



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105947013 B

(45)授权公告日 2019.09.06

(21)申请号 201610482910.7

(22)申请日 2016.06.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105947013 A

(43)申请公布日 2016.09.21

(73)专利权人 河北工业大学
地址 300132 天津市红桥区丁字沽光荣道8
号河北工业大学东院330#

(72)发明人 张小俊 史延雷 孙凌宇 王亚琼
张明路

(74)专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务
所(普通合伙) 12210
代理人 李济群 王瑞

(51)Int.Cl.
B62D 57/032(2006.01)

(56)对比文件

- CN 205675129 U, 2016.11.09, 权利要求1-3.
- JP 11-33941 A, 1999.02.09, 实施例1, 附图1.
- CN 103738428 A, 2014.04.23, 说明书第0024-0027段, 附图2-3.
- CN 203268185 U, 2013.11.06, 全文.
- CN 102556202 A, 2012.07.11, 说明书0019-0022段, 附图1-2.
- CN 2776340 Y, 2006.05.03, 全文.
- JP 2003-191181 A, 2003.07.08, 全文.

审查员 丁培丽

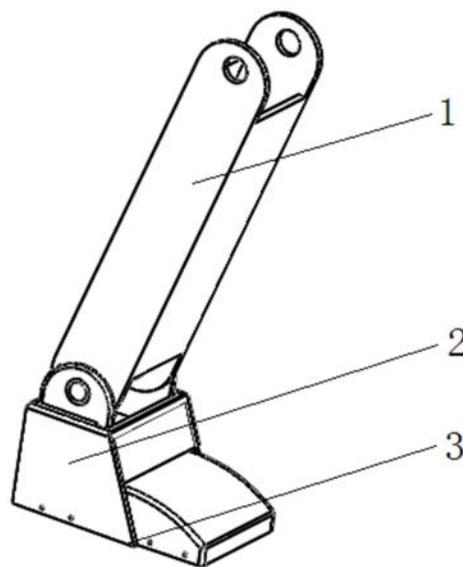
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种柔性仿生机械足

(57)摘要

本发明公开了一种柔性仿生机械足,包括小腿杆、脚踝组件和脚掌组件;所述脚踝组件包括连接上板、脚踝外壳和至少一个脚踝弹性体;所述脚掌组件包括后脚掌、前脚掌、前后脚掌连接架和前脚掌保护壳;所述脚踝弹性体包括上弹簧座、圆柱弹簧、前四杆机构、后四杆机构、下弹簧座、第一弹簧支承销和第二弹簧支承销。该机械足的前脚掌和后脚掌弹性连接构成脚掌,前脚掌具有一定的转动空间和柔性,可以更好的适应地面地形的改变。脚踝弹性体采用两个四杆机构,将圆柱弹簧的单方向弹性变成了四杆机构的四个角都具有柔性的特殊机构,使得机械足的柔性大大加强,增强机器人行走稳定性。



1. 一种柔性仿生机械足,包括小腿杆、脚踝组件和脚掌组件;其特征在于所述脚踝组件包括连接上板、脚踝外壳和至少一个脚踝弹性体;所述脚掌组件包括后脚掌、前脚掌、前后脚掌连接架和前脚掌保护壳;所述小腿杆两端开有连接孔,上端通过连接孔与多足类移动机器人连接,下端与连接上板的上端连接;所述脚踝外壳上端和下端开口,内表面光滑,连接上板下端安装到脚踝外壳的上端开口处,连接上板的外表面与脚踝外壳的光滑内表面配合,连接上板能够在脚踝外壳的内表面以一自由度滑动;所述连接上板的下端通过脚踝外壳的上端开口与脚踝弹性体连接;脚踝弹性体通过脚踝外壳的下端开口与后脚掌连接;脚踝外壳的前端开口,用于为前脚掌保护壳的旋转运动预留空间,避免前脚掌抬起时前脚掌保护壳卡死;所述后脚掌通过前后脚掌连接架与前脚掌连接;所述前脚掌保护壳与前脚掌连接;

所述脚踝弹性体包括上弹簧座、圆柱弹簧、前四杆机构、后四杆机构、下弹簧座、第一弹簧支承销和第二弹簧支承销;所述前后脚掌连接架包括后脚掌连接架、旋转轴、扭簧、后脚掌弹簧支撑板和前脚掌连接架;所述前四杆机构与后四杆机构的结构和安装方式完全相同;所述前四杆机构由第一连杆、第二连杆、第三连杆和第四连杆组成;所述第一连杆、第二连杆、第三连杆和第四连杆依次连接,组成封闭的平行四边形结构;所述上弹簧座的上端与连接上板的下端连接;所述第一连杆和第二连杆与上弹簧座的下端连接;所述下弹簧座的下端与后脚掌连接;所述第三连杆和第四连杆与下弹簧座的上端连接;第一连杆和第四连杆通过第一弹簧支承销连接;第二连杆和第三连杆通过第二弹簧支承销连接;所述圆柱弹簧的两个簧脚分别紧固安装于第一弹簧支承销和第二弹簧支承销上;所述旋转轴的两轴端安装有后脚掌弹簧支撑板、前脚掌连接架和后脚掌连接架;所述扭簧嵌套在旋转轴的轴肩上,扭簧的簧脚固定在后脚掌弹簧支撑板上;所述前脚掌连接架与前脚掌连接;所述后脚掌连接架与后脚掌连接;

机械足着地的时候,前脚掌和后脚掌受外力作用,前脚掌和后脚掌绕着旋转轴做旋转运动,安装在旋转轴上的扭簧发生形变,使得由前脚掌和后脚掌构成的整个脚掌具有柔性;同时,后脚掌将足底受到的力传递到脚踝弹性体上,而由机器人腿部通过小腿杆传来的力经过连接上板在脚踝外壳的内表面滑动,传递到脚踝弹性体上;脚踝弹性体接收来自连接上板和后脚掌的力的作用下,首先上弹簧座和下弹簧座挤压前四杆机构和后四杆机构发生形变,进而带动紧套在第一弹簧支承销和第二弹簧支承销上的圆柱弹簧发生拉伸形变,同时由于脚踝弹性体的存在,以及脚踝外壳的光滑内表面的滑道导向作用,引导着机器人小腿沿着滑道方向进行缓冲运动,从而既减缓了冲击,又保证了机器人行走过程当中的稳定性,避免增大缓冲方向多变导致的滑动;

当机械足抬起的时候,前脚掌和后脚掌绕着旋转轴做与机械足着地时旋转方向相反的旋转运动,先前扭簧发生的形变随着机械足的抬起而消失;脚踝弹性体内部圆柱弹簧复位,从而带动前四杆机构和后四杆机构产生相反于机械足着地时的运动,前四杆机构和后四杆机构沿脚踝外壳的光滑内表面推动上弹簧座和下弹簧座反向滑动,直到圆柱弹簧完全复位。

2. 根据权利要求1所述的柔性仿生机械足,其特征在于脚踝弹性体的数量为四个,在后脚掌上表面呈菱形分布。

3. 根据权利要求1所述的柔性仿生机械足,其特征在于脚踝弹性体的数量为三个,在后

脚掌上表面呈三角形分布。

一种柔性仿生机械足

技术领域

[0001] 本发明涉及机械设计领域,具体为一种柔性仿生机械足。

背景技术

[0002] 传统的移动机器人主要指多足类移动机器人和轮式机器人,其中轮式机器人包括履带式移动机器人和轮腿复合式移动机器人。而多足类移动机器人以它优良的地形适应能力得到了业界的极大关注。随着多足类机器人研究的不断深入,对多足类机器人腿部柔性的要求越来越受到重视,具有优异腿部柔性的多足类机器人在行走过程当中可以有效减弱机器人足端与接触地面之间的接触力,缓和冲击,延长机器人零部件的寿命,增强机器人零部件的可靠性;同时,具有柔性腿结构的机器人能量利用率更高,行走过程当中倾覆稳定性更加良好。多足类机器人机械足的设计是多足类机器人单腿设计的重要一环,传统的多足类机器人机械足的结构较为简单,一般情况下为平面结构,球面结构或者仿生足弓结构,这些类型的机械足结构简单,功能单一,无法提供给多足类机器人单腿足够的柔性,已经越来越不适应多足类机器人的发展需要。专利号ZL201310006996.2公开了四足机器人棘轮足,柔性机构的欠缺导致采用这种机械足的机器人无法由机械足提供机器人本身需要的柔性。

发明内容

[0003] 针对现有技术的不足,本发明拟解决的技术问题是,提供一种柔性仿生机械足。该机械足的前脚掌和后脚掌弹性连接构成脚掌,前脚掌具有一定的转动空间和柔性,可以更好的适应地面地形的改变。脚踝弹性体采用两个四杆机构,将圆柱弹簧的单方向弹性变成了四杆机构的四个角都具有柔性的特殊机构,使得机械足的柔性大大加强,增强机器人行走稳定性。

[0004] 本发明解决所述技术问题的技术方案是,提供一种柔性仿生机械足,包括小腿杆、脚踝组件和脚掌组件;其特征在于所述脚踝组件包括连接上板、脚踝外壳和至少一个脚踝弹性体;所述脚掌组件包括后脚掌、前脚掌、前后脚掌连接架和前脚掌保护壳;所述小腿杆两端开有连接孔,上端通过连接孔与多足类移动机器人连接,下端与连接上板的上端连接;所述脚踝外壳上端、下端和前端开口,连接上板下端安装到脚踝外壳的上端开口处,连接上板的外表面与脚踝外壳的内表面配合;所述连接上板的下端通过脚踝外壳的上端开口与脚踝弹性体连接;脚踝弹性体通过脚踝外壳的下端开口与后脚掌连接;所述后脚掌通过前后脚掌连接架与前脚掌连接;所述前脚掌保护壳与前脚掌连接;

[0005] 所述脚踝弹性体包括上弹簧座、圆柱弹簧、前四杆机构、后四杆机构、下弹簧座、第一弹簧支承销和第二弹簧支承销;所述前后脚掌连接架包括后脚掌连接架、旋转轴、扭簧、后脚掌弹簧支撑板和前脚掌连接架;所述前四杆机构与后四杆机构的结构和安装方式完全相同;所述前四杆机构由第一连杆、第二连杆、第三连杆和第四连杆组成;所述第一连杆、第二连杆、第三连杆和第四连杆依次连接,组成封闭的平行四边形结构;所述上弹簧座的上端

与连接上板的下端连接；所述第一连杆和第二连杆与上弹簧座的下端连接；所述下弹簧座的下端与后脚掌连接；所述第三连杆和第四连杆与下弹簧座的上端连接；第一连杆和第四连杆通过第一弹簧支承销连接；第二连杆和第三连杆通过第二弹簧支承销连接；所述圆柱弹簧的两个簧脚分别紧固安装于第一弹簧支承销和第二弹簧支承销上；所述旋转轴的两轴端安装有后脚掌弹簧支撑板、前脚掌连接架和后脚掌连接架；所述扭簧嵌套在旋转轴的轴肩上，扭簧的簧脚固定在后脚掌弹簧支撑板上；所述前脚掌连接架与前脚掌连接；所述后脚掌连接架与后脚掌连接。

[0006] 与现有技术相比，本发明有益效果在于：

[0007] 1. 前脚掌和后脚掌弹性连接构成脚掌，改变了传统仿生机械足整体式布局的缺陷，使该机械足在行走过程当中，前脚掌具有一定的转动空间和柔性，可以更好的适应地面地形的改变，为采用本机械足的多足类移动机器人提供更好柔性。

[0008] 2. 以连接上板的光滑内表面作为滑道，使小腿杆的运动方向只有一个，有效防止了采用本机械足的多足类移动机器人行走过程当中崴脚现象的发生。

[0009] 3. 采用了创新结构的脚踝弹性体，该脚踝弹性体采用两个四杆机构，将圆柱弹簧的单方向弹性变成了四杆机构的四个角都具有柔性的特殊机构，使得机械足的柔性大大加强，更加接近于哺乳动物脚掌的优良性能，增强机器人行走稳定性。

附图说明

[0010] 图1为本发明柔性仿生机械足一种实施例的整体结构轴测示意图；

[0011] 图2为本发明柔性仿生机械足一种实施例的整体结构主视示意图；

[0012] 图3为本发明柔性仿生机械足一种实施例的整体结构主视局部内部示意图；

[0013] 图4为本发明柔性仿生机械足一种实施例的脚踝弹性体、前后脚掌连接架、前脚掌和后脚掌连接关系轴测示意图；

[0014] 图5为本发明柔性仿生机械足一种实施例的脚踝弹性体轴测示意图；

[0015] 图6为本发明柔性仿生机械足一种实施例的前后脚掌连接架轴测示意图；(图中：1、小腿杆；2、脚踝组件；3、脚掌组件；21、连接上板；22、脚踝外壳；23、脚踝弹性体；31、后脚掌；32、前脚掌；33、前后脚掌连接架；34、前脚掌保护壳；231、上弹簧座；232、圆柱弹簧；233、前四杆机构；234、后四杆机构；235、下弹簧座；236、第一弹簧支承销；237、第二弹簧支承销；2331、第一连杆；2332、第二连杆；2333、第三连杆；2334、第四连杆；331、后脚掌连接架；332、旋转轴；333、扭簧；334、后脚掌弹簧支撑板；335、前脚掌连接架)

具体实施方式

[0016] 下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述，显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0017] 本发明提供了一种柔性仿生机械足(简称机械足，参见图1-6)，包括小腿杆1、脚踝组件2和脚掌组件3；所述脚踝组件2包括连接上板21、脚踝外壳22和至少一个脚踝弹性体23；所述脚掌组件3包括后脚掌31、前脚掌32、前后脚掌连接架33和前脚掌保护壳34；所述小

腿杆1两端开有连接孔,上端通过连接孔与多足类移动机器人单腿连接,下端通过销与连接上板21的上端连接;所述脚踝外壳22上端开口,内表面光滑,连接上板21下端安装到脚踝外壳22上端开口处,连接上板21的外表面与脚踝外壳22的光滑内表面配合,连接上板21能够在脚踝外壳22的内表面以一自由度滑动;脚踝外壳22的下端开口,脚踝弹性体23通过脚踝外壳22的下端开口与后脚掌31连接;所述连接上板21的下端通过脚踝弹性体23与后脚掌31连接;脚踝外壳22的前端开口,用于为前脚掌保护壳34的旋转运动预留空间,避免前脚掌32抬起时前脚掌保护壳34卡死;所述后脚掌31通过前后脚掌连接架33与前脚掌32连接;所述前脚掌保护壳34通过螺钉与前脚掌32连接;本实施例中脚踝弹性体23为四个,在后脚掌31上表面呈菱形分布;另一个实施例中脚踝弹性体23为三个,在后脚掌31上表面呈三角形分布;

[0018] 所述脚踝弹性体23包括上弹簧座231、圆柱弹簧232、前四杆机构233、后四杆机构234、下弹簧座235、第一弹簧支承销236和第二弹簧支承销237;所述前后脚掌连接架33包括后脚掌连接架331、旋转轴332、扭簧333、后脚掌弹簧支撑板334和前脚掌连接架335;所述前四杆机构233与后四杆机构234的结构和安装方式完全相同;所述前四杆机构233由第一连杆2331、第二连杆2332、第三连杆2333和第四连杆2334组成;所述第一连杆2331、第二连杆2332、第三连杆2333和第四连杆2334依次连接,组成封闭的平行四边形结构;所述上弹簧座231的上端与连接上板21的下端连接;所述第一连杆2331和第二连杆2332通过销与上弹簧座231的下端连接;所述下弹簧座235的下端与后脚掌31连接;所述第三连杆2333和第四连杆2334通过销与下弹簧座235的上端连接;第一连杆2331和第四连杆2334通过第一弹簧支承销236连接;第二连杆2332和第三连杆2333通过第二弹簧支承销237连接;所述圆柱弹簧232的两个簧脚分别紧固安装于第一弹簧支承销236和第二弹簧支承销237上;所述旋转轴332的两轴端由内至外依次安装有后脚掌弹簧支撑板334、前脚掌连接架335和后脚掌连接架331;所述扭簧333嵌套在旋转轴332的轴肩上,其簧脚固定在后脚掌弹簧支撑板334上;所述前脚掌连接架335与前脚掌32连接;所述后脚掌连接架331与后脚掌31连接。

[0019] 本发明的工作原理和工作流程是:机械足着地的时候,前脚掌32和后脚掌31受外力作用,前脚掌32和后脚掌31绕着旋转轴332做旋转运动,安装在旋转轴332上的扭簧333发生形变,使得由前脚掌32和后脚掌31构成的整个脚掌具有柔性;同时,后脚掌31将足底受到的力传递到脚踝弹性体23上,而由机器人腿部通过小腿杆1传来的力经过连接上板21在脚踝外壳22的内表面滑动,传递到脚踝弹性体23上。脚踝弹性体23接收来自连接上板21和后脚掌31的力的作用下,首先上弹簧座231和下弹簧座235挤压前四杆机构233和后四杆机构234发生形变,进而带动紧紧套在第一弹簧支承销236和第二弹簧支承销237上的圆柱弹簧232发生拉伸形变,从而具有了一定柔性,同时由于此机械足脚踝部位脚踝弹性体23的存在,以及脚踝外壳22的光滑内表面的滑道导向作用,引导着机器人小腿沿着滑道方向进行缓冲运动,从而既减缓了冲击,又保证了机器人行走过程当中的稳定性,避免增大缓冲方向多变导致的滑动。

[0020] 当机械足抬起的时候,前脚掌32和后脚掌31绕着旋转轴332做与机械足着地时旋转方向相反的旋转运动,先前扭簧333发生的形变随着机械足的抬起而消失;同理,脚踝弹性体23发生的形变也因为机械足的抬起而复位,即脚踝弹性体23内部圆柱弹簧232复位,从而带动前四杆机构233和后四杆机构234产生相反于机械足着地时的运动,前四杆机构233

和后四杆机构234沿脚踝外壳22的光滑内表面推动上弹簧座231和下弹簧座235反向滑动，直到圆柱弹簧232完全复位。

[0021] 本发明未述及之处适用于现有技术。

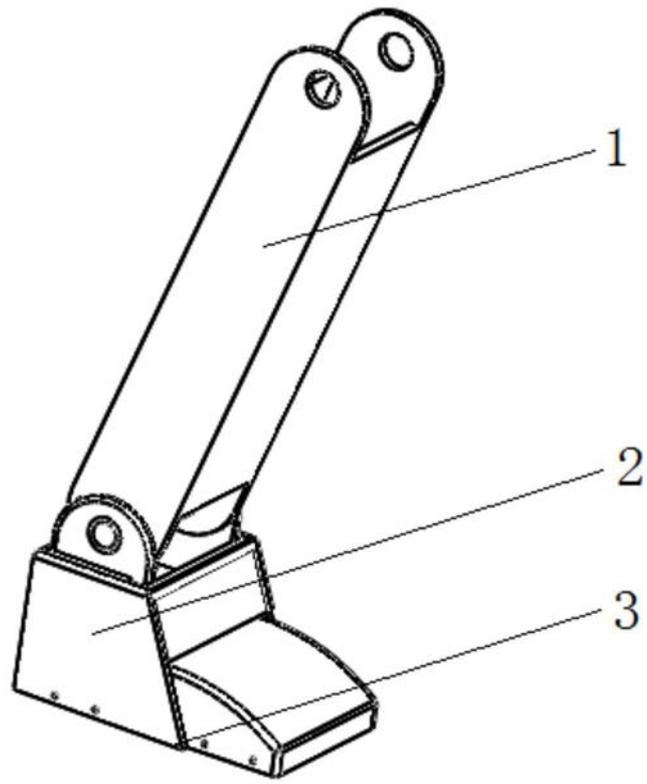


图1

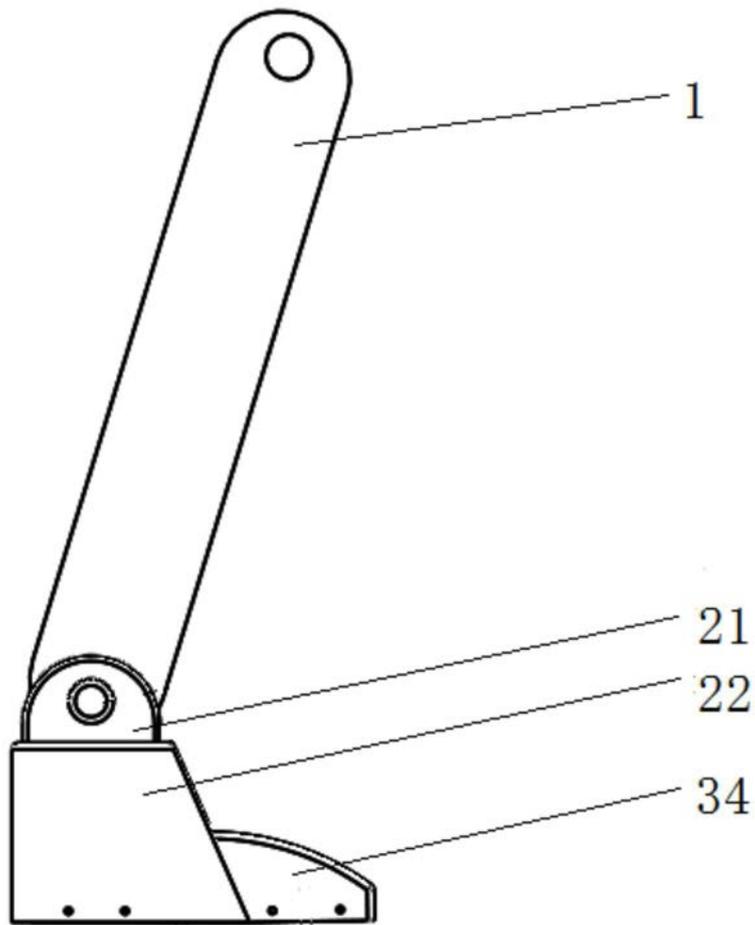


图2

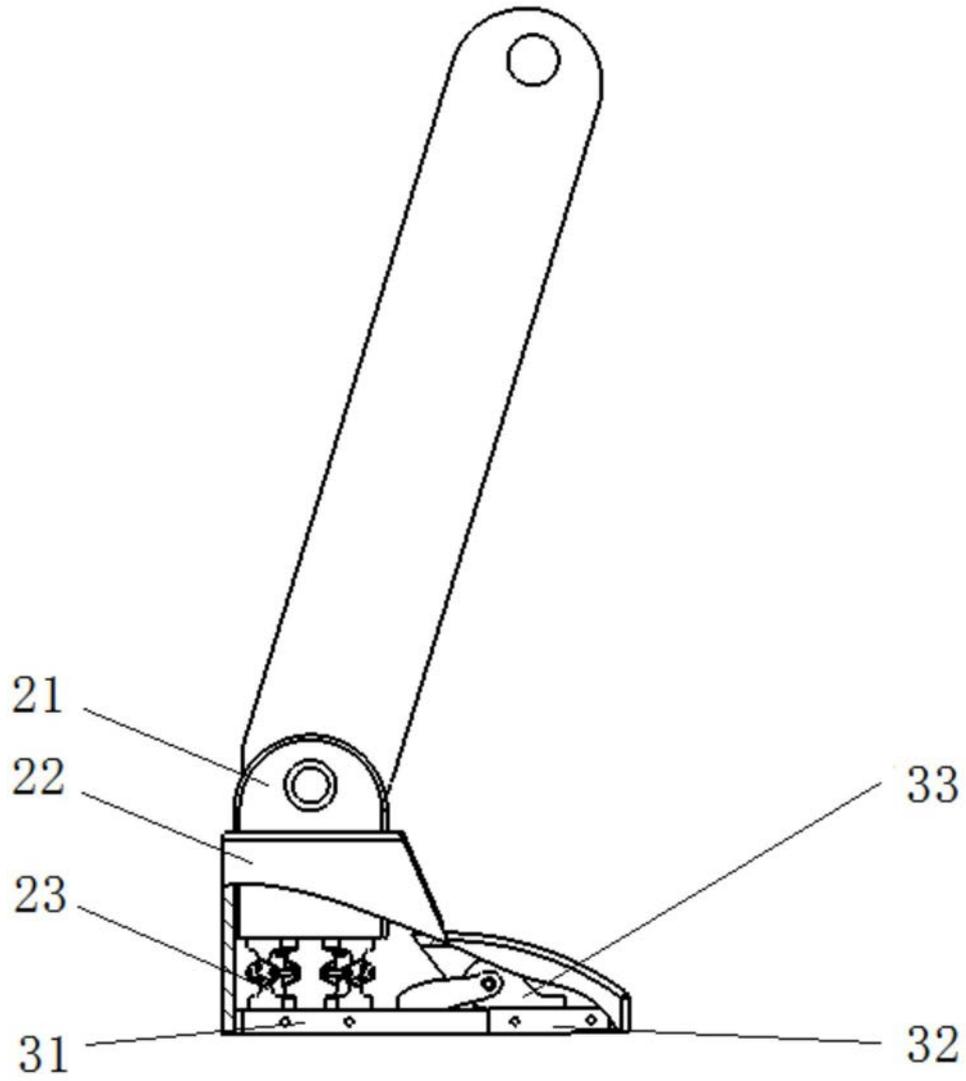


图3

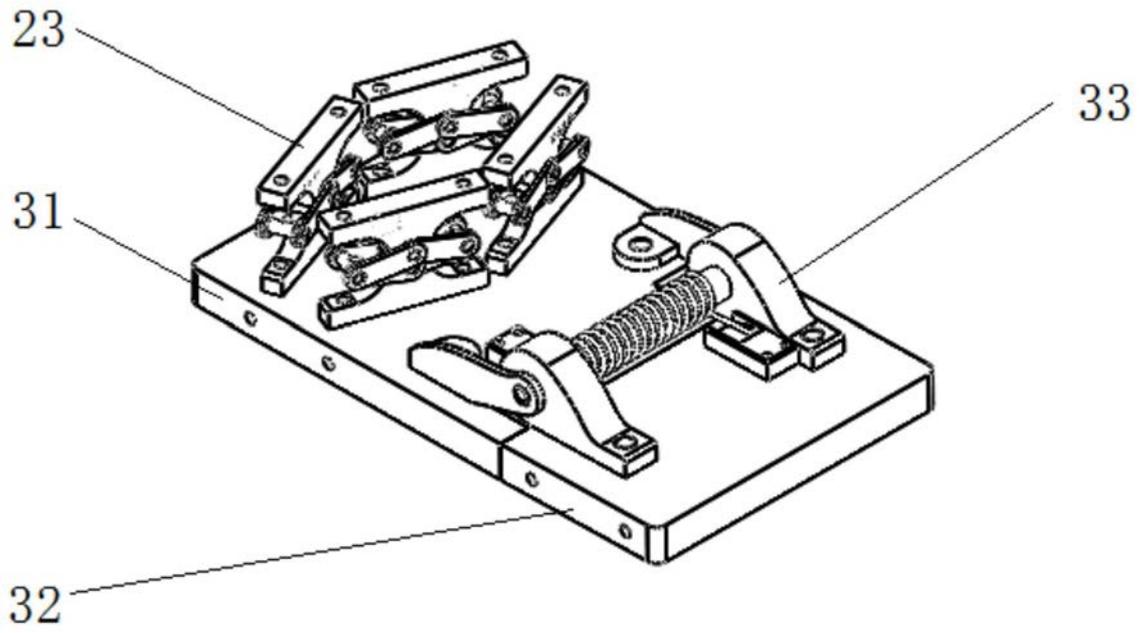


图4

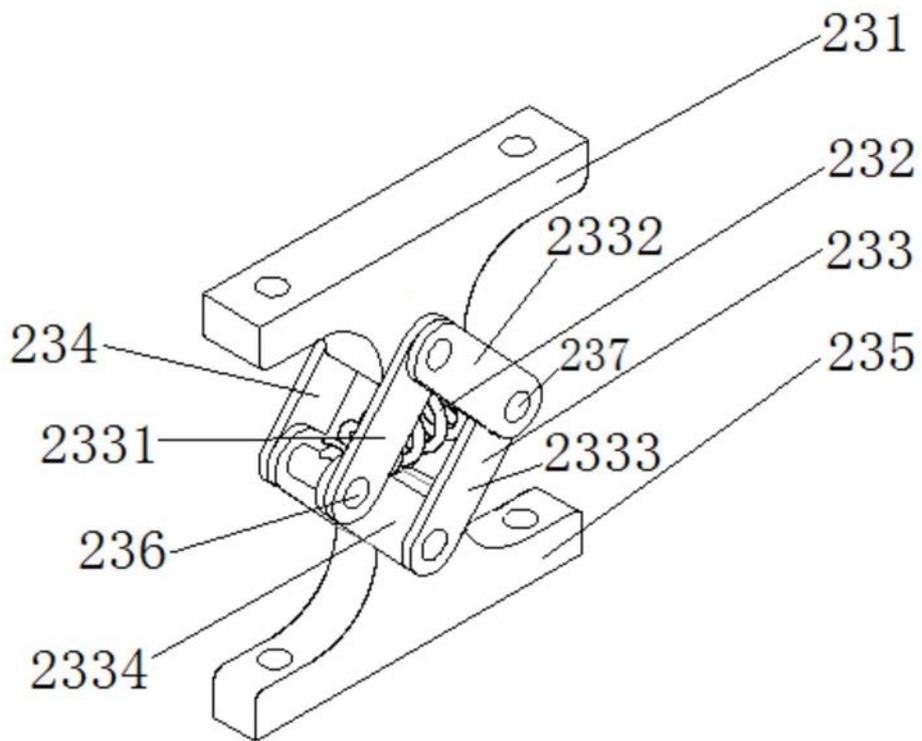


图5

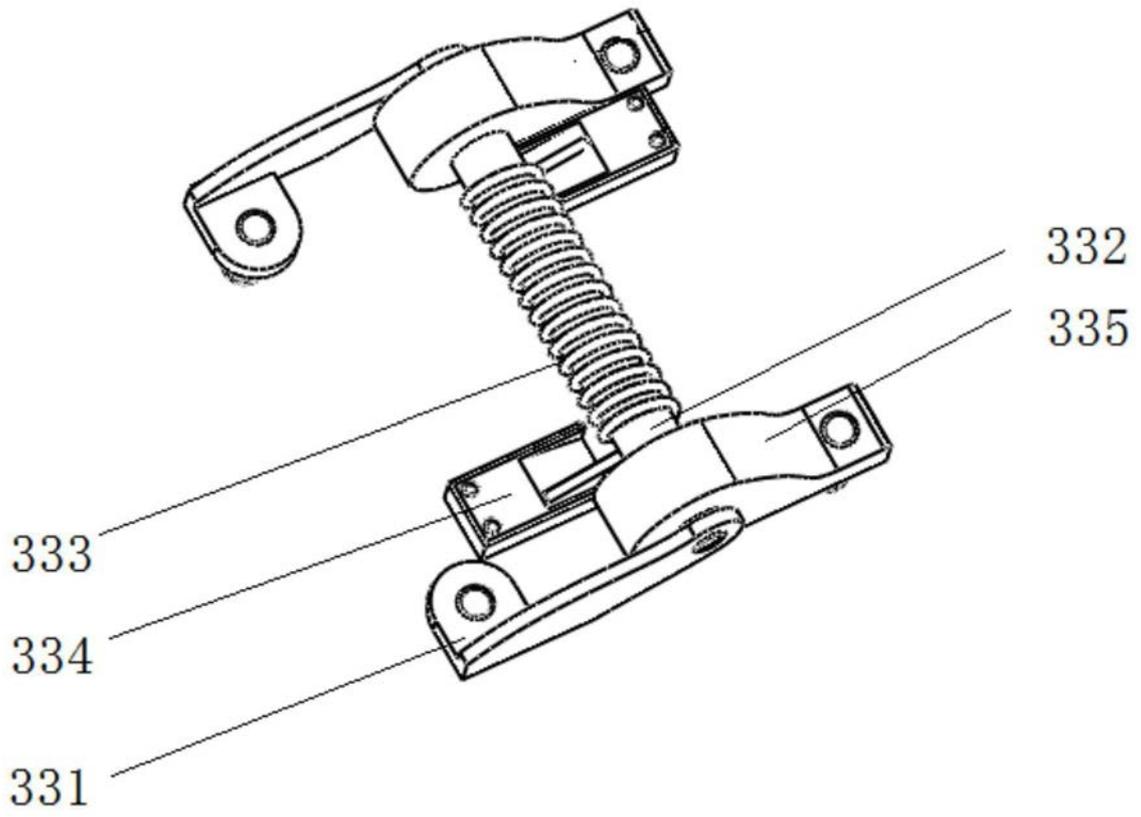


图6