



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108050158 B

(45)授权公告日 2020.08.14

(21)申请号 201711178314.0

(22)申请日 2017.11.23

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108050158 A

(43)申请公布日 2018.05.18

(73)专利权人 燕山大学  
地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段438号

(72)发明人 赵建华 王进 吴晓晨 张斌  
陈涛 王强 高殿荣

(74)专利代理机构 秦皇岛一诚知识产权事务所  
(普通合伙) 13116  
代理人 崔凤英

(51)Int.Cl.  
F16C 32/04(2006.01)

(56)对比文件

- CN 107191488 A, 2017.09.22
- JP H01108425 U, 1989.07.21
- JP H0842569 A, 1996.02.13
- CN 107289004 A, 2017.10.24
- JP H09308185 A, 1997.11.28
- RU 2076428 C1, 1997.03.27
- CN 203051488 U, 2013.07.10

审查员 姜松林

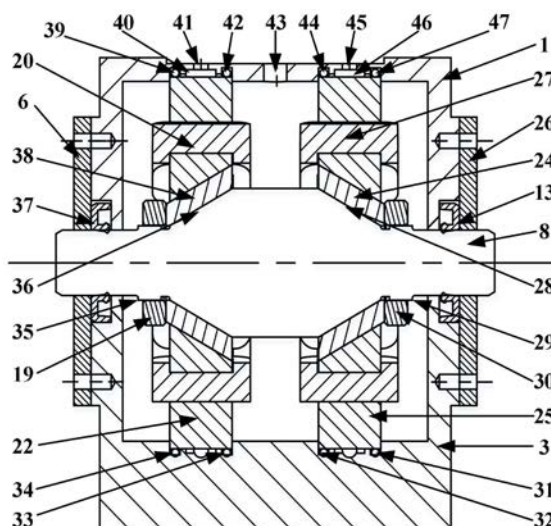
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种磁液双悬浮支承锥形轴承

(57)摘要

本发明公开了一种磁液双悬浮支承锥形轴承,包括液体静压支承系统和电磁悬浮支承系统;所述轴承构成包括轴承底座、轴承上盖、第一、二定子、第一、二漆包线圈、第一、二导磁套、转子轴、第一、二调节螺母、第一、二骨架密封圈和第一、二轴承端盖。所述磁液双悬浮支承锥形轴承采用了液体静压支承和电磁悬浮支承相结合的新型磁液双支承锥形轴承,包括液体静压支承系统和电磁悬浮支承系统。本发明与普通轴承相比有以下的特点:具有无接触、无润滑以及无磨损等特点;寿命相比普通轴承寿命更长;圆周运行速度高;油膜刚度高等。主要适用于大功率、重载荷、大刚度和高速运行的场合。



1. 一种磁液双悬浮支承锥形轴承,其特征在于:包括液体静压支承系统和电磁悬浮支承系统,所述轴承构成包括轴承底座、轴承上盖、第一定子、第二定子、第一导磁套、第二导磁套、转子轴、第一调节螺母、第二调节螺母、第一骨架密封圈、第二骨架密封圈、第一轴承端盖和第二轴承端盖;所述转子轴为中心径向断面呈对称结构,中部为大直径圆柱体结构,两端为小直径圆柱体结构,左侧由大直径圆柱体过渡到小直径圆柱体之间为第一锥体结构段,在第一锥体结构段末端的直圆柱端加工有第一螺纹;右侧由大直径圆柱体过渡到小直径圆柱体之间为第二锥体结构段,在第二锥体结构段末端的直圆柱端加工有第二螺纹;所述第一、二导磁套均为锥形结构,并分别套装在转子轴的第一锥体结构段和第二锥体结构段处,且与转子轴间采用过盈配合装配;所述第一定子沿其内圆周上向圆心向均布有八个内凸磁极,沿第一定子外圆周向圆心向加工有八个径向进油孔分别贯通每个磁极;在每两个磁极对之间的定子圆周端面上加工有通孔;每个磁极上绕有第一漆包线圈,根据漆包线圈不同缠绕方式,结合导磁套使得每相邻磁极为一对,形成磁通回路,从而八个磁极的分布方式呈现为NSSNSSN布置,进而产生电磁吸力,实现对轴承的轴向、径向双向电磁支承;所述第二定子其结构与第一定子结构完全相同,在其每个磁极上绕有第二漆包线圈,第二定子、第二漆包线圈和第二导磁套的作用原理与第一定子第一漆包线圈和第一导磁套的作用原理完全相同;所述第一、二定子分别套装在第一、二导磁套上,第一定子磁极与第一导磁套以及第二定子磁极与第二导磁套均采用间隙配合装配,其间隙都为 $30\mu\text{m}$ ,从而实现轴承的轴向、径向双向电磁支承;所述轴承上盖内部在与第一、二定子1相对应位置内部的两个弧形凹槽内均加工有第一、二进油槽,在两个弧形凹槽内部最顶部进油槽的顶端处分别开有第一、二进油孔,在所述轴承上盖内部进油槽两侧沿弧形凹槽分别设有O型圈槽;所述轴承上盖轴向中心处设有一回油口;所述轴承底座内部在与第一、二定子相对应位置内部的两个弧形凹槽内均加工有数个第三、四进油槽,在轴承底座最底部进油槽的最低处分别加工有第三、四进油孔,且两进油孔与轴承底座下部的下油孔相连通;所述转子轴安装在轴承底座上,通过分别旋拧在转子轴第一、二螺纹上的第一、二调节螺母定位,轴承上盖安装在轴承底座上部通过轴承上盖上的四个螺钉孔和轴承底座上的四个螺钉孔用螺钉固定;转子轴两端分别通过第一、二骨架密封圈以及第一、二轴承端盖密封固定;

在所述轴承左侧,液压油流入第一定子上的径向进油孔后作用于第一导磁套,作用后的油液经第一漆包线圈后从回油孔流出,第一定子与第一导磁套之间形成锥形的气隙及油膜实现轴承的轴向、径向双向静压支承;在所述轴承右侧,所述轴承呈对称状装配布置,液压油流向与左侧对称,进而冷却电磁轴承,降低温升及热变形。

## 一种磁液双悬浮支承锥形轴承

### 技术领域

[0001] 本发明涉及滑动轴承的设计领域,特别是涉及一种重载荷、高转速、大刚度和高控制精度磁液双悬浮支承锥形轴承。

### 背景技术

[0002] 液体静压轴承具有径向刚度好、定位精度高、抗振性好等优点,因此得到普遍重视和广泛应用。但是,随着全球工业的发展,在大功率、重载荷和高速运行的场合,液体静压轴承摩擦功率很大,易使轴承因温度过高而产生较大热变形。所谓磁性轴承是利用磁性的吸力和斥力来支承旋转的轴承,也叫磁悬浮轴承。它的优点是扭矩小、有利于高速回转,可在真空中使用,适用的温度范围广、噪音低、寿命长、无润滑引起的污染等;缺点是造价高,承载能力相对较低。所以,本发明将液体静压轴承与电磁轴承配合使用,集二者优点于一身,并对一些具体结构进行改进,研究开发一种能承受重载荷、大刚度和高转速的轴承系统。

### 发明内容

[0003] 根据上述现有技术存在的问题,本发明提供一种磁液双悬浮支承锥形轴承,主要适用于大功率、重载荷、大刚度和高速运行的场合。

[0004] 为实现上述目的,本发明是通过以下技术方案实现的:

[0005] 一种磁液双悬浮支承锥形轴承,包括液体静压支承系统和电磁悬浮支承系统;所述轴承构成包括轴承底座、轴承上盖、第一定子、第二定子、第一漆包线圈、第二漆包线圈、第一导磁套、第二导磁套、转子轴、第一调节螺母、第二调节螺母、第一骨架密封圈、第二骨架密封圈、第一轴承端盖和第二轴承端盖;所述转子轴为中心径向断面呈对称结构,中部为大直径圆柱体结构,两端为小直径圆柱体结构,左侧由大直径圆柱体过渡到小直径圆柱体之间为第一锥体结构段,在第一锥体结构段末端的直圆柱端加工有第一螺纹;右侧由大直径圆柱体过渡到小直径圆柱体之间为第二锥体结构段,在第二锥体结构段末端的直圆柱端加工有第二螺纹;所述第一、二导磁套均为锥体结构,并分别套装在转子轴的第一锥体结构段和第二锥体结构段处,且与转子轴间采用过盈配合装配;所述第一定子沿其内圆周上向圆心向均布有八个内凸磁极,沿第一定子外圆周向圆心向加工有八个径向进油孔道分别贯通每个磁极;在每两个磁极对之间的第一定子圆周端面上加工有通孔;每个磁极上绕有第一漆包线圈,根据不同缠绕方式八个磁极采用NSSNSSN方式布置,每相邻磁极为一对,形成磁通回路产生电磁吸力;所述第二定子其结构与第一定子结构完全相同,在其每个磁极上绕有第二漆包线圈;所述第一、二定子分别套装在第一、二导磁套上,第一定子磁极与第一导磁套以及第二定子磁极与第二导磁套均采用间隙配合装配,其间隙都为30 $\mu$ m;所述轴承上盖内部在与第一、二定子相对应位置内部的两个弧形凹槽内均加工有数个第一、二进油槽,在两个弧形凹槽内部最顶部进油槽的顶端处分别开有第一、二进油孔;在所述轴承上盖内部进油槽两侧沿弧形凹槽分别设有O型圈槽;所述轴承上盖轴向中心处设有一回油口;所述轴承底座内部在与第一、二定子相对应位置内部的两个弧形凹槽内均加工有数个第三、

四进油槽；在轴承底座最底部进油槽的最低处加工有第三、四进油孔，且两进油孔与轴承底座下部的下油孔相连通；所述转子轴安装在轴承底座上，通过分别旋拧在转子轴第一、二螺纹上的第一、二调节螺母定位；轴承上盖安装在轴承底座上部通过轴承上盖上的四个螺钉孔和轴承底座上的四个螺钉孔用螺钉固定；转子轴两端分别通过第一、第二骨架密封圈密封以及第一、第二轴承端盖密封固定。

[0006] 所述磁液双悬浮支承锥形轴承采用了液体静压支承和电磁悬浮支承相结合的新型磁液双支承锥形轴承，包括液体静压支承系统和电磁悬浮支承系统。

[0007] 由于采用上述技术方案，本发明提供一种磁液双悬浮支承锥形轴承，与现有技术相比具有这样的有益效果：

[0008] 本发明与普通轴承相比有以下的特点：具有无接触、无润滑以及无磨损等特点；寿命相比普通轴承寿命更长；圆周运行速度高；油膜刚度高等。主要适用于大功率、重载荷、大刚度和高速运行的场合。

## 附图说明

[0009] 图1是磁液双悬浮支承锥形轴承总体示意图；

[0010] 图2是磁液双悬浮支承锥形轴承内部结构示意图；

[0011] 图3是磁液双悬浮支承锥形轴承剖视图；

[0012] 图4是轴承底座示意图；

[0013] 图5是轴承上盖示意图；

[0014] 图6(a)是第一定子轴侧图、(b)是第一定子主视图。

## 具体实施方式

[0015] 实施案例

[0016] 下面结合附图对本发明作详细说明：

[0017] 一种磁液双悬浮支承锥形轴承，包括液体静压支承系统和电磁悬浮支承系统，如图1—3所示，所述轴承构成包括轴承底座3、轴承上盖1、第一定子22、第二定子25、第一漆包线圈20、第二漆包线圈27、第一导磁套38、第二导磁套24、转子轴8、第一调节螺母19、第二调节螺母30、第一骨架密封圈37、第二骨架密封圈13、第一轴承端盖6和第二轴承端盖26；所述转子轴8为中心径向断面呈对称结构，中部为大直径圆柱体结构，两端为小直径圆柱体结构，左侧由大直径圆柱体过渡到小直径圆柱体之间为第一锥体结构段36，在第一锥体结构段36末端的直圆柱端加工有第一螺纹35；右侧由大直径圆柱体过渡到小直径圆柱体之间为第二锥体结构段28，在第二锥体结构段28末端的直圆柱端加工有第二螺纹29；所述第一、二导磁套38、24均为锥体结构，并分别套装在转子轴8的第一锥体结构段36和第二锥体结构段28处，且与转子轴8间采用过盈配合装配；如图6(a)和(b)所示，所述第一定子22沿其内圆周上向圆心向均布有八个内凸磁极，沿第一定子22外圆周向圆心向加工有八个径向进油孔道23分别贯通每个磁极；根据不同缠绕方式八个磁极采用NSSNSSN方式布置，每相邻磁极为一对，形成磁通回路产生电磁吸力；其中磁极54、55为一对，磁极56、57为一对，磁极58、59为一对，磁极60、61为一对；在每两个磁极对之间的第一定子22圆周端面上加工有通孔21；每个磁极上绕有第一漆包线圈20；所述第二定子25其结构与第一定子22结构完全相同，在其

每个磁极上绕有第二漆包线圈27;所述第一、二定子22、25分别套装在第一、二导磁套38、24上,第一定子22磁极与第一导磁套38间以及第二定子25磁极与第二导磁套24间均采用间隙配合装配,其间隙都为30 $\mu\text{m}$ ;如图1、图3和图5所示,所述轴承上盖1内部在与第一、二定子22、25相对应位置的两个弧形凹槽内均加工有数个第一、二进油槽40和46,在两个弧形凹槽内部最顶部进油槽的顶端处分别开有第一、二进油孔41和45,在第一、二进油孔41和45的外油口处装有第一油嘴10和第二油嘴12;如图3和图5所示,在所述轴承上盖1内部进油槽40和46两侧沿弧形凹槽分别设有O型圈槽39和42以及44和47;所述轴承上盖1轴向中心处设有一回油口43,在其外部油口处安装有第三油嘴11;如图1-4所示,所述轴承底座3内部在与第一、二定子22、25相对应位置的两个弧形凹槽内均加工有数个第三、四进油槽48和52;以第三进油槽48所处的弧形凹槽为例,在轴承底座3最底部进油槽的最低处加工有第三进油孔道16,以及在两端分别加工有第二、三进油孔道18和15,第一——三进油孔道18、16和15分别通到轴承底座3的外部并在外出口处分别装有第四、五和六油嘴7、4和5;同样地,在第四进油槽52所处的弧形凹槽中,在轴承底座3最底部进油槽的最低处加工有第四进油孔道50,以及在两端分别加工有第五、六进油孔道49和51,第四——六进油孔道50、49和51分别通到轴承底座3的外部并在外出口处分别装有第七、八和九油嘴(图中未示出);在所述轴承底座3内部进油槽48和52两侧沿弧形凹槽分别设有O型圈槽34和33以及32和31,与在所述轴承上盖1内部的O型圈槽39和42以及44和47相对应,从而形成完整的O型圈槽;如图1—3和图5所示,所述转子轴8安装在轴承底座3上,通过分别旋拧在转子轴8第一、二螺纹35、29上的第一、二调节螺母19、30定位,轴承上盖1安装在轴承底座3上部通过轴承上盖1上的四个螺钉孔53和轴承底座3上的四个螺钉孔14用螺钉2固定;转子轴8一端通过第一骨架密封圈37密封并用第一轴承端盖6和螺钉9穿过第一轴承端盖6上的螺钉孔17固定在轴承上盖1和轴承底座3上;同样地,转子轴8另一端通过第二骨架密封圈13密封并用第二轴承端盖26和螺钉固定在轴承上盖1和轴承底座3上。

[0018] 所述磁液双悬浮支承锥形轴承采用了液体静压支承和电磁悬浮支承相结合的新型磁液双支承锥形轴承,包括液体静压支承系统和电磁悬浮支承系统;

[0019] 所述液体静压支承系统,其实现方式是液压油从轴承上盖1的第一、二油嘴10和12经第一、二进油孔41和45;和轴承底座3的第四——九油嘴,经第一——六进油孔道流入,分别从上、下、左、右四个方向对定子实施静压支承,经第一、三进油槽40、48流入第一定子22上的径向进油孔23后,作用于第一导磁套38,作用后的油液经第一漆包线圈20后从轴承上盖1的回油孔43流出,第一定子22与第一导磁套38之间形成锥形的气隙及油膜,实现轴承的轴向、径向双向支承;同样的,经第二、四进油槽46、52流入第二定子25上的径向进油孔后,作用于第二导磁套24,作用后的油液经第二漆包线圈27后从轴承上盖1的回油孔43流出,第二定子25与第二导磁套24之间形成锥形的气隙及油膜,实现轴承的轴向、径向双向支承;进而冷却电磁轴承,降低温升及热变形。

[0020] 所述电磁悬浮支承系统,其实现方式是利用两两通有电流的漆包线圈之间形成磁通回路,产生电磁吸引力的物理原理,迫使转轴得以悬浮支撑。第一定子22上绕有通有电流的第一漆包线圈20,形成均布的八个磁极,且八个磁极采用NSSNNSN方式布置,每相邻磁极为一对,具体为磁极54、55为一对,磁极56、57为一对,磁极58、59为一对,磁极60、61为一对;第二定子25上绕有通有电流的第二漆包线圈27,其作用原理与第一定子22和第一漆包线圈

20的作用相同;这样就实现了轴承的轴向、径向双向支承。

[0021] 作为一种优选方案,转子轴8的小圆柱段直径为22mm,大圆柱段直径为50mm,长为30mm,第一锥体结构段36和第二锥体结构段28的锥度均为 $30^\circ$ ,投影长度为21.5mm;第一定子22和第二定子25的直径均为125mm,厚22mm,其径向进油孔直径均为5mm,通孔直径为5mm;第一、二导磁套38、24大端外径均为66mm,大端内径为50mm,投影长度为23mm;轴承上盖1第一进油槽40和第二进油槽46的投影矩形长均为128mm,宽为10.5mm,深为1.5mm,第一进油孔41直径为5mm;回油孔43直径为8mm,第一、二轴承端盖6和26的螺钉孔直径为6mm,与轴承底座3固定的螺钉孔14直径为10mm;轴承底座3的各个进油孔道直径均为5mm,第三、四进油槽48和52的投影矩形长为128mm,宽为10.5mm,深为1.5mm。

[0022] 初始工作时,第一、二漆包线圈20和27通电,第一、二漆包线20和27采用不同的缠绕方式使得在磁极的表面依次产生NSSNSSN的磁极分布;在第一定子22上每相邻两个磁极为一对,磁极54、55为一对,磁极56、57为一对,磁极58、59为一对,磁极60、61为一对;分别与第一导磁套38组成磁通回路,其中磁极54、磁极55、第一导磁套38为磁通回路;磁极56、磁极57、第一导磁套38为磁通回路;磁极58、磁极59、第一导磁套38为磁通回路;磁极60、磁极61、第一导磁套38为磁通回路。第二定子25、第二漆包线圈27和第二导磁套24的作用原理与第一定子22第一漆包线圈20和第一导磁套38的作用原理完全相同。

[0023] 液体静压支承系统,液压油从轴承上盖1的第一、三油嘴和第一、二进油孔41和45流入,经第一进油槽40流入第一定子22上的径向进油孔23后,作用于第一导磁套38,作用后的油液经第一漆包线圈20后从轴承上盖1的回油孔43流出;液压油经第二进油槽46流入第二定子25上的径向进油孔后作用于第二导磁套24,其作用原理与液压油流入第一定子22的作用原理完全相同,两路液压油进而冷却电磁轴承,降低温升及热变形。

[0024] 当加载时,通过改变进入各个进油孔的进油压力及流经第一、二漆包线圈20和27上的电流,以调节轴承的液压支承力及电磁支承力,对转子轴8位置实现微调。

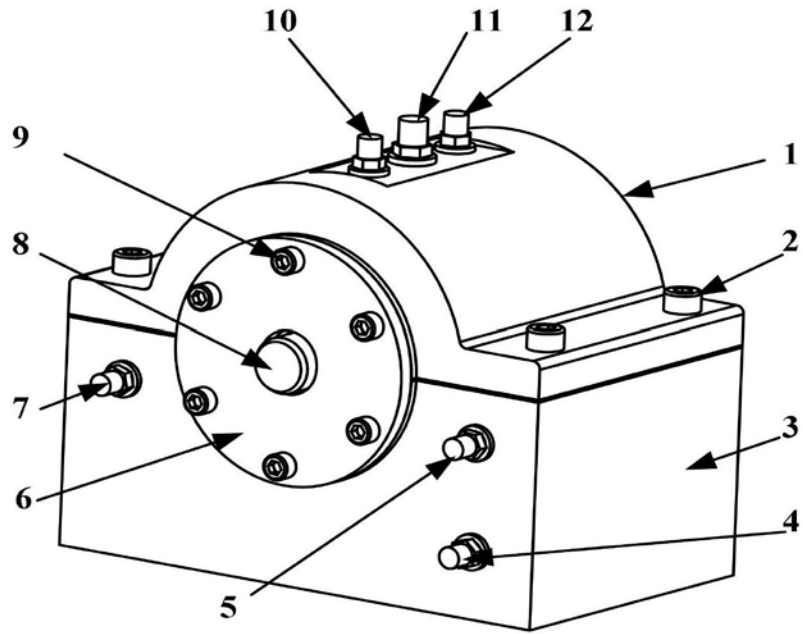


图1

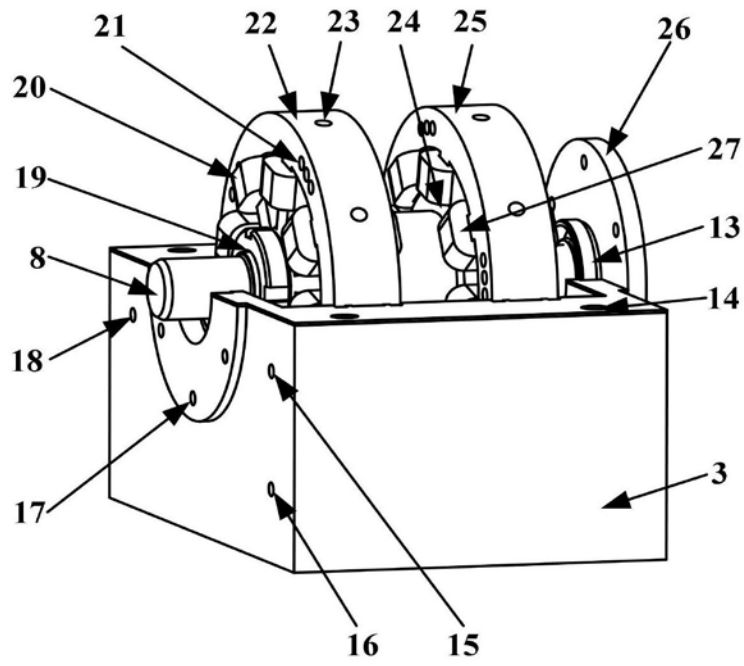


图2

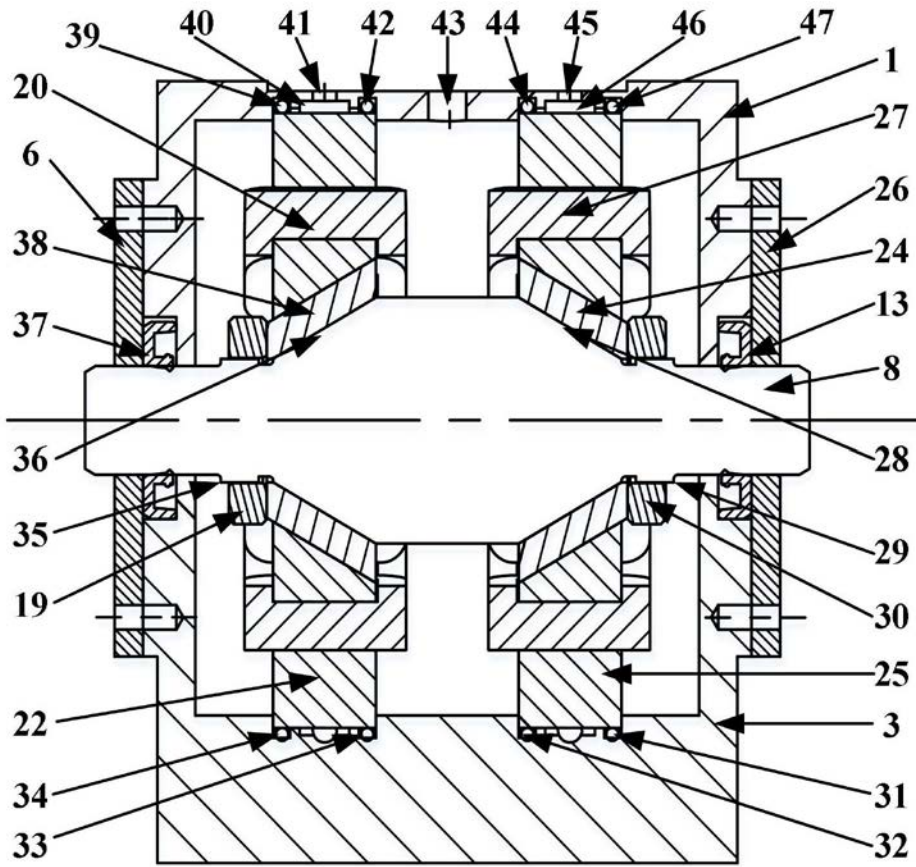


图3

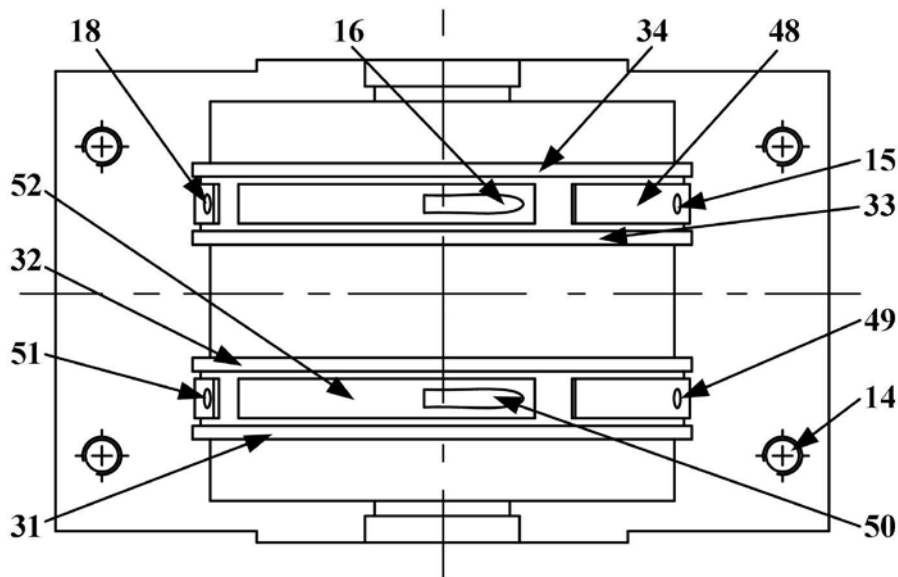


图4



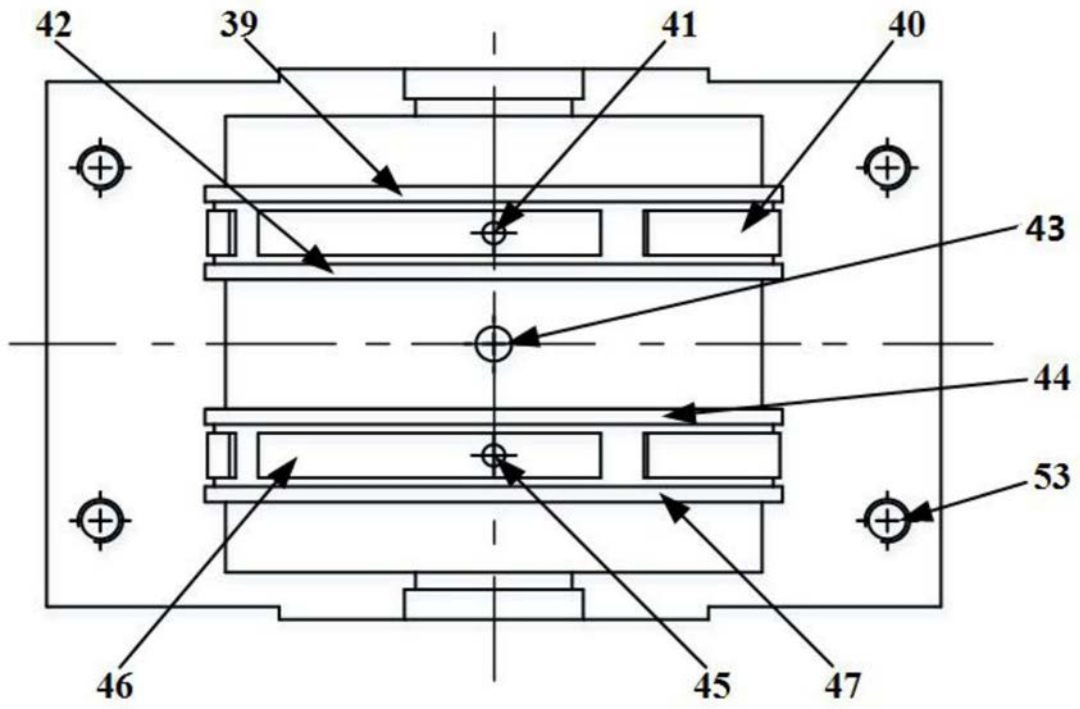
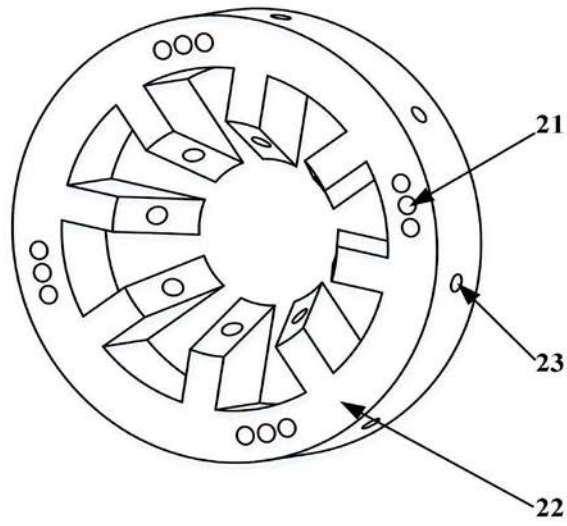
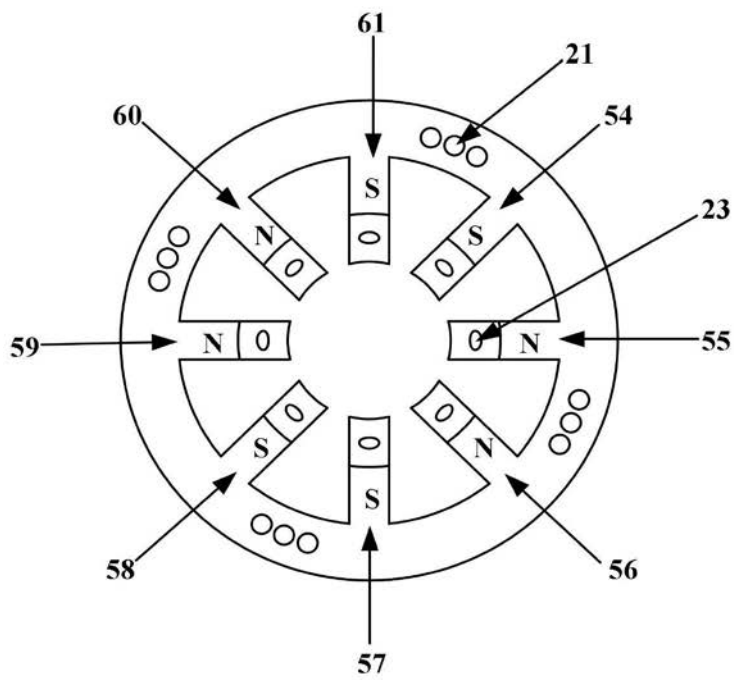


图5



(a)



(b)

图6