



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 205981862 U

(45)授权公告日 2017. 02. 22

(21)申请号 201620779522.0

(22)申请日 2016.07.25

(73)专利权人 长春工业大学

地址 130012 吉林省长春市延安大街2055号

(72)发明人 崔利娜 尤元 关常君 邵珠超 李瑞

(74)专利代理机构 长春市四环专利事务所(普通合伙) 22103

代理人 郭耀辉

(51)Int.Cl.

G01N 3/02(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

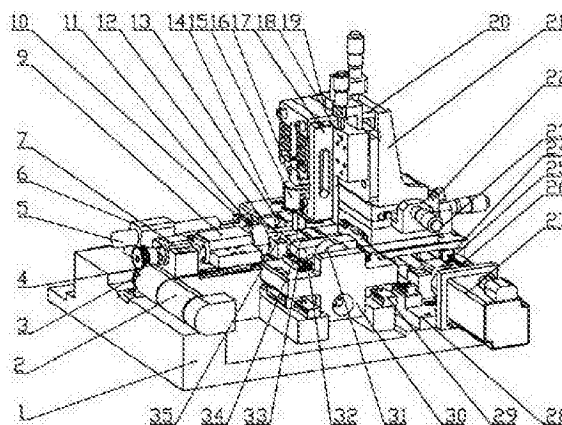
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)实用新型名称

拉伸-四点弯曲预载荷下纳米压痕测试装置

(57)摘要

本实用新型公开了一种拉伸-四点弯曲预载荷下纳米压痕测试装置,本实用新型集成了纯拉伸测试、纯四点弯曲测试及基于上述两种单一载荷形式的复合载荷测试,同时在拉伸-四点弯曲基础上集成了纳米压痕测试机构。测试平台由精密拉伸预载荷驱动传动单元和检测夹持单元;精密四点弯曲预载荷驱动传动单元和夹持检测单元等组成。原位纳米压痕测试机构包括XYZ方向位移平台、压电叠堆、柔性铰链、压力传感器、位移传感器和金刚石压头夹持杆等组成。本实用新型体积小,结构紧凑,可在光学显微镜的实时微观测下开展试验测试。并可通过原位拉弯复合测试获得材料的力学性能参数,对材料的微观变形、损伤和断裂过程进行原位监测。



1. 一种拉伸-四点弯曲预载荷下纳米压痕测试装置,其特征在于:包括拉伸预载荷加载机构、四点弯曲预载荷加载机构和原位纳米压痕测试机构;

所述的拉伸预载荷加载机构中的精密直流伺服电机(36)通过法兰盘(38)固定安装在测试平台基座(1)上,与蜗轮蜗杆副Ⅱ(39)形成一级减速和换向;双向滚珠丝杠螺母副(37)将蜗轮蜗杆副Ⅱ(39)的旋转运动转化为同步双向直线运动,进而带动安装在螺母副上面的试件夹具支撑座Ⅰ(14)和夹具支撑座Ⅱ(30)实现同步双向直线运动,试件夹具支撑座Ⅰ(14)和夹具支撑座Ⅱ(30)安装在下面的拉伸机构直线导轨(29)上,其中夹具Ⅱ(34)与拉伸机构力传感器(31)通过连接T型块(32)连接,连接T型块(32)安装在交叉滚柱导轨(33)上;两个试件的夹具Ⅰ(13)和夹具Ⅱ(34)分别固定安装在对应的试件夹具支撑座Ⅰ(14)和夹具支撑座Ⅱ(30)上,从而对试件两端施加拉伸力保证试件中心位置不动;拉伸位移检测是由拉伸位移传感器(40)测量夹具支撑座Ⅱ(30)的位移实现的;

所述的四点弯曲预载荷加载机构中的弯曲机构交流伺服电机(2)通过电机法兰盘(3)固定安装在测试平台基座(1)上,与蜗杆蜗轮副Ⅰ(4)形成一级减速和换向,蜗轮安装在弯曲机构丝杠蜗固定座(7)上的单向丝杠螺母副(48)上,然后通过单向丝杠螺母副(48)将蜗轮蜗杆副Ⅰ(4)的旋转运动转化为单向直线运动,带动导轨连接台(9)上的弯曲机构力传感器(10)和四点弯曲压头(35)做往复直线运动,其中弯曲机构力传感器(10)和四点弯曲压头(35)通过连接块(12)相连;弯曲机构直线导轨(49)安装在导轨连接台(9)上,通过四点弯曲压头(35)的往复直线运动,实现对试件的弯曲加载与卸载;弯曲位移检测是由安装在位移传感器支架(6)上的弯曲位移传感器(5)通过测量位移传感器挡板(11)的位移实现的;

所述的弯曲预载荷加载机构采用四点弯曲压头(35),实现对试样的两端固定式四点弯曲加载;

所述的原位纳米压痕测试机构包括XYZ三轴电动微调滑台、压电叠堆(44)、柔性铰链(16)、压力传感器(15)、位移传感器(45)和金刚石压头夹持杆(47);

所述的原位纳米压痕测试机构在测试过程中通过调整XYZ微调移动平台使金刚石压头位于压入前最佳距离;压电叠堆(44)通过安装在连接板(19)上的柔性铰链(16)将力和位移传递给压力传感器(15),压力传感器(15)连接的金刚石压头夹持杆(47)带动金刚石压头压入,最终实现压头压入试样测试;压力传感器(15)和金刚石压头夹持杆(47)之间具有连接挡板(46),利用位移传感器(45)通过测量连接挡板(46)的位移变形间接测量出压头的位移,即得出金刚石压头的压入深度,实现微位移信号检测;柔性铰链(16)和L型连接块(17)安装在Z轴位移平台(18)上,位移传感器(45)通过L型连接块(17)夹持;

所述的原位纳米压痕测试机构采用XYZ三轴电动微调滑台,其是由电动移动滑台和XYZ手动微调平台组成,其中XYZ手动微调平台又由X轴移动平台(23)、Y轴移动平台(22)、Z轴移动平台(20)和连接支座(21)组成,电动移动滑台利用安装在平台底座(28)上的步进电机(27)驱动压痕机构丝杠固定座(25)上的丝杠螺母组件(43)将旋转运动转化成直线运动,其中精密直线导轨(26)起导向作用;在进行原位观测时,通过电机移动滑台将XYZ手动平台及其上的连接单元移开一段距离,将显微镜镜头对准试样进行拉弯下的观测;电动滑台底座(24)上安装XYZ手动微调平台,对连接其上的零部件进行手动位移调节,精密调节XYZ三个方向的位移,以便在试件不同位置利用压头做相关压痕实验;

原位纳米压痕测试机构位于拉伸-四点弯曲加载机构之上,实现对试样的拉伸测试、四

点弯曲测试、压痕测试及其复合加载测试。

拉伸-四点弯曲预载荷下纳米压痕测试装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及原位力学性能测试领域,特别涉及一种拉伸-四点弯曲预载荷下纳米压痕测试装置。可作为纯拉伸加载机构、纯四点弯曲加载机构、原位纳米压痕测试机构的跨尺度原位材料性能测试平台独立使用,也可以同时进行多种载荷同时复合加载。

背景技术

[0002] 各种材料及其制品,在服役期间的工作环境都比较复杂,受到单一载荷的情况并不多见,更多情况下受到的是多物理场和多种载荷的共同作用。由于材料受到复合载荷的作用,往往未达到使用极限,就会发生破坏失效。所以,研制当材料受多种载荷共同作用时,能够对其微观力学性能进行原位测试的仪器非常重要。目前市场上绝大部分力学试验机都是针对结构材料的非原位万能试验机,一次试验只能实现一种载荷的加载,试验中只能记录试件的载荷和位移值,对于试件的微观形貌变化则缺乏记录。而现有原位测试仪器,大多数仅具有单一载荷的测试功能,例如原位拉伸测试仪、原位纳米压痕测试仪和原位弯曲测试仪等,复合载荷下的纳米压痕测试仪鲜有报道,同时缺少有效的力学参数测试准确性评定方法。从总体看,现有的测试仪器在使用过程中,暴露出的主要问题有:首先是测试结果重复性不好,分散性大等问题;其次是测试装置的功能单一,不能满足多载荷加载和多物理场的需求,不利于功能扩展;最后,测试仪器对新型结构材料和先进功能材料测试能力不足。

[0003] 由于复合载荷下的压痕测试仪器比较少,所以目前国内外针对材料在预载荷下的压痕测试试验也比较少,但是在实际工况运用中,迫切需要这种预载荷下的微纳米压痕测试仪器。因为这种复合载荷加载,能够真实地反映材料在实际工况下的受力状态,同时对利用原位观测仪器,实时观测材料的力学测试结果的测试试验平台也非常重要。

[0004] 因此开发设计一种可以与显微成像设备相兼容的拉伸-弯曲预载荷下纳米压痕测试仪器,对材料的微观变形、损伤和断裂过程进行原位监测,为揭示材料在纳米尺度下的力学特性和损伤机制提供了测试方法。

发明内容

[0005] 本实用新型的目的在于提供一种拉伸-四点弯曲预载荷下纳米压痕测试装置,本实用新型解决了现有技术存在的上述问题。该测试仪器集成了纯拉伸测试、纯四点弯曲测试及基于上述两种单一载荷形式的复合载荷测试,同时在拉伸-四点弯曲基础上集成了纳米压痕测试机构。测试平台由精密拉伸预载荷驱动传动单元和检测夹持单元;精密四点弯曲预载荷驱动传动单元和夹持检测单元等组成。原位纳米压痕测试机构包括高精度XYZ方向位移平台、压电叠堆、柔性铰链、高精密度压力传感器、高精度位移传感器和金刚石压头夹持杆等组成。测试仪器体积小,结构紧凑,且可在光学显微镜的实时显微观测下开展上述试验测试。并可通过原位拉弯复合测试获得材料的力学性能参数,包括弹性模量、抗拉强度、弯曲强度和硬度等,对材料的微观变形、损伤和断裂过程进行原位监测,为揭示材料在纳米

尺度下的力学特性和损伤机制提供了测试方法。

[0006] 本实用新型的上述目的通过以下技术方案实现：

[0007] 本实用新型包括拉伸预载荷加载机构、四点弯曲预载荷加载机构和原位纳米压痕测试机构。

[0008] 所述的拉伸预载荷加载机构中的精密直流伺服电机通过法兰盘固定安装在测试平台基座上，与蜗轮蜗杆副Ⅱ形成一级减速和换向。双向滚珠丝杠螺母副将蜗轮蜗杆副Ⅱ的旋转运动转化为同步双向直线运动，进而带动安装在螺母副上面的试件夹具支撑座Ⅰ和夹具支撑座Ⅱ实现同步双向直线运动，试件夹具支撑座Ⅰ和夹具支撑座Ⅱ安装在下面的拉伸机构直线导轨上，其中夹具Ⅱ与拉伸机构力传感器通过连接T型块连接，连接T型块安装在交叉滚柱导轨上。两个试件的夹具Ⅰ和夹具Ⅱ分别固定安装在对应的试件夹具支撑座Ⅰ和夹具支撑座Ⅱ上，从而对试件两端施加拉伸力保证试件中心位置不动；拉伸位移检测是由拉伸位移传感器测量夹具支撑座Ⅱ的位移实现的。

[0009] 所述的四点弯曲预载荷加载机构中的弯曲机构交流伺服电机通过电机法兰盘固定安装在测试平台基座上，与蜗杆蜗轮副Ⅰ形成一级减速和换向，蜗轮安装在弯曲机构丝杠固定座上的单向丝杠螺母副上，然后通过单向丝杠螺母副将蜗轮蜗杆副Ⅰ的旋转运动转化为单向直线运动，带动导轨连接台上的弯曲机构力传感器和四点弯曲压头做往复直线运动，其中力传感器和四点弯曲压头通过连接块相连。弯曲机构直线导轨安装在导轨连接台上，通过四点弯曲压头的往复直线运动，实现对试件的弯曲加载与卸载。弯曲位移检测是由安装在位移传感器支架上的弯曲位移传感器通过测量位移传感器挡板的位移实现的。

[0010] 所述的弯曲预载荷加载机构采用四点弯曲压头，实现对试样的两端固定式四点弯曲加载。

[0011] 所述的原位纳米压痕测试机构包括XYZ三轴电动微调滑台、压电叠堆、柔性铰链、压力传感器、位移传感器和金刚石压头夹持杆。

[0012] 所述的原位纳米压痕测试机构在测试过程中通过调整XYZ微调移动平台使金刚石压头位于压入前最佳距离。压电叠堆通过安装在连接板上的柔性铰链将力和位移传递给压力传感器，压力传感器连接的金刚石压头夹持杆带动金刚石压头压入，最终实现压头压入试样测试。压力传感器和金刚石压头夹持杆之间具有连接挡板，利用位移传感器通过测量连接挡板的位移变形间接测量出压头的位移，即得出金刚石压头的压入深度，实现微位移信号检测。柔性铰链和L型连接块安装在Z轴位移平台上，位移传感器通过L型连接块夹持。

[0013] 所述的原位纳米压痕测试机构采用XYZ三轴电动微调滑台，其是由电动移动滑台和XYZ手动微调平台组成，其中XYZ手动微调平台又由X轴移动平台、Y轴移动平台、Z轴移动平台和连接支座组成，电动移动滑台利用安装在平台底座上的步进电机驱动压痕机构丝杠固定座上的丝杠螺母组件将旋转运动转化成直线运动，其中精密直线导轨起导向作用。在进行原位观测时，通过电机移动滑台将XYZ手动平台及其上的连接单元移开一段距离，将显微镜镜头对准试样进行拉弯下的观测。电动滑台底座上安装XYZ手动微调平台，对连接其上的零部件进行手动位移调节，精密调节XYZ三个方向的位移，以便在试件不同位置利用压头做相关压痕实验。

[0014] 所述的拉伸-四点弯曲预载荷下纳米压痕测试装置，整体分为上下双层立体式布置方式，原位纳米压痕测试机构位于拉伸-四点弯曲加载机构之上，实现对试样的拉伸测

试、四点弯曲测试、压痕测试及其复合加载测试。

[0015] 本实用新型的有益效果在于：

[0016] 具备拉伸测试、弯曲测试、压痕测试和复合载荷测试等功能。拉伸测试功能主要实现材料的拉伸测试，获取材料的弹性模量、屈服强度和抗拉强度等力学性能参数。弯曲测试功能主要实现材料的四点弯曲测试，获取材料的抗弯强度、弹性模量和断裂强度等重要参数。压痕测试功能主要实现材料的压痕测试，获取材料的弹性模量、硬度等力学性能参数。复合载荷测试功能也是获取材料的弹性模量、硬度等力学性能参数。此测试仪器涉及机电一体化精密科学仪器领域，主要优点是体积小、结构紧凑，可用于精密材料微纳米拉伸-弯曲复合力学性能测试及原位纳米压痕测试。

附图说明

[0017] 图1为本实用新型的立体结构示意图。

[0018] 图2为本实用新型的俯视示意图。

[0019] 图3为本实用新型的前视示意图。

[0020] 图4为本实用新型的右视示意图。

[0021] 图中：1、基座；2、弯曲机构交流伺服电机；3、电机法兰盘；4、蜗轮蜗杆副I；5、弯曲位移传感器；6、位移传感器支架；7、弯曲机构丝杠固定座；9、导轨连接台；10、弯曲机构力传感器；11、位移传感器挡板；12、连接块；13、夹具I；14、夹具支撑座I；15、压力传感器；16、柔性铰链；17、L型连接块；18、Z轴位移平台；19、连接板；20、Z轴移动平台；21、连接支座；22、Y轴移动平台；23、X轴移动平台；24、电动滑台底座；25、压痕机构丝杠固定座；26、精密直线导轨；27、步进电机；28、平台底座；29、拉伸机构直线导轨；30、夹具支撑座II；31、拉伸机构力传感器；32、连接T型块；33、交叉滚柱导轨；34、夹具II；35、四点弯曲压头；36、精密直流伺服电机；37、双向滚珠丝杠螺母副；38、法兰盘；39、蜗轮蜗杆副II；40、拉伸位移传感器；43、丝杠螺母组件；44、压电叠堆；45、位移传感器；46、连接挡板；47、金刚石压头夹持杆；48、单向丝杠螺母副；49、弯曲机构直线导轨。

具体实施方式

[0022] 参见图1至图4所示，本实用新型包括拉伸预载荷加载机构、四点弯曲预载荷加载机构和原位纳米压痕测试机构。

[0023] 所述的拉伸预载荷加载机构中的精密直流伺服电机36通过法兰盘38固定安装在测试平台基座1上，与蜗轮蜗杆副II 39形成一级减速和换向。双向滚珠丝杠螺母副37将蜗轮蜗杆副II 39的旋转运动转化为同步双向直线运动，进而带动安装在螺母副上面的试件夹具支撑座I14和夹具支撑座II 30实现同步双向直线运动，试件夹具支撑座I14和夹具支撑座II 30安装在下面的拉伸机构直线导轨29上，其中夹具II 34与拉伸机构力传感器31通过连接T型块32连接，连接T型块32安装在交叉滚柱导轨33上。两个试件的夹具I13和夹具II 34分别固定安装在对应的试件夹具支撑座I14和夹具支撑座II 30上，从而对试件两端施加拉伸力保证试件中心位置不动；拉伸位移检测是由拉伸位移传感器40测量夹具支撑座II 30的位移实现的。

[0024] 所述的四点弯曲预载荷加载机构中的弯曲机构交流伺服电机2通过电机法兰盘3

固定安装在测试平台基座1上,与蜗杆蜗轮副I4形成一级减速和换向,蜗轮安装在弯曲机构丝杠固定座7上的单向丝杠螺母副48上,然后通过单向丝杠螺母副48将蜗轮蜗杆副I4的旋转运动转化为单向直线运动,带动导轨连接台9上的弯曲机构力传感器10和四点弯曲压头35做往复直线运动,其中弯曲机构力传感器10和四点弯曲压头35通过连接块12相连。弯曲机构直线导轨49安装在导轨连接台9上,通过四点弯曲压头35的往复直线运动,实现对试件的弯曲加载与卸载。弯曲位移检测是由安装在位移传感器支架6上的弯曲位移传感器5通过测量位移传感器挡板11的位移实现的。

[0025] 所述的弯曲预载荷加载机构采用四点弯曲压头35,实现对试样的两端固定式四点弯曲加载。

[0026] 所述的原位纳米压痕测试机构包括XYZ三轴电动微调滑台、压电叠堆44、柔性铰链16、压力传感器15、位移传感器45和金刚石压头夹持杆47。

[0027] 所述的原位纳米压痕测试机构在测试过程中通过调整XYZ微调移动平台使金刚石压头位于压入前最佳距离。压电叠堆44通过安装在连接板19上的柔性铰链16将力和位移传递给压力传感器15,压力传感器15连接的金刚石压头夹持杆47带动金刚石压头压入,最终实现压头压入试样测试。压力传感器15和金刚石压头夹持杆47之间具有连接挡板46,利用位移传感器45通过测量连接挡板46的位移变形间接测量出压头的位移,即得出金刚石压头的压入深度,实现微位移信号检测。柔性铰链16和L型连接块17安装在Z轴位移平台18上,位移传感器45通过L型连接块17夹持。

[0028] 所述的原位纳米压痕测试机构采用XYZ三轴电动微调滑台,其是由电动移动滑台和XYZ手动微调平台组成,其中XYZ手动微调平台又由X轴移动平台23、Y轴移动平台22、Z轴移动平台20和连接支座21组成,电动移动滑台利用安装在平台底座28上的步进电机27驱动压痕机构丝杠固定座25上的丝杠螺母组件43将旋转运动转化成直线运动,其中精密直线导轨26起导向作用。在进行原位观测时,通过电机移动滑台将XYZ手动平台及其上的连接单元移开一段距离,将显微镜镜头对准试样进行拉弯下的观测。电动滑台底座24上安装XYZ手动微调平台,对连接其上的零部件进行手动位移调节,精密调节XYZ三个方向的位移,以便在试件不同位置利用压头做相关压痕实验。

[0029] 所述的拉伸-四点弯曲预载荷下纳米压痕测试装置,整体分为上下双层立体式布置方式,原位纳米压痕测试机构位于拉伸-四点弯曲加载机构之上,实现对试样的拉伸测试、四点弯曲测试、压痕测试及其复合加载测试。

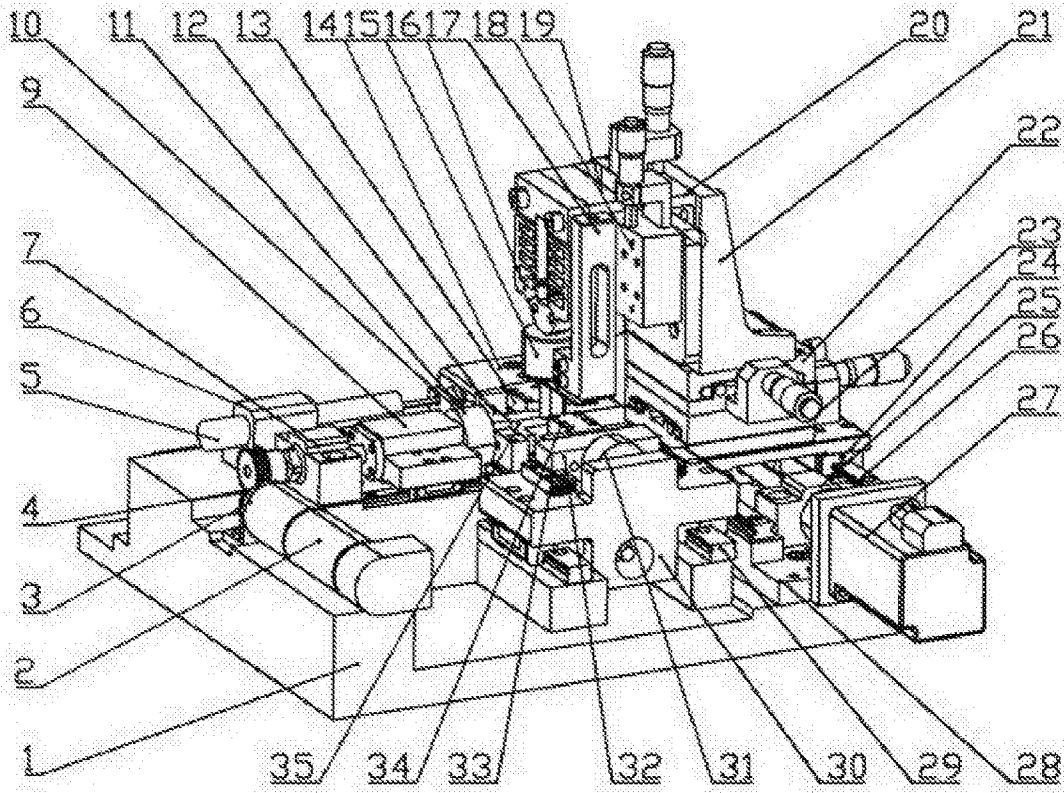


图1

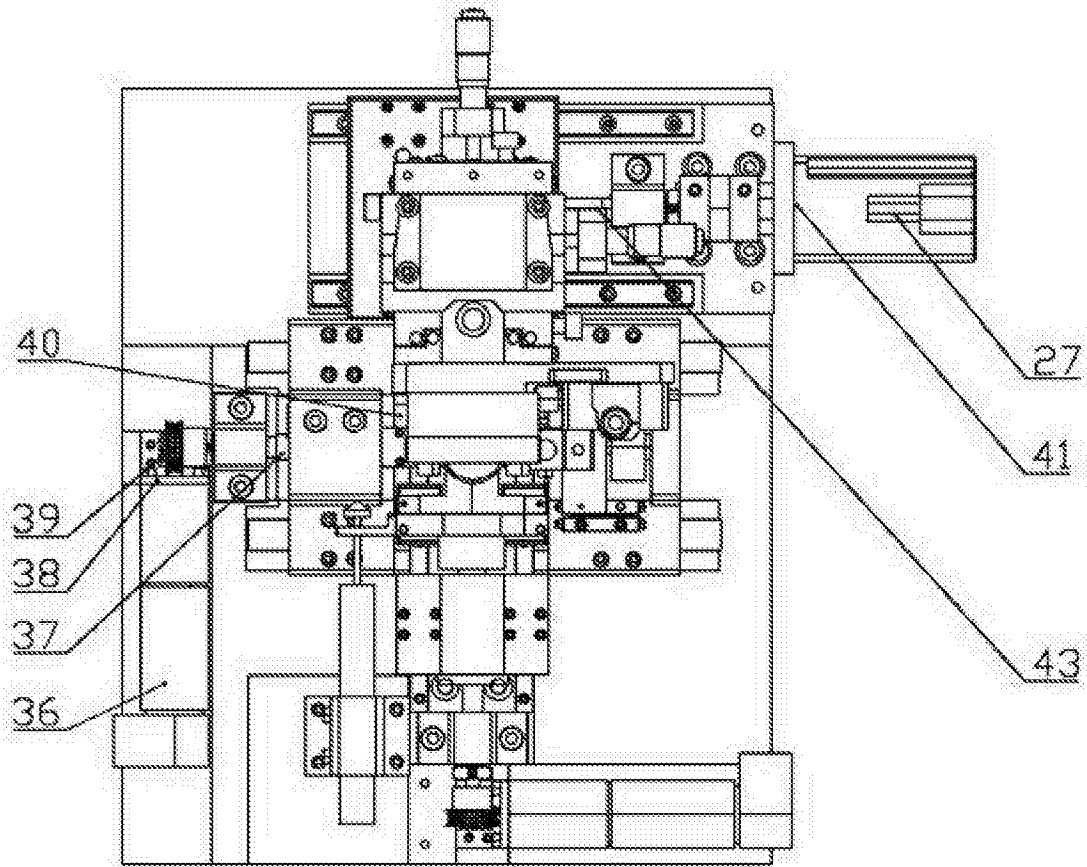


图2

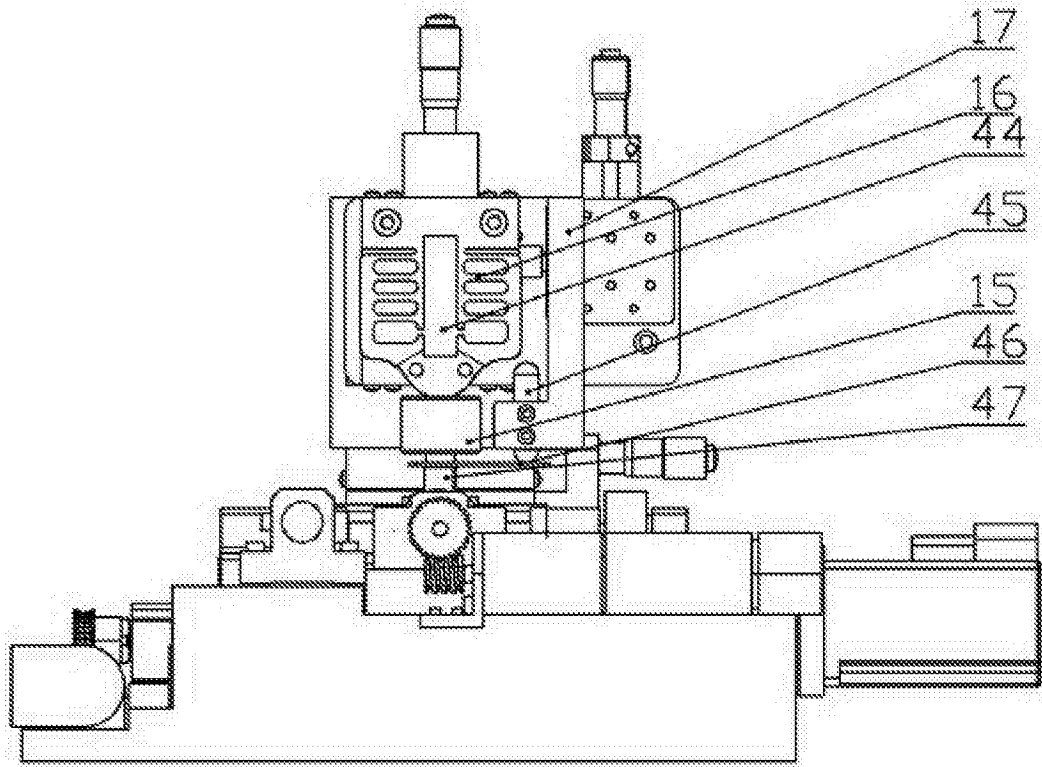


图3

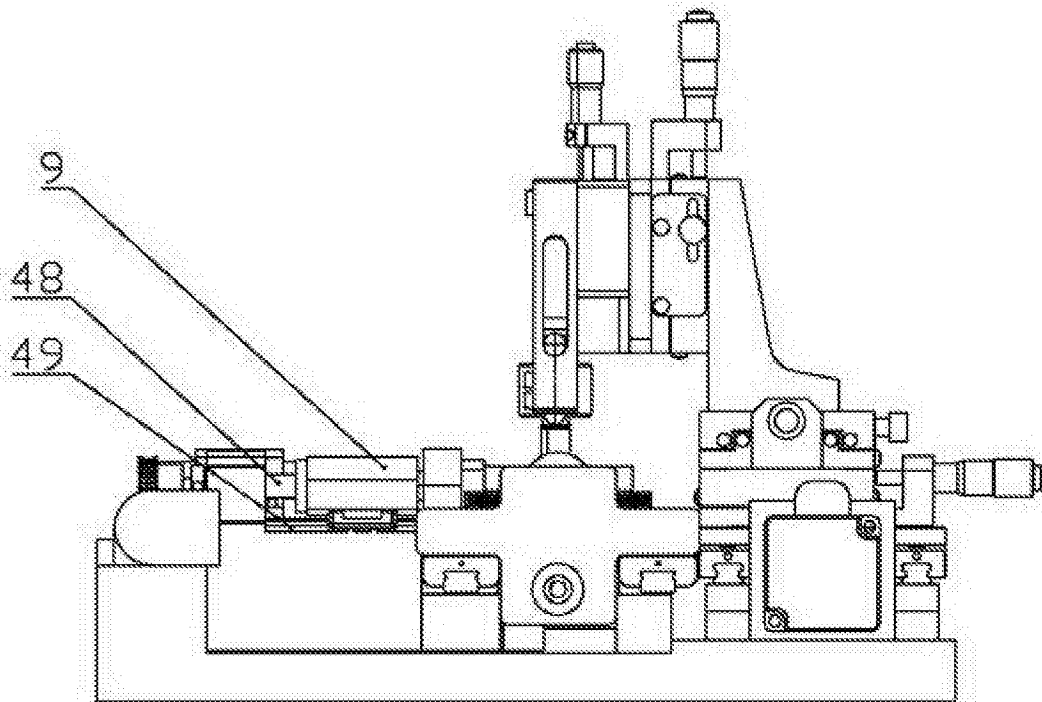


图4