



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111122157 B

(45) 授权公告日 2020.12.18

(21) 申请号 201911175321.4

(22) 申请日 2019.11.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111122157 A

(43) 申请公布日 2020.05.08

(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 闫伟东 黄金星 王梓琦 幸岚春

(74) 专利代理机构 北京孚睿湾知识产权代理事务所(普通合伙) 11474  
代理人 孙建

(51) Int. Cl.  
G01M 13/04 (2019.01)

(56) 对比文件

- CN 108760304 A, 2018.11.06
- CN 108801636 A, 2018.11.13
- CN 206756458 U, 2017.12.15
- JP 2017227639 A, 2017.12.28

审查员 张少文

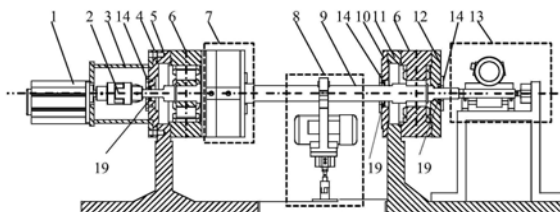
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

磁液双悬浮轴承实验台

(57) 摘要

本发明提出一种磁液双悬浮轴承实验台,该实验台的两个径向磁液双悬浮轴承定子左右两侧面上均布加工有4个盲孔;固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位的左侧面均布加工有4个沉头通孔,径向磁液双悬浮轴承定子通过沉头螺钉固定连接在固定支架左端支承部位上端,另外两个径向磁液双悬浮轴承定子加工有止口,保证两个径向磁液双悬浮轴承定子与固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位同心;使径向磁液双悬浮轴承定子的同轴度只与固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位的同轴度误差有关,因此本发明的装配加工方法减少了磁液双悬浮轴承系统各个部件之间由于装配加工误差导致的同轴度误差。



1. 一种磁液双悬浮轴承实验台,其特征在于,该实验台包括:固定支架、电机、联轴器,钟型罩,左端径向磁液双悬浮轴承端盖、两个径向磁液双悬浮轴承定子、轴向磁液双悬浮轴承系统、径向振动装置、主轴、右端径向磁液双悬浮轴承端盖、右端径向磁液双悬浮轴承封盖、轴向振动装置、封盖和骨架密封圈;

所述固定支架包括固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位,且所述固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位同心;

所述电机固定安装在所述钟型罩外部左侧,所述电机的电机轴穿过所述钟型罩左侧进入所述钟型罩的内部与所述联轴器相连为所述主轴提供转矩;

所述联轴器在所述钟型罩的内部,所述联轴器的左端连接电机轴,右端连接主轴为主轴传递转矩;

所述钟型罩固定连接在固定支架左端支承部位的左侧面;

所述两个径向磁液双悬浮轴承定子左右两侧面上均布加工有4个盲孔;固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位的左侧面均布加工有4个沉头通孔,左侧的径向磁液双悬浮轴承定子通过沉头螺钉固定连接在所述固定支架左端支承部位上端的右侧,右侧的径向磁液双悬浮轴承定子通过沉头螺钉固定连接在所述固定支架右端支承部位上端的右侧,所述两个径向磁液双悬浮轴承定子加工有止口,保证两个径向磁液双悬浮轴承定子与固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位同心;所述主轴穿过所述两个径向磁液双悬浮轴承定子,从而为主轴提供悬浮的径向支撑力;

所述骨架密封圈的外径分别与左端径向磁液双悬浮轴承端盖,右端径向磁液双悬浮轴承端盖及右端径向磁液双悬浮轴承封盖的通孔过盈配合,所述主轴穿过骨架密封圈;

所述左端径向磁液双悬浮轴承端盖固定连接在所述固定支架左端支承部位上端的左侧面,所述封盖加工有通孔,所述通孔的内径大于所述主轴外径,而小于所述骨架密封圈的外径,并通过螺钉安装于所述左端径向磁液双悬浮轴承端盖的左侧,与所述左端径向磁液双悬浮轴承端盖配合使用,防止所述骨架密封圈受压从左侧挤出,进而起到密封固定的作用;

所述轴向磁液双悬浮轴承系统固定连接在左侧的径向磁液双悬浮轴承定子的右侧,为所述主轴提供轴向支承力并对所述左侧的径向磁液双悬浮轴承定子的右侧进行固定密封;

所述径向振动装置上端有环状通孔,所述主轴穿过所述环状通孔,为磁液双悬浮轴承实验台提供径向载荷;

所述右端径向磁液双悬浮轴承端盖固定连接在所述固定支架右端支承部位的左侧面,所述封盖加工有通孔,所述通孔的内径大于主轴外径,而小于骨架密封圈的外径,并通过螺钉安装于右端径向磁液双悬浮轴承端盖的左侧,两者配合使用,防止所述骨架密封圈受压从左侧挤出,进而起到密封固定的作用;

所述右端径向磁液双悬浮轴承封盖固定连接在所述右侧的径向磁液双悬浮轴承定子的右侧面,所述封盖加工有通孔,所述通孔的内径大于所述主轴外径,而小于所述骨架密封圈的外径,并通过螺钉安装于所述右端径向磁液双悬浮轴承封盖的右侧,与所述右端径向磁液双悬浮轴承封盖配合使用,防止所述骨架密封圈受压从右侧挤出,进而起到密封固定的作用;

所述轴向振动装置连接在所述主轴的右端,为所述主轴提供轴向载荷;

所述主轴的第一端通过所述联轴器与所述电机轴固定连接,第二端与所述轴向振动装置连接,为磁液双悬浮轴承实验台输出转矩。

2.根据权利要求1所述的一种磁液双悬浮轴承实验台,其特征在于,所述径向磁液双悬浮轴承定子一侧加工有与所述固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位配合的止口,所述止口用于保证所述径向磁液双悬浮轴承定子与固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位同心。

3.根据权利要求1所述的一种磁液双悬浮轴承实验台,其特征在于,在所述固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位上均布加工有4个盲孔,在所述左端径向磁液双悬浮轴承端盖和右端径向磁液双悬浮轴承端盖上均布加工有4个通孔,所述左端径向磁液双悬浮轴承端盖和右端径向磁液双悬浮轴承端盖通过螺钉分别与所述固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位连接。

4.根据权利要求1所述的一种磁液双悬浮轴承实验台,其特征在于,所述钟型罩和左端径向磁液双悬浮轴承端盖上均布加工有4个通孔,所述钟型罩和左端径向磁液双悬浮轴承端盖通过长螺钉与固定支架左端支承部位5的盲孔固定连接。

5.根据权利要求4所述的一种磁液双悬浮轴承实验台,其特征在于,所述钟型罩和左端径向磁液双悬浮轴承端盖上均布加工有4个缺口以便于拆卸用于将所述左端径向磁液双悬浮轴承定子固定在固定支架左端支承部位的沉头螺钉。

## 磁液双悬浮轴承实验台

### 技术领域

[0001] 本发明涉及磁液双悬浮轴承的设计领域,尤其涉及磁液双悬浮轴承实验台。

### 背景技术

[0002] 磁液双悬浮轴承采用电磁力和静压支承力双重支承,是一种新型的非机械接触的轴承,具有无摩擦、无磨损、承载能力大、运动精度高、使用寿命长等优点。因此得到普遍重视和广泛应用。现有磁液双悬浮轴承试验台系统安装上左端径向磁液双悬浮轴承端盖与径向磁液双悬浮轴承定子及轴向磁液双悬浮轴承系统依次连接,并通过长螺栓与固定支架左端支承部位连接;右端径向磁液双悬浮轴承端盖与径向磁液双悬浮轴承定子及右端径向磁液双悬浮轴承封盖依次连接,并通过长螺栓与固定支架右端支承部位连接。以上连接方法,会因为固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位的右侧安装部件众多导致偏心量变大,而且各个部件从左到右依次通过止口连接同样会依次增大磁液双悬浮轴承实验台的同轴度误差。

### 发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是减小现有磁液双悬浮轴承实验台系统由于装配加工误差而产生的同轴度误差,进而提高磁液双悬浮轴承实验台系统的运动特性。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明提出了一种磁液双悬浮轴承实验台,该试验台包括:固定支架、电机、联轴器,钟型罩,左端径向磁液双悬浮轴承端盖、两个径向磁液双悬浮轴承定子、轴向磁液双悬浮轴承系统、径向振动装置、主轴、右端径向磁液双悬浮轴承端盖、右端径向磁液双悬浮轴承封盖、轴向振动装置、封盖和骨架密封圈。

[0005] 所述固定支架包括固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位,且所述固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位同心;

[0006] 所述电机固定安装在所述钟型罩外部左侧,所述电机的电机轴穿过所述钟型罩左侧进入所述钟型罩的内部与所述联轴器相连为所述主轴提供转矩;

[0007] 所述联轴器在所述钟型罩的内部,所述联轴器的左端连接电机轴,右端连接主轴为主轴传递转矩;

[0008] 所述钟型罩固定连接在固定支架左端支承部位的左侧面;

[0009] 所述两个径向磁液双悬浮轴承定子左右两侧面上均布加工有4个盲孔;固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位的左侧面均布加工有4个沉头通孔,左侧的径向磁液双悬浮轴承定子通过沉头螺钉固定连接在所述固定支架左端支承部位上端的右侧,右侧的径向磁液双悬浮轴承定子通过沉头螺钉固定连接在所述固定支架右端支承部位上端的右侧,所述两个径向磁液双悬浮轴承定子加工有止口,保证两个径向磁液双悬浮轴承定子与固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位同心;所述主轴穿过所述两个径向磁液双悬浮轴承定子,从而为主轴提供悬浮的径向支撑力;

[0010] 所述骨架密封圈的外径分别与左端径向磁液双悬浮轴承端盖,右端径向磁液双悬

浮轴承端盖及右端径向磁液双悬浮轴承封盖的通孔过盈配合,所述主轴穿过骨架密封圈;

[0011] 所述左端径向磁液双悬浮轴承端盖固定连接在所述固定支架左端支承部位上端的左侧面,所述封盖加工有通孔,所述通孔的内径大于所述主轴外径,而小于所述骨架密封圈的外径,并通过螺钉安装于所述左端径向磁液双悬浮轴承端盖的左侧,与所述左端径向磁液双悬浮轴承端盖配合使用,防止所述骨架密封圈受压从左侧挤出,进而起到密封固定的作用;

[0012] 所述轴向磁液双悬浮轴承系统固定连接在左侧的径向磁液双悬浮轴承定子的右侧,为所述主轴提供轴向支承力并对所述左侧的径向磁液双悬浮轴承定子的右侧进行固定密封;

[0013] 所述径向振动装置上端有环状通孔,所述主轴穿过所述环状通孔,为磁液双悬浮轴承实验台提供径向载荷;

[0014] 所述右端径向磁液双悬浮轴承端盖固定连接在所述固定支架右端支承部位的左侧面,所述封盖加工有通孔,所述通孔的内径大于主轴外径,而小于骨架密封圈的外径,并通过螺钉安装于右端径向磁液双悬浮轴承端盖的左侧,两者配合使用,防止所述骨架密封圈受压从左侧挤出,进而起到密封固定的作用;

[0015] 所述右端径向磁液双悬浮轴承封盖固定连接在所述右侧的径向磁液双悬浮轴承定子的右侧面,所述封盖加工有通孔,所述通孔的内径大于所述主轴外径,而小于所述骨架密封圈的外径,并通过螺钉安装于所述右端径向磁液双悬浮轴承封盖的右侧,与所述右端径向磁液双悬浮轴承封盖配合使用,防止所述骨架密封圈受压从右侧挤出,进而起到密封固定的作用;

[0016] 所述轴向振动装置连接在所述主轴的右端,为所述主轴提供轴向载荷;

[0017] 所述主轴的第一端通过所述联轴器与所述电机轴固定连接,第二端与所述轴向振动装置连接,为磁液双悬浮轴承实验台输出转矩。

[0018] 优选的,所述径向磁液双悬浮轴承定子的左右两侧面上均布有4个盲孔,所述固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位上均布加工有4个沉头通孔,所述径向磁液双悬浮轴承定子分别与所述固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位通过沉头螺钉连接。

[0019] 优选的,所述径向磁液双悬浮轴承定子一侧加工有与所述固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位配合的止口,所述止口用于保证所述径向磁液双悬浮轴承定子与固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位同心。

[0020] 优选的,在所述固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位上均布加工有4个盲孔,在所述左端径向磁液双悬浮轴承端盖和右端径向磁液双悬浮轴承端盖上均布加工有4个通孔,所述左端径向磁液双悬浮轴承端盖和右端径向磁液双悬浮轴承端盖通过螺钉分别与所述固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位连接。

[0021] 优选的,所述钟型罩和左端径向磁液双悬浮轴承端盖上均布加工有4个通孔,所述钟型罩和左端径向磁液双悬浮轴承端盖通过长螺钉与固定支架左端支承部位5的盲孔固定连接。

[0022] 优选的,所述钟型罩和左端径向磁液双悬浮轴承端盖上均布加工有4个缺口以便于拆卸用于将所述左端径向磁液双悬浮轴承定子固定在固定支架左端支承部位的沉头螺

钉。

[0023] 与现有技术相比,本发明有如下有益效果:

[0024] 两个径向磁液双悬浮轴承定子左右两侧面上均布加工有4个盲孔;固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位的左侧面均布加工有4个沉头通孔,径向磁液双悬浮轴承定子通过沉头螺钉固定连接在固定支架左端支承部位上端,另外两个径向磁液双悬浮轴承定子加工有止口,保证两个径向磁液双悬浮轴承定子与固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位同心;使径向磁液双悬浮轴承定子的同轴度只与固定支架左端支承部位和固定支架右端支承部位的同轴度误差有关,因此本发明的装配加工方法减少了磁液双悬浮轴承系统各个部件之间由于装配加工误差导致的同轴度误差。

## 附图说明

[0025] 图1是本发明实施例中的磁液双悬浮轴承实验台系统简图;

[0026] 图2A是本发明实施例中的固定支架左右支承部位左视图;

[0027] 图2B是本发明实施例中的固定支架左右支承部位主视图;

[0028] 图3A是本发明实施例中的径向磁液双悬浮轴承定子左视图;

[0029] 图3B是本发明实施例中的径向磁液双悬浮轴承定子主视图;

[0030] 图4A是本发明实施例中的轴向磁液双悬浮轴承系统左视图;

[0031] 图4B是本发明实施例中的轴向磁液双悬浮轴承系统主视图;

[0032] 图5A是本发明实施例中的左端径向磁液双悬浮轴承端盖左视图;

[0033] 图5B是本发明实施例中的左端径向磁液双悬浮轴承端盖剖面图;

[0034] 图6是本发明实施例中的右端径向磁液双悬浮轴承端盖剖面图;

[0035] 图7是本发明实施例中的封盖左视图;

[0036] 图8是本发明实施例中的右端径向磁液双悬浮轴承封盖剖面图;

[0037] 图9是本发明实施例中的钟型罩左视图;以及

[0038] 图10是本发明实施例中的主轴主视图。

[0039] 图中:

[0040] 1-电机,2-联轴器,3-钟型罩,4-左端径向磁液双悬浮轴承端盖,5-固定支架左端支承部位,6-径向磁液双悬浮轴承定子,7-轴向磁液双悬浮轴承系统,8-径向振动装置,9-主轴,10-右端径向磁液双悬浮轴承端盖,11-固定支架右端支承部位,12-右端径向磁液双悬浮轴承封盖,13-轴向振动装置,14-封盖,15-支架盲孔,16-沉头通孔,17-定子盲孔,18-定子止口,19-骨架密封圈,20-通孔A,21-止口A,22-缺口A,23-通孔B,24-盲孔B,25-止口B1,26-止口B2,27-通孔C,28-盲孔C,29-止口C,30-封盖通孔,31-通孔D,32-盲孔D,33-止口D,34-缺口B,35-螺纹通孔E1,36-螺纹通孔E2。

## 具体实施方式

[0041] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行说明。

[0042] 如图1所示,本发明实施例提出的磁液双悬浮轴承实验台包括:固定支架、电机1,联轴器2,钟型罩3,左端径向磁液双悬浮轴承端盖4,径向磁液双悬浮轴承定子6,轴向磁液双悬浮轴承系统7,径向振动装置8,主轴9,右端径向磁液双悬浮轴承端盖10,右端径向磁液

双悬浮轴承封盖12,轴向振动装置13、封盖14和骨架密封圈19。

[0043] 固定支架包括固定支架左端支承部位5和固定支架右端支承部位11,且固定支架左端支承部位5和固定支架右端支承部位11同心;

[0044] 电机1固定安装在钟型罩3外部左侧,电机轴穿过钟型罩3左侧进入钟型罩3的内部与联轴器2相连为如图10所示的主轴9提供转矩;

[0045] 联轴器2在钟型罩3的内部,联轴器2的左端连接电机轴,右端连接主轴9为主轴传递转矩;

[0046] 钟型罩3固定连接在左端径向磁液双悬浮轴承端盖4的左侧;

[0047] 本发明实施例提出的磁液双悬浮轴承实验台系统包括左右两个径向磁液双悬浮轴承定子6,其中左侧的径向磁液双悬浮轴承定子6固定连接在固定支架左端支承部位5上端的右侧,右侧的径向磁液双悬浮轴承定子6固定连接在固定支架右端支承部位11上端的右侧,两个径向磁液双悬浮轴承定子6与固定支架左端支承部位5和固定支架右端支承部位11同心,主轴穿过两个径向磁液双悬浮轴承定子,从而可以为主轴提供悬浮的径向支承力;

[0048] 骨架密封圈19的外径分别与左端径向磁液双悬浮轴承端盖4,右端径向磁液双悬浮轴承端盖10及右端径向磁液双悬浮轴承封盖12的通孔过盈配合,主轴9穿过骨架密封圈19;

[0049] 左端径向磁液双悬浮轴承端盖4固定连接在固定支架左端支承部位5上端的左侧面,封盖14加工有通孔,通孔的内径大于主轴9的外径,而小于骨架密封圈19的外径,并通过螺钉安装于左端径向磁液双悬浮轴承端盖4的左侧,两者配合使用,防止骨架密封圈19受压从左侧挤出,进而起到密封固定的作用;

[0050] 轴向磁液双悬浮轴承系统7固定连接在左侧的径向磁液双悬浮轴承定子6的右侧,为主轴9提供轴向支承力并对左侧的径向磁液双悬浮轴承定子6的右侧进行固定密封;

[0051] 径向振动装置8上端有环状通孔,主轴9穿过所述环状通孔,为磁液双悬浮轴承实验台提供径向载荷;

[0052] 右端径向磁液双悬浮轴承端盖10固定连接在固定支架右端支承部位11的左侧面,封盖14加工有通孔,通孔的内径大于主轴9的外径,而小于骨架密封圈19的外径,并通过螺钉安装于右端径向磁液双悬浮轴承端盖10的左侧,两者配合使用,防止骨架密封圈19受压从左侧挤出,进而起到密封固定的作用;

[0053] 右端径向磁液双悬浮轴承封盖12固定连接在右侧的径向磁液双悬浮轴承定子6的右侧面,封盖14加工有通孔,通孔的内径大于主轴9的外径,而小于骨架密封圈19的外径,并通过螺钉安装于右端径向磁液双悬浮轴承封盖12的右侧,两者配合使用,防止骨架密封圈19受压从右侧挤出,进而起到密封固定的作用;

[0054] 轴向振动装置13与固定支架连接,为主轴9提供轴向载荷;

[0055] 主轴9的第一端通过联轴器2与电机1固定连接,第二端与轴向振动装置13连接,为磁液双悬浮轴承实验台输出转矩;

[0056] 如图2所示,固定支架左端支承部位5和固定支架右端支承部位11上均布加工有4个沉头通孔16及4个支架盲孔15;

[0057] 如图3所示,径向磁液双悬浮轴承定子6左右两侧面上均布有4个定子盲孔17,且在径向磁液双悬浮轴承定子一侧加工有定子止口18;

[0058] 本发明中固定支架左端支承部位5和固定支架右端支承部位11上的定位孔是由砖刀直接加工,其同轴度误差小,将左右两个径向磁液双悬浮轴承定子6直接与固定支架左端支承部位5和固定支架右端支承部位11通过4个沉头螺钉固定连接,使径向磁液双悬浮轴承定子6的同轴度只与固定支架左端支承部位5和固定支架右端支承部位11的同轴度误差有关,并通过左端径向磁液双悬浮轴承端盖4和右端径向磁液双悬浮轴承端盖10直接与固定支架左端支承部位5和固定支架右端支承部位11进行固定密封,与传统的轴承端盖与径向磁液双悬浮轴承定子直接连接相比,本发明的装配加工方法减少了磁液双悬浮轴承系统各个部件之间由于装配加工误差导致的同轴度误差。

[0059] 如图4所示,轴向磁液双悬浮轴承系统7侧面均布加工有4个通孔A20,且在其一侧加工有止口A21;径向磁液双悬浮轴承定子6与轴向磁液双悬浮轴承系统7两者通过长螺钉固定连接,并通过止口A21保证两者同心。

[0060] 如图5所示,左端径向磁液双悬浮轴承端盖4侧面均布加工有4个通孔B23、4个盲孔B24及4个缺口A22,且在其左右两侧加工有止口B1 25、止口B2 26;其中左端径向磁液双悬浮轴承端盖4通过螺钉与固定支架左端支承部位5固定连接,并通过止口B2保证同心,左端径向磁液双悬浮轴承端盖4均布加工有4个缺口A便于拆卸螺钉。

[0061] 如图6所示,右端径向磁液双悬浮轴承端盖10侧面均布加工有4个通孔C27及4个盲孔C28,且在其一侧加工有止口C29;其中,右端径向磁液双悬浮轴承端盖10通过螺钉与固定支架右端支承部位11固定连接,并通过止口C29保证同心,封盖14侧面均布加工有4个封盖通孔30,封盖14与右端径向磁液双悬浮轴承端盖10通过螺钉固定连接。

[0062] 如图7所示,封盖14侧面均布加工有4个封盖通孔30;封盖14与左端径向磁液双悬浮轴承端盖4和右端径向磁液双悬浮轴承封盖12都通过螺钉固定连接。

[0063] 如图8所示,右端径向磁液双悬浮轴承封盖12侧面均布加工有4个通孔D31及4个盲孔D32,且在其一侧加工有止口D33;其中右端径向磁液双悬浮轴承封盖12与径向磁液双悬浮轴承定子6通过螺钉固定连接,并通过止口D33保证同心,封盖14侧面均布加工有4个封盖通孔30,封盖14与右端径向磁液双悬浮轴承封盖12通过螺钉固定连接。

[0064] 如图9所示,钟型罩3一侧均布加工有4个螺纹通孔E1 35和4个缺口B34,另一侧加工有4个螺纹通孔E2 36,用于与电机固定连接;电机通过长螺钉与固定支架左端支承部位5固定连接,钟型罩3一侧均布加工有4个缺口B34便于拆卸螺钉。

[0065] 本发明实施例针对磁液双悬浮轴承实验台系统提出的新型的装配结构,可以减少磁液双悬浮轴承实验台系统各个部位配合的同轴度误差,从而保证磁液双悬浮轴承系统可以安全稳定地运行。

[0066] 以上所述的实施例仅是对本发明的优选实施方式进行了描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。



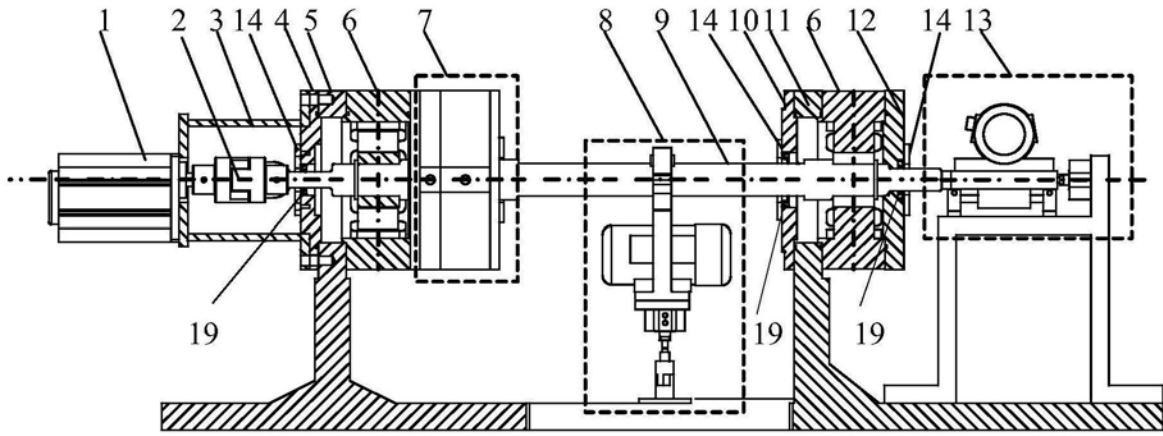


图1

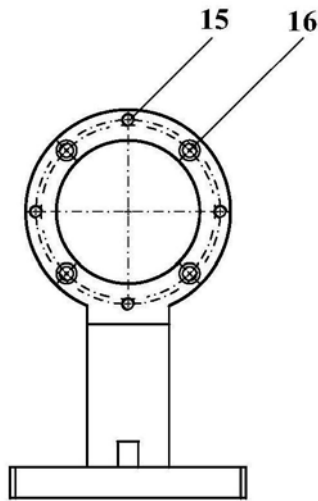


图2A

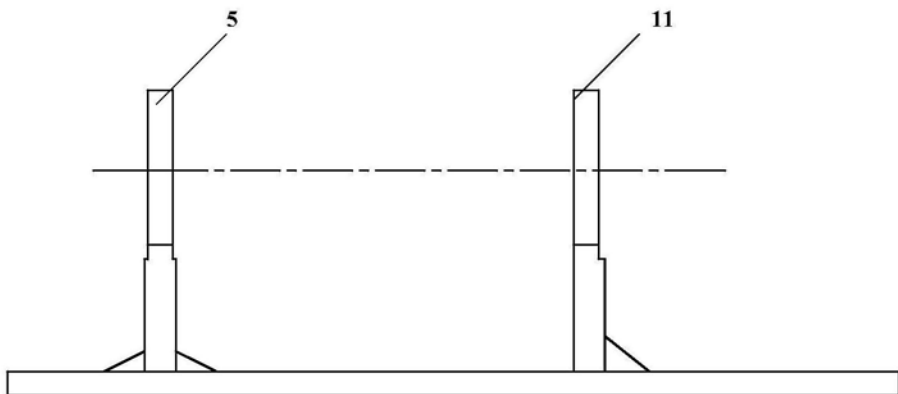


图2B

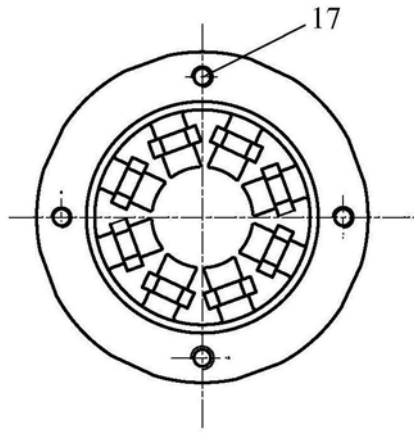


图3A

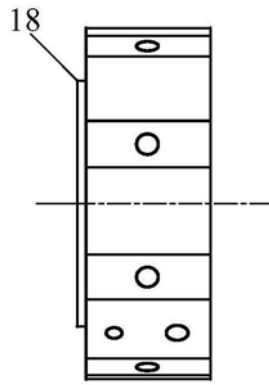


图3B

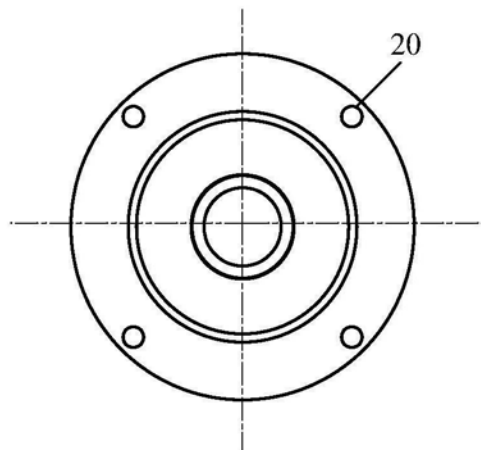


图4A

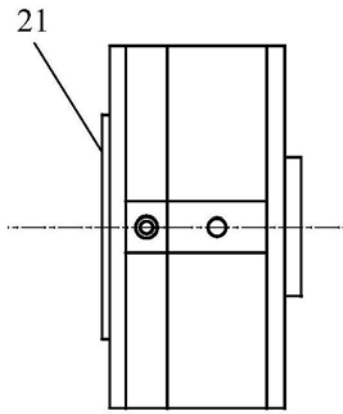


图4B

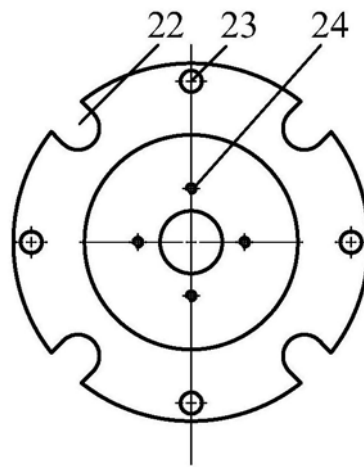


图5A

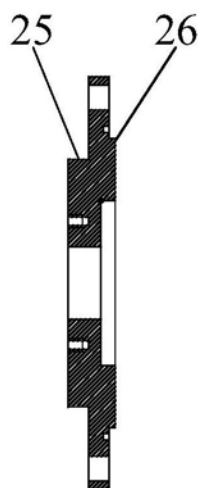


图5B

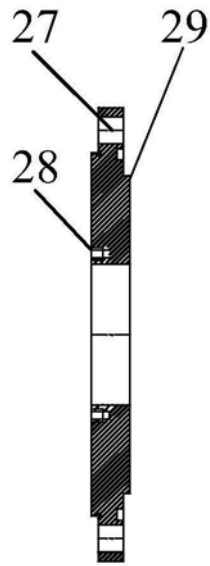


图6

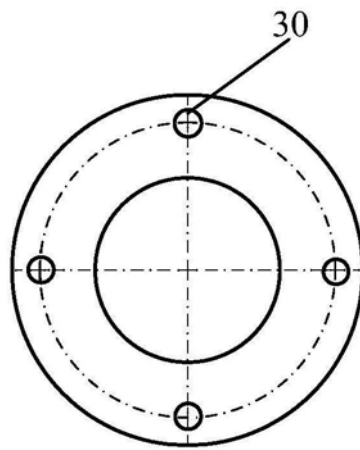


图7

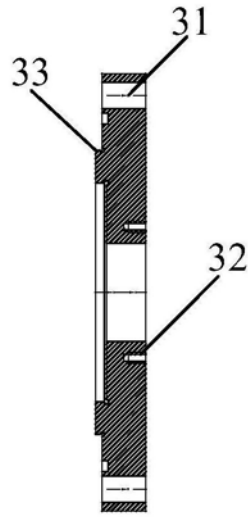


图8

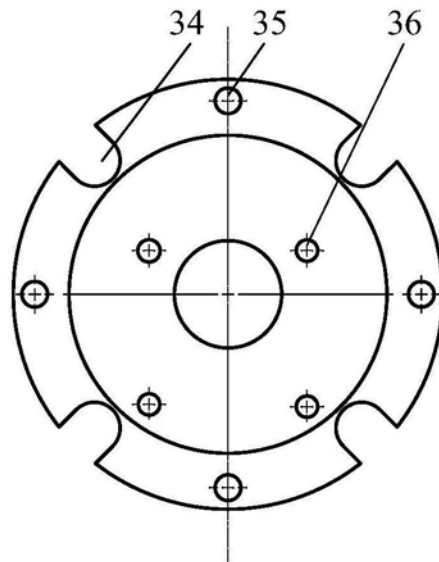


图9

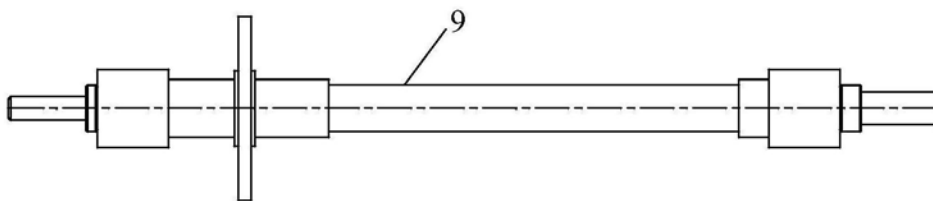


图10