

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101435608 B

(45) 授权公告日 2010.04.14

(21) 申请号 200810236452.4

审查员 余琼

(22) 申请日 2008.12.25

(73) 专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁路 28 号

(72) 发明人 顾兆林 王赞社 冯诗愚 李云

(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务所 61215

代理人 弋才富

(51) Int. Cl.

F24F 3/14(2006.01)

B01D 53/26(2006.01)

B01D 61/36(2006.01)

(56) 对比文件

CN 201106905 Y, 2008.08.27, 全文.

CN 1712107 A, 2005.12.28, 全文.

JP 10192658 A, 1998.07.28, 全文.

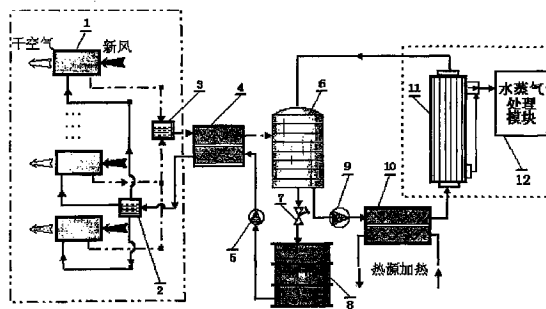
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

溶液除湿空调系统的溶液再生装置

(57) 摘要

一种基于膜蒸馏技术的溶液除湿空调系统的溶液再生装置, 主要包括稀溶液储液器、浓溶液储液器、溶液加热装置、再生循环泵、水蒸气处理模块和膜蒸馏组件, 利用膜蒸馏技术中驱动热源温度较低的特性, 溶液再生过程所需的热源温度大大降低, 热能的可利用温差范围增大; 同时, 利用膜组件在单位体积下所能提供的巨大接触面积以及膜组件的可扩展性, 使得溶液再生系统的体积和重量大大减小; 与传统填料塔式溶液再生装置相比, 本发明运行温度更低, 运行过程中热能仅仅用于水蒸气的跨膜潜热传递, 因此能耗更小。



1. 溶液除湿空调系统的溶液再生装置,包括稀溶液储液器(6)、浓溶液储液器(8)、溶液加热装置(10)、再生循环泵(9)、水蒸气处理模块(12)和膜蒸馏组件(11),其特征在于:稀溶液储液器(6)下部的稀溶液出口通过管路与再生循环泵(9)的进口连接,再生循环泵(9)的出口通过管路与溶液加热装置(10)的稀溶液进口相连,溶液加热装置(10)的稀溶液出口与膜蒸馏组件(11)的进口相连,膜蒸馏组件(11)的浓溶液出口与稀溶液储液器(6)的上部进料口连接,同时,膜蒸馏组件(11)的水蒸气出口与水蒸气处理模块(12)的进口相连,稀溶液储液器(6)的下部溶液出口与流量调节阀门(7)的进口连接,流量调节阀门(7)的出口与浓溶液储液器(8)上部的进料口连接,浓溶液储液器(8)下部的溶液出口与浓溶液泵(5)的进口连接,浓溶液泵(5)的出口与浓溶液和稀溶液热交换器(4)的热侧进口连接,浓溶液和稀溶液热交换器(4)的热侧出口与浓溶液分配器(2)的进口连接,浓溶液分配器(2)的出口与各个除湿器(1)的浓溶液进口连接,各个除湿器的稀溶液出口与稀溶液集中器(3)的进口连接,稀溶液集中器(3)的出口与浓溶液和稀溶液热交换器(4)的冷侧进口连接,浓溶液和稀溶液热交换器(4)的冷侧出口与稀溶液储液器(6)侧面的回流进口连接。

2. 根据权利要求1所述的溶液除湿空调系统的溶液再生装置,其特征在于:所说的水蒸气处理模块(12)可以选用以下任意一种结构形式:

- 1) 膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧是低温吸收溶液的结构形式;
- 2) 膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧是带有空气隙的冷却壁面的结构形式;
- 3) 膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧由气体进行扫除的结构形式;
- 4) 膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧进行减压或保持真空状态的结构形式。

3. 根据权利要求1所述的溶液除湿空调系统的溶液再生装置,其特征在于:所述的膜蒸馏组件(11)所用的膜材料是聚乙烯材料(PE)膜材料、聚丙烯材料(PP)膜材料、聚四氟乙烯(PTFE)膜材料、聚偏氟乙烯(PVDF)膜材料等选择性透过膜材料或膜表面经过疏水性增强处理的膜材料。

4. 根据权利要求1所述的溶液除湿空调系统的溶液再生装置,其特征在于:所述的膜蒸馏组件(11)的结构形式为板框式、螺旋卷式、圆管式、中空纤维式或毛细管式。

5. 根据权利要求1所述的溶液除湿空调系统溶液再生装置,其特征在于:所述的除湿溶液为有机溶剂三甘醇或二甘醇或无机溶液氯化锂溶液、溴化锂溶液、氯化钙溶液或者此三种无机溶液的任意混合溶液。

6. 根据权利要求1所述的溶液除湿空调系统溶液再生装置,其特征还在于:所述的膜蒸馏组件(11)可以通过串联或并联的方式进行组合实现系统处理规模的扩展。

7. 根据权利要求1所述的溶液除湿空调系统溶液再生装置,其特征还在于:所述的稀溶液储液器(6)和浓溶液储液器(8)同时具有储液和蓄能的功能。

溶液除湿空调系统的溶液再生装置

技术领域

[0001] 本发明属于空气调节、膜蒸馏技术应用和低品位可再生能源利用领域,涉及空气调节中的湿度控制和膜蒸馏技术中的溶液浓缩分离装置,特别涉及一种溶液除湿空调系统的溶液再生装置。

背景技术

[0002] 室内温度、湿度控制是空调系统的主要任务。目前,常见的空调系统都是通过向室内送入经过处理的空气,依靠与室内的空气进行热质交换来完成温度和湿度的控制。空调系统普遍采用冷凝除湿方式,采用 7℃ 的冷水来实现对空气的降温与除湿处理,同时去除调节空间的显热负荷与潜热负荷。降温要求冷源温度低于空气的干球温度,除湿要求冷源温度低于空气的露点温度,占总负荷一半以上的显热负荷本可以采用高温冷源排走,却与除湿一起共用 7℃ 的低温冷源进行处理,造成了能量利用品位上的浪费。通过冷凝除湿方式对空气进行冷却和除湿,其吸收的显热与潜热比只能在一定的范围内变化,而室内环境调节所需要的热湿比却在较大的范围内变化;而且,冷凝除湿方式产生的潮湿表面成为霉菌等生物污染物繁殖的良好场所,严重影响室内空气品质。

[0003] 温湿度独立控制空调系统是解决上述空调系统存在问题的有效方式之一。在该系统中,可采用溶液除湿、转轮除湿等方式处理空气湿度,采用高温冷源控制室内温度,从而实现了湿度的全面调节与控制。由于除湿的任务由湿度控制系统承担,温度控制系统所需的冷源温度从原来的 7℃ 提高至 18℃,为地下水等很多天然冷源的使用提供了条件。基于溶液除湿空调方式的温湿度独立控制空调系统中,溶液除湿系统负责处理新风,使之承担调节空间的全部潜热负荷、控制室内湿度;18℃ 的冷水送入辐射板或干式风机盘管等末端装置,用于去除空间的显热负荷、控制室内温度。溶液除湿系统中,一般采用分散除湿、集中再生的方式,将再生浓缩后的浓溶液分别输送到各个除湿器中。由于潜热负荷由新风系统承担,因而冷水的供水温度从常规空调系统的 7℃ 提高至 18℃,空调系统中不再产生凝水,提高了室内空气品质。由于供水温度的提高,使得制冷机的性能系数有明显提高。

[0004] 除湿溶液的再生过程是利用湿空气中水蒸气的分压力与除湿溶液表层水蒸气的分压力之差为驱动力,使除湿溶液的水分向空气中传递扩散,最终除湿溶液浓度得到提高,使之再次具有吸湿的能力。而溶液的浓度和加热热源的温度对除湿溶液表层水蒸气的分压力有决定性的影响,是影响再生性能的主要因素。专利《一种热泵驱动的多级溶液除湿和再生新风装置》(专利号:200620023087.5)、《内冷-内热型溶液除湿-再生装置及除湿-再生方法》(专利号:200710022960.8)、《一种热泵驱动的多级溶液除湿和再生新风机组》(专利号:200610012259.3)和《工业余热内热型溶液除湿再生器》(专利号:200720041404.0)等都涉及了以气液直接接触式热质交换过程为基础,通过回收热量,增加系统性能系数为目的的系统设计或改进方法,溶液的再生过程在填料塔中进行。

[0005] 目前普遍采用的溶液再生方式都是以填料塔为气液接触表面进行的。在填料塔中,稀溶液被加热后在填料塔上部喷淋,喷淋后的溶液与在填料中逆流流动或叉流流动的

空气进行热质交换,利用填料表面上溶液的水蒸气分压与空气中水蒸气的分压差为传质驱动力,实现溶液的浓缩。填料塔为了保持尽量大的气液接触面积,体积和重量都很大,而且,由于空气气流的作用,容易在空气出口处形成泛沫夹带。另外,空气与水蒸气的热质交换过程中,由于空气得到了水蒸气的汽化潜热,温度升高,使得空气中水蒸气的分压增大,传质推动力减小,因此,再生过程中的稀溶液的温度都比较高。

[0006] 膜蒸馏技术是传统蒸馏工艺与膜分离技术相结合的一种高效分离技术,它起源于20世纪60年代,但直至20世纪90年代由于高分子材料和制膜工艺方面的迅速发展,膜蒸馏才逐渐显示出实用潜力,膜蒸馏利用高分子膜的疏水性和某些结构上的功能达到蒸馏的目的。不同于传统的蒸馏工艺,膜蒸馏过程不需要将溶液加热至沸腾状态,只要膜两侧维持适当的温差就可实现蒸馏,因此操作温度比传统的蒸馏操作低得多,可有效利用地热能、太阳能以及工业废水余热等廉价能源,可望成为一种廉价、高效的分离手段。膜蒸馏技术目前的主要应用领域有:海水和苦咸水的脱盐淡化;废水处理;纯水净化;非挥发性溶质水溶液浓缩结晶;水溶液中挥发性溶质的脱除回收等。膜蒸馏是以疏水性微孔膜两侧的蒸汽压差为传质推动力的膜分离过程,膜蒸馏过程几乎是在常压下进行,设备简单、操作方便。在非挥发性溶质水溶液的膜蒸馏过程中,只有水蒸气能透过膜孔,故蒸馏液十分纯净。膜蒸馏技术除了设备简单、操作方便、蒸馏液纯净以及易于组合扩大等特点外,它可以处理高浓度的水溶液,可以将溶液浓缩至饱和状态。

[0007] 另外,在膜组件的各种结构形式中,由于膜材料的多孔结构,膜组件单位体积所能提供的膜接触面积非常大,又由于膜材料是采用高分子聚合材料,在体积和重量上大大减小。尤其值得一提的是,膜蒸馏过程中,只有水蒸气能通过膜孔,溶液和溶液中的液体分子、离子等都不能通过,因此在操作过程中不会出现泛沫夹带现象。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于基于膜蒸馏技术的基本原理和操作过程以及溶液除湿过程中对溶液的浓缩分离要求,提出一种溶液除湿空调系统的溶液再生装置,将膜蒸馏技术应用于溶液除湿空调系统中的溶液再生装置,不但可以减小装置的体积和重量,而且所利用的热源温度可以降低,拓展了低品位热能的利用范围,增加了热能的可利用温差。

[0009] 为达到上述目的,本发明是通过以下技术方案来解决的:

[0010] 溶液除湿空调系统的溶液再生装置,包括稀溶液储液器6、浓溶液储液器8、溶液加热装置10、再生循环泵9、水蒸气处理模块12和膜蒸馏组件11,稀溶液储液器6下部的稀溶液出口通过管路与再生循环泵9的进口连接,再生循环泵9的出口通过管路与溶液加热装置10的溶液进口相连,溶液加热装置10的溶液出口与膜蒸馏组件11的进口相连,膜蒸馏组件11的浓溶液出口与稀溶液储液器6的上部进料口连接,同时,膜蒸馏组件11的水蒸气出口与水蒸气处理模块12的进口相连,稀溶液储液器6的下部溶液出口与流量调节阀7的进口连接,流量调节阀7的出口与浓溶液储液器8上部的进料口连接,浓溶液储液器8下部的溶液出口与浓溶液泵5的进口连接,浓溶液泵5的出口与浓溶液和稀溶液热交换器4的热侧进口连接,浓溶液和稀溶液热交换器4的热侧出口与浓溶液分配器2的进口连接,浓溶液分配器2的出口与各个除湿器1的浓溶液进口连接,各个除湿器1的稀溶液出口与稀溶液集中器3的进口连接,稀溶液集中器3的出口与浓溶液和稀溶液热交换器4的冷侧

进口连接,浓溶液和稀溶液热交换器 4 的冷侧出口与稀溶液储液器 6 侧面的回流进口连接。

[0011] 其中,水蒸气处理模块 12 有四种结构形式:1):膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧是低温吸收溶液的结构形式。水蒸气透过膜孔从热侧扩散至冷侧后被低温溶液吸收带走。二者形成逆流的流动方式。2):膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧是带有空气隙的冷却壁面的结构形式。水蒸气透过膜孔从热侧扩散至空气隙后被冷壁面冷凝,冷凝后的液体水从壁面流至回收装置。3)膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧由气体进行扫除的结构形式。水蒸气透过膜孔从热侧扩散至另一侧后被气体吹除带走。4)膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧进行减压或保持真空状态的结构形式。水蒸气透过膜孔从热侧扩散至真空侧后,被直接排出或者冷凝回收。

[0012] 膜蒸馏中所用的膜材料是,聚乙烯 (PE) 膜材料、聚丙烯 (PP) 膜材料、聚四氟乙烯 (PTFE) 膜材料或聚偏氟乙烯 (PVDF) 膜材料等选择性透过膜材料或膜表面经过疏水性增强处理的膜材料。

[0013] 膜组件的结构形式根据制膜工艺做成板框式、螺旋卷式、圆管式、中空纤维式或毛细管式。

[0014] 对于溶液除湿空调的溶液再生装置,除湿溶液是有机溶剂三甘醇、二甘醇;无机溶液氯化锂溶液、溴化锂溶液、氯化钙溶液或者此三种无机溶液的任意混合溶液。

[0015] 对于不同系统规模和产能,可以通过膜蒸馏组件的串联和并联方式进行组合扩展实现。

[0016] 此外,系统中的稀溶液储液器 6 和浓溶液储液器 8 同时具有储液和蓄能的功能。系统既可以连续运行,也可以间歇运行;系统连续运行时,浓溶液和稀溶液热交换器 4 降低浓溶液的温度,提高稀溶液的温度,从总体上,降低了溶液再生的热负荷,提高了系统的性能系数。

[0017] 稀溶液储液器 6 中的稀溶液经再生循环泵 9 驱动后进入溶液加热装置 10 中加热,加热后的稀溶液在膜蒸馏组件 11 中进行膜分离浓缩,其中产生的水蒸气由水蒸气处理模块 12 处理,浓缩后的浓溶液流入稀溶液储液器 6 中,如此循环,直至稀溶液储液器 6 中的溶液浓度达到要求后,完成一次溶液再生循环;开启流量调节阀门 7,将浓缩后的溶液流入浓溶液储液器 8 中,浓溶液由浓溶液泵 5 驱动进入浓溶液和稀溶液热交换器 4 降温后进入浓溶液分配器 2 中,浓溶液在各个除湿器 1 中对新风进行除湿,吸收新风中的水蒸气后溶液浓度变稀,流回至稀溶液集中器 3 中,再流经浓溶液和稀溶液热交换器 4 升温后进入稀溶液储液器 6 中,完成一次除湿循环。

[0018] 本发明利用膜蒸馏技术中可利用低品位热能的特点和膜材料可以提供大接触面积的优点,实现溶液再生过程的低温热源驱动,使得系统对于驱动热源的选择更加广泛;同时,由于膜材料属于有机高分子聚合材料,可以大大降低系统的体积和重量;还因为膜组件可以简单、快速的组合,可以随着溶液再生需求的不同对系统进行串联和并联的方式进行扩展;可应用于温湿度独立控制的空调系统,也可应用于湿度精确控制的系统中。因此,本发明具有驱动热源的温度更低,可利用的温差更大,装置的体积和重量更小,系统更节能的特点。

附图说明

[0019] 图 1 是本发明的结构原理图。

[0020] 图 2 是本发明的水蒸气处理模块 12 的四种结构形式,其中,图 2(a) 为膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧是低温吸收溶液的结构形式;图 2(b) 为膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧是带有空气隙的冷却壁面的结构形式;图 2(c) 为膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧由气体进行气扫吹除的结构形式;图 2(d) 为膜的一侧是高温再生溶液,膜的另一侧进行减压或保持真空状态的结构形式。

[0021] 图 3 是本发明的膜材料的微观结构图。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明的结构原理和工作原理作进一步详细说明。

[0023] 参照图 1,本发明的结构原理为:稀溶液储液器 6 下部的稀溶液出口通过管路与再生循环泵 9 的进口连接,再生循环泵 9 的出口通过管路与溶液加热装置 10 的溶液进口相连,溶液加热装置 10 的溶液出口与膜蒸馏组件 11 的进口相连,其中,膜蒸馏组件 11 的浓溶液出口与稀溶液储液器 6 的上部进料口连接,同时,膜蒸馏组件 11 的水蒸气出口与水蒸气处理模块 12 的进口相连;稀溶液储液器 6 的下部溶液出口与流量调节阀门 7 的进口连接,流量调节阀门 7 的出口与浓溶液储液器 8 上部的进料口连接,浓溶液储液器 8 下部的浓溶液出口与浓溶液泵 5 的进口连接,浓溶液泵 5 的出口与浓溶液和稀溶液热交换器 4 的热侧进口连接,浓溶液和稀溶液热交换器 4 的热侧出口与浓溶液分配器 2 的进口连接,浓溶液分配器 2 的出口与各个除湿器 1 的浓溶液进口连接,各个除湿器 1 的稀溶液出口与稀溶液集中器 3 的进口连接,稀溶液集中器 3 的出口与浓溶液和稀溶液热交换器 4 的冷侧进口连接,浓溶液和稀溶液热交换器 4 的冷侧出口与稀溶液储液器 6 侧面的回流进口连接。

[0024] 图 1 中,左面双点划线方框内为整个除湿器 1 的结构示意图,由于系统采用分散除湿,集中再生的方式,所以,浓溶液分配器 2 将浓溶液分配给各个除湿器 1 的浓溶液进口,浓溶液在除湿器 1 中吸收新风中的水蒸气后溶液变稀,需要进行集中再生时从各个除湿器 1 的稀溶液出口汇集在稀溶液集中器 3 中,流过浓溶液和稀溶液热交换器 4 后进入稀溶液储液器 6 中。

[0025] 稀溶液储液器 6 中的稀溶液经再生循环泵 9 驱动后进入溶液加热装置 10 中加热,加热后的稀溶液在膜蒸馏组件 11 中进行膜分离浓缩,其中产生的水蒸气由水蒸气处理模块 12 处理,浓缩后的较浓溶液流入稀溶液储液器 6 中,如此循环,直至稀溶液储液器 6 中的溶液浓度达到要求后,完成溶液再生。开启流量调节阀门 7,将浓缩后的溶液流入浓溶液储液器 8 中,浓溶液由浓溶液泵 5 驱动进入浓溶液和稀溶液热交换器 4 降温后进入浓溶液分配器 2 中,由浓溶液分配器 2 分配给各个除湿器 1,浓溶液在各个除湿器 1 中对新风进行除湿,吸收新风中的水蒸气后溶液浓度变稀,流回至稀溶液集中器 3 中,再流经浓溶液和稀溶液热交换器 4 升温后进入稀溶液储液器 6 中,完成一次除湿循环。图 1 中:1 为除湿器;2 为浓溶液分配器;3 为稀溶液集中器;4 为浓溶液和稀溶液热交换器;5 为浓溶液泵;6 为稀溶液储液器;7 为流量调节阀门;8 为浓溶液储液器;9 为再生循环泵;10 为溶液加热装置;11 为膜蒸馏组件;12 为水蒸气处理模块。

[0026] 溶液再生过程既可以间歇式进行,也可以连续进行,间歇式进行时,稀溶液储液器

6 和浓溶液储液器 8 具有储存溶液和蓄能功能,连续运行时,浓溶液和稀溶液热交换器 4 具有回收热量,减小系统热负荷的功能。

[0027] 参照图 2,本发明中水蒸气的处理模块 12 包括四种结构形式,图 2(a) 为膜 13 的一侧是高温再生溶液,膜 13 的另一侧是低温吸收溶液。水蒸气透过膜孔从热侧扩散至冷侧后被低温溶液吸收带走。二者形成逆流的流动方式。图 2(b) 为膜 13 的一侧是高温再生溶液,膜 13 的另一侧是带有空气隙的冷却壁面 14。水蒸气透过膜孔从热侧扩散至空气隙后被冷却壁面 14 冷凝,冷凝后的液体水从冷却壁面 14 流至回收装置。图 2(c) 为膜 13 的一侧是高温再生溶液,膜 13 的另一侧由气体进行气扫吹除,水蒸气透过膜孔从热侧扩散至另一侧后被气体吹除带走。图 2(d) 为膜 13 的一侧是高温再生溶液,膜 13 的另一侧进行减压或保持真空状态。水蒸气透过膜孔从热侧扩散至真空侧后,被冷凝回收。

[0028] 对于有机溶剂三甘醇、二甘醇,无机溶液氯化锂溶液、溴化锂溶液或氯化钙溶液,由于其溶液的表面蒸气压较低,具有较强的吸湿能力,因此,用于溶液除湿过程中,吸收新风中的水蒸气使空气的湿度得到调整,但自身溶液的浓度变稀,溶液表面的蒸气压上升,吸湿性下降,必须进行溶液的再生处理。

[0029] 本发明中膜蒸馏的机理可以用图 3 中的微观结构图来说明。膜 13 的左侧是高温再生稀溶液,如氯化锂溶液,溴化锂溶液、氯化钙溶液或上述三种溶液的任意混合溶液,膜 13 的右侧为如图 2 所示的四种水蒸气的处理方法的其中之一。图 3 中膜孔的孔径很小,与水蒸气分子的平均自由程相当,因此,高温再生稀溶液在膜 13 左侧流动,在膜壁面的膜孔处形成一定的水蒸气分压,由于膜孔两侧的水蒸气压力差作用,使得水蒸气从左侧向右侧扩散,扩散的通量与膜材料的特性有关,也与膜两侧水蒸气的压差有关。

[0030] 为了验证膜蒸馏技术在溶液再生循环过程中的应用,对溴化锂溶液进行减压膜蒸馏试验,膜材料选用了聚偏氟乙烯 (PVDF) 膜。实验参数为:溴化锂溶液质量浓度 50%;加热溶液(暖侧)温度范围:65-88℃;溶液流量范围:40-120 L/h;膜真空侧(冷侧)真空度:0.085-0.095Mpa。膜组件为中空纤维膜组件形式,PVDF 膜材料和膜组件的结构参数如表 1、表 2 所示。

[0031] 表 1 PVDF 膜管材料参数

平均孔径/ μm	孔隙率	内径/mm	壁厚/mm	外径/mm
0.16	85%	0.8	0.15	1.1

[0033] 表 2 中空纤维膜组件参数

外径/mm	内径/mm	有效长度/mm	膜管/根	膜面积/ m^2
50	42	400	300	0.3

[0035] 试验结果表明,水蒸气的膜通量随着溶液温度的提高而提高,随着膜冷侧真空度的增加而提高,并且随着流量的增加而提高。

[0036] 在上述试验参数条件下,试验结果显示,水蒸气的膜通量范围在 0.6-2.4kg/(h·m²) 之间,因此,对于浓度更小的系统溶液来说,由于溶液表面的水蒸气压力越大,水蒸气的膜通量也越大,溶液的操作温度就会越低。因此,膜蒸馏技术应用于溶液除湿空调系统的溶液再生过程是完全可行的。

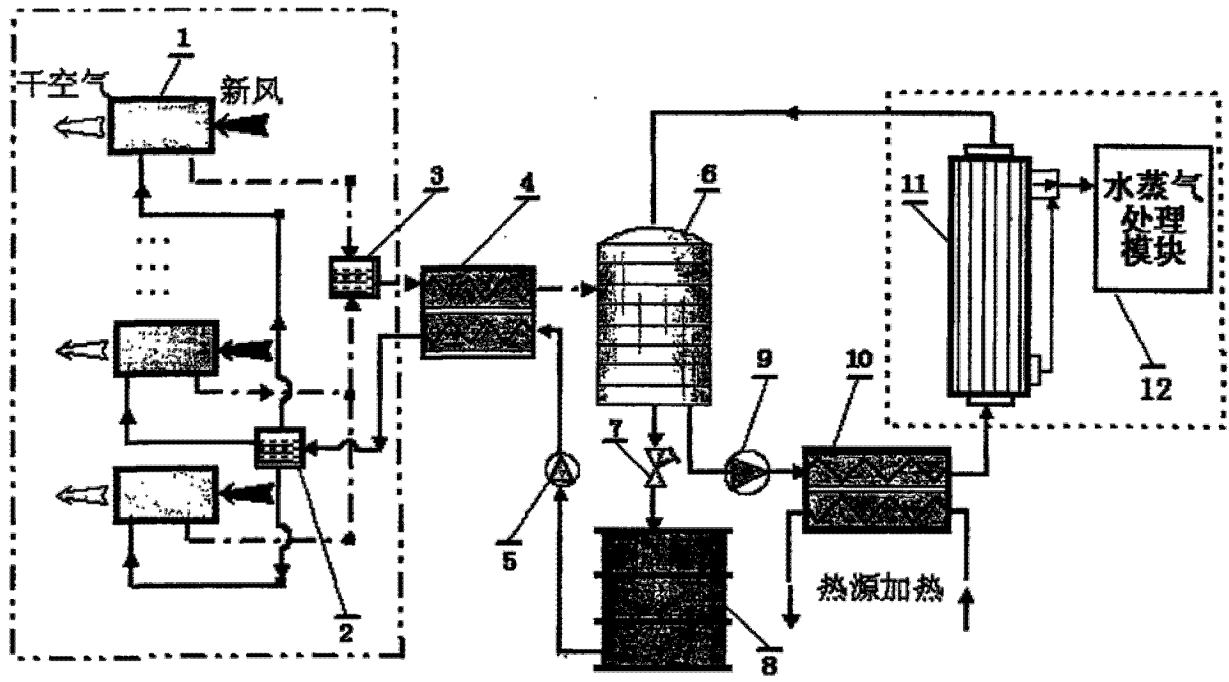


图 1

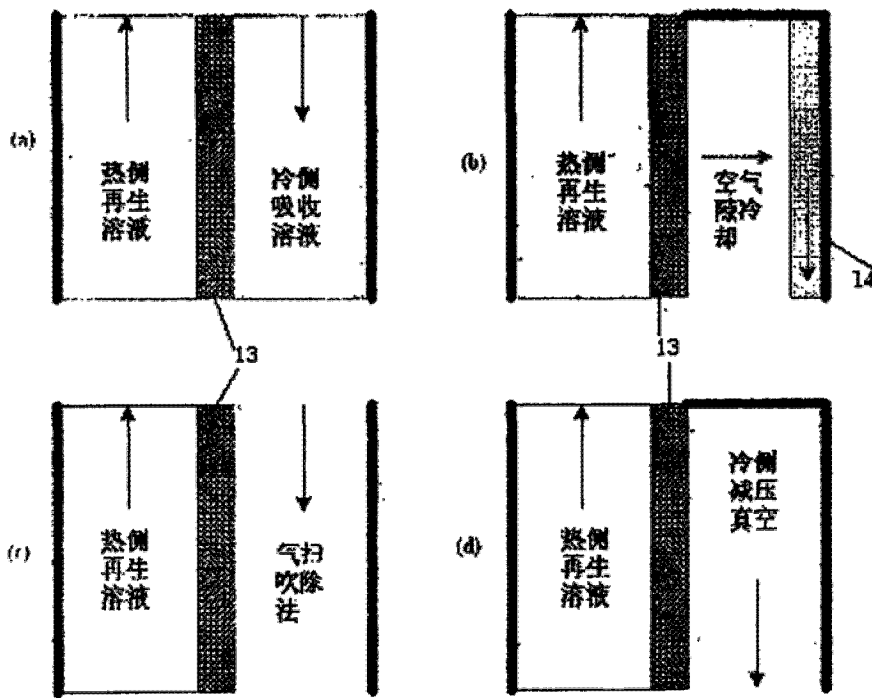


图 2

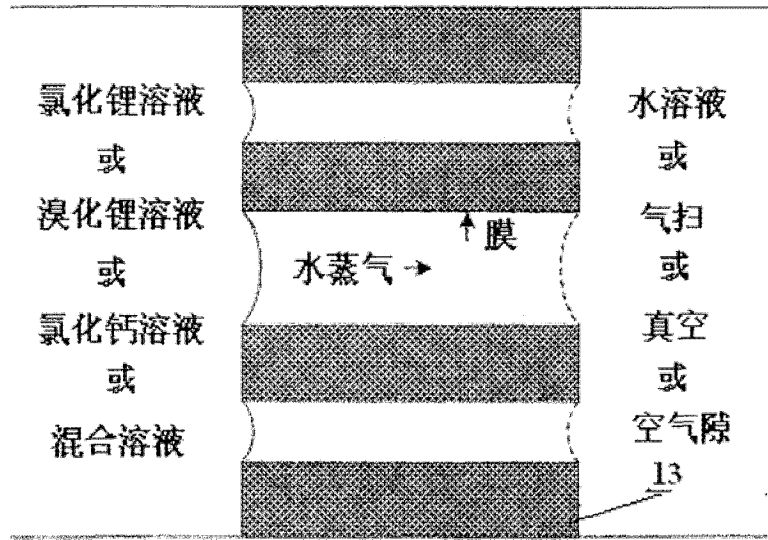


图 3