

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103353100 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 16

(21) 申请号 201310308869. 8

(22) 申请日 2013. 07. 22

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区 100084 信箱 82  
分箱清华大学专利办公室

(72) 发明人 张衍国 李清海 蒙爱红

(74) 专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司 11327

代理人 邸更岩

(51) Int. Cl.

F22B 1/00 (2006. 01)

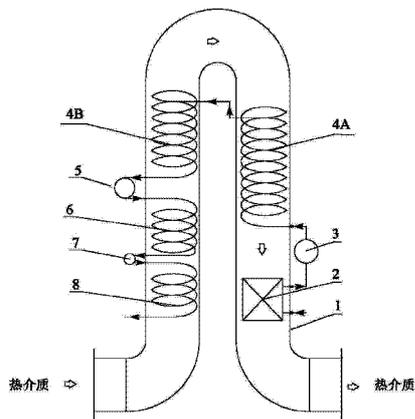
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

## (54) 发明名称

一种直流式换热装置

## (57) 摘要

一种直流式换热装置, 该装置包括炉体以及设置在炉体外部的除氧器、汽水分离器和减温器; 炉体采用倒U形炉体, 或采用立式或水平布置的炉体。在炉体内部布置一级过热器、二级过热器、蒸发段和水预热器, 过热器和蒸发段采用盘旋管束结构。本发明的特点在于换热面分段布置, 结构紧凑、单位体积换热管换热面积大、检修简单易行。可以用在太阳能光热发电, 化工以及冶金等能源领域。



1. 一种直流式换热装置,其特征在于:所述装置包括倒U形炉体(1),在倒U形炉体(1)内部沿热介质的流向依次设有二级过热器(8)、一级过热器(6)、一级蒸发段(4A)和水预热器(2);所述的二级过热器(8)设置在热介质的进口段,水预热器(2)设置在热介质的出口段;在倒U形炉体(1)的外部设置除氧器(3)、汽水分离器(5)和减温器(7);所述的减温器(7)通过管路分别与一级过热器(6)和二级过热器(8)相连;所述的除氧器(3)通过管路分别与水预热器(2)和一级蒸发段(4A)相连;所述的汽水分离器(5)通过管路分别与一级蒸发段(4A)和一级过热器(6)连接。

2. 根据权利要求1所述的一种直流式换热装置,其特征在于:所述二级过热器(8)、一级过热器(6)和一级蒸发段(4A)采用盘旋管束结构,在倒U形炉体内靠近炉体壁面布置。

3. 一种直流式换热装置,其特征在于:所述装置包括倒U形炉体(1),在倒U形炉体(1)内部设有二级过热器(8)、一级过热器(6)、二级蒸发段(4B)、一级蒸发段(4A)和水预热器(2);水预热器(2)设置在热介质的出口段;在倒U形炉体(1)的外部设置除氧器(3)、汽水分离器(5)和减温器(7);所述的减温器(7)通过管路分别与一级过热器(6)和二级过热器(8)相连;所述的除氧器(3)通过管路分别与连接水预热器(2)和一级蒸发段(4A)相连;所述的汽水分离器(5)通过管路分别与二级蒸发段(4B)和一级过热器(6)连接;所述二级蒸发段(4B)的进口与一级蒸发段(4A)的出口相连。

4. 根据权利要求3所述的一种直流式换热装置,其特征在于:所述的二级过热器(8)设置在热介质的进口段,倒U形炉体(1)内部沿热介质的流向依次布置二级过热器(8)、一级过热器(6)、二级蒸发段(4B)、一级蒸发段(4A)和水预热器(2)。

5. 根据权利要求3所述的一种直流式换热装置,其特征在于:所述的二级蒸发段(4B)设置在热介质的进口段,倒U形炉体(1)内部沿热介质的流向依次布置二级蒸发段(4B)、二级过热器(8)、一级过热器(6)、一级蒸发段(4A)和水预热器(2)。

6. 根据权利要求3或4或5所述的一种直流式换热装置,其特征在于:所述二级过热器(8)、一级过热器(6)、二级蒸发段(4B)和一级蒸发段(4A)采用盘旋管束结构,在倒U形炉体内靠近炉体壁面布置。

7. 一种直流式换热装置,其特征在于:所述装置包括炉体(9),炉体(9)为水平或立式布置;在炉体(9)内部沿热介质的流向依次设有二级过热器(8)、一级过热器(6)、一级蒸发段(4A)和水预热器(2);所述的二级过热器(8)设置在热介质的进口段,水预热器(2)设置在热介质的出口段;在炉体(9)的外部设置除氧器(3)、汽水分离器(5)和减温器(7);所述的减温器(7)通过管路分别与一级过热器(6)和二级过热器(8)相连;所述的除氧器(3)通过管路分别与水预热器(2)和一级蒸发段(4A)相连;所述的汽水分离器(5)通过管路分别与一级蒸发段(4A)和一级过热器(6)连接。

8. 根据权利要求7所述的一种直流式换热装置,其特征在于:所述二级过热器(8)、一级过热器(6)和一级蒸发段(4A)采用盘旋管束结构,所述盘旋管束结构由至少一组盘旋管组成。

9. 根据权利要求7或8所述的一种直流式换热装置,其特征在于:所述二级过热器(8)、一级过热器(6)和一级蒸发段(4A)采用两组以上的盘旋管时,盘旋管以同心圆式布置在炉体内。

10. 根据权利要求7或8所述的一种直流式换热装置,其特征在于:所述炉体(9)为

套筒式蛇形管结构(10);所述的套筒式蛇形管结构(10)由套筒(11)和至少一组的蛇形管(12)组成;所述蛇形管(12)紧贴着套筒内壁布置。

## 一种直流式换热装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种获取过热蒸汽的装置,特别为一种从高温高压气体中获取过热蒸汽的强制循环的直流换热装置,本装置可用于太阳能光热发电、冶金以及化工等能源领域。

### 背景技术

[0002] 随着世界能源紧缺,石油、煤炭、天然气等不可再生能源面临枯竭,人们越来越重视能源的节约利用。但是现在很多冶金、化工、石化等很多行业都会有废热产生,这无疑造成了巨大的能源浪费,如何将这些余热进行回收,并有效利用,是人们研究的热点。余热是在一定经济技术条件下,在能源利用设备中没有被利用的能源,是一种多余或者废弃的能源。余热包括高温废气余热、冷却介质余热、废汽废水余热、高温产品和炉渣余热、化学反应余热、可燃废气废液和废料余热以及高压流体余压等七种。根据调查,各行业的余热总资源约占其燃料消耗总量的 17%~67%,可回收利用的余热资源约为余热总资源的 60%。节能降耗是冶金,化工企业长期的战略任务。充分回收和利用这些余热,是企业现代化程度的标志之一。这些高温废气余热,热量高,产量巨大,浪费严重,如何将这些能源高效的利用起来一直是人们关注的热点,现有常规的废气余热利用装置如换热器,但对于一些高温高压的余热气体,现有大部分的换热装置的气侧壳体都无法耐受压力,所以需要将这些高压气体先降压再利用,这样就增加了工序,同时由于压力降低气体体积膨胀,也势必造成效率偏低,且成本偏高。此外,在太阳能利用行业,尤其是太阳能光热发电,也面临着如何从太阳能中有效获取热量产生过热蒸汽的问题。由于受到昼夜、天气等因素的影响,太阳能供应具有间歇性、不稳定性等特点。太阳辐射本身有很多的不可控性,直接用于加热水,由于水从液体转变成蒸汽体积变化巨大,且热源稳定性差,造成水温波动,时有蒸发和冷凝发生。水和蒸汽的物理性质的复杂性造成太阳能收集装置的管路复杂,控制系统也复杂,稳定性、可操作性差。通过一种中间介质(气体),则会改善这个问题。太阳能取热,乃至取热后加热气体都是相对成熟的工艺,如能提供一种高效的换热装置,从太阳能加热的高温高压气体中获取过热蒸汽,无疑将为太阳能光热利用提供一条新的途径。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的,就是为了解决现有技术的缺陷,提供一种耐高温高压的特殊换热装置,能够有效的从高温高压气体中获取过热蒸汽。

[0004] 本发明的目的可通过以下技术解决方案实现:

[0005] 一种强制循环的直流式换热装置,包括倒U形炉体,在倒U形炉体内部沿热介质的流向依次设有二级过热器、一级过热器、一级蒸发段和水预热器。所述的二级过热器设置在热介质的进口段,水预热器设置在热介质的出口段。除氧器、汽水分离器和减温器设置在倒U形炉体的外部。所述的减温器分别与一级过热器和二级过热器相连;除氧器分别与连接水预热器和一级蒸发段相连;汽水分离器分别与一级蒸发段和一级过热器连接。

[0006] 上述技术方案中,二级过热器、一级过热器和一级蒸发段采用盘旋管束结构,盘旋

管束在倒 U 形炉体内靠近壁面布置。

[0007] 第二种技术方案是：一种直流式换热装置，包括倒 U 形炉体，在倒 U 形炉体内部设有二级过热器、一级过热器、二级蒸发段、一级蒸发段和水预热器。水预热器设置在热介质的出口段；在倒 U 形炉体的外部设置除氧器、汽水分离器和减温器。所述的减温器通过管路分别与一级过热器和二级过热器相连；除氧器通过管路分别与水预热器和一级蒸发段相连；汽水分离器通过管路分别与二级蒸发段和一级过热器连接；二级蒸发段的进口与一级蒸发器的出口相连。

[0008] 上述技术方案中，二级蒸发段可以有两种布置方式。一种是，二级蒸发段布置在一级过热器和一级蒸发段之间，即倒 U 形炉体内部沿热介质的流向依次布置二级过热器、一级过热器、二级蒸发段、一级蒸发段和水预热器，二级过热器设置在热介质的进口段。另一种是，二级蒸发段设置在热介质的进口段，倒 U 形炉体内部沿热介质的流向依次布置二级蒸发段、二级过热器、一级过热器、一级蒸发段和水预热器。

[0009] 上述技术方案中，所述二级过热器、一级过热器、二级蒸发段和一级蒸发段采用盘旋管束结构，盘旋管束在倒 U 形炉体靠近壁面布置。

[0010] 第三种技术方案是，一种直流式换热装置，包括水平或卧式布置的炉体，在炉体内部沿热介质的流向依次设有二级过热器、一级过热器、一级蒸发段和水预热器。所述的二级过热器设置在热介质的进口段，水预热器设置在热介质的出口段；在炉体的外部设置除氧器、汽水分离器和减温器。所述的减温器分别与一级过热器和二级过热器相连，除氧器分别与连接水预热器和一级蒸发段相连；所述的汽水分离器分别与一级蒸发段和一级过热器连接。所述二级过热器、一级过热器和一级蒸发段采用沿炉体内壁面布置的盘旋管束结构，所述盘旋管束结构由至少一组盘旋管组成。

[0011] 上述技术方案中，所述高温过热器、低温过热器和蒸发段可以采用两组以上的盘旋管组，盘旋管组以同心圆式管圈布置在炉体内。

[0012] 上述技术方案中，所述炉体为套筒式蛇形管结构，所述的套筒式蛇形管结构由套筒和至少一组的蛇形管组成；所述蛇形管贴着套筒内壁布置。当布置两组以上蛇形管时，最外一组紧贴着套筒内壁布置，两组以上的蛇形管以同心圆方式布置。

[0013] 本发明的优点在于结构紧凑、单位体积换热管换热面积大、检修简单易行，压力参数范围宽，制造方便、节省钢材；启、停炉快速等。可以用在太阳能光热发电、化工以及冶金等能源领域。

#### 附图说明

[0014] 图 1 为本发明提供的倒 U 形布置的炉体的一种直流式换热装置示意图（一级蒸发段）。

[0015] 图 2 为本发明提供的倒 U 形布置的炉体的一种直流式换热装置示意图（两级蒸发段）。

[0016] 图 3 为本发明提供的倒 U 形布置的炉体的一种直流式换热装置示意图（两级蒸发段）。

[0017] 图 4 为本发明提供的水平式布置的炉体的一种直流式换热装置示意图。

[0018] 图 5 为本发明提供的立式布置的炉体的一种直流式换热装置示意图。

[0019] 图 6 为本发明提供的水平或立式布置的炉体内换热器两组以上的布置示意图。

[0020] 图 7 为本发明提供的水平或立式布置的炉体套筒式蛇形管的侧视图。

[0021] 图 8 为本发明提供的水平或立式布置的炉体套筒式蛇形管的断面图。

[0022] 图中：1- 倒 U 形炉体；2- 水预热器；3- 除氧器；4A- 一级蒸发段；4B- 二级蒸发段；5- 汽水分离器，6- 一级过热器，7- 减温器，8- 二级过热器；9- 炉体；10- 套筒式蛇形管结构；11- 套筒；12- 蛇形管。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合附图详细描述本发明的结构、原理和工作过程：

[0024] 本发明所述的一种强制循环的直流式换热装置，可用于太阳能光热发电、化工以及冶金等能源领域，从高温高压气体中获取过热蒸汽。工质水在本发明所述的直流式换热装置的流动为强制循环。本发明所涉及的热介质为温度 500℃ 及以上、压力 0.1MPa 及以上的高温高压气体，如空气、二氧化碳等，冷介质即工质为水。

[0025] 第一种实施例中，如附图 1 所示，一种强制循环的直流式换热装置，倒 U 形炉体 1、除氧器 3、汽水分离器 5、减温器 7、一级过热器 6、二级过热器 8、一级蒸发段 4A 和水预热器 2。在倒 U 形炉体 1 内部，沿热介质的流向从热介质的进口段起依次设有二级过热器 8、一级过热器 6、一级蒸发段 4A 和水预热器 2。热介质依次与二级过热器 8、一级过热器 6、一级蒸发段 4A 和水预热器 2 内的工质换热，然后流出换热装置，再回到太阳能取热系统或其它加热装置加热，循环使用。二级过热器 8、一级过热器 6 和一级蒸发段 4A 采用盘旋管束结构，在炉体内贴壁布置，可以增加换热面积，提高换热效果。与常规的换热装置的设置不同，除氧器 3 进口与水预热器 2 相连，出口与一级蒸发段 4A 相连，工质水先经预热器 2 换热升温后再进行除氧，除氧合格后的工质水直接进入一级蒸发段 4A。在一级蒸发段 4A 和一级过热器 6 之间设汽水分离器 5，在换热装置启动时，一级蒸发段 4A 中工质水未完全蒸发，蒸汽中含有水，汽水分离器 5 可以对蒸汽的汽水分离，去除蒸汽中的水分。分离后的蒸汽进入一级过热器 6 与热介质换热升温，形成过热蒸汽，然后进入减温器 7 进行温度调节。减温器 7 设在倒 U 形炉体 1 外部，根据运行过程中蒸汽温度的反馈值进行减温调节。经过温度调节的过热蒸汽进入二级过热器 8，与初进入炉体的热介质换热，被加热成目标产品的过热蒸汽。正常运行时，一级蒸发段 4A 中蒸汽已达到饱和或过热状态，此时汽水分离器 5 仅作为工质的通道。

[0026] 第二种技术方案包括两种实施例。如附图 2 或 3 所示，一种强制循环的直流式换热装置，包括倒 U 形炉体 1、除氧器 3、汽水分离器 5、减温器 7、一级过热器 6、二级过热器 8、蒸发段和水预热器 2。一种实施例中，在倒 U 形炉体 1 内部，沿热介质的流向从热介质的进口段起依次设有二级过热器 8、一级过热器 6、二级蒸发段 4B、一级蒸发段 4A 和水预热器 2。热介质依次与二级过热器 8、一级过热器 6、二级蒸发段 4B、一级蒸发段 4A 和水预热器 2 内的工质换热，然后流出换热装置，再回到太阳能取热系统或其它加热装置加热，循环使用。二级过热器 8、一级过热器 6、二级蒸发段 4B 和一级蒸发段 4A 采用盘旋管束结构，在炉体内贴壁布置，可以增加换热面积，提高换热效果。除氧器 3 进口与水预热器 2 相连，出口与一级蒸发段 4A 相连，工质水先经预热器 2 换热升温后再进行除氧，除氧合格后的工质水直接进入一级蒸发段 4A。一级蒸发段 4A 和二级蒸发段 4B 为连通的管段，为增加受热面而设。

工质从一级蒸发段 4A 出来后进入二级蒸发段 4B。一级蒸发段 4A 和水预热器 2 布置在热介质的出口段；二级蒸发段 4B 和一级过热器 6、二级过热器 8 布置在热介质的入口段。在二级蒸发段 4B 和一级过热器 6 之间设汽水分离器 5，在换热装置启动时，二级蒸发段 4B 中的蒸汽中含有水，汽水分离器 5 可以对蒸汽的汽水分离，去除蒸汽中的水分。分离后的蒸汽进入一级过热器 6 与热介质换热升温，形成过热蒸汽，然后进入减温器 7 进行温度调节。减温器 7 设在倒 U 形炉体 1 外部，根据运行过程中蒸汽温度的反馈值进行减温调节。经过温度调节的过热蒸汽进入二级过热器 8，与初进入炉体的热介质换热，被加热成目标产品的过热蒸汽。正常运行时，二级蒸发段 4B 中蒸汽已达到饱和或过热状态，此时汽水分离器 5 仅作为工质的通道。另一种实施例中，由于热介质温度很高，在 700℃ 以上，为了先行吸收一部分热量，二级蒸发段 4B 设置在热介质的入口段，如附图 3 所示。沿着热介质的流向，在倒 U 形炉体 1 内部从热介质的进口段起依次设有二级蒸发段 4B、二级过热器 8、一级过热器 6、一级蒸发段 4A 和水预热器 2。两种实施例中，工质水的流程均为：工质水先在水预热器 2 中预热升温，然后进除氧器 3 除氧，再依次进入一级蒸发段 4A、二级蒸发段 4B、汽水分离器 5、一级过热器 6、减温器 7 和二级过热器 8。

[0027] 第三种技术方案中，一种强制循环的直流式换热装置，包括炉体 9、除氧器 3、汽水分离器 5 和减温器 7。炉体 9 为立式或水平布置，如附图 4 和附图 5 所示。炉体内部沿热介质的流向从热介质的进口段起依次设有二级过热器 8、一级过热器 6、一级蒸发段 4A 和水预热器 2。所述的二级过热器 8 设置在热介质的进口段，水预热器 2 设置在热介质的出口段。热介质依次与二级过热器 8、一级过热器 6、一级蒸发段 4A 和水预热器 2 内的工质换热，然后流出换热装置，再回到太阳能取热系统或其它加热装置加热，循环使用。二级过热器 8、一级过热器 6 和一级蒸发段 4A 采用沿炉体内壁面布置的盘旋管束结构，所述盘旋管束结构由至少一组盘旋管束组成，在炉体内贴壁布置，可以增加换热面积，提高换热效果。当二级过热器 8、一级过热器 6 和一级蒸发段 4A 采用两组以上的盘旋管束组，管束组以同心圆式管圈布置在炉体内，如附图 6 所示。除氧器 3、汽水分离器 5 和减温器 7 设置在炉体 9 的外部。除氧器 3 进口与水预热器 2 相连，出口与一级蒸发段 4A 相连，工质水先经预热器 2 换热升温后再进行除氧，除氧合格后的工质水直接进入一级蒸发段 4A。在一级蒸发段 4A 和低温过热器 6 之间设汽水分离器 5，用于换热装置启动时去除蒸发段所产生的蒸汽里的水分，脱除了水分的蒸汽再进入一级过热器 6 与热介质换热升温，形成过热蒸汽，然后进入减温器 7 进行温度调节。减温器 7 设在炉体 9 外部，根据运行过程中蒸汽温度的反馈值进行减温调节。经过温度调节的过热蒸汽进入二级过热器 8，与初进入炉体的热介质换热，被加热成目标产品的过热蒸汽。

[0028] 该技术方案中，在热介质温度较高，或者过热蒸汽需求量较大时，为进一步加强换热效果，并减少装置体积、降低成本，二级过热器 8、一级过热器 6 和一级蒸发段 4A 为两组或两组以上盘旋管束结构，管束组以同心圆式管圈布置在炉体内。同样的，炉体 9 也可采用套筒式蛇形管结构 10。套筒式蛇形管结构 10 由套筒 11 和至少一组的蛇形管 12 组成，蛇形管 12 贴着套筒内壁布置。使蛇形管与套管成为一个整体部件。当热介质温度较高，为减小装置容积，所述蛇形管 12 为两组以上，以增加工质水的换热能力。两组以上的蛇形管 12 以同心圆方式布置在套筒 11 内，同心圆的最外一组蛇形管紧贴着套筒内壁布置。套筒式蛇形管结构 10 内的换热工质水来自除氧器，换热后产生的热水或汽水混合物接入一级蒸发段 4A

继续与热介质换热。

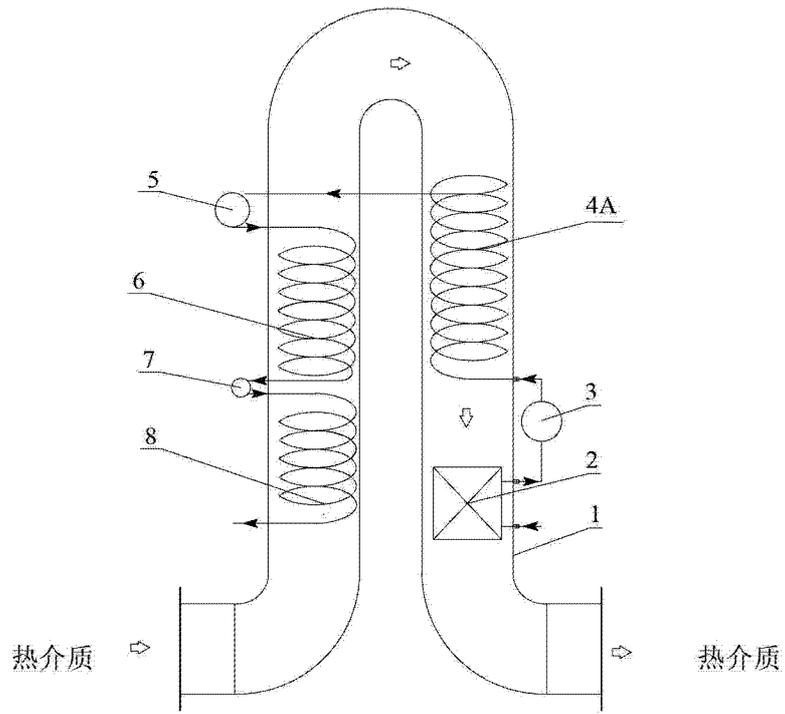


图 1

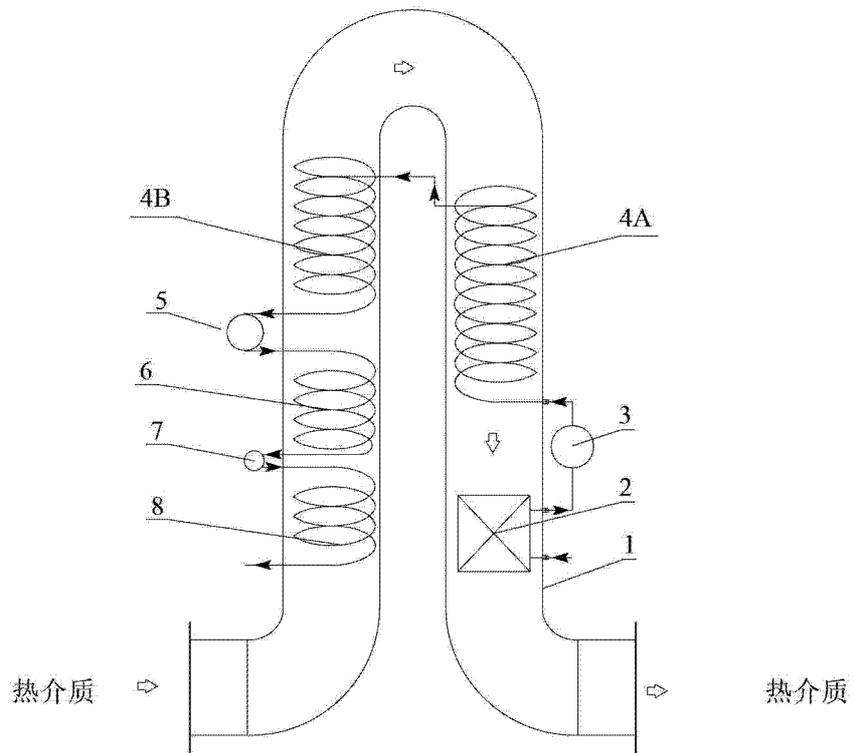


图 2

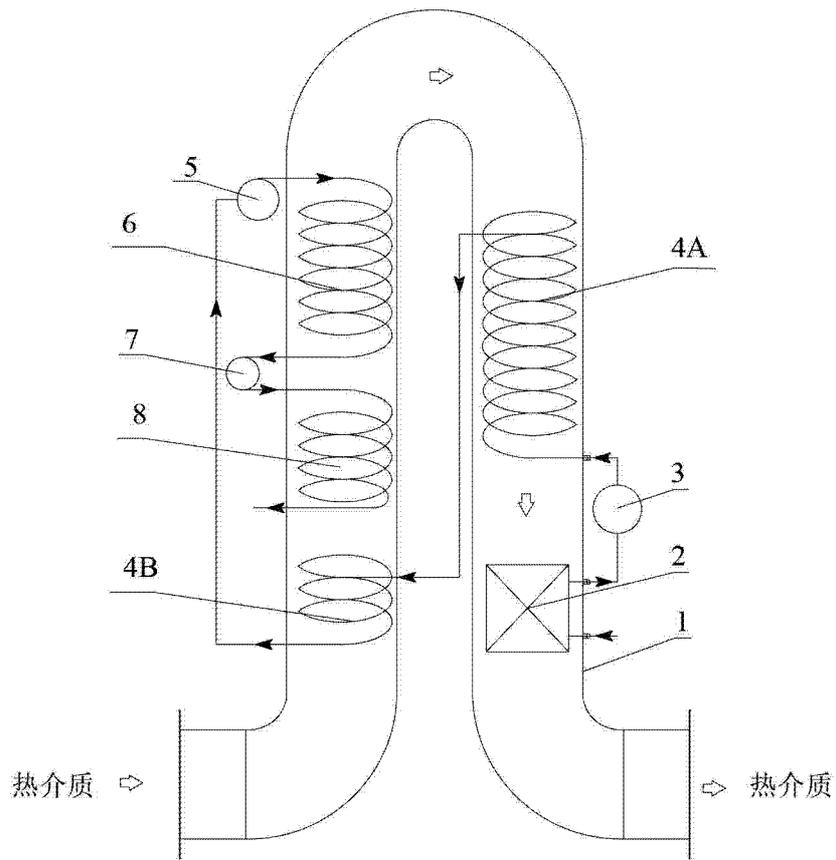


图 3

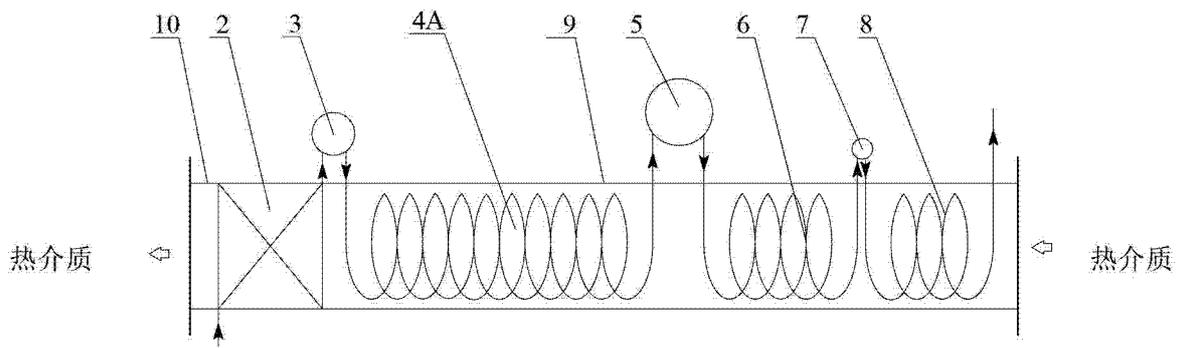


图 4

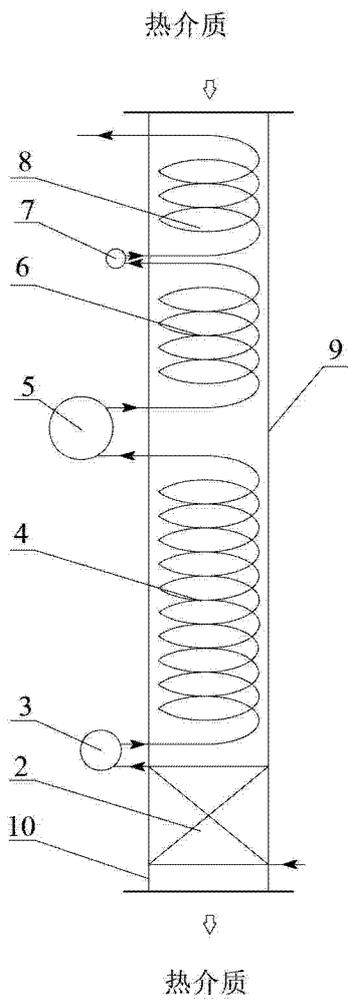


图 5

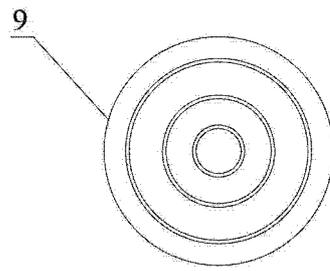


图 6

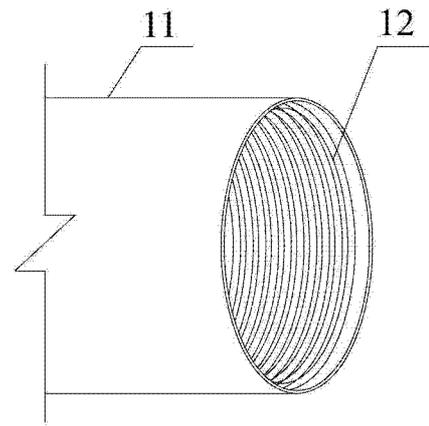


图 7

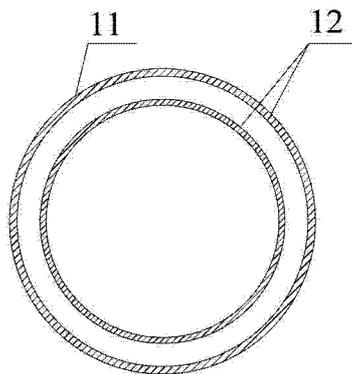


图 8