



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113236374 A

(43) 申请公布日 2021.08.10

(21) 申请号 202110622362.4

(22) 申请日 2021.06.04

(71) 申请人 中国航发沈阳发动机研究所

地址 110015 辽宁省沈阳市沈河区万莲路1号

(72) 发明人 谭思博 尤宏德

(74) 专利代理机构 北京航信高科知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11526

代理人 刘传准

(51) Int.Cl.

F01D 9/04 (2006.01)

F01D 17/16 (2006.01)

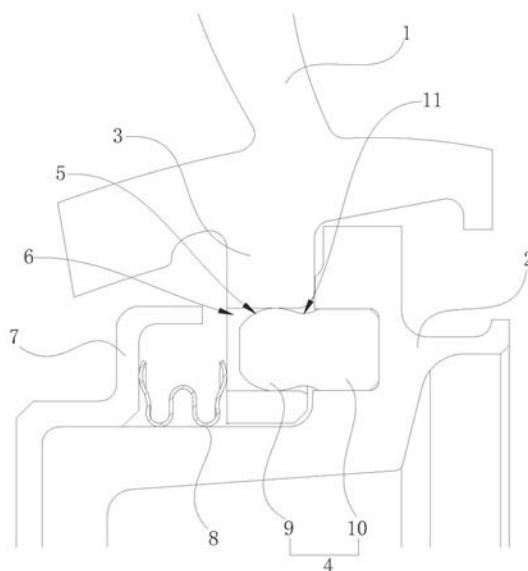
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种高压涡轮导向叶片柔性连接结构

(57) 摘要

本申请设计航空发动机领域，具体涉及一种高压涡轮导向叶片柔性连接结构，包括导向叶片、后封严环，所述导向叶片对应后封严环的位置设置安装边板，所述安装边板上开设有销钉孔，所述后封严环对应销钉孔的位置处开设有安装孔，所述销钉孔与安装孔内设置有球形销，所述球形销对应销钉孔的位置处设有外凸的球形面，所述球形面与销钉孔滚动配合。具有提高叶片摆动时与销钉之间的应力集中、提高系统稳定性的技术效果。



1. 一种高压涡轮导向叶片柔性连接结构,包括导向叶片(1)、后封严环(2),所述导向叶片(1)对应后封严环(2)的位置设置安装边板(3),其特征在于:所述安装边板(3)上开设有销钉孔(6),所述后封严环(2)对应销钉孔(6)的位置处开设有安装孔,所述销钉孔(6)与安装孔内设置有球形销(4),所述球形销(4)对应销钉孔(6)的位置处设有外凸的球形面(5),所述球形面(5)与销钉孔(6)滚动配合。

2. 如权利要求1所述的高压涡轮导向叶片柔性连接结构,其特征在于:所述球形销(4)包括圆柱部(10)和球形部(9),所述圆柱部(10)与安装孔过盈配合,所述球形部(9)与销钉孔(6)间隙配合。

3. 如权利要求2所述的高压涡轮导向叶片柔性连接结构,其特征在于:所述球形面(5)的球面半径能够大于、等于或小于球面最外缘至球形销(4)轴线的最短距离。

4. 如权利要求3所述的高压涡轮导向叶片柔性连接结构,其特征在于:当球形面(5)的球面半径小于或等于球面最外缘至球形销(4)轴线的最短距离,所述球形销(4)的中部开设有与球形面(5)的一端接触的环形内凹槽(11),所述环形内凹槽(11)为弧形面。

5. 如权利要求3所述的高压涡轮导向叶片柔性连接结构,其特征在于:所述球形销(4)的球面半径为R,销钉孔(6)内径为D,球形销(4)最大直径为d,当导向叶片(1)摆动时,球形销(4)球面半径应满足公式

$$\Delta = D - [2(1-\cos\theta) R + d \cos\theta]$$

$$R \leq R_{\max} = \frac{D - d \cos\theta}{2(1-\cos\theta)}$$

其中 $\Delta$ 为安装孔与球形销(4)之间的间隙, $\theta$ 为导向叶片(1)的摆动角度。

6. 如权利要求2所述的高压涡轮导向叶片柔性连接结构,其特征在于:所述销钉孔(6)的内表面为内凹设置的微弧面。

7. 如权利要求1所述的高压涡轮导向叶片柔性连接结构,其特征在于:还包括设于导向叶片(1)远离球形销(4)一侧的封严保持环(7)和W环(8),所述W环(8)设于封严保持环(7)和导向叶片(1)之间,所述W环(8)的一端与导向叶片(1)的侧壁相贴,另一端与封严保持环(7)的侧壁相贴。

8. 如权利要求1所述的高压涡轮导向叶片柔性连接结构,其特征在于:所述销钉孔(6)的两端开设有用于防止磨损的倒角。

9. 一种高压涡轮导向叶片,包括叶片叶身、叶片上缘板、叶片下缘板,其特征在于:所述叶片下缘板上连接有如权利要求1-8任一所述的柔性连接结构。

## 一种高压涡轮导向叶片柔性连接结构

### 技术领域

[0001] 本申请属于航空发动机领域,特别涉及一种高压涡轮导向叶片柔性连接结构。

### 背景技术

[0002] 如图1、2所示,目前,航空发动机和燃气轮机采用刚性连接结构将高压涡轮导向叶片1和内支撑结构连接在一起。通过导向叶片1缘板安装边板3与后封严环2之间的销钉限制叶片的周向移动。通过封严保持环7和W环8限制涡轮叶片在发动机轴向上的运动。销钉通过与导叶销钉孔6的刚性接触限制导向叶片1的摆动。在发动机运行时,作用于叶片上的气动力形成摆动力矩,在销钉的支反力矩作用下实现力的平衡。

[0003] 现有连接结构的销钉孔6为间隙配合,当叶片摆动时,叶片与销钉的接触从面面接触突变为点面接触,造成结构的应力集中,降低了叶片和连接结构的可靠性。航空发动机机动载荷较高,当处于加减速等过渡状态时,导向叶片1的冲击力和冲击力矩通过销钉传至后封严环2,容易对叶片安装边板3、销钉和后封严环2造成冲击和损伤。因此如何减少叶片摆动时与销钉之间的应力集中是一个需要解决的问题。

### 发明内容

[0004] 本申请的目的是提供了一种高压涡轮导向叶片柔性连接结构,以解决现有技术中叶片摆动时与销钉之间容易造成应力集中的问题。

[0005] 本申请的技术方案是:一种高压涡轮导向叶片柔性连接结构,包括导向叶片、后封严环,所述导向叶片对应后封严环的位置设置安装边板,所述安装边板上开设有销钉孔,所述后封严环对应销钉孔的位置处开设有安装孔,所述销钉孔与安装孔内设置有球形销,所述球形销对应销钉孔的位置处设有外凸的球形面,所述球形面与销钉孔滚动配合。

[0006] 优选地,所述球形销包括圆柱部和球形部,所述圆柱部与安装孔过盈配合,所述球形部与销钉孔间隙配合。

[0007] 优选地,所述球形面的球面半径能够大于、等于或小于球面最外缘至球形销轴线的最短距离。

[0008] 优选地,当球形面的球面半径小于或等于球面最外缘至球形销轴线的最短距离,所述球形销的中部开设有与球形面的一端接触的环形内凹槽,所述环形内凹槽为弧形面。

[0009] 优选地,所述球形销的球面半径为R,销钉孔内径为D,球形销最大直径为d,当导向叶片摆动时,球形销球面半径应满足公式

$$[0010] \Delta = D - [2(1-\cos\theta)R + d\cos\theta]$$

$$[0011] R \leq R_{\max} = \frac{D - d\cos\theta}{2(1-\cos\theta)}$$

[0012] 其中 $\Delta$ 为安装孔与球形销之间的间隙, $\theta$ 为导向叶片的摆动角度。

[0013] 优选地,所述销钉孔的内表面为内凹设置的微弧面。

[0014] 优选地,还包括设于导向叶片远离球形销一侧的封严保持环和W环,所述W环设于

封严保持环和导向叶片之间,所述W环的一端与导向叶片的侧壁相贴,另一端与封严保持环的侧壁相贴。

[0015] 优选地,所述销钉孔的两端开设有用于防止磨损的倒角。

[0016] 一种高压涡轮导向叶片,包括叶片叶身、叶片上缘板、叶片下缘板,所述叶片下缘板上连接有如权利要求1-8任一所述的柔性连接结构。

[0017] 本申请的种高压涡轮导向叶片柔性连接结构,通过将销钉一端设置为圆柱部,另一端设置为与销钉孔配合的球形部,在导向叶片摆动过程中,导向叶片的销钉孔与球形面相切配合,并且球形面的受力方向始终朝向圆心位置,减少了应力集中,提高了系统的稳定性。

[0018] 优选地,销钉孔的内表面可为内凹设置的微弧面,以提高与球形面的接触面积,提高稳定性。

## 附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本申请提供的技术方案,下面将对附图作简单地介绍。显而易见地,下面描述的附图仅仅是本申请的一些实施例。

[0020] 图1为背景技术中导叶主视结构示意图;

[0021] 图2为背景技术中导叶局部剖视结构示意图;

[0022] 图3为本申请整体结构示意图;

[0023] 图4为本申请球形销初始结构示意图;

[0024] 图5为本申请导叶偏转状态示意图;

[0025] 图6为本申请导叶偏转状态与后封严环的配合结构示意图。

[0026] 1-导向叶片;2-后封严环;3-安装边板;4-球形销;5-球形面;6-销钉孔;7-封严保持环;8-W环;9-球形部;10-圆柱部;11-环形内凹槽。

## 具体实施方式

[0027] 为使本申请实施的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行更加详细的描述。

[0028] 一种高压涡轮导向叶片柔性连接结构,如图3所示,包括导向叶片1、后封严环2,所述导向叶片1对应后封严环2的位置设置安装边板3,所述安装边板3上开设有销钉孔6,所述后封严环2对应销钉孔6的位置处开设有安装孔,所述销钉孔6与安装孔内设置有球形销4,所述球形销4对应销钉孔6的位置处设有外凸的球形面5,所述球形面5与销钉孔6滚动配合。

[0029] 发动机不工作时,销钉孔6的中部与球形面5的最大直径处对应设置,导向叶片1的侧壁与后封严环2紧密贴合;发动机工作时,导向叶片1在燃气作用下摆动,安装边板3的销钉孔6开始沿球形销4的球面摆动,两者之间做滚动运动,销钉孔6内表面与球形销4的球面相切,在摆动过程中,切点在球面上做平滑运动,因此导向叶片1能够实现平滑摆动,避免了刚性连接结构带来的冲击和突变,缓解了应力集中,提高了系统的可靠性。

[0030] 实施例一,作为一种具体实施方式,一种高压涡轮导向叶片柔性连接结构,包括封严保持环7、W环8、导向叶片1、后封严环2。导向叶片1的安装位置设置安装边板3,后封严环2环绕安装边板3的端部和一侧设置,安装边板3与后封严环的侧壁紧贴设置,以保证密封性

能。

[0031] 导向叶片1用来提高涡轮进口温度,其本身必须采用耐热性能的材料,并且内部设置冷却通道对导向叶片1进行冷却,或者在叶片上开设气膜孔,在叶片表面形成冷气薄膜,以保护叶片。

[0032] 封严保持环7和W环8设于导向叶片1远离插销的一侧,W环8设于封严保持环7和导向叶片1之间,W环8的一端与导向叶片1的侧壁相贴,另一端与封严保持环7的侧壁相贴。安装边板3与后封严环2之间的销钉限制导向叶片1的周向移动,封严保持环7与W环8限制导向叶片1在发动机轴向上的运动。

[0033] 安装边板3上开设有圆柱形的销钉孔6,后封严环2的对应位置开设有同轴设置的安装孔,销钉孔6与安装孔内同轴插设有球形销4。球形销4的一端为呈圆柱形的圆柱部10并同轴插入至安装孔内、另一端为外表面的球形面5的球形部9,球形部9同轴插入至销钉孔6内,实现柔性连接。圆柱部10与安装孔过盈配合,以保证两者之间连接的稳定,球形部9与销钉孔6间隙配合,保证安装边板3上的销钉孔6能够在球形部9上滚动。

[0034] 球形面5为外凸结构,初始状态下,安装边板3与球形部9之间存在微小间隙,微小间隙的大小为 $\Delta = D - d$ 。其中D为安装边板3上销钉孔6的直径,d为球形部9径向方向上的最大直径。

[0035] 球形部9上球形面5的半径能够大于、等于或小于球面最外缘至球形销4轴线的最短距离,对于不同型号的发动机,所采用的球形面5的半径不同。如图4所示,当球形面5的半径较大时,即球形部9上球形面5的半径能够大于球面最外缘至球形销4轴线的最短距离,此时球形面5沿轴线方向上的路径较长,销钉孔6的端部难以与圆柱部10接触;如图3所示,当球形面5的球面半径小于或等于球面最外缘至球形销4轴线的最短距离时,此时球形面5沿轴向方向上的路径较短,销钉孔6的端部容易与圆柱部10接触,对于此种情况,在球形销4的中部开设有环形内凹槽11,环形内凹槽11内部为弧形面,环形内凹槽11的两端分别与球形面5的圆柱部10相接,这样安装边板3上的销钉孔6与球形面5滚动配合时,销钉孔6的端部能够伸入至环形内凹槽11内以增大安装边板3的移动路径,增加安装边缘与销钉孔6的接触面积。

[0036] 如图3、图5、6所示,当发动机工作时,导向叶片1在燃气作用下,导向叶片1摆动,其摆动角为 $\theta$  ( $\theta_{max} \leq 1.5^\circ$ ),安装边板3的销钉孔6开始沿着球形销4的球面滚动,其dm为球形销4在销钉孔6轴线方向上的投影宽度,此时,导向叶片1安装板上销钉孔6与球形销4之间的间隙为 $\Delta = D - dm$ 。

[0037] dm与 $\theta$ 之间的几何关系见公式(1),其中,球形销4球面半径R应满足公式(2)。

$$\Delta = D - [2(1 - \cos\theta)R + d \cos\theta] \quad (1)$$

$$[0039] R \leq R_{max} = \frac{D - d \cos\theta}{2(1 - \cos\theta)} \quad (2)$$

[0040] 由公式(1)可知,R在某个定值的情况下,安装边板3与销钉孔6之间与球形销4之间的间隙 $\Delta$ 随摆动角 $\theta$ 的增大而不断减少,导向叶片1销钉孔6的内表面与球形销4的球面相切,在摆动过程中,切点在球面上平滑移动,为点面接触,并且安装边缘对球形部9施加的方向始终朝向球形销4的圆心位置,球形销4承力的稳定性较高。

[0041] 当摆动角度 $\theta$ 继续增大时,安装边板3与球形销4的环形内凹面或圆柱部10的外表

面逐渐接触，后封严环2前端面与安装边板3贴合，进一步限制叶片的摆动。

[0042] 由于本实施例能够实现导向叶片1在气动力作用下的平滑摆动，减少了应力集中，避免了刚性连接结构带来的冲击和突变，提高了系统的可靠性。

[0043] 优选地，当采用圆柱形的销钉放入至销钉孔6内，在导向叶片1摆动时，销钉孔6容易与销钉的端部或者销钉孔6的端部容易与销钉的侧壁进行点面接触，容易造成销钉或者销钉孔6端部的磨损，因此需要在销钉孔6的两端开设倒角以减少磨损。

[0044] 而采用外凸的球形面5与销钉孔6配合滚动，销钉孔6的两端与球形销4难以接触，球形销4的端部与销钉孔6的两端也难以接触，从而减少了磨损，但是仍然能够在销钉孔6的两端开设倒角以进一步减少磨损，并且使得销钉孔6端部与环形内凹槽11的接触面积增大。

[0045] 实施例二，作为另一种具体实施方式，一种高压涡轮导向叶片柔性连接结构，其结构与实施例一基本相同，其不同之处在于，为了增大球形面5与销钉孔6的接触面积，销钉孔6的内表面为向内微小凹陷的微弧面，微弧面的半径远大于球形面5的半径，弧度过大时会增大安装的难度，而在该状态下能保证正常的安装。在销钉孔6与球形面5的初始状态与滚动配合状态下，均能够提高两者之间的接触面积，以提高系统的可靠性。

[0046] 实施例三，作为一种具体实施方式，还包括一种高压涡轮导向叶片1，包括叶片叶身、叶片上缘板和叶片下缘板，叶片上缘板设于叶片叶身的径向上方，叶片下缘板设于叶片叶身的径向下方，所述叶片下缘板上设有实施例一或实施例二中的柔性连接结构。

[0047] 以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到的变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

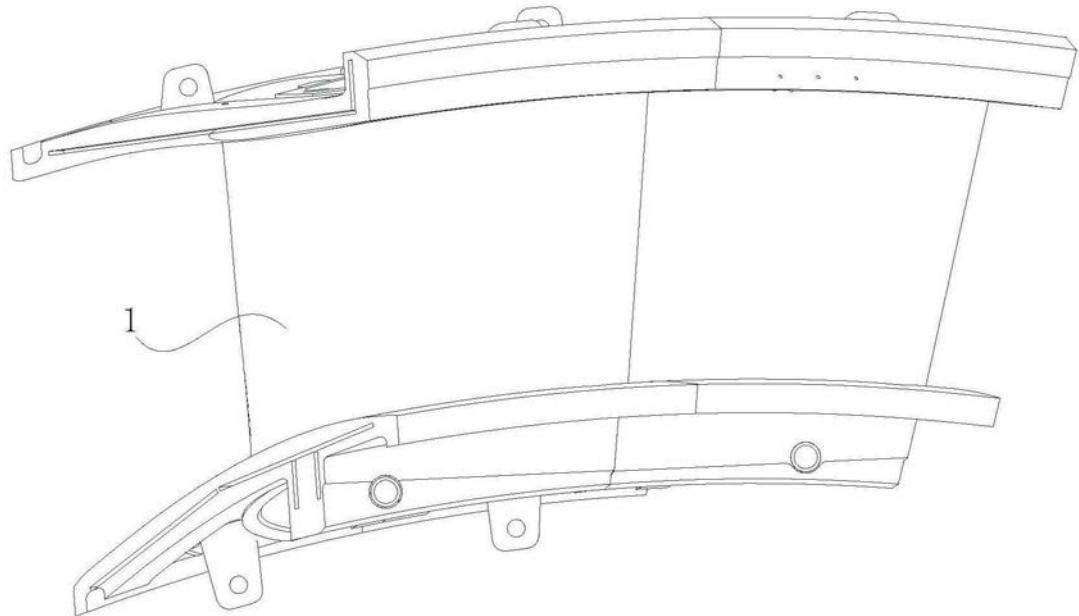


图1

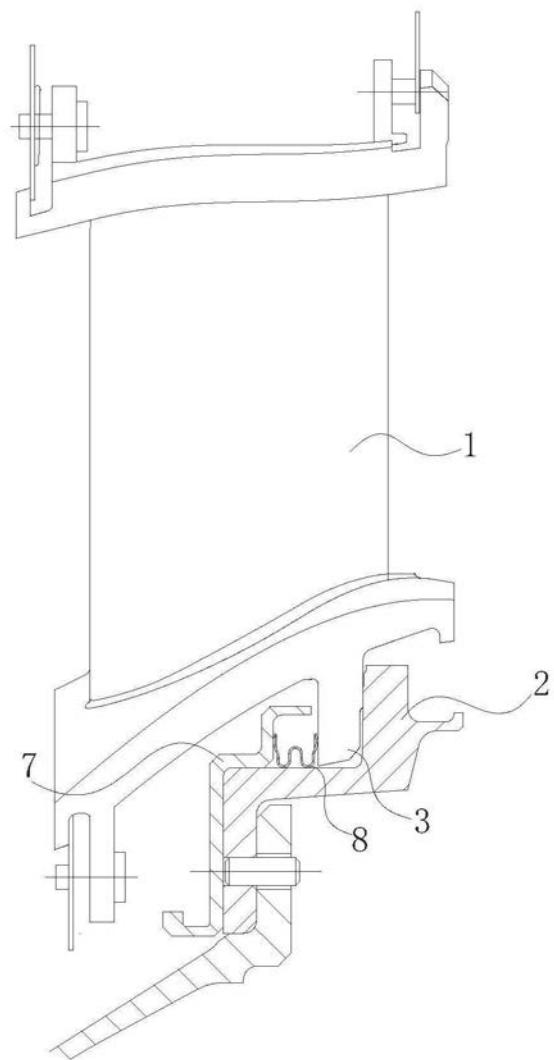


图2

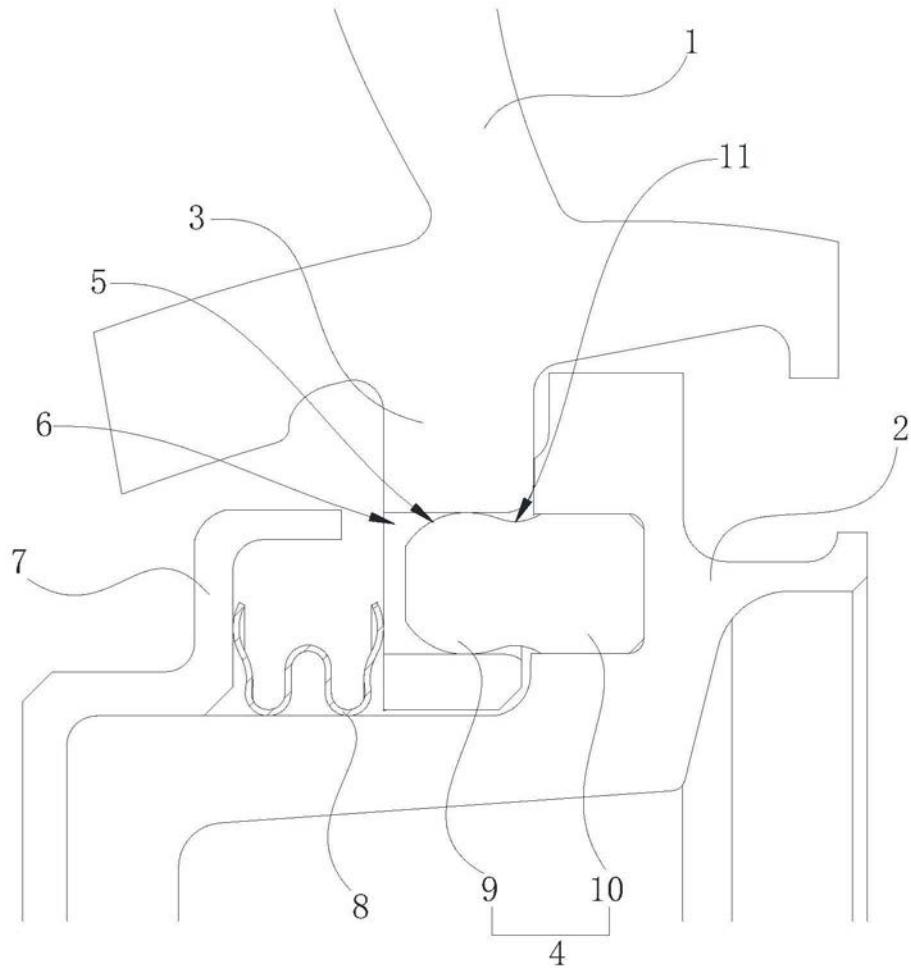


图3

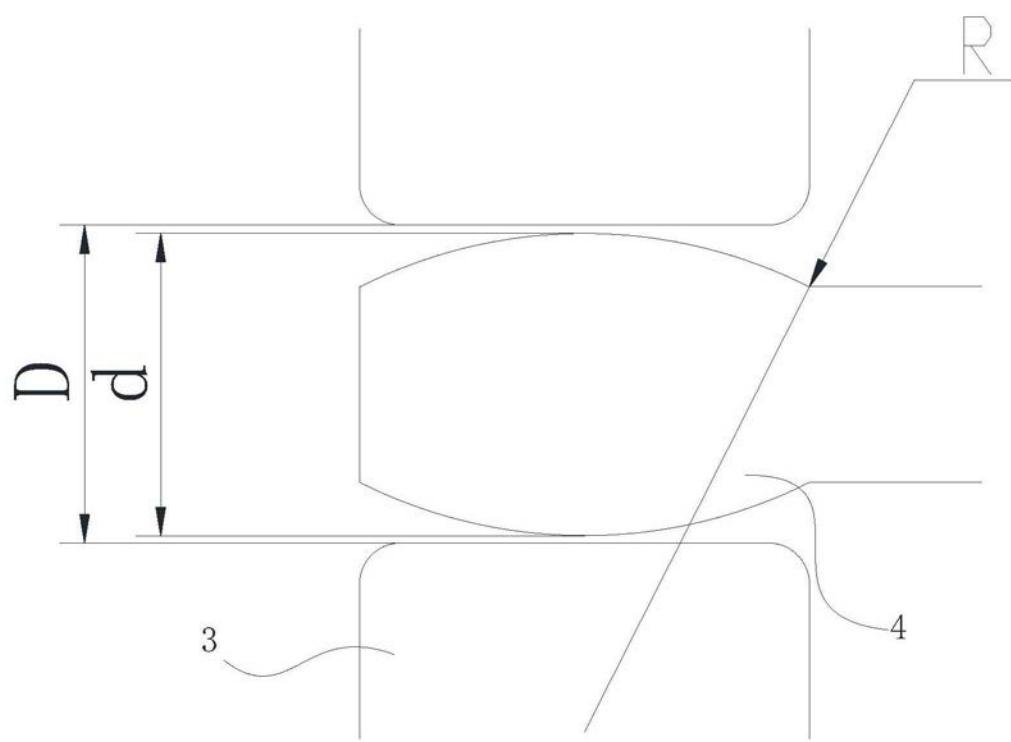


图4

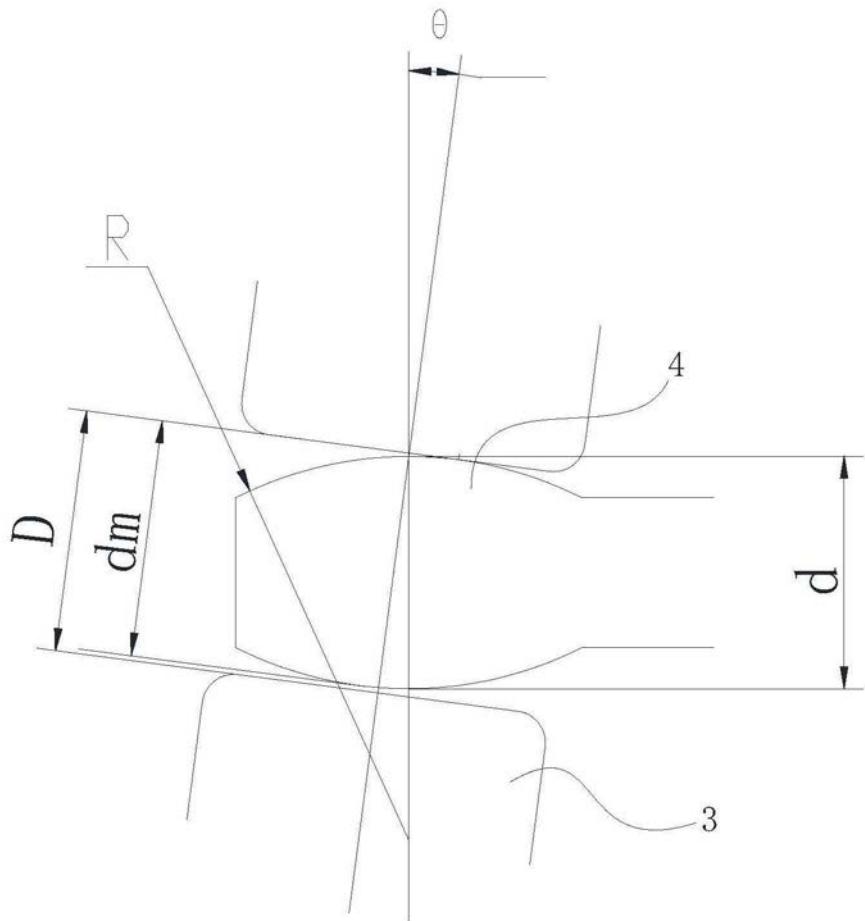


图5

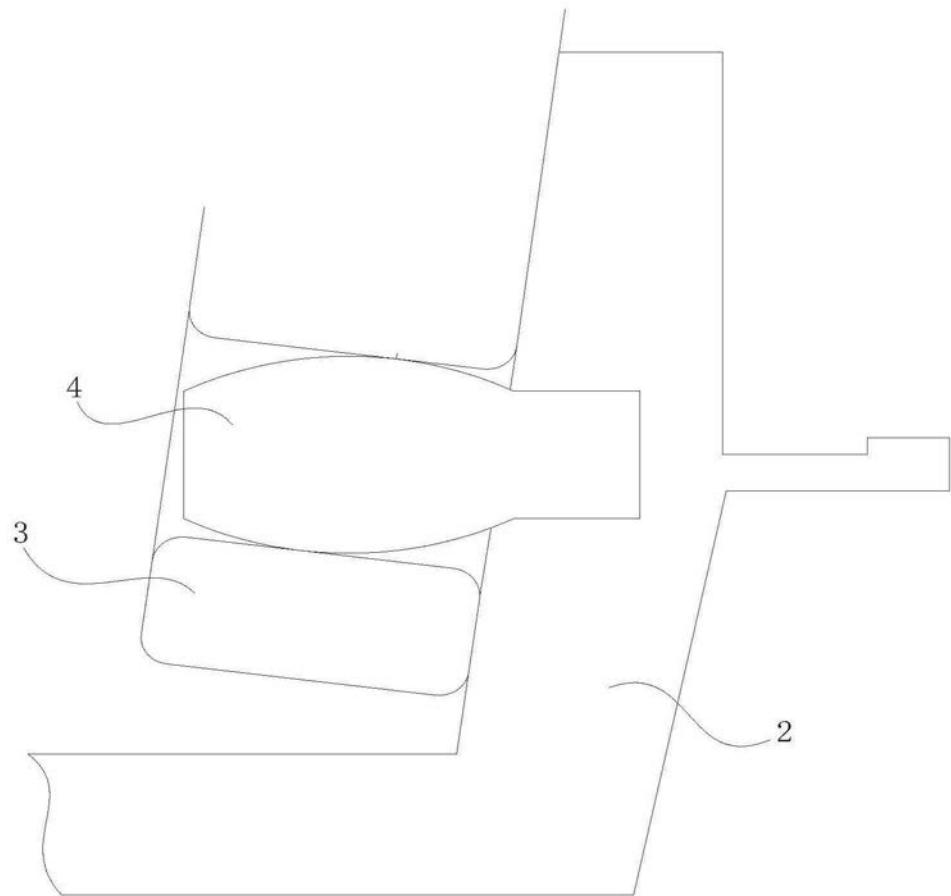


图6