



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108760304 A

(43)申请公布日 2018. 11. 06

(21)申请号 201810588101.3

(22)申请日 2018.06.08

(71)申请人 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 张国基 曹俊波 陈涛  
吴晓晨 王进 王哲 赵计胜

(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.

G01M 13/04(2006.01)

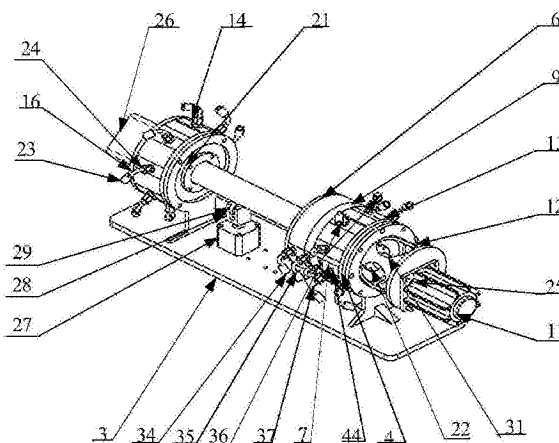
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

## (54)发明名称

一种磁液双重悬浮轴承性能测试实验平台

## (57)摘要

一种磁液双重悬浮轴承性能测试实验平台，其主要是：机架上左右两个环形支架，左侧环形支架左侧通过螺栓连接方式依次连有左侧径向磁液轴承及止推加载油缸；右环形支架的左侧通过螺栓连接方式连有右侧复合型磁液轴承，右环形支架的右侧通过螺纹连接方式依次连有钟形罩及变速电机，两支架的中间部位通过螺栓连接方式装有径向加载油缸，穿过左侧径向磁液轴承、右侧复合型磁液轴承中心通孔的阶梯轴，一端与变速电机相连，另一端通过向心轴承与止推加载油缸自由端相邻。本发明能够实现回转轴的磁液双重悬浮支承，支撑刚度大，抗干扰能力强，并能大幅度降低磁极及线圈的温升及热变形，同时使用静压支承进行负载，其负载力平稳，可靠性高。



1. 一种磁液双重悬浮轴承性能测试实验平台,其特征在于:机架上有左右两个环形支架,左侧环形支架左侧通过螺栓连接方式依次连有左侧径向磁液轴承及止推加载油缸;右环形支架的左侧通过螺栓连接方式连有右侧复合型磁液轴承,右环形支架的右侧通过螺纹连接方式依次连有钟形罩及变速电机,两支架的中间部位通过螺栓连接方式装有径向加载油缸,穿过左侧径向磁液轴承、右侧复合型磁液轴承中心通孔的阶梯轴,一端与变速电机相连,另一端通过向心轴承与止推加载油缸自由端相邻。

2. 根据权利要求1所述的磁液双重悬浮轴承性能测试实验平台,其特征在于:机架是由底板及下端与其垂直相连但上部为圆环的两环形支架组成,其右环形支架右侧与钟形罩一端连接,该钟形罩另一端与变速电机相连,该变速电机输出轴通过钟形罩内的联轴器与穿过环形支架的阶梯轴一端相连;所述右环形支架左侧与右侧复合型磁液轴承后端盖相连,该右侧复合型磁液轴承后端盖设中心通孔,其内有阶梯轴穿过,在右侧复合型磁液轴承后端盖内侧设有垂直固定于其上的圆筒形右侧复合型磁液轴承后端盖定子,在定子的周壁内设有8个均布的磁极,每个磁极内设复合型磁液轴承径向部分进油口,磁极外周设复合型磁液轴承径向部分出油口,这些磁极的向心端面通过由导磁材料制成的导磁套B与阶梯轴相连,在每个磁极上各设一个线圈,8个磁极采用NSSNSSN方式排布,在周壁上设有线圈的复合型磁液轴承径向进出液体口及出线孔,在右侧复合型磁液轴承止推部分的后置定子左端设有与其同轴的环形凹槽,槽内设有电磁线圈,该电磁线圈一个端面朝向阶梯轴的凸环即表面设有导磁材料的止推盘,阶梯轴止推盘另一面设有与右侧复合型磁液轴承止推部分的后置定子相对的右侧复合型磁液轴承止推部分的前置定子,其环形凹槽内设有与右侧复合型磁液轴承止推部分后置定子内的电磁线圈对应的电磁线圈,在前置和后置定子之间及阶梯轴止推盘的外端设有圆筒形右侧复合型磁液轴承止推部分壳体,从止推部分磁液轴承对应的阶梯轴开始向左,阶梯轴均为空心轴,阶梯轴左侧穿过左环形支架上面设有左侧径向磁液轴承,并且左环形支架与左侧径向磁液轴承端盖相连,该左侧径向磁液轴承结构与右侧复合型磁液轴承的径向部分基本一样,只是在圆筒形定子两端面均设一个圆环形左侧磁液轴承端盖,在左侧径向磁液轴承两端盖内侧设有垂直固定于两者之间的圆筒形左侧径向磁液轴承定子,在定子的周壁内设有8个均布的磁极,每个磁极内设径向磁液轴承进油口,磁极外周设径向磁液轴承出油孔口,其通过腔体接头与弯管接头相连,8个磁极的向心端面通过由导磁材料制成的导磁套A与阶梯轴相连,在每个磁极上各设一个线圈,8个磁极采用NSSNSSN方式排布,在周壁上设有线圈的径向磁液轴承出线孔,在左侧径向磁液轴承两端盖中心通孔各设一个将阶梯轴密封的密封骨架,在两密封骨架外侧各设一个圆环形密封骨架端盖,阶梯轴空心端设将导磁套限位的环形轴向固定卡环,在轴向固定卡环左侧设有向心轴承,该向心轴承与其左侧的止推加载油缸活塞杆相接触,止推加载油缸缸体与左侧径向磁液轴承端盖相连。

3. 根据权利要求1或2所述的磁液双重悬浮轴承性能测试实验平台,其特征在于:两环形支架中间部位的底板上设有通孔,穿过底板通孔的螺栓将径向加载油缸固连在底板上,该径向加载油缸自由端设连接轴承支架,该连接轴承支架上端呈叉形,内设滚动轴承,该滚动轴承的支撑轴两端置于连接轴承支架两叉对应的槽孔内。

4. 根据权利要求3所述的磁液双重悬浮轴承性能测试实验平台,其特征在于:在右侧复合型磁液轴承后端盖中心通孔上设有将阶梯轴密封的密封骨架B,在密封骨架B右侧设有密

封骨架端盖C。

## 一种磁液双重悬浮轴承性能测试实验平台

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种轴承性能的检测装置,特别是针对磁液双重悬浮轴承性能的检测装置。

### 背景技术

[0002] 随着科技向高精尖发展,传统的轴承已经满足不了生产需求。于是,磁力轴承和液体静压轴承逐渐被人们所认知并进行了推广使用。但是,通过使用发现在大功率、大加载、高转速的场合下,液体静压支承会因与液体之间的液体摩擦而产生大量的热,温度的升高会对液体产生影响,削弱了液体的支承特性;磁力轴承是通过磁场产生的吸力或者斥力来产生支承作用的轴承,因其具有无接触、无润滑、发热少、功耗低等优点而被厂家所喜爱,但是它也存在着承载能力低且制造成本高的问题。鉴于以上的优缺点,国内已经有人开始着手将液体静压轴承与电磁轴承配合使用并且对结构进行了改进。但是,目前总体来说该方面还处于初始研发阶段,人们对该新型产品的认知还不够全面,需要一个对不同加载条件下磁液双重悬浮轴承性能的检测装置。

[0003] 发明内容本发明的目的在于提供一种能对不同加载条件下磁液支承特性进行实验研究的磁液双重悬浮轴承性能测试实验平台。

[0004] 本发明主要包括:机架、变速电机、梅花-ML型半联轴器、阶梯轴、左侧(非与变速电机相连一侧)径向磁液轴承、右侧(与变速电机相连一侧)复合型磁液轴承、止推加载油缸和径向加载油缸等部件。机架上左右两个环形支架,左侧环形支架左侧通过螺栓连接方式依次连有左侧径向磁液轴承及止推加载油缸;右环形支架的左侧通过螺栓连接方式连有右侧复合型磁液轴承,右环形支架的右侧通过螺纹连接方式依次连有钟形罩及变速电机。两支架的中间部位通过螺栓连接方式装有径向加载油缸。穿过左侧径向磁液轴承、右侧复合型磁液轴承中心通孔的阶梯轴,一端与变速电机相连,另一端通过向心轴承与止推加载油缸自由端相邻。

[0005] 其中,机架是由底板及下端与其垂直相连但上部为圆环的两环形支架组成,其右环形支架右侧通过螺纹连接方式与钟形罩一端连接,该钟形罩另一端与变速电机相连,该变速电机输出轴通过钟形罩内的联轴器与穿过环形支架的阶梯轴一端相连;所述右环形支架左侧与右侧复合型磁液轴承后端盖相连,该右侧复合型磁液轴承后端盖设中心通孔,其内有阶梯轴穿过,最好在右侧复合型磁液轴承后端盖中心通孔上设有将阶梯轴密封的密封骨架B,在密封骨架B右侧设有密封骨架端盖C,在右侧复合型磁液轴承后端盖内侧设有垂直固定于其上的圆筒形右侧复合型磁液轴承后端盖定子,在定子的周壁内设有8个均布的磁极,每个磁极内设复合型磁液轴承径向部分进油孔,磁极外周设复合型磁液轴承径向部分出油口。这些磁极的向心端面通过由导磁材料制成的导磁套B与阶梯轴相连,在每个磁极上各设一个线圈,8个磁极采用NSSNSSN方式排布,在周壁上设有复合型磁液轴承径向进出液体口及出线孔。在右侧复合型磁液轴承止推部分的后置定子左端设有与其同轴的环形凹槽,槽内设有电磁线圈,该电磁线圈一个端面朝向阶梯轴的凸环即表面设有导磁材料的止

推盘,阶梯轴止推盘另一面设有与右侧复合型磁液轴承止推部分的后置定子相对的右侧复合型磁液轴承止推部分的前置定子,其环形凹槽内设有与右侧复合型磁液轴承止推部分后置定子内的电磁线圈对应的电磁线圈,在前置和后置定子之间及阶梯轴止推盘的外端设有圆筒形右侧复合型磁液轴承止推部分壳体。从止推部分磁液轴承对应的阶梯轴开始向左,阶梯轴均为空心轴,阶梯轴左侧穿过左环形支架上面设有左侧径向磁液轴承,并且左环形支架与左侧径向磁液轴承端盖相连,该左侧径向磁液轴承结构与右侧复合型磁液轴承的径向部分基本一样,只是在圆筒形定子两端面均设一个圆环形左侧磁液轴承端盖。在左侧径向磁液轴承两端盖内侧设有垂直固定于两者之间的圆筒形左侧径向磁液轴承定子,在定子的周壁内设有8个均布的磁极,每个磁极内设径向磁液轴承进油口,磁极外周设径向磁液轴承出油孔口,其通过腔体接头与弯管接头相连。8个磁极的向心端面通过由导磁材料制成的导磁套A与阶梯轴相连,在每个磁极上各设一个线圈,8个磁极采用NSSNNSN方式排布,在周壁上设有线圈的出线孔即径向磁液轴承出线孔。在左侧径向磁液轴承两端盖中心通孔各设一个将阶梯轴密封的密封骨架,在两密封骨架外侧各设一个圆环形密封骨架端盖,阶梯轴空心端设将导磁套限位的环形轴向固定卡环,在轴向固定卡环左侧设有向心轴承,该向心轴承与其左侧的止推加载油缸活塞杆相接触,止推加载油缸缸体与左侧径向磁液轴承端盖相连。两环形支架中间部位的底板上设有通孔,最好通孔设有多个,以满足研究不同位置的径向力特征的需求,穿过底板通孔的螺栓将径向加载油缸固连在底板上,该径向加载油缸自由端设连接轴承支架,该连接轴承支架上端呈叉形,内设滚动轴承,该滚动轴承的支撑轴两端置于连接轴承支架两叉对应的槽孔内。

[0006] 本发明与现有技术相比具有如下优点:

[0007] 1.该轴承系统包括了液体静压和电磁悬浮两套支承系统,能够实现回转轴的磁液双重悬浮支承。

[0008] 2.液压油从回油圆孔流出后,流经磁极及线圈时,对其进行循环冷却,大幅度降低磁极及线圈的温升及热变形。

[0009] 3.该试验台的轴向和径向负载力是由静压支承系统提供与磁液双悬浮轴承的动力源统一,价格低廉。同时使用静压支承进行负载,其负载力平稳,可靠性高。

[0010] 4.基于两套支承系统共同支撑其刚度大,抗干扰能力强。

## 附图说明

[0011] 图1是本发明立体示意简图;

[0012] 图2是本发明主视剖面示意简图;

[0013] 图3是本发明机架立体示意简图;

[0014] 图4是本发明左侧径向磁液轴承主视半剖示意简图;

[0015] 图5是本发明左侧径向磁液轴承侧视剖面示意简图;

[0016] 图6是本发明左侧径向磁液轴承立体示意简图;

[0017] 图7是本发明径向加载缸立体示意简图;

[0018] 图8是本发明右侧复合型磁液轴承止推部分主视半剖示意简图;

[0019] 图9是图8的A-A视图;

[0020] 图10是图8的B-B视图;

- [0021] 图11是本发明右侧复合型磁液轴承止推部分立体示意简图；
- [0022] 图12是本发明右侧复合型磁液轴承后端盖主视示意简图；
- [0023] 图13是本发明右侧复合型磁液轴承后端盖侧视剖面示意简图；
- [0024] 图14是本发明右侧复合型磁液轴承后端盖立体示意简图；
- [0025] 图15是本发明阶梯轴主视剖面示意简图。
- [0026] 图中：1、阶梯轴，2、线圈，3、机架，4、右侧复合型磁液轴承后端盖，5、电磁线圈，6、右侧复合型磁液轴承止推部分前置定子，7、右侧复合型磁液轴承止推部分壳体，8、导磁套B，9、右侧复合型磁液轴承止推部分后置定子，10、密封骨架A，11、变速电机，12、钟形罩，13、右侧复合型磁液轴承后端盖定子，14、左侧径向磁液轴承定子，15、导磁套A，16、左侧径向磁液轴承端盖，17、向心轴承，18、轴向固定卡环，19、密封骨架端盖A，20、密封骨架B，21、密封骨架端盖B，22、密封骨架端盖C，23、弯管接头，24、腔体接头，25、六角螺钉，26、止推加载油缸，27、径向加载油缸，28、连接轴承支架，29、滚珠轴承，30、梅花-ML型半联轴器A，31、梅花-ML型半联轴器B，32、弹性件，33、液压缸固定端口，34、复合型磁液轴承止推部分出油口A，35、复合型磁液轴承止推部分进油口A，36、复合型磁液轴承径向部分进油口，37、复合型磁液轴承径向部分出油口，38、复合型磁液轴承止推部分进油口B，39、径向磁液轴承进油孔，40、径向磁液轴承出油孔，41、径向磁液轴承出线孔，42、复合型磁液轴承止推部分出线孔A，43、复合型磁液轴承止推部分出线孔B，44、复合型磁液轴承径向部分出线孔，45、密封圈，46、止推盘，47、通孔。

### 具体实施方式

[0027] 在图1和图2所示的磁液双重悬浮轴承性能测试实验平台示意简图中，机架3是由底板及下端与其垂直相连而上部为圆环的两环形支架组成，如图3所示。其右环形支架右侧通过螺纹连接方式与钟形罩12一端连接，该钟形罩另一端通过六角螺钉25与变速电机11相连，该变速电机输出轴通过钟形罩内的梅花-ML型半联轴器A30及梅花-ML型半联轴器B31与穿过环形支架的阶梯轴1一端通过弹性件32相连；所述右环形支架左侧与右侧复合型磁液轴承后端盖4相连，该右侧复合型磁液轴承后端盖设中心通孔，其内有阶梯轴穿过，在右侧复合型磁液轴承后端盖中心通孔上设有将阶梯轴密封的密封骨架B20，在密封骨架B右侧设有密封骨架端盖C22，在右侧复合型磁液轴承后端盖内侧设有垂直固定于其上的圆筒形右侧复合型磁液轴承后端盖定子13，在定子的周壁内设有8个均布的磁极，每个磁极内设复合型磁液轴承径向部分进油口36，磁极外周设复合型磁液轴承径向部分出油口37，这些磁极的向心端面通过由导磁材料制成的导磁套B8与阶梯轴相连，在每个磁极上各设一个线圈2，8个磁极采用NSSNSSN方式排布，在周壁上设有线圈的复合型磁液轴承径向部分出线孔44，腔体接头24与弯管接头23相连，如图12、图13及图14所示。

[0028] 又在图1和图2中，所述右侧复合型磁液轴承后端盖左侧即周壁另一端面与套在阶梯轴上的圆环形右侧复合型磁液轴承止推部分后置定子9右端相邻，在止推磁液轴承后置定子左端设有与其同轴的环形凹槽，槽内设有电磁线圈5，该电磁线圈一个端面朝向阶梯轴的凸环即表面设有导磁材料的止推盘46，阶梯轴止推盘另一面设有与止推磁液轴承后置定子相对的右侧复合型磁液轴承止推部分

[0029] 前置定子6，其环形凹槽内设有与右侧复合型磁液轴承止推部分后置定子内的电

磁线圈对应的电磁线圈,在前置和后置定子之间及阶梯轴止推盘的外端设有圆筒形右侧复合型磁液轴承止推部分壳体7,其与前置及后置定子之间设有密封圈45,在右侧复合型磁液轴承止推部分壳体7的周面上设有与腔内连通的通孔即复合型磁液轴承止推部分出油口A34,通孔上设有腔体接头24及与其相连的弯管接头23。在后置定子周壁上设有复合型磁液轴承止推部分出线孔B43,在前置定子上分别设有复合型磁液轴承止推部分进油口B38和复合型磁液轴承止推部分出线孔A42。在前置定子中心通孔上设有密封骨架A10,在其外面设有密封骨架端盖B21,如图8、图9、图10和图11所示。

[0030] 又在图1和图2中,从复合型磁液轴承止推部分对应的阶梯轴开始向左阶梯轴均为空心轴,如图15所示。阶梯轴左侧穿过左环形支架上面设有左侧径向磁液轴承,并且左环形支架与左侧径向磁液轴承端盖16相连,该左侧径向磁液轴承结构与右侧复合型磁液轴承后端盖基本一样,只是在左侧径向磁液轴承定子14的两端面均设一个圆环形左侧径向磁液轴承端盖16,在左侧径向磁液轴承两端盖内侧设有垂直固定于两者之间的圆筒形左侧径向磁液轴承定子14,在定子的周壁内设有8个均布的磁极,每个磁极内设径向磁液轴承进油口39,磁极外周设径向磁液轴承出油孔40,并通过腔体接头24与弯管接头23相连。8个磁极的向心端面通过由导磁材料制成的导磁套A15与阶梯轴相连,在每个磁极上各设一个线圈2,8个磁极采用NSSNSSN方式排布,线圈通过设在周壁上径向磁液轴承出线孔41引出。在左侧径向磁液轴承两端盖中心通孔各设一个将阶梯轴密封的密封骨架A10,在两密封骨架外侧各设一个圆环形密封骨架端盖A19和密封骨架端盖B21,如图4、图5和图6所示。阶梯轴空心端设将导磁套限位的环形轴向固定卡环18,在轴向固定卡环左侧设有向心轴承17,该向心轴承与其左侧的止推加载油缸26活塞杆相接触,止推加载油缸缸体与左侧径向磁液轴承端盖16相连。两环形支架中间部位的底板上设有通孔即液压缸固定端口33,穿过液压缸固定端口的螺栓将径向加载油缸27固连在底板上,该径向加载油缸自由端设连接轴承支架28,该连接轴承支架上端呈叉形,内设滚珠轴承29,该滚动轴承的支撑轴两端置于连接轴承支架两叉对应的槽孔内,如图7所示。

[0031] 本发明的工作过程大致如下:

[0032] 该实验平台实现功能是磁力与液压共同作用的结果:

[0033] (1) 液压油从径向磁液轴承定子(14、9)上的接头进入油腔,随着油腔内油液压力的升高,分别使得阶梯轴(1)上的导磁套A(15)和导磁套B(8)与磁极之间形成一定的液压油膜,油膜承载力使导磁套和磁极分开。然后通过检测两端面之间的油膜厚度来实时调节不同位置油腔的压力。

[0034] 具体油路走向:

[0035] 左侧径向磁液轴承:液压油通过左侧径向磁液轴承进油口(39)进入并经过各个磁极内的通孔进入油腔。根据向心静压轴承的工作原理使得阶梯轴(1)获得向心力而支承起阶梯轴(1)。由于存在压力差,所以高压液压油通过封油面与导磁套A(15)之间的间隙流入左侧径向磁液轴承定子A(14)内圈,然后经过径向磁液轴承出油孔(40)流回油箱。

[0036] 右侧复合型磁液轴承:其复合型磁液轴承止推部分,液压油通过腔体接头(24)与复合型磁液轴承止推部分进油口A(35)、复合型磁液轴承止推部分进油口B(38)相连分别进入止推盘(46)的两侧提供轴向静压支承,使得阶梯轴(1)轴向悬浮。液压油在压力差和转动时离心力的作用下,流入到右侧复合型磁液轴承止推部分壳体(7)与右侧复合型磁液轴承

止推部分前置定子(6)及右侧复合型磁液轴承止推部分后置定子(9)之间的空腔内并通过复合型磁液轴承止推部分出油口A(34)流出到油箱;其复合型磁液轴承的径向部分,液压油经过复合型磁液轴承径向部分进油口(36)流入工作腔进而形成油腔压力并根据向心静压轴承的工作原理使得阶梯轴(1)获得向心力而支撑起阶梯轴。由于定子内圈与工作腔存在压力差且有轴转动的离心力,使得液压油通过封油面与导磁套B(8)之间的间隙流出腔外并经过复合型磁液轴承径向部分出油口(37)流入油箱。

[0037] (2) 本发明磁悬浮支承部分,主要包括:定子,阶梯轴,导磁套A,导磁套B,线圈及电磁线圈。在供油提供压力的同时各个线圈通过电流产生磁场,磁场作用于导磁套产生吸力使得导磁套悬浮,其中导磁套为软磁性材料。径向磁液支承的定子内部周边设有通孔,其目的为减少漏磁量。在生产过程中,限于安全考虑通过电流应控制在人体安全电压(36V)以下。

[0038] (3) 本发明的外加载部分,包括:径向加载油缸和止推加载油缸。其中,止推加载油缸通过活塞杆推动向心轴承产生轴向止推,为阶梯轴轴向加载;径向加载油缸通过液压油推动轴承支架(28)及其上的滚珠轴承(29)为阶梯轴径向加载。



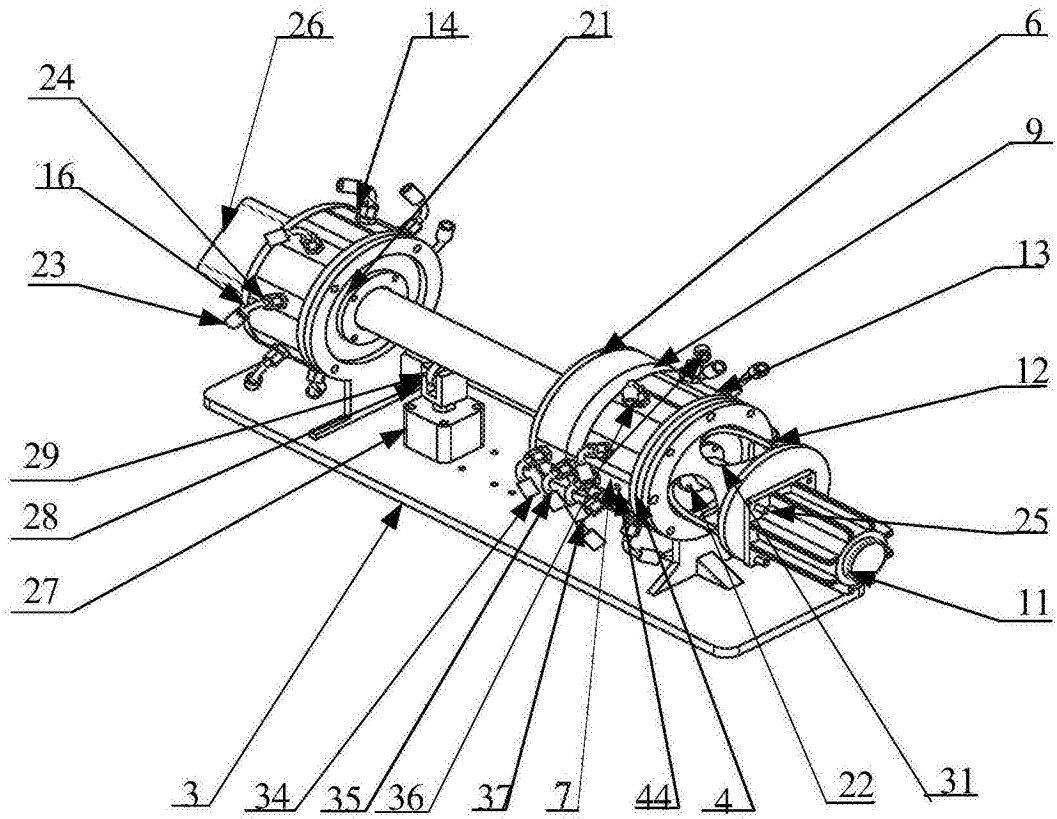


图1

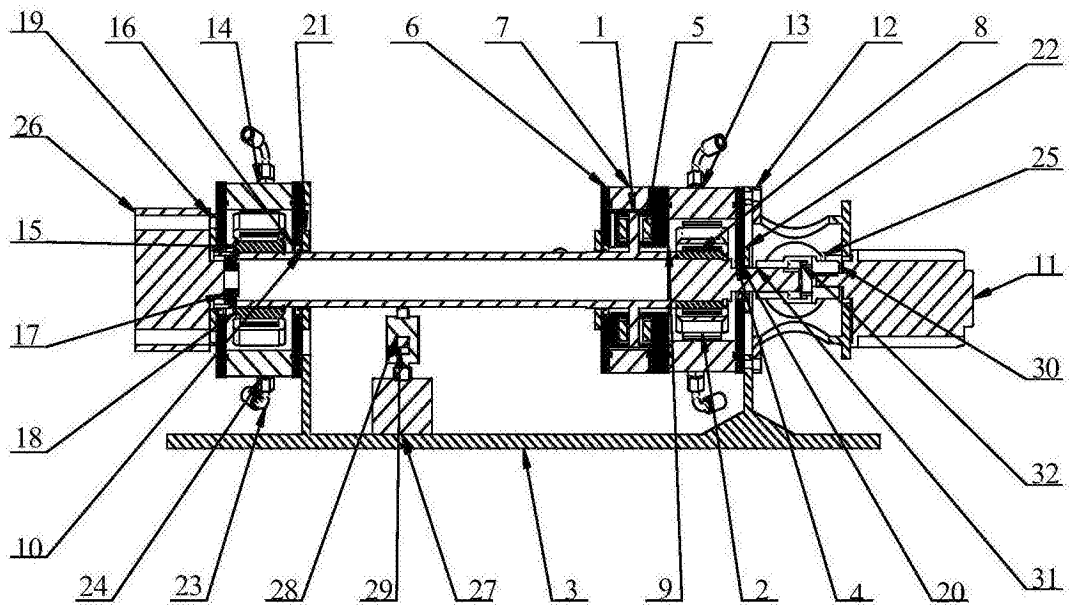


图2

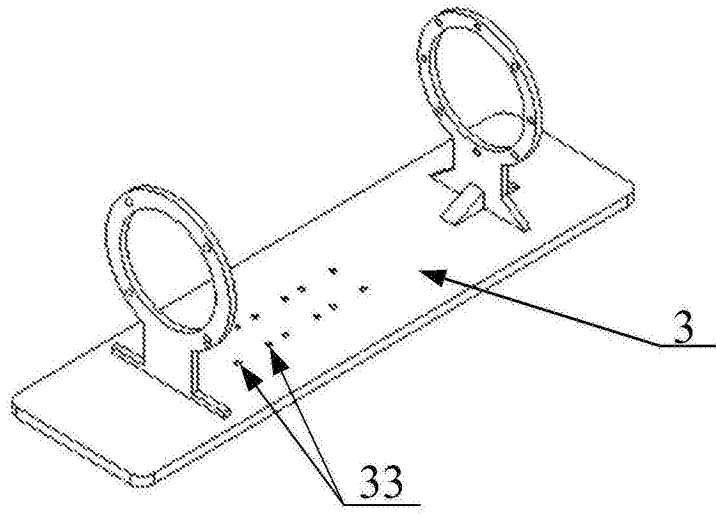


图3

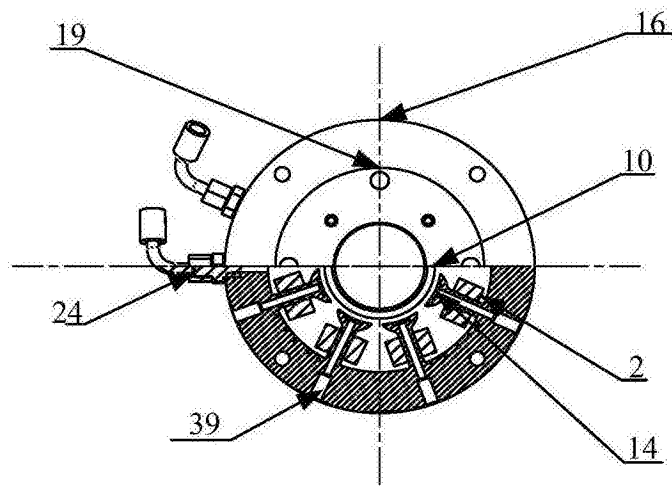


图4

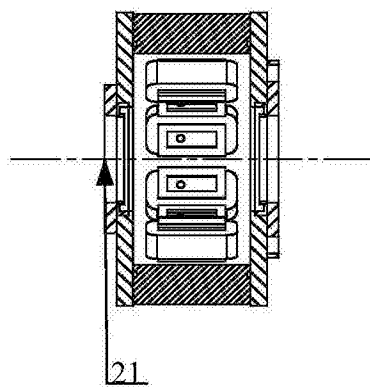


图5

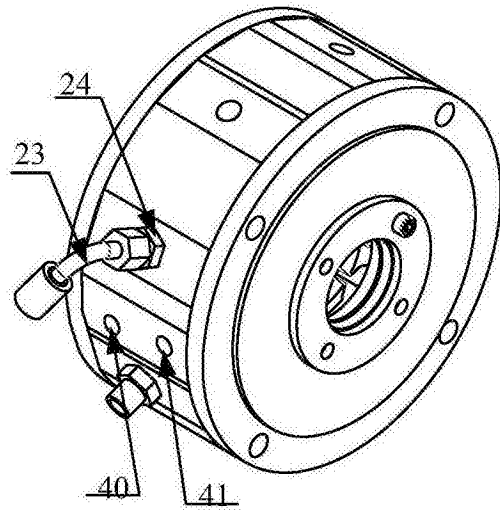


图6

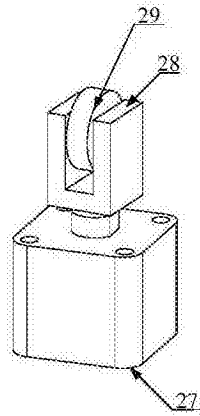


图7

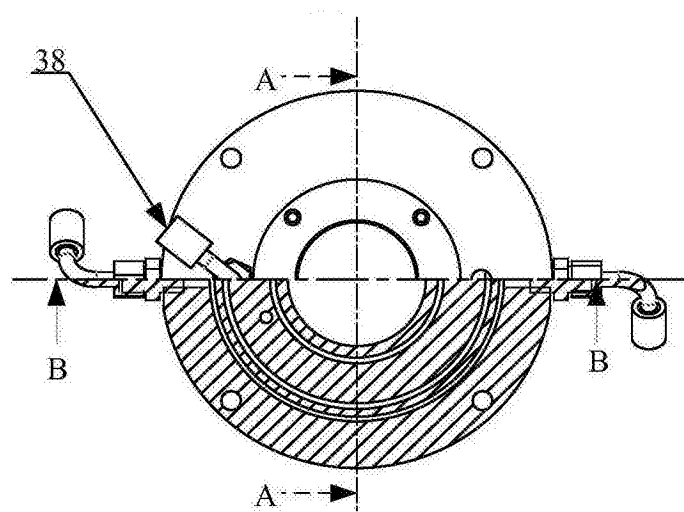


图8

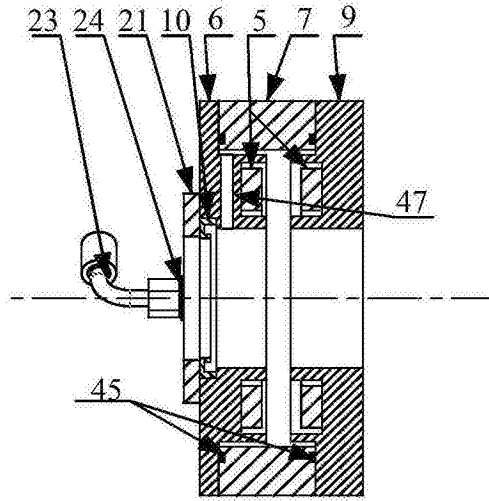


图9

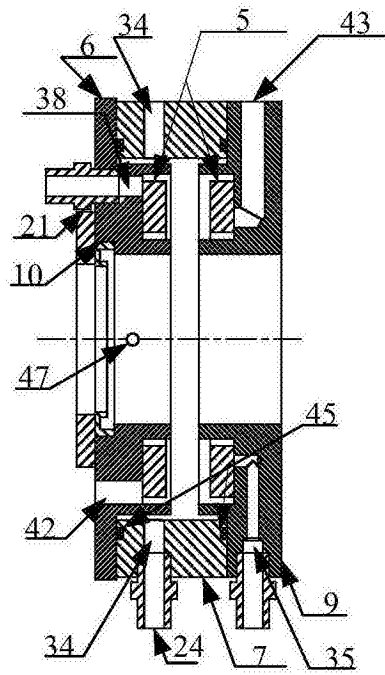


图10

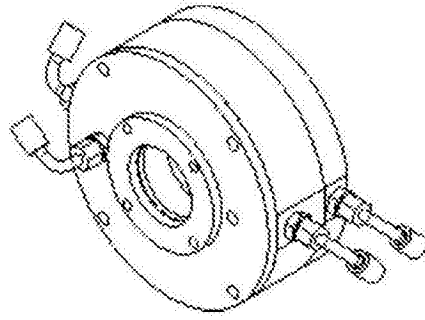


图11

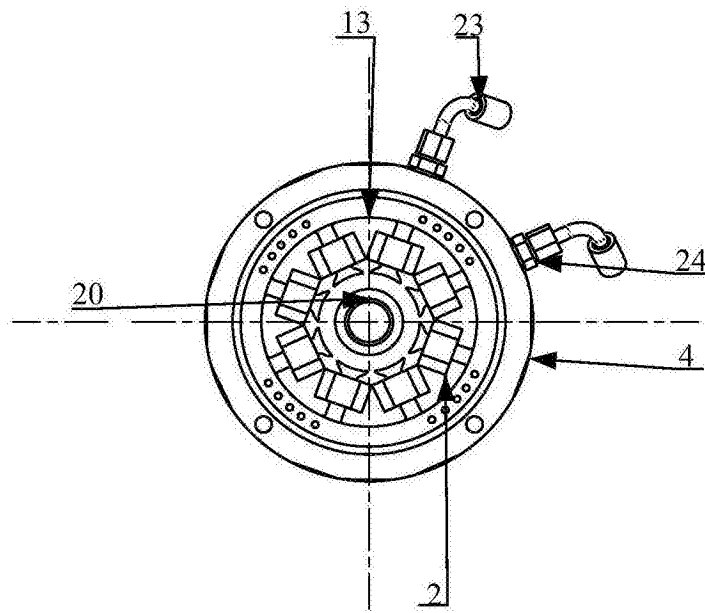


图12

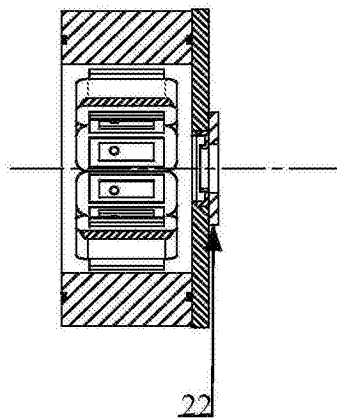


图13

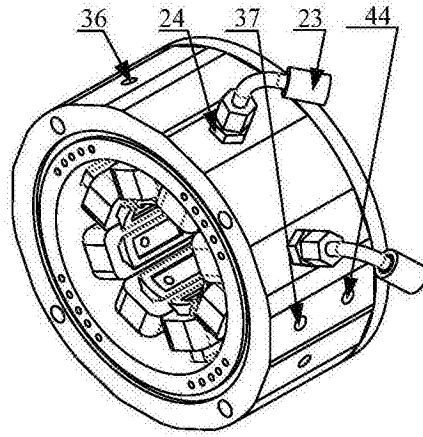


图14

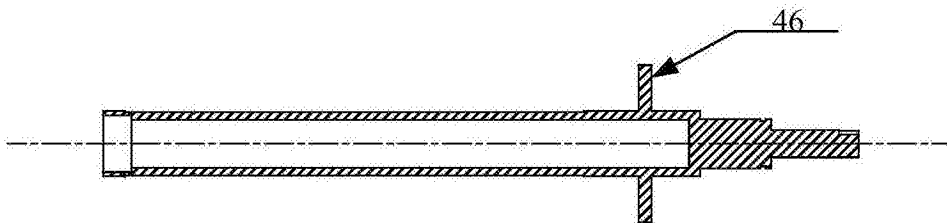


图15