



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107655826 A

(43)申请公布日 2018.02.02

(21)申请号 201710797517.1

(22)申请日 2017.09.06

(71)申请人 河海大学

地址 210098 江苏省南京市康路1号

(72)发明人 伍凯 南洋 林诗琪 李辉 陈峰

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 窦贤宇

(51)Int.Cl.

G01N 19/04(2006.01)

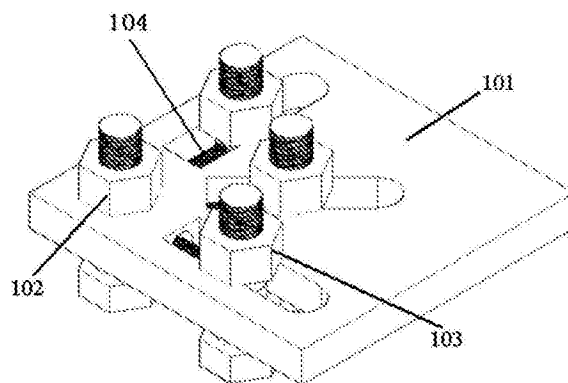
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

一种测量钢与混凝土界面剪力的装置及其测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种测量钢与混凝土界面剪力的装置及其测量方法,该装置包括连接板、定位螺栓、滑动螺栓和半导体弹簧,连接板上设有圆螺栓孔和拱形孔,以圆螺栓孔为原点,各拱形孔分别分布于 0° 、 45° 和 90° 方向,每个拱形孔与圆螺栓孔在连接板截面内通过通孔相连,圆螺栓孔用于嵌套定位螺栓,拱形孔用于嵌套滑动螺栓,半导体弹簧穿过通孔将定位螺栓和滑动螺栓连接。该装置结构简单,可方便有效测量钢与混凝土界面的剪力。



1. 一种测量钢与混凝土界面剪力的装置,其特征在于:包括连接板、定位螺栓、滑动螺栓和半导体弹簧,所述连接板上设有一个圆螺栓孔和三个拱形孔,以圆螺栓孔为原点,三个拱形孔分别分布于 0° 、 45° 和 90° 方向,每个拱形孔与圆螺栓孔在连接板截面内通过通孔相连,圆螺栓孔用于嵌套定位螺栓,拱形孔用于嵌套滑动螺栓,半导体弹簧穿过通孔将所述定位螺栓和滑动螺栓连接。

2. 根据权利要求1所述的一种测量钢与混凝土界面剪力的装置,其特征在于:所述定位螺栓和滑动螺栓结构相同,各自包括螺纹段、螺母、上套筒、下套筒和螺帽,螺母与上套筒固定连接,从螺纹段的一端旋进,下套筒和螺帽依次从螺纹段的另一端旋进;螺帽顶面设有嵌槽,下套筒的下半部可旋入嵌槽内,螺帽的底面设有金属片。

3. 根据权利要求2所述的一种测量钢与混凝土界面剪力的装置,其特征在于:所述半导体弹簧包括半导体弹簧主段和位于主段两端的连接段,主段穿过连接板的通孔通过连接段与定位螺栓或滑动螺栓安装固定,连接段可嵌套在定位螺栓或滑动螺栓的螺纹段的凹槽内,通过旋拧下套筒使上套筒、半导体弹簧的连接段和下套筒夹紧,半导体弹簧的径心与通孔的径心保持在同一直线上并平行于连接板板面。

4. 根据权利要求1所述的一种测量钢与混凝土界面剪力的装置,其特征在于:所述圆螺栓孔孔径为25mm,拱形孔孔径为 $72.5\text{mm} \times 25\text{mm}$,通孔孔径为15mm,圆螺栓孔与拱形孔的孔心距为90mm。

5. 一种测量钢与混凝土界面剪力的装置,其特征在于:包括连接板、定位螺栓、滑动螺栓和半导体弹簧;所述连接板上设置有一个与定位螺栓适配的圆螺栓孔和至少三个与滑动螺栓适配的拱形孔,所述圆螺栓孔的中心位于各拱形孔的中轴线上,相邻拱形孔的中轴线的夹角为 45° ,拱形孔与圆螺栓孔之间设置有通孔,所述定位螺栓和滑动螺栓各自包括螺纹段、连接有套筒并与螺纹段螺接的上螺母和下螺母,半导体弹簧穿过通孔,且其两端分别连接在定位螺栓和滑动螺栓上,并通过定位螺栓和滑动螺栓上的导体结构使其两端与欧姆表电连接;当滑动螺栓与定位螺栓之间的相对位置变化时,半导体弹簧被压缩或拉长,电阻发生变化,进而计算滑动螺栓与定位螺栓之间的距离。

6. 根据权利要求5所述的一种测量钢与混凝土界面剪力的装置,其特征在于:所述上螺母或下螺母与套筒卡接或螺接固定。

7. 一种包含权利要求1至6任一项所述的测量钢与混凝土界面剪力的装置的组合结构,其特征在于,包括需要安装该测量装置的构件、包裹在测量装置上的一层塑料薄膜以及浇筑在该测量装置上的混凝土覆盖层;该构件上预先设置螺栓孔,螺栓孔包括一个圆螺栓孔和三个长螺栓孔,所述圆螺栓孔与连接板上设置的圆螺栓孔对应,所述三个长螺栓孔的位置与连接板上设置的三个拱形孔相对应;该测量装置通过定位螺栓固定于需要安装该测量装置的构件上的圆螺栓孔上,滑动螺栓可在拱形孔和长螺栓孔的纵向自由滑动。

8. 根据权利要求7所述的一种组合结构,其特征在于:所述需要安装该测量装置的构件为钢板或型钢。

9. 根据权利要求7所述的一种组合结构,其特征在于:所述长螺栓孔的孔径为 $85\text{mm} \times 25\text{mm}$,边缘用圆角处理。

10. 一种采用权利要求1-9任一项所述的测量钢与混凝土界面剪力的装置的测量方法,其特征在于,将测量装置的定位螺栓完全拧死以使连接板固定在板件上,滑动螺栓仅将螺

一种测量钢与混凝土界面剪力的装置及其测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及测量剪力的装置及方法,特别是涉及一种测量钢与混凝土界面剪力的装置及其测量方法。

背景技术

[0002] 钢与混凝土组合结构是将型钢或钢管与混凝土经过一定方式组合在一起而后共同工作的一种结构形式,所得到的结构形式的整体工作性能要明显优于两者性能的简单叠加。而我们常见的组合结构或构件主要包括型钢混凝土、圆钢管混凝土与方钢管混凝土等,由于各种组合结构具有各自的优越性能,在近年来,钢与混凝土组合结构广泛应用于建筑领域,成为一种新的结构体系。

[0003] 型钢混凝土优异的力学性能是建立在型钢与混凝土整体工作的基础上,而型钢与混凝土之间足够的黏结力或设置的剪力连接件是保证型钢与混凝土共同工作的前提,正是这种作用力使得型钢混凝土作为一种真正的“组合结构”。研究表明,组合结构中钢-混凝土界面在受力后期存在滑移现象,这种现象直接影响型钢混凝土结构的受力性能,如构件的破坏形态、极限承载能力、裂缝的形成和发展、变形以及结构的耐久性等。钢与混凝土的界面问题是组合结构的基本问题之一。相比钢筋混凝土,型钢混凝土结构界面黏结作用力远小于钢筋混凝土界面的黏结力,有研究表明这一比例大概是0.45:1,这主要由界面形态决定的,在两者含钢率相同的情况下,型钢与混凝土的接触面积远远小于钢筋与混凝土。由于组合结构界面间力学关系复杂,计算模型较难建立,大部分型钢混凝土结构力学计算方法均规避界面问题。

[0004] 现有的研究成果,不论是论文或专利都集中于钢与混凝土的界面粘结滑移问题上,并且界面的粘结力和变形都是通过型钢的应变或滑移值间接转化过来的。但是,对于组合结构来说,型钢与混凝土间的剪力也是一项极其重要的指标,由于界面剪力传递的复杂性使界面剪力难以测量,尚缺少专门的测量钢与混凝土界面剪力的装置及其测量方法。

发明内容

[0005] 发明目的:为解决现有技术的不足,提供一种测量钢与混凝土界面剪力的装置及其测量方法。

[0006] 技术方案:一种测量钢与混凝土界面剪力的装置,包括连接板、定位螺栓、滑动螺栓和半导体弹簧,所述连接板上设有一个圆螺栓孔和三个拱形孔,以圆螺栓孔为原点,三个拱形孔分别分布于 0° 、 45° 和 90° 方向,每个拱形孔与圆螺栓孔在连接板截面内通过通孔相连,圆螺栓孔用于嵌套定位螺栓,拱形孔用于嵌套滑动螺栓,半导体弹簧穿过通孔将所述定位螺栓和滑动螺栓连接。

[0007] 所述定位螺栓和滑动螺栓结构相同,各自包括螺纹段、螺母、上套筒、下套筒和螺帽,螺母与上套筒固定连接,从螺纹段的一端旋进,下套筒和螺帽依次从螺纹段的另一端旋进;螺帽顶面设有嵌槽,下套筒的下半部可旋入嵌槽内,螺帽的底面设有金属片。

[0008] 所述半导体弹簧包括半导体弹簧主段和位于主段两端的连接段,主段穿过连接板的通孔通过连接段与定位螺栓或滑动螺栓安装固定,连接段可嵌套在定位螺栓或滑动螺栓的螺纹段的凹槽内,通过旋拧下套筒使上套筒、半导体弹簧的连接段和下套筒夹紧,半导体弹簧的径心与通孔的径心保持在同一直线上并平行于连接板板面。

[0009] 所述圆螺栓孔孔径为25mm,拱形孔孔径为72.5mm×25mm,通孔孔径为15mm,圆螺栓孔与拱形孔的孔心距为90mm。

[0010] 一种测量钢与混凝土界面剪力的装置,包括连接板、定位螺栓、滑动螺栓和半导体弹簧;所述连接板上设置有一个与定位螺栓适配的圆螺栓孔和至少三个与滑动螺栓适配的拱形孔,所述圆螺栓孔的中心位于各拱形孔的中轴线上,相邻拱形孔的中轴线的夹角为45°,拱形孔与圆螺栓孔之间设置有通孔,所述定位螺栓和滑动螺栓各自包括螺纹段、连接有套筒并与螺纹段螺接的上螺母和下螺母,半导体弹簧穿过通孔,且其两端分别连接在定位螺栓和滑动螺栓上,并通过定位螺栓和滑动螺栓上的导体结构使其两端与欧姆表电连接;当滑动螺栓与定位螺栓之间的相对位置变化时,半导体弹簧被压缩或拉长,电阻发生变化,进而计算滑动螺栓与定位螺栓之间的距离。

[0011] 所述上螺母或下螺母与套筒卡接或螺接固定。

[0012] 一种包含上述的测量钢与混凝土界面剪力的装置的组合结构,包括需要安装该测量装置的构件、包裹在测量装置上的一层塑料薄膜以及浇筑在该测量装置上的混凝土覆盖层;该构件上预先设置螺栓孔,螺栓孔包括一个圆螺栓孔和三个长螺栓孔,所述圆螺栓孔与连接板上设置的圆螺栓孔对应,所述三个长螺栓孔的位置与连接板上设置的三个拱形孔相对应;该测量装置通过定位螺栓固定于需要安装该测量装置的构件上的圆螺栓孔上,滑动螺栓可在拱形孔和长螺栓孔的纵向自由滑动。

[0013] 所述需要安装该测量装置的构件为钢板或型钢。

[0014] 所述长螺栓孔的孔径为85mm×25mm,边缘用圆角处理。

[0015] 一种采用上述的测量钢与混凝土界面剪力的装置的测量方法,将测量装置的定位螺栓完全拧死以使连接板固定在板件上,滑动螺栓仅将螺母旋拧到贴紧板件的程度,可在拱形孔和长螺栓孔内随着上层混凝土变形自由滑动;

[0016] 初始状态下,半导体弹簧处于自然状态,由于混凝土与板件的变形不协调,混凝土将带动滑动螺栓一起发生变形,滑动螺栓在拱形孔和长螺栓孔中滑动,带动半导体弹簧发生拉伸或压缩变形,半导体弹簧的横截面面积和长度发生改变;根据下式:

$$[0017] \quad R = \rho \frac{L}{S}$$

[0018] 其中, ρ 为半导体弹簧的电阻率, L 为半导体弹簧主段的长度, S 为横截面面积;用欧姆表分别与定位螺栓的螺帽底部金属片和滑动螺栓的金属片相连测量半导体弹簧主段的电阻,根据初始电阻和变化后的电阻得到电阻变化值 ΔR ,每个电阻都与半导体弹簧的所在位置相对应,同样地,每个 ΔR 都有相对应的半导体弹簧主段的变化长度 Δx ,根据胡克定律公式:

$$[0019] \quad F = k \cdot \Delta x$$

[0020] 其中, F 为半导体弹簧主段的弹性力,也是此方向的界面剪力; k 为半导体弹簧主段的弹性系数, Δx 为变化长度;

[0021] 分别测出 0° 、 45° 和 90° 三个方向的界面剪力 F_{0° 、 F_{45° 和 F_{90° ；

[0022] 而后利用下式测得最大剪力值和方向：

$$[0023] \begin{cases} F_{\max} = \frac{1}{2} \left[(F_{0^\circ} + F_{90^\circ}) + \sqrt{2[(F_{0^\circ} - F_{45^\circ})^2 + (F_{45^\circ} - F_{90^\circ})^2]} \right] \\ \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2F_{45^\circ} - F_{0^\circ} - F_{90^\circ}}{F_{0^\circ} - F_{90^\circ}} \end{cases}$$

[0024] 其中， F_{\max} 为最大剪力值， α 为最大剪力的方向角。

[0025] 有益效果：与现有技术相比，本发明有以下优点：通过定位螺栓和滑动螺栓的结构设计将界面剪力传递给界面摩擦力，通过定位螺栓和圆螺栓孔的配合来固定测量装置，同时，通过滑动螺栓在拱形孔和长螺栓孔中的滑动测得半导体弹簧的阻抗变化，进一步到半导体弹簧主段的变化长度，根据胡克定律得到各个方向的界面剪力，进一步得到最大剪力值和最大剪力方向。该装置结构简单，可方便有效测量钢与混凝土界面的剪力。该装置在浇筑混凝土前应包裹一层塑料薄膜，以防止混凝土嵌入孔洞，使滑动螺栓可随着上层混凝土变形在孔洞中自由滑动，半导体弹簧也可自由变形。

附图说明

[0026] 图1为测量界面剪力的装置结构示意图；

[0027] 图2为连接板结构示意图；

[0028] 图3为定位螺栓和滑动螺栓结构示意图；

[0029] 图4a-图4e为定位螺栓和滑动螺栓各部件结构示意图；

[0030] 图5为半导体弹簧结构示意图；

[0031] 图6为定位螺栓、滑动螺栓和半导体弹簧的连接结构示意图；

[0032] 图7为半导体弹簧所在回路的电路结构示意图；

[0033] 图8为需要安装测量装置的钢板结构示意图；

[0034] 图9为测量装置安装于钢板上的结构示意图；

[0035] 图10为安装测量装置的组合构件结构示意图；

[0036] 图11为测量最大剪力值和方向的原理图。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图对本发明的技术方案进行详细的说明。

[0038] 如图1所示，一种测量钢与混凝土界面剪力的装置，包括连接板101、定位螺栓102、滑动螺栓103以及半导体弹簧104，其中，滑动螺栓包括第一滑动螺栓、第二滑动螺栓和第三滑动螺栓，定位螺栓固定于连接板上，滑动螺栓与连接板活动连接，固定螺栓与滑动螺栓之间通过半导体弹簧连接。

[0039] 如图2所示，连接板上设有一个圆形螺栓孔201，以圆螺栓孔为原点，在 0° 、 45° 和 90° 方向上分别分布有一个拱形孔202，每个拱形孔与圆螺栓孔在连接板截面内通过通孔相连，圆螺栓孔用于嵌套定位螺栓，拱形孔用于嵌套滑动螺栓，半导体弹簧穿过通孔将定位螺栓和滑动螺栓连接。其中，圆螺栓孔孔径25mm，拱形孔孔径 $72.5\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，其通孔孔径为15mm，圆螺栓孔与拱形孔的孔心距为90mm。

[0040] 如图3和图4a-图4b所示,定位螺栓和滑动螺栓的构造相同,其包括螺纹段301a、螺母301b、上套筒301c、下套筒301d和螺帽301e,螺母与上套筒在工厂加工时已形成整体,下套筒也可在螺纹段上依靠螺纹而旋转,螺帽与普通的构造不同,其顶面含有嵌槽3001,用于容入下套筒的下半部,螺帽底面含有金属片3002。

[0041] 如图5所示,半导体弹簧包括主段401和连接段402两部分,主段用于发生形变而后得到力值,两侧连接段用于与定位螺栓和滑动螺栓连接。

[0042] 如图6所示,半导体弹簧的一个连接段可嵌套在定位螺栓的螺纹段的凹槽内,另一个连接段可嵌套在滑动螺栓的螺纹段的凹槽内,通过旋拧下套筒使上套筒、半导体弹簧的连接段和下套筒夹紧,半导体弹簧的主段通过连接板的通孔与定位螺栓和滑动螺栓安装固定,半导体弹簧的径心与通孔的径心保持在同一直线上并平行于板面。依靠拧紧螺母,使螺母、螺帽与板件间的摩擦力传递剪力。定位螺栓和滑动螺栓通过螺帽底面的金属片与半导体弹簧形成回路,电路图如图7所示,可利用欧姆表的两个表笔分别与定位螺栓和滑动螺栓的螺帽底面的金属片连接测量半导体弹簧的电阻R。

[0043] 如图8所示,安装该测量界面剪力的装置需预先在安装位置如下层钢板或型钢位置打螺栓孔,其螺栓孔的开孔方式与连接板上螺栓孔的开孔方式较为相似,下层钢板上的螺栓孔包括一个圆螺栓孔和3个长螺栓孔,圆螺栓孔用于嵌套定位螺栓,长螺栓孔用于嵌套滑动螺栓。圆螺栓孔孔径为25mm,长螺栓孔孔径85mm*25mm,边缘用圆角处理,3个长螺栓孔分别分布于0°、45°和90°方向,圆螺栓孔与长螺栓孔的孔心距为90mm。

[0044] 如图9和图10所示,该装置通过定位螺栓固定于下层钢板或型钢等一系列需要测量界面剪力的位置,定位螺栓与三个方向的半导体弹簧相连,半导体弹簧的连接段可嵌入螺栓的螺纹段凹槽内,下套筒可在螺纹段上绕螺纹旋转,与上套筒一起将半导体弹簧固定,而后拧紧定位螺栓的螺母使螺母、螺帽、连接板与下部钢板或型钢夹紧。在每个方向的滑动螺栓固定半导体弹簧的另一侧的连接段,滑动螺栓的螺母仅旋拧至螺母、螺帽与之间的板件贴合即可,使滑动螺栓可在拱形孔的纵向自由滑动,变形产生于半导体弹簧主段,依靠其电阻变化值 ΔR 间接测出 Δx ,从而得出0°、45°和90°方向的界面剪力 F_{0° 、 F_{45° 和 F_{90° ,依据应变花的原理得到最大剪力值及其方向。

[0045] 该装置在浇筑混凝土前应包裹一层塑料薄膜,以防止混凝土嵌入孔洞,使滑动螺栓可随着上层混凝土变形在孔洞中自由滑动,半导体弹簧也可自由变形。该装置的上端为浇筑的混凝土覆盖层。

[0046] 该装置的测量方法和原理为:定位螺栓完全拧死以固定连接板和下部板件,滑动螺栓仅将螺母旋拧到贴紧板件的程度,可在拱形孔内随着上层混凝土变形自由滑动。

[0047] 初始状态下半导体弹簧处于自然状态,由于混凝土与型钢的变形不协调,混凝土势必带动滑动螺栓一起发生变形,滑动螺栓在螺栓孔中滑动,带动半导体弹簧发生拉伸或压缩变形,半导体弹簧的横截面面积和长度发生改变,根据公式(1):

$$[0048] \quad R = \rho \frac{L}{S} \quad (1)$$

[0049] 式中, ρ 为半导体的电阻率,L为半导体弹簧主段的长度,S为横截面面积。

[0050] 用欧姆表分别与定位螺栓的螺帽底部金属片和滑动螺栓的金属片相连测量半导体弹簧主段的电阻,根据初始电阻和变化后的电阻得到电阻变化值 ΔR ,每个电阻都与半导

体弹簧的所在位置相对应,同样地,每个 ΔR 都有相对应的半导体弹簧主段的变化长度 Δx , 根据胡克定律公式 (2):

$$[0051] \quad F = k \cdot \Delta x \quad (2)$$

[0052] 式中, F 为半导体弹簧主段的弹性力,也是此方向的界面剪力; k 为半导体弹簧主段的弹性系数, Δx 为变化长度。

[0053] 分别测出三个方向的界面剪力 F_{0° 、 F_{45° 和 F_{90° ; ,而后根据应变化测量主应变力方向的原理,主应力方向未知时,必须由三个独立的量才能确定一点的应力状态。以此原理测量最大剪力值和方向的原理图如附图11。利用公式 (3) 即可测量并得到最大剪力值和方向:

$$[0054] \quad \begin{cases} F_{\max} = \frac{1}{2} \left[(F_{0^\circ} + F_{90^\circ}) + \sqrt{2[(F_{0^\circ} - F_{45^\circ})^2 + (F_{45^\circ} - F_{90^\circ})^2]} \right] \\ \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2F_{45^\circ} - F_{0^\circ} - F_{90^\circ}}{F_{0^\circ} - F_{90^\circ}} \end{cases} \quad (3)$$

[0055] 式中, F_{\max} 为最大剪力值, α 为最大剪力的方向角。

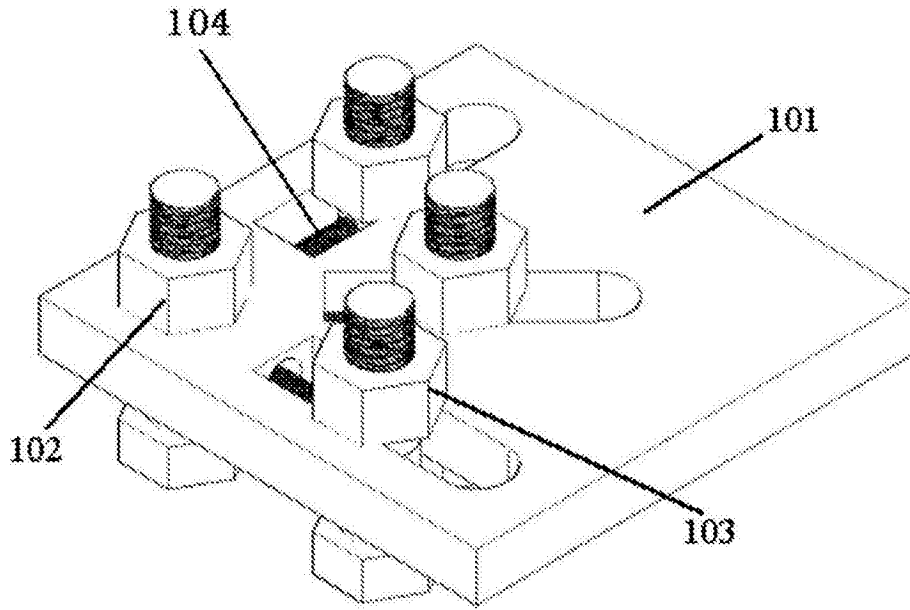


图1

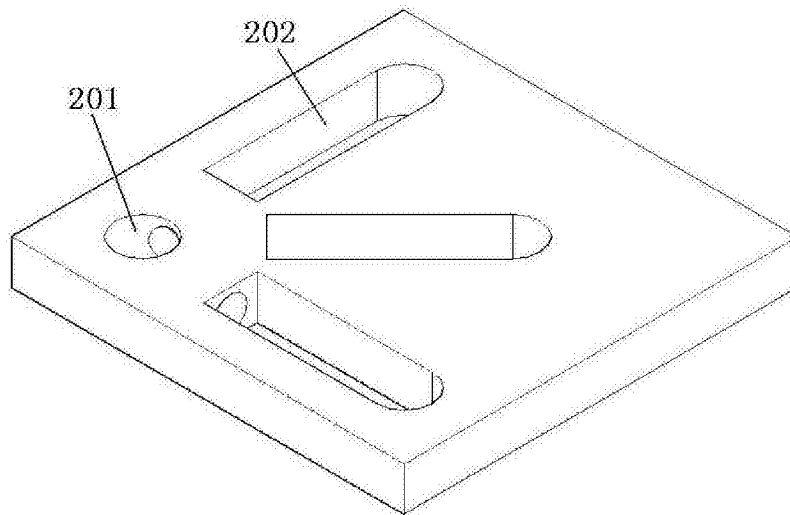


图2

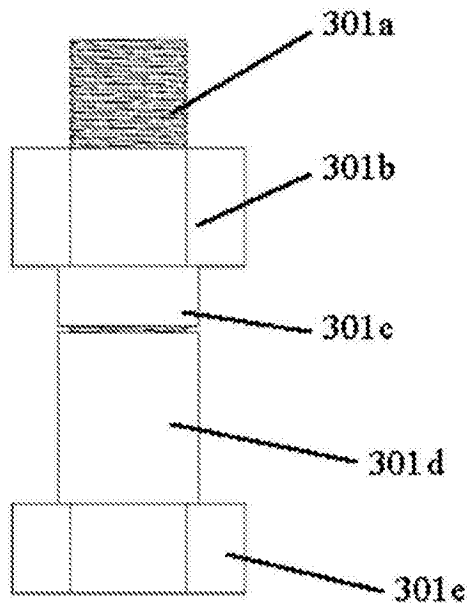


图3

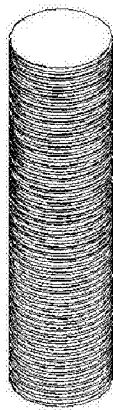


图4a

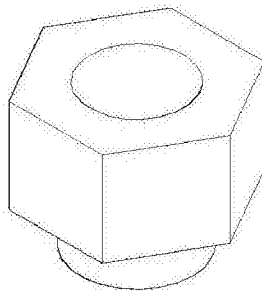


图4b

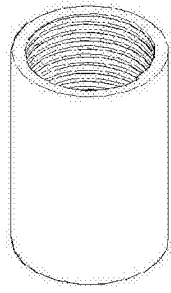


图4c

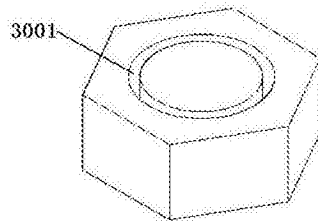


图4d

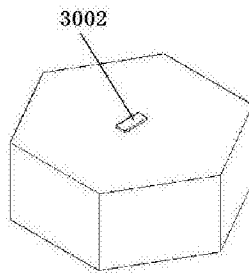


图4e

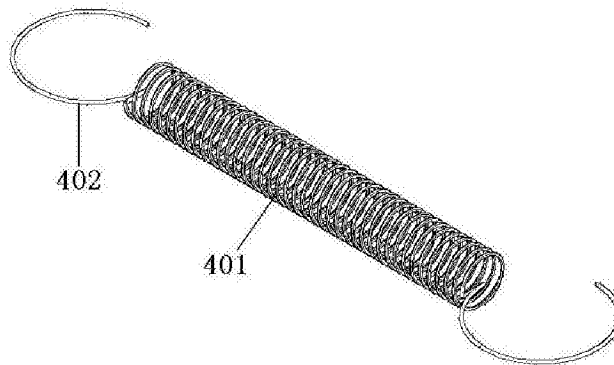


图5

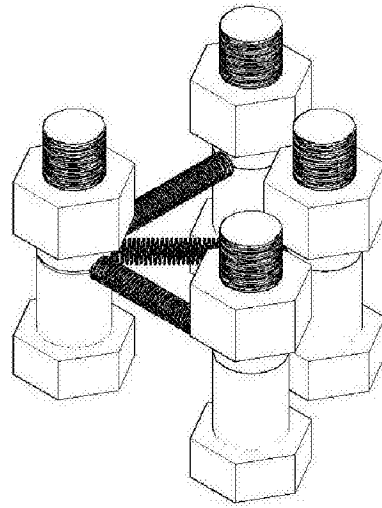


图6

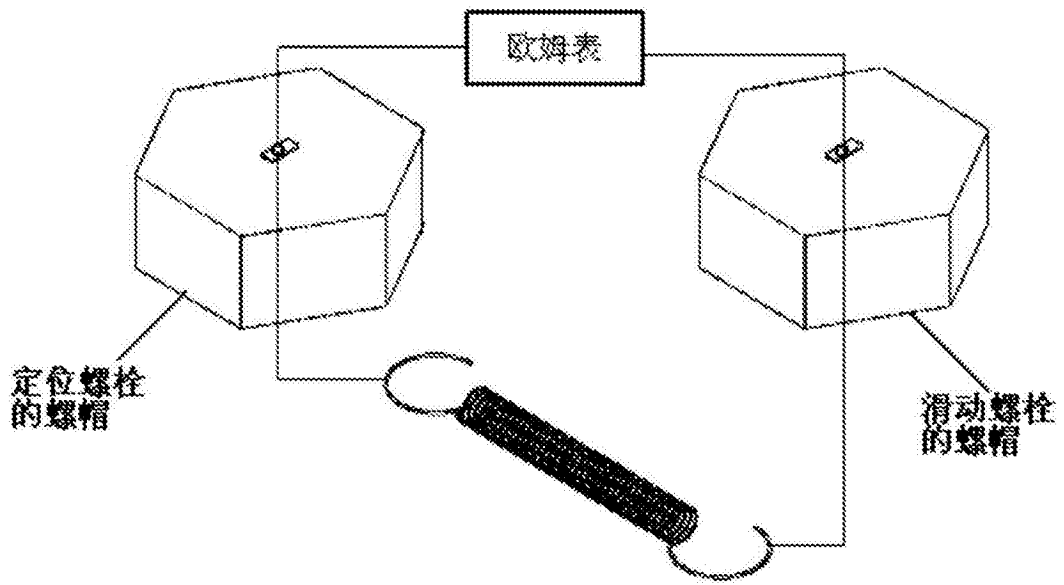


图7

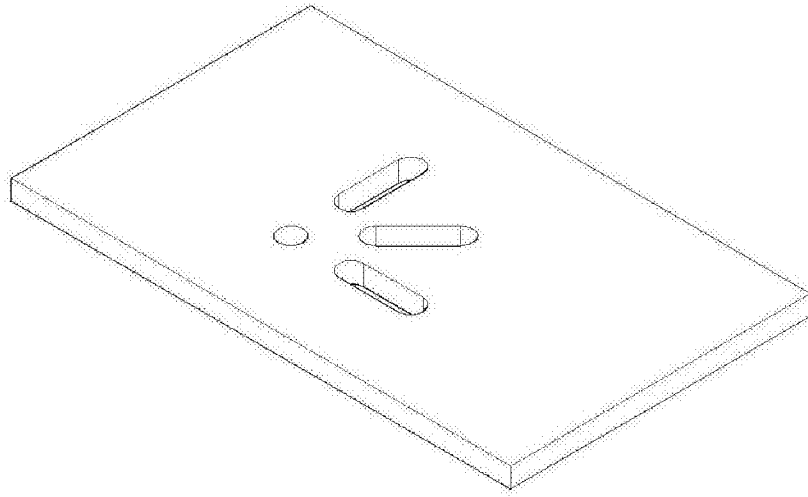


图8

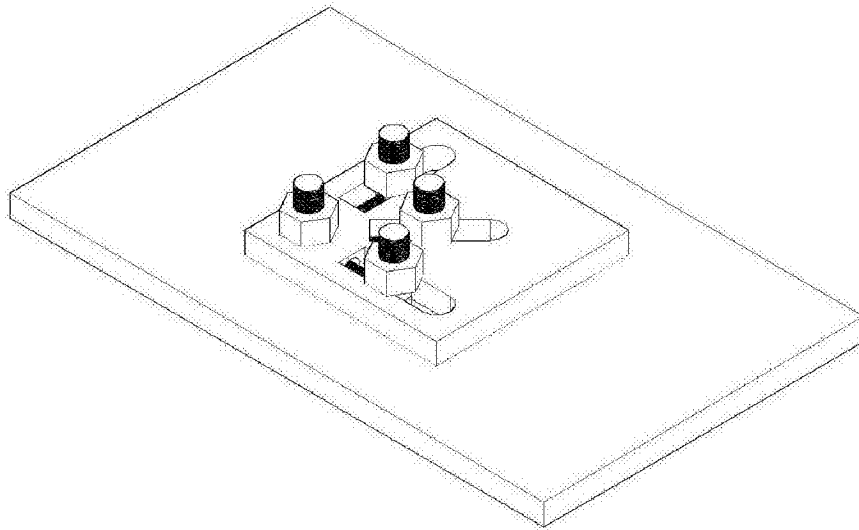


图9

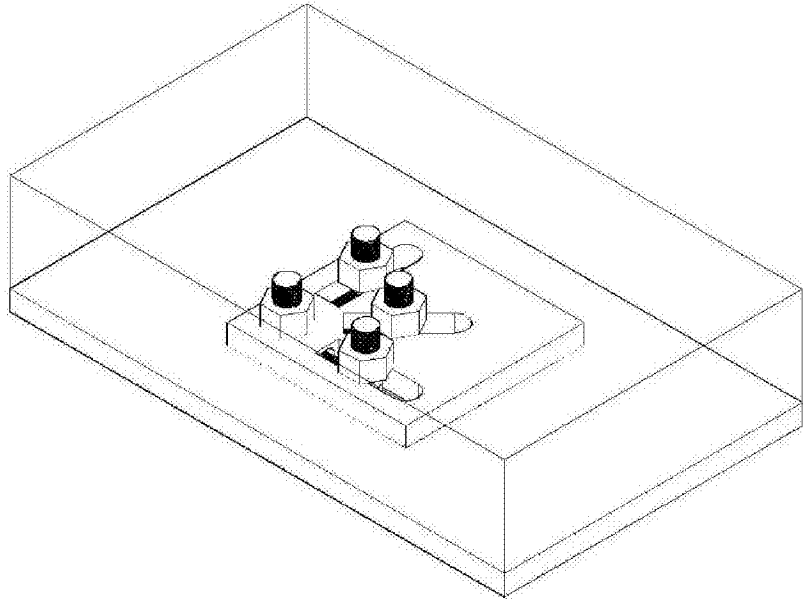


图10

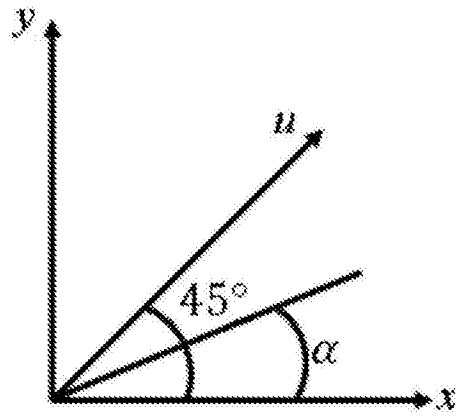


图11