



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106382836 A

(43)申请公布日 2017. 02. 08

(21)申请号 201611025283.0

(22)申请日 2016.11.22

(71)申请人 中国石油大学(华东)

地址 266580 山东省青岛市黄岛区长江西路66号

(72)发明人 刘娣 时玉树 王瑜 蔡阳

(74)专利代理机构 山东博睿律师事务所 37238

代理人 常银焕

(51)Int.Cl.

F28D 15/02(2006.01)

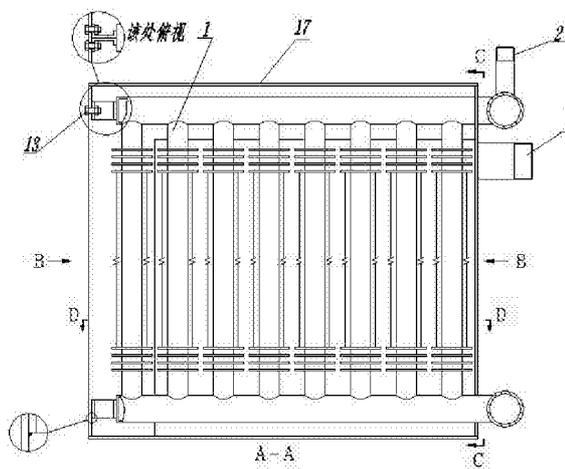
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

分离型热管洗浴废水余热回收系统及方法

(57)摘要

本发明公开了分离型热管洗浴废水余热回收系统及方法,涉及换热技术领域,分离型热该系统包括蒸发器和冷凝器,所述冷凝器高于蒸发器,所述蒸发器及冷凝器内部均设有热交换系统,所述热交换系统包括至少一根热管,所述蒸发器内的热交换系统与冷凝器内的热交换系统两端分别通过蒸汽上升管及凝液下降管相连形成密闭循环;所述蒸发器一侧设有进水口,另一侧设有排水口;所述冷凝器一侧设有送水口,另一侧设有出水口。本发明的系统结构简单,可实现性强,通过使用本发明的热交换系统,可以实现能源的节耗减排,对可持续发展,环境保护,经济发展均具有重大意义。



1. 分离型热管洗浴废水余热回收系统,其特征在於,其包括蒸发器和冷凝器,所述冷凝器高于蒸发器,所述蒸发器及冷凝器内部均设有热交换系统,所述热交换系统包括至少一根热管,所述蒸发器内的热交换系统与冷凝器内的热交换系统两端分别通过蒸汽上升管及凝液下降管相连形成密闭循环;所述蒸发器一侧设有进水口,另一侧设有排水口;所述冷凝器一侧设有送水口,另一侧设有出水口。

2. 根据权利要求1所述的分离型热管洗浴废水余热回收系统,其特征在於,所述热交换系统包括多组热流通基本单元并排连接,所述热流通基本单元包括多根热管单体,所述多根热管单体竖直排列,所述同一热流通基本单元的热管单体上方均与蒸汽上升支管相连,下方均与凝液回流支管相连,所述多组热流通基本单元的蒸汽上升支管均在一端连接蒸汽上升总管,所述蒸汽上升总管与蒸汽上升管相通,所述多组热流通基本单元的凝液回流支管均在一端连接凝液回流总管,所述凝液回流总管与凝液下降管相连。

3. 根据权利要求1或2所述的分离型热管洗浴废水余热回收系统,其特征在於,所述热管单体外侧缠绕多个翅片。

4. 根据权利要求1所述的分离型热管洗浴废水余热回收系统,其特征在於,所述热交换系统包括6组热流通基本单元,所述热流通基本单元包括8根热管单体。

5. 根据权利要求1所述的分离型热管洗浴废水余热回收系统,其特征在於,所述蒸汽上升管设有真空表。

6. 根据权利要求1所述的分离型热管洗浴废水余热回收系统,其特征在於,所述进水口设有至少一层过滤装置。

7. 根据权利要求1所述的分离型热管洗浴废水余热回收系统,其特征在於,所述蒸发器和冷凝器内侧均间隔设有左侧隔板和右侧隔板。

8. 根据权利要求1所述的分离型热管洗浴废水余热回收系统,其特征在於,所述蒸发器、冷凝器、蒸汽上升管及凝液下降管外侧均包有保温层。

9. 分离型热管洗浴废水余热回收方法,其特征在於,采用权利要求1-8中任一项所述的系统,收集洗浴后的废水经过滤后通过所述进水口进入蒸发器内与热交换系统内部工质进行热交换,内部工质受热蒸发从蒸汽上升管进入冷凝器内部的热交换系统,通过冷凝器的清水与冷凝器内部的热交换系统交换热量后输送到洗浴的加热器中,即可节约加热耗能,冷凝后的工质顺利回流至蒸发器中再次进行热交换,废水不断的进入蒸发器中即可源源不断的提供热交换。

分离型热管洗浴废水余热回收系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及换热技术领域,特别涉及分离型热管洗浴废水余热回收系统及方法。

背景技术

[0002] 热管技术是1963年美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的乔治格罗佛发明的一种称为“热管”的传热元件,它充分利用了热传导原理与相变介质的快速热传递性质,透过热管将发热物体的热量迅速传递到热源外,其导热能力超过任何已知金属的导热能力。

[0003] 热管技术以前被广泛应用在宇航、军工等行业,自从被引入散热器制造行业,使得人们改变了传统散热器的设计思路,摆脱了单纯依靠高风量电机来获得更好散热效果的单一散热模式,采用热管技术使得散热器即便采用低转速、低风量电机,同样可以得到满意效果,使得困扰风冷散热的噪音问题得到良好解决,开辟了散热行业新天地。现在常见于CPU的散热器上。

[0004] 目前国内对于浴室废水的余热回收均是利用热泵原理进行回收,即施加外部能源进行热量的回收。我国的公共浴室排放的废热水的余热大多未加以利用就直接排放入下水管道,据估算每年由此造成的热损失 1.664×10^{14} kJ,相当于568万t标准煤,如果按400元每吨计,可折合人民币22.7亿元,是一个惊人的数字。由于浴室排水的实际温度并不是很高,即使采用换热器将浴室排水的余热回收,也很难加以利用,因此国内绝大多数公共浴室都直接将浴室排水排入下水管道,造成很大的浪费。因此,极其有必要设计一种结构简单,实施方便,回收余热效果好的装置。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供一种结构简单,实施方便,回收余热效果好的分离型热管洗浴废水余热回收系统及方法。

[0006] 为了实现上述发明目的,本发明提供以下技术方案:

[0007] 分离型热管洗浴废水余热回收系统,其包括蒸发器和冷凝器,所述冷凝器高于蒸发器,所述蒸发器及冷凝器内部均设有热交换系统,所述热交换系统包括至少一根热管,所述蒸发器内的热交换系统与冷凝器内的热交换系统两端分别通过蒸汽上升管及凝液下降管相连形成密闭循环;所述蒸发器一侧设有进水口,另一侧设有排水口;所述冷凝器一侧设有送水口,另一侧设有出水口。

[0008] 本发明还具有以下附加技术特征:

[0009] 优选的,所述热交换系统包括多组热流通基本单元并排连接,所述热流通基本单元包括多根热管单体,所述多根热管单体竖直排列,上方均与蒸汽上升支管相连,下方均与凝液回流支管相连,所述多组热流通基本单元的蒸汽上升支管均在一端连接蒸汽上升总管,所述蒸汽上升总管与蒸汽上升管相通,所述多组热流通基本单元的凝液回流支管均在一端连接凝液回流总管,所述凝液回流总管与凝液下降管相连。

[0010] 优选的,所述热管单体外侧缠绕多个翅片。

[0011] 优选的,所述热交换系统包括6组热流通基本单元,所述热流通基本单元包括8根热管单体。

[0012] 优选的,所述蒸汽上升管设有真空表。

[0013] 优选的,所述进水口设有至少一层过滤装置。

[0014] 优选的,所述蒸发器和冷凝器内侧均间隔设有左侧隔板和右侧隔板。

[0015] 优选的,所述蒸发器、冷凝器、蒸汽上升管及凝液下降管外侧均包有保温层。

[0016] 本发明还提供分离型热管洗浴废水余热回收方法,采用上述的系统,收集洗浴后的废水经过滤后通过所述进水口进入蒸发器内与热交换系统内部工质进行热交换,内部工质受热蒸发从蒸汽上升管进入冷凝器内部的热交换系统,通过冷凝器的清水与冷凝器内部的热交换系统交换热量后输送到洗浴的加热器中,即可节约加热耗能,冷凝后的工质顺利回流至蒸发器中再次进行热交换,废水不断的进入蒸发器中即可源源不断的提供热交换。

[0017] 本发明和现有技术相比,其优点在于:

[0018] 基于浴室的废水温度在30至40℃之间,我们研究小组提出单纯利用热管原理将浴室废水余热这种低品位热源进行热量的回收,即外界不提供任何能量,完全通过工质的相变进行传热。

[0019] 在该项目开始之前,我们曾经对国内浴室废水余热回收的现状进行了查阅与调研,并且对研究成员所在的中国石油大学(华东)以及周边的青岛理工大学进行了实地调研。调研工作显示,目前中国国内对于浴室废水余热回收单纯利用热管原理的暂时处于空白状态,但同时对于低温热源利用热管来进行热量回收的效果可能会不理想,本组成员在热管的基础之上增加了密集的环状翅片,并且对几种热水的流通方式进行了比选。而两所高校的实地调研则显示:假设中国石油大学(华东)如果利用热管换热设备对冷水进行预加热,则可以每年节约加热用天然气21667立方米。约合人民币52000元;同样的假设在青岛理工大学则可每年节约加热用天然气6741立方米,约合人民币16178元,对于人数较多的公共浴室节约的经济效益还是比较可观的。

[0020] 本发明的余热回收系统热交换率高,实现了外界不提供任何能量的热交换;结构简单,可实现性强;通过使用本发明的热交换系统,可以实现能源的节耗减排,对可持续发展,环境保护,经济发展均具有重大意义。

附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例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本发明的一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0022] 图1为本发明冷凝器的A-A剖视结构示意图;

[0023] 图2为本发明冷凝器的B-B剖视结构示意图;

[0024] 图3为本发明冷凝器的C-C剖视结构示意图;

[0025] 图4为本发明冷凝器的-剖视结构示意图;

[0026] 图5为本发明的系统应用示意图。

[0027] 蒸发器与冷凝器结构相似,故不再插图示意。

[0028] 附图标记说明:

[0029] 热管1;真空表接口2;蒸汽上升总管3;蒸汽上升支管4;送水口5;凝液回流总管6;凝液回流支管7;隔板8;出水口9;壳体10;顶盖11;固定片12;螺栓13;蒸汽上升管14;凝液回流管15;蒸发器16;冷凝器17;加热器18;喷头19;一次过滤层20;二次过滤层21;进水口22;排水口23。

具体实施方式

[0030] 以下公开本发明的一些实施例,本领域技术人员可以根据本文内容,适当改进工艺参数实现。特别需要指出的是,所有类似的替换和改动对本领域技术人员来说是显而易见的,它们都被视为包括在本发明。本发明的方法及应用已经通过较佳实施例进行了描述,相关人员明显能在不脱离本发明内容、精神和范围内对本文的方法和应用进行改动或适当变更与组合,来实现和应用本发明技术。

[0031] 如图1-5,分离型热管1洗浴废水余热回收系统,其包括蒸发器16和冷凝器17,冷凝器17高于蒸发器16,蒸发器16及冷凝器17内部均设有热交换系统,热交换系统包括至少一根热管1,蒸发器16内的热交换系统与冷凝器17内的热交换系统两端分别通过蒸汽上升管14及凝液下降管15相连形成密闭循环;蒸发器16一侧设有进水口22,另一侧设有排水口23;冷凝器17一侧设有送水口5,另一侧设有出水口9,进水口22设有至少一层过滤装置。送水口5将温度较低的清水送至冷凝器17中,冷凝器17将清水送至加热器18中加热并通过喷头19输出;废水收集后通过过滤层过滤后送至蒸发器16中;冷凝器17安装高度须高于蒸发器16的安装高度,以保证冷凝后的工质能顺利回流;蒸发器16从进水口22通入温度较高的浴室废水,冷凝器17通温度较低的清水;内部工质在蒸发器16被浴室废水加热汽化,通过蒸汽上升管14进入冷凝器17,然后被冷凝器17的冷水冷却为液体并依靠自身重力通过凝液下降管15返流至蒸发器16,如此往复循环,以实现浴室废水低品位热量的回收。

[0032] 具体的,热交换系统由多组热流通基本单元并排连接而成,热流通基本单元包括多根热管1单体,多根热管1单体竖直排列,同一热流通基本单元的热管1单体上方均与蒸汽上升支管4相连,下方均与凝液回流支管7相连,多组热流通基本单元的蒸汽上升支管4均在一端连接蒸汽上升总管,蒸汽上升总管与蒸汽上升管14相通,多组热流通基本单元的凝液回流支管7均在一端连接凝液回流总管6,凝液回流总管6一端与凝液下降管15相连。

[0033] 该设备的基本元件是热管1单体,圆管外侧等距缠绕着一定厚度的翅片,为保证良好的传热性能以及防止腐蚀,故选择铝质材料。将8根热管1单体的两端分别用一根总管连接,单体与总管之间采用连续满焊以保证气密性。这种若干热管1单体的并排连接组成了换热流通基本单元,上方的总管称为蒸汽上升支管4,下方的总管称为凝液回流支管7,为保证热管1稳定性热管可以通过固定片12固定于壳体10内壁。

[0034] 将6组换热流通基本单元并排连接:6根蒸汽上升支管4均与蒸汽上升总管3连接,6根凝液回流支管7均与凝液回流总管6连接,连接同样采用连续满焊方式。将此热管1阵列(总含48支热管1单体)嵌入到壳体10中则组成了蒸发器16的主体结构。冷凝器17的结构与蒸发器16基本相同,差别在于冷凝器17的蒸汽上升总管3需要预留真空表接口2。

[0035] 优选的,蒸发器16和冷凝器17内侧均间隔设有左侧隔板8和右侧隔板8。蒸发器16和冷凝器17中均设置有隔板8,主要起导流作用,使得冷热流体沿着S形路径曲折流动,它使

各个换热流通基本单元相对独立,减少壳体10内的流通死角从而提升设备的换热效率。隔板8通过点焊方式固定在壳体10上。

[0036] 为了使热管1阵列在壳体10内的位置固定,蒸汽上升总管3与凝液回流总管6贯通壳体10的位置采用连续满焊,同时可以防止漏水;各支管(4、7)的另一端通过螺栓13固定在壳体10上。壳体10的顶盖11使用螺栓13固定,可方便拆卸以便检查清理内部。

[0037] 将蒸发器16与冷凝器17各自的蒸汽上升总管3和凝液回流总管6连接,并在壳体10外表面以及壳体10外部所有管路的外侧贴覆保温层后,即组成了整个分离式浴室废水余热回收设备。

[0038] 对于冷热水均采用下进上出的流动方式,即流体从换热器下部进水管口进入,从上部出水管口流出;当然水在进入换热器之前都需要过滤除去明显的杂质,如毛发、固体碎屑等,具体的,设有一次过滤层20和二次过滤层21。

[0039] 分离型热管1洗浴废水余热回收方法,采用本发明的系统,收集洗浴后的废水经过滤后通过进水口22进入蒸发器16内与热交换系统内部工质进行热交换,内部工质受热蒸发从蒸汽上升管14进入冷凝器17内部的热交换系统,通过冷凝器17的清水与冷凝器17内部的热交换系统交换热量后输送到洗浴的加热器18中,即可节约加热耗能,冷凝后的工质顺利回流至蒸发器16中再次进行热交换,废水不断的进入蒸发器16中即可源源不断的提供热交换。浴室废水经过一次过滤层20和二次过滤层21两级过滤器进入换热器的蒸发器16,工质蒸发,回收余热。工质蒸汽经蒸汽上升管14流至冷凝器17,工质冷凝,对流经冷凝器17的冷水进行预加热以此来达到余热利用的目的。其中两级过滤器之间的流水管道需加保温性能良好的保温层,同时从冷凝器17出发至浴室加热器18的出水管也需要外加保温性能良好的保温层。防止与环境进行能量交换,丧失热量。

[0040] 系统各部件连接:单管与总管之间采用焊接方式以此来保证其气密性,如图1所示。而在设备的排布方式上,冷凝器17在蒸发器16的上部,蒸发器16的上部与冷凝器17的上部通过蒸汽上升管14相接,冷凝器17的下部与蒸发器16的下部通过凝液下降管15相接,其中蒸汽上升管14和凝液下降管15均需外加保温绝热层,防止与环境进行热交换。由于装置的具体使用环境为长距离设置,由此对于保温绝热层的要求较高。热管1排布形式,热管1是重力式无芯管,凝液靠自身重力驱动自冷凝器17回流至蒸发器16。重力式回流的选择不需要其他的结构部件,结构简易且噪音小。

[0041] 热管1类型的选择:选用翅片式热管1,翅片式热管1与普通元件相比,散热面积扩大了2~3倍,即翅片元件所允许的表面功率负荷是普通元件的3~4倍。由于元件的长度缩短,使得本身的热损失减小,在相同的功率条件下,具有升温快、发热均匀、散热性能好、热效率高、使用寿命长、加热装置体积小,成本低等优点。

[0042] 设计计算:根据热侧进口温度30℃,出口温度22℃,可以查出水在这个温度下的粘度 $\mu_h=902.75 \times 10^{-6} \text{kg/m} \cdot \text{s}$,密度 $\rho_h=1000 \text{kg/m}^3$,定压比热容 $C_h=4.18 \text{kJ/kg} \cdot \text{K}$,导热系数 $\lambda_h=0.6 \text{W/m} \cdot \text{K}$ 和普朗特数 $Pr=6.09$ 。热侧长度为 $l_h=0.25 \text{m}$ 、热水体积流量 $v_h=0.5 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$,已知,流速 $v=0.3 \text{m/s}$,热侧迎流体面积 A_{hex} 满足 $A_{hex}=v_h/v$,热管外径 $d_0=0.022 \text{m}$,翅片长度 $l_f=0.5d_0$ 。

[0043] 热侧迎风面宽度 E_h 满足: $E_h = \frac{A_{hex}}{l_h}$ (3-1); 每米长热管的翅片数 n_f 满足:

$n_f = \frac{1}{s_f + \delta_f}$ (3-2); 其中 s_f -两相邻翅片间光管的长度; δ_f -翅片厚度; 迎面管排的管子数 B 满足:

$$B = \frac{E_s}{S_T}$$

[0044] (3-3); 其中 S_T -迎面横向管子中心距; 实际迎面宽度 E_s 满足: $E_s = B \cdot S_T$ (3-4); 管束最小流通截面积 NFA 满足: $NFA = [(S_T - d_0) - 2(l_f \cdot \delta_f \cdot n_f)] l_h \cdot B$ (3-5); 流体最大质量流速

G_{hmax} 满足: $G_{hmax} = \frac{v_h \cdot \rho_h}{NFA}$ (3-6); 当量直径 $d_{dangliang}$ 满足: $d_{dangliang} = \frac{4A}{p}$ (3-7); 其中 A -流通截面积; p -湿

周; 雷诺数 Re_h 满足: $Re_h = \frac{v \cdot d_{dangliang}}{(\mu_h / \rho_h)}$ (3-8); 流体换热系数 h_{hf} 满足: $h_{hf} = 0.137 \frac{\lambda_h}{d_0} (Re_h)^{0.6338} (Pr)^{\frac{1}{3}}$ (3-9);

片效率 η_h 满足: $\eta_h = l_f \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha}{\lambda_{Al} \delta_f}}$ (3-10); 其中 α -表面换热系数; λ_{Al} -铝的导热系数;

[0045] 令 A_f, A_r, A_h 分别为每米长热管的翅片表面积、每米长热管的翅片间管表面积和每米长热管管外总表面积, 则有: $A_h = A_f + A_r$ (3-11); 管外有效换热系数 h_{fe} 满足: $h_{fe} = \frac{h_p(A_f + \eta_h A_r)}{A_h}$ (3-12);

金属管壁热阻 r_w 满足: $r_w = \frac{0.001}{\lambda_{st}}$ (3-13); 总传热系数 U_H 满足: $\frac{1}{U_H} = \frac{1}{h_{fe}} + \frac{2r_w A_h}{\pi \cdot l_h \cdot d_o} + \frac{2A_h}{5810 \cdot \pi \cdot l_h \cdot 0.02} + \frac{1}{h_c}$ (3-14); 加

热侧总传热面积 A_{HH} 满足: $A_{HH} = \frac{Q}{U_H \cdot \Delta t_m}$ (3-15); 其中 Q -热侧接受的热量; Δt_m -对数平均温

差; 所用管数 n 满足: $n = \frac{A_{HH}}{A_h \cdot l_h}$ (3-16)。

[0046] 经过编程计算可得: 雷诺数为 2791.9, 翅片效率为 0.9586, 需要带翅片的热管 48 根, 翅片间距 0.0030m, 翅片厚度 0.001m, 管轴线间距 0.050m, 每米翅片数 250。

[0047] 实际使用效果:

[0048] 效果检测地点: 中国石油大学(华东), 青岛理工大学。

[0049] 热管换热设备: 蒸发器大小为 $0.4 \times 0.3 \times 0.325m^3$ 、冷凝器大小为 $0.4 \times 0.3 \times 0.325m^3$, 采用带翅片的热管 48 (6×8) 根, 翅片间距 0.0030m, 翅片厚度 0.001m, 管轴线间距 0.050m, 每米翅片数 250 片, 热管内径为 20mm, 翅片外径 40mm, 热管长度为 245mm。

[0050] 效果检测方法: 利用热管换热设备对冷水进行预加热, 并对各出入口的水温进行记录, 热量回收计算:

[0051] 设计热回收效率 $\eta = \frac{cM \Delta T_1}{cM \Delta T_2} = \frac{19 - 15}{30 - 22} = 50\%$, 该效率下可实现回收的热量: $Q =$

$cM \Delta T_1 = 4.2 \times 0.1 \times 4 = 1.68kW$, 其中 $M = 0.1kg/s$, 为试验中所用水流量,

[0052] 换热设备实际使用情况见表 1:

[0053] 表 1 本发明的换热设备部分使用情况

[0054]

石油大学		青岛理工大学	
废水余热回收	人均一次用水量		
高峰段 周 6、7、2	50L		
低峰段 周 3、4、5			
夏秋季每天人数	春冬季每天人数	夏秋季每天人数	春冬季每天人数
高峰段 4000±200	高峰段 2000±200	800	400
低峰段 2000±200	低峰段 1000±200		
一周总用水量		一周总用水量	
900m ³	450m ³	280m ³	140m ³
一个月总用水量		一个月总用水量	
3600m ³	1800m ³	1120m ³	560m ³
该季总用水量		该季总用水量	
21600m ³	5400m ³	6720m ³	1680m ³
年总用水量		年总用水量	
27000m ³	注：在校九个月	8400m ³	注：在校九个月
冷水均温 15℃	一年能够回收的热量	冷水均温 15℃	一年能够回收的热量
热水均温 50℃	6.8×10 ¹¹ J	热水均温 50℃	2.1168×10 ¹¹ J
对应的天然气量	对应的天然气价格	对应的天然气量	对应的天然气价格
21667m ³ /年	52000/年	6741m ³ /年	16178/年

[0055] 综合,本发明的余热回流系统及方法可以在废水温度较低的情况下不依靠外界提供能量,完全通过工质的相变进行传热;构思巧妙,结构简单,可实现性强;通过使用本发明的热交换系统,可以实现能源的节耗减排,对于人数较多的公共浴室节约的经济效益较为可观,对可持续发展,环境保护,经济发展均具有重大意义。

[0056] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

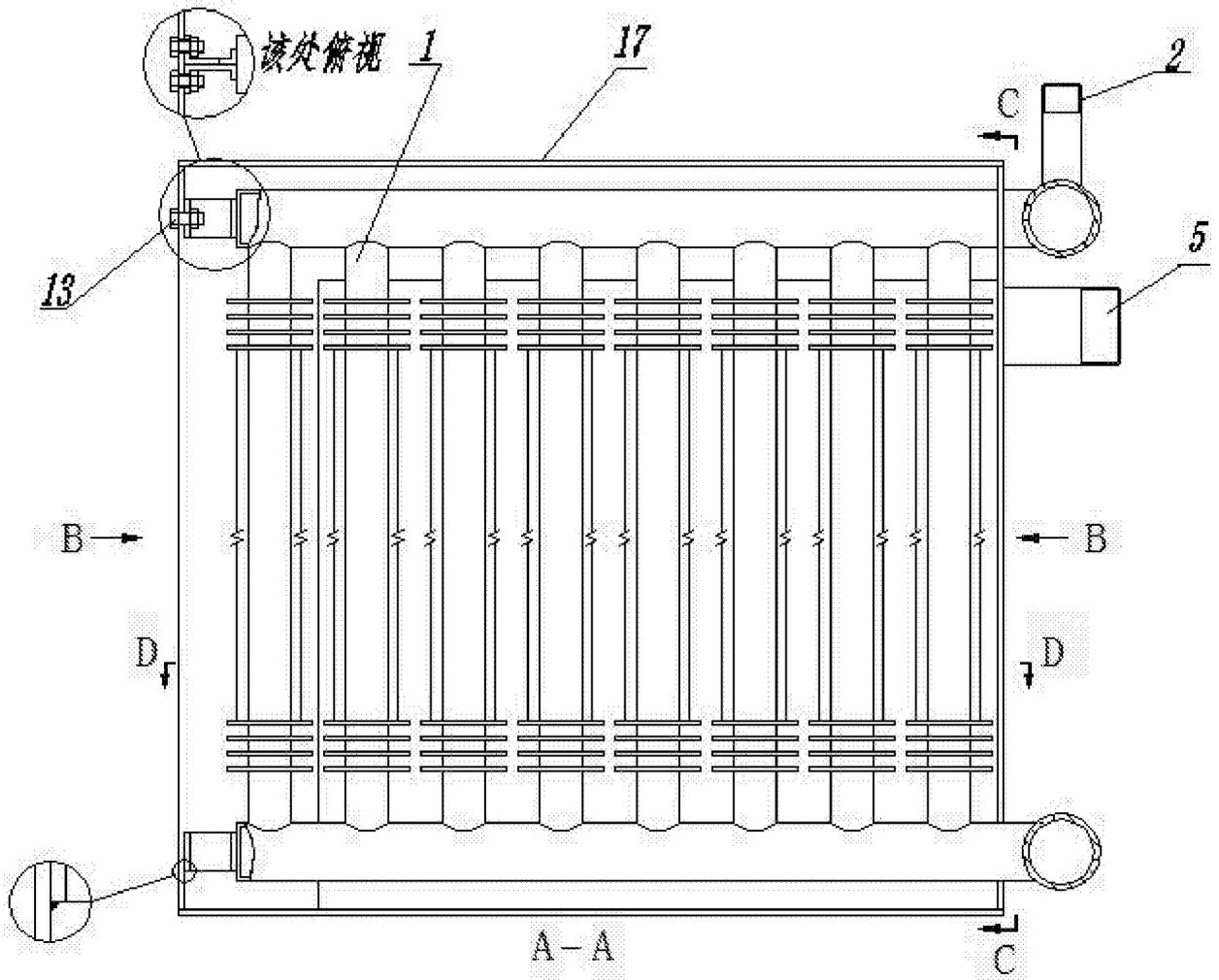


图1

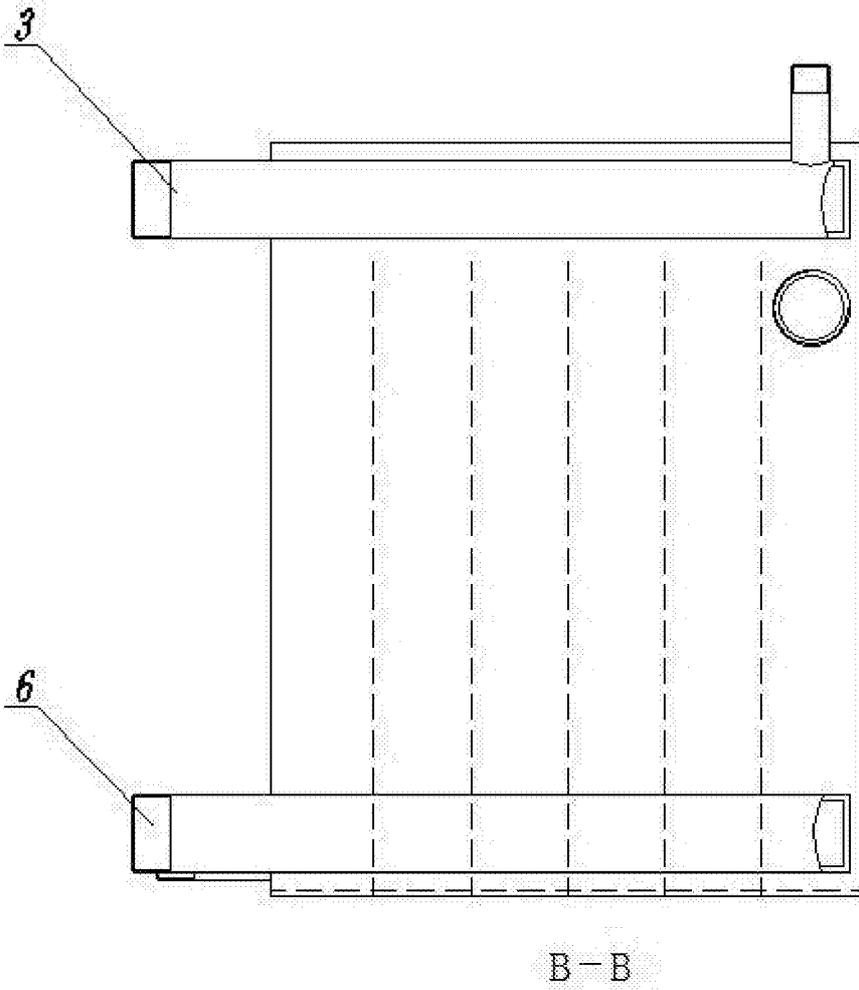


图2

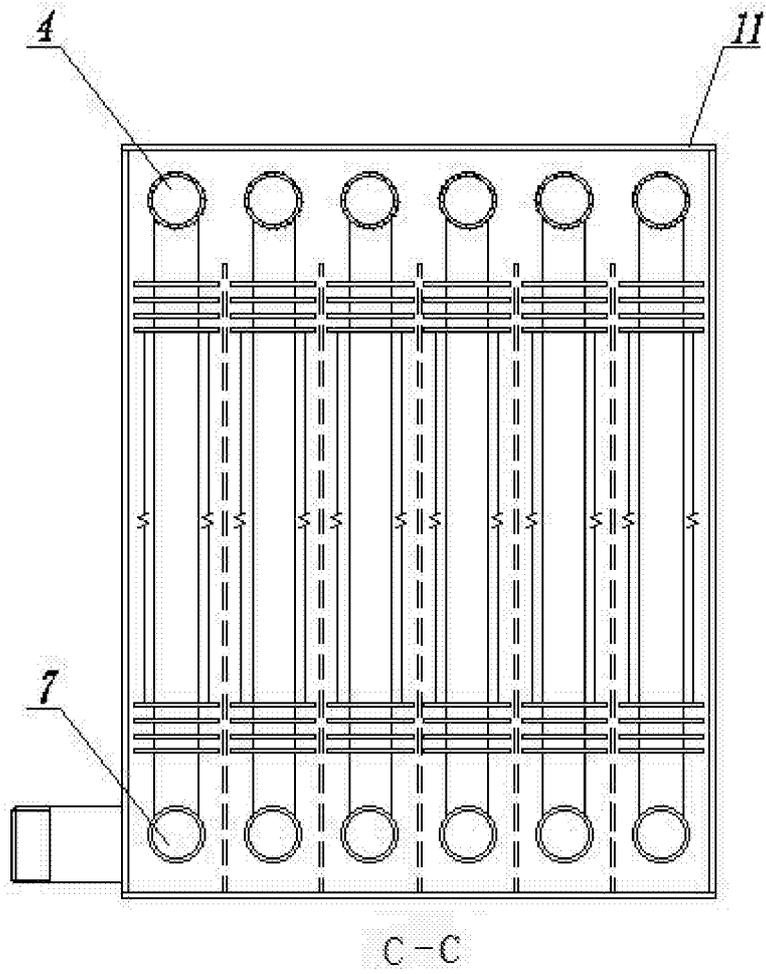


图3

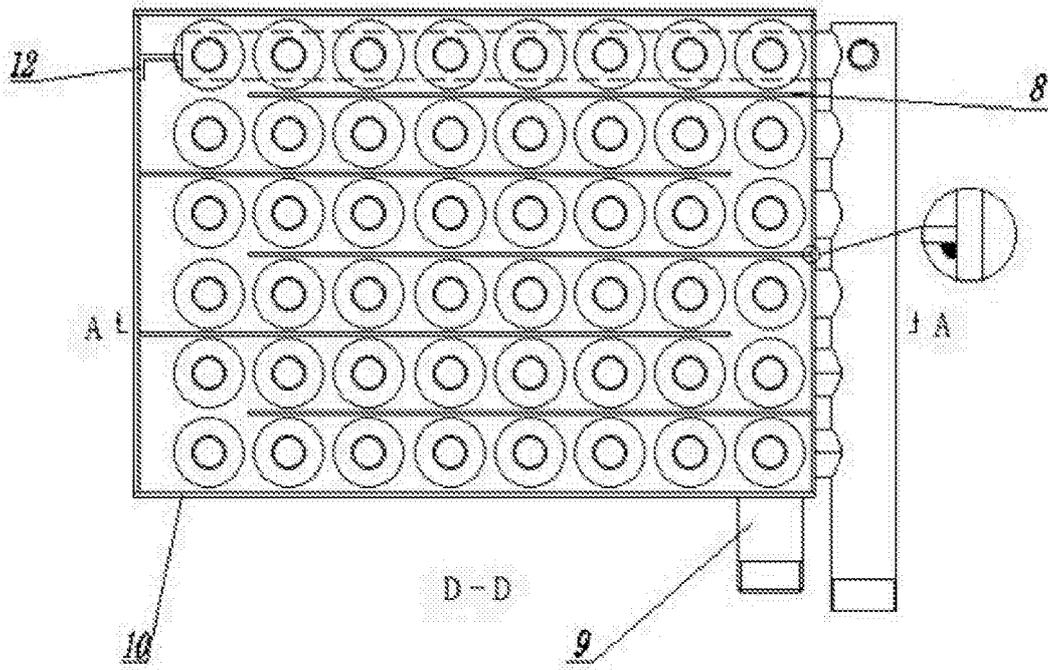


图4

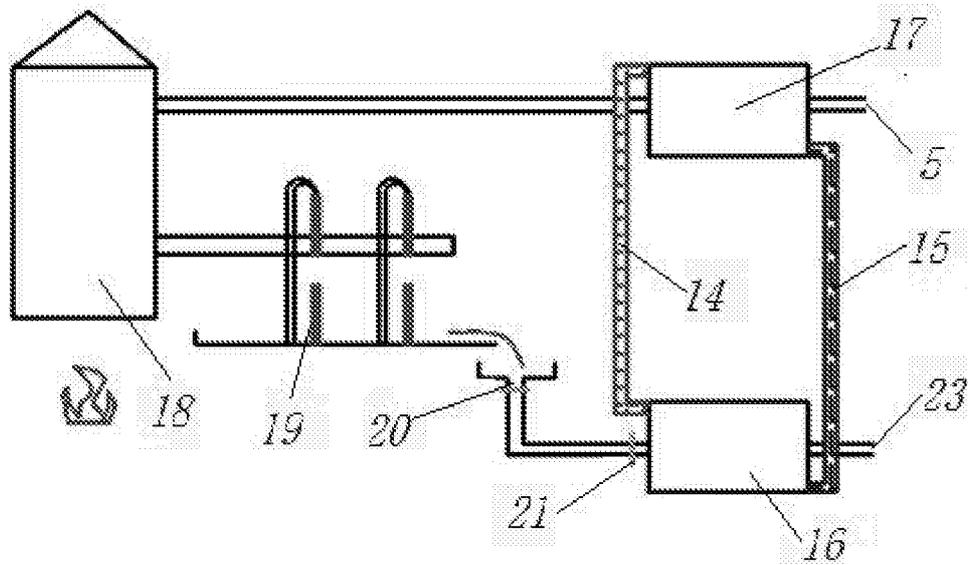


图5