

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B25J 9/08 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610038909.1

[43] 公开日 2006年8月16日

[11] 公开号 CN 1817575A

[22] 申请日 2006.3.17

[21] 申请号 200610038909.1

[71] 申请人 中国科学院国家天文台南京天文光学
技术研究所

地址 210042 江苏省南京市板仓街188号

[72] 发明人 杨德华

[74] 专利代理机构 南京知识律师事务所
代理人 栗仲平

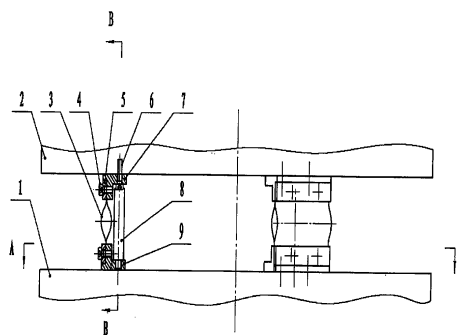
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

[54] 发明名称

基于双簧片机构的三自由度弹性联接机构

[57] 摘要

基于双簧片机构的三自由度弹性联接机构，用于两个物体或两个部件之间的联接，其特征在于，在被联接物体上的某一最佳支撑圆上，每隔120度沿周向各设置一个双簧片机构，构成三点联接的双簧片弹性联接机构，所述的双簧片机构的结构是：将相同的两片预弯的簧片相向安排，两头重叠并装夹紧固。优化方案的双簧片弹性联接机构的装夹部分集成设计在被联接物体上；在所述的双簧片弹性联接机构内，设置有限位柱或位移调节柱，所述的限位柱或位移调节柱是指：固定在双簧片两个装夹点之间的刚性柱体或可调节长度的刚性柱体。本发明实现了精密的运动传递或约束，并克服传统联接机构存在的摩擦和回程间隙较难克服等缺点。



1、一种基于双簧片机构的三自由度弹性联接机构，用于两个物体或两个部件之间的联接，其特征在于，在被联接物体上的某一最佳支撑圆上，每隔120度沿周向各设置一个双簧片机构，构成三点联接的双簧片弹性联接机构，所述的双簧片机构的结构是：将相同的两片预弯的簧片相向安排，两头重叠并装夹紧固。

2、按照权利要求1所述的基于双簧片机构的三自由度弹性联接机构，其特征在于，所述的双簧片弹性联接机构的装夹部分集成设计在被联接物体上。

3、按照权利要求1或2所述的基于双簧片机构的三自由度弹性联接机构，其特征在于，在所述的双簧片弹性联接机构内，设置有限位柱或位移调节柱，所述的限位柱或位移调节柱是指：固定在双簧片两个装夹点之间的刚性柱体或可调节长度的刚性柱体。

基于双簧片机构的三自由度弹性联接机构

技术领域

本发明涉及一种弹性联接装置，用于尤其用于姿态需要变化的和作弹性振动或摆动的零部件的支撑联接，也可以用于限制作相对精密运动的两物体之间的相对转动或用于传递两物体之间轴向转动的联轴节装置。

背景技术

常规的活动联接机构多采用轴承轴系系统，运动传递中的摩擦和回程间隙是较难克服的问题，特别对于被联接的两个物体之间需要作精密相对运动时，回程间隙是极其有害的。传统联接机构的典型是万向联轴节机构。另一方面，一般地，用以实现物体振动或摆动的机构多为弹簧机构，物体与基座除了有弹性元件弹簧的联接，还需要设置相应的联接机构用以约束和限制除了振动或摆动所需的自由度外的其余自由度，比如，一般采用滑块或轴承机构来实现导向或防转，这使得结构变得复杂，也存在有害的摩擦和间隙问题需要解决，而且往往要求严格的安装联接工艺和工作姿态。

发明内容

本发明寻求一种简单可靠的联接机构，即提供一种基于双簧片机构的三点联接的弹性联接机构，来实现精密的运动传递或约束，并克服传统联接机构存在的以上缺点。该联接机构可允许被联接物体之间实现三个自由度的相对运动，即，绕被联接物体面内两个轴线转动的两个转动自由度及一个沿其法向的平动自由度，而沿被联接物体面内的两个平动自由度及一个绕其自身

的转动自由度被限制。

本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：

基于双簧片机构的三自由度弹性联接机构，用于两个物体或两个部件之间的联接，其特征在于，在被联接物体上的某一最佳支撑圆上，每隔120度沿周向各设置一个双簧片机构，构成三点联接的双簧片弹性联接机构，所述的双簧片机构的结构是：将相同的两片预弯的簧片相向安排，两头重叠并装夹，依靠装夹产生的摩擦力实现紧固。

这种双簧片弹性联接机构可允许被联接物体之间绕被联接物体面内两个轴线转动的两个转动自由度及一个沿其法向的平动自由度，而沿被联接物体面内的两个平动自由度及一个绕其自身的转动自由度被限制。该联接机构的侧向刚度与外力方向无关，始终是一组双簧片机构在对称面内的刚度的1.5倍。

以上方案的进一步改进，有以下优化方案：

- 1、所述的双簧片弹性联接机构的装夹部分集成设计在被联接物体上；
- 2、在所述的双簧片弹性联接机构内，设置有限位柱或位移调节柱。所述的限位柱或位移调节柱是指：固定在双簧片两个装夹点之间的刚性柱体或可调节长度的刚性柱体。

本发明的有益效果是，原理明了，结构简单，受空间限制影响小；可实现无回程间隙的弹性联接，且允许被联接物体实现三个自由度的运动，即，绕被联接物体面内两个轴线转动的两个转动自由度及一个沿其法向的平动自由度，而沿被联接物体面内的两个平动自由度及一个绕其自身的转动自由度被限制，可用于无回程间隙地限制相对精密运动的两物体之间的相对转

动的联接装置；在被联接物体面内的刚度与方位无关，且在被联接物体面外的抗倾斜刚度也与方位无关，这一效果特别有利于安装和使用，例如，可用于尤其用于姿态需要变化的和作弹性振动或摆动的零部件的支撑联接和弹性元件，或用作传递两物体之间轴向转动的联轴节装置。显然，本弹性联接机构可推广为应用多于三个的双簧片机构，并可分布在多个同心圆上构成弹性联接装置。

下面对双簧片弹性联接机构的以上效果进行自由度及相关刚度分析。

机构分析

1. 自由度分析

将双簧片机构简化并进行自由度分析，参见图3和图4，从机械结构原理上看，在图示坐标系下，仅有沿x方向的平动自由度被约束，而其它自由度方向上均可产生弹性位移，故该双簧片机构具有5个自由度，从而，可看作是一个具有5个自由度的运动副。

则图1中所示的由三组双簧片机构构成的双簧片弹性联接机构可实现的自由度可运用Grubler公式分析如下：

$$F = 6(n - g - 1) + \sum_{i=1}^g f_i \quad (1)$$

式中， F 为自由度数， n 为机构中构件数， g 为运动副数， f_i 为第 i 个运动副的自由度数。参见图1和图2，对于该双簧片弹性联接机构， $n=2$ ， $g=3$ ， $f_i=5$ ，故其自由度数 F 为：

$$F = 6 \times (2 - 3 - 1) + 3 \times 5 = 3$$

因此，该双簧片弹性联接机构具有3个自由度，即，绕被联接物面内两个轴线转动的两个转动自由度及一个沿其法向的平动自由度。

2. 轴向刚度分析

该双簧片联接机构的轴向刚度 K_a 直接来自于三个双簧片的大变形弹性回复的性质，系统的刚度是并联的三个双簧片的刚度 k 的和。由于双簧片变形回复刚度 k 是非恒定的，从而 K_a 也是非恒定的。但具体应用中可通过设计双簧片的尺寸使得在工作行程内 k 值变化在允许的范围之内，从而可使得 K_a 值达到要求的恒定水平。

3. 侧向刚度分析

双簧片弹性联接机构的侧向刚度 K_l 是由双簧片机构在其对称面内的刚度 k_l 提供的。

3.1 侧向力分析

双簧片机构沿其对称面法向是柔性的，则取如图 5 所示位置，作用在被支撑联接物上的外力 P （比如其自重）由三个双簧片机构在其对称面内的反力 T_i ($i=1, 2, 3$) 来平衡，并记双簧片弹性联接机构的方位角为任意 θ 角。

则在图示坐标系内，关于 P, T_1, T_2 和 T_3 四个力下的平衡方程为：

$$\left. \begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \\ \sum M &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

即：

$$\begin{cases} T_1 \cos \theta + T_2 \cos(\theta + 120^\circ) + T_3 \cos(\theta - 120^\circ) = 0 \\ T_1 \sin \theta + T_2 \sin(\theta + 120^\circ) + T_3 \sin(\theta - 120^\circ) = P \\ T_1 + T_2 + T_3 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

解得：

$$\begin{cases} T_1 = \frac{2}{3}P \sin \theta \\ T_2 = \frac{2}{3}P \sin(\theta + 120^\circ) \\ T_3 = \frac{2}{3}P \sin(\theta - 120^\circ) \end{cases} \quad (4)$$

可见双簧片机构的反力 T_i 与方位角 θ 有关, 如图 6 所示, T_i 的大小和方向随外力 P 的方向的变化呈作三相交流形式交变, 其最大值为外力 P 的 $2/3$ 。

3.2 侧向刚度分析

若被支撑联接的物体本身的刚度远大于双簧片机构的侧向刚度 k_t , 则在径向外力 P 作用下, 物体的位移取决于三个双簧片机构的变形。记外力 P 在其方向上位移为 δ , 即物体的位移; 记三个双簧片在其各自对称面内的变形位移分别为 δ_1 , δ_2 和 δ_3 , 则有

$$P\delta = T_1\delta_1 + T_2\delta_2 + T_3\delta_3 \quad (5)$$

则由虎克定律, 上式可变换为:

$$\frac{P^2}{K_t} = \frac{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2}{k_t} \quad (6)$$

$$K_t = \frac{P^2 k_t}{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2} \quad (7)$$

将 T_i 代入上式, 有:

$$K_t = \frac{9k_t}{4[\sin^2 \theta + \sin^2(\theta + 120^\circ) + \sin^2(\theta - 120^\circ)]} \quad (8)$$

得:

$$K_t = \frac{3}{2}k_t \quad (9)$$

因此,这种双簧片弹性联接机构的侧向刚度是与外力方向无关的,是恒定的,始终是一组双簧片机构在对称面内的刚度的1.5倍。

4. 抗倾斜刚度分析

记三个双簧片机构分布圆半径为 r 。将每个双簧片机构等效视为由一排仅有伸缩自由度的弹簧排列而成,则分别从三个双簧片机构(三排弹簧)中对应位置各取一根弹簧构成的系统来分析,并记弹簧刚度为 k ,在小变形范围内,双簧片的伸缩刚度可视为恒定的,即认为 k 是恒值。如图7,另分别记其反力和伸缩变形量为 f_i 及 Δ_i ,正方向垂直纸面朝外,则被支撑物体绕 x 轴和绕 y 轴转角分别为:

$$\begin{cases} \phi_x = \frac{\Delta_1 - (\Delta_2 + \Delta_3)/2}{3r/2} \\ \phi_y = \frac{\Delta_2 - \Delta_3}{\sqrt{3}r} \end{cases} \quad (10)$$

则在空间的合成转角为

$$\phi = \sqrt{\phi_x^2 + \phi_y^2} \quad (11)$$

取系统分别在 x 方向力矩 M_y 、 y 方向力矩 M_x 及任意方向力矩 M_θ 的作用下分析计算系统的刚度,其中 M_x 、 M_y 和 M_θ 大小相等均记为 M 。

4.1 x 方向

$$\begin{cases} \sum F = 0: \sum f_i = f_1 + f_2 + f_3 = 0 \\ \sum M_x = 0: M + \frac{3}{2}rf_1 = 0 \Rightarrow f_1 = -\frac{2}{3}rM \\ \sum M_y = 0: f_2 = f_3 = \frac{1}{3}rM \end{cases} \quad (12)$$

因弹簧的作用力方向和作用点位移的方向总是相反,所以:

$$\Delta_1 = \frac{2M}{3rk}, \quad \Delta_2 = \Delta_3 = \frac{2M}{3rk} \quad (13)$$

则由式(10)和(11), $\phi_x = \frac{2M}{3r^2k}$, $\phi_y = 0$, 所以 $\phi = \phi_x = \frac{2M}{3r^2k}$, 方向与外力矩一致。

从而, 双簧片弹性联接机构系统在力矩作用下的刚度:

$$K_{M_x} = \frac{M}{\phi} = \frac{2}{3}r^2k \quad (14)$$

4.2 y 方向

$$\begin{cases} \sum F = 0: \sum f_i = f_1 + f_2 + f_3 = 0 \\ \sum M_x = 0: f_1 = 0 \\ \sum M_y = 0: M + \frac{\sqrt{3}}{2}rf_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}rf_3 \end{cases} \quad (15)$$

可得 $f_2 = -f_3 = -\frac{\sqrt{3}M}{3r}$, 有

$$\Delta_1 = 0, \quad \Delta_2 = -\Delta_3 = \frac{\sqrt{3}M}{3rk} \quad (16)$$

则, $\phi_x = 0$, $\phi_y = \frac{2M}{3r^2k}$, 所以 $\phi = \phi_y = \frac{2M}{3r^2k}$, 方向与外力矩一致。从而, 系统

在力矩作用下的刚度:

$$K_{M_y} = \frac{M}{\phi} = \frac{2}{3}r^2k \quad (17)$$

4.3 任意 θ 方向

取任意方位角 θ , 将 M_θ 在坐标轴上分解为 M_{α} 和 M_{β} , 则, $M_{\alpha} = M_\theta \cos \theta$,

$M_{\beta} = M_\theta \sin \theta$ 。根据4.1和4.2的结果有:

$$\begin{cases} \phi_x = \frac{2M}{3r^2k} \cos\theta \\ \phi_y = \frac{2M}{3r^2k} \sin\theta \end{cases} \quad (18)$$

可得合成倾角 $\phi = \sqrt{\phi_x^2 + \phi_y^2} = \frac{2M}{3r^2k}$ ，从而，系统在力矩作用下的合成刚度为：

$$K_{M\theta} = \frac{M}{\phi} = \frac{2}{3}r^2k \quad (19)$$

由以上分析可知，对于任何由对应的三根弹簧支撑的系统在任何方向的力矩作用下的刚度是恒定的，则对于三个分别等效为一排弹簧的双簧片机构的弹性联接机构支撑系统，其在任何方向的力矩的作用下的刚度也是恒定的。

推而广之，在偏心力作用下，可将力移置到双簧片弹性联接机构的中心，等效为一集中力和一附加等效力矩，这样，集中力的作用引起被联接支撑物的平移，而等效力矩则引起其倾斜，从而，在偏心力的作用下，系统的抗倾斜刚度也是与方位角 θ 无关的，是恒定的。

附图说明

图1 是双簧片弹性联接机构原理图；

图2 是双簧片弹性联接机构原理图左视图；

图3 是双簧片机构原理图；

图4 是双簧片机构自由度分析图；

图5 是受径向力分析示意图；

图6 是双簧片反力相对方位角的变化曲线图；

图7 是双簧片联接机构抗倾斜刚度分析图；

图8 是实施例1的双簧片联接机构的侧视及局部剖面构造图；

图9是双簧片联接机构的图8的A-A剖视及其三个双簧片机构分布图；

图10是图8中一个双簧片机构的B-B剖视图。

具体实施方式

实施例1，参见图1和图2，在被联接物体上的某一最佳支撑圆上，每隔120度沿周向各设置一个双簧片机构，构成一个“三点联接的弹性联接机构”，或称为“双簧片弹性联接机构”或“双簧片联接机构”。参见图3的双簧片机构原理示意图，利用薄簧片具有良好的面外弹性（柔性）及良好的面内刚度，设计的一个预弯的双簧片机构，即，将相同的两片预弯的簧片相向安排，两头重叠并装夹，依靠装夹产生的摩擦力实现紧固，在其装夹的两端可联接其它零件或机构，其装夹部分也可考虑集成设计在被联接物体上；为保证双簧片在一定的位移范围之内安全有效地工作，考虑设置位移调节和限位措施，并只需限制其压缩方向的位移即可。下文称该单元机构为“双簧片机构”。

参见图8~图10，在固定安装板1和活动安装板2上对应地选定三处，按正三角形分布，沿分布圆切向，分别在固定安装板1上用联接螺钉6安装三个固定联接座9，而分别在活动安装板2上用联接螺钉6安装三个活动联接座7。分别将三对预弯簧片3用压板5通过压板螺钉4和固定联接座9联接压紧。将三个限位柱8拧紧在固定联接座9上。将三对预弯簧片3的另一端用压板5通过压板螺钉4和已安装在固定安装板1上的活动联接座7联接压紧。

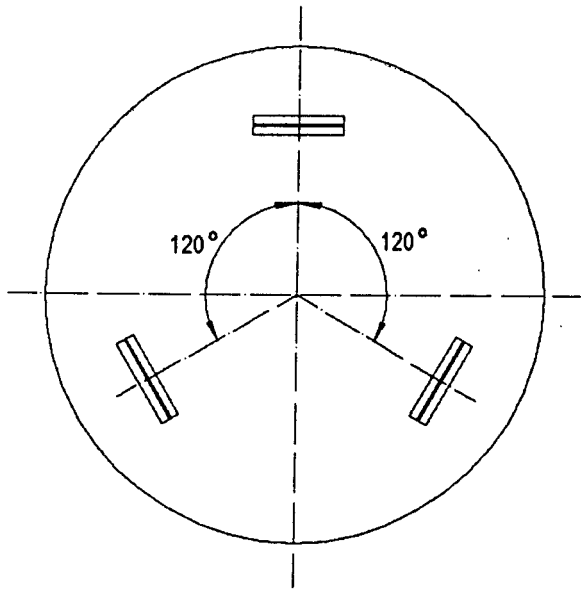


图 1

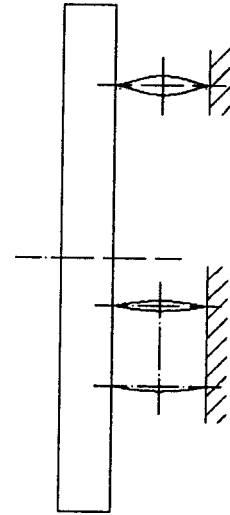


图 2

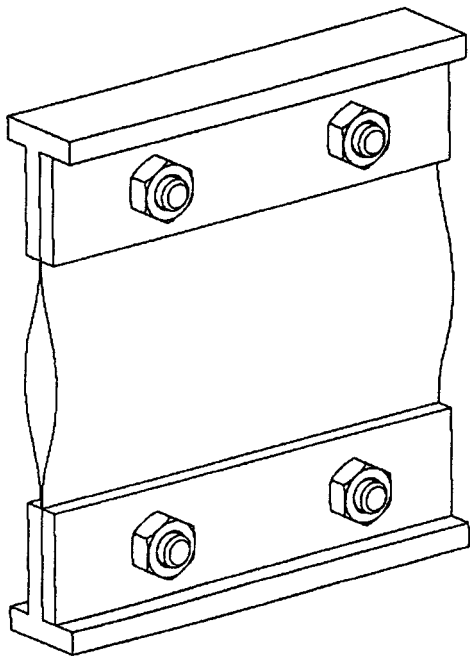


图 3

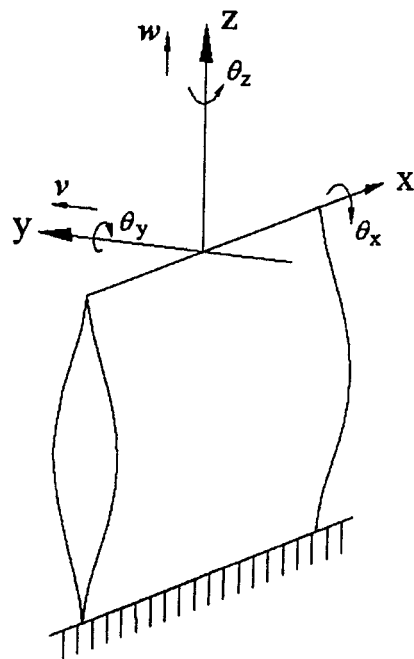


图 4

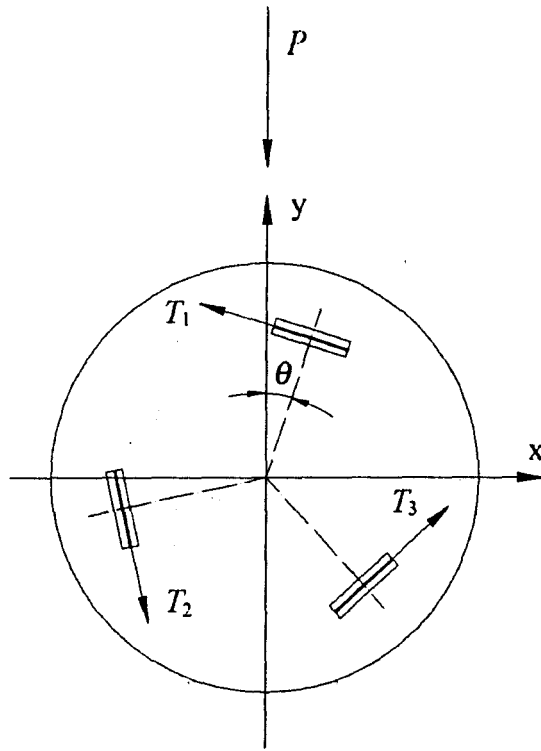


图 5

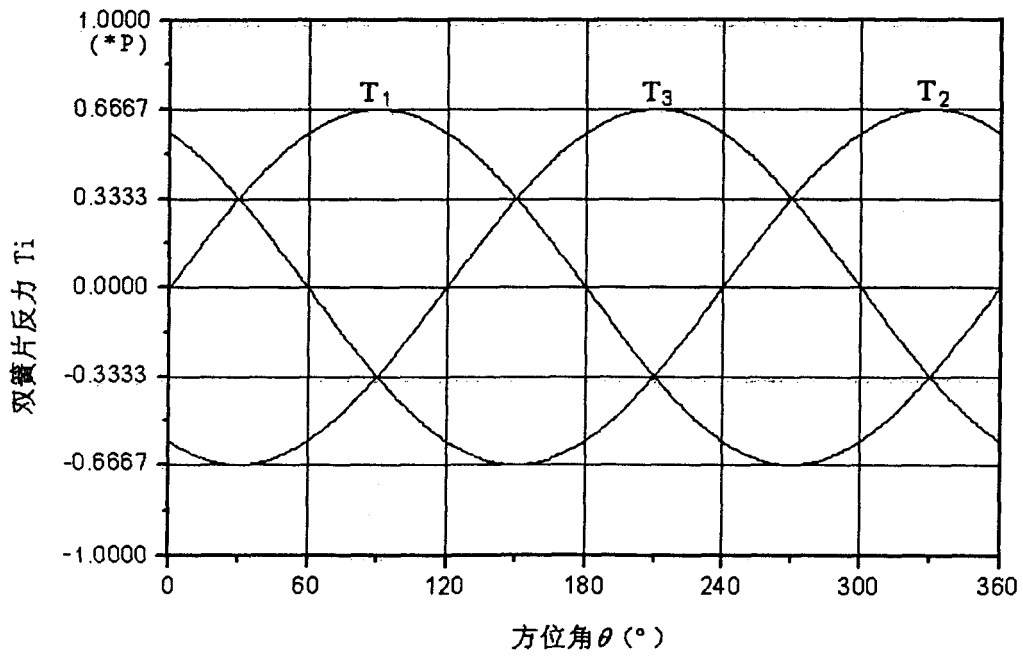


图 6

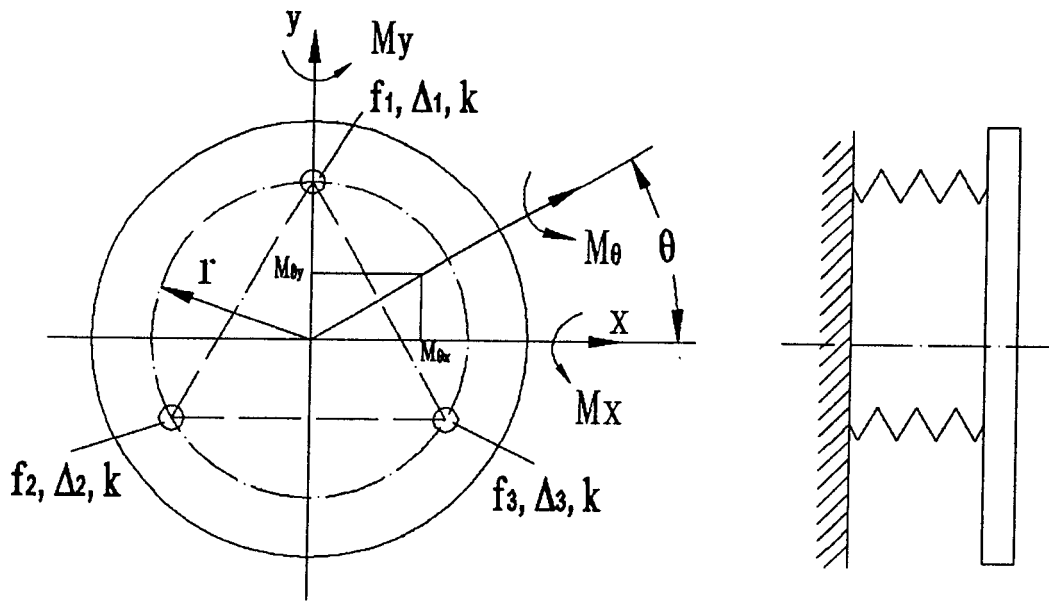


图 7

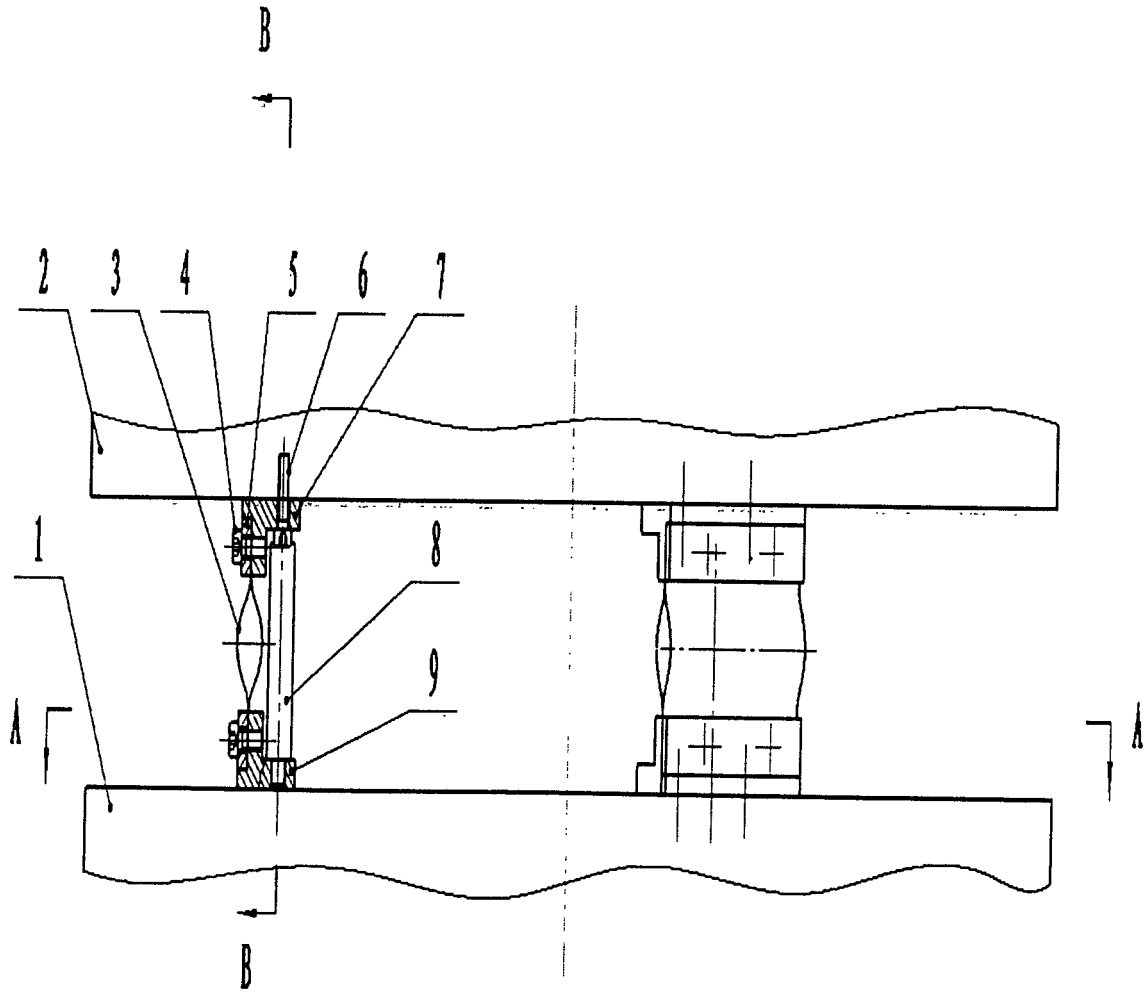


图 8

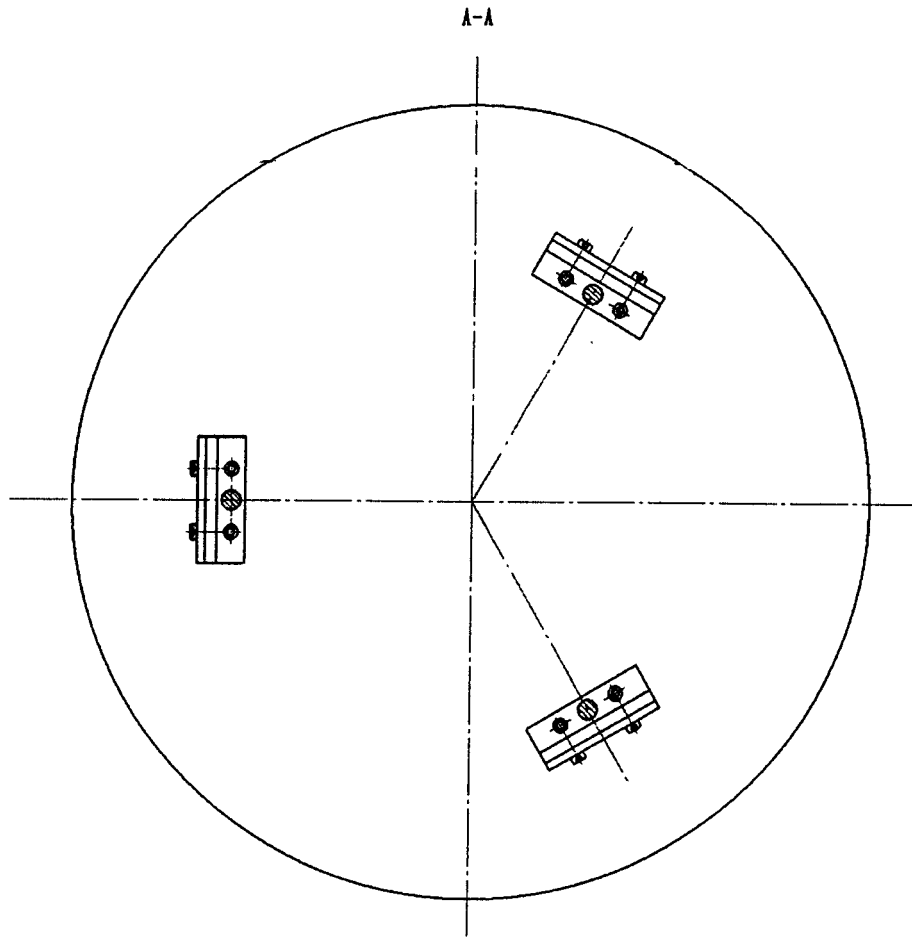


图 9

B-B

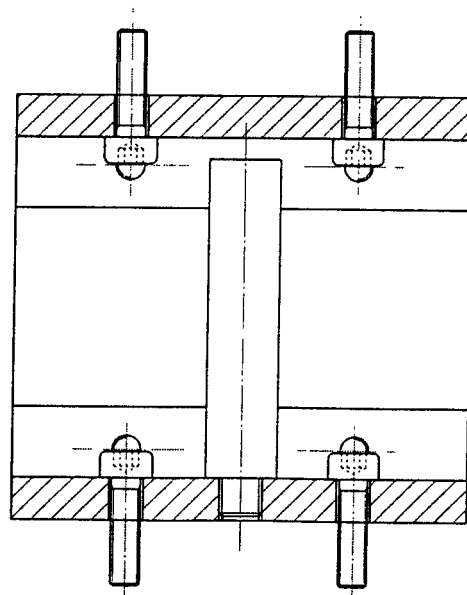


图 10