

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
F25B 17/08 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810040453.1

[43] 公开日 2008年12月3日

[11] 公开号 CN 101315227A

[22] 申请日 2008.7.10

[21] 申请号 200810040453.1

[71] 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

[72] 发明人 李廷贤 王如竹 王丽伟 吴静怡

[74] 专利代理机构 上海交达专利事务所

代理人 王锡麟 王桂忠

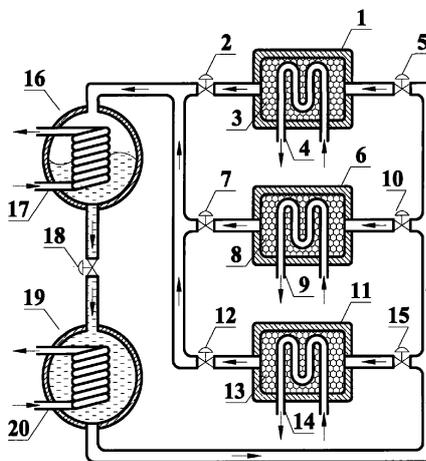
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

## [54] 发明名称

多效吸附式制冷循环系统

## [57] 摘要

一种多效吸附式制冷循环系统，属于制冷空调技术领域。本发明中，高温反应器与高温反应器解吸阀门连接；中温反应器与中温反应器解吸阀门连接；低温反应器与低温反应器解吸阀门连接；高温反应器解吸阀门出口、中温反应器解吸阀门出口以及低温反应器解吸阀门出口均与冷凝器进口连接，冷凝器与节流阀连接，蒸发器出口分别与高温反应器吸附阀门进口、中温反应器吸附阀门进口以及低温反应器吸附阀门进口连接。高温反应器、中温反应器、低温反应器分别安装反应器加热及冷却盘管，并填充有吸附剂。本发明在每次循环过程中，输入一次高温解吸热，就能实现三次制冷量的输出，显著提高吸附制冷技术的制冷效率，同时减少了系统对外界热源热量的需求。



1、一种多效吸附式制冷循环系统，包括：高温反应器(1)、高温反应器解吸阀门(2)、高温反应化学吸附剂(3)、高温反应器加热及冷却盘管(4)、高温反应器吸附阀门(5)、中温反应器(6)、中温反应器解吸阀门(7)、中温反应化学吸附剂(8)、中温反应器加热及冷却盘管(9)、中温反应器吸附阀门(10)、低温反应器(11)、低温反应器解吸阀门(12)、低温反应化学吸附剂(13)、低温反应器加热及冷却盘管(14)、低温反应器吸附阀门(15)、冷凝器(16)、冷凝器换热盘管(17)、节流阀(18)、蒸发器(19)、蒸发器换热盘管(20)，其特征在于：高温反应器(1)进口与高温反应器吸附阀门(5)出口连接，高温反应器(1)出口与高温反应器解吸阀门(2)进口连接；中温反应器(6)进口与中温反应器吸附阀门(10)出口连接，中温反应器(6)出口与中温反应器解吸阀门(7)进口连接；低温反应器(11)进口与低温反应器吸附阀门(15)出口连接，低温反应器(11)出口与低温反应器解吸阀门(12)进口连接，高温反应器解吸阀门(2)出口、中温反应器解吸阀门(7)出口以及低温反应器解吸阀门(12)出口均与冷凝器(16)进口连接，冷凝器(16)出口与节流阀(18)进口连接，节流阀(18)出口与蒸发器(20)进口连接，蒸发器(20)出口分别与高温反应器吸附阀门(5)进口、中温反应器吸附阀门(10)进口以及低温反应器吸附阀门(15)进口连接；高温反应器(1)中设有高温反应器加热及冷却盘管(4)，中温反应器(6)中设有中温反应器加热及冷却盘管(9)，低温反应器(11)中设有低温反应器加热及冷却盘管(14)，冷凝器(16)中设有冷凝器换热盘管(17)，蒸发器(19)中设有蒸发器换热盘管(20)，高温反应化学吸附剂(3)填装于高温反应器(1)内，中温反应化学吸附剂(8)填装于中温反应器(6)内，低温反应化学吸附剂(13)填装于低温反应器(11)内。

2、根据权利要求1所述的多效吸附式制冷循环系统，其特征是，在相同的工作压力下，所述高温反应化学吸附剂(3)的工作温度高于中温反应化学吸附剂(8)及低温反应化学吸附剂(13)。

3、根据权利要求1所述的多效吸附式制冷循环系统，其特征是，在相同的工作压力下，所述中温反应化学吸附剂(8)的工作温度高于低温反应化学吸附剂(13)。

4、根据权利要求1所述的多效吸附式制冷循环系统，其特征是，所述高温反应化学吸附剂(3)在每次循环过程中，由外界高温热源输入一次解吸热，实现三次制冷过程。

5、根据权利要求1所述的多效吸附式制冷循环系统，其特征是，所述高温反应器(1)与中温反应器(6)之间采用内部热量回收技术，中温反应化学吸附剂(8)的解吸热由高温反应化学吸附剂(3)的吸附热提供。

6、根据权利要求1所述的多效吸附式制冷循环系统，其特征是，所述中温反应器(6)与低温反应器(11)之间采用内部热量回收过程，低温反应化学吸附剂(13)的解吸热由中温反应化学吸附剂(8)的吸附热提供。

## 多效吸附式制冷循环系统

### 技术领域

本发明涉及一种制冷空调技术领域的系统，具体是一种基于内部热量回收过程的多效吸附式制冷循环系统。

### 背景技术

固体吸附式制冷是一种以热能为驱动力的绿色制冷技术，与传统的以电为驱动力的蒸汽压缩式制冷相比，其特点是可有效利用太阳能和低品位余热作为驱动力实现制冷效果，同时因采用环境友好型制冷剂作为工作介质，具有臭氧消耗系数(ODP)和温室效应系数(GWP)均为零的环保优点，适合当前的环保要求。特别是近些年来随着人们对舒适性空调需求量的不断增多，夏季制冷空调的耗电比例迅速增加，致使能源问题进一步加剧，如何提高能源综合利用效率迫在眉睫。从环境保护和能源综合利用的角度看，固体吸附式制冷在太阳能等新能源的开发及工业余热等低品位能源利用中具有很大的发展潜力和应用前景。

早期的固体吸附式制冷循环系统采用单床间歇循环，制冷过程不连续且制冷效率 COP 较低。为此国内外研究者提出了多种先进的吸附式制冷循环方式，典型的有热波循环、对流热波循环、回热循环、回质循环、回质回热循环和多级循环等。这些循环方式的提出促进了吸附式制冷技术的发展，都不同程度的提高了系统的工作性能。然而，这些循环的不足之处是都存在系统输入一次高温解吸热，只能得到一次制冷量的输出，即高温解吸热的输入次数和制冷量的输出次数是相等的。由于吸附式制冷循环中加热吸附剂解吸所需的解吸热远大于制冷剂的蒸发相变潜热，因此，这种热量输入和制冷量输出的方式在一定程度上限制了吸附制冷工作性能的提高。制冷效率低是吸附制冷技术面临的主要问题之一。

经对现有技术的文献检索发现，目前提高固体吸附式制冷工作性能的主要措施是采用强化换热技术、吸附床间的回质回热技术以及不同制冷系统间的复叠技术，例如中国专利申请号为 CN200410025398.0 的“基于分离热管的高效可靠的吸附制冷机”专利，即是通过采用热管强化换热技术来提高制冷系统的工作性

能；例如中国专利申请号为 CN01111038.4 的“独立加热/回热/回质/冷却的多效吸附式制冷循环系统”，即是采用吸附床间回质回热技术来提高制冷系统的工作性能，且回热过程仅仅是部分显热的回收；又如中国专利申请号为 CN200710057666.0 的“三效吸附-吸收复合式制冷装置”专利，即是通过吸附制冷系统与吸收制冷系统之间的复叠技术，提高复合制冷系统的工作性能。但由于以上循环系统中不同吸附床中均填装相同的吸附剂，导致吸附床间的热量回收效率较低、回热过程不彻底，使得高温热量输入次数与制冷量输出次数仍然相等，极大地限制了吸附制冷效率的提高幅度。

### 发明内容

本发明的目的在于针对传统吸附式制冷循环系统的不足，提供一种基于内部热量回收过程的多效吸附式制冷循环系统。本发明系统中，对系统每输入一次高温解吸热就可以得到三次制冷量的输出；相对传统的吸附式制冷循环系统，本发明可解决吸附制冷循环系统制冷效率较低的问题。

本发明是通过以下技术方案实现的，本发明包括：高温反应器、高温反应器解吸阀门、高温反应器加热及冷却盘管、高温反应器吸附阀门、中温反应器、中温反应器解吸阀门、中温反应器加热及冷却盘管、中温反应器吸附阀门、低温反应器、低温反应器解吸阀门、低温反应器加热及冷却盘管、低温反应器吸附阀门、冷凝器、冷凝器换热盘管、节流阀、蒸发器、蒸发器换热盘管，几种不同反应温度的化学吸附剂（其中高温反应器内填充高温反应化学吸附剂，中温反应器内填充中温反应化学吸附剂，低温反应器内填充低温反应化学吸附剂）。

高温反应器进口与高温反应器吸附阀门出口连接，高温反应器出口与高温反应器解吸阀门进口连接；中温反应器进口与中温反应器吸附阀门出口连接，中温反应器出口与中温反应器解吸阀门进口连接；低温反应器进口与低温反应器吸附阀门出口连接，低温反应器出口与低温反应器解吸阀门进口连接；高温反应器解吸阀门出口、中温反应器解吸阀门出口以及低温反应器解吸阀门出口均与冷凝器进口连接，冷凝器出口与节流阀进口连接，节流阀出口与蒸发器进口连接，蒸发器出口分别与高温反应器吸附阀门进口、中温反应器吸附阀门进口以及低温反应器吸附阀门进口连接。高温反应器内填装高温反应化学吸附剂、并安装加热及冷却盘管，中温反应器内填装中温反应化学吸附剂、并安装加热及冷却盘管，低温反应器内填装低温反应化学吸附剂、并安装加热及冷却盘管，冷凝器内安装冷凝

器换热盘管，蒸发器内安装蒸发器换热盘管。

本发明的工作过程包括两个阶段：

第一阶段包括：(1)高温反应器内高温反应化学吸附剂的加热解吸过程；(2)中温反应器内中温反应化学吸附剂的冷却吸附过程；(3)低温反应器内低温反应化学吸附剂的加热解吸过程，其中低温反应化学吸附剂消耗的解吸热由中温反应化学吸附剂释放的吸附热提供。

第二阶段包括：(4)高温反应器内高温反应化学吸附剂的冷却吸附过程；(5)中温反应器内中温反应化学吸附剂的加热解吸过程，其中中温反应化学吸附剂消耗的解吸热由高温反应化学吸附剂释放的吸附热提供；(6)低温反应器内低温反应化学吸附剂的冷却吸附过程。

本发明具有积极的效果：多效吸附式制冷循环系统在每次循环过程中，仅对高温反应器内高温反应化学吸附剂输入一次高温解吸热，就能实现三次制冷量的输出，可显著提高吸附制冷技术的制冷效率。多效吸附式制冷循环系统中，由于采用内部热量回收过程，中温反应化学吸附剂的解吸热由高温反应化学吸附剂的吸附热提供、低温反应化学吸附剂的解吸热由中温反应化学吸附剂的吸附热提供，因而减少了系统对外界热源热量的需求，有利于节能。

附图说明

图1为本发明结构示意图；

其中：1是高温反应器，2是高温反应器解吸阀门，3是高温反应化学吸附剂，4是高温反应器加热及冷却盘管，5是高温反应器吸附阀门，6是中温反应器，7是中温反应器解吸阀门，8是中温反应化学吸附剂，9是中温反应器加热及冷却盘管，10是中温反应器吸附阀门，11是低温反应器，12是低温反应器解吸阀门，13是低温反应化学吸附剂，14是低温反应器加热及冷却盘管，15是低温反应器吸附阀门，16是冷凝器，17是冷凝器换热盘管，18是节流阀，19是蒸发器，20是蒸发器换热盘管；

图中：实线箭头方向表示制冷剂的流动方向，虚线箭头方向表示盘管中传热流体的流动方向。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的实施例作详细说明：本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施，给出了详细的实施方式和具体的操作过程，但本发明的保护

范围不限于下述的实施例。

如图 1 所示，本实施例包括高温反应器 1、高温反应器解吸阀门 2、高温反应化学吸附剂 3、高温反应器加热及冷却盘管 4、高温反应器吸附阀门 5、中温反应器 6、中温反应器解吸阀门 7、中温反应化学吸附剂 8、中温反应器加热及冷却盘管 9、中温反应器吸附阀门 10、低温反应器 11、低温反应器解吸阀门 12、低温反应化学吸附剂 13、低温反应器加热及冷却盘管 14、低温反应器吸附阀门 15、冷凝器 16、冷凝器换热盘管 17、节流阀 18、蒸发器 19、蒸发器换热盘管 20。

高温反应器 1 进口与高温反应器吸附阀门 5 出口连接，高温反应器 1 出口与高温反应器解吸阀门 2 进口连接；中温反应器 6 进口与中温反应器吸附阀门 10 出口连接，中温反应器 6 出口与中温反应器解吸阀门 7 进口连接；低温反应器 11 进口与低温反应器吸附阀门 15 出口连接，低温反应器 11 出口与低温反应器解吸阀门 12 进口连接；高温反应器解吸阀门 2 出口、中温反应器解吸阀门 7 出口以及低温反应器解吸阀门 12 出口均与冷凝器 16 进口连接，冷凝器 16 出口与节流阀 18 进口连接，节流阀 18 出口与蒸发器 20 进口连接，蒸发器 20 出口分别与高温反应器吸附阀门 5 进口、中温反应器吸附阀门 10 进口以及低温反应器吸附阀门 15 进口连接。高温反应器 1 内填装高温反应化学吸附剂 3、并安装加热及冷却盘管 4，中温反应器 6 内填装中温反应化学吸附剂 8、并安装加热及冷却盘管 9，低温反应器 11 内填装低温反应化学吸附剂 13、并安装加热及冷却盘管 14，冷凝器 16 内安装冷凝器换热盘管 17，蒸发器 19 内安装蒸发器换热盘管 20。

在相同的工作压力下，所述高温反应化学吸附剂 3 的工作温度高于中温反应化学吸附剂 8 及低温反应化学吸附剂 13。

在相同的工作压力下，所述中温反应化学吸附剂 8 的工作温度高于低温反应化学吸附剂 13。

所述高温反应化学吸附剂 3 在每次循环过程中，由外界高温热源输入解吸热。中温反应化学吸附剂 8 的解吸热由高温反应化学吸附剂 3 的吸附热提供，低温反应化学吸附剂 13 的解吸热由中温反应化学吸附剂 8 的吸附热提供。

多效吸附式制冷循环系统的具体实施过程为：

第一阶段包括：(1) 高温反应器 1 内高温反应化学吸附剂 3 的加热解吸过程；(2) 中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 的冷却吸附过程；(3) 低温反应器 11

内低温反应化学吸附剂 13 的加热解吸过程,其中低温反应化学吸附剂 13 消耗的解吸热由中温反应化学吸附剂 8 释放的吸附热提供。

(1) 高温反应器 1 内高温反应化学吸附剂 3 的加热解吸过程。在加热解吸过程中,关闭高温反应器 1 与蒸发器 19 之间的高温反应器吸附阀门 5,利用外界高温热源通过高温反应器 1 中的加热盘管 4 对高温反应器 1 内的高温反应化学吸附剂 3 进行加热,当高温反应化学吸附剂 3 的温度上升到解吸温度后,开启高温反应器 1 与冷凝器 16 之间的高温反应器解吸阀门 2,制冷剂从高温反应化学吸附剂 3 中解吸出来,解吸出的制冷剂蒸汽进入冷凝器 16 并与冷凝器换热盘管 17 进行换热,冷却成液态的制冷剂流经节流阀 18 进入蒸发器 19,完成高温反应器 1 的加热解吸过程。

(2) 中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 的冷却吸附过程。在冷却吸附过程中,关闭中温反应器 6 与冷凝器 16 之间的中温反应器解吸阀门 7,采用内部热量回收技术,回收低温反应器 11 中低温反应化学吸附剂 13 在解吸阶段消耗的解吸热,利用该解吸热通过中温反应器冷却盘管 9 对中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 进行冷却,当中温反应化学吸附剂 8 的温度降低到吸附温度后,开启中温反应器 6 与蒸发器 19 之间的中温反应器吸附阀门 10,中温反应化学吸附剂 8 开始对蒸发器 19 中的制冷剂进行吸附,蒸发器 19 中的低温低压液态制冷剂在中温反应化学吸附剂 8 的吸附作用下发生相变吸收蒸发器换热盘管 20 中传热流体的热量,产生制冷效果,实现本发明多效吸附式制冷循环系统中第一次冷量的输出。

(3) 低温反应器 11 内低温反应化学吸附剂 13 的加热解吸过程,也为低温反应器 11 与中温反应器 6 之间的内部热量回收过程。此过程中低温反应器 11 内低温反应化学吸附剂 13 消耗的解吸热由中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 释放的吸附热提供。在加热解吸过程中,关闭低温反应器 11 与蒸发器 19 之间的低温反应器吸附阀门 15,采用内部热量回收技术,回收中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 释放的吸附热,利用该吸附热通过低温反应器加热盘管 14 对低温反应器 11 内低温反应化学吸附剂 13 进行加热,当低温反应化学吸附剂 13 的温度上升到解吸温度后,开启低温反应器与 11 冷凝器 16 之间的低温反应器解吸阀门 12,制冷剂从低温反应器 11 内低温反应化学吸附剂 13 中解吸出来,解吸出的制冷剂蒸汽进入冷凝器 16 并与冷凝器换热盘管 17 进行换热,冷却成液态的制

冷剂流经节流阀 18 进入蒸发器 19，完成低温反应器 11 的加热解吸过程。

第二阶段包括：(4) 高温反应器 1 内高温反应化学吸附剂 3 的冷却吸附过程；(5) 中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 的加热解吸过程，其中中温反应化学吸附剂 8 消耗的解吸热由高温反应化学吸附剂 3 释放的吸附热提供；(6) 低温反应器 11 内低温反应化学吸附剂 13 的冷却吸附过程。

(4) 高温反应器 1 内高温反应化学吸附剂 3 的冷却吸附过程。在冷却吸附过程中，关闭高温反应器 1 与冷凝器 16 之间的高温反应器解吸阀门 2，采用内部热量回收技术，回收中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 在解吸阶段消耗的解吸热，利用该解吸热通过高温反应器冷却盘管 4 对高温反应器 1 内高温反应化学吸附剂 3 进行冷却，当高温反应化学吸附剂 3 的温度降低到吸附温度后，开启高温反应器 1 与蒸发器 19 之间的高温反应器吸附阀门 5，高温反应化学吸附剂 3 开始对蒸发器 19 中的制冷剂进行吸附，蒸发器 19 中的低温低压液态制冷剂在高温反应化学吸附剂 3 的吸附作用下发生相变吸收蒸发器换热盘管 20 中传热流体的热量，产生制冷效果，实现本发明多效吸附式制冷循环系统中第二次冷量的输出。

(5) 中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 的加热解吸过程，此过程也为中温反应器 6 与高温反应器 1 之间的内部热量回收过程，中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 消耗的解吸热由高温反应器 1 内高温反应化学吸附剂 3 释放的吸附热提供；在加热解吸过程中，关闭中温反应器 6 与蒸发器 19 之间的中温反应器吸附阀门 10，采用内部热量回收技术，回收高温反应器 1 内高温反应化学吸附剂 3 释放的吸附热，利用该吸附热通过中温反应器加热盘管 9 对中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 进行加热，当中温反应化学吸附剂 8 的温度上升到解吸温度后，开启中温反应器与 6 冷凝器 16 之间的中温反应器解吸阀门 7，制冷剂从中温反应器 6 内中温反应化学吸附剂 8 中解吸出来，解吸出的制冷剂蒸汽进入冷凝器 16 并与冷凝器换热盘管 17 进行换热，冷却成液态的制冷剂流经节流阀 18 进入蒸发器 19，完成中温反应器 6 的加热解吸过程。

(6) 低温反应器 11 内低温反应化学吸附剂 13 的冷却吸附过程。在冷却吸附过程中，关闭低温反应器 11 与冷凝器 16 之间的低温反应器解吸阀门 12，外界冷源通过低温反应器冷却盘管 14 对低温反应器 11 内低温反应化学吸附剂 13 进行冷却，当低温反应化学吸附剂 13 的温度降低到吸附温度后，开启低温反应器

---

11 与蒸发器 19 之间的低温反应器吸附阀门 15，低温反应化学吸附剂 13 开始对蒸发器 19 中的制冷剂进行吸附，蒸发器 19 中的低温低压液态制冷剂在低温反应化学吸附剂 13 的吸附作用下发生相变吸收蒸发器换热盘管 20 中传热流体的热量，产生制冷效果，实现本发明多效吸附式制冷循环系统中第三次冷量的输出。

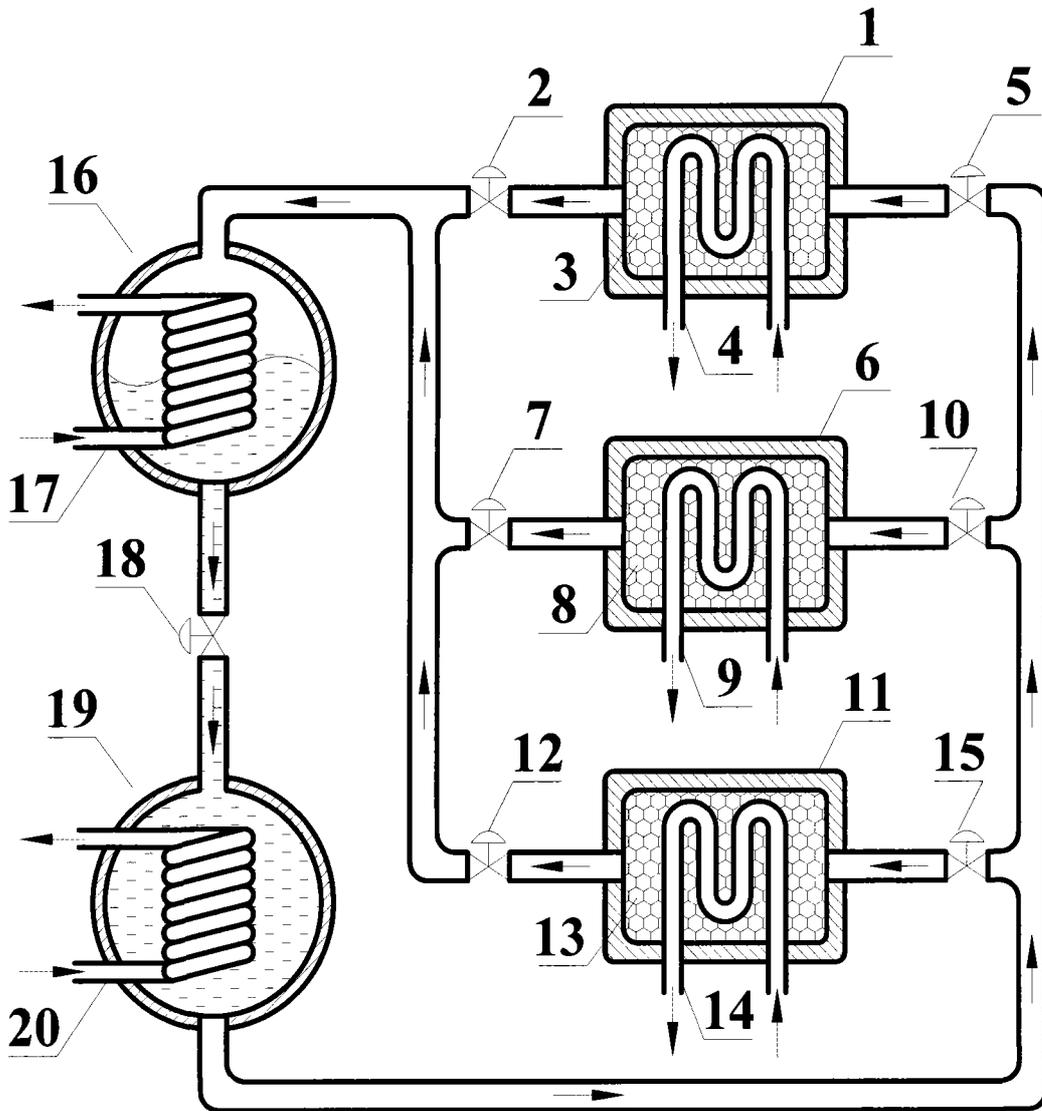


图 1