



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115750436 B

(45) 授权公告日 2025.06.24

(21) 申请号 202211318460.X

F04D 29/58 (2006.01)

(22) 申请日 2022.10.26

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 101046163 A, 2007.10.03

申请公布号 CN 115750436 A

CN 111102146 A, 2020.05.05

(43) 申请公布日 2023.03.07

审查员 郝曼

(73) 专利权人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72) 发明人 彭任良 李江红 陈橙 赵振民

单航 孟江涛 陈超 蔡飞超

(74) 专利代理机构 西安嘉思特知识产权代理事

务所(普通合伙) 61230

专利代理师 李薇

(51) Int. Cl.

F04D 29/16 (2006.01)

F04D 29/02 (2006.01)

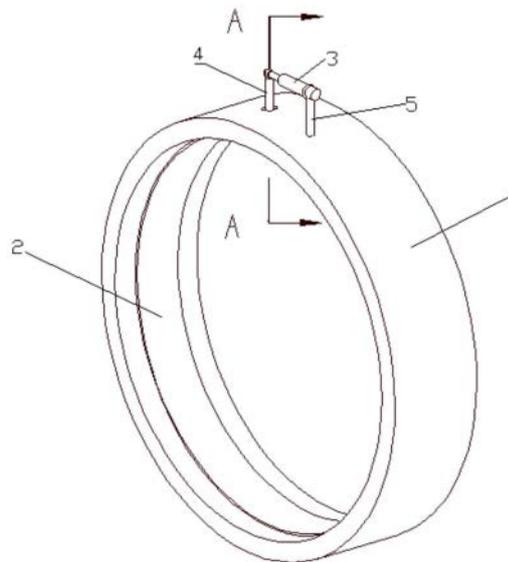
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

### (54) 发明名称

基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置及压气机

### (57) 摘要

本发明公开了一种基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置及压气机,包括:压气机机匣、金属弹性环、相变材料驱动器、第一支架杆和第二支架杆,其中,金属弹性环周向设置于压气机机匣内侧,且与压气机机匣同轴设置;金属弹性环与压气机机匣之间设置有弹性部件;相变材料驱动器设置于压气机机匣外侧,且相变材料驱动器的一端通过贯穿压气机机匣的第一支架杆与金属弹性环固定连接;相变材料驱动器的另一端通过第二支架杆与压气机机匣固定连接;相变材料驱动器随其自身相变材料的形变通过第一支架杆带动金属弹性环挤压或放松弹性部件,进而控制压气机叶尖间隙变大或恢复。本发明可以保持压气机工作的最优间隙,降低油耗,且避免内部流动不稳定。



1. 一种基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置,其特征在于,包括:压气机机匣、金属弹性环、相变材料驱动器、第一支架杆和第二支架杆,其中,

所述压气机机匣为中空圆柱体结构;所述金属弹性环周向设置于所述压气机机匣内侧,且与所述压气机机匣同轴设置;所述金属弹性环与所述压气机机匣之间设置有弹性部件;

所述相变材料驱动器设置于所述压气机机匣外侧,且所述相变材料驱动器的一端通过贯穿所述压气机机匣的第一支架杆与所述金属弹性环固定连接;所述相变材料驱动器的另一端通过所述第二支架杆与所述压气机机匣固定连接;

所述相变材料驱动器随其自身相变材料的形变通过第一支架杆带动所述金属弹性环挤压或放松所述弹性部件,进而控制所述压气机叶尖间隙变大或恢复。

2. 根据权利要求1所述基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置,其特征在于,所述相变材料驱动器包括:缸体、驱动杆、复位弹簧、活塞、相变材料,其中,

所述缸体的一端装设有所述相变材料,另一端装设有与所述相变材料邻接的所述活塞;

所述活塞与所述缸体的内壁接触,且与所述驱动杆的一端固定连接,所述驱动杆的另一端伸出所述缸体,并与所述第一支架杆固定连接;

所述复位弹簧套设于所述缸体内部的驱动杆上;

所述相变材料温度控制装置作用下发生相变引起体积变化,以带动所述驱动杆在水平方向上移动。

3. 根据权利要求2所述基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置,其特征在于,所述温度控制装置包括:加热带、温度传感器和温度控制器,其中,

所述加热带设置于所述相变材料一端的缸体的外周;

所述温度传感器设置于所述加热带与所述缸体之间,且与所述温度控制器相连接;

所述温度控制器通过所述温度传感器对所述相变材料温度的检测来控制所述加热带对所述相变材料加热,以达到所需的位移量。

4. 根据权利要求2所述基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置,其特征在于,所述相变材料驱动器还包括用于密封所述缸体内相变材料的盖体,所述盖体与所述缸体的尾端可拆卸式连接。

5. 根据权利要求1所述基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置,其特征在于,所述金属弹性环设有开口,且所述开口的一侧与所述第一支架杆固定连接,另一侧与所述压气机机匣固定连接。

6. 根据权利要求1所述基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置,其特征在于,所述弹性部件为弹性密封条,所述弹性密封条套设于所述金属弹性环的外周且与所述压气机机匣的内壁紧密接触。

7. 根据权利要求2所述基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置,其特征在于,所述活塞的周向上设置有密封圈,所述密封圈与所述缸体的内壁紧密接触。

8. 根据权利要求3所述基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置,其特征在于,所述加热带外接电源,通过所述电源对所述加热带进行加热以使所述相变材料温度升高发生相变。

9. 根据权利要求1所述基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置, 其特征在于, 所述相变材料为固液相变材料, 包括石蜡相变材料、Cu-石蜡复合材料、AlN-石蜡复合材料。

10. 一种压气机, 其特征在于, 包括叶片轮盘、所述叶片轮盘上设置的动叶叶片, 以及所述动叶叶片外套设的且与所述动叶叶片保留有间隙的如权利要求1~9任一项所述的基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置。

## 基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置及压气机

### 技术领域

[0001] 本发明属于航空发动机控制技术领域,具体涉及一种基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置及压气机。

### 背景技术

[0002] 叶尖间隙对航空发动机的效率、安全性、可靠性与寿命等方面均有着十分重要的影响。在实际的航空发动机设计中,为防止叶片与机匣发生刮蹭,叶片与机匣之间通常会预留一个较大的间隙。

[0003] 但较大的间隙会带来两方面的问题:一是减少了通过叶片通道的流量,造成流量损失,减少做功,降低压气机做功效率,燃油消耗率增大,有害气体排放增加,发动机排气温度升高从而发动机寿命降低;二是由该间隙泄漏的气流在出口会产生涡流,引发压气机内部流动不稳定。

### 发明内容

[0004] 为了解决现有技术中存在的上述问题,本发明提供了一种基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置及压气机。本发明要解决的技术问题通过以下技术方案实现:

[0005] 本发明第一方面提供了一种基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置,包括:压气机机匣、金属弹性环、相变材料驱动器、第一支架杆和第二支架杆,其中,

[0006] 所述压气机机匣为中空的圆柱体结构;所述金属弹性环周向设置于所述压气机机匣内侧,且与所述压气机机匣同轴设置;所述金属弹性环与所述压气机机匣之间设置有弹性部件;

[0007] 所述相变材料驱动器设置于所述压气机机匣外侧,且所述相变材料驱动器的一端通过贯穿所述压气机机匣的第一支架杆与所述金属弹性环固定连接;所述相变材料驱动器的另一端通过所述第二支架杆与所述压气机机匣固定连接;

[0008] 所述相变材料驱动器随其自身相变材料的形变通过第一支架杆带动所述金属弹性环挤压或放松所述弹性部件,进而控制所述压气机叶尖间隙变大或恢复。

[0009] 在本发明的一个实施例中,所述相变材料驱动器包括:缸体、驱动杆、复位弹簧、活塞、相变材料,其中,

[0010] 所述缸体的一端装有所述相变材料,另一端装设有与所述相变材料邻接的所述活塞;

[0011] 所述活塞与所述缸体的内壁接触,且与所述驱动杆的一端固定连接,所述驱动杆的另一端伸出所述缸体,并与所述第一支架杆固定连接;

[0012] 所述复位弹簧套设于所述缸体内部的驱动杆上;

[0013] 所述相变材料温度控制装置作用下发生相变引起体积变化,以带动所述驱动杆在水平方向上移动。

[0014] 在本发明的一个实施例中,所述温度控制装置包括:加热带、温度传感器和温度控

制器,其中,

[0015] 所述加热带设置于所述相变材料一端的缸体的外周;

[0016] 所述温度传感器设置于所述加热带与所述缸体之间,且与所述温度控制器相连接;

[0017] 所述温度控制器通过所述温度传感器对所述相变材料温度的检测来控制所述加热带对所述相变材料加热,以达到所需的位移量。

[0018] 在本发明的一个实施例中,所述相变材料驱动器还包括用于密封所述缸体内相变材料的盖体,所述盖体与所述缸体的尾端可拆卸式连接。

[0019] 在本发明的一个实施例中,所述金属弹性环设有开口,且所述开口的一侧与所述第一支架杆固定连接,另一侧与所述压气机机匣固定连接。

[0020] 在本发明的一个实施例中,所述弹性部件为弹性密封条,所述弹性密封条套设于所述金属弹性环的外周且与所述压气机机匣的内壁紧密接触。

[0021] 在本发明的一个实施例中,所述活塞的周向上设置有密封圈,所述密封圈与所述缸体的内壁紧密接触。

[0022] 在本发明的一个实施例中,所述加热带外接电源,通过所述电源对所述加热带进行加热以使所述相变材料温度升高发生相变。

[0023] 在本发明的一个实施例中,所述相变材料为固液相变材料,包括石蜡相变材料、Cu-石蜡复合材料、AlN-石蜡复合材料。

[0024] 本发明第二方面提供了一种压气机,包括叶片轮盘、所述叶片轮盘上设置的动叶叶片,以及所述动叶叶片外套设的且与所述动叶叶片保留有间隙的如前面任一项所述的基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置

[0025] 与现有技术相比,本发明的有益效果:

[0026] 本发明的方案通过控制相变材料驱动器中相变材料的体积变化,使相变材料驱动器的驱动杆发生位移变化,再通过第一支架杆作用于金属弹性环挤压或放松弹性部件,进而控制压气机叶尖间隙变大或恢复,实现对叶尖间隙的控制;本发明的方案使航空发动机在工作过程中,持续保持压气机工作的最优间隙,可以降低压气机的油耗,降低有害气体的排放,提升发动机的寿命;同时还可以避免间隙过大导致泄漏的气流在出口会产生涡流,引发压气机内部流动不稳定的问题。

## 附图说明

[0027] 图1是本发明提供的一种基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置的结构示意图;

[0028] 图2是图1结构示意图的A-A方向剖面图;

[0029] 图3是本发明实施例提供的一种相变材料驱动器结构示意图;

[0030] 图4是本发明实施例提供的一种压气机的结构示意图。

[0031] 附图标记:

[0032] 1-压气机机匣;2-金属弹性环;3-相变材料驱动器;4-第一支架杆;5-第二支架杆;6-弹性密封条;7-固定螺钉;8-滑动孔;9-缸体;10-驱动杆;11-复位弹簧;12-活塞;13-相变材料;14-加热带;15-温度传感器;16-温度控制器;17-密封圈;18-盖体;19-密封螺钉;20-

压气机叶尖间隙控制装置;21-动叶叶片;22-叶片轮盘。

### 具体实施方式

[0033] 下面结合具体实施例对本发明做进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0034] 为了解决现有压气机叶尖间隙过大带来的压气机功耗大、寿命降低,以及压气机内部流动不稳定的问题,本发明实施例提供了一种基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置及压片机。

[0035] 请参见图1,图1是本发明提供的一种基于相变材料驱动器3的压气机叶尖间隙控制装置的结构示意图;图1所示的基于相变材料驱动器3的压气机叶尖间隙控制装置,包括:压气机机匣1、金属弹性环2、相变材料驱动器3、第一支架杆4和第二支架杆5。下面对每一部分的结构以及功能进行具体说明。

[0036] 本发明实施例的压气机机匣1为中空圆柱体结构,压气机机匣1与现有的压气机机匣1相同,设置于压气机叶片的外侧,且与压气机叶片保留有一定的间隙,该间隙也即本发明需要控制的叶尖间隙。

[0037] 本发明实施例的金属弹性环2周向设置于压气机机匣1内侧,且与压气机机匣1同轴设置。具体地,压气机机匣1的内壁设置有凹槽,金属弹性环2固定于该凹槽内。可以理解的是,金属弹性环2为圆筒状的金属薄片,可以在受力情况下向外扩张变形,在不受力的情况下向内恢复形变。

[0038] 作为一种实施方式,金属弹性环2可以设有开口,且开口的一侧与第一支架杆4固定连接,另一侧与压气机机匣1固定连接。当相变材料驱动器3工作时带动金属弹性环2开口间隙增大或减小,进而导致金属弹性环2的直径增大或减小。

[0039] 请参见图2,图2是图1结构示意图的A-A方向剖面图;本发明实施例的金属弹性环2与压气机机匣1之间设置有弹性部件,该弹性部件一是用于保证金属弹性环2与压气机机匣1之间的相共轴和密封,另一方面是用于在受到金属弹性环2的作用力时发生形变,目的是使压气机叶尖间隙变大或恢复。

[0040] 示例地,该弹性部件可以为弹性密封条6,弹性密封条6套设于金属弹性环2的外周且与压气机机匣1的内壁紧密接触。具体地,该弹性密封条6可以是两条截面为圆形的密封圈17,分别设置于第一支架杆4与金属弹性环2固定处的两侧的金属弹性环2的外周。

[0041] 本发明实施例的相变材料驱动器3设置于压气机机匣1外侧,且相变材料驱动器3的一端通过贯穿压气机机匣1的第一支架杆4与金属弹性环2固定连接;相变材料驱动器3的另一端通过第二支架杆5与压气机机匣1固定连接;相变材料驱动器3随其自身相变材料13的形变通过第一支架杆4带动金属弹性环2挤压或放松弹性部件,进而控制压气机叶尖间隙变大或恢复。

[0042] 可以理解的是,第一支架杆4和第二支架杆5相互平行且沿垂直于压气机机匣1轴向的方向设置,第一支架杆4的顶端与变材料驱动器可活动的一端固定连接,具体可以通过管夹固定连接;第一支架杆4穿过压气机机匣1,底端可以通过固定螺钉7与金属弹性环2固定;第一支架杆4穿过压气机机匣1的具体方式可以是在压气机机匣1设置一个滑动孔8,第一支架杆4可以在该滑动孔8内水平方向移动。第二支架杆5的顶端与变材料驱动器的固定

端固定连接,具体可以通过管夹固定连接;第二支架杆5的底端可以直接固定在压气机机匣1的外壳体上。

[0043] 请参见图3,图3是本发明实施例提供的一种相变材料驱动器3结构示意图;具体地,本发明实施例的相变材料驱动器3可以包括:缸体9、驱动杆10、复位弹簧11、活塞12、相变材料13,其中,

[0044] 缸体9的一端装设有相变材料13,另一端装设有与相变材料13邻接的活塞12;活塞12与缸体9的内壁接触,且与驱动杆10的一端固定连接,驱动杆10的另一端伸出缸体9,并与第一支架杆4固定连接;复位弹簧11套设于缸体9内部的驱动杆10上;相变材料13温度控制装置作用下发生相变引起体积变化,以带动驱动杆10在水平方向上移动。

[0045] 本发明实施例的相变材料13,优选为固液相变材料13,包括石蜡相变材料13、Cu-石蜡复合材料、AlN-石蜡复合材料。本发明所采用的相变材料13成本低、体膨胀率高、相变力大,其响应时间和功率方面较形状记忆合金优越。

[0046] 需要说明的是,相变材料13通常状态下为固态,为了便于加入相变材料驱动器3的缸体9内,可以先在恒温箱内将相变材料13加热到液态,再在真空环境下将液态相变材料13的气泡抽出去(因为相变材料13加热后会产生气泡,气泡会减低相变材料13的体膨胀率,进而影响相变材料13的驱动性能),然后将液态相变材料13注入缸体9。常温下缸体9内的相变材料13又会变为固态,因此本发明是通过加热致固态相变材料13不断由固态变为液态,体积不断膨胀,进而可以推动活塞12带动驱动杆10发生向外的直线运动;而当温度降低或停止加热时,相变材料13又由液相不断转变为固相,体积不断缩小,此时在复位弹簧11的作用力下活塞12带动驱动杆10发生向内的直线运动。

[0047] 本发明实施例的温度控制装置包括:加热带14、温度传感器15和温度控制器16,其中,加热带14设置于相变材料13一端的缸体9的外周;温度传感器15设置于加热带14与缸体9之间,且与温度控制器16相连接;温度控制器16通过温度传感器15对相变材料13温度的检测来控制加热带14对相变材料13加热,以达到所需的位移量。

[0048] 具体地,加热带14可以在相变材料13一端的缸体9的外周局部设置,也可以周向全覆盖设置;加热带14外接电源,通过电源对加热带14进行加热以使相变材料13温度升高发生相变。活塞12的周向上设置有密封圈17,密封圈17与缸体9的内壁紧密接触,以达到活塞12和缸体9之间的密封效果。

[0049] 此外,相变材料驱动器3还可以包括用于密封缸体9内相变材料13的盖体18,盖体18与缸体9的尾端可拆卸式连接。也即,缸体9的尾端是开口式的,便于灌入液相的相变材料13;盖体18与缸体9的尾端的连接方式可以是螺纹连接。进一步地,盖体18与缸体9的尾端通过密封螺钉19进行加固。

[0050] 本发明实施例的温度控制装置会根据温度控制器16中预先设定的温度范围,结合温度传感器15实时检测的相变材料13的温度,控制加热带14对相变材料13加热至预设的温度范围,进而促使相变材料13在温度变化过程中的体积变化。

[0051] 作为本发明的一种优选的实施方式,可以对相变材料驱动器3的温度的精确控制实现对相变材料驱动器3驱动杆10位移的精准控制,进而实现对叶尖间隙的精确控制。具体方法为:

[0052] 建立驱动杆10位移量与相变材料13温度之间的数学模型:

$$[0053] \quad x = \frac{\mu \pi d^2 (T - T_0) - 4\phi f}{\frac{\pi d^2}{4V_0} + 4k\phi}$$

[0054] 其中,  $\mu = \frac{1}{v} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$  为等压体积膨胀系数,  $\phi = \frac{1}{v} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$  为等温体积压缩系数,  $p$ 、 $V$ 、

$T$  分别为相变温度范围下的定质量的相变材料13的实时压力、体积和温度;  $T_0$  为相变材料13的初始温度,  $V_0$  为相变材料13的初始体积,  $d$  为缸体9的内径,  $f$  为外部负载件对驱动器产生的负载力,  $k$  为复位弹簧11的弹性系数,  $x$  为目标位移量。

[0055] 根据该数学模型, 可以通过控制相变材料13的温度来实现驱动杆10位移量的精准调节。

[0056] 由于驱动杆10的位移会带动金属弹性环2挤压或放松弹性部件, 进而控制压气机叶尖间隙变大或恢复, 所以可以进一步通过试验, 建立驱动杆10位移量与叶尖间隙之间对应关系的模型, 实现根据所需的叶尖间隙对应调整所需的升温范围。

[0057] 本发明实施例的基于相变材料驱动器3的压气机叶尖间隙控制装置的工作原理是: 本发明基于相变材料13发生相变时的膨胀收缩性, 将带有相变材料驱动器3的叶尖间隙控制装置布置在压片机的动叶叶片21上, 进而控制叶尖间隙变化。

[0058] 具体地, 在温度控制器16中预先设定需要达到的目标温度, 温度控制器16控制加热带14对相变材料13加热, 温度传感器15实时检测的相变材料13的温度, 并在达到目标温度时温度控制器16控制停止对加热带14加热; 在相变材料13温度不断升高过程中, 由于相变材料13为石蜡相变材料13、Cu-石蜡复合材料、AlN-石蜡复合材料等非单一体积变化的相变材料13, 其体积会在升温过程中不断发生膨胀直至目标温度下的目标体积; 相变材料13的体积不断膨胀会推动活塞12带动驱动杆10发生向外的直线运动, 进而又通过第一支架杆4作用于金属弹性环2挤压弹性部件, 来控制压气机叶尖间隙变大。

[0059] 基于同样的原理, 在停止加热时, 相变材料13的温度会逐渐降低, 相变材料13的体积不断缩小, 此时在复位弹簧11的作用力下活塞12带动驱动杆10发生向内的直线运动, 进而又通过第一支架杆4拉动金属弹性环2复位, 使得压气机叶尖间隙恢复至初始大小。

[0060] 当然也可以通过上述本发明优选的实施例提供的数学模型, 设定需要升温的目标温度, 来实现对需要达到的叶尖间隙的具体控制。

[0061] 本发明实施例提供的基于相变材料驱动器3的压气机叶尖间隙控制装置, 通过控制相变材料驱动器3中相变材料13的体积变化, 使相变材料驱动器3的驱动杆10发生位移变化, 再通过第一支架杆4作用于金属弹性环2挤压或放松弹性部件, 进而控制压气机叶尖间隙变大或恢复, 实现对叶尖间隙的控制; 本发明的方案使航空发动机在工作过程中, 持续保持压气机工作的最优间隙, 可以降低压气机的油耗, 降低有害气体的排放, 提升发动机的寿命; 同时还可以避免间隙过大导致泄漏的气流在出口会产生涡流, 引发压气机内部流动不稳定的问题。

[0062] 请参见图4, 图4是本发明实施例提供的一种压气机的结构示意图; 本发明实施例还提供了一种压气机, 包括叶片轮盘22、叶片轮盘22上设置的动叶叶片21, 以及动叶叶片21外套设的且与动叶叶片21保留有间隙的压气机叶尖间隙控制装置20, 该压气机叶尖间隙控

制装置20可以是上述任一实施例的基于相变材料驱动器3的压气机叶尖间隙控制装置。

[0063] 本发明实施例的压气机,采用的基于相变材料驱动器的压气机叶尖间隙控制装置,其具体结构及功能在前面已经详细介绍,此处不再赘述。

[0064] 本发明实施例的压气机,在正常状态下,叶尖间隙是小于现有的压气机的叶尖间隙的,但是该间隙不会使叶片与机匣发生刮蹭;一般在压气机启动、停机时,进行加热,叶尖间隙放大;压气机正常工作时,停止加热,叶尖间隙恢复。由于泄漏涡流经区域为高损失区域,随着叶尖间隙增大,泄漏涡沿周向偏转且占据了更大面积,动叶叶尖及其下游区域损失增加,使得压气机效率降低,会增加压气机的耗油率,因此,本发明的方案通过控制相变材料驱动器中相变材料的体积变化,使相变材料驱动器的驱动杆发生位移变化,再通过第一支架杆作用于金属弹性环挤压或放松弹性部件,进而控制压气机叶尖间隙变大或恢复,实现对叶尖间隙的控制;本发明的方案使航空发动机在工作过程中,持续保持压气机工作的最优间隙,可以降低压气机的油耗,降低有害气体的排放,提升发动机的寿命;同时还可以避免间隙过大导致泄漏的气流在出口会产生涡流,引发压气机内部流动不稳定的问题。

[0065] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0066] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0067] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0068] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征之“上”或之“下”可以包括第一和第二特征直接接触,也可以包括第一和第二特征不是直接接触而是通过它们之间的另外的特征接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”包括第一特征在第二特征正上方和斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”包括第一特征在第二特征正下方和斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0069] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任意的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例进行接合和组合。

[0070] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

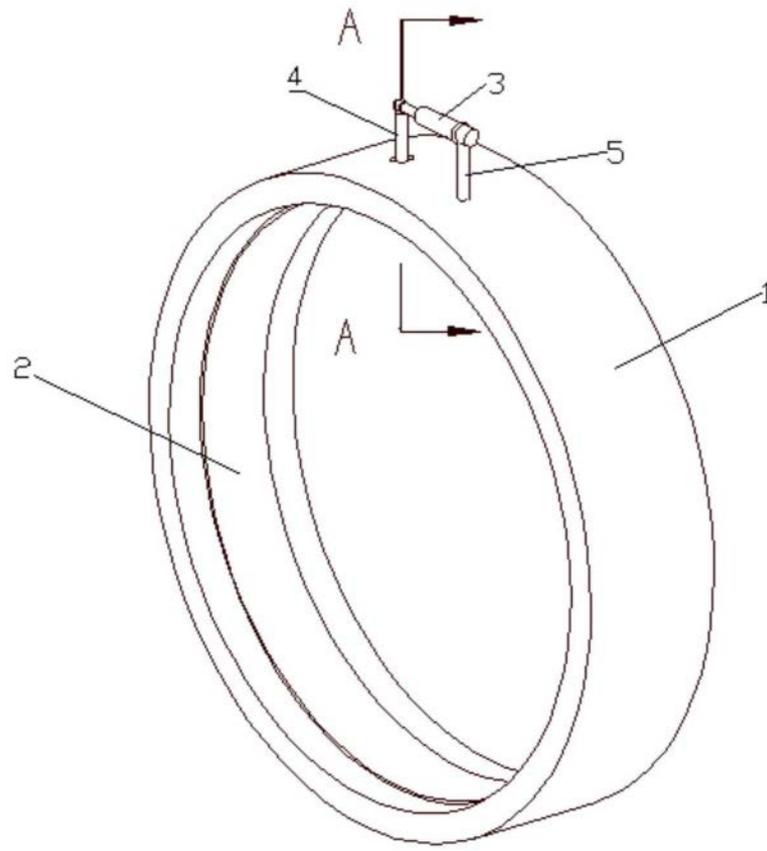


图1

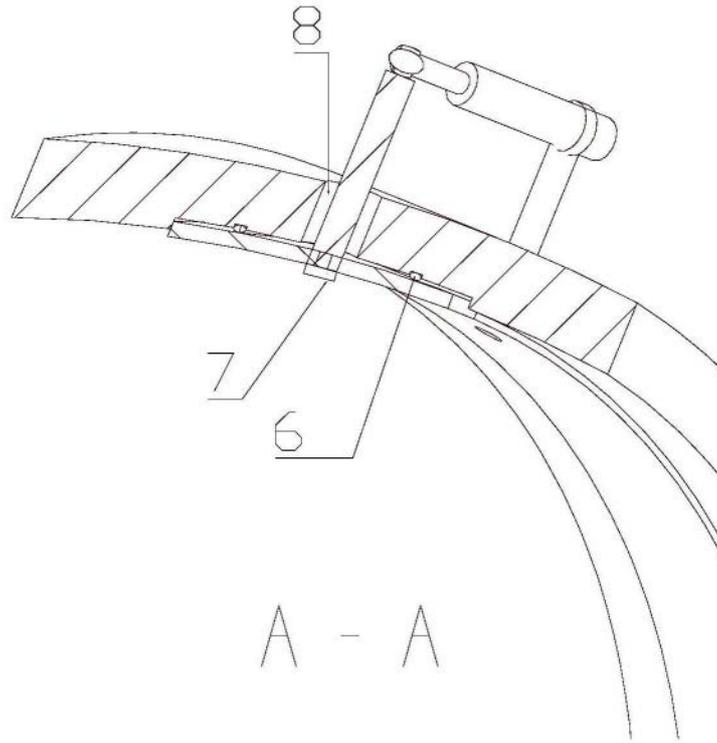


图2

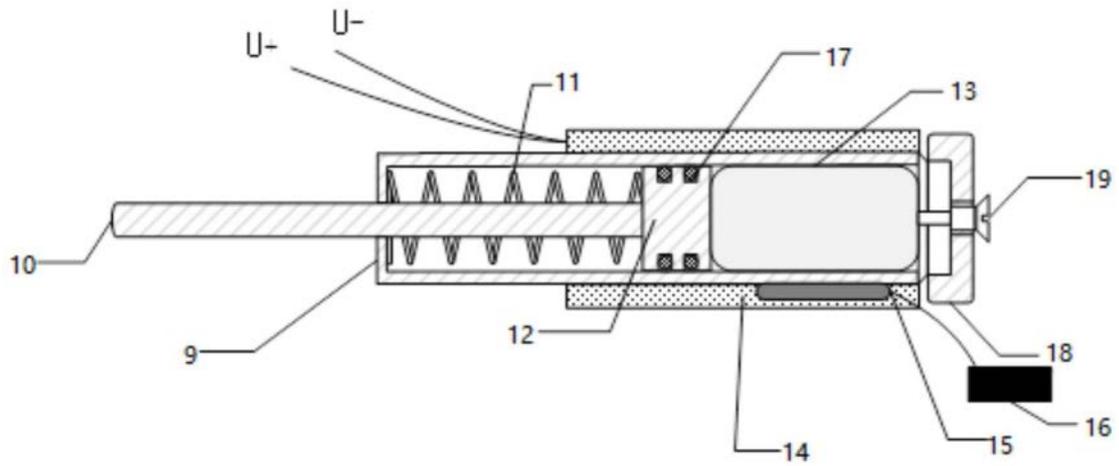


图3

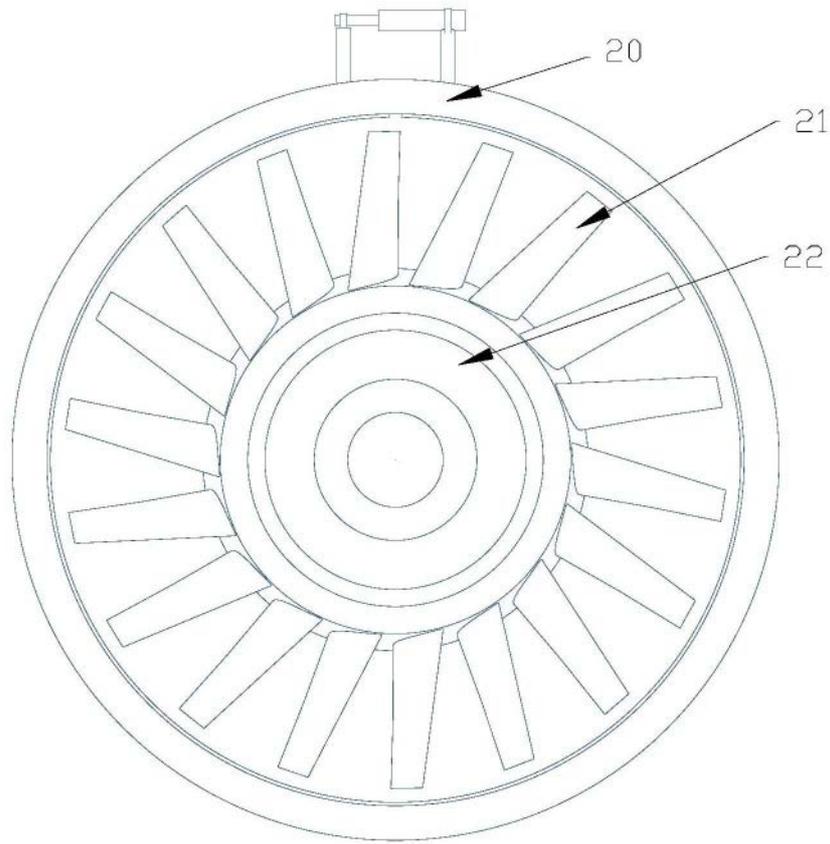


图4