



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116399147 A

(43) 申请公布日 2023. 07. 07

(21) 申请号 202310509137.9

(22) 申请日 2023.05.08

(71) 申请人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路  
17923号

(72) 发明人 杜文静 刘舫辰 陈岩

(74) 专利代理机构 青岛仟航知识产权代理事务  
所(普通合伙) 37289

专利代理师 纪尚旭

(51) Int. Cl.

F28D 15/02 (2006.01)

F28D 20/02 (2006.01)

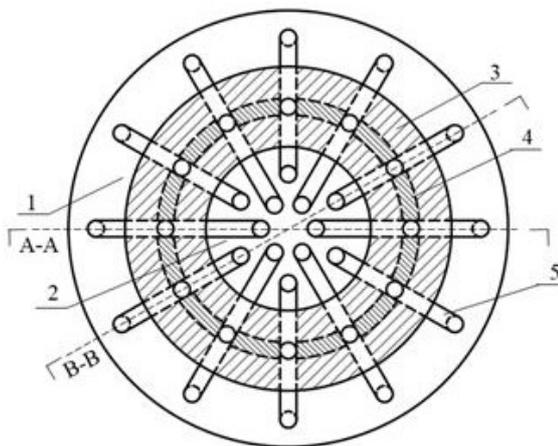
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

## (54) 发明名称

一种套管式热管相变蓄热器

## (57) 摘要

本发明提供了一种套管式热管相变蓄热器, 所述蓄热器包括冷水流道、余热流道、相变材料、辅助加热器及“Z”形热管, 所述“Z”形热管包括三种类型, 分别是蓄热放热热管、放热热管和蓄热热管, 冷水流道布置于外侧, 余热流道布置于内侧, 相变材料布置于冷水流道与余热流道之间, 相变材料内设有辅助加热器, 所述蓄热放热热管贯穿于冷水流道、余热流道及相变材料之间, 放热热管布置于冷水流道与相变材料中, 蓄热热管布置于余热流道与相变材料中。本发明将相变材料置于冷热流体之间进行蓄热, 通过“z”形重力热管实现能量的储存与释放, 提升能源利用率。



1. 一种套管式热管相变蓄热器,所述蓄热器包括冷水流道、余热流道、相变材料及“Z”形热管,所述“Z”形热管包括三种类型,分别是蓄热放热热管、放热热管和蓄热热管,冷水流道布置于外侧,余热流道布置于内侧,相变材料布置于冷水流道与余热流道之间,所述蓄热放热热管贯穿于冷水流道、余热流道及相变材料之间,放热热管布置于冷水流道与相变材料中,蓄热热管布置于余热流道与相变材料中。

2. 如权利要求1所述的蓄热器,其特征在于,还包括辅助加热器,相变材料内设有辅助加热器。

3. 如权利要求1所述的蓄热器,其特征在于,“Z”形热管包括位于下部的竖直蒸发段和位于上部的竖直冷凝段以及连接蒸发段和冷凝段的倾斜段,蓄热放热热管蒸发段布置在余热流道中,冷凝段布置在冷水流道中,倾斜段布置于相变材料中;放热形热管蒸发段布置在相变材料中,冷凝段布置在冷水流道中;蓄热热管蒸发段布置在余热流道中,冷凝段布置在相变材料中。

4. 如权利要求1所述的蓄热器,其特征在于,当余热温度为50~100℃时,热管工质可选择R134-a,相变材料可选择对应纯度的石蜡;当余热温度为100~150℃时,热管工质可选择丙酮,相变材料可选择 $\text{KA1}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ;当余热温度为150-200℃时,热管工质可选择去离子水,相变材料可选择 $\text{KNO}_3\text{-NaNO}_2\text{-NaNO}_3$ ,质量比是53:40:7。

5. 如权利要求3所述的蓄热器,其特征在于,放热热管的蒸发段与辅助加热器热连接。

6. 如权利要求1所述的蓄热器,其特征在于,冷水流道、余热流道和相变材料为同心圆布置。

7. 如权利要求2所述的蓄热器,其特征在于,辅助加热器是电加热器。

8. 一种如权利要求1-7之一所述的蓄热器的换热方法,可进行四种不同工作模式:

同步蓄放热模式:当存在余热流体并需要对冷水加热时,余热流体流经余热流道,同步蓄放热“Z”形热管与蓄热“Z”形热管开始工作,此时冷水流经冷水流道与同步蓄放热“Z”形热管冷凝段进行强制对流换热,而蓄热“Z”形热管因与相变材料间热阻较大,传热性能较低于同步蓄放热“Z”形热管,此时余热流体大部分热量用于冷水加热,少部分热量被相变材料吸收,以潜热的形式储存;

蓄热模式:当存在余热流体且不需要对冷水加热时,余热流体流经余热流道,同步蓄放热“Z”形热管与蓄热“Z”形热管开始工作,此时并无冷水流经冷水流道对同步蓄放热“Z”形热管进行冷却,热管吸收的热量只能被相变材料吸收,以潜热的形式储存;

放热模式:当不存在余热流体但需要对冷水加热时,并且相变材料在此之前已经积蓄足够热量,此时放热“Z”形热管开始工作,放热“Z”形热管吸收相变材料中热量,冷水流经冷水流道与放热“Z”形热管进行强制对流换热,热量由相变材料转移至冷水中;

辅助电加热模式:当不存在余热流体但需要对冷水加热时,并且相变材料并未积蓄足够热量,此时打开辅助电加热器,放热“Z”形热管开始工作,放热“Z”形热管吸收电加热器提供的热量,冷水流经冷水流道与放热“Z”形热管进行强制对流换热,热量由相变材料转移至冷水中。

## 一种套管式热管相变蓄热器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及蓄热及换热领域,特别涉及工业余热回收利用领域,尤其涉及一种套管式热管相变蓄热器。

### 背景技术

[0002] 随着以工业为主的各大行业对化石燃料的不断使用,能源紧缺及环境问题日益突出。相较于高度发达国家,我国各行业在生产过程中能源利用率不高,能源浪费问题严重,余热回收技术是将工业生产过程中的废热进行回收、储存,等到需求时再释放热量。因此,工业余热回收利用对解决能源紧缺及环境污染等问题具有促进作用。

[0003] 目前余热回收设备通常以传统换热器为主要部件,以水为工质进行显热换热,并且工业余热的产出在时间上是非连续的,因此一般余热回收设备需要搭配大体积水箱对热量进行储存。显热蓄热技术是一种低能量密度的蓄热技术,其设备占地面积较大,同时各设备之间通过管路连接,系统集成性较差。

[0004] 热管作为一种高热导率的传热元件,其导热系数远高于任意一种已知金属材料,重力热管作为仅依靠重力即可运行的自驱动热管,其结构简单,容易制造。相变材料其具有特定的相变温度,当温度跨越相变温度时,其状态发生改变,该过程会吸收或释放大量热量,因此被广泛应用于蓄热技术中,并且潜热蓄热技术具有能量密度高、蓄热设备体积小等优势。目前重力热管与相变材料耦合蓄放热技术较少,因此将重力热管与相变材料应用余热回收、储存领域是具有较大前景的。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决上述问题,提供应用于余热回收领域的套管式热管相变蓄热器及其工作方法。将相变材料置于冷热流体之间进行蓄热,通过“z”形重力热管实现能量的储存与释放,提升能源利用率,对我国“双碳”目标将具有重要意义,拥有广泛的应用前景。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的技术方案如下:

一种套管式热管相变蓄热器,所述蓄热器包括冷水流道、余热流道、相变材料、辅助加热器及“Z”形热管,所述“Z”形热管包括三种类型,分别是蓄热放热热管、放热热管和蓄热热管,冷水流道布置于外侧,余热流道布置于内侧,相变材料布置于冷水流道与余热流道之间,相变材料内设有辅助加热器,所述蓄热放热热管贯穿于冷水流道、余热流道及相变材料之间,放热热管布置于冷水流道与相变材料中,蓄热热管布置于余热流道与相变材料中。

[0007] 作为优选,“Z”形热管包括位于下部的竖直蒸发段和位于上部的竖直冷凝段以及连接蒸发段和冷凝段的倾斜段,蓄热放热热管蒸发段布置在余热流道中,冷凝段布置在冷水流道中,倾斜段布置于相变材料中;放热形热管蒸发段布置在相变材料中,冷凝段布置在冷水流道中;蓄热热管蒸发段布置在余热流道中,冷凝段布置在相变材料中。

[0008] 作为优选,当余热温度为50~100℃时,热管工质可选择R134-a,相变材料可选择对

应纯度的石蜡；当余热温度为100~150℃时，热管工质可选择丙酮，相变材料可选择 $\text{KA1}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ；当余热温度为150-200℃时，热管工质可选择去离子水，相变材料可选择 $\text{KNO}_3\text{-NaNO}_2\text{-NaNO}_3$ ，质量比是53:40:7。

[0009] 作为优选，放热热管的蒸发段与辅助加热器热连接。

[0010] 作为优选，冷水流道、余热流道和相变材料为同心圆布置。

[0011] 作为优选，辅助加热器是电加热器。

[0012] 作为优选，一种如前面所述的蓄热器的换热方法，可进行四种不同工作模式：

同步蓄放热模式：当存在余热流体并需要对冷水加热时，余热流体流经余热流道，同步蓄放热“Z”形热管与蓄热“Z”形热管开始工作，此时冷水流经冷水流道与同步蓄放热“Z”形热管冷凝段进行强制对流换热，而蓄热“Z”形热管因与相变材料间热阻较大，传热性能较低于同步蓄放热“Z”形热管，此时余热流体大部分热量用于冷水加热，少部分热量被相变材料吸收，以潜热的形式储存；

蓄热模式：当存在余热流体且不需要对冷水加热时，余热流体流经余热流道，同步蓄放热“Z”形热管与蓄热“Z”形热管开始工作，此时并无冷水流经冷水流道对同步蓄放热“Z”形热管进行冷却，热管吸收的热量只能被相变材料吸收，以潜热的形式储存；

放热模式：当不存在余热流体但需要对冷水加热时，并且相变材料在此之前已经积蓄足够热量。此时放热“Z”形热管开始工作，放热“Z”形热管吸收相变材料中热量，冷水流经冷水流道与放热“Z”形热管进行强制对流换热，热量由相变材料转移至冷水中；

辅助电加热模式：当不存在余热流体但需要对冷水加热时，并且相变材料并未积蓄足够热量。此时打开辅助电加热器，放热“Z”形热管开始工作，放热“Z”形热管吸收电加热器提供的热量，冷水流经冷水流道与放热“Z”形热管进行强制对流换热，热量由相变材料转移至冷水中。

[0013] 与现有技术相比较，本发明具有如下的优点：

(1) 现有技术蓄热器通常使用换热盘管进行蓄放热，导热系数较低，工作模式单一。热管的导热系数是金属的数十甚至上百倍，热管式蓄热器能快速实现热量的存储与释放。本发明套管式热管相变蓄热器能够同步进行多种工作模式。能够同时实现蓄热、放热功能，提升能源利用率。

[0014] (2) 现有技术蓄热器在运行过程中需要先蓄热后放热，本发明利用热管作为传热元件可实现同步蓄放热模式。

[0015] (3) 现有技术中热管式相变蓄热器为了发挥热管性能热源只能位于蓄热材料及冷水下方，本发明在不改变蓄热器性能的前提下，套管式蓄热器在竖直向上或向下流动均可使用，且热源与冷水位置相对自由。

[0016] (4) 现有技术中热管式相变蓄热器在放热过程中，因相变材料储存能量品质较低且位于热管中段，热管不能发挥最大导热性能，放热效果较差。本发明设置三种“Z”形热管可使蓄热器在蓄热和放热过程中发挥最大性能。

[0017] (5) 电加热器布置于热管周围，在辅助加热模式中，热管可以最快速度吸收热量对外放热。当蓄热器无需放热时，开启电加热器，相变材料可吸收热量实现蓄热。

[0018] (6) 本发明为套管式相变蓄热器，可沿蓄热管路布置，占地面积小。对场地要求小，无需设置于地面上，可布置于空中。

## 附图说明

[0019] 图1是本发明套管式热管相变蓄热器横截面示意图。

[0020] 图2是本发明图1中的A-A截面示意图。

[0021] 图3是本发明图1中B-B截面热源流道内结构示意图。

[0022] 图4是本发明热管增加翅片的结构示意图。

[0023] 图中：

1、冷水流道,2、余热流道,3、相变材料,4、辅助加热器,5、“Z”形热管,5a、蓄热放热管,5b、放热管,5c、蓄热管,6a、倾斜段翅片结构,6b、竖直段翅片结构。

## 具体实施方式

[0024] 下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0025] 本文中,如果没有特殊说明,涉及公式的,“/”表示除法,“×”、“\*”表示乘法。

[0026] 一种套管式热管相变蓄热器,如图1-3所示,所述蓄热器包括冷水流道1、余热流道2、相变材料3、辅助加热器4及“Z”形热管5,所述“Z”形热管5包括三种类型,分别是蓄热放热管5a、放热管5b和蓄热管5c,冷水流道1布置于外侧,余热流道2布置于内侧,相变材料3布置于冷水流道1与余热流道2之间,相变材料3内设有辅助加热器4,所述蓄热放热管5a贯穿于冷水流道1、余热流道2及相变材料3之间,放热管5b布置于冷水流道1与相变材料3中,蓄热管5c布置于余热流道2与相变材料3中。

[0027] 本发明将相变材料置于冷热流体之间进行蓄热,通过“z”形重力热管实现能量的储存与释放,能够同时实现蓄热、放热功能,提升能源利用率。

[0028] 本发明在蓄热材料中设置辅助加热器,能够及时补充热量,或者单纯依靠辅助加热器实现放热功能。

[0029] 作为优选,“Z”形热管5包括位于下部的竖直蒸发段和位于上部的竖直冷凝段以及连接蒸发段和冷凝段的倾斜段,蓄热放热管5a蒸发段布置在余热流道2中,冷凝段布置在冷水流道1中,倾斜段布置于相变材料3中;放热管5b蒸发段布置在相变材料3中,冷凝段布置在冷水流道1中;蓄热管5c蒸发段布置在余热流道2中,冷凝段布置在相变材料3中。本发明通过将各种型号的“Z”形热管合理布置,实现蓄热、放热功能,以及同时进行蓄热放热功能,提升能源利用率。

[0030] 作为优选,当余热温度为50~100℃时,热管工质可选择R134-a,相变材料3可选择对应纯度的石蜡;当余热温度为100~150℃时,热管工质可选择丙酮,相变材料3可选择KA1(S04)2·12H<sub>2</sub>O;当余热温度为150-200℃时,热管工质可选择去离子水,相变材料3可选择KNO<sub>3</sub>-NaNO<sub>2</sub>-NaNO<sub>3</sub>(53:40:7)(质量比)。本发明根据预热温度选择合适的热管工质以及相变材料,从而实现最佳的换热效果。

[0031] 作为优选,放热管的蒸发段与辅助加热器4热连接。以实现辅助加热放热功能。

[0032] 蓄热放热管5a的倾斜段与辅助加热器4热连接。通过加热倾斜段,实现对外的放热功能。

[0033] 作为优选,冷水流道1、余热流道2和相变材料3为同心圆布置。同心圆的布置可有效节省空间,并布置更多的“Z”形热管以增加蓄放热性能。

[0034] 作为优选,辅助加热器4是电加热器。

[0035] 作为优选,如图1所示,从蒸发段到冷凝段,“Z”形热管5沿着同心圆径向方向中心向外延伸。

[0036] 热管布置成中心对称,能够更加均匀的吸收余热流体的热量,并均匀的将热量释放至冷水中。向外延伸部分的倾斜结构并不会影响热管的性能,但可改变冷热源流体的相对位置,并在有限高度内与更多的相变材料接触。

[0037] 作为优选,如图2所示,沿着高度方向,蓄热放热热管5a与放热热管5b间隔布置。作为优选,参照图1,蓄热器水平横截面观察,蓄热放热热管5a与放热热管5b的连接线的延长线经过同心圆圆心。

[0038] 在蓄热器同步蓄放热过程中,蓄热放热热管工作效果最优,在蓄热器放热过程中,放热热管工作性能最优,两种热管在轴向上间隔布置使蓄热器能够在不同工作模式下发挥最大性能。

[0039] 作为优选,如图3所示,沿着高度方向,蓄热放热热管5a与蓄热热管5c间隔布置。作为优选,参照图1,蓄热器横截面观察,蓄热放热热管5a与蓄热热管5c的连接线的延长线经过同心圆圆心。

[0040] 在蓄热器同步蓄放热过程中,蓄热放热热管工作效果最优,在蓄热器放热过程中,蓄热放热热管及蓄热热管均正常工作,两种热管在轴向上间隔布置使蓄热器能够在不同工作模式下发挥最大性能。

[0041] 作为优选,参照图1,蓄热器横截面观察,蓄热放热热管5a蒸发段和冷凝段延长线经过同心圆圆心。该布置结构可增加蓄热放热热管布置数量,均匀吸收和释放热量。蓄热放热热管在同一平面中,弯折加工工艺简单,可一次成型。

[0042] 作为优选,参照图1,“Z”形热管5围绕同心圆圆心布置,其中在径向方向上每个蓄热放热热管5a搭配一个放热热管5b或蓄热热管5c,其中放热热管5b和蓄热热管5c间隔设置。蓄热器在不同工作模式种,蓄热放热热管5a与放热热管5b或蓄热热管5c共同工作,但不会出现仅放热热管5b和蓄热热管5c同时工作的情况,其中蓄热放热热管5a在所有模式下均起到重要最用,因此蓄热放热热管5a布置数量最多,为了同时满足更多热管的工作条件,放热热管5b和蓄热热管5c间隔布置。

[0043] 作为优选,沿着高度方向,“Z”形热管5分为多层,其中蓄热放热热管5a为A层,放热热管5b和蓄热热管5c设置在B层,其中A层和B层高度方向上间隔布置。蓄热器在不同工作模式种,蓄热放热热管5a与放热热管5b或蓄热热管5c共同工作,但不会出现仅放热热管5b和蓄热热管5c同时工作的情况,其中蓄热放热热管5a在所有模式下均起到重要最用,因此蓄热放热热管5a布置数量最多,为了同时满足更多热管的工作条件,放热热管5b和蓄热热管5c间隔布置。

[0044] 作为优选,B层的放热热管5b和蓄热热管5c沿着周向方向上间隔布置。周向间隔分布可使放热热管5b和蓄热热管5c均匀的布置于蓄热器中,在蓄热器运行过程中,不同热管可以均匀的吸收或释放热量。

[0045] 作为优选,辅助加热器4设置在放热热管5b的蒸发段。通过设置在蒸发段,能够快速实现蓄热器的蓄热和放热工作。

[0046] 作为优选,沿着高度方向设置多个辅助加热器4,沿着高度方向从下向上,辅助加热器的加热功率逐渐增加。作为一个改进,沿着高度方向从下向上,辅助加热器的加热功率

逐渐增加幅度越来越大。通过上述设置辅助加热器功率变化,能够达到快速蓄热融化蓄热材料,同时达到快速放热,提高蓄热放热效率。

[0047] 作为优选,冷水流道1的冷水的流动方向从上往下流动。通过冷水流动方向从上往下流动,同时配合沿着高度方向从下向上,辅助加热器的加热功率逐渐增加。能够使换热效率达到最佳要求,形成类似一种管壳式换热器逆流换热的技术效果。同时沿着高度方向从下向上,辅助加热器的加热功率逐渐增加幅度越来越大,可以保证换热效果进一步达到最佳要求。

[0048] 作为优选,“Z”形热管内径可选择10-20mm,管材应选择紫铜管,蓄热放热热管倾斜段角度为30°—60°,竖直段与倾斜段比值为1:2:1,蓄热热管与放热热管倾斜段角度为30—60°,竖直段与倾斜段比值为1:1:1。余热流道外径、相变材料外径、冷水流道外径尺寸比为1:2:2.5。上述尺寸设计能够使得换热蓄热效果达到最佳要求。

[0049] “Z”形热管壁厚应根据蓄热器最大工作温度及热管内工质种类选择。

$$[0050] \quad P_{\max} = \frac{2S \times t \times \phi \times K}{D - 0.8t}$$

[0051] 其中, $S$ 为材料允许应力,取值为67MPa; $D$ 为铜管外径,单位为mm; $t$ 为壁厚,单位为mm; $\phi$ 为焊接系数,取0.8; $K$ 为材料拉伸补偿,取0.67; $P_{\max}$ 为所选工质在最大温度下的饱和压力,单位为MPa。

[0052] 上述的设计也是根据大量的实验优化的设计,“Z”形热管壁厚按照上述公式设计可保证热管在运行过程中安全稳定,不会发生爆管的风险。

[0053] 作为优选,一种如前面所述的蓄热器的换热方法,可进行四种不同工作模式:

同步蓄放热模式:当存在余热流体并需要对冷水加热时,余热流体流经余热流道2,同步蓄放热“Z”形热管与蓄热“Z”形热管开始工作,此时冷水流经冷水流道1与同步蓄放热“Z”形热管冷凝段进行强制对流换热,而蓄热“Z”形热管因与相变材料3间热阻较大,传热性能较低于同步蓄放热“Z”形热管,此时余热流体大部分热量用于冷水加热,少部分热量被相变材料3吸收,以潜热的形式储存;

蓄热模式:当存在余热流体且不需要对冷水加热时,余热流体流经余热流道2,同步蓄放热“Z”形热管与蓄热“Z”形热管开始工作,此时并无冷水流经冷水流道1对同步蓄放热“Z”形热管进行冷却,热管吸收的热量只能被相变材料3吸收,以潜热的形式储存;

放热模式:当不存在余热流体但需要对冷水加热时,并且相变材料3在此之前已经积蓄足够热量。此时放热“Z”形热管开始工作,放热“Z”形热管吸收相变材料3中热量,冷水流经冷水流道1与放热“Z”形热管进行强制对流换热,热量由相变材料3转移至冷水中;

辅助电加热模式:当不存在余热流体但需要对冷水加热时,并且相变材料3并未积蓄足够热量。此时打开辅助电加热器,放热“Z”形热管开始工作,放热“Z”形热管吸收电加热器提供的热量,冷水流经冷水流道1与放热“Z”形热管进行强制对流换热,热量由相变材料3转移至冷水中。

[0054] 提供一个实施例,一种套管式热管相变蓄热器,其包括冷水流道1、余热流道2、相变材料3、辅助电加热器4及“Z”形热管5,其中“Z”形热管5可详细分为同步蓄放热“Z”形热管5a、放热“Z”形热管5b、蓄热“Z”形热管5c。冷水流道1布置于外侧,余热流道2布置于内侧,相变材料3布置于冷水流道1与余热流道2之间,同时相变材料3内设有辅助电加热器,当余热

品质较低时可进行辅助加热。同步蓄放热“Z”形热管5a贯穿于冷水流道1、余热流道2及相变材料3之间,热管蒸发段(即热管下端)布置在余热流道2中,热管冷凝段(即热管上端)布置在冷水流道1中,倾斜段布置于相变材料3中;放热“Z”形热管5b布置于冷水流道1与相变材料3中,热管蒸发段(即热管下端)布置在相变材料3中,热管冷凝段(即热管上端)布置在冷水流道1中;蓄热“Z”形热管5c布置于余热流道2与相变材料3中,热管蒸发段(即热管下端)布置在余热流道2中,热管冷凝段(即热管上端)布置在相变材料3中。具体布置方式如图1A-A及B-B所示。“Z”形热管的数量由蓄热器尺寸选择,热管充液率为20%~50%,可根据热管尺寸及余热品质调节。热管工作温度区间应包含于相变材料3相变温度,热管工质及相变材料3的选择由余热品质决定,给出但不限于以下组合情况,当余热温度为50~100℃时,热管工质可选择R134-a,相变材料3可选择对应纯度的石蜡;当余热温度为100~150℃时,热管工质可选择丙酮,相变材料3可选择KA1(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O;当余热温度为150~200℃时,热管工质可选择去离子水,相变材料3可选择KN03-NaNO<sub>2</sub>-NaNO<sub>3</sub>,质量比是(53:40:7)。

[0055] 如图4,为进一步提高热管与流体及相变材料3换热性能,在热管外壁面布置翅片结构,6a为倾斜段翅片结构,6b为竖直段翅片结构,所有区域翅片方向应与流体流动方向及重力方向平行,以最大程度降低流体流动阻力并减小对相变材料3自然对流的阻碍作用。

[0056] 一种如前面所述的换热器的换热方法,可进行四种不同工作模式:

模式一:同步蓄放热模式。当存在余热流体并需要对冷水加热时,余热流体流经余热流道2,同步蓄放热“Z”形热管5a与蓄热“Z”形热管5c开始工作,此时冷水流经冷水流道1与同步蓄放热“Z”形热管5a冷凝段进行强制对流换热,而蓄热“Z”形热管5c因与相变材料3间热阻较大,传热性能较低于同步蓄放热“Z”形热管5a。此时余热流体大部分热量用于冷水加热,少部分热量被相变材料3吸收,以潜热的形式储存。

[0057] 模式二:蓄热模式。当存在余热流体且不需要对冷水加热时,余热流体流经余热流道2,同步蓄放热“Z”形热管5a与蓄热“Z”形热管5c开始工作,此时并无冷水流经冷水流道1对同步蓄放热“Z”形热管5a进行冷却,热管吸收的热量只能被相变材料3吸收,以潜热的形式储存。

[0058] 模式三:放热模式。当不存在余热流体但需要对冷水加热时,并且相变材料3在此之前已经积蓄足够热量。此时放热“Z”形热管5b开始工作,放热“Z”形热管5b吸收相变材料3中热量,冷水流经冷水流道1与放热“Z”形热管5b进行强制对流换热,热量由相变材料3转移至冷水中。

[0059] 模式四:辅助电加热模式。当不存在余热流体但需要对冷水加热时,并且相变材料3并未积蓄足够热量。此时打开辅助电加热器4,放热“Z”形热管5b开始工作,放热“Z”形热管5b吸收电加热器提供的热量,冷水流经冷水流道1与放热“Z”形热管5b进行强制对流换热,热量由相变材料3转移至冷水中。

[0060] 虽然本发明已以较佳实施例披露如上,但本发明并非限于此。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

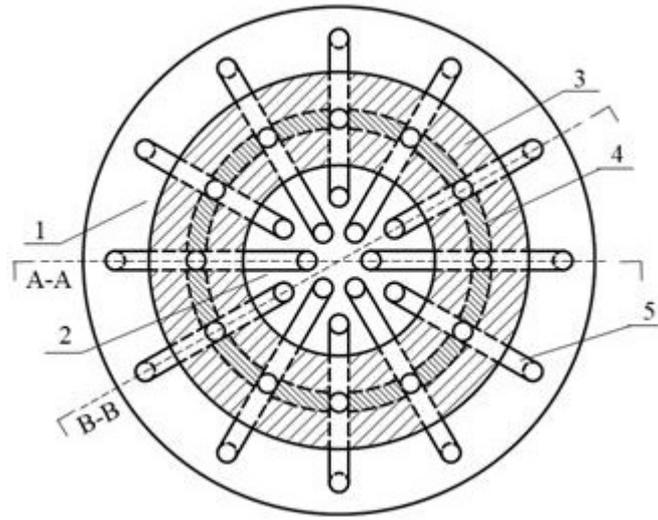


图 1

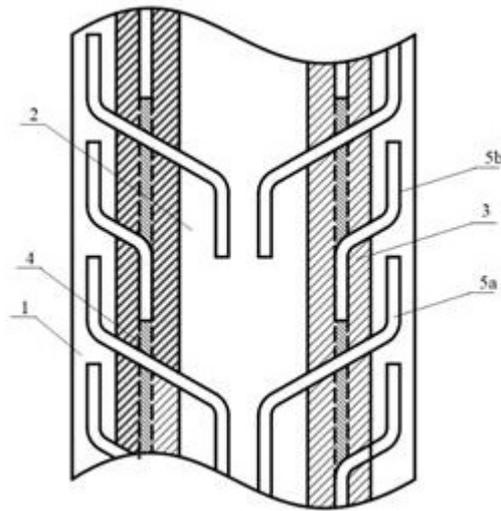


图 2

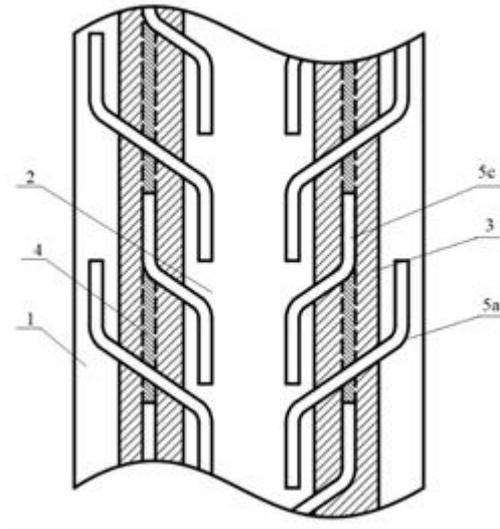


图 3

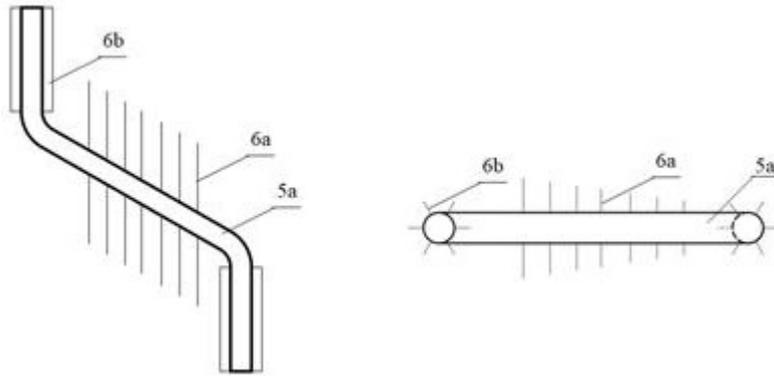


图 4