



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119244654 A

(43) 申请公布日 2025. 01. 03

(21) 申请号 202411611032.5

(22) 申请日 2024.11.12

(66) 本国优先权数据

202411251609.6 2024.09.08 CN

(71) 申请人 中国船舶集团有限公司第七〇三研究所

地址 150078 黑龙江省哈尔滨市道里区洪湖路35号

(72) 发明人 徐波 霍玉鑫 牛夕莹 林洪飞
刘宇

(51) Int.Cl.

F16C 33/04 (2006.01)

F16C 33/10 (2006.01)

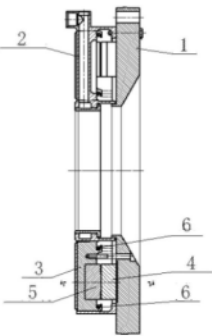
权利要求书1页 说明书6页 附图9页

(54) 发明名称

一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机
滑动止推轴承

(57) 摘要

本发明提供一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承,包括壳体、供油隔离环和瓦块;所述壳体上安装有供油隔离环;所述瓦块安装在供油隔离环内部;所述瓦块设置有斜面,瓦块可绕支点转动调节;所述瓦块浇筑采用铅青铜材质,并在铅青铜表面镀银。本发明采用的铅青铜+镀银的涂层材料,并提高了其工艺性,极大提高了滑动轴承的工作温度,且保证涂层能够在高温下稳定性和牢固性。本发明能够在高温、高速、大载荷下实现正反转,且具有很高的稳定性及可靠性,并经过试验验证,弥补了国内大功率可倒车燃气轮机滑动轴承设计的空白,并为以后更大功率的燃气轮机的设计提供了参考和设计思路。



1. 一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承, 其特征在于, 包括壳体 (1)、供油隔离环 (2) 和瓦块 (3); 所述壳体 (1) 上安装有供油隔离环 (2); 所述瓦块 (3) 安装在供油隔离环 (2) 内部; 所述瓦块 (3) 设置有斜面, 瓦块 (3) 可绕支点转动调节; 所述瓦块 (3) 浇筑采用铅青铜材质, 并在铅青铜表面镀银。

2. 根据权利要求1所述的一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承, 其特征在于, 所述在瓦块 (3) 基体表面浇筑铅青铜前开槽, 开槽方向与旋转方向垂直。

3. 根据权利要求1所述的一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承, 其特征在于, 所述瓦块 (3) 采用圆头支承。

4. 根据权利要求3所述的一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承, 其特征在于, 所述圆头支承后增设了弹性支板结构, 弹性支板材料采用弹簧钢60Si2CrA。

5. 根据权利要求4所述的一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承, 其特征在于, 所述弹性支板结构包括弹性板 (4) 和卡簧 (6); 所述弹性板 (4) 通过卡簧 (6) 安装在壳体 (1) 上, 弹性板 (4) 前端设有止推垫块 (5)。

6. 根据权利要求1所述的一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承, 其特征在于, 所述供油隔离环 (2) 设有8个供油管, 滑油首先通过供油隔离环 (2) 进口进入隔离环第一个供油管内, 然后通过第一个供油管进入内环的滑油环腔, 滑油通过环腔进入其余7个供油管, 每个供油管两侧沿半径方向上均匀设置有喷油口, 使滑油通过喷油口喷向供油管两侧。

一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承

技术领域

[0001] 本发明属于燃气轮机及航空发动机领域,具体涉及一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承。

背景技术

[0002] 滑动轴承相对于滚动轴承,滑动轴承更适用于大推力载荷,高速的工作环境;且滑动轴承对水、灰尘及杂质的损坏的敏感性也比较小;滑动轴承倾向于逐渐的磨损,使用寿命很长,即使滑动轴承失效了,还可以继续维持机器工作一段时间来避免由于突然停机造成的事故,滑动轴承制造精度、难度及成本均比滚动轴承具有优势。理论上,滑动轴承更适用于燃气轮机高速、大推力的工作环境,然而国内外燃气轮机却很少滑动轴承,这主要基于以下原因:一方面燃气轮机结构十分紧凑,并且工作温度极高,轴承区域的工作温度环境十分恶劣,在高温下滑动轴承极易导致损坏;另一方面燃气轮机在舰船上使用,工作载荷环境恶劣,经常遭受到海洋波浪的作用,产生纵摇、横摇、艏摇、横荡、纵荡、升沉等复杂的运行环境,使轴承承受复杂的交变载荷,导致其失效。

[0003] 随着燃气轮机需求的不断扩大,燃气轮机日益发展,燃气轮机功率初温不断提升,功率不断增大,因此滑动轴承工作的温度不断提高,载荷不断增大,滑动轴承的设计成为可倒车燃气轮机设计的瓶颈之一。在可倒车燃气轮机滑动轴承设计和应用过程中出现了以下问题及难点:

[0004] 问题一:应用于汽轮机、各种常见的机器的常规的滑动轴承载荷较小,通常不超过10吨的载荷,然而燃气轮机动力涡轮转子轴向推力通常无法在机内平衡消除,因此滑动轴承推力很大,中型燃气轮机推力基本在20多吨的量级,甚至达到40吨的量级。另一方面,燃气轮机功率大,结构紧凑,在高温高速下工作,滑动轴承工作环境非常恶劣在100℃以上,最高达到120℃,甚至更高。因此可倒车燃气轮机中滑动轴承设计难度较大。

[0005] 现有技术的改进方式:在燃气轮机轴承设计中,目前国内通常选用成熟的可倾瓦滑动轴承,并采用巴氏合金瓦块,巴氏合金的工作温度通常要低于80℃,其在100℃下工作导致融化失效;针对瓦块材料也进行过改进,使用铅青铜等材料,提高瓦块的工作温度;

[0006] 现有技术改进不足之一:通过选用国内外常见的可倾瓦滑动轴承形式和结构,常见的滑动轴承在燃气轮机高温、高速大推力作用下,经常出现在瓦块边缘区域磨损,逐渐扩展到整个瓦块,导致轴承的失效的现象,其主要原因为常规轴承使用喷嘴或瓦块供油,供油区域只能覆盖到瓦块中部位置,如图1所示,边缘区域经常出现缺油现象,造成边缘位置的磨损。

[0007] 现有技术改进不足之二:常规滑动轴承使用巴士合金涂层基本满足常规机械轴承使用要求,铅青铜滑动轴承的应用极少,铅青铜在理论上是能满足使用要求,但由于国内燃气轮机发展相对薄弱,高温、高速大推力载荷工作条件下,铅青铜的应用技术并不成熟。国内使用的铅青铜瓦块,当温度超过120℃会出现铅青铜表面龟裂和铅青铜脱落现象。

[0008] 问题二:可倒车燃气轮机转子不仅需要在高温、高速的工作中进行工作,而且要求

转子能够实现正反转,在大载荷、高速高温环境下滑动轴承在正反转条件下实现稳定运行难度很大。滑动轴承工作时,由于摩擦和滑油的粘性,轴颈带动滑油在轴颈和瓦块之间形成楔形油膜,如图2所示,转子轴向推力通过油膜传递到瓦块上。油膜沿瓦面弧长上的油膜压力分布如图3所示,最大油膜压力点大约位于进油侧弧长的60%左右,油膜作用的合力作用点也在进油侧弧长60%附近位置。对于可倾瓦滑动轴承来说,瓦块支承点位置最理想状态是与瓦块受到的油膜合力点轴向位置重合,这种状态下,滑动轴承运行最为稳定;相反,瓦块支承点与油膜合力点轴向位置偏差越大,工作时,瓦块偏转越大,越不稳定,因此一般情况下,滑动轴承瓦块的支点一般位于瓦块进油侧弧长的60%左右。

[0009] 然而对于可正反转的转子来说,如果使用常规的滑动轴承(支点位于弧长的60%长度上),转子正转时能够稳定运行,然而反转时,瓦块的作用效果如图4所示,瓦块受到的油膜推力与瓦块支点的偏差较远,瓦块会旋转,容易造成瓦块失稳,造成损坏。

[0010] 现有技术改进方式一:对于可正反转的机械通常采用滚动轴承,因为滚动轴承在正反转工作时工作状态无区别。

[0011] 现有技术改进方式一不足:滚动轴承承载力太低,无法满足可倒车燃气轮机大载荷的要求。

[0012] 现有技术改进方式二:对于可正反转的燃气轮机,最常见的采用滑动轴承瓦块支点设置在瓦块中间位置,如图5所示。

[0013] 现有技术改进方式二不足:对于可正反转的燃气轮机,滑动轴承瓦块支点设置在瓦块中间位置,如图5所示,这样对于正反转时,瓦块工作状态是大致一致的,然而瓦块受到的油膜推力与瓦块支点始终不能在同一位置,在轴向力较小的情况下,这种轴承可以正常运行,然而这种轴承在大推力载荷下,滑动轴承也极易失稳,造成失效。

发明内容

[0014] 本发明的目的在于提供一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承。

[0015] 一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承,包括壳体、供油隔离环和瓦块;所述壳体上安装有供油隔离环;所述瓦块安装在供油隔离环内部;所述瓦块设置有斜面,瓦块可绕支点转动调节;所述瓦块浇筑采用铅青铜材质,并在铅青铜表面镀银。

[0016] 进一步地,在瓦块基体表面浇筑铅青铜前开槽,开槽方向与旋转方向垂直。

[0017] 进一步地,所述瓦块采用圆头支承。

[0018] 进一步地,所述圆头支承后增设了弹性支板结构,弹性支板材料采用弹簧钢60Si2CrA。

[0019] 进一步地,所述弹性支板结构包括弹性板和卡簧;所述弹性板通过卡簧安装在壳体上,弹性板前端设有止推垫块。

[0020] 进一步地,所述供油隔离环设有8个供油管,滑油首先通过供油隔离环进口进入隔离环第一个供油管内,然后通过第一个供油管进入内环的滑油环腔,滑油通过环腔进入其余7个供油管,每个供油管两侧沿半径方向上均匀设置有喷油口,使滑油通过喷油口喷向供油管两侧。

[0021] 本发明的有益效果在于:

[0022] (1) 本发明在国内外首次采用斜-平面推力轴承和可倾瓦轴承相结合的结构形式,

提高了轴承在大载荷和高转速下的稳定性,在结构形式上具有独特的创新。

[0023] (2) 本发明在国内外首次采用了双侧开斜面的结构形式,保证轴承在正反转工作状态下均具有很高的稳定性。

[0024] (3) 本发明采用的铅青铜+镀银的涂层材料,并提高了其工艺性,极大提高了滑动轴承的工作温度,且保证涂层能够在高温下稳定性和牢固性。

[0025] (4) 本发明采用了弹性支承,能够保证轴承在大载荷下,各瓦块受力更加均匀,避免了瓦块偏载,从而进一步提高了轴承整体的稳定性。

[0026] (5) 本发明进行了创新优化,使得瓦块进油和出油口均得到更充分均匀的润滑和冷却,从而提高轴承变工况时的油膜成膜的稳定性,也提高了瓦块冷却效果,提高轴承适用温度。

[0027] (6) 本发明能够在高温、高速、大载荷下实现正反转,且具有很高的稳定性及可靠性,并经过试验验证,弥补了国内大功率可倒车燃气轮机滑动轴承设计的空白,并为以后更大功率的燃气轮机的设计提供了参考和设计思路。

附图说明

[0028] 图1为现有技术瓦块开槽供油、喷嘴供油不充分区域图;

[0029] 图2为现有技术滑动轴承工作原理示意图;

[0030] 图3为现有技术滑动轴承瓦面压力沿瓦面圆弧长度上的分布图;

[0031] 图4为常规轴承反转时工作原理图;

[0032] 图5为现有技术中间支承的瓦块工作正反转状态图;

[0033] 图6为本发明模型图;

[0034] 图7为本发明剖面图;

[0035] 图8(a) 为本发明瓦块示意图A;

[0036] 图8(b) 为本发明瓦块示意图B;

[0037] 图8(c) 为本发明瓦块示意图C;

[0038] 图9为本发明轴承正转时工作原理图;

[0039] 图10为本发明轴承反转时工作原理图;

[0040] 图11为本发明瓦块表面涂层示意图;

[0041] 图12(a) 为本发明弹性支板结构A;

[0042] 图12(b) 为本发明弹性支板结构B;

[0043] 图12(c) 为本发明弹性支板结构C;

[0044] 图13为本发明圆周方向瓦块展开示图;

[0045] 图14(a) 为本发明供油隔离环剖面图;

[0046] 图14(b) 为本发明供油隔离环模型图;

[0047] 图15为本发明供油隔离环供油路线图;

[0048] 图16为本发明供油隔离环喷嘴结构图;

[0049] 图17为本发明轴承试验件整体图;

[0050] 图18为本发明200小时台架试验后轴承外观状态图;

[0051] 图19为本发明600小时后止推轴承状态图。

具体实施方式

[0052] 下面结合附图对本发明做进一步描述。

[0053] 一种带镀银涂层的大推力可倒车燃气轮机滑动止推轴承,整体结构见图6-图7,包括壳体1、供油隔离环2和瓦块3;所述壳体1上安装有供油隔离环2;所述瓦块3安装在供油隔离环2内部;所述瓦块3设置有斜面,瓦块3可绕支点转动调节;所述瓦块3浇筑采用铅青铜材质,并在铅青铜表面镀银。

[0054] 瓦块3借鉴了斜-平面推力轴承结构,在瓦块表面开了斜面如图8(a,b,c)所示;同时又采用了可倾瓦的支点结构,轴瓦可以绕支点转动调节,因此轴承既具有斜-平面推力轴承承载稳定,承载力强的优点,又具有可倾瓦滑动轴承承载力可自动调节的优点,转子更加稳定可靠。

[0055] 如图8(a,b)所示,瓦面分成三个区域(I、II、III区),双侧开斜面的结构形式(I、III区),中间II区为平面,其工作原理如下:

[0056] 首先,当燃气轮机正转时,瓦面有轻微倾斜,如图9所示(油膜角度进行了放大示意),在I、II区域形成连续的楔形油膜,由于III区斜面的存在,滑油经过该区域间隙增大,滑油压力突然减小,无法形成有效油膜,因此在正转时III区的瓦面不参与工作,因此瓦面油膜有效工作长度为L,支点位置虽然位于瓦块的中间(50%L')位置,但支点位于瓦面有效长度的60%L处,即支点位置与油膜作用合力点位置基本重合,可保证瓦块在大载荷下稳定工作。

[0057] 其次,当燃气轮机反转时,瓦面有轻微倾斜,在III、II区域形成连续的楔形油膜,如图10所示(油膜角度进行了放大示意),由于I区斜面的存在,滑油经过该区域间隙增大,滑油压力突然减小,无法形成有效油膜,因此在反转时I区的瓦面不参与工作,因此瓦面有效工作长度为L,支点位置虽然位于瓦块的中间(50%L')位置,但支点位于瓦面有效长度的60%L处,即支点位置与油膜作用合力点位置基本重合,同样可保证瓦块在大载荷下稳定工作。

[0058] 因此瓦块中斜面和平面的角度存在以下关系:

[0059] $0.5L' = 0.6L$ (1)

[0060] 瓦块弧长为:

[0061] $L' = (2\alpha + \beta)R$ (2)

[0062] 瓦块实际工作有效弧长为:

[0063] $L = (\alpha + \beta)R$ (3)

[0064] 其中R为瓦块半径;

[0065] 将公式2、3代入公式1得到

[0066] $\alpha + \frac{\beta}{2} = (\alpha + \beta) \times 0.6$ (4)

[0067] 简化得到:

[0068] $4\alpha = \beta$ (5)

[0069] 单个瓦块的包角为 θ ,那么存在下列关系:

[0070] $2\alpha + \beta = \theta$ (6)

[0071] 有公式5、6可以得到:

[0072] $\alpha = \theta/6$

[0073] $\beta = 2\theta/3$

[0074] 这种形式轴承只要合理设置瓦面倾斜的区域,就可以满足在燃气轮机正反转时,均能保证轴瓦支承点位于瓦块工作面的60%位置,保证瓦面油膜形成推力的合力点与轴瓦支承点位置基本重合,可大幅度提高轴承在正反转工作时的稳定性。

[0075] 工程中常规采用的轴承瓦块涂层为巴氏合金,这种合金材质偏软且国内工艺十分成熟,在低工况及比较低的温度下(80℃)具有很好的润滑作用。而燃气轮机结构紧凑,工作温度很高,滑动轴承油膜温度达到130°甚至更高,巴士合金会融化变形,使轴承失效。国内通常为提高轴瓦温度,使用铅青铜或铝青铜等耐温等级高的材料,这些材质相对巴氏合金硬度高一些,但比轴瓦基体材料稍微偏软,在国内中也有应用,但十分稀少。前期在设计试验过程中,发现铅青铜轴瓦同样能满足轴瓦在120℃条件下使用,但随着温度增长和时间增长,铅青铜表面产生裂纹及脱落现象。经过大量分析和试验,裂纹产生主要原因是轴瓦铅青铜表面存在温度梯度,且浇筑铅青铜时,铅青铜与轴瓦结合不好导致。因此在浇筑铅青铜后再增加一层镀银层,如图11所示。银的导热率更高,且材质非常软,在高温下有很好的稳定性。加入银层后,轴瓦表面温度更加均匀,使瓦块表面上的稳定梯度减小;同时银具有更好的自润滑特性,能够进一步提升轴承在启停及故障供油不充分时轴承可靠性和保护性能,能够极大提高轴瓦表面允许工作温度及燃气轮机轴承的可靠性。

[0076] 本发明在浇筑铅青铜涂层的工艺方面也进行了创新,在之前试验中,瓦块表面直接浇筑铅青铜,在温度升高及长时间工作后,铅青铜与基体产生脱落现象。针对以上问题进行了创新改进。

[0077] 首先,在轴瓦基体表面浇筑铅青铜前开槽,开槽方向与旋转方向垂直,如图11所示,这样瓦块表面油膜产生的摩擦力方向正好垂直于槽的方向,极大的提高了铅青铜与基体的结合力。

[0078] 其次,铅青铜的熔点较高,在铅青铜中增加硼砂作为助熔剂,有助于青铜的融化,同时还能明显减少铅青铜中气泡的产生,使浇筑的铅青铜更加致密。

[0079] 通过以上两个方面,提高了铅青铜结合力,彻底解决了铅青铜在工作过程中脱落的现象;

[0080] 瓦块3的支承除了采用传统的圆头支承,这样能够保证瓦块在不同工况下绕着圆头支点进行自适应的旋转调节,使其具有可倾瓦滑动轴承自适应调节能力;其次,在圆头支承后面增设了弹性支板结构,如图12(a,b,c)所示,弹性支板材料使用弹簧钢60Si2CrA。其作用原理如图13所示,在燃气轮机轴向推力较大的情况下,假设整圈瓦块受力不均匀,某个瓦块受力较大,受力较大的瓦块会压缩弹性支板,使瓦块向远离轴颈方向运动,使瓦块与轴之间的油膜间隙变大,降低了受力较大瓦块上的推向力。因此通过以上结构形式能够保证整圈8个瓦块能够均匀受力,不产生因瓦块的推力分布不均,导致个别瓦块失效,造成整个轴承失效的现象。综上,这种结构不仅具有常规滑动轴承瓦块自由适应轴向力进行摆动调节的能力,而且在燃气轮机这种大推力载荷下,能够保证整圈8个瓦块之间更均匀的分配轴向力,使轴承运行更加稳定可靠,并且整体提高了轴承的承载能力;

[0081] 本发明在供油方式进行了创新,采用了供油隔离环结构,如图14(a,b)所示,其工作原理如下:

[0082] 如图15所示,滑油首先通过供油隔离环进口进入隔离环第一个供油管内,然后通过第一个供油管进入内环的滑油环腔,滑油通过环腔进入其余7个供油管,每个供油管两侧沿半径方向上均匀设置有喷油口,如图16所示,使滑油通过喷油口喷向供油管两侧,通过调整供油管两侧喷油孔的角度 α 和位置尺寸L,使得一侧滑油刚好直接喷入瓦块进油口,直接参与瓦块油膜的形成,这样极大的提高了瓦块在启停及复杂交变载荷工作环境下的成膜稳定性;另一侧喷油口出来的滑油刚好喷到瓦块的边缘及出油口的油膜位置,该位置为每个瓦块及油膜温度最高位置,这样极大的提高了瓦块冷却效果,使燃气轮机滑动轴承的瓦块工作温度大幅度降低。在燃气轮机反转时,瓦面进油侧和出油侧的孔作用互换,保证了燃气轮机正反转时滑动轴承进油均匀和冷却充分的问题。

[0083] 常见的滑动轴承中喷嘴、及瓦块开槽等供油方式,只在瓦块进油口的中间位置设置喷嘴或进油口,瓦块进油口的上下两个角落位置会产生滑油供给不足,容易磨损,瓦块边缘的磨损导致整个瓦块铸件损伤并导致失效。相对于传统的供油结构,瓦块进油口沿半径方向上均设置有喷油口,使瓦块进油成膜更加稳定可靠,同时瓦块的出油口位置沿半径方向也设置有冷却的滑油直接喷淋,这样极大的提高了瓦块冷却效果,明显的降低了瓦块的工作温度。从而能够适应燃气轮机高温的工作环境及可正反转的工作需求。

[0084] 基于以上的设计,生产了试验件,如图17-图19,并在滑动轴承试验台架上及某型燃气轮机中进行了试验及应用,台架试验200多小时,在整机中运行了600余小时,载荷最大加载至33吨轴向力,转速最高达到5000rpm,瓦块温度达到130℃,运行后的试验件状态良好,如图18、图19所示,经试验验证,本发明中轴承承载能力大幅度提高,且工作温度大幅度提升,可靠性高,能够满足燃气轮机正反转工作需求。

[0085] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

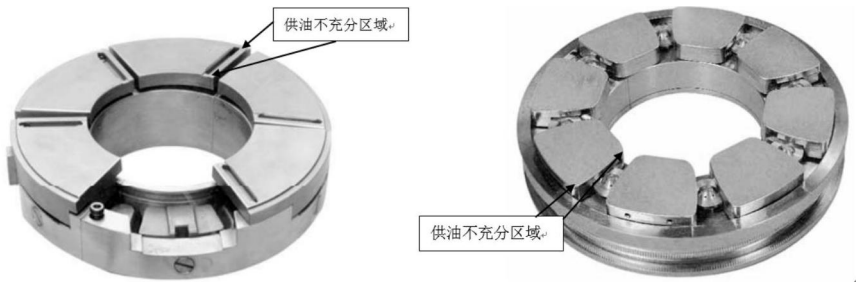


图1

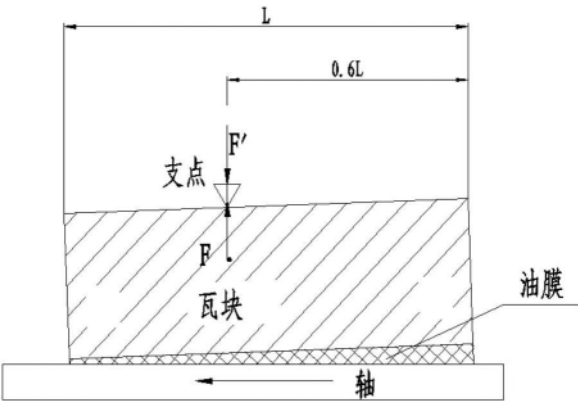


图2

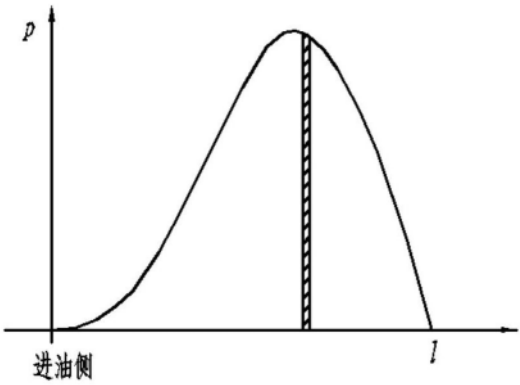


图3

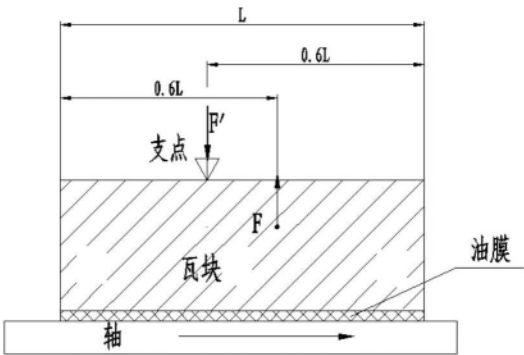


图4

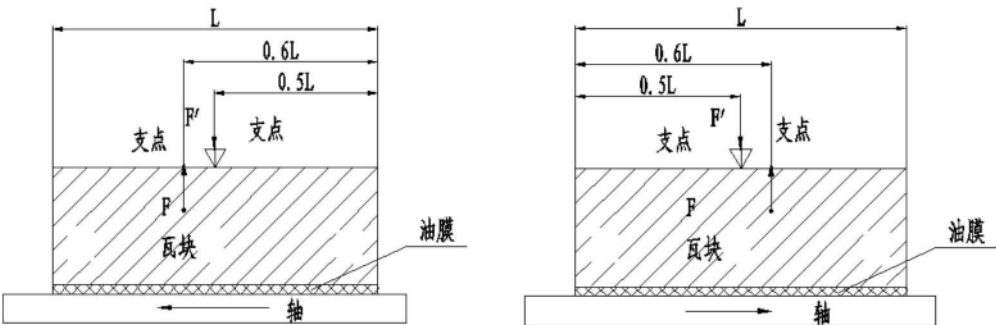


图5

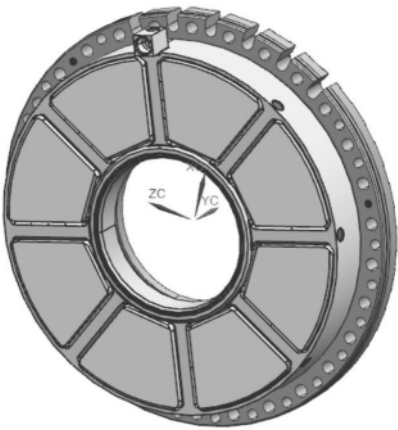


图6

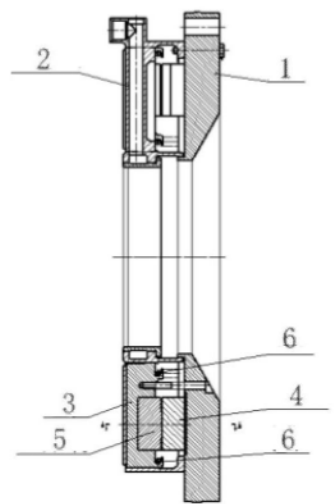


图7

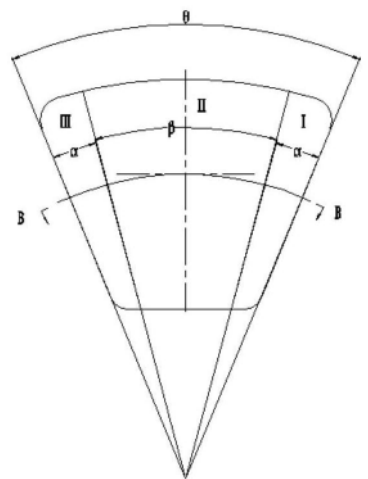


图8(a)

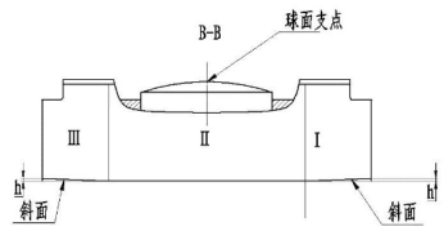


图8(b)

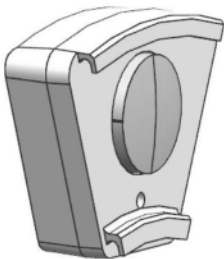


图8(c)

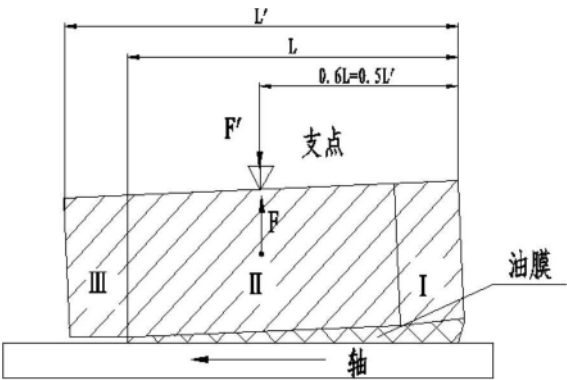


图9

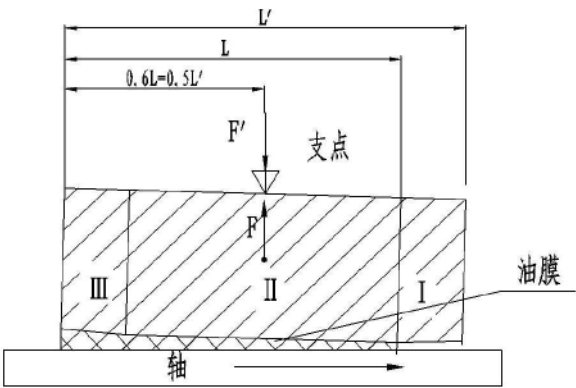


图10

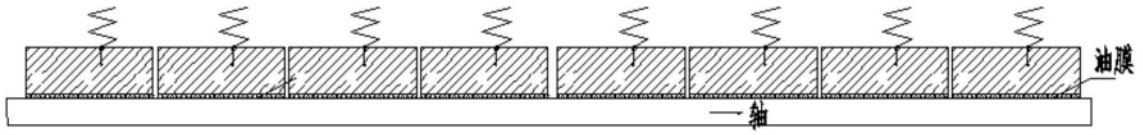


图13

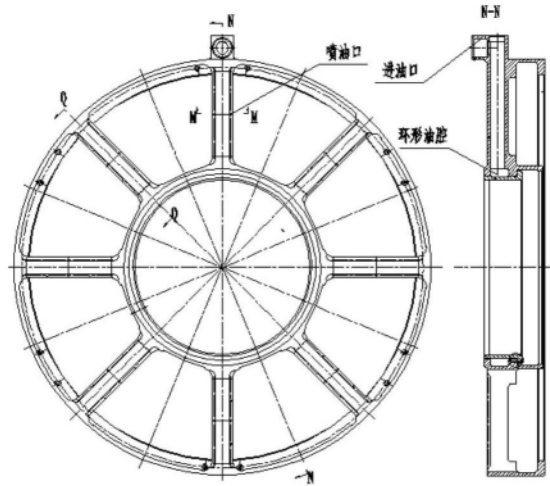


图14(a)



图14(b)

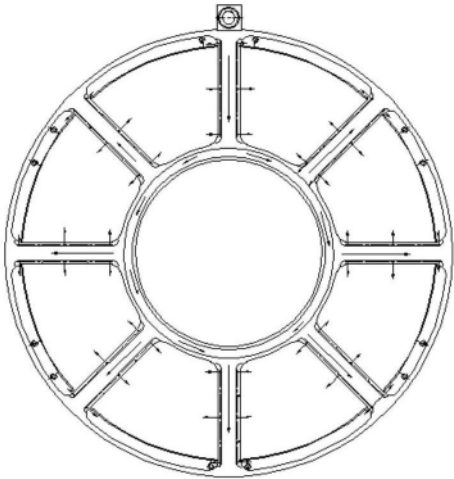


图15

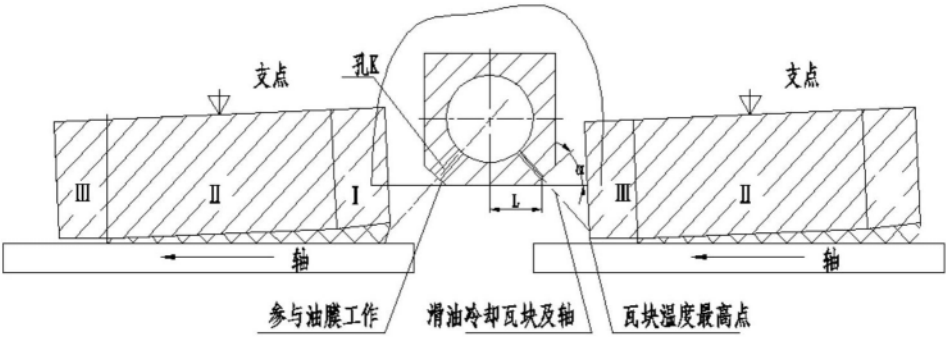


图16

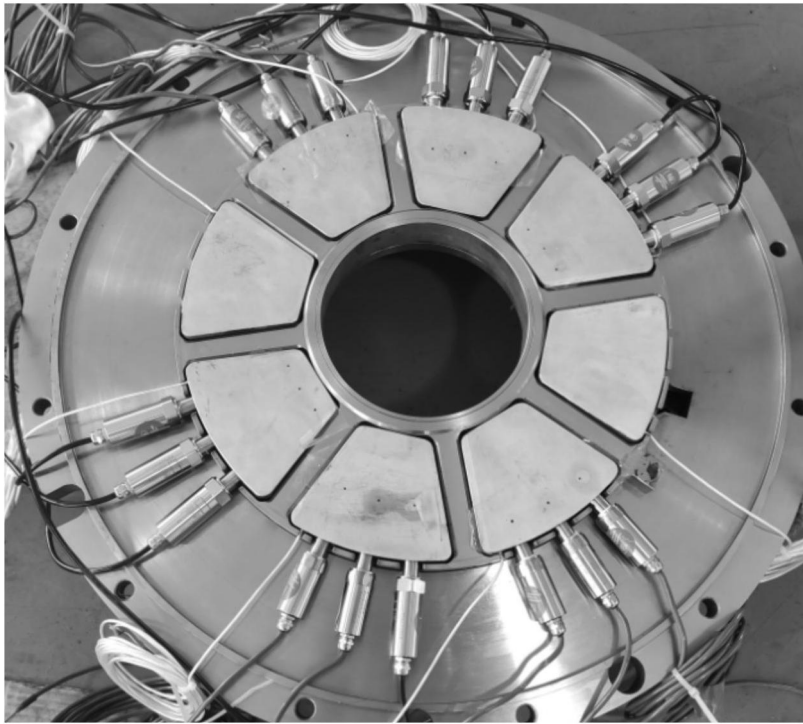


图17



图18



图19