



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103291578 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201310162260. 4

3 页, 附图 1 — 2.

(22) 申请日 2013. 05. 06

US 2002/0039060 A1, 2002. 04. 04,

US 2004/0079815 A1, 2004. 04. 29,

(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

审查员 高阳

(72) 发明人 朱玉川 陈龙 李跃松 文元江
郝圣桥 丁建军 田一松 牛世勇
杨旭磊 蒋鑫 唐宏波 陈柏
李成刚 吴洪涛

(74) 专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237
代理人 贺翔

(51) Int. Cl.

F04B 17/00(2006. 01)

H02N 2/04(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 103032296 A, 2013. 04. 10, 说明书第 8、
15 — 16 段, 附图 1 — 2.

CN 201075848 Y, 2008. 06. 18, 说明书第 2 —

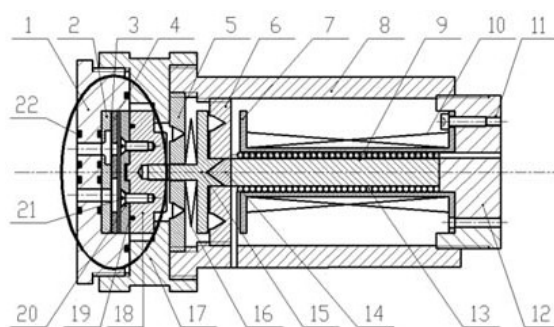
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

超磁致伸缩液压泵及其工作方法

(57) 摘要

本发明涉及一种超磁致伸缩液压泵及其工作方法, 属液压控制技术领域。超磁致伸缩电-机转换器由底座(12)、外罩(8)、端盖(5)、预压力碟簧(16)、导磁块(6)、冷却管(13)、线圈骨架(7)、偏置磁场与驱动磁场的发生单元(10)、超磁致伸缩棒(9)、顶针(14)、输出杆(15)组成。液压泵头包括泵罩(17)和泵盖(1)、还包括述柱塞组件和阀体。本发明预压力施加与调节方便且不易扭断超磁致伸缩棒、单向阀阀片响应快流阻小、超磁致伸缩棒的温升能够有效控制。



1. 一种超磁致伸缩泵,包括超磁致伸缩电-机转换器和液压泵头,其特征在于:

上述超磁致伸缩电-机转换器由底座(12)、外罩(8)、端盖(5)、预压力碟簧(16)、导磁块(6)、冷却管(13)、线圈骨架(7)、偏置磁场与驱动磁场的发生单元(10)、超磁致伸缩棒(9)、顶针(14)、输出杆(15)组成;其中底座(12)固定于外罩(8)第一端,端盖(5)和导磁块(6)安装于外罩(8)的第二端,端盖(5)与外罩为螺纹连接,线圈骨架(7)安装于外罩(8)内并与底座(12)相固定,偏置磁场与驱动磁场的发生单元(10)安装于线圈骨架(7)上,超磁致伸缩棒(9)安装于线圈骨架(7)内,冷却管(13)绕于超磁致伸缩棒(9)与线圈骨架(7)之间,超磁致伸缩棒(9)与底座(12)接触一端为磁致固定端,另一端为磁致输出端;超磁致伸缩棒(9)的磁致输出端经过顶针(14)与输出杆(15)的始端相连,输出杆(15)的末端伸出端盖(5),输出杆(15)具有凸台,预压力碟簧(16)位于该凸台与端盖(5)之间;上述顶针(14)与超磁致伸缩棒(9)为面接触,与输出杆(15)为锥形点接触;

液压泵头包括泵罩(17)和泵盖(1)、还包括柱塞组件和阀体;上述柱塞组件包括安装于输出杆(15)的末端的外活塞(18)、固定于外活塞(18)上的内活塞(20),位于外活塞(18)和内活塞(20)之间的弹性膜片(19);上述阀体包括外阀座(2)和内阀座(4);外阀座(2)和内阀座(4)的吸油口处设有吸油单向阀片(24)、外阀座(2)和内阀座(4)的排油口处设有排油单向阀片(25);

上述吸油单向阀片(24)与排油单向阀片(25)在一块弹性膜片上加工成一体;上述吸油单向阀片(24)与排油单向阀片(25)的末端均为圆弧状结构。

2. 根据权利要求1所述的超磁致伸缩泵,其特征在于:上述偏置磁场与驱动磁场的发生单元(10)为同一线圈或不同线圈。

3. 根据权利要求1所述的超磁致伸缩泵,其特征在于:

上述冷却管(13)的进液口位于导磁块(6)一侧,出液口位于底座(12)一侧。

超磁致伸缩液压泵及其工作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超磁致伸缩液压泵及其工作方法,属液压控制技术领域。

背景技术

[0002] 稀土超磁致伸缩材料 (Giant Magnetostriptive Material, 简称为 GMM) 是继稀土永磁, 稀土磁光 and 稀土高温超导材料之后的又一种重要的新型功能材料, 被誉为 21 世纪战略性高科技功能材料。能有效的实现电磁能—机械能的可逆转化, 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。超磁致伸缩泵 (Giant Magnetostrictive Pump, 简称为 GMP) 是基于 GMM 的新型液压泵, 相比其他压电、电致伸缩等智能材料驱动的液压泵而言具有响应快、输出压力大、能量转换密度高、工作频宽大等显著优点。

[0003] 文献 1 (Anirban Chaudhuri, Jim-Hyeong Yoo and Norman M Wereley. Design, test and model of a hybrid magnetostrictive hydraulic actuator. Smart Materials and Structures, 2009, 18(8): 5085019(21 pages)) 所述, 提出了一种由超磁致伸缩棒驱动的液压泵。当驱动线圈通入一定电流引起磁场变化, GMM 棒将会产生一定的伸缩位移, 推动导磁块与输出杆往复运动, 从而带动与输出杆通过螺纹连接的柱塞往复运动, 进而实现油液吸排。预压力机构是由前端盖, 碟簧, 输出杆等组成, 作用是给 GMM 棒一定的预压力。泵的吸油与排油通道装有悬臂梁式被动阀, 从而实现吸排油时油液的单向流动。

[0004] 但是该液压泵实现方案存在以下缺陷:

[0005] (1) 该液压泵虽然考虑了对 GMM 棒施加预压力, 但是由于导磁块直接套在 GMM 棒顶端, 而 GMM 棒是脆性材料, 调节预压力时可能因为碟簧与输出杆之间的摩擦力会给 GMM 棒施加一定的扭矩, 从而导致 GMM 棒易被扭断。

[0006] (2) 该液压泵虽然也考虑了用悬臂梁式被动阀控制液体的单向流动, 但是其阀片采用方形结构, 在液体推开阀片从阀片末端流过时, 阀片末端对流体阻力较大, 不利于流体顺畅流动。

[0007] (3) 该液压泵未考虑到通电线圈的发热对泵的输出性能影响, 线圈发热将会导致超磁致伸缩棒的温度升高, 从而导致棒的膨胀, 温度过高将会严重影响超磁致伸缩棒的性能, 进而影响泵的工作性能。

[0008] 文献 2 (超磁致伸缩棒驱动膜式微泵, 卢全国, 国家发明专利, 专利申请号: 200610019985.8) 公开了一种由超磁致伸缩棒驱动膜式微泵的结构形式。当驱动线圈通入一定电流引起磁场变化, GMM 棒将会产生一定的伸缩位移, 推动顶盘与柔性铰链位移放大机构往复运动实现位移放大, 从而推动膜片上下往复弯曲实现泵腔容积变化, 进而实现吸排油。弹簧与泵盖组成预压机构, 作用是给 GMM 棒一定的预压力。进出口阀是装有悬臂梁式被动阀片的锥形阀, 保证吸排油时油液的单向流动。偏置磁场由安装在线圈骨架上下端的永磁铁提供。

[0009] 但该泵的实现方案存在以下缺陷:

[0010] (1) 偏置磁场由永磁体提供, 磁场的非线性较大, 偏置磁场不可调;

[0011] (2) 超磁致伸缩棒预压力调节不便。

[0012] 综上所述,在现有超磁致伸缩微泵中,存在 GMM 棒轴向预压力调节不便,棒易被扭断和被动阀片流阻较大,通电线圈发热严重,GMM 棒的温度无法有效控制等缺点。

[0013] 本发明将着眼于超磁致伸缩泵的设计,并提供一种超磁致伸缩泵驱动方式及实现措施。超磁致伸缩柱塞泵整体结构具有结构简单紧凑、响应快、工作频宽大、GMM 棒温升小等优点;单线圈驱动方式即将驱动电流和偏置电流同时输入到同一线圈中,线圈既提供驱动磁场又提供偏执磁场,该新型驱动方式具有驱动部分结构紧凑,磁场大小调节方便,体积小等优点;超磁致伸缩泵中的 GMM 棒通过与外罩螺纹连接的前端盖、碟簧、输出杆以及与输出杆锥形接触的顶针对其施加预压力,调节预压力时不会对 GMM 棒产生扭矩;冷却液在内侧绕在超磁致伸缩棒上,外侧紧贴线圈骨架内壁的冷却管中流通,通过该冷却方法能够对超磁致伸缩棒起到隔热降温的作用。

发明内容

[0014] 本发明的目的在于提供一种预压力施加与调节方便且不易扭断超磁致伸缩棒、单向阀阀片响应快流阻小、超磁致伸缩棒的温升能够有效控制的超磁致伸缩液压泵及其工作方法。

[0015] 一种超磁致伸缩泵,包括超磁致伸缩电-机转换器和液压泵头,其特征在于:其特征在于:上述超磁致伸缩电-机转换器由底座、外罩、端盖、预压力碟簧、导磁块、冷却管、线圈骨架、偏置磁场与驱动磁场的发生单元、超磁致伸缩棒、顶针、输出杆组成;其中底座固定于外罩第一端,端盖和导磁块安装于外罩的第二端,端盖与外罩为螺纹连接,线圈骨架安装于外罩内并与底座相固定,偏置磁场与驱动磁场的发生单元安装于线圈骨架上,超磁致伸缩棒安装于线圈骨架内,冷却管绕于超磁致伸缩棒与线圈骨架之间,超磁致伸缩棒与底座接触一端为磁致固定端,另一端为磁致输出端;超磁致伸缩棒的磁致输出端经过顶针与输出杆的始端相连,输出杆的末端伸出端盖,输出杆具有凸台,预压力碟簧位于该凸台与端盖之间;上述顶针与超磁致伸缩棒为面接触,与输出杆为锥形点接触;

[0016] 液压泵头包括泵罩和泵盖、还包括述柱塞组件和阀体;上述柱塞组件包括安装于输出杆的末端的外活塞、固定于外活塞上的内活塞,位于外活塞和内活塞之间的弹性膜片;上述阀体包括外阀座和内阀座;外阀座和内阀座的吸油口处设有吸油单向阀片、外阀座和内阀座的排油口处设有排油单向阀片。

[0017] 所述的超磁致伸缩驱动电-机转换器的工作方法,其特征在于包括以下过程:

[0018] 预紧力施加过程:机械调节时,旋转端盖,端盖通过压缩预压力碟簧对输出杆施加预压力,输出杆受到的预压力通过顶针传递给超磁致伸缩棒完成对超磁致伸缩棒预压力的施加;

[0019] 磁致位移输出过程:偏置信号在偏置磁场与驱动磁场的发生单元中产生偏置磁场以保证超磁致伸缩棒工作在预设的静压力状态下,并使其工作在线性区域,以消除倍频现象,产生预伸长量;驱动信号在偏置磁场与驱动磁场的发生单中产生驱动磁场,使超磁致伸缩棒磁化并产生磁致伸缩,在偏置磁场与驱动磁场共同作用下,使超磁致伸缩棒产生磁致位移输出;

[0020] 泵腔吸油排油过程:上述超磁致伸缩棒产生磁致伸缩的同时推动顶针,进而推动

输出杆以及柱塞做往复运动；当输出杆向柱塞方向移动时，柱塞压缩泵腔，弹性膜片向泵腔方向弯曲，泵腔容积减小，在压力作用下，排油单向阀片被油液推开，泵腔排油；输出杆背离柱塞方向移动时，输出杆在预压力碟簧的弹性力作用下向背离柱塞方向运动，与输出杆连接的柱塞在输出杆的拉力作用也一起运动，泵腔容积增大，产生局部真空，在大气压或蓄能器压力作用下，吸油单向阀片被外部油液推开，泵腔吸油；

[0021] 冷却过程：当冷却液从冷却管入口进入，在冷却管中沿着超磁致伸缩棒环流，最后从出口流出，流动过程中将从线圈骨架内壁以及超磁致伸缩棒上吸热并带走热量，从而有效控制超磁致伸缩棒的温度，避免超磁致伸缩棒因为温度过高而导致的输出性能下降。

[0022] 本发明提供了一种新型超磁致伸缩泵结构，区别于传统的膜式液压泵，该新型液压泵采用超磁致伸缩执行器驱动，较传统的膜式液压泵的驱动方式而言具有输出力大，响应速度快，工作频宽大等优点；区别于现有的超磁致伸缩棒驱动的液压泵，该新型液压泵输出杆与顶针锥形接触具有预压力调节方便，不易扭断超磁致伸缩棒，超磁致伸缩棒的温度不易升高等优点；另外该新型液压泵单向阀阀片末端加工成弧形具有流阻小等优点。

[0023] 本发明采用旋转端盖进行机械式预压力施加调节，同时还可采用偏置信号电子调节预压力以及机械电子复合式预压力调节，具有调节范围宽，调节方便，调节精度高的优点。采用在输出杆与超磁致伸缩棒之间加一与输出杆底端锥形接触的顶针，避免预压力调节时因为碟簧与输出杆之间的摩擦力而对超磁致伸缩棒产生扭矩导致棒被扭断。通过机械调节和/或电子调节方式进行预压力施加调节：电子调节时，由调节线圈输入的偏置电流大小与方向来调节偏置磁场的大小和方向，进而调节输出杆初始位移及预压碟簧预压力；机械与电子复合调节时：首先采用上述调节方式对超磁致伸缩棒施加一定预压力，然后调节线圈输入的偏置电流大小与方向来精细调节偏置磁场大小和方向，进而精细调节超磁致伸缩棒的预压力。

[0024] 传统的膜式液压泵其活塞是直接压在弹性膜片上，接触不完全，弹性膜片受力不均匀，而本发明是将弹性膜片夹在两活塞中间，并通过螺钉连成一体，能够保证活塞面与膜片完全接触，弹性膜片受力均匀。

[0025] 现有的超磁致伸缩液压泵未考虑通电线圈发热导致的超磁致伸缩棒温度过高而对泵的工作性能的严重影响，本发明在线圈骨架与超磁致伸缩棒之间紧密缠绕了冷却管，泵工作时冷却液在冷却管中流通将有效吸收并带走热量，从而有效控制棒的温升，保证泵的工作性能稳定。

[0026] 上述吸油口阀片与排油口阀片在一块弹性膜片上加工成一体，结构比较简单。

[0027] 上述吸油口阀片与排油口阀片的末端可以为圆弧状结构。现有的超磁致伸缩液压泵其悬臂梁式单向阀阀片活动端是方形的，流体推开阀片流动时所受到的阀片末端阻力相对较大，本发明将阀片末端加工成圆弧状，可有效减小阀片末端对流体阻力。

[0028] 所述偏置磁场与驱动磁场的发生单元可以为同一线圈，调节通入线圈的偏置电流产生可调偏置磁场，保证超磁致伸缩棒工作在预设的静态压力状态下，并使其工作在线性区域，以消除倍频现象，产生预伸长量。驱动电流通入线圈使超磁致伸缩棒磁化并产生磁致伸缩。采用对同一线圈分别通入驱动信号电流和偏置信号电流的驱动方式，即偏置磁场与驱动磁场由输入同一线圈的不同信号电流产生，该方式较不同线圈分别驱动具有驱动结构紧凑，线圈匝数少，发热小，的优点，同时，较永磁铁与驱动线圈驱动而言，具有结构紧

凑,偏置磁场可调,且可以避免永磁铁的漏磁与退磁的缺点。

[0029] 上述冷却管的进液口位于导磁块一侧,出液口位于底座一侧。

附图说明

[0030] 图 1 为超磁致伸缩泵结构原理图;

[0031] 图 2 为悬臂梁式单向阀阀片结构原理图;

[0032] 图 3 为泵头吸排油工作原理图;

[0033] 图中标号名称:1、泵盖,2、外阀座,3、阀片,4、内阀座,5、端盖,6、导磁块,7、线圈骨架,8、外罩,9、超磁致伸缩棒,10、偏置磁场与驱动磁场的发生单元,11、连接螺钉,12、底座,13、冷却管,14、顶针,15、输出杆,16、预压力碟簧,17、泵罩,18、外活塞,19、弹性膜片,20、内活塞,21、O 型密封圈,22、十字槽沉头连接螺钉,23、泵腔,24、吸油单向阀片,25、排油单向阀片。

具体实施方式

[0034] 如图 1,2,3 所示,一种新型超磁致伸缩泵包括超磁致伸缩电—机转换器及液压泵头,其特征在于:

[0035] 上述超磁致伸缩电—机转换器包括外罩 8、安装于外罩左端的端盖 5、安装于外罩右端的底座 12、安装于左端盖内的输出杆 15,安装外罩内靠左一侧且在输出杆右端的导磁块 6、安装于外罩内右端与底座固定的线圈骨架 7、线圈骨架上安装有磁场发生(驱动兼偏置)单元 10。

[0036] 还包括安装于线圈骨架内的超磁致伸缩棒 9 以及紧绕在超磁致伸缩棒上的冷却管 13,超磁致伸缩棒 9 与底座 12 接触一侧为磁致固定端,靠近导磁块 6 一侧为磁致输出端,磁致输出端通过顶针 14 推动输出杆 15 以及柱塞往复运动,输出杆与端盖之间安装有预压力碟簧 16;冷却管 13 在导磁块 6 与线圈骨架 7 左端之间的管道为入口管道,右端接在底座 12 通孔上的管道为出口管道。

[0037] 上述端盖 5 与外罩 8 左端内侧螺纹连接,底座 12 通过螺纹方式安装于外罩 8 右端,线圈骨架 7 与底座 12 通过螺钉 11 连接,导磁块 6 与外罩 8 内侧螺纹连接,输出杆 15 右端与导磁块 6 中心圆柱通孔间隙配合;顶针 14 右端与超磁致伸缩棒 9 左端面接触,顶针 14 左端伸入输出杆 15 右端锥形孔中;冷却管 13 内侧绕在超磁致伸缩棒 9 上,外侧紧贴在线圈骨架 7 内壁。

[0038] 上述输出杆 15 与顶针 14 同时起引磁作用。

[0039] 上述液压泵头包括安装在外罩 8 左端的泵罩 17,安装于泵罩左端的泵盖 1,安装于泵罩 17 内的柱塞组件,安装于泵盖内的阀组件。

[0040] 上述柱塞组件包括弹性膜片 19、安装在弹性膜片左侧的内活塞 20 与右侧的外活塞 18。

[0041] 上述阀体由左向右依次由外阀座 2、阀片 3、内阀座 4。

[0042] 所述泵罩 17 右端与外罩 8 左端固定连接,泵罩 17 左端与泵盖 1 右端固定连接;弹性膜片 19 夹在内外活塞中间,并通过十字槽螺钉 21 与内外活塞连接成一体,外活塞 18 与输出杆 15 固定连接;外阀座 2 与内阀座 4 以及阀片 3 通过十字槽螺钉连接成一体并安装在

泵盖内孔底面。

[0043] 如图 1,2,3 所示新型的超磁致伸缩泵提供了一种新型结构形式,并提供了新型驱动及工作方式以及解决超磁致伸缩棒的预压力施加与调节、减少阀片流阻、有效控制超磁致伸缩棒温升的新方法。具体如下所述:

[0044] 超磁致伸缩柱塞泵工作原理:如图 1 与图 3 所示,偏置直流信号电流通入线圈中产生一定的偏置磁场,保证磁致伸缩棒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;驱动交流信号电流通入线圈,使超磁致伸缩棒磁化并产生磁致伸缩,超磁致伸缩棒推动顶针从而驱动输出杆乃至柱塞。当输出杆向左移动时,柱塞压缩泵腔,泵腔容积减小,在压力作用下,排油单向阀的阀片被油液推开(此时吸油阀关闭),泵腔排油;输出杆右移时,输出杆在碟簧的弹性力作用下向右运动,与输出杆连接的柱塞在输出杆的拉力作用下向右运动,泵腔容积增大,产生局部真空,在大气压作用下,吸油单向阀阀片被外部油液推开,泵腔吸油(此时排油阀关闭)。

[0045] 超磁致伸缩棒预压力施加与调节:如图 1 所示,通过机械调节和/或电子调节方式进行预压力施加和调节:机械调节时,旋转端盖通过碟簧对输出杆施加压力,输出杆将压力传递给顶针,通过顶针给超磁致伸缩棒施加预压力;电子调节时,通过改变偏置电流大小与方向来调节偏置磁场的大小和方向,进而调节输出杆初始位移及预压力碟簧的预压力。

[0046] 减少阀片对流体的阻力方法:如图 2 以及图 3 所示,当流体推开阀片时,流体从阀片末端流过,方形阀片对流体阻力较大,将方形阀片加工成如图 2 所示的半圆弧状阀片可有效减小流阻。

[0047] 控制超磁致伸缩棒温升方法:如图 1 所示,当泵工作时,冷却液将从导磁块与线圈骨架左端之间的冷却管入口进入,然后在冷却管中沿着超磁致伸缩棒环形流动,最终从右端冷却管出口通过底座内部通孔流出。因为冷却管内侧紧密缠绕在超磁致伸缩棒上,外侧紧贴在线圈骨架内壁,所以流动过程中可以充分吸收并带走通电线圈向内侧传导的热量,对超磁致伸缩棒起到隔热降温的作用,有效控制棒的温升。

[0048] 超磁致伸缩柱塞泵闭合磁路与磁场均匀化方法:超磁致伸缩柱塞泵工作时需要闭合磁路,并且在超磁致伸缩棒内的磁场尽可能均匀,这样可以最大程度的发挥超磁致伸缩棒的性能。本发明中的闭合磁路由底座、超磁致伸缩棒、导磁块、外罩构成;除超磁致伸缩棒外,其余材料均选用导磁材料性能良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略小于驱动磁场的轴向尺寸,这样可以保证经过超频磁致伸缩棒内的磁场均匀。

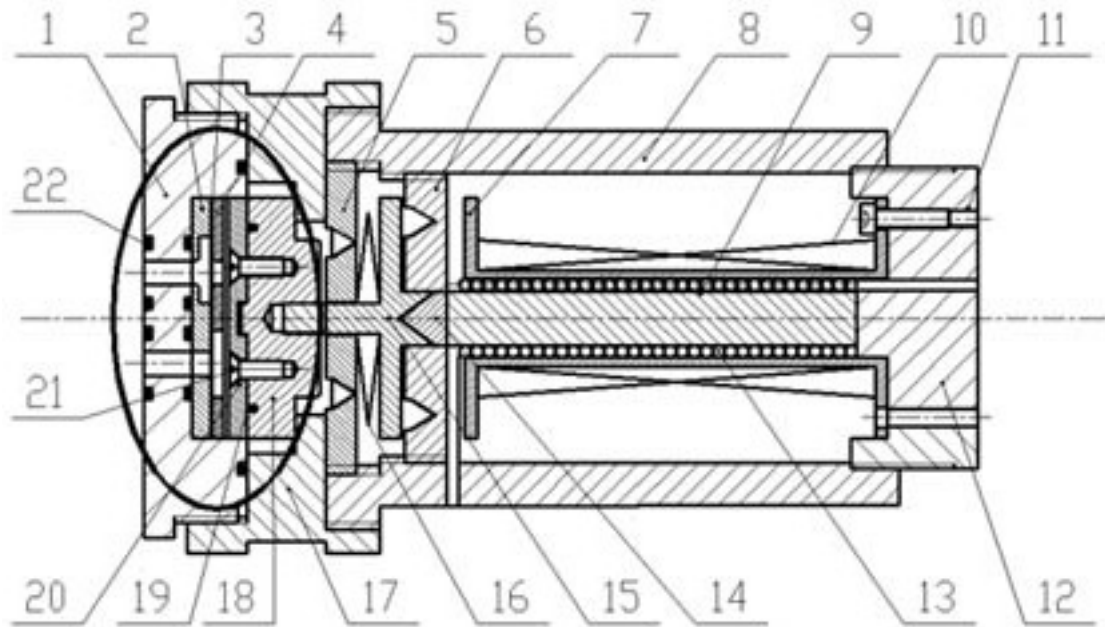


图 1

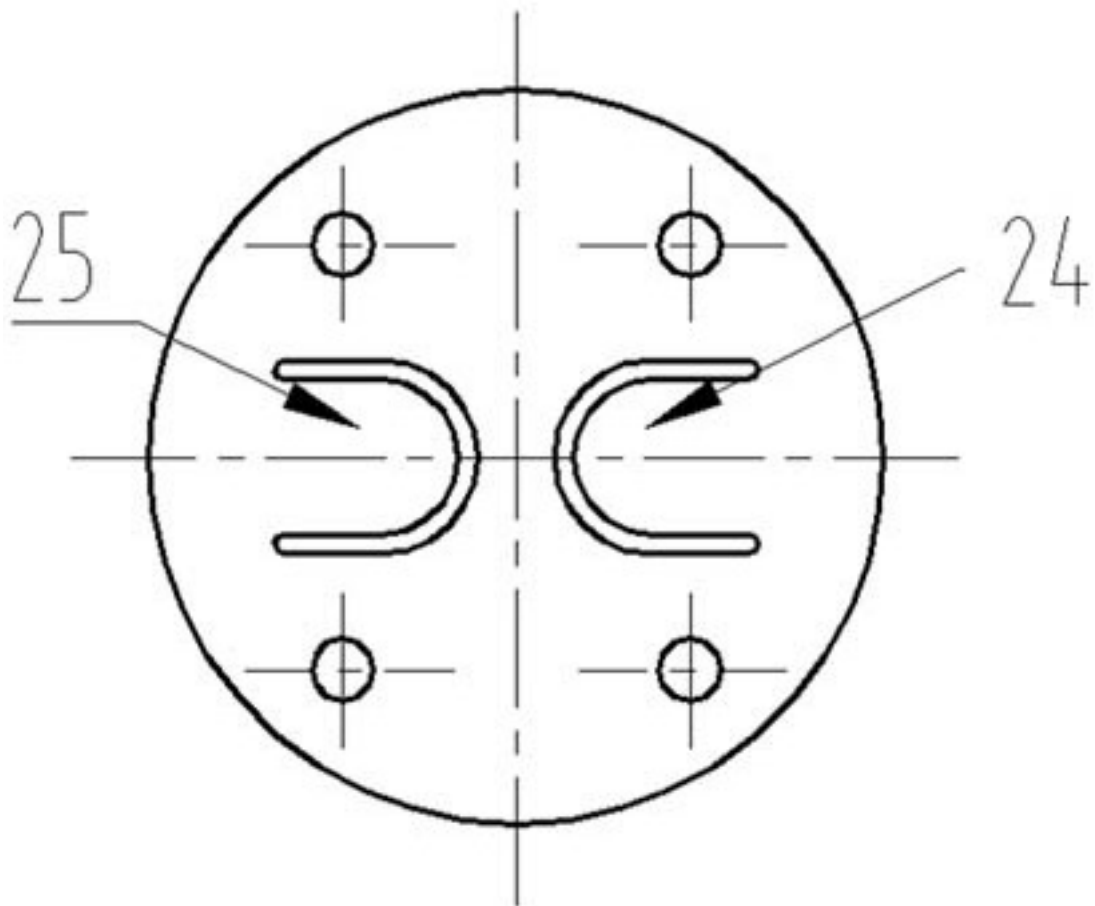


图 2

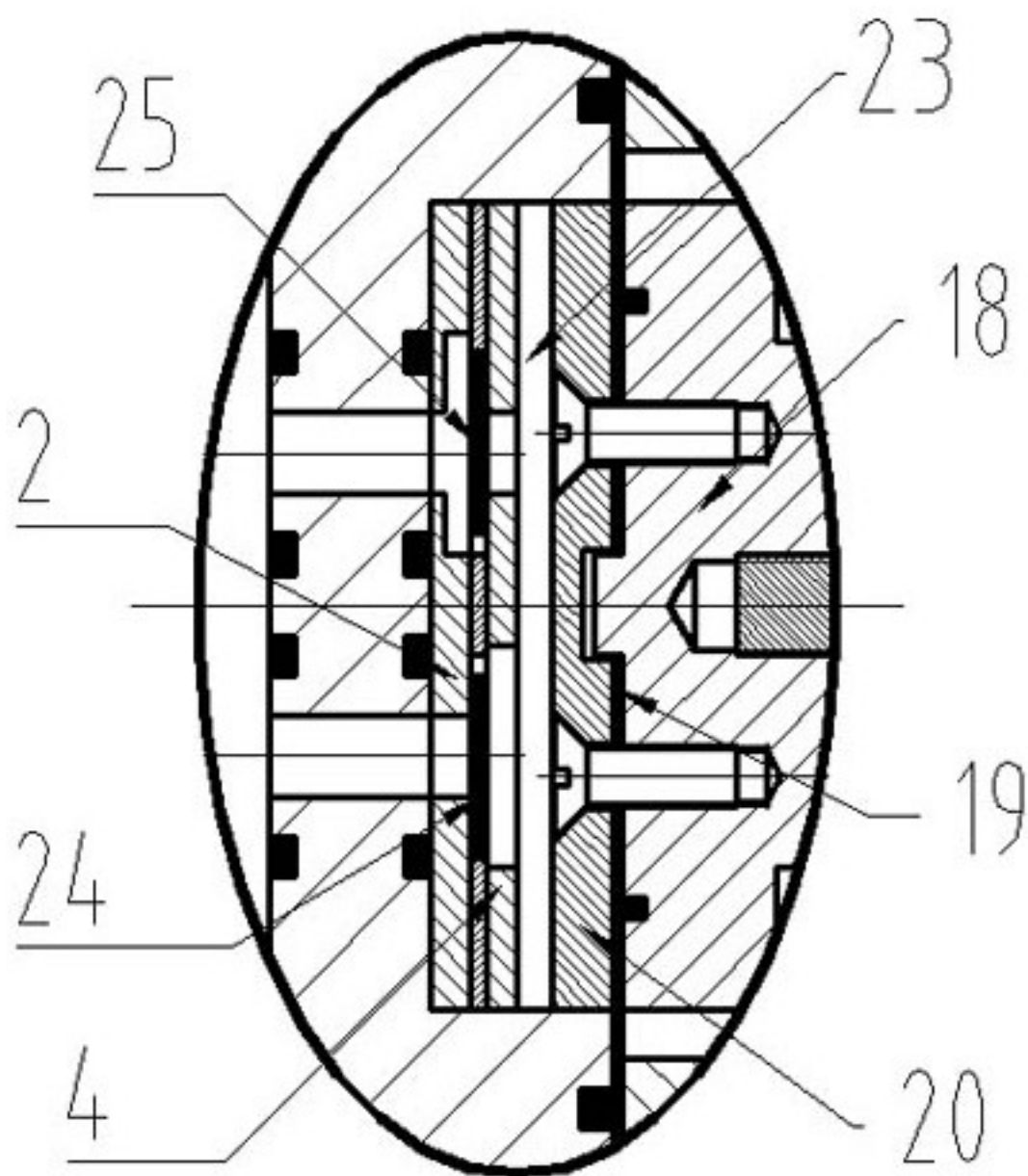


图 3