



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103386691 A

(43) 申请公布日 2013. 11. 13

(21) 申请号 201310306748. X

(22) 申请日 2013. 07. 22

(71) 申请人 江南大学

地址 214122 江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号

(72) 发明人 章军 朱飞成 王芳

(51) Int. Cl.

B25J 15/12(2006. 01)

B25J 15/10(2006. 01)

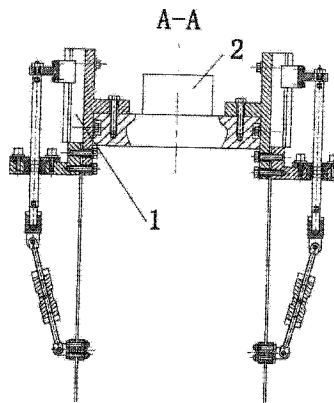
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪

(57) 摘要

本发明涉及直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪,手爪由一个手掌和三个柔性手指组成。一个柔性手指 1 被安装在矩形手掌 2 的左侧对称中心处,另外二个柔性手指 1 分别被安装在矩形手掌 2 右侧对称中心的两侧;三个柔性手指 1 分别被安装在六边形手掌 3 的三个对应边处。每个柔性手指结构相同,主要由一个直线电机和一个板弹簧组成;作为骨架的板弹簧被分为变形段和抓取段,两段长度可相对调节;此多指手爪应用于易碎的脆性物体,或形状、大小变化的异形物体的抓持,属于机器人、机电一体化的应用技术领域;与机器人本体联接,尤其适用于食品、农产品、轻工产品的抓取、分拣和包装等生产和物流场合。



1. 直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪,其特征是:直线电机的定子部件(1a)用螺钉固定在指根板(2a)上,在直线电机的定子部件(1a)的导向和驱动下、直线电机的动子(4a)上下运动,推座(3a)用螺钉固定在直线电机的动子(4a),直线轴承(6a)用内六角螺钉固定在直角板(5a)上;导向推杆(7a)的上端螺纹部分与推座(3a)采用螺母联接,导向推杆(7a)穿过起导向作用的直线轴承(6a),导向推杆(7a)下端螺纹部分与铰链座(9a)螺纹联接、并用螺母旋紧防松;板弹簧(8a)的上端被螺钉固定在指根板(2a)和直角板(5a)之间,板弹簧(8a)的中间被螺栓螺母固定在压板(10a)和铰链支座(11a)之间,板弹簧(8a)的最下端是曲面、便于接触被抓取物体;导向推杆(7a)的铰链座(9a)与右螺纹铰链杆(14a)之间是铰链联接,铰链支座(11a)与左螺纹铰链杆(12a)之间铰链联接,左螺纹铰链杆(12a)和右螺纹铰链杆(14a)均旋在螺纹套(13a)内、并用螺母旋紧防松;顺、逆时针旋转螺纹套(13a),可使左螺纹铰链杆(12a)和右螺纹铰链杆(14a)之间的相对距离增加或缩短;前述的这些零件构成柔性手指(1),对于每个相同的柔性手指(1),其指根板(2a)均被螺钉固定在矩形手掌(2)或六边形手掌(3)上;一个柔性手指(1)被安装在矩形手掌(2)的左侧对称中心处,另外二个柔性手指(1)分别被安装在矩形手掌(2)右侧对称中心的两侧,这是一种结构形式;三个柔性手指(1)分别被安装在六边形手掌(3)的三个对应边处,这是另一种结构形式。

直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪

技术领域：

[0001] 本发明属于机器人、机电一体化的技术领域，涉及一种直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪，用于食品、农产品、轻工产品的抓取、分拣和包装等生产和物流场合。

背景技术：

[0002] 针对轻工和食品行业的大规模生产状况，为满足形状复杂、物性多样的原材料、半成品、成品的物流和包装的需要，为解决简单劳动的用工成本高、劳动条件差等问题，需要物流抓取手爪。就抓取的复杂对象的种类：①易变形的软性物体（面包、软包装物品）；②易碎的脆性物体（禽蛋、玻璃陶瓷制品）；③形状不规则的、大小差别大的物体（瓜果、蔬菜）；④异形的、位置状态混乱且难理顺的物体（酒瓶、化妆品瓶）；从上可见，复杂对象的材料性质、形状尺寸及位置状态的差别较大。传统工业手爪为夹钳式或平行移动式结构，只能抓取形状大小相同、位置状态一致、不会破损的刚性工件。仿人灵巧手需要感知复杂对象的空间位置和形状，需要精确控制运动和抓取力，否则会损坏复杂对象或不能可靠抓取，但目前仿人灵巧手尚处在实验室研究阶段。

[0003] 传统刚性机构是由运动副连接的刚性杆件组成的，进行运动、力或能量传递或转换的机械装置。柔顺机构 (Compliant Mechanisms) 也能传递或转换运动、力或能量，但与刚性机构不同，柔顺机构不仅由运动副传递运动，还至少从其柔性部件的变形中获得一部分运动。柔顺机构的两大优越性：降低成本（减少零件数目、减少装配、简化制造、减轻质量）和提高性能（提高精度、增加可靠性、减少磨损、减少维护）。

[0004] 本发明手爪的柔性手指就是一种柔顺机构，板弹簧是柔顺机构的变形元件，其特点是：对外载荷具有良好的柔性自由度和缓冲性能，因此抓取复杂对象时，柔性自适应性好。

[0005] 本发明手爪的关键部件是柔性手指，亦称为柔性关节。本发明之前，授权专利（板弹簧骨架液气动式柔性弯曲关节，ZL200410065130.X）提出了一种橡胶波纹管膨胀加载式气动人工肌肉驱动器驱动的、板弹簧骨架的柔性弯曲关节，其缺点是：①橡胶波纹管气动人工肌肉驱动器的内腔压强不够大，靠板弹簧作用，回复到初始伸直状态；②板弹簧弯曲部分（即变形段）的长度不能调节，抓取物体的通用性不够好；③随着板弹簧的变形量越大，变形量的单位增量所需的人工肌肉内腔的压强增量越大，板弹簧越难弯曲，亦即柔性手指的弯曲角度-气压的曲线斜率越来越小；④尤其是人工肌肉驱动下，板弹簧受到的拉应力随人工肌肉内腔压强增大而增大，需要增大板弹簧截面面积才能满足强度要求，而增大板弹簧截面面积的同时又会使板弹簧大变形的难度增加，人工肌肉输出力增加了使板弹簧变形的作用力，减小了柔性关节输出的抓取力。

发明内容：

[0006] 本发明直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪，手爪由一个手掌和三个柔性手指组成，手掌有矩形和六边形两种结构；每个柔性手指结构相同，主要由一个板弹簧和一个

直线电机（又称为线性电机、线性马达、直线马达、直线驱动器）组成；作为骨架的板弹簧被分为变形段和抓取段，两段长度可相对调节；靠直线电机驱动产生抓持力，此多指手爪应用于易碎的脆性物体，或形状、大小变化的异形物体的抓持。

[0007] 本发明克服了上述不足，本发明多指手爪有三个柔性手指，每个柔性手指结构相同，柔性手指采用柔顺四杆机构，四杆分别是：驱动杆（直线电机的动子4a、推座3a、导向推杆7a和铰链座9a组成）、柔性杆（板弹簧8a）、长度可调的二力杆（左螺纹铰链杆12a、螺纹套13a、右螺纹铰链杆14a组成）和位置可调的支座杆（压板10a、铰链支座11a组成）。

[0008] 驱动杆不是旋转运动，而是直线电机的动子4a带动推座3a、导向推杆7a和铰链座9a的直线运动。通过调节二力杆长度，使板弹簧弯曲部分（即变形段）的长度可以调节；二力杆长度越短，板弹簧弯曲部分（即变形段）的长度越短；二力杆长度越短，直线电机的动子4a行程越短，初始状态时二力杆与板弹簧的夹角越大，板弹簧的弯曲效果越好。

[0009] 本发明的主要解决方案是这样实现的：

[0010] 如附图1、2所示，本发明多指手爪的一种结构：由三个柔性手指1和一个矩形手掌2组成。一个柔性手指1被安装在矩形手掌2的左侧对称中心处，另外二个柔性手指1分别被安装在矩形手掌2右侧对称中心的两侧。

[0011] 如附图3、4所示，本发明多指手爪的另一种结构：由三个柔性手指1和一个六边形手掌3组成。三个柔性手指1分别被安装在六边形手掌3的三个对应边处。其中三个对应边的内切圆半径较大，适合大直径物体抓取；三个对应边的内切圆半径较小，适合小直径物体抓取。

[0012] 如附图5所示，前述的柔性手指1是一个部件，其安装结构是：直线电机的定子部件1a用螺钉固定在指根板2a上，在直线电机的定子部件1a的导向和驱动下、直线电机的动子4a上下运动，推座3a用螺钉固定在直线电机的动子4a，直线轴承6a用内六角螺钉固定在直角板5a上；导向推杆7a的上端螺纹部分与推座3a采用螺母联接，导向推杆7a穿过起导向作用的直线轴承6a，导向推杆7a下端螺纹部分与铰链座9a螺纹联接、并用螺母旋紧防松；板弹簧8a的上端被螺钉固定在指根板2a和直角板5a之间，板弹簧8a的中间被螺栓螺母固定在压板10a和铰链支座11a之间，板弹簧8a的最下端是曲面、便于接触被抓取物体；导向推杆7a的铰链座9a与右螺纹铰链杆14a之间是铰链联接，铰链支座11a与左螺纹铰链杆12a之间铰链联接，左螺纹铰链杆12a和右螺纹铰链杆14a均旋在螺纹套13a内、并用螺母旋紧防松；顺、逆时针旋转螺纹套13a，可使左螺纹铰链杆12a和右螺纹铰链杆14a之间的相对距离增加或缩短。

[0013] 本发明多指手爪的安装形式是：对于每个相同的柔性手指1，其指根板2a均被螺钉固定在矩形手掌2或六边形手掌3上。

[0014] 本发明与已有技术相比具有以下优点：

[0015] (1) 柔性手指采用直线电机代替橡胶波纹管气动人工肌肉驱动器，驱动力大、抓取力大；靠直线电机反向运动，而不靠板弹簧作用，回复到初始伸直状态。

[0016] (2) 对材料性质、形状尺寸及位置状态的差别较大的复杂对象，通过抓取实验和分析计算，再调节板弹簧弯曲部分（即变形段）的长度，这样既保证了柔性自适应地可靠抓取、又不会损坏抓取对象，因此多指手爪的通用性好。

[0017] (3) 随着导向推杆7a不断向下推移，由于二力杆与板弹簧的夹角不断增大，使板

弹簧弯曲的分力不断增加,板弹簧越易弯曲;板弹簧的变形量越大,变形量的单位增量所需推力越小,亦即柔性手指的弯曲角度-直线电机推力的曲线斜率越来越大。

[0018] (4) 尤其是板弹簧受到的拉应力随直线电机推力增大而减少,可在满足强度要求的同时减小板弹簧截面积,而减小板弹簧截面积的同时又易于使板弹簧大变形,减小了直线电机推力使板弹簧变形的作用力部分,从而增加了柔性关节输出的抓取力。

附图说明:

[0019] 图 1 为矩形手掌的直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪的 A-A 主剖视图

[0020] 图 2 为矩形手掌的直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪的俯视图

[0021] 图 3 为六边形手掌的直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪的 B-B 主剖视图

[0022] 图 4 为六边形手掌的直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪的俯视图

[0023] 图 5 为直线电机驱动控制的板弹簧骨架柔性手爪的柔性手指的主视图

具体实施方式:

[0024] 下面为本发明的工作原理及工作过程:

[0025] 板弹簧 8a 的一段(指根板 2a 和直角板 5a 夹紧处以下到压板 10a 和铰链支座 11a 夹紧处以上)是变形段,抓取承受直线电机驱动而产生大变形;压板 10a 和铰链支座 11a 夹紧的板弹簧 8a 下侧最下端是曲面是抓取段,复杂对象的抓取接触部位就在板弹簧 8a 的抓取段。

[0026] 直线电机通电,其动子 4a 带动导向推杆 7a 向下运动,从而驱动二力杆(左螺纹铰链杆 12a、螺纹套 13a、右螺纹铰链杆 14a 组成),克服弹性力使板弹簧 8a 弯曲,板弹簧 8a 抓取段接触被抓物体;直线电机动子 4a 继续运动,板弹簧 8a 变形增加,抓取力也增加;当达到要求的抓取力时,二力杆和导向推杆 7a 之间正好在自锁范围内,直线电机断电,导向推杆 7a 也不会上移,保持抓取力不变。

[0027] 1. 初始状态调节

[0028] 对前述特殊对象,抓最小、最大抓取对象、或形状不规则的抓取对象、或材质尺寸受力变化的抓取对象,需要柔性自适应的结构,更需要进行结构初始状态的精确调节。

[0029] 对具体复杂对象,抓最小、最大抓取对象、或形状不规则的抓取对象、或材质尺寸受力变化的抓取对象,结构初始状态的精确调节同时必须保证二力杆和导向推杆 7a 之间的夹角在自锁状态,这样在保持抓取力的时候,直线电机是断电的,而不是直线电机的“堵转”状态、以免烧毁直线电机。

[0030] 结构初始状态的精确调节:如图 1、2 所示,根据长形、矩形的复杂对象,实验研究和理论分析后,调节二力杆(左螺纹铰链杆 12a、螺纹套 13a、右螺纹铰链杆 14a 组成)的长度,再调整压板 10a 和铰链支座 11a 固定在板弹簧 8a 中间的位置。如图 3、4 所示,圆形、短圆柱形的复杂对象,同样按照上述步骤,实验研究和理论分析后进行调节。

[0031] 2. 工作状态定标

[0032] 由于前述复杂对象的材料性质、形状尺寸及位置状态的差别较大,本发明板弹簧骨架柔性手爪具有自适应柔性结构。柔性手爪满足要求如下:①抓最小、最大抓取对象的接触压力变化尽可能小,以满足安全抓取最小抓取对象、且不损坏最大抓取对象的受力要求,

对形状不规则的抓取对象也有自适应性；②直线电机直接驱动，驱动系统无反馈；③手爪结构、驱动控制系统简单可靠；④抓取时，手爪高度上定位始终不变，配套机器人本体控制方便。

[0033] 对具体复杂对象，先根据结构的弹性力学进行估算；再选择最小抓取尺寸、最大抓取尺寸的抓取对象进行试验，最终确定选择；采用直线电机位移控制的具体位移参数或直线电机推力控制的具体驱动力参数。

[0034] 对具体复杂对象，前面选择的直线电机位移控制的具体位移参数或直线电机推力控制的具体驱动力参数在应用中是唯一确定的，开始设定好，不再改变，因此控制系统简单可靠。

[0035] 3. 电机控制方法

[0036] 本发明采用直流驱动的微型直线电机，在需要速度控制的场合，速度控制采用全控型的开关功率元件进行脉宽调制 (pulse width modulation, 简称 PWM)。这种调速方法具有开关频率高、低速运行稳定、动态性能优良、效率高等优点。

[0037] 由于本发明板弹簧骨架柔性手爪的结构具有自适应柔性，抓取力控制的精度要求不高，其简单方法有两种：①基于线电压差值的无位置传感器的位置检测与控制；②基于线电压或基于绕组电感变化特性的无力传感器的驱动力检测与控制。

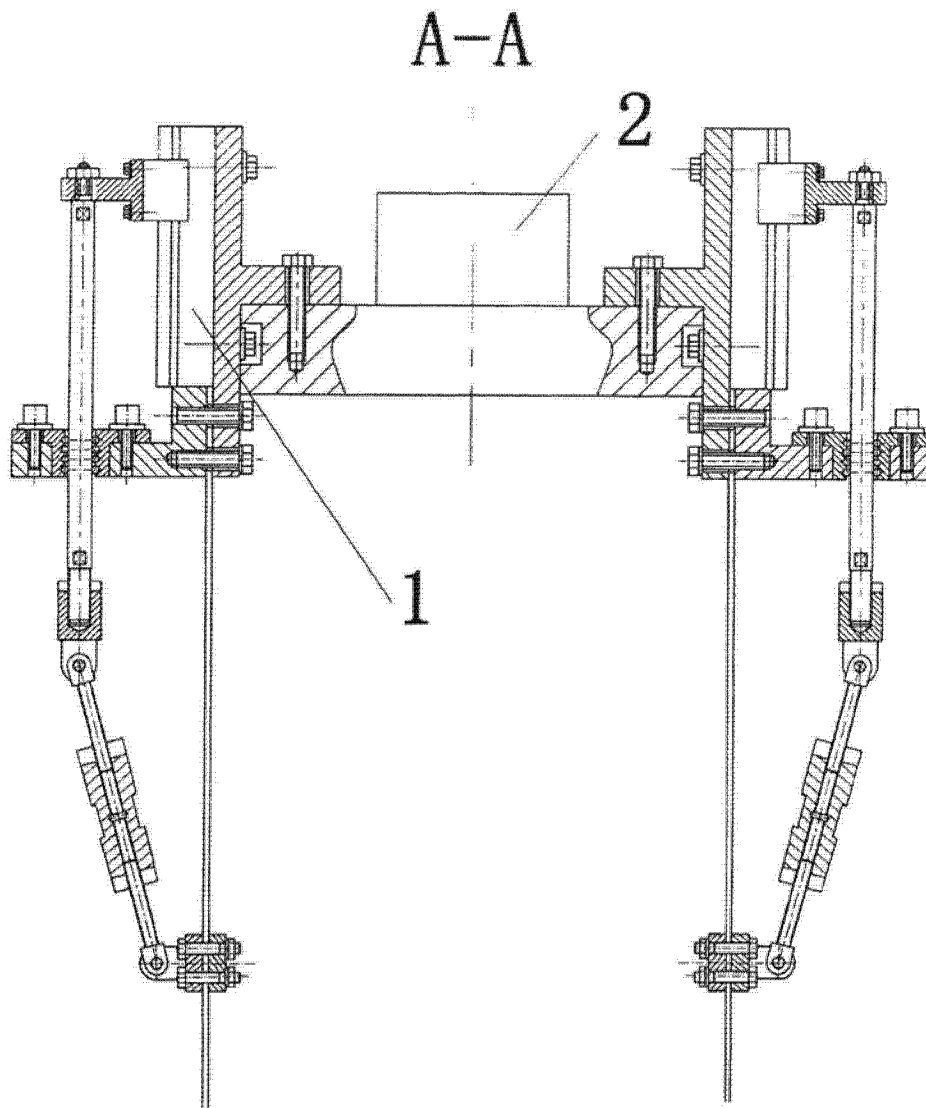


图 1

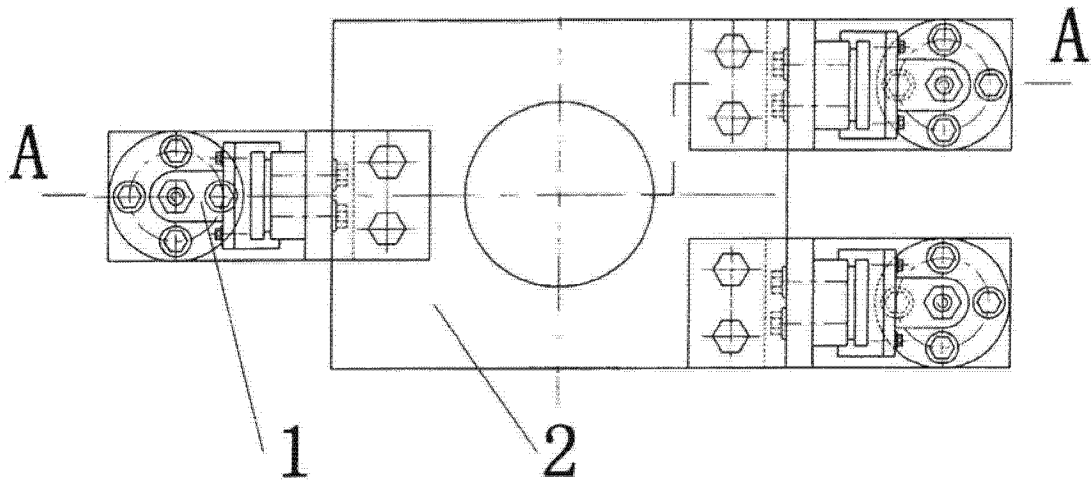


图 2

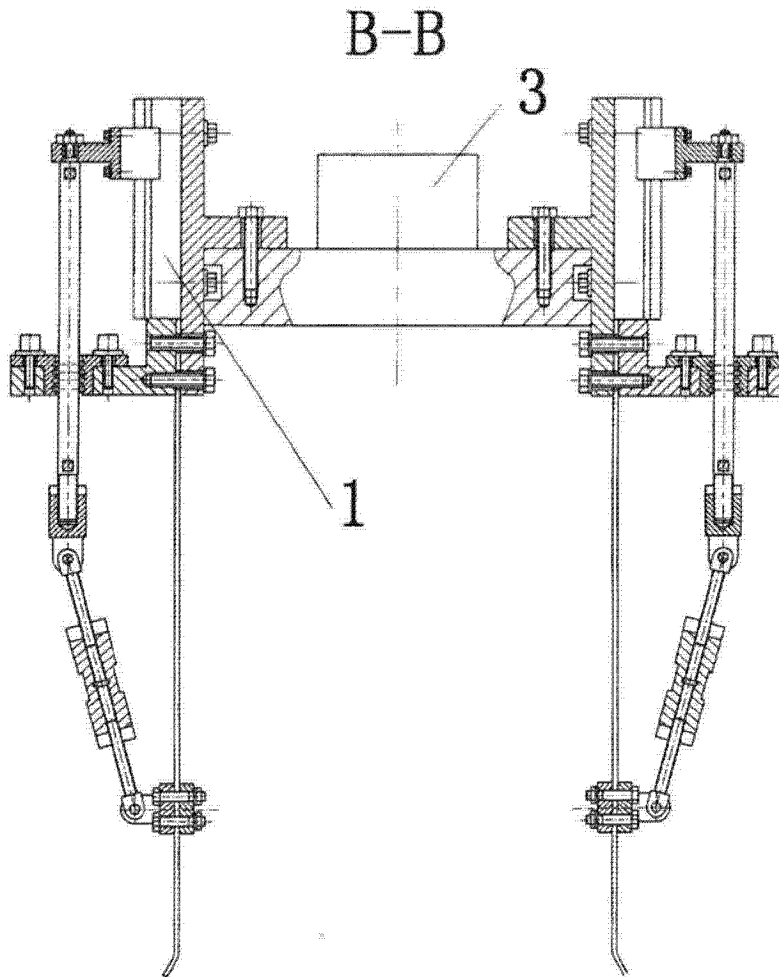


图 3

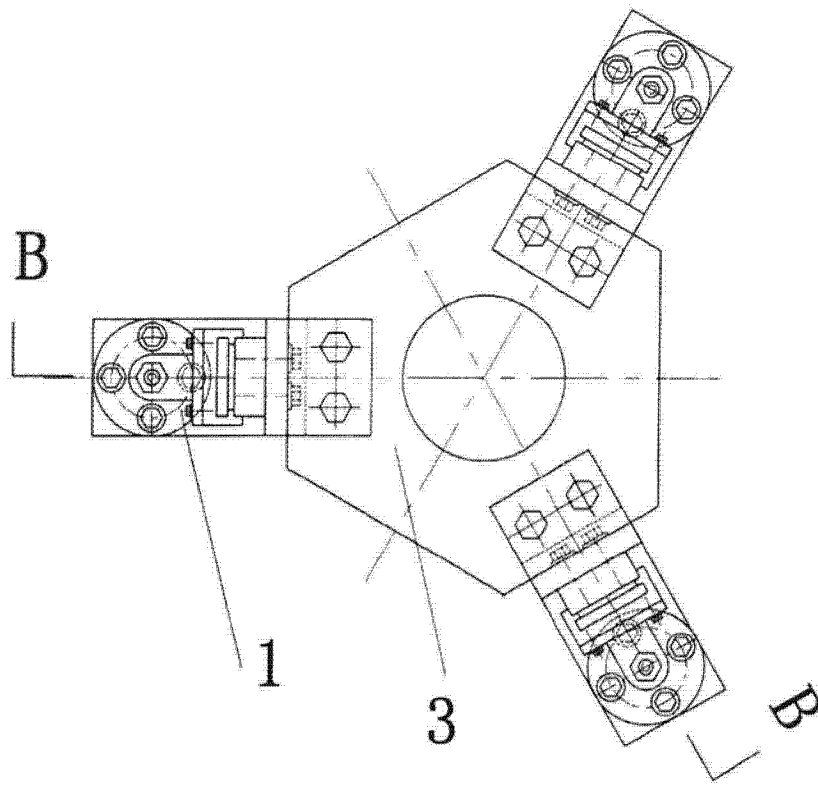


图 4

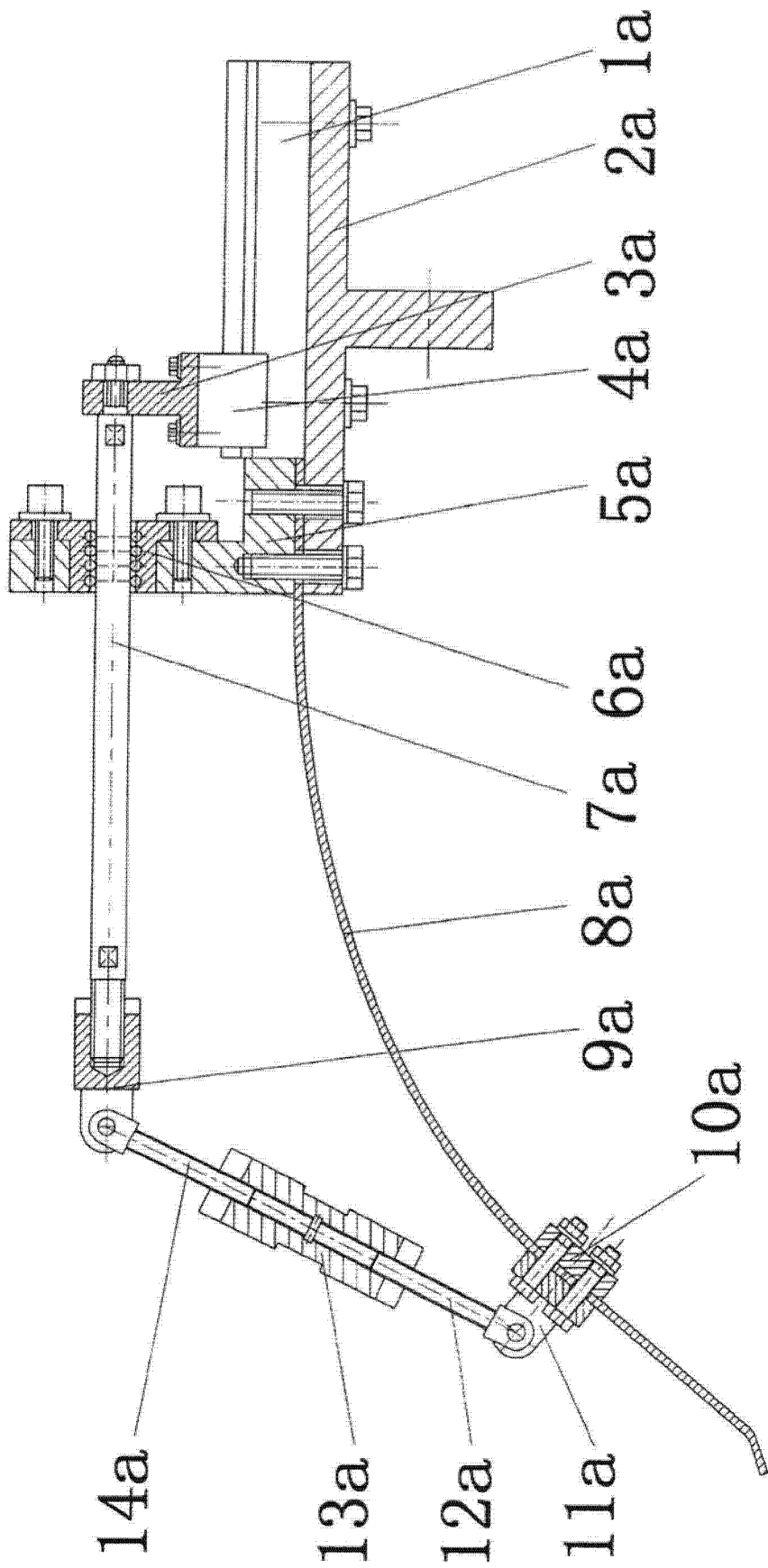


图 5