



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105436286 B

(45)授权公告日 2017.04.05

(21)申请号 201610005836.X

(22)申请日 2016.01.05

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105436286 A

(43)申请公布日 2016.03.30

(73)专利权人 北京航空航天大学
地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 龙安林 吴向东 王文平 方春平
万敏

(74)专利代理机构 北京永创新实专利事务所
11121

代理人 周长琪

(51)Int.Cl.

B21D 26/14(2006.01)

B21C 51/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 104475531 A,2015.04.01,

CN 2887479 Y,2007.04.11,

CN 1544177 A,2004.11.10,

US 9125243 B2,2015.09.01,

WO 0009274 A1,2000.02.24,

审查员 史茜茜

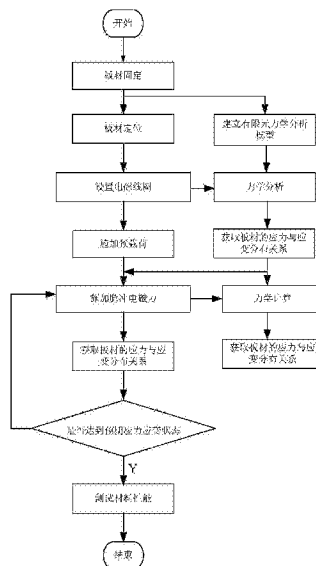
权利要求书1页 说明书8页 附图11页

(54)发明名称

一种预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法

(57)摘要

本发明公开一种预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,首先对板材夹持固定,使板材位于模具上方;同时在板材上方设置电磁线圈。对板材进行预加载并建立有限元力学分析模型,获取板材应力与应变分布关系。通过控制板材的移动以及电磁线圈的移动,由电磁线圈对板材上各区域施加脉冲电磁力;再次获取板材应力与应变分布关系,并对板材的应力应变状态进行判断,若满足预期状态,则卸载板材进行硬度和强度测试;否则对板材不满足预期状态部位进行进行分区调形。本发明的优点为:针对具有一定初始预应力状态的金属板材,将传统机械力与脉冲电磁力相结合,利用脉冲电磁力产生的冲击波,改变材料内部的组织结构,调整板材内部应力应变状态。



CN 105436286 B

1. 预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,其特征在於:通过下述方法完成:

步骤1:对板材夹持固定;

步骤2:将板材设置在模具上方;

步骤3:在板材上方设置电磁线圈;

步骤4:建立包含模具、压边机构与板材的有限元力学分析模型;

步骤5:对板材施加预拉伸、预弯曲或同时施加预拉伸与预弯曲,实现板材的预加载;

步骤6:获取板材的应力与应变分布关系;

步骤7:对板材进行分区,通过控制板材的移动以及电磁线圈的移动,由电磁线圈对板材上各区域施加脉冲电磁力;

步骤8:力学计算;

获取板材的应力与应变分布关系;

步骤9:判断板材的应力应变状态;

若板材达到了预期的应力应变状态,则进行步骤10;否则根据板材的应力应变分布情况,对板材进行分区域调形,直至板材达到了预期的应力应变状态;

步骤10:测试材料性能;

对完成调形和调性后的板材进行卸载,随后进行硬度和强度测试,得出脉冲电磁力与材料性能之间的变化规律。

2. 如权利要求1所述预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,其特征在於:步骤7中,通过调节电磁线圈的角度,使电磁线圈在每次施加脉冲电磁力时,线圈法线与板材法向重合。

3. 针对如权利要求1所述预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法的装置,其特征在於:包括主框架、线圈控制液压缸组件、液压缸平移驱动组件、液压缸摆角驱动组件、板材进给框组件、板材夹头组件、板材进给框驱动组件、压边框组件以及柔性模具;

其中,主框架具有上梁板与下梁板;上梁板上安装有线圈控制液压缸组件;线圈控制液压缸组件采用中间铰轴式液压缸,在液压缸活塞杆上安装电磁线圈,使电磁线圈具有绕自身轴线转动与沿轴线运动两个自由度;同时,通过液压缸平移驱动组件、液压缸摆角驱动组件分别实现线圈控制液压缸组件沿空间Y轴的移动以及摆动,进而使电磁线圈具有沿空间Y轴的移动以及摆动两个自由度;

板材进给框组件为可调节长度矩形框架,安装在下梁板上,通过板材进给框驱动组件实现板材进给框组件沿空间X轴的移动;板材进给框空间X轴方向上的两条侧边上安装有板材夹头组件,对板材进行夹持,且为板材提供拉伸预载荷;

压边框组件设置在板材进给框组件与上梁板间,通过压边框组件对板材施加弯曲预应力;柔性模具安装在下梁板上,与压边框组件配合对金属板材进行弯曲预加载,并承受电磁线圈工作时产生的脉冲电磁力。

一种预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属塑性成形技术领域,具体来说,是一种利用脉冲电磁力对具有一定初始预应力状态的预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法

背景技术

[0002] 电容器中存储的电量突然释放会在与其串联的电磁线圈附近产生强而短促的磁场,当磁场作用在临近导体上时会在导体上产生与线圈电流方向相反的涡流,涡流与磁场共同产生作用于线圈和导体的脉冲电磁排斥力。

[0003] 电磁成形是一种基于该脉冲电磁力的单模成形工艺,也称为磁脉冲成形,主要应用于管件、板件等薄壁类零件的成形。电磁成形使用脉冲电磁力作为零件成形的驱动力,以凹模或者凸模作为基准获得零件的形状。电磁成形的优点是可以有效的提高材料的成形性能,同时降低材料的成形回弹量,提高成形零件的尺寸精度。但是,在通常情况下电磁成形零件的变形程度都很大,零件相对于线圈快速的背离运动减少了脉冲电磁力的作用时间,同时也减小了放电回路的电感值,使得电容器组释放的能量不能充分转化成材料的塑性变形能,能量的利用率较低。此外,电磁成形通过脉冲电磁力的作用直接获取零件的形状,其研究的重点是零件的成形问题,对于成形后零件的表面硬度、内部组织结构等材料性能方面的研究相对较少。

[0004] 经对现有国内外专利技术文献检索,得到与本发明相关的专利:

[0005] 美国专利授权公告号为US005813265A,发明名称为:Balanced Electromagnetic Peening。该专利公布了一种电磁喷丸方法。使用时,将两个线圈分开固定在试件相反的两个表面上,通过电源给线圈提供能量产生电磁力,电磁力使试件表面产生一定的塑性变形,从而影响试件表面的压应力层而达到强化试件表面的效果。

[0006] 美国专利授权公告号为US007378622B2,发明名称为:System and Method for Electromagnetic Pulse Surface Treatment。该专利涉及一种在电磁脉冲作用下对试件表面进行处理的系统及方法,主要针对试件表面的强化要求,克服喷丸强化的缺点,并从有限元分析的角度说明其发明的可行性,但没有实际应用的说明。上述专利均运用脉冲电磁力对原始状态的试件进行表面处理,改变材料的性能,没有兼顾试件成形方面的研究。

[0007] 综上可知,目前国内外尚未出现基于脉冲电磁力的针对具有一定初始预应力状态的金属板材进行形状与性能综合研究的方法。

发明内容

[0008] 针对上述问题,本发明提出一种运用脉冲电磁力的针对具有一定初始预应力状态的金属板材进行形状与性能综合研究的方法,并将其应用于大型铝合金蒙皮壁板类零件的预应力电磁调形与调性。

[0009] 本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,通过下述方法完成:

- [0010] 步骤1:对板材夹持固定。
- [0011] 步骤2:将板材设置在模具上方。
- [0012] 步骤3:在板材上方设置电磁线圈。
- [0013] 步骤4:建立包含模具、压边机构与板材的有限元力学分析模型。
- [0014] 步骤5:对板材施加预拉伸、预弯曲或同时施加预拉伸与预弯曲,实现板材的预加载;
- [0015] 步骤6:获取板材的应力与应变分布关系。
- [0016] 步骤7:对板材进行分区,通过控制板材得移动以及电磁线圈的移动,由电磁线圈对板材上各区域施加脉冲电磁力。
- [0017] 步骤8:力学计算;
- [0018] 获取板材的应力与应变分布关系。
- [0019] 步骤9:判断板材的应力应变状态;
- [0020] 若板材达到了预期的应力应变状态,则进行步骤10;否则根据板材的应力应变分布情况,对板材进行分区域调形,直至板材达到了预期的应力应变状态。
- [0021] 步骤10:对完成调形和调性后的板材进行卸载,随后进行硬度和强度测试,得出脉冲电磁力与材料性能之间的变化规律。
- [0022] 本发明的优点在于:
- [0023] 1、本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,针对具有一定初始预应力状态的金属板材;
- [0024] 2、本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,将传统机械力与脉冲电磁力相结合,体现多学科交叉;
- [0025] 3、本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,通过调整板材内部应力应变状态而获得形状,不是直接成形;
- [0026] 4、本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,利用脉冲电磁力产生的冲击波,改变材料内部的组织结构,优化了材料性能;
- [0027] 5、本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,在工作过程中,线圈与板材的相对位置不变,延长了脉冲电磁力的作用时间,提高了能量利用率;
- [0028] 6、本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,采用电磁线圈渐进与板 材渐进相结合的方式,对试验装置的安装空间要求小;
- [0029] 7、本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,结合有限元分析,有助于了解板材内部应力应变状态,缩短工作时间;
- [0030] 8、本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,可用于各种的金属板材,适用范围广。

附图说明

- [0031] 图1为本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法流程图;
- [0032] 图2为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置结构示意图;
- [0033] 图3为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置中主框架结构示意图;

[0034] 图4为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置中线圈控制液压缸组件结构示意图；

[0035] 图5为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置中液压缸平移驱动组件结构示意图；

[0036] 图6为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置中液压缸摆角驱动组件结构示意图；

[0037] 图7为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置中板材进给框组件结构示意图；

[0038] 图8为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置中板材夹头组件结构示意图；

[0039] 图9为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置中板材进给框驱动组件结构示意图；

[0040] 图10为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置中压边框组件结构示意图；

[0041] 图11为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置中顶面为平面的柔性模具；

[0042] 图12为本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置中顶面为曲面的柔性模具；

[0043] 图13为使用本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置对金属板材前部进行脉冲电磁力作用的示意图；

[0044] 图14为使用本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置对金属板材中部进行脉冲电磁力作用的示意图；

[0045] 图15为使用本发明双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置对金属板材后部进行脉冲电磁力作用的示意图。

[0046] 图中：

[0047]	1-主框架	2-线圈控制液压缸组件	3-液压缸平移驱动组件
[0048]	4-液压缸摆角驱动组件	5-板材进给框组件	6-板材夹头组件
[0049]	7-板材进给框驱动组件	8-压边框组件	9-柔性模具
[0050]	101-上梁板	102-立柱	103-下梁板
[0051]	104-滑块导轨	105-滑块	106-锁紧螺母
[0052]	107-地脚螺母	201-安装基座	202-安装耳片
[0053]	203-中间转轴式液压缸	204-线圈连接座	205-电磁线圈
[0054]	301-平移驱动梯形丝杠	302-平移驱动伺服电机	401-摆角驱动梯形丝杠
[0055]	402-摆角驱动伺服电机	403-导轨	404-连接板
[0056]	405-十字滑块	406-摆杆	405a-滑块主体
[0057]	405b-直线轴承A	405c-直线轴承B	405d-转轴
[0058]	501-安装座	502-支撑座	503-可伸缩导轨
[0059]	504-铝合金型材	505-齿条	504a-条形型材
[0060]	504b-U型框型材	601-安装口框	602-双向螺杆

[0061]	603-钳口组成	701-进给驱动伺服电机	702-电机座
[0062]	703-齿轮轴	704-齿轮	801-压边框
[0063]	802-压边辊	803-导套	804-液压缸
[0064]	901-模具基座	902-螺杆	903-钉头
[0065]	904-固定角铁		

具体实施方式

[0066] 下面结合附图对本发明做进一步详细说明。

[0067] 本发明预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性方法,对于大型金属板材,如图1所示,具体通过下述方法实现:

[0068] 步骤1:通过夹持机构对板材X轴方向的前后侧边夹持固定。

[0069] 步骤2:将板材前端设置在模具上方。

[0070] 步骤3:在板材的前端上方设置电磁线圈。

[0071] 步骤4:建立有限元力学分析模型。

[0072] 通过有限元软件建立包含模具、压边机构与板材的有限元力学分析模型。

[0073] 步骤5:对板材进行预加载;

[0074] 对板材施加预拉伸、预弯曲或同时施加预拉伸与预弯曲的方式对板材进行预加载,使板材具有不同的初始预应力状态,在忽略板材厚向应力的情况下,对板材前后方向施加预拉伸时,板面内将产生沿其预拉伸方向的拉应力。对板材施加预弯曲时,板面外侧受拉,产生的是拉应力,而内侧受压,产生的则是压应力,使板材与模具表面贴合。同时对板材施加预拉伸和预弯曲,板面内的应力状态取决于所施加的预拉伸与预弯曲的相对关系,可能是拉应力与压应力并存的应力状态,也可能仅存在面内的拉应力。根据塑性成形理论,板材的应力状态满足Mises屈服准则时,弹性应变将转变为塑性应变,使得板材获得一定的形状。不同的预加载程度使得板材具有不同的初始预应力,导致板材处在弹性变形状态或者弹性与塑性共存的变形状态。

[0075] 步骤6:通过有限元分析软件进行力学计算,得到板材的应力与应变分布关系。

[0076] 步骤7:对板材施加脉冲电磁力;

[0077] 通过电磁线圈对板材分区施加脉冲电磁力;根据板材大小,对板材进行分区,令板材具有m行n列共m*n个区域,m=1、2、3、……;n=1、2、3、……。则首先,通过控制电磁线圈分别沿Y轴移动,在不同点位上对板材前端的第一行中每个区域施加脉冲电磁力,调整板材内部应力应变状态;针对不同的金属材料板材需选择不同的脉冲电磁力幅值以及作用次数。随后,控制板材沿X轴向前移动m-1次,并分别控制电磁线圈对第2~m行中每个区域施加脉冲电磁力。上述电磁线圈每次施加脉冲电磁力时,电磁线圈电容器中存储的电量突然释放会在与其串联的电磁线圈附近产生强而短促的磁场,当磁场作用在临近导体上时会在导体上产生与线圈电流方向相反的涡流,涡流与磁场共同产生作用于线圈和导体的脉冲电磁排斥力。将脉冲电磁力施加在金属板材上,会对板材内部的应力、应变状态产生影响,同时也会改变板材的内部组织结构,由此,使得金属板材获得一定性能以及与模具相符的形状。电磁线圈每次施加的脉冲电磁力的幅值大小、以及脉冲电磁力随时间的变化关系均可以通过有限元软件获得。上述过程中,通过调节电磁线圈的角度,使电磁线圈在每个点位工作时,

线圈法线与板材法向重合。

[0078] 步骤8:力学计算;

[0079] 对于同一个板材试件,板材上各区域的受力状态也可能会有不同,造成各区域变形状态差异,因此,在对板材全部区域施加脉冲力的过程中,通过有限元分析软件进行力学计算,得到板材的应力与应变分布关系。

[0080] 步骤9:判断板材的应力应变状态;

[0081] 根据步骤8得到板材的应力与应变分布关系,观察板材的应力应变状态;若板材达到了预期的应力应变状态,则进行步骤10;否则根据板材的应力应变分布情况,对板材进行分区域调形,即通过控制板材的移动以及电磁线圈的移动,选用不同的脉冲电磁力幅值、作用次数对未达预期的应力应变状态的区域进行调形,直至板材达到了预期的应力应变状态。

[0082] 步骤10:测试材料性能。

[0083] 对完成调形和调性后的板材进行卸载,随后进行硬度和强度测试,总结出脉冲电磁力与材料性能之间的变化规律。

[0084] 对于小型金属板材来说,步骤与大型金属板材类似,由于板材面积较小,整体可置于模具上表面,则在上述步骤5中无需对小型板材进行分区,以及控制板材的移动,直接控制电磁线圈的移动对小型板材施加脉冲电磁力即可。

[0085] 针对上述方法,本发明还提出一种预应力与脉冲电磁力复合作用下板材调形与调性设备,包括主框架1、线圈控制液压缸组件2、液压缸平移驱动组件3、液压缸摆角驱动组件4、板材进给框组件5、板材夹头组件6、板材进给框驱动组件7、压边框组件8以及柔性模具9,如图2所示。

[0086] 所述主框架1为本发明装置的整体支撑框架,如图3所示,主框架1采用“两梁四柱”形式,包括上梁板101、立柱102、下梁板103、滑块导轨104及滑块105、锁紧螺母106与地脚螺母107。上梁板101与下梁板103水平设置,两者周向上四角处分别套接在四根空心结构立柱102上。其中,上梁板101与下梁板103分别通过空心立柱102上设计的轴肩定位,并通过锁紧螺母106锁紧固定。上梁板101与下梁板103选用实心厚板进行切割成形的镂空框架结构,保留主要受力部分。四根立柱102底端安装有地脚螺母107,根据装置的安放平面,由地脚螺母107对主框架1进行调平,使上梁板101与下梁板103与水平面保持平行,进而保证整体装置处在水平状态。滑块导轨104为两条,沿空间Y轴方向设置,固定安装在上梁板101下表面。两条滑块导轨104上均安装有可沿滑块导轨104移动的滑块105,通过两个滑块105共同实现线圈控制液压缸组件2的安装。

[0087] 所述线圈控制液压缸组件2用于控制电磁线圈205的轴向位移,并承受电磁线圈205放电过程中产生的脉冲电磁力,包括安装基座201、安装耳片202、中间铰轴式液压缸203、线圈连接座204以及电磁线圈205,如图4所示。其中,安装基座201下表面固定安装有两个安装耳片202,两个安装耳片202分别通过轴承套接在中间铰轴式液压缸203的铰轴两端,实现中间铰轴式液压缸203的吊装。液压缸804的活塞杆输出端端部固定套接有环形线圈安装座501,线圈安装座501用来安装线圈。所述电磁线圈205具有铜匝线和一个环氧板基体,通过周向布置的螺钉将线圈安装座501与环氧板基体固定,实现电磁线圈205的安装。进而通过铰轴式液压缸804活塞杆的伸缩可带动线圈产生轴向位移。上述安装基座201固定安装

于主框架1中两个滑块105上,实现线圈控制液压缸组件2与主框架1间的安装,且通过液压缸平移驱动组件3驱动实现线圈控制液压缸组件2沿空间Y轴的移动。

[0088] 所述液压缸平移驱动组件3包括平移驱动梯形丝杠301与平移驱动伺服电机302,如图5所示。其中,平移驱动梯形丝杠301沿空间Y轴设置,两端通过轴承安装在轴承座上,通过轴承座将平移驱动梯形丝杠301固定在上梁板101下表面。平移驱动梯形丝杠301作为执行机构,由平移驱动伺服电机302驱动梯形丝杠运动,平移驱动伺服电机302的输出轴通过联轴器与平移驱动梯形丝杠301同轴固连。平移驱动梯形丝杠301上的丝杠螺母与线圈控制液压缸组件2中的安装基座201固定。由此,通过平移驱动伺服电机302驱动平移驱动梯形丝杠301转动,实现平移驱动梯形丝杠301上的丝杠螺母沿空间Y轴移动,进而实现线圈控制液压缸组件2整体沿空间Y轴的移动。

[0089] 上述线圈控制液压缸组件2中的中间铰轴式液压缸203通过液压缸摆角驱动组件4实现角度偏转 θ 。液压缸摆角驱动组件4包括摆角驱动梯形丝杠401、摆角驱动伺服电机402、螺母导轨403、连接板404、十字滑块105与摆杆406,如图6所示。同样摆角驱动梯形丝杠401作为执行机构,由摆角驱动伺服电机402驱动运动。其中,摆角驱动梯形丝杠401沿空间Y轴设置,两端通过轴承安装在轴承座上,轴承座固定安装于连接板404上。螺母导轨403沿空间Y轴设置,安装在连接板404上,摆角驱动梯形丝杠401上的丝杠螺母与螺母导轨403滑动连接,由螺母导轨403实现丝杠螺母的导向,保证丝杠螺母沿空间Y轴的运动。所述十字滑块105包括滑块主体405a、直线轴承A405b、直线轴承B405c与转轴405d,如图6所示。滑块主体405a上具有上下设计的轴线分别沿空间X轴与Y轴的安装孔,通过下方安装孔将滑块主体405a固定套接在丝杠螺母上;上方安装孔内安装有直线轴承A405b,直线轴承A405b采用带法兰直线轴承,通过法兰与滑块主体405a固定。转轴405d与直线轴承A405b相连,使转轴405d可绕自身轴线转动;转轴405d端部设计有摆杆406连接块,套接在摆杆406末端。摆杆406连接块上开有通孔,通孔内安装有直线轴承B405c,直线轴承B405c同样采用带法兰直线轴承,通过法兰与摆杆406连接块固定。摆杆406末端与直线轴承B405c相连,使摆杆406可绕其一端转动;摆杆406的输出端设计有异型孔,与线圈控制液压缸组件2中,中间铰轴式液压缸203的铰轴端部设计的截面与异型孔匹配的一段配合套接,实现摆杆406输出端与铰轴间的周向定位。上述结构液压缸摆角驱动组件4通过连接板404固定安装于线圈控制液压缸组件2中的安装基座201上。由此,通过伺服电机驱动摆角驱动梯形丝杠401转动,使丝杠螺母带动十字滑块105一同沿空间Y轴平移,进而使转轴405d产生沿Y轴平移和绕自身轴线的转动,带动摆杆406摆动,最终摆杆406的输出端会带动中间铰轴式液压缸203的铰轴转动,实现中间铰轴式液压缸203的摆动。

[0090] 所述板材进给框组件5固定安装于主框架1的下梁板103上,用于安装板材,且带动板材一起沿空间X轴方向运动,如图7所示。板材进给框组件5包括安装座501、支撑座502、可伸缩导轨503、铝合金型材504与齿条505。其中,安装座501包括左侧安装座501与右侧安装座501,分别通过螺钉固定安装于下梁板103左右两侧,用于整个板材进给框组件5与下梁板103间的安装。伸缩导轨104为两条,采用双向可伸缩导轨503,实现沿X方向的伸缩运动;两条可伸缩导轨503中间滑块105一侧的定轨分别与左侧安装座501和右侧安装座501的侧面固定。两条伸缩导轨104中间滑块105另一侧的动轨上固定安装有支撑座502,用于安装铝合金型材504。铝合金型材504包括两条形型材504a与两个U型框型材504b结构。两条型材分

别固定安装在两个支撑座502上,且上表面沿轴向设计有内外两条T型槽,分别作为两个U型框型材504b的滑道。两个U型框型材504b开口相对设置,两条侧边竖直方向钻有通孔,T型槽螺钉从通孔中穿过,螺钉头903在T型槽内,实现两个U型框架结构与两条形型材504a间的滑动安装,且两个U型框型材504b形成一整体矩形框架。两个U型框型材504b在空间x轴方向上相对的前后侧边中心位置分别安装板材夹头组件6,如图13所示,进而通过板材夹头组件6实现板材的夹持固定,且同时为板材提供拉伸预载荷,获得对应的应力应变状态。通过两个U型框型材504b沿两个条形型材504a滑动,可实现矩形框架长度的调节,使以适应不同长度的板材试验。本发明中板材夹头组件6采用下述结构:板材夹头组件6由安装口框601、双向螺杆602与钳口组成603,如图8所示。其中,安装口框601套在U型框型材504b的侧边中心位置,通过T型槽螺栓以及法兰螺母固定。安装口框601与钳口间通过双向螺杆602螺纹连接,钳口中用来安装板材,通过螺钉拧紧将两者固定。双向螺杆602上开有调节孔,通过调节杆插入调节孔后,转动调节杆实现双向螺杆602的转动,进而调节钳口与安装口框601间距,进而实现对板材进行拉伸预加载的拉力调节。

[0091] 上述板材进给框组件5中两个支撑座502中任意一个支撑座502上安装有齿条505,齿条505沿空间X轴方向设置,通过板材进给框驱动组件7中的齿轮704与齿条505配合,控制两条可伸缩导轨503沿空间X轴方向上的伸缩运动,进而实现矩形框架整体沿空间X轴方向上的渐进。所述板材进给框驱动组件7包括进给驱动伺服电机701、电机座702、齿轮轴703与齿轮704,如图9所示。其中,电机座702固定安装在主框架1的下梁板103上;进给驱动伺服电机701固定于电机座702上,输出轴通过联轴器与齿轮轴703相连。电机座702上安装有轴承座,齿轮轴703通过轴承安装于轴承座上,由轴承座进行支撑。齿轮轴703端部固定安装有齿轮704,齿轮704与板材进给框组件5中的齿条啮合。由此,通过进给驱动伺服电机701驱动齿条505运动,带动支撑座502与可伸缩导轨503的动轨一并运动,进而实现矩形框架整体沿空间X轴方向上的渐进。本发明在下梁板103上安装两套板材进给框驱动组件7,两套板材进给框驱动组件7中的齿轮704均与齿条505啮合,由此通过两套板材进给框驱动组件7,轮流控制板材进给,以节约空间。

[0092] 所述压边框组件8用于产生金属板材的弯曲预变形,提供初始的弯曲应力应变状态,包括压边框801、压边辊802、导套803与液压缸804,如图10所示。其中,压边框801位于板材进给框组件5上方,压边框801四角处分别套在主框架1的四根立柱102上,且与立柱102间设置导套803与主框架1的立柱102配合,实现压边框801上下移动的导向。压边辊802为两根,沿空间X轴方向设置在压边框801下方两侧,且轴线沿X轴方向;两根压边辊802通过螺钉与压边框801固定。上述压边框801通过液压缸804驱动,产生沿空间Z轴的升降运动。液压缸804采用前法 兰式液压缸804,为两个,缸体部分通过法兰固定安装在下梁板103上,输出轴与下梁板103垂直,且端部固定安装在压边框801左右两侧中心位置。通过液压缸804驱动压边框801下降,由压边辊802下压板材,使板材产生弯曲变形。上述压边框801架上沿空间Y轴方向还设计有多个压边辊802安装位置,实现两个压边辊802间距可调,以适应不同宽度板材的试验需要。

[0093] 所述柔性模具9与压边框组件8配合,对金属板材进行弯曲预加载,并承受电磁线圈205工作时产生的脉冲电磁力。柔性模具9包括模具基座901、螺杆902、钉头903与固定角铁904,如图11所示。其中,模具基座901为矩形板状结构,上表面具有n排m列的螺纹孔, $n>1$,

$m > 1$ 。模具基座901用来为钉头903提供支撑。上述每个螺杆902上端固定安装有钉头903,通过调整螺杆902在模具基座901上的拧入深度可以控制钉头903的高低,从而得到不同的曲面轮廓的模具。如图11所示,当调整所有螺杆902在基座上拧入深度相同时,所有顶头顶面形成一整体平面。如图12所示,当调整所有螺杆902中两侧像中心位置螺杆902在基座上的拧入深度由深至浅时,则所有钉头903顶面形成一整体弧面。上述柔性模具9中模具基座901周向上安装有固定角铁904,通过固定角铁904将模具整体固定于下梁板103上;且位于板材进给框组件5中矩形框架内,同时位于线圈控制液压缸组件2中电磁线圈205下方,并使模具基座901的长方向沿空间Y轴设置。

[0094] 通过上述结构的双动渐进式预应力板材四轴脉冲电磁调形与调性装置,如图13所示,首先,调节柔性模具9的钉头903高度,获得具有一定曲率形貌的模具。调节板材进给框组件5中矩形框架的长度至适合长度后,放入板材,通过板材夹头将板材加紧固定。通过板材进给框驱动组件7中的两个进给驱动伺服电机701轮流控制矩形框架的移动,将板材一端移动至工作位置,即线圈控制液压缸组件2中电磁线圈205下方。通过板材夹头组件6在板材长度方向施加拉伸预应力,并由控制压边框组件8中压边框801下降,通过压边辊802下压板材两侧,对板材施加弯曲预应力,使板材与柔性模具9贴合,产生弯曲预应变。随后通过液压缸平移驱动组件3、液压缸摆角驱动组件4控制电磁线圈205沿板材宽度方向渐进调形。由此,依次交替执行板材沿其长度方向渐进,与电磁线圈205沿板材宽度方向渐进调形,通过二者配合实现电磁线圈205产生的脉冲电磁力对整个板材曲面的作用,如图14、15所示。板材经过预应力与脉冲电磁力作用的区段呈现出明显的曲率特征,而未作用区段则在其自身重力的作用下自然下垂。且由于可控制电磁线圈205沿Y轴方向达到不同的空间位置和空间偏转角度,以适应板材不同点位的工作需求。同时电磁线圈在不同点位工作时,使电磁线圈205法线与板材法向重合,进而增加了板材夹持的稳定性,从而提高了电磁线圈205的使用寿命。

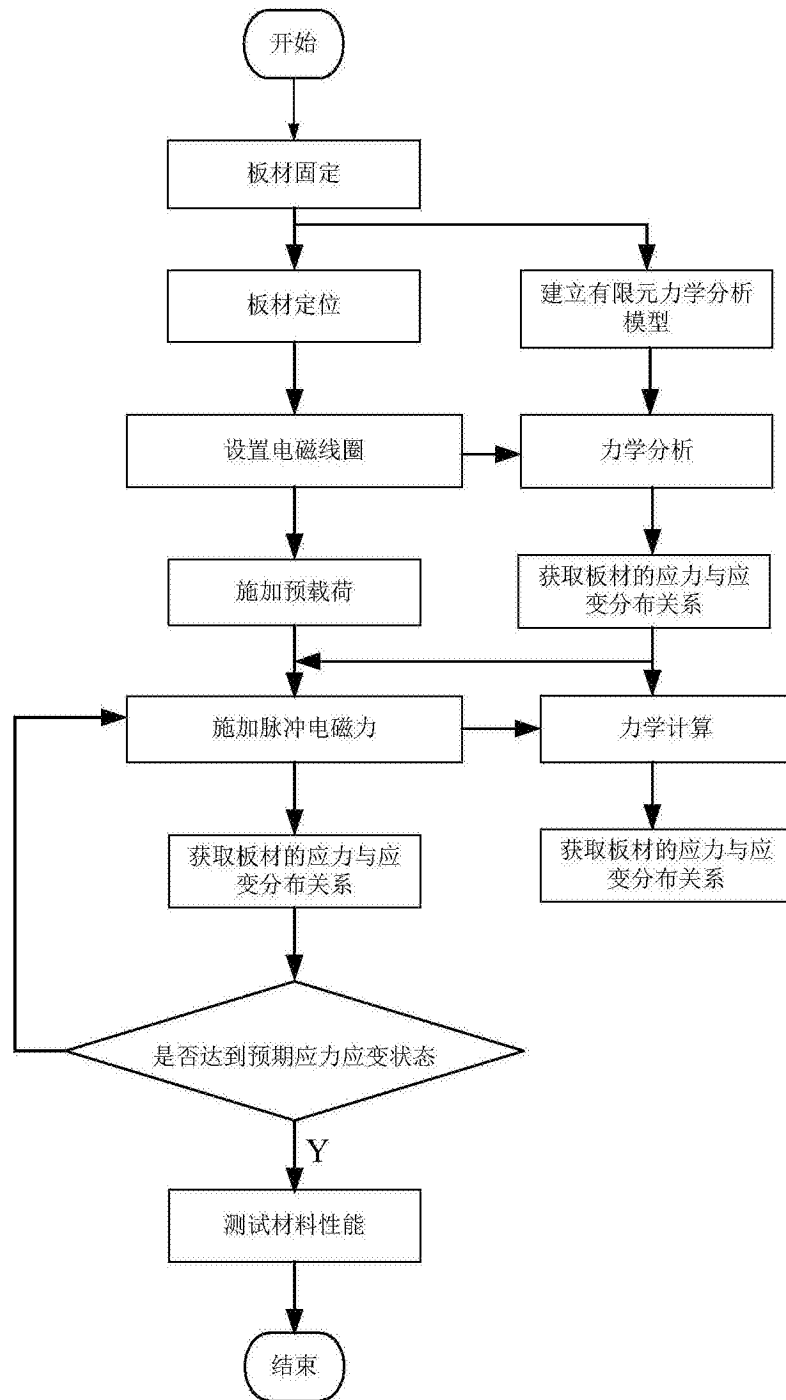


图1

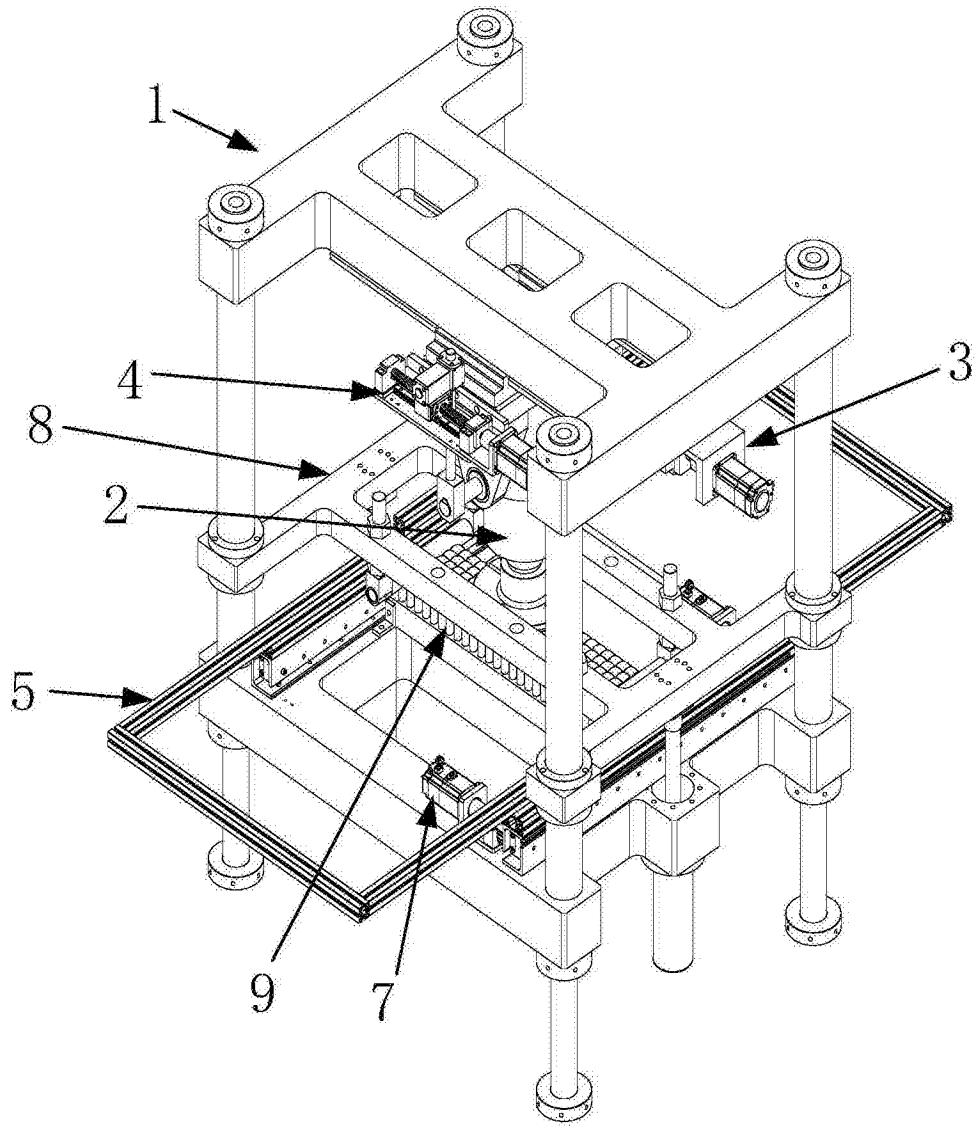


图2

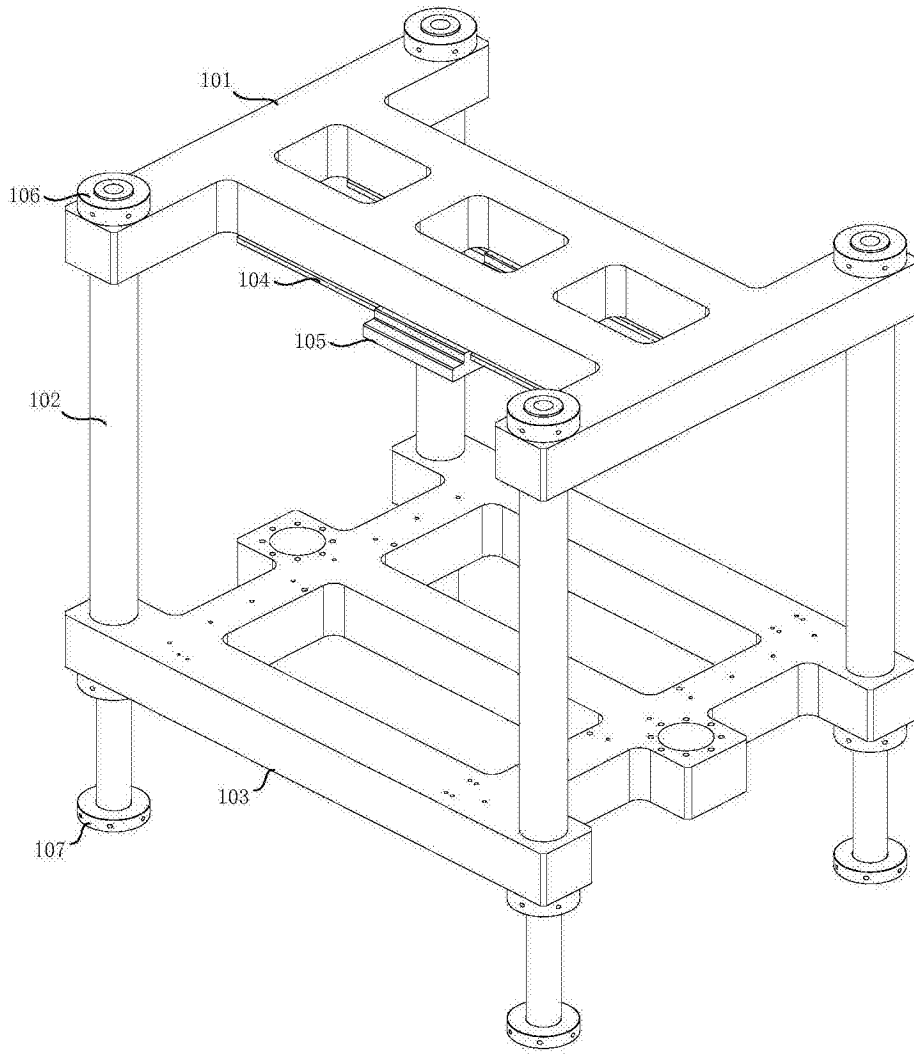


图3

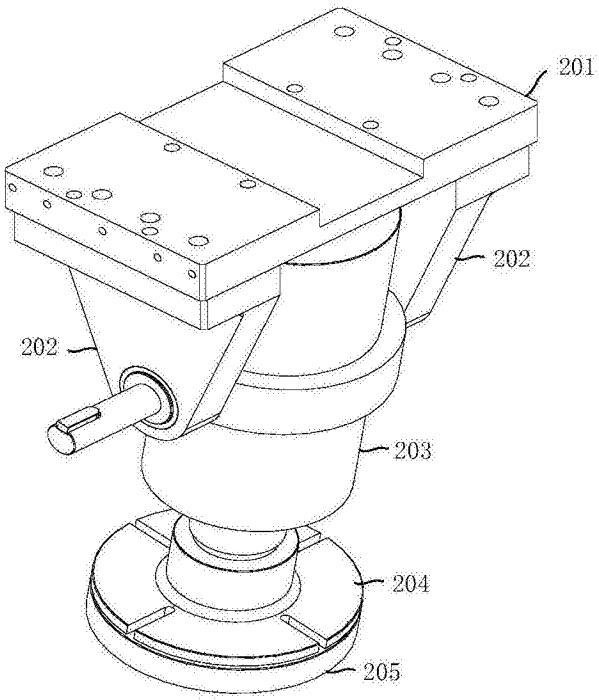


图4

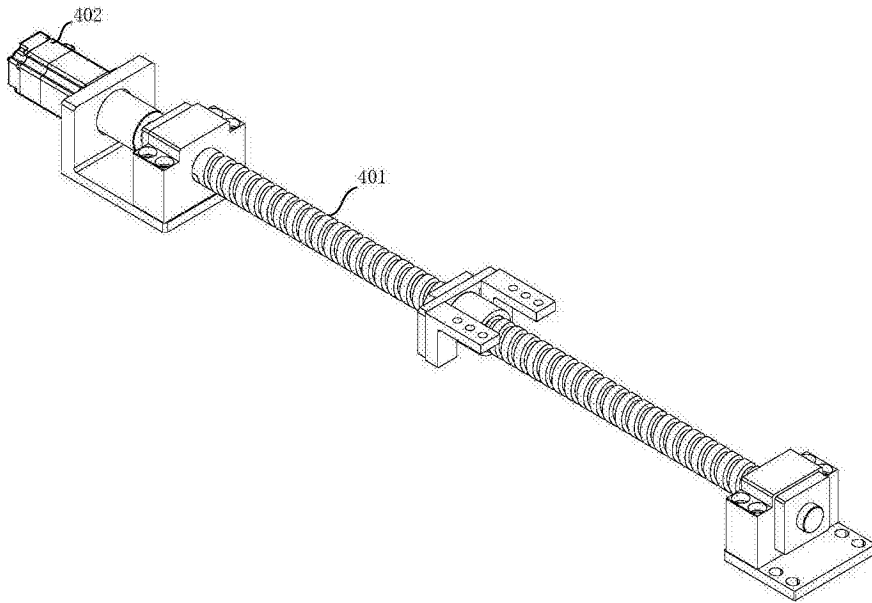


图5

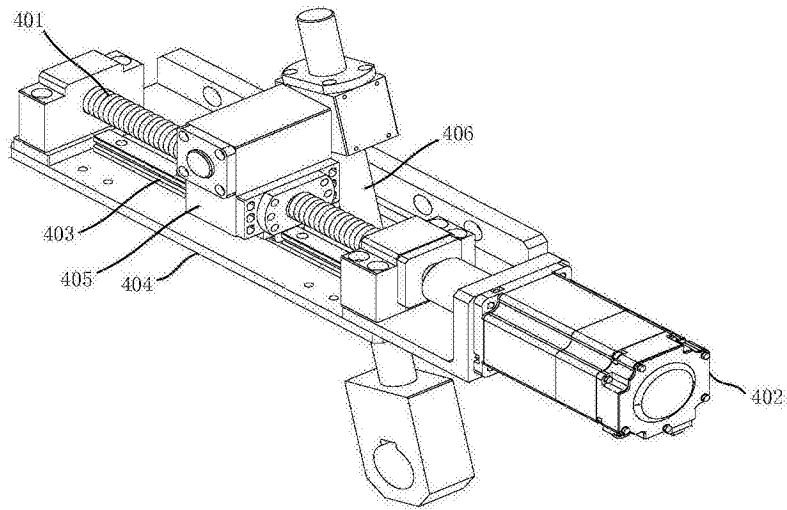


图6

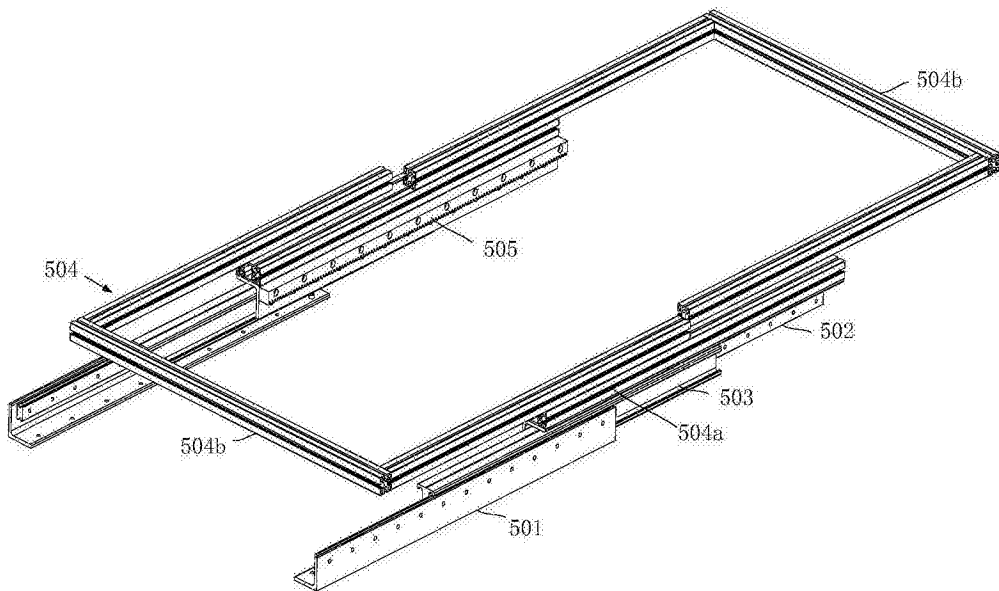


图7

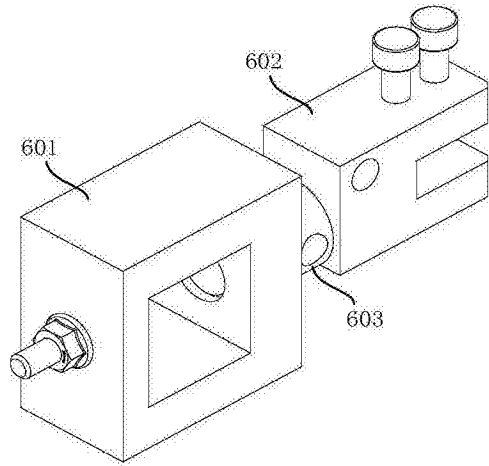


图8

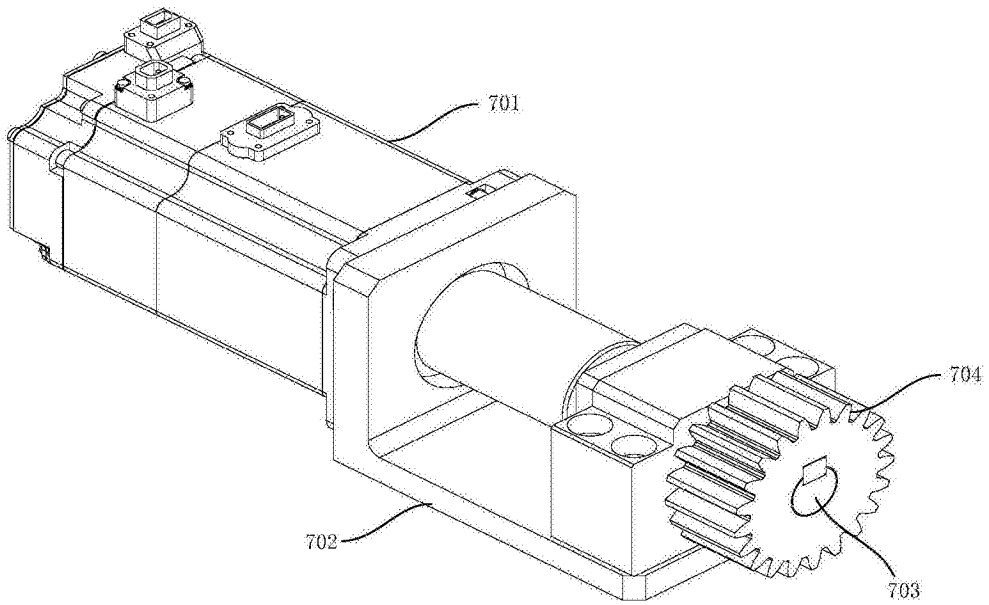


图9

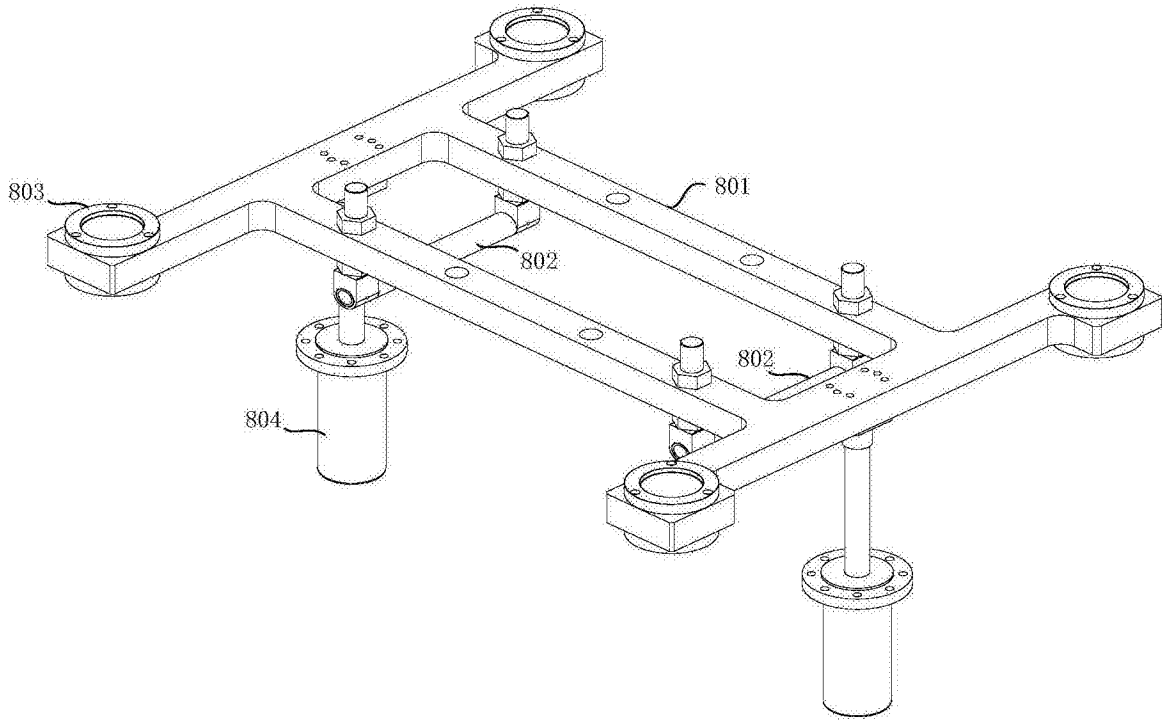


图10

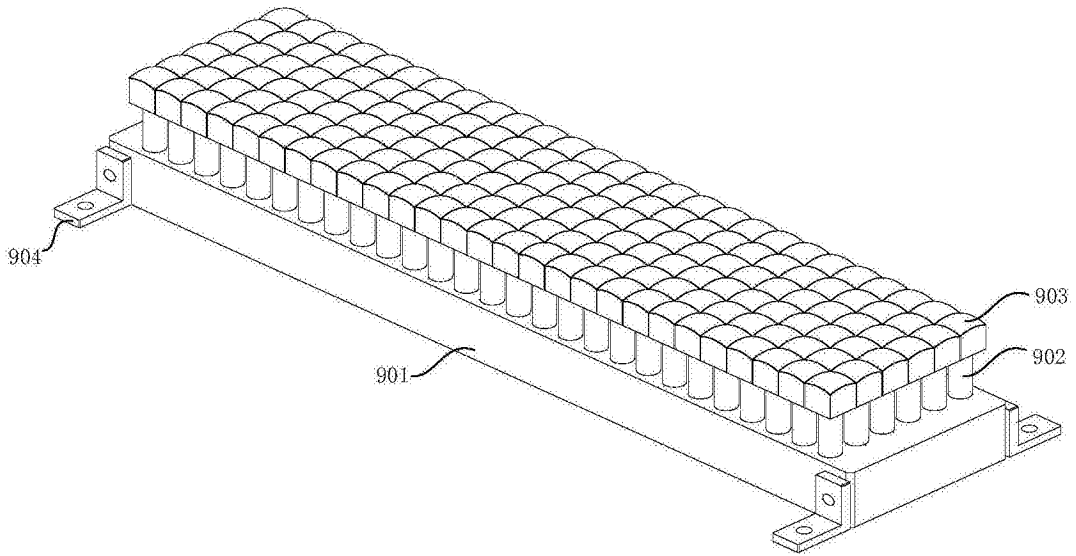


图11

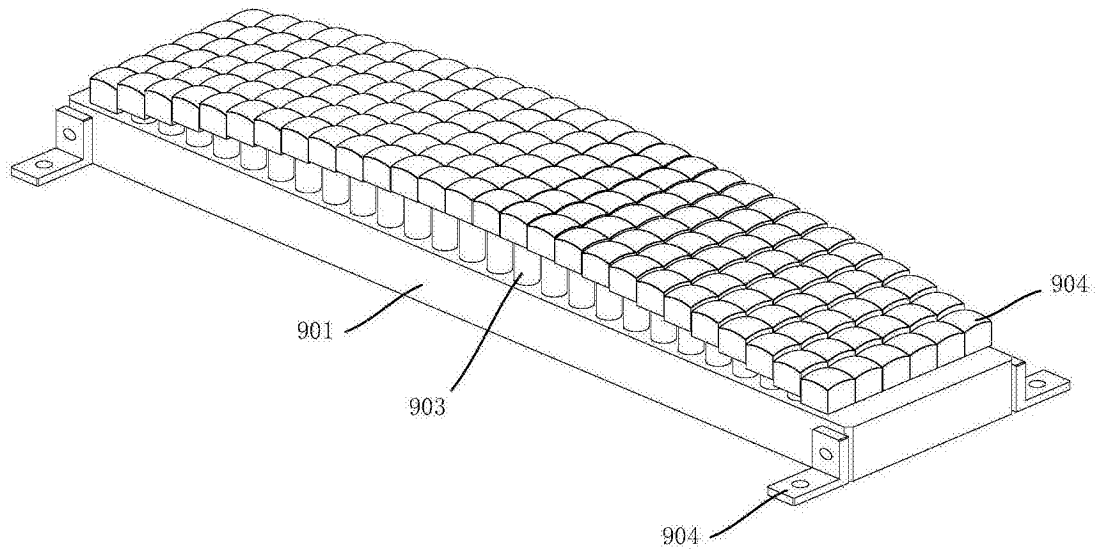


图12

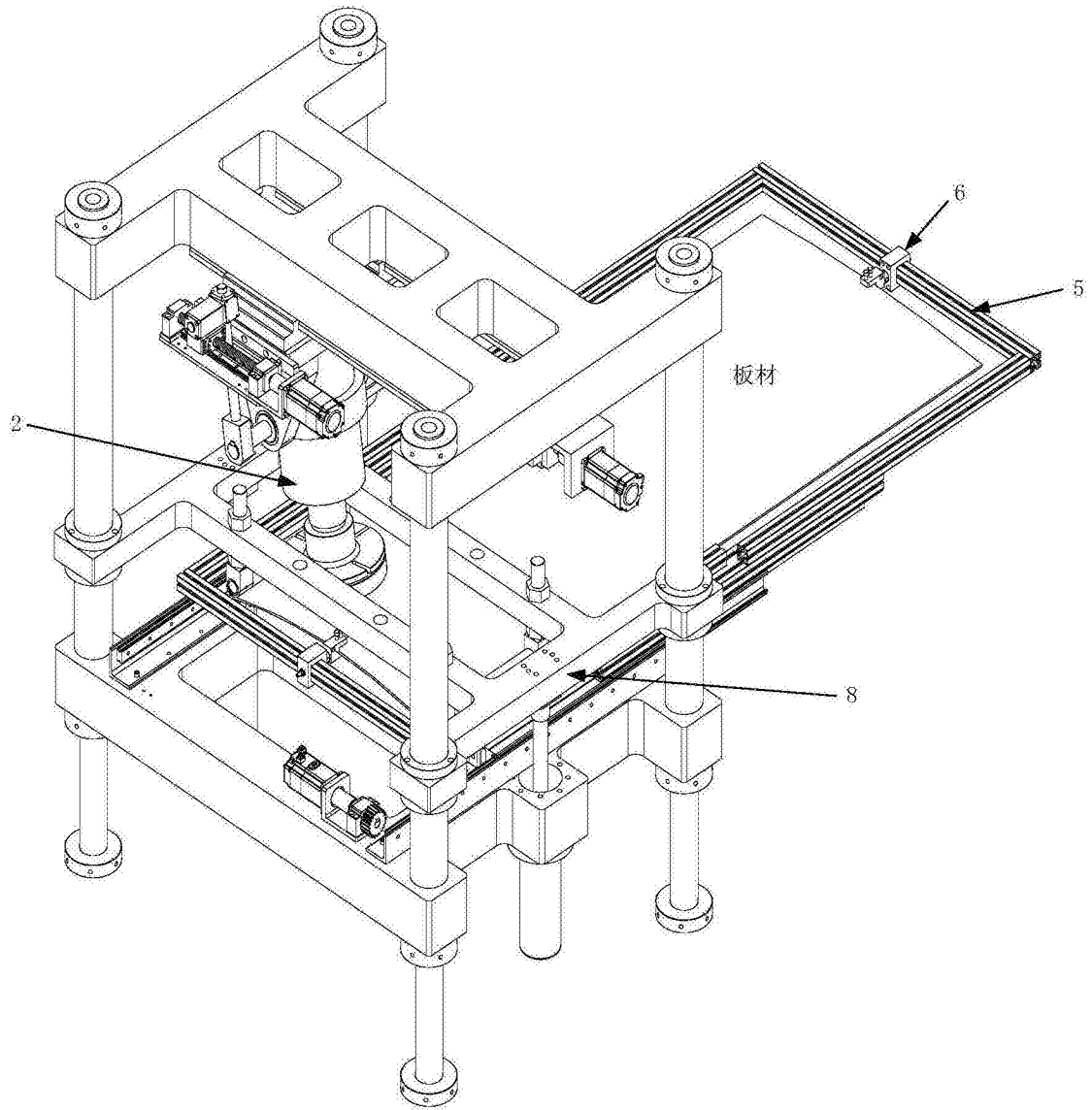


图13

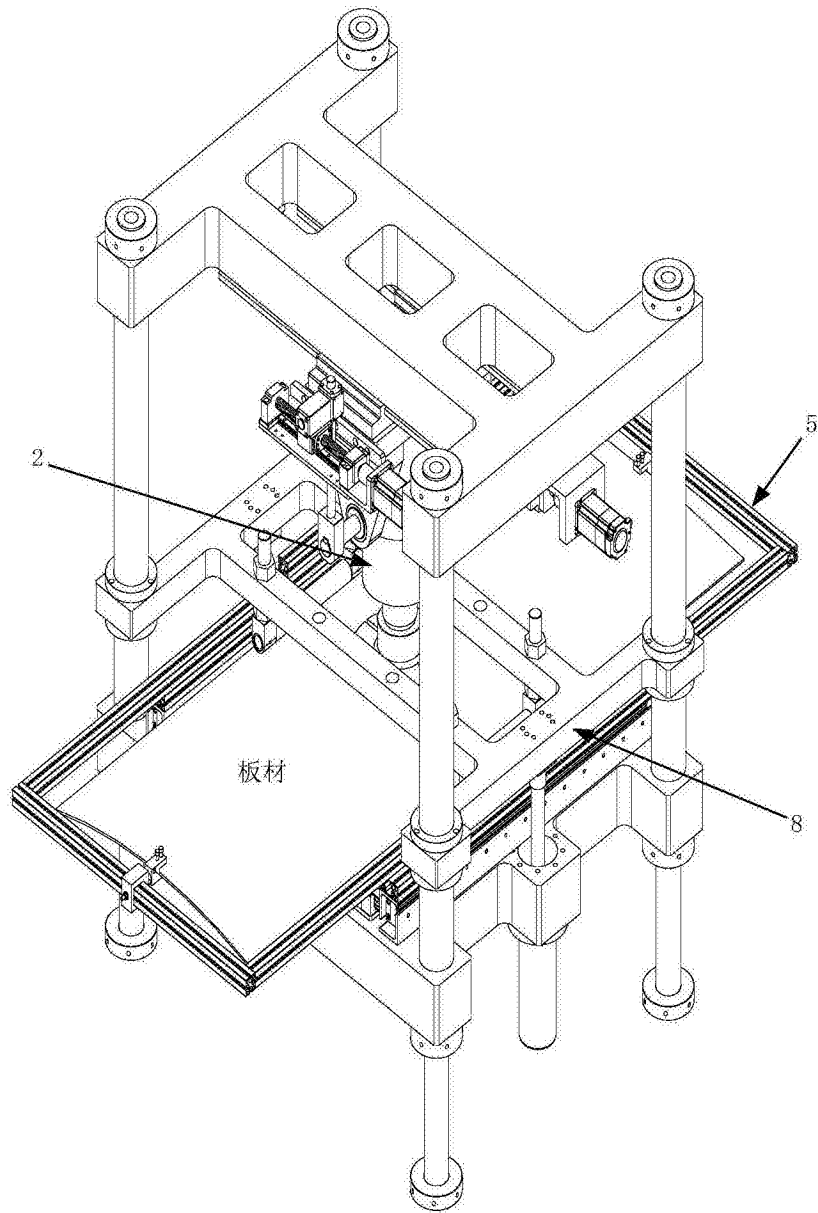


图14

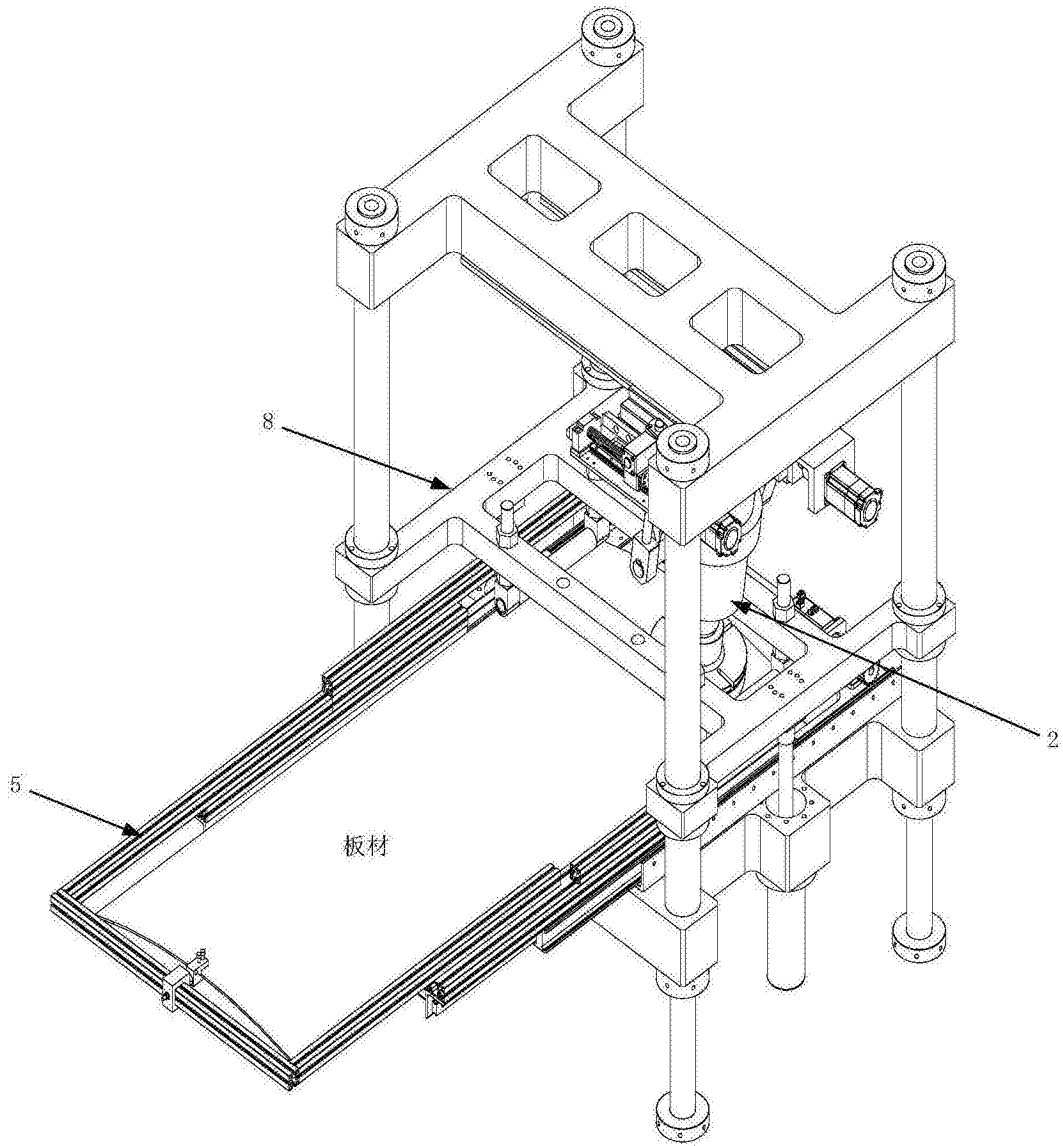


图15