



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102231610 B

(45) 授权公告日 2013. 08. 21

(21) 申请号 201110191959. 4

审查员 潘莉

(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 程清风 王晓露 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.

H02N 2/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2004266035 A, 2004. 09. 24,

CN 101110557 A, 2008. 01. 23,

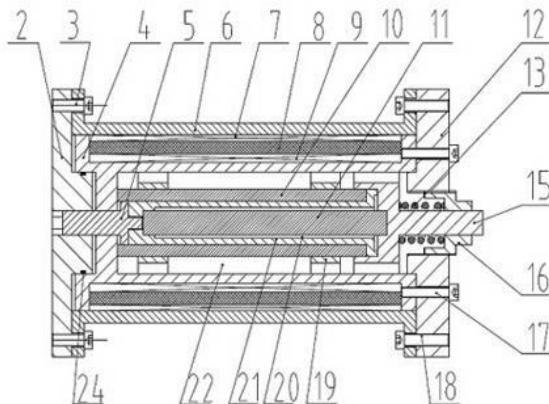
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器及其  
工作方法

(57) 摘要

一种新型超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器, 属微执行器技术领域。包括外罩(6)、左端盖(2)、右端盖(12)、热补偿柱塞(5)、输出杆(15)、线圈骨架(4)、双超磁致伸缩筒棒, 线圈骨架(4)上安装有驱动磁场发生单元和偏置磁场发生单元, 其中驱动磁场发生单元为驱动磁场, 偏置磁场发生单元为永磁体和偏置调节线圈; 该电 - 机转换器双超磁致伸缩筒棒径向布置, 通过类Z形传力筒进行力与位移传递, 从而实现微位移放大; 电 - 机转换器具有位移输出大, 轴向尺寸小, 驱动结构紧凑, 发热小, 热变形控制可靠, 偏置磁场可调等显著特点, 可广泛应用于微执行器与微致动器研制, 特别适于做单级或多级电液伺服阀电 - 机转换器。



1. 一种超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器, 其特征在于 :

包括外罩(6)、左端盖(2)、右端盖(12)、安装于左端盖(2)内的热补偿柱塞(5)、安装于右端盖(12)内的输出杆(15)、安装于外罩(6)内且一端与右端盖(12)固定而另一端与左端盖(2)留有热膨胀间隙的线圈骨架(4)、通过支撑环(19)安装于线圈骨架(4)内的双超磁致伸缩筒棒, 且线圈骨架(4)上安装有偏置磁场发生单元和驱动磁场发生单元;

上述超磁致伸缩筒棒由外向内依次由超磁致伸缩筒(10)、类 Z 形传力筒(21)、超磁致伸缩棒(11)组成; 类 Z 形传力筒(21)右端具有右凸台, 该右凸台挡在超磁致伸缩筒(10)的右端, 类 Z 形传力套筒(21)左端具有左凹台, 该左凹台挡在超磁致伸缩棒(11)的左端;

上述输出杆(15)挡在超磁致伸缩筒棒右端, 且输出杆(15)与超磁致伸缩筒(10)外壁面、类 Z 形传力筒(21)右端面、超磁致伸缩棒(11)右端面均接触; 上述右端盖(12)中心还通过螺纹方式安装有预紧力调节螺母(16), 上述输出杆(15)伸出预紧力调节螺母(16), 输出杆(15)与预紧力调节螺母(16)之间还安装有预紧力弹簧(13);

上述热补偿柱塞(5)与类 Z 形传力筒(21)左凹台为螺纹连接, 并与超磁致伸缩棒(11)的左端面接触, 并与超磁致伸缩筒(10)的内壁面接触, 且可在左端盖(2)与线圈骨架(4)内轴向移动;

上述热补偿柱塞(5)和输出杆(15)同时起引磁作用;

上述超磁致伸缩筒(10)与线圈骨架(4)内侧之间具有流体流动通道; 上述超磁致伸缩棒(11)与类 Z 形传力筒(21)内侧之间也具有液体流动通道; 同时该电 - 机转换器还设有进液口(25)和出液口(1);

上述线圈骨架(4)热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩筒(10)热膨胀系数与其长度乘积; 上述类 Z 形传力筒(21)热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒(11)热膨胀系数与其长度乘积。

2. 根据权利要求 1 所述的超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器, 其特征在于: 上述偏置磁场发生单元为调节线圈(7)或永磁体(8); 上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(9)。

3. 根据权利要求 1 所述的超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器, 其特征在于: 上述偏置磁场发生单元为调节线圈(7)和永磁体(8); 上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(9)。

4. 根据权利要求 3 所述的超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器, 其特征在于: 上述驱动线圈(9)、调节线圈(7)和永磁体(8)的由外向内按以下顺序布置: 调节线圈(7)、永磁体(8)、驱动线圈(9)。

5. 根据权利要求 1 所述的超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器的工作方法, 其特征在于包括以下过程:

预紧力施加过程:

机械调节时, 预紧力调节螺母(16)一端旋转, 另一端通过压缩预紧力弹簧(13)调节超磁致伸缩棒(11)预压力, 同时该预压力通过类 Z 形传力筒(21)传递至超磁致伸缩筒(10)端面上亦完成对超磁致伸缩筒(10)预压力的施加;

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筒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;

驱动磁场发生单元产生驱动磁场, 使超磁致伸缩筒(10)、超磁致伸缩棒(11)磁化并产

生磁致伸缩；

超磁致伸缩筒(10)左端位置被线圈骨架(4)限定,且线圈骨架(4)固定于右端盖(12)上,致使其只能向右端磁致伸长;超磁致伸缩棒(11)左端位置被类Z形传力筒(21)限定,致使其也只能向右端磁致伸长;

超磁致伸缩筒(10)的磁致伸长量通过类Z形传力筒(21)传递给超磁致伸缩棒(11),超磁致伸缩棒(11)自身磁致伸长量叠加类Z形传力筒(21)传递来的伸长量后一并传递于输出杆(15)对外输出位移;

热致位移补偿过程：

当超磁致伸缩棒(11)温度上升时,其热量通过超磁致伸缩棒(11)与类Z形传力筒(21)内侧之间的流动液体很快传至类Z形传力筒(21)内侧,类Z形传力筒(21)由于右端与输出杆(15)接触并受预紧力弹簧(13)预紧力限制,只能向左端热补偿柱塞(5)方向产生热膨胀,又由于类Z形传力筒(21)与热补偿柱塞(5)为螺纹连接,故类Z形传力筒(21)的热膨胀致使热补偿柱塞(5)轴向向左运动;

当超磁致伸缩筒(10)温度上升时,其热量通过超磁致伸缩筒(10)与线圈骨架(4)内侧之间的流动流体很快传至线圈骨架(4)内侧,线圈骨架(4)由于右端固定于右端盖(12),左端与左端盖(2)留有热膨胀间隙,只能向左端膨胀,且超磁致伸缩筒(10)由于右端与输出杆(15)接触并受预紧力弹簧(13)预紧力限制,也只能向线圈骨架(4)膨胀的一侧即左端膨胀;

由于线圈骨架(4)热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩筒(10)热膨胀系数与其长度乘积,且类Z形传力筒(21)热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒(11)热膨胀系数与其长度乘积;

故通过以上过程可保证超磁致伸缩筒(10)与超磁致伸缩棒(11)的热致位移可分别通过线圈骨架(4)与类Z形传力筒(21)的热致位移补偿,从而保证输出杆(15)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(4)与超磁致伸缩筒(10)之间的间隙充满流动液体,用于冷却线圈骨架(4)与超磁致伸缩筒(10),同时也保证了线圈骨架(4)与超磁致伸缩筒(10)温度相等以保证超磁致伸缩筒(10)热致补偿的实现;

上述类Z形传力筒(21)与超磁致伸缩棒(11)之间的间隙充满流动液体,用于冷却类Z形传力筒(21)与超磁致伸缩棒(11),同时也保证了类Z形传力筒(21)与超磁致伸缩棒(11)温度相等以保证超磁致伸缩棒(11)热致补偿的实现。

6. 根据权利要求5所述的超磁致伸缩筒棒复合驱动电-机转换器的工作方法,其特征在于:上述偏置磁场发生单元为调节线圈(7)或永磁体(8);上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(9)。

7. 根据权利要求5所述的超磁致伸缩筒棒复合驱动电-机转换器的工作方法,其特征在于:上述偏置磁场发生单元为调节线圈(7)和永磁体(8);上述驱动磁场发生单元为驱动线圈(9);

永磁体(8)产生恒定偏置磁场,调节线圈(7)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。

8. 根据权利要求 7 所述的超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器的工作方法,其特征在于:上述驱动线圈(9)、调节线圈(7)和永磁体(8)的由外向内按以下顺序布置:调节线圈(7)、永磁体(8)、驱动线圈(9)。

9. 根据权利要求 7 所述的超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器的工作方法,其特征在于:

可通过电子调节或机械与电子复合调节方式进行预紧力施加:电子调节时,由调节线圈(7)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(15)初始位移及预紧力弹簧(13)的预紧力;机械与电子复合调节时:首先采用上述机械调节方式对超磁致伸缩筒(10)和超磁致伸缩棒(11)施加一定预紧力,然后采用调节线圈(7)输入电流大小与方向的改变精细调节偏置磁场的大小和方向,进而精细调节超磁致伸缩筒(10)和超磁致伸缩棒(11)的预紧力。

## 超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器及其工作方法

### 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 - 机械转换器作为连接其电气元件和液压机械元件的桥梁,是电液伺服阀乃至液压控制系统的关键元件之一。电 - 机械转换器性能的优劣,直接关系到电液控制系统的性能指标,有些指标甚至关系到系统能否实现。提高电 - 机械转换器的频响和带载能力,是提高电液伺服阀频响的前提。目前,随着先进制造技术、微电子技术的发展和以新型功能材料为基础的转换器研制开发,使新型高响应电 - 机械转换器的实现和应用成为现实。

[0003] 稀土超磁致伸缩材料 (Giant Magnetosrtictive Material, 简写为 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 Magnetostriictive Actuator, 简写为 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。

[0004] 与其他电 - 机转换器相比, GMA 具有快响应、高精度、大输出力、结构相对简单和易于微型化等特点。就驱动方式而言, GMA 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)。

[0005] 在双线圈式驱动(即驱动线圈和偏置线圈的组合)形式中,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 输出位移精度大大下降,通常需要对其热变形进行抑制。

[0006] 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。

[0007] 文献 1 (一种双相对置超磁致伸缩驱动器及实现方法,王新民,北京工业大学,国

家发明专利,专利授权号:ZL200710176086.3)公开了一种双相对置超磁致伸缩驱动器,该驱动器包括壳体和端盖组成的外套、由线圈骨架和调节螺钉组成的内套及输出组件。一对碟簧套在输出组件上,并置于壳体内的中间位置,两个结构和尺寸完全相同的单超磁致伸缩驱动器通过碟簧对称置于输出组件两侧,形成双相对置结构。采用双套热补偿机构抑制热变形,使用单自由度柔性铰链机构来实现输出位移的放大和传递,驱动器通过差压(或偏压)工作,能实现自动队中回位功能,具有高频响、高控制精度、大输出力、大输出位移等优异性能,且结构简单和易于微型化。

[0008] 但以上驱动器实现方案存在以下缺陷:

[0009] (1) 以上驱动器采用轴向相对置布置双超磁致伸缩筒棒,构成双超磁致伸缩执行器,虽然具有输出位移大的特点,但正是由于采用轴向对置结构,大大增加了执行器轴向尺寸,在一些特殊领域如航空航天领域对轴向安装尺寸限制较大,径向尺寸要求较为灵活的场合并不适合;

[0010] (2) 以上驱动器虽然提供了热变形补偿机构,但未设置冷却与散热结构设计,对于热变形位移控制而言,热变形补偿机构为被动式补偿,而冷却与散热结构设计为主动式控制,因此单纯被动式热变形补偿机构其热致位移精确补偿可靠性难以保障;

[0011] (3) 以上驱动器采用偏置线圈与驱动线圈联合驱动,由偏置线圈提供偏置磁场,由驱动线圈提供驱动磁场,该驱动方式具有偏置磁场调节方便的优点,但由于偏置磁场较大,偏置线圈匝数较多,从而形成驱动结构尺寸较大,线圈发热较为严重的问题,其他类似执行器有采用永磁体提供偏置磁场,采用驱动线圈提供驱动磁场的方案,但该驱动方式具有偏置磁场不可调节以及永磁体退磁后偏置磁场精度难以保证的缺点;

[0012] 综上所述,在现有的双相对置超磁致伸缩驱动器中,存在轴向尺寸大,线圈发热严重,影响GMA输出精度等缺点,而采用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] 本发明将着眼于超磁致伸缩筒棒复合驱动电-机转换器的设计,并提供一种超磁致伸缩筒棒复合驱动电-机转换器永磁双线圈驱动方式及实现措施,提供双超磁致伸缩筒棒径向布置新结构、新型双超磁致伸缩筒棒双热补偿结构、双超磁致伸缩筒棒双冷却与散热结构以及永磁双线圈驱动方式。双超磁致伸缩筒棒径向布置新结构具有轴向尺寸小,位移输出大的优点,即在不显著增大执行器轴向尺寸的前提下,大大提高执行器轴向输出位移;双超磁致伸缩筒棒双热补偿与双冷却散热结构具有温度抑制与热补偿双重功能,即首先通过冷却与散热系统保证温升恒定,对于无法精确保证的温升的热膨胀位移输出采用热补偿结构予以消除,即该热控制方式具有可靠性高的优点;永磁双线圈驱动方式即采用永磁体与调节线圈提供一定范围可调的偏置磁场,由驱动线圈提供驱动磁场,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

[0014] 本发明的目的在于提供一种具有轴向尺寸小,轴向位移输出大,热位移控制可靠以及驱动部分结构紧凑,发热小的新型超磁致伸缩筒棒复合驱动电-机转换器及其工作方法。

[0015] 一种超磁致伸缩筒棒复合驱动电-机转换器,其特征在于:包括外罩、左端盖、右端盖、安装于左端盖内的热补偿柱塞、安装于右端盖内的输出杆、安装于外罩内且一端与右端盖固定而另一端与左端盖留有热膨胀间隙的线圈骨架、通过支撑环安装于线圈骨架内的双超磁致伸缩筒棒,且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;上述双超磁致伸缩筒棒由外向内依次由超磁致伸缩筒、类Z形传力筒、超磁致伸缩棒组成;类Z形传力筒右端具有右凸台,该右凸台挡在超磁致伸缩筒的右端,类Z形传力套筒左端具有左凹台,该左凹台挡在超磁致伸缩棒的左端;上述输出杆挡在双超磁致伸缩筒棒右端,且输出杆与超磁致伸缩筒外壁面、类Z形传力筒右端面、超磁致伸缩棒右端面均接触;上述右端盖中心还通过螺纹方式安装有预紧力调节螺母,上述输出杆伸出预紧力调节螺母,输出杆与预紧力调节螺母之间还安装有预紧力弹簧;上述热补偿柱塞与类Z形传力筒左凹台为螺纹连接,并与超磁致伸缩棒的左端面接触,并与超磁致伸缩筒的内壁面接触,且可在左端盖与线圈骨架内轴向移动;上述热补偿柱塞和输出杆同时起引磁作用;上述超磁致伸缩筒与线圈骨架内侧之间具有流体流动通道;上述超磁致伸缩棒与类Z形传力筒内侧之间也具有液体流动通道;同时该电-机转换器还设有进液口和出液口;上述线圈骨架热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩筒热膨胀系数与其长度乘积;上述类Z形传力筒热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒热膨胀系数与其长度乘积。

[0016] 所述超磁致伸缩筒棒复合驱动电-机转换器工作方法,其特征在于包括以下过程。

[0017] 预紧力施加过程:

[0018] 机械调节时,预紧力调节螺母一端旋转,另一端通过压缩预紧力弹簧调节超磁致伸缩棒预压力,同时该预压力通过类Z形传力筒传递至超磁致伸缩筒端面上亦完成对超磁致伸缩筒预压力的施加。磁致位移输出过程:

[0019] 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;驱动磁场发生单元产生驱动磁场,使超磁致伸缩筒、超磁致伸缩棒磁化并产生磁致伸缩;超磁致伸缩筒左端位置被线圈骨架限定,且线圈骨架固定于右端盖上,致使其只能向右端磁致伸长;超磁致伸缩棒左端位置被类Z形传力筒限定,致使其也只能向右端磁致伸长;超磁致伸缩筒的磁致伸长量通过类Z形传力筒传递给超磁致伸缩棒,超磁致伸缩棒自身磁致伸长量叠加类Z形传力筒传递来的伸长量后一并传递于输出杆对外输出位移。

[0020] 热致位移补偿过程:

[0021] 当超磁致伸缩棒温度上升时,其热量通过超磁致伸缩棒与类Z形传力筒内侧之间的流动液体很快传至类Z形传力筒内侧,类Z形传力筒由于右端与输出杆接触并受预紧力弹簧预紧力限制,只能向左端热补偿柱塞方向产生热膨胀,又由于类Z形传力筒与热补偿柱塞为螺纹连接,故类Z形传力筒的热膨胀致使热补偿柱塞轴向向左运动;当超磁致伸缩筒温度上升时,其热量通过超磁致伸缩筒与线圈骨架内侧之间的流动流体很快传至线圈骨架内侧,线圈骨架由于右端固定于右端盖,左端与左端盖留有热膨胀间隙,只能向左端膨

胀,且超磁致伸缩筒由于右端与输出杆接触并受预紧力弹簧预紧力限制,也只能向线圈骨架膨胀的一侧即左端膨胀;由于线圈骨架热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩筒热膨胀系数与其长度乘积,且类Z形传力筒热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒热膨胀系数与其长度乘积。故通过以上过程可保证超磁致伸缩筒与超磁致伸缩棒的热致位移可分别通过线圈骨架与类Z形传力筒的热致位移补偿,从而保证输出杆没有由于热膨胀产生的热致位移输出,只有磁致位移输出;

[0022] 冷却与散热过程:

[0023] 上述线圈骨架与超磁致伸缩筒之间的间隙充满流动液体,用于冷却线圈骨架与超磁致伸缩筒,同时也保证了线圈骨架与超磁致伸缩筒温度相等以保证超磁致伸缩筒热致补偿的实现;上述类Z形传力筒与超磁致伸缩棒之间的间隙充满流动液体,用于冷却类Z形传力筒与超磁致伸缩棒,同时也保证了类Z形传力筒与超磁致伸缩棒温度相等以保证超磁致伸缩棒热致补偿的实现。

[0024] 本发明提供了一种新型超磁致伸缩筒棒复合驱动电-机转换器结构,区别于普通超磁致伸缩执行器,该电-机转换器采用超磁致伸缩筒棒复合驱动,具有转换器输出位移大的优点,特别是较其他常用的杠杆式或柔性铰链式微位移放大机构在位移放大的同时,其响应速度与输出力明显下降而言,该位移放大方式具有对电-机转换器响应速度影响较小,对电-机转换器输出力无削弱等显著优点,并具有位移放大输出同步性好等优点;同时该电-机转换器采用超磁致伸缩筒配合超磁致伸缩棒结构形式复合位移输出,具有传力均匀、位移输出可靠性高的优点。区别于双相对置超磁致伸缩驱动器,该执行器采用双超磁致伸缩筒棒径向布置,具有驱动磁场利用率高、轴向尺寸小等显著优点。

[0025] 本发明采用类Z形传力筒不仅实现了超磁致伸缩筒的位移传递同时实现了超磁致伸缩棒的热致位移补偿功能,线圈骨架不仅实现了线圈缠绕的功能同时实现了超磁致伸缩筒的热致位移补偿功能;同时,通过类Z形传力筒与超磁致伸缩棒之间的间隙以及线圈骨架与超磁致伸缩筒之间的间隙充入流动液体实现了超磁致伸缩筒棒的冷却与散热功能,即通过以上新型超磁致伸缩执行器热致位移控制措施,使该执行器具有较高的热致位移控制精度。

[0026] 本发明的电-机转换器输出位移零位与预压力调节可以由调整螺钉的机械调节和偏置调节线圈的电子调节构成复合式调节方式,即通过机械方式进行初步调节,再通过电子方式进行精细调节,具有调节方便,粗精调节结合从而具有调节精度高的优点。

[0027] 上述超磁致伸缩筒棒复合驱动电-机转换器,其特征在于:上述偏置磁场发生单元为调节线圈或永磁体;上述驱动磁场发生单元为驱动线圈。

[0028] 上述超磁致伸缩筒棒复合驱动电-机转换器,其特征在于:上述偏置磁场发生单元为调节线圈和永磁体;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;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。

[0029] 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。

[0030] 所述的超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器,其特征在于:上述驱动线圈、调节线圈和永磁体的由外向内按以下顺序布置:调节线圈、永磁体、驱动线圈。

[0031] 由于相对于调节线圈而言,驱动线圈匝数要求多,本发明采用该布置方式即驱动线圈靠里层布置,单位匝数的线圈长度小,用量少,具有线圈驱动结构紧凑,发热小的优点;且调节线圈匝数要求少,采用该布置方式调节线圈靠外层布置,同样具有结构紧凑,发热小的优点;而由于永磁体提供大部分偏置磁场,将永磁居中布置具有偏置磁场有效利用率高,磁场均匀性好的优点。

[0032] 所述的超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器的工作方法,其特征在于:还可通过电子调节或机械与电子复合调节方式进行预紧力施加:电子调节时,由调节线圈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紧力弹簧的预紧力;机械与电子复合调节时:首先采用上述机械调节方式对超磁致伸缩筒和超磁致伸缩棒施加一定预紧力,然后采用调节线圈输入电流大小与方向的改变精细调节偏置磁场大小和方向,进而精细调节超磁致伸缩筒和超磁致伸缩棒的预紧力。

[0033] 采用此种机械调节与电子调节相结合的预紧力调节方式,可实现超磁致伸缩棒预紧力粗细调节结合,解决预紧力宽范围调节时的精确调节难题,即具有预紧力调节精度高,调节灵活方便的优点。

## 附图说明

[0034] 图 1 为超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器结构原理图;

[0035] 图 2 为超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器冷却与散热原理图;

[0036] 图 3 为超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器热补偿结构原理图;

[0037] 图中标号名称:1 出液口 2 左端盖 3 连接螺钉 4 线圈骨架 5 热补偿柱塞 6 外罩 7 调节线圈 8 永磁体 9 驱动线圈 10 超磁致伸缩筒 11 超磁致伸缩棒 12 右端盖 13 预紧力弹簧 14 内腔隙出口 15 输出杆 16 预紧力调节螺母 17 连接螺钉 18 连接螺钉 19 支撑环 20 内腔隙 21 类 Z 形传力筒 22 外腔隙 23 内腔隙进口 24 O 形密封圈 25 进液口

## 具体实施方式

[0038] 如图 1,2,3 所示,该新型超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器包括外罩 6、左端盖 2、右端盖 12、安装于左端盖 2 内的热补偿柱塞 5、安装于右端盖 12 内的输出杆 15、安装于外罩 6 内且一端与右端盖 12 固定而另一端与左端盖 2 留有热膨胀间隙的线圈骨架 4、通过支撑环 19 安装于线圈骨架 4 内的双超磁致伸缩筒棒,且线圈骨架 4 上安装有偏置磁场发生单元和驱动磁场发生单元;

[0039] 上述双超磁致伸缩筒棒由外向内依次由超磁致伸缩筒 10、类 Z 形传力筒 21、超磁致伸缩棒 11 组成;类 Z 形传力筒 21 右端具有右凸台,该右凸台挡在超磁致伸缩筒 10 的右端,类 Z 形传力套筒 21 左端具有左凹台,该左凹台挡在超磁致伸缩棒 11 的左端;

[0040] 上述输出杆 15 挡在双超磁致伸缩筒棒右端,且输出杆 15 与超磁致伸缩筒 10 外壁面、类 Z 形传力筒 21 右端面、超磁致伸缩棒 11 右端面均接触;上述右端盖 12 中心还通过螺

纹方式安装有预紧力调节螺母 16, 上述输出杆 15 伸出预紧力调节螺母 16, 输出杆 15 与预紧力调节螺母 16 之间还安装有预紧力弹簧 13;

[0041] 上述热补偿柱塞 5 与类 Z 形传力筒 21 左凹台为螺纹连接, 并与超磁致伸缩棒 11 的左端面接触, 并与超磁致伸缩筒 10 的内壁面接触, 且可在左端盖 2 与线圈骨架 4 内轴向移动;

[0042] 上述热补偿柱塞 5 和输出杆 15 同时起引磁作用;

[0043] 上述超磁致伸缩筒 10 与线圈骨架 4 内侧之间具有流体流动通道; 上述超磁致伸缩棒 11 与类 Z 形传力筒 21 内侧之间也具有液体流动通道; 同时该电 - 机转换器还设有进液口 25 和出液口 1;

[0044] 如图 1,2,3 所示新型超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器提供了一种新型结构形式与驱动方式并提供了解决电 - 机转换器预紧力施加与调节、电 - 机转换器冷却与热补偿等关键技术的新方法。具体如下所述:

[0045] 超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器磁致伸缩驱动原理: 如图 1 所示, 永磁体产生恒定偏置磁场, 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。

[0046] 驱动线圈通入电流产生驱动磁场, 使超磁致伸缩筒、超磁致伸缩棒磁化并产生伸缩, 超磁致伸缩筒由于一端固定于线圈骨架, 其伸长量通过类 Z 形传力筒传递给超磁致伸缩棒, 超磁致伸缩棒叠加自身磁致伸长量后一并传递于输出杆对外输出位移。

[0047] 超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器预紧力施加及其调节方法: 如图 1 所示, 通过机械调节方式和 / 或电子调节方式进行预紧力施加及调节: 机械调节时, 预紧力调节螺母一端旋转, 另一端通过压缩预紧力弹簧调节超磁致伸缩棒预压力; 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紧力弹簧的预压力;

[0048] 超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器冷却与散热方法: 如图 2 所示, 上述线圈骨架与超磁致伸缩筒之间的液体间隙充满流动液体, 用于冷却线圈骨架与超磁致伸缩筒, 同时也保证了线圈骨架与超磁致伸缩筒温度相等以保证热补偿的实现。上述类 Z 形传力筒与超磁致伸缩棒之间的液体间隙充满流动液体, 用于冷却类 Z 形传力筒与超磁致伸缩棒, 同时也保证了类 Z 形传力筒与超磁致伸缩棒温度相等以保证热补偿的实现。此液体循环流动过程中由于液体与超磁致伸缩筒、线圈骨架、超磁致伸缩棒、类 Z 形传力筒充分接触, 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。

[0049] 超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器热致位移补偿方法: 如图 1,2,3 所示, 当超磁致伸缩棒温度上升时, 其热量很快传至类 Z 形传力筒内侧, 类 Z 形传力筒由于一端与输出杆接触并受预紧力弹簧预紧力限制, 只能向另一端热补偿柱塞方向产生热膨胀, 并带动热补偿柱塞运动; 当超磁致伸缩筒温度上升时, 其热量很快传至线圈骨架内侧, 线圈骨架由于一端固定于右端盖, 只能向另一端膨胀, 而超磁致伸缩筒由于一端与输出杆接触并受预紧力弹簧预紧力限制, 也只能向线圈骨架膨胀的一侧膨胀; 线圈骨架热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩筒热膨胀系数与其长度乘积; 类 Z 形传力筒热膨胀系数与其长度乘积相等于超磁致伸缩棒热膨胀系数与其长度乘积; 故通过以上过程可保证超磁致伸缩筒与超

磁致伸缩棒的热变形位移可分别通过线圈骨架与类 Z 形传力筒的热位移补偿。从而保证输出杆没有由于热膨胀产生的热致位移输出, 只有磁致位移输出; 即保证电 - 机转换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电 - 机转换器的控制精度。

[0050] 超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器闭合磁路与磁场均匀化方法: 超磁致伸缩筒棒复合驱动电 - 机转换器工作时需要闭合磁路, 并且在超磁致伸缩筒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筒棒的工作性能。

[0051] 本发明中超磁致伸缩筒闭合磁路通过左端盖、热补偿柱塞、超磁致伸缩筒、输出杆、预紧力施加螺母、右端盖与外罩构成; 超磁致伸缩棒闭合磁路通过左端盖、热补偿柱塞、超磁致伸缩棒、输出杆、预紧力施加螺母、右端盖与外罩构成; 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。

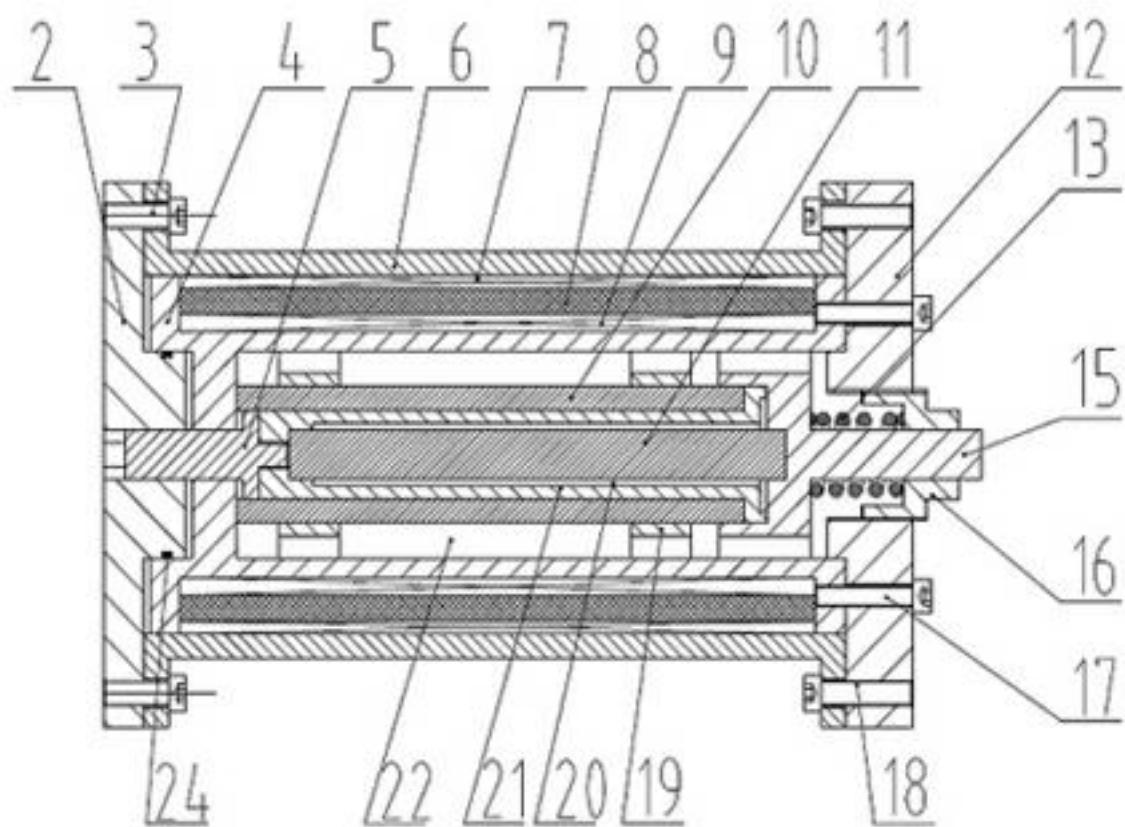


图 1

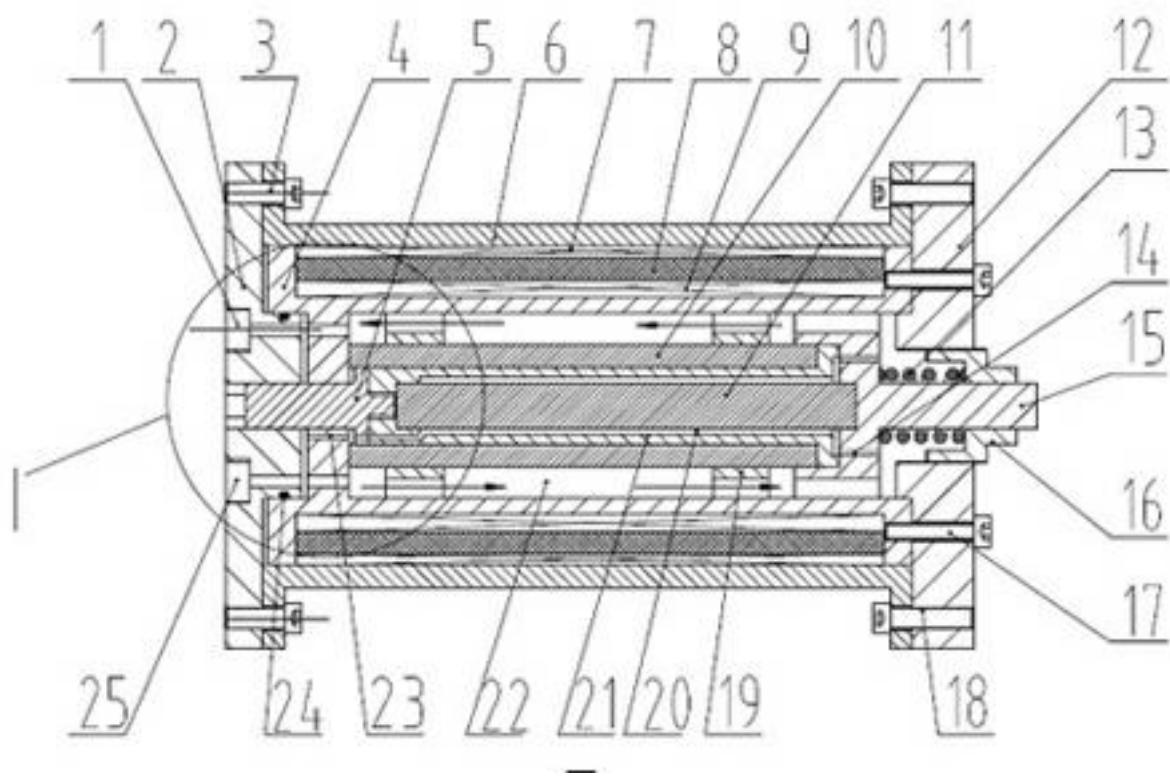


图 2

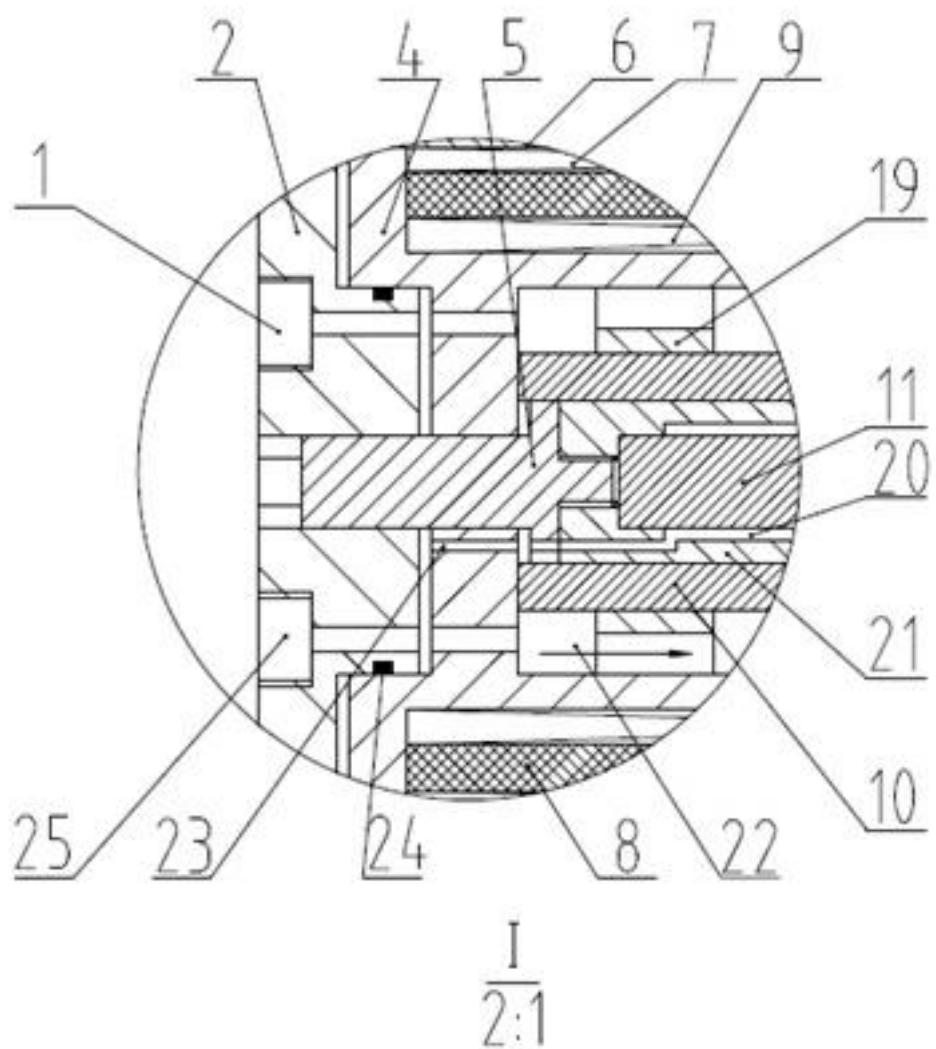


图 3