



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103557604 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 05

(21) 申请号 201310539707. 5

(22) 申请日 2013. 11. 04

(71) 申请人 游思梁

地址 201906 上海市宝山区共富四村 42 号
301 室

(72) 发明人 游思梁

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

31002

代理人 王洁 郑暄

(51) Int. Cl.

F24J 2/23(2006. 01)

F24J 2/46(2006. 01)

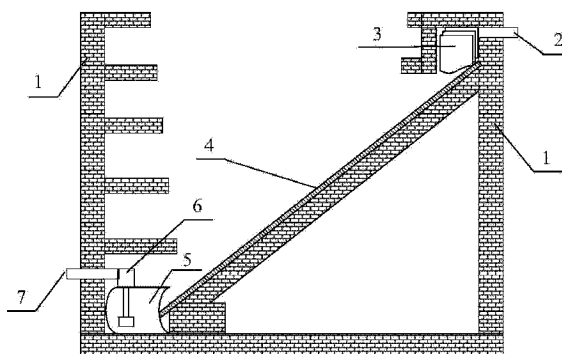
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

高温液态膜太阳能腔式吸热器

(57) 摘要

本发明涉及一种高温液态膜太阳能腔式吸热器,包括耐高温绝热腔体,该耐高温绝热腔体一侧的上部设置有液体工质入口,另一侧的下部设置有液体工质出口;液体膜吸热面通过高位成膜装置与液体工质入口连接,通过低位集液池和高温液下泵与液体工质出口连接。采用了该结构的高温液态膜太阳能腔式吸热器,理论流速和雷诺数可随意增大,无需高扬程的泵克服沿程阻力,所需泵的扬程仅为地面吸热器假设高度;敞开式吸热器完全避免了吸热管堵塞的风险,适用于含熔盐在内的各种高温液态工质,显著降低对镜场运营技术和电伴热保温技术的要求;吸热器近地面安装,工程简单安全;多层折流消涡结构设计,有效减少腔体外部风场对腔内换热的影响,减少对流损失。



1. 一种高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,包括耐高温绝热腔体(1),该耐高温绝热腔体(1)一侧的上部设置有液体工质入口(2),该耐高温绝热腔体(1)另一侧的下部设置有液体工质出口(7),所述的液体工质入口(2)处设置有高位成膜装置(3),所述的液体工质出口(7)处设置有低位集液池(5)和高温液下泵(6),液体膜吸热面(4)倾斜设置于所述的耐高温绝热腔体(1)内,该液体膜吸热面(4)通过所述的高位成膜装置(3)与所述的液体工质入口(2)连接,该液体膜吸热面(4)通过所述的低位集液池(5)和高温液下泵(6)与所述的液体工质出口(7)连接。

2. 根据权利要求1所述的高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,所述的高位成膜装置(3)包括2或3级第一缓冲槽(9),所述的第一缓冲槽(9)的底面均为圆弧形。

3. 根据权利要求2所述的高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,所述的第一缓冲槽(9)之间由所述的溢出梗(10)分割,且该溢出梗(10)的表面为圆弧形表面,且近所述的液体工质出口(7)处的溢出梗(10)的高度低于近液体工质入口(2)处的溢出梗(10)的高度。

4. 根据权利要求1所述的高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,所述的高位成膜装置(3)包括2级第二缓冲槽(13),所述的第二缓冲槽(13)的底面为弧形,且近所述的液体工质出口(7)处的第二缓冲槽(13)的底部具有复数个相间隔的圆孔(14),液体工质(8)由该圆孔(14)流入所述的液体膜吸热面(4)。

5. 根据权利要求2或4所述的高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,沿各个所述的第一缓冲槽(9)或沿各个所述的第二缓冲槽(13)且远离所述的液体工质入口(2)的一侧设置有检修排空阀门(11),该检修排空阀门(11)与排空管道(12)连接,所述的第一缓冲槽(9)和所述的第二缓冲槽(13)均向所述的检修排空阀门(11)处倾斜。

6. 根据权利要求1所述的高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,所述的低位集液池(5)包括缓冲室(15)和储液罐(18),所述的液体工质(8)由所述的液体膜吸热面(4)流入该缓冲室(15),所述的缓冲室(15)的内表面正对应于液体工质(8)的一侧为抛物线柱缓冲面(16),所述的缓冲室(15)的中央最低处设置有集液孔(17),该缓冲室(15)的底部均向中央倾斜,所述的集液孔(17)的下方设置有储液罐(18)。

7. 根据权利要求6所述的高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,所述的液体工质出口(7)处设置有高温液下泵(6),所述的液体工质(8)通过该高温液下泵(6)由所述的储液罐(18)泵出所述的液体工质出口(7)。

8. 根据权利要求1所述的高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,所述的耐高温绝热腔体(1)的内表面设置有折流板(19),所述的折流板(19)平行于水平面。

9. 根据权利要求1所述的高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,所述的液体膜吸热面(4)与所述的液体工质(8)接触的表面为锯齿形,该液体膜吸热面(4)的齿面宽度大于等于50mm。

10. 根据权利要求1所述的高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,所述的液体膜吸热面(4)与水平面的夹角大于等于 40° 。

11. 根据权利要求4所述的高温液态膜太阳能腔式吸热器,其特征在于,所述的圆孔(14)的直径为50~70mm,该圆孔(14)沿所述的第二缓冲槽(13)方向的间距为200~400mm。

高温液态膜太阳能腔式吸热器

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能吸热器装置技术领域,具体是指一种高温液态膜太阳能腔式吸热器。

背景技术

[0002] 20 世纪 80 年代以来,世界各国相继建立了各种不同类型的太阳能热电实验示范装置和商业化运行装置,促进了太阳能热发电技术的发展和商业化进程。世界现有的太阳能热发电系统主要有槽式线聚焦系统、塔式系统和碟式系统 3 大基本类型。

[0003] 其中塔式系统以其超高的聚光比和高品质的蒸汽参数,得以与传统的汽轮机结合达到较高的发电效率,具有较好的经济性和应用前景。

[0004] 吸热器是塔式热发电技术的核心部件,数以万计的反射镜将地面上的阳光反射到只有数十平米的吸热器,产生几百至上千倍的太阳辐照度,吸热器中流动的传热工质负责将巨大的能量迅速带走,并存储起来以供产生平稳的高温高压蒸汽发电。

[0005] 二次反射式太阳能热发电系统是在传统的塔式太阳能热发电系统基础上的改进方案。由于传统的塔式系统将吸热器安装在数十米高的塔顶,对流与辐射损失较大,而且吸热器安装与维护成本很高,因此可以通过在较矮的位置安装一双曲面型的二次反射装置,从而将吸热器改为地面安装,以降低热能损耗,并简化部分高空吸热器的配套设备,大幅削减系统造价和风险。

[0006] 高温液体膜腔式吸热器特别适合二次反射式太阳能热发电系统,可以容许高达一千倍以上的聚光比,而且可以用于多种不同热特性的高温液体工质,甚至可以作为太阳能-化学能转化的反应器。液体膜吸热器通过液体在斜面上的自由落体运动产生较高的流速,以获得极高的雷诺数和对流换热系数,从而可以获得极高的换热功率。

[0007] 现有的太阳能吸热器存在以下的问题:

[0008] 1、为了提高液态工质在管道内的换热系数,管道的内径不宜太大,同时考虑到避免出现毛细现象,管道内径也不能太小,通常管内径取 20mm~40mm。与此同时,较细的管径和塔式吸热器较长的管程又会显著提高沿程阻力,从而在现有高温高扬程泵技术水平的限制下,该类吸热器管内流体速度存在极限值,通常不会超过 2m/s,即该类吸热器的对流换热系数存在极限值,再考虑到金属管材料的耐温特性,现有的太阳能塔式光热发电吸热器可以承受的最高辐照度约为 750kW/m²。

[0009] 2、现有的太阳能塔式光热发电用腔式吸热器多采用熔盐作为工质,其凝固点约为 230℃,固液混合点高达 270℃,在内径取 20mm~40mm 吸热管内的堵塞风险极高,对镜场运营技术和电伴热保温技术提出了异常苛刻的要求。

[0010] 3、现有的太阳能塔式光热发电用腔式吸热器多用于单侧聚光镜场,且精密而笨重的吸热器需整体吊装到百米高的塔顶,工程难度很高,高空风对腔体内部换热性能影响显著,对流损失不容忽略。

发明内容

[0011] 本发明的目的是克服了上述现有技术中的缺点,提供一种不受管径尺寸限制、理论流速和雷诺数不受限制、可避免吸热管阻塞、显著降低对镜场运营技术和电伴热保温技术要求、工程简单的高温液态膜太阳能腔式吸热器。

[0012] 为实现上述的目的,本发明的高温液态膜太阳能腔式吸热器采用以下技术方案:

[0013] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器,其主要特点是,包括耐高温绝热腔体,该耐高温绝热腔体一侧的上部设置有液体工质入口,该耐高温绝热腔体另一侧的下部设置有液体工质出口,所述的液体工质入口处设置有高位成膜装置,所述的液体工质出口处设置有低位集液池和高温液下泵,液体膜吸热面倾斜设置于所述的耐高温绝热腔体内,该液体膜吸热面通过所述的高位成膜装置与所述的液体工质入口连接,该液体膜吸热面通过所述的低位集液池和高温液下泵与所述的液体工质出口连接。

[0014] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器中的高位成膜装置包括或级第一缓冲槽,所述的第一缓冲槽的底面均为圆弧形。

[0015] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器中的第一缓冲槽之间由所述的溢出梗分割,且该溢出梗的表面为圆弧形表面,且近所述的液体工质出口处的溢出梗的高度低于近液体工质入口处的溢出梗的高度。

[0016] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器中的高位成膜装置包括级第二缓冲槽,所述的第二缓冲槽的底面为弧形,且近所述的液体工质出口处的第二缓冲槽的底部具有复数个相间隔的圆孔,液体工质由该圆孔流入所述的液体膜吸热面。

[0017] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器中沿各个所述的第一缓冲槽或沿各个所述的第二缓冲槽且远离所述的液体工质入口的一侧设置有检修排空阀门,该检修排空阀门与排空管道连接,所述的第一缓冲槽和所述的第二缓冲槽均向所述的检修排空阀门处倾斜。

[0018] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器中的低位集液池包括缓冲室和储液罐,所述的液体工质由所述的液体膜吸热面流入该缓冲室,所述的缓冲室的内表面正对应于液体工质的一侧为抛物线柱缓冲面,所述的缓冲室的中央最低处设置有集液孔,该缓冲室的底部均向中央倾斜,所述的集液孔的下方设置有储液罐。

[0019] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器中的液体工质出口处设置有高温液下泵,所述的液体工质通过该高温液下泵由所述的储液罐泵出所述的液体工质出口。

[0020] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器中的耐高温绝热腔体的内表面设置有折流板,所述的折流板平行于水平面。

[0021] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器中的液体膜吸热面与所述的液体工质接触的表面为锯齿形,该液体膜吸热面的齿面宽度大于等于 50mm。

[0022] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器中的液体膜吸热面与水平面的夹角大于等于 40°。

[0023] 该高温液态膜太阳能腔式吸热器中的圆孔的直径为 50 ~ 70mm,该圆孔沿所述的第二缓冲槽方向的间距为 200 ~ 400mm。

[0024] 采用了该结构的高温液态膜太阳能腔式吸热器,具有以下有益效果:

[0025] 1、本发明采用的敞开式液体膜传热技术不再受管径尺寸的限制,理论流速和雷诺数可以随意增大,即换热斜面越长平均流速越高,从而可以达到极高的对流换热系数,可以

轻松承受 $1\text{MW}/\text{m}^2$ 以上的聚光太阳照度。同时本发明吸热器内的流体是斜面自由滑落运动，不再需要高扬程的泵来克服沿程阻力，所需泵的扬程仅为地面吸热器假设高度。

[0026] 2、本发明采用的敞开式液体膜传热技术完全避免了吸热管堵塞的风险，而且可以广泛适用于含熔盐在内的各种高温液态工质，显著降低了对镜场运营技术和电伴热保温技术的要求。

[0027] 3、本发明结合二次反射型塔式光热发电技术，采用开口向上的腔式液体膜吸热器，可以适用于任意形制的聚光镜场，吸热器近地面安装，工程简单安全。本发明采用的液体膜吸热面位于腔体底部，腔体采用了特殊的多层折流消涡结构设计，有效减少腔体外部风场对腔内换热的影响，显著减少对流损失。

附图说明

[0028] 图 1 为本发明的太阳能腔式吸热器的结构示意图。

[0029] 图 2a 为本发明的高位多级门槛成膜装置的侧视图。

[0030] 图 2b 为本发明的高位多级门槛成膜装置的俯视图。

[0031] 图 3a 为本发明的高位多孔分流成膜装置的侧视图。

[0032] 图 3b 为本发明的高位多孔分流成膜装置的俯视图。

[0033] 图 4 为本发明的低位集液池的示意图。

[0034] 图 5 为本发明的液体膜吸热面的示意图。

[0035] 图 6 为本发明的太阳能腔式吸热器的及流场示意图。

[0036] 图中标号说明如下：

[0037] 1 耐高温绝热腔体

[0038] 2 液体工质入口

[0039] 3 高位成膜装置

[0040] 4 液体膜吸热面

[0041] 5 低位集液池

[0042] 6 高温液下泵

[0043] 7 液体工质出口

[0044] 8 液体工质

[0045] 9 第一缓冲槽

[0046] 10 溢出梗

[0047] 11 检修排空阀门

[0048] 12 排空管道

[0049] 13 第二缓冲槽

[0050] 14 圆孔

[0051] 15 缓冲室

[0052] 16 抛物线柱缓冲面

[0053] 17 集液孔

[0054] 18 储液罐

[0055] 19 折流板

具体实施方式

[0056] 为了能更清楚地理解本发明的技术内容,特举以下实施例详细说明。

[0057] 请参阅图 1,该高温液态膜太阳能腔式吸热器,包括耐高温绝热腔体 1,耐高温绝热腔体 1 采用砖结构,该耐高温绝热腔体 1 一侧的上部设置有液体工质入口 2,该耐高温绝热腔体 1 另一侧的下部设置有液体工质出口 7,液体工质入口 2 处设置有高位成膜装置 3,液体工质出口 7 处设置有低位集液池 5 和高温液下泵 6,液体膜吸热面 4 倾斜设置于耐高温绝热腔体 1 内,该液体膜吸热面 4 通过高位成膜装置 3 与液体工质入口 7 连接,该液体膜吸热面 4 通过低位集液池 5 和高温液下泵 6 与液体工质出口 7 连接,待加热的液体工质 8 由储罐中的低扬程泵泵入液体工质入口 2 并进入高位成膜装置 3 中,液体工质 8 在高位成膜装置 3 中经过分流或曲面张力等作用形成均匀的液体膜后自由铺展到光滑耐高温的液体膜吸热面 4 上,液体膜在重力的加速下高速掠过液体膜吸热面 4,将其上的热量快速带走并进入低位集液池 5 缓冲和混合,当低位集液池 5 中的液位和温度上升到预设值后,高温液下泵 6 自动开启将加热后的液体工质 8 从液体工质出口 7 泵出供后续的发电装置使用。

[0058] 高位成膜装置 3 可以采用耐高温陶瓷或者不锈钢材料制成,高位成膜装置 3 可以具体为高位多级门槛成膜装置,具体请参阅图 2a 和图 2b,其中,高位成膜装置 3 包括 2 或 3 级缓冲槽 9,液体工质 8 经过这 2 或 3 级缓冲槽流速减缓,第一缓冲槽 9 的底面为圆弧形,第一缓冲槽 9 之间由溢出梗 10 分割,从而产生均匀的液体膜,且近所述的液体工质出口 7 处的溢出梗 10 的高度低于近液体工质入口 2 处的溢出梗 10 的高度。

[0059] 高位成膜装置 3 还可以具体为高位多孔分流成膜装置,具体请参阅图 3a 和图 3b,其中,高位成膜装置 3 包括 2 级第二缓冲槽 13,第二缓冲槽 13 的底面为弧形,且近液体工质出口 7 处的第二缓冲槽 13 的底部具有相互间隔的圆孔 14,液体工质 8 由该圆孔 14 流入液体膜吸热面 4。圆孔的直径为 50 ~ 70mm,该圆孔沿缓冲槽的间距为 200 ~ 400mm,从而通过多组在平面上的扩散和汇聚时的张力形成液体膜。

[0060] 沿第一缓冲槽 9 或沿第二缓冲槽 13 且远离液体工质入口 2 的一侧设置有检修排空阀门 11,该检修排空阀门 11 与排空管道 12 连接,第一缓冲槽 9 和第二缓冲槽 13 均向排空阀门 11 处倾斜,从而可以将第一缓冲槽 9 或第二缓冲槽 13 内的剩余液体工质 8 排出到装置外侧的排空管道 12,以防止在停机检修时槽内液体工质 8 凝固堵塞,具体请参阅图 2b 和图 3b。

[0061] 请参阅图 4,低位集液池 5 主要起到高速高温的工质减速和均匀混合的作用,低位集液池 5 可采用陶瓷或高标号不锈钢,低位集液池 5 包括缓冲室 15 和储液罐 18,液体工质 8 由液体膜吸热面 4 流入该缓冲室 15,缓冲室 15 正对于液体工质 9 的一侧为抛物线柱缓冲面 16(粗糙度不大于 Ra0.8),抛物线柱缓冲面 16 用于将高速高温液体工质膜缓冲减速,缓冲室 15 的底部设置有集液孔 17,缓冲室 15 的底部均向中央倾斜,该集液孔 17 的下方设置有储液罐 18。液体工质出口 7 处设置有高温液下泵 6,液体工质 8 通过该高温液下泵 6 由储液罐 18 泵出液体工质出口 7。

[0062] 请参阅图 6,其中箭头方向为风向,耐高温绝热腔体 1 的内表面设置有折流板 19,折流板 19 平行于水平面。目前大多腔式太阳能吸热器的几个内壁面都布满了吸热管,腔体采用简单的单开口多面体结构,从开口处进入的外部气流很容易在腔体里形成涡旋,从而

产生较大的对流散热损失。本发明采用了独特的多层折流消涡结构,采用了廉价而隔热保温效果良好且耐高温的绝热砖材料,在不影响光路的前提下,通过在腔体四周的折流板 19 尽可能阻断腔体内大涡旋的产生路径,将较大的涡旋分割成多个小涡旋,从而大幅降低腔内的空气流速和对流散热损失。

[0063] 请参阅图 5,液体膜吸热面 4 采用耐高温陶瓷材料,目前大多数陶瓷材料的使用温度都高于 800° ,并且具有良好的物理特性,本发明中的液体膜吸热面只做流道使用,没有严格的结构强度要求,因此实际的使用温度可以提升到 1200° 左右,液体膜吸热面 4 与液体工质接触的表面为锯齿形,该液体膜吸热面 4 的齿面宽度大于等于 50mm。液体膜吸热面 4 与水平面的夹角大于等于 40° ,以获得足够的重力加速度和平均流速,液体膜吸热面 4 表面为光滑表面(粗糙度不大于 Ra0.8),以减小靠近表面的过渡层的摩擦,防止过渡层液体工质 8 过热。

[0064] 应用过程中,当液体从高温成膜装置以接近于 0 的初速度下落到倾斜的液体膜吸热面 4 上后,假设液体工质入口 2 的有效开口为 $10\text{m}\times 10\text{m}$,锯齿宽度 0.1m,液体膜吸热面 4 与水平面的倾角取 45° ,液体膜层之间的摩擦系数 0.001 ~ 0.01 可忽略,液体膜在液体膜吸热面 4 上的平均流速约为 7m/s,末端进入低位集液池 5 的流速为 14m/s。按照流体横掠平板强制对流换热理论,以二元熔盐 430°C 物性为例计算此时的平均雷诺数约为:

$$[0065] \quad \text{Re} = uL / \nu = 7 * 0.1 / (8.64e-7) = 8.1e5 ;$$

[0066] 鲁塞尔数为:

$$[0067] \quad \text{Nu} = 0.037\text{Re}^{1/4} / 5\text{Pr}^{1/3} = 0.037 * (8.1e5)^{1/4} / 54.551^{1/3} = 3268 ;$$

[0068] 由此计算得强制对流换热系数为:

$$[0069] \quad h = \text{Nu} \lambda / L = 3268 * 0.524 / 0.1 = 17124 \text{W} / (\text{m}^2\text{K}) ;$$

[0070] 该强制对流换热系数的实际应用意义是,当液体膜吸热面的温度仅高于液体工质 100°C 时,即可产生约 $1.7\text{MW}/\text{m}^2$ 的换热能力,也就是吸热器的平均聚光比可以达到 1700 倍,这是目前大部分液体工质太阳能吸热器无法达到的。

[0071] 采用了该结构的高温液态膜太阳能腔式吸热器,具有以下有益效果:

[0072] 1、本发明采用的敞开式液体膜传热技术不再受管径尺寸的限制,理论流速和雷诺数可以随意增大,即换热斜面越长平均流速越高,从而可以达到极高的对流换热系数,可以轻松承受 $1\text{MW}/\text{m}^2$ 以上的聚光太阳照度。同时本发明吸热器内的流体是斜面自由滑落运动,不再需要高扬程的泵来克服沿程阻力,所需泵的扬程仅为地面吸热器假设高度。

[0073] 2、本发明采用的敞开式液体膜传热技术完全避免了吸热管堵塞的风险,而且可以广泛适用于含熔盐在内的各种高温液态工质,显著降低了对镜场运营技术和电伴热保温技术的要求。

[0074] 3、本发明结合二次反射型塔式光热发电技术,采用开口向上的腔式液体膜吸热器,可以适用于任意形制的聚光镜场,吸热器近地面安装,工程简单安全。本发明采用的液体膜吸热面位于腔体底部,腔体采用了特殊的多层折流消涡结构设计,有效减少腔体外部风场对腔内换热的影响,显著减少对流损失。

[0075] 在此说明书中,本发明已参照其特定的实施例作了描述。但是,很显然仍可以作出各种修改和变换而不背离本发明的精神和范围。因此,说明书和附图应被认为是说明性的而非限制性的。

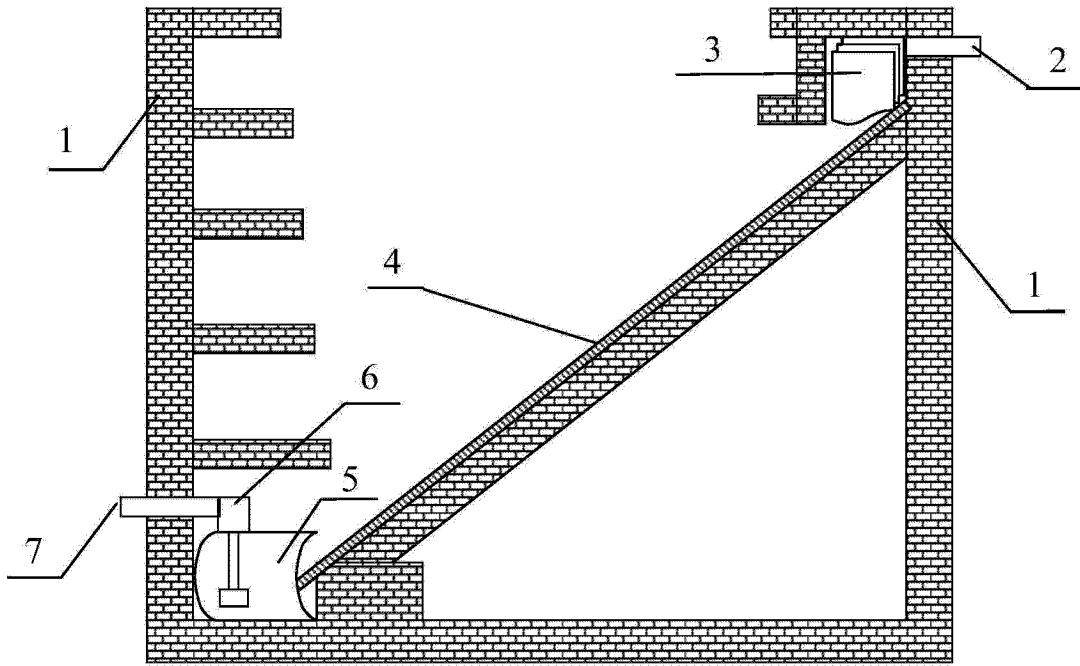


图 1

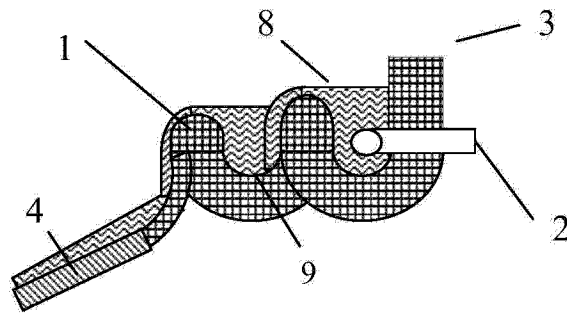


图 2a

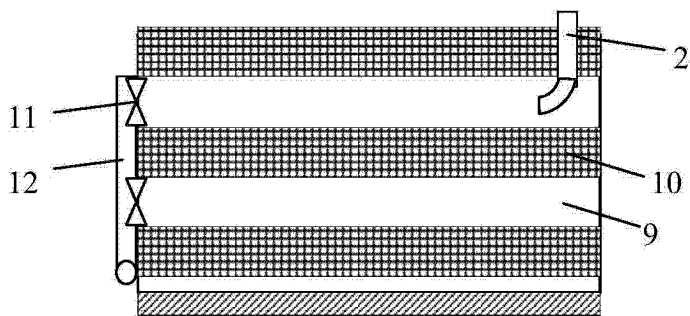


图 2b

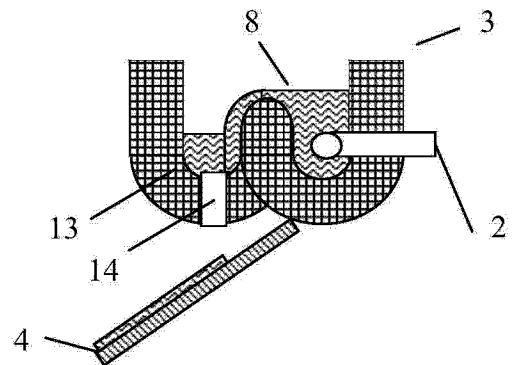


图 3a

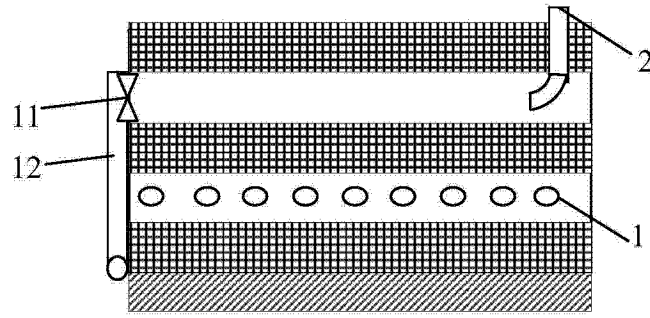


图 3b

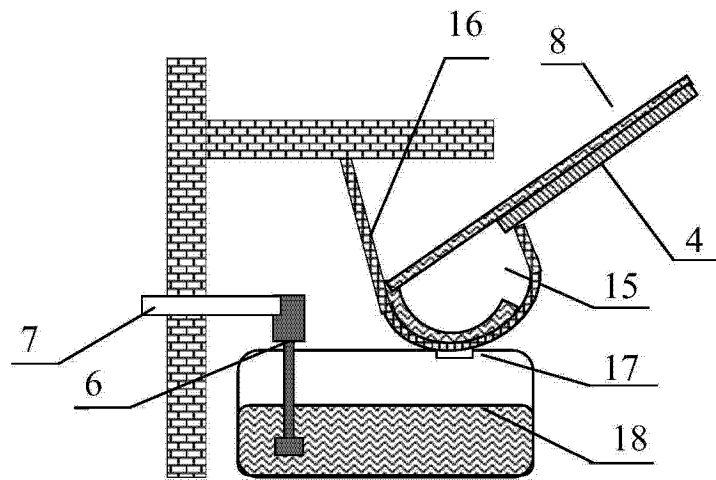


图 4



图 5

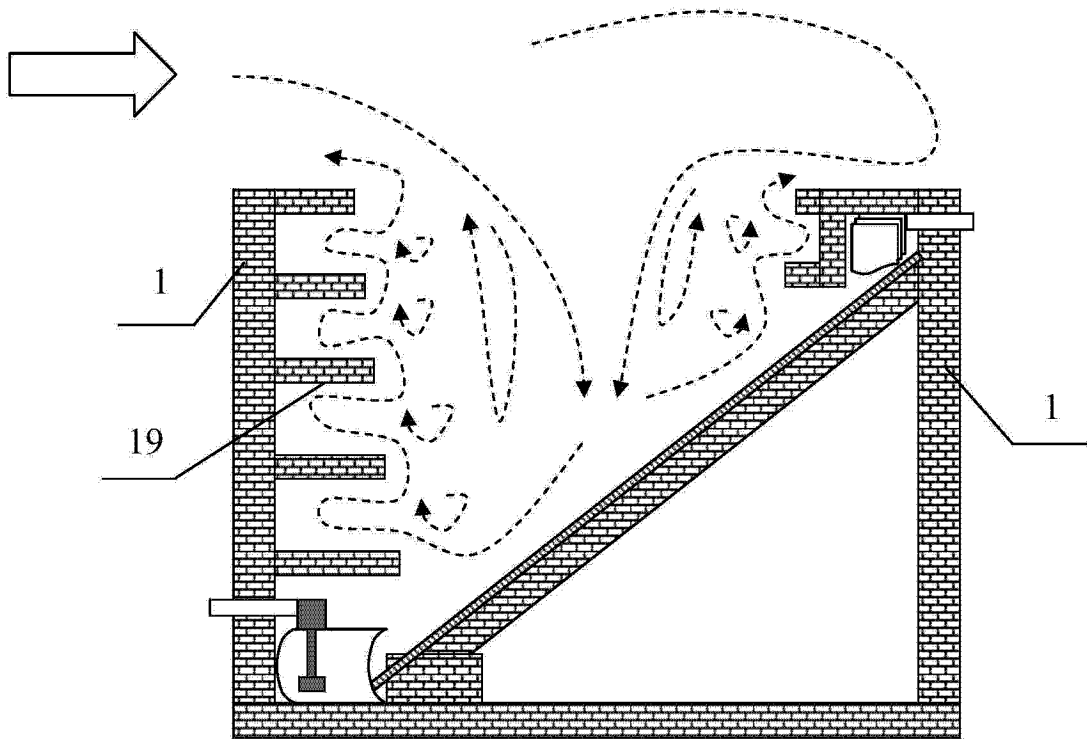


图 6