



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102242742 B

(45) 授权公告日 2013. 08. 21

(21) 申请号 201110191824. 8

EP 0504465 A1, 1992. 09. 23,

(22) 申请日 2011. 07. 11

US 6062532 A, 2000. 05. 16,

(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

程霞, 安平, 王传礼. “超磁致伸缩两级电液伺服阀的结构及建模研究”. 《机床与液压》. 2011, 第 39 卷 (第 3 期),

(72) 发明人 朱玉川 王传礼 李跃松 成奇峰

朱玉川, 李跃松. “超磁致伸缩执行器驱动的新型射流伺服阀”. 《压电与声光》. 2010, 第 32 卷 (第 4 期),

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

审查员 蒋中立

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 201273393 Y, 2009. 07. 15,

CN 101196200 A, 2008. 06. 11,

CN 101576101 A, 2009. 11. 11,

CN 101598150 A, 2009. 12. 09,

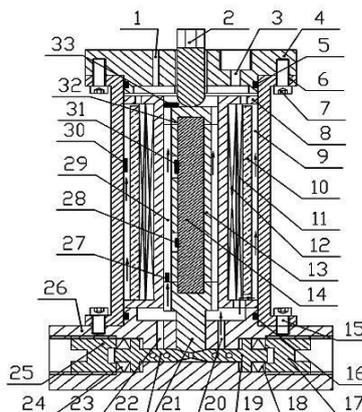
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀及工作方法

(57) 摘要

一种两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀及工作方法, 属液压伺服控制技术领域。包括上端盖(4)、下端盖(26)、超磁致伸缩棒(14)、输出杆(21)、线圈骨架(8)、偏置磁场发生单元与驱动磁场发生单元。上述下端盖(26)具有以输出杆轴线为对称轴的左阀芯安装腔(45)和右阀芯安装腔(46), 左阀芯安装腔(45)和右阀芯安装腔(46)内分别安装有一组阀芯组件, 上述输出杆(21)与左、右阀芯接触处均构成楔形放大机构。该两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀压力增益大, 响应快, 驱动部分具有发热小, 偏置磁场可调, 智能化等显著特点。



CN 102242742 B

1. 一种两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀,其特征在于:

包括上端盖(4)、下端盖(26)、外罩(6),加工于上端盖(4)轴线中心的内螺纹孔,以及分布于内螺纹孔两侧的回油口(3)、线缆出口(1);加工于下端盖(26)中部的进油口(35)以及中心线两侧的左泄漏油道(23)、右泄漏油道(20)、左、右阀芯安装腔(45、46);上端盖(4)与外罩(6)通过连接螺钉(7)固定,下端盖(26)与外罩(6)通过连接螺钉(15)固定;

调节螺钉(2)安装于上端盖(4)螺纹孔内且其下端面与滑块(32)接触,通过扭转调节螺钉(2)可推动滑块(32)轴向运动,滑块(32)上端安装有霍尔元件(33),滑块(32)下端安装有超磁致伸缩棒(14),沿超磁致伸缩棒(14)轴向,由上而下依次安装有内腔隙测温铂电阻(31)、变形测试应变片(28)与输出杆(21),超磁致伸缩棒(14)径向依次安装有保护衬(13)、线圈骨架(8),线圈骨架(8)上安装有偏置磁场发生单元与驱动磁场发生单元;

上述线圈骨架(8)与保护衬(13)之间留有内腔隙通道(29);上述线圈骨架(8)与外罩(6)之间留有外腔隙通道(9);

上述外罩(6)热膨胀系数与其长度的乘积相等于超磁致伸缩棒(14)与其长度的乘积;

上述输出杆(21)分别与左阀芯(22)与右阀芯(19)以楔形斜面接触;

上述外罩(6)内侧安装有外腔隙测温铂电阻(30),线圈骨架(8)内侧安装有温度补偿应变片(27),超磁致伸缩棒(14)外表面安装有内腔隙测温铂电阻(31)和变形测试应变片(28);

上述下端盖(26)具有以输出杆轴线为对称轴的左阀芯安装腔(45)和右阀芯安装腔(46),左阀芯安装腔(45)和右阀芯安装腔(46)内分别安装有一组阀芯组件,每组阀芯组件轴线均与输出杆(21)垂直,每组阀芯组件由内向外由阀芯、预压弹簧、弹簧座组成,上述输出杆(21)与左阀芯(22)、右阀芯(19)接触处均构成楔形面,构成楔形放大机构;

上述左阀芯(22)、右阀芯(19)均具有配流锥口,下端盖(26)分别具有与上述配流锥口对应的接受口,接受口的中心线均在所对应的配流锥口中心线外侧;

上述左阀芯(22)和右阀芯(19)每个阀芯上的配流锥口各有两个,即为配流锥口A和配流锥口B;下端盖(26)与每个阀芯上的配流锥口A、配流锥口B对应的接受口分别为接受口A、接受口B;

上述进油口(35)在每个阀芯上依次连通配流锥口A、接受口A、配流锥口B、接受口B,即构成串联连接关系。

2. 根据权利要求1所述的两级射流喷嘴串联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永磁体(10)或偏置调节线圈(11);上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(12)。

3. 根据权利要求1所述的两级射流喷嘴串联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永磁体(10)和偏置调节线圈(11);上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(12)。

4. 根据权利要求3所述的两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀,其特征在于:上述驱动线圈(12)、偏置调节线圈(11)和永磁体(10)由外向内按以下顺序布置:永磁体(10)、偏置调节线圈(11)、驱动线圈(12)。

5. 根据权利要求1所述的两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀,其特征在于:上述滑块(32)上侧安装有霍尔元件(33),超磁致伸缩棒(14)侧表面安装有变形测试应变

片(28)与内腔隙测温铂电阻(31),线圈骨架(8)内侧安装有温度补偿应变片(27),外罩(8)内侧安装有外腔隙测温铂电阻(30)。

6. 根据权利要求1所述的两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀的工作方法,其特征在于包括以下过程:

预压力施加与初始位移调节过程:

机械调节时,调节螺钉(2)一端旋转,另一端通过滑块(32)推动超磁致伸缩棒(14)轴向运动,并带动输出杆(21)轴向运动,由于输出杆(21)与左阀芯(22)与右阀芯(19)楔形斜面接触,可调节左阀芯(22)与右阀芯(19)初始位置及左预压弹簧(24)、右预压弹簧(18)的预压力;

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(14)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(14)磁化并产生磁致伸缩;

热致位移补偿过程:

当超磁致伸缩棒(14)温度上升时,其热量很快通过外腔隙通道中的液体传至外罩(6)内侧,外罩(6)由于下端与下端盖(26)固定,上端与上端盖(4)固定,但上端盖(4)与调节螺钉(2)螺纹连接,因此外罩(6)可以带动方向调节螺钉(2)一起产生向上的热膨胀伸长;

调节螺钉(2)向上进行热膨胀运动的同时,超磁致伸缩棒(14)在左预压弹簧(24)、左阀芯(22)与右预压弹簧(18)、右阀芯(19)的联合作用下以及输出杆(21)与左阀芯(22)、右阀芯(19)的楔形接触面实时推动输出杆(21)向上运动;同时由于超磁致伸缩棒(14)也产生热膨胀并且热膨胀量与外罩(6)热膨胀量相等且方向相反,故伺服阀下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(8)与保护衬(13)之间的内腔隙通道(29)充满流动液体,用于冷却线圈骨架(8)和超磁致伸缩棒(14),上述线圈骨架(8)与外罩(6)之间的外腔隙通道(9)充满流动液体,用于冷却线圈骨架(8)和外罩(6),同时也保证了线圈骨架(8)与超磁致伸缩棒(14)温度相等以保证热补偿的实现。

7. 根据权利要求6所述的两级射流喷嘴串联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(11)和永磁体(10);上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(12);

永磁体(10)产生恒定偏置磁场;偏置调节线圈(11)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(14)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(12)通入电流使超磁致伸缩棒(14)磁化并产生磁致伸缩。

8. 根据权利要求7所述的两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀的工作方法,其特征在于:

还可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(11)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,进而调节左阀芯(22)、右阀芯(19)的初始位移及左预压弹簧(24)、右预压弹簧(18)的预压力。

## 两级射流喷嘴串联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] 此种伺服阀及其工作方法存在几处缺陷: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] 然而无论是偏转板式射流管伺服阀还是超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式射流管伺服阀存在以下缺陷,即阀芯位移小,射流压力灵敏度小。

[0008] 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)。

[0009] 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 GMIM 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。

[0010] 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 型布置方式最为常用的形式。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。

[0011] 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。

[0012] 综上所述,并基于以上背景,申请者提出了一种两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀,即采用楔形微位移放大机构对输出杆微位移放大,在射流伺服阀结构中增加一级射流喷嘴接受器结构,实现压力输出的放大,提高射流伺服阀压力灵敏度,并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,发热小等优点,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,对永磁体的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的执行器与电控器件。

## 发明内容

[0013] 本发明的目的在于针对现射流伺服阀压力增益小,响应速度慢,易于出现高频振荡等技术缺陷,提供一种压力增益大,响应快,驱动部分具有发热小,偏置磁场可调,智能化等显著特点的两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀及工作方法。

[0014] 一种两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀,其特征在于:

[0015] 包括上端盖、下端盖、外罩,加工于上端盖轴线中心的内螺纹孔,以及分布于内螺纹孔两侧的回油口、线缆出口;加工于下端盖中心线两侧的左泄漏油道、右泄漏油道、左、右阀芯安装腔;上端盖与外罩通过连接螺钉固定,下端盖与外罩通过连接螺钉固定;

[0016] 调节螺钉安装于上端盖螺纹孔内且其下端面与滑块接触,通过扭转调节螺钉可推动滑块轴向运动,滑块上端安装有霍尔元件,滑块下端安装有超磁致伸缩棒,沿超磁致伸缩

棒轴向,由上而下依次安装有内腔隙测温铂电阻、变形测试应变片与输出杆,超磁致伸缩棒径向依次安装有保护衬、线圈骨架,线圈骨架上安装有偏置磁场发生单元与驱动磁场发生单元;

[0017] 上述线圈骨架与保护衬之间留有内腔隙通道;上述线圈骨架与外罩之间留有外腔隙通道;

[0018] 上述外罩热膨胀系数与其长度的乘积相等于超磁致伸缩棒与其长度的乘积;

[0019] 上述输出杆分别与左阀芯与右阀芯以楔形斜面接触;

[0020] 上述外罩内侧安装有外腔隙测温铂电阻,线圈骨架内侧安装有温度补偿应变片,超磁致伸缩棒外表面安装有内腔隙测温铂电阻和变形测试应变片;

[0021] 上述下端盖具有以输出杆轴线为对称轴的左阀芯安装腔和右阀芯安装腔,左阀芯安装腔和右阀芯安装腔内分别安装有一组阀芯组件,每组阀芯组件轴线均与输出杆垂直,每组阀芯组件由内向外由阀芯、预压弹簧、弹簧座组成,上述输出杆与左阀芯、右阀芯接触处均构成楔形面,构成楔形放大机构;

[0022] 上述左阀芯、右阀芯均具有配流锥口,下端盖分别具有与上述配流锥口对应的接受口,接受口的中心线均在所对应的配流锥口中心线外侧。

[0023] 上述两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀的工作方法其特征在于包括以下过程:

[0024] 预压力施加与初始位移调节过程:

[0025] 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,并带动输出杆轴向运动,由于输出杆与左阀芯与右阀芯楔形斜面接触,可调节左阀芯与右阀芯初始位置及左预压弹簧、右预压弹簧的预压力;

[0026] 磁致位移输出过程:

[0027] 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;

[0028] 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;

[0029] 热致位移补偿过程:

[0030] 当超磁致伸缩棒温度上升时,其热量很快通过外腔隙通道中的液体传至外罩内侧,外罩由于下端与下端盖固定,上端与上端盖固定,但上端盖与调节螺钉螺纹连接,因此外罩可以带动方向调节螺钉一起产生向上的热膨胀伸长;

[0031] 调节螺钉向上进行热膨胀运动的同时,超磁致伸缩棒在左预压弹簧、左阀芯与右预压弹簧、右阀芯的联合作用下以及输出杆与左阀芯、右阀芯的楔形接触面实时推动输出杆向上运动;同时由于超磁致伸缩棒也产生热膨胀并且热膨胀量与外罩热膨胀量相等且方向相反,故伺服阀下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;

[0032] 冷却与散热过程:

[0033] 上述线圈骨架与保护衬之间的内腔隙通道充满流动液体,用于冷却线圈骨架和超磁致伸缩棒,上述线圈骨架与外罩之间的外腔隙通道充满流动液体,用于冷却线圈骨架和外罩,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。

[0034] 本发明提供了一种新型一种两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀,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两级射流喷嘴与射流接受器，第一级射流输出油液直接进入第二级喷嘴，第二级接受器输出压力放大的工作油液，从而增加射流伺服阀输出工作压力并提高其压力响应灵敏度。

[0035] 本发明采用楔形微位移放大，通过输出杆与左右阀芯的接触斜面的角度调整可方面的调节左右阀芯微位移放大倍数，具有微位移放大可靠，放大倍数调节方便且不增大放大机构外形尺寸等优点。

[0036] 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，调节精确的优点；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，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通道与外腔隙通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。

[0037] 所述的两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀，其特征在于：上述左阀芯和右阀芯每个阀芯上的配流锥口各有两个，即为配流锥口 A 和配流锥口 B；下端盖与每个阀芯上的配流锥口 A、配流锥口 B 对应的接受口分别为接受口 A、接受口 B；上述进油口在每个阀芯上依次连通配流锥口 A、接受口 A、配流锥口 B、接受口 B，即构成串联连接关系。

[0038] 本发明采用两级射流喷嘴串联，该布置方案经理论推导并综合考虑实际加工工艺与控制压力线性度等因素（见具体实施方式），可知两级射流喷嘴串联后射流液压放大器压力增益大于单级射流液压放大器压力增益与控制压力灵敏度，尤其在满足射流液压放大器设计控制压力前提下，使超磁致伸缩棒的长度进一步降低，有利于减小超磁致伸缩射流伺服阀的外形尺寸与整体伺服阀体积。而三级射流或三级以上射流喷嘴串联实际结构加工极为困难，且控制压力线性度急剧下降，故综合考虑两级射流喷嘴串联具有最优的压力控制性能与实施可能性。

[0039] 上述偏置磁场发生单元为永磁体和偏置调节线圈；上述驱动磁场发生单元为驱动线圈。

[0040] 本发明驱动部分采用永磁体、调节线圈与驱动线圈的驱动方式，即采用永磁体提供大部分偏置磁场，而采用调节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，驱动结构紧凑，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，具有偏置磁场可调，且可通过偏置电流的调节有效克服永磁体漏磁与退磁后的精度下降的缺点。

[0041] 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。

[0042] 本发明以上布置顺序可保证产生同等磁场条件下所缠绕的线圈长度最小，即线圈发热最小，有利于获得超磁致伸缩执行器和伺服阀阀芯高精度的输出位移。

[0043] 还可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，进而调节左阀芯、右阀芯的初始位移及左预压弹簧、右预压弹簧的预压力。

[0044] 本发明超磁致伸缩电 - 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，即首先由调整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。该方式具有预压力调节方便，可实现精细调节的优点。

[0045] 上述滑块上侧安装有霍尔元件，超磁致伸缩棒侧面安装有变形测试应变片与变形测试应变片内腔隙测温铂电阻，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铂电阻。

[0046] 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。

[0047] 附图说明：

[0048] 图 1 为一种两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀结构原理图；

[0049] 图 2 为射流阀部分结构原理图；

[0050] 图 3 为控制电路原理图；

[0051] 图 4 为应变测试片与温度补偿片布置原理图；

[0052] 图 5 为霍尔元件布安装原理图；

[0053] 图 6 为内外腔隙测试应变片安装原理图；

[0054] 图中标号名称：1 线缆出口 2 调节螺钉 3 回油口 4 上端盖 5 O 型密封圈 6 外罩 7 连接螺钉 8 线圈骨架 9 外腔隙通道 10 永磁体 11 调整线圈 12 驱动线圈 13 保护衬 14 超磁致伸缩棒 15 连接螺钉 16 O 型密封圈 17 右挡块 18 右预压弹簧 19 右阀芯 20 右泄漏油道 21 输出杆 22 左阀芯 23 左泄漏油道 24 左预压弹簧 25 左挡块 26 下端盖 27 温度补偿应变片 28 变形测试应变片 29 内腔隙通道 30 外腔隙测温铂电阻 31 内腔隙测温铂电阻 32 滑块 33 霍尔元件 34 左接受口 B 35 进油口 36 右输出油口 37 右接受口 B 38 右配流锥口 B 39 右接受口 A 40 右配流锥口 A 41 左接受口 A 42 左配流锥口 A 43 左配流锥口 B 44 左输出油口 45 左阀芯安装腔 46 右阀芯安装腔。

[0055] 具体实施方式：

[0056] 如图 1, 2, 3 所示，该新型两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀包括上端盖 4、下端盖 26、外罩 6，加工于上端盖 4 轴线中心的内螺纹孔，以及分布于内螺纹孔两侧的泄油通道 3、线缆出口通道 1；加工于下端盖 26 中心线两侧的左泄露油道 23、右泄露油道 20、左右阀芯安装腔；上端盖 4 与外罩 6 通过连接螺钉 7 固定，下端盖 26 与外罩 6 通过连接螺钉 15 固定；

[0057] 调节螺钉 2 安装于上端盖 4 内螺纹孔内且其下端与滑块 32 接触并可推动其轴向运动,滑块 32 上端安装有霍尔元件 33,滑块 32 下端安装有超磁致伸缩棒 14,沿超磁致伸缩棒 14 轴向,由上而下依次安装有内腔隙测温铂电阻 31、变形测试应变片 28 与输出杆 21,超磁致伸缩棒 14 径向依次安装有保护衬 13、线圈骨架 8,线圈骨架 8 上安装有偏置磁场发生单元与驱动磁场发生单元;上述线圈骨架 8 与保护衬 13 之间留有内腔隙通道 29;上述线圈骨架 8 与外罩 6 之间留有外腔隙通道 9;

[0058] 上述外罩 6 热膨胀系数与其长度的乘积相等于超磁致伸缩棒 14 与其长度的乘积;

[0059] 上述输出杆 21 分别与左阀芯 22 与右阀芯 19 以楔形斜面接触;

[0060] 上述外罩 6 内侧安装有外腔隙测温铂电阻 30,线圈骨架 8 内侧安装有温度补偿应变片 27,超磁致伸缩棒 14 侧面安装有内腔隙测温铂电阻 31 和变形测试应变片 28。

[0061] 上述下端盖 26 具有以输出杆轴线为对称轴的左右阀芯安装腔,左、右阀芯安装腔 45、46 分别安装有两组阀芯组件,两组阀芯组件轴线与输出杆 21 垂直,每组阀芯组件由内向外均由左阀芯 22、右阀芯 19,左预压弹簧 24、右预压弹簧 18,左弹簧座 25、右弹簧座 17 组成;上述输出杆 21 与左阀芯 22、右阀芯 19 接触处均构成楔形面,构成楔形放大机构;

[0062] 上述左阀芯 22、右阀芯 19 具有配流锥口,下端盖 26 具有与上述配流锥口配合的接受口,接受口的中心线均在配流锥口中心线外侧。

[0063] 如图 1~6 所示为一种新型一种两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀形式,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:

[0064] 两级射流喷嘴串联式超磁致伸缩射流伺服阀工作原理:如图 1,2 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,输出杆通过楔形面与左、右阀芯相连,左、右阀芯上各加工两个配流锥口,因此假如输出杆向下运动,左阀芯向左运动,右阀芯向右运动,油液通过左阀芯上的两个配流锥口流入左输出油口的液体量增加,油液通过右阀芯上的两个配流锥口流入右输出油口的液体量减少,从而导致左输出油口的压力上升,右输出油口的压力下降,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。

[0065] 两级射流喷嘴串联压力增益提高的原理:

[0066] (1) 单级射流喷嘴压力增益

[0067] 如图 1、图 2 所示的超磁致伸缩射流伺服阀避免了传统射流伺服阀因配流锥口距离接受口太近而引起的振动,因此通过设计射流放大器结构参数,接受孔最大恢复压力可接近供油压力  $P_s$ ;设配流锥口面

积为  $A_s$ ,零位时,配流锥孔与其对应接受孔的重叠面积为  $A_0$ ,接受口压力正比于喷嘴口与接受口重叠面积,在喷嘴口与接受口重叠面积小于喷嘴口面积时,喷嘴口与接受口重叠面

积与阀芯输出位移近似成线性关系,设阀芯移动一段位移  $x$  后,配流锥口一与接受口一的重叠面积  $A_0 + \Delta A$ ,配流锥口二与接受口二的重叠面积  $A_0 - \Delta A$ ,因此接受口一与接受口二的压力分别变为

$$[0068] \quad p_1 \propto \frac{A_0 + \Delta A}{A_j} p_s, \quad p_2 \propto \frac{A_0 - \Delta A}{A_j} p_s$$

[0069] 因此在阀芯移动  $x$  时,单级射流伺服阀控制压力

$$[0070] \quad \Delta p = p_1 - p_2 \propto 2 \frac{\Delta A}{A_j} p_s$$

[0071] (2) 两级射流喷嘴串联压力增益

[0072] 在假设条件同上的条件下,在阀芯移动  $x$  后,第一级配流锥孔一与接受孔一的重叠面积  $A_0 + \Delta A$ ,第二级配流锥孔一与接受孔一的重叠面积  $A_0 + \Delta A$ ,第一级配流锥孔二与接受孔二的重叠面积  $A_0 - \Delta A$ ,第二级配流锥孔二与接受孔二的重叠面积  $A_0 - \Delta A$ ,因此第二级接受孔一与第二级接受孔二的恢复压力变为

$$[0073] \quad p_1 \propto \left( \frac{A_0 + \Delta A}{A_j} \right)^2 p_s, \quad p_2 \propto \left( \frac{A_0 - \Delta A}{A_j} \right)^2 p_s$$

[0074] 因此在阀芯移动  $x$  时,两级喷嘴相串射流伺服阀控制压力

$$[0075] \quad \Delta p \propto \left[ \left( \frac{A_0 + \Delta A}{A_j} \right)^2 - \left( \frac{A_0 - \Delta A}{A_j} \right)^2 \right] p_s = 4 \frac{A_0}{A_j} \frac{\Delta A}{A_j} p_s$$

[0076] 由此公式可知,当  $A_0 > 0.5A_j$ ,两级喷嘴相串的射流伺服阀零位时,每级配流锥孔与对应接受孔重叠面积大于配流锥口面积的一半,其最终控制压力增益大于单级射流放大器控制压力增益。如图二所示,由于接受器分离,零位时,在保证两配流锥孔与其对应接受孔的重叠面积相等的情况下,重叠面积是可以自由设计的,因此双两级喷嘴相串式射流放大器压力增益比单级射流放大器压力增益大。

[0077] (3) 三级或三级以上射流喷嘴串联压力增益

[0078] 经过以上同理恢复压力与控制压力公式推导,可知如欲得到放大的压力增益和压力灵敏度,需保证  $A_0 > \frac{2}{3}A_j$ ,即每级配流锥孔与对应接受孔重叠面积大于配流锥口面积的

$\frac{2}{3}$  以上,加工难以实现,且该区域线性度较差,不适于射流伺服阀特性使用;同理三级以上射流喷嘴串联综合性能更差,故三级或三级以上射流喷嘴串联不具有实际使用价值。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] 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 未补偿片,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。

[0087] 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。

[0088] 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。

[0089] 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。

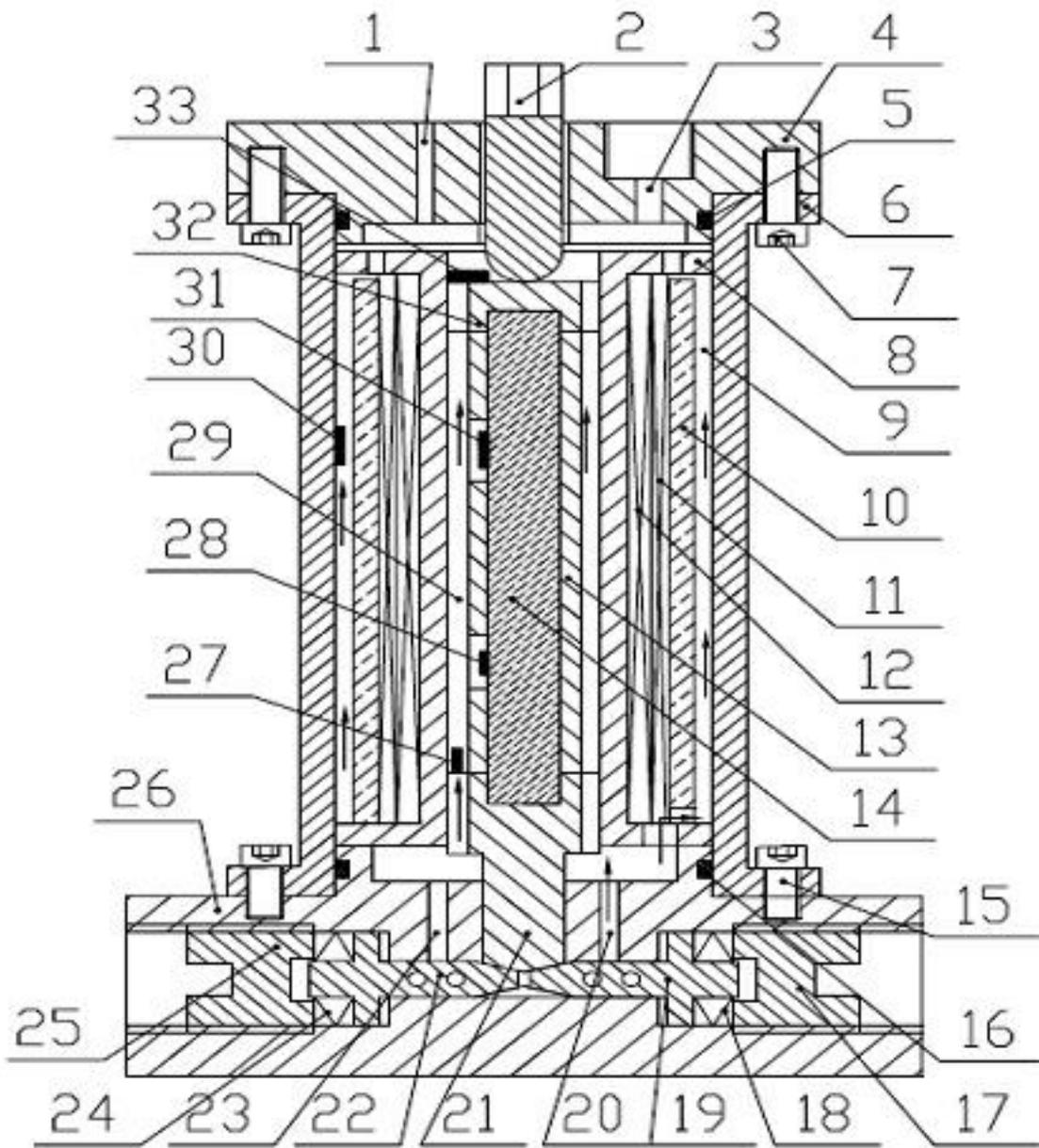


图 1

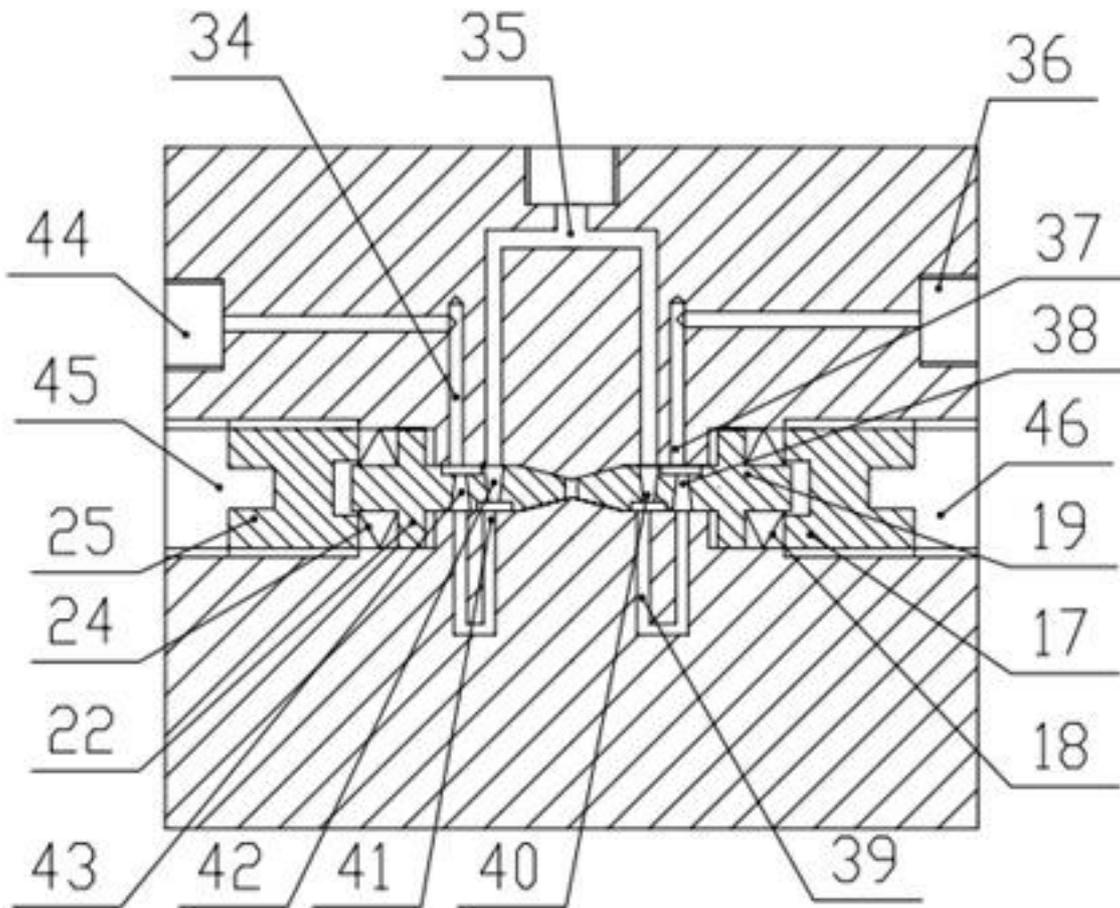


图 2

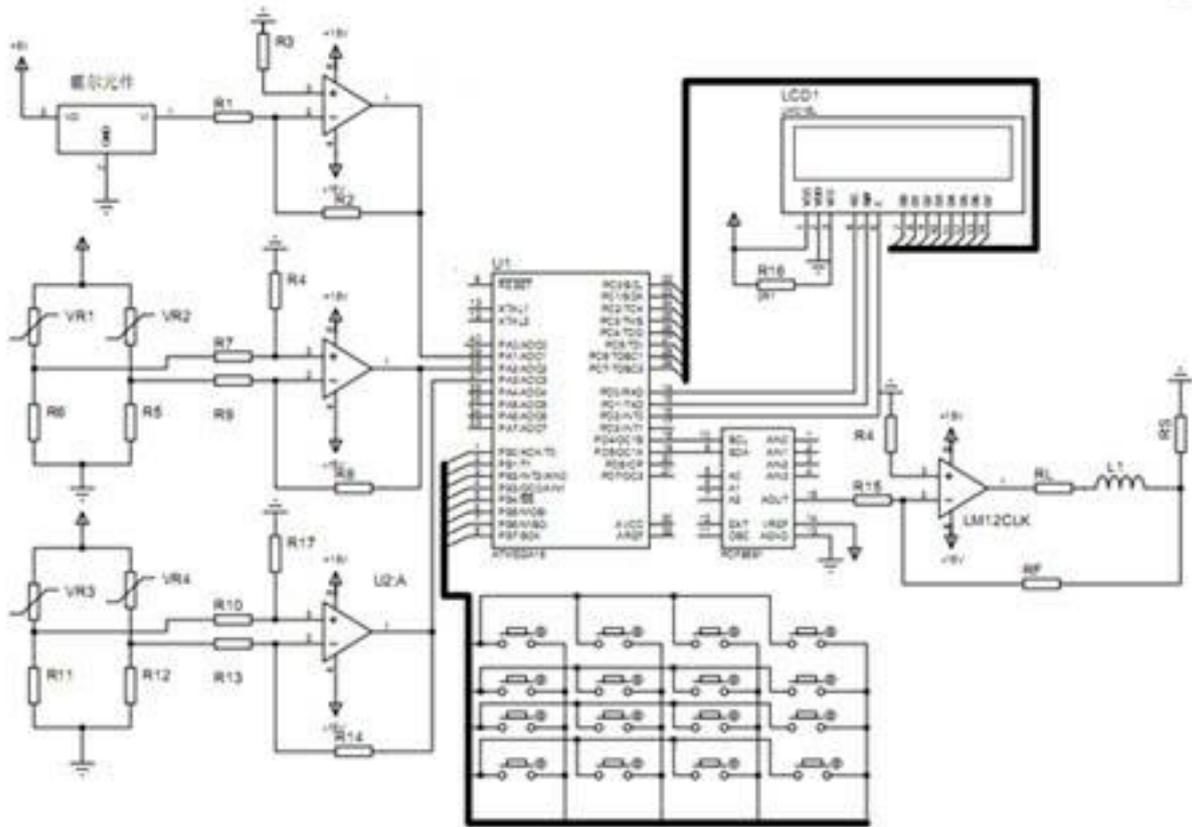


图 3

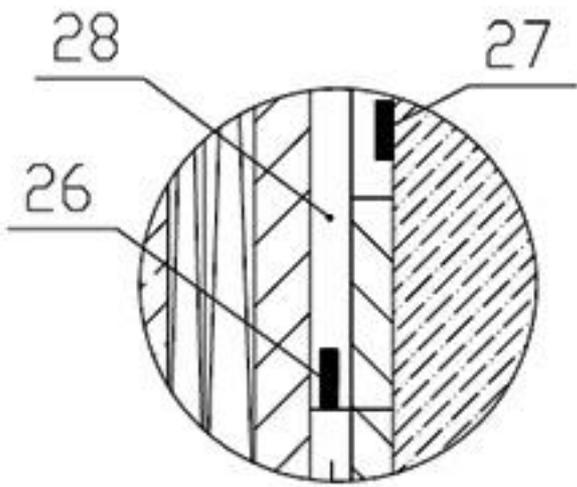


图 4

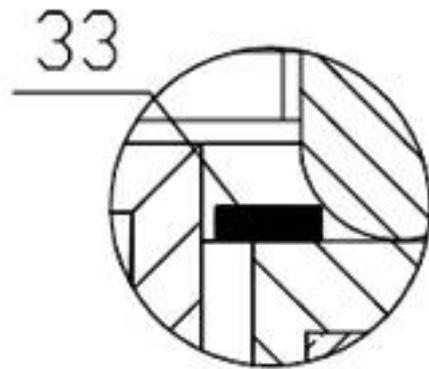


图 5

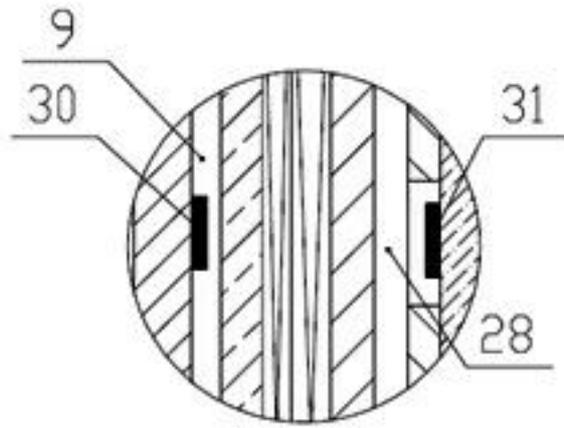


图 6