

(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
2016 年 10 月 6 日 (06.10.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/155601 A1

- (51) 国际专利分类号:
F25B 9/14 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/077610
- (22) 国际申请日: 2016 年 3 月 29 日 (29.03.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510145151.0 2015 年 3 月 30 日 (30.03.2015) CN
- (71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市浙大路 38 号, Zhejiang 310027 (CN)。住友重机械工业株式会社 (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD) [JP/JP]; 日本东京都品川区大崎二丁目 1 番 1 号, Tokyo 141-6025 (JP)。
- (72) 发明人: 姜晓 (JIANG, Xiao); 中国浙江省杭州市浙大路 38 号, Zhejiang 310027 (CN)。邱利民 (QIU, Limin); 中国浙江省杭州市浙大路 38 号, Zhejiang 310027 (CN)。
- (74) 代理人: 广州三环专利代理有限公司 (GUANGZHOU SCIHEAD PATENT AGENT CO., LTD.); 中国

广东省广州市越秀区先烈中路 80 号汇华商贸大厦 1508 室, Guangdong 510070 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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))。

(54) Title: PULSE TUBE REFRIGERATOR

(54) 发明名称: 一种脉管制冷机

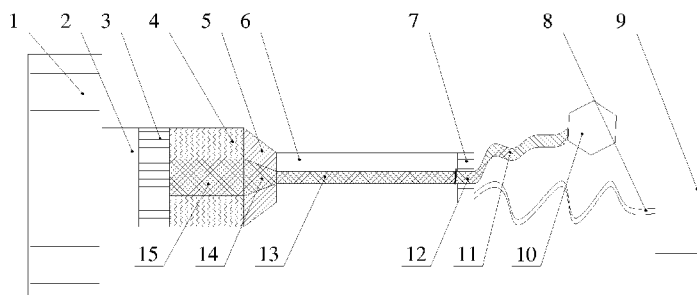


图 1

(57) Abstract: A refrigerator comprises a regenerator (4), a cold heat exchanger (5), a pulse tube (6), a warm heat exchanger (7) and a phase modulating mechanism (9), respectively sequentially connected. A drainage tube (17) is disposed inside the regenerator (4) axially and extends inside the cold heat exchanger (5). The drainage tube (17) further extends inside the pulse tube (6) and the warm heat exchanger (7). The refrigerator can realize uniformity of fluid flow in the refrigerator and prevent bias-flow, and particularly reduce nonuniform temperature inside the regenerator (4), realizing efficient operation of the refrigerator.

(57) 摘要: 一种制冷机, 其包括依次连接的回热器 (4)、冷端换热器 (5)、脉管 (6)、热端换热器 (7) 以及调相机 (9), 在回热器 (4) 内沿其轴向设置有导流管 (17), 该导流管 (17) 可延伸至冷端换热器 (5) 内, 并且该导流管 (17) 可进一步延伸至脉管 (6) 内, 该导流管 (17) 还可进一步延伸至热端换热器 (7) 内。该制冷机能够实现制冷机中流体流动的均匀化并防止偏流, 尤其可以减少回热器 (4) 内温度不均匀现象, 实现制冷机高效工作。



WO 2016/155601 A1

一种脉管制冷机

本申请要求于 2015 年 3 月 30 日提交中国专利局、申请号为 201510145151.0、发明名称为“一种脉管制冷机”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

本发明涉及制冷机领域，具体涉及一种脉管制冷机。

背景技术

近年来，对大功率斯特林型脉管制冷机的研发得到关注。

为了提升脉管制冷机的制冷能力，需要使用大口径的回热器及脉管。但是，伴随回热器和脉管的大口径化，在回热器和脉管内制冷剂的流动容易发生偏流。制冷剂的偏流很可能会限制制冷性能的提升。

发明内容

针对上述问题，本发明提供了一种抑制了脉管制冷机内制冷剂出现偏流的制冷机。

为了实现上述发明目的，本发明采取的技术方案如下：

一种脉管制冷机，包括依次连接的回热器、冷端换热器、脉管，热端换热器以及调相机构，在回热器内沿其轴向设置有导流管。通过在回热器内设置导流管能够阻断和减少横向截面（与周向垂直的截面）气流交换路径，使流场更加均匀，减少回热器内温度不均匀现象，从而实现制冷机高效工作。优选地，所述导流管与所述回热器同轴设置。

作为本发明的优选实施方式，所述导流管还可延伸至冷端换热器内。通过将导流管延伸至冷端换热器内，能够降低流道在冷端换热器内的变径程度，能够优化气流组织，缩短冷端换热器的翅片长度，强化冷端换热器

的换热能力。

作为优选，所述导流管还可进一步延伸至脉管内。通过将导流管延伸至脉管内，能够使圆形脉管变为环形脉管，并且可以减小回热器与脉管间的变径，优化脉管内的气流。更为优选地，位于脉管内的导流管区段与所述脉管同轴设置。

作为优选，位于脉管内的导流管区段的外壁可固定有整流网。在大质量流的情况下，因为冷端换热器以及热端换热器的形状的限制，由此进入脉管两端的气体必然不是均匀的，因此用整流网作为层流化元件将是十分必要的，而固定整流网，尤其是在脉管中部固定整流网，是十分困难的，本发明通过将导流管延伸至脉管内，能够给整流网提供固定点，以方便在脉管内布置整流层。

作为优选，所述导流管还可进一步延伸至热端换热器内。

所述导流管的内壁和/或外壁还可布置有至少一个传感器，所述至少一个传感器通过导线与外部测量装置相连通，该导线穿过所述导流管的内部并从导流管位于热端换热器处的末端向外延伸至外部测量装置。

通过在导流管上布置传感器，能够在不显著影响制冷机内部流场的情况下，实现对制冷机内部的温度、压力等参数的测量。通过测得制冷机内部的温度与压力，还能够促进对脉管制冷机原理的深入了解，同时有利于对小长径比的回热器内不均匀性现象进行深入分析，从而寻找高效可行的抑制损失的方法。

如通过测量回热器内部的温度，结合回热器外壁面的温度测量，可以立体得到回热器的更多点的温度分布，对于研究回热器内部不均匀性以及对于制冷机进行优化控制有重大的意义；如通过测量冷端换热器内部气流的温度（不存在热流），结合冷端换热器外壁上的温度测量，可以更加真实地分析冷端换热器的效率；如通过测量脉管内的温度，结合脉管外壁面的温度测量，可以得到脉管立体温度分布，对于脉管优化有指导性作用。

作为优选，所述至少一个传感器温度传感器，设置在导流管的内壁。将温度传感器设置在导流管的内壁上就不会影响制冷机内的流场。

制造导流管所用的材料，没有特殊的限制，主要以能减少热力学与流

体损失为主。例如位于脉管内的导流管就可以使用热导率低的材料。但为了使温度传感器测得的数据具有可靠性和实效性，作为优选，导流管中设置有温度传感器的部分可由传热材质制成。

作为优选，所述传感器还可是压力传感器，嵌入导流管的外壁。这样嵌入式的布置能够最大程度的减小压力传感器对制冷机内流场的影响。

位于回热器内的导流管区段各处的横截面面积均相同，其横截面面积与回热器横截面面积的比为 $1/20$ 以上且 $1/2$ 以下，位于脉管内的导流管区段各处的横截面面积均相同，其横截面面积与脉管横截面面积的比为 $1/20$ 以上且 $1/2$ 以下。位于回热器内的导流管区段的横截面面积大于位于脉管内的导流管区段的横截面面积。为了使导流管从回热器到脉管能够平缓过渡，作为优选，所述位于冷端换热器内的导流管区段的两端的横截面分别与位于回热器内的导流管区段和位于脉管内的导流管区段的横截面相匹配。这样的设计，能够直接减少从回热器到脉管的变截面程度，能减少因变截面而产生的损失。

导流管没有形状和大小的限制，为了使导流管具有较好的效果，作为优选，所述导流管的横截面的外轮廓为圆形或正多边形。

为了使导流管的效果达到最好，所述导流管的横截面的外轮廓优选为圆形。

本发明中导流管可以一体成型，也可以根据实际情况由多个小部件共同组成。当为多个小部件组成时，相互之间的连接方式没有特殊限制，可以为粘合、螺纹配合，焊接、卡接配合等各种连接方式。

作为优选，所述调相机构包括与热端换热器的远离回热器的一端连通的惯性管以及与惯性管连接的气库。

所述制冷机为脉管制冷机，脉管制冷机的总类没有任何限制，可以为单级或多级；可以为热耦合型脉管制冷机、气耦合型脉管制冷机、斯特林型脉管制冷机或 GM 型脉管制冷机；也可以为小孔型脉管制冷机、双向进气型脉管制冷机、惯性管型脉管制冷机或双向进气与惯性管联合调相型脉管制冷机。

当制冷机为斯特林型脉管制冷机时，所述制冷机还包括依次连接的压

压缩机、传输管和级后冷却器，所述级后冷却器与回热器连通。

作为优选，所述导流管还可延伸穿过级后冷却器至传输管内。该导流管的延伸区段能够对压缩机压缩的空气进行整流。

当制冷机为 GM 型脉管制冷机时，所述制冷机还包括与回热器连通的级后冷却器，所述级冷器具有与高压气源相连的第一气管以及与低压气源相连的第二气管，第一气管和第二气管均设有电动阀。

根据本发明，能够抑制脉管制冷机的回热器或脉管内制冷剂出现偏流。

附图说明：

图 1 是根据本实用新型的一种具体实施方式的脉管制冷机的结构示意图；

图 2 是图 1 中的导流管的结构示意图；

图 3 是没有导流管时脉管制冷机的回热器的横截面图；

图 4 是具有导流管时脉管制冷机的回热器的横截面图；

图 5 是回热器的横截面的微元化处理图；

图 6 是表示图 5 中 E 微元的轴向上的结构的示意图；

图 7 是没有导流管时脉管制冷机的冷端换热器处的结构示意放大图；

图 8 是图 1 中冷端换热器处的局部放大图；

图 9 是为根据本实用新型的另一种具体实施方式的脉管制冷机的结构示意图；

图 10 是为根据本实用新型的又一种具体实施方式的制冷机的结构示意图。

图中各附图标记为：

1.压缩机，2.传输管，3.级后冷却器，4.回热器，5.冷端换热器，6.脉管，7.热端换热器，8.惯性管，9.气库，10.测量装置，11.导线，12. 导流管 D 段，13. 导流管 C 段，14. 导流管 B 段，15. 导流管 A 段，16. 导流

管延伸部，17.导流管。

具体实施方式：

一种脉管制冷机主要会存在如下技术问题：一、回热器内部出现流动与温度径向不均匀性；二、大冷量下冷端换热器存在过大换热温差；三、脉管内部整流丝网难以固定；四、制冷机内部温度与压力无法直接测量。这些问题可能对大功率斯特林型脉管制冷机的性能提升起到了不可忽略的限制。

关于问题一，回热器内出现的不均匀性具有多种原因。其中主要原因是，大功率脉管制冷机中的小长径比回热器会减弱径向热力和水力联系，当输入功率和温度梯度增大超过临界值时，回热器内便会出现环流，由此导致的温度不均匀性又会进一步放大产生的环流。针对回热器径向温度不均匀性现象，目前的主要方法为增强同截面传热，在回热器特定位置填充高热导率或不同目数的填料、或者采用适当的长径比、减少声功的输入等，但是以上都只能在一定程度减少回热器损失，对整机性能的提升不够显著。有待进一步发掘更加有效的方法。

关于问题二，针对于常见的狭缝式冷端换热器，绝大部分研究关注的都是其内部换热面积和对流场的影响。经分析表明，随着制冷量的急剧增加，冷端换热器的单位热流量也剧烈增加，同时冷端换热器性能损失占整机性能损失的比例也越来越大。因此，冷端换热器的优化是高效率大冷量制冷机的必要条件。同时随着制冷机制冷量的增加，回热器直径相应的增加，导致回热器和脉管之间存在一个大变径段，这需要在较短的冷端换热器内进行过渡。如果不进行流道的优化，比如会造成巨大的涡流损失。

关于问题三，脉管内经常填充丝网进行整流，但是由于丝网需要固定，往往通常将此整流装置布置脉管的冷热两端。随着质量流的增加和脉管的直径变大，脉管中部出现气流不均匀的可能性增大，在脉管中部设置丝网进行整流具有实际意义，虽然过去也有在脉管中部布置丝网的实验，但是布置方法较为复杂。

关于问题四，目前研究的脉管制冷机的参数主要为温度与压力。其中

温度测量一般都是在回热器的壁面与脉管的壁面布置温度计，而无法得到内部真实的温度分布。后来引入红外摄像仪对脉管内部的温度场进行研究，但是由于测温范围的限制（最低温度 230K）以及测量原理（回热器内填料密集填充影响内部温度成像）的问题，都无法准确和直观的反映机器内部的温度与压力。如果能将温度计或者压力计布置到内部，又不影响机器本身，将对制冷机的研究产生重大意义。

如果上述的四个问题能得到解决，斯特林型脉管制冷机将会得到飞跃性的发展。这将切合时代发展对具有高效可靠的低温制冷机巨大的需求，将会产生巨大的经济与社会效益。

本发明所说的制冷机为脉管制冷机，脉管制冷机的种类没有任何限制，可以为单级或多级；可以为热耦合型脉管制冷机、气耦合型脉管制冷机、斯特林型脉管制冷机或 GM 型脉管制冷机；也可以为小孔型脉管制冷机、双向进气型脉管制冷机、惯性管型脉管制冷机或双向进气与惯性管联合调相型脉管制冷机。

根据本发明的一种实施方式所涉及的脉管制冷剂，可以得到如下优点：

一、通过在回热器内设置导流管，能够阻断和减少横向截面气流交换路径，使流场更加均匀，减少回热器内温度不均匀现象，实现制冷机高效工作。

二、通过将导流管延伸至冷端换热器内，能够降低流道在冷端换热器内的变径程度，能够优化气流组织，缩短冷端换热器的翅片长度，强化冷端换热器的换热能力。

三、通过将导流管延伸至脉管内，能够形成环形脉管，可以减小回热器与脉管间的变径，优化脉管内的气流，且C段能够给整流网提供固定点，方便在脉管内布置整流层。

四、通过在导流管上布置传感器，能够在不影响制冷机内部流场的情况下，实现制冷机内部的温度、压力等参数的测量。

以下，以斯特林型脉管制冷机为例，结合各附图对本发明的实施方式作详细描述。

如图 1、2 所示，本发明的实施方式所涉及的脉管制冷机，包括依次连接的压缩机 1、传输管 2、级后冷却器 3、回热器 4、冷端换热器 5、脉管 6、热端换热器 7、惯性管 8 以及气库 9。制冷机工作时，回热器 4 的靠近脉管的一侧的温度下降，从靠近压缩机 1 的端部至靠近脉管的一侧出现温度梯度。因此，将回热器 4 的靠近脉管侧的端部称作低温端，将靠近压缩机侧的端部称作高温端。在回热器 4 内沿其轴向设置有导流管。导流管例如为中空圆筒状部件。由于导流管是中空的，因此能够降低从回热器的高温端侵入低温端的热量。而且，优选在导流管的侧壁设置多个开口，并使回热器的内部空间和导流管的内部空间连通。通过在导流管的侧壁设置多个开口，能够将填料维持为高纯度。另外，导流管未必一定要中空，也可以使用由导热系数较小的材料制成的实心部件。导流管的内部空间优选相对于大气维持气密状态。而且，还可以对导流管的内部空间进行减压。导流管的内部空间和回热器 4 的内部空间也可以被导流管的侧壁隔开而彼此不相通。将位于回热器内的导流管区段，即导流管的回热器区段称作 A 段 15。该导流管 A 段可以与回热器 4 同轴设置。该导流管可以向冷端换热器 5 延伸以延伸至冷端换热器内。将位于冷端换热器内的导流管区段，即导流管的冷端换热器区段称作 B 段 14。该导流管继续延伸穿过冷端换热器 5 以延伸至脉管 6 内。将位于脉管内的导流管区段，即导流管的脉管区段称作 C 段 13。该导流管 C 段可以与脉管 6 同轴设置。该导流管可以继续延伸穿过脉管 6 以延伸至热端换热器 7 内。将位于热端换热器内的导流管区段，即导流管的热端换热器区段称作 D 段 12。

在回热器 4 的内部填充有填料。填料例如为铜等的金属丝网。在回热器 4 的内部延伸有导流管的 A 段，填料为与导流管的形状相对应的环形丝网。由于填料以保卫导流管的方式填充，因此回热器同截面中距截面中点等距的任意两点（空间上无差异的两点）之间的制冷剂气体交换的通道会减少。即，制冷剂无法在两点之间直线流动，因而两点之间的流阻增大。图 3 是没有导流管时脉管制冷机的回热器的横截面图。图 4 具有导流管时脉管制冷机的回热器的横截面图。如图 4 所示，通过设置 A 段，与图 3 的情况相比，在一定程度上减少空间无差异两点之间的气体交换通道。用

流体网络分析，导流管能增加两点之间的流阻，在具有相同的压差情况下，流阻大的两点之间气体交换量更小。由此，能够降低流场的不均匀性。

图 5 是回热器的横截面的微元化处理图。图 6 是表示图 5 中 E 微元的轴向上的结构的示意图。如图 5 和图 6 所示，将回热器延其轴线方向划分为无数个小的回热器，即无数个小的微元，并且沿回热器的截面将回热器划分为无数个小的回热器，即无数个小的微元。在理想情况（包括不存在径向不均匀现象）下，在回热器的同一截面上的小回热器应该彼此之间都不存在气体交换。即任一黑色填充的回热器都不存在位置上的差异性。因此在同一截面上压力相等。但实际过程中，尽管采用同一尽量均匀的填料填充，但是物质的不连续性和填充工艺等许多因素的存在，即使对于一根小的回热器而言，轴向上会随机出现单位距离不同的流阻。这里以 E 微元为例，即 I、II、III 处可能的压差梯度不相同，因此轴向方向上无法保证流阻均匀或者让其按设想进行分布。对于每个小的回热器而言，都会出现如此的情况，而且彼此之间的都会出现随机分布。但因为采用相同填充材料和相同的填充工艺，轴向上的随机累积的总流阻在各小的回热器之间不会出现大的差异性。但是在同一截面，因为轴向随机流阻分布导致了原本空间上无差异的两点出现压差，这个压差将会直接驱动小回热器彼此之间的气流交换，出现整体上径向不均匀，对外就体现在径向温度不均匀性。正如图 5、6 的分析所示，因为导流管的加入，将会减少空间上无差异的两点间气流交换，因此会减缓回热器内径向温度不均匀性现象，将会提升回热器的性能。

而且，在导流管 C 段的外壁，还可以固定未图示的整流网。

在导流管的内壁可以配置有未图示的若干个温度传感器，在导流管的外壁可以嵌入有未图示的若干个压力传感器。各传感器可以经由导线 11 与外部测量装置 10 连接。该导线 11 经过导流管的内部且从导流管的位于热端换热器 7 的部位的末端向外侧延伸直至外部测量装置 10。

随着制冷量的需求的急剧增加，冷端换热器将面临更加大单位体积换热要求。图 7 是没有导流管时脉管制冷机的冷端换热器处的结构示意放大图。图 8 是图 1 中冷端换热器处的局部放大图。如图 7、8 所示，通过设

置导流管 B 段，迫使气流更加集中在冷端换热器的外端，减少换热热阻，提升换热器效率。同时，导流管 B 段的引入能直接减少由回热器到脉管变径的程度，对比图 7 和图 8，发现 $\alpha > 2\beta$ ，其中 α 为未安装导流管时的变径角度， 2β 为安装了导流管后的变径角度，因此，导流管能有效的抑制涡流损失。

图 9 为根据本发明的另一种实施方式的脉管制冷机的结构示意图。在本实施方式中，除了增加设置导流管延伸部 16 外，其余设置与图 1 至图 8 说明的实施方式相同。在以下说明中，对相同的结构标注相同的符号，并省略对该结构以及作用效果的说明。

如图 9 所示，为了对压缩机压缩的空气进行整流，导流管还可以延伸穿过级后冷却器 3 至传输管 2 内，即形成穿过级后冷却器位于传输管内的导流管延伸部 16，该延伸部还可以深入至压缩机中。

图 10 为本发明的又一种实施方式。在本实施方式中，除了制冷机为 U 型斯特林型脉管制冷机外，其余设置与图 1 至图 8 说明的实施方式相同。在以下说明中，对相同的结构标注相同的符号，并省略对该结构以及作用效果的说明。

如图 10 所示，通过在回热器内设置导流管 A 段，能够阻断和减少横向截面气流交换路径，使流场更加均匀，减少回热器内温度不均匀现象，实现制冷机高效工作；通过在冷端换热器内设置导流管 B 段，能够降低流道在冷端换热器内的变径程度，能够优化气流组织。由此，能够缩短冷端换热器的翅片长度，强化冷端换热器的换热能力；通过设置在脉管内设置导流管 C 段，能够形成环形脉管，可以减小回热器与脉管间的变径，优化脉管内的气流，且导流管 C 段能够给整流网提供固定点，方便在脉管内布置整流层；通过在导流管上布置传感器，能够在不影响制冷机内部流场的情况下，实现制冷机内部的温度、压力等参数的测量。

在本发明中，A 段各处的横截面面积均相同，其横截面面积与回热器横截面面积的比为 1/20 以上且 1/2 以下，C 段各处的横截面面积均相同，

其横截面面积与脉管横截面面积的比为 $1/20$ 以上且 $1/2$ 以下。A 段的横截面面积大于 C 段的横截面面积，为了使 A、C 段能够平缓过渡，B 段两端的横截面分别与 A 段和 C 段的横截面相匹配。

制造导流管的所用材料，没有特殊的限制，更多在于能减少热力学损失与流体损失为主，但为了使温度传感器测得的数据具有可靠性和实效性，本发明中，导流管中设置有温度传感器的部分为传热材质，例如铜等热导率优良的材料，其他部分可以为热导率低的材料，例如不锈钢等。导流管没有形状和大小的限制，为了使导流管具有最好的效果，本实施例中导流管的横截面的外轮廓为圆形。

在本发明中，导流管可以为一体成型，也可以根据实际情况由多个小部件共同组成。当为多个小部件组成时，相互之间的连接方式没有特殊限制，可以为粘合、螺纹配合，焊接、卡接配合等各种连接方式。

导流管整体为相对大气密封的结构，但相对脉管的内部工作流体可以是非密封的结构。

以上所述仅为本发明的优选实施方式，并非因此即限制本发明的专利保护范围，凡是运用本发明说明书及附图内容所作的等效结构变换，直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的保护范围内。

权 利 要 求 书

1.一种脉管制冷机，包括依次连接的回热器、冷端换热器、脉管、热端换热器以及调相机构，其特征在于，在所述回热器内沿其轴向设置有导流管。

2.如权利要求1所述的脉管制冷机，其特征在于，所述导流管与所述回热器同轴设置。

3.如权利要求1所述的脉管制冷机，其特征在于，所述导流管延伸至冷端换热器内。

4.如权利要求1所述的脉管制冷机，其特征在于，所述导流管进一步延伸至脉管内。

5.如权利要求4所述的脉管制冷机，其特征在于，位于所述脉管内的导流管区段与所述脉管同轴设置。

6.如权利要求1所述的脉管制冷机，其特征在于，所述导流管进一步延伸至热端换热器内。

7.如权利要求4所述的脉管制冷机，其特征在于，位于所述脉管内的导流管区段的外壁固定有整流网。

8.如权利要求6所述的脉管制冷机，其特征在于，所述导流管的内壁和/或外壁布置有至少一个传感器，所述至少一个传感器通过导线与外部测量装置相连通，所述导线穿过所述导流管的内部并从导流管位于热端换热器处的末端向外延伸至外部测量装置。

9.如权利要求1所述的脉管制冷机，其特征在于，位于所述回热器内的导流管区段各处的横截面面积均相同，其横截面面积与回热器横截面面积的比为 $1/20$ 以上且 $1/2$ 以下。

10.如权利要求9所述的脉管制冷机，其特征在于，位于所述脉管内的导流管区段各处的横截面面积均相同，其横截面面积与脉管横截面面积的比为 $1/20$ 以上且 $1/2$ 以下。

11.如权利要求10所述的脉管制冷机，其特征在于，位于所述脉管内的导流管区段的横截面面积小于位于所述回热器内的导流管区段的横截

面面积，位于所述冷端换热器的导流管区段的两端的横截面分别与位于所述回热器内的导流管区段和位于所述脉管内的导流管区段的横截面相匹配。

12.如权利要求 1 所述的脉管制冷机，其特征在于，所述导流管的横截面的外轮廓为圆形或正多边形。

13.如权利要求 1 所述的脉管制冷机，其特征在于，还包括依次连接的压缩机、传输管和级后冷却器，其中，级后冷却器与回热器相连接，所述导流管延伸至传输管内。

14.如权利要求 1 所述的脉管制冷机，其特征在于，所述导流管为相对大气密封的结构。

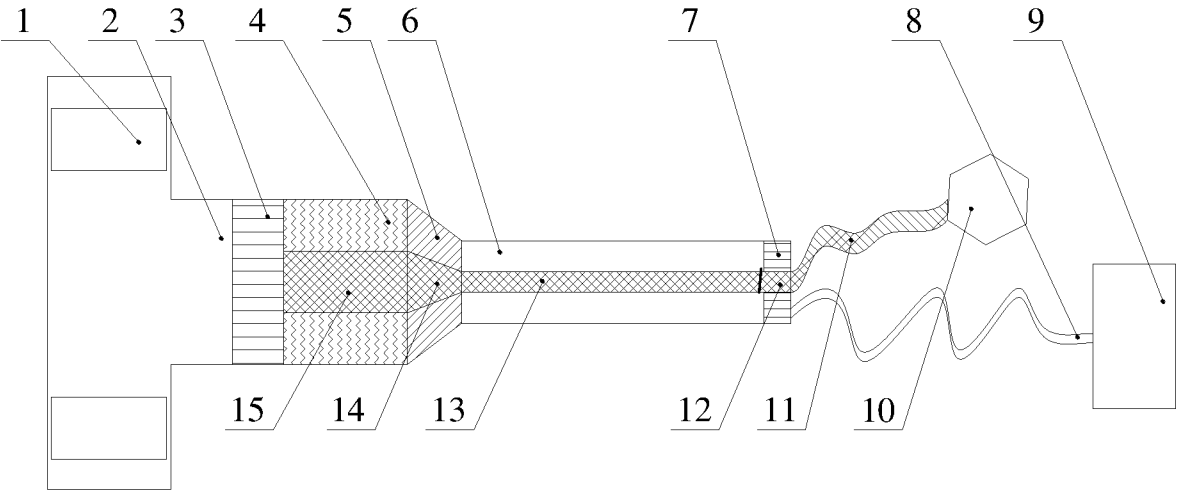


图 1

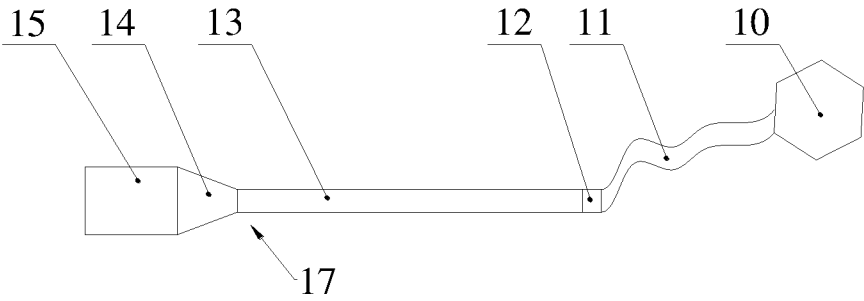


图 2

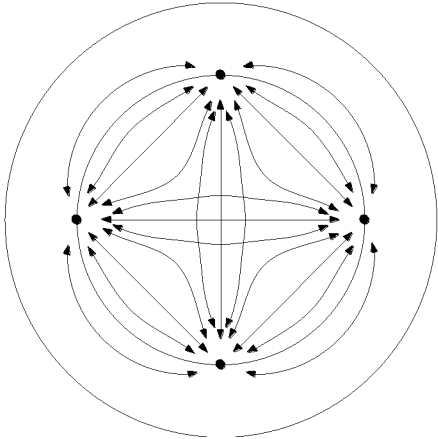


图 3

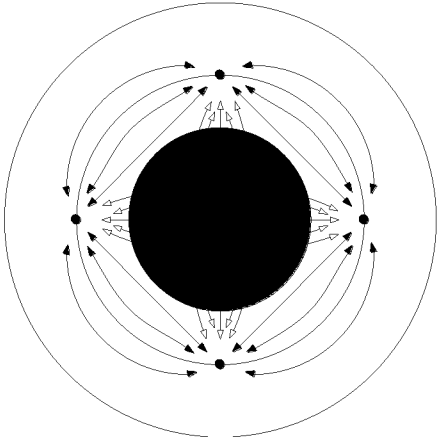


图 4

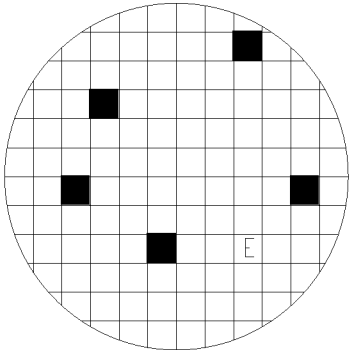


图 5

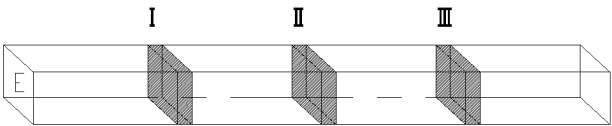


图 6

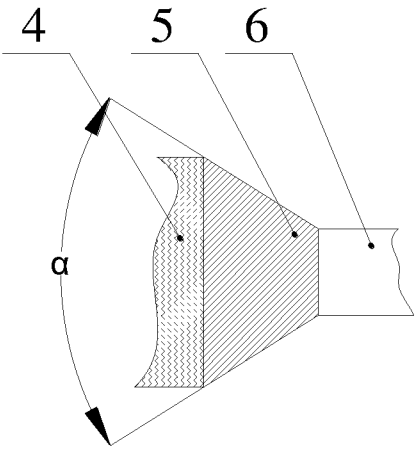


图 7

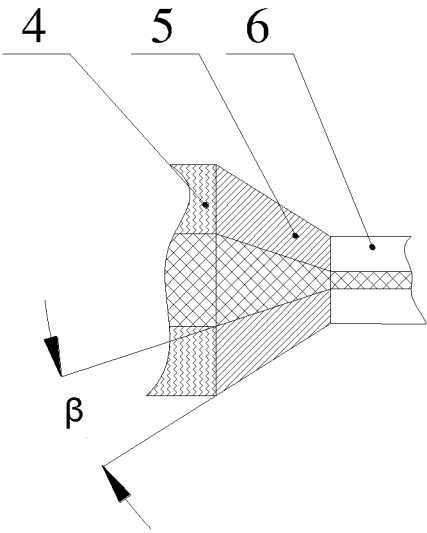


图 8

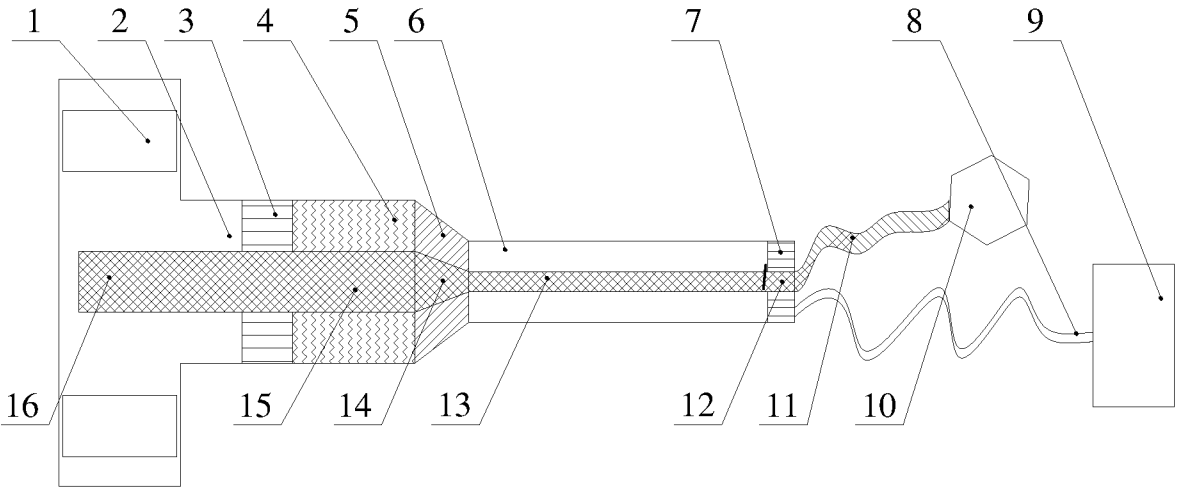


图 9

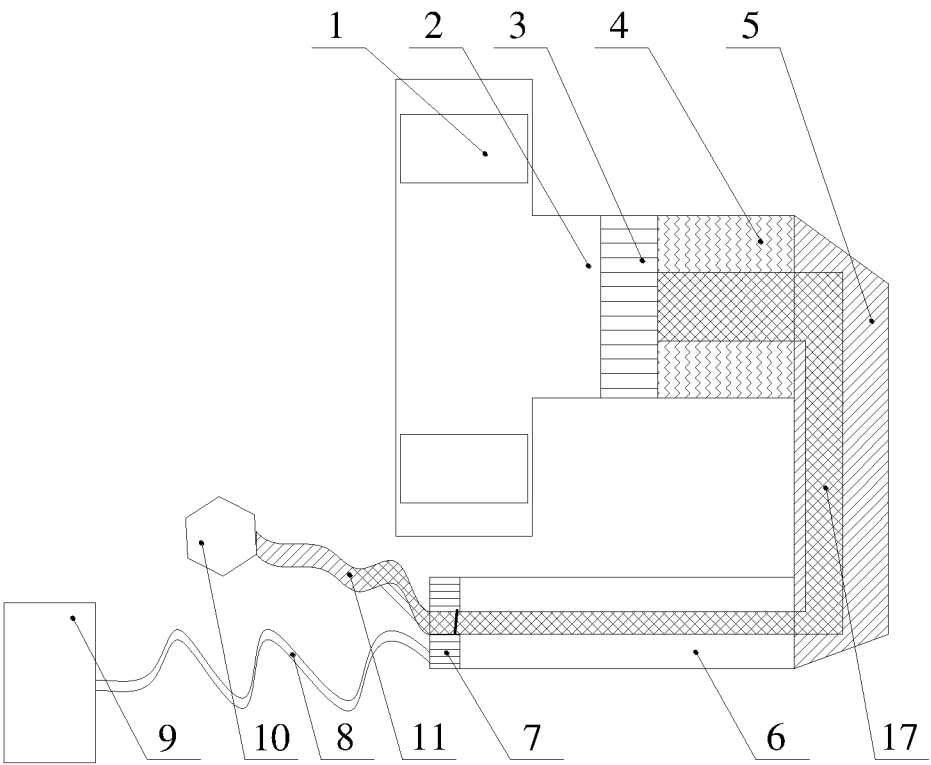


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/077610

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B 9/14 (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)

F25B 9; F25B 40; F25B 23

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)

CPRSABS, SIPOABS, DWPI, CNABS; accumulator, draft tube, core tube, central tube; pulse tube, regenerator, regenerative, guide, guiding, hollow, core, center, centre, central, tube, pipe

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 204630136 U (ZHEJIANG UNIVERSITY et al.), 09 September 2015 (09.09.2015), description, paragraphs [0039]-[0063], and figures 1-10	1-14
A	KR 20010083614 A (LG ELECTRONICS INC.), 01 September 2001 (01.09.2001), description, page 2, line 6 to page 4, line 19, and figure 1	1-14
A	CN 1079044 A (JOURNAL OF XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY), 01 December 1993 (01.12.1993), the whole document	1-14
A	CN 102901263 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 30 January 2013 (30.01.2013), the whole document	1-14
A	US 2006144054 A1 (SUMITOMO HEAVY IND LTD. & SHI A et al.), 06 July 2006 (06.07.2006), the whole document	1-14
A	GB 2310486 A (HUGHES AIRCRAFT CO et al.), 27 August 1997 (27.08.1997), the whole document	1-14
A	CN 101329114 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY), 24 December 2008 (24.12.2008), the whole document	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"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	"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
"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)	"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
"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	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 09 May 2016 (09.05.2016)	Date of mailing of the international search report 07 June 2016 (07.06.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer YAN, Lei Telephone No.: (86-10) 62084872

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/077610

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 204630136 U	09 September 2015	None	
KR 20010083614 A	01 September 2001	None	
CN 102901263 A	30 January 2013	CN 102901263 B	04 March 2015
US 2006144054 A1	06 July 2006	JP 4617251 B2	19 January 2011
		JP 2006189245 A	20 July 2006
		CN 1800748 A	12 July 2006
		US 7497084 B2	03 March 2009
		CN 101865558 B	12 October 2011
		CN 101865558 A	20 October 2010
		US 8418479 B2	16 April 2013
		US 2009173083 A1	09 July 2009
GB 2310486 A	27 August 1997	FR 2743871 B1	16 April 1999
		FR 2743871 A1	25 July 1997
		US 5680768 A	28 October 1997
		GB 2310486 B	27 October 1999
CN 101329114 A	24 December 2008	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/077610

A. 主题的分类

F25B 9/14(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)

F25B 9; F25B 40; F25B 23

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))

CPRSABS, SIPOABS, DWPI, CNABS; 脉冲管, 脉管, 回热器, 蓄热器, 蓄冷器, 导流管, 中空管, 芯管, 中心管; pulse tube, regenerator, regenitive, guide, guiding, hollow, core, center, centre, central, tube, pipe

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 204630136 U (浙江大学 等) 2015年 9月 9日 (2015 - 09 - 09) 说明书第[0039]-[0063]段, 附图1-10	1-14
A	KR 20010083614 A (LG ELECTRONICS INC) 2001年 9月 1日 (2001 - 09 - 01) 说明书第2页第6行到第4页第19行, 附图1	1-14
A	CN 1079044 A (西安交通大学) 1993年 12月 1日 (1993 - 12 - 01) 全文	1-14
A	CN 102901263 A (浙江大学) 2013年 1月 30日 (2013 - 01 - 30) 全文	1-14
A	US 2006144054 A1 (SUMITOMO HEAVY IND LTD & SHI A 等) 2006年 7月 6日 (2006 - 07 - 06) 全文	1-14
A	GB 2310486 A (HUGHES AIRCRAFT CO 等) 1997年 8月 27日 (1997 - 08 - 27) 全文	1-14
A	CN 101329114 A (西安交通大学) 2008年 12月 24日 (2008 - 12 - 24) 全文	1-14

☐ 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

“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

2016年 5月 9日

国际检索报告邮寄日期

2016年 6月 7日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(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

闫磊

电话号码 (86-10)62084872

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/077610

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	204630136	U	2015年 9月 9日	无			
KR	20010083614	A	2001年 9月 1日	无			
CN	102901263	A	2013年 1月 30日	CN	102901263	B	2015年 3月 4日
US	2006144054	A1	2006年 7月 6日	JP	4617251	B2	2011年 1月 19日
				JP	2006189245	A	2006年 7月 20日
				CN	1800748	A	2006年 7月 12日
				US	7497084	B2	2009年 3月 3日
				CN	101865558	B	2011年 10月 12日
				CN	101865558	A	2010年 10月 20日
				US	8418479	B2	2013年 4月 16日
				US	2009173083	A1	2009年 7月 9日
GB	2310486	A	1997年 8月 27日	FR	2743871	B1	1999年 4月 16日
				FR	2743871	A1	1997年 7月 25日
				US	5680768	A	1997年 10月 28日
				GB	2310486	B	1999年 10月 27日
CN	101329114	A	2008年 12月 24日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)