

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B25J 15/08 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710041724.0

[45] 授权公告日 2009年1月14日

[11] 授权公告号 CN 100450730C

[22] 申请日 2007.6.7

[21] 申请号 200710041724.0

[73] 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

[72] 发明人 李顺冲 扬飞鸿 沈晓蓓 邱凯
孙振邦

[56] 参考文献

CN1284655C 2006.11.15

WO2006/064602A1 2006.6.22

CN1231332C 2005.12.14

JP8-126984A 1996.5.21

Multiple finger, passive adaptive grasp prosthetic hand. N. Dechev, W. L. Cleghorn, S. Naumann. Mechanism and Machine Theory, Vol. 36 . 2001

审查员 方勇

[74] 专利代理机构 上海交达专利事务所

代理人 毛翠莹

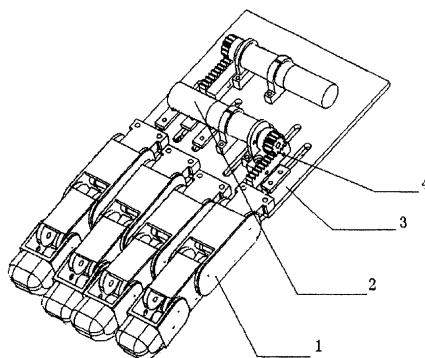
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

[54] 发明名称

具有欠驱动自适应机构的拟人机械手

[57] 摘要

本发明涉及一种具有欠驱动自适应机构的拟人机械手，属于机械技术领域。本发明是对加拿大多伦多大学TBM拟人机械手的改进，包括手指结构中的弹性杆机构和指间的差动机构。手指结构部分引进了长度可变的弹性杆机构，实现了单一手指对任意物体表面的自适应包络，克服了现有技术中手指灵活性不够的缺点；而差动机构部分，通过齿轮-齿条将驱动电机输出的旋转运动转换为直线运动，主动的齿条一端连接有一个齿轮，齿轮同时与两条被动齿条啮合，两条被动齿条分别与手指连接，通过被动齿条的前后运动带动手指完成抓握动作，从而实现手指间的欠驱动，即一个电机驱动两个手指运动，本发明改善了手指间的力分配问题，减小了功耗，利于机械手的小型化。



1、一种具有欠驱动自适应机构的拟人机械手，包括手指(1)、手掌基板(3)、电机(2)和差动机构(4)，其特征在于采用两套差动机构(4)驱动除大拇指外的四个手指(1)，每套差动机构(4)同时驱动两个手指(1)运动；手指(1)的近指节(6)与中指节(8)之间的连杆、中指节(8)与远指节(9)之间的连杆均采用弹性杆(7)，近指节(6)上的摇臂(5)与差动机构(4)相连；所述弹性杆(7)由连接头(10)、拧紧螺母(11)、缸体(12)、拉杆(14)和弹簧(13)组成，拉杆(14)呈T字型位于缸体(12)内，拉杆(14)的大径端由缸体(12)尾端的圆柱销(15)限位，拉杆(14)小径部分通过缸体(12)前端上的小孔穿出缸体(12)后采用螺纹与连接头(10)相连并用拧紧螺母(11)拧紧，缸体(12)腔内的拉杆(14)小径部分上套有弹簧(13)；差动机构(4)中，开在手掌基板(3)上的主动齿条键槽(21)两边各有一条与之平行的被动齿条键槽(23)，差动齿轮架(24)嵌在主动齿条键槽(21)内，主动齿条固定块(22)与差动齿轮架(24)相连，主动齿条(17)固定在主动齿条固定块(22)上，主动齿轮(16)与主动齿条(17)啮合；被动齿条键槽(23)内嵌有T字夹板(18)，T字夹板(18)上固定被动齿条固定块(19)，被动齿条固定块(19)上固定被动齿条(20)，被动齿条固定块(19)与手指中的摇臂(5)连接；差动齿轮架(24)中间的差动齿轮轴(26)上套有差动齿轮(28)，差动齿轮(28)与两条被动齿条(20)啮合，差动齿轮(28)两侧套有同轴的摩擦片(29)，差动齿轮轴(26)穿出差动齿轮架(24)下端的差动齿轮盖(27)并采用摩擦力调节螺母(25)拧紧。

具有欠驱动自适应机构的拟人机械手

技术领域

本发明涉及一种具有欠驱动自适应机构的拟人机械手，采用长度可变的手指弹性杆机构和指间差动机构，实现机械手的欠驱动自适应抓取，属于机械技术领域。

背景技术

目前拟人机械手普遍采用接近于灵巧手的设计思想，利用电机、电子和传感器等领域的最新技术成果，实现假手的多自由度和多感知，从而最大程度地提高假手的灵活性和可操作性。缺点是：假手的尺寸、重量较大，实现难度很大，价格十分昂贵。

经过对现有技术的文献检索发现，加拿大多伦多大学在《Multiple finger, passive adaptive grasp prosthetic hand》(Mechanism and Machine Theory, 36 (2001) 1157-1173)一文中提出了实现拟人机械手的另一种思路，主张利用机械结构实现与计算机控制相近的抓取能力。多伦多大学设计的 TBM (Toronto/BloorviewMacmillan Hand, 多伦多/部络维麦克米兰手) 拟人机械手，在设计中使用一个驱动器驱动整个机械手，利用弹性元件加机械限位以及连杆等机构实现手指各关节以及手指之间的运动耦合和机械手的欠驱动自适应抓取。欠驱动是指在机构中独立控制驱动单元少于系统的自由度。TBM 拟人机械手的手指部分由六个构件组成，分别为近指节、中指节、远指节、摇臂、中指节连杆和远指节连杆。给摇臂驱动力，整个手指就能依照一个固定的类似人手的轨迹运动；差动机构部分，四个手指与推板（与电机相连）间分别加入弹簧，虽然电机驱动推板的行程一定，但四个手指的行程由于弹簧的伸缩性而可以不一样，由此可对物体实现手指间的自适应抓取。

TBM拟人机械手的优点是：可以减少手的尺寸、重量，外形比较漂亮，抓取过程更像人手，工程实现简单。缺点是：由于手指连杆之间的固定耦合，每个

手指缺乏足够的灵活度，无法实现单一手指对任意物体的自适应包络；同时由于其差动机构存在结构性问题，使得TBM手抓取过程中可能造成每个手指的力分配很不均匀。

发明内容

本发明的目的在于针对现有技术的上述不足，提出一种具有欠驱动自适应机构的拟人机械手，增大每个手指的灵活度，可实现单一手指对任意物体的包络，改善各手指之间的力分配问题，减少功耗，利于拟人机械手的进一步小型化。

本发明是通过以下技术方案来实现的。本发明在手指结构设计中引进了长度可变的弹性杆机构，来替代现有技术中的中指节连杆和远指节连杆。弹性杆的最终长度由被抓物体表面形状决定，从而使手指的弯曲形状与被抓物体表面一致，可以实现单一手指对任意物体表面的自适应包络，克服了现有技术中手指灵活度不够的缺点；差动机构部分，首先通过齿轮-齿条机构将驱动电机输出的旋转运动转换为直线运动，主动的齿条一端连接有一个齿轮，齿轮同时与两条被动齿条啮合，两条被动齿条最后分别与手指连接，被动齿条的前后运动可带动手指完成抓握动作，从而实现手指间的欠驱动，即一个电机驱动两个手指运动。在驱动手指运动过程中，差动机构可以有效地分配两个手指之间的驱动力：在两个手指均未碰到物体时，两个手指分配到的驱动力相等；当其中一个手指碰到物体而另一个手指未碰到物体时，驱动力主要分配到未碰到物体的手指上；当两个手指都碰到物体后，两个手指分配到的驱动力又恢复相等，从而改善各手指之间的力分配问题，减少功耗。

本发明具体结构如下：包括手指、手掌基板、电机和差动机构，采用两套差动机构驱动除大拇指外的四个手指，每套差动机构同时驱动两个手指运动。手指机构部分，将TBM手中的中指节拉杆、远指节拉杆均用弹性杆代替，弹性杆由连接头、缸体、拉杆和弹簧组成，拉杆呈T字型位于缸体内，拉杆的大径端由缸体尾端的圆柱销限位，拉杆小径部分通过缸体前端上的小孔穿出缸体，采用螺纹与连接头相连，缸体腔内的拉杆小径部分上套有弹簧。差动机构部分，

开在手掌基板上的主动齿条键槽两边各有一条与之平行的被动齿条键槽，差动齿轮架嵌在主动齿条键槽内，主动齿条固定块与差动齿轮架相连，主动齿条固定在主动齿条固定块上，主动齿轮与主动齿条啮合；被动齿条键槽内嵌有 T 字夹板，T 字夹板上固定被动齿条固定块，被动齿条固定块上固定被动齿条，被动齿条固定块与手指中的摇臂连接；差动齿轮架中间的差动齿轮轴上套有差动齿轮，差动齿轮与两条被动齿条啮合，差动齿轮两侧套有同轴的摩擦片，差动齿轮轴穿出差动齿轮架下端的差动齿轮盖并采用摩擦力调节螺母拧紧。

手指的运动过程如下：手指没有碰到物体前，由于弹簧存在预压力，弹性杆可以看成刚性杆，因而手指的运动轨迹是固定的；手指碰到物体表面后，物体与手指间的压力可克服弹簧的预压力，弹性杆的长度可变，于是手指弯曲形状就可以和被抓物体表面的形状一致，因而能够实现单一手指自适应地包络任意物体的表面。

差动机构的工作过程如下：差动机构部分，首先通过齿轮-齿条机构将驱动电机输出的旋转运动转换为直线运动，齿条的一侧连接有一个齿轮，齿轮同时再与两条被动齿条啮合。两条被动齿条再与手指的摇臂构件连接，从而带动手指弯曲。由于差动齿轮盖比较薄、易变形，摩擦力调节螺母的松紧可以调节差动齿轮与差动齿轮架之间预加摩擦力的大小，差动齿轮绕差动齿轮轴旋转前必须克服该预加摩擦力。当两根被动齿条所受阻力差小于或等于某一设定值（预加摩擦力）时，两根被动齿条一起向前或向后运动，而且两个齿条所分配到的力相等；当两根被动齿条所受阻力差大于某一设定值时，阻力大的一根（即与之相连的手指碰到了物体表面）停止运动，而阻力小的一根（即与之相连的手指未碰到物体表面）将继续运动，此时阻力小的齿条得到大部分的驱动力；当与两根被动齿条相连的手指都碰到物体表面后，两个手指间的力分配又恢复相等，从而较好地实现了手指之间的力分配。

本发明的有益效果是，增大了每个手指的灵活度，动作更拟人；手指的运动轨迹由驱动力和被抓物体表面形状共同决定，因而可以实现单一手指对任意物体的自适应包络；改善了各手指之间的力分配问题，减小了功耗；为整个机

械手的小型化提供了便利。

附图说明

图 1 是本发明拟人机械手的结构示意图。

图 1 中：1 为手指，2 为电机，3 为手掌基板，4 为差动机构。

图 2 是手指包络任意物体的运动示意图。

图 2 中：5 为摇臂，6 为近指节，7 为弹性杆，8 为中指节，9 为远指节。

图 3 是安装在手指上的弹性杆结构示意图。

图 3 中：10 为连接头，11 为拧紧螺母，12 为缸体，13 为弹簧，14 为拉杆，15 为圆柱销。

图 4 是差动机构结构示意图。

图 4 中：3 为手掌基板，16 为主动齿轮，17 为主动齿条，18 为 T 字夹板，19 为被动齿条固定块，20 为被动齿条，21 为主动齿条键槽，22 为主动齿条固定块，23 为被动齿条键槽。

图 5 是差动机构仰视示意图。

图 5 中：3 为手掌基板，24 为差动齿轮架，19 为被动齿条固定块，20 为被动齿条，25 为摩擦力调节螺母，26 为差动齿轮轴，27 为差动齿轮盖，28 为差动齿轮。

图 6 是差动齿轮结构示意图。

图 6 中：24 为差动齿轮架，25 为摩擦力调节螺母，26 为差动齿轮轴，27 为差动齿轮盖，28 为差动齿轮，29 为摩擦片。

具体实施方式

下面结合附图对本发明作进一步说明。

图 1 为本发明采用欠驱动自适应机构的拟人机械手的结构，其中画出了四根手指 1 及两套差动机构 4，一套差动机构 4 驱动两根手指 1。大拇指则采用电机直接驱动的形式，图 1 中未给出。如图 1 所示，手指 1、电机 2、差动机构 4 均安装在手掌基板 3 上。电机 2 通过差动机构 4 可同时驱动两个手指 1 运动，从而实现手指 1 间的欠驱动。

本发明拟人机械手的手指结构如图 2a 所示，手指近指节 6 与中指节 8 之间的连杆，中指节 8 与远指节 9 之间的连杆均采用弹性杆 7，近指节 6 上的摇臂 5 与差动机构 4 相连。

本发明的弹性杆 7 的结构如图 3 所示，由连接头 10、拧紧螺母 11、缸体 12、拉杆 14 和弹簧 13 组成，拉杆 14 呈 T 字型位于缸体 12 内，拉杆 14 的大径端由缸体 12 尾端的圆柱销 15 限位，拉杆 14 小径部分通过缸体 12 前端上的小孔穿出缸体 12，采用螺纹与连接头 10 相连并用拧紧螺母 11 拧紧，缸体 12 腔内的拉杆 14 小径部分上套有弹簧 13。

本发明拟人机械手的差动机构 4 的结构如图 4 所示，手掌基板 3 上开有主动齿条键槽 21，并在主动齿条键槽 21 两边各开有一条与之平行的被动齿条键槽 23，差动齿轮架嵌在主动齿条键槽 21 内。主动齿条固定块 22 与差动齿轮架相连，主动齿条 17 固定在主动齿条固定块 22 上，主动齿轮 16 与主动齿条 17 啮合。被动齿条键槽 23 内嵌有 T 字夹板 18，T 字夹板 18 上固定被动齿条固定块 19，被动齿条固定块 19 上固定被动齿条 20，被动齿条固定块 19 与手指中的摇臂 5 连接。

图 4 所示差动机构的仰视结构如图 5 所示，差动齿轮架 24 嵌在图 4 中所示的主动齿条键槽 21 内，并与图 4 中的主动齿条固定块 22 相连。被动齿条固定块 19 上固定被动齿条 20，被动齿条固定块 19 与手指中的摇臂连接，从而带动手指 1 运动。差动齿轮架 24 中间的差动齿轮轴 26 上套有差动齿轮 28，差动齿轮 28 与两条被动齿条 20 啮合，差动齿轮轴 26 穿出差动齿轮架 24 下端的差动齿轮盖 27 并采用摩擦力调节螺母 25 拧紧。

本发明拟人机械手的差动齿轮架结构如图 6 所示，差动齿轮架 24 中间的差动齿轮轴 26 上套有差动齿轮 28，差动齿轮 28 与两条被动齿条 20 啮合，差动齿轮 28 两侧套有同轴的摩擦片 29，差动齿轮轴 26 穿出差动齿轮架 24 下端的差动齿轮盖 27 并采用摩擦力调节螺母 25 拧紧。

图 2 给出了手指 1 的运动过程。在手指 1 没有碰到物体前，由于弹簧 13 存在预压力，弹性杆 7 可以看成刚性杆，因而手指 1 的运动轨迹是固定的，如图 2

(a)、(b)；当手指 1 碰到物体表面后，如果近指节与中指节之间的连杆、中指节和远指节之间的连杆都是刚性的（TBM 手采取的就是这种形式）则会像图 2 (c) 那样，手指 1 的弯曲形状固定，且与物体表面形状不符，不能包络被抓物体，用弹性杆 7 代替近指节与中指节之间的连杆、中指节和远指节之间的连杆后，被抓物体与手指 1 间的压力可克服弹簧 13 的预压力，弹性杆 7 的长度可变，于是手指 1 的弯曲形状就可以和被抓物体表面的形状一致，因而能够包络任意物体的表面，如图 2 (d) 所示。

差动机构的工作过程如下：差动机构 4 部分，首先通过主动齿轮 16、主动齿条 17 将电机 2 输出的旋转运动转换为直线运动，主动齿条 17 带动主动齿条固定块 22、差动齿轮架 24 及差动齿轮 28 一起运动，差动齿轮 28 再带动两根被动齿条 20 及被动齿条固定块 19 运动，两条被动齿条固定块 19 分别与两根手指的摇臂 5 连接，从而带动手指弯曲。由于差动齿轮盖 27 比较薄、易变形，摩擦力调节螺母 25 的松紧可以调节差动齿轮 28 与差动齿轮架 24 之间预加摩擦力的大小，差动齿轮 28 绕差动齿轮轴 26 旋转前必须克服该预加摩擦力。当两根被动齿条 19 所受阻力差小于或等于某一设定值（预加摩擦力）时，两根被动齿条 19 一起向前或向后运动，而且两个被动齿条 19 所分配到的力相等；当两根被动齿条 19 所受阻力差大于某一设定值时，阻力大的一根（即与之相连的手指碰到了物体表面）停止运动，而阻力小的一根（即与之相连的手指未碰到物体表面）将继续运动，此时阻力小的齿条得到大部分的驱动力；当与两根被动齿条 19 相连的手指都碰到物体表面后，两个手指间的力分配又恢复相等，从而较好地实现了手指之间的力分配。

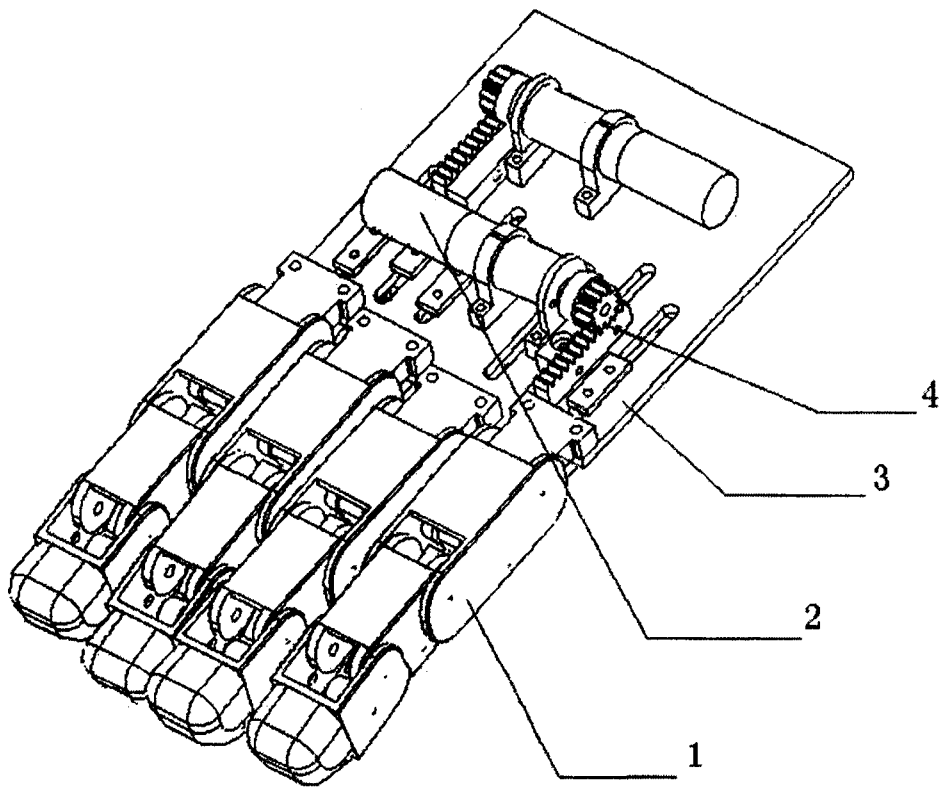


图 1

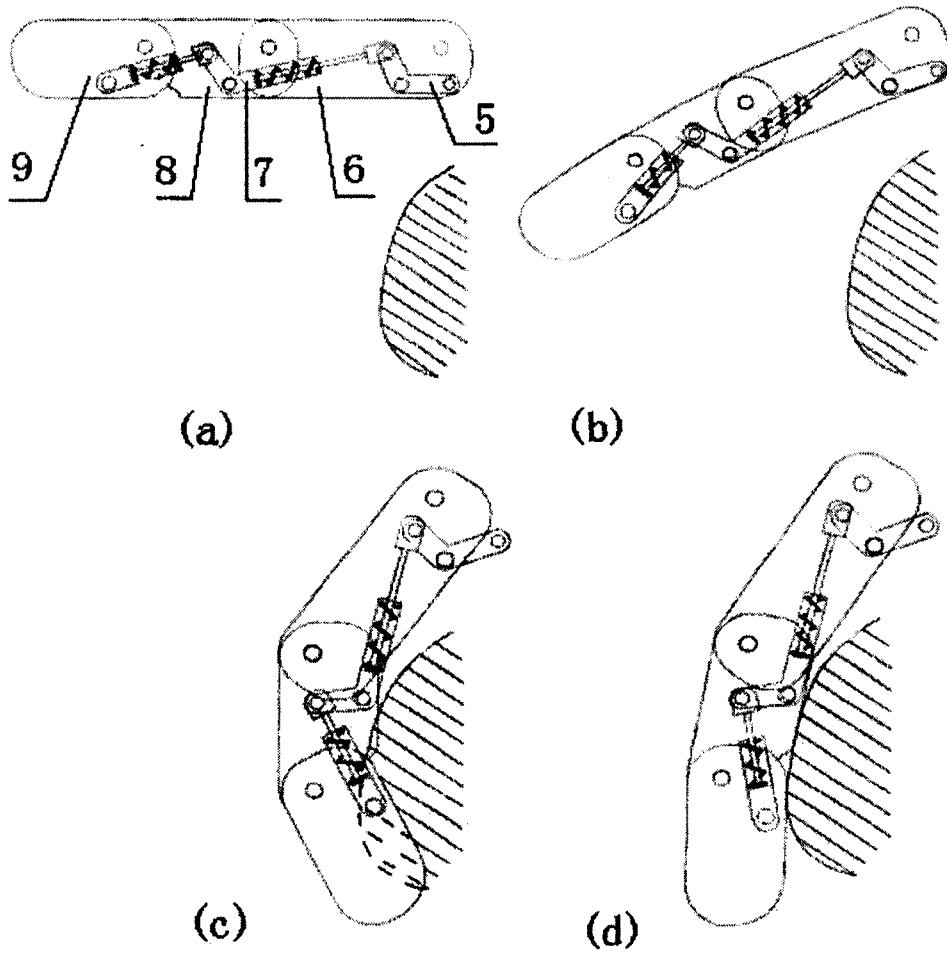


图 2

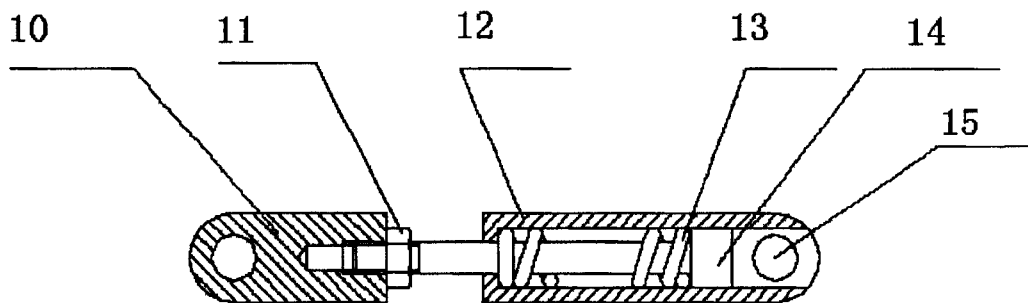


图 3

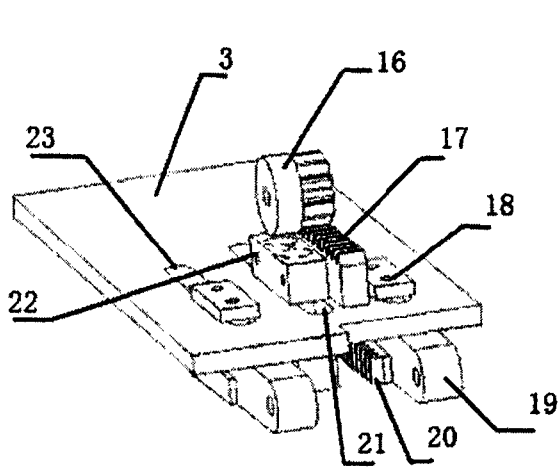


图 4

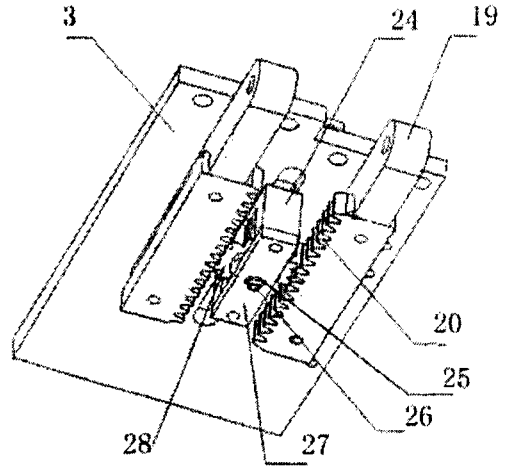


图 5

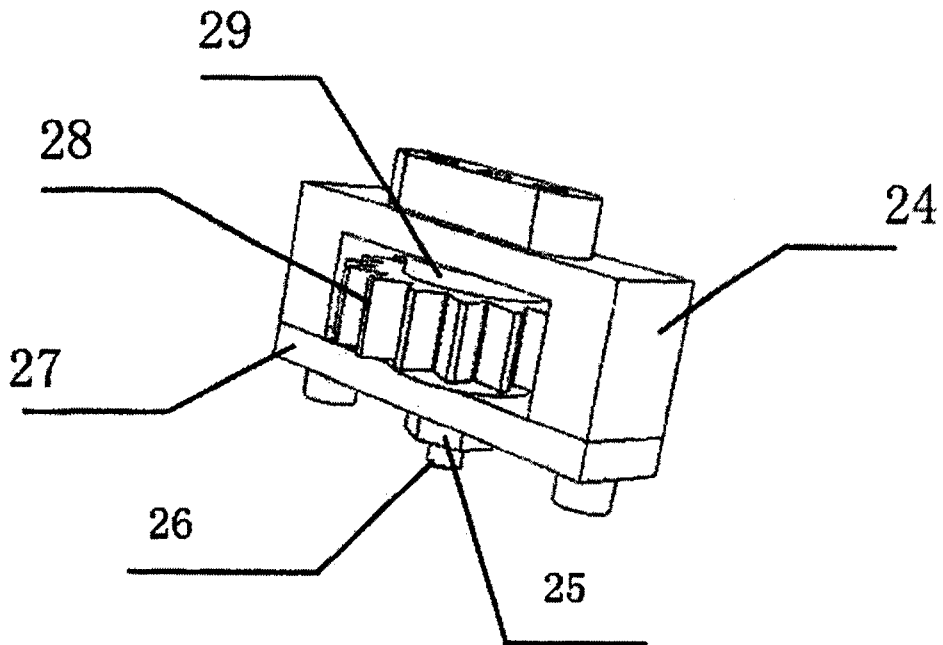


图 6