

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023 年 6 月 29 日 (29.06.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/116409 A1

(51) 国际专利分类号:
F16H 1/20 (2006.01) *F16H 57/021* (2012.01)
F16H 57/023 (2012.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/136671

(22) 国际申请日: 2022 年 12 月 5 日 (05.12.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111579029.6 2021 年 12 月 22 日 (22.12.2021) CN

(71) 申请人: 姜虹(JIANG, Hong) [CN/CN]; 中国北京市
北京交通大学主校区, Beijing 100081 (CN)。

(72) 发明人: 王小椿(WANG, Xiaochun); 中国北京市北
京交通大学主校区, Beijing 100081 (CN)。

(74) 代理人: 北京麦宝利知识产权代理事务
所(特殊普通合伙)(BEIJING MYBOLY
INTELLECTUAL PROPERTY); 中国北京市昌
平区天通苑北交通枢纽商务楼三层 327、
328 室, Beijing 102218 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,
IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE,
PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: NUTATION GEAR REDUCER

(54) 发明名称: 一种章动减速器

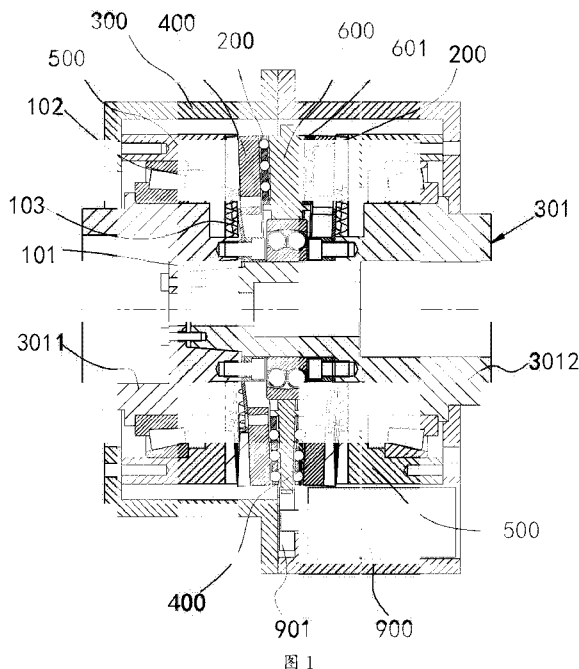


图 1

(57) Abstract: A nutation gear reducer for solving the problems of a complex nutation structure, a large size, and a low power density of an existing nutation reducer employing a joint bearing. The present invention provides a nutation reducer, comprising: a housing; two pairs of nutation gear pairs arranged inside the housing, wherein non-nutation gears are fixedly arranged inside the housing or formed integrally with the housing; a reducer output shaft rotatably arranged inside the housing; two annular elastic diaphragms, wherein nutation gears in each nutation gear pair are fixedly connected to the reducer output shaft by means of one annular elastic diaphragm; and a nutation generating mechanism arranged inside the housing, wherein the two pairs of nutation gear pairs are symmetrically arranged

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

on two sides of the nutation generating mechanism. According to the present invention, diverted distribution is employed, and the nutation gear pairs are symmetrically arranged, such that the operation efficiency of the reducer can be significantly increased; and the size of a speed reducing device is reduced, the weight and the heat generation are reduced, and the power density is increased.

(57) 摘要: 一种章动齿轮减速器, 用以解决现有章动减速器采用关节轴承实现章动运动结构复杂, 体积较大, 功率密度较低的问题。本发明的一种章动减速器, 包括: 壳体; 两对章动齿轮副, 设置在所述壳体内, 所述非章动齿轮固定设置在所述壳体内或与所述壳体一体成型; 减速器输出轴, 转动设置在所述壳体内; 两个环形弹性膜片, 每个所述章动齿轮副中的所述章动齿轮通过一个环形弹性膜片与所述减速器输出轴固定连接; 章动发生机构, 设置在所述壳体内, 两对章动齿轮副对称设置在所述章动发生机构的两侧。本发明采用分流布置, 章动齿轮副采用对称布局, 可显著提高减速器的工作效率; 同时还能减小减速装置的体积, 减轻重量, 减少发热, 并提高功率密度。

一种章动减速器

技术领域

本发明涉及减速器领域，尤其涉及一种章动减速器。

背景技术

大传动比减速器在自动化领域有很大的需求量。常用的大传动比减速器有蜗杆减速器、多级行星减速器、谐波减速器和RV减速器。蜗杆减速器的传动效率比较低，通常在50%以下；而所需电机功率为输出功率除以传动效率，故所需电机功率会大幅增加，不仅体积和重量大，而且多消耗的电能都被电机和减速器变成热量，使设备温升加快，无法在重负荷下连续工作或频繁工作。行星减速器的传动效率很高，单位体积的输出扭矩也比较大，但单级行星减速器的传动比小，在需要大传动比的场合，多级行星减速器串联在一起的体积就比较大了；况且小背隙行星减速器的工艺要求非常高，成本昂贵，难以量产。因此在功率密度要求高，背隙很低的场合，如各种工业机器人、机械臂、机械手和自动化设备中，目前多选用谐波减速器和RV减速器。但这两种减速器也各有缺点——谐波减速器的功率密度远逊于RV减速器，但毕竟容易制造出小规格的谐波减速器；RV减速器的情况正好相反，功率密度大，却没有小规格产品。而现有的章动减速器采用关节轴承实现章动运行，结构复杂，使体积较大，如果增加一倍输出扭矩，则增大的体积接近原来的一倍，致使应用场合受限，同时采用关节轴承机械效率较低和功率密度低，需要大扭矩输出小体积的场合使用受限。

发明内容

鉴于此，本发明公开了一种章动齿轮减速器，用以解决现有章动减速器采用关节轴承实现章动运动结构复杂，体积较大，功率密度较低的问题。

本发明为实现上述的目标，采用的技术方案是：

本发明第一方面公开了一种章动减速器，包括：壳体；两对章动齿轮副，设置在所述壳体内，每对所述章动齿轮副由章动齿轮和非章动齿

轮啮合形成，所述非章动齿轮固定设置在所述壳体内或与所述壳体一体成型，每对所述章动齿轮副中所述章动齿轮的齿数比所述非章动齿轮的齿数多一个；减速器输出轴，转动设置在所述壳体内；两个预拉伸的环形弹性膜片，每个所述环形弹性膜片具有内环、外环和连接于内环和外环之间的环形弹性体，所述内环和所述外环沿各自的圆周方向均设有若干个铰制孔，每个所述章动齿轮副中的所述章动齿轮通过第一铰制螺栓与所述环形弹性膜片上的所述外环固定连接，且所述第一铰制螺栓穿过所述外环的铰制孔并与外环的所述铰制孔配合，所述减速器输出轴通过第二铰制螺栓与所述环形弹性膜片上的内环固定连接，且所述第二铰制螺栓穿过所述内环的铰制孔并与所述内环的铰制孔配合，所述章动齿轮做章动运动时，所述环形弹性膜片利用所述环形弹性体产生的弹性形变将所述章动齿轮的章动运动转换为所述减速器输出轴的单一回转运动；章动发生机构，设置在所述壳体内，两对章动齿轮副对称设置在所述章动发生机构的两侧，所述章动发生机构用于驱动所述章动齿轮做章动运动，使所述章动齿轮的齿在所述非章动齿轮的齿上滚动。

进一步可选的，所述章动发生机构包括：斜盘，转动设置在所述壳体内的所述减速器输出轴上，所述斜盘两侧设有对称的斜面，所述斜盘通过驱动机构驱动转动；平面密珠轴承，所述斜盘的两侧分别设有平面密珠轴承，所述斜盘的两侧面和两对所述齿轮副中各自的所述章动齿轮背面作为所述平面密珠轴承的滚道；两对所述章动齿轮副中的两个所述章动齿轮齿数相等，两对所述章动齿轮副中的两个所述非章动齿轮的齿数相等；所述斜盘转动时，斜盘上的斜面驱动章动齿轮做章动运动，使所述章动齿轮的齿在所述非章动齿轮的齿上滚动。

进一步可选的，所述内环和与所述内环连接的所述减速器输出轴共轴线设置，所述外环和与所述外环连接的所述章动齿轮共轴线设置，所述内环的轴线和所述外环的轴线相交。

进一步可选的，所述环形弹性体为一侧凸另一侧凹的环形凸起结构，所述内环与所述环形弹性体内周边相切，所述外环与所述环形弹性体外周边相切。

进一步可选的，所述凸起结构的凹面和凸面由圆弧面、样条曲面或余弦曲面构造所形成环形波纹凸起。

进一步可选的，所述斜盘厚度较大的一侧设有用于斜盘转动时实现斜盘动平衡的开口。

进一步可选的，所述驱动机构为电机，直接驱动所述斜盘转动。

进一步可选的，所述壳体作为所述电机的外壳，所述电机的定子设置在所述外壳内，和/或所述斜盘的两个斜面之间具有颈缩轴段，所述颈缩轴段作为所述电机的转子。

进一步可选的，所述驱动机构包括电机和传动机构，所述电机通过传动机构驱动所述斜盘转动。

进一步可选的，所述传动机构包括链条和链轮，所述斜盘的外圆圆周形成有多个沿其周向均匀分布的链轮齿，所述电机轴上固定设有链轮，所述链轮通过链条与所述斜盘上的链轮齿连接。

进一步可选的，所述传动机构包括传动齿轮，所述斜盘的外圆圆周形成有多个沿其周向均匀分布的齿轮齿，所述电机轴上固定设有齿轮，所述齿轮与所述斜盘上的齿轮齿啮合传动。

有益效果：本发明在章动发生机构两侧进行动力分流的布局，尤其是采用斜盘进行动力分流布局，与采用非动力分流的章动减速器相比，以厚度（轴向）大约增加 30-40% 的代价，可以使输出扭矩增加 100% 左右，对于单级传动比达到 160 左右的章动减速装置，减少的摩擦损失几乎可以达到齿面摩擦损失的一半左右，显著提高减速器的工作效率；同时还能减小减速装置的体积，减轻重量，减少发热，在同样的温升前提下，可以提高功率密度。

附图说明

通过参照附图详细描述其示例实施例，本发明公开的上述和其它目标、特征及优点将变得更加显而易见。下面描述的附图仅仅是本发明公开的一些实施例，对于本领域的普通技术人员来讲，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附图。

图 1 示出了本发明章动减速器实施例 1 整体结构的示意图；

图 2 示出了本发明章动减速器实施例 2 的整体结构示意图；

图 3 示出了本发明章动减速器实施例 3 的整体结构的示意图；

图 4 为图 1 章动减速器实施例 1 和 2 中的斜盘实施例轴测图；

图 5 为图 4 斜盘实施例的主视图；

图 6 示出了本发明章动减速器实施例 1、2、3 中预拉伸的环形弹性膜片实施例的轴测图；

图 7 为图 6 中预拉伸的环形弹性膜片实施例的断面视图；

图 8 为图 7 的 I 处局部放大视图；

图 9 示出了本发明章动减速器实施例 1、2、3 平面密珠轴承实施例的轴测图；

图 10 示出了本发明章动减速器实施例 1 中驱动机构驱动斜盘的一种传动简图；

图 11 为本发明章动减速器实施例 1、2、3 中章动齿轮实施例的轴测图；

图 12 为图 11 中章动齿轮单个齿形实施例的轴测图；

图 13 为图 12 中章动齿轮单个齿形的主视图；

图 14 示出了为本发明章动减速器实施例 1、2、3 中非章动齿轮单个齿形实施例的主视图；

图 15 示出了本发明章动减速器实施例 1、2、3 中章动齿轮副啮合实施例的示意图；

图 16 示出了本发明章动减速器实施例 1、2、3 应用在 DELTA 机器人的示意图；

其中，图 13 和图 14 中的虚线为假想线，为了说明本发明实施例中齿面的组成而划分的。

附图标记：

101-内环；102-外环；103-环形弹性体；200-平面密珠轴承；201-保持架；202-滚珠；300-壳体；301-减速器输出轴；3011-第一减速器输出轴；3012-第二减速器输出轴；400-章动齿轮；500-非章动齿轮；600-斜盘；601-斜面；610-颈缩轴段；620-驱动电机；631-第一传动轴；632-第二传动轴；633-人字齿轮；634-斜齿轮；635-圆柱齿轮；900-电机；901-转子；902-定子；903-第一环形弹性膜片；904-第二轴承；a-齿顶曲面；b-椭圆锥面；c-平面；d-齿根曲面；e-无瞬心包络齿面。

具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，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。

在本发明实施例中使用的术语是仅仅出于描述特定实施例的目的，而非旨在限制本发明。在本发明实施例和所附权利要求书中所使用的单数形式的“一种”、“所述”和“该”也旨在包括多数形式，除非上下文清楚地表示其他含义，“多种”一般包含至少两种，但是不排除包含至少一种的情况。

应当理解，本文中使用的术语“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。另外，本文中字符“/”，一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

还需要说明的是，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的商品或者系统不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种商品或者系统所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的商品或者系统中还存在另外的相同要素。

现有的章动减速器采用关节轴承实现章动运行，结构复杂，使体积较大，如果增加一倍输出扭矩，则增大的体积接近原来的一倍，致使应用场合受限，同时采用关节轴承机械效率较低。

本发明采用对称的章动齿轮副，设置在章动发生机构两侧，可简化结构，与现有技术相比，可在相同的输出扭矩下减小章动减速器的体积，尤其是采用斜盘进行动力分流，在扭矩增加一倍的情况下，体积仅增加 30%-40%，而现有减速器采用关节轴承结构复杂，体积增加将近一倍。本发明不仅实现扭矩的增加，同时重量减轻，发热较小，机械效率较高，功率密度较大。

为进一步阐述本发明中的技术方案，现结合图 1-图 16，提供了如下具体实施例。

实施例 1

在本实施例中提供了一种章动减速器，如图 1、图 4-图 9 所示，包括：壳体 300；两对章动齿轮副，设置在壳体 300 内，每对章动齿轮副由章动齿轮 400 和非章动齿轮 500 啮合形成，非章动齿轮 500 固定设置在壳体 300 内或与壳体 300 一体成型，每对章动齿轮副中章动齿轮 400 的齿数比非章动齿轮 500 的齿数多一个；减速器输出轴 301，转动设置在所述壳体 300 内；两个预拉伸的环形弹性膜片，每个环形弹性膜片具有内环 101、外环 102 和连接于内环 101 和外环 102 之间的环形弹性体 103，内环 101 和外环 102 沿各自的圆周方向均设有若干个铰制孔，每个章动齿轮副中的章动齿轮通过第一铰制螺栓与环形弹性膜片上的外环 102 固定连接，且第一铰制螺栓穿过外环 102 的铰制孔并与外环 102 的铰制孔配合，减速器输出轴 301 通过第二铰制螺栓与环形弹性膜片上的内环 101 固定连接，且第二铰制螺栓穿过内环 101 的铰制孔并与内环 101 的铰制孔配合，所述章动齿轮做章动运动时，所述环形弹性膜片利用环形弹性体 103 产生的弹性形变将章动齿轮的章动运动转换为所述减速器输出轴的单一回转运动；章动发生机构，设置在壳体 300 内，两对章动齿轮副对称设置在章动发生机构的两侧，章动发生机构用于驱动章动齿轮 400 做章动运动，使章动齿轮 400 的齿在非章动齿轮 500 的齿上滚动。

本实施例中通过第一铰制螺栓与外环的铰制孔配合及第二铰制螺栓与内环的铰制孔配合实现环形弹性膜片的径向定位和扭矩的传递。优选的，第一铰制螺栓与外环的铰制孔可采用间隙配合，第二铰制螺栓与内环的铰制孔采用间隙配合。

需要特别说明的是，本实施例中章动齿轮 400 的齿和非章动齿轮 500 的齿形成于各自齿盘一侧端面上，且各自的齿均沿各自齿盘的径向方向延伸，各自齿的纵截面积从齿顶到齿根逐渐变大，各自齿的横截面积沿各自齿盘的径向方向由外向内逐渐变小，齿宽为齿内圆端面与齿外圆端面的距离。

可选的，章动齿轮 400 的齿和非章动齿轮 500 的齿分布在各自齿盘端面一侧，章动齿轮 400 的齿的宽度方向与章动齿轮 400 的径向方向相同，非章动齿轮 500 的齿的宽度方向与非章动齿轮 500 的径向方向相同。

优选的，如图 13 和图 14 所示，章动齿轮 400 的工作齿面 401 由外凸的椭圆锥面 b 构造而成，且在同一横截面上椭圆锥面 b 上最高点和最

低点的距离沿章动齿轮 400 的径向由外向内逐渐变小；非章动齿轮 500 齿面的工作齿面 501 为章动齿轮 400 在章动运动过程中产生的无瞬心包络面。章动齿轮 400 的齿面由齿顶曲面 a、椭圆锥面 b、平面 c、齿根曲面 d 构造而成，其中，齿顶曲面 a 两端分别依次连接有椭圆锥面 b、平面 c 和齿根曲面 d，且齿顶曲面 a、椭圆锥面 b、平面 c 和齿根曲面 d 相邻两者相切，所述齿顶曲面 a 为外凸的光滑曲面，所述齿根曲面 d 为凹陷的光滑曲面；非章动齿轮 500 的齿面由齿顶曲面 a、无瞬心包络齿面 e、平面 c、齿根曲面 d 构成，其中，齿顶曲面 a 两端分别依次连接有无瞬心包络齿面 e、平面 c 和齿根曲面 d，且齿顶曲面 a、无瞬心包络齿面 e、平面 c 和齿根曲面 d 相邻两者相切，齿顶曲面 a 为外凸的光滑曲面，齿根曲面 d 为凹陷的光滑曲面。章动齿轮 400 和非章动齿轮 500 各自的齿顶曲面 a 为外凸的光滑曲面，各自的齿根曲面 d 为凹陷的光滑曲面。可满足章动齿轮 400 正反转时的承载能力。优选的，章动齿轮 400 和非章动齿轮 500 各自的齿顶曲面 a 和齿根曲面 d 可通过样条曲面构造形成。可选的，章动齿轮 400 上齿顶曲面 a 两端的椭圆锥面 b、平面 c 和齿根曲面 d 相互对称。非章动齿轮 500 上齿顶曲面 a 的无瞬心包络齿面 e、平面 c 和齿根曲面 d 相互对称。

过小的轴间角会影响作为输出机构环形弹性膜片 103 的受力和应变状态，为实现章动运动，轴间角应小于 180° ；而齿数的上限受减速机构传动效率的限制，传动比越大，效率越低。因此，本实施例将章动齿轮和非章动齿轮的轴间角 T 为： $177^\circ \leq T < 180^\circ$ 。

本实施例中章动齿轮的工作齿面设置成椭圆锥面，在同一横截面上所述椭圆锥面上最高点和最低点的距离沿所述章动齿轮的径向由外向内逐渐变小。通过采用椭圆锥面替代圆锥面作为章动齿轮的工作齿面，有效地增加了针轮工作齿面的弧长，在同样的齿轮直径、传动比和输出载荷下，可以使针轮工作齿面的弧长增加 60% 左右，降低章动齿轮齿面的局部磨损，延长使用寿命。同时，与端面摆线针轮副相比，在同样的齿轮直径、传动比和输出载荷下，可以使齿面接触应力降低 23% 左右；或者在同样的接触应力下，可以提高承载能力约 30%。

进一步优选的，章动发生机构包括：斜盘 600，转动设置在壳体 300 内的减速器输出轴 301 上，斜盘 600 两侧设有对称的斜面 601，斜盘 600

通过驱动机构驱动转动；平面密珠轴承 200，斜盘 600 与每对章动齿轮副中的章动齿轮 400 之间均设有平面密珠轴承 200，斜盘 600 的两侧面和两对所述齿轮副中各自的所述章动齿轮 400 的背面作为平面密珠轴承 200 的滚道；两对章动齿轮副中的两个章动齿轮 400 齿数相等，两对章动齿轮副中的两个非章动齿轮 500 的齿数相等；斜盘 600 转动时，斜盘 600 两侧的斜面 601 驱动章动齿轮 400 做章动运动，使章动齿轮 400 的齿在非章动齿轮 500 的齿上滚动。章动齿轮副中的两个非章动齿轮 500 的齿数相等，可保证输出的转速相同，两个章动齿轮 400 的章动角相同，进而实现同一斜盘 600 驱动两个章动齿轮 400 同时发生章动运行，同时也抵消了斜盘 600 两侧受力不均的问题，使斜盘 600 的轴线保持与减速器输出轴共轴线。

如图 9 所示，本实施例中的平面密珠轴承包括：保持架 201，设有多个滚珠孔，所述滚珠孔内设有凸出于保持架两侧面的滚珠 202，每组滚珠孔按照半径不同的椭圆排列，且每组滚珠孔环绕椭圆一周设置，多组所述滚珠孔所在的椭圆的长轴在同一直线上且所在椭圆的中心重合，相邻两组滚珠孔交错排列。本实施例任意一组滚珠孔中的一个滚珠孔与相邻最近的另一组中滚珠孔的距离小于滚珠直径的两倍，可确保滚珠密布排列。需要特别说明的是，本实施例中的滚珠也可按照正圆周排列，本实施例中优选采用椭圆排列，可避免滚道过早出现疲劳点蚀。

本实施例的两对章动齿轮副采用对称布置，布置在斜盘 600 两侧，斜盘 600 两侧设有两个对称斜面 601，当斜盘 600 转动时，两对章动齿轮 400 同时做章动运行，并且两个章动齿轮 400 采用同一个减速器输出轴输出扭矩，在相同的输出功率下，使得推力轴承保持架与章动齿轮 400 之间及推力轴承保持架与斜盘 600 之间的摩擦损失减小 50%，其值约为传动比乘 0.0005。对于单级传动比达到 160 左右的章动减速器，减少的摩擦损失接近齿面摩擦损失的一半左右，显著提高本实施例章动减速器的工作效率。

进一步优选的，如图 1 和图 6 所示，内环 101 和与内环 101 连接的所述减速器输出轴 301 共轴线设置，外环 102 和与外环 102 连接的所述章动齿轮 400 共轴线设置，内环 101 的轴线和外环 102 的轴线相交；所述章动齿轮 400 做章动运动时，所述环形弹性膜片产生形变以适应所述

章动齿轮 400 的章动运动，同时，环形弹性膜片带动所述减速器输出轴做单一的回转运动。可选的，内环 101 和外环 102 形成法兰，由内环 101 所形成的法兰作为第一连接部，由外环 102 形成的法兰作为第二连接部，内环通过铰制孔螺栓与减速器输出轴 301 固定连接，外环通过铰制孔螺栓与章动齿轮 400 固定连接。本实施例通过环形弹性膜片实现将章动齿轮 400 的章动运动转化为减速器输出轴的单一回转运动，采用环形弹性膜片不会产生理论运动误差，传递给减速器输出轴的转角理论上严格等于章动齿轮 400 的自转转角，并且在任何转角下，输出机构的刚性是恒定的，不会产生输出转角的波动误差；其次是几乎没有能量损失，不产生额外热量；再次是发挥了关节轴承的作用，无须额外设置轴承，环形弹性膜片本身就承担了章动齿轮 400 的径向力，并实现了章动齿轮 400 的定心功能，与传统采用关节轴承的章动减速器相比，结构更加紧凑，缩小了减速器的内部空间，在输出相同扭矩的情况下可使减速器体积做的更小，应用场合更加的广泛。

进一步，如图 6-图 8 所示，环形弹性体 103 为一侧凸另一侧凹的环形凸起结构，所述内环与所述环形弹性体 103 内周边相切，所述外环 102 与所述环形弹性体 103 外周边相切。进一步，所述凸起结构的凹面和凸面由圆弧面、样条曲面或余弦曲面构造形成。用于补偿环形弹性膜片在安装过程中产生的拉伸变形量的预拉伸伸长量，可以显著降低用于补偿环形弹性体在安装过程中产生的拉伸变形量的预拉伸伸长量，可以显著降低环形弹性膜片的安装应力。适量的预拉伸变形几乎不会降低环形弹性膜片的径向刚性，但过大的预拉伸变形量会降低其径向刚性，乃至导致弹性失稳。

需要特别说明的是，本实施例中内环 101 的轴线和外环 102 的轴线相交指的是环形弹性膜片安装后的状态，由于环形弹性膜片安装后为了使章动齿轮 400 和非章动齿轮 500 的轴间角小于 180° ，环形弹性体 103 在安装后会挤压产生形变。环形弹性体 103 在自然状态下（安装前未产生形变的状态）内环 101 的轴线和外环 102 的轴线重合。在安装后，由于内环 101 和外环 102 具有一定的偏转角度，使环形弹性体 103 的凸起结构局部被抻直。

具体可选的，如图 1 所示，减速器输出轴 301 由第一减速器输出轴

3011 和第二减速器输出轴 3012 两部分组成，非章动齿轮 500 的背部设有轴承安装孔，圆锥滚子轴承设置在轴承安装孔内，第一减速器输出轴 3011 安装在圆锥滚子轴承内圈上，第二减速器输出轴 3012 通过圆锥滚子轴承转动安装在壳体 300 内，且第一减速器输出轴 3011 和第二减速器输出轴 3012 均设有圆锥面，圆锥面的轴线与其所在的轴的轴线重合，第一减速器输出轴 3011 和第二减速器输出轴 3012 通过圆锥面配合并通过螺钉固定连接，使第一减速器输出轴 3011 和第二减速器输出轴 3012 如刚性轴一样同相位转动，第一减速器输出轴和第二减速器输出轴抵消章动齿轮章动运动过程中产生的轴向力，相互传递扭矩，保持同步同相位的输出运动。斜盘 600 通过轴承转动设置在减速器输出轴上，斜盘 600 与减速器输出轴连接的轴承可以为调心轴承。

优选的，壳体 300 由第一壳体和第二壳体组成，第一壳体和第二壳体扣合固定在一起，内部形成容纳空间，其中一对章动齿轮副中的非章动齿轮固定在第一壳体上或与第一壳体一体成型，另一对章动齿轮副中的非章动齿轮固定在第二壳体上或与第二壳体一体成型。且两对章动齿轮副中的两个非章动齿轮共轴线设置。

实施例 2

在上述实施例 1 的基础上，如图 2 所示，所述驱动机构为电机，直接驱动斜盘 600 转动。电机磁路采用轴向布局，其中，电机可以为盘状空心电机，盘状空心电机的转子 901 为空心结构，转子 901 的内圆形成法兰，法兰通过第一环形弹性膜片 903 与斜盘 600 外圆固定连接，以避免斜盘 600 轴向浮动对转子的干扰，转子上不包含构成内磁路的铁芯，转动惯量大幅降低，动态响应性能更好。而转子的外圆与壳体内表面之间设有第一轴承 903，电机的定子 902 设置转子的两侧，并安装在壳体 902 内。可缩小章动减速器轴向方向的体积。

实施例 3

在上述实施例 1 的基础上，如图 3 所示，所述驱动机构为电机，直接驱动斜盘 600 转动，电机磁路采用传统的径向布局，斜盘 600 具有颈缩轴段 610，斜盘 600 的两个斜面 601 位于颈缩轴段 610 轴向方向的两侧，斜盘 600 设有与其共轴线的通孔，减速器输出轴 301 的外圆表面设有第二轴承 904，第二轴承 904 安装在斜盘 600 的通孔内，使斜盘 600

可相对减速器输出轴 301 转动，第二轴承 904 可设置两个，起到对斜盘 600 径向定位及支撑的作用，所述颈缩轴段作为所述电机的转子 901，电机的定子 902 设置在壳体 300 内与转子 901 配合。

实施例 4

在上述实施例 1 的基础上，所述驱动机构包括电机和传动机构，电机通过传动机构驱动斜盘 600 转动。进一步优选的，传动机构包括链条和链轮，斜盘 600 的外圆圆周形成有多个沿其周向均匀分布的链轮齿，电机轴上固定设有链轮，链轮通过链条与斜盘 600 上的链轮齿连接。进一步优选的，传动机构为包括传动齿轮，斜盘 600 的外圆圆周形成有多个沿其周向均匀分布的齿轮齿，电机轴上固定设有齿轮，齿轮与斜盘 600 上的齿轮齿啮合传动。

实施例 5

在上述实施例 1 的基础上，所述斜盘 600 外圆圆周形成有齿轮齿，传动机构可以为圆锥齿轮副，其中一个圆锥齿轮作为主动齿轮通过电机驱动，另一个圆锥齿轮作为从动齿轮，且另一个圆锥齿轮上设有与其同轴的齿轮轴，所述齿轮轴上设有圆柱齿轮，所述圆柱齿轮与斜盘 600 的齿轮齿啮合，电机轴与减速器输出轴呈 90° ，可应用于多轴机器手的机械臂上，将电机隐藏在机械臂内驱动机械臂摆动。

实施例 6

在上述实施例 1 的基础上，如图 10 所示，驱动机构包括驱动电机 620 和传动机构，传动机构包括第一传动轴 631、第二传动轴 632、人字齿轮 633、两个斜齿轮 634 和两个圆柱齿轮 635，第一传动轴 631 和第二传动轴 632 上分别固定设有一个圆柱齿轮 635 和斜齿轮 634，斜盘 600 外圆形成有齿轮齿并与两个圆柱齿轮 635 啮合，驱动电机 620 轴上固定设有人字齿轮 633，两个斜齿轮 634 分别与人字齿轮 633 啮合，两个斜齿轮 634 的旋向可以为相反的。人字齿轮 633 分别与两个圆柱斜齿轮的啮合来实现动力分流和自动均载，再通过两个圆柱齿轮与斜盘外缘齿轮啮合来实现将动力汇聚到斜盘上去的。采用动力分流可以将斜盘厚度减小一半，以减轻减速器的重量，提高功率密度。

在上述实施例 1-6 中，通过双斜面 601 的斜盘 600 和在一个减速器内镜像对称布置两套章动齿轮 400，可以显著提高减速装置的功率密度，

减小轴承摩擦损失，进一步提高减速装置的传动效率。该布局特别适用于具有双输出端的减速器，如图 16 为章动减速器应用在 DELTA 机器人中，每个摆臂需要两个输出法兰，本实施例中章动减速器具有两个输出法兰（第一减速器输出轴 3011 和第二减速器输出轴 3012 上的输出法兰）可驱动每个摆臂转动，可使结构紧凑，具有较大的输出扭矩和结构刚性。

在实施例 1-6 任一基础上，进一步可选的，斜盘 600 厚度较大的一侧设有用于斜盘 600 转动时实现斜盘 600 动平衡的开口（图中未示出），满足斜盘 600 在高转速下的动平衡。

以上具体地示出和描述了本公开的示例性实施例。应可理解的是，本公开不限于这里描述的详细结构、设置方式或实现方法；相反，本公开意图涵盖包含在所附权利要求的精神和范围内的各种修改和等效设置。

权 利 要 求 书

1、一种章动减速器，其特征在于，包括：

壳体；

两对章动齿轮副，设置在所述壳体内，每对所述章动齿轮副由章动齿轮和非章动齿轮啮合形成，所述非章动齿轮固定设置在所述壳体内或与所述壳体一体成型，每对所述章动齿轮副中所述章动齿轮的齿数比所述非章动齿轮的齿数多一个；

减速器输出轴，转动设置在所述壳体内；

两个预拉伸的环形弹性膜片，每个所述环形弹性膜片具有内环、外环和连接于内环和外环之间的环形弹性体；所述内环和所述外环沿各自的圆周方向均设有若干个铰制孔，每个所述章动齿轮副中的所述章动齿轮通过第一铰制螺栓与所述环形弹性膜片上的所述外环固定连接，且所述第一铰制螺栓穿过所述外环的铰制孔并与外环的所述铰制孔配合，所述减速器输出轴通过第二铰制螺栓与所述环形弹性膜片上的内环固定连接，且所述第二铰制螺栓穿过所述内环的铰制孔并与所述内环的铰制孔配合，所述章动齿轮做章动运动时，所述环形弹性膜片利用所述环形弹性体产生的弹性形变将所述章动齿轮的章动运动转换为所述减速器输出轴的单一回转运动；

章动发生机构，设置在所述壳体内，两对章动齿轮副对称设置在所述章动发生机构的两侧，所述章动发生机构用于驱动所述章动齿轮做章动运动，使所述章动齿轮的齿在所述非章动齿轮的齿上滚动。

2、如权利要求1所述的章动减速器，其特征在于，所述章动发生机构包括：

斜盘，转动设置在所述壳体内的所述减速器输出轴上，所述斜盘两侧设有对称的斜面，所述斜盘通过驱动机构驱动转动；

平面密珠轴承，所述斜盘与每对所述章动齿轮副中的章动齿轮之间均设有所述平面密珠轴承，所述斜盘的两侧面和两对所述齿轮副中各自

的所述章动齿轮的背面作为所述平面密珠轴承的滚道；

两对所述章动齿轮副中的两个所述章动齿轮齿数相等，两对所述章动齿轮副中的两个所述非章动齿轮的齿数相等；

所述斜盘转动时，斜盘两侧的斜面驱动章动齿轮做章动运动，使所述章动齿轮的齿在所述非章动齿轮的齿上滚动。

3、如权利要求2所述的章动减速器，其特征在于，所述内环和与所述内环连接的所述减速器输出轴共轴线设置，所述外环和与所述外环连接的所述章动齿轮共轴线设置，所述内环的轴线和所述外环的轴线相交。

4、如权利要求3所述的章动减速器，其特征在于，所述环形弹性体为一侧凸另一侧凹的环形凸起结构，所述内环与所述环形弹性体内周边相切，所述外环与所述环形弹性体外周边相切。

5、如权利要求4所述的章动减速器，其特征在于，所述凸起结构的凹面和凸面由圆弧面、样条曲面或余弦曲面构造所形成环形波纹凸起。

6、如权利要求2所述的章动减速器，其特征在于，所述斜盘厚度较大的一侧设有用于斜盘转动时实现斜盘动平衡的开口。

7、如权利要求2-6任一所述的章动减速器，其特征在于，所述驱动机构为电机，直接驱动所述斜盘转动。

8、如权利要求7所述的章动减速器，其特征在于，所述壳体作为所述电机的外壳，所述电机的定子设置在所述外壳内，和/或所述斜盘的两个斜面之间具有颈缩轴段，所述颈缩轴段作为所述电机的转子。

9、如权利要求2-6任一所述的章动减速器，其特征在于，所述驱动机构包括电机和传动机构，所述电机通过所述传动机构驱动所述斜盘转动。

10、如权利要求9所述的章动减速器，其特征在于，所述传动机构包括传动齿轮，所述斜盘的外圆圆周形成有多个沿其周向均匀分布的齿轮齿，所述电机轴上固定设有齿轮，所述齿轮与所述斜盘上的齿轮齿啮合传动。

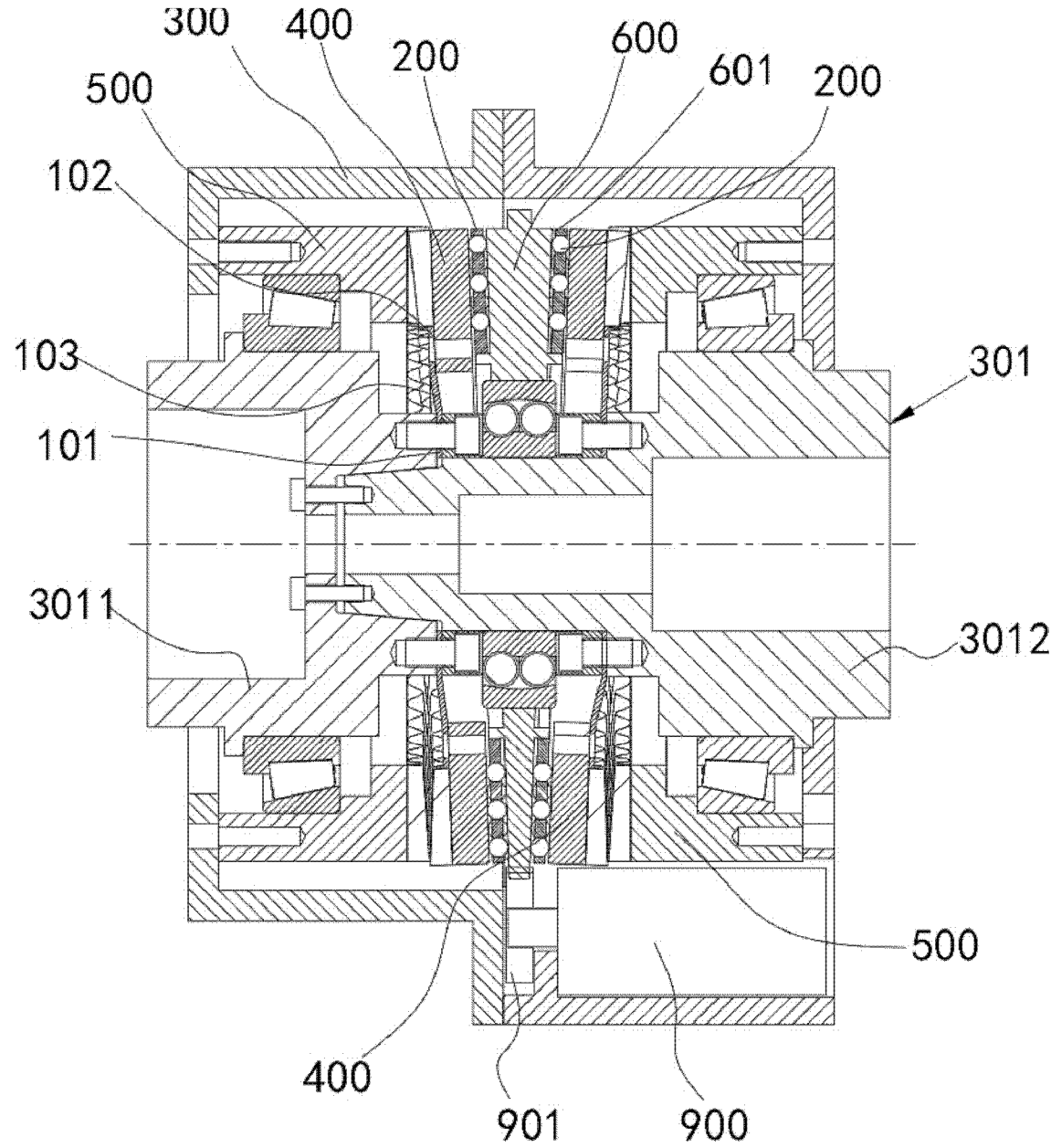


图 1

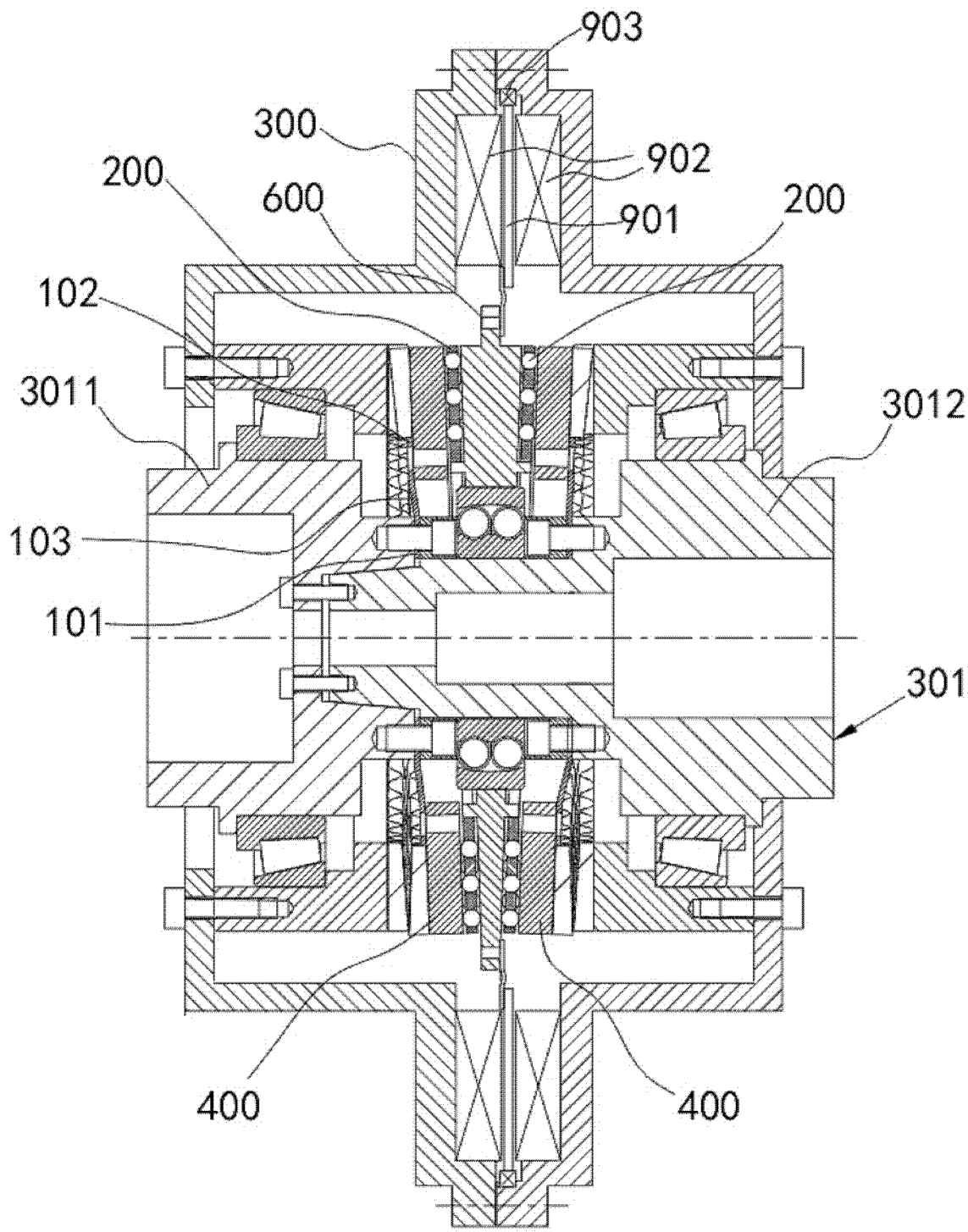


图 2

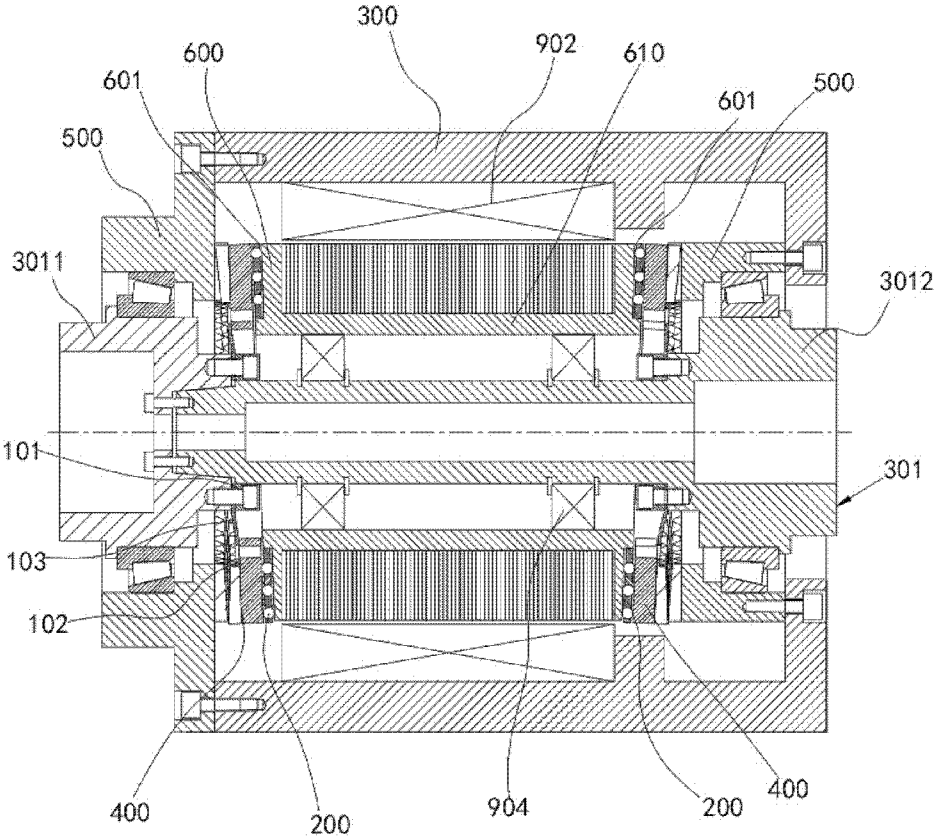


图 3

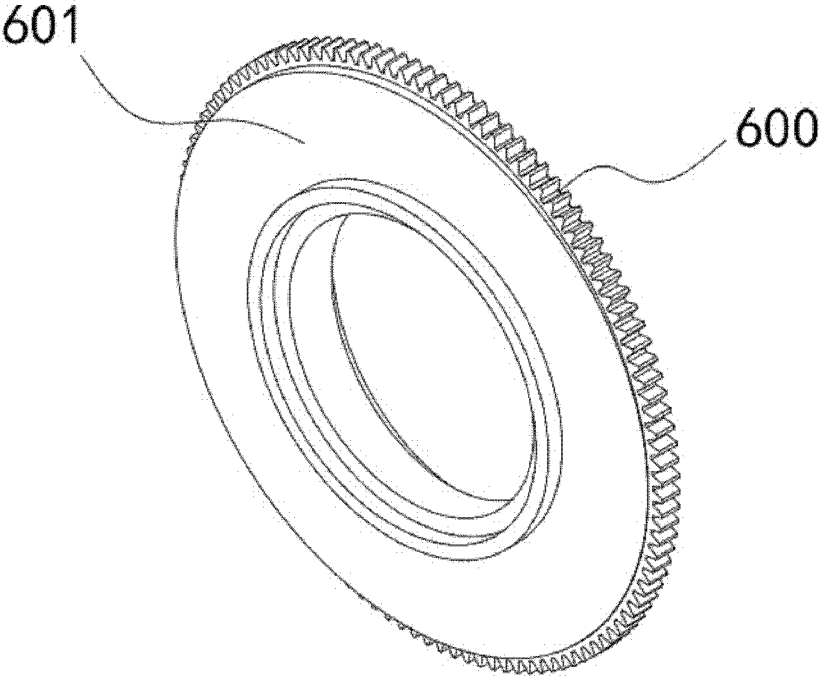


图 4

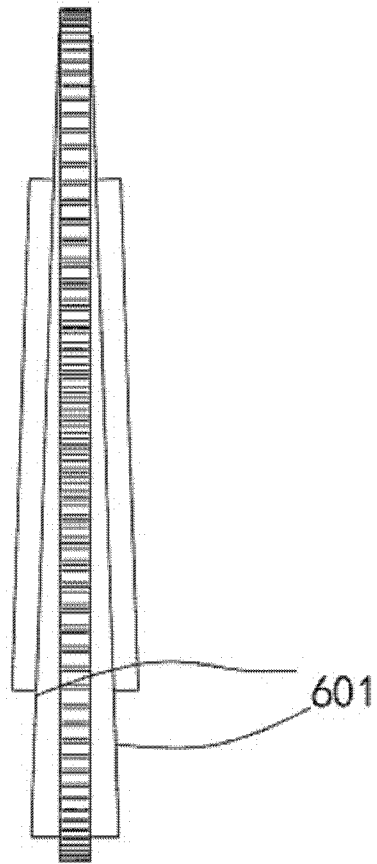


图 5

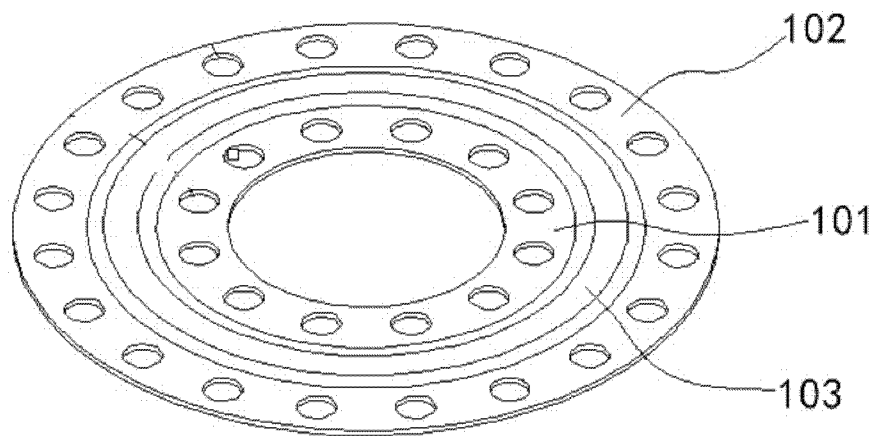


图 6

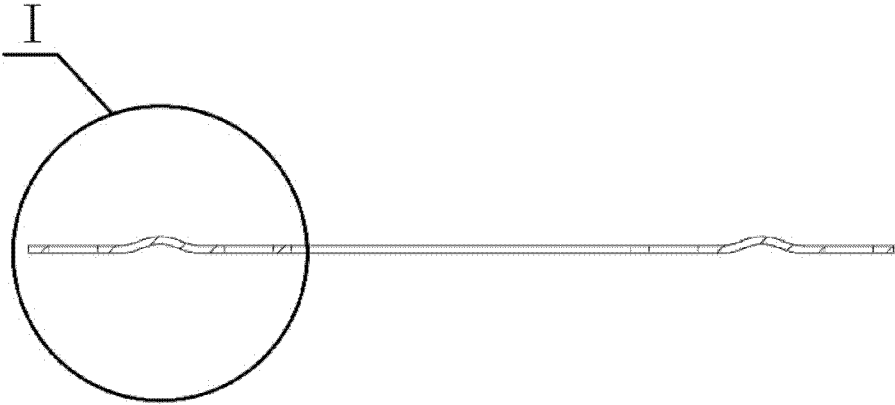


图 7

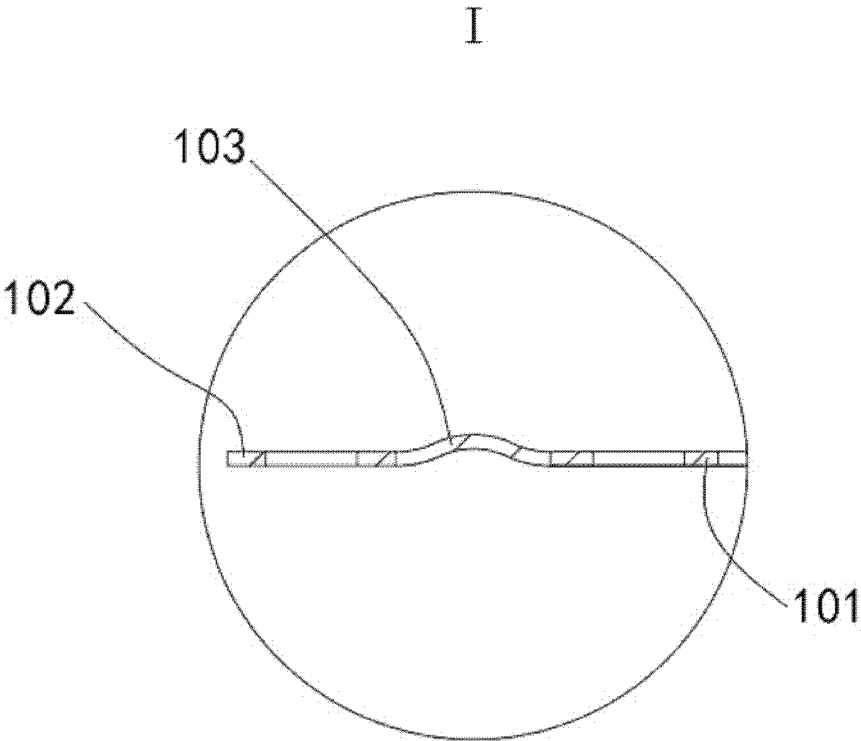


图 8

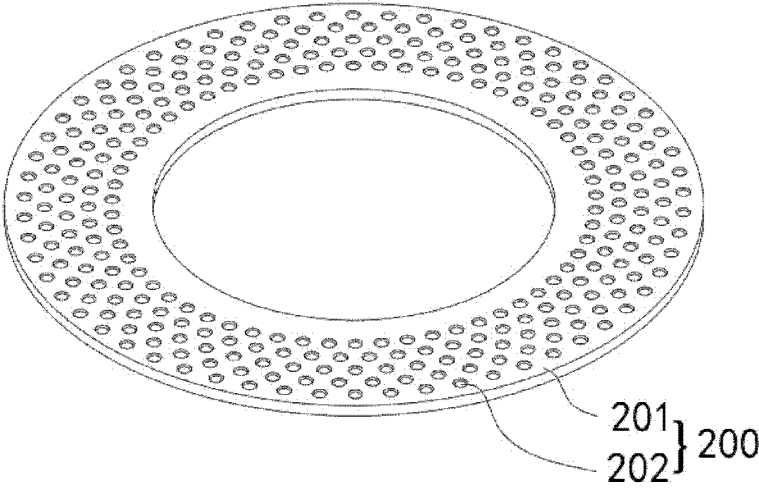


图 9

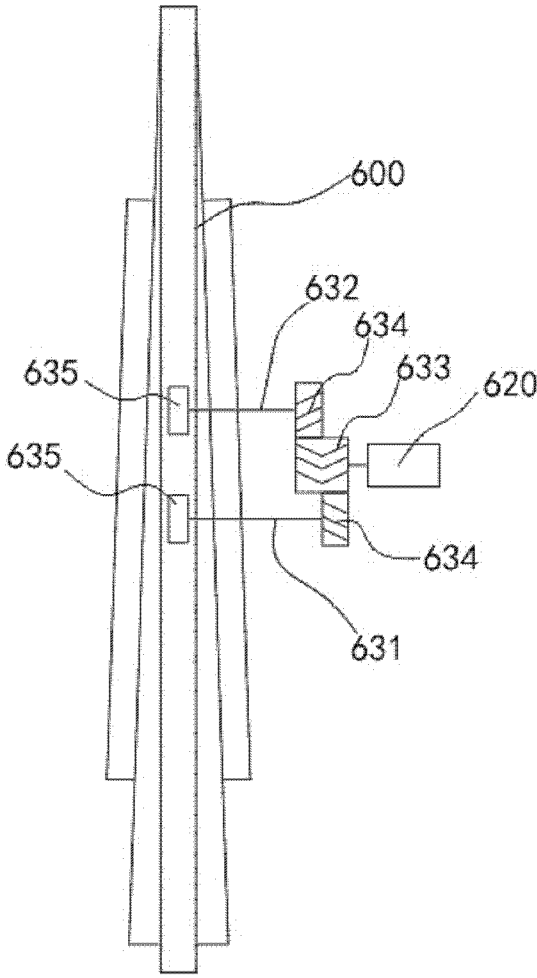


图 10

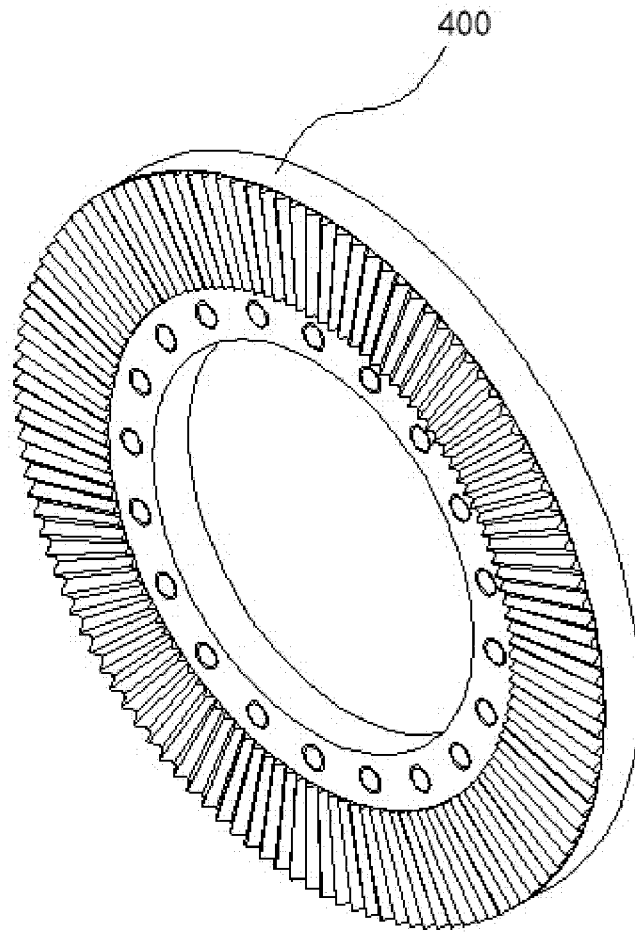


图 11

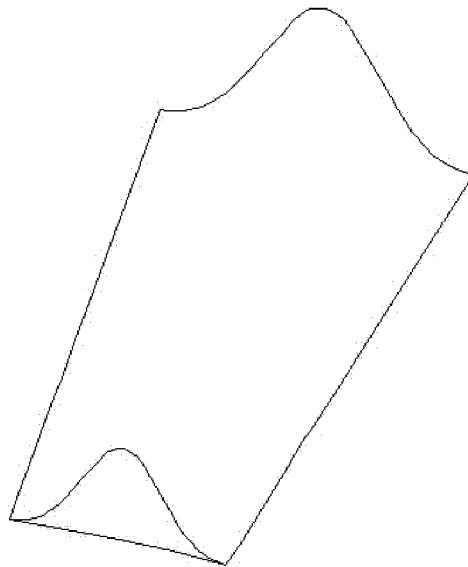


图 12

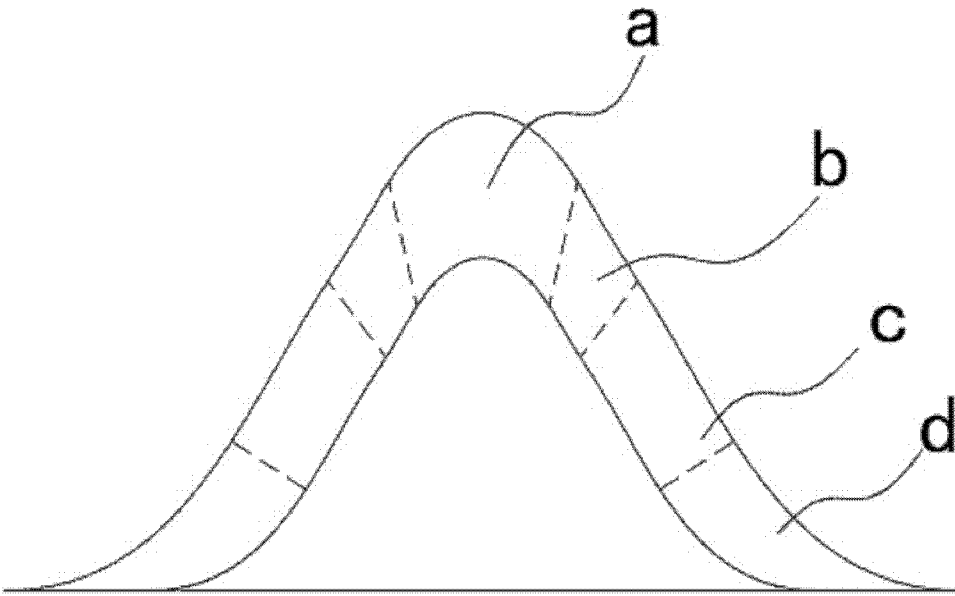


图 13

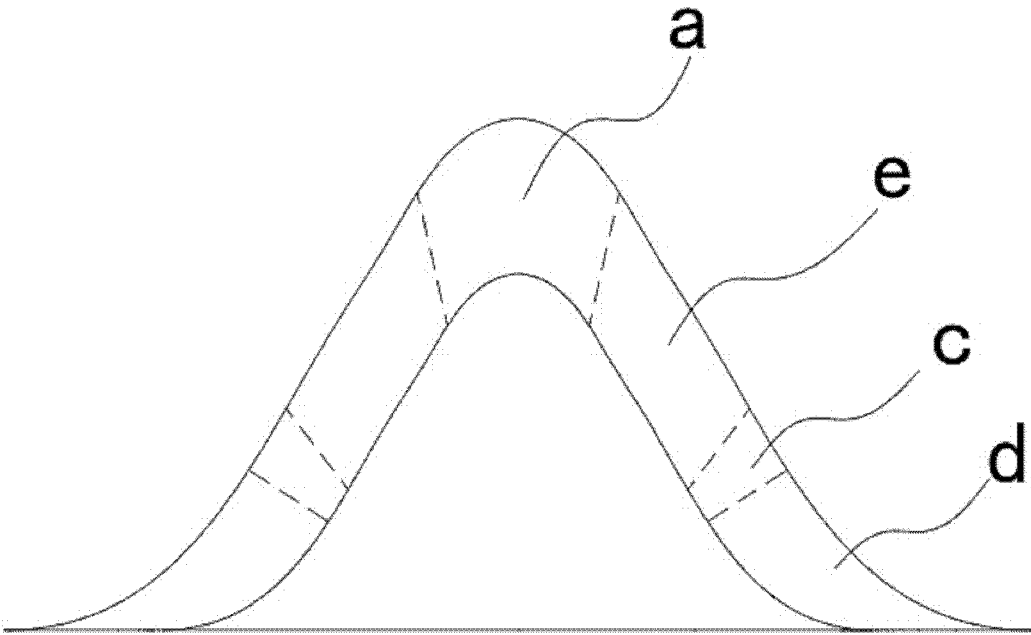


图 14

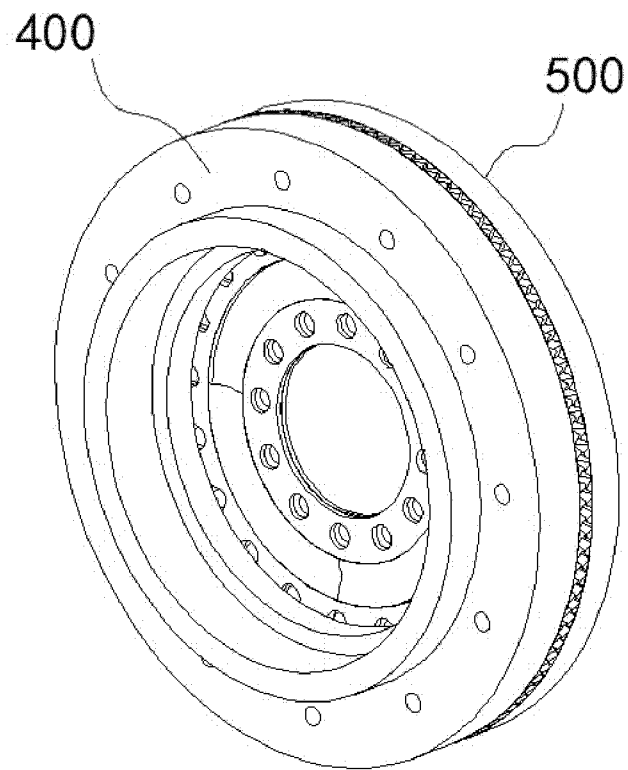


图 15

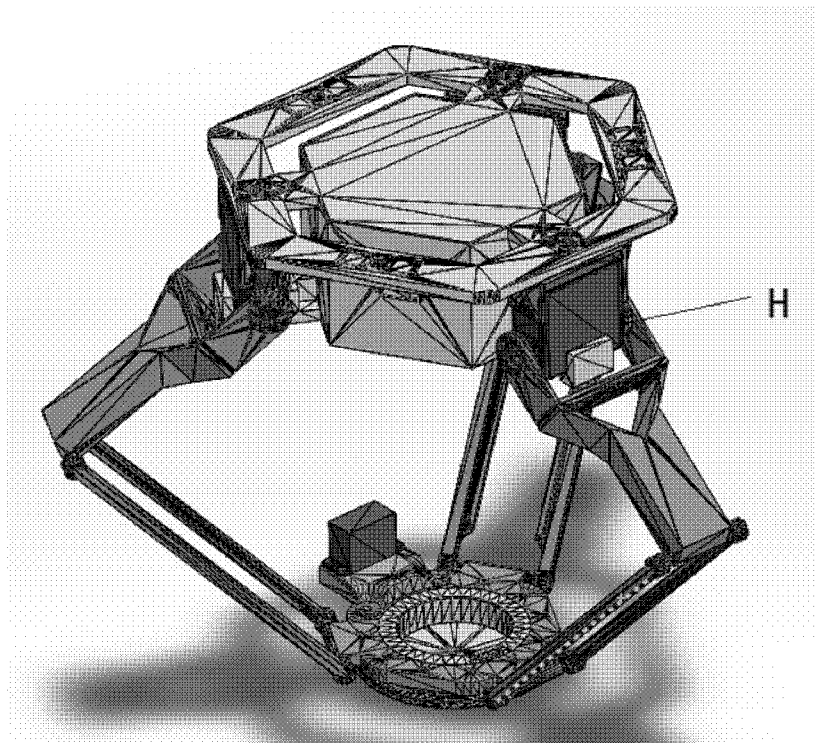


图 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/136671

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16H1/20(2006.01);F16H57/023(2012.01);F16H57/021(2012.01);

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI; CNABS; EPODOC; WPI: 齿轮, 弹性, 对称, 膜, 章动, 变速, nutation+, transm+, gear+, elastic+, annular+, membrane, symmetric+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114198460 A (JIANG HONG) 18 March 2022 (2022-03-18) description, specific embodiments, and figures 1-16	1-10
PX	CN 114198464 A (JIANG HONG) 18 March 2022 (2022-03-18) description, specific embodiments, and figures 1-19	1-10
PX	CN 114215844 A (JIANG HONG) 22 March 2022 (2022-03-22) description, specific embodiments, and figures 1-9	1-10
A	CN 107614931 A (THK CO., LTD.) 19 January 2018 (2018-01-19) description, specific embodiments, and figures 1-19	1-10
A	CN 111219447 A (SOOCHOW UNIVERSITY) 02 June 2020 (2020-06-02) entire document	1-10
A	CN 112096825 A (YANSHAN UNIVERSITY) 18 December 2020 (2020-12-18) entire document	1-10
A	CN 2235046 Y (HAN LISHENG) 11 September 1996 (1996-09-11) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 February 2023

Date of mailing of the international search report

22 February 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/136671**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP H06235445 A (MURAKAMI, Hiroshi et al.) 23 August 1994 (1994-08-23) entire document	1-10
A	US 2015024896 A1 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION FUKUSHIMA UNIVERSITY) 22 January 2015 (2015-01-22) entire document	1-10
A	WO 2021156149 A1 (ROLLESS G.M.B.H.) 12 August 2021 (2021-08-12) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/136671

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114198460	A	18 March 2022	None			
CN	114198464	A	18 March 2022	None			
CN	114215844	A	22 March 2022	None			
CN	107614931	A	19 January 2018	JP	6010243	B1	19 October 2016
				JP	2016217532	A	22 December 2016
				WO	2016189989	A1	01 December 2016
				US	2018106328	A1	19 April 2018
				US	10281008	B2	07 May 2019
				DE	112016002380	T5	15 February 2018
				TW	201704660	A	01 February 2017
				TWI	614431	B	11 February 2018
				CN	107614931	B	20 August 2019
CN	111219447	A	02 June 2020	WO	2021184401	A1	23 September 2021
				CN	111219447	B	19 July 2023
CN	112096825	A	18 December 2020	CN	112096825	B	21 December 2021
CN	2235046	Y	11 September 1996	None			
JP	H06235445	A	23 August 1994	US	5383821	A	24 January 1995
US	2015024896	A1	22 January 2015	JP	5860548	B2	16 February 2016
				EP	2933531	A1	21 October 2015
				EP	2933531	B1	08 July 2020
				US	9316289	B2	19 April 2016
				WO	2014076771	A1	22 May 2014
WO	2021156149	A1	12 August 2021	DE	102020103026	A1	12 August 2021

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/136671

A. 主题的分类

F16H1/20(2006.01)i;F16H57/023(2012.01)i;F16H57/021(2012.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

F16H

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称,和使用的检索词(如使用))

CNKI;CNABS;EPDOC;WPI: 齿轮,弹性,对称,膜,章动,变速, nutation+, transm+, gear+, elastic+, annular+, membrane, symmetric+

C. 相关文件

类 型*	引用文件,必要时,指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 114198460 A(姜虹) 2022年3月18日(2022-03-18) 说明书具体实施方式,附图1-16	1-10
PX	CN 114198464 A(姜虹) 2022年3月18日(2022-03-18) 说明书具体实施方式,附图1-19	1-10
PX	CN 114215844 A(姜虹) 2022年3月22日(2022-03-22) 说明书具体实施方式,附图1-9	1-10
A	CN 107614931 A(THK株式会社) 2018年1月19日(2018-01-19) 说明书具体实施方式,附图1-19	1-10
A	CN 111219447 A(苏州大学) 2020年6月2日(2020-06-02) 全文	1-10
A	CN 112096825 A(燕山大学) 2020年12月18日(2020-12-18) 全文	1-10
A	CN 2235046 Y(韩利生) 1996年9月11日(1996-09-11) 全文	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件,或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布,与申请不相抵触,但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件,单独考虑该文件,认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件,当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时,要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2023年2月12日

国际检索报告邮寄日期

2023年2月22日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

马雪松

电话号码 (+86) 010-53961157

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	JP H06235445 A (MURAKAMI, Hiroshi等) 1994年8月23日 (1994 - 08 - 23) 全文	1-10
A	US 2015024896 A1 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION FUKUSHIMA UNIVERSITY) 2015年1月22日 (2015 - 01 - 22) 全文	1-10
A	WO 2021156149 A1 (ROLLESS G. M. B. H.) 2021年8月12日 (2021 - 08 - 12) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/136671

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	114198460	A	2022年3月18日	无			
CN	114198464	A	2022年3月18日	无			
CN	114215844	A	2022年3月22日	无			
CN	107614931	A	2018年1月19日	JP	6010243	B1	2016年10月19日
				JP	2016217532	A	2016年12月22日
				WO	2016189989	A1	2016年12月1日
				US	2018106328	A1	2018年4月19日
				US	10281008	B2	2019年5月7日
				DE	112016002380	T5	2018年2月15日
				TW	201704660	A	2017年2月1日
				TWI	614431	B	2018年2月11日
				CN	107614931	B	2019年8月20日
CN	111219447	A	2020年6月2日	WO	2021184401	A1	2021年9月23日
				CN	111219447	B	2023年7月19日
CN	112096825	A	2020年12月18日	CN	112096825	B	2021年12月21日
CN	2235046	Y	1996年9月11日	无			
JP	H06235445	A	1994年8月23日	US	5383821	A	1995年1月24日
US	2015024896	A1	2015年1月22日	JP	5860548	B2	2016年2月16日
				EP	2933531	A1	2015年10月21日
				EP	2933531	B1	2020年7月8日
				US	9316289	B2	2016年4月19日
				WO	2014076771	A1	2014年5月22日
WO	2021156149	A1	2021年8月12日	DE	102020103026	A1	2021年8月12日