

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102000437 B

(45) 授权公告日 2013. 02. 13

(21) 申请号 201010274132. 5

(22) 申请日 2010. 09. 03

(73) 专利权人 广东工业大学

地址 510006 广东省广州市番禺区广州大学
城外环西路 100 号

(72) 发明人 陈颖 罗向龙 莫松平 陈雪清

(74) 专利代理机构 广州凯东知识产权代理有限
公司 44259

代理人 宋冬涛

(51) Int. Cl.

B01D 1/04 (2006. 01)

B01D 1/30 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201983533 U, 2011. 09. 21, 权利要求书第
1-9 项.

US 2007/0106096 A1, 2007. 05. 10, 说明书第
0043-0054 段及图 1-2.

CN 201257310 Y, 2009. 06. 17, 说明书第 2 页

第 2 段 - 第 3 页第 3 段及图 1-4.

CN 201235234 Y, 2009. 05. 13, 说明书第 2 页
第 6-9 段及图 1.

CN 200982775 Y, 2007. 11. 28, 说明书第 3 页
倒数第 2 段 - 第 4 页第 2 段及图 4, 5.

US 5561987 A, 1996. 10. 08, 说明书第 6 栏第
18 行 - 第 7 栏第 57 行及图 1-6.

审查员 冯吉

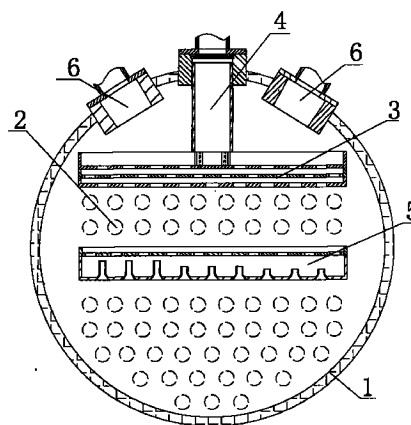
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器

(57) 摘要

本发明公开了一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器,其包括最少两层具有气液分离功能的布膜器,第一层布膜器与制冷剂进口管连接,第二层布膜器位于第一层布膜器的下方,并且在第二层布膜器和第一层布膜器之间最少有一组排管。本发明的有益效果是:通过在水平管降膜蒸发器内设置最少两层布膜器,将制冷剂先进行有效的气液分离,然后均布在蒸发器内的排管外壁上,可以避免因制冷剂中气相的存在,而对换热造成影响,同时可以有效的避免制冷剂在排管中分布不均匀,在局部聚集,而在局部又有干涸的现象,有效的提高换热效率,并达到节能的目的。



1. 一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器,其特征在于:包括最少两层具有气液分离功能的布膜器,第一层布膜器与蒸发器制冷剂进口管连接,第二层布膜器位于第一层布膜器的下方,并且在第二层布膜器和第一层布膜器之间最少有一组排管;

所述的第一层布膜器采用三级分配结构,其包括两相分配器、气液分离器 and 液相分配器,两相分配器、气液分离器 and 液相分配器从上到下依次设置,两相分配器与制冷剂的进口管连接;

所述的第二层布膜器是采用两级分配结构,其包括气液分离器和第二液相分配器,气液分离器和第二液相分配器从上到下依次设置。

2. 如权利要求 1 所述的一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器,其特征在于:所述的两相分配器由一纵向导流沟槽和若干横向导流沟槽组成,横向导流沟槽与纵向导流沟槽连接,在横向导流沟槽和纵向导流沟槽内的底部设置有若干圆形的导流通孔。

3. 如权利要求 1 所述的一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器,其特征在于:所述的气液分离器为一块四周设置有凸起边缘的平板,在平板上开设了若干流通孔,并在流通孔的四周开设若干调节孔;调节孔的孔径比流通孔的孔径小。

4. 如权利要求 1 所述的一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器,其特征在于:所述的液相分配器为设置有筛孔的平板,在平板的边缘设置有防止制冷剂从边缘流出的凸棱;筛孔的直径大于流通孔的直径,且筛孔的开孔位置与上层的气液分离器上的流通孔错开。

5. 如权利要求 1 所述的一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器,其特征在于:所述的第二液相分配器为设置有溢流孔的平板,相邻的溢流孔之间形成导流槽。

6. 如权利要求 5 所述的一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器,其特征在于:在第二液相分配器的溢流孔与平板底部连接处为平滑的弧面。

7. 如权利要求 1 所述的一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器,其特征在于:在第一布膜器与第二布膜器之间优选的设置两组排管,排管采用顺排布置。

一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器

技术领域

[0001] 本发明涉及蒸发器技术领域,尤其为一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器。

背景技术

[0002] 中国现在社会经济的快速发展必然会带动能源需求总量的持续增长,从而加剧我国能源供应对外依赖程度;未来数年我国能源供应将呈现总体偏紧的局面。在能源问题从原来的民生问题转变为战略问题的今天,节能环保问题倍受关注。在中国能源消耗中,保证清洁、经济、充足、安全的能源供应是我国发展长期的重大瓶颈,其中我国建筑能耗已占总能耗的 27.8%,是同纬度国家的 3 倍左右,且污染严重。如何与健康、舒适结合,降低能耗已成为建筑空调发展的首要研究问题。

[0003] 空调是耗能产品,耗电量已超过全国总用电量的 18%,随着人们生活水平的提高,其耗电量还会进一步增大,而提高空调能效水平无疑是从源头上降低空调能耗的有效途径。空调系统的污染排放也被认为是引起温室效应的主要原因之一,已严重影响人类的生存安全,因此除了开发低污染或无污染的制冷工质外,有效降低污染物的排放量也是一个有效的途径。另外,在当前形势下,对于空调制冷行业本身来说,价格仍然是空调行业市场的最主要的竞争之一。近年来空调生产需要的铜、钢等原材料价格极其不稳定,出现大幅振荡,增大了企业规模化扩张发展的风险。因此在未来很长一段时间制冷空调业面临的最大共性问题是:实现节能、环保和成本的最优权衡。

[0004] 当前应用比较广泛的空调冷水机组的蒸发器主要有满液式和干式,然而存在着满液式蒸发器的充注量过大和干式蒸发器的换热效率不高问题,制约了空调行业的发展。而喷淋式(或降膜式)蒸发器被认为是替代传统蒸发器提高换热效率降低污染排放的最有希望的选择。降膜沸腾技术,在 20 世纪 90 年代初由法国空气液化公司开发,制冷剂在分配器作用下将冷媒液体均匀地降落积聚在壳体内紧凑型传热管束的上层管面上并形成均匀的液膜,由此开始了降膜蒸发过程。因液体在上层管面上的积聚受液膜厚度的限制,多余的液体将连同在上层管面上沸腾气化后的气体一起逐层向下滴落流动并在下层管面上逐层形成均匀的液膜,直至全部“蒸干”。在此过程中,因紧凑型传热管束管间的间隙狭小,沸腾蒸发后的气体在流经管束间的狭窄通道时,会对各层管面上的液膜产生一定的冲刷作用,同时又因上层液体的滴落冲击也加强了各管面上液膜的扰动,故使得其传热膜系数得以进一步提高。最后,气化了的气体夹带着分离出的润滑油经设于壳体底部的回气管口回到压缩机,从而完成全部的蒸发过程。这种沸腾方式较之大空间沸腾消除了液体静压强效应引起的温度差损失,同时,在液体自身重力和已蒸发气体的冲刷双层作用下,管路上液膜的流动性增加,膜厚减薄,扰动加剧,实现了强扰动的薄膜态蒸发。理论研究发现:水平喷淋降膜蒸发其传热膜系数可比池内沸腾传热膜系数高 3~5 倍;相对于管内对流沸腾,该方式解决了液体分配的不均匀性,其传热系数不再受制冷剂干度的影响。同时,因蒸发流程的缩短,压降得到降低,从另一角度减少了温度差损失,提高了其传热效率。

[0005] 显然,高压喷雾降膜蒸发器兼有满液式蒸发器和干式蒸发器的种种优点而克服了

其不足,其特点及优势主要体现在以下几个方面:

[0006] (1) 提高能量利用效率,节约能源

[0007] 喷淋式蒸发器具有高传热性能和易操作性,增大了管外流体的湍流,使总传热系数增加,进而增大传热效率。对比传统的满液式和干式蒸发器,具有传热系数高、温度损失低、液膜分布均匀,蒸发过程压力损失小,回油效果好等特点。通过系统的合理设计,喷淋式蒸发器比传统浸没式蒸发器的传热系数高 3 ~ 5 倍,比垂直管降膜蒸发器高 1 倍左右。这些优点可以降低蒸发器的换热温差,提高整个空调冷水机组的 COP,从而节省能源。

[0008] (2) 降低排放,保护环境

[0009] 喷淋式蒸发器的优势之一是大大降低制冷剂的充注量,一般比满液式蒸发器充注量降低 30-90%,这对减少氟利昂制冷剂造成的温室效应大有裨益,特别对易燃的碳氢化合物类制冷机组可提高其运行的安全性。另外由于喷淋式蒸发器由于提高了换热效率,从而提高了空调冷水机组的综合 COP,降低了压缩机耗电量,节能的同时也减少了发电环节的污染排放,有效保护了环境。

[0010] (3) 节约制造和运行成本

[0011] 通过系统化的优化设计后,可有效降低制冷剂充注量,降低制冷剂充注费用;提高换热器壳侧空间的利用率,降低换热器的设备投资费用;提高蒸发器换热效率,提高制冷机组的 COP,从而降低了机组的运行成本;制冷系统回油方便,蒸发器水侧清洗方便,从而降低了系统的维护费用。

[0012] 然而虽然在蒸气压缩制冷器中应用喷淋降膜设计的蒸发器理论上的有利的,如何真正实现传统蒸发器的替代,有效提高换热效率、降低污染排放、降低成本则需要整体设计环节、加工环节、以及与制冷系统的匹配环节等多个环节的协同考虑,这一点已被证实是一种较严峻挑战。通过对喷淋式蒸发器的整体系统化的优化设计以及与冷水机组的多工况匹配研究,旨在进一步提高能量利用效率,降低制冷剂充注量,同时降低系统设计投资。该新型蒸发器的成功研发对于建筑物节能、减排、降低成本的深入进行具有一定的推动作用,有巨大的市场前景。

[0013] 蒸发器作为制冷系统的重要组成部分,其蒸发性能对于整个系统有很大影响。当前广泛应用的管壳式制冷剂蒸发器主要包括满液式和干式蒸发器存在着制冷剂充注量过多、效率低或者回油困难等问题,而喷淋式蒸发器被认为是能够解决以上问题的最有前途的制冷剂蒸发器。喷淋式蒸发器(也即降膜蒸发器)最早诞生在 1888 年,但在 20 世纪 70 年代之前只有少数学者致力于这项技术的研究。20 世纪 80 年代早期受第二次石油危机的驱动,许多学者开始研究这项技术,焦点主要集中在水平管降膜蒸发器在海洋热能转换系统中的应用。

[0014] 喷淋式蒸发器具有高传热性和易操作性,现已被广泛应用于海水淡化、海洋温差发电、化学工程等领域。喷淋降膜蒸发器在制冷行业的应用开始于 20 世纪 90 年代,随着氟氯烃(CFC)的逐步淘汰,制冷行业对制冷系统的高效节能、环保的要求越来越高,喷淋降膜蒸发器由于其高效节能、环保、经济等优势而逐渐成为最有应用前景的蒸发器。水平管降膜蒸发器具有传统的满液式或干式蒸发器无法相比的优势在:(1) 传热系数高。水平管降膜蒸发器内部主要的换热方式是降膜蒸发,即从蒸发器顶部流入的制冷剂液体冲刷水平管,在其外部绕流成膜,同时从管内热流体中吸热,在液固、液气界面产生气体,达到冷却管内

热流体的目的。因为在液固、气液界面上都可能发生相变,所以降膜蒸发表现出很高的换热性能。这样可以允许蒸发温度升高,改善了系统的循环效率;另外高的传热系数可以减小蒸发器体积,节省空间和投入成本。(2) 制冷剂充灌量少。一方面降低了制冷剂的投入和维护成本,另一方面也大大降低了制冷剂泄漏概率,从而使制冷剂的筛选范围扩大。

[0015] 虽然理论上喷淋式蒸发器无论在效率、经济性还是环保方面都体现了其他管壳式蒸发器不可比拟的优势,然而由于喷淋式蒸发受到制冷剂特性、制冷剂流量的影响较大,并不是对于任何制冷剂任何运行工况下喷淋式蒸发器的性能都优于其他蒸发器,且喷淋式蒸发器的研究和应用仍然存在一系列难题,制约着水平管降膜蒸发器的应用推广,主要是:制冷剂液体在蒸发管外表面沿管长、管周方向分布不均匀,造成局部干涸现象的发生。因此需要改进。

发明内容

[0016] 针对上述现有技术存在的不足,本发明的目的是提供制冷剂在蒸发管外分布均匀、高效的一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器。

[0017] 为了实现上述目的,本发明所采用的技术方案是:一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器,包括最少两层具有气液分离功能的布膜器,第一层布膜器与制冷剂进口管连接,第二层布膜器位于第一层布膜器的下方,并且在第二层布膜器和第一层布膜器之间最少有一组排管。通过两层布膜器可以实现制冷剂有效的气液分离以及有效的在排管中进行均布,提高换热效率。

[0018] 所述的第一层布膜器采用三级分配结构,其包括两相分配器、气液分离器和液相分配器,两相分配器、气液分离器和液相分配器从上到下依次设置,两相分配器与制冷剂进口管连接。制冷剂从制冷剂进口管进来后经两相分配器进行分配后落入气液分离器,气液分离器进行气液分离后落入液相分配器进行均布后落入排管,与排管的外表面接触。

[0019] 所述的两相分配器由一纵向导流沟槽和若干横向导流沟槽组成,横向导流沟槽与纵向导流沟槽连接,在横向导流沟槽和纵向导流沟槽内的底部设置有若干圆形的导流通孔。

[0020] 所述的气液分离器为一块四周设置有凸起边缘的平板,在平板上开设了若干流通孔,并在流通孔的四周开设若干调节孔。调节孔的孔径比流通孔的孔径小。

[0021] 所述的液相分配器为设置有筛孔的平板,在平板的边缘设置有防止制冷剂从边缘流出的凸棱;筛孔的直径大于流通孔,且筛孔的开孔位置与上层的气液分离器上的流通孔错开,这样可以实现液相制冷剂均匀分配流到排管的外管上。

[0022] 所述的第二层布膜器是采用两级分配结构,其包括气液分离器和第二液相分配器,气液分离器和第二液相分配器从上到下依次设置。

[0023] 所述的第二液相分配器为设置有溢流孔的平板,相邻的溢流孔之间形成导流槽,在平板的边缘设置有防止制冷剂从边缘流出的边板。

[0024] 所述的溢流孔与平板底部连接处为平滑的弧面。

[0025] 在第一布膜器与第二布膜器之间优选的设置两组排管,排管采用顺排布置,保证制冷剂的液体以滴状方式充分润湿其外表面。

[0026] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:通过在水平管降膜蒸发器内设置最少两

层布膜器,将制冷剂先进行有效的气液分离,然后均布在蒸发器内的排管外壁上,可以避免因制冷剂中气相的存在,而对换热造成影响,同时可以有效的避免制冷剂在排管中分布不均匀,在局部聚集,而在局部又有干涸的现象,有效的提高换热效率,并达到节能的目的。

附图说明

[0027] 下面结合附图和实施例对本实用新型进一步说明;

[0028] 图 1 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器纵向剖视结构示意图;

[0029] 图 2 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器在 A-A 部的剖视结构示意图;

[0030] 图 3 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中的第一层布膜器的剖视结构示意图;

[0031] 图 4 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中的两相分配器的俯视结构示意图;

[0032] 图 5 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中的两相分配器的 B-B 部剖视结构示意图;

[0033] 图 6 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中的气液分离器的俯视结构示意图;

[0034] 图 7 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中的气液分离器的 C-C 部剖视结构示意图;

[0035] 图 8 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中的液相分配器的俯视结构示意图;

[0036] 图 9 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中的液相分配器的 D-D 部剖视结构示意图;

[0037] 图 10 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中第一层布膜器的剖视结构示意图;

[0038] 图 11 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中第二液相分配器俯视结构示意图;

[0039] 图 12 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中第二液相分配器的 E-E 部剖视结构示意图 1;

[0040] 图 13 是本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器中第二液相分配器的 E-E 部剖视结构示意图 2。

具体实施方式

[0041] 以下结合附图和具体实施例对本发明一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器进行详细的说明。

[0042] 一种带气液分离布膜功能的降膜蒸发器,如图 1 和图 2 所示,在蒸发器外壳 1 内设置有若干换热排管 2 外,还包括最少两层具有气液分离功能的布膜器,第一层布膜器 3 与蒸发器的制冷剂进口管 4 连接,第二层布膜器 5 位于第一层布膜器 3 的下方,并且在第二层布膜器 5 和第一层布膜器 3 之间设置有最少一组排管 2。制冷剂从制冷剂进口管 4 先在第一

层布膜器 2 中进行有效的气液分离以及有效的在其下层的排管 2 外进行均布 ;与排管 2 中的流体换热后的制冷剂滴落至第二层布膜器 5 中进行再次气液分离,然后在下层排管 2 中进行均布。这样可以有效的提高换热效率,节约能源。

[0043] 如图 3 所示,第一层布膜器 3 采用三级分配结构,其包括两相分配器 31、气液分离器 32 和液相分配器 33,两相分配器 31、气液分离器 32 和液相分配器 33 从上到下依次设置 ;两相分配器 31 与制冷剂进口管 4 连接。制冷剂从制冷剂进口管 4 进入后经两相分配器 31 进行分配后落入气液分离器 32,气液分离器 32 进行气液分离后落入液相分配器 33 进行在排管 2 上均布。

[0044] 如图 4 和图 5 所示,两相分配器 31 可以由一纵向导流沟槽 312 和若干横向导流沟槽 313 组成,横向导流沟槽 313 与纵向导流沟槽 312 连接,在横向导流沟槽 313 和纵向导流沟槽 312 内的底部设置有可以为圆形的导流通孔 311。两相状态的制冷剂从制冷剂进口管 4 进入后沿两相分配器中的纵向导流沟槽 312 分配给横向导流槽 313,使制冷剂在长度和宽度方向流向横向导流沟槽 313 和纵向导流沟槽 312 的端部。制冷剂从导流通孔 311 均匀的落入下层的气液分离器 32 中。这样可以有效的将制冷剂进口管 4 进来的制冷剂进行均布,避免其在气液分离器 32 中的某一部位过度聚集,影响气液分离的效果。

[0045] 另外,两相分配器也可以是由盖板和底板堆叠组成,盖板与底板之间预留有间隙。盖板可以是一长条状,其中间开设有孔与制冷剂进口管 4 相连 ;在底板上设置了一定深度的纵横状的沟槽,在沟槽中间按一定间距设置有圆形的导流孔。

[0046] 如图 6 和 7 所示,气液分离器 32 为一块四周设置有凸起边缘 323 的平板,在平板上正对着排管的位置上开设了若干流通孔 321,并在流通孔 321 的四周开设若干调节孔 322。调节孔 322 在流通孔 321 四周为均匀布置。调节孔 322 的孔径比流通孔 321 的孔径小。流通孔 321 和调节孔 322 可以在平板设置成若干排,流通孔 321 和调节孔 322 的孔径大小和数量分布以制冷剂在平板上形成一层液膜,阻止制冷剂中的气相成分进入下层为准。在制冷剂流动过程中,两相制冷剂中的气相成分被阻止在气液分离器 32 的上方,实现气液分离,只有液体通过毛细作用可以进入到下层的液相分配器 33 中。

[0047] 如图 8 和图 9 所示,液相分配器 33 为设置有筛孔 331 的平板。在平板的边缘设置有防止制冷剂从边缘流出的凸棱 332。所述筛孔 331 的直径大于流通孔 321,且筛孔 331 的开孔位置与上层的气液分离器 32 上的流通孔 321 错开,这样可以实现液相制冷剂均匀分配流到排管 2 的外管上。

[0048] 如图 10 所示,第二层布膜器 5 可以是采用两级分配结构,其包括气液分离器 32 和第二液相分配器 52,气液分离器 32 和第二液相分配器 52 从上到下依次设置。上层排管 2 掉落的制冷剂在气液分离器 32 进行气液分离后落入第二液相分配器 52 进行均布后与下层的排管 2 接触进行热交换。

[0049] 如图 11 和图 12 所示,第二液相分配器 52 为设置有溢流孔 521 的平板,在平板的四周边缘设置有凸起的边板 522。相邻的溢流孔 521 之间形成导流槽 523。所述的溢流孔 521 在平板上设置的高度为不规则的。如图 13 所示,在第二液相分配器 52 的溢流孔 521 与平板底部连接处为平滑的弧面,这样避免了制冷剂在溢流孔 521 与平板底部之间的间隙滞留。

[0050] 在第一布膜器 3 与第二布膜器 5 之间优选的设置两组排管 2,排管 2 采用顺排布

置,保证制冷剂的液体以滴状方式充分润湿其外表面。排管 2 可以是不同形状和材料的换热管,也就是说不同形状和材料的换热管均在此专利保护范围。其中优选椭圆形管型。排管 2 距离第一布膜器 3 与第二布膜器 5 的空间以有利于从管束外表面生成气相制冷剂横向流动,同时对液相制冷剂滴状附着在管外表面的影响最小为准。

[0051] 上述液相分配器 33 和第二液相分配器 52 上的筛孔 331 和溢流孔 521 的可以是设置八字形或者其它形状,筛孔 331 和溢流孔 521 的开孔位置位于管束的中心距处,即开孔位置正对着排管,以形成滴状流、充分润湿排管的外表面为佳。

[0052] 所述的第一层布膜器 3 与第二层布膜器 5 中的液相分配器 33 和第二液相分配器 52 也可以互换使用,或单一均使用液相分配器 33 或第二液相分配器 52。

[0053] 针对排管 2 数量多的蒸发器内部,可以设置有第三层布膜器或者三层以上的布膜器。第三层布膜器的结构与第二层布膜器 5 可以是一样。第三层布膜器的结构与第二层布膜器 5 也可以是结构相似。第三层布膜器也可以是采用两级分配结构,其包括气液分离器 32 和第二液相分配器 52,气液分离器 32 和第二液相分配器 52 从上到下依次设置。上层排管 2 掉落的制冷剂在气液分离器 32 进行气液分离后落入第二液相分配器 52 进行均布后与下层的排管 2 接触进行热交换。其中,气液分离器 32 的流通孔径比第二层布膜器中的气液分离器 32 的流通孔小,另外调节孔的孔径相对于第二层布膜器中的气液分离器 32 的调节孔也小,且数量均会减小,以保证良好的气液分离效果为最佳。其下层液体分配器为一平板结构,在下部相邻管排的中心距处设置凸出的溢流孔。沿长度与宽度方向的开孔数量与纵横向的管数一致,溢流孔分成高度不同的若干组,制冷剂在第一组管束外表面形成的液膜经蒸发后变成气液两相流。经气液分离器后,液相制冷剂滴入液体分配器中,根据流入的制冷剂质量不同,在液体分配器的平板中形成高度不同的液位,从漫过的溢流孔中均匀流到下部对应的排管上。排管中的制冷剂流程相应设置为不同的组数,根据负荷大小可调整蒸发流量的大小,通过负载不同的负荷实现能力的调节。

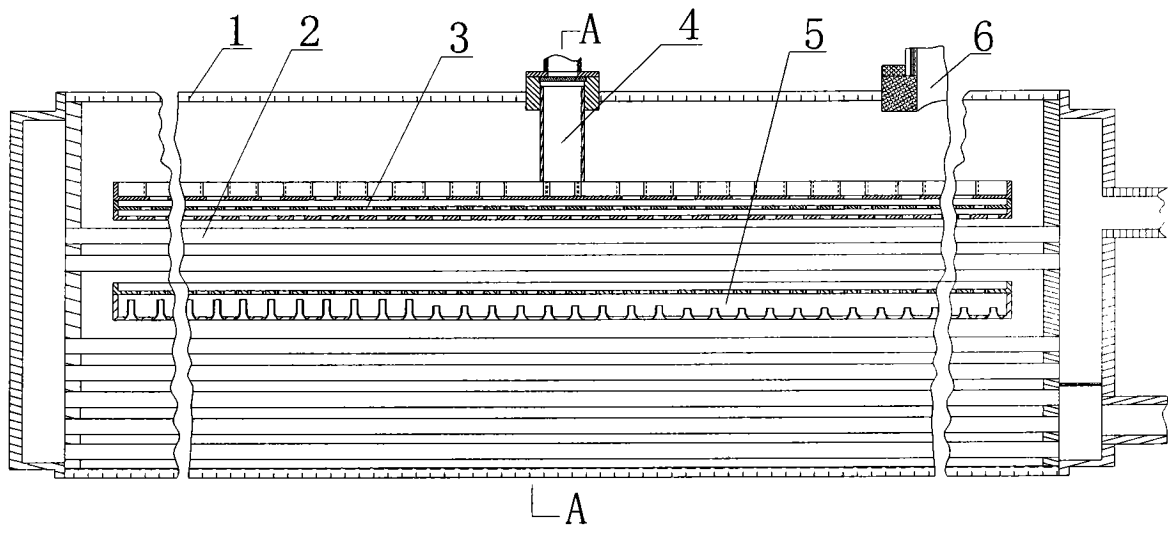


图 1

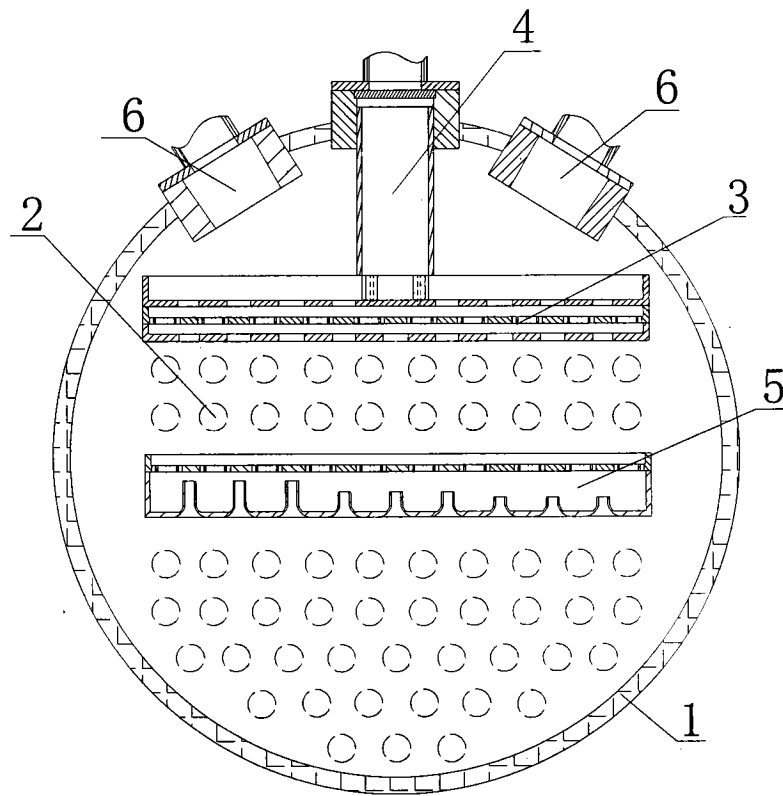


图 2

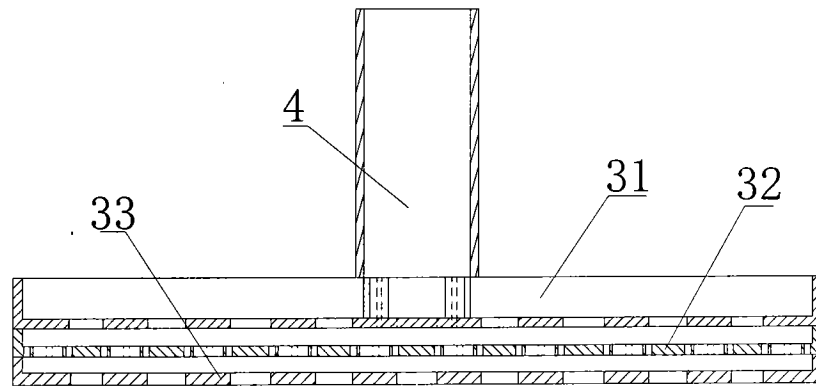


图 3

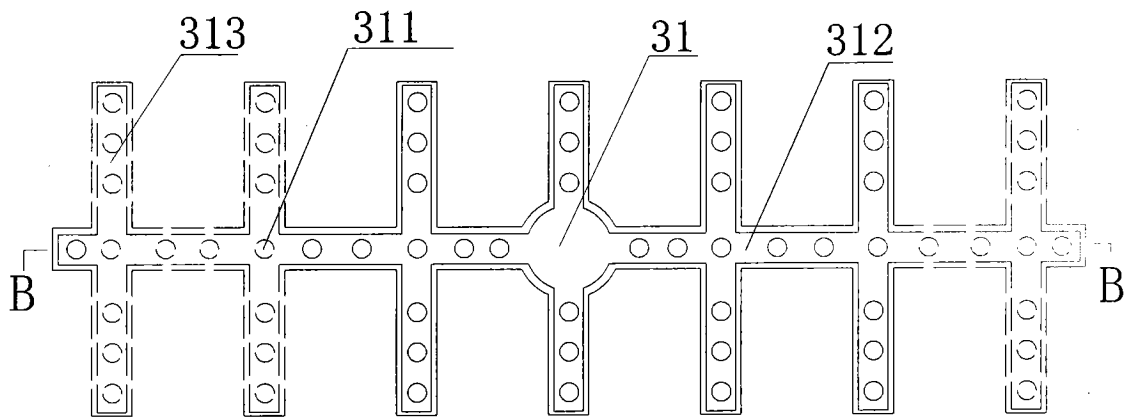


图 4

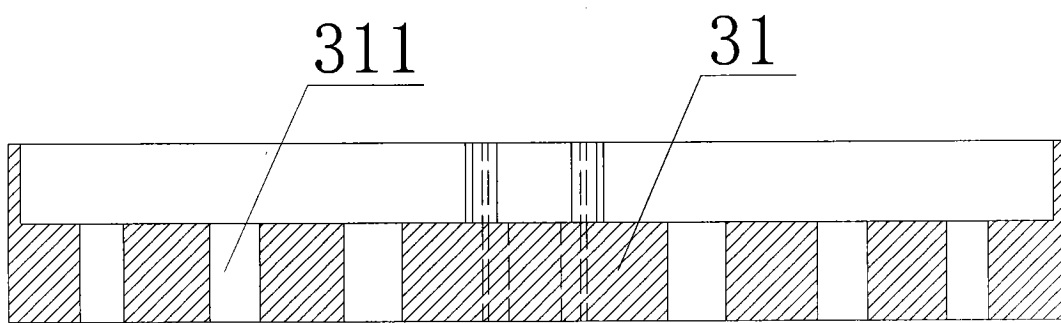


图 5

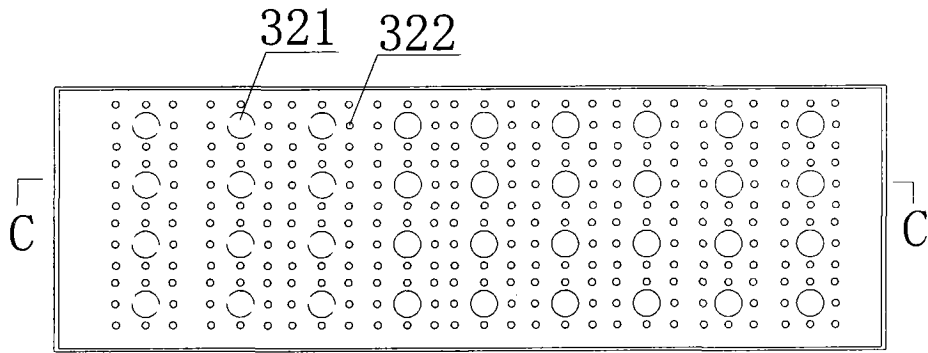


图 6

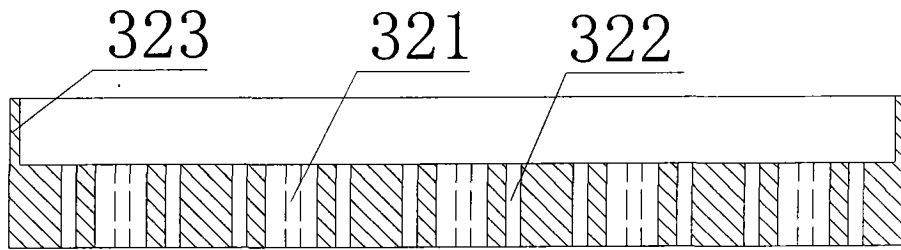


图 7

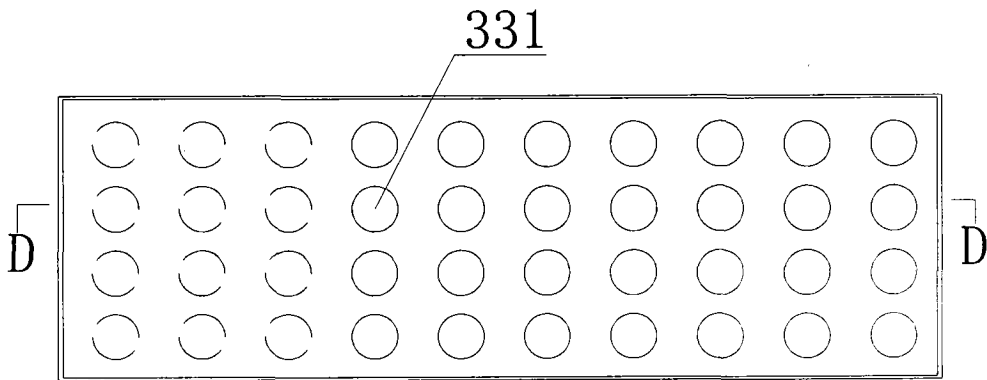


图 8

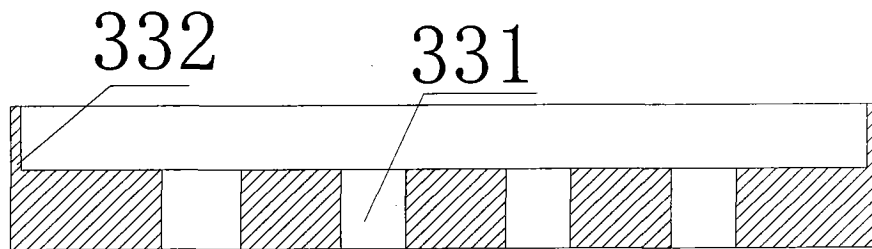


图 9

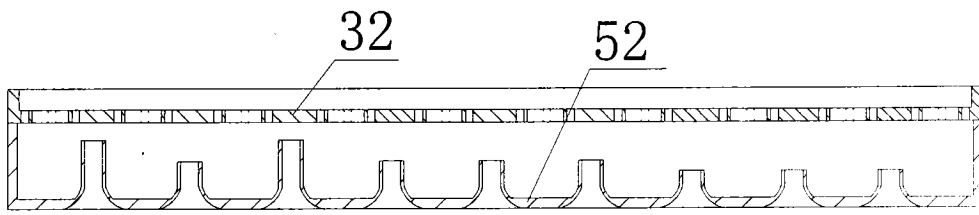


图 10

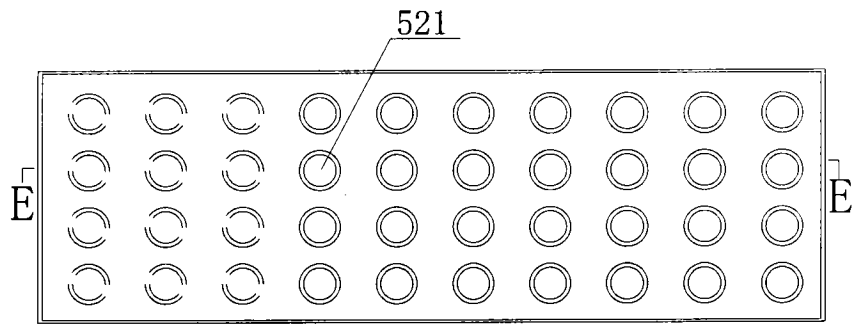


图 11

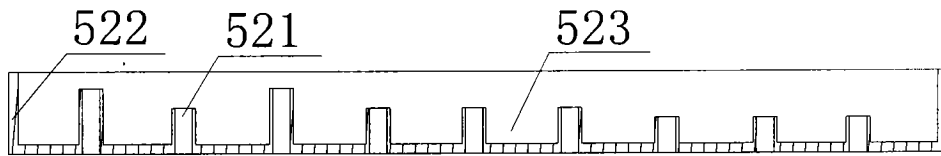


图 12

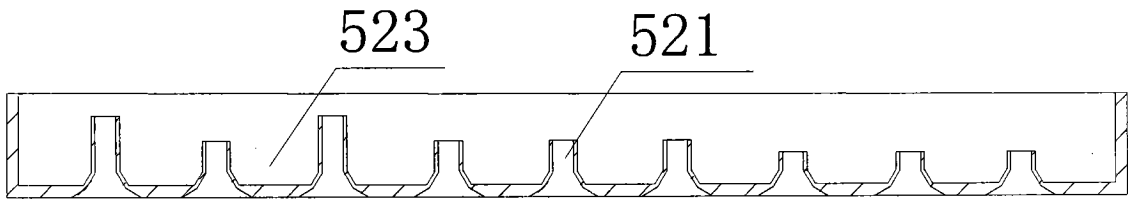


图 13