



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110497972 B

(45) 授权公告日 2020.11.06

(21) 申请号 201910791324.4

B62D 55/084 (2006.01)

(22) 申请日 2019.08.26

审查员 伍世鹏

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110497972 A

(43) 申请公布日 2019.11.26

(73) 专利权人 燕山大学

地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段438号

(72) 发明人 赵永生 张硕 朱海啸 姚建涛

许允斗 刘晓飞 韩博

(74) 专利代理机构 北京孚睿湾知识产权代理事

务所(普通合伙) 11474

代理人 刘翠芹

(51) Int. Cl.

B62D 55/04 (2006.01)

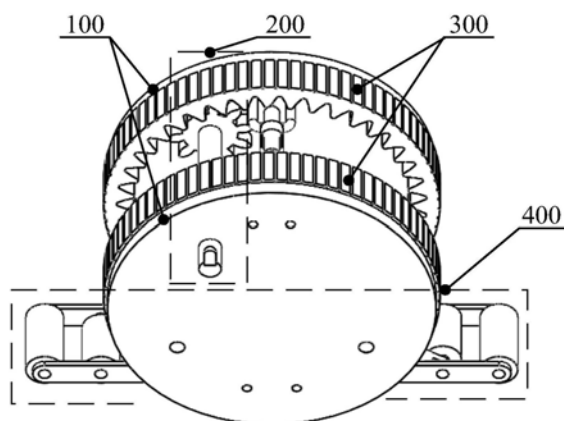
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

单自由度轮/履形态可重构行走机构

(57) 摘要

本发明涉及一种单自由度轮/履形态可重构行走机构,其包括轮体架、驱动装置、行走装置和形态转换装置,轮体架包括两个对称设置的辐板组件、上连接件和下连接件,两个辐板组件的对称面为横向对称面,辐板组件包括外轮辐板和两个从动齿轮,两个从动齿轮的对称面为纵向对称面,驱动装置包括驱动主轴和两个驱动齿轮,行走装置包括两个结构相同的内齿轮,两个从动齿轮分别与两个内齿轮啮合传动,形态转换装置包括驱动液压缸、两个对称布置的收展机构和中心连接件,通过两个收展机构的收展变形可以实现行走机构轮/履运动形式的切换。本发明为过约束机构,刚度高,稳定性高,越障性能好,可应用于灾后救援机器人移动越障机构等。



1. 一种单自由度轮/履形态可重构行走机构,其特征在于,其包括轮体架、驱动装置、行走装置和形态转换装置,

所述轮体架包括两个对称设置的辐板组件、上连接件和下连接件,所述两个辐板组件的对称面为横向对称面,且所述两个辐板组件通过所述上连接件和下连接件固定连接,每个所述辐板组件均包括外轮辐板和两个从动齿轮,所述外轮辐板为薄圆柱体结构,所述两个从动齿轮对称布置且通过转动副与所述外轮辐板转动连接,所述两个从动齿轮的对称面为纵向对称面;

所述驱动装置包括驱动主轴和两个驱动齿轮,所述两个驱动齿轮分别设于所述驱动主轴的第一端和第二端,且所述两个驱动齿轮关于横向对称面对称布置,所述驱动主轴与所述外轮辐板转动连接,驱动力能通过所述驱动主轴传递给所述驱动齿轮,所述行走装置包括两个结构相同的内齿轮,所述两个内齿轮关于横向对称面对称布置,所述两个内齿轮与所述轮体架通过转动副连接,且所述外轮辐板的半径小于所述内齿轮的轮廓半径,所述内齿轮的外侧圆柱面上设有凹槽,所述两个从动齿轮分别与所述两个内齿轮啮合传动;以及

所述形态转换装置包括驱动液压缸、两个对称布置的收展机构和中心连接件,所述驱动液压缸的第一端与所述上连接件固定连接,且所述驱动液压缸的第二端与所述中心连接件固定连接,所述中心连接件与所述每个收展机构中传动连杆的第一端的圆柱孔转动连接,所述每个收展机构中第一同步齿轮杆的第一杆端圆柱孔与所述中心连接件转动连接,且所述每个收展机构中横杆的第一圆柱孔与所述下连接件转动连接。

2. 根据权利要求1所述的单自由度轮/履形态可重构行走机构,其特征在于,所述每个收展机构均包括转换支撑轮单元、同步铰链单元和传动连杆,所述转换支撑轮单元包括主动支撑轮、第一辅助支撑轮、第二辅助支撑轮、第三辅助支撑轮、第四辅助支撑轮、横杆、第一传动支撑杆、第二传动支撑杆和辅助支撑杆,所述横杆上设有第一圆柱孔、第二圆柱孔、第三圆柱孔和第四圆柱孔,所述主动支撑轮与所述辅助支撑杆转动连接,且所述辅助支撑杆的第一端和第二端固定安装于所述第四圆柱孔中,所述第四辅助支撑轮与所述第二传动支撑杆转动连接,且所述第二传动支撑杆的第一端和第二端固定安装于所述第三圆柱孔中,所述第二辅助支撑轮和第三辅助支撑轮均与所述第一传动支撑杆转动连接,且所述第一传动支撑杆的第一端和第二端固定安装于所述第二圆柱孔中,所述第一辅助支撑轮与所述下连接件的短圆柱杆转动连接,且所述下连接件短圆柱杆的第一端和第二端分别通过转动副安装于所述第一圆柱孔中,所述传动连杆的第一端和第二端均设有圆柱孔,所述传动连杆第一端的圆柱孔与所述中心连接件转动连接,且其第二端的圆柱孔与所述第一传动支撑杆转动连接,所述同步铰链单元包括第一同步齿轮杆、第二同步齿轮杆和齿轮连接件,所述第一同步齿轮杆的齿轮端设有第一齿轮端圆柱孔,且其另一端设有第一杆端圆柱孔,所述第二同步齿轮杆的齿轮端设有第二齿轮端圆柱孔,且其另一端设有第二杆端圆柱孔,且所述第一同步齿轮杆齿轮端和第二同步齿轮杆齿轮端的第一端面分别设有第一限位凸台和第二限位凸台,所述齿轮连接件为对称结构,所述齿轮连接件的第一端和第二端分别设有上端圆柱孔和下端圆柱孔,且所述齿轮连接件的第一端面和第二端面均设有限位凸台,所述上端圆柱孔与所述第一齿轮端圆柱孔转动连接,且所述第一杆端圆柱孔与所述中心连接件转动连接,所述下端圆柱孔与所述第二齿轮端圆柱孔转动连接,且所述第二杆端圆柱孔与所述第二传动支撑杆转动连接。

3. 根据权利要求2所述的单自由度轮/履形态可重构行走机构, 其特征在于, 所述上连接件和下连接件不仅关于横向对称面对称而且关于纵向对称面对称, 所述上连接件主体为工字型圆柱杆结构, 所述上连接件第一端和第二端的长圆柱杆分别安装于所述两个对称设置的辐板组件中, 所述下连接件主体为X字型圆柱杆机构, 所述下连接件第一端和第二端的长圆柱杆分别安装于所述两个对称设置的辐板组件中, 且所述下连接件第一端和第二端的长圆柱杆到所述纵向对称面的距离均为d。

4. 根据权利要求2所述的单自由度轮/履形态可重构行走机构, 其特征在于, 所述主动支撑轮、第一辅助支撑轮、第二辅助支撑轮、第三辅助支撑轮和第四辅助支撑轮的内径和外径均相等, 所述主动支撑轮、第一辅助支撑轮和第四辅助支撑轮的长度相等且均大于所述第二辅助支撑轮和第三辅助支撑轮的长度, 所述第三辅助支撑轮的长度大于所述第二辅助支撑轮的长度。

5. 根据权利要求3所述的单自由度轮/履形态可重构行走机构, 其特征在于, 所述横杆上设有第一圆柱孔、第二圆柱孔、第三圆柱孔和第四圆柱孔, 所述横杆上的四个圆柱孔中相邻两个圆柱孔的孔轴线间距均为 d_1 , 所述第一圆柱孔、第二圆柱孔、第三圆柱孔和第四圆柱孔的孔心在同一条水平线上, 且其圆柱孔孔径均相等。

6. 根据权利要求2所述的单自由度轮/履形态可重构行走机构, 其特征在于, 所述第一齿轮端圆柱孔轴线到所述第一杆端圆柱孔轴线的垂直距离为 l_1 , 所述第二齿轮端圆柱孔轴线到所述第二杆端圆柱孔轴线的垂直距离为 l_1 。

7. 根据权利要求5所述的单自由度轮/履形态可重构行走机构, 其特征在于, 所述形态转换装置完全展开时, 所述传动连杆与纵向对称面的夹角为 α , 所述同步铰链单元与所述传动连杆夹角为 β , 则所述收展机构的尺寸长度 l_1 表达式为:

$$l_1 = \frac{d_1}{\sin(\alpha + \beta)}。$$

8. 根据权利要求5所述的单自由度轮/履形态可重构行走机构, 其特征在于, 所述内齿轮的轮廓半径为 $R_{内}$, 所述主动支撑轮的轮廓半径为 $R_{支}$, 则所述内齿轮轮廓半径与所述主动支撑轮轮廓半径的大小关系表达式为:

$$R_{内} = \frac{d + d_1}{\tan \alpha} + R_{支}。$$

单自由度轮/履形态可重构行走机构

技术领域

[0001] 本发明属于机器人机构学技术领域,特别是涉及一种单自由度轮和/或单自由度履形态可重构的行走机构。

背景技术

[0002] 移动机器人机构是机器人学的一个重要分支,随着机器人技术的发展,人们对移动机器人不仅仅停留在轮式行走机构或者履带式行走机构方面,而是要求有具有多功能、智能化的移动机器人面世,应用到更多的领域上去。这些领域包括灾难性事件的搜救与救援、太空探测或未来小行星开采。移动机器人在执行星球探测、战场侦察、排爆、灾难救援等任务时,所处的作业环境大多为地面环境比较复杂且不可预测的非结构环境,这对移动机构本身的运动灵活性、越障性和环境适应性等特性提出了更高的要求。

[0003] 消防救援机器人在应用上仍是国际空白,其中最关键的一个因素就是移动机构不能适应复杂多变的灾后环境。传统的轮/履移动机器人多采用轮/履更换式以及轮/履组合式,其中轮/履更换式移动机器人进行轮/履更换时间较长;轮/履组合式移动机器人结构复杂且制造和维护的成本较高。相对于传统的轮/履移动机器人来说,可重构轮/履变结构机器人能根据工作环境的变化改变自身构型,从而具有更强的适应性,只采用一套耦合可重构的机构,结构简单且紧凑,可以快速实现轮/履的切换;集轮式行走机构的高速型和履带式行走机构的高越障性与一体,更加适应复杂且不可预测的非结构环境。当遇到坚硬平坦的路面时,机器人以轮式行走机构高速通过;当遇到沙滩等松软环境以及凹凸不平的路面等环境时,机器人以履带式行走机构行走,当遇到台阶以及楼梯等障碍路况时,机器人以轮/履中间状态进行越障。

[0004] 目前,对轮/履形态可重构机构的研究成为了移动机器人的主要研究方向,崔玉宁等研究的并行四杆机构可以实现轮/履的转换;郭文增等研究的四杆机构实现轮/履的转换打开机构的原理与上述方案的原理相同,但是驱动机构进行了改进,车轮是由内齿圈代替,前进的运动由内齿轮与外齿轮的啮合实现,这样对驱动机构进行了优化,但是车轮的机构变得复杂;胡军中等研究的以双液压缸驱动伸展轮实现轮/履的转换,这种机构改进了以上方案,优化了驱动机构,但因是两个液压缸驱动,对称性不能保证,并且液压缸还需要独立的能源,传动的精确性也不能保证。

[0005] 随着各类复杂环境的需求,出现了各种轮/履变形移动机器人,而有些移动机器人在轮/履变形过程中以及变形之后的刚度以及强度较低,整体结构的可靠性低。因此,亟需在现有轮/履收展机构基础上研制出具有高刚度、高稳定性、变形时间短等性能的轮/履收展机构,以满足各种复杂环境的需求。

发明内容

[0006] 针对以上情况,本发明提供一种单自由度轮/履形态可重构行走机构,具有高刚度、高稳定性、轮/履变形时间短等优良性能,其实施方式可靠性高,可应用于消防救援机器

人移动越障机构。

[0007] 本发明采用的技术方案是,一种单自由度轮/履形态可重构行走机构,其包括轮体架、驱动装置、行走装置和形态转换装置,所述轮体架包括两个对称设置的辐板组件、上连接件和下连接件,所述两个辐板组件的对称面为横向对称面,且所述两个辐板组件通过所述上连接件和下连接件固定连接,每个所述辐板组件均包括外轮辐板和两个从动齿轮,所述外轮辐板为薄圆柱体结构,所述两个从动齿轮对称布置且通过转动副与所述外轮辐板转动连接,所述两个从动齿轮的对称面为纵向对称面;所述驱动装置包括驱动主轴和两个驱动齿轮,所述两个驱动齿轮分别设于所述驱动主轴的第一端和第二端,且所述两个驱动齿轮关于横向对称面对称布置,所述驱动主轴与所述外轮辐板转动连接,驱动力能通过所述驱动主轴直接传递给所述驱动齿轮,所述行走装置包括两个结构相同的内齿轮,所述两个内齿轮关于横向对称面对称布置,所述两个内齿轮与所述轮体架通过转动副连接,且所述外轮辐板的半径小于所述内齿轮的轮廓半径,所述内齿轮的外侧圆柱面上设有凹槽,所述两个从动齿轮分别与所述两个内齿轮啮合传动;以及所述形态转换装置包括驱动液压缸、两个对称布置的收展机构和中心连接件,所述驱动液压缸的第一端与所述上连接件固定连接,且其第二端与所述中心连接件固定连接,所述中心连接件与所述每个收展机构中传动连杆第一端的圆柱孔转动连接,所述每个收展机构中第一同步齿轮杆的第一杆端圆柱孔与所述中心连接件转动连接,且所述每个收展机构中横杆的第一圆柱孔与所述下连接件转动连接。

[0008] 进一步地,所述每个收展机构均包括转换支撑轮单元、同步铰链单元和传动连杆,所述转换支撑轮单元包括主动支撑轮、第一辅助支撑轮、第二辅助支撑轮、第三辅助支撑轮、第四辅助支撑轮、横杆、第一传动支撑杆、第二传动支撑杆和辅助支撑杆,所述横杆上设有第一圆柱孔、第二圆柱孔、第三圆柱孔和第四圆柱孔,所述主动支撑轮与所述辅助支撑杆转动连接,且所述辅助支撑杆的第一端和第二端固定安装于所述第四圆柱孔中,所述第四辅助支撑轮与所述第二传动支撑杆转动连接,且所述第二传动支撑杆的第一端和第二端固定安装于所述第三圆柱孔中,所述第二辅助支撑轮和第三辅助支撑轮均与所述第一传动支撑杆转动连接,且所述第一传动支撑杆的第一端和第二端固定安装于所述第二圆柱孔中,所述第一辅助支撑轮与所述下连接件的短圆柱杆转动连接,且所述下连接件短圆柱杆的第一端和第二端分别通过转动副安装于所述第一圆柱孔中,所述传动连杆的第一端和第二端均设有圆柱孔,所述传动连杆第一端的圆柱孔与所述中心连接件转动连接,且其第二端的圆柱孔与所述第一传动支撑杆转动连接,所述同步铰链单元包括第一同步齿轮杆、第二同步齿轮杆和齿轮连接件,所述第一同步齿轮杆的齿轮端设有第一齿轮端圆柱孔,且其另一端设有第一杆端圆柱孔,所述第二同步齿轮杆的齿轮端设有第二齿轮端圆柱孔,且其另一端设有第二杆端圆柱孔,且所述第一同步齿轮杆齿轮端和第二同步齿轮杆齿轮端的第一端面分别设有第一限位凸台和第二限位凸台,所述齿轮连接件为对称结构,所述齿轮连接件的第一端和第二端分别设有上端圆柱孔和下端圆柱孔,且所述齿轮连接件的第一端面和第二端面均设有限位凸台,所述上端圆柱孔与所述第一齿轮端圆柱孔转动连接,且所述第一杆端圆柱孔与所述中心连接件转动连接,所述下端圆柱孔与所述第二齿轮端圆柱孔转动连接,且所述第二杆端圆柱孔与所述第二传动支撑杆转动连接。

[0009] 优选地,所述上连接件和下连接件不仅关于横向对称面对称而且关于纵向对称面

对称,所述上连接件主体为工字型圆柱杆结构,所述上连接件第一端和第二端的长圆柱杆分别安装于所述两个对称设置的辐板组件中,所述下连接件主体为X字型圆柱杆机构,所述下连接件第一端和第二端的长圆柱杆分别安装于所述两个对称设置的辐板组件中,且所述下连接件第一端和第二端的长圆柱杆到所述纵向对称面的距离均为d。

[0010] 优选地,所述主动支撑轮、第一辅助支撑轮、第二辅助支撑轮、第三辅助支撑轮和第四辅助支撑轮的内径和外径均相等,所述主动支撑轮、第一辅助支撑轮和第四辅助支撑轮的长度相等且均大于所述第二辅助支撑轮和第三辅助支撑轮的长度,所述第三辅助支撑轮的长度大于所述第二辅助支撑轮的长度。

[0011] 优选地,所述横杆上设有第一圆柱孔、第二圆柱孔、第三圆柱孔和第四圆柱孔,所述相邻两个圆柱孔的孔轴线间距均为 d_1 ,所述第一圆柱孔、第二圆柱孔、第三圆柱孔和第四圆柱孔的孔心在同一条水平线上,且其圆柱孔孔径均相等。

[0012] 优选地,所述第一齿轮端圆柱孔轴线到所述第一杆端圆柱孔轴线的垂直距离为 l_1 ,所述第二齿轮端圆柱孔轴线到所述第二杆端圆柱孔轴线的垂直距离为 l_1 。

[0013] 进一步地,所述形态转换装置完全展开时,所述传动连杆与纵向对称面的夹角为 α ,所述同步铰链单元与所述传动连杆夹角为 β ,则所述收展机构的尺寸长度表达式为:

$$[0014] \quad l_1 = \frac{d_1}{\sin(\alpha + \beta)}。$$

[0015] 进一步地,所述内齿轮的轮廓半径为 $R_{内}$,所述主动支撑轮的轮廓半径为 $R_{支}$,则所述内齿轮轮廓半径与所述主动支撑轮轮廓半径的大小关系表达式为:

$$[0016] \quad R_{内} = \frac{d + d_1}{\tan \alpha} + R_{支}。$$

[0017] 本发明的特点和有益效果是:

[0018] 1、本发明提供一种单自由度轮/履形态可重构行走机构,收展机构完全展开时为过约束机构,其刚度高,稳定性高,具有运动灵活的优点、可实现轮/履切换运动,形态转换装置包括一个驱动液压缸和两个关于纵向对称面对称布置的收展机构,两个收展机构的结构完全相同,两个收展机构分别通过下连接件与轮体架转动相连,驱动液压缸通过上连接件与轮体架固定连接,中心连接件将驱动液压缸和收展机构通过转动副连接,通过驱动液压缸控制两个收展机构的收展变形能够实现行走机构轮/履运动形式的快速切换。

[0019] 2、本发明提供一种单自由度轮/履形态可重构行走机构,采用了模块化的设计思想,可实现模块化生产,降低制造成本和难度,适宜大规模推广使用。

[0020] 3、本发明提供一种单自由度轮/履形态可重构行走机构,结构简单,其实施方式简单,可靠性高,可应用于灾后救援机器人移动越障机构或者其他移动机构,工作效率高,使用方便。

附图说明

[0021] 图1为本发明完全展开时的俯视结构示意图;

[0022] 图2为图1的立体结构示意图;

[0023] 图3为图1的主视结构示意图;

[0024] 图4为本发明半展开时的主视结构示意图;

- [0025] 图5为本发明完全收拢时的立体结构示意图；
- [0026] 图6为本发明的轮体架的立体结构示意图；
- [0027] 图7为本发明的辐板组件的立体结构示意图；
- [0028] 图8为本发明的驱动装置的立体结构示意图；
- [0029] 图9为本发明的内齿轮的立体结构示意图；
- [0030] 图10为本发明的形态转换装置完全展开时的立体结构示意图；
- [0031] 图11为本发明的形态转换装置完全收拢时的立体结构示意图；
- [0032] 图12为本发明的横杆的立体结构示意图；
- [0033] 图13为本发明的收展机构完全展开时的主视结构示意图；
- [0034] 图14为本发明的支撑轮系分支的立体结构示意图；
- [0035] 图15为本发明的同步铰链分支的立体结构示意图；
- [0036] 图16为本发明的第一同步齿轮杆的立体结构示意图；
- [0037] 图17为本发明的第二同步齿轮杆的立体结构示意图；以及
- [0038] 图18为本发明的齿轮杆连接件的立体结构示意图。
- [0039] 主要附图标记：
- [0040] 100-轮体架、110-辐板组件、111-外轮辐板、112-从动齿轮、1-下连接件、2-上连接件、200-驱动装置、201-驱动齿轮、202-驱动主轴、300-行走装置、301-内齿轮、400-形态转换装置、401-驱动液压缸、402-中心连接件、500-收展机构、501-同步铰链单元、502-传动连杆、503-转换支撑轮单元、531-主动支撑轮、532-第四辅助支撑轮、534-第三辅助支撑轮、533-第二辅助支撑轮、535-第一辅助支撑轮、536-辅助支撑杆、537-第二传动支撑杆、538-第一传动支撑杆、540-横杆、541-第一圆柱孔、542-第二圆柱孔、543-第三圆柱孔、544-第四圆柱孔、510-齿轮连接件、511-上端圆柱孔、512-限位凸台、513-下端圆柱孔、520-第一同步齿轮杆、521-第一齿轮端圆柱孔、522-第一限位凸台、523-第一杆端圆柱孔、550-第二同步齿轮杆、551-第二齿轮端圆柱孔、552-第二限位凸台、553-第二杆端圆柱孔、外轮辐板半径 R_{111} 、内齿轮轮廓半径 R_{301} 。

具体实施方式

[0041] 为详尽本发明之技术内容、结构特征、所达成目的及功效，以下将结合说明书附图进行详细说明。

[0042] 本发明提供一种单自由度轮/履形态可重构行走机构，如图1～图5所示，其包括轮体架100、驱动装置200、行走装置300和形态转换装置400。

[0043] 如图6和7所示，轮体架100包括两个对称设置的辐板组件110、上连接件2和下连接件1，两个辐板组件110的对称面为横向对称面，两个对称的辐板组件110结构完全相同，且两个辐板组件110通过上连接件2和下连接件1固定连接，每个辐板组件110均包括外轮辐板111和两个从动齿轮112，外轮辐板111为薄圆柱体结构，两个从动齿轮112对称布置且通过转动副与外轮辐板111转动连接，两个从动齿轮112的对称面为纵向对称面。

[0044] 上连接件2和下连接件1不仅关于横向对称面对称而且关于纵向对称面对称，上连接件2主体为工字型圆柱杆结构，上连接件2第一端和第二端的长圆柱杆分别安装于两个对称设置的辐板组件110中，下连接件1主体为X字型圆柱杆机构，下连接件1第一端和第二端

的长圆柱杆分别安装于两个对称设置的辐板组件110中,且下连接件1第一端和第二端的长圆柱杆到纵向对称面的距离均为 d 。

[0045] 如图8所示,驱动装置200包括驱动主轴202和两个驱动齿轮201,两个驱动齿轮201结构完全相同,两个驱动齿轮201分别设于驱动主轴202的第一端和第二端,且两个驱动齿轮201关于横向对称面对称布置,驱动主轴202与外轮辐板111转动连接,驱动力能通过驱动主轴202直接传递给驱动齿轮201,

[0046] 如图9所示,行走装置300包括两个结构相同的内齿轮301,两个内齿轮301关于横向对称面对称布置,两个内齿轮301与轮体架100通过转动副连接,且外轮辐板111的半径 R_{111} 小于内齿轮301的轮廓半径 R_{301} ,内齿轮301的外侧圆柱面上设有凹槽,有利于内齿轮与外层弹性履带更好的啮合,两个从动齿轮112分别与两个内齿轮301啮合传动,为内齿轮301的旋转提供支撑和导向作用,通过驱动齿轮201的驱动作用以及从动齿轮112对内齿轮301的支撑和导向作用,实现整个行走机构的运动。

[0047] 如图10~12所示,形态转换装置400包括驱动液压缸401、两个对称布置的收展机构500和中心连接件402,驱动液压缸401的第一端与上连接件2固定连接,且其第二端与中心连接件402固定连接,中心连接件402与每个收展机构500中传动连杆502第一端的圆柱孔转动连接,每个收展机构500中第一同步齿轮杆520的第一杆端圆柱孔523与中心连接件402转动连接,且每个收展机构500中横杆540的第一圆柱孔541与下连接件1转动连接,两个收展机构500分别绕轮体架100上的相应的固定点进行转动,从而可以驱动液压缸401使两个收展机构500完成收拢和展开工作,最终实现行走机构轮/履运动形态的切换。

[0048] 如图12所示,两个横杆540上均设有第一圆柱孔541、第二圆柱孔542、第三圆柱孔543和第四圆柱孔544,相邻两个圆柱孔的孔轴线间距均为 d_1 ,第一圆柱孔541、第二圆柱孔542、第三圆柱孔543和第四圆柱孔544的孔心在同一条水平线上,且其圆柱孔孔径均相等。

[0049] 如图13和图14所示,每个收展机构均包括转换支撑轮单元503、同步铰链单元501和传动连杆502,转换支撑轮单元503包括主动支撑轮531、第一辅助支撑轮535、第二辅助支撑轮533、第三辅助支撑轮534、第四辅助支撑轮532、横杆540、第一传动支撑杆538、第二传动支撑杆537和辅助支撑杆536,主动支撑轮531与辅助支撑杆536转动连接,且辅助支撑杆536的第一端和第二端固定安装于横杆540的第四圆柱孔544中,第四辅助支撑轮532与第二传动支撑杆537转动连接,且第二传动支撑杆537的第一端和第二端固定安装于横杆540的第三圆柱孔543中,第二辅助支撑轮533和第三辅助支撑轮534均与第一传动支撑杆538转动连接,且第一传动支撑杆538的第一端和第二端固定安装于横杆540的第二圆柱孔542中,第一辅助支撑轮535与下连接件1的短圆柱杆转动连接,且下连接件1的短圆柱杆的第一端和第二端分别通过转动副安装于横杆540的第一圆柱孔541中。

[0050] 传动连杆502的第一端和第二端均设有圆柱孔,传动连杆502第一端的圆柱孔与中心连接件402转动连接,且其第二端的圆柱孔与第一传动支撑杆538转动连接,连接点位于第二辅助支撑轮533和第三辅助支撑轮534分割点。

[0051] 具体的,主动支撑轮531、第一辅助支撑轮535、第二辅助支撑轮533、第三辅助支撑轮534和第四辅助支撑轮532的内径和外径均相等,主动支撑轮531、第一辅助支撑轮535和第四辅助支撑轮532的长度相等且均大于第二辅助支撑轮533和第三辅助支撑轮534的长度,第三辅助支撑轮534的长度大于第二辅助支撑轮533的长度。第三辅助支撑轮534和第二

辅助支撑轮533同轴心,且第一传动支撑杆538、第二传动支撑杆537和辅助支撑杆536结构相同。

[0052] 如图15所示,同步铰链单元501包括第一同步齿轮杆520、第二同步齿轮杆550和齿轮连接件510,第一同步齿轮杆520和第二同步齿轮杆550的杆体均呈圆柱体结构,第一同步齿轮杆520的齿轮端设有第一齿轮端圆柱孔521,且其另一端设有第一杆端圆柱孔523,第二同步齿轮杆550的齿轮端设有第二齿轮端圆柱孔551,且其另一端设有第二杆端圆柱孔553,且第一同步齿轮杆520齿轮端和第二同步齿轮杆550齿轮端的第一端面分别设有第一限位凸台522和第二限位凸台552,限位凸台的配置有利于形态转换装置400达到并保持完全展开状态并有利于形态转换装置400顺利完成收拢和展开工作。

[0053] 如图16和图17所示,第一齿轮端圆柱孔521轴线到第一杆端圆柱孔523轴线的垂直距离为 l_1 ,第二齿轮端圆柱孔551轴线到第二杆端圆柱孔553轴线的垂直距离为 l_1 。

[0054] 如图18所示,齿轮连接件510为对称结构,齿轮连接件510的第一端和第二端分别设有上端圆柱孔511和下端圆柱孔513,且齿轮连接件510的第一端面和第二端面均设有限位凸台512,限位凸台512用于两同步齿轮杆展开过程中的限位,上端圆柱孔511与第一同步齿轮杆520的第一齿轮端圆柱孔521转动连接,且第一同步齿轮杆520的第一杆端圆柱孔523与中心连接件402转动连接,下端圆柱孔513与第二同步齿轮杆550的第二齿轮端圆柱孔551转动连接,且第二同步齿轮杆550的第二杆端圆柱孔553与第二传动支撑杆537转动连接。

[0055] 通过控制驱动液压401的长度可实现形态转换装置400的展开或收拢。当同步铰链单元501的两个同步齿轮杆完全展开时,形态转换装置400处于完全展开状态,主动支撑轮531与内齿轮301的底部公共切面恰好为水平面,可重构轮/履变形行走机构可以在形态转换装置400完全展开的状态下实现履带式运动。

[0056] 形态转换装置400完全展开时,传动连杆502与纵向对称面的夹角为 α ,同步铰链单元501与传动连杆502夹角为 β ,则收展机构500的尺寸长度表达式为:

$$[0057] \quad l_1 = \frac{d_1}{\sin(\alpha + \beta)}。$$

[0058] 内齿轮301的轮廓半径为 $R_{内}$,主动支撑轮531的轮廓半径为 $R_{支}$,则内齿轮301轮廓半径与主动支撑轮531轮廓半径的大小关系表达式为:

$$[0059] \quad R_{内} = \frac{d + d_1}{\tan \alpha} + R_{支}。$$

[0060] 本发明的工作原理如下:

[0061] 在使用时,该单自由度轮/履形态可重构行走机构的行走装置300外层包络着一层可变形的弹性履带。当行走机构处于平坦路面时,该行走机构的形态转换装置400处于完全收拢状态,整个机构进行轮式快速移动。

[0062] 当该机构遇到障碍物、沟壑等地形时候,轮式运动无法顺利进行,该行走机构通过增加驱动液压缸401的长度,从而实现形态转换装置400的展开,通过形态转换装置400的主动支撑轮的作用,弹性履带开始变形,行走机构由轮式行走机构变为履带式行走机构从而可以越障和在沙地等不平坦的地面行走。

[0063] 当第一同步齿轮杆520和第二同步齿轮杆550的齿轮端的第一限位凸台522和第二限位凸台552分别与齿轮连接件510第一端面和第二端面的限位凸台512接触时,即形态转

换装置400完全展开时,此时,形态转换装置400的两个收展机构均为双三角形机构,稳定性强。

[0064] 本发明的收展机构完全展开时为过约束机构,其刚度高,稳定性高,具有运动灵活的优点、可实现轮/履切换运动,形态转换装置包括一个驱动液压缸和两个关于纵向对称面对称布置的收展机构,两个收展机构的结构完全相同,两个收展机构分别通过下连接件与轮体架转动相连,驱动液压缸通过上连接件与轮体架固定连接,中心连接件将驱动液压缸和收展机构通过转动副连接,通过驱动液压缸控制两个收展机构的收展变形能够实现行走机构轮/履运动形式的快速切换,同时采用了模块化的设计思想,可实现模块化生产,降低制造成本和难度,适宜大规模推广使用,具有结构简单,其实施方式简单,工作效率高,使用方便,可靠性高,可应用于灾后救援机器人移动越障机构或者其他移动机构。

[0065] 以上所述是本申请的优选实施方式,不以此限定本发明的保护范围,应当指出,对于该技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本技术原理前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本申请的保护范围。

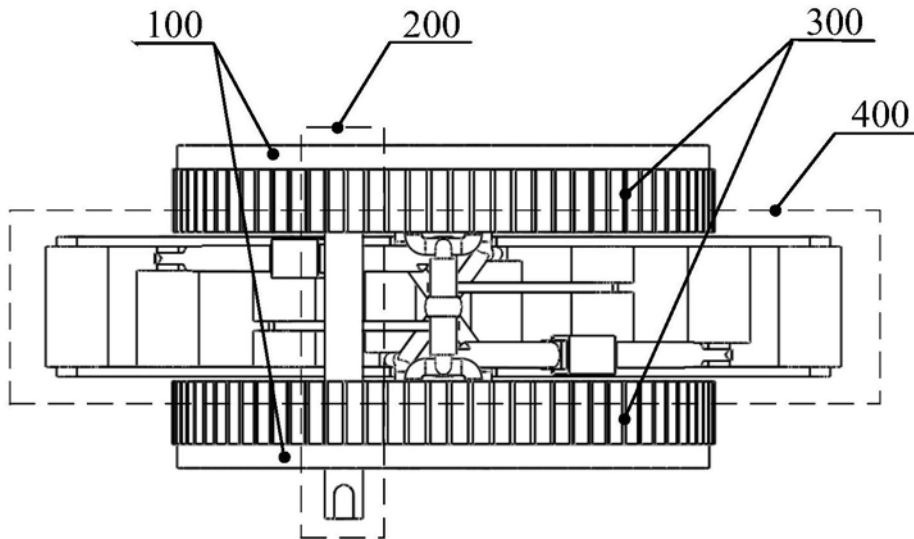


图1

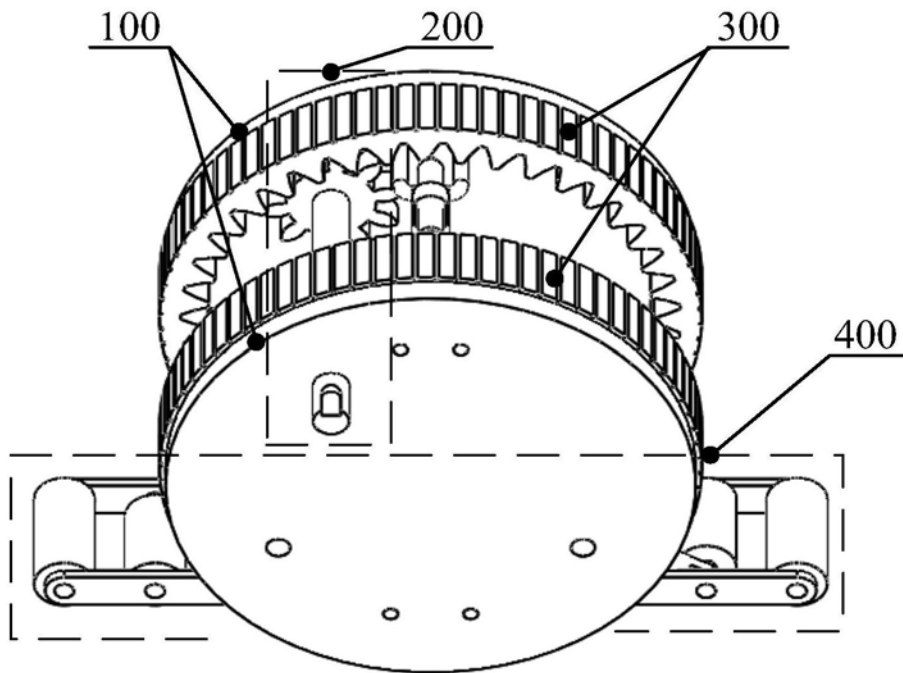


图2

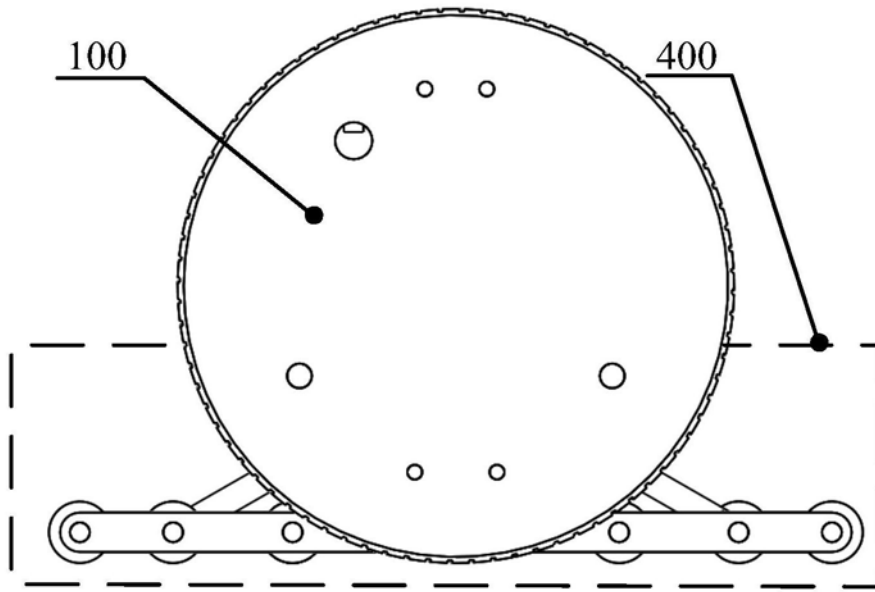


图3

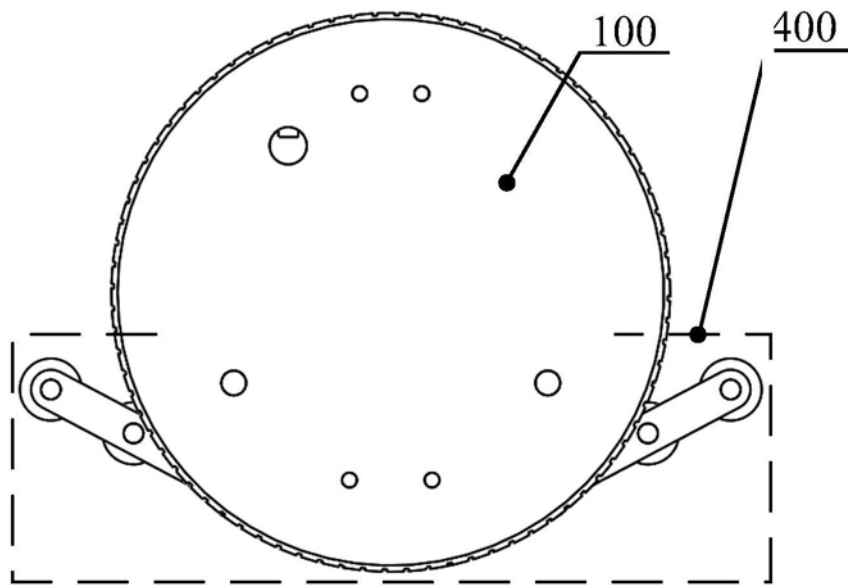


图4

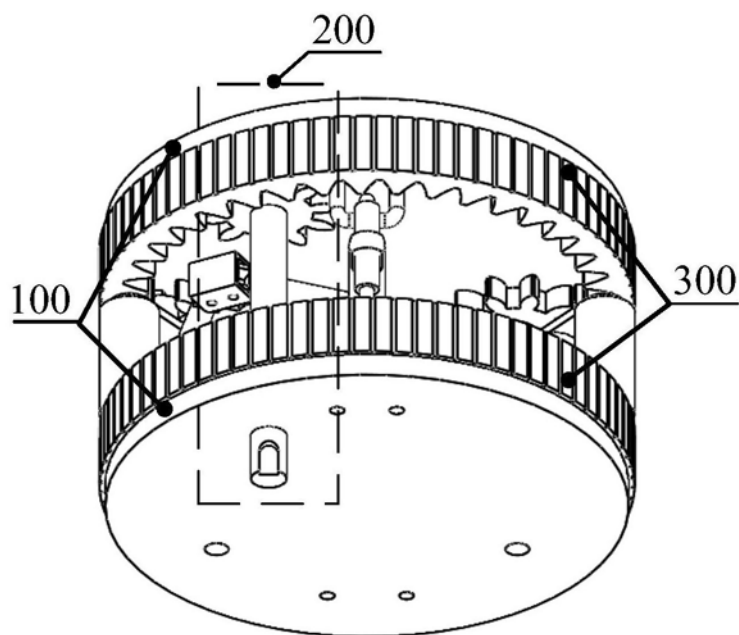


图5

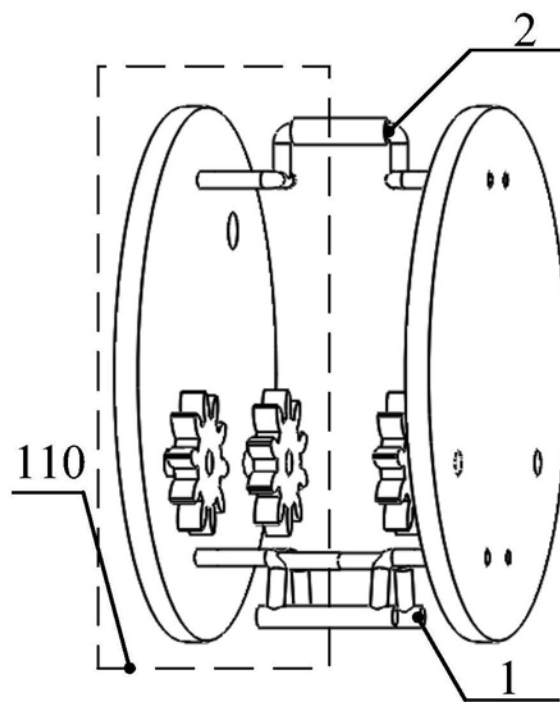


图6

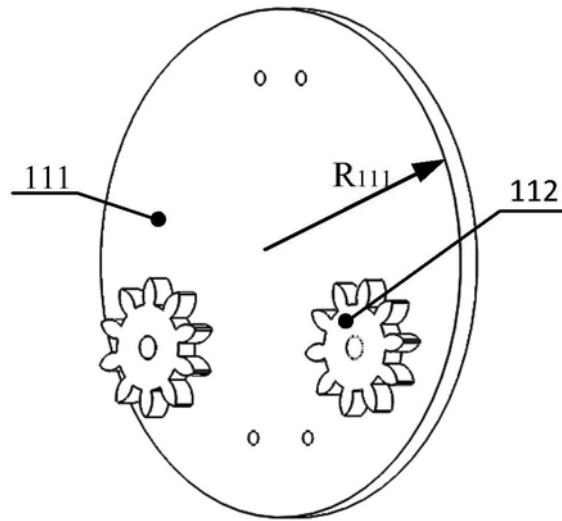


图7

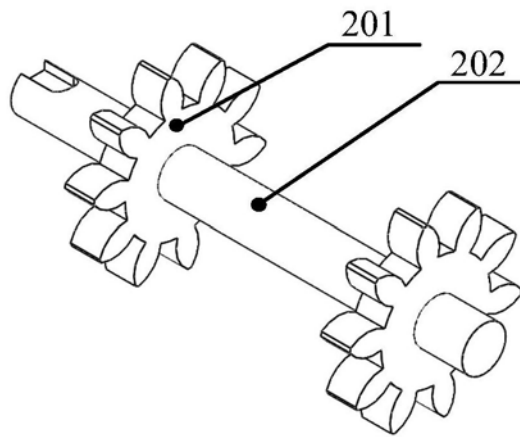


图8

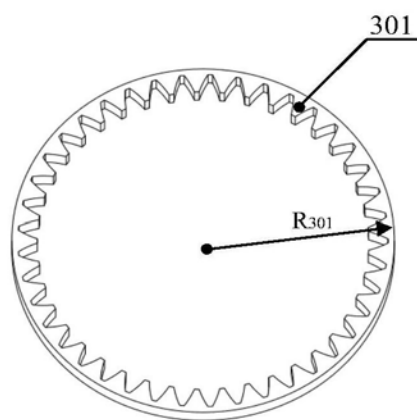


图9

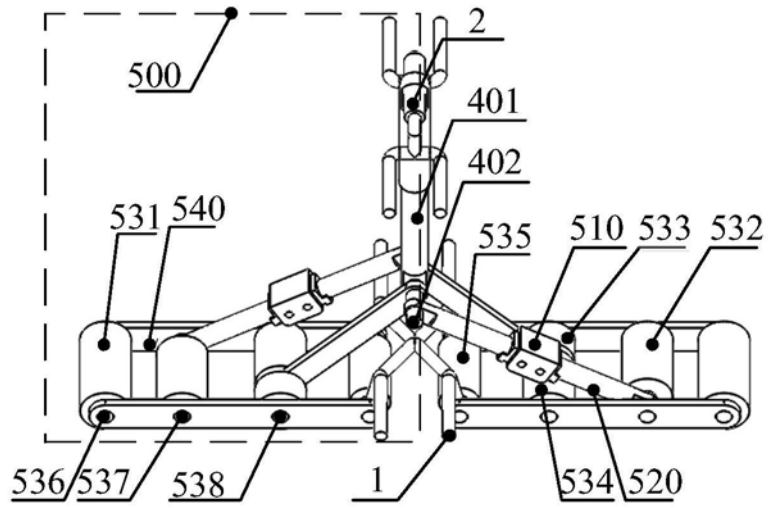


图10

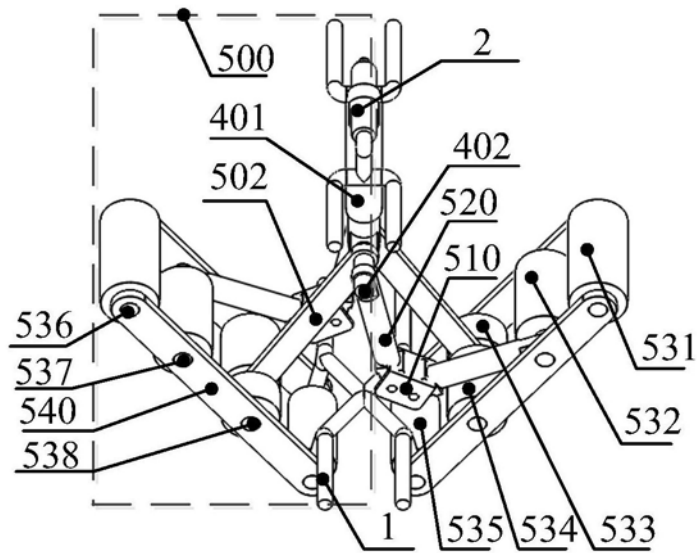


图11

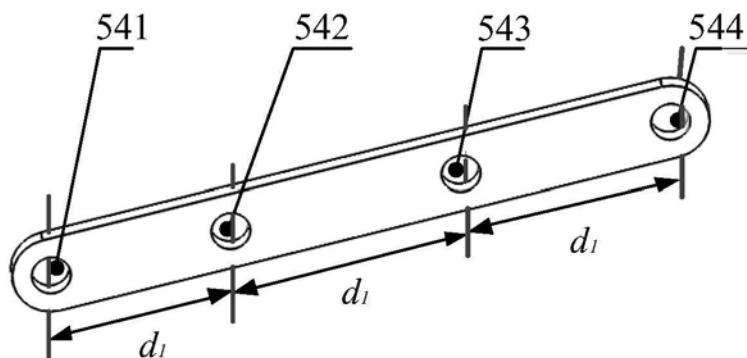


图12

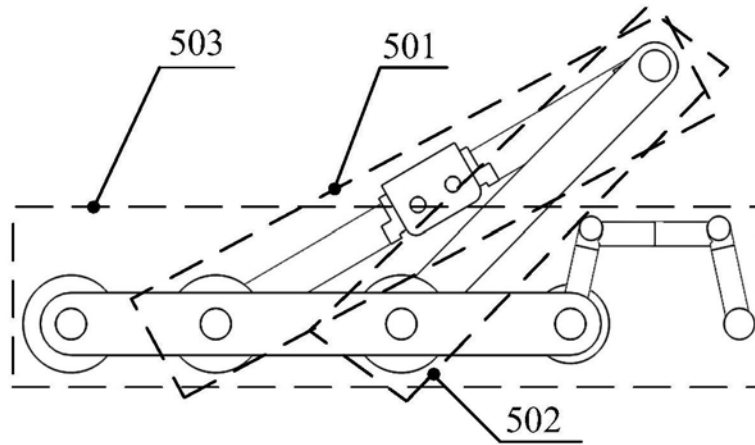


图13

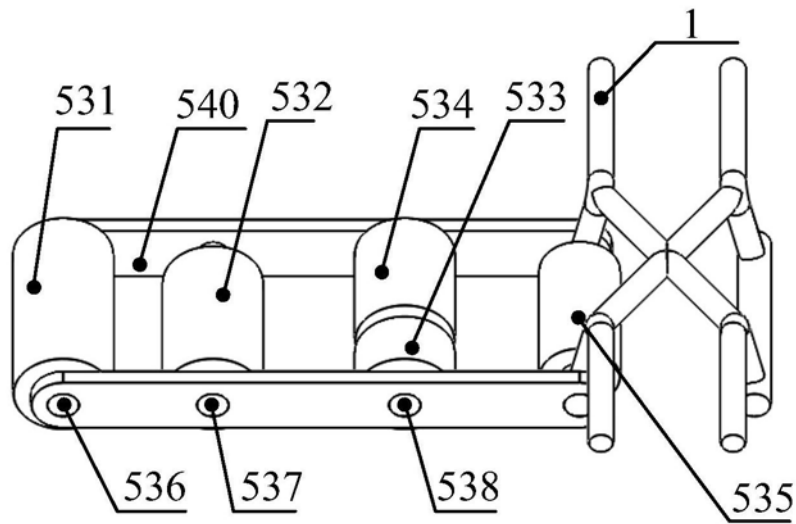


图14

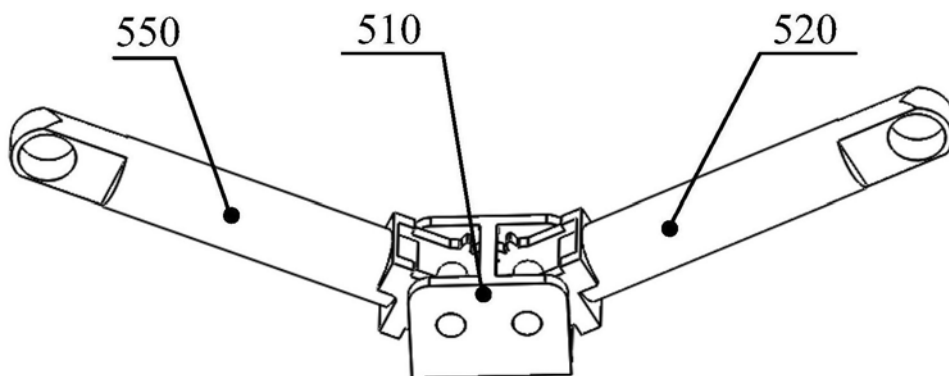


图15

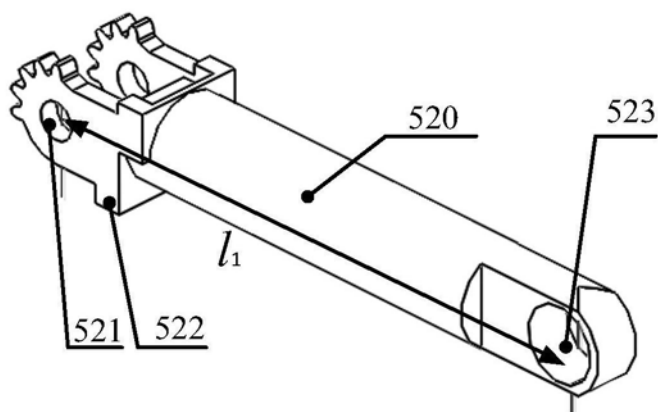


图16

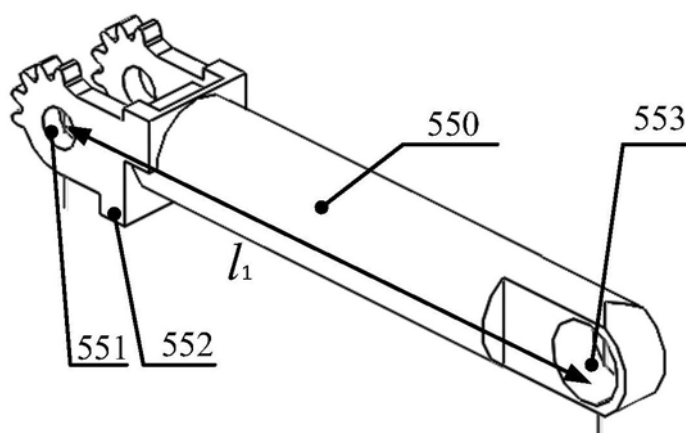


图17

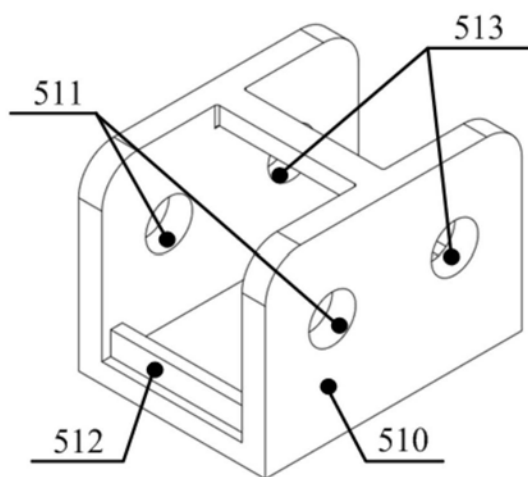


图18