



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102343950 A

(43) 申请公布日 2012. 02. 08

(21) 申请号 201110196221. 7

(22) 申请日 2011. 07. 13

(71) 申请人 北京交通大学

地址 100044 北京市海淀区西直门外上园村  
3号北京交通大学科技处

(72) 发明人 张秀丽 李冬冬 刘铖 周坤玲

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理  
有限公司 11246

代理人 张文宝

(51) Int. Cl.

B62D 57/032(2006. 01)

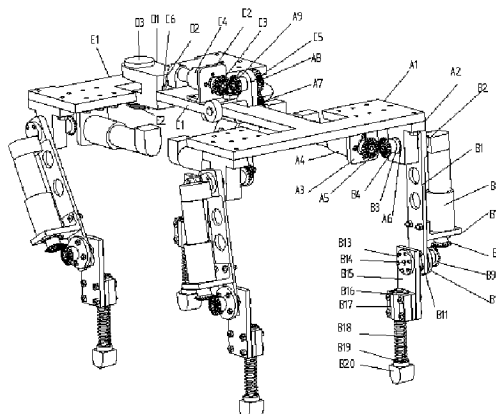
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 6 页

## (54) 发明名称

一种具有柔性腰部和弹性腿的柔顺四足机器人

## (57) 摘要

本发明涉及一种四足步行机器人,具体涉及一种具有柔性腰部和弹性腿的柔顺四足机器人。分为前躯干、脊柱、腰部、后躯干以及四条结构相同的腿几部分;前躯干或后躯干中的轴承与各条腿上的法兰轴构成转动副,前躯干与脊柱用转动副连接,由电机和齿轮组驱动,使机器人身体具有俯仰的自由度,脊柱与腰部用带有扭簧的转动副连接,使机器人身体具有横滚自由度,腰部和后躯干也用带有扭簧的转动副连接,使机器人身体具有偏转自由度,机器人腿部由大腿,小腿构成,都由电机和齿轮组驱动,小腿装有压簧,使机器人行走时地面冲击力减小。该发明采用柔性机构替代传统的刚性结构,增加机器人的运动稳定性,减小机器人的冲击。



1. 一种具有柔性腰部和弹性腿的柔顺四足机器人,其特征在于,分为前躯干(A1)、脊柱(C1)、腰部(D1)、后躯干(E1)以及四条结构相同的腿几部分;

前躯干(A1)与脊柱(C1)间通过水平设置的、与机器人前进方向垂直的转动副连接,由安装在脊柱(C1)上的脊柱电机(C4)通过齿轮组驱动前躯干(A1)做俯仰运动;脊柱(C1)与腰部(D1)用带有扭簧的、与脊柱(C1)中心线平行的转动副连接,使腰部(D1)能够沿轴向旋转,即使机器人身体具有横滚自由度,并拥有自动回复能力;腰部(D1)和后躯干(E1)之间用带有扭簧的、与水平面垂直的转动副连接,使机器人身体具有偏转自由度,并拥有自动回复能力;

前躯干(A1)和后躯干(E1)的两端采用相同的方式分别安装一条腿;固定在前躯干(A1)上的左前轴承(A6)与左前腿(B1)上的法兰轴(B2)构成转动副,由安装在前躯干(A1)上的左前电机(A4)和齿轮组驱动,使左前腿(B1)摆动;

机器人的腿由大腿和小腿构成,大腿和小腿间由转动副连接,使小腿能前后摆动;大腿的下端设置腿部电机,通过齿轮组驱动小腿运动,小腿的下端装有压簧,使其拥有被动缓冲能力。

2. 根据权利要求1所述的具有柔性腰部和弹性腿的柔顺四足机器人,其特征在于:所述的前躯干(A1)与脊柱(C1)之间的齿轮组包括一对传动比为1:1的锥齿轮和一对传动比为1:1的直齿圆柱齿轮。

3. 根据权利要求1所述的具有柔性腰部和弹性腿的柔顺四足机器人,其特征在于:所述前躯干(A1)或后躯干(E1)与各条腿之间、腿部的大腿与小腿之间均采用电机驱动锥齿轮组的方式,来实现运动,且锥齿轮的传动比为1:1。

4. 根据权利要求1所述的具有柔性腰部和弹性腿的柔顺四足机器人,其特征在于,所述的腰部(D1)与后躯干(E1)之间的转动副采用销轴,且扭簧套在销轴外,销轴的转动轴线沿竖直方向。

## 一种具有柔性腰部和弹性腿的柔顺四足机器人

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种四足步行机器人,具体涉及一种具有柔性腰部和弹性腿的柔顺四足机器人。

### 背景技术

[0002] 在四足步行机器人领域,美国波士顿动力公司制作的 BigDog 是四足机器人的最高技术成就,它能够适应冰面、雪地、草地等多种地形,并表现出超强的抗侧向扰动能力。大多数四足机器人采用刚性腰部,即整个躯干为刚性整体,这样机器人运动柔顺性差,为改善机器人的运动稳定性,一些四足机器人也做了柔性腰部的设计。例如日本东京大学 JSK 实验室研制的 SQ43 四足机器人,它具有柔性的脊柱,这让机器人运动变得柔顺,并且有一定的减振效果,使它能够通过一些狭窄的通道和不规则的地形。韩国庆北大学的电子工程及计算机科学学院的 Se-Hoon Park 等人研制了四足机器人 ELIRO,该机器人与传统的足式机器人相比,机器人本体不再是一个单一的刚性整体,而是在本体用一个被动关节将机器人本体分为前后两个部分。这种被动的腰部关节使机器人能够实行静态的转向,因此 ELIRO 系列机器人直线行走过程中遇到障碍,可以停下来转向以避免障碍物。

[0003] 在弹性腿的研究方面,瑞士洛桑联邦理工学院的仿生机器人团队设计了一款四足机器人“Cheetah”,该机器人最重要的部位是它的腿部设计,采用较轻质的材料,踝关节的弹簧可以吸收冲击并储存能量,既有利于提高了机器人速度又有利于降低能耗。比利时根特大学电子与信息学院研制了“Reservoir Dog”四足机器人,由于腿部重量较轻,而且弹簧具有蓄能效果,因而该机器人能实现大多数机器人无法实现的 Gallop(跳跃)步态,即四足同时腾空,整个机器人向前跳跃的步态。

### 发明内容

[0004] 本发明针对现在的四足机器人的腰部和腿部大多采用刚性结构,从而带来的运动稳定性差、运动不协调、腿部冲击力大、能耗高的问题,提供了一种具有柔性腰部和弹性腿的四足机器人。

[0005] 本发明的技术方案:

[0006] 该机器人分为前躯干、脊柱、腰部、后躯干以及四条结构相同的腿几部分:

[0007] 前躯干与脊柱间通过水平设置的、与机器人前进方向垂直的转动副连接,由安装在脊柱上的脊柱电机通过齿轮组驱动前躯干做俯仰运动;脊柱与腰部用带有扭簧的、与脊柱中心线平行的转动副连接,扭簧一端插入腰部的小孔,一端插入脊柱的小孔,使腰部能够沿轴向旋转,即使机器人身体具有横滚自由度,并拥有自动回复能力;腰部和后躯干之间用带有扭簧的、与水平面垂直的转动副连接,使机器人身体具有偏转自由度,并拥有自动回复能力。

[0008] 前躯干和后躯干的两端采用相同的方式分别安装一条腿;固定在前躯干上的左前轴承与左前腿上的法兰轴构成转动副,由安装在前躯干上的左前电机和齿轮组驱动,使左

前腿摆动。

[0009] 机器人的腿由大腿和小腿构成,大腿和小腿间由转动副连接,使小腿能前后摆动;大腿的下端设置腿部电机,通过齿轮组驱动小腿运动,小腿的下端装有压簧,使其拥有被动缓冲能力。

[0010] 所述的前躯干与脊柱之间的齿轮组包括一对传动比为 1 : 1 的锥齿轮和一对传动比为 1 : 1 的直齿圆柱齿轮。

[0011] 所述前躯干或后躯干与各条腿之间、腿部的大腿与小腿之间均采用电机驱动锥齿轮组的方式,来实现运动,且锥齿轮的传动比为 1 : 1。

[0012] 所述的腰部与后躯干之间的转动副采用销轴,且扭簧套在销轴外,销轴的转动轴线沿竖直方向。

[0013] 本发明的有益效果为:该四足步行机器人摒弃了传统的四足机器人的刚性结构,机器人的腰部拥有一个主动、两个被动共三个自由度,是机器人在行走时稳定性更高,运动更协调。在机器人的腿部装有弹簧,由被动缓冲效果,减小了行走时的地面冲击力,弹簧拥有蓄能效果,降低了能耗。

#### 附图说明

[0014] 图 1 为具有柔性腰部和弹性腿四足机器人的整体三维图;

[0015] 图 2 为前躯干与脊柱主动自由度的连接图;

[0016] 图 3 为脊柱与腰部被动自由度的连接图;

[0017] 图 4 为腰部与后躯干被动自由度的连接图;

[0018] 图 5 为大腿、小腿驱动系统的结构图;

[0019] 图 6 为大腿驱动的轴系剖面图;

[0020] 图 7 为小腿被动弹性的结构图。

[0021] 图中标号:

[0022] A1-前躯干;A2-前躯干轴承座;A3-前躯干电机座;A4-前躯干电机;A5-前躯干第一锥齿轮;A6-前躯干轴承;A7-前躯干第一直齿圆柱齿轮;A8-前躯干第二直齿圆柱齿轮;A9-前躯干第二锥齿轮;

[0023] B1-左前腿;B2-左前腿法兰轴;B3-左前腿第一轴用弹性挡圈;B4-左前腿第一锥齿轮;B5-左前腿第二轴用弹性挡圈;B6-左前腿电机;B7-左前腿电机座;B8-左前腿第二锥齿轮;B9-左前腿第三锥齿轮;B10-左前腿轴承座;B11-左前腿第三轴用弹性挡圈;B12-左前腿第四轴用弹性挡圈;B13-左前腿法兰;B14-左前腿轴;B15-左前腿小腿杆;B16-左前腿轴用弹性挡圈;B17-左前腿直线滑动轴承;B18-左前腿压簧;B19-左前腿小腿柱;B20-左前腿足端;

[0024] C1-脊柱;C2-脊柱电机座;C3-脊柱锥齿轮;C4-脊柱电机;C5-脊柱轴承座;C6-脊柱扭簧;

[0025] D1-腰部;D2-腰部挡圈;D3-腰部销轴;

[0026] E1-后躯干;E2-后躯干扭簧;E3-后躯干定位销。

#### 具体实施方式

[0027] 本发明提供了一种具有柔性腰部和弹性腿的柔顺四足机器人,下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细说明。

[0028] 如图 1 所示机器人整体分为前躯干 A1、左前腿 B1、脊柱 C1、腰部 D1、后躯干 E1、右前腿、左后腿、右后腿组成,四条腿结构完全相同。

[0029] 如图 2 所示,前躯干 A1 与脊柱 C1 之间由转动副连接,前躯干 A1 的端部加工出圆轴,一端插进脊柱 C1 端的通孔内,另一端插入脊柱轴承座 C5 的通孔内,脊柱轴承座 C5 通过螺栓螺母连接在脊柱 C1 上,如此前躯干 A1 与脊柱 C1 构成转动副。脊柱电机 C4 通过螺钉固定在脊柱电机座 C2 上,脊柱电机座 C2 通过螺栓螺母固定在脊柱 C1 上,脊柱电机 C4 的转动通过脊柱锥齿轮 C3、前躯干第二锥齿轮 A9、前躯干第二直齿圆柱齿轮 A8、直齿圆柱齿轮 A7 传递到转动副,脊柱锥齿轮 C3、前躯干第二锥齿轮 A9 通过顶丝与前躯干第二直齿圆柱齿轮轴 A10 连接,前躯干第二直齿圆柱齿轮 A8、前躯干第一直齿圆柱齿轮 A7 靠 D 形面分别与前躯干第二直齿圆柱齿轮轴 A10、前躯干 A1 连接。

[0030] 如图 3 所示,脊柱 C1 与腰部 D1 之间通过转动副连接,脊柱 C1 上加工有轴插入腰部 D1 的孔内,脊柱扭簧 C6 的两端分别插入脊柱 C1 和腰部 D1 的小孔内,如此扭簧能提供转动副的回复力。脊柱 C1 的轴与腰部 D1 的孔之间的轴向固定靠上下两片腰部挡圈 D2 实现,腰部挡圈 D2 为开有半圆形槽的矩形薄片,腰部挡圈 D2 处的脊柱 C1 开有深槽,深槽直径与所述半圆形槽直径相同,腰部挡圈 D2 的半圆形槽卡在脊柱 C1 的深槽中,腰部挡圈 D2 用上下两个螺钉固定在腰部 D1 上。如此脊柱 C1 与腰部 D1 之间构成了具有回复力的转动副,转动副轴线为机器人前进方向。

[0031] 如图 4 所示,腰部 D1 与后躯干 E1 通过腰部销轴 D3 连接,腰部销轴 D3 穿过腰部 D1 上下两个通孔和后躯干 E1 的通孔,后躯干扭簧 E2 一端插入腰部 D1 的小孔,另一端插入腰部销轴 D3 底部圆柱面的小孔内,腰部销轴 D3 与后躯干 E1 用后躯干定位销 E3 固定,如此,腰部 D1 与后躯干 E1 之间构成有自动回复力的绕竖直轴的转动副。

[0032] 四条腿的结构及连接方式相同,以左前腿 B1 为例。如图 5、图 6 所示,前躯干电机座 A3、前躯干轴承座 A2 固定在前躯干 A1 上,前躯干电机 A4 通过螺钉固定在前躯干电机座 A3 上,前躯干第一锥齿轮 A5、左前腿第一锥齿轮 B4 分别通过顶丝固定在电机轴和左前腿法兰轴 B2 上,左前腿法兰轴 B2 通过螺钉固定在左前腿 B1 的大腿杆上,左前腿法兰轴 B2 穿过左前腿第二轴用弹性挡圈 B5、前躯干轴承 A6、左前腿第一轴用弹性挡圈 B3 和左前腿第一锥齿轮 B4,左前腿第一轴用弹性挡圈 B3、左前腿第二轴用弹性挡圈 B5 起轴向固定作用,前躯干轴承 A6 通过过盈连接装在前躯干轴承座 A2 内,如此,电机的转动带动左前腿 B1 的大腿杆转动。同样,左前腿电机 B6 的转动通过左前腿第二锥齿轮 B8、左前腿第三锥齿轮 B9 传递到左前腿法兰 B13,从而带动左前腿小腿杆 B15 转动,左前腿轴 B14 穿过左前腿轴承座 B10 中的轴承,左前腿第三轴用弹性挡圈 B11、左前腿第四轴用弹性挡圈 B12 起轴向固定作用。

[0033] 如图 7 所示,左前腿小腿柱 B19 与左前腿直线滑动轴承 B17 之间构成移动副,中间的左前腿压簧 B18 起被动缓冲作用,上端左前腿轴用弹性挡圈 B16 起单向的轴向固定作用,左前腿小腿柱 B19 与左前腿足端 B20 用螺钉固定在一起。



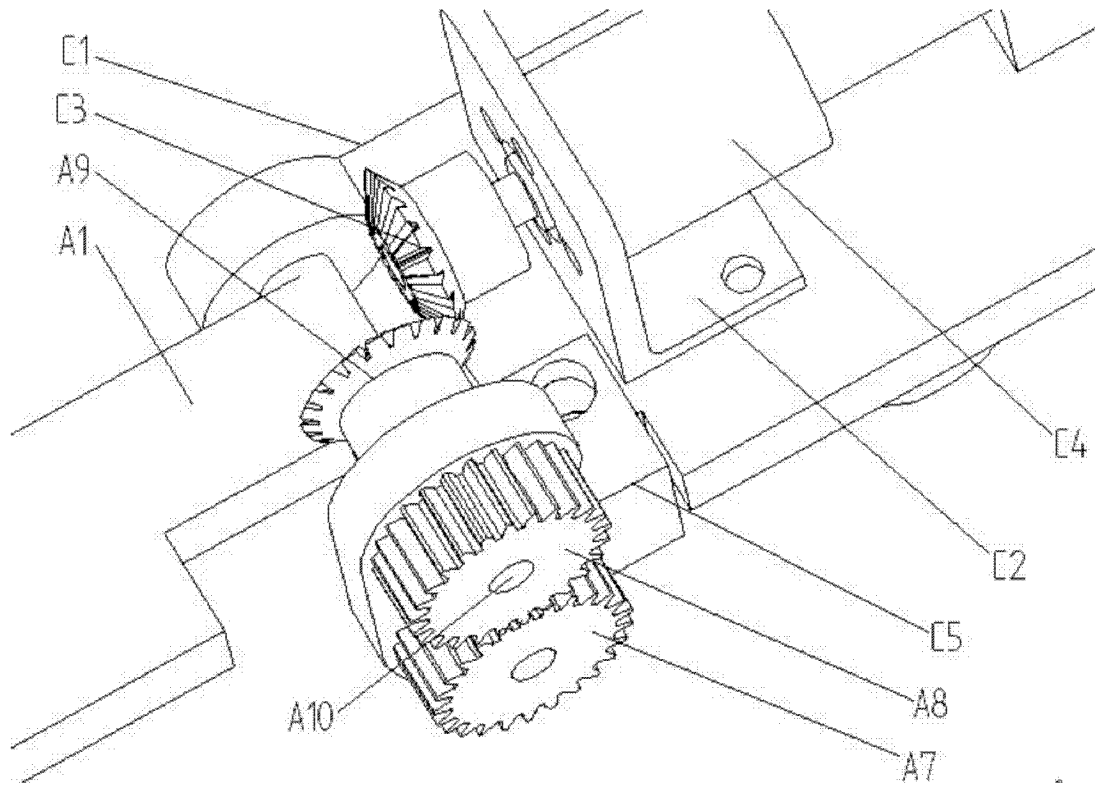


图 2

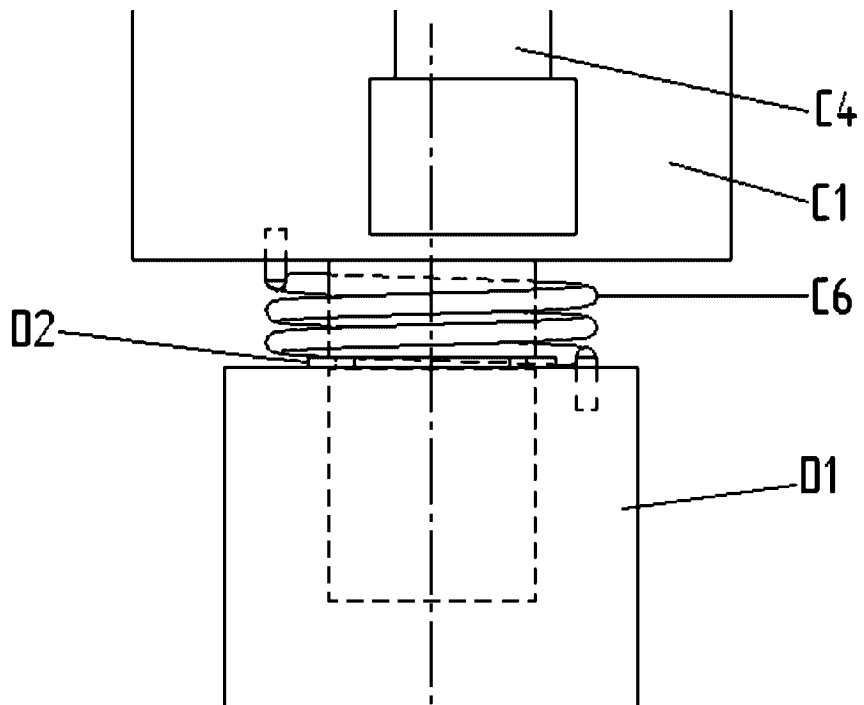


图 3

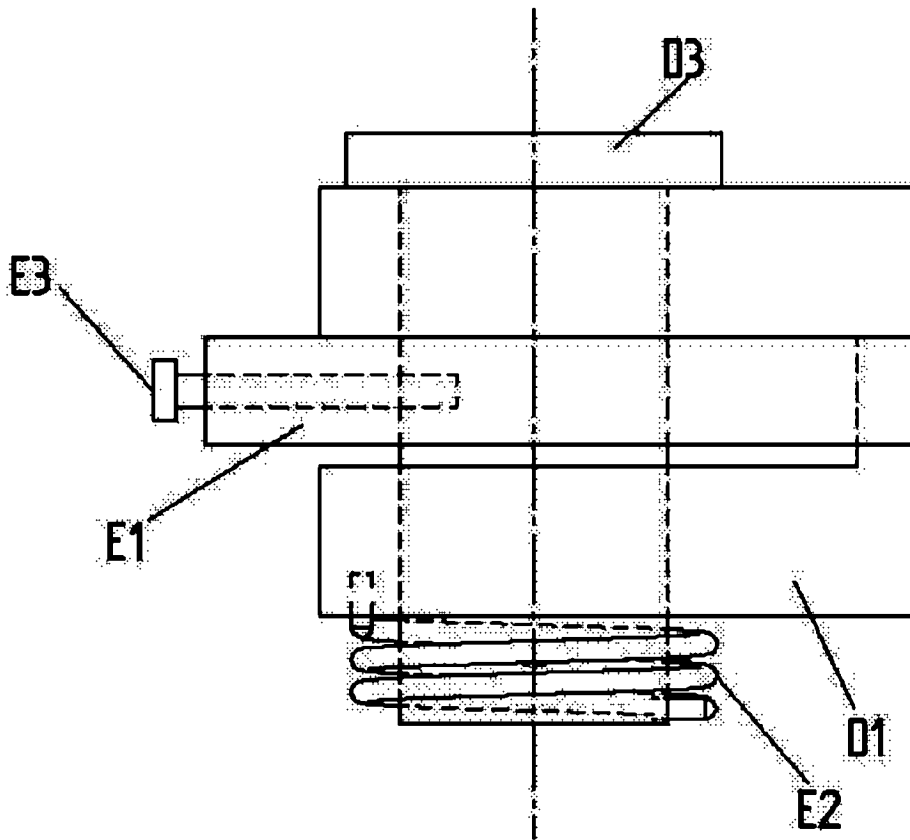


图 4



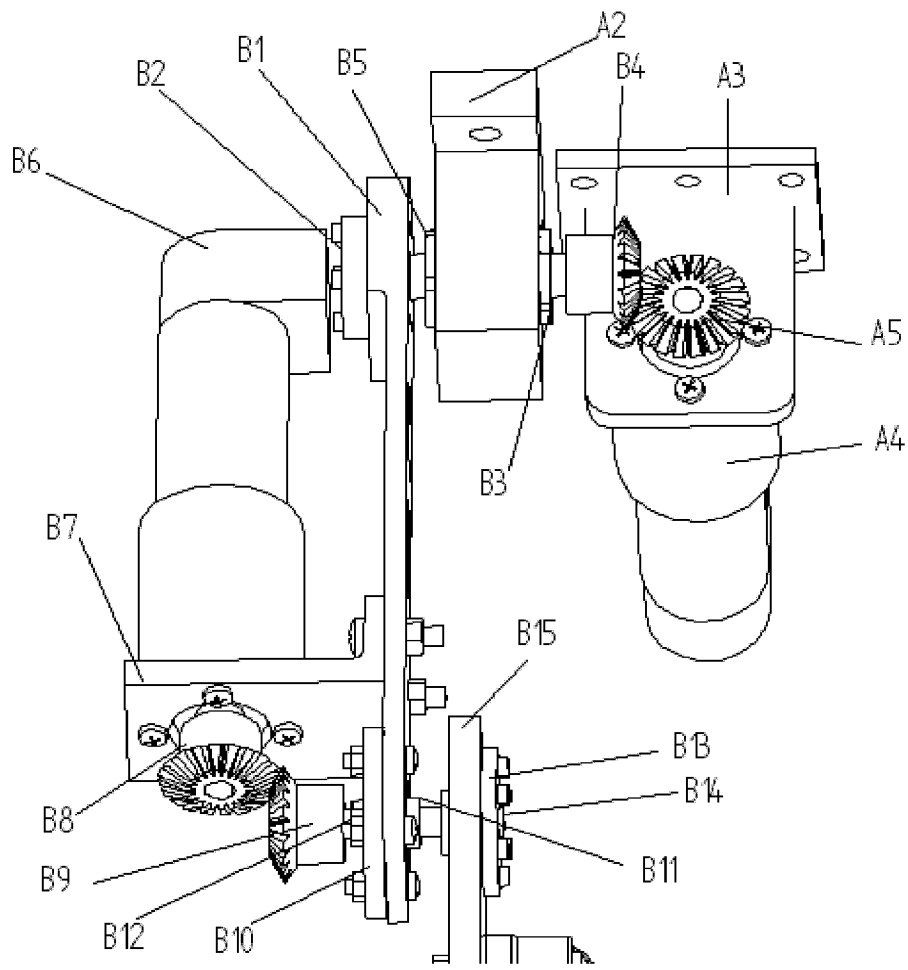


图 5

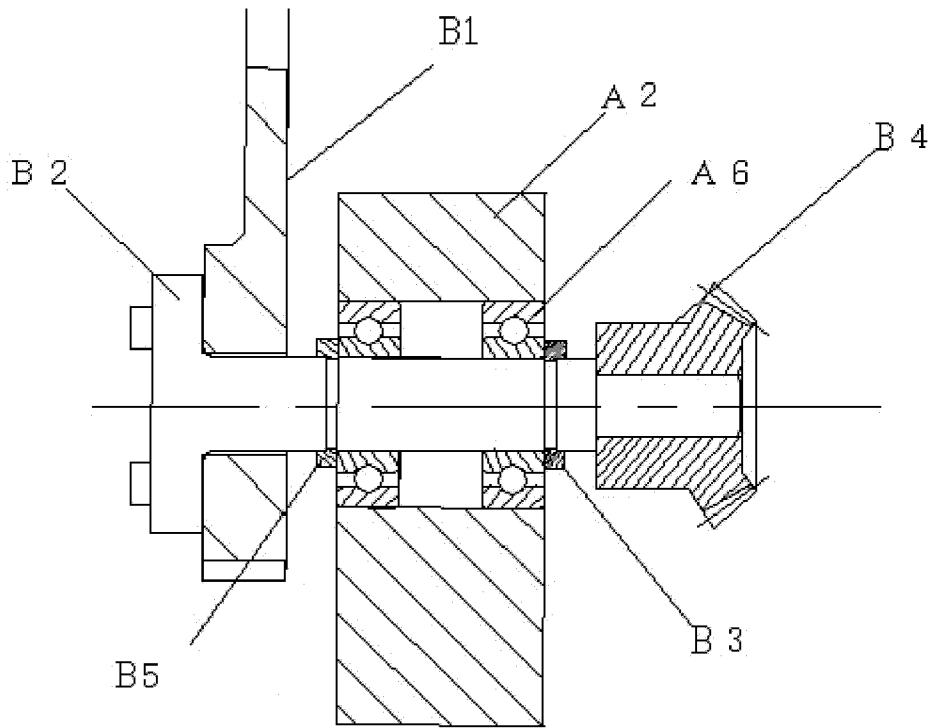


图 6

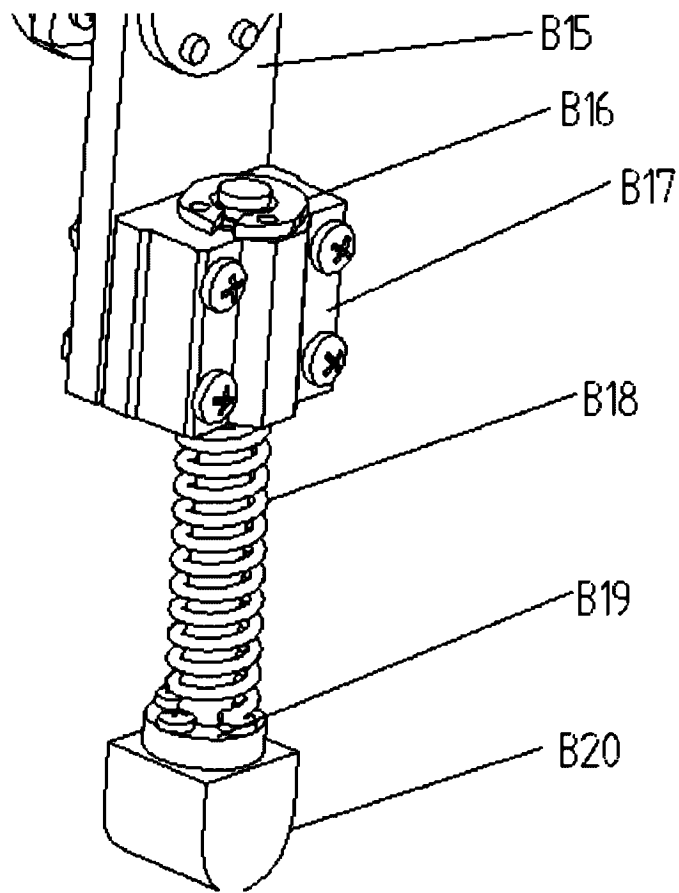


图 7