



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102242743 B

(45) 授权公告日 2013. 08. 21

(21) 申请号 201110191998. 4

(22) 申请日 2011. 07. 11

(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 王晓露 程清风 李跃松

(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

EP 0046431 A1, 1982. 02. 24,

CN 201531479 U, 2010. 07. 21,

CN 101196200 A, 2008. 06. 11,

CN 101576101 A, 2009. 11. 11,

CN 101598150 A, 2009. 12. 09,

EP 0504465 A1, 1992. 09. 23,

US 6062532 A, 2000. 05. 16,

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),

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),

审查员 蒋中立

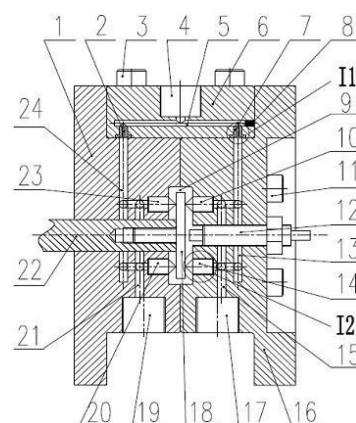
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

多喷嘴挡板电液伺服阀及其工作方法

(57) 摘要

一种多喷嘴挡板电液伺服阀及其工作方法, 属液压伺服控制技术领域。包括上多喷嘴挡板阀和超磁致伸缩执行器; 多喷嘴挡板阀包括上油路块(6)、左油路块(1) 以及右油路块(16), 左油路块(1) 与右油路块(16) 固定, 上油路块(6) 分别与左油路块(1)、右油路块(16) 固定; 超磁致伸缩执行器的致动杆(22) 穿过致动杆腔伸入挡板腔(9), 致动杆(22) 末端安装有挡板(18); 上述喷嘴与致动杆(22) 轴线在同一平面上, 且喷嘴沿挡板(18) 左右对称, 沿致动杆(22) 轴线上、下对称; 该新型多喷嘴挡板电液伺服阀具有流量大, 可靠性高, 稳定性好, 响应快, 驱动线圈发热小, 偏置磁场可调, 智能化等显著特点。



1. 一种多喷嘴挡板电液伺服阀,由多喷嘴挡板阀和超磁致伸缩执行器组成,其特征在于:

上述多喷嘴挡板阀包括上油路块(6)、左油路块(1)以及右油路块(16),左油路块(1)与右油路块(16)固定,上油路块(6)分别与左油路块(1)、右油路块(16)固定;

上述左油路块(1)和右油路块(16)接触面设有挡板腔(9),左油路块(1)上具有与挡板腔(9)垂直且连通的致动杆腔,致动杆腔安装有致动杆(22),致动杆末端安装有挡板(18),右油路块(16)具有与挡板腔(9)垂直且连通的传感器安装腔,传感器安装腔内安装有非接触式位移传感器(12);

上述上油路块(6)中加工有进油油道(5)及位于进油油道中部的进油口(4),进油油道的左、右两端分别安装有左固定节流孔(2)和右固定节流孔(7);

左油路块(1)加工有左控制腔油道(24),左控制腔油道(24)上端通过左固定节流孔(2)与进油油道(5)相连通;左控制腔油道(24)末端至少安装有一个左上喷嘴(23)和一个左下喷嘴(20);

右油路块(16)加工有右控制腔油道(13),右控制腔油道(13)上端通过右固定节流孔(7)与进油油道(5)相连通;右控制腔油道(13)末端至少安装有一个右上喷嘴(10)和一个右下喷嘴(14);

左油路块(1)还设有与左控制腔油道(24)相连通的左输出油道(21)与左下输出油口(19),右油路块(16)还设有与右控制腔油道(13)相连通的右输出油道(15)与右下输出油口(17);

上述喷嘴与致动杆(22)轴线在同一平面上,且喷嘴沿挡板(18)左右对称,沿致动杆(22)轴线上下对称;

上述左上喷嘴(23)、左下喷嘴(20)、右上喷嘴(10)、右下喷嘴(14)均为一个,即整体为4喷嘴结构,4喷嘴结构具体采用下列形式之一:

第一种:左上喷嘴(23)和左下喷嘴(20)连通共同形成一个控制压力腔,右上喷嘴(10)和右下喷嘴(14)连通共同形成另一个控制压力腔;共形成两个控制压力腔,用于实现两级电液伺服阀控制或直接用于液压执行元件的控制;

第二种:左上喷嘴(23)、左下喷嘴(20)、右上喷嘴(10)、右下喷嘴(14)互不连通分别独立;共形成四个控制压力腔,用于实现两个液压执行元件的同步控制或者一个液压执行元件的双余度冗余控制以提高其可靠性。

2. 根据权利要求1所述的多喷嘴挡板电液伺服阀,其特征在于:上述左上喷嘴(23)、左下喷嘴(20)、右上喷嘴(10)、右下喷嘴(14)均为两个,即整体为8喷嘴结构,8喷嘴结构具体采用下列形式之一:

第一种:两个左上喷嘴(23)和两个左下喷嘴(20)均连通共同形成一个控制压力腔,两个右上喷嘴(10)和两个右下喷嘴(14)均连通共同形成另一个控制压力腔;共形成两个控制压力腔,用于实现两级电液伺服阀控制或直接用于液压执行元件的控制;

第二种:两个左上喷嘴(23)相连通、两个左下喷嘴(20)相连通、两个右上喷嘴(10)相连通、两个右下喷嘴(14)相连通;共形成四个控制压力腔,用于实现两个液压执行元件的同步控制或者一个液压执行元件的双余度冗余控制以提高其可靠性;

第三种:两个左上喷嘴(23)、两个左下喷嘴(20)、两个右上喷嘴(10)、两个右下喷嘴

(14)相互间均不相连通;共形成八个控制压力腔,用于实现四个液压执行元件的同步控制,或者两个液压执行元件的双冗余控制以提高其控制流量与可靠性,或者一个液压执行元件的四冗余控制以提高其可靠性。

3. 根据权利要求1所述的多喷嘴挡板电液伺服阀,其特征在于:上述超磁致伸缩执行器包括外罩(27)、安装于外罩(27)两端的左端盖(26)和右端盖(1)、安装于外罩内的线圈骨架(41),安装于线圈骨架(41)内的超磁致伸缩棒(38),线圈骨架(41)一端与右端盖(1)固定,另一端与左端盖(26)留有间隙;线圈骨架(41)上安装有偏置磁场发生单元和驱动磁场发生单元;

上述超磁致伸缩棒(38)靠近左端盖一端为磁致固定端,磁致固定端安装有滑块(42),靠近右端盖一端为磁致输出端,磁致输出端通过致动杆(22)向外输出位移,致动杆(22)与右端盖之间安装有预压弹簧(37);线圈骨架(41)通过螺纹方式与调节螺钉(45)连接,调节螺钉(45)同时与上述滑块(42)接触;线圈骨架(41)的热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒(38)的热膨胀系数与其长度乘积;上述线圈骨架(41)与超磁致伸缩棒(38)之间留有内流道;

上述超磁致伸缩执行器中的右端盖即为喷嘴挡板阀中的左油路块(1)。

4. 根据权利要求3所述的多喷嘴挡板电液伺服阀,其特征在于:上述滑块(42)左侧安装有霍尔元件(30),超磁致伸缩棒(38)侧面安装有应变片(31),线圈骨架(41)内侧安装有铂电阻(40)。

5. 根据权利要求3所述的多喷嘴挡板电液伺服阀,其特征在于:上述偏置磁场发生单元为偏置调节线圈(32)和永磁体(29);上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(33)。

6. 根据权利要求5所述的多喷嘴挡板电液伺服阀,其特征在于:上述驱动线圈(33)、偏置调节线圈(32)和永磁体(29)的由外向内按以下顺序布置:永磁体(29)、偏置调节线圈(32)、驱动线圈(33)。

7. 根据权利要求3所述的一种多喷嘴挡板电液伺服阀的工作方法,其特征在于包括以下过程:

预压力施加过程与初始位移调节:

机械调节时,调节螺钉(45)一端旋转,另一端通过滑块(42)推动超磁致伸缩棒(38)轴向运动,进而调节致动杆(22)初始位移及预压弹簧(37)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(38)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(38)磁化并产生磁致伸缩;

热致位移补偿过程:

当超磁致伸缩棒(38)温度上升时,其热量很快传至线圈骨架(41)内侧,线圈骨架(41)由于右端与右端盖(1)固定,只能向左端盖(26)方向产生热膨胀,并带动调节螺钉(45)向左端盖(26)方向运动;

调节螺钉(45)向左端盖(26)方向运动的同时,超磁致伸缩棒(38)在预压弹簧(37)的作用下实时向左端盖(26)方向运动;同时由于超磁致伸缩棒(38)也产生热膨胀并且热膨胀量与线圈骨架(41)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(41)与超磁致伸缩棒(38)之间的液体间隙充满流动液体,用于冷却线圈骨架(41)和超磁致伸缩棒(38),同时也保证了线圈骨架(41)与超磁致伸缩棒(38)温度相等以保证热补偿的实现。

8. 根据权利要求7所述的多喷嘴挡板电液伺服阀的工作方法,其特征在于:上述偏置磁场发生单元为偏置调节线圈(32)和永磁体(29);上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(33);

永磁体(29)产生恒定偏置磁场;偏置调节线圈(32)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(33)通入电流使超磁致伸缩棒(38)磁化并产生磁致伸缩。

9. 根据权利要求8所述的多喷嘴挡板电液伺服阀的工作方法,其特征在于:

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致动杆零位调节:电子调节时,由偏置调节线圈(32)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,进而调节致动杆(22)初始位移及预压弹簧(37)的预压缩力。

多喷嘴挡板电液伺服阀及其工作方法

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] 电液伺服阀是电液控制系统中的重要控制元件,在系统中起着电液转换和功率放大作用。电液伺服阀按照第一级液压放大器结构不同可以分为喷嘴挡板型、射流管型以及滑阀型电液伺服阀,而尤以喷嘴挡板型电液伺服阀应用最广,其中喷嘴挡板液压放大器又是该型电液伺服阀中的关键结构和精度、可靠性等性能的决定因素。目前国内外喷嘴挡板型电液伺服阀多为由力矩马达作为电-机转换器,以双喷嘴挡板阀为液压前置放大器的典型结构,该结构喷嘴挡板伺服阀由于力矩马达驱动功率小,响应慢以及调试与使用中易产生伺服阀高频啸叫等缺点直接制约了喷嘴直径和喷嘴至挡板零位间隙等关键尺寸设计,致使喷嘴挡板阀最小结构尺寸偏小,从而导致伺服阀控制流量小、可靠性低、响应慢及频响低,已经无法适应目前以及未来高性能电液伺服系统的要求。

[0003] 双喷嘴挡板力反馈两级电液伺服阀是喷嘴挡板型电液伺服阀的传统结构,如文献 1(电液伺服阀技术,田源道著,航空工业出版社,2008.1:p11)所述,它由力矩马达、喷嘴挡板构成第一级电液转换与功率放大和第二级滑阀功率放大器组成。力矩马达由永磁体、上下导磁体、控制线圈及将弹簧管、反馈杆、挡板、衔铁组合在一起的衔铁组件组成。反馈杆小球插在阀芯中间的槽内。喷嘴挡板级由一个回油节流孔、两个固定节流孔和两个喷嘴挡板可变节流孔组成。当给控制线圈输入正负电流信号时,在力矩马达的固定磁通和控制磁通相互作用下,力矩马达将输出成比例的正或负力矩,挡板输出一定位移,从而使两个可变节流孔液阻发生变化,喷嘴挡板级向阀芯两端输出相应的负载流量和负载压力,驱动阀芯向相应的方向运动。阀芯运动将带动反馈杆运动,产生的反馈力矩反馈到力矩马达上,直到反馈杆反馈力矩、喷嘴挡板的液压力矩和输入电流信号产生的电磁力矩相平衡时,阀芯将停止运动。此时在负载压力为定值时,阀芯位移或阀的输出流量与输入电流信号成比例。

[0004] 文献 2(基于 GMM 转换器喷嘴挡板伺服阀的研究,王传礼著,中国矿业大学出版社,2005.10:p37~38)所述,提供了一种由超磁致伸缩执行器驱动的新型单喷嘴挡板单级电液伺服阀的机构形式。当驱动线圈通入一定电流引起磁场变化,驱动 GMM 杆产生相应的输出位移,实现转换器电磁能与机械能之间的转换,致动杆也是挡板,喷嘴与挡板之间的间隙由 GMM 杆的输出位移调节。预压力机构由前端盖、预压弹簧、调节螺钉等组成,作用是给 GMM 施加一定的预压力,同时,调节螺钉可以方便进行喷嘴与挡板之间的零位间隙的调节。温度实时补偿机构由热补偿管、后端盖、致动杆、线圈架与保护衬间油液通道组成。

[0005] 无论是早期双喷嘴挡板力反馈两级电液伺服阀还是后来的超磁致伸缩材料驱动的新型单喷嘴挡板单级电液伺服阀,其最大缺点是控制流量小,最小间隙偏小致使阀可靠性低,克服这些缺点的根本途径是提高喷嘴直径尺寸设计,这样可有效提高伺服阀抗污染能力、可靠性及控制流量,但现实应用时,提高喷嘴直径尺寸将增大喷嘴处液流流动的雷诺数,从而使喷嘴处液流流动从层流过渡到紊流,这往往会激起伺服阀振荡并发生高频啸叫,

并最终导致伺服阀无法正常工作,即传统双喷嘴挡板阀控制流量提高会受到力矩马达输出功率以及伺服阀高频啸叫的制约。

[0006] 本发明将着眼于多喷嘴挡板电液伺服阀设计,以期通过不提高喷嘴直径尺寸而设计多分布喷嘴的方法提高其控制流量,同时可保证喷嘴附近油液流动处于层流状态以避免伺服阀高频啸叫的影响。

[0007] 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。

[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 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。

[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 型布置方式为最常用的形式。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。

[0011] 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,尤其是由于永磁体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] 本发明将着眼于超磁致伸缩材料驱动的新型智能型多喷嘴挡板伺服阀的设计,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] 本发明的目的在于提供针对现有单喷嘴挡板阀与双喷嘴挡板阀控制流量小,响应速度慢,可靠性低,易于出现高频振荡等技术缺陷,提出一种控制流量大,响应速度快,易于实现余度控制,可靠性高且不易出现高频振荡的多喷嘴挡板电液伺服阀新结构。

[0014] 一种多喷嘴挡板电液伺服阀,由多喷嘴挡板阀和超磁致伸缩执行器组成,其特征在于:上述多喷嘴挡板阀包括上油路块、左油路块以及右油路块,左油路块与右油路块固定,上油路块分别与左油路块、右油路块固定;上述左油路块和右油路块接触面设有挡板腔,左油路块上具有与挡板腔垂直且连通的致动杆腔,致动杆腔安装有致动杆,致动杆末端安装有挡板,右油路块具有与挡板腔垂直且连通的传感器安装腔,传感器安装腔内安装有非接触式位移传感器;上述上油路块中加工有进油油道及位于进油油道中部的进油口,进油油道的左、右两端分别安装有左固定节流孔和右固定节流孔;左油路块加工有左控制腔油道,左控制腔油道上端通过左固定节流孔与进油油道相连通;左控制腔油道末端至少安装有一个左上喷嘴和一个左下喷嘴;右油路块加工有右控制腔油道,右控制腔油道上端通过右固定节流孔与进油油道相连通;右控制腔油道末端至少安装有一个右上喷嘴和一个右下喷嘴;左油路块还设有与左控制腔油道相连通的左输出油道与左下输出油口,右油路块还设有与右控制腔油道相连通的右输出油道与右下输出油口;上述喷嘴与致动杆轴线在同一平面上,且喷嘴沿挡板左右对称,沿致动杆轴线上下对称。该布置方式可保证喷嘴挡板阀零位喷嘴射流液动力平衡。

[0015] 由于传统喷嘴挡板伺服阀喷嘴直径较小,而提高喷嘴直径则提高喷嘴处液体流动雷诺数,使油液流动更趋复杂且易于发生高频啸叫与振荡,因此致使传统喷嘴挡板伺服阀控制流量较小,可靠性较低,响应也较慢。本发明区别于传统单喷嘴与双喷嘴挡板液压放大器,该新型喷嘴挡板阀采用喷嘴挡板阀采用 4 或 8 喷嘴对称分布。

[0016] 上述多喷嘴挡板电液伺服阀,其特征在于:上述左上喷嘴、左下喷嘴、右上喷嘴、右下喷嘴均为一个,即整体为 4 喷嘴结构,4 喷嘴结构具体采用下列形式之一:第一种:左上喷嘴和左下喷嘴连通共同形成一个控制压力腔,右上喷嘴和右下喷嘴连通共同形成另一个控制压力腔;共形成两个控制压力腔,用于实现两级电液伺服阀控制或直接用于液压执行元件的控制;该结构形式由于喷嘴直径不变而喷嘴数量增加,故每个喷嘴处液体流动雷诺数不变,而喷嘴数量的增加一倍提高了喷嘴挡板阀控制流量,即在避免喷嘴挡板阀高频振荡的前提下提高了控制流量;第二种:左上喷嘴、左下喷嘴、右上喷嘴、右下喷嘴互不连通分别独立;共形成四个控制压力腔,用于实现两个液压执行元件的同步控制或者一个液压执行元件的双余度冗余控制以提高其可靠性。该结构形式由于喷嘴直径不变而喷嘴数量增加,故每个喷嘴处液体流动雷诺数不变,针对每个控制压力腔而言,较传统单/双喷嘴挡板阀性能相当,但该结构形成了四个控制压力腔,其中左右各取一个控制压力腔可实现单个执行元件的双余度控制或两个执行元件的同步控制。

[0017] 上述的多喷嘴挡板电液伺服阀,其特征在于:上述左上喷嘴、左下喷嘴、右上喷嘴、右下喷嘴均为两个,即整体为 8 喷嘴结构,8 喷嘴结构具体采用下列形式之一:第一种:两个左上喷嘴和两个左下喷嘴均连通共同形成一个控制压力腔,两个右上喷嘴和两个右下喷

嘴均连通共同形成另一个控制压力腔；共形成两个控制压力腔，用于实现两级电液伺服阀控制或直接用于液压执行元件的控制；该结构形式由于喷嘴直径不变而喷嘴数量增加，故每个喷嘴处液体流动雷诺数不变，而喷嘴数量的增加两倍提高了喷嘴挡板阀控制流量，即在避免喷嘴挡板阀高频振荡的前提下提高了控制流量；第二种：两个左上喷嘴相连通、两个左下喷嘴相连通、两个右上喷嘴相连通、两个右下喷嘴相连通；共形成四个控制压力腔，用于实现两个液压执行元件的同步控制或者一个液压执行元件的双余度冗余控制以提高其可靠性；该结构由于喷嘴直径不变而喷嘴数量增加，故每个喷嘴处液体流动雷诺数不变，但该结构形成了四个控制压力腔，且每个控制腔控制流量较传统单 / 双喷嘴挡板阀提高一倍，其中左右各取一个控制压力腔可实现单个执行元件的双余度控制或两个执行元件的同步控制。第三种：两个左上喷嘴、两个左下喷嘴、两个右上喷嘴、两个右下喷嘴相互间均不相连通；共形成八个控制压力腔，用于实现四个液压执行元件的同步控制，或者两个液压执行元件的双余度冗余控制以提高其控制流量与可靠性，或者一个液压执行元件的四余度冗余控制以提高其可靠性。该结构由于喷嘴直径不变而喷嘴数量增加，故每个喷嘴处液体流动雷诺数不变，每个控制腔控制流量较传统单 / 双喷嘴挡板阀相当，但该结构形成了八个控制压力腔，其中左右各取一个控制压力腔可实现单个执行元件的四余度控制，或两个执行元件的双余度同步控制，或四个执行元件的同步控制。

[0018] 上述超磁致伸缩执行器包括外罩、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；上述超磁致伸缩棒靠近左端盖一端为磁致固定端，磁致固定端安装有滑块，靠近右端盖一端为磁致输出端，磁致输出端通过致动杆向外输出位移，致动杆与右端盖之间安装有预压弹簧；线圈骨架通过螺纹方式与调节螺钉连接，调节螺钉同时与上述滑块接触；线圈骨架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；上述线圈骨架与超磁致伸缩棒之间留有内流道；所述的一种多喷嘴挡板电液伺服阀，其特征在于包括预压力施加过程与初始位移调节：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，进而调节致动杆初始位移及预压弹簧的预压缩力。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，使超磁致伸缩棒磁化并产生磁致伸缩；热致位移补偿过程：当超磁致伸缩棒温度上升时，其热量很快传至线圈骨架内侧，线圈骨架由于右端与右端盖固定，只能向左端盖方向产生热膨胀，并带动调节螺钉向左端盖方向运动；调节螺钉向左端盖方向运动的同时，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；同时由于超磁致伸缩棒也产生热膨胀并且热膨胀量与线圈骨架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。

[0019] 本发明区别于传统单喷嘴与双喷嘴挡板伺服阀采用力矩马达或力马达驱动，而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或力马达而言具有输出力大、响应速度快、输出位移精度高、可靠性高等优点；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;采用线圈骨架热补偿方式可有效分离开超磁致伸缩执行器磁致位移与热致位移,具有执行器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,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;同时结合喷嘴挡板阀泄露油液循环进行超磁致伸缩棒与线圈骨架冷却与散热,可显著降低执行器热膨胀,进一步提高超磁致伸缩执行器输出位移精度。

[0020] 上述多喷嘴挡板电液伺服阀,其特征在于:上述滑块左侧安装有霍尔元件,超磁致伸缩棒侧面安装有应变片,线圈骨架内侧安装有铂电阻。

[0021] 本发明采用以上布置方式,即采用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;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,温度传感器用于测量油液循环通道油温监测,用于评估伺服阀流量受温度影响与热补偿特性分析,因此,本电液伺服阀具有工作状态智能监控的作用。

[0022] 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。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;上述线圈骨架上的驱动线圈、偏置调节线圈和永磁体排布顺序由内向外依次为驱动线圈、偏置调节线圈、永磁体。

[0023] 本发明多喷嘴挡板电液伺服阀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,可有效克服永磁体漏磁与退磁后的精度下降的缺点。同时本专利多喷嘴挡板液压电液伺服阀阀芯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致动杆初始输出位移,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致动杆的初始输出力与位移。

[0024] 所述的多喷嘴挡板电液伺服阀的工作过程,其特征在于: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致动杆零位调节: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,进而调节致动杆初始位移及预压弹簧的预压缩力。

[0025] 采用机械与电子复合调节超磁致伸缩棒预压力与初始位移,具有调节灵活、方便以及易于实现预压力与初始位移的精确调节等优点。

[0026] 附图说明:

[0027] 图1为多喷嘴挡板阀结构原理图;

[0028] 图2为多喷嘴挡板电液伺服阀结构原理图;

[0029] 图3为喷嘴挡板阀泄露油腔与超磁致伸缩执行器循环冷却油道连通示意图;

[0030] 图4为控制电路原理图;

[0031] 图5为霍尔元件布置结构图;

[0032] 图 6 为固定节流孔结构原理图；

[0033] 图 7 为喷嘴挡板结构原理图；

[0034] 图中标号名称：1 左油路块 2 左固定节流孔 3 长螺栓 4 进油口 5 进油通道 6 上油路块 7 右固定节流孔 8 密封块 9 挡板腔 10 右上喷嘴 11 长螺栓 12 非接触位移传感器 13 右控制腔油道 14 右下喷嘴 15 右输出油道 16 右油路块 17 右下输出油口 18 挡板 19 左下输出油口 20 左下喷嘴 21 左输出油道 22 致动杆 23 左上喷嘴 24 左控制腔油道 25 连接螺钉 26 左端盖 27 外罩 28 O 型密封圈 29 永磁体 30 霍尔元件 31 应变片 32 偏置调节线圈 33 驱动线圈 34 连接螺钉 35 O 型密封圈 36 连通油道 37 预压弹簧 38 超磁致伸缩棒 39 中间支撑环 40 铂电阻 41 线圈骨架 42 滑块 43 O 型密封圈 44 线缆出口 45 调节螺钉 46 输出油口

[0035] 具体实施方式：

[0036] 如图 1～7 所示，该多喷嘴挡板电液伺服阀，由多喷嘴挡板阀和超磁致伸缩执行器组成，其特征在于：

[0037] 上述多喷嘴挡板阀包括上油路块 6、左油路块 1 以及右油路块 16，左油路块 1 与右油路块 16 固定，上油路块 6 分别与左油路块 1、右油路块 16 固定；

[0038] 上述左油路块 1 和右油路块 16 接触面设有挡板腔 9，左油路块 1 上具有与挡板腔 9 垂直且连通的致动杆腔，致动杆腔安装有致动杆 22，致动杆末端安装有挡板 18，右油路块 16 具有与挡板腔 9 垂直且连通的传感器安装腔，传感器安装腔内安装有非接触式位移传感器 12；

[0039] 上述上油路块 6 中加工有进油油道 5 及位于进油油道中部的进油口 4，进油油道的左、右两端分别安装有左固定节流孔 2 和右固定节流孔 7；

[0040] 左油路块 1 加工有左控制腔油道 24，左控制腔油道 24 上端通过左固定节流孔 2 与进油油道 5 相连通；左控制腔油道 24 末端至少安装有一个左上喷嘴 23 和一个左下喷嘴 20；

[0041] 右油路块 16 加工有右控制腔油道 13，右控制腔油道 13 上端通过右固定节流孔 7 与进油油道 5 相连通；右控制腔油道 13 末端至少安装有一个右上喷嘴 10 和一个右下喷嘴 14；

[0042] 左油路块 1 还设有与左控制腔油道 24 相连通的左输出油道 21 与左下输出油口 19，右油路块 16 还设有与右控制腔油道 13 相连通的右输出油道 15 与右下输出油口 17；

[0043] 上述喷嘴与致动杆 22 轴线在同一平面上，且喷嘴沿挡板 18 左右对称，沿致动杆 22 轴线上、下对称；

[0044] 上述超磁致伸缩执行器包括外罩 27、安装于外罩 27 两端的左端盖 26 和右端盖 1、安装于外罩内的线圈骨架 41，线圈骨架 41 一端与右端盖 1 固定，另一端与左端盖 26 留有间隙；线圈骨架 41 上安装有偏置磁场发生单元和驱动磁场发生单元；

[0045] 上述超磁致伸缩棒 38 靠近左端盖一端为磁致固定端，磁致固定端安装有滑块 42，靠近右端盖一端为磁致输出端，磁致输出端通过致动杆 22 向外输出位移，致动杆 22 与右端盖之间安装有预压弹簧 37；线圈骨架 41 通过螺纹方式与调节螺钉 45 连接，调节螺钉 45 同时与上述滑块 42 接触；线圈骨架 41 的热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒 38 的热膨胀系数与其长度乘积；上述线圈骨架 41 与超磁致伸缩棒 38 之间留有内流道；

[0046] 上述超磁致伸缩执行器中的右端盖即为喷嘴挡板阀中的左油路块 1。

[0047] 如图 1 ~ 7 所示,该多喷嘴挡板电液伺服阀新结构提供了一种新型喷嘴挡板伺服阀结构形式与超磁致伸缩执行器驱动方式并提供了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:

[0048] 多喷嘴挡板阀工作原理:如图 1,6,7 所示,系统进油油液自进油口经过进油通道左侧再经过左固定节流孔进入左控制腔隙油道,左控制腔隙油道油液一侧流入左上喷嘴和左下喷嘴,另一侧流入左输出油道及左输出油口;同时系统进油油液自进油口经过进油通道右侧再经过右固定节流孔进入右控制腔隙油道,右控制腔隙油道油液一侧流入右上喷嘴和右下喷嘴,另一侧流入右输出油道及右输出油口;

[0049] 挡板与致动杆相连,致动杆的轴向运动带动挡板轴向运动,当挡板处于两喷嘴中间时,左右控制腔隙油道中的油液压力相等,其左右输出油口油液压力亦相等,当致动杆带动挡板向右运动时,右侧喷嘴与挡板间阻力增加,右侧控制腔油液压力增大,从而右侧输出油口输出压力增大,而左侧喷嘴与挡板间阻力降低,则左侧控制腔油液压力减小,从而左侧输出油口输出力减小,即两输出油口产生一正比与致动杆位移的压力油液输出;当致动杆带动挡板向左运动时,原理相似。

[0050] 多喷嘴挡板电液伺服阀工作原理:如图 1,2,6,7 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致动杆,致动杆右侧与挡板固定在一起,并带动挡板轴向运动,挡板轴向运动将引起喷嘴与挡板之间的间隙变化,并引起喷嘴与挡板之间的液阻变化从而引起各喷嘴对应的控制腔油液压力变化,其中喷嘴与挡板间隙减小的一侧控制腔压力上升,喷嘴与挡板间隙增大的一侧控制腔压力下降,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,挡板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。

[0051] 超磁致伸缩棒预压力施加与伺服阀零位调节:如图 1,2,7 所示,超磁致伸缩棒与致动杆直接接触,致动杆通过预压弹簧压在左油路块上,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,并方便安装于致动杆于左油路块之间;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致动杆、挡板一起轴向运动,并最终将挡板调节至某一确定位置,保证其处于中位。

[0052] 超磁致伸缩执行器冷却方法:如图 1,2,3,7 所示,喷嘴射出的压力油液经过喷嘴与挡板间隙后流入挡板腔隙,且由于挡板腔隙与超磁致伸缩棒与线圈骨架之间的间隙在结构上通过连通油道(36)相互连通,如图 3 所示,故喷嘴与挡板间隙油液将流入超磁致伸缩棒与线圈骨架之间的间隙,并从伺服阀左端盖泄油口流出,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,达到冷却超磁致伸缩棒的目的并最终减小超磁致伸缩

执行器热致位移对执行器输出位移的影响,提高其输出精度。

[0053] 超磁致伸缩执行器热位移补偿方法:如图 1,2,3,7 所示,为提高伺服阀控制精度,在执行器冷却基础上,可实现对超磁致伸缩棒热膨胀位移输出进行补偿,从而可以获得更高精度的执行器位移输出精度,以下具体阐述其热位移补偿方法。如图 1 所示,线圈骨架右端为固定端,并固定于左油路块,由于超磁致伸缩棒与线圈骨架之间间隙充满油液,即超磁致伸缩棒与线圈骨架温度基本相同,线圈骨架材料选择不锈钢,其热膨胀系数与超磁致伸缩棒相当,同时其导热性能非常好,当超磁致伸缩棒温度上升时,其热量很快传至线圈骨架内侧,线圈骨架由于右端固定,只能向左端产生热膨胀,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,由于线圈骨架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线圈骨架热膨胀量相等,这样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执行器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执行器和伺服阀的控制精度。

[0054] 超磁致伸缩执行器闭合磁路与磁场均匀化方法:如图 2 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、致动杆、左油路块、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。

[0055] 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 4,5 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。

[0056] 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 4 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。

[0057] 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 4 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。

[0058] 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 4 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。

[0059] 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:如图4所示,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。

[0060] 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4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。

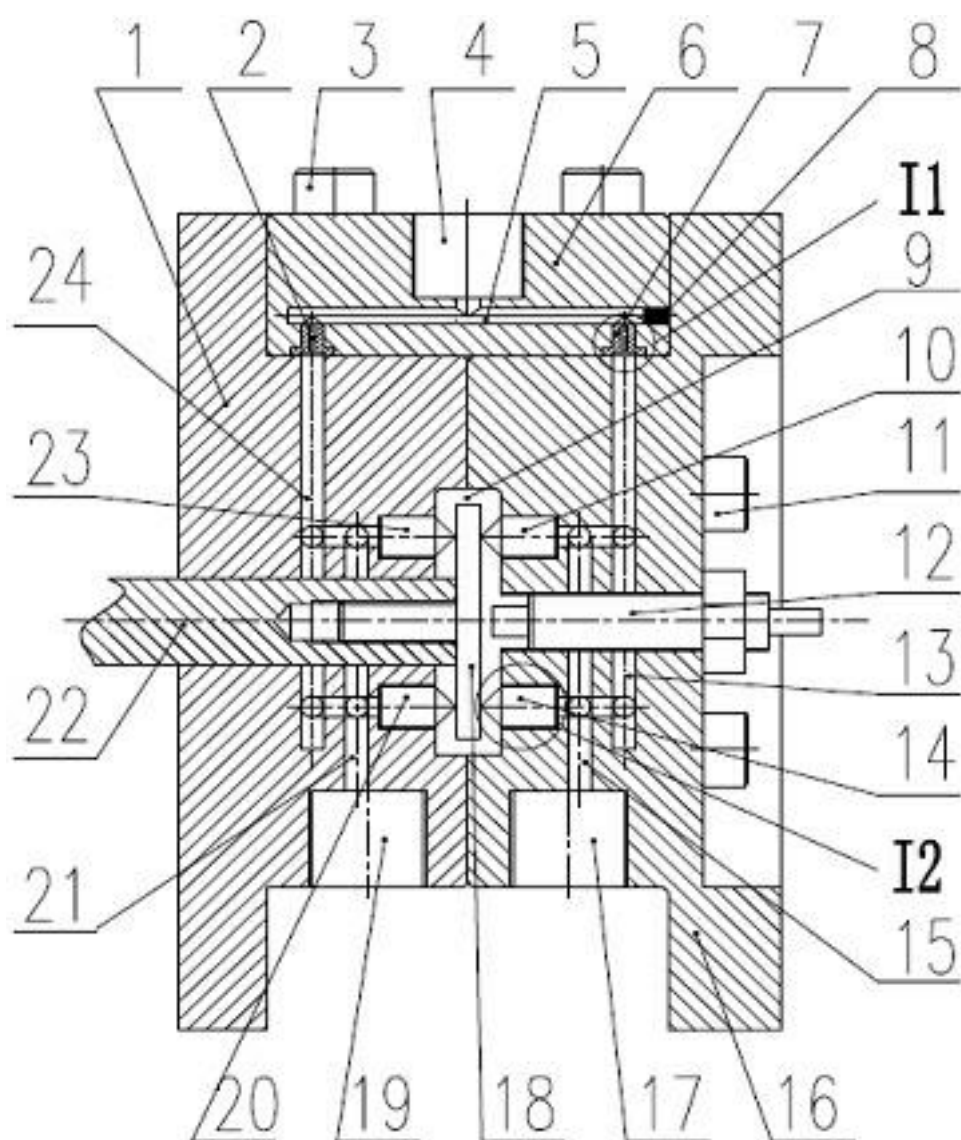


图 1

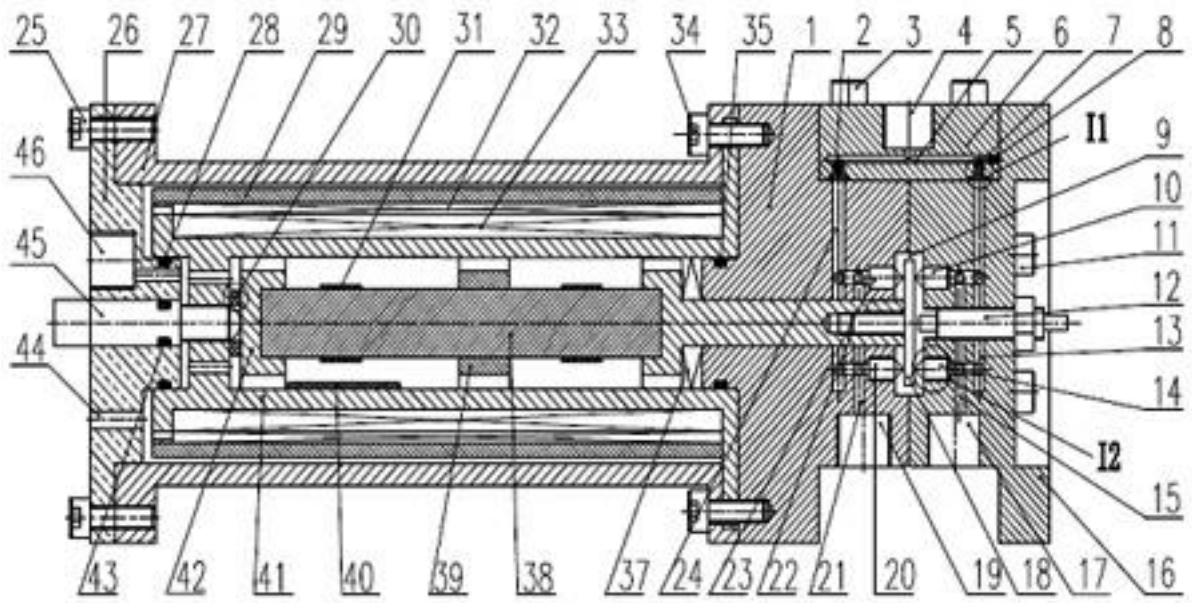


图 2

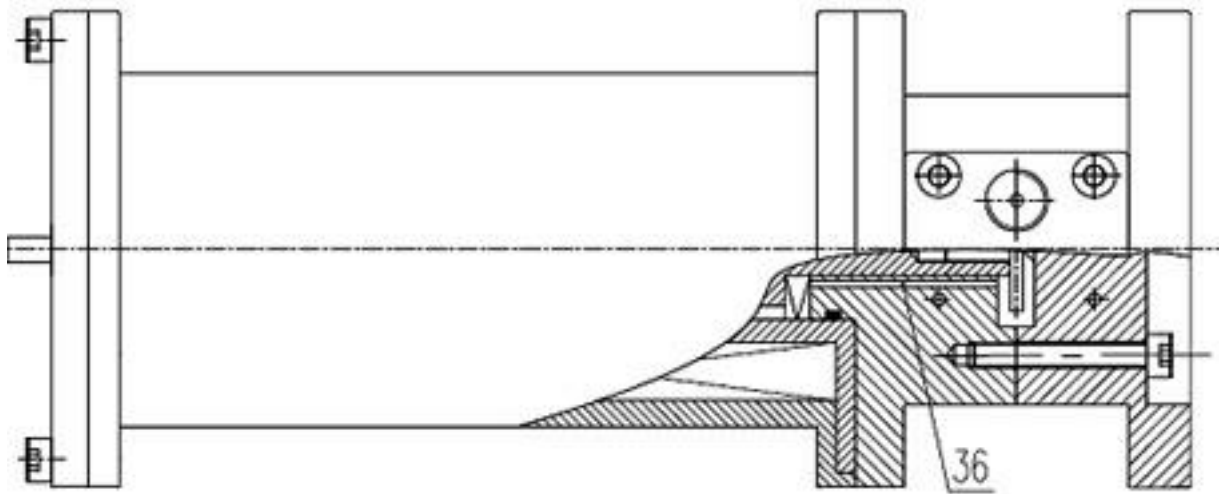


图 3

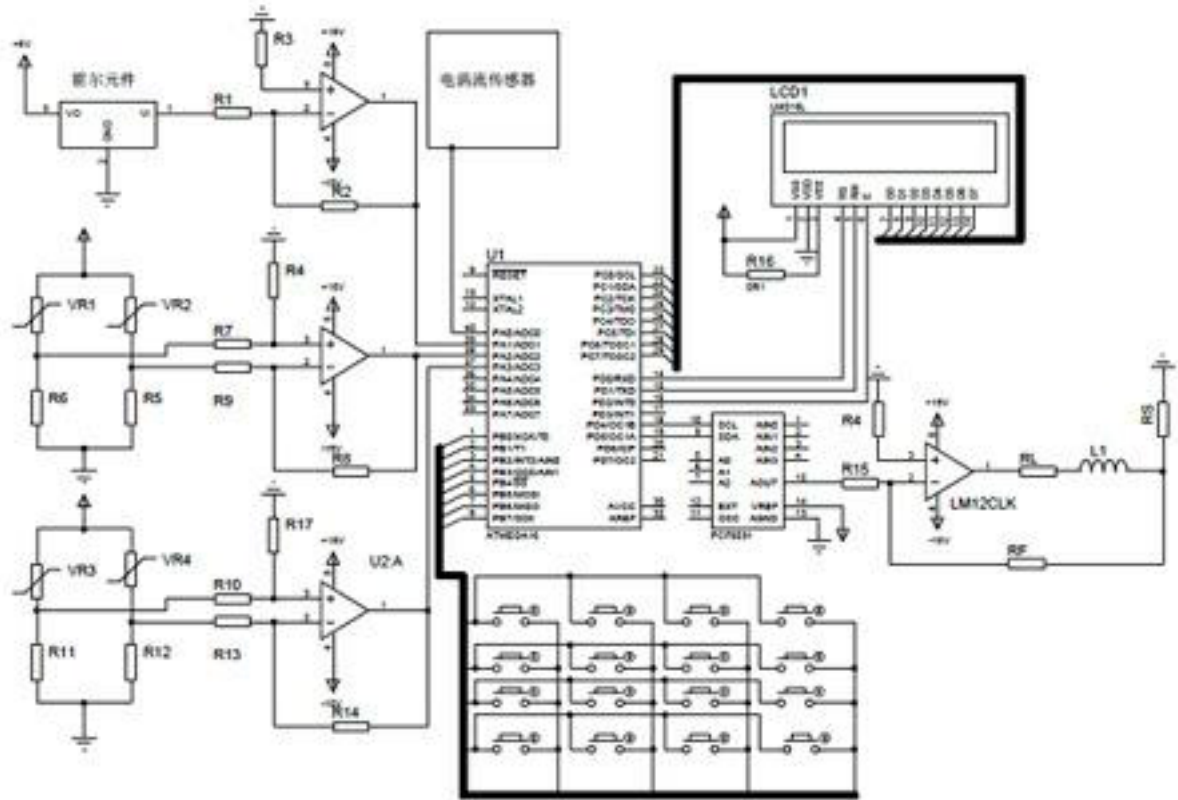


图 4

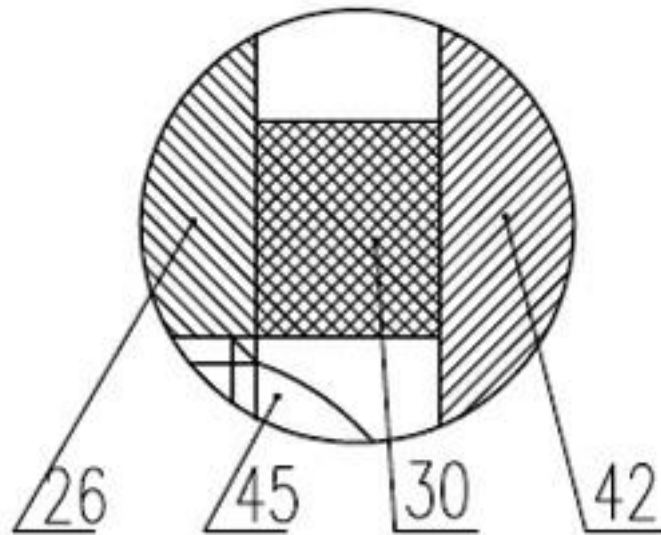


图 5

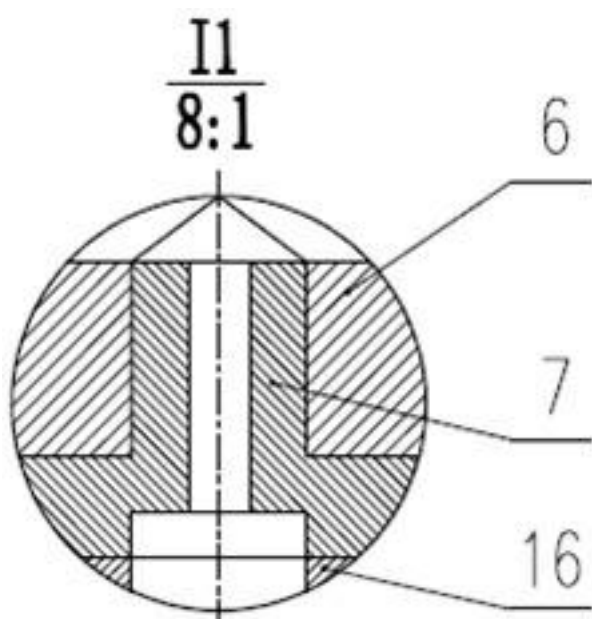


图 6

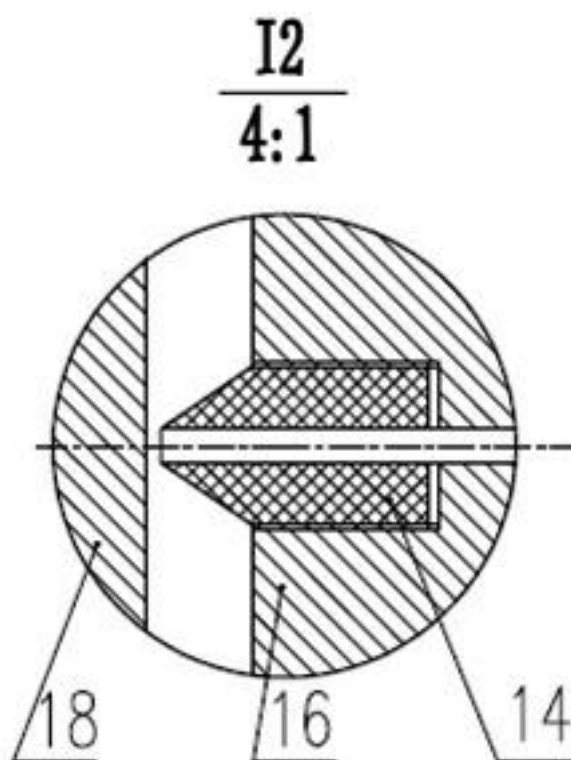


图 7