



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108608015 A

(43)申请公布日 2018.10.02

(21)申请号 201810366695.3

(22)申请日 2018.04.23

(71)申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 梁国柱 杜家磊 闫攀运

(74)专利代理机构 北京永创新实专利事务所

11121

代理人 祗志洁

(51)Int.Cl.

B23B 19/02(2006.01)

B23Q 1/38(2006.01)

B23Q 5/06(2006.01)

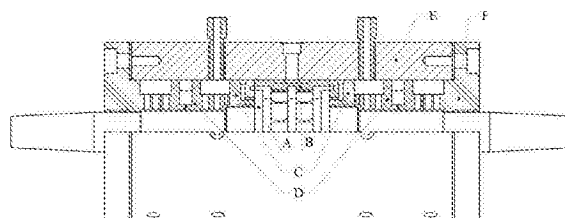
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转
子系统

(57)摘要

本发明提出一种气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统,包括主轴、气动涡轮、涡轮气体喷嘴环、气体止推轴承、水润滑动静压径向轴承、壳体和端盖;在装配时,在壳体中先安装涡轮气体喷嘴环,然后安装气动涡轮与主轴过盈配合而成的一体化转子部件,再在涡轮两侧分别依次安装气体止推轴承和水润滑动静压径向轴承,最后在壳体两端安装端盖;涡轮气体喷嘴环、气体止推轴承和水润滑动静压径向轴承均与壳体过盈配合。本发明采用与主轴配合一体化的气动涡轮作为驱动装置,具有结构简单、转速高的优势;采用水润滑动静压轴承作为支承部件,具有润滑介质温升小、可实现高转速的优势;整个轴承转子系统具有结构简单、紧凑的特点。



1. 一种气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统,其特征在于,包括:主轴、气动涡轮、涡轮气体喷嘴环、气体止推轴承、水润滑动静压径向轴承、壳体和端盖;在装配时,在壳体中先安装涡轮气体喷嘴环,然后安装气动涡轮与主轴过盈配合而成的一体化转子,再在涡轮两侧分别依次安装气体止推轴承和水润滑动静压径向轴承,最后在壳体两端安装端盖;涡轮气体喷嘴环、气体止推轴承和水润滑动静压径向轴承均与壳体过盈配合;

所述的气动涡轮为冲动式涡轮,涡轮与主轴过盈配形合成一体化转子部件,涡轮两侧外端面设计为气体止推轴承的止推面,在涡轮叶片的轴向两侧留有排气槽,是涡轮低压气体的排气通道,也作为气体止推轴承的排气通道之一;

所述的涡轮气体喷嘴环有两排喷嘴,每排由在圆周方向均布的沿切向的多个气体喷嘴组成,两排喷嘴分别与涡轮上的两排涡轮叶片对应,喷嘴环外圆表面有进气槽与壳体上的涡轮进气孔连通,高压驱动气体从涡轮进气孔进入进气槽,经气体喷嘴膨胀加速后驱动涡轮旋转;

所述的气体止推轴承是气体静压轴承,在轴承的外圆表面上开有环形槽,所述的环形槽与壳体配合后形成气体均流槽,并与壳体上的止推轴承进气孔连通,组成气体止推轴承的供气通道;

所述的水润滑动静压径向轴承在内圆表面沿圆周方向均布4个凹腔,4个凹腔沿轴向的边缘设计成圆弧形过渡;轴承的外圆表面加工有环形槽,所述的环形槽与壳体配合后形成均流槽,并与壳体上的动静压轴承进水孔连通,组成水润滑动静压径向轴承的供水通道;

所述的壳体为一体化结构,其上设置的动静压轴承进水孔、涡轮进气孔和止推轴承进气孔,分别与水润滑动静压径向轴承的环形槽、涡轮气体喷嘴环的进气槽、气体止推轴承的环形槽,构成3个独立的供水或供气通道,3个通道共同存在于壳体上而互不干扰。

2. 根据权利要求1所述的气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统,其特征在于,所述的气体止推轴承,其工作面与止推面之间间隙的大小,通过调整涡轮气体喷嘴环和涡轮的轴向尺寸之差来控制。

3. 根据权利要求1所述的气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统,其特征在于,所述的壳体的上面和侧面靠近水润滑动静压径向轴承端面的位置设置有传感器安装孔,通过安装传感器来测量转子在两个径向轴承处水平和垂直方向的振动。

4. 根据权利要求1所述的气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统,其特征在于,通过在壳体壁面沿轴向打孔,以及水润滑动静压轴承、气体止推轴承与壳体之间的过盈配合,将动静压轴承进水孔与两个水润滑动静压径向轴承的均流槽连通,将止推轴承进气孔与两个气体止推轴承的均流槽连通。

一种气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统

技术领域

[0001] 本发明属于液体动静压轴承和高速旋转机械设备领域,具体来说是一种气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统。

背景技术

[0002] 随着旋转机械设备向着高速化的发展,传统滚动轴承的DN值(主轴轴承直径D/mm与转速N/rpm的乘积)和磨损问题限制了转子转速的提高。而在机床设备中广泛应用的油润滑静压轴承虽可以达到较高转速,但由于油的黏度较大,随着转子转速的进一步提高,润滑油温升导致的问题也越来越严重。因此,高转速的轴承转子系统成为研究的热点。

[0003] 从支承结构来看,目前在高速轴承转子系统中采用的轴承主要有陶瓷球轴承、气浮轴承、磁悬浮轴承和液体动静压轴承等。陶瓷球轴承具有刚度高、承载力大的优点,但是其轴承滚珠的精度要求高,加工成本高,而且寿命只有数千小时;气浮轴承在正常工作中摩擦阻力很小,可实现超高速运转,但其承载力小,刚度低,主要用于微小精密主轴单元;磁悬浮轴承支承的电主轴可以在50000~80000rpm的转速下长期工作,但其支承刚度较低,而且结构复杂,制造成本高。

[0004] 与以上几种轴承相比,液体动静压轴承有以下优点:液体动静压轴承利用供给系统将具有一定压力的润滑介质供给到轴承的凹腔内,在轴颈与轴承之间的间隙形成润滑液膜,滑动表面完全被润滑介质隔开,其摩擦力仅为润滑介质内部剪切力,因此摩擦阻力很小;润滑液膜的误差均匀化作用和抗振性能保证主轴的高精度和运转的平稳性;由于没有刚体的直接接触,理论上没有寿命限制;轴承利用凹腔之间的压力差形成承载力,将主轴浮起,具有刚度高的特点;而且由于有外部供压装置,轴承能够在全工作转速范围内为转子提供可靠支承。

[0005] 基于液体动静压轴承的上述优点,油润滑液体动静压轴承在普通机床设备上得到了广泛的应用。但是,在高速机床设备中,随着转速的进一步提高,润滑液膜之间的粘性剪切力变大,摩擦功耗增加,导致润滑介质的温升很高,造成轴承转子结构的热变形,轻则影响主轴的精度,重则导致“抱轴”等事故。而若采用水作为动静压轴承的润滑介质,则可较好的解决温升问题。与润滑油相比,水具有黏度低、摩擦阻力小、比热容大的特点,采用水作为润滑介质可显著改善高速下的温升问题,可参见参考文件[1];而且水具有来源广泛、成本低廉、无污染等优点,是非常具有发展前景的润滑介质。在国内外都有水润滑轴承相关的应用研究,但因应用背景不同,相关研究成果也是各有特色。

[0006] 从驱动结构来看,高速转子轴承系统采用的驱动方式主要有电机驱动、电主轴驱动、涡轮驱动等。其中,电机驱动是将电机的输出轴通过传动结构与主轴连接,但受电机转速限制,有时为达到更高转速,通常会在传动结构中使用联轴器、变速器等部件,整个系统较为庞大。电主轴是近几年出现的将工作主轴与电机转子融为一体的新技术,它省去了复杂的中间传动部件,实现“零传动”,简化了机械结构,是一种具有广阔发展前景的驱动结构,可参见参考文件[2];其主要缺点是在高速下电主轴会产生大量热量,引起电主轴温升,

使电主轴的热态特性和动态特性变差,影响电主轴正常工作。

[0007] 与电机驱动和电主轴驱动相比,气涡轮驱动具有结构简单、成本低的优点,因此气涡轮驱动也是旋转设备中广泛采用的一种驱动方式。而现有的气涡轮驱动轴承转子系统大多是采用滚动轴承作为支承部件,摩擦阻力较大,转子难以达到很高的转速。

[0008] 参考文件[1]:陈渭,范洪杰,吴连军.水润滑高速主轴轴承研究综述[J].中国工程科学,2013,15(1):21-27。

[0009] 参考文件[2]:熊万里,阳雪兵,吕浪,等.液体动静压电主轴关键技术综述[J].机械工程学报,2009,45(9):1-18。

发明内容

[0010] 基于现有电机驱动为达到更高转速所要实现的系统更大,电主轴驱动在高速下会产生大量热量影响电主轴正常工作,以及滚动轴承的DN值限制了转子转速进一步提高的问题,本发明提供了一种气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统,适用于高速旋转设备,转子最高转速可达55000rpm。

[0011] 本发明是一种气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统,包括:主轴、气动涡轮、涡轮气体喷嘴环、水润滑动静压径向轴承、气体止推轴承、壳体和端盖。在装配时,在壳体中先安装涡轮气体喷嘴环,然后安装气动涡轮与主轴过盈配合而成的一体化转子部件,再在涡轮两侧分别依次安装气体止推轴承和水润滑动静压径向轴承,最后在壳体两端安装端盖,并确保各处气路流道和水路流道位置 and 方向正确;涡轮气体喷嘴环、气体止推轴承和水润滑动静压径向轴承均与壳体过盈配合;安装过程中确保各部件安装到位,以保证止推轴承的止推间隙和径向轴承的径向间隙达到设计要求。

[0012] 所述的气动涡轮为由涡轮盘和径向涡轮叶片组成的双排冲动式涡轮,其两侧外端面设计作为气体止推轴承的止推面,在涡轮叶片的轴向两侧留有排气槽,是涡轮低压气体的排气通道,也作为气体止推轴承的排气通道之一;气动涡轮的驱动气体为空气或氮气等气体。

[0013] 所述的涡轮气体喷嘴环有两排喷嘴,每排由在圆周方向均布的沿切向的多个气体喷嘴组成,两排喷嘴分别与气动涡轮上的两排涡轮叶片对应;在喷嘴环外圆表面留有进气槽,与壳体上的涡轮进气孔连通,高压驱动气体从涡轮进气孔进入进气槽,经喷嘴膨胀加速后驱动涡轮叶片使涡轮旋转。同时喷嘴环的轴向尺寸可用于控制止推轴承止推间隙的大小。

[0014] 所述的气体止推轴承是气体静压轴承,用以控制转子的轴向运动,在止推轴承的外圆表面上开有环形槽,该环形槽与壳体过盈配合后组成气体均流槽,并与壳体上的止推轴承进气孔连通,形成气体止推轴承的供气通道。

[0015] 所述的水润滑动静压轴承为转子的支承部件,在轴承内圆表面沿圆周方向均布4个凹腔,凹腔沿轴向的边缘设计成便于加工的圆弧形过渡,轴承外圆表面加工有环形槽,每个凹腔通过一个节流孔与环形槽连通;轴承外圆表面的环形槽与壳体过盈配合后形成水的均流槽,并与壳体上的动静压轴承进水孔连通;外部系统供给一定压力的水从动静压轴承进水孔进入均流槽,经节流孔流入凹腔,再流入轴颈与轴承之间的间隙,形成水润滑液膜为转子提供承载力。

[0016] 所述的壳体为一体化结构,在壳体上开有动静压轴承进水孔、涡轮进气孔和止推轴承进气孔,3个孔分别与水润滑动静压径向轴承的环形槽、涡轮气体喷嘴环的进气槽和气体止推轴承的环形槽,构成3个独立的供水或供气通道,3个通道共同存在于壳体上而互不干扰。

[0017] 所述的壳体,通过在壳体壁面沿轴向打孔,以及水润滑动静压轴承、气体止推轴承与壳体之间的过盈配合,将动静压轴承进水孔与两个水润滑动静压径向轴承的均流槽连通,将止推轴承进气孔与两个气体止推轴承的均流槽连通。

[0018] 所述的壳体的下方开有排水口,用于收集动静压轴承排出的水;在壳体的上面和侧面靠近径向轴承端面的位置留有传感器安装孔,可安装位移传感器来测量转子在两个径向轴承处水平和竖直方向的振动,以监测转子系统的工作情况。

[0019] 所述的端盖用以限制壳体内水润滑动静压径向轴承和气体止推轴承的轴向移动,端盖侧面可安装定位销,以防止水润滑动静压径向轴承的转动;端盖与主轴的径向配合采用间隙密封,以减少水在端盖处的泄漏。

[0020] 相对于现有技术,本发明的优点在于:

[0021] (1) 本发明采用气动涡轮作为主轴的驱动装置,气动涡轮驱动具有无污染、可变转速,可实现高转速的优点,转子转速可达55000rpm,克服了电机驱动中传动结构复杂和电主轴驱动发热量大的问题;

[0022] (2) 气动涡轮与主轴过盈装配成一体化部件,动平衡性好,结构简单,无需使用联轴器等部件,便于安装定位;

[0023] (3) 采用的气体止推轴承为静压轴承,在全工作转速范围内都能提供足够推力,正常工作中没有转子与其他部件的直接接触和磨损,提高了轴承转子系统的高速性能和工作寿命;

[0024] (4) 采用水润滑动静压径向轴承作为轴承转子系统的支承部件,具有刚度大,精度高,稳定性好的特点;轴承用水作为工作介质,工作时润滑介质温升小,高速性能好,而且水润滑具有成本低、摩擦功耗小、无污染的优点;

[0025] (5) 轴承转子系统的壳体为一体化加工而成的部件,是轴承转子系统的支撑结构,能够保证两个水润滑动静压径向轴承安装后有很高的同轴度,安装精度高;

[0026] (6) 两个水润滑动静压径向轴承的供水通道和两个气体止推轴承及气动涡轮的供气通道经合理的结构和装配设计,共存于壳体内部,互不干涉,系统整体尺寸小,结构紧凑。

附图说明

[0027] 图1为本发明气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统的整体结构示意图;

[0028] 图2为本发明轴承转子系统的气动涡轮与主轴一体化转子结构示意图;

[0029] 图3为本发明轴承转子系统的涡轮气体喷嘴环的结构示意图;

[0030] 图4为本发明轴承转子系统的水润滑动静压径向轴承的结构示意图;

[0031] 图5为本发明轴承转子系统的气体止推轴承的结构示意图;

[0032] 图6为本发明轴承转子系统的壳体的结构示意图;

[0033] 图7为本发明轴承转子系统的端盖的结构示意图。

[0034] 图中:

- [0035] A—气动涡轮与主轴一体化转子;A01—冲动式涡轮叶片;A02—涡轮排气槽;A03—止推面;B—涡轮气体喷嘴环;B01—气体喷嘴;B02—进气槽;B03—排气孔;
- [0036] C—气体止推轴承;C01—气体止推轴承的环形槽;C02—气体止推轴承的节流孔;
- [0037] D—水润滑动静压径向轴承;D01—水润滑动静压径向轴承的环形槽;
- [0038] D02—水润滑动静压径向轴承的节流孔;D03—凹腔;
- [0039] E—壳体;E01—动静压轴承进水孔;E02—涡轮进气孔;E03—止推轴承进气孔;
- [0040] E04—排气口;E05—传感器安装孔;E06—排水口;
- [0041] F—端盖;F01—定位孔;F02—间隙密封槽。

具体实施方式

[0042] 下面将结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0043] 本发明提供了一种气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统,采用与主轴配合后一体化的气动涡轮作为驱动装置,具有结构简单、转速高的优势;采用水润滑动静压轴承作为支承部件,具有温升小、可实现高转速的优势;整个轴承转子系统具有结构简单、紧凑的特点。

[0044] 本发明气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统,如图1所示,主要包括:涡轮与主轴一体化转子A、涡轮气体喷嘴环B、气体止推轴承C、水润滑动静压径向轴承D、壳体E和端盖F。在装配过程中,首先在壳体E中安装涡轮气体喷嘴环B,然后安装涡轮与主轴一体化转子A,再依次在涡轮两侧分别安装气体止推轴承C和水润滑动静压径向轴承D,最后安装两侧的端盖F。涡轮气体喷嘴环B、气体止推轴承C和水润滑动静压径向轴承D均与壳体E过盈配合。

[0045] 如图2所示,涡轮与主轴一体化转子A为涡轮和主轴过盈配合形成的一体化结构。气动涡轮为冲动式涡轮。考虑到涡轮的加工问题,冲动式涡轮叶片A01可采用圆弧形叶片;为增大输出功率,涡轮叶片设计成两排,在每排涡轮叶片的轴向两侧都留有排气槽A02;同时,涡轮的两侧外端面设计为气体止推轴承C的止推面A03,这样可以使得整体结构更加紧凑,涡轮排气槽A02也作为气体止推轴承C的排气通道之一。气动涡轮的驱动气体为空气或氮气等气体。

[0046] 如图3所示,涡轮气体喷嘴环B上有两排喷嘴,每排由在圆周方向均布的沿切向的多个气体喷嘴B01组成,两排喷嘴分别与两排涡轮叶片对应;为简化结构,涡轮气体喷嘴环B与壳体E之间为过盈配合。在涡轮气体喷嘴环B外表面留有进气槽B02与壳体E上的涡轮进气孔连通,高压驱动气体从壳体E上的涡轮进气孔E02进入进气槽B02,经气体喷嘴B01加速后驱动涡轮旋转。涡轮气体喷嘴环B上还开有排气孔B03将涡轮的排气槽A02与壳体E上的排气通道连通,将涡轮低压气体排出。同时通过调整涡轮气体喷嘴环B的轴向尺寸与涡轮的轴向尺寸之差,来控制气体止推轴承C的工作面与止推面A03之间间隙的大小。

[0047] 如图4所示,所采用的两个气体止推轴承C属于气体静压轴承,分别安装在涡轮的两侧,将涡轮的侧端面作为止推面A03,用以控制转子的轴向运动。气体静压轴承能够在全工作转速范围内提供足够的止推力,同时避免直接接触式止推轴承在高速下的磨损问题。气体止推轴承C的外表面上开有环形槽C01,在止推工作面上沿轴向开有节流孔C02。气体止推轴承C与壳体E之间采用过盈配合,轴承C外表面的环形槽C01与壳体E配合后形成气体均

流槽,并与壳体E上的止推轴承进气孔E03连通;高压气体从壳体E上的止推轴承进气孔E03进入环形槽C01,经止推轴承C的节流孔C02流过止推间隙,产生推力。

[0048] 如图5所示,水润滑动静压径向轴承D为涡轮与主轴一体化转子A的支承部件,共两个,在轴承的外表面加工有环形槽D01,沿径向开有节流孔D02,在轴承内表面周向均布4个凹腔D03。每个凹腔D03通过一个节流孔D02与环形槽D01连通,凹腔D03沿轴向的边缘采用便于加工的圆弧形过渡,节流孔D02为简单薄壁小孔。水润滑动静压径向轴承D与壳体E之间采用过盈配合,轴承外表面的环形槽D01与壳体E配合后形成水的均流槽,并与壳体E上的动静压轴承进水孔E01连通;外部系统供给一定压力的水,从壳体E的动静压轴承进水孔E01进入环形槽D01,经节流孔D02流入凹腔D03,再流入轴颈与轴承之间的间隙,形成水润滑液膜为转子提供承载力。

[0049] 如图6所示,壳体E为一体化结构,这种设计能够提高两个水润滑动静压径向轴承D的同轴度,而且使得结构更加紧凑。轴承转子系统工作时,壳体E内有涡轮、两个气体止推轴承C、两个水润滑动静压径向轴承D需要分别供气或水,还需要有排气和排水的通道,因此在壳体E壁面上开有动静压轴承进水孔E01、涡轮进气孔E02、止推轴承进气孔E03、排气口E04和排水口E06。为同时给两个水润滑动静压轴承D供水,在壳体E壁面上沿轴向打孔将两个水润滑动静压径向轴承D的环形槽D01与动静压轴承进液孔E01连通;为同时给两个气体止推轴承C供气,同样在壳体壁面上沿轴向打孔,将止推轴承进气孔E03与两个气体止推轴承C的环形槽C01连通。在壳体E的上面和侧面与径向轴承端面对应的位置还留有传感器安装孔E05,用于安装传感器以监测转子在两个径向轴承处的振动情况。

[0050] 如图7所示,为端盖F示意图,两个端盖分别安装在壳体两端,并通过内六角螺栓固定,用以限制壳体E内水润滑动静压径向轴承D和气体止推轴承C的轴向移动;端盖F的侧面有定位孔F01,可安装定位销,以防止水润滑动静压径向轴承D的转动;端盖F与转子配合部分采用间隙密封,用多个间隙密封槽F02,以减少润滑介质水的泄漏。

[0051] 本发明提供了一种具体的气涡轮驱动高速水润滑动静压轴承转子系统的整体实现结构,具有结构紧凑、无污染、转速高等优点,可为转子动力学、液体动静压轴承、轴承转子系统动力学等科研领域提供理想的实验研究平台。

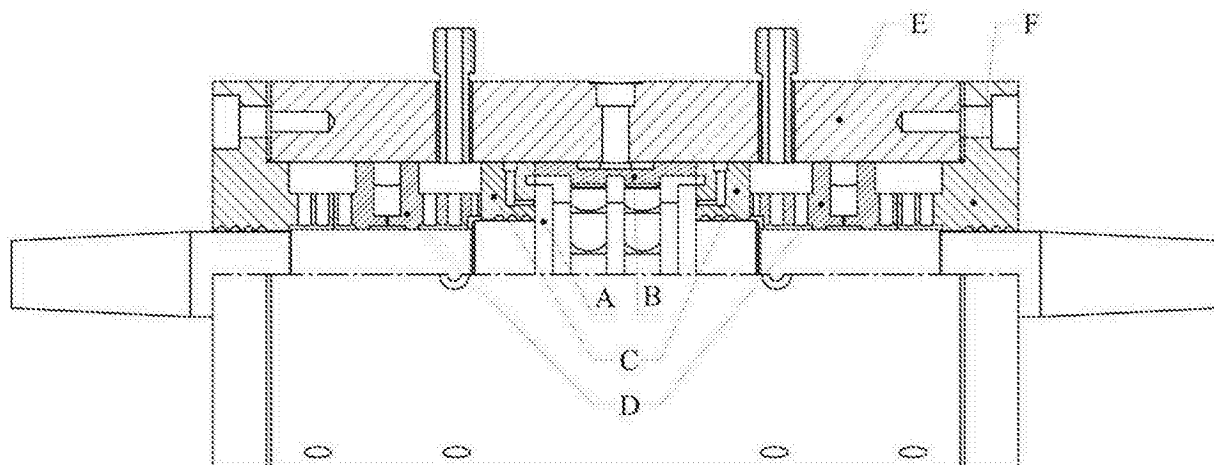


图1

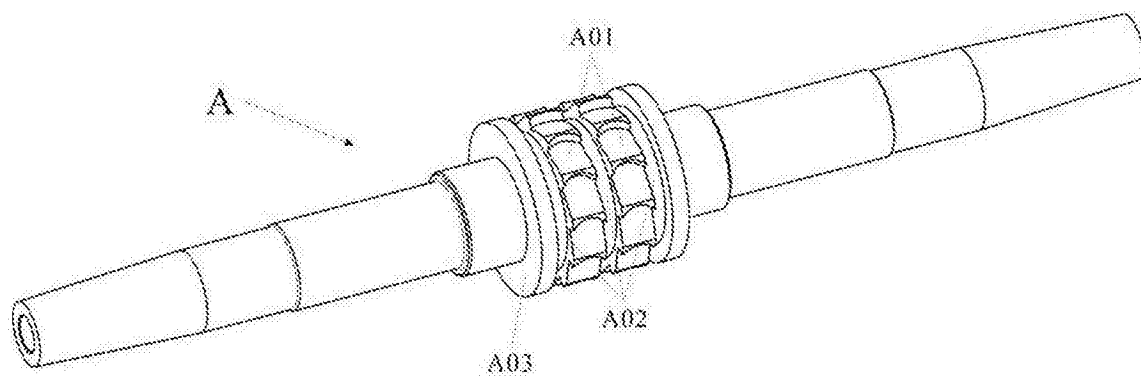


图2

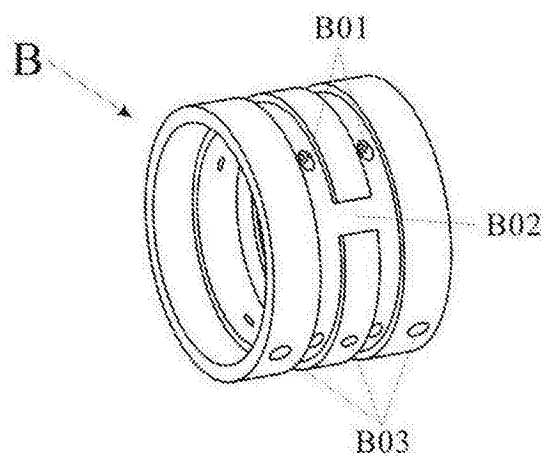


图3

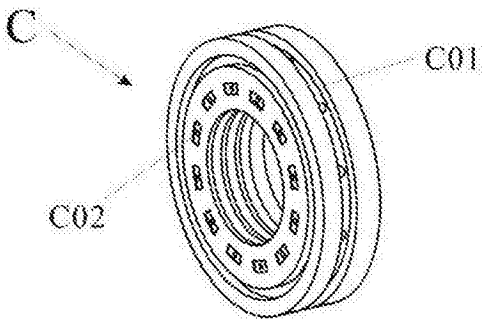


图4

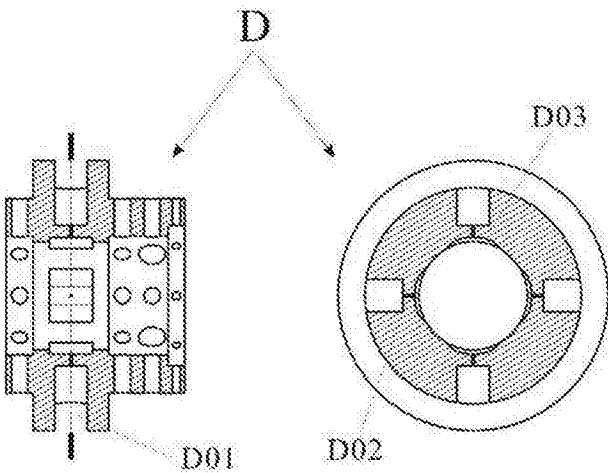


图5

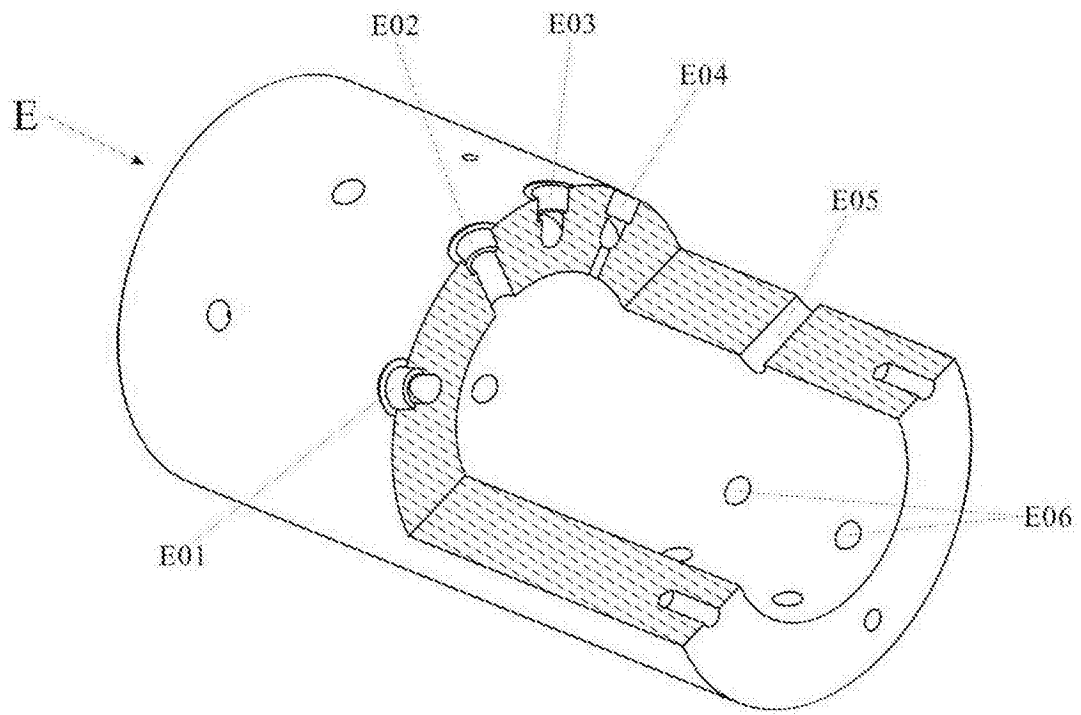


图6

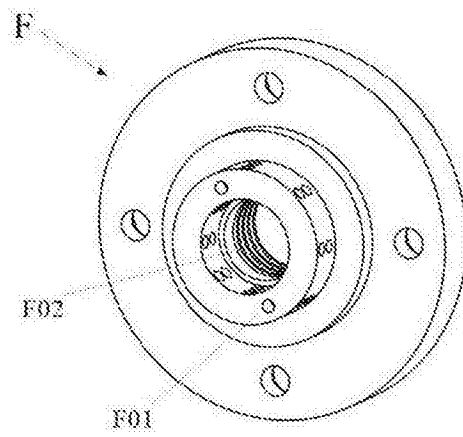


图7