



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111237398 A

(43)申请公布日 2020.06.05

(21)申请号 202010178798.4

(22)申请日 2020.03.15

(71)申请人 河南烛龙高技术有限公司

地址 453199 河南省新乡市卫辉市卫州路
与比干大道交叉口东50米

(72)发明人 闫济东 邢鹏达

(51)Int.Cl.

F16H 1/32(2006.01)

F16H 55/17(2006.01)

F16H 55/08(2006.01)

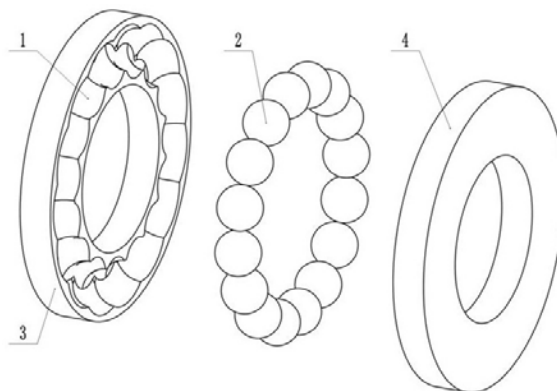
权利要求书2页 说明书8页 附图27页

(54)发明名称

一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元

(57)摘要

本发明提供一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元,包括活齿、组合齿面传动轮、组合槽面传动轮等。在摆线活齿传动的基础上,首先确定活齿分布圆半径,活齿分布圆半径确定的情况下,在分布圆上可以整周密排的活齿尺寸是唯一确定的;接着,选用大滚道幅值的滚道,且该滚道的啮合曲线满足根切条件,在此基础上,将活齿截面离散化处理成四种不同的截面,每个截面分别沿着内摆线或外摆线扫略得到对应的啮合齿面、或沿边线自旋得到对应的齿面,再将特定的三种齿面拼凑为一个整体,即构成了组合齿面滚道;组合槽面传动轮上的组合槽由相同数量的接触槽面和非接触槽面组成;组合齿面传动轮、活齿、组合槽面传动轮共同构成密排组合齿面摆线活齿传动单元。



1. 一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元, 包括组合齿面滚道、活齿、组合齿面传动轮、组合槽面传动轮、组合槽、接触槽面、非接触槽面, 其特征在于: 组合齿面传动轮上有一个由多种齿面组合而成的组合齿面滚道, 组合齿面滚道对应的啮合曲线为平面内的内摆线或外摆线; 当啮合曲线为内摆线时, 活齿数量比组合齿面滚道波数少一; 当啮合曲线为外摆线时, 活齿数量比组合齿面滚道波数多一; 组合槽面传动轮上有一个组合槽, 组合槽由一圈均布的数量分与活齿数相同的接触槽面和非接触槽面组合而成; 组合齿面传动轮与组合槽面传动轮偏心布置, 二者轴线平行且距离大小为一个组合齿面滚道的幅值; 所有活齿居于组合齿面传动轮与组合槽面传动轮之间, 且每个接触槽面内均啮合有一个活齿, 所有活齿也分别同时与组合齿面传动轮上的组合齿面滚道啮合。

2. 如权利要求1所述的一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元, 其特征在于: 当啮合曲线采用内摆线时, 组合齿面滚道由数目相等的正齿面、负齿面和负旋切面分别均布拼接组合而成, 且所有正齿面和负齿面对应的啮合曲线段取并集, 可以构成一条完整的曲线, 即该种情况下的啮合曲线为内摆线; 当啮合曲线采用外摆线时, 组合齿面滚道由数目相等的正齿面、负齿面和正旋切面分别均布拼接组合而成, 且所有正齿面和负齿面对应的啮合曲线段取并集, 可以构成一条完整的曲线, 即该种情况下的啮合曲线为外摆线。

3. 如权利要求2所述的一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元, 其特征在于: 所有正齿面101与负齿面102均参与啮合传动, 所有正旋切面与负旋切面均不参与啮合传动。

4. 如权利要求2所述的一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元, 其特征在于: 当啮合曲线为外摆线时, 其在空间内的平面直角坐标系中的参数方程为:

$$\begin{cases} x = R \cos \varphi - A \cos[(1 + Z_c)\varphi] \\ y = R \sin \varphi - A \sin[(1 + Z_c)\varphi] \end{cases} \quad \varphi \in [0, 2\pi)$$

当啮合曲线为内摆线时, 其在空间内的平面直角坐标系中的参数方程为:

$$\begin{cases} x = R \cos \varphi + A \cos[(1 - Z_c)\varphi] \\ y = R \sin \varphi + A \sin[(1 - Z_c)\varphi] \end{cases} \quad \varphi \in [0, 2\pi)$$

以上各式中, R -啮合曲线径向半径; A -啮合曲线幅值; Z_c -内摆线或外摆线波数。

5. 如权利要求4所述的一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元, 其特征在于: 啮合曲线的曲率半径 ρ 为

$$\rho = \frac{\sqrt{\left[\left(\frac{dx}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\varphi}\right)^2\right]^3}}{\frac{dx}{d\varphi} \frac{d^2y}{d\varphi^2} - \frac{dy}{d\varphi} \frac{d^2x}{d\varphi^2}} \quad \varphi \in [0, 2\pi)$$

6. 如权利要求1所述的一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元, 其特征在于: 活齿齿面为关于其轴线的旋转体, 其种类包括理论活齿齿面和实际活齿齿面; 实际活齿齿面为理论活齿齿面的旋转内切面; 活齿齿面既可以采用理论活齿齿面, 也可以采用实际活齿齿面。

7. 如权利要求1或6所述的一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元, 其特征在于: 接触槽面与活齿齿面完全贴合; 非接触槽面是两个接触槽面之间的过渡面, 不与活齿接触。

8. 如权利要求5或6所述的一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元, 其特征在于: 理

论活齿齿面上的点到理论活齿齿面轴线的最大距离为 $D_{\max}$, $D_{\max}$ 满足方程组:

$$\begin{cases} D_{\max} = R \sin(\pi / Z_b) \\ D_{\max} > \rho_{\min} \end{cases}$$

式中, R -啮合曲线径向半径; Z_b -活齿个数; $\rho_{\min}$ -啮合曲线的曲率半径 ρ 的最小值。

一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元

技术领域

[0001] 本发明涉及活齿传动技术领域,特别涉及一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元。

背景技术

[0002] 随着活齿传动技术的发展,各种活齿传动构型层出不穷,具备代表性的如推杆活齿传动、滚柱(钢球)活齿传动、摆动活齿传动、套筒活齿传动和平面钢球传动等;无论什么形式的活齿传动技术,其核心和实质均为活齿沿着其啮合曲线的运动,活齿沿着啮合曲线运动得到的空间轨迹曲面即为实际活齿啮合齿面,在传统的活齿设计中,其实际啮合齿面是连续的、且避免根切的。如专利号为CN201721031991.5提出了《一种摆线钢球减速装置及其机器人关节》,其说明书中就明确提出了啮合齿面需要避免根切及其相应的条件。

[0003] 燕山大学的安子军教授的研究团队,发表过名为《基于空间啮合理论的摆线钢球行星传动根切研究》的论文,介绍了摆线钢球行星传动的结构组成和传动原理,提出了利用锥形铣刀包络内、外摆线封闭槽的数学模型,建立了摆线槽齿面的包络面方程。论文中提出,随着基本设计参数的变化,内、外摆线封闭槽齿面会按一定的先后顺序发生根切,并且总是内摆线槽内侧齿面最先根切,从而得到了不发生根切必须满足的不等式方程,并通过具体实例及计算机图形仿真进行验证。该研究为摆线钢球行星传动的设计制造提供了理论依据,明确提出了啮合齿面需满足不根切条件、避免根切。

[0004] 活齿传动领域的设计人员应该知道的一个常识是,在条件合理的情况下,相同尺寸条件下的两种活齿减速器,减速比越大越好;减速比与尺寸都相同的两种减速器,活齿数量越多越好;减速比、尺寸与活齿数量都相同的两种减速器,活齿个头越大越好。但在遵循传统的设计方法和规则的情况下,设计出的减速器,其功率密度并不理想,通俗的讲,就是体积大,传动比相对小,空间利用不够充分。现有的所有的研究与优化,都是基于啮合副不根切的条件下进行的,一般的优化都是进行参数优化与齿形修型,具有很大的局限性,并不能为减速器带来显著的性能提升。

[0005] 针对以上问题,打破常规思维,反其道而行之,进入新的设计领域,即在减速器设计过程中,充分挖掘与利用根切条件,设计出综合性能明显优于现有技术的活齿减速器,成了活齿减速机领域一个新的方向和亟待解决的问题。

[0006] 本发明即基于上述思想,合理地利用了根切条件,提出了一种特殊的组合齿面活齿啮合副及其生成方法。依据该方法,应用于摆线活齿传动领域,先生成离散化的齿面,再将其拼凑组合为一个整体,从而构成组合齿面活齿传动滚道,接着与相应的活齿相啮合,即构成了组合齿面活齿传动啮合副;将该啮合副应用于单级传动单元,即配合上另一个通过组合槽与活齿啮合的带有组合槽的组合槽面传动轮,从而得到了单级组合齿面摆线活齿传动单元;进一步的,根据特定的关系,合理设计活齿尺寸,使所有活齿彼此接触且关于组合齿面活齿传动滚道密切排列,从而得到了单级密排组合齿面摆线活齿传动单元,进而由单级密排组合齿面摆线活齿传动单元得到带有该传动单元的活齿减速器,其整机性能将显著

优于现有同类产品。

发明内容

[0007] 针对上述问题,本发明提供一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元,在摆线活齿传动的基础上,首先确定活齿分布圆半径,活齿分布圆半径确定的情况下,在分布圆上可以整周密排的活齿尺寸是唯一确定的;接着,选用大滚道幅值的滚道,且该滚道的啮合曲线满足根切条件,在此基础上,将活齿截面离散化处理成四种不同的截面,每个截面分别沿着内摆线或外摆线扫略得到对应的啮合齿面、或沿边线自旋得到对应的齿面,再将特定的三种齿面拼凑为一个整体,即构成了组合齿面滚道;组合槽面传动轮上的组合槽由相同数量的接触槽面和非接触槽面组成;组合齿面传动轮、活齿、组合槽面传动轮共同构成了密排组合齿面摆线活齿传动单元。

[0008] 本发明所使用的技术方案是:一种单级密排组合齿面摆线活齿传动单元,包括组合齿面滚道、活齿、组合齿面传动轮、组合槽面传动轮、组合槽、接触槽面、非接触槽面,组合齿面传动轮上有一个由多种齿面组合而成的组合齿面滚道,组合齿面滚道对应的啮合曲线为平面内的内摆线或外摆线;当啮合曲线为内摆线时,活齿数量比组合齿面滚道波数少一;当啮合曲线为外摆线时,活齿数量比组合齿面滚道波数多一;组合槽面传动轮上有一个组合槽,组合槽由一圈均布的数量分与活齿数相同的接触槽面和非接触槽面组合而成;组合齿面传动轮与组合槽面传动轮偏心布置,二者轴线平行且距离大小为一个组合齿面滚道的幅值;所有活齿居于组合齿面传动轮与组合槽面传动轮之间,且每个接触槽面内均啮合有一个活齿,所有活齿也分别同时与组合齿面传动轮上的组合齿面滚道啮合。

[0009] 进一步的,当啮合曲线采用内摆线时,组合齿面滚道由数目相等的正齿面、负齿面和负旋切面分别均布拼接组合而成,且所有正齿面和负齿面对应的啮合曲线段取并集,可以构成一条完整的曲线,即该种情况下的啮合曲线为内摆线;当啮合曲线采用外摆线时,组合齿面滚道由数目相等的正齿面、负齿面和正旋切面分别均布拼接组合而成,且所有正齿面和负齿面对应的啮合曲线段取并集,可以构成一条完整的曲线,即该种情况下的啮合曲线为外摆线。

[0010] 进一步的,所有正齿面与负齿面均参与啮合传动,所有正旋切面与负旋切面均不参与啮合传动。

[0011] 进一步的,当啮合曲线为外摆线时,其在空间内的平面直角坐标系中的参数方程为:

$$\begin{cases} x = R \cos \varphi - A \cos[(1 + Z_c)\varphi] \\ y = R \sin \varphi - A \sin[(1 + Z_c)\varphi] \end{cases} \quad \varphi \in [0, 2\pi)$$

当啮合曲线为内摆线时,其在空间内的平面直角坐标系中的参数方程为:

$$\begin{cases} x = R \cos \varphi + A \cos[(1 - Z_c)\varphi] \\ y = R \sin \varphi + A \sin[(1 - Z_c)\varphi] \end{cases} \quad \varphi \in [0, 2\pi)$$

以上各式中,R-啮合曲线径向半径;A-啮合曲线幅值; Z_c -内摆线或外摆线波数。

[0012] 进一步的,啮合曲线的曲率半径 ρ 为

$$\rho = \frac{\sqrt{\left[\left(\frac{dx}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\varphi}\right)^2\right]^3}}{\frac{dx}{d\varphi} \frac{d^2 y}{d\varphi^2} - \frac{dy}{d\varphi} \frac{d^2 x}{d\varphi^2}} \quad \varphi \in [0, 2\pi)$$

[0013] 进一步的,活齿齿面为关于其轴线的旋转体,其种类包括理论活齿齿面和实际活齿齿面;实际活齿齿面为理论活齿齿面的旋转内切面;活齿齿面既可以采用理论活齿齿面,也可以采用实际活齿齿面。

[0014] 进一步的,接触槽面与活齿齿面完全贴合;非接触槽面是两个接触槽面之间的过渡面,不与活齿接触。

[0015] 进一步的,理论活齿齿面上的点到理论活齿齿面轴线的最大距离为 $D_{\max}$, $D_{\max}$ 满足方程组:

$$\begin{cases} D_{\max} = R \sin(\pi / Z_b) \\ D_{\max} > \rho_{\min} \end{cases}$$

式中, R -啮合曲线径向半径; Z_b -活齿个数; $\rho_{\min}$ -啮合曲线的曲率半径 ρ 的最小值。

[0016] 由于本发明采用了上述技术方案,本发明具有以下优点:(1)所有正齿面和负齿面对应的啮合曲线的并集是一条完整的闭合啮合曲线,故本单元的传动过程是精确连续的,且所有活齿同时参与啮合传力,抗冲击能力强;(2)所有正旋切面与负旋切面均不参与啮合传动,因此也不影响啮合传动;(3)同尺寸情况下,相比于传统活齿传动单元,本单元具备更多的活齿数目或更大的活齿尺寸,从而在应用于减速器上时具备更大的减速比和更大的承载力;(4)活齿齿面设计灵活多变,可以直接采用理论齿面,也可以采用任意形状的内切于理论齿面内的旋转齿面,采用前者时,啮合副为全线接触啮合;采用后者时,啮合副为短线接触啮合或点接触啮合;(5)结构简单灵活,便于加工制造及装配。

附图说明

[0017] 图1为本发明活齿生成原理示意图。

[0018] 图2、图3、图4为本发明的活齿截面分块结构示意图。

[0019] 图5为本发明的活齿实际啮合齿面与理论啮合齿面的关系示意图。

[0020] 图6为本发明的组合槽面传动轮的坐标系设定及结构示意图。

[0021] 图7为本发明的外摆线组合齿面活齿传动啮合副的坐标系设定及结构示意图。

[0022] 图8为本发明外摆线组合齿面活齿传动啮合副的负齿面生成原理示意图。

[0023] 图9为本发明外摆线组合齿面活齿传动啮合副的负齿面组合示意图。

[0024] 图10为本发明外摆线组合齿面活齿传动啮合副的正齿面生成原理示意图。

[0025] 图11为本发明外摆线组合齿面活齿传动啮合副的正齿面组合示意图。

[0026] 图12为本发明外摆线组合齿面活齿传动啮合副的正旋切截面结构示意图。

[0027] 图13、图14为本发明外摆线组合齿面活齿传动啮合副的正旋切面结构示意图。

[0028] 图15为本发明的内摆线组合齿面活齿传动啮合副的坐标系设定及结构示意图。

[0029] 图16为本发明内摆线组合齿面活齿传动啮合副的正齿面生成原理示意图。

[0030] 图17为本发明内摆线组合齿面活齿传动啮合副的正齿面组合示意图。

- [0031] 图18为本发明内摆线组合齿面活齿传动啮合副的负齿面生成原理示意图。
- [0032] 图19为本发明内摆线组合齿面活齿传动啮合副的负齿面组合示意图。
- [0033] 图20为本发明内摆线组合齿面活齿传动啮合副的负旋切截面结构示意图。
- [0034] 图21、图22为本发明内摆线组合齿面活齿传动啮合副的负旋切面结构示意图。
- [0035] 图23、图24为本发明啮合曲线采用外摆线时的单级密排组合齿面摆线活齿传动单元结构分解示意图。
- [0036] 图25、图26为本发明啮合曲线采用外摆线时的单级密排组合齿面摆线活齿传动单元结构剖视示意图。
- [0037] 图27、图28为本发明啮合曲线采用内摆线时的单级密排组合齿面摆线活齿传动单元结构分解示意图。
- [0038] 图29、图30为本发明啮合曲线采用内摆线时的单级密排组合齿面摆线活齿传动单元结构剖视示意图。
- [0039] 附图标号:1-组合齿面滚道;2-活齿;3-组合齿面传动轮;4-组合槽面传动轮;5-组合槽;101-正齿面;102-负齿面;103-正旋切面;104-负旋切面;201-活齿齿面;501-接触槽面;502-非接触槽面。

具体实施方式

[0040] 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,所描述的实施例仅仅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。

[0041] 图23~图26为本发明的实施例一,在该实施例中,啮合曲线采用平面内的外摆线,活齿采用标准球体,从图23和图24中可以看出组合齿面滚道波数为15个,活齿、接触槽面与非接触槽面的个数均为16个;从图25和图26可以看出,组合槽面传动轮关于组合齿面传动轮偏心布置,即组合槽面传动轮轴线与组合齿面传动轮轴线平行且间距为一个偏心距,偏心距与组合齿面滚道的波幅相等。

[0042] 图27~图30为本发明的实施例二,在该实施例中,啮合曲线采用平面内的内摆线,活齿采用标准球体,从图27和图28中可以看出组合齿面滚道波数为17个,活齿、接触槽面与非接触槽面的个数均为16个;从图29和图30可以看出,组合槽面传动轮关于组合齿面传动轮偏心布置,即组合槽面传动轮轴线与组合齿面传动轮轴线平行且间距为一个偏心距,偏心距与组合齿面滚道的波幅相等。

[0043] 上述两个实施例中的参数见表1。

表1结构理论参数表

名称及单位	数值
活齿个数 Z_b	16
组合齿面滚道波数 Z_c	内摆线为 17, 外摆线为 15

活齿分布圆半径 $R(\text{mm})$	28.2
组合槽面传动轮与组合齿面传动轮的偏心距 $A(\text{mm})$	1.2
钢球活齿的半径 $r(\text{mm})$	5.501

[0044] 本发明工作原理：首先说明核心结构的结构生成原理，为各元件建立统一的坐标系，如图1、图6、图7和图15所示。其中，图1～图5为活齿生成过程、截面分块方法以及实际啮合齿面与理论啮合齿面的关系的示意图；图6为组合槽面传动轮坐标系设定图；图7～图14为啮合曲线C采用外摆线时，组合齿面滚道的生成过程；图15～图22为啮合曲线C采用内摆线时，组合齿面滚道的生成过程。规定，组合齿面传动轮圆周向外为正向、向内为负向。

[0045] 当啮合曲线为外摆线时，其在xoy平面内的参数方程为：

$$\begin{cases} x = R \cos \varphi - A \cos[(1 + Z_c)\varphi] \\ y = R \sin \varphi - A \sin[(1 + Z_c)\varphi] \end{cases} \quad \varphi \in [0, 2\pi)$$

当啮合曲线为内摆线时，其在xoy平面内的参数方程为：

$$\begin{cases} x = R \cos \varphi + A \cos[(1 - Z_c)\varphi] \\ y = R \sin \varphi + A \sin[(1 - Z_c)\varphi] \end{cases} \quad \varphi \in [0, 2\pi)$$

以上各式中， R -啮合曲线径向半径； A -啮合曲线幅值； Z_c -内摆线或外摆线波数。

[0046] 进而可得啮合曲线C的曲率半径 ρ 为（不包括空间弦线）

$$\rho = \frac{\sqrt{\left[\left(\frac{dx}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\varphi}\right)^2\right]^{3/2}}}{\frac{dx}{d\varphi} \frac{d^2y}{d\varphi^2} - \frac{dy}{d\varphi} \frac{d^2x}{d\varphi^2}} \quad \varphi \in [0, 2\pi)$$

[0047] 如图1所示，在zoy平面内，有一段穿过y轴正半轴而不穿过z轴的任意连续曲线 $y = F(z)$ ，该曲线即为活齿母线。设 a 、 b 为任意正实数，则活齿是由曲线 $y = F(z)$ 、 $z = -a$ 、 $z = b$ 和 $y = 0$ 四条线组成的封闭图形绕着z轴旋转一周形成的。当啮合曲线C确定时，则造成啮合齿面根切的临界活齿截面半径随之确定，设 $z < 0$ 时，曲线 $y = F(z)$ 的最大值为 $D_{\max}$ ，则 $D_{\max}$ 需满足关系式：

$$\begin{cases} D_{\max} = R \sin(\pi / Z_b) \\ D_{\max} > \rho_{\min} \end{cases}$$

式中， R -啮合曲线径向半径； Z_b -活齿个数； $\rho_{\min}$ -啮合曲线的曲率半径 ρ 的最小值。

[0048] 如图2所示，在活齿截面内画一条弦 L_1 ，将活齿截面分成两个带弧截面，即优弧截面 A_1 和劣弧截面 A_2 两部分，设其几何中心均为原点 O ；弦 L_1 的长度为 S 。引一条垂直于z轴的通过弦 L_1 与活齿截面下侧交点的弦，其弦长设为 $2r'$ ，则 r' 需满足关系式

$$0 \leq r' \leq \rho_{\min}$$

特别的，若活齿采用半径为 r 的标准球体，则弦 L_1 的长度 S 可由下式求出

$$S = 2\sqrt{r^2 - r'^2}$$

特别的，当 r' 的值为零时，优弧截面和劣弧截面完全对称，均变为半截面。

[0049] 图7~图14为本发明实施例一的核心传动件生成原理,啮合曲线C采用xoy平面内的外摆线,组合齿面传动轮为xoy平面下侧、z轴负半区域的空心圆盘;其组合齿面滚道由三种齿面组成,即数量均为 Z_c 的且均关于z轴均布的正齿面、负齿面和正旋切面组合而成。

[0050] 如图8所示,在外摆线的 Z_c 个波中任取出一个完整的波段,且这个波段的波谷位于正中心,波段两侧关于中心对称。将优弧截面 A_1 的几何中心置于该波段一侧的端点上,使优弧截面的弦朝向正向,接着,使优弧截面的几何中心在波段上运动,从头运动至尾,运动过程中,弦始终与z轴平行,且截面始终垂直于波段。由此,优弧截面的优弧运动的包络面与组合齿面传动轮的相交曲面即为负齿面。

[0051] 如图9所示,将得到的负齿面关于z轴均匀阵列,得到 Z_c 个首尾衔接的负齿面。

[0052] 如图10所示,在外摆线的 Z_c 个波中任取出一个对称波段,即这个波段的波峰位于正中心,波段两侧关于中心对称,该对称波段上的最小曲率半径 ρ_{lmin} 需满足关系式

$$\rho_{lmin} \geq D_{max}$$

[0053] 将劣弧截面 A_2 的几何中心置于该波段一侧的端点上,使劣弧截面的弦朝向负向,接着,使劣弧截面的几何中心在波段上运动,从头运动至尾,运动过程中,弦始终与z轴平行,且截面始终垂直于波段。由此,劣弧截面的劣弧运动的包络面与组合齿面传动轮的相交曲面即为正齿面。

[0054] 如图11所示,将得到的正齿面关于z轴均匀阵列,得到 Z_c 个首尾衔接的正齿面。并由此得到 Z_c 个均布的两侧为平面、一侧为弧面的正三棱柱体。

[0055] 如图12所示,任取上述正三棱柱体中的一个,其两个侧平面完全相同,任取其中之一,并将边界延拓,得到正旋切截面,如图3所示,延拓宽度 Δ_1 需满足关系式

$$0 \leq \Delta_1 \leq r'$$

[0056] 设两侧平面的交线为 L_2 ,则将正旋切截面,绕着两侧平面的交线 L_2 从一个侧平面旋转至另一个侧平面,旋转切除掉正三棱柱体,在组合齿面传动轮上留下的曲面即为正旋切面,如图13和图14所示。对所有正三棱柱体均进行上述操作,则可得到 Z_c 个均布的正旋切面,由此最终得到了数量均为 Z_c 的且均关于z轴均布的正齿面、负齿面和正旋切面组合而成的组合齿面滚道,如图7所示。

[0057] 图15~图22为本发明实施例二的核心传动件生成原理,啮合曲线C采用xoy平面内的内摆线,组合齿面传动轮为xoy平面下侧、z轴负半区域的空心圆盘;其组合齿面滚道由三种齿面组成,即数量均为 Z_c 的且均关于z轴均布的正齿面、负齿面和负旋切面组合而成。

[0058] 如图16所示,在内摆线的 Z_c 个波中任取出一个完整的波段,且这个波段的波峰位于正中心,波段两侧关于中心对称。将优弧截面 A_1 的几何中心置于该波段一侧的端点上,使优弧截面的弦朝向负向,接着,使优弧截面的几何中心在波段上运动,从头运动至尾,运动过程中,弦始终与z轴平行,且截面始终垂直于波段。由此,优弧截面的优弧运动的包络面与组合齿面传动轮的相交曲面即为正齿面。

[0059] 如图17所示,将得到的正齿面关于z轴均匀阵列,得到 Z_c 个首尾衔接的正齿面。

[0060] 如图18所示,在内摆线的 Z_c 个波中任取出一个对称波段,即这个波段的波谷位于正中心,波段两侧关于中心对称,该对称波段上的最小曲率半径 ρ_{lmin} 需满足关系式

$$\rho_{lmin} \geq D_{max}$$

[0061] 将劣弧截面 A_2 的几何中心置于该波段一侧的端点上,使劣弧截面的弦朝向正向,

接着,使劣弧截面的几何中心在波段上运动,从头运动至尾,运动过程中,弦始终与z轴平行,且截面始终垂直于波段。由此,劣弧截面的劣弧运动的包络面与组合齿面传动轮的相交曲面即为负齿面。

[0062] 如图19所示,将得到的负齿面关于z轴均匀阵列,得到 Z_c 个首尾衔接的负齿面。并由此得到 Z_c 个均布的两侧为平面、一侧为弧面的负三棱柱体。

[0063] 如图20所示,任取上述负三棱柱体中的一个,其两个侧平面完全相同,任取其中之一,并将边界延拓,得到负旋切截面,如图4所示,延拓宽度 Δ_2 需满足关系式

$$0 \leq \Delta_2 \leq r'$$

[0064] 设两侧平面的交线为 L_3 ,则将负旋切截面,绕着两侧平面的交线 L_3 从一个侧平面旋转至另一个侧平面,旋转切除掉负三棱柱体,在组合齿面传动轮上留下的曲面即为负旋切面,如图21和图22所示。对所有负三棱柱体均进行上述操作,则可得到 Z_c 个均布的负旋切面,由此最终得到了数量均为 Z_c 的且均关于z轴均布的正齿面、负齿面和负旋切面组合而成的组合齿面滚道,如图15所示。

[0065] 活齿齿面包括理论活齿齿面和实际活齿齿面,且活齿齿面既可以采用理论活齿齿面,也可以采用实际活齿齿面。上述两个个实施例中得到的组合齿面滚道,均是基于活齿齿面采用理论活齿齿面的情况下得到的,而实际活齿齿面为理论活齿齿面的任意内切旋转齿面,如图5所示,故当活齿齿面采用理论活齿齿面时,活齿齿面与组合齿面滚道啮合时是全线接触啮合;当活齿齿面采用实际活齿齿面时,活齿齿面与组合齿面滚道啮合时是部分短线接触啮合或点接触啮合。

[0066] 如图6所示,组合槽面传动轮上的组合槽由和活齿数量相同的接触槽面和非接触槽面沿圆周均布组合而成;所有接触槽面均与活齿的齿面完全贴合,所有非接触槽面均与活齿齿面无接触。

[0067] 本发明的传动原理为:当固定组合齿面传动轮时,驱动组合槽面传动轮轴线绕着组合齿面传动轮的轴线公转,同时,与组合槽面传动轮上组合槽相啮合的所有活齿,均同时与组合齿面传动轮上的组合齿面滚道啮合,即所有活齿必须在组合齿面传动轮上的组合齿面滚道内运动,从而通过组合槽反作用于组合槽面传动轮,推动组合槽面传动轮绕着自身轴线自转,组合槽面传动轮轴线每绕着组合齿面传动轮的轴线公转一圈,其上活齿带动组合槽面传动轮绕着自身轴线自转过一个组合齿面滚道的波数,从而实现了减速运动;当固定组合槽面传动轮时,驱动组合齿面传动轮的轴线绕着组合槽面传动轮轴线公转,同时,与组合齿面传动轮上的组合齿面滚道啮合的所有活齿,均同时与组合槽面传动轮上接触槽面相啮合,即所有活齿必须在组合槽面传动轮上接触槽面内运动,从而通过组合齿面滚道反作用于组合齿面传动轮,推动组合齿面传动轮绕着自身轴线自转,组合齿面传动轮轴线每绕着组合槽面传动轮的轴线公转一圈,其上活齿带动组合齿面传动轮绕着自身轴线自转过相邻两个接触槽面之间的距离,从而实现了减速运动。

[0068] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,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过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,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过程、方法、物品或者设备

所固有的要素。

[0069] 最后应说明的是：以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，对于本领域的技术人员来说，其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换。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，均应包含在本发明的保护范围之内。

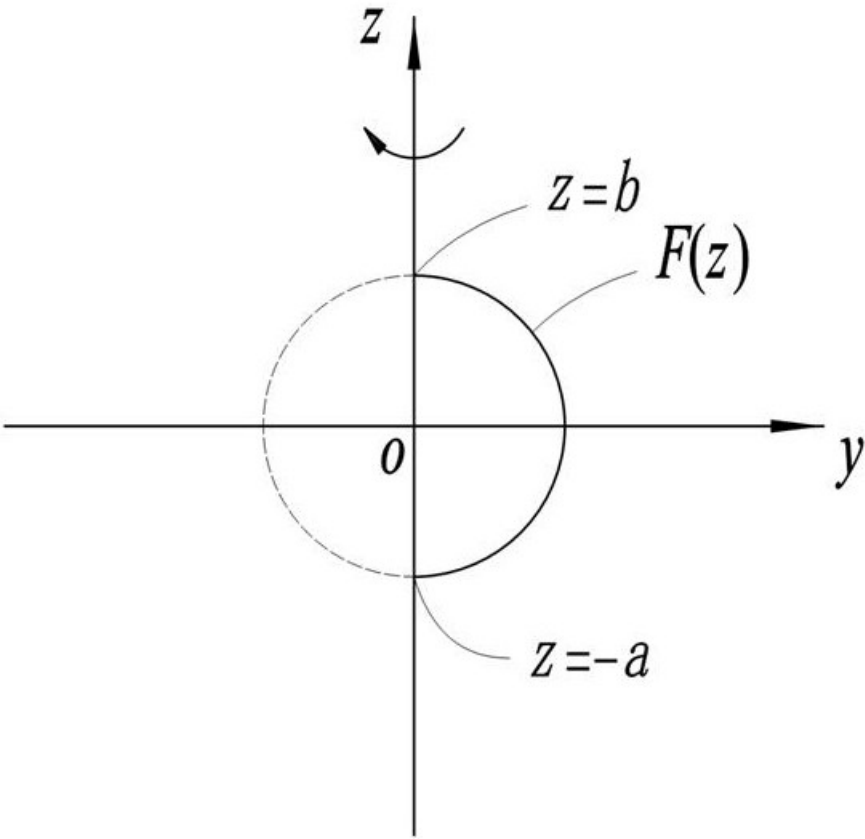


图1

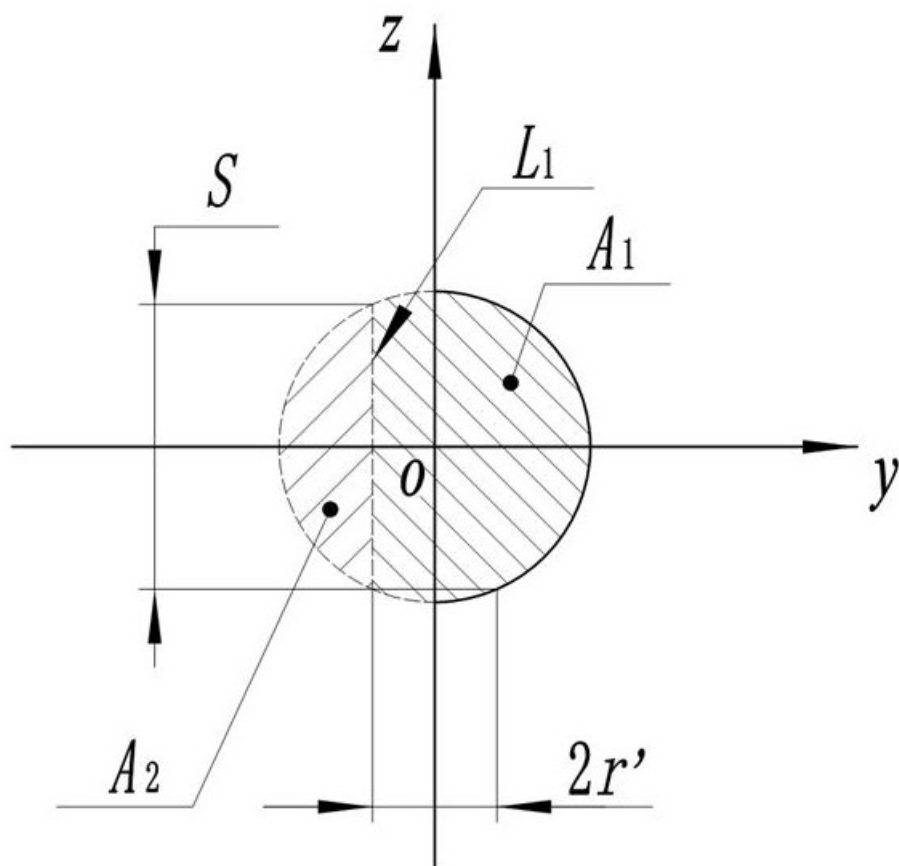


图2

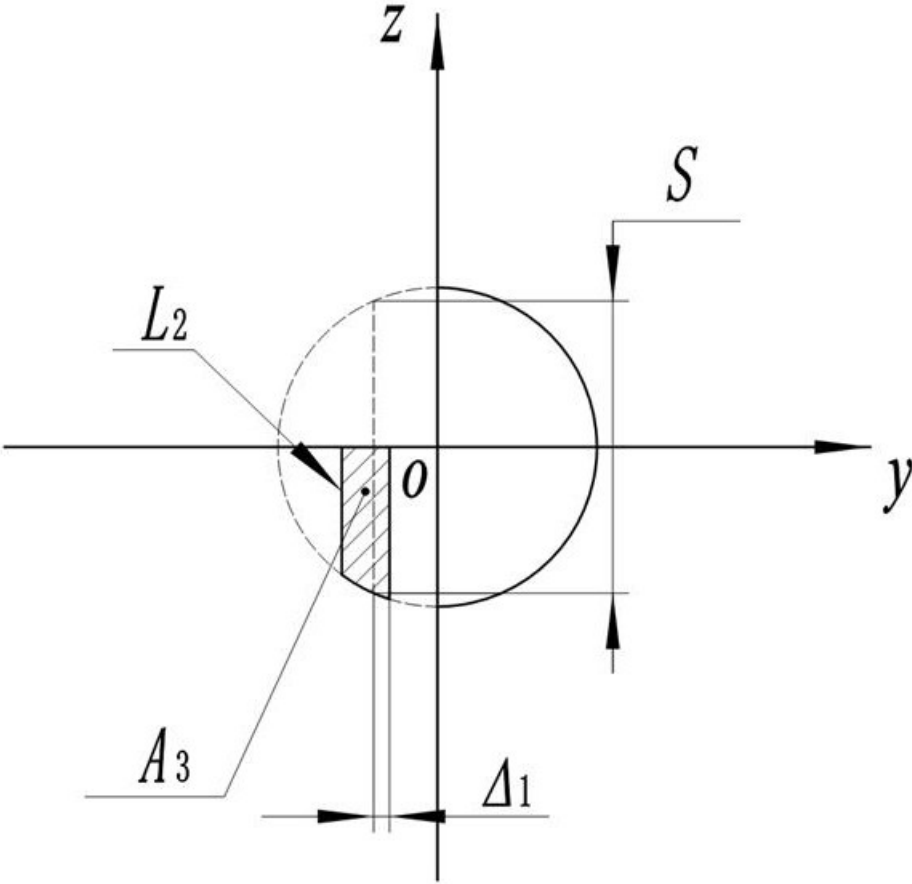


图3

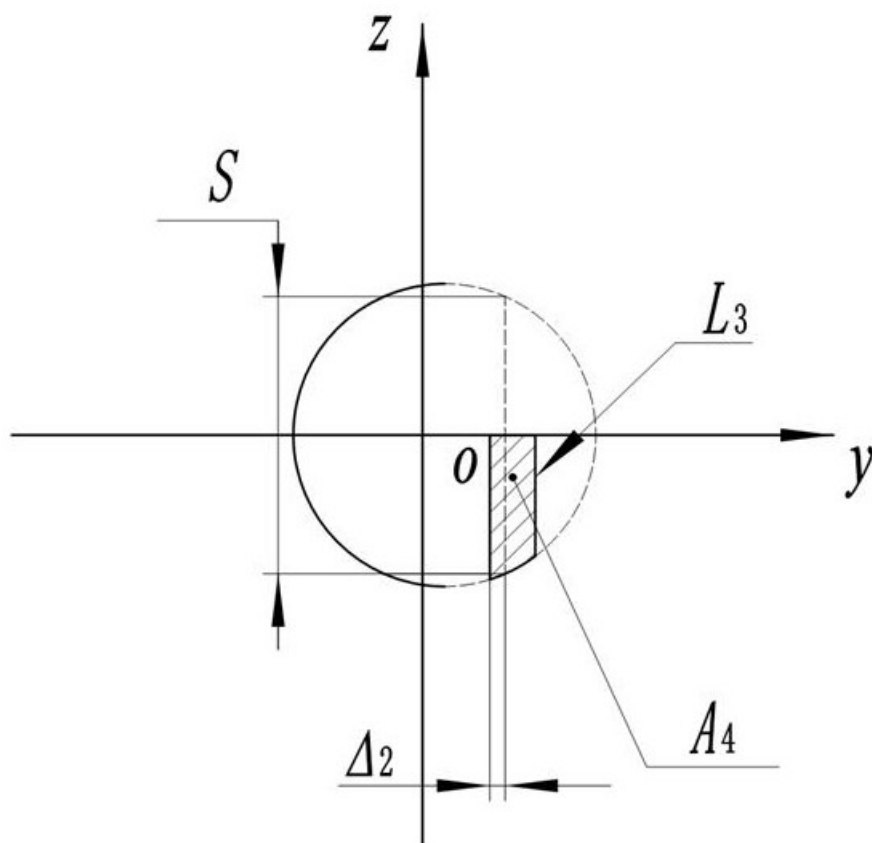


图4

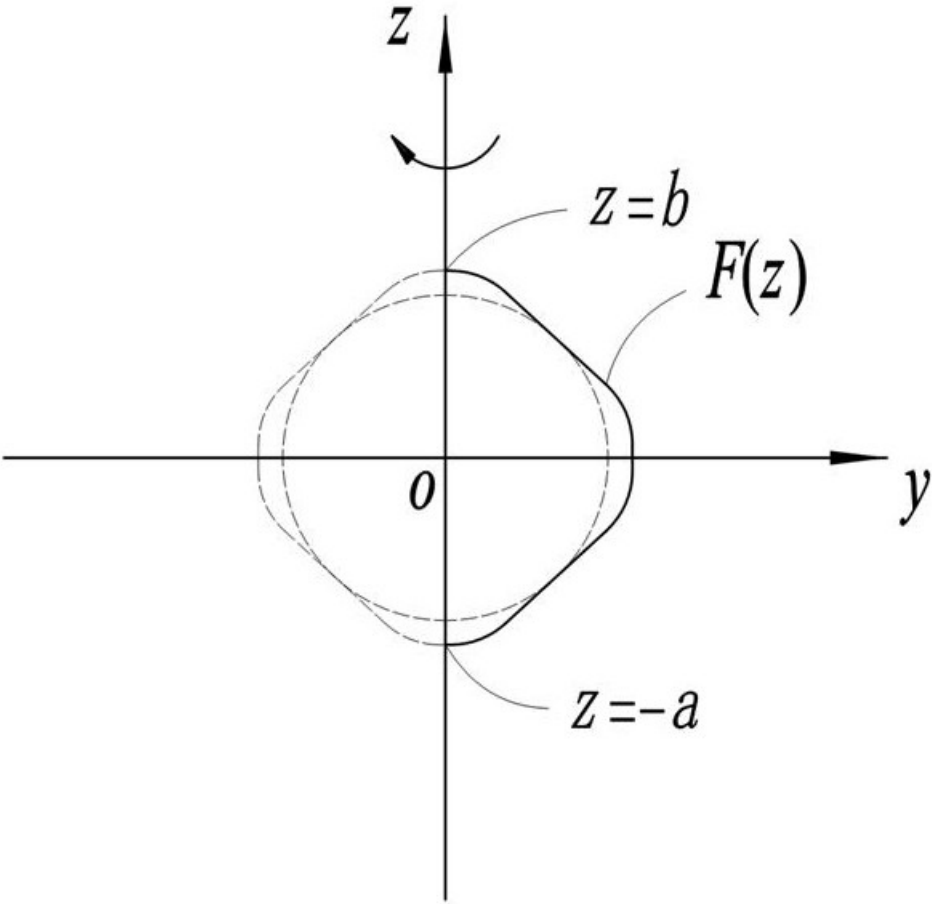


图5

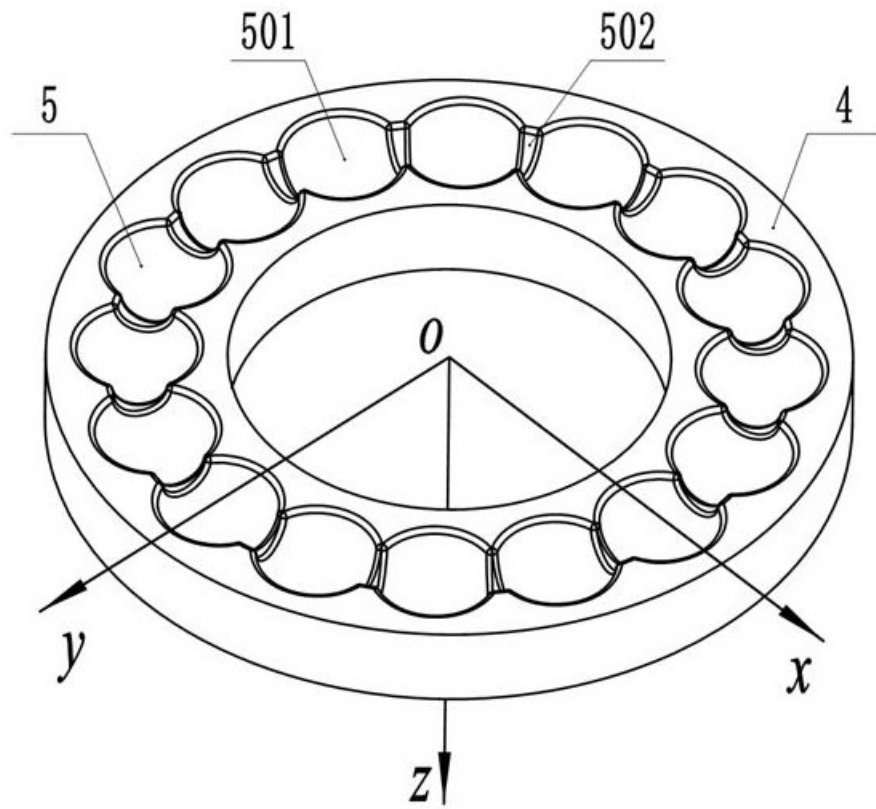


图6

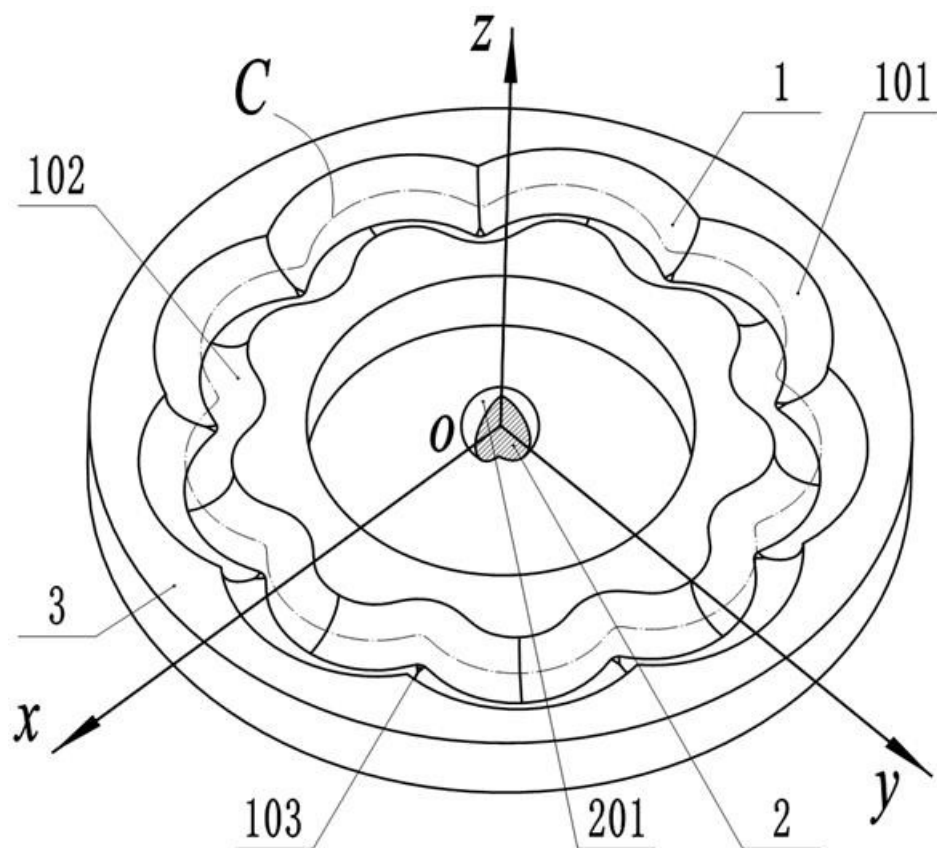


图7

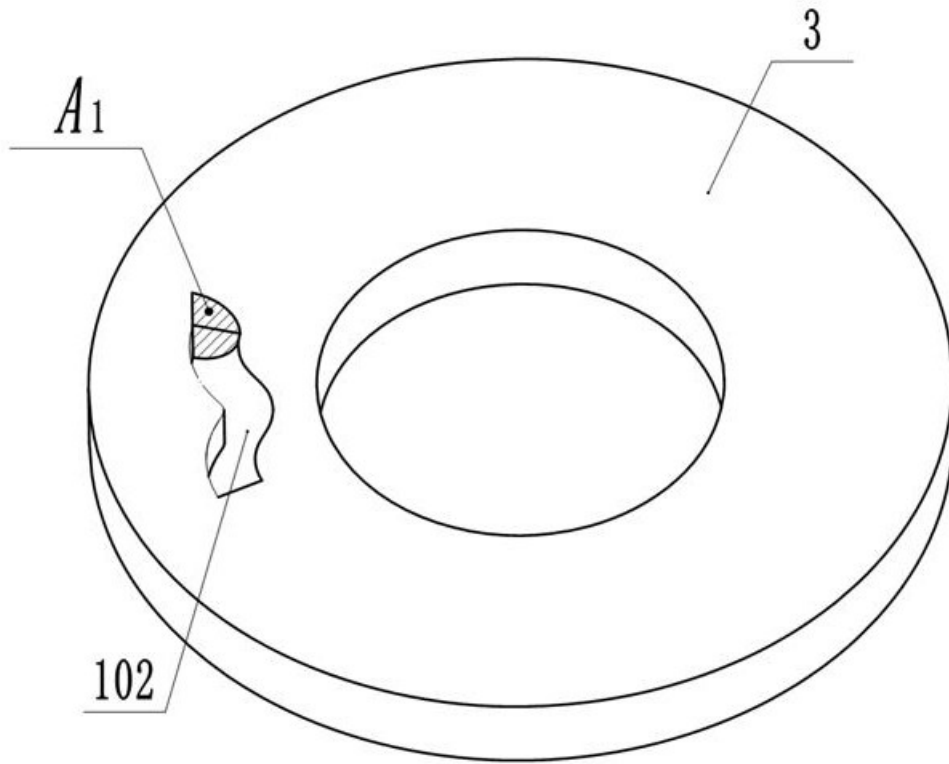


图8

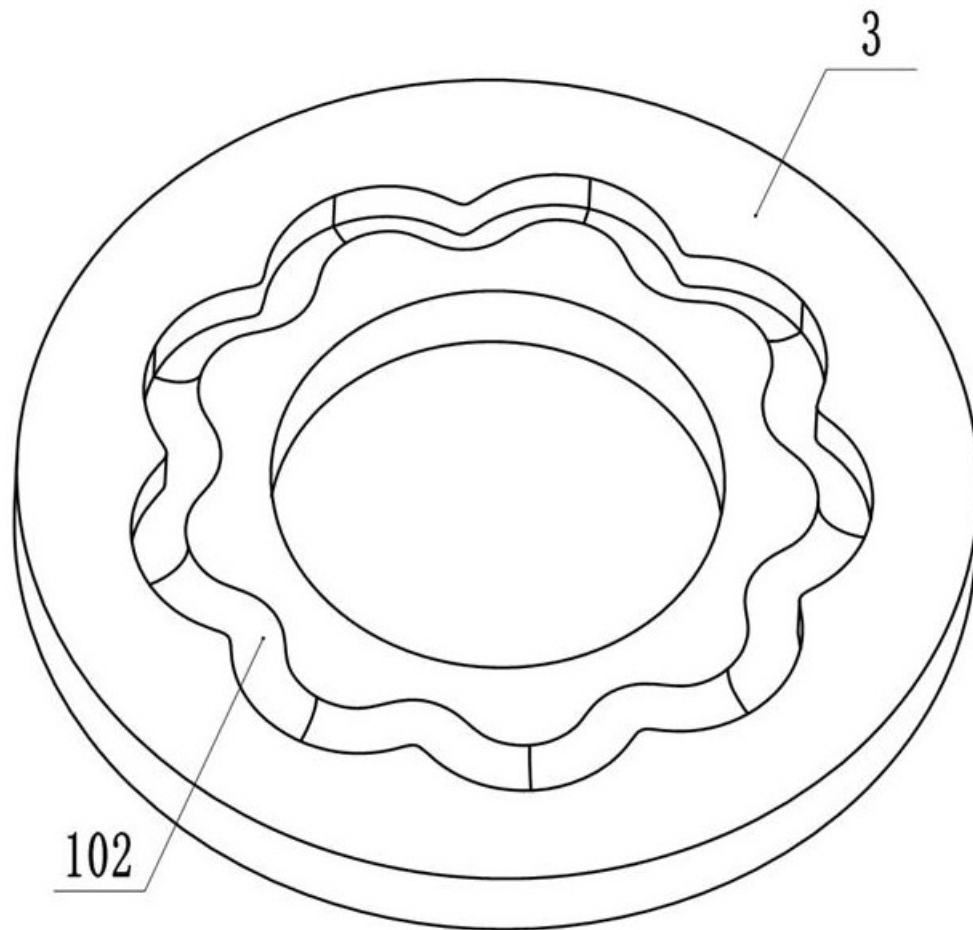


图9

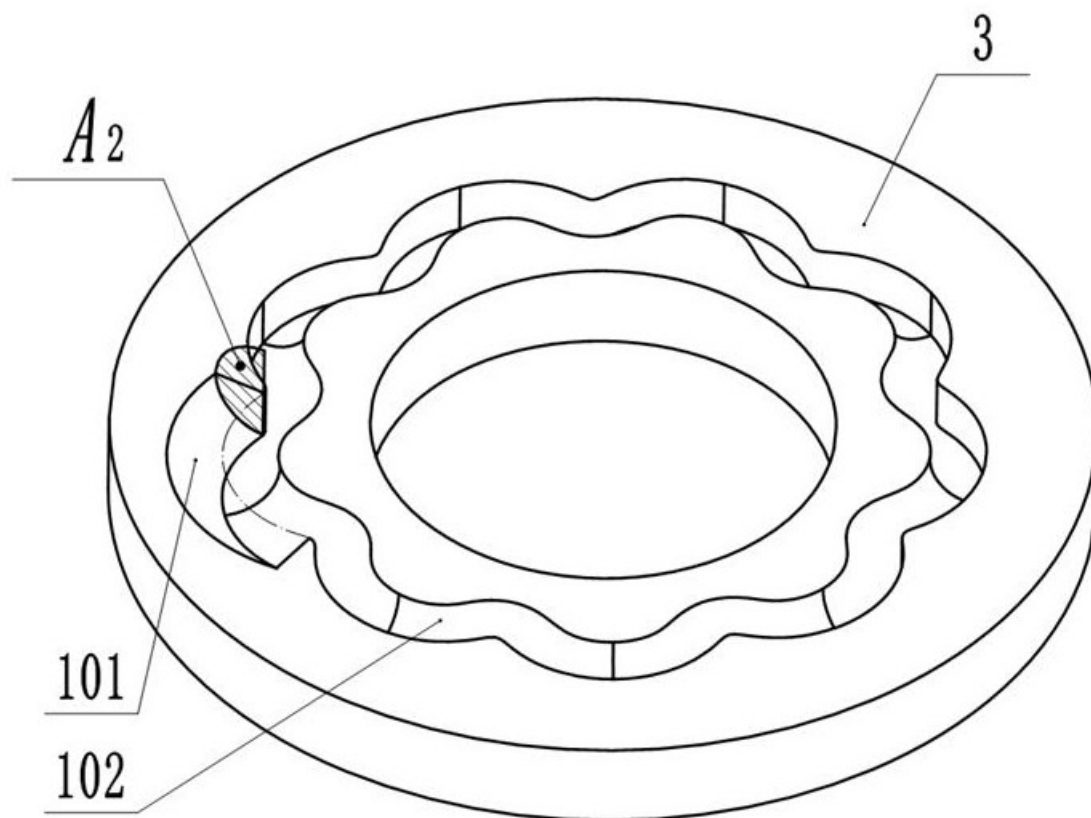


图10

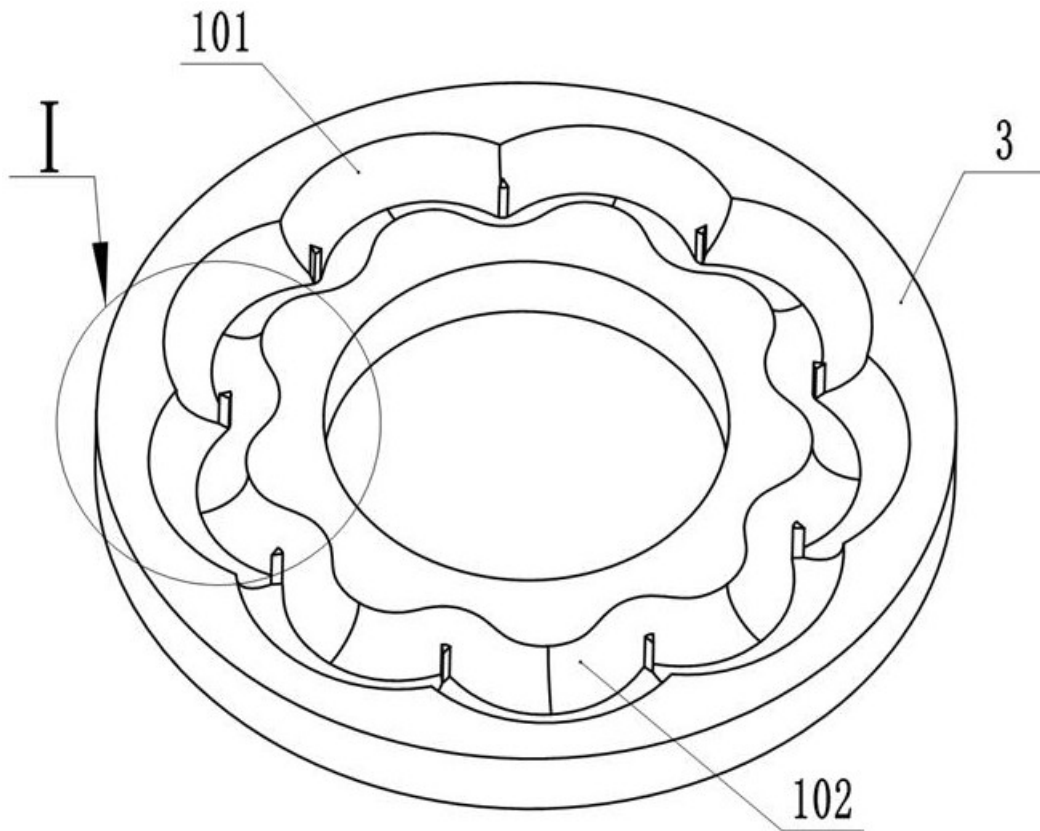


图11

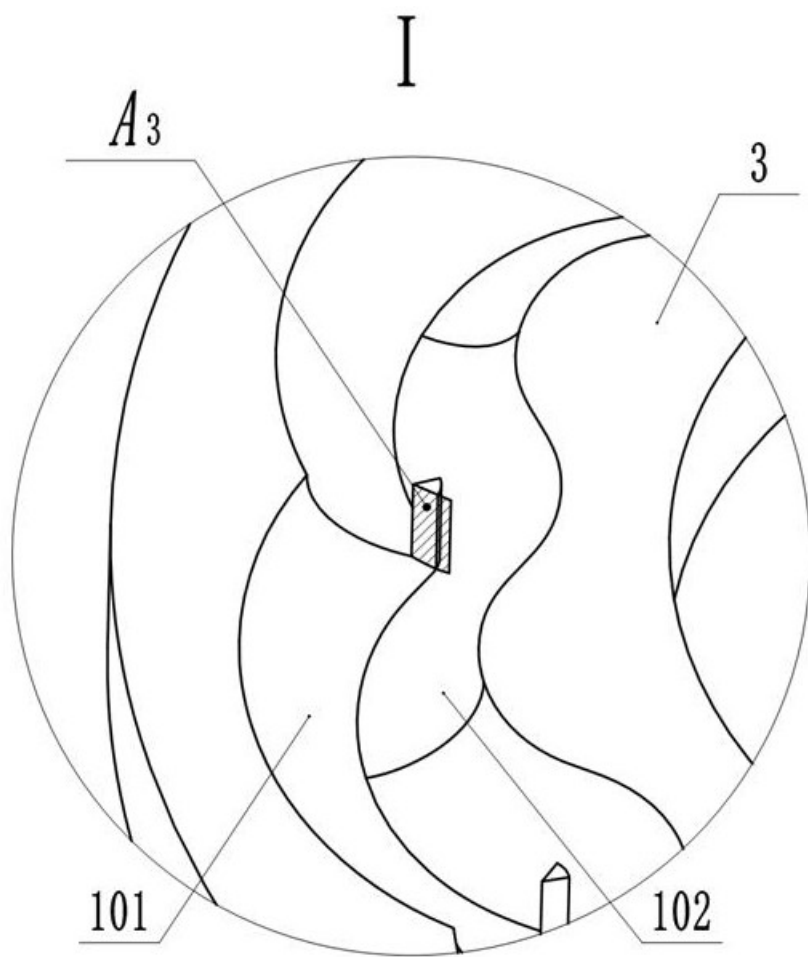


图12

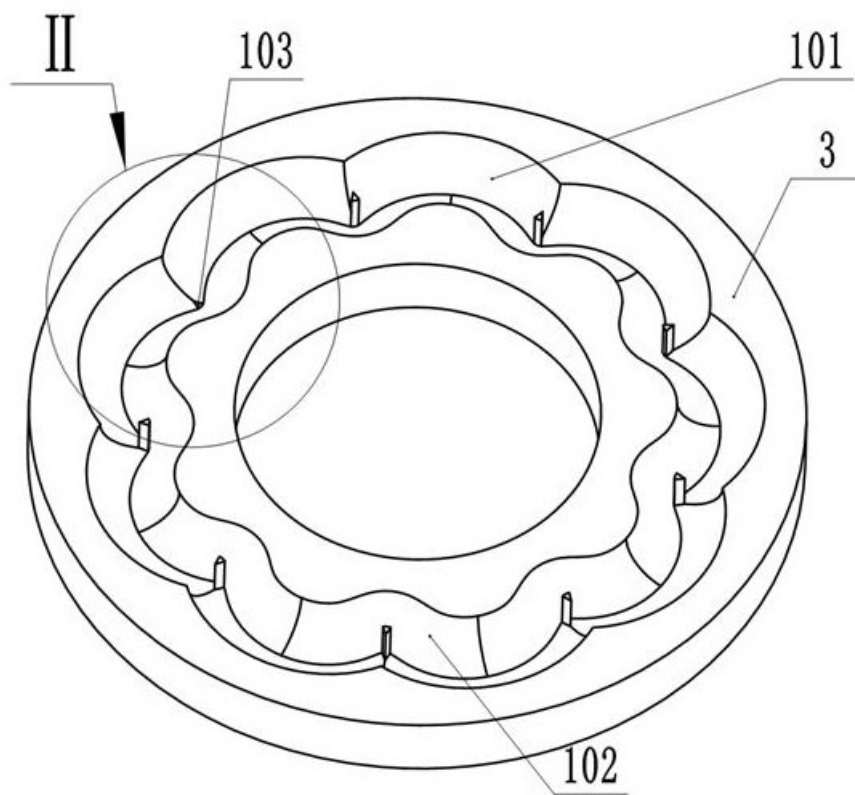


图13

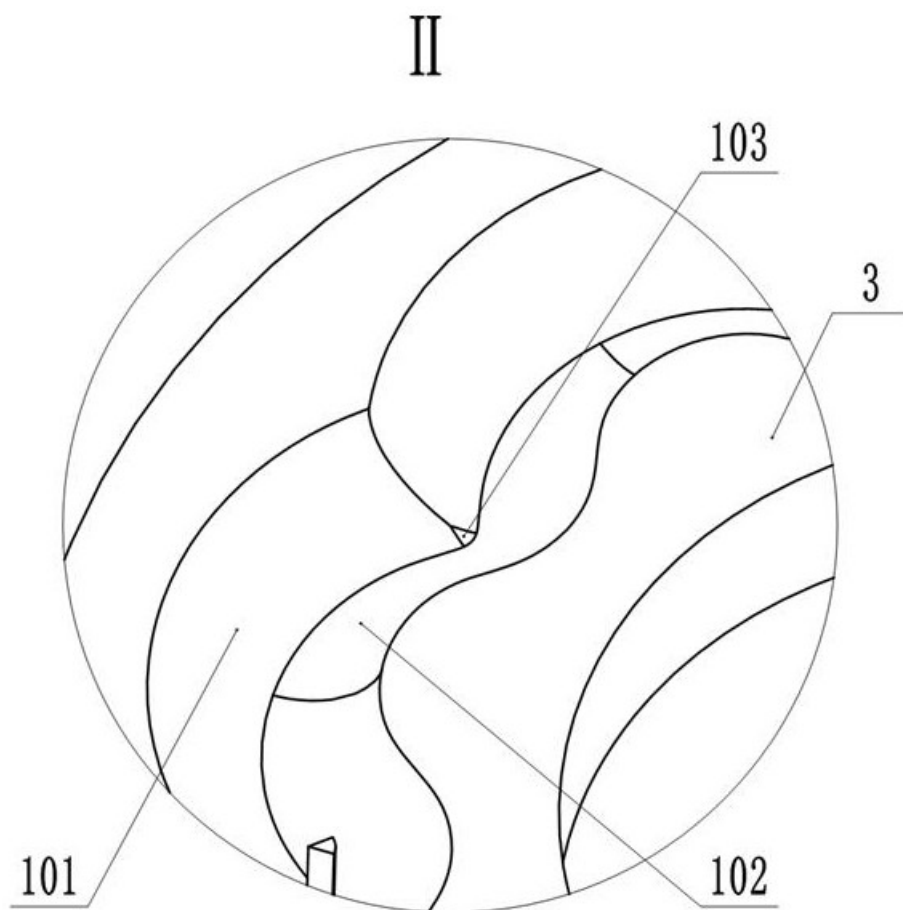


图14

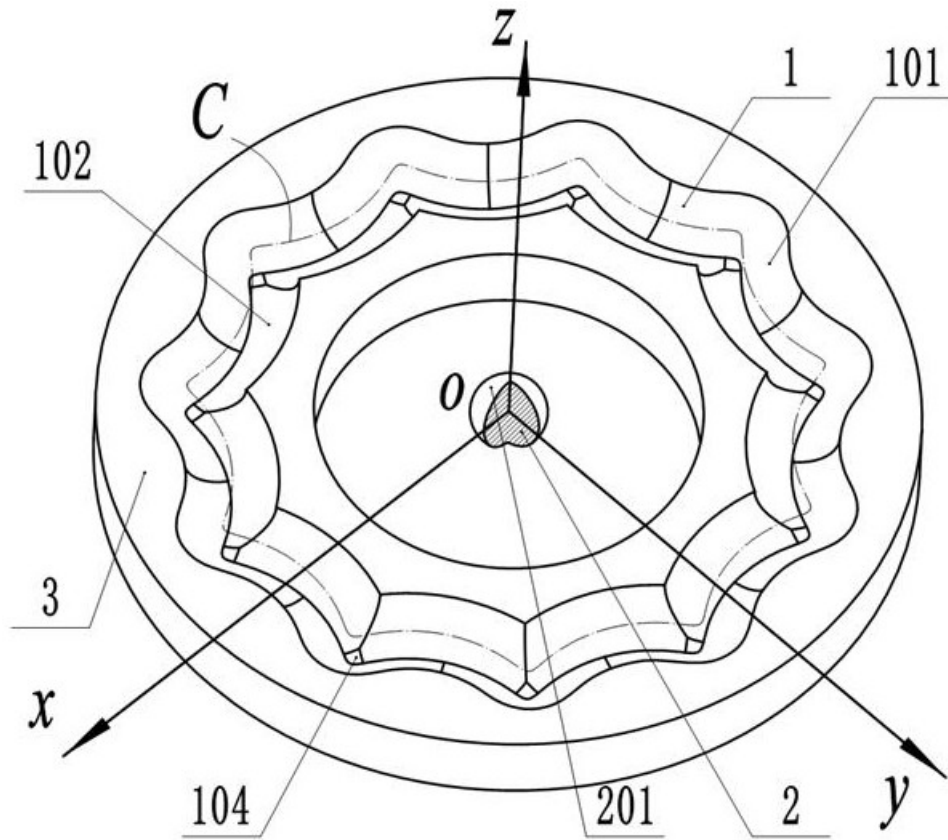


图15

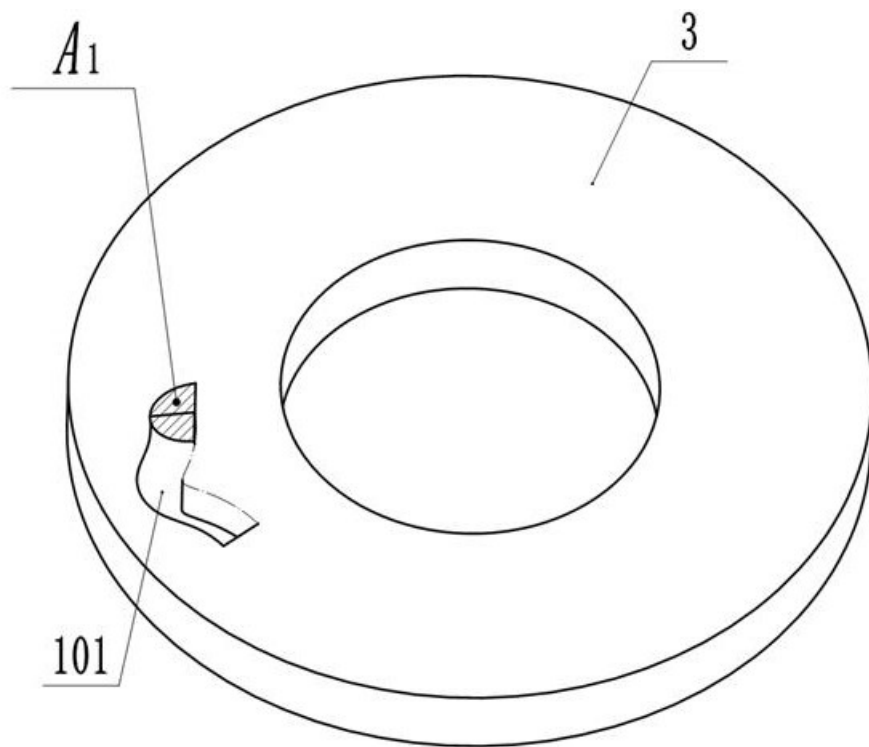


图16

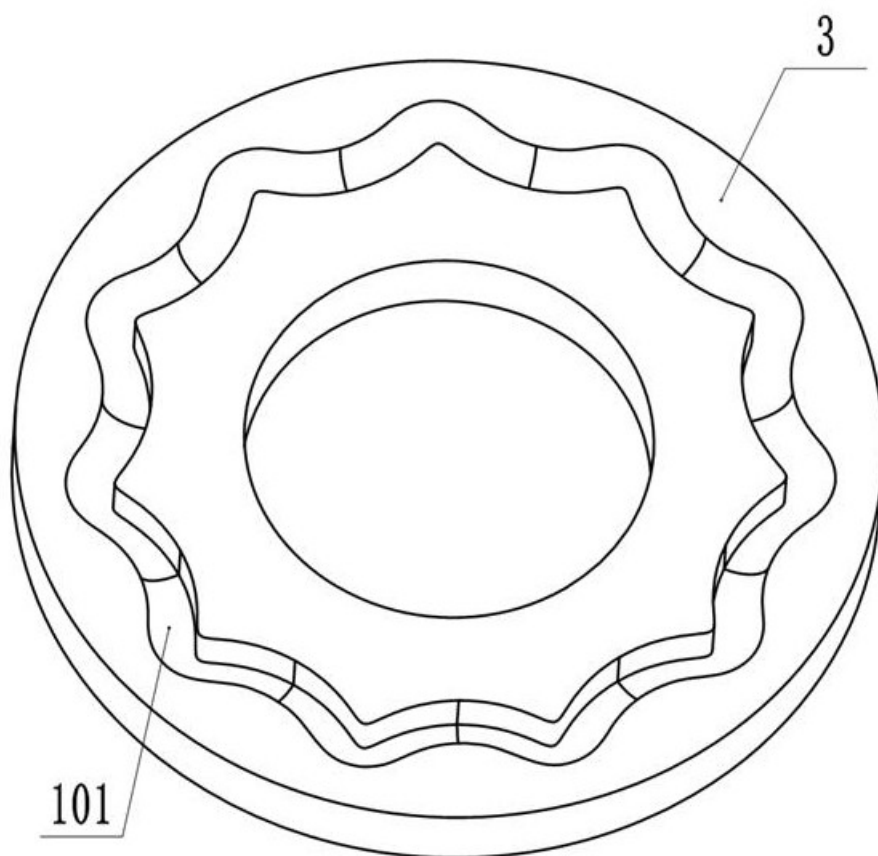


图17

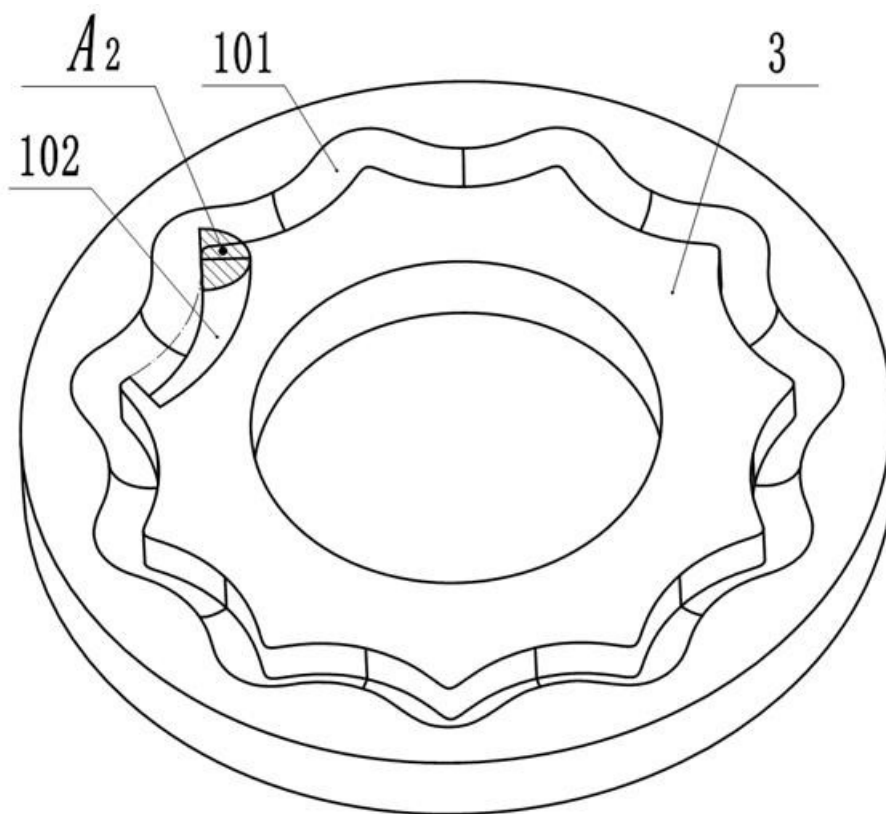


图18

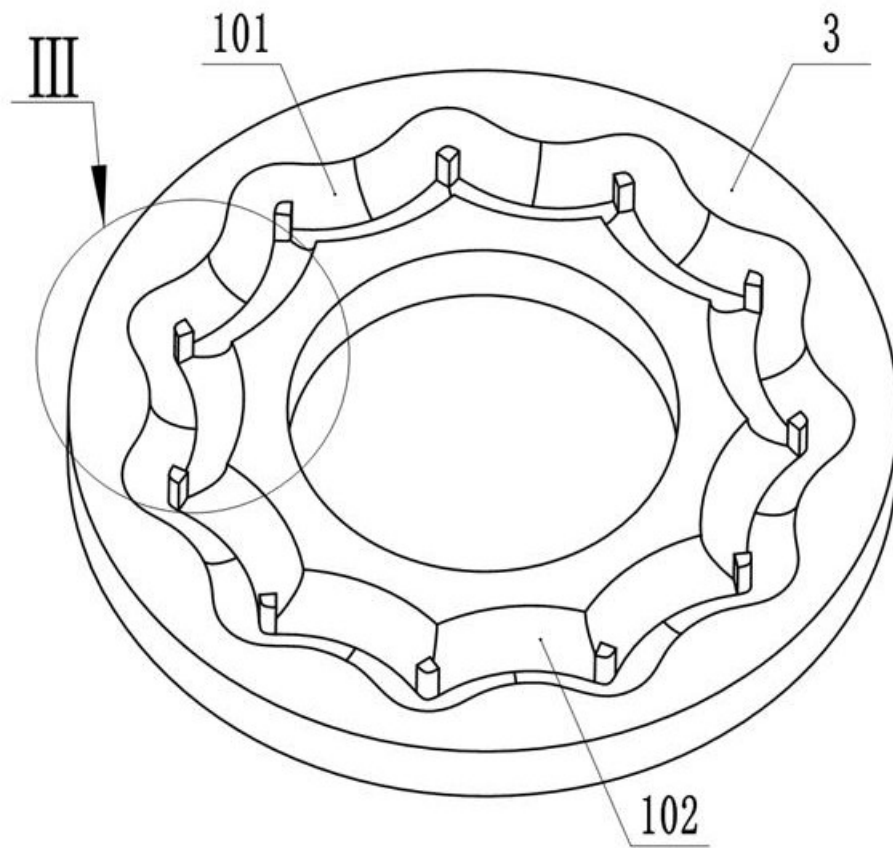


图19

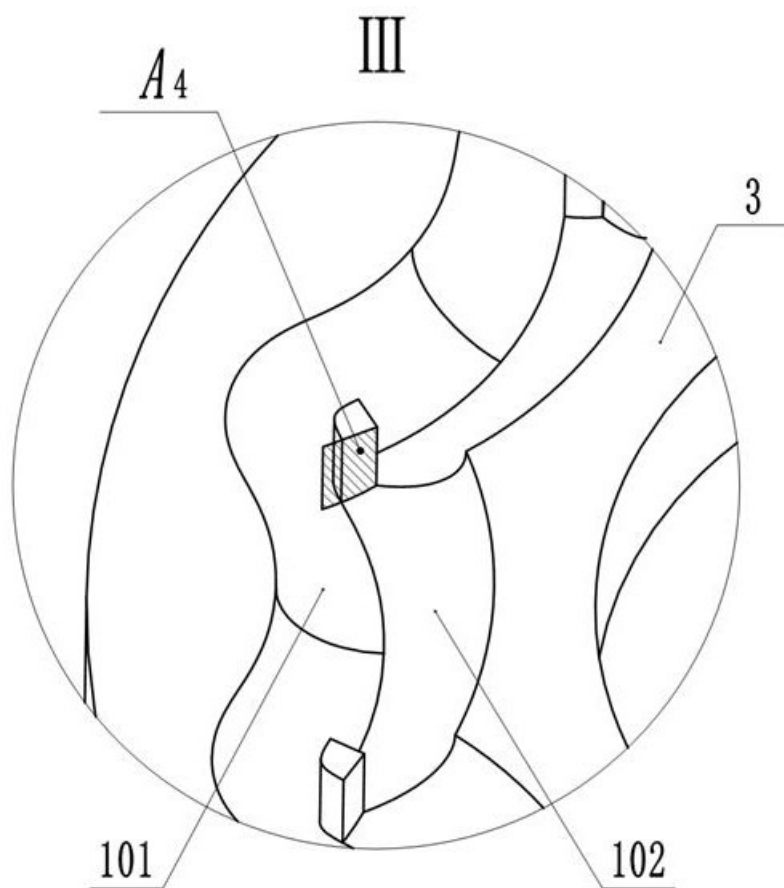


图20

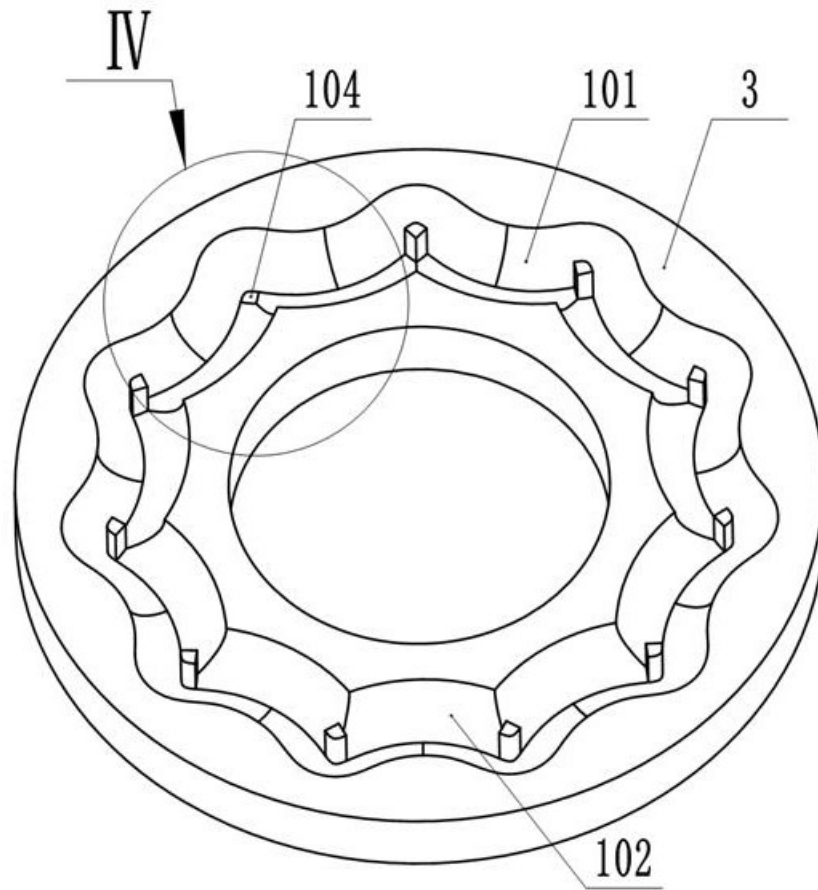


图21

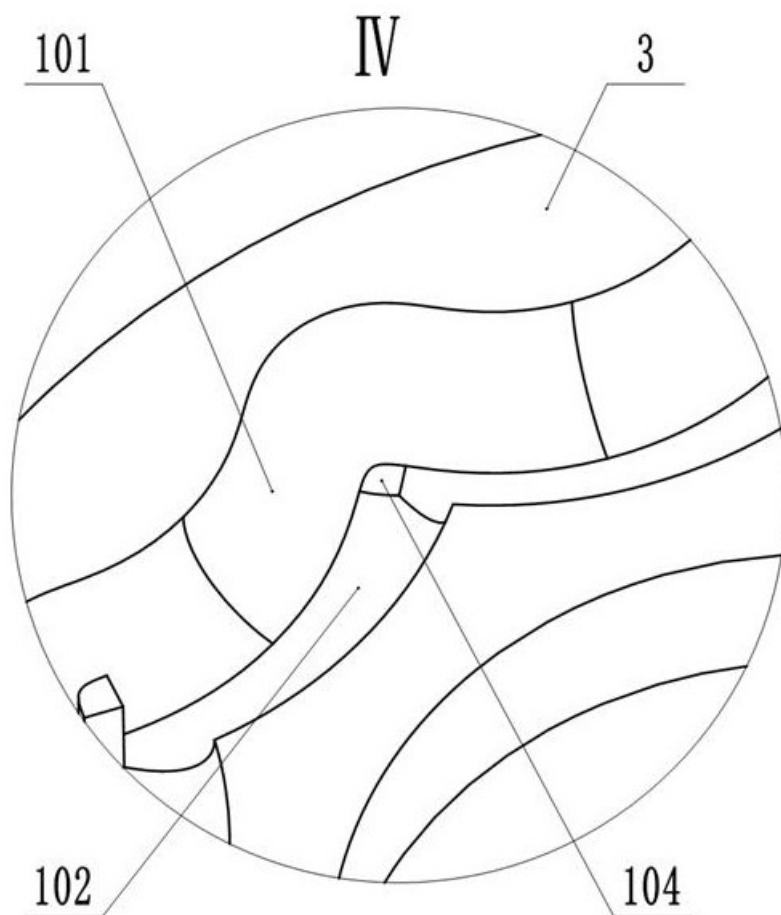


图22

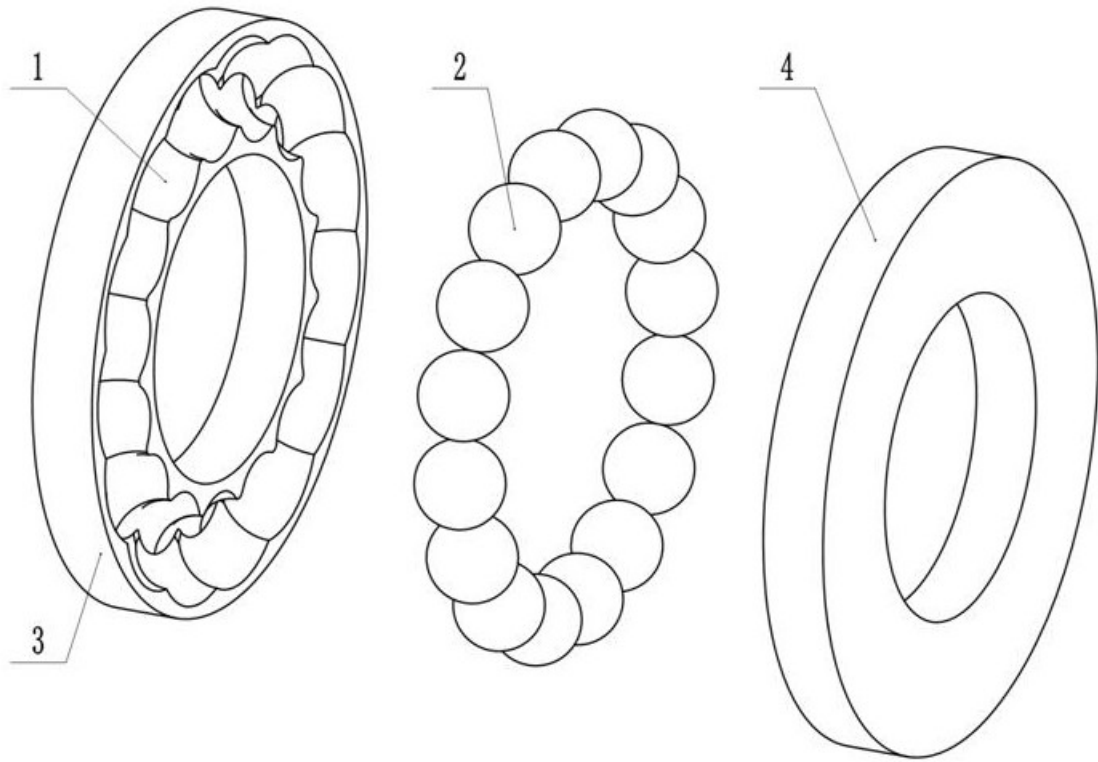


图23

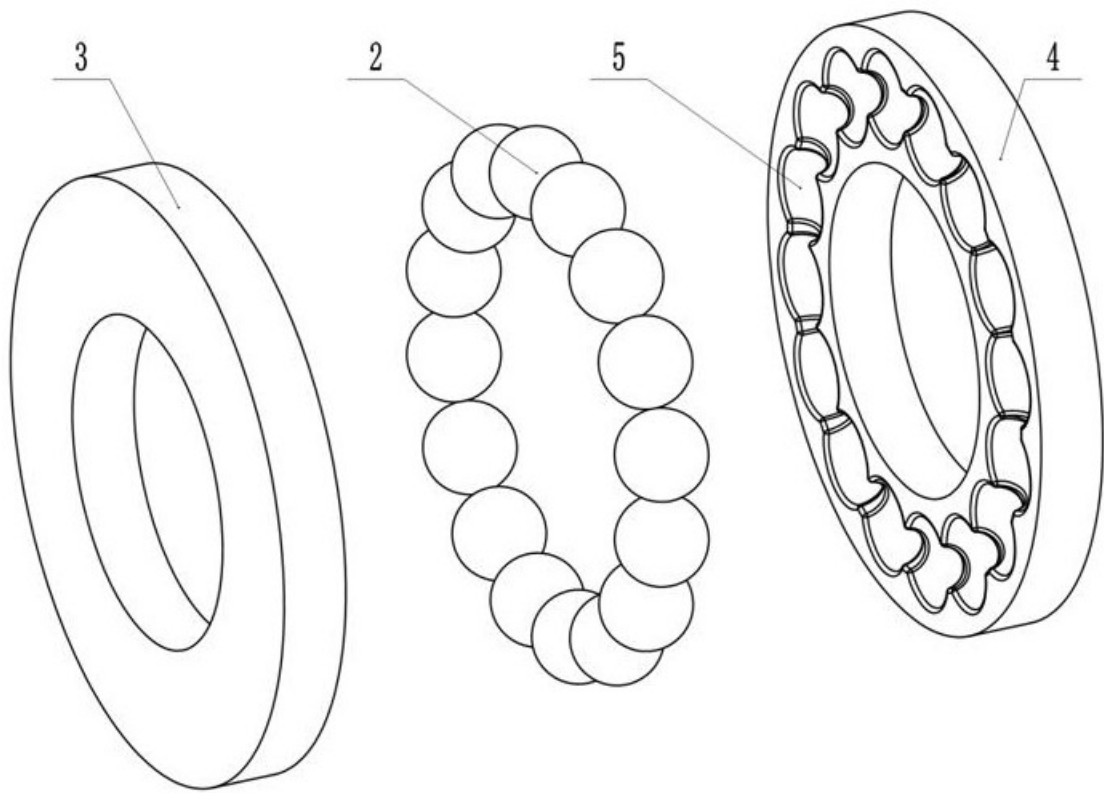


图24

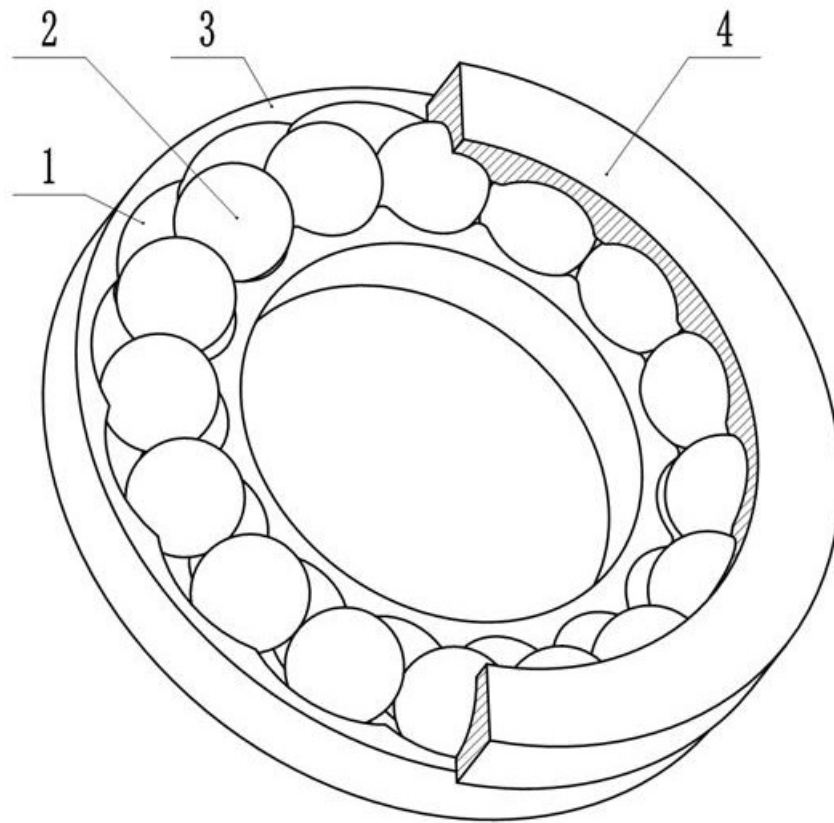


图25

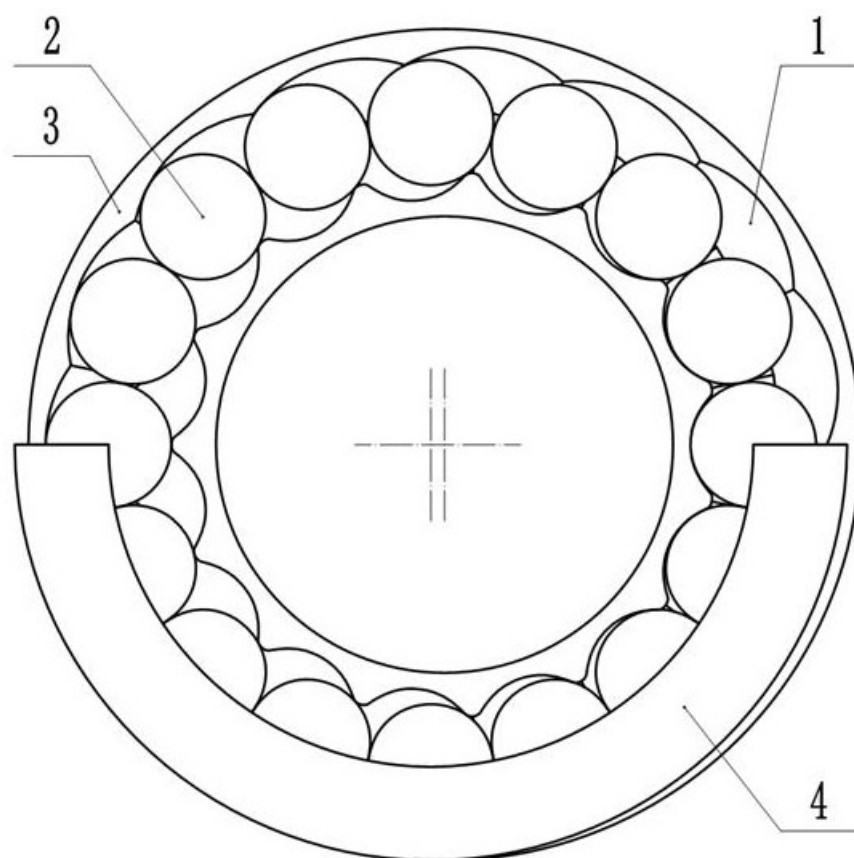


图26

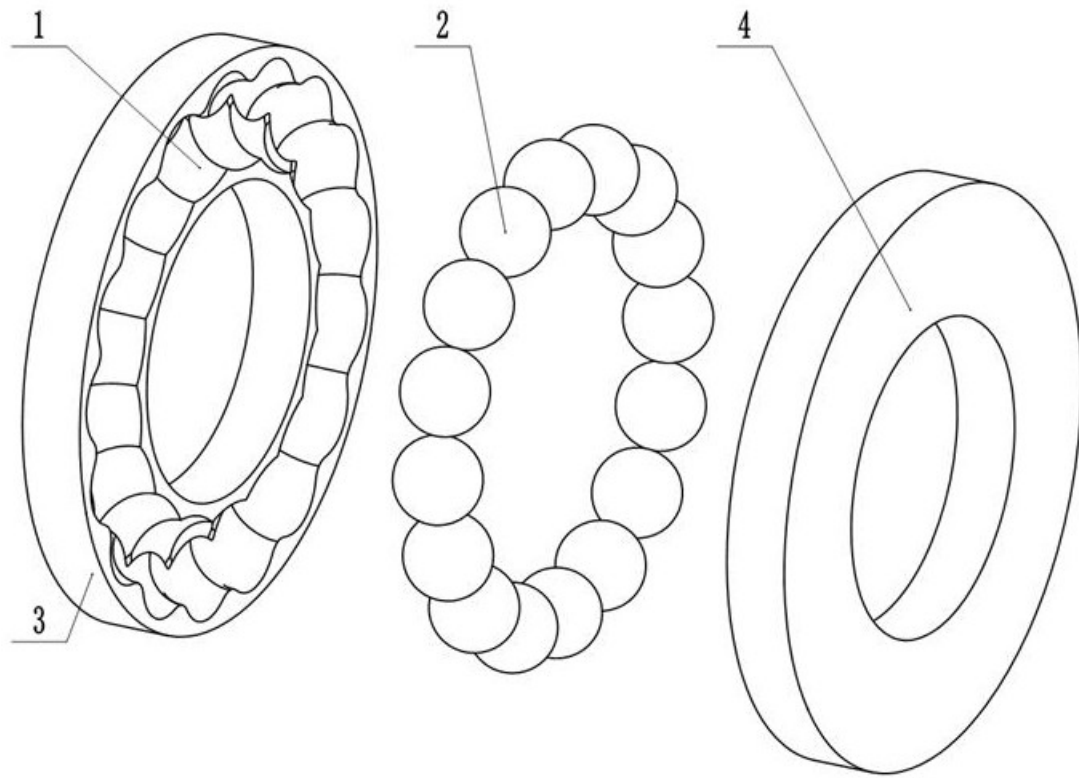


图27

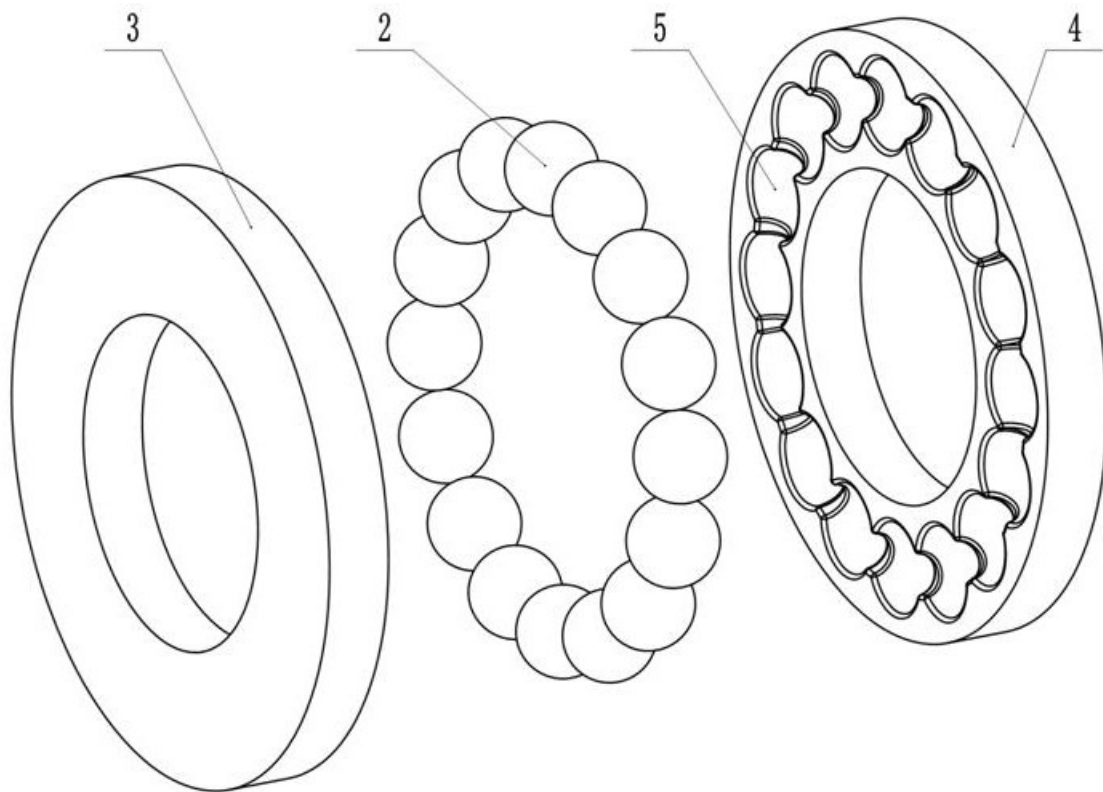


图28

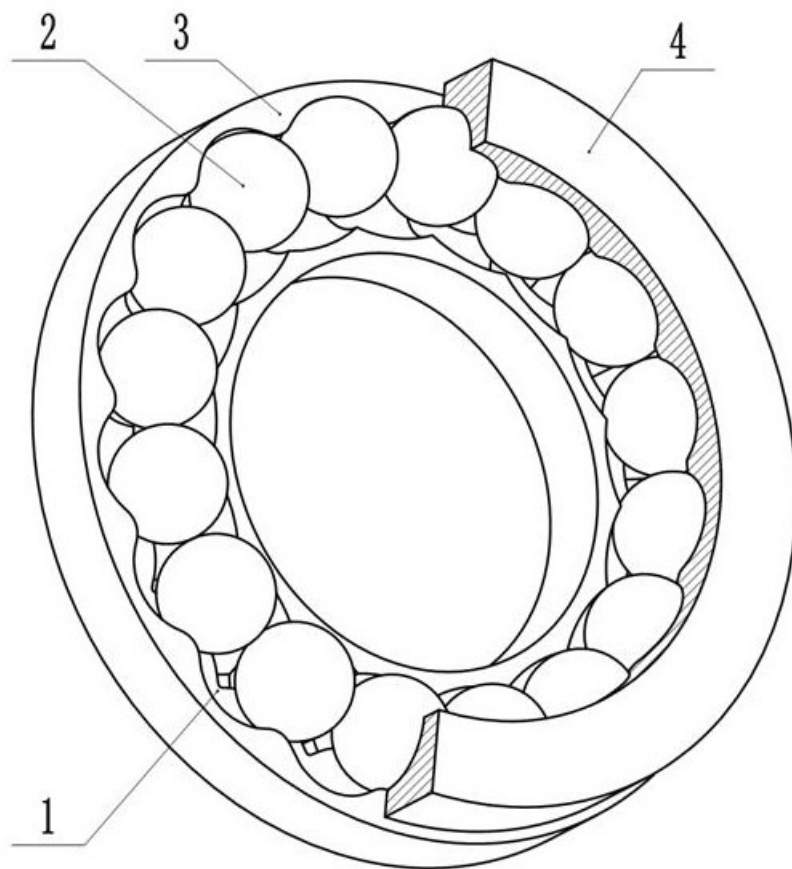


图29

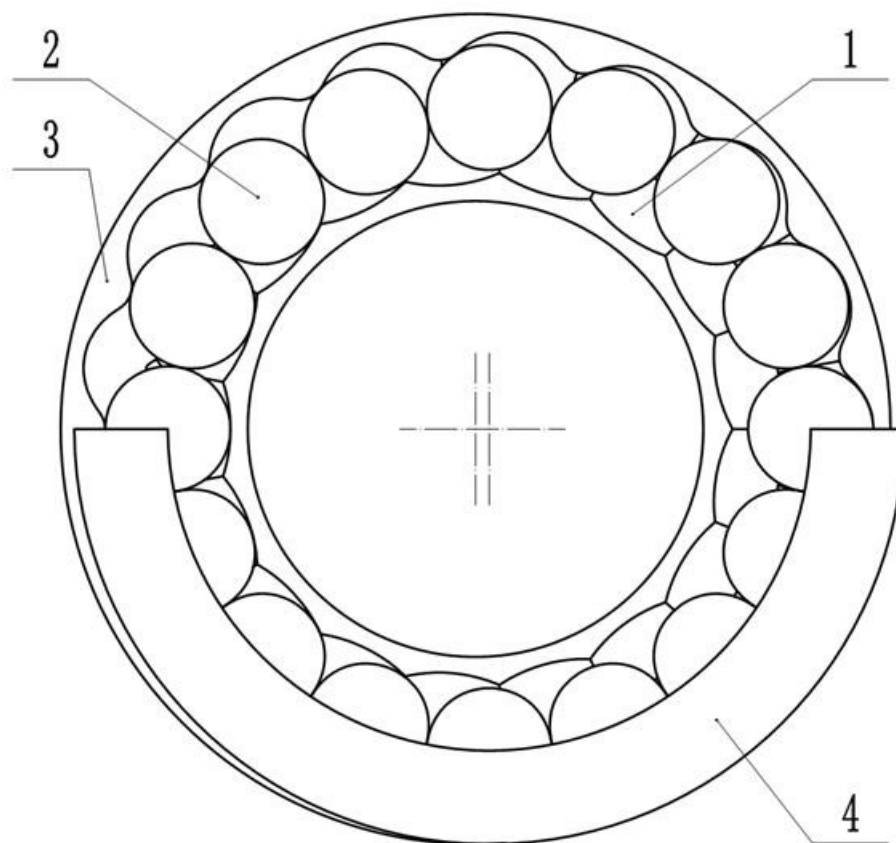


图30