



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116242530 B

(45) 授权公告日 2025.07.11

(21) 申请号 202310137270.6

(56) 对比文件

(22) 申请日 2023.02.20

CN 111998997 A, 2020.11.27

CN 112378576 A, 2021.02.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 116242530 A

审查员 周珊珊

(43) 申请公布日 2023.06.09

(73) 专利权人 中国航空工业集团公司北京长城
计量测试技术研究所

地址 100095 北京市海淀区温泉镇环山村

(72) 发明人 李峰 史博 陈晓松

(74) 专利代理机构 北京正阳理工知识产权代理
事务所(普通合伙) 11639

专利代理师 张利萍

(51) Int. Cl.

G06F 11/00 (2006.01)

G01L 25/00 (2006.01)

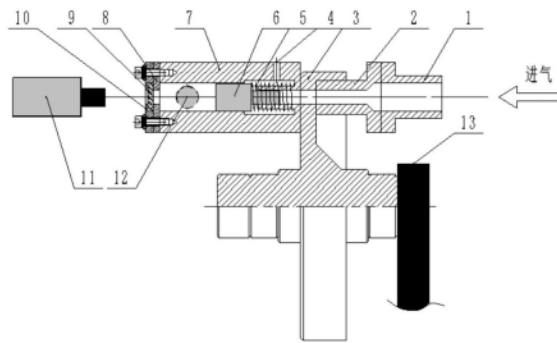
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置及校准方法

(57) 摘要

本发明公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置及校准方法,属于校准试验技术领域。本发明包括进气口、喷口、多孔转盘、预压孔、复位装置、变径活塞、活塞缸、密封盖板、玻璃窗口、端盖、激光测振仪、压敏漆式样、传动带、玻璃窗口、压敏漆光源和光电倍增管。变径活塞缸侧壁玻璃窗口处安装有压敏漆光源和光电倍增管。复位装置安装于变径活塞缸内右侧。本发明通过电机带动转盘切割高速射流,射流冲击变径活塞,挤压密封压力室产生压力,由于高速射流受到周期性切割作用,通过活塞挤压,使得压力室产生正弦周期性变化的脉动压力,通过脉动压力实现动态压敏漆校准。本发明具有压力腔体、压力平均值及峰峰值可调、可溯源的优点。



1. 一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置,其特征在于:包括进气口、喷口、多孔转盘、预压孔、复位装置、变径活塞、变径活塞缸、密封盖板、玻璃窗口一、端盖、激光测振仪、压敏漆式样、传动带、玻璃窗口二、压敏漆光源、光电倍增管、压力室和预压室;动态压敏漆校准装置的主体为变径活塞缸,变径活塞缸左侧为密封的压力室,变径活塞缸内设置有变径活塞;采用电机加传动带带动多孔转盘,通过切割高压高速射流,对变径活塞产生周期性冲击力,进而在密封的压力室内产生正弦变化的压力;压力室侧壁开有一个安装孔用于安装压敏漆式样,同时变径活塞缸左端面开有玻璃窗口一,变径活塞缸侧壁开有玻璃窗口二,玻璃窗口一、玻璃窗口二由端盖和密封盖板夹紧固定;变径活塞缸右侧为预压室,预压室中安装用于变径活塞复位的复位装置,预压室右侧开有预压孔;压力室右侧变径活塞缸与多孔转盘左侧贴合;多孔转盘右侧与喷口贴合,喷口内部为变截面结构,用于提升气流速度,喷口右侧连接进气口,多孔转盘通过传动带与电机连接;变径活塞缸左侧安装有激光测振仪;变径活塞缸侧壁玻璃窗口二处安装有压敏漆光源和光电倍增管;

压敏漆光源用于激励压敏漆,光电倍增管用于接收压敏漆荧光信号。

2. 如权利要求1所述的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置,其特征在于:所述复位装置为安装于变径活塞缸内右侧的弹簧线圈。

3. 如权利要求2所述的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置,其特征在于:所述弹簧线圈与变径活塞组成二阶阻尼振荡系统,通过调节弹簧线圈的弹性系数和变径活塞质量,使二阶阻尼振荡系统固有频率与动态压敏漆校准装置校准频率上限一致,利用二阶阻尼振荡系统谐振提高高频时高压高速射流产生的压力。

4. 如权利要求2或3所述的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置,其特征在于:通过预压孔充气对变径活塞缸右侧预压,用于调节变径活塞初始位置以及压力室初始压力。

5. 如权利要求2或3所述的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置,其特征在于:所述变径活塞缸左侧安装有激光测振仪,通过左侧的玻璃窗口一能监测内部活塞的实时位移。

6. 如权利要求2或3所述的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置,其特征在于:所述变径活塞缸右侧与多孔转盘贴合但不连接,电机通过传动带连接并带动多孔转盘转动,多孔转盘上开有圆孔用于切割气流。

7. 如权利要求2或3所述的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置,其特征在于:所述喷口内部为变径结构,通过改变内径大小及形状,提高高压高速射流速度,并使喷口出口为正方形,正方形边长与多孔转盘上的圆孔直径一致。

8. 一种基于正弦压力的动态压敏漆校准方法,基于如权利要求2或3所述的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置,其特征在于:

在校准前,根据校准频率上限选择适当的弹簧线圈和变径活塞,令弹簧线圈与变径活塞组成的二阶阻尼振荡系统的自振频率与校准频率上限接近;为保证正弦压力波形不失真,多孔转盘要保证开孔均匀,且满足连接两开孔圆心的弧长为2倍的开孔直径;

采用电机带动多孔转盘切割高压高速射流的方式产生周期型脉动气流作为压力源,同时采用变径活塞结构将高压高速射流产生的高频脉动压力转化为适用于压敏漆校准的大容积、低脉动值压力场;

通过所述预压孔进出气,调节预压室初始压力,从而改变压力室脉动压力初始值,该脉

动压力初始值即为脉动压力的平均值,通过调节来流喷嘴直径及收缩比,改变来流压力、流速,产生适用于不同工况的脉动压力值;

采用激光测振仪记录变径活塞位移量 ΔL ,根据气体状态方程,对于密闭压力容腔, $PV = \text{常数}$,因此根据变径活塞的位移量计算压力室压力;

动态压敏漆校准装置试验工况包括参数:校准频率、正弦压力平均值及脉动值;

校准频率:根据校准需求,通过控制电机转速,改变气流冲击频率,进而改变压力变化频率;

正弦压力平均值:通过动态压敏漆校准装置预压孔,连接压力控制器,通过调节预压室压力,改变初始压力 P_0 ,即为校准的平均压力值;

脉动值:压力的脉动值靠气源推动,因此通过调节气源压力、进气口通径能调节脉动压力的峰峰值;

由于气体状态方程 $PV = \gamma RT$,当环境温度不变时,压力室内的压力与压力容积成反比,即: $P_0 V_0 = P_t V_t$;

压力室的初始容积为:

$$V_0 = \frac{\pi}{4} D^2 L_0$$

则压力室内的实时压力计算公式为:

$$P_t = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 L_0}{\frac{\pi}{4} D^2 (L_0 + \Delta L)} P_0 = \frac{L_0}{(L_0 + \Delta L)} P_0$$

其中: V_0 为压力室的初始容积; V_t 为压力室内的实时容积;

ΔL —变径活塞位移量;

P_t —压力室内实时压力;

P_0 —压力室初始压力;

L_0 —变径活塞初始距离;

D —变径活塞直径;

打开压敏漆光源和光电倍增管,采集压敏漆光强信号,进而得到压敏漆的测量结果;根据激光测振仪记录的变径活塞运动位移量 $\Delta L = f(t)$,通过计算出压力室内的压力随时间的变化,对比得出压敏漆动态特性,实现动态压敏漆校准。

一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置及校准方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置及校准方法,特别涉及一种大压力室、压力可调的正弦压力校准装置,属于校准试验技术领域。

背景技术

[0002] 压敏漆技术是一种相对新型的空气动力学试验技术,主要用于风洞试验中模型表面压力测量,作为一种压力场参数测量技术,由于其能够提供更丰富有效的试验数据,因此被广泛应用,是一种具有替代常规压力测量试验技术的换代技术。目前对压敏漆的动态性能校准基本都采用激波管校准装置进行动态响应特性的校准,激波管产生非常快的阶跃压力作用在压敏漆上,可以测得压敏漆的响应时间特性,但是一般的动态压力校准还包括在不同频率正弦压力下的幅频特性和相位差,以上参数无法通过激波管测得。因此,为得到压敏漆在不同频率下的幅值波形跟随特性,需要开展基于正弦压力的动态校准,压敏漆作为压力场测量手段,由于工艺及功能限制,其感压面几何尺寸通常交大,而当前正弦压力校准装置为保证压力波形和峰峰值,通常压力室较小,无法满足压敏漆校准需求。

发明内容

[0003] 针对压敏漆校准中,压力腔体大,脉动值小的要求,本发明主要目的是提供一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置及校准方法,通过电机带动转盘切割高速射流,射流冲击变径活塞,挤压密封压力室产生压力,由于高速射流受到周期性切割作用,通过活塞挤压,使得压力室产生正弦周期性变化的脉动压力,通过所述脉动压力实现动态压敏漆校准。本发明具有压力腔体大、压力平均值及峰峰值可调、可溯源的优点。

[0004] 本发明的目的是通过下述技术方案实现的:

[0005] 本发明公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置,包括进气口、喷口、多孔转盘、预压孔、复位装置、变径活塞、活塞缸、密封盖板、玻璃窗口、端盖、激光测振仪、压敏漆式样、传动带、玻璃窗口、压敏漆光源、光电倍增管、压力室和预压室。

[0006] 采用电机加传动装置带动多孔转盘,通过切割高压高速射流,对变径活塞产生周期性冲击力,进而在密封压力室内产生正弦变化的压力;装置的主体为变径活塞缸,活塞缸左侧为密封的压力室,压力室侧壁开有一个安装孔用于安装压敏漆式样,同时缸体左侧开有玻璃窗口,缸体侧壁开有玻璃窗口,玻璃窗口由端盖和密封盖板夹紧固定;活塞缸右侧为一容腔,其中安装用于活塞复位的复位装置,腔体右侧开有预压孔;压力室右侧活塞筒与多孔转盘左侧贴合;转盘右侧与喷口贴合,喷口内部为变截面结构,用于提升气流速度,喷口右侧连接进气口,转盘通过传动带与电机连接;变径活塞缸左侧安装有激光测振仪;变径活塞缸侧壁玻璃窗口处安装有压敏漆光源和光电倍增管。

[0007] 所述变径活塞缸侧壁玻璃窗口处安装有压敏漆光源和光电倍增管,压敏漆光源用于激励压敏漆,光电倍增管用于接收压敏漆荧光信号。

[0008] 作为优选,所述复位装置为安装于变径活塞缸内右侧的弹簧线圈,或为电磁线圈,

当采用电磁线圈时能够解决弹簧寿命不足及系统振动模态问题。

[0009] 作为进一步优选,所述弹簧线圈与变径活塞组成二阶阻尼振荡系统,通过调节弹簧线圈的弹性系数和变径活塞质量,使阻尼系统固有频率与装置校准频率上限一致,利用系统谐振提高高频时射流产生的压力,即解决在高频时射流产生的压力较小的问题。

[0010] 作为优选,所述变径活塞缸内右侧开有预压孔,通过预压孔充气对活塞缸右侧预压,用于调节变径活塞初始位置以及压力室初始压力,防止由于供气压力过高或过低导致压力室内正弦压力波形不完整。

[0011] 作为优选,所述变径活塞缸左侧安装有激光测振仪,通过左侧的玻璃窗口可以监测内部活塞的实时位移。

[0012] 作为优选,所述变径活塞缸右侧与多孔转盘贴合但不连接,电机通过传动皮带连接并带动多孔转盘转动,转盘上开有圆孔用于切割气流。

[0013] 作为优选,所述喷口内部为变径结构,通过改变内径大小及形状,提高射流速度,并使其出口为正方形,正方形边长与多孔转盘上的圆孔直径一致。

[0014] 本发明公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准方法,基于所述一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置实现。所述一种基于正弦压力的动态压敏漆校准方法,实现方法如下:

[0015] 在校准前,根据校准频率上限选择适当的弹簧线圈和活塞,令弹簧线圈与活塞组成的二阶振荡系统的自振频率与校准频率上限接近。为保证正弦压力波形不失真,多孔转盘要保证开孔均匀,且满足连接两开孔圆心的弧长大约为2倍的开孔直径。

[0016] 采用电机带动转盘切割高速射流的方式产生周期型脉动气流作为压力源,同时采用变径活塞结构将高速高压气流产生的高频脉动压力转化为适用于压敏漆校准的大容积、低脉动值压力场。

[0017] 通过所述预压孔进出气,调节预压室初始压力,从而改变压力室脉动压力初始值,该初始值即为脉动压力的平均值,通过调节来流喷口直径及收缩比,改变来流压力、流速,产生适用于不同工况的脉动压力值。

[0018] 采用激光测振仪记录变径活塞位移量 ΔL ,根据气体状态方程,对于密闭压力容腔, $PV = \text{常数}$,因此根据变径活塞的位移量计算压力室压力。

[0019] 动态压敏漆校准装置试验工况包括参数:校准频率、正弦压力平均值及脉动值。

[0020] 频率:根据校准需求,通过控制电机转速,改变气流冲击频率,进而改变压力变化频率。

[0021] 压力平均值:通过装置预压孔,连接压力控制器,通过调节预压室压力,改变初始压力 P_0 ,即为校准的平均压力值。

[0022] 脉动值:压力的脉动值主要靠气源推动,因此通过调节气源压力、进气口口径可以调节脉动压力的峰峰值。

[0023] 由于气体状态方程 $PV = \gamma RT$,当环境温度不变时,压力室内的压力与压力容积成反比,即: $P_0 V_0 = P_t V_t$ 。

[0024] 压力室的初始容积为:

$$[0025] \quad V_0 = \frac{\pi}{4} D^2 L_0$$

[0026] 则压力室内的实时压力计算公式为：

$$[0027] \quad P_t = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 L_0}{\frac{\pi}{4} D^2 (L_0 + \Delta L)} P_0 = \frac{L_0}{(L_0 + \Delta L)} P_0$$

[0028] 其中：

[0029] ΔL -活塞位移量；

[0030] P_t -压力室内实时压力；

[0031] P_0 -压力室初始压力；

[0032] L_0 -活塞初始距离；

[0033] D -活塞直径。

[0034] 打开压敏漆光源和光电倍增管,采集压敏漆光强信号,进而得到压敏漆的测量结果;根据激光测振仪记录的活塞运动位移数据 $\Delta L=f(t)$,通过计算出压力室内的压力随时间的变化,对比得出压敏漆动态特性,实现动态压敏漆校准。

[0035] 有益效果：

[0036] 1、本发明公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置及校准方法,通过电机带动转盘切割高速射流,射流冲击变径活塞,挤压密封压力室产生压力,由于高速射流受到周期性切割作用,通过活塞挤压,使得压力室产生正弦周期性变化的脉动压力,通过所述脉动压力实现动态压敏漆幅值跟随特性校准,即实现动态压敏漆校准。

[0037] 2、本发明公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置及校准方法,采用气流直射冲击活塞的方式产生正弦压力,能够根据需求调整供气流量和速度进而产生不同幅值的正弦压力,并能够根据构建的关系式实现定量精准调节。

[0038] 3、为解决常规进出口调制式正弦压力发生器压力室较小的问题,本发明公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置及校准方法,采用活塞结构提高正弦压力;且所述变径活塞缸内右侧开有预压孔,通过预压孔充气对活塞缸右侧预压,用于调节变径活塞初始位置以及压力室初始压力,防止压力室内正弦压力波形不完整;此外,所述弹簧线圈与变径活塞组成二阶阻尼振荡系统,通过调节弹簧线圈的弹性系数和变径活塞质量,使阻尼系统固有频率与装置校准频率上限一致,利用系统谐振提高高频时射流产生的压力。

[0039] 4、本发明公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置及校准方法,通过监测活塞位置得到压力室内压力变化,进而实现动态压力绝对法校准。

附图说明

[0040] 图1为本发明公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置主视图。

[0041] 图2为本发明公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置俯视图。

[0042] 其中,1—进气口、2—喷口、3—多孔转盘、4—预压孔、5—弹簧线圈、6—变径活塞、7—活塞缸、8—密封盖板、9—玻璃窗口、10—端盖、11—激光测振仪、12—压敏漆式样、13—传动带、14—玻璃窗口、15—压敏漆光源、16—光电倍增管、17—压力室、18—预压室。

[0043] 图3为压力室主体结构图。

具体实施方式

[0044] 下面通过实例并结合附图对本发明的技术方案做进一步的具体说明。同时也叙述了本发明技术方案解决的技术问题及有益效果,需要指出的是,所描述的实施例仅旨在便于对本发明的理解,而对其不起任何限定作用。

[0045] 如图1、2所示,本实施例公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置,包括进气口1、喷口2、多孔转盘3、预压孔4、弹簧线圈5、变径活塞6、活塞缸7、密封盖板8、玻璃窗口9、端盖10、激光测振仪11、压敏漆式样12、传动带13、玻璃窗口14、压敏漆光源15、光电倍增管16、压力室17和预压室18。

[0046] 采用电机加传动装置带动多孔转盘3,通过切割高压高速射流,对变径活塞6产生周期性冲击力,进而在密封压力室内产生正弦变化的压力;装置的主体为一种变径活塞缸7,活塞缸7左侧为密封的压力室,压力室侧壁开有一个安装孔用于安装压敏漆式样12,同时缸体左侧开有玻璃窗口9,缸体侧壁开有玻璃窗口14,玻璃窗口由端盖10和密封盖板夹8固定;活塞缸右侧为一容腔,其中安装用于活塞复位的弹簧线圈5,腔体右侧开有预压孔,通过预压孔可以调节预压室18的初始压力;压力室17右侧活塞筒与多孔转盘3左侧贴合;转盘右侧与喷口2贴合,喷口内部为变截面结构,用于提升气流速度,喷口右侧连接进气口1,转盘通过传动带13与电机连接;变径活塞缸左侧安装有激光测振仪11;变径活塞缸侧壁玻璃窗口处安装有压敏漆光源15和光电倍增管16。

[0047] 本实施例公开的一种基于正弦压力的动态压敏漆校准方法,基于所述一种基于正弦压力的动态压敏漆校准装置实现。所述一种基于正弦压力的动态压敏漆校准方法,实现方法如下:

[0048] 在校准前,根据校准频率上限选择适当的弹簧线圈5和变径活塞7,令弹簧线圈与变径活塞组成的二阶振荡系统的自振频率与校准频率上限接近。为保证正弦压力波形不失真,多孔转盘3要保证开孔均匀,且开孔满足连接两孔圆心的弧长大约为2倍的开孔直径。

[0049] 安装压敏漆试样12并密封压力室,根据被测压敏漆量程通过预压孔充入适当气体,始压力室内达到预定压力 P_0 ,利用激光测振仪11记录此时变径活塞7的初始位置,并设为零点,此时压力室直径与活塞直径 D 一致,长度为 L_0 。

[0050] 调节进气压力 P_1 ,使气流经过多孔转盘3冲击变径活塞7,活塞受高速高压气流冲击产生向右的位移,此时接通电机,使多孔转盘3转动。多孔转盘上的圆孔与喷口2的方孔切割,使气流的冲击作用产生正弦的周期变化,此时活塞系统在气流的冲击下受迫振动。活塞在冲击及两侧压力腔体内压力的作用下产生往复运动,形成正弦压力,频率由转盘的转速决定。

[0051] 由气体状态方程 $PV = \gamma RT$ 可知当环境温度不变时,压力室内的压力与压力容积成反比,即: $P_0V_0 = P_tV_t$ 。

[0052] 压力室的初始容积为:

$$[0053] \quad V_0 = \frac{\pi}{4} D^2 L_0$$

[0054] 则压力室内的实时压力计算公式为:

$$[0055] \quad P_t = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 L_0}{\frac{\pi}{4} D^2 (L_0 + \Delta L)} P_0 = \frac{L_0}{(L_0 + \Delta L)} P_0$$

[0056] 其中:

[0057] ΔL -活塞位移量;

[0058] P_t -压力室内实时压力;

[0059] P_0 -压力室初始压力;

[0060] L_0 -活塞初始距离;

[0061] D -活塞直径。

[0062] 试验中,打开压敏漆光源和光电倍增管,采集压敏漆光强信号,进而得到压敏漆的测量结果;根据激光测振仪记录的活塞运动位移数据 $\Delta L=f(t)$,计算出压力室内的压力随时间的变化,对比得出压敏漆动态特性,实现动态压敏漆校准。

[0063] 以上所述的具体描述,对发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

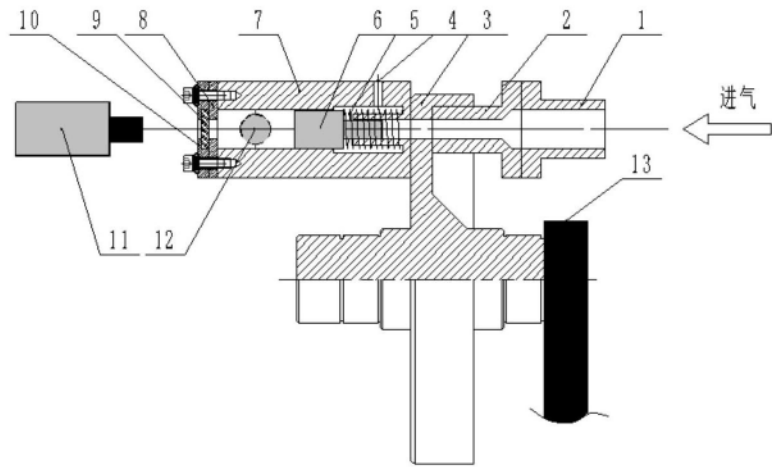


图1

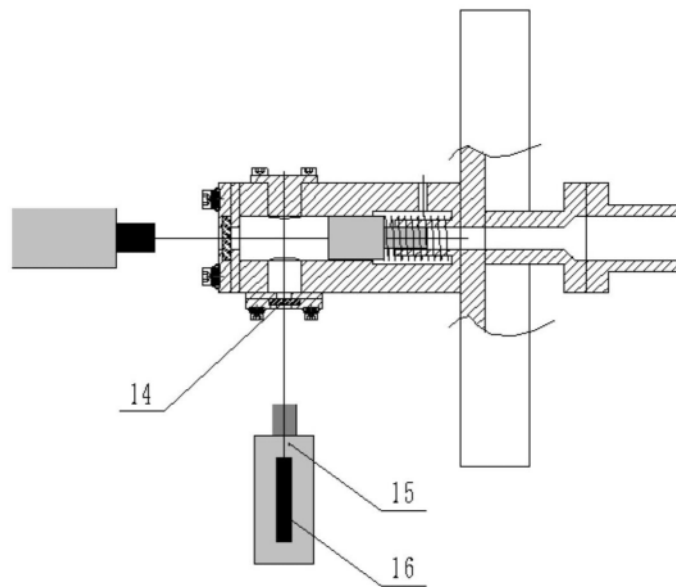


图2

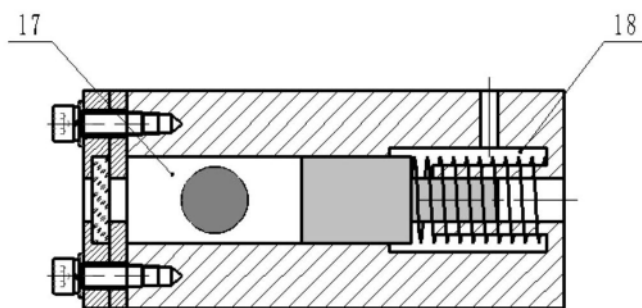


图3