



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101598149 B

(45) 授权公告日 2011.05.11

(21) 申请号 200910032086.5

(22) 申请日 2009.06.30

(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 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)

(56) 对比文件

CN 101225881 A, 2008.07.23,

CN 101382209 A, 2009.03.11,

CN 101196200 A, 2008.06.11,

朱玉川. 超磁致伸缩材料在流体控制阀中的应用与展望. 《液压与气动》. 2004, (第5期),

王传礼. 基于超磁致伸缩转换器的流体控制阀及其技术. 《农业机械学报》. 2003, 第34卷(第

5期),

朱玉川. 基于超磁致伸缩材料新型转换器的仿真研究. 《流体力学实验与测量》. 2004, 第18卷(第4期),

朱玉川. 电反馈式超磁致伸缩伺服阀的理论研究. 《机械科学与技术》. 2009, (第2期),

朱玉川. 超磁致伸缩伺服阀的参数设计与优化研究. 《中国机械工程》. 2008, (第20期),

审查员 刘景逸

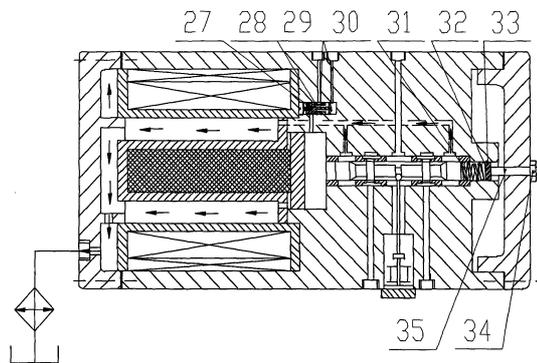
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 发明名称

超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀

(57) 摘要

一种超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,属液压伺服控制技术领域。包括阀体(25)、滑阀偶件、电-机转换器、位于电-机转换器与滑阀偶件之间的微位移放大器。上述电-机转换器包括热补偿罩(12)、安装于热补偿罩内的超磁致伸缩棒(13)、位于热补偿罩(12)外侧的线圈骨架(2),还包括依次绕于线圈骨架(2)外侧的驱动线圈(4)和偏置线圈(3)。本发明相对于传统力马达驱动方式具有驱动功率大和响应速度快的特点。



1. 一种超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:

包括阀体(25)、位于阀腔(21)内的滑阀偶件、位于滑阀偶件一侧的电-机转换器、位于电-机转换器与滑阀偶件之间的微位移放大器、位于滑阀偶件另一侧的复位调零装置;

上述电-机转换器包括热补偿罩(12)、安装于热补偿罩内的超磁致伸缩棒(13)、位于热补偿罩(12)外侧的线圈骨架(2),还包括依次绕于线圈骨架(2)外侧的驱动线圈(4)和偏置线圈(3);

上述滑阀偶件由滑阀阀套(23)和滑阀阀芯(24)组成;

上述微位移放大器包括位移放大腔(20)、安装于位移放大腔(20)内与上述超磁致伸缩棒(13)相联的输出活塞(14),位移放大腔的另一端与滑阀阀芯(24)相连;

上述阀体(25)上具有与阀腔(21)相连的主供油通道(22)、输出油道(5)及回油冷却循环通道(11);

上述阀体(25)上安装有液控单向阀组件,还具有与位移放大腔(20)相连的通过液控单向阀组件实现单向注油的单向预压力注油通道(19)和可控反向泄油的液控单向阀控制油道(30)。

2. 根据权利要求1所述的超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:上述热补偿罩(12)与线圈骨架(2)之间具有间隙,该间隙为回油冷却循环通道(11)的一部分。

3. 根据权利要求1所述的超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:上述阀体(25)上设有安置位移传感器(7)的安置腔,该位移传感器(7)由电反馈杆(10)、应变梁(8)以及贴在应变梁(8)上的半导体应变片(9)组成,其中电反馈杆(10)一端与滑阀阀芯(24)相连另一端与应变梁(8)相连。

4. 根据权利要求1所述的超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:所述复位调零装置包括与滑阀阀芯(24)相连的滑阀复位弹簧(31)、滑阀复位弹簧座(32)、密封圈(33)、防松螺母(34)、调节螺钉(35)。

5. 根据权利要求1所述的超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:所述液控单向阀组件由安装于单向预压力注油通道(19)一侧的单向阀阀座(16)、单向阀弹簧(17)、液控单向阀主阀芯(27)及液控单向阀阀套(28),以及安装于液压控制油道(30)一侧的液控单向阀控制阀芯(29)组成。

6. 一种超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:

包括阀体(25)、滑阀偶件、一对电-机转换器、一对位于电-机转换器与滑阀偶件之间的微位移放大器;

上述电-机转换器包括热补偿罩(12)、安装于热补偿罩(12)内的超磁致伸缩棒(13)、位于热补偿罩(12)外侧的线圈骨架(2),还包括依次绕于线圈骨架(2)外侧的驱动线圈(4)和偏置线圈(3);

上述滑阀偶件由滑阀阀套(23)和滑阀阀芯(24)组成;

上述微位移放大器包括位移放大腔(20)、安装于位移放大腔(20)内一端与上述对应的超磁致伸缩棒(13)相连的输出活塞(14)、位移放大腔(20)另一端与滑阀阀芯(24)相连;

上述阀体(25)上具有与阀腔(21)相连的主供油道(22)、输出油道(5)以及回油冷却

循环通道 (11) ;

上述阀体 (25) 上安装有单向阀组件,还具有与相应微位移放大器的位移放大腔 (20) 相连的通过单向阀组件实现单向注油单向预压力注油通道 (19)。

7. 根据权利要求 6 所述的超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:上述热补偿罩 (12) 与线圈骨架 (2) 之间具有间隙,该间隙为回油冷却循环通道 (11) 的一部分。

8. 根据权利要求 6 所述的超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀, 其特征在于:上述阀体 (25) 上设有安置位移传感器 (7) 的安置腔,该位移传感器 (7) 由电反馈杆 (10)、应变梁 (8) 以及贴在应变梁 (8) 上的半导体应变片 (9) 组成,其中电反馈杆 (10) 一端与滑阀阀芯 (24) 相连另一端与应变梁 (8) 相连。

9. 根据权利要求 6 所述的超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:所述单向阀组件由单向阀阀座 (16)、单向阀弹簧 (17)、及单向阀圆锥阀芯 (18) 组成。

## 超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀

### 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] 传统的两级电液伺服阀价格昂贵,制造工艺复杂,对使用环境要求严格。单级直动式电液伺服阀具有结构简单、价格低、响应快、抗污染能力强、可靠性高、无先导级泄漏、特性不受供油压力影响等性能优点,已经成为流体传动与控制领域的一个重要发展方向和竞争焦点。因此发展直动式单级电液伺服阀将有助于提高电液伺服阀的性能指标、改善电液伺服阀控制系统的控制特性以及更好地满足日益提高的市场需求,进而推动流体传动及控制技术的发展。

[0003] 单级直动式电液伺服阀也称为 DDV 伺服阀,分为直动式电液流量伺服阀和直动式电液压力伺服阀两种。其中电液流量伺服阀最为常用,它在电-机转换器(力马达)和滑阀之间没有喷嘴挡板液压放大器,而是采用电-机转换器(力马达)直接驱动滑阀阀芯运动。

[0004] 文献 1(电液伺服阀技术,田源道著,航空工业出版社,2008.1:61~62)介绍了一种直动式电液流量伺服阀结构与工作原理,该阀主要由永磁差动线性力马达、圆柱式阀芯阀套组成的直线位移滑阀、位移传感器和集成模拟控制电路构成。马达由支撑弹簧、衔铁组件和控制线圈等零件组成并直接和阀芯连接,驱动阀芯运动。给马达线圈输入双向控制电流则马达产生与电流成比例的双向驱动力,则驱动力驱动阀芯双向运动。滑阀阀芯一端装有 LVDT 位移传感器,它把滑阀阀芯位移转换为电压信号并反馈到控制电路的输入端,与输入指令信号相比较,构成位移闭环控制。该阀由于采用永磁力马达作为电-机转换器驱动滑阀阀芯运动,与新型超磁致伸缩执行器比较,其频响较低,响应较慢,输出功率也较小。该阀采用差动变压器位移传感器作为反馈构成位移闭环,与半导体应变式位移传感器比较,其参与滑阀阀芯运动部分质量加大,因此该反馈形式进一步限制了伺服阀的频响。

[0005] 超磁致伸缩材料(Giant Magnetostrictive Material,简称为 GMM)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。

[0006] 文献 2(Takahiro Urai.Development of a vavle using a giant magnetostrictive actuator.Proceeding of the sencond JHPS international symposium on fluid power.Edited by T.Maeda.Tokyo,1993:131~135)所述,日本的 Takahiro Urai 等人用 GMM 转换器设计出了单级直动式伺服阀。它的原理是通过线圈中变化的电流产生磁场,使 GMM 棒伸缩,从而驱动与 GMM 转换器直接连接的阀芯产生位移,并且按照其位移量大小来控制阀口流量。此外,对应于 GMM 磁场的变形特性为非线性,用位置传

传感器和放大级使用 PI 闭环控制的方法加以调节和克服。它的特点是采用闭环控制,结构紧凑,精度高,响应快。与同类型的电液伺服阀相比其频响已明显提高,但由于 GMM 棒没有微位移放大,其行程较小,故该伺服阀控制流量较小,仅为 2L/min。

[0007] GMM 在其它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 performance magnetostrictive 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 magnetostrictive thin-film actuator. Sensors and Actuators, 1995, A50 :105 ~ 109); 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结构控制阀。

[0008] 基于以上背景,申请者提出由超磁致伸缩执行器驱动的新型单级直动式电液伺服阀设计方案及其两种结构实现形式,即单超磁致伸缩执行器驱动和双超磁致伸缩执行器驱动两种结构形式,以期应用于未来高响应、高可靠性电液伺服控制系统或多级电液伺服阀前置级结构。该新型电液伺服阀具有响应快、驱动功率和控制流量大等显著特点。

## 发明内容

[0009] 本发明的目的利用超磁致伸缩材料响应速度快,能量传输密度高和输出力大等性能设计新型带有微位移放大装置的超磁致伸缩执行器直接驱动滑阀阀芯,设计出一种新型单级直动式电液伺服阀的结构,以期提高传统单级直动式电液伺服阀的频宽、响应速度和控制流量。

[0010] 为实现以上目的,本发明中设计了第一种单超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:包括阀体、位于阀腔内的滑阀偶件、位于滑阀偶件一侧的电-机转换器、位于电-机转换器与滑阀偶件之间的微位移放大器、位于滑阀偶件另一侧的复位调零装置;上述电-机转换器包括热补偿罩、安装于热补偿罩内的超磁致伸缩棒、位于热补偿罩外侧的线圈骨架,还包括依次绕于线圈骨架外侧的驱动线圈和偏置线圈;上述滑阀偶件由滑阀阀套和滑阀阀芯组成;上述微位移放大器包括位移放大腔、安装于位移放大腔内与上述超磁致伸缩棒相联的输出活塞,位移放大腔的另一端与滑阀阀芯相连;上述阀体上具有与阀腔相连的主供油道、输出油道及回油冷却循环通道;上述阀体上安装有液控单向阀组件,还具有与位移放大腔相连的通过液控单向阀组件实现单向注油的单向预压力注油通道和可控反向泄油的液控单向阀控制油道。

[0011] 上述第一种单超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其单向预压力注油通道和液压控制油道通过液控单向阀组件实现单向注油和可控反向泄油,液控单向阀组件可以采用以下结构:由安装于单向预压力注油通道一侧的液控单向阀弹簧座、液控单向阀弹簧、液控单向阀主阀芯及液控单向阀阀套,以及安装于液压控制油道一侧的液控单向阀控制阀芯组成。

[0012] 上述第一种单超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,所述复位调零装置可以采用以下结构:包括与滑阀阀芯相连的滑阀复位弹簧、滑阀复位弹簧座、密封圈、防

松螺母、调节螺钉。

[0013] 本发明中设计的第二种双超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:包括阀体、滑阀偶件、一对电-机转换器、一对位于电-机转换器与滑阀偶件之间的微位移放大器;上述电-机转换器包括热补偿罩、安装于热补偿罩内的超磁致伸缩棒、位于热补偿罩外侧的线圈骨架,还包括依次绕于线圈骨架外侧的驱动线圈和偏置线圈;上述滑阀偶件由滑阀阀套和滑阀阀芯组成;上述微位移放大器包括位移放大腔、安装于位移放大腔内一端与上述对应的超磁致伸缩棒相连的输出活塞、位移放大腔另一端与滑阀阀芯相连;上述阀体上具有与阀腔相连的主供油道、输出油道以及回油冷却循环通道;上述阀体上安装有单向阀组件,还具有与相应微位移放大器的位移放大腔相连的单向预压力注油通道。

[0014] 如上所述第二种双超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:上述单向预压力注油通道通过单向阀实现单向注油,单向阀可以采用以下结构:由单向阀阀座、单向阀弹簧、及单向阀圆锥阀芯组成。

[0015] 如上所述两种超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:上述热补偿罩与线圈骨架之间具有间隙,该间隙为回油冷却循环通道的一部分。如此可以简化结构,增强冷却效果。

[0016] 如上所述两种超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,其特征在于:上述阀体上设有安置位移传感器的安置腔,该位移传感器由电反馈杆、应变梁以及贴在应变梁上的半导体应变片组成,其中电反馈杆一端与滑阀阀芯相连另一端与应变梁相连。位移传感器把滑阀阀芯位移转换为电压信号并反馈到控制电路的输入端,与输入指令信号相比较,构成滑阀阀芯位移闭环控制。

[0017] 本发明有益效果:

[0018] 1、本发明提供了一种新型单级直动式电液伺服阀结构,区别于传统力马达式单级直动式电液伺服阀,其电机转换器部分不是采用传统永磁力马达而是采用新型超磁致伸缩执行器,相对于传统力马达驱动方式具有驱动功率大和响应速度快的特点;

[0019] 2、区别于传统超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式伺服阀之一:其驱动部分采用带位移放大器的单超磁致伸缩执行器或带位移放大器的双对置超磁致伸缩执行器共同驱动,该位移放大机构充分利用超磁致伸缩执行器出力大的特点,将其出力转换为位移输出,并充分利用超磁致伸缩执行器的线性段进行位移放大,可有效避免或克服超磁致伸缩棒大位移输出时的磁滞现象,具有线性度好,控制流量大等特点;

[0020] 3、区别于传统超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式伺服阀之二:其反馈部分采用半导体应变片式位移传感器而不是差动变压器式位移传感器,该反馈形式具有附加装置惯性小,结构对称等特点,因此对伺服阀响应速度和频宽的限制较小,易于制作高频响伺服阀。

[0021] 4、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亦即伺服阀的控制精度:针对两种结构的超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式伺服阀,特别是第一种超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀,超磁致伸缩执行器工作时产生的热量利用回油冷却循环通道进行冷却;如果油液未完全冷却,由于热补偿罩采用热膨胀系数与超磁致伸缩材料相同的材料制成,且在超磁致伸缩棒位移输出端方向固定于阀体上,另一端可自由

膨胀,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,从而对超磁致伸缩棒的热伸长位移进行实时补偿,此结构充分利用了从伺服阀的回油油液对线圈骨架和超磁致伸缩棒进行冷却,并同时具有热冷却与热补偿两种功能。

[0022] 5、针对第二种双超磁致伸缩式执行器驱动的单级直动式伺服阀结构形式,由于两个超磁致伸缩执行器的对置式结构以及伺服阀阀芯接受两个执行器的共同驱动,则即使一侧超磁致伸缩执行器温度升高并不能导致伺服阀阀芯的移动,只能导致微位移放大装置内油液压力的改变,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阀芯大位移移动时精度控制问题。

[0023] 6、将超磁致伸缩执行器微位移放大和预压力施加两项关键技术通过一个新型微位移放大机构实现,具有位移放大倍数高,线性好、响应快、结构简单、响应速度快的特点。超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式伺服阀微位移放大装置中的位移放大腔供油由阀外液压系统实现,油液压力由阀外液压系统溢流阀来调定,位移放大腔压力即为作用在输出活塞上压力,由于输出活塞紧贴超磁致伸缩棒,所以可以通过调节位移放大腔油液压力来调节对超磁致伸缩棒施加的预压力。且针对第一种单超磁致伸缩式执行器驱动的单级直动式伺服阀结构形式,此种结构不仅实现了超磁致伸缩执行器的预压力施加同时也实现了滑阀复位弹簧的预压力施加,有效保证了滑阀阀芯的复位准备。因此,此种结构不仅实现了超磁致伸缩棒所受预压力的非机械调节,可精确调节预压力,使控制更精确,还将超磁致伸缩执行器的微位移放大机构和预压力施加装置合为一体,取消了传统超磁致伸缩执行器调节预压力的预压弹簧,简化了超磁致伸缩执行器结构,减小了其驱动部分尺寸,提高了其工作可靠性,有利于更充分发挥超磁致伸缩材料的动态性能。

[0024] 7、本发明所设计的单级直动式电液伺服阀结构,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。

## 附图说明

[0025] 图 1 单超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀结构图 ;

[0026] 图 2 双超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀结构图 ;

[0027] 图 3 单向阀组件结构示意图 ;

[0028] 图 4 液控单向阀组件结构示意图 ;

[0029] 图 5 滑阀复位调零装置结构示意图 ;

[0030] 图 6 热补偿罩端面结构示意图 ;

[0031] 图 7 滑阀偶件结构示意图。

[0032] 图中标号名称 :1- 端盖、2- 线圈骨架、3- 偏置线圈、4- 驱动线圈、5- 输出油道、6- 传感器盖板、7- 位移传感器、8- 应变梁、9- 半导体应变片、10- 电反馈杆、11- 回油通道、12- 热补偿罩、13- 超磁致伸缩棒、14- 输出活塞、15- 热补偿罩小油孔、16- 单向阀阀座、17- 单向阀弹簧、18- 单向阀圆锥阀芯、19- 单向预压力注油通道、20- 位移放大腔、21- 阀腔、22- 主供油通道、23- 滑阀阀套、24- 滑阀阀芯、25- 阀体、26- 密封垫、27- 液控单向阀阀芯、28- 液控单向阀阀套、29- 液控单向阀控制阀芯、30- 液控单向阀控制油道、31- 滑阀复位弹簧、32- 滑阀复位弹簧座、33- 密封圈、34- 防松螺母、35- 调节螺钉、36- 热补偿罩连接螺栓

孔、37-热补偿罩大油孔。

### 具体实施方式

[0033] 如图 1,2,3,4,5,6,7 所示,该新型单级直动式电液伺服阀分为单超磁致伸缩执行器驱动(如图 1 所示)和双超磁致伸缩执行器驱动(如图 2 所示)两种结构形式,单超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀拟在滑阀一侧安装超磁致伸缩执行器和微位移放大器,在滑阀另一侧安装滑阀复位调零装置(如图 5 所示)。双超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀拟在滑阀两侧分别安装超磁致伸缩执行器及其微位移放大器,并由超磁致伸缩执行器驱动滑阀阀芯以取代传统单级直动式电液伺服阀力马达及其驱动机构,由于超磁致伸缩执行器具有比力马达响应速度快、带载能力强等优点,因此该新型伺服阀可大大提高传统单级直动式电液伺服阀的响应速度和控制流量。

[0034] 所述超磁致伸缩执行器包括超磁致伸缩棒 13、线圈骨架 2、驱动线圈 4、偏置线圈 3、热补偿衬罩 12、输出活塞 14。其中热补偿衬罩为 U 型(如图 5 所示),其端面开有大油孔 37,小油孔 15 及连接螺栓孔 36,大油孔用于形成伺服阀回油冷却循环回路,小油孔用于沟通位移放大腔与回油通道,保证执行器输出活塞 14 的可靠运动,超磁致伸缩棒置于热补偿衬罩内,热补偿衬罩用螺钉固定于阀体 25 上,热补偿衬罩和端盖 1 支撑驱动线圈骨架,线圈骨架外绕有驱动线圈、驱动线圈外绕有偏置线圈,偏置线圈、驱动线圈与线圈骨架均安装在阀体内。超磁致伸缩棒输出端与输出活塞直接接触,输出活塞置于微位移放大装置的位移放大腔 20 内,位移放大腔内通过单向阀(如图 3 所示)或液控单向阀(如图 4 所示)注入具有一定压力的液压油液,位移放大腔另一侧为滑阀阀芯 24,输出活塞直径大于滑阀阀芯直径,由于液压油液可压缩性很小,输出活塞位移与滑阀阀芯位移之比为输出活塞直径与滑阀阀芯活塞直径平方的反比,实现从超磁致伸缩棒磁致位移到滑阀阀芯位移的放大。此微位移放大装置完全消除了常用的机械式微位移放大装置的非线性、频响低等固有缺点,并充分利用了超磁致伸缩式材料的出力大的优点,也同时避免了超磁致伸缩式材料大位移时的磁滞现象的不利影响,有效保证了执行器的高频响、线性化特性。

[0035] 所述滑阀复位调零装置(如图 5 所示)包括与滑阀阀芯相连的滑阀复位弹簧 31、滑阀复位弹簧座 32、密封圈 33、防松螺母 34 和调节螺钉 35。针对第一种单超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀结构方案,调零前通过液控单向阀控制油道 30 打开液控单向阀,并调节滑阀复位调零装置中的调节螺钉,位移放大腔中的油液可通过单向预压力注油通道 19 流出阀外从而实现对滑阀阀芯位置的调节;针对第二种双超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀结构方案,可以通过对两个执行器位移放大腔同步供油实现对滑阀阀芯零位的调节。

[0036] 如图 1,2,3,4,5,6,7 所示超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀提供了新型伺服阀的结构形式并提供了解决阀用执行器微位移放大、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:

[0037] 超磁致伸缩执行器微位移放大:如图 1,2,6 所示,驱动线圈中通入交变电流,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,因超磁致伸缩棒外侧被热补偿衬罩固定,而热补偿衬罩又用螺钉固定在阀体上,所以超磁致伸缩棒只能向内侧伸长,又由于热补偿罩端面开有小油孔,该小油孔与回油循环回路相通,因此超磁致伸缩棒可推动输

出活塞运动,因为输出活塞和两级滑阀式电液伺服阀之间空腔间隙内为压力油液,从而可以推动滑阀阀芯运动。又由于输出活塞的直径大于滑阀阀芯直径,则可实现执行器输出微位移的放大。

**[0038]** 超磁致伸缩棒预压力施加:如图 1,2,3,4 所示,超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀通过单向注油通道 19 注入压力油液,压力油液推动单向阀阀芯 18 压缩弹簧 17,液压油便进入微位移放大装置中的位移放大腔,其油液压力由阀外溢流阀调定,则油液压力对输出活塞产生压力,输出活塞便对超磁致伸缩棒施加预压力。因为位移放大腔中油液压力可调,而对超磁致伸缩棒施加的预压力是由油液压力产生的,所以对超磁致伸缩棒施加的预压力便可以通过改变液压油的压力来调节。

**[0039]** 超磁致伸缩执行器冷却方法:如图 1,2,6 所示,液压工作油液经过伺服阀的回油口按图所示箭头方向流动,经过热补偿罩上的通孔流入热补偿罩和线圈骨架之间的空腔间隙,再经过阀体回油冷却通道 11 油道流入另一个超磁致伸缩执行器,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。

**[0040]** 超磁致伸缩执行器热补偿方法:如图 1,2 所示,热补偿衬罩采用导磁率小于 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,由于阀体为固定结构,热补偿衬罩和超磁致伸缩棒产生大小基本相等、方向均朝执行器位移输出相反方向的热变形,即超磁致伸缩棒热变形由热补偿衬罩热致伸长补偿,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的精度。

**[0041]** 超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀工作原理如下所述:

**[0042]** 单超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀工作原理如图 1,4,5,6,7 所示,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,使超磁致伸缩棒工作在线性区域,以消除倍频现象。同时在执行器驱动线圈中输入一确定初始交变电流使超磁致伸缩执行器提供一定预伸长量,通过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,并压缩滑阀复位弹簧。如伺服阀不在零位,可通过在液压控制油口输出压力油液打开控制油道 30 并通过调节螺钉实现对伺服阀零位的调节,直到调至零位为止,伺服阀处于零位后,电反馈杆 10 并没有变形即位移传感器 7 没有反馈电压产生。

**[0043]** 伺服阀正常工作时:通过改变超磁致伸缩执行器驱动线圈中的驱动电流,使执行器输入电流增大或减小以改变超磁致伸缩棒驱动磁场的强弱,从而使执行器的超磁致伸缩棒继续伸长或缩短。超磁致伸缩棒的位移输出通过输出活塞和压力油液传递给滑阀阀芯,滑阀阀芯有位移输出,其位移量与超磁致伸缩棒位移输出量成比例放大关系,放大系数由输出活塞直径和滑阀阀芯直径决定。假如执行器驱动线圈电流增大,磁场增强,即超磁致伸缩棒继续增大伸长量,则此时滑阀阀芯右移,滑阀阀芯右移带动电反馈杆变形,电反馈杆变形使位移传感器上的两个半导体应变片 9 发生相应应变,即右侧应变片受压,左侧应变片受拉,从而使反馈电压发生相应变化,反馈电压的变化与输入电压相比较并进行运算后送给超磁致伸缩执行器输入驱动线圈,最终使滑阀阀芯得到一确定位移输出量,从而使伺服阀得到一确定流量输出。假如执行器驱动线圈电流减小,磁场减弱,即超磁致伸缩棒缩短,同样会使伺服阀得到相反方向一确定流量输出。

[0044] 双超磁致伸缩执行器驱动的单级直动式电液伺服阀工作原理如图 2,3,5,6,7 所示,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,使超磁致伸缩棒工作在线性区域,以消除倍频现象。同时在两个超磁致伸缩执行器驱动线圈中输入一确定初始交变电流使两个超磁致伸缩执行器都提供一定预伸长量,并通过两个单向注油通道以及阀外溢流阀和液压泵向伺服阀位移放大腔内注入压力油液,为超磁致伸缩执行器施加预压力,并调整滑阀阀芯处于零位。如伺服阀处于零位,电反馈杆则没有变形,位移传感器就没有反馈电压产生。

[0045] 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,而两个执行器增加和减小的电流相等,由于两个执行器都有一定的初始电流即都有一定的预伸长量,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。超磁致伸缩棒的位移输出通过输出活塞和压力油液传递给滑阀阀芯,滑阀阀芯有位移输出,其位移量与超磁致伸缩棒位移输出量成比例放大关系,放大系数由输出活塞直径和滑阀阀芯直径决定。假如左侧执行器驱动线圈电流增大而右侧执行器驱动线圈电流减小,则左侧执行器伸长而右侧执行器位移缩短,此时滑阀阀芯右移,滑阀阀芯右移带动电反馈杆变形,电反馈杆变形使位移传感器上的两个半导体应变片发生相应应变,即右侧应变片受压,左侧应变片受拉,从而使反馈电压发生相应变化,反馈电压的变化与输入电压相比较并进行运算后送给超磁致伸缩执行器输入驱动线圈,最终使滑阀阀芯得到一确定位移输出量,从而使伺服阀得到一确定流量输出。假如右侧执行器驱动线圈电流增大而左侧执行器驱动线圈电流减小,同样会使伺服阀得到相反方向一确定流量输出。

[0046] 如图 6 所示,超磁致伸缩执行器工作时由于热补偿罩端面开有小油孔,该小油孔将执行器输出活塞与伺服阀回油通道沟通从而保证输出活塞的可靠工作。伺服阀工作过程中,工作油液如图 1,2 所示箭头方向从伺服阀输出通道油口经热补偿罩大油孔流入线圈骨架和热补偿衬罩之间间隙,并实现对线圈骨架和热补偿罩的冷却,最后沿箭头方向流入伺服阀外的冷却器后最终流回油箱。

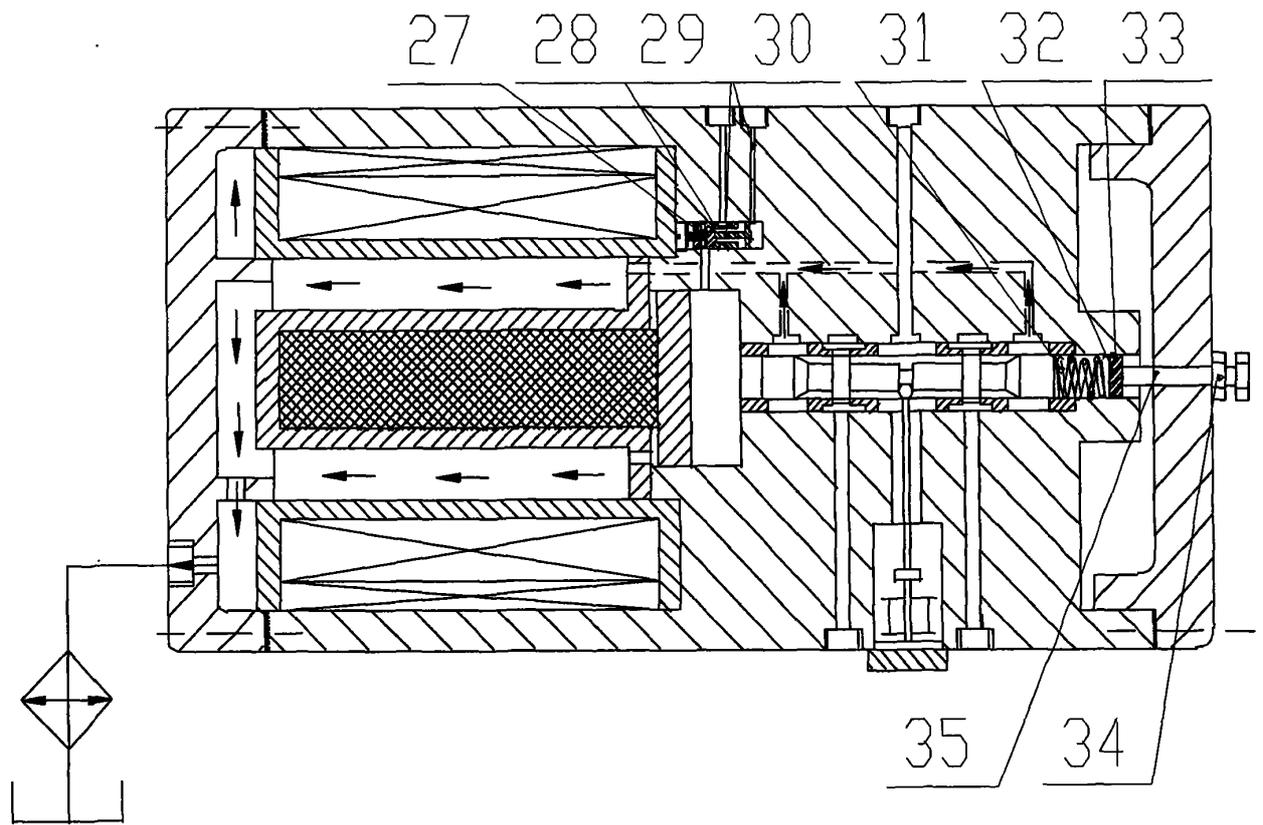


图 1

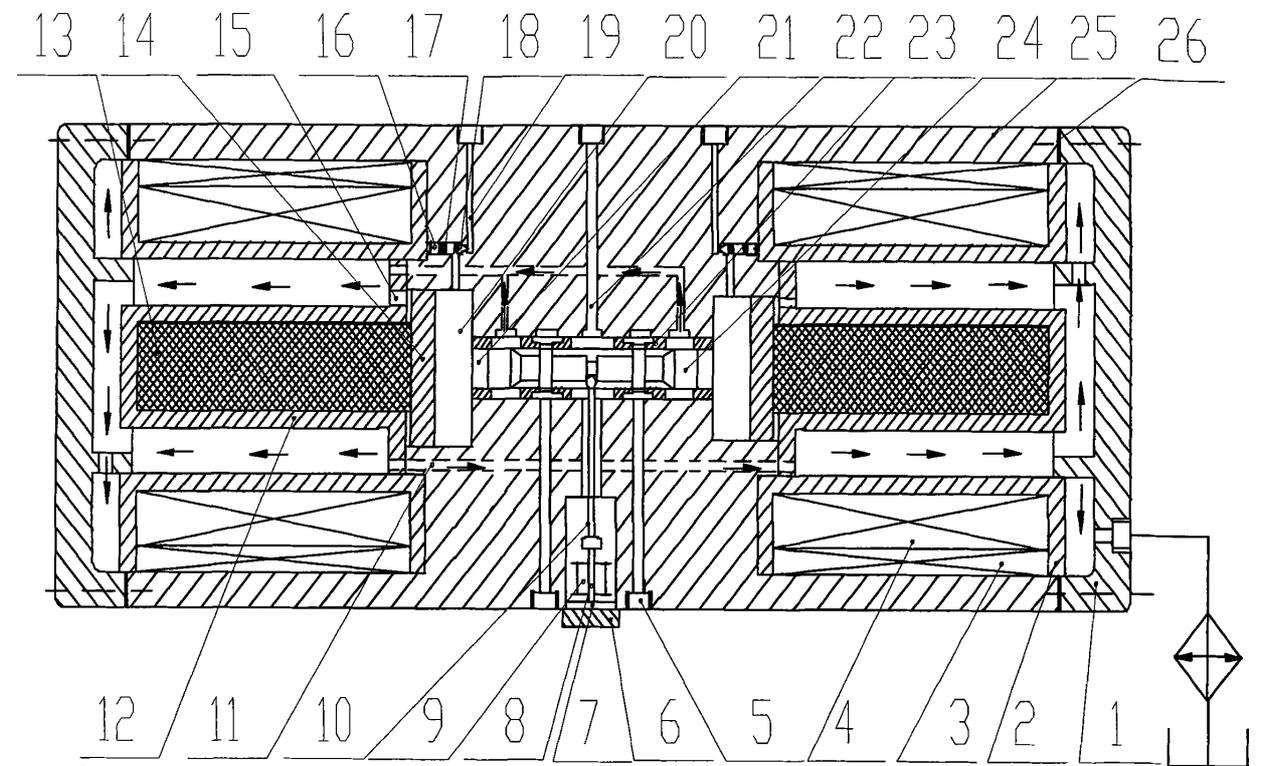


图 2

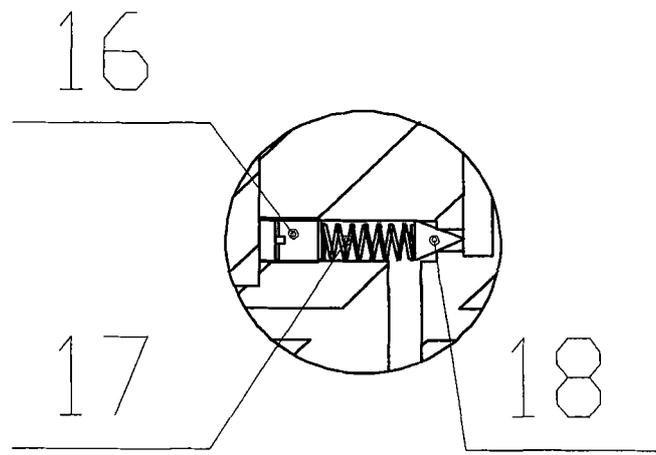


图 3

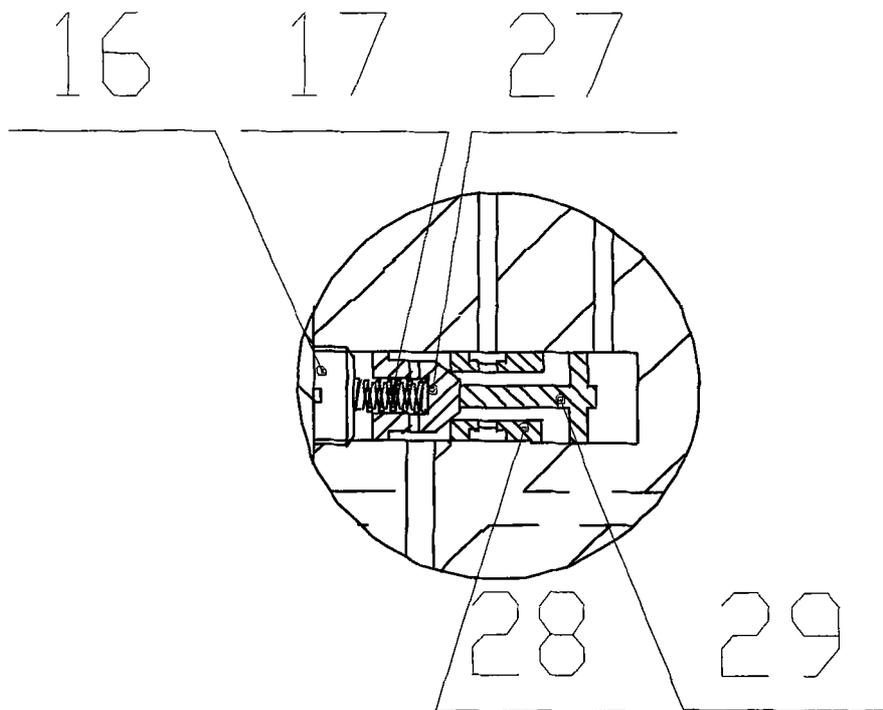


图 4

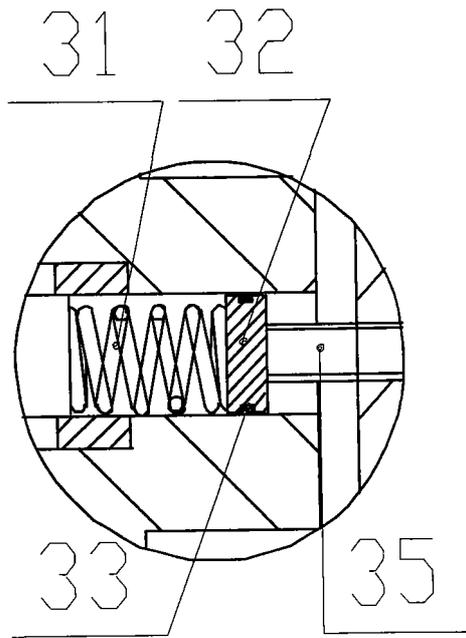


图 5

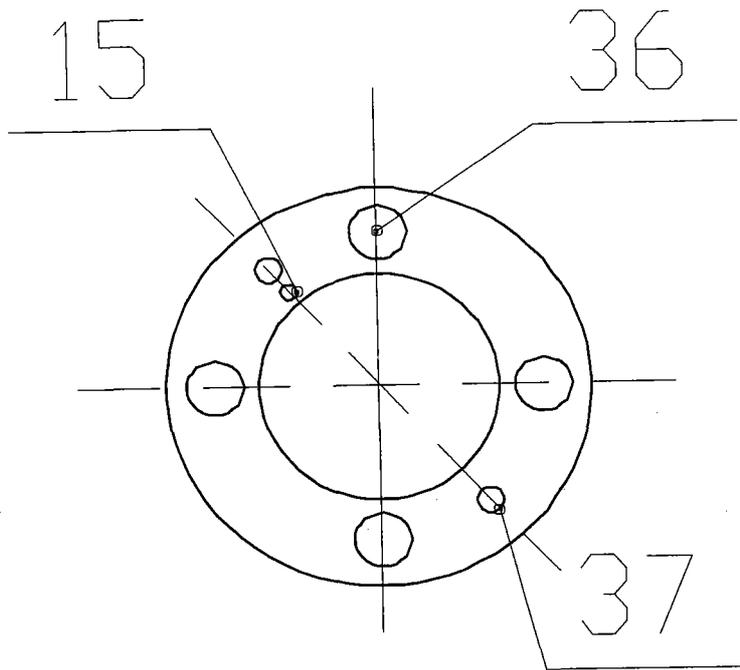


图 6

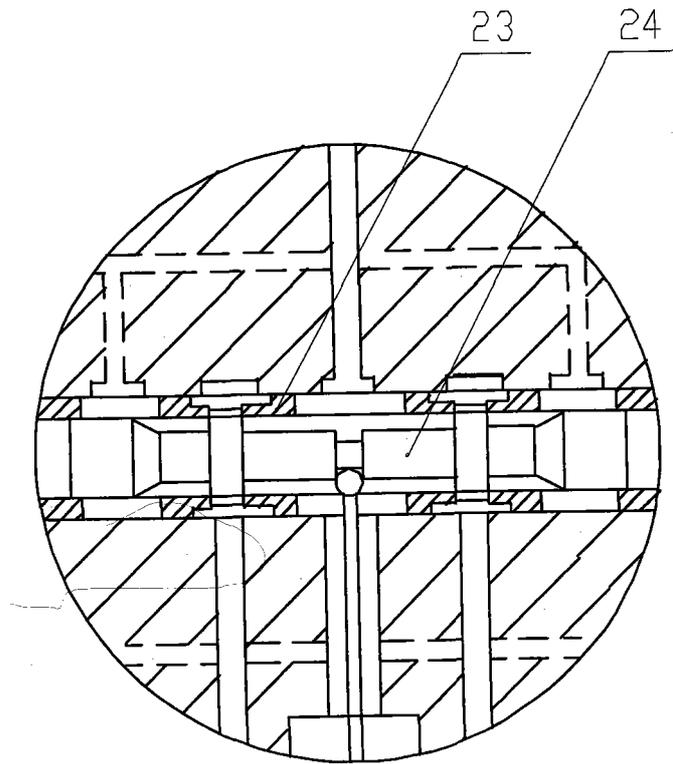


图 7