



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111706569 B

(45) 授权公告日 2021.06.29

(21) 申请号 202010611041.X

F15B 21/041 (2019.01)

(22) 申请日 2020.06.29

F15B 9/09 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111706569 A

(56) 对比文件

CN 103233932 A, 2013.08.07

CN 103233932 A, 2013.08.07

(43) 申请公布日 2020.09.25

巴凯先, 孔祥东, 朱琦歆, 李春贺, 赵华龙, 俞滨. 液压驱动单元基于位置/力的阻抗控制机理分析与试验研究.《机械工程学报》.2017, 第53卷(第12期), 第172-185页.

(73) 专利权人 燕山大学
地址 066000 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段438号

审查员 郑晖

(72) 发明人 俞滨 黄智鹏 杨建奎 姜文韬
巴凯先 孔祥东

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569
代理人 崔玥

(51) Int. Cl.

F15B 13/044 (2006.01)

F15B 15/14 (2006.01)

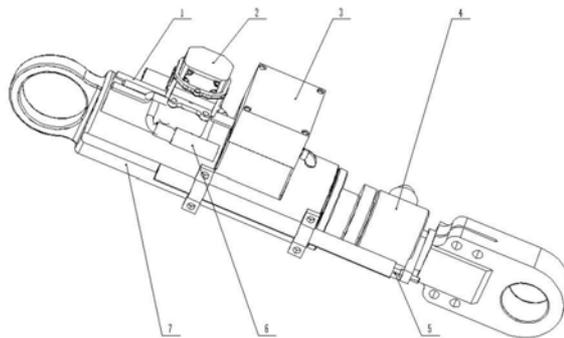
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种电液执行器及其控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种电液执行器及其控制方法,所述电液执行器包括伺服缸、喷嘴挡板伺服阀、力传感器、位移传感器和运动控制器;所述伺服缸的缸体上集成设置有进油仿生流道、无杆腔仿生流道、有杆腔仿生流道和回油仿生流道;本发明通过伺服缸、喷嘴挡板伺服阀、力传感器、位移传感器和运动控制器的集成设置,实现了多元器件的高密度集成,体积小、重量轻,并利用仿生流道实现伺服缸与喷嘴挡板伺服阀的连通,无需设置连接管路,实现了喷嘴挡板伺服阀与伺服缸间无外接管路,降低了高端移动装备管路接头损坏和泄漏故障发生率,通过配套设置的运动控制器、力传感器和位移传感器实现伺服缸的控制,本发明提供了一种高度集成的一体化智能电液执行器。



1. 一种电液执行器,其特征在於,所述电液执行器包括伺服缸、喷嘴挡板伺服阀、力传感器、位移传感器和运动控制器;

所述伺服缸的缸体上集成设置有进油仿生流道、无杆腔仿生流道、有杆腔仿生流道和回油仿生流道;

所述喷嘴挡板伺服阀设置在所述伺服缸的缸体的外部;

所述喷嘴挡板伺服阀的进油口通过进油仿生流道与进油管道连通;所述喷嘴挡板伺服阀的第一控制油口与伺服缸的无杆腔通过无杆腔仿生流道连通;所述喷嘴挡板伺服阀的第二控制油口与伺服缸的有杆腔通过有杆腔仿生流道连通,所述喷嘴挡板伺服阀的回油口通过回油仿生流道与油箱连通;

所述力传感器安装在伺服缸的缸杆的前端;所述位移传感器的外筒固定在伺服缸的缸体上,所述位移传感器的内套与所述伺服缸的缸杆的一侧固定连接;

所述力传感器和所述位移传感器均与所述运动控制器连接,所述力传感器用于采集所述伺服缸的缸杆出力值,所述位移传感器用于采集所述伺服缸的缸杆位移值;

所述运动控制器与所述喷嘴挡板伺服阀的控制端连接,所述运动控制器用于根据所述缸杆出力值和所述缸杆位移值控制所述喷嘴挡板伺服阀的第一控制油口和第二控制油口的状态,以调整伺服缸的缸杆的输出位移,使伺服缸的缸杆的输出位移为期望位移;

所述运动控制器包括位置阻抗控制模块和状态观测模块;

所述位置阻抗控制模块用于根据缸杆出力值采用阻抗特性公式 $X_e = \frac{F_L}{C_D s + K_D}$ 计算阻抗控制外环位置偏差信号 X_e ,并将阻抗控制外环位置偏差信号进行比较处理,获得伺服缸缸杆的期望位置,计算期望位置和采集得到的缸杆位移值的差值作为位置控制内环偏差信号;其中, F_L 为缸杆出力值, C_D 为电液执行器的期望阻尼, K_D 为电液执行器的期望刚度, s 为状态变量;

所述状态观测模块,用于采用状态观测算法对所述位置控制内环偏差信号进行校正,并利用校正后的位置控制内环偏差信号控制喷嘴挡板控制阀的第一控制油口和第二控制油口的状态;

状态观测算法为: $\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + G(y - \hat{y}) = (A - GC)\hat{x} + Bu + Gy$, A 为系统状态矩阵, B 为系统输入矩阵, C 为系统输出矩阵, G 为状态观测器输出误差反馈矩阵、 \hat{x} 为状态观测器的状态向量,为 x 的估计值, $x = X_d - X_p$, X_d 为伺服缸缸杆的期望位置, X_p 为采集得到的缸杆位移值, \hat{y} 为状态观测器的输出向量,为 y 的估计值, y 为校正后的位置控制内环偏差信号。

2. 根据权利要求1所述的电液执行器,其特征在於,所述伺服缸包括缸体和缸杆;所述缸体内部设置有有杆腔和无杆腔,所述缸杆设置在所述有杆腔内。

3. 根据权利要求1所述的电液执行器,其特征在於,所述进油仿生流道、所述无杆腔仿生流道、所述有杆腔仿生流道和所述回油仿生流道采用激光融化制造工艺设置在伺服缸的缸体上。

4. 根据权利要求1所述的电液执行器,其特征在於,所述电液执行器还包括滤芯;

所述滤芯设置在所述喷嘴挡板伺服阀的进油口。

5. 根据权利要求1所述的电液执行器,其特征在於,所述电液执行器还包括第一压力传

传感器和第二压力传感器,所述第一压力传感器和所述第二压力传感器分别设置在伺服缸的无杆腔和有杆腔内。

6.一种电液执行器的控制方法,其特征在于,所述控制方法包括如下步骤:

采集伺服缸的缸杆出力值和缸杆位移值;

根据缸杆出力值采用阻抗特性公式计算阻抗控制外环位置偏差信号;

$$\text{所述阻抗特性公式为: } X_e = \frac{F_L}{C_D s + K_D};$$

其中, X_e 为阻抗控制外环位置偏差信号, F_L 为缸杆出力值, C_D 为电液执行器的期望阻尼, K_D 为电液执行器的期望刚度, s 为状态变量;

将阻抗控制外环位置偏差信号进行比较处理,获得伺服缸缸杆的期望位置,并计算期望位置和采集得到的缸杆位移值的差值作为位置控制内环偏差信号;

采用状态观测算法对所述位置控制内环偏差信号进行校正,并利用校正后的位置控制内环偏差信号控制喷嘴挡板控制阀的第一控制油口和第二控制油口的状态;

状态观测算法为: $\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + G(y - \hat{y}) = (A - GC)\hat{x} + Bu + Gy$, A 为系统状态矩阵, B 为系统输入矩阵, C 为系统输出矩阵, G 为状态观测器输出误差反馈矩阵、 \hat{x} 为状态观测器的状态向量,为 x 的估计值, $x = X_d - X_p$, X_d 为伺服缸缸杆的期望位置, X_p 为采集得到的缸杆位移值, \hat{y} 为状态观测器的输出向量,为 y 的估计值, y 为校正后的位置控制内环偏差信号。

一种电液执行器及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及液压控制技术领域,特别是涉及一种电液执行器及其控制方法。

背景技术

[0002] 随着科技的快速发展,如工程机械、冶金机械、飞行器、助力外骨骼以及机器人等高端移动装备得到了广泛的应用。高端移动装备运动的驱动方法共有三种:电力驱动、气压驱动和液压驱动。由于液压驱动有功重比高、工作平稳换向冲击小、推力大等优点,因此,研究高端移动装备的液压驱动执行器变得尤为重要。

[0003] 非集成式阀控缸控制目前是液压高端移动装备运动所采用的常用驱动方式。对于非集成式阀控缸控制,其主要缺点有:1. 阀控缸存在管路及管接头数量较多,密封点数量较多,因而易出现接头损坏和泄漏故障;2. 伺服阀与伺服缸之间的连接管路过长,降低了系统固有频率,导致高端移动装备运动的动态响应速度变差,液压功率损失增加。综上所述,液压驱动型高端移动装备发展前景广阔,但目前其驱动执行器集成性不够高,且没有配套的运动控制器和相关算法,控制精度也不够高,不能满足高端移动装备的高性能需求。因此,在液压高端移动装备运动中,迫切需要一种高度集成的一体化智能电液执行器。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种电液执行器及其控制方法,以提高电液执行器的集成性,并在电液执行器设置有配套的运动控制器和控制算法,以提供一种高度集成的一体化智能电液执行器。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0006] 一种电液执行器,所述电液执行器包括伺服缸、喷嘴挡板伺服阀、力传感器、位移传感器和运动控制器;

[0007] 所述伺服缸的缸体上集成设置有进油仿生流道、无杆腔仿生流道、有杆腔仿生流道和回油仿生流道;

[0008] 所述喷嘴挡板伺服阀设置在所述伺服缸的缸体的外部;

[0009] 所述喷嘴挡板伺服阀的进油口通过进油仿生流道与进油管道连通;所述喷嘴挡板伺服阀的第一控制油口与伺服缸的无杆腔通过无杆腔仿生流道连通;所述喷嘴挡板伺服阀的第二控制油口与伺服缸的有杆腔通过有杆腔仿生流道连通,所述喷嘴挡板伺服阀的回油口通过回油仿生流道与油箱连通;

[0010] 所述力传感器安装在伺服缸的缸杆的前端;所述位移传感器的外筒固定在伺服缸的缸体上,所述位移传感器的内套与所述伺服缸的缸杆的一侧固定连接;

[0011] 所述力传感器和所述位移传感器均与所述运动控制器连接,所述力传感器用于采集所述伺服缸的缸杆出力值,所述位移传感器用于采集所述伺服缸的缸杆位移值;

[0012] 所述运动控制器与所述喷嘴挡板伺服阀的控制端连接,所述运动控制器用于根据所述缸杆出力值和所述缸杆位移值控制所述喷嘴挡板伺服阀的第一控制油口和第二控制

油口的状态,以调整伺服缸的缸杆的输出位移,使伺服缸的缸杆的输出位移为期望位移。

[0013] 可选的,所述伺服缸包括缸体和缸杆;所述缸体内部设置有有杆腔和无杆腔,所述缸杆设置在所述有杆腔内。

[0014] 可选的,所述进油仿生流道、所述无杆腔仿生流道、所述有杆腔仿生流道和所述回油仿生流道采用激光融化制造工艺设置在伺服缸的缸体上。

[0015] 可选的,所述电液执行器还包括滤芯;

[0016] 所述滤芯设置在所述喷嘴挡板伺服阀的进油口。

[0017] 可选的,所述电液执行器还包括第一压力传感器和第二压力传感器,所述第一压力传感器和所述第二压力传感器分别设置在伺服缸的无杆腔和有杆腔内。

[0018] 可选的,所述运动控制器包括位置阻抗控制模块和状态观测模块;

[0019] 所述位置阻抗控制模块用于根据缸杆出力值采用阻抗特性公式 $X_e = \frac{F_L}{C_D s + K_D}$ 计

算阻抗控制外环位置偏差信号 X_e ;其中, F_L 表示缸杆出力值, C_D 表示电液执行器的期望阻尼, K_D 为电液执行器的期望刚度, s 为状态变量;并将阻抗控制外环位置偏差信号进行比较处理,获得伺服缸缸杆的期望位置,计算期望位置和采集得到的缸杆位移值的差值作为位置控制内环偏差信号;

[0020] 所述状态观测模块,用于采用状态观测算法对所述位置控制内环偏差信号进行校正,并利用校正后的位置控制内环偏差信号控制喷嘴挡板控制阀的第一控制油口和第二控制油口的状态。

[0021] 一种电液执行器的控制方法,所述控制方法包括如下步骤:

[0022] 采集伺服缸的缸杆出力值和缸杆位移值;

[0023] 根据缸杆出力值采用阻抗特性公式计算阻抗控制外环位置偏差信号;

[0024] 将阻抗控制外环位置偏差信号进行比较处理,获得伺服缸缸杆的期望位置,并计算期望位置和采集得到的缸杆位移值的差值作为位置控制内环偏差信号;

[0025] 采用状态观测算法对所述位置控制内环偏差信号进行校正,并利用校正后的位置控制内环偏差信号控制喷嘴挡板控制阀的第一控制油口和第二控制油口的状态。

[0026] 可选的,所述阻抗特性公式为: $X_e = \frac{F_L}{C_D s + K_D}$;

[0027] 其中, X_e 表示阻抗控制外环位置偏差信号, F_L 表示缸杆出力值, C_D 表示电液执行器的期望阻尼, K_D 为电液执行器的期望刚度, s 为状态变量。

[0028] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0029] 本发明提出了一种电液执行器及其控制方法,所述电液执行器包括伺服缸、喷嘴挡板伺服阀、力传感器、位移传感器和运动控制器;所述伺服缸的缸体上集成设置有进油仿生流道、无杆腔仿生流道、有杆腔仿生流道和回油仿生流道;本发明通过伺服缸、喷嘴挡板伺服阀、力传感器、位移传感器和运动控制器的集成设置,实现了多元器件的高密度集成,体积小、重量轻,并利用仿生流道实现伺服缸与喷嘴挡板伺服阀的连通,无需设置连接管路,实现了喷嘴挡板伺服阀与伺服缸间无外接管路,降低了高端移动装备管路接头损坏和泄漏故障发生率,通过配套设置的运动控制器、力传感器和位移传感器实现伺服缸的控制,

本发明提供了一种高度集成的一体化智能电液执行器。

附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0031] 图1为本发明提供的电液执行器的三维轴侧示意图;

[0032] 图2为本发明提供的电液执行器装配图的正视局部剖视示意图;

[0033] 图3为本发明提供的电液执行器的液压控制原理示意图;

[0034] 图4为本发明提供的电液执行器的运动控制器中位置阻抗控制原理图;

[0035] 图5为本发明提供的电液执行器的运动控制器中状态观测原理图;

[0036] 其中,1为滤芯,2为喷嘴挡板伺服阀,3为运动控制器,4为力传感器,5为位移传感器,6为压力传感器,7为伺服缸,8为进油仿生流道,9为无杆腔仿生流道,10为回油仿生流道,11为有杆腔仿生流道。

具体实施方式

[0037] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0038] 本发明的目的是提供一种电液执行器及其控制方法,以提高电液执行器的集成性,并在电液执行器设置有配套的运动控制器和控制算法,以提供一种高度集成的一体化智能电液执行器。

[0039] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0040] 如图1所示,本发明提供一种电液执行器,所述电液执行器包括滤芯1、喷嘴挡板伺服阀2、运动控制器3、力传感器4、位移传感器5、压力传感器6、伺服缸7、以及仿生流道,仿生流道集成在伺服缸7的缸体上,用于连通伺服阀和伺服缸。

[0041] 如图1所示,喷嘴挡板伺服阀2和运动控制器3通过螺栓固定并列安装在伺服缸7缸体的上部,所述位移传感器5的内套通过连接板与所述伺服缸的缸杆的一侧固定连接,伺服缸7缸杆的顶端的另一侧连接有力传感器4,位移传感器5外筒通过两个筒环固定件固定在伺服缸7缸体上,压力传感器6通过螺栓固结在伺服缸7缸体的一端与喷嘴挡板伺服阀2连接处,滤芯1固结在喷嘴挡板伺服阀2的进油口中;

[0042] 所述的运动控制器是自主开发一款体积小、重量轻、具备更好人机交互界面的运动控制器,控制器以DSP为核心控制芯片设计运动控制器,基于MATLAB的TLC语言创建控制器的底层驱动模块,实现MATLAB/Simulink控制代码的自动生成,便于控制方法的软硬件无缝对接,提高控制方法的值入效率,基于Labview软件开发了上位机调试界面。

[0043] 其中,利用3D打印技术快速原型制造的功能,可以打印出更加轻量化的电液执行

器的伺服缸的缸体结构,3D打印技术为一体化电液执行器的制作提供了有力的技术支持。

[0044] 如图2所示,所述的伺服缸为单出杆液压缸,伺服缸7与喷嘴挡板伺服阀2连接处的缸体上设有无杆腔仿生流道9、有杆腔仿生流道11,喷嘴挡板伺服阀2与滤芯1和回油管路连接处分别设有进油仿生流道8和回油仿生流道10。所述的喷嘴挡板伺服阀上有进油口P、第一控制油口A、第二控制油口B和回油口T。

[0045] 如图3所示,所述的压力传感器6用于检测喷嘴挡板伺服阀2和伺服缸7之间流道的流体压力值,压力传感器6把压力值转化成弱电流形式信号传到运动控制器3;所述的位移传感器5用于检测伺服缸7缸杆的实时位移值,位移传感器5把缸杆位移值转化成弱电压形式信号经位移放大板放大后传到运动控制器3;所述的力传感器4用于检测伺服缸7缸杆的实时出力值,力传感器4把缸杆出力值转化成弱电压形式信号经位移放大板放大后传到运动控制器3。

[0046] 如图1-3所示,电液执行器的伺服缸7缸体的左右两边各固结一个压力传感器6,即,第一个压力传感器置于伺服缸上靠近喷嘴挡板伺服阀一侧,第二个压力传感器置于伺服缸缸盖一侧,用于检测伺服缸两腔油液压力;力传感器4安装固定在伺服缸7缸杆顶端,用于检测伺服缸7缸杆的实时出力值;位移传感器5的固定部分通过两个筒环固定件固定在伺服缸7缸体一侧,伺服缸7缸杆顶端和位移传感器5的移动部分通过连接板连接,用于检测伺服缸7缸杆的实时位移值。

[0047] 所述运动控制器包括位置阻抗控制模块和状态观测模块;所述位置阻抗控制模块

用于根据缸杆出力值采用阻抗特性公式 $X_e = \frac{F_L}{C_D s + K_D}$ 计算阻抗控制外环位置偏差信号

X_e ;其中, F_L 表示缸杆出力值, C_D 表示电液执行器的期望阻尼, K_D 为电液执行器的期望刚度, s 为状态变量;并将阻抗控制外环位置偏差信号进行比较处理,获得伺服缸缸杆的期望位置,计算期望位置和采集得到的缸杆位移值的差值作为位置控制内环偏差信号;所述状态观测模块,用于采用状态观测算法对所述位置控制内环偏差信号进行校正,并利用校正后的位置控制内环偏差信号控制喷嘴挡板控制阀的第一控制油口和第二控制油口的状态。

[0048] 具体的,如图3-5所示,所述的运动控制器3中包括状态观测模块和位置阻抗控制模块,运动控制器3通过传感器检测到的压力位移负载力等信号,进而经位置阻抗控制算法计算出状态量变化特性,从而实现在线修正运动控制器内控制参数,以提高一体化电液执行器在位移、速度、载荷及两腔压力变化情况下的控制鲁棒性,运动控制器3是通过状态观测模块、位置阻抗控制模块以及多传感检测元件配合使用,一体化电液执行器动态过程的状态量可实时检测,采用位置阻抗控制方法在线修正运动控制器中的控制参数,提高了一体化电液执行器的控制性能。

[0049] 本发明还提供一种电液执行器的控制方法。本发明的控制方法的工作流程如下:

[0050] 步骤1:力传感器采集到伺服缸缸杆出力值 F_L 数据;位移传感器采集到伺服缸缸杆位移值 X_p 数据。

[0051] 步骤2:将步骤1中采集到的出力值 F_L 数据通过阻抗特性公式 $x_e = \frac{F_L}{C_D s + K_D}$ 计算后

可得到阻抗控制外环中位置偏差信号 X_e 数据,并将阻抗控制外环位置偏差信号 X_e 数据通过

比较器处理,得到伺服缸缸杆的期望位置 X_d 数据;式中: X_e 为阻抗位置偏差(m)、 F_L 为外负载力(N)(采集到的出力值)、 C_D 为系统的期望阻尼($N \cdot s/m$)、 K_D 为系统的期望刚度(N/m)。进而将步骤1中采集到的位移值 X_p 数据通过位移放大板和比较器进行电压信号的放大取偏差处理后,得到位置控制内环偏差信号 $X_d - X_p$ 数据。

[0052] 步骤3:对步骤2中得到的位置控制内环偏差信号 $X_d - X_p$ 数据由运动控制器中状态观测模块采用状态观测算法 $\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + G(y - \hat{y}) = (A - GC)\hat{x} + Bu + Gy$ 校正后,其中, $x = X_d - X_p$,校正后的内环偏差信号 y 从喷嘴挡板伺服阀放大板输出反馈控制电压信号,控制喷嘴挡板伺服阀PTAB口相应的开启和闭合,进而调整伺服缸缸杆的输出位移,从而实现足式机器人的关节驱动。式中: A 为系统状态矩阵, B 为系统输入矩阵, C 为系统输出矩阵, G 为状态观测器输出误差反馈矩阵、 \hat{x} 为状态观测器的状态向量,为 x 的估计值、 \hat{y} 为状态观测器的输出向量,为 y 的估计值。

[0053] 本发明的电液执行器的工作流程如下:

[0054] (1)电液执行器伸出运动

[0055] 进油:油液通过进油仿生流道8通过滤芯1流向喷嘴挡板伺服阀2,再经喷嘴挡板伺服阀的进油口流入喷嘴挡板伺服阀2,经过喷嘴挡板伺服阀的第一控制油A口流出喷嘴挡板伺服阀2,进入喷嘴挡板伺服阀2和伺服缸7之间的无杆腔仿生流道9,再经过无杆腔仿生流道9进入伺服缸缸体的无杆腔。

[0056] 回油:油液由伺服缸7有杆腔流出,经伺服缸7和喷嘴挡板伺服阀2的有杆腔仿生流道11流至喷嘴挡板伺服阀2的第二控制油口B,再经喷嘴挡板伺服阀的第二控制油口B口流入喷嘴挡板伺服阀2,经过喷嘴挡板伺服阀的回油口T口流出喷嘴挡板伺服阀2,再经由回油仿生流道10流回油箱,完成一体化智能电液执行器的伸出运动。

[0057] (2)一电液执行器缩回运动

[0058] 进油:系统油液通过进油管道上的进油仿生流道8流入,通过滤芯1流向喷嘴挡板伺服阀2,再经喷嘴挡板伺服阀的进油口P口流入喷嘴挡板伺服阀,经过喷嘴挡板伺服阀的第二控制油口B口流出喷嘴挡板伺服阀2,进入喷嘴挡板伺服阀2和伺服缸7之间的有杆腔仿生流道11,再经过有杆腔仿生流道11进入伺服缸缸体的有杆腔。

[0059] 回油:油液由伺服缸7无杆腔流出,经伺服缸7和喷嘴挡板伺服阀2的无杆腔仿生流道9流至喷嘴挡板伺服阀2的第一控制油口A,再经喷嘴挡板伺服阀的第一控制油口A口流入喷嘴挡板伺服阀2,经过喷嘴挡板伺服阀回油口T口流出喷嘴挡板伺服阀2,再经由回油仿生流道10流回油箱,完成一体化智能电液执行器的缩回运动。

[0060] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0061] 1、本发明的电液执行器实现了多元器件的高密度集成,体积小、重量轻,并且伺服阀与伺服缸间无外接管路,降低了高端移动装备管路接头损坏和泄漏故障发生率,使运动的动态响应得到了提高。一定程度上满足了对高端移动装备的性能需求,可在工程机械、冶金机械、飞行器、助力外骨骼以及机器人有着广泛的应用。

[0062] 2、本发明电液执行器配合使用的自主开发的运动控制器,体积小、重量轻、具备更好人机交互界面,实现MATLAB/Simulink控制代码的自动生成,便于控制方法的软硬件无缝对接,提高控制方法的值入效率。

[0063] 3、应用电液伺服控制理论、现代控制理论和线性系统理论思想和方法,融合了人

工智能控制理论,通过设计运动控制器中状态观测模块、状态反馈控制模块,多传感检测元件配合使用,一体化电液执行器动态过程的状态量可实时检测,采用状态反馈在线修正控制器中的控制参数,提高了一体化电液执行器的控制性能。

[0064] 本说明书中等效实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,等效实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0065] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

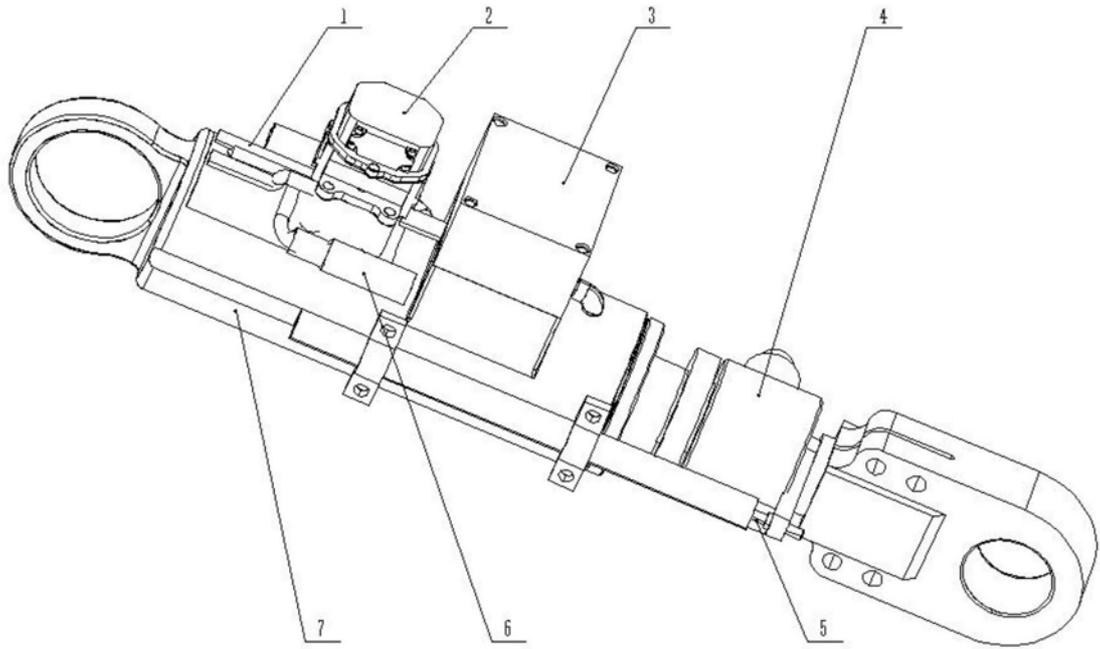


图1

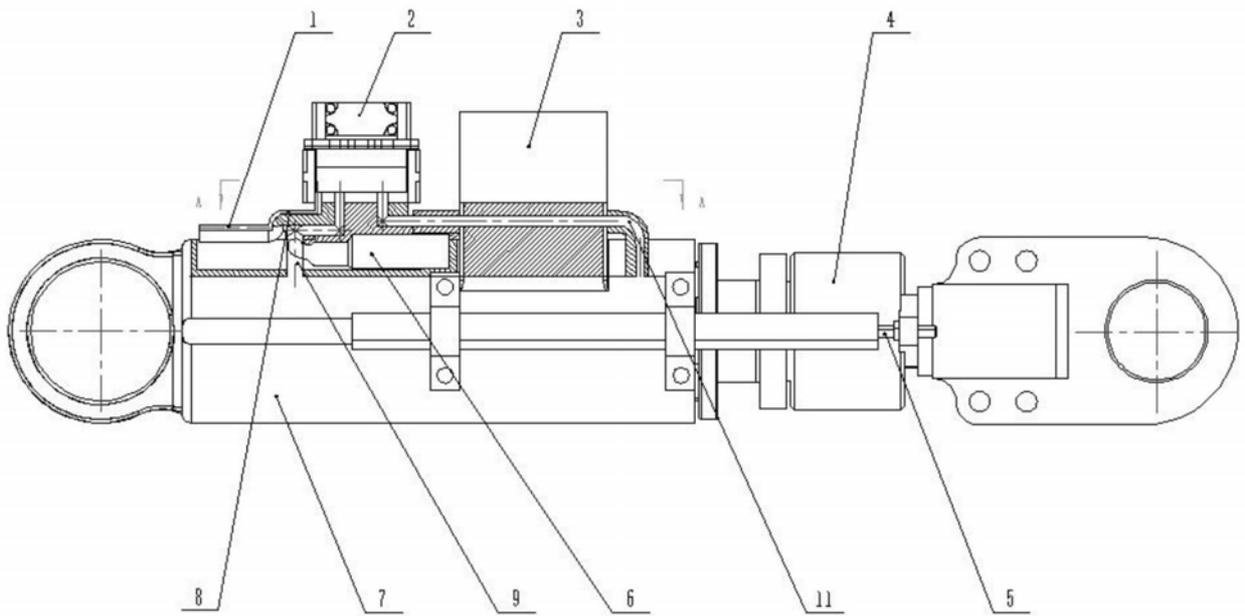


图2

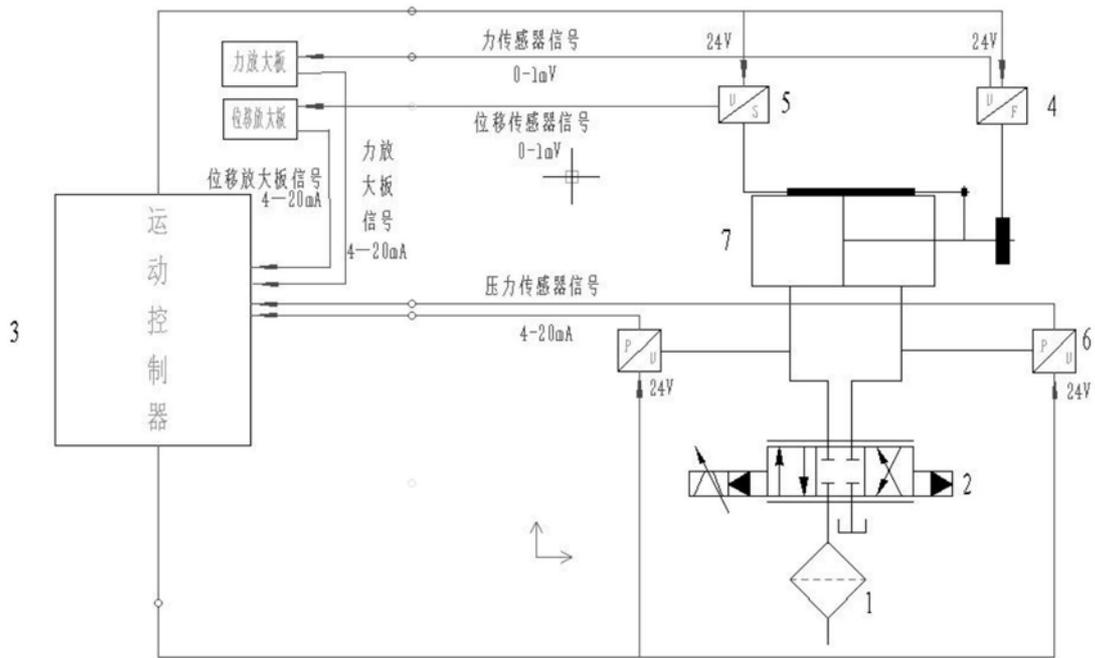


图3

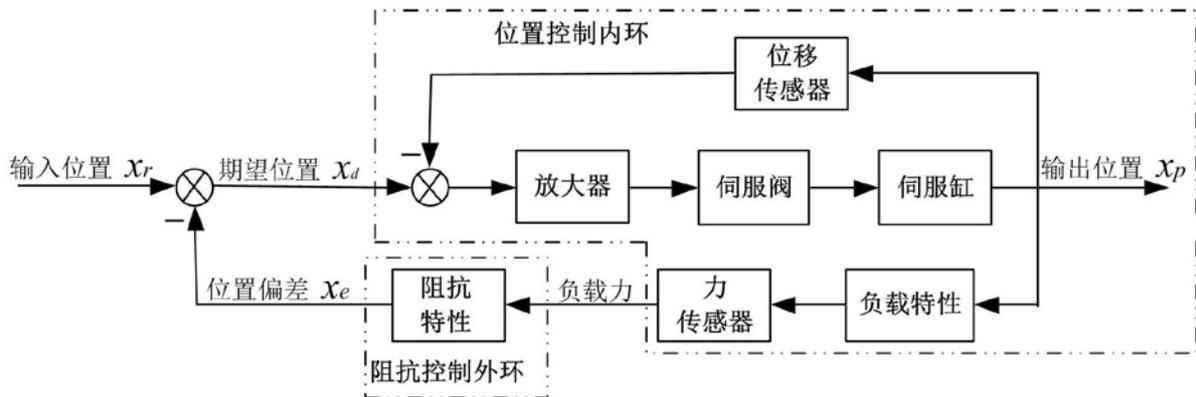


图4

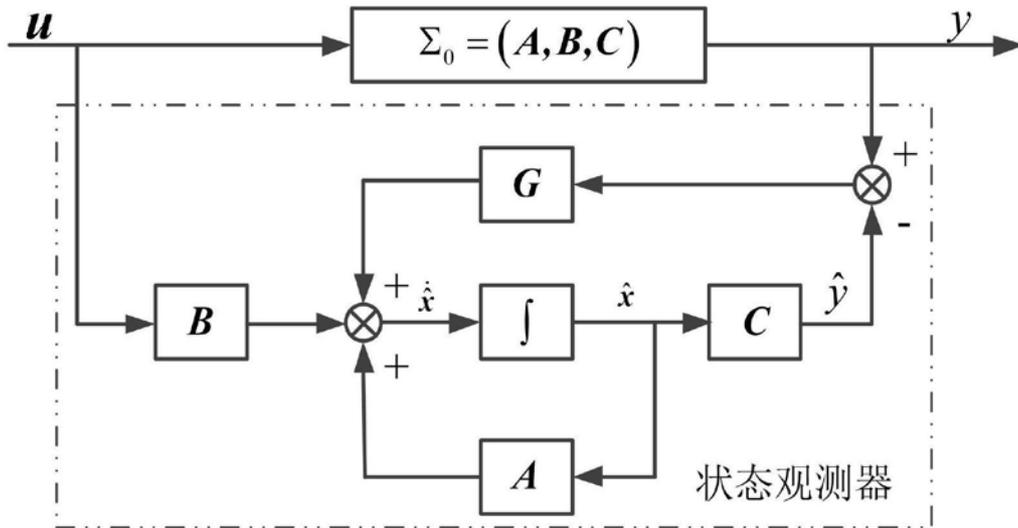


图5