



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110595771 B

(45) 授权公告日 2021.07.13

(21) 申请号 201910751627.3

(22) 申请日 2019.08.14

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110595771 A

(43) 申请公布日 2019.12.20

(73) 专利权人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市玄武区孝陵卫
200号

(72) 发明人 周长光 叶坤奇 王晓艺

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心

32203

代理人 马鲁晋

(51) Int. Cl.

G01M 13/025 (2019.01)

G01L 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 204202574 U, 2015.03.11

US 2001054238 A1, 2001.12.27

DE 102017201230 A1, 2018.07.26

JP 5770763 B2, 2015.08.26

CN 102287444 A, 2011.12.21

CN 102297199 A, 2011.12.28

CN 104389902 A, 2015.03.04

CN 108317168 A, 2018.07.24

CN 106017889 A, 2016.10.12

CN 109900632 A, 2019.06.18

耿宝龙. 滚动直线导轨副摩擦分析及试验方法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技I辑》. 2013, (第07(2013)期), 正文第44-49页.

Huaxi Zhou等. Recalculation of the basic static load of ball screws.《ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING》. 2019, 第11卷(第7期),

审查员 陈改平

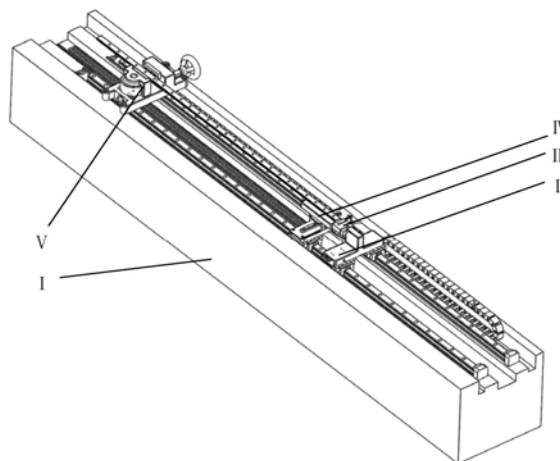
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置及方法, 装置包括床身部件、移动平台、拉压式力传感器、导向平台和预加载荷调节装置。床身部件上设置有移动平台、导向平台, 移动平台与拉压式力传感器的一端相连, 拉压式力传感器的另一端与导向平台相连, 预加载荷调节装置固定在床身部件上, 被测直线导轨副安装在导向平台上。电机驱动移动平台运动带动导向平台运动, 进而带动被测直线导轨副运动, 运动过程中, 预加载荷调节装置、拉压式力传感器分别测量待测直线导轨副的预加载荷值、摩擦力。本发明能够在一次安装后, 实现在不同预加载荷水平下被测直线导轨副的预加载荷和摩擦力的同步快速测量, 测量效率高, 数据真实可靠。



CN 110595771 B

1. 滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置,其特征在于,包括床身部件(I)、移动平台(II)、拉压式力传感器(III)、导向平台(IV)和预加载荷调节装置(V);

所述床身部件(I)包括床身(1),设置在床身(1)上的一对平行的主导轨副(2),拖链(3),设置在两个主导轨副(2)之间且与主导轨副(2)平行的长光栅(4),以及直线电机(5);床身(1)上沿主导轨副(2)的轴向方向上依次设置移动平台(II)、拉压式力传感器(III)、导向平台(IV)和预加载荷调节装置(V),其中,移动平台(II)和导向平台(IV)分别设置在一对主导轨副(2)的两组滑块上,拉压式力传感器(III)的两端分别与移动平台(II)、导向平台(IV)相连;预加载荷调节装置(V)固定在床身(1)上;长光栅(4)的光栅读数头与移动平台(II)相连,随移动平台(II)一起往复运动;待测直线导轨副(16)的一端固连于导向平台(IV),随导向平台(IV)一起往复运动,另一端设置在预加载荷调节装置(V)上;

直线电机(5)驱动移动平台(II)运动带动导向平台(IV)运动,进而带动待测直线导轨副(16)运动,在运动过程中,利用预加载荷调节装置(V)测量待测直线导轨副(16)的预加载荷值,并读取拉压式力传感器(III)的数值进而获得滚动直线导轨副的摩擦力;

所述预加载荷调节装置(V)包括第一固定钳身(6-1)、第二固定钳身(6-2)、梯形丝杠(7)、手轮(8)、轴承(9)、法兰盖(10)、转动螺母(11)、中心螺钉(12)、活动钳身(13)、第一钳口板(14-1)、第二钳口板(14-2)、第一压力传感器(15-1)和第二压力传感器(15-2);所述第二固定钳身(6-2)垂直固连于第一固定钳身(6-1)的上表面且与主导轨副(2)平行,活动钳身(13)垂直活动连接于第一固定钳身(6-1)的上表面且与主导轨副(2)平行,第二固定钳身(6-2)和活动钳身(13)之间存在间隙用于卡住待测直线导轨副(16);第二固定钳身(6-2)和活动钳身(13)相对内侧的对应位置分别设置第一钳口板(14-1)、第二钳口板(14-2),第一钳口板(14-1)、第二钳口板(14-2)上的相对位置处分别设置第一压力传感器(15-1)和第二压力传感器(15-2);第一固定钳身(6-1)上设置有与主导轨副(2)垂直的通孔,梯形丝杠(7)贯穿所述通孔且其两端分别通过轴承(9)和法兰盖(10)安装在通孔内;转动螺母(11)与梯形丝杠(7)螺纹配合且通过中心螺钉(12)与活动钳身(13)固连;手轮(8)通过键与梯形丝杠(7)的一端相连,旋转手轮(8)带动活动钳身(13)沿垂直于主导轨副(2)的方向运动以改变第二固定钳身(6-2)和活动钳身(13)之间的间隙大小。

2. 根据权利要求1所述的滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置,其特征在于,所述拉压式力传感器(III)的两端分别通过双头螺柱与移动平台(II)、导向平台(IV)相连。

3. 根据权利要求2所述的滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置,其特征在于,所述拉压式力传感器(III)具体采用S型拉压式传感器。

4. 根据权利要求1所述的滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置,其特征在于,所述直线电机(5)的定子设置在一对主导轨副(2)之间,且位于床身(1)的上表面,直线电机(5)的动子安装在移动平台(II)的下表面。

5. 根据权利要求1所述的滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置,其特征在于,所述床身(1)上开有与主导轨副(2)相平行的凹槽,该凹槽中嵌入拖链(3)。

6. 根据权利要求1所述的滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置,其特征在于,所述移动平台(II)包括第一工作底板(17)、定位支架(18),第一工作底板(17)的下表面设置在一对主导轨副(2)的一组滑块上,定位支架(18)用于连接拉压式力传感器(III),

且其设置于第一工作底板(17)上表面的导轨上,可以相对定位支架(18)移动,以调整第一工作底板(17)与定位支架(18)的相对位置。

7.根据权利要求1所述的滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置,其特征在于,所述导向平台(IV)包括第二工作底板(19)、转接支架(20),第二工作底板(19)的下表面设置在一对主导轨副(2)的一组滑块上,转接支架(20)用于固定待测直线导轨副(16),且其设置于第二工作底板(19)上表面的导轨上,可以相对转接支架(20)移动,以调整第二工作底板(19)与转接支架(20)的相对位置。

8.基于权利要求1至7任意一项所述装置的滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、直线电机驱动移动平台沿床身的方向匀速运动,带动导向平台作相同的匀速运动,读取拉压式力传感器的数值,重复该过程若干次,之后对拉压式力传感器的测量数值取平均值作为空载摩擦力 f_0 ;

步骤2、将待测直线导轨副固定安装在导向平台上,转动手轮,带动第一钳口板、第二钳口板压紧待测直线导轨副的滑块,直至第一压力传感器和第二压力传感器的数值与设定的预加载荷值相等,停止转动手轮,此时第一压力传感器和第二压力传感器的数值即为待测直线导轨副的预加载荷值 p_1 ;

步骤3、直线电机驱动移动平台和导向平台以步骤1中的速度沿床身的方向匀速运动,读取拉压式力传感器的数值,重复该过程若干次,之后对拉压式力传感器的测量数值取平均值,记为加载摩擦力 f_1 ;

步骤4、将加载摩擦力与空载摩擦力相减,即获得预加载荷值为 p_1 对应的待测直线导轨副的摩擦力;

步骤5、重复步骤2至步骤4,即可获得不同预加载荷值 p_1 对应的待测直线导轨副的摩擦力 $(f_i - f_0)$ 。

滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于滚动直线导轨副性能测试领域,特别涉及滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置及方法。

背景技术

[0002] 滚动直线导轨副作为高档数控机床的核心基础功能部件,其精度及可靠性将直接影响主机的加工精度。由于过大的预加载荷会增加导轨副的摩擦力,加剧磨损;过小的预加载荷会显著降低导轨副的刚性,增加振动,进而影响导轨副运动精度、刚性、承载能力等性能,因此必须精确控制直线导轨副的预加载荷。由此可见,准确得到预加载荷值,有利于滚动直线导轨副使用寿命的延长以及可靠性的提高,从而保障主机的加工精度。

[0003] 经查阅相关资料发现,目前只能通过滚动体的直径粗略地判定滚动直线导轨副的预加载荷等级(轻、中、重),无法准确给出预加载荷值,在这一方面存在研究空白,获取预加载荷的精确值对直线导轨副性能状态的预测具有重要意义。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供能同步、快速测量滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力的装置和方法。

[0005] 实现本发明目的的技术解决方案为:滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置,包括床身部件、移动平台、拉压式力传感器、导向平台和预加载荷调节装置;

[0006] 所述床身部件包括床身,设置在床身上的一对平行的主导轨副,拖链,设置在两个主导轨副之间且与主导轨副平行的长光栅,以及直线电机;床身上沿主导轨副的轴向方向上依次设置移动平台、拉压式力传感器、导向平台和预加载荷调节装置,其中,移动平台和导向平台分别设置在一对主导轨副的两组滑块上,拉压式力传感器的两端分别与移动平台、导向平台相连;预加载荷调节装置(V)固定在床身上;长光栅的光栅读数头与移动平台相连,随移动平台一起往复运动;待测直线导轨副的一端固连于导向平台,随导向平台一起往复运动,另一端设置在预加载荷调节装置上;

[0007] 直线电机驱动移动平台运动带动导向平台运动,进而带动被测直线导轨副运动,在运动过程中,利用预加载荷调节装置测量被测直线导轨副的预加载荷值,并读取拉压式力传感器的数值进而获得滚动直线导轨副的摩擦力。

[0008] 基于上述装置的滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量方法,包括以下步骤:

[0009] 步骤1、直线电机驱动移动平台沿床身的方向匀速运动,带动导向平台作相同的匀速运动,读取拉压式力传感器的数值,重复该过程若干次,之后对拉压式力传感器的测量数值取平均值作为空载摩擦力 f_0 ;

[0010] 步骤2、将待测直线导轨副固定安装在导向平台上,转动手轮,带动第一钳口板、第二钳口板压紧待测直线导轨副的滑块,直至第一压力传感器和第二压力传感器的数值与设

定的预加载荷值相等,停止转动手轮,此时第一压力传感器和第二压力传感器的数值即为待测直线导轨副的预加载荷值 p_1 ;

[0011] 步骤3、直线电机驱动移动平台和导向平台以步骤1中的速度沿床身的方向匀速运动,读取拉压式力传感器的数值,重复该过程若干次,之后对拉压式力传感器的测量数值取平均值,记为加载摩擦力 f_1 ;

[0012] 步骤4、将加载摩擦力与空载摩擦力相减,即获得预加载荷值为 p_1 对应的待测直线导轨副的摩擦力;

[0013] 步骤5、重复步骤2至步骤4,即可获得不同预加载荷值 p_i 对应的待测直线导轨副的摩擦力($f_i - f_0$)。

[0014] 本发明与现有技术相比,其显著优点为:1)可以直接读取预加载荷的准确值,且能够同时实现摩擦力的测量,具有较高的测量效率;2)通过拉压式力传感器、压力传感器的在线测试,实时反映了滚动直线导轨副在预加载荷和摩擦力同步测试过程中的性能变化,测试数据连续可靠;3)装置调节便捷,包括自身结构可调的移动平台、导向平台等,可适用于多种型号的样件测量,适用范围广;且一次安装,可多次进行不同预加载荷水平下的直线导轨副摩擦力的测量。

[0015] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述。

附图说明

[0016] 图1为本发明滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置的总体结构部件图。

[0017] 图2为本发明滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置的总体结构示意图。

[0018] 图3为本发明滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置的床身部件示意图。

[0019] 图4为本发明滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置的预加载荷调节装置示意图。

[0020] 图5为本发明滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置预加载荷调节装置的垂直剖面图。

[0021] 图6为本发明滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置预加载荷调节装置的水平剖面图。

[0022] 图7为本发明滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置移动平台示意图。

[0023] 图8为本发明滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置导向平台示意图。

具体实施方式

[0024] 结合图1和图2,本发明滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置,包括床身部件I、移动平台II、拉压式力传感器III、导向平台IV和预加载荷调节装置V;

[0025] 结合图3,床身部件I包括床身1,设置在床身1上的一对平行的主导轨副2,拖链3,

设置在两个主导轨副2之间且与主导轨副2平行的长光栅4,以及直线电机5;床身1上沿主导轨副2的轴向方向上依次设置移动平台Ⅱ、拉压式力传感器Ⅲ、导向平台Ⅳ和预加载荷调节装置Ⅴ,其中,移动平台Ⅱ和导向平台Ⅳ分别设置在一对主导轨副2的两组滑块上,拉压式力传感器Ⅲ的两端分别与移动平台Ⅱ、导向平台Ⅳ相连;预加载荷调节装置Ⅴ固定在床身1上;长光栅4的光栅读数头与移动平台Ⅱ相连,随移动平台Ⅱ一起往复运动;待测直线导轨副16的一端固连于导向平台Ⅳ,随导向平台Ⅳ一起往复运动,另一端设置在预加载荷调节装置Ⅴ上;

[0026] 直线电机5驱动移动平台Ⅱ运动带动导向平台Ⅳ运动,进而带动被测直线导轨副16运动,在运动过程中,利用预加载荷调节装置Ⅴ测量被测直线导轨副16的预加载荷值,并读取拉压式力传感器Ⅲ的数值进而获得滚动直线导轨副的摩擦力。

[0027] 示例性地,拉压式力传感器Ⅲ的两端分别通过双头螺柱与移动平台Ⅱ、导向平台Ⅳ相连。

[0028] 示例性地,拉压式力传感器Ⅲ具体采用S型拉压式传感器。

[0029] 进一步优选地,直线电机5的定子设置在一对主导轨副2之间,且位于床身1的上表面,直线电机5的动子安装在移动平台Ⅱ的下表面。

[0030] 进一步优选地,床身1上开有与主导轨副2相平行的凹槽,该凹槽中嵌入拖链3。

[0031] 进一步优选地,结合图7,移动平台Ⅱ包括第一工作底板17、定位支架18,第一工作底板17的下表面设置在一对主导轨副2的一组滑块上,定位支架18用于连接拉压式力传感器Ⅲ,且其设置于第一工作底板17上表面的导轨上,可以相对定位支架18移动,以调整第一工作底板17与定位支架18的相对位置,以实现对不同型号的待测导轨副进行测量。

[0032] 进一步优选地,结合图8,导向平台Ⅳ包括第二工作底板19、转接支架20,第二工作底板19的下表面设置在一对主导轨副2的一组滑块上,转接支架20用于固定待测直线导轨副16,且其设置于第二工作底板19上表面的导轨上,可以相对转接支架20移动,以调整第二工作底板19与转接支架20的相对位置,以从而可以连同移动平台Ⅱ一起,实现对不同型号的待测导轨副进行测量。

[0033] 进一步优选地,结合图4至图6,预加载荷调节装置Ⅴ包括第一固定钳身6-1、第二固定钳身6-2、梯形丝杠7、手轮8、轴承9、法兰盖10、转动螺母11、中心螺钉12、活动钳身13、第一钳口板14-1、第二钳口板14-2、第一压力传感器15-1和第二压力传感器15-2;所述第二固定钳身6-2垂直固连于第一固定钳身6-1的上表面且与主导轨副2平行,活动钳身13垂直活动连接于第一固定钳身6-1的上表面且与主导轨副2平行,第二固定钳身6-2和活动钳身13之间存在间隙用于卡住待测直线导轨副16;第二固定钳身6-2和活动钳身13相对内侧的对应位置分别设置第一钳口板14-1、第二钳口板14-2,第一钳口板14-1、第二钳口板14-2上的相对位置处分别设置第一压力传感器15-1和第二压力传感器15-2;第一固定钳身6-1上设置有与主导轨副2垂直的通孔,梯形丝杠7贯穿所述通孔且其两端分别通过轴承9和法兰盖10安装在通孔内;转动螺母11与梯型丝杠7螺纹配合且通过中心螺钉12与活动钳身13固连;手轮8通过键与梯形丝杠7的一端相连,旋转手轮8带动活动钳身13沿垂直于主导轨副2的方向运动以改变第二固定钳身6-2和活动钳身13之间的间隙大小。

[0034] 基于上述装置的滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量方法,包括以下步骤:

[0035] 步骤1、直线电机驱动移动平台沿床身的方向匀速运动,带动导向平台作相同的匀速运动,读取拉压式力传感器的数值,重复该过程若干次,之后对拉压式力传感器的测量数值取平均值作为空载摩擦力 f_0 ;

[0036] 步骤2、将待测直线导轨副固定安装在导向平台上,转动手轮,带动第一钳口板、第二钳口板压紧待测直线导轨副的滑块,直至第一压力传感器和第二压力传感器的数值与设定的预加载荷值相等,停止转动手轮,此时第一压力传感器和第二压力传感器的数值即为待测直线导轨副的预加载荷值 p_1 ;

[0037] 步骤3、直线电机驱动移动平台和导向平台以步骤1中的速度沿床身的方向匀速运动,读取拉压式力传感器的数值,重复该过程若干次,之后对拉压式力传感器的测量数值取平均值,记为加载摩擦力 f_1 ;

[0038] 步骤4、将加载摩擦力与空载摩擦力相减,即获得预加载荷值为 p_1 对应的待测直线导轨副的摩擦力;

[0039] 步骤5、重复步骤2至步骤4,即可获得不同预加载荷值 p_i 对应的待测直线导轨副的摩擦力($f_i - f_0$)。

[0040] 下面结合实施例对本发明做进一步详细的描述。

[0041] 实施例1

[0042] 本发明滚动直线导轨副预加载荷和摩擦力同步快速测量装置,包括床身部件I、移动平台II、拉压式力传感器III、导向平台IV和预加载荷调节装置V;

[0043] 床身部件I包括床身1,设置在床身1上的一对平行的主导轨副2,拖链3,设置在两个主导轨副2之间且与主导轨副2平行的长光栅4,以及直线电机5;床身1上沿主导轨副2的轴向方向上依次设置移动平台II、拉压式力传感器III、导向平台IV和预加载荷调节装置V,其中,移动平台II和导向平台IV分别设置在一对主导轨副2的两组滑块上,拉压式力传感器III的两端分别与移动平台II、导向平台IV相连;预加载荷调节装置V固定在床身1上;长光栅4的光栅读数头与移动平台II相连,随移动平台II一起往复运动;待测直线导轨副16的一端固连于导向平台IV,随导向平台IV一起往复运动,另一端设置在预加载荷调节装置V上;

[0044] 直线电机5驱动移动平台II运动带动导向平台IV运动,进而带动被测直线导轨副16运动,在运动过程中,利用预加载荷调节装置V测量被测直线导轨副16的预加载荷值,并读取拉压式力传感器III的数值进而获得滚动直线导轨副的摩擦力。

[0045] 实施例2

[0046] 在实施例1的基础上,拉压式力传感器III具体采用S型拉压式传感器。

[0047] 实施例3

[0048] 在上述任意一个实施例的基础上,直线电机5的定子设置在一对主导轨副2之间,且位于床身1的上表面,直线电机5的动子安装在移动平台II的下表面。

[0049] 实施例4

[0050] 在上述任意一个实施例的基础上,床身1上开有与主导轨副2相平行的凹槽,该凹槽中嵌入拖链3。

[0051] 实施例5

[0052] 在上述任意一个实施例的基础上,结合图7,移动平台II包括第一工作底板17、定位支架18,第一工作底板17的下表面设置在一对主导轨副2的一组滑块上,定位支架18用于

连接拉压式力传感器Ⅲ,且其设置于第一工作底板17上表面的导轨上,可以相对定位支架18移动,以调整第一工作底板17与定位支架18的相对位置。

[0053] 实施例6

[0054] 在上述任意一个实施例的基础上,结合图8,导向平台Ⅳ包括第二工作底板19、转接支架20,第二工作底板19的下表面设置在一对主导轨副2的一组滑块上,转接支架20用于固定待测直线导轨副16,且其设置于第二工作底板19上表面的导轨上,可以相对转接支架20移动,以调整第二工作底板19与转接支架20的相对位置。

[0055] 实施例7

[0056] 在上述任意一个实施例的基础上,结合图4,预加载荷调节装置Ⅴ包括第一固定钳身6-1、第二固定钳身6-2、梯形丝杠7、手轮8、轴承9、法兰盖10、转动螺母11、中心螺钉12、活动钳身13、第一钳口板14-1、第二钳口板14-2、第一压力传感器15-1和第二压力传感器15-2;所述第二固定钳身6-2垂直固连于第一固定钳身6-1的上表面且与主导轨副2平行,活动钳身13垂直活动连接于第一固定钳身6-1的上表面且与主导轨副2平行,第二固定钳身6-2和活动钳身13之间存在间隙用于卡住待测直线导轨副16;第二固定钳身6-2和活动钳身13相对内侧的对应位置分别设置第一钳口板14-1、第二钳口板14-2,第一钳口板14-1、第二钳口板14-2上的相对位置处分别设置第一压力传感器15-1和第二压力传感器15-2;第一固定钳身6-1上设置有与主导轨副2垂直的通孔,梯形丝杠7贯穿所述通孔且其两端分别通过轴承9和法兰盖10安装在通孔内;转动螺母11与梯形丝杠7螺纹配合且通过中心螺钉12与活动钳身13固连;手轮8通过键与梯形丝杠7的一端相连,旋转手轮8带动活动钳身13沿垂直于主导轨副2的方向运动以改变第二固定钳身6-2和活动钳身13之间的间隙大小。

[0057] 在上述实施例的基础上,进行直线导轨副预加载荷和摩擦力的同步快速测量:直线电机5驱动,移动平台Ⅱ沿床身1方向匀速运动,带动导向平台Ⅳ作相同的匀速运动,读取拉压式力传感器的数值,重复该过程若干次,之后对拉压式力传感器的测量数值取平均值作为空载摩擦力 f_0 ;将待测直线导轨副16用紧定螺钉固定安装在导向平台Ⅳ上,调节转动手轮8,带动第一钳口板14-1、第二钳口板14-2压紧待测直线导轨副16的滑块,直至第一压力传感器15-1和第二压力传感器15-2的数值与设定的预加载荷值相等,停止转动手轮8,此时第一压力传感器15-1和第二压力传感器15-2的数值即为待测直线导轨副16的预加载荷值 p_1 ;直线电机5驱动,移动平台Ⅱ和导向平台以步骤1中的速度沿床身1方向匀速运动,读取拉压式力传感器的数值,重复该过程若干次,之后对拉压式力传感器Ⅲ的测量数值取平均值,记为加载摩擦力 f_1 ;将加载摩擦力与空载摩擦力相减,即获得待测直线导轨副16对应预加载荷值为 p_1 时的摩擦力;重复上述过程,即可得到不同预加载荷值 p_i 对应的待测直线导轨副16的摩擦力 $(f_i - f_0)$ 。

[0058] 本发明能够在一次安装后,实现在不同预加载荷水平下被测直线导轨副的预加载荷和摩擦力的同步快速测量,测量效率高,数据真实可靠。

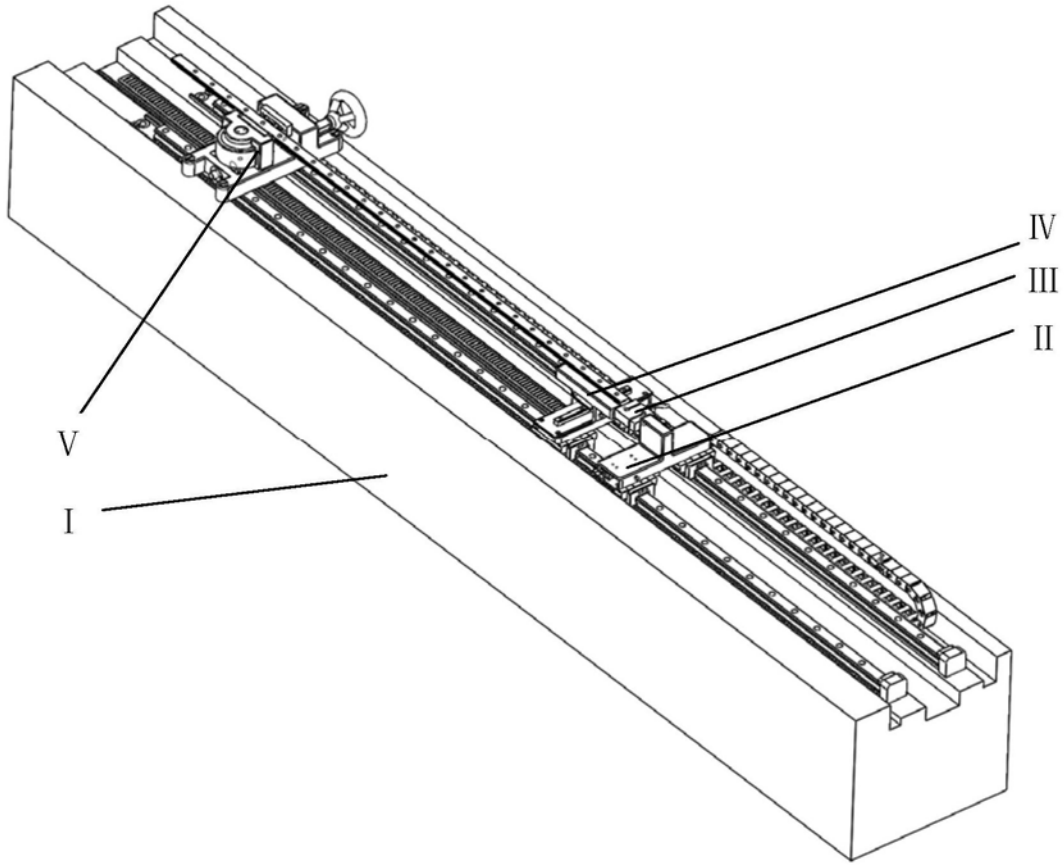


图1

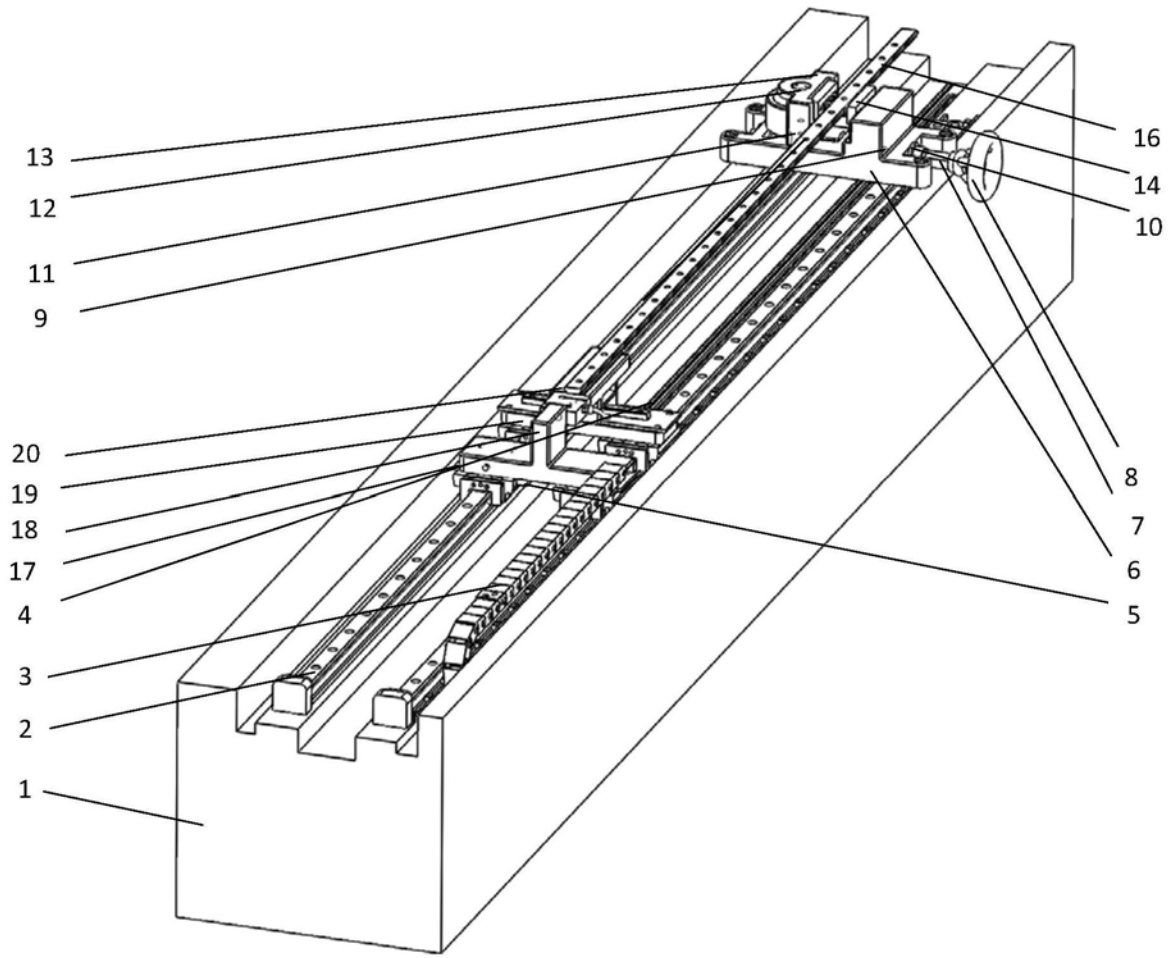


图2

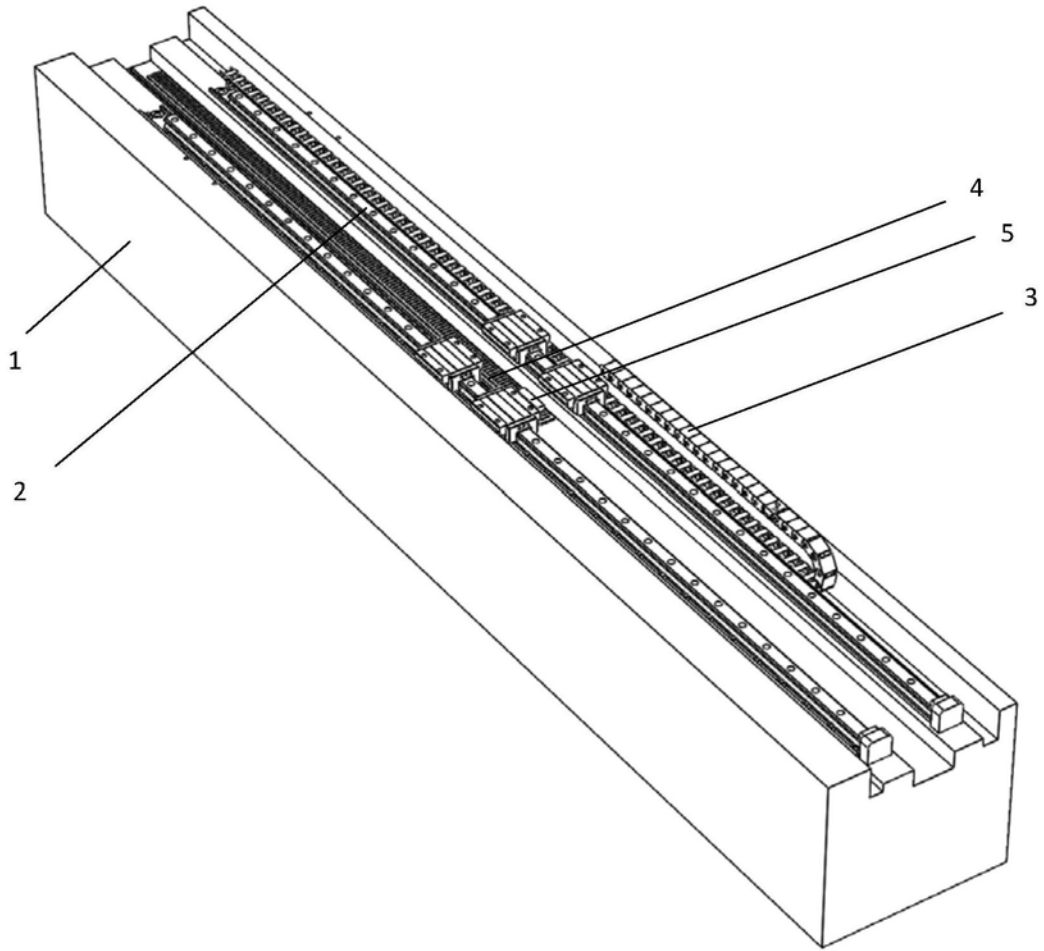


图3

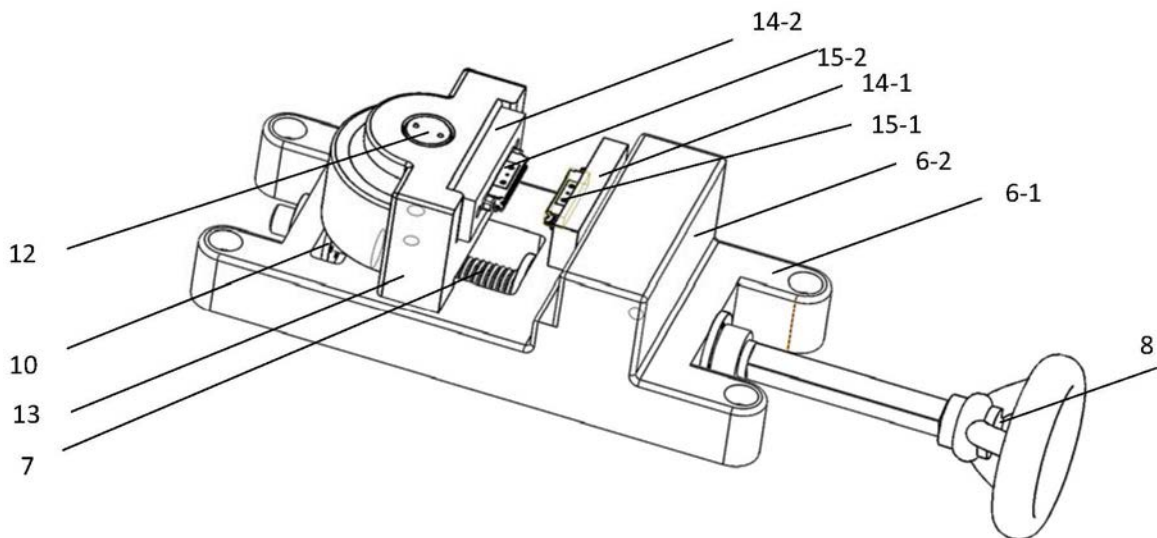


图4

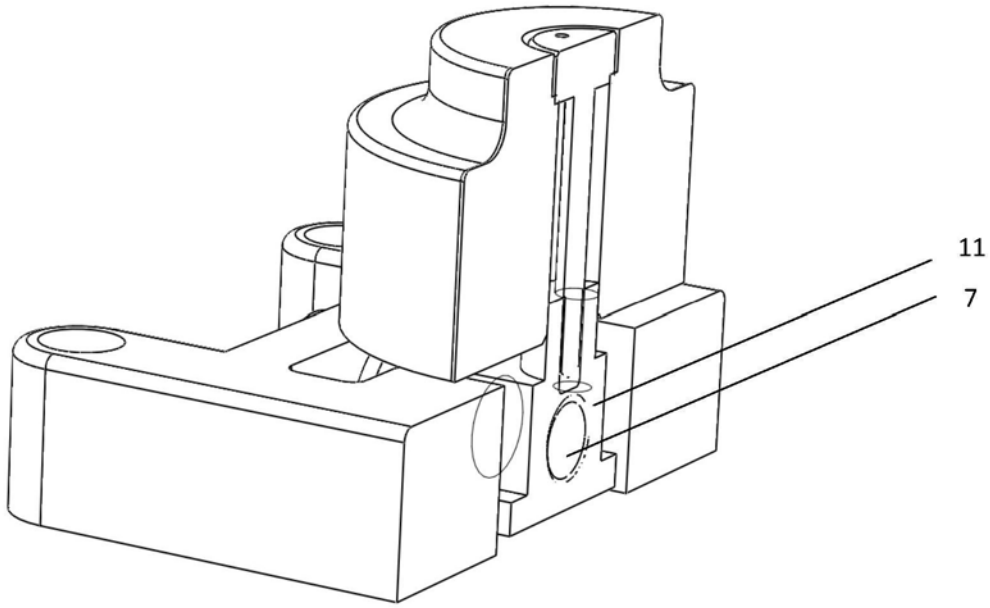


图5

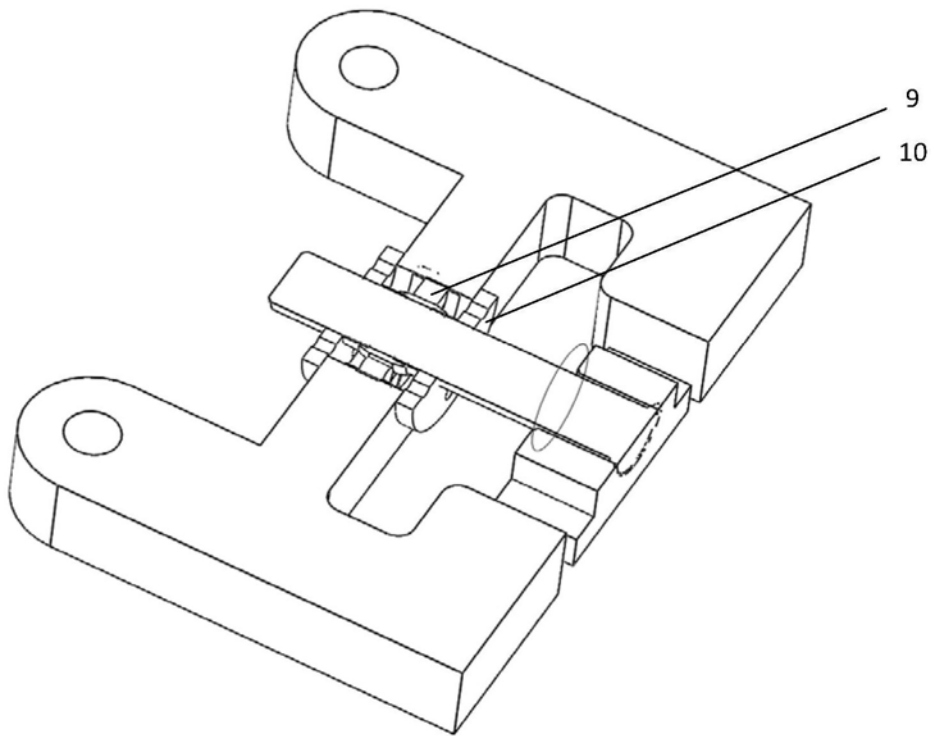


图6

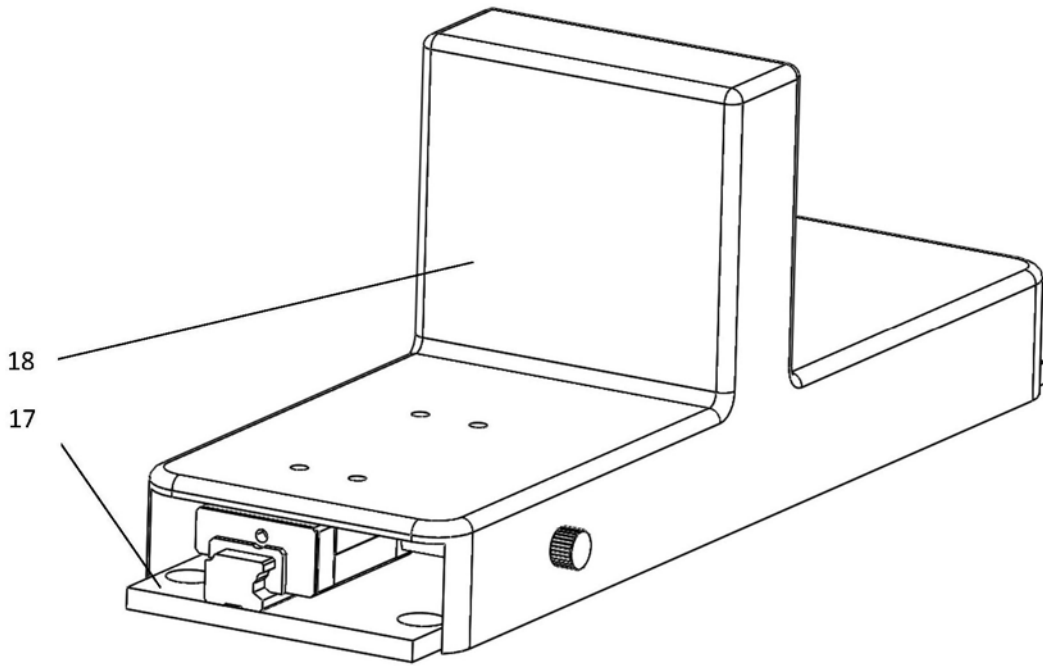


图7

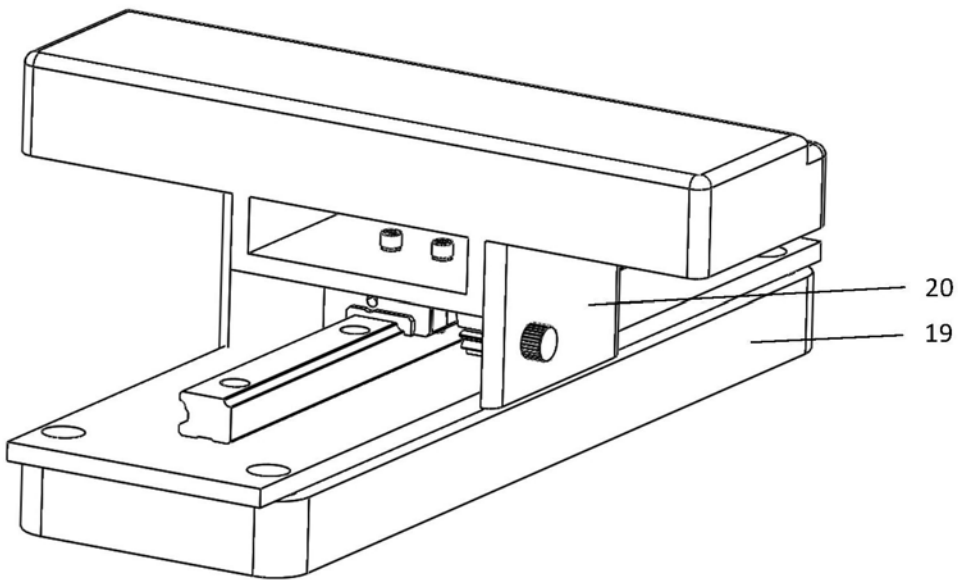


图8