



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109540516 A

(43)申请公布日 2019.03.29

(21)申请号 201811283092.3

(22)申请日 2018.10.31

(71)申请人 天津大学

地址 300500 天津市津南区海河教育园雅
观路135号天津大学北洋园校区

(72)发明人 任成祖 葛翔 陈光 陈洋
闫传滨 靳新民

(74)专利代理机构 天津一同创新知识产权代理
事务所(普通合伙) 12231

代理人 李丽萍

(51)Int.Cl.

G01M 13/04(2019.01)

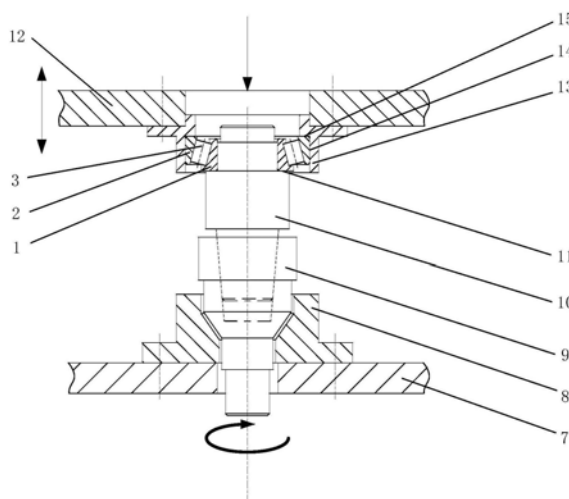
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

滚动轴承当量摩擦系数测量装置与方法

(57)摘要

本发明公开了一种滚动轴承当量摩擦系数测量装置,包括机身、气浮主轴组件、芯轴、滑台、轴承座、转速传感器、数据采集/处理/计算/显示系统。气浮主轴组件包括气浮主轴基体和气浮主轴;气浮主轴基体与机身固连,芯轴通过锥面配合与气浮主轴连接;被测滚动轴承的内圈安装于芯轴的轴肩,被测滚动轴承的外圈安装于轴承座的挡肩;轴承座与滑台固连;滑台可以在导向部件的引导下沿气浮主轴的轴向平动;数据采集/处理/计算/显示系统用于采集、处理转速传感器监测到的芯轴或气浮主轴的角速度信号,计算被测滚动轴承的当量摩擦力矩和当量摩擦系数。本发明测量装置具有快速精密测量滚动轴承当量摩擦力矩和当量摩擦系数的能力。



1. 一种滚动轴承当量摩擦系数测量装置,其特征在于,包括机身(7)、气浮主轴组件、芯轴(10)、滑台(12)、转速传感器、数据采集/处理/计算/显示系统;

所述气浮主轴组件包括气浮主轴基体(8)和气浮主轴(9);所述气浮主轴基体(8)与所述机身(7)固连,所述芯轴(10)的一端与所述气浮主轴(9)通过锥面配合或是联轴器连接;

所述芯轴(10)的另一端与所述滑台之间设有被测滚动轴承安装结构;

所述被测滚动轴承安装结构包括设置在所述芯轴(10)该端部的用于安装被测滚动轴承的内圈(1)的轴肩(11),所述滑台(12)上固定有用于安装被测滚动轴承的外圈(2)的轴承座(13),所述轴承座(13)设有与所述被测滚动轴承的外圈(2)的外圆柱面配合的内圆柱面(14)和外圈挡肩(16),所述内圆柱面(14)与所述气浮主轴(9)同轴;所述滑台(12)在外力驱动下沿所述气浮主轴(9)的轴向平动;

所述转速传感器用于监测所述芯轴(10)或气浮主轴(9)的角速度;所述数据采集/处理/计算/显示系统用于采集、处理所述转速传感器监测到的所述芯轴(10)或气浮主轴(9)的角速度信号,并计算和显示被测滚动轴承的当量摩擦力矩和当量摩擦系数。

2. 根据权利要求1所述滚动轴承当量摩擦系数测量装置,其特征在于,所述气浮主轴(9)为立式布局,所述气浮主轴(9)的轴线垂直于水平面。

3. 一种滚动轴承当量摩擦系数测量方法,其特征在于,采用如权利要求1或2所述滚动轴承当量摩擦系数测量装置,且在所述机身(7)一侧设有动力装置,所述动力装置的输出轴通过一离合装置与所述气浮主轴(9)的自由端联结或分离,在所述滑台(12)一侧设有轴向加载装置,包括所述气浮主轴组件、芯轴(10)、轴承座(13)和被测滚动轴承在内的零部件共同构成所述滚动轴承当量摩擦系数测量装置的回转轴系,所述回转轴系上的运动件包括所述气浮主轴(9)、芯轴(10)、被测滚动轴承的内圈(1)、被测滚动轴承的滚动体(3)和被测滚动轴承的保持架;该测量方法包括以下步骤:

步骤一、将芯轴(10)的一端通过锥面配合或是联轴器与气浮主轴(9)连接;将被测滚动轴承的内圈(1)安装于芯轴(10)的另一端的轴肩(11)处;移动滑台(12),将被测滚动轴承的外圈(2)安装于轴承座(13)的外圈挡肩(16)处;

步骤二、根据被测滚动轴承的类型和尺寸,按滚动轴承摩擦力矩测量规范,所述轴向加载装置通过滑台(12)、轴承座(13)向被测滚动轴承的外圈(2)施加规定的轴向负荷;

步骤三、动力装置通过离合装置驱动气浮主轴(9)回转,气浮主轴(9)、芯轴(10)和被测滚动轴承的内圈(1)保持同步回转;数据采集/处理/计算/显示系统采集、处理来自转速传感器的芯轴(10)或气浮主轴(9)的角速度信号,计算并显示芯轴(10)的角速度;

步骤四、逐渐提高气浮主轴(9)和芯轴(10)的回转速度至给定值,运行速度稳定后,离合装置分离动力装置的输出轴与气浮主轴(9),气浮主轴(9)和芯轴(10)的回转速度在被测滚动轴承的摩擦功耗作用下逐渐衰减直至气浮主轴(9)和芯轴(10)停止回转,数据采集/处理/计算/显示系统获得芯轴角速度-时间的数值关系;

步骤五、数据采集/处理/计算/显示系统计算回转轴系上所有运动件的运动速度和动能,获得回转轴系总动能-时间的数值关系;对回转轴系总动能-时间的数值关系求导,回转轴系总动能-时间的数值关系在某一时刻对时间的导数即为回转轴系总动能的减低速率,亦为被测滚动轴承在该时刻所对应的角速度下的摩擦功率;被测滚动轴承的摩擦功率除以该角速度值得到的商即为被测滚动轴承在该角速度下的当量摩擦力矩,被测滚动轴承的当

量摩擦力矩除以与被测滚动轴承对应的虚拟滑动轴承的滑动配合面的中部半径 R 与滑动配合面(6)处的法向负荷的乘积得到的商即为被测滚动轴承在该角速度下的当量摩擦系数;所述滑动配合面(6)处的法向负荷相当于对应的被测滚动轴承所承受的轴向负荷在所述滑动配合面(6)处的法向分量;

当气浮主轴(9)和芯轴(10)的角速度趋于零时,所对应的当量摩擦力矩和当量摩擦系数相当于被测滚动轴承的启动当量摩擦力矩和启动当量摩擦系数。

4. 根据权利要求3所述滚动轴承当量摩擦系数测量方法,其特征在于,所述虚拟滑动轴承是一个接触角与被测滚动轴承接触角 α 相等、滑动配合面(6)过被测滚动轴承的滚动体(3)的中心的虚拟的滑动轴承,所述虚拟滑动轴承的内圈(4)和虚拟滑动轴承的外圈(5)在滑动配合面(6)处组成滑动摩擦副;将所述虚拟滑动轴承处于与对应的被测滚动轴承相同的测量工况下,所述滑动摩擦副的摩擦功耗相当于被测滚动轴承的摩擦功耗,所述滑动摩擦副的摩擦功率等于所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩与所述虚拟滑动轴承的回转角速度的乘积,所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩等于所述滑动配合面的中部半径 R 、所述滑动配合面(6)处的法向负荷和所述滑动摩擦副的摩擦系数的乘积;将所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩记为对应被测滚动轴承的当量摩擦力矩,将所述滑动摩擦副的滑动摩擦系数记为对应被测滚动轴承的当量摩擦系数。

5. 一种滚动轴承当量摩擦系数测量装置,其特征在于,包括机身(7)、气浮主轴组件、芯轴(10)、滑台(12)、转速传感器、数据采集/处理/计算/显示系统;

所述气浮主轴组件包括气浮主轴基体(8)和气浮主轴(9);所述气浮主轴基体(8)与所述机身(7)固连,所述芯轴(10)的一端与所述气浮主轴(9)通过锥面配合或是联轴器连接;

所述芯轴(10)的另一端与所述滑台之间设有被测滚动轴承安装结构;

所述被测滚动轴承安装结构包括设置在芯轴(10)该端部的轴肩(11)处的用于安装被测滚动轴承的外圈(2)的轴承座(13),所述轴承座(13)设有与所述被测滚动轴承的外圈(2)的外圆柱面配合的内圆柱面(14)和外圈挡肩(16);所述滑台(12)上固定有用于安装被测滚动轴承的内圈(1)的加载轴(16),所述加载轴(16)上设有与所述被测滚动轴承的内圈(1)的内圆柱面配合的外圆柱面(17)和内圈轴肩(18),所述外圆柱面(17)与所述气浮主轴(9)同轴;所述滑台(12)在外力驱动下沿所述气浮主轴(9)的轴向平动;

所述转速传感器用于监测所述芯轴(10)或气浮主轴(9)的角速度;所述数据采集/处理/计算/显示系统用于采集、处理所述转速传感器监测到的所述芯轴(10)或气浮主轴(9)的角速度信号,并计算和显示被测滚动轴承的当量摩擦力矩和当量摩擦系数。

6. 根据权利要求5所述滚动轴承当量摩擦系数测量装置,其特征在于,所述气浮主轴(9)为立式布局,所述气浮主轴(9)的轴线垂直于水平面。

7. 一种滚动轴承当量摩擦系数测量方法,其特征在于,采用如权利要求5或6所述滚动轴承当量摩擦系数测量装置,且在所述机身(7)一侧设有动力装置,所述动力装置的输出轴通过一离合装置与所述气浮主轴(9)的自由端联结或分离,在所述滑台(12)一侧设有轴向加载装置,包括所述气浮主轴组件、芯轴(10)、轴承座(13)和被测滚动轴承在内的零部件共同构成所述滚动轴承当量摩擦系数测量装置的回转轴系,所述回转轴系上的运动件包括所述气浮主轴(9)、芯轴(10)、轴承座(13)、被测滚动轴承的外圈(2)、被测滚动轴承的滚动体(3)和被测滚动轴承的保持架;该测量方法包括以下步骤:

步骤一、将芯轴(10)的一端通过锥面配合或是联轴器与气浮主轴(9)连接;将轴承座(13)安装于芯轴的另一端的轴肩(11)处,移动滑台(12),将被测滚动轴承的内圈(1)安装于加载轴(16)的内圈轴肩(18)处,将被测滚动轴承的外圈(2)安装于轴承座的外圈挡肩(16)处;

步骤二、根据被测滚动轴承的类型和尺寸,按滚动轴承摩擦力矩测量规范,所述轴向加载装置通过滑台(12)、加载轴(16)向被测滚动轴承的内圈(1)施加规定的轴向负荷;

步骤三、动力装置通过离合装置驱动气浮主轴(9)回转,气浮主轴(9)、芯轴(10)、轴承座(13)和滚动轴承的外圈(2)保持同步回转;数据采集/处理/计算/显示系统采集、处理来自转速传感器的芯轴(10)或气浮主轴(9)的角速度信号,计算并显示芯轴(10)的角速度;

步骤四、逐渐提高气浮主轴(9)和芯轴(10)的回转速度至给定值,运行速度稳定后,离合装置分离动力装置的输出轴与气浮主轴(9),气浮主轴(9)和芯轴(10)的回转速度在被测滚动轴承的摩擦功耗作用下逐渐衰减直至气浮主轴(9)和芯轴(10)停止回转,数据采集/处理/计算/显示系统获得芯轴角速度-时间的数值关系;

步骤五、数据采集/处理/计算/显示系统计算回转轴系上所有运动件的运动速度和动能,获得回转轴系总动能-时间的数值关系;对回转轴系总动能-时间的数值关系求导,回转轴系总动能-时间的数值关系在某一时刻对时间的导数即为回转轴系总动能的减低速率,亦为被测滚动轴承在该时刻所对应的角速度下的摩擦功率;被测滚动轴承的摩擦功率除以该角速度值得到的商即为被测滚动轴承在该角速度下的当量摩擦力矩,被测滚动轴承的当量摩擦力矩除以与被测滚动轴承对应的虚拟滑动轴承的滑动配合面的中部半径R与滑动配合面(6)处的法向负荷的乘积得到的商即为被测滚动轴承在该角速度下的当量摩擦系数;所述滑动配合面(6)处的法向负荷相当于对应的被测滚动轴承所承受的轴向负荷在所述滑动配合面(6)处的法向分量;

当气浮主轴(9)和芯轴(10)的角速度趋于零时,所对应的当量摩擦力矩和当量摩擦系数相当于被测滚动轴承的启动当量摩擦力矩和启动当量摩擦系数。

8. 根据权利要求7所述滚动轴承当量摩擦系数测量方法,其特征在于,所述虚拟滑动轴承是一个接触角与被测滚动轴承接触角(α)相等、滑动配合面(6)过被测滚动轴承的滚动体(3)的中心的虚拟的滑动轴承,所述虚拟滑动轴承的内圈(4)和虚拟滑动轴承的外圈(5)在滑动配合面(6)处组成滑动摩擦副;将所述虚拟滑动轴承处于与对应的被测滚动轴承相同的测量工况下,所述滑动摩擦副的摩擦功耗相当于被测滚动轴承的摩擦功耗,所述滑动摩擦副的摩擦功率等于所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩与所述虚拟滑动轴承的回转角速度的乘积,所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩等于所述滑动配合面的中部半径(R)、所述滑动配合面(6)处的法向负荷和所述滑动摩擦副的摩擦系数的乘积;将所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩记为对应被测滚动轴承的当量摩擦力矩,将所述滑动摩擦副的滑动摩擦系数记为对应被测滚动轴承的当量摩擦系数。

滚动轴承当量摩擦系数测量装置与方法

技术领域

[0001] 本发明属于滚动轴承摩擦能耗特性测试技术领域,涉及一种滚动轴承当量摩擦系数测量装置与方法。

背景技术

[0002] 滚动轴承运行过程中的摩擦能耗直接影响轴承的发热、温升和磨损等,进而影响滚动轴承的性能和寿命。滚动轴承的摩擦能耗特性是滚动轴承自身的一种固有特性,一定程度上反映了滚动轴承的制造品质和清洁程度。

[0003] 现阶段分别采用启动摩擦力矩和转动摩擦力矩来评价滚动轴承的启动摩擦能耗和转动摩擦能耗,并使用各式滚动轴承摩擦力矩测量装置测量被测滚动轴承的启动摩擦力矩和转动摩擦力矩。

[0004] 由于测试条件下滚动轴承的启动摩擦力矩和转动摩擦力矩的幅值较小,现有的滚动轴承摩擦力矩测量装置所使用的微力或微力矩传感器在进行高精度测量时精度明显不足。因此,亟需开发一种新型测量装置用于检测滚动轴承摩擦能耗特性。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的问题,本发明提出一种用于角接触球轴承、推力球轴承和单列圆锥滚子轴承当量摩擦系数测量装置与方法。本发明所述的滚动轴承包括角接触球轴承、推力球轴承和单列圆锥滚子轴承。本发明中,将被测滚动轴承抽象为一个接触角不变、滑动配合面过被测滚动轴承滚动体中心的虚拟滑动轴承,即所述虚拟滑动轴承是一个接触角与被测滚动轴承接触角相等、滑动配合面过被测滚动轴承滚动体中心的虚拟的滑动轴承,所述虚拟滑动轴承的内圈和虚拟滑动轴承的外圈在滑动配合面处组成滑动摩擦副。将所述虚拟滑动轴承处于与对应的被测滚动轴承相同的测量工况下,所述滑动摩擦副的摩擦功耗相当于被测滚动轴承的摩擦功耗,所述滑动摩擦副的摩擦功率等于所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩与所述虚拟滑动轴承的回转角速度的乘积,所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩等于所述滑动配合面的中部半径、所述滑动配合面处的法向负荷和所述滑动摩擦副的摩擦系数的乘积。将所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩记为本发明所述的被测滚动轴承的当量摩擦力矩,将所述滑动摩擦副的滑动摩擦系数记为本发明所述的被测滚动轴承的当量摩擦系数。本发明所述当量摩擦系数客观反映了被测滚动轴承的制造品质和清洁程度,属被测滚动轴承的固有特性。本发明滚动轴承当量摩擦系数测量装置具有快速精密测量滚动轴承当量摩擦系数的能力。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提出一种滚动轴承当量摩擦系数测量装置,该测量装置包括机身、气浮主轴组件、芯轴、滑台、转速传感器、数据采集/处理/计算/显示系统;所述气浮主轴组件包括气浮主轴基体和气浮主轴;所述气浮主轴基体与所述机身固连,所述芯轴的一端与所述气浮主轴通过锥面配合或是联轴器连接;所述芯轴的另一端与所述滑台之间设有设有被测滚动轴承安装结构;该被测滚动轴承安装结构有下述两种不同的结

构:

[0007] 结构一是:所述被测滚动轴承安装结构包括设置在所述芯轴该端部的用于安装被测滚动轴承的内圈的轴肩,所述滑台上固定有用于安装被测滚动轴承的外圈的轴承座,所述轴承座设有与所述被测滚动轴承的外圈的外圆柱面配合的内圆柱面和外圈挡肩,所述内圆柱面与所述气浮主轴同轴;包括所述气浮主轴组件、芯轴和被测滚动轴承在内的零部件共同构成了本发明测量装置的回转轴系,所述回转轴系上的运动件包括所述气浮主轴、芯轴、被测滚动轴承的内圈、被测滚动轴承的滚动体和被测滚动轴承的保持架;

[0008] 结构二是:所述被测滚动轴承安装结构包括固定在所述芯轴该端部的轴肩处的用于安装被测滚动轴承的外圈的轴承座,所述轴承座设有与所述被测滚动轴承的外圈的外圆柱面配合的内圆柱面和外圈挡肩;所述滑台上固定有用于安装被测滚动轴承的内圈的加载轴,所述加载轴上设有与所述被测滚动轴承的内圈的内圆柱面配合的外圆柱面和内圈轴肩,所述外圆柱面与所述气浮主轴同轴;包括所述气浮主轴组件、芯轴、轴承座和被测滚动轴承在内的零部件共同构成了本发明测量装置的回转轴系,所述回转轴系上的运动件包括所述气浮主轴、芯轴、轴承座、被测滚动轴承的外圈、被测滚动轴承的滚动体和被测滚动轴承的保持架;

[0009] 所述滑台在外力驱动下沿所述气浮主轴的轴向平动;所述转速传感器用于监测所述芯轴或气浮主轴的角速度;所述数据采集/处理/计算/显示系统用于采集、处理所述转速传感器监测到的所述芯轴或气浮主轴的角速度信号,并计算和显示被测滚动轴承的当量摩擦力矩和当量摩擦系数。

[0010] 本发明中,所述回转轴系优选为立式布局,所述气浮主轴的轴线垂直于水平面。

[0011] 利用本发明滚动轴承当量摩擦系数测量装置进行当量摩擦系数测量时,在所述机身一侧设有动力装置,所述动力装置的输出轴通过一离合装置与所述气浮主轴的自由端联结或分离,在所述滑台一侧设有轴向加载装置,测量方法包括以下步骤:

[0012] 步骤一、将芯轴一端通过锥面配合或是联轴器与气浮主轴连接;移动滑台,将被测滚动轴承安装在芯轴与滑台之间的被测滚动轴承安装结构中,采用结构一时,将被测滚动轴承的内圈安装于芯轴的另一端的轴肩处,将被测滚动轴承的外圈安装于轴承座的外圈挡肩处;采用结构二时,将轴承座安装于芯轴的另一端的轴肩处,将被测滚动轴承的外圈安装于轴承座的外圈挡肩处,将被测滚动轴承的内圈安装于加载轴的内圈轴肩处;

[0013] 步骤二、根据被测滚动轴承的类型和尺寸,按滚动轴承摩擦力矩测量规范如中华人民共和国国家标准GB/T32562-2016《滚动轴承摩擦力矩测量方法》,所述轴向加载装置通过滑台、轴承座向被测滚动轴承的外圈施加规定的轴向负荷;

[0014] 步骤三、动力装置通过所述离合装置驱动气浮主轴回转,采用结构一时,气浮主轴、芯轴和被测滚动轴承的内圈保持同步回转;采用结构二时,气浮主轴、芯轴和被测滚动轴承的外圈保持同步回转;数据采集/处理/计算/显示系统采集、处理来自转速传感器的芯轴或气浮主轴的角速度信号,计算并显示芯轴的角速度;

[0015] 步骤四、逐渐提高气浮主轴和芯轴的回转速度至给定值,运行速度稳定后,离合装置分离动力装置的输出轴与气浮主轴,气浮主轴和芯轴的回转速度在被测滚动轴承的摩擦功耗作用下逐渐衰减直至气浮主轴和芯轴停止回转,数据采集/处理/计算/显示系统获得芯轴角速度-时间的数值关系;

[0016] 步骤五、数据采集/处理/计算/显示系统计算回转轴系上所有运动件的运动速度和动能,获得回转轴系总动能-时间的数值关系;对回转轴系总动能-时间的数值关系求导,回转轴系总动能-时间的数值关系在某一时刻对时间的导数即为回转轴系总动能的减低速率,亦为被测滚动轴承在该时刻所对应的角速度下的摩擦功率;被测滚动轴承的摩擦功率除以该角速度值得到的商即为被测滚动轴承在该角速度下的当量摩擦力矩,被测滚动轴承的当量摩擦力矩除以与被测滚动轴承对应的虚拟滑动轴承的滑动配合面的中部半径R与滑动配合面处的法向负荷的乘积得到的商即为被测滚动轴承在该角速度下的当量摩擦系数;所述滑动配合面处的法向负荷相当于对应的被测滚动轴承所承受的轴向负荷在所述滑动配合面处的法向分量;当气浮主轴和芯轴的角速度趋于零时,所对应的当量摩擦力矩和当量摩擦系数相当于被测滚动轴承的启动当量摩擦力矩和启动当量摩擦系数。

[0017] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0018] 一方面,转速传感器的角速度测量精度远高于传统滚动轴承摩擦力矩测量装置所采用的微力或微力矩传感器的测量精度;另一方面,回转轴系上的所有运动件具有规则的几何形状、已知的高度精确的尺寸和质量、明确的运动方式和精确的运动速度,从而回转轴系总动能具有很高的计算精度。因此被测滚动轴承的当量摩擦力矩和当量摩擦系数均具有极高的测量与计算精度。

[0019] 进一步地,本发明还可以通过增加回转轴系上的运动件的质量以提升回转轴系的初始动能、延长回转轴系角速度的衰减时间,进一步提高回转轴系角速度的测量精度,进而提高被测滚动轴承的当量摩擦力矩和当量摩擦系数的测量与计算精度。

附图说明

[0020] 图1-1是被测角接触球轴承的结构示意图;

[0021] 图1-2是与图1-1所示被测角接触球轴承对应的虚拟滑动轴承示意图;

[0022] 图2-1是被测推力球轴承的结构示意图;

[0023] 图2-2是与图2-1所示被测推力球轴承对应的虚拟滑动轴承示意图;

[0024] 图3-1是被测单列圆锥滚子轴承的结构示意图;

[0025] 图3-2是与图3-1所示被测单列圆锥滚子轴承对应的虚拟滑动轴承示意图;

[0026] 图4是滚动轴承当量摩擦系数测量装置的第一技术方案局部结构示意与测量原理图;

[0027] 图5是滚动轴承当量摩擦系数测量装置的第二技术方案局部结构示意与测量原理图。

[0028] 图中:

[0029] 1-内圈;

[0030] 2-外圈;

[0031] 3-滚动体;

[0032] 4-虚拟滑动轴承的内圈;

[0033] 5-虚拟滑动轴承的外圈;

[0034] 6-滑动配合面;

[0035] 7-机身;

- [0036] 8-气浮主轴基体;
- [0037] 9-气浮主轴;
- [0038] 10-芯轴;
- [0039] 11-轴肩;
- [0040] 12-滑台;
- [0041] 13-轴承座;
- [0042] 14-内圆柱面
- [0043] 15-外圈挡肩;
- [0044] 16-加载轴;
- [0045] 17-外圆柱面
- [0046] 18-内圈轴肩;
- [0047] R-滑动配合面的中部半径;
- [0048] α -被测滚动轴承的接触角。

具体实施方式

[0049] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。另外,以下实施方式中记载的构成零件的尺寸、材质、形状及其相对配置等,如无特别的特定记载,并未将本发明的范围仅限于此。

[0050] 本发明中的滚动轴承包括角接触球轴承、推力球轴承和单列圆锥滚子轴承,图1-1示出了角接触球轴承的结构,图2-1示出了推力球轴承的结构,图3-1示出了单列圆锥滚子轴承的结构。本发明中,将被测滚动轴承抽象为一个接触角不变、滑动配合面6过被测滚动轴承的滚动体3的中心的虚拟滑动轴承,即所述虚拟滑动轴承是一个接触角与被测滚动轴承接触角 α 相等、滑动配合面6过被测滚动轴承的滚动体3的中心的虚拟的滑动轴承,与图1-1所示的被测角接触球轴承对应的虚拟滑动轴承如图1-2所示,与图2-1所示的被测推力球轴承对应的虚拟滑动轴承如图2-2所示,与图3-1所示被测单列圆锥滚子轴承对应的虚拟滑动轴承如图3-2所示,所述虚拟滑动轴承的内圈4和虚拟滑动轴承的外圈5在滑动配合面6处组成滑动摩擦副。将所述虚拟滑动轴承处于与对应的被测滚动轴承相同的测量工况下,所述滑动摩擦副的摩擦功耗相当于被测滚动轴承的摩擦功耗,所述滑动摩擦副的摩擦功率等于所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩与所述虚拟滑动轴承的回转角速度的乘积,所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩等于所述滑动配合面的中部半径R、所述滑动配合面6处的法向负荷和所述滑动摩擦副的摩擦系数的乘积。将所述滑动摩擦副的滑动摩擦力矩记为本发明所述的被测滚动轴承的当量摩擦力矩,将所述滑动摩擦副的滑动摩擦系数记为本发明所述的被测滚动轴承的当量摩擦系数。

[0051] 图4示出了本发明提出的一种滚动轴承当量摩擦系数测量装置的第一技术方案,该测量装置包括机身7、气浮主轴组件、芯轴10、滑台12、轴承座13、转速传感器(图中未画出)和数据采集/处理/计算/显示系统(图中未画出)。

[0052] 所述气浮主轴组件包括气浮主轴基体8和气浮主轴9;所述气浮主轴基体8与所述机身7固连,所述芯轴10的气浮主轴连接端通过锥面配合与所述气浮主轴9连接(或通过联

轴器与所述气浮主轴9连接),以保证所述气浮主轴9和芯轴10同轴并无损耗地传递扭矩、轴向负荷和回转运动。所述芯轴10的另一端与所述滑台之间设有被测滚动轴承安装结构;所述被测滚动轴承安装结构包括设置在所述芯轴10该端部的用于安装被测滚动轴承的内圈1的轴肩11,所述滑台12上固定有用于安装被测滚动轴承的外圈2的轴承座13,所述轴承座13设有与所述被测滚动轴承的外圈2的外圆柱面配合的内圆柱面14和外圈挡肩15,所述内圆柱面14与所述气浮主轴9同轴;所述滑台12可以在外力的驱动下并在导向部件(图中未画出)的引导下沿所述气浮主轴9的轴向平动;包括所述气浮主轴组件、芯轴10和被测滚动轴承在内的零部件共同构成了本发明测量装置的回转轴系,所述回转轴系上的运动件包括所述气浮主轴9、芯轴10、被测滚动轴承的内圈1、被测滚动轴承的滚动体3和被测滚动轴承的保持架(图中未画出);如果所述芯轴10通过联轴器与所述气浮主轴9连接,则所述回转轴系还包括所述联轴器、所述回转轴系上的运动件还包括所述联轴器;所述转速传感器用于监测所述芯轴10或气浮主轴9的角速度;所述数据采集/处理/计算/显示系统用于采集、处理所述转速传感器监测到的所述芯轴10或气浮主轴9的角速度信号,计算被测滚动轴承的当量摩擦力矩和当量摩擦系数,并显示相关信息。

[0053] 本发明滚动轴承当量摩擦系数测量装置还存在第二技术方案,与上述第一技术方案的不同处在于其中的所述芯轴10的另一端与所述滑台之间设有的被测滚动轴承安装结构不同。

[0054] 图5示出了本发明滚动轴承当量摩擦系数测量装置的第二技术方案,该测量装置包括机身7、气浮主轴组件、芯轴10、滑台12、轴承座13、转速传感器(图中未画出)和数据采集/处理/计算/显示系统(图中未画出)。

[0055] 所述气浮主轴组件包括气浮主轴基体8和气浮主轴9;所述气浮主轴基体8与所述机身7固连,所述芯轴10的气浮主轴连接端通过锥面配合与所述气浮主轴9连接(或通过联轴器与所述气浮主轴9连接),以保证所述气浮主轴9和芯轴10同轴并无损耗地传递扭矩、轴向负荷和回转运动。所述芯轴10的另一端与所述滑台之间设有被测滚动轴承安装结构,该安装结构包括固定在所述芯轴10该端部的轴肩11处的用于安装被测滚动轴承的外圈2的轴承座13,所述轴承座13设有与所述被测滚动轴承的外圈2的外圆柱面配合的内圆柱面14和外圈挡肩15;所述滑台12上固定有用于安装被测滚动轴承的内圈1的加载轴16,所述加载轴16上设有与所述被测滚动轴承的内圈1的内圆柱面配合的外圆柱面17和内圈轴肩18,所述外圆柱面17与所述气浮主轴9同轴;所述滑台12可以在外力的驱动下并在导向部件(图中未画出)的引导下沿所述气浮主轴9的轴向平动。包括所述气浮主轴组件、芯轴10、轴承座13和被测滚动轴承在内的零部件共同构成了本发明测量装置的回转轴系,所述回转轴系上的运动件包括所述气浮主轴9、芯轴10、轴承座13、被测滚动轴承的滚动体3和被测滚动轴承的外圈2保持架(图中未画出);如果所述芯轴10通过联轴器与所述气浮主轴9连接,则所述回转轴系还包括所述联轴器、所述回转轴系上的运动件还包括所述联轴器;所述转速传感器用于监测所述芯轴10或气浮主轴9的角速度;所述数据采集/处理/计算/显示系统用于采集、处理所述转速传感器监测到的所述芯轴10或气浮主轴9的角速度信号,并计算和显示被测滚动轴承的当量摩擦力矩和当量摩擦系数。

[0056] 本发明中无论是第一技术方案还是第二技术方案,其中的回转轴系优选均为立式布局,所述气浮主轴9的轴线垂直于水平面。

[0057] 利用本发明滚动轴承当量摩擦系数测量装置进行当量摩擦系数测量时,在所述机身7一侧设有动力装置,所述动力装置的输出轴通过一离合装置与所述气浮主轴9的自由端联结或分离,在所述滑台12一侧设有轴向加载装置。上述动力装置、离合装置和轴向加载装置与本发明测量装置中相关零部件的位置和连接关系均属于本领域公知常识,因此并未在图中画出。

[0058] 本发明滚动轴承当量摩擦系数测量装置的工作原理为:在第一技术方案的轴向加载装置通过滑台12、轴承座13向被测滚动轴承的外圈2,如图2所示,或在第二技术方案的轴向加载装置通过滑台12、加载轴16向被测滚动轴承的内圈1,如图3所示,施加规定的轴向负荷条件下,动力装置通过离合装置驱动气浮主轴9回转,待气浮主轴9和芯轴10回转至给定的回转角速度后离合装置分离动力装置的输出轴与气浮主轴9,芯轴10或气浮主轴9的回转速度在被测滚动轴承的摩擦功耗作用下逐渐衰减直至气浮主轴9和芯轴10停止回转;数据采集/处理/计算/显示系统获得“芯轴角速度-时间”数值关系,计算回转轴系上所有运动件的运动速度和动能,获得“回转轴系总动能-时间”数值关系;对“回转轴系总动能-时间”数值关系求导,“回转轴系总动能-时间”数值关系在某一时刻对时间的导数即为回转轴系总动能的减低速率,亦为被测滚动轴承在该时刻所对应的角速度下的摩擦功率,亦相当于对应的虚拟滑动轴承的滑动摩擦副的摩擦功率;滑动摩擦副的摩擦功率除以该角速度值得到的商即为滑动摩擦副在该角速度下的摩擦力矩,亦相当于被测滚动轴承在该角速度下的当量摩擦力矩;滑动摩擦副在该角速度下的摩擦力矩除以滑动配合面的中部半径R与滑动配合面处的法向负荷的乘积得到的商即为滑动摩擦副在该角速度下的摩擦系数,亦相当于被测滚动轴承在该角速度下的当量摩擦系数;所述滑动配合面6处的法向负荷相当于对应的被测滚动轴承所承受的轴向负荷在所述滑动配合面6处的法向分量;当气浮主轴9和芯轴10的角速度趋于零时,所对应的当量摩擦力矩和当量摩擦系数相当于被测滚动轴承的启动当量摩擦力矩和启动当量摩擦系数。

[0059] 对应于本发明滚动轴承当量摩擦系数测量装置的第一技术方案,本发明同时提出一种滚动轴承当量摩擦系数测量方法,所述测量方法包括以下步骤:

[0060] 步骤一、将芯轴10的一端通过锥面配合与气浮主轴9连接(或通过联轴器与气浮主轴9连接);将被测滚动轴承的内圈1安装于芯轴的另一端的轴肩11处;移动滑台12,将被测滚动轴承的外圈2安装于轴承座的外圈挡肩15处;

[0061] 步骤二、根据被测滚动轴承的类型和尺寸,按滚动轴承摩擦力矩测量规范如中华人民共和国国家标准GB/T32562-2016《滚动轴承摩擦力矩测量方法》,轴向加载装置通过滑台12、轴承座13向被测滚动轴承的外圈2施加规定的轴向负荷;

[0062] 步骤三、动力装置通过离合装置驱动气浮主轴9回转,气浮主轴9、芯轴10和被测滚动轴承的内圈1保持同步回转;数据采集/处理/计算/显示系统采集、处理来自转速传感器的芯轴10或气浮主轴9的角速度信号,计算芯轴10的角速度,并显示相关信息;

[0063] 步骤四、逐渐提高气浮主轴9和芯轴10的回转速度至给定值并稳定运行,离合装置分离动力装置的输出轴与气浮主轴9,气浮主轴9和芯轴10的回转速度在被测滚动轴承的摩擦功耗作用下逐渐衰减直至气浮主轴9和芯轴10停止回转,数据采集/处理/计算/显示系统获得“芯轴角速度-时间”数值关系;

[0064] 步骤五、数据采集/处理/计算/显示系统计算回转轴系上所有运动件的运动速度

和动能,获得“回转轴系总动能-时间”数值关系;对“回转轴系总动能-时间”数值关系求导,“回转轴系总动能-时间”数值关系在某一时刻对时间的导数即为回转轴系总动能的减低速率,亦为被测滚动轴承在该时刻所对应的角速度下的摩擦功率;被测滚动轴承的摩擦功率除以该角速度值得到的商即为被测滚动轴承在该角速度下的当量摩擦力矩,被测滚动轴承的当量摩擦力矩除以与被测滚动轴承对应的虚拟滑动轴承的滑动配合面的中部半径R与滑动配合面6处的法向负荷的乘积得到的商即为被测滚动轴承在该角速度下的当量摩擦系数;所述滑动配合面6处的法向负荷相当于对应的被测滚动轴承所承受的轴向负荷在所述滑动配合面6处的法向分量;当气浮主轴9和芯轴10的角速度趋于零时,所对应的当量摩擦力矩和当量摩擦系数相当于被测滚动轴承的启动当量摩擦力矩和启动当量摩擦系数。

[0065] 本发明滚动轴承当量摩擦系数测量装置的第二方案所对应的滚动轴承当量摩擦系数测量方法,与本发明滚动轴承当量摩擦系数测量装置的第一方案所对应的滚动轴承当量摩擦系数测量方法的不同处仅在于:

[0066] 步骤一、将芯轴10的一端通过锥面配合与气浮主轴9连接(或通过联轴器与气浮主轴9连接);将轴承座13安装于芯轴的另一端的轴肩11;移动滑台12,将被测滚动轴承的内圈1安装于加载轴的内圈轴肩18处,将被测滚动轴承的外圈2安装于轴承座的外圈挡肩15处;

[0067] 步骤二、根据被测滚动轴承的类型和尺寸,按滚动轴承摩擦力矩测量规范如中华人民共和国国家标准GB/T32562-2016《滚动轴承摩擦力矩测量方法》,轴向加载装置通过滑台12、加载轴16向被测滚动轴承的内圈1施加规定的轴向负荷;

[0068] 步骤三、动力装置通过离合装置驱动气浮主轴9回转,气浮主轴9、芯轴10和被测滚动轴承的外圈2保持同步回转;数据采集/处理/计算/显示系统采集、处理来自转速传感器的芯轴10或气浮主轴9的角速度信号,计算芯轴10的角速度,并显示相关信息;

[0069] 步骤四和步骤五同上述的第一技术方案。

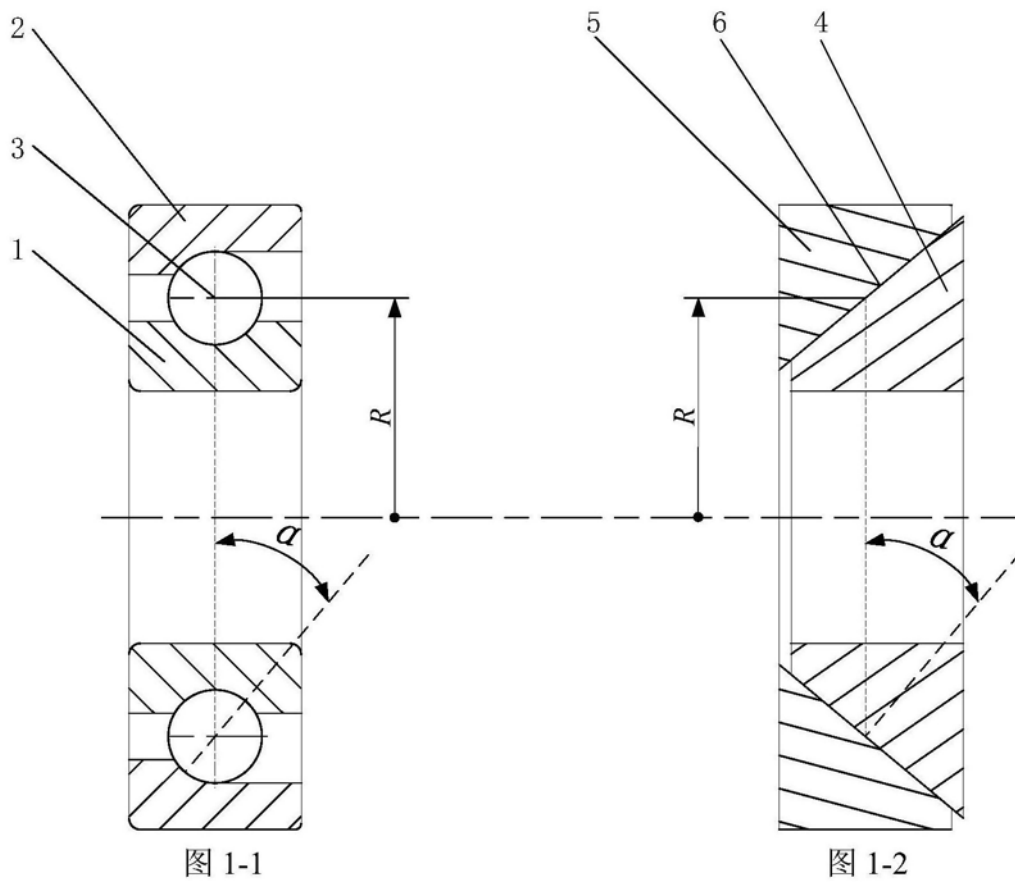


图 1-1

图 1-2

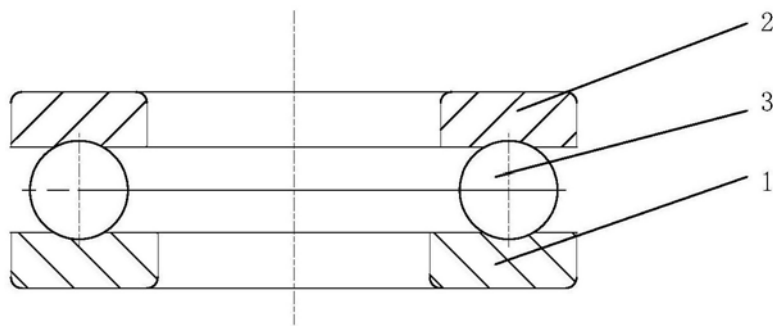


图2-1

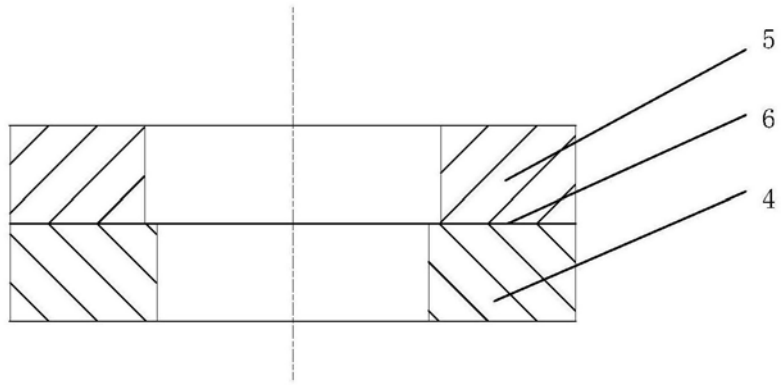


图2-2

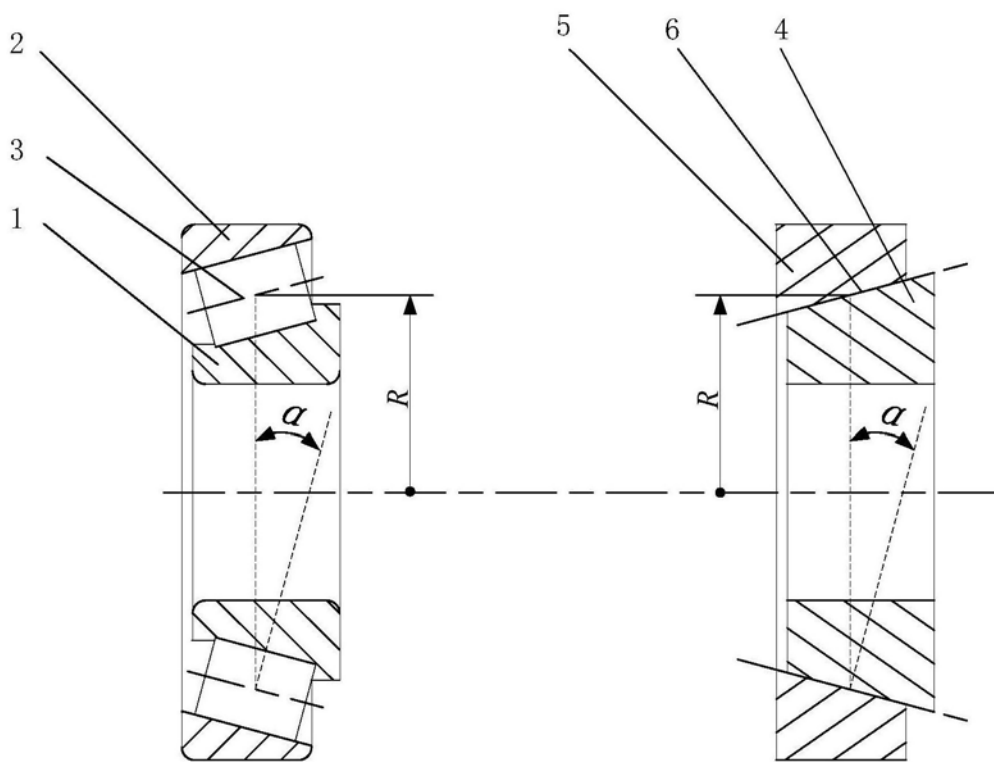


图 3-1

图 3-2

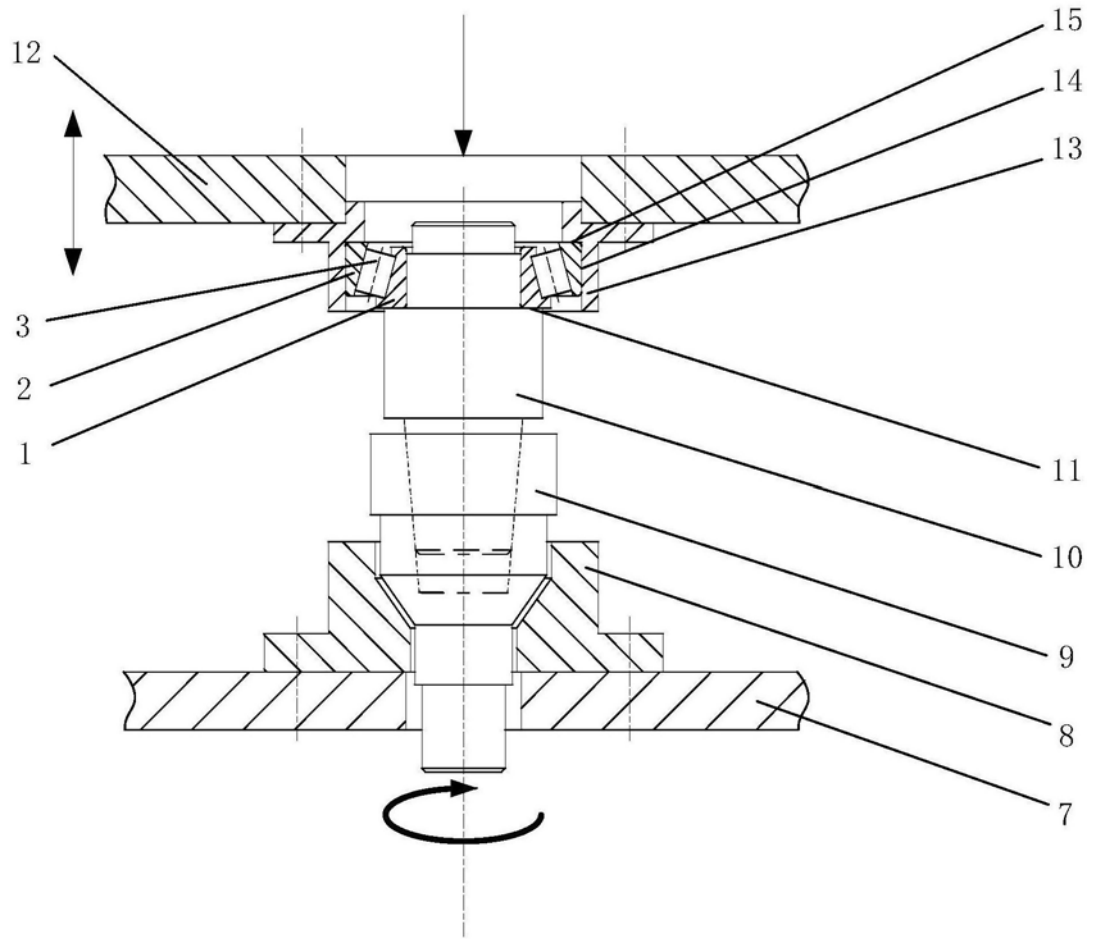


图4

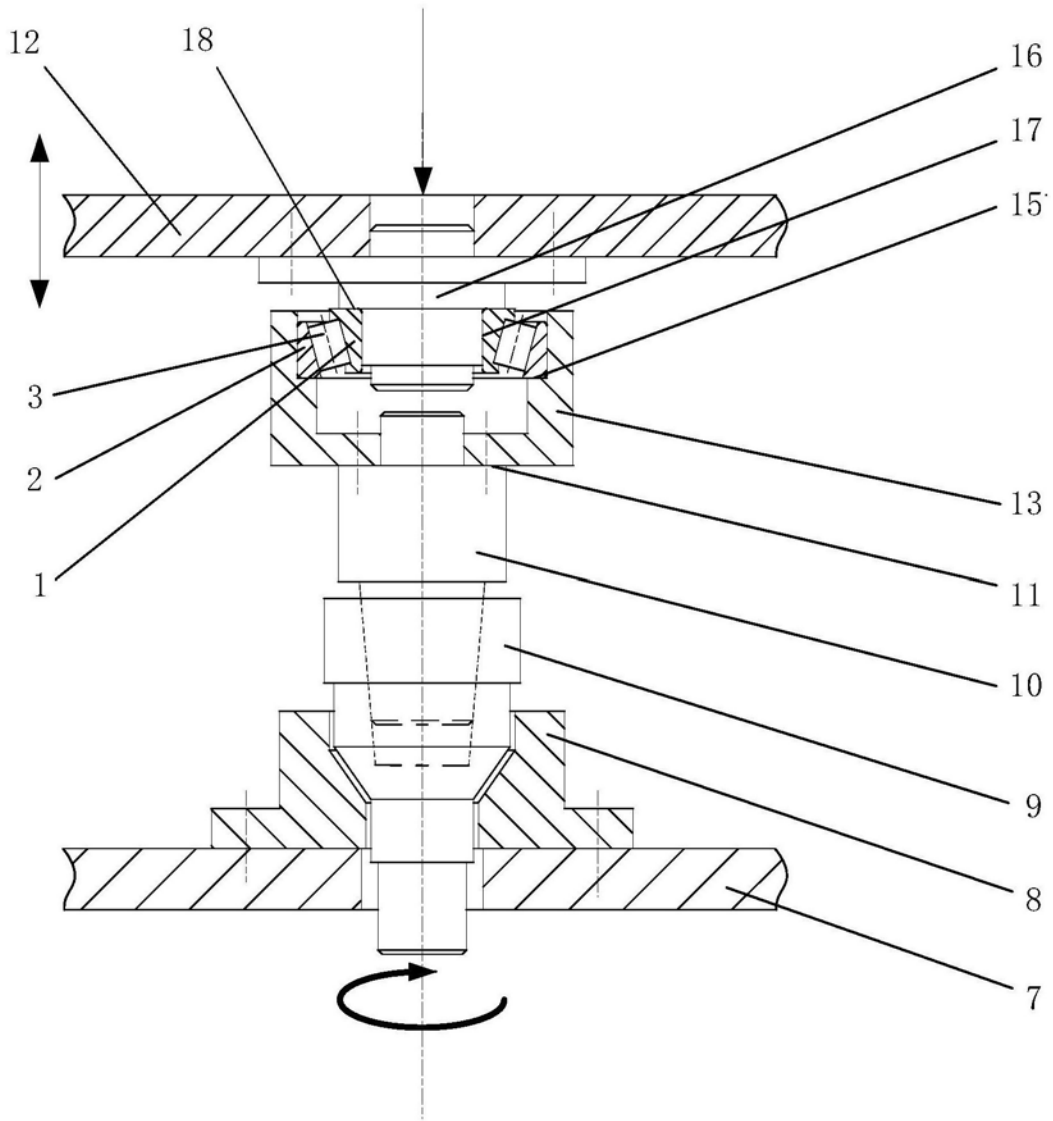


图5