



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203551383 U

(45) 授权公告日 2014. 04. 16

(21) 申请号 201320597291. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 09. 26

G01N 3/08 (2006. 01)

G01N 3/26 (2006. 01)

(73) 专利权人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街 2699 号

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(72) 发明人 赵宏伟 任露泉 李建平 黄虎
张攀峰 胡晓利 程虹丙 方岱宁
马志超 庄庆伟 高景 董晓龙
唐可洪 张富 邹青 朱玉祥
董景石 范尊强 呼咏 尚涛

(74) 专利代理机构 吉林长春新纪元专利代理有
限责任公司 22100

代理人 王怡敏

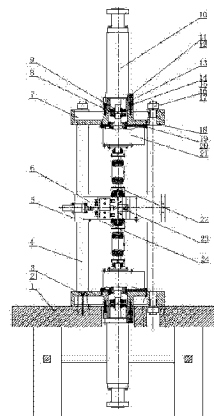
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54) 实用新型名称

多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位
测试仪器

(57) 摘要

本实用新型涉及一种多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,在驱动/传动单元、“机-电-热-磁”多物理场耦合加载单元的基础上,结合检测、控制单元与算法程序,可以实现“拉伸/压缩-低周疲劳-扭转-弯曲-压痕”多载荷模式、“机-电-热-磁”多物理场耦合条件下的材料微观力学性能测试。本实用新型在机械主体框架上集成了高景深3D显微成像组件、超声波探伤元件,能够动态监测在上述复杂机械载荷和多物理场耦合作用下材料的变形损伤机制、微观组织变化以及性能演变规律的。本实用新型中多载荷加载和多物理场耦合加载的结合可以较真实地模拟工件材料的真实工况,为接近服役条件下材料微观力学性能测试提供有效的手段和方法。



1. 一种多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:包括框架支撑模块、拉/压-低周疲劳模块、扭转模块(21)、三点弯曲模块(6)、压痕模块(33)、热磁加载模块(34)、原位观测模块(32)和夹具体模块(22),所述框架支撑模块为测试仪器提供整机的结构支撑,拉/压-低周疲劳模块布置在测试仪器上下两端,扭转模块(21)直接布置于拉/压-低周疲劳模块的前端,三点弯曲模块(6)、压痕模块(33)和热磁加载模块(34)通过公共替换部件布置于整个测试仪器的一侧支撑立柱之上,原位观测模块布置于另一侧的支撑立柱之上;夹具体模块连接于扭转模块的前段,完成对试件的装夹功能;该仪器整体采用四立柱垂直对称式布置,上下两端分别采用两个完全相同的伺服液压缸(10)和两个扭转模块(21)对处于中心位置的试件(23)材料进行对称式的拉伸/压缩测试和对称式的扭转测试。

2. 根据权利要求1所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述拉/压-低周疲劳模块包括伺服液压缸(10)和液压缸固定套筒(13);所述扭转模块(21)包括扭转伺服电机(44)、蜗轮蜗杆减速箱和滚珠花键(47);所述三点弯曲模块(6)包括弯曲伺服电机(54)、滚珠丝杠(60)、丝杠螺母(61)传动组件、压头(64)以及导轨滑块组件I、II(71、72);所述压痕模块(33)包括压痕伺服电机(75)、丝杠螺母组件(89)、压电陶瓷(93)、柔性铰链(81)、力传感器(84)、电容式位移传感器(83)、金刚石压头(87)和一些连接支撑部件;所述夹具体模块(22)包括夹具(97)、夹具挡片(98)、夹具体(99)、拉扭力传感器(100)、连接体(101)和下连接胀紧套(102)。

3. 根据权利要求1所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述的框架支撑模块上设置原位观测模块,所述原位观测模块包含材料性能测试表征仪器,所述材料性能测试表征仪器为高景深3D成像显微组件、超声波探伤元件。

4. 根据权利要求1所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述的三点弯曲模块(6)、压痕模块(33)、热磁加载模块(34)分别通过公共安装替换部件——固定支撑板(5)实现互换式布置;所述压痕模块(33)通过公共安装替换部件固定支撑板(5)集成在框架支撑模块上。

5. 根据权利要求1所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述的扭转模块(21)采用蜗轮蜗杆减速机构配合滚珠花键将轴向拉伸/压缩运动与扭转运动独立。

6. 根据权利要求1所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述的三点弯曲模块(6)通过弯曲底板(70)下安装的一层导轨滑块组件I(71),使得上层三点弯曲模块可相对于底板支撑板(74)整体浮动。

7. 根据权利要求1所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述的三点弯曲模块(6)中的两个反向支撑头(65)固连于支撑头后座(66),并通过末端的尾部旋转轴(67)安装于滑动轴承(68)之内。

8. 根据权利要求1所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述的压痕模块(33)采用手动平移台(95)调节电容式位移传感器(83)的探头与反射板(85)初始间距。

9. 根据权利要求1所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述的夹具体模块(22)采用胀紧套对测试试件进行装夹。

10. 根据权利要求 1 所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述的热磁加载模块(34)采用永磁体(104)提供磁场,通过调节螺杆(105)调节永磁体(104)与软铁(106)形成的磁回路的相对位置来实现不同磁场强度的加载。

11. 根据权利要求 1 所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述的热磁加载模块(34)采用半导体帕尔贴片(107)对试件材料进行制冷,将帕尔贴片(107)通以规定方向的直流电。

12. 根据权利要求 1 所述的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,其特征在于:所述的热磁加载模块(34)采用光照辐射对试件进行加热;通过两根对称的发光体(108)发出红外光,光线经两个弧形反射面反射后聚焦于试件中心一点,该热磁加载模块(34)中设置循环水冷却系统(109)。

多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及材料力学测试领域,特别涉及一种材料微观力学性能测试仪器,尤指一种多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器。可以对试件材料施加“拉伸/压缩-低周疲劳-扭转-弯曲-压痕”五种形式载荷中的单一载荷,也可以同时施加其中两种或两种以上的组合载荷,同时针对铁磁、热磁、半导体等功能材料可开展试件材料在温度场、电场和磁场与应力场多物理场耦合作用下的微观力学性能测试。结合原位观测模块该测试仪器可以对试件材料在复杂应力状态、多物理场耦合情况下的测试过程进行动态实时观测,将会为研究材料在多载荷多物理场条件下微观组织形貌、性能演变和宏观力学性能之间的内在联系以及裂纹的扩展规律提供有效地测试手段。

背景技术

[0002] 人类社会发展的基础是制造业,其中材料的力学性能直接制约着制造业的高速发展,影响国防工程航空航天、工农业等领域的发展进步,影响着现在科学技术的进步;材料在拉伸、弯曲和疲劳等现实载荷作用下的力学性能更是直接关系到工农业生产安全、军事设备安全以及人类生命财产安全。近年来随着微机电系统(MEMS)及显微成像设备的快速发展,研究发现材料的微观结构变化将直接影响其宏观力学性能,因此开展材料基于微观结构变化的力学性能测试技术研究有着重要的意义。

[0003] 传统的基于标准试样的常规拉伸、弯曲、扭转测试技术以及疲劳测试技术已经很成熟,基本上能满足材料强度和疲劳特性等宏观力学性能测试的需求。但其测试原理一般为离位测试,不能对测试过程中试件的微观组织形貌进行实时动态的观察,因此无法将材料微观组织变化的内在机理与材料宏观力学性能有效地结合起来综合表征材料的性能。特别地联系到材料的实际使用工况,材料及其制品在使用过程中往往受到非单一载荷形式的作用,如拉-弯组合、压-剪组合及拉-扭组合等多种载荷同时存在的情况,单一载荷形式的力学测试已经难以准确反映实际工况下材料及构件的受载形式,即无法对复合载荷作用下材料的力学性能做出准确的评价。例如从一些实验性研究考虑,材料在拉应力作用下往往使其发生临界断裂破坏的弯曲应力远小于其抗弯强度,在弯曲应力作用下其发生临界断裂破坏的拉应力远小于其抗拉强度。而现有研究中,复合载荷模式的加载一种主要是通过将被测试件与拉伸/压缩轴线互成角度的不规则装夹来实现。将驱动源输出的加载轴向力通过不同轴或不等高的拉伸/压缩装夹方式,使材料内部出现拉弯组合或压剪组合等复合载荷测试形式。另一种是借助于结构复杂、造价昂贵的多功能材料试验机来施加复合载荷。但其一般复合的形式比较单一,两种或多种载荷模式无法独立加载或依次加载,无法就材料及其制品在复合载荷作用下的力学性能及变性损伤机制做出准确评价,严重限制了材料试验机的普及应用。

[0004] 与此同时伴随着材料科学、生产加工工艺技术方面的革新,各类新型功能材料层出不穷,原有传统材料的性能也有了进一步的提升,其使用范围也在日益扩大,因而对材料性能的检验方面也提出了更高的要求。上世纪80年代之前,材料试验机的使用仅局限于金

金属材料等少数领域。而如今,材料试验机的使用范围已不再只局限于金属材料等领域,它已经扩展到了所有的行业。特别是一些新型的铁-电/铁-磁、热-磁和半导体材料的大规模使用,使得材料在力-电-热-磁等多种物理场作用下的力学性能更加突出。而现有商业化的试验机很少能满足上述多场耦合下材料性能测试过程的模拟与检测,因此开发一种能够基于多种物理场耦合环境下的材料性能测试试验机成为新型材料试验机的发展趋势。

发明内容

[0005] 本实用新型的目的在于提供一种多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,解决了现有材料试验机施加载荷单一、不考虑应力场与温度场、磁场等外加物理场的耦合作用、不能进行原位测试等缺陷,本实用新型可以实现“拉伸/压缩-低周疲劳-扭转-弯曲-压痕”五种形式载荷的加载、结合外加温度场、电场、磁场,可以进一步研究材料在“机-电-热-磁”多载荷多物理场耦合条件下的微观力学性能。其中多载荷模块中五种形式的载荷(除弯曲和压痕不能并存外)既可以单独加载,也可以对其中两种或两种以上的载荷进行组合式加载,测试仪器整体布局中的弯曲模块、压痕模块和热磁加载模块采用互换式布置,既节省了布置空间也可最大限度的丰富试验机的测试范围。本实用新型同时考虑材料微观组织结构变化、性能演变与宏观力学性能之间的联系,集成了原位观测模块,通过其上的高景深 3D 显微成像组件、超声波探伤组件和拉曼光谱仪可以对试件材料在多载荷多物理场耦合条件下的测试过程进行动态实时地原位观测,为揭示材料在多载荷多物理场耦合条件下的力学性能、微观组织形貌与裂纹的扩展提供有效的研究手段。本实用新型从现实工况下的多载荷模式、机-电-热-磁多场耦合下材料微观力学性能的原理与方法出发,设计一种集“拉伸/压缩-低周疲劳-扭转-弯曲-压痕”多载荷在“机-电-热-磁”多场耦合作用下的材料力学性能原位测试试验机来满足现实材料测试领域的需求。本实用新型可为各类金属材料、半导体材料、功能材料的结构设计、装备制造、寿命预测和可靠性评估提供新方法,研究工作具有十分重要的科学意义,可望产生重大社会效益和经济效益。

[0006] 本实用新型的上述目的通过以下技术方案实现:

[0007] 多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,包括框架支撑模块、拉/压-低周疲劳模块、扭转模块 21、三点弯曲模块 6、压痕模块 33、热磁加载模块 34、原位观测模块 32 和夹具体模块 22,框架支撑模块为测试仪器提供整机的结构支撑,拉/压-低周疲劳模块布置在测试仪器上下两端,扭转模块 21 直接布置于拉/压-低周疲劳模块的前端,三点弯曲模块 6、压痕模块 33 和热磁加载模块 34 通过公共替换部件布置于整个测试仪器的一侧支撑立柱之上,原位观测模块布置于另一侧的支撑立柱之上。夹具体模块连接于扭转模块的前段,完成对试件的装夹功能。该仪器整体采用四立柱垂直对称式布置,上下两端分别采用两个完全相同的伺服液压缸 10 和两个扭转模块 21 对处于中心位置的试件 23 材料进行对称式的拉伸/压缩测试和对称式的扭转测试,以保证拉伸/压缩和扭转过程中试件 23 材料的几何中心位置相对静止,以便于实施对测试过程中材料变形损伤等性能进行动态的原位监测;同时对称式机械结构布置可有效地抑制几何中心点(即试件中心)的共振振幅。可以实现“拉伸/压缩-低周疲劳-扭转-弯曲-压痕”五种形式载荷的加载、结合内嵌的电、热、磁加载模块和原位观测模块,可以深入研究样品材料在多载荷模式、多物理场耦合条件下的微观力学性能,获取其变形行为、损伤机制以及性能弱化与载荷作用和材

料性能间的相关规律；

[0008] 所述拉/压-低周疲劳模块包括伺服液压缸 10 和液压缸固定套筒 13 等连接组件；所述扭转模块 21 包括扭转伺服电机 44、蜗轮蜗杆减速箱和滚珠花键 47 等关键件组成；所述三点弯曲模块 6 包括弯曲伺服电机 54、滚珠丝杠 60、丝杠螺母 61 传动组件、压头 64 以及导轨滑块组件 I、II 71、72 等；所述压痕模块 33 包括压痕伺服电机 75、丝杠螺母组件 89、压电陶瓷 93、柔性铰链 81、力传感器 84、电容式位移传感器 83、金刚石压头 87 和一些连接支撑部件；所述夹具体模块 22 包括夹具 97、夹具挡片 98、夹具体 99、拉扭力传感器 100、连接体 101 和下连接胀紧套 102。

[0009] 所述的仪器在“机、电、热、磁”多载荷多物理场加载的框架支撑模块上设置原位观测模块，所述原位观测模块包含材料性能测试表征仪器，所述材料性能测试表征仪器为高景深 3D 成像显微组件、超声波探伤元件，能够动态监控在上述复杂机械载荷和多物理场耦合作用的整个过程中材料的变性损伤机制、微观组织变化以及性能演变规律。

[0010] 所述的三点弯曲模块 6、压痕模块 33、热磁加载模块 34 分别通过公共安装替换部件——固定支撑板 5 实现互换式布置，在保证多载荷多物理场耦合加载的同时，既节省了布局空间也最大限度的丰富了仪器的测试范围；仪器整体结构简化、布局紧凑。所述压痕模块 33 创新性地通过公共安装替换部件固定支撑板 5 集成在框架支撑模块上，可以对试件材料进行各种复杂应力场和物理场耦合状态下的压痕实验。

[0011] 所述的扭转模块 21 采用蜗轮蜗杆减速机构配合滚珠花键将轴向拉伸/压缩运动与扭转运动独立，使拉/压-低周疲劳模块和扭转模块 21 相互独立、互不干扰。

[0012] 所述的三点弯曲模块 6 通过弯曲底板 70 下安装的一层导轨滑块组件 I 71，使得上层三点弯曲模块可相对于底板支撑板 74 整体浮动，实现内力型三点弯曲。

[0013] 所述的三点弯曲模块 6 中的两个反向支撑头 65 固连于支撑头后座 66，并通过末端的尾部旋转轴 67 安装于滑动轴承 68 之内，以保证在弯曲过程中两个后端支撑头 65 自适应的调整一定的角度，解决由于装配、夹持不对中带来的试件 23 材料无法同时接触支撑头 65 的问题。

[0014] 所述的压痕模块 33 采用手动平移台 95 调节电容式位移传感器 83 的探头与反射板 85 初始间距。

[0015] 所述的夹具体模块 22 采用胀紧套对测试试件进行装夹。

[0016] 所述的热磁加载模块 34 采用永磁体 104 提供磁场，通过调节螺杆 105 调节永磁体 104 与软铁 106 形成的磁回路的相对位置来实现不同磁场强度的加载；结构紧凑，可在较小的空间内实现较大幅度磁场强度的调节。

[0017] 本实用新型基于“机-电-热-磁”多载荷多物理场耦合原理，机械加载部分可实现“拉伸/压缩-低周疲劳-扭转-弯曲-压痕”五种形式载荷的施加，采用试件直接通电的方式施加电场，采用永磁体直接回路法施加磁场，采用半导体制冷和光照辐射相结合的方式实现温度场的施加；该多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器可根据实际要求高效地将四种外加场进行组合，完成多载荷多物理场响应下的测试要求。电场加载采用直接电流方式。在测试的过程中通过外部直流电源直接通过两个电极给试件施加稳定的直流电压，在导电试件的内部就会形成稳定的电场。通过调节外加电压的大小调节内部电场的大小。

[0018] 所述的热磁加载模块 34 采用半导体帕尔贴片 107 对试件材料进行制冷,将帕尔贴片 107 通以规定方向的直流电,由于帕尔贴效应会使制冷一侧吸收大量的热量,使得试件的温度降低达到制冷的效果。

[0019] 所述的热磁加载模块 34 采用光照辐射的方法对试件进行加热;通过两根对称的发光体 108 发出红外光,光线经两个弧形反射面反射后聚焦于试件中心一点,使该区域温度迅速提升,经过一段时间的内部热量传导整个试件会达到测试要求的温度。特别地该热磁加载模块 34 中设置循环水冷却系统 109,以保证热磁模块 34 内部稳定的温度场不受外界温度的影响。

[0020] 本实用新型的有益效果在于:在结构上进行了集成性与创新性的设计,结构紧凑、功能齐全,可以对试样施加“拉伸/压缩-低周疲劳-扭转-弯曲-压痕”五种不同形式的载荷,其中五种载荷既可以单独加载,也可对其中的两种或两种以上的载荷组合加载,可以更加真实地模拟材料构件在现实中的真实工况。针对铁磁、热磁、半导体等功能性材料,本实用新型可以开展材料在多载荷模式下在外加物理场中的力学测试实验,进而为功能材料在多物理场下的性能参数提供有效地测试手段。本实用新型在测试仪器的框架支撑模块中集成了原位观测模块,在对试件材料进行加载测试的过程中通过原位观测模块上集成的高景深 3D 成像组件、超声波探伤元件和拉曼光谱仪等成像组件,可以动态实时的对试样的微观组织形貌和裂纹扩展情况进行原位观测,对于研究材料的微观组织形貌和宏观力学性能之间的内在联系以及裂纹的扩展规律提供有有效地测试手段。本实用新型为各类固态材料研制、结构设计、装备制造、寿命预测和可靠性评估提供新方法。

附图说明

[0021] 此处所说明的附图用来提供对本实用新型的进一步理解,构成本申请的一部分,本实用新型的示意性实例及其说明用于解释本实用新型,并不构成对本实用新型的不当限定。

[0022] 图 1 为本实用新型集成弯曲模块的整体主视图;

[0023] 图 2 为本实用新型集成弯曲模块的整体俯视图;

[0024] 图 3 为本实用新型集成压痕模块的整体示意图;

[0025] 图 4 为本实用新型集成热磁加载模块的整体示意图;

[0026] 图 5 为本实用新型扭转模块的主视图;

[0027] 图 6 为本实用新型扭转模块的剖视图;

[0028] 图 7 为本实用新型弯曲模块的剖视图;

[0029] 图 8 为本实用新型压痕模块的主视图;

[0030] 图 9 为本实用新型的压痕模块的剖视图;

[0031] 图 10 为本实用新型的夹具体示意图;

[0032] 图 11 为本实用新型的热磁加载模块视图。

[0033] 图中:1、气浮隔振台;2 螺钉 I;3、弹性垫圈 I;4、支撑立柱;5、固定支撑板;6、三点弯曲模块;7、上支撑板;8、连接套筒;9、胀紧套;10、伺服液压缸;11、螺钉 II;12、弹性垫圈 II;13 液压缸固定套筒;14、螺钉 III;15、弹性垫圈 III;16、螺钉 IV;17、弹性垫圈 IV;18、垫片;19、螺钉 V;20、弹性垫圈 V;21、扭转模块;22、夹具体模块;23、试件;24、导向条;25、

下套筒 ;26、上套筒 ;27、六角螺母 ;28、双头螺栓 ;29、调整垫片 ;30、螺钉 VI ;31、弹性垫圈 VI ;32、原位观测模块 ;33、压痕模块 ;34、热磁加载模块 ;35、蜗杆箱体 ;36、蜗杆端盖 ;37、调整垫片 I ;38、滚动轴承 I ;39、套筒 I ;40、蜗杆轴 ;41、蜗杆 ;42、键 I ;43、套筒 II ;44、扭转伺服电机 ;45、调整垫片 II ;46、滚动轴承 II ;47、滚珠花键 ;48、蜗轮端盖 I ;49、套筒 II ;50、蜗轮 ;51、固定端盖 ;52、键 II ;53 蜗轮端盖 II ;54、弯曲伺服电机 ;55、减速机 ;56、内六角螺钉 ;57、电机法兰 ;58、联轴器 ;59、EK 支撑 I ;60 滚珠丝杠 ;61、丝杠螺母 ;62 螺母连接件 ;63、弯曲力传感器 ;64、压头 ;65、支撑头 ;66、支撑头后座 ;67、尾部旋转轴 ;68、滑动轴承 ;69、挡板 ;70、弯曲底板 ;71、导轨滑块组件 I ;72、导轨滑块组件 II ;73、EK 支撑座 I ;74、底板支撑板 ;75、压痕伺服电机 ;76、法兰 ;77、底板一 ;78、底板二 ;79、位移传感器支架 ;80、手动台支架 ;81、柔性铰链 ;82、调节螺钉 ;83、电容式位移传感器 ;84、力传感器 ;85、反射板 ;86、压头套筒 ;87、金刚石压头 ;88、EK 支撑 II ;89 丝杠螺母组件 ;90、丝杠螺母座 ;91、EF 支撑座 ;92 紧钉螺钉 ;93、压电陶瓷 ;94、预压垫片 ;95、手动平移台 ;96、LM 导轨滑块 ;97、夹具 ;98、夹具挡片 ;99、夹具体 ;100、拉扭力传感器 ;101、连接体 ;102、下连接胀紧套 ;103、下支撑板 ;104、永磁体 ;105、调节螺杆 ;106、软铁 ;107、帕尔贴片 ;108、发光体 ;109、水冷却系统。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图进一步说明本实用新型的详细内容及其具体实施方式。

[0035] 参见图 1 至图 11 所示,本实用新型的多载荷多物理场耦合材料微观力学性能原位测试仪器,由框架支撑模块、拉/压-低周疲劳模块、扭转模块 21、三点弯曲模块 6、压痕模块 33、热磁加载模块 34、原位观测模块 32 和夹具体模块构成。框架支撑模块为测试仪器提供整机的结构支撑,拉/压-低周疲劳模块布置在测试仪器上下两端,扭转模块 21 直接布置于拉/压-低周疲劳模块的前端,三点弯曲模块 6、压痕模块 33 和热磁加载模块 34 通过公共替换部件布置于整个测试仪器的一侧支撑立柱之上,原位观测模块布置于另一侧的支撑立柱之上。夹具体模块连接于扭转模块的前段,完成对试件的装夹功能。本实用新型整体结构采用四立柱垂直对称式布置,上线两端分别采用两个完全相同的伺服液压缸 10 和两个扭转模块 21 对中心试件 23 进行对称拉伸/压缩和对称扭转,可以保证在拉伸/压缩和扭转的过程中试件 23 的几何中心位置相对静止。

[0036] 所述框架支撑模块主要由气浮隔振台 1、上、下支撑板 7、103 和支撑立柱 4 组成。整个测试仪器主体安装于气浮隔振台 1 上可有效地避免外界振动对于测试过程所带来的影响。下支撑板 103 通过螺钉 I 2、弹性垫圈 I 3 紧固于气浮隔振台 1 的安装台面上,四根空间完全对称的支撑立柱 4 安装于上、下支撑板 7、103 相对应的配合孔内,通过螺钉 IV 16、弹性垫圈 IV 17 进行紧固。

[0037] 所述拉/压-低周疲劳模块主要由伺服液压缸 10 和液压缸固定套筒 13 等连接件组成。伺服液压缸 10 通过安装法兰与液压缸固定套筒 13 通过轴孔之间的公差配合保证安装精度,采用螺钉 II 11、弹性垫圈 II 12 进行紧固。液压缸固定套筒 13 通过螺钉 III 14、弹性垫圈 III 15 刚性的固定到相应的上、下支撑板 7、103 上。其中垫片 18 用于调整上、下支撑板之间的垂直高度。

[0038] 参见图 5 及图 6 所示,本实用新型的扭转模块 21 主要由扭转伺服电机 44、蜗轮蜗

杆减速箱和滚珠花键 47 等关键件组成。扭转伺服电机 44 的输出轴通过键 I 42 与蜗杆轴 40 相连。蜗杆 41 与蜗杆轴 40 通过键连接。套筒 II 43 用于固定滚动轴承外圈的轴向位置。所述的蜗杆轴 40 通过滚动轴承 I 38 支撑于蜗杆箱体 35 的安装孔内,套筒 I 39 用于限制蜗杆 41 的轴向位移。滚动轴承 I 38 的外圈通过蜗杆端盖 36 和调整垫片 I 37 进行限位。所述的滚珠花键 47 的外花键套通过套筒 II 49 和滚动轴承 II 46 支撑于蜗杆箱体 35 的安装孔内,通过蜗轮端盖 I、II 48、53 的内凸缘和调整垫片 II 45 对滚动轴承进行限位。固定端盖 51 起过渡支撑和连接的作用。所述的蜗轮 50 通过键 II 52 与滚珠花键 47 的外花键套相连。所述的滚珠花键 47 的一轴端通过连接套筒 8、胀紧套 9 与伺服液压缸 10 的液压杆相连,另一端通过胀紧套与夹具体模块 22 相连,整个扭转模块通过蜗杆箱体 35 上的安装孔用螺钉 V 19、弹性垫圈 V 20 固定于上、下支撑板 7、103 上。

[0039] 参见图 1、图 2 及图 7 所示,本实用新型的三点弯曲模块主要由弯曲伺服电机 54、滚珠丝杠 60、丝杠螺母 61 传动组件、压头 64 以及导轨滑块组件 I、II 71、72 等组成。所述的弯曲伺服电机 54 经由一级减速机 55 与电机法兰 57 用内六角螺钉 56 固连。减速机 55 的输出轴将动力经由联轴器 58 传递到滚珠丝杠 60 上,经丝杠螺母 61 的转化输出为弯曲压头 64 的直线运动。其中滚珠丝杠 60 采用 EK 支撑 I 59 单端悬臂布置,再经由 EK 支撑座 I 73 固定于弯曲底板 70 上。在弯曲测试的过程中,弯曲横向力由弯曲力传感器 63 采集,弯曲力传感器 63 安装于螺母连接件 62 与压头 64 之间,而螺母连接件 62 则通过导轨滑块组件 II 72 进行导向,保证弯曲压头位移的直线性。特别地,本实用新型采用的三点弯曲为内力型三点弯曲,故在弯曲底板 70 的下层同样安装一层导轨滑块组件 I 71,使得上层三点弯曲模块可相对于底板支撑板 74 整体浮动。相应地为了保证内力型弯曲,在压头 64 的右侧布置了两个支撑头 65,支撑头 65 固连于支撑头后座 66 并通过末端的尾部旋转轴 67 安装于滑动轴承 68 之内,可以保证在弯曲过程中两个后端支撑头 65 自适应的调整一定的角度,避解决装夹不对中带来的试件 23 无法同时接触支撑头 65 的问题。挡板 69 连接于尾部旋转轴 67 的轴端,可防止尾部旋转轴 67 的脱落。所述的三点弯曲模块通过下端的底板支撑板 74 安装于公共安装替换部件固定支撑板 5 上,而固定支撑板 5 通过螺钉 VI 30、弹性垫圈 VI 31 安装于下套筒 25 上,上、下套筒 26、25 整体经六角螺母 27、双头螺栓 28、调整垫片 29 紧固于后侧两根支撑立柱 4 之上。安装于固定支撑板 5 上的导向条 24 用于方便各模块之间互换时的安装与定位。

[0040] 参见图 3、图 8 及图 9 所示,本实用新型的压痕模块主要由压痕伺服电机 75、丝杠螺母组件 89、压电陶瓷 93、柔性铰链 81、力传感器 84、电容式位移传感器 83、金刚石压头 87 和一些连接支撑部件组成。所述压痕伺服电机 75 通过法兰 76 安装于底板一 77 上。底板二 78 通过 LM 导轨滑块 96 安装于底板一 77 上进行导向。所述位移传感器支架 79 通过手动平移台 95 安装于手动台支架 80 上。其中的手动平移台 95 用于调节电容式位移传感器 83 的探头与反射板 85 初始间距,调节螺钉 82 可用于夹紧位移传感器的探头。金刚石压头 87 通过压头套筒 86 安装于力传感器 84 的一端,力传感器的另一端通过外部安装螺栓连接到柔性铰链 81 上,紧钉螺钉 92 用于固定金刚石压头 87。其中的压电陶瓷 93 安装于柔性铰链 81 相应的凹槽内,由预压垫片 94 进行预紧。压痕伺服电机 75 的输出动力经由丝杠螺母组件 89 转化为直线运动,通过丝杠螺母座 90 传递给柔性铰链 81 作为压痕时的粗调位移。压痕真实位移由压电陶瓷输出。所述的压痕模块中丝杠螺母组件 89 采用 EK 支撑 II 88、EF

支撑座 91 两端固定。压痕模块整体也通过底板支撑板 74 安装于公共安装替换部件固定支撑板 5 上。

[0041] 参见图 10 所示,本实用新型的夹具体模块主要由夹具 97、夹具体 99、拉扭力传感器 100、连接体 101 和下连接胀紧套 102 组成。其中下连接胀紧套 102 与扭转模块中的输出轴相连,对试件进行夹紧时通过调节夹具挡片 98 上的螺钉来提供胀紧力。

[0042] 参见图 4 及图 11 所示,本实用新型所述的“机-电-热-磁”多物理场耦合加载,试验机的机械加载部分可实现“拉伸/压缩-低周疲劳-扭转-弯曲-压痕”五种形式载荷的施加,采用试件直接通电的方式施加电场,测试过程中通过外部直流电源直接通过两个电极给试件施加稳定的直流电压,在导电试件的内部就会形成稳定的电场。通过调节外加电压的大小调节内部电场的大小。所述的热场和磁场加载主要通过热磁加载模块 34 来实现。热磁加载模块中的磁加载采用永磁体 104 直接回路法施加磁场,通过调节螺杆 105 调节永磁体 104 与软铁 106 形成的磁回路的相对位置来实现不同磁场强度的加载。结构紧凑,可在较小的空间内实现较大幅度磁场强度的调节。温度场的实现则是通过半导体帕尔贴片 107 对试件进行制冷,将帕尔贴片 107 通以规定方向的直流电,帕尔贴片制冷一侧会吸收大量的热量,使得试件的温度降低达到制冷的效果;通过光照辐射的方法对试件进行加热。采用两根对称的发光体 108 发出红外光,光线经两个弧形反射面反射后聚焦于试件中心一点,使该区域温度迅速提升,经过一段时间的内部热量传导整个试件会达到测试要求的温度。特别地在该热磁加载模块 34 的整体框架中集成了循环水冷却系统 109,可以保证热磁模块 34 内部稳定的温度场不受外界温度的影响。

[0043] 所述的原位观测模块 32 同样安装于公共安装替换部件固定支撑板 5 上,采用同样的方法将上、下套筒安装于前侧的两根支撑立柱上。该原位观测平台具有较大的三维移动范围,并且每个移动方向上配备有主动隔震装置,可对试件上的观察点进行精确地跟随,有利于在实验过程中对试件的追踪。

[0044] 本实用新型整个机械结构采用气浮隔振台 1 作为底座,可有效地降低外界振源对试验机的影响。其中的拉/压-低周疲劳模块采用两个高精度伺服液压缸 10 作为动力源,通过多通道伺服控制器控制进入伺服液压缸 10 的油量与油液方向可以精确地控制拉/压、低周疲劳过程中的位移。所述的扭转模块 21 采用伺服电机作为动力源,经由一级大减速比蜗轮蜗杆减速后通过滚珠花键将扭转角输出到与液压杆相连的滚珠花键轴上,带动液压杆和前端的夹具体模块整体进行扭转。所述的三点弯曲模块 6 由伺服电机提供动力源,经由滚珠丝杠螺母组件将其转化为弯曲压头的直线运动。所述的压痕模块 33 由伺服电机提供动力源,经由滚珠丝杠螺母组件将其转化为压痕过程中的粗调位移,压痕中的压入位移由压电陶瓷经柔性铰链输出。所述的热磁加载模块 34 中的磁加载采用永磁体直接回路法施加磁场,通过调节螺杆 105 调节永磁体 104 与软铁 106 形成的磁回路的相对位置来实现不同磁场强度的加载。结构紧凑,可在较小的空间内实现较大幅度磁场强度的调节。温度场的实现则是通过半导体帕尔贴片 107 对试件进行制冷,将帕尔贴片 107 通以规定方向的直流电,帕尔贴片 107 制冷一侧会吸收大量的热量,使得试件的温度降低达到制冷的效果;通过光照辐射的方法对试件进行加热。采用两根对称的发光体 108 发出红外光,光线经两个弧形反射面反射后聚焦于试件中心一点,使该区域温度迅速提升,经过一段时间的内部热量传导整个试件会达到测试要求的温度。特别地在该热磁加载模块 34 的整体框架中集成

了循环水冷却系统 109,可以保证热磁模块 34 内部稳定的温度场不受外界温度的影响。而电场的加载是通过外部直流电源直接通过两个电极给试件施加稳定的直流电压,在导电试件的内部就会形成稳定的电场。通过调节外加电压的大小调节内部电场的大小。所述的原位观测模块 32 作为集成性模块这里不再论述。

[0045] 在具体的测试过程中,测试之前首先确定需要施加载荷的类型以及所施加外加场的类型,通过公共安装替换部件固定支撑板 5 安装相对应的压痕模块、三点弯曲模块或热磁加载模块。启动伺服液压缸 10 将夹具体调整到合适的位置上,将待测试的标准试件 23 插入对应的夹具当中,手动调节夹具挡片 98 上的夹紧螺钉,使其可靠地夹紧试件。通过上位机多路控制器控制各加载模块的加载过程,完成预定的试验要求。在测试的过程中通过多路采集控制卡,将各加载模块中获得的载荷数据、位移数据连同原位观测模块采集的图像信息一同送入到上位机调试软件中,通过相应的理论分析建立材料本构关系和相应的微观结构演变的数学模型,通过实验测试确定本构关系中材料性质相关的参数,推导各种常用物理参量的数学描述形式,同时动态的将材料的微观组织形貌显示在相应的成像屏幕上,完成整个基于多载荷多物理场的原位测试试验。

[0046] 以上所述仅为本实用新型的优选实例而已,并不用于限制本实用新型,对于本领域的技术人员来说,本实用新型可以有各种更改和变化。凡对本实用新型所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

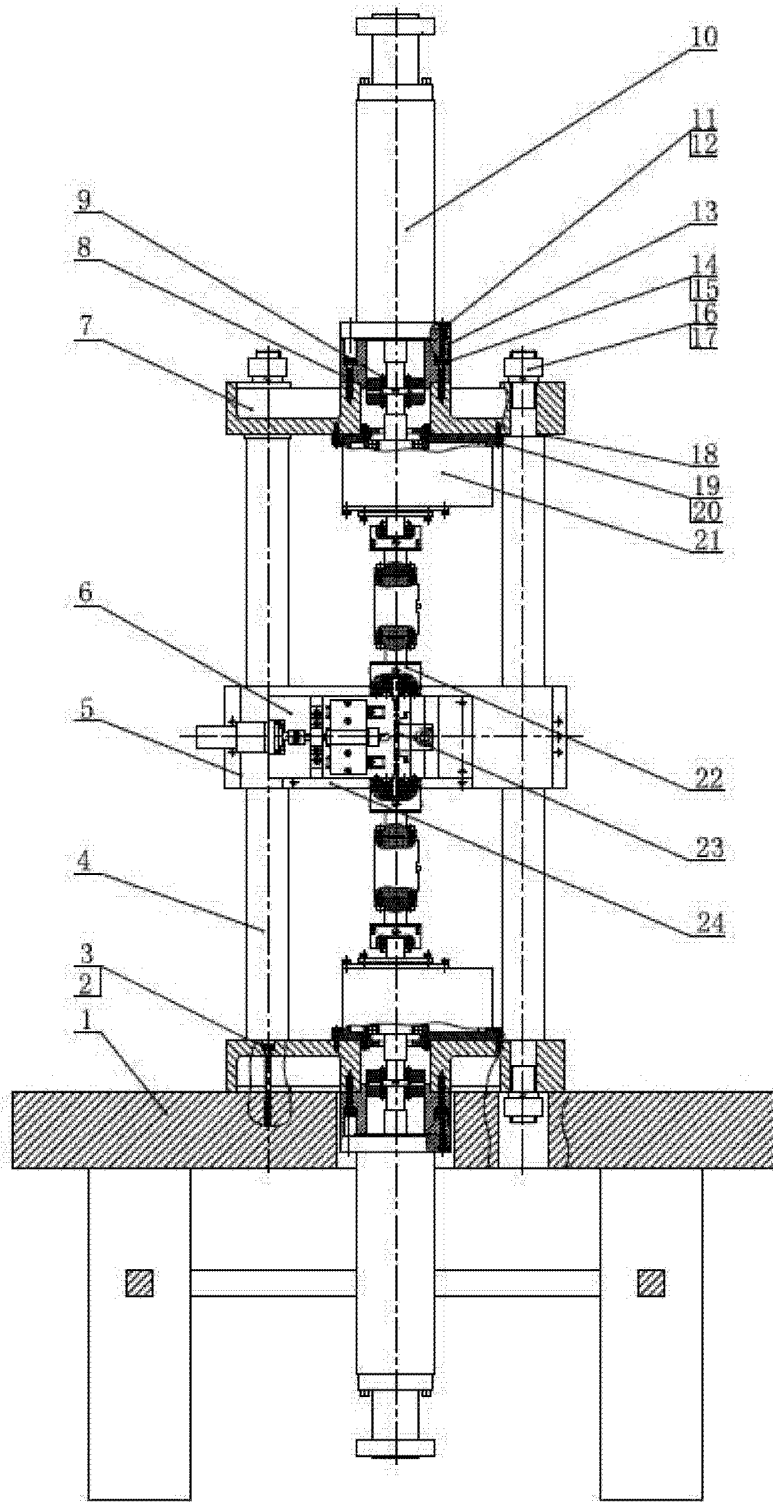


图 1

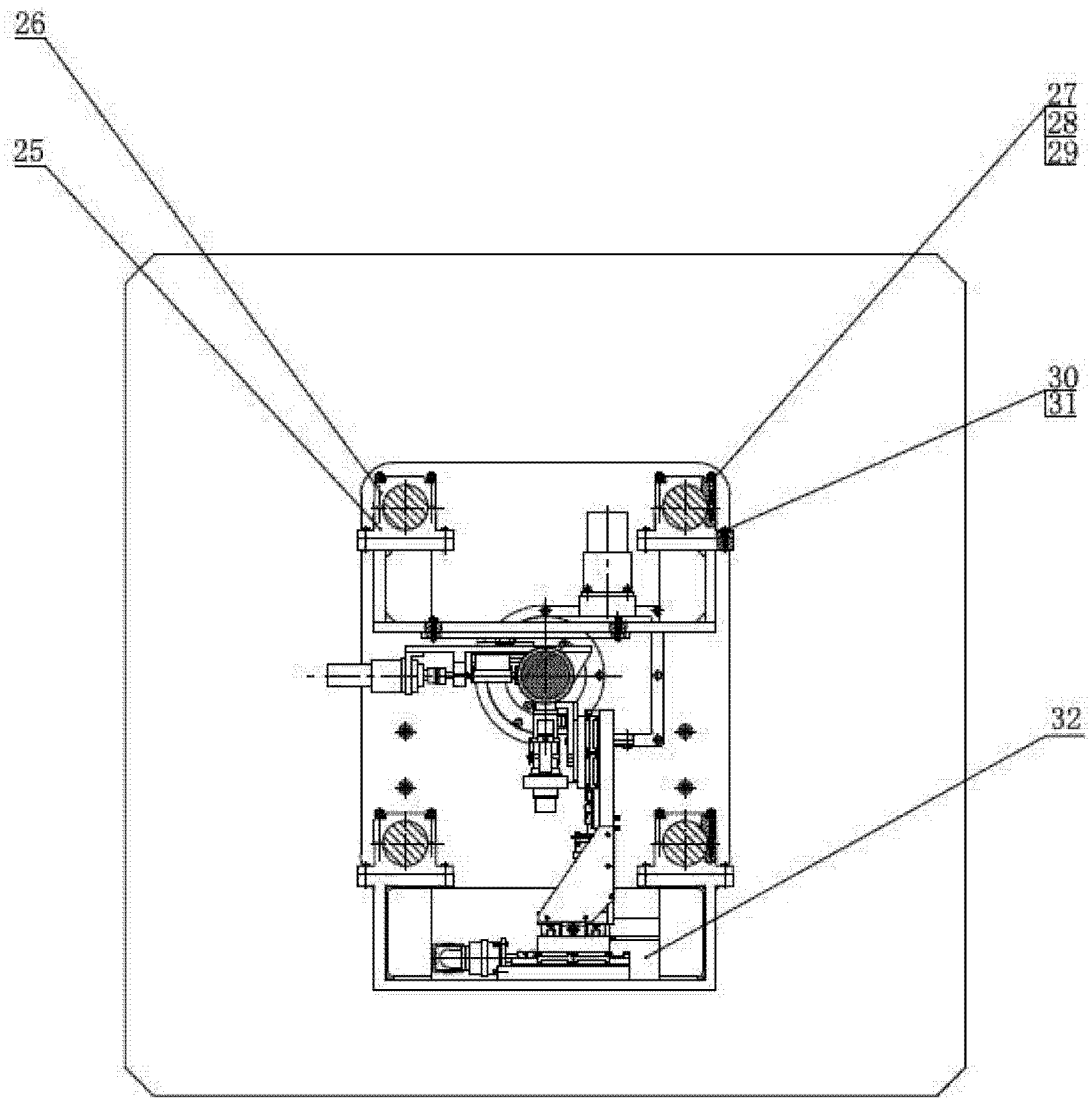


图 2

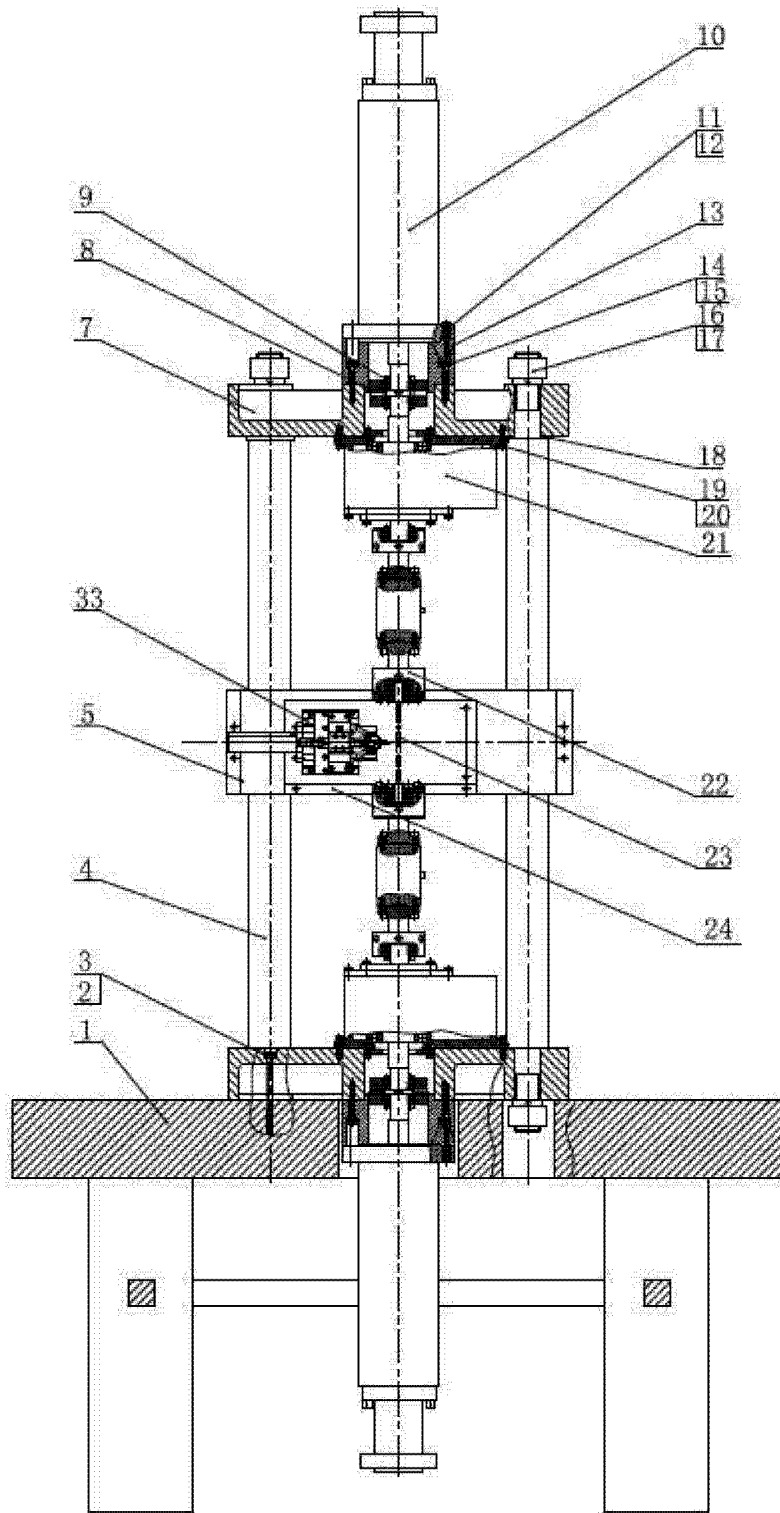


图 3

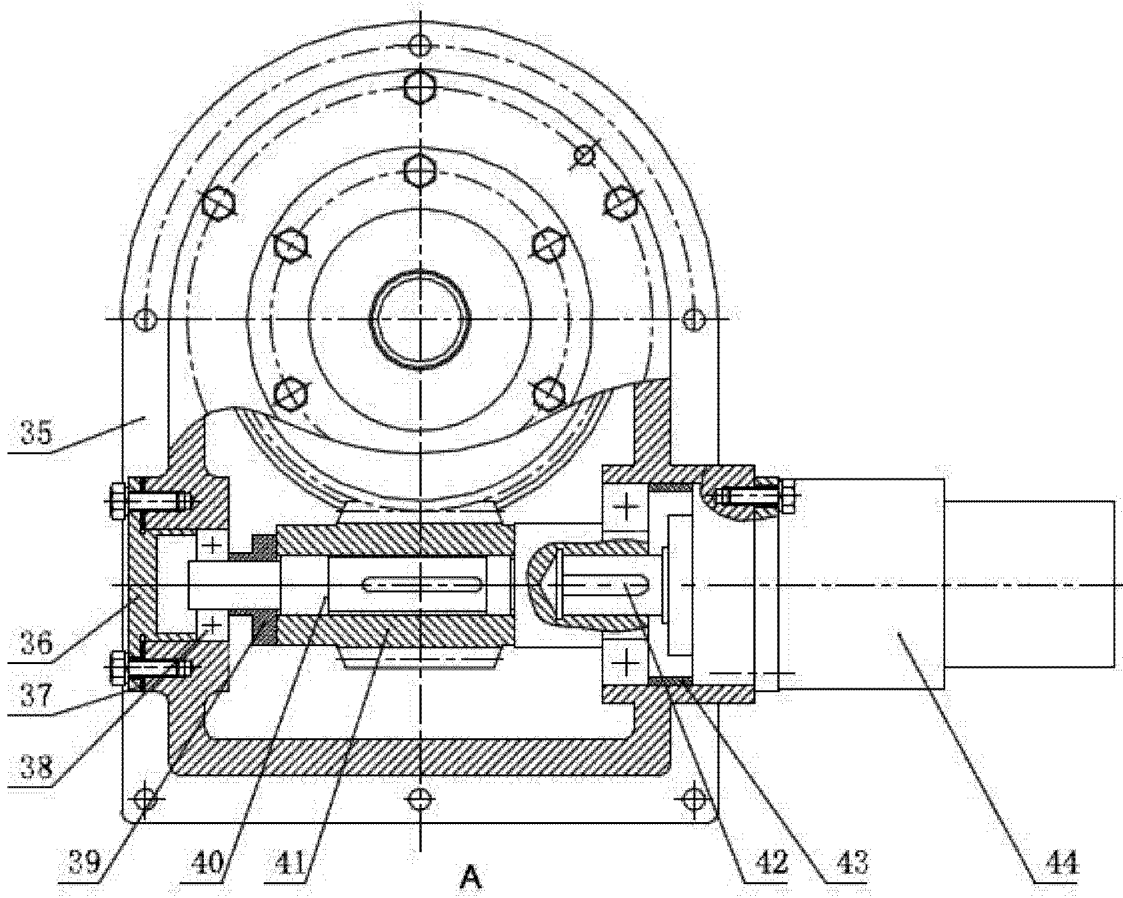


图 5

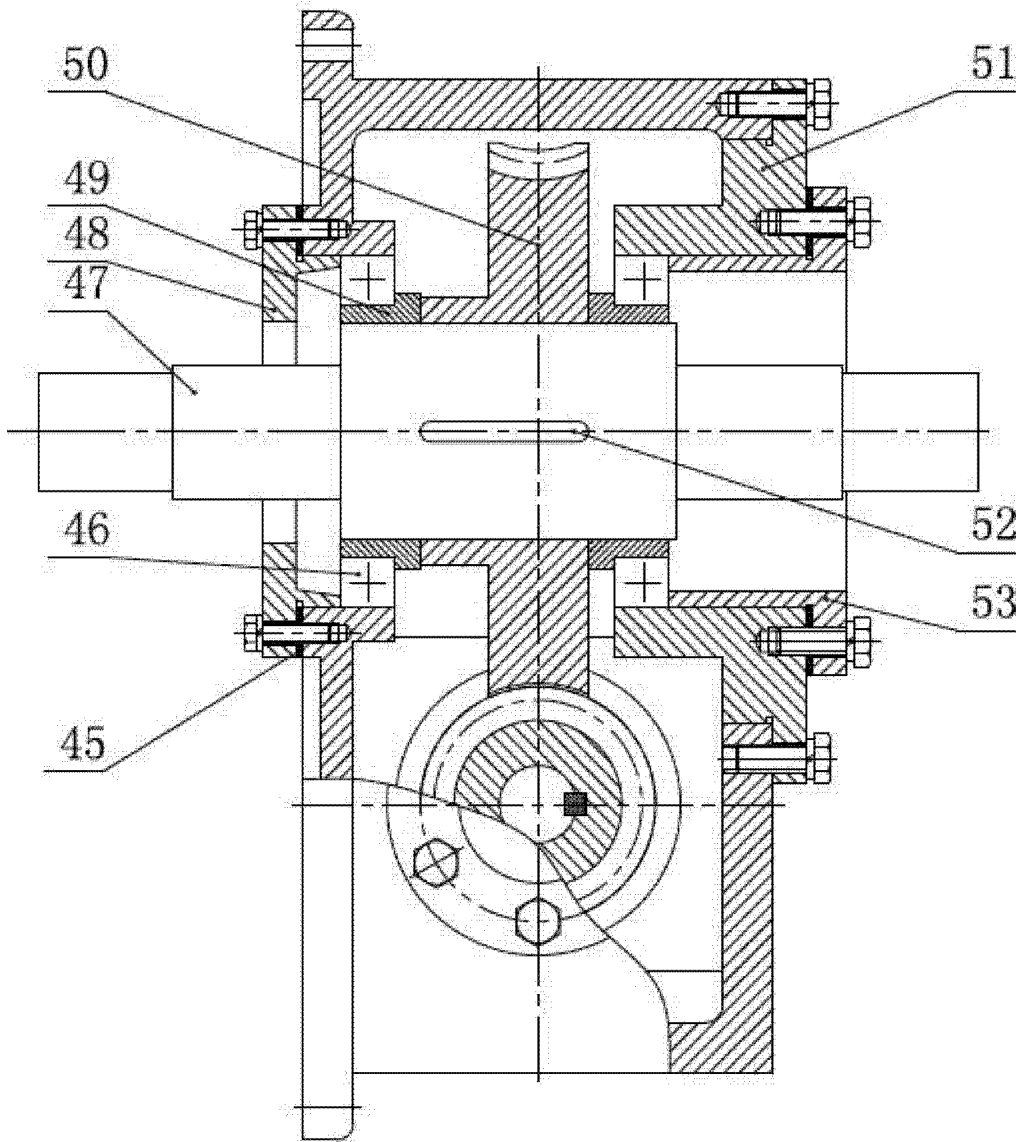


图 6

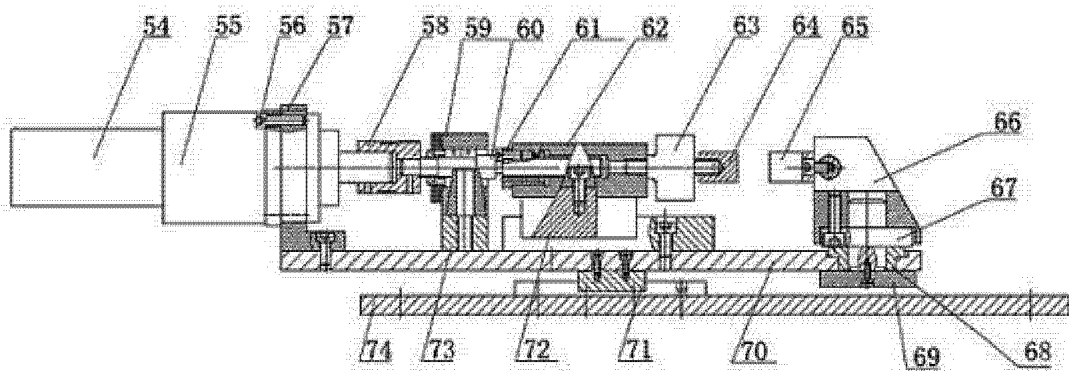


图 7

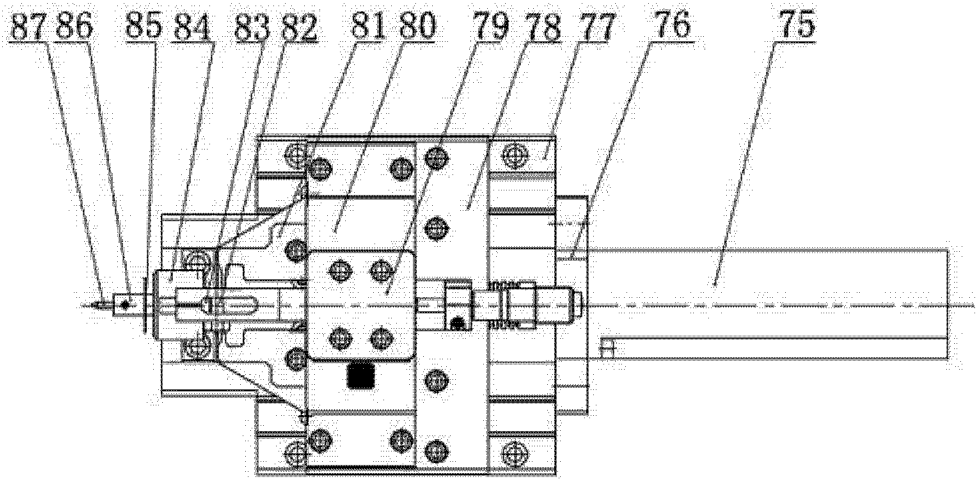


图 8

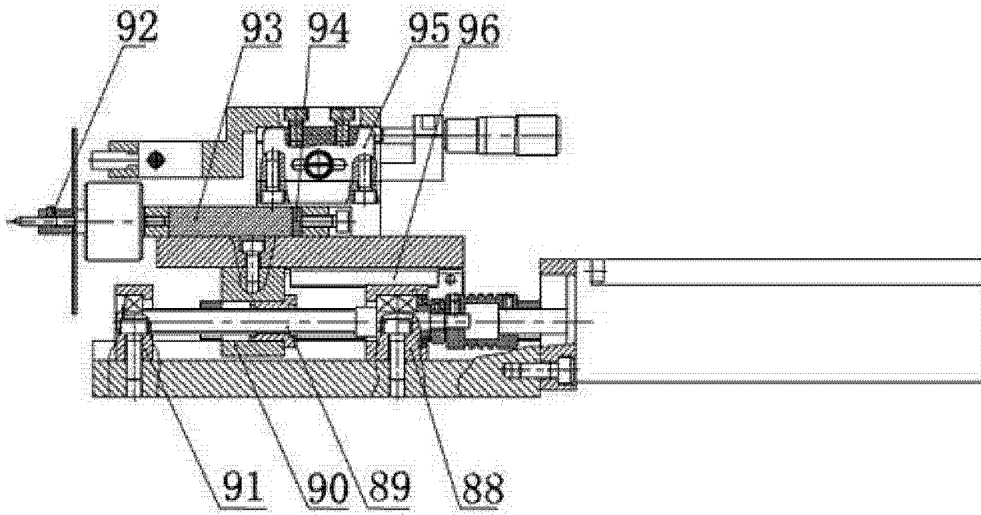


图 9

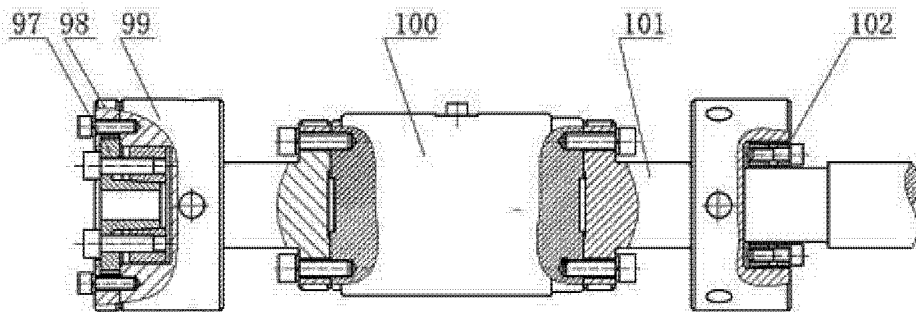


图 10

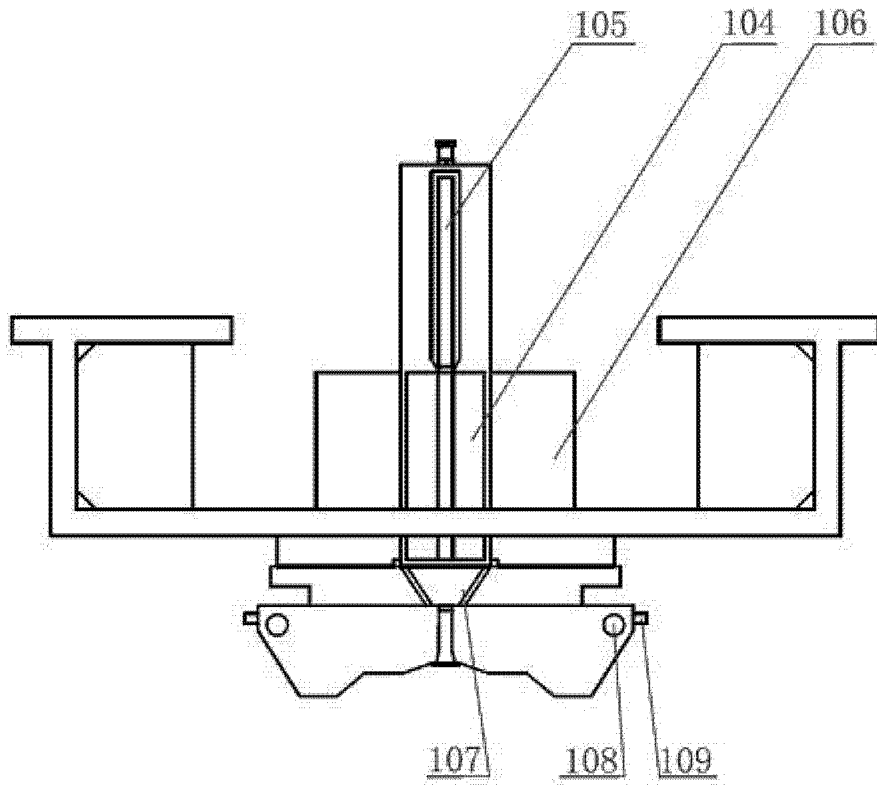


图 11