



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106828655 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(21)申请号 201710096763.4

(22)申请日 2017.02.22

(71)申请人 武汉科技大学

地址 430081 湖北省武汉市青山区和平大道947号武汉科技大学

(72)发明人 霍同乾 范勤 余震 王雄  
聂明争 罗义

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 樊戎 张继巍

(51)Int.Cl.

B62D 57/032(2006.01)

B62D 57/024(2006.01)

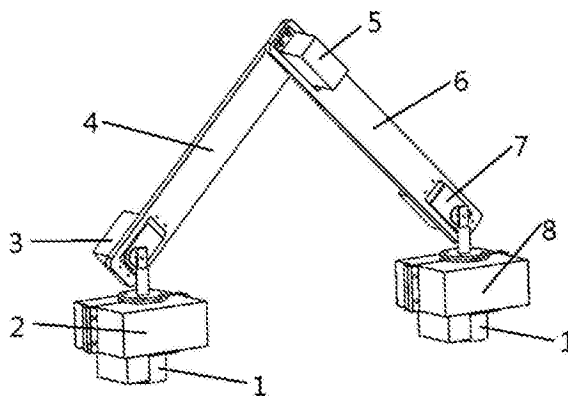
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

## (54)发明名称

具有多自由度的爬行机器人

## (57)摘要

本发明公开了一种具有多自由度的爬行机器人,包括第一转动连杆、一端通过连接转动关节组件与第一转动连杆一端铰接的第二转动连杆、通过第一竖直转动关节组件与第一转动连杆另一端铰接的第一水平转动关节组件及通过第二竖直转动关节组件与第二转动连杆另一端铰接的第二水平转动关节组件,以及分别固定安装在第一水平转动关节组件底端和第二水平转动关节组件底端的吸附足组件;本发明的具有多自由度的爬行机器人具有尺蠖运动、翻转运动及旋转运动的运动功能,不仅可以实现凹过渡,还可以实现凸过渡,且运动速度快、控制简单、越障能力强;并且采用对称结构,在任意状态下均能正常工作,可实现复杂路况的爬行。



1. 一种具有多自由度的爬行机器人,其特征在於:包括第一转动连杆(4)、一端通过连接转动关节组件(5)与第一转动连杆(4)一端铰接的第二转动连杆(6)、通过第一竖直转动关节组件(3)与第一转动连杆(4)另一端铰接的第一水平转动关节组件(2)及通过第二竖直转动关节组件(7)与第二转动连杆(7)另一端铰接的第二水平转动关节组件(8),以及分别固定安装在第一水平转动关节组件(2)底端和第二水平转动关节组件(2)底端的吸附足组件(1),其中,所述第一竖直转动关节组件(3)和所述第二竖直转动关节组件(2)结构相同且对称布置,所述第一水平转动关节组件(2)和所述第二水平转动关节组件(8)结构相同且对称布置;

所述第一水平转动关节组件(2)包括箱体(27)、固定安装在箱体(27)上的第一舵机(21)、通过第一连接转轴(22)与第一舵机(21)相连的主动轮(23a)、与主动轮(23a)啮合的从动轮(23b)及纵向贯穿从动轮(23b)且与从动轮(23b)过盈配合的传动轴(26),所述传动轴(26)的一端通过上轴承(25)安装在箱体(27)的上端盖(24)上且传动轴(26)的一端端部与第一竖直转动关节组件(3)铰接,所述传动轴(26)的另一端通过下轴承(28)固定在箱体(27)的下端盖(29)上且传动轴(26)的另一端端部与吸附足组件(1)连接。

2. 根据权利要求1所述具有多自由度的爬行机器人,其特征在於:所述连接转动关节组件(5)包括固定安装在所述第二转动连杆(6)一端的第二舵机(51)及第二连接转轴(52),所述第二连接转轴(52)一端固定在所述第二舵机(51)底部的,所述第二连接转轴(52)另一端通过螺钉(53)固定在所述第一转动连杆(4)一端。

3. 根据权利要求1或2所述具有多自由度的爬行机器人,其特征在於:所述第一竖直转动关节组件(3)包括第三舵机(31)和第三连接转轴(32),所述第三舵机(31)固定安装在所述第一转动连杆(4)的另一端,所述第三连接转轴(32)一端固定在第三舵机(31)底部的,所述第三连接转轴(32)另一端通过螺钉(33)固定在所述第一水平转动关节组件(2)的传动轴(26)一端。

4. 根据权利要求1或2所述具有多自由度的爬行机器人,其特征在於:所述吸附足组件(1)包括电磁吸盘(11)及螺栓(12),所述电磁吸盘(11)通过螺栓(12)固定在所述箱体(27)的下端盖(29)上。

## 具有多自由度的爬行机器人

### 技术领域

[0001] 本发明属于机器人技术领域,具体涉及一种具有多自由度的爬行机器人。

### 背景技术

[0002] 针对于起重机、大型锅炉等金属结构的检测,有些地方由人类直接去检测不太方便,因此,可以设计一种用于金属结构表面爬行的机器人来代替人类完成相关检测。目前,国内外有很多关于机器人的研究,传统的大型机器人的研究已经较为成熟,小型化是机器人研究的一大趋势,而如何在小型化的同时又保持机器人的灵活性与机动性是一大难题。对于爬行机器人而言,水平地面的爬行基本没有太大的难度,主要难点在于壁面爬行以及不同角度平面之间的过渡。目前的一些爬壁机器人中有很大部分是利用攀爬物的一些特殊结构进行爬行,如爬杆机器人、管道爬行机器人等。目前,适用于普通金属表面爬行的爬行机器人的行走方式主要有车轮式、履带式。车轮式最显著的优点就是移动速度快、转向方便,但是并不适用于壁面不平整、有较多障碍的表面;履带式普遍有负载能力大,对壁面适应性强的优点,但是转向能力差、结构相对复杂。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是为了克服上述技术的不足,提供一种移动速度快、运动灵活且可用于金属表面爬行的具有多自由度的爬行机器人。

[0004] 为实现上述目的,本发明所设计的具有多自由度的爬行机器人,包括第一转动连杆、一端通过连接转动关节组件与第一转动连杆一端铰接的第二转动连杆、通过第一竖直转动关节组件与第一转动连杆另一端铰接的第一水平转动关节组件及通过第二竖直转动关节组件与第二转动连杆另一端铰接的第二水平转动关节组件,以及分别固定安装在第一水平转动关节组件底端和第二水平转动关节组件底端的吸附足组件,其中,所述第一竖直转动关节组件和所述第二竖直转动关节组件结构相同且对称布置,所述第一水平转动关节组件和所述第二水平转动关节组件结构相同且对称布置;

[0005] 所述第一水平转动关节组件包括箱体、固定安装在箱体上的第一舵机、通过第一连接转轴与第一舵机相连的主动轮、与主动轮啮合的从动轮及纵向贯穿从动轮且与从动轮过盈配合的传动轴,所述传动轴的一端通过上轴承安装在箱体的上端盖上且传动轴的一端端部与第一竖直转动关节组件铰接,所述传动轴的另一端通过下轴承固定在箱体的下端盖上且传动轴的另一端端部与吸附足组件连接。

[0006] 进一步地,所述连接转动关节组件包括固定安装在所述第二转动连杆一端的第二舵机及第二连接转轴,所述第二连接转轴一端固定在所述第二舵机底部的,所述第二连接转轴另一端通过螺钉固定在所述第一转动连杆一端。

[0007] 进一步地,所述第一竖直转动关节组件包括第三舵机和第三连接转轴,所述第三舵机固定安装在所述第一转动连杆的另一端,所述第三连接转轴一端固定在第三舵机底部的,所述第三连接转轴另一端通过螺钉固定在所述第一水平转动关节组件的传动轴一端。

[0008] 进一步地,所述吸附足组件包括电磁吸盘及螺栓,所述电磁吸盘通过螺栓固定在所述箱体的下端盖上。

[0009] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:本发明的具有多自由度的爬行机器人具有尺蠖运动、翻转运动及旋转运动的运动功能,不仅可以实现凹过渡,还可以实现凸过渡,且运动速度快、控制简单、越障能力强;并且采用对称结构,在任意状态下均能正常工作,可实现复杂路况的爬行。

## 附图说明

[0010] 图1为本发明的具有多自由度的爬行机器人的结构示意简图;

[0011] 图2为图1中连接转动关节组件安装结构示意图;

[0012] 图3为图1中第一水平转动关节组件安装结构示意图;

[0013] 图4为图1中第一竖直转动关节组件安装结构示意图;

[0014] 图5为图1中吸附足组件安装结构示意图;

[0015] 图6为图1的尺蠖运动示意图;

[0016] 图7为图1的翻转运动示意图;

[0017] 图8为图1的旋转运动示意图。

[0018] 图中:吸附足组件1(其中:电磁吸盘11、螺栓12)、第一水平转动关节组件2(其中:第一舵机21、第一连接转轴22、主动轮23a、从动轮23b、上端盖24、上轴承25、传动轴26、箱体27、下轴承28、下端盖29)、第一竖直转动关节组件3(其中:第三舵机31、第三连接转轴32、螺钉33)、第一转动连杆4、连接转动关节组件5(其中:第二舵机51、第二连接转轴52、螺钉53)、第二转动连杆6、第二竖直转动关节组件7、第二水平转动关节组件8。

## 具体实施方式

[0019] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0020] 如图1所示为本发明的具有多自由度的爬行机器人,包括第一转动连杆4、第二转动连杆6、连接转动关节组件5、第一竖直转动关节组件3、第二竖直转动关节组件7、第一水平转动关节组件2、第二水平转动关节组件8及两套吸附足组件1,因此,本发明的具有多自由度的爬行机器人具有五个自由度;其中,第一竖直转动关节组件3和第二竖直转动关节组件7结构相同且对称布置,第一水平转动关节组件2和第二水平转动关节组件8结构相同且对称布置,即关节自由度采用“2-1-2”式对称分布,即踝关节处设计两个正交自由度,而膝关节处则设计一个自由度,具有更好的平衡稳定性及美观性。为了能够满足复杂金属表面的灵活爬行以及具备良好的越障能力,本发明采用双足爬行的机器人行走方式,即两套吸附足组件1。双足爬行机器人有仿人式爬行和尺蠖式爬行两种,其中尺蠖式爬行运动更平稳。尺蠖式爬行机器人的爬行机构主要有转动关节和平动关节两种类型,相较于平动关节,转动关节结构除了具有能通过凹过渡式障碍的,也能通过凸过渡式障碍,因此,本发明采用转动关节结构。

[0021] 结合图2所示,连接转动关节组件5包括第二舵机51及第二连接转轴52,第二舵机51固定安装在第二转动连杆6的一端,第二连接转轴52一端固定在第二舵机51底部的,第二连接转轴52另一端通过螺钉53固定在第一转动连杆4一端,使得第一转动连杆4通过连接转

动关节组件5与第二转动连杆6铰接,通过连接转动关节组件5调节第一转动连杆4和第二转动连杆6之间的夹角,从而控制两套吸附足组件1间的距离,来完成尺蠖式爬行的“伸缩腰”的功能。

[0022] 结合图3所示,第一水平转动关节组件2包括箱体27、固定安装在箱体27上的第一舵机21、通过第一连接转轴22与第一舵机21相连的主动轮23a、与主动轮23a啮合的从动轮23b及纵向贯穿从动轮23b且与从动轮23b过盈配合的传动轴26,传动轴26的一端通过上轴承25安装在箱体27的上端盖24上且传动轴26的一端端部与第一竖直转动关节组件3铰接,传动轴26的另一端通过下轴承28固定在箱体27的下端盖29上且传动轴26的另一端端部与一套吸附足组件1连接;第一舵机21提供动力,齿轮传动系统既具有调速的功能,又可以使吸附足组件相对于主体结构转动时的传动轴与电磁吸盘同轴,这种设计可以减少计算量,减小控制时的复杂程度。另外,本实施例中,箱体27为前后两部分对合而成,第一舵机21的上端插入至箱体27内,主动轮23a、从动轮26b均位于箱体27内,上端盖24和下端盖29均位于箱体27的外侧。同理,第二水平转动关节组件8也包括箱体、固定安装在箱体上的第一舵机、通过第一连接转轴与第一舵机相连的主动轮、与主动轮啮合的从动轮及纵向贯穿主动轮的传动轴,传动轴的一端通过上轴承安装在箱体的上端盖上且传动轴的一端端部与第二竖直转动关节组件铰接,传动轴的另一端通过下轴承固定在箱体的下端盖上且传动轴的另一端端部与另一套吸附足组件连接;即两个水平转动关节组件分别设置在两个吸附足组件上,来控制吸附足组件与机器人主体结构之间的相对转动。

[0023] 结合图4所示,第一竖直转动关节组件3包括第三舵机31和第三连接转轴32,第三舵机31固定安装在第一转动连杆4的另一端,第三连接转轴32一端固定在第三舵机31底部的,第三连接转轴32另一端通过螺钉33固定在第一水平转动关节组件2的传动轴26一端;同理,第二竖直转动关节组件7也包括第三舵机和第三连接转轴,第三舵机固定安装在第二转动连杆的另一端,第三连接转轴一端固定在第三舵机底部的,第三连接转轴另一端通过螺钉固定在第二水平转动关节组件的传动轴一端;即两个竖直转动关节组件设置在转动连杆与水平转动关节组件的传动轴26之间,主要控制吸附足组件1相对于主体结构在竖直平面内的相对位置姿态。

[0024] 另外,如图5所示,每套吸附足组件1包括电磁吸盘11及螺栓12,电磁吸盘11通过螺栓12固定在箱体27的下端盖29上,通过电磁吸盘11的通断电来完成双足在金属表面的交替吸附与释放。对于金属表面爬行,磁吸附相对于真空吸附等吸附方式有较大优势,磁吸附的结构比较简单,吸附能力也比真空吸附方式强很多,且对壁面的平整度要求不高;另外,磁吸附包括永磁铁吸附和电磁铁吸附两种,永磁铁吸附的吸附力比电磁铁吸附的吸附力更强,但是脱吸困难,相比较而言,电磁吸附控制灵活、简单,因此本发明采用电磁吸盘吸附。

[0025] 该具有多自由度的爬行机器人的运动过程主要由尺蠖运动、翻转运动、旋转运动这三个基本运动合成而来。初始状态为两套吸附足组件都吸附在金属表面,设第一转动连杆4与第一水平转动关节组件2的传动轴26的夹角为 $150^{\circ}$ ,第一转动连杆4与第二转动连杆6间的夹角为 $60^{\circ}$ ,第二转动连杆6与第二水平转动关节组件8的传动轴的夹角为 $150^{\circ}$ 。

[0026] A、尺蠖运动(如图6所示)实现的具体步骤如下:

[0027] (1) 通过对右侧电磁吸盘11断电,使右侧吸附足组件释放;

[0028] (2) 第一竖直转动关节组件3的第三舵机31转动,带动第一转动连杆4绕第一竖直

转动关节组件3的第三连接转轴32转动,第一转动连杆4与第一水平转动关节组件2的传动轴26间的夹角增大到 $160^{\circ}$ ,右侧吸附足组件被抬起;

[0029] (3) 连接转动关节组件5的第二舵机51转动,带动第二转动连杆6绕连接转动关节组件5的第二连接转轴52转动,第一转动连杆4和连第二转动连杆6之间的夹角增大到 $120^{\circ}$ ;

[0030] (4) 第二竖直转动关节组件7的第三舵机转动,带动第二水平转动关节组件8和右侧吸附足组件转动,使第二水平转动关节组件8的传动轴与第二转动连杆6的夹角为 $130^{\circ}$ ;

[0031] (5) 第一竖直转动关节组件3的第三舵机31反向转动,带动第一转动连杆4绕第一竖直转动关节组件3的第三连接转轴32逆向转动,第一转动连杆4与第一水平转动关节组件2的传动轴26间的夹角减小到 $120^{\circ}$ ,右侧吸附足组件被放下并贴合;

[0032] (6) 通过对右侧吸附足组件的电磁吸盘11通电,使右侧吸附足组件吸附;

[0033] (7) 通过对左侧吸附足组件的电磁吸盘11断电,使左侧吸附足组件释放;

[0034] (8) 第二竖直转动关节组件7的第三舵机转动,带动第二转动连杆6绕第二竖直转动关节组件7的第三连接转轴转动,第二转动连杆6与第二水平转动关节组件7的传动轴间的夹角增大到 $160^{\circ}$ ,左侧吸附足组件被抬起;

[0035] (9) 第一竖直转动关节组件3的第三舵机31转动,带动左侧吸附足组件和第一水平转动关节组件2转动,使第一转动连杆4与第一水平转动关节组件2的传动轴26之间的夹角增大到 $150^{\circ}$ ;

[0036] (10) 连接转动关节组件5的第二舵机51转动,带动第一转动连杆4绕连接转动关节组件5的第二连接转轴52转动,第一转动连杆4和第二转动连杆6之间的夹角减小到 $60^{\circ}$ ;

[0037] (11) 第二竖直转动关节组件7的第三舵机反向转动,带动第二转动连杆6绕第二竖直转动关节组件7的第三连接转轴逆向转动,第二转动连杆6与第二水平转动关节组件8的传动轴间的夹角减小 $150^{\circ}$ ,左侧吸附足组件被放下并贴合;

[0038] (12) 通过对左侧吸附足组件的电磁吸盘11通电,使左侧吸附足组件吸附。

[0039] 以上是尺蠖运动在一个周期里面的动作过程。

[0040] B、翻转运动(如图7所示)实现的具体步骤如下:

[0041] (1) 通过对右侧吸附足组件的电磁吸盘11断电,使右侧吸附足组件释放;

[0042] (2) 第一竖直转动关节组件3的第三舵机31转动,带动第一转动连杆4绕第一竖直转动关节组件3的第三连接转轴32转动,第一转动连杆4与第一水平转动关节组件2的传动轴26间的夹角增大到 $210^{\circ}$ ;

[0043] (3) 第二竖直转动关节组件7的第三舵机转动,带动第二水平转动关节组件8和右侧吸附足组件9转动,使第二水平转动关节组件8的传动轴与第二转动连杆6的夹角增大到 $210^{\circ}$ ;

[0044] (4) 连接转动关节组件5的第二舵机51转动,带动第二转动连杆6绕连接转动关节组件5的第二连接转轴52转动,第一转动连杆4和第二转动连杆6之间的夹角增大到 $300^{\circ}$ ;

[0045] (5) 通过对右侧吸附足组件的电磁吸盘11通电,使右侧吸附足组件吸附。

[0046] C、旋转运动(如图8所示)实现的具体步骤如下:

[0047] (1) 通过对右侧吸附足组件的电磁吸盘11断电,使右侧吸附足组件释放;

[0048] (2) 第一竖直转动关节组件3的第三舵机31转动,带动第一转动连杆4绕第一竖直转动关节组件3的第三连接转轴32转动,第一转动连杆4与第一水平转动关节组件2的传动

轴26间的夹角增大到 $160^{\circ}$ ,右侧吸附足组件被抬起;

[0049] (3) 第一水平转动关节组件2的第一舵机21转动,依次带动主动轮23a、从动轮23b、传动轴26转动,使机器人绕传动轴26转动 $180^{\circ}$ ;

[0050] (5) 第一竖直转动关节组件3的第三舵机31转动,带动第一转动连杆4绕第一竖直转动关节组件3的第三连接转轴32逆向转动,第一转动连杆4与第一水平转动关节组件2的传动轴26间的夹角减小到 $150^{\circ}$ ,右侧吸附足组件被放下并贴合;

[0051] (6) 通过对右侧吸附足组件的电磁吸盘11通电,使右侧吸附足组件吸附。

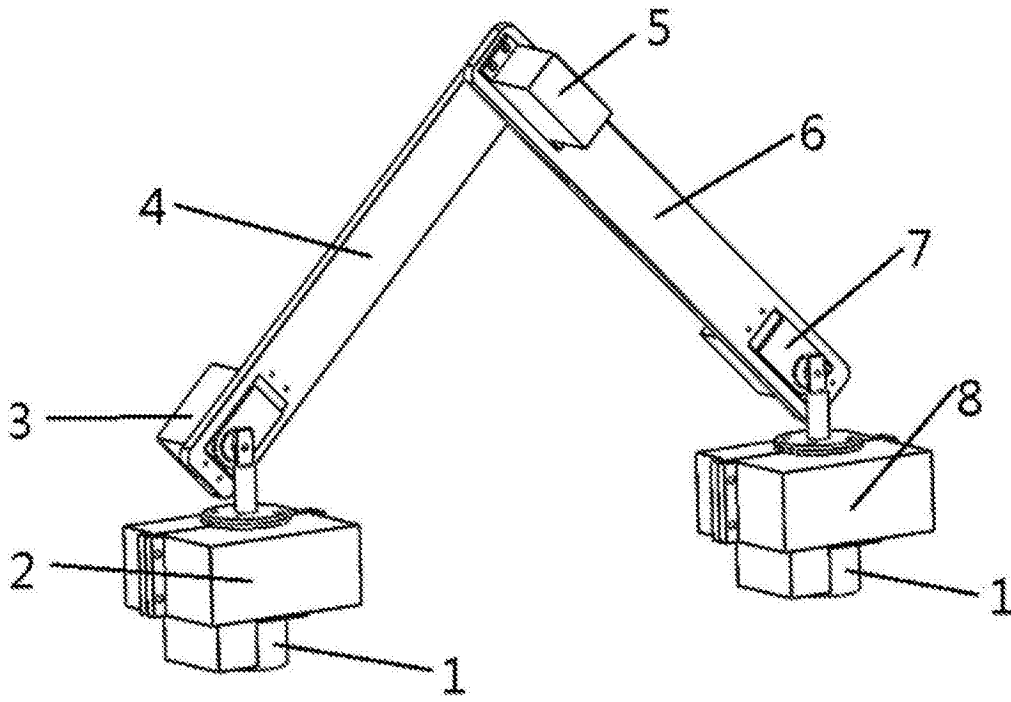


图1

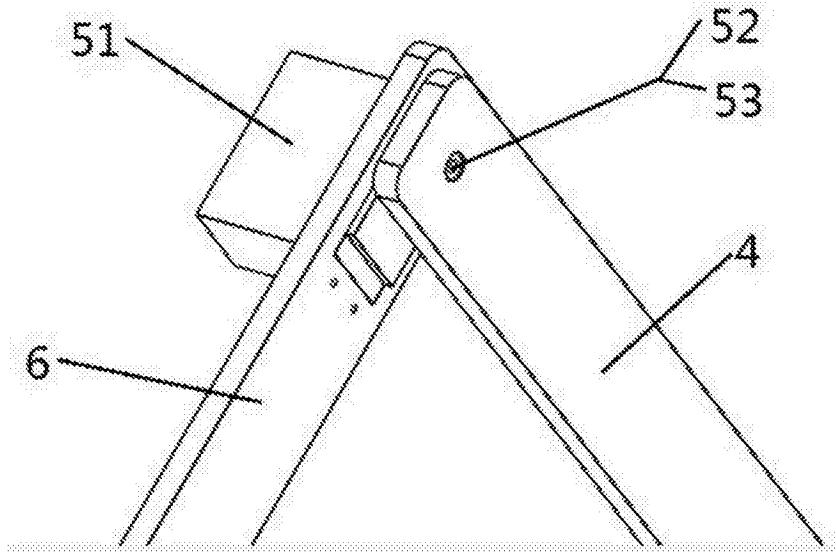


图2



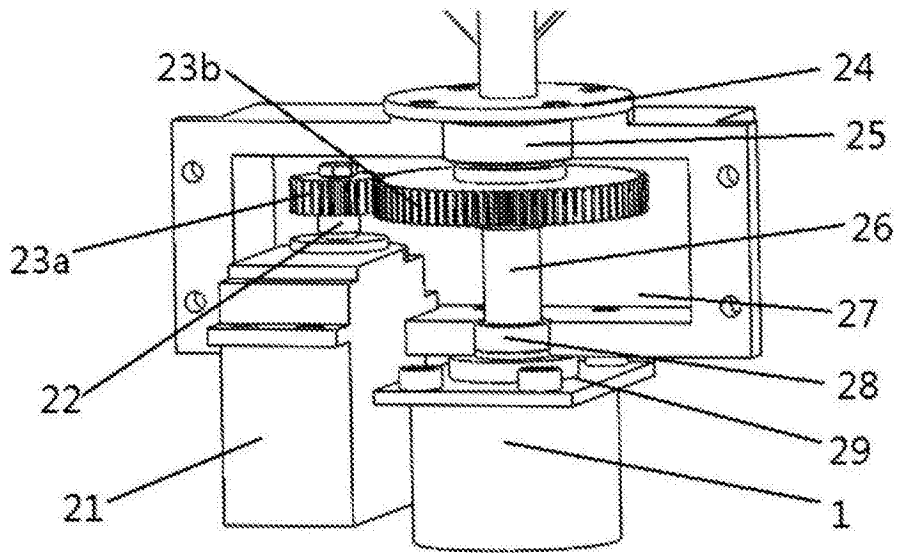


图3

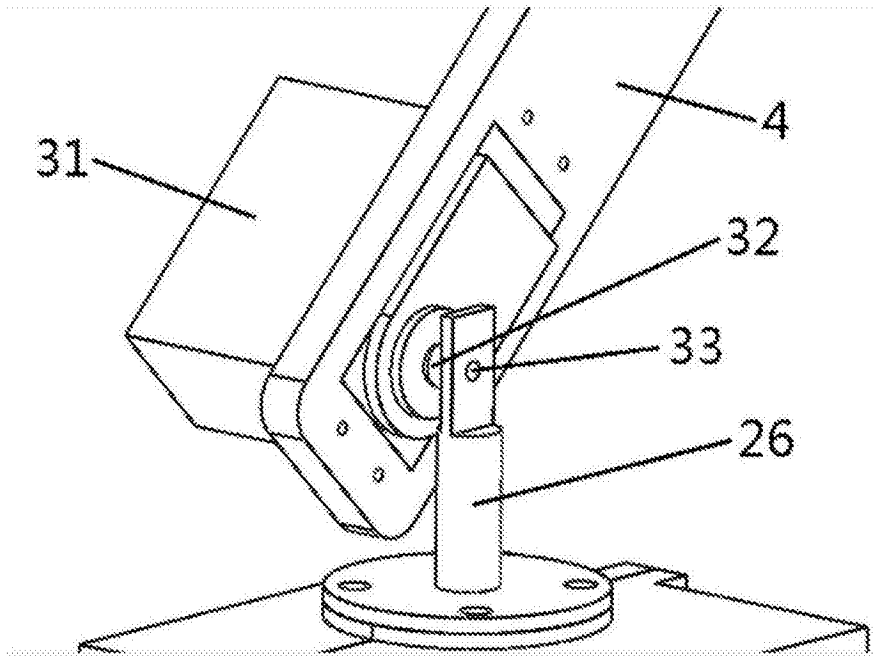


图4

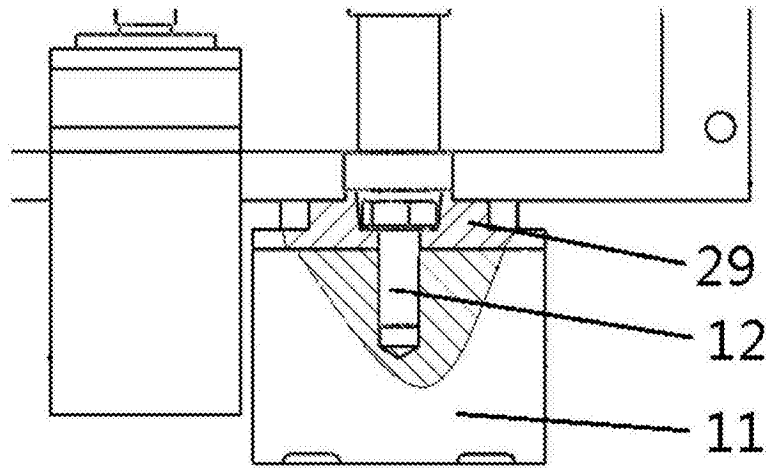


图5



图6

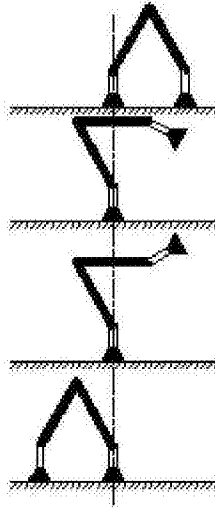


图7

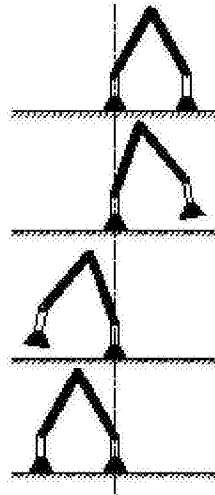


图8