(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109781413 A
(43)申请公布日 2019.05.21

(21)申请号 201910168456.1

(22)申请日 2019.03.06

(71)申请人 西北工业大学
地址 710072 陕西省西安市碑林区友谊西路127号
申请人 西安交通大学科技与教育发展研究院
西安固泽机电设备有限公司

(72)发明人 杨朝晖 芦奕菲 郑一琳 南凯刚 杨宏章

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200
代理人 徐文权

(51)Int.Cl.
G01M 13/045(2019.01)

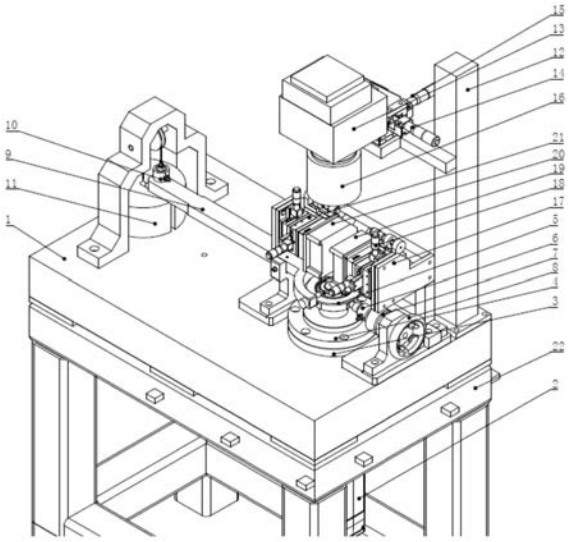
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置及方法，本发明的装置通过轴向加载杠杆系统和径向载荷施加装置能够同时实现轴向与径向的载荷施加，最大程度模拟轴承服役的真实情况；本发明采用摄像机拍摄的方式采集高速轴承服役条件下保持架径向跳动数据，采用轴向跳动采集装置采集高速轴承服役条件下保持架轴向跳动数据，做到了实时性及高效性，且规避了其他测量方式的接触误差；本发明采用超高精度空气主轴支承待测轴承，最大程度降低系统误差对于测量精度的影响。



CN 109781413 A

1.一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置,其特征在于,包括平台(1),平台上固定有空气主轴(3),空气主轴(3)通过伺服电机(2)驱动转动,空气主轴(3)上固定有能够更换型号的芯轴(4),芯轴(4)用于固定待测轴承(23),待测轴承(23)上设有与待测轴承(23)相匹配的压盖(5),平台(1)上设置有轴向加载杠杆系统(9)、径向载荷施加装置、轴向跳动采集装置和支座立柱(12),轴向加载杠杆系统(9)将载荷施加在压盖(5)上,径向载荷施加装置将载荷施加在待测轴承(23)的轴面上,轴向跳动采集装置置于待测轴承(23)的上方,用于采集待测轴承(23)的轴向跳动信息,支座立柱(12)上设置有摄像机(13),摄像机设置在待测轴承(23)的正上方;

轴向加载杠杆系统(9)、径向载荷施加装置、轴向跳动采集装置和摄像机(13)均连接控制单元,控制单元用于接收轴向加载杠杆系统(9)、径向载荷施加装置、轴向跳动采集装置和摄像机(13)发送的数据,并通过专业运动图像分析软件进行分析。

2.根据权利要求1所述的一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置,其特征在于,轴向加载杠杆系统(9)包括轴向加载龙门架(25)以及通过杠杆支架(28)和杠杆(29)的杠杆系统,轴向加载龙门架(25)顶部设置有轴向加载滑轮(26),轴向加载滑轮(26)上设置有连接绳,连接绳的一端连接轴向加载质量块(11),另一端连接轴向加载压力传感器(10),杠杆(29)的一端与压盖(5)接触,另一端上固定轴向加载压力传感器(10),轴向加载压力传感器(10)连接控制单元。

3.根据权利要求2所述的一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置,其特征在于,杠杆(29)与压盖(5)接触的一端为半圆形连杆,半圆形连杆的两个端部均设置有加载杆,两个加载杆均与压盖(5)上表面接触。

4.根据权利要求1所述的一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置,其特征在于,径向载荷施加装置包括转换支座(24),转换支座(24)上设置有径向加载支架(8),径向加载支架(8)上固定有径向加载气缸(7),加载气缸(7)的伸出端设置有径向加载压力传感器(6),加载气缸(7)的加载杆用于将载荷传递给待测轴承(23)的轴面,径向加载压力传感器(6)连接控制单元。

5.根据权利要求1所述的一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置,其特征在于,轴向跳动采集装置包括激光位移传感器支架(17),激光位移传感器支架(17)上设置有第一手动平移台(18)和第二手动平移台(21),第一手动平移台(18)和第二手动平移台(21)平行设置,第一手动平移台(18)和第二手动平移台(21)上分别设置有第一激光位移传感器(19)和第二激光传感器(20),第一激光位移传感器(19)和第二激光传感器(20)指向待测轴承(23),第一激光位移传感器(19)和第二激光传感器(20)连接控制单元。

6.根据权利要求1所述的一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置,其特征在于,支座立柱(12)上设置有升降平台(27),升降平台(27)上设置有X轴手动平移台(14),X轴手动平移台(14)上设置有Y轴手动平移台(15),摄像机(13)设置在Y轴手动平移台(15)上。

7.根据权利要求1所述的一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置,其特征在于,摄像机(13)上设置有微焦镜头(16),摄像机(13)通过微焦镜头(16)拍摄待测轴承(23)。

8.权利要求1所述的一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置的工作方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一,选定待测轴承(23),以及与待测轴承(23)相匹配的芯轴(4)和压盖(5),将芯轴

(4)固定在空气主轴(3)上;将待测轴承(23)安装到芯轴(4)上;将压盖(5)安装到待测轴承(23)上,并在待测轴承(23)上选定标记点;

步骤二,通过摄像机(13)拍摄待测轴承(23)高速转动下状态图,通过轴向跳动采集装置记录待测轴承(23)在高速运转时的轴向跳动位移;

步骤三,转动精密压盖(5),使待测轴承(23)紧靠径向载荷施加装置,轴向加载杠杆系统(9)与压盖(5)接触,并将径向载荷施加装置和轴向加载杠杆系统(9)的传感器示值归零;

步骤四,开启伺服电机(2)并调节转速至预定值;

步骤五,调节径向载荷施加装置的推力,使径向载荷施加装置中传感器的示值与预定载荷一致,调节轴向加载杠杆系统(9),使得轴向加载杠杆系统(9)的示值与预定载荷一致;

步骤六,启动摄像机(13)并选在合适的触发模式,得到待测轴承(23)高速转动时保持架上标记点的一系列径向位移影像;同时启动轴向跳动采集装置,得到轴承高速转动时保持架上标记点的一系列轴向位移数据;

步骤七,将得到的径向位移影像及轴向位移数据通过控制单元导入专业运动图像分析软件,能够分析评估服役工况下高速轴承的稳定性。

9.根据权利要求8所述的一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置的工作方法,其特征在于,通过改变载荷值、转速和润滑条件,能够得到一个轴承在不同工作条件下的测量数据。

10.根据权利要求8所述的一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置的工作方法,其特征在于,步骤一中,更换芯轴(4)、压盖(5)和待测轴承(23),重复步骤二到步骤七,能够得到多组不同加工质量和不同结构参数高速轴承的测量数据。

一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于滚动轴承测量领域，具体涉及一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置及方法。

背景技术

[0002] 随着飞轮、控制力矩陀螺等空间机构用轴承寿命与可靠性要求指标日益苛刻，保持架动力学特性对于轴承性能的影响日益凸显。长久以来，针对轴承套圈与滚动体的研究取得了长足的进步，结构参数优化与新材料的应用大幅提高了轴承的寿命与可靠性，然而保持架的理论与试验研究工作却大幅滞后，且鉴于保持架运动的特殊性，特别是空间机构轴承保持架，其更肩负润滑作用，因此亟待开展保持架的动力学特性理论与试验研究。长久以来，保持架稳定性分析一直是轴承领域的难题，其所具有6个自由度，使得其高速运转状态异常复杂，难以在不影响其运动状态的情况下分析与评估其运动特性，从而达到评估轴承性能与预测寿命的目的。因此，测试保持架稳定性，对提高滚动轴承的设计、加工、装配以及使用水平，进而提高滚动轴承的服役性能具有十分重要的意义。

[0003] 美国专利公开说明书US 6,378,382 B1公开了一种滚动轴承径向旋转精度与动态转矩测量装置(DEVICE FOR MEASURING ROTATION ACCURACY AND DYNAMIC TORQUE FOR RADIAL ROLLING BEARING)，该装置在滚动轴承的轴向施加载荷，同时对滚动轴承的NRRO(非重复性跳动精度)和动态力矩进行测量，实现了滚动轴承外圈稳定性评估。但是，其一该装置无法实现轴承径向载荷施加，无法模拟轴承真实工况；其二该装置没有无法评估保持架的稳定性。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服上述不足，提供一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置及方法，能够观测高速轴承服役工况下保持架轴向及径向运动轨迹的装置，进而通过轨迹分析评估轴承保持架的稳定性。

[0005] 为了达到上述目的，一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置，包括平台，平台上固定有空气主轴，空气主轴通过伺服电机驱动转动，空气主轴上固定有能够更换型号的芯轴，芯轴用于固定待测轴承，待测轴承上设有与待测轴承相匹配的压盖，平台上设置有轴向加载杠杆系统、径向载荷施加装置、轴向跳动采集装置和支座立柱，轴向加载杠杆系统将载荷施加在压盖上，径向载荷施加装置将载荷施加在待测轴承的轴面上，轴向跳动采集装置置于待测轴承的上方，用于采集待测轴承的轴向跳动信息，支座立柱上设置有摄像机，摄像机设置在待测轴承的正上方；

[0006] 轴向加载杠杆系统、径向载荷施加装置、轴向跳动采集装置和摄像机均连接控制单元，控制单元用于接收轴向加载杠杆系统、径向载荷施加装置、轴向跳动采集装置和摄像机发送的数据，并通过专业运动图像分析软件进行分析。

[0007] 轴向加载杠杆系统包括轴向加载龙门架以及通过杠杆支架和杠杆的杠杆系统，轴

向加载龙门架顶部设置有轴向加载滑轮，轴向加载滑轮上设置有连接绳，连接绳的一端连接轴向加载质量块，另一端连接轴向加载压力传感器，杠杆的一端与压盖接触，另一端上固定轴向加载压力传感器，轴向加载压力传感器连接控制单元。

[0008] 杠杆与压盖接触的一端为半圆形连杆，半圆形连杆的两个端部均设置有加载杆，两个加载杆均与压盖上表面接触。

[0009] 径向载荷施加装置包括转换支座，转换支座上设置有径向加载支架，径向加载支架上固定有径向加载气缸，加载气缸的伸出端设置有径向加载压力传感器，加载气缸的加载杆用于将载荷传递给待测轴承的轴面，径向加载压力传感器连接控制单元。

[0010] 轴向跳动采集装置包括激光位移传感器支架，激光位移传感器支架上设置有第一手动平移台和第二手动平移台，第一手动平移台和第二手动平移台平行设置，第一手动平移台和第二手动平移台上分别设置有第一激光位移传感器和第二激光传感器，第一激光位移传感器和第二激光传感器指向待测轴承，第一激光位移传感器和第二激光传感器连接控制单元。

[0011] 支座立柱上设置有升降平台，升降平台上设置有X轴手动平移台，X轴手动平移台上设置有Y轴手动平移台，摄像机设置在Y轴手动平移台上。

[0012] 摄像机上设置有微焦镜头，摄像机通过微焦镜头拍摄待测轴承。

[0013] 一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置的工作方法，包括以下步骤：

[0014] 步骤一，选定待测轴承，以及与待测轴承相匹配的芯轴和压盖，将芯轴固定在空气主轴上；将待测轴承安装到芯轴上；将压盖安装到待测轴承上，并在待测轴承上选定标记点；

[0015] 步骤二，通过摄像机拍摄待测轴承高速转动下状态图，通过轴向跳动采集装置记录待测轴承在高速运转时的轴向跳动位移；

[0016] 步骤三，转动精密压盖，使待测轴承紧靠径向载荷施加装置，轴向加载杠杆系统与压盖接触，并将径向载荷施加装置和轴向加载杠杆系统的传感器示值归零；

[0017] 步骤四，开启伺服电机并调节转速至预定值；

[0018] 步骤五，调节径向载荷施加装置的推力，使径向载荷施加装置中传感器的示值与预定载荷一致，调节轴向加载杠杆系统，使得轴向加载杠杆系统的示值与预定载荷一致；

[0019] 步骤六，启动摄像机并选在合适的触发模式，得到待测轴承高速转动时保持架上标记点的一系列径向位移影像；同时启动轴向跳动采集装置，得到轴承高速转动时保持架上标记点的一系列轴向位移数据；

[0020] 步骤七，将得到的径向位移影像及轴向位移数据通过控制单元导入专业运动图像分析软件，能够分析评估服役工况下高速轴承的稳定性。

[0021] 通过改变载荷值、转速和润滑条件，能够得到一个轴承在不同工作条件下的测量数据。

[0022] 步骤一中，更换芯轴、压盖和待测轴承，重复步骤二到步骤七，能够得到多组不同加工质量和不同结构参数高速轴承的测量数据。

[0023] 与现有技术相比，本发明的装置通过轴向加载杠杆系统和径向载荷施加装置能够同时实现轴向与径向的载荷施加，最大程度模拟轴承服役的真实情况；本发明采用摄像机拍摄的方式采集高速轴承服役条件下保持架径向跳动数据，采用轴向跳动采集装置采集高

速轴承服役条件下保持架轴向跳动数据，做到了实时性及高效性，且规避了其他测量方式的接触误差；本发明采用超高精度空气主轴支承待测轴承，最大程度降低系统误差对于测量精度的影响。

[0024] 本发明的方法首先将待测轴承固定在芯轴上，并对向加载杠杆系统和径向载荷施加装置进行调零，开启伺服电机使转速至预定值，调节径向载荷施加装置的推力和轴向加载杠杆系统轴向压力，并将数据收集到控制单元中进行处理，能够分析评估服役工况下高速轴承的稳定性，本方法能够观测高速轴承服役工况下保持架轴向及径向运动轨迹，进而通过轨迹分析评估轴承保持架的稳定性。

附图说明

[0025] 图1为本发明的结构示意图；

[0026] 图2为本发明中轴承与压盖和芯轴的配合示意图；

[0027] 图3为本发明中轴向加载杠杆系统和径向载荷施加装置的示意图；

[0028] 图4为本发明中摄像机组件的示意图；

[0029] 图5为本发明中轴向跳动采集装置的示意图；

[0030] 其中，1、平台，2、伺服电机，3、空气主轴，4、芯轴，5、压盖，6、径向加载压力传感器，7、径向加载气缸，8、径向加载支座，9、轴向加载杠杆系统，10、轴向加载压力传感器，11、轴向加载质量块，12、支座立柱，13、摄像机，14、X轴手动平移台，15、Y轴手动平移台，16、微焦镜头，17、激光位移传感器支架，19、第一激光位移传感器，18、第一手动平移台，20、第二激光位移传感器，21、第二手动平移台，22、机架，23、待测轴承，24、转换支座，25、轴向加载龙门架，26、轴向加载滑轮，27、升降平台，28、杠杆支架，29、杠杆。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0032] 参见图1和图2，一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置，包括设置在机架22上的平台1，平台上固定有空气主轴3，空气主轴3通过伺服电机2驱动转动，空气主轴3上固定有能够更换型号的芯轴4，芯轴4用于固定待测轴承23，待测轴承23上设有与待测轴承23相匹配的压盖5，平台1上设置有轴向加载杠杆系统9、径向载荷施加装置、轴向跳动采集装置和支座立柱12，轴向加载杠杆系统9将载荷施加在压盖5上，径向载荷施加装置将载荷施加在待测轴承23的轴面上，轴向跳动采集装置置于待测轴承23的上方，用于采集待测轴承23的轴向跳动信息，支座立柱12上设置有摄像机13，摄像机设置在待测轴承23的正上方；摄像机13上设置有微焦镜头16，摄像机13通过微焦镜头16拍摄待测轴承23。

[0033] 轴向加载杠杆系统9、径向载荷施加装置、轴向跳动采集装置和摄像机13均连接控制单元，控制单元用于接收轴向加载杠杆系统9、径向载荷施加装置、轴向跳动采集装置和摄像机13发送的数据，并通过专业运动图像分析软件进行分析。

[0034] 参见图3，轴向加载杠杆系统9包括轴向加载龙门架25以及通过杠杆支架28和杠杆29的杠杆系统，轴向加载龙门架25顶部设置有轴向加载滑轮26，轴向加载滑轮26上设置有连接绳，连接绳的一端连接轴向加载质量块11，另一端连接轴向加载压力传感器10，杠杆29的一端与压盖5接触，另一端上固定轴向加载压力传感器10，轴向加载压力传感器10连接控

制单元。杠杆29与压盖5接触的一端为半圆形连杆，半圆形连杆的两个端部均设置有加载杆，两个加载杆均与压盖5上表面接触。

[0035] 参见图3，径向载荷施加装置包括转换支座24，转换支座24上设置有径向加载支架8，径向加载支架8上固定有径向加载气缸7，加载气缸7的伸出端设置有径向加载压力传感器6，加载气缸7的加载杆用于将载荷传递给待测轴承23的轴面，径向加载压力传感器6连接控制单元。

[0036] 参见图5，轴向跳动采集装置包括激光位移传感器支架17，激光位移传感器支架17上设置有第一手动平移台18和第二手动平移台21，第一手动平移台18和第二手动平移台21平行设置，第一手动平移台18和第二手动平移台21上分别设置有第一激光位移传感器19和第二激光传感器20，第一激光位移传感器19和第二激光传感器20指向待测轴承23，第一激光位移传感器19和第二激光传感器20连接控制单元。通过第一手动平移台18和第二手动平移台21的移动使得一激光位移传感器19和第二激光传感器20具备三维精密调整定位能力。

[0037] 参见图4，支座立柱12上设置有升降平台27，升降平台27上设置有X轴手动平移台14，X轴手动平移台14上设置有Y轴手动平移台15，摄像机13设置在Y轴手动平移台15上。升降平台27可以上下移动，而连接微焦镜头16的摄像机13则通过专用夹具固定到Y轴手动平移台15上，从而使得相机具备三维精密调整的定位能力。

[0038] 一种高精度滚动轴承保持架稳定性测试装置的工作方法，包括以下步骤：

[0039] 步骤1：选定待测轴承23，以及与之匹配的芯轴4和压盖5，将精密芯轴安装在空气主轴3上止盘轴端，调整好同轴度并拧紧紧固螺栓；将待测轴承23安装到芯轴上；将压盖5安装到待测轴承23上，并在待测轴承23上选定标记点。

[0040] 步骤2：通过升降平台27及X轴手动平移台14和Y轴手动平移台15调整摄像机13的位置以适配拍摄待测轴承23高速转动下状态图，通过第一手动平移台18和第二手动平移台2)调整第一激光位移传感器19和第一手动平移台18的位置以记录待测轴承23在高速运转时的轴向跳动位移。

[0041] 步骤3：轻微转动压盖5，使得径向布置的加载杆紧靠在力传感器上，轴向布置的加载杆紧靠在杠杆上，并将力传感器的示值归零。

[0042] 步骤4：打开数据采集系统，检查各个通道的输入是否正常，调整所有的位移传感器保证其位于线性测量范围内。

[0043] 步骤5：打开供气系统，检查空气主轴3供气回路、径向加载系统的供气回路工作状态，开启伺服电机2并调节转速至预定值；

[0044] 步骤6：调节径向空气加载系统驱动气缸7的推力，使得径向力传感器6的示值与预定载荷接近，添加轴向加载质量块11，使得轴向加载压力传感器10的示值与预定载荷接近，之后微调质量块和径向气缸的力直至轴向力传感器和径向力传感器的示值与预定载荷值一致。

[0045] 步骤7：启动摄像机13并选在合适的触发模式，得到受载轴承高速转动时保持架上标记点的一系列径向位移影像；同时启动激光位移传感器，得到轴承高速转动时保持架上标记点的一系列轴向位移数据。

[0046] 步骤8：将得到的径向位移影像及轴向位移数据导入专业运动图像分析软件，即可分析评估服役工况下高速轴承的稳定性。

[0047] 步骤9:一组数据测量完成之后,通过改变载荷值、转速和润滑条件,可以得到一个轴承不同工作条件下的测量数据。

[0048] 步骤10:一个轴承测量完成之后,根据需要更换芯轴4和压盖5,重复上述步骤,如此,可以得到多组不同加工质量和不同结构参数高速轴承的测量数据。

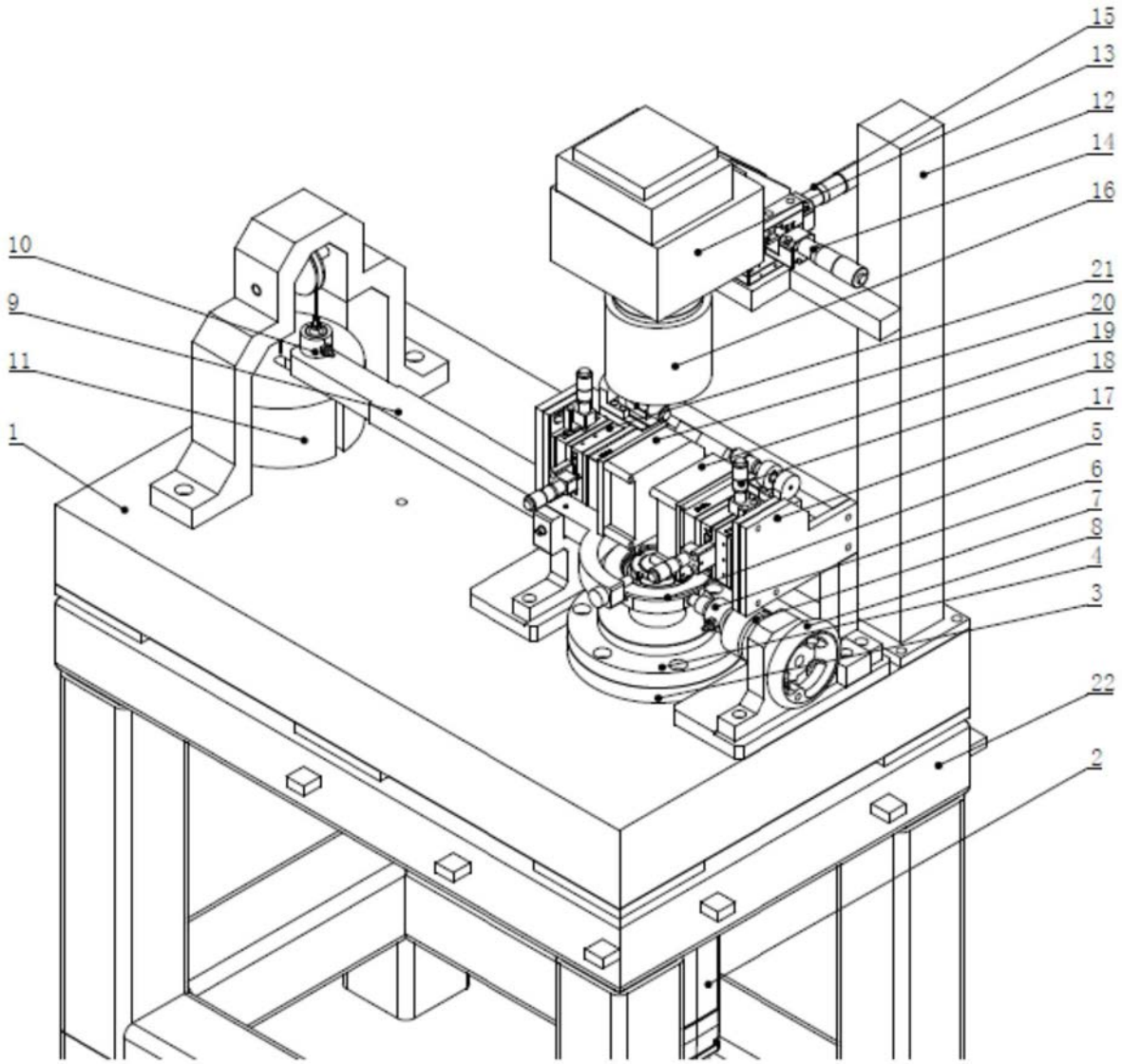


图1

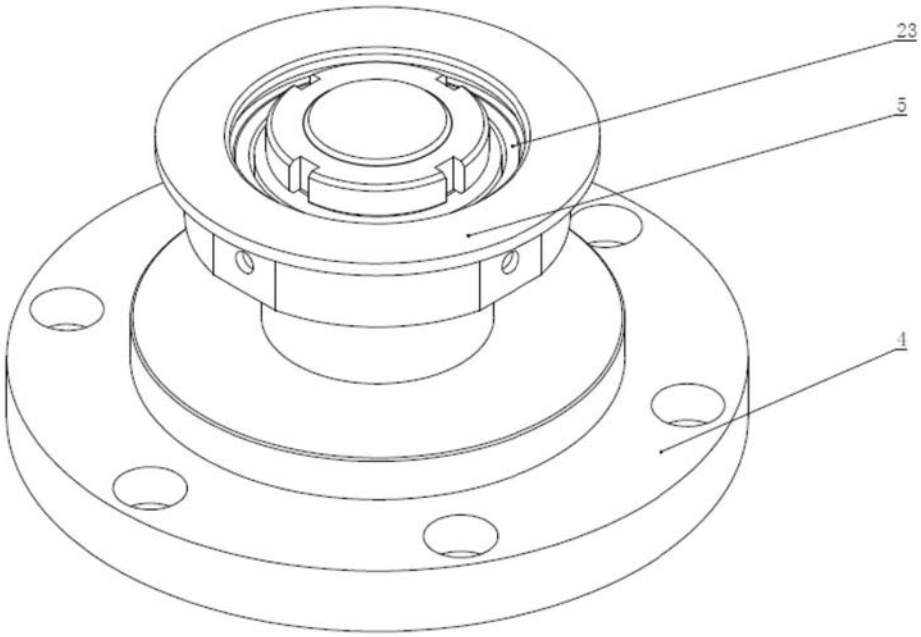


图2

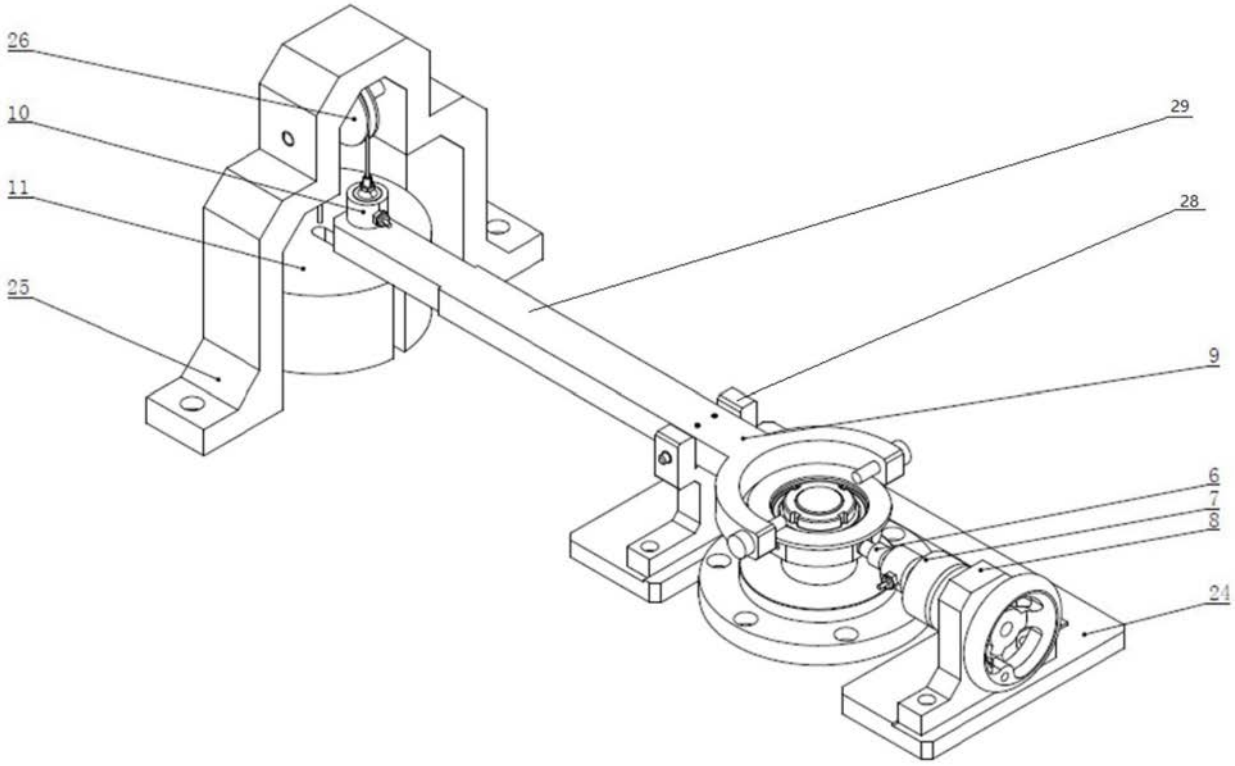


图3

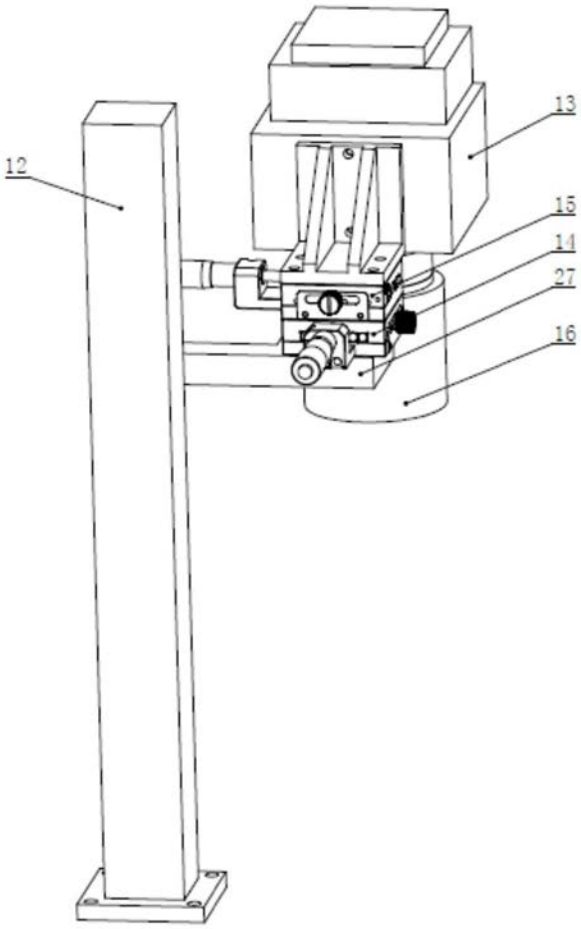


图4

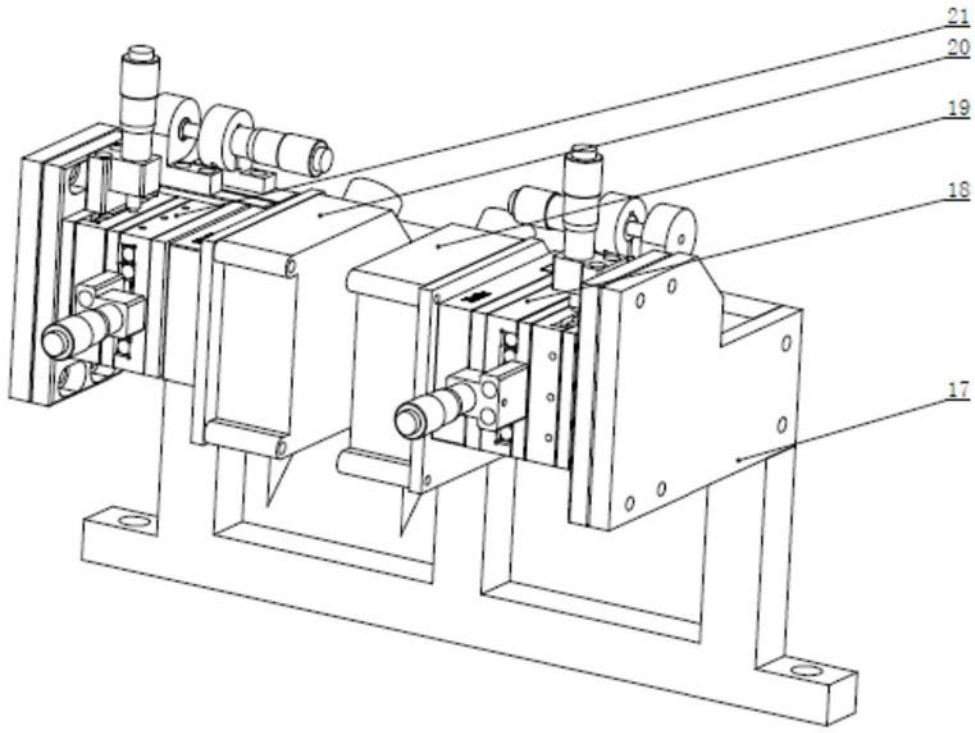


图5