



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115464631 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 13

(21) 申请号 202211236383.3

(22) 申请日 2022.10.10

(71) 申请人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市朝阳区前进大街2699号

(72) 发明人 王坤阳 赵顺 任雷 钱志辉

梁威 卢雪薇 赵迪 王旭

任露泉

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569

专利代理师 李胜强

(51) Int. Cl.

B25J 9/00 (2006.01)

B62D 57/032 (2006.01)

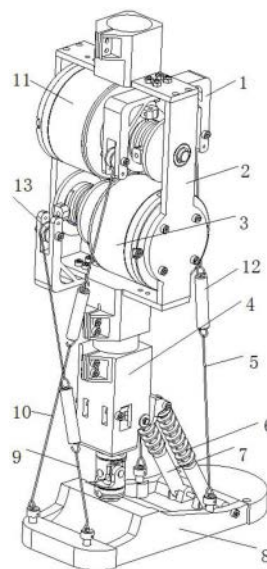
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

## (54) 发明名称

一种主动式两自由度的仿生足装置

## (57) 摘要

本发明公开一种主动式两自由度的仿生足装置,各卷线轮沿其轴向上的两侧边缘均设有绳索固定块,两绳索固定块沿卷线轮周向间隔设置;脚板配套有两对分别设置在驱动组件前侧和后侧的连接绳索,位于前侧的两连接绳索平行且间隔设置,其一端连接在脚板的边缘位置处,另一端绕过与其同侧的导向轮后,分别固定在两卷线轮上远离驱动轴侧的绳索固定块上,通过摆动电机的驱动轴使绳索固定块拉动相应的绳索移动,带动脚板上相应位置移动,实现在矢状面和冠状面进行两自由度的转动,驱动组件的四个串联弹性驱动器和踝关节组件中四个并联弹性驱动器组成四个串并联弹性驱动器,在提高仿生足适应多种路况的同时提高仿生足从高处着地时的缓冲减震性能。



1. 一种主动式两自由度的仿生足装置,其特征在于,包括足组件、连接在所述足组件上的踝关节组件、安装在所述踝关节组件上的驱动组件;

所述驱动组件包括电机固定架、两沿竖直方向排列设置在所述电机固定架上的摆动电机,所述摆动电机的驱动轴均沿水平方向延伸,且所述驱动轴均连接有卷线轮,两所述卷线轮沿所述驱动轴的轴线方向错位设置,各所述卷线轮沿其轴向上的两侧边缘均设有绳索固定块,两所述绳索固定块沿所述卷线轮周向间隔设置;所述电机固定架上设有两对导向轮,每对所述导向轮沿所述卷线轮径向且水平间隔设置在所述卷线轮的两侧;

所述足组件包括脚板,所述脚板的宽度方向与所述驱动轴的轴线方向同向设置,所述脚板配套有两对分别设置在所述驱动组件前侧和后侧的连接绳索,位于前侧的两所述连接绳索平行且间隔设置,其一端连接在所述脚板的边缘位置处,另一端绕过与其同侧的所述导向轮后,分别固定在两所述卷线轮上远离所述驱动轴侧的所述绳索固定块上,位于后侧的两所述连接绳索交叉设置,其一端连接在所述脚板的边缘位置处,另一端绕过与其同侧的所述导向轮后,分别固定在两所述卷线轮上靠近所述驱动轴侧的所述绳索固定块上;

所述踝关节组件包括位于两对所述连接绳索之间的支撑部,所述支撑部的一端固定在所述电机固定架的底部,另一端万向连接在所述脚板上,所述支撑部与所述脚板之间间隔设有两均为伸缩结构的避震连接杆,两所述避震连接杆沿所述驱动轴的轴向平行,所述避震连接杆的两端分别铰接在所述支撑部和所述脚板上。

2. 根据权利要求1所述的主动式两自由度的仿生足装置,其特征在于,所述电机固定架呈环形框架结构,所述电机固定架的轴线沿所述脚板的长度方向延伸,两所述摆动电机并排设置在所述电机固定架内,所述摆动电机和所述卷线轮均与所述电机固定架相连接。

3. 根据权利要求2所述的主动式两自由度的仿生足装置,其特征在于,所述电机固定架的顶部和底部分别对应两所述卷线轮的位置处设有U形框,所述U形框横跨设置在所述卷线轮的两侧,所述U形框上设有两对称分布在所述卷线轮两侧的所述导向轮。

4. 根据权利要求2或3所述的主动式两自由度的仿生足装置,其特征在于,所述避震连接杆靠近所述支撑部的端部设有转动块,所述转动块转动连接在所述支撑部上,且所述转动块的转动轴线与所述脚板的宽度方向同向设置,所述转动块与所述支撑部之间还连接有用于驱动其复位的拉簧组件。

5. 根据权利要求4所述的主动式两自由度的仿生足装置,其特征在于,所述支撑部设有内腔,且所述支撑部靠近所述避震连接杆的一侧设有与所述内腔相连通的开口,所述转动块扣合在所述开口处,所述拉簧组件包括拉簧,所述拉簧的一端连接在所述转动块上,另一端穿过所述开口并连接在所述内腔远离所述避震连接杆的侧壁上。

6. 根据权利要求5所述的主动式两自由度的仿生足装置,其特征在于,所述避震连接杆包括套管、同轴滑动连接在所述套管内的内杆,所述内杆和所述套管未互相连接的端部分别铰接在所述转动块和所述脚板上,所述内杆上套设有缓冲弹簧,所述内杆靠近所述转动块的位置处设有凸起结构,所述缓冲弹簧卡接在所述凸起结构与所述套管之间。

7. 根据权利要求6所述的主动式两自由度的仿生足装置,其特征在于,所述连接绳索包括两分别与所述脚板和所述绳索固定块相连接的分绳索,两所述分绳索之间连接有施力弹簧。

8. 根据权利要求7所述的主动式两自由度的仿生足装置,其特征在于,所述卷线轮包括

与所述驱动轴同轴设置的缠绕筒,所述缠绕筒上设有用于沿其轴向缠绕所述分绳索的螺纹槽,所述缠绕筒沿其轴向上的两端均设有挡板,同一所述卷线轮上的两所述绳索固定块分别安装在各所述挡板上,并位于所述挡板靠近所述缠绕筒的一侧。

9. 根据权利要求8所述的主动式两自由度的仿生足装置,其特征在于,所述支撑部的顶部开设有竖直延伸的第一连接盲孔,所述电机固定架的底部开设有与所述第一连接盲孔同轴的第二连接盲孔,所述第一连接盲孔和所述第二连接盲孔之间连接有碳纤维管,所述第一连接盲孔和所述第二连接盲孔上均设有用于套紧所述碳纤维管的预紧机构。

10. 根据权利要求9所述的主动式两自由度的仿生足装置,其特征在于,所述支撑部的底部与所述脚板之间连接有万向节,所述万向节位于两对所述连接绳索之间。

## 一种主动式两自由度的仿生足装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机器人技术领域,特别是涉及一种主动式两自由度的仿生足装置。

### 背景技术

[0002] 随着科学技术的发展,关于双足机器人的研究越来越多。根据足踝关节的构型,现有双足机器人大致分为三大类,即无踝关节型双足机器人、踝关节被动型双足机器人和踝关节主动型双足机器人。当前双足机器人一般采用平足和球状足,与人类的高效、快速、稳定行走的特性相比,现有的双足机器人的运动性能仍有待提高。为了提高机器人在不平地面的行走稳定性获得更自然的行走步态,研究人员试图通过模仿人类足踝功能设计新型仿生足踝结构。

[0003] 近年来弹性驱动器的研究受到研究者的广泛青睐。在越来越多的机器人关节设计中,传统刚性驱动关节逐渐被弹性驱动关节替代,弹性驱动的相关理论和应用不断地发展。弹性驱动器的驱动模式也不断创新,根据驱动模式可将弹性驱动器的研究分为串联弹性驱动器(serieselasticactuator) SEA、并联弹性驱动(parallelelasticactuator) PEA、串并联弹性驱动器(serieselasticactuatorwithparallelspring) SEAPS。

[0004] 目前越来越多的研究者采用SEA、PEA、SEAPS设计足踝关节结构,但大部分都应用在踝关节假肢中,用来改变关节刚度、低阻抗运动、减小使用功率,提高碰撞安全性等性能。与此同时,这些假肢大部分只能在矢状面下进行趾屈和背屈的单自由度转动,很难满足复杂路况下对路面的适应能力以及抗冲击能力。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种主动式两自由度的仿生足装置,以解决上述现有技术存在的问题,通过摆动电机的驱动轴往复转动,使得绳索固定块拉动相应的绳索移动,进而带动脚板上相应位置提升或下降,且通过伸缩杆完成脚板行进方向上的定位,实现在矢状面和冠状面进行两自由度的转动,且能够同时实现在矢状面和冠状面下较大的运动范围,提高仿生足适应多种路况的能力,通过将多个SEAPS同时应用到仿生足上,使得仿生足在面对复杂路况的时候能更好的与地面接触在一起,在面对从高处着地到复杂路况时,有更好的缓冲能力。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:本发明提供一种主动式两自由度的仿生足装置,包括足组件、连接在所述足组件上的踝关节组件、安装在所述踝关节组件上的驱动组件;

[0007] 所述驱动组件包括电机固定架、两沿竖直方向排列设置在所述电机固定架上的摆动电机,所述摆动电机的驱动轴均沿水平方向延伸,且所述驱动轴均连接有卷线轮,两所述卷线轮沿所述驱动轴的轴线方向错位设置,各所述卷线轮沿其轴向上的两侧边缘均设有绳索固定块,两所述绳索固定块沿所述卷线轮周向间隔设置;所述电机固定架上设有两对导向轮,每对所述导向轮沿所述卷线轮径向且水平间隔设置在所述卷线轮的两侧;

[0008] 所述足组件包括脚板,所述脚板的宽度方向与所述驱动轴的轴线方向同向设置,所述脚板配套有两对分别设置在所述驱动组件前侧和后侧的连接绳索,位于前侧的两所述连接绳索平行且间隔设置,其一端连接在所述脚板的边缘位置处,另一端绕过与其同侧的所述导向轮后,分别固定在两所述卷线轮上远离所述驱动轴侧的所述绳索固定块上,位于后侧的两所述连接绳索交叉设置,其一端连接在所述脚板的边缘位置处,另一端绕过与其同侧的所述导向轮后,分别固定在两所述卷线轮上靠近所述驱动轴侧的所述绳索固定块上;

[0009] 所述踝关节组件包括位于两对所述连接绳索之间的支撑部,所述支撑部的一端固定在所述电机固定架的底部,另一端万向连接在所述脚板上,所述支撑部与所述脚板之间间隔设有两均为伸缩结构的避震连接杆,两所述避震连接杆沿所述驱动轴的轴向平行,所述避震连接杆的两端分别铰接在所述支撑部和所述脚板上。

[0010] 优选的,所述电机固定架呈环形框架结构,所述电机固定架的轴线沿所述脚板的长度方向延伸,两所述摆动电机并排设置在所述电机固定架内,所述摆动电机和所述卷线轮均与所述电机固定架相连接。

[0011] 优选的,所述电机固定架的顶部和底部分别对应两所述卷线轮的位置处设有U形框,所述U形框横跨设置在所述卷线轮的两侧,所述U形框上设有两对称分布在所述卷线轮两侧的所述导向轮。

[0012] 优选的,所述避震连接杆靠近所述支撑部的端部设有转动块,所述转动块转动连接在所述支撑部上,且所述转动块的转动轴线与所述脚板的宽度方向同向设置,所述转动块与所述支撑部之间还连接有用于驱动其复位的拉簧组件。

[0013] 优选的,所述支撑部设有内腔,且所述支撑部靠近所述避震连接杆的一侧设有与所述内腔相连通的开口,所述转动块扣合在所述开口处,所述拉簧组件包括拉簧,所述拉簧的一端连接在所述转动块上,另一端穿过所述开口并连接在所述内腔远离所述避震连接杆的侧壁上。

[0014] 优选的,所述避震连接杆包括套管、同轴滑动连接在所述套管内的内杆,所述内杆和所述套管未互相连接的端部分别铰接在所述转动块和所述脚板上,所述内杆上套设有缓冲弹簧,所述内杆靠近所述转动块的位置处设有凸起结构,所述缓冲弹簧卡接在所述凸起结构与所述套管之间。

[0015] 优选的,所述连接绳索包括两分别与所述脚板和所述绳索固定块相连接的分绳索,两所述分绳索之间连接有施力弹簧。

[0016] 优选的,所述卷线轮包括与所述驱动轴同轴设置的缠绕筒,所述缠绕筒上设有用于沿其轴向缠绕所述分绳索的螺纹槽,所述缠绕筒沿其轴向上的两端均设有挡板,同一所述卷线轮上的两所述绳索固定块分别安装在各所述挡板上,并位于所述挡板靠近所述缠绕筒的一侧。

[0017] 优选的,所述支撑部的顶部开设有竖直延伸的第一连接盲孔,所述电机固定架的底部开设有与所述第一连接盲孔同轴的第二连接盲孔,所述第一连接盲孔和所述第二连接盲孔之间连接有碳纤维管,所述第一连接盲孔和所述第二连接盲孔上均设有用于套紧所述碳纤维管的预紧机构。

[0018] 优选的,所述支撑部的底部与所述脚板之间连接有万向节,所述万向节位于两对

所述连接绳索之间。

[0019] 本发明相对于现有技术取得了以下技术效果：

[0020] 第一，由于摆动电机的驱动轴均沿水平方向延伸，且驱动轴均连接有卷线轮，两卷线轮沿驱动轴的轴线方向错位设置，各卷线轮沿其轴向上的两侧边缘均设有绳索固定块，且由于脚板配套有两对分别设置在驱动组件前侧和后侧的连接绳索，且通过连接绳索连接对应的脚板上某一部和其对应的绳索固定块，通过摆动电机的驱动轴往复转动，使得绳索固定块拉动相应的连接绳索移动，脚板万向转动连接在支撑部上，进而连接绳索能够带动脚板上相应位置提升或下降，且通过两沿驱动轴的轴向平行设置的避震连接杆对脚板进行沿行进方向上的定位，综合实现在矢状面和冠状面下较大的运动范围，提高仿生足适应多种路况的能力。

[0021] 第二，电机固定架呈环形框架结构，电机固定架的轴线沿脚板的长度方向延伸，两摆动电机并排设置在电机固定架内，摆动电机和卷线轮均与电机固定架相连接，通过将电机固定架设置为环形框架结构，使得各摆动电机和卷线轮呈一体式结构，方便对整个驱动组件的安装和连接，而且通过环形框架结构将摆动电机和卷线轮均固定，保证了摆动电机和卷线轮使用时的稳定性。

[0022] 第三，电机固定架的顶部和底部分别对应两卷线轮的位置处设有U形框，U形框横跨设置在卷线轮的两侧，U形框上设有两对称分布在卷线轮两侧的导向轮，通过U形框完成对导向轮的连接，完成对导向轮的固定支撑，使其能够稳定转动的同时支撑连接绳索的移动，且保证同一卷线轮两侧的导向轮的对称性，以保证连接绳索的对称性，以保证对脚板调节的精确控制。

[0023] 第四，避震连接杆靠近支撑部的端部设有转动块，转动块转动连接在支撑部上，且转动块的转动轴线与脚板的宽度方向同向设置，转动块与支撑部之间还连接有用于驱动其复位的拉簧组件，以保证在转动块的转动复位，方便在完成伸缩杆的位置调节后，能够随连接绳索的移动过程中，带动脚板快速转动复位，完成脚板角度的调节。

## 附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0025] 图1为本发明整体结构示意图一；

[0026] 图2为本发明整体结构示意图二；

[0027] 图3为本发明驱动电机和卷线轮处连接示意图；

[0028] 图4为本发明拉簧组件与转动块连接示意图；

[0029] 其中，1-U形框、2-电机固定架、3-第二摆动电机、4-支撑部、5-第三连接绳索、6-第一避震连接杆、7-第二避震连接杆、8-脚板、9-第二连接绳索、10-第一连接绳索、11-第一摆动电机、12-施力弹簧、13-导向轮、14-第四连接绳索、15-第二拉簧组件、16-第一拉簧组件、17-万向节、18-挡板、19-螺纹槽、20-绳索固定块、21-拉簧、22-转动块。

## 具体实施方式

[0030] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,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。

[0031] 本发明的目的是提供一种主动式两自由度的仿生足装置,以解决上述现有技术存在的问题,通过摆动电机的驱动轴往复转动,使得绳索固定块拉动相应的绳索移动,进而带动脚板上相应位置提升或下降,且通过伸缩杆完成脚板行进方向上的定位,实现在矢状面和冠状面进行两自由度的转动,且能够同时实现在矢状面和冠状面下较大的运动范围,提高仿生足适应多种路况的能力。

[0032] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0033] 如图1至图4所示,本实施例提供一种主动式两自由度的仿生足装置,包括足组件、连接在足组件上的踝关节组件、安装在踝关节组件上的驱动组件;

[0034] 驱动组件包括电机固定架2、两沿竖直方向排列设置在电机固定架2上的摆动电机,摆动电机的驱动轴均沿水平方向延伸,且驱动轴均连接有卷线轮,两卷线轮沿驱动轴的轴线方向错位设置,各卷线轮沿其轴向上的两侧边缘均设有绳索固定块20,两绳索固定块20沿卷线轮周向间隔设置;电机固定架2上设有两对导向轮13,每对导向轮13沿卷线轮径向且水平间隔设置在卷线轮的两侧;优选的摆动电机为光磁RMD-L-7025电机,方便对其进行电控;

[0035] 足组件包括脚板8,脚板8的宽度方向与驱动轴的轴线方向同向设置,脚板8配套有两对分别设置在驱动组件前侧和后侧的连接绳索,位于前侧的两连接绳索平行且间隔设置,其一端连接在脚板8的边缘位置处,另一端绕过与其同侧的导向轮13后,分别固定在两卷线轮上远离驱动轴侧的绳索固定块20上,位于后侧的两连接绳索交叉设置,其一端连接在脚板8的边缘位置处,另一端绕过与其同侧的导向轮13后,分别固定在两卷线轮上靠近驱动轴侧的绳索固定块20上;

[0036] 踝关节组件包括位于两对连接绳索之间的支撑部4,支撑部4的一端固定在电机固定架2的底部,另一端万向连接在脚板8上,优选的,支撑部4的底部与脚板8之间连接有万向节17,万向节17位于两对连接绳索之间,支撑部4与脚板8之间间隔设有两均为伸缩结构的避震连接杆,两避震连接杆沿驱动轴的轴向平行,避震连接杆的两端分别铰接在支撑部4和脚板8上。

[0037] 由于摆动电机的驱动轴均沿水平方向延伸,且驱动轴均连接有卷线轮,两卷线轮沿驱动轴的轴线方向错位设置,各卷线轮沿其轴向上的两侧边缘均设有绳索固定块20,且由于脚板8配套有两对分别设置在驱动组件前侧和后侧的连接绳索,且通过连接绳索连接对应的脚板8上某一部和其对应的绳索固定块20,通过摆动电机的驱动轴往复转动,使得绳索固定块20拉动相应的连接绳索移动,脚板8万向转动连接在支撑部4上,进而连接绳索能够带动脚板8上相应位置提升或下降,且通过两沿驱动轴的轴向平行设置的避震连接杆对脚板8进行沿行进方向上的定位,综合实现在矢状面和冠状面下较大的运动范围,提高仿生足适应多种路况的能力。

[0038] 其中,电机固定架2呈环形框架结构,电机固定架2的轴线沿脚板8的长度方向延伸,两摆动电机并排设置在电机固定架2内,摆动电机和卷线轮均与电机固定架2相连接,通过将电机固定架2设置为环形框架结构,使得各摆动电机和卷线轮呈一体式结构,方便对整个驱动组件的安装和连接,而且通过环形框架结构将摆动电机和卷线轮均固定,保证了摆动电机和卷线轮使用时的稳定性。

[0039] 作为优选的,电机固定架2的顶部和底部分别对应两卷线轮的位置处设有U形框1,U形框1横跨设置在卷线轮的两侧,U形框1上设有两对称分布在卷线轮两侧的导向轮13,通过U形框1完成对导向轮13的连接,完成对导向轮13的固定支撑,使其能够稳定转动的同时支撑连接绳索的移动,且保证同一卷线轮两侧的导向轮13的对称性,以保证连接绳索的对称性,以保证对脚板8调节的精确控制。

[0040] 进一步的,避震连接杆靠近支撑部4的端部设有转动块22,转动块22转动连接在支撑部4上,且转动块22的转动轴线与脚板8的宽度方向同向设置,转动块22与支撑部4之间还连接有用于驱动其复位的拉簧组件,以保证在转动块22的转动复位,方便在完成伸缩杆的位置调节后,能够随连接绳索的移动过程中,带动脚板8快速转动复位,完成脚板8角度的调节。

[0041] 作为本发明优选的实施方式,支撑部4设有内腔,且支撑部4靠近避震连接杆的一侧设有与内腔相连通的开口,转动块22扣合在开口处,拉簧组件包括拉簧21,拉簧21的一端连接在转动块22上,另一端穿过开口并连接在内腔远离避震连接杆的侧壁上,通过设置拉簧21保证对转动块22具有足够的回转驱动力。

[0042] 进一步的,避震连接杆包括套管、同轴滑动连接在套管内的内杆,内杆和套管未互相连接的端部分别铰接在转动块22和脚板8上,内杆上套设有缓冲弹簧,内杆靠近转动块22的位置处设有凸起结构,缓冲弹簧卡接在凸起结构与套管之间,通过缓冲弹簧完成吸能减震的作用。

[0043] 作为优选的,连接绳索包括两分别与脚板8和绳索固定块20相连接的分绳索,两分绳索之间连接有施力弹簧12,通过施力弹簧12完成对震动的二次吸能作用。具体的,当仿生足在受到冲击时,首先缓冲弹簧会发生变形,其次施力弹簧12也会产生形变,会将大部分碰撞能储存在施力弹簧12和缓冲弹簧中,进而较小了机器人受到的峰值冲击力,所以实现了踝关节组件的着地缓冲性能。

[0044] 具体的在应用过程中,两摆动电机分为第一摆动电机11和位于其下方的第二摆动电机3,位于驱动组件后侧的一对连接绳索分为第一连接绳索10和第二连接绳索9,第一连接绳索10与第一摆动电机11上的绳索固定块20连接,第二连接绳索9与第二摆动电机3上的绳索固定块20连接,位于驱动组件前侧的一对连接绳索分为第三连接绳索5和第四连接绳索14,第三连接绳索5与第一摆动电机11上的绳索固定块20连接,第四连接绳索14与第二摆动电机3上的绳索固定块20连接;第一连接绳索10和第四连接绳索14与脚板8连接的端部位于脚板8的同一侧,第二连接绳索9和第三连接绳索5与脚板8连接的端部位于脚板8的同一侧。两避震连接杆分为第一避震连接杆6和第二避震连接杆7,第一避震连接杆6靠近第三连接绳索5,第二避震连接杆7靠近第四连接绳索14,两拉簧组件分为靠近第三连接绳索5的第一拉簧组件16和靠近第四连接绳索14的第二拉簧组件15。

[0045] 在矢状面背屈时:由第一驱动电机逆时针转动来驱动第一连接绳索10,第一避震

连接杆6作为并联弹簧压缩,第一避震连接杆6与第一连接绳索10组成第一组SEAPS。由第二驱动电机顺时针转动来驱动第二连接绳索9,第二避震连接杆7作为并联弹簧压缩,第二避震连接杆7与第二连接绳索9组成第二组SEAPS。实现踝关节产生背屈转动。

[0046] 在矢状面趾屈时:由第一驱动电机顺时针转动来驱动第四连接绳索14,第一拉簧组件16作为并联弹簧拉伸,第一拉簧组件16与第四连接绳索14组成第三组SEAPS。由第二驱动电机逆时针转动来驱动第三连接绳索5,第二拉簧组件15作为并联弹簧拉伸,第二拉簧组件15与第三连接绳索5组成第四组SEAPS。实现踝关节产生趾屈转动。

[0047] 在冠状面外翻时:由第一驱动电机逆时针转动来驱动第一连接绳索10,第一避震连接杆6作为并联弹簧压缩。由第二驱动电机逆时针转动来驱动第三连接绳索5,第二拉簧组件15作为并联弹簧拉伸。实现踝关节产生外翻转动。

[0048] 在冠状面内翻时:由第一驱动电机顺时针转动来驱动第四连接绳索14,第一拉簧组件16作为并联弹簧拉伸。由第二驱动电机顺时针转动来驱动第二连接绳索9,第二避震连接杆7作为并联弹簧压缩。实现踝关节产生内翻转动。

[0049] 整个仿生足中的踝关节组件可以同时实现在矢状面和冠状面下 $\pm 30^\circ$ 的运动范围,可以使机器人适应多种复杂路况。因为第一组SEAPS和第二组SEAPS作用时,可以使得踝关节在矢状面下最大达到 $-30^\circ$ ;因为第三组SEAPS和第四组SEAPS作用时,可以使得踝关节在矢状面下最大达到 $30^\circ$ 。因为第一组SEAPS和第四组SEAPS作用时,可以使得踝关节在冠状面下最大达到 $-30^\circ$ ;因为第二组SEAPS和第三组SEAPS作用时,可以使得踝关节在冠状面下最大达到 $30^\circ$ 。进而踝关节组件可以同时实现在矢状面和冠状面下较大的运动范围,所以对对应的机器人可以适应多种路况。而且本发明具备良好的抗冲击以及碰撞安全保护能力。因为使用了多种串联弹性驱动器和并联弹簧结合的形式,当仿生踝关节在受到冲击时,首先并联弹簧会发生变形,其次串联弹性驱动器也会产生形变,会将大部分碰撞能储存在串联弹性驱动器和并联弹簧中,进而较小了机器人受到的峰值冲击力,所以实现了仿生踝关节的着地缓冲性能。

[0050] 整个未加任何传感器,可以感知路面的状况,具备自感知能力。因为SEAPS自身具有柔顺性,在未加传感器的情况下,当仿生踝关节接触不同路况时,脚板8会很快贴合在路面上。使得SEAPS带动两个驱动电机发生转动,进而通过仿生踝关节的逆运动学的计算,可以直接得到踝关节在矢状面和冠状面的角度。所以实现了仿生踝关节的自感知能力。

[0051] 其中,卷线轮包括与驱动轴同轴设置的缠绕筒,缠绕筒上设有用于沿其轴向缠绕分绳索的螺纹槽19,缠绕筒沿其轴向的两端均设有挡板18,同一卷线轮上的两绳索固定块20分别安装在各挡板18上,并位于挡板18靠近缠绕筒的一侧,通过缠绕筒完成对分绳索的缠绕,且避免重叠在同一径向上,避免对绳索固定块20的转动造成影响。

[0052] 进一步的,支撑部4的顶部开设有竖直延伸的第一连接盲孔,电机固定架2的底部开设有与第一连接盲孔同轴的第二连接盲孔,第一连接盲孔和第二连接盲孔之间连接有碳纤维管,第一连接盲孔和第二连接盲孔上均设有用于套紧碳纤维管的预紧机构,通过碳纤维管减少驱动组件和踝关节组件之间的震动,保证两者之间的连接强度和抗变形能力。

[0053] 根据实际需求而进行的适应性改变均在本发明的保护范围内。

[0054] 需要说明的是,对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本

发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0055] 本发明中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

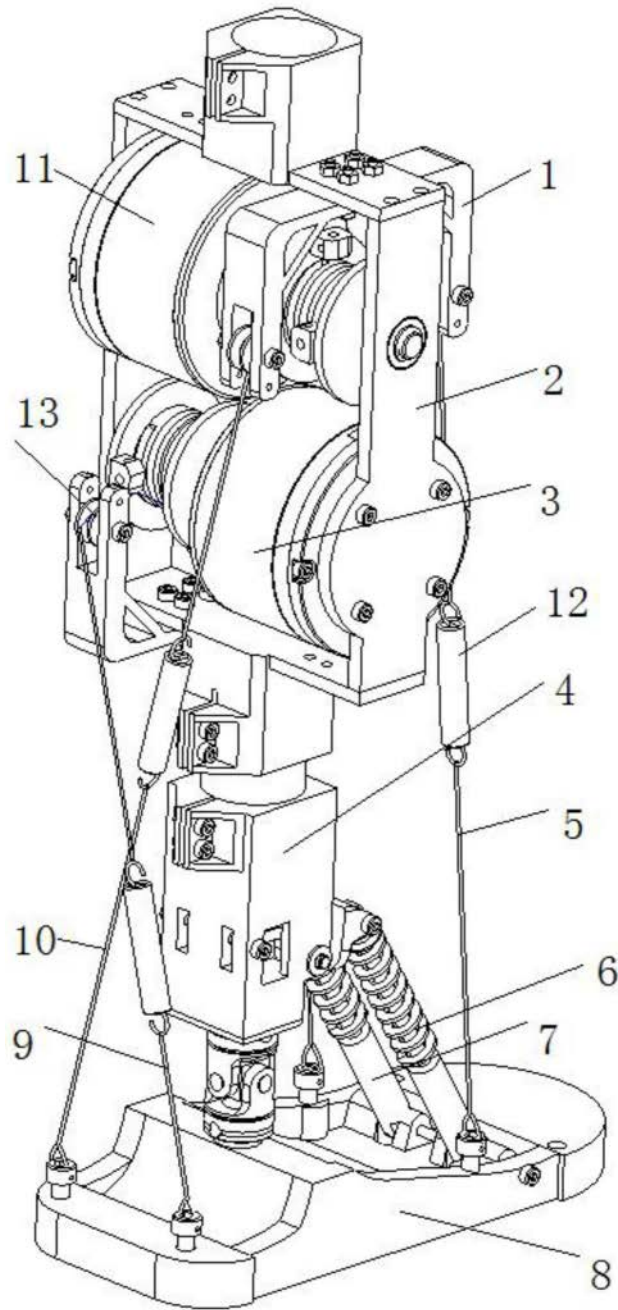


图1

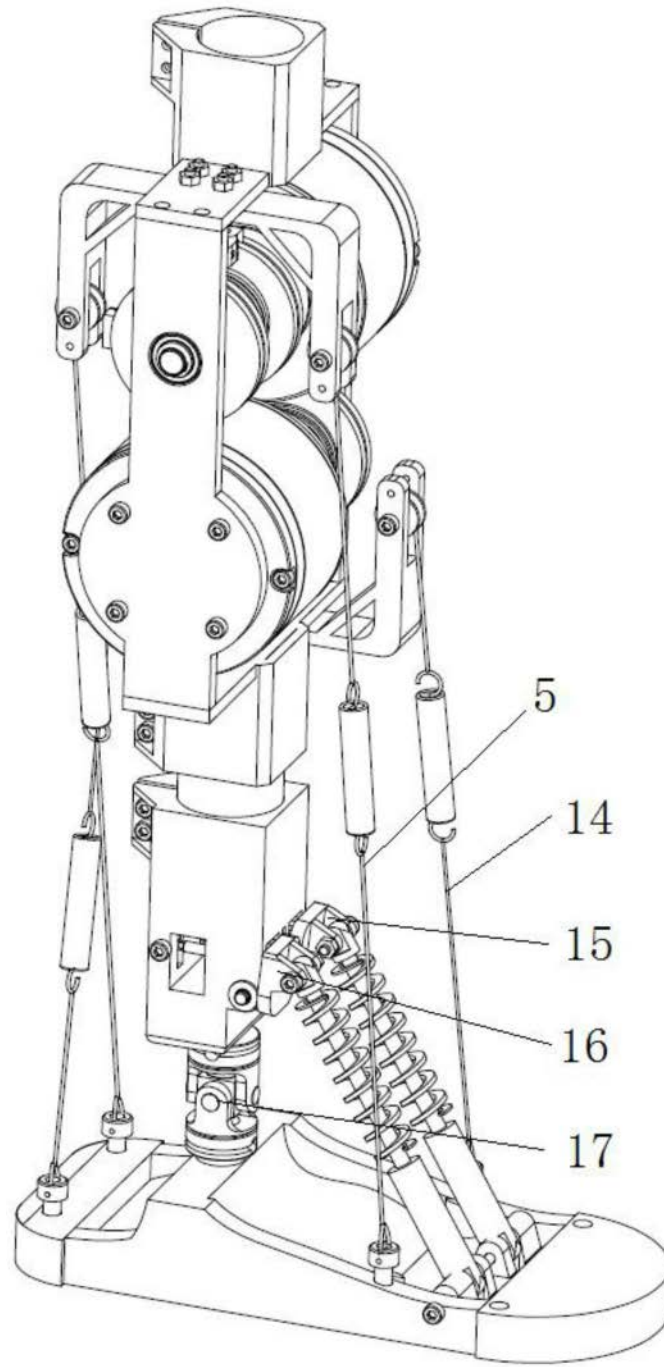


图2

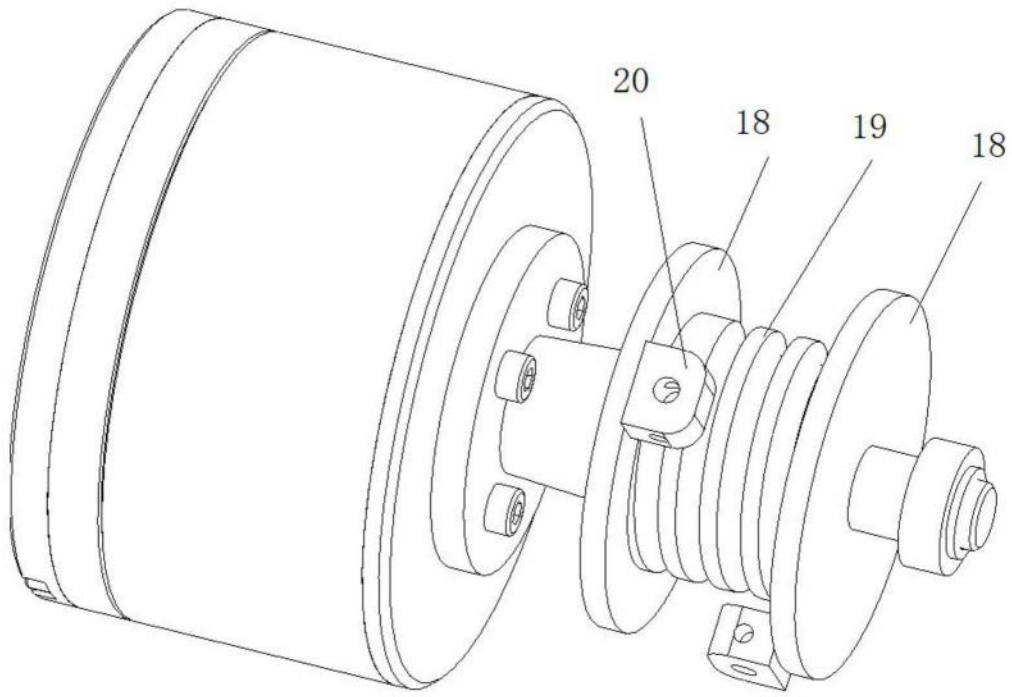


图3

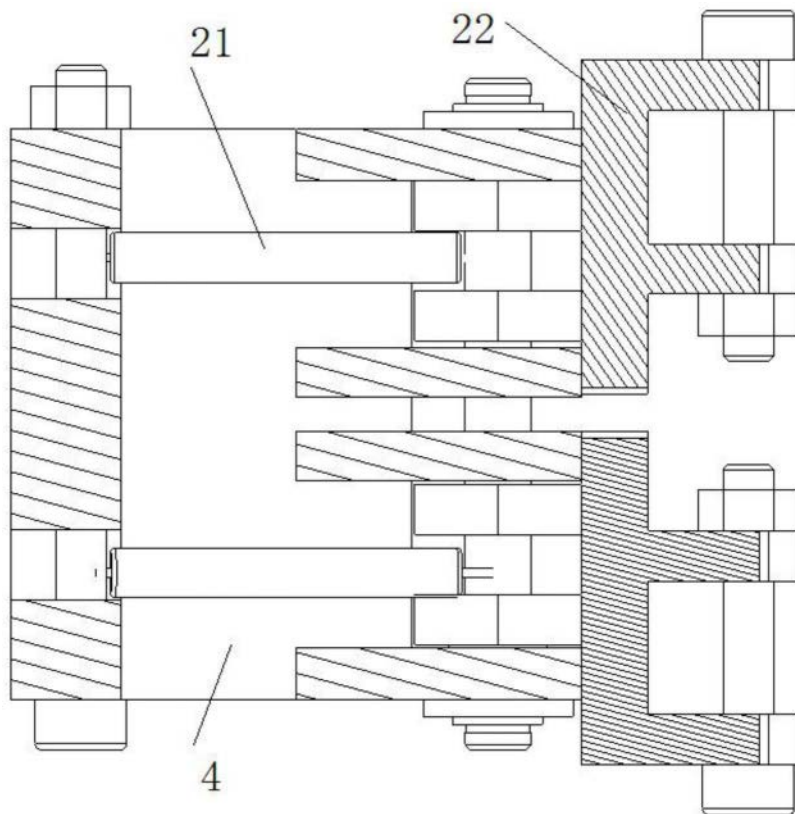


图4