



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112963543 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 19

(21) 申请号 202110307250.X

(22) 申请日 2021.03.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112963543 A

(43) 申请公布日 2021.06.15

(73) 专利权人 南京林业大学
地址 210000 江苏省南京市玄武区龙蟠路
159号

(72) 发明人 孙见君 苏徐辰 马晨波 於秋萍

(74) 专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任
公司 32112

代理人 崔立青

(51) Int. Cl.

F16J 15/34 (2006.01)

F16J 15/40 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 203363185 U, 2013.12.25

CN 110410504 A, 2019.11.05

JP 2006077899 A, 2006.03.23

CN 211288740 U, 2020.08.18

CN 105465371 A, 2016.04.06

审查员 杨新蒙

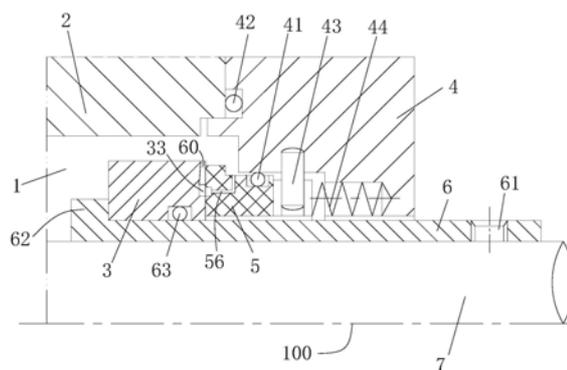
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种扩压式自泵送流体动静压型机械密封

(57) 摘要

本发明公开了一种扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其包括同轴设置的动环和静环,动环的第一密封面由外到内包括扩压环槽、螺旋槽区和密封坝,在螺旋槽区开设有后弯型螺旋槽;后弯型螺旋槽的流体出口的朝向与动环的旋转方向相反;在静环的第二密封面上设置有集流环槽,在静环的环体内设置有连通密封腔的引流孔道,引流孔道的进口位于静环的外周面上、出口位于集流环槽内;该第二密封面与扩压环槽之间的间隙形成一呈环状的、具有径向开口的扩压腔;扩压环槽的第一底面沿径向由外向内设置成坡面或曲面,该坡面或曲面沿径向方向由内向外逐渐靠近第二密封面。利用本申请,能提供较大的密封端面开启力,满足非接触式机械密封零泄漏长周期运行的需要。



1. 一种扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其设置于旋转设备的壳体与转轴之间,包括相互配合的动环和静环,该动环和静环沿一轴线同轴设置,该壳体与动环及静环之间形成密封腔,其特征在于,

该动环朝向静环的端面形成为第一密封面,该静环朝向动环的端面形成为第二密封面,该第一密封面沿径向方向由外到内依次为扩压环槽、螺旋槽区和密封坝,在螺旋槽区开设有至少三个后弯型螺旋槽,该至少三个后弯型螺旋槽环绕该轴线均匀间隔设置,相邻的两个后弯型螺旋槽之间的区域形成为密封堰;

该扩压环槽由第一密封面的径向方向的外侧沿轴向向下凹陷所形成,且该扩压环槽向外贯穿该动环的外周面,使该扩压环槽具有一环绕该轴线的周向侧面和一沿径向方向延伸的呈环状的第一底面;每个后弯型螺旋槽均具有一外贯穿该扩压环槽的周向侧面的流体出口,该流体出口的朝向与该动环的旋转方向相反;

在静环的第二密封面上设置有集流环槽,该集流环槽环绕该轴线延伸,在静环的环体内设置有若干个引流孔道,每一引流孔道的进口位于静环的外周面上,每一引流孔道的出口位于集流环槽内,引流孔道连通密封腔与集流环槽;沿该轴线方向观察,该集流环槽至少部分与螺旋槽区相重叠,使集流环槽连通后弯型螺旋槽;

该第二密封面与扩压环槽之间的间隙形成一呈环状的、具有径向开口的扩压腔;

沿该轴线方向,第二密封面正对扩压腔的区域呈垂直于该轴线的平面状;该扩压环槽的第一底面沿径向由外向内设置成坡面或曲面,该坡面或曲面沿径向方向由内向外逐渐靠近第二密封面。

2. 根据权利要求1所述扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其特征在于,

后弯型螺旋槽具有两个沿周向设置的内侧面,其中一个内侧面为朝向后弯型螺旋槽的内部凸出的内凸侧面,另一个内侧面为朝向后弯型螺旋槽的内部凹陷的内凹侧面;

该后弯型螺旋槽的第二底面相对于该轴线倾斜设置,且后弯型螺旋槽的深度由内凹侧面一侧朝内凸侧面一侧逐渐增大。

3. 根据权利要求2所述扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其特征在于,

该后弯型螺旋槽的第二底面与该轴线之间的夹角为 $88-89^{\circ}$ 。

4. 根据权利要求2所述扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其特征在于,

该后弯型螺旋槽的内凹侧面一侧的深度为 $20-40\mu\text{m}$,内凸侧面一侧的深度为 $60-80\mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1所述扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其特征在于,

在轴线方向上,扩压环槽的出口深度为后弯型螺旋槽的最大深度的 $10-50\%$ 。

6. 根据权利要求1所述扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其特征在于,

当该扩压环槽的第一底面为曲面时,在经过该轴线的截面上,该第一底面的截面为一抛物线。

7. 根据权利要求6所述扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其特征在于,该抛物线的径向内侧端与一垂直于该轴线的平面相切。

8. 根据权利要求1所述扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其特征在于,扩压环槽的径向宽度为该动环外径的 $5-10\%$ 。

9. 根据权利要求1所述扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其特征在于,沿该轴线方向观察,该集流环槽全部位于螺旋槽区、且集流环槽位于后弯型螺旋槽的径向内侧部。

10. 根据权利要求1所述扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其特征在于,当该扩压式自泵送流体动静压型机械密封工作时,该动环的转速为100-4000rpm。

一种扩压式自泵送流体动静压型机械密封

技术领域

[0001] 本发明涉及一种扩压式自泵送流体动静压型机械密封。

背景技术

[0002] 非接触式机械密封被广泛应用于石油化工、航空、核电等行业的离心泵、离心式压缩机、燃气轮机、蒸汽轮机等生产设备上保证旋转轴与壳体间的密封。目前常用的主要有干气密封和上游泵送机械密封两种形式,端面结构如中国专利ZL201020106087.8和美国专利US4290611。这类流体楔入式动压机械密封是依靠流体从内径或外径侧进入型槽,在压力槽根部被密封坝阻挡形成高压流场,产生开启力而分离动、静环密封界面,减小其摩擦磨损的;被密封流体在经过密封坝时,受密封坝区阻力的作用,泄漏率减小而实现密封。然而,如果楔入流体含有固体颗粒,在泄漏过程中流经密封坝区时,便会破坏密封界面,引发密封失效。为了维持机械密封的长周期运行,提高楔入流体的洁净度,现有密封系统都建有阻塞流体供应子系统,这大大增加了设备的建设成本和运行成本。

[0003] 基于此,中国专利ZL201310201473.3提出了一种自泵送流体动压机械密封结构,利用离心泵或离心压缩机泵送流体提升流体压力的原理,解决了传统流体动压密封工作需要提供洁净的阻塞流体的问题;中国专利ZL201910607393.5方案提出通过控制动、静环密封界面间的空隙率或者利用由磁性流体密封与流体动压机械密封构成的组合型非接触式双端面密封实现了静止状态下被密封流体零泄漏。但是,自泵送流体动压机械密封解决了阻塞流体的供应子系统问题,然而其刚度小的劣势影响着运行的安全性;而新提出的由磁性流体密封与自泵送流体动压机械密封构成的组合型非接触式双端面密封承受压力的能力太低,并不适合用作离心泵等中低转速旋转机械的转轴密封。

发明内容

[0004] 本发明旨在提供一种在机械密封动环端面上设计扩压环槽、动压型槽,在静环端面上设计引流孔和集流环槽的扩压式自泵送流

[0005] 体动压机械密封,能提供较大的密封端面开启力,满足非接触式机械密封零泄漏长周期运行的需要。

[0006] 具体的技术方案为:

[0007] 一种扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其设置于旋转设备的壳体与转轴之间,包括相互配合的动环和静环,该动环和静环沿一轴线同轴设置,该壳体与动环及静环之间形成密封腔,该动环朝向静环的端面形成为第一密封面,该静环朝向动环的端面形成为第二密封面,该第一密封面沿径向方向由外到内依次为扩压环槽、螺旋槽区和密封坝,在螺旋槽区开设有至少三个后弯型螺旋槽,该至少三个后弯型螺旋槽环绕该轴线均匀间隔设置,相邻的两个后弯型螺旋槽之间的区域形成为密封堰;

[0008] 该扩压环槽由第一密封面的径向方向的外侧沿轴向向下凹陷所形成,且该扩压环槽向外贯穿该动环的外周面,使该扩压环槽具有一环绕该轴线的周向侧面和一沿径向方向

延伸的呈环状的第一底面；每个后弯型螺旋槽均具有一外贯穿该扩压环槽的周向侧面的流体出口，该流体出口的朝向与该动环的旋转方向相反；

[0009] 在静环的第二密封面上设置有集流环槽，该集流环槽环绕该轴线延伸，在静环的环体内设置有若干个引流孔道，每一引流孔道的进口位于静环的外周面上，每一引流孔道的出口位于集流环槽内，引流孔道连通密封腔与集流环槽；沿该轴线方向观察，该集流环槽至少部分与螺旋槽区相重叠，使集流环槽连通过后弯型螺旋槽；

[0010] 该第二密封面与扩压环槽之间的间隙形成一呈环状的、具有径向开口的扩压腔；

[0011] 沿该轴线方向，第二密封面正对扩压腔的区域呈垂直于该轴线的平面状；该扩压环槽的第一底面沿径向由外向内设置成坡面或曲面，该坡面或曲面沿径向方向由内向外逐渐靠近第二密封面。

[0012] 当动环旋转时，后弯型螺旋槽对进入到槽内的流体做功，一方面提升了流体的压力，另一方面提高了流体的速度；在离心力作用下，流体被甩出后弯型螺旋槽，流经扩压腔后，返回到密封腔中。

[0013] 流体由后弯型螺旋槽进入到密封腔内的过程中，由于流通截面变大，流体的流速降低，静压增大，形成推动动环与静环相分离的开启力，从后弯型螺旋槽的槽根到出口处、压力逐渐升高的泵出流体与随动环转动的流体膜剪切流构成的压力流体屏障，以及密封坝的阻力，使得密封腔中的流体难以泄漏至密封面内径侧而获得密封性。后弯型螺旋槽根部的流体流出后形成低压区，密封腔内的流体便在压差作用下通过静环上的引流孔道进入集流环槽内，又一次进入后弯型螺旋槽内，再由后弯型螺旋槽对流体做功，并在离心力作用下，流经扩压腔后返回到密封腔内，周而复始形成自泵送循环。

[0014] 在本申请中，流体由后弯型螺旋槽进入到扩压腔内后，流体流通截面突然增大，流速降低，部分动能转化为静压能，该静压能形成推动静环和动环朝相反方向分力的开启力。由于扩压环槽的第一底面设置为坡面或曲面，形成相对稳定的增压空间，保证静压能不会快速稀释。同时，流体对的坡面或曲面压力会产生一个轴向的分力，能够进一步增大开启力。

[0015] 更大的开启力保证了静环和动环之间具有足量的距离，在该距离内充满了流体，由于本申请产生了更大的开启力，增大了动环和静环之间液膜的压力和刚度，提升了机械密封抵御压力波动或外来冲击的能力，降低了动静环发生碰撞的风险。

[0016] 进一步，后弯型螺旋槽具有两个沿周向设置的内侧面，其中一个内侧面为朝向后弯型螺旋槽的内部凸出的内凸侧面，另一个内侧面为朝向后弯型螺旋槽的内部凹陷的内凹侧面；该后弯型螺旋槽的第二底面相对于该轴线倾斜设置，且后弯型螺旋槽的深度由内凹侧面一侧朝内凸侧面一侧逐渐增大。

[0017] 由于后弯型螺旋槽为一弯曲的流道，流体从后弯型螺旋槽向外流出时，流体具有朝内凹侧面方向流动的趋势，对靠近内凹侧面一侧的流体产生更大的挤压力，使朝向内凹侧面一侧的流体具有更大的内应力，导致流体内部压力的不一致，当流体进入到扩压腔内时，内凹侧面一侧的流体会朝内凸侧面一侧方向流动，使扩压腔内流体形成紊流，消耗流体的部分势能，降低流体对动环和静环的开启力。将第二底面设置为倾斜面后，会降低内凹侧面一侧的流体体积量，从而减少流体在进入到扩压腔内时所造成的紊流，使更大比例的势能转化为开启力。

[0018] 具体地,该后弯型螺旋槽的第二底面与该轴线之间的夹角为 $88-89^{\circ}$ 。且后弯型螺旋槽的内凹侧面一侧的深度为 $20-40\mu\text{m}$,内凸侧面一侧的深度为 $60-80\mu\text{m}$ 。该夹角太大,使内凹侧面一侧的流体量增大,更易于产生紊流,夹角太小,易于使内凹侧面一侧的流通截面过小,阻碍流体的顺利流动,消耗流体过多的势能。

[0019] 具体地,在轴线方向上,扩压环槽的出口深度为后弯型螺旋槽的最大深度的 $10-50\%$ 。该设计能够在保证流体顺利流出扩压腔的同时,提供最大的开启力。

[0020] 具体地,当该扩压环槽的第一底面为曲面时,在经过该轴线的截面上,该第一底面的截面为一抛物线。该设计能够使流体在向外流出扩压腔时,具有更大的沿轴向方向的分力,以提供更大的开启力。

[0021] 进一步,为使流体平稳地向外流动,该抛物线的径向内侧端与一垂直于该轴线的平面相切。该设计能够使得扩压环槽的流道更加通畅,避免流体的流动过程中产生回流,造成流体势能的消耗。

[0022] 具体地,为保证流体具有足够的流动时间,使流体能够均匀地布置到整个扩压腔内,以产生使得静环和动环分离的平稳的开启力,扩压环槽的径向宽度为该动环外径的 $5-10\%$ 。

[0023] 进一步,为使从集流环槽排出的流体能够顺利地进入到后弯型螺旋槽内,沿该轴线方向观察,该集流环槽全部位于螺旋槽区、且集流环槽位于后弯型螺旋槽的径向内侧部。由于将集流环槽设置在后弯型螺旋槽的径向内侧部,能够使进入到后弯型螺旋槽内的流体具有足量的时间向外流出后弯型螺旋槽,并形成稳定的流动状态,减少入口区域的紊流对流体流出弯型螺旋槽的影响。

[0024] 具体地,当该扩压式自泵送流体动静压型机械密封工作时,该动环的转速为 $100-4000\text{rpm}$ 。在上述转速范围内,该扩压式自泵送流体动静压型机械密封非接触运行时的开启力大于后弯型螺旋槽的第二底面为平面、以及扩压环槽的第一底面为平面时的开启力。

附图说明

[0025] 图1为安装有本申请一实施例的水泵的局部结构示意图。

[0026] 图2为动环的结构示意图。

[0027] 图3为静环的结构示意图。

[0028] 图4为图2中A-A向的剖面图。

[0029] 图5为后弯型螺旋槽的另一实施例的结构示意图。

[0030] 图6为图2中B-B向的截面图。

具体实施方式

[0031] 参阅图1、图2和图3,一种扩压式自泵送流体动静压型机械密封,其设置于旋转设备的壳体2与转轴7之间,包括相互配合的动环3和静环5,该动环3和静环5沿轴线100同轴设置,该壳体与动环及静环之间形成密封腔1。

[0032] 在转轴7上套设有轴套6,用紧钉螺钉穿过螺孔61将轴套6固定在转轴7上,动环和静环均套设在转轴7上。动环3抵靠在轴套6的台阶部62上,静环5位于动环的外侧,静压座4经弹簧44将静环5抵压在动环上,销钉43将静环固定到静压座上,防止静环转动。在静压座4

与壳体2之间安装有端面密封圈42,在静压座4与静环5之间安装有外密封圈41,在动环3与轴套6之间安装有内密封圈63。端面密封圈42、外密封圈41和内密封圈63均为O型橡胶圈。

[0033] 该动环3的朝向静环5的侧面形成为第一密封面31,该静环5朝向动环3的侧面形成为第二密封面51,该第一密封面沿径向方向由内到外依次为密封坝32、螺旋槽区39和扩压环槽34,在螺旋槽区39开设有十个后弯型螺旋槽33,十个后弯型螺旋槽33环绕该轴线100均匀间隔设置,相邻的两个后弯型螺旋槽33之间的区域形成为密封堰36。

[0034] 该扩压环槽34由第一密封面31的径向方向的外侧沿轴向向下凹陷所形成,且该扩压环槽34向外贯穿该动环的外周面35,使该扩压环槽34具有一环绕该轴线的周向侧面344和一沿径向方向延伸的呈环状的第一底面345。每个后弯型螺旋槽均具有一外贯穿该扩压环槽的周向侧面的流体出口334,该流体出口334的朝向与该动环的旋转方向相反,图2中的箭头200表示动环的旋转方向。

[0035] 在静环5的第二密封面51上设置有集流环槽52,该集流环槽52环绕该轴线100延伸,在静环5的环体内设置有若干个引流孔道56,在图3中,示例性地显示了一个引流孔道56。每个引流孔道56的进口54位于静环5的外周面55上,每一引流孔道56的出口53位于集流环槽52内,引流孔道56连通密封腔1与集流环槽52。沿该轴线方向观察,该集流环槽52部分位于螺旋槽区39,使集流环槽52连通后弯型螺旋槽33。本实施例中,集流环槽52位于后弯型螺旋槽的径向内侧部。

[0036] 该第二密封面与扩压环槽之间的间隙形成一呈环状的、具有径向开口的扩压腔60。

[0037] 沿该轴线方向,第二密封面51正对扩压腔的区域呈垂直于该轴线的平面状;该扩压环槽的第一底面345的设置成坡面,该坡面沿径向方向由内向外逐渐靠近第二密封面51。请同时参阅图4,在经过该轴线的截面上,该扩压环槽的第一底面345的截面为一相对于轴线倾斜的倾斜线341。

[0038] 请同时参阅图2和图6,每个后弯型螺旋槽33均具有两个沿周向设置的内侧面,其中一个内侧面为朝向后弯型螺旋槽的内部突出的内凸侧面332,另一个内侧面为朝向后弯型螺旋槽的外部凹陷的内凹侧面331。

[0039] 本实施例中,后弯型螺旋槽33的第二底面333相对于该轴线100倾斜设置,后弯型螺旋槽33的第二底面333的深度由内凹侧面一侧朝内凸侧面一侧逐渐增大。具体在本实施例中,第二底面333与轴线100之间的夹角 α 为 88.8644° 。可以理解,在其他实施例中,夹角 α 还可以为 $88-89^\circ$ 之间的其他角度。在图6中,为显示清楚,将轴线100的位置进行平行移动。

[0040] 请参阅图4,在轴线方向上,扩压环槽的出口深度S为后弯型螺旋槽的出口334的最大深度H的45%,后弯型螺旋槽的出口334的最大深度H位于内凸侧面332一侧。

[0041] 可以理解,在其他实施例中,扩压环槽的出口深度S还可以为后弯型螺旋槽的出口334的最大深度H的10%、30%或50%。

[0042] 本实施例中,扩压环槽的径向宽度F为8mm,动环的外径为100mm,即扩压环槽的径向宽度F为动环外径的8%,可以理解,在其它实施例中,根据不同的要求,扩压环槽的径向宽度F还可以为动环外径的5%、6%、7%、9%或10%,或5-10%之间的其它数据。

[0043] 本实施例中,在经过该轴线的截面上,该扩压环槽34的第一底面345的截面为一倾斜线341。请参阅图5,在另一实施例中,该扩压环槽A74的第一底面A745的截面为一抛物线

741,该抛物线由扩压环槽A74的周向侧面开始,沿径向向外延伸、并朝静环方向弯曲,使扩压环槽A74的第一底面A745呈曲面。该抛物线的径向内侧端与一垂直与该轴线的平面相切。

[0044] 表1为将扩压环槽的第一底面设置有坡面时,静环与动环之间开启力的变化。扩压环槽34的第一底面345的截面为倾斜线341,调整倾斜线的斜度,以调整扩压环槽的出口深度S与后弯型螺旋槽的出口的最大深度H之间的比例,其余条件相同。

[0045] 表1

W	开启力 (n=2000rpm)
1/10	1248.09248N
1/3	1211.92496N
1/2	1204.878368N

[0047] 表1中,W=S/H。

[0048] 扩压环槽的第一底面呈垂直于该轴线的平面状时,开启力(n=2000rpm)为1198.38224N,即将扩压环槽的第一底面设置成坡面时,可以使开启力提高达4.15%。

[0049] 当将扩压环槽的第一底面设置为曲面时,具有相同的效果。

[0050] 将后弯型螺旋槽的第二底面与该轴线之间的夹角 α 设置为 $88-89^\circ$,且后弯型螺旋槽的内凹侧面一侧的深度 $\geq 20\mu\text{m}$,且 $\leq 40\mu\text{m}$ 时,可以提高开启力2-4%。

[0051] 本实施例中的扩压式自泵送流体动静压型机械密封在工作时,动环的转速控制在100-4000rpm。

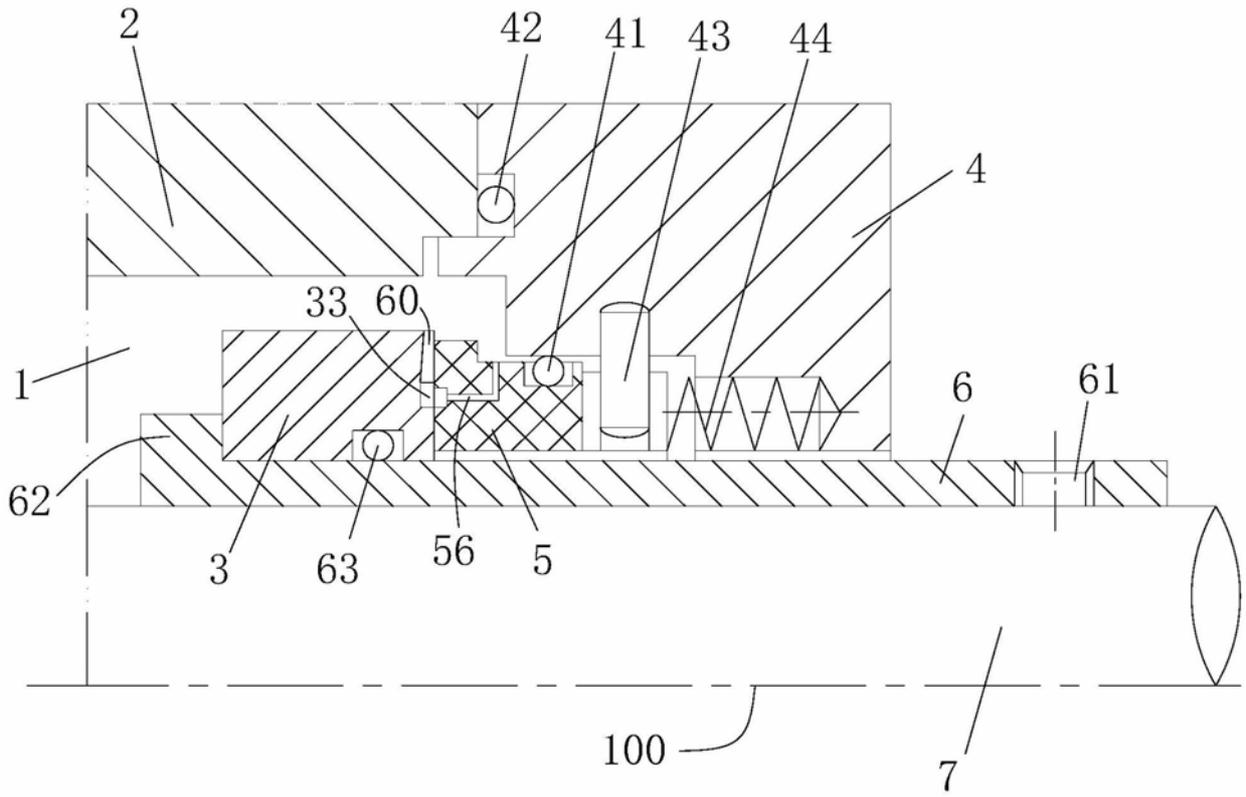


图1

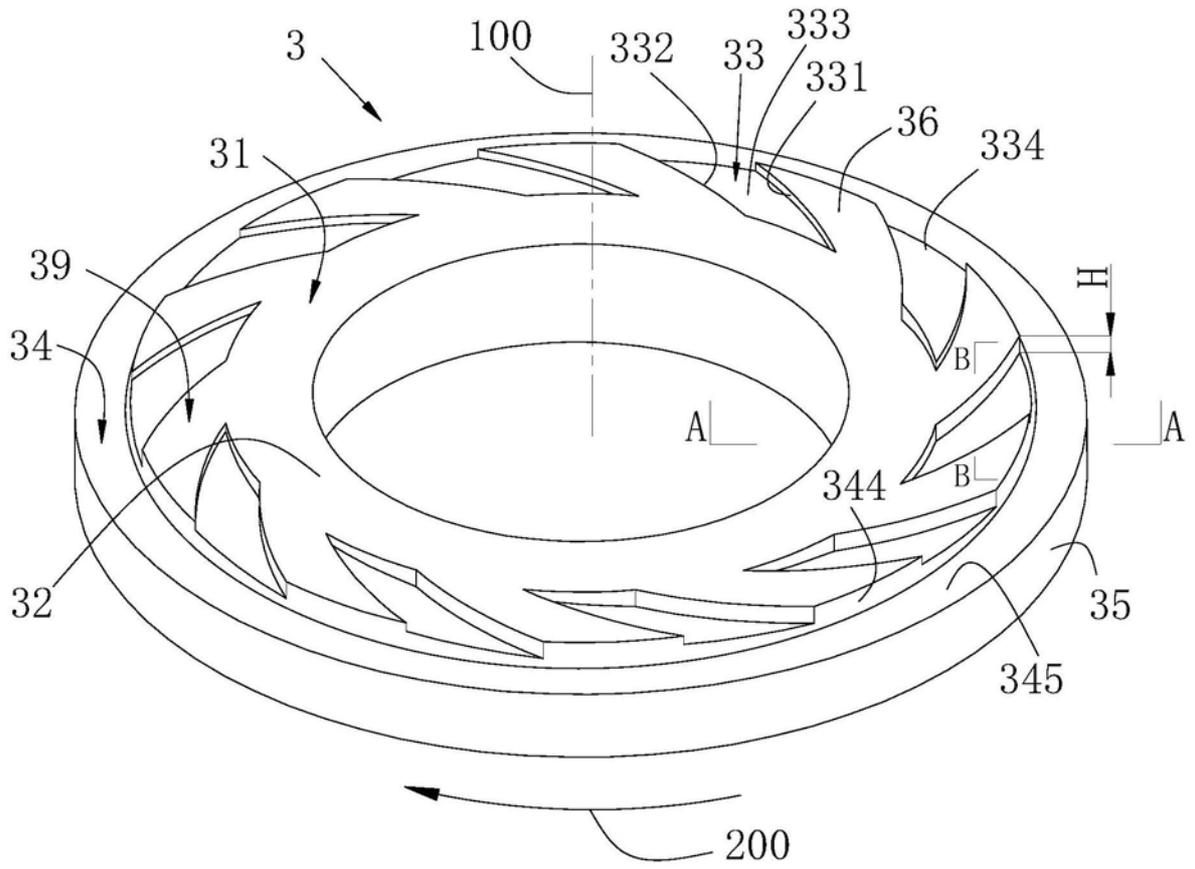


图2

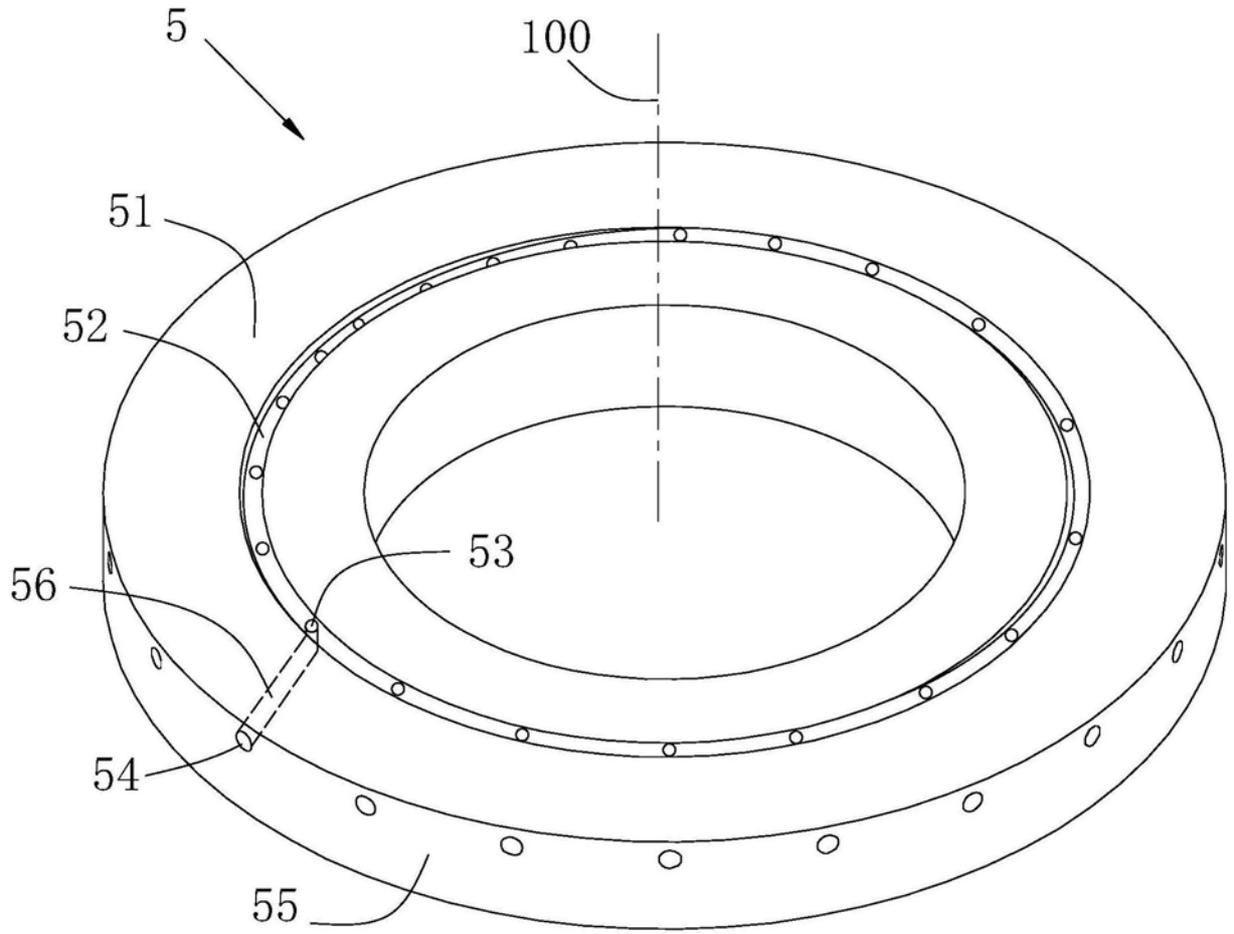


图3

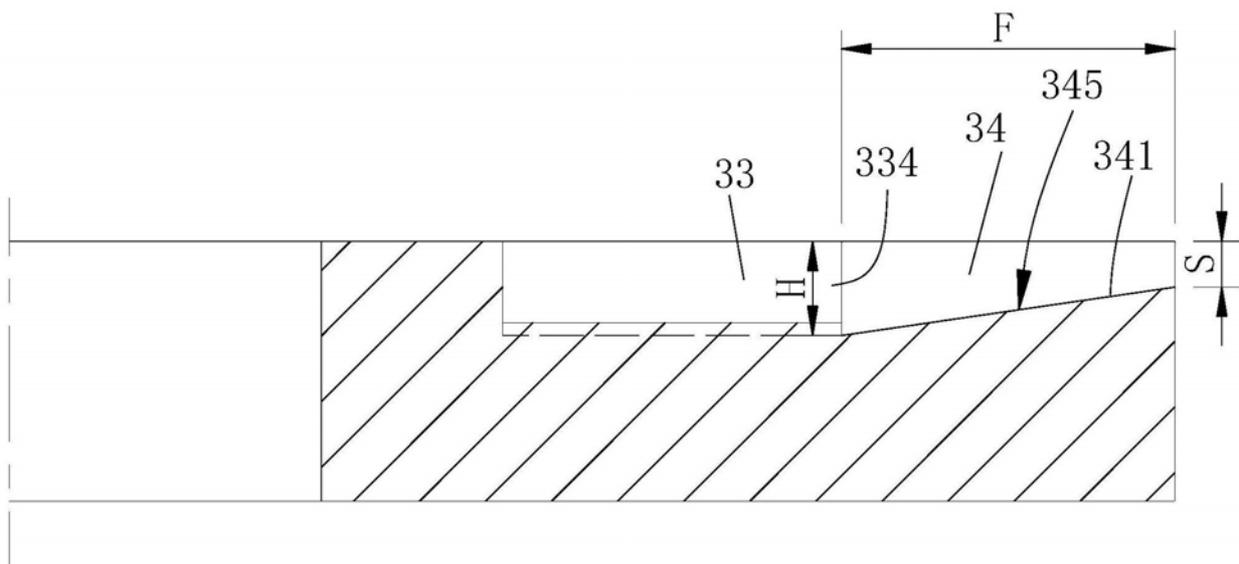


图4

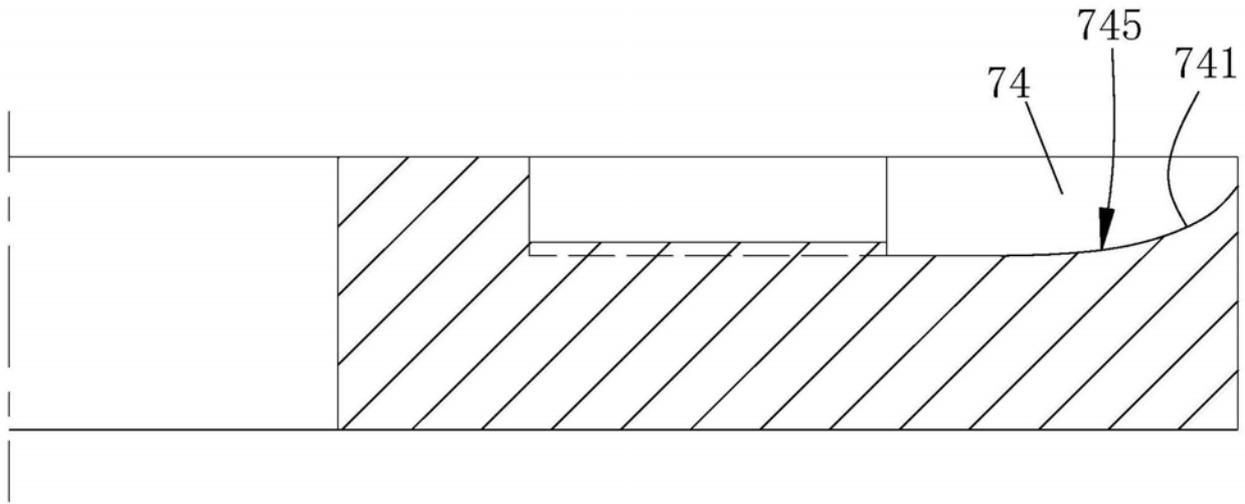


图5

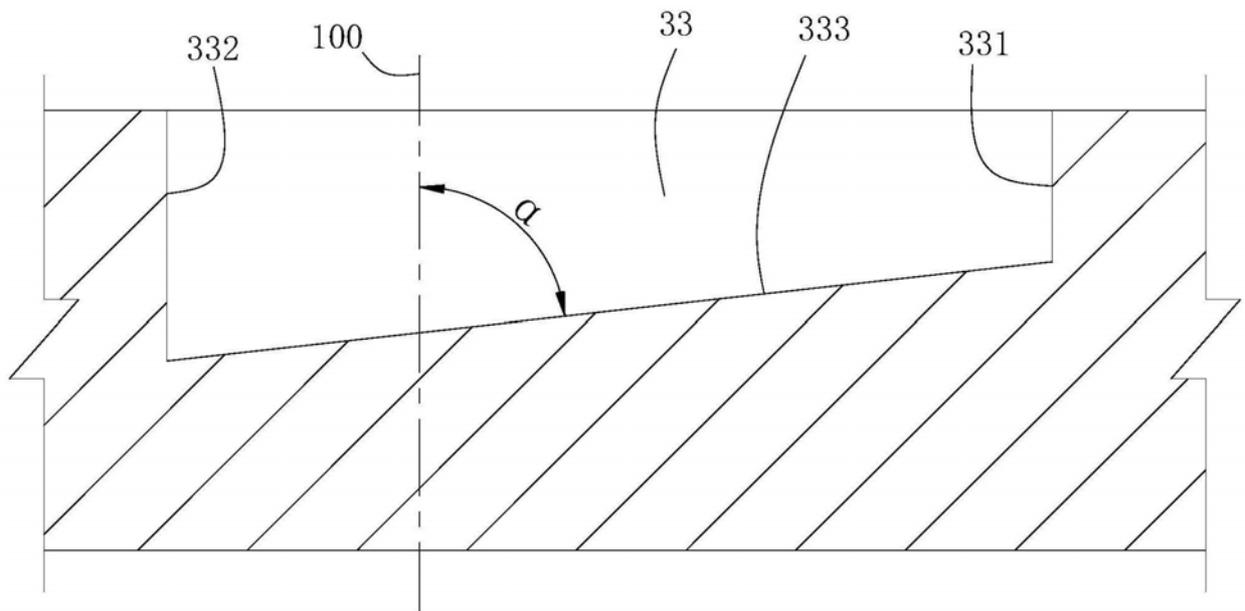


图6