



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113702432 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 26

(21) 申请号 202111003835.9

(22) 申请日 2021.08.30

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 杨丛笑 汪球 赵伟 栗继伟
李进平

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

代理人 焦海峰

(51) Int. Cl.

G01N 25/20 (2006.01)

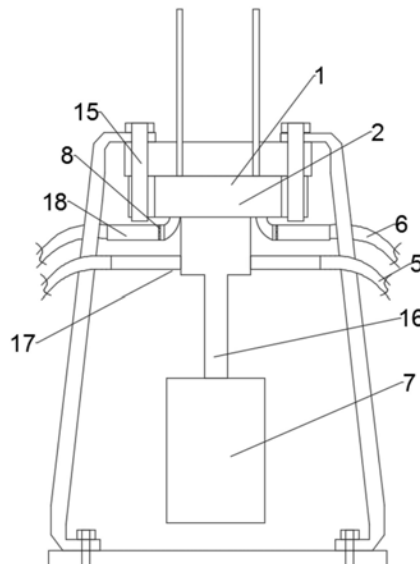
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种利用气体压力能制冷的试验装置及控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种利用气体压力能制冷的试验装置及控制方法,设定影响制冷效率的工程参数,确定利用气体压力能制冷的试验装置中用于调节工程参数的物理结构;任选一个工程参数作为研究对象,控制系统调控物理结构工作以更改研究对象的试验数据;实时监测振荡管内部不同位置在试验装置每次更改工程参数时的温度变化和气压变化,对比不同位置的温度变化差异和气压变化差异;实时监测振荡管在试验装置每次更改工程参数后稳定运行的进气温度和排气温度,以及进气气压和排气气压;根据进气温度和排气温度的差值计算制冷效率,对比每次更改工程参数后稳定运行的制冷效率以选取最优的工程参数;本发明从流场和波传播特性解释各个因素对制冷机理的影响。



1. 一种利用气体压力能制冷的试验装置,其特征在于,包括:

载物平台(1),用于活动安装多个均匀分布的振荡管,其中,每个所述振荡管的开口端作为空气入口或冷气出口;

旋转分配器(2),设有多个均匀交错分布的高压喷嘴(3)和回收腔(4),两个相邻的所述高压喷嘴(3)和回收腔(4)为一组,每组所述高压喷嘴(3)和回收腔(4)分别与所述振荡管的开口端对齐连接以实现所述振荡管的单个制冷试验周期,所述单个制冷试验周期包括充气、制冷和排气;

气体分化管理道,用于为高压气体提供导入通道(5)以及为冷却气体提供排出通道(6),且所述导入通道(5)分别与所述高压喷嘴(3)连接,且排出通道(6)与所述回收腔(4)连接,且所述排出通道(6)与所述回收腔(4)连接端内设有叶轮组(8),通入所述振荡管内的高压气体经过能量转换后从所述回收腔(4)逸出;

驱动组件(7),用于带动所述旋转分配器(2)移动以将所述高压喷嘴(3)和回收腔(4)多次与每个所述振荡管的开口端依次对齐连接,完成对每个所述振荡管的多个制冷试验周期,获取并计算每个所述振荡管对应多个所述制冷试验周期的制冷效率。

2. 根据权利要求1所述的一种利用气体压力能制冷的试验装置,其特征在于:每组所述高压喷嘴(3)和回收腔(4)之间形成制冷间距,相邻的两组所述高压喷嘴(3)和回收腔(4)之间形成试验间隔;

所述旋转分配器(2)旋转至所述高压喷嘴(3)与所述振荡管的空气入口对齐以实现所述振荡管的充气;所述旋转分配器(2)旋转至所述制冷间距与所述振荡管的开口端对齐以实现所述振荡管的封闭制冷;所述旋转分配器(2)旋转至所述回收腔(4)与所述振荡管的冷气出口对齐以实现所述振荡管的排气;所述旋转分配器(2)旋转至所述试验间隔与所述振荡管的开口端对齐以实现所述振荡管的再封闭,以准备下一组所述高压喷嘴(3)和回收腔(4)的制冷试验;

每组所述高压喷嘴(3)和回收腔(4)完成对所述振荡管的充气、封闭制冷、排气和再封闭的单个制冷试验周期。

3. 根据权利要求2所述的一种利用气体压力能制冷的试验装置,其特征在于:每个所述导入通道(5)内分别安装有用于检测高压气体温度的第一温度传感器(9)以及检测高压气体压强的第一压力传感器(10),每个所述排出通道(6)内分别安装有用于检测制冷气体温度的第二温度传感器(11)以及检测制冷气体压强的第二压力传感器(12),所述第一温度传感器(9)、第一压力传感器(10)、第二温度传感器(11)、第二压力传感器(12)以及所述驱动组件(7)连接有控制系统(13),所述控制系统(13)根据所述第二温度传感器(11)和第一温度传感器(9)计算所述振荡管的制冷效率。

4. 根据权利要求3所述的一种利用气体压力能制冷的试验装置,其特征在于:所述旋转分配器(2)的中心位置通过分配器轴(16)与所述驱动组件(7)连接,所述驱动组件(7)用于通过所述分配器轴(16)带动所述旋转分配器(2)旋转,每组所述高压喷嘴(3)和回收腔(4)在旋转时依次对不同结构特征的所述振荡管进行制冷试验;

所述分配器轴(16)的侧曲面上设有与所述导入通道(5)连接的进气口(17),所述进气口(17)内的高压气体导入所述旋转分配器(2)上的所有高压喷嘴(3);

所述旋转分配器(2)上设有与所有回收腔(4)接通的排气口(18),所述排出通道(6)安

装在所述排气口(18)上以接收所有排气口(18)排出的气体;

所述第一温度传感器(9)和所述第一压力传感器(10)用于统一监测输入至所述进气口的高压气体的压强和温度,所述第二温度传感器(11)、第二压力传感器(12)用于统一监测从所述振荡器排出至所述排气口的冷却气体的压强和温度。

5. 根据权利要求3所述的一种利用气体压力能制冷的试验装置,其特征在于:所述导入通道(5)包括统筹导入管道(51),以及设置在所述统筹导入管道(51)末端的第一分级接头(52),所述第一分级接头(52)上安装有与所述高压喷嘴(3)连接的多个输气毛细管(53),所述第一压力传感器(10)和第一温度传感器(9)安装在所述输气毛细管(53)的内部;

所述排出通道(6)包括统筹排气管道(61),以及设置在所述统筹排气管道(61)末端的第二分级接头(62),所述第二分级接头(62)上安装有与所述回收腔(4)连接的多个出气毛细管(63),所述第二压力传感器(12)和第二温度传感器(11)安装在所述出气毛细管(63)的内部。

6. 根据权利要求5所述的一种利用气体压力能制冷的试验装置,其特征在于:所述载物平台(1)上安装不同结构特征的所述振荡管,所述控制系统(13)处理所述振荡管在单个制冷试验周期内对应的第一温度传感器(9)和第二温度传感器(11)的输出数据,以计算不同结构特征的所述振荡管的制冷效率。

7. 根据权利要求6所述的一种利用气体压力能制冷的试验装置,其特征在于:所述驱动组件(7)带动所述旋转分配器(2)按照所述高压喷嘴(3)在前且所述回收腔(4)在后的方式对所述振荡管进行先充气再排气,以完成单个制冷试验周期,每组所述高压喷嘴(3)和回收腔(4)对同一结构特征的所述振荡管进行多次操作条件相同的制冷试验,或每组所述高压喷嘴(3)和回收腔(4)依次对不同结构特征的所述振荡管进行操作条件相同的制冷试验,其中,操作条件为充入振荡管的高压气体压强和温度。

8. 根据权利要求7所述的一种利用气体压力能制冷的试验装置,其特征在于:所述旋转分配器(2)的外圈活动安装有固定环(14),所述固定环(14)的边缘通过螺栓(15)可拆卸安装在所述载物平台(1),通过拆卸更换不同的所述旋转分配器(2)以调控所述回收腔(4)和高压喷嘴(3)的尺寸来调整排气时间和充气时间。

9. 根据权利要求1-8任一项所述利用气体压力能制冷的试验装置的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤100、设定影响振荡管的制冷效率的工程参数,确定气体压力能制冷的试验装置中用于调节所述工程参数的物理结构;

步骤200、任选一个所述工程参数作为研究对象,且保持其他所述工程参数不变,利用试验装置对每个所述研究对象进行操作条件相同的多次试验,以获取关于该研究对象的试验数据,所述操作条件为充入振荡管的高压气体压强和温度;

步骤300、实时监测所述振荡管内部不同位置在所述试验装置每次更改所述工程参数时的温度变化和气压变化,对比不同位置的温度变化差异和气压变化差异;

步骤400、实时监测所述振荡管在每次试验的充气温度、排气温度以及进气气压和排气气压;

步骤500、根据进气温度和排气温度的差值计算制冷效率,根据每次更改所述工程参数后稳定运行的制冷效率以选取最优的工程参数。

10. 根据权利要求9所述的一种利用气体压力能制冷的试验装置的控制方法,其特征在于,在步骤100中,影响制冷效率的工程参数包括振荡管管壁的传热系数、振荡管的管长、旋转分配器转速、充气气压和振荡管内循环气之间的压比、排气时间与充气时间的比值;

其中,所述振荡管的管壁面匹配不同的传热系数分为绝热壁面、等温壁面和半等温半绝热壁面;

所述压比为高压气体压力与振荡管内循环气压力的比值,且所述振荡管内循环气压力不变,通过调控空压机来更改充入的高压气体压力以及压比;

影响所述排气时间和充气时间的比值的物理结构为回收腔的尺寸和高压喷嘴的尺寸。

一种利用气体压力能制冷的试验装置及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及气体制冷机技术领域,具体涉及一种利用气体压力能制冷的试验装置及控制方法。

背景技术

[0002] 振荡管一般为一端开口、另一端封闭的均匀直管,且振荡管内含有循环气,气波制冷机利用气体的非定常膨胀制冷,即使用高压气体对循环气做功,把高压气体自身的压力能传递给循环气,从而使自身能量降低,实现制冷。

[0003] 目前研究气波制冷机最普遍的方法,研究重点集中在振荡管结构的改造方面,各种改造均不同程度的提高了制冷效率,但是实验侧重制冷效率的对比,缺乏对其机理的研究,即振荡管的通入气体速度、振荡管的通入气体和排出气体压强以及振荡管的传热性能,是否对振荡管的制冷效率有影响,而不仅仅从振荡管结构改造去研究对制冷效率的影响。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种利用气体压力能制冷的试验装置及控制方法,以解决现有技术中仅实验振荡管结构构造对制冷效率的影响,缺乏对其机理的研究的技术问题。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明具体提供下述技术方案:

[0006] 一种利用气体压力能制冷的试验装置,包括:

[0007] 载物平台,用于活动安装多个均匀分布的振荡管,其中,每个所述振荡管的开口端作为空气入口或冷气出口;

[0008] 旋转分配器,设有多个均匀交错分布的高压喷嘴和回收腔,两个相邻的所述高压喷嘴和回收腔为一组,每组所述高压喷嘴和回收腔分别与所述振荡管的开口端对齐连接以实现所述振荡管的单个制冷试验周期,所述单个制冷试验周期包括充气、制冷和排气;

[0009] 气体分化管道,用于为高压气体提供导入通道以及为冷却气体提供排出通道,且所述导入通道分别与所述高压喷嘴连接,且排出通道与所述回收腔连接,且所述排出通道与所述回收腔连接端内设有叶轮组,通入所述振荡管内的高压气体经过能量转换后从所述回收腔逸出;

[0010] 驱动组件,用于带动所述旋转分配器移动以将所述高压喷嘴和回收腔多次与每个所述振荡管的开口端依次对齐连接,完成对每个所述振荡管的多个制冷试验周期,获取并计算每个所述振荡管对应多个所述制冷试验周期的制冷效率。

[0011] 作为本发明的一种优选方案,每组所述高压喷嘴和回收腔之间形成制冷间距,相邻的两组所述高压喷嘴和回收腔之间形成试验间隔;

[0012] 所述旋转分配器旋转至所述高压喷嘴与所述振荡管的空气入口对齐以实现所述振荡管的充气;所述旋转分配器旋转至所述制冷间距与所述振荡管的开口端对齐以实现所述振荡管的封闭制冷;所述旋转分配器旋转至所述回收腔与所述振荡管的冷气出口对齐以实现所述振荡管的排气;所述旋转分配器旋转至所述试验间隔与所述振荡管的开口

端对齐以实现所述振荡管的再封闭,以准备下一组所述高压喷嘴和回收腔的制冷试验;

[0013] 每组所述高压喷嘴和回收腔完成对所述振荡管的充气、封闭制冷、排气和再封闭的单个制冷试验周期。

[0014] 作为本发明的一种优选方案,每个所述导入通道内分别安装有用于检测高压气体温度的第一温度传感器以及检测高压气体压强的第一压力传感器,每个所述排出通道内分别安装有用于检测制冷气体温度的第二温度传感器以及检测制冷气体压强的第二压力传感器,所述第一温度传感器、第一压力传感器、第二温度传感器、第二压力传感器以及所述驱动组件连接有控制系统,所述控制系统根据所述第二温度传感器和第一温度传感器计算所述振荡管的制冷效率。

[0015] 作为本发明的一种优选方案,所述旋转分配器的中心位置通过分配器轴与所述驱动组件连接,所述驱动组件用于通过所述分配器轴带动所述旋转分配器旋转,每组所述高压喷嘴和回收腔在旋转时依次对不同结构特征的所述振荡管进行制冷试验;

[0016] 所述分配器轴的侧曲面上设有与所述导入通道连接的进气口,所述进气口内的高压气体导入所述旋转分配器上的所有高压喷嘴;

[0017] 所述旋转分配器上设有与所有回收腔接通的排气口,所述排出通道安装在所述排气口上以接收所有排气口排出的气体;

[0018] 所述第一温度传感器和所述第一压力传感器用于统一监测输入至所述进气口的高压气体的压强和温度,所述第二温度传感器、第二压力传感器用于统一监测从所述振荡器排出至所述排气口的冷却气体的压强和温度。

[0019] 作为本发明的一种优选方案,所述导入通道包括统筹导入管道,以及设置在所述统筹导入管道末端的第一分级接头,所述第一分级接头上安装有与所述高压喷嘴连接的多个输气毛细管,所述第一压力传感器和第一温度传感器安装在所述输气毛细管的内部;

[0020] 所述排出通道包括统筹排气管道,以及设置在所述统筹排气管道末端的第二分级接头,所述第二分级接头上安装有与所述回收腔连接的多个出气毛细管,所述第二压力传感器和第二温度传感器安装在所述出气毛细管的内部。

[0021] 作为本发明的一种优选方案,所述载物平台上安装不同结构特征的所述振荡管,所述控制系统处理所述振荡管在单个制冷试验周期内对应的第一温度传感器和第二温度传感器的输出数据,以计算不同结构特征的所述振荡管的制冷效率。

[0022] 作为本发明的一种优选方案,所述驱动组件带动所述旋转分配器按照所述高压喷嘴在前且所述回收腔在后的方式对所述振荡管进行先充气再排气,以完成单个制冷试验周期,每组所述高压喷嘴和回收腔对同一结构特征的所述振荡管进行多次操作条件相同的制冷试验,或每组所述高压喷嘴和回收腔依次对不同结构特征的所述振荡管进行操作条件相同的制冷试验,其中,操作条件为充入振荡管的高压气体压强和温度。

[0023] 作为本发明的一种优选方案,所述旋转分配器的外圈活动安装有固定环,所述固定环的边缘通过螺栓可拆卸安装在所述载物平台,通过拆卸更换不同的所述旋转分配器以调控所述回收腔和高压喷嘴的尺寸来调整排气时间和充气时间。

[0024] 为了解决上述问题,本发明还提供了一种利用气体压力能制冷的试验装置的控制方法,包括以下步骤:

[0025] 步骤100、设定影响振荡管的制冷效率的工程参数,确定气体压力能制冷的试验装

置中用于调节所述工程参数的物理结构；

[0026] 步骤200、任选一个所述工程参数作为研究对象，且保持其他所述工程参数不变，利用试验装置对每个所述研究对象进行操作条件相同的多次试验，以获取关于该研究对象的试验数据，所述操作条件为充入振荡管的高压气体压强和温度；

[0027] 步骤300、实时监测所述振荡管内部不同位置在所述试验装置每次更改所述工程参数时的温度变化和气压变化，对比不同位置的温度变化差异和气压变化差异；

[0028] 步骤400、实时监测所述振荡管在每次试验的充气温度、排气温度以及进气气压和排气气压；

[0029] 步骤500、根据进气温度和排气温度的差值计算制冷效率，根据每次更改所述工程参数后稳定运行的制冷效率以选取最优的工程参数。

[0030] 作为本发明的一种优选方案，在步骤100中，影响制冷效率的工程参数包括振荡管壁的传热系数、振荡管的管长、旋转分配器转速、充气气压和振荡管内循环气之间的压比、排气时间与充气时间的比值；

[0031] 其中，所述振荡管的管壁面匹配不同的传热系数分为绝热壁面、等温壁面和半等温半绝热壁面；

[0032] 所述压比为高压气体压力与振荡管内循环气压力的比值，且所述振荡管内循环气压力不变，通过调控空压机来更改充入的高压气体压力以及压比；

[0033] 影响所述排气时间和充气时间的比值的物理结构为回收腔的尺寸和高压喷嘴的尺寸。

[0034] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果：

[0035] 本发明通过振荡管的管壁传热系数、管长和气体流通效率来分析制冷效率，因此若要维持气波制冷机稳定高效的运行，则需保证振荡管管壁良好散热，并选择合适的管长、转速、压比和排气时间与充气时间的比值工况，进一步从流场和波传播特性角度解释了各个因素对制冷机理的影响。

附图说明

[0036] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案，下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地，下面描述中的附图仅仅是示例性的，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0037] 图1为本发明实施例提供的试验装置的整体结构示意图；

[0038] 图2为本发明实施例提供的旋转分配器的结构示意图；

[0039] 图3为本发明实施例提供的旋转分配器进气和排气工作的结构示意图；

[0040] 图4为本发明实施例提供的试验装置处理系统的结构框图；

[0041] 图5为本发明实施例提供的试验装置控制方法的流程示意图。

[0042] 图中的标号分别表示如下：

[0043] 1-载物平台；2-旋转分配器；3-高压喷嘴；4-回收腔；5-导入通道；6-排出通道；7-驱动组件；8-叶轮组；9-第一温度传感器；10-第一压力传感器；11-第二温度传感器；12-第二压力传感器；13-控制系统；14-固定环；15-螺栓；16-分配器轴；17-进气口；18-排气口；

[0044] 51-统筹导入管道;52-第一分级接头;53-输气毛细管;

[0045] 61-统筹排气管道;62-第二分级接头;63-出气毛细管。

具体实施方式

[0046] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0047] 如图1所示,本发明提供了一种利用气体压力能制冷的试验装置,本实施方式为振荡管的制冷效率研究提供系统可重复性循环操作的试验装置,从而方便控制操作条件,且可重复式的多次统一试验,得到多组试验数据以提高试验精确度,从而便于研究振荡管本身结构以及向振荡管充入高压气体的操作方式对制冷效果的影响。

[0048] 具体包括:载物平台1、旋转分配器2、气体分化管道和驱动组件7。

[0049] 载物平台1用于活动安装多个振荡管,其中,每个振荡管的开口端分别空气入口和冷气出口,其中,载物平台1包括端盖和支架,振荡管安装在端盖内,且开口端朝下,旋转分配器2安装在端盖的下表面,用于向振荡器间歇式周期性的进行制冷操作。

[0050] 如图2所示,旋转分配器2设有多个均匀且交错分布的高压喷嘴3和回收腔4,两个相邻的高压喷嘴3和回收腔4为一组,每组高压喷嘴3和回收腔4分别与振荡管的开口端连接,以实现振荡管的充气和排气操作。

[0051] 气体分化管道用于为高压气体提供导入通道5以及为冷却气体提供排出通道6,且导入通道5分别与高压喷嘴3连接,且排出通道6与回收腔4连接,通入振荡管内的高压气体经过能量转换后从回收腔4逸出。

[0052] 驱动组件7用于带动旋转分配器2旋转,每组高压喷嘴3和回收腔4与振荡管的开口端依次连接,以完成对振荡管的充气和排气的单个试验周期。

[0053] 驱动组件7带动多组高压喷嘴3和回收腔4依次对每个振荡管完成充气和排气的试验周期,以使得每个振荡管进行多次的充气和排气试验并获取多个试验周期的试验数据。

[0054] 当在载物平台1上放置统一结构特征的振荡管时,驱动组件7带动旋转分配器2按照固定的旋转方向进行充气和排气操作,完成多个充气气压相同且排气操作相同的制冷试验,从而旋转分配器2旋转一周即可获得 $n*m$ 组数据,其中 n 为高压喷嘴3和回收腔4的组数, m 为振荡管的个数,当旋转圈数为 i , $i>1$ 时,多个试验周期的试验数据为 $i*n*m$ 。

[0055] 因此本实施方式通过旋转分配器2可以为所有结构特征相同的振荡管提供多个试验数据,从而来提高试验结果的准确性,且实现方式简单可控,试验条件统一。

[0056] 其中旋转分配器2上的高压喷嘴3和回收腔4完成一个试验周期的具体工作原理为:每组高压喷嘴3和回收腔4之间形成制冷间距,相邻的两组高压喷嘴3和回收腔4之间形成试验间隔。

[0057] 旋转分配器2旋转至高压喷嘴3与振荡管的空气入口对齐以实现振荡管的充气,旋转分配器2旋转至制冷间距与振荡管的开口端对齐以实现振荡管的封闭制冷,旋转分配器2旋转至回收腔4与振荡管的冷气出口对齐以实现振荡管的排气;旋转分配器2旋转至试验间隔与振荡管的开口端对齐以实现振荡管的再封闭,以准备下一组高压喷嘴3和

回收腔4的制冷试验。

[0058] 每组高压喷嘴3和回收腔4完成对振荡管的充气、封闭制冷、排气和再封闭的单个试验周期。

[0059] 从而,在旋转分配器2旋转过程中,每组高压喷嘴3和回收腔4的充气、封闭制冷、排气和再封闭的操作,实现对振荡管的一次制冷工作,多组高压喷嘴3和回收腔4实现对同一个振荡管的多次制冷工作。

[0060] 每个回收腔4与排出通道6之间设有用于被动降低排气速率的叶轮组8,叶轮组8转速不固定,且不可调控,本装置中的叶轮转动是被动旋转的,即由排出气体推动叶轮转动,因此,叶轮转速受排出气体参数的影响,设置叶轮的目的是消耗排出气体的动能,使其转化成叶轮的动能,以进一步降低排出气体的总能量,提高制冷效率。

[0061] 目前研究气波制冷机最普遍的方法,研究重点集中在振荡管结构的改造方面,各种改造均不同程度的提高了制冷效率,但是实验侧重结果制冷效率的对比,缺乏对其机理的研究,即振荡管的通入气体速度、振荡管的通入气体和排出气体速率以及振荡管的传热性能,是否对振荡管的制冷效率有影响,而不仅仅从振荡管结构改造去研究对制冷效率的影响。

[0062] 如图4所示,每个导入通道5内分别安装有用于检测高压气体温度的第一温度传感器9以及检测高压气体压强的第一压力传感器10,每个排出通道6内分别安装有用于检测制冷气体温度的第二温度传感器11以及检测制冷气体压强的第二压力传感器12,第一温度传感器9、第一压力传感器10、第二温度传感器11、第二压力传感器12个驱动组件7连接有控制系统13,控制系统13根据第二温度传感器11和第一温度传感器9计算振荡管的制冷效率。

[0063] 在本实施方式中,可提供两种实施例,分别为每次只能在载物平台1上按照同一种结构特征的振荡管,以及每次在载物平台1上安装不同结构特征的振荡管,对不同结构特征的振荡管进行统一的制冷测试,相比对不同结构的振荡管进行多次测试以区分不同结构特征的振荡管的制冷效率差别来说,可减少多次试验的外部因素干扰,从而提高制冷试验的准确性。

[0064] 其一,如图1所示,每次只能在载物平台1上按照同一种结构特征的振荡管进行制冷试验,旋转分配器2的中心位置通过分配器轴16与驱动组件7连接,驱动组件7用于通过分配器轴16带动旋转分配器2旋转,每组高压喷嘴3和回收腔4在旋转时依次对不同结构特征的振荡管进行制冷试验。

[0065] 分配器轴16的侧曲面上设有与导入通道5连接的进气口17,进气口17内的高压气体导入旋转分配器2上的所有高压喷嘴3。

[0066] 旋转分配器2上设有与所有回收腔4接通的排气口18,排出通道6安装在排气口18上以接收所有排气口18排出的气体。

[0067] 第一温度传感器9和第一压力传感器10用于统一监测输入至进气口的高压气体的压强和温度,第二温度传感器11、第二压力传感器12用于统一监测从振荡器排出至排气口的冷却气体的压强和温度。

[0068] 此时,旋转分配器2的侧曲面上设有与导入通道5连接的进气口17,进气口17与旋转分配器2上的所有高压喷嘴3接通,旋转分配器2的侧曲面上还设有与排出通道6连接的排气口18,排气口18与旋转分配器上的所有回收腔4接通。

[0069] 第一温度传感器9和第一压力传感器10用于统一监测输入至进气口的高压气体的压强和温度,第二温度传感器11、第二压力传感器12用于统一监测从振荡器排出至排气口的冷却气体的压强和温度。

[0070] 根据第一温度传感器9和第二温度传感器11的输出数据,分别计算同一种结构特征的所有振荡管的统一制冷效率,每次试验操作时,得到统一输入至所有振荡管的高压气体的温度,以及从所有振荡管统一输出的冷却气体的温度,排除制冷效率最高和制冷效率最低的振荡管,再对所有振荡管进行数据处理,可有效的避免存在某个振荡管的质量问题而影响制冷效率的试验结果,从而进一步的提高制冷效率研究的准确性,此实现方式简单,数据计算量少,但是如果某一个振荡管存在质量问题时,则对某个结构特征的整个试验结构的影响异常大,导致制冷效率对比结果不准确。

[0071] 其二,如图3所示,每次可以在载物平台1上防止多种结构特征的振荡管进行制冷试验,此时需要对每个高压喷嘴3和回收腔4进行独立的充气和排气收集操作。

[0072] 1、导入通道5与旋转分配器2的所有高压喷嘴3连接,以检测导入所有振荡管的同一导入气温和导入气压,排出通道6与旋转分配器2的所有回收腔4连接,以检测导入所有振荡管的同一排气气温和排气气压,驱动组件7沿着同一顺时针方向或者逆时针方向进行选择,以测试所有振荡管统一化的制冷效率。

[0073] 2、导入通道5包括统筹导入管道51,以及设置在统筹导入管道51末端的第一分级接头52,第一分级接头52上安装有与高压喷嘴3连接的多个输气毛细管53,第一压力传感器10和第一温度传感器9安装在输气毛细管53的内部;

[0074] 排出通道6包括统筹排气管道61,以及设置在统筹排气管道61末端的第二分级接头62,第二分级接头62上安装有与回收腔4连接的多个出气毛细管63,第二压力传感器12和第二温度传感器11安装在出气毛细管63的内部。

[0075] 另外,载物平台1上的振荡管设置在同一个圆上,且振荡管所在圆与旋转分配器2的高压喷嘴3和回收腔4所在圆同心,且在载物平台1上安装不同结构特征的振荡管,控制系统13处理每组高压喷嘴3和回收腔4在单个制冷试验周期内的第一温度传感器9和第二温度传感器11的输出数据,以计算不同结构特征的振荡管的制冷效率。

[0076] 本实施方式可实现对一次对不同结构特征的振荡管的制冷效率计算,这样的话,可以避免由于驱动组件7的工作不稳定或者高压气体产生和导入的不稳定,导致计算不同结构特征的振荡管制冷效率的误差大,通过在同一个载物平台1上设置不同结构特征的振荡管,比如说,在本实施方式设置不同管壁传热系数的振荡管以及不同管长的振荡管,每组高压喷嘴3和回收腔4对应一种结构特征的振荡管进行往复式的多次试验,由于输气毛细管53由同一个统筹导入管道51进行充气,可以保证高压气体的气温和气压的统一性,且每组高压喷嘴3和回收腔4进行往复式的多次试验,则旋转分配器2的转速也相同,因此保证试验条件的稳定性,来提高对不同结构特征的振荡管的试验数据,即制冷效率的准确性。

[0077] 例如本实施方式的试验装置通过驱动组件7的运行频率调控,实现对旋转分配器2转速的调控,且通过在载物平台1上安装不同传热系数的振荡管8,在保持其他制冷条件不变的情况下,分析不同传热系数的振荡管8对制冷效率的影响,同样的,还可以更换同一传热系数的振荡管8的管长,分析的振荡管8的管长对制冷效率的影响,制冷效率的对比更加直观且准确。

[0078] 旋转分配器2的外圈活动安装有固定环14,固定环14的边缘通过螺栓15可拆卸安装在载物平台1,且通过更换不同的旋转分配器2以调控回收腔4和高压喷嘴3的尺寸来调整排气时间和充气时间。

[0079] 在本实施方式中,不仅可以更换振荡管,同时也可以更换旋转分配器2,以分别研究排气时间和充气时间以及振荡管的结构特征对制冷效率的影响,其中旋转分配器2转速主要影响向振荡管中输入的高压气体量和排气量。

[0080] 另外,调控驱动组件7以更改旋转分配器2转速,调整对振荡管的开口端的充气量和排气量,来计算同一结构特征的振荡管对应不同旋转分配器2转速的制冷效率,通过调控充入高压气体的压强计算同一结构特征的振荡管对应不同充气压强的制冷效率。

[0081] 而目前研究气波制冷机最普遍的方法,研究重点集中在振荡管结构的改造方面,各种改造均不同程度的提高了制冷效率,但是实验侧重结果制冷效率的对比,缺乏对其机理的研究,即振荡管的通入气体速度、振荡管的通入气体和排出气体速率以及振荡管的传热性能,是否对振荡管的制冷效率有影响,而不仅仅从振荡管结构改造去研究对制冷效率的影响。

[0082] 本实施方式不局限于现有技术中,研究振荡管结构对制冷效率的影响,而是通过调节与振荡管的气体传热过程相关的参数来研究振荡管的制冷效率,即本实施方式选取基础型结构的振荡管为研究对象,从流场和波传播特性进行角度对管壁传热、管长、旋转分配器转速、压比、排气时间与充气时间的比值等条件的影响规律进行分析研究。

[0083] 其中,旋转分配器2上的高压喷嘴3和回收腔4与旋转分配器2同速,旋转分配器2通过分配器轴16与驱动组件7相连,因此本实施方式通过调节驱动组件7的转速来调节旋转分配器2的速度,进一步调整进入高压喷嘴3的气体流速及充排气周期。

[0084] 压比是指高压气体和振荡管内的循环气体的压力比,默认振荡管内的循环气压为1个大气压,因此,保证压比不变只需控制高压气体压力不变即可,改变压比也仅需要改变高压气体的压强即可。

[0085] 影响排气时间和充气时间的比值的物理结构为回收腔的尺寸和高压喷嘴的尺寸。

[0086] 为了进一步的解释上述利用气体压力能制冷的试验装置,如何研究每个参数对振荡管制冷效果的影响,如图4所示,本实施方式还提供了关于上述试验装置的控制方法,如图5所示,包括以下步骤:

[0087] 步骤100、设定影响振荡管的制冷效率的工程参数,确定气体压力能制冷的试验装置中用于调节工程参数的物理结构。

[0088] 在步骤100中,影响制冷效率的工程参数包括振荡管管壁的传热系数、振荡管的管长、旋转分配器转速、充气气压和振荡管内循环气之间的压比、排气时间与充气时间的比值。

[0089] 其中振荡管的管壁面匹配不同的传热系数分为绝热壁面、等温壁面和半等温半绝热壁面。

[0090] 试验装置中影响旋转分配器转速的物理结构为驱动组件的转速,影响压比的物理结构为本装置连接的空压机,驱动组件用于调整进入振荡管的高压气体的流速和充排气周期。进一步补充说明的是,压比的计算方式具体为:通过进气口的压力传感器计算高压气体的气压,将进气口测量的高压气体气压与振荡管内的循环气体的压力比定义为压比。

[0091] 具体的,调控空压机来更改充入的高压气体压力以及压比;影响排气时间和充气时间的比值的物理结构为回收腔的尺寸和高压喷嘴的尺寸。

[0092] 步骤200、任选一个工程参数作为研究对象,且保持其他工程参数不变,利用试验装置对每个研究对象进行操作条件相同的多次试验,以获取关于该研究对象的试验数据,操作条件为充入振荡管的高压气体压强、温度、高压气体充入量和排出量。

[0093] 控制系统调控物理结构工作以更改研究对象的试验数据的具体实现方法为:

[0094] 1、更换不同传热系数的振荡管,在振荡管的管长、转速以及压比统一不变的情况下,通过对比振荡管进气和排气的气体温度来监测制冷效率。

[0095] 具体的研究结果为:气波制冷机在绝热壁条件下不能稳定运行;300K等温壁条件下可持续稳定运行,300K等温壁条件下的稳定运行阶段,排出冷气的平均温度是232.7K,制冷效率67.0%;半等温半绝热壁面条件可以使气波制冷机稳定运行,此壁面条件下测得排出冷气的平均温度是231.8K,制冷效率是67.9%,比300K等温壁条件提高了0.9%。

[0096] 2、更换振荡管的管长,在振荡管壁面的传热系数、旋转分配器转速以及压比统一不变的情况下,通过对比振荡管进气和排气的气体温度来监测制冷效率。

[0097] 具体的研究结果为:振荡管的管长较短时,制冷效率随管长的变化出现较大波动,随管长增加,峰值效率增大至几乎不变,而管长较大时,制冷效率的变化幅度较小,随管长的增加,制冷效率出现小幅度上升。

[0098] 3、通过调控电机的转速来更改旋转分配器转速,在振荡管壁面的传热系数、管长以及压比统一不变,通过对比振荡管进气和排气的气体温度来监测制冷效率。

[0099] 具体的研究结果为:当旋转分配器转速较小时,制冷效率出现大幅波动,随着旋转分配器转速增大,制冷效率的波动幅度减小,峰值效率降低,当旋转分配器转速足够大时,制冷效率几乎不变。

[0100] 4、通过调控空压机更改压比,在振荡管壁面的传热系数、管长以及旋转分配器转速统一不变的情况下,通过对比振荡管进气和排气的气体温度来监测制冷效率。

[0101] 具体的研究结果为:随压比的增大,温降呈上升趋势,但增长速度变缓,因此随压比增大,制冷效率先增大后减小。

[0102] 5、通过增加叶轮组来减小排气速率,在振荡管壁面的传热系数、管长、压比以及旋转分配器转速统一不变的情况下,通过对比振荡管进气和排气的气体温度来监测制冷效率。

[0103] 具体的研究结果为:增加叶轮后,各工况下排气温度降低,制冷效率增加。

[0104] 6、通过调控回收腔和高压喷嘴的尺寸来更改排气时间与充气时间的比值,在振荡管壁面的传热系数、管长、压比以及旋转分配器转速统一不变的情况下,通过对比振荡管进气和排气的气体温度来监测制冷效率。

[0105] 具体研究结果为:当排气时间与充气时间的比值在3~4区间时,制冷效率最大。当排气时间与充气时间的比值小于1时,出现热壅塞;当排气时间与充气时间的比值大于1时,随着该比值的增加,制冷效率增加,当该比值接近4时达到极值;当排气时间与充气时间的比值大于4时,随着该比值的增加制冷效率增加不明显。

[0106] 步骤300、实时监测振荡管内部不同位置在试验装置每次更改工程参数时的温度变化和气压变化,对比不同位置的温度变化差异和气压变化差异。

[0107] 在步骤300中,控制系统用于统计单次更改每个工程参数的运行数据的运算周期,并通过振荡管内部不同位置的温度传感器监测每个安装点的温度在运算周期内的变化,生成振荡管内的温度分布图。

[0108] 步骤400、实时监测振荡管在每次试验的充气温度、排气温度以及进气气压和排气气压。

[0109] 本实施方式的试验装置利用旋转分配器的每组回收腔和高压喷嘴,振荡管的运行大致分为四个阶段,分别为:

[0110] ①充气阶段,在振荡管的接触面前端会连续地生成压缩波,最后形成激波,向管内传播;

[0111] ②制冷阶段,与振荡管内部的循环气进行传热产生膨胀波,并向管内运动,使接触面后的气体温度下降;

[0112] ③排气阶段,产生膨胀波并向管内运动,使进入管内的气体进一步降温并排出振荡管;

[0113] ④封闭阶段,振荡管内的气体趋于稳定,便于下一个周期开始。

[0114] 试验装置稳定运行阶段是指振荡管的充气流量与排气流量相等,振荡管在每个周期内的气体净增量为零,进一步的,稳定运行阶段时的振荡管内部压力大于封闭阶段的初始压力,且在充气 and 排气过程中,高压气体损失的能量等于通过振荡管管壁散失的能量,而振荡管的运行达到稳定状态,可以得到与实际情况更加接近的计算结果。

[0115] 步骤500、根据进气温度和排气温度的差值计算制冷效率,根据每次更改工程参数后稳定运行的制冷效率以选取最优的工程参数。

[0116] 因此本实施方式通过对气波制冷机进行多周期数值模拟,得到了稳定运行阶段振荡管内的流场和波系特征,提高了制冷效率分析的准确性。

[0117] 且本实施方式并不是通过对振荡管的结构改造来提高制冷效率,而是通过振荡管的管壁传热系数、管长和气体流通效率来分析制冷效率,因此若要维持气波制冷机稳定高效的运行,则需保证振荡管管壁良好散热、排气时间与充气时间的比值控制在3~4之间,并选择合适的管长、转速和压比工况,进一步从流场和波传播特性角度解释了各个因素对制冷机理的影响。

[0118] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例,不用于限制本申请,本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内,对本申请做出各种修改或等同替换,这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

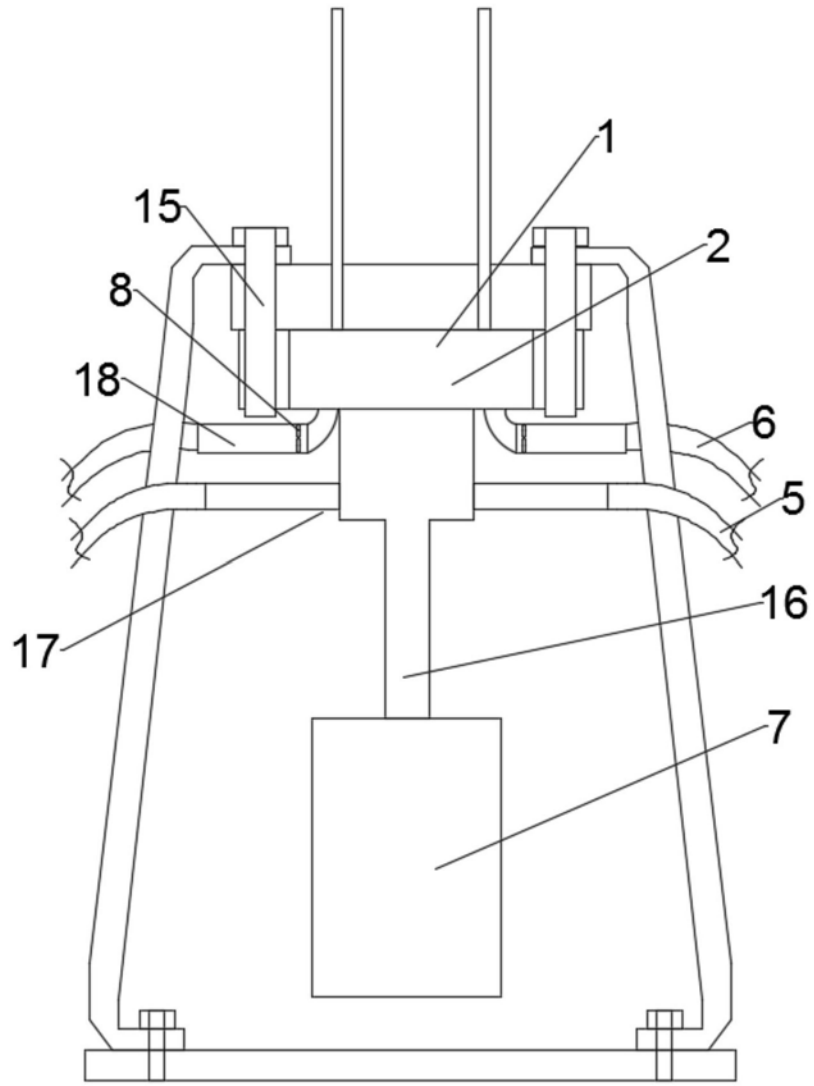


图1

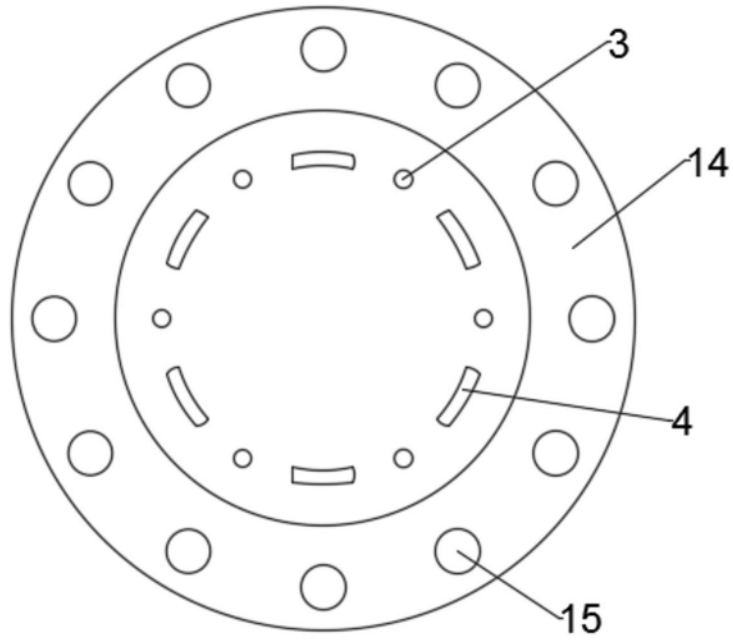


图2

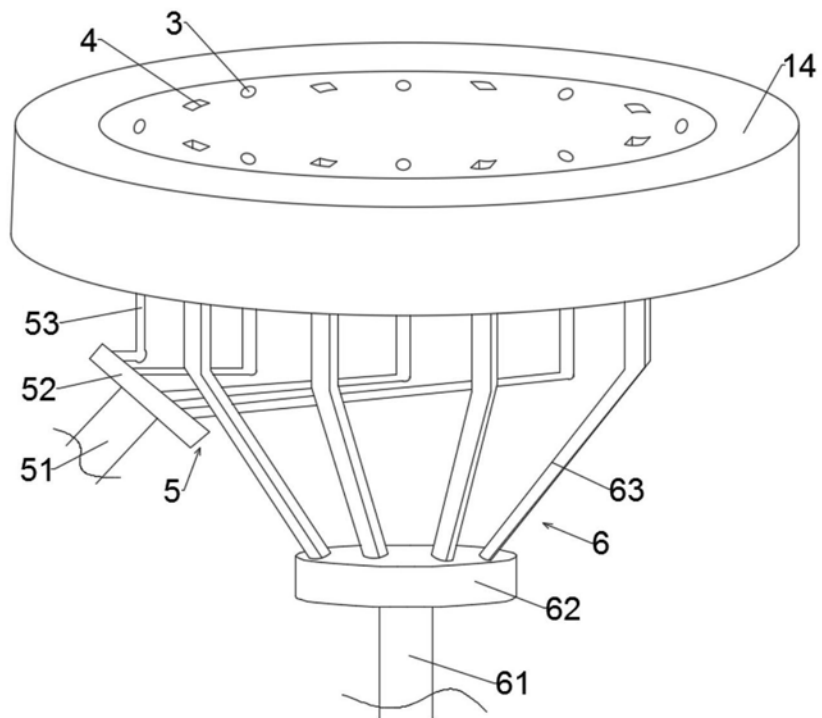


图3

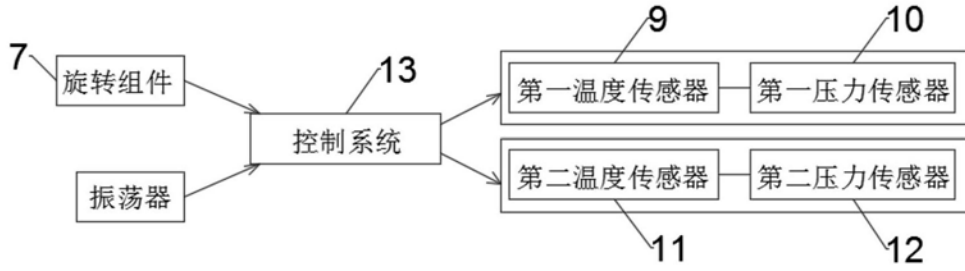


图4

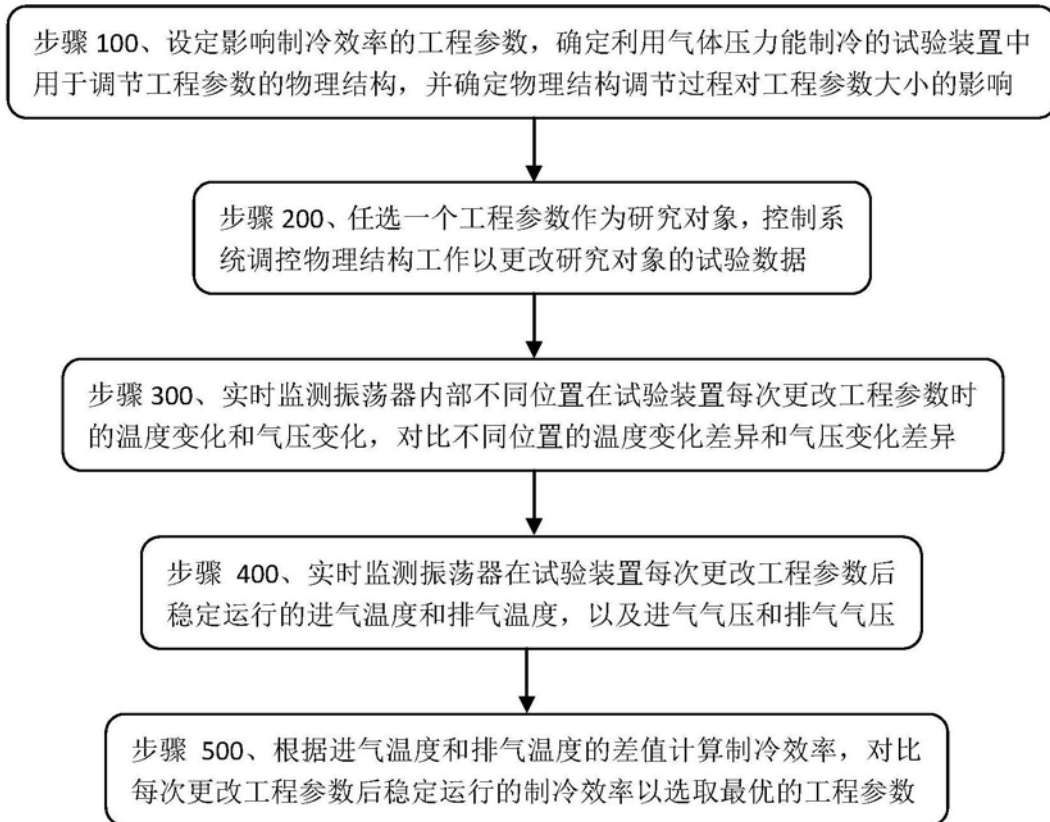


图5