



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110450869 A

(43)申请公布日 2019. 11. 15

(21)申请号 201910711377.0

(22)申请日 2019.08.02

(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

(72)发明人 李锐明 姚燕安 孙军权

(74)专利代理机构 北京市诚辉律师事务所
11430

代理人 杨帅峰

(51)Int.Cl.

B62D 55/065(2006.01)

B62D 55/075(2006.01)

B62D 55/08(2006.01)

B62D 55/108(2006.01)

B62D 55/30(2006.01)

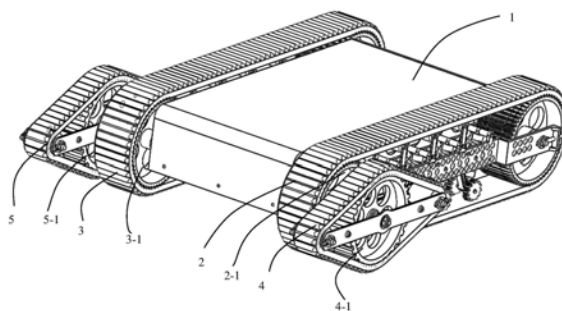
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

一种自适应欠驱动履带机器人

(57)摘要

本发明公开了一种自适应欠驱动履带机器人,包括:机器人车体,第一主履带,第二主履带,第一行星履带,第二行星履带,第一主动轴,第二主动轴。第一主履带、第二主履带、第一行星履带、第二行星履带分别对称安装在机器人车体的两侧,第一、第二行星履带安装在机器人的前端。第一主动轴将第一电机输出的动力传递到第一主履带和第一行星履带上,第二主动轴将第二电机输出的动力传递到第二主履带和第二行星履带上,驱动机器人运动;第一、第二行星履带在平整地面行驶时前端贴紧地面作为履带使用,当遇到台阶等障碍时能够绕第一、第二主动轴翻转实现被动自适应越障,该机器人仅由两个电机驱动即可实现行驶、转向、越障等功能,减轻了自身重量,减少了越障时间,降低了控制成本,增加了续航时间。



1. 一种自适应欠驱动履带机器人,其特征在于,包括:机器人车体(1),第一主履带(2),第二主履带(3),第一行星履带(4),第二行星履带(5),第一主动轴(6),第二主动轴(7);

所述的第一主履带(2)、第二主履带(3)、第一行星履带(4)、第二行星履带(5)安装在机器人车体(1)的两侧,第一行星履带(4)、第二行星履带(5)安装在机器人的前端;所述的第一主动轴(6)将机器人车体(1)上安装的第一电机(1-1)输出的动力传递到第一锥齿轮(1-8)和第三锥齿轮(1-7),并进一步传递到第一主履带(2)的第一主动轮(2-1)和第一行星履带(4)的行星主动轮(4-1)上;同理第二主动轴(7)将第二电机(1-2)输出的动力传递到第二主履带(3)和第二行星履带(5)上,驱动机器人运动;所述的第一主履带(2)、第二主履带(3)各需要一个驱动,分别由第一主动轴(6)、第二主动轴(7)完全约束;所述的第一行星履带(4)、第二行星履带(5)各有两个自由度、需要两个驱动,分别通过第一主动轴(6)、第二主动轴(7)约束一个自由度,另一个自由度未被约束,机构处于欠驱动状态;第一行星履带(4)、第二行星履带(5)在平整地面行驶时前端贴紧地面作为履带使用,当遇到台阶等障碍时能够绕第一主动轴(6)、第二主动轴(7)翻转实现自适应越障,该机器人仅由两个电机驱动即可实现行驶、转向、越障等功能。

2. 根据权利要求1所述的一种自适应欠驱动履带机器人,其特征在于:所述的机器人车体(1)包括机器人车体底盘(1-3),罩在底盘上的壳体(1-4),安装在底盘(1-3)上的轴承座(1-5),电机座(1-6),第一锥齿轮(1-8)、第二锥齿轮(1-10)、第三锥齿轮(1-7)和第四锥齿轮(1-9);

所述的电机座(1-6)共有两个,安装在机器人底盘(1-3)上,两个电机座上分别安装有第一电机(1-1)、第二电机(1-2),所述的第一锥齿轮(1-8)、第二锥齿轮(1-10)通过平键连接分别安装在第一电机(1-1)、第二电机(1-2)的前端输出轴上,第三锥齿轮(1-7)、第四锥齿轮(1-9)通过平键连接分别安装在第一主动轴(6)、第二主动轴(7)上,第一电机(1-1)、第二电机(1-2)输出轴上的第一锥齿轮(1-8)、第二锥齿轮(1-10)分别与第一主动轴(6)、第二主动轴(7)上的第三锥齿轮(1-7)、第四锥齿轮(1-9)相互啮合,实现动力传输;所述的轴承座(1-5)有四个,均安装在机器人底盘(1-3)上,用于固定第一主动轴(6)、第二主动轴(7)。

3. 根据权利要求1所述的一种自适应欠驱动履带机器人,其特征在于:所述的机器人第一主履带(2)、第二主履带(3)为镜像关系,安装在机器人底盘(1-3)的左右两侧;所述的第一主履带(2)其特征在于,包括:第一主动轮(2-1)、主履带轮架(2-2)、从动轮(2-3)、减震机构(2-4)、托带轮机构(2-5)、张紧机构(2-6);

所述的主履带轮架(2-2)通过螺母安装在机器人底盘(1-3)的一侧,履带轮架(2-2)有前叉和后叉,在前叉中安装有第一主动轮(2-1),后叉安装有从动轮(2-3),在履带轮架(2-2)前后叉之间安装有托带轮机构(2-5),减震机构(2-4);

所述的第一主动轮(2-1)安装在第一主动轴(6)上,第一主动轮(2-1)与第一主动轴(6)之间通过平键连接,在第一主动轮(2-1)两侧安装有套筒对其进行轴向定位;

所述的从动轮(2-3)安装在从动轮轴(2-7)上,从动轮(2-3)和从动轮轴(2-7)之间通过轴承连接,从动轮轴(2-7)安装在履带轮架(2-2)后叉上的腰型孔(2-2-1)中,在履带轮架后叉两侧安装有张紧机构(2-6),该张紧机构(2-6)的张紧螺栓(2-6-1)上的垫圈安装在从动轮轴上,螺栓安装在主履带轮架后叉端部的通孔中,通过调整螺母(2-6-2)使从动轮(2-3)前后移动,实现履带的松紧调整;

所述的减震机构(2-4)的第一销轴(2-4-1)、第二销轴(2-4-2)均安装在履带轮架(2-2)上,销轴两端通过卡簧固定;减震器(2-4-3)的上端安装在第二销轴(2-4-2)上,两侧通过套筒定位,减震器(2-4-3)下端安装在杆(2-4-6)上,杆(2-4-6)的上端安装在第一销轴(2-4-1)上,杆(2-4-6)两侧通过套筒定位;第三销轴(2-4-5)安装在杆(2-4-6)下端相应的孔中,在第三销轴(2-4-5)两端安装有履带轮(2-4-4),为使履带轮(2-4-4)转动顺畅,在履带轮(2-4-4)与第三销轴(2-4-5)之间安装有轴承,在履带轮(2-4-5)的外侧利用卡簧进行固定。

4. 根据权利要求1所述的一种自适应欠驱动履带机器人,其特征在于:所述的第一行星履带(4)、第二行星履带(5)安装在第一主动轴(6)、第二主动轴(7)上,为防止第一行星履带(4)、第二行星履带(5)运动时与第一主履带(2)、第二主履带(3)之间出现干涉或摩擦,在第一主履带(2)与第一行星履带(4)、第二主履带(3)与第二行星履带(5)之间安装有推力轴承(8)。

5. 根据权利要求1所述的机器人第一行星履带(4)、第二行星履带(5)为镜像关系;所述的第一行星履带(4),其特征在于,包括:行星主动轮(4-1)、第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)、行星轮架(4-9)、顶杆(4-3)、履带,第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)分别安装在行星主动轮(4-1)的两侧,且三个轮子的轴线位于同一平面,履带安装在三个轮子外侧;所述的行星主动轮(4-1)安装在主动轴(6)上,二者之间通过平键连接;所述的第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)分别安装在第一行星轮轴(4-4-1)、第二行星轮轴(4-4-2)上,第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)为从动轮,第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)与第一行星轮轴(4-4-1)、第二行星轮轴(4-4-2)之间安装有轴承(4-5);所述的行星主动轮(4-1)、第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)两侧利用行星轮架(4-9)固定,利用套筒分别对行星主动轮(4-1)、第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)进行轴向定位;为防止行星轮架(4-9)与第一主动轴(6)之间产生摩擦,在行星轮架(4-9)与第一主动轴(6)之间安装有法兰轴承(4-10);所述的第一行星轮轴(4-4-1)、第二行星轮轴(4-4-2)安装在行星轮架(4-9)两端的腰型槽中,将张紧螺栓(4-7)一端的垫圈套在第一行星轮轴(4-4-1)上,调节螺母(4-6)使行星轮轴(4-4-2)进行移动,调整履带的松紧,张紧完成之后,拧紧螺母(4-11)将第一行星轮轴(4-4-1)固定;所述的行星主动轮(4-1)两侧的行星轮架(4-9)之间安装有顶杆(4-3),利用螺钉(4-8)进行固定。

一种自适应欠驱动履带机器人

技术领域

[0001] 本发明属于机器人技术领域,涉及地面移动机器人,特别涉及一种自适应欠驱动履带机器人。

背景技术

[0002] 履带式移动机器人因其在运动时接地面积大、接地比压小、转向半径小、运行稳定等特点而得到广泛的研究,并逐步的应用于反恐、排爆以及军事侦查等场合。专利US6263989和CN108216400A分别公开了一种履带式机器人,两个履带机器人在其前端主履带的两侧安装了两个摆臂履带,用来辅助机器人越障,通过电机分别驱动履带和摆臂运动,提高机器人的通过性和越障能力;两种履带机器人越障时需要利用遥控设备控制机器人摆臂旋转,调整到一定姿态辅助机器人爬上障碍。这种越障方式一方面需要三个电机协调工作,增大了机器人的整体重量和能量消耗;另一方面,在遇到障碍时需要依赖传感器检测,并通过算法或人工来调整机器人姿态,控制复杂,越障时间较长。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种欠驱动的自适应越障的履带机器人,减少履带机器人驱动电机数量,降低履带机器人自身重量,让履带机器人具有更为优越的越障能力、续航时间,同时可被动自适应地形实现快速越障,降低控制成本,减少越障时间。

[0004] 为解决上述问题,本发明提供如下技术方案:一种自适应欠驱动履带机器人包括:机器人车体,第一主履带,第二主履带,第一行星履带,第二行星履带,第一主动轴,第二主动轴;第一主动轴将第一电机输出的动力传递到第一主履带和第一行星履带上,第二主动轴将第二电机输出的动力传递到第二主履带和第二行星履带上,驱动机器人运动;第一、第二主履带分别由第一、第二主动轴驱动;第一、第二行星履带处于欠驱动状态;当第一、第二行星履带在平整地面行驶时前端贴紧地面作为履带使用,当遇到台阶等障碍时能够绕第一、第二主动轴翻转实现被动自适应越障,该机器人仅由两个电机驱动即可实现行驶、转向、越障等功能。

[0005] 机器人车体包括底盘,罩在底盘上的壳体,安装在底盘上的轴承座,电机座,第一锥齿轮、第二锥齿轮、第三锥齿轮和第四锥齿轮;第一、第二电机分别安装在两个电机座上;第一、第二锥齿轮分别连接在第一、第二电机的输出轴上,并通过第三、第四锥齿轮将动力传递给第一、第二主动轴。

[0006] 机器人第一主履带、第二主履带为镜像关系,对称安装在机器人底盘的左右两侧;第一主履带包括:第一主动轮、主履带轮架、从动轮、减震机构、托带轮机构、张紧机构;主履带轮架安装在机器人底盘的一侧,履带轮架有前叉和后叉,在前叉中安装有第一主动轮,后叉安装有从动轮,在履带轮架前后叉之间安装有托带轮机构,减震机构;第一主动轮安装在第一主动轴上,从动轮安装在从动轮轴上,从动轮轴安装在履带轮架后叉上的腰型孔中,在履带轮架后叉两侧安装有张紧机构,实现履带的松紧调整;减震机构的第一销轴、第二销轴

均安装在履带轮架上;减震器的上端安装在第二销轴上,减震器下端安装在杆上,杆的上端安装在第一销轴上;第三销轴安装在杆下端相应的孔中,在第三销轴两端安装有履带轮。

[0007] 第一行星履带、第二行星履带安装在第一主动轴、第二主动轴上,为防止第一行星履带、第二行星履带运动时与第一主履带、第二主履带之间出现干涉或摩擦,在第一主履带与第一行星履带、第二主履带与第二行星履带之间安装有推力轴承。

[0008] 第一行星履带包括:行星主动轮、第一行星轮、第二行星轮、行星轮架、顶杆、履带,第一、第二行星轮分别安装在行星主动轮的两侧,且三个轮子的轴线位于同一平面,履带安装在三个轮子外侧;行星主动轮安装在主动轴上,第一、第二行星轮分别安装在第一、第二行星轮轴上,第一、第二行星轮为从动轮,第一、第二行星轮与第一、第二行星轮轴之间安装有轴承;行星主动轮、第一行星轮、第二行星轮两侧利用行星轮架固定;为防止行星轮架与第一主动轴之间产生摩擦,在行星轮架与第一主动轴之间安装有法兰轴承;第一、第二行星轮轴安装在行星轮架两端的腰型槽中,将张紧螺栓一端的垫圈套在第一行星轮轴上,调节螺母使行星轮轴进行移动,调整履带的松紧;行星主动轮两侧的行星轮架之间安装有顶杆,用于加固行星履带。

[0009] 本申请的有益效果主要表现在:第一电机、第二电机将动力传递到第一主动轴、第二主动轴上,所述的第一主动轴驱动第一主履带、第一行星履带,第二主动轴驱动第二主履带、第二行星履带,使机器人产生运动。整个履带机器人只需要两个电机即可实现前进、后退、转向、越障等功能,电机使用数量减少降低了机器人的整体重量及能量消耗,有助于提升机器人的续航里程;自适应越障能力有助于降低控制算法的难度和操作人员疲劳程度,减少了越障时间。

附图说明

[0010] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述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申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的明显变形方式。

[0011] 图1一种自适应欠驱动履带机器人的整体结构图。

[0012] 图2一种自适应欠驱动履带机器人的传动方式示意图。

[0013] 图3一种自适应欠驱动履带机器人的主履带机构示意图。

[0014] 图4一种自适应欠驱动履带机器人的张紧机构示意图。

[0015] 图5一种自适应欠驱动履带机器人的减震机构示意图。

[0016] 图6一种自适应欠驱动履带机器人的行星履带机构的爆炸图。

[0017] 图7一种自适应欠驱动履带机器人在行星履带辅助下爬越台阶的过程示意图。

[0018] 图8一种自适应欠驱动履带机器人在连续台阶上运行的示意图。

具体实施方式

[0019] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请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申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,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,都属于本申请保护的范围。

[0020] 如图1和图2所示,自适应欠驱动履带机器人包括:机器人车体(1),第一主履带(2),第二主履带(3),第一行星履带(4),第二行星履带(5),第一主动轴(6),第二主动轴(7)。

[0021] 如图2所示,第一主履带(2)、第二主履带(3)、第一行星履带(4)、第二行星履带(5)安装在机器人车体(1)的两侧,第一行星履带(4)、第二行星履带(5)安装在机器人的前端;所述的第一主动轴(6)将机器人车体(1)上安装的第一电机(1-1)输出的动力传递到第一锥齿轮(1-8)和第三锥齿轮(1-7),并进一步传递到第一主履带(2)的第一主动轮(2-1)和第一行星履带(4)的行星主动轮(4-1)上;同理第二主动轴(7)将第二电机(1-2)输出的动力传递到第二主履带(3)和第二行星履带(5)上,驱动机器人运动;所述的第一主履带(2)、第二主履带(3)各需要一个驱动,分别由第一主动轴(6)、第二主动轴(7)完全约束;所述的第一行星履带(4)、第二行星履带(5)各有两个自由度、需要两个驱动,分别通过第一主动轴(6)、第二主动轴(7)约束一个自由度,另一个自由度未被约束,机构处于欠驱动状态;第一行星履带(4)、第二行星履带(5)在平整地面行驶时前端贴紧地面作为履带使用,当遇到台阶等障碍时能够绕第一主动轴(6)、第二主动轴(7)翻转实现自适应越障,该机器人仅由两个电机驱动即可实现行驶、转向、越障等功能。

[0022] 如图2所示,机器人车体(1)包括机器人车体底盘(1-3),罩在底盘上的壳体(1-4),安装在底盘(1-3)上的轴承座(1-5),电机座(1-6),第一锥齿轮(1-8)、第二锥齿轮(1-10)、第三锥齿轮(1-7)和第四锥齿轮(1-9);所述的电机座(1-6)共有两个,安装在机器人底盘(1-3)上,两个电机座上分别安装有第一电机(1-1)、第二电机(1-2),所述的第一锥齿轮(1-8)、第二锥齿轮(1-10)通过平键连接分别安装在第一电机(1-1)、第二电机(1-2)的前端输出轴上,第三锥齿轮(1-7)、第四锥齿轮(1-9)通过平键连接分别安装在第一主动轴(6)、第二主动轴(7)上,第一电机(1-1)、第二电机(1-2)输出轴上的第一锥齿轮(1-8)、第二锥齿轮(1-10)分别与第一主动轴(6)、第二主动轴(7)上的第三锥齿轮(1-7)、第四锥齿轮(1-9)相互啮合,实现动力传输;所述的轴承座(1-5)有四个,均安装在机器人底盘(1-3)上,用于固定第一主动轴(6)、第二主动轴(7)。

[0023] 如图1所示,第一主履带(2)、第二主履带(3)为镜像关系,安装在机器人底盘(1-3)的左右两侧;如图3所示,第一主履带(2)包括:第一主动轮(2-1)、主履带轮架(2-2)、从动轮(2-3)、减震机构(2-4)、托带轮机构(2-5)、张紧机构(2-6);主履带轮架(2-2)通过螺母安装在机器人底盘(1-3)的一侧,履带轮架(2-2)有前叉和后叉,在前叉中安装有第一主动轮(2-1),后叉安装有从动轮(2-3),在履带轮架(2-2)前后叉之间安装有托带轮机构(2-5),减震机构(2-4);第一主动轮(2-1)安装在第一主动轴(6)上,第一主动轮(2-1)与第一主动轴(6)之间通过平键连接,在第一主动轮(2-1)两侧安装有套筒对其进行轴向定位;从动轮(2-3)安装在从动轮轴(2-7)上,从动轮(2-3)和从动轮轴(2-7)之间通过轴承连接,从动轮轴(2-7)安装在履带轮架(2-2)后叉上的腰型孔(2-2-1)中,

[0024] 如图4所示,在履带轮架后叉两侧安装有张紧机构(2-6),该张紧机构(2-6)的张紧螺栓(2-6-1)上的垫圈安装在从动轮轴上,螺栓安装在主履带轮架后叉端部的通孔中,通过调整螺母(2-6-2)使从动轮(2-3)前后移动,实现履带的松紧调整;

[0025] 如图5所示,减震机构(2-4)的第一销轴(2-4-1)、第二销轴(2-4-2)均安装在履带

轮架(2-2)上,销轴两端通过卡簧固定;减震器(2-4-3)的上端安装在第二销轴(2-4-2)上,两侧通过套筒定位,减震器(2-4-3)下端安装在杆(2-4-6)上,杆(2-4-6)的上端安装在第一销轴(2-4-1)上,杆(2-4-6)两侧通过套筒定位;第三销轴(2-4-5)安装在杆(2-4-6)下端相应的孔中,在第三销轴(2-4-5)两端安装有履带轮(2-4-4),为使履带轮(2-4-4)转动顺畅,在履带轮(2-4-4)与第三销轴(2-4-5)之间安装有轴承,在履带轮(2-4-5)的外侧利用卡簧进行固定。

[0026] 如图2所示,第一行星履带(4)、第二行星履带(5)安装在第一主动轴(6)、第二主动轴(7)上,为防止第一行星履带(4)、第二行星履带(5)运动时与第一主履带(2)、第二主履带(3)之间出现干涉或摩擦,在第一主履带(2)与第一行星履带(4)、第二主履带(3)与第二行星履带(5)之间安装有推力轴承(8)。

[0027] 如图2和图6所示,机器人第一行星履带(4)、第二行星履带(5)为镜像关系,第一行星履带(4)包括:行星主动轮(4-1)、第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)、行星轮架(4-9)、顶杆(4-3)、履带,第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)分别安装在行星主动轮(4-1)的两侧,且三个轮子的轴线位于同一平面,履带安装在三个轮子外侧;所述的行星主动轮(4-1)安装在主动轴(6)上,二者之间通过平键连接;所述的第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)分别安装在第一行星轮轴(4-4-1)、第二行星轮轴(4-4-2)上,第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)为从动轮,第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)与第一行星轮轴(4-4-1)、第二行星轮轴(4-4-2)之间安装有轴承(4-5);所述的行星主动轮(4-1)、第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)两侧利用行星轮架(4-9)固定,利用套筒分别对行星主动轮(4-1)、第一行星轮(4-2-1)、第二行星轮(4-2-2)进行轴向定位;为防止行星轮架(4-9)与第一主动轴(6)之间产生摩擦,在行星轮架(4-9)与第一主动轴(6)之间安装有法兰轴承(4-10);所述的第一行星轮轴(4-4-1)、第二行星轮轴(4-4-2)安装在行星轮架(4-9)两端的腰型槽中,将张紧螺栓(4-7)一端的垫圈套在第一行星轮轴(4-4-1)上,调节螺母(4-6)使行星轮轴(4-4-2)进行移动,调整履带的松紧,张紧完成之后,拧紧螺母(4-11)将第一行星轮轴(4-4-1)固定;所述的行星主动轮(4-1)两侧的行星轮架(4-9)之间安装有顶杆(4-3),利用螺钉(4-8)进行固定。

[0028] 如图7所示,当履带机器人在运行过程中遇到障碍时,机器人不用耗费时间调整机器人的行星履带,即可利用两个行星履带的翻滚辅助机器人越障。具体实施方式如下:当履带机器人运行过程中遇到台阶时,机器人在a过程时第一、第二行星履带(4、5)的前端与台阶的竖直面接触,在机器人第一、第二主履带(2、3)的推动下,第一、第二行星履带(4、5)受到台阶竖直面的反作用力也逐渐增大,直至令第一、第二行星履带(4、5)的主动轮停止转动,第一、第二主动轴(6、7)将第一、第二电机(1-1、1-2)的动力传递到行星轮架(4-9)上,使第一、第二行星履带(4、5)绕着前端第一从动轮(4-2-1)轮心产生转动,将机器人抬起;在过程c时第一、第二行星履带(4、5)的一侧与台阶垂直面重合,随着第一、第二主履带(2、3)的不断推动,第一、第二行星履带(4、5)翻转到台阶上(过程d),第一、第二主履带(2、3)的前端搭到台阶的边缘后,在第一、第二主履带(2、3)与台阶边缘的作用下使机器人成功爬上台阶(过程e),完成台阶攀爬越障。所述的机器人攀爬台阶越障的过程不需要检测和控制机器人和行星履带的姿态,仅需要驱动两个电机向前运动即可实现被动自适应越障,且两个电机布置在机器人的前端,机器人整机的重心靠前,也有助于机器人攀爬台阶、斜坡等障碍。

[0029] 如图8所示,当机器人在连续台阶上运行时,机器人合理的结构尺寸能够保证机器人第一、第二主履带(2、3)接地长度大于三级台阶上P、Q两点之间的距离,且行星履带接地长度也大于两级台阶间距离;当机器人在攀爬连续台阶时,始终保持第一、第二主履带(2、3)至少与两个台阶的边沿相接触,机器人便可以在台阶上连续运行,进而减少机器人重复攀爬时间和能量消耗。

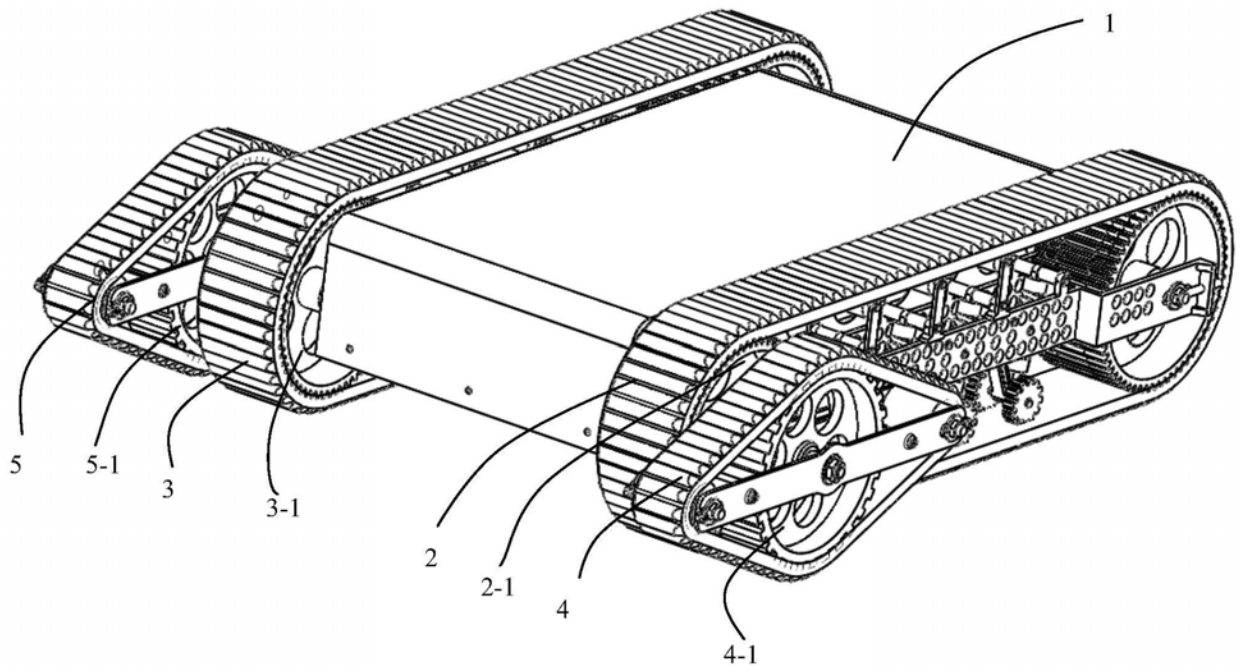


图1

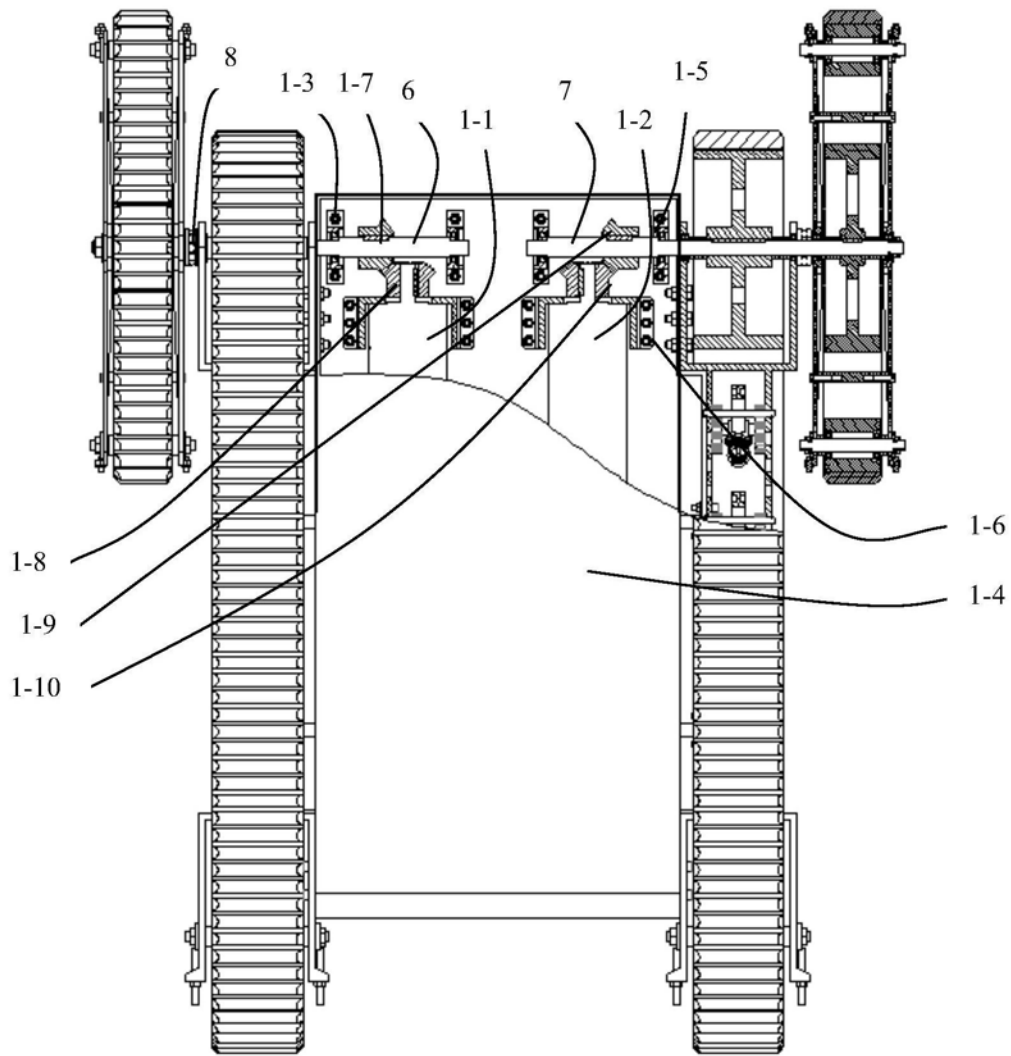


图2

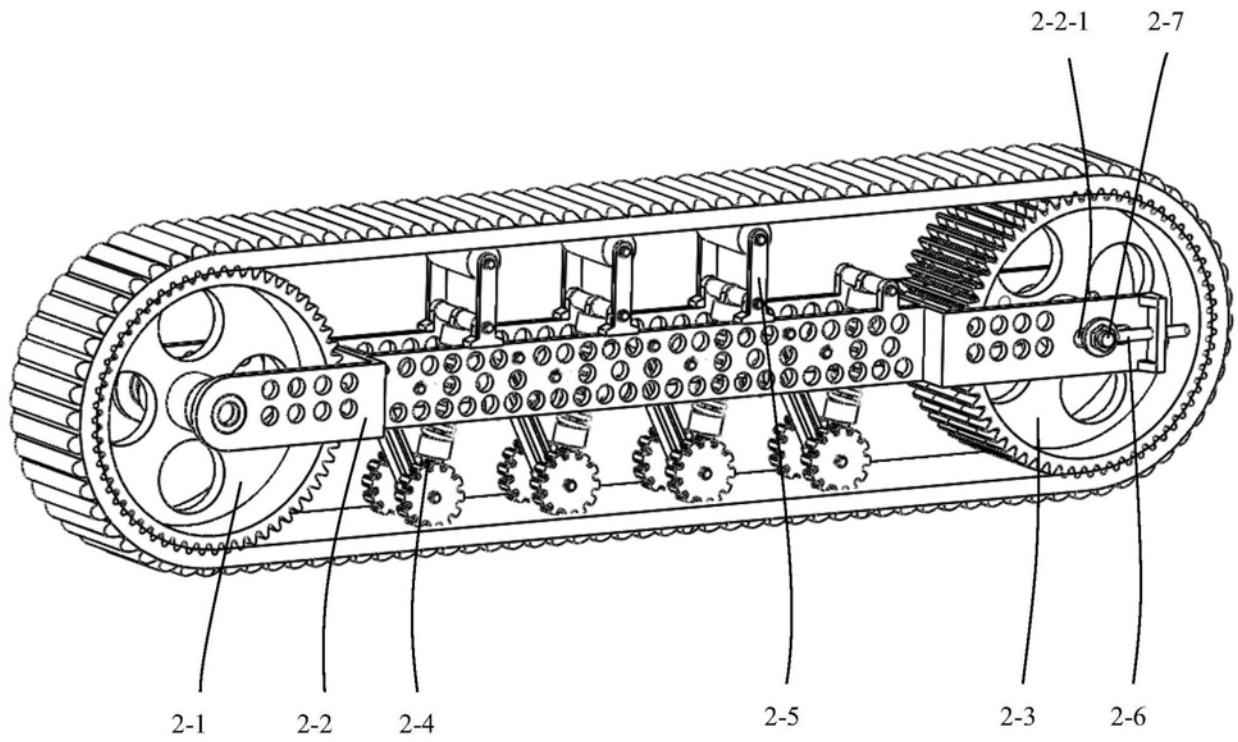


图3

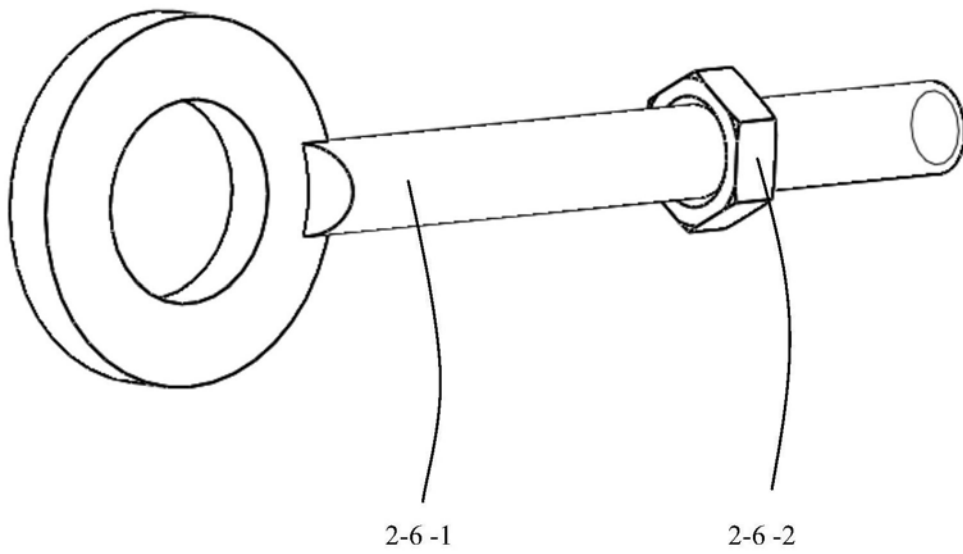


图4

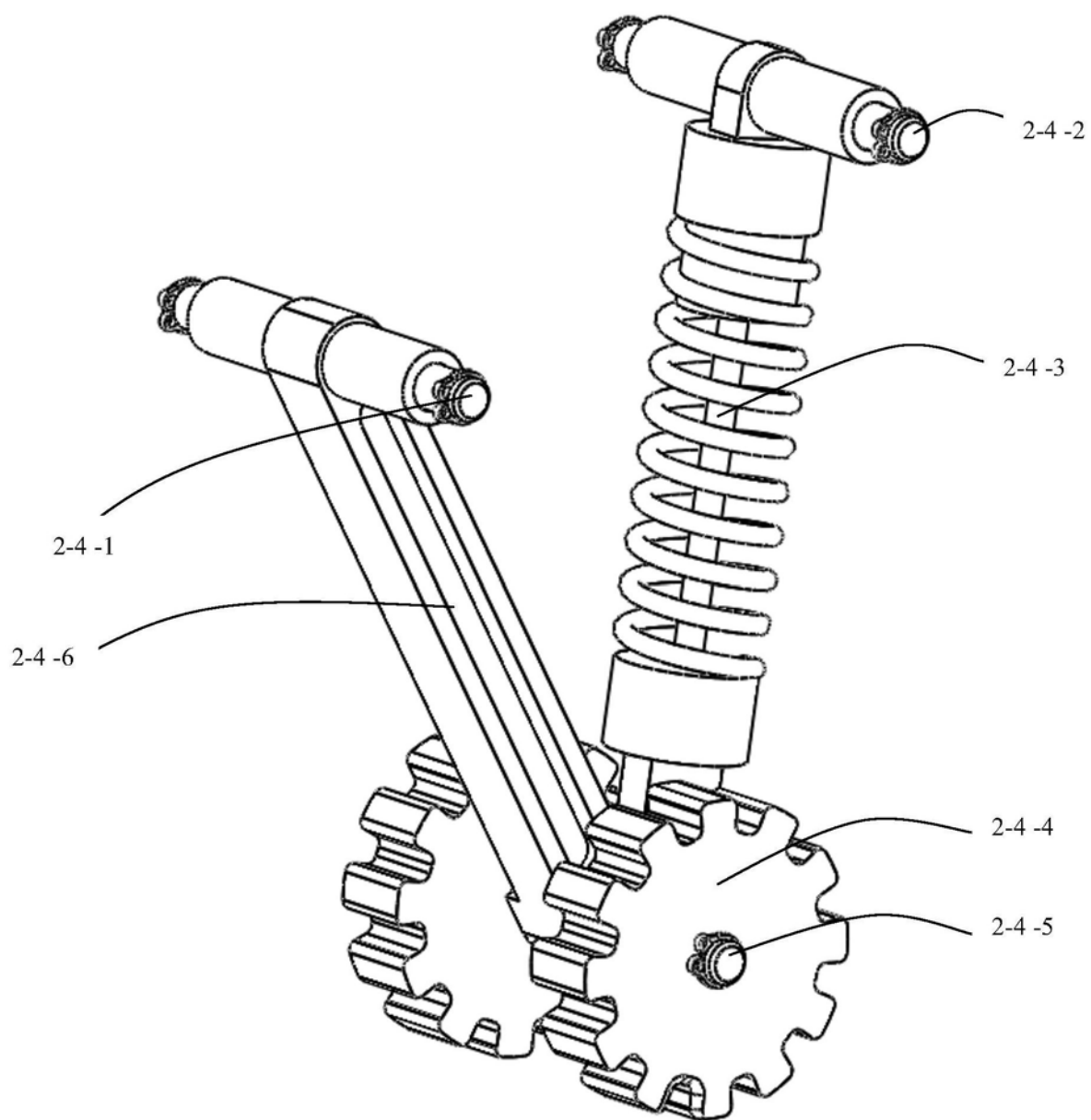


图5

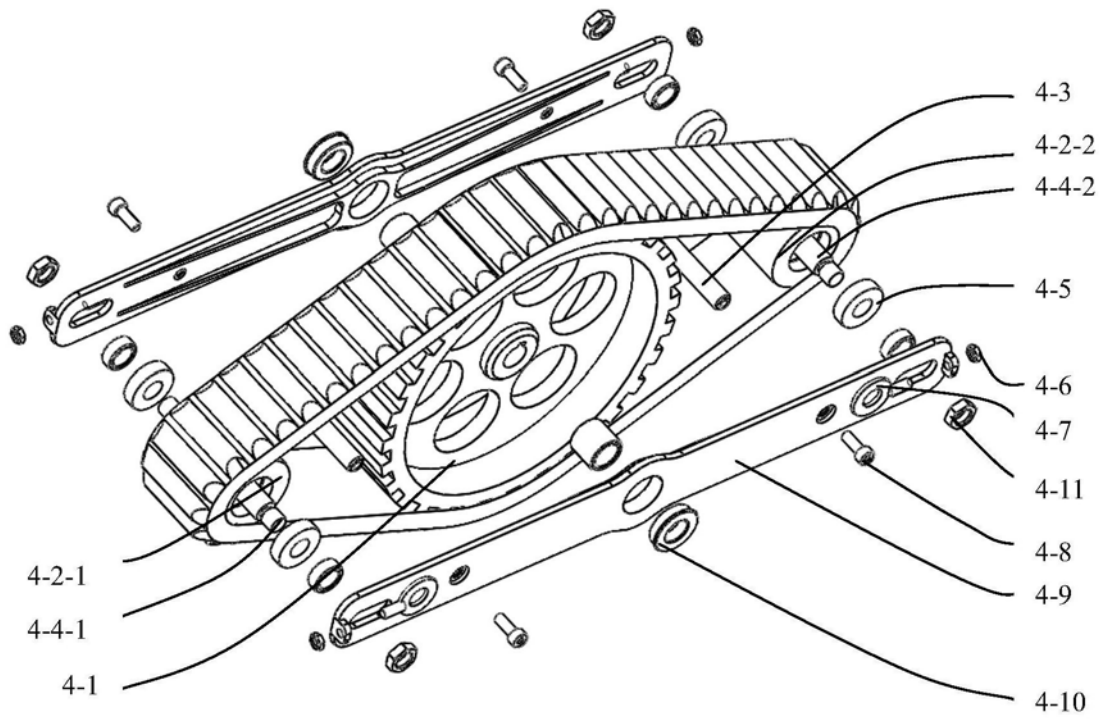


图6

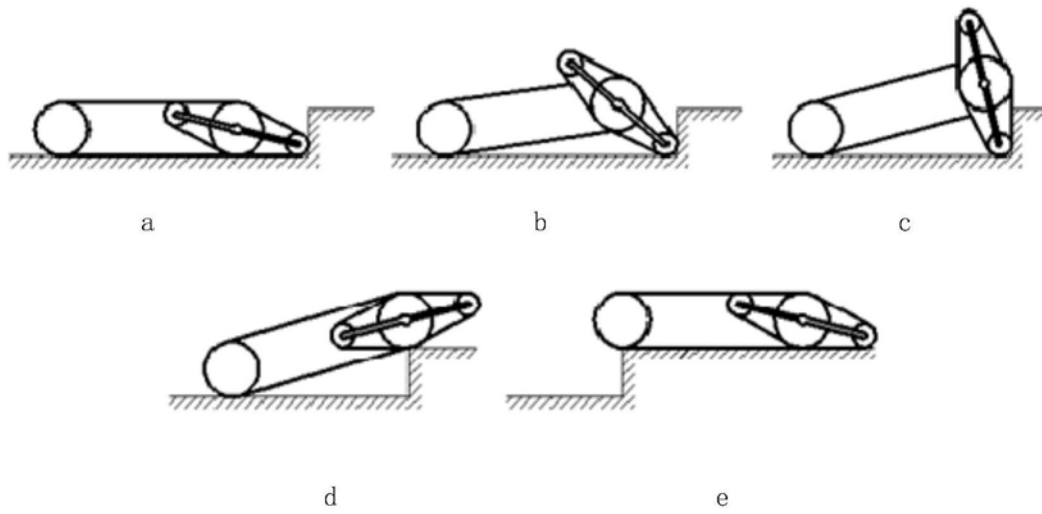


图7

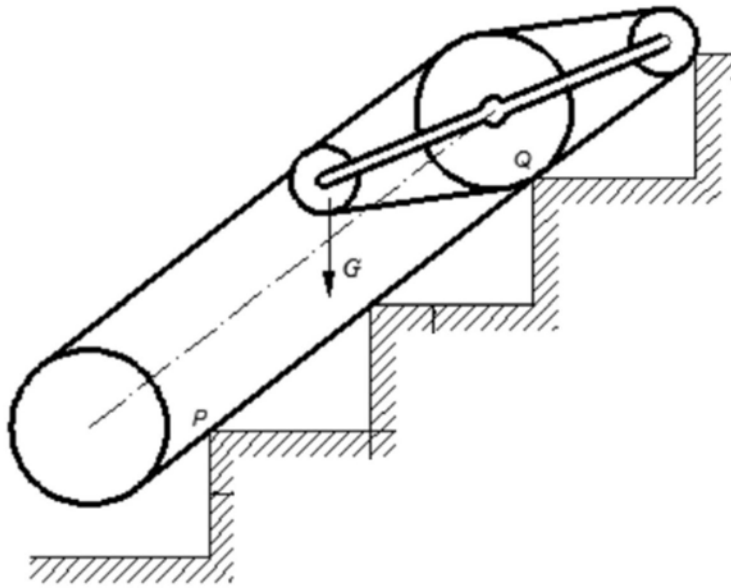


图8