



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111306188 B

(45) 授权公告日 2021.12.17

(21) 申请号 202010261068.0

F16C 33/40 (2006.01)

(22) 申请日 2020.04.03

F16C 37/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111306188 A

(56) 对比文件

CN 107269697 A, 2017.10.20

CN 108223574 A, 2018.06.29

CN 104454976 A, 2015.03.25

EP 1988376 A3, 2010.12.15

CN 204628280 U, 2015.09.09

CN 104245382 A, 2014.12.24

WO 2004099747 A1, 2004.11.18

CN 110454500 A, 2019.11.15

CN 108612752 A, 2018.10.02

CN 107035769 A, 2017.08.11

(43) 申请公布日 2020.06.19

(73) 专利权人 大连交通大学

地址 116028 辽宁省大连市沙河口区黄河路794号

(72) 发明人 杨亮 丁海斌 汤武初 张恩赫

(74) 专利代理机构 北京化育知识产权代理有限公司 11833

代理人 秦丽

审查员 陈姣

(51) Int. Cl.

F16C 19/18 (2006.01)

F16C 32/04 (2006.01)

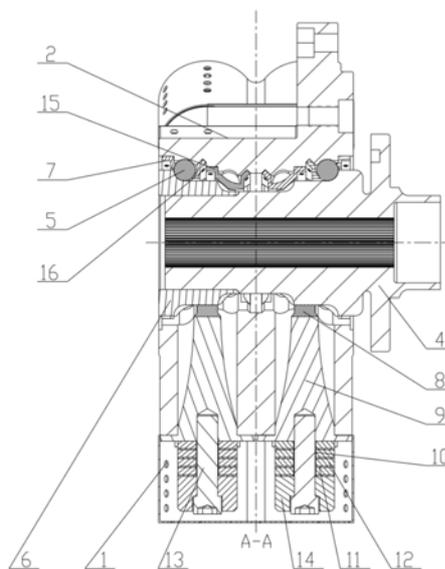
权利要求书2页 说明书5页 附图15页

(54) 发明名称

一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承

(57) 摘要

本发明公开了一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,包括压电换能器、轴承箱和保持架组件;所述的压电换能器安装在轴承箱的3个小箱体上;所述的保持架组件安装在轴承箱的圆形通孔内;所述的压电换能器包括辐射头、变幅杆、绝缘套筒、后盖板和预应力螺栓;所述的轴承箱包括一个六边形箱体和三个小箱体;所述的保持架组件包括两组大型保持架、两组小型保持架和滚珠。本发明能够利用超声振动的减摩特性减小轴间摩擦,降低运行过程中产生的摩擦热,其极限转速、精度和使用寿命等方面均优于目前电动汽车所使用的双列角接触球轴承。本发明利用保持架限制滚珠的相对运动,滚珠只能在大型保持架和环形滚道之间或小型保持架和环形滚道之间实现自转。



1. 一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,其特征在于:包括压电换能器(3)、轴承箱(2)和保持架组件;所述的压电换能器(3)有6个,每两个一组、分3组沿周向安装在轴承箱(2)的3个小箱体上;所述的保持架组件安装在轴承箱(2)的圆形通孔内;

所述的压电换能器(3)包括辐射头(8)、变幅杆(9)、绝缘套筒(10)、后盖板(14)和预应力螺栓(13);

所述的辐射头(8)的外端面为圆形平面、内端面为内凹圆弧面;辐射头(8)的外端与变幅杆(9)连接;变幅杆(9)的外端带有法兰盘;所述的预应力螺栓(13)从外往内依次穿过后盖板(14)和绝缘套筒(10)后与变幅杆(9)连接;所述的法兰盘上均布四个轴向通孔;陶瓷电极组件嵌套在绝缘套筒(10)上;所述的陶瓷电极组件由四个电极片(11)和四个压电陶瓷片(12)间隔串联组成;所述的压电陶瓷片(12)为圆环体;

所述的轴承箱(2)包括一个六边形箱体和三个小箱体,所述的六边形箱体包括周边的六个平面和前后两个端面,三个小箱体分别固定在六边形箱体周边相间隔的三个平面上;所述的六边形箱体上设置扇形连接臂,所述的扇形连接臂一端固定在六边形箱体上、另一端与电动汽车双叉臂悬挂系统的制动装置连接;

所述的六边形箱体上从前端面中心处到后端面中心处贯穿一圆形通孔,所述的圆形通孔用于轮毂轴承内法兰(4)和轮毂轴承内圈(6)穿过;在圆形通孔内沿轴向设置4条环形滚道,所述的4条环形滚道包括两条外侧环形滚道和两条内侧环形滚道,两条外侧环形滚道的轴向位置关于六边形箱体前后中心面对称,两条内侧环形滚道轴向位置关于六边形箱体前后中心面对称;两条外侧环形滚道的环形直径相等,两条内侧环形滚道的环形直径相等且小于外侧环形滚道的环形直径;

每个小箱体上沿轴向设置两个圆孔,所述的圆孔用于安装压电换能器(3);所述的压电换能器(3)的辐射头(8)的内端面与轮毂轴承内法兰(4)和轮毂轴承内圈(6)配合;所述的压电换能器(3)通过法兰和螺栓固定在小箱体上;

所述的保持架组件包括两组大型保持架(7)、两组小型保持架(15)、滚珠(5)和保持架紧固螺栓(16),所述的大型保持架(7)通过保持架紧固螺栓(16)安装在外侧环形滚道上、并将滚珠(5)保持在外侧环形滚道上,所述的小型保持架(15)通过保持架紧固螺栓(16)安装在内侧环形滚道上、并将滚珠(5)保持在内侧环形滚道上;

所述的大型保持架(7)由结构完全相同的三个大型弧形保持架组成,三个大型弧形保持架沿周向均布,相邻的大型弧形保持架之间留有空隙,每个大型弧形保持架上均布3个兜孔;所述的小型保持架(15)由结构完全相同的三个小型弧形保持架组成,三个小型弧形保持架沿周向均布,相邻的小型弧形保持架之间留有空隙,每个小型弧形保持架上均布2个兜孔;所述的大型弧形保持架之间的空隙与小型弧形保持架之间的空隙弧度相等;两组大型保持架(7)和两组小型保持架(15)的空隙沿轴向对齐且对应小箱体上的圆孔,所述的空隙用于安装压电换能器(3);每个兜孔里安装一个滚珠(5);

所述的外侧环形滚道两侧均设置安装槽,用于安装大型保持架(7);所述的内侧环形滚道两侧均设置安装槽,用于安装小型保持架(15)。

2. 根据权利要求1所述的一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,其特征在于:所述的六边形箱体的横截面为等边六边形。

3. 根据权利要求1所述的一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,其特征在于:所述的兜孔设

置为内凹圆弧形。

4. 根据权利要求1所述的一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,其特征在于:所述的滚珠(5)的尺寸均相等。

5. 根据权利要求1所述的一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,其特征在于:所述的预应力螺栓(13)、后盖板(14)、变幅杆(9)和辐射头(8)的轴线共线。

6. 根据权利要求1所述的一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,其特征在于:所述的六边形箱体与三个小箱体为整体结构,通过铸造方法制造而成;所述的变幅杆(9)和辐射头(8)为整体结构。

7. 根据权利要求1所述的一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,其特征在于:所述的小箱体的通孔的周围沿周向均布4个螺纹孔,所述的压电换能器(3)通过换能器紧固螺栓(17)穿过法兰上的4个轴向通孔安装在小箱体内。

8. 根据权利要求1所述的一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,其特征在于:所述的压电换能器(3)的外端设置网盖(1),所述的网盖(1)通过网盖紧固螺栓(18)安装在小箱体上。

## 一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承

### 技术领域

[0001] 本发明属于电动汽车轴承技术领域,特别是一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承。

### 背景技术

[0002] 轴承是机械设备中常用的零部件,它的主要功能是支撑机械旋转体,降低其运动过程中的摩擦系数,并保证其回转精度。当前汽车普遍采用双列角接触球轴承,该种轴承由于能够同时承受径向载荷跟轴向载荷,能够适应在各种高转速的工况下工作,具有较长的使用寿命,但仍规避不开长时间行驶所产生的摩擦热对轴承造成的磨损,需要相关技术人员定期对汽车轮毂轴承进行安全检测和更换,且国外轴承企业占据我国汽车轮毂轴承绝大部分的市场份额。

[0003] 近年来,由于压电陶瓷材料和功率超声技术的快速发展,基于超声波近场悬浮技术的超声悬浮轴承应势而生,并展现出良好的应用前景。超声悬浮轴承属于非接触式轴承,利用超声振动对轴进行支撑,在结构上比普通的非接触式轴承略复杂,但在使用性能上更有优势。与流体静压润滑轴承相比,超声悬浮轴承无需供气装置和润滑,控制系统简单;与流体动压润滑轴承相比,启动和低速阶段具有相同承载能力,对中性和稳定性好;与磁悬浮轴承相比,轴承系统的极限转速更高,气膜厚度小并可进行调节。

[0004] 当前国内外学者的研究基本上都是在小尺寸轴的基础上对超声悬浮轴承进行的研究,且都证明了超声悬浮轴承确实能够减小轴系间的摩擦。但目前该项技术还没有应用到实际的电动汽车上。

### 发明内容

[0005] 为了在不影响电动汽车正常行驶的情况下,将超声悬浮轴承应用到电动汽车领域,实现降低汽车轴系间摩擦的目的,延长轴承的使用寿命。本发明要设计一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,以代替当前电动汽车所使用的双列角接触球轴承。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的技术方案如下:

[0007] 一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,包括压电换能器、轴承箱和保持架组件;所述的压电换能器有6个,每两个一组、分3组沿周向安装在轴承箱的3个小箱体上;所述的保持架组件安装在轴承箱的圆形通孔内;

[0008] 所述的压电换能器包括辐射头、变幅杆、绝缘套筒、后盖板和预应力螺栓;

[0009] 所述的辐射头的外端面为圆形平面、内端面为内凹圆弧面;辐射头的外端与变幅杆连接;变幅杆的外端带有法兰盘;所述的预应力螺栓从外往内依次穿过后盖板和绝缘套筒后与变幅杆连接;所述的法兰盘上均布四个轴向通孔;所述的陶瓷电极组件嵌套在绝缘套筒上;所述的陶瓷电极组件由四个电极片和四个压电陶瓷片间隔串联组成;所述的压电陶瓷片为圆环体;

[0010] 所述的轴承箱包括一个六边形箱体和三个小箱体,所述的六边形箱体包括周边的六个平面和前后两个端面,三个小箱体分别固定在六边形箱体周边相间隔的三个平面上;

所述的六边形箱体上设置扇形连接臂,所述的扇形连接臂一端固定在六边形箱体上、另一端与电动汽车双叉臂悬挂系统的制动装置连接;

[0011] 所述的六边形箱体上从前端面中心处到后端面中心处贯穿一圆形通孔,所述的圆形通孔用于轮毂轴承内法兰和轮毂轴承内圈穿过;在圆形通孔内沿轴向设置4条环形滚道,所述的4条滚道包括两条外侧环形滚道和两条内侧环形滚道,两条外侧环形滚道的轴向位置关于六边形箱体前后中心面对称,两条内侧环形滚道轴向位置关于六边形箱体前后中心面对称;两条外侧环形滚道的环形直径相等,两条内侧环形滚道的环形直径相等且小于外侧环形滚道的环形直径;

[0012] 每个小箱体上沿轴向设置两个圆孔,所述的圆孔用于安装压电换能器;所述的压电换能器的辐射头的内端面与轮毂轴承内法兰和轮毂轴承内圈配合;所述的压电换能器通过法兰和螺栓固定在小箱体上;

[0013] 所述的保持架组件包括两组大型保持架、两组小型保持架、滚珠和保持架紧固螺栓,所述的大型保持架通过保持架紧固螺栓安装在外侧环形滚道上、并将滚珠保持在外侧环形滚道上,所述的小型保持架通过保持架紧固螺栓安装在内侧环形滚道上、并将滚珠保持在内侧环形滚道上。

[0014] 进一步地,所述的六边形箱体的横截面为等边六边形。

[0015] 进一步地,所述的外侧环形滚道两侧均设置安装槽,用于安装大型保持架;所述的内侧环形滚道两侧均设置安装槽,用于安装小型保持架。

[0016] 进一步地,所述的大型保持架由结构完全相同的三个大型弧形保持架组成,三个大型弧形保持架沿周向均布,相邻的大型弧形保持架之间留有空隙,每个大型弧形保持架上均布3个兜孔;所述的小型保持架由结构完全相同的三个小型弧形保持架组成,三个小型弧形保持架沿周向均布,相邻的小型弧形保持架之间留有空隙,每个小型弧形保持架上均布2个兜孔;所述的大型弧形保持架之间的空隙与小型弧形保持架之间的空隙弧度相等;两组大型保持架和两组小型保持架的空隙沿轴向对齐且对应小箱体上的圆孔,所述的空隙用于安装压电换能器;每个兜孔里安装一个滚珠。

[0017] 进一步地,所述的兜孔设置为内凹圆弧形。

[0018] 进一步地,所述的滚珠的尺寸均相等。

[0019] 进一步地,所述的预应力螺栓、后盖板、变幅杆和辐射头的轴线共线。

[0020] 进一步地,所述的六边形箱体与三个小箱体为整体结构,通过铸造方法制造而成。

[0021] 进一步地,所述的小箱体的通孔的周围沿周向均布4个螺纹孔,所述的压电换能器通过换能器紧固螺栓穿过法兰上的4个轴向通孔安装在小箱体内。

[0022] 进一步地,所述的压电换能器的外端设置网盖,所述的网盖通过网盖紧固螺栓安装在小箱体上。

[0023] 进一步地,所述的变幅杆和辐射头为整体结构。

[0024] 进一步地,所述的轮毂轴承内圈安装在轮毂轴承内法兰上,两者的轴线共线。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0026] 1、本发明能够利用超声振动的减摩特性减小轴间摩擦,降低运行过程中产生的摩擦热,其极限转速、精度和使用寿命等方面均优于目前电动汽车所使用的双列角接触球轴承。轴承检修方便、更换成本低。

[0027] 2、本发明利用保持架限制滚珠的相对运动,滚珠只能在大型保持架和环形滚道之间或小型保持架和环形滚道之间实现自转。从而当电动汽车的电量不足以支撑悬浮或减摩时,该超声悬浮轮毂轴承仍能起到双列角接触球轴承的作用。

[0028] 3、本发明对环境适应性强,在电动汽车运行过程中不受电磁干扰,也无需使用液压、气压、磁悬浮等轴承技术所需要的大量的辅助设备。

### 附图说明

[0029] 图1为超声悬浮轮毂轴承的结构示意图。

[0030] 图2为图1的A-A剖面的正视图。

[0031] 图3为超声悬浮轮毂轴承的俯视图。

[0032] 图4为图3的B-B剖面的正视图。

[0033] 图5为超声悬浮轮毂轴承的左视图。

[0034] 图6为压电换能器的结构示意图。

[0035] 图7为图6的A-A剖面的正视图。

[0036] 图8为压电换能器的左视图。

[0037] 图9为大型保持架的结构示意图。

[0038] 图10为图9的A-A剖面的正视图。

[0039] 图11为图9的右视图。

[0040] 图12为图9的后视图。

[0041] 图13为小型保持架的结构示意图。

[0042] 图14为图13的A-A剖面的正视图。

[0043] 图15为图13的右视图。

[0044] 图16为图13的后视图。

[0045] 图17为轴承箱的结构示意图。

[0046] 图18为图17的A-A半剖面的正视图。

[0047] 图19为图17的俯视图。

[0048] 图20为图19的B-B半剖面的正视图。

[0049] 图中:1、网盖,2、轴承箱,3、压电换能器,4、轮毂轴承内法兰,5、滚珠,6、轮毂轴承内圈,7、大型保持架,8、辐射头,9、变幅杆,10、绝缘套筒,11、电极片,12、压电陶瓷片,13、预应力螺栓,14、后盖板,15、小型保持架,16、保持架紧固螺栓,17、换能器紧固螺栓,18、网盖紧固螺栓。

### 具体实施方式

[0050] 下面结合附图对本发明进行进一步地描述。如图1~20所示,一种电动汽车超声悬浮轮毂轴承,包括压电换能器3、轴承箱2和保持架组件;所述的压电换能器3有6个,每两个一组、分3组沿周向安装在轴承箱2的3个小箱体上;所述的保持架组件安装在轴承箱2的圆形通孔内;

[0051] 所述的压电换能器3包括辐射头8、变幅杆9、绝缘套筒10、后盖板14和预应力螺栓13;

[0052] 所述的辐射头8的外端面为圆形平面、内端面为内凹圆弧面；辐射头8的外端与变幅杆9连接；变幅杆9的外端带有法兰盘；所述的预应力螺栓13从外往内依次穿过后盖板14和绝缘套筒10后与变幅杆9连接；所述的法兰盘上均布四个轴向通孔；所述的陶瓷电极组件嵌套在绝缘套筒10上；所述的陶瓷电极组件由四个电极片11和四个压电陶瓷片12间隔串联组成；所述的压电陶瓷片12为圆环体；

[0053] 所述的轴承箱2包括一个六边形箱体和三个小箱体，所述的六边形箱体包括周边的六个平面和前后两个端面，三个小箱体分别固定在六边形箱体周边相间隔的三个平面上；所述的六边形箱体上设置扇形连接臂，所述的扇形连接臂一端固定在六边形箱体上、另一端与电动汽车双叉臂悬挂系统的制动装置连接；

[0054] 所述的六边形箱体上从前端面中心处到后端面中心处贯穿一圆形通孔，所述的圆形通孔用于轮毂轴承内法兰4和轮毂轴承内圈6穿过；在圆形通孔内沿轴向设置4条环形滚道，所述的4条滚道包括两条外侧环形滚道和两条内侧环形滚道，两条外侧环形滚道的轴向位置关于六边形箱体前后中心面对称，两条内侧环形滚道轴向位置关于六边形箱体前后中心面对称；两条外侧环形滚道的环形直径相等，两条内侧环形滚道的环形直径相等且小于外侧环形滚道的环形直径；

[0055] 每个小箱体上沿轴向设置两个圆孔，所述的圆孔用于安装压电换能器3；所述的压电换能器3的辐射头8的内端面与轮毂轴承内法兰4和轮毂轴承内圈6配合；所述的压电换能器3通过法兰和螺栓固定在小箱体上；

[0056] 所述的保持架组件包括两组大型保持架7、两组小型保持架15、滚珠5和保持架紧固螺栓16，所述的大型保持架7通过保持架紧固螺栓16安装在外侧环形滚道上、并将滚珠5保持在外侧环形滚道上，所述的小型保持架15通过保持架紧固螺栓16安装在内侧环形滚道上、并将滚珠5保持在内侧环形滚道上。

[0057] 进一步地，所述的六边形箱体的横截面为等边六边形。

[0058] 进一步地，所述的外侧环形滚道两侧均设置安装槽，用于安装大型保持架7；所述的内侧环形滚道两侧均设置安装槽，用于安装小型保持架15。

[0059] 进一步地，所述的大型保持架7由结构完全相同的三个大型弧形保持架组成，三个大型弧形保持架沿周向均布，相邻的大型弧形保持架之间留有空隙，每个大型弧形保持架上均布3个兜孔；所述的小型保持架15由结构完全相同的三个小型弧形保持架组成，三个小型弧形保持架沿周向均布，相邻的小型弧形保持架之间留有空隙，每个小型弧形保持架上均布2个兜孔；所述的大型弧形保持架之间的空隙与小型弧形保持架之间的空隙弧度相等；两组大型保持架7和两组小型保持架15的空隙沿轴向对齐且对应小箱体上的圆孔，所述的空隙用于安装压电换能器3；每个兜孔里安装一个滚珠5。

[0060] 进一步地，所述的兜孔设置为内凹圆弧形。

[0061] 进一步地，所述的滚珠5的尺寸均相等。

[0062] 进一步地，所述的预应力螺栓13、后盖板14、变幅杆9和辐射头8的轴线共线。

[0063] 进一步地，所述的六边形箱体与三个小箱体为整体结构，通过铸造方法制造而成。

[0064] 进一步地，所述的小箱体的通孔的周围沿周向均布4个螺纹孔，所述的压电换能器3通过换能器紧固螺栓17穿过法兰上的4个轴向通孔安装在小箱体内。

[0065] 进一步地，所述的压电换能器3的外端设置网盖1，所述的网盖1通过网盖紧固螺栓

18安装在小箱体上。

[0066] 进一步地,所述的变幅杆9和辐射头8为整体结构。

[0067] 进一步地,所述的轮毂轴承内圈6安装在轮毂轴承内法兰4上,两者的轴线共线。

[0068] 本发明的工作原理如下:

[0069] 超声波具有减摩特性和传递性。压电换能器3是利用压电陶瓷片12的逆压电效应产生高频的伸缩变形振动从而产生高频的超声波。因此具有纵向振动模态的压电换能器3的超声振动对摩擦系数的影响很大,当振幅较小时 ( $A < 0.5\mu\text{m}$ ), 由于表面粗糙度的影响, 振动不足以形成降低摩擦系数的有利因素; 当振幅逐渐增大时 ( $0.5\mu\text{m} < A < 5\mu\text{m}$ ), 超声波振动逐渐形成减摩能力, 使得摩擦系数迅速降低; 当振幅继续增大时  $A > 5\mu\text{m}$ , 摩擦系数几乎不再减小。为了确保压电换能器3在产生超声振动时能够实现减小轴系间摩擦的效果, 因此设计的压电换能器3的前端面振幅不小于  $5\mu\text{m}$ 。

[0070] 当电动汽车的电量充足时, 轴承箱2中的压电换能器3接通电源, 6个压电换能器3开始同时工作产生超声振动, 振动产生的超声波先作用在辐射头8上再传递到辐射头8内凹圆弧面与车轴间, 设计的超声悬浮轴承就是利用超声波的减摩特性实现减小轴间摩擦的效果; 而当电量不足以支撑悬浮和减摩时, 轮毂轴承内法兰4和轮毂轴承内圈6与滚珠5产生接触, 超声悬浮轮毂轴承仍能起双列角接触球轴承的作用。

[0071] 本发明不局限于本实施例, 任何在本发明披露的技术范围内的等同构思或者改变, 均列为本发明的保护范围。

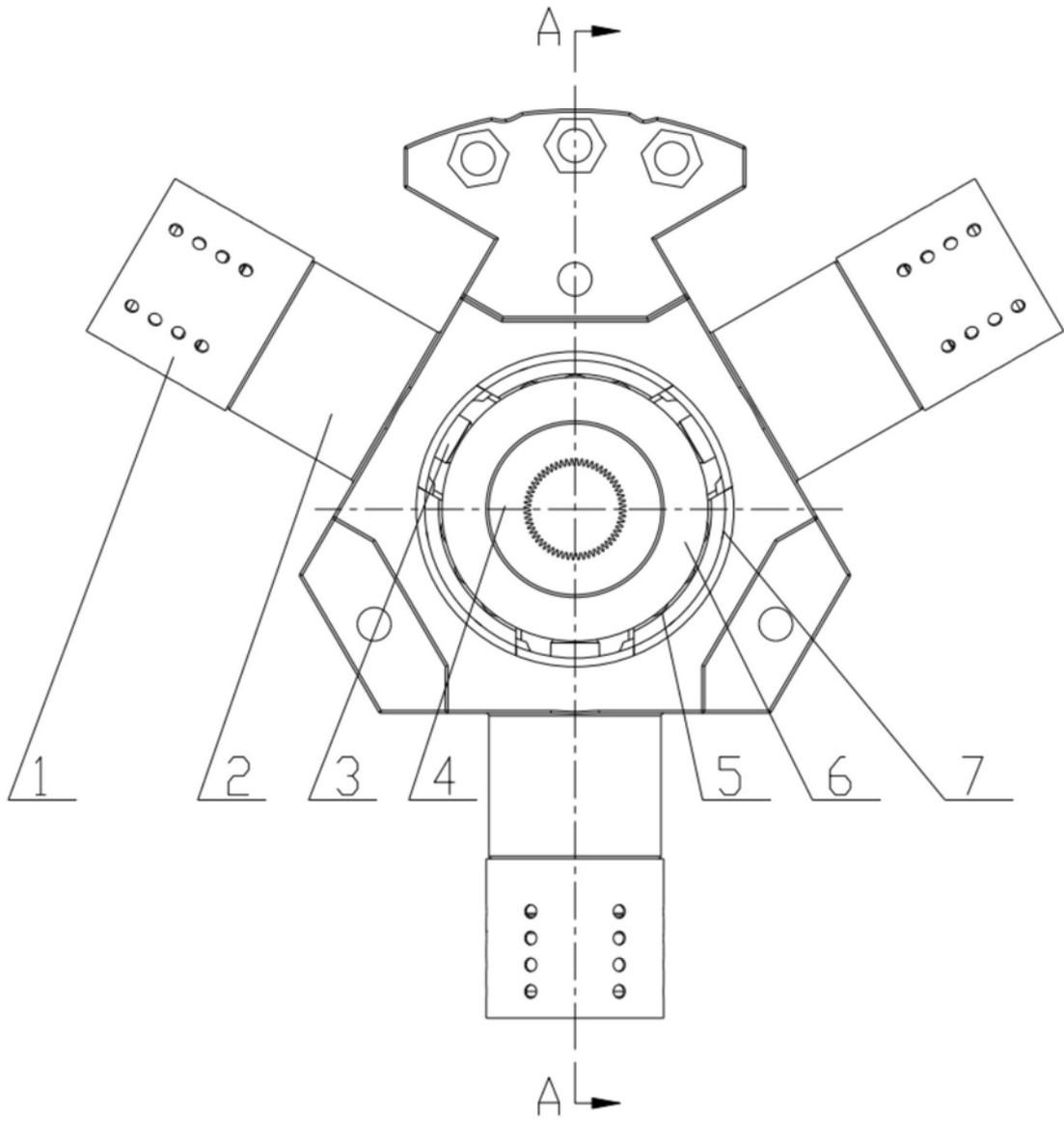


图1

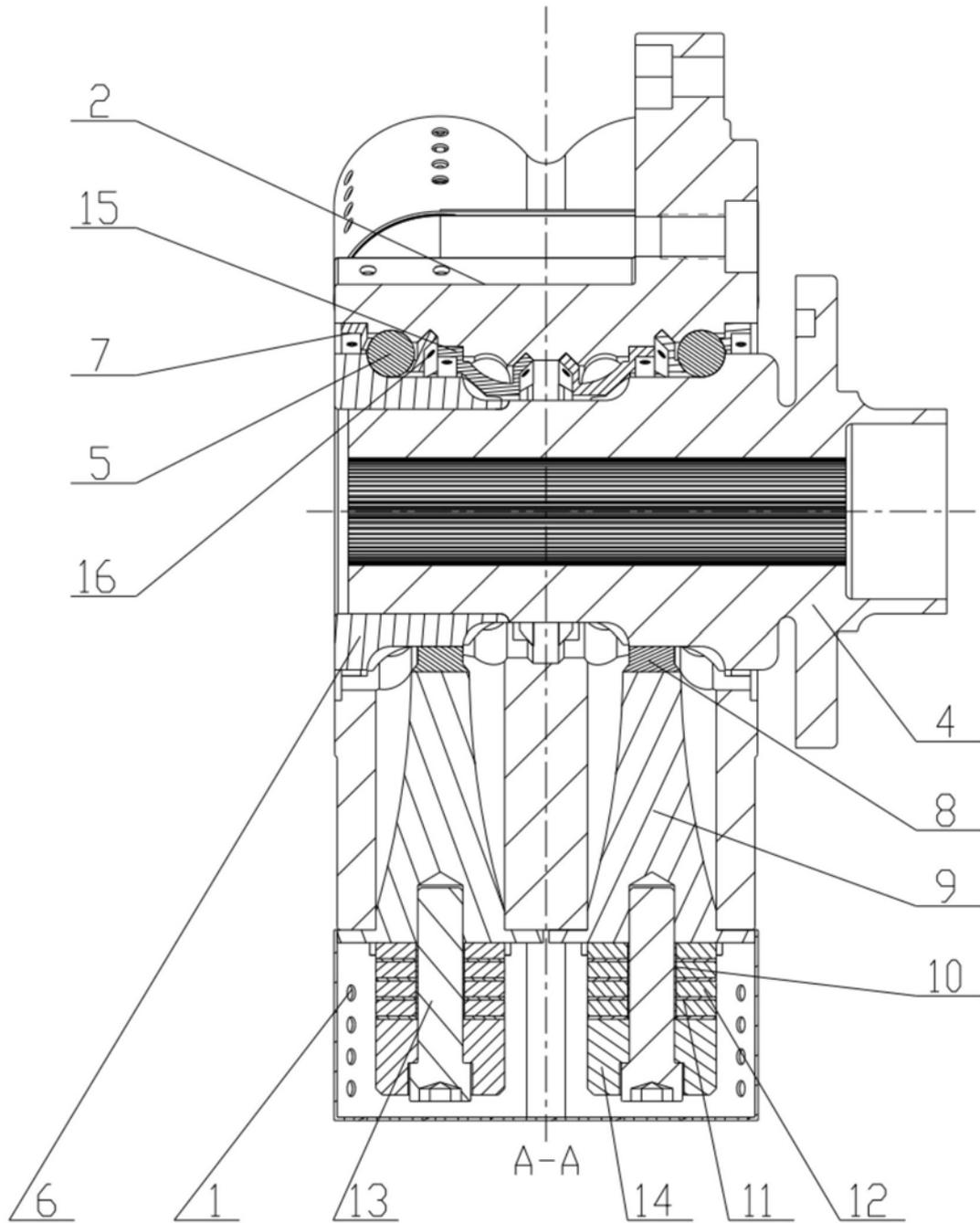


图2

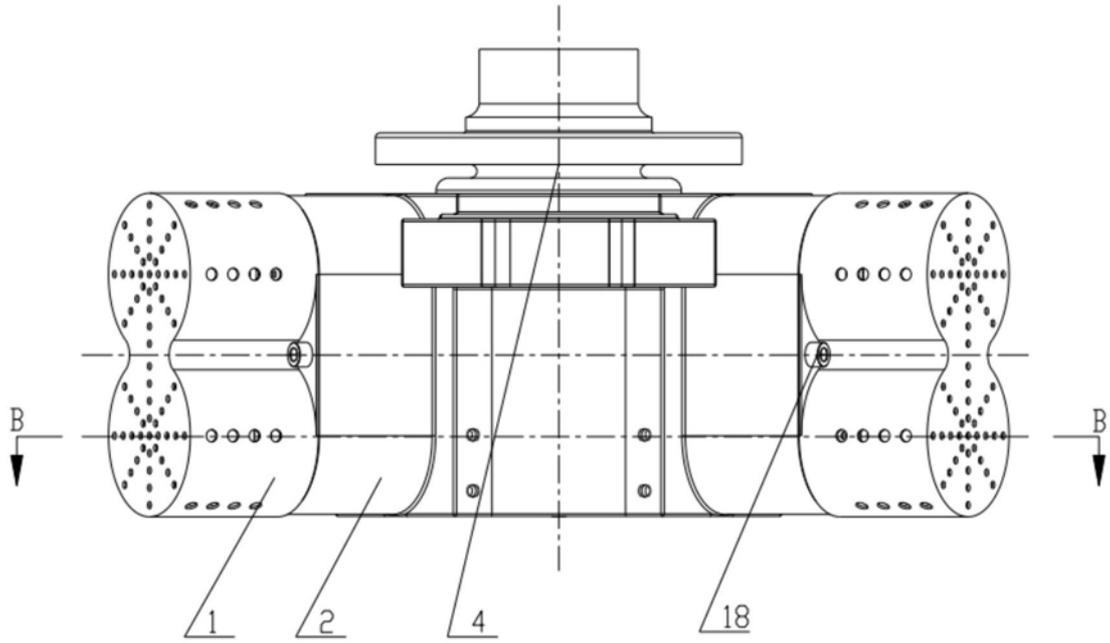


图3

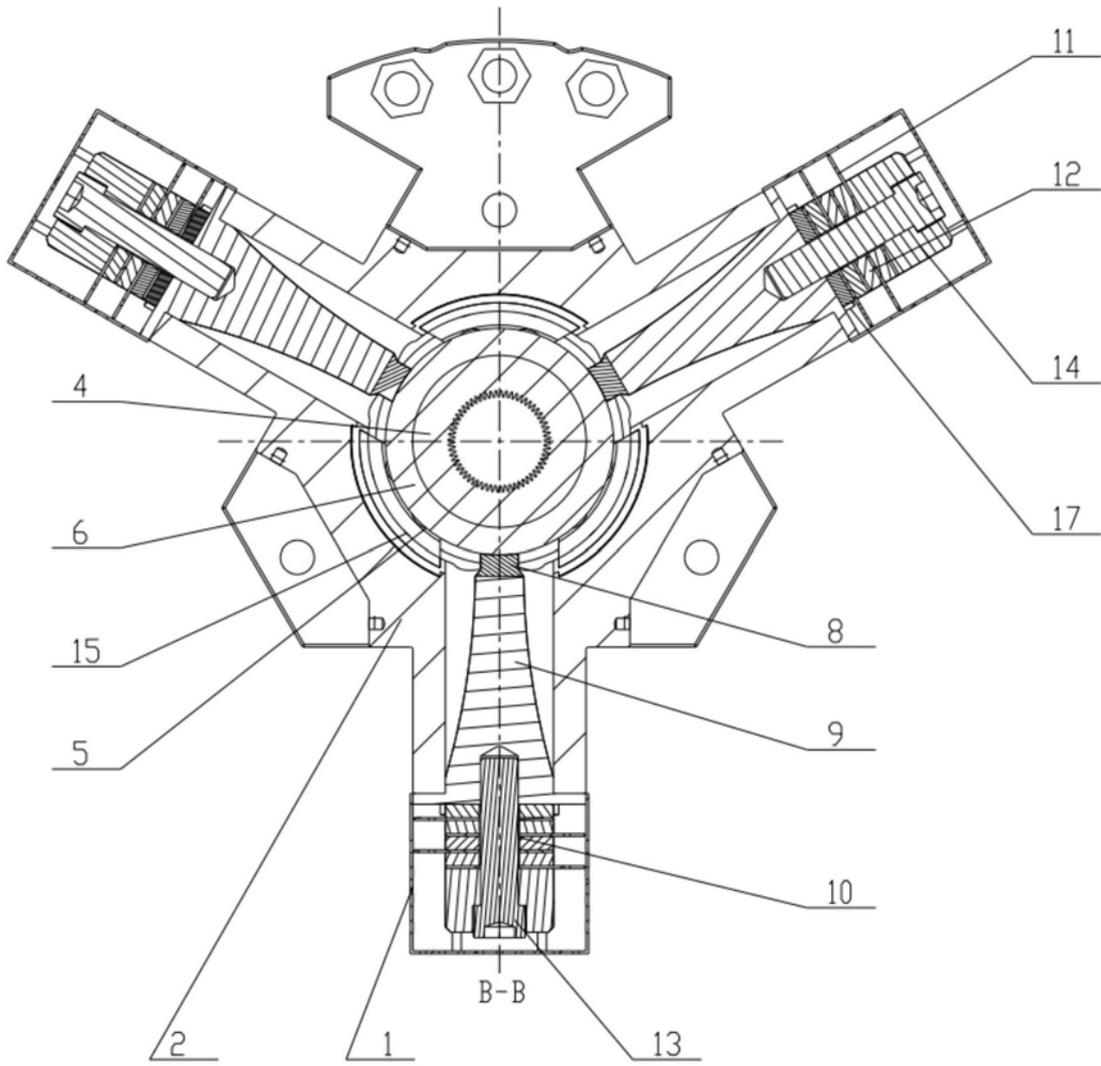


图4

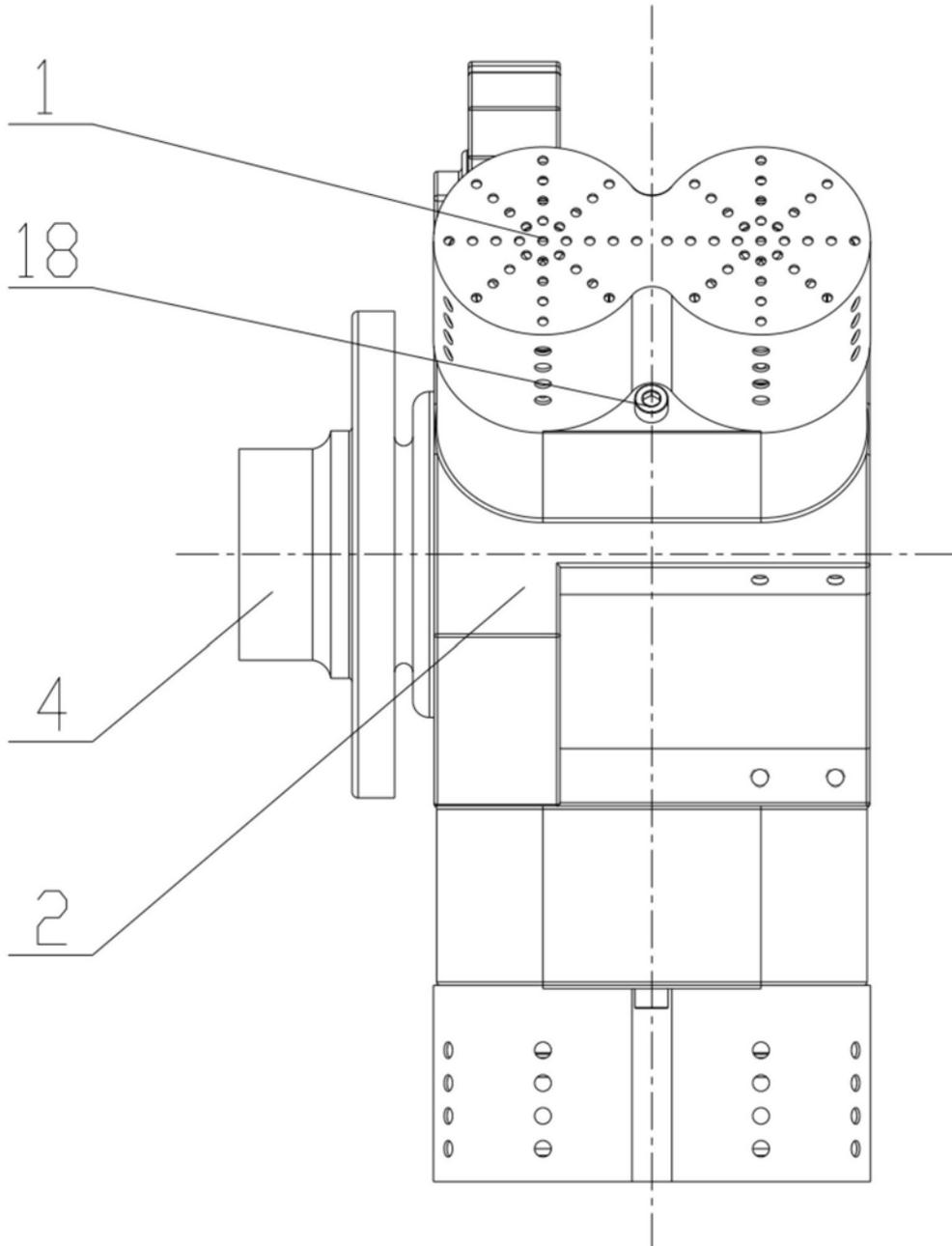


图5

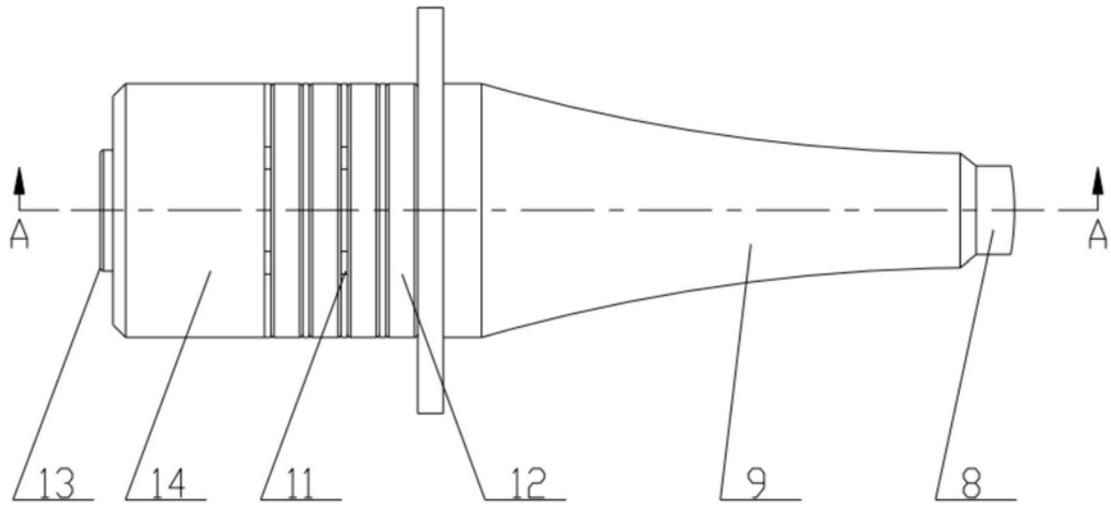


图6

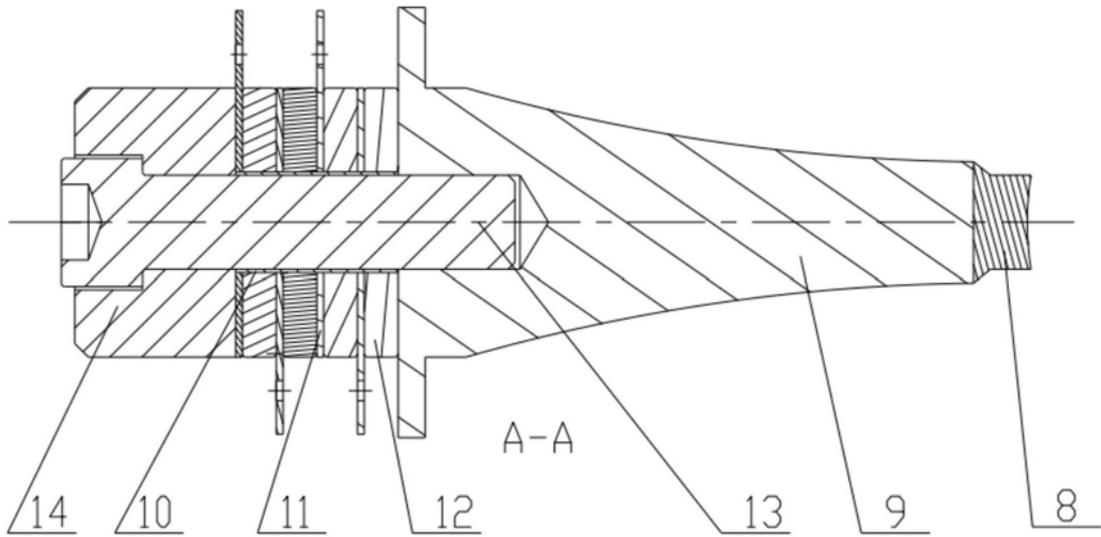


图7

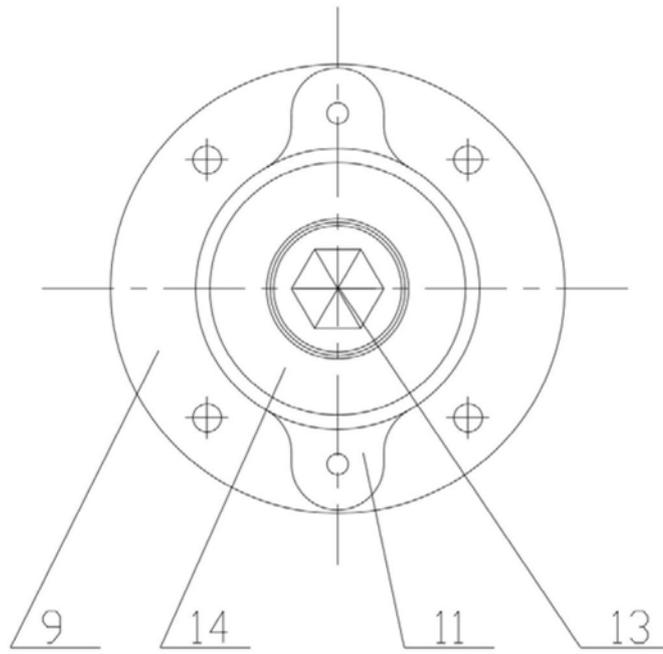


图8

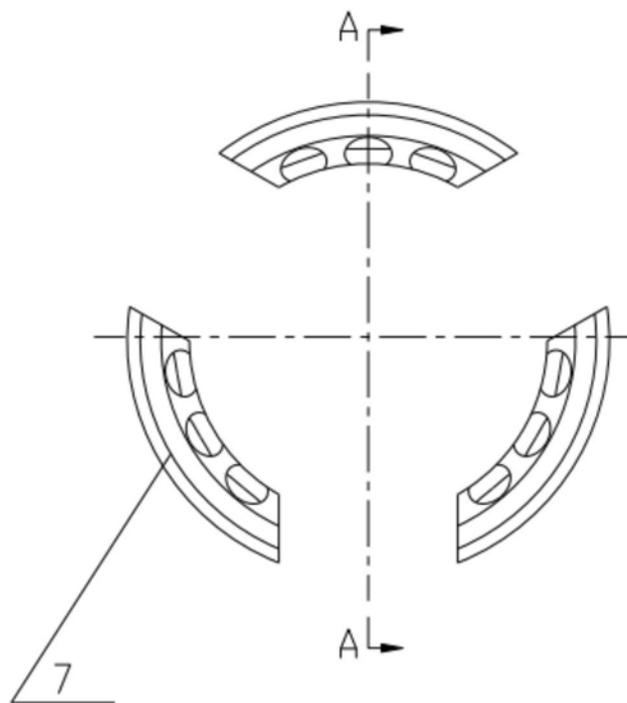


图9

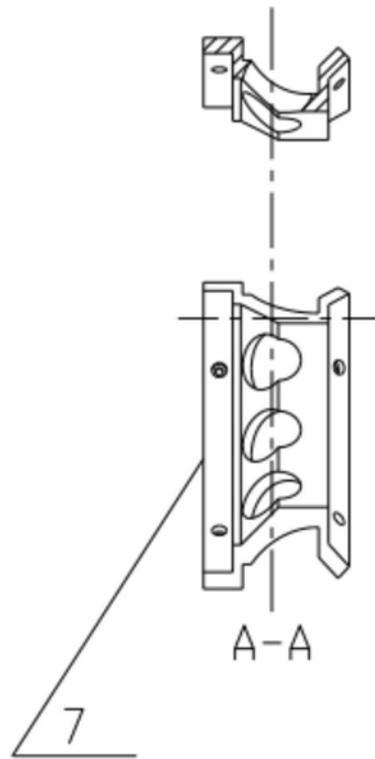


图10

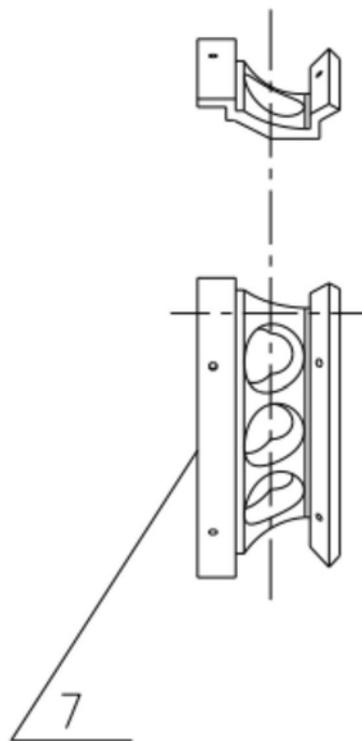


图11

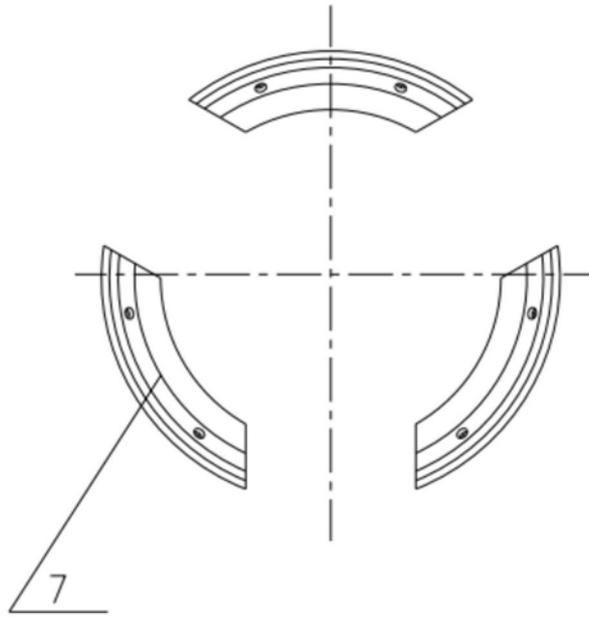


图12

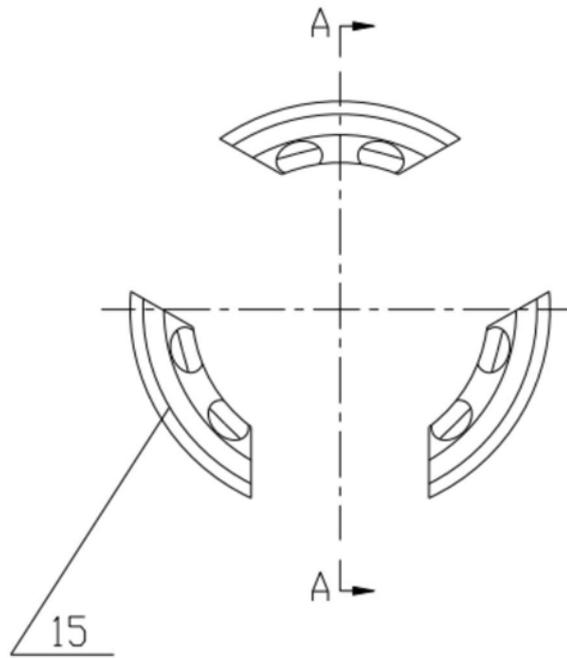


图13

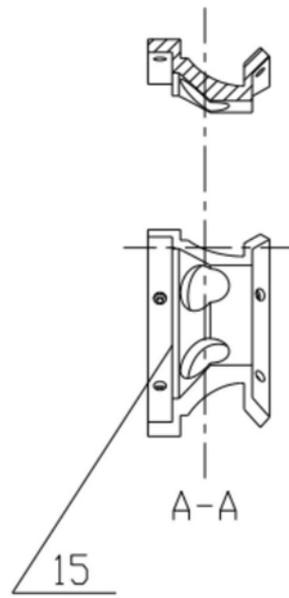


图14

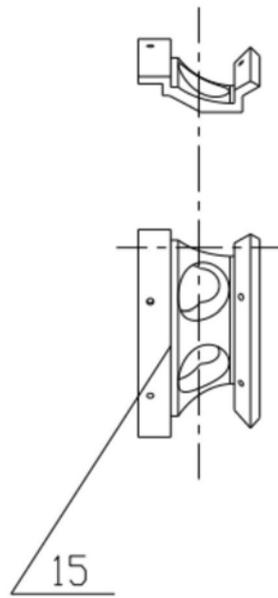


图15

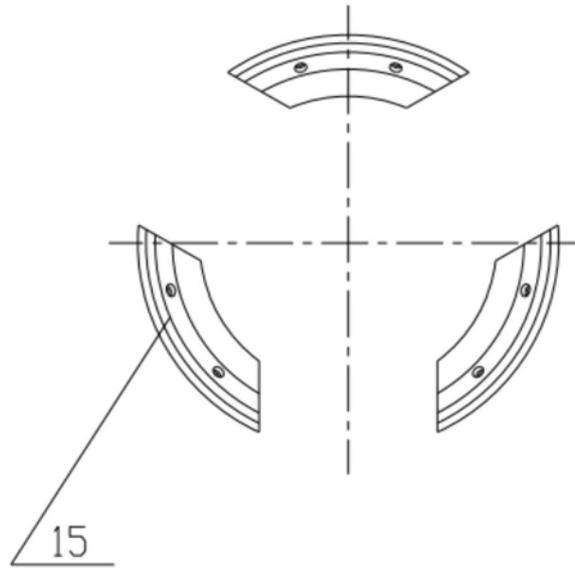


图16

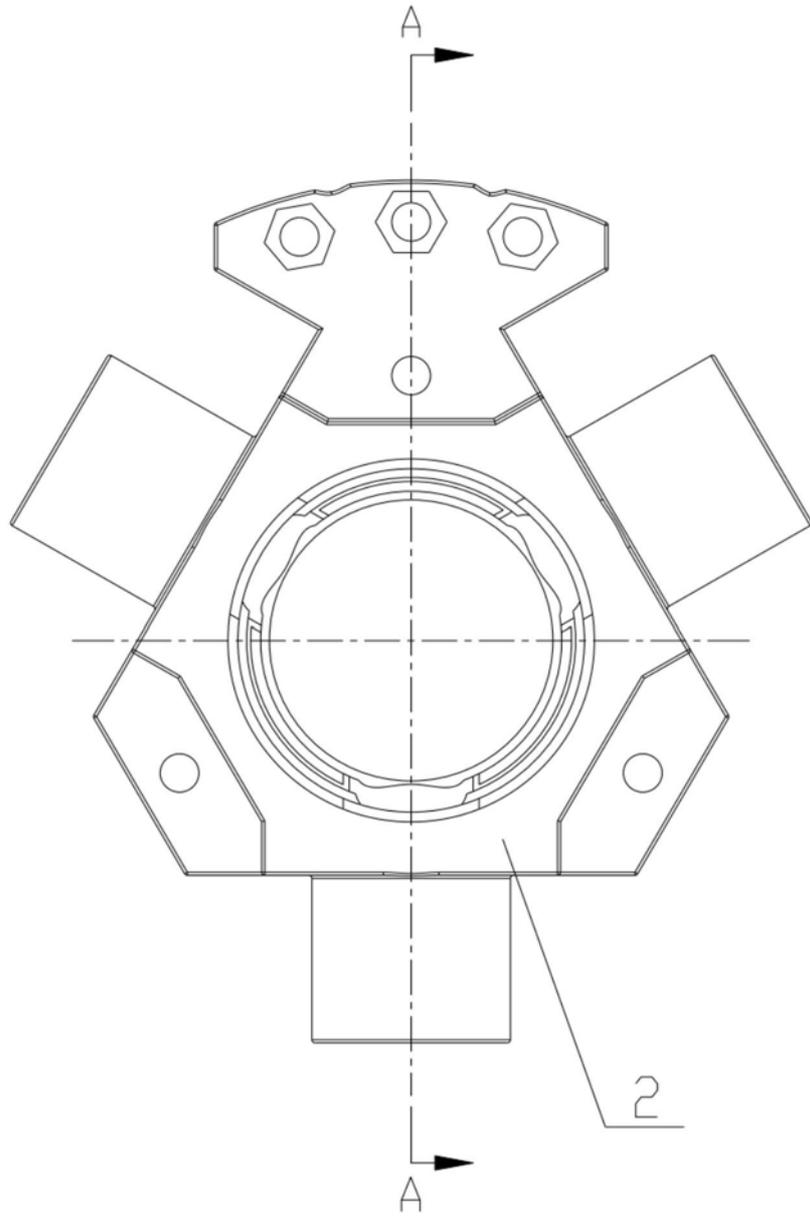


图17

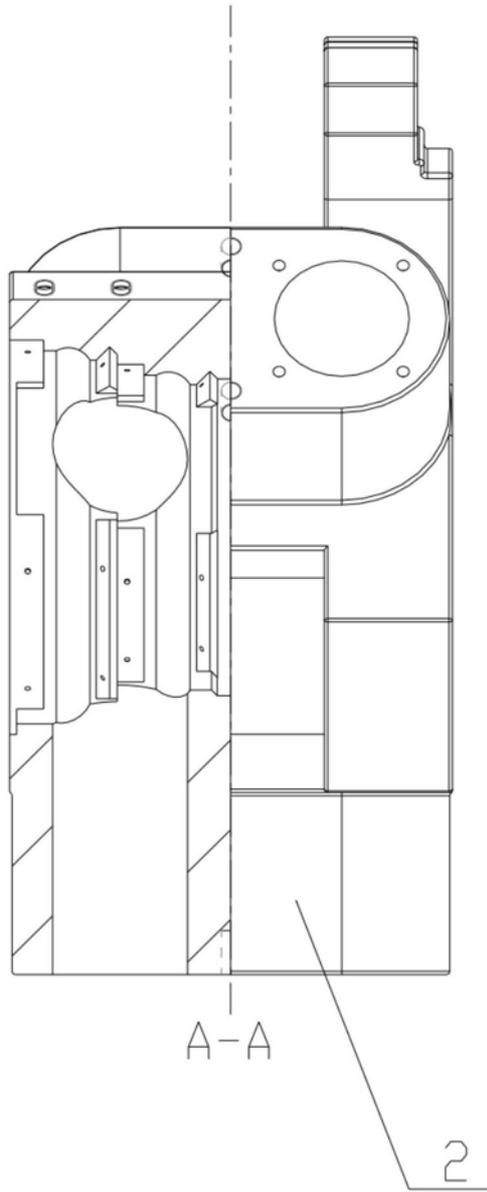


图18

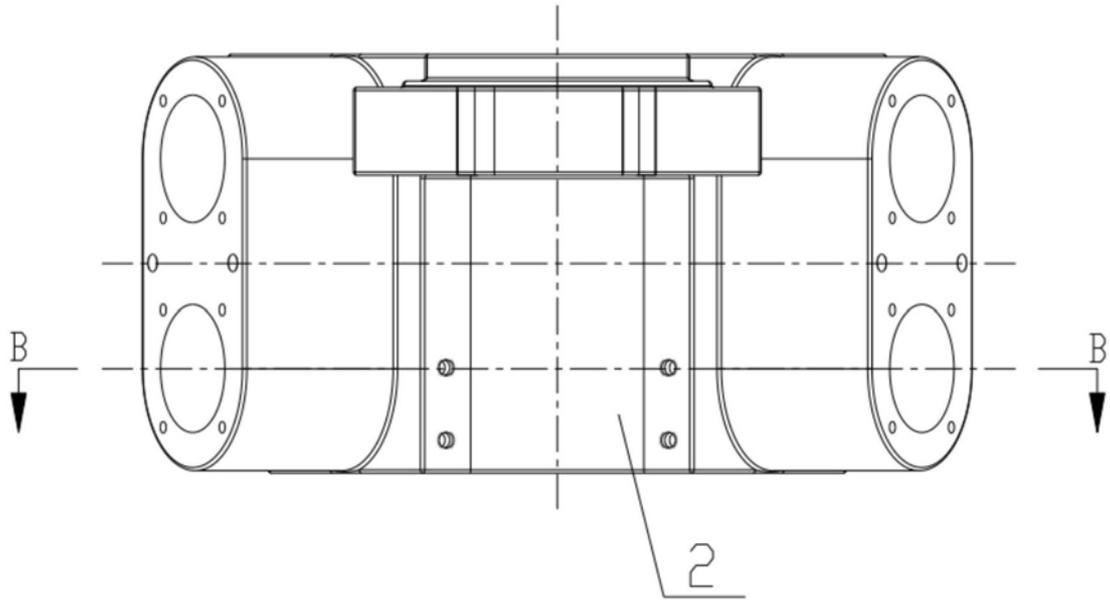


图19

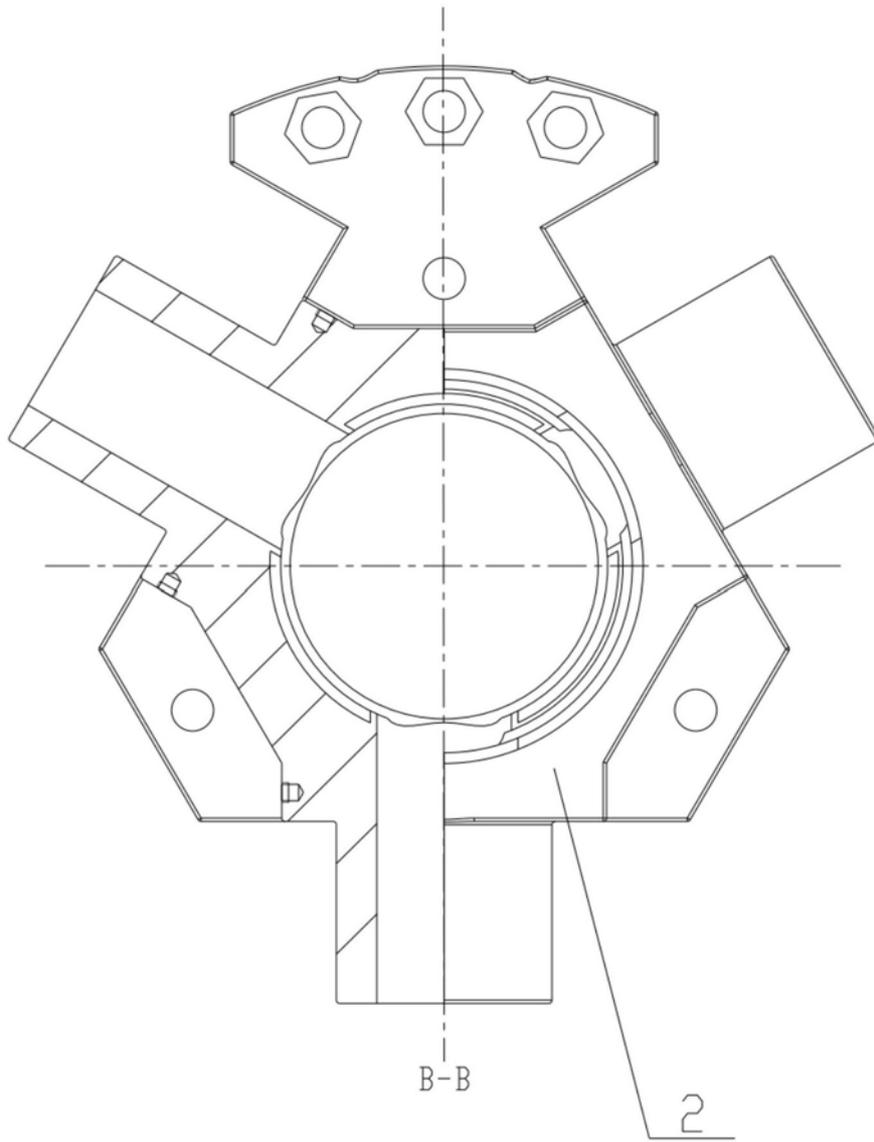


图20