

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 7 月 2 日 (02.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/134200 A1

(51) 国际专利分类号:
F25B 21/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/106127

(22) 国际申请日: 2019 年 9 月 17 日 (17.09.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811582894.4 2018 年 12 月 24 日 (24.12.2018) CN

(71) 申请人: 珠海格力电器股份有限公司 (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI) [CN/CN]; 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。

(72) 发明人: 李大全 (LI, Daquan); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。汪魁 (WANG, Kui); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。罗胜 (LUO, Sheng); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。杨蓉 (YANG, Rong); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。路文博 (LU, Wenbo); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。梁宁波 (LIANG, Ningbo); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。周鸣宇 (ZHOU, Mingyu); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。

(54) Title: MAGNETIC REFRIGERATION DEVICE

(54) 发明名称: 一种磁制冷装置

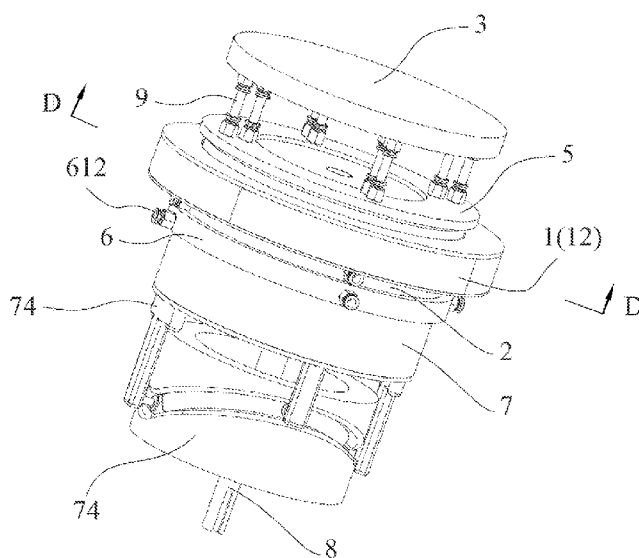


图 1

(57) Abstract: Disclosed is a magnetic refrigeration device, comprising a cold-end rotary valve (5) arranged between a cold storage bed component (2) and a cold-end heat exchanger (3) and capable of rotating so that a heat exchange fluid between the cold storage bed component (2) and the cold-end heat exchanger (3) is switched between communication and the cutting off of communication; and/or further comprising a hot-end rotary valve (6), wherein the hot-end rotary valve (6) is arranged between the cold storage bed component (2) and a hot-end heat exchanger (4), and can rotate so that a heat exchange fluid between the cold storage bed component (2) and the hot-end heat exchanger (4) is switched between communication and the cutting off of communication. A large number of pipelines



WO 2020/134200 A1

(74) 代理人: 北京煦润律师事务所(BEIJING XURUN LAW FIRM); 中国北京市海淀区中关村东路18号财智国际大厦B座1605室, Beijing 100083 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

between the cold storage bed component (2) and the cold-end heat exchanger (3) and between the cold storage bed component (2) and the hot-end heat exchanger (4) in a magnetic refrigeration device in the art are eliminated, thereby solving the problem of a magnetic refrigeration machine being relatively large in structure and size and not being compact in structure.

(57) 摘要: 一种磁制冷装置, 其包括: 冷端旋转阀(5), 设置在蓄冷床组件(2)和冷端换热器(3)之间, 且能够旋转而使得蓄冷床组件(2)与冷端换热器(3)之间的换热流体在连通和关闭连通之间进行切换; 和/或, 还包括热端旋转阀(6), 热端旋转阀(6)设置在蓄冷床组件(2)和热端换热器(4)之间, 且能够旋转而使得蓄冷床组件(2)与热端换热器(4)之间的换热流体在连通和关闭连通之间进行切换。取消了现有技术中磁制冷装置中在蓄冷床组件(2)和冷端换热器(3)以及蓄冷床组件(2)与热端换热器(4)之间的大量管路, 解决了磁制冷机结构和尺寸较大、结构不紧凑的问题。

一种磁制冷装置

本申请要求于 2018 年 12 月 24 日提交中国专利局、申请号为

- 5 201811582894.4、发明名称为“一种磁制冷装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请属于磁制冷技术领域，具体涉及一种磁制冷装置。

10

背景技术

本申请涉及磁制冷领域，主要涉及旋转式磁制冷装置结构与流路系统。

- 随着传统蒸汽压缩式制冷技术在对环境的不友好性和换热效率方面的弊端日渐明显，新型制冷技术（非蒸气压缩式制冷）的研发日趋紧迫。磁制冷技术则是发展前景最被看好的新型制冷技术之一，尤其是其在环境友好性和高效能方面的优势十分突出，相比传统蒸汽压缩式制冷，磁制冷的制冷效率可达卡诺循环效率的 40%~50%，比传统的压缩制冷方式高 30%左右；此外磁制冷方式采用磁性材料进行固-液换热，无对环境有害的气体；并且磁制冷装置的运行频率低，产生的噪声小。凭借上述优势，磁制冷技术成为近年来受关注度最高的新制冷技术。目前其主要研究方向是磁制冷材料的开发与制备和磁制冷装置的设计两方面，本申请即是针对后者进行。
- 15
- 20

- 磁制冷装置是一种利用磁热材料的物理特性进行制冷的设备，该装置的技术基础是磁热材料的磁热效应，即：在对磁热材料施加变化磁场时，会导致磁热材料温度的升高或者降低，磁场强度增加时材料磁熵减小、放热、温度升高，磁场强度降低时材料磁熵增加、吸热、温度降低。所以一种磁制冷装置一般需要具有：变化的磁场、磁工质床（用于放置磁热材料）、传热流体、冷端换热器、热端换热器以及配套的动力部件。
- 25

在以往的磁制冷装置中，按运动形式可以分为三类：静止式、往复式、旋转式，其中静止式是利用电磁铁产生变化磁场，存在绕组线圈大、散热困难问

题；往复式是利用磁体与磁工质床间的直线往复运动实现变化磁场，存在运行频率低、制冷效率不高的问题；旋转式则具有结构紧凑、运行频率高、制冷效果好的优势，是以后磁制冷装置发展的方向。

5 旋转式磁制冷装置的实现变化磁场的方式有两种：旋转的磁体或者旋转的磁工质床，两者均是通过磁场与磁工质床的相对运动让磁工质承受交变场强，使磁工质不断的发生磁热反应，然后通过驱动部件驱动换热流体经过流路系统将磁工质所产生的高温和低温分别运输到热端换热器和冷端换热器，流路系统对应着旋转运动而不断循环，从而实现持续制冷。

10 由于现有技术中的磁制冷装置存在流路连接复杂，实际原理样机较大、结构不够紧凑，端热交换器管路中存在较大滞留体积的流体，降低了磁制冷机的换热效率，需使用较多的单向阀，使得流路十分复杂等技术问题，因此本申请研究设计出一种磁制冷装置。

发明内容

15 因此，本申请要解决的技术问题在于克服现有技术中的磁制冷装置存在流路连接复杂，实际原理样机较大、结构不够紧凑的缺陷，从而提供一种磁制冷装置。

本申请提供一种磁制冷装置，其包括：

磁体组件，能够产生交变磁场；

20 蓄冷床组件，能够容纳磁工质，以通过交变磁场使得磁工质产生励磁放热或去磁吸热的作用；

冷端换热器、能够使得经过所述蓄冷床组件中被磁工质吸热降温的换热流体在所述冷端换热器中释放冷量；

25 热端换热器、能够使得经过所述蓄冷床组件中被磁工质放热升温的换热流体在所述热端换热器中释放热量；

还包括冷端旋转阀，所述冷端旋转阀设置在所述蓄冷床组件和所述冷端换热器之间，且所述冷端旋转阀能够旋转而使得所述蓄冷床组件与所述冷端换热器之间的换热流体在连通和关闭连通之间进行切换；

30 和/或，还包括热端旋转阀，所述热端旋转阀设置在所述蓄冷床组件和所述热端换热器之间，且所述热端旋转阀能够旋转而使得所述蓄冷床组件与所述热

端换热器之间的换热流体在连通和关闭连通之间进行切换。

优选地，

所述蓄冷床组件包括环形结构的蓄冷床本体和开设在所述蓄冷床本体上的磁隙空间、所述磁隙空间中能够容置磁工质，所述磁隙空间在所述蓄冷床本体的轴向端面上沿轴向开设、且所述蓄冷床本体上开设有通孔以容许换热流体进入所述磁隙空间中与所述磁工质进行换热、并阻止磁工质脱出。

优选地，

在横向截面内，所述磁隙空间为弧形槽结构；和/或，所述磁隙空间为在所述蓄冷床本体的圆周方向均匀分布的多个、且多个所述磁隙空间的形状和大小均相等。

优选地，

所述冷端旋转阀包括冷端旋转阀盖和冷端旋转阀芯，所述冷端旋转阀芯能够相对于所述冷端旋转阀盖旋转，所述冷端旋转阀芯上设置有能与所述蓄冷床组件上的磁隙空间连通的第一通槽，所述冷端旋转阀盖上设置有第一通孔，当所述冷端旋转阀芯旋转至使得所述磁隙空间与所述第一通槽和所述第一通孔同时相对时、所述换热流体能够依次从所述磁隙空间、所述第一通槽和所述第一通孔流出。

优选地，

所述第一通槽为与所述磁隙空间形状相匹配的弧形槽，和/或，所述第一通槽为多个、且在所述冷端旋转阀芯上沿周向分布；和/或，所述第一通孔为在所述冷端旋转阀盖上开设的多个、且在所述冷端旋转阀盖上沿周向分布。

优选地，

所述冷端旋转阀盖为圆环形结构、所述冷端旋转阀芯也为圆环形结构，所述第一通孔为在所述冷端旋转阀盖上轴向贯通的通孔、所述第一通槽为在所述冷端旋转阀芯上轴向贯通的通槽。

优选地，

多个所述第一通槽中、存在至少一个第一通槽与至少一个第一通槽距离所述冷端旋转阀芯的圆心的间距不相等；多个所述第一通孔中、存在至少一个第一通孔与至少一个第一通孔距离所述冷端旋转阀芯的圆心的间距不相等；且位于径向内侧的第一通槽与位于径向内侧的第一通孔能够通过所述冷端旋转阀

芯的旋转而形成轴向相对，位于径向外侧的第一通槽与位于径向外侧的第一通孔能够通过所述冷端旋转阀芯的旋转而形成轴向相对。

优选地，

所述冷端换热器包括位于其内部的第一换热管路和第二换热管路，其中所述第一换热管路与所述蓄冷床组件的至少一个磁隙空间连通，所述第二换热管路与至少一个磁隙空间连通，且所述第一换热管路和第二换热管路互不连通，换热流体在所述第一换热管路中始终沿第一方向流动、换热流体在所述第二换热管路中始终沿第二方向流动、且所述第一方向与所述第二方向不相同。

优选地，

当多个第一通槽中、存在至少一个第一通槽与至少一个第一通槽距离冷端旋转阀芯的圆心的间距不相等；多个第一通孔中、存在至少一个第一通孔与至少一个第一通孔距离冷端旋转阀芯的圆心的间距不相等时：

所述第一换热管路的入口端与位于径向外侧的第一通孔连通，所述第一换热管路的出口端与位于径向内侧的第一通孔连通；和/或，所述第二换热管路的入口端与位于径向外侧的第一通孔连通，所述第二换热管路的出口端与位于径向内侧的第一通孔连通。

优选地，

所述热端旋转阀包括热端旋转阀盖和热端旋转阀芯，所述热端旋转阀芯能够相对于所述热端旋转阀盖旋转，所述热端旋转阀芯上设置有能与所述蓄冷床组件上的磁隙空间沿轴向连通的第二通槽，所述热端旋转阀盖上沿轴向设置有第二通孔，当所述热端旋转阀芯旋转至使得所述磁隙空间与所述第二通孔和所述第二通槽同时相对时、换热流体能够依次从所述第二通槽、所述第二通孔流入所述磁隙空间。

优选地，

在所述热端旋转阀芯上、与所述第二通槽在周向不同的位置还沿径向方向开设有第三通槽，所述热端旋转阀盖上还沿径向开设有第三通孔，当所述热端旋转阀芯旋转至所述第三通孔和所述第三通槽相对时、能够使得流体依次通过所述第三通孔、所述第三通槽进入所述热端旋转阀芯的下方。

优选地，

所述热端旋转阀盖包括圆环形的端板和连接在所述端板径向外缘且朝轴

向延伸的环形外沿，所述第三通孔和所述第二通孔位于所述热端旋转阀盖的同一周向上、且所述第二通孔设置于所述端板上且沿轴向贯通、所述第三通孔设置于所述环形外沿上且沿径向方向贯通。

优选地，

- 5 所述蓄冷床组件上沿径向方向还开设有贯通的第四通孔，所述第四通孔一端与所述磁隙空间连通、另一端能够连通到所述热端换热器的一端，所述热端换热器的另一端能够连通到所述热端旋转阀芯的所述第三通槽；和/或，所述第二通槽也为与所述磁隙空间形状相匹配的弧形槽。

优选地，

- 10 所述热端换热器包括两个，其中一个能够与所述热端旋转阀的一端连通、另一个能够与所述热端旋转阀的另一端连通。

优选地，

- 15 所述磁体组件包括转子组件和定子组件，所述定子组件为环形结构，所述蓄冷床组件也为环形结构、设置于所述转子组件和所述定子组件之间的径向间隙中；所述转子组件包括至少一个扇形结构或扇环形结构，所述转子组件能够在所述蓄冷床组件的径向内侧空间转动，而形成交变磁场。

优选地，

所述转子组件包括在周向方向上且呈中心对称分布的两个扇环形结构。

优选地，

- 20 还包括活塞泵组件；

所述活塞泵组件与所述蓄冷床组件之间能够连通，且所述活塞泵组件与所述蓄冷床组件之间的换热流体能够通过所述热端旋转阀或所述冷端旋转阀而实现在连通和关闭连通之间进行切换。

优选地，

- 25 所述活塞泵组件包括环形的多腔体活塞缸筒，所述多腔体活塞缸筒包括径向内壁、径向外壁和位于所述径向内壁和所述径向外壁之间的压缩空间，所述压缩空间沿轴向方向贯穿所述多腔体活塞缸筒；

所述活塞泵组件还包括能够在所述压缩空间中做轴向往复运动的活塞，每个压缩空间均对应地设置一个所述活塞；

- 30 所述活塞泵组件还包括圆柱状的凸轮，所述凸轮的外周面上沿周向方向开

设有容纳槽；

所述活塞的一端卡设在所述压缩空间中、所述活塞的另一端卡设在所述容纳槽中，使得所述凸轮旋转时、所述活塞的所述一端能够随着所述容纳槽的周向形状变化被带动而在所述压缩空间中做往复运动。

5 优选地，

所述容纳槽距离所述圆柱状的凸轮的轴向下端面之间的中心间距沿圆周方向呈逐渐增大、逐渐减小、再逐渐增大和再逐渐减小的分布，使得所述活塞被所述容纳槽的旋转带动而做上升、下降、再上升和再下降的往复运动。

优选地，

10 还包括旋转驱动轴，所述旋转驱动轴穿设进入所述活塞泵组件、所述热端旋转阀、所述蓄冷床组件、所述冷端旋转阀中，所述旋转驱动轴同时与所述凸轮、所述热端旋转阀和所述冷端旋转阀连接，以同时驱动所述凸轮、所述热端旋转阀和所述冷端旋转阀转动。

本申请提供的一种磁制冷装置具有如下有益效果：

15 1.本申请通过设置冷端旋转阀和/或热端旋转阀，能够使得冷端旋转阀连接设置在蓄冷床组件和冷端换热器之间、使得蓄冷床组件和冷端换热器能够通过冷端旋转阀实现连通和关闭，热端旋转阀连接设置在蓄冷床组件和热端换热器之间、使得蓄冷床组件和热端换热器能够通过热端旋转阀实现连通和关闭，有效地取消了现有技术中磁制冷装置中在蓄冷床组件和冷端换热器以及蓄冷床
20 组件与热端换热器之间需要连接大量的管路以实现流路的连通和关闭连通，从而有效地解决了磁制冷机结构和尺寸较大、结构不紧凑的问题，有效地实现结构的小型化和简单化；

2.并且本申请的磁制冷装置由于采用了冷端旋转阀和热端旋转阀还有效地替换了原有磁制冷机中蓄冷床和冷端换热器之间连接管路上需要设置多个单
25 向阀或其他控制阀的结构形式、也取消掉了原有磁制冷机中蓄冷床和热端换热器之间连接管路上需要设置多个单向阀或其他控制阀的结构形式，进一步省去了大量的阀组件，进一步使得结构和流路变得更为简单和紧凑，进一步有效地实现结构的小型化和简单化。

3.本申请还通过设置两个冷端换热流路的结构形式，使得换热流体在经过
30 第一个蓄冷床被制冷后进入第一个冷端换热流路中制冷，而在经过第二个蓄冷

床被制冷后进入第二个冷端换热流路中制冷、不必再反向地进入第一个冷端换热流路中进行制冷，消除了只有一个冷端换热流路时蓄冷床与冷端换热器之间管路内流体在流向切换时的回流，从而有效地防止或是减小了管路系统与换热器中的换热流体的滞留体积，减轻了滞留体积对系统性能的影响，使得管路与
5 冷热端换热中均无滞留体积，磁制冷系统有了很大的改善，换热效率得到了很大的提升。

4.本申请还通过采用环状多腔体活塞缸以及蓄冷床与之配合，使蓄冷床与活塞缸之间通过热端旋转阀进行连接，不需要通过管路进行连接，实现结构紧凑化和小型化，且多腔体活塞缸能够实现多缸体的同时压缩或吸气的作用，例
10 如本申请的优选实施例为四个活塞缸，通过一个装置实现了四个缸体的同时作用，效率大为提高；并且采用圆柱凸轮作为磁制冷机的流体驱动机构，有效地实现了四个或多个圆周方向的活塞的的同时的往复上下运动，效率更高，且使得系统更加紧凑。

附图说明

图 1 是本申请的磁制冷装置的总装结构示意图；

图 2 是本申请的磁制冷装置的爆炸结构示意图；

图 3 是图 1 中 D-D 方向的平面剖视图；

图 4 是本申请的磁制冷装置沿图 3 的 A-A 方向的剖面结构示意图；

20 图 5 是本申请的磁制冷装置沿图 3 的 B-B 方向的剖面结构示意图；

图 6 是本申请的磁制冷装置沿图 3 的 C-C 方向的剖面结构示意图；

图 7 是本申请的磁制冷装置中的永磁体部件与蓄冷床部件的区域剖视图；

图 8 是本申请的磁制冷装置中的冷端旋转阀的爆炸结构图；

图 9 是本申请的磁制冷装置中的热端旋转阀的爆炸结构图；

25 图 10 是本申请的磁制冷装置中的多腔体活塞凸轮机构的立体结构图。

图 11 是本申请的磁制冷装置的磁制冷流路原理结构示意图（图中的管路和阀只是象征性地示出、以方便理解流体流动过程，而实际上是通过热端旋转阀和冷端旋转阀替代）。

图中附图标记表示为：

30 1、磁体组件；11、转子组件；12、定子组件；2、蓄冷床组件；21、蓄冷

床本体；211、通孔；22、磁隙空间；23、第四通孔；24、蓄冷床上盖；25、磁工质；3、冷端换热器；31、第一换热管路；32、第二换热管路；4、热端换热器；5、冷端旋转阀；51、冷端旋转阀盖；511、第一通孔；52、冷端旋转阀芯；521、第一通槽；6、热端旋转阀；61、热端旋转阀盖；611、第二通孔；612、第三通孔；613、端板；614、环形外沿；62、热端旋转阀芯；621、第二通槽；622、第三通槽；7、活塞泵组件；71、多腔体活塞缸筒；72、压缩空间；73、活塞；731、活塞杆；74、凸轮；741、容纳槽；75、下端盖；8、旋转驱动轴；9、管路。

10 具体实施方式

如图 1-12 所示，本申请提供一种磁制冷装置，其包括：

磁体组件 1，能够产生交变磁场；

蓄冷床组件 2，能够容纳磁工质，以通过交变磁场使得磁工质产生励磁放热或去磁吸热的作用；

15 冷端换热器 3、能够使得经过所述蓄冷床组件中被磁工质吸热降温的换热流体在所述冷端换热器 3 中释放冷量；

热端换热器 4、能够使得经过所述蓄冷床组件中被磁工质放热升温的换热流体在所述热端换热器 4 中释放热量；

20 还包括冷端旋转阀 5，所述冷端旋转阀 5 设置在所述蓄冷床组件 2 和所述冷端换热器 3 之间，且所述冷端旋转阀能够旋转而使得所述蓄冷床组件与所述冷端换热器 3 之间的换热流体在连通和关闭连通之间进行切换；

和/或，还包括热端旋转阀 6，所述热端旋转阀 6 设置在所述蓄冷床组件 2 和所述热端换热器 4 之间，且所述热端旋转阀 6 能够旋转而使得所述蓄冷床组件 2 与所述热端换热器 4 之间的换热流体在连通和关闭连通之间进行切换。

25 本申请通过设置冷端旋转阀和/或热端旋转阀，能够使得冷端旋转阀连接设置在蓄冷床组件和冷端换热器之间、使得蓄冷床组件和冷端换热器能够通过冷端旋转阀实现连通和关闭，热端旋转阀连接设置在蓄冷床组件和热端换热器之间、使得蓄冷床组件和热端换热器能够通过热端旋转阀实现连通和关闭，有效地取消了现有技术中磁制冷装置中在蓄冷床组件和冷端换热器以及蓄冷床组
30 件与热端换热器之间需要连接大量的管路以实现流路的连通和关闭连通，从而

有效地解决了磁制冷机结构和尺寸较大、结构不紧凑的问题，有效地实现结构的小型化和简单化。

并且本申请的磁制冷装置由于采用了冷端旋转阀和热端旋转阀还有效地替换了原有磁制冷机中蓄冷床和冷端换热器之间连接管路上需要设置多个单向阀或其他控制阀的结构形式、也取消掉了原有磁制冷机中蓄冷床和热端换热器之间连接管路上需要设置多个单向阀或其他控制阀的结构形式，进一步省去了大量的阀组件，进一步使得结构和流路变得更为简单和紧凑，进一步有效地实现结构的小型化和简单化。

本申请在于：

1、采用机械运动机构作为流体流向控制阀替代单向阀，使得系统总共只有两个阀机构，从而使活塞缸与蓄冷床之间没有管路，而是直接进行连接，很大程度上简化了管路系统。

2、采用环状多腔体活塞缸以及瓦状蓄冷床与之配合，使蓄冷床与活塞缸之间不需要管路进行连接，另外，采用圆柱凸轮作为磁制冷机的流体驱动机构，使得系统更加紧凑。

3、通过增加一个冷端换热器和旁路的设计避免了管路系统与换热器中的换热流体的滞留体积，提高了换热效率。）

优选地，

所述蓄冷床组件 2 包括环形结构的蓄冷床本体 21 和开设在所述蓄冷床本体 21 上的磁隙空间 22、所述磁隙空间 22 中能够容置磁工质，所述磁隙空间 22 在所述蓄冷床本体 21 的轴向端面上沿轴向开设、且所述蓄冷床本体 21 上开设有通孔 211 以容许换热流体进入所述磁隙空间中与所述磁工质进行换热、并阻止磁工质脱出。

这是本申请的蓄冷床组件的优选结构形式，即通过蓄冷床本体和在其上开设的磁隙空间、能够在磁隙空间中容置磁工质，磁工质能够随着交变磁场的变化而产生制冷吸热和制热放热的作用、而磁隙空间还能容许换热流体进入其中以与磁工质进行换热作用，磁隙空间沿轴向方向开设能够使得换热流体从轴向方向进入磁隙空间中、并沿轴向流出磁隙空间而进入冷端换热器或热端换热器，且磁隙空间的端面设置有蓄冷床上盖和下盖、用于阻止磁工质从磁隙空间中脱出。

优选地，

在横向截面内，所述磁隙空间 22 为弧形槽结构；和/或，所述磁隙空间 22 为在所述蓄冷床本体 21 的圆周方向均匀分布的多个、且多个所述磁隙空间 22 的形状和大小均相等，磁隙空间优选为 4 个。这是本申请的磁隙空间的优选结构形式，通过设置为弧形槽结构能够使其与圆环形状的蓄冷床本体形状相匹配，且多个磁隙空间可以形成多个同时工作的蓄冷床单元、即同时多处地进行磁工质升温或降温的作用，使得效率进一步得到提升、结构更为紧凑。且一个所述磁隙空间在周向上的长度与一个所述扇形结构或扇环形结构的所述转子组件相对应。

优选地，

所述冷端旋转阀 5 包括冷端旋转阀盖 51 和冷端旋转阀芯 52，所述冷端旋转阀芯 52 能够相对于所述冷端旋转阀盖 51 旋转，所述冷端旋转阀芯 52 上设置有能与所述蓄冷床组件 2 上的磁隙空间 22 连通的第一通槽 521，所述冷端旋转阀盖 51 上设置有第一通孔 511，当所述冷端旋转阀芯 52 旋转至使得所述磁隙空间 22 与所述第一通槽 521 和所述第一通孔 511 同时相对时、所述换热流体能够依次从所述磁隙空间 22、所述第一通槽 521 和所述第一通孔 511 流出。

这是本申请的冷端旋转阀的优选结构形式，尤其可以参见图 8 所示，即通过冷端旋转阀盖和冷端旋转阀芯的匹配结构，且冷端旋转阀芯能够转动、冷端旋转阀芯固定，能够通过冷端旋转方向的转动使得阀芯上的第一通槽与阀盖上的第一通孔进行连通和关闭连通，从而形成打开蓄冷床与冷端换热器之间的流路的打开和关闭的作用和功能，有效地省去了原有结构中的多个单向阀以及其他复杂的阀组件以及省去了复杂的流路，使得结构更为简单、紧凑和小型化。

优选地，

所述第一通槽 521 为与所述磁隙空间 22 形状相匹配的弧形槽，和/或，所述第一通槽 521 为多个、且在所述冷端旋转阀芯 52 上沿周向分布；和/或，所述第一通孔 511 为在所述冷端旋转阀盖 51 上开设的多个、且在所述冷端旋转阀盖 51 上沿周向分布。这是本申请的第一通槽和第一通孔的优选结构形式以及数量和设置形式，与磁隙空间形状匹配能够最大程度地从磁隙空间中接收最大流量的流体以及释放出最大流量的换热流体至磁隙空间中，每个磁隙空间对应地设置一个第一通槽和第一通孔、能够使得每个磁隙空间中的换热流体均能

经过冷端旋转阀的调节而输出至冷端换热器、或者从冷端换热器输出至每个磁隙空间中，实现了效率的最大化。

优选地，

所述冷端旋转阀盖 51 为圆环形结构、所述冷端旋转阀芯 52 也为圆环形结构，所述第一通孔 511 为在所述冷端旋转阀盖 51 上轴向贯通的通孔、所述第一通槽 521 为在所述冷端旋转阀芯 52 上轴向贯通的通槽。这是本申请的冷端旋转阀盖以及冷端旋转阀芯的优选结构形式以及第一通孔和第一通槽的优选开设形式，圆环形结构能够有效地与蓄冷床本体进行很好的匹配，且轴向贯通的通孔和通槽能够在冷端旋转阀盖设置于蓄冷床轴向一端时使得换流体能够沿轴向方向从蓄冷床到达冷端旋转阀中、或从冷端旋转阀到达磁隙空间中，使得结构有效地融为一体，结构更加紧凑和小型化。

如图 8 所示，所述冷端旋转阀由冷端旋转阀盖 51 与冷端旋转阀芯 52 组成，该阀的功能是对轴向流体进行周期性的流向控制。

在冷端旋转阀盖 51 的两个不同直径的同心圆上各均布了 4 个出水孔，用以与冷端换热器相连，冷端旋转阀盖 51 与蓄冷床固定不动；在冷端旋转阀芯 52 上的两不同直径的同心圆上也各布置有 2 个弧形口，共 4 个弧形口分别成 90° 分布，阀芯与阀盖的内外同心圆直径相等，冷端旋转阀芯 52 为旋转零件，冷端旋转阀即是通过冷端旋转阀芯 52 的旋转实现冷端旋转阀盖 51 上的各出水口的开闭的。上图中的时刻，冷端旋转阀芯 52 的弧形口（第一通槽 521）分别与冷端旋转阀盖 51 的第一通孔 511 相重合，此时从蓄冷床出来的流体就可从这样的弧形口与出水口重叠的流道中通过，反之则不能通过。

该阀的控制核心就在于冷端旋转阀盖 51 和冷端旋转阀芯 52 上分布的出水口与弧形口的周期性重合与错位，从而实现周期性流向开闭与流路的控制作用。

优选地，

多个所述第一通槽 521 中、存在至少一个第一通槽 521 与至少一个第一通槽 521 距离所述冷端旋转阀芯 52 的圆心的间距不相等；多个所述第一通孔 511 中、存在至少一个第一通孔 511 与至少一个第一通孔 511 距离所述冷端旋转阀芯 52 的圆心的间距不相等；且位于径向内侧的第一通槽 521 与位于径向内侧的第一通孔 511 能够通过所述冷端旋转阀芯 52 的旋转而形成轴向相对，位于径向外侧的第一通槽 521 与位于径向外侧的第一通孔 511 能够通过所述冷端旋

转阀芯 52 的旋转而形成轴向相对。

这是本申请的冷端旋转阀上的第一通槽和第一通孔的进一步优选的结构形式，即多个第一通槽中存在中心距（具冷端旋转阀芯的圆心）不同的第一通槽，这样的布置形式是为了使得中心距不同的第一通槽能够对应地与冷端换热器上的两个或两个以上的换热流路进行分别连通，设置两个或两个以上的换热流路，能够使得换热流体在经过第一个蓄冷床被制冷后进入第一个冷端换热流路中制冷，而在经过第二个蓄冷床被制冷后进入第二个冷端换热流路中制冷、不必再反向地进入第一个冷端换热流路中进行制冷，消除了只有一个冷端换热流路时蓄冷床与冷端换热器之间管路内流体在流向切换时的回流，从而有效地防止或是减小了管路系统与换热器中的换热流体的滞留体积，减轻了滞留体积对系统性能的影响，使得管路系统与冷端换热中均无滞留体积，磁制冷系统有了很大的改善，换热效率得到了很大的提升。

进一步优选所述第一通槽 521 为四个、且其中至少一个所述第一通槽 521 的中心线距所述冷端旋转阀芯的圆心的间距相等、为第一间距，且至少一个所述第一通槽 521 的中心线距所述冷端旋转阀芯的圆心的间距相等、为第二间距，且所述第一间距大于所述第二间距，且均为第一间距的两个通槽相邻设置、均为第二间距的两个通槽相邻设置。

优选地，

所述冷端换热器 3 包括位于其内部的第一换热管路 31 和第二换热管路 32，其中所述第一换热管路 31 与所述蓄冷床组件 2 的至少一个磁隙空间 22 连通，所述第二换热管路 32 与至少一个磁隙空间 22 连通，且所述第一换热管路 31 和第二换热管路 32 互不连通，换热流体在所述第一换热管路 31 中始终沿第一方向流动、换热流体在所述第二换热管路 32 中始终沿第二方向流动、且所述第一方向与所述第二方向不相同。

设置两个或两个以上的换热流路（或称换热管路，下同），能够使得换热流体在经过第一个蓄冷床被制冷后进入第一个冷端换热流路中制冷，而在经过第二个蓄冷床被制冷后进入第二个冷端换热流路中制冷、不必再反向地进入第一个冷端换热流路中进行制冷，消除了只有一个冷端换热流路时蓄冷床与冷端换热器之间管路内流体在流向切换时的回流，从而有效地防止或是减小了管路系统与换热器中的换热流体的滞留体积，减轻了滞留体积对系统性能的影响，

使得管路与冷热端换热中均无滞留体积，磁制冷系统有了很大的改善，换热效率得到了很大的提升。

本申请的磁制冷机系统原理示意图如图 11 所示（图中的管路和阀只是象征性地示出、以方便理解流体流动过程，而实际上是通过热端旋转阀和冷端旋

5 转阀替代）：

磁制冷的基本原理就是通过永磁体对蓄冷床中的磁工质进行加磁或者去磁，使得磁工质发生磁热效应而散热或吸热，再通过换热流体将其产生的热量或者冷量通过换热流体带到热端或冷端，进而实现制冷循环。结合图 11 分析以下两个流动阶段：

①第一阶段（实线箭头流向）：永磁体对蓄冷床组件 2（位于管路上面部分）去磁，使蓄冷床组件 2 吸热产生冷量，同时活塞泵组件 7（上面部分）推程压缩无杆腔内的流体（活塞泵组件 7（下面部分）则同时拉伸无杆腔内的流体），通过压力将蓄冷床组件 2 内的冷流体压到冷端换热器 3（第一换热管路 31）中进行换热；而与前端流路同步的，蓄冷床组件 2（位于管路下面部分）

10 15 则被永磁体加磁放出热量，蓄冷床组件 2 内的热流体则在压力作用下流到下端的热端换热器 4 进行散热。整个过程可简述成：通过上端的活塞的推程和下端的活塞的回程作用，将上端的蓄冷床内的冷流体推到第一换热管路 31、即冷端进行换热，而将下端的蓄冷床内的热流体推到下端的热端换热器 4 进行散热。

②第二阶段（虚线箭头流向）：永磁体对下端的蓄冷床组件 2 去磁，使其

20 吸热产生冷量，同时下端的活塞泵组件 7 推程压缩无杆腔内的流体（上端的活塞泵组件 7 则同时拉伸无杆腔内的流体），通过压力将下端的蓄冷床内的冷流体压到冷端换热器中的第二换热管路 32 中进行换热；而与前端流路同步的，上端的蓄冷床组件 2 则被永磁体加磁放出热量，其内的热流体则在压力作用下流到上端的热端换热器 4 进行散热。整个过程可简述成：通过下端的活塞的推

25 程和上端的活塞的回程作用，将下端的蓄冷床内的冷流体推到第二换热管路 32、即冷端进行换热，而将上端的蓄冷床内的热流体推到上端的热端换热器 4 进行散热。

本申请的磁制冷机即是通过上述的①②过程的循环工作实现的。而此流路系统与以往的流路系统图 4 相比，在同一个基础流路中，在系统前半个周期和

30 后半周期用具有独立管道的两个冷端换热器，消除了蓄冷床与冷端换热器之

间管路内流体在流向切换时的回流，从而极大的减轻了滞留体积对系统性能的影响。整个系统有了很大的改善，使得管路与冷热端换热中均无滞留体积，使效率得到了很大的提升。

优选地，

- 5 当多个第一通槽 521 中、存在至少一个第一通槽 521 与至少一个第一通槽 521 距离冷端旋转阀芯 52 的圆心的间距不相等；多个第一通孔 511 中、存在至少一个第一通孔 511 与至少一个第一通孔 511 距离冷端旋转阀芯 52 的圆心的间距不相等时：

所述第一换热管路 31 的入口端与位于径向外侧的第一通孔 511 连通，所述
10 述第一换热管路 31 的出口端与位于径向内侧的第一通孔 511 连通；和/或，所述第二换热管路 32 的入口端与位于径向外侧的第一通孔 511 连通，所述第二换热管路 32 的出口端与位于径向内侧的第一通孔 511 连通。这是本申请的两个的换热流路的具体与第一通孔（包括相对位于径向内侧的第一通孔和相对位于径向外侧的第一通孔）、第一通槽（包括相对位于径向内侧的第一通槽和相对
15 对位于径向外侧的第一通槽）的优选连接方式和连接关系。

优选地，

如图 9 所示，所述热端旋转阀 6 包括热端旋转阀盖 61 和热端旋转阀芯 62，所述热端旋转阀芯 62 能够相对于所述热端旋转阀盖 61 旋转，所述热端旋转阀芯 62 上设置有能与所述蓄冷床组件 2 上的磁隙空间 22 沿轴向连通的第二通槽
20 621，所述热端旋转阀盖 61 上沿轴向设置有第二通孔 611，当所述热端旋转阀芯 62 旋转至使得所述磁隙空间 22 与所述第二通孔 611 和所述第二通槽 621 同时相对时、换热流体能够依次从所述第二通槽 621、所述第二通孔 611 流入所述磁隙空间 22。

这是本申请的热端旋转阀的优选结构形式，尤其可以参见图 9 所示，即通
25 过热端旋转阀盖和热端旋转阀芯的匹配结构，且热端旋转阀芯能够转动、热端旋转阀芯固定，能够通过热端旋转方向的转动使得阀芯上的第二通槽与阀盖上的第二通孔进行连通和关闭连通，从而形成打开蓄冷床与热端换热器之间的流路的打开和关闭的作用和功能，有效地省去了原有结构中的多个单向阀以及其他复杂的阀组件以及省去了复杂的流路，使得结构更为简单、紧凑和小型化。

30 优选地，

在所述热端旋转阀芯 62 上、与所述第二通槽 621 在周向不同的位置还沿径向方向开设有第三通槽 622, 所述热端旋转阀盖 61 上还沿径向开设有第三通孔 612, 当所述热端旋转阀芯 62 旋转至所述第三通孔 612 和所述第三通槽 622 相对时、能够使得流体依次通过所述第三通孔 612、所述第三通槽 622 进入所述热端旋转阀芯 62 的下方。

这是本申请的热端旋转阀的进一步的优选结构形式, 通过在阀芯径向方向上沿径向开设设置的第三通槽和在阀盖径向方向上沿径向开设的第三通孔能够使得换热流体能够从第三通孔和第三通槽进入该热端旋转阀中并向下排出或从下方进入该热端旋转阀而从径向的第三通孔中排出, 这种连接方式适用于与蓄冷床组件外部的热端换热器进行相连通。

如图 9 所示, 与冷端旋转阀类似, 热端旋转阀也由热端旋转阀盖 61 和热端旋转阀芯 62 组成, 热端旋转阀盖 61 固定不动, 通过热端旋转阀芯 62 的旋转对流道的通闭进行控制。热端旋转阀可控制两个方向的流道, 即轴向流道与径向流道。同样的原理, 热端旋转阀也是通过阀芯的旋转使得其上的通孔 (或通道) 与阀盖上的出水口周期性重叠或错位, 从而实现了流过热端旋转阀的多流向控制。

优选地,

所述热端旋转阀盖 61 包括圆环形的端板 613 和连接在所述端板径向外缘且朝轴向延伸的环形外沿 614, 所述第三通孔 612 和所述第二通孔 611 位于所述热端旋转阀盖 61 的同一周向上、且所述第二通孔 611 设置于所述端板 613 上且沿轴向贯通、所述第三通孔 612 设置于所述环形外沿 614 上且沿径向方向贯通。这是本申请的热端旋转阀的阀盖和阀芯的进一步优选结构形式, 能够有效地实现在环形外沿上开设第三通孔、并使第三通孔和第二通孔位于周向相同的位置, 使得热端旋转方向旋转而使得第二通槽与第二通孔在轴向上连通时实现轴向流体连通、第三通槽与第三通孔在径向上连通时实现径向上的流体连通。

优选地,

参见图 4-6, 所述蓄冷床组件 2 上沿径向方向还开设有贯通的第四通孔 23, 所述第四通孔 23 一端与所述磁隙空间 22 连通、另一端能够连通到所述热端换热器 4 的一端, 所述热端换热器 4 的另一端能够连通到所述热端旋转阀芯 62 的所述第三通槽 622; 和/或, 所述第二通槽 621 也为与所述磁隙空间 22 形状

相匹配的弧形槽。这是本申请的蓄冷床上的进一步优选结构形式，通过径向方向开设的第四通孔能够使得蓄冷床的磁隙空间中的流体能够通过该径向通孔与外部的热端换热器连通、并将热端换热器的另一端连通至热端旋转阀中、并最后进入活塞泵的压缩腔体中，实现蓄冷床中流体与热端换热器、热端旋转阀和活塞泵之间的有效连通，省去大量的管路和阀，使得结构简单易于加工实现。

优选地，

所述热端换热器 4 包括两个，其中一个能够与所述热端旋转阀 6 的一端连通、另一个能够与所述热端旋转阀 6 的另一端连通。这是本申请的热端换热器的优选结构形式，即如图 4-6 所示，热端换热器为两侧的两个、实现两个磁制冷过程同时进行，实现效率最大化、结构简单化。

优选地，

如图 3 所示，所述磁体组件 1 包括转子组件 11 和定子组件 12，所述定子组件 12 为环形结构，所述蓄冷床组件 2 也为环形结构、设置于所述转子组件 11 和所述定子组件 12 之间的径向间隙中；优选所述转子组件为永磁体转子组件，所述定子组件为永磁体定子组件。所述转子组件 11 包括在周向方向的至少一个扇形结构或扇环形结构，所述转子组件 11 能够在所述蓄冷床组件 2 的径向内侧空间转动，而形成交变磁场。这是本申请磁制冷装置中磁体组件的优选结构形式，如图 3，通过将转子组件设置为扇形结构或扇环形结构，定子组件为圆环形结构，使得转子组件在定子组件内部旋转时、能够产生周向方向的交变磁场，在转子与定子周向相对的部分和与定子周向不相对的部分，从而实现对蓄冷床的不同磁隙空间中的磁工质产生励磁或去磁的作用，实现多个磁制冷制热过程的同时进行，实现效率最大化。

如图 3 所示，所述永磁体部件包括转子组件 11（优选永磁体转子）、定子组件 12（优选永磁体定子）；蓄冷床组件 2 与永磁体定子固定。而永磁体转子随着主轴进行旋转，当永磁体转子与定子在相位上开始重合时，将开始形成磁场，对蓄冷床进行加磁，而当转子与定子的相位完全重合时，完成加磁过程；在完成加磁之后，转子与定子的相位开始发生偏移，此时又对蓄冷床进行去磁，在转子与定子的相位完全偏离时，完成去磁过程。通过以上过程的往复循环便实现了对磁工质的不断加磁去磁，使其不断放热和吸热。

优选地，

所述转子组件 11 包括在周向方向上且呈中心对称分布的两个扇环形结构。这是本申请的转子组件的进一步优选的结构形式，如图 3，其为对称的两个扇环形结构，即每个扇环形占据圆周方向的 1/4 部分，两个扇环形则占据圆周方向的 1/2 部分，从而实现在其转动方向有两个磁隙空间中的磁工质被励磁、另外两个磁隙空间中的磁工质被去磁的作用。

优选地，

还包括活塞泵组件 7；

所述活塞泵组件 7 与所述蓄冷床组件 2 之间能够连通，且所述活塞泵组件 7 与所述蓄冷床组件 2 之间的换热流体能够通过所述热端旋转阀 6 或所述冷端旋转阀 5 而实现在连通和关闭连通之间进行切换。

这是本申请的磁制冷装置的驱动部分的结构形式，通过活塞泵组件以及蓄冷床与之配合，使蓄冷床与活塞缸之间通过热端旋转阀进行连接，不需要通过管路进行连接，实现结构紧凑化和小型化；且多腔体活塞缸能够实现多缸体的同时压缩或吸气的作用，例如本申请的优选实施例为四个活塞缸，通过一个装置实现了四个缸体的同时作用，效率大为提高；并且采用圆柱凸轮作为磁制冷机的流体驱动机构，有效地实现了四个或多个圆周方向的活塞的同时的往复上下运动，效率更高，且使得系统更加紧凑。

优选地，

所述活塞泵组件 7 包括环形的多腔体活塞缸筒 71，所述多腔体活塞缸筒 71 包括径向内壁、径向外壁和位于所述径向内壁和所述径向外壁之间的压缩空间 72，所述压缩空间 72 沿轴向方向贯穿所述多腔体活塞缸筒 71；

所述活塞泵组件 7 还包括能够在所述压缩空间 72 中做轴向往复运动的活塞 73，每个压缩空间 72 均对应地设置一个所述活塞 73；

所述活塞泵组件 7 还包括圆柱状的凸轮 74，所述凸轮 74 的外周面上沿周向方向开设有容纳槽 741；

所述活塞 73 的一端卡设在所述压缩空间 72 中、所述活塞的另一端卡设在所述容纳槽 741 中，使得所述凸轮 74 旋转时、所述活塞 73 的所述一端能够随着所述容纳槽 741 的周向形状变化被带动而在所述压缩空间 72 中做往复运动。

这是本申请的活塞泵组件的进一步优选的结构形式，即多腔体活塞缸筒、设置于其中的压缩空间、以及能够在其中运动的活塞，活塞的往复运动通过圆

柱状的凸轮的旋转运动来实现，在凸轮旋转一周的过程中能够实现两个相对的活塞同步向上运动、两个相对的活塞同步向下运动。

优选地，

所述容纳槽 741 距离所述圆柱状的凸轮 74 的轴向下端面之间的中心间距
5 沿圆周方向呈逐渐增大、逐渐减小、再逐渐增大和再逐渐减小的分布，使得所述活塞 73 被所述容纳槽 741 的旋转带动而做上升、下降、再上升和再下降的往复运动。

如图 10 所示，所述多腔体活塞凸轮机构，作为驱动机构，其作用是驱动磁制冷系统流体循环流动。该机构由圆柱凸轮与多腔体活塞缸组成，圆柱凸轮
10 直接通过键连接与主轴相连接，当电机带动主轴转动时，圆柱凸轮将进行旋转运动。

所述圆柱凸轮表面设有与流路循环周期相对应的轨迹轮廓(即容纳槽 741)，多腔体活塞缸的活塞杆底部设有一个与凸轮槽轨迹相接触的滚轮，当凸轮旋转时，与其接触的轮子将在凸轮槽的推力(或拉力)和摩擦力的作用下上下往复
15 运动，其运动规律由凸轮槽轨迹方程决定。

所述多腔体活塞缸筒 71，其外形为圆筒状，在其厚壁中均匀分布了四个瓦状的腔体，活塞 73 的形状则与瓦状腔体相配合，可在活塞腔内上下滑动。通过凸轮表面槽轨迹的设计，可以使得四个周向布置的活塞成周期性上下运动，在向上运动时即可将腔内的流体压缩到管路之中，而向下运动时则使管路中的
20 流体向下流动到活塞缸的腔内，如此便实现了流路中流体的往复流动。

此种多腔体活塞凸轮机构的特点是结构十分紧凑，尤其是与以往采用的盘形凸轮和径向布置多个活塞缸的方案相比优势更为突出。

优选地，

还包括旋转驱动轴 8，所述旋转驱动轴 8 穿设进入所述活塞泵组件 7、所述
25 热端旋转阀 6、所述蓄冷床组件 2、所述冷端旋转阀 5 中，所述旋转驱动轴 8 同时与所述凸轮 74、所述热端旋转阀 6 和所述冷端旋转阀 5 连接，以同时驱动所述凸轮 74、所述热端旋转阀 6 和所述冷端旋转阀 5 转动。本申请通过在整个磁制冷装置内部沿轴向方向穿设一根旋转驱动轴、能够将其与凸轮、热端旋转阀和冷端旋转阀连接，通过一根旋转驱动轴同时实现凸轮、热端旋转阀和冷端
30 旋转阀的同步转动，从而驱动换热流体从活塞泵中泵出或吸回、驱动热端旋转

阀打开活塞泵与蓄冷床之间的通路或关闭通路以及打开蓄冷床与热端换热器之间的通路、驱动冷端旋转阀打开蓄冷床与冷端换热器之间的通路或关闭通路，使得驱动效率最大化，减小了结构布置，结构更为紧凑。

5 本申请磁制冷转子的整机结构原理分析：

根据图 12 中系统流路原理提出一种整机结构的实施方式，包括一种特殊的阀结构。

图 3 是本实施方式中整机从图 1 的 D-D 平面进行的剖面图，而图 4 则是从图 3 中的 A-A 平面进行的剖视图，流体流向如图 4 中箭头表示。

10 本实施方式中所述整机包括永磁体部件与蓄冷床部件、多腔体活塞凸轮机构、冷端旋转阀、热端旋转阀以及冷热端换热器。

如图 4 所示，旋转驱动轴 8 的下端与电动机相连，通过电动机带动主轴转动为整机提供原动力。在整机运行过程中，随着主轴进行旋转运动的零部件有：冷端旋转阀 5 的阀芯、永磁体转子组件、热端旋转阀 6 的阀芯、圆柱状的凸轮 15 74，而多腔体活塞缸筒 71 中的活塞 73 随着凸轮上下运动。除上述零部件外均为固定零部件。

在上图的该时刻，为永磁体转子与定子刚开始形成磁场的时刻，即刚开始对蓄冷床组件 2 进行加磁，此时由于蓄冷床内的磁工质磁熵减小而放出热量。而此时冷端旋转阀 5 的阀芯上的弧形孔打开了冷端换热器流向蓄冷床的流道 20 （图中流向箭头通过处），热端旋转阀 6 也打开了热端换热器 4 到活塞泵组件 7 的流道，如此便形成了上图中流向箭头所标出的流道。当凸轮随着主轴转动时，会通过其上的槽轨迹将图中左右两个活塞向下拉伸，从而将蓄冷床内的热流体带到热端换热器中进行散热，此过程将一直持续 1/4 个旋转周期。

如图 5 所示，当加磁完成后，永磁体转子与永磁体定子开始发生相位偏移， 25 此时永磁体转子与定子间形成的磁场开始逐渐减弱并消失，即对转子定子间的蓄冷床进行去磁作用，使其中的磁工质磁熵增加而吸收热量。而此时冷端旋转阀 5 的阀芯上的弧形孔打开了蓄冷床流向冷端换热器的流道（图中流向箭头通过处），热端旋转阀 6 关闭了热端换热器 4 到活塞泵组件 7 的流道，如此便形成了上图中流向箭头所标出的流道。当凸轮随着主轴转动时，会通过其上的槽 30 轨迹将图中左右两个活塞向上推程压缩其内的流体，从而将蓄冷床内的冷流体

压缩到冷端换热器中进行换热，此过程将一直持续 $1/4$ 个旋转周期。

图 6 是通过旋转剖展开的整机图，该剖视图中的两个活塞缸以及两个蓄冷床处于相邻位置，而图 4、图 5 所展示的是互成 180° 的两个活塞和两个蓄冷床。成 180° 展示的是状态相同的蓄冷床与活塞缸在工作时的状况，而相邻的两个活塞缸和蓄冷床则刚好形成一个完整的回路，即对应图 6 中的系统流路图。当永磁体转子与定子对图 6 右侧床开始去磁，使右侧蓄冷床内磁工质磁熵增加而吸收热量，同时右侧活塞向上推程，通过压力将右侧蓄冷床中的冷流体推到冷端换热器进行换热；同步的，左侧的蓄冷床被加磁而放出热量，在左侧活塞的作用下，左侧蓄冷床内的热流体流到热端换热器中进行散热。当左侧活塞运动到底部时，右侧活塞运动到顶部，下一个流体便从左侧流向右侧，以上两个过程便完成了一次流路循环。

通过上述的两个过程的循环工作，实现了磁制冷机的制冷循环。需要注意的是，在此循环过程中流过热端换热器的流体是单向流动的，所以不存在以往流体往复流动时存在的滞留体积；同样的冷端换热器也实现了单一方向流动，在上图中已经将多个冷端散热器做成一个大的冷端散热器，在一个冷端散热器中设计有多条相互独立的流道，因此不会存在冷热流体混合现象。

以上所述仅为本申请的较佳实施例而已，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。以上所述仅是本申请的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请技术原理的前提下，还可以做出若干改进和变型，这些改进和变型也应视为本申请的保护范围。

权利要求书

1.一种磁制冷装置，其特征在于：包括：

磁体组件（1），能够产生交变磁场；

5 蓄冷床组件（2），能够容纳磁工质，以通过交变磁场使得磁工质产生励磁放热或去磁吸热的作用；

冷端换热器（3）、能够使得经过所述蓄冷床组件中被磁工质吸热降温的换热流体在所述冷端换热器（3）中释放冷量；

热端换热器（4）、能够使得经过所述蓄冷床组件中被磁工质放热升温的换热流体在所述热端换热器（4）中释放热量；

10 还包括冷端旋转阀（5），所述冷端旋转阀（5）设置在所述蓄冷床组件（2）和所述冷端换热器（3）之间，且所述冷端旋转阀能够旋转而使得所述蓄冷床组件与所述冷端换热器（3）之间的换热流体在连通和关闭连通之间进行切换；

和/或，还包括热端旋转阀（6），所述热端旋转阀（6）设置在所述蓄冷床组件（2）和所述热端换热器（4）之间，且所述热端旋转阀（6）能够旋转而
15 使得所述蓄冷床组件（2）与所述热端换热器（4）之间的换热流体在连通和关闭连通之间进行切换。

2.根据权利要求1所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述蓄冷床组件（2）包括环形结构的蓄冷床本体（21）和开设在所述蓄冷床本体（21）上的磁隙空间（22）、所述磁隙空间（22）中能够容置磁工质，
20 所述磁隙空间（22）在所述蓄冷床本体（21）的轴向端面上沿轴向开设、且所述蓄冷床本体（21）上开设有通孔（211）以容许换热流体进入所述磁隙空间中与所述磁工质进行换热、并阻止磁工质脱出。

3.根据权利要求2所述的磁制冷装置，其特征在于：

在横向截面内，所述磁隙空间（22）为弧形槽结构；和/或，所述磁隙空间
25 （22）为在所述蓄冷床本体（21）的圆周方向均匀分布的多个、且多个所述磁隙空间（22）的形状和大小均相等。

4.根据权利要求2所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述冷端旋转阀（5）包括冷端旋转阀盖（51）和冷端旋转阀芯（52），所述冷端旋转阀芯（52）能够相对于所述冷端旋转阀盖（51）旋转，所述冷端

旋转阀芯（52）上设置有能与所述蓄冷床组件（2）上的磁隙空间（22）连通的第一通槽（521），所述冷端旋转阀盖（51）上设置有第一通孔（511），当所述冷端旋转阀芯（52）旋转至使得所述磁隙空间（22）与所述第一通槽（521）和所述第一通孔（511）同时相对时、所述换热流体能够依次从所述磁隙空间（22）、所述第一通槽（521）和所述第一通孔（511）流出。

5 5.根据权利要求4所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述第一通槽（521）为与所述磁隙空间（22）形状相匹配的弧形槽，和/或，所述第一通槽（521）为多个、且在所述冷端旋转阀芯（52）上沿周向分布；和/或，所述第一通孔（511）为在所述冷端旋转阀盖（51）上开设的多个、
10 且在所述冷端旋转阀盖（51）上沿周向分布。

6.根据权利要求4所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述冷端旋转阀盖（51）为圆环形结构、所述冷端旋转阀芯（52）也为圆环形结构，所述第一通孔（511）为在所述冷端旋转阀盖（51）上轴向贯通的通孔、所述第一通槽（521）为在所述冷端旋转阀芯（52）上轴向贯通的通槽。

15 7.根据权利要求5所述的磁制冷装置，其特征在于：

多个所述第一通槽（521）中、存在至少一个第一通槽（521）与至少一个第一通槽（521）距离所述冷端旋转阀芯（52）的圆心的间距不相等；多个所述第一通孔（511）中、存在至少一个第一通孔（511）与至少一个第一通孔（511）距离所述冷端旋转阀芯（52）的圆心的间距不相等；且位于径向内侧的第一通槽（521）与位于径向内侧的第一通孔（511）能够通过所述冷端旋转阀芯（52）的旋转而形成轴向相对，位于径向外侧的第一通槽（521）与位于径向外侧的第一通孔（511）能够通过所述冷端旋转阀芯（52）的旋转而形成轴向相对。
20

8.根据权利要求2-7中任一项所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述冷端换热器（3）包括位于其内部的第一换热管路（31）和第二换热管路（32），其中所述第一换热管路（31）与所述蓄冷床组件（2）的至少一个磁隙空间（22）连通，所述第二换热管路（32）与至少一个磁隙空间（22）连通，且所述第一换热管路（31）和第二换热管路（32）互不连通，换热流体在所述第一换热管路（31）中始终沿第一方向流动、换热流体在所述第二换热管路（32）中始终沿第二方向流动、且所述第一方向与所述第二方向不相同。
25

30 9.根据权利要求8所述的磁制冷装置，其特征在于：

当多个第一通槽（521）中、存在至少一个第一通槽（521）与至少一个第一通槽（521）距离冷端旋转阀芯（52）的圆心的间距不相等；多个第一通孔（511）中、存在至少一个第一通孔（511）与至少一个第一通孔（511）距离冷端旋转阀芯（52）的圆心的间距不相等时：

5 所述第一换热管路（31）的入口端与位于径向外侧的第一通孔（511）连通，所述第一换热管路（31）的出口端与位于径向内侧的第一通孔（511）连通；和/或，所述第二换热管路（32）的入口端与位于径向外侧的第一通孔（511）连通，所述第二换热管路（32）的出口端与位于径向内侧的第一通孔（511）连通。

10 10.根据权利要求 1-9 中任一项所述的磁制冷装置，其特征在于：

 所述热端旋转阀（6）包括热端旋转阀盖（61）和热端旋转阀芯（62），所述热端旋转阀芯（62）能够相对于所述热端旋转阀盖（61）旋转，所述热端旋转阀芯（62）上设置有能与所述蓄冷床组件（2）上的磁隙空间（22）沿轴向连通的第二通槽（621），所述热端旋转阀盖（61）上沿轴向设置有第二通孔（611），当所述热端旋转阀芯（62）旋转至使得所述磁隙空间（22）与所述第二通孔（611）和所述第二通槽（621）同时相对时、换热流体能够依次从
15 所述第二通槽（621）、所述第二通孔（611）流入所述磁隙空间（22）。

 11.根据权利要求 10 所述的磁制冷装置，其特征在于：

 在所述热端旋转阀芯（62）上、与所述第二通槽（621）在周向不同的位置还沿径向方向开设有第三通槽（622），所述热端旋转阀盖（61）上还沿径向开设有第三通孔（612），当所述热端旋转阀芯（62）旋转至所述第三通孔（612）和所述第三通槽（622）相对时、能够使得流体依次通过所述第三通孔（612）、所述第三通槽（622）进入所述热端旋转阀芯（62）的下方。
20

 12.根据权利要求 11 所述的磁制冷装置，其特征在于：

25 所述热端旋转阀盖（61）包括圆环形的端板（613）和连接在所述端板径向外缘且朝轴向延伸的环形外沿（614），所述第三通孔（612）和所述第二通孔（611）位于所述热端旋转阀盖（61）的同一周向上、且所述第二通孔（611）设置于所述端板（613）上且沿轴向贯通、所述第三通孔（612）设置于所述环形外沿（614）上且沿径向方向贯通。

30 13.根据权利要求 11 所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述蓄冷床组件（2）上沿径向方向还开设有贯通的第四通孔（23），所述第四通孔（23）一端与所述磁隙空间（22）连通、另一端能够连通到所述热端换热器（4）的一端，所述热端换热器（4）的另一端能够连通到所述热端旋转阀芯（62）的所述第三通槽（622）；和/或，所述第二通槽（621）也为与所述磁隙空间（22）形状相匹配的弧形槽。

14.根据权利要求 1-13 中任一项所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述热端换热器（4）包括两个，其中一个能够与所述热端旋转阀（6）的一端连通、另一个能够与所述热端旋转阀（6）的另一端连通。

15.根据权利要求 1-14 中任一项所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述磁体组件（1）包括转子组件（11）和定子组件（12），所述定子组件（12）为环形结构，所述蓄冷床组件（2）也为环形结构、设置于所述转子组件（11）和所述定子组件（12）之间的径向间隙中；所述转子组件（11）包括至少一个扇形结构或扇环形结构，所述转子组件（11）能够在所述蓄冷床组件（2）的径向内侧空间转动，而形成交变磁场。

16.根据权利要求 15 所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述转子组件（11）包括在周向方向上且呈中心对称分布的两个扇环形结构。

17.根据权利要求 1-16 中任一项所述的磁制冷装置，其特征在于：

还包括活塞泵组件（7）；

所述活塞泵组件（7）与所述蓄冷床组件（2）之间能够连通，且所述活塞泵组件（7）与所述蓄冷床组件（2）之间的换热流体能够通过所述热端旋转阀（6）或所述冷端旋转阀（5）而实现在连通和关闭连通之间进行切换。

18.根据权利要求 17 所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述活塞泵组件（7）包括环形的多腔体活塞缸筒（71），所述多腔体活塞缸筒（71）包括径向内壁、径向外壁和位于所述径向内壁和所述径向外壁之间的压缩空间（72），所述压缩空间（72）沿轴向方向贯穿所述多腔体活塞缸筒（71）；

所述活塞泵组件（7）还包括能够在所述压缩空间（72）中做轴向往复运动的活塞（73），每个压缩空间（72）均对应地设置一个所述活塞（73）；

所述活塞泵组件（7）还包括圆柱状的凸轮（74），所述凸轮（74）的外

周面上沿周向方向开设有容纳槽（741）；

所述活塞（73）的一端卡设在所述压缩空间（72）中、所述活塞的另一端卡设在所述容纳槽（741）中，使得所述凸轮（74）旋转时、所述活塞（73）的所述一端能够随着所述容纳槽（741）的周向形状变化被带动而在所述压缩空间（72）中做往复运动。

19.根据权利要求 18 所述的磁制冷装置，其特征在于：

所述容纳槽（741）距离所述圆柱状的凸轮（74）的轴向下端面之间的中心间距沿圆周方向呈逐渐增大、逐渐减小、再逐渐增大和再逐渐减小的分布，使得所述活塞（73）被所述容纳槽（741）的旋转带动而做上升、下降、再上升和再下降的往复运动。

20.根据权利要求 18 所述的磁制冷装置，其特征在于：

还包括旋转驱动轴（8），所述旋转驱动轴（8）穿设进入所述活塞泵组件（7）、所述热端旋转阀（6）、所述蓄冷床组件（2）、所述冷端旋转阀（5）中，所述旋转驱动轴（8）同时与所述凸轮（74）、所述热端旋转阀（6）和所述冷端旋转阀（5）连接，以同时驱动所述凸轮（74）、所述热端旋转阀（6）和所述冷端旋转阀（5）转动。

1/11

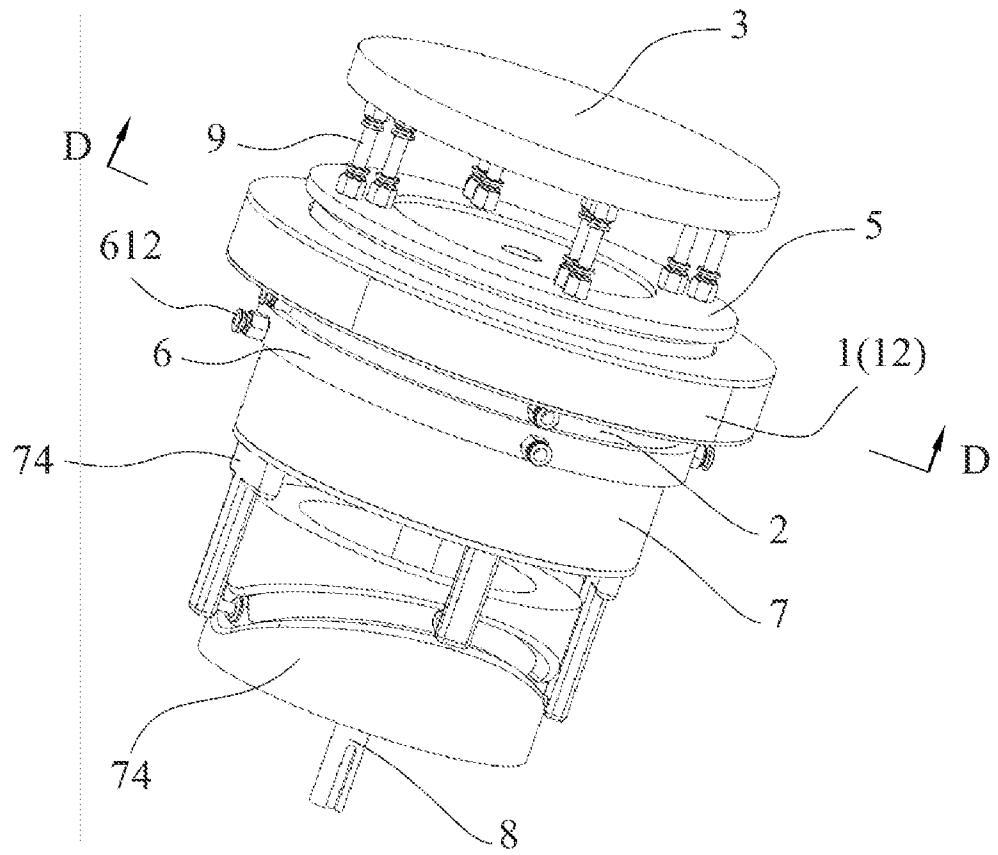


图 1

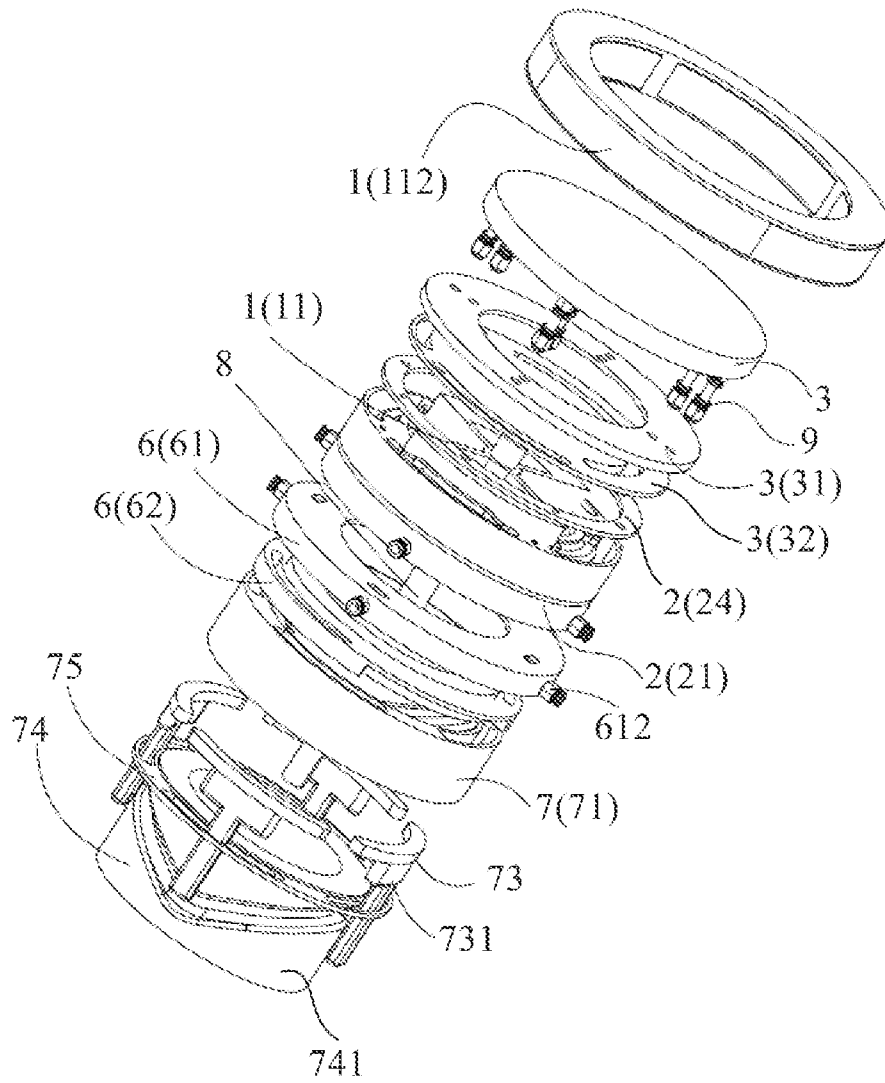


图 2

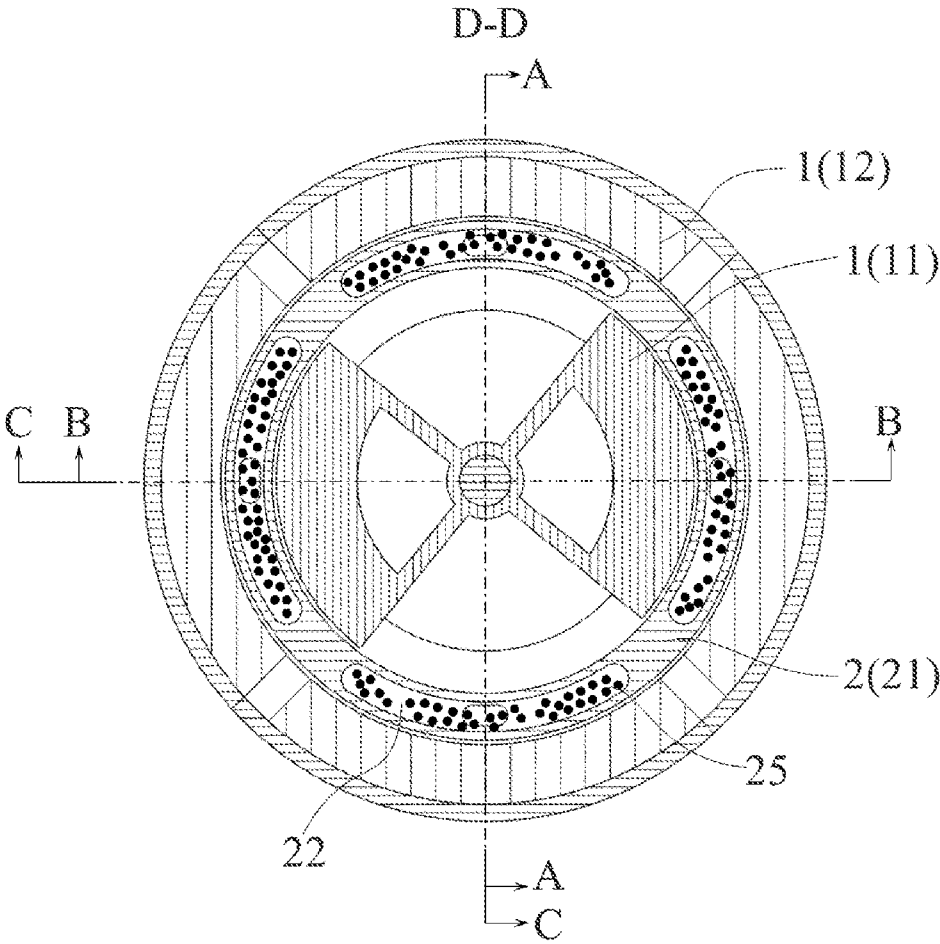


图 3

4/11

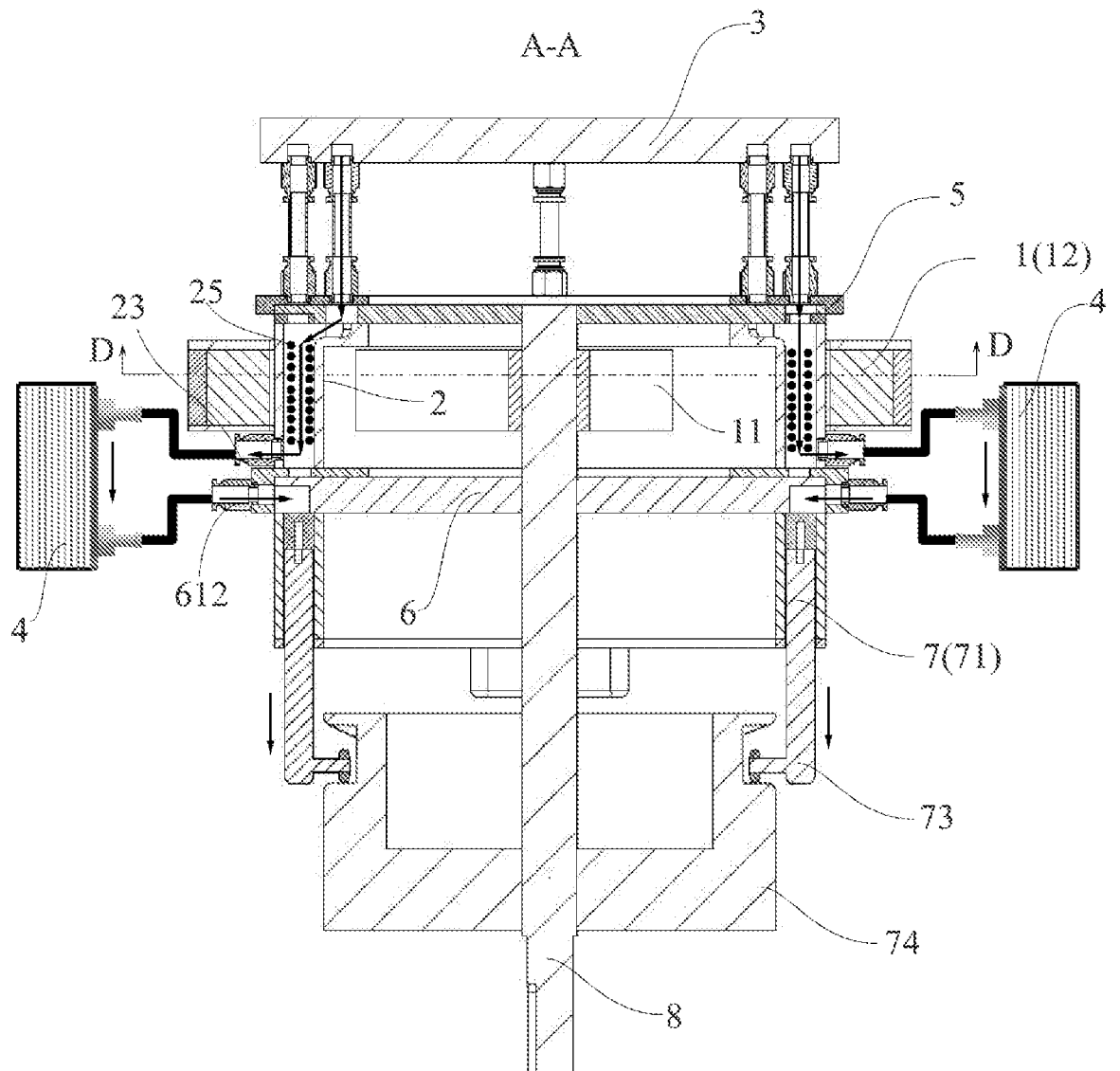


图 4

5/11

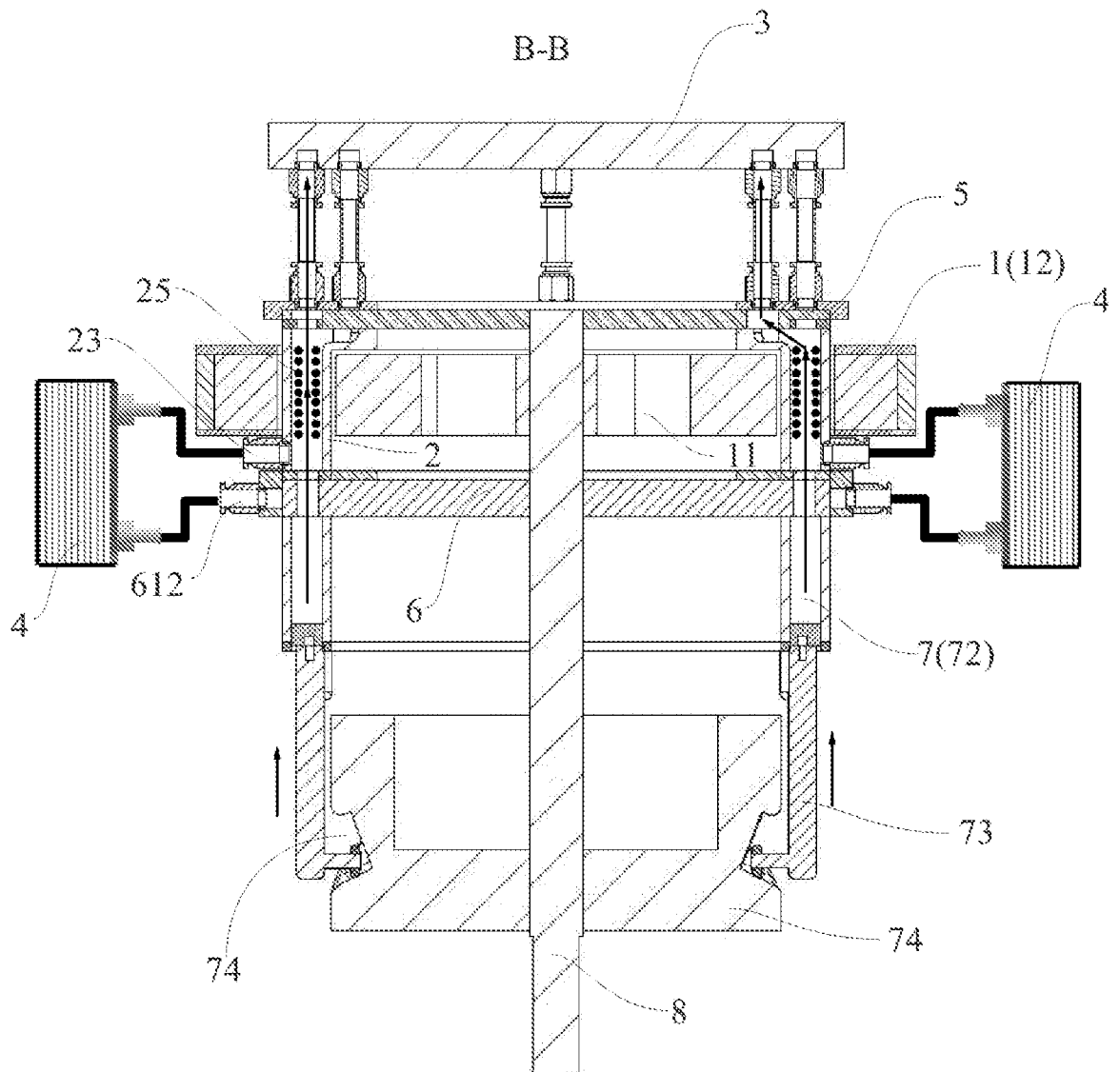


图 5

6/11

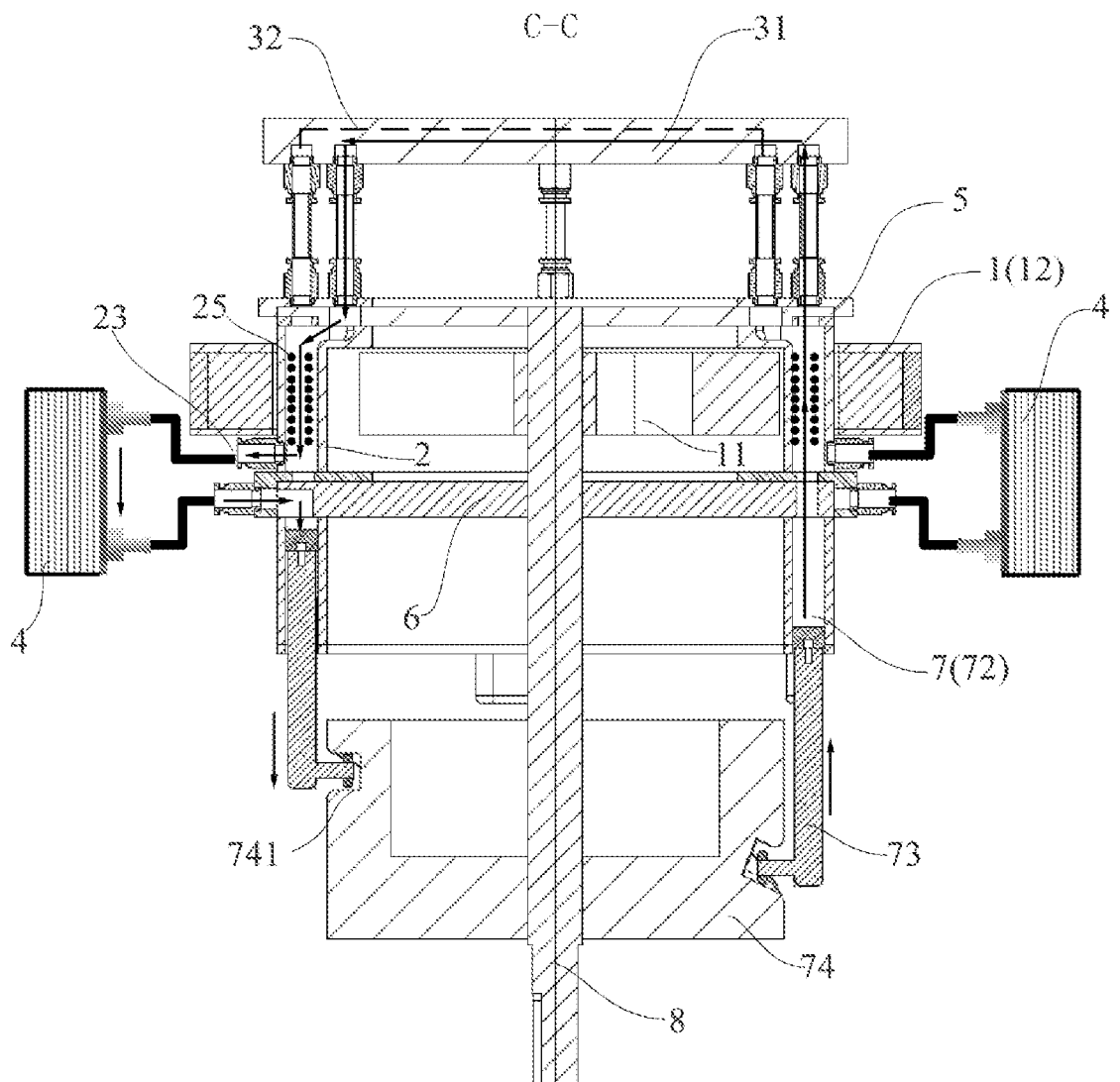


图 6

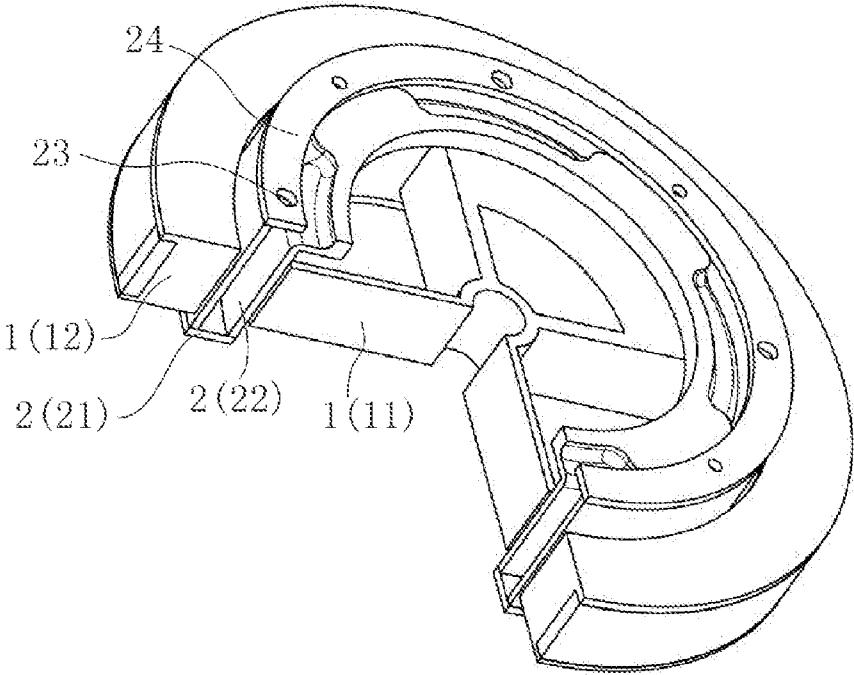


图 7

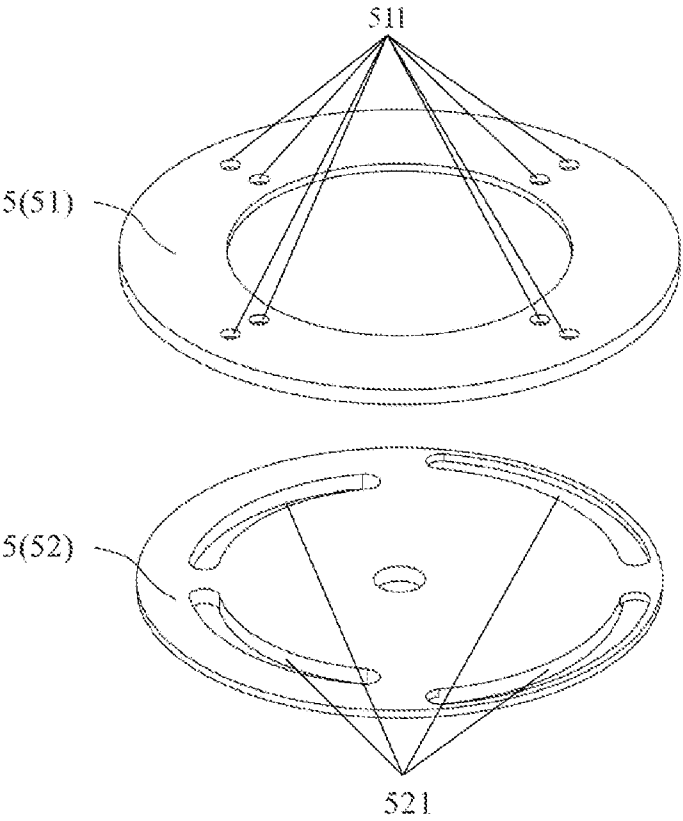


图 8

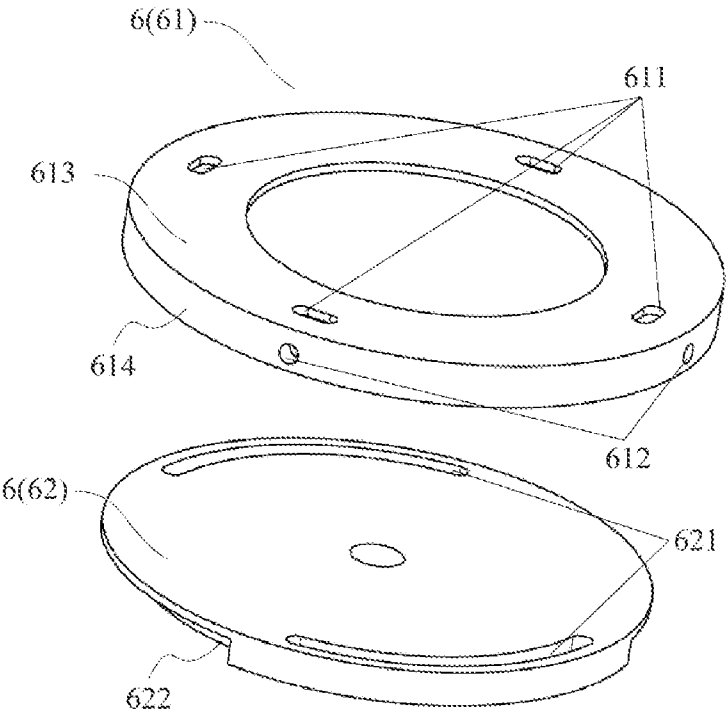


图 9

10/11

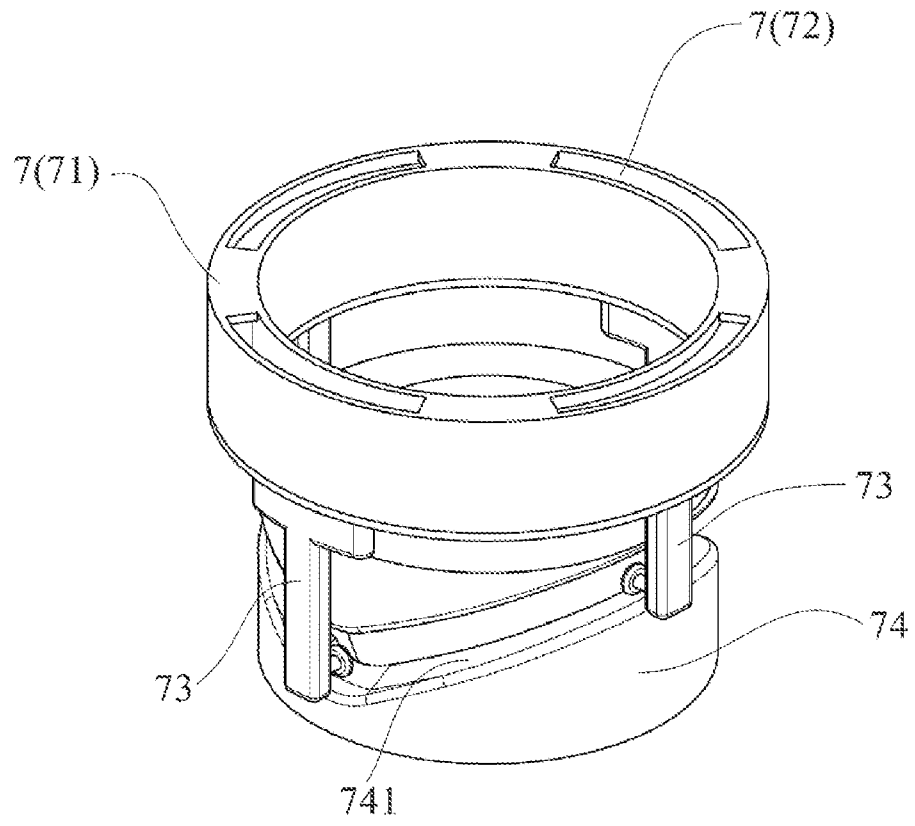


图 10

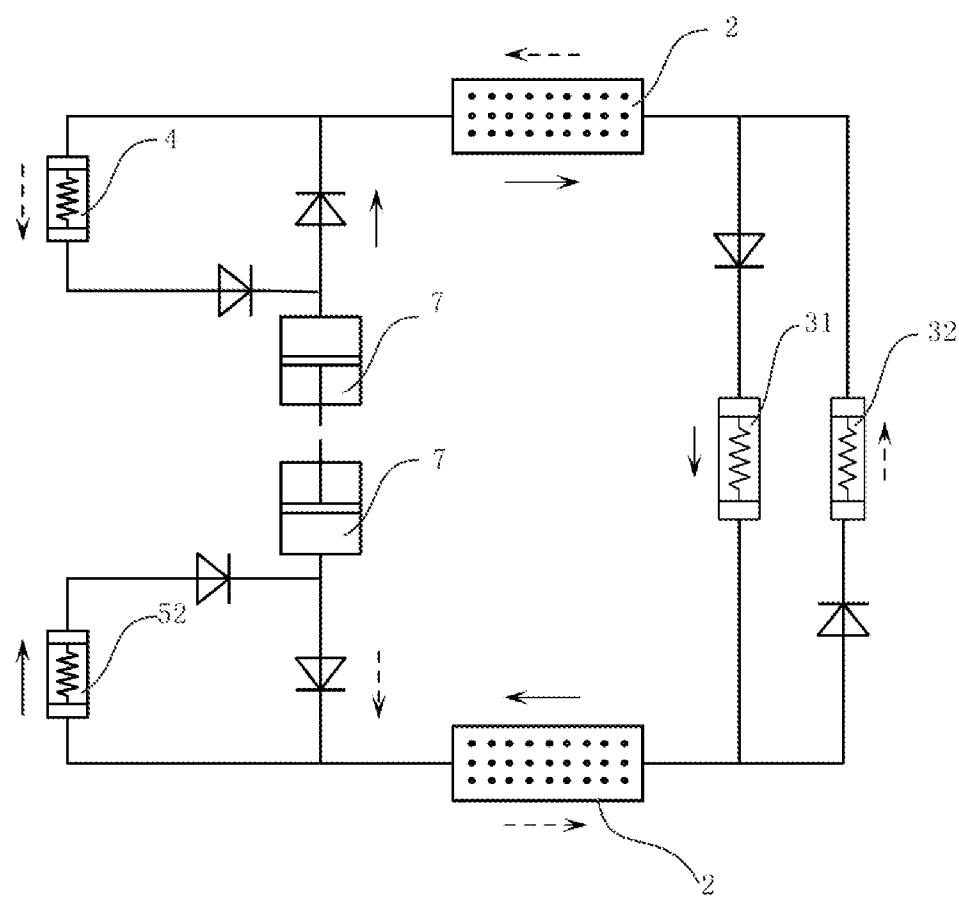


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/106127

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B 21/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F25B21/00; F25B; F25D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN: 电磁, 制冷, 换热, 旋转, 阀, MAGNETIC, REFRIGERATE, ROTATING VALVE, SIZE, EXCHANGER, ALTERNATE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109708335 A (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI) 03 May 2019 (2019-05-03) claims	1-20
Y	CN 207865754 U (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI) 14 September 2018 (2018-09-14) description, pages 3-7, and figures 1-6	1-20
Y	CN 103148633 A (NANJING UNIVERSITY) 12 June 2013 (2013-06-12) description, pages 3-5, and figures 1-6	1-20
A	CN 108895704 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 27 November 2018 (2018-11-27) entire document	1-20
A	CN 108223841 A (BAOTOU RESEARCH INSTITUTE OF RARE EARTHS et al.) 29 June 2018 (2018-06-29) entire document	1-20
A	JP 08132023 A (TOKYO YOGYO K. K.) 28 May 1996 (1996-05-28) entire document	1-20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 December 2019

Date of mailing of the international search report

19 December 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/106127

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109708335	A	03 May 2019	None			
CN	207865754	U	14 September 2018	None			
CN	103148633	A	12 June 2013	CN	103148633	B	08 July 2015
CN	108895704	A	27 November 2018	None			
CN	108223841	A	29 June 2018	None			
JP	08132023	A	28 May 1996	JP	H08132023	A	28 May 1996

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/106127

A. 主题的分类

F25B 21/00 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

F25B21/00; F25B; F25D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNABS, CNTXT, CNKI, VEN: 电磁、制冷、换热、旋转、阀; MAGNETIC, REFRIGERATE, ROTATING VALVE, SIZE, EXCHANGER, ALTERNATE

C. 相关文件

类 型*

引用文件, 必要时, 指明相关段落

相关的权利要求

PX

CN 109708335 A (珠海格力电器股份有限公司) 2019年 5月 3日 (2019 - 05 - 03)
权利要求书

1-20

Y

CN 207865754 U (珠海格力电器股份有限公司) 2018年 9月 14日 (2018 - 09 - 14)
说明书第3-7页、附图1-6

1-20

Y

CN 103148633 A (南京大学) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12)
说明书第3-5页, 图1-6

1-20

A

CN 108895704 A (西安交通大学) 2018年 11月 27日 (2018 - 11 - 27)
全文

1-20

A

CN 108223841 A (包头稀土研究院 等) 2018年 6月 29日 (2018 - 06 - 29)
全文

1-20

A

JP 08132023 A (TOKYO YOGYO KK) 1996年 5月 28日 (1996 - 05 - 28)
全文

1-20

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 12月 5日

国际检索报告邮寄日期

2019年 12月 19日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

张旭东

电话号码 62085026

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/106127

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109708335	A	2019年 5月 3日	无	
CN	207865754	U	2018年 9月 14日	无	
CN	103148633	A	2013年 6月 12日	CN 103148633 B	2015年 7月 8日
CN	108895704	A	2018年 11月 27日	无	
CN	108223841	A	2018年 6月 29日	无	
JP	08132023	A	1996年 5月 28日	JP H08132023 A	1996年 5月 28日