



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 215673606 U

(45) 授权公告日 2022. 01. 28

(21) 申请号 202122158494.4

F16J 15/40 (2006.01)

(22) 申请日 2021.09.07

(73) 专利权人 兰州理工大学

地址 730000 甘肃省兰州市七里河区兰工  
坪路287号

(72) 发明人 徐洁 蒋海涛 严如奇 俞树荣  
丁雪兴 张伟政 丁俊华 王世鹏

(74) 专利代理机构 成都云纵知识产权代理事务  
所(普通合伙) 51316

代理人 伍星

(51) Int. Cl.

F16J 15/34 (2006.01)

F16J 15/3284 (2016.01)

F16J 15/3268 (2016.01)

F16J 15/324 (2016.01)

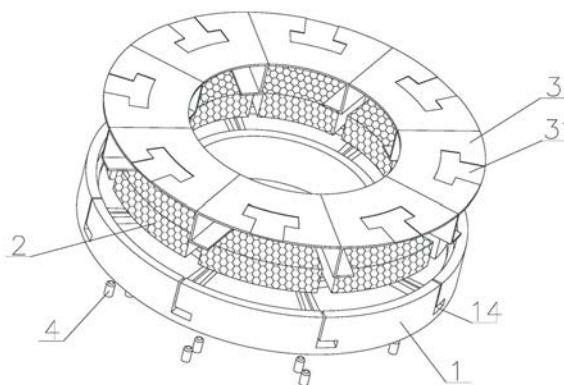
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 实用新型名称

一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构

(57) 摘要

本实用新型公开了一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,包括动环、静环,所述动环、静环中至少一个的密封端面为高阻尼密封端面,所述高阻尼密封端面包括环本体、依次设置在环本体端面上的金属网垫、平箔片,所述平箔片表面具有动压槽,所述金属网垫与平箔片接触。本实用新型的目的在于提供一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,以解决现有技术中干气密封结构在高速旋转时运行稳定性差、密封系统阻尼不足、快速启停能力弱等问题,实现宽温域下非接触、小泄漏的气膜密封设计目的。



1. 一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,包括动环、静环,其特征在于,所述动环、静环中至少一个的密封端面为高阻尼密封端面,所述高阻尼密封端面包括环本体(1)、依次设置在环本体(1)端面上的金属网垫(2)、平箔片(3),所述平箔片(3)表面具有动压槽(31),所述金属网垫(2)与平箔片(3)接触。

2. 根据权利要求1所述的一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,其特征在于,所述金属网垫(2)由金属丝编织而成。

3. 根据权利要求1所述的一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,其特征在于,所述平箔片(3)为分离式平箔片,所述分离式平箔片包括若干小片,每片小片均包括固定端、自由端,所述固定端用于与环本体(1)连接。

4. 根据权利要求3所述的一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,其特征在于,所述环本体(1)端面上开设环形凹槽(16),所述环形凹槽(16)将环本体(1)端面分为内、外分布的密封坝(12)、支撑坝(13);所述金属网垫(2)、平箔片(3)装配在环形凹槽(16)内,且所述平箔片(3)与所述密封坝(12)齐平。

5. 根据权利要求4所述的一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,其特征在于,所述环形凹槽(16)的槽底开设若干环形均布的扇形凹槽(11),所述扇形凹槽(11)与金属网垫(2)相匹配,金属网垫(2)位于扇形凹槽(11)内。

6. 根据权利要求5所述的一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,其特征在于,所述环形凹槽(16)的槽底还开设若干装配槽(14),所述装配槽(14)用于装配平箔片(3)的固定端。

7. 根据权利要求6所述的一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,其特征在于,相邻两个扇形凹槽(11)之间设置一个装配槽(14),所述装配槽(14)延伸至环本体(1)的外径侧。

8. 根据权利要求7所述的一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,其特征在于,所述装配槽(14)呈L型,所述平箔片(3)的形状与所述装配槽(14)相匹配。

9. 根据权利要求8所述的一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,其特征在于,所述平箔片(3)包括用于与金属网垫(2)接触的箔片段(34)、位于箔片段(34)一端的直边段(32)、位于直边段(32)一端的平边段(33);所述直边段(32)与平边段(33)相互垂直,且直边段(32)与平边段(33)能够插入L型的装配槽(14)中。

10. 根据权利要求1所述的一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,其特征在于,所述环本体(1)的背面设置若干螺栓孔(15),所述螺栓孔(15)用于安装紧定螺钉(4)。

## 一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及干气密封领域,具体涉及一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构。

### 背景技术

[0002] 当传统的箔片干气密封结构应用于界面高速滑移和高环温的服役工况时,由于密封介质为粘性较小的气体,使得密封系统存在阻尼不足、运行稳定性差、快速启停能力弱等问题,尤其是在轴向位移异常跳动或工况条件突变的情况下,箔片结构受力变形后无法及时回弹,极易造成负压流场紊乱和密封环局部接触,甚至导致密封系统失稳、失效,影响整机使用性能。

### 实用新型内容

[0003] 本实用新型的目的在于提供一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,以解决现有技术中干气密封结构在高速旋转时运行稳定性差、密封系统阻尼不足、快速启停能力弱等问题,实现宽温域下非接触、小泄漏的气膜密封设计目的。

[0004] 本实用新型通过下述技术方案实现:

[0005] 一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,包括动环、静环,所述动环、静环中至少一个的密封端面为高阻尼密封端面,所述高阻尼密封端面包括环本体、依次设置在环本体端面上的金属网垫、平箔片,所述平箔片表面具有动压槽,所述金属网垫与平箔片接触。

[0006] 为了充分发挥干气密封技术在不断恶化的运行环境下对泄漏通道的有效封堵作用,需设计一种系统阻尼性良好、承载能力更佳,且对运行环境反应迅速的新型弹性支撑干气密封结构。基于此,本实用新型提出一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构。对于箔片干气密封结构而言,动环、静环任意一个为波箔片和平箔片组合作为弹性支撑的端面,且动环、静环各自均具有密封端面。本申请将动环、静环中的至少一个的密封端面设置为高阻尼干气密封端面。本申请中的高阻尼密封端面,即是在动环和/或静环的环本体端面上依次设置金属网垫、平箔片,并在平箔片表面设置动压槽。其中平箔片可以为整体式,也可以为分离式,在此不做限定。本申请需保证金属网垫与平箔片相互接触,以实现载荷传递,同时限制金属网垫在轴向方向的移动。本申请具体工作原理如下:

[0007] 一、由平箔片和金属网垫共同构成具有高阻尼的支承表面。当高压介质气体由密封环外径流动至密封环内径低压处时,由于介质压差以及气体粘性的共同作用,在整周的密封端面内,变形程度从外径至内径递减,形成径向楔形效应,摩擦副间形成具有较强刚度的润滑气膜,从而达到非接触密封效果。

[0008] 二、在干气密封系统开启阶段,密封副处于接触状态,润滑气膜温度为介质温度,弹性端面受到气膜热力载荷的作用,发生较大变形,该阶段的端面变形增强了气膜开启力,保证了摩擦副的快速分离。在干气密封系统停车阶段,转速逐渐降低,润滑气膜温度随之降低,金属网垫发生较大变形,楔形效应增强,气膜开启力增大,摩擦副间隙增大,避免了快速

停车时密封环的碰撞。采用该结构时,可通过调节密封腔温度实现主动控制或提前设置平衡温度实现被动控制,实现了本申请适用于宽温域的效果。

[0009] 优选的,金属网垫的材质为记忆合金材料。使用记忆合金材料具有如下优点:当密封副处于脱开状态并运行一段时间后,润滑气膜温度会随着流体搅拌和粘性剪切的热作用而上升,当温度达到金属网垫的平衡温度时,金属网垫恢复原始形状,摩擦副间隙减小,重新提供较大的刚度,此时不仅保证了一定程度的端面变形,也控制了泄漏量。

[0010] 进一步的,所述金属网垫由金属丝编织而成。由金属丝编织而成的金属网垫可发挥金属阻尼器的作用;其中金属丝的材料、结构参数以及成型的相对密度均影响金属网垫性能,本领域技术人员根据具体使用工况进行适应性选择。此外,由于本方案中的金属网垫采用金属丝编织而成,当平箔片受到载荷作用并传递至金属网垫时,相邻金属丝搭接形成的若干摩擦节点间发生相对滑动,由于结构较大的库伦阻尼作用将震动能转化为内能,从而提高运行稳定性和极限载荷能力。同时,金属材料界面间发生相对滑动而产生滞弹性迁移,可耗散机械振动能量,从而实现减震阻尼的目的。

[0011] 进一步的,所述平箔片为分离式平箔片,所述分离式平箔片包括若干小片,每片小片均包括固定端、自由端,所述固定端用于与环本体连接。本领域技术人员应当理解,分离式平箔片,即是整周式平箔片按照一定规律分离成若干小片。本方案中每个小片通过固定端实现与环本体直接或间接的连接。密封环旋转时,带动气体朝着平箔片自由端流动,由于动压槽以及气体粘性的共同作用,在一个周期的密封端面内,变形程度从自由端至固定端递减,形成周向楔形效应。周向楔形效应与前述径向楔形效应共同形成双重楔形效应,在双重楔形效应的作用下,摩擦副间形成具有更强刚度的润滑气膜,增强了开启性能,更加确保了非接触密封的效果。

[0012] 进一步的,所述环本体端面上开设环形凹槽,所述环形凹槽将环本体端面分为内、外分布的密封坝、支撑坝;所述金属网垫、平箔片装配在环形凹槽内,且所述平箔片与所述密封坝齐平。环形凹槽自环本体端面下凹形成,其内用于装配金属网垫和平箔片;位于环形凹槽内径方向的环本体端面作为本申请的密封坝、位于环形凹槽外径方向的环本体端面作为本申请的支撑坝。

[0013] 进一步的,所述环形凹槽的槽底开设若干环形均布的扇形凹槽,所述扇形凹槽与金属网垫相匹配,金属网垫位于扇形凹槽内。本方案中的扇形凹槽作为金属网垫的安装槽,为金属网垫提供装配空间,防止金属网垫周向和径向的滑动,实现稳定配合。其中,若干个扇形凹槽环形均布在环形凹槽的槽底,那么必然的,本方案中的金属网垫也分为若干个,每个独立装配在一个对应的扇形凹槽内,且金属网垫的形状也与扇形凹槽的形状相匹配。优选的,扇形凹槽的个数与分离式平箔片分离的片数相等,每个扇形凹槽内装配一个金属网垫、每个金属网垫上装配一片分离式平箔片的小片。

[0014] 进一步的,所述环形凹槽的槽底还开设若干装配槽,所述装配槽用于装配平箔片的固定端。本方案中,平箔片的固定端与装配槽进行配合,以实现平箔片与环本体之间的稳定连接。

[0015] 进一步的,相邻两个扇形凹槽之间设置一个装配槽,所述装配槽延伸至环本体的外侧,便于平箔片的固定端由外向内插入装配槽进行安装连接。

[0016] 进一步的,所述装配槽呈L型,所述平箔片的形状与所述装配槽相匹配,以保证平

箔片的固定端能够与装配槽相配合。

[0017] 进一步的,所述平箔片包括用于与金属网垫接触的箔片段、位于箔片段一端的直边段、位于直边段一端的平边段;所述直边段与平边段相互垂直,且直边段与平边段能够插入L型的装配槽中。其中箔片段为平箔片的主体部分,直边段和平边段用于与L型的装配槽进行配合。

[0018] 进一步的,所述环本体的背面设置若干螺栓孔,所述螺栓孔用于安装紧定螺钉。通过紧定螺钉从背部将平箔片压紧至环本体上,以防止平箔片脱落或者滑动。

[0019] 进一步的,所述动压槽为双向动压槽。现有干气密封结构设计中,可实现双向旋转的动压槽型,均可作为本申请的双向动压槽。

[0020] 本实用新型与现有技术相比,具有如下的优点和有益效果:

[0021] 1、本实用新型一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,采用平箔片和金属网垫组合构成的支承弹性端面,可以在带压气体的流动作用下,在径向和周向发生均发生楔形变形,增大气膜开启力,保证气膜的良好刚度。

[0022] 2、本实用新型一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,平箔片与金属网垫接触,金属网垫采用金属丝机械编制、缠绕而成,在平箔片与金属网垫、金属丝搭接节点,以及金属丝材料界面之间均存在相对滑动,三重摩擦作用极大程度地增强了密封系统阻尼,可有效避免振动失稳。

[0023] 3、本实用新型一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,可通过控制温度场主动或者设置材料平衡温度被动调控端面刚度,从而实现感知密封腔全工况运行过程中的温度变化,实现自复位调节,加强了密封系统工况波动下的动态调整能力,减小端泄量,减少金属疲劳,延长使用寿命,拓宽了干气密封的适用温域。

## 附图说明

[0024] 此处所说明的附图用来提供对本实用新型实施例的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本实用新型实施例的限定。在附图中:

[0025] 图1为本实用新型具体实施例的轴测图;

[0026] 图2为本实用新型具体实施例的爆炸图;

[0027] 图3为本实用新型具体实施例的俯视图;

[0028] 图4为本实用新型具体实施例的主视图;

[0029] 图5为图3中A-A方向线的剖视图;

[0030] 图6为本实用新型具体实施例中环本体的轴测图;

[0031] 图7为本实用新型具体实施例中平箔片的轴测图;

[0032] 图8为本实用新型具体实施例中环本体的仰视图;

[0033] 图9为本实用新型具体实施例中金属网垫的结构示意图。

[0034] 附图中标记及对应的零部件名称:

[0035] 1-环本体,11-扇形凹槽,12-密封坝,13-支撑坝,14-装配槽,15-螺栓孔,16-环形凹槽,2-金属网垫,3-平箔片,31-动压槽,32-直边段,33-平边段,34-箔片段,4-紧定螺钉。

## 具体实施方式

[0036] 为使本实用新型的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合实施例和附图,对本实用新型作进一步的详细说明,本实用新型的示意性实施方式及其说明仅用于解释本实用新型,并不作为对本实用新型的限定。

[0037] 实施例1:

[0038] 如图1至图6所示的一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,包括动环、静环,所述动环、静环中至少一个的密封端面为高阻尼密封端面,所述高阻尼密封端面包括环本体1、依次设置在环本体1端面上的金属网垫2、平箔片3,所述平箔片3表面具有动压槽31,所述金属网垫2与平箔片3接触。

[0039] 金属网垫2由金属丝编织而成。平箔片3为分离式平箔片,所述分离式平箔片包括若干小片,每片小片均包括固定端、自由端,所述固定端用于与环本体1连接。动压槽采用双向动压槽。

[0040] 其中分离式平箔片,即是整周式平箔片按照一定规律分离成若干小片;金属网垫,即是由金属丝经过机械缠绕、编织,并压制而成的具有一定形状的块体,其金属丝材料、结构参数以及成型的相对密度均影响金属网垫性能,可发挥金属阻尼器的作用。

[0041] 需要说明的是,本实施例中为了便于展示,在图1、图3中均隐去了一块分离式平箔片的小片;此外,图9仅为对金属网垫2的示意,图1、图2、图9中的网状填充代表金属丝编织成型的块状结构。

[0042] 优选的,若将高阻尼密封端面设置在动环上,则动环旋转方向朝着平箔片自由端;若将高阻尼密封端面设置在静环上,则与之配合的动环旋转方向朝着平箔片自由端,以此保证流体总从自由端流至固定端,从而在自由端发生较大变形,在固定端发生较小变形,形成径向楔形变形。

[0043] 实施例2:

[0044] 一种适用于宽温域的高阻尼干气密封结构,在实施例1的基础上,所述环本体1端面上开设环形凹槽16,所述环形凹槽16将环本体1端面分为内、外分布的密封坝12、支撑坝13;所述金属网垫2、平箔片3装配在环形凹槽16内,且所述平箔片3与所述密封坝12齐平。所述环形凹槽16的槽底开设若干环形均布的扇形凹槽11,所述扇形凹槽11与金属网垫2相匹配,金属网垫2紧密配合于扇形凹槽11内。

[0045] 所述环形凹槽16的槽底还开设若干装配槽14,所述装配槽14用于装配平箔片3的固定端。相邻两个扇形凹槽11之间设置一个装配槽14,所述装配槽14延伸至环本体1的外径侧。所述装配槽14呈L型,从环本体外径侧至密封坝外径处、沿径向方向开设。

[0046] 如图7所示,所述平箔片3包括用于与金属网垫2接触的箔片段34、位于箔片段34一端的直边段32、位于直边段32一端的平边段33;所述直边段32与平边段33相互垂直,且直边段32与平边段33能够插入L型的装配槽14中。

[0047] 在一个或多个优选的实施方式中,如图8所示,所述环本体1的背面设置若干螺栓孔15,所述螺栓孔15用于安装紧定螺钉4。

[0048] 在一个或多个优选的实施方式中,分离式平箔片的每片小片的固定端、自由端相对分布。

[0049] 在一个或多个优选的实施方式中,扇形凹槽的大小、尺寸与金属网垫相同;扇形凹

槽取6~10个,分离式平箔片、金属网垫同个数;平箔片的厚度取0.15~0.30mm。

[0050] 在一个或多个优选的实施方式中,平箔片为任意耐高温耐磨损的金属材料,可在表面喷涂二硫化钼等高温耐磨涂层,以支持高温润滑性能。

[0051] 在一个或多个优选的实施方式中,密封坝12高于支撑坝13,平箔片3的外径端覆盖在支撑坝13上,且平箔片3整体与所述密封坝12齐平。

[0052] 在一个或多个优选的实施方式中,金属网垫2由具有形状记忆效应的金属丝编织而成,如镍钛基形状记忆合金(SMA)、NiTi晶-非晶纳米复合材料(CAN)等。在一定温度范围内,形状记忆合金会随着温度升高而强度增大。

[0053] 在一个或多个优选的实施方式中,由于未通过控制强塑性变形和退火等处理的形状记忆合金强度较低,为保证密封端面的刚度足够,可采用形状记忆合金与力学性能较好的普通金属丝间隔布置的方式、交错编织得到金属网垫2。

[0054] 在一个或多个优选的实施方式中,动压槽31为槽深3~10 $\mu$ m的T型槽。

[0055] 本实施例具有如下优势:

[0056] 采用分离式平箔片和金属网垫组合构成的支承弹性端面,可以在带压气体的流动作用下,在径向和周向发生均发生楔形变形,增大气膜开启力,保证气膜的良好刚度。

[0057] 平箔片与金属网垫接触,金属网垫采用具有形状记忆效应的金属丝机械编制、缠绕而成,在平箔片与金属网垫、金属丝搭接节点,以及金属丝材料界面的之间均存在相对滑动,在三重摩擦作用下,极大程度地增强了密封系统阻尼,有效避免振动失稳。

[0058] 金属网垫采用形状记忆合金,可通过控制温度场主动或者设置材料平衡温度被动调控端面刚度,从而实现感知密封腔全工况运行过程中的温度变化实现自复位调节,加强了密封系统工况波动下的动态调整能力,减小端泄量,减少金属疲劳,延长使用寿命,拓宽干气密封适用的温度领域。

[0059] 需要说明的是,在本文中,诸如术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。此外,在本文中使用的术语“连接”在不进行特别说明的情况下,可以是直接相连,也可以是经由其他部件间接相连。

[0060] 以上所述的具体实施方式,对本实用新型的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本实用新型的具体实施方式而已,并不用于限定本实用新型的保护范围,凡在本实用新型的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

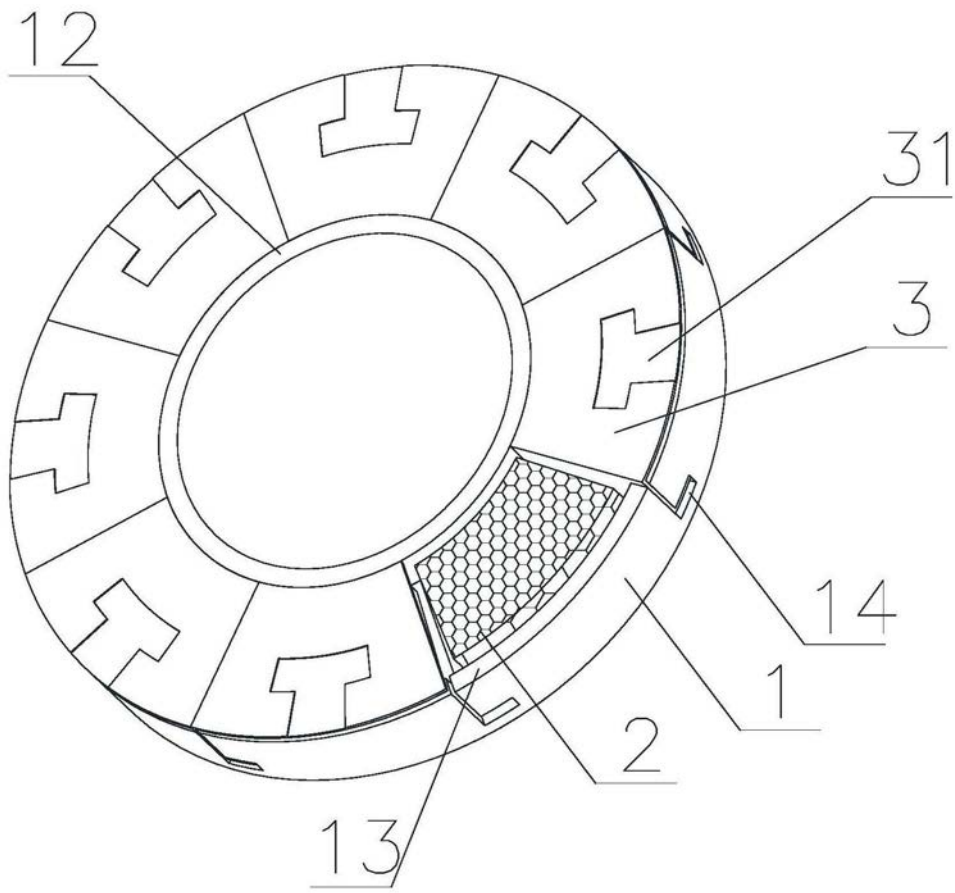


图1



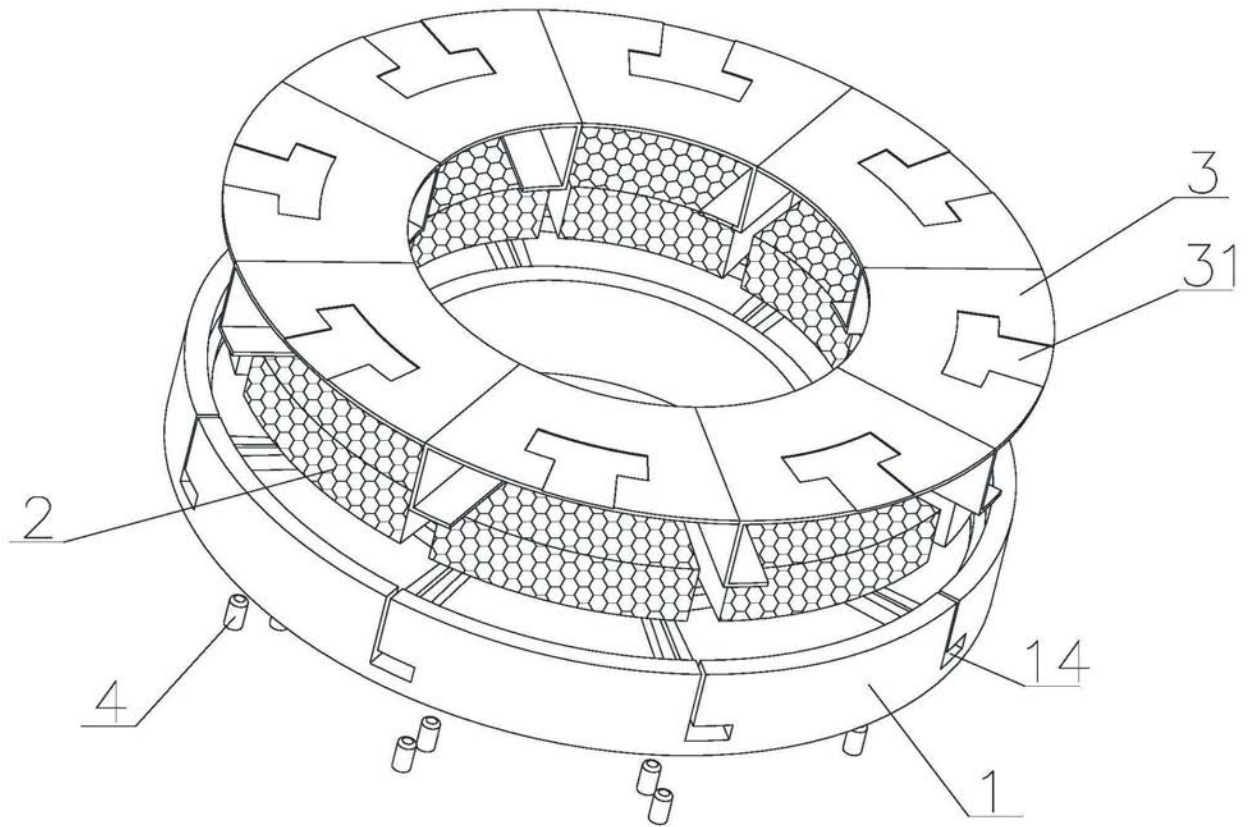


图2

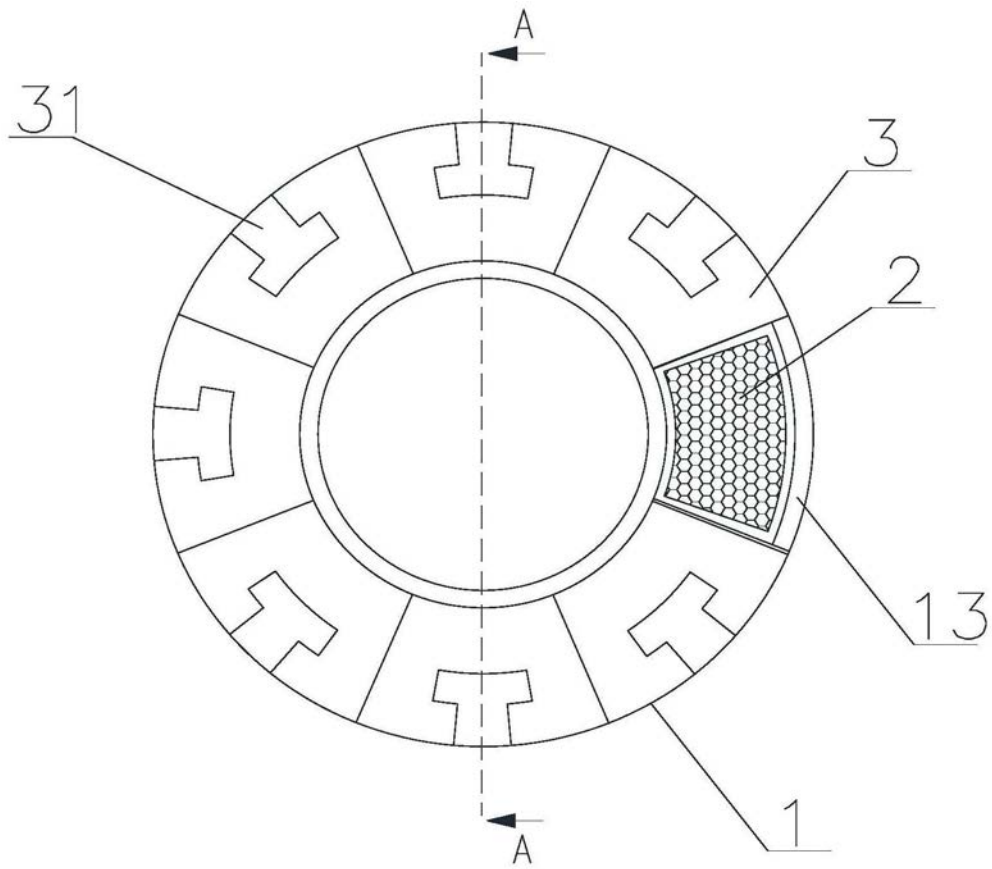


图3

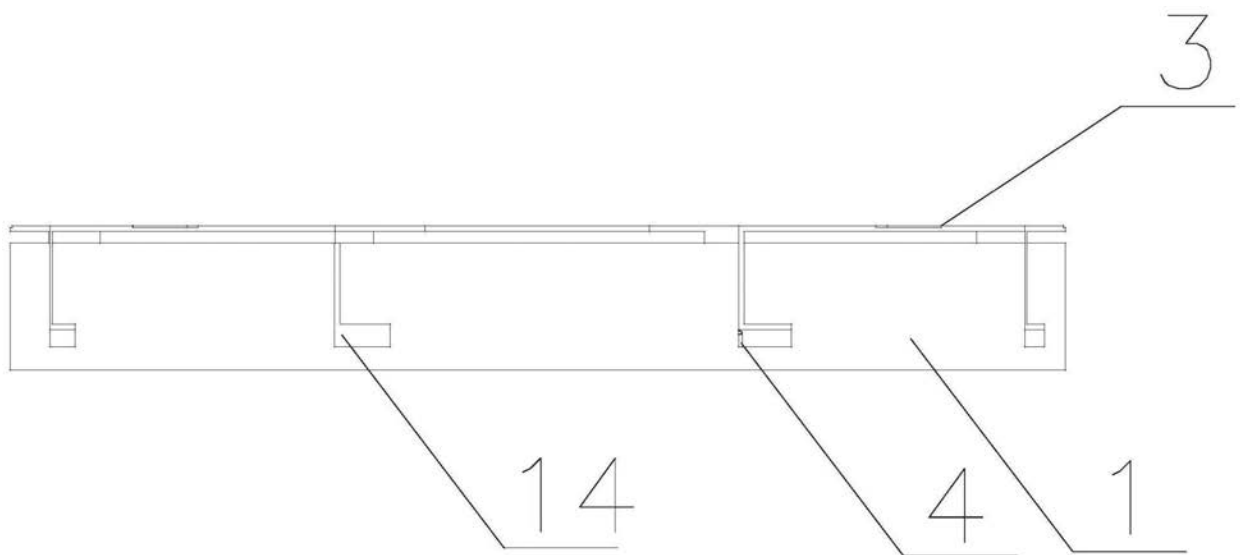


图4

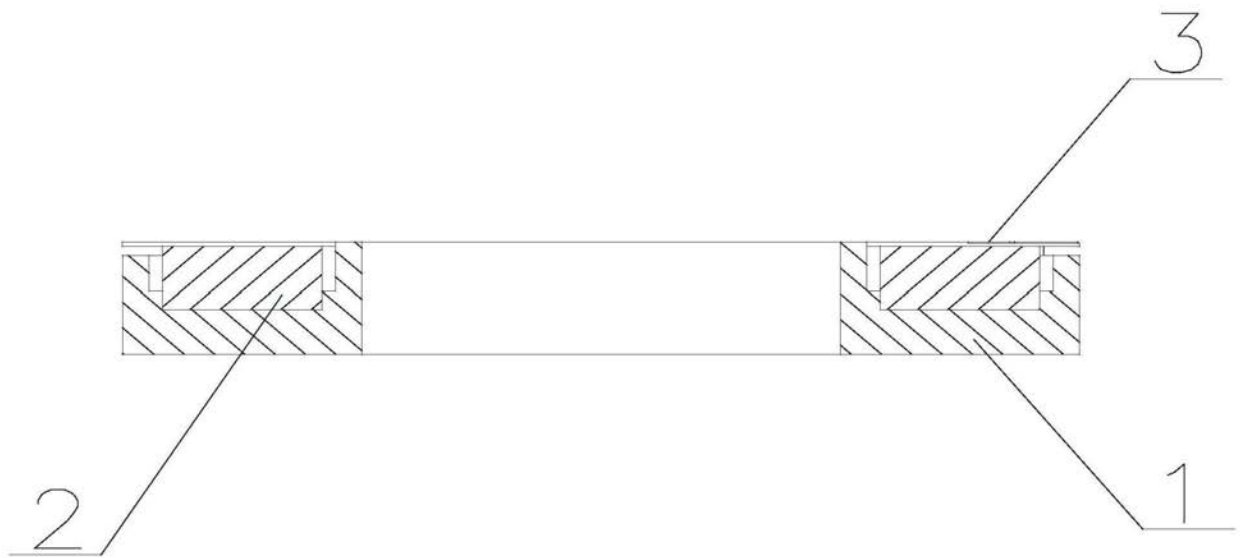


图5

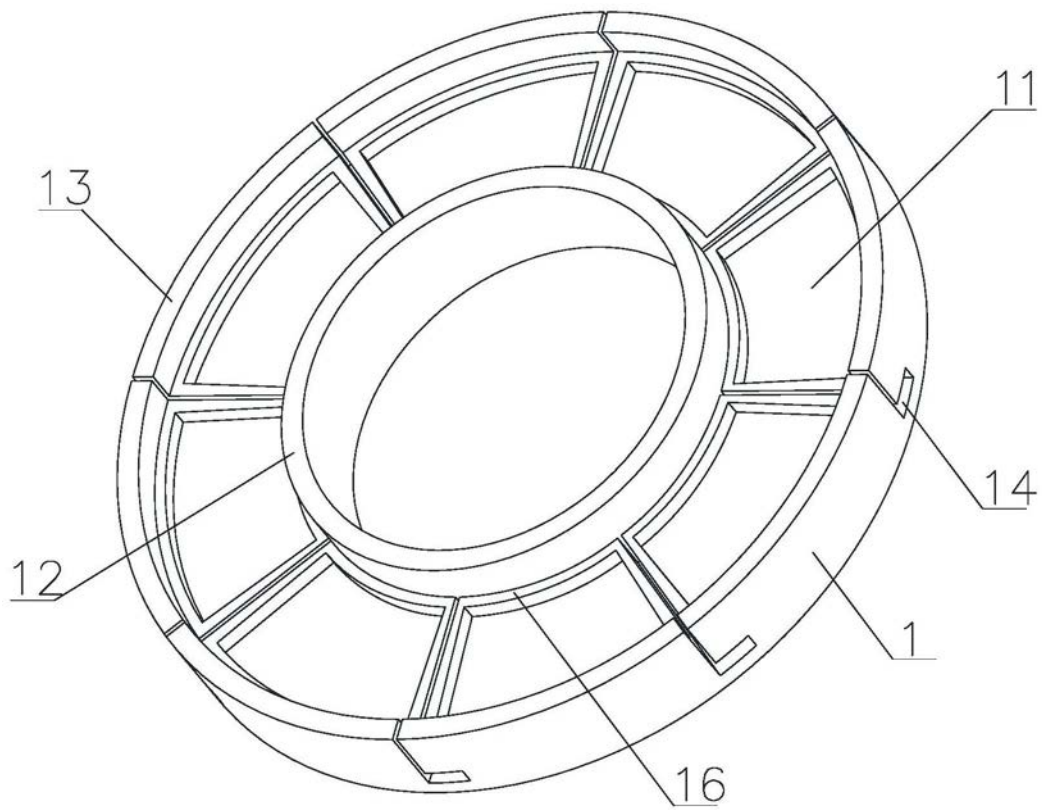


图6

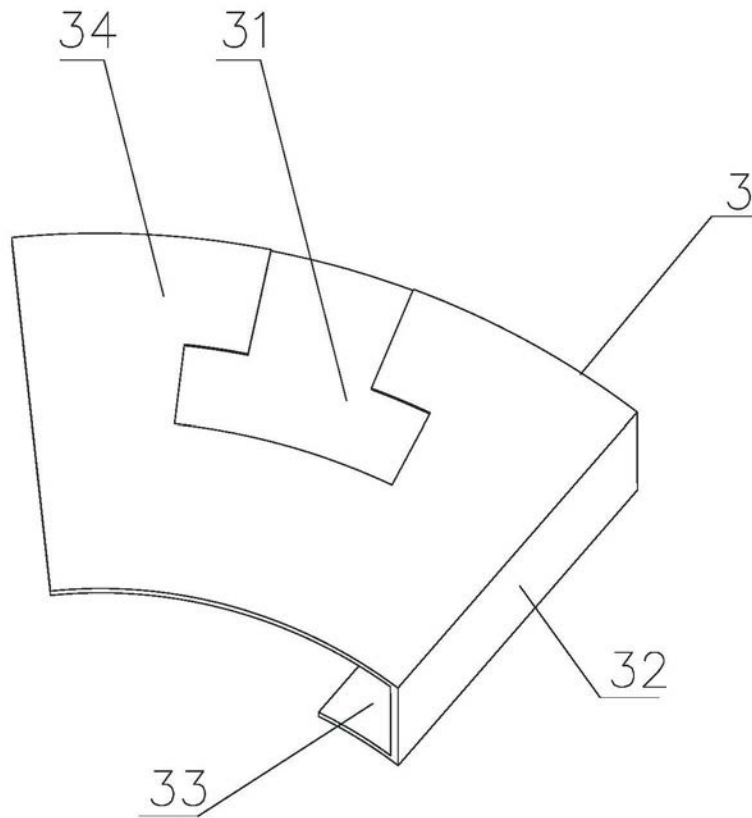


图7

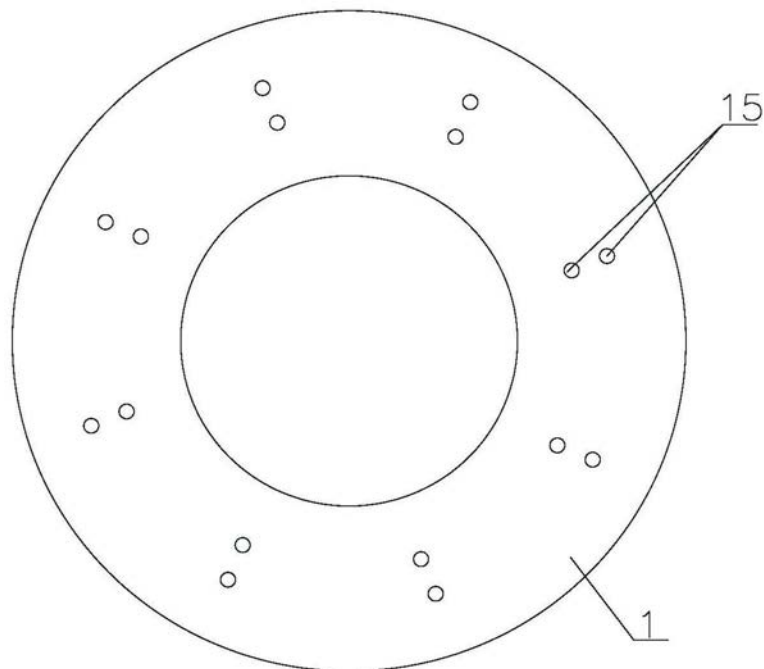


图8

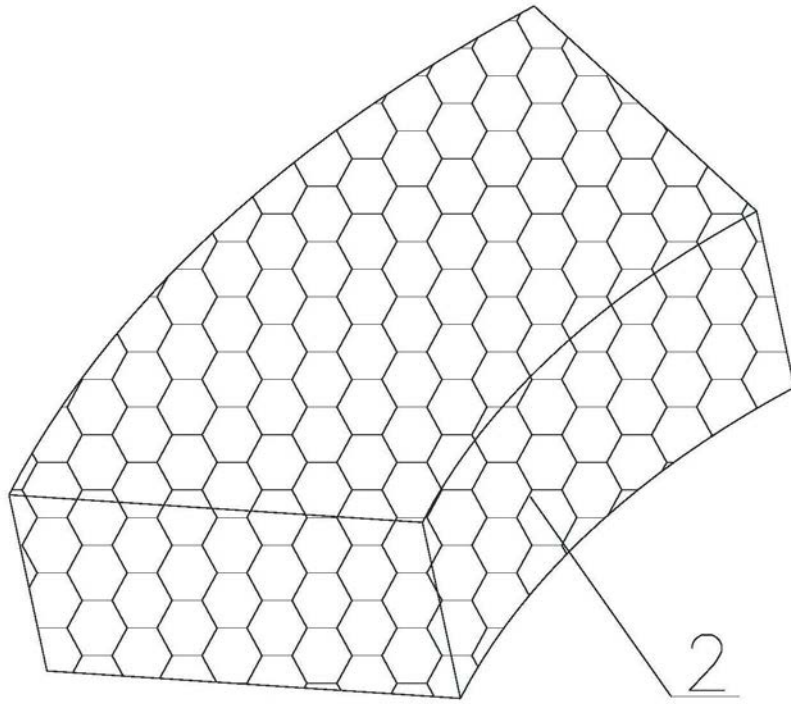


图9