



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103550947 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 05

(21) 申请号 201310491615. 4

(22) 申请日 2013. 10. 18

(71) 申请人 范秀文

地址 200038 上海市杨浦区国伟路 135 号都
市工业园 13 号楼 412 室

(72) 发明人 范秀文

(74) 专利代理机构 济南舜源专利事务所有限公
司 37205

代理人 王连君

(51) Int. Cl.

B01D 5/00(2006. 01)

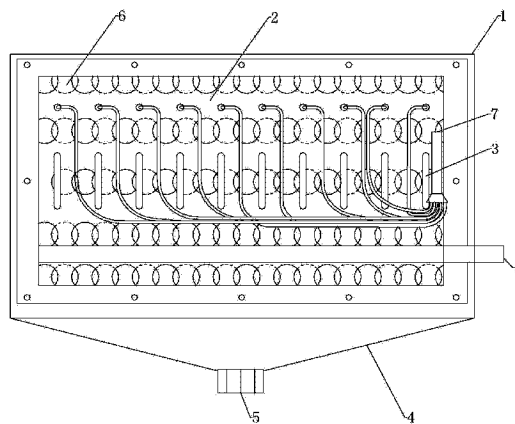
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

多级低温冷凝式油气回收装置及使用方法

(57) 摘要

本发明提出了一种多级低温冷凝式油气回收装置及使用方法,属于环境保护及节能技术领域。其解决了现有技术中油气回收装置成本高、回收效率低等问题,该装置包括第一级制冷系统、第二级制冷系统和第三级制冷系统,该制冷系统相对应的冷凝器分别为第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器和第三翅片冷凝器,上述的冷凝器均包括有壳体、翅片组、冷媒管和位于壳体下方的出油口,翅片组是由管道依次连接的若干个并列排列的翅片组成,翅片上均匀分布有若干个小孔,相邻翅片上的小孔呈交错分布。由于小孔呈现上述分布,使得油气在通过翅片上的小孔后不会直接在下一个相邻翅片的小孔中通过,油气与冷凝器接触面积增大,油气回收效率提高。



1. 一种多级冷凝式油气回收装置,包括第一级制冷系统、第二级制冷系统和第三级制冷系统,所述第一级制冷系统、第二级制冷系统和第三级制冷系统相对应包括有第一冷凝器和第一翅片蒸发器、第二冷凝器和第二翅片蒸发器、第三冷凝器和第三翅片蒸发器,其特征在于:所述第一冷凝器、第二冷凝器和第三冷凝器分别为第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器和第三翅片冷凝器,所述第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器和第三翅片冷凝器均包括壳体、翅片组、冷媒管和位于壳体下方的出油口,所述翅片组是由管道依次连接的若干个并列排列的翅片连接而成,所述翅片上均匀分布有若干个小孔,所述相邻翅片上的小孔呈交错分布。

2. 根据权利要求1所述的一种多级冷凝式油气回收装置,其特征在于:在第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器、第三翅片冷凝器下方均连接有接油盘,所述接油盘与出油口汇集连接。

3. 根据权利要求1或2所述的一种多级冷凝式油气回收装置的使用方法,其特征在于所述方法包括以下步骤:

(1) 首先启动第一级制冷系统,与此同时保持第二级制冷系统和第三级制冷系统关闭,油气的通入方向与第一翅片冷凝器垂直,油气通过第一翅片冷凝器中翅片上的小孔后垂直打入相邻翅片上,油气在所述的相邻翅片上水平移动并且通过相邻翅片上的小孔打入到下一个相邻的翅片上,依次继续,随着制冷的进行,当第一翅片式蒸发器内油气温度降低在 $-10^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间时,此时可以将大部分水蒸气和一部分轻烃冷凝为液体并收集液体,油气进行下一步处理;

(2) 保持第一级制冷系统开启和第三级制冷系统关闭,启动第二级制冷系统,步骤(1)中的油气的通入方向与第二翅片冷凝器垂直,随着制冷的进行,当第二翅片式蒸发器内油气温度降低在 $-80^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ 之间时,将冷凝为液体的轻烃收集,保持第一级制冷系统开启和第二级制冷系统开启;

(3) 启动第三级制冷系统,当第三翅片式蒸发器内油气温度降低在 $-120^{\circ}\text{C} \sim -100^{\circ}\text{C}$ 之间时,收集液体,油气回收完成。

多级低温冷凝式油气回收装置及使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种多级低温冷凝式油气回收装置及使用方法,属于环境保护及节能技术领域。

背景技术

[0002] 随着世界工业革命大潮的兴起,石油资源成为当今世界大量使用的能源之一。油气是各类机械设备、运输设备的主要动力驱动来源,广泛应用于航空、航海、陆运等工业、交通、运输行业中,油气的回收技术对社会效益、经济效益、生态环境都有着至关重要的影响。

[0003] 目前油气回收所采用的分离方法有吸收法、吸附法、冷凝法及膜法,其回收工艺特性见表 1 所示,从表 1 对比可得知:冷凝法油气回收设备的投资成本低、应用效率高。目前,排空尾气浓度 $\leq 25\text{g}/\text{m}^3$ 的冷凝法油气回收设备,耗电量为 $0.17 \sim 0.25\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$,相比吸附法、吸收法和膜分离法,冷凝法是运行成本最低、投资回报最高的一种油气回收方法。冷凝法油气回收技术是采用冷却的方法降低油气的温度,使油气中的轻油成分冷却液化,当前所用的冷却、液化方式是采用传统的壳管式换热器——铜管翅片式换热器,在制冷系统的循环中对油气进行降温、液化分离。这种方式在实际的使用中,冷却、液化的效率非常低,其在实际操作中存在的问题有:油气在换热器中一次性通过,对换热表面的依赖是唯一的;油气具有遇明火爆炸的危险,故难以采用风机(内有电线圈)对油气进行循环降温,这样会造成冷却面积非常大,要比常规的制冷终端大出 100 倍以上;即使达到了降温所需的面积,又会有冷却终端产品体积过大和制冷系统循环异常的问题发生,而且体积过大造成的初投资成本也不可小视。

[0004] 表 1 四种油气回收工艺方法特性对比

[0005]

油气回收方法	吸附法	膜分离法	吸收法	冷凝法
投资	较大	大	较低	中
尾气排放浓度 / (g/m^3)	10	25	50	$\leq 25 (-110^\circ\text{C})$
能耗 / ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$)	$0.20 \sim 0.30$	0.35	0.30	$0.17 \sim 0.25$
运行成本	中等	高	较高	较低
回收汽油计量	可间接计量	无	无	准确计量
安全性	低	较低	中等	高
油气波动适应性	好	较差	中等	较好
设备占地面积	较大	大	中等	较低
维护要求	大	较大	中等	较小

[0006] CN2884069Y 公开了一种新型翅片冷凝器,该冷凝器由壳体、翅片及冷凝管组成,该专利采用翅片式冷凝器,增大了散热面积,并且为了降低制造成本,将冷凝管及翅片采用了钢管和铁片制成,该专利虽然选用了翅片冷凝器,但是其并未对翅片冷凝器的结构做改进,也没有使得回收率提高。因此,寻求一种经济、高效的油气回收技术,对现有的油气回收装置进行替代具有深远意义。

发明内容

[0007] 为了解决现有技术中存在的问题,本发明提出了一种低温冷凝式油气回收装置及其使用方法,该油气回收装置通过对翅片冷凝器的改进,可使冷凝回收装置的成本降低,回收效率提高。

[0008] 为了解决现有技术中存在的问题,本发明的任务之一在于提供一种多级低温冷凝式油气回收装置,所采用的技术方案如下:

[0009] 本发明,一种多级冷凝式油气回收装置,包括第一级制冷系统、第二级制冷系统和第三级制冷系统,第一级制冷系统、第二级制冷系统和第三级制冷系统相对应包括有第一冷凝器和第一翅片蒸发器、第二冷凝器和第二翅片蒸发器、第三冷凝器和第三翅片蒸发器,第一冷凝器、第二冷凝器和第三冷凝器分别为第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器和第三翅片冷凝器,所述第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器和第三翅片冷凝器均包括壳体、翅片组、冷媒管和位于壳体下方的出油口,壳体的作用是:形成了一个油气输入的总通道,翅片组是由管道依次连接的若干个并列排列的翅片连接而成,上述翅片上均匀分布有若干个小孔,相邻翅片上的小孔呈交错分布,小孔用于油气的通过,相邻翅片上的小孔交错分布的目的在于:油气在通过翅片上的小孔后不会直接在下一个相邻翅片的小孔中通过,而是会在下一个相邻翅片上水平移动,水平移动的油气可以和翅片冷凝器充分接触,并且接触面积增大,使得油气回收效率提高。

[0010] 作为本发明的一个优选方案,在第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器和第三翅片冷凝器的下方均连接有接油盘,而且每个冷凝器下方的接油盘不是独立的,而是连通的,接油盘与出油口汇集连接,方便冷凝液体的回收。

[0011] 本发明的任务之二在于提供一种多级冷凝式油气回收装置的使用方法,其使用方法包括以下步骤:

[0012] (1) 首先启动第一级制冷系统,与此同时保持第二级制冷系统和第三级制冷系统关闭,油气的通入方向与第一翅片冷凝器垂直,油气通过第一翅片冷凝器中翅片上的小孔后垂直打入相邻翅片上,油气在相邻翅片上水平移动并且通过相邻翅片上的小孔打入到下一个相邻的翅片上...按照上述步骤油气依次继续通入,随着制冷的进行,当第一翅片式蒸发器内油气温度降低在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间时,此时可以将大部分水蒸气和一部分轻烃冷凝为液体并收集液体,油气进行下一步处理;

[0013] (2) 保持第一级制冷系统开启和第三级制冷系统关闭,启动第二级制冷系统,步骤(1)中的油气通入方向与第二翅片冷凝器垂直,随着制冷的进行,当第二翅片式蒸发器内油气温度降低在 $-80^{\circ}\text{C}\sim -30^{\circ}\text{C}$ 之间时,将冷凝为液体的轻烃收集,保持第一级制冷系统开启和第二级制冷系统开启;

[0014] (3) 启动第三级制冷系统,当第三翅片式蒸发器内油气温度降低在 $-120^{\circ}\text{C}\sim -100^{\circ}\text{C}$ 之间时,收集液体,油气回收完成。

[0015] 本发明所带来的有益技术效果:

[0016] 本发明选用的翅片式冷凝器,与现有技术中的壳管式冷凝器相比较,其冷却、液化效率大大提高;

[0017] 本发明选用的翅片式冷凝器,在翅片式冷凝器中的翅片上分布有若干个小孔,并且相邻翅片上的小孔呈交错分布,可以增大油气与翅片式冷凝器的接触面积,使得油气回收效率大大提高,其工作原理如下:首先油气与垂直通入打到翅片上,与换热面积进行垂直

碰撞,在低温的作用下进行液化,同时在惯性的作用下加速气液分离,然后经过翅片上的小孔后,打入下一个相邻的翅片上,没有液化的油气在压力的作用下会在该相邻的翅片上水平移动,这样就增大了换热翅片的换热效率,没有被液化的油气会顺着油气的方向通过小孔继续打入相邻的换热翅片,重复上一片翅片的换热过程,依次下去,油气的气态数量会不断减少,使得油气回收效率大大提高。

附图说明

[0018] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明：

[0019] 图 1 为本发明翅片冷凝器的右侧视图；

[0020] 图 2 为本发明翅片冷凝器的正视图；

[0021] 图 3 为油气回收系统流程图；

[0022] 图中,1、壳体 2、翅片 3、冷媒管 4、接油盘 5、出油口 6、小孔 7、冷媒供液接口 8、冷媒回气接口。

具体实施方式

[0023] 为了使本发明的目的、技术方案以及优点更清楚、明确,以下将结合具体实施例,对本发明进一步详细说明。

[0024] 为了更好的理解本发明,现对冷凝法油气回收操作工艺做如下分析：

[0025] 冷凝法油气回收技术是采用多级连续冷却的方法,使混合油气中的烃类各组分的温度低于凝点从气态变为液态,除水蒸汽外的空气保持气态,从而实现油气与空气的分离。其实质就是利用复叠式制冷循环制取低温,分阶段地降低油气温度,将其中的轻烃组分冷凝为液体加以回收的技术工艺,参照图 3 所示,一种冷凝法油气回收方案的工艺,油气分别通入一级制冷系统、二级制冷系统和三级制冷系统来回收油气。现有技术中的冷凝式油气回收装置,包括第一级制冷系统、第二级制冷系统和第三级制冷系统,对于制冷系统的结构及其包括的部件属于本领域中技术人员可以获知的,这里不再赘述。

[0026] 假设油气在冷凝过程中,压力为大气压力。由于油气为气态混合物,计算气体状态时将油气各组分参数按照一定的规则混合,从而将混合物作为假想的纯物质计算。状态方程为 Peng-Robinson 方程,该状态方程可以很好地预测较宽温度区域的烃类状态：

$$[0027] \quad p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a(T)}{V(V+b) + b(V-b)}$$

[0028] 式中, $a(T)$ ——混合气体温度函数；

[0029] $a(T)$ —— $a/T^{0.5}$ ；

[0030] a 、 b ——混合气体的范德瓦尔常数。

[0031] a 、 b 按照以下规则混合：

$$[0032] \quad a = \sum_1 \sum_1 x_i x_j (a_i b_j)^{\frac{1}{2}} (1 - k_{ij})$$

$$[0033] \quad b = \sum_1 \sum_1 x_i x_j \left(\frac{b_i + b_j}{2} \right)$$

[0034] 式中, x_i 、 x_j ——组分 i , j 在混合物中的摩尔分数;

[0035] a_i 、 b_i 、 a_j 、 b_j ——组分 i , j 的范德瓦尔常数;

[0036] k_{aij} ——组分 i , j 的二元交互参数。

[0037] 在冷凝过程中存在气液共存的状态, 其平衡条件为 $f_i^V = f_i^L$, 由此条件联立 Peng-Robinson, 即可计算各温度下的气液平衡。

[0038] 冷凝式油气回收设备采用多级复叠或自复叠制冷技术, 系统流程虽然相对复杂, 但其关键部件压缩机和节流机构已全部实现本土化生产, 投资和运行成本较低; 并有设备紧凑、占用空间小、自动化程度高、维护方便、安全性好、输出为液态油可直接利用等优点。

[0039] 冷凝过程中常使用的管壳式换热器, 又称列管式换热器, 是以封闭在壳体中管束的壁面作为传热面的间壁式换热器。这种换热器结构较简单, 操作可靠, 可用各种结构材料 (主要是金属材料) 制造, 能在高温、高压下使用, 是目前应用最广的类型。

[0040] 在传统的管壳式换热器中多采用光管, 因其结构简单, 容易制造, 需要强化传热时, 可采用强化传热管, 包括翅片管、螺旋槽管、波纹管等。

[0041] 从传热学角度分析, 强化传热的基本途径只需调整以下三个参数: 扩展传热面积 F 、加大传热温差 Δt 和提高传热系数 K 。翅片管与光管相比, 在消耗金属材料相同的情况下具有更大的表面积, 从直观看属于第一种强化传热, 但实质上是由于换热面积的扩展带来了传热系数的提高, 使传热效果得到改善。

[0042] 下面结合附图进一步理解本发明:

[0043] 本发明中第一级制冷系统、第二级制冷系统和第三级制冷系统相对应包括有第一冷凝器和第一翅片蒸发器、第二冷凝器和第二翅片蒸发器、第三冷凝器和第三翅片蒸发器, 其中, 第一冷凝器、第二冷凝器和第三冷凝器分别为第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器和第三翅片冷凝器;

[0044] 参照图 1 和图 2 所示, 第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器和第三翅片冷凝器均包括壳体 1、翅片组、冷媒管 3 和位于壳体 1 下方的出油口 5, 壳体 1 的作用是: 壳体 1 的作用是: 形成了一个油气输入的总通道, 翅片组是由管道依次连接的若干个并列排列的翅片 2 组成, 翅片 2 是用于与油气换热, 在翅片 2 上均匀分布有若干个小孔 6, 小孔 6 供油气通过, 相邻翅片 2 上的小孔 6 呈交错分布, 相邻翅片上的小孔 2 交错分布的目的在于: 油气在通过翅片上的小孔后不会直接在下一个相邻翅片的小孔中通过, 而是会在下一个相邻翅片上水平移动, 水平移动的油气可以和翅片冷凝器充分接触, 并且接触面积增大, 使得油气回收效率提高; 第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器和第三翅片冷凝器均还包括有冷媒供液接口 7 和冷媒回气接口 8, 冷媒供液接口 7 是制冷剂的入口, 冷媒回气接口 8 是制冷剂的出口。

[0045] 作为本发明的一个优选方案, 在第一翅片冷凝器、第二翅片冷凝器和第三翅片冷凝器的下方均连接有接油盘 4, 而且每个冷凝器下方的接油盘不是独立的, 而是连通的, 冷凝下来的液体都收集在接油盘中, 接油盘与出油口 5 汇集连接, 方便冷凝液体的回收。

[0046] 上述低温冷凝式油气回收装置的使用方法, 其使用方法包括以下步骤:

[0047] 1) 首先启动第一级制冷系统, 与此同时保持第二级制冷系统和第三级制冷系统关闭, 油气的通入方向与第一翅片冷凝器垂直, 参照图 1, 本发明的油气通入方向是从右侧垂直于翅片的方向通入, 油气首先通过第一翅片冷凝器中翅片上的小孔 6 后垂直打入相邻翅片上, 当然, 这里所述的相邻翅片是与油气通入方向相一致的相邻翅片, 油气通入方向与翅

片垂直,可以强迫气体与换热面积垂直碰撞,在低温的作用下进行液化,同时在惯性的作用下加速气液分离;油气在相邻翅片上水平移动并且通过相邻翅片上的小孔打入到下一个相邻的翅片上…按照上述步骤油气依次继续通入,随着制冷的进行,当第一翅片式蒸发器内油气温度降低在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间时,此时可以将大部分水蒸气和一部分轻烃冷凝为液体并收集液体,油气进行下一步处理;

[0048] 2)保持第一级制冷系统开启和第三级制冷系统关闭,启动第二级制冷系统,步骤(1)中的油气通入方向与第二翅片冷凝器垂直,随着制冷的进行,当第二翅片式蒸发器内油气温度降低在 $-80^{\circ}\text{C}\sim -30^{\circ}\text{C}$ 之间时,将冷凝为液体的轻烃收集,保持第一级制冷系统开启和第二级制冷系统开启;

[0049] 3)启动第三级制冷系统,当第三翅片式蒸发器内油气温度降低在 $-120^{\circ}\text{C}\sim -100^{\circ}\text{C}$ 之间时,收集液体,油气回收完成。

[0050] 参照表 2,表 2 为本发明中冷凝温度与回收率的对应关系。

[0051] 表 2

[0052]

冷凝温度/ $^{\circ}\text{C}$	回收率	尾气排放浓度/ (g/m^3)
-40	70%	—
-75	90%	≤ 50
-95	$> 95\%$	≤ 35
-110	$> 98\%$	≤ 25
-120	$> 99\%$	≤ 15

[0053] 从表 2 中可以得知:在冷凝温度为 -120°C 时,油气回收率达 99% 以上。

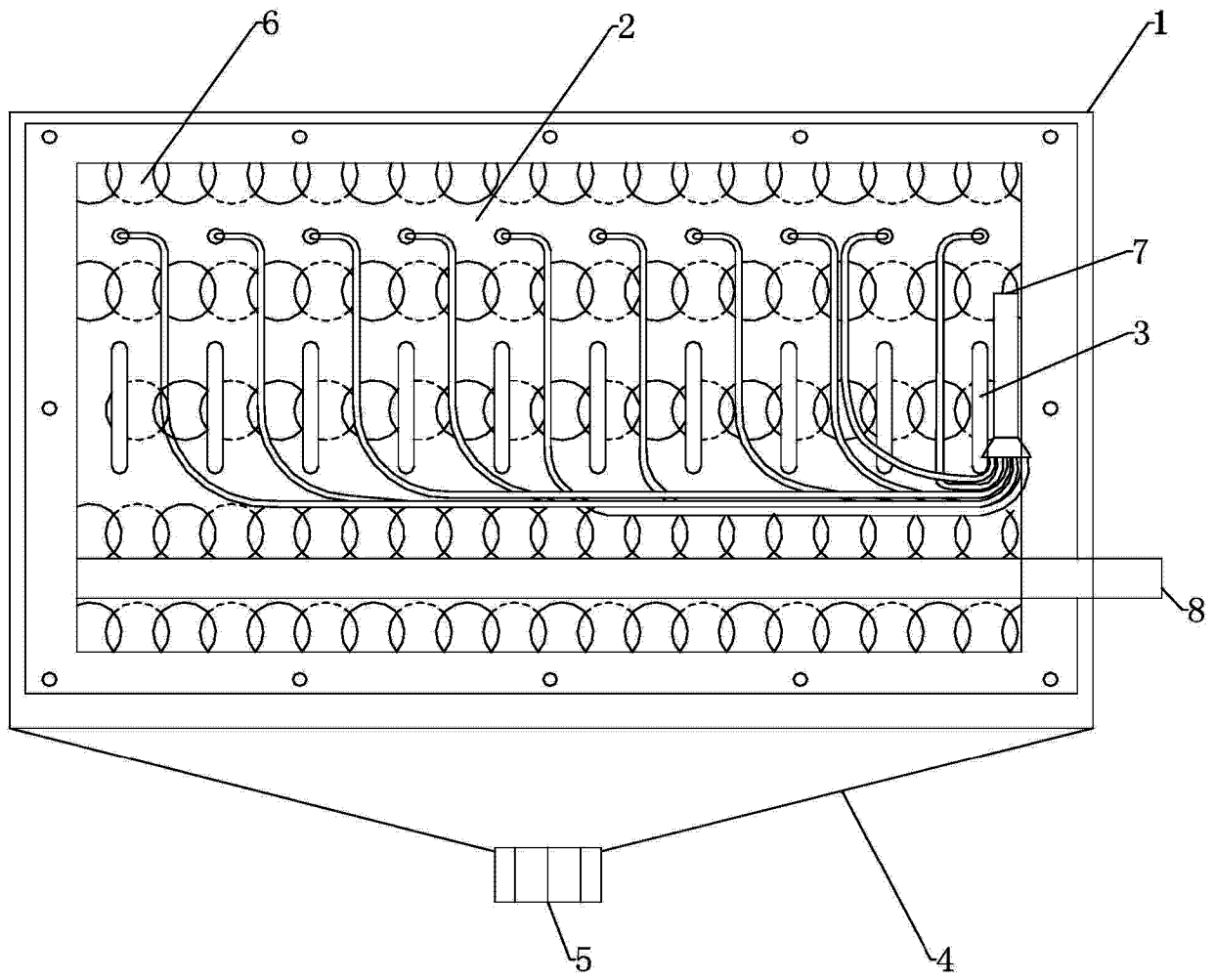


图 1

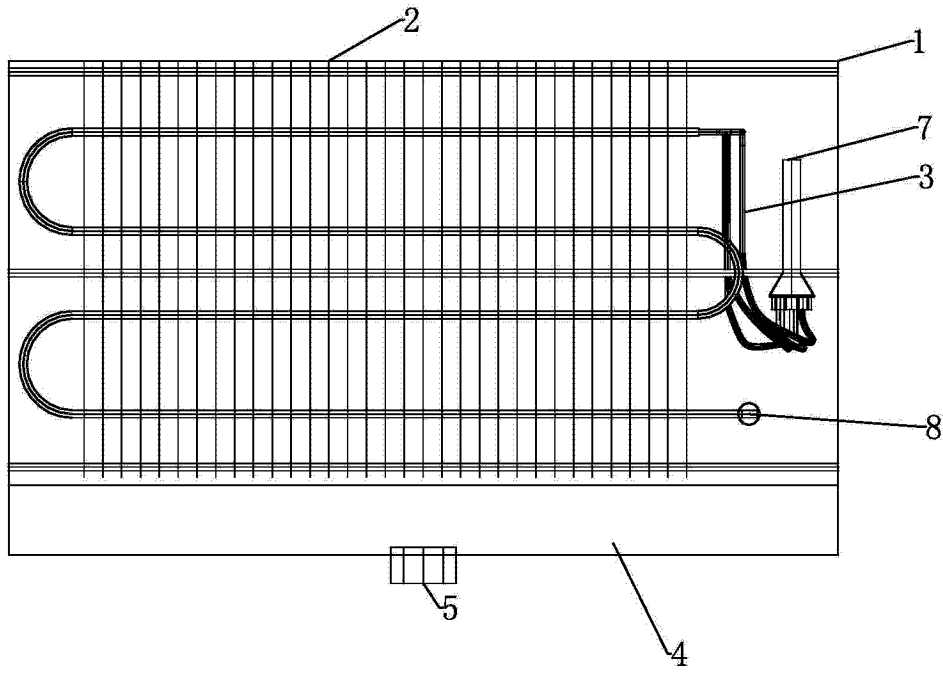


图 2

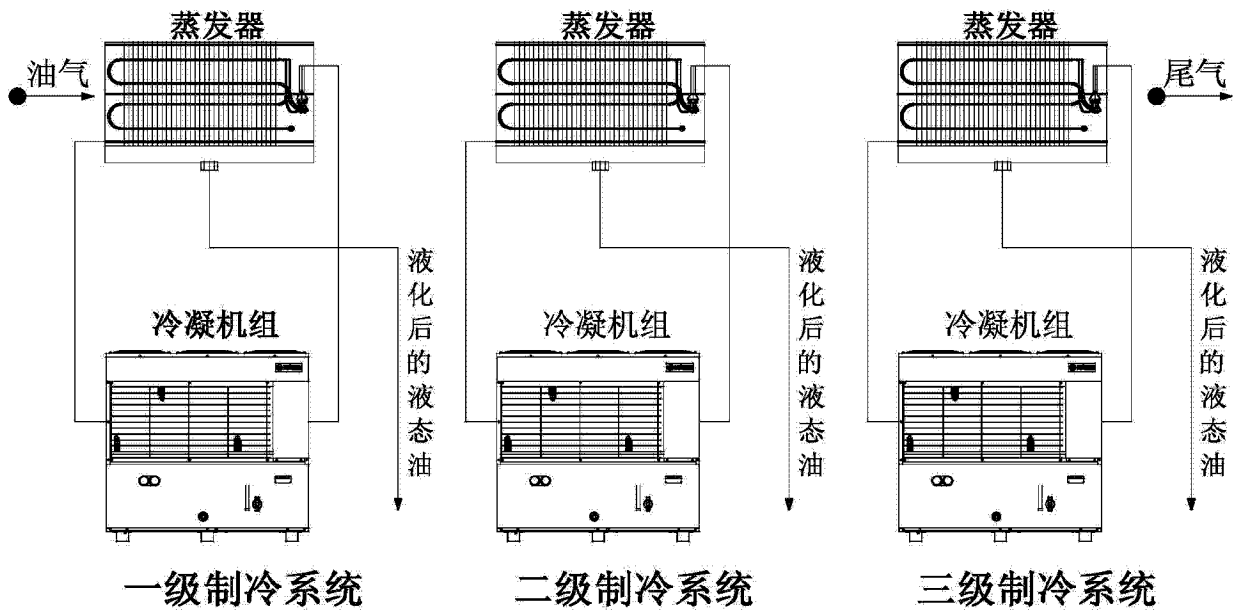


图 3