(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101701590 B
(45)授权公告日 2011.11.30

(21)申请号 200910213395.2

(22)申请日 2009.11.03

(73)专利权人 南京航空航天大学
地址 210016 江苏省南京市白下区御道街29号

(72)发明人 朱玉川 王传礼 李跃松 鲍和云

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200
代理人 唐小红

(51)Int.Cl.
F15B 13/02(2006.01)

审查员 成春旺

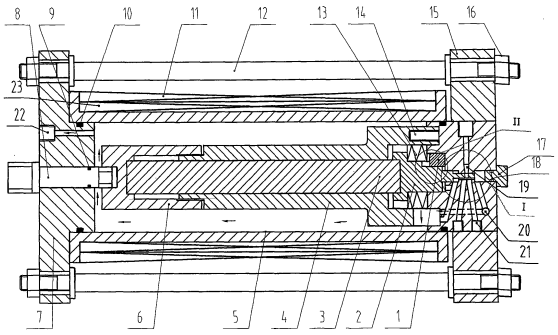
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54)发明名称

超磁致伸缩执行器驱动的大流量射流伺服阀

(57)摘要

一种超磁致伸缩执行器驱动的高频大流量射流伺服阀，属液压伺服控制技术领域。包括引磁杆(8)，左端盖(7)，右端盖(15)，热补偿罩(4)、热补偿滑块(6)，安装于热补偿罩(4)和热补偿滑块(6)内的超磁致伸缩棒(10)、输出滑块(2)，预压弹簧(13)，位于热补偿罩(4)和热补偿滑块(6)外侧的线圈骨架(5)，还包括依次绕于线圈骨架(5)外侧的驱动线圈(23)和偏置线圈(11)；该射流伺服阀具有响应快、驱动功率和控制流量大等显著特点。



CN 101701590 B

1. 一种超磁致伸缩执行器驱动的高频大流量射流伺服阀，其特征在于：

包括左端盖 (7)、右端盖 (15)、以及加工于右端盖 (15) 内部的进油通道、射流供油喷嘴 (19)、射流接收器工作油道 (21) 和泄油通道 (20)；

左端盖 (7) 右侧通过引磁杆 (8) 安装有热补偿滑块 (6)，热补偿滑块 (6) 可在引磁杆 (8) 表面滑动，右端盖 (15) 左侧固定安装有热补偿罩 (4)；热补偿滑块 (6) 最右端和热补偿罩 (4) 最左端通过螺纹连接；

热补偿罩 (4) 和热补偿滑块 (6) 内安装有超磁致伸缩棒 (3)，超磁致伸缩棒 (3) 最右端连接有输出滑块 (2)，输出滑块 (2) 与右端盖 (15) 之间安装有预压力弹簧 (13)，预压力弹簧 (13) 与热补偿滑块 (6) 一起为超磁致伸缩棒 (3) 提供轴向压力；输出滑块 (2) 与右端盖 (15) 之间还安装有只能使输出滑块 (2) 在右端盖 (15) 一端移动而不能转动的平键 (1)；

输出滑块 (2) 右侧为圆柱形细短状杆结构，该杆上带有锥形调节孔，并一直伸入到射流喷嘴和射流接收器之间；

左端盖 (7) 和右端盖 (15) 之间固定有位于热补偿滑块 (6) 和热补偿罩 (4) 外侧的线圈骨架 (5)，线圈骨架 (5) 外侧依次绕有驱动线圈 (23) 和偏置线圈 (11)。

2. 根据权利要求 1 所述的超磁致伸缩执行器驱动的高频大流量射流伺服阀，其特征在于：上述工作油道 (21) 和泄油通道 (20) 各为两条，均匀对称的分布于喷嘴轴线两侧。

3. 根据权利要求 1 所述的超磁致伸缩执行器驱动的高频大流量射流伺服阀，其特征在于：上述输出滑块 (2) 为两端直径不等的圆柱形结构，左侧为大圆柱，右侧为小圆柱，大圆柱一侧开有键槽，该键槽即用来安装上述平键 (1)；

小圆柱即为上述输出滑块 (2) 右侧的圆柱形细短状杆结构，且小圆柱还铣出平面。

4. 根据权利要求 1 所述的超磁致伸缩执行器驱动的高频大流量射流伺服阀，其特征在于：上述引磁杆 (8) 右端为六角螺头结构，热补偿滑块 (6) 左端开内六角槽，两者配合。

5. 根据权利要求 1 所述的超磁致伸缩执行器驱动的高频大流量射流伺服阀，其特征在于：上述热补偿罩 (4) 与线圈骨架 (5) 之间具有间隙，该间隙与右端盖射流泄露回油通道相连。

超磁致伸缩执行器驱动的大流量射流伺服阀

技术领域

[0001] 本发明涉及超磁致伸缩材料的应用，属液压伺服控制技术领域。

背景技术

[0002] 射流管伺服阀的传统结构一般以力矩马达、射流管、喷嘴、双接受器等构成，力矩马达用于带动射流管偏转，射流管的偏转可改变双接收器中的压力和流量，其压力和流量变化可用于驱动滑阀或中小功率液压伺服系统中的液压执行元件，通过对力矩马达输出力和位移的控制便可实现对滑阀或液压执行元件的控制。

[0003] 早期射流管伺服阀由于力矩马达的输出功率小，多采用两级式结构，文献 1（液压控制系统的分析与设计，卢长耿，李金良编，煤炭工业出版社，1991.2 :p199 ～ 200）所述，力反馈式两级射流管伺服阀主要由力矩马达、射流管、双接受器、功率级滑阀、力反馈杆等组成，伺服阀工作时由力矩马达带动射流管偏转，双接受器与功率级滑阀阀芯两端相通，射流管上有一力反馈杆与阀芯相连，信号电流使力矩马达的衔铁偏转，衔铁与射流管相连。如果偏向左则使滑阀阀芯左端压力升高，阀芯向右移动，同时也带动反馈杆向右移动 ；当射流管在反馈杆带动下移动至双接受器中间时，射流管放大器两侧输出的压力相等，阀芯停止运动，但阀芯移动了一定距离，伺服阀具有相应流量输出。

[0004] 文献 2（液压伺服系统，曹鑫铭编，冶金工业出版社，1991.5 :p149 ～ 150）所述，20 世纪 60 年代美国摩格公司研制出新型偏转板式射流管伺服阀，该伺服阀由力矩马达、偏转板射流放大器和滑阀组成，滑阀位移通过反馈杆以力矩反馈至力矩马达的衔铁上。偏转板射流放大器由射流盘和开有导流窗口的偏转板组成，射流盘上开有射流槽道和两条对称相同的接受槽道，而偏转板上开有 V 型导流窗口。当射流盘在中间位置时，射流槽道的流体在两个接受孔中间流动 ；因此在两个接受槽道内形成相等的恢复压力，所以滑阀阀芯不动。当偏转板偏移时，一个接受槽道内压力降低，一个接受槽道压力升高，所形成的控制压差推动滑阀阀芯运动。滑阀阀芯位移又带动反馈杆产生变形，以力矩的形式反馈到力矩马达的衔铁上，此力矩与输入电流信号产生的电磁力矩相平衡。但此时滑阀阀芯已有一确定位移，并输出相应流量。

[0005] 无论是早期普通射流管伺服阀还是后来的偏转板式射流管伺服阀其工作可靠性和工作效率远远高于喷嘴挡板伺服阀，但其最大缺点是射流管惯性大，导致力矩马达部分的固有频率低，从而响应慢 ；偏转板式射流管伺服阀由于减小了偏转部分的惯量其响应速度大为提高，但由于受力矩马达输出功率的限制使其响应速度进一步提高及其直接控制负载的能力受到限制，同时其控制流量也较小。

[0006] 超磁致伸缩材料是一种新型的功能材料，具有应变大，响应速度快，能量传输密度高和输出力大等优异性能。目前该材料已在世界各先进国家引起广泛的注意，首先被用于水声换能器件的开发，并在海军、航海、海洋工程等领域的水下通信、海底油田探测、及跟踪定位等方面已得到了应用。随后逐步开始应用于声纳、微位移控制、蠕动机械、超精密机床加工控制、新型电动机、机器人、传感器等新型器件中。

[0007] 在流体控制元件中也有大量的应用，日本住友轻金属工业公司在柱塞式流体泵上利用超磁致伸缩执行器直接驱动活塞，现已制成形似一节电池那样的密闭型 GMM 泵 (Dariusz A.Bushko，James H Goldie.High performancemagnetostrictive actuators. IEEE，AES Systems Magazine，November，1991 :21-25)，该泵具有响应快和高精度控制流量等特点。德国 E.Quandt 等人利用超磁致伸缩薄膜的伸缩效应实现阀口的控制，从而设计出一种超磁致伸缩微型阀 (Quandt E，Seemann K.Fabrication and simulation of magnetostrictivethin-film actuator.Sensors and Actuators，1995，A50 :105-109)；日本 Urai 等人用 GMM 转换器设计出直动式伺服阀 (Hiratsuka，Kazuto，Urai，Takahiro. Magnetic Circuit Design of a Giant Magnetostrictive Actuator andApplication to a Direct-Drive Servo-Valve.Nippon.Kikai，Gakkai.Ronbunshu，B.Hen.Transactions of the Japan Society of MechanicalEngineers，Part B.1994(570) :479-483)，其最大特点是采用闭环控制，结构紧凑，精度高，响应快，但其最大输出流量仅为 2L/min，频宽 650Hz(-3dB)，阶跃响应小于 1ms，与同类型的电液伺服阀相比其频响已明显提高。国内浙江大学利用 GMM 对气动喷嘴挡板阀、液压喷嘴挡板伺服阀和内燃机的高速强力电磁阀进行了机构设计和特性研究，其主要性能指标均高于传统伺服阀。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种响应快、驱动功率和控制流量大的超磁致伸缩执行器驱动的大流量射流伺服阀。

[0009] 一种超磁致伸缩执行器驱动的高频大流量射流伺服阀，其特征在于 :

[0010] 包括左端盖、右端盖、以及加工于右端盖内部的进油通道、射流供油喷嘴、射流接收器工作油道和泄油通道 ;

[0011] 左端盖右侧通过引磁杆安装有热补偿滑块，热补偿滑块可在引磁杆表面滑动，右端盖左侧固定安装有热补偿罩 ;热补偿滑块最右端和热补偿罩 (4) 最左端通过螺纹连接 ;

[0012] 热补偿罩和热补偿滑块内安装有超磁致伸缩棒，超磁致伸缩棒最右端连接有输出滑块，输出滑块与右端盖之间安装有预压力弹簧，预压力弹簧与热补偿滑块一起为超磁致伸缩棒提供轴向压力 ;输出滑块与右端盖之间还安装有只能使输出滑块在右端盖一端移动而不能转动的平键 ;

[0013] 输出滑块右侧为圆柱形细短状杆结构，该杆上带有锥形调节孔，并一直伸入到射流喷嘴和射流接收器之间 ;

[0014] 左端盖和右端盖之间固定有位于热补偿滑块和热补偿罩外侧的线圈骨架，线圈骨架外侧依次绕有驱动线圈和偏置线圈。

[0015] 本发明有益效果之一 :本发明提供了一种新型射流管伺服阀结构，区别于普通射流管伺服阀，其射流管、喷嘴和接收器均为固定式结构 ;区别于偏转板式射流管伺服阀，其配流器不是由力矩马达驱动而是采用新型超磁致伸缩执行器驱动，该驱动方式充分利用并发挥了超磁致伸缩材料响应快、输出力大的特点，使该新型射流管伺服阀具有频响高，驱动能力强等特点 ;区别于偏转板式射流管伺服阀，该新型射流管伺服阀的核心部件配流器不是偏转式工作模式而是由超磁致伸缩执行器直接驱动即直动式工作模式，具有抗液体冲击能力强，控制精度高等的特点。

[0016] 本发明有益效果之二：从结构和控制上保证了超磁致伸缩执行器的位移输出精度。即利用超磁致伸缩执行器的热补偿机构进行超磁致伸缩棒的热补偿，利用伺服阀泄露油液循环进行线圈骨架与超磁致伸缩棒磁滞发热进行热交换及冷却，将执行器工作时产生的热量利用射流管伺服阀的泄漏油液循环进行冷却；将执行器工作时产生的热位移由热补偿罩补偿。热补偿罩的热膨胀系数及长度经过设计保证可以完全补偿超磁致伸缩棒热致伸长量，热补偿衬罩一端固定于右端盖上，所以只能向另一侧热膨胀，带动超磁致伸缩棒也向磁致位移的反方向热膨胀，抵消超磁致伸缩棒的热变形对磁致位移的影响，因此该种结构可有效解决超磁致伸缩执行器热致伸长的不可控以及伺服阀大流量输出时的精度控制难题。

[0017] 本发明有益效果之三：通过引磁杆、热补偿滑块、输出滑块及预压弹簧可实现超磁致伸缩棒的预压力施加与伺服阀零位的精确调节。具有预压力大小和伺服阀零位调节方便的特点。通过预压弹簧刚度设计与热补偿滑块内螺纹设计可实现预压力与伺服阀零位的精确调节，此种方法通过预压弹簧与输出滑块结构设计还可保证伺服阀回程响应快，以及结构更为简单等特点，大大提高了其工作可靠性，有利于更充分发挥超磁致伸缩式材料的动态性能。

[0018] 本发明所设计的大流量射流伺服阀结构，最小通流尺寸远大于喷嘴挡板阀，所以抗污染能力强，对油液洁净度要求不高，系统工作可靠性更高。此射流管伺服阀还有输出功率大的优点，即可作多级伺服阀的前置级，也可以直接用于中小功率液压伺服系统中。

[0019] 在本发明中还可以使热补偿罩与线圈骨架之间具有间隙，并使该间隙与右端盖射流泄露回油通道相连，构成冷却循环管路的一部分。这样从射流喷嘴射出的油液，未进入接收器工作油道的油液沿泄露通道流入线圈骨架和热补偿衬罩的间隙对线圈骨架和热补偿罩进行冷却，冷却后的油液经左端盖上的泄漏口流入阀外液压系统，通过阀外冷却器流入油箱。此结构充分利用了从射流管伺服阀的泄露油液对线圈骨架和超磁致伸缩棒进行冷却。

附图说明

[0020] 图 1 为超磁致伸缩执行器驱动的大流量伺服阀结构原理图。

[0021] 图 2 为输出滑块配流原理图。

[0022] 图 3 为输出滑块与右端盖连接结构图。

[0023] 图中标号名称：1- 平键 2- 输出滑块 3- 超磁致伸缩棒 4- 热补偿罩 5- 线圈骨架 6- 热补偿滑块 7- 左端盖 8- 引磁杆 9,10,18-0 形密封圈 11- 偏置线圈 12- 连接螺栓 13- 预压弹簧 14- 连接螺钉 15- 右端盖 16- 连接螺母 17- 油塞 19- 供油喷嘴 20- 泄油通道 21- 接收器油道 22- 泄露油口 23- 驱动线圈

具体实施方式

[0024] 如图 1,2,3 所示，该新型射流伺服阀包括引磁杆 8，左端盖 7，右端盖 15，热补偿罩 4、热补偿滑块 6，安装于热补偿罩 4 和热补偿滑块 6 内的超磁致伸缩棒 3、输出滑块 2，预压弹簧 13，位于热补偿罩 4 和热补偿滑块 6 外侧的线圈骨架 5，还包括依次绕于线圈骨架 5 外侧的驱动线圈 23 和偏置线圈 11；

[0025] 该新型射流伺服阀在传统偏转板式射流管伺服阀喷嘴和接收器之间设计新型超磁致伸缩执行器，并由该执行器驱动输出滑块 2 以取代原偏转射流管伺服阀力矩马达及其驱动的偏流器，该新型伺服阀输出滑块 2 由超磁致伸缩执行器直接驱动，同时固定伺服阀右端盖 15 即固定右端盖上的射流喷嘴和射流接收器，则射流液压放大器的动态响应完全由超磁致伸缩执行器决定，从而避开直接驱动大惯量的射流管而对系统动态响应的制约，同时由于超磁致伸缩执行器具有比力矩马达响应速度快、带载能力强等优点，这样在保证射流管伺服阀可靠性的同时可大大提高其响应速度和控制流量。

[0026] 该新型射流管伺服阀为直动式结构，其工作油道 21 和泄油通道 20 各为两条，均匀对称的分布于喷嘴轴线两侧。上述输出滑块 2 为两端直径不等的圆柱形结构，左侧为大圆柱，右侧为小圆柱，大圆柱一侧开有键槽，该键槽即用来安装上述平键 1 ；小圆柱即为上述输出滑块 2 右侧的圆柱形细短状杆结构，且小圆柱还铣出平面。

[0027] 由于超磁致伸缩执行器输出力大，因此该阀既可以应用于两级或多级伺服阀前置级又可以直接用于驱动中小功率液压伺服系统执行元件，当应用于两级或多级伺服阀前置级时，其反馈形式既可以采用力反馈也可以采用滑阀位移电反馈等形式，当其直接应用于液压伺服系统时其反馈形式可以采用系统流量反馈或压力反馈制成相应流量控制伺服阀或压力控制伺服阀。

[0028] 如图 1，2，3 所示超磁致伸缩执行器驱动的大流量射流伺服阀提供了一种新型射流管伺服阀的结构形式并提供了解决伺服阀零位调节、阀用执行器预压力施加、执行器冷却与热补偿等关键问题的新方法。具体如下所述 ：

[0029] 超磁致伸缩射流伺服阀工作原理 ：供油通道 19 输入一定压力和流量的液压油液，偏置线圈 11 中输入直流电以产生偏置磁场，保证超磁致伸缩棒 3 工作在选择好的静态压力状态下，并使其工作在线性区域，以消除倍频现象，驱动线圈 23 中通入交流电，产生变化的磁场使超磁致伸缩棒 3 被磁化，并使其长度发生变化，超磁致伸缩棒 3 直接驱动输出滑块 2，输出滑块 2 右侧小圆柱锥形孔可实现对输入压力油液的接受及输出，锥形孔的输出油液输入至右端盖两个对称的接受孔，驱动线圈 23 首先输入一定的初始电流使超磁致伸缩棒 3 产生一定的预伸长量，并通过调零装置将伺服阀输出滑块 2 的位置调至右端盖两个接受孔中间，此时左右两个接受孔接受流量相等，压力也相等没有压差输出 ；当继续输入正向电流时，超磁致伸缩棒 3 增加伸长量，推动输出滑块 2 右移，此时右侧接收孔输入流量增大，左侧接受孔输入流量减小，右侧接受孔压力大于左侧接受孔油液压力，两接受孔产生工作压差。当继续输入反向电流时，超磁致伸缩棒 3 减小伸长量，此时在预压弹簧 13 回复力的作用下推动输出滑块左移，此时左侧接收孔输入流量增大，右侧接受孔输入流量减小，左侧接受孔压力大于右侧接受孔油液压力，两接受孔产生反向工作压差。该压力差值可用于驱动多级伺服阀功率级滑阀也可用于驱动中小功率液压伺服系统执行元件。

[0030] 该伺服阀工作过程中，未进入接收孔的泄漏油液沿图 1 中箭头方向流入线圈骨架和热补偿衬罩之间间隙以对线圈骨架和热补偿罩进行冷却，并沿箭头方向流入伺服阀外的冷却器后流回油箱。

[0031] 超磁致伸缩棒预压力施加与伺服阀零位调节 ：如图 1，3 所示，超磁致伸缩棒 3 与输出滑块 2 直接接触，输出滑块 2 通过预压弹簧 13 压在右端盖上，预压弹簧选择蝶形弹簧，该弹簧通过计算选择满足预压力大小要求，同时尺寸较小，方便安装于输出滑块于右端盖之

间；调零时由引磁杆 8 一端旋转，另一端六角螺头作用于热补偿滑块内六角槽内带动热补偿滑块 6 转动，热补偿滑块 6 的转动通过热补偿滑块 6 与热补偿罩 4 的细牙螺纹连接，又由于热补偿罩一端固定于右端盖上，故热补偿滑块的转动带动超磁致伸缩棒轴向向右移动，超磁致伸缩棒的轴向移动驱动输出滑块轴向移动从而调节至某一确定位置，保证其处于中位。如图 2 所示，调节过程中由于输出滑块 2 与右端盖 15 通过平键 1 连接，该平键上半部分通过过盈配合与右端盖连接，下半部分通过间隙配合与输出滑块连接，这样即可保证输出滑块在轴向的自由运动，又可限制输出滑块的周向转动，从而保证输出滑块在长时间频繁工作后配油的精度问题。

[0032] 超磁致伸缩执行器冷却方法：如图 1 所示，射流管射出的压力油经过输出滑块小圆柱端的配流锥形孔后，未流入接收孔的压力油经图 1 所示箭头方向流动，经过热补偿罩与线圈骨架之间的间隙后从伺服阀后端盖泄油口流出，然后经阀外冷却器最终流入油箱，此油液循环过程中由于油液与热补偿罩和线圈骨架充分接触，因此可带走线圈发热和超磁致伸缩棒发热传递的热量，达到冷却的目的。

[0033] 超磁致伸缩执行器热补偿方法：如图 1 所示，热补偿罩固定端固定于右端盖，膨胀端通过细牙螺纹与热补偿滑块连接，热补偿滑块内六角槽中插入引磁杆并可在引磁杆上轴向滑动，热补偿罩采用导磁率小于 1.03 的不锈钢，其热膨胀系数与超磁致伸缩棒热膨胀系数相当，同时其导热性能非常好，当超磁致伸缩棒温度上升时，其热量很快传至热补偿罩，热补偿罩 4 由于固定端固定，只能向膨胀端产生热膨胀，此时超磁致伸缩棒 3 与热补偿滑块 3 之间产生间隙，此间隙很快被预压弹簧 13 作用下推动超磁致伸缩棒反方向移动后消除，而在此时超磁致伸缩棒也产生热膨胀，由于热补偿罩的膨胀系数和其长度经过设计可保证超磁致伸缩棒热膨胀量与热补偿罩膨胀量相等，这样可保证温度上升后对超磁致伸缩棒位移量没有影响从而保证执行器输出位移不受热变形的影响，提高了超磁致伸缩执行器和伺服阀的精度。

[0034] 超磁致伸缩执行器闭合磁路与磁场均匀化方法：超磁致伸缩棒执行器工作时需要闭合磁路，并且在超磁致伸缩棒内的磁场分布尽可能均匀，这样可以最大程度的发挥超磁致伸缩棒的工作性能，本发明中闭合磁路通过左右端盖、连接螺栓、引磁杆、热补偿滑块、超磁致伸缩棒、输出滑块构成，除超磁致伸缩棒外，其余零件材料均选用导磁性能好的金属材料从而保证磁路闭合以及漏磁小。结构上超磁致伸缩棒轴向尺寸小于驱动磁场的轴向尺寸，这样可保证经过超磁致伸缩棒内的磁场均匀。

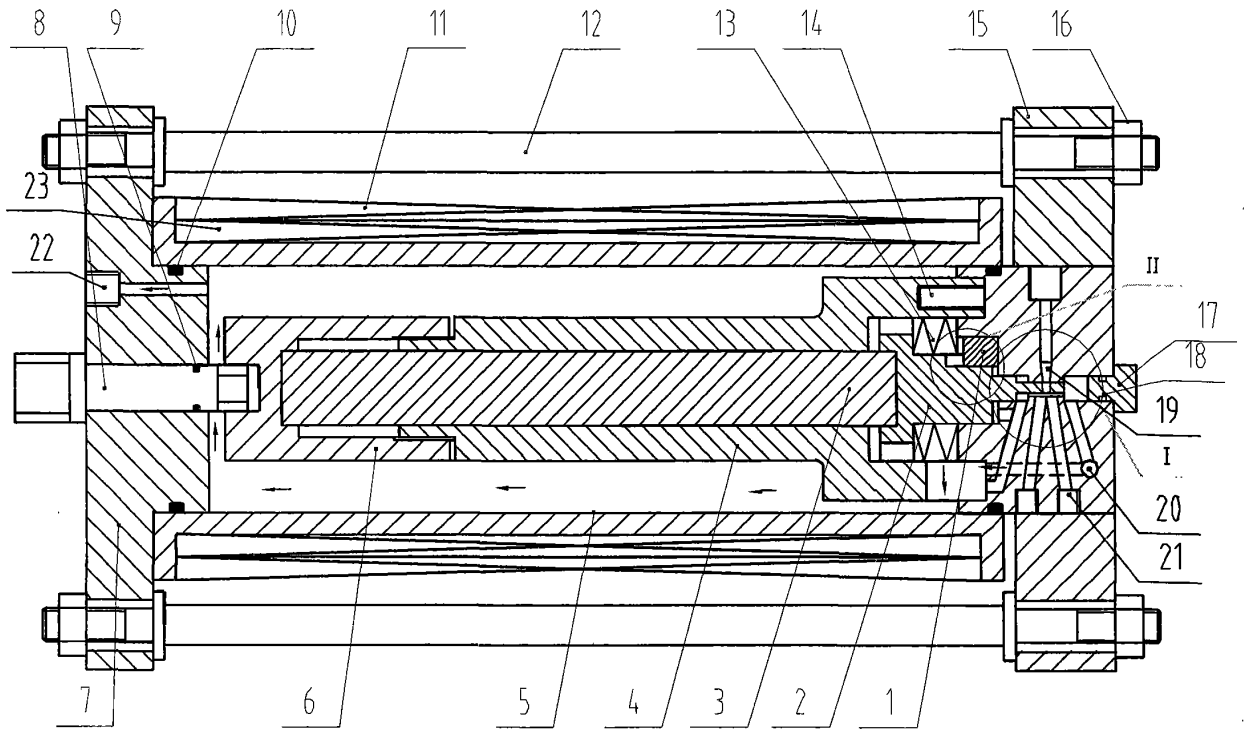


图 1

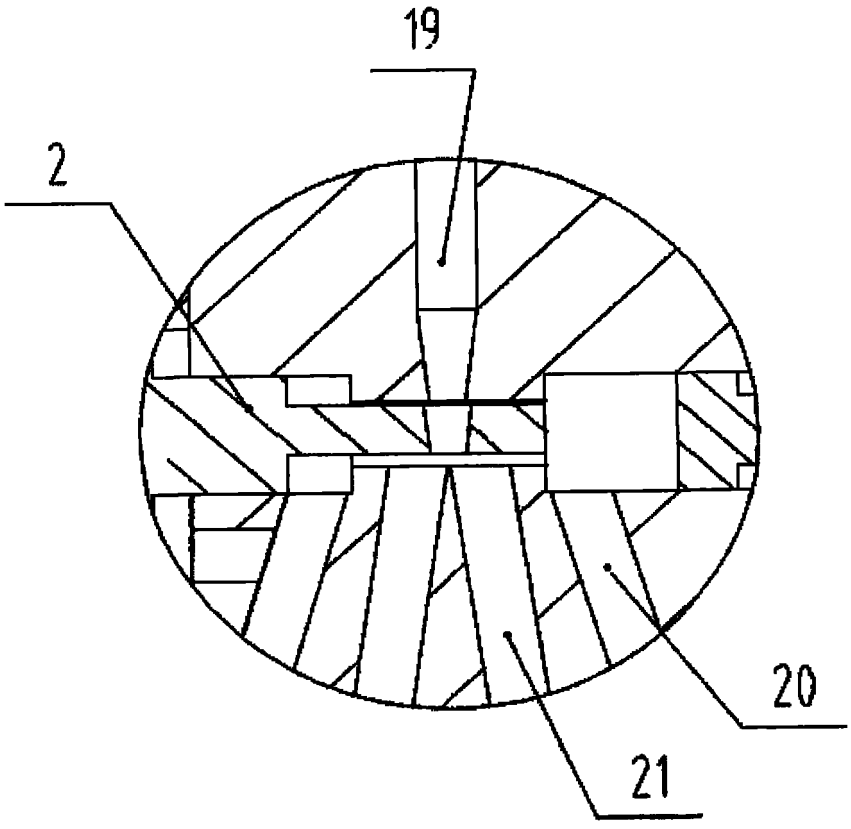


图 2

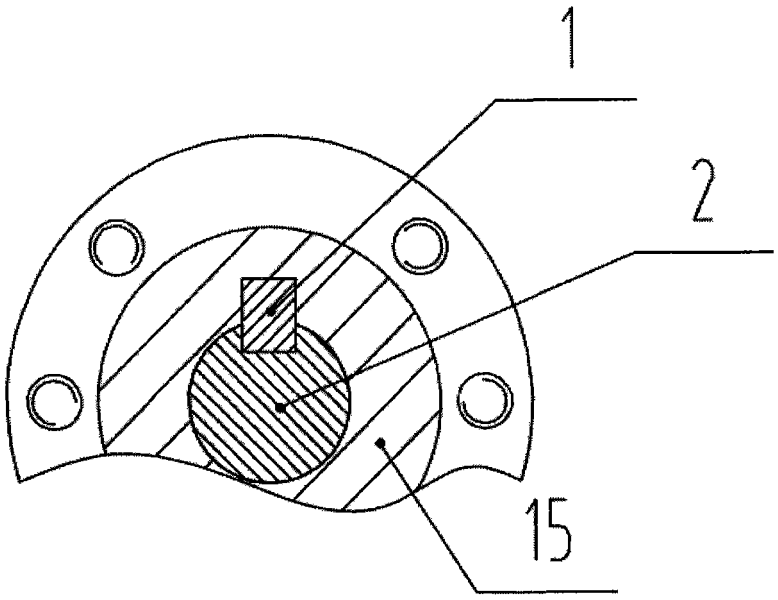


图 3