



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111043275 B

(45) 授权公告日 2021.06.22

(21) 申请号 201911166544.4

F16H 57/021 (2012.01)

(22) 申请日 2019.11.25

F16H 57/023 (2012.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111043275 A

审查员 谭皓尹

(43) 申请公布日 2020.04.21

(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

(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 57/08 (2006.01)

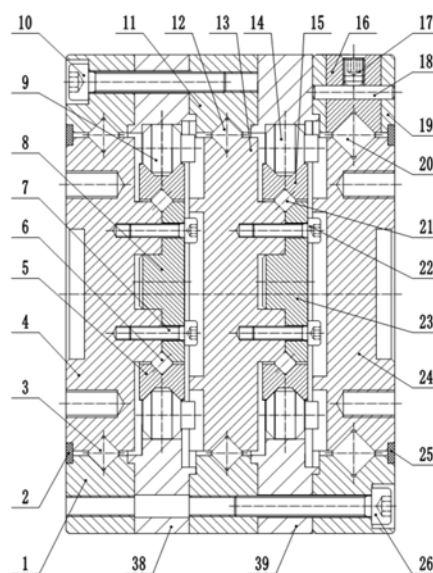
权利要求书3页 说明书9页 附图15页

(54) 发明名称

一种小型双级锤形滚柱活齿减速器

(57) 摘要

本发明公开一种小型双级锤形滚柱活齿减速器,主要包括第一壳体、输入轴、一级激波器内圈、一级激波器外圈、一级锤形滚柱活齿、第二壳体、一级活齿架、二级锤形滚柱活齿、二级激波器外圈、二级激波器内圈、第三壳体、二级活齿架、一级中心轮、二级中心轮等;该装置汲取了滚柱活齿减速器与钢球活齿减速器的优点,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、小型化和系列化设计,可应用多领域,助力智能制造、5G通讯等产业的快速崛起。



1. 一种小型双级锤形滚柱活齿减速器, 包括壳体, 壳体内沿着轴向方向依次设置有输入轴(4)、相互铰接的一级激波器外圈(5)和一级激波器内圈(8)、一级活齿架(13)、相互铰接的二级激波器外圈(15)和二级激波器内圈(23)、二级活齿架(24), 其特征在于: 输入轴(4)铰接在壳体内, 一级激波器内圈(8)通过六个均布的第一螺钉(7)固定安装在输入轴(4)偏心轴段上; 一级活齿架(13)铰接在壳体内, 一级活齿架(13)的每个一级活齿槽(1301)中均有一个一级锤形滚柱活齿(9), 每个一级锤形滚柱活齿(9)同时与一级激波器外圈(5)及壳体内部的弦线状的一级中心轮滚道啮合; 二级激波器内圈(23)通过六个均布的第三螺钉(22)固定安装在一级活齿架(13)的偏心轴段上; 二级活齿架(24)铰接在壳体内, 二级活齿架(24)的每个二级活齿槽(2401)中均有一个二级锤形滚柱活齿(14), 每个二级锤形滚柱活齿(14)同时与二级激波器外圈(15)及二级中心轮(39)上的弦线状的二级中心轮滚道啮合;

一级锤形滚柱活齿(9)与二级锤形滚柱活齿(14)具有相同的外形和参数, 一级锤形滚柱活齿(9)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; 第一柱面用于与壳体内的一级中心轮滚道啮合; 第二柱面用于与一级活齿槽(1301)啮合; 二级锤形滚柱活齿(14)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(15)的外侧活齿滚道啮合; 第一柱面用于与壳体内部的二级中心轮滚道啮合; 第二柱面用于与二级活齿槽(2401)啮合;

所述壳体沿着壳体轴线方向依次包括第一壳体(1)、一级中心轮(38)、第二壳体(11)、二级中心轮(39)、第三壳体(19), 第一壳体(1)与一级中心轮(38)通过多个均布的第二螺钉(10)固定安装在第二壳体(11)左侧; 第三壳体(19)与二级中心轮(39)通过六个均布的第四螺钉(26)固定安装在第二壳体(11)右侧; 输入轴(4)铰接在第一壳体(1)内, 一级活齿架(13)铰接在第二壳体(11)内, 一级中心轮(38)内圈设置有一级中心轮全滚道(3801), 二级活齿架(24)铰接在第三壳体(19)内, 二级中心轮(39)内圈设置有二级中心轮全滚道(3901)啮合, 一级中心轮全滚道(3801)和二级中心轮全滚道(3901)的滚道面的母线与轴线平行; 第一密封圈(2)和第二密封圈(25)分别固定安装在第一壳体(1)和第三壳体(19)上;

输入轴(4)外圈交叉滚子滚道与第一壳体(1)内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(3), 每两个第一圆柱滚子(3)之间配合有一个第五隔离块(37); 第二塞子(28)固定安装在第一壳体(1)外圈上的孔内, 第二柱销(27)同时固定安装在第一壳体(1)与第二塞子(28)的销孔内, 第二紧定螺钉(29)拧进第二塞子(28)并压紧第二柱销(27);

一级激波器外圈(5)内侧交叉滚子滚道与输入轴(4)偏心轴段及一级激波器内圈(8)外的交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第二圆柱滚子(6), 每两个第二圆柱滚子(6)之间配合有一个第四隔离块(36);

一级活齿架(13)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)之间配合有一个第三隔离块(35); 第三塞子(31)固定安装在第二壳体(11)外圈上的孔内, 第三柱销(30)同时固定安装在第二壳体(11)与第三塞子(31)的销孔内, 第三紧定螺钉(32)拧进第三塞子(31)并压紧第三柱销(30);

二级激波器外圈(15)内侧交叉滚子滚道与一级活齿架(13)偏心轴段及二级激波器内圈(23)外的交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第五圆柱滚子(21), 每两个第五圆柱

滚子(21)之间配合有一个第二隔离块(34)；

二级活齿架(24)外圈交叉滚子滚道与第三壳体(19)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(20)，每两个第四圆柱滚子(20)之间配合有一个第一隔离块(33)；第一塞子(16)固定安装在第三壳体(19)外圈上的孔内，第一柱销(18)同时固定安装在第三壳体(19)与第一塞子(16)的销孔内，第一紧定螺钉(17)拧进第一塞子(16)并压紧第一柱销(18)。

2. 根据权利要求1所述的一种小型双级锤形滚柱活齿减速器，其特征在于：所述壳体沿着壳体轴线方向依次包括第一壳体(1)、第二壳体(11)、第三壳体(19)，第一壳体(1)通过多个均布的第二螺钉(10)固定安装在第二壳体(11)左侧；第三壳体(19)通过六个均布的第四螺钉(26)固定安装在第二壳体(11)右侧；输入轴(4)铰接在第一壳体(1)内，一级活齿架(13)铰接在第二壳体(11)内，二级活齿架(24)铰接在第三壳体(19)内，其中第一壳体(1)右侧、第二壳体(11)左侧和右侧、第三壳体(19)左侧内分别设置有一级中心轮左半滚道(101)、一级中心轮右半滚道(1101)、二级中心轮左半滚道(1102)、二级中心轮右半滚道(1901)，其中一级中心轮左半滚道(101)、一级中心轮右半滚道(1101)、二级中心轮左半滚道(1102)、二级中心轮右半滚道(1901)均为母线与轴线有一定倾角的半滚道面，且半滚道面的滚道倾角与一级锤形滚柱活齿(9)和二级锤形滚柱活齿(14)的圆锥半角相等，一级锤形滚柱活齿(9)同时与第一壳体(1)和第二壳体(11)内的半滚道面啮合，二级锤形滚柱活齿(14)同时与第二壳体(11)与第三壳体(19)内的半滚道面啮合。

3. 根据权利要求1所述的一种小型双级锤形滚柱活齿减速器，其特征在于：一级中心轮滚道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， $a_1$ ：输入轴偏心轴段的偏心距，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(°)。

4. 根据权利要求3所述的一种小型双级锤形滚柱活齿减速器，其特征在于：二级中心轮滚道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(°)。

5. 根据权利要求4所述的一种小型双级锤形滚柱活齿减速器，其特征在于：一级活齿架(13)侧面开有 $Z_1$ 个均布的一级活齿槽(1301)，二级活齿架(24)侧面开有 $Z_3$ 个均布的二级活

齿槽 (2401) ;

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:

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

## 一种小型双级锤形滚柱活齿减速器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及活齿传动装置,尤其是一种小型双级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小型双级锤形滚柱活齿减速器,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;采用实心结构,可以实现较小的外径,应用于小型机械领域;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] 一种小型双级锤形滚柱活齿减速器,包括壳体,壳体内沿着轴向方向依次设置有输入轴、相互铰接的一级激波器外圈和一级激波器内圈、一级活齿架、相互铰接的二级激波器外圈和二级激波器内圈、二级活齿架,输入轴铰接在壳体内,一级激波器内圈通过六个均布的第一螺钉固定安装在输入轴偏心轴段上;一级活齿架铰接在壳体内,一级活齿架的每个一级活齿槽中均有一个一级锤形滚柱活齿,每个一级锤形滚柱活齿同时与一级激波器外圈及壳体内部的弦线状的一级中心轮滚道啮合;二级激波器内圈通过六个均布的第三螺钉固定安装在一级活齿架的偏心轴段上;二级活齿架铰接在壳体内,二级活齿架的每个二级活齿槽中均有一个二级锤形滚柱活齿,每个二级锤形滚柱活齿同时与二级激波器外圈及二级中心轮上的弦线状的二级中心轮滚道啮合。

[0006] 本发明技术方案的进一步改进在于:一级锤形滚柱活齿与二级锤形滚柱活齿具有

相同的外形和参数,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;第一柱面用于与壳体内的一级中心轮滚道啮合;第二柱面用于与一级活齿槽啮合;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外侧活齿滚道啮合;第一柱面用于与壳体内部的二级中心轮滚道啮合;第二柱面用于与二级活齿槽啮合。

[0007] 本发明技术方案的进一步改进在于:所述壳体沿着壳体轴线方向依次包括第一壳体、一级中心轮、第二壳体、二级中心轮、第三壳体,第一壳体与一级中心轮通过多个均布的第二螺钉固定安装在第二壳体左侧;第三壳体与二级中心轮通过六个均布的第四螺钉固定安装在第二壳体右侧;输入轴铰接在第一壳体内,一级活齿架铰接在第二壳体内,一级中心轮内圈设置有一级中心轮全滚道,二级活齿架铰接在第三壳体内,二级中心轮内圈设置有二级中心轮全滚道啮合,一级中心轮全滚道和二级中心轮全滚道的滚道面的母线与轴线平行。

[0008] 本发明技术方案的进一步改进在于:所述壳体沿着壳体轴线方向依次包括第一壳体、第二壳体、第三壳体,第一壳体通过多个均布的第二螺钉固定安装在第二壳体左侧;第三壳体通过六个均布的第四螺钉固定安装在第二壳体右侧;输入轴铰接在第一壳体内,一级活齿架铰接在第二壳体内,二级活齿架铰接在第三壳体内,其中第一壳体右侧、第二壳体左侧和右侧、第三壳体左侧内分别设置有一级中心轮左半滚道、一级中心轮右半滚道、二级中心轮左半滚道、二级中心轮右半滚道,其中一级中心轮左半滚道、一级中心轮右半滚道、二级中心轮左半滚道、二级中心轮右半滚道均为母线与轴线有一定倾角的半滚道面,且半滚道面的滚道倾角与一级锤形滚柱活齿和二级锤形滚柱活齿的圆锥半角相等,一级锤形滚柱活齿同时与第一壳体和第二壳体内部的半滚道面啮合,二级锤形滚柱活齿同时与第二壳体与第三壳体内部的半滚道面啮合。

[0009] 本发明技术方案的进一步改进在于: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;

[0010] 输入轴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一圆柱滚子,每两个第一圆柱滚子之间配合有一个第五隔离块;第二塞子固定安装在第一壳体外圈上的孔内,第二柱销同时固定安装在第一壳体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;

[0011] 一级激波器外圈内侧交叉滚子滚道与输入轴偏心轴段及一级激波器内圈外的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四隔离块;

[0012] 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三隔离块;第三塞子固定安装在第二壳体外圈上的孔内,第三柱销同时固定安装在第二壳体与第三塞子的销孔内,第三紧定螺钉拧进第三塞子并压紧第三柱销;

[0013] 二级激波器外圈内侧交叉滚子滚道与一级活齿架偏心轴段及二级激波器内圈外的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二隔离块;

[0014] 二级活齿架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一隔离块;第一塞子固定安装在第三壳体外圈上的孔内,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。

[0015] 本发明技术方案的进一步改进在于:一级中心轮滚道的理论齿廓线的参数方程为:

$$[0016] \quad \begin{cases} x = \left( a_1 \cos(z_2 \varphi_2) + \sqrt{b_1^2 - a_1^2 \sin^2(z_2 \varphi_2)} \right) \sin \varphi_2 \\ y = \left( a_1 \cos(z_2 \varphi_2) + \sqrt{b_1^2 - a_1^2 \sin^2(z_2 \varphi_2)} \right) \cos \varphi_2 \end{cases}$$

[0017] 其中,  $a_1$ : 输入轴偏心轴段的偏心距, 单位 (mm)

[0018]  $b_1$ : 一级激波器外圈的理论廓线半径, 单位 (mm)

[0019]  $Z_2$ : 一级中心轮滚道的理论齿廓曲线波动周期数

[0020]  $\varphi_2$ : 一级活齿架的转角, 单位 ( $^\circ$ )。

[0021] 本发明技术方案的进一步改进在于: 二级中心轮滚道的理论齿廓线的参数方程为:

$$[0022] \quad \begin{cases} x = \left( a_2 \cos(z_4 \varphi_3) + \sqrt{b_2^2 - a_2^2 \sin^2(z_4 \varphi_3)} \right) \sin \varphi_3 \\ y = \left( a_2 \cos(z_4 \varphi_3) + \sqrt{b_2^2 - a_2^2 \sin^2(z_4 \varphi_3)} \right) \cos \varphi_3 \end{cases}$$

[0023] 其中,  $a_2$ : 一级活齿架偏心轴段的偏心距, 单位 (mm)

[0024]  $b_2$ : 二级激波器外圈的理论廓线半径, 单位 (mm)

[0025]  $Z_4$ : 二级中心轮滚道的理论齿廓曲线波动周期数

[0026]  $\varphi_3$ : 二级活齿架的转角, 单位 ( $^\circ$ )。

[0027] 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;

[0028] 第一级传动比计算公式为:

$$[0029] \quad i_1 = \frac{Z_1}{Z_1 - Z_2}$$

[0030] 第二级传动比计算公式为:

$$[0031] \quad i_2 = \frac{Z_3}{Z_3 - Z_4}$$

[0032] 二级串联结构总传动比计算公式为:

$$[0033] \quad i = i_1 i_2 = \frac{Z_1 Z_3}{(Z_1 - Z_2)(Z_3 - Z_4)}。$$

[0034] 由于采用了上述技术方案, 本发明取得的技术进步是:

[0035] 1、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。

[0036] 2、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。

[0037] 3、由于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] 4、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是本发明所述的实施例1总体装配结构示意图；

[0040] 图2、图3是本发明所述的实施例1整机剖视结构示意图；

[0041] 图4是本发明所述的实施例1一级锤形滚柱活齿零件结构示意图；

[0042] 图5是本发明所述的实施例1一级活齿架零件结构示意图；

[0043] 图6是本发明所述的实施例1二级活齿架零件结构示意图；

[0044] 图7是本发明所述的实施例1一级中心轮零件结构示意图；

[0045] 图8是本发明所述的实施例1二级中心轮零件结构示意图；

[0046] 图9是本发明所述的实施例2总体装配结构示意图；

[0047] 图10、图11是本发明所述的实施例2整机剖视结构示意图；

[0048] 图12是本发明所述的实施例2第一壳体零件结构示意图；

[0049] 图13是本发明所述的实施例2一级锤形滚柱活齿零件结构示意图；

[0050] 图14是本发明所述的实施例2第二壳体零件结构示意图；

[0051] 图15是本发明所述的实施例2第三壳体零件结构示意图；

[0052] 其中，1、第一壳体，2、第一密封圈，3、第一圆柱滚子，4、输入轴，5、一级激波器外圈，6、第二圆柱滚子，7、第一螺钉，8、一级激波器内圈，9、一级锤形滚柱活齿，10、第二螺钉，11、第二壳体，12、第三圆柱滚子，13、一级活齿架，14、二级锤形滚柱活齿，15、二级激波器外圈，16、第一塞子，17、第一紧定螺钉，18、第一柱销，19、第三壳体，20、第四圆柱滚子，21、第五圆柱滚子，22、第三螺钉，23、二级激波器内圈，24、二级活齿架，25、第二密封圈，26、第四螺钉，27、第二柱销，28、第二塞子，29、第二紧定螺钉，30、第三柱销，31、第三塞子，32、第三紧定螺钉，33、第一隔离块，34、第二隔离块，35、第三隔离块，36、第四隔离块，37、第五隔离块，38、一级中心轮，39、二级中心轮，101、一级中心轮左半滚道，901、第一锥面，902、第一柱面，903、第二锥面，904、第二柱面，1101、一级中心轮右半滚道，1102、二级中心轮左半滚道，1301、一级活齿槽，1901、二级中心轮右半滚道，2401、二级活齿槽，3801、一级中心轮全滚道，3901、二级中心轮全滚道。

## 具体实施方式

[0053] 下面结合实施例对本发明做进一步详细说明：

[0054] 实施例一

[0055] 如图1所示，针对某种应用场合设计了一款小型双级锤形滚柱活齿减速器，作为本发明的优选实施例1，其总体尺寸为，外径 $\Phi 70\text{mm}$ ，长48mm；一、二级传动的理论参数见表1。

[0056] 表1实施例1结构理论参数表

| [0057] | 名称及单位                                    | 数值                |
|--------|------------------------------------------|-------------------|
|        | 传动比 $i=i_1 \cdot i_2$                    | $7 \times 7 = 49$ |
|        | 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               |
|        | 第一、第二锥面圆锥半角 ( $^\circ$ )                 | 45                |
|        | 一、二级中心轮滚道周期数 $Z_2$ 、 $Z_4$               | 6                 |
|        | 输入轴偏心轴段的偏心距 $a_1$ (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 $b_1$ 、 $b_2(\text{mm})$ | 19.5              |

[0058] 其中,一级锤形滚柱活齿9和二级锤形滚柱活齿14的第一锥面901和第二锥面903的圆锥半角均为 $45^\circ$ ,该角度可根据实际受力情况选定。

[0059] 如图1~8所示,一种小型双级锤形滚柱活齿减速器包括壳体,壳体内沿着轴向方向依次设置有输入轴4、相互铰接的一级激波器外圈5和一级激波器内圈8、一级活齿架13、相互铰接的二级激波器外圈15和二级激波器内圈23、二级活齿架24。其中壳体沿着壳体轴线方向依次包括第一壳体1、一级中心轮38、第二壳体11、二级中心轮39、第三壳体19,第一壳体1与一级中心轮38通过六个均布的第二螺钉10固定安装在第二壳体11左侧;第三壳体19与二级中心轮39通过六个均布的第四螺钉26固定安装在第二壳体11右侧。输入轴4铰接在第一壳体1内,一级活齿架13铰接在第二壳体11内,一级中心轮38内圈设置有弦线状一级中心轮全滚道3801,二级活齿架24铰接在第三壳体19内,二级中心轮39内圈设置有弦线状二级中心轮全滚道3901,一级中心轮全滚道3801和二级中心轮全滚道3901的滚道面的母线与轴线平行。

[0060] 一级激波器内圈8通过六个均布的第一螺钉7固定安装在输入轴4偏心轴段上;一级活齿架13铰接在壳体内,一级活齿架13的每个一级活齿槽1301中均有一个一级锤形滚柱活齿9,每个一级锤形滚柱活齿9同时与一级激波器外圈5及壳体內的弦线状的一级中心轮全滚道3801啮合;二级激波器内圈23通过六个均布的第三螺钉22固定安装在一级活齿架13的偏心轴段上;二级活齿架24铰接在壳体内,二级活齿架24的每个二级活齿槽2401中均有一个二级锤形滚柱活齿14,每个二级锤形滚柱活齿14同时与二级激波器外圈15及二级中心轮39上的弦线状的二级中心轮全滚道3901啮合。

[0061] 其中一级锤形滚柱活齿9与二级锤形滚柱活齿14具有相同的外形和参数,一级锤形滚柱活齿9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;第一柱面用于与壳体内的一级中心轮全滚道3801啮合;第二柱面用于与一级活齿槽1301啮合;二级锤形滚柱活齿14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15的外侧活齿滚道啮合;第一柱面用于与壳体内的二级中心轮全滚道3901啮合;第二柱面用于与二级活齿槽2401啮合。

[0062] 具体的,输入轴4外圈交叉滚子滚道与第一壳体1内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3,每两个第一圆柱滚子3之间配合有一个第五隔离块37;第二塞子28固定安装在第一壳体1外圈上的孔内,第二柱销27同时固定安装在第一壳体1与第二塞子28的销孔内,第二紧定螺钉29拧进第二塞子28并压紧第二柱销27。

[0063] 一级激波器外圈5内侧交叉滚子滚道与输入轴4偏心轴段及一级激波器内圈8外的交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第二圆柱滚子6,每两个第二圆柱滚子6之间配合有一个第四隔离块36。

[0064] 一级活齿架13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之间配合有一个第三隔离块35;第三塞子31固定安装在第二壳体11外圈上的孔内,第三柱销30同时固定安装在第二壳体11与第三塞子31的销孔内,第三紧定螺钉32拧进第三塞子31并压紧第三柱销30。

[0065] 二级激波器外圈15内侧交叉滚子滚道与一级活齿架13偏心轴段及二级激波器内圈23外的交叉滚子滚道之间密排有一圈交叉分布的第五圆柱滚子21,每两个第五圆柱滚子21之间配合有一个第二隔离块34。

[0066] 二级活齿架24外圈交叉滚子滚道与第三壳体19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20,每两个第四圆柱滚子20之间配合有一个第一隔离块33;第一塞子16固定安装在第三壳体19外圈上的孔内,第一柱销18同时固定安装在第三壳体19与第一塞子16的销孔内,第一紧定螺钉17拧进第一塞子16并压紧第一柱销18。

[0067] 优选的,第一密封圈2和第二密封圈25分别固定安装在第一壳体1和第三壳体19上。

[0068] 本发明工作原理:本发明使用时,以上述实施例一为例,第一壳体1上留有均布的螺纹孔,用于固定在动力机上,驱动输入轴4转动,带动固定安装在输入轴4上的一级激波器内圈8转动,由于一级激波器内圈8中心相对于输入轴4的中心是偏心的,故铰接在一级激波器内圈8上的一级激波器外圈5会绕着一级激波器内圈8中心自转的同时、绕着输入轴4中心公转,并驱动其活齿滚道内的一级锤形滚柱活齿9在一级中心轮38内的一级中心轮全滚道3801上滚动,同时,一级锤形活齿9的第二柱面904与一级活齿架13的一级活齿槽1301啮合,一级锤形活齿9在一级中心轮全滚道3801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9在一级活齿槽1301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13自转,从而实现从输入轴4到一级活齿架13的一级减速运动;同样的,一级活齿架13自转,会带动铰接在其偏心轴段上的二级激波器外圈15绕着偏心轴段自转的同时绕着一级活齿架13中心公转,并驱动其活齿滚道内的二级锤形滚柱活齿14在二级中心轮39内的二级中心轮滚道3901上滚动,同时,二级锤形活齿14采用与一级锤形活齿9相同的几何结构,其第二柱面与二级活齿架24的二级活齿槽2401啮合,二级锤形活齿14在二级中心轮滚道3901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14在二级活齿槽2401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24自转,从而实现从一级活齿架13到二级活齿架24的二级减速运动,并由二级活齿架24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。

[0069] 由于本发明的结构采用了实心式结构,故只有上述一种安装方式,虽然安装方式只有一种,但实心结构可以将外径做小。

[0070] 实施例二

[0071] 如图9所示,针对某种应用场合设计了一款小型双级锤形滚柱活齿减速器,作为本发明的优选实施例2,其总体尺寸为,外径 $\Phi 70\text{mm}$ ,长48mm;该结构将实施例1中的一级中心轮38和二级中心轮39拆分复合进第一壳体1、第二壳体11和第三壳体19中,一、二级传动的理论参数见表2。

[0072] 表2实施例2结构理论参数表

|        | 名称及单位                                    | 数值                |
|--------|------------------------------------------|-------------------|
|        | 传动比 $i=i_1 \cdot i_2$                    | $7 \times 7 = 49$ |
|        | 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               |
| [0073] | 二级锤形滚柱活齿第一柱面半径 $r_2(\text{mm})$          | 3.5               |
|        | 第一、第二锥面圆锥半角( $^\circ$ )                  | 60                |
|        | 一、二级中心轮滚道周期数 $Z_2$ 、 $Z_4$               | 6                 |
|        | 输入轴偏心轴段的偏心距 $a_1(\text{mm})$             | 1.8               |
|        | 一级活齿架偏心轴段的偏心距 $a_2(\text{mm})$           | 1.8               |
| [0074] | 一、二级激波器外圈理论廓线半径 $b_1$ 、 $b_2(\text{mm})$ | 19.5              |

[0075] 其中,一级锤形滚柱活齿9和二级锤形滚柱活齿14的第一锥面901和第二锥面903的圆锥半角均为 $60^\circ$ ,该角度可根据实际受力情况选定。

[0076] 特别的,可将实施例一中的一级中心轮和二级中心轮拆分复合在对应两侧壳体上时,一级锤形滚柱活齿的第一柱面就失去了与之啮合的啮合副,故可将其做短,同时,增大第一锥面和第二锥面的圆锥顶角,此时,第一锥面和第二锥面除了和一级激波器外圈的外侧活齿滚道啮合外,还与一级中心轮左半滚道与一级中心轮右半滚道同时啮合。

[0077] 具体的需要将壳体沿着壳体轴线方向依次包括第一壳体1、第二壳体11、第三壳体19,如图9~15所示,第一壳体1通过六个均布的第二螺钉10固定安装在第二壳体11左侧;第三壳体19通过六个均布的第四螺钉26固定安装在第二壳体11右侧;输入轴4铰接在第一壳体1内,一级活齿架13铰接在第二壳体11内,二级活齿架24铰接在第三壳体19内,其中第一壳体1右侧、第二壳体11左侧和右侧、第三壳体19左侧内分别设置有一级中心轮左半滚道101、一级中心轮右半滚道1101、二级中心轮左半滚道1102、二级中心轮右半滚道1901,其中一级中心轮左半滚道101、一级中心轮右半滚道1101、二级中心轮左半滚道1102、二级中心轮右半滚道1901均为母线与轴线有一定倾角的半滚道面,且半滚道面的滚道倾角与一级锤形滚柱活齿9和二级锤形滚柱活齿14的圆锥半角相等,一级锤形滚柱活齿9同时与第一壳体1和第二壳体11内的半滚道面啮合,二级锤形滚柱活齿14同时与第二壳体11与第三壳体19内的半滚道面啮合。

[0078] 实施例二其传动原理与实施例一相同,唯一的区别在于,一级锤形滚柱活齿9的第一柱面902与一级中心轮全滚道3801的啮合,变为第一锥面901与一级中心轮左半滚道101啮合及第二锥面903与一级中心轮右半滚道1101啮合;二级锤形滚柱活齿14的第一柱面与

二级中心轮滚道3901的啮合,变为第一锥面与二级中心轮左半滚道1102啮合及第二锥面与二级中心轮右半滚道1901啮合。其中,一级中心轮左半滚道101与一级中心轮右半滚道1101相位相同、二级中心轮左半滚道1102与二级中心轮右半滚道1901相位相同。

[0079] 本发明的第一壳体1、第一圆柱滚子3、输入轴4构成了第一个复合集成式的交叉滚子轴承;第二壳体11、第三圆柱滚子12、一级活齿架13构成了第二个复合集成式的交叉滚子轴承;第三壳体19、第四圆柱滚子20、二级活齿架24构成了第三个复合集成式的交叉滚子轴承;输入轴4偏心轴段、一级激波器内圈8、第二圆柱滚子6、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13、二级激波器内圈23、第五圆柱滚子21、二级激波器外圈15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大降低,从而提高了传动效率。

[0080] 其中一级中心轮滚道(一级中心轮全滚道3801、一级中心轮左半滚道101、一级中心轮右半滚道1101)的理论齿廓线的参数方程为:

$$[0081] \quad \begin{cases} x = \left( a_1 \cos(z_2 \varphi_2) + \sqrt{b_1^2 - a_1^2 \sin^2(z_2 \varphi_2)} \right) \sin \varphi_2 \\ y = \left( a_1 \cos(z_2 \varphi_2) + \sqrt{b_1^2 - a_1^2 \sin^2(z_2 \varphi_2)} \right) \cos \varphi_2 \end{cases}$$

[0082] 其中,  $a_1$ : 输入轴偏心轴段的偏心距, 单位 (mm)

[0083]  $b_1$ : 一级激波器外圈的理论廓线半径, 单位 (mm)

[0084]  $Z_2$ : 一级中心轮滚道的理论齿廓曲线波动周期数

[0085]  $\varphi_2$ : 一级活齿架的转角, 单位 ( $^\circ$ )

[0086] 二级中心轮滚道(二级中心轮全滚道3901、二级中心轮左半滚道1102、二级中心轮右半滚道1901)的理论齿廓线的参数方程为:

$$[0087] \quad \begin{cases} x = \left( a_2 \cos(z_4 \varphi_3) + \sqrt{b_2^2 - a_2^2 \sin^2(z_4 \varphi_3)} \right) \sin \varphi_3 \\ y = \left( a_2 \cos(z_4 \varphi_3) + \sqrt{b_2^2 - a_2^2 \sin^2(z_4 \varphi_3)} \right) \cos \varphi_3 \end{cases}$$

[0088] 其中,  $a_2$ : 一级活齿架偏心轴段的偏心距, 单位 (mm)

[0089]  $b_2$ : 二级激波器外圈的理论廓线半径, 单位 (mm)

[0090]  $Z_4$ : 二级中心轮滚道的理论齿廓曲线波动周期数

[0091]  $\varphi_3$ : 二级活齿架的转角, 单位 ( $^\circ$ )。

[0092] 一级活齿架13侧面开有  $Z_1$  个均布的一级活齿槽1301, 二级活齿架24侧面开有  $Z_3$  个均布的二级活齿槽2401;

[0093] 第一级传动比计算公式为:

$$[0094] \quad i_1 = \frac{Z_1}{Z_1 - Z_2}$$

[0095] 第二级传动比计算公式为:

[0096] 
$$i_2 = \frac{Z_3}{Z_3 - Z_4}$$

[0097] 二级串联结构总传动比计算公式为：

[0098] 
$$i = i_1 i_2 = \frac{Z_1 Z_3}{(Z_1 - Z_2)(Z_3 - Z_4)}。$$

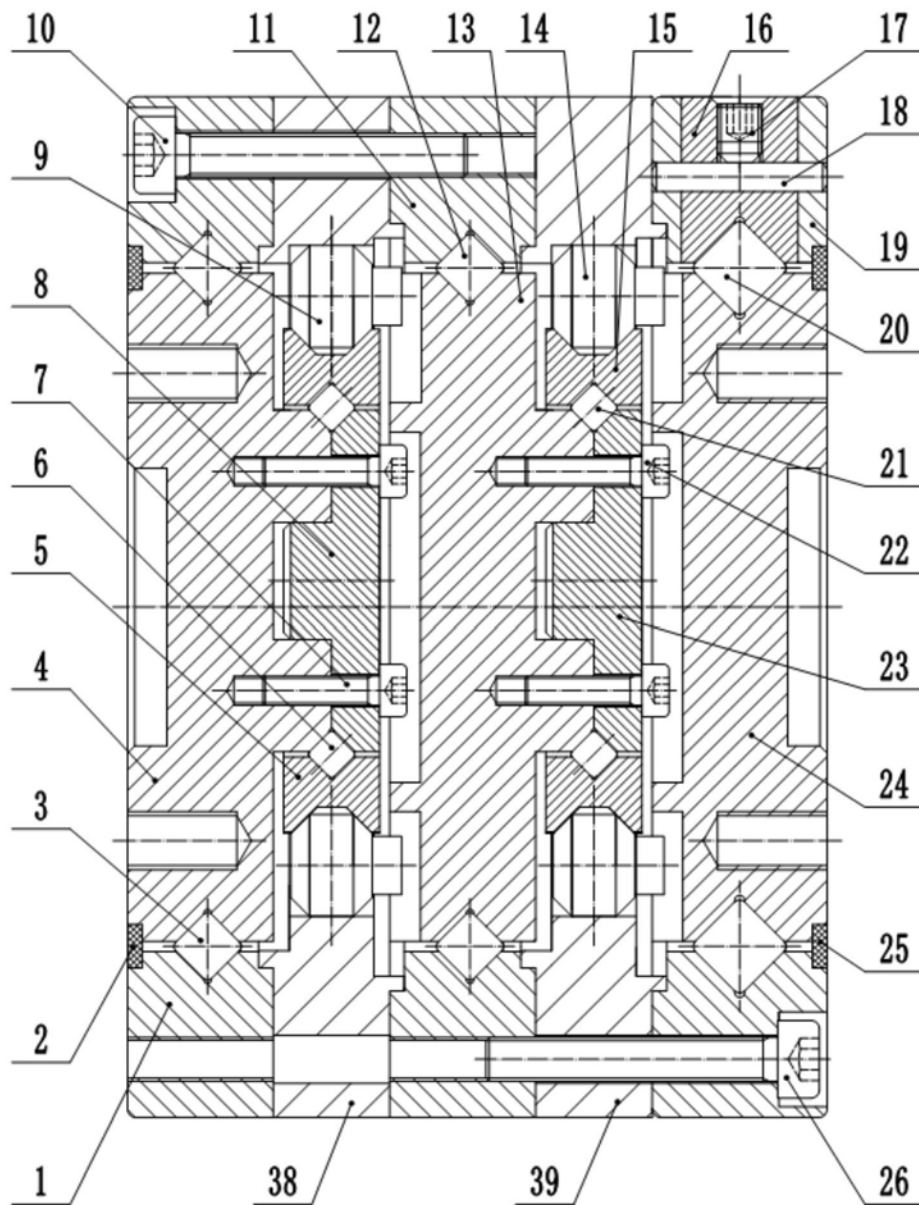


图1

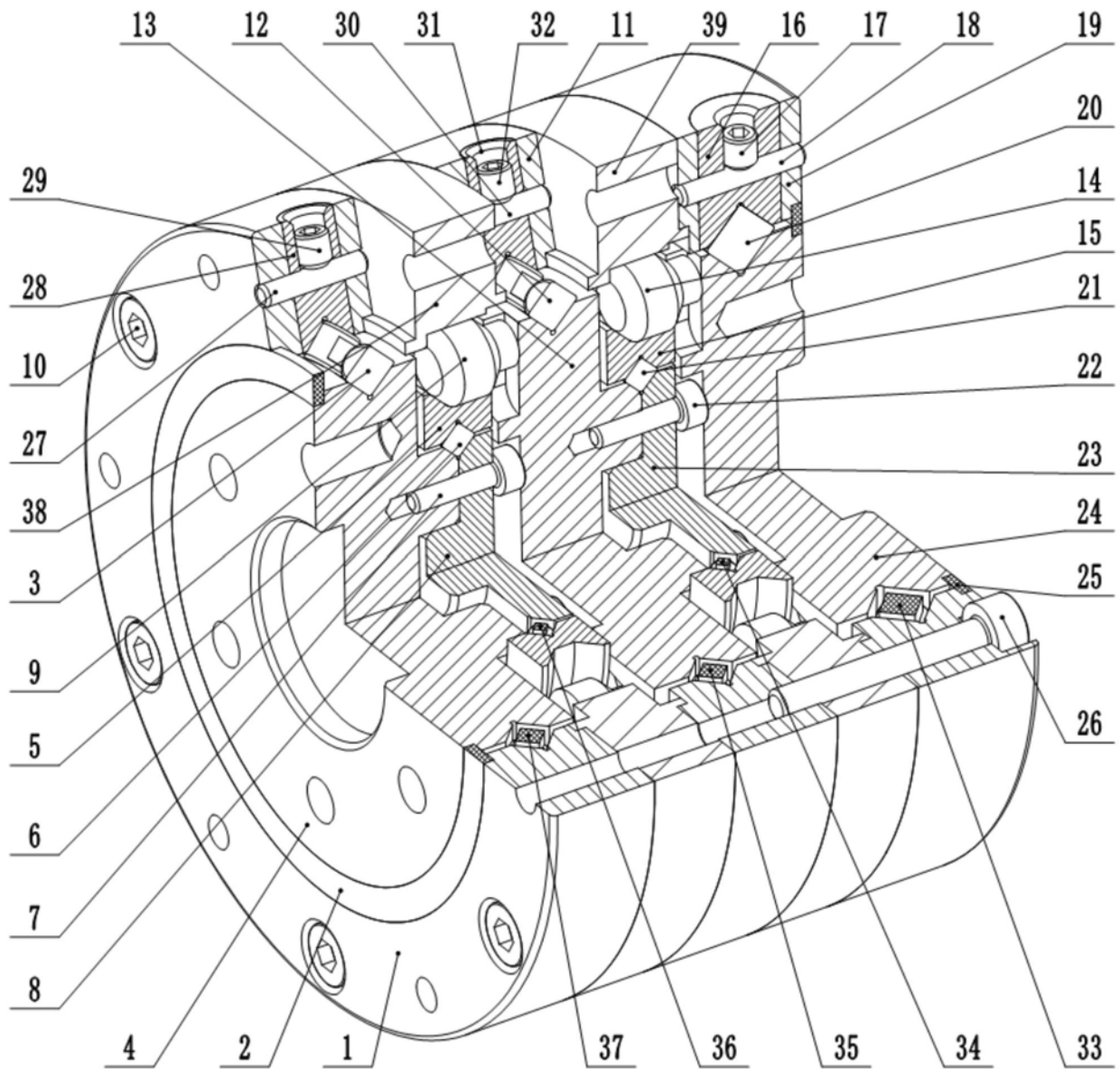


图2

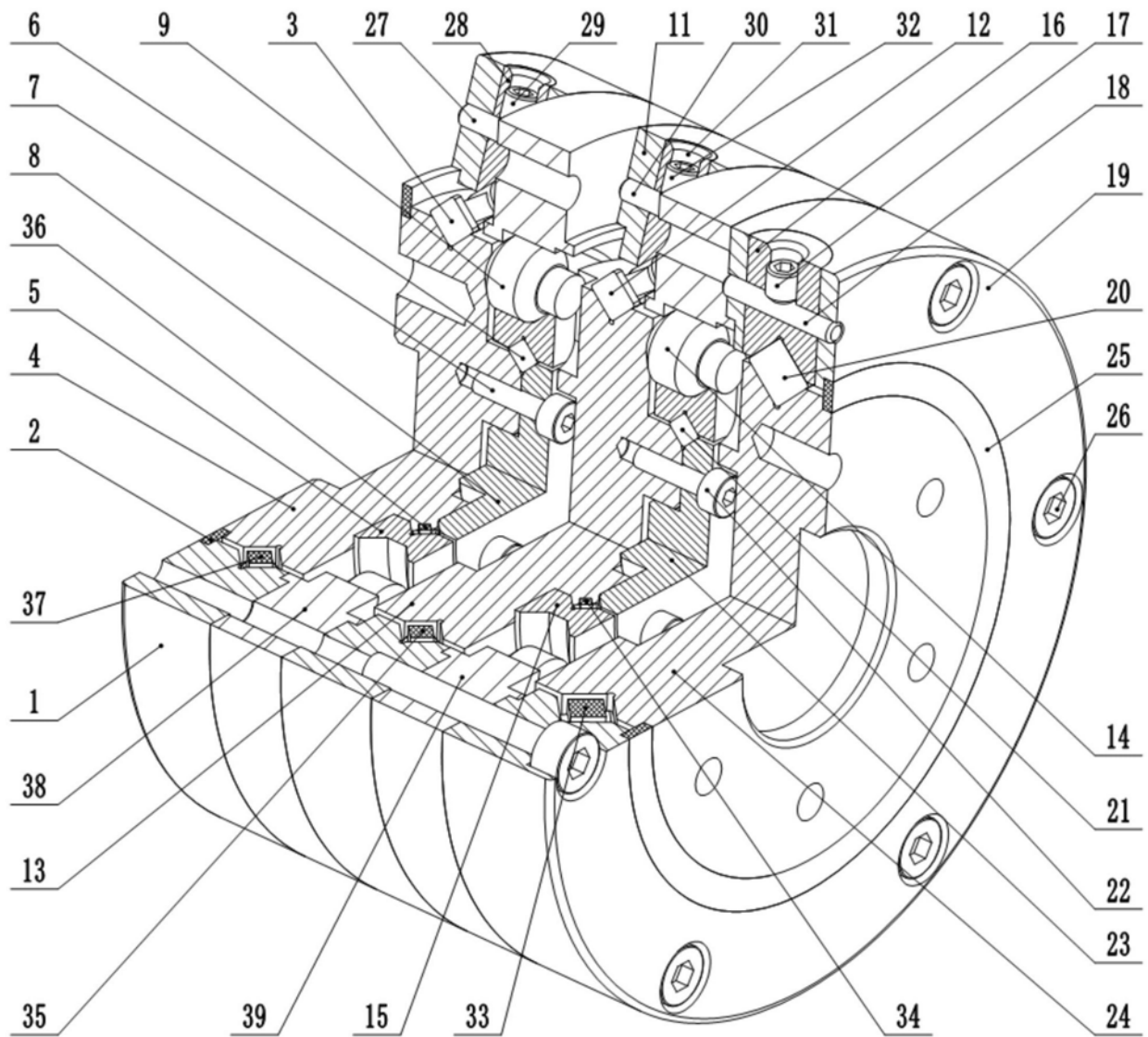


图3

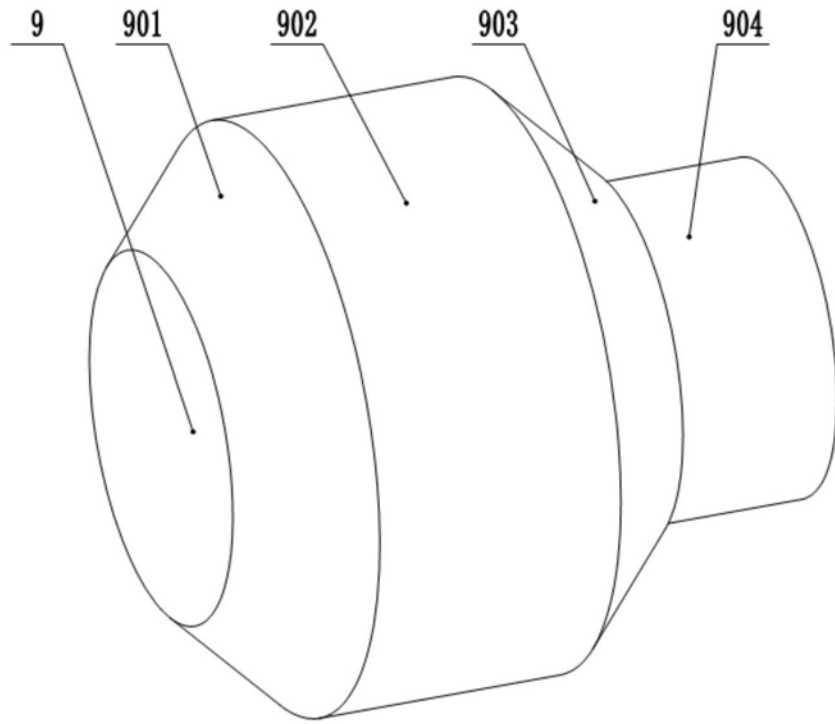


图4

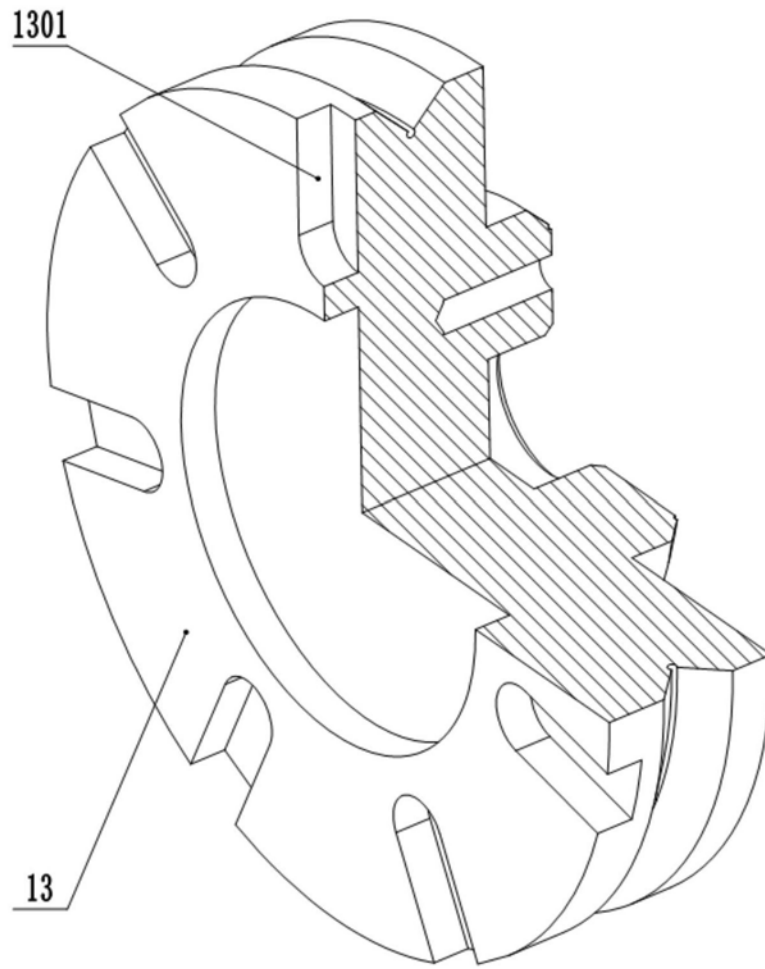


图5

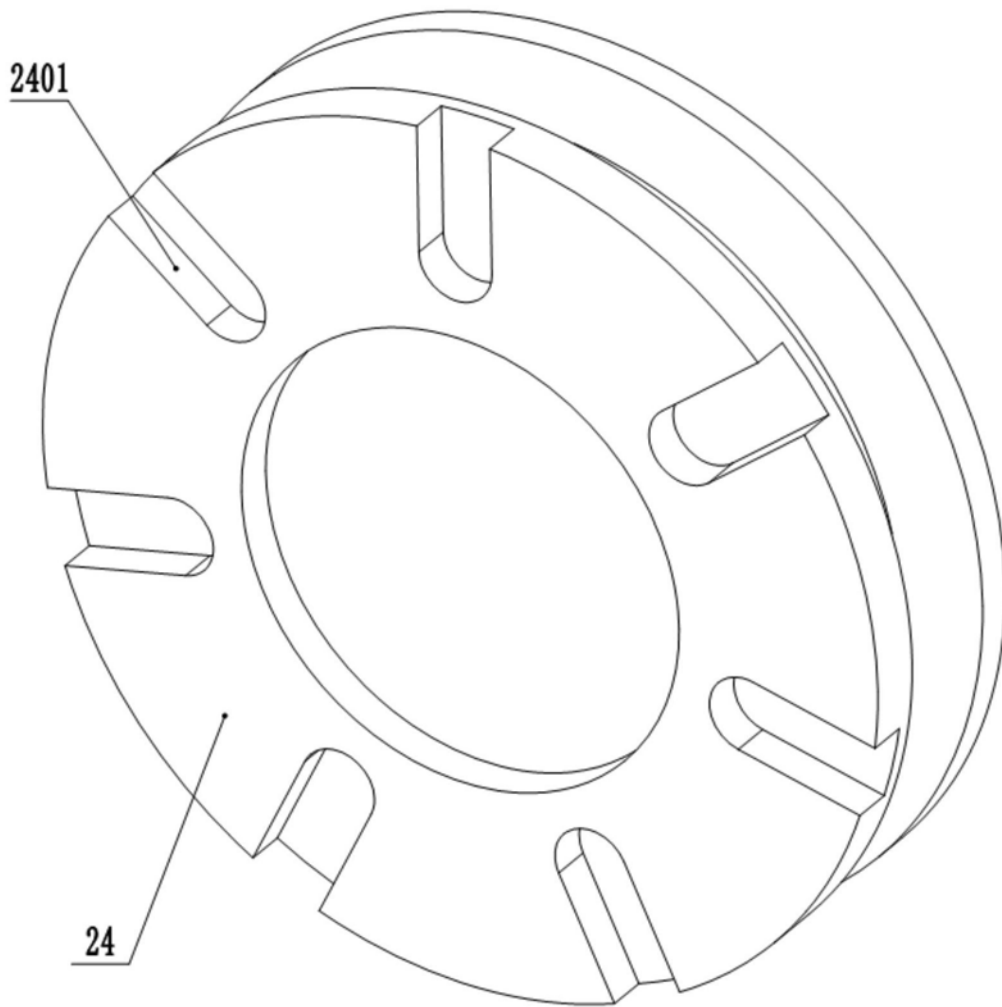


图6

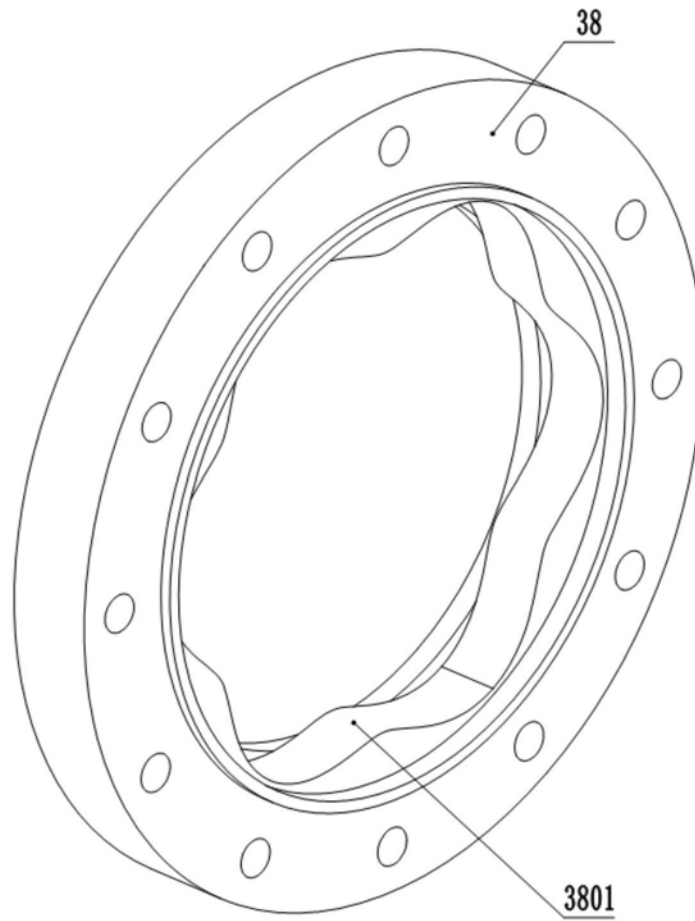


图7

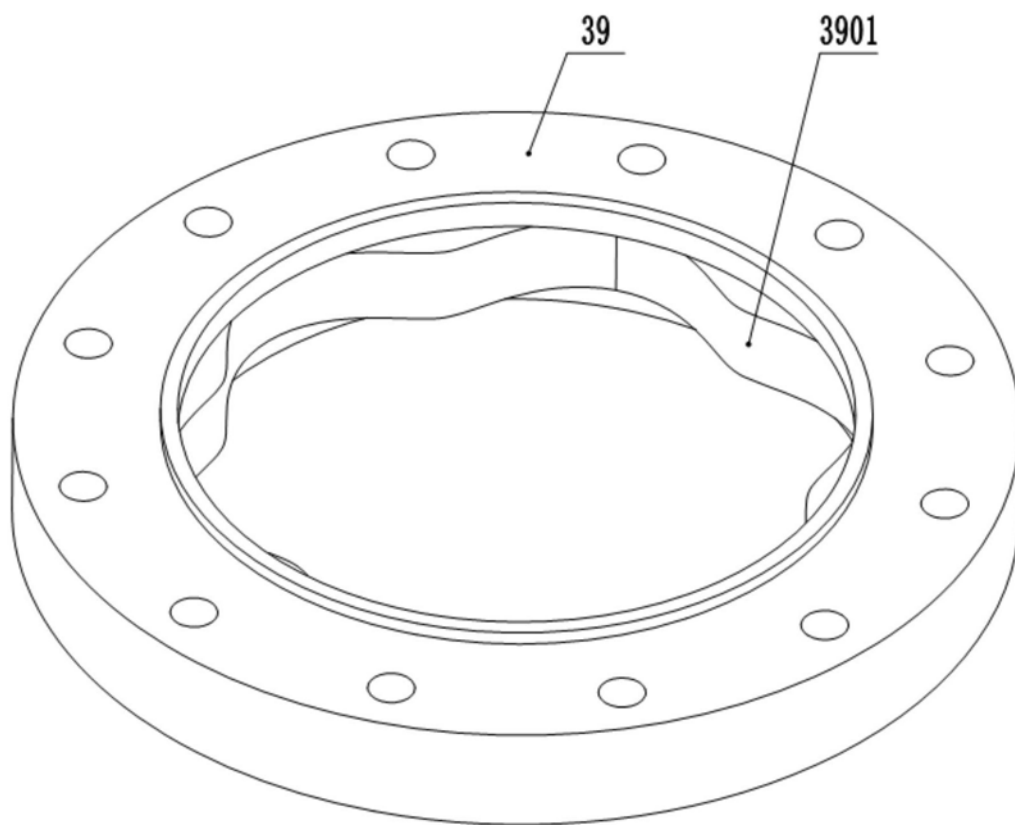


图8

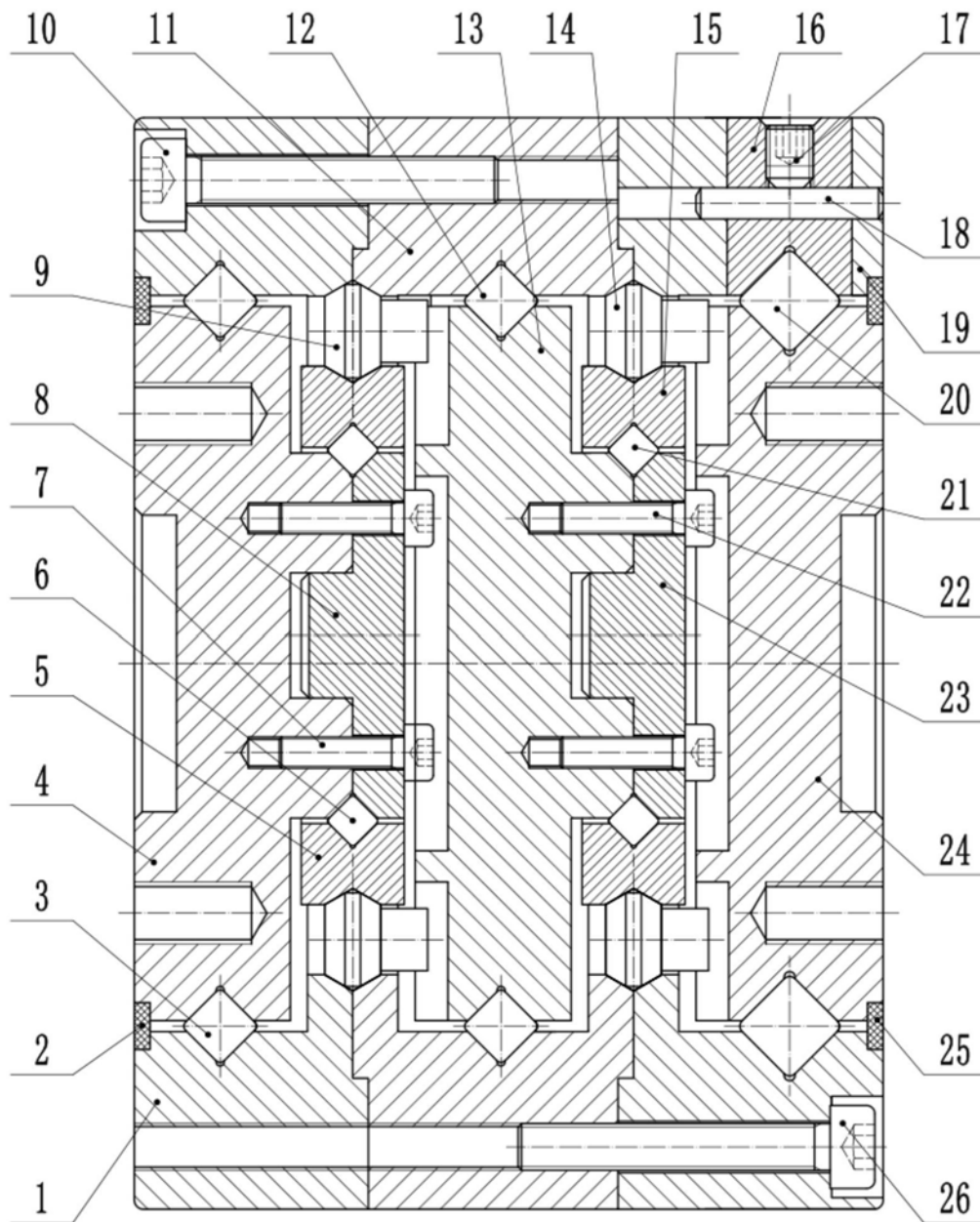


图9

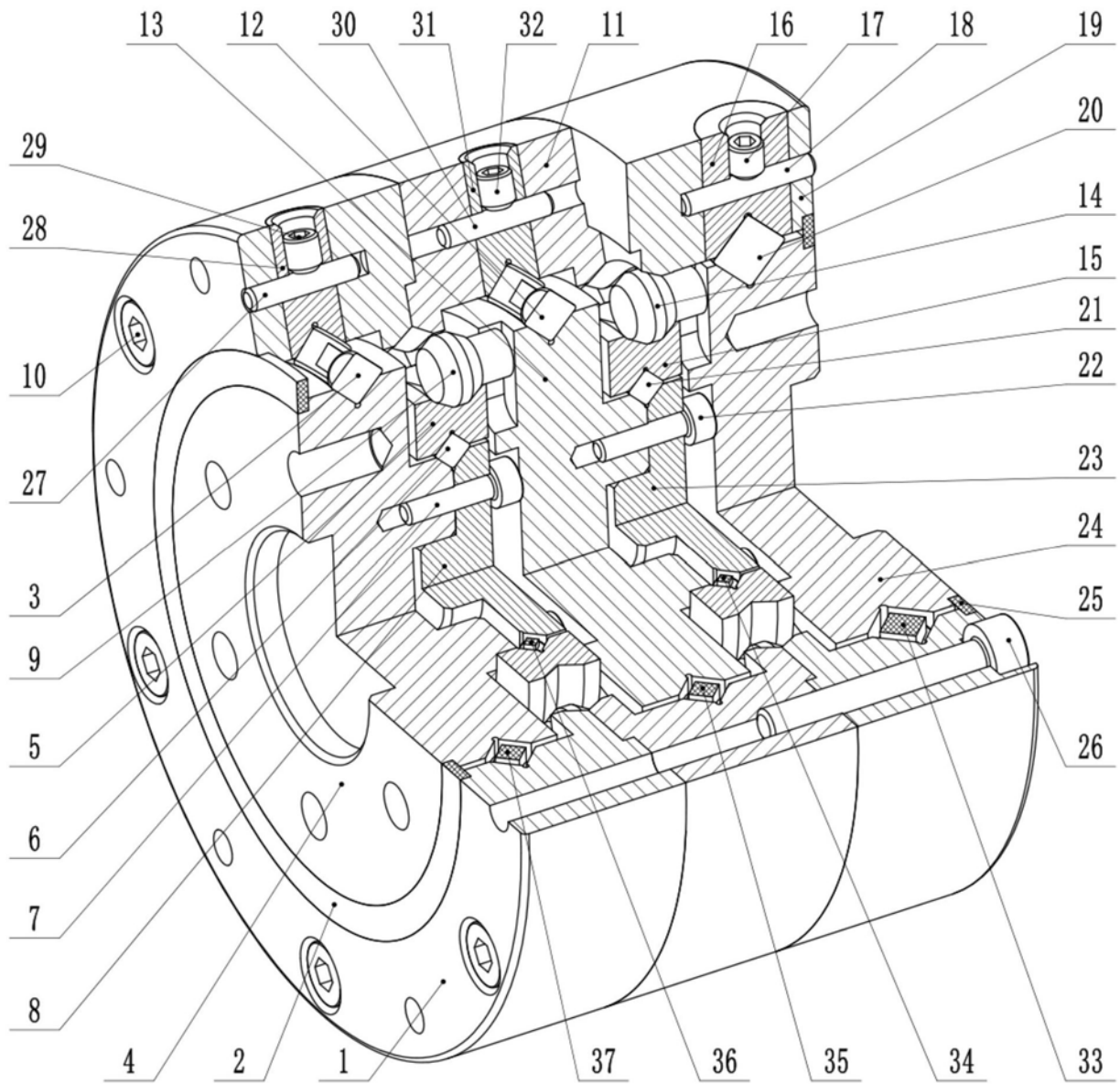


图10

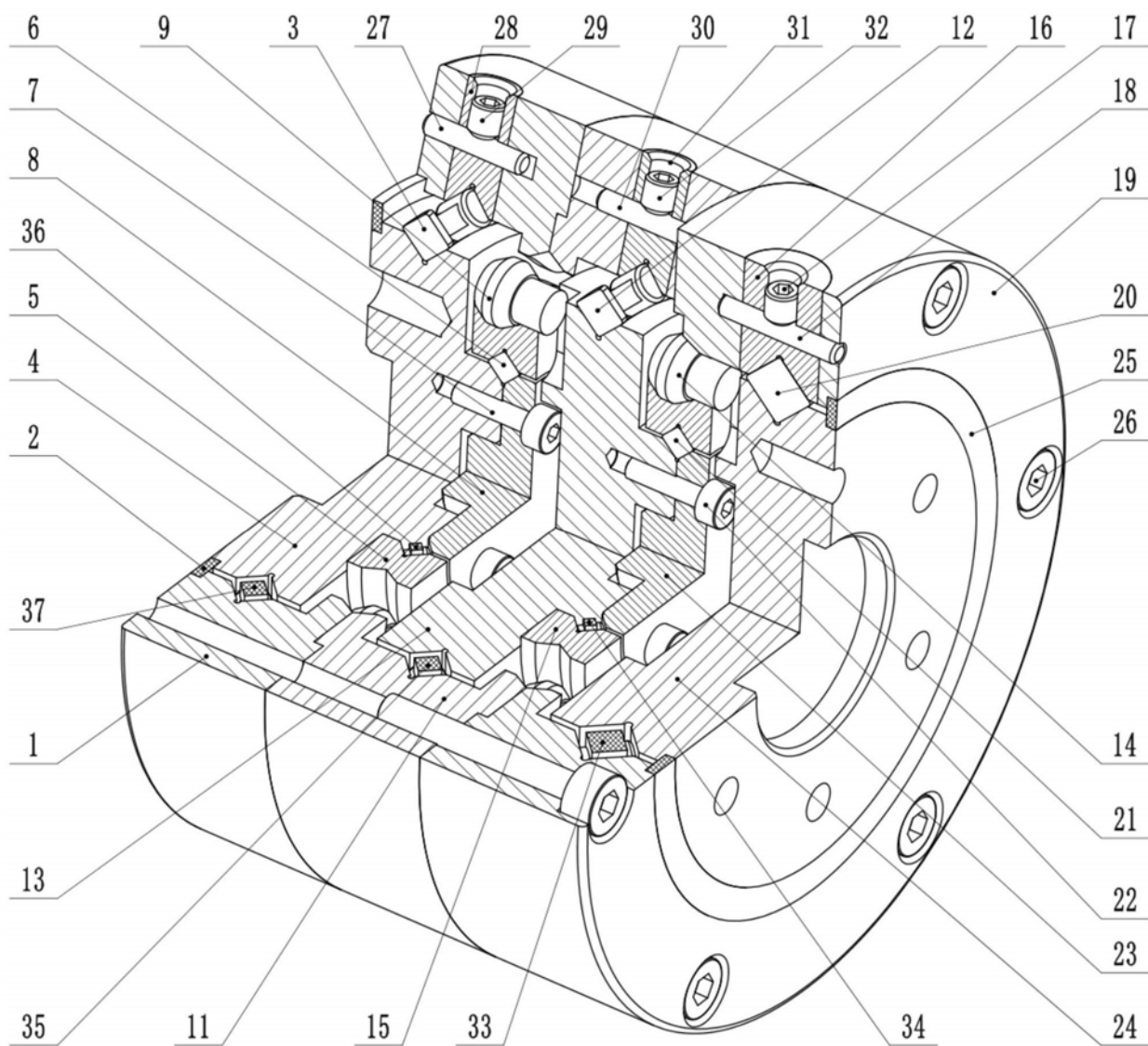


图11

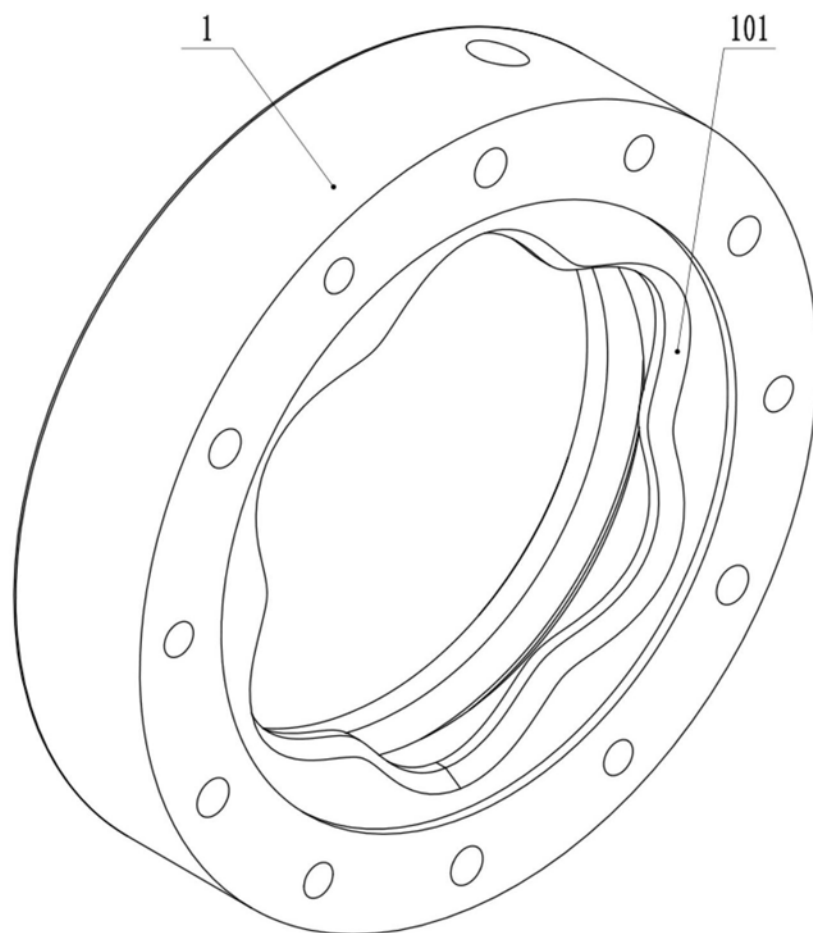


图12

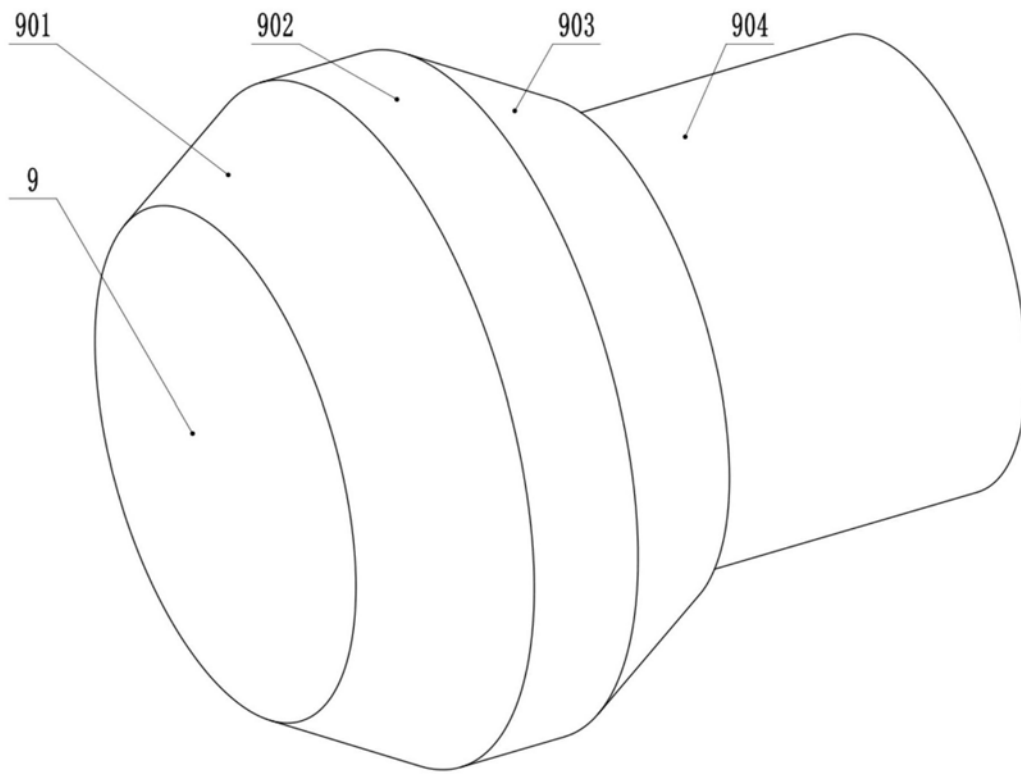


图13

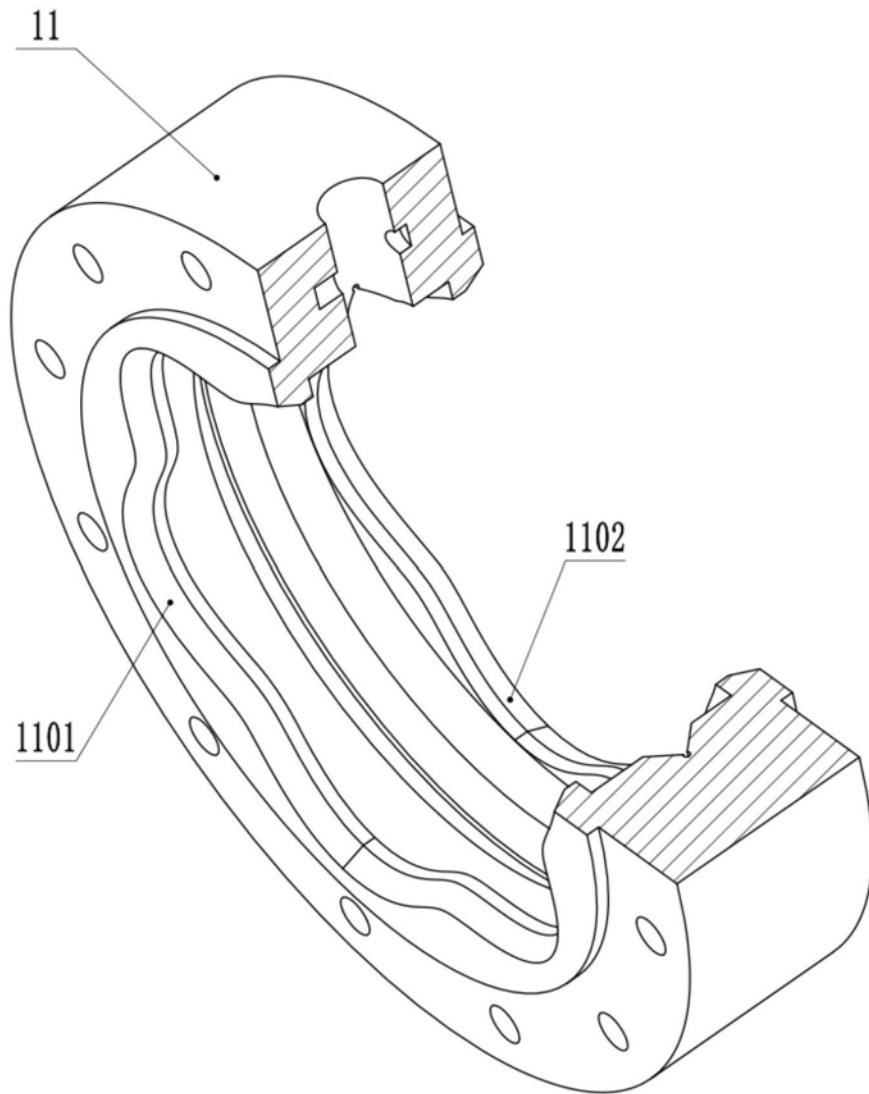


图14

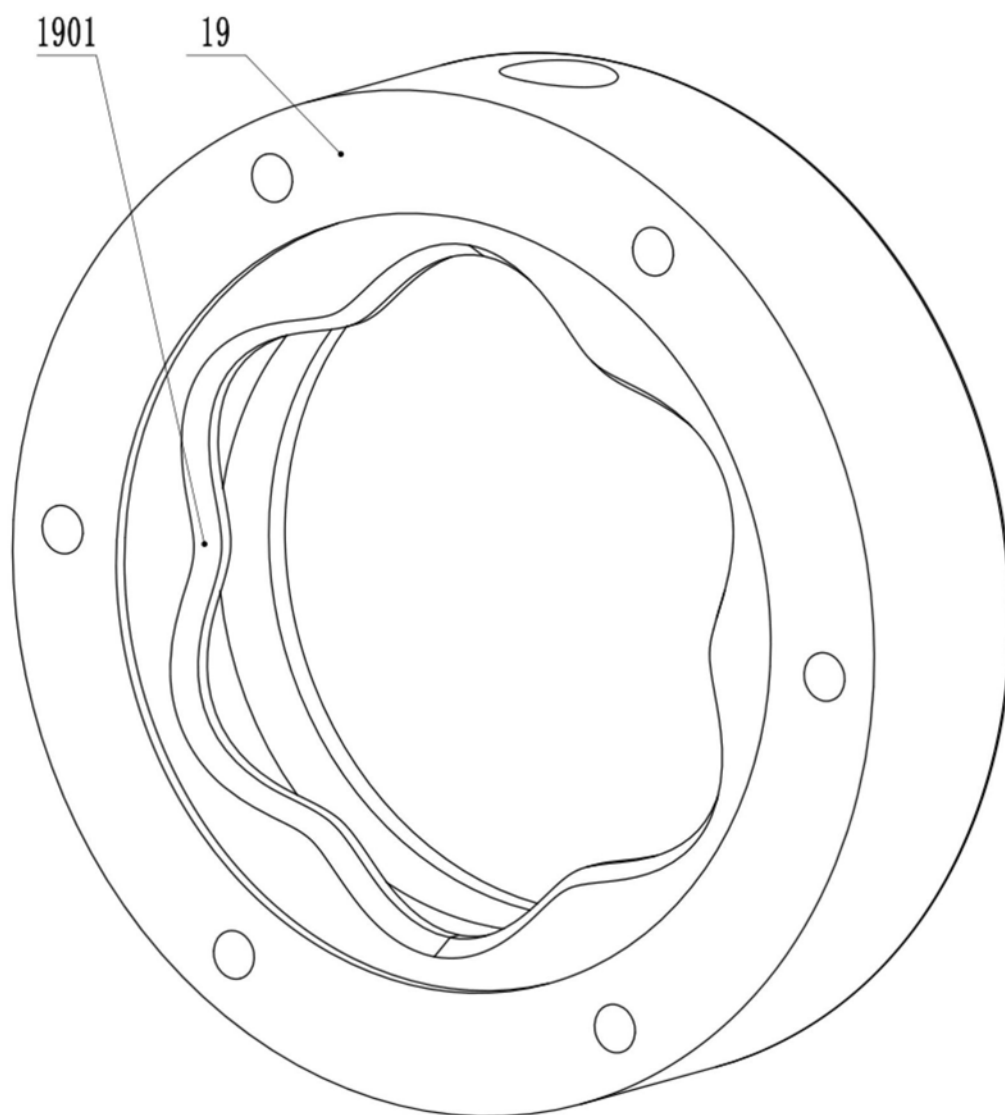


图15