(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112964097 B
(45)授权公告日 2022.01.11

(21)申请号 202110219690.X
(22)申请日 2021.02.26
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112964097 A
(43)申请公布日 2021.06.15
(73)专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号
(72)发明人 潘利生 董跃华 吕一帆 魏小林 史维秀
(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理事务所(普通合伙) 11390
代理人 胡剑辉
(51)Int.Cl.
F28D 7/14(2006.01)
F28D 7/16(2006.01)
F28D 9/00(2006.01)
F28F 1/00(2006.01)
F28F 3/00(2006.01)
F28F 27/02(2006.01)

审查员 倪建民

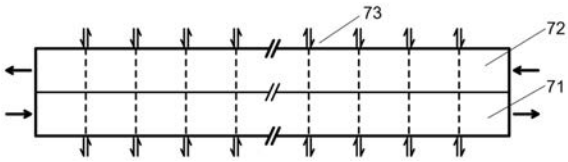
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种汇分结合的小温差换热器及调控方法

(57)摘要

本发明公开了一种汇分结合的小温差换热器，包括逆向流动用于换热的冷介质通道和热介质通道，所述冷介质通道上和所述热介质通道上均设置有多个汇分节点，多个所述汇分节点将所述冷介质通道以及所述热介质通道划分为等数量的换热段，在每一个所述汇分节点上设置有供热介质或冷介质流入/流出以实现流量调控的汇(分)流口；还提供了该汇分结合的小温差换热器的调控方法；本发明根据冷热换热介质的热物理性质，将换热过程划分为若干换热段，通过调节换热器内不同换热段内的冷热换热介质流量比例，在全换热过程中实现更优的换热温度匹配，提高换热性能和能源利用水平，同时实现热能的梯级利用。



CN 112964097 B

1.一种汇分结合的小温差换热器，其特征在于，包括逆向流动用于换热的冷介质通道(71)和热介质通道(72)，所述冷介质通道(71)上和所述热介质通道(72)上均设置有多个汇分节点，多个所述汇分节点将所述冷介质通道(71)以及所述热介质通道(72)划分为等数量的换热段，在每一个所述汇分节点上设置有供热介质或冷介质流入/流出以实现流量调控的汇(分)流口(73)。

2.根据权利要求1所述的一种汇分结合的小温差换热器，其特征在于，所述小温差换热器的冷热介质流量比例的调控方式包括：

调节所述冷介质通道(71)的冷介质流量；

调节所述热介质通道(72)的热介质流量；

交换所述冷介质通道(71)和所述热介质通道(72)的流道。

3.根据权利要求2所述的一种汇分结合的小温差换热器，其特征在于，所述小温差换热器包括用于形成所述热介质通道(72)的内管(10)以及用于形成所述冷介质通道(71)的外管(20)，所述内管(10)为由多个直管(11)和弯管(12)交替连接形成的U型结构，所述外管(20)包括套设在所述直管(11)外部的套管(21)以及用于连接相邻的两个所述直管(11)的导通管(22)，用于调控所述冷介质流量的所述汇(分)流口(73)设置于所述导通管(22)上。

4.根据权利要求2所述的一种汇分结合的小温差换热器，其特征在于，所述小温差换热器包括用于形成所述热介质通道(72)的换热管(30)以及用于形成冷介质通道(71)的换热壳体(40)，所述换热壳体(40)的内部两侧设置有管箱(41)，所述换热管(30)设置于两个所述管箱(41)之间并与所述管箱(41)相连通，两个所述管箱(41)上一一对应的开设有与所述换热管(30)相连通的热介质进口(42)和热介质出口(43)，所述换热壳体(40)上对应于两个所述管箱(41)之间的位置设置有冷介质进口(44)和冷介质出口(45)，用于调控所述冷介质流量的所述汇(分)流口(73)设置在所述冷介质进口(44)和所述冷介质出口(45)之间。

5.根据权利要求2所述的一种汇分结合的小温差换热器，其特征在于，所述小温差换热器包括两块端板(50)以及设置于所述端板(50)间具有波纹形状的若干块热交换板(60)，所述端板(50)和所述热交换板(60)的四角均开设有供冷、热介质流动的孔洞，所述端板(50)与所述热交换板(60)之间依次叠装形成逆流换热的冷介质通道(71)和热介质通道(72)，在每一个所述端板(50)的中心均开设有贯通流道(51)，所述贯通流道(51)依次贯穿多块热交换板(60)并与冷介质通道(71)上的汇(分)流口(73)连接以实现流量调控。

6.一种基于权利要求1-5中任一项所述的汇分结合的小温差换热器的调控方法，其特征在于，包括如下步骤：

步骤100、根据冷介质和热介质的热物理性质，将整个换热过程划分为若干个换热段；

步骤200、对每一个换热段内冷介质和热介质的质量流量进行单独调节以使得每个非相变或均发生相变的换热段内冷介质和热介质的温度变化相等，仅冷介质或热介质发生相变的换热段内非相变介质温度变化尽量小。

7.根据权利要求6所述的一种汇分结合的小温差换热器的调控方法，其特征在于，在步骤100具体包括：在换热过程中，根据冷介质和热介质有无发生相变，将整个换热过程分为冷热介质均无相变段、仅冷介质发生相变段、仅热介质发生相变段和冷热介质均发生相变段，具体的换热方式可以是上述换热段的随机组合。

8.根据权利要求7所述的一种汇分结合的小温差换热器的调控方法，其特征在于，在步

骤200中，对冷介质和热介质的质量流量进行调节的方式具体包括：

在冷热介质均无相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$c_{p,H}\dot{m}_H = c_{p,L}\dot{m}_L$；

在仅热介质发生相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$\dot{m}_H \cdot (h'_H - h''_H) = c_{p,L} \cdot \dot{m}_L \cdot (t''_L - t'_L)$；

在仅冷介质发生相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$c_{p,H} \cdot \dot{m}_H \cdot (t'_H - t''_H) = \dot{m}_L \cdot (h''_L - h'_L)$；

在冷介质和热介质均发生相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$\dot{m}_H \cdot (h'_H - h''_H) = \dot{m}_L \cdot (h''_L - h'_L)$；

其中，$c_{p,H}$为换热段内热介质的定压比热，$c_{p,L}$为换热段内冷介质的比热，$\dot{m}_H$为换热段内热介质的质量流量，$\dot{m}_L$为换热段内冷介质的质量流量，t'_H和t''_H分别为换热段内热介质的进出口温度，t'_L和t''_L分别为换热段内冷介质的进出口温度，h'_H和h''_H分别为换热段内热介质的进出口焓值，h'_L和h''_L分别为换热段内冷介质的进出口焓值。

9.根据权利要求8所述的一种汇分结合的小温差换热器的调控方法，其特征在于，在仅热介质发生相变段，热介质的温度保持不变，在满足

$\dot{m}_H \cdot (h'_H - h''_H) = c_{p,L} \cdot \dot{m}_L \cdot (t''_L - t'_L)$的前提下，尽量增大$\dot{m}_L$。

10.根据权利要求8所述的一种汇分结合的小温差换热器的调控方法，其特征在于，在仅冷介质发生相变段，冷介质的温度保持不变，在满足

$c_{p,H} \cdot \dot{m}_H \cdot (t'_H - t''_H) = \dot{m}_L \cdot (h''_L - h'_L)$的前提下，尽量增大$\dot{m}_H$。

一种汇分结合的小温差换热器及调控方法

技术领域

[0001] 本发明涉及间壁式换热器及高效换热技术领域，具体涉及一种汇分结合的小温差换热器及调控方法。

背景技术

[0002] 换热过程普遍存在于工业生产和日常生活中，如工艺过程、空调、供暖系统、余热回收等领域。提高换热器性能有助于提升能源的利用水平。换热器性能主要体现在换热器的传热系数、紧凑化程度、换热充分度等几个方面。从换热充分度方面来看，换热的目的即用一种高温介质与一种低温介质换热，并使这种低温介质达到尽量高的温度，或使这种高温介质达到尽量低的温度。一般而言，在传统的间壁式换热器中，当冷热两种换热介质的焓值或定压比热容随其温度的变化规律不同时，两种换热介质间的换热温差在整个换热过程中难以保持不变，从而出现有的位置换热温差很大，有的位置换热温差很小，其中最小换热温差出现的位置称为窄点，该处的温差称为窄点温差。正由于窄点的存在，在换热器内不可避免较大换热温差，在窄点温差相同的情况下，造成整个换热过程的㶲损失高于均匀换热温差的换热过程，也将进一步影响到应用该换热器的热力系统，不利于能源利用水平的提升。

[0003] (CN202470876U)公开了一种可调节水流量的换热器，在换热器内部设置有水流开关，水流开关由调节阀和内管组成，水流开关可以对进入换热器内部的总水流量进行调节，通过此方法保证换热器内部两种换热介质的充分换热，从而提高换热器的换热效率。(EP2554804A2)公开了一种有中间储罐的热电储能系统及方法，包括热力循环系统和储罐系统，利用跨临界热力循环进行电能的存储与释放。该系统中，在气体换热器内部设置分流器，通过控制储热介质的质量流量来减小循环工质与储热介质之间的平均换热温差，从而提高换热器效率，以达到提高储能往返效率的目的。上述两种方式在一定程度上优化了换热过程，但仅涉及单种介质的输入控制，换热过程仍然具有进一步优化的空间。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种汇分结合的小温差换热器及调控方法，通过调节换热器设计部位冷热介质的质量流量以解决现有技术中冷热介质间换热温差大的技术问题。

[0005] 为解决上述技术问题，本发明具体提供下述技术方案：

[0006] 一种汇分结合的小温差换热器，包括逆向流动用于换热的冷介质通道和热介质通道，所述冷介质通道上和所述热介质通道上均设置有多个汇分节点，多个所述汇分节点将所述冷介质通道以及所述热介质通道划分为等数量的换热段，在每一个所述汇分节点上设置有供热介质或冷介质流入/流出以实现流量调控的汇(分)流口。

[0007] 作为本发明的一种优选方案，所述小温差换热器的冷热介质流量比例的调控方式包括：

[0008] 调节所述冷介质通道的冷介质流量；

[0009] 调节所述热介质通道的热介质流量；

[0010] 交换所述冷介质通道和所述热介质通道的流道

[0011] 作为本发明的一种优选方案，所述小温差换热器包括用于形成所述热介质通道的内管以及用于形成所述冷介质通道的外管，所述内管为由多个直管和弯管交替连接形成的U型结构，所述外管包括套设在所述直管外部的套管以及用于连接相邻的两个所述直管的导通管，用于调控所述冷介质流量的所述汇(分)流口设置于所述导通管上。

[0012] 作为本发明的一种优选方案，所述小温差换热器包括用于形成所述热介质通道的换热管以及用于形成冷介质通道的换热壳体，所述换热壳体的内部两侧设置有管箱，所述换热管设置于两个所述管箱之间并与所述管箱相连通，两个所述管箱上一一对应的开设有与所述换热管相连通的热介质进口和热介质出口，所述换热壳体上对应于两个所述管箱之间的位置设置有冷介质进口和冷介质出口，用于调控所述冷介质流量的所述汇(分)流口设置在所述冷介质进口和所述冷介质出口之间。

[0013] 作为本发明的一种优选方案，所述小温差换热器包括两块端板以及设置于所述端板间具有波纹形状的若干块热交换板，所述端板和所述热交换板的四角均开设有供冷、热介质流动的孔洞，所述端板与所述热交换板之间依次叠装形成逆流换热的冷介质通道和热介质通道，在每一个所述端板的中心均开设有贯通流道，所述贯通流道依次贯穿多块热交换板并与冷介质通道上的汇(分)流口连接以实现流量调控。

[0014] 本发明还进一步提供了上述汇分结合的小温差换热器的调控方法，包括如下步骤：

[0015] 步骤100、根据冷介质和热介质的热物理性质，将整个换热过程划分为若干个换热段；

[0016] 步骤200、对每一个换热段内冷介质和热介质的质量流量进行单独调节以使得每个非相变或均发生相变的换热段内冷介质和热介质的温度变化相等，仅冷介质或热介质发生相变的换热段内非相变介质温度变化尽量小。

[0017] 作为本发明的一种优选方案，在步骤100具体包括：在换热过程中，根据冷介质和热介质有无发生相变，将整个换热过程分为冷热介质均无相变段、仅冷介质发生相变段、仅热介质发生相变段或冷热介质均发生相变段，具体的换热方式可以是上述换热段的随机组合。

[0018] 作为本发明的一种优选方案，在步骤200中，对冷介质和热介质的质量流量进行调节的方式具体包括：

[0019] 在冷热介质均无相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$c_{p,H}\dot{m}_H = c_{p,L}\dot{m}_L$；

[0020] 在仅热介质发生相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$\dot{m}_H \cdot (h'_H - h''_H) = c_{p,L} \cdot \dot{m}_L \cdot (t''_L - t'_L)$；

[0021] 在仅冷介质发生相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$c_{p,H} \cdot \dot{m}_H \cdot (t'_H - t''_H) = \dot{m}_L \cdot (h''_L - h'_L)$；

[0022] 在冷介质和热介质均发生相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：

$$\dot{m}_H \cdot (h'_H - h''_H) = \dot{m}_L \cdot (h''_L - h'_L);$$

[0023] 其中，$c_{p,H}$为换热段内热介质的定压比热，$c_{p,L}$为换热段内冷介质的比热，$\dot{m}_H$为换热段内热介质的质量流量，$\dot{m}_L$为换热段内冷介质的质量流量，t'_H和t''_H分别为换热段内热介质的进出口温度，t'_L和t''_L分别为换热段内冷介质的进出口温度，h'_H和h''_H分别为换热段内热介质的进出口焓值，h'_L和h''_L分别为换热段内冷介质的进出口焓值。

[0024] 作为本发明的一种优选方案，在仅热介质发生相变段，热介质的温度保持不变，在满足$\dot{m}_H \cdot (h'_H - h''_H) = c_{p,L} \cdot \dot{m}_L \cdot (t''_L - t'_L)$的前提下，尽量增大$\dot{m}_L$。

[0025] 作为本发明的一种优选方案，在仅冷介质发生相变段，冷介质的温度保持不变，在满足$c_{p,H} \cdot \dot{m}_H \cdot (t'_H - t''_H) = \dot{m}_L \cdot (h''_L - h'_L)$的前提下，尽量增大$\dot{m}_H$。

[0026] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果：

[0027] 本发明根据冷热换热介质的热物理性质，将换热过程划分为若干换热段，通过调节换热器内不同换热段内的冷热换热介质流量比例，在全换热过程中实现更优的换热温度匹配，提高换热性能和能源利用水平，同时实现热能的梯级利用。

附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案，下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地，下面描述中的附图仅仅是示例性的，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据提供的附图引申获得其它的实施附图。

[0029] 图1为本发明实施例提供的小温差换热器的抽象结构示意图；

[0030] 图2为本发明提供的小温差换热器的第一种实施例的结构示意图；

[0031] 图3为本发明提供的小温差换热器的第二种实施例的结构示意图；

[0032] 图4为本发明提供的小温差换热器的第三种实施例的结构示意图；

[0033] 图5为本发明实施例提供的常规换热与汇分结合的小温差换热效果对比图

[0034] 图6为本发明实施例提供的冷热换热介质均无相变时的调控方法及效果示意图

[0035] 图7为本发明实施例提供的仅热介质发生相变时的调控方法及效果示意图

[0036] 图8为本发明实施例提供的仅冷介质发生相变时的调控方法及效果示意图

[0037] 图9为本发明实施例提供的冷热换热介质均发生相变时的调控方法及效果示意图。

[0038] 图中的标号分别表示如下：

[0039] 10-内管；20-外管；30-换热管；40-换热壳体；50-端板；60-热交换板；

[0040] 11-直管；12-弯管；

[0041] 21-套管；22-导通管；

[0042] 41-管箱；42-热介质进口；43-热介质出口；44-冷介质进口；45-冷介质出口；

[0043] 51-贯通流道；

[0044] 71-冷介质通道；72-热介质通道；73-汇(分)流口。

具体实施方式

[0045] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0046] 如图1所示，本发明提供了一种汇分结合的小温差换热器，其特征在于，包括逆向流动用于换热的冷介质通道71和热介质通道72，所述冷介质通道71上和所述热介质通道72上均设置有多个汇分节点，多个所述汇分节点将所述冷介质通道71以及所述热介质通道72划分为等数量的换热段，在每一个所述汇分节点上设置有供热介质或冷介质流入/流出以实现流量调控的汇(分)流口73。

[0047] 基于上述小温差换热器的现有结构，本发明实施例的设计原理在于，根据冷热介质的热力学性质随温度的变化规律，优化控制各换热区间的介质流量，从而实现换热器的近定温差换热过程，减小平均换热温差，降低换热过程㶲损失，提高换热性能。

[0048] 冷热换热介质在各汇(分)流口处均可流出与流入。在各汇(分)流口处，汇入主流的换热介质与原主流换热介质具有相同或相近的温度。理论上，可将整个换热过程划分为无限个换热段，达到理想的均匀换热温差的换热过程，但实际中，汇分节点和进出方向需根据冷热换热介质参数、用户的换热要求和换热器的形式来综合确定。

[0049] 所述小温差换热器的冷热介质流量比例的调控方式以下包括：

[0050] 调节所述冷介质通道71的冷介质流量；

[0051] 调节所述热介质通道72的热介质流量；

[0052] 交换所述冷介质通道71和所述热介质通道72的流道。以下以调节所述冷介质通道71的冷介质流量为例对三种不同的换热器的流量调控进行说明：

[0053] 如图2-4所示，根据不同换热器的形式特点，本发明设计了三种不同形式汇分结合的小温差换热器结构，第一种为汇分结合的套管式换热器，如图2所示，包括用于形成所述热介质通道72的内管10以及用于形成所述冷介质通道71的外管20，所述内管10为由多个直管11和弯管12交替连接形成的U型结构，所述外管20包括套设在所述直管11外部的套管21以及用于连接相邻的两个所述直管11的导通管22，用于调控所述冷介质流量的所述汇分流口73设置于所述导通管22上。

[0054] 其中，调节所述热介质通道72的热介质流量可以理解为是将上述套管式换热器中的内管通过多个汇分节点划分为多个换热段，并在每一个汇分节点上设置汇(分)流口73，通过汇(分)流口73向某一换热段流入或流出热介质以实现热介质流量调控。

[0055] 交换所述冷介质通道71和所述热介质通道72的流道可以理解为是将上述套管式换热器中内管10和外管20中的换热介质交换，即内管10内流通冷介质，外管20内流通热介质，再通过外管20上的汇(分)流口73实现热介质的流量调控。

[0056] 第二种为汇分结合的管壳式换热器，如图3所示，包括用于形成所述热介质通道72的换热管30以及用于形成冷介质通道71的换热壳体40，所述换热壳体40的内部两侧设置有管箱41，所述换热管30设置于两个所述管箱41之间并与所述管箱41相连通，两个所述管箱41上一一对应的开设有与所述换热管30相连通的热介质进口42和热介质出口43，所述换热壳体40上对应于两个所述管箱41之间的位置设置有冷介质进口44和冷介质出口45，用于调

控所述冷介质流量的所述汇分流口73设置在所述冷介质进口44和所述冷介质出口45之间。

[0057] 其中，调节所述热介质通道72的热介质流量可以理解为是将上述管壳式换热器中的换热管通过多个汇分节点划分为多个换热段，并在每一个汇分节点上设置汇(分)流口73，通过汇(分)流口73向某一换热段流入或流出热介质以实现热介质流量调控。

[0058] 交换所述冷介质通道71和所述热介质通道72的流道可以理解为是将上述管壳式换热器中的换热管30和换热壳体中的换热介质40交换，即换热管30内流通冷介质，换热壳体40中流通热介质，再通过换热壳体40上的汇(分)流口73实现热介质流量调控。

[0059] 第三种为汇分结合的板式换热器，如图4所示，包括两块端板50以及设置于所述端板50间具有波纹形状的若干块热交换板60，所述端板50和所述热交换板60的四角均开设有供冷、热介质流动的孔洞，所述端板50与所述热交换板60之间依次叠装形成逆流换热的冷介质通道71和热介质通道72，在每一个所述端板50的中心均开设有贯通流道51，所述贯通流道51依次贯穿多块热交换板60并与冷介质通道71上的一个汇分流口73连接以实现流量调控。

[0060] 其中，调节所述热介质通道72的热介质流量可以理解为是将上述板式换热器中的热介质通道(72)通过多个汇分节点划分为多个换热段，并在每一个端板50的中心均开设有第二贯通流道，第二贯通流道依次贯穿多块热交换板60并与热介质通道上的一个汇(分)流口73连接，通过该汇(分)流口73向某一换热段流入或流出热介质以实现热介质流量调控。

[0061] 交换所述冷介质通道71和所述热介质通道72的流道可以理解为是将上述板式换热器中冷介质通道71和热介质通道72中的换热介质交换，即冷介质通道71流通热介质，热介质通道72流通冷介质，再通过，冷介质通道71上的汇(分)流口73实现热介质流量调控。

[0062] 图2-4是以高温超临界CO_2为热介质，低温水为冷介质，根据超临界CO_2定压比热随温度的变化规律，将整个换热过程划分为三个换热段的示例，但三段划分以及冷热介质的类型并不作为本发明的限制，根据换热介质热物理性质和热用户需求可以采用大于1的任意分段数量以及任意换热介质。

[0063] 通过上述三种示例，在换热过程中，通过补充中间换热段水换热介质，使得中间换热段水侧换热介质通过流量的增加弥补了定压比热较小的不足，实现了整个换热过程中平均换热温差的降低和换热过程㶲效率的提升，通过该换热过程，部分冷换热介质实现了更高的出口温度，满足特定应用场合对梯级产热的需求，如图5所示。

[0064] 根据冷热换热介质的热力学状态，可以分为四种情况，如图6、7、8、9所示，作为优选，冷热介质逆向流动进行换热，根据冷热介质的热物理性质，将整个换热过程划分为若干换热段，则在每一个换热段内存在局部能量守恒，通过调节冷热换热介质的流量比，在换热段内实现两种换热介质的温度变化相等或近似相等。依据能量守恒，通过对每个换热段的质量流量调节，最终实现均匀或近似均匀换热温差的全换热过程。下面详细描述汇分结合小温差换热器的调控方法，包括如下步骤：

[0065] 步骤100、根据冷介质和热介质的热物理性质，将整个换热过程划分为若干个换热段；

[0066] 步骤200、对每一个换热段内冷介质和热介质的质量流量进行单独调节以使得每个非相变或均发生相变的换热段内冷介质和热介质的温度变化相等，仅冷介质或热介质发生相变的换热段内非相变介质温度变化尽量小。

[0067] 其中在步骤100换热段划分具体包括：在换热过程中，根据冷介质和热介质有无发生相变，将整个换热过程分为冷热介质均无相变段、仅冷介质发生相变段、仅热介质发生相变段和冷热介质均发生相变段。

[0068] 根据冷热介质的热物理性质，将整个换热过程划分为若干换热段，则在每一个换热段内存在局部能量守恒，通过调节冷热换热介质的流量比，在换热段内实现两种换热介质的温度变化相等或近似相等。依据能量守恒，通过对每个换热段的质量流量调节，最终实现均匀或近似均匀换热温差的全换热过程。下面详细描述汇分结合小温差换热器的调控方法。

[0069] 依据能量守恒，在冷热介质均无相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$c_{p,H}\cdot\dot{m}_H\cdot(t'_H-t''_H)=c_{p,L}\cdot\dot{m}_L\cdot(t''_L-t'_L)$；

[0070] 在仅热介质发生相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$\dot{m}_H\cdot(h'_H-h''_H)=c_{p,L}\cdot\dot{m}_L\cdot(t''_L-t'_L)$；

[0071] 在仅冷介质发生相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$c_{p,H}\cdot\dot{m}_H\cdot(t'_H-t''_H)=\dot{m}_L\cdot(h''_L-h'_L)$；

[0072] 在冷介质和热介质均发生相变段，冷介质的质量流量和热介质的质量流量满足：$\dot{m}_H\cdot(h'_H-h''_H)=\dot{m}_L\cdot(h''_L-h'_L)$；

[0073] 其中，$c_{p,H}$为换热段内热介质的定压比热，$c_{p,L}$为换热段内冷介质的比热，$\dot{m}_H$为换热段内热介质的质量流量，$\dot{m}_L$为换热段内冷介质的质量流量，t'_H和t''_H分别为换热段内热介质的进出口温度，t'_L和t''_L分别为换热段内冷介质的进出口温度，h'_H和h''_H分别为换热段内热介质的进出口焓值，h'_L和h''_L分别为换热段内冷介质的进出口焓值。

[0074] 在换热过程中，正发生相变的换热介质的温度保持不变，而单相介质温度持续变化，因此，在本调控方法实施例中应通过所述调控方法尽量增大单相换热介质的质量流量，从而减小单相介质的温度变化。

[0075] 为使得换热段内首尾两端换热介质温差相等或近似相等，即$t'_H-t''_H=t''_L-t'_L$，因此联立上述公式，

[0076] 在不涉及相变的换热段内，需尽量满足：

[0077] $c_{p,H}\dot{m}_H=c_{p,L}\dot{m}_L$；

[0078] 在仅涉及热介质相变的换热段内，需尽量满足：

[0079] $\dot{m}_H\cdot(h'_H-h''_H)=c_{p,L}\cdot\dot{m}_L\cdot(t''_L-t'_L)$；

[0080] 在仅涉及冷介质相变的换热段内，需尽量满足：

[0081] $c_{p,H}\cdot\dot{m}_H\cdot(t'_H-t''_H)=\dot{m}_L\cdot(h''_L-h'_L)$；

[0082] 在涉及冷热介质均相变的换热段内，需满足：

[0083] $\dot{m}_H\cdot(h'_H-h''_H)=\dot{m}_L\cdot(h''_L-h'_L)$。

[0084] 该四式为冷热换热介质均发生相变时的调控方程。

[0085] 在仅热介质发生相变段，由于热介质在相变过程中保持温度不变，而冷介质不论

流量多大，都会有一定的温升，因此，在实际许可的情况下尽量增大$\dot{m}_L$的比例以便尽量减小$t''_L-t'_L$，使得换热段内首尾两端换热介质温差近似相等。

[0086] 在仅冷介质发生相变段，由于冷介质在相变过程中保持温度不变，而热介质不论流量多大，都会有一定的温降，因此，在实际许可的情况下尽量增大$\dot{m}_H$的比例以便尽量减小$t'_H-t''_H$，使得换热段内首尾两端换热介质温差近似相等。

[0087] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例，不用于限制本申请，本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内，对本申请做出各种修改或等同替换，这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

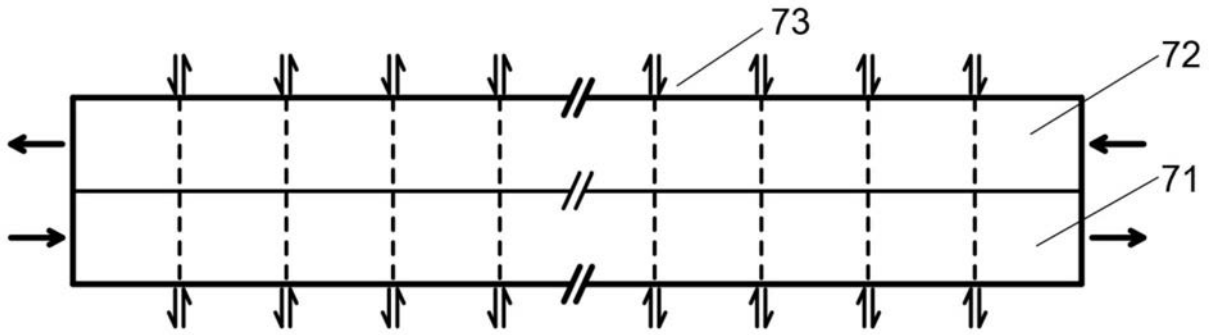


图1

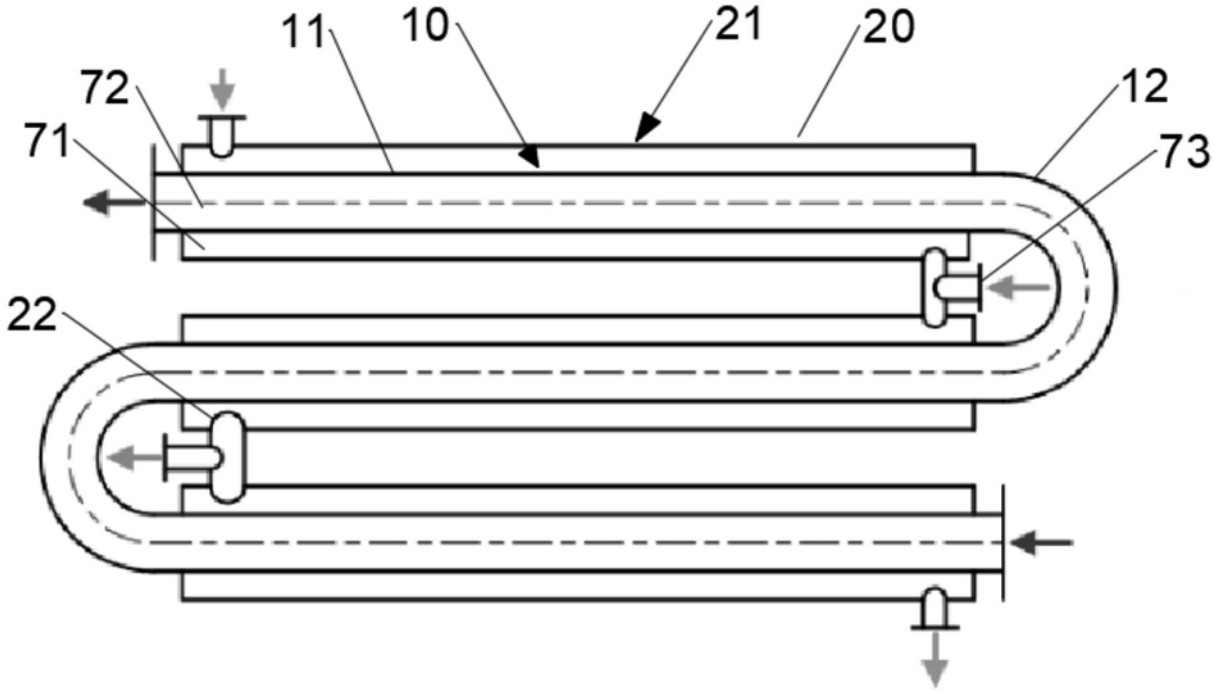


图2

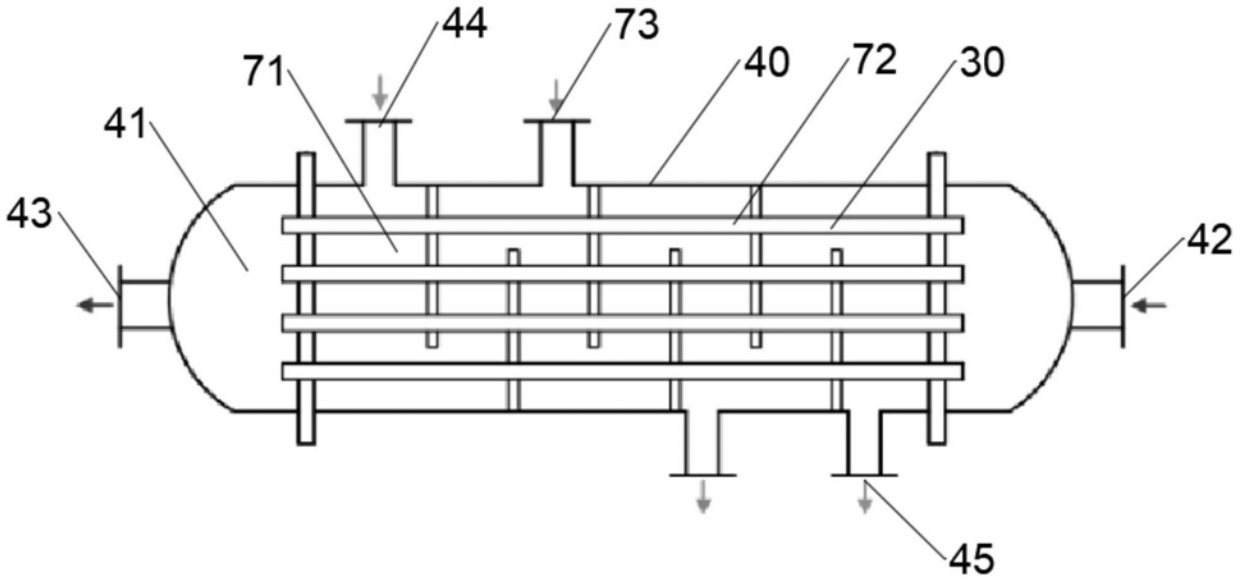

44
73
71
40
72
30
41
43
42
45

图3

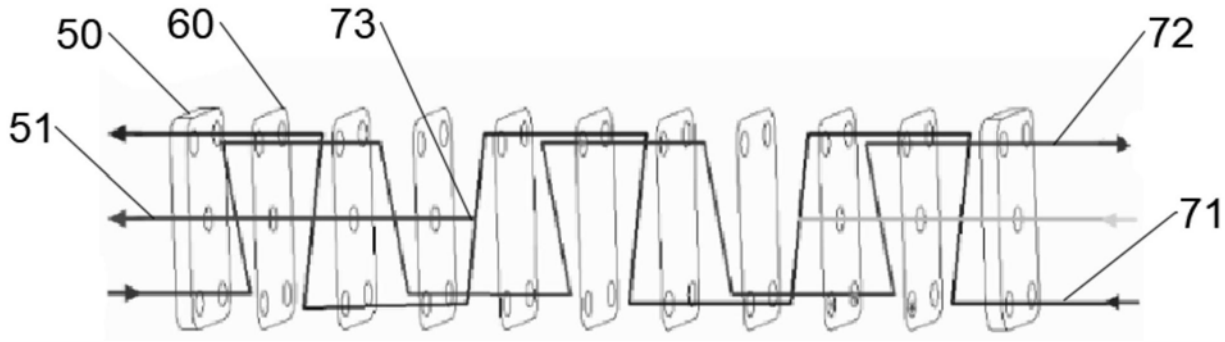

50
60
73
72
51
71

图4

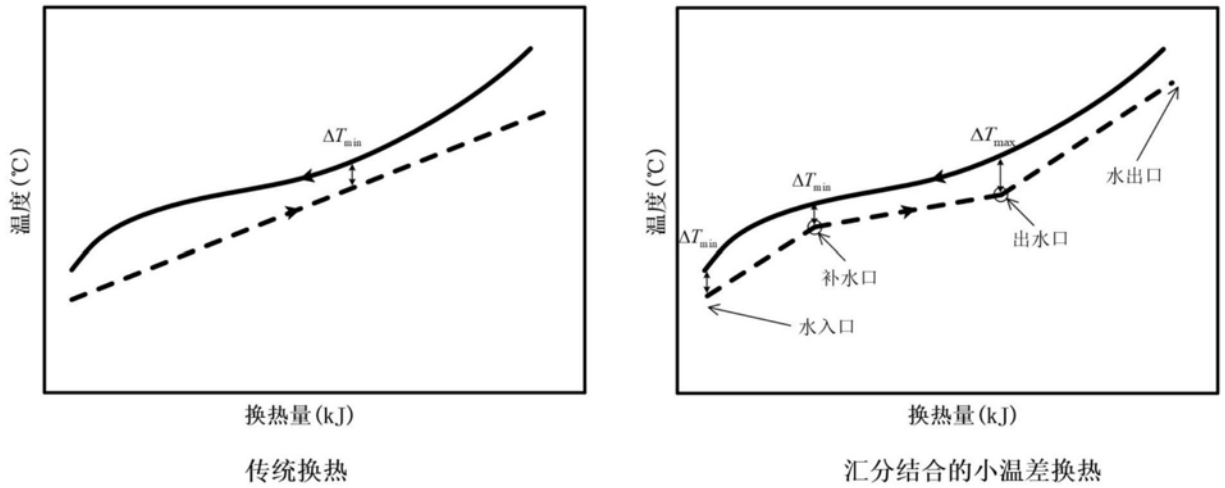
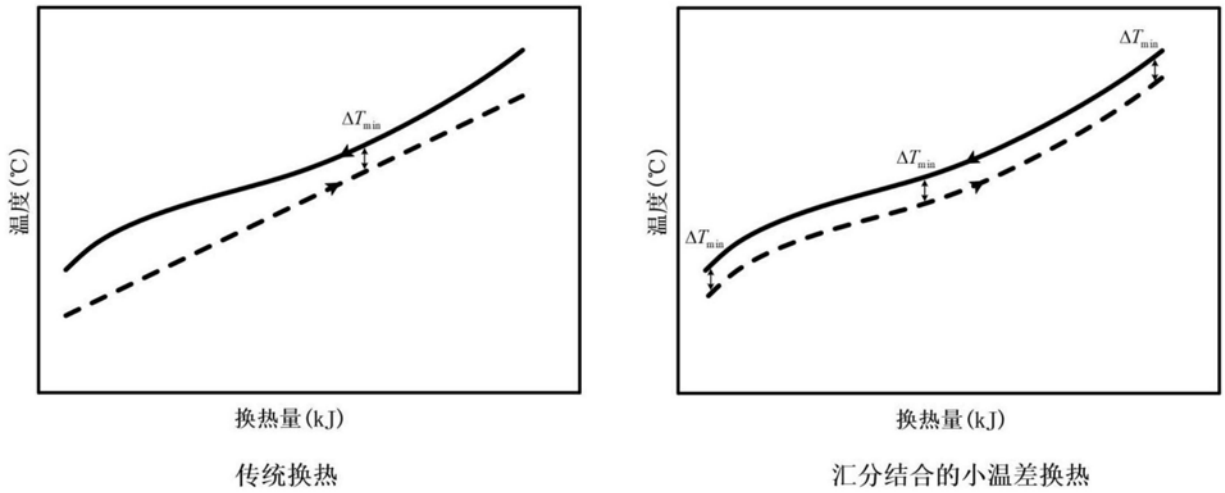
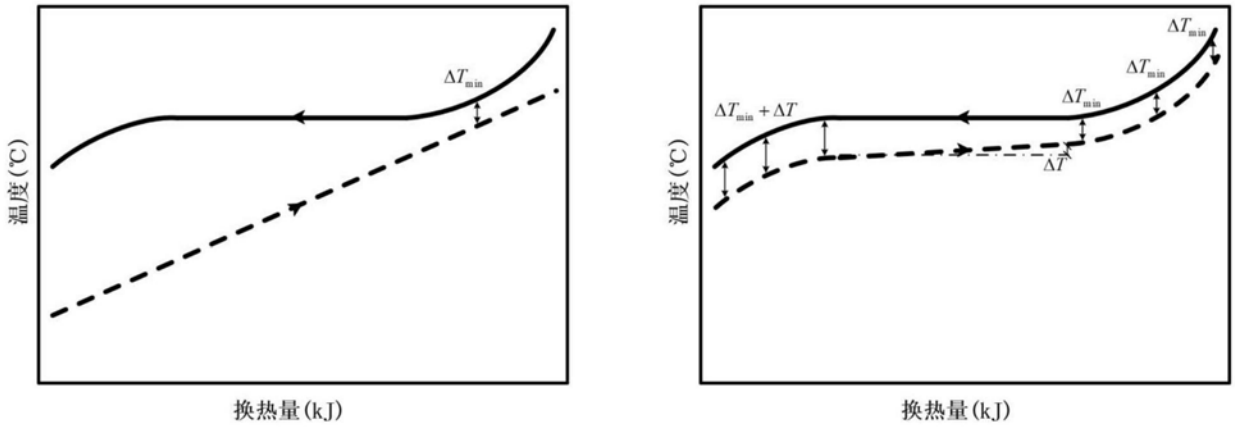

温度(℃)
ΔT_{min}
换热量(kJ)
传统换热
温度(℃)
ΔT_{max}
ΔT_{min}
ΔT_{min}
水出口
出水口
补水口
水入口
换热量(kJ)
汇分结合的小温差换热

图5



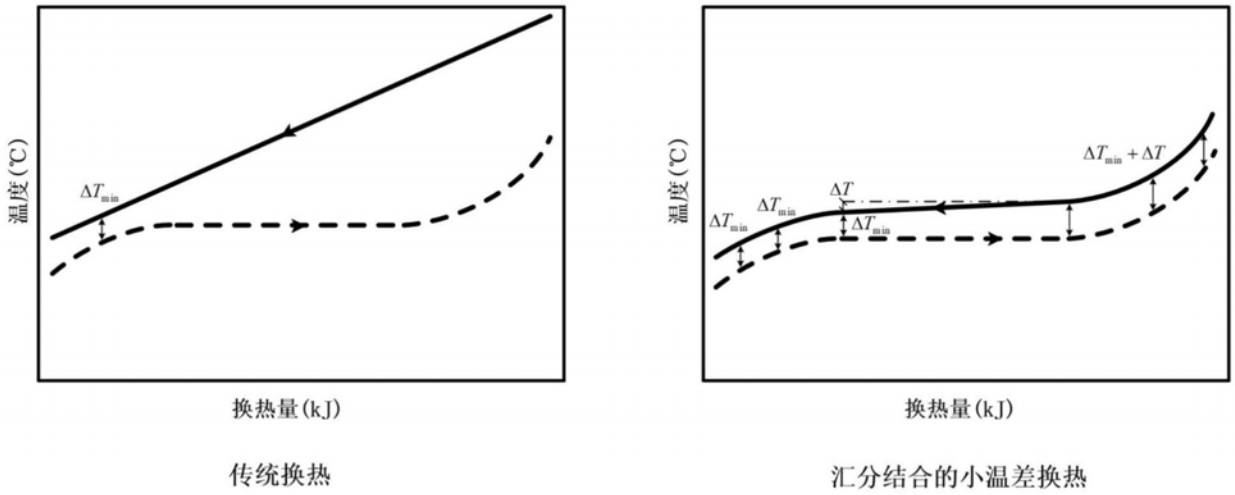
传统换热　　汇分结合的小温差换热

图6



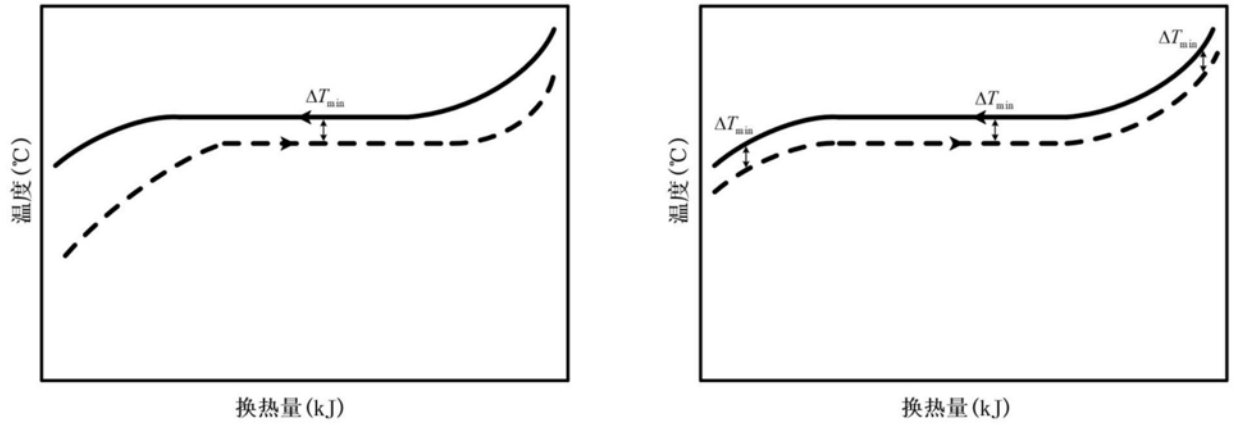
传统换热　　汇分结合的小温差换热

图7



传统换热　　汇分结合的小温差换热

图8



传统换热　　汇分结合的小温差换热

图9