

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F25B 9/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810011257.1

[43] 公开日 2008年10月22日

[11] 公开号 CN 101290174A

[22] 申请日 2008.4.30

[21] 申请号 200810011257.1

[71] 申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工路2号

[72] 发明人 胡大鹏 邹久朋 朱 彻 代玉强
史启才

[74] 专利代理机构 大连八方知识产权代理有限公司
代理人 朱秀芬

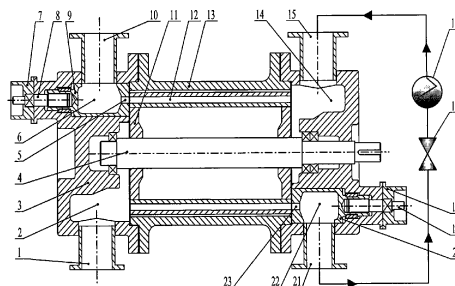
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

[54] 发明名称

外循环耗散式气波制冷机

[57] 摘要

本发明外循环耗散式气波制冷机属于气体膨胀制冷和深冷低温技术领域。主要由射流喷嘴、转鼓、主轴、外部耗散通道口、进、排气口、外部耗散出入口和外部耗散设备组成。其特征在于，将喷嘴和接受管的动、静关系彻底颠倒过来，以转动的双开口接受管段或同时或错开一定的圆周角度对位静止的射流喷嘴和外部耗散通道口，不再依靠接受管的长度耗散热量，而将压力波和滞留气引出机外进行能量耗散和利用。喷嘴和外部耗散通道口都可以从外部调节与转鼓的间隙以去除冰堵。接受管内不易积液，整机带液运行效率不减。机器体积很小，占地少，并消除了振动断管的隐患。本发明能更充分合理地回收利用过程的能量，使气波制冷的综合效益提高。



1. 外循环耗散式气波制冷机, 主要由机体(3)、主轴(4)、转鼓(11)、外部耗散通道口(23)、接受管(12)、外壳(13)、进、排气口(10) (1)、进、排气腔(6) (2)、外部耗散出入口(21) (15)、外部耗散出入腔(22) (14)、外部耗散设备—热量回收装置(16) 和外部耗散设备—压力节流或回收装置(17)组成, 其特征在于, 射流喷嘴(5)静止不动, 而转鼓(11)的圆周面嵌有一圈均匀分布的接受管(12), 各接受管(12)随转鼓(11)转动且为两端开口, 管中的循环气从非射流入口的那个开口通过外部耗散通道口(23)导出机外, 耗散能量后再返回制冷机中到接受管, 制冷后的射流气从原入口流出, 每根转动的双开口接受管(12)或同时、或错开一定的圆周角度对位射流喷嘴(5)和外部耗散通道口(23)。

2. 根据权利要求1所述的外循环耗散式气波制冷机, 其特征在于, 静止的射流喷嘴(5)、外部耗散通道口(23)通过丝杆螺母机构使轴向位置可调。

3. 根据权利要求1所述的外循环耗散式气波制冷机, 其特征在于, 射流喷嘴(5)和外部耗散通道口(23)的通流截面均为四边形。

4. 根据权利要求1所述的外循环耗散式气波制冷机, 其特征在于, 接受管(12)流道是在转鼓(11)外圆周上机加工出的四边形截面的槽, 槽的边线与转鼓(11)外圆母线重合或成一定的夹角。

5. 根据权利要求1或4所述的外循环耗散式气波制冷机, 其特征在于, 接受管(12)流道的数量为30~280个。

6. 根据权利要求1或4所述的外循环耗散式气波制冷机, 其特征在于, 接受管(12)流道槽的边线与转鼓(11)外圆母线之间有 $0\sim 50^\circ$ 的夹角。

7. 根据权利要求1或3所述的外循环耗散式气波制冷机, 其特征在于, 射流喷嘴(5)与外部耗散通道口(23)圆周错开的夹角为 $0\sim 45^\circ$ 。

8. 根据权利要求1所述的外循环耗散式气波制冷机, 其特征在于, 转鼓(11)外圆与外壳(13)内孔之间采用迷宫动密封, 间隙为 $0.005\sim 1\text{mm}$ 。

外循环耗散式气波制冷机

技术领域

本发明外循环耗散式气波制冷机属于气体膨胀制冷和深冷低温技术领域。

背景技术

气波制冷机与其制冷技术是从上世纪八十年代兴起的，在气体膨胀制冷领域有不少的应用。大连理工大学研制发明的“气波制冷机”、“多级气波制冷机”、“多管式射流振荡制冷机”等，就是该技术的基本组成部分，都已获得国家专利。

但上述气波制冷机受其固有结构的限制，某些不足之处难以改善，如：整机较为庞大，占地面积也大。接受管较长，安装固定要求高，振动相对较大，受长期运转疲劳载荷的影响易产生断裂，给设备带来一定的安全隐患。在处理石油气等场合，传统气波制冷机接受管内易积滞凝液，致使管长、散热面积减小，制冷效率下降。

发明内容

本发明的目的是克服上述不足，提供一种外循环耗散式气波制冷机。在结构上，彻底改变了射流喷嘴转动，向多根固定不动的接受管中分配射流的固有模式，代之以静止喷嘴，向转动的转鼓状结构的多根接受管中分配射流。各根接受管随转鼓一同旋转，静止喷嘴则恰好固装于对位转鼓上接受管半径的位置，射流与接受管轴线平行，依靠接受管的圆周运动使各接受管口与射流喷嘴口周期地接近、重合及离开。本发明外循环耗散式气波制冷机的能量耗散机制与普通的气波制冷机大为不同，其转动的转鼓长度，比传统气波机的接受管长度要短得多，甚至只有原来的 $1/5 \sim 1/30$ 。这是由于将射流压缩波的能量引出，另行使用或耗散，就不需要接受管来散热了，如此接受管管长只要长于瞬间射流的入射长度即可。由于要将管内滞留气（循环气）引出耗散能量，因此接受管另一端的管口也必须是开放的——也称为双开口压力振荡管，而不是像普通气波制冷机那样完全封闭。在转动的过程中，接受管多出的一个开口将对位外部耗

散通道开口。

在转鼓另一端的机体端面，固装外部耗散通道开口，它与另一端的喷嘴能够同时重合或叉开一定的圆周夹角对位一根接受管。由于接受管段很短，射流的能量几乎没能耗散，从外引通道开口冲出的压缩波或激波、以及被它们驱动向外行进的滞留气体，具有相当高的压力梯度和温度，进到通道后，被引导到外部水冷器中进行冷却，或者是先引到一个压力回收利用装置中回收压力能，然后再进到水冷器中冷却降温。随着转鼓的转动，不断有从新接受管出来的压力波和高温高压气体，被引导到水冷器中进行冷却，然后再返回到机器中，从压力振荡管段的出口再重新回到振荡管中作为滞留气介质。

从静止喷嘴喷出的射流气，通过对双开口的接受管内的气体做不定常膨胀功而消耗了自身的压力能和内能（焓）而变冷，但射流气并不能冲出接受管。随着转鼓的转动，接受管的出口开口转过了通道口而被封堵，然后再敞开，暴露在经过冷却后返回的滞留气空腔中，而此时，该压力振荡管段的射流入口已暴露在机器的排气腔中，相对压力略低于另一端的返回气空腔，因此从外部返回的已耗散了能量的滞留气体，将重新返回接受管段内，而将管段内已经制冷了的射流气挤排出，随着转鼓的转动，各接受管依次排气，有连续不断的冷气排出制冷机。因为没有分流，所以入口气和出口冷气的质量流量相等。

本发明的技术解决方案是，外循环耗散式气波制冷机，主要由机体 3、主轴 4、转鼓 11、外部耗散通道口 23、接受管 12、外壳 13、进、排气口 10、1、进、排气腔 6、2、外部耗散出入口 21、15、外部耗散出入腔 22、14、外部耗散设备—热量回收装置 16 和外部耗散设备—压力节流或回收装置 17 组成，其特征在于，射流喷嘴 5 静止不动，而转鼓 11 的圆周面嵌有一圈均匀分布的接受管 12，各接受管 12 随转鼓 11 转动且为两端开口，管中的循环气从非射流入口的那个开口通过外部耗散通道口 23 导出机外，耗散能量后再返回制冷机中到接受管 12，制冷后的射流气从原入口流出，每根转动的双开口接受管 12 或同时、或错开一定的圆周角度对位射流喷嘴 5 和外部耗散通道口 23。转鼓 11 固装于主轴 4，再

通过联轴器与驱动电机相连；射流喷嘴 5 和外部耗散通道口 23 可以分别通过调节手轮 7 和 18 从外部调节与转鼓 11 及接受管 12 开口的轴向间距离以去除冰堵。

本发明改变了传统气波制冷机靠接收管耗散能量的方式，将射流能量引出机外进行耗散。采用高效的水冷换热器，能够很大程度地减小体积，减少占地，并消除了振动断管的隐患，且短在接受管内不易积液，整机带液运行的效率不减。为此目的，本发明将喷嘴和接受管的动、静关系彻底颠倒过来，以转动的双开口接受管段或同时、或是错开一定的圆周角度形成时间差（等于管内波传递时间）对位静止的喷嘴和外部耗散通道口，将射流能量引出耗散，可以更充分地合理地回收利用过程的能量。如可用透平或是活塞膨胀机转换压力能对外做功，采用热管等装置回收热能、或作为吸收热泵的热源，或得到热水等，使气波制冷的综合效益提高。传统气波制冷喷嘴出口因高速射流、静温降低而导致冰堵的事故屡有发生，会使喷嘴开口圆周与机体内壁冻结，转动被卡住而使制冷机完全失效。现喷嘴固定，且为轴向，因此很容易将喷嘴调离接受管口而使冻堵立即消除。静止且在一边的喷嘴也很容易更换，而且整个制冷机在抗震能力方面也优于传统气波制冷机。

本发明外循环耗散式气波制冷机的制冷原理与传统气波制冷相差不多：在一定压力比下，射流压缩接受管内的滞留介质，形成接触面并产生一系列压缩波，压缩波在管内运动，汇聚成激波。接触面前的介质温度由于受到激波的压缩温度很高，接触面后的射流介质由于提供了激波的能量而变得温度很低。

但与传统机完全不同的是能量波的耗散途径和方式。外循环耗散式机不依赖于接受管的长度和表面积散热，而是采用滞留气外循环的方法，将绝大部分能量导出，进入专门的设备中进行耗散并可得到利用，耗散后的滞留气（循环气）再导回到接受管段中循环使用。

本发明外循环耗散式气波制冷机的有益效果是，具有体积小、压缩波和激波能量可利用、喷嘴静止易于更换、抗冰堵、可带液运行、抗震等优点，是旋转式气波制冷机的更新产品。

本发明外循环耗散式气波制冷机适合于对各种气体介质进行制冷降温，效率高、可靠性强，很适合应用于天然气深冷处理、低温热源等场合。

本发明外循环耗散式气波制冷机的主体为卧式或立式结构。

下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步说明。

附图说明

附图1是本发明外循环耗散式气波制冷机的结构、流程示意图。

图中，1. 排气口，2. 排气腔，3. 机体，4. 主轴，5. 射流喷嘴，6 进气腔，7. 手轮，8. 丝杆，9. 滑动调节座，10. 进气口，11. 转鼓，12. 接受管，13. 外壳，14. 外部耗散入口腔，15. 外部耗散入口，16. 外部耗散设备—热量回收装置，17. 外部耗散设备—压力节流或回收装置，18. 手轮，19. 丝杆，20. 滑动调节座，21. 外部耗散出口，22. 外部耗散出口腔，23. 外部耗散通道口。

具体实施方式

本发明外循环耗散制冷机的一种典型的实施方式如下：

外循环耗散式气波制冷机，主要由机体3、主轴4、转鼓11、外部耗散通道口23、接受管12、外壳13、进、排气口10、1、进、排气腔6、2、外部耗散出入口21、15、外部耗散出入腔22、14、外部耗散设备—热量回收装置16和外部耗散设备—压力节流或回收装置17组成，将喷嘴和接受管的动、静关系彻底颠倒过来，射流喷嘴5静止不动，而转鼓11的圆周面嵌有一圈均匀分布的接受管12，接受管12的数目为30~280个。各接受管12随转鼓11转动且为两端开口，管中的循环气从非射流入口的那个开口通过外部耗散通道口23导出机外，耗散能量后再返回制冷机中到接受管12，制冷后的射流气从原入口流出，每根转动的双开口接受管12或同时、或错开一定的圆周角度对位射流喷嘴5和外部耗散通道口23。转鼓11固装于主轴4，再通过联轴器与驱动电机相连；射流喷嘴5和外部耗散通道口23可以分别通过调节手轮7和18从外部调节与转鼓11及接受管12开口的轴向间距离以去除冰堵。采用锻造加焊接结构的机体和外壳，得到具有各个气体入、出口、收集腔，内腔、轴承座、端盖等结构。主轴4采

用滚动轴承支承运转，一端通过磁性联轴器连轴机外的驱动电机，可以省去转动密封，减小泄漏。为了提高射流进入接受管的等熵性，典型实施方式里的接受管 12 不采用普通的圆截面管，而是采用在转鼓 11 外圆壁面上均匀开四边形截面槽的方法，机械加工出四边形截面的接受管流道。接受管流道的外封边采用穿条缝焊再机加工外圆，或者是外套过渡配合的圆筒套实现外封和各个流道之间的互封，或是在内、外套筒面上铣沟槽，插入条片作为各个接受管流道的侧壁，然后浸焊密封。为了符合射流入口速度三角形的需要，有时所开四边形槽的边线并不与转鼓壁面的母线重合，而是有一个 $0\sim 50^\circ$ 的夹角，严格说来接受管流道是导程角很大的螺旋槽。

开出四边形截面接受管槽的转鼓外筒组件，与转鼓的两端面鼓辐采用温差胀接再点焊的工艺联于一起，转鼓辐内圆开键槽，与主轴装接，能够同步转动。

射流喷嘴 5 和外部耗散通道口 23 都装于具有轴向移动能力的滑动调节座 9、20 上，调节座通过丝杆 8、19 与机外的调节手轮 7、18 相连。旋转调节手轮 7 和 18 能够调节入口喷嘴 5 和外部耗散通道口 23 与转鼓 11 之间的间隙，保证运转时喷嘴与转鼓之间的间隙较小，以取得高的制冷效率。而在临界冰堵时，调大间隙，可以立即瓦解冰堵。

工作时，压力气体从机体入口 10 进到入口腔 1，再进到射流喷嘴 5 中加速成射流，随着转鼓 11 的转动而依次射入各个接受管 12 中；在管中产生的压缩波、激波和被驱动的一部分滞留气从管的另一开口出来，通过外部耗散通道口 23 进入外部耗散出口腔 22，再从外部耗散出口 21 流出到外部耗散设备—压力节流或回收装置 17、和外部耗散设备—热量回收装置 16 中进行耗散和回收利用，之后再从外部耗散入口 15 进到外部耗散入口腔 14；外部耗散入口腔 14 的压力因有接受管 12 滞留气的加入而比制冷气排气腔 2 的压力高，因此将开口同时对位于二腔的振荡接受管 12 中已膨胀做功制冷的射流气挤排出，通过排气腔 2 和排气口 1 排出制冷机。由于射流连续，各接受管 12 依次工作，所以制冷连续进行，制冷气通过排气腔 2 的汇集连续排出。

以典型实施方法制造的外循环耗散式气波制冷机，其主要结构参数和适用的工况、运转参数范围如下：

射流喷嘴 5 的四边形截面尺寸：1~100×1~100mm；

外部耗散通道口 23 的四边形截面尺寸：1~200×1~200mm；

接受管 12 的四边形截面尺寸：0.5~100×0.5~100mm，数目为 30~280；

射流喷嘴 5 与外部耗散通道口 23 的圆周夹角 0~45 度；

射流喷嘴 5 与转鼓 11 的轴向间隙 0.01~1.5mm；

外部耗散通道口 23 与转鼓 11 的轴向间隙 0.01~1.5mm；

主轴 4 和转鼓 11 的转速：500~5000r/min；

转鼓 11 的长度：100~1500mm，直径 100~9000mm；

转鼓 11 筒体外圆与外壳 13 内孔之间采用迷宫动密封，间隙为 0.005~1mm。

进、出口的压力范围：0.1~15MPa；

膨胀比适用范围：1.2~8。

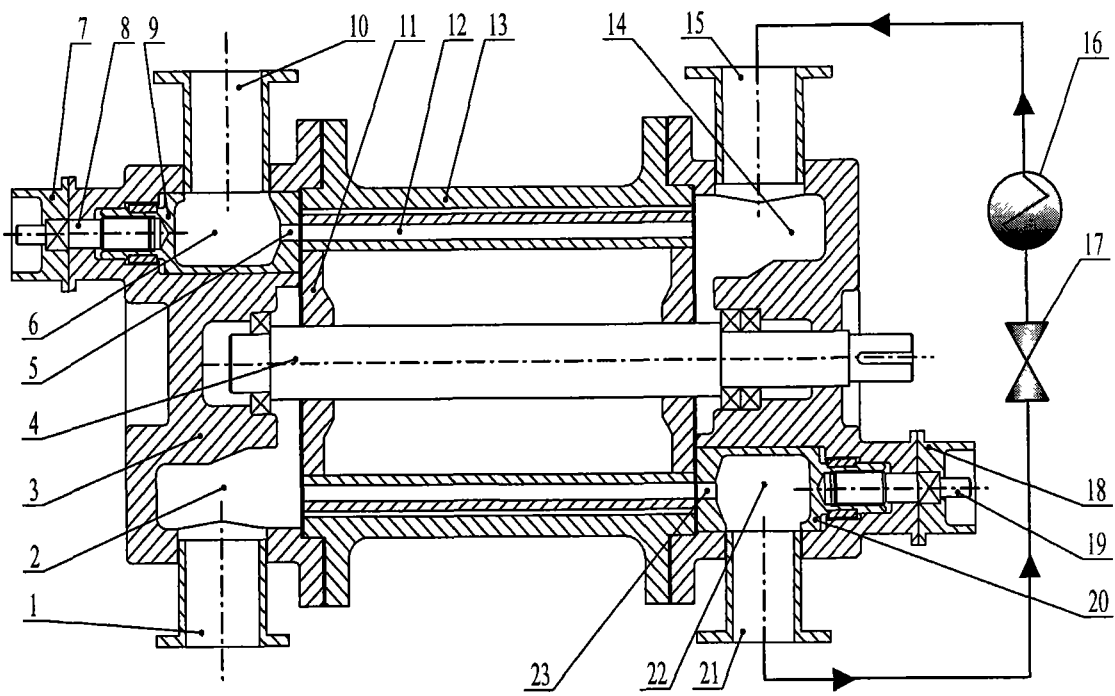


图 1