



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102242744 B

(45) 授权公告日 2014. 01. 29

(21) 申请号 201110191999. 9

JP 4262056 A, 1992. 09. 17,

(22) 申请日 2011. 07. 11

李跃松等. 电液伺服阀的研究现状. 《航空兵器》. (第 06 期),

(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

李跃松等. 射流伺服阀用超磁致伸缩执行器
磁场建模与分析. 《兵工学报》. (第 12 期),

审查员 蒋金燕

(72) 发明人 朱玉川 李跃松 鲍和云 成奇峰

(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 叶连生

(51) Int. Cl.

F15B 13/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201531479 U, 2010. 07. 21,

CN 101701643 A, 2010. 05. 05,

CN 101576101 A, 2009. 11. 11,

CN 201110285 Y, 2008. 09. 03,

CN 200968336 Y, 2007. 10. 31,

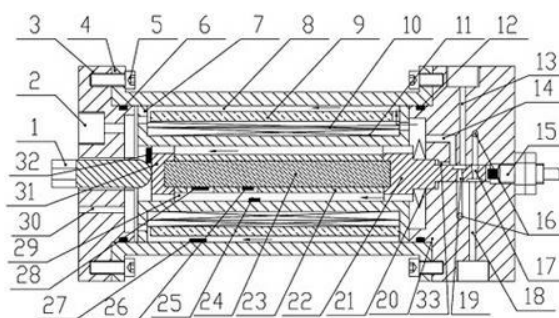
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀及工作方法

(57) 摘要

一种双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀及工作方法, 属于液压伺服控制技术领域。包括左端盖(3)、右端盖(20)、超磁致伸缩棒(24)、线圈骨架(7)、偏置磁场发生单元、驱动磁场发生单元、输出杆(22)、预压弹簧(21); 上述输出杆(22) 与右端盖(20) 构成射流液压放大器。该新型射流伺服阀具有独立分布双喷嘴与双接受器, 可实现单喷嘴双接收器射流伺服阀无法实现的双接受器相切配置或相交配置。同时该射流伺服阀采用新型超磁致伸缩执行器驱动, 从而具有响应快, 压力灵敏度高优点, 同时其驱动部分采用永磁双线圈驱动, 具有受热影响较小, 偏置磁场可调, 伺服阀零位可微调等显著特点。



1. 一种双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀,包括超磁致伸缩电-机转换器及双喷嘴式射流液压放大器,其特征在于:

上述超磁致伸缩电-机转换器包括外罩(4)、安装于外罩两端的左端盖(3)和右端盖(20)、安装于外罩(4)内的线圈骨架(7),线圈骨架(7)一端与右端盖(20)固定,另一端与左端盖(3)留有间隙;线圈骨架(7)上安装有偏置磁场发生单元和驱动磁场发生单元;

还包括安装于线圈骨架(7)内的超磁致伸缩棒(24),超磁致伸缩棒(24)靠近左端盖(3)一侧为磁致固定端,磁致固定端安装有滑块(31),靠近右端盖一侧为磁致输出端,磁致输出端通过输出杆(22)向外输出位移,输出杆(22)与右端盖之间安装有预压弹簧(21);左端盖(3)通过螺纹方式安装有调节螺钉(1),调节螺钉伸入线圈骨架(7)并与上述滑块(31)接触;

上述线圈骨架(7)与超磁致伸缩棒(24)之间留有内腔隙油道(29),上述外罩(4)与偏置磁场发生单元之间留有与内腔隙油道(29)相通的外腔隙油道(8);右端盖(20)设有进油口(16),左端盖(3)上设有泄油口(2)和线缆出口(30);

上述外罩(4)的热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒(24)的热膨胀系数与其长度乘积;

上述输出杆(22)与右端盖(20)构成双喷嘴式射流液压放大器;输出杆(22)上设有第一喷嘴(19)和第二喷嘴(17),右端盖(20)上设有分别与第一喷嘴(19)、第二喷嘴(17)对应的第一接受器(13)、第二接受器(18);第一接受器(13)的中心线在第一喷嘴(19)中心线外侧,第二接受器(18)的中心线在第二喷嘴(17)中心线内侧。

2. 根据权利要求1所述的双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀,其特征在于:第一接受器(13)与第二接受器(18)可实现等效相切配置,即上述第一接受器(13)的中心线与第一喷嘴(19)中心线距离等于第一接受器(13)半径,第二接受器(18)的中心线与第二喷嘴(17)中心线距离等于第二接受器(18)半径,且第一接受器(13)半径等于第二接受器(18)半径。

3. 根据权利要求1所述的双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀,其特征在于:第一接受器(13)与第二接受器(18)可实现等效相交配置,即上述第一接受器(13)的中心线与第一喷嘴(19)中心线距离小于第一接受器(13)半径,第二接受器(18)的中心线与第二喷嘴(17)中心线距离小于第二接受器(18)半径,且第一接受器(13)半径等于第二接受器(18)半径。

4. 根据权利要求1所述的双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀,其特征在于:上述偏置磁场发生单元为偏置调节线圈(10)或永磁体(9);上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(11)。

5. 根据权利要求1所述的双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀,其特征在于:上述偏置磁场发生单元为偏置调节线圈(10)和永磁体(9);上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(11)。

6. 根据权利要求5所述的双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀,其特征在于:上述驱动线圈(11)、偏置调节线圈(10)和永磁体(9)由外向内按以下顺序布置:永磁体(9)、偏置调节线圈(10)、驱动线圈(11)。

7. 根据权利要求1所述的一种双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀,其特征在于:上述滑块(31)左侧安装有霍尔元件(32),超磁致伸缩棒(24)侧面安装有内腔隙测温铂电阻(28)与变形测试应变片(26),线圈骨架(7)内侧安装有温度补偿应变片(25),外罩(4)内侧安装有外腔隙测温应变片(27)。

8. 根据权利要求1所述的双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀工作方法,其特征在于包括

以下过程：

预压力施加过程与阀零位调节：

机械调节时，调节螺钉(1)一端旋转，另一端通过滑块(31)推动超磁致伸缩棒(24)轴向运动，进而调节输出杆(22)初始位移及预压弹簧(21)的预压缩力；

磁致位移输出过程：

偏置磁场发生单元产生偏置磁场以保证超磁致伸缩棒(24)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，产生预伸长量；

驱动磁场发生单元产生驱动磁场，使超磁致伸缩棒(24)磁化并产生磁致伸缩；

热致位移补偿过程：

当超磁致伸缩棒(24)温度上升时，其热量通过外腔隙油道(8)和内腔隙油道(29)很快传至外罩(4)内侧，外罩(4)由于右端与右端盖(1)固定，左端与左端盖(3)固定，但左端盖(3)与调节螺钉(1)螺纹连接，因此外罩(4)热膨胀可以带动左端盖(3)与调节螺钉(1)一起向左移动；

调节螺钉(1)与左端盖(3)向左运动的同时，超磁致伸缩棒(38)在预压弹簧(21)的作用下实时向左端盖(3)方向运动；同时由于上述外罩(4)的热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒(24)的热膨胀系数与其长度乘积，所以超磁致伸缩棒(24)热膨胀量与外罩(4)热膨胀量相等且方向相反，故磁致输出端没有由于热膨胀产生的热致位移输出，只有磁致位移输出；

冷却与散热过程：

上述线圈骨架(7)与超磁致伸缩棒(24)之间的液体间隙充满流动液体，用于冷却线圈骨架(7)和超磁致伸缩棒(24)，同时也保证了线圈骨架(7)与超磁致伸缩棒(24)温度相等以保证热补偿的实现。

9. 根据权利要求8所述的双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀的工作方法，其特征在于：上述偏置磁场发生单元为偏置调节线圈(10)和永磁体(9)；上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(11)；

永磁体(11)产生恒定偏置磁场；偏置调节线圈(10)通入电流产生可调偏置磁场；由恒定偏置磁场和可调偏置磁场共同保证超磁致伸缩棒(24)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，产生预伸长量；驱动线圈(11)通入电流使超磁致伸缩棒(24)磁化并产生磁致伸缩。

10. 根据权利要求9所述的双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀的工作方法，其特征在于：通过机械调节方式和/或电子调节方式进行预压力施加及输出杆零位调节；电子调节时，由偏置调节线圈(10)的输入电流大小与方向的改变调节偏置磁场的大小和方向，进而调节输出杆(22)初始位移及预压弹簧(21)的预压缩力。

双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀及工作方法

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] 文献 1 (双相对置超磁致伸缩自传感力反馈二级伺服阀及控制方法,王新华,国家发明专利,专利申请号:200710178688.2)提出了一种超磁致伸缩电-机转换器驱动自传感型的二级喷嘴挡板式伺服阀。该伺服阀采用两个超磁致伸缩电-机转换器对称放置来驱动第一级阀芯,期望消除了磁致伸缩棒热膨胀对伺服阀性能的影响,采用柔性铰链放大机构对超磁致伸缩电-机转换器的输出位移进行了放大。超磁致伸缩电-机转换器采用双线圈驱动的方式,一组线圈为偏置线圈提供偏置磁场,一组线圈为驱动线圈,提供驱动磁场。

[0004] 此种超磁致伸缩电-机转换器存在几处缺陷:采用两个超磁致伸缩电-机转换器驱动,增加了结构复杂性、驱动的复杂性;需保证两个超磁致伸缩棒温度相等,热膨胀量才能相等,才能保证伺服阀受温度影响较小;采用通电线圈产生偏置磁场,由于偏置磁场强度在伺服阀工作时要求不变且偏置磁场强度较大,因此偏置线圈发热严重,且未进行冷却系统设计,不但造成能量损耗,而且会使伺服阀性能下降。

[0005] 文献 2 (超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式射流管伺服阀,朱玉川,国家发明专利,专利申请号:200910026861.6)公开了一种单级直动式射流管伺服阀的新型结构,以期应用于未来高响应、高可靠性电液伺服阀的驱动部分或直接驱动中小功率液压伺服系统。该新型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。伺服阀工作原理是首先向偏置线圈输入直流电,用来保证超磁致伸缩棒工作在选择好的静态压力状态下,然后通过两个单向注油通道以及阀外溢流阀和液压泵向活塞缸体注入压力油液,为超磁致伸缩执行器施加预压力,并调整配流器处于零位。由于射流喷嘴和两个射流接受器固定在阀体上,而配流器处于中位,此时由液压泵提供的压力油液经射流喷嘴后流入配流器,配流器流出的油液均匀地流入两个接收器通过输出油道输出相等的油液压力。

[0006] 伺服阀正常工作时:向两个超磁致伸缩执行器输入差动电流,使一个执行器输入电流增大而另一个执行器输入电流减小,因此输入差动电流后,一个执行器的超磁致伸缩棒伸长而另一个执行器超磁致伸缩棒缩短,其伸长量和缩短量保持相等。从而使得两侧输出油道产生压力差,该压力差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。

[0007] 然而以上伺服阀存在以下缺陷,如图 7 所示,即两接受器由于相对于喷嘴而言集中布置,此时由于实际加工与两接受器控制腔要求产生独立控制压力要求的局限,两接受器孔之间存在一定间隙 b ,只能实现两接受器孔的相离配置,即 $b > 0$,该间隙 b 大大减小了射

流伺服阀压力响应的灵敏度,如果两接受器孔能够相切布置或相交布置将大大增加流伺服阀压力响应的灵敏度、流量输出,但参考文献 2 提供的射流伺服阀结构形式在实际加工中双接收器如相切或相交将导致两接受器控制腔边界相通,即 $b=0$ 或 $b<0$,从而无法实现两控制腔产生控制压差,即无法实现射流伺服阀工作原理。

[0008] 稀土超磁致伸缩材料 (Giant Magnetosrtictive Material,简称为 GMM) 是继稀土永磁,稀土磁光和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。稀土超磁致伸缩电—机转换器 (Giant Magnetostrictive Actuator,简称为 GMA) 是基于 GMM 的新型电—机转换器,也是 GMM 应用研究的基础性器件,由 GMM 研制的新型电—机转换器较传统电—机转换器以及其他智能材料驱动的电—机转换器而言具有响应快、输出力大、能量转换密度高、输出位移精度高等显著优点。

[0009] 就其驱动方式而言,其驱动磁场通常由线圈、永磁体或两者的组合产生。其驱动形式也与压电和形状记忆合金等不同,一般分为两种:双线圈式(即驱动线圈和偏置线圈的组合)和永磁单线圈式(即驱动线圈与永磁体的组合)。

[0010] 在双线圈式驱动(即驱动线圈和偏置线圈的组合)形式中,如参考文献 1 与 2 所述,导磁体和 GMM 棒组成闭合磁路,通过改变可控恒流源的输入电流,来调节 GMM 棒的磁化状态,以产生相应的输出位移,偏置磁场由偏置线圈产生。这种驱动方式的优点是结构简单、成本低、偏置磁场和驱动磁场调节方便,磁场的非线性较小。缺点是由于偏置线圈的存在,体积相对较大,发热现象比较严重,由 GMM 棒热膨胀导致的 GMA 执行器输出位移精度大大下降,通常需要对其热变形进行抑制。

[0011] 在永磁单线圈驱动(即驱动线圈与永磁体的组合)形式中,偏置磁场由永磁体提供,这种驱动形式的优点是发热比较小、结构紧凑、体积较小。但磁路分析比较复杂,磁场的非线性较大,偏置场不可调,成本较高。此种驱动形式具体布置时根据驱动线圈、永磁体和 GMM 棒的布置关系自外向内不同又分为 3 种布置形式,即 MCG(永磁体、驱动线圈和 GMM 棒),CGM(驱动线圈、GMM 棒和永磁体),CMG(驱动线圈、永磁体和 GMM 棒)。与 GMC 型相比,GCM 型布置方式特点是线圈用线少,磁场不均匀性小,磁场耦合效果好,因此 GCM 型布置方式是最常用的形式。MGC 型 GMM 棒为空心的,其特点是要求更大的静态磁场,转换器体积较大,仅用于一些特殊场合。

[0012] 综上所述,在现有的电液伺服阀用超磁致伸缩电—机转换器驱动方式中,双线圈驱动虽然具有驱动磁场调节方便但具有体积大、发热严重,GMA 输出精度低等缺点,永磁单线圈驱动虽然具有发热小,结构紧凑,体积小等优点,但驱动磁场调节不便,尤其是由于永磁铁磁性下降导致的退磁现象无法及时调整以至影响 GMA 控制精度。

[0013] 基于以上背景,申请者提出了一种双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀,即采用两个相同尺寸射流喷嘴作为输入,如图 8 所示,两个接收器孔分别与两个射流喷嘴对应,在空间上进行分离,因此不仅可以实现单喷嘴双接受器射流伺服阀的双接受器相离配置,即 $a<b$,也可以实现两接收器孔相切或相交布置,即 $a=b$ 或 $a<b$,从而大大提高射流伺服阀压力响应灵敏度,提高射流伺服阀频响。同时提供一种新型伺服阀用超磁致伸缩电—机转换器永磁双线圈驱动方式及其智能化实现措施,该新型驱动方式具有驱动部分结构紧凑,体积小,热

变形小等优点,同时其驱动磁场可在一定范围内正负调节,即可有效对转换器偏置磁场做增磁与减磁调节,对永磁体退磁引起的精度下降可及时调整,并可实现执行器驱动零位的精密电子调节等优点,该驱动思想亦可广泛应用于其他电磁驱动执行器与电控器件。

发明内容

[0014] 本发明的目的在于针对现射流伺服阀压力灵敏度小,控制流量小,响应速度慢,受温度影响大,易于出现高频振荡等技术缺陷,提供一种压力灵敏度大,流量输出大、受温度影响小、控制精度高的双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀。

[0015] 一种双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀,包括超磁致伸缩电-机转换器及双喷嘴式射流液压放大器,其特征在于:

[0016] 上述超磁致伸缩电-机转换器包括外罩、安装于外罩两端的左端盖和右端盖、安装于外罩内的线圈骨架,线圈骨架一端与右端盖固定,另一端与左端盖留有间隙;线圈骨架上安装有偏置磁场发生单元和驱动磁场发生单元;

[0017] 还包括安装于线圈骨架内的超磁致伸缩棒,超磁致伸缩棒靠近左端盖一侧为磁致固定端,磁致伸缩棒固定端安装有滑块,靠近右端盖一侧为磁致输出端,磁致输出端通过输出杆向外输出位移,输出杆与右端盖之间安装有预压弹簧;左端盖通过螺纹方式安装有调节螺钉,调节螺钉伸入线圈骨架并与上述滑块接触;

[0018] 上述线圈骨架与超磁致伸缩棒之间留有内腔隙油道,上述外罩与偏置磁场发生单元之间留有与内腔隙油道相通的外腔隙油道;右端盖设有进油口,左端盖上设有泄油口和线缆出口;

[0019] 上述外罩的热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒的热膨胀系数与其长度乘积;

[0020] 上述输出杆与右端盖构成双喷嘴式射流液压放大器;输出上设有第一喷嘴和第二喷嘴,右端盖上设有分别与第一喷嘴、第二喷嘴对应的第一接受器、第二接受器;第一接受器的中心线在第一喷嘴中心线外侧,第二接受器的中心线在第二喷嘴中心线内侧。

[0021] 所述的双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀工作方法,其特征在于包括以下过程:

[0022] 预压力施加过程与阀零位调节:

[0023] 机械调节时,调节螺钉一端旋转,另一端通过滑块推动超磁致伸缩棒轴向运动,进而调节输出杆初始位移及预压弹簧的预压缩力;

[0024] 磁致位移输出过程:

[0025] 偏置磁场发生单元产生偏置磁场以保证超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,产生预伸长量;

[0026] 驱动磁场发生单元产生驱动磁场,使超磁致伸缩棒磁化并产生磁致伸缩;

[0027] 热致位移补偿过程:

[0028] 当超磁致伸缩棒温度上升时,其热量通过外腔隙油道和内腔隙油道很快传至外罩内侧,外罩由于右端与右端盖固定,左端与左端盖固定,但左端盖与调节螺钉螺纹连接,因此外罩热膨胀可以带动左端盖与调节螺钉一起向左移动;

[0029] 调节螺钉与左端盖向左运动的同时,超磁致伸缩棒在预压弹簧的作用下实时向左端盖方向运动;同时由于上述外罩的热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒的热膨

胀系数与其长度乘积,所以超磁致伸缩棒热膨胀量与外罩热膨胀量相等且方向相反,故磁致输出端没有由于热膨胀产生的热致位移输出,只有磁致位移输出;

[0030] 冷却与散热过程:

[0031] 上述线圈骨架与超磁致伸缩棒之间的液体间隙充满流动液体,用于冷却线圈骨架和超磁致伸缩棒,同时也保证了线圈骨架与超磁致伸缩棒温度相等以保证热补偿的实现。

[0032] 本发明提供了一种新型双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀结构,区别于传统射流伺服阀,该新型射流伺服阀采用超磁致伸缩执行器驱动,超磁致伸缩执行器较力矩马达而言具有输出力大、响应速度快、输出位移精度高等优点;区别于超磁致伸缩单级直动式射流伺服阀,该新型射流伺服阀具有独立分布双喷嘴与双接受器,从而对于每一对喷嘴与接受器可实现独立设计。

[0033] 本发明采用调节螺钉进行机械式预压力施加调节,同时还可以采用偏置线圈电子调节预压力以及机械与电子复合式预压力调节,具有调节范围宽,实现预压力粗精联合调节,具有调节方便、精确的优点;采用外罩热补偿方式可有效分离超磁致伸缩执行器磁致位移与热致位移,避免执行器热致位移对磁致位移的影响,从而执行器具有位移输出精度高的优点,同时与其他热补偿罩补偿方式比较,省去了热补偿罩等元件,缩小了执行器径向尺寸,使线圈骨架更靠近超磁致伸缩棒,进而在提供同等驱动磁场前提下减小了驱动线圈用量,降低了线圈发热量,有利于获得高精度执行器位移输出;同时充分利用伺服阀泄露油液引入内腔隙油道与外腔隙油道构成泄露油液循环,该油液循环不仅起到对超磁致伸缩棒冷却与散热作用,同时可保证超磁致伸缩棒与外罩温度基本相同,从而保证热补偿精度的实现,进而显著降低以及控制执行器热膨胀与热致位移,进一步提高超磁致伸缩执行器输出位移精度。

[0034] 第一接受器(13)与第二接受器(18)可实现等效相切配置,即上述第一接受器的中心线与第一喷嘴中心线距离等于第一接受器半径,第二接受器的中心线与第二喷嘴中心线距离等于第二接受器半径,且第一接受器半径等于第二接受器半径。

[0035] 传统射流伺服阀单喷嘴双接受器结构形式由于加工工艺与工作原理限制,只能实现双接受器分离布置,而本发明双喷嘴双接受器结构形式由于双喷嘴与双接受器分离,可实现单喷嘴双接受器由于制造工艺而难以实现的双接受器相切配置,而双接受器相切配置相对于分离布置而言具有压力灵敏大,在相同阀芯位移时控制压力输出较大的显著优点。

[0036] 第一接受器(13)与第二接受器(18)可实现等效相切配置,即上述第一接受器的中心线与第一喷嘴中心线距离小于第一接受器半径,第二接受器的中心线与第二喷嘴中心线距离小于第二接受器半径,且第一接受器半径等于第二接受器半径。

[0037] 传统射流伺服阀单喷嘴双接受器结构形式由于加工工艺与工作原理限制,只能实现双接受器分离布置,而本发明双喷嘴双接受器结构形式由于双喷嘴与双接受器分离,可实现单喷嘴双接受器由于制造工艺而难以实现的双接受器相交配置,而双接受器相交配置相对于分离布置与相切配置而言具有更大的压力灵敏大,在相同阀芯位移时控制压力输出更大的显著优点。

[0038] 因此,本发明射流伺服阀双喷嘴与双接受器采用独立分离式布置,该布置方式优点在于可实现传统双接受器集中布置时由于加工工艺与伺服阀工作原理限制无法实现的双接受孔相切与相交布置,从而降低了对双接受加工工艺要求,增加了射流伺服阀压力增

益与压力灵敏度。

[0039] 上述偏置磁场发生单元为偏置调节线圈和永磁体；上述驱动磁场发生单元为驱动线圈。上述驱动线圈、偏置调节线圈和永磁体由外向内按以下顺序布置：永磁体、偏置调节线圈、驱动线圈。永磁体产生恒定偏置磁场；偏置调节线圈通入电流产生可调偏置磁场；由恒定偏置磁场和可调偏置磁场共同保证超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，产生预伸长量。驱动线圈通入电流使超磁致伸缩棒磁化并产生磁致伸缩；

[0040] 本发明永磁双线圈驱动智能超磁致伸缩电-机转换器驱动部分采用永磁体、调整线圈与驱动线圈的复合驱动方式，即采用永磁体提供大部分偏置磁场，而采用调整线圈对偏置磁场进行精确调节，驱动磁场采用驱动线圈提供，该方式较全线圈驱动具有发热小，热膨胀小，位移输出精度高的优点，同时，较永磁体与驱动线圈驱动而言，其偏置磁场可实现正反双向一定范围调节且可通过调节偏置电流有效克服永磁体漏磁与退磁后的精度下降的缺点。其中驱动线圈、偏置调节线圈和永磁体由外向内按永磁体、偏置调节线圈、驱动线圈顺序布置的原因与优点在于驱动线圈匝数最多，偏置调节线圈匝数较少，且由于永磁体无发热问题，因此如此布置可实现在相同线圈匝数下线圈长度用量最少，从而执行器线圈发热最少，有利于提高执行器位移输出精度。

[0041] 通过机械调节方式和/或电子调节方式进行预压力施加及输出杆零位调节：电子调节时，由偏置调节线圈的输入电流大小与方向的改变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弹簧的预压缩力。

[0042] 本发明永磁双线圈驱动智能超磁致伸缩电-机转换器输出位移零位与预压力调节由调整螺钉的机械调节和调整线圈的电子调节构成复合式调节方式，即首先由调节螺钉旋转压缩预压弹簧产生预压力以及输出杆初始输出位移，然后由调整线圈的输入电流大小与方向的改变精细调节超磁致伸缩棒与输出杆的初始输出力与位移。

[0043] 上述滑块左侧安装有霍尔元件，超磁致伸缩棒侧面安装有内腔隙测温铂电阻与变形测试应变片，线圈骨架内侧安装有温度补偿应变片，外罩内侧安装有外腔隙测温应变片。

[0044] 本发明超磁致伸缩执行器部分布置有霍尔元件、变形测试应变片、温度测试应变片并通过测量电路将测量信号调理后输入控制器，霍尔元件可以实时测量磁路磁感应强度，并评估伺服阀驱动磁场漏磁与退磁状况；变形测试应变片可实时测量超磁致伸缩棒变形用于分析磁致伸缩输出力；温度测试热电阻用于测量超磁致伸缩棒所在油腔与外壳所在油腔的温差，用于计算热补偿机构未能低效掉的因超磁致伸缩棒热变形而产生的位移输出，通过减弱或增加调整线圈中的电流来抵消这部分位移输出，因此，本电液伺服阀具有工作状态智能监控、超磁致伸缩电-机转换器热影响小的优点。

[0045] 附图说明：

[0046] 图1为双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀结构原理图；

[0047] 图2为控制电路原理图；

[0048] 图3为双喷嘴双接受器结构原理图；

[0049] 图4为应变测试片与温度补偿片布置原理图；

[0050] 图5为霍尔元件布安装原理图；

[0051] 图6为内外腔隙测试应变片安装原理图；

[0052] 图 7 为单喷嘴式射流伺服阀单喷嘴双接受器布置结构示意图；

[0053] 图 8 为双喷嘴式射流伺服阀双喷嘴双接受器布置结构示意图；

[0054] 图中标号名称：1 调节螺钉 2 泄油口 3 左端盖 4 外罩 5 连接螺钉 6 O 型密封圈 7 线圈骨架 8 外腔隙油道 9 永磁体 10 偏置调节线圈 11 驱动线圈 12 O 型密封圈 13 第一接受器 14 泄漏油道 15 位移传感器 16 进油通道 17 第二喷嘴 18 第二接受器 19 第一喷嘴 20 右端盖 21 预压弹簧 22 输出杆 23 保护衬 24 超磁致伸缩棒 25 温度补偿应变片 26 变形测试应变片 27 外腔隙测温铂电阻 28 内腔隙测温铂电阻 29 内腔隙油道 30 线缆出口 31 滑块 32 霍尔元件 33 输出杆间隙油道。

[0055] 具体实施方式：

[0056] 如图 1,2,3 所示，一种双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀，包括超磁致伸缩电-机转换器及射流放大器，其特征在于：

[0057] 上述超磁致伸缩电-机转换器包括外罩 4、安装于外罩两端的左端盖 3 和右端盖 20、安装于外罩内的线圈骨架 7，线圈骨架 7 一端与右端盖 20 固定，另一端与左端盖 3 留有间隙；线圈骨架 7 上安装有偏置磁场发生单元和驱动磁场发生单元；

[0058] 还包括安装于线圈骨架 7 内的超磁致伸缩棒 24，超磁致伸缩棒 24 靠近左端盖一侧为磁致固定端，磁致伸缩棒固定端安装有滑块 31，靠近右端盖一侧为磁致输出端，磁致输出端通过输出杆 22 向外输出位移，输出杆 22 与右端盖之间安装有预压弹簧 21；左端盖 3 通过螺纹方式安装有调节螺钉 1，调节螺钉伸入线圈骨架 7 并与上述滑块 31 接触；

[0059] 上述线圈骨架 7 与超磁致伸缩棒 24 之间留有内腔隙油道 29，上述外罩 4 与偏置磁场发生单元之间留有与内腔隙油道 29 相通的外腔隙油道 8；右端盖 20 设有进油口 16，左端盖 3 上设有泄油口 2 和线缆出口 30；

[0060] 上述外罩 4 的热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒 24 的热膨胀系数与其长度乘积；

[0061] 上述输出杆 22 与右端盖 20 构成射流液压放大器；输出杆 22 上设有第一喷嘴 19 和第二喷嘴 17，右端盖 20 上设有分别与第一喷嘴 19、第二喷嘴 17 对应的第一接受器 13、第二接受器 18；第一接受器 13 的中心线在第一喷嘴 19 中心线外侧，第二接受器 18 的中心线在第二喷嘴 17 中心线内侧。

[0062] 如图 1～6 所示为一种新型双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀结构形式，并提供了新型驱动方式以及解决伺服阀阀芯零位调节、伺服阀用电-机转换器预压力施加与调节、伺服阀用电-机转换器冷却与热补偿等关键问题的新方法，同时实现了永磁双线圈驱动智能超磁致伸缩电-机转换器的中间变量测试与补偿控制的智能化。具体如下所述：

[0063] 双喷嘴式超磁致伸缩射流伺服阀工作原理：如图 1 所示，供油通道输入一定压力和流量的液压油液，永磁体与偏置线圈中输入直流电两者合成以产生一定偏置磁场，保证超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，驱动线圈中通入交流电，产生变化的磁场使超磁致伸缩棒被磁化，并使其长度发生变化，超磁致伸缩棒直接驱动输出杆，由于输出杆右侧加工有左右锥形接受器，因此假如输出杆向右运动，则左接收器流入上输出油道液体量增大，右接收器流入下输出油道液体量减小，从而导致上接受器控制压力上升，下接收器控制压力下降，其压力差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，输出杆运动通过位移传感器予

以测量并与输入电流相比较实现对挡板位移的反馈与定位。

[0064] 超磁致伸缩棒预压力施加与伺服阀零位调节 :如图 1 所示,超磁致伸缩棒与输出杆直接接触,输出杆通过预压弹簧压在右端盖上,预压弹簧通过计算选择满足预压力大小要求的刚度与尺寸,并方便安装于输出杆于右端盖之间;调零时由调节螺钉一端旋转,另一端半球形端面作用于滑块左端面,推动滑块轴向向右运动,滑块的轴向运动带动超磁致伸缩棒以及输出杆一起轴向运动,并最终将输出杆调节至某一确定位置,使供油通道流入左右接收器油液量相等,即处于零位。

[0065] 超磁致伸缩执行器冷却方法 :如图 1 所示,喷嘴射出的压力油液中未流入左右接收器的部分油液通过泄露油道并经过内外腔隙油道后从泄油口流出,此油液循环过程中由于油液与超磁致伸缩棒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。

[0066] 超磁致伸缩执行器热位移补偿方法 :如图 1 所示,调节螺钉与左端盖螺纹连接,且左端盖与外罩固定,外罩与右端盖固定,外罩材料选择 Q235A,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,其热量很快传至外罩内侧,外罩由于右端固定,只能向左端产生热膨胀,从而带动左端盖与调节螺钉一起向左运动,此时调节螺钉与滑块之间产生间隙,此间隙很快被预压弹簧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,由于外罩的膨胀系数和其长度经过设计可保证在外壳与超磁致伸缩棒温度相等的情况下,超磁致伸缩棒热膨胀量与外罩热膨胀量相等,由于泄漏油液循环通过内外腔隙油道,故超磁致伸缩棒温度与外罩温度相差不大,可以保证超磁致伸缩棒热膨胀对超磁致伸缩执行器位移输出影响不大;如图 6 所示,外罩内腔与超磁致伸缩棒所在腔内放置了测温铂电阻,可实时测量外罩与超磁致伸缩棒的温差,外罩与超磁致伸缩棒的膨胀系数及长度均可知,通过温差测量可计算出通过前述方法未抵消的超磁致伸缩执行器热位移,由于未抵消掉的这部分热位移较小,可以通过减弱或增大调整线圈电流来消除。

[0067] 通过上述两种热补偿方法,可保证温度上升后对超磁致伸缩棒右端位移输出量不变从而保证输出杆输出位移不受超磁致伸缩棒热变形的影响,从而提高了超磁致伸缩射流伺服阀的控制精度。

[0068] 超磁致伸缩执行器闭合磁路与磁场均匀化方法 :如图 1 所示,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调节螺钉、左端盖、滑块、超磁致伸缩棒、输出杆、右端盖、外罩等构成,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。

[0069] 永磁双线圈驱动智能超磁致伸缩电-机转换器磁场测量电路测试原理 :如图 2 所示,当不同驱动电流作用下,GMM 棒内的磁感应强度大小将发生变化,当霍尔元件周围的磁场发生变化时,霍尔元件输出电压也发生变化,且其输出电压与磁感应强度的大小成一定的比例关系;由于磁场变化而引起的霍尔元件的输出电压的变化值较小,需通过运算放大电路将其放大,然后通过单片机的 A/D 接口输入到单片机,然后通过显示器显示。

[0070] 永磁双线圈驱动智能超磁致伸缩电-机转换器温度测量电路测试原理 :如图 2 所

示, VR1, VR2 为测温度所用的铂电阻, 当其周围的温度发生变化时, VR1, VR2 的阻值将发生变化, VR1 与热补偿机构相固定, VR2 与 GMM 棒固定, VR1 与 VR2 通过桥式电路连接起来, 然后通过减法调理电路将桥式电路的两输出电压相减并进行调理, 通过单片机的 A/D 输入到单片机, 然后通过显示器显示。由于热补偿机构是在一定范围内设计的, 当热补偿机构与 GMM 棒的温差较大时, 热补偿机构将不能有效抵消掉 GMM 棒的热膨胀量。此电路可以实时测试线圈骨架与 GMM 棒之间的温差, 通过温差计算出热补偿机构未抵消掉的 GMM 棒的热膨胀量, 通过增大或减少调整线圈中的电流来降低因热补偿机构与 GMM 棒存在温差而使超磁致伸缩电-机转换器产生的热位移。

[0071] 永磁双线圈驱动智能超磁致伸缩电-机转换器应变测量电路测试原理: 如图 2 所示, VR3, VR4 为应变片, VR3 与 GMM 棒固定, VR4 为补偿片, 用来补偿因系统温度变化而引起的应变片阻值变化, VR3, VR4 通过桥式电路连接起来, 然后通过减法调理电路将桥式电路的两输出电压相减并进行调理, 通过单片机的 A/D 口输入到单片机, 然后通过显示器显示。由于对温度变化而引起的应变片阻值变化进行了补偿, 所以输入到单片机的信号为 GMM 棒的应变信号。此电路可以实现对不同驱动电流下, GMM 棒的应变测量。

[0072] 永磁双线圈驱动智能超磁致伸缩电-机转换器位移测量电路测试原理: 如图 2 所示, 通过电涡流传感器可以实现 GMA 输出位移的测量, 测量信号通过单片机的 A/D 口输入到单片机, 然后通过显示器显示。

[0073] 永磁双线圈驱动智能超磁致伸缩电-机转换器控制电路工作原理: 驱动电路由 D/A 转化芯片 PCF8591 和由限流电阻 R15、功率型运算放大器 LM12c1k、采样电阻 RS、平衡电阻 R4、反馈电阻 RF 构成得恒流型功放电路构成, 单片机输出的数字控制信号, 通过 D/A 转化为模拟信号, 然后通过恒流型功放电路驱动伺服阀线圈。

[0074] 永磁双线圈驱动智能超磁致伸缩电-机转换器键盘及显示电路工作原理: 如图 2 所示, 键盘及显示器电路构成人机交互界面, 键盘用来输入控制量, 显示器用来显示所处控制信号下的 GMM 棒磁感应强度、应变、热补偿机构与 GMM 棒之间的温差、以及 GMA 的输出位移。

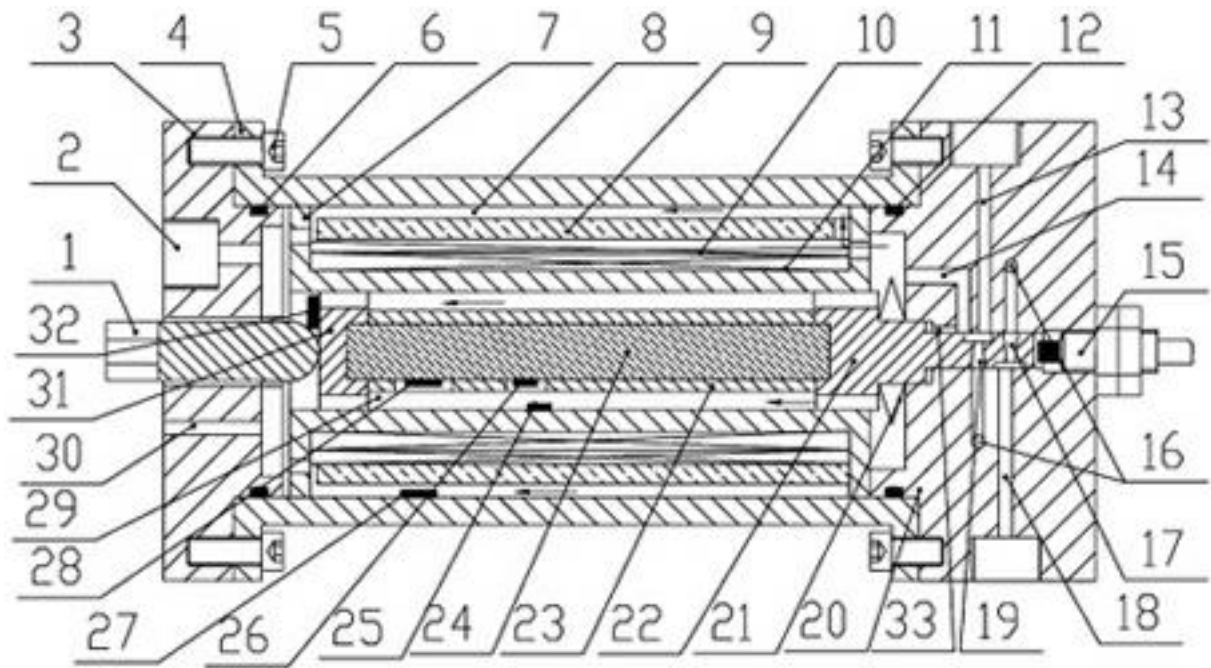


图 1

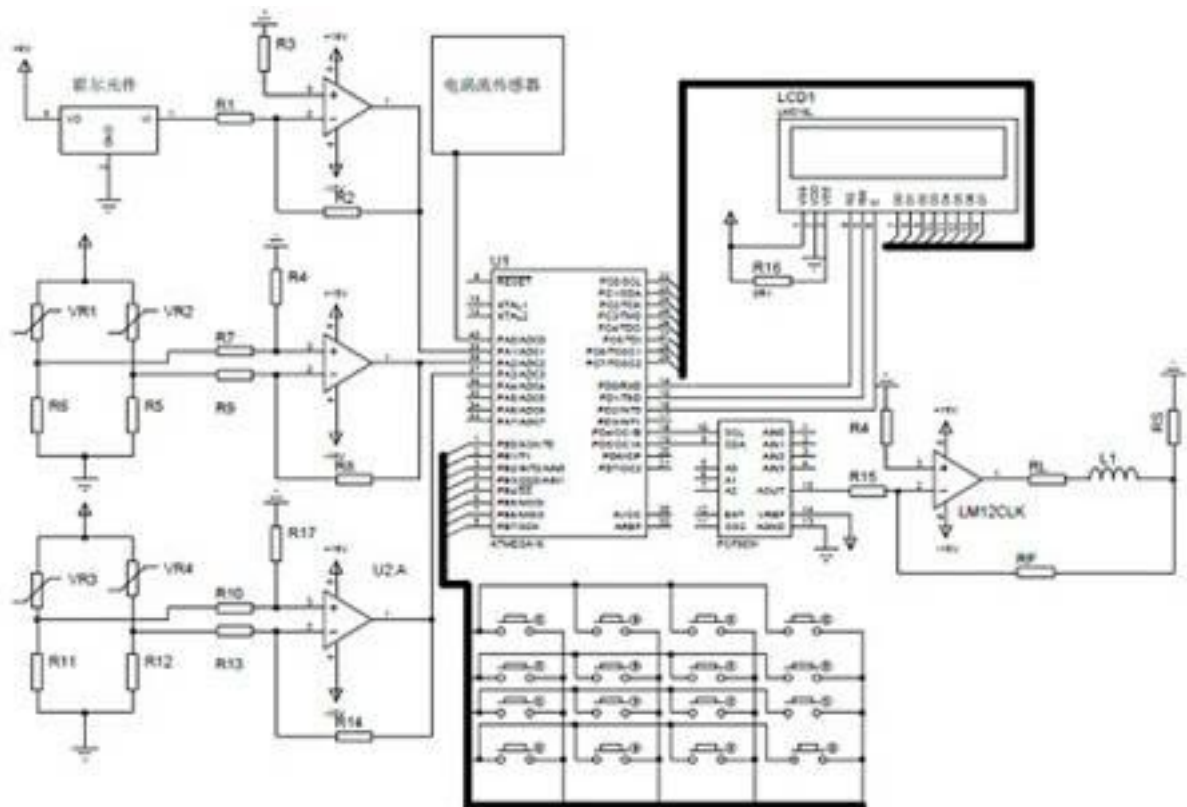


图 2

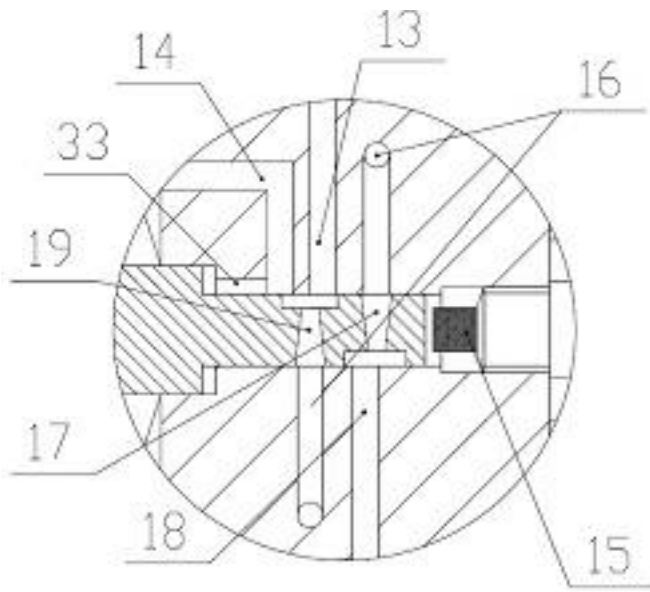


图 3

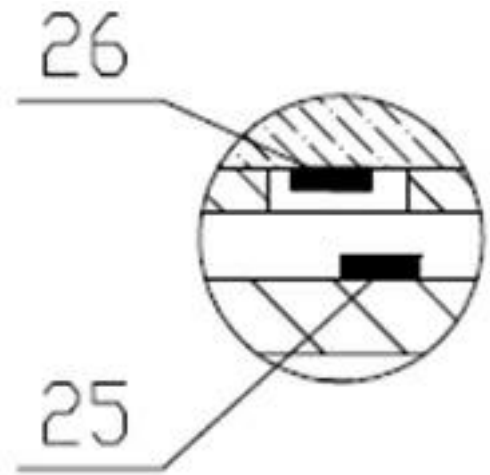


图 4

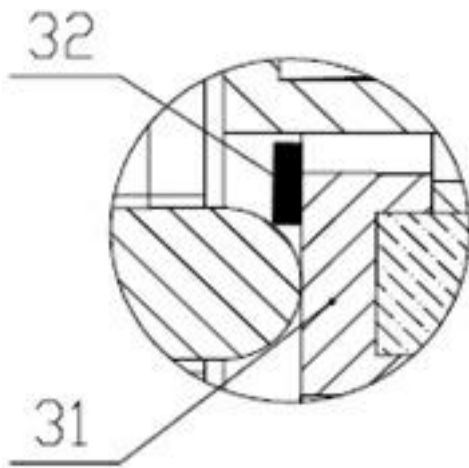


图 5

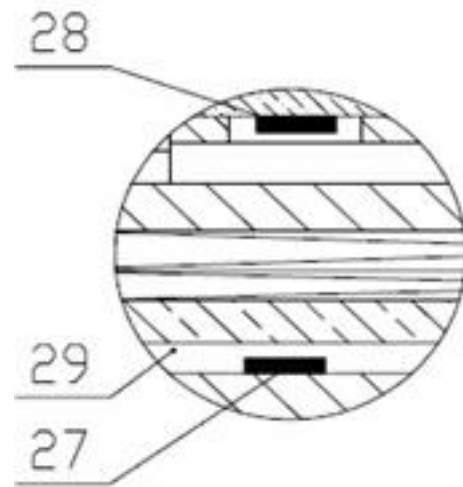


图 6

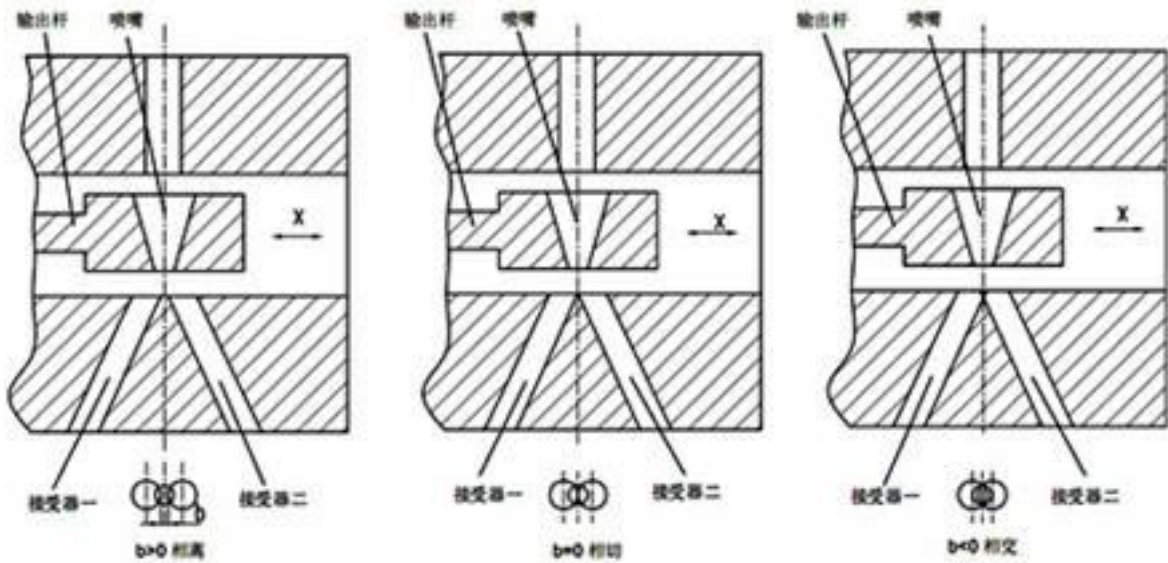


图 7

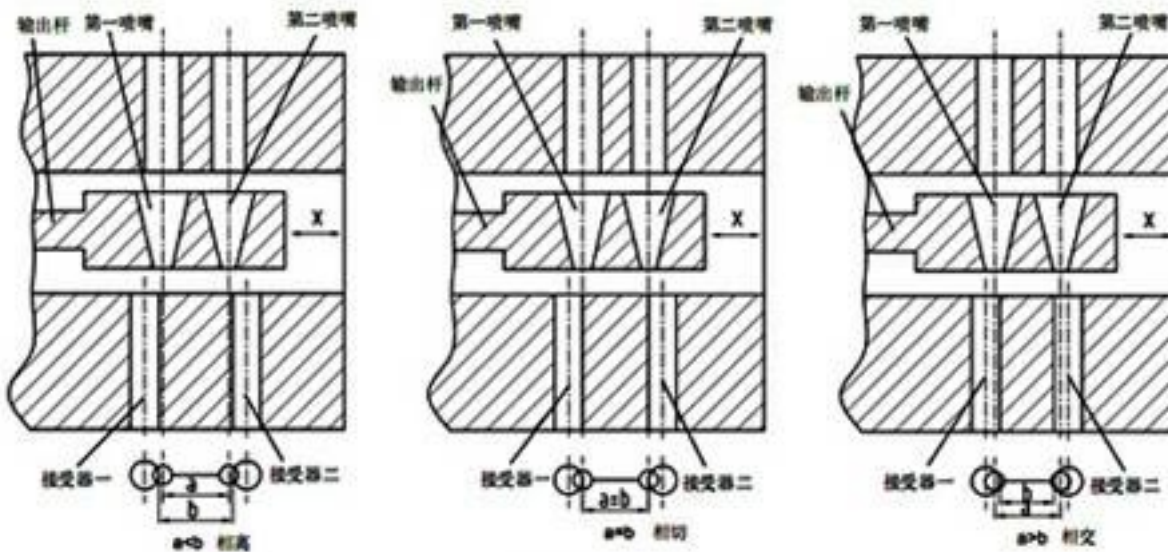


图 8