(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110631302 A
(43)申请公布日 2019.12.31

(21)申请号 201911002387.3

(22)申请日 2019.10.21

(71)申请人 山东大学
地址 250061 山东省济南市历下区经十路17923号山东大学千佛山校区

(72)发明人 刘昱 李斌 李钟勇 崔峥 王鑫煜 任霄汉 邵卫 王兵 张宇川 王宏标 陈帆 余道广 夏爽 孙海逸 王文璞 肖龙 邓高翔

(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
代理人 纪尚旭

(51)Int.Cl.
F25D 1/02(2006.01)
F25D 17/02(2006.01)
F28D 15/02(2006.01)
H05K 7/20(2006.01)

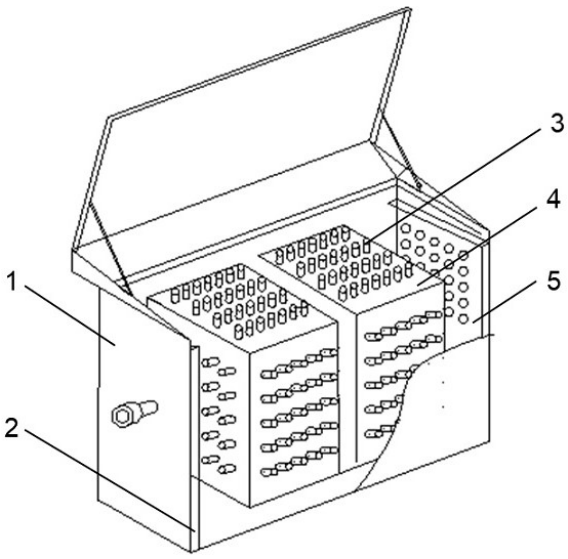
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种热管与相变材料结合的管壳式换热器

(57)摘要

本发明提供了一种热管与相变材料结合的管壳式换热器，所述系统包括壳体、冷却液体进口、冷却液出口、热管、动力泵、冷媒源和热源壳体，所述壳体中充满冷却液体，所述热源壳体设置在壳体内，所述热源壳体中包括热源和相变材料，所述热源包围在相变材料的内部，所述热管的蒸发端设置在相变材料中，所述热源壳体表面设置第二温度传感器，所述第二温度传感器与控制器数据连接。控制器根据检测的温度数据自动控制阀门的开度。本发明通过热源壳体表面温度控制，避免热源温度过高或者过低，达到自动控制节约能源的作用。使用热管输运产生的热量，利用了液体相变传热，能够很好地解决高热流密度的换热问题。



CN 110631302 A

1.一种热管与相变材料结合的管壳式换热器，所述系统包括壳体、冷却液体进口、冷却液出口、热管、动力泵、冷媒源和热源壳体，其特征在于，所述壳体中充满冷却液体，所述热源壳体设置在壳体内，所述热源壳体中包括热源和相变材料，所述热源包围在相变材料的内部，所述热管的蒸发端设置在相变材料中，热管的冷凝端延伸穿出到热源壳体的外部；所述壳体上分别设置冷却液体进口和出口，供冷却液体进出壳体；所述冷却液体进口和出口由管路分别与冷媒源及动力泵连接，形成“冷媒源-动力泵-冷却液进口-壳体-冷却液出口-动力泵-冷媒源”的换热循环；

所述热源壳体表面设置第二温度传感器，所述第二温度传感器与控制器数据连接，控制器根据检测的温度数据自动控制阀门的开度。

2.如权利要求1所述的换热器，其特征在于，冷却液是绝缘冷却液。

3.如权利要求1所述的换热器，其特征在于，所述热源壳体浸没于绝缘冷却液中，并由支架悬垂固定。

4.如权利要求1所述的换热器，其特征在于，所述壳体外观是一长方体容器，其配有可拆卸式上盖。

5.如权利要求3所述的换热器，其特征在于，所述热源壳体内部等间距均匀布置若干热源，在相邻两热源的间隙及热源与热源壳体壁间都填充有相变材料，若干热管被插入这些相变材料中，其中所述热管的蒸发端布置在热源壳体内，所述热管的冷凝端布置在热源壳体外。

6.一种热管，包括热源壳体，所述热源壳体内具有热源和相变材料，所述热源包围在相变材料的内部，所述热管的蒸发端设置在相变材料中，热管的冷凝端延伸穿出到热源壳体的外部。

一种热管与相变材料结合的管壳式换热器

技术领域

[0001] 本发明涉及管壳式换热器领域，具体涉及一种浸没式管壳式换热器。

背景技术

[0002] 管壳式换热器被广泛应用于化工、石油、制冷、核能和动力等工业，由于世界性的能源危机，为了降低能耗，工业生产中对换热器的需求量也越来越多，对换热器的质量要求也越来越高。近几十年来，虽然紧凑式换热器(板式、板翅式、压焊板式换热器等)、热管式换热器、直接接触式换热器等得到了迅速的发展，但由于管壳式换热器具有高度的可靠性和广泛的适应性，其仍占据产量和用量的统治地位，据相关统计，目前工业装置中管壳式换热器的用量仍占全部换热器用量的70％左右。

管壳式换热器结垢后，采取常规的蒸汽清扫、反冲洗等方式对换热器进行清洗，生产实践证明，效果不是很好。只能将换热器的封头拆卸下来，采用物理清理的方式，但采取该种方式进行清洗，操作复杂、耗时长，人力、物力投资较大，对连续化的工业生产带来极大的困难。

[0003] 浸没式换热器，是间壁式换热器种类之一。它结构简单，制造、安装、清洗和维修方便，价格低廉，又特别适用于高压流体的冷却、冷凝，所以现代仍得到广泛应用。这种换热器多以金属管子绕成，或制成各种与容器相适应的情况，并沉浸在容器内的液体中。

[0004] 研究和工程应用都表明，浸没式液冷和热管都各自有着优异的换热性能。除此以外，相变材料由于其吸热放热过程温度平稳，可以使得整个系统达到均温的效果，因而在换热领域得到广泛应用。

[0005] 但是目前的浸没式换热器存在换热效率低等问题，因此一般情况下需要增加搅拌部件增加换热。换热效率相对较低。

发明内容

[0006] 为了解决热源换热的问题，本发明提供了一种结合热管、相变材料以及浸没式液冷的管壳式换热器，此换热器可以满足高热流密度的热源换热要求，特别适用于对热源的性能、节能、静音等有高要求的工作情况。将浸没式液冷和热管及相变材料结合应用到热源换热系统中，实现从整体到局部的热源换热优化。

[0007] 为实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

一种热管与相变材料结合的管壳式换热器，所述系统包括壳体、冷却液体进口、冷却液出口、热管、动力泵、冷媒源和热源壳体，其特征在于，所述壳体中充满冷却液体，所述热源壳体设置在壳体内，所述热源壳体中包括热源和相变材料，所述热源包围在相变材料的内部，所述热管的蒸发端设置在相变材料中，热管的冷凝端延伸穿出到热源壳体的外部；所述壳体上分别设置冷却液体进口和出口，供冷却液体进出壳体；所述冷却液体进口和出口由管路分别与冷媒源及动力泵连接，形成“冷媒源-动力泵-冷却液进口-壳体-冷却液出口-动力泵-冷媒源”的换热循环。所述热源壳体表面设置第二温度传感器，所述第二温度传感

器与控制器数据连接。控制器根据检测的温度数据自动控制阀门的开度。

[0008] 作为优选，冷却液是绝缘冷却液。

[0009] 作为优选，所述热源壳体浸没于绝缘冷却液中，并由支架悬垂固定。

作为优选，所述壳体外观是一长方体容器，其配有可拆卸式上盖。

[0010] 作为优选，所述热源壳体内部等间距均匀布置若干热源，在相邻两热源的间隙及热源与热源壳体壁间都填充有相变材料，若干热管被插入这些相变材料中，其中所述热管的蒸发端布置在热源壳体内，所述热管的冷凝端布置在热源壳体外。

[0011] 作为优选，分液进口板布置于浸没壳体的一端，所述分液进口板一侧中心处开一大孔，用来与浸没壳体外部管路连接，所述分液进口板的另一侧均匀开有若干个小孔。所述分液进口板内部完全贯通，这样绝缘冷却液可以在动力泵的驱动下，从一侧大孔进入，再从另一侧若干个小孔流出，进入浸没壳体。

[0012] 作为优选，所述集流出口板布置于与分液进口板相对的另一侧。所述集流出口板一侧中心处开一大孔，用来与浸没壳体外部管路连接。所述集流出口板的另一侧均匀开有若干个小孔。所述集流出口板内部完全贯通，这样绝缘冷却液可以在动力泵的驱动下，由若干个小孔集流后，再从另一侧大孔流出浸没壳体。

[0013] 作为优选，所述热源壳体内部等间距均匀布置若干热源，在相邻两热源的间隙及热源与热源壳体壁间都填充有相变材料，若干热管被插入这些相变材料中。其中所述热管的蒸发端布置在热源壳体内，所述热管的冷凝端布置在热源壳体外。

[0014] 作为优选，所述热管内表面被设计成多孔结构或在所述热管内表面开若干槽道，以此来提供热管工质由冷凝端回流到蒸发端的动力。

[0015] 作为优选，所述热管可以采用顺排或叉排等排布方式。

[0016] 本发明具有如下优点：

1)本发明使用热管输运热源产生的热量，利用了液体相变传热，相较于常规的对流换热具有更快的换热响应速度，同时也有更高的换热效率，能够很好地解决高热流密度的热源的换热问题。

[0017] 2)本发明将热源封装于填充有相变材料的热源壳体中，可以解决热源各部件产生的热流密度不相等的问题，使整个系统具有很好的均温性。同时由于热源壳体被浸没在绝缘冷却液中，免除了灰尘等对热源的影响，热源运行环境被极大优化，热源的计算性能和使用寿命都可以得到提高。

[0018] 3)本方案没有风扇，同时热源浸没于绝缘冷却液中，因而能够有效降噪。

[0019] 4)本方案将热管冷凝端的冷却与浸没式液冷相结合，能够快速高效地冷却热管的冷凝端，提高整个热源的换热效率，保证热源长期高效稳定地运行。

[0020] 5)本发明根据大量的研究确定了沿着高度方向热管冷凝端的长度变化，并确定了最优化的设计公式，能够使得换热更均匀，延长热源使用寿命。

[0021] 6)本发明通过热源壳体表面温度控制，避免热源温度过高或者过低，达到自动控制节约能源的作用。

[0022] 附图说明：

图1为本方案的结构示意图；

图2为热源壳体的结构示意图；

图3为热源壳体A剖面的结构示意图；

图4沿着高度方向热管冷凝端长度变化示意图

图中：1、浸没壳体；2、分液进口板；3、热管；4、热源壳体；5、集流出口板；6、热源；7、冷凝端；8、蒸发端；9、相变材料。

具体实施方式

[0023] 图1展示了一种热管、相变材料与浸没式液冷相结合的换热系统。如图1所示，所述系统包括壳体1、冷却液体进口、冷却液体出口、热管3、动力泵、冷媒源和热源壳体4，所述壳体1中充满冷却液体，所述热源壳体4设置在壳体1内，所述热源壳体4中包括热源6和相变材料9，所述热源6被包围在相变材料9的内部，所述热管3的蒸发端8设置在相变材料9中，热管3的冷凝端7延伸穿出热源壳体4的外部；所述壳体1上分别设置冷却液体进口和出口，供冷却液体进出壳体1；所述冷却液体进口和出口由管路分别与冷媒源及动力泵连接，形成“冷媒源-动力泵-冷却液进口-壳体-冷却液出口-动力泵-冷媒源”的换热循环。

[0024] 本发明通过热管、相变材料与浸没式液冷三者相结合来对热源进行换热，使得热源产生的热量首先传递给相变材料，相变材料发生相变，然后热量通过热管蒸发端传递给冷凝端，由冷凝端向外传递蒸发端，然后蒸发端传递给冷却液体，从而实现热源快速的换热。

[0025] 本发明通过设置相变材料包围热源，通过相变材料的相变供热，通过相变潜热吸收更多的热量，保证蓄热材料的温度恒定，从而可以保证热源的温度恒定。

[0026] 本发明通过相变材料，可以使得热源的外壁面的不同位置保持与相变材料温差基本相同，保证整体的换热均匀，避免局部温差过大过小，造成换热不均匀，造成局部损坏。

[0027] 本发明一方面使用热管输运热源产生的热量，利用了液体相变传热，相较于常规的对流换热具有更快的换热响应速度，同时也有更高的换热效率，能够很好地解决高热流密度的热源的换热问题。

[0028] 本发明将热源封装于填充有相变材料的热源壳体中，可以解决热源各部件产生的热流密度不相等的问题，使整个系统具有很好的均温性。

[0029] 本发明的应用范围广，可以使用极冷的极端环境。如果设置在极冷的极端环境，因为相变材料可以同时起到蓄热作用，通过停止冷却液体的循环，或者通过加入热流体，还可以起到一定的保温效果，避免热源在极端环境下停止运行。

[0030] 作为优选，冷却液是绝缘冷却液。进一步优选，所述绝缘冷却液可以选择FC-72、NOVEC绝缘冷却液等。通过设置绝缘冷却液，能够进一步保证系统的安全，避免电泄漏。

[0031] 作为优选，所述的热源壳体的外壁面是导热体，通过设置外壁面导热体以及绝缘冷却液，冷却液体也可以直接通过热源壳体的外壁面接触直接进行换热，更好的解决换热问题，提高换热效果。

[0032] 作为优选，所述热源壳体4浸没于绝缘冷却液中，并由支架悬垂固定。由于热源壳体4被浸没在绝缘冷却液中，免除了灰尘等对热源的影响，热源运行环境被极大优化，热源的计算性能和使用寿命都可以得到提高。而且通过支架悬垂固定，保证热源壳体下部也浸没在冷却液中，保证全方位的换热。

作为优选，所述壳体1外观是一长方体容器，其配有对应尺寸的可拆卸式上盖，可以方

便浸没式液冷热源的安装及维修等操作。所述整个浸没式壳体在内部设备安装完毕，热源投入使用之前要进行严格的密封处理，以确保绝缘冷却液不发生泄露。

[0033] 进一步的，所述分液进口板2布置于浸没壳体的一端。所述分液进口板一侧中心处开一大孔，用来与浸没壳体外部管路连接。所述分液进口板的另一侧均匀开有若干个小孔。所述分液进口板内部完全贯通，这样绝缘冷却液可以在动力泵的驱动下，从一侧大孔进入，再从另一侧若干个小孔流出，进入浸没壳体。通过大孔小孔的配合使用，可以使进液流量更加均匀。

[0034] 进一步的，所述集流出口板5布置于与分液进口板相对的另一侧。所述集流出口板一侧中心处开一大孔，用来与浸没壳体外部管路连接。所述集流出口板的另一侧均匀开有若干个小孔。所述集流出口板内部完全贯通，这样绝缘冷却液可以在动力泵的驱动下，由若干个小孔集流后，再从另一侧大孔流出浸没壳体。通过大孔小孔的配合使用，可以提高集液效率。

[0035] 进一步的，所述热管包括蒸发端、冷凝端。进一步的，所述热源壳体4内包含热源、热管、相变材料等。所述热源壳体内等间距布置若干热源6。在相邻两热源6的间隙及热源与热源壳体壁间都填充有相变材料，若干热管3被插入这些相变材料9中。其中所述热管的蒸发端8布置在热源壳体4内，所述热管的冷凝端7布置在热源壳体4外，热管与热源壳体接触处进行严格的密封处理，以实现热源壳体内部与外部的隔离。所述热源壳体内部布置的相变材料可用来使热源壳体内部具有良好的均温性。

[0036] 所述热管采用优质导热材料如铜制造。所述热管蒸发端插入热源壳体内填充的相变材料中。所述热管的冷凝端位于热源壳体外部。所述热管内表面被设计成多孔结构或在所述热管内表面开若干槽道，以此来提供热管工质由冷凝端回流到蒸发端的动力。为进一步强化冷凝端的换热效果可以在冷凝端外表面实施其他辅助换热措施如：外加换热片等。所述热管工作工质可以选择液氨，水，丙烷、有机制冷剂等。

[0037] 进一步的，所述热管可以采用顺排或叉排等排布方式。

[0038] 进一步的，所述绝缘冷却液可以选择FC-72、NOVEC绝缘冷却液等。

[0039] 进一步的，所述绝缘冷却液流出浸没壳体后可通过外部的换热系统，如空调、换热器等进行冷却，冷却后的绝缘冷却液由动力泵驱动重新回到冷媒源。

[0040] 作为优选，热管的冷凝端垂至于热源壳体4的壁面设置。

[0041] 作为优选，热源壳体的每个壁面都设置热管冷凝端。

[0042] 作为优选，所述热源沿着高度设置，所述的相变材料也沿着高度方向设置。热管沿着高度方向布置多个。

[0043] 作为优选，沿着高度方向，所述热管设置为多个，沿着高度方向，伸出热源壳体的热管冷凝端的长度不断增加。上述的结果是通过大量的数值模拟和实验得到的结论。能够使得换热更均匀，延长热源使用寿命。通过理论分析，因为热源壳体浸没在冷却液体中，因此热源壳体内的冷却液体因为对流会导致上部的液体的温度高于下部，因为上部与热管冷凝端的温差就变小，导致换热效果明显差于下部，通过设置热管冷凝端的长度不断增加，使得整体增加换热面积，从而增加上部的换热量，使得整体上部下部换热量均匀，避免局部温度过高，造成局部损坏。上述的热管冷凝端的长度不断增加的技术特征是通过大量实验和数值模拟得到的结果，也是本申请的一个发明点，并不是本领域的公知常识。

[0044] 进一步优选，沿着高度方向，热管冷凝端的长度不断增加的幅度越来越大。这一技术特征是通过大量实验和数值模拟得到的结果，符合液体温度的分布，也是本申请的一个发明点，并不是本领域的公知常识。

[0045] 作为优选，热源壳体的高度为H，沿着高度方向，热源壳体最低端的热管的冷凝端长度是L，则距离热源壳体最低端距离为h位置的热管的冷凝端长度l规律如下：$l=L+b*L*(h/H)^a$，其中a、b是系数，满足如下要求：

$1.23<a<1.45,0.35<b<0.38$。

[0046] 作为优选，随着h/H增加，a、b逐渐增加。

[0047] 作为优选，$1.30<a<1.38,0.36<b<0.37$。

[0048] 作为优选沿着高度方向，所述热管设置为多个，沿着高度方向，伸出热源壳体的热管冷凝端的分布数量不断增加。上述的结果是通过大量的数值模拟和实验得到的结论。能够使得换热更均匀，延长热源使用寿命。通过理论分析，因为热源壳体浸没在冷却液体中，因此热源壳体内的冷却液体因为对流会导致上部的液体的温度高于下部，因为上部与热管冷凝端的温差就变小，导致换热效果明显差于下部，通过设置热管冷凝端的分布密度不断增加，使得整体增加换热面积，从而增加上部的换热量，使得整体上部下部换热量均匀，避免局部温度过高，造成局部损坏。上述的热管冷凝端的长度不断增加的技术特征是通过大量实验和数值模拟得到的结果，也是本申请的一个发明点，并不是本领域的公知常识。

[0049] 进一步优选，沿着高度方向，热管冷凝端的分布密度不断增加的幅度越来越大。这一技术特征是通过大量实验和数值模拟得到的结果，符合液体温度的分布，也是本申请的一个发明点，并不是本领域的公知常识。

[0050] 作为优选，热源壳体的高度为H，沿着高度方向，热源壳体最低端的热管的冷凝端分布密度是D，则距离热源壳体最低端距离为h位置的热管的冷凝端分布密度d规律如下：

$d=D+b*D*(h/H)^a$，其中a、b是系数，满足如下要求：

$1.3<a<1.5,0.34<b<0.37$。

[0051] 作为优选，随着h/H增加，a、b逐渐增加。

[0052] 作为优选，$1.38<a<1.42,0.35<b<0.36$。

[0053] 作为优选，热管是圆柱体，其外壁直径为50mm；

热源壳体尺寸为950mm×550mm×400mm；

浸没壳体尺寸为1000mm×600mm×1500mm。

[0054] 热源6工作产生热量，由于热源壳体4内填充了相变材料9，因而整个热源壳体4内部具有良好的均温性。热管3蒸发端8的工作介质由于受热而发生相变，将热量转移到热管3的冷凝端7，从而实现热源6的换热。在动力泵的驱动下，冷媒源内的绝缘冷却液经由分液进口板2进入浸没壳体1，绝缘冷却液流过热管3的冷凝端7，从而带走热源6产生的热量。绝缘冷却液带走热量的同时自身温度升高，由集流出口板5流出浸没壳体1后，经由外部的换热系统，如空调、换热器等进行冷却，冷却后的绝缘冷却液由动力泵驱动重新回到冷媒源。整个热源换热方案形成绝缘冷却液由“冷媒源-动力泵-分液进口板-浸没壳体-集液出口板-动力泵-冷媒源”的换热循环。

[0055] 作为优选，所述热源是服务器。将浸没式液冷和热管及相变材料结合应用到服务器换热系统中，实现从整体到局部的服务器换热优化。

[0056] 作为优选，所述热源是电加热热源。优选是电加热部件。

[0057] 作为优选，沿着高度方向，电加热部件的单位高度的加热功率不断的减少。通过设置电加热部件的加热功率不断的减少，保证下部的流体快速加热，然后热流体通过自然对流到了上部，能够进一步提高加热效率。经过大量的实验和数值模拟，经过上述的电加热部件加热功率的变化，能够进一步提高10%左右的加热效率，节省加热时间。

[0058] 作为优选，沿着高度方向，电加热部件的单位长度的加热功率不断的减少的幅度不断的增加。

[0059] 经过大量的实验和数值模拟，经过上述的电加热部件加热功率幅度的变化，能够进一步提高5%加热效率，进一步节省加热时间。

[0060] 作为优选，电加热部件在高度方向上分为多段，沿着高度方向，不同段的单位长度的加热功率不同。其中沿着高度方向，不同段的单位长度的加热功率不断的降低。进一步优选，降低的幅度不断的增加。

[0061] 作为优选，每段的长度相同。

[0062] 作为优选，每段的单位长度的加热功率相同。

[0063] 具体理由如上。

[0064] 通过设置分段，可以进一步使得制造简单方便。

[0065] 作为优选，所述冷却液出液口设置温度传感器，用于检测冷却液出口温度，所述冷却液进液口设置阀门，换热器包括控制器，控制器与温度传感器和阀门数据连接，控制器根据测量的温度数据自动控制阀门的开度。

[0066] 作为优选，如果检测的温度传感器的出口温度高于一定温度，则控制器增加阀门开度，增加进入壳体内的冷却液流体流量，如果检测的温度传感器的出口温度低于一定温度，则控制器减小阀门开度，减小进入壳体内的冷却液流体流量。

[0067] 通过控制出液口温度可以保证出液口换热达到预定的效果，避免热量的浪费。

[0068] 作为优选，所述热源壳体表面设置第二温度传感器，所述第二温度传感器与控制器数据连接。控制器根据检测的温度数据自动控制阀门的开度。作为优选，如果检测的热源表面温度高于一定温度，则控制器增加阀门开度，增加进入壳体内的冷却液流体流量，如果检测的热源表面温度低于一定温度，则控制器减小阀门开度，减小进入壳体内的冷却液流体流量。通过控制热源壳体表面温度可以避免热源温度过高或者过低，避免热量的浪费。

[0069] 虽然本发明已以较佳实施例披露如上，但本发明并非限定于此。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。

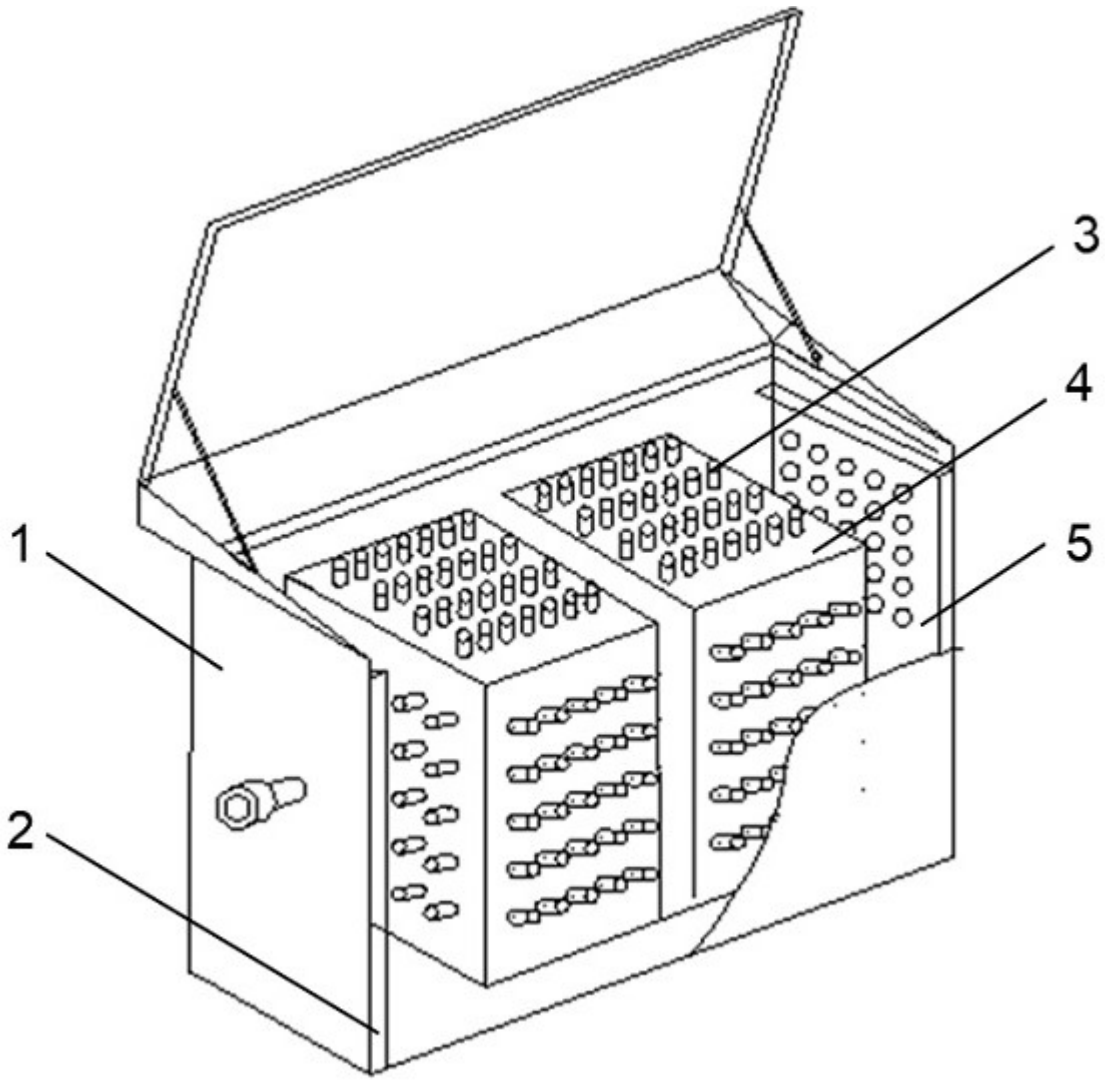


图1

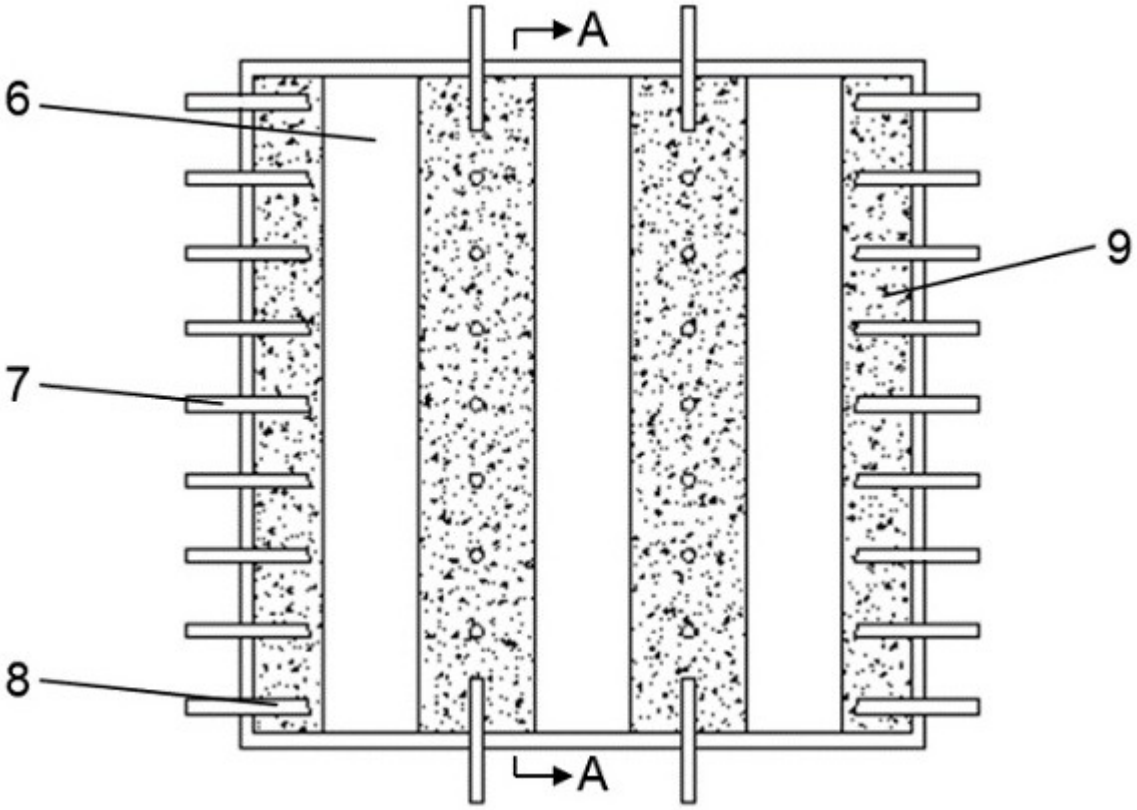


图2

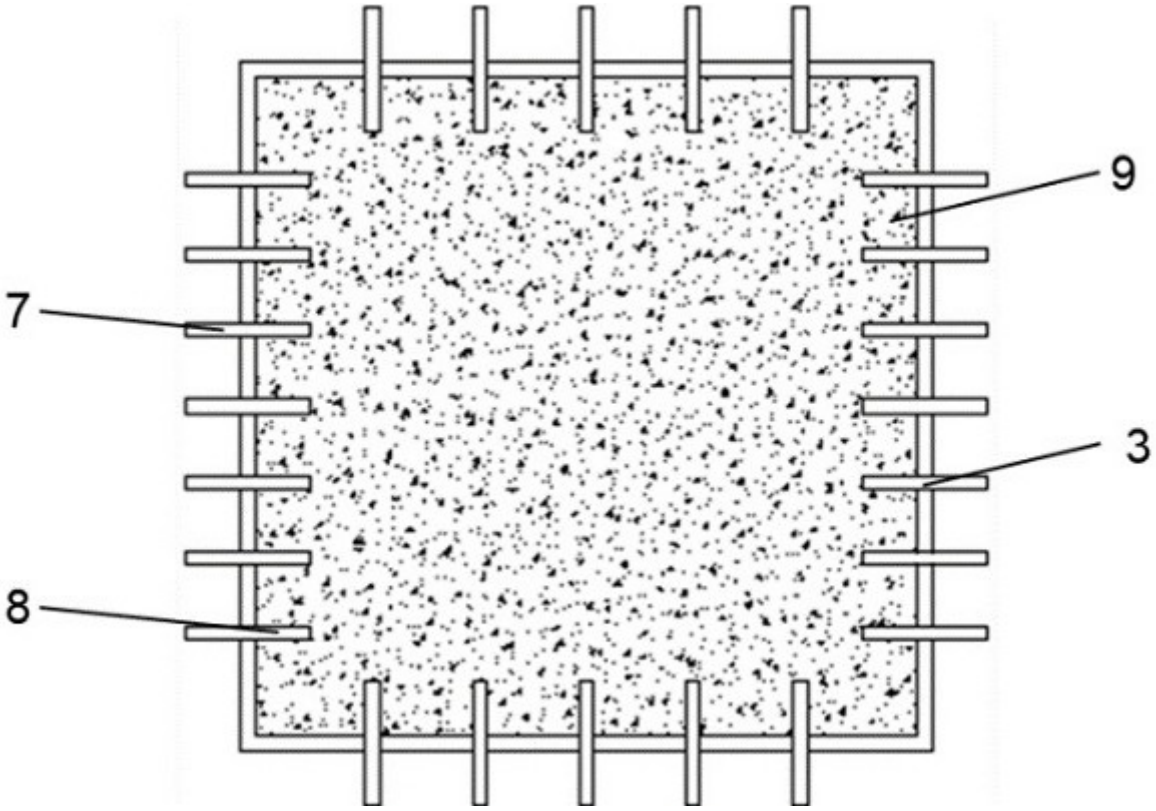


图3

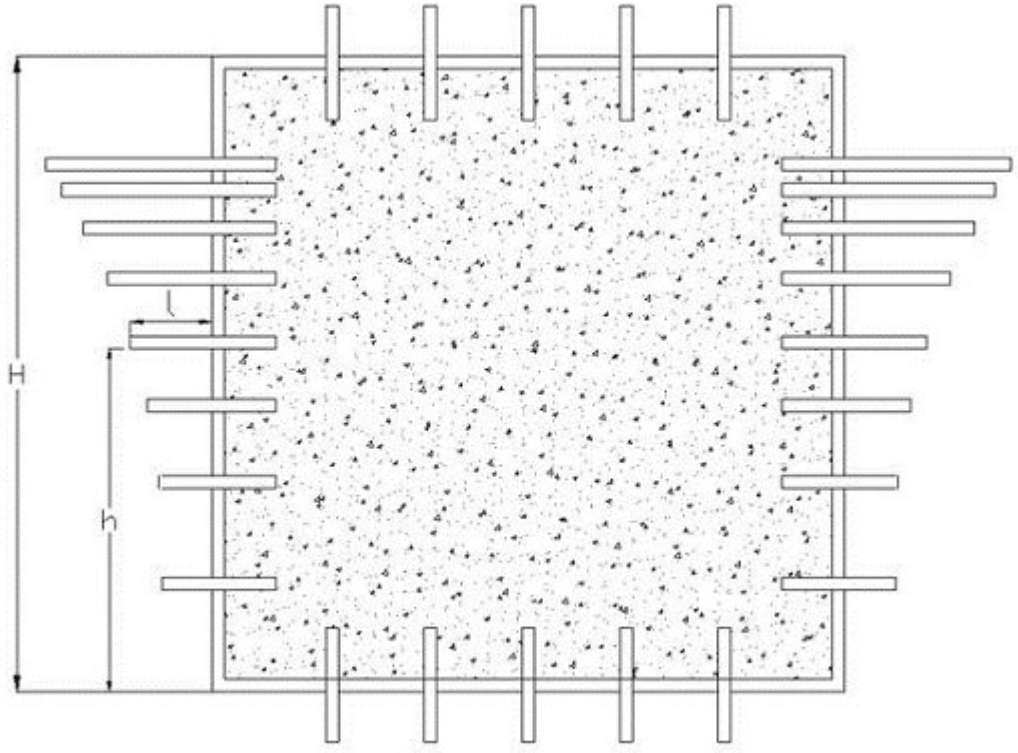


图4