



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111022608 B

(45) 授权公告日 2021.06.08

(21) 申请号 201911167954.0

F16H 57/021 (2012.01)

(22) 申请日 2019.11.25

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 109707802 A, 2019.05.03

申请公布号 CN 111022608 A

CN 109882552 A, 2019.06.14

CN 110397711 A, 2019.11.01

(43) 申请公布日 2020.04.17

JP 2010090907 A, 2010.04.22

JP 2018091427 A, 2018.06.14

(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438号

审查员 黄素君

(72) 发明人 许立忠 闫济东

(74) 专利代理机构 石家庄众志华清知识产权事务所(特殊普通合伙) 13123

代理人 张建

(51) Int. Cl.

F16H 49/00 (2006.01)

F16H 57/023 (2012.01)

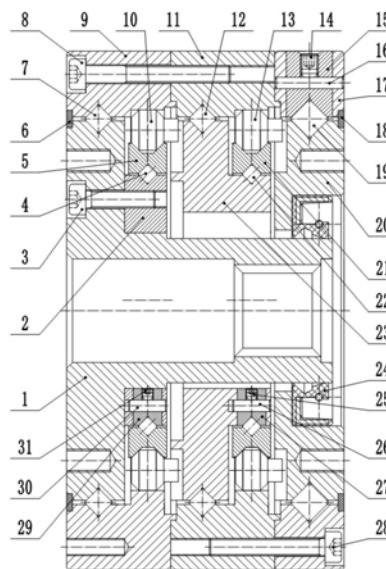
权利要求书3页 说明书7页 附图11页

(54) 发明名称

一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器

(57) 摘要

本发明公开了一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,主要包括输入轴、一级激波器内圈、一级激波器外圈、第一壳体、一级锤形滚柱活齿、第二壳体、二级锤形滚柱活齿、第三壳体、二级活齿架、二级激波器外圈、一级活齿架、骨架密封圈等;该装置汲取了滚柱活齿减速器与钢球活齿减速器的优点,将滚柱活齿传动的激波器和中心轮、与钢球活齿传动的活齿架通过锤形的滚柱活齿,巧妙地结合在了一起,且采用了五个复合集成式的专制交叉滚子轴承,使整机具有更小的长径比、更轻的重量和更低的加工制造难度,同时拥有更大的结构刚度、更大的承载能力和更高的传动效率;且该减速器可进行参数化和系列化设计,可应用多领域,助力智能制造、5G通讯等产业的快速崛起。



1. 一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,包括输入轴(1)、一级激波器内圈(2)、第一螺钉(3)、一级激波器外圈(5)、第二螺钉(8)、第一壳体(9)、一级锤形滚柱活齿(10)、第二壳体(11)、二级锤形滚柱活齿(13)、第三壳体(17)、二级活齿架(20)、二级激波器外圈(21)、一级活齿架(23)、第三螺钉(28),其特征在于:所述的第一壳体(9)通过多个均布的第二螺钉(8)固定安装在第二壳体(11)一侧,第三壳体(17)通过多个均布第三螺钉(28)固定安装在第二壳体(11)另一侧;输入轴(1)铰接在第一壳体(9)内,一级激波器内圈(2)的偏心内孔与输入轴(1)配合,并通过多个均布的第一螺钉(3)固定安装在输入轴(1)上;一级激波器外圈(5)铰接在一级激波器内圈(2)上,一级活齿架(23)铰接在第二壳体(11)内,一级活齿架(23)侧面均布有一圈开口朝外的U型一级活齿槽(2301),每个一级活齿槽(2301)内有一个一级锤形滚柱活齿(10),每个一级锤形滚柱活齿(10)还同时与一级激波器外圈(5)的活齿滚道及第一壳体(9)的弦线状的一级中心轮滚道(901)相啮合;二级激波器外圈(21)铰接在一级活齿架(23)的偏心轴段上,二级活齿架(20)铰接在第三壳体(17)内,二级活齿架(20)侧面均布有一圈开口朝外的U型二级活齿槽(2001),每个二级活齿槽(2001)内有一个二级锤形滚柱活齿(13),每个二级锤形滚柱活齿(13)还同时与二级激波器外圈(21)的活齿滚道及第二壳体(11)的弦线状的二级中心轮滚道(1101)相啮合;

所述一级锤形滚柱活齿(10)包括第一锥面、第一柱面、第二锥面、第二柱面,第一锥面与第二锥面采用相同的圆锥顶角,用于与一级激波器外圈(5)的外侧活齿滚道啮合;第一柱面用于与一级中心轮滚道(901)啮合;第二柱面用于与一级活齿槽(2301)的啮合;

所述二级锤形滚柱活齿(13)包括第一锥面、第一柱面、第二锥面、第二柱面,第一锥面与第二锥面采用相同的圆锥顶角,用于与二级激波器外圈(21)的活齿滚道啮合;第一柱面用于与二级中心轮滚道(1101)啮合;第二柱面用于与二级活齿槽(2001)的啮合;

输入轴(1)的外圈交叉滚子滚道与第一壳体(9)内圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第二圆柱滚子(7),每两个第二圆柱滚子(7)之间配合有一个第一隔离块(32);第一壳体(9)外圈上设置有安装孔,安装孔内设置有第四塞子(34),第四柱销(33)同时固定安装在第一壳体(9)与第四塞子(34)的销孔内,第四塞子(34)的销孔与第一壳体(9)外圈上的安装孔垂直,第四紧定螺钉(35)拧进第四塞子(34)并压紧第四柱销(33);

一级激波器内圈(2)交叉滚子滚道与一级激波器外圈(5)交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第一圆柱滚子(4),每两个第一圆柱滚子(4)之间配合有一个第四隔离块(41);一级激波器内圈(2)上设置有安装孔,第三塞子(29)固定安装在一级激波器内圈(2)上的安装孔内,第三柱销(30)同时固定安装在一级激波器内圈(2)与第三塞子(29)的销孔内,第三塞子(29)的销孔与一级激波器内圈(2)的安装孔垂直,第三紧定螺钉(31)拧进第三塞子(29)并压紧第三柱销(30);

一级活齿架(23)外圈交叉滚子滚道与第二壳体(11)内圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第三圆柱滚子(12),每两个第三圆柱滚子(12)之间配合有一个第二隔离块(39);第二壳体(11)外圈上设置有安装孔,第五塞子(37)固定安装在第二壳体(11)外圈上的安装孔内,第五柱销(36)同时固定安装在第二壳体(11)与第五塞子(37)的销孔内,第五紧定螺钉(38)拧进第五塞子(37)并压紧第五柱销(36);

二级激波器外圈(21)内圈交叉滚子滚道与一级活齿架偏心轴段(2302)上的外圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第五圆柱滚子(22),每两个第五圆柱滚子(22)之间配

合有一个第五隔离块(42);一级活齿架(23)偏心轴段上设置有安装孔,第二塞子(27)固定安装在一级活齿架偏心轴段(2302)上的安装孔内,第二柱销(26)同时固定安装在一级活齿架偏心轴段(2302)与第二塞子(27)的销孔内,第二紧定螺钉(25)拧进第二塞子(27)并压紧第二柱销(26);

二级活齿架(20)的外圈交叉滚子滚道与第三壳体(17)内圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第四圆柱滚子(19),每两个第四圆柱滚子(19)之间配合有一个第三隔离块(40);第三壳体(17)外圈上设置安装孔,第一塞子(15)固定安装在第三壳体(17)外圈上的安装孔内,第一柱销(16)同时固定安装在第三壳体(17)与第一塞子(15)的销孔内,第一紧定螺钉(14)拧进第一塞子(15)并压紧第一柱销(16)。

2. 根据权利要求1所述的一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,其特征在于:所述输入轴(1)中心设置有内孔,靠近第三壳体(17)一端的输入轴内孔上设置有内花键(101)。

3. 根据权利要求1所述的一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,其特征在于:还包括第一密封圈(6)和第二密封圈(18),第一密封圈(6)和第二密封圈(18)分别固定安装在第一壳体(9)和第三壳体(17)上。

4. 根据权利要求1所述的一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,其特征在于:二级活齿架(20)内孔上固定安装有骨架密封圈(24),骨架密封圈(24)与输入轴(1)外伸轴段配合密封。

5. 根据权利要求1所述的一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,其特征在于:一级中心轮滚道(901)的理论齿廓线的参数方程为:

$$\begin{cases} x = \left( a_1 \cos(z_2 \varphi_2) + \sqrt{b_1^2 - a_1^2 \sin^2(z_2 \varphi_2)} \right) \sin \varphi_2 \\ y = \left( a_1 \cos(z_2 \varphi_2) + \sqrt{b_1^2 - a_1^2 \sin^2(z_2 \varphi_2)} \right) \cos \varphi_2 \end{cases}$$

其中,  $a_1$ :一级激波器内圈偏心孔的偏心距,单位(mm);

$b_1$ :一级激波器外圈的理论廓线半径,单位(mm);

$Z_2$ :一级中心轮滚道的理论齿廓曲线波动周期数;

$\varphi_2$ :一级活齿架的转角,单位( $^\circ$ )。

6. 根据权利要求5所述的一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,其特征在于:所述二级中心轮滚道(1101)的理论齿廓线的参数方程为:

$$\begin{cases} x = \left( a_2 \cos(z_4 \varphi_3) + \sqrt{b_2^2 - a_2^2 \sin^2(z_4 \varphi_3)} \right) \sin \varphi_3 \\ y = \left( a_2 \cos(z_4 \varphi_3) + \sqrt{b_2^2 - a_2^2 \sin^2(z_4 \varphi_3)} \right) \cos \varphi_3 \end{cases}$$

其中,  $a_2$ :一级活齿架偏心轴段的偏心距,单位(mm);

$b_2$ :二级激波器外圈的理论廓线半径,单位(mm);

$Z_4$ :二级中心轮滚道的理论齿廓曲线波动周期数;

$\varphi_3$ :二级活齿架的转角,单位( $^\circ$ )。

7. 根据权利要求6所述的一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,其特征在于:一级活齿架侧面开有 $Z_1$ 个均布的一级活齿槽,二级活齿架侧面开有 $Z_3$ 个均布的二级活齿槽;

第一级传动比计算公式为:

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_1 - Z_2}$$

第二级传动比计算公式为：

$$i_2 = \frac{Z_3}{Z_3 - Z_4}$$

二级串联结构总传动比计算公式为：

$$i = i_1 i_2 = \frac{Z_1 Z_3}{(Z_1 - Z_2)(Z_3 - Z_4)}。$$

## 一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及减速机械领域,属于活齿传动装置,特别涉及一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器。

### 背景技术

[0002] 目前市场上已知的减速器都是由齿轮演变而来,常见的三种类型有行星减速器、RV减速器与谐波减速器,其组成零件过多,制造过于复杂,精度和扭力不够,其中RV减速器和谐波减速器虽然精度高,但是精度保持性和刚性不够,扭力小,寿命不长。随着智能制造、智能家居、5G通讯产业的快速崛起,小型化、轻量化将成为精密减速器新的发展趋势。应用于机器人、精密机床、航空航天等精密伺服机构的传动装置,要求具有高传动精度、高传动刚度、传动比大、传动效率高、体积小、重量轻、传动回差小等特点。活齿传动技术基于不同于传统齿轮传动的新的传动原理,可兼具上述优点。如专利号为CN201910292297.6提出了《一种具有消隙机构的双激波滚柱活齿减速器》,两偏心圆激波器对称布置,可消除惯性载荷,采用弹簧装置和锥形滚柱活齿,可消除轴向间隙,但只有一级减速,很难实现大减速比传动,且轴向结构过大,不适用于空间尺寸受限的领域中。为此,开发一种兼具活齿减速器的优点,又能在实现大传动比的同时保持较小轴向尺寸的双级活齿减速器,才能适用于更多新技术、新设备的发展需求。

### 发明内容

[0003] 本发明需要解决的技术问题是提供一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,采用了五个复合集成式的专制交叉滚子轴承,使整机具有更小的长径比、更轻的重量和更低的加工制造难度,同时拥有更大的结构刚度、更大的承载能力和更高的传动效率;采用空心结构,有两种不同的安装方式,适合多场合下的安装需求;且该减速器可进行参数化和系列化设计,可应用多领域,助力智能制造、5G通讯等产业的快速崛起。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案是:

[0005] 一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,包括输入轴、一级激波器内圈、第一螺钉、一级激波器外圈、第二螺钉、第一壳体、一级锤形滚柱活齿、第二壳体、二级锤形滚柱活齿、第三壳体、二级活齿架、二级激波器外圈、一级活齿架、第三螺钉,所述的第一壳体通过多个均布的第二螺钉固定安装在第二壳体一侧,第三壳体通过多个均布第三螺钉固定安装在第二壳体另一侧;输入轴铰接在第一壳体内,一级激波器内圈的偏心内孔与输入轴配合,并通过多个均布的第一螺钉固定安装在输入轴上;一级激波器外圈铰接在一级激波器内圈上,一级活齿架铰接在第二壳体内,一级活齿架侧面均布有一圈开口朝外的U型一级活齿槽,每个一级活齿槽内有一个一级锤形滚柱活齿,每个一级锤形滚柱活齿还同时与一级激波器外圈的活齿滚道及第一壳体的弦线状的一级中心轮滚道相啮合;二级激波器外圈铰接在一级活齿架的偏心轴段上,二级活齿架铰接在第三壳体内,二级活齿架侧面均布有一圈开口朝外的U型二级活齿槽,每个二级活齿槽内有一个二级锤形滚柱活齿,每个二级锤形滚柱活齿

还同时与二级激波器外圈的活齿滚道及第二壳体的弦线状的二级中心轮滚道相啮合。

[0006] 本发明技术方案的进一步改进在于:所述一级锤形滚柱活齿包括第一锥面、第一柱面、第二锥面、第二柱面,第一锥面与第二锥面采用相同的圆锥顶角,用于与一级激波器外圈的外侧活齿滚道啮合;第一柱面用于与一级中心轮滚道啮合;第二柱面用于与一级活齿槽的啮合;

[0007] 所述二级锤形滚柱活齿包括第一锥面、第一柱面、第二锥面、第二柱面,第一锥面与第二锥面采用相同的圆锥顶角,用于与二级激波器外圈的活齿滚道啮合;第一柱面用于与二级中心轮滚道啮合;第二柱面用于与二级活齿槽的啮合。

[0008] 本发明技术方案的进一步改进在于:输入轴的外圈交叉滚子滚道与第一壳体内圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第二圆柱滚子,每两个第二圆柱滚子之间配合有一个第一隔离块;第一壳体外圈上设置有安装孔,安装孔内设置有第四塞子,第四柱销同时固定安装在第一壳体与第四塞子的销孔内,第四塞子的销孔与第一壳体外圈上的安装孔垂直,第四紧定螺钉拧进第四塞子并压紧第四柱销;

[0009] 一级激波器内圈交叉滚子滚道与一级激波器外圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第一圆柱滚子,每两个第一圆柱滚子之间配合有一个第四隔离块;一级激波器内圈上设置有安装孔,第三塞子固定安装在一级激波器内圈上的安装孔内,第三柱销同时固定安装在一级激波器内圈与第三塞子的销孔内,第三塞子的销孔与一级激波器内圈的安装孔垂直,第三紧定螺钉拧进第三塞子并压紧第三柱销;

[0010] 一级活齿架外圈交叉滚子滚道与第二壳体内圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第三圆柱滚子,每两个第三圆柱滚子之间配合有一个第二隔离块;第二壳体外圈上设置有安装孔,第五塞子固定安装在第二壳体外圈上的安装孔内,第五柱销同时固定安装在第二壳体与第五塞子的销孔内,第五紧定螺钉拧进第五塞子并压紧第五柱销;

[0011] 二级激波器外圈内圈交叉滚子滚道与一级活齿架偏心轴段上的外圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第五圆柱滚子,每两个第五圆柱滚子之间配合有一个第五隔离块;一级活齿架偏心轴段上设置有安装孔,第二塞子固定安装在一级活齿架偏心轴段上的安装孔内,第二柱销同时固定安装在一级活齿架偏心轴段与第二塞子的销孔内,第二紧定螺钉拧进第二塞子并压紧第二柱销;

[0012] 二级活齿架的外圈交叉滚子滚道与第三壳体内圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第四圆柱滚子,每两个第四圆柱滚子之间配合有一个第三隔离块;第三壳体外圈上设置安装孔,第一塞子固定安装在第三壳体外圈上的安装孔内,第一柱销同时固定安装在第三壳体与第一塞子的销孔内,第一紧定螺钉拧进第一塞子并压紧第一柱销。

[0013] 本发明技术方案的进一步改进在于:所述输入轴中心设置有内孔,靠近第三壳体一端的输入轴内孔上设置有内花键。

[0014] 本发明技术方案的进一步改进在于:还包括第一密封圈和第二密封圈,第一密封圈和第二密封圈分别固定安装在第一壳体和第三壳体上。

[0015] 本发明技术方案的进一步改进在于:二级活齿架内孔上固定安装有骨架密封圈,骨架密封圈与输入轴外伸轴段配合密封。

[0016] 本发明技术方案的进一步改进在于:一级中心轮滚道(901)的理论齿廓线的参数方程为:

$$[0017] \quad \begin{cases} x = \left( a_1 \cos(z_2 \varphi_2) + \sqrt{b_1^2 - a_1^2 \sin^2(z_2 \varphi_2)} \right) \sin \varphi_2 \\ y = \left( a_1 \cos(z_2 \varphi_2) + \sqrt{b_1^2 - a_1^2 \sin^2(z_2 \varphi_2)} \right) \cos \varphi_2 \end{cases}$$

[0018] 其中,  $a_1$ : 一级激波器内圈偏心孔的偏心距, 单位 (mm);

[0019]  $b_1$ : 一级激波器外圈的理论廓线半径, 单位 (mm);

[0020]  $Z_2$ : 一级中心轮滚道的理论齿廓曲线波动周期数;

[0021]  $\Phi_2$ : 一级活齿架的转角, 单位 ( $^\circ$ )。

[0022] 本发明技术方案的进一步改进在于: 所述二级中心轮滚道 (1101) 的理论齿廓线的参数方程为:

$$[0023] \quad \begin{cases} x = \left( a_2 \cos(z_4 \varphi_3) + \sqrt{b_2^2 - a_2^2 \sin^2(z_4 \varphi_3)} \right) \sin \varphi_3 \\ y = \left( a_2 \cos(z_4 \varphi_3) + \sqrt{b_2^2 - a_2^2 \sin^2(z_4 \varphi_3)} \right) \cos \varphi_3 \end{cases}$$

[0024] 其中,  $a_2$ : 一级活齿架偏心轴段的偏心距, 单位 (mm);

[0025]  $b_2$ : 二级激波器外圈的理论廓线半径, 单位 (mm);

[0026]  $Z_4$ : 二级中心轮滚道的理论齿廓曲线波动周期数;

[0027]  $\Phi_3$ : 二级活齿架的转角, 单位 ( $^\circ$ )。

[0028] 本发明技术方案的进一步改进在于: 一级活齿架侧面开有  $Z_1$  个均布的一级活齿槽, 二级活齿架侧面开有  $Z_3$  个均布的二级活齿槽;

[0029] 所述的第一级传动比计算公式为:

$$[0030] \quad i_1 = \frac{Z_1}{Z_1 - Z_2}$$

[0031] 所述的第二级传动比计算公式为:

$$[0032] \quad i_2 = \frac{Z_3}{Z_3 - Z_4}$$

[0033] 二级串联结构总传动比计算公式为:

$$[0034] \quad i = i_1 i_2 = \frac{Z_1 Z_3}{(Z_1 - Z_2)(Z_3 - Z_4)}。$$

[0035] 由于采用了上述技术方案, 本发明取得的技术进步是:

[0036] 相比滚柱活齿减速器, 本发明的活齿架为盘式结构而非薄壁圆筒结构, 极大地缩短了轴向结构、提高了活齿架刚度; 相比平面钢球减速器, 本发明在径向尺寸不变的情况下, 轴向尺寸显著缩短, 即拥有更小的长径比, 且整机重量大幅降低, 更加适合作为机器人关节减速器。

[0037] 本发明整机采用五个复合集成式的专制交叉滚子轴承, 大大提高了承载力、传动效率与结构刚度。由于本发明采用了特殊的锤形滚柱活齿, 轴向无需预紧, 且允许轴向出现微小的装配误差, 而不影响传动精度, 极大地降低了加工制造难度。

[0038] 本发明为空心结构, 有两种不同的安装方式, 适合多种应用场合。且本发明具有结构简单紧凑、传动效率高、传动比范围广和承载能力大等优点, 可进行参数化和系列化设

计,适合大范围应用。

### 附图说明

[0039] 图1是本发明所述的总体装配结构示意图;

[0040] 图2、图3、图4是本发明不同位置 and 不同角度的整机剖视结构示意图;

[0041] 图5是本发明所述的输入轴零件结构示意图;

[0042] 图6是本发明所述的第一壳体零件结构示意图;

[0043] 图7是本发明所述的一级锤形滚柱活齿零件结构示意图;

[0044] 图8是本发明所述的第二壳体零件结构示意图;

[0045] 图9是本发明所述的二级活齿架零件结构示意图;

[0046] 图10是本发明所述的一级活齿架零件结构示意图;

[0047] 图11是本发明所述的一级活齿架零件另一个角度结构示意图;

[0048] 其中,1、输入轴,2、一级激波器内圈,3、第一螺钉,4、第一圆柱滚子,5、一级激波器外圈,6、第一密封圈,7、第二圆柱滚子,8、第二螺钉,9、第一壳体,10、一级锤形滚柱活齿,11、第二壳体,12、第三圆柱滚子,13、二级锤形滚柱活齿,14、第一紧定螺钉,15、第一塞子,16、第一柱销,17、第三壳体,18、第二密封圈,19、第四圆柱滚子,20、二级活齿架,21、二级激波器外圈,22、第五圆柱滚子,23、一级活齿架,24、骨架密封圈,25、第二紧定螺钉,26、第二柱销,27、第二塞子,28、第三螺钉,29、第三塞子,30、第三柱销,31、第三紧定螺钉,32、第一隔离块,33、第四柱销,34、第四塞子,35、第四紧定螺钉,36、第五柱销,37、第五塞子,38、第五紧定螺钉,39、第二隔离块,40、第三隔离块,41、第四隔离块,42、第五隔离块,101、内花键,901、一级中心轮滚道,1001、第一锥面,1002、第一柱面,1003、第二锥面,1004、第二柱面,1101、二级中心轮滚道,2001、二级活齿槽,2301、一级活齿槽,2302、一级活齿架偏心轴段2302。

### 具体实施方式

[0049] 下面结合实施例对本发明做进一步详细说明:

[0050] 一种双级正弦锤形滚柱活齿减速器,如图1~11所示,包括输入轴1、一级激波器内圈2、第一螺钉3、一级激波器外圈5、第二螺钉8、第一壳体9、一级锤形滚柱活齿10、第二壳体11、二级锤形滚柱活齿13、第三壳体17、二级活齿架20、二级激波器外圈21、一级活齿架23、第三螺钉28,所述的第一壳体9通过八个均布的第二螺钉8固定安装在第二壳体11一侧,第三壳体17通过八个均布的第三螺钉28固定安装在第二壳体11另一侧;输入轴1铰接在第一壳体9内,输入轴1的外圈交叉滚子滚道与第一壳体9内圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第二圆柱滚子7,每两个第二圆柱滚子7之间配合有一个第一隔离块32;第一壳体9外圈上设置有安装孔,安装孔内设置有第四塞子34,第四柱销33同时固定安装在第一壳体9与第四塞子34的销孔内,第四塞子34的销孔与第一壳体9外圈上的安装孔垂直,第四紧定螺钉35拧进第四塞子34并压紧第四柱销33。一级激波器内圈2的偏心内孔与输入轴1配合,并通过六个均布的第一螺钉3固定安装在输入轴1上;一级激波器外圈5铰接在一级激波器内圈2上,一级激波器内圈2交叉滚子滚道与一级激波器外圈5交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第一圆柱滚子4,每两个第一圆柱滚子4之间配合有一个第四隔离块41;一级激

波器内圈2上设置有安装孔,第三塞子29固定安装在一级激波器内圈2上的安装孔内,第三柱销30同时固定安装在一级激波器内圈2与第三塞子29的销孔内,第三塞子29销孔与一级激波器内圈2的安装孔垂直,第三紧定螺钉31拧进第三塞子29并压紧第三柱销30。一级活齿架23铰接在第二壳体11内,一级活齿架23外圈交叉滚子滚道与第二壳体11内圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第三圆柱滚子12,每两个第三圆柱滚子12之间配合有一个第二隔离块39;第二壳体11外圈上设置有安装孔,第五塞子37固定安装在第二壳体11外圈上的安装孔内,第五柱销36同时固定安装在第二壳体11与第五塞子37的销孔内,第五紧定螺钉38拧进第五塞子37并压紧第五柱销36。一级活齿架23侧面均布有一圈开口朝外的U型一级活齿槽2301,每个一级活齿槽2301内有一个一级锤形滚柱活齿10,每个一级锤形滚柱活齿10还同时与一级激波器外圈5的活齿滚道及第一壳体9的弦线状的一级中心轮滚道901相啮合;二级激波器外圈21铰接在一级活齿架23的偏心轴段上,二级活齿架20铰接在第三壳体17内,二级活齿架20侧面均布有一圈开口朝外的U型二级活齿槽2001,每个二级活齿槽2001内有一个二级锤形滚柱活齿13,每个二级锤形滚柱活齿13还同时与二级激波器外圈21的活齿滚道及第二壳体11的弦线状的二级中心轮滚道1101相啮合。二级激波器外圈21内圈交叉滚子滚道与一级活齿架偏心轴段2302上的外圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第五圆柱滚子22,每两个第五圆柱滚子22之间配合有一个第五隔离块42;一级活齿架偏心轴段2302上设置有安装孔,第二塞子27固定安装在一级活齿架偏心轴段2302上的安装孔内,第二柱销26同时固定安装在一级活齿架偏心轴段2302与第二塞子27的销孔内,第二紧定螺钉25拧进第二塞子27并压紧第二柱销26。二级活齿架20的外圈交叉滚子滚道与第三壳体17内圈交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第四圆柱滚子19,每两个第四圆柱滚子19之间配合有一个第三隔离块40;第三壳体17外圈上设置安装孔,第一塞子15固定安装在第三壳体17外圈上的安装孔内,第一柱销16同时固定安装在第三壳体17与第一塞子15的销孔内,第一紧定螺钉14拧进第一塞子15并压紧第一柱销16。

[0051] 其中一级锤形滚柱活齿10包括第一锥面、第一柱面、第二锥面、第二柱面,第一锥面与第二锥面采用相同的圆锥顶角,用于与一级激波器外圈5的外侧活齿滚道啮合;第一柱面用于与一级中心轮滚道901啮合;第二柱面用于与一级活齿槽2301的啮合;二级锤形滚柱活齿13包括第一锥面、第一柱面、第二锥面、第二柱面,第一锥面与第二锥面采用相同的圆锥顶角,用于与二级激波器外圈21的活齿滚道啮合;第一柱面用于与二级中心轮滚道1101啮合;第二柱面用于与二级活齿槽2001的啮合。

[0052] 输入轴1中心设置有内孔,靠近第三壳体17一端的输入轴内孔上设置有内花键101。

[0053] 优选的还包括第一密封圈6和第二密封圈18,第一密封圈6和第二密封圈18分别固定安装在第一壳体9和第三壳体17上。二级活齿架20内孔上固定安装有骨架密封圈24,骨架密封圈24与输入轴1外伸轴段配合密封。

[0054] 一级中心轮滚道901的理论齿廓线的参数方程为:

$$[0055] \begin{cases} x = \left( a_1 \cos(z_2 \varphi_2) + \sqrt{b_1^2 - a_1^2 \sin^2(z_2 \varphi_2)} \right) \sin \varphi_2 \\ y = \left( a_1 \cos(z_2 \varphi_2) + \sqrt{b_1^2 - a_1^2 \sin^2(z_2 \varphi_2)} \right) \cos \varphi_2 \end{cases}$$

[0056] 其中, $a_1$ :一级激波器内圈偏心孔的偏心距,单位(mm);

[0057]  $b_1$ :一级激波器外圈的理论廓线半径,单位(mm);

[0058]  $Z_2$ :一级中心轮滚道的理论齿廓曲线波动周期数;

[0059]  $\Phi_2$ :一级活齿架的转角,单位( $^\circ$ )。

[0060] 二级中心轮滚道(1101)的理论齿廓线的参数方程为:

$$[0061] \begin{cases} x = \left( a_2 \cos(z_4 \varphi_3) + \sqrt{b_2^2 - a_2^2 \sin^2(z_4 \varphi_3)} \right) \sin \varphi_3 \\ y = \left( a_2 \cos(z_4 \varphi_3) + \sqrt{b_2^2 - a_2^2 \sin^2(z_4 \varphi_3)} \right) \cos \varphi_3 \end{cases}$$

[0062] 其中, $a_2$ :一级活齿架偏心轴段的偏心距,单位(mm);

[0063]  $b_2$ :二级激波器外圈的理论廓线半径,单位(mm);

[0064]  $Z_4$ :二级中心轮滚道的理论齿廓曲线波动周期数;

[0065]  $\Phi_3$ :二级活齿架的转角,单位( $^\circ$ )。

[0066] 一级活齿架侧面开有 $Z_1$ 个均布的一级活齿槽,二级活齿架侧面开有 $Z_3$ 个均布的二级活齿槽;

[0067] 所述的第一级传动比计算公式为:

$$[0068] i_1 = \frac{Z_1}{Z_1 - Z_2}$$

[0069] 所述的第二级传动比计算公式为:

$$[0070] i_2 = \frac{Z_3}{Z_3 - Z_4}。$$

[0071] 针对某种应用场合设计了一款双级正弦锤形滚柱活齿减速器,其总体尺寸为,外径 $\phi 90\text{mm}$ ,长 $48\text{mm}$ ;骨架密封圈24的尺寸为 $25*40*7$ ;一、二级传动的理论参数见表1。

[0072] 表1结构理论参数表

	名称及单位	数值
	传动比 $i=i_1 \cdot i_2$	$10 \times 10 = 100$
	正弦滚道幅值 $a(\text{mm})$	1.8
	一级锤形滚柱活齿第一柱面半径 $r_1(\text{mm})$	3.5
	二级锤形滚柱活齿第一柱面半径 $r_2(\text{mm})$	3.5
[0073]	第一、第二锥面圆锥半角( $^\circ$ )	45
	一、二级中心轮滚道周期数 $Z_2$ 、 $Z_4$	9
	一级激波器内圈偏心孔的偏心距 $a_1$ (mm)	1.8
	一级活齿架偏心轴段的偏心距 $a_2$ (mm)	1.8
	一、二级激波器外圈理论廓线半径 $b_1$ 、 $b_2(\text{mm})$	29.5

[0074] 其中,一级锤形滚柱活齿10和二级锤形滚柱活齿13的第一锥面1001和第二锥面1003的圆锥半角均为 $45^\circ$ ,该角度可根据实际受力情况选定。

[0075] 特别的,表1中的各参数均可根据实际应用场合自行设定,即本发明的结构参数具

有广泛性和一般性,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,即与本发明机构原理一致、且齿廓特性方程与本发明一致的所有尺寸规格减速器,均应包含在本发明的保护范围之内。

[0076] 本发明工作原理:本发明使用时,当第一壳体9固定时,转动输入轴1转动,带动固定安装在输入轴1上的一级激波器内圈2转动,由于一级激波器内圈2的内孔是偏心的,故铰接在一级激波器内圈2上的一级激波器外圈5会绕着一级激波器内圈2中心自转的同时、绕着输入轴中心公转,并驱动其活齿滚道内的一级锤形滚柱活齿10在第一壳体9内的一级中心轮滚道901上滚动,同时,一级锤形活齿10的第二柱面1004与一级活齿架23的一级活齿槽2301啮合,一级锤形活齿10在一级中心轮滚道901上的运动可以分解为沿着径向的往复运动与沿着周向的圆周运动,沿着径向的往复运动体现在一级锤形活齿10在一级活齿槽2301中的往复运动,而沿着周向的圆周运动则用于推动一级活齿架23自转,从而实现从输入轴1到一级活齿架23的一级减速运动;同样的,一级活齿架23自转,会带动铰接在其偏心轴段上的二级激波器外圈21绕着偏心轴段自转的同时绕着一级活齿架23中心公转,并驱动其活齿滚道内的二级锤形滚柱活齿13在第二壳体11内的二级中心轮滚道1101上滚动,同时,二级锤形活齿13采用与一级锤形活齿10相同的几何结构,其第二柱面与二级活齿架20的二级活齿槽2001啮合,二级锤形活齿13在二级中心轮滚道1101上的运动可以分解为沿着径向的往复运动与沿着周向的圆周运动,沿着径向的往复运动体现在二级锤形活齿13在二级活齿槽2001中的往复运动,而沿着周向的圆周运动则用于推动二级活齿架20自转,从而实现从一级活齿架23到二级活齿架20的二级减速运动,并由二级活齿架20输出运动。即在一级减速的基础上进行进一步地二级减速,从而实现大的减速比,其减速比计算公式为

$$[0077] \quad i = i_1 i_2 = \frac{Z_1 Z_3}{(Z_1 - Z_2)(Z_3 - Z_4)}$$

[0078] 由于本发明的结构采用了空心式结构,故含有两种安装方式,第一种是上述的第一壳体9固定,动力从图1中所示的左侧输入,驱动输入轴1转动,最终由右侧的二级活齿架20输出转动,此时二级活齿架20的转向与输入轴1的转向相同;第二种安装方式是,固定右侧的二级活齿架20,动力从图1中所示的右侧输入,驱动输入轴1转动,最终由左侧的第一壳体9输出转动,此时减速器的减速比不变,但减速比为负,即第一壳体9的转向与输入轴1的转向相反。

[0079] 本发明的输入轴1、第二圆柱滚子7、第一壳体9构成了第一个复合集成式的交叉滚子轴承;一级活齿架23、第三圆柱滚子12、第二壳体11构成了第二个复合集成式的交叉滚子轴承;二级活齿架20、第四圆柱滚子19、第三壳体17构成了第三个复合集成式的交叉滚子轴承;一级激波器内圈2、第一圆柱滚子4、一级激波器外圈5构成了第四个复合集成式的交叉滚子轴承;一级活齿架23、第五圆柱滚子22、二级激波器外圈21构成了第五个复合集成式的轴承;故本减速器只采用了五个复合集成式的交叉滚子轴承,复合集成的含义在于,既具备交叉滚子轴承的功能,同时又是作为参与活齿啮合的构件并传递活齿传动。整机未使用其他任何轴承,相对于传动减速器动辄八九个轴承的情况下,本减速器在轴承效率损耗上大降低,从而提高了传动效率。

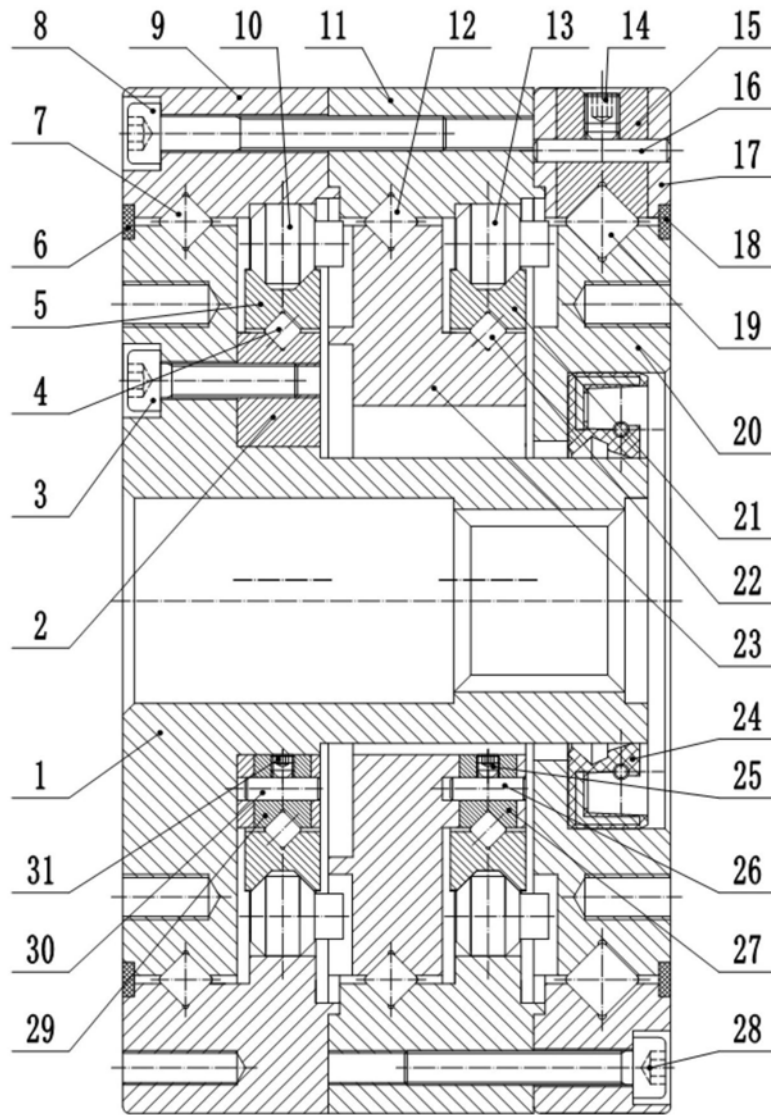


图1

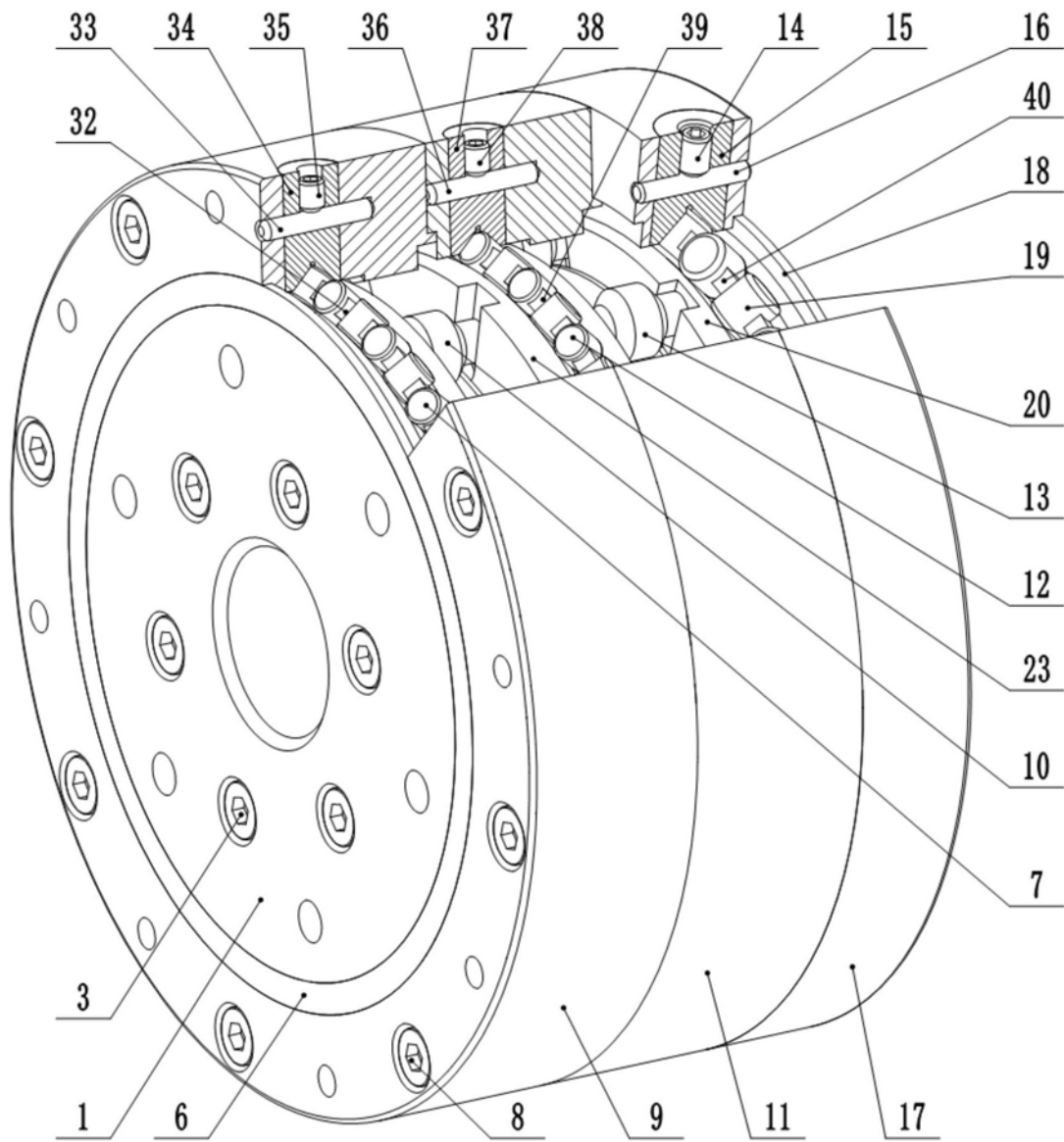


图2

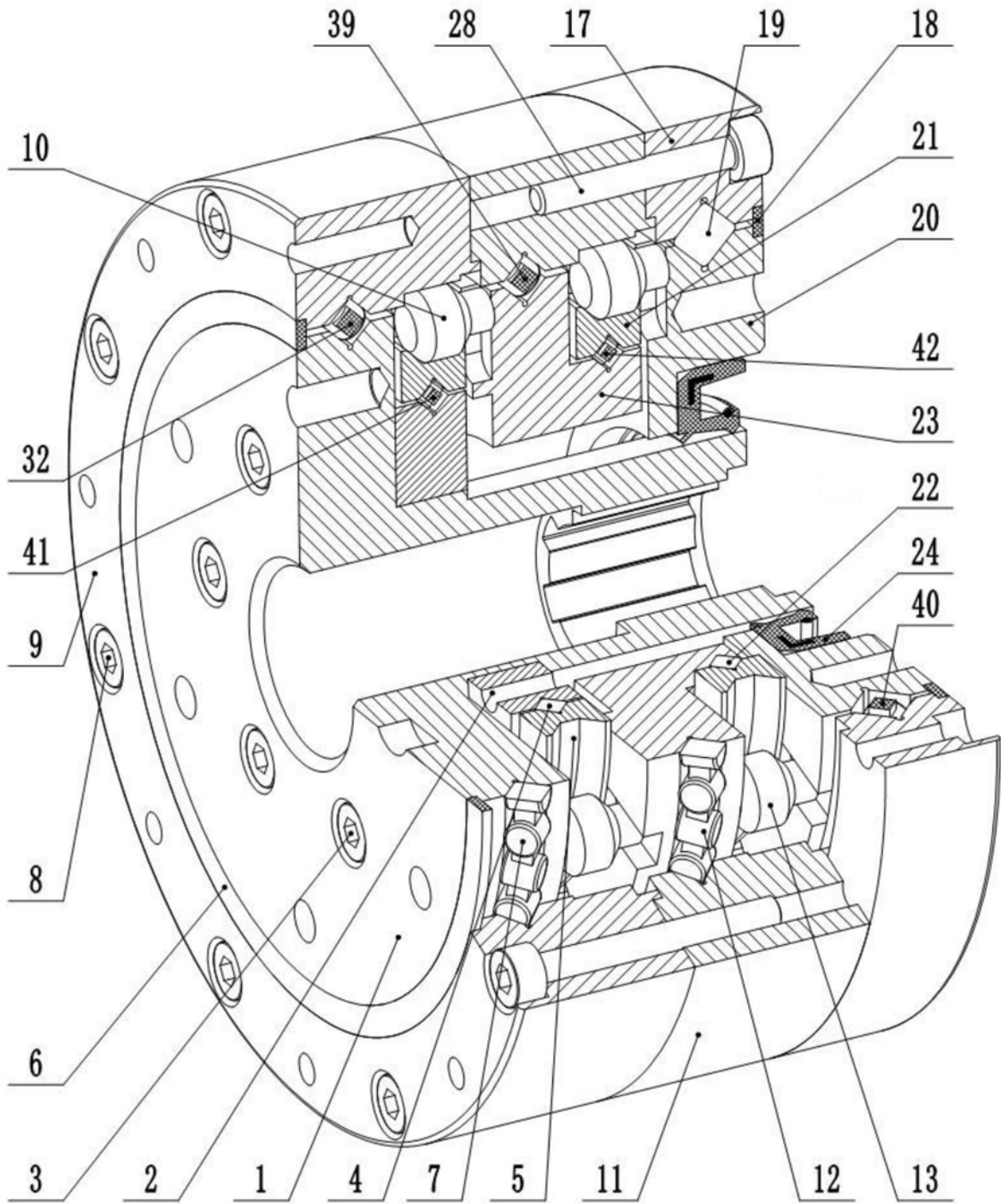


图3

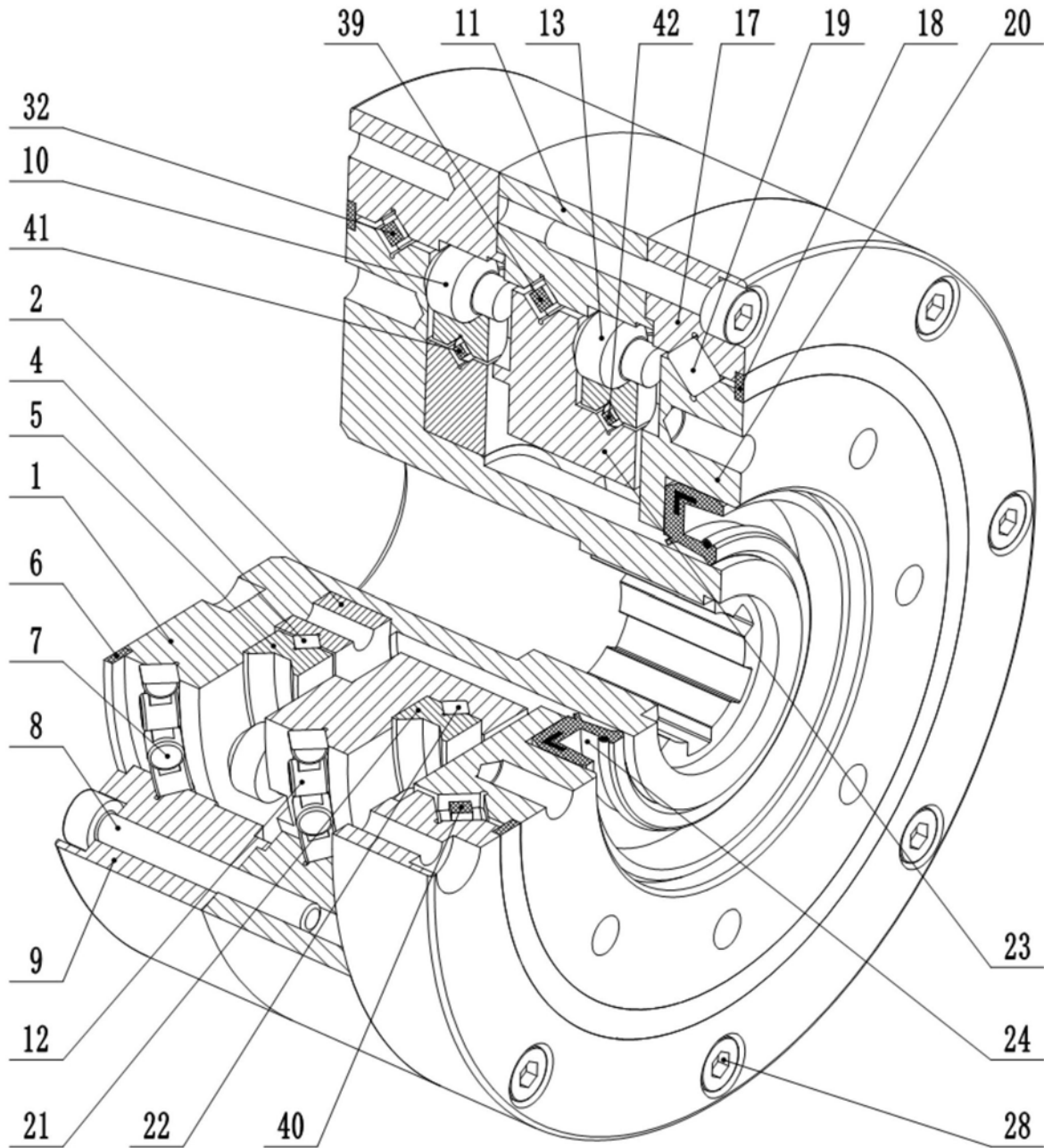


图4

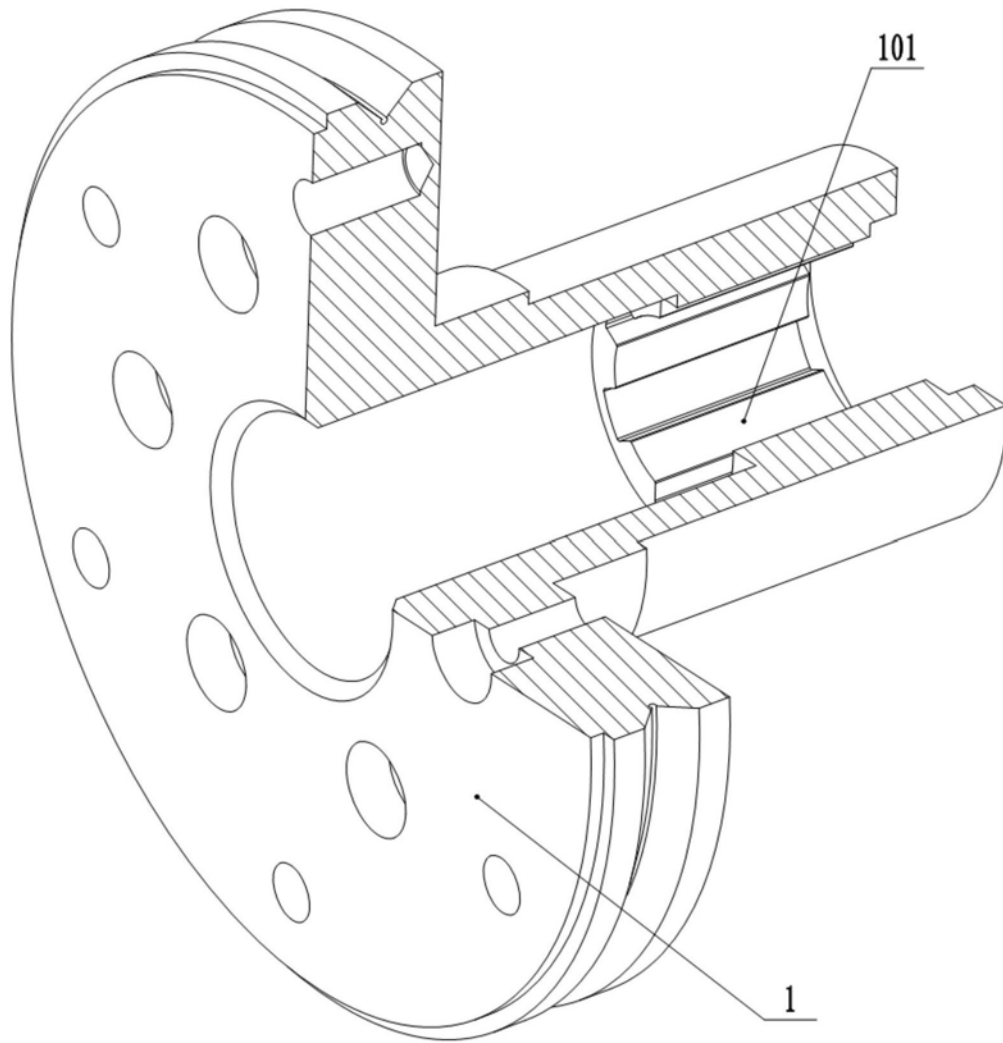


图5

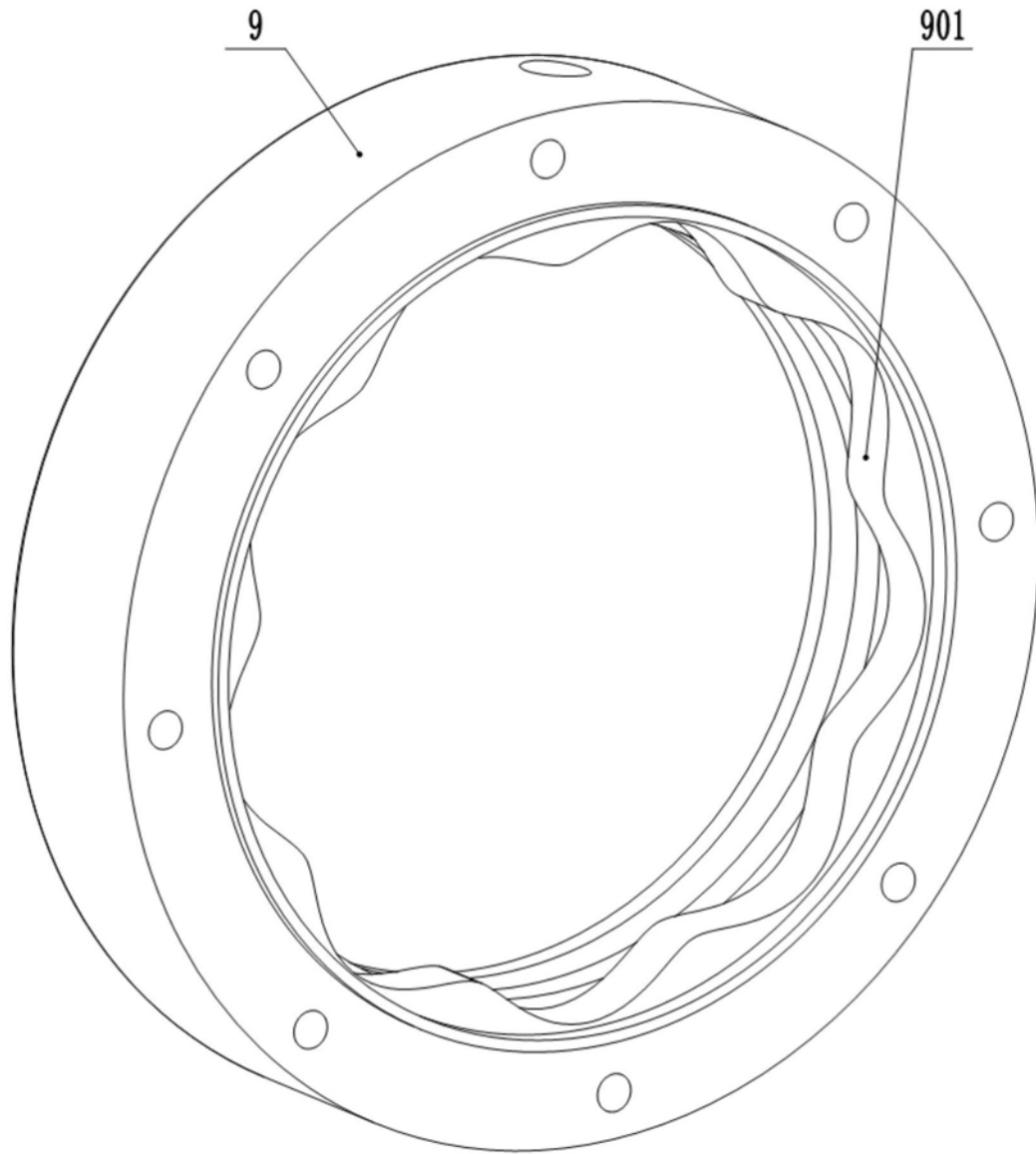


图6

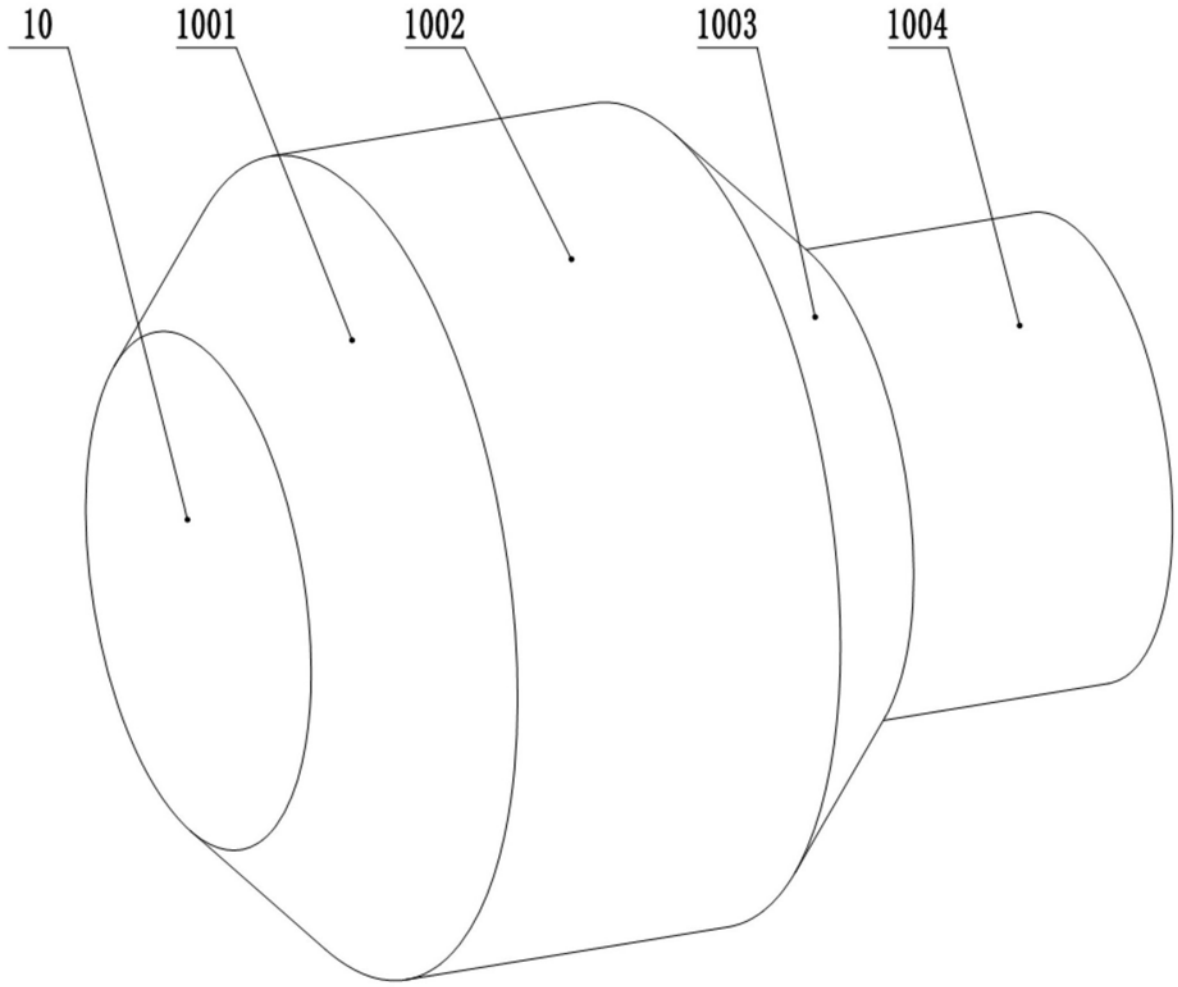


图7

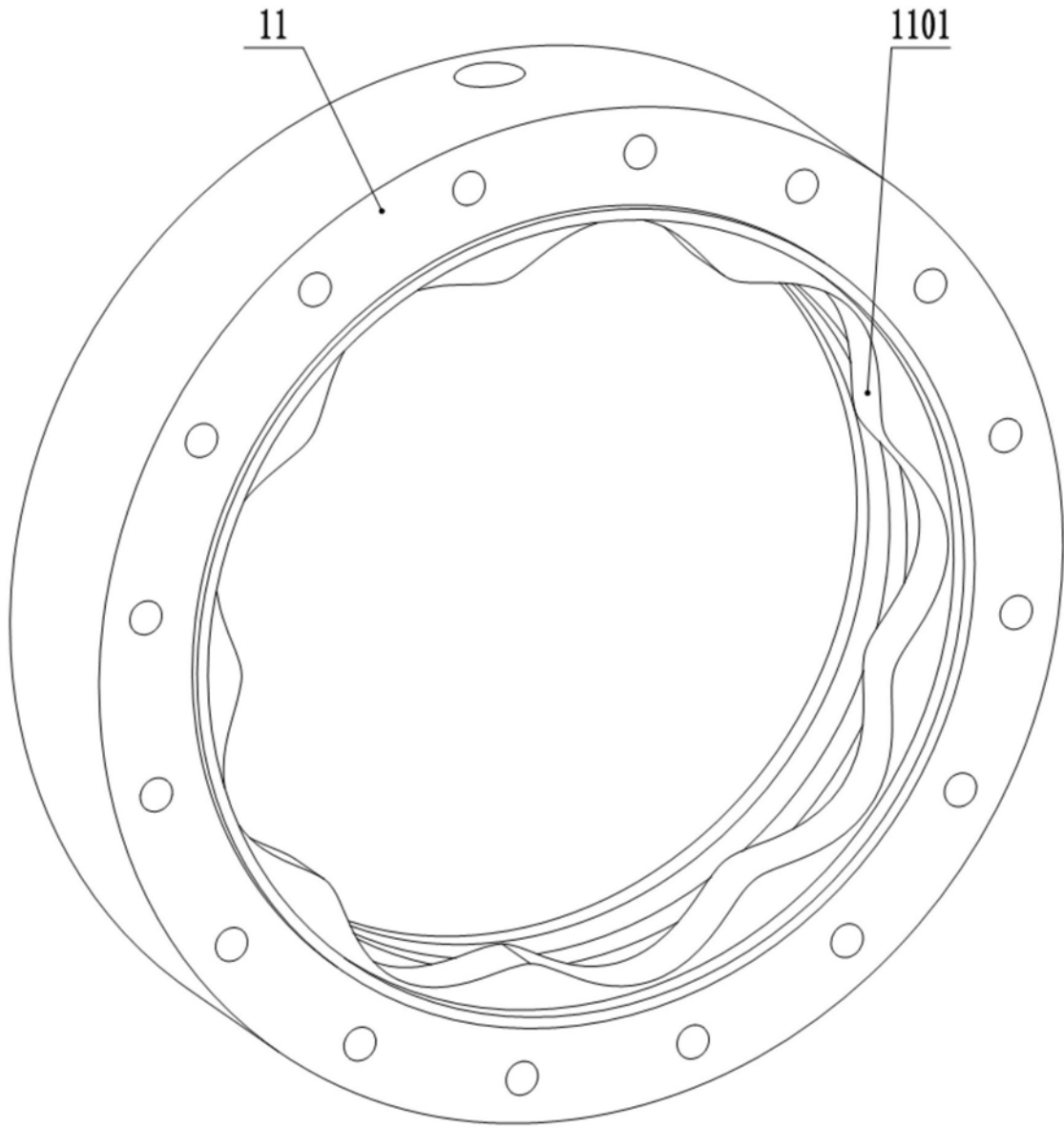


图8

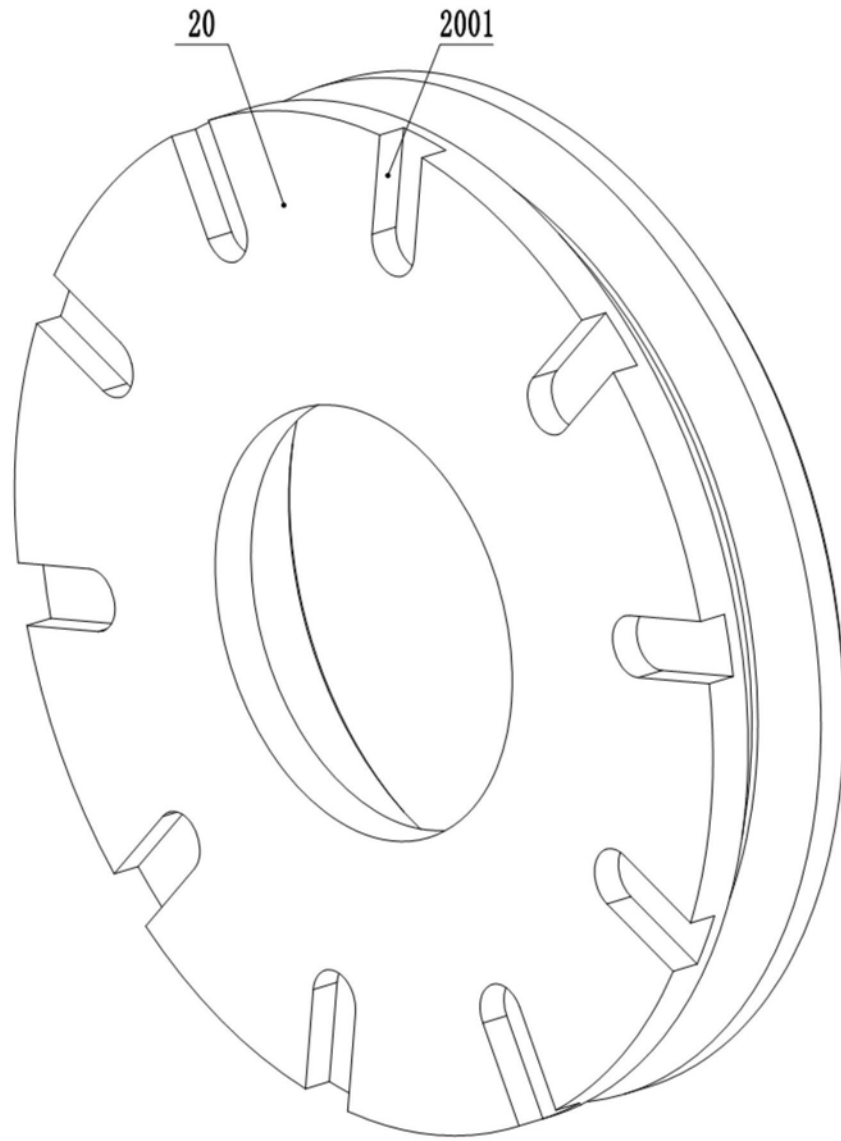


图9

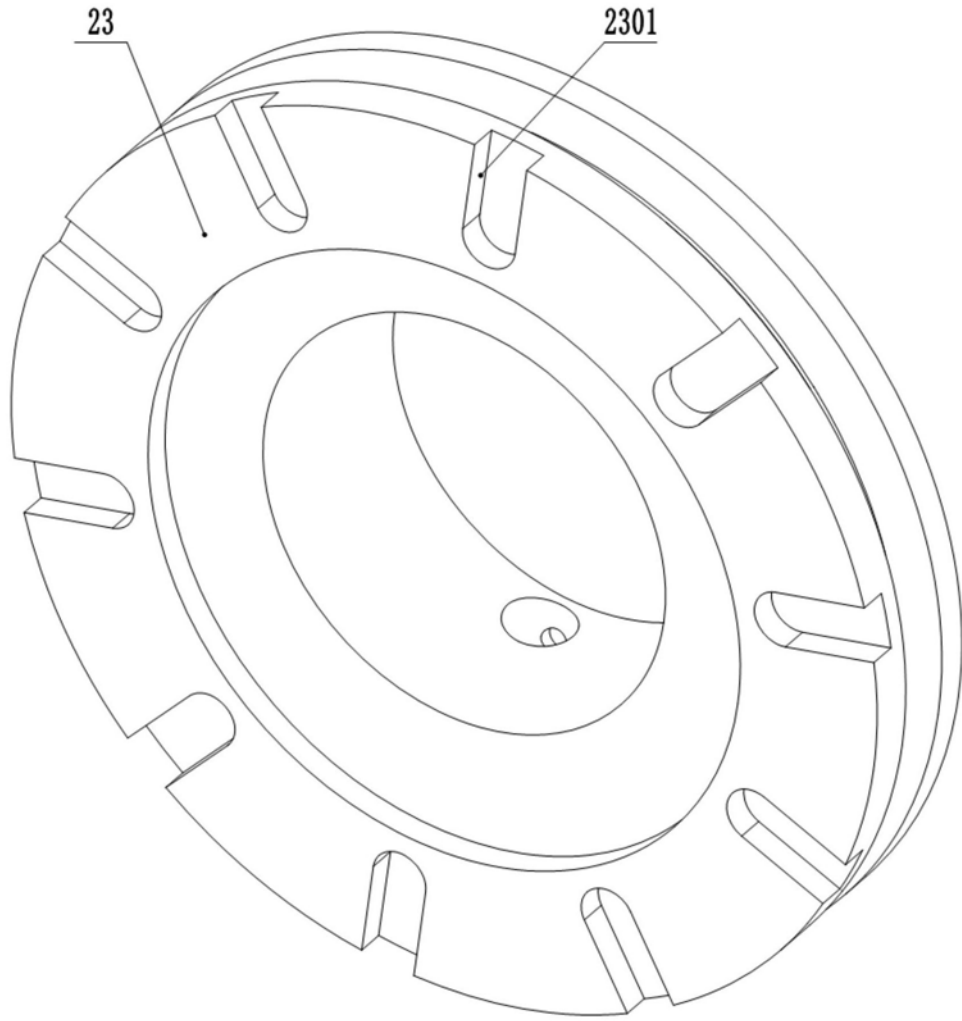


图10

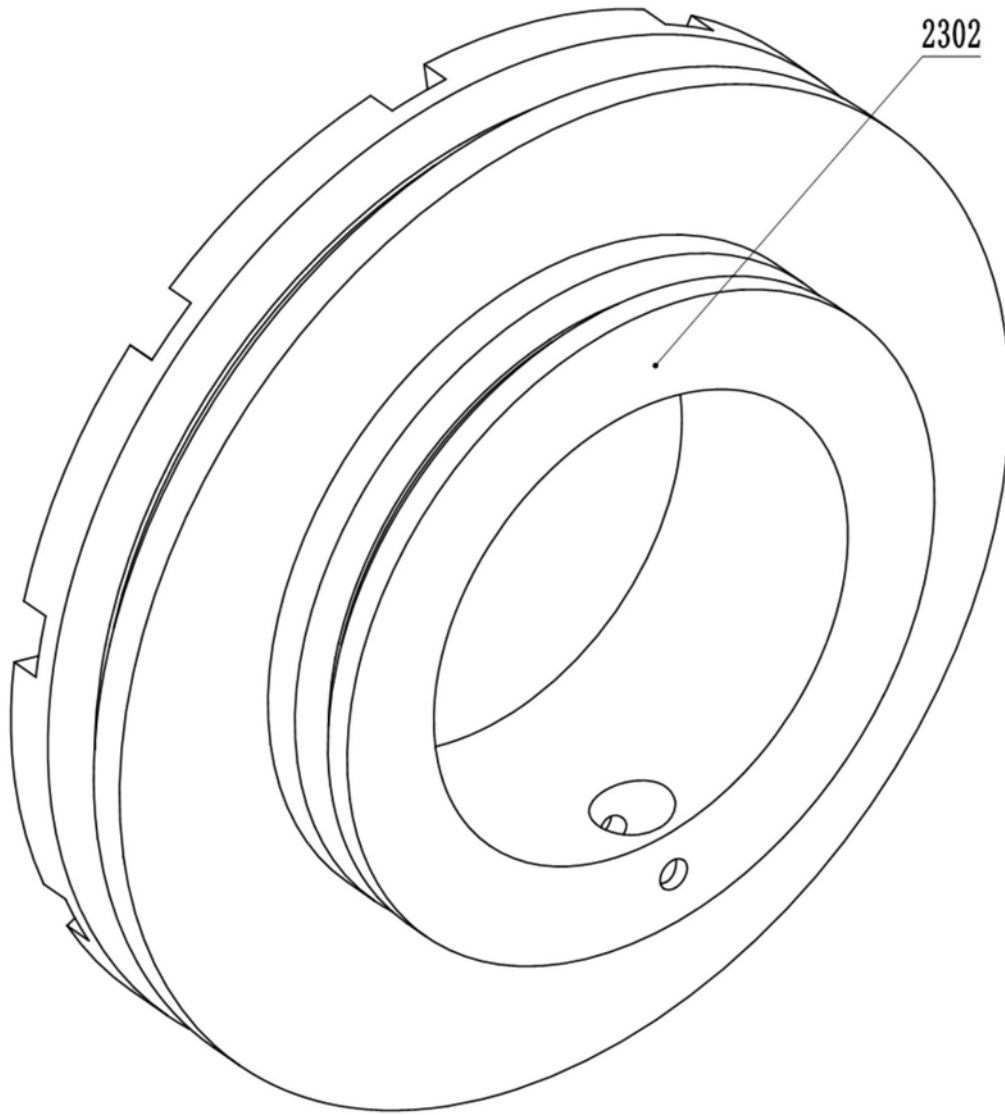


图11