



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103331761 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 03

(21) 申请号 201310306738. 6

EP 0437792 A1, 1991. 07. 24, 全文 .

(22) 申请日 2013. 07. 22

CN 101648381 A, 2010. 02. 17, 全文 .

(73) 专利权人 江南大学

审查员 薛超志

地址 214122 江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号

(72) 发明人 章军 陈春华 朱飞成 王芳

(51) Int. Cl.

B25J 15/12(2006. 01)

B25J 9/12(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101554730 A, 2009. 10. 14, 全文 .

EP 0534778 A2, 1993. 03. 31, 全文 .

CN 203380903 U, 2014. 01. 08, 权利要求 1.

JP 2004-181585 A, 2004. 07. 02, 全文 .

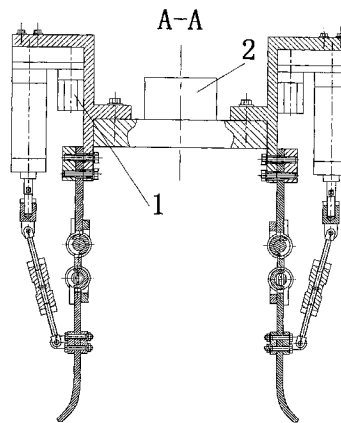
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪

(57) 摘要

本发明涉及电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪,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,主要由一个电动推杆和一个串联活页铰链组成;串联活页铰链的两个心轴上分别装有大扭弹簧和小扭弹簧,其下活页的最下端是与被抓取对象接触的曲面段;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. 电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪,其特征是:电动推杆(1a)的尾座用螺钉固定在指根板(2a)上,电动推杆(1a)的头端与铰链座(5a)螺纹联接、并用螺母旋紧防松;串联活页铰链(6a)的上活页被螺栓螺母固定在指根板(2a)和夹块(3a)之间,串联活页铰链(6a)的下活页被螺栓螺母固定在压板(8a)和铰链支座(9a)之间,串联活页铰链(6a)下活页的最下端的曲面段是抓取段,便于接触被抓取物体,串联活页铰链(6a)的两个心轴上分别装有大扭弹簧(4a)和小扭弹簧(7a);电动推杆(1a)头端的铰链座(5a)与右螺纹铰链杆(12a)之间是铰链联接,铰链支座(9a)与左螺纹铰链杆(10a)之间铰链联接,左螺纹铰链杆(10a)和右螺纹铰链杆(12a)均旋在螺纹套(11a)内、并用螺母旋紧防松;顺、逆时针旋转螺纹套(11a),可使左螺纹铰链杆(10a)和右螺纹铰链杆(12a)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)的内切圆半径相等的三个对应边处,三个对应边相互不连接,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,这是另一种结构形式。

电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪

技术领域：

[0001] 本发明属于机器人、机电一体化的技术领域，涉及一种电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪，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，需要物流抓取多指手爪。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。传统工业多指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] 本发明手爪的柔性手指的特点是：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。

[0004] 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，专利申请（一种多关节柔性机械手，200810023616.5）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、活页铰链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，靠扭弹簧作用，回复到初始伸直状态；②驱动力作用于活页铰链骨架的位置不能调节，抓取物体的通用性不够好；③活页铰链的受力状态不好，人工肌肉输出力相当部分作用于扭弹簧、使之变形，从而减小了柔性关节输出的抓取力，随着活页铰链的角位移越大，花费在扭弹簧变形的力占比越大；④尤其是人工肌肉驱动下，随着活页铰链的角位移越大，角位移的单位增量所需的人工肌肉内腔的压强增量越大，活页铰链越难弯曲，亦即柔性手指各铰链的角位移 - 气压的曲线斜率越来越小，甚至气压增大也不能继续产生角位移、反而减小了角位移。

发明内容：

[0005] 本发明电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪，多指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，主要由一个串联活页铰链和一个电动推杆（又称为电动缸、直线驱动器、线性驱动器、线性执行器）组成；串联活页铰链的铰链心轴上均安装一个扭弹簧，扭弹簧的特性参数和预紧角根据被抓取对象的特点而优化设计出；靠电动推杆驱动产生抓持力，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。

[0006] 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，柔性手指采用六杆机构，六杆分别是：驱动杆（电动推杆 1a 和铰链座 5a 组成）、带大扭

弹簧 4a 和小扭弹簧 7a 的串联活页铰链 6a 的三个活页杆（上活页、中活页、下活页）、长度可调的二力杆（左螺纹铰链杆 10a、螺纹套 11a、右螺纹铰链杆 12a 组成）和位置可调的支座杆（压板 8a、铰链支座 9a 组成）。

[0007] 驱动杆不是旋转运动，而是电动推杆 1a 和铰链座 5a 的直线运动。通过调节二力杆长度，使串联活页铰链的活页长度可以调节；二力杆长度越短，活页长度越短；二力杆长度越短，电动推杆行程越短，初始状态时二力杆与串联活页铰链的夹角越大，串联活页铰链的弯曲效果越好。

[0008] 本发明的主要解决方案是这样实现的：

[0009] 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。

[0010] 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。

[0011] 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：电动推杆 1a 的尾座用螺钉固定在指根板 2a 上，电动推杆 1a 的头端与铰链座 5a 螺纹联接、并用螺母旋紧防松；串联活页铰链 6a 的上活页被螺栓螺母固定在指根板 2a 和夹块 3a 之间，串联活页铰链 6a 的下活页被螺栓螺母固定在压板 8a 和铰链支座 9a 之间，串联活页铰链 6a 下活页的最下端的曲面段是抓取段，便于接触被抓取物体，串联活页铰链 6a 的两个心轴上分别装有大扭弹簧 4a 和小扭弹簧 7a；电动推杆 1a 头端的铰链座 5a 与右螺纹铰链杆 12a 之间是铰链联接，铰链支座 9a 与左螺纹铰链杆 10a 之间铰链联接，左螺纹铰链杆 10a 和右螺纹铰链杆 12a 均旋在螺纹套 11a 内、并用螺母旋紧防松；顺、逆时针旋转螺纹套 11a，可使左螺纹铰链杆 10a 和右螺纹铰链杆 12a 之间的相对距离增加或缩短。

[0012] 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。

[0013] 本发明与已有技术相比具有以下优点：

[0014] (1) 柔性手指采用电动推杆代替橡胶波纹管气动人工肌肉驱动器，产生的驱动力大、产生的抓取力大；靠电动推杆反向运动，而不靠扭弹簧作用，回复到初始伸直状态。

[0015] (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，再调节二力杆作用于串联活页铰链的下活页上的位置，这样既保证了柔性自适应地可靠抓取、又不会损坏，因此多指手爪的通用性好。

[0016] (3) 活页铰链受力状态好，电动推杆输出力较少部分作用于扭弹簧、使之变形，从而增加了柔性关节输出的抓取力，随着活页铰链的角位移越大，花费在扭弹簧变形的力占比越小。

[0017] (4) 尤其是由于本发明增力机构的作用，随着电动推杆 1a 不断向下推移，由于二力杆与串联活页铰链的夹角不断增大，使串联活页铰链弯曲的分力不断增加，串联活页铰链越易弯曲；串联活页铰链扭弹簧的变形量越大，变形量的单位增量所需的推力越小增量越小，亦即柔性手指的弯曲角度 - 电动推杆推力的曲线斜率越来越大。

附图说明：

- [0018] 图 1 为矩形手掌的电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪的 A-A 主剖视图
- [0019] 图 2 为矩形手掌的电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪的俯视图
- [0020] 图 3 为六边形手掌的电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪的 B-B 主剖视图
- [0021] 图 4 为六边形手掌的电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪的俯视图
- [0022] 图 5 为电动推杆驱动控制的串联活页铰链柔性手爪的柔性手指的主视图

具体实施方式：

[0023] 下面为本发明的工作原理及工作过程：

[0024] 串联活页铰链 6a 的下活页的最下端是曲面段，抓取复杂对象的接触处就在串联活页铰链 9a 下活页的曲面段。大扭弹簧 4a 和小扭弹簧 7a 的特性参数和预紧角优化后，两个铰链（支座）、串联活页铰链 6a 的两个铰链处的共四个角位移的协调，为柔性自适应抓取提供了基础。

[0025] 电动推杆 1a 通电，其推杆向下运动，从而驱动二力杆（左螺纹铰链杆 10a、螺纹套 11a、右螺纹铰链杆 12a 组成），克服大扭弹簧 4a 和小扭弹簧 7a 的弹性力，使串联活页铰链 6a 转动，串联活页铰链 6a 下活页的曲面段接触被抓物体；电动推杆 1a 继续运动，大扭弹簧 4a 和小扭弹簧 7a 变形增加，抓取力也增加；当达到要求的抓取力时，电动推杆 1a 断电，电动推杆 1a 内部螺杆螺母机构自锁，保持抓取力不变。

[0026] 1. 初始状态调节

[0027] 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。

[0028] 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 10a、螺纹套 11a、右螺纹铰链杆 12a 组成）的长度，再调整压板 8a 和铰链支座 9a 固定在串联活页铰链 6a 下活页的适当位置。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。

[0029] 2. 工作状态定标

[0030] 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，本发明串联活页铰链骨架柔性手爪采用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电动推杆直接驱动，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。

[0031] 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：采用电动推杆位移控制的具体位移参数或电动推杆推力（直流电机输出扭矩）控制的具体驱动力参数。

[0032] 对具体复杂对象，前面选择的电动推杆位移控制的具体位移参数或电动推杆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。

[0033] 3. 电机控制方法

[0034] 本发明采用直流驱动的微型电动推杆, 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。

[0035] 由于本发明串联活页铰链骨架柔性手爪的结构具有自适应柔性, 抓取力的控制精度要求不高, 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扭矩检测与控制。

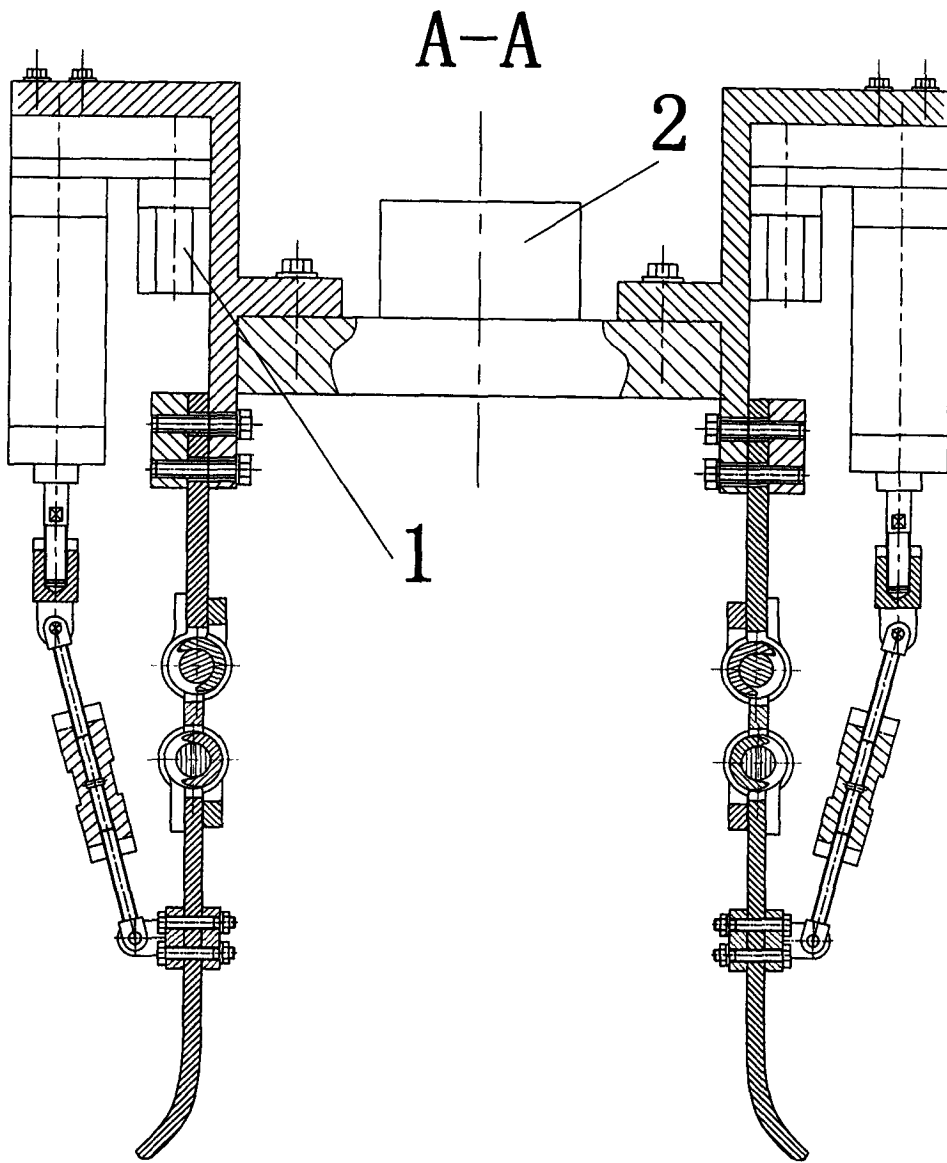


图 1

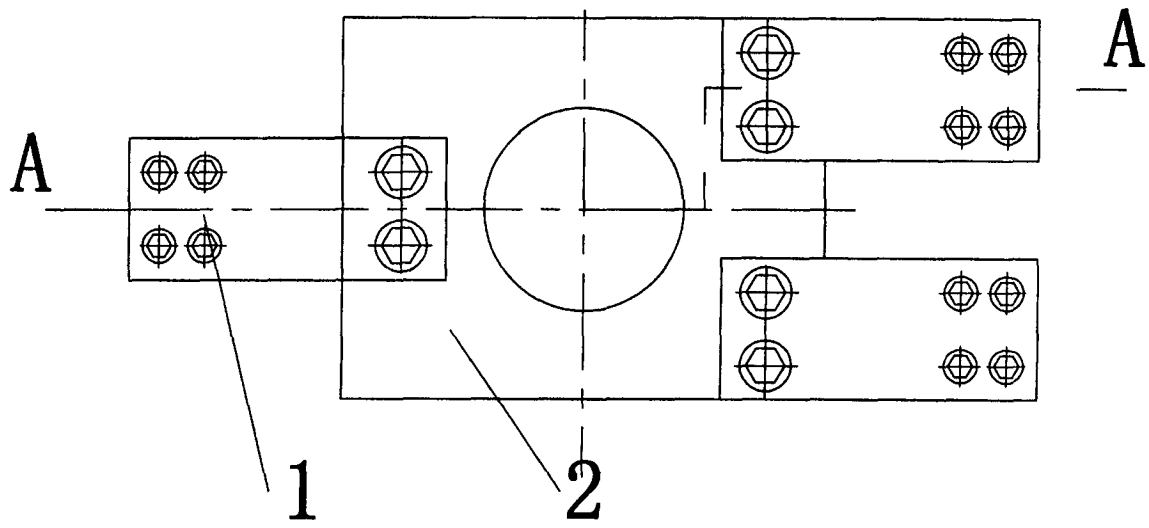


图 2

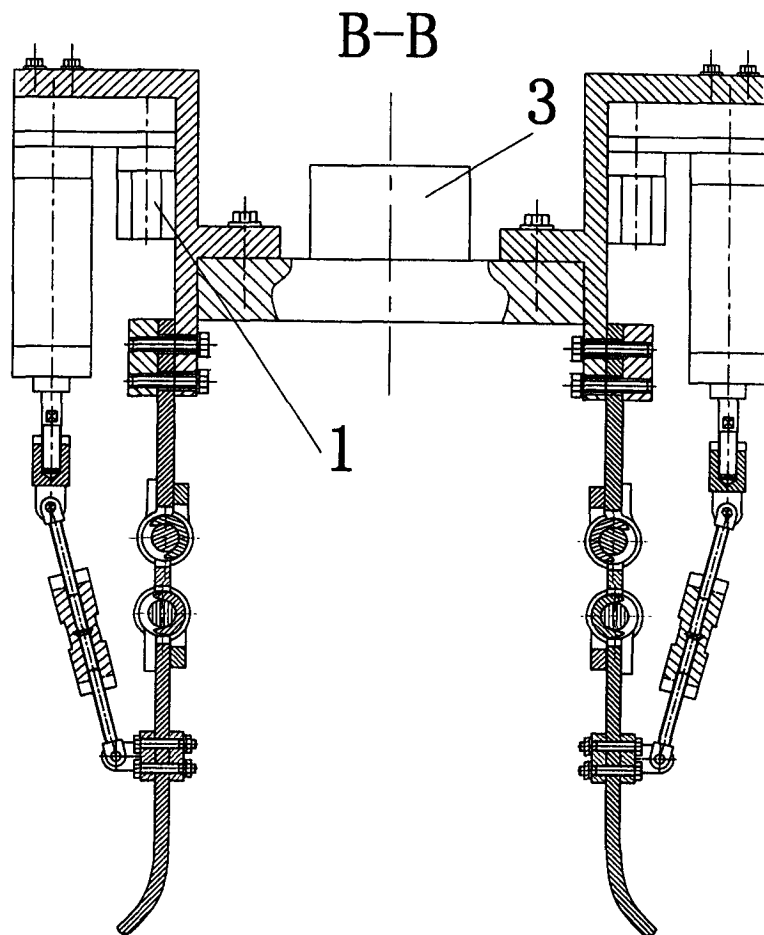


图 3

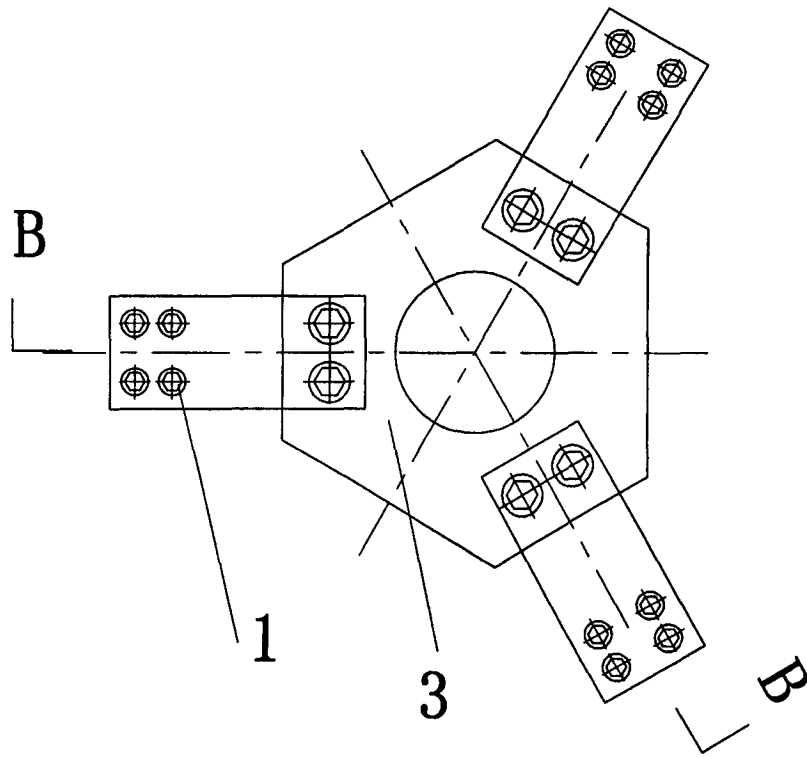


图 4

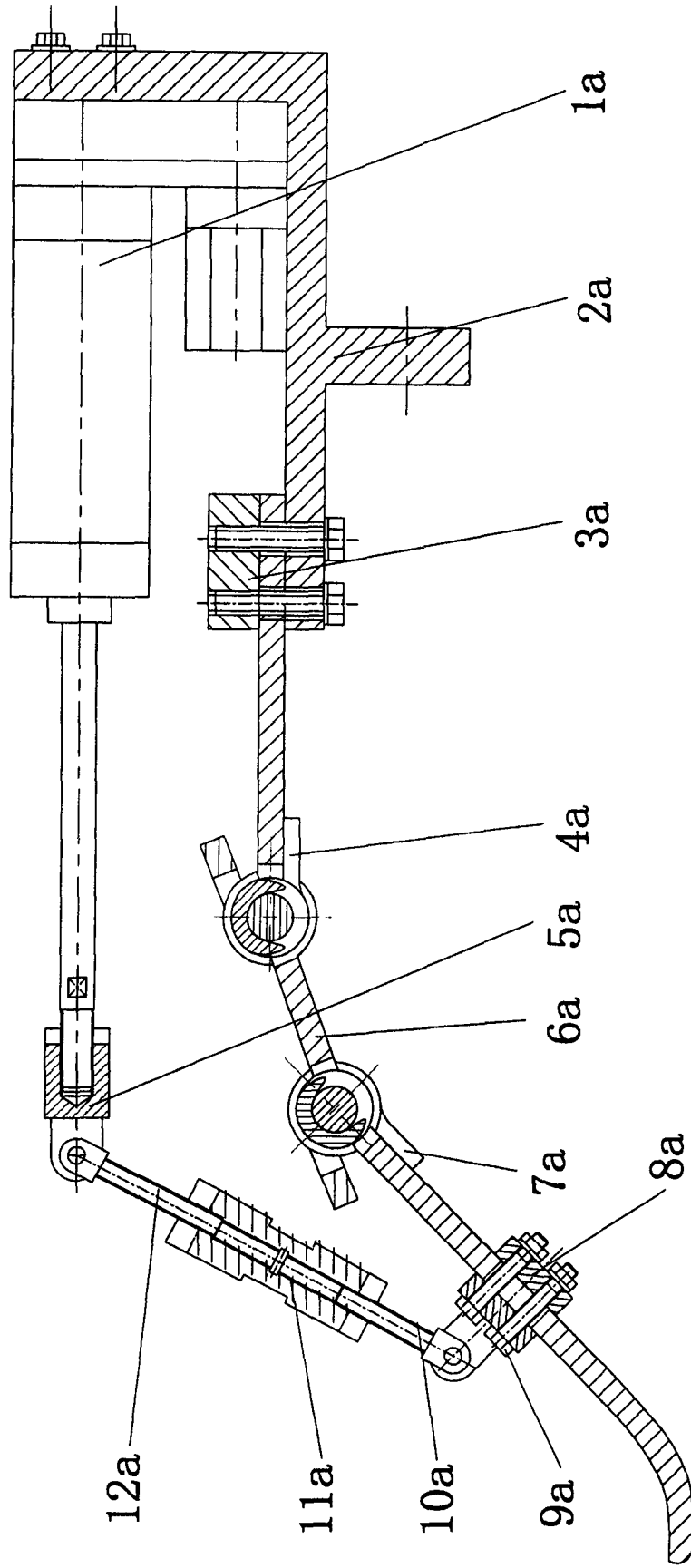


图 5