



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106514701 A

(43)申请公布日 2017.03.22

(21)申请号 201710021391.9

(22)申请日 2017.01.12

(71)申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西
大直街92号

(72)发明人 刘玉斌 张赫 蔡若凡 李戈
赵杰

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109

代理人 高志光

(51)Int.Cl.

B25J 17/02(2006.01)

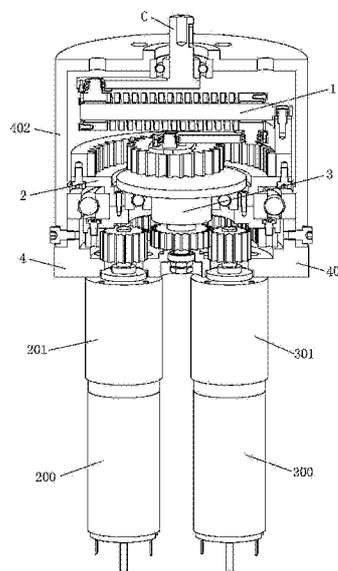
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种可变刚度的柔性关节

(57)摘要

一种可变刚度的柔性关节,它涉及一种机器人关节,以解决现有机器人关节结构复杂、线性度差以及能量损耗大的问题,它包括刚度调节机构、主传动机构、刚调传动机构和支撑定位座;所述刚度调节机构包括输出杆、刚调内齿圈、支点齿轮、支点杆、中间杆、弹簧和两个滑块;所述主传动机构包括主动电机、主行星减速器、主电机齿轮和主传动内齿圈;所述刚调传动机构包括刚调电机、刚调行星减速器、刚调电机齿轮、刚调传动齿轮和刚调主轴;所述支撑定位座包括底座和外壳;所述刚度调节机构布置在所述外壳内,所述主动电机齿轮、所述主传动内齿圈、所述刚调电机齿轮、所述刚调传动齿轮和所述刚调主轴布置在所述外壳,本发明用于机器人肘关节。



1. 一种可变刚度的柔性关节,其特征在于:它包括刚度调节机构(1)、主传动机构(2)、刚调传动机构(3)和支撑定位座(4);

所述刚度调节机构(1)包括输出杆(101)、刚调内齿圈(102)、支点齿轮(103)、支点杆(107)、中间杆(110)、弹簧(111)和两个滑块(112);所述主传动机构(2)包括主动电机(200)、主行星减速器(201)、主电机齿轮(202)和主传动内齿圈(206);所述刚调传动机构(3)包括刚调电机(300)、刚调行星减速器(301)、刚调电机齿轮(302)、刚调传动齿轮(306)和刚调主轴(308);所述支撑定位座(4)包括底座(401)和外壳(402);所述外壳(402)为上端封闭而下端敞口的外壳,外壳(402)的下端安装有底座(401);所述刚度调节机构(1)布置在所述外壳(402)内,所述主动电机齿轮(202)、所述主传动内齿圈(206)、所述刚调电机齿轮(302)、所述刚调传动齿轮(306)和所述刚调主轴(308)布置在所述外壳(402);

所述主动电机(200)的输出轴竖向布置,所述主动电机(200)的输出轴上安装有所述主动行星减速器(201),所述主动行星减速器(201)的输出轴上安装有所述主电机齿轮(202),所述主电机齿轮(202)与所述主传动内齿圈(206)啮合,所述主传动内齿圈(206)安装在所述外壳(402)的内壁上,且所述主传动内齿圈(206)能相对外壳(402)周向转动,所述主传动内齿圈(206)的上部设置有与其连接的所述刚调内齿圈(102);

所述刚调电机(300)的输出轴竖向布置,所述刚调电机(300)的输出轴上安装有所述刚调行星减速器(301),所述刚调行星减速器(301)的输出轴上安装有所述刚调电机齿轮(302);

所述刚调主轴(308)竖向设置,所述刚调主轴(308)的下端转动安装在所述底座(401)上,所述刚调主轴(308)的上端安装有所述支点齿轮(103),所述支点齿轮(103)与所述刚调内齿圈(102)啮合,所述刚调主轴(308)上还安装有所述刚调传动齿轮(306),所述刚调传动齿轮(306)与所述刚调电机齿轮(302)啮合,所述刚调主轴(308)安装在所述主传动内齿圈(206)上,且刚调主轴(308)能相对所述主传动内齿圈(206)周向转动;

所述中间杆(110)的两端各转动安装有一个所述滑块(112),位于两个所述滑块(112)之间的所述中间杆(110)上套装有弹簧(111),所述支点杆(107)的一端与所述支点齿轮(103)转动连接,所述支点杆(107)的另一端转动安装在两个所述滑块(112)中的其中一个滑块(112)上,所述输出杆(101)的一端转动连接转动安装在所述两个所述滑块(112)中的另一个滑块(112)上,所述输出杆(101)的另一端安装有输出轴(C),所述输出轴(C)转动安装在外壳(402)的上端通孔内,邻近所述支点杆(107)的另一端的所述中间杆(110)的端部转动安装在所述刚调内齿圈(102)上。

2. 根据权利要求1所述一种可变刚度的柔性关节,其特征在于:所述支点齿轮(103)与所述刚调内齿圈(102)的齿数比为1:2。

3. 根据权利要求1或2所述一种可变刚度的柔性关节,其特征在于:所述主传动内齿圈(206)与所述主电机齿轮(202)的传动比为3.67。

4. 根据权利要求3所述一种可变刚度的柔性关节,其特征在于:所述刚调传动齿轮(306)与所述刚调电机齿轮(302)的传动比为1.5。

5. 根据权利要求1、2或4所述一种可变刚度的柔性关节,其特征在于:所述主传动机构(2)还包括上连接盘(204)、下连接盘(205)和主传动深沟球轴承(203);

所述下连接盘(205)的下边缘与所述主传动内齿圈(206)连接,所述上连接盘(204)和

所述下连接盘(205)之间夹装有主传动深沟球轴承(203),所述主传动深沟球轴承(203)的外圈与所述外壳(402)的内壁面连接,所述上连接盘(204)与所述刚调内齿圈(102)连接。

6.根据权利要求5所述一种可变刚度的柔性关节,其特征在于:所述刚度调节机构(1)还包括支点架(104)和支撑件(106);所述支点齿轮(103)布置在所述支点架(104)的下方且二者可拆卸连接,所述支点杆(107)的一端与所述支点架(104)转动连接,所述支撑件(106)安装在所述刚调齿圈(102)上,邻近所述支点杆(107)的另一端的所述中间杆(110)的端部转动安装在所述支撑件(106)上。

7.根据权利要求1、2、4或6所述一种可变刚度的柔性关节,其特征在于:所述主行星减速器(201)的输出轴呈D形,所述刚调行星减速器(301)的输出轴呈D形。

8.根据权利要求7所述一种可变刚度的柔性关节,其特征在于:所述主动电机(200)为自带编码器的电机,所述刚调电机(300)为自带编码器的电机。

一种可变刚度的柔性关节

技术领域

[0001] 本发明涉及一种机器人关节,具体涉及一种可变刚度的柔性关节,属于机器人技术领域。

背景技术

[0002] 具备柔性关节的柔性机器人区别于传统的刚性机器人,因为具有环境交互的安全性,已成为未来机器人研究的重要目标。变刚度柔性关节作为柔性关节的一个重要分支,兼具了环境安全性、控制精度高和应用广泛的优点,自提出后,正逐渐成为一个新的研究热点。

[0003] 已有的变刚度关节,根据变刚度原理的不同,都或多或少的存在着一些缺陷。如平衡位置变刚度关节的系统带宽限制和弹簧调整能量损耗问题;拮抗变刚度关节结构复杂,占用空间大问题;结构控制变刚度关节的线性度以及控制复杂的问题以及机械控制变刚度关节的能量损耗问题等等。另一方面,各种传动机构如滚珠丝杠、齿轮齿条、曲柄滑块等也会给关节带来相应的问题。

发明内容

[0004] 本发明是为解决现有机器人关节结构复杂、线性度差以及能量损耗大的问题,进而提供一种可变刚度的柔性关节。

[0005] 本发明为解决上述问题采取的技术方案是:一种可变刚度的柔性关节包括刚度调节机构、主传动机构、刚调传动机构和支撑定位座;

[0006] 所述刚度调节机构包括输出杆、刚调内齿圈、支点齿轮、支点杆、中间杆、弹簧和两个滑块;所述主传动机构包括主动电机、主行星减速器、主电机齿轮和主传动内齿圈;所述刚调传动机构包括刚调电机、刚调行星减速器、刚调电机齿轮、刚调传动齿轮和刚调主轴;所述支撑定位座包括底座和外壳;所述外壳为上端封闭而下端敞口的外壳,外壳的下端安装有底座;所述刚度调节机构布置在所述外壳内,所述主动电机齿轮、所述主传动内齿圈、所述刚调电机齿轮、所述刚调传动齿轮和所述刚调主轴布置在所述外壳;

[0007] 所述主动电机的输出轴竖向布置,所述主动电机的输出轴上安装有所述主动行星减速器,所述主动行星减速器的输出轴上安装有所述主电机齿轮,所述主电机齿轮与所述主传动内齿圈啮合,所述主传动内齿圈安装在所述外壳的内壁上,且所述主传动内齿圈能相对外壳周向转动,所述主传动内齿圈的上部设置有与其连接的所述刚调内齿圈;

[0008] 所述刚调电机的输出轴竖向布置,所述刚调电机的输出轴上安装有所述刚调行星减速器,所述刚调行星减速器的输出轴上安装有所述刚调电机齿轮;

[0009] 所述刚调主轴竖向设置,所述刚调主轴的下端转动安装在所述底座上,所述刚调主轴的上端安装有所述支点齿轮,所述支点齿轮与所述刚调内齿圈啮合,所述刚调主轴上还安装有所述刚调传动齿轮,所述刚调传动齿轮与所述刚调电机齿轮啮合,所述刚调主轴安装在所述主传动内齿圈上,且刚调主轴能相对所述主传动内齿圈周向转动;

[0010] 所述中间杆的两端各转动安装有一个所述滑块,位于两个所述滑块之间的所述中间杆上套装有弹簧,所述支点杆的一端与所述支点齿轮转动连接,所述支点杆的另一端转动安装在两个所述滑块中的其中一个滑块上,所述输出杆的一端转动连接转动安装在所述两个所述滑块中的另一个滑块上,所述输出杆的另一端安装有输出轴,所述输出轴转动安装在外壳的上端通孔内,邻近所述支点杆另一端的所述中间杆的端部转动安装在所述刚调内齿圈上。

[0011] 进一步地,所述支点齿轮与所述刚调内齿圈的齿数比为1:2。

[0012] 进一步地,所述主传动内齿圈与所述主电机齿轮的传动比为3.67。

[0013] 进一步地,所述刚调传动齿轮与所述刚调电机齿轮的传动比为1.5。

[0014] 进一步地,所述主传动机构还包括上连接盘、下连接盘和主传动深沟球轴承;所述下连接盘的下边缘与所述主传动内齿圈连接,所述上连接盘和所述下连接盘之间夹装有主传动深沟球轴承,所述主传动深沟球轴承的外圈与所述外壳的内壁面连接,所述上连接盘与所述刚调内齿圈连接。

[0015] 进一步地,所述刚度调节机构还包括支点架和支撑件;所述支点齿轮布置在所述支点架的下方且二者可拆卸连接,所述支点杆的一端与所述支点架转动连接,所述支撑件安装在所述刚调齿圈上,邻近所述支点杆另一端的所述中间杆的端部转动安装在所述支撑件上。

[0016] 进一步地,所述主行星减速器的输出轴呈D形,所述刚调行星减速器的输出轴呈D形。

[0017] 进一步地,所述主动电机为自带编码器的电机,所述刚调电机为自带编码器的电机。

[0018] 本发明的有益效果是:一、本发明实现了柔性关节变刚度原理的创新,该创新使用了类曲柄滑块机构,改变滑块相对位置压缩弹簧产生不同变形量,实现输出刚度的变化。该机构的刚度变化由机构几何关系保证,运算及仿真证明,该机构在行星轮的驱动下,可以产生线性度较高的刚度-偏转角曲线,有效的提升了控制精度。在刚度的稳定性方面,当主传动机构和调刚传动机构同步运动时,刚度保持不变,此时机构即使有窜动,也会在力作用下回到平衡状态,保持了刚度的稳定。

[0019] 二、本发明在结构上进行了创新,解决了现有结构体积较大,结构复杂,布局不合理的缺点。刚度调节机构、刚调传动机构和主传动机构沿轴向紧凑布置,零件数量少,空间占用小;同时,主动电机和刚调电机并排布置,减轻了电机带来的结构尺寸增大问题,使得结构更加紧凑。本发明提供轻便,紧凑,变刚度范围大,线性度好的变刚度关节有重要的应用价值。

[0020] 三、本发明在传动方面采用了基于运动学解算法的传动方式,通过固定尺寸比的行星轮来产生变刚度部分所需的直线运动,该传动方式摒弃了传统丝杠传动和齿轮齿条传动径向尺寸大的缺点,自下而上的传动方式也为结构在外壳内的高度集成带来了便利。

[0021] 四、本发明实现了刚度从零到较大范围的近似线性连续变化,支点处在零位时,输出刚度为零,随着支点位置的偏移,弹簧产生对应的压缩,输出一条近似直线的刚度变化曲线,直至弹簧达到最大压缩量,此时关节输出较大刚度。

[0022] 五、本发明创新性的加入了双滑块结构,滑块通过轴套与中间杆相连,支点与滑块

之间则用轴承相连接,解决了传统机构中使用支点和中间杆配合时的间隙和润滑问题,提升了位置精度。

附图说明

- [0023] 图1为本发明整体结构示意图;
[0024] 图2为具体实施方式的刚度调节机构的整体结构示意图;
[0025] 图3为具体实施方式的中间杆、弹簧和两个滑块配合结构示意图;
[0026] 图4为具体实施方式的主传动机构的整体结构示意图;
[0027] 图5为具体实施方式的刚调传动机构的整体结构示意图。

具体实施方式

- [0028] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。
- [0029] 结合图1-图5说明,本实施方式的一种可变刚度的柔性关节包括刚度调节机构1、主传动机构2、刚调传动机构3和支撑定位座4;
- [0030] 所述刚度调节机构1包括输出杆101、刚调内齿圈102、支点齿轮103、支点杆107、中间杆110、弹簧111和两个滑块112;所述主传动机构2包括主动电机200、主行星减速器201、主电机齿轮202和主传动内齿圈206;所述刚调传动机构3包括刚调电机300、刚调行星减速器301、刚调电机齿轮302、刚调传动齿轮306和刚调主轴308;所述支撑定位座4包括底座401和外壳402;所述外壳402为上端封闭而下端敞口的外壳,外壳402的下端安装有底座401;所述刚度调节机构1布置在所述外壳402内,所述主动电机齿轮202、所述主传动内齿圈206、所述刚调电机齿轮302、所述刚调传动齿轮306和所述刚调主轴308布置在所述外壳402;
- [0031] 所述主动电机200的输出轴竖向布置,所述主动电机200的输出轴上安装有所述主动行星减速器201,所述主动行星减速器201的输出轴上安装有所述主电机齿轮202,所述主电机齿轮202与所述主传动内齿圈206啮合,所述主传动内齿圈206安装在所述外壳402的内壁上,且所述主传动内齿圈206能相对外壳402周向转动,所述主传动内齿圈206的上部设置有与其连接的所述刚调内齿圈102;
- [0032] 所述刚调电机300的输出轴竖向布置,所述刚调电机300的输出轴上安装有所述刚调行星减速器301,所述刚调行星减速器301的输出轴上安装有所述刚调电机齿轮302;
- [0033] 所述刚调主轴308竖向设置,所述刚调主轴308的下端转动安装在所述底座401上,所述刚调主轴308的上端安装有所述支点齿轮103,所述支点齿轮103与所述刚调内齿圈102啮合,所述刚调主轴308上还安装有所述刚调传动齿轮306,所述刚调传动齿轮306与所述刚调电机齿轮302啮合,所述刚调主轴308安装在所述主传动内齿圈206上,且刚调主轴308能相对所述主传动内齿圈206周向转动;
- [0034] 所述中间杆110的两端各转动安装有一个所述滑块112,位于两个所述滑块112之间的所述中间杆110上套装有弹簧111,所述支点杆107的一端与所述支点齿轮103转动连接,所述支点杆107的另一端转动安装在两个所述滑块112中的其中一个滑块112上,所述输出杆101的一端转动连接转动安装在所述两个所述滑块112中的另一个滑块112上,所述输出杆101的另一端安装有输出轴C,所述输出轴C转动安装在外壳402的上端通孔内,邻近所述支点杆107的另一端的所述中间杆110的端部转动安装在所述刚调内齿圈102上。

[0035] 刚调主轴308的上端做成扁平状,作为支点齿轮103的行星架,下端铣出螺纹,轴上依次穿入刚调上深沟球轴承307、刚调传动齿轮306、套筒305和刚调下深沟球轴承304,刚调主轴308的下端则由双螺母303锁紧。刚调上深沟球轴承307外侧与上连接盘204以及下连接盘205的内壁配合,保证了刚调传动机构3的回转精度。轴向定位由刚调主轴308和下连接盘205的轴肩完成;套筒305由销309完成周向定位,并由刚调主轴308的轴肩和套筒305完成轴向定位;刚调下深沟球轴承304外圈放入底座401下端孔中,配合孔中的凸台和双螺母303实现定位。外壳402和底座401主要用于其他各部件的支撑与定位,外壳402上端均布螺纹孔,用以整个变刚度关节的固定。底座401的止口同外壳402内壁相配合,周向和轴向则用销和螺纹定位,保证二者之间不发生相互窜动,进而成为整个机构提供定位和支承。

[0036] 为了提高传动效率,优选地,所述支点齿轮103与所述刚调内齿圈102的齿数比为1:2;所述主传动内齿圈206与所述主电机齿轮202的传动比为3.67;所述刚调传动齿轮306与所述刚调电机齿轮302的传动比为1.5。

[0037] 结合图4说明,为了进一步提高回转精度,主传动机构2还包括上连接盘204、下连接盘205和主传动深沟球轴承203;所述下连接盘205的下边缘与所述主传动内齿圈206连接,所述上连接盘204和所述下连接盘205之间夹装有主传动深沟球轴承203,所述主传动深沟球轴承203的外圈与所述外壳402的内壁面连接,所述上连接盘204与所述刚调内齿圈102连接。如此设置,主传动内齿圈206边缘切出豁口,用以嵌入下连接盘205的止口,保证回转精度,侧面则打入螺钉与下连接盘205实现轴向的固定。下连接盘205用螺钉和上连接盘204固定,实现整体力矩传递。结合图1和图4说明,上连接盘204和下连接盘205都与主传动深沟球轴承203内圈压紧配合,主传动深沟球轴承203外圈与外壳402相接,其一侧定位由上连接盘204和下连接盘205的轴肩完成,另一侧的定位由外壳402的凸台和底座401保证。

[0038] 结合图2说明,刚度调节机构1还包括支点架104和支撑件106;所述支点齿轮103布置在所述支点架104的下方且二者可拆卸连接,所述支点杆107的一端与所述支点架104转动连接,所述支撑件106安装在所述刚调齿圈102上,邻近所述支点杆107另一端的所述中间杆110的端部转动安装在所述支撑件106上。如此设置,中间杆110主体为柱状,一端加工出平台并钻孔用于组成转动副,另一端则依次穿过一个滑块112和矩形弹簧111后由另一个滑块112穿出。同时,为了润滑,滑块112和中间杆110之间套有轴套113,并分别由滑块轴肩和轴承端盖114完成两侧定位,轴承端盖114通过螺栓115固定在滑块上。结合图2,中间杆110套有一深沟球轴承,安装在镶嵌件109上,镶嵌件109下端铣出一段螺纹,可以拧入支撑件106中,支撑件106则通过螺钉与刚调齿圈102固定。所述其中一个滑块112的凸出部分套入一深沟球轴承,与中间杆107构成转动副,深沟球轴承的定位由钢丝挡圈、轴承盖108和各自轴肩完成,轴承盖108用圆柱头螺钉固定在中间杆107上。中间杆107与支点架104以相同方式构成转动副,支点架104通过螺钉安装在支点齿轮103上。刚调齿圈102和支点齿轮103为一对内啮合传动的齿轮,齿数比为2:1,且分别和对应的传动部分相连接。另一个所述滑块112与输出杆101构成转动副,完成力矩的输出。

[0039] 结合图4和图5说明,主行星减速器201的输出轴呈D形,所述刚调行星减速器301的输出轴呈D形。如此设置,为了匹配主行星减速器201的输出轴,主电机齿轮202的轮毂也被加工成D形,为了方便传动,套入刚调行星减速器301的输出轴,将调刚电机300的转矩传入机构,刚调行星减速器301的输出轴呈D型,因此调刚电机齿轮302的轮毂也被加工成D形。

[0040] 优选地,为了进一步提高关节定位效果,所述主动电机200为自带编码器的电机,所述刚调电机300为自带编码器的电机。关节的位置的确定是由三个编码器来完成的。主动电机201自带编码器可以检测刚调内齿圈102的位置,刚调电机300自带编码器可以检测支点齿轮103的位置,通过分析二者采集的数据可以计算出支点架104上支点的相对位置。另外,外壳402上装有绝对编码器用以检测输出杆101的偏转角,将三者综合分析,关节的位置就可以被完全确定了。

[0041] 工作原理

[0042] 本发明按照实现的功能不同,可以划分为:关节平衡位置的变化,关节刚度的调节,关节位置的确定。

[0043] 关节平衡位置的变化通过两电机的同步运动实现,主动电机200经所述主动行星减速器201再通过主电机齿轮202、主传动内齿圈206、下连接盘205和上连接盘204将旋转运动传递给刚调内齿圈102;同时,刚调电机300则通过刚调行星减速器301、刚调电机齿轮302、刚调传动齿轮306和刚调主轴308将旋转运动传递至支点齿轮103。当主动电机200和刚调电机300各自以某转速旋转时(二者输出转速相同),刚调内齿圈102和支点齿轮103同步旋转,也使得上部的中间杆110、支点杆107和滑块112同步旋转,在将旋转运动传递至输出杆101的同时,弹簧111压缩量不变,因而输出刚度不变化,关节只有平衡位置改变。

[0044] 关节刚度调节的运动传递路线同平衡位置变化时相同,只不过此时,主动电机200和刚调电机300并非同步运动,因而支点齿轮103相对刚调内齿圈102会发生偏转。由运动学计算可知,支点架104上的支点运动为过啮合点和齿圈圆心的直线运动,此时,支点拉动支点杆107运动,弹簧111产生形变,实现关节刚度的调节,具体实现原理表述如下:为了便于说明,我们假设负载力矩一定,当支点齿轮103往右侧运动时,支点杆107带动滑块112向右滑动,矩形的弹簧111压缩量增大,为了平衡固定的负载力矩,输出杆101的偏转角需要减小,而输出刚度的定义是输出杆101的输出力矩同输出杆101偏转角的比值,输出力矩为负载力矩,而偏转角变小,可知支点齿轮103向右侧移动实现了关节刚度变大的特性,综合来说,主动电机200和刚调电机300的不同运动方式决定关节产生平衡位置变化还是刚度变化,且二者之间的切换对关节主运动无影响,这也是本发明的最终目的。需要说明的是,机构刚度变化和偏转角的大小没有直接关系,此处是为了便于说明才做出上述假设。

[0045] 本发明已以较佳实施案例揭示如上,然而并非用以限定本发明,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围内,当可以利用上述揭示的结构及技术内容做出些许的更动或修饰为等同变化的等效实施案例,但是凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施案例所做的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属本发明技术方案范围。

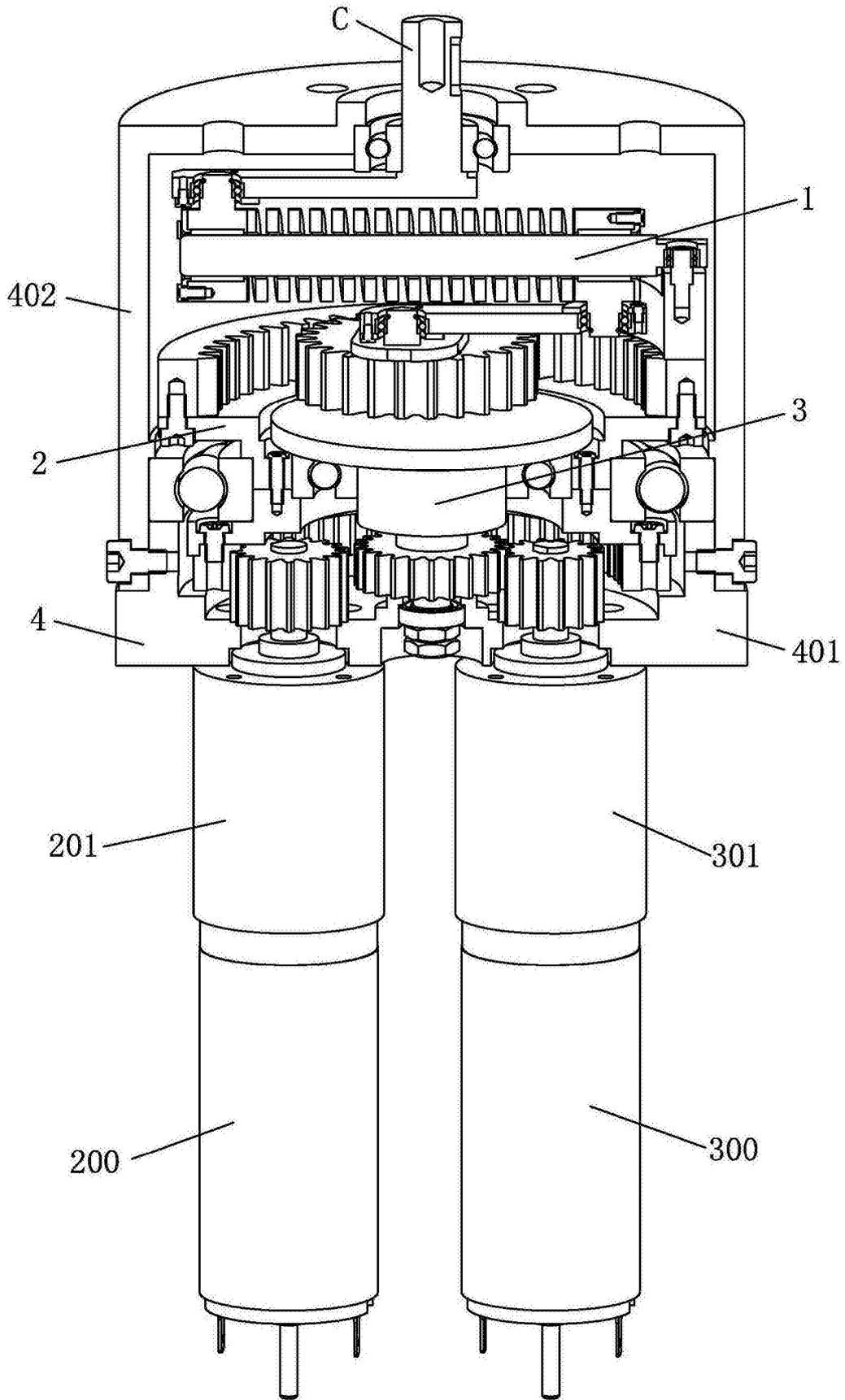


图1

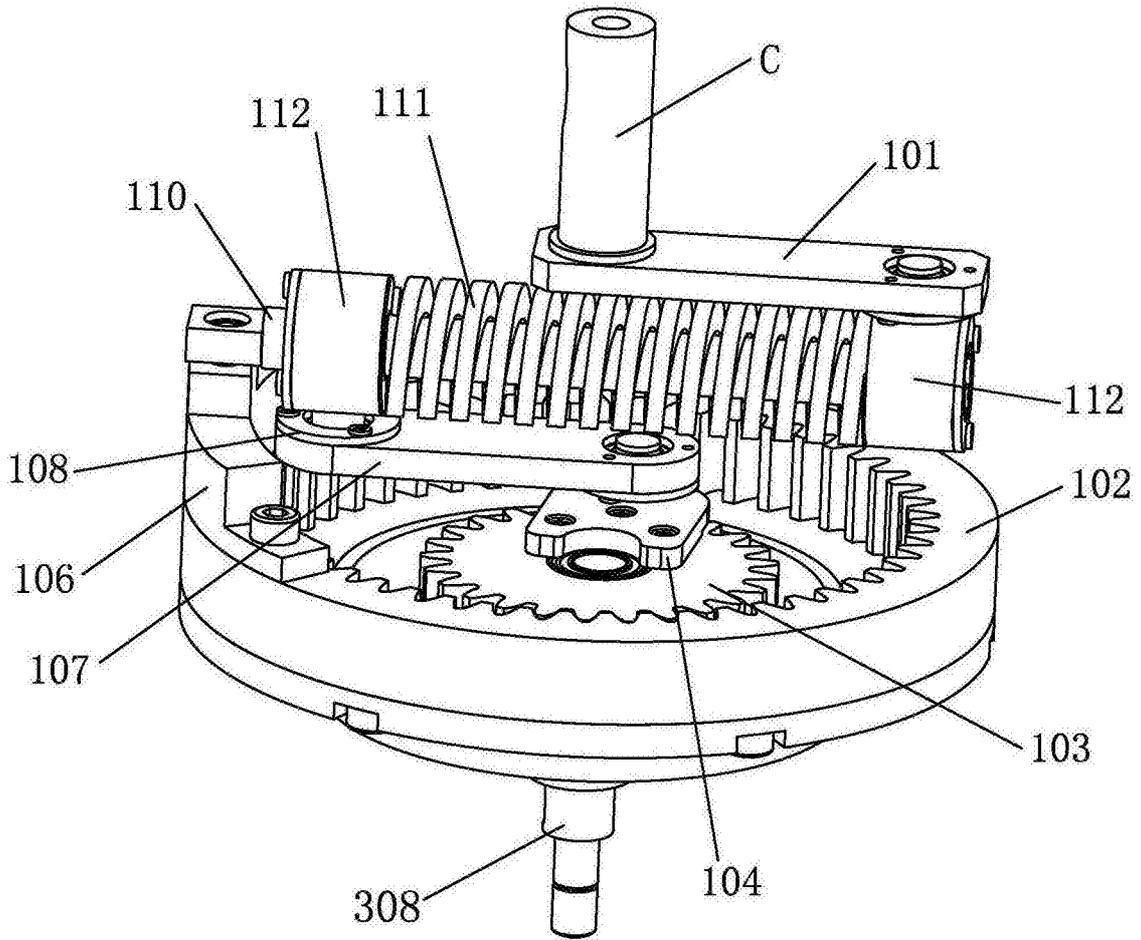


图2

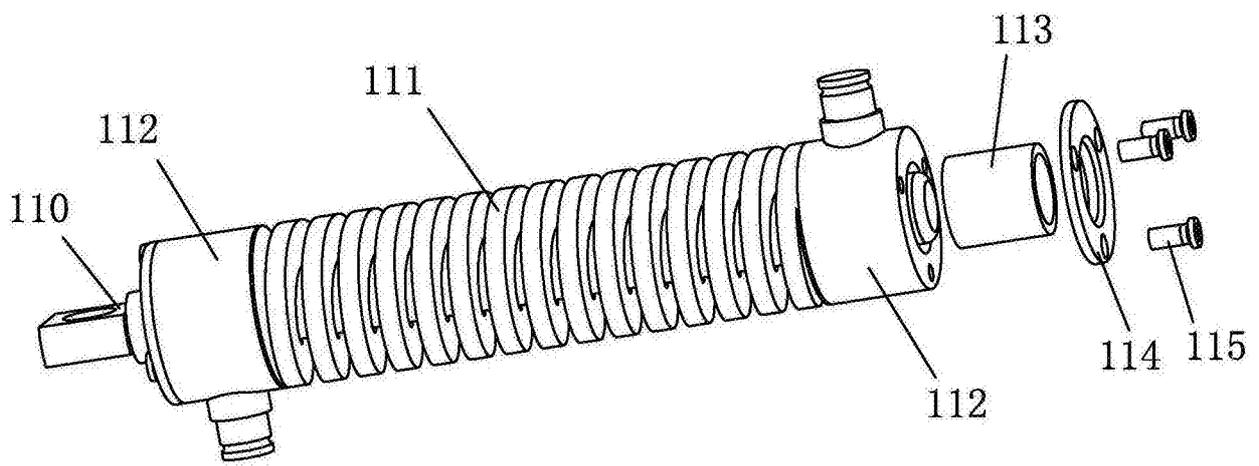


图3

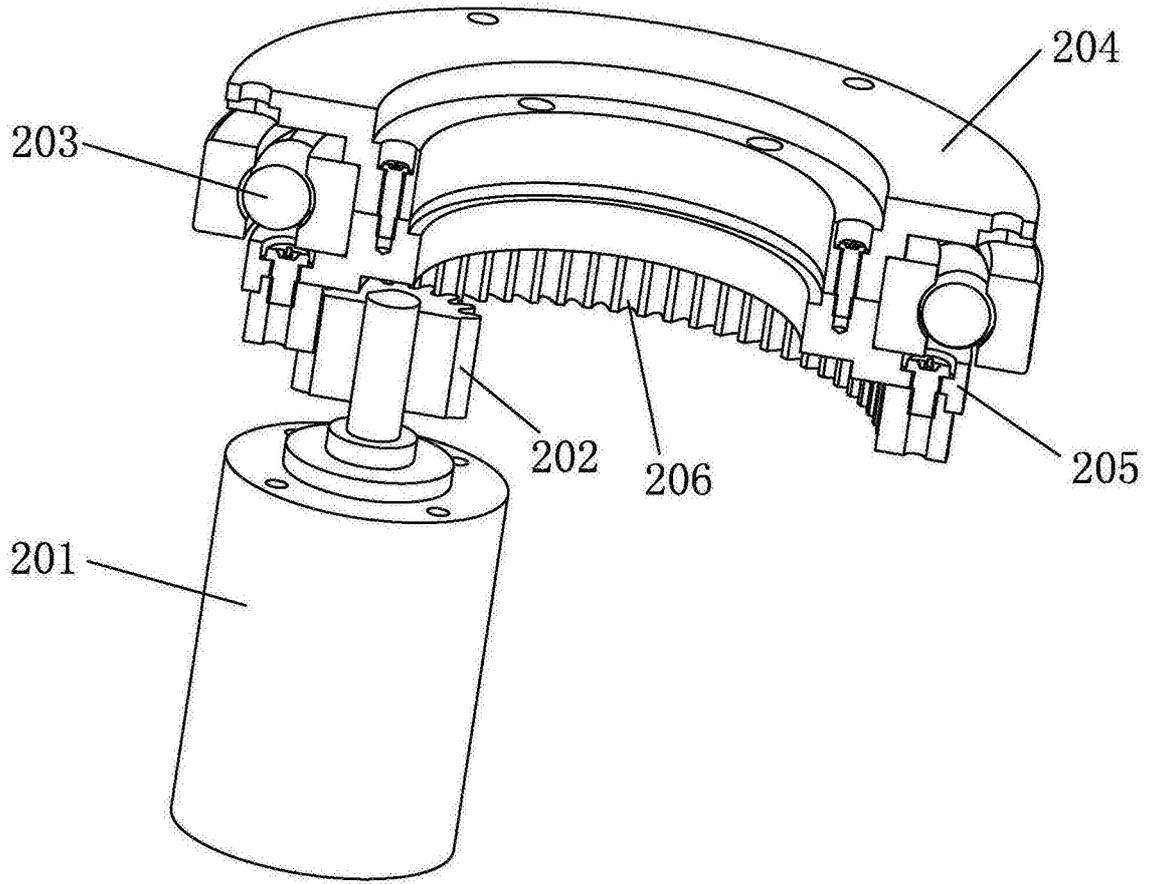


图4

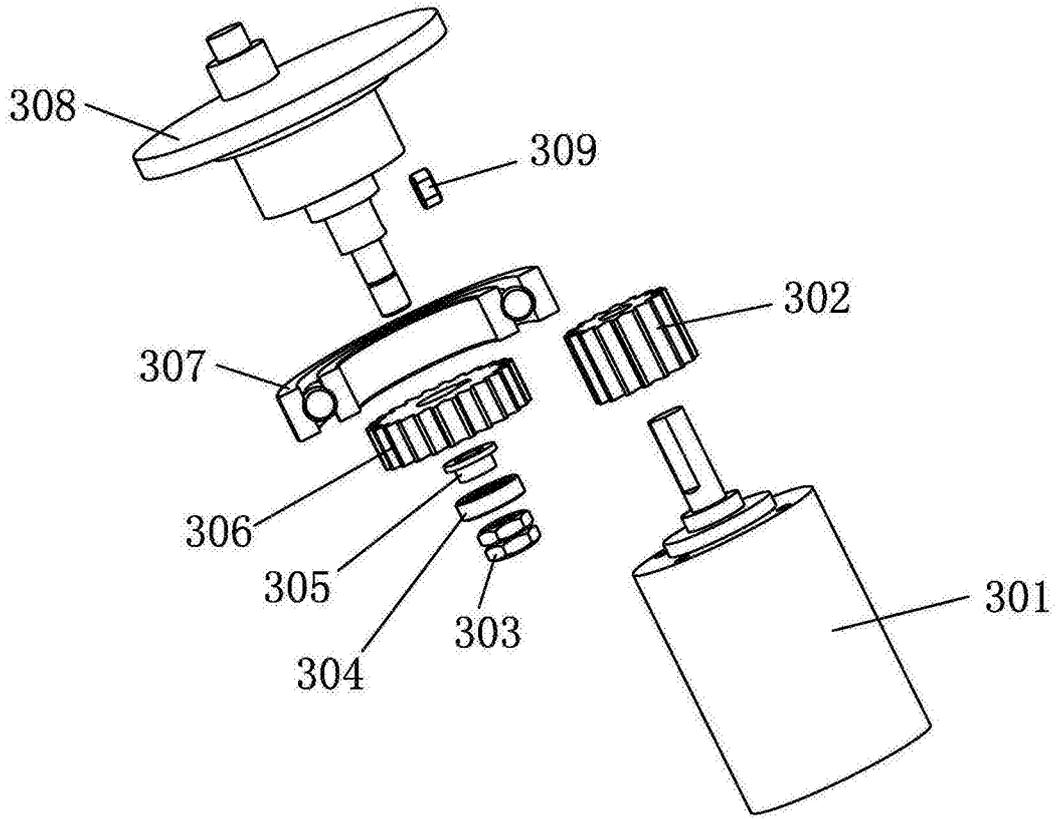


图5