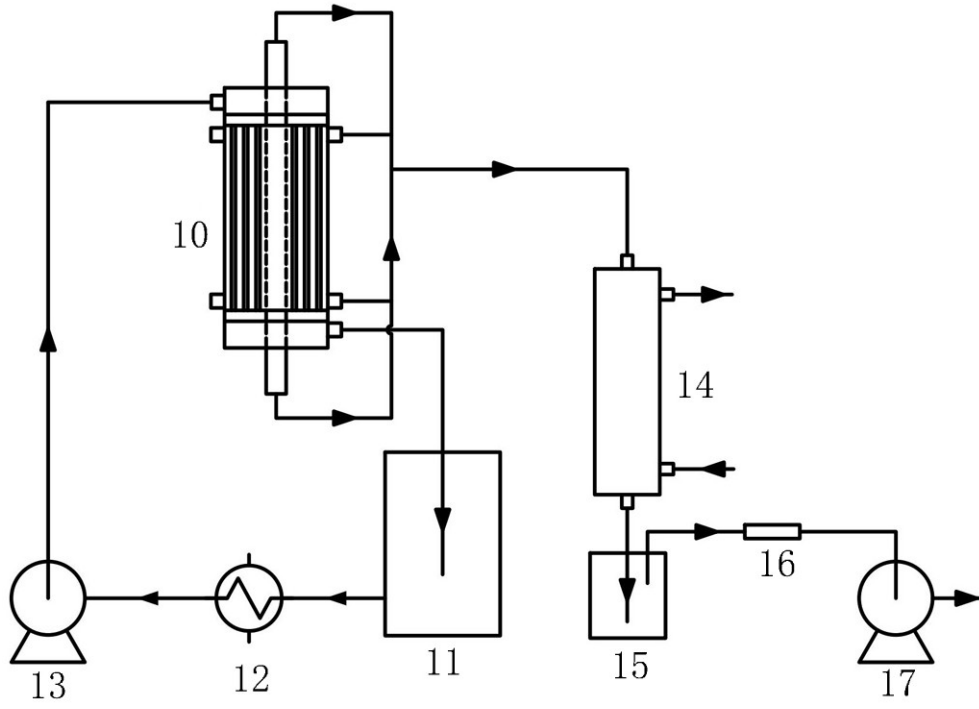


图2