



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116123750 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 16

(21) 申请号 202211619618.7

(22) 申请日 2022.12.15

(71) 申请人 包头稀土研究院

地址 014030 内蒙古自治区包头市稀土高新区黄河大街36号

(72) 发明人 金培育 黄焦宏 刘翠兰 张英德  
程娟 李兆杰 戴默涵 王强  
郭亚茹 高磊 王鹏宇

(74) 专利代理机构 北京康盛知识产权代理有限公司 11331  
专利代理师 张良

(51) Int. Cl.  
F25B 21/00 (2006.01)

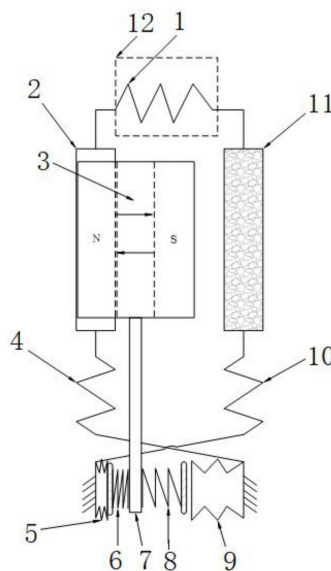
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

## (54) 发明名称

紧凑型室温磁制冷机及其制冷方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种紧凑型室温磁制冷机,包括:冷端换热器、左侧回热器、工字型磁体、左侧热端换热器、左侧波纹储液罐、左侧缓冲加压器、延长杆、右侧缓冲加压器、右侧波纹储液罐、右侧热端换热器、右侧回热器。本发明还公开了一种紧凑型室温磁制冷机的制冷方法。本发明采用单一驱动源实现工字型磁体的驱动和换流体的驱动及换向,实现室温磁制冷机所要求的AMR循环。



1. 一种紧凑型室温磁制冷机,其特征在于,包括:冷端换热器、左侧回热器、工字型磁体、左侧热端换热器、左侧波纹储液罐、左侧缓冲加压器、延长杆、右侧缓冲加压器、右侧波纹储液罐、右侧热端换热器、右侧回热器;冷端换热器的左侧端口、左侧热端换热器的上端口通过管路分别连接在左侧回热器两端,左侧热端换热器的下端口通过管路连接右侧波纹储液罐;冷端换热器的右侧端口、右侧热端换热器的上端口通过管路分别连接在右侧回热器两端,右侧热端换热器的下端口通过管路连接左侧波纹储液罐;工字型磁体位于左侧回热器、右侧回热器之间,工字型磁体在两侧分别设置有左侧磁体开口、右侧磁体开口,工字型磁体安装在驱动部件上,工字型磁体的下部连接有延长杆;左侧波纹储液罐、右侧波纹储液罐位于延长杆下部左右两侧,左侧缓冲加压器两端分别连接在延长杆、左侧波纹储液罐之间,右侧缓冲加压器两端分别连接在延长杆、右侧波纹储液罐之间。

2. 如权利要求1所述的紧凑型室温磁制冷机,其特征在于,左侧回热器、右侧回热器的内腔分别填充有磁制冷工质,左侧磁体开口对正左侧回热器,右侧磁体开口对正右侧回热器,冷端换热器放置在冷室内。

3. 如权利要求1所述的紧凑型室温磁制冷机,其特征在于,驱动部件包括:滑轨、滑块、电机、摇臂,工字型磁体固定在滑块上,滑块安装在滑轨的滑槽内,电机固定在滑轨侧部,电机的转轴端部设置有铰接盘,铰接盘的侧边与摇臂一端铰接,摇臂另一端与滑块铰接。

4. 如权利要求1所述的紧凑型室温磁制冷机,其特征在于,驱动部件包括:左侧缓冲加压器、右侧缓冲加压器包括:弹簧、推板,两个弹簧的内侧端部分别连接在延长杆两侧,两个弹簧的外侧端部分别连接有推板。

5. 如权利要求1所述的紧凑型室温磁制冷机,其特征在于,工字型磁体包括:连接件、软磁材料框架,连接件、多个永磁体,多个永磁体固定在软磁材料框架上下两侧,连接件连接在上下两侧的永磁体之间,连接件两侧形成左侧磁体开口、右侧磁体开口。

6. 如权利要求5所述的紧凑型室温磁制冷机,其特征在于,左侧磁体开口上下两侧的永磁体的磁场方向相同,右侧磁体开口上下两侧的永磁体的磁场方向相同。

7. 如权利要求1所述的紧凑型室温磁制冷机的制冷方法,其特征在于,包括:

工字型磁体向左侧移动,带动延长杆向左侧移动,延长杆挤压左侧缓冲加压器,左侧缓冲加压器挤压左侧波纹储液罐收缩;左侧回热器进入左侧磁体开口,左侧回热器磁化并加热换热流体,右侧回热器离开右侧磁体开口,右侧回热器退磁并降温换热流体;

左侧缓冲加压器压缩左侧波纹储液罐,左侧波纹储液罐中换热流体被挤出,流经右侧热端换热器进入右侧回热器降温,降温后换热流体进入冷端换热器换热,换热后进入左侧回热器进行加热,加热后换热流体进入左侧热端换热器换热,换热后的换热流体进入右侧波纹储液罐;

工字型磁体向右侧移动,带动延长杆向右侧移动,延长杆挤压右侧缓冲加压器,右侧缓冲加压器挤压右侧波纹储液罐收缩;右侧回热器进入右侧磁体开口,右侧回热器磁化并加热换热流体,左侧回热器离开左侧磁体开口,左侧回热器退磁并降温换热流体;

右侧缓冲加压器压缩右侧波纹储液罐,右侧波纹储液罐中换热流体被挤出,流经左侧热端换热器进入左侧回热器降温,降温后换热流体进入冷端换热器换热,换热后进入右侧回热器进行加热,加热后换热流体进入右侧热端换热器换热,换热后的换热流体进入左侧波纹储液罐。

8. 如权利要求7所述的紧凑型室温磁制冷机的制冷方法,其特征在于,随着工字型磁体周期性往复移动,在左侧回热器、右侧回热器内部逐渐形成上低下高的温度梯度,换热流体在流经冷端换热器时将冷室的热量带走,实现制冷;下端的高温流体经过左侧热端换热器、右侧热端换热器时将热量排出。

9. 如权利要求7所述的紧凑型室温磁制冷机的制冷方法,其特征在于,电机的转轴带动铰接盘旋转,铰接盘通过摇臂带动滑块在滑轨上左右往复移动,滑块带动工字型磁体左右往复移动,使得左侧回热器左右往复进出左侧磁体开口,右侧回热器左右往复进出右侧磁体开口,实现左侧回热器、右侧回热器反复周期性充磁或者退磁。

## 紧凑型室温磁制冷机及其制冷方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于室温磁制冷技术领域,具体涉及一种紧凑型室温磁制冷机及其制冷方法。

### 背景技术

[0002] 室温磁制冷是一种固态制冷技术,是一种新型制冷技术。随着新材料新技术的发展,最近十几年,室温磁制冷技术开发受到普遍重视,并且取得长足进展。室温磁制冷技术符合当今可持续发展的时代要求,被认为是一种有希望取代传统制冷技术的绿色制冷技术。

[0003] 室温磁制冷技术是利用磁制冷材料的磁热效应实现制冷的技术。根据磁热效应原理,磁制冷材料在变化的磁场作用下,会产生升温或降温的现象。目前室温磁制冷机通常采用主动式再生回热(AMR)技术实现制冷,该技术要求换热流体分别在填充磁制冷材料的回热器磁化和退磁时进行正向和反向流经其中,以在回热器内部磁制冷工质中形成一定的温度梯度,这样在回热器两端形成高温端和低温端,两端形成较大的温差,同时使换热流体在两端也形成较大温差,可以实现制冷。

[0004] 室温磁制冷机通常由磁场系统、回热器、热交换器、换热流体及驱动器等组成,其中回热器是室温磁制冷机的关键部件之一。通过磁场对回热器周期性磁化与退磁并配合换热流体往复流动,在回热器内部形成温度梯度,在回热器两端形成高温端和低温端,实现制冷。目前,室温磁制冷机通常采用AMR技术提高回热器两端温跨,要求换热流体随着回热器磁化和退磁往复流经回热器,在回热器两端形成温度梯度。因此通常要求泵作为流体驱动器,以及流体分配器作为流体切换器。通常在室温磁制冷机中,磁场驱动器、流体驱动器和流体分配器是基本配置,在一些大型的室温磁制冷机中流体分配器设计制作都很复杂,造成密封困难、机械损耗加大等问题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种紧凑型室温磁制冷机及其制冷方法,采用单一驱动源实现工字型磁体的驱动和换热流体的驱动及换向,实现室温磁制冷机所要求的AMR循环。

[0006] 为达到上述目的,本发明使用的技术解决方案是:

[0007] 紧凑型室温磁制冷机,包括:冷端换热器、左侧回热器、工字型磁体、左侧热端换热器、左侧波纹储液罐、左侧缓冲加压器、延长杆、右侧缓冲加压器、右侧波纹储液罐、右侧热端换热器、右侧回热器;冷端换热器的左侧端口、左侧热端换热器的上端口通过管路分别连接在左侧回热器两端,左侧热端换热器的下端口通过管路连接右侧波纹储液罐;冷端换热器的右侧端口、右侧热端换热器的上端口通过管路分别连接在右侧回热器两端,右侧热端换热器的下端口通过管路连接左侧波纹储液罐;工字型磁体位于左侧回热器、右侧回热器之间,工字型磁体在两侧分别设置有左侧磁体开口、右侧磁体开口,工字型磁体安装在驱动部件上,工字型磁体的下部连接有延长杆;左侧波纹储液罐、右侧波纹储液罐位于延长杆

下部左右两侧,左侧缓冲加压器两端分别连接在延长杆、左侧波纹储液罐之间,右侧缓冲加压器两端分别连接在延长杆、右侧波纹储液罐之间。

[0008] 进一步,左侧回热器、右侧回热器的内腔分别填充有磁制冷工质,左侧磁体开口对正左侧回热器,右侧磁体开口对正右侧回热器,冷端换热器放置在冷室内。

[0009] 进一步,驱动部件包括:滑轨、滑块、电机、摇臂,工字型磁体固定在滑块上,滑块安装在滑轨的滑槽内,电机固定在滑轨侧部,电机的转轴端部设置有铰接盘,铰接盘的侧边与摇臂一端铰接,摇臂另一端与滑块铰接。

[0010] 进一步,驱动部件包括:左侧缓冲加压器、右侧缓冲加压器包括:弹簧、推板,两个弹簧的内侧端部分别连接在延长杆两侧,两个弹簧的外侧端部分别连接有推板。

[0011] 进一步,工字型磁体包括:连接件、软磁材料框架,连接件、多个永磁体,多个永磁体固定在软磁材料框架上下两侧,连接件连接在上下两侧的永磁体之间,连接件两侧形成左侧磁体开口、右侧磁体开口。

[0012] 进一步,左侧磁体开口上下两侧的永磁体的磁场方向相同,右侧磁体开口上下两侧的永磁体的磁场方向相同。

[0013] 紧凑型室温磁制冷机的制冷方法,包括:

[0014] 工字型磁体向左侧移动,带动延长杆向左侧移动,延长杆挤压左侧缓冲加压器,左侧缓冲加压器挤压左侧波纹储液罐收缩;左侧回热器进入左侧磁体开口,左侧回热器磁化并加热换热流体,右侧回热器离开右侧磁体开口,右侧回热器退磁并降温换热流体;

[0015] 左侧缓冲加压器压缩左侧波纹储液罐,左侧波纹储液罐中换热流体被挤出,流经右侧热端换热器进入右侧回热器降温,降温后换热流体进入冷端换热器换热,换热后进入左侧回热器进行加热,加热后换热流体进入左侧热端换热器换热,换热后的换热流体进入右侧波纹储液罐;

[0016] 工字型磁体向右侧移动,带动延长杆向右侧移动,延长杆挤压右侧缓冲加压器,右侧缓冲加压器挤压右侧波纹储液罐收缩;右侧回热器进入右侧磁体开口,右侧回热器磁化并加热换热流体,左侧回热器离开左侧磁体开口,左侧回热器退磁并降温换热流体;

[0017] 右侧缓冲加压器压缩右侧波纹储液罐,右侧波纹储液罐中换热流体被挤出,流经左侧热端换热器进入左侧回热器降温,降温后换热流体进入冷端换热器换热,换热后进入右侧回热器进行加热,加热后换热流体进入右侧热端换热器换热,换热后的换热流体进入左侧波纹储液罐。

[0018] 优选的,随着工字型磁体周期性往复移动,在左侧回热器、右侧回热器内部逐渐形成上低下高的温度梯度,换热流体在流经冷端换热器时将冷室的热量带走,实现制冷;下端的高温流体经过左侧热端换热器、右侧热端换热器时将热量排出。

[0019] 优选的,电机的转轴带动铰接盘旋转,铰接盘通过摇臂带动滑块在滑轨上左右往复移动,滑块带动工字型磁体左右往复移动,使得左侧回热器左右往复进出左侧磁体开口,右侧回热器左右往复进出右侧磁体开口,实现左侧回热器、右侧回热器反复周期性充磁或者退磁。

[0020] 本发明技术效果包括:

[0021] 本发明采用单一驱动源实现工字型磁体的驱动和换热流体的驱动及换向,实现室温磁制冷机所要求的AMR循环。

## 附图说明

- [0022] 图1是本发明中紧凑型室温磁制冷机的结构原理图；
- [0023] 图2是本发明中工字型磁体的结构示意图；
- [0024] 图3是本发明中左侧回热器、右侧回热器内部在外磁场系统作用下产生的温度梯度示意图；
- [0025] 图4是本发明中左侧回热器、右侧回热器的磁化/退磁的磁场与时间时序图；
- [0026] 图5是本发明中左侧回热器、右侧回热器的换热流体与时间的时序图。

## 具体实施方式

- [0027] 以下描述充分地示出本发明的具体实施方案，以使本领域的技术人员能够实践和再现。
- [0028] 如图1所示，是本发明中紧凑型室温磁制冷机的结构原理图。
- [0029] 紧凑型室温磁制冷机，包括：冷端换热器1、左侧回热器2、工字型磁体3、左侧热端换热器4、左侧波纹储液罐5、左侧缓冲加压器6、延长杆7、右侧缓冲加压器8、右侧波纹储液罐9、右侧热端换热器10、右侧回热器11。
- [0030] 冷端换热器1的左侧端口、左侧热端换热器4的上端口通过管路分别连接在左侧回热器2两端，左侧热端换热器4的下端口通过管路连接右侧波纹储液罐9；冷端换热器1的右侧端口、右侧热端换热器10的上端口通过管路分别连接在右侧回热器11两端，右侧热端换热器10的下端口通过管路连接左侧波纹储液罐5；工字型磁体3位于左侧回热器2、右侧回热器11之间，工字型磁体3在两侧分别设置有左侧磁体开口34、右侧磁体开口35，工字型磁体3安装在驱动部件上，工字型磁体3的下部连接有延长杆7；左侧波纹储液罐5、右侧波纹储液罐9位于延长杆7下部左右两侧，左侧缓冲加压器6两端分别连接在延长杆7、左侧波纹储液罐5之间，右侧缓冲加压器8两端分别连接在延长杆7、右侧波纹储液罐9之间。
- [0031] 左侧回热器2、右侧回热器11的内腔分别填充有磁制冷工质。左侧磁体开口34对正左侧回热器2，右侧磁体开口35对正右侧回热器11。
- [0032] 驱动部件包括：滑轨、滑块、电机、摇臂，工字型磁体3固定在滑块上，滑块安装在滑轨的滑槽内，电机固定在滑轨侧部，电机的转轴端部设置有铰接盘，铰接盘的侧边与摇臂一端铰接，摇臂另一端与滑块铰接。电机的转轴带动铰接盘旋转，铰接盘通过摇臂带动滑块在滑轨上左右往复移动，滑块带动工字型磁体3左右往复移动，使得左侧回热器2左右往复进出左侧磁体开口，右侧回热器11左右往复进出右侧磁体开口，实现左侧回热器2、右侧回热器11反复周期性充磁、退磁。
- [0033] 本发明中，左侧缓冲加压器6、右侧缓冲加压器8起到缓冲和延时流体流动的作用，使工字型磁体3的移动与换热流体的流动协调同步，按照一定时序运行。左侧缓冲加压器6、右侧缓冲加压器8包括：弹簧、推板，两个弹簧的内侧端部分别连接在延长杆7两侧，两个弹簧的外侧端部分别连接推板。
- [0034] 冷端换热器1放置在冷室12内。
- [0035] 如图2所示，是本发明中工字型磁体3的结构示意图。
- [0036] 工字型磁体3包括：多个永磁体31、连接件32、软磁材料框架33，连接件32、多个永磁体31固定在软磁材料框架33上下两侧，连接件32连接在上下两侧的永磁体31之间；连接

件32两侧形成左侧磁体开口34、右侧磁体开口35。左侧磁体开口34上下两侧的永磁体31的磁场方向相同,右侧磁体开口35上下两侧的永磁体31的磁场方向相同。

[0037] 箭头表示永磁体31的磁化方向,连接件32是非铁磁材料。左侧磁体开口34、右侧磁体开口35是可用的磁场空间,实现对左侧回热器2、右侧回热器11的磁化,当工字型磁体3左右往复运动时,可以周期性磁化/退磁左侧回热器2、右侧回热器11。

[0038] 如图3所示,是本发明中左侧回热器2、右侧回热器11内部在外磁场系统作用下产生的温度梯度示意图。

[0039] 图中三条线从上到下分别为磁化线、中间线和退磁线,横坐标为距离,纵坐标为温度。

[0040] 紧凑型室温磁制冷机运行到稳定状态时,左侧回热器2、右侧回热器11内部形成的温度梯度。当左侧回热器2、右侧回热器11磁化时,内部的磁制冷工质与静止的换热流体温度同时升温到磁化线位置。

[0041] 以左侧回热器2为例,左侧回热器2磁化,换热流体向下流动,温度线逐步接近中间线;当左侧回热器2退磁,温度线下移到退磁线,换热流体向上流动,温度线逐步上移到中间线;此后再进行下一周期运行,如此往复,实现制冷。

[0042] 如图4所示,是本发明中左侧回热器2、右侧回热器11的磁化/退磁的磁场与时间时序图;

[0043] 实线为左侧回热器2的磁化/退磁时序,虚线为右侧回热器11的磁化/退磁时序,左侧回热器2、右侧回热器11周期性交替磁化与退磁。

[0044] 如图5所示,是本发明中左侧回热器2、右侧回热器11的换热流体与时间的时序图。

[0045] 实线为逆时针流动,虚线为顺时针流动,与左侧回热器2、右侧回热器11同步协同。

[0046] 当工字型磁体3左移到左侧,左侧回热器2磁化时,右侧回热器11退磁,此时换热流体逆时针流过回路(按照图1中结构分布),即左侧回热器2的换热流体向下流动,右侧回热器11的换热流体向上流动;当工字型磁体3右移到右侧时,右侧回热器11磁化,同时左侧回热器2退磁,此时换热流体顺时针流动(按照图1中结构分布),即右侧回热器11内部的换热流体向下流动,左侧回热器2内部的换热流体向上流动;右侧波纹储液罐9的出口与左侧热端换热器4连接,左侧波纹储液罐5与右侧热端换热器10连接,工字型磁体3周期循环往复,实现AMR循环,实现制冷。

[0047] 紧凑型室温磁制冷机的制冷方法,具体步骤如下:

[0048] 步骤1:工字型磁体3向左侧移动,带动延长杆7向左侧移动,延长杆7挤压左侧缓冲加压器6,左侧缓冲加压器6挤压左侧波纹储液罐5收缩;左侧回热器2进入左侧磁体开口34,左侧回热器2磁化并加热换热流体,右侧回热器11离开右侧磁体开口35,右侧回热器11退磁并降温换热流体;

[0049] 工字型磁体3和延长杆7及其上的左侧缓冲加压器6、右侧缓冲加压器8可以左右移动,其他部件都固定。

[0050] 步骤2:左侧缓冲加压器6压缩左侧波纹储液罐5,左侧波纹储液罐5中换热流体被挤出,流经右侧热端换热器10进入右侧回热器11降温,降温后换热流体进入冷端换热器1换热,换热后进入左侧回热器2进行加热,加热后换热流体进入左侧热端换热器4换热,换热后的换热流体进入右侧波纹储液罐9;

[0051] 步骤3:工字型磁体3向右侧移动,带动延长杆7向右侧移动,延长杆7挤压右侧缓冲加压器8,右侧缓冲加压器8挤压右侧波纹储液罐9收缩;右侧回热器11进入右侧磁体开口35,右侧回热器11磁化并加热换热流体,左侧回热器2离开左侧磁体开口34,左侧回热器2退磁并降温换热流体;

[0052] 步骤4:右侧缓冲加压器8压缩右侧波纹储液罐9,右侧波纹储液罐9中换热流体被挤出,流经左侧热端换热器4进入左侧回热器2降温,降温后换热流体进入冷端换热器1换热,换热后进入右侧回热器11进行加热,加热后换热流体进入右侧热端换热器10换热,换热后的换热流体进入左侧波纹储液罐5。

[0053] 随着工字型磁体3周期性往复移动,在左侧回热器2、右侧回热器11内部逐渐形成上低下高的温度梯度,换热流体在流经冷端换热器1时将冷室12的热量带走,实现制冷。而下端的高温流体经过左侧热端换热器4、右侧热端换热器10时将热量排出。

[0054] 本发明所用的术语是说明和示例性、而非限制性的术语。由于本发明能够以多种形式具体实施而不脱离发明的精神或实质,所以应当理解,上述实施例不限于任何前述的细节,而应在随附权利要求所限定的精神和范围内广泛地解释,因此落入权利要求或其等效范围内的全部变化和改型都应随附权利要求所涵盖。

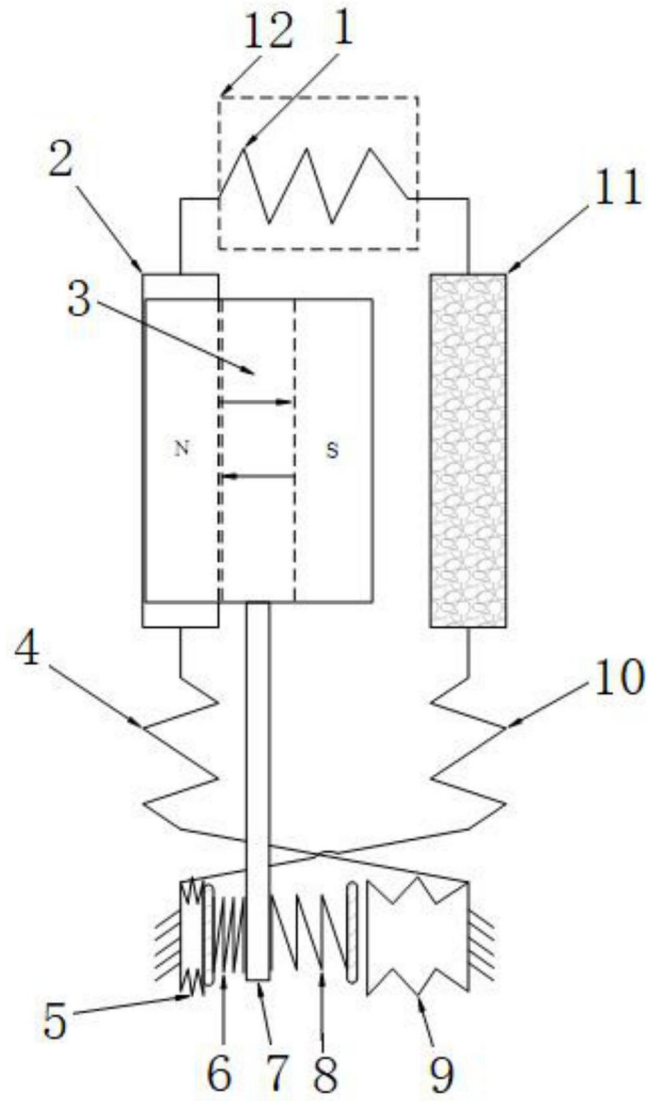


图1

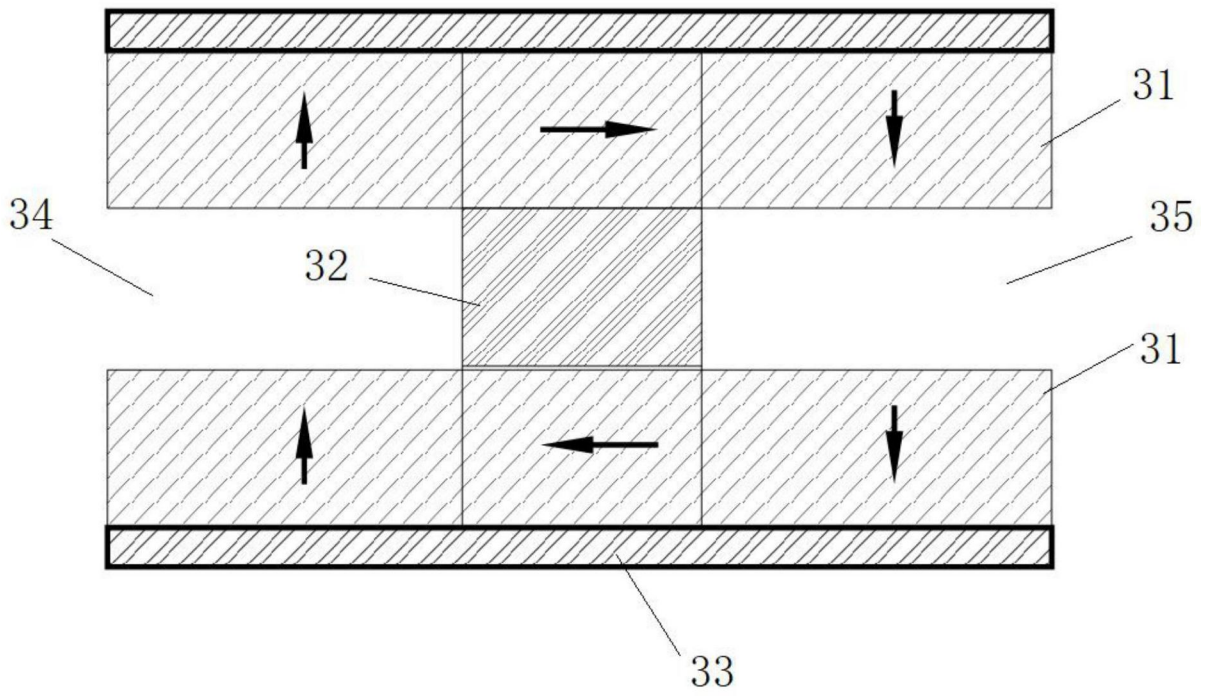


图2

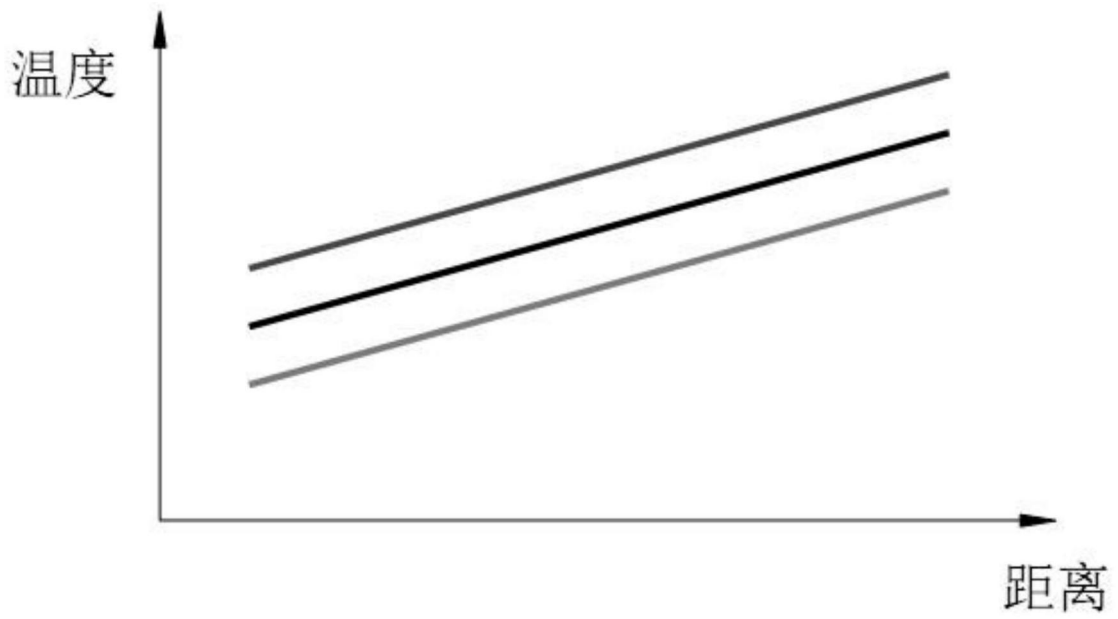


图3

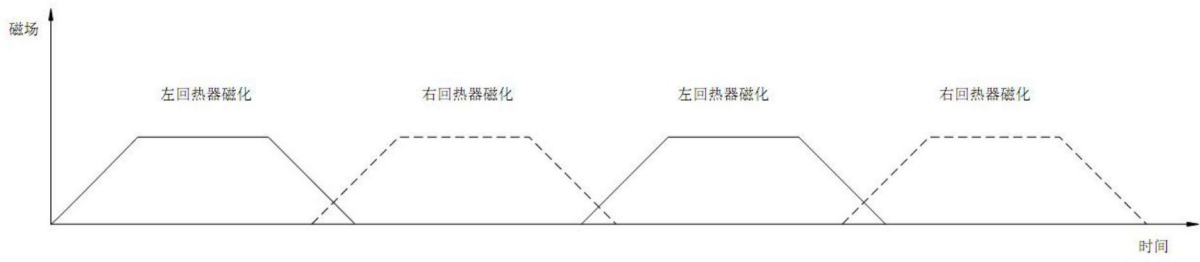


图4

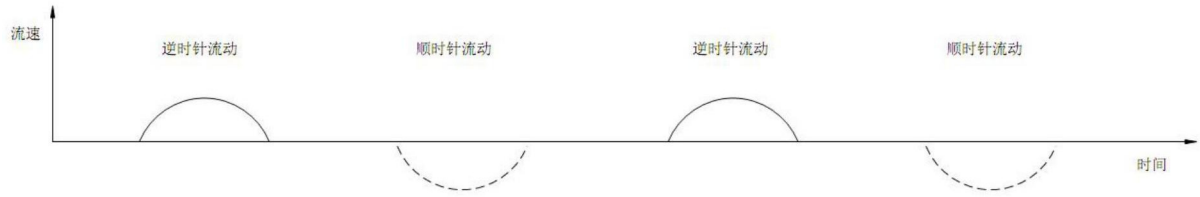


图5