

一种试验方法

技术领域

本发明涉及震动器测试领域，尤其是一种专门用于测试减震器阻力特性的试验方法。

背景技术

具有微米级和纳米级磁性粒子的磁性功能流体的减震器，其可以通过控制施加到磁性功能流体的磁场的强度来控制减震阻力，从而控制减震器的减震效果。磁性功能流体中不同尺寸结构的磁性颗粒的混合比是磁性功能流体中磁性粒子团簇的大小、磁性粒子之间的内聚力以及磁性粒子受磁场强度产生磁场力的大小的主要影响因素。因此，磁性功能流体中微米级磁性粒子与纳米级磁性粒子的混合比、电磁场强度、加载载荷大小对减震器的减震阻力特性有着重要影响。工业上为了研究磁性功能流体中微米级磁性粒子与纳米级磁性粒子的混合比对减震器的减震阻力特性的影响需要对减震器的减震阻力特性进行测试的试验台以及相应的实验方法，而现有的测试减震器阻力特性的实验方法存在以下技术问题：

- 1、对于位移变化的检测手段难以实现微小位移变化量的动态精确测试捕捉和信号搜集传输，对于信号的分析智能化不足，无法保证测试结果的准确性和可信度。
- 2、对震动器加载的载荷控制不够精确高效，加载载荷难以保持稳定，无法保证测试结果的准确性和可信度。
- 3、实现对包含有微米级和纳米级磁性粒子的磁性功能流体的减震器的阻力特性进行测试，对精确度、灵敏度和抗干扰性要求较高，需要专门设计这种试验台以及相应的实验方法。

发明内容

为了解决上述技术问题本发明采用的技术方案如下：

一种试验方法，所述试验台用专门用于测试包含有微米级和纳米级磁性粒子的磁性功能流体的减震器的阻力特性，所述阻力特性是指减震器的磁性功能流体中微米级和纳米级磁性粒子的不同混合比、电磁场强度、加载载荷的大小对减震器减震阻力的影响，微米级和纳米级磁性粒子的混合比是指流体介质中微米级粒子和纳米级磁性粒子体积百分比的比值。所述试验台包括气动加载模块、被测减震器模块和阻力特性检测模块。

所述气动加载模块的高压气源的主气路连接开关阀，所述开关阀的出气口分别连接先导式调压阀和进气阀的进气口，所述进气阀的出气口分别所述连接先导式调压阀先导腔的旁通气路和排气阀的进气口，所述连接先导式调压阀的出气管路上连接有气压传感器，所述气压传感器连接到控制机构，所述进气阀、排气阀均为二位二通电磁控制高速开关阀，所述进气阀、排气阀均连接到控制机构，所述控制机构连接到电源和工控机，所述出气管路连接到压

力气体腔。

所述压力气体腔经电磁开关阀连接到加载气缸，所述加载气缸内设置有加载活塞，该加载活塞固定在活塞杆一端。

所述被测减震器模块的所述活塞杆中部固定有减震活塞，所述活塞杆另一端垂直固定有位移检测杆，减震缸的一端缸头固定有缸头支架，所述位移检测杆在所述缸头支架限定的空间里在减震缸轴向方向上移动；所述减震活塞设置在减震缸内并与减震缸内腔壁面保持有间隙，所述减震缸的内腔充满磁性功能流体，所述磁性功能流体为含有微米级和纳米级磁性粒子的混合液，所述减震缸的缸体外部设有电磁线圈，所述电磁线圈连接直流电源。

所述阻力特性检测模块具有激光位移传感器，所述激光位移传感器检测位移检测杆的位移变化，并将检测信号经信号放大器传输到示波器；在所述缸头支架的顶部台面设置有力传感器，所述力传感器经应变放大器连接到所述示波器。

所述实验台还包括试验台架，所述试验台架的台架支架下部固定在所述压力气体腔上，所述试验台架具有中间肋板和顶板，所述力传感器固定在缸头支架的所述顶部台面和所述中间肋板之间，所述激光位移传感器固定在所述顶板上。

所述减震缸的两端缸头在与活塞杆两端滑动接触的部分设置有密封填料。

所述中间肋板和顶板开设有供激光位移传感器的激光穿过的通道。

所述压力气体腔连接有压力表。

所述激光位移传感器为所述直射式激光三角法位移传感器。

本发明的试验方法的测试原理如下：

步骤一：开启气动加载

测试工作开始时由工控机发出加载指令，向控制机构输入期望的加载载荷，期望的加载载荷即为出气管路输出到压力气体腔内的气体压力；高压气源的压力气体经开关阀进入到先导式调压阀和出气管路以及进气阀和排气阀的进气口中，气压传感器将检测的压力信号传输到控制机构；

步骤二：加载载荷的控制

当气压传感器检测的压力低于期望的加载载荷时，控制机构控制进气阀打开且排气阀关闭，此时，气体经进气阀进入到旁通气路旁通气路的气压输入到先导式调压阀的先导腔使先导式调压阀的主阀芯下移，先导式调压阀输出的压力升高；当气压传感器检测的压力高于期望的加载载荷时，控制机构控制进气阀关闭且排气阀打开，此时先导式调压阀的先导腔中的压力气体经旁通气路和排气阀排出，先导式调压阀的主阀芯上移，先导式调压阀输出的压力降低；这样的动态调节直至出气管路输出到压力气体腔内的气体压力与期望的加载载荷偏差

为 0 后并保持出气管路输出的气体压力；

步骤三：被测减震器的驱动

直流电源向电磁线圈通电，并且电磁开关阀打开，压力气体进入到加载气缸，推动加载活塞带动减震活塞运动；

步骤四：阻力特性的检测和检测结果的显示

激光位移传感器利用直射式激光三角法通过检测位移检测杆的位移变来检测减震活塞的实时位移，并且将检测信号经信号放大器传输到示波器；力传感器检测减震器的阻力，并将该阻力检测信号经应变放大器传送到示波器，示波器显示阻力与位移之间的关系曲线，在整个测试过程中压力气体腔内的气体压力始终稳定在期望加载载荷；

改变实验条件，重复步骤一至四，通过改变减震器的磁性功能流体中微米级和纳米级磁性粒子的两种混合比，或者通过气动加载模块控制输出不同加载载荷，或者通过控制直流电源电流获得不同磁场强度，得到不同混合比、不同加载载荷、不同磁场强度多种因素对震动器阻力特性的影响。

其中直射式激光三角测量的测量系统主要由激光源、接收透镜、PSD 光电位置探测器以及信号处理单元组成，PSD 所在平面和透镜所在平面的交线同入射光束轴线相交且垂直。由于激光三角法测位移的几何关系有：

$$\frac{\Delta x}{\sin \alpha} = \frac{l}{\sin(\alpha + \theta)}$$

$$\frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{l'}{\sin(\varphi - \alpha)}$$

进而得出 PSD 检测位移随被测物面位移的变化如下，

$$\Delta y = \frac{l' \sin \theta \times \Delta x}{l \sin \varphi - \sin(\varphi + \theta) \times \Delta x}$$

激光源将可见红色激光射向位移检测杆的被测面，经被测面散射的激光通过接收透镜，

说明书

被 PSD 光电位置探测器接收，根据不同的距离，PSD 光电位置探测器可以在不同的角度下"看见"这个光点。根据检测得到的图 4 所示角度 Φ 、 θ 及已知的距离 l' 和 l ，信号处理单元计算出传感器和被测物体之间的距离。同时，光束在接收元件的位置通过模拟和数字电路处理，并通过信号处理单元分析，计算出相应的输出值，在用户设定的模拟量窗口内，按比例输出标准数据信号。

采取三角测量法的激光位移传感器最高线性度可达 $1\mu\text{m}$ ，分辨率更是可达到 $0.1\mu\text{m}$ 的水平。比如 ZLDS100 类型的传感器，它可以达到 0.01% 高分辨率，0.1% 高线性度，9.4KHz 高响应，适应恶劣环境。

本发明提出了专门用于测试包含有微米级和纳米级磁性粒子的磁性功能流体的减震器的阻力特性的试验方法，其相比于现有技术获得以下更好的技术效果：

本发明提出了专门用于测试包含有微米级和纳米级磁性粒子的磁性功能流体的减震器的阻力特性的试验方法，并具体测试指减震器的磁性功能流体中微米级和纳米级磁性粒子的不同混合比、电磁场强度、加载载荷的大小对减震器减震阻力的影响，相比于现有技术中通用的减震器阻力特性试验台具有更好的针对性，并且检测更加方便高效便于自动控制和检测结果的自动分析和显示，使检测更加方便快捷并且准确高效。

激光位移传感器，激光位移传感器可以非接触测量被测物体的位置变化，对于减震器活塞微小位移变化具有测量高精度、灵敏性高以及信号传输准确高效的技术效果，并且测试结果经示波器直接显示，更加直观、快捷。

设计了气动加载模块，通过对控制机构、进气阀、排气阀以及先导调压阀的设计，实现了气动加载、保压和对加载载荷的自动调节控制，保证了加载的准确性和稳定性，并且加载载荷的可调节范围较大，使试验台可测试的工况范围更大。

附图说明

图 1 是本申请实施例中试验台的主体结构示意图；

图 2 是本申请实施例中试验台的气动加载模块的结构示意图；

图 3 是本申请实施例中试验台的被测减震器模块的结构示意图；

图 4 是本申请实施例中试验台的激光位移传感器的检测原理示意图；

图 5 是本申请实施例中试验台的减震器的磁性功能流体中微米级和纳米级磁性粒子的两种混合比的混合液分别在相同加载载荷、不同磁场强度下的位移-阻力测试结果图；

图 6 是本申请实施例中试验台的减震器的磁性功能流体中微米级和纳米级磁性粒子的两

种混合比的混合液分别在不同加载载荷、相同磁场强度下的位移-阻力测试结果图；

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明做进一步说明：

一种试验方法，所述试验方法用专门用于测试包含有微米级和纳米级磁性粒子的磁性功能流体的减震器的阻力特性，所述阻力特性是指减震器的磁性功能流体中微米级和纳米级磁性粒子的不同混合比、电磁场强度、加载载荷的大小对减震器减震阻力的影响，微米级和纳米级磁性粒子的混合比是指流体介质中微米级粒子和纳米级磁性粒子体积百分比的比值。如图 1-3 所示，实现所述实验方法的所述试验台包括气动加载模块 17、被测减震器模块 1 和阻力特性检测模块。

所述气动加载模块 17 的高压气源 17-1 的主气路连接开关阀 17-2，所述开关阀 17-2 的出气口分别连接先导式调压阀 17-3 和进气阀 17-4 的进气口，所述进气阀 17-4 的出气口分别所述连接先导式调压阀 17-3 先导腔的旁通气路和排气阀 17-5 的进气口，所述连接先导式调压阀 17-3 的出气管路上连接有气压传感器 17-6，所述气压传感器 17-6 连接到控制机构 17-7，所述进气阀 17-4、排气阀 17-5 均为二位二通电磁控制高速开关阀，所述进气阀 17-4、排气阀 17-5 均连接到控制机构 17-7，所述控制机构 17-7 连接到电源和工控机，所述出气管路连接到压力气体腔 13。

所述压力气体腔 13 经电磁开关阀 5 连接到加载气缸 6，所述加载气缸 6 内设置有加载活塞 7，该加载活塞 7 固定在活塞杆 1-3 一端。

所述被测减震器模块 1 的所述活塞杆 1-3 中部固定有减震活塞 1-2，所述活塞杆 1-3 另一端垂直固定有位移检测杆，减震缸 1-1 的一端缸头固定有缸头支架，所述位移检测杆在所述缸头支架限定的空间里在减震缸轴向方向上移动；所述减震活塞 1-2 设置在减震缸 1-1 内并与减震缸 1-1 内腔壁面保持有间隙，所述减震缸 1-1 的内腔充满磁性功能流体，所述磁性功能流体为含有微米级和纳米级磁性粒子的混合液，所述减震缸 1-1 的缸体外部设有电磁线圈 1-5，所述电磁线圈 1-5 连接直流电源 1-2。

所述阻力特性检测模块具有激光位移传感器 10，所述激光位移传感器 10 检测位移检测杆的位移变化，并将检测信号经信号放大器 11 传输到示波器 12；在所述缸头支架的顶部台面设置有力传感器 8，所述力传感器 8 经应变放大器 9 连接到所述示波器 12。

根据权利要求 1 所述的试验台，所述实验台还包括试验台架，所述试验台架的台架支架 14 下部固定在所述压力气体腔 13 上，所述试验台架具有中间肋板 15 和顶板 16，所述力传感器 8 固定在缸头支架的所述顶部台面和所述中间肋板 15 之间，所述激光位移传感器 10 固定

在所述顶板 16 上。

减震缸 1 的两端缸头在与活塞杆 1-3 两端滑动接触的部分设置有密封填料 1-4。

所述中间肋板 15 和顶板 16 开设有供激光位移传感器的激光穿过的通道。

所述压力气体腔 13 连接有压力表 4。

所述激光位移传感器 10 为所述直射式激光三角法位移传感器。

本实施例的试验方法的测试过程如下：

步骤一：开启气动加载

测试工作开始时由工控机发出加载指令，向控制机构输入期望的加载载荷，期望的加载载荷即为出气管路输出到压力气体腔 13 内的气体压力；高压气源 17-1 的压力气体经开关阀 17-2 进入到先导式调压阀 17-3 和出气管路以及进气阀 17-4 和排气阀 17-5 的进气口中，气压传感器 17-6 将检测的压力信号传输到控制机构 17-7；

步骤二：加载载荷的控制

当气压传感器 17-6 检测的压力低于期望的加载载荷时，控制机构 17-7 控制进气阀 17-4 打开且排气阀 17-5 关闭，此时，气体经进气阀 17-4 进入到旁通气路旁通气路的气压输入到先导式调压阀 17-3 的先导腔使先导式调压阀 17-3 的主阀芯下移，先导式调压阀 17-3 输出的压力升高；当气压传感器 17-6 检测的压力高于期望的加载载荷时，控制机构 17-7 控制进气阀 17-4 关闭且排气阀 17-5 打开，此时先导式调压阀 17-3 的先导腔中的压力气体经旁通气路和排气阀 17-5 排出，先导式调压阀 17-3 的主阀芯上移，先导式调压阀 17-3 输出的压力降低；这样的动态调节直至出气管路输出到压力气体腔内的气体压力与期望的加载载荷偏差为 0 后并保持出气管路输出的气体压力；

步骤三：被测减震器的驱动

直流电源 2 向电磁线圈 1-5 通电，并且电磁开关阀 5 打开，压力气体进入到加载气缸 6，推动加载活塞 7 带动减震活塞 1-2 运动；

步骤四：阻力特性的检测和检测结果的显示

激光位移传感器 10 利用直射式激光三角法通过检测位移检测杆的位移变来检测减震活塞的实时位移，并且将检测信号经信号放大器 11 传输到示波器 12；力传感器 8 检测减震器的阻力，并将该阻力检测信号经应变放大器 9 传送到示波器 12，示波器 12 显示阻力与位移之间的关系曲线，在整个测试过程中压力气体腔 13 内的气体压力始终稳定在期望加载载荷；

改变实验条件，重复步骤一至四，通过改变减震器的磁性功能流体中微米级和纳米级磁性粒子的两种混合比，或者通过气动加载模块控制输出不同加载载荷，或者通过控制直流电

源电流获得不同磁场强度，得到不同混合比、不同加载载荷、不同磁场强度多种因素对震动物阻阻力特性的影响。

如图 4 所示，直射式激光三角法测量的激光位移传感器 10 主要由激光源、接收透镜、PSD 光电位置探测器以及信号处理单元组成，PSD 所在平面和接收透镜所在平面的交线同入射光束轴线相交且垂直。由于激光三角法测位移的几何关系有：

$$\frac{\Delta x}{\sin \alpha} = \frac{l}{\sin(\alpha + \theta)}$$

$$\frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{l'}{\sin(\varphi - \alpha)}$$

进而得出 PSD 检测位移随位移检测杆的被测面位移的变化如下，

$$\Delta y = \frac{l' \sin \theta \times \Delta x}{l \sin \varphi - \sin(\varphi + \theta) \times \Delta x}$$

激光源将可见红色激光射向位移检测杆的被测面，经被测面散射的激光通过接收透镜，被 PSD 光电位置探测器接收，根据不同的距离，PSD 光电位置探测器可以在不同的角度下"看见"这个光点。根据检测得到的图 4 所示角度 Φ 、 θ 及已知的距离 l' 和 l ，信号处理单元计算出传感器和被测物体之间的距离。同时，光束在接收元件的位置通过模拟和数字电路处理，并通过信号处理单元分析，计算出相应的输出值，在用户设定的模拟量窗口内，按比例输出标准数据信号。

采取三角测量法的激光位移传感器最高线性度可达 $1\mu\text{m}$ ，分辨率更是可达到 $0.1\mu\text{m}$ 的水平。比如 ZLDS100 类型的传感器，它可以达到 0.01% 高分辨率，0.1% 高线性度，9.4KHz 高响应，适应恶劣环境。

如表 1 所示，在该实施例，用微米级磁性粒子 27.2[vol.%]、纳米级磁性粒子 2.8[vol.%] 的混合比的磁性功能流体（介质 1）在气动加载载荷为 0.6MPa 时，电流分别为 0A、3A、6A

说明书

的情况下得到附图 5 所示的介质 1 的位移-阻力测试结果图;再将该磁性功能流体在电流为 6A 时, 气动加载载荷时别为 0.2MPa、0.4MPa、0.6MPa 的情况下得到附图 6 所示的介质 1 的位移-阻力测试结果图;

表 1

流体-1	微米级磁性粒子 27.2[vol.%]; 纳米级磁性粒子 2.8[vol.%]					
气动加载载荷[MPa]	0.6			0.2	0.4	0.6
电流[A]（即磁场强度）	0	3	6	6		
流体-2	微米级磁性粒子 24.4[vol.%]; 纳米级磁性粒子 5.6[vol.%]					
气动加载载荷[MPa]	0.6			0.2	0.4	0.6
电流[A]（即磁场强度）	0	3	6	6		

如表 1 所示, 在该实施例, 用微米级磁性粒子 24.4[vol.%]; 纳米级磁性粒子 5.6[vol.%] 的混合比的磁性功能流体 (介质 2) 在气动加载载荷为 0.6MPa 时, 电流分别为 0A、3A、6A 的情况下得到附图 5 所示的介质 2 的位移-阻力测试结果图;再将该磁性功能流体在电流为 6A 时, 气动加载载荷时别为 0.2MPa、0.4MPa、0.6MPa 的情况下得到附图 6 所示的介质 2 的位移-阻力测试结果图。

试验结果准确可信, 试验过程的稳定性好, 测试翻边快接, 便于自动控制

本发明提出了专门用于测试包含有微米级和纳米级磁性粒子的磁性功能流体的减震器的阻力特性的试验方法, 其相比于现有技术获得以下更好的技术效果:

本实施例提出了专门用于测试包含有微米级和纳米级磁性粒子的磁性功能流体的减震器的阻力特性的试验方法, 并具体测试指减震器的磁性功能流体中微米级和纳米级磁性粒子的不同混合比、电磁场强度、加载载荷的大小对减震器减震阻力的影响, 相比于现有技术中通用的减震器阻力特性试验台具有更好的针对性, 并且检测更加方便高效便于自动控制和检测结果的自动分析和显示, 使检测更加方便快捷并且准确高效。

激光位移传感器, 激光位移传感器可以非接触测量被测物体的位置变化, 对于减震器活塞微小位移变化具有测量高精度、灵敏性高以及信号传输准确高效的技术效果, 并且测试结果经示波器直接显示, 更加直观、快捷。

说明书

设计了气动加载模块，通过对控制机构、进气阀、排气阀以及先导调压阀的设计，实现了气动加载、保压和对加载载荷的自动调节控制，保证了加载的准确性和稳定性，并且加载载荷的可调节范围较大，使试验台可测试的工况范围更大。

以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和本发明的优点。本领域技术人员应该了解，本发明不受上述实施例的限制，上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理，在不脱离本发明精神和范围的前提下本发明还会有各种变化和改进，这些变化和改进都落入要求保护的本发明的保护范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等同物界定。