



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114673728 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 26

(21) 申请号 202011548020.4

(22) 申请日 2020.12.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114673728 A

(43) 申请公布日 2022.06.28

(73) 专利权人 迈格钠磁动力股份有限公司
地址 114016 辽宁省鞍山市经济开发区鞍
旗路22号

(72) 发明人 马忠威 陈德民 郑江 王文慧
茅汇文 马骁

(74) 专利代理机构 北京上璟知识产权代理事务
所(普通合伙) 16213
专利代理师 韩国胜 周智博

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

(56) 对比文件
CN 106949145 A, 2017.07.14
CN 108426692 A, 2018.08.21
CN 109281936 A, 2019.01.29
CN 110219888 A, 2019.09.10

DE 10003153 A1, 2001.08.02
DE 102006036051 A1, 2008.02.07
DE 502007005624 D1, 2010.12.23
EP 0512516 A1, 1992.11.11
EP 1700039 A2, 2006.09.13
EP 2784326 A1, 2014.10.01
EP 2884125 A2, 2015.06.17
EP 3444478 A1, 2019.02.20
JP 2001027238 A, 2001.01.30
JP 2001336527 A, 2001.12.07
JP 2004011826 A, 2004.01.15
JP 2010053947 A, 2010.03.11
JP H06207616 A, 1994.07.26
US 2002135249 A1, 2002.09.26
US 2010109463 A1, 2010.05.06
US 2015275911 A1, 2015.10.01
US 2019089220 A1, 2019.03.21
US 2019211702 A1, 2019.07.11
WO 2019019206 A1, 2019.01.31

(续)

审查员 杨瑶

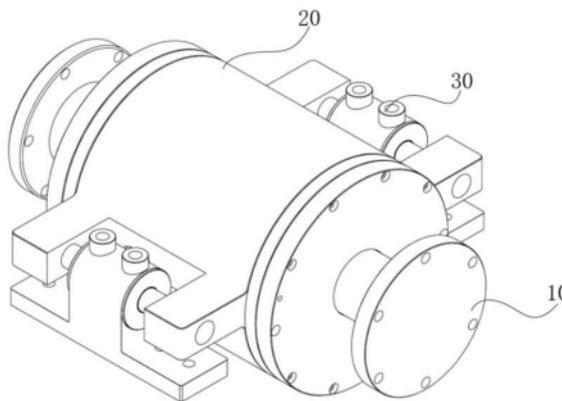
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称
一种永磁推力悬浮轴承及其控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种永磁推力悬浮轴承及其控制方法,永磁推力悬浮轴承包括:轴承定子、轴承转子、驱动装置、传感器和控制装置;轴承定子的定子外壳内设置定子推力磁钢;轴承转子的转子筒外设置转子推力磁钢;驱动装置与轴承定子连接;传感器用于检测轴承转子的轴向位移或轴向力;控制装置连接传感器和驱动装置;传感器检测轴承转子的轴向移动或轴向受力,控制装置根据传感器监测结果控制驱动装置的运行状态,使驱动装置带动轴承定子在轴向移动。永磁推力悬浮轴承的控制方法用于控制上述轴承的运行。本发明永磁推力悬浮轴承应用时,在轴向无需设置大承载能力的机械轴承,同时能够克服轴向方

向设置机械轴承成本高和存在摩擦噪音大的问题。



CN 114673728 B

[接上页]

(56) 对比文件

雷永锋;汪希平;常宇;夏翠艳;江鹏.磁悬浮人工心脏泵驱动电动机及控制研究.微电机.2008,(第03期),第78-80页.

陈伟.国内磁力驱动泵的现状和发展.化工

设备与管道.1994,(第03期),第46-52页.

文湘隆,杨怀玉.基于盘类转子的磁力轴承系统研究.通用机械.2005,(第07期),第83-85页.

1. 一种永磁推力悬浮轴承,其特征在于,包括:轴承定子(20)、轴承转子(10)、驱动装置(30)、传感器和控制装置;轴承定子(20)的定子外壳(101)内设置定子推力磁钢(102);轴承转子(10)的转子筒(104)外设置转子推力磁钢(103);所述驱动装置(30)与轴承定子(20)连接;所述传感器用于检测轴承转子(10)的轴向位移或轴向力;所述控制装置连接传感器和驱动装置(30);传感器检测轴承转子(10)的轴向移动或轴向受力,控制装置根据传感器监测结果控制驱动装置(30)的运行状态,使驱动装置(30)带动轴承定子(20)在轴向移动,轴承定子推力磁钢和轴承转子推力磁钢之间产生平衡轴承转子轴向载荷的轴向推力。

2. 根据权利要求1所述的永磁推力悬浮轴承,其特征在于,所述驱动装置(30)为液压驱动装置、气压驱动装置或电动驱动装置。

3. 根据权利要求1所述的永磁推力悬浮轴承,其特征在于,所述轴承定子(20)的两侧分别固定连接支耳(201);所述驱动装置(30)为液压驱动装置,驱动装置(30)的液压杆(202)连接所述连接支耳(201),液压杆(202)安装在液压缸(203)内,所述液压缸(203)与安装座(204)固定连接。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的永磁推力悬浮轴承,其特征在于,所述轴承定子推力磁钢和轴承转子推力磁钢均为环形钕铁硼磁钢,磁钢的充磁方向为径向辐射充磁。

5. 根据权利要求4所述的永磁推力悬浮轴承,其特征在于,相邻的轴承定子推力磁钢磁极排布方向相反;相邻的轴承转子推力磁钢磁极排布方向相反;对应位置的轴承转子推力磁钢与轴承定子推力磁钢磁极排布方向相反。

6. 一种永磁推力悬浮轴承的控制方法,其特征在于,包括:步骤1,获取轴承转子(10)所在轴系的轴向位移数据;步骤2,比较轴向位移数据是否在设定的位移阈值范围内,根据比较结果生成执行控制信号;步骤3,驱动装置根据执行控制信号调节轴承定子(20)的轴向位置;步骤4,重复步骤1-3直到获取的轴向位移数据值小于设定的位移阈值;所述永磁推力悬浮轴承为权利要求1-5任一项所述的永磁推力悬浮轴承。

7. 一种永磁推力悬浮轴承的控制方法,其特征在于,包括:步骤1,获取轴承转子(10)所在轴系的轴向力数据;步骤2,比较轴向力数据是否在设定的轴向力阈值范围,根据比较结果生成执行控制信号;步骤3,驱动装置根据执行控制信号调节轴承定子(20)的轴向位置;步骤4,重复步骤1-3直到获取的轴向力数据值小于设定的轴向力阈值;所述永磁推力悬浮轴承为权利要求1-5任一项所述的永磁推力悬浮轴承。

一种永磁推力悬浮轴承及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于永磁悬浮轴承技术领域,特别是涉及一种永磁推力悬浮轴承及其控制方法。

背景技术

[0002] 水上船舶和 underwater 艇航行的推动力多由螺旋桨旋转排水提供,连接螺旋桨和动力装置的轴系位于设备的尾部。轴承系统需要由多个轴承组成的轴承系统进行安装,轴承系统一方面需要提供对螺旋桨的径向支撑力,以克服轴系的自身重量;另一方面在螺旋桨排水时会对轴系产生轴向力,轴承系统需要提供轴向力以平衡螺旋桨产生的轴向力。由于船舶和艇的吨位较大,用于连接螺旋桨轴系重量可达数十吨,需要尺寸很大的传统机械轴承,机械轴承使用中必须持续供油润滑,导致设备结构复杂和体积重量大。对于艇等水下设备而言,使用传统机械轴承所产生的摩擦运行噪音,会影响艇的隐身性能。

[0003] 现有技术中存在磁悬浮轴承,磁悬浮轴承 (Magnetic Bearing) 是利用磁力作用将轴承转子悬浮于空中,使轴承转子与轴承定子之间没有机械接触。一种磁悬浮轴承为主动电磁悬浮轴承,其利用电磁铁线圈中的电流产生不接触的可控电磁力来使轴承转子运转于空间稳定悬浮状态的一种装置。常用的主动式电磁悬浮轴承系统由径向磁轴承、轴向磁轴承、传感器、轴承转子、控制器和驱动装置组成。工作原理为:通过位置传感器检测轴承转子轴的偏差信号,控制器接收到信号后,计算输出控制信号,通过功率放大器控制线圈电流,调节电磁力的大小,从而将轴承转子稳定悬浮于工作位置。上述主动磁悬浮轴承目前已能够应用于风机、风扇等对高转速有需要的小尺寸设备。但是,对于船舶和艇等大型设备而言,由于驱动装置为电磁铁,需要较大的电流才能驱动其工作,轴承自身运行需要消耗大量能量,船舶和艇所能运载的燃料有限,主动磁悬浮轴承的应用会极大影响设备的续航能力,难以在实际中进行应用。同时,运行时持续耗能的主动式磁悬浮轴承也不符合绿色生产和绿色制造的工业发展方向,能源浪费严重。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种永磁推力悬浮轴承及其控制方法,以解决电磁轴承难以应用于艇船尾轴等场景的问题。

[0005] 本发明解决第一个技术问题的技术方案如下:一种永磁推力悬浮轴承及其控制方法,其包括:轴承定子、轴承转子、驱动装置、传感器和控制装置;轴承定子的定子外壳内设置定子推力磁钢;轴承转子的转子筒外设置转子推力磁钢;所述驱动装置与轴承定子连接;所述传感器用于检测轴承转子的轴向位移或轴向力;所述控制装置连接传感器和驱动装置;传感器检测轴承转子的轴向移动或轴向受力,控制装置根据传感器监测结果控制驱动装置的运行状态,使驱动装置带动轴承定子在轴向移动,轴承定子推力磁钢和轴承转子推力磁钢之间产生平衡轴承转子轴向载荷的轴向推力。

[0006] 本发明如上所述的永磁推力悬浮轴承,进一步,所述驱动装置为液压驱动装置、气

压驱动装置或电动驱动装置。

[0007] 本发明如上所述的永磁推力悬浮轴承,进一步,所述轴承定子的两侧分别固定连接支耳;驱动装置的液压杆连接所述连接支耳,所述驱动装置为液压驱动装置,液压杆安装在液压缸内,所述液压缸与安装座固定连接。

[0008] 本发明如上所述的永磁推力悬浮轴承,进一步,所述轴承定子推力磁钢和轴承转子推力磁钢均为环形钕铁硼磁钢,磁钢的充磁方向为径向辐射充磁。

[0009] 本发明如上所述的永磁推力悬浮轴承,进一步,相邻的轴承定子推力磁钢磁极排布方向相反;相邻的轴承转子推力磁钢磁极排布方向相反;对应位置的轴承转子推力磁钢与轴承定子推力磁钢磁极排布方向相反。

[0010] 本发明提供一种永磁推力悬浮轴承的控制方法,包括:步骤1,获取轴承转子所在轴系的轴向位移数据;步骤2,比较轴向位移数据是否在设定的位移阈值范围内,根据比较结果生成执行控制信号;步骤3,驱动装置根据执行控制信号调节轴承定子的轴向位置;步骤4,重复步骤1-3直到获取的轴向位移数据值小于设定的位移阈值范围最小值;所述永磁推力悬浮轴承为如上任一项所述的永磁推力悬浮轴承。

[0011] 本发明提供一种永磁推力悬浮轴承的控制方法,包括步骤1,获取轴承转子所在轴系的轴向力数据;步骤2,比较轴向力数据是否在设定的轴向力阈值范围,根据比较结果生成执行控制信号;步骤3,驱动装置根据执行控制信号调节轴承定子的轴向位置;步骤4,重复步骤1-3直到获取的轴向力数据值小于设定的轴向力阈值范围最小值;所述永磁推力悬浮轴承为如上任一项所述的永磁推力悬浮轴承。

[0012] 本发明永磁推力悬浮轴承在船舶和舰艇等大型装备中的应用,在轴向无需设置大承载能力的机械轴承,能够克服轴向方向设置机械轴承成本高和存在摩擦噪音大的问题。

附图说明

[0013] 通过结合以下附图所作的详细描述,本发明的上述和/或其他方面的优点将变得更清楚和更容易理解,这些附图只是示意性的,并不限制本发明,其中:

[0014] 图1为本发明一种实施例的永磁推力悬浮轴承立体示意图;

[0015] 图2为本发明一种实施例的永磁推力悬浮轴承俯视示意图;

[0016] 图3为图2的A-A剖面示意图;

[0017] 图4为图2的B-B剖面示意图;

[0018] 图5为一种实施例的驱动装置、轴承定子和第二力传感器示意图;

[0019] 图6为轴承转子和轴承定子无轴向位移状态示意图;

[0020] 图7为轴承转子和轴承定子存在轴向位移状态示意图;

[0021] 图8为本发明一种实施例的控制执行系统示意图;

[0022] 图9为本发明一种实施例的永磁推力悬浮轴承控制方法流程示意图;

[0023] 图10为定子轴向位移和轴向推力关系示意图。

[0024] 附图中,各标号所代表的部件列表如下:

[0025] 10、轴承转子,20、轴承定子,30、驱动装置,101、定子外壳,102、定子推力磁钢,103、转子推力磁钢,104、转子筒,105、轴,106、辅助轴承,107、第二位移传感器,108、第二力传感器,201、连接支耳,202、液压杆,203、液压缸,204、安装座。

具体实施方式

[0026] 在下文中,将参照附图描述本发明的永磁推力悬浮轴承及其控制方法的实施例。

[0027] 在此记载的实施例为本发明的特定的具体实施方式,用于说明本发明的构思,均是解释性和示例性的,不应解释为对本发明实施方式及本发明范围的限制。除在此记载的实施例外,本领域技术人员还能够基于本申请权利要求书和说明书所公开的内容采用显而易见的其它技术方案,这些技术方案包括采用对在此记载的实施例的做出任何显而易见的替换和修改的技术方案。

[0028] 本说明书的附图示意图,辅助说明本发明的构思,示意性地表示各部分的形状及其相互关系。请注意,为了便于清楚地表现出本发明实施例的各部件的结构,各附图之间并未按照相同的比例绘制。相同的参考标记用于表示相同的部分。

[0029] 图1-图6示出本发明一种实施例的永磁推力悬浮轴承,其包括:

[0030] 轴承定子20、轴承转子10、驱动装置30、传感器和控制装置;

[0031] 轴承定子20的定子外壳101内设置定子推力磁钢102;

[0032] 轴承转子10的转子筒104外设置转子推力磁钢103;

[0033] 驱动装置30与轴承定子20连接;

[0034] 传感器用于检测轴承转子10的轴向位移或轴向力;

[0035] 控制装置连接传感器和驱动装置30;传感器检测轴承转子10的轴向移动或轴向受力,控制装置根据传感器监测结果控制驱动装置30的运行状态,使驱动装置30带动轴承定子20在轴向移动,轴承定子20推力磁钢和轴承转子10推力磁钢之间产生平衡轴承转子轴向载荷的轴向推力。

[0036] 在图3所示出的实施例中,还包括辅助轴承106,例如辅助轴承为滑动轴承,轴能够在辅助轴承内进行轴向移动;

[0037] 结合图6所示,轴承定子和轴承转子的轴向位置均为初始位置,轴承定子径向磁钢和轴承定子推力磁钢之间的磁力在轴向平衡,对轴的作用力为零。图7所示,当轴承转子收到轴向力推动时,轴承转子会发生轴向位移,轴承定子推力磁钢对轴承转子推力磁钢产生磁作用力,该磁作用力在轴向方向与轴承转子发生轴向位移的方向相反,并且轴向位移越大该轴向磁作用力也越大。因此,当轴承转子发生轴向位移后,位移传感器检测轴承转子的轴向移动时,控制装置控制液压集成装置的状态,使带座油缸内设置的油缸杆带动轴承定子在轴向移动,轴承定子推力磁钢和轴承转子推力磁钢之间产生使轴承转子复位的轴向力。本发明永磁推力悬浮轴承在船舶和舰艇等大型装备中的应用,在轴向无需设置大承载能力的机械轴承,能够克服轴向方向设置机械轴承成本高和存在摩擦噪音大的问题。在一种实施例中,提供一种船舶或舰艇设备,在设备的动力输出端和螺旋桨轴之间的传动位置安装上述实施例的永磁推力悬浮轴承。上述永磁推力悬浮轴承尤为适用于水下潜艇的使用,用于减少在潜艇行进过程中产生的噪音,提高潜艇的隐身性能和作战能力。

[0038] 在一种具体的永磁推力悬浮轴承实施例中,驱动装置30为液压驱动装置30、气压驱动装置30或电动驱动装置。例如,在一种具体的永磁推力悬浮轴承实施例中,轴承定子20的两侧分别固定连接支耳201;驱动装置30的液压杆202连接连接支耳201,液压杆202安装在液压缸203内,液压缸203与安装座204固定连接。在一种设备结构中设置额外的支撑框架和导轨,轴承定子安装在导轨上,导轨可在支撑框架的导槽内滑动,驱动装置单独驱动轴承

定子移动。本实施例中,无需安装额外的支撑机构和导向机构支撑轴承定子,充分的利用了液压缸和液压杆,避免了额外零部件的设置,不仅降低了设备成本,也减少了原料资源的利用,符合绿色生产和绿色设计理念。

[0039] 在一种优选实施例中,在永磁推理悬浮轴承的轴105所在轴系安装第一位移传感器或第一力传感器,用于检测轴的轴向位移或轴向力。为了提供驱动装置运行状态的反馈,在安装座、液压缸或单独设置传感器支架安装第二位移传感器107。在如图2所示的实施例中,传感器为位移传感器107,所述位移传感器107固定在液压缸203上。第二位移传感器与控制装置连接。

[0040] 在第二种具体的永磁推力悬浮轴承实施例中,轴承定子20的两侧分别固定连接支耳201;驱动装置30的液压杆202一端固定连接第一连接支耳201,液压杆另一端可在第二连接支耳的导向孔内移动;液压杆202安装在液压缸203内,液压缸203与安装座204固定连接。在一种优选实施例中,在永磁推理悬浮轴承的轴105所在轴系安装第一位移传感器或第一力传感器,用于检测轴的轴向位移或轴向力。为了对驱动装置的移动提供反馈,在如图5所示的实施例中,设置第二力传感器108,所述第二力传感器安装在液压杆上,第二力传感器与控制装置连接。

[0041] 通过第二位移传感器的加入,能够提供驱动装置推动轴承定子所移动的距离,结合图10所示,在轴承定子的可调节范围内,轴承定子的移动距离与定子推力磁钢和转子推力磁钢二者产生的轴向推力成相关关系,因此可以利用第二位移传感器提供的轴承定子移动距离信息或数据,提供更为精确的轴承定子位置调节,进而提供更为精确的轴向推力以平衡例如螺旋桨对轴系产生的轴向力。

[0042] 在一种具体的永磁推力悬浮轴承实施例中,轴承定子20推力磁钢和轴承转子10推力磁钢均为环形钕铁硼磁钢,磁钢的充磁方向为径向辐射充磁。例如,在一种具体的永磁推力悬浮轴承实施例中,相邻的轴承定子20推力磁钢磁极排布方向相反;相邻的轴承转子10推力磁钢磁极排布方向相反;对应位置的轴承转子推力磁钢与轴承定子推力磁钢磁极排布方向相反。在优选的实施例中,轴承转子推力磁钢与轴承定子推力磁钢的宽度相等,移动轴承定子来调节轴向推力的距离范围小于等于磁钢宽度的二分之一。

[0043] 本发明第一种实施例的永磁推力悬浮轴承的控制方法,结合图8和图9所示,包括以下步骤:步骤1,获取轴承转子10所在轴系的轴向位移数据;步骤2,比较轴向位移数据是否在设定的位移阈值范围内,根据比较结果生成执行控制信号;步骤3,驱动装置根据执行控制信号调节轴承定子20的轴向位置;步骤4,重复步骤1-3直到获取的轴向位移数据值小于设定的位移阈值范围最小值;永磁推力悬浮轴承为上述任一项的永磁推力悬浮轴承。

[0044] 本发明第二种实施例的永磁推力悬浮轴承的控制方法,结合图8和图9所示,包括以下步骤:步骤1,获取轴承转子10所在轴系的轴向力数据;步骤2,比较轴向力数据是否在设定的轴向力阈值范围,根据比较结果生成执行控制信号;步骤3,驱动装置根据执行控制信号调节轴承定子20的轴向位置;步骤4,重复步骤1-3直到获取的轴向力数据值小于设定的轴向力阈值范围最小值;永磁推力悬浮轴承为上述任一项的永磁推力悬浮轴承。在进一步优选的控制方法实施例中,还包括如下步骤:在轴承设计完成后确定轴承定子推力磁钢和轴承转子推力磁钢的位移-轴向推力曲线,利用第二位移传感器获取轴承定子移动位置数据信息的步骤,直接调节轴承定子至所需位置以抵消轴承转子10所在轴系的轴向力。

[0045] 本发明第三种实施例的永磁推力悬浮轴承的控制方法,结合图8和图9所示,包括以下步骤:步骤1,获取轴承转子10所在轴系的轴向力数据;步骤2,比较轴向力数据是否在设定的轴向力阈值范围,根据比较结果生成执行控制信号;步骤3,驱动装置根据执行控制信号调节轴承定子20的轴向位置;步骤4,还包括如下步骤:在轴承设计完成后确定轴承定子推力磁钢和轴承转子推力磁钢的位移-轴向推力曲线,利用第二位移传感器获取轴承定子移动位置数据信息的步骤,直接调节轴承定子至所需位置以抵消轴承转子10所在轴系的轴向力。永磁推力悬浮轴承为上述任一项的永磁推力悬浮轴承。

[0046] 上述披露的各技术特征并不限于已披露的与其它特征的组合,本领域技术人员还可根据发明之目的进行各技术特征之间的其它组合,以实现本发明之目的为准。

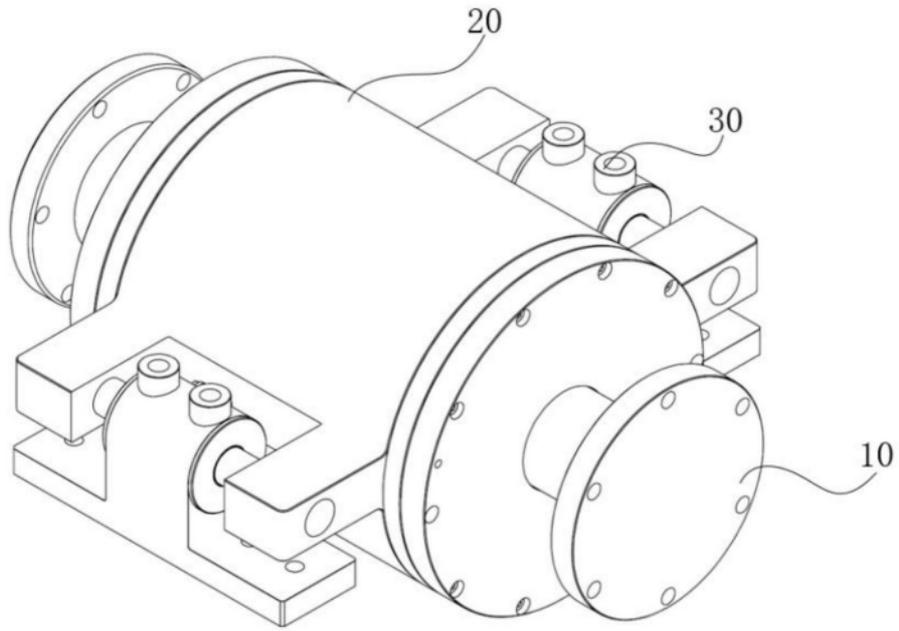


图1

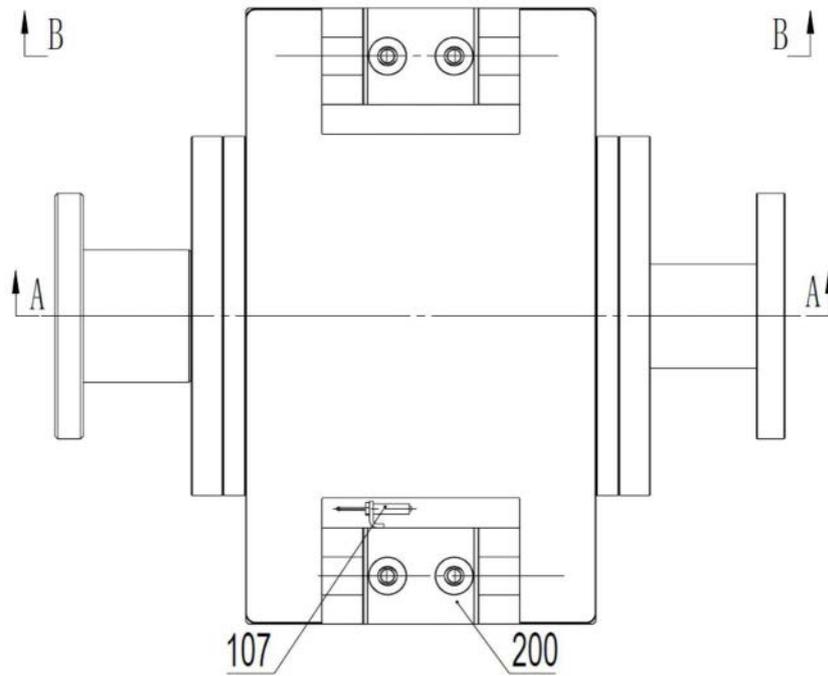


图2

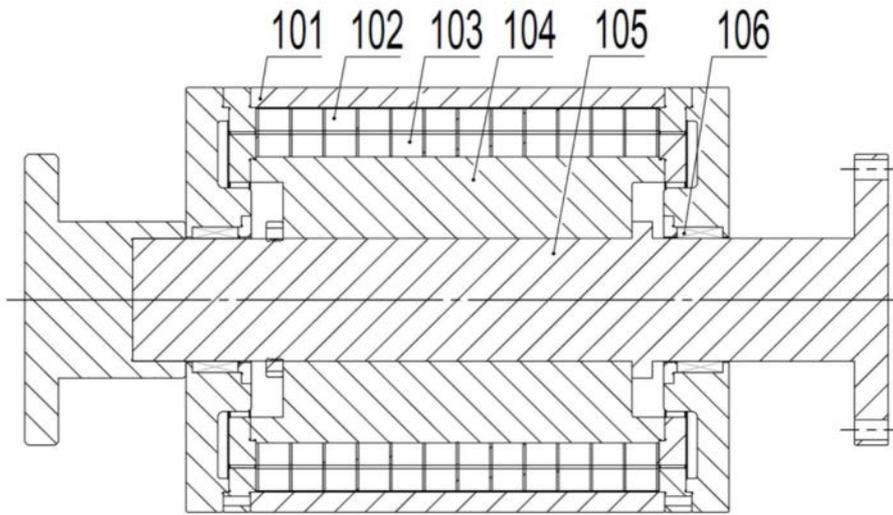


图3

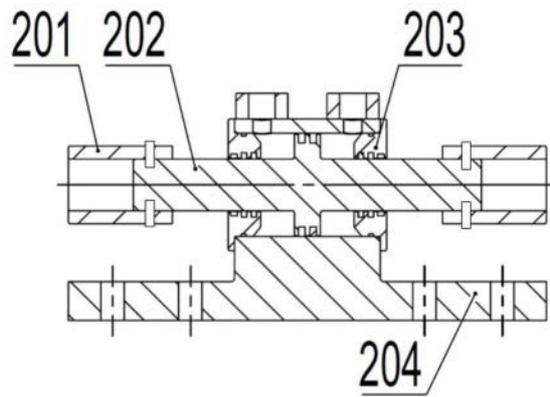


图4

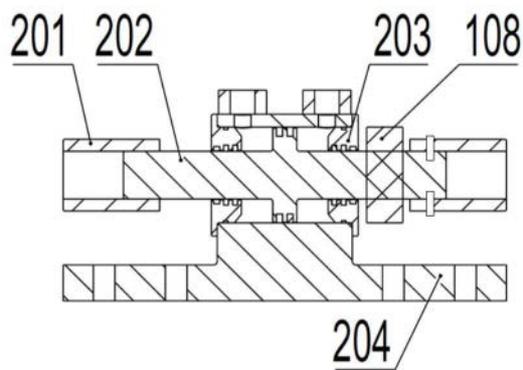


图5

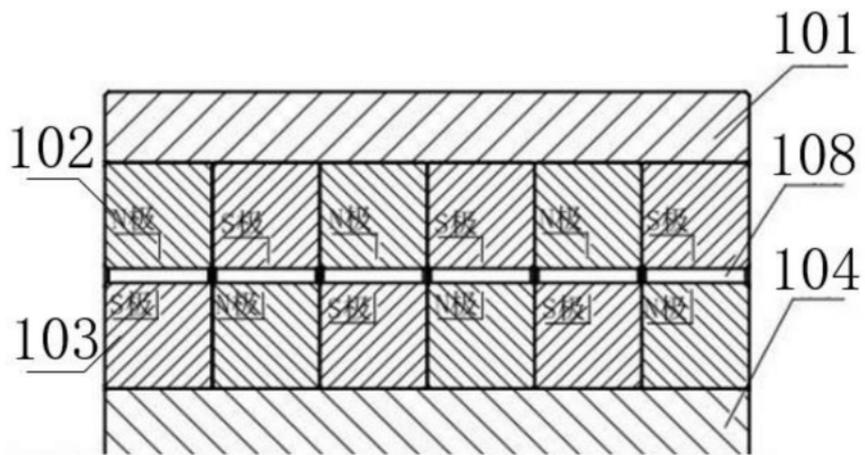


图6

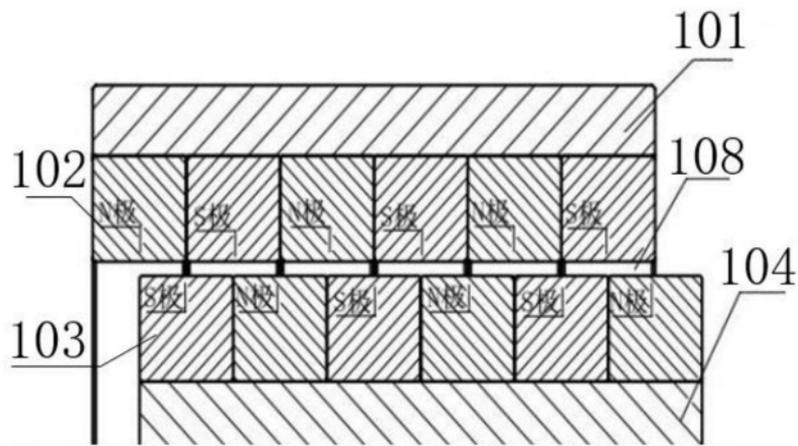


图7



图8

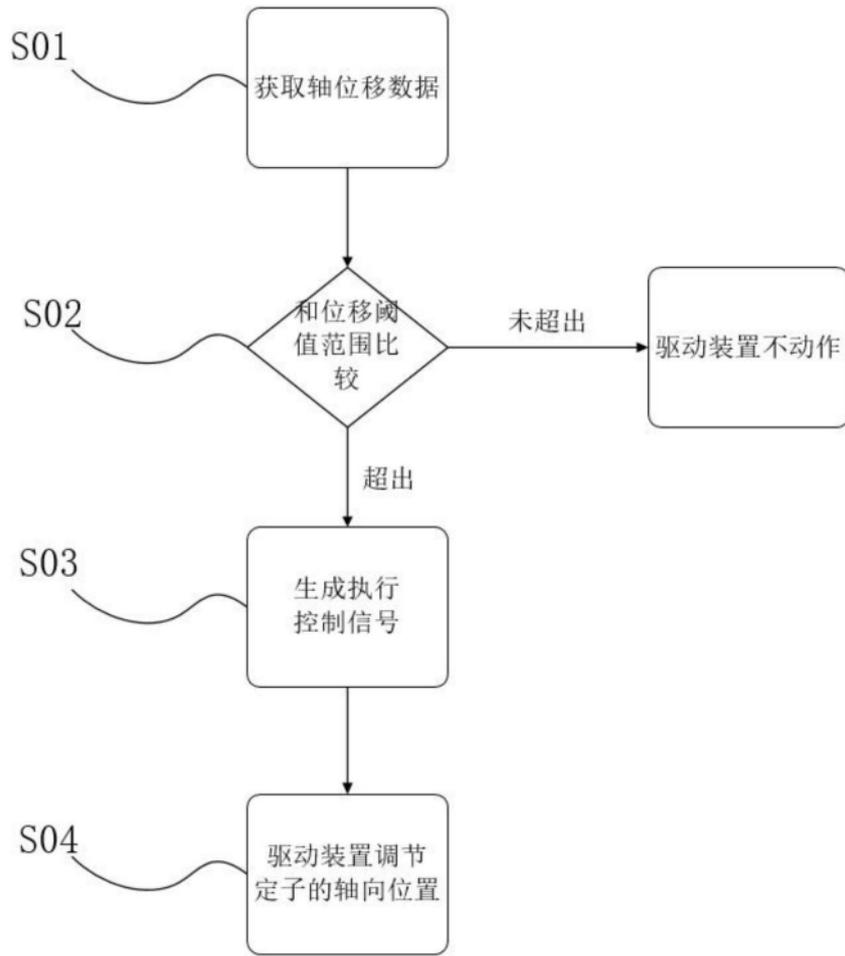


图9

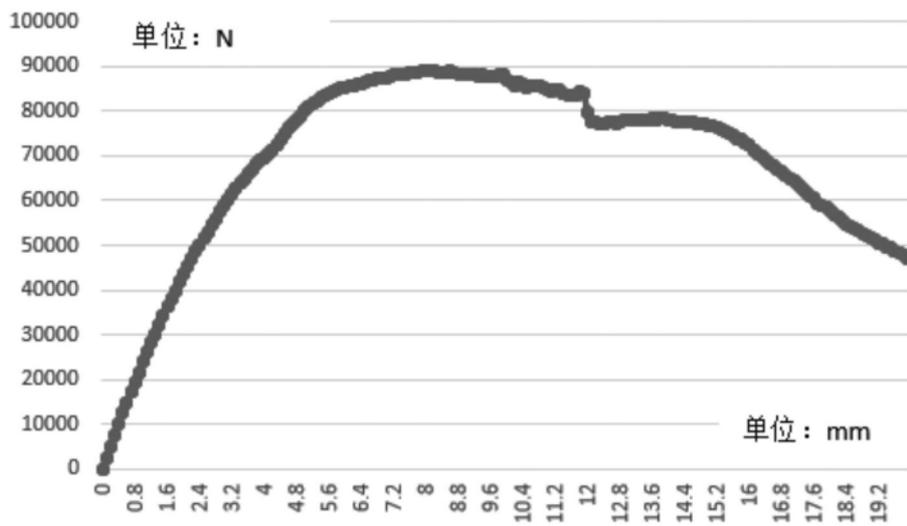


图10