



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110426147 B

(45) 授权公告日 2020.10.09

(21) 申请号 201910746739.X

G01M 13/04 (2019.01)

(22) 申请日 2019.08.14

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110426147 A

CN 105716770 A, 2016.06.29

CN 108318165 A, 2018.07.24

CN 208860506 U, 2019.05.14

(43) 申请公布日 2019.11.08

CN 105651514 A, 2016.06.08

KR 20160114989 A, 2016.10.06

(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

审查员 肖红霞

(72) 发明人 李仕华 王永涛 徐继龙 薛凯瑞
孙静 李富娟

(74) 专利代理机构 北京挺立专利事务所(普通合伙) 11265

代理人 刘阳

(51) Int. Cl.

G01L 5/00 (2006.01)

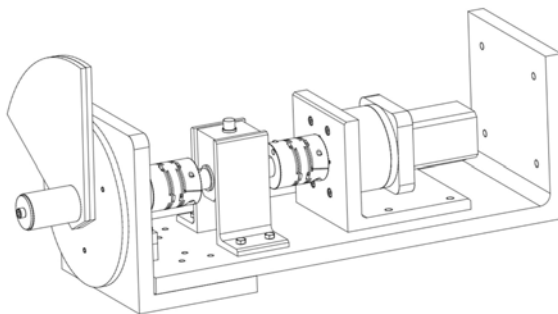
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的装置和方法

(57) 摘要

本发明公开了在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的装置和方法,涉及轴承摩擦力测量领域。本发明包括安装板,其特征在于,在安装板上同轴安装的扭矩传感器、偏心块;在扭矩传感器、偏心块之间的传动轴上套设待测深沟球轴承;在安装板上安装驱动装置,以驱动扭矩传感器转动,带动偏心块转动。本发明消除了负载的重力干扰,并解决了微重力下深沟球轴承摩擦力难以直接测量的问题,使测量微重力下深沟球轴承的摩擦力更为方便、准确。



1. 一种在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的方法,是根据一种在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的装置实现的,所述的装置包括安装板,在安装板上同轴安装的扭矩传感器、偏心块;在扭矩传感器、偏心块之间的传动轴上套设待测深沟球轴承;在安装板上安装驱动装置,以驱动扭矩传感器转动,带动偏心块转动,其特征在于,其在微重力下的测量方法包括以下步骤:

(1) 初始时刻,将所述的装置,竖直放置,使整个装置的转轴轴向方向垂直于水平面,偏心块位于最上方;

(2) 调整偏心块的自由度,启动伺服电机,经谐波传动减速器使其稳定输出;

(3) 采集扭矩传感器的扭矩值 N_R , μ_R 为滚珠滚道之间的摩擦系数, M_z 为模拟微重力下轴承摩擦力矩,此时有:

$$N_R = \mu_R G d + J \alpha + M_z$$

其中: J 为偏心负载的转动惯量, α 为角加速度, G 为载荷, $G = mg + G_1$, g 为重力系数, G_1 为滚珠支撑板重量;

(4) 取圆形负载片,该负载片与偏心负载质量相等,转动惯量相等,重复步骤1-3,可得扭矩传感器的扭矩值 N_R^* ,由于没有离心力的作用,轴对轴承径向力几乎为0,轴承并不产生摩擦力矩,此时:

$$N_R^* = \mu_R G d + J \alpha$$

其中: J 为偏心负载的转动惯量, α 为角加速度, G 为载荷, $G = mg + G_1$, g 为重力系数, G_1 为滚珠支撑板重量;

(5) 结合步骤4和5可得模拟微重力下轴承摩擦力矩为:

$$M_z = N_R - N_R^* ;$$

其在重力下的测量方法包括以下步骤:

(1) 初始时刻,将所述的装置,水平放置;

(2) 调整偏心块的自由度,启动电机,经谐波传动减速器使其稳定输出;

(3) 采集所述扭矩传感器的扭矩值 N ,计算由偏心块的重力产生的扭矩 $M_p = mgr \cos(\omega t)$,则可得重力场下轴承的摩擦力矩为:

$$M_z = N - mgr \cos(\omega t) - J \alpha$$

其中: J 为偏心负载的转动惯量, α 为角加速度, m 为负载质量, ω 为角速度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述驱动装置通过谐波传动减速器与扭矩传感器的输入轴联接,所述扭矩传感器的输出轴与偏心块的转轴联接。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述驱动装置为伺服电机,其安装在电机支架上,所述电机支架固定在安装板上。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述扭矩传感器的输入轴端部和输出轴端部均设置联轴器。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述偏心块包括轴心安装转轴的支撑盘,以及固定在转轴上的偏心负载片;所述转轴、偏心负载片与转轴同轴转动。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述偏心块安装在滚珠支撑板上;所述滚珠支撑板固定在安装板上;转轴穿过滚珠支撑板,支撑盘在轴心四周均布多个牛眼滚珠;所

述牛眼滚珠被夹紧在支撑盘与滚珠支撑板之间。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述待测深沟球轴承安装在轴承支座上,所述轴承支座固定在安装板上。

8. 根据权利要求1或2或6所述的方法,其特征在于,所述偏心块的转轴套设待测深沟球轴承,所述偏心块与待测深沟球轴承之间设置滚珠支撑板;所述滚珠支撑板固定在安装板上。

在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及轴承摩擦力测量领域,具体为一种在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的装置和方法。

背景技术

[0002] 当今时代,机械零件在航空航天领域的应用日益广泛,其中,深沟球轴承是机械设备中一种重要零部件,其寿命及精度对社会生产制造业起着至关重要的作用。轴承所受摩擦力矩常用以衡量轴承的摩擦阻力,而轴承所受摩擦阻力对轴承的使用寿命以及使用精度有着重要影响。因此,模拟轴承实际工况受载下轴承摩擦力矩特性研究可用于预估轴承在不同重力条件下的使用寿命及精度,对航空航天事业的发展具有积极的影响。

[0003] 在太空环境中,包括轴承在内所有物体的系统表观重量远小于其实际重量,这就是太空微重力环境。目前,产生微重力常用的主要方法有失重飞机、落塔、火箭和航天器等。上述四种产生微重力环境的方法的理论依据主要是等效原理或离心力平衡地心引力。然而用这些实验平台开展微重力实验耗资巨大、结构复杂且试验资源非常有限。由失重飞机、落塔产生的微重力环境持续有效时间短暂,只有几秒或者几十秒,难以满足科研和生产对时长的要求。由火箭或航天器产生的微重力环境持续有效时间较长,但空间狭小,搭载物品较少,种类有限,在远离地面的太空进行科学研究与试验时,存在操作困难,工作进程难以控制等弊端。

[0004] 由此,测量轴承在微重力下的摩擦成为微重力试验技术的一个新领域,在保证微重力环境的同时达到想要的试验要求和结果是该领域研究的重点与难点。

发明内容

[0005] 为解决在微重力环境下深沟球轴承摩擦力测量困难的问题,本发明提供了一种在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的装置,其目的是在重力或微重力环境下实现在不同速度、不同载荷下深沟球轴承摩擦力矩的测量。

[0006] 为实现上述目的,本发明的技术方案为:一种在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的装置,包括安装板,其特征在于,在安装板上同轴安装的扭矩传感器、偏心块;在扭矩传感器、偏心块之间的传动轴上套设待测深沟球轴承;在安装板上安装驱动装置,以驱动扭矩传感器转动,带动偏心块转动。

[0007] 进一步的技术方案在于,所述驱动装置通过谐波传动减速器与扭矩传感器的输入轴联接,所述扭矩传感器的输出轴与偏心块的转轴联接。

[0008] 进一步的技术方案在于,所述驱动装置为伺服电机,其安装在电机支架上,所述电机支架固定在安装板上。

[0009] 进一步的技术方案在于,所述扭矩传感器的输入轴端部和输出轴端部均设置联轴器。

[0010] 进一步的技术方案在于,所述偏心块包括轴心安装转轴的支撑盘,以及固定在转

轴上的偏心负载片;所述转轴、偏心负载片与转轴同轴转动。

[0011] 进一步的技术方案在于,所述偏心块安装在滚珠支撑板上;所述滚珠支撑板固定在安装板上;转轴穿过滚珠支撑板,支撑盘在轴心四周均布多个牛眼滚珠;所述牛眼滚珠被夹紧在支撑盘与滚珠支撑板之间。

[0012] 进一步的技术方案在于,所述待测深沟球轴承安装在轴承支座上,所述轴承支座固定在安装板上。

[0013] 进一步的技术方案在于,所述偏心块的转轴套设待测深沟球轴承,所述偏心块与待测深沟球轴承之间设置滚珠支撑板;所述滚珠支撑板固定在安装板上。

[0014] 进一步的技术方案在于,其在重力下的测量方法包括以下步骤:

[0015] (1) 初始时刻,将上述所述的装置,水平放置;

[0016] (2) 调整偏心块的自由度,启动电机,经谐波传动减速器使其稳定输出。

[0017] (3) 采集所述扭矩传感器的扭矩值 N ,计算由偏心块的重力产生的扭矩 $M_p = mgr \cos(\omega t)$,则可得重力场下轴承的摩擦力矩为:

$$[0018] \quad M_z = N - mgr \cos(\omega t) - J\alpha \quad (1)$$

[0019] 其中: J 为偏心负载的转动惯量, α 为角加速度, m 为负载质量, ω 为角速度。

[0020] 进一步的技术方案在于,其在微重力下的测量方法包括以下步骤:

[0021] (1) 初始时刻,将上述所述的装置,竖直放置,使整个装置的转轴轴向方向垂直于水平面,偏心块位于最上方;

[0022] (2) 调整偏心块的自由度,启动伺服电机,经谐波传动减速器使其稳定输出;

[0023] (3) 采集扭矩传感器的扭矩值 N_R , μ_R 为滚珠滚道之间的摩擦系数, M_z 为模拟微重力下轴承摩擦力矩,此时有:

$$[0024] \quad N_R = \mu_R G d + J\alpha + M_z \quad (2)$$

[0025] 其中: J 为偏心负载的转动惯量, α 为角加速度, G 为载荷, $G = mg + G_1$, g 为重力系数, G_1 为支撑圆板重量。

[0026] (4) 取圆形负载片,该负载片与偏心负载质量相等,转动惯量相等,重复步骤1-3,可得扭矩传感器的扭矩值 N_R^* ,由于没有离心力的作用,轴对轴承径向力几乎为0,轴承并不产生摩擦力矩,此时:

$$[0027] \quad N_R^* = \mu_R G d + J\alpha \quad (3)$$

[0028] 其中: J 为偏心负载的转动惯量, α 为角加速度, G 为载荷, $G = mg + G_1$, g 为重力系数, G_1 为支撑圆板重量。

[0029] (5) 结合步骤4和5可得模拟微重力下轴承摩擦力矩为:

$$[0030] \quad M_z = N_R - N_R^* \quad (4)$$

[0031] 本发明与现有技术相比,具有如下优点:

[0032] 1、本发明的安装板,可以实现装置的横向放置和竖向放置。横向放置可以测量重力环境下深沟球轴承的摩擦力矩,竖向放置可以通过装置工作机制抵消重力对待测深沟球轴承的作用,测量微重力环境下深沟球轴承的摩擦力矩;

[0033] 2、本发明的联轴器通过采用双膜片式联轴器,使其结构紧凑,强度高,使用寿命长,无旋转间隙且不用润滑。联轴器与转轴的连接方式为键连接,装置竖起时,转轴承受一

定载荷,转轴与待测深沟球轴承发生微小的相对位移,联轴器会给予补偿,使载荷完全作用于待测深沟球轴承;

[0034] 3、本发明通过采用牛眼滚珠和滚珠支撑板,可以抵消负载产生的重力作用,使待测深沟球轴承只受扭矩作用。微重力环境下,待测深沟球轴承仅受惯性负载,将装置竖直放置后,待测深沟球轴承在径向不受力,但由于偏心负载的存在,待测深沟球轴承将受到一个弯矩的作用,此外,转轴自身的重力作用会对待测深沟球轴承作用一个轴向力。消除弯矩以及轴向力,在转轴负载端开键槽,负载以及支撑盘与转轴键连接,支撑盘下设有三个均布的牛眼滚珠,支撑盘与转轴进行紧密的键连接(足以支撑负载而不发生轴向位移),当添加负载时,负载将通过牛眼滚珠作用于支撑板,从而使待测深沟球轴承不受轴向力以及弯矩作用。

附图说明

[0035] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍,显然,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其它附图。

[0036] 图1是本发明装置整机结构示意图;

[0037] 图2是本发明装置的正视图;

[0038] 图3是本发明装置的俯视图;

[0039] 图4是本发明装置竖直状态的视图;

[0040] 图5是本发明装置的左视图;

[0041] 图6是本发明的扭矩计算示意图;

[0042] 图7是本发明扭矩实验验证图;

[0043] 在附图中:1-1、安装板;1-2、滚珠支撑板;2-1、伺服电机;2-2、电机支架;2-3、谐波传动减速器;2-4、传感器输入轴;3-1、轴承支座;3-2、第一轴承;3-3、第二轴承;3-4、牛眼滚珠;3-5、支撑盘;3-6、偏心负载片;3-7、挡圈;3-8、固定螺母;3-9、转轴;4-1、扭矩传感器;4-2、第一联轴器;4-3、传感器固定板;4-4、第二联轴器。

具体实施方式

[0044] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0045] 本发明实施例中,一种在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的装置,包括安装板1-1,其在安装板1-1上同轴安装的扭矩传感器4-1、偏心块;在扭矩传感器4-1、偏心块之间的传动轴上套设待测深沟球轴承;在安装板1-1上安装驱动装置,以驱动扭矩传感器4-1 转动,带动偏心块转动。

[0046] 本发明实施例中,所述驱动装置通过谐波传动减速器2-3与扭矩传感器4-1的输入轴联接,所述扭矩传感器4-1的输出轴与偏心块的转轴联接。

[0047] 本发明实施例中,所述驱动装置为伺服电机2-1,其安装在电机支架2-2上,所述电

机支架2-2固定在安装板1-1上。

[0048] 本发明实施例中,所述扭矩传感器4-1的输入轴端部和输出轴端部均设置联轴器。

[0049] 本发明实施例中,所述偏心块包括轴心安装转轴的支撑盘3-5,以及固定在转轴上的偏心负载片3-6;所述转轴、偏心负载片3-6与转轴同轴转动。

[0050] 本发明实施例中,所述偏心块安装在滚珠支撑板1-2上;所述滚珠支撑板1-2固定在安装板1-1上;转轴穿过滚珠支撑板1-2,支撑盘3-5在轴心四周均布多个牛眼滚珠3-4;所述牛眼滚珠3-4被夹紧在支撑盘3-5与滚珠支撑板1-2之间。

[0051] 本发明实施例中,所述待测深沟球轴承安装在轴承支座3-1上,所述轴承支座3-1固定在安装板1-1上。

[0052] 本发明实施例中,所述偏心块的转轴套设待测深沟球轴承,所述偏心块与待测深沟球轴承之间设置滚珠支撑板1-2;所述滚珠支撑板固定在安装板上。

[0053] 本发明实施例中,一种在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的方法,其在重力下的测量方法包括以下步骤:

[0054] (1) 初始时刻,将上述所述的装置,水平放置;

[0055] (2) 调整偏心块的自由度,启动电机,经谐波传动减速器2-3 使其稳定输出。

[0056] (3) 实验台水平放置时,考虑轴承摩擦力矩,假设轴承摩擦力矩为一相对稳定的值,设其摩擦力矩为 M_z ,由载荷引起的扭矩为 M_p ,则实验输出扭矩为:

$$[0057] \quad N = M_p + M_z + J\alpha \quad (5)$$

[0058] 式中由载荷引起的扭矩可由计算获得:

$$[0059] \quad M_p = mgr \cos(\omega t) \quad (6)$$

[0060] 从而可得轴承摩擦力矩为:

$$[0061] \quad M_z = N - mgr \cos(\omega t) - J\alpha \quad (7)$$

[0062] (4) 匀速阶段,重力场下输出扭矩应呈正弦变化,滤去正弦波即可获得重力场下轴承摩擦力矩。实验获得的输出扭矩形式为:

$$[0063] \quad A \cos(\omega t + \varphi) + k \quad (8)$$

[0064] 将由载荷引起的扭矩的幅值 mgr 与上式的幅值 A 进行对比,如图 7所示下;两幅值的最大差值不超过 $0.005n \cdot m$,基本重合,并且由载荷引起的扭矩(2)变化频率与实验获得的扭矩变化频率之间的误差不超过1%,因此,可以确定实验获得的扭矩成份(4)中,呈正弦变化的量由偏心负载提供,而成份 k 则为轴承摩擦力矩项。

[0065] 本发明实施例中,其在微重力下的测量方法包括以下步骤:

[0066] (1) 初始时刻,将上述所述的装置,竖直放置,使整个装置的转轴轴向方向垂直于水平面,偏心块位于最上方;

[0067] (2) 调整偏心块的自由度,启动伺服电机,经谐波传动减速器 2-3使其稳定输出;

[0068] (3) 理想条件下,假设深沟球轴承仅受径向力,此时转轴输出扭矩为 N_R ,滚珠摩擦系数为 μ_R ,轴承摩擦力矩为 M_z ,则有:

$$[0069] \quad N_R = \mu_R G d + J\alpha + M_z \quad (9)$$

[0070] 式中 G 为牛眼滚珠正压力, J 、 α 分别为转动惯量和角加速度。

[0071] (4) 由于引入了牛眼滚珠,所以必须设法消除牛眼滚珠带来的额外摩擦力矩,具体操作如下所述:

[0072] 加工一个形状对称的负载片(圆形),这个负载片与原有负载片相比具有两个特点:质量相等、转动惯量相等。用该负载片重复原有负载片实验,若此时转轴输出扭矩为 N_R^* ,从而有:

$$[0073] \quad N_R^* = \mu_R Gd + J\alpha \quad (10)$$

[0074] 结合式(9)则:

$$[0075] \quad M_Z = N_R - N_R^* \quad (11)$$

[0076] 此方法省去了通过实验求牛眼滚珠摩擦系数的麻烦,而负载的角加速度是已知的,从而只需通过两次相同的实验过程即可求出轴承在该负载下的摩擦力矩。

[0077] 本发明实施例中,一种在重力或微重力下测量深沟球轴承摩擦力矩的装置,电机支架2-1与谐波传动减速器2-3联接,两者通过螺栓固定,电机支架2-1底端通过螺栓与安装板1-1联接,谐波传动减速器2-3的输出轴与第一联轴器4-2联接;扭矩传感器4-1为高精度扭矩传感器联接,其底端固定在安装板1-1上,其输出轴与第二联轴器4-4联接,扭矩传感器4-1通过其两侧的传感器固定板4-3固定在安装板上,通过螺栓固定。在这里用两个深沟球轴承作为待测深沟球轴承,其与轴承支座3-1联接,轴承支座3-1底端通过螺栓固定在安装板1-1上;安装板1-1上安装滚珠支撑板1-2;滚珠支撑板1-2通过螺栓与安装板1-1联接。待测深沟球轴承分为第一轴承3-2、第二轴承3-3;转轴与支撑盘3-5通过平键相配合,支撑盘3-5安装有牛眼滚珠,本装置竖直放置时,牛眼滚珠3-4作用于滚珠支撑板1-2,转轴与偏心负载片3-6通过平键相配合,挡圈3-7与转轴相配合,固定螺母3-8与转轴末端螺纹相配合。

[0078] 本发明实施例中,对于重力下深沟球轴承摩擦力矩的测量,初始时刻,本装置水平放置;

[0079] 将偏心负载片3-6安装于转轴上,并通过挡圈3-7、固定螺母3-8限制偏心负载片轴向的自由度;

[0080] 启动电机,经谐波传动减速器2-3使其获得稳定输出;

[0081] 采集扭矩传感器4-1的扭矩值 N ,计算由偏心负载片的重力产生的扭矩 N_1 ,惯性负载产生的扭矩为 $J\alpha$,则可得轴承重力场下的摩擦力矩为 $N - N_1 - J\alpha$;

[0082] 本发明实施例中,对于微重力下深沟球轴承摩擦力矩的测量,初始时刻,将本装置竖直放置,使转轴垂直于水平面;偏心负载片3-6位于最上方

[0083] 将支撑盘3-5、偏心负载片3-6依次安装于转轴上,并通过挡圈3-7、所述固定螺母3-8限制偏心负载片轴向的自由度,所述偏心负载片3-6的重力通过支撑盘3-5上的牛眼滚珠3-4释放在滚珠支撑板1-2上;

[0084] 启动伺服电机2-1,保持伺服电机2-1转速和偏心负载片3-6与本装置水平放置时一致;

[0085] 采集所述扭矩传感器的扭矩值 N ,通过采集由支撑盘滚珠3-4因抵消偏心负载片3-6的重力而产生的滚珠摩擦力矩 N_2 和惯性负载产生的扭矩 $J\alpha$,则可得轴承微重力下轴承的摩擦力矩为 $N - N_2 - J\alpha$ 。

[0086] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,

在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

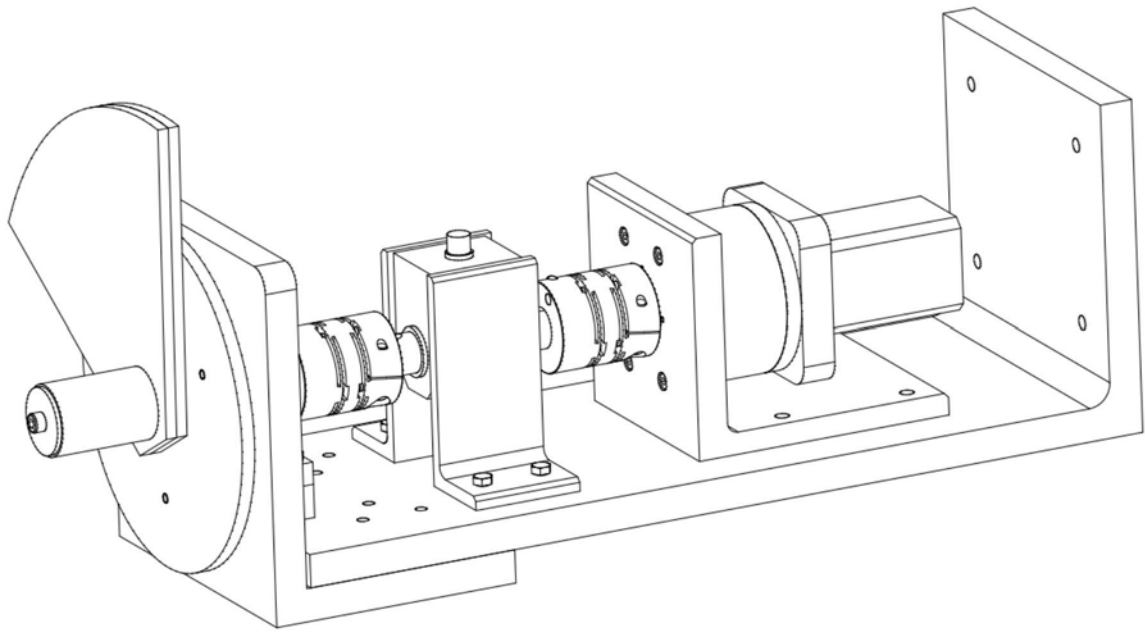


图1

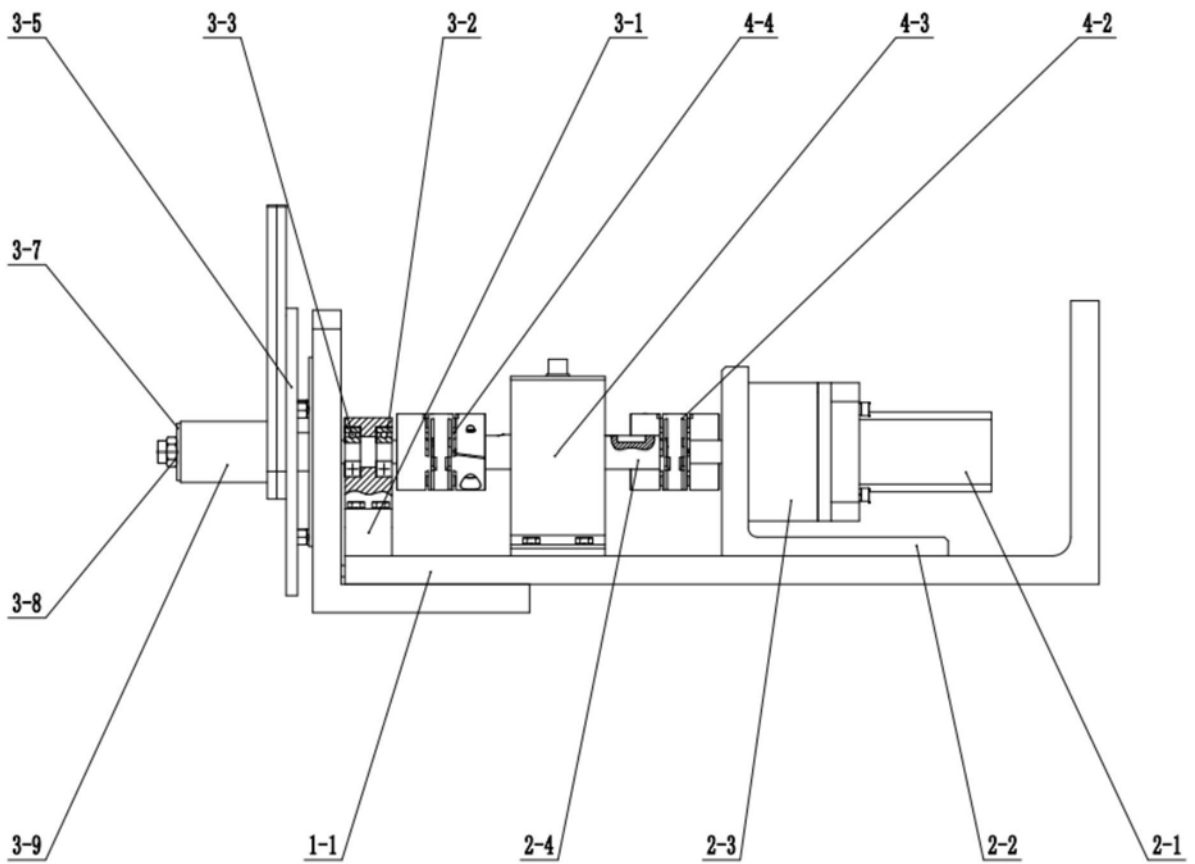


图2

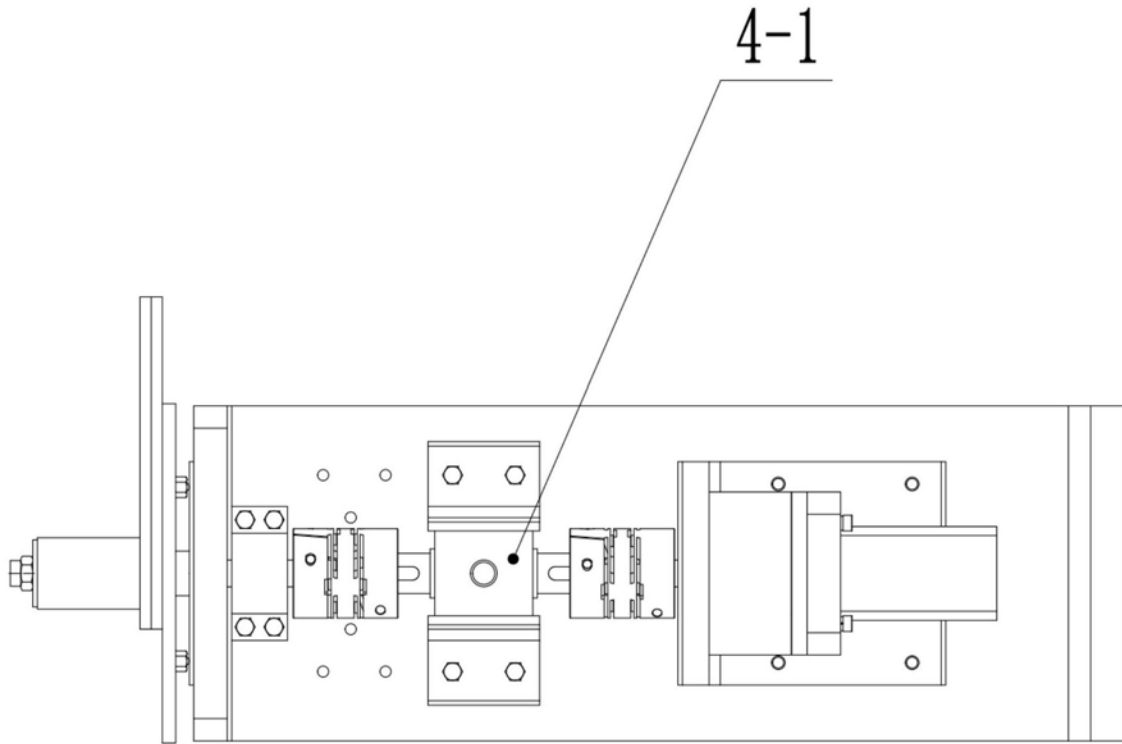


图3

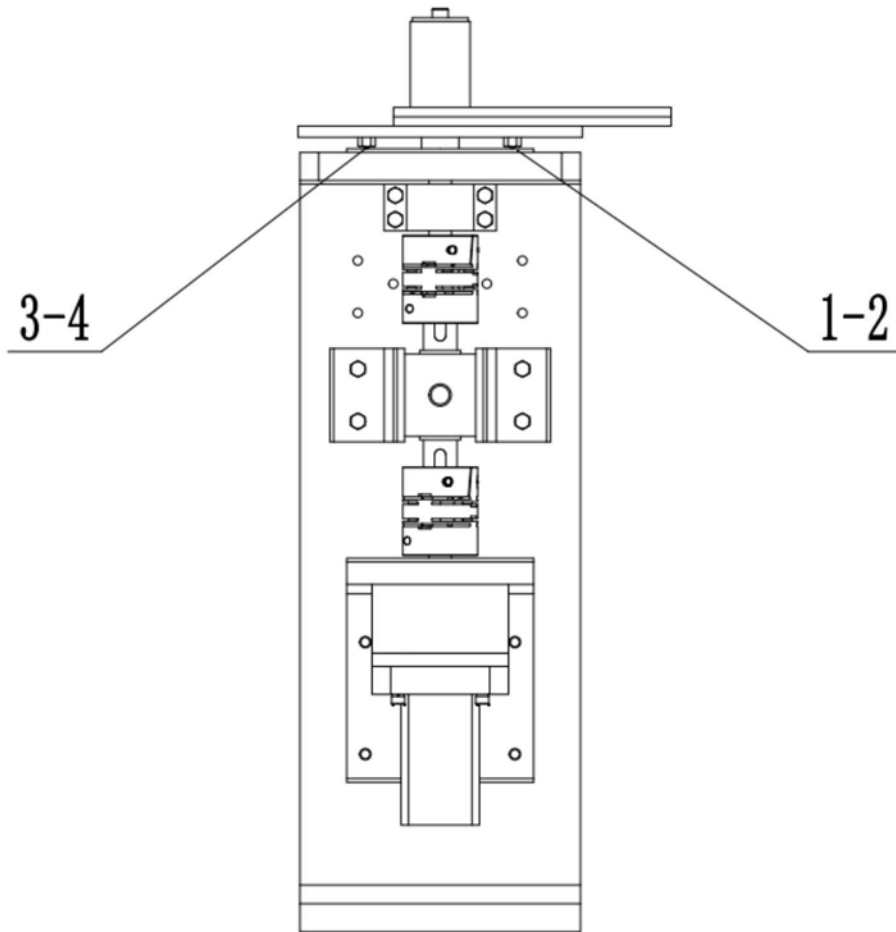


图4

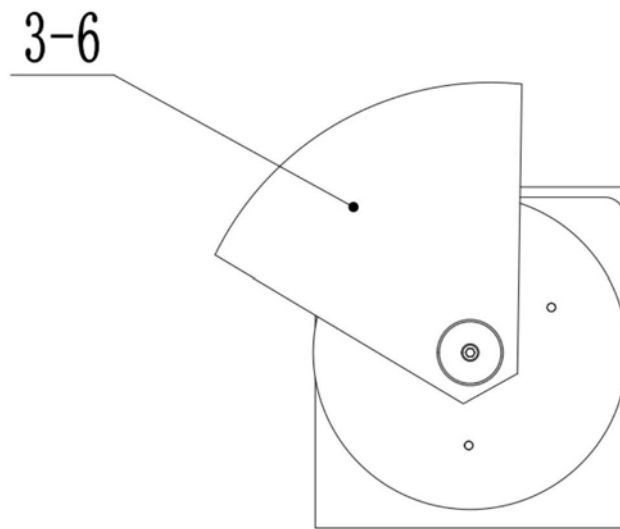


图5

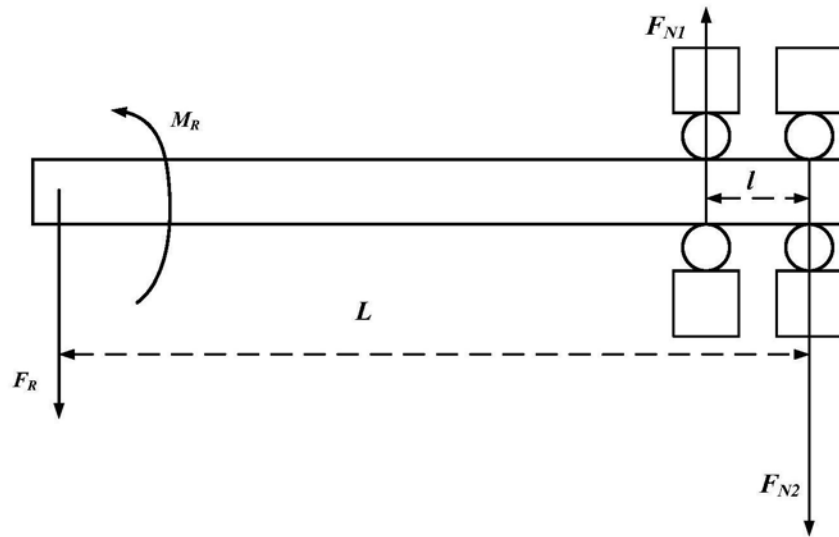


图6

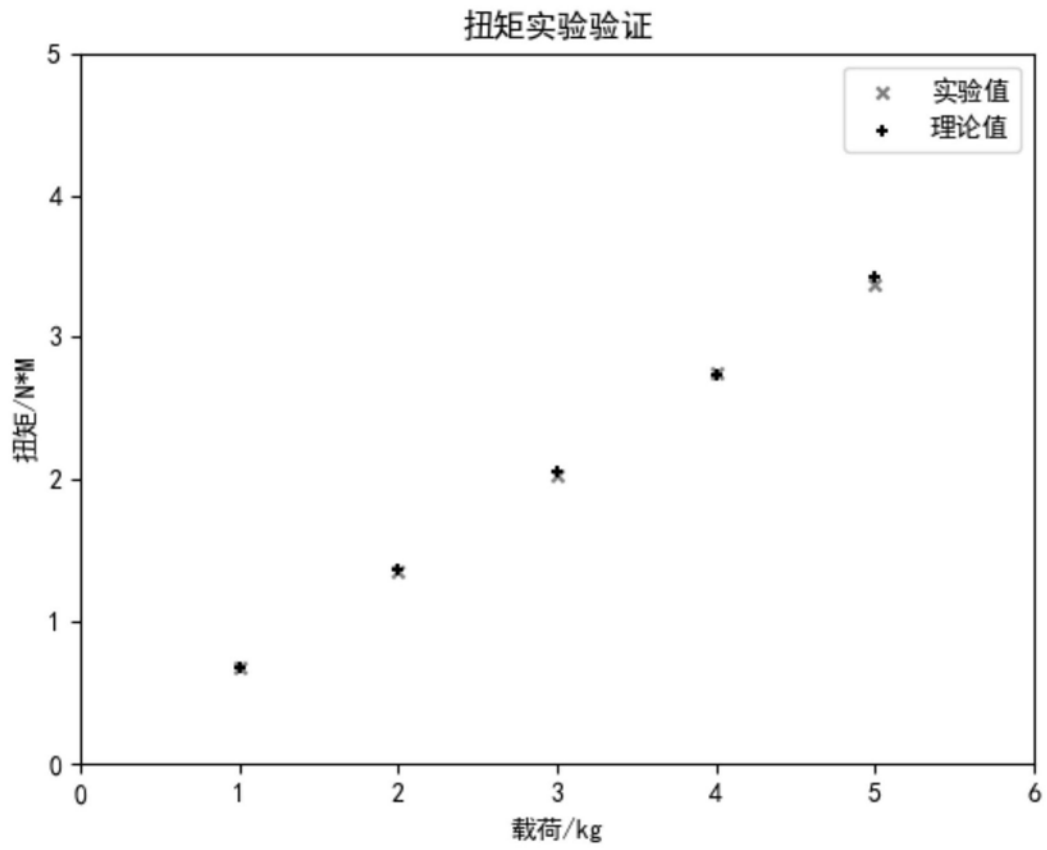


图7